

UNIVERSITE DE PARIS-EST MARNE-LA-VALLEE

U. F. R. ECONOMIE ET GESTION

N° attribué par la bibliothèque

□□□□□□□□□□

2007

THESE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN SCIENCES DE GESTION

présentée et soutenue publiquement par

Rodolphe ROSIER

Le 19 décembre 2007

**STRATEGIES ET ORGANISATIONS DES PROCESSUS D'EXPLORATION :
LE CAS DE LA PILE A COMBUSTIBLE CHEZ AXANE / AIR LIQUIDE**

JURY

Olivier Badot	Professeur à l'ESCP-EAP
Alain Desreumaux	Professeur à l'IAE, Université de Lille 1
Gilles Garel	Professeur à l'Université de Paris-Est, Directeur de thèse
Christophe Midler	Directeur de recherche au CNRS, Ecole Polytechnique, Rapporteur
Patrick Sanglan	Directeur Général d'Axane (Air Liquide)
Benoît Weil	Professeur à L'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Rapporteur

AVERTISSEMENT

L'Université de Paris-Est n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses. Celles-ci doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

Remerciements

Je tiens à remercier Gilles Garel pour ses idées, son soutien et sa rigueur : cette thèse doit beaucoup à son intuition et ses conseils éclairés. Plus qu'un directeur de thèse attentif et disponible, il a su être un explorateur à mes côtés et un coach dans les moments qui le nécessitaient.

Je tiens aussi à remercier Patrick Sanglan, directeur d'Axane pour m'avoir fait confiance pendant ces quatre années. Sans lui, cette thèse n'aurait pu avoir lieu. Il fait partie de ces conquérants de l'invisible qui vivent pour explorer de nouveaux territoires : l'exceptionnelle croissance d'Axane entre 2002 et 2007 témoigne autant de sa vision, que de solides principes de management que j'ai tâché de restituer dans cette thèse. Ma reconnaissance va également à Frédéric Touvard, directeur des projets, à qui je dois mon apprentissage-terrain sur la gestion de projets : de par sa pédagogie, sa capacité d'abstraction et ses capacités d'analyse il a su être un partenaire idéal pour confronter mes théories à la réalité du terrain ; merci pour sa confiance tout au long de ces années, son soutien dans les instants délicats, et pour les nombreuses idées et concepts qu'il a pu apporter à cette thèse. Le démarrage de cette dernière doit beaucoup aux premiers contacts avec Frédéric Barth que je souhaiterais remercier ici : ses conseils m'ont beaucoup aidé lors des premiers mois chez Axane. Je tiens enfin à saluer tous mes collègues de chez Axane qui m'ont accompagné durant cette aventure.

Cette thèse doit beaucoup aux nombreux échanges que j'ai pu avoir avec des chercheurs et des managers. Je souhaite en particulier remercier Armand Hatchuel, Benoît Weil et Pascal Le Masson du CGS des Mines de Paris pour leurs remarques et les discussions stimulantes que nous avons eues ; Pascale Trompette (Université Pierre Mendès France) et Eric Blanco (GILCO) de m'avoir accueilli pendant près d'un an à Grenoble au sein de leur séminaire sur la co-conception des produits innovants et de leurs usages ; Christophe Midler, Florence Charue-Duboc, Sihem Ben Mahmoud-Jouini, Sylvain Lenfle, et François Fourcade du CRG de l'école Polytechnique pour leurs conseils avisés ; Christian Navarre et Olivier Badot de University of Ottawa pour les pistes qu'ils ont ouvertes ; Valérie Chanal et Vincent Mangematin (UPMF, INRA) pour leur invitation à plancher dans le séminaire « management des connaissances et de l'innovation » ; Paul Millier de l'EM Lyon pour les échanges que nous avons eu sur le marketing de l'innovation technologique ; Jean-Michel Gaillard de l'INPG pour son cours sur le marketing dans la R&D et les échanges que nous avons pu avoir au sujet du Bureau d'Etudes Marketing du CEA.

Mes derniers remerciements, et non les moindres, iront à François Jackow, directeur de la R&D d'Air Liquide (de 2003 à 2007) pour le temps qu'il m'a accordé et la pertinence de ses réflexions stratégiques ; à Pierre Chabert, PDG d'Airstar pour les discussions qui m'ont permis de construire et d'enrichir le cas d'Airstar et Matthieu Ruatti d'Essilor pour ses remarques sur le cas Micro-Optical.

SOMMAIRE

INTRODUCTION : CRISE DES STRATÉGIES DE COMPÉTITION PAR LA VARIÉTÉ ET RENOUVEAU DE LA QUESTION DE L'EXPLORATION	9
PARTIE I. LES DEMARCHES D'EXPLORATION : DU MANAGEMENT DANS L'INCERTAIN A LA CARTOGRAPHIE DE NOUVEAUX POTENTIELS.....	26
Chapitre 1. Des technologies émergentes aux technologies à hauts potentiels : la construction de problématiques pour l'exploration	30
Conclusion du chapitre 1	47
Chapitre 2. Les stratégies d'innovation dans le secteur de la pile à combustible : quelles alternatives face à l'échec du pilotage Des démarches d'exploration par la R&D ?	48
Conclusion du chapitre 2	71
Chapitre 3. Méthodologie de recherche	72
Conclusion du chapitre 3	84
Conclusion de la partie I	85
PARTIE II. LES NOUVEAUX FONDEMENTS DE L'EXPLORATION : UNE APPROCHE PAR LA THÉORIE DE LA CONCEPTION INNOVANTE ET LA « VALEUR-AMONT ».....	86
Chapitre 4. La théorie de la Conception Innovante et l'enjeu de la conception simultanée des usages et des architectures	89
Conclusion du chapitre 4	95
Chapitre 5. La « valeur-amont » : un cadre théorique pour explorer de nouveaux espaces de marchés	96
Conclusion du chapitre 5	126
Chapitre 6. La conception des usages potentiels : vers une relecture des formes d'implication des utilisateurs dans les processus d'exploration	127
Conclusion du chapitre 6	141
Chapitre 7. Typologie des dilemmes stratégiques sur l'exploitation et l'exploration	142
Conclusion de la partie II	149
PARTIE III. STRATÉGIES ET MANAGEMENT DES PROCESSUS D'EXPLORATION.....	150
Chapitre 8. L'héritage des explorateurs : s'inspirer des stratégies et des principes d'action collective des expéditions passées	153
Conclusion du chapitre 8	162
Chapitre 9. Monographies de trois processus d'exploration	163
Conclusion du chapitre 9	197
Chapitre 10. Les composantes des stratégies d'exploration : leviers stratégiques et tactiques d'exploration	198

Conclusion de la partie III	211
PARTIE IV. LES ORGANISATIONS DE L'EXPLORATION ; VERS UN NOUVEAU MÉTABOLISME ENTRE LES FONCTIONS MARKETING ET R&D ?	212
Chapitre 11. L'organisation du Marketing face aux nouveaux enjeux d'innovation	216
Conclusion du chapitre 11	229
Chapitre 12. Les entités spécialisées dans l'exploration de nouveaux marchés : un nouveau modèle pour domestiquer l'exploration de nouvelles valeurs ?	230
Conclusion du chapitre 12	237
Chapitre 13. Mutations des fonctions Marketing et métabolismes d'innovation : l'intégration du Marketing au modèle de la R-I-D	238
Conclusion du chapitre 13	264
Conclusion de la partie IV	265
CONCLUSION : L'APPARITION D'UN REGIME DE COMPETITION PAR L'INNOVATION EXTENSIVE ?	266
ANNEXE 1. FONCTIONNEMENT D'UNE PILE À COMBUSTIBLE DE TYPE <i>PROTON EXCHANGE</i> <i>MEMBRANE</i> (PEM).....	272
ANNEXE 2. LE PROGRAMME DE RECHERCHE STRATÉGIQUE EUROPÉEN SUR L'HYDROGÈNE ET LES PAC.....	274
ANNEXE 3. COMMUNIQUÉ DE PRESSE DE L'AGENCE POUR L'INNOVATION INDUSTRIELLE CONCERNANT LA CREATION D'UNE FILIERE INDUSTRIELLE	275
TABLE DES MATIERES.....	277
BIBLIOGRAPHIE.....	281

INTRODUCTION :
CRISE DES STRATEGIES DE COMPETITION PAR
LA VARIETE ET RENOUVEAU DE LA QUESTION
DE L'EXPLORATION

Les nanotechnologies, les technologies de l'information et de la communication (TIC), les puces RFID ou les nouvelles énergies incarnent des exemples de technologies porteuses de concepts foisonnants et d'usages indéfinis dont les contenus sont difficiles à définir tant par les chercheurs que par les managers, tant leurs champs d'applications sont larges. Cette thèse s'intéresse aux processus d'exploration de nouveaux usages et de nouvelles compétences scientifiques et techniques dans des cas où les innovateurs sont face à des technologies embryonnaires mais déjà porteuses de pléthore d'applications potentielles. Suite à une recherche intervention conduite pendant quatre ans chez un constructeur de pile à combustible (PAC), Axane, filiale du groupe Air Liquide, nous avons pu suivre un processus d'innovation qui a débouché, en quelques années, sur le développement de premières offres commerciales alors que les principaux industriels développant cette technologie annoncent les premières commercialisations seulement vers 2015.

Dans cette introduction, nous opérerons dans un premier temps un détour pour présenter des archétypes pour les démarches d'exploration. Ces exemples nous serviront ensuite à caractériser les processus d'exploration en les situant par rapport aux principaux travaux de référence traitant de l'exploration en management stratégique.

Lorsque N. Hayek propose son concept de voiture électrique compacte et écologique en 1990 à Volkswagen, rien ne lui laisse présager que son concept initial de Swatchmobile sera commercialisé sept ans plus tard par Mercedes en tant que « seconde voiture pour couples aisés sans enfants » (Guth et Naulleau, 2003).

Lors du lancement de la Toyota Prius en 1997, première voiture à propulsion hybride commercialisée en masse, la concurrence observe le constructeur de manière attentiste et conclut à la création d'une niche de marché. En réalité émerge, dans les années qui vont suivre, une innovation architecturale qui donnera à ce constructeur un avantage stratégique sans précédent (Magnusson, Lindström et Berggren, 2003) : Toyota avec son concept d'hybride *plug-in* est aujourd'hui au cœur des stratégies d'expérimentation de nouveaux usages et noue des alliances avec des énergéticiens prêts à déployer des infrastructures pour la recharge des batteries de ces véhicules.

Enfin, lorsque le groupe Air Liquide propose en 2006 de nouvelles offres développées à partir de la technologie pile à combustible (PAC) sur des marchés encore inexplorés, quels sont les facteurs qui expliquent qu'aucun autre industriel n'ait su développer et commercialiser cette technologie alors que les premiers démonstrateurs remontent aux années 1950 ?

Nous cherchons à analyser pourquoi certains industriels parviennent avec succès à développer des concepts innovants en dehors des marchés existants alors que d'autres ne parviennent pas à sortir du cadre de leurs connaissances établies, qu'elles soient techniques ou commerciales.

Nous analyserons et préciserons dans cette thèse les stratégies d'innovation et les cadres organisationnels adaptés pour gérer un large panel de situations d'exploration industrielle : qu'il s'agisse

d'étudier un concept porteur de nouveaux usages (le cas de la Swatchmobile avec le concept de « mobilité urbaine » par exemple), de concevoir une nouvelle architecture-produit¹ dans le cadre d'un projet innovant (le cas de la Toyota Prius), ou encore de conduire simultanément ces deux démarches dans l'incertain (le cas de la PAC chez Air Liquide), les travaux de recherches dégagent en effet aujourd'hui peu de cadres théoriques ou managériaux activables pour guider les explorateurs dans leur quête.

1. L'exploration de nouveaux usages au centre des stratégies de compétition

Après les stratégies de chrono-compétition dans les années 1980-1990 (*time-pacing strategies*, Brown et Eisenhardt, 1997) fondées sur le renouvellement accéléré des gammes de produits dans des contextes turbulents et dynamiques, les années 2000 ont vu l'émergence de nouvelles formes de compétition par l'innovation. Les stratégies de variété et d'obsolescence des produits, caractéristiques du régime de compétition par la réactivité, ont progressivement cédé la place à des stratégies dont le moteur a été le renouvellement même de l'identité des produits.

Ces formes de compétition ont été considérées comme marquant l'avènement d'un nouveau régime de compétition par l'innovation intensive (Hatchuel, Le Masson, Weil, 2002), régime caractérisé par ses impacts majeurs sur le renouvellement des compétences, les processus de développement de produits et la conception des modèles d'affaires des entreprises. Nous citerons ici quelques principes sur lesquels repose ce régime :

- **La conception de nouvelles architectures-produits** devient un atout déterminant et permet de remodeler des filières industrielles entières en imposant de nouveaux *dominant design* (Abernathy et Utterback, 1978). Ainsi lorsque Dyson réinvente l'aspirateur en proposant un aspirateur sans sac, c'est tout le secteur de l'électroménager qui doit ré-interroger les connaissances de ses métiers sous peine de se laisser distancer par un nouvel entrant. A travers les architectures-produit, la compétition par l'innovation intensive met au jour des enjeux majeurs de renouvellement des connaissances scientifiques et techniques sur des sujets qui semblent à première vue stabilisés.

- **L'exploitation des connaissances en excès produites par les projets** devient un enjeu à part entière dans l'élaboration de stratégies d'offres innovantes (Jouini, 2004) : **il s'agit**

¹ « Architecture » doit être entendu au sens de Gawer et Cusumano (2002) : « By *architecture*, we mean the partitioning of the system into components of a given scope and related to each other functionally and physically through given interfaces. [...] If a system's architecture is compared to a geographical map, the components of the system are the countries' territories and the interfaces between components are the countries' borders. » p18

alors d'organiser, hors des projets hyper-contraints, l'exploration de nouveaux concepts et le renouvellement des savoirs des métiers. Les Projets d'Offres Innovantes apparaissent par exemple comme un cadre organisationnel pour étudier la faisabilité d'un nouveau produit ou procédé tout en explorant de nouvelles valeurs d'usage (Lenfle, 2001, Lenfle et Midler, 2003). Pour Chapel, un des enjeux de l'amont des projets est la conception de lignées de produits (Chapel, 1997) qui permettent simultanément de concevoir de nouveaux produits en identifiant quelles connaissances mobiliser pour développer des concepts dans des secteurs différents. Ainsi, le cas de Tefal, qui passa en quelques années de l'univers des ustensiles de cuisine à la puériculture, est-il emblématique de ce mécanisme.

- **La frontière entre produit et service s'estompe pour laisser la place à l'exploration de nouveaux services et de nouveaux modèles d'affaires :** lorsque EDF innove avec le courant porteur en ligne (CPL) pour faire transiter l'ADSL via les lignes électriques traditionnelles, un nouveau champ d'innovation s'ouvre avec la perspective pour EDF de jouer prochainement un rôle d'opérateur téléphonique (Jumel, 2004). Les enjeux d'innovation résident alors autant dans l'exploration de possibilités techniques que dans la conception de nouveaux modèles d'affaires pour proposer aux clients traditionnels de nouveaux services (internet, coupe-veille, domotique, etc...).

Les stratégies de compétition par l'innovation intensive ont vu l'émergence de nouveaux modèles organisationnels initiés par des entreprises qui constataient l'essoufflement du modèle de l'ingénierie concurrente. De nouveaux modèles de gestion apparaissent alors à partir du début des années 2000 : le management de plate-forme de produit, la réorganisation de l'amont des projets et le management par lignées incarnent des archétypes (Garel, Giard et Midler, 2004). L'attention des chercheurs se focalise alors surtout sur l'organisation de la conception dans les bureaux d'études et des centres de recherche et développement (R&D).

Néanmoins, nous analysons plusieurs lignes de tensions qui interrogent aujourd'hui ce régime de compétition :

- D'une part, les succès récents de produits innovants considérés comme techniquement moins avancés que leurs concurrents mais proposant de nouvelles expériences ou de nouveaux usages marquent l'émergence de nouvelles stratégies de compétition : les ventes de la Wii de Nintendo distancent ainsi largement les consoles dites de 3^{ème} génération (Xbox 360 et PS3) en proposant une interactivité sans précédent, accessible à un public de non-joueurs, grâce à des manettes restituant les mouvements des utilisateurs ; de même le succès

des iPod reposa en grande partie sur leurs interfaces innovantes et le mode d'accès à la musique et de transfert qu'Apple développa face à des concurrents qui proposaient des baladeurs numériques aux caractéristiques techniques supérieures².

- Ensuite, les travaux sur l'innovation intensive se sont focalisés sur les mutations de la R&D mais ont peu étudié les fonctions Marketing face au lancement d'offres innovantes. Cette question semble d'actualité au regard des difficultés récentes concernant le lancement de concepts en rupture avec des produits existants : ainsi l'échec du lancement des *e-book*, l'impasse faite par la majeure partie des constructeurs automobile sur le développement des véhicules hybrides (à l'exception de Toyota) ou le manque d'engouement des consommateurs pour les services de visio-conférences proposés par des opérateurs téléphoniques témoignent des difficultés à penser des trajectoires d'innovation impactant fortement les usages d'objets du quotidien. Au-delà d'une « myopie » du marketing déjà dénoncée par Levitt en 1960, l'enjeu pour les fonctions marketing est moins de redéfinir les contours des marchés existants que d'inventer de nouveaux usages et de renouveler les techniques d'expérimentation avec des utilisateurs qui ne sont pas toujours des clients existants.
- Enfin, un sujet majeur nous semble avoir été laissé en friche par les travaux sur les stratégies de compétition par l'innovation intensive : il concerne les stratégies de déplacement des territoires de compétition vers des espaces de marchés encore vierge, car constitués de nouveaux consommateurs. Selon Kim et Mauborgne (2005), ces stratégies de création d'océans bleus doivent s'appuyer sur le ciblage de non-consommateurs, l'enjeu étant alors de concevoir des modèles d'affaires qui proposent à la fois une différenciation en terme de valeur et une baisse des coûts. Selon Christensen (Christensen et Raynor 2003, Christensen, Anthony et Roth, 2005) les stratégies d'innovation les plus fécondes consistent à cibler les clients qui ont été historiquement délaissés par les entreprises établies et qui cherchent à accomplir des activités sans que l'on réponde à leurs attentes. Ces stratégies d'expansion des espaces de marchés existants tirées par l'exploration de nouvelles valeurs pour des non-consommateurs peuvent être illustrées par l'exemple de JC Decaux et du projet Cyclocity (respectivement « Vélov » à Lyon et « Vélib » à Paris) : JC Decaux proposa dès la fin des années 1990 cette offre aux mairies pour se différencier de ses concurrents dans la course au marché des emplacements publicitaires et choisit de cibler des non-consommateurs de vélo. L'innovation proposée en termes d'usages était fondée sur un accès à de la mobilité urbaine douce via un maillage de stations pour des utilisateurs qui, historiquement,

² Dounès et Geoffroy (2005), *Ipod Backstage*, Dunod.

n'utilisaient pas le vélo pour certains trajets à cause des contraintes inhérentes à ce produit (pas de possibilité d'abandon pour prendre d'autres modes de transport, encombrement, problèmes de stationnement, de vol, de dégradation etc...). A travers ce concept, JC Decaux obtint un succès retentissant et prouva ainsi que la compétition dans le domaine de la mobilité douce ne passait pas uniquement par des stratégies d'innovation technologique (les vélos à assistance électrique ont par exemple le plus grand mal à percer).

Ces éléments nous conduisent légitimement à questionner les liens et articulations entre ces stratégies d'exploration et les stratégies d'innovations caractéristiques de l'innovation intensive : en effet, si les secondes ont fait l'objet d'une abondante littérature décrivant des principes de management et d'organisation, les travaux existants ne couvrent qu'imparfaitement les situations que nous venons d'évoquer où l'on explore de nouveaux usages en dehors des marchés traditionnels d'une entreprise, pour des concepts si innovants, que les entreprises ne savent pas encore qui seront les futurs clients. Quel cadre théorique, quels principes de management et quelles organisations pour ces stratégies d'innovation tirées par la conception de nouveaux usages et de nouveaux services ? En première analyse, il nous semble que le dilemme fondateur proposé par March (1991) distinguant entre les activités d'exploitation et les activités d'exploration peut être un cadre utile pour progresser vers la formulation de notre problématique de recherche.

2. Les courants de l'exploration : de l'apprentissage organisationnel au management des processus d'innovation

Les démarches d'exploration ont commencé à être théorisées par March (March, 1991, Levinthal et March 1993) qui marqua un schisme entre les démarches d'exploitation, qui visent le perfectionnement des compétences, et dont les retours sont prévisibles, à court terme et souvent positifs, et les démarches d'exploration, dont l'essence est l'expérimentation de nouvelles alternatives et dont les effets sont considérés comme hasardeux, incertains, à long terme et souvent négatifs. La notion connut alors un développement spectaculaire dans la littérature sous l'impulsion de deux principaux courants, qui, chacun, la développèrent selon des angles différents.

2.1 L'exploration vue comme un mode de renouvellement des compétences pour régénérer les capacités d'innovation de la firme

Le courant des ressources et compétences a repris les travaux fondateurs de March sur l'apprentissage organisationnel ; il réunit des chercheurs qui souhaitent comprendre comment les compétences des firmes influencent leur capacité à innover. La notion d'exploration est apparue dans ce courant comme relevant de situations nécessitant d'autres compétences ou des compétences éloignées de celles

habituellement détenues par l'entreprise. Dans la lignée des travaux de Dougherty et Hardy (1996), les auteurs comme Danneels (2002) ou Benner et Tushman (2003) distinguent les innovations selon qu'elles mobilisent des compétences maîtrisées par l'entreprise ou nouvelles. L'exploration est alors définie comme le renouvellement des compétences de la firme. Danneels (2002) fut l'un des premiers à transposer le dilemme « exploitation-exploration » de March du domaine de l'apprentissage organisationnel en une typologie des processus de développement de nouveaux produits. Dans la lignée de ses travaux, Chanal et Mothe (2005) appellent « innovation d'exploration » une forme d'innovation qui s'éloigne de manière significative des compétences centrales existantes de l'entreprise sur l'axe client ou sur l'axe technologique. Nous retiendrons donc que, pour tous ces auteurs, l'innovation d'exploration contribue à l'accroissement de la variété des compétences maîtrisées par l'entreprise, et donc à son renouvellement stratégique.

On peut adresser deux critiques principales à ces courants :

- Les auteurs éprouvent des difficultés à caractériser les activités d'exploration en se fondant sur des critères évaluables *ex ante*, c'est à dire au moment où les concepteurs ou marketers formulent des concepts ou lancent les premières études : certains auteurs renvoient à des situations où les innovations sont qualifiées de « discontinues » sans définir cette catégories (Tushman et O'Reilly, 1997), d'autres renvoient à des catégories caractérisant l'exploration *ex post* en réutilisant les notions d'innovation architecturale ou d'innovation radicale d'Henderson et Clark (1990) (cf. Mangematin (2007) à propos de l'innovation dans le secteur des jeux-vidéos).
- La seconde critique explique peut-être les raisons du manque de consistance des caractérisations des situations d'explorations : les auteurs ne décrivent que très rarement l'objet des activités d'exploration bien que de nombreux travaux soient fondés sur des données empiriques. Ainsi l'exploration n'est presque jamais rattachée à des activités de développement ou de recherche, bien que des modèles de management existent depuis les années 1980 pour ces activités. De nombreux travaux ont par exemple décrit comment l'organisation par projets pouvait conduire de front des activités d'études de nouveaux concepts en amont et exploiter les connaissances de la firme en respectant des contraintes de coût, qualité et délais grâce aux projets de développement (Clark et Fujimoto, 1991, Clark et Wheelright, 1990, Midler, 1993, Ecosip, 1997).

Ainsi, en se coupant des travaux sur les activités de conception et des modèles organisationnels faisant cohabiter les activités de développement avec celles d'études de nouveaux concepts, l'approche par les ressources et compétences tente parfois maladroitement de relire à l'aune de l'exploration certaines activités largement décrites par la littérature et relevant, parfois de la simple créativité en amont des développements, parfois de l'introduction de compétences développées par la R&D, dans les projets de

développement. En nous intéressant aux travaux étudiant les activités de conception et plus particulièrement celles qui cherchent à développer de nouveaux concepts, nous mettrons en évidence un second ensemble de travaux sur les démarches d'exploration.

2.2 L'exploration vue comme une activité de conception innovante qui vise à faire émerger de nouveaux champs d'innovation.

Les courants étudiant le développement de nouveaux produits ont abouti à la fin des années 1980 au modèle de l'ingénierie concurrente qui a fait ses preuves en permettant de gérer simultanément la vitesse et la variété dans les projets et le renouvellement des concepts : dans le secteur automobile, des innovations telles que les monospaces ou les véhicules hybrides témoignent de l'efficacité de ce modèle. Néanmoins, les projets furent accusés dès la fin des années 1990 d'être hyper-contraints et de ne pas être propices à l'exploration de nouveaux concepts (Le Masson, 2001, Aggeri et Segresti, 2002) Les méthodes de conception systématique (Pahl et Beitz, 1977) qui assuraient l'efficacité et la robustesse des raisonnements de conception dans les bureaux d'études montraient des limites pour concevoir dans des situations d'incertitudes élevées qui nécessitaient désormais de construire simultanément l'espace des problèmes et celui des solutions à apporter.

La théorie de la conception innovante (Hatchuel et Weil, 2002) fut développée afin de pallier les limites de la conception réglée en proposant un nouveau cadre intégrateur pour les activités de conception : **le processus de conception y est décrit comme un double mouvement d'expansion qui conduit à générer de nouveaux concepts, et à évaluer chemin-faisant les connaissances nécessaires aux concepteurs pour développer ces concepts** (le terme « concepteur » est utilisé de manière générique pour désigner les métiers du développement, les marketers, les chercheurs et les designers). Ainsi, si les théories conventionnelles de la conception sont limitées face aux situations de fortes incertitudes, la théorie de la conception permet d'initier des processus d'innovation *à partir d'éléments inconnus* : par exemple des concepts initiaux tels que « un bateau qui vole » ou « un groupe électrogène non polluant » peuvent servir de *brief* initial et l'enjeu du processus d'innovation va être d'enrichir les attributs de ces concepts au fur et à mesure que les concepteurs vont progresser dans l'acquisition de nouvelles connaissances.

Dans le cadre de la conception innovante, les démarches d'exploration sont un régime spécifique de conception (Lefebvre, Segrestin et Weil, 2002, Segrestin, 2003, Hatchuel, Le Masson et Weil, 2007) où à la fois les concepts et les connaissances en jeu font l'objet d'une forte expansion. Segrestin (op.cit.) qualifie ainsi les démarches d'exploration comme « une démarche visant à examiner, à parcourir, à expérimenter, et à « cartographier » l'espace potentiellement ouvert par un concept innovant ». Le processus d'innovation va alors s'organiser non pas autour d'un cahier des charges mais il va consister

à progresser au sein d'un champ d'innovation défini comme un espace de conception ouvert par un concept directeur.

2.3 Quels enseignements tirer des travaux sur l'exploration ?

L'intérêt des travaux sur la conception innovante est qu'ils s'intéressent à l'exploration en prenant directement pour objet le management des processus d'innovation dans des situations particulières, alors que pour certains courants l'exploration n'est qu'un cadre théorique, prétexte, soit à l'étude d'organisations atypiques, plus performantes que d'autres (Birkinshaw et al., op.cit, Tushman et al., op.cit), soit à l'étude des dynamiques de renouvellement des compétences, les chercheurs pariant dans ce cas que ce renouvellement débouchera *in fine* sur le développement de nouveaux avantages stratégiques (Danneels, op.cit., Chanal et Mothe, op.cit.).

Notre objet de recherche porte sur l'étude des processus d'exploration, considérés comme des processus d'innovation particuliers qui démarrent à partir de problèmes mal formulés, de concepts difficilement rattachables à des usages ou à des architectures précises... Pouvons-nous alors tenter de caractériser ces processus d'exploration de manière plus précise ?

Dans la lignée de Danneels (op. cit.), de nombreux auteurs caractérisent par exemple les situations de « pure exploration » par le renouvellement des compétences sur les clients et des compétences technologiques. Or on peut opposer à cette définition deux arguments :

- les situations de renouvellement des compétences peuvent relever de situations classiques d'apprentissages continus et donc de démarches d'exploitation : la veille-technologique ou la formation peuvent être des moyens de renouveler les compétences technologiques ; de même que des études de marché sur des nouveaux secteurs ou des enquêtes approfondies auprès de clients peuvent donner lieu à un renouvellement des compétences sur les clients.
- cette caractérisation occulte la nature des concepts explorés : quelles sont les conséquences pour un constructeur automobile d'étudier un concept de « voiture sans moteur » (les moteurs peuvent être intégrés dans les roues des véhicules dans le cas de propulsion électrique) ou dans quelle mesure le concept d'« aspirateur sans sac » va impacter les connaissances des industriels du secteur du petit électroménager ?

Une caractérisation des processus d'exploration devra donc nécessairement prendre en compte l'impact des concepts explorés sur les connaissances des concepteurs.

Citons quatre exemples pour illustrer les différents dilemmes entre processus d'exploitation et processus d'exploration soulevés :

- 1) Le projet Swatchmobile initial proposé par von Hayek est le *brief* d'un processus d'innovation où un constructeur automobile (Volswagen ou Mercedes) maîtrise les compétences techniques sur les architectures mais ignore de quels usages est porteur un concept si innovant. Le dilemme est alors soit de se lancer dans un processus d'exploration, ce qui est perçu au début des années 1990 par les constructeurs comme une prise de risque majeure au regard des investissements que représente le lancement d'un nouveau véhicule ; soit de conduire le projet comme un processus exploitant les ressources et compétences existantes de la firme ce qui revient à analyser le concept « Swatchmobile » comme l'enjeu de la création d'un nouveau segment de marché (« la seconde voiture pour ménages aisés »). Mercedes privilégiera la seconde stratégie afin de minimiser la prise de risque.

- 2) Le cas du projet « véhicule hybride » est le symétrique du cas précédent dans la mesure où il s'agit pour un constructeur d'explorer de nouvelles architectures dans la continuité des usages d'une berline : Magnusson et al. (2002) montrent bien que le *brief* du projet Prius porte sur la division par deux de la consommation d'un véhicule traditionnel, ce qui conduit les concepteurs à étudier de nouvelles alternatives à la propulsion thermique. Le dilemme auquel sont confrontés les constructeurs face à la complexité et au surcoût que représente le développement des architectures hybrides est le suivant : soit considérer les futurs véhicules comme une niche haut de gamme en espérant qu'ils attirent une nouvelle clientèle (processus d'exploitation) ; soit de développer une nouvelle architecture, certes dans la continuité des expériences de conduite existantes, mais en utilisant les développements comme tremplin pour l'exploration de futurs usages (processus d'exploration). C'est cette seconde option que privilégiera Toyota.

- 3) Le cas de la PAC (ci-après développé) correspond à une situation où les industriels impliqués dans des développements depuis des années (constructeurs automobile, fabricants de produits électronique, énergéticiens) font face à un déroutant foisonnement d'applications potentielles et à autant d'options techniques leur correspondant. Dès lors, faut-il tout miser sur une application particulière qui viserait à substituer cette technologie à des applications existantes (la voiture à hydrogène telle qu'elle est développée depuis 40 ans par les constructeurs automobile) ? Ou peut-on identifier de nouvelles applications qui mettraient en évidence de nouvelles valeurs d'usage comme nous l'illustrerons plus tard sur le processus d'exploration conduit par une filiale d'Air Liquide ?

- 4) Enfin, des situations de développements de nouveaux produits peuvent elles aussi donner lieu à l'exploration de nouvelles fonctionnalités : l'exploration porte alors sur de nouvelles interfaces-utilisateurs ou sur de nouveaux styles à partir de savoirs techniques maîtrisés, en ciblant des

clients et des usages existants. Les cas des téléphones portables Samsung à clavier coulissant ou des premiers tablets PC incarnent ce type de processus d'exploration.

Ces quatre cas nous permettent de proposer, en première approche, une caractérisation des dilemmes stratégiques que soulèvent les processus d'exploitation et les processus d'exploration, en fonction des enjeux de transformation des usages et de renouvellement des compétences sur les architectures qui sont analysés par les concepteurs (voir figure 1).

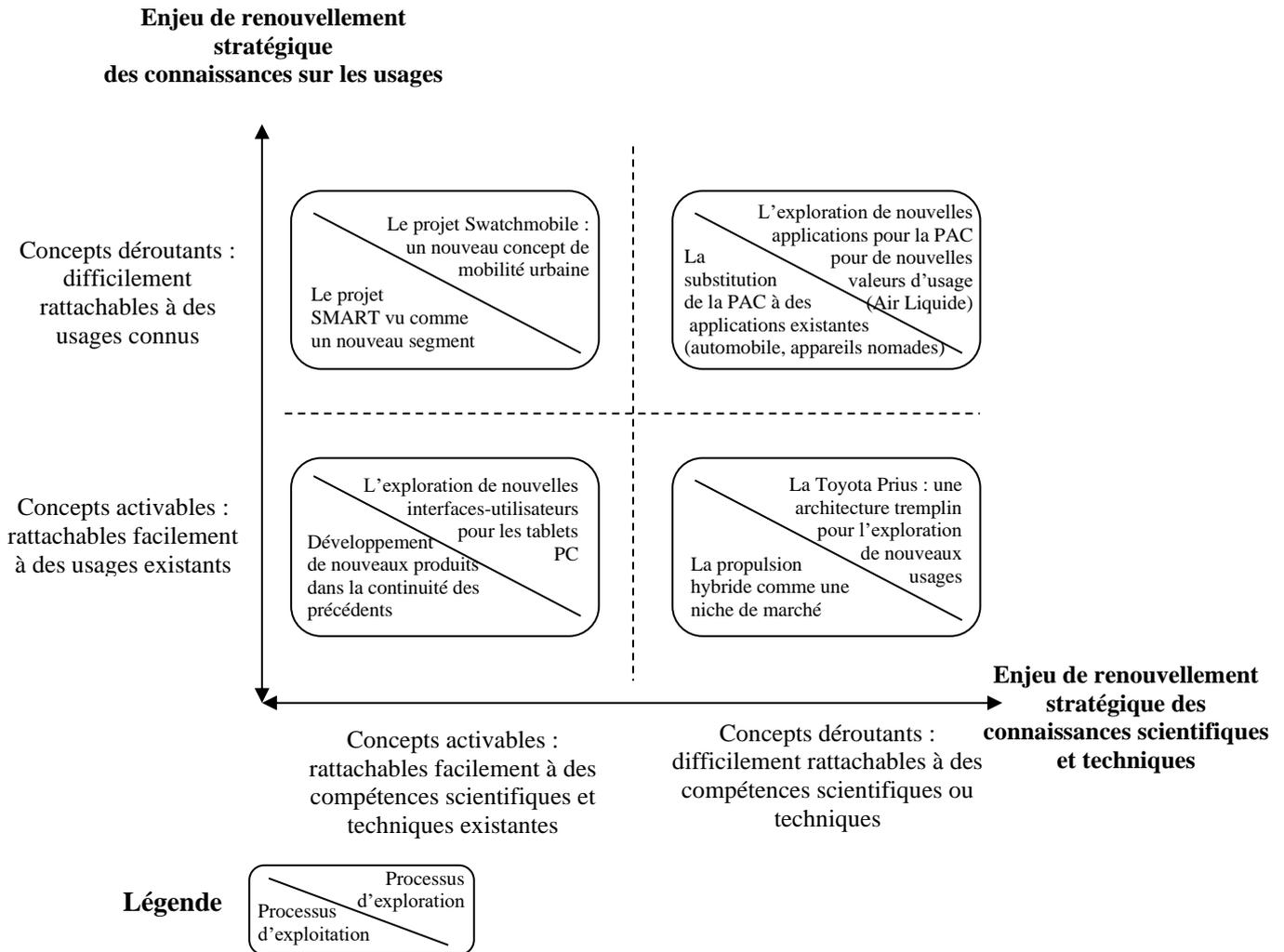


Figure 1 : première caractérisation des dilemmes stratégiques entre processus d'exploration et processus d'exploitation en fonction des différents régimes d'innovation

Cette première caractérisation met en évidence de nouveaux éléments et éclaire notre objet de recherche.

D'une part, les processus d'exploration s'inscrivent dans des situations d'incertitudes variables quant aux futures orientations à donner aux processus d'innovation : selon que les concepts formulés sont rattachables ou non à des connaissances existantes (connaissances techniques ou portant sur les usages), nous identifions différents *régimes d'innovation* qui caractérisent les incertitudes auxquelles font face les concepteurs au démarrage des projets, et définissent la nature des variables qui demandent à être conçues (Segrestin, 2003). Nous reviendrons dans cette thèse sur une caractérisation plus précise de ces régimes et des principes de management auxquels ils renvoient. Dans certains régimes l'enjeu sera en effet de construire simultanément le cahier des charges et la demande client. Ces régimes ne conditionnent cependant en rien le démarrage automatique d'un processus d'exploration, mais définissent des classes de dilemmes où les concepteurs sont en mesure de choisir, soit d'initier une stratégie d'exploitation, soit une stratégie d'exploration.

D'autre part, cette première caractérisation met en évidence que des stratégies d'exploitation sont possibles et peuvent être performantes y compris dans des régimes d'innovation de fortes incertitudes. Contrairement à ce que peuvent laisser penser certains travaux, les stratégies d'exploration ne sont pas intrinsèquement vertueuses et génératrices de revenus élevés : elles peuvent conduire à des projets serpents de mer, engloutir des ressources et ne jamais converger. Symétriquement, les stratégies d'exploitation peuvent conduire au développement de nouvelles niches ou de nouveaux segments de marchés profitables pour l'entreprise : le succès tardif de la Smart en est un exemple. Un des objectifs de la thèse sera donc de mettre en évidence les conditions de performance respectives des stratégies d'exploitation et des stratégies d'exploration selon les régimes d'innovation considérés.

Enfin, comme nous le développerons dans la thèse, cette caractérisation est construite sur des critères robustes qui renvoient explicitement à la théorie unifiée de la conception (Hatchuel et al., op.cit.). Un tel fondement théorique garantit l'ancrage des processus d'exploration dans les activités de conception et permet d'éviter le recours à des critères non consistants, renvoyant à des caractérisations *ex post* des innovations ou mobilisant des critères « mous » (« nouveau pour les clients », « technologies discontinues ou de rupture »)...

Cette première caractérisation suggère que les quatre régimes d'innovation mis en évidence sur la figure 1 vont constituer une maille d'analyse pertinente pour analyser à la fois les principes de management, les stratégies et les organisations des processus d'exploration. Le cas de la PAC chez Air Liquide qui a été notre terrain de recherche pendant quatre ans, entre 2003 et 2007 nous aidera à formuler des problématiques plus précises pour les stratégies et organisations des processus d'exploration.

3. Quelles stratégies et organisations pour les processus d'exploration ?

Les principes scientifiques au fondement de la PAC sont connus depuis 1839. En revanche, les premiers développements industriels remontent à la fin des années 1950 avec les premiers programmes spatiaux américains : les PAC servent lors des missions Apollo à produire l'électricité et la chaleur nécessaires aux astronautes à partir d'hydrogène et d'oxygène. La technologie restera ensuite largement confinée aux laboratoires d'électrochimie pour n'émerger que timidement vers le début des années 1980 dans les centres de R&D des constructeurs automobile.

Les applications dont est porteuse cette technologie semblent multiples : transport automobile, propulsion marine, alimentation d'appareils électroniques nomades, chauffage résidentiel... Les piles à combustible ont des avantages indéniables : production d'énergie sans émissions polluantes, absence de nuisances sonores, de vibrations, souplesse d'utilisation, excellent rendement... En outre, le contexte international actuel de sévérité croissante des normes anti-pollution et la perspective d'indépendance énergétique vis à vis des pays producteurs de pétrole constituent deux moteurs puissants pour le développement de cette technologie associée à l'hydrogène comme combustible. Dans ces conditions, des industriels et des Etats investissent massivement depuis le milieu des années 1990 afin d'accélérer l'avènement d'une économie hydrogène (Rifkin, 2002). Toutefois, les applications commerciales peinent à voir le jour : les constructeur automobiles annoncent la sortie de premiers modèles de véhicules pour 2020 mais butent sur le coût élevé de la technologie et sur le déploiement des infrastructures nécessaires (réseau de stations-service hydrogène) ; les fabricants d'électronique travaillent sur des batteries de longues durées rechargeables instantanément grâce à des cartouches mais butent aussi sur les coûts ainsi que sur le scepticisme des premiers utilisateurs. Dès lors quelles stratégies d'innovation pour les PAC ? Les stratégies de pilotage de l'innovation par la R&D semblent, depuis quarante ans, avoir conduit à des impasses... Peut-on alors entrevoir des stratégies de pilotage de l'innovation par les usages ? Voire des stratégies couplant intelligemment une réflexion sur les architectures et les applications ?

Nous avons pu accompagner un processus d'exploration initié par une filiale d'Air Liquide lors d'une recherche intervention qui a duré quatre années, entre 2003 et 2007. La filiale en question, Axane, cherchait depuis 2001 à développer des applications commerciales à court terme pour cette technologie, en privilégiant d'autres secteurs que l'automobile. Les dirigeants d'Axane souhaitaient contourner les principales applications ciblées par les grands industriels pour développer un groupe électrogène portable d'un nouveau genre. Au démarrage de la recherche, début 2003, les équipes d'Axane disposent de quelques prototypes fonctionnels et se posent de nombreuses questions :

- **sur l'exploration de nouveaux marchés** : comment orienter les études de marchés alors que les innovateurs n'ont aucune idée des futures applications ? Les applications portables semblent prometteuses mais les études de marchés n'offrent que peu de visibilité sur ce que pourrait être le marché de l'« énergie portable non-polluante », ou celui de l'« énergie portable ultra-silencieuse » alors que les applications dans le transport bénéficient d'applications et de clients déjà existants. De plus, comment financer une stratégie d'exploration de marchés qui n'existent pas encore ? Faut-il persister à explorer dans l'incertain ou s'aligner sur les programmes de recherche nationaux et européens qui financent majoritairement les programmes sur la voiture à hydrogène ? Peut-être l'introduction de cette nouvelle technologie implique-t-elle de repenser les modèles d'affaires présents dans le secteur de l'énergie ?

- **sur le processus de développement des produits** : l'enjeu est de lancer des projets dans l'inconnu, alors que le marketing n'est pas capable de spécifier un cahier des charges de départ faute de connaître encore les applications finales... Sur quelles bases lancer les projets ? Et comment initier une démarche d'industrialisation pour une technologie encore très chère alors que les marchés ne sont pas encore créés ? Avec qui nouer des partenariats ? Avec des industriels ayant des expertises techniques complémentaires ou avec des acteurs permettant d'explorer un large spectre d'applications ?

- **sur le pilotage général du processus d'exploration** : comment articuler les niveaux du groupe Air Liquide qui conduit des études via ses départements marketing et de sa R&D et le niveau de la filiale qui conduit ses propres développements et expérimentations sur le terrain en itérant de manière très rapide ? Comment intégrer les démarches d'exploration de la valeur et celles conduisant à identifier de nouvelles architectures-produits ? Qui arbitre et sur quels critères ? Quels indicateurs utiliser pour savoir que l'exploration ne diverge pas ?

Le cas de la PAC chez Axane / Air Liquide incarne un processus d'exploration situé dans un régime d'innovation extrême (les concepts explorés ne sont ni rattachables à des usages ni à des compétences techniques précises). Il permet néanmoins de formuler des problématiques quant aux stratégies et organisations de l'innovation qui sont en jeu dans les processus d'exploration.

- **Comment explorer des marchés qui n'existent pas encore ?**

Les travaux en stratégie marketing concernant l'exploration de marchés qui n'existent pas encore, pour des technologies à l'identité floues, dont les performances restent à révéler, sont assez rares et s'écartent du courant dominant en marketing. Certains auteurs ont mis au point des principes et méthodes en

étudiant la valorisation de Hautes-technologies issues de centres de recherche et développement (Millier, 1997, 2003, Gaillard, 2000). Plus largement, ces travaux interrogent les méthodes d'exploration de la valeur en l'absence de client, pour des produits dont les usages ne se révèlent pas immédiatement lors des premiers contacts avec les utilisateurs. Comment expliciter les besoins latents des clients potentiels ? Les processus d'exploration impliquent de renouveler les stratégies habituelles d'expérimentation (Thomke, 1999) car on ne connaît pas l'objet des prototypes : illustrer des fonctionnalités, un service, une identité nouvelle ? Peut-on travailler avec des utilisateurs-précurseurs (cf. les *lead-users* de Von Hippel) ou repérer chez certains d'entre-eux des comportements qui vont guider l'identification d'applications ? Mais comment les identifier alors qu'on ignore tout des futurs domaines d'application... ?

- **Quelles stratégies adopter pour explorer ?**

Selon le régime d'innovation dans lequel se situent les concepteurs, quelles stratégies privilégier ? Si Christensen (op.cit) décrit très bien les conditions de performances des stratégies de soutien et des stratégies disruptives, il est de peu d'utilité en revanche sur la mise en œuvre opérationnelle des secondes : faut-il multiplier les expérimentations et interactions avec des utilisateurs différents ? Faut-il mettre en œuvre des stratégies de plate-forme pour devenir un fournisseur incontournable d'architectures (Gawer et Cusumano, 2002) ? La créativité en amont des développements suffit-elle à réduire l'incertitude sur les marchés ? Faut-il s'allier à un industriel puissant pour développer des synergies ou développer des partenariats d'exploration dont l'objectif peut n'être que d'explorer un concept particulier avec un collectif à assiette variable (Segrestin, 2003) ? Plus généralement, comme le note Segrestin (op.cit), les stratégies d'exploration semblent s'élaborer largement au fil des découvertes et apprentissages que vont générer les processus d'exploration alors que les travaux classiques en stratégie les positionnent comme devant précéder et guider l'action. Si tel est le cas, selon quels sont les mécanismes de réorientations stratégiques et ces mécanismes sont-ils propres aux situations d'exploration ?

- **Comment organiser et piloter les explorations de nouvelles valeurs et d'architectures-produit ?**

Enfin, les processus d'exploration soulèvent la question des modes d'organisation adaptés à l'exploration de nouvelles valeurs et de nouvelles options techniques : si la PAC a montré les limites du mode traditionnel de pilotage de l'innovation par les centres de R&D, nous avons vu que le projet Swatchmobile montrait aussi les limites des départements marketing. Les processus d'exploration seraient-ils l'occasion de se repencher sur la division du travail entre la R&D et le marketing ? Face au déferlement actuel dans les grands groupes de structures, plateformes, ou fonctions censées être en charge de la gestion de l'« Innovation », un modèle unifié émerge-t-il ? Le modèle du *corporate venture*

permettant d'externaliser l'innovation à de petites entités spécialisées est-il une réponse pertinente aux problématiques soulevées par l'exploration ? Si le modèle de l'ingénierie concurrente montre ses limites pour des processus d'exploration, de nouvelles formes organisationnelles émergent en amont des projets : Lenfle (2001) décrit par exemple des principes d'organisation pour des Projets d'Offres Innovantes (POI) dont le but est d'explorer de nouveaux concepts et de nouvelles connaissances en amont des projets de développement. Quelles organisations sont les mieux adaptées pour les différents processus d'exploration ?

4. Annonce de plan

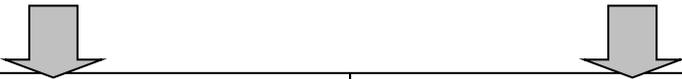
Nous montrerons dans un premier temps en quoi les travaux classiques sur les innovations de rupture peinent à saisir le potentiel d'expansion des usages et de renouvellement des architectures que renferment des technologies embryonnaires telles que la PAC, les nanotechnologies ou le papier électronique : nous introduirons alors la notion de « technologie à hauts potentiels » (THP) afin de positionner les enjeux d'exploration soulevés par ces technologies par rapport à d'autres catégories d'innovations (radicales, disruptives, *high-tech*, etc). L'étude du secteur de la PAC nous conduira ensuite à mettre en évidence l'échec des stratégies de pilotage de l'innovation par la R&D conduites par une majorité d'industriels : dans ce contexte, le cas d'Axane sera présenté comme exemplaire d'une stratégie d'exploration de nouvelles applications pour des marchés inconnus, stratégie qui ne va pas sans soulever de nombreuses questions pour les managers de la filiale comme ceux du groupe qui la finance (partie I).

Dans un second temps, nous étudierons en détail les mécanismes d'exploration de nouveaux concepts et de nouvelles valeurs en mobilisant les théories de la conception innovante. Nous mettrons en évidence un nouveau cadre théorique différent de celui de la « valeur-client » de Porter (1980) pour explorer la valeur d'usages potentiels en dehors des activités-clients déjà connues par une entreprise (partie II).

Nous étudierons ensuite trois processus d'exploration (Axane et la PAC, Airstar et les ballons éclairants et MicroOptical et les verres pixélisés) afin d'en dégager des principes de management et des stratégies d'exploration (partie III).

Nous aborderons enfin dans la partie IV la question de l'organisation de l'exploration en nous intéressant aux formes de coopération entre la R&D et le marketing en situation d'exploration. Une revue de la littérature sur les organisations ambidextres et sur le *corporate venture* mettra en évidence les limites de ces modèles. La mise en place d'une entité d'exploration chez Axane / Air Liquide sera alors l'occasion

d'illustrer le fonctionnement d'une fonction Innovation en lien avec le marketing, ce qui nous conduira à étendre le modèle de la R-I-D de Le Masson (op.cit) aux fonctions marketing.

<p align="center">Partie I. Du dilemme « exploitation-exploration » à la construction de problématiques pour les processus d'exploration</p> <ul style="list-style-type: none"> - Limites des différentes typologies sur l'innovation pour caractériser les processus d'innovation <i>ex ante</i>. - Introduction de la notion de <i>Technologie à Hauts potentiels</i> et première caractérisation. - Mise en évidence sur le secteur de la pile à combustible des difficultés pour élaborer des stratégies et organisations de l'exploration 	
<p align="center">Partie II. Les nouveaux fondements de l'exploration : une approche par la théorie de la conception innovante et par la « valeur-amont »</p> <ul style="list-style-type: none"> - Incomplétude de la théorie de la conception innovante : quelle place pour la valeur ? - Limites de la « valeur-client » de Porter pour explorer de nouvelles valeurs ; nécessaire détour par la notion de « valeur-amont » - Impacts sur l'approche des usages en sociologie et la conception d'usages potentiels. 	
<p align="center">Typologie des dilemmes stratégiques entre processus d'exploitation et processus d'exploration (Partie II / chapitre 7)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caractérisation des processus d'exploration / processus d'exploitation - Relecture et positionnement des travaux antérieurs sur l'exploration 	
	
<ul style="list-style-type: none"> - Analyse de trois cas de processus d'exploration : Axane et la PAC, Airstar et les ballons éclairants et MicroOptical et le verre pixélisé - Identification de leviers stratégiques et de tactiques d'exploration 	<ul style="list-style-type: none"> - les limites des organisations marketing face aux situations d'exploration - les <i>entités d'exploration</i> : les organisations ambidextres et le corporate venture - le cas du fonctionnement d'une entité d'exploration chez Air Liquide - Elargissement du modèle R-I-D aux fonctions marketing
<p>Conclusion générale</p>	

**PARTIE I. LES DEMARCHES D'EXPLORATION :
DU MANAGEMENT DANS L'INCERTAIN A LA
CARTOGRAPHIE DE NOUVEAUX POTENTIELS**

Plan de la partie I

Chapitre 1. Des technologies émergentes aux technologies à hauts potentiels : la construction de problématiques pour l'exploration	30
L'exploration considérée comme une étude des technologies émergentes	31
1.1.1 Les architectures-produits au cœur du changement technologique	31
1.1.2 Innovation de soutien ou disruptive : un dilemme pertinent pour les explorateurs ?	34
Le management des hautes-technologies : vers une caractérisation de l'exploration par les niveaux d'incertitudes ?	37
L'exploration comme expansion des compétences et de la valeur	39
1.1.1 L'exploration comme levier de renouvellement stratégique des compétences centrales de l'entreprise	39
1.3.2 L'exploration comme forme organisationnelle pour développer des innovations de rupture	41
1.3.3 L'exploration comme processus de cartographie de nouveaux potentiels	42
Conclusion du chapitre 1	47
Chapitre 2. Les stratégies d'innovation dans le secteur de la pile à combustible : quelles alternatives face à l'échec du pilotage Des démarches d'exploration par la R&D ?	48
2.1 La PAC : une THP prisonnière de stratégies d'innovation d'exploitation	49
2.1.1 L'échec des stratégies d'innovation de soutien des industriels depuis les années 1960	50
2.1.2 Les composantes d'un modèle de gestion de l'innovation : la PAC gérée comme une haute-technologie	58
2.2 Air Liquide à la conquête de l'hydrogène-énergie	64
2.2.1 L'historique d'Axane : du rôle de systémier à la posture d'explorateur	64
2.2.2 La stratégie d'Axane : explorer de nouveaux espaces de marchés & cartographier des champs émergents	68
Ballard	70
Conclusion du chapitre 2	71
Chapitre 3. Méthodologie de recherche	72
3.1 Une recherche-intervention pour concevoir de nouveaux modèles de gestion de l'exploration	72
3.2 Construction de la méthodologie de la recherche	78
Conclusion du chapitre 3	84
Conclusion de la partie I	85

Comment caractériser les démarches d'exploration en faisant le lien avec les travaux antérieurs sur l'innovation technologique ? Toutes les publications utilisant le terme « exploration » font référence au texte fondateur de James G. March (1991). March, explorateur des idées déviantes en management, a défini l'exploration, qui expérimente tous azimuts des alternatives nouvelles et incertaines, en tension avec l'exploitation, qui perfectionne et étend les compétences, les technologies et les procédures existantes. Selon lui l'exploration est « la recherche de nouvelles idées, de nouveaux marchés, de nouvelles relations », « l'exploration inclut des choses comprises dans les termes tels que recherche, variation, prise de risques, expérimentation, jeu, flexibilité, découverte, innovation » (op. cit.). Nous constatons néanmoins que la notion porte intrinsèquement en elle une part de flou, d'expansion, de *foolishness* (March, op.cit.).

Notre projet est de définir l'exploration pour elle-même. Alors que l'usage du terme « exploration » s'est fortement développé dans la littérature managériale depuis une dizaine d'année, sa définition n'est pas fondée ou quand elle l'est, elle empiète souvent sur des notions connues en management de l'innovation, ce qui introduit des confusions. Par exemple, He et Wong (2004) utilisent le terme d'exploration pour désigner des nouveaux couples « produits / marchés » par rapport à des couples existants (qui relèvent de l'exploitation) ; Tushman et O'Reilly (1997) définissent l'exploration comme la capacité à développer des innovations de rupture (*breakthrough innovations*) ; de son côté Dannels (2002) définit les situations de « pure exploration » comme suscitant le renouvellement simultané des compétences-client et les compétences-techniques de la firme lors du développement de nouveaux produits. Avec Doganova et Mustar (2007), nous constatons que la littérature procède à une application automatique de cette notion d'exploration (et d'exploitation), comme allant de soi. La notion même d'exploration n'est pas interrogée sur le fond. A-t-on besoin du terme « exploration » pour désigner « R&D », « radical » ou « nouveau » ? Nous chercherons dans ce chapitre à caractériser précisément les démarches d'exploration afin de permettre la définition des enjeux et des modalités de sa gestion. Notre projet est bien à terme d'étudier le management de l'exploration pour lui-même.

Le chapitre 1 s'attachera à caractériser les démarches d'exploration par rapport aux typologies traditionnelles en management stratégique de l'innovation. Le courant du management du changement technologique n'aborde pas la question de l'exploration de manière directe mais traite de l'émergence de nouvelles technologies menaçant le leadership des entreprises établies. Nous mettrons en évidence que ces travaux s'intéressent peu à la question des usages sous-tendus par les architectures-produits. Nous présenterons alors les courants qui analysent, dans la lignée des travaux de March (op.cit.), les démarches d'exploration comme des activités d'expansion des compétences, ce qui nous conduira à proposer une première caractérisation des démarches d'exploration.

Nous étudierons ensuite au chapitre 2 les difficultés des industriels du secteur de la pile à combustible (PAC) à définir des stratégies d'innovation performantes : alors que les centres de recherche et développement (R&D) travaillent sur cette technologie depuis les années 1960, les séries commerciales de véhicules à PAC ne sont pas annoncées avant 2020 et les appareils électroniques nomades peinent à convaincre tant leurs performances sont médiocres. Nombre d'analystes diagnostiquent que cette technologie n'est pas encore mûre et sollicitent des investissements massifs de la part des Etats pour développer cette filière. Prenant le contre-pied de ces analyses, l'hypothèse que nous avançons dans ce chapitre est celle de l'échec du pilotage de l'innovation par la R&D pour cette technologie. Après avoir caractérisé les stratégies d'innovation des industriels du secteur de la PAC, nous présenterons la stratégie d'une filiale d'Air Liquide qui tente d'explorer de nouvelles applications et de nouveaux usages à partir de principes de conception originaux.

Enfin, nous expliciterons dans le chapitre 3 la méthodologie de recherche-intervention que nous avons suivie pendant quatre années chez Axane et Air Liquide pour étudier de manière longitudinale plusieurs processus d'exploration.

CHAPITRE 1. DES TECHNOLOGIES EMERGENTES AUX TECHNOLOGIES A HAUTS POTENTIELS : LA CONSTRUCTION DE PROBLEMATIQUES POUR L'EXPLORATION

Les travaux classiques en management stratégique de l'innovation n'abordent pas directement la question de l'exploration : leurs travaux portent soit sur des *dominant design* déjà stabilisés (Abernathy et Utterback, 1978, Abernathy et Clark, 1985), soit mobilisent des typologies qui ne se préoccupent pas des usages en jeu lors de la conception d'innovations architecturales ou modulaires (cf. Henderson et Clark, 1990). Pour autant ces travaux ont construit les fondements des démarches d'exploration telles que nous les avons définies dans l'introduction de cette thèse car ils étudient ces deux piliers : la question des architectures-produits et des compétences des firmes est au cœur de nombreux écrits (Abernathy et Clark, op.cit, Tushman et Anderson, 1986, Ulrich, 1995) et la question des usages et des applications potentielles a récemment été renouvelée par les travaux de Christensen (1997, 2003, 2005). Il est alors paradoxal que le courant des ressources et compétences ait été le premier à aborder de manière intégrée la question de l'exploration, en transposant les travaux fondateurs de March (1991) sur le dilemme « exploitation / exploration » aux activités de développement de nouveaux produits. Néanmoins, les différents travaux relevant de ce courant manquent de consistance et considèrent comme exploratoires des situations d'innovation relevant de situations déjà identifiées par la littérature en management et pour lesquels des modèles existent déjà. A quel cadre alors avoir recours pour caractériser les démarches d'exploration ?

Afin de répondre à cette question, nous proposerons de relire les travaux qui abordent de manière directe ou connexe l'exploration en trois temps.

Nous analyserons dans un premier temps les travaux sur le management stratégique de l'innovation en étudiant la manière dont ils ont abordé la problématique de l'émergence de nouvelles technologies ou de nouvelles applications. Nous constaterons une dissociation nette entre les courants qui portent majoritairement sur les architectures-produits, et ceux qui privilégient la question des usages potentiels de nouvelles technologies (1.1).

Dans un second temps, nous étudierons le courant des hautes-technologies pour lequel la problématique de l'exploration se traduit par un impératif de réduction des incertitudes sur le marché et sur la technologie (1.2).

Nous aborderons dans un troisième temps les démarches d'exploration sous l'angle de la conception simultanée des compétences et de la valeur, en étudiant comment, suite aux travaux fondateurs de March (1991), des chercheurs ont transposé les problématiques de l'exploration dans la sphère de la conception de nouveaux produits (1.3).

1.1 L'exploration considérée comme une étude des technologies émergentes

Le management stratégique de l'innovation a abordé la question de l'exploration sous la question des technologies émergentes sous deux perspectives assez disjointes :

- les travaux fondateurs sur le **changement technologique** (Utterback et Abernathy, 1978, Abernathy et Clark, 1985, Anderson et Tushman, 1986) ont étudié les impacts de technologies émergentes sur les firmes établies et sur des secteurs industriels entiers ;
- le **management des innovations disruptives** (Christensen, 1997, Christensen et Raynor, 2003, Christensen, Scott et Roth, 2004) propose de s'intéresser aux stratégies de mise sur le marché de technologies émergentes perçues initialement comme sous-performantes

Nous opérerons une relecture critique de ces travaux en nous demandant comment ils articulent la conception des architectures-produits à celle des usages en cours d'émergence.

1.1.1 Les architectures-produits au cœur du changement technologique

Les travaux fondateurs d'Abernathy et Utterback (op.cit) sur les cycles technologiques permettent de comprendre comment, sur plusieurs dizaine d'années, apparaissent progressivement des *dominant design* suite à des périodes d'expérimentation et de compétition où des conceptions différentes sont en compétition. Ils situent la stabilisation autour d'un *dominant design* après une période d'innovation produit intense où les attributs de la catégorie de produits finissent par se stabiliser avant de l'innovation procédé ne prenne le pas et que l'innovation se maintienne comme incrémentale. En revanche, leurs travaux fondés sur des études détaillées font peu de cas de la face cachée de l'innovation technique, c'est à dire à la phase de ferment technologique ou phase d'émergence située en amont de l'apparition d'un *dominant design* : pourquoi certains produits ou technologies ne gagnent-ils pas l'adhésion des futurs clients (c'est la définition même d'un *dominant design* « a design that gains allegiance to the market », Abernathy et al., op.cit.) ? Les ressorts de la compétition sont-ils les mêmes si l'enjeu est d'innover dans la continuité des applications existantes (par exemple les écrans LCD face aux tubes cathodiques) ou s'il s'agit de proposer de nouveaux usages (les postes de radio à transistors étudiés par Christensen, 1997) ? La figure 2 illustre trois exemples de trajectoires possibles en amont d'une innovation produit : (1) représente une trajectoire d'expérimentation qui débouche sur des prototypes qui rencontrent une adhésion favorable (le seul cas traité par Abernathy et al., op.cit.) ; (2) illustre une trajectoire dont les prototypes rencontre peu d'adhésion et sont préférés à une autre conception ; et (3) illustre une trajectoire mort-née où les concepteurs disposent de quelques prototypes en laboratoires mais ne parviennent pas à expérimenter et finissent pas abandonner l'idée d'une commercialisation.

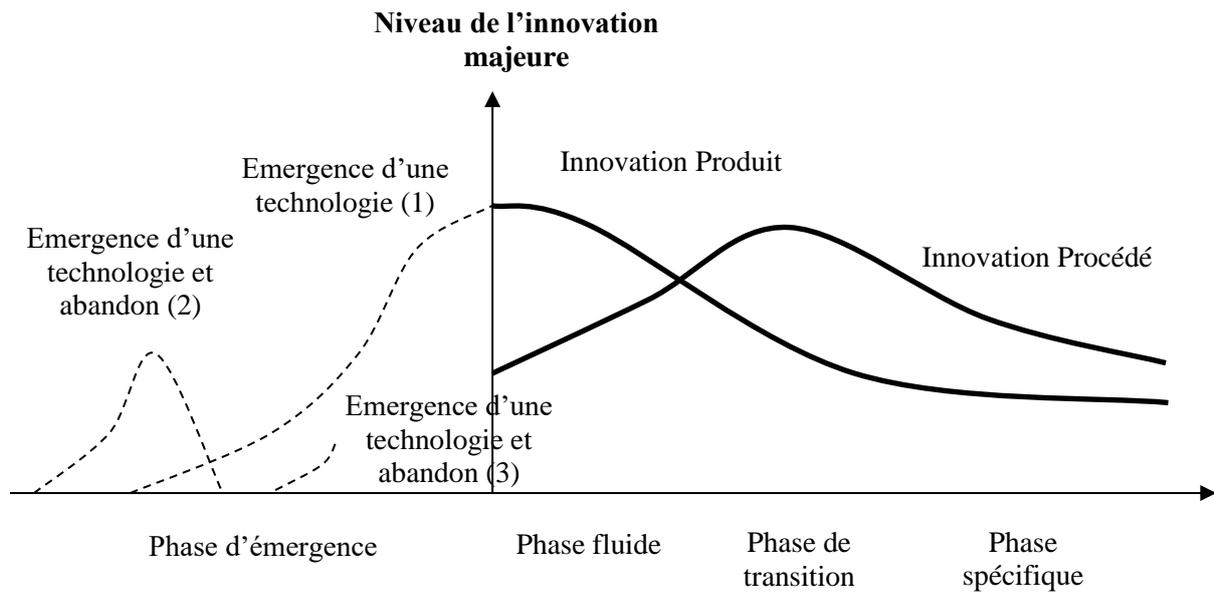


Figure 2 : l'amont des cycles technologiques et la révélation des trajectoires de conception (adapté d'Abernathy et Utterback, 1978)

La figure 2 matérialise des trajectoires de conception possibles avant la phase fluide : à travers les courbes situées à gauche de l'axe des ordonnées, nous interrogeons là les conditions spécifiques et les principes d'émergence d'un *dominant design*.

Utterback (1994) répond à cette question en décrivant les principaux leviers favorisant l'émergence d'un *dominant design* :

- la présence « atouts collatéraux », (Tece, 1986), c'est à dire de canaux de distribution déjà existants, d'image de marque qui confèrent des avantages sur les concurrents
- l'intervention des gouvernements (nouvelles réglementations plus contraignantes pour les technologies en vigueur qui favorisent les nouvelles technologies)
- la capacité à manœuvrer stratégiquement (strategic maneuvering)
- la communication entre les fabricants et les futurs clients

Ces leviers ne constituent cependant pas des principes activables *ex ante* pour guider l'orientation de processus de conception pour des technologies émergentes : par exemple, même si les constructeurs automobiles et les pétroliers font appel aux financements publics pour leurs programmes de R&D sur les PAC parce qu'ils ont identifié que ces véhicules nécessiteraient l'implantation de stations services pour l'hydrogène, cela ne dessine pas pour autant les contours ni les usages des véhicules à hydrogène.

Par la suite, les travaux d'Henderson et Clark mettront en évidence des leviers activables au niveau de l'architecture des produits là où les travaux d'Abernathy et Clark (1985) inscrivaient la notion d'architecture dans le cadre plus large de compétition dans une filière donnée :

“ New technology that departs from established systems of production, and in turn opens up new linkages to markets and users, is characteristic of the creation of new industries as well as the reformation of old ones. Innovation of this sort defines the basic configuration of product and process, and establishes the technical and marketing agendas that will guide subsequent development. In effect, it lays down the architecture of the industry, the broad framework within which competition will occur and develop. We have thus labeled innovation of this sort "Architectural"” (Abernathy et Clark, 1985, p. 7).

Ainsi Henderson et Clark (1990) ouvrent la boîte noire de la technologie et donnent une nouvelle signification à la catégorie d'innovation architecturale : « *the essence of an architectural innovation is the reconfiguration of an established system to link together existing components in a new way* ».

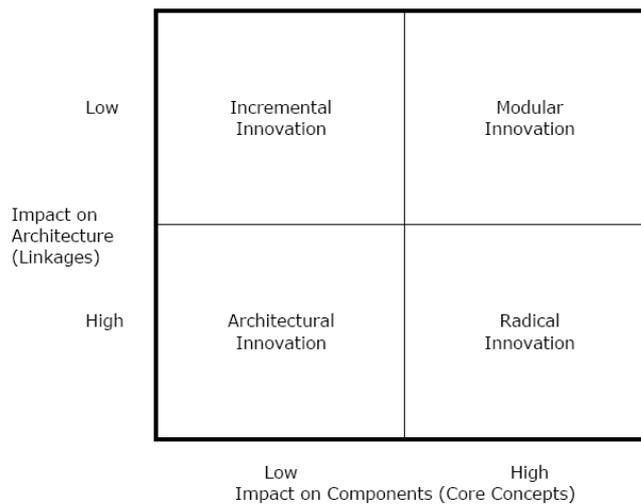


Figure 3 : typologie de Henderson et Clark (1990) sur l'innovation architecturale

Au-delà d'une simple description des liens entre composants et interfaces, les auteurs mentionnent surtout à travers cet article les connaissances en jeu dans le processus de conception (connaissances sur les composants et connaissances architecturale) comme le soulignent Baldwin et Lenfle (2007) dans leur essai sur Clark. Néanmoins, Henderson et Clark perdent avec cette typologie toute relation avec le marché final et avec les usages : le ventilateur portable cité en exemple dans leur papier, la Wii de Nintendo et son gameplay innovant et la Toyota Prius avec son architecture hybride peuvent en effet être qualifiées tous les trois d'innovations architecturales. En revanche, la rupture en terme d'usages

pour les deux derniers produits d'usages est sans commune mesure avec le cas du ventilateur portable (comparé à l'air conditionné centralisé).

1.1.2 Innovation de soutien ou disruptive : un dilemme pertinent pour les explorateurs ?

Christensen a été le premier à proposer une vision renouvelée des typologies classiques utilisées pour qualifier les types d'innovation (notamment la typologie de Henderson et Clark, op.cit) en décrivant des stratégies spécifiques à l'introduction de technologies innovantes sur des marchés qui n'existent pas encore (Christensen, 1997, Christensen et Raynor, 2003, Christensen, Scott et Roth, 2004).

Selon Christensen et ses collègues, qualifier une innovation d'« incrémentale », d'« architecturale » ou de « radicale » est stérile. Il s'agit d'abord de s'intéresser aux logiques d'introduction sur le marché de nouvelles technologies. Christensen caractérise les technologies émergentes en deux catégories distinctes : les technologies de soutien et les technologies disruptives.

Les technologies de soutien sont des innovations qui ciblent uniquement des améliorations de performance pour des applications déjà existantes : elles peuvent être issues des centres de R&D ou non, relever d'innovations, architecturales, modulaires ou radicales, seul importe pour Christensen que ces technologies s'insèrent dans des marchés et des usages existants (il parle alors de stratégies de soutien ou *sustaining strategies*).

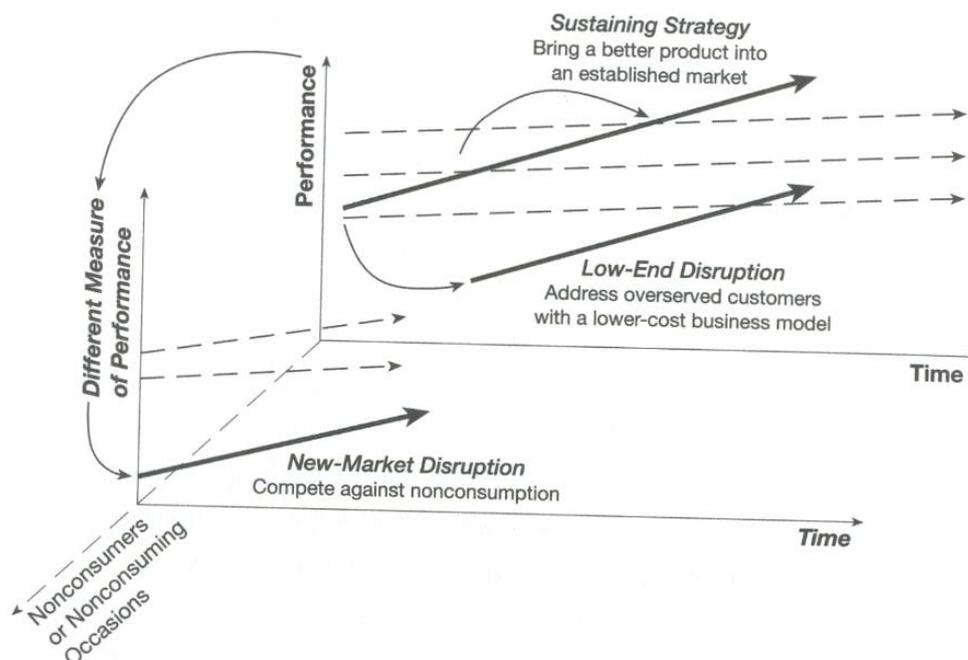
Les technologies disruptives sont des technologies « typiquement plus simples, moins chères et plus fiable et facile à l'emploi que les technologies en place » (Christensen, 1997). Elles visent à créer de nouveaux marchés, en changeant les critères établis de mesures de la performance et en suscitant de nouveaux comportements, de nouveaux usages : par exemple, Sony avec la première radio portable intégrant des transistors proposa aux adolescents dans les années 1950 des postes de moins bonne qualité par rapport aux postes de salons à ampoules (commercialisés par RCA) de leurs parents mais leur offrit d'emporter leur musique où ils le souhaitaient, ouvrant l'ère de la musique nomade.

L'argument principal de Christensen est que cette caractérisation permet une relecture des stratégies de compétition entre nouveaux entrants et entreprises établies dans le cas d'émergence d'une nouvelle technologie : dans le cas où la nouvelle technologie est une technologie de soutien alors les entreprises établies auront quasi-systématiquement le dessus sur les nouveaux entrants, alors que dans le cas d'une technologie disruptive, le nouvel entrant disqualifiera quasiment à coup sûr les entreprises établies. Christensen (1997) critique ainsi les travaux de Tushman et Anderson (op.cit.) en argumentant que les firmes établies n'ont rien à craindre des nouveaux entrants, même dans les cas où ceux-ci introduisent

des innovations détruisant leurs compétences, à partir du moment où les technologies impliquées sont des technologies de soutien.

Les technologies disruptives impliquent des stratégies différentes des stratégies de commercialisation usuelles ; Christensen et Raynor (op.cit) distinguent deux stratégies disruptives différentes (voir figure 4) :

- les **stratégies disruptives créant des offres « bas de gamme »** (*low-end disruption*) proposent des produits correspondants aux besoins de clients qui sont sur-servis par les entreprises établies. Ainsi les imprimantes pour ordinateurs seraient devenues trop sophistiquées alors que les hommes d'affaires pourraient avoir besoin en déplacement d'une imprimante ultra-portable qui imprimerait avec une qualité brouillon (tiré de Christensen et al., op.cit.).
- les **stratégies disruptives créant de nouveaux marchés** (*new-market disruption*) proposent de cibler des non-consommateurs avec des innovations porteuses de nouvelles valeurs : « ce sont des innovations qui permettraient à des personnes qui manquaient soit d'argent, soit d'habiletés, de commencer à utiliser un produit » (Christensen et al., op.cit). Ces stratégies s'appuient sur des nouveaux critères de performances sur lesquelles la compétition n'a pas porté jusque-là : les radios de salons de RCA n'étaient par exemple jamais questionnées par des clients sur leur portabilité avant l'apparition des transistors de Sony.



Les travaux de Christensen proposent donc un cadre renouvelé pour discuter des stratégies d'innovation en prenant pour point de référence la question des applications finales, des performances perçues par les utilisateurs et des réseaux de valeur (*value-network*) dans lesquels s'insèrent ces dernières. Si Christensen n'évoque qu'en filigrane la question des usages, ses travaux constituent un changement de perspective par rapport aux travaux antérieurs en management stratégique.

En revanche, plusieurs critiques sont adressées à ces travaux : elles concernent (a) la rigueur des définitions employées pour définir les technologies disruptives et (b) le caractère prédictif de ces théories.

(a) Danneels (2004) et Utterback et Akee (2005) furent parmi les premiers à montrer les limites de la définition donnée par Christensen (1997) pour les technologies disruptives : « *disruptive technologies are typically simpler, cheaper, and more reliable and convenient than established technologies* ». Ils mettent en évidence que des technologies émergentes peuvent développer des performances nouvelles mais tout en étant plus cher et moins fiable au démarrage. Danneels op.cit.) propose alors une nouvelle définition, plus générale que la précédente : « *a disruptive technology is a technology that changes the bases of competition by changing the performance metrics along which firms compete* ».

(b) Peut-on utiliser la théorie de Christensen pour prédire l'apparition et la rupture venant de nouvelles technologies ? Si cette théorie est activable, elle permettrait aux managers d'identifier quelles technologies pourraient avoir des chances de succès... Là encore, Danneels (op.cit) montre les limites de l'approche par des trajectoires de performance utilisée par Christensen : afin de pouvoir faire des prédictions *ex ante* il faudrait être en mesure de prévoir à l'avance quelles nouvelles composantes de la performance les futurs clients solliciteraient et quel niveau de technologie il faudrait fournir. Par exemple, au démarrage de notre recherche, les dirigeants d'Axane sont incapables de dire si les futurs utilisateurs des PAC vont privilégier leur faible niveau sonore ou leur caractère non-polluant, ni de préciser les contours des nouveaux usages que ses performances vont générer...

En conclusion, les travaux de Christensen fournissent une première caractérisation (même imparfaite) du dilemme stratégique auxquels font face des innovateurs en présence d'une technologie émergente dont les performances étonnent, sont inédites et ne s'insèrent pas directement dans une application existante : « stratégie de soutien » ou « stratégie disruptive » préfigure en partie le dilemme « stratégie d'exploitation » ou « stratégie d'exploration » que formuleront les travaux sur les ressources et compétences que nous mentionnerons plus loin dans ce chapitre. Néanmoins, la question des usages et de leur conception n'est qu'effleurée par Christensen à travers la notion de *value-network* : il se contente

de généralités sur les « *jobs people always tried to do but lacking the skills or money to do it* » (Christensen et Raynor, op.cit) qui laissent la « boîte noire » de la conception des usages fermée.

1.2 Le management des hautes-technologies : vers une caractérisation de l'exploration par les niveaux d'incertitudes ?

Le courant du management des hautes-technologies aborde la question de l'exploration en caractérisant les incertitudes au centre des raisonnements des innovateurs. Ce courant s'est développé en France et aux Etats-Unis dans les années 1980 et 1990 à partir des constats réalisés sur une inadaptation des outils traditionnels du Marketing (segmentation, Marketing Mix) pour des technologies particulièrement innovantes.

Les hautes-technologies sont caractérisées des niveaux élevés d'incertitudes concernant les marchés et la technique et une volatilité compétitive qui affectent les stratégies et tactiques des entreprises de certains secteurs (Shanklin and Ryans, 1984, Moriarty et Kosnik, 1989). La micro-électronique, l'informatique, la pharmacie ou les bio-technologies sont ainsi analysés comme des secteurs *high-tech*.

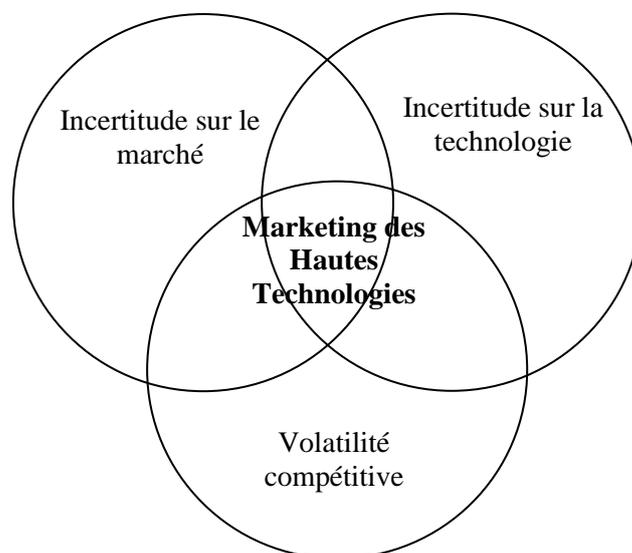


Figure 5 : caractérisation des environnements marketing pour les hautes technologies
(Moriarty et Kosnik, 1989)

Des auteurs tels que Mohr (2001) ajoutent des critères pour qualifier les environnements de haute-technologie. Ceux-ci se caractérisent alors en plus des trois critères précédents par :

- un haut degré de volatilité compétitive (ousiders et breakthrough)

- des dépenses considérables de R&D
- une obsolescence rapide des produits
- la présence d'externalités de réseaux

Si la plupart des auteurs insistent sur l'attention particulière à apporter aux phases de lancement des nouveaux produits (O Connor 1998, Yadav, Swami et Pal, 2006), et sur la nécessité de développer de nouvelles approches marketing (*market driving*, Hills et Sarin, 2003) différenciées des approches Marketing classiques (*market driven*), les travaux ne mettent pas en évidence de nouveaux principes pour conduire les projets ou processus d'innovation dans l'incertain. De plus la plupart des cas étudiés sont le fruit de recherches conduites *ex post*.

En outre, comme le soulignent Chen, Reilly et Lynn (2005) la notion d'incertitude, bien que centrale en management stratégique et dans la théorie des organisations, est une notion qui a eu de nombreuses tentatives de conceptualisations et d'opérationnalisation mais qui reste inconsistante. Par exemple, l'incertitude a été définie comme une probabilité non mesurable en économie (Knight, 1933). Duncan (1976) définit l'incertitude comme un manque d'information concernant les facteurs de l'environnement associé à une situation donnée de prise de décision. Milliken (1998) enfin, définit l'incertitude comme l'imprévisibilité de l'environnement, l'incapacité de prédire l'impact d'un changement d'environnement et l'incapacité de prédire les conséquences d'une réponse à un choix. C'est à cette définition que se réfèrent implicitement les travaux des chercheurs qui étudient les Hautes Technologies.

En conclusion les travaux sur le management ne peuvent nous servir à dégager des critères pour caractériser les situations d'exploration : la notion d'« incertitude » est inconsistante et renvoie tantôt à des situations de lancement de nouveaux produits, tantôt à des situations plus perturbantes où les innovateurs doivent concevoir à la fois les nouveaux usages en rétro-agissant sur la conception des produits. Dans la partie suivante, nous présenterons les approches qui étudient les démarches d'exploration en les définissant à partir des notions de renouvellement et d'expansion des compétences en montrant en quoi ce changement de perspective permet de progresser vers une caractérisation consistante de ces démarches.

L'exploration comme expansion des compétences et de la valeur

Le dilemme fondateur de March (1991) sur l'exploitation et l'exploration dans l'apprentissage organisationnel a trouvé un large écho en management stratégique : l'exploration est considérée par le courant des ressources et compétences comme un levier pour renouveler les compétences de la firme sur les axes clients et techniques (Danneels, 2002) ; elle est aussi considérée comme une forme organisationnelle pour développer des innovations de rupture, incarnant le pendant des activités routinières qui visent à développer des innovations incrémentales (Tushman et O'Reilly, 1997, Benner et Tushman, 2003).

1.2.1 L'exploration comme levier de renouvellement stratégique des compétences centrales de l'entreprise

Danneels (2002) fut l'un des premiers à transposer le dilemme « exploitation-exploration » de March du domaine de l'apprentissage organisationnel en une réflexion sur les processus de développement de nouveaux produits. Selon Danneels, l'exploration se définit comme « une activité d'apprentissage de la firme qui conduit à l'addition de nouvelles ressources ou compétences » (définition qu'il reprend de Sitkin, Sutcliffe, and Schroeder, 1994). Pour Danneels, dans le droit fil de la théorie des ressources et compétences, les compétences sont « des capacités à accomplir quelque chose en utilisant un ensemble de ressources matérielles et immatérielles ». Dans sa lignée, Chanal et Mothe (2005) appellent **innovation d'exploration** une **forme d'innovation qui s'éloigne de manière significative des compétences centrales existantes de l'entreprise sur l'axe client ou sur l'axe technologique**. Comme l'a montré Danneels (2002), cette forme d'innovation contribue à l'accroissement de la **variété** des compétences maîtrisées par l'entreprise, et contribue par conséquent à développer un avantage concurrentiel.

Discutons de la typologie de Danneels (figure 6 ci-dessous) qui caractérise les différents modes de développement de nouveaux produits en fonction de leur impact sur les compétences de l'entreprise. Nous avancerons deux arguments principaux pour mettre en évidence que le seul renouvellement des compétences de la firme n'est ni nécessaire, ni suffisant pour caractériser des situations d'exploration.

		Technologie	
		<i>Compétence maîtrisée</i>	<i>Compétence nouvelle</i>
<i>Compétence maîtrisée</i>	Clients	Innovation d'exploitation	Valorisation des connaissances clients
<i>Compétence nouvelle</i>		Valorisation des connaissances technologiques	Innovation d'exploration

*Figure 6 : typologie des nouveaux produits en fonction des compétences
(Danneels , 2002)*

Premièrement, le renouveau d'une compétence technologique n'est pas suffisant pour caractériser une exploration technologique. Par exemple, Christensen (1997) a montré en quoi les constructeurs automobiles ont échoué au cours des années 1990 à transformer de nouvelles compétences technologiques sur les batteries en nouveaux concepts de véhicules. Les premiers véhicules électriques n'ont été que des « véhicules électrifiés » sans plus de réflexion sur les nouvelles formes de mobilité dont ils étaient porteurs. La présence de nouvelles compétences ne suffit donc pas à faire émerger de nouveaux concepts-produits ou de nouvelles architectures.

Réciproquement, l'exploration de nouvelles idées ou concepts peut tout à fait démarrer à partir de connaissances et de compétences technologiques existantes et activables facilement : c'est là l'essence même de toute innovation architecturale et la Nintendo Wii prouve par exemple que des concepteurs peuvent explorer de nouveaux *gameplays* fondés sur des technologies de détection des mouvements des joysticks maîtrisées depuis de nombreuses années.

Deuxièmement, le renouveau de la compétence-client n'est pas non plus suffisant pour caractériser une situation d'exploration. Les premières tentatives d'Axane pour identifier le marché des PAC de petites puissances consistèrent par exemple à conduire des études de marchés auprès d'utilisateurs de petits groupes électrogène : en interrogeant les clients actuels de ces énergies, Axane apprit sur les usages existants mais ne put rien induire sur les usages potentiels de générateurs silencieux et non polluants. De manière générale, les activités de *benchmark* client sur des activités déjà existantes contribuent à renouveler les compétences sur les clients mais ne débouchent pas nécessairement sur des explorations de nouveaux usages.

Réciproquement, les fournisseurs d'accès Internet diffusent des contenus à travers des technologies maîtrisées (ADSL) pour des clients connus. Pour autant, peuvent-ils prédire l'impact de la vidéo à la demande ? Même au sein d'un portefeuille de clients stabilisé, on peut encore faire émerger des

situations d'exploration dans lesquelles les nouveaux concepts proposés suscitent de nombreuses interrogations.

La caractérisation de Danneels, quoi qu'intéressante en première lecture, apparaît comme inconsistante : si le renouvellement des compétences seul n'est un critère ni nécessaire, ni suffisant, nous avons mis en évidence que la formulation de concepts pouvait jouer un rôle dans l'enclenchement d'une démarche d'exploration. Nous verrons au 1.3.3 comment concepts et connaissances peuvent nous aider à construire une caractérisation consistante pour les situations d'exploration.

1.2.2 L'exploration comme forme organisationnelle pour développer des innovations de rupture

Le courant de travaux sur l'ambidextrie relève d'une approche organisationnelle qui s'attache à résoudre le dilemme de March. Comment articuler exploitation et exploration ? Comment structurer les organisations pour, à la fois, exploiter et explorer ? L'ambidextrie désigne la manière dont l'organisation articule (en fait, le plus souvent, sépare) les activités d'exploitation et d'exploration. Les sciences des organisations ont depuis longtemps intégré la gestion de l'ambivalence consistant à faire raisonner ensemble des logiques antagonistes, par exemple Lawrence et Lorsch (1966) sur l'intégration et la différenciation. Dans cette gestion de l'ambivalence, la perspective est double : tirer parti des différences (de l'un pour aider l'autre) et empêcher la perturbation (que l'un ne perturbe l'autre). Drucker (1974) a le premier insisté sur l'impossibilité pour une même organisation de gérer l'existant et de créer de la nouveauté. La notion d'organisation ambidextre est utilisée pour la première fois par Duncan (1976) qui souligne, en fonction du stade de développement d'une innovation, la nécessité d'adopter une structure duale. Il propose des structures différentes pour les phases initiales et de mise en oeuvre de l'innovation, surtout si l'innovation est forte.

Cette structure duale est caractéristique des organisations ambidextres, pouvant concilier des impératifs contradictoires : horizon temporel différent - court terme / long terme - (Gibson et Birkinshaw, 2004 ; O'Reilly et Tushman, 2004). Ces structures apparaissent dans des organisations développant des capacités d'innovation continue (Brion et Mothe, 2007). Tous les auteurs plaident pour une spécialisation dans (on pourrait dire aussi une différenciation entre) les activités d'exploration et d'exploitation. Ils diffèrent sur l'organisation de cette spécialisation. Les travaux sur l'ambidextrie seront détaillés dans le chapitre 12 sur les entités d'exploration, notre questionnement se limite ici à mesurer si le courant sur l'ambidextrie peut nous aider à mieux fonder la notion d'exploration ? La réponse semble négative : soit ce courant ne dit rien de la notion d'exploration, supposant que tout le monde sait de quoi il en retourne (et de se référer à March), soit l'exploration est associée à des notions connues (R&D, marketing) et sert alors de métaphore. Au fond, c'est la séduction pédagogique du couple « exploration / exploitation » qui l'emporte, conduisant les auteurs à

réaliser des recherches, généralement quantitatives, avec des données issues d'études empiriques sur des secteurs industriels complets mais en définissant la plupart du temps les situations d'exploration à l'aide de catégories inconsistantes : par exemple Mangematin (2007) qualifie de stratégie d'exploration le développement d'une suite de jeu (définie comme une innovation éditoriale incrémentale) sur une console de nouvelle génération (définie comme innovation technologique radicale) ce qui peut conduire à analyser la dernière livraison du jeu de football PES 2008 comme un enjeu d'exploration pour les programmeurs, alors que le concept de jeu est dans la continuité des versions précédentes et que le support « console nouvelle génération » a été anticipé et géré comme un développement classique de nouveau produit.

Nous analyserons dans la partie suivante comment articuler expansion des compétences et création de nouveaux concepts pour caractériser les démarches d'exploration.

1.2.3 L'exploration comme processus de cartographie de nouveaux potentiels

En travaillant sur les partenariats de conception, Segrestin (2003) a élargi la définition de March (op.cit) : à partir de situations de conception entre des industriels collaborant dans l'étude de nouveaux usages pour des téléphones portables, Segrestin (op.cit) précise que « l'exploration concerne un problème mal posé, un concept pour lequel aucune concrétisation n'existe et sur lequel les connaissances disponibles sont très réduites ou peu exploitables directement ». Plutôt que de se ramener à des situations où les incertitudes sont faibles et où les compétences sont maîtrisées, Segrestin qualifie l'exploration de « démarche visant à **examiner, à parcourir, à expérimenter**, et à "**cartographier**" l'espace potentiellement ouvert par un tel concept. Il s'agit moins dans un premier temps de bâtir des projets que de repérer les lieux, de les décrire de manière plus ou moins méthodique ». Avec cette définition de l'exploration, on n'est plus seulement sur une caractérisation de situations incertaines (incertitude sur les marchés, incertitude sur la technique), mais dans une démarche qui vise, à partir de nouveaux concepts, à agir sur le réel, à expérimenter *in situ* et à cartographier des « potentiels », puis à réaliser des projets.

L'approche de Segrestin (op.cit.) nous conduit à identifier la notion de « potentiel » et plus particulièrement celle d'« expansion » comme particulièrement adaptée à la caractérisation des démarches d'exploration : l'enjeu de l'exploration n'est-il pas de créer une expansion sur les usages et la valeur en générant des concepts qui sortent du cadre des usages existants et de créer une expansion sur les connaissances techniques en étudiant de nouvelles architectures-produits jusque là inexplorées ?

On peut ainsi définir à l'aide de ces deux notions des technologies à hauts potentiels (THP), qui correspondent à des situations d'exploration extrême tant sur les usages que sur la technique. En quoi

l'introduction de cette nouvelle notion est-elle utile ? Comment se positionne-t-elle par rapport aux catégories habituellement utilisées de « hautes-technologies » ou de « technologies disruptives » ? Les THP sont une catégorie certes extrême mais qui focalisent les problématiques de l'exploration et les portent à son comble : la pile à combustible (PAC) questionne par exemple en profondeur les usages d'une nouvelle énergie silencieuse et non polluante mais adresse en même temps de nombreuses questions à la R&D sur les stockages de gaz, les architectures électrique et électrochimique. Hatchuel, Le Masson et Weil (2004) évoque des enjeux similaires pour les *science based products* (SBP) qui présentent une définition fonctionnelle incomplète et dont les développements impliquent la définition d'un programme de recherche scientifique sur les phénomènes impliqués. De nombreuses technologies ont été des THP : le téléphone, les transistors, le nucléaire ou le laser. Plus récemment, le photovoltaïque, la domotique, les puces électroniques ou Internet ont incarné des technologies protéiformes aux performances et aux usages indéfinis. Ces technologies sont désormais familières. Aujourd'hui les biotechnologies, les nano-technologies ou la pile à combustible sont perçues comme des THP.

Nous reviendrons sur les critères permettant de définir une THP : (a) l'expansion des connaissances techniques et (b) l'expansion des usages et de la valeur. Notre argument est que la notion d'« expansion » est plus précise que celle de « renouvellement » dans la mesure où elle positionne à la fois une direction pour les apprentissages et où elle introduit un rapport aux concepts qui sont générés (principale critique adressée à la typologie de Danneels).

a) L'expansion des connaissances techniques

L'expansion des connaissances techniques renvoie :

- soit à des situations où les connaissances des concepteurs sont riches, précises et nouvelles, mais non transposables immédiatement en applications ; l'expansion est ici celle des connaissances sur les futurs marchés ou sur les clients potentiels (exemple tiré de Millier (1997): à quoi peut servir une fibre de verre ultra-performante : à faire des fibres pour les couches bébé ou du béton renforcé ? cette question peut, en retour conduire à « expandre » les connaissances techniques) ;
- soit à des situations où des idées d'application se profilent, mais où les connaissances restent à identifier pour les réaliser (ex : quelles architectures électriques et fluides mobiliser pour concevoir un groupe électrogène non-polluant et ultra-silencieux ?).

Dans le premier cas, l'enjeu sera de tester rapidement la valeur des premiers concepts afin d'apprendre sur la valeur et de réorienter l'exploration le cas échéant.

Dans le second cas, l'enjeu est de pouvoir concevoir des architectures innovantes à la croisée des domaines de compétences des métiers : sur les développements de PAC par exemple, les experts électrochimistes vont explorer de nouveaux axes de travail en prenant en compte les travaux des

thermiciens pour diminuer le niveau sonore des premiers prototypes : séparément, ces métiers auraient conduit des travaux de recherche qui n'auraient pas mis en évidence ces phénomènes aux interfaces.

b) L'expansion des usages et de la valeur

S'inscrivant dans une tradition ancienne de promesses technologiques, les THP véhiculent de nouveaux usages mais aussi des perspectives d'amélioration des conditions de vie des utilisateurs (cf. encadré 1).

Encadré 1 : les promesses technologiques

L'actualité est riche de technologies qui promettent de révolutionner notre quotidien : les biotechnologies, les nanotechnologies, les technologies de l'information et de la communication ou les nouvelles énergies sont porteuses d'une pléiade de nouveaux concepts (« la maison communicante », « les matériaux intelligents », « la voiture propre »...) derrière lesquels se cachent des usages foisonnants. L'émergence de ces technologies est souvent accompagnée de discours prophétiques annonçant des ruptures sociétales. Pourtant, les travaux sur la diffusion des technologies ont montré le décalage constant entre ces usages fantasmés et les usages réels (Rogers, 1995). Ainsi, Internet était perçu dans les années 1990 comme un nouveau média alternatif, vecteur de démocratie au niveau mondial ; les nanotechnologies promettent depuis le début des années 2000 de dépasser les limites de la matière avec les nano-matériaux ; la pile à combustible à hydrogène est annoncée depuis la fin des années 1990 comme l'énergie propre du XXI^{ème} siècle ; l'émergence des biotechnologies a été accompagnée par la promesse de nouvelles thérapies géniques dans le secteur de l'industrie pharmaceutique ou par les perspectives de rendements intensifs dans l'agriculture.

Ces promesses technologiques héritent de la longue tradition de la recherche industrielle du 19^{ème} siècle où l'innovation scientifique était vue par l'opinion publique comme contribuant au progrès de la société (Taguieff, 2003). Selon ce modèle, la recherche sélectionnait ses sujets d'études et diffusait ensuite les résultats de ses travaux dans la société, « réceptrice » des avancées de la science et de la technique. Cette conception d'une recherche nourricière technologiquement connaît depuis plusieurs années une crise de sa légitimité scientifique suite à des affaires comme les OGM ou la vache folle. Des citoyens critiquent ouvertement le modèle de la recherche confinée aux laboratoires et prônent une réappropriation des choix scientifiques et technologiques par les citoyens (Callon, Lascoumes et Barthe, 2001). La « démocratie scientifique » permet de contrôler les sujets de recherche et de discuter leurs applications.

Parce que les THP sont porteuses de performances inédites et de nouveaux usages, elles sont susceptibles de renouveler les applications existantes sur les marchés établis ou de créer *ex nihilo* de nouveaux marchés. Ces caractéristiques rejoignent ainsi celles décrites par Christensen (op.cit) au sujet des technologies disruptives bien que nous soyons ici plus précis. La valeur n'est pas ici seulement l'ensemble des performances pour lesquelles les clients sont prêts à payer (la « valeur-client » selon

Porter, 1985³). Elle englobe ici l'ensemble des transformations susceptibles d'être produites dans les conditions d'activité des clients et évaluées comme positives par ces derniers.

L'« expansion des usages » est une notion plus féconde et plus actionnable que celle d'« incertitude sur les marchés » car elle définit l'expansion à partir des concepts formulés, et en relation avec les connaissances sur la valeur.

Nous pouvons alors proposer une première caractérisation des démarches d'exploration grâce aux critères d'expansion des connaissances techniques et d'expansion techniques. Cette caractérisation met en évidence quatre situations d'exploration distinctes en fonction du statut des premiers concepts formulés par rapport aux connaissances des innovateurs (figure 7) : (I) exploration de nouveaux styles ; (II) exploration de nouvelles architectures ; (III) exploration de nouveaux usages ; (IV) exploration simultanée de nouveaux usages et architectures pour des THP.

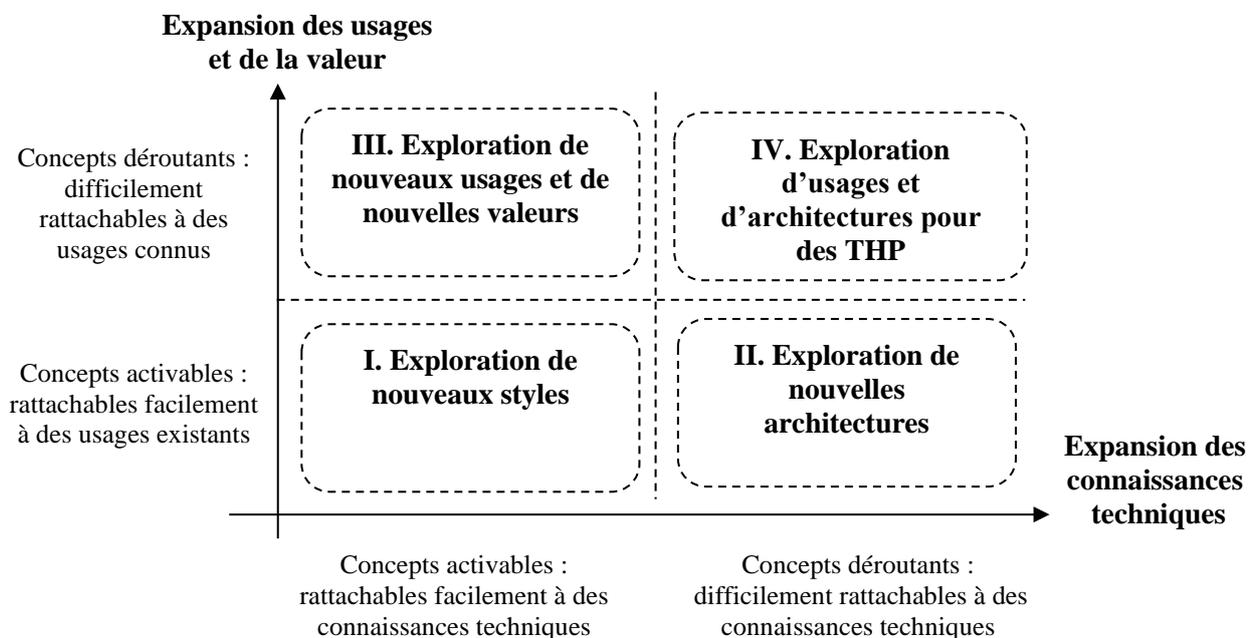


Figure 7 : première caractérisation des démarches d'exploration

³ Dans l'approche classique de la valeur selon Porter qualifiée de « valeur-client » : les clients sont connus, on innove à partir d'eux ou avec eux comme support ; les produits ont une architecture stabilisée, les performances sont dans la lignée des pratiques et correspondent à des besoins ; le client perçoit immédiatement les avantages des produits et leur valeur-ajoutée.

La figure 7 met en évidence le rapport entre « concepts » et « connaissances » qui sert à caractériser les différentes situations d'exploration. A la différence de la notion de « renouvellement », l'expansion se construit à partir de la tension entre les premiers et les seconds. Nous verrons au chapitre 4 que les concepts et les connaissances renvoient à des espaces plus larges qui sont à la base d'une théorie de la conception innovante.

En outre, l'intérêt de la figure 7 est de nous fournir un cadre pour repositionner les catégories habituellement utilisées pour définir les types d'innovations : innovations disruptives, radicales ou architecturales ne constituent pas des catégories robustes vis à vis des situations d'exploration comme l'illustrent les exemples de la figure 8. Contrairement à Tushman et O'Reilly (1997, 2004) pour qui les innovations architecturales et les innovations radicales caractérisent, en soit, des démarches d'exploration, nous montrons que ces catégories sont impliquées dans des démarches d'exploration de natures différentes, voire que des innovations radicales comme les disques Blu-ray peuvent relever de situations d'exploitation (un argument similaire est développé par Christensen (1997) pour qui les écrans LCD sont des innovations de soutien).

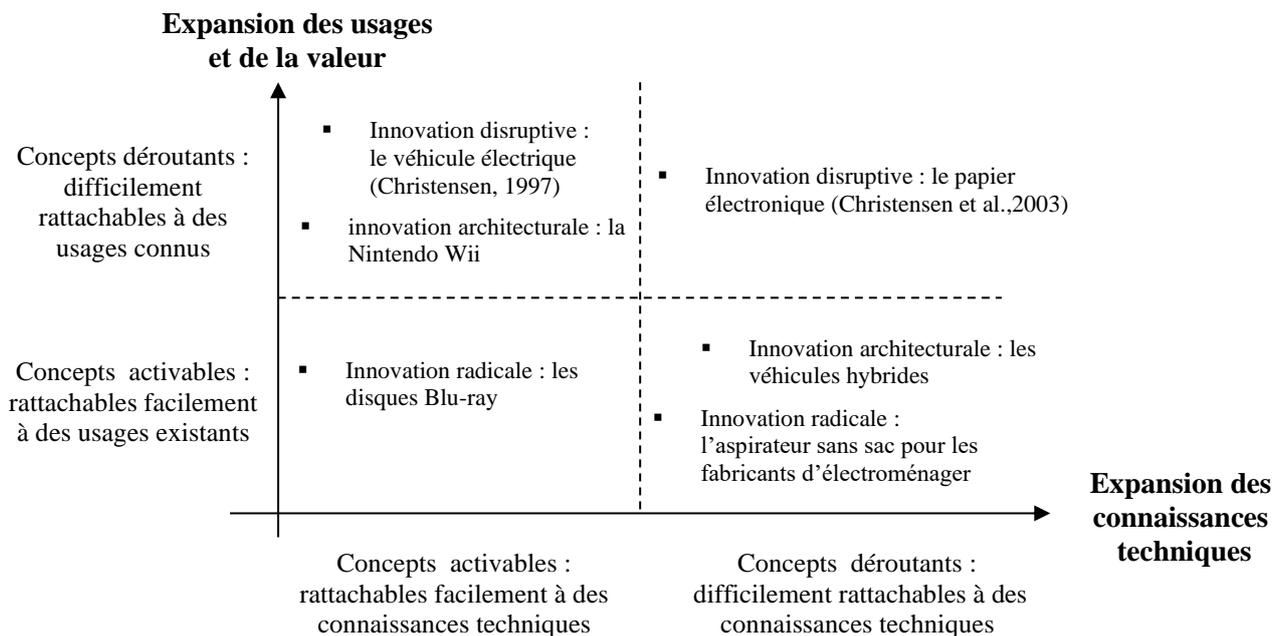


Figure 8 : positionnement des définitions classiques des types d'innovation par rapport aux différentes situations d'exploration

La notion de THP présente donc un intérêt pour caractériser des démarches d'exploration extrêmes, en cohérence avec notre typologie, et sans avoir recours aux catégories habituellement mobilisées en management stratégique de l'innovation.

CONCLUSION DU CHAPITRE 1

En effectuant une relecture des travaux sur l'émergence de nouvelles technologies nous avons montré que le traitement de l'apparition des usages et de la valeur était dissocié de celui de la conception des architectures-produits.

En parcourant ensuite les travaux sur l'exploration dans la lignée des travaux de March, nous avons mis en évidence différentes approches (cf. tableau 1 pour une synthèse) : l'exploration considérée comme un levier pour renouveler les compétences de la firme ; l'exploration comme forme organisationnelle pour développer des produits de rupture ; et l'exploration comme processus d'expansion structuré de nouveaux espaces de conception ouverts par des concepts mal définis.

Nous avons montré en quoi la caractérisation des démarches d'exploration par l'expansion des usages et valeurs, et des connaissances techniques nous fournissait un cadre robuste et pertinent pour aborder la question de l'exploration *ex ante*, au démarrage d'un processus d'innovation.

Auteurs	Définition de l'Exploration	Objet de l'exploration
March (1991) ; March et Levinthal (1993)	« L'exploration inclut des choses comprises dans les termes tels que recherche, variation, prise de risques, expérimentation, jeu, flexibilité, découverte, innovation » (March,op.cit)	Accroître la variabilité des apprentissages.
Danneels (2002), Chanal et Mothe (2007)	Un renouvellement des compétences centrales de l'entreprise (<i>capabilities</i>) sur l'axe client et l'axe technologique.	Regénérer les apprentissages de la firme.
Tushman et O'Reilly (1997), Benner et Tushman (2003), Birkinshaw et Gibson (2004) Tushman et Smith (2005)	Une forme organisationnelle capable de sortir des routines de l'organisation pour produire des innovations de rupture	Développer des produits de rupture (innovations architecturales ou radicales, d'après Tushman et O'Reilly, op.cit.)
Segrestin (2003) ; Hatchuel, Le Masson, Weil (2004) ; Lenfle (2001)	Activité de conception particulière démarrée à partir d'un concept innovant	Cartographier des nouveaux potentiels (identifier de nouveaux concepts et de nouvelles connaissances)

Tableau 1 : comparaison entre les différentes approches sur l'exploration

CHAPITRE 2. LES STRATEGIES D'INNOVATION DANS LE SECTEUR DE LA PILE A COMBUSTIBLE : QUELLES ALTERNATIVES FACE A L'ECHEC DU PILOTAGE DES DEMARCHES D'EXPLORATION PAR LA R&D ?

La Pile à combustible (notée ci-après PAC) est une technologie porteuse d'une myriade d'applications dont les architectures-produits sont encore largement indéterminées. Bien que cette THP fasse l'objet d'importants financements publics depuis les années 1960, elle n'a réussi à pénétrer aucun marché à ce jour, que ce soit dans l'automobile, les appareils électroniques nomades ou l'énergie stationnaire. Alors que certaines stratégies d'innovation pilotées par la R&D ont fait la preuve de leur efficacité dans le cas de création de nouvelles filières comme le nucléaire civil ou la micro-électronique, notre hypothèse est que ces stratégies et les modes de pilotage associés ne sont pas adaptés aux démarches d'exploration portant sur des THP telles que la PAC.

Nous caractériserons dans un premier temps ce modèle de gestion de l'innovation piloté par la R&D et montrerons en quoi il est en décalage avec les enjeux d'exploration soulevés par les PAC (2.1).

Nous présenterons ensuite la stratégie d'exploration entreprise par Air Liquide depuis 2001, stratégie fondée sur l'exploration de nouveaux usages et de nouvelles applications dont le ressort est l'invention d'architectures innovantes. Nous analyserons comment Air Liquide a initié et orienté cette stratégie en évitant les principaux écueils des démarches d'exploration pour parvenir à commercialiser des premières offres commerciales intégrant des PAC dès 2006 (2.2).

2.1 La PAC : une THP prisonnière de stratégies d'innovation d'exploitation

Les chercheurs en management stratégique qui se sont intéressés à la PAC⁴ ont majoritairement focalisé leurs travaux sur le secteur de l'automobile en se demandant comment les grands constructeurs pouvaient réussir à intégrer cette technologie, définie comme « radicale », dans leurs développements, compte tenu du principe énoncé par Chandy and Tellis (2000) qui donne un avantage aux entreprises émergentes face aux leaders établis dans le cas d'innovations radicales (*incumbent curse*). Ces travaux partagent une même conclusion, largement répandue aujourd'hui dans la littérature sur les PAC : suite aux effets cumulés de trois facteurs (évolution de la réglementation, sauts technologiques récents, et poids de l'opinion publique), les constructeurs automobiles auraient fini par rompre le mauvais sort et seraient parvenus à intégrer la PAC dans leurs développements, comme en témoignent les premiers véhicules commercialisés en 2006 au Japon et les annonces faites par d'autres constructeurs pour 2008 et 2009. Le sort de Chandy et Tellis serait donc conjuré.

Néanmoins, nous portons un autre diagnostic sur les stratégies d'innovation des constructeurs automobile vis à vis de la PAC et plus généralement à l'égard des autres industriels impliqués dans le développement de cette technologie. Un tour d'horizon des principaux acteurs du secteur (constructeurs automobile mais aussi fabricants d'électronique et énergéticiens) nous révèle en effet une étonnante stabilité dans l'identité des objets techniques (véhicules, appareils électronique, générateurs électriques portables) et de leurs usages, et met en évidence la faiblesse des modèles d'affaire proposés pour les rares démonstrateurs et produits.

Notre hypothèse est que les stratégies d'innovation suivies par la plupart de ces industriels ont échoué à explorer de nouvelles applications parce que ce sont des stratégies d'exploitation, par essence non adaptées au management d'une THP (2.1.1). Nous mettons alors en évidence les caractéristiques du modèle de gestion de l'innovation en montrant comment les questions en suspens, qui devraient susciter l'exploration, sont systématiquement refermées pour favoriser la coordination des acteurs publics et privés vers un horizon lointain : l'avènement autoproclamé de l'économie hydrogène pour 2050 (2.1.2).

⁴ Pour une revue exhaustive de ces travaux voir Van den Hoed, 2007.

2.1.1 L'échec des stratégies d'innovation de soutien des industriels depuis les années 1960

La PAC, en tant que générateur d'énergie silencieux et non polluant, est aujourd'hui considérée par les analystes et les industriels comme porteuse de performances de rupture dans de nombreux secteurs :

i) dans le transport, embarquée à bord de véhicules électriques, elle propulserait de manière non polluante et silencieuse des véhicules dont l'autonomie serait comparable à celle des véhicules actuels, pour des temps de recharge de quelques minutes ; elle pourrait de même servir à la propulsion de bus ou de poids lourds nous affranchissant d'une large dépendance aux hydrocarbures.

ii) dans l'électronique grand public elle permettrait d'augmenter radicalement l'autonomie des équipements électroniques nomades (ordinateurs, Palm, téléphones mobiles...) tout en permettant là encore des temps de recharge quasi-instantané via l'utilisation de cartouches de méthanol ;

iii) dans la production d'énergie stationnaire, la chaleur des PAC pourrait être valorisée pour alimenter de manière décentralisée des immeubles, voire des quartiers entiers.

Les investissements élevés consacrés tant par les états que par les firmes ces dernières années ont été tels que les premières applications sont désormais en démonstration, dans les salons professionnels ou sur nos routes. Peut-on alors parler d'un rattrapage pour une technologie qui est restée dans l'anonymat entre les années 1950 et les années 1990... ? Si de nombreuses recherches se focalisent sur l'analyse des facteurs qui ont conduit à l'introduction de cette technologie radicale, en particulier chez les constructeurs automobile (Schaeffer, 1998), faisant de la commercialisation des PAC un acquis, nous analyserons au contraire la grande stabilité des identités et usages des objets pour en induire une incapacité à sortir des stratégies d'exploitation et un manque de cadre conceptuel et d'outils pour explorer.

Nous présenterons dans cette partie les stratégies d'exploitation des principaux industriels impliqués dans les développements concernant les PAC (a) pour nous attarder sur le cas de la start-up Ballard qui a tenté dans les années 1980-1990 une stratégie d'exploration qui a finalement avorté (b)

a. Les stratégies d'exploitation des principaux industriels

Les industriels impliqués dans le développement de PAC ont principalement cherché à substituer les applications à des applications existantes. Chritensen (op.cit) aurait caractérisé de telles stratégies de stratégies de soutien face à une technologie disruptive comme la PAC : nous élargirons son cadre pour qualifier les stratégies des principaux constructeurs automobile, fabricants d'électronique et énergéticiens comme des stratégies d'exploitation, c'est à dire des stratégie d'innovation dont les retours sont certains et mesurables, caractérisées par une stabilité de l'identité des produits et des usages.

i. Les constructeurs automobiles prisonniers de leurs clients

Dans l'automobile, de nombreux démonstrateurs (estimés à environ 200 véhicules par le California Air Board fin 2006) circulent aujourd'hui à travers le monde. Mais alors que les constructeurs les plus en pointe (DaimlerChrysler, Ford, Toyota et Honda) annoncent que la technologie est mature, ils se laissent jusqu'à 2015 pour faire baisser les coûts, mettre en place les infrastructures pour l'hydrogène⁵ et travailler sur la sécurité.

De nombreux projets automobiles sont actuellement en cours dans le monde : Daimler Chrysler en est à son cinquième prototype Necar (modèle de présérie), General Motors, Ford, les constructeurs japonais Toyota, Nissan, Honda ont tous des projets en cours, de même que PSA (projets de démonstration Hydrogen, TaxiPac avec des Partner) et Renault (projet FEVER). Des préséries verront le jour à partir de 2008 et ce n'est vraisemblablement qu'à partir de 2010 que les constructeurs annonceront les premiers véhicules hybrides moteur thermique / PAC. De nombreux projets de démonstration pour les transports en commun sont aujourd'hui en cours, notamment le projet européen CUTE qui vise à faire circuler des flottes de bus à hydrogène dans les principales capitales européennes (piles fournies par le canadien Ballard). Les technologies impliquées sont ici les PEMFC alimentées en hydrogène et leur variante, les DMFC, alimentées en méthanol, plus facile à transporter et à stocker à bord des véhicules.

Quelles stratégies de conception sont mises en oeuvre ? Y a t-il exploration de nouveaux usages, de nouvelles valeurs lors de ces projets ? Les projets sont dans la lignée des projets de véhicules électriques à batterie dans les années 1970 puis 1990 : ils consistent principalement à électrifier (et à « gazéifier ») des véhicules de série en essayant de coller aux performances des berlines à moteur à combustion. L'avantage de cette démarche est à la fois de permettre d'orienter les projets de développement sur des cahiers des charges précis, d'autre part d'identifier des sujets de recherche qui recourent la division

⁵ Ou le méthanol, carburant liquide utilisé par certains constructeurs automobile : le méthanol est alors transformé en hydrogène à bord du véhicule en utilisant un réformeur.

habituelle des connaissances : stockage du gaz, distribution des fluides, etc... Enfin, l'utilisation de véhicules de série tente de faire bénéficier les premiers démonstrateurs des effets d'échelle dont bénéficient les modèles largement plébiscités par les clients, réduisant ainsi l'incertitude commerciale.

Nous pouvons néanmoins citer un projet prospectif qui explore des pistes de renouveau pour l'identité des véhicules : le projet « Hy-wire » de General Motors (2003) lancé à grand renfort de communication après que des analystes financiers américains aient évalué en 2002 que le retard de GM sur les développements PAC pouvait s'estimer à au moins cinq ans par rapport à ses concurrents directs, DaimlerChrysler et Ford. Le concept « Hy-wire » propose un châssis en forme de skateboard qui permet de réaménager l'intérieur du véhicule et de changer de carrosserie selon les usages du véhicule. Ce concept n'a débouché sur aucun développement et GM a repris par la suite ses développements sur des véhicules de série.

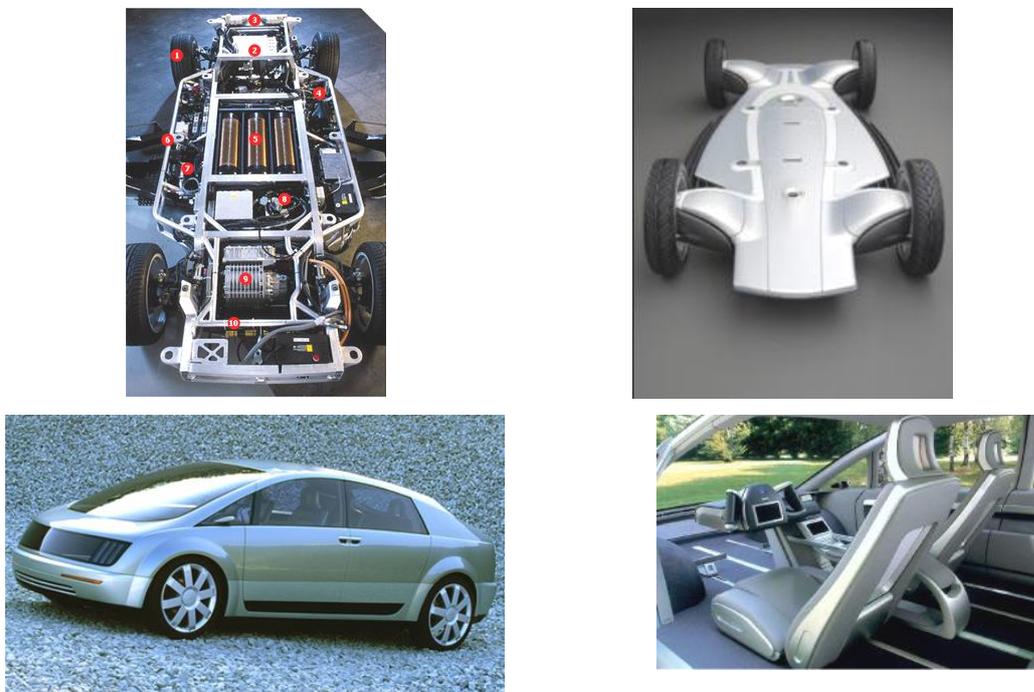


Figure 9 : le concept « Hy-Wire » de General Motors (2003) et son châssis en forme de skate-board : renouvellement de l'identité des berlines traditionnelles ou simple étude de style ?

ii. Les fabricants d'équipements électroniques et la focalisation sur les applications grand public

Les piles à combustible laissent entrevoir des perspectives intéressantes de développement sur le marché des équipements électroniques portatifs. Ces derniers sont actuellement handicapés par la faible autonomie de leur source d'énergie. Il faut les recharger régulièrement, les temps de charge sont longs et imposent d'être branché au réseau électrique. Avec une pile à combustible, l'autonomie ne serait limitée que par la taille du réservoir d'hydrogène ou de méthanol.

Dans l'électronique, malgré quelques prototypes de Toshiba ou de quelques laboratoires, les autonomies atteintes le sont pour un coût pour l'instant cinq à dix fois supérieur aux technologies concurrentes de batteries. D'autre part, les nouvelles fonctionnalités avancées par les constructeurs ne débouchent sur aucun nouvel usage ou sur aucun nouveau concept. De plus, la logistique des cartouches de gaz ou méthanol ne fait pas l'objet de réflexion alors qu'elle interroge de front les modèles d'affaires. Ainsi, il n'est pas étonnant de voir Nokia abandonner ses efforts de R&D sur la PAC en 2004 en déclarant que la technologie n'est pas encore mûre pour être intégrée dans des téléphones portables.



Figure 10 : prototypes d'ordinateur portable (à gauche) et un prototype de téléphone mobile (à droite) fonctionnant avec une PAC à méthanol

iii. La production d'énergie stationnaire

Dans les systèmes de cogénération, la PAC offre un meilleur rapport électricité – chaleur que les groupes électrogènes à moteur Diesel et les turbines, mais ceux-ci offrent des coûts de revient incomparablement plus bas. La cogénération avec une pile à combustible est actuellement très étudiée. De nombreux essais pour des puissances allant de quelques kiloWatts à quelques MégaWatts sont en cours dans le monde. La taille et le poids des piles à combustible ayant peu d'importance dans les applications stationnaires, de nombreux types de piles sont utilisables.

La pile à acide phosphorique (PAFC) est celle qui fonctionne le mieux actuellement dans ce type d'application. Mais les autres types de pile, MCFC, SOFC et PEM peuvent aussi être intéressantes pour des systèmes de cogénération.

Le marché des piles stationnaires pourrait représenter à terme un marché d'environ 1 à 2 milliards de dollars. On peut citer des projets de démonstrations impliquant de piles PEM de 250 kW fournies par Ballard, ainsi que des petites piles de 7 kW destinées aux maisons individuelles par Plug Power en collaboration avec GE Microgen, filiale de GE Power Systems.

Toutefois les coûts de revient élevés et les difficultés de fonctionnement non réellement résolues, permettent de douter de la réalité de la commercialisation imminente.

Enfin, dans le secteur de la co-génération, de nombreux programmes de démonstration sont en cours (Williams et Samuelson, 2006) mais les coûts planchers de la production centralisée d'énergie et le coût du combustible hydrogène sont tels que la perspective de la production locale et décentralisée d'énergie relève pour l'instant de l'utopie.

Face à l'apparente homogénéité de ces stratégies industrielles, un nouvel entrant avait pourtant tenté au début des années 1980 d'explorer de nouveaux usages pour les PAC à l'heure où aucun industriel ne s'intéressait à cette technologie cantonnée aux programmes spatiaux. Le cas de Ballard, aujourd'hui fournisseur n°1 de systèmes PAC pour l'automobile mérite qu'on s'y attarde car il renferme, à certains égards, les ingrédients d'une stratégie d'exploration assez inédite dans le secteur.

b. Ballard et la stratégie avortée d'exploration

Ballard est historiquement l'entreprise qui a repris les développements sur les systèmes PAC au début des années 1980 alors que la technologie avait été abandonnée par tous les industriels (notamment General Electric, fournisseur des missions Appolo). D'abord une start-up, Ballard a connu différentes phases au cours desquelles elle a perfectionné des systèmes intégrant des PAC tout en explorant un grand nombre d'applications. A partir du milieu des années 1990, DaimlerChrysler puis Ford rachètent les deux tiers de son capital et depuis, son activité est concentrée autour du développement et de l'optimisation de PAC pour l'automobile. Selon ses dirigeants, Ballard aspire à devenir l'Intel de l'automobile au XXIème siècle (Koppel, 1999).

Nous retracerons ici les étapes clés de l'épopée de Ballard présentées sous la forme d'une chronologie⁶.

Le projet fondateur de G. Ballard : les batteries Lithium (1974 – 1983)

- 1973 : Geoffrey Ballard conseiller au gouvernement canadien sur l'énergie
- 1974 : premier choc pétrolier. Ballard oriente ses recherches vers les batteries au Lithium.
- 1977 : Fondation de sa première société : Ultra-énergie.
- 1981: premier contrat avec Amoco

Des missions spatiales aux applications terrestres : les premières piles à combustible de Ballard (1983 – 1987)

- 1981 : re-engineering des PAC construites par General Electric pour les missions Gemini de la Nasa (1960s)
- 1983 : Ballard remporte l'appel d'offres du Ministère de la Défense canadien pour développer une PAC de type PEM
- 1985 : Ballard quadruple la densité de puissance par rapport aux PAC de General Electric
- 1987 : Ballard quadruple encore la densité de puissance grâce à une membrane révolutionnaire. Réalisation d'une pile de 1500 W intégrée dans des sous-marins électriques de poche.

L'accélération des développements techniques : de la start-up à la grande entreprise (1987-1993)

- 1987 : nomination de Firoz Rasul, un financier à la tête de l'entreprise. G. Ballard reste président honorifique. Réalisation d'un système de 2000 W pour un sous-marin de poche.

⁶ Les faits et dates sont tirés de Koppel, T., *Powering the future : The Ballard fuel cell and the race to change the world*, 1999.

- 1989 : Ballard fait un tour de table et récolte 15 M\$ auprès d'investisseurs privés.
- 1993: Premier démonstrateur de bus à Pile à combustible réalisé en perruque contre l'avis des dirigeants. Succès médiatique et technique retentissant. Daimler entre en contact avec la start-up.

L'ère des partenariats stratégiques (1993-1998)

- 1993 : entrée en bourse de Ballard.
- 1993 : création d'une joint-venture avec Daimler avec pour objectif le développement de véhicules PAC pour 1996.
- 1994 : signature d'un partenariat avec le fabricant britannique de membranes, Johnson Matthey.
- 1997 : premier démonstrateur complet NECAR (Mercedes class A). Daimler entre au capital de Ballard à hauteur de 20% suivi par Ford à hauteur de 15%.
- 1998 : Ballard lance la commercialisation du module NEXA pour les intégrateurs de composants électrique, qui sera commercialisé par la suite sous une application générateur électrique de 1 kW fabriqué à plus de 1000 exemplaires : l'AIRGEN.

Le NEXA vendu au prix de 5000 euros ne connaîtra qu'un succès auprès des laboratoires en électrochimie et de quelques industriels cherchant à manipuler la technologie. L'AIRGEN vendu au prix de 6000 euros connu un flop retentissant, les applications suggérées étant en complet décalage avec les performances du produit (voir figure 11) : d'une autonomie de 10 h, il fut proposé comme unité de secours en cas de coupure de courant pour des lieux déjà habituellement bien sécurisés (bureaux, salles informatiques) ou pour des applications pour lesquelles le secours n'était pas critiques (loisirs, maison)...



Figure 11 : l'AirGen de Ballard (2002) : la première PAC produite en série pour le grand public

Face à l'échec du lancement de ces produits, l'entreprise se spécialisera dans le développement de systèmes PAC pour l'automobile. Ballard reste encore aujourd'hui le constructeur de PAC pour l'automobile le plus avancé et fournit les PAC des démonstrateurs et des premiers véhicules commerciaux loués par Ford et DaimlerChrysler. Si les constructeurs restent discrets sur les coûts de

revient de la technologie, on estime que les PAC de Ballard ont un coût de revient asymptotique⁷ entre 300 € et 500 € par kilowatt de PAC, ce qui représente pour un véhicule propulsé uniquement par cette technologie un coût d'ensemble compris entre 24 000 euros et 40 000 euros.

Néanmoins, ce qui est intéressant d'analyser ici est comment Ballard rencontre ses premiers succès en concevant des applications qui valorisent des performances spécifiques de la PAC par rapport aux technologies concurrentes, notamment les batteries à haute densité d'énergie :

- les premiers projets impliquant des sous-marins de poche (1987-1990) valorisent la densité énergétique massique et volumique des PAC et de leur stockage d'hydrogène, dans des applications où les énergies concurrentes sont disqualifiées (espaces confinés, la masse et le volume de la source d'énergie sont critiques, il n'y pas de raccordement au réseau électrique) ; le choix de ces applications n'est pas sans rappeler les premières expérimentations d'ampoules à incandescences d'Edison à bord de bateaux de croisière en bois où le gaz est disqualifié car dangereux et dégageant des fumées noires (Utterback, 1994).
- les petits générateurs électriques pour l'armée américaine valorisent le silence extrême et la compacité des équipements pour de longues autonomies qui correspondent à les longues durée de surveillance et qui peuvent se traduire par de la furtivité sur des distances plus longues.

Le cas de Ballard montre que malgré une exploration prolongée de secteurs comme la défense, la marine, les applications de secours, le renouveau des compétences sur les clients n'a pas suffi à Ballard pour identifier des usages porteurs de nouvelles valeurs. Ballard a donc fini par se concentrer sur le secteur de l'automobile suite à la prise de participation de DaimlerChrysler et de Ford dans son capital à la fin des années 1990.

Néanmoins, les stratégies individuelles des industriels ne suffisent pas à expliquer les caractéristiques du modèle de gestion de l'innovation suivi tant par les décideurs politiques que par les industriels et les consommateurs : quelles sont les composantes de ce modèle sur lequel un agenda pour l'économie hydrogène est aujourd'hui construit, alors que nous constatons depuis vingt ans son effritement et son inefficacité à conduire l'innovation pour les PAC ?

⁷ Les coûts sont calculés sur des scénarii prévoyant des fabrications en série de l'ordre du million de véhicule par an.

2.1.2 Les composantes d'un modèle de gestion de l'innovation : la PAC gérée comme une haute-technologie

Les Etats-Unis, l'Europe et le Japon se sont engagés dans une transition vers « l'économie hydrogène » depuis la fin des années 1990 : l'administration américaine a affecté pour la période 2006-2010 1,7 milliards de dollars au développement des PAC. Le Japon y consacre un budget estimé à 240 millions de dollars par an environ. L'Europe de son côté est à la traîne et n'a consacré qu'un cinquième de ces investissements via le sixième programme cadre de recherche européen⁸. La technologie PAC, qui fut longtemps l'objet de nombreuses controverses, spécialement en France⁹ dans les années 1960 et 1970, fait depuis l'unanimité dans les milieux politiques, économiques et techniques.

Les décideurs publics et industriels s'interrogent encore aujourd'hui sur le type de pilotage à adopter pour piloter les projets de développement et programmes de recherche sur la PAC.

Face aux enjeux d'expansion des usages et des connaissances techniques qui ne manquent pas d'être soulevés par les analystes, le modèle de gestion de l'innovation a géré cette situation d'exploration en jouant sur deux leviers :

- 1) réduire les incertitudes relatives sur les usages et les développements en ayant recours à des méthodes de prospectives et de construction de scénarii en supposant que les futures applications seront dans la lignées des applications existantes ;
- 2) accroître les efforts de coordinations sur des interfaces définies à l'avance en ayant recours à des outils de *roadmapping*.

Nous détaillerons la mise en œuvre de ces deux leviers qui, selon nous, caractérisent la gestion de l'innovation pour des hautes-technologies. Nous concluons sur la pertinence de ce modèle dans le cas d'une THP.

⁸ Source : rapport final du groupe de Haut-Niveau, 2003

⁹ Pour plus de références sur le cas français se reporter à Callon (1999) et la thèse de Schaeffer (1998), qui reprend des travaux non publiés de Callon.

a. Des méthodes de prospectives qui masquent mal les incertitudes du présent

De nombreux scénarii, prévisions et démarches de prospectives ont été élaboré pour partager des visions communes d'une future économie hydrogène. Selon Mc Dowall et Eames (2006) qui ont réalisé une revue de la littérature des principaux travaux, ces travaux partagent des conclusions similaires sur les points suivants :

- les principales barrières au développement d'une économie de l'hydrogène sont : l'absence d'une infrastructure de stations de remplissage hydrogène – liée aux difficultés de commercialisation des véhicules à PAC et réciproquement ; les coûts élevés de la technologie et de la production d'hydrogène peu émetteur de carbone ; le manque de maturité technologique notamment des stockages d'hydrogène qui conditionnent les autonomies et le manque de durée de vie des PAC.
- Les principaux facteurs exogènes qui permettraient un développement accéléré de la filière PAC sont :
 - o des financements publics plus importants (même si les auteurs notent que cette conditions n'est pas suffisante) ;
 - o l'apparition de discontinuités majeures telles que le changement de l'opinion publique vis à vis du sujet du réchauffement climatique ;
 - o des ruptures technologiques qui réduiraient drastiquement les coûts ;
 - o la flambée soudaine des prix du pétrole ou l'accélération de la vitesse et de l'intensité des prix du pétrole.

Comme l'illustrent ces conclusions, l'énumération des enjeux soulevés par la PAC et l'hydrogène n'ont pas évolué en 40 ans de programmes de R&D. De plus ils sont formulés quasi-exclusivement en terme technologiques alors que l'on ignore tout des usages potentiels d'une « voiture silencieuse à plancher plat » ou d'« un groupe électrogène non-polluant »... Mc Dowall et Eames (op.cit) ont parcouru une quarantaine d'études prospectives et indiquent que dans la quasi-totalité des cas étudiés, les futures applications sont calquées sur des applications existantes et des usages existants : les scénarii ne font varier que les paramètres de pénétration des marchés, à des moments différents, et pour différentes hypothèses de volumes. Au final la route vers l'économie de l'hydrogène serait toute tracée et il ne resterait que des « obstacles d'ordre techniques et économiques à régler » (extrait de la *DGEMP pour 2003*). D'où l'utilisation répandue des *roadmaps* afin de coordonner les efforts de toutes les parties prenantes.

b. Les roadmaps : coordonner et planifier le déploiement d'une haute-technologie

Afin d'éviter que des industriels puissants n'accaparent les financements publics sur des programmes de recherche partisans (cf. encadré 2, le cas du VEL en France), les décideurs publics ont appliqué à partir des années 1980 de nouveaux outils de planification et de coordination des programmes de R&D : les *roadmaps* firent d'abord leur apparition dans le secteur de la micro-électronique afin de prendre en compte dans un seul mouvement tant les problématiques applicatives que technologiques, les aspects réglementaires ou les barrières à l'entrée. Ces outils favorisèrent dans ce secteur la coordination des efforts des acteurs privés et publics en définissant des trajectoires permettant de lier des applications (depuis les premières applications niches vers des marchés de masse) sur lesquels devaient se porter les programmes de R&D.

Encadré 2 : Quand le pilotage de l'innovation échappe aux pouvoirs publics : le cas du VEL et d'EDF en France (Callon, 1980, Shaeffer, 1998)

Callon s'est glissé dans les coulisses de la recherche technologique française au moment où les chercheurs et décideurs politiques cherchent à impulser des programmes sur les Piles à Combustible, au début des années 1960. Il illustre le rôle essentiel que joue EDF dans ces premières années où sont définis les contenus des programmes de recherche en électrochimie, une discipline alors émergente. EDF orientera des programmes de recherche de la DGRST, tout d'abord en mettant en avant le véhicule électrique (VEL) comme principale application pour les programmes de recherche en électrochimie face à la menace du développement d'applications décentralisée de production de courant qui auraient remis en cause son monopole.

Avec le VEL, EDF mettra l'accent sur la nécessité de développer des transports non-polluant dans le contexte de l'avènement d'une société post-industrielle de consommateurs suite au premier choc pétrolier. Callon illustrera le rôle traducteur d'EDF auprès de la DGRST au cours des années 1970 en détaillant les étapes qui conduisent du « VEL à Pile à combustible à hydrogène » au « VEL à batteries » comme solution envisageable à plus court terme. Finalement, c'est l'enlisement puis l'arrêt programmé du subventionnement des programmes de recherche sur la PAC auquel assistera Callon. Mais qui tua le VEL ? Callon mobilise la théorie de l'acteur-réseau et attribue l'échec du VEL à plusieurs facteurs contingents :

- les mairies eurent d'autres priorités que de financer l'implantation de bornes de recharges sur leur territoire
- les consommateurs ne furent pas prêt à sacrifier la liberté de déplacement que leur conférait l'automobile à essence au regard des faibles autonomies des véhicules électriques
- les constructeurs automobiles eux-même développèrent entre les années 1960 et 1970 des véhicules beaucoup moins gourmands et moins polluants
- enfin, les programmes de recherche en électrochimie sur la pollution des électrodes par le Platine n'avancèrent pas aussi vite que prévu ce qui retarda l'industrialisation des PAC.

Nous pouvons aussi relire ce cas comme symptomatique de la difficulté à explorer de nouveaux usages et de nouveaux modèles d'affaires pour un véhicule qui renferme de nouvelles fonctionnalités : par exemple délivrer de l'énergie silencieuse à l'arrêt permet d'envisager des loisirs ou du travail collaboratif à bord du véhicule ; ou la possibilité d'avoir un plancher plat et des moteurs localisés dans les roues ouvrent de nouvelles pistes d'aménagement de l'intérieur des véhicules, etc.

Dans la micro-électronique, la loi de Moore se prêtant bien à une anticipation des performances avec un rythme régulier, les *roadmaps* firent émerger des industriels puissants soutenus par les financements publics et relayés par des laboratoires de R&D pointus et innovants : le cas de Grenoble où un cluster s'est créée autour de plusieurs industriels tels que ST Microélectronique et travaillant en lien étroit avec un tissu de laboratoires et de start-up innovantes illustre parfaitement le type de dynamique vertueuse permises par ces méta-outils de planification, adapté aux hautes-technologies.

Néanmoins, les *roadmaps* impliquent de stabiliser très tôt les interfaces des produits ou composants impliqués pour se concentrer sur la coordination entre industriels et la définition de programmes de R&D. Ces outils ne peuvent donc être efficace qu'en cas de stabilité de l'identité des objets techniques ou dans le cas où les usages évoluent peu et peuvent être envisagés sur des périodes de plusieurs dizaine d'années sans évoluer... Dans le cas des THP, nous avons montré qu'aucune de ces conditions n'étaient pourtant vérifiée.

Au niveau de l'Union Européenne, un groupe de travail associant des industriels a défini un agenda des questions stratégiques pour parvenir à effectuer la transition entre une économie fondée sur les combustibles fossiles et une économie de l'hydrogène. Les principaux axes de ce programme sont

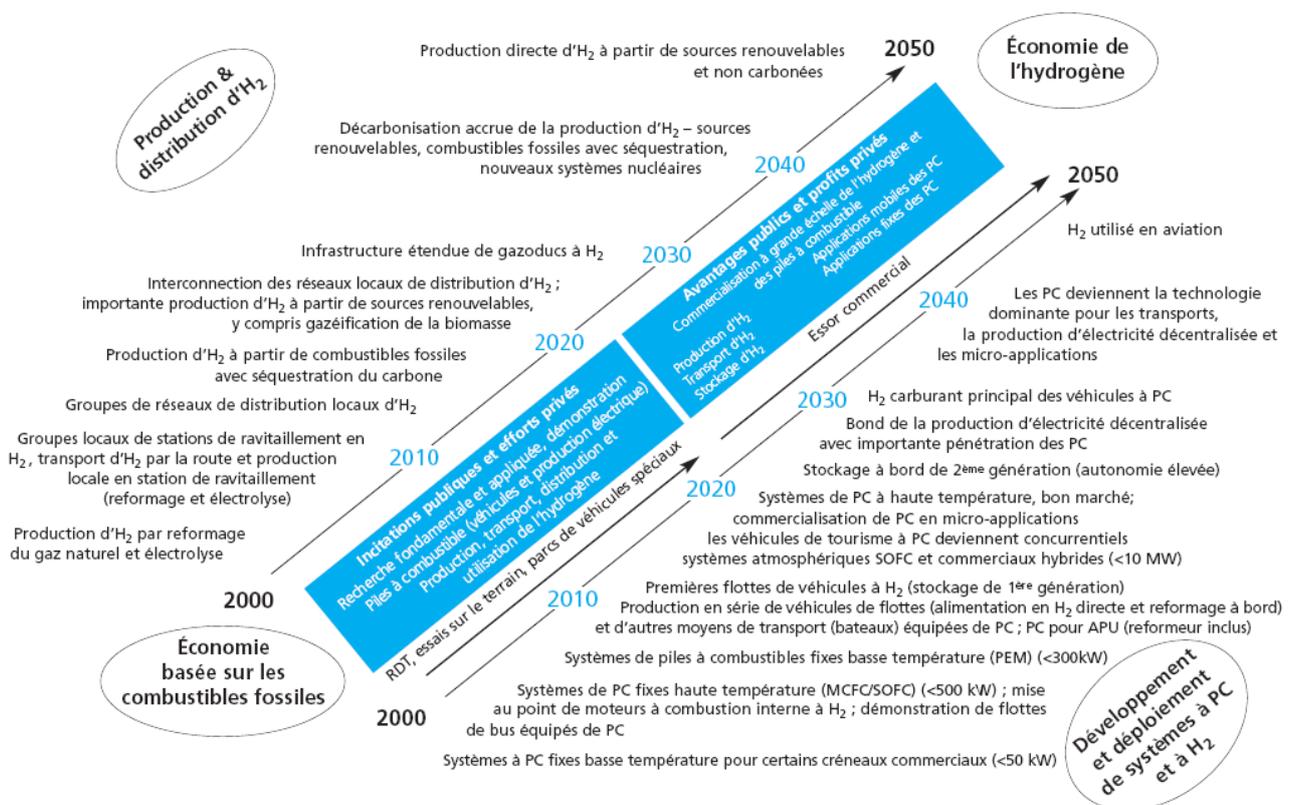


Figure 12 : Proposition schématique de feuille de route européenne pour l'hydrogène et les PAC (source : rapport du High-level group, 2003)

synthétisés en annexe 2 de la thèse. La figure 12 reprend la synthèse de la *roadmap* proposée avec pour horizon 2050.

Au final, l'agenda du high-level group, réunissant les industriels les plus importants impliqués dans la PAC, part de l'hypothèse que toutes les applications sont déjà identifiées et que l'enjeu est de planifier le déploiement de ressources technologiques au bon endroit et au bon moment.

« Pour l'heure, l'hydrogène et les piles à combustible n'offrent pas suffisamment d'avantages à court terme aux utilisateurs pour justifier leur surcoût par rapport aux technologies classiques. La stratégie de déploiement doit par conséquent viser à définir des filières aptes à développer l'infrastructure et les volumes de production. Cette démarche permettra de réduire les coûts, de créer des débouchés commerciaux et, finalement, de réduire le besoin de subventions. Dans certaines applications comme les appareils portatifs, l'alimentation électrique de secours et les APU, les piles à combustible peuvent rapidement offrir aux consommateurs un plus qui justifie un prix plus élevé. Cependant, en ce qui concerne le marché émergent des installations fixes et des transports, une intervention des gouvernements sera nécessaire en anticipation des avantages à plus long terme pour le secteur public et privé. » *Extrait du rapport du High-level group, p. 19, 2003.*

Conclusion du 2.1

Les stratégies mises en œuvre par les principaux industriels développant des PAC depuis les années 1960 et les modèles de management utilisés (pilotage par la R&D, recours au roadmapping) sont symptomatiques de stratégies d'exploitation qui contournent la difficulté d'explorer de nouvelles applications, de nouvelles architectures techniques et de nouveaux modèles d'affaires, en s'enfermant dans des modèles de pilotage hérités du déploiement de filières de hautes-technologies (le nucléaire civil, la micro-électronique).

Cependant, dans le cas de ces hautes-technologies, d'une part, la réduction des incertitudes pouvait être gérée en figeant très en amont les interfaces entre les différents composants, permettant ainsi de définir des programmes de R&D très indépendants les uns des autres ; d'autre part, les applications de ces technologies étaient relativement stables ou pouvaient faire l'objet de projections.

Ces stratégies d'innovation et ce modèle de pilotage semblent donc inadaptés au management des THP qui soulève des enjeux d'expansion des usages et pour lesquelles les phénomènes doivent encore faire l'objet de programmes de recherche. Quelles alternatives à ces stratégies d'innovation ? Nous verrons

que le groupe Air Liquide a entrepris depuis 2001 une stratégie originale d'exploration de nouvelles applications en dehors du marché de l'automobile, pour des marchés qui n'existent pas encore.

THOMSON THHE HOUSTON

PILES à COMBUSTIBLE

à membranes échangeuses d'ions

PILE H₂O₂ TERRESTRE 70 W - 12V

Utilisation civile et militaire terrestre, maritime et aérospatiale

- PILES HYDROGÈNE-OXYGÈNE
 - Puissance crête : 0,1 à 150 W et au-delà
 - Poids : 0,25 à 10 kg.
- PILES HYDROGÈNE-AIR
 - Puissance crête : 750 W
 - Puissance service : 500 W

— AUTONOMES
— COMPACTES
— FIABLES
— LÉGÈRES
— HAUT RENDEMENT
FONCTIONNEMENT ENTRE 0 et +60 °C

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON HOUSTON - HOTCHKISS BRANDT
DIVISION RECHERCHES INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE ET SCIENTIFIQUE
48 BOULEVARD DE LA PROSPÉRIÉ - B.P. 17 - 26 CHATOU (77) FRANCE - TÉL. 98.39.10 - TÉLEX : 26 131 - CFTH-ENI-CHATOU

Figure 13 : une publicité pour une PAC Thomson-Houston (source revue « Entropie », mars/avril 1967). Les avantages mis en évidence (« autonomie », « compacité ») ont cependant du mal à cacher le vide qui existait (et qui existe toujours) quant aux usages potentiels de ces produits

2.2 Air Liquide à la conquête de l'hydrogène-énergie

Le groupe Air Liquide a entrepris une stratégie originale en explorant à partir du début des années 2000 de nouvelles applications et de nouveaux usages pour des PAC. Les premiers développements proviennent d'un service de la R&D qui est un fournisseur de systèmes auxiliaires sur des projets de démonstrateurs de véhicule dans le cadre de projets financés par l'Europe. Air Liquide transforme ensuite le service en filiale, Axane, de manière à être aux avant-postes pour surveiller l'émergence de nouveaux espaces de marchés qui promettent de nouveaux débouchés pour l'hydrogène-énergie.

2.2.1L'historique d'Axane : du rôle de systémier à la posture d'explorateur

Entre 1996 et 2001, un service d'Air liquide participe en tant qu'équipementier, sur le site de la Division des Technologies Avancées (DTA) à Sassenage près de Grenoble, à de nombreux projets de démonstrateurs de PAC intégrés dans des véhicules de séries. Ce service, que nous appellerons « INNO-H », est spécialisé dans le développement de réservoirs pour toutes sortes de gaz sous haute pression. Il a pour périmètre sur ces projets européens la conception des réservoirs d'hydrogène embarqués et la régulation de la circulation des gaz vers la PAC intégrée dans le véhicule. INNO-H prend ainsi part aux projets de démonstrateurs de véhicules HYDROGEN et TAXIPAC avec PSA, FEVER avec Renault et de démonstrateurs de bus avec les constructeurs Man et Scania. Les PAC sont alors fournies pas quelques entreprises européennes qui ont commencé à développer des PAC au début des années 1990, notamment l'italien Nuvera.

INNO-H rencontrant sur les projets des problèmes d'interface entre la distribution des fluides et le cœur des PAC, convainc le groupe Air Liquide de se rapprocher de Nuvera pour collaborer et travailler à résoudre ces dysfonctionnements. Ce rapprochement se matérialise par la création d'une joint-venture avec Nuvera en 2001 pour optimiser l'architecture de systèmes PAC de petites puissances (entre 1 kW et 5 kW). C'est la naissance d'Axane.

La collaboration avec Nuvera sur un premier projet est l'occasion d'apprentissages sur les phénomènes physiques à l'intérieur de la boîte noire détenue par Nuvera. Cependant l'entente entre les équipes ne durera pas et, début 2002, la rupture est consommée. Les membres de INNO-H parviennent alors à convaincre Air Liquide qu'avec l'expertise développée au contact de Nuvera, l'activité de développement pourrait continuer en élargissant le périmètre de conception, c'est à dire en concevant conjointement le système PAC et ses auxiliaires (fluides, électroniques,...), de manière à optimiser les interfaces. A la suite de discussions entre l'équipe et la direction d'Air Liquide, la séparation avec les équipes de Nuvera est actée et il est décidé par Air Liquide qu'Axane prolongera son activité en tant que filiale détenue à 100%. A partir de là, plusieurs vagues de projets vont se succéder.

Après une première année d'existence agitée, Axane doit justifier sa raison d'être et prouver qu'elle peut développer avec succès des systèmes-pile complets. Entre 2002 et 2003 se succéderont deux projets qui renforceront la légitimité de la filiale et modifieront en profondeur ses missions.

- **Le projet Polarpac (janvier- avril 2002) : le premier démonstrateur technologique**

Courant décembre 2001, Jean-Louis Etienne contacte Axane et présente à l'équipe son projet « Mission Banquise ». Il a besoin d'une PAC pour alimenter des appareils de mesures en complément de ses panneaux solaires. Au sein d'Axane, une partie de l'équipe, soit entre huit et dix personnes, se mobilise et, en trois mois, développe deux piles de 300 W¹⁰ alimentées en hydrogène : le PolarpacTM .

L'une d'elles fonctionnera avec succès à l'intérieur de la capsule de JL. Etienne, le Polar Observer, à des températures proches de 0°C.

Le projet sera accompagné d'une large médiatisation dont profitera Axane. La filiale démontrera avec le Polarpac une capacité à s'appropriier les connaissances de Nuvera sur la pile, pour optimiser un fonctionnement d'ensemble. Le budget du projet se monte alors à 300 000 euros.

¹⁰ 300W correspond à l'alimentation de quatre ampoules de 75 W.



Figure 14 : JL Etienne lors de sa mission Banquise utilisant l'énergie de la PAC Polarpac en complément de ses panneaux solaires (source Axane)

Suite à ce projet, Axane fait face à de nombreuses sollicitations à la fois de constructeurs automobiles qui la consultent pour des PAC de moyenne puissance mais aussi des demandes éparées émanant de collectivités, de professionnels du bâtiment ou de l'énergie. Quelle suite donner au Polarpac ? Ne souhaitant pas s'enfermer à court terme dans l'automobile, le directeur d'Axane présente, fin 2002, un Business Plan à Air Liquide. Celui-ci décrit un plan de développement fondé à court terme sur l'exploration de marchés de niches de manière à financer l'industrialisation de la technologie et à tendre vers 2010-2015 vers des applications embarquées dans l'automobile.

Dans le même document, le marché de l'automobile est jugé comme « *très éloigné de la logique industrielle d'Air Liquide, et n'est pas accessible à nos moyens actuels* ». De même, les applications grandes puissances (supérieures à 100 kW) sont jugées comme inaccessibles à la technologie d'Axane. Enfin le marché des applications électroniques de faible puissances (moins de 300 W) ne semble pas « *cohérent avec la logique industrielle d'Air Liquide car il fait vendre peu d'hydrogène et s'adresse au grand public* » (source Axane).

Si en 2002, Axane marque clairement un désintérêt pour les applications-phares, les petites applications ciblées sont encore assez vaguement définies comme en témoigne la figure 15, extraite du Business Plan d'Axane.

Marché ou segment de marché ciblé	P	Année
Véhicules de loisir de prestige (cart golf – véhicule aéroport) Sites isolés télécoms, habitations isolées, ST, APU, certaines catégories de groupes électrogènes et alimentations par batteries, certaines UPS...	2-5kW	2003
Armée (Fantassin)	300-500W	2004
Bus (application aidée), véhicules miniers	20-100kW	2005
Divers (bateau fluvial, sous-marin),		2004/2005

*Figure 15 : segmentation des marchés potentiels pour Axane
(source Business plan Axane, Oct 2002)*

A la même période, Air Liquide est très partagé sur la stratégie à suivre concernant la nouvelle filiale : traditionnellement la stratégie du groupe a été depuis un siècle de ne créer de nouvelles entités que lorsque des projets ou des marchés le justifiaient (Jemain, 2002). Or Axane est un cas particulier : l'aventure est risquée car aucun marché n'existe au plan mondial pour les PAC et, des industriels semblent posséder un savoir –technologique supérieur à celui d'Axane. Pourquoi alors investir dans une entité qui démarrerait avec un tel retard ? Néanmoins, le directeur d'Axane, P. Sanglan parvient à

convaincre le groupe que la filiale sera une source d'informations inestimables prises de l'intérieur de la filière PAC, alors que le peu d'études de marché et analyses extérieures ne parviennent pas à renvoyer des tendances ou des données exploitables pour orienter les investissements. De plus, Sanglan argumente qu'Air Liquide a tout à perdre en restant un simple fournisseur de molécule si jamais les marchés de la PAC décolle : les constructeurs trouveront toujours des gaziers prêts à leur vendre des mètres cubes de gaz moins cher... En revanche, la synergie Air Liquide - Axane pourrait déboucher sur la mise au point de nouveaux standards, de nouvelles qualité de gaz ou de nouveaux modes de connexion entre les PAC et les stockages qui rendrait les marchés captifs d'une offre équipement / gaz intégrée.

Au final, Sanglan convainc Air Liquide de se lancer dans une exploration, mais en ayant recours à des arguments allant dans le sens de l'exploitation : il propose de réaliser une veille intelligente de l'intérieur d'une filière en cours d'émergence et de développer de nouveaux standards, ce qui est associé à une stratégie prudentielle par le groupe.

- **Le Rollerpac (juillet 2002 - avril 2003) : le démarrage d'un processus d'exploration de nouveaux usages et de nouvelles architectures**

Suite à la présentation du Business Plan, fin 2002, Axane reçoit des moyens du groupe pour développer un démonstrateur de moyenne puissance (2 kW) afin d'initier l'exploration des premiers marchés : cette puissance correspond en effet à peu près à la puissance nécessaire pour alimenter en électricité un foyer moyen et représente la puissance d'un petit groupe électrogène. Le changement d'échelle représente un défi technique et managérial important et un enjeu majeur pour la crédibilité d'Axane vis à vis d'Air liquide. L'échéance du projet correspond à la foire d'Hanovre 2003 où ont été présentées depuis 2002 les dernières avancées en matière de PAC.

Le projet Rollerpac marque l'émergence chez Axane du management de projet avec une dimension stratégique vu les enjeux que représente le développement. Le chef de projet s'appuie pendant la durée du projet (9 mois) sur le directeur technique, véritable « architecte » du système. Le projet est mené dans les temps et il marque un succès autant auprès de la communauté PAC (pour la première fois Axane expose non pas un objet technique, mais une application : un groupe portable délivrant du courant 230V) et auprès d'Air Liquide. Le projet aura mobilisé une équipe de vingt personnes pour un budget de 2 M€. Il aura permis de développer des concepts de modularité de la puissance délivrée et de stockage de gaz amovible.



Caracteristiques du Rollerpac :

- 2 kW @ 230 VAC
- Simplicité d'usage
- Dimensions: 52x 58 cm
- Poids: 75 Kg
- Silencieux
- Autonomie de 4 h avec stockage sphérique à 350 bars (concept)

Figure 16 : Le générateur Rollerpac (2003) fut le premier démonstrateur utilisé pour tester de nouveaux usages auprès d'utilisateurs variés (source Axane)

Ce projet marque le début du processus d'exploration via un démonstrateur robuste, quasiment *plug and play*, construit finalement à six exemplaires. Axane commencera à entrer en contact avec de nombreux secteurs professionnels pour explorer de nouveaux attributs pour ses produits, mais s'apercevra aussi les énergies concurrentes en place, même sur des niches de marché, font de la résistance.

2.2.2 La stratégie d'Axane : explorer de nouveaux espaces de marchés & cartographier des champs émergents

Entre le milieu de l'année 2003 et 2007, les équipes d'Axane passeront des premiers démonstrateurs à une démarche d'industrialisation en petite série : en 2006, Axane produisait environ une trentaine de produits pour des applications aussi variées que l'énergie portable, l'énergie stationnaire pour sites isolés ou la propulsion de petits véhicules.

Nous développerons aux chapitre 6 et 9 comment l'activité d'Axane passa de la « veille » à une démarche d'exploration structurée et répétée. Dans les trois champs d'applications cités plus haut Axane à identifier de nouvelles applications en faisant émerger des marchés qui n'existait pas encore. L'énergie portable ouvrit sur de nouveaux potentiels d'action : secourir tout en écoutant, intervenir dans des lieux confinés auparavant interdits d'accès, éclairer dans des situations où cela était coûteux voire impossible, etc. Dans l'automobile légère, les explorations sur les voiturettes de golf, les véhicules utilitaires et les

chariots élévateurs débouchèrent sur le concept transversal d'énergie « *plug and drive* » qui ouvrit de nouvelles perspectives en termes de mobilité en permettant notamment de recharger un véhicule instantanément et de s'affranchir de station-service pour l'hydrogène. Dans l'énergie stationnaire enfin, les premières cibles dans les Télécoms et le secours permirent d'ouvrir sur des concepts plus riches de « tampon énergétique » pour des architectures électriques complexes, impliquant des bouquets énergétiques variés.

La stratégie commune d'Axane et d'Air Liquide se matérialise aujourd'hui en France et en Europe par une posture de chef de file pour la filière PAC et hydrogène :

- en 2006, Air Liquide et Axane lancent avec leurs partenaires le projet HyChain financé par l'Union Européenne pour un budget de 34 millions d'euros : c'est le plus gros projet consacré au déploiement de véhicules hybride à PAC jamais financé par l'Europe ;
- fin 2006, Axane est le premier constructeur européen à lancer une offre commerciale de générateur PAC par le biais d'une offre « énergie invisible » dans le secteur du cinéma ;
- en octobre 2007, le projet de création en France d'une filière « hydrogène et pile à combustible » initié par Air Liquide et ses partenaires est validé par l'Agence pour l'Innovation Industrielle (voir Annexe 2). Le montant global du programme est de 200 millions d'euros répartis sur sept années.

On peut dresser une comparaison entre Axane et Ballard lors de ces premières années d'exploration (cf. figure 17, page suivante) : les deux entités sont des petites structures, composées majoritairement d'ingénieurs et de techniciens et qui développent de nombreux démonstrateurs afin de tester de nouveaux usages pour une technologie dont les espaces fonctionnels sont incomplets (Hatchuel, Le Masson et Weil, op.cit). Néanmoins, à la différence de Ballard qui a toujours cherché à développer cette technologie pour l'automobile (Koppel, op.cit), dans une optique de substitution aux moteurs thermique, Axane au contraire a commencé par l'automobile pour explorer de nouvelles valeurs hors de ce secteur hyper-contraint.

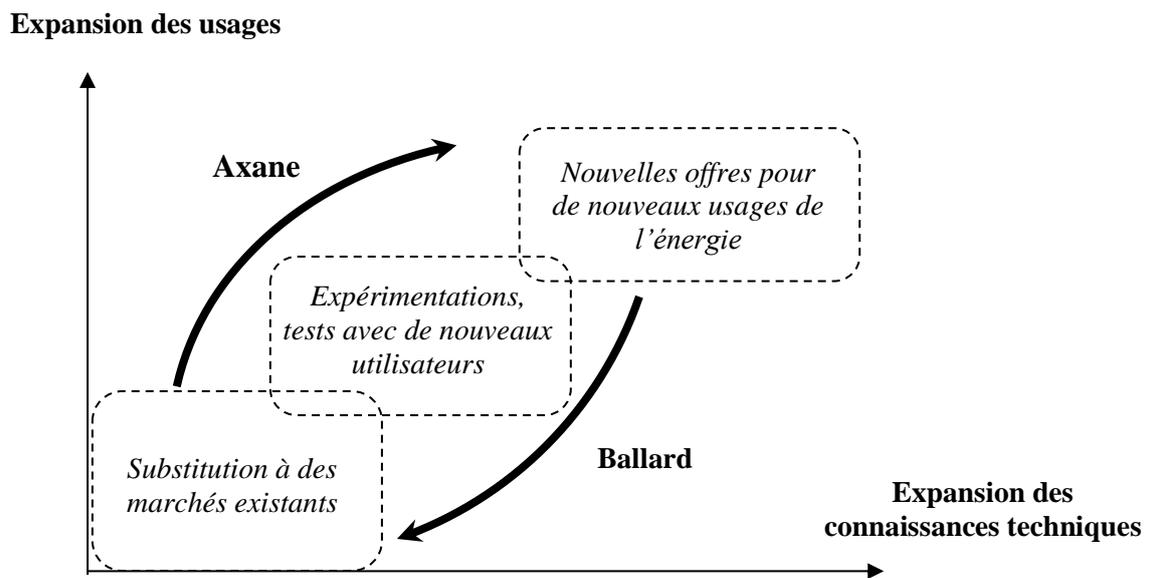


Figure 17 : comparaison des trajectoires d'innovation d'Axane et de Ballard

CONCLUSION DU CHAPITRE 2

Quels enseignements pouvons-nous tirer de l'étude des stratégies d'innovation dans le secteur de la pile à combustible ?

Nous avons mis en évidence que les stratégies des constructeurs relevaient de **stratégies d'exploitation** caractérisées un pilotage de l'innovation par la R&D et par la substitution systématique aux applications existantes. Alors que les usages sont encore largement indécis et les architectures-produits non encore définies, industriels et pouvoirs publics poursuivent un modèle de gestion de l'innovation inspiré du déploiement de hautes-technologies telles que le nucléaire ou la micro-électronique. Ce modèle ne se fonde pas sur une réflexion sur les enjeux de conception soulevés mais se concentre uniquement sur la coordination entre partenaires industriels. L'exploration des usages fait alors l'objet de scénarii ou d'études prospectives déconnectées des enjeux de conception.

La stratégie d'Air Liquide avec Axane relève, *a contrario*, d'une **stratégie d'exploration** de nouvelles applications. Après avoir analysé les stratégies des constructeurs automobiles à la fin des années 1990, Axane a su convaincre Air Liquide d'initier une stratégie de veille particulière puisqu'elle consiste à développer des produits et tester de nouveaux usages pour des utilisateurs inconnus. Les premiers succès d'Axane, tant techniques que médiatiques, et la perspective de développer de nouveaux standards dans une économie hydrogène en plein essor convainquirent Air Liquide de financer la jeune filiale.

Ce cadre « stratégies d'exploitation / stratégies d'exploration », nous semble incarner un élargissement du cadre de Christensen (1997) : « stratégies de soutien / stratégie disruptives ». La notion de « stratégie d'exploration » fondée sur la notion d'expansion développée au chapitre 1 semble en effet plus générale que celle de « stratégie disruptive » définie dans le cas de la création d'un nouveau marché comme « proposant de cibler des non-consommateurs cherchant à accomplir des tâches qu'ils ont toujours souhaité réaliser sans y parvenir faute d'argent ou d'habileté » (Christensen, et al., 2003).

Nous avons en effet montré que des technologies à hauts potentiels telles que la PAC impliquaient des stratégies d'exploration parce qu'elles questionnaient de nouveaux usages et de nouvelles architectures alors que Christensen semble privilégier la thèse de besoins pré-existants (bien que non révélés).

Nous préciserons comment nous avons identifié le terrain et formulé la problématique de l'exploration à partir de la demande initiale d'Axane dans le chapitre 3 qui traite de la conception de la méthodologie de recherche.

CHAPITRE 3. METHODOLOGIE DE RECHERCHE

La méthodologie mobilisée pour cette thèse s'est adaptée à l'objet d'étude : les processus d'exploration sont des processus impliquant de nombreux métiers, sur des horizons assez longs, et qui sont très stratégiques. Cela impliquait pour la thèse d'être en situation d'immersion afin de suivre les différents « phases » et bifurcations du processus de conception, mais aussi de pouvoir agir et orienter les raisonnements des nombreux métiers intervenants sur le processus en concevant de nouveaux outils de pilotage. Une démarche de recherche-intervention a donc été choisie pour cette recherche, effectuée en convention CIFRE. La méthodologie de recherche, notre rôle et posture de chercheur seront explicités dans ce chapitre.

L'objectif de ce chapitre est double : dans un premier temps, il s'agit de préciser notre démarche de recherche et sa construction (3.1) ; il s'agit ensuite de discuter des principes méthodologiques et épistémologiques que nous avons suivi afin de produire des connaissances fondées et des théories sur notre sujet, notamment en revenant sur les dispositifs expérimentaux utilisés, sur les conditions de validité et de généralisation des résultats obtenus (3.2).

3.1 Une recherche-intervention pour concevoir de nouveaux modèles de gestion de l'exploration

A l'origine de la thèse, nous avons cherché avec Gilles Garel à identifier des entreprises qui innovaient différemment des leaders établis en explorant de nouveaux usages et de nouvelles architectures : nous étions donc à la recherche d'entreprises « sur le point d'être nouveaux entrants » mais questionnant encore largement à la fois les options techniques qui s'offraient à eux ainsi que les applications à cibler. Cette partie décrit la phase de conception de la recherche où comment nous avons identifié des « explorateurs », puis l'enclenchement de celle-ci et nos différentes postures dans et hors du terrain.

- **L'origine de la thèse**

Cette thèse est le fruit de questionnements sur les principes de management des processus d'innovation de rupture. Nous terminons notre DEA fin 2001, l'actualité est alors riche de nouvelles technologies aux applications encore problématiques (les nanotechnologies ou les puces RFID sont alors très médiatisées) mais notre attention se porte vers une technologie en particulier qui semble défrayer la chronique et résister aux efforts des ingénieurs et chercheurs : la PAC. Les constructeurs automobile focalisent alors l'attention des médias en annonçant des progrès spectaculaires dans le développement de véhicules à PAC, et laissent entrevoir de premiers modèles commerciaux pour 2010. En juin 2002, la parution de

l'« Economie Hydrogène » de Jérémy Rifkin et l'engouement qu'il suscite autant auprès des chercheurs que du grand public nous pousse à développer notre intérêt pour cette technologie. A la différence des travaux passés de Callon sur la Pile à combustible et les réseaux de décision publics, nous souhaitons identifier avec Gilles Garel un acteur du secteur qui se singularise par des stratégies innovantes d'exploration de nouvelles applications hors du *dominant design* des véhicules automobiles. Nous nous détournons alors assez naturellement des constructeurs automobiles européens, qui consacrent depuis les années 1990 d'importants budgets de R&D à des développements dans l'optique de développer le « véhicule propre » mais en suivi des démarches de soutien à une application existante (cf. chapitre 2).

En profitant du Réseau National Pile à combustible (Paco) mis en place en 2000 par le ministère de la Recherche et de l'Industrie, nous contactons alors différents industriels sur la base de leur participation aux quelques projets nationaux de recherche technologique : gaziers, laboratoires publics, équipementiers se voient alors sollicités en vue de démarrer une recherche sur nos thématiques. Nous rencontrons plusieurs industriels mais notre problématique semblent trop générale pour les accrocher, d'autant plus que leurs projets semblent rester dans un éco-système centré sur les applications de transport (Bus, tramway ou automobile). Pourtant, nous entrons en contact avec une petite entreprise qui est à la fois un partenaire privilégié des constructeurs automobile, en tant que systémier, mais qui développe aussi ses propres PAC en vue de faire émerger des applications inédites sur de nouveaux marchés.

En juin 2002, nous rencontrons pour la première fois les dirigeants d'Axane à Grenoble. Le terrain semble idéal pour démarrer une recherche sur les stratégies des « explorateurs » qui non pas encore pénétrés une filière en particulier mais qui sont au cœur des dilemmes de conception :

- l'entreprise dispose d'une expertise technologique très récente et acquise très rapidement au fil de plusieurs projets européens. En travaillant sur des problématiques d'interface entre les PAC et le reste des auxiliaires sur des démonstrateurs de véhicules à PAC (Renault FEVER, PSA PARTNER), elle a *développé des connaissances sur les limites des architectures usuelles des systèmes* embarquant des PAC et souhaite développer ses propres systèmes
- elle souhaite fonder son développement industriel sur une stratégie de croissance par l'innovation hors du domaine de l'automobile où elle estime que les contraintes réglementaire seront moins sévères et démonstrateurs plus rapides à développer : les dirigeants d'Axane ont donc déjà en tête au début de la thèse un *modèle de croissance fondé sur l'expérimentation répétée*, même s'ils ignorent encore tout des marchés

qu'ils vont explorer et des produits qu'ils vont concevoir : des générateurs électriques non-polluant de faibles en forte puissance sont en cours de développement en 2003.

- elle s'appuie des premiers succès technologiques et médiatiques qui la conforte dans l'idée de *bénéficier d'un avantage concurrentiel important* par rapport à d'autres acteurs tels que de gros centres de recherche publics (CEA par exemple) ou par rapport aux programmes de R&D des constructeurs automobiles dont les horizons sont plus lointains.

Après quelques réunions avec les managers d'Axane, la demande formulée par l'entreprise peut être décomposée comme il suit :

- comment continuer à développer des produits alors qu'Axane n'a pas encore identifié de marchés et donc qu'elle ne peut pas encore dégager de cahier des charges pour les futurs projets ? Existe-t-il des méthodes d'analyse de la valeur correspondant aux situations incertaines que vit l'entreprise ? Comment le marketing fonctionne-t-il en l'absence de client ? Existe-t-il des méthodes pour explorer de nouveaux marchés et en déduire des spécifications pour la conception ?
- comment explorer des marchés sans produits, simplement avec des démonstrateurs qui valorisent un savoir-faire technologique ? Axane fait alors face à un paradoxe : suite au succès médiatique de la PAC utilisée par J-L Etienne au Pole Nord, elle reçoit une pléthore de demandes de collaborations industrielles mais n'a toujours pas de clients....

Comprendre les dynamiques d'exploration et articuler les deux mouvements d'exploration de nouveaux marchés et d'organisation des développements est donc crucial pour les managers d'Axane, qui cherchent par là à identifier un mode de pilotage, voire à dessiner un modèle crédible de croissance vis à vis du groupe Air Liquide, le principal actionnaire. En effet, si les premières années les démonstrateurs créent l'enthousiasme et la fierté technologique, le groupe demandera ensuite un plan détaillé de croissance industrielle et commerciale ce qui impliquera, soit de pouvoir expliciter une vision à moyen terme (posture entrepreneuriale classique de planification), soit d'expliquer des méthodologies de pilotage de l'exploration et de valorisation systématique des *outputs* produits : la protection industrielle sur les architectures ou composants développés ou les nouveaux concepts identifiés.

Ainsi la demande de la thèse doit être replacée dans ce contexte stratégique de recherche d'un modèle de croissance original par l'exploration qui se distingue des modèles de gestion de l'innovation par la programmation (cf. chapitre 2).

- **La recherche-intervention : description de la place du chercheur et dispositif d'intervention**

Nous avons suivi une méthodologie de recherche-intervention pour cette thèse. Cette démarche entend produire des connaissances à la fois scientifiques et utiles à l'action. Contrairement aux autres démarches de recherche (l'observation, la conception de modèles en chambre ou la recherche-action) le processus d'apprentissage dans la recherche intervention se matérialise par « la production de connaissances nouvelles et par la construction de nouvelles figures d'acteurs, dont le chercheur pourra analyser les difficultés, la portée et l'éventuelle exemplarité » (Hatchuel, 1994). La démarche de connaissance est une démarche activatrice dans laquelle le chercheur stimule la production de nouveaux points de vue : « les relations nouvelles que crée le dispositif d'intervention ont pour objet de créer une nouvelle dynamique de connaissance et la confrontation entre le savoirs de l'intervenant et ceux des acteurs concernés » (p69).

Au final, « l'intervention n'est pas seulement l'exploration d'un système mais la production de savoirs et de concepts qui permettent de penser les trajectoires dans lesquelles un collectif pourrait s'engager » (p70).

L'intervention du chercheur en entreprise dans une dynamique collective à laquelle il est étranger est susceptible de transformer le cours de choses. Le modèle du chercheur-intervenant est donc un modèle qui doit répondre à plusieurs défis que le chercheur pourra relever à condition de se munir d'une « boîte à outils » épistémologique et méthodologique *ad hoc* (David, 2002) :

- contrairement aux démarches expérimentales classique ou à l'observation, la distinction entre le chercheur et système se complexifie en recherche-intervention ; le chercheur en participant à l'action collective modifie le système et les pratiques des acteurs impliqués ; le chercheur et les acteurs avec lesquels il travaille forment alors un groupe d'acteurs engagés collectivement dans un processus d'apprentissage ;
- l'une des conséquences est que le chercheur devra pouvoir s'analyser lui-même en train d'agir ; son action sera donc soumise à l'analyse ;
- l'autre enjeu, du point de vue scientifique, est de déterminer comment et jusqu'où le chercheur devra être concepteur et prescripteur des transformations d'un système organisé et, dans quelles conditions les connaissances issues de l'intervention pourront être considérées comme scientifiques.

David (op. cit) recommande alors au chercheur-intervenant de se munir d'une « boîte à outils » comportant quatre compartiments :

- 1) Le respect des cinq principes épistémologiques de la recherche-intervention : à savoir les principes de rationalité accrue, d'inachèvement de la recherche, d'isonomie, de scientificité, et de double niveau d'interaction (Hatchuel, op.cit)
- 2) La maîtrise des concepts de la théorie des organisations et la capacité à acquérir des connaissances techniques
- 3) L'utilisation de la conception et de la mise en œuvre des outils de gestion comme des dispositifs de connaissance
- 4) L'application sur le terrain de trois grands principes méthodologiques :
 - a. Le **principe d'investigation prospective**, qui implique de laisser de côté les analyses statiques (entretiens directifs) pour privilégier les interactions en gardant à l'esprit qu'il s'agit d'accompagner un projet de transformation
 - b. Le **principe de conception** suppose que le chercheur mobilise la conception et la mise en œuvre d'outils de gestion et d'organisation adéquats par rapport à la problématique de recherche
 - c. Le **principe de libre circulation entre niveaux théoriques** signifie que le chercheur travaille sans cesse selon un raisonnement récursif abduction-déduction-induction reliant les faits observés à des théories intermédiaires ou plus générales. Il doit en même temps préciser les inférences faites à partir des observations de terrains ou des cas étudiés.

Notre recherche-intervention s'est construite sur plusieurs postes différents chez Axane, qui nous ont permis d'aborder les différentes facettes de notre problématique de recherche.

D'une part, notre formation d'ingénieur généraliste en mécanique a contribué à créer une confiance quant à notre capacité à saisir les problématiques de conception et à comprendre les enjeux techniques. Ensuite, la préparation de la recherche en amont, plusieurs mois avant l'accès au terrain, par un balisage des travaux sur le marketing de l'innovation et sur les différentes approches stratégiques du management de l'innovation nous aidèrent à dégager une première place dans le service Marketing, en tant que chargé d'étude marketing. Après quelques mois, ce poste nous conduisit à être responsable de projets au sein d'Axane, pour finir par être coordinateur du projet HYCHAIN pour Axane, ce nous permit d'aborder les problématiques de couplage entre processus d'exploration de la valeur et processus de conception de produits. Nous reviendrons ci-dessous sur nos différentes missions et sur la conception et la mise en œuvre de nouveaux outils de gestion.

- **Chargé d'étude marketing** (février 2003- septembre 2004)

En étant complètement intégré à l'équipe marketing comptant cinq personnes (directeur marketing, directeur des produits, responsable de la communication et chargé d'étude marketing), nous avons alors contribué dans un premier temps à adapter la méthodologie d'exploration de nouveaux marchés mise au point par les chercheurs de l'EM Lyon (Millier, 1997, Gaillard, 2000). Cette méthodologie (requalifiée de représentation « smarties ») permis d'identifier et de classer les applications potentielles suite à la phase d'exploration marketing, à laquelle nous participâmes. Les applications furent classées selon deux axes : leur valeur-ajoutée par rapport aux usages actuel et leur faisabilité technique au regard du savoir-faire PAC seulement (la complexité de la logistique ne fut intégrée que plus tard).

Lors de cette phase les équipes d'Axane rencontrèrent environ 60 prospects parmi sept filières industrielles différentes et participèrent à quatre salons. Cette phase d'exploration fut accompagnée de nombreuses démonstration, impliquant des démonstrateurs fonctionnels et des maquettes. Nous participions à l'élaboration de premiers supports de communication, définissions avec l'équipe des maquettes appropriées ou des démonstrations à réaliser à l'aide des quelques démonstrateurs dont disposait Axane. Lors de ces interactions avec l'extérieur, nous étions présenté comme chargé d'études, salarié d'Axane, et notre posture de chercheur n'était pas mentionnée.

L'outil de gestion « smarties » donna lieu à de nombreux débats au sein du groupe Air Liquide quant aux applications qui ressortaient et aux volumes de marchés estimés, surtout en l'absence de filière pré-existantes.

- **Chef de produit « générateur électrique portable »** (septembre 2004-février 2007)

La participation à la phase d'exploration marketing nous a conduit à être progressivement en position de prescripteur pour le développement des premiers produits. Compte-tenu de la complexité de ces développements, nous avons été en charge d'abord de la réalisation d'une maquette illustrant l'intégration d'un générateur PAC dans un véhicule. Ensuite, nous nous sommes vu confier le développement de capots et d'une Interface Homme-Machine pour le produit portable Mobixane, successeur du Rollerpac. Puis nous avons occupé le poste de chef de produit du générateur portable Mobixane entre 2005 et février 2007, date du retrait du terrain. Ce poste nous a permis de nous positionner aux avant-postes lors de la conception d'une offre pour le secteur du cinéma en étant au cœur des raisonnements de conception entre le marketing et le développement (cf. chapitre 13)

- **Coordinateur pour Axane du projet européen HYCHAIN : développement d'architectures énergétiques hybrides pour des véhicules électriques légers** (octobre 2005 et février 2007)

Nous avons occupé le poste de coordinateur pour le projet Hychain, ce qui nous a permis d'assister à la phase amont de conception du cahier des charges : loin d'être un projet de déploiement technologique, ce projet a été l'occasion pour Axane et ses partenaires d'explorer de nouveaux usages pour des petits véhicules et des fauteuils électrique (cf. chapitre 6 pour une analyse détaillée). En tant que coordinateur, nous avons ensuite assisté au passage de relais entre cette phase amont et le développement lui-même : ce point est détaillé dans le chapitre 13.

3. 2 Construction de la méthodologie de la recherche

La méthodologie suivie par la thèse a suivi un raisonnement de type abductif-déductif-inductif qui nous a conduit à partir du terrain pour dégager des théories intermédiaires puis générales. Nous détaillerons les étapes de ce raisonnement ci-dessous :

- **phase 1** : observation des pratiques de management de l'exploration chez Axane / Air Liquide comme exemplaires par rapport aux pratiques de pilotage de l'innovation dans les secteurs industriels de l'automobile ou l'électronique depuis les années 1960.
- **phase 2** : formulation de principes génériques de pilotages et de stratégies pour les processus d'exploration : première théorie intermédiaire.
- **phase 3** : confrontation de ces principes pour relire les cas d'autres processus d'exploration impliquant des technologies de rupture : le cas d'Airstar et de Micro-Optical / Essilor sont alors reconstitués par des entretiens avec les acteurs. Les principes s'enrichissent et apparaissent robustes.
- **Phase 4** : première tentative de généralisation à la catégorie des *technologies de rupture* : la catégorie n'apparaît pas valable ; création de la catégorie de « Technologies à Hauts Potentiels » plus précise et robuste.

Pourquoi et comment peut-on généraliser des résultats à partir d'une seule étude de cas, ce que nous avons fait entre l'étape 1 et l'étape 2 puis entre l'étape 3 et 4. On peut généraliser des résultats obtenus à partir d'une étude de cas (David, 2004) à partir du moment où l'on s'entoure de précautions :

Qu'est-ce qu'une étude de cas ? La définition la plus fréquemment citée est celle de Yin. Une étude de cas « *est une recherche empirique qui étudie un phénomène contemporain dans un contexte réel, lorsque les frontières entre le phénomène et le contexte n'apparaissent pas clairement, et dans laquelle on mobilise des sources empiriques multiples* » [1989 : 25]. »

Dans quels cas peut-on généraliser ? « Il faut donc, pour généraliser les résultats d'une étude de cas, être capable non pas seulement de décrire précisément le contexte (telle entreprise, tel projet, etc.) mais aussi, et surtout, de dire de quel *genre* de contexte il s'agit » (David, op.cit.). Selon David toujours, pour des études de cas dont l'objectif serait d'explorer des champs nouveaux (cas « inédit » ou « exemplaire »), la notion de généralisation se pose de manière moins aiguë : si le chercheur étudie un cas avec l'idée qu'il va peut-être mettre en évidence un mode de gestion, un type d'innovation ou d'organisation inédits, qui aurait, sous bénéfice d'inventaire, valeur d'exemplarité, alors la validité externe des résultats est assurée par le respect du principe de libre circulation entre les niveaux théoriques évoqué plus haut.

Les observations faites chez Axane nous apparaissent exemplaires de pratiques de management où l'on conçoit des produits sans client et où l'on cherche à explorer de nouveaux usages sur des marchés non-préexistants : ces deux traits caractéristiques nous aident donc à identifier une première théorie intermédiaire concernant le management des processus d'exploration.

Ensuite, après avoir confronté cette théorie intermédiaire sur d'autres cas, nous formulons une théorie générale pour le management des technologies à hauts potentiels. Cette théorie générale nous permet d'identifier de nouvelles THP et de formuler des prescriptions (travail non inclus dans cette thèse) : le papier électronique, certaines nanotechnologies, les éoliennes à axe vertical sont ainsi identifiées en tant que THP (cf. figure 18).

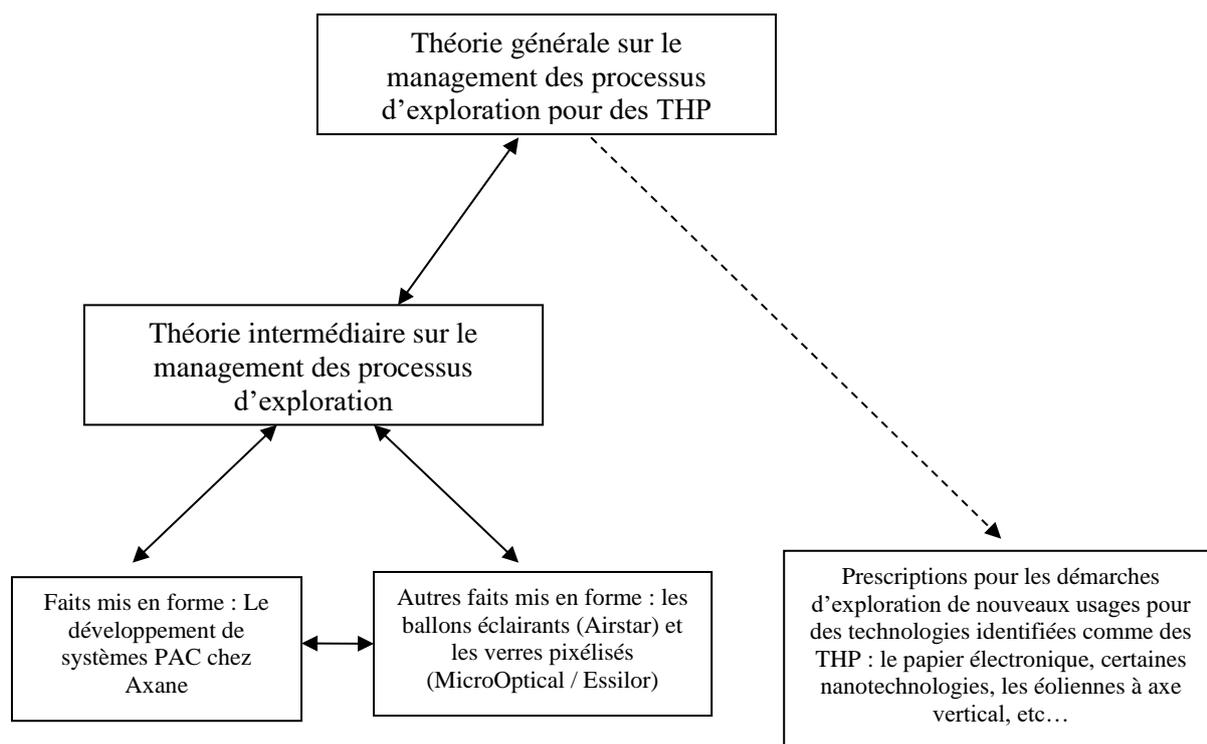


Figure 18 : schéma illustrant le principe de libre-circulation entre les niveaux (d'après David, 2004.)

Deux autres processus d'exploration ont été étudiés suite à des entretiens avec les managers des entreprises :

- **Airstar et les ballons éclairants.**

Au début des années 1990, Pierre Chabert monte son entreprise, AIRSTAR en proposant des ballons éclairants à Hélium diffusant une forte puissance lumineuse (éclairage halogène de type HMI). L'élévation de la source lumineuse en hauteur procure alors des avantages considérables par rapport à l'éclairage des projecteurs à incandescence traditionnels : large zones éclairées, lumière de qualité naturelle, ne produisant pas d'ombre, déployable rapidement sur des terrains d'intervention. Chabert et son équipe pensent alors aux applications potentielles pour ces ballons éclairants : interventions de nuit sur des catastrophes ou sur des chantiers, éclairage des équipements sportifs et de grands événements, voire substitution de l'éclairage public ! Cependant les premiers prototypes sont fragiles et nécessitent un savoir-faire de manipulation des gaz : par conséquent, le marché des chantiers et des secours trouvent les ballons très chers et difficiles à manipuler. Quant aux collectivités territoriales, leur réseau d'éclairage public est performant et leurs préoccupations sont plutôt de réduire la consommation des ampoules... Au bout d'un an, l'équipe doit alors se rendre à l'évidence : les ballons d'AIRSTAR ont un potentiel incontestable mais ils ne délogeront pas si facilement les projecteurs traditionnels.

Pour autant, la trajectoire d'exploration empruntée dans les années 1990 par les équipes d'Airstar fut exemplaire pour parvenir, dès 2002, au rang de premier fournisseur mondial d'éclairage sur des secteurs aussi variés que : les tournages de films à Hollywood ou l'éclairage de terrains de catastrophes. En mettant au jour de nouvelles applications et de nouveaux usages, ils favorisèrent la création de lignes de produits profitables aujourd'hui plébiscitées par de nombreux professionnels.

- **ESSILOR et le verre pixélisé.**

MicroOptical est start-up américaine fondée en 1995 dont l'objectif, à ses débuts, est de commercialiser des lunettes portables à partir d'écrans LCD miniatures issus des nanotechnologies. Elle a été labellisée comme « Technology Pioneer » par le World Economic Forum en février 2007.

L'épopée de MicroOptical est intéressante à double titre : premièrement parce que l'équipe a commencé ses explorations par des secteurs de pointe comme le militaire ou le médical avant de se tourner vers les marchés grands publics et deuxièmement parce que, à l'instar d'Axane, la société commercialise depuis la fin 2006 seulement ses premières offres sans que l'on puisse dire si les premiers succès commerciaux soient interprétables comme des marchés soutenables...

L'identité des produits ne semble pas figée bien que, contrairement à Axane, la société ait définitivement choisie de se focaliser sur un seul marché avec un produit phare : des lunettes-écran pour iPod video. Essilor, qui a pris des parts en 2000 dans cette start-up innovante, se pose la question aujourd'hui de l'exploration de nouvelles applications pour cette technologie.

Ainsi les questions renvoyées par ces deux terrains mettent bien en évidence les problématiques sous-jacentes aux processus d'exploration : la valeur est inconnue, fragmentée, les espaces fonctionnels sont incomplets, les apprentissages demandent à être orientés. En outre les entreprises citées sont sous des contraintes de mise sur le marché à court terme (minimisation du Time to Market) car elles restent dans un cadre compétitif même si ce n'est pas celui de l'hyper-compétition.

- **La validité interne et externe de la recherche**

La validité interne a été garantie par une implication du PDG d'Axane dans la recherche et par un suivi régulier du directeur des projets et produits qui était le tuteur de la thèse en entreprise. Durant les quatre ans de thèse, de nombreuses restitutions ont été organisées avec les dirigeants d'Axane et le directeur de thèse : elles ont donné lieu à trois rapports d'étapes. Des présentations de résultats intermédiaires ont été faites auprès du marketing corporate et du principal centre de R&D. Un entretien final avec le directeur de la R&D d'Air Liquide, F. Jackow nous a permis de repositionner l'aventure d'Axane par rapport aux visées stratégiques du groupe.

La validité externe a été garantie par plusieurs dispositifs mis en place à différents moments de la thèse :

- La discussion avec d'autres chercheurs (entretiens, cours, 3 séminaires de recherche, présentation à des laboratoires dont CRG et CGS) qui a permis de tester la validité des théories, d'enrichir les références ;
- Une participation désastreuse au CDEG en juin 2004 qui nous a permis de réajuster notre problématique et de mieux l'articuler aux courants existants
- Des entretiens avec d'autres managers de l'innovation entre 2003 et 2005 : P. Rivier (Tefal), F. Fourcade (Valeo), J. Civilize (Renault), V. Chapel (Avanti) ont ainsi été rencontrés.
- La participation à des colloques (Colloque francophone de Management de projet, Colloque de Cerisy et l'ASAC).
- Un séjour d'un mois organisé à l'Université d'Ottawa (juin 2005) par notre directeur de Thèse nous a permis d'échanger avec des chercheurs sur nos travaux de recherche et de plancher devant Ch. Navarre et O.Badot. Leurs commentaires ont enrichi les parties concernant l'exploration de nouvelles valeurs et la description des stratégies.

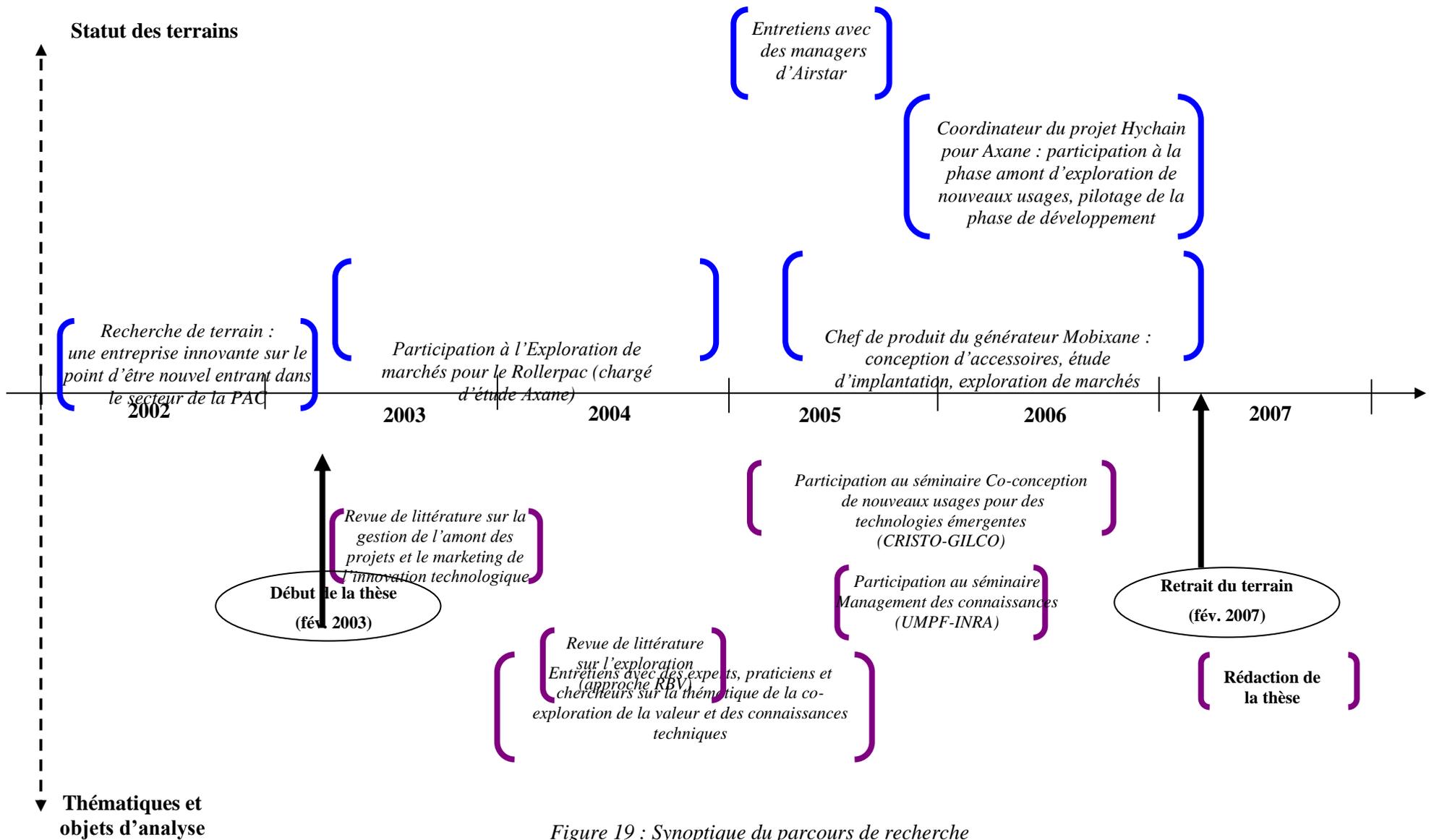


Figure 19 : Synoptique du parcours de recherche

CONCLUSION DU CHAPITRE 3

Notre terrain de recherche a fait lui-même l'objet d'un processus d'exploration : en souhaitant effectuer notre thèse dans le secteur de la PAC, nous souhaitions analyser au départ de l'intérieur d'un secteur les stratégies d'innovation de chacun des acteurs.

Il nous aura fallu près d'un an pour trouver un terrain chez Axane, en plein développement du Rollerpac, le premier générateur PAC « *user friendly* » conçu en Europe, à un moment où Axane se pose simultanément la question de l'orientation de ses processus de conception de produits, et celle des méthodes d'études de marchés qui n'existent pas encore...

En occupant successivement les postes de chargé d'études marketing, puis chef de produit pour enfin coordonner le projet de développement des PAC destinées au projet européen HyChain, nous avons été au cœur des dynamiques de conception et d'exploration de nouveaux marchés, tour à tour observateur attentif de la formulation des dilemmes par les acteurs du terrain, et prescripteur de méthodes.

Nous avons détaillé notre méthodologie de recherche en précisant la nature de nos raisonnements et en précisant leurs conditions de validité. Si l'étude des processus d'exploration n'est pas apparue d'emblée comme l'objet initial de la thèse, les acteurs du terrain tels que le PDG d'Axane et le directeur des Projets et Produits ont contribué, par leurs réflexions et leurs questionnements, à orienter les problématiques de recherche.

CONCLUSION DE LA PARTIE I

Nous avons construit dans la partie I un premier cadre pour les démarches d'exploration. Après avoir montré que l'étude des technologies émergentes mettait de côté la question de la conception des nouveaux usages et se focalisait sur les architectures-produits, nous avons analysé comment le courant des ressources et compétences, en définissant les démarches d'exploration par la seule variable du renouvellement des compétences de la firme, ne proposait pas une définition adaptée.

Nous avons alors présenté l'intérêt d'une caractérisation des démarches d'exploration par l'expansion des usages et de la valeur, et par l'expansion des connaissances techniques. Cette première typologie nous a permis de repositionner certaines typologies classiques en innovation.

L'analyse du secteur de la PAC, des principaux acteurs industriels et de leurs stratégies, nous a ensuite permis de mettre en évidence :

- d'un part, l'échec des **stratégies d'exploitation** marquée par un pilotage de la R&D en substitution à des applications existantes qui entrent en concurrence frontale avec des technologies établies performantes ;

- d'autre part, la difficulté de conduire des **stratégies d'exploration** de nouveaux concepts et de nouveaux usages en l'absence de figure du client : comment allouer des ressources, comment démarrer les projets, selon quels cahiers des charges ?

La partie II s'intéressera aux fondements théoriques de la notion d'expansion et tâchera d'identifier un cadre théorique qui décrive l'expansion des connaissances en lien avec les concepts, mais aussi qui décrit les dynamiques de transformation de la valeur.

PARTIE II.
LES NOUVEAUX FONDEMENTS DE
L'EXPLORATION : UNE APPROCHE PAR LA
THEORIE DE LA CONCEPTION INNOVANTE ET
LA « VALEUR-AMONT »

Plan de la partie II

Chapitre 4. La théorie de la Conception Innovante et l'enjeu de la conception simultanée des usages et des architectures	89
4.1 Les principes de la Conception Innovante	89
4.2 La conception innovante appliquée à la conception de nouvelles valeurs et de nouveaux usages	92
Conclusion du chapitre 4	95
Chapitre 5. La « valeur-amont » : un cadre théorique pour explorer de nouveaux espaces de marchés	96
5.1 Aux sources de la valeur : la firme prisonnière de l'activité de ses clients	96
5.1.1 Le marché circonscrit au segment	96
5.1.2 L'orientation-client et la posture de réactivité	99
5.1.3 La « valeur-client »	99
5.2 Expansion des territoires de la valeur et transformations des conditions d'activité des futurs utilisateurs	102
5.2.1 Le marketing des innovations technologiques : un premier cadre pour penser l'expansion et la transformation	102
5.2.2 Penser l'expansion des espaces de marchés hors des frontières habituelles	106
5.2.3 Les approches du service et les évolutions des théories sur la valeur	112
5.2.4 « Valeur-amont » : un cadre pour penser la valeur de nouvelles activités	117
5.3 Illustration d'un processus d'exploration de nouvelles valeurs : le cas de la voiture à hydrogène	118
Conclusion du chapitre 5	126
Chapitre 6. La conception des usages potentiels : vers une relecture des formes d'implication des utilisateurs dans les processus d'exploration	127
6.1 Les utilisateurs-précurseurs : un concept activable pour les processus d'exploration ?	127
6.2 Principales limites de la portée des techniques usuelles de créativité	131
6.3 Explorer grâce aux significations d'usages : la sociologie de l'usage	132
6.4 Concevoir des usages innovants grâce à la théorie C-K et à la valeur-amont : le cas d'un fauteuil hybride	137
Conclusion du chapitre 6	141
Chapitre 7. Typologie des dilemmes stratégiques sur l'exploitation et l'exploration	142
Conclusion de la partie II	149

Les démarches d'exploration interrogent l'expansion des valeurs et des usages et questionnent l'orientation des développements technologiques. Or, nous avons vu dans la partie I que les travaux en management stratégique ou l'approche par les compétences ne constituaient des cadres théoriques adaptés pour étudier et caractériser les démarches de conception en jeu. La théorie de la conception innovante (Hatchuel et Weil, 1999, 2002) s'avère être un cadre conceptuel particulièrement adapté à ces enjeux car d'une part, elle propose de raisonner à partir d'espaces de conception en expansion (contrairement aux méthodes de résolution de problèmes classiques), d'autre part, elle offre un cadre qui permet d'étudier les démarches d'exploration à partir des enjeux de conception soulevés par le terrain.

Dans le chapitre 4, nous rappellerons les principes de la conception innovante et nous questionnerons ses limites dans le cas où les concepts sont difficilement rattachables à des connaissances sur les usages.

Nous reviendrons au chapitre 5 sur les théories concernant la valeur en stratégie et marketing. L'approche de la « valeur-client » de Porter (1985) a historiquement permis à la discipline de raffiner et d'améliorer la connaissance des activités stabilisées de clients existants, les démarches d'exploration impliquent cependant de nouvelles approches. Nous dégagerons de récents courants (marketing de l'innovation technologique, marketing expérientiel, et stratégie de création de nouveaux espaces de marché) de nouveaux concepts pour construire un cadre adapté à l'expansion et à la transformation de la valeur. Nos résultats seront illustrés sur le cas de l'exploration de nouvelles valeurs pour la voiture à hydrogène.

Nous effectuerons ensuite au chapitre 6 une relecture des formes usuelles d'implication des utilisateurs dans les processus de conception : les travaux portant sur les *utilisateurs-précurseurs* (Von Hippel, 1982) et la sociologie de l'usage seront ainsi étudiés afin de situer leurs apports respectifs dans la construction d'une théorie des usages potentiels.

Le chapitre 7 reprendra enfin les résultats des chapitres 4, 5 et 6 pour proposer une typologie des dilemmes stratégiques entre processus d'exploitation et processus d'exploration. Cette typologie nous permettra de repositionner les travaux sur l'exploration dans une perspective plus générale.

CHAPITRE 4. LA THEORIE DE LA CONCEPTION INNOVANTE ET L'ENJEU DE LA CONCEPTION SIMULTANEE DES USAGES ET DES ARCHITECTURES

La théorie C-K de la conception innovante unifie les cadres théoriques portant sur les théories de la conception. Cette théorie est particulièrement bien adaptée pour restituer la complexité de processus d'innovation impliquant des transformations de l'identité des objets techniques. Nous analyserons dans ce chapitre dans quelle mesure cette théorie est activable pour modéliser l'exploration de nouvelles valeurs, en particulier quand les utilisateurs et les usages sont inconnus.

4.1 Les principes de la Conception Innovante

La théorie C-K de la conception innovante (Hatchuel, 1996, Hatchuel et Weil, 1999, 2002, Hatchuel, Le Masson et Weil, 2004) propose à la fois un cadre théorique et une méthodologie qui permettent de progresser dans les raisonnements de conception présentant les caractéristiques que nous avons évoquées précédemment : difficulté dans la génération de concepts dont les valeurs restent problématiques tant que l'on n'a pas identifié des utilisateurs ; absence de données quantitatives sur les marchés ou sur l'environnement ; difficultés à décider des choix de prototypage.

A l'origine de cette théorie, Hatchuel et Weil distinguent deux espaces entre lesquels le processus de conception innovante va se dérouler : l'espace des Concepts (C) et l'espace des Connaissances (K, pour « knowledge »).

Les concepts sont définis comme étant des propositions qui n'existent pas encore et dont on ne peut pas dire, au début de la conception, si elles sont vraies ou fausses : ainsi « une voiture propre », un « pneu sans air », voire « un bateau qui vole » peuvent être au démarrage d'un processus de conception. La notion de « concept » est une notion pivot dont on peut trouver traces dans la littérature en marketing (Kotler et Dubois, 1988). Les concepts permettent de travailler sur de l'intangible, du virtuel, des choses en potentiel, en s'affranchissant des critères de faisabilité technique ou de marchés préexistants dans les premières phases.

Les « connaissances » doivent être entendues au sens le plus large du terme : connaissances des usages, de la concurrence, des techniques, etc... Ces connaissances sont relatives à un concept en particulier et permettent d'évaluer sa pertinence : au début du processus de conception elles sont donc soit disponibles, soit à acquérir par l'équipe d'innovateurs.

La théorie C-K permet de sortir de la conception routinisée telle que pratiquée dans les bureaux d'études et centres de R&D. Hatchuel, le Masson et Weil (2005) ont montré que l'histoire industrielle récente

s'est construite et développée grâce à des modèles génératifs qui ont permis de lancer des produits de manière massive pendant le 20^{ème} siècle. La conception réglée a eu une justification à une certaine époque.

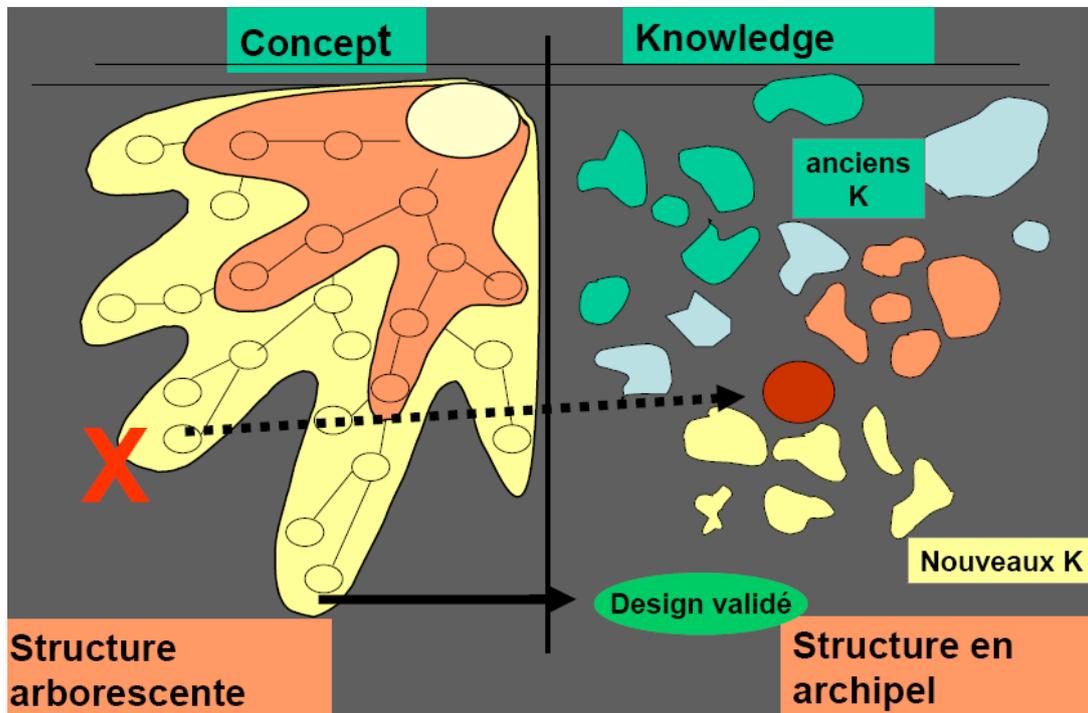


Figure 20 : illustration d'un processus de conception par l'expansion simultanée de l'espace des concepts (C) et de l'espace des connaissances (K). (tiré d'Hatchuel, 2007b)

Néanmoins, cette forme de conception marque son essoufflement :

- incapacité à renouveler les architectures et performances (existence de *dominant design*)
- incapacité à relever de nouveaux enjeux (éco-conception notamment)

Dans un régime d'innovation intensive, l'enjeu pour les firmes n'est désormais plus seulement la diffusion des produits pour des marchés existants mais le renouvellement de l'identité des objets techniques (Le Masson, 2001) et la proposition de nouvelles valeurs d'usages.

La théorie de la conception innovante nous permet donc dans un premier de temps de revenir sur les différentes définitions de l'exploration.

Nous qualifierons de **processus d'exploration des processus d'innovation particuliers qui génèrent une expansion des connaissances et de la valeur et à partir de concepts innovants.**

Nous avons vu, en discutant de la typologie de Danneels (op.cit.), que la prise en compte des concepts était absente des raisonnements de conception : or des concepts comme un « aspirateur sans sac » qui

semblent en première approche très proche des compétences technologiques et clients d'industriels comme Rowenta (donc relevant de situations d'exploitation d'après la typologie de Danneels), peuvent en fait cacher une mini-révolution en terme d'architectures-produits et de critères d'achat pour finalement générer des situations d'exploration pour ces industriels qui cherchent à suivre le mouvement initié par Dyson.

Donc l'étude des démarches d'exploration doit nécessairement relier les processus d'apprentissages sur la valeur et les processus d'apprentissages de nouvelles connaissances techniques aux concepts explorés.

4.2 La conception innovante appliquée à la conception de nouvelles valeurs et de nouveaux usages

La théorie C-K permet l'exploration conjointe de nouvelles valeurs et de nouvelles connaissances techniques. Les exemples d'applications industrielles sont nombreux et ont synthétisés dans Hatchuel, Le Masson et Weil, 2006) : nous pouvons citer les cas du pare-brise athermique chez Saint Gobain SEkurit, la réflexion autour du métro du futur à la RATP, ou encore la conception d'un porte-clou intelligent (Smart tools).

Elle débouche sur la notion métaphorique de distance entre les concepts et les connaissances qu'ils impliquent ou « distance C-K ». Ainsi Hatchuel, Le Masson et Weil (op.cit.) distinguent les situations de conception selon la nature de cette distance C-K : une faible distance caractérise ainsi des situations de conception routinisées, alors qu'une distance élevée, caractérise des situations plus exploratoires, relevant de la conception innovante (cf. figure 21).

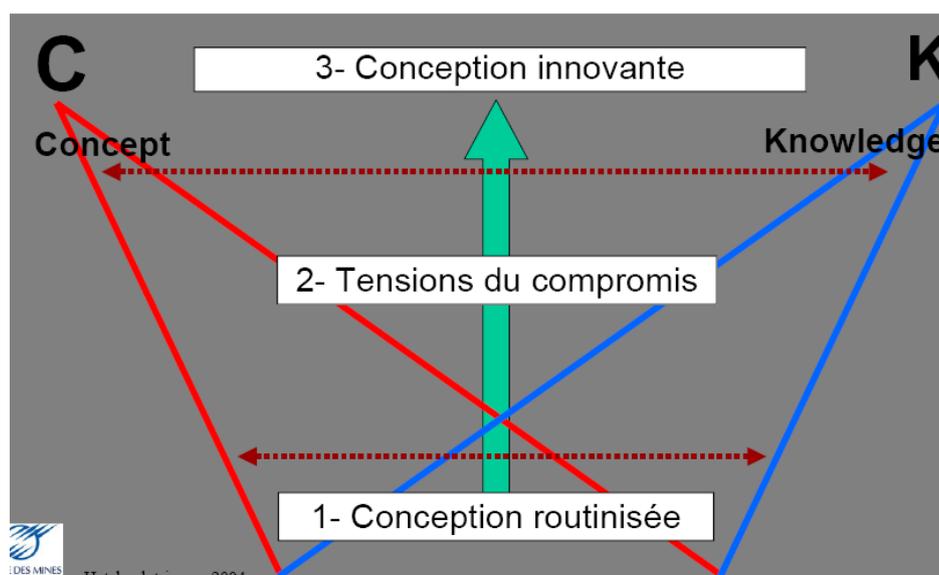


Figure 21. Illustration de la notion de distance (C-K) (Hatchuel, 2004)

Les situations de conception innovante (distance C-K élevée) sont caractérisées de la manière suivante :

→ de nouvelles connaissances produites par des concepteurs sont assez riches pour déboucher sur une infinité de nouveaux concepts sans que les innovateurs puissent identifier précisément quels usages ou quelles valeurs ces derniers renferment : par exemple la capacité à intégrer une antenne à un vitrage automobile peut déboucher sur de nombreux concepts tels que « vitrage communicant », « guidage radio » ou des services d'assistance en cas de pannes.

→ un concept est assez fécond pour déboucher sur des pistes de développement de nouvelles connaissances : « une voiture qui freine sur 20 mètres » ou « un aspirateur silencieux » en sont des exemples.

Néanmoins, tous les concepts innovants ne soulèvent pas les mêmes enjeux en termes d'évaluation de la valeur. Dans de nombreux cas étudiés par le CGS (la création de lignées chez Tefal, le porte-clou, l'étude de nouvelles fonctionnalités pour le vitrage chez Saint-Gobain Sekurit, etc), les concepteurs sont dans des environnements où ils ont accès à des connaissances sur les futurs usages ou à des représentations sur les comportements des futurs consommateurs. Les concepteurs sont souvent eux-même des utilisateurs. Lorsqu'ils génèrent des nouveaux concepts, ils savent leur attribuer la plupart du temps de la valeur : par exemple l'outil « porte-clou » permet de ne pas se taper sur les doigts et de clouer au plafond, de même la conception d'un nouveau pèse-personne « intelligent » renvoie à des valeurs évaluables et rattachables à des usages (analyser son taux de cholestérol tout en se pesant par exemple).

De manière plus générale les situations d'exploration de nouveaux usages soulèvent de nombreuses questions vis à vis de la théorie C-K :

- Comment choisir un concept initial (CO) pertinent parmi une multitude de concepts et sans connaître à l'avance les contextes d'utilisation comme c'est le cas pour une THP par exemple ?
- Comment orienter la recherche de nouvelles connaissances alors que l'on fait face à des applications potentielles transversales à de nombreuses secteurs ou filières industrielles ?
- N'y a-t-il pas des risques de contresens sur la valeur si l'on formule trop tôt des concepts dans des contextes que l'on ignore (myopie ou risque de contre-sens) : par exemple pour Axane si l'on attribue à la PAC le concept de « source d'énergie pour le confort » à cause de son faible niveau sonore ?
- Si les reformulations des concepts (départitions) sont en général porteuses de reformulation de la valeur (cf. le cas du moteur MgCO₂ (Hatchuel et al. 2004)), selon quels critères les orienter lorsque le périmètre de l'exploration est très étendu ?

Ainsi derrière l'apparente homogénéité de l'espace des connaissances K, il est donc pertinent de distinguer une partition de cet espace en un espace des connaissances scientifiques et techniques (Kst) et un espace des connaissances sur la valeur (Kv). Cette partition de l'espace K permet en effet d'envisager de manière distincte deux dynamiques d'apprentissages différentes :

1. une dynamique (C-K_v) : où l'on va s'intéresser à la production et la validation de nouvelles connaissances sur la valeur, ce qui passe par la formulation de nouveaux concepts et la conception de nouveaux usages. Une distance (C-K_v) élevée indiquera alors soit qu'un concept est porteur d'usages foisonnants pour des champs d'application indécis (c'est le cas de la PAC) ; soit qu'une nouvelle pratique ou activité sociale émerge et qu'on ne sait pas encore la rattacher à un concept directeur : par exemple les déplacements en trottinettes sont-ils le signe d'un retour à un état infantile ou sont-ils symptomatiques du manque d'équipements pliables, compactables pour la mobilité urbaine ?
2. une dynamique (C-K_{st}) : où l'on va s'intéresser à la production et la validation de nouvelles connaissances techniques et scientifiques. Une distance (C-K_{st}) élevée indiquera alors que soit un concept est déroutant pour les compétences techniques ou les architectures de l'entreprise (l'aspirateur sans sac pour les entreprises de l'électroménager) ; ou qu'une nouvelle technologie présente une identité protéiforme qui ne permet pas de formuler précisément ses fonctionnalités : le papier électronique est-il intéressant parce qu'il économise de l'énergie ou parce qu'il est pliable ?

Contrairement aux travaux du CGS des Mines de Paris, cette distinction nous permettra de mettre en évidence des situations d'explorations y compris dans les cas de faibles distances (C-K_v) ou de faibles distances (C-K_{st}). En outre, les processus d'exploration démarrant avec une distance (C-K_v) élevée soulèvent de nouvelles problématiques : comment identifier des utilisateurs pertinents pour concevoir les usages ? Peut-on employer les mêmes techniques de prototypage que dans des situations où l'on vient se substituer à des applications déjà existantes ? Peut-on faire confiance aux réactions des premiers utilisateurs alors qu'ils évaluent des produits dont les performances ne sont pas saisissables immédiatement lors du premier usage ?

Si la théorie C-K est un cadre théorique adapté à la description des processus d'exploration de nouveaux usages et de nouvelles architectures, elle ne renferme pour autant pas de mécanismes d'orientation des démarches d'exploration de la valeur : il nous faudra donc expliciter de tels mécanismes afin de disposer d'un cadre complet et activable pour les processus d'exploration. Ce travail fera l'objet du chapitre 5.

CONCLUSION DU CHAPITRE 4

Le recours aux théories de la conception marquent le passage de l'étude des démarches d'exploration *ex post*, à l'étude du management des processus d'exploration. En effet, la théorie C-K est particulièrement bien adaptée pour décrire l'expansion entre les concepts et les connaissances au cours d'un processus d'exploration.

La notion de « distance (C-K) » est reprise par nous des travaux du CGS (Hatchuel, Le Masson et Weil, op.cit) afin de distinguer deux dynamiques d'expansion différentes :

- o l'expansion des usages et de la valeur se traduit par une distance (C-Kv) plus ou moins élevée ;
- o l'expansion des connaissances scientifiques et techniques se traduit par une distance (C-Kst) plus ou moins élevée.

Ces deux critères nous permettent alors d'affiner les critères de notre caractérisation précédente des démarches d'exploration :

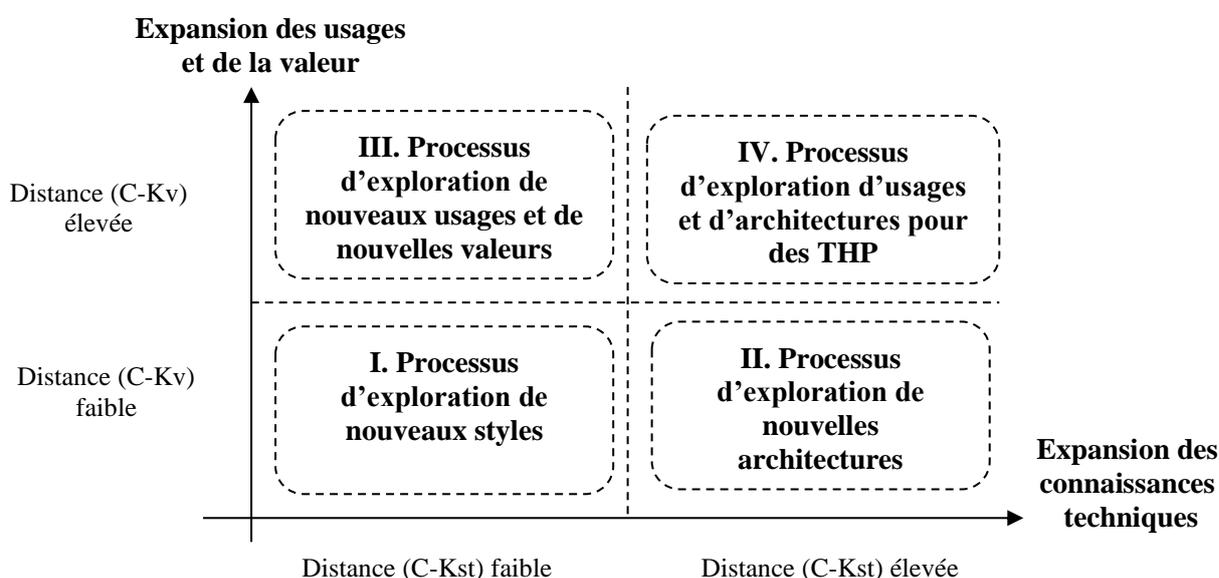


Figure 22 : caractérisation des processus d'exploration fondée sur la théorie C-K de la conception innovante

Le chapitre 5 sera consacré à la construction d'un cadre théorique qui décrive les transformations de la valeur propres à certaines situations d'exploration (III et IV de la figure 22).

CHAPITRE 5. LA « VALEUR-AMONT » : UN CADRE THEORIQUE POUR EXPLORER DE NOUVEAUX ESPACES DE MARCHES

Nous avons mis en évidence au chapitre 1 et au chapitre 4 que certaines démarches d'exploration impliquaient de penser l'expansion des valeurs sur des espaces de marchés inconnus (il s'agit des démarches de type III et IV de la typologie présentée à la fin du chapitre 1).

Nous analyserons dans ce chapitre les fondements de la « valeur-client » qui domine encore actuellement les courants de la stratégie et du marketing (5.1) pour ensuite dégager de nouveaux principes permettant de renouveler ces fondements et de les adapter aux démarches d'exploration de concepts innovants : nous proposerons alors la notion de « valeur-amont » pour construire de nouvelles valeurs dans ces situations (5.2).

Nous terminons en illustrant les mécanismes d'expansion et de transformation de la valeur sur le cas de la voiture à hydrogène qui a fait l'objet d'un processus d'exploration particulier par les équipes d'Axane (5.3).

5.1 Aux sources de la valeur : la firme prisonnière de l'activité de ses clients

La discipline Marketing s'est structurée autour de plusieurs archétypes au fil de son histoire : si le *Concept Marketing* et le *Marketing Management* se sont avérés adaptés à des époques et contextes industriels, leurs fondements doivent être ré-interrogés pour déterminer si leurs principales composantes (la segmentation, le Marketing Mix, la définition de la valeur) sont toujours adaptées pour penser les situations d'expansion que nous avons décrites plus haut.

Le marketing s'est construit depuis le « Marketing concept » (années 1950-60 : J. McKitterick, P. Drucker, F. Borch, R. Keith et Th. Levitt) puis via « Marketing Mix » (idée de Neil Borden mise en application par Jerome McCarthy ; William Lazer, Philip Kotler et John Howard en furent aussi des artisans majeurs) autour de concepts forts qui gênent aujourd'hui pour penser des expansions de valeur sur des marchés qui n'existent pas. Nous reviendrons sur trois points qui caractérisent les approches dominantes en Marketing : le segment de marché, l'orientation-client et enfin la valeur-client.

5.1.1 Le marché circonscrit au segment

Depuis les origines, le marketing s'est construit sur l'approfondissement des connaissances sur le marché. Dès les années 1920, de nombreux auteurs (pour une synthèse, lire Witzel, 2000) cherchent à bâtir une science des mécanismes de mise sur le marché de nouveaux produits à l'instar de ce que Taylor

avait théorisé pour l'organisation du travail (Cochoy, 2002). La segmentation des marchés est l'aboutissement de ces méthodes : elle est issue de travaux sur la psychologie comportementale et propose de classer les consommateurs selon leurs comportements homogènes. Ce principe de segmentation, historiquement, a servi à domestiquer la vente des biens de grande consommation : il a fait partie de l'essor de la boîte à outils du Marketing Mix. Le segment de marché est l'aboutissement de la modélisation Marketing, il permet de réduire la complexité en figeant un certain nombre d'attributs et de comportements. Par sa finitude, il permet l'étude et le raisonnement. Les stratégies de différenciation ou domination par les coûts de Porter (op.cit.) se positionnent et ne prennent sens que par rapport aux marchés circonscrits. Penser l'expansion nécessite pourtant de sortir de s'affranchir de la notion de segment pour plusieurs raisons.

Premièrement, dans certaines démarches d'exploration, on ne connaît pas les clients ni leurs comportements. Les concepteurs pourraient avoir accès à certaines connaissances sur de nouveaux marchés (nouveaux pour eux ne signifie pas forcément nouveau pour tout le monde), mais dans notre cas les performances proposées sont tellement singulières qu'elles déroutent les premiers utilisateurs.

Ensuite, l'utilisation des segments se raccroche souvent à des applications ou à des filières établies. Il existe alors des effets de biais que l'on retrouve à la fois dans l'identification des segments, dans les estimations des volumes et dans les stratégies de prototypages.

Concernant l'identification des segments pour des technologies disruptives, Christensen fait remarquer au sujet des disques durs ou des transistors que les managers des entreprises leaders perçoivent au départ uniquement ces nouveaux produits comme dégradant les performances des produits existants et donc ne leur portent que peu d'intérêt.

Au sujet de l'estimation des volumes, Millier (op.cit) met en garde contre la non-transitivité des résultats lorsque l'on consolide des données marchés pour des applications émergentes. Sur le cas d'une nouvelle fibre de ciment (cf. encadré 3), il explique que l'on ne peut évaluer les débouchés en transposant simplement les chiffres existants sur la technologie établie, ces chiffres reflétant en fait une activité stabilisée des clients autour de performances précises. De même, au sujet de la PAC, nous avons constaté que l'on pouvait difficilement évaluer le marché de l'énergie silencieuse en agrégeant les chiffres du marché des groupes électrogènes silencieux et celui des batteries pour une plage de puissance donnée. La technologie présentant des performances spécifiques, étant moins mature, on ne peut anticiper les parts de marché à l'avance.

Encadré 3 : l'évaluation du marché potentiel d'une fibre de renforcement innovante (Millier, 1997)

« Pour analyser le marché de la fibre de renforcement, nous pourrions nous contenter d'une analyse sommaire et dire : « comme mon marché est celui du renforcement des bétons et qu'il faut 3% en masse de fibres dans le béton, et comme le béton contient lui-même 30% de ciment, il me suffit de savoir combien on vend de ciment pour savoir combien de tonnes de fibres je vais vendre » [...]. Mais hélas mon produit n'est pas du rond à béton et n'a pas les mêmes caractéristiques de performance et de mise en œuvre que ce matériau. Il n'en a donc pas les mêmes applications [...]. C'est en effet en analysant le plus grand nombre possible de problèmes de renforcement mal résolus, qu'on va enfin pouvoir débusquer les failles dans la cuirasse du rond à béton [...]. C'est ainsi que l'on va trouver que le renforcement des falaises est trop coûteux et dangereux, car des alpinistes amateurs doivent d'abord tisser un treillis métallique autour de la paroi avant de projeter le béton dessus [...] Une lance qui projetterait le béton et assurerait le renforcement en même temps apporterait une solution idéale et unique à ce problème [...]. Contrairement à l'enquête téléphonique auprès des 3 cimentiers, il faudrait aller visiter 30, 50 ou 100 entreprises de BTP ou de maçonnerie, quelques bureaux d'études et d'architecte pour arriver au résultat escompté. » (Millier, 1997, pp. 43-44)

Enfin, on retrouve des biais introduits par l'utilisation des segments de marchés dans la mise en œuvre des stratégies de prototypage, Christensen (1997) montre très bien comment les constructeurs automobiles ont condamné eux-mêmes les premiers véhicules électriques en concevant des démonstrateurs aux performances calquées sur celles des véhicules conventionnels : les véhicules présentés pesaient alors deux tonnes et montaient difficilement les cotes ce qui a décrédibilisé le concept de « véhicule électrique » avant même son lancement.

En conclusion, nous dirons que le segment est souvent un instrument de découpage, de classement, et de hiérarchisation d'une vision de l'ordre établi et non pas un outil adapté pour identifier, décrire et comprendre les dynamiques de transformation qualitative de la valeur.

5.1.2 L'orientation-client et la posture de réactivité

Kotler a été parmi les premiers à théoriser l'orientation client, c'est à dire la mise en œuvre de toutes les ressources de l'entreprise pour satisfaire les clients existants sur les marchés de l'entreprise.

La réactivité a longtemps été vue par les marketeurs comme un moyen de proposer des offres pertinentes, collant aux besoins des consommateurs. Néanmoins, cette posture a aussi été accusée de tuer les potentiels d'innovation en ne cherchant pas à développer de nouvelles attentes pour de nouveaux produits : des travaux ont alors proposé de nouvelles approches marketing fondées sur la proactivité des firmes.

Berthon & al. (1999) font remonter les travaux sur la proactivité aux premiers écrits de Drucker (1954) : il s'agit de savoir si, dans la conduite de son activité, l'entreprise va d'abord chercher à innover pour proposer de nouvelles solutions (*innovation orientation*) ou, au contraire, commencer par identifier les besoins de ses clients afin de développer les produits qui permettent de les satisfaire (*customer orientation*). En stratégie, la proactivité est définie par Aragon-Correa (1998) comme « une tendance de l'entreprise à initier des changements dans ses politiques stratégiques plutôt que de réagir simplement aux événements ». Pour Johanssen, Olaisen et Olsen (1999) la proactivité peut être définie comme « la capacité de créer des opportunités ou la capacité à reconnaître ou anticiper et d'agir sur des opportunités (ou des dangers) lorsqu'elles se présentent ». Jouini (2000) relève à partir de recherches dans le secteur de la construction que les stratégies d'offres proactives sont une des caractéristiques majeures de nouvelles stratégies de compétition par l'innovation.

Cependant, ces travaux n'ont pas débouché sur des nouvelles théories d'exploration de nouvelles valeurs, leur cadre de référence pour la valeur restant la « valeur-client » de Porter (c'est en effet le cas pour les travaux de Drucker, Jouini, Lenfle et les chercheurs cités plus haut).

5.1.3 La « valeur-client »

Sans remonter aux définitions historiques de la valeur et aux débats entre philosophes, économistes et sociologues, on peut rappeler quelques définitions centrales de la valeur qui reprennent le paradigme du « marketing concept ». Par exemple Kotler et Gary (1997) proposent la définition suivante : *“consumer value is the difference between the benefits customers get from owning and using a product and the costs associated with acquiring a product”*¹¹. De même Porter (1985) : *“ dans le cadre d'une stratégie de différenciation, la valeur est ce que les clients sont prêts à payer, et une valeur supérieure*

¹¹ Kotler Philip & Armstrong Gary (1997), Marketing: an Introduction. Fourth Edition. New Jersey: Prentice-Hall.

s'obtient, soit en pratiquant des prix inférieurs à ceux des concurrents pour des avantages équivalents, soit en fournissant des avantages uniques qui font plus que compenser des prix plus élevés".

Néanmoins la question fondamentale qui se pose dans certaines démarches d'exploration est la suivante : comment mobiliser la notion de « valeur-client » sans client... ? Par exemple, les THP n'adressent pas des segments de marchés pré-déterminés : l'enjeu va donc être d'étendre les frontières des espaces de marchés connus afin d'identifier des utilisateurs qui valorisent les performances de ces technologies.

En outre, les définitions de la valeur-client présentées ci-dessus comportent de nombreux implicites :

- **Hypothèse 1** : le produit est conçu avec des fonctions précises qui produisent des effets évaluablement instantanément par le client au regard de son activité. Cela suppose :
 - o qu'il puisse traduire instantanément les fonctions en avantages (ce qui suppose que la modélisation fonctionnelle soit complète)
 - o que l'activité du client (ses finalités) reste inchangée pendant l'utilisation du produit

- **Hypothèse 2** : la valeur est produite suite à l'interaction [produit-client], sans impliquer d'autres acteurs dans ce processus

Ces hypothèses nous conduisent à formuler un cadre plus large : il nous semble en effet que la valeur-client reprenne le cadre de la règle des trois unités du théâtre classique.

- o l'unité de lieu correspond au cadre dans lequel est évaluée la valeur : il s'agit du contexte de l'activité du client. Dans l'approche classique, la valeur est associée à un produit lors de son usage en vue de réaliser une tâche ou une activité : dans cette optique, l'activité reste stable (ses finalités sont les mêmes au début et à la fin de l'utilisation du produit) et la valeur est attachée au produit / service.

- o l'unité de temps correspond au laps de temps qu'il faut à la valeur pour être évaluée. Dans l'approche classique, la valeur se révèle instantanément lors de l'usage du produit.

- o l'unité d'action correspond au fait que la valeur doit avoir une finalité : celle d'être utile à l'activité du client. Dans l'approche classique, l'utilité du produit doit donc être avérée et les fonctionnalités du produit doivent être connues et explicites.

Or, nous allons voir que les démarches d'exploration de nouvelles valeurs font éclater cette règle des trois unités sur chacune de ses composantes :

- l'unité de lieu et de temps éclatent : l'activité devient instable et se transforme de part les nouvelles possibilités d'action ouvertes par la THP. En outre, la valeur n'est plus seulement centrée sur le produit : celle-ci peut être co-produite dans l'interaction entre le client et les acteurs de la situation de service
- l'unité d'action n'est pas garantie : car les objets techniques ont des identités protéiformes et des fonctions non identifiables à l'avance : par exemple la PAC peut être considérée à la fois comme une énergie autonome non-polluante / un stockage d'énergie de haute densité / une énergie très silencieuse... L'utilité ne peut pas être inférée immédiatement des premières situations d'utilisation : les utilisateurs et concepteurs devront effectuer un travail de re-conception des fonctions et des usages des produits.

En conclusion, l'enjeu de la partie suivante sera de construire un cadre pour la valeur hors des activités des clients de l'entreprise et même hors des espaces de marchés existants (comment penser la valeur sans client ?) dont les composantes ne reprennent pas l'ossature de la « valeur-client » de Porter, que nous avons reformulée en règle des trois unités. La partie suivante va donc avoir pour but de dégager les apports méthodologiques de récents courants de la littérature sur le marketing (quels outils, quels principes ?) mais aussi les apports théoriques pour construire une alternative à la valeur-client.

5.2 Expansion des territoires de la valeur et transformations des conditions d'activité des futurs utilisateurs

Comme nous l'avons montré dans la partie précédente, le cadre de la « valeur-client » explose dans le cas de produits innovants : absence de clients au début du processus de développement, avantages quasi nuls ou non révélés pour des utilisateurs, transformation de la nature de l'activité même des clients... Comment alors penser la valeur sans clients ? Comment étendre les investigations au-delà des clients et des applications connues ? Comment apprendre sur la valeur et transformer des handicaps de technologies émergences en atouts sur de nouveaux marchés (Christensen et al., 2003) ?

Nous étudierons dans un premier temps les approches du marketing des innovations technologiques en tant que premier cadre pour penser l'expansion de la valeur hors des écueils des études de marchés (5.2.1).

Nous nous intéresserons ensuite aux courants en stratégie qui étudient la conception d'offres innovantes pour de nouveaux espaces de marchés : les travaux de Kim et Mauborgne (2002, 2005) se focalisent par exemple sur les méthodes de ciblage de non-consommateurs (5.2.2).

Enfin nous aborderons les courants qui furent parmi les premiers à théoriser les transformations de la valeur : le courant du marketing expérientiel et les récents travaux sur l'innovation dans les services (5.2.3)

Nous synthétiserons alors les enseignements de ces courants en proposant le cadre de la « valeur-amont » (5.2.4).

5.2.1 Le marketing des innovations technologiques : un premier cadre pour penser l'expansion et la transformation

Dans les cas d'innovations technologiques pour lesquelles les applications sont encore indécises, et que lorsque les technologies sont encore en cours de développement, le courant du Marketing des innovations technologiques propose un cadre intéressant pour construire une approche conjointe du produit et de ses marchés à venir (Gaillard, 2000, Millier et palmer, 2001, Millier, 2003).

A partir de l'étude de centaines de cas d'innovations technologiques issues de centres de R&D d'entreprises publiques ou privées, et en quête de marchés, les chercheurs de ce courant propose un cadre pour réduire à la fois les incertitudes sur les marché et sur la technique : le cadre « expansion / segmentation / régénération ».

Ce cadre propose dans un premier temps de débiter la recherche d'application et l'exploration de nouveaux espaces de marchés via une étape d'expansion des fonctionnalités de la technologie et de créativité qui débouche une cartographie des applications potentielles (cf. figure 23).

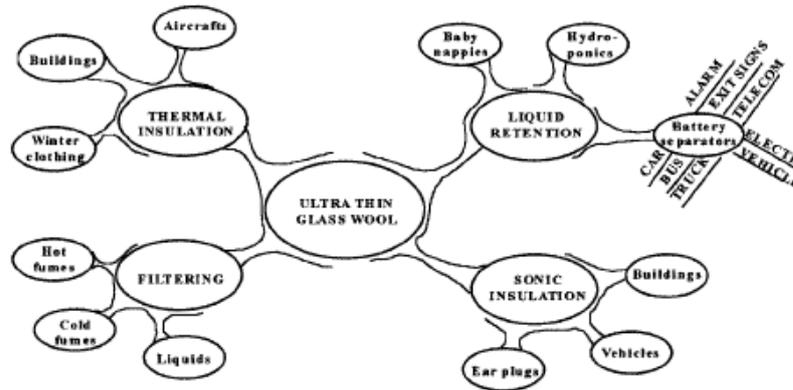


Figure 23 : un exemple de ramification illustrant les applications potentielles d'une technologie donnée (Millier, 1997)

Les applications sont ensuite croisées avec les bénéfices exprimés par les utilisateurs potentiels suite à des entretiens réalisés sur le terrain : cette étape débouche sur une segmentation mixte, dite segmentation « technico-commerciale » qui présente un découpage structuré des marchés virtuels. Cette segmentation regroupe les clients selon leurs comportements d'achat et selon les caractéristiques techniques valorisées pour l'application considérée. Chaque segment est ensuite évalué grâce à des grilles de critères qui permettent de les positionner selon une matrice en fonction du niveau de risque que chaque segment représente, tant sur l'aspect commercial que sur l'aspect technique (cf. figure 24).

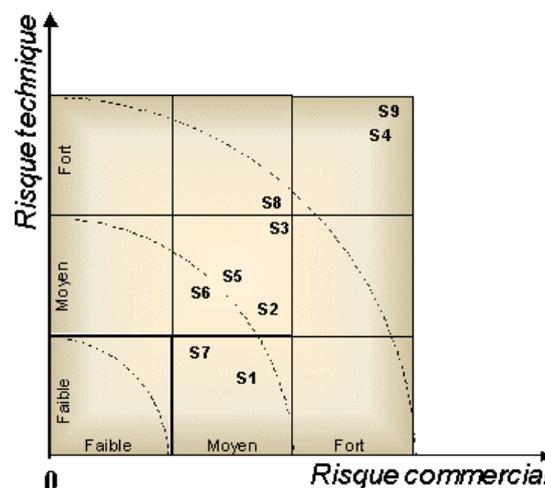


Figure 24 : illustration d'une segmentation technico-marketing (Millier, op.cit)

Les innovateurs disposent ainsi d'un ordre d'attaque des segments qui leur permet de cibler des pistes de difficultés (techniques, commerciales) graduelles.

Au fur et à mesure des prototypages et des expérimentations sur chaque segment, s'ils identifient de nouvelles valeurs, les innovateurs doivent mettre à jour la segmentation et la matrice correspondante, c'est l'étape de « régénération ».

Nous avons utilisé ce cadre lors d'étude marketing conduite pendant près de 2 ans chez Axane sur plusieurs concepts de produits innovants. Nous pouvons donc évaluer tant sur le plan pratique que théoriques ses points forts et ses faiblesses.

Sur plan théorique, on retrouve une démarche qui reprend dans les grandes lignes les deux mouvements d'exploration de nouvelles valeurs : l'expansion est suscitée par une démarche de créativité qui génère des applications potentielles, puis elle est organisée et orientée par l'attaque graduelle de segments de marchés avec une optique prudentielle (l'objectif est de minimiser les risques tant commerciaux que techniques) ; la transformation et l'apparition de nouvelles valeurs sont prises en compte via l'étape de « régénération ».

De plus, les auteurs avancent des principes d'expérimentation et de construction de la valeur à contre-courant des principes de marketing :

- Les premiers contacts avec des utilisateurs peuvent s'avérer catastrophiques (cf. premières applications de la fibre de verre innovante qui coupe les mains des ouvriers) pour autant ils ne remettent pas en cause l'intérêt de la nouvelle technologie mais attirent l'attention sur le contexte de sa mise en œuvre.
- Ils mettent en garde contre la substitution à des applications existantes qui est souvent un écueil car les performances de produits ne correspondent jamais aux performances des produits établis. Ils conseillent ainsi comme stratégie d'expérimentation de privilégier des clients professionnels aux logiques techniques (pour lesquels les performances priment sur les autres variables comme le prix) qui sont prêts à contribuer au développement du produit en « essayant les plâtres » plutôt que de viser les marchés à gros volumes où l'on risque de ne pas se remettre facilement d'un échec.
- La valeur se construit en parallèle avec le développement des connaissances techniques et plus généralement, des connaissances sur l'environnement.

Néanmoins, on peut émettre les critiques suivantes :

- **Concernant le processus d'expansion** : le processus créatif de foisonnement permet de générer les idées d'applications qui seront ensuite explorées. Ce processus peut ensuite s'enrichir des idées d'application qui remonteront des premiers entretiens avec les utilisateurs, il reste que les idées sont retenues en fonction des avantages et bénéfices reconnus par les innovateurs ou les clients interrogés : il n'y a donc que peu de place pour les concepts innovants, c'est à dire des propositions d'activité qui ne correspondent pas encore à des activités ou qui ne sont pas encore assez mures pour être évalués comme produisant des avantages... Sur ce point, le courant reste prisonnier d'une approche de la valeur proche de la « valeur-client » (qu'ils revendiquent) même si cette valeur évolue en fonction des connaissances techniques. Cette remarque est consistante avec l'utilisation de méthodologies de segmentation dès les premières étapes de l'exploration de nouveaux espaces de marchés alors même qu'il n'y a pas encore de clients mais seulement des utilisateurs potentiels !
- **Concernant le processus de segmentation / régénération** : la segmentation fige les groupes d'utilisateurs dans des activités et des comportements qui n'évoluent que peu avec l'étape de régénération (très peu décrite d'ailleurs). Que se passe-t-il si l'on découvre de nouveaux bénéfices ou s'il y a transformation de l'activité ? Les méthodes de segmentation habituellement utilisées pour découper et créer des partitions de groupes homogènes semblent peu pertinentes ici dans leur mobilisation, à un stade exploratoire où les comportements des utilisateurs potentiels ne sont pas stabilisés, et où les usages sont encore indécis...

Enfin, les auteurs de ce courant ne décrivent quasiment pas les dynamiques entre connaissances techniques et apparition de nouvelles idées d'applications : en quoi l'apprentissage sur un projet peut déboucher sur de nouveaux concepts de produits ??

En synthèse, on trouve dans ce courant des éléments intéressants et des principes d'exploration très opérationnels sans que sur le plan théorique, les auteurs rompent avec le cadre de la « valeur-client ». Les méthodes de segmentation employées, derrière leur apparente simplicité de mise en œuvre, masquent un potentiel de pistes inexplorées et rigidifient outre mesure les contextes d'activité étudiés. De récents courants en stratégie ont contribué à enrichir la réflexion sur l'exploration de nouvelles valeurs sur des espaces de marché vierges...

5.2.2 Penser l'expansion des espaces de marchés hors des frontières habituelles

Les travaux de Kim et Mauborgne (op.cit.) et Christensen (op.cit) proposent chacun de changer les règles du jeu concurrentiel en ciblant des territoires de non-consommation. Nous analyserons la portée de ces travaux et expliciterons les conceptions de la valeur sous-jacentes dans chacun de ces courants.

a. La création de nouveaux espaces de marchés pour échapper à l'hyper-concurrence

« Valeur innovation » (Kim et Mauborgne 1999, 2005) veut incarner un renouveau dans l'approche des stratégies de concurrence interentreprises : pour sortir des marchés où règne l'hyper-concurrence par l'innovation, Kim et Mauborgne proposent de créer des nouveaux espaces de marchés en rupture avec les marchés établis.

Leurs recommandations sont de penser transversalement à travers les frontières habituelles de la concurrence afin de créer des îlots de non-compétition (qualifiés d'« océans bleus »).

The process of discovering and creating blue ocean is not about predicting or preempting industry trends. Nor is it a trial-and-error process of implementing wild business ideas that happen to come across managers' minds or intuition. Rather, managers are engaged in a structured process of reordering market realities in a fundamentally new way. Through reconstructing existing market elements across industry and market boundaries, they will be able to free themselves from head-to-head competition in the red ocean. (Kim et Mauborgne, 2005, p15)

Un des moyens pour y parvenir est de cibler des besoins encore non satisfaits en exploitant les gisements de la non-consommation. Les non-consommateurs sont ainsi décomposés en trois sous-groupes (cf. figure 25):

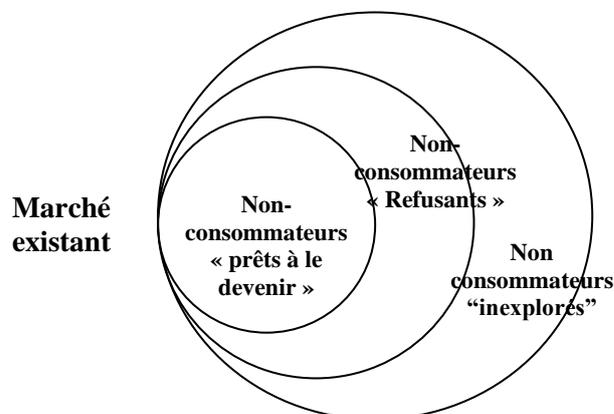


Figure 25 : les trois sous-groupes de non-consommateurs (d'après Kim et Mauborgne, op.cit.)

- 1) les non-consommateurs « prêts à le devenir » : sont prêts à devenir des clients à conditions de quelques modifications de produits ;
- 2) les non-consommateurs « refusants » : ne sont pas satisfaits par les offres en place ce qui impose de reconcevoir l'espace des offres et d'innover pour les attirer (cf. JC Decaux et sa stratégie d'offres cumulées mobilier urbain et d'espaces de publicité en centre-ville) ;
- 3) les non-consommateurs inexplorés : l'exemple cité est celui du développement de l'avion JSF F-35 pour les trois corps de l'armée américaine par Lockheed Martin alors que chaque corps d'armée spécifiait séparément ses besoins et que les profils de missions étaient perçus comme antagonistes par les avionneurs.

Dans le but d'évaluer la valeur des nouveaux concepts de produits ou de services, Kim et Mauborgne ont recours à un outil de représentation graphique des composantes clé de la valeur au niveau d'une filière ou d'un secteur d'industrie : les courbes de valeur (*value curve*).

A partir d'un canevas qui permet de saisir les facteurs tenus pour acquis par une filière, ils incitent les managers à déplacer les standards de compétition et à inventer de nouveaux modèles d'affaires (cf. figure 26 avec l'exemple de The Body Shop).

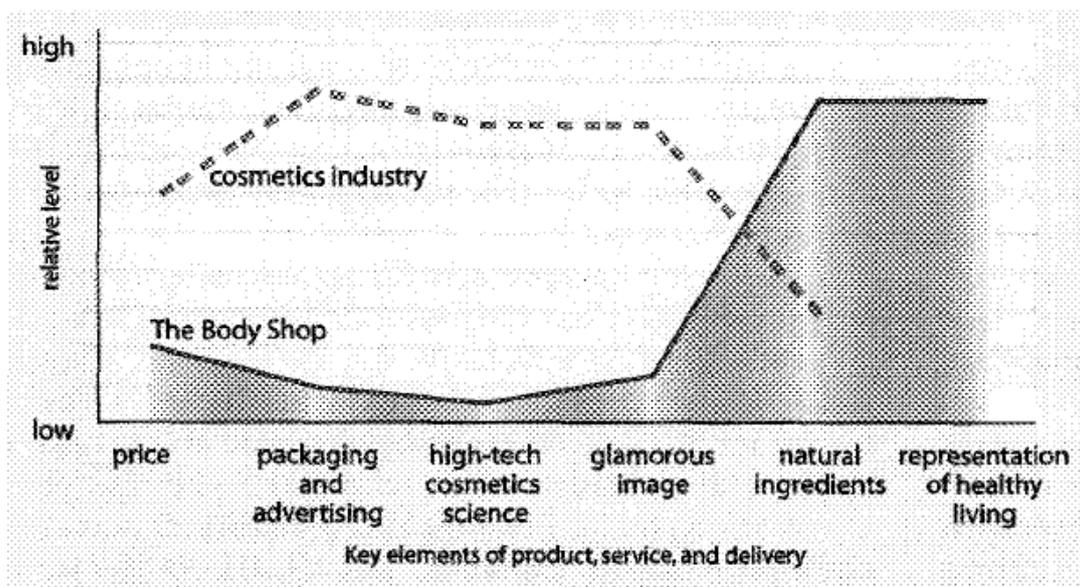


Figure 26 : illustration de la courbe de valeur pour les boutiques « The Body Shop » (d'après Kim et Mauborgne, 1999)

Néanmoins, les auteurs expliquent moins un mécanisme de création de nouvelles valeurs qu'un mécanisme de différenciation par rapport à des modèles d'affaires déjà existants. Il se placent délibérément dans une optique de création *ex nihilo* de nouveaux concepts.

Lorsqu'il s'agit d'identifier les composantes de la valeur pour une technologie innovante donnée, ils reviennent à un cadre plus traditionnel en mentionnant la notion d' « **utilité** » comme critère *sine qua none* de l'acceptation d'une nouvelle technologie sur un marché donné.

*(p120, Blue Ocean Strategy, 2005). The need to assess the buyer utility of your offering may seem self-evident. Yet, many companies fail to deliver exceptional value because they are obsessed by the novelty of their product or service, especially if new technology plays a part in it [...]. The technology trap that snagged Philips [related to the CD-i] and Motorola [related to the iridium phone] trips up the best and brightest companies time again. **Unless the technology makes buyers' lives dramatically simpler, more convenient, more productive, less risky, or more fun and fashionable, it will not attract the masses no matter how many awards it wins.***

Ainsi, les auteurs attribuent-ils les échecs du CD-I de Philips et du téléphone satellite Iridium lancé par Motorola à l'insuffisante prise en compte du critère d'utilité et par des prix de lancement trop élevés.

[p 140] Philips CD-I did not create exceptional buyer utility with its offering of complex technological functions and limited software titles. It was priced out of reach of the mass buyers, and its manufacturing process was complicated and costly.

[p141] Similarly, Motorola's Iridium was unreasonably expensive because of high production costs. It provided no attractive utility for the mass buyers, not being useable in buildings or cars and being the size of a brick.

Pourtant, et contrairement à ce qu'affirment les auteurs, ces produits ne furent pas des échecs et connurent même un succès retentissant... seulement auprès de destinataires différents des consommateurs initialement ciblés.

L'Iridium connu un développement sans précédent (alors même que le GSM était en plein essor) lorsque l'équipe dirigeante recentra le produit sur des utilisateurs dont l'activité reposait sur la capacité à passer des communications critiques et ce, n'importe où dans le monde : les militaires, les explorateurs ou navigateurs, les humanitaires et les personnels d'ambassades. La valeur du produit était dans la possibilité de sauver des vies ou de transmettre des informations à très haute valeur ajoutée, et les clients étaient prêts à payer 5x à x10 le prix d'une communication GSM pour atteindre ces finalités. En 2006,

Iridium était reconnu comme le leader mondial du téléphone satellitaire, après avoir connu une faillite en 1999 parce qu'elle avait défini ses utilisateurs comme monsieur tout-le-monde.

De même, Philips CD-I connu un succès important dans le monde de l'enseignement en proposant les premiers supports interactifs aux enseignants et professeurs ainsi que dans de nombreuses écoles de formation (pilotage, auto-école, etc...). Là où Philips ciblait le marché de masse et plus particulièrement le marché de la grande consommation (notamment les pères de famille technophiles souhaitant disposer d'un centre ludo-pédagogique d'après l'argumentaire initial de Philips, réf.), la valeur du produit se révéla sur des professionnels qui cherchaient non pas un moyen de se divertir mais bien un moyen d'optimiser l'efficacité et l'impact de leurs formations.

Ainsi la notion d'utilité invoquée par Kim et Mauborgne (d'ailleurs nulle part définie dans leurs publications) ne suffit à expliquer seule l'échec ou le succès d'innovations technologiques. D'autre part, elle occulte le mécanisme de construction de la valeur et de cristallisation sur des publics particuliers : comment Philips aurait pu cibler en premier lieu les formateurs ? L'Iridium aurait-il pu, avec d'autres clés d'analyse, éviter l'échec de son lancement qui conduisit l'entreprise à la faillite en 1999 ? Les managers aurait-il pu anticiper la trajectoire qui a démarré avec les applications militaires puis s'est élargie aux applications civiles à haute criticité, avant de proposer, une fois le coût de la technologie abordable, des forfaits aux particuliers nomades (les randonneurs, les trekkeurs, etc...).

Avec leur stratégie de création d'océans bleus Kim et Mauborgne réussissent le grand écart entre :

- *d'un côté, la relecture réussie de cas de création de nouvelles affaires exploitant de nouveaux concepts ou de nouvelles valeurs : les cas du Cirque du Soleil ou de JC Decaux sont alors exemplaires ;*
- *de l'autre, une théorisation hésitante et peu convaincante des stratégies d'innovation pour des produits innovants : les cas du téléphone Iridium et du CD-I de Philips soulignent alors les limites de leur cadre d'analyse.*

Dans le premier cas, les « courbes de valeur » explique très bien les transformations qualitatives de la valeur en vue de proposer des offres innovantes ; en revanche, ce cadre n'est pas réutilisé pour des innovations technologiques en quête de marchés : les auteurs se réfugient alors vers la valeur-client de Porter et ont recours à la notion d'utilité de manière contre-productive.

b. Le ciblage des non-consommateurs dans le cas de technologies disruptives

Chritensen (op.cit) propose avec son cadre « stratégies de soutien / stratégies disruptives » des éléments pertinents pour expliquer les dynamiques de création de nouveaux marchés pour des innovations technologiques.

A partir de l'étude de trois cas d'introduction d'innovations technologiques (le cas du transistor, des techniques d'angioplastie et des panneaux solaires), Christensen propose des principes génériques pour construire de nouveaux marchés en ciblant les « non-consommateurs ».

1. La technologie innovante ne doit pas essayer de battre les technologies établies sur les marchés existants où elle sera perçue par les clients comme sous-performante. En revanche, elle doit cibler des clients qui recherchent des solutions simples, bon-marché, pour accomplir des tâches qui doivent être accomplies (« *jobs that need to get done* »).
2. Le produit innovant va passer plus facilement la barrière de performance puisqu'il est le seul à accomplir le travail et qu'il est la seule alternative pour le client ciblé.
3. La technologie qui permet d'innover peut être très sophistiquée, mais ce qui importe est que les innovateurs la déploient en conservant un usage son simple, aisé, et intuitif. C'est le caractère d'usage intuitif qui convaincra les gens qui manquent d'argent ou d'entraînement d'acheter ce produit.
4. Le produit innovant crée un nouveau réseau de valeur (« value network ») et les innovateurs devront le commercialiser à travers de nouveaux canaux de distribution.

Les travaux Christensen et de ses collègues donnent de nombreuses clés de compréhension des grandes dynamiques de création de nouveaux espaces de marchés. Ses apports sont indiscutables dans l'illustration de stratégies d'innovation prudentielles, structurées en plusieurs coups où l'enjeu est 1) de maximiser la valeur pour les premiers utilisateurs en valorisant les performances spécifiques de la technologie innovante et 2) de rester à couvert des grandes entreprises en restant sur des espaces de marchés où elles ne percevront pas la pénétration comme une menace. Christensen apporte donc à travers son cadre « innovations de soutien / innovations disruptives » des principes pour construire le contournement des marchés établis via le ciblage de la non-consommation, là où avant lui le cadre théorique dominant de la différenciation selon Porter ne faisait, ni la distinction entre nouveaux entrants porteurs de technologies innovantes et les autres acteurs, ni ne concevait la différenciation comme une stratégie spécifique en plusieurs coups.

En revanche, le cadre théorique mobilisé pour analyser la construction de la valeur via les « tâches qui doivent être accomplies » est peu consistant : rétrospectivement, il est facile d'analyser le succès du premier modèle de poste de radio portable lancé par Sony dans les années 1950 en déclarant que les adolescents étaient une cible de marché idéal, cherchant à s'émanciper de leurs parents pour écouter leur

musique en dehors du foyer familial. Pour autant le modèle de Christensen n'explique pas pourquoi Sony n'a pas ciblé d'autres catégories de personnes, de surcroît solvables, cherchant elles-aussi à écouter la radio en dehors d'un lieu fixe : par exemple les camionneurs, les VRP, les randonneurs, ou les motards....

En outre, l'application des théories de Christensen pour prédire les innovations disruptives des prochaines années (Christensen, Anthony et Roth, 2005) semble être limitée à une analyse filière par filière : le secteur médical, les transports aériens, ou l'enseignement supérieur sont ainsi étudiés. En revanche, Christensen ne donne aucune projection transversale à plusieurs secteurs ou filières rendant par là même bien moins féconde la notion de « valeur réseau » (*value network*). On doute alors que son cadre théorique de construction de la valeur soit applicable à des technologies en quête d'usages pour des filières non encore identifiées, ce qui est renforcé par les esquives de Christensen concernant les applications potentielles du papier électronique (Christensen et al., 2003).

Conclusion : quel moteur pour l'exploration de nouveaux espaces de marchés ?

Les approches de Kim et Mauborgne et Christensen comportent de nombreux éléments pour orienter les études de marché et la recherche de concepts sur des espaces de marchés en marge des territoires circonscrits des entreprises établies.

- **Le ciblage des non-consommateurs** est privilégié à l'hyper-concurrence et à l'innovation sur des marchés établies car les entreprises établies sont présentées comme dotées d'atouts importants (portefeuille-clients, réseau de distributeurs, image de marque) et seront capables de contre-attaquer en cas de menace. Les espaces de non-consommation sont doublement intéressants : inexploités, ils renferment des potentiels de croissance ; non identifiés par les leaders établis, ils sont des marchés idéaux pour développer un concept / une nouvelle offre dans la discrétion.
- **L'expansion hors des marchés existant est vue comme la construction d'une trajectoire en plusieurs coups** : Christensen propose de suivre des trajectoires prudentielles en ciblant graduellement des groupes d'utilisateurs traditionnellement délaissés par les leaders établis, pour que les innovateurs fiabilisent la technologie ou le procédé sans éveiller l'attention des entreprises établies. Le terme « disruptive » doit alors se comprendre comme « trajectoire de contournement », qui est d'ailleurs l'une des traductions possibles en français. L'objectif est de créer un maillage ou réseau de valeur

complètement différent de celui que maîtrisent et dominent les leaders, pour des clients qui ne sont pas ou plus satisfaits par les offres proposées sur le marché.

- En revanche, les cadres théoriques mobilisés pour la construction de nouvelles valeurs sont en décalage avec les approches de « rupture », « non-consommation », « nouveau réseau de valeur » : les auteurs invoquent des notions comme l'« utilité » ou la valeur de tâches que les utilisateurs ont toujours cherché à accomplir, notions qui sont explicitement proche de la valeur-client de Porter, et dont nous avons montré les limites dans ce chapitre.

Il faut donc nous tourner vers d'autres courants de gestion pour identifier des évolutions dans les théories de construction de la valeur. Dans le chapitre suivant, nous verrons comment le marketing expérientiel et les récents travaux sur la conception de nouveaux services peuvent éclairer ce point.

5.2.3 Les approches du service et les évolutions des théories sur la valeur

Le marketing post-moderne est caractérisé par l'émergence de la « valeur de lien » par opposition à la valeur de bien : « la valeur de lien (d'un produit ou d'un service) est ce que vaut ce bien ou ce service dans la construction ou le renforcement, même éphémère, des liens entre personnes, présentes ou passées, réelles ou imaginaires » (Badot et Cova, 2003).

La valeur de lien est construite non pas sur le produit mais elle s'expérimente dans l'interaction avec le groupe ou la communauté. Elle n'est donc pas construite sur la base de bénéfices *a priori* ou d'une utilité pré-définie mais elle est co-construite dans l'échange. Ce n'est pas seulement le vin de telle marque qui est consommé mais le vin bu avec tels amis, dans tel cadre, qui donne sa valeur au produit. La notion d'« appropriation » devient ainsi une clé dans la compréhension de la recherche d'expériences quotidiennes. Dans une expérience d'appropriation, le consommateur pratique des activités créatives et façonne une offre de l'entreprise. « Une expérience d'appropriation se caractérise par des processus de découverte, des errements, des conduites de repérage que manifeste le consommateur pour trouver des points d'ancrage dans sa consommation » (Cova et Cova, 2001, p.143).

La valeur de lien exige aussi du temps pour être appréciée : c'est le temps nécessaire pour construire le lien avec les autres acteurs de la situation, le temps de la ré-appropriation par le collectif de l'expérience vécue ou encore, temps sacrifié pour une passion avec d'autres membres de sa communauté.

	Valeur-client	Valeur de lien
Unité de lieu (contexte)	Activité du client – valeur centrée sur le produit	Interaction entre consommateurs impliquant un produit. « le lien importe plus que le bien » (Badot et Cova », 1993).
Unité de temps	Valeur évaluée instantanément	La construction de la valeur demande du temps pour construire le lien
Unité d'action (finalité)	Utilité pré-définie	Utilité co-construite dans l'échange.

Tableau 2 : comparaison entre les notions de « valeur-client » et de « valeur de lien »

Comme le montre le tableau récapitulatif ci-dessus (tableau 2), la valeur de lien constitue donc une reformulation complète de la règle des 3 unités. Pour autant, peut-on l'appliquer aux situations d'exploration de nouvelles valeurs pour des innovations technologiques alors que ce cadre a émergé largement de l'étude des services dans le cadre d'un marketing de la grande consommation ?

La notion de production de la valeur par l'interaction collective a été reprise par le courant du marketing expérientiel (Holbrook et Hirschman, Pine et Gilmore, 1999, Smitt, 1999, Hetzel, 2002) pour lequel le consommateur achète des produits ou des services moins pour leurs attributs fonctionnels que pour les expériences émotionnelles qu'ils permettent. L'expérience désigne alors à la fois le cadre de la consommation (le contexte de l'achat) et la finalité de celle-ci. Elle dépasse l'usage de fonctionnalités d'un produit, pour incarner un mode d'accès à de nouveaux effets pour le consommateur : en l'occurrence de nouvelles sensations, émotions, ou du divertissement. La notion d'« expérience » a été ensuite largement reprise par la littérature en stratégie où elle décrit l'accès de clients à de nouveaux effets ayant des impacts importants sur leurs activités habituelles.

Pour Rifkin (Rifkin, 2000), nous sommes entrés dans l'« âge de l'accès », qui marque l'avènement d'un nouveau capitalisme où l'accès à des segments d'expériences prend le pas sur l'achat et la propriété privée, caractéristiques de l'ancienne forme du capitalisme. Ainsi les services de location d'appartements en temps partagés, de leasing pour les voitures, d'accès à internet ou les franchises témoignent de la dématérialisation des biens de consommation et de l'arrivée de nouveaux services.

Pour Kim et Mauborgne, une des stratégies de création de nouvelles activités en dehors des marchés établis et de produire des expériences exceptionnelles à travers la conception de nouveaux services (Kim et Mauborgne, 2005).

Zarifian (2002) a particulièrement bien synthétisé les enjeux autour de la notion de valeur en travaillant sur le concept de « service ». Selon lui, le concept de service (au singulier) n'entre pas dans la distinction traditionnelle entre différents secteurs : agriculture, industrie et secteur des services. Il se distingue des spécialistes de l'économie de services, qui ont tenté de faire, du secteur des services, un objet propre d'analyse. L'intérêt du concept de service est de mettre au jour une approche et des problèmes contemporains communs à l'ensemble des secteurs économiques : comment comprendre les nouvelles attentes des consommateurs, comment se formes leurs attentes face aux lancements de nouvelles offres et comment s'organiser pour produire de manière efficiente ces nouvelles offres ? C'est en cela que les réflexions de Zarifian sur la valeur sont parfaitement transposables aux approches de l'innovation.

Partant de la définition classique de Porter de la valeur-client, Zarifian (op.cit) constate que cette définition est 1) centrée sur le produit (vision industrialiste) ; 2) centrée sur l'activité du client mais délaisse complètement l'activité productive du fournisseur alors que le prix résulte d'un arbitrage entre ce que le client est prêt à payer et l'efficience de l'organisation qui conduit à un coût de revient et 3) située dans une temporalité instantanée alors que certaines offres innovantes demandent du temps pour être réappropriées ou pour transformer les attentes des clients...

Pour Zarifian une définition du service doit servir de base à la construction d'une valeur de service applicable à la conception d'offres innovantes. Le service est défini comme une confrontation entre deux approches : d'un côté, les effets, de l'autre, les ressources.

Dans cette perspective, le service est une transformation dans les conditions d'activité, et dans ses dispositions d'actions du destinataire dont les effets sont jugés valables et positifs par ce dernier. Nous qualifierons alors d'effets-utiles, les effets des transformations dans les conditions d'activité d'un utilisateur générés par une offre innovante.

> Exemple 1 : on imagine un concept d'aspirateur ultra-silencieux vendu à un prix supérieur à la concurrence.

Si l'on raisonne avec l'approche de la valeur-client, et qu'on organise des séries de démonstrations avec des utilisateurs potentiels, on obtiendra une évaluation des avantages directs assez moyenne au regard du surcoût : après tout, les utilisateurs passent l'aspirateur à des moments de la semaine où le bruit ne les dérange pas, ni ne dérange leur entourage. Ils raisonnent à iso-activité et comparent les fonctionnalités proposées par le produit.

En revanche, un raisonnement en termes d'*effets-utiles* conduirait ces mêmes utilisateurs à interroger les transformations potentielles dans leurs activités et à considérer un nouvel éventail des possibles. Le produit pourrait alors être vu comme un nouveau moyen :

- d'organiser son temps différemment quand on est un jeune couple avec un enfant en bas âge pour passer l'aspirateur pendant les siestes sans réveiller l'enfant
- de ne pas troubler le repos de personnes âgées dans une maison de retraite par exemple
- de nettoyer son appartement en semaine de manière à libérer du temps pour le week-end (on pourrait passer l'aspirateur le soir à 23 heures)
- de faire le ménage en écoutant de la musique ou en suivant une émission de radio.

Le fait de formuler ces effets-utiles et de les faire évaluer aux futurs utilisateurs est un changement de perspective : il ne s'agit pas tant de suggérer de nouveaux usages clés en main que de lui donner à sentir un potentiel de transformation de ses activités.

> **Exemple 2 : Axane et le groupe électrogène non-polluant.** Les premiers prototypes réalisés par Axane de PAC petites puissances s'apparentent à des groupes électrogènes non-polluant, alimentés par des bouteilles d'hydrogène gazeux. Les premiers utilisateurs interrogés sont des utilisateurs professionnels de groupes électrogènes : les pompiers et les travailleurs du BTP. Au départ, ils ne considèrent le nouveau générateur qu'au regard de leurs activités habituelles, le jugeant plus fragile et n'éprouvant aucune nécessité d'avoir un groupe non-polluant : les sites d'opération sont en plein air la plupart du temps et ils considèrent que la réduction du niveau sonore de leurs groupes électrogènes est plus importante que de ne pas polluer.

Pourtant, au fil des entretiens et des observations participantes, il ressort les effets-utiles suivants :

- permettre de travailler sans être asphyxiés dans des lieux confinés (tunnels ou caves, grottes, bâtiments confinés) là où aujourd'hui il faut tirer des longs câbles ce qui entrave les déplacements de ces professionnels : le nouveau générateur peut être alors considéré comme un moyen pour accroître la mobilité et la capacité d'intervention dans des lieux très contraignants jusque-là.
- être considéré comme une « énergie d'intermodalité », c'est à dire une énergie idéale pour accompagner des déplacements mixtes entre des lieux en extérieur et lieux confinés : par exemple certains équipements tels que des couveuses ou des glacières transportant des organes ne doivent pas connaître de rupture d'alimentation électrique, et ce, quels que soient les environnements traversés. Le générateur chargé d'alimenter ces équipements critiques pourrait alors être une énergie dédiée adaptée à l'intermodalité : transport en ambulance, transport en extérieur, attente dans les couloirs d'un hôpital...

Comme avec l'aspirateur, le raisonnement par les effets-utiles fait émerger de nouveaux potentiels d'action au-delà des fonctionnalités ciblées par les concepteurs initialement : de générateur électrique non-polluant on passe à des concepts de « énergie d'intervention dans des lieux confinés » ou « énergie d'intermodalité ».

La deuxième composante de la définition du service est définie à partir des ressources (ii) :

Le service est une organisation et une mobilisation les plus efficaces possibles des compétences pour interpréter, comprendre et engendrer cette transformation, efficacité jugée par la direction de cette organisation, comme par ses salariés, voire par le destinataire lorsqu'il agit lui-même comme ressource.

Zarifian (op.cit) en déduit une définition de la valeur de service : « la valeur de service s'apprécie au point de rencontre de deux jugements : un jugement sur la validité des effets engendrés par le service, et un jugement sur l'efficacité des ressources mobilisées pour engendrer ces effets ». En effet, la production d'effets ne peut jamais être isolée de l'efficacité développée pour les engendrer. Un service est toujours soumis à une évaluation, donc à un jugement, évaluation qui établit une relation entre trois éléments : ce qui est attendu ex ante : qu'attend-on du service ? Quelles attentes a-t-on construites sur les effets qu'il engendre ? ; ce qui est réalisé ex post : quels effets ont été effectivement produits et dans quelle mesure correspondent-ils à l'attente initiale ? ; et le mode d'obtention du service, c'est à dire la prestation proprement dite, le cheminement pour l'obtenir.

Concernant la dimension temporelle de la valeur de service, Zarifian indique que l'usage du service et son évaluation se font dans la durée. La vente marque seulement le début de la relation avec le client. Transformer les attentes reste un enjeu pour les entreprises. Cet objectif requiert de laisser du temps pour que les futurs clients se réapproprient le service.

5.2.4 « Valeur-amont » : un cadre pour penser la valeur de nouvelles activités

La portée de la valeur de service est élevée puisque, comme Zarifian (op.cit) le précise, c'est moins le secteur des services, que le **concept du service** (au singulier) qui l'intéresse. Le cadre théorique du service s'applique particulièrement bien aux innovations dont les fonctionnalités sont encore indécises, l'identité encore floues et dont les *effets-utiles* sont à construire.

Nous pouvons reprendre le cadre de la valeur de service pour la rebaptiser « valeur-amont », dans la mesure où notre perspective est de comprendre le processus de formation des attentes de la part de destinataires encore inconnus (ce que Zarifian qualifie de processus de subjectivation).

La « valeur-amont » se caractérise alors par les points suivants :

	Valeur-client	Valeur-amont
Unité de lieu (contexte)	Activité du client – valeur centrée sur le produit	Conditions d'activité transformées – nouveaux potentiels d'action
Unité de temps	Valeur évaluée instantanément	la construction de la valeur demande du temps pour s'approprier l'innovation comme un accès à de nouveaux potentiels d'action
Unité d'action (finalité)	Utilité pré-définie	Création de nouveaux <i>effets-utiles</i> pour les utilisateurs actuels ou pour de nouveaux destinataires

Tableau 3 : comparaison entre les notions de « valeur-client » et de « valeur-amont »

Selon ce cadre, la valeur ou l'utilité du produit ne sont plus contenues dans les attributs de la technologie (comme nous l'avons mis en évidence chez Christensen ou Kim et Mauborgne) mais elle se révèle à condition que les innovateurs parviennent à faire émerger des transformations dans les conditions d'activités des destinataires. La « valeur-amont » renferme en elle une quête car les bénéfices ne se révèlent pas d'eux-mêmes aux utilisateurs. Nous mobiliserons ce cadre sur l'exemple de l'exploration de nouvelles valeurs pour la voiture à hydrogène.

5.3 Illustration d'un processus d'exploration de nouvelles valeurs : le cas de la voiture à hydrogène

L'objectif de cette partie est d'illustrer, à partir de notre terrain, un processus d'exploration de nouvelles valeurs. Il s'agit de présenter comment la notion de « valeur-amont » est mobilisée et s'intègre au cadre de la théorie C-K de la conception innovante.

Le cas choisi est un cas emblématique puisqu'il s'agit de la voiture à hydrogène : nous avons vu précédemment, au chapitre 2, que le secteur de l'automobile et plus généralement les énergéticiens tels qu'EDF s'intéresse depuis les années 1960 à cette application en suivant un modèle de la R&D qui les a conduit à investir toujours plus pour espérer qu'une application innovante émerge (Le Masson, 2001). Axane et Air Liquide ont conduit entre 1998 et 2006 sur ce thème un processus d'exploration qui a généré de nouvelles cibles d'applications tout en faisant apparaître de nouvelles architectures- produits. Comment explorer de nouveaux espaces de valeur dans un secteur hyper-concurrentiel où seuls les équipementiers et les constructeurs semblent maîtriser les règles du jeu ? Faut-il se réduire à des démarches de prospectives ? Peut-on générer de nouveaux concepts alors qu'il semble que les designers aient déjà épuisé le thème ? Comment intégrer les éventuelles barrières réglementaires ? Si les principes d'exploration de nouveaux champs d'innovation (Hatchuel, Le Masson, Weil, 2006) recommande d'initier l'exploration à partir d'un concept initial C_0 : lequel choisir dans le cas de la voiture à hydrogène : « la voiture propre » ? ; « la voiture dont le combustible est productible en Europe » ? ; « la voiture électrique rechargeable en quelques minutes » ? Nous analyserons dans cette partie la création de nouveaux concepts porteurs de nouvelles valeurs à travers l'étude détaillée des mécanismes entre l'espace des concepts (« C ») et l'espace des connaissances (« K ») partitionné entre l'espace des connaissances sur la valeur (« K_v ») et de l'espaces des connaissances scientifiques et techniques (« K_{st} »).

Axane résulte d'une volonté initiale de ses fondateurs de quitter le secteur de l'automobile grand public pour explorer de nouveaux marchés, pour des produits compacts et de petites puissances (la gamme annoncée dans le Business Plan de 2002 porte sur des puissances comprises entre 500 W et 10 kW). Par conséquent de manière assez cohérente, Axane explore entre 2002 et 2005 de nombreuses applications (générateurs portables, stationnaires) dans des secteurs aussi variés que les Télécoms, la plaisance, la sécurité intérieure ou le cinéma, sans se tourner vers le secteur de l'automobile. Comment expliquer alors qu'en 2006 Axane et Air Liquide obtiennent le financement d'un projet européen d'envergure visant à faire rouler 150 véhicules équipés de PAC à l'horizon 2010 en Europe ? Et surtout qu'aucun constructeur automobile majeur ne soit partie prenante de ce projet ? S'agit-il d'un projet destiné à financer de nouveaux développements pour qu'Axane rattrape son retard face à ses concurrents ? Ou

Axane et Air Liquide ont-ils travaillé dans l'ombre pendant quatre ans pour mettre au point de nouvelles martingales ?

Nous allons illustrer comment Axane et Air Liquide ont exploré méthodiquement une stratégie en plusieurs coups qui leur a permis de construire, dans la discrétion vis à vis des constructeurs automobile, étape par étape, entre 2002 et 2006, les conditions d'un renouveau des architectures et des espaces de marchés pour des véhicules à hydrogène. Nous avons décomposé le processus d'exploration en trois phases : i) de la voiture à hydrogène aux véhicules utilitaires, ii) de la flotte au parc et iii) vers de nouvelles mobilités.

i. De la voiture à hydrogène aux véhicules utilitaires

Dès 1998, le PDG et le directeur Marketing d'Axane commencent à prendre du recul par rapport aux choix d'architectures faits par les constructeurs automobile à propos des véhicules à hydrogène : la PAC y est considérée comme la source principale d'énergie ce qui se traduit par des contraintes importantes à la fois sur les PAC (forte puissance, niveau fiabilité et durée de vie important) et sur les stockages d'hydrogène (volumes de gaz ou de liquide importants, problèmes de sécurité). A partir de 2000, Axane commence à entrer en discussion avec un petit constructeur de véhicules sans permis, Aixam, qui cherche à développer des architectures hybrides batteries / PAC pour des véhicules utilitaires. Compte tenu de la grande densité énergétique (massique et volumique) des systèmes PAC, le constructeur envisage grâce à une propulsion hybride d'alléger ses futurs véhicules en batteries afin d'augmenter leur charge utile et leur rayon d'action. De plus, la recharge du véhicule hybride pourrait être très rapide car seulement conditionnée par la durée d'un plein en hydrogène, à comparer aux 8 à 10 heures de charge nécessaire pour un véhicule utilitaire à batteries. Les marchés ciblés, bien qu'étant hors du secteur de l'automobile grand public, représentent des volumes de l'ordre de 5 millions de véhicules par an pour l'Europe (soit plus que le nombre de camions immatriculés chaque année).

Axane conduit alors des entretiens avec des utilisateurs variés d'utilitaire électriques légers afin de tester leur réaction aux avantages soulevés par une architecture hybride : des livreurs et des services techniques de divers collectivités territoriales (espaces verts, propreté et entretien) sont alors interrogés. Au delà d'un intérêt pour les bénéfices avancés par Axane, les utilisateurs sont relativement satisfaits des véhicules utilitaires électriques dont ils disposent, et les tournées étant régulières et sans trop d'incertitude, l'autonomie leur convient. De plus, les véhicules sont rechargés de nuit, sur des parkings où sont situés des prises : leur immobilisation ne gêne donc pas. Enfin, ces véhicules électriques représentent déjà un surcoût à l'achat, amorti en partie grâce au faible coût d'un plein électrique, ce qui confère à ces véhicules de très faibles coûts d'exploitation. Enfin, d'après les premières estimations d'Axane et Air Liquide, une architecture hybride batteries / PAC représenterait un surcoût à l'achat de

l'ordre de 50%, auquel viendrait s'ajouter un surcoût du combustible puisque le coût de l'hydrogène varie aujourd'hui entre 200% et 1000% celui de l'essence¹². La figure 27 synthétise sous la forme d'une représentation C-K les résultats de cette première étape du processus d'exploration.

Pour autant, Axane et Air Liquide profitent du partenariat avec Aixam pour développer une architecture hybride, et le projet débouche sur concept-car qui est présenté aux Assises de l'Énergie en 2005 et lors du salon *Electric Vehicles* de Monaco en 2006.

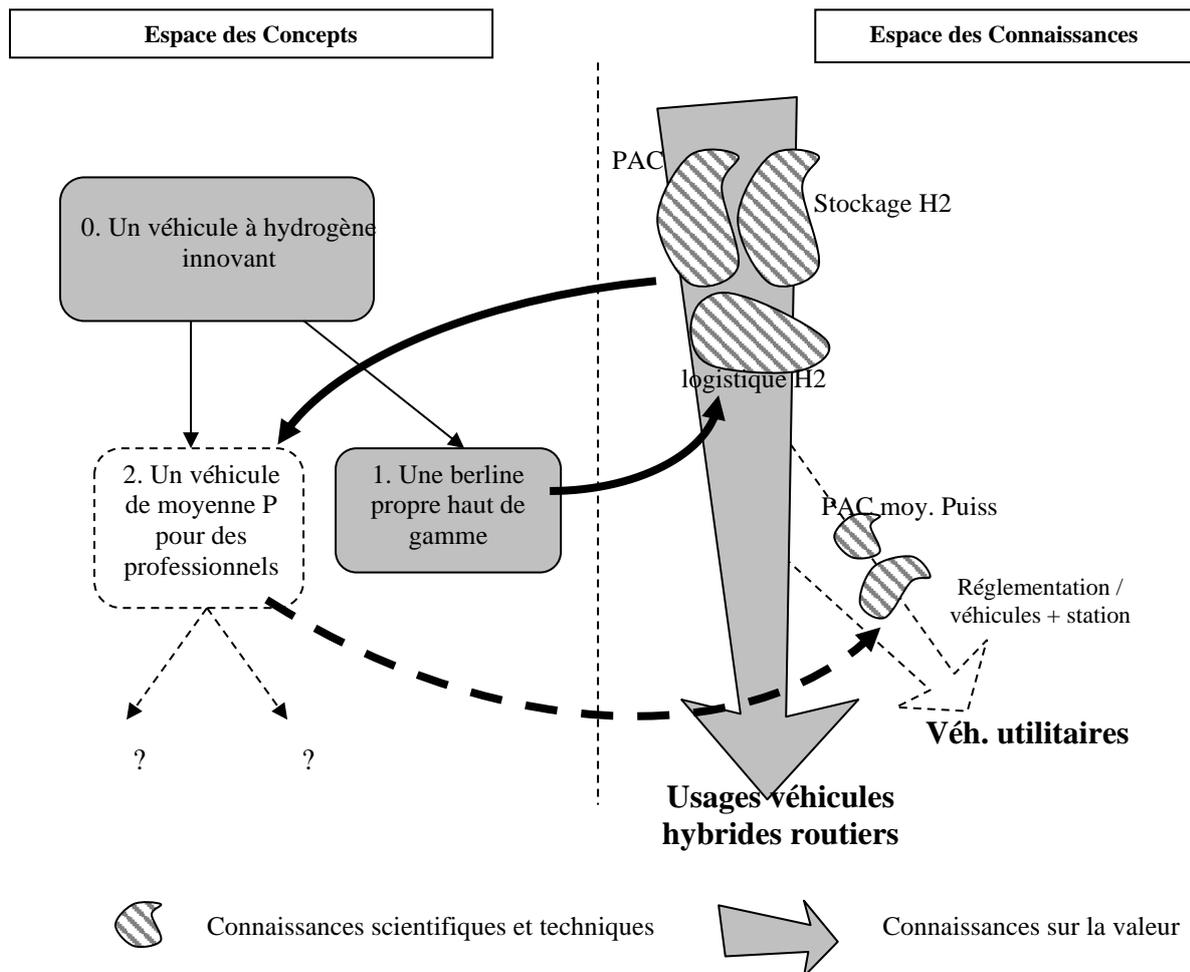


Figure 27 : étape 1 du processus d'exploration : mise en évidence de l'application véhicule utilitaire pour professionnels et des connaissances associées

¹² comparaison pour un même pouvoir calorifique, le coût de l'hydrogène dépendant aujourd'hui fortement de la distance entre la station-service H2 et le site de production de la molécule (l'hydrogène ne bénéficiant aujourd'hui pas du système national de péréquation mis en place par l'Etat sur la distribution des carburants)

ii. Du véhicule individuel à la flotte

Au final quels apprentissages ont-été effectués sur la valeur ? Axane et son partenaire Aixam ont mis en évidence les effets-utiles suivants pour les gestionnaires de flottes de véhicules utilitaires électriques qui utiliseraient des véhicules hybrides batteries / PAC (sociétés de transport ou services techniques de collectivités) :

- permettre d'emporter des charges plus lourdes ou plus nombreuses (permis par l'augmentation de la charge utile du véhicule)
- augmenter le rayon d'action des tournées et les sécuriser en cas d'imprévus (permis par la densité énergétique du système PAC et hydrogène)
- prolonger la plage d'utilisation des véhicules en journée (non immobilisation des véhicules grâce aux recharges en quelques minutes à la station hydrogène): effectuer des tournées en plusieurs équipes, ou travailler de nuit ou envisager un usage partagé du véhicule entre services, etc....

En revanche, les points durs restent le surcoût de l'architecture à l'achat et à l'usage qui ne sont pas compensés au dire des utilisateurs par les effets-utiles mis en évidence¹³.

En termes de contraintes de logistique hydrogène, l'application est intéressante car les véhicules utilisés par des collectivités sont gérés en flottes, ce qui permet de centraliser la logistique sur une station hydrogène, qui sert à remplir le réservoir des véhicules, le soir venu par exemple. De telles stations font partie de l'état de l'art et ont été développées à partir de la fin des années 1990 par différents gaziers, dont Air Liquide.

A partir de cet atout Axane va commencer à s'intéresser à d'autres secteurs qui exploitent des flottes de véhicules électriques de manière intensive tels que les chariots transporteurs de bagages dans les aéroports, ou les chariots élévateurs dans certains entrepôts fonctionnant 24h/24h. Ces secteurs révèlent en effet aux équipes d'Axane que l'immobilisation des véhicules à batteries lors des temps de recharge entraîne des coûts élevés de place, et conduit à acheter plus de matériels pour faire des rotations.

¹³ Suite aux remarques des utilisateurs, Axane et Aixam joueront même la carte de la polyvalence en proposant un concept original de générateur électrique polyvalent : un générateur PAC est positionné dans le camion et sert, en phase de roulage, à recharger les batteries du véhicule ; une fois le véhicule arrêté, il est facilement sortable et peut être utilisé comme groupe électrogène silencieux et non-polluant, de manière autonome. Les collectivités se voient ainsi proposer un concept deux-en-un censé diluer le surcoût du véhicule...

Les équipes découvrent alors de nouveaux effets-utiles : une PAC facilite la gestion d'un parc de véhicules en donnant un accès permanent à des véhicules électriques et en évitant l'immobilisation de nombreux véhicules. Chemin faisant, elles produisent des connaissances sur les modèles d'affaires en vigueur dans la gestion de flottes d'engins électriques. Ces pistes les conduisent à explorer de nouvelles architectures où les puissances impliquées sont beaucoup plus faibles et les quantités de gaz à stocker sont dans les mêmes rapports ce qui annonce là encore des simplifications élevées des architectures en vigueur dans le secteur de l'automobile. Nous avons synthétisé cette phase de l'exploration par la figure ci-dessous (figure 28).

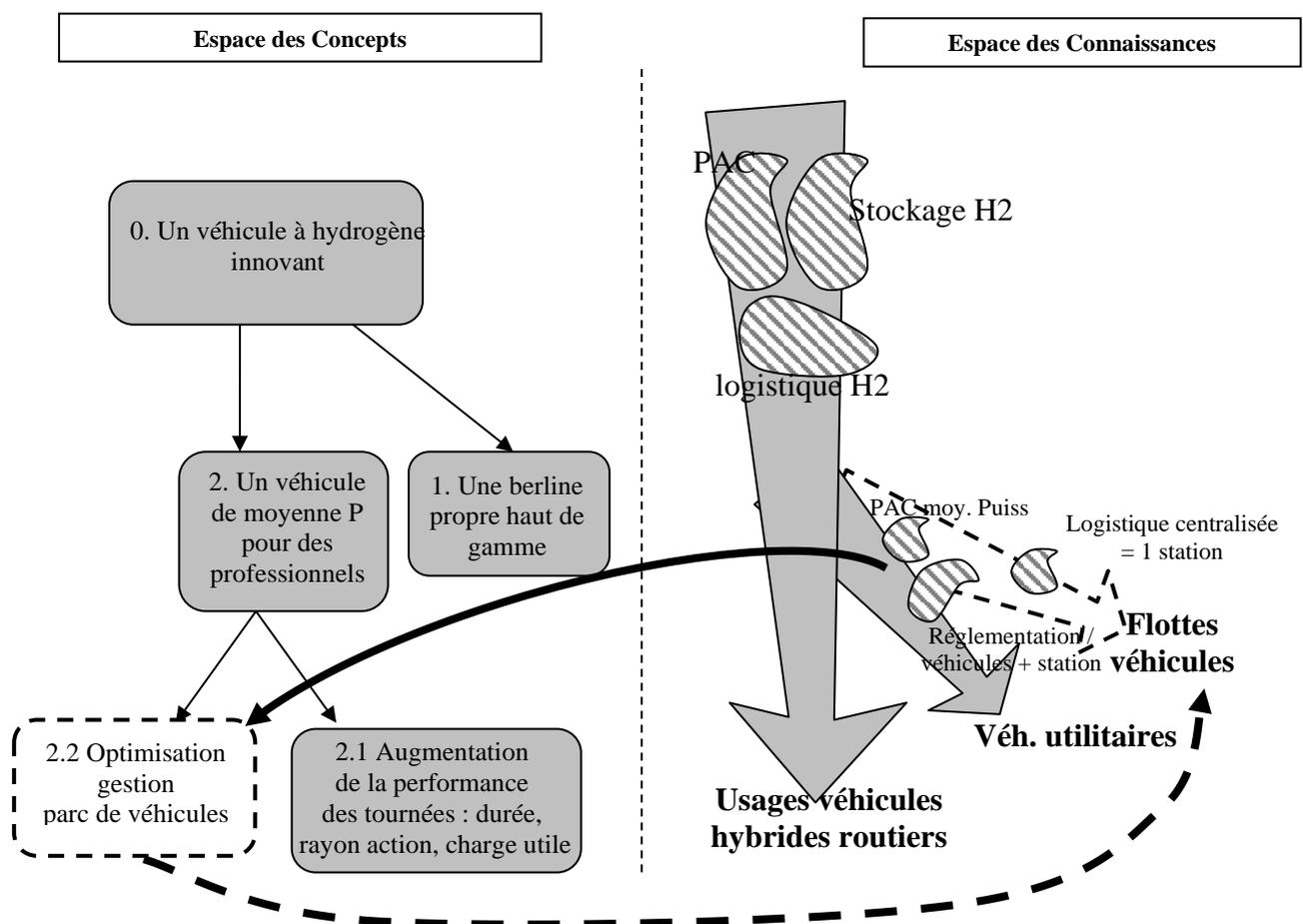


Figure 28 : étape 2 du processus d'exploration : mise en évidence du concept d'« optimisation de la gestion d'un parc de véhicules »

Axane suit alors une trajectoire d'exploration de la valeur qui la conduit de la berline propre (concept #1) au véhicule utilitaire léger plus performant (concept #2.1) à la gestion optimisée d'une flotte de véhicules (concept #2.2). Ce dernier concept fait appel à des connaissances à la portée d'Axane et Air Liquide : logistique centralisée pour l'hydrogène, distribution par un station-service haute pression en

hydrogène, et conception de véhicules intégrant des PAC de moyenne puissance ainsi que des réservoirs sous haute pression, remplissables en quelques minutes.

Néanmoins, ce sont ces mêmes poches de connaissances maîtrisées qui vont causer des rigidités dans le processus d'exploration quand va commencer la phase d'études et de conception des premiers prototypes. L'implantation d'une station-service implique des études de risques qui, compte tenu des fortes quantités de gaz impliquées, imposent de lourdes contraintes aux exploitants : formation des opérateurs, zones dégagées et ventilées, absence de fumeurs et règles de sécurités... Lors des phases de développement des premiers véhicules, il apparaît que la réglementation sur les véhicules à hydrogène se calque en partie sur les véhicules au gaz naturel, ce qui impose des contraintes sur leur conception : rajout d'équipements de sécurité, redondance de certains équipements, résistance aux chocs pour les réservoirs, etc... De plus, les experts sécurité d'Air Liquide transposent les méthodes de maîtrise des risques appliquées dans la conception des installations industrielles, ce qui a pour conséquence d'ajouter des contraintes supplémentaires sur la conception des équipements du véhicule, des stations et de la logistique. Au final, les études préliminaires conduisent à des installations sans commune mesure pour l'équipement d'un parc de véhicules légers de type « chariots élévateurs » ou « transporteur de bagages pour aéroport » : les véhicules doivent avoir en permanence des zones d'au moins 15 mètres dégagées autour de leur trajet, les installations autour des stations-service leur donnent des allures de raffinerie, discréditant, tant du point de vue économique que du point de vue de l'usage, ces solutions...

L'enjeu suite à cette phase pour Axane est alors simple : soit s'attaquer aux métiers de la conception du groupe Air Liquide et aux experts de la sécurité pour renégocier, pied à pied, de nouvelles solutions qui tiennent compte de la perspective d'expérimentation des projets, soit explorer de nouvelles applications et de nouveaux concepts qui permettent de dépasser ces contraintes hydrogène. C'est cette seconde piste que privilégiera Axane en travaillant sur un concept de « véhicule à basse contrainte hydrogène ».

iii. De la propulsion à de nouvelles mobilités

Du point de vue technique, les avantages des nouvelles architectures qu'envisage Axane pour les véhicules électriques légers sont sans appel : les puissances mises en jeu sont en général de l'ordre d'un dixième de la puissance des berlines, car les véhicules sont sans permis, et le fonctionnement en chargeur de batteries laisse encore augurer d'une réduction de ces puissances. Par conséquent, les quantités de gaz à stocker par rapport aux PAC utilisées dans les véhicules traditionnels (berlines type LAGUNA) pourraient être divisées par dix. La solution reste néanmoins conditionnée à l'implantation d'une station de remplissage d'hydrogène pour effectuer les pleins des véhicules, solution qui nécessite des mesures de sécurité contraignantes comme nous l'avons vu précédemment.

En questionnant les alternatives au remplissage des réservoirs par des stations hydrogène, Axane rencontre un centre de R&D d'Air Liquide qui travaille sur un composant pour tête de bouteille faisant à la fois office de détendeur et de solution de démontage rapide et sécurisée : le Clip'on. Ce dispositif propose en fait à n'importe quel conducteur de véhicule à PAC intégrant un stockage de bouteilles une solution de démontage rapide des bouteilles qui évite d'avoir recours à une pompe spéciale pour faire le plein en hydrogène. Le Clip'on a, au départ, été développé pour des bouteilles volumineuses destinées à être intégrées dans des berlines à PAC, afin de réduire les temps de plein. Mais, compte-tenu des puissances des véhicules hybrides légers qu'étudient Axane, ce système permettrait d'utiliser des bouteilles petites comme des cartouches de 3 litres qui seraient de plus dévissables et changeables rapidement afin de faire le plein d'électricité en un instant, le tout, de manière sécurisée puisqu'il s'agit uniquement de visser des bouteilles et non plus de réaliser un plein en hydrogène... Le PDG d'Axane résume la situation par la phrase « le Clip'on, annonce la transition des véhicules usines-à-gaz vers l'ère des véhicules à cartouches d'énergie ».

En effet, ce dispositif associé à de petites bouteilles elles-mêmes distribuées par un réseau de distributeurs automatiques de cartouches en libre-service, était la pièce manquante au puzzle d'Axane et d'Air Liquide pour proposer à court terme une solution pour les flottes de véhicules légers. Les *effets-utiles* de l'architecture innovante [PAC de faible puissance + cartouches + Clip'on sécurisé + distributeurs en libre-service] étaient donc de pouvoir donner un accès à tout utilisateur, à n'importe quel moment, à des véhicules, sans risque, tout en lui permettant de configurer à la demande son autonomie en choisissant le nombre de cartouches adaptés à son besoin en énergie. Ce concept proposait à la manière des Vélib de JC Decaux, de mettre un réseau de véhicules légers (tripoteurs, scooters, ou n'importe quel autre véhicule léger) en libre accès par le biais d'abonnements.

A travers ce concept de véhicule électrique « plug and drive », Axane envisagea de commercialiser, non plus seulement du kWh, mais bien de l'accès immédiat à de l'énergie propre et ultra-dense pour des contextes d'utilisation intensifs.

Le Clip'on entraîna un déplacement de la stratégie de sécurité des stations et du véhicule vers la cartouche, qui devenait la brique élémentaire à partir de laquelle Axane pût proposer cette architecture à des intégrateurs et constructeurs de véhicules légers. L'architecture « *plug and drive* » affranchissait désormais les constructeurs de réflexions sur l'autonomie et les infrastructures de rechargement, questionnements qui avaient pendant longtemps contraint le développement des véhicules électriques (comme l'illustre le documentaire de Chris Paine, « *Who killed the electric car ?* », Sony Pictures, 2006). L'idée fut si intéressante et tellement porteuse de nouvelles valeurs qu'elle déboucha sur le montage d'un projet européen de déploiement de petits véhicules avec cinq intégrateurs de véhicules électriques européens. Le projet HyChain s'avéra être le plus gros projet sur l'hydrogène-énergie jamais financé par la commission européenne (budget de 34 millions d'euros).

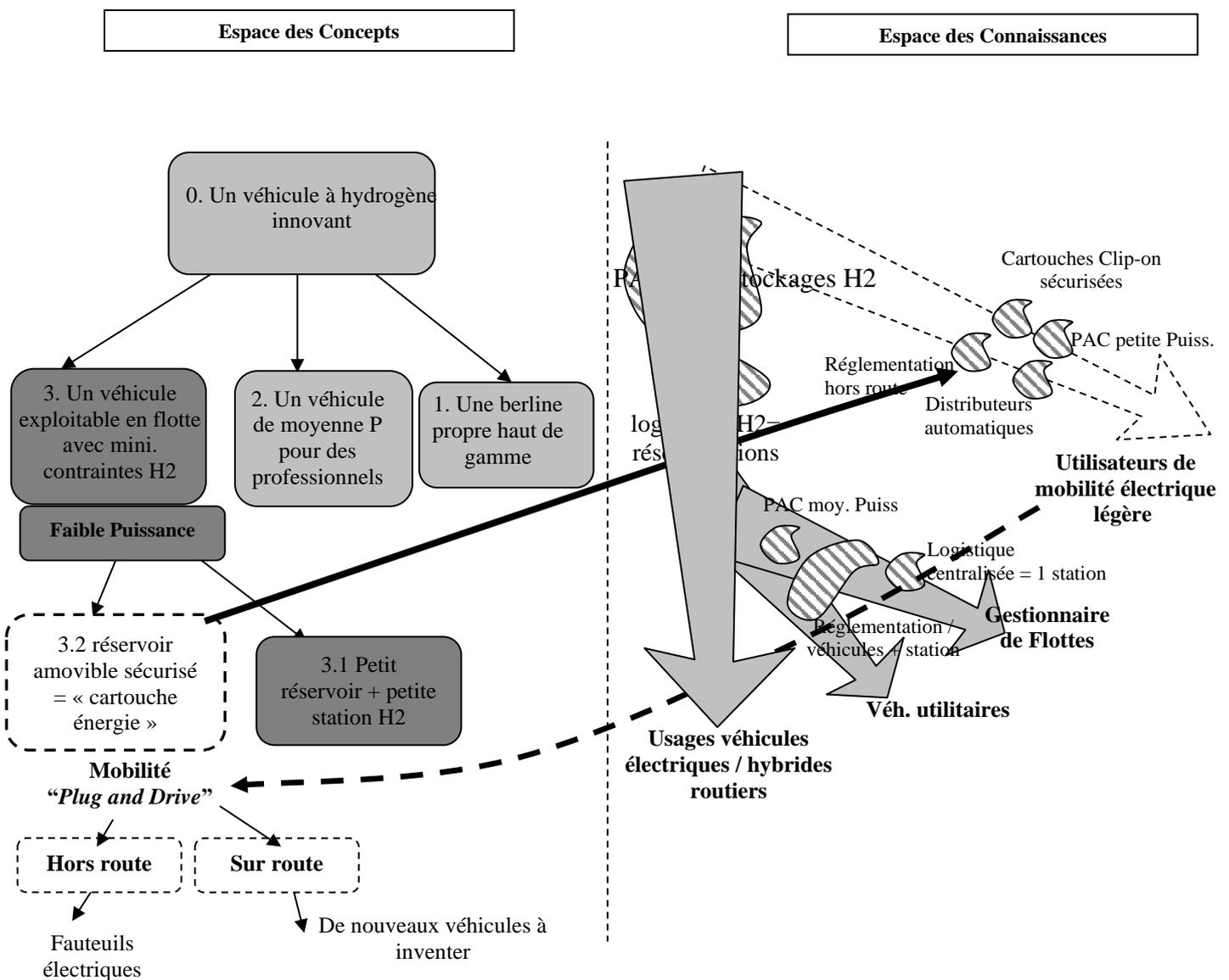


Figure 29 : étape 3 du processus d'exploration : l'émergence du concept de mobilité « *plug and drive* »

CONCLUSION DU CHAPITRE 5

La « valeur amont » est un cadre théorique actionnable pour penser la valeur dans des situations d'exploration lorsque les concepts ne sont pas rattachables à des connaissances sur la valeur (distances (C-Kv) élevées). Nous avons montré que dans ces situations d'exploration, les attributs et performances des produits ne sont pas directement interprétables en termes de bénéfices si l'on n'entrevoit pas de modifications des conditions d'activités

La « valeur-amont » propose d'explorer la valeur à partir des transformations opérables dans les conditions d'activité de destinataires, transformations dont les effets-utiles doivent être formulés conjointement par les concepteurs et les utilisateurs et évalués par ces derniers. Elle marque le passage de marchés segmentés à des espaces de valeur fragmentés (Firat et Shultz, 1997).

Le cas de l'exploration de nouveaux espaces de valeur pour la voiture à hydrogène est riche en enseignement concernant les dynamiques d'apprentissage sur de nouvelles valeurs :

- d'une part, l'expansion est vue comme une trajectoire qui part des applications de substitution pour rechercher de nouveaux utilisateurs (déjà consommateurs dans le cas des véhicules utilitaires pour atteindre des non-consommateurs de mobilité douce dans le cas de la mobilité « *plug and drive* ») ;
- d'autre part, la transformation de la valeur se fait par un mécanisme de formulation des effets-utiles pour chaque application, qui généralise le contexte précis de l'application pour en dégager un potentiel d'action. Le rôle des concepts est central : il permet de synthétiser les propositions contenues dans les effets-utiles. Le cadre de la « valeur-amont » se prête donc bien à l'expansion des valeurs et des usages.

Ce cas met en évidence que la dynamique de production de connaissances sur la valeur est indissociable de la production de connaissances scientifiques et techniques :

- la phase d'exploration n'est pas une phase en vase clos, elle donne lieu à des études de marchés, des études techniques, à la construction de maquettes, de concepts-cars (avec Aixam), d'études préliminaires pour le dimensionnement de premiers prototypes, de rencontres avec les autorités de réglementation qui génèrent de nouvelles connaissances scientifiques et techniques ;
- néanmoins, ces connaissances techniques peuvent être un élément rigidifiant dans le cas où les métiers n'envisagent des nouvelles pistes qu'autour de l'organisation des savoirs existants.

La théorie C-K et le cadre théorique de la « valeur-amont » forment donc un cadre théorique éclairant sur lequel construire les dynamiques d'exploration de nouveaux espaces de marchés.

CHAPITRE 6. LA CONCEPTION DES USAGES POTENTIELS : VERS UNE RELECTURE DES FORMES D'IMPLICATION DES UTILISATEURS DANS LES PROCESSUS D'EXPLORATION

Les utilisateurs et les clients sont depuis longtemps au centre des processus d'innovation (Von Hippel, 1988). Nous examinerons dans ce chapitre les formes d'implications des utilisateurs les plus courantes pour poser la question de leur efficacité et de leur transposabilité à des processus d'exploration.

Les utilisateurs-précurseurs¹⁴ sont-ils un concept activable dans ces situations (6.1) ? Les techniques de créativité peuvent-elles être efficace en l'absence de groupes d'utilisateurs pré-identifiés (6.2) ? Et comment la sociologie des usages étudie-t-elle de nouveaux usages en l'absence d'utilisateur de référence (6.3) ? A travers ces questions, l'enjeu est la construction d'un cadre théorique et de méthodes pour penser les usages potentiels. Nous mobiliserons pour terminer le cas de l'exploration de nouveaux usages pour un fauteuil électrique hybride à PAC à l'aide de la théorie C-K (6.4).

6.1 Les utilisateurs-précurseurs : un concept activable pour les processus d'exploration ?

Nous souhaiterions revenir ici sur la question des utilisateurs-précurseurs afin de discuter des modalités de leur activation au sein d'un processus d'exploration. Cela implique que nous explicitions chez Von Hippel dans quelles circonstances le recours aux utilisateurs-précurseurs est faisable, afin ensuite, de caractériser des situations de conception où les explorateurs pourront faire appel à eux pour progresser plus rapidement.

D'après Von Hippel, (1986, 1999, 2005) toute entreprise peut mobiliser l'aide d'utilisateurs-précurseurs dans ses processus de développement de nouveaux produits. Ces derniers incarnent des rôles très variés selon les cas évoqués par Von Hippel :

- **dans des champs analogues à ceux de l'entreprise mais plus avancés** : les utilisateurs-précurseurs font souvent face à des contraintes différentes que celles rencontrées dans le secteur courant de l'entreprise. Cela peut les conduire à développer des solutions qui sont entièrement nouvelles du point de vue du marché courant : par exemple, un constructeur automobile cherchant à améliorer ses procédés de freinage à la fin des années 1980 aurait pu regarder du côté des avionneurs qui, compte tenu de contraintes très pointues de freinage sous conditions extrêmes, mirent au point les systèmes de freinage ABS (von Hippel, 2005).

¹⁴ traduction de *lead-users* que nous privilégierons à celle couramment rencontrée d' « utilisateurs-pilotes ». Cette dernière traduction nous semble induire des confusions chez les auteurs, notamment avec la notion d'*early adopters*.

- **dans des marchés ciblés** : les entreprises peuvent apprendre sur des expérimentations en cours en se rendant sur des rassemblements (*meetings*) ou des sites internet des utilisateurs-précurseurs (par exemple les équipementiers de sport observant les coureurs de fond à l'entraînement).
- **sur des marchés de niche**, enfin : les utilisateurs-précurseurs peuvent inventer de manière concomitante de nouvelles pratiques et les équipements qui vont avec (le kitsurf par exemple, von Hippel, 2005).

Cependant, d'après Von Hippel, une des restrictions pour que les utilisateurs-précurseurs soient créatifs est qu'ils aient accès à des moyens de prototypage simples et peu coûteux à mettre en œuvre : « *When the cost of high-quality resources for design and prototyping becomes very low—which is the trend we have described—these resources can be diffused widely, and the allocation problem then diminishes in significance. The net result is and will be to democratize the opportunity to create* » (von Hippel, 2005, p 123).

On voit que von Hippel suggère donc trois clés d'activation de l'inventivité et de la créativité des utilisateurs-précurseurs selon les problématiques d'une entreprise donnée :

- **Pour des entreprises recherchant de nouvelles idées ou améliorations autour, soit d'une technologie cœur (d'un *dominant design*) soit d'une technologie qui se bricole facilement par innovation architecturale** (cf. le vélo), alors les utilisateurs-précurseurs vont mobiliser leurs besoins spécifiques non encore couverts par la technologie en place pour mettre au point des variantes, selon leur appartenance à différentes communautés, en combinant les éléments disparates pour créer de nouveaux arrangements.
- **Pour des entreprises cherchant à se greffer à des « *dominant design* » en émergence** : il y a des sites internet ou des pratiques marginales à observer mais Von Hippel ne donne pas de règle de recherche si ce n'est par secteurs (les sports et la conception mécanique constituent plus de 80% de ces exemples). Von Hippel recommande la veille active car les innovations pourront surgir de n'importe où : une communauté de programmeurs, des sportifs, etc... Charge alors pour l'entreprise de s'inspirer de ces gisements de créativité pour bâtir entièrement un nouveau business sur ces pratiques naissantes (Linux, ou le kite-surf par exemple).

- **Pour des entreprises ayant des problématiques très précises et pointues**, alors le recours à des experts venant d'autres domaines et dont les connaissances sont en rapport avec un sujet donné peut apporter des solutions avancées non encore présentes sur le marché (cf. 3M dans le médical ou les constructeurs automobile avec le cas de l'ABS). L'enjeu est alors de cheminer de secteurs en secteurs en suivant un fil conducteur et en accroissant le niveau d'expertise des concepteurs (cf. figure 30).

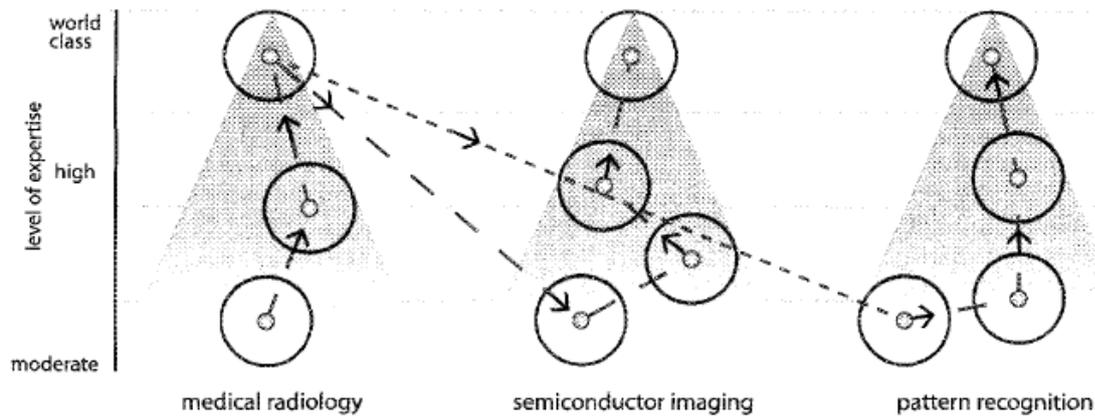


Figure 30 : cheminement d'une équipe de développement à travers les domaines d'expertise (d'après Von Hippel et al., op.cit.).

En résumé, pour des innovateurs engagés dans un processus d'exploration, les enjeux peuvent être de deux natures différentes :

i) *Les explorateurs peuvent rendre la technologie « bricolable » et adaptable facilement aux besoins d'utilisateurs très variés (on ne sait pas encore qui seront les utilisateurs finaux).*

Ces approches sont en rapport avec la notion de « boîte à outils utilisateurs » (*user tool kits*) décrite par Thomke et Von Hippel (1999) où des entreprises confient des sortes de briques à des clients afin que ceux-ci expérimentent et proposent d'eux-mêmes de nouvelles configurations.

ii) *Les explorateurs peuvent préciser leurs problématiques de manière assez fine pour pouvoir faire appel à des experts dans un champ donné.*

Cela suppose que l'on sache déjà sur quelles questions travailler. Par exemple pour les équipes d'Axane une question telle que « quels seraient les utilisateurs susceptibles d'être intéressés ou de renseigner sur les usages d'une énergie silencieuse » est trop générale. En revanche en précisant un champ comme

« l'éclairage silencieux de nuit pour ne pas se faire détecter par l'environnement extérieur », on ouvre la voie au recours à des utilisateurs-précurseurs dans les métiers et secteurs de l'observation, de la surveillance, de la lumière et du son.

Pour conclure, la méthode des utilisateurs-précurseurs est loin d'être applicable dès le démarrage d'un processus d'exploration où les concepts ne sont pas encore mûrs ni testés. En revanche, si l'on accepte de ne pas faire reposer sur eux uniquement la réussite du processus d'innovation (« turning customers into innovators ») mais si l'optique des explorateurs est de mettre en œuvre, avec les utilisateurs d'un secteur donné, un ensemble de moyens dans le but de faire advenir une réalité à l'avance, alors avec Garel (Garel (2005)) nous dirons que le recours aux utilisateurs-précurseurs permet d'accélérer le prototypage des environnements d'usage en facilitant le recueil des expertises sur des situations d'usages pré-ciblées.

6.2 Principales limites de la portée des techniques usuelles de créativité

Il est difficile de tirer des généralités sur les méthodes de créativité tant il existe de pratiques et d'écoles. Néanmoins, il est essentiel de clarifier quel apport elles peuvent représenter pour les processus d'exploration, surtout dans les cas de fortes distances (C-Kv).

Nous pouvons tenter de dégager quelques traits caractéristiques de ces méthodologies à partir d'une revue de la littérature (Hatchuel, Le Masson, Weil, 2007) complétée par des observations participantes réalisées entre 2003 et 2007 avec les équipes de la plateforme de créativité du CEA de Grenoble, Minatech Idea's lab.

Les méthodes de créativité procèdent toutes du même mouvement général qui consiste à partir de groupes d'utilisateurs potentiels et à ensuite travailler avec eux à générer des concepts de nouvelles applications, à partir de supports de réflexion divers : cela peut aller de quelques *briefs* écrits, à la présentation de story-boards imagés qui suggèrent des situations de départ ou des environnements, ou les séances peuvent s'organiser après avoir utilisé un démonstrateur qui propose de nouvelles performances. Leurs performances sont aujourd'hui reconnues pour débrider l'imagination de concepteurs ou d'utilisateurs en conduisant les participants à dépasser les barrières et cadres conventionnels qu'ils mobilisent habituellement (Musso, Ponthou, Seuillet, 2006)

La première difficulté pour appliquer ces méthodes à des processus d'exploration réside dans le choix des groupes d'utilisateurs qui vont être sollicités. Les exemples précédemment cités du véhicule électrique (Christensen, 1997), et d'Axane avec son « groupe électrogène non polluant et silencieux » illustrent parfaitement ces limites. Les concepteurs d'un véhicule électrique cherchant des premières pistes d'application vont identifier plusieurs utilisateurs-types, tels que des étudiants souhaitant un véhicule peu cher à l'utilisation pour circuler sur les campus, ou des entreprises comme La Poste cherchant à constituer un parc de véhicules propres, etc. De même, Axane s'adresse potentiellement à toutes les personnes utilisant de l'énergie mobile plus ceux qui souhaiteraient le faire mais qui en sont empêchés aujourd'hui... Faut-il alors réaliser des séances de créativité avec chacun de ces groupes ? Ou avec un seul représentant de chaque groupe ? Mais comment alors les sélectionner ?

La seconde difficulté est structurelle. Elle a été mise en évidence par Le Masson et Magnusson (2003) lors de nombreuses séances de créativité. Il semblerait que les utilisateurs impliqués lors de ce type de séance produisent majoritairement, soit des idées similaires à celles des concepteurs de l'entreprise ("*me too*"), ou au contraire complètement hors champ et inapplicables ("*totally out of the blue*"). Les auteurs suggèrent que c'est le processus de génération de ces idées et de tri qui doit être réexaminé avec de nouvelles méthodes : par exemple une idée loufoque comme « je souhaiterais électrocuter le facteur à

distance avec mon téléphone portable » qui avait été rejeté par Sony Ericsson pourrait être repêchée à l'issue d'une séance de créativité et, via un traitement adéquat, déboucher sur un nouveau service d'accès à distance à différents services municipaux sans bouger de son canapé.

Enfin, les méthodes de créativité peinent à générer des idées d'application ou de nouveaux concepts lorsque l'on sort des territoires connus par les créatifs eux-mêmes : ainsi à partir du moment où les produits ou technologies concernées restent dans le domaine du grand public, ils parviennent à manipuler des concepts (c'est à dire à leur associer de la valeur) mais dès qu'ils s'aventurent sur des territoires inconnus (comme par exemple sur des secteurs professionnels ou spécialisés comme le secteur des handicapés), les méthodes manquent cruellement de matière première et manquent de mécanismes pour acquérir de nouvelles connaissances sur la valeur. Lors de nos observations participantes, les créatifs de Minatech Idea's Lab éprouvaient par exemple beaucoup de difficultés à imaginer de nouvelles applications pour un verre pixélisé en dehors des applications pour le grand public (par exemple, visualiser un film dans un train). Or, comme nous le verrons au chapitre 9, une entreprise telle que MicroOptical a dû partir à la rencontre de nombreux utilisateurs différents de verres avant de formuler des concepts pertinents (les militaires, les chirurgiens, etc.).

La génération de concepts en chambre ne semble productive que dans les cas où les concepts sont facilement rattachables à des connaissances sur la valeur (cas de faibles distances (C-Kv)). Dans les cas contraires, la sélection des groupes d'utilisateurs-cibles posent problème et les créatifs manquent de dispositifs pour orienter leurs apprentissages et formuler des concepts.

6.3 Explorer grâce aux significations d'usages : la sociologie de l'usage

La conception de nouveaux usages a été largement abordée dans les années 1990 par la sociologie des usages dans le domaine des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC). Comment ce courant a-t-il abordé la question de l'exploration et surtout quel statut a-t-il formulé pour les « usages potentiels » ?

Le Minitel, le téléphone portable, la micro-informatique et les débuts d'Internet ont ainsi donné lieu à de nombreuses études, mobilisant des méthodologies d'observation participante avec des utilisateurs en situation ou des enquêtes qualitatives (pour une synthèse sur la période 1990-2002, voir Bajolet, 2005). Ces études dégagent une rationalité qualifiée de « socio-technique » par opposition à la rationalité technicienne dominante qui vise à concevoir de manière indépendante des technologies et à en imposer l'usage à des utilisateurs. La rationalité « socio-technique » implique une rétroaction entre social et technique ; les usages des NTIC sont alors conçus comme une négociation entre offre technique et demande sociale. La conception n'est pas séparable de l'utilisation. Les sociologues des usages

proposent de prendre en compte les pratiques sociales préexistantes à la diffusion des nouvelles technologies et de concevoir des usages dans une perspective d'adoption souple par les futurs utilisateurs.

Dans la continuité de ces recherches, des travaux récents questionnent la conception des futurs usages pour les micro et nano-technologies (MNT) (cycles *Smart Object Conference* 2003 et 2005). Les publications des chercheurs en sciences sociales et de praticiens des MNT traitent principalement de la mise en œuvre d'organisations et de méthodologies visant à impliquer les futurs utilisateurs afin d'inventer avec eux et pour eux de nouveaux usages pour ces technologies protéiformes. Des plateformes de créativité ont ainsi été mises en place dans les grands groupes : France Telecom avec « le Studio créatif », EDF avec « Createam » ou le CEA avec « Ideas lab » (Ida et Mallein, 2005). Ces plateformes mettent en œuvre autour de spécialistes de la créativité et des sciences humaines (sociologues, sémiologues, psychologues...) des méthodologies qui mettent des futurs utilisateurs en contact avec des prototypes (*focus groups*, tests d'objets en situation...). La stimulation de l'imagination des utilisateurs des technologies en situation *ad hoc* produit et valide de nouveaux usages pour des technologies innovantes. Ces entités sont ainsi capables de répondre à des questions telles que : « comment pourrait-on intégrer une technologie holographique dans le téléphone de monsieur-tout-le-monde ? ». En revanche, ont-elles développé des méthodes pour répondre à des questions telles que : « quelles applications pourraient valoriser le mieux une technologie holographique ? ». Nous nous focaliserons sur l'une de ces méthodes, la « conception par l'usage », mobilisée dans l'Ideas lab du CEA de Grenoble dirigé par M. Ida.

La méthode de conception par l'usage propose de mettre en situation des futurs usagers et de nouvelles technologies.

L'usage est défini comme la manière dont un individu va supposer qu'il peut se servir de manière intentionnelle et volontaire d'un objet (produit ou service) dont il pense qu'il a des caractéristiques intéressantes (il fera l'effort de s'adapter à l'objet et/ou d'adapter l'objet) (Verchère, 2005). L'*utilisateur* (ou usager) est celui qui fait ou pense faire usage, au sens ci-dessus. On distingue trois rangs d'usagers : l'utilisateur final, intermédiaire (souvent prescripteur) et les porteurs de projets (Verchère, op.cit.).

Mallein (2005), sociologue à l'origine de la méthode, détaille le déroulement d'un processus de conception : « une fois que des produits ou des services ont été imaginés, nous essayons de les transformer en concepts et d'illustrer ces concepts, selon les cas, avec des petits films, des romans photos ou d'autres supports, que nous soumettons à des panels d'utilisateurs pour identifier les significations d'usage positives ou négatives de ces nouveaux concepts ».

Ces panels sont constitués à partir de quatre profils archétypaux, eux-mêmes définis sur la base de huit critères : le rapport au temps, au territoire, à soi, aux autres, à l'action, à l'organisation, au savoir et au savoir-faire, au pouvoir. Ces variables se combinent au sein de quatre profils : les fans, les détracteurs, les humanistes et les utilitaristes.

Le processus de conception par l'usage peut être représenté de la manière suivante (figure 31):

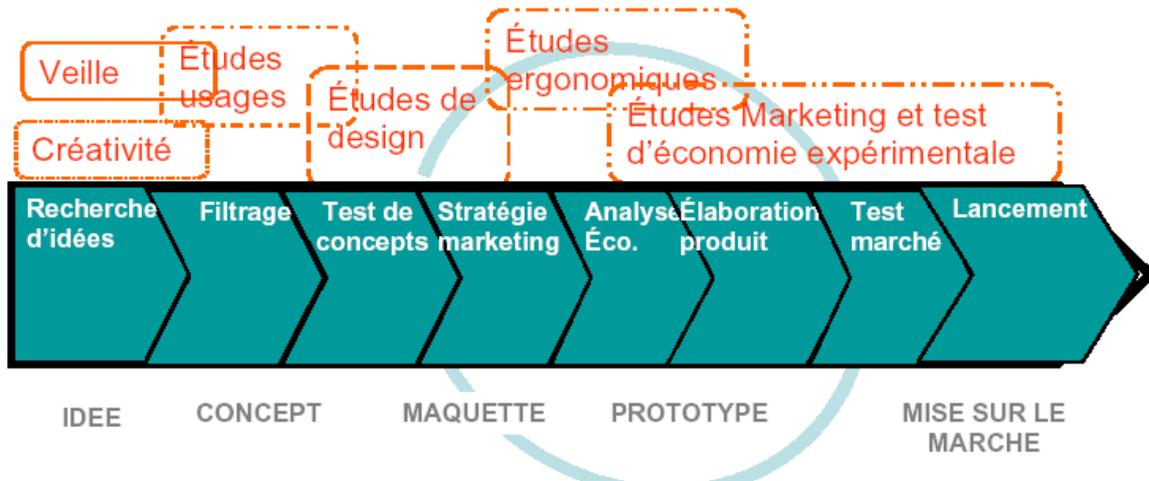


Figure 31 : de l'idée à la mise sur le marché (source Mallein, 2005)

Cette méthode semble intéressante même si la notion de panel d'utilisateurs referme aussi rapidement qu'elle l'a ouverte la question des futurs usages : en fait cette méthode se tourne quasi-exclusivement vers des publics qui ont été identifiés à l'avance et n'explore donc la valeur que sur un périmètre très réduit. Minatech Ideas lab du CEA se cantonne par exemple à ne chercher des applications qu'à destination de la grande consommation, la plupart du temps à la demande des industriels parties-prenantes, en soutien à des applications existantes. La formulation des processus d'exploration s'en trouve alors grandement tronquée : « quels usages pourrait faire un adolescent d'une technologie holographique intégrée à son téléphone portable ? » est par exemple une demande adressée par France Telecom – Orange aux créatifs. De fait, le périmètre du processus d'exploration est limité à l'avance, se privant ainsi de nombreuses pistes fécondes en dehors des marchés actuels de l'entreprise : dans le cas présent l'ouverture à des utilisateurs tels que des secouristes ou des chirurgiens permettrait d'identifier une myriade d'usages porteurs de nouvelles valeurs, de surcroît pour des publics professionnels capables de payer plus cher une technologie émergente.

En outre, la méthode se fonde explicitement sur une modélisation de l'adoption d'une innovation issue des travaux de Rogers sur les catégories d'utilisateurs (cf. figure 32)

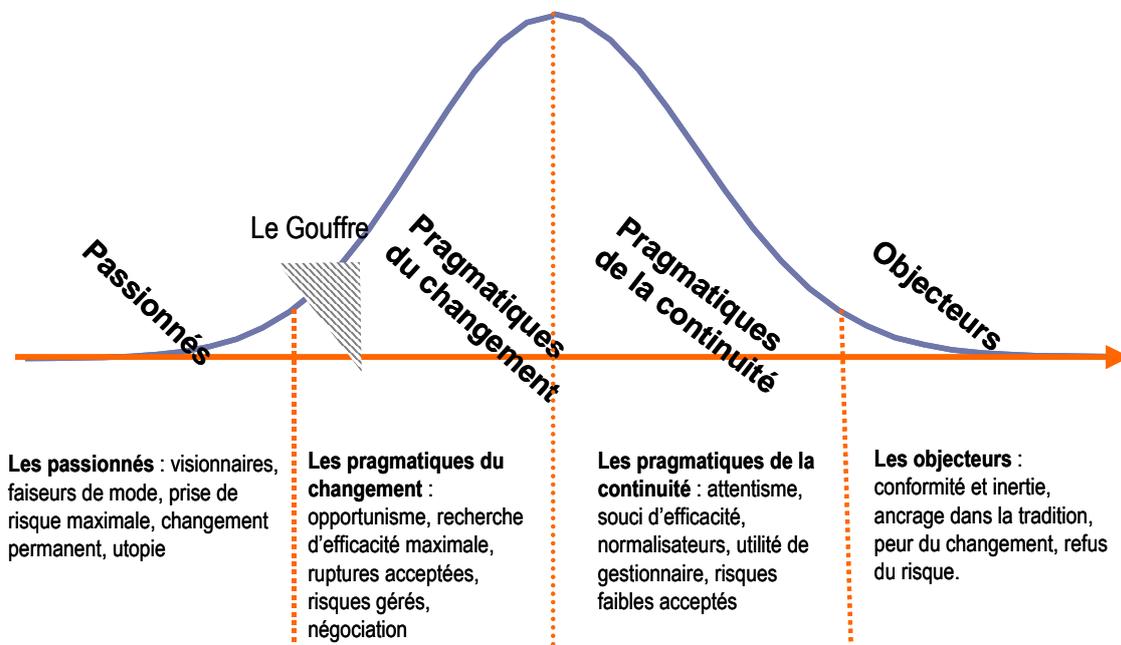


Figure 32 : illustration du « chiasme » de Moore (2000) qui sépare les adopteurs précoces des autres catégories d'adopteurs (adapté par Mallein, 2005)

Or, bien que cette modélisation ait des vertus pédagogiques pour illustrer le fossé qui sépare parfois les premiers utilisateurs technophiles des autres (Moore, 2000), ne renvoie à aucun principe de conception activable par des concepteurs en situation d'exploration. Comme nous l'avons analysé au chapitre précédent avec le cas du lancement du téléphone Iridium, l'enjeu n'est pas de critiquer *a posteriori* la conception du produit pour expliquer rétrospectivement les raisons de l'échec de son lancement mais plutôt de fournir des clés de compréhension des mécanismes d'exploration de la valeur pour des utilisateurs (et usages) non envisagés.

De manière générale sur l'approche théorique de la notion d'usage par le courant de la sociologie des usages, on constate une vision de l'usage prisonnière de l'activité des utilisateurs. Les sociologues des usages explicitent rarement leur définition d'un « usage » et quand ils le font, ces définitions impliquent la plupart du temps que les utilisateurs ont déjà réussi à transposer les nouveaux usages au sein d'activités identifiées (voir la définition de Verchère, 2005, présentée plus haut). L'usage n'existe que « par » et « à travers » l'utilisateur qui a développé une intention d'usage.

Les méthodes de créativité se refusent à considérer **l'usage potentiel, qui pourrait être incarné par un faisceau d'effets-utiles¹⁵ prêt à être actualisé (décliné) en fonction des conditions d'activités de destinataires.**

L'enjeu pour les processus d'exploration qui impliquent la conception de nouveaux usages est donc plus large qu'une mobilisation de l'imaginaire des concepteurs ou des utilisateurs. La génération de concepts en chambre ne semble productive que dans les cas où les concepts sont facilement rattachables à des connaissances sur la valeur (cas de faibles distances (C-Kv)). Dans les cas contraires, la sélection des groupes d'utilisateurs-cibles pose problème et les créatifs manquent de dispositifs pour orienter leurs apprentissages et formuler des concepts.

Le cas de la conception de nouveaux usages pour un fauteuil hybride mobilisant la théorie C-K sera analysé dans la partie suivante pour comprendre les mécanismes d'un processus d'exploration dans le cas d'une distance (C-Kv) élevée.

¹⁵ Se reporter au chapitre 5.2.3 pour une définition des « effets-utiles » en lien avec la « valeur-amont »

6.4 Concevoir des usages innovants grâce à la théorie C-K et à la valeur-amont : le cas d'un fauteuil hybride

Nous présentons ici le cas de l'exploration de nouveaux usages entrepris entre la fin 2005 et la fin 2006 par des équipes d'Axane autour d'un fauteuil innovant à destination d'handicapés. Le but de ce cas est d'illustrer une démarche de conception rigoureuse et systématique de nouveaux usages dans un territoire au départ étranger pour les concepteurs : celui des handicapés moteurs. Nous illustrerons alors comment les équipes d'Axane ont développé des connaissances sur les conditions d'activités de ces utilisateurs potentiels, et comment ils ont formulé des concepts qui ont été évalués par des utilisateurs non identifiés au début du processus d'exploration.

Introduction

Entre la fin 2005 et la fin 2006, pendant pratiquement un an a eu lieu la phase préparatoire du projet HyChain précédemment présenté. Dans le cadre de ce projet, un type de véhicule particulier, un fauteuil électrique, a fait l'objet d'une phase d'exploration entre l'intégrateur du fauteuil électrique, l'espagnol Besel, et les équipes d'Axane, fournisseur de la PAC. Cette exploration a été conduite en partenariat avec le CGS des Mines de Paris qui a accompagné les explorateurs grâce à une méthodologie « orientée C/K ». Deux élèves-ingénieurs des Mines (option ingénierie de la conception) ont ainsi intégré Axane dans le cadre d'un stage de fin d'étude, pendant une durée de 8 mois, sous la coordination du doctorant, alors « coordinateur projet Hychain / fauteuil électrique » pour Axane.

Méthodologie

Le point de départ du processus d'exploration pour le collectif est celui d' « énergie plug and drive » présenté précédemment dans le cas sur la « voiture à hydrogène » (chapitre 5). L'enjeu de l'exploration était de comprendre comment adapter ce concept à des fauteuils pour handicapés dont les modes de vie étaient alors largement inconnus des explorateurs. Cette exploration devait déboucher sur des recommandations pour la conception et proposer éventuellement des pistes d'architectures-produits.

La démarche des explorateurs consista d'abord à se rapprocher des associations d'handicapés telles que l'Association des Paralysés de France (APF) ou l'Association Française contre les Myopathies (AFM) qui purent exprimer les principaux besoins des utilisateurs et indiquer des tendances : accroissement des mobilités, besoin de secours en cas de panne des fauteuils électriques, etc... Les associations mirent les explorateurs en contact avec les médecins de l'Hôpital de Garches et notamment de la plate-forme nouvelle technologie (PFNT) qui testent chaque année des centaines de fauteuils électriques et manuels et sont donc à la pointe des innovations dans le secteur.

Grâce à plusieurs séances de travail en petits groupes, avec les associations, l'équipe parvint à générer en l'espace de trois mois de nombreux concepts (cf. figure 33 ci-dessous). Les associations d'handicapés et les médecins permirent aux concepteurs d'Axane peu à peu de pénétrer les conditions de vie et de déplacement des handicapés dans toute l'hétérogénéité de leurs handicaps et de leurs attentes :

- les premières pistes conduisirent au concept de « fauteuil électrique augmenté » (concept n°1) qui proposait de l'énergie pour des fonctions additionnelles pour des handicapés souhaitant une mobilité étendue (dans leurs mouvements quotidiens, dans leurs déplacements, etc)

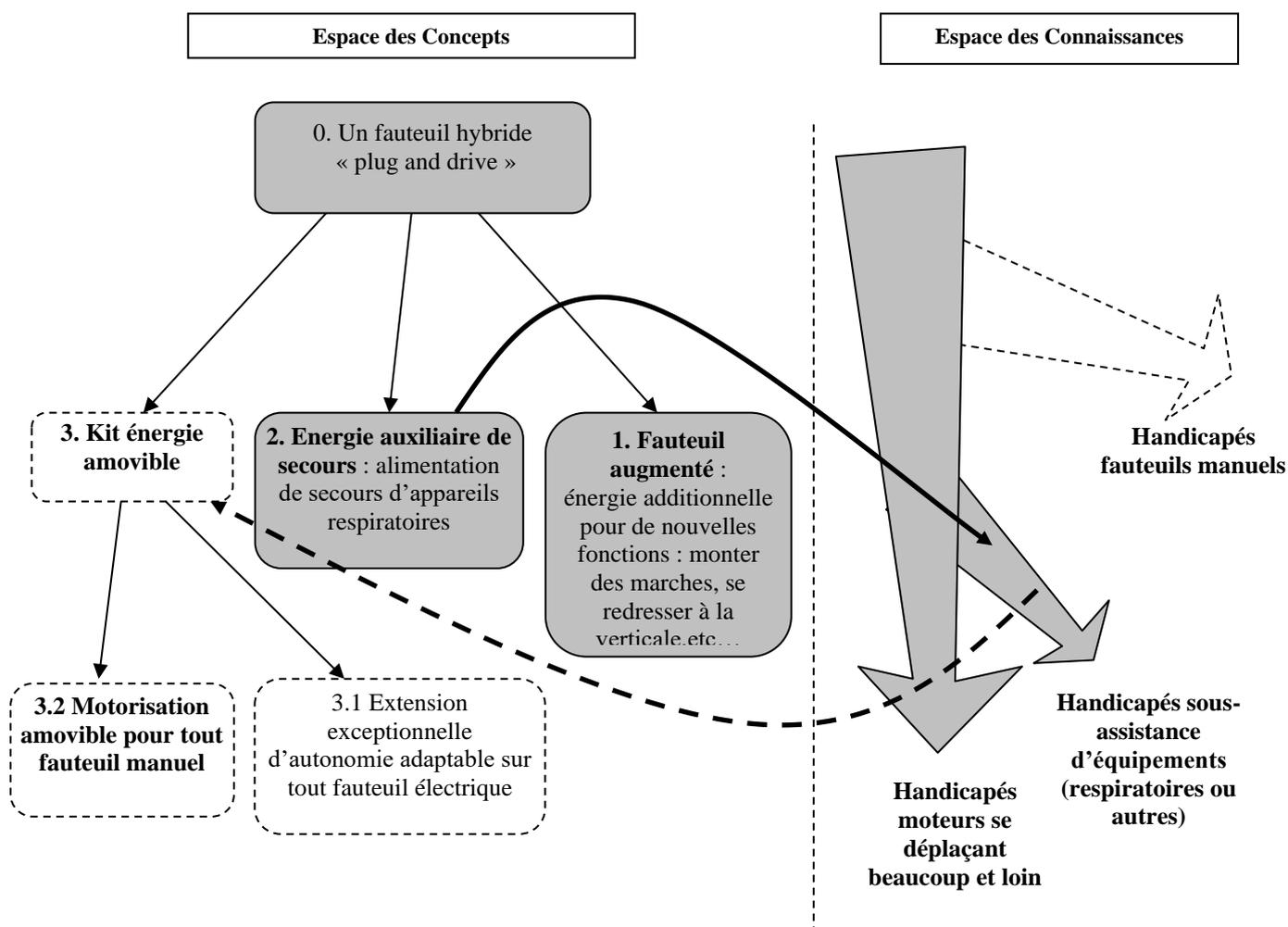


Figure 33 : illustration du processus d'exploration de nouveaux concepts dans le cas du fauteuil hybride « plug and drive »

- la seconde piste chercha à étendre les besoins de certains malades tels que les myopathes, parfois sous assistance respiratoire en continu avec la problématique de la sécurisation des équipements électriques qui les alimentaient : cette piste déboucha sur le concept plus large de « énergie auxiliaire de secours » (concept n°2)

Néanmoins, après quelques prototypes, il s'avéra que la piste de la propulsion principale conduisait à des systèmes PAC assez volumineux avec leurs stockages d'hydrogène, qui entraient en concurrence avec les batteries haut-de-gamme disponibles sur le marché.

Un kinésithérapeute de la PFNT présenta alors au collectif un prototype de kit énergie adaptable à tout fauteuil manuel (cf. figure 34) : ce concept pouvait être transposé avec une PAC car moins puissant donc ouvrant un nouveau domaine de performances. Les utilisateurs ciblés et les usages changeaient aussi complètement : il s'agissait de fournir une énergie configurable pour des personnes en fauteuils (des adolescents en convalescence, des personnes âgées, des handicapés) selon les besoins là où au départ le parti pris des innovateurs était de fournir des kWh pour accroître les trajets d'handicapés sérieux.



Figure 34 : les médecins de Garches font découvrir aux explorateurs d'Hychain l'invention d'un particulier bricoleur : le kit de propulsion. Ce produit innovant inspirera de nouveaux usages.

Au final, en partant avec des idées assez floues des usages mais centrées autour de l'idée que la mobilité pour les handicapés correspondait à de fortes autonomies pour de longs déplacements, le collectif d'explorateurs finit par identifier de nouvelles situations de mobilité, plus occasionnelles, pour de nouveaux publics en ouvrant de nouveaux usages pour ces utilisateurs : des adolescents interrogés plébiscitèrent d'ailleurs ce kit polyvalent qui évitait aux parents d'acheter deux fauteuils, un électrique et un manuel, et qui rendait les fauteuils transportables plus facilement lors de voyages en voiture.

Cette méthode mit en évidence plusieurs mécanismes de génération accélérée de nouveaux concepts sans passer par des expérimentations très coûteuses (quelques maquettes et déplacements).

- Le collectif d'explorateurs composé de marketers et d'ingénieurs d'Axane et Besel put élargir son champ d'exploration initial qui se limitait à la question « quelles applications pour des handicapés en fauteuil électrique recherchant de fortes autonomies »

L'enjeu n'était pas dans le cas présent d'explorer tous les usages possibles mais d'explorer des concepts éloignés les uns des autres. Ici la méthode retenue généra de la largeur et de la disparité dans les concepts explorés (ici trois « forages » suffisent).

Contrairement aux méthodes de créativité la divergence est ici organisée : grâce à la théorie C-K on conserve le cheminement du raisonnement, du concept 1 au 2 puis au 3.

Finalement, certains concepts sortent même du périmètre initial (la mobilité des handicapés en fauteuil électrique) pour interroger de nouvelles formes de mobilité pour des personnes valides (des personnes en convalescence passagères, des personnes âgées fatiguées). L'étude alla même plus loin et permit de rejoindre des pistes explorées par certains constructeurs japonais tels que Toyota sur la mobilité individuelle (cf. figure 35).



*Figure 35 : le véhicule individuel de demain ?
I-swing de Toyota (2006)*

CONCLUSION DU CHAPITRE 6

Quels enseignements des différentes formes d'implications des utilisateurs et quelles implications pour le management des processus d'exploration ?

La méthode des utilisateurs-précurseurs est loin d'être applicable dès le démarrage d'un processus d'exploration où les concepts ne sont pas encore mûrs ni testés. En revanche, si l'on accepte de ne pas faire reposer sur eux uniquement la réussite du processus d'innovation mais, si l'optique est d'accélérer le recueil des expertises sur des situations d'usages pré-ciblées, ils semblent recommandés.

Les méthodes de créativité et la génération de concepts en chambre ne semblent productives que dans les cas où les concepts sont facilement rattachables à des connaissances sur la valeur (cas de faibles distances (C-Kv)). Dans les cas contraires, la sélection des groupes d'utilisateurs-cibles posent problème et les créatifs manquent de dispositifs pour orienter leurs apprentissages, régénérer leurs connaissances sur des sujets qu'ils connaissent mal et formuler des concepts.

Le cas de l'exploration de nouveaux usages pour un fauteuil hybride a mis en évidence de nouveaux modes de production de connaissances sur des secteurs inconnus pour les concepteurs où ceux-ci ne pouvaient pas mobiliser de connaissances sur la valeur. La théorie C-K a alors permis de structurer le raisonnement de conception pour orienter les prototypages et les interactions avec de nouveaux utilisateurs qui ont permis de dégager de nouveaux usages.

CHAPITRE 7. TYPOLOGIE DES DILEMMES STRATEGIQUES SUR L'EXPLOITATION ET L'EXPLORATION

Les chapitres 4, 5 et 6 nous ont permis de définir un cadre théorique pour conceptualiser et décrire les dynamiques d'expansion et de transformation de la valeur. Nous avons montré comment ce cadre s'articulait à la théorie de la conception innovante afin d'explicitier le mécanisme d'exploration de nouveaux concepts pour des nouveaux utilisateurs.

Nous sommes maintenant outillés pour relire les différentes littératures sur l'exploration : la théorie C-K nous fournit en effet un cadre théorique robuste et pertinent adapté à la caractérisation *ex ante* des processus d'exploration. Face à la polysémie de la notion d'exploration et à l'ampleur des travaux présentés dans la partie I de la thèse, l'objectif de ce chapitre est de proposer une classification des processus d'exploration qui prenne en compte la nature des situations d'innovations auxquels font face les concepteurs : on perçoit intuitivement que l'exploration peut renvoyer à différents cas selon que l'enjeu soit plus sur l'exploration de nouveaux usages (Nintendo étudiant les premiers prototypes de la Wii avec des utilisateurs pilotes) ou sur l'exploration de nouvelles architectures (les ingénieurs de Saint Gobain Sekurit étudiant de nouvelles fonctionnalités pour le pare-brise dans l'automobile, cf. Le Masson, op.cit).

Dresser une classification des processus d'exploration implique donc de se positionner par rapport à des « régimes d'innovation » (Hatchuel et Weil, op.cit) qui renvoient d'un côté, à des catégories homogènes d'enjeux auxquels font face les collectifs de concepteurs au démarrage du processus d'exploration, et de l'autre, qui font correspondre à ces enjeux des grands modèles de gestion, c'est à dire des stratégies, des principes de management adaptés et des organisations. Ces régimes sont maintenant explicitables à l'aide des opérateurs de la théories C-K, c'est à dire : les concepts (C) mis en tension avec les connaissances scientifiques et techniques (Kst) et avec les connaissances sur la valeur (Kv). Alors que March (1991) a formulé son dilemme « exploitation-exploration » décontextualisé de tout régime d'innovation, notre objectif est d'explicitier les différents dilemmes stratégiques qui se présentent aux concepteurs *en les situant par rapport à des régimes d'innovation*.

Les quatre régimes d'innovation étudiés renvoient à des situations de conception simultanée de nouveaux usages ou de nouvelles architectures, avec néanmoins des intensités variables sur l'une ou l'autre de ces composantes. Nous avons repris comme critères pour caractériser ces régimes la distance (C-Kst) et la distance (C-Kv). Ces critères permettent en effet de définir des régimes particulièrement cohérents et robustes, comme nous le verrons plus loin :

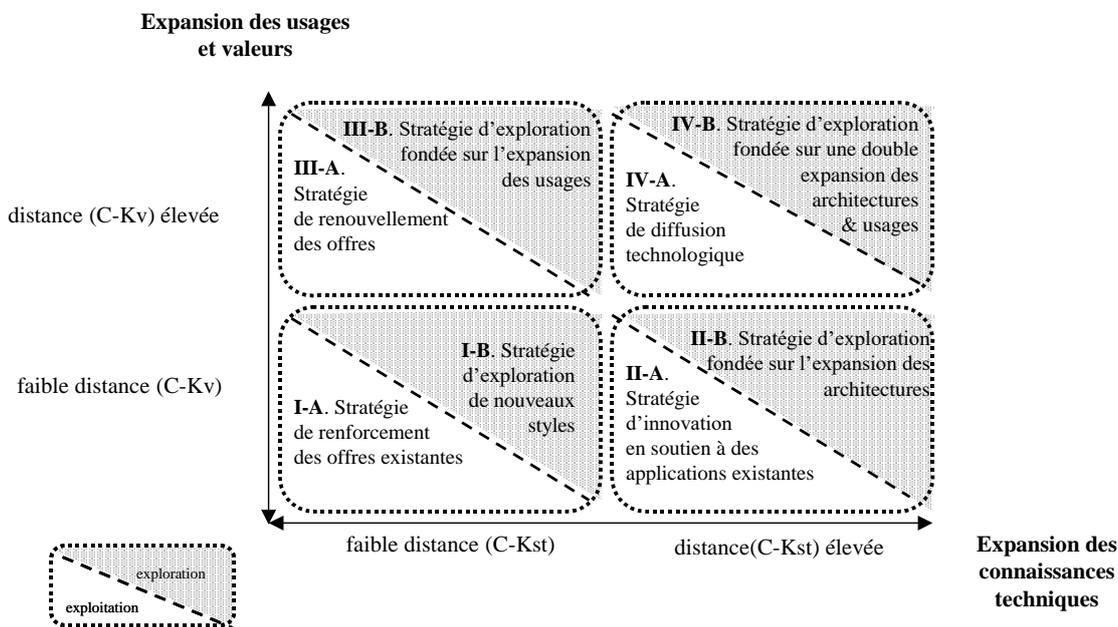
- **Le régime d'innovation de type I** correspond à des situations où les concepts manipulés par les concepteurs sont facilement traduisibles en applications et usages et où ils renvoient à des connaissances / compétences maîtrisées (distance (C-Kst) faible ET distance (C-Kv) faible). On est dans le cas d'innovations qui viennent renforcer les offres existantes.
- **Le régime d'innovation de type II** correspond à des situations où les concepts manipulés par les concepteurs interrogent en profondeur les connaissances des métiers et les architectures-produit mais où ces derniers savent leur attribuer de la valeur (distance (C-Kst) élevée ET distance (C-Kv) faible). On est typiquement dans le cas du pare-brise athermique chez Saint Gobain Sekurit, de l'hydroformage étudié par Lenfle (2001), tous les deux dans le secteur de l'automobile ou de Dyson avec les aspirateurs sans sac.
- **Le régime d'innovation de type III** correspond à des situations où les concepts renvoient à des technologies, connaissances métiers maîtrisées par les concepteurs ou accessibles facilement mais dont les applications potentielles sont foisonnantes et les usages non entièrement prévisibles : les utilisateurs pressentis ne sont pas des clients habituels de l'entreprise et l'enjeu va être de les identifier afin qu'ils arbitrent les raisonnements sur la valeur (distance (C-Kst) faible ET distance (C-Kv) élevée). On est typiquement dans le cas de l'exploration de nouveaux services pour la télématique embarquée dans l'automobile (Lenfle et Midler, 2003).
- **Le régime d'innovation de type IV** correspond à des situations où les concepts générés renvoient à un foisonnement d'applications et d'usages pour des utilisateurs dans des domaines complètement différents et sans que l'on soit capable de trancher les choix technologiques ou de figer les architectures. L'enjeu est la transformation d'un *dominant design* sans que l'on sache pour quelle application finale (distance (C-Kst) faible ET distance (C-Kv) élevée). Les cas de la PAC mais aussi des nanotechnologies et plus largement de ce que nous avons regroupé sous le terme de THP correspondent à ce régime.

Pour chaque régime, nous identifions des dilemmes stratégiques correspondants, mettant en tension des stratégies possibles pour l'exploitation ou l'exploration ; nous les expliciterons ci-dessous :

- Le régime de type I renvoie à un dilemme stratégique entre « renforcement des offres existantes (I-A) et exploration de nouveaux styles (I-B) » ;

- Le régime de type II renvoie à un dilemme stratégique entre « innovation en soutien à des applications existantes (II-A) et exploration fondée sur l'expansion des architectures (II-B) »
- Le régime de type III renvoie à un dilemme entre « renouvellement des offres (III-A) et exploration fondée sur l'expansion des usages (III-B) »;
- Le régime de type IV renvoie à un dilemme entre « diffusion technologique (IV-A) et exploration fondée sur une double expansion des usages et les architectures (IV-B) » ;

La figure 36 synthétise ci-dessous la typologie des différents dilemmes stratégiques, classés par régimes d'innovation.



En régime de type I, l'exploration est limitée car les architectures restent inchangées et les applications sont connues : elle se limite à des changements mineurs, à du « restyling » sur des produits dont l'identité

Figure 36. Typologie des dilemmes stratégiques exploitation/exploration en fonction des régimes d'innovation

est stable. Les stratégies d'exploration de nouveaux styles peuvent néanmoins être très profitables comme l'ont prouvé des entreprises comme Bang & Olufsen ou Sony avec des produits affirmant une identité au-delà de leurs fonctionnalités, des designers comme Starck ou Ora-ito qui travaillent surtout sur la « parure »¹⁶ de produits ; ou encore des architectes-stylistes représentés par Ghery ou Nouvel. Le cas de Ciba Vision (Tushman et O'Reilly, 1997) illustre parfaitement ce type de stratégie d'exploration

¹⁶ Pour un approfondissement sur les enjeux de la conception en Design et sur la distinction entre « parure » et « pointe », lire Hatchuel, xxxx, 2007 « Histoire du Design »

qui permettent à un fabricant de verres optiques de renouveler sa gamme en inventant des lentilles de couleur jetables.

Les modes d'organisation correspondant à ces stratégies reposent sur des méthodes de développement de nouveaux produits largement étudiées en sciences de gestion. Le modèle d'organisation est celui de l'ingénierie concurrente où les projets viennent piocher les ressources dans les métiers du développement et à partir de concepts identifiés par le marketing : la créativité est alors intégrée en amont au marketing à la manière des départements design chez les constructeurs automobile.

En régime de type II, les concepteurs sont face à de nouvelles fonctionnalités ouvertes sur un espace de marché connu ; les concepts générés sont issus de la découverte de nouveaux procédés ou de nouvelles architectures. Le dilemme auquel font face les concepteurs est soit d'innover en soutien aux applications existantes ; soit d'explorer de nouveaux usages de manière concentrique à partir d'une application donnée, en s'éloignant progressivement des usages actuels.

Le Masson a explicité sur le cas du pare-brise automobile les modalités d'exploration de nouveaux usages pour des situations qui nous semblent correspondre à ce régime. Le pare-brise est peu à peu enrichi de nouveaux attributs à mesure que les concepteurs explorent de nouvelles architectures : on passe alors de l'objet « vitrage » à une « membrane communicante » dotée de nouvelles fonctionnalités (antenne radio, capteurs, athermie, etc...). La performance de ces stratégies d'exploration dépend fortement de la capacité des concepteurs à réutiliser au maximum les connaissances générées par les vagues de projets et à les traduire en concepts.

Si le modèle de gestion de l'innovation par projet convient aux stratégies de soutien (II-A), il n'est en revanche pas adapté pour poursuivre des stratégies d'exploration fondées sur l'expansion des architectures (II-B). Le Masson a montré que des groupes pluri-disciplinaires activés par l'extérieur par une fonction Innovation permettaient d'explorer simultanément de nouveaux concepts et les connaissances correspondantes.

En régime de type III, les concepteurs formulent de nouveaux concepts qui débouchent sur de nouveaux services ou sur de nouvelles applications pour de nouveaux utilisateurs. Les connaissances techniques sont maîtrisées et les architectures sont manipulables simplement (la distance (C-Kst) est faible). Le dilemme est soit d'innover en renouvelant les offres existantes, soit d'explorer de nouveaux usages à partir de nouveaux concepts d'offres.

Les stratégies de renouvellement des offres existantes visent à créer de nouvelles applications en s'appuyant sur des utilisateurs pré-identifiés (qu'ils soient clients ou non) sur lesquels les concepteurs disposent de connaissances, soit par ce que les conditions d'activité sont déjà connues (client existant), soit parce que ces connaissances sont facilement accessibles ; la présence d'un utilisateur référent permet alors d'établir un cahier des charges orientant les développements et de tester les nouvelles applications avec des groupes ciblés d'utilisateurs ; c'est précisément dans ce régime que les méthodes

de créativité se sont développées avec succès. On est dans le cas de l'étude de nouveaux services pour la télématique embarquée à bord de véhicules décrites par Lenfle et Midler (2003). Les organisations adaptées sont des plate-formes pluri-disciplinaires où les différents acteurs de la chaîne de valeur du futur service sont présents afin de générer en amont le maximum de concepts, et d'orienter ensuite le processus de conception.

Les stratégies d'exploration fondées sur l'expansion des usages ont pour ressort de créer de nouveaux concepts d'offres pour des utilisateurs qui ne sont pas identifiés clairement. Ces stratégies s'adressent à des non-consommateurs et recèlent d'énormes potentiels de croissance pour les entreprises (Kim et Mauborgne, 2005) bien que ces derniers échappent aux études de marchés traditionnelles... La performance de ces stratégies repose sur le fait que le prototypage est facile à mettre en oeuvre (régime de faible distance (C-Kst)). Les concepteurs vont pouvoir prototyper rapidement les services et performances de manière à interagir avec des utilisateurs potentiels afin de tester leurs concepts in situ. Le pilotage des stratégies d'expérimentation va donc être central afin de multiplier les itérations entre les usages et les modifications de la conception nécessaire (Thomke, 2003). Les designers ont un rôle d'architectes dans ce régime : ils sont dans ce régime des passeurs entre le monde de la valeur et celui des architectures et procédés qu'ils maîtrisent. Decathlon et ses ateliers Imaginew est une organisation possible pour les stratégies fondées sur l'expansion des usages : ces ateliers ont conduit par exemple à l'exploration de nouveaux concepts de « mobilier-fitness » afin d'inciter des non-sportifs à développer une pratique occasionnelle du fitness à la maison non pas via des appareils mais via une transformation de leur environnement ¹⁷. La Wii de Nintendo ou le projet Cyclo-city de JC Decaux incarnent des processus d'exploration de nouveaux usages pour des non-consommateurs dont les concepteurs ne pouvaient anticiper les réactions au démarrage des processus d'exploration.

En régime de type IV, les concepteurs formulent des concepts qui sont porteurs de myriades d'applications pour des architectures encore indéterminées. Le dilemme est soit d'innover en diffusant un objet technologique en espérant qu'il sera réapproprié ou d'explorer conjointement de nouvelles applications pour des nouveaux utilisateurs et de nouvelles architectures.

De nombreux travaux ont illustré les écueils des stratégies de diffusion technologique, néanmoins ces stratégies peuvent être performantes dans le cas où les interfaces des technologies sont préparées et conçues de manière à convenir à un maximum d'utilisateurs (le cas des processeurs d'Intel et de l'interface PCI, Gawer et Cusumano, le cas de la diffusion des transistors, le cas de la diffusion du nucléaire civile en France grâce à l'interfaçage avec le réseau d'EDF).

Les stratégies d'exploration fondées sur la double expansion des usages et architectures ont été très peu étudiées dans la littérature (néanmoins, la notion de Science Based Products (Hatchuel et al., 2004) recouvre ce type de situation. Nous avons de notre côté entamé avec la notion de THP une caractérisation

¹⁷ Cf. étude Design for future Needs, 2003 de la commission européenne

de ces situations. Elles constituent la forme extrême des stratégies d'exploration évoquées plus haut ; leur étude, dans le cadre spécifique du régime de type IV dans la partie III de la thèse, permettra donc en retour d'enrichir les stratégies des autres régimes.

i) Comparaison inter-typologies

Confrontons rapidement cette typologie à trois typologies reconnues de l'innovation.

- Les régimes d'innovation permettent de caractériser de manière plus pertinente des situations de « nouveauté » : alors que la typologie de Booz, Allen et Hamilton (1982) définit les critères de nouveauté pour le marché et de nouveauté pour l'entreprise, les distances (C-K) précise si la nouveauté est évaluable ou non d'après les connaissances des concepteurs.
- De même, la typologie d'Henderson et Clark (1990), fondée sur les relations entre les interfaces (ou liens entre modules) et les technologies (ou savoir-faire sous-jacents aux modules), définit les formes du renouvellement mais en dehors de sa relation au marché. Donc les analyses se référant à ces typologies risquent de se heurter à ce problème.
- Enfin, nous avons vu que la typologie de Danneels (2002) n'était pas robuste du point de vue des critères choisis : le seul critère de renouvellement des compétences ni pas suffisant pour caractériser des situations d'exploration.

ii) Portée de la typologie

En raisonnant sur des dilemmes stratégiques « exploitation-exploration » classés par régime d'innovation, nous avons contourné la difficulté de définir les stratégies d'exploration *per se* ou à partir de critères standards, peu consistants (nouveauté des marchés, discontinuité de l'innovation, nouveauté de la technologie, etc...).

Nous pensons que cette typologie permet de relire de nombreux travaux sur l'exploration en les resituant par rapport à l'un des quatre régimes d'innovation (cf. figure 37). On voit ainsi que certains travaux se réclamant de l'exploration ne relèvent que de formes d'innovation « créatives », déjà bien décrites par la littérature, ou ne concernent que des régimes faiblement innovants (le cas de Ciba Vision de Tushman et O'Reilly (op.cit) par exemple). D'autre part, l'introduction de la notion de « concept » via la distance (C-K) permet d'enrichir les travaux en management stratégiques (notamment ceux relevant des approches *Resource Based View*) en élargissant les classifications fondées uniquement sur la notion de compétences (*capabilities*).

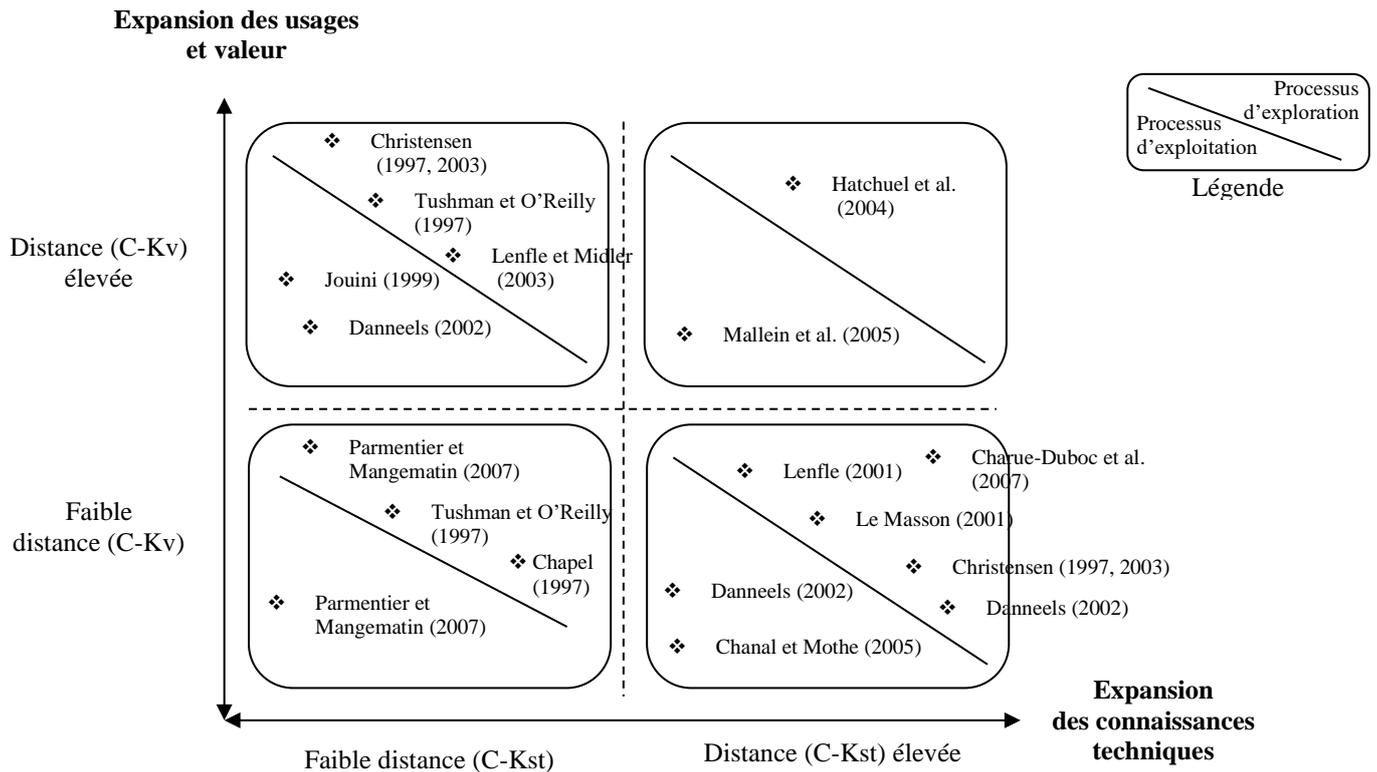


Figure 37. Positionnement des travaux antérieurs sur l'exploration

Le positionnement des travaux effectué sur la figure 37 est présenté pour discussion. Il a pour mérite de situer les apports de chaque travail de recherche à la compréhension d'un régime d'innovation en particulier, et des stratégies et organisations qui lui correspondent.

CONCLUSION DE LA PARTIE II

Dans cette partie, nous avons caractérisé les démarches d'exploration comme des démarches de conception innovante.

Afin de rattacher les dynamiques de création de nouvelles valeurs sur des marchés qui n'existent pas encore, nous devons construire un cadre théorique différent de celui de la valeur-client de Porter qui ne s'applique qu'à des situations où la valeur est stable. Une revue de la littérature en marketing nous révéla un certain nombre de principes intéressants sur lesquels nous avons construits le cadre théorique de « valeur-amont ».

Nous avons alors proposé un nouveau cadre intégrateur pour les dynamiques d'exploration de nouveaux espaces de marchés :

- la théorie C-K de la conception innovante
- la valeur-amont qui propose aux destinataires d'évaluer des nouveaux potentiels d'action (ou *effets-utiles*) qui ouvrent sur une transformation de leur activité

Le cas de la voiture à hydrogène nous a permis d'illustrer les dynamiques d'exploration de nouvelles valeurs en explicitant l'émergence de nouveaux concepts et l'orientation des apprentissages vers de nouveaux espaces de valeur.

La partie III reviendra plus précisément sur les stratégies d'exploration et sur les principes de management des processus d'exploration.

PARTIE III. STRATEGIES ET MANAGEMENT DES PROCESSUS D'EXPLORATION

Plan de la partie III

Chapitre 8. L'héritage des explorateurs : s'inspirer des stratégies et des principes d'action collective des expéditions passées	153
8.1 Analyses des situations d'exploration les plus courantes : les explorations pétrolières, spatiales et polaires	153
8.2 Conclusion : premières pierres à la construction de stratégies d'exploration	160
Conclusion du chapitre 8	162
Chapitre 9. Monographies de trois processus d'exploration	163
9.1 Axane ou l'énergie qui n'existait pas...	166
9.1.1 Le processus d'exploration d'Axane	166
9.1.2 Axane ou la stratégie de plate-forme d'exploration	173
9.2 Airstar et les ballons éclairants	177
9.2.1 Le processus d'exploration d'Airstar	177
9.2.2 Les stratégies de création de « lignées d'espaces de marchés » : le cas d'Airstar	184
9.3 MicroOptical et les lunettes à écran virtuel	188
9.3.1 Le processus d'exploration de MicroOptical	188
9.3.2 Les stratégies de partenariats d'exploration : le cas de MicroOptical	194
Conclusion du chapitre 9	197
Chapitre 10. Les composantes des stratégies d'exploration : leviers stratégiques et tactiques d'exploration	198
10.1 Les leviers stratégiques pour agir sur le pilotage des processus d'exploration	198
10.1.1 Levier 1 : concevoir des architectures « à mémoire de formes »	199
10.1.2 Levier 2 : l'expérimentation vue comme un moyen de prototyper des modalités d'accès à de nouveaux usages	202
10.1.3 Levier 3 : piloter l'exploration en agissant sur le périmètre et les objectifs du collectif d'exploration	204
10.2 Les tactiques d'exploration : forages et carottages	207
10.3 Quelles mesures de la performance pour les processus d'exploration ?	209
Conclusion de la partie III	211

Nous avons entamé dans la partie II une caractérisation des **processus d'exploration** en décrivant les dynamiques de la conception innovante qui conduisent les explorateurs à transformer l'identité des objets techniques qu'ils manipulent pour rechercher de nouvelles applications. Nous avons alors proposé une **typologie pour les processus d'exploration**. Cette dernière nous a permis d'ancrer les **processus d'exploration** à l'intérieur de **régimes d'innovation** décrivant les enjeux de conception auxquels les innovateurs se confrontent.

Dans la partie III, nous nous proposons d'étudier à travers l'étude de trois processus d'exploration, les stratégies d'exploration. Si la partie II a permis de préciser les fondements théoriques à la base des processus d'exploration, ces derniers répondent à des dynamiques complexes qui, une fois analysées a posteriori, peuvent apparaître comme des trajectoires visionnaires et linéaires ou, à l'opposé, comme des successions d'opportunités et de rencontres fortuites avec les futurs clients... Notre objectif (et notre parti pris méthodologique) est donc ici de partir de l'étude longitudinale de trois cas de processus d'explorateur conduits par trois collectifs d'explorateurs différents et d'essayer de retracer leurs itinéraires, sans gommer les hésitations ni errements, ni effacer leurs intuitions géniales, mais en les recontextualisant systématiquement. Ainsi, le but de notre démarche est-il d'identifier, à partir de l'analyse de ces cas, des principes stratégiques et des techniques de gestion, c'est à dire des règles permettant d'allouer efficacement les ressources et moyens du collectif d'explorateurs en orientant son action et ses apprentissages vers des sentiers privilégiés. Les stratégies et techniques d'exploration vont en effet être déterminantes dans la qualité de l'apprentissage du collectif d'explorateurs (rapidité, intensité, etc..) et elles vont orienter la convergence vers de premières offres commerciales.

Nous mobiliserons les processus d'exploration suivants : 1) le cas d'Axane avec la pile à combustible où comment inventer des produits-support pour une énergie qui n'existe pas ; 2) le cas d'Airstar qui a révolutionné l'industrie de l'éclairage en créant les premiers ballons éclairants volants ; 3) le cas de MicroOptical qui bouleverse depuis 2006 l'électronique grand public avec ses lunettes à écran virtuel (chapitre 9). Nous tirerons ensuite de ces cas des leviers stratégiques et des tactiques d'exploration (chapitre 10). Mais dans un premier temps, nous commencerons par poser quelques repères en comparant les stratégies d'exploration non-managériales les plus courantes et en essayant d'isoler quelques principes et invariants (chapitre 8).

CHAPITRE 8. L'HERITAGE DES EXPLORATEURS : S'INSPIRER DES STRATEGIES ET DES PRINCIPES D'ACTION COLLECTIVE DES EXPEDITIONS PASSES

Nous avons vu que la notion d'exploration renvoyait à de nombreux travaux depuis les travaux fondateurs de March sur l'apprentissage organisationnel (March, 1991) jusqu'aux définitions plus récentes de Segrestin (op.cit.) comme « démarche visant à examiner, à parcourir, à expérimenter, et à "cartographier" l'espace potentiellement ouvert par des concepts [innovants] » (chapitre 1).

Néanmoins, les travaux se consacrant à l'étude des processus d'exploration ne mentionnent que peu de principes activables pour initier une exploration : comment navigue-t-on en territoire inconnu ? Comment construit-on des représentations et des connaissances sur des environnements potentiellement infinis ? Quels dispositifs, quels artefacts peut-on construire pour mesurer, observer, manipuler les réalités qui ne vont se révéler qu'au fil de l'exploration ?

Nous partirons de l'analyse de quelques situations d'explorations courantes (expéditions polaires, exploration spatiale et prospection pétrolière) pour examiner si les explorateurs dans leur diversité apportent des éléments de réponse à ces questions (8.1). Nous tâcherons ensuite de transposer quelques principes génériques de l'univers de ces explorateurs vers celui des techniques managériales afin de construire des passerelles entre leurs problématiques (8.2).

8.1 Analyses des situations d'exploration les plus courantes : les explorations pétrolières, spatiales et polaires

Maintenant que notre définition de la notion d'exploration a été précisée, c'est à dire et débarrassée de son caractère « positiviste » (partir à la découverte de ce qui existe déjà) et doté d'attributs permettant d'explorer de nouveaux potentiels et de les agréger ou reconfigurer en chemin, nous pouvons aborder la question des principes qui permettent de guider les démarches d'exploration. Peut-on dégager à partir des situations d'exploration non managériales des enseignements, des invariants qui seraient transposables ? A travers un panorama des situations d'explorations les plus courantes (spatiale, pétrolière, polaire) nous tenterons de mettre en évidence des premiers principes qui nous serviront ensuite à construire l'ossature des stratégies d'exploration. La démarche semble assez idéaliste à première vue, pour autant l'enjeu est de poser les bases d'une grammaire des démarches d'exploration, qu'elles soient géographiques ou managériales. Nous pensons en effet que ces démarches partagent entre elles plusieurs points communs :

- leur essence même, est d'organiser l'action collective à travers des formes organisationnelles différentes, plus ou moins temporaires, mais structurées autour de

connaissances et de principes d'efficience (les explorateurs ne réinventent pas les savoirs d'exploration à chaque nouvelle expédition...)

- les explorateurs partent à la découverte de territoires inédits pour lesquels ils devront inventer des dispositifs nouveaux observer, analyser et agir sur le nouvel environnement
- l'enjeu est de partir avec des théories, des modélisations sur les objets à observer...pour ensuite les adapter, les réviser. Ainsi nous citerons Hatchuel (2002) pour qui « une théorie de l'exploration est nécessairement une exploration de théories et nul ne peut échapper au caractère récursif de cette définition » (cité par Segrestin, 2003).

De l'examen des démarches d'exploration les plus courantes (prospections pétrolières, exploration martienne ou premières expéditions polaire), il nous semble que l'on puisse tirer des enseignements. Peut-on apprendre par exemple de la conception des itinéraires particuliers et de la planification de ces explorations ? Quelle fonction, quel statut jouent les « cibles » dans les processus d'exploration ? Retrouve-t-on derrière les récits d'expédition et de projets, en filigrane, la notion de « navigation de proche en proche » (appelé « networking » par Von Hippel et Thomke (op.cit)) qui permet de construire progressivement une réalité à venir ? Comment les explorateurs organisent habituellement leurs expéditions vers l'inconnu ? Ont-ils des techniques pour converger à coup sûr vers leurs objectifs ?

D'après la lecture de récits d'expédition, nous faisons l'analyse suivante : que ce soit lors du déroulement d'explorations polaires, océanographiques, spatiales ou pétrolières, nous pouvons isoler des phases récurrentes et des invariants qui rythment les explorations et en assurent le succès.

Tout d'abord, des phases de planification particulières précèdent les explorations, elles sont souvent le moment où sont opérées des phases de reconnaissance et où sont développés des dispositifs d'exploration *ad hoc* ; les expéditions se déroulent ensuite avec un pilotage spécifique qui est adapté aux situations d'informations imparfaites sur leur environnement ; enfin les expéditions qui réussissent empruntent la plupart du temps des détours et renégocient leurs objectifs initiaux en cours de route (celles qui ne le font pas échouent souvent).

i) Les phases-amont des expéditions

Les phases-amont avant la pénétration des territoires permettent de préparer le terrain en réduisant l'incertitude. Elles se traduisent en général par des phases de reconnaissance qui débouchent sur la mise en place de « postes avancés » d'où partiront les expéditions. Ces phases de reconnaissance sont souvent des moments particuliers où les explorateurs tentent de se forger une représentation partielle de l'objet

de l'exploration à partir de connaissances existantes. Ce sont donc des étapes où la modélisation joue un grand rôle. Les explorateurs peuvent être conduits à développer de nouveaux outils ou concevoir des dispositifs de modélisation innovants afin d'affiner cette phase lorsque de lourds investissements sont en jeu. Ils sont aidés de partenaires, d'experts, qui maîtrisent ces outils.

Exemple 1 : En prospection pétrolière, les compagnies investissent des centaines de milliers d'euros en études et modélisations : elles utilisent des techniques géologiques de pointe (ultrasons, ondes sismiques 2D et 3D) de manière à cartographier certains spots avant même d'opérer un forage ou un carottage.

Une fois les représentations sur l'environnement affinées, la planification n'en devient pas pour autant un exercice trivial. Comment découper les actions et évaluer des durées ?

En fonction des difficultés et des défis que présente le territoire à observer, les équipes conçoivent des **dispositifs d'exploration** qui vont les aider à accéder aux terrains. La plupart du temps, ces équipements ou véhicules intègrent les enjeux soulevés par l'étude des conditions d'environnement (conditions qui sont à ce stade seulement modélisées).

Les **dispositifs d'exploration** ont la plupart du temps une triple fonction :

- L'immersion et la navigation dans un territoire plus ou moins bien connu dont on cherche à connaître les propriétés
- L'acquisition, la mesure de phénomènes particuliers
- La transmission et le stockage d'informations

Exemple 2 : le « Sea Orbiter » (cf. figure 38), conception de l'architecte Jacques Rougerie est un vaisseau bien spécifique, à moitié bateau, à moitié sous-marin, conçu pour observer la vie sous-marine en dérivant pendant des mois avec des océanographes à son bord.



Figure 38 : le Sea Orbiter de Jacques Rougerie (source Sea Orbiter project)

ii) Les phases d'exploration

Les phases de pénétration et de contact avec le territoire à explorer (« expéditions », « incursions dans un territoire inexploré » ou « forages », « carottages »). L'**expédition** est conduite par un équipage. La composition de l'équipage est cruciale et correspond aux enjeux que soulève le territoire (expérimentés, experts mais aussi jeunes loups capables de prendre des risques). Les compétences de l'équipage devront permettre de comprendre et de s'adapter à la complexité et les surprises que réservera le nouveau territoire, par essence inédit.

Cette phase se traduit par une **collecte d'informations intensive et d'expérimentations**. Les **dispositifs d'exploration** sont alors mobilisés pour capter, observer, écouter, rapporter des échantillons, des bribes d'informations qui pourraient aider à la compréhension du nouveau territoire. La connaissance n'est pas seulement observation, **elle est faite d'interactions qui aident à faire émerger des représentations, modélisations de la réalité étudiée**.

Exemple 3 : Mars Cruiser One est un véhicule-laboratoire conçu par EADS Space et une agence de Design européenne (*Architecture and Vision*). Ce véhicule est outillé de manière à observer et agir sur son environnement sans qu'ils soient contraints de sortir à l'extérieur du véhicule : il est ainsi équipé de bras articulés qui peuvent forer, manipuler ou filmer (cf. figure 39). Son lancement est prévu par l'ESA pour 2032.



Figure 39 : le véhicule Mars Cruiser One (source EADS Space Transportation)

iii) La gestion des imprévus

Les imprévus constituent le lot commun des explorations. Ils engendrent des stratégies de détours ou contournement d'obstacles qui permettent de faire progresser les missions face aux imprévus : si les explorateurs ne peuvent remettre en cause la planification initiale, s'ils n'ont pas de souplesse, la plupart du temps les missions sont compromises. Parmi ces stratégies, une renégociation des objectifs initiaux peut être envisagée avec les commanditaires de l'expédition.

Exemple 4 : lors de l'exploration de l'antarctique, au début du 20^{ème} siècle, deux expéditions furent en compétition : celle du norvégien Amundsen et celle du britannique Scott. Grâce à une préparation minutieuse, Amundsen mit en place avant l'hiver de nombreux dépôts de vivre le long de l'itinéraire qu'il comptait suivre afin de faire face aux imprévus de la météo. Il put ensuite s'éloigner de cet itinéraire planifié pour s'adapter au relief rencontré (traversées de crevasses et séracs à plus de 3000 mètres d'altitude) parce qu'il savait qu'il pouvait compter sur ces vivres en cas d'urgence. Amundsen atteignit le pôle sud le 14 décembre 1911, battant ainsi Scott et son expédition beaucoup plus lourde qui n'arriva que le 17 janvier 1912...

De plus, lors des expéditions, les décisions à prendre sur l'orientation sont la majeure partie du temps fondées sur des situations d'information imparfaite. Dans la prospection pétrolière, les financiers doivent trancher des dilemmes « *drill ou drop* » en fonction de l'évaluation des risques faite par les explorateurs qui sont en premières lignes.

Exemple 5. Sur deux forages différents (Bonga et Safah), l'étude de Allen et Tobin (2004) montre que les risques qu'un puit ne soit pas profitable peuvent rester élevés même après les premiers forages. Sur la figure ci-dessous, après deux forages, le risque que le puit de Safah ne soit pas exploitable

reste relativement élevé alors que le puit de Bonga se révèle être intéressant dès le premier forage (cf. figure 40).

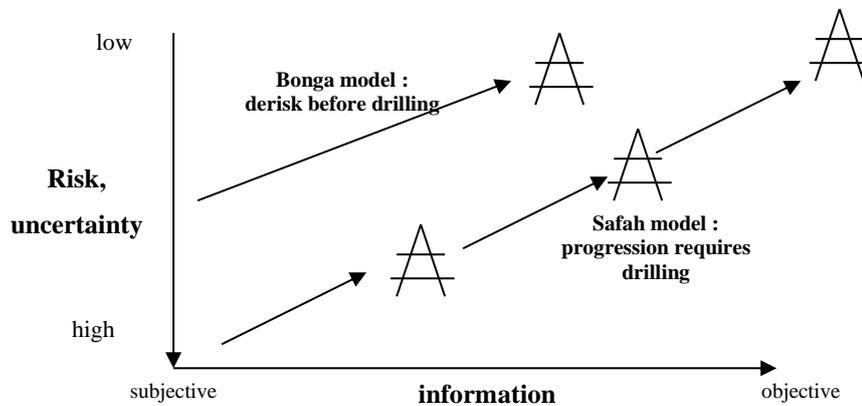


Figure 40 : illustration de deux stratégies d'exploration pétrolière visant chacune à réduire graduellement les risques (extrait de Allen, et al., 2004).

L'incursion dans le nouveau territoire ne permet donc pas automatiquement de produire des connaissances exploitables par les explorateurs : les outils d'analyse et de modélisation de l'environnement rendant possible la construction d'une « réalité augmentée » sont alors essentiels : ces outils de gestion permettent ainsi aux explorateurs de visualiser des composantes supplémentaires de la réalité observée, dégageant de nouvelles voies pour l'expédition. Plus encore, une fonction essentielle émerge des récits d'expédition : celle de **centre de supervision** où les données brutes du terrain sont analysées et interprétées de manière à restituer aux explorateurs une vision intelligible des enjeux que présente leur environnement

- **Le centre de supervision** est un lieu réactif de production de connaissances et de nouvelles théories, le plus souvent opérées en *back-office*, après analyse des expérimentations et des données brutes collectées sur le terrain. Il apparaît en filigrane dans les récits d'explorateurs. Chez C.Colomb, par exemple, on note le rôle important des discussions entre lui et les scientifiques qui l'accompagnent sur l'Hispaniola et le rôle que ces derniers jouent dans l'évolution de ses représentations. Cette remise en contexte contribue à changer sa représentation de l'environnement et à l'aider dans sa prise de décision. De son côté, l'explorateur JL Etienne raconte que, suite à ces premières expérimentations sur la banquise, dont les résultats furent envoyés à la base scientifique, il comprit sa situation : alors qu'il pensait être sur la terre ferme, il dérivait depuis trois jours sur un gros morceau de banquise, ce qui s'avérait risqué pour la suite de la mission.

De manière générale, les allers-retours avec les centres de supervision sont des phases de montée en généralité par rapports aux faits bruts observés, des moments d'élaboration de nouveaux concepts et de nouvelles théories explicatives des phénomènes observés. D'où l'importance de la conception des dispositifs d'exploration qui intègrent l'instrumentation. L'accès ultérieur au terrain est souvent rare car coûteux...

Enfin, l'enjeu pendant l'expédition est de se repérer dans le nouvel environnement d'où l'importance de la tenue à jour d'une **cartographie** qui répertorie les territoires explorés. L'invention d'instruments de mesure adaptés à l'observation des nouveaux phénomènes sur les nouveaux territoires est quasi-systématique tellement les phénomènes sont inédits (cf. Christophe Colomb et l'Astrolab pour se repérer précisément pendant ses traversées de l'atlantique).

8.2 Conclusion : premières pierres à la construction de stratégies d'exploration

Nous pouvons essayer de transposer, dans une certaine mesure, certains de ces éléments aux processus managériaux d'exploration de nouveaux territoires de marchés.

Les **phases-amont** semblent communes à tous les types d'exploration : en gestion, elles correspondent aux phases d'études amont que l'on rencontre, les études marketing, preuves de faisabilité ou phases de créativité débridées pour identifier le concept directeur de l'exploration. Le recrutement d'une équipe peut en revanche s'avérer plus problématique dans la mesure où on connaît les domaines de compétences technologiques de bases mais pas celles qui vont émerger en cours de route...

Les **dispositifs d'exploration** sont la plupart du temps matérialisés lors d'un processus d'innovation par des démonstrateurs, prototypes physiques ou maquettes virtuelles. Ils aident à explorer les conditions d'activité des futurs utilisateurs. Un des enjeux sera donc leur souplesse d'adaptation à différents contextes, ce que nous relirons à des principes de gestion de la modularité lors des phases de conception. La plupart du temps, ces démonstrateurs intégreront des développements complémentaires par rapport aux développements initiaux, à la sortie des laboratoires, pour s'adapter aux enjeux des nouveaux espaces de valeur à explorer :

Exemple 1. les générateurs d'Axane furent conçus avec différentes options de conversion de puissance et d'intégration pour s'adapter à différents secteurs professionnels. L'équipe d'Axane put ainsi présenter des démonstrateurs développés à partir de la même plateforme de base aussi bien dans le secteur des Telecoms pour des utilisations sur des sites stationnaires exploitant des courants continus, que dans les secteurs du Cinéma ou de la Sécurité Civile où des professionnels purent manipuler des générateurs compacts et portables produisant du courant alternatif 230 Volts.

Les **phases de pénétration et de contact avec le terrain** constituent en gestion l'essentiel des expérimentations avec les utilisateurs. Nous reprendrons l'expression de « **forage** » pour désigner une phase d'exploration qui part d'un concept donné et suit le fil conducteur de ce concept, de secteurs en secteurs, à travers différents fragments de marché. Si de nouvelles propriétés sont ajoutées et qu'elles finissent par changer en profondeur le concept initial, dans un cas d'expansion typiquement, on délimitera alors un second forage. Le « forage » sera notre unité d'analyse et de représentation des dynamiques d'exploration. Nous discuterons dans le chapitre 10 de l'influence des stratégies de mise en parallèle ou série des forages de manière à rendre les explorations plus performantes.

Le pilotage des explorations non-managériales comporte de nombreux **détours d'exploration** qu'empruntent stratégiquement ou de manière opportuniste certains collectifs d'explorateurs. L'enjeu sera d'approfondir ces mécanismes en gestion : les détours sont-ils des moyens de contournement de marchés bien gardés par des entreprises en place ? Ou sont-ils subis par les équipes, perçus comme des aléas qu'il faut gérer ? Quelles sont les logiques de prise de décision qui guident le pilotage des explorations ?

Exemple 2. Airstar, au démarrage de son exploration, a commencé par explorer les avantages de ses ballons éclairants à l'hélium pour éclairer des scènes d'intervention de nuit (1^{er} forage) pour ensuite effectuer un détour d'exploration par les ballons « enseignes volante » pour la communication (2nd forage) avant de revenir à un concept proche du premier avec des ballons fiabilisés et opérationnels, avec un modèle d'affaire acceptable par les utilisateurs.

Les phases de montée en généralité par rapport aux données brutes du terrain, de production de connaissances tout au long du processus d'exploration semblent être des enjeux communs des deux types d'explorations. Il semble que la formulation de nouveaux concepts, la capitalisation des informations sur la valeur et leur communication entre les équipages et leurs bailleurs soient cruciaux pour la réussite du processus d'exploration. Les connaissances dont ont besoin les explorateurs semblent être de natures non exclusivement techniques dans les deux cas : savoirs managériaux, connaissances en stratégie, gestion.

La cartographie des nouveaux territoires à explorer est aussi en gestion un enjeu majeur : de nouveaux concepts apparaissent et la connaissance de secteurs et de leurs conditions d'activité se développe au fur et à mesure d'où l'impératif de capitaliser et de synthétiser tous ces apprentissages (Segrestin, 2003).

CONCLUSION DU CHAPITRE 8

En conclusion, l'objectif de ce chapitre était de mettre en évidence des similitudes dans les approches et dans la gestion des explorations courantes et les explorations managériales. A priori, tout sépare ces processus d'exploration puisque dans le premier cas, il s'agit de mettre à jour des « réalités concrètes », des territoires physiques qu'il suffit de parcourir et d'interpréter avec les sciences et techniques du moment pour percer leurs mystères alors que dans le second cas, l'enjeu est de faire émerger complètement de nouveaux territoires pour la valeur et les usages, à partir de rien, sinon quelques démonstrateurs. Pourtant, nous avons pu faire ressortir plusieurs traits et enjeux communs à travers ces comparaisons en tentant quelques rapprochements. Au final, l'appréhension de l'inconnu au démarrage des explorations polaires ou spatiales ou managériales est très similaire. Les attributs des explorations, leur gestion, les difficultés de planifier la convergence à coup sûr sont autant de repères que nous conserverons avant d'entrer dans le détail de leur étude.

	Explorations courantes	Explorations managériales
Phases-amont	Analyses des enjeux de l'exploration - composition d'une équipe pluridisciplinaire - Reconnaissance et modélisation préparatoire (physique ou cognitive) des territoires à explorer	
Fonctions des dispositifs d'exploration	<ol style="list-style-type: none"> 1. Favorise l'incursion dans le nouveau territoire 2. Permet la mesure de phénomènes particuliers 3. La transmission et le stockage d'informations 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Favorise l'incursion dans le nouveau territoire 2. Favorise l'émergence d'un discours des utilisateurs 3. Suscite l'évoquation de nouveaux usages
Phases de pénétration avec le terrain	Expérimentations intensives. Risques de non convergence. Prise de décision difficiles car informations incomplètes sur l'environnement	
Phases d'analyse des informations	Informations traitées sur place ou dans un centre de supervision. L'analyse aide à changer les représentations de l'environnement et guide les pas suivants des explorateurs	
Nature du pilotage	Le pilotage prend en compte la nature incomplète des informations au démarrage. Les détours sont vus comme une agilité de la part du collectif, comme une trajectoire particulière	
Cartographie des territoires explorés	Evolutive : les explorateurs doivent parfois inventer de nouveaux instruments d'observation en cours de mission pour étudier de nouveaux phénomènes	Evolutive : les explorateurs découvrent de nouveaux effets-utiles; les utilisateurs découvrent de nouveaux potentiels d'action

Tableau 4 : comparaison des différentes composantes entre les processus d'exploration courants et les explorations managériales

CHAPITRE 9. MONOGRAPHIES DE TROIS PROCESSUS D'EXPLORATION

L'objectif de ce chapitre est l'étude approfondie de trois processus d'exploration correspondant à un régime d'innovation extrême puisque caractérisé par une double expansion sur les usages et les connaissances techniques (régime de type IV, cf. chapitre 7). Axane et les PAC, Airstar et le ballon éclairant et MicroOptical et les lunettes à écran virtuel incarnent des processus d'exploration de natures différentes et illustrent des trajectoires d'exploration singulières. Notre parti pris est que l'étude de ces cas dans un régime d'innovation qui correspond à une généralisation des régimes de type I, II et III nous permettra ensuite de déduire des enseignements sur les stratégies d'exploration des autres régimes.

Nous nous concentrerons dans ce chapitre sur l'analyse des cas et sur leur rattachement à des stratégies de management décrites par la littérature (conception de plate-forme, création de lignées, etc...). Nous élargirons la portée des enseignements des cas dans le chapitre 10 qui tentera de mettre en évidence des leviers stratégiques et des tactiques plus générales pour les stratégies d'exploration.

Les trois cas étudiés correspondent à des stratégies d'exploration différentes et ont généré des résultats qualitativement différents : entre l'exploration prudentielle d'Axane, l'exploration très tactique d'Airstar ciblant rapidement le secteur de l'événementiel, et l'exploration large mais discontinue de MicroOptical quels enseignements en tirer pour le management des processus d'exploration ? Quels liens peut-on voir entre ces stratégies et les modèles de management de l'innovation connus : management par plate-formes ou par lignées par exemples ?

Avant de présenter les trois monographies, nous préciserons la méthodologie générale qui nous a servi à sélectionner ces cas et à les analyser.

Méthodologie générale et terminologie

Nous avons donc choisi de présenter dans ce chapitre les cas d'Axane, d'Airstar et de MicroOptical, d'une part en illustrant les dynamiques de création de nouveaux espaces de valeur en reprenant le formalisme de la théorie C-K, d'autre part en représentant schématiquement la succession des « champs d'exploration » graduellement mis au jour.

La notion de « **champ d'innovation** » empruntée aux travaux du CGS des Mines sur la conception innovant désigne, au niveau macroscopique, « un espace dans lequel on explore à la fois de nouveaux concepts et de nouvelles connaissances » (Hatchuel, Le Masson et Weil, 2007). La notion de « **champ**

d'exploration » représente, au niveau microscopique, la maille élémentaire d'un processus d'exploration.

De récents travaux ont tentés de modéliser une maille élémentaire pour les processus d'innovation en mobilisant la notion d' « **espaces de conception** », cette notion désigne « un espace de travail dans lequel les apprentissages nécessaires au raisonnement de conception sont possibles » (Hatchuel, 2002). Holmberg (Holmberg et al., 2003) modélise la notion d'espace de conception autour de deux dimensions :

a) Les phénomènes en jeu dans l'espace considéré qui renvoie aux connaissances à développer pour arriver, à terme, à développer de nouveaux produits ;

b) Les fonctionnalités porteuses de valeur d'usage.

Cette notion nous semble porteuse de sens bien que sa définition nous semble encore vague voire tautologique.

Nous conserverons donc le terme de **champ d'exploration**, que nous caractériserons en première approche par les éléments suivants :

- i- Un champ d'exploration peut être décrit par une problématique mettant en jeu un seul concept directeur. Contrairement au libellé d'une tâche d'un projet, le libellé d'une problématique d'exploration n'exprime pas un but mais un enjeu de découverte de nouvelles connaissances, par exemple « quelles applications pour un groupe électrogène ultra-silencieux ? » ou « comment doubler l'autonomie d'un véhicule à hydrogène avec des technologies de stockage conventionnelles ? ».
- ii- Il débouche sur de la production de connaissances sur la valeur et/ou technique et/ ou sur de nouveaux concepts.
- iii- Les relations d'antériorité entre champs d'exploration forment non pas un planning mais une cartographie d'exploration, dont le champ est l'unité spatiale et temporelle d'exploration. Le pilotage d'un processus s'appréciera donc non pas à la réduction du temps (bien que cela soit un enjeu majeur) mais à la qualité de ses *outputs* (production de nouveaux concepts, nouveaux apprentissages, etc...).
- iv- Un champs d'exploration consomme des ressources dont la composition ne correspond pas à un corps de métier prédéfini : comme nous le verrons, l'enjeu est de mobiliser et de faire coopérer des métiers différents selon les problématiques soulevées par le champ (soit à dominante « valeur » ou à dominante « technique »)

Le *champ d'exploration* représente donc un espace où l'on a sélectionné un concept directeur, que l'on cherche à élargir conjointement dans les directions « C-Kst » et « C-Kv » (où Kst représentent les connaissances scientifiques et techniques des concepteurs et Kv, leurs connaissances sur la valeur).

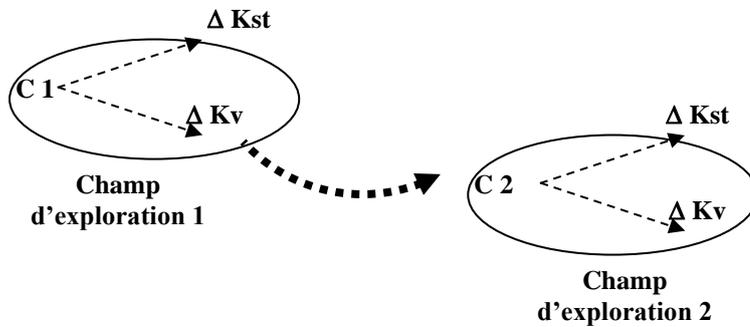


Figure 41 : illustration de la progression entre deux champs d'exploration

Le mode de représentation graphique que nous avons retenu a le mérite d'être synthétique et de mettre l'accent sur la chronologie et l'enchaînement des projets (études, prototypes, développements, expérimentations in situ). On change de champ d'exploration lorsque les explorations font émerger un nouveau concept, soit dans la lignée du précédent, soit en rupture avec celui-ci.

La notion de *champ d'exploration* servira de support d'analyse et de maille élémentaire pour représenter les processus d'exploration. Elle sera ensuite reprise et commentée à la fin de ce chapitre.

9.1 Axane ou l'énergie qui n'existait pas...

Le but de cette partie est de détailler les étapes du processus d'exploration mené au sein d'Axane, filiale d'Air Liquide devenue, en l'espace de sept ans seulement, l'un des leaders européens de la pile à combustible.

Le processus d'exploration conduit par Axane est exemplaire à la fois parce qu'il a permis d'explorer rapidement et avec succès de nombreux secteurs aussi variés que l'automobile, les Télécoms ou les métiers de la santé. C'est un processus qui, bien que présentant des réorientations et des détours met en évidence des trajectoires assez nettes d'apprentissages sur la valeur via l'acquisition de nouvelles connaissances techniques. Nous mettrons en évidence à la suite du cas (9.1.1), la stratégie d'exploration générique auquel ce cas se rattache (9.1.2).

9.1.1 Le processus d'exploration d'Axane

- Du monde du gaz à la gestion de l'énergie (1998-2002)

Axane est avant sa création un service d'une quinzaine de personnes d'Air Liquide (« INNO-H ») spécialisé dans différentes activités de conception et de fabrication de réservoirs de gaz (méthane ou hydrogène) pour des activités assez pointues (défense, transport, etc..). Fort de cette expertise, INNO-H participe en tant que fournisseur de constructeur automobile à des projets européens de développement de véhicules à PAC. L'équipe conçoit le stockage de l'hydrogène et gère l'arrivée des gaz jusqu'à la PAC fournie par un tiers. Progressivement, l'équipe étend ses connaissances en matière d'architecture électrique hybride de manière à suppléer la fourniture d'énergie en cas de défaillance de la PAC, les premiers systèmes n'étant pas très performants. Après plusieurs projets coordonnés par des constructeurs automobile (PSA, Renault, Man, Scania), Air Liquide supervise même en 2001 le développement complet d'un petit véhicule hybride à PAC où INNO-H est ensemblier (projet VELAPAC).

Cependant, les performances des premiers démonstrateurs ne permettent pas immédiatement de leur associer des valeurs précises : même en supposant des démarches d'industrialisation qui ramèneraient leur coût de développement au coût des véhicules conventionnels, les inconvénients liés au temps de remplissage, la difficulté de logistique, les risques associés à ce type de véhicules ne laissent rien présager de bon fin 2002.

Après quelques projets avec le fournisseur de PAC Nuvéra, leurs expertises étant complémentaires, le directeur d'INNO-H parvient à convaincre le comité exécutif d'Air Liquide de monter une société

commune dont le but serait d'être un fournisseur majeur de l'industrie de l'automobile en développant toute la partie Hydrogène-énergie, du stockage aux bornes électriques de la PAC : c'est la naissance d'Axane en 2001. Très rapidement néanmoins, la relation devient conflictuelle et les équipes d'Air Liquide décident de se séparer, après un an de vie commune, de leurs collègues de Nuvéra.

Axane devient donc 100% filiale d'Air Liquide en 2002. Pendant ces années (dont trois de collaboration en tout), l'équipe d'« INNO-H » s'est donnée les moyens de comprendre ce qui se passait aux interfaces et a appris assez pour pouvoir développer une expertise à l'intérieur de la PAC. Le diagnostic est alors qu'il y a interdépendance forte entre des paramètres de conception à l'intérieur de la PAC (au niveau des plaques conductrices) et le *process* général d'amenée et d'évacuation des gaz à l'intérieur de la PAC. Axane pense alors pouvoir proposer une nouvelle architecture qui soit plus fiable, et qui améliore le rendement énergétique. Néanmoins, le secteur de l'automobile semble risqué à plus d'un titre pour continuer les développements seuls : après les premiers démonstrateurs les constructeurs souhaitent avoir en face d'eux l'équivalent d'équipementiers à qui ils donneraient des cahiers des charges drastiques, collant aux performances de véhicules traditionnels. Axane pense que la technologie n'est pas assez mûre pour ces applications et décide donc d'explorer de nouveaux territoires pour de petits générateurs portables à PAC.

- Les projets fondateurs (2003-2004)

A la mi-2002, J-L Etienne recherche des partenaires pour financer sa mission Banquise au pôle Nord. Il contacte alors Air Liquide qui le met en relation avec Axane : l'explorateur souhaite une énergie d'appoint, de petite puissance, pour alimenter de l'instrumentation à bord de son habitacle (le Polar Observateur). Les énergies conventionnelles (groupe électrogène et batteries) ne fonctionnent pas à des températures si basses. Axane saisit l'occasion pour tester ces principes de conception et développe un petit générateur PAC en moins de trois mois. C'est la naissance d'un nouveau concept le « générateur portable non polluant et silencieux ». La valeur de ce concept est alors très floue : la fiabilité est certes au rendez-vous mais l'application est très spécifique : le froid extrême a éliminé les principales formes d'énergie concurrentes ! Axane est au stade du démonstrateur dont le coût de revient avoisine les 150 000 euros.

- La trop grande fragmentation du terrain : l'exploration réorientée (2004-2005)

Au projet Polarpac succède une période de foisonnement qui est marquée par le développement d'un nouveau démonstrateur en neuf mois pour des cibles encore incertaines. Le Rollerpac est un générateur prêt à l'emploi comparable à un groupe électrogène. Il permet d'étendre les principes d'architecture à une autre échelle puisque la puissance du Rollerpac est sept fois supérieure à celle du Polarpac. S'ensuit

une campagne de démonstrations : les pompiers, le SAMU, le BTP sont alors approchés pour réagir sur le concept d'un générateur silencieux et non polluant. Mais ce concept est trop fragmenté et le board d'Air Liquide demande de la visibilité sur les futurs marchés : Axane doit annoncer des volumes sur des marchés visibles. L'exploration est alors bloquée.

En parallèle, les contacts affluent de la part d'opérateurs des Télécoms intéressés par le potentiel de la technologie. Ils envisagent d'alimenter de manière décentralisée des antennes GSM situées en rase campagnes (les zones blanches) en évitant ainsi les investissements élevés pour tirer des lignes EDF jusqu'à ces sites isolés. A la même époque, on assiste à un effet de *buzz* autour des PAC dans les Télécoms. L'exploration s'ouvre alors sur ce secteur grâce à un projet avec Bouygues Telecom (cf. Encadré 4).

Encadré 4 : Le projet d'énergie décentralisée avec Bouygues Telecom (Menville, France).

L'objectif du projet est d'éviter à Bouygues Telecom les coûts de raccordement au réseau EDF en alimentant de manière décentralisée, par une PAC, une antenne relais située au milieu des bois. En phase d'étude, le projet semble compatible avec les conditions de fonctionnement en extérieur des PAC Axane et avec la durée de vie estimée. La principale inconnue vient des modes d'approvisionnement de l'hydrogène sur le site qui n'est accessible que via un chemin de gravier.

Les équipes d'Axane s'orientent alors vers la logistique du groupe, l'entité GIS, pour questionner simultanément les contenants adaptés et les modes de livraisons. Les équipes commerciales de GIS répondent par des solutions conventionnelles de livraison de racks de bouteilles transportées par semi-remorques. GIS spécifie comme contraintes que les seules routes empruntables par les camions doivent remplir des conditions de largeur, rayon de braquage, et qu'elles doivent être carrossées. De plus, GIS impose de couler une dalle de béton pour accueillir les racks de bouteilles, pour des questions de stabilité...

D'autres surprises attendent les équipes d'Axane : une étude de risques sur le site d'implantation est demandée par l'opérateur téléphonique : elle met en évidence la nécessité de protéger les bouteilles contre les attaques éventuelles de l'extérieur (chasseurs) et les risques d'embrasement du bois en cas d'incendie sur l'installation.

Au final, Axane devra couler une dalle en béton, carrosser la route sur 200 mètres et prévoir un site pour le demi-tour du camion, installer des murs d'enceinte en béton autour de la PAC et du stockage d'hydrogène et déboiser le site sur 50 mètres autour de la zone... La somme de ces modifications est supérieure au montant d'un raccordement au réseau EDF.

La PAC fonctionnera finalement pendant six mois d'affilés, en rencontrant des problèmes pendant les trois premiers mois, puis de manière très performante pendant les trois derniers mois. Ce projet permettra à Axane d'identifier les principaux points bloquants de son offre : il faut concevoir une offre intégrant les contraintes de l'environnement. Le tir sera corrigé avec la conception d'une armoire anti-incendie prête à être déployée sur site sans travaux de BTP, contenant la PAC et le stockage hydrogène.

Avec ce premier projet Axane apprend beaucoup sur les conditions d'opération et d'installation en vigueur dans le secteur des Télécoms. Pourtant si l'offre devient plus intégrée et cohérente, les premiers projets restent des démonstrations faites par des opérateurs dont on ne connaît que mal les motivations profondes : s'agit-il de simples opérations de communication ? S'agit-il de volonté forte pour les opérateurs de renouveler leur parc de groupes électrogènes en place afin de ne plus polluer ? Ou y a-t-il d'autres avantages encore non révélés derrière l'utilisation de PAC ? Pendant cette phase de l'exploration, Axane est capable de communiquer au comité exécutif d'Air Liquide des évaluations de parts de marché potentielles pour le secteur des Télécoms où les données sont disponibles : les études montrent que la demande cumulée des sites en zone blanche correspond au double de la consommation actuelle d'hydrogène en bouteilles ! Si la *killer-application* n'est pas encore trouvée faute de logique économique identifiée à travers ces premiers projets dans les Télécoms, ces derniers permettent néanmoins de développer l'offre-produit et de donner assez de visibilité et de garanties au groupe pour qu'il continue à financer les explorations.

- Vers un renouvellement des modèles d'offres (2006-2007)

Entre 2004 et début 2006, la piste des Télécoms ne débouche sur aucune affaire commerciale, les opérateurs révélant des logiques de rentabilité et de coûts, reproduisant les logiques qu'ils appliquaient aux groupes électrogènes. Axane ne propose pas de modèle d'offre original : le coût de l'installation est minime mais les coûts opérationnels sont ensuite proportionnels à l'énergie consommée et l'hydrogène est jusqu'à dix fois plus cher que l'essence d'un groupe diesel (notamment parce qu'il faut l'acheminer en grande quantité par camion).

Des observations sur le terrain et des réflexions sur les modèles d'affaire conduiront Axane à rompre avec les modèles d'affaire du groupe en 2006 pour proposer une offre énergétique dans le secteur du cinéma (cf. chapitre 13).

- La découverte du « chaînon énergétique manquant »

Les énergies renouvelables ne sont pas en reste : un projet en particulier retient l'attention du PDG d'Axane fin 2005 : un opérateur souhaite installer sur un site isolé une installation complètement autonome à partir d'énergies renouvelables (principalement du photovoltaïque). Il souhaiterait intégrer la Pile à combustible à son architecture électrique de manière à jouer un rôle de tampon en stockant l'énergie produite en surplus. Sa problématique est la suivante : minimiser le nombre de batteries, censées remplir la fonction de stockage de l'énergie, car celles-ci ont un fort taux d'auto-décharge et qu'elles résistent mal en températures basses. Les équipes d'Axane travaillent alors sur des relevés d'ensoleillement du site et finissent par découvrir que, non seulement il peuvent assurer la fonction de

stockage de l'énergie, mais ils sont aussi capables de diminuer la surface de panneaux solaires nécessaires. La PAC apparaît alors comme un véritable « tampon énergétique », véritable chaînon manquant des architectures électriques complexes où doivent cohabiter des éoliennes, panneaux solaires et des batteries. Là où les installateurs devaient dimensionner leurs installations pour les pires moments d'ensoleillement (les mois d'hiver), ils peuvent compter sur ce tampon énergétique pour diminuer par deux ou trois la surface de panneaux, et ainsi limiter leurs investissements et leur entretien. Axane construira deux prototypes de caisson-énergie, intégrant des panneaux solaires et prêts à être déployés sur des sites isolés.

- Le projet HyChain : le retour à l'automobile ?

Au fil de ces projets Axane développe des connaissances solides en matière de contraintes d'intégration à l'environnement, fiabilise ses produits tout en continuant à en diminuer les coûts de revient non pas du fait de l'augmentation de la taille des séries produites (environ 30 unités / lot) mais du fait de re-conception « design to cost » de pièces (notamment fabrication en pièces plastiques en regroupant des fonctions).



Figure 42 : décroissance du coût de revient des PAC Axane entre 2003 et 2007
(source Axane)

Mais Axane progresse surtout vers une compréhension de plus en plus fine des différentes problématiques d'architecture énergétique : couplage au réseau EDF en secours ; couplage à des énergies conventionnelles (groupe électrogène, batterie) ou renouvelable avec le rôle de tampon énergétique ; hybridation avec des packs de batteries ; fonctionnement en parallèle ou en série entre ses systèmes.

C'est sur la base de ces nouvelles connaissances transposées au domaine de l'automobile qu'Axane montera en fait le plus gros projet de déploiement de petits véhicules hybrides à PAC d'Europe financé

par l'union européenne avec un budget global de 34 millions d'euros et 4 pays impliqués : le projet HyChain. Nous reviendrons plus loin sur ce projet qui déboucha sur de nombreux concepts dont celui de « mobilité *plug and drive* » qui permet d'améliorer considérablement l'autonomie et le temps de recharge des véhicules électriques conventionnels. Ce concept, aujourd'hui en cours de prototypage et de développement, assurerait un avantage concurrentiel déterminant s'il devait être transposé ou généralisé à d'autres véhicules hybrides dans le futur...

*Au final, en partant de la conception de réservoirs de gaz à la fin des années 1990 puis en réorientant leurs explorations vers un concept très générique de « générateur électrique non polluant », les équipes d'Axane se seront livrées à une réinvention de l'énergie en traduisant des grandeurs physiques (kW, kWh) en concepts très éloignés des attributs traditionnels de l'énergie : énergie « furtive », « invisible », « mobilité *plug and drive* », etc.*

*Encadré 5 : retour sur deux concepts qui permirent à Axane de réinventer l'énergie : la « mobilité *plug and drive* » et l'« énergie invisible à la demande »*

1) La mobilité « *plug and drive* »

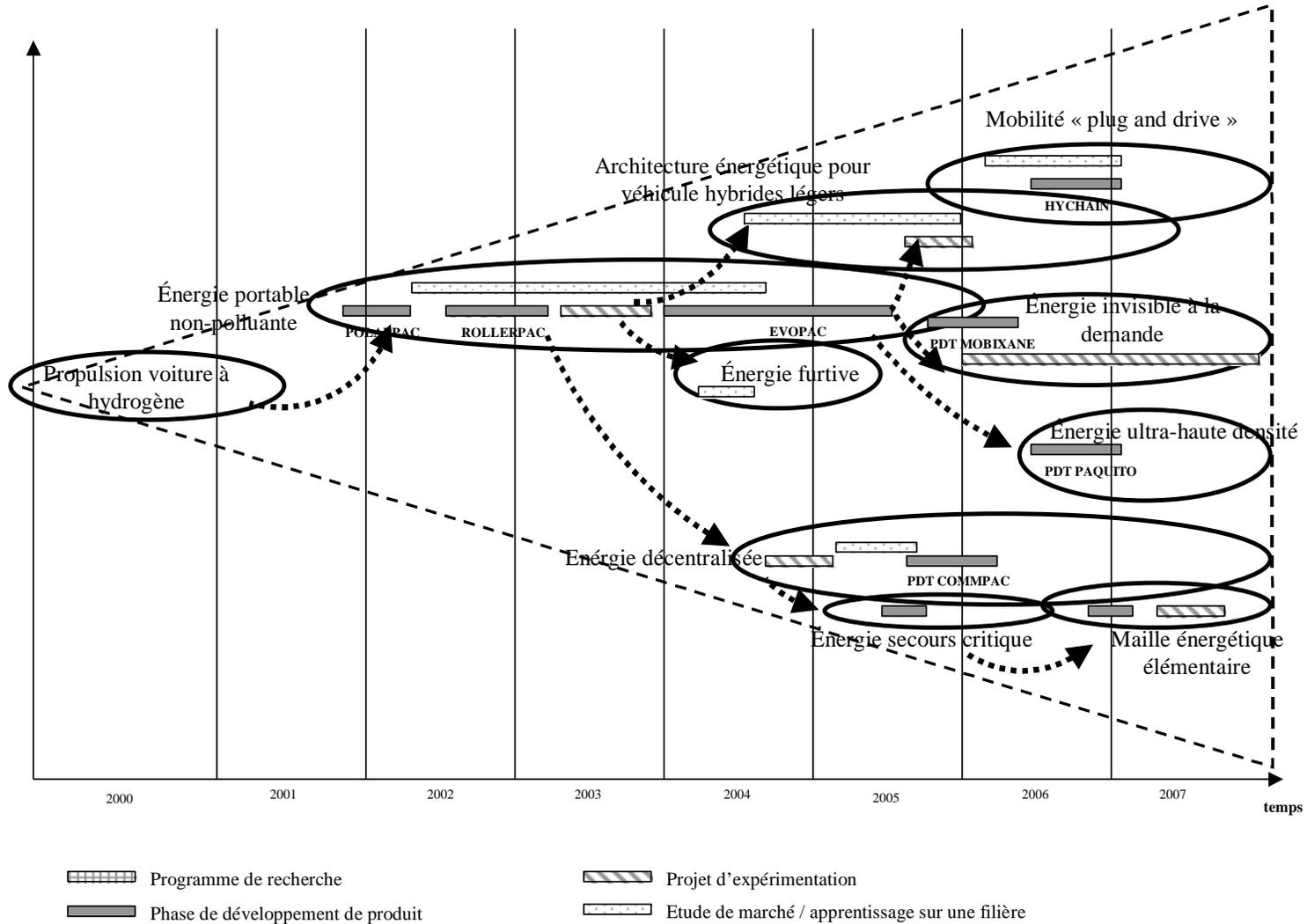
Proposer une alternative aux longs temps d'immobilisation des véhicules électriques à batteries en proposant une architecture hybride où la PAC peut être rechargée en hydrogène-énergie en trente secondes. Deux innovations majeures étaient dans les cartons d'Air Liquide pour déboucher sur ce concept : le stockage sous haute pression (700 bars) confère l'aspect « haute-densité d'énergie » du système et le système particulier de fermeture par quart de tour de la bouteille (système Clip'On®) confère un changement rapide de cartouche. Le modèle d'offre n'a pas été encore défini mais il s'inspirera du modèle des lames de rasoirs : la PAC étant vendue et installée pour un prix peu élevé, Air Liquide faisant ensuite sa marge sur la consommation d'hydrogène.

2) L'énergie invisible à la demande

C'est le générateur furtif et non-asphyxiant : ses premiers usages furent mis en évidence dans l'événementiel et le cinéma. Le modèle d'offre de l'achat n'intéressant pas les professionnels de ces secteurs, Axane proposa une prestation avec un technicien pour garantir la fourniture d'énergie en continu pendant l'événement. C'est le générateur bouche-trous que les chefs opérateurs plébiscitent. Il se situe dans un territoire de non-consommation puisque sur les tournages en extérieur ni les groupes électrogènes ne sont utilisés (trop bruyant), ni les batteries (trop de logistique). La valeur de ce concept tient autant au modèle d'offre proposé (la prestation sécurisée à la journée grâce à la manipulation par un technicien Axane) qu'à la conception intégrée du produit sur un chariot qui comprend la PAC et les bouteilles d'hydrogène pour une journée complète de fonctionnement, le tout étant prêt à l'emploi.

Figure 43 : cartographie du processus d'exploration conduit par Axane

#1. Cartographie d'exploration : Axane



9.1.2 Axane ou la stratégie de plate-forme d'exploration

Depuis 2003 et le projet Rollerpac, la stratégie d'Axane est de soutenir l'industrialisation d'un cœur de technologie en développant une plate-forme commune à plusieurs applications. La plateforme « Evopac » est ainsi définie comme une brique de puissance maximale (2,5 kW), censée pouvoir être intégrée dans différentes applications : fixes ou mobiles, permettant une configuration de l'autonomie nécessaire à chaque client grâce à la variété des stockages d'hydrogène.

EVOPAC: Une plate-forme technique déclinée en multiples applications.

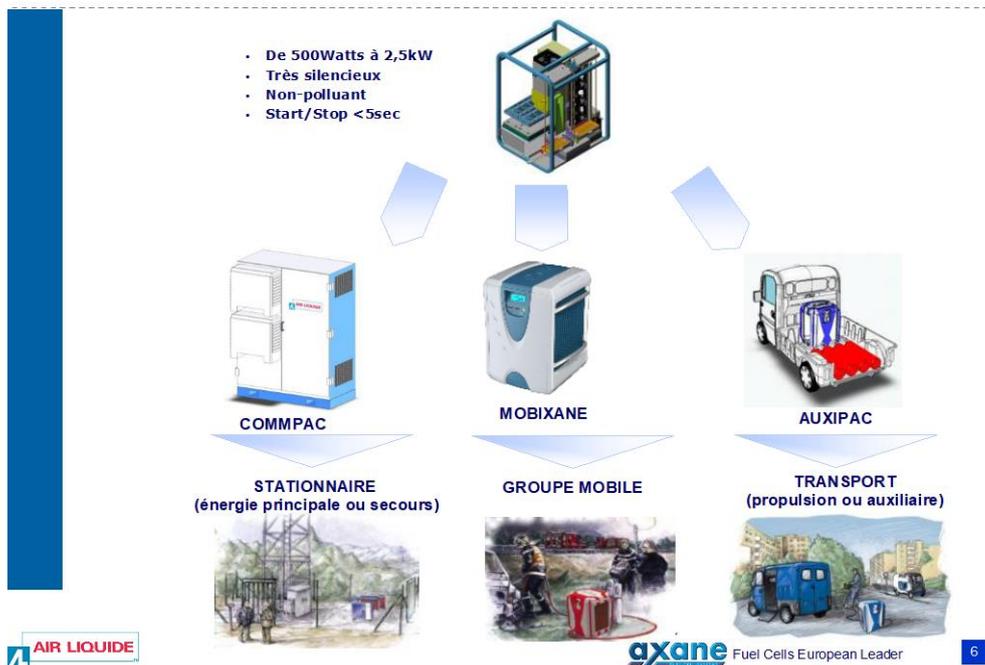


Figure 44 : la plate-forme EVOPAC déclinable en trois applications (source Axane)

Cette approche, largement utilisée dans le secteur de l'automobile ou de l'aéronautique dans le développement de nouveaux produits comporte en effet plusieurs avantages (Fernex-Walsh et Triomphe in Garel, Giard, Midler, 2004, Desrousseau et Lecomte, 2005) :

- La standardisation des composants (baisse des coûts d'achat) tout en permettant une diversité de la gamme de produits
- Le découplage entre, d'un côté, les apprentissages sur la technique et les procédés de fabrication et, de l'autre, le produit et ses usages.
- un raccourcissement théorique des délais de développement
- une maîtrise des lancements industriels
- une optimisation globale des investissements en équipements à réaliser

a. La logique de plate-forme considérée comme une stratégie d'exploration

En tant que stratégie générique d'exploration, la logique de plate-forme met en évidence les avantages suivants dans le cas d'Axane :

- l'adaptation aisée du produit à des contextes d'utilisation variés permis par une diversification retardée : la même plate-forme peut ainsi être utilisée comme énergie stationnaire destinée à fournir du courant pendant plusieurs mois ou comme générateur portable sur un tournage de cinéma. Dans le premier cas, la plate-forme sera intégrée dans une armoire électrique pré-configurée, capable de fournir un courant régulier quel que soient les conditions extérieures ; dans le second cas, elle sera intégrée dans un châssis de générateur portable incluant la conversion de puissance souhaitée par l'utilisateur (230 V AC par exemple).
- La multiplication potentielle des terrains d'expérimentations et donc l'augmentation de la surface de contact avec de nouveaux utilisateurs, grâce à la diminution des temps de développement. Quelques prototypes permettent ainsi d'explorer tôt un large spectre d'attentes et de détecter des fonctionnalités ultérieures à développer.
- Un modèle industriel prudentiel : la stratégie de plate-forme permet de ne pas investir massivement sur le développement d'une seule application, par essence risqué, puisqu'il s'agit d'une situation de création d'un nouveau marché. La décroissance des coûts imputable à la standardisation des composants permet aussi dans le cas d'Axane de communiquer auprès du principal actionnaire Air Liquide que l'industrialisation de la technologie progresse.

En revanche, la stratégie de plate-forme semble avoir eu aussi des limites dans le cas d'Axane :

- Un risque d'éclatement de la définition de la plate-forme face à la multiplication des demandes fonctionnelles hétérogènes de la part d'utilisateurs exprimant des demandes variées : certaines attentes étaient soit extrêmes (températures de fonctionnement entre -45°C et $+50^{\circ}\text{C}$), soit antagonistes. Comment arbitrer entre les applications ? A quel moment découpler la plate-forme en plusieurs produits ?
- Les apprentissages sur la valeur et les espaces fonctionnels impliquent de réviser régulièrement l'architecture de la plate-forme pour la faire correspondre aux applications identifiées. Axane s'est ainsi rendu compte au fil des projets que sa plate-

forme devait intégrer dans son périmètre des modes de couplage avec d'autres énergies, voire des équipements de détente de manière à optimiser sa conception.

- Le découplage induit par la logique entre les métiers de la technique et du produit (chef de produit / marketing) finit par créer des tensions et problèmes de communication : d'un côté les métiers du développement souhaitent travailler sur un objet technique stabilisé et préparer l'introduction de nouvelles versions, de l'autre les métiers-produits souhaitent l'ajout de nouvelles fonctionnalités et changent sans cesse la définition du cahier des charges fonctionnel...
- Enfin le risque est grand que la logique d'industrialisation prenne le pas sur celle d'exploration !! Les explorations de nouvelles connaissances techniques et de nouveaux principes d'architectures apparaissent alors risquées et antagonistes avec les objectifs de réduction de coûts unitaire de la plate-forme. Chez Axane, ce syndrome s'est manifesté par le suivi d'un quasi-unique indicateur d'industrialisation : le coût de revient de la plate-forme ramené au kilowatt. Alors que les explorations de la filiale portaient sur de nouvelles manières de valoriser de l'énergie (énergie furtive, énergie d'accès à des lieux confinés, mobilité « *plug and drive* »), les indicateurs de performance étaient en décalage avec ces valeurs et évaluaient la progression de l'exploration à un coût de revient par kilowattheure.

La stratégie de plateforme implique donc une redéfinition régulière de l'architecture et du périmètre de celle-ci afin de ne pas risquer l'éclatement. Elle implique aussi la mise en place d'indicateurs permettant de sortir des logiques d'industrialisation pures de nouveaux produits sur des marchés déjà existants : Lenfle (Lenfle, 2001) propose par exemple de valoriser le chiffre d'affaires potentiel envisagé avec les premiers prospects.

b. Devenir leader d'une industrie grâce à la stratégie de plate-forme

On peut remarquer des différences de stratégies entre le canadien Ballard, plus gros fabricant de PAC au monde et Axane, alors que ces deux acteurs ont choisi des stratégies de plate-forme. Nous avons analysé précédemment (cf. chapitre 2) que Ballard avait suivi dès la fin des années 1990 une stratégie de développement de plate-forme qu'il avait essayé d'introduire auprès de nombreux intégrateurs d'équipements électriques : cette stratégie de diffusion technologique avait échoué auprès des constructeurs de groupes électrogènes qui avait comparé la nouvelle technologie aux technologies établies mais avait finalement convaincu certains constructeurs automobile d'investir dans l'entreprise.

Axane s'est adossé au leader mondial des gaz industriels, Air Liquide, pour bénéficier des synergies avec les « périphériques » de la PAC : les équipements de pression, les stockages et la logistique H2. Contrairement à Ballard qui s'est focalisé sur une seule application, l'automobile, Axane, explore largement des nouveaux espaces de marchés à travers différentes applications : stationnaires, portables ou intégrées à des véhicules de petite puissance.

Cusumano et Gawer (op. cit.) décrivent comment des fournisseurs de composants parviennent, en prenant le *leadership* de la conception de plate-forme, à restructurer complètement un industrie. Les plate-formes procurent la capacité de redéfinir les architectures-produit, de maîtriser le rythme des changements technologiques et d'introduire de nouveaux standards : Intel par exemple avec le bus PCI au début des années 1990 puis avec l'USB passa du rôle de fournisseur de silicone à celui d'architecte principal de l'industrie du PC. Les deux leviers principaux utilisés par Intel avait été :

- 1) de convaincre les autres acteurs du secteur que l'architecture mise en place par IBM présentait de nombreux inconvénients (nombreux goulets d'étranglement dans la circulation des informations traitées, obligation de re-développer une nouvelle architecture à chaque introduction d'un nouveau processeur) ;
- 2) de mettre en place des accords réciproques d'utilisation libre de la propriété intellectuelle liée aux nouveaux standards afin de stimuler leur adoption

Si l'on considère les stratégies des deux constructeurs de PAC, nous observons que Ballard a privilégié depuis 2002 une stratégie d'alliance avec deux constructeurs automobiles (DaimlerChrysler et Ford) et a renoncé à une stratégie de leader de plate-forme. Axane, en revanche détient de nombreux atouts pour pouvoir initier une telle stratégie. Nous reviendrons au chapitre 10 sur les modalités d'une telle stratégie pour Axane : selon nous, la PAC n'occupe qu'une place parmi un écosystème de composants qui doit être intégré à la définition d'une nouvelle plate-forme.

En conclusion, la stratégie de plate-forme d'exploration reste très performante pour explorer de manière très large de nouveaux espaces de marchés tout en minimisant les risques d'investissements.

9.2 Airstar et les ballons éclairants

Airstar a exploré entre 1994 et 2000 un grand nombre d'applications pour des ballons éclairants à hélium dotés d'une puissance lumineuse exceptionnelle. En l'espace de sept ans, la petite entreprise iséroise est passée d'un effectif de quatre personnes à trente-trois personnes réparties dans dix filiales internationales et ses produits sont devenus des produits incontournables dans l'industrie du cinéma et dans l'événementiel. Voici les principaux jalons du processus d'exploration de cette entreprise (9.2.1). Nous analyserons ensuite à quelle stratégie d'exploration générique se rattache le cas (9.2.2)

9.2.1 Le processus d'exploration d'Airstar

- Les premières pistes : la fin de l'éclairage à incandescence annoncée ?

Comme Axane, les fondateurs d'Airstar viennent du monde du gaz. Néanmoins, le principe de base du ballon éclairant est au carrefour de quatre domaines de connaissances : l'éclairage (la conversion de puissance et l'ampoule), le gaz (pour la diffraction de la lumière), la couture (étanchéité et forme de l'enveloppe) et l'aérodynamique (portance, stabilité du ballon en vol). L'innovation principale d'Airstar réside dans la combinaison novatrice de ces quatre éléments, jamais tentée auparavant.

Au démarrage de son entreprise en 1994, Pierre Chabert pense pouvoir fournir des ballons pour tout type de situations nécessitant de l'éclairage très puissant, déployable en un instant : les catastrophes (tremblements de terre, accidents de la route de nuit) mais aussi les grands sites difficiles à couvrir avec des projecteurs habituels : stades de foot ou salle de concerts, etc. L'« étoile des airs » (Airstar) est le concept de départ qui ouvre sur des idées foisonnantes mais dont peu sont porteuses de valeur au démarrage : les ballons sont très chers (5000 euros) à cause des ampoules halogènes et de l'électronique sophistiquée qui n'est pas produite en série. Ils sont de plus incontrôlables dès qu'il y a un peu de vent, la durée de vie des ampoules reste très limitée, et en plus il faut payer pour l'hélium qui est stocké dans des bouteilles qu'il faut changer régulièrement.

- L'événementiel ou l'« éclairage communicant »

Face à ces applications et à des premières démonstrations dans des secteurs tel que l'éclairage de secours ou le BTP, Chabert fait face à de nombreux échecs : on lui avance à chaque fois que les projecteurs à incandescence sont dix fois moins chers que ces ballons et beaucoup plus fiables. La technique n'est pas mûre ? Ou les secteurs ciblés ne sont pas les plus pertinents ? Chabert décide alors de changer de stratégie et suite à des contacts pris sur un salon pense avoir trouvé une première application : si la luminosité des ballons ne semble pas être appréciée par les professionnels en extérieur, le secteur de la

communication semble être séduit par ce « phare » qui intrigue et attire les visiteurs de loin, vers un stand particulier lors des salons. Ainsi naît le concept d'« enseigne volante » qui permettra à Airstar de se développer dans l'événementiel, d'abord en intérieur, puis en extérieur, une fois les problèmes d'étanchéité réglés. C'est donc moins sur la puissance pure d'éclairage pourtant mise en avant au démarrage que sur l'affichage d'un étendard, distinctif, visible (car en hauteur et lumineux) qu'Airstar construisit ses premiers succès commerciaux.



Figure 45 : des ballons à hélium éclairant l'intérieur d'un hall lors d'une foire à Bordeaux, 1996 (source Airstar)

- Le retour à la puissance éclairante

Pendant trois années, entre 1995 et 1998, Airstar fiabilisa donc ses procédés d'éclairage en augmentant notamment la durée de vie de ses lampes grâce à une électronique plus adaptée. L'étanchéité des ballons fut aussi grandement améliorée et testée en extérieur. Airstar commença ainsi à couvrir des grands événements sportifs où les ballons servaient à éclairer de nuit comme un plein jour grâce à des ballons aux ampoules plus puissantes et à la portance plus importante (ballon de 7 mètres de diamètres). Airstar s'aperçut lors de ces premières sorties en extérieur qu'un seul ballon élevé à trente-cinq mètres d'altitude pouvait éclairer l'équivalent de 20 000 m² de terrain... Le modèle d'affaire était basé à ce moment sur de la prestation de service où le matériel était loué à la journée avec un technicien chargé de sa mise en œuvre. Il fallait encore un savoir-faire particulier pour s'assurer de la stabilité des ballons en vol et pour manipuler les ampoules avec précautions. Mais au regard de l'effet produit pour des événements médiatisés, les tarifs de 1500-1800 euros la journée furent acceptés.

Le cheminement du processus d'exploration est schématisé sur la figure 47 de la page suivante.



Figure 46: des ballons éclairant en extérieur, de nuit, pendant la coupe de surf Quicksilver en 1998 (source Airstar)

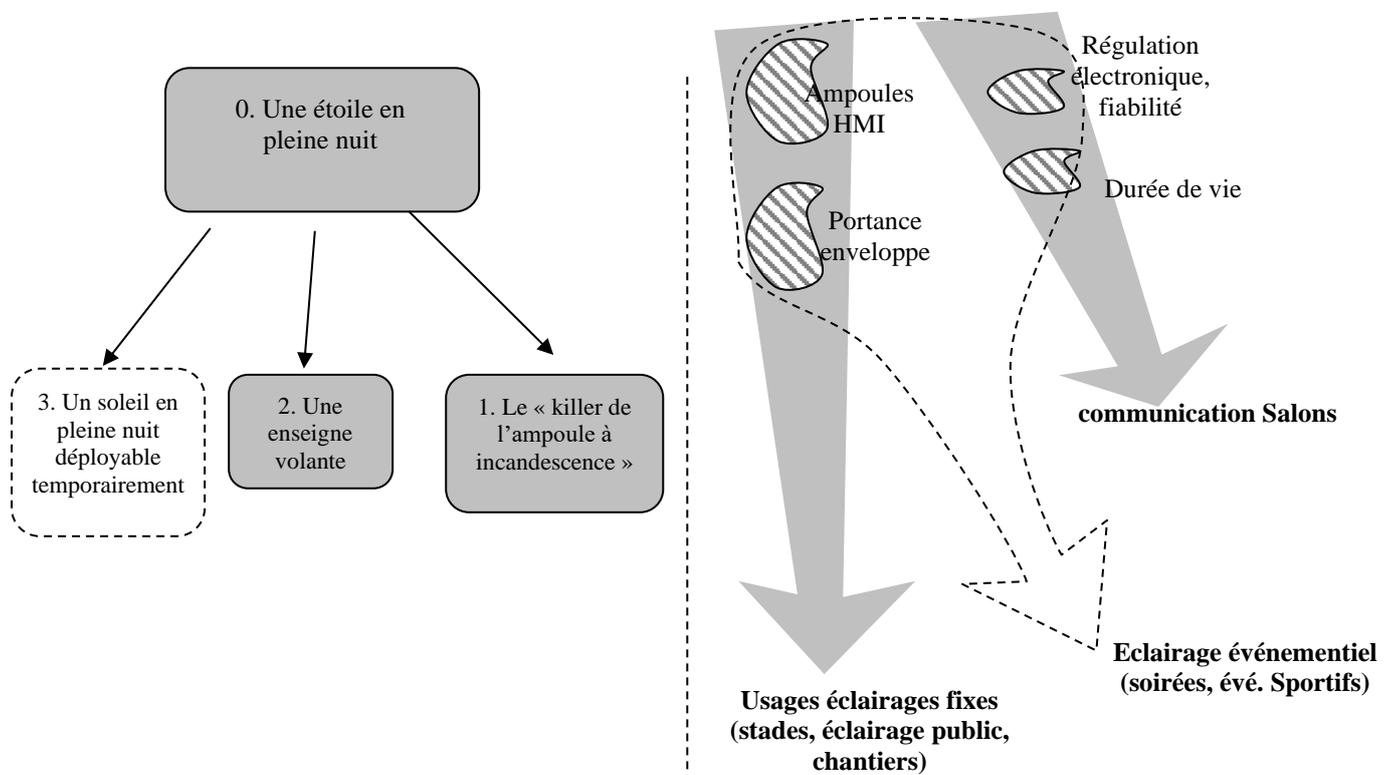


Figure 47 : le processus d'exploration conduit par Airstar (étape 1)

Airstar retourna alors vers les professionnels de la sécurité et des chantiers et après avoir réalisé des démonstrations gratuites auprès de pompiers, SAMU et travailleurs du BTP et en tira une série d'enseignements :

- ces professionnels semblaient connaître très peu de cas de grandes surfaces à éclairer de nuit, à part quelques cas assez exceptionnels de plans rouge, où il fallait voir comme un plein jour sur un ensemble de théâtres d'opération. La plupart du temps, leur souci était d'éclairer avec le temps minimum de mise en œuvre des projecteurs.
- Les conditions atmosphériques étaient tellement variables que l'utilisation d'un ballon suspendu à un câble semblait proscrite.
- Ils souhaitaient rester propriétaire d'un équipement et n'adhéraient pas au modèle de la prestation, trop contraignant (car ce modèle impliquait une trop grande vis à vis de l'extérieur).

Plutôt que de persister, Chabert et son équipe s'adaptèrent et changèrent profondément l'identité de leurs produits tout en conservant les principales performances : ils conçurent alors des ballons gonflés à air et sur mâts de manière à satisfaire ces professionnels. L'air permettait de s'affranchir de la logistique gaz tout en conservant un pouvoir de diffraction suffisant. Le mat télescopique permettait d'élever le ballon à des hauteurs raisonnables, mais rapidement et par tout temps. La gamme « Sirocco » vu ainsi le jour parce que Chabert avait accepté de transformer l'identité de ses ballons pour les adapter aux enjeux de l'activité de ces professionnels.

Le concept de « mini-soleil déployable par tous temps » apparut ainsi. Il n'empêche que pour les situations d'urgence (notamment lors de l'après 11 septembre 2001), les ballons à helium sont toujours indispensables car ils permettent en quelques minutes d'éclairer l'équivalent d'un stade de football là où il faudrait plusieurs heures pour installer des projecteurs.



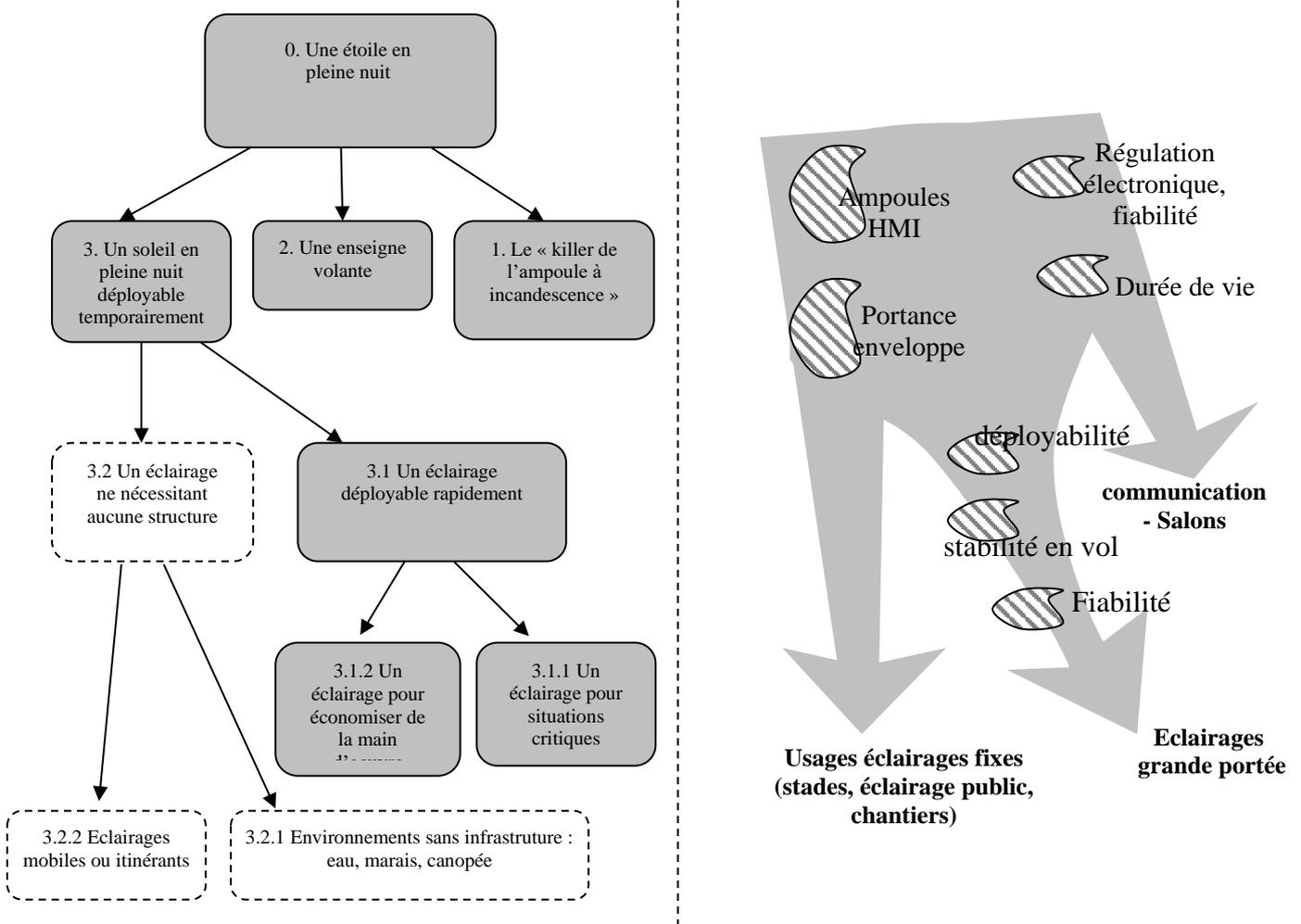
Figure 48 : la conception du Sirocco intègre une enveloppe auto-gonflée à l'air ambiant et un mat fixe afin de s'adapter aux conditions d'activité des sauveteurs (source Airstar)



Figure 49 : sauveteurs utilisant un ballon Sirocco lors d'un exercice d'intervention en 2002 (source Airstar)

- Une illumination au détour d'un tournage de cinéma

Les premières cibles dans l'événementiel avaient conduit les équipes d'Airstar naturellement vers le secteur du cinéma où la qualité de lumière homogène des ballons était susceptible d'intéresser les tournages. Il s'avéra en effet que les directeurs photo des tournages en extérieur apprécieraient fortement la qualité de lumière naturelle sans ombre projetée des ballons. Mais les directeurs de production étaient réticents face aux prix élevés des prestations. Une situation inédite permit à Airstar de proposer autre chose que de la lumière naturelle « sans ombre » : les équipes d'Airstar qui suivaient les tournages que les scènes de poursuite de voitures mirent en évidence que ces dernières nécessitaient des équipements hors du commun pour être filmée : échafaudages de projecteurs, hélicoptères, etc (cf. figure 50). Un des avantages que pouvaient procurer les ballons éclairants sur les scènes mobiles était la suppression des nombreux échafaudages de projecteurs en remplaçant le coût d'installation et d'équipements par la mise en œuvre de quelques ballons.



Avec le concept « éclairage sans infrastructure », Airstar parvient à convaincre sans problèmes les producteurs. De plus, ce concept s'avéra être un concept très fécond, transversal à plusieurs domaines d'activité : missions scientifiques, restauration de bâtiments, spéléologie etc.

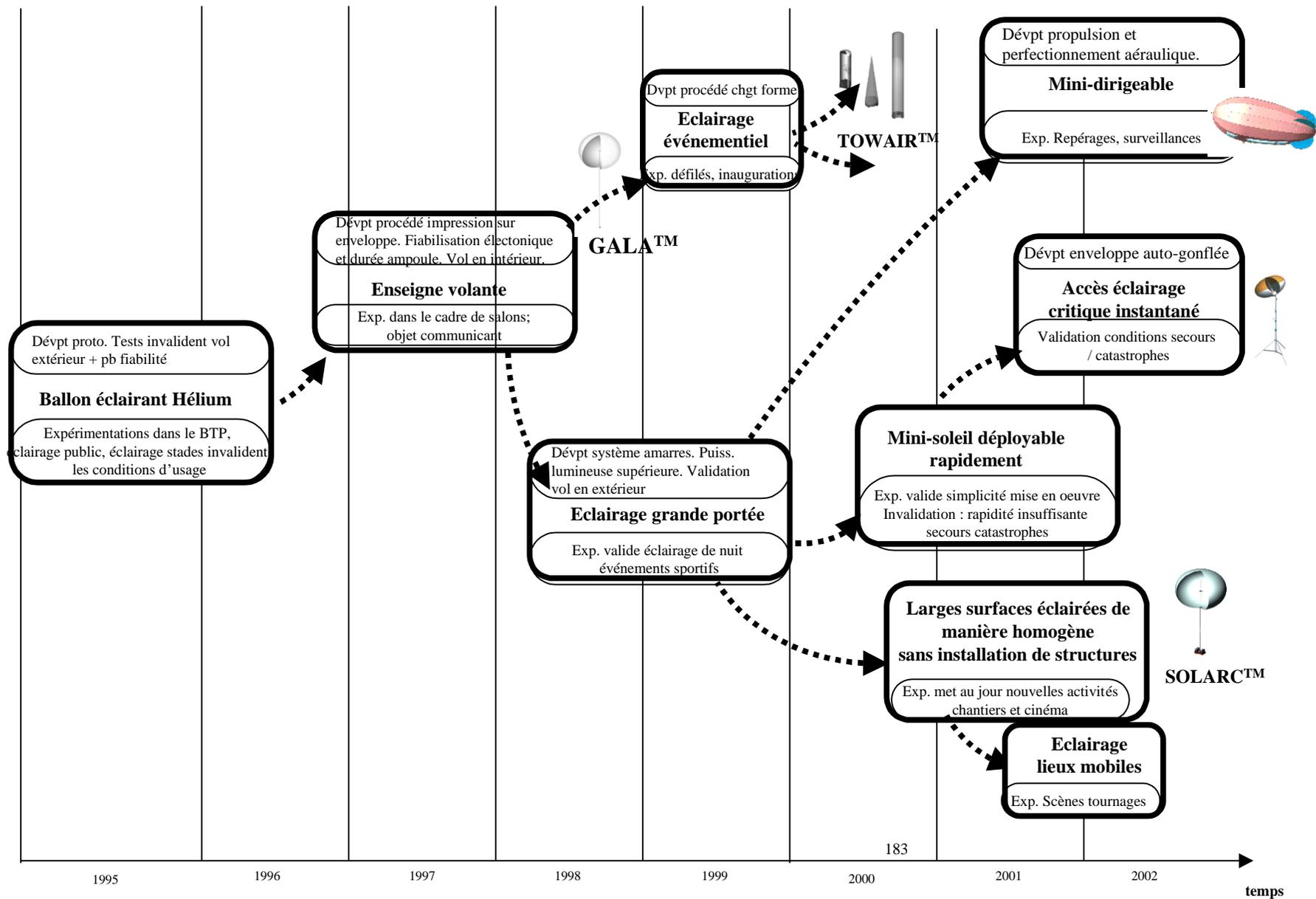
Figure 50 : avancéement du processus d'exploration conduit par Axane (étape 2)

En terme de stratégie d'exploration, on peut faire ici quelques commentaires :

- Airstar représente la stratégie parfait de détour d'exploration pour développer un concept porteur de valeur : d'abord découragés par les professionnels de terrain, ils font une parenthèse dans l'événementiel pour fiabiliser leurs équipements pour ensuite percer 1) dans le secours grâce à une adaptation de leur produits et 2) dans le cinéma grâce à un concept innovant issu des observations de terrains. Sans ce détour initial par l'événementiel (qui implique d'abandonner l'idée d'une *killer application*) Airstar permet de financer l'exploration qui est encore incertaine à ce moment.
- La valeur du concept d'« éclairage sans infrastructure » apparaît en révélant de nouvelles possibilités d'évolution des conditions de tournages : parce que ces transformations sont jugées porteuses d'effets-utiles et parce qu'elles suppriment de nombreux coût de mises en œuvre, le concept intéresse au premier titre les producteurs (alors que les directeurs photo sont convaincus par la qualité de la lumière). Airstar réussit donc à convaincre les utilisateurs et les prescripteurs. Ce concept est fécond car Airstar l'exploite ensuite pour ouvrir de nouveaux secteurs pour les explorations.

La cartographie du processus d'exploration d'Airstar est reprise à la page suivante en mettant en évidence les différents champs d'exploration parcourus (cf. figure 51).

Figure 51 : cartographie du processus d'exploration conduit par Airstar



9.2.2 Les stratégies de création de « lignées d'espaces de marchés » : le cas d'Airstar

La stratégie d'Airstar a été différente de celle d'Axane. Elle a consisté à développer des lignées de produits dans des secteurs de marchés où on ne l'attendait pas : ni ses concurrents puisqu'ils en étaient absents, ni ses consommateurs car ils se privaient de réaliser des actions par manque de solutions disponibles. Airstar a donc réussi à développer des lignées de produits tout en restant discret vis à vis des entreprises établies et en ciblant des catégories d'utilisateurs historiquement sous-ciblés par les concurrents : sa stratégie est donc un équilibre entre les stratégies de lignées (Chapel, 1997, Hachuel, et Weil, 2001) et les stratégies disruptives de Christensen (op.cit.).

Le management par lignées de produits est issu de travaux concernant des secteurs à cycles de vie rapide ou des *start-up*. Il décrit la co-génération des produits et des connaissances permettant de soutenir une croissance par l'innovation répétée (Chapel, 1997). A partir de l'étude du développement de nouveaux produits chez Tefal sur une période de plus de 40 ans, Chapel met en évidence les principes de management suivants :

- exploration de nouveaux espaces de valeur à partir d'un concept directeur, (des ustensiles de cuisson à la puériculture) ;
- stratégie prudentielle de développement de produit qui passe par des minimisations des apprentissages à chaque coup (« low cost probe » pour le concepteur et le client) ;
- stratégie de martingale pour penser le développement de produits avec un coup d'avance via une maximisation des rentes d'apprentissages des projets passés ;
- organisation des équipes de développement en équipes duales pilotées de manière très rapprochée par la direction.

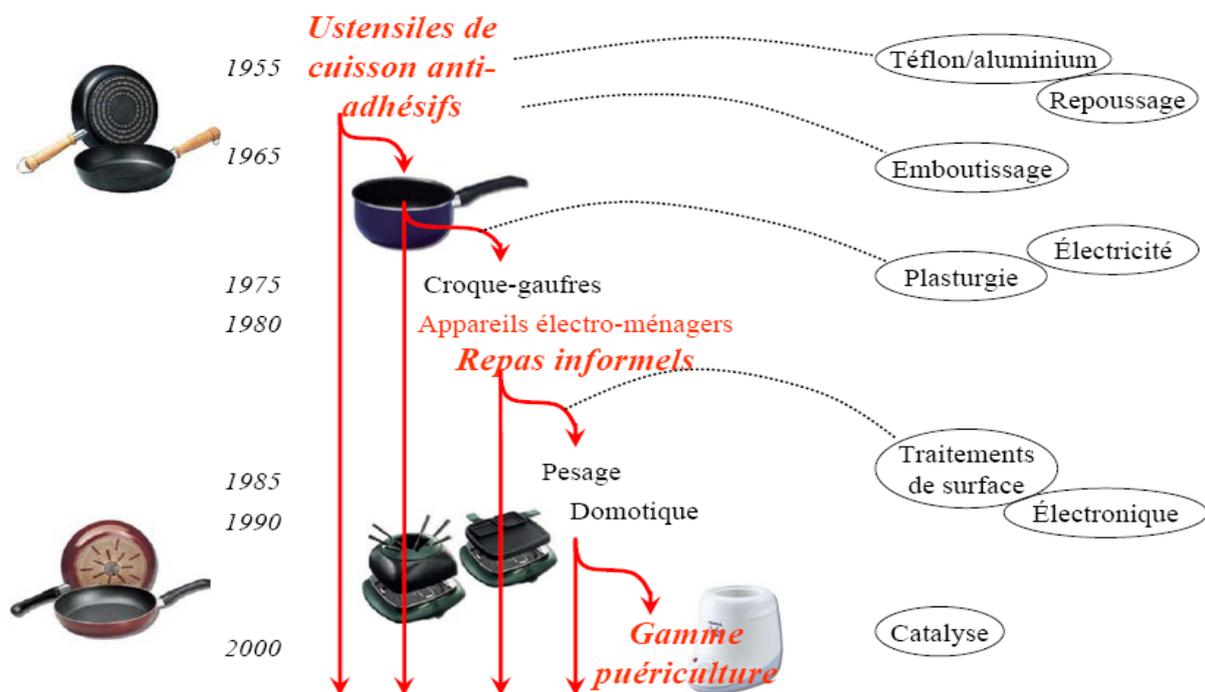


Figure 52 : l'illustration du mécanisme des lignées de produits chez Tefal (Chapel, 1997)

Ces principes de management ont permis d'illustrer les dynamiques de conception et d'innovation sur de nombreux cas industriels : Saint Gobain Sekurit et le développement de nouvelles fonctionnalités pour le parebrise automobile (le Masson, 2001), Smartools, Decathlon, etc.

On peut faire remarquer que les cas d'application du management par lignées décrivent en général plus principes d'évolutivité des architectures-produits que des principes de création de nouveaux espaces de marchés : si Tefal est certes l'inventeur des repas informels qui représentent la création d'une nouvelle activité pour des particuliers, en revanche on s'explique mal le passage de l'univers des repas à celui du pesage puis à la puériculture où les produits de Tefal se comparent à la concurrence. L'équation « repas informel + nouvelles compétences en traitement de surface et électronique » ne suffit pas à expliquer la dynamique de transition d'un espace de valeur à un autre.

Le cas d'Airstar met au jour de telles dynamiques en illustrant non seulement la co-génération des produits et compétences techniques mais aussi la co-production de produits et de nouveaux espaces de marchés. La figure 53 reprend la trajectoire d'exploration suivie par Airstar.

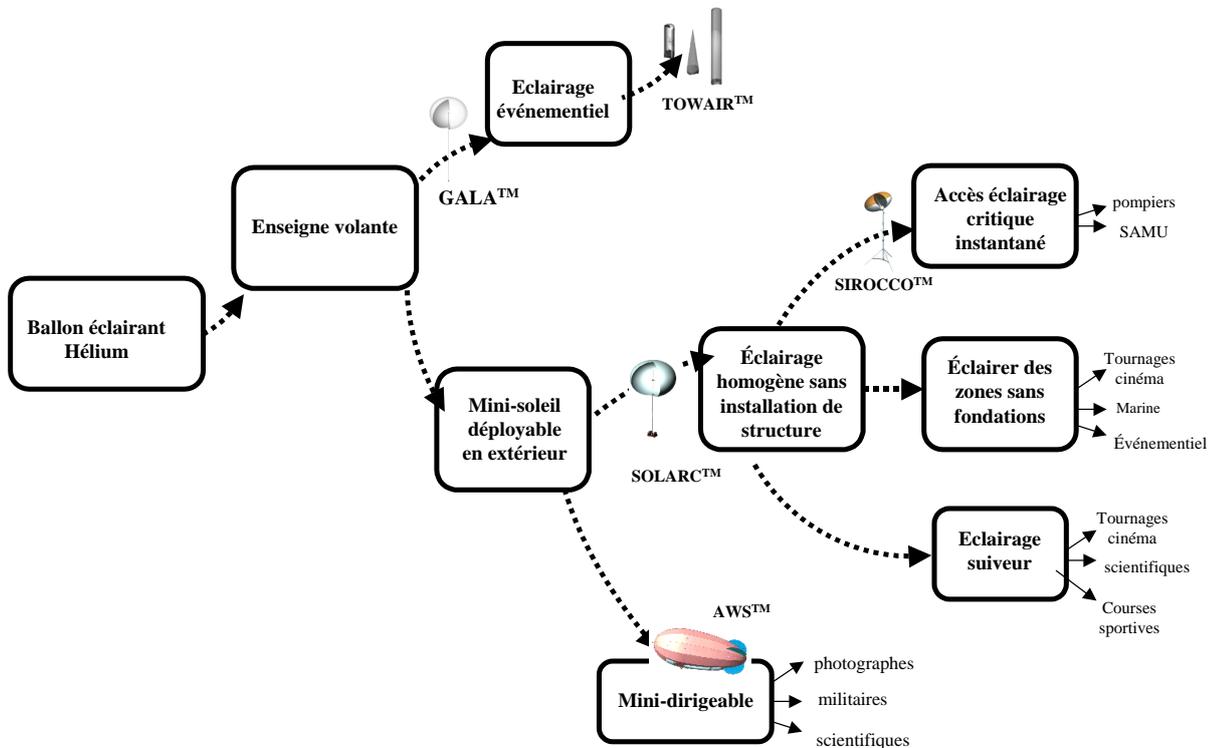


Figure 53 : illustration de la création de lignées d'espaces de marchés chez Airstar

Airstar commence par initier un nouvel espace de marché dans l'événementiel en proposant des « enseignes volantes » éclairées dans des lieux où la lumière n'a jamais manqué : les halls des salons. Ce nouvel espace de marché sera le point de départ d'une gamme de produits dédiés au secteur de l'événementiel : en développant des compétences de moulage des enveloppes, Airstar proposera des enseignes de formes différentes pour les inaugurations, défilés et salons.

Ensuite, après avoir fiabilisé ses ballons afin qu'ils puissent supporter les utilisations en extérieure, Airstar développera deux types de lignées : une **lignée orientée compétences** et une **lignée orientée valeur**.

- par l'acquisition de compétences en aéronautique, Airstar développera une gamme de dirigeables légers pour la surveillance et le tournage de films ;

- par l'acquisition de nouvelles compétences sur la valeur, Airstar fera évoluer la définition de ses ballons de « mini-soleils en pleine nuit » à des formes d'accès à l'énergie là où les solutions traditionnelles contraignaient les professionnels : déployer un éclairage capable de couvrir l'étendue d'un stade de foot en quelques minutes lors de situations critiques, se passer de plusieurs jours de montage d'échafaudages pour tourner une scène d'un film, ou éclairer des lieux sans fondations disponibles (marais, étendues d'eau, etc).

Le cas d'Airstar met en évidence que les stratégies de création de lignées d'espaces de marchés impliquent de travailler sur la valeur pour définir des **concepts directeurs** qui permettent de cibler de manière transversale de nouveaux utilisateurs en formulant de nouveaux usages. Airstar a ainsi réussi à s'imposer dans des secteurs où ses ballons ont révélé des *effets-utiles* : le secteur du cinéma où les ballons permettent de tourner avec des lumières homogènes dont l'installation rapide permet de raccourcir les temps de tournages ; le secours catastrophe où il permet de raccourcir le temps d'intervention des sauveteurs et leur efficacité en leur fournissant une lumière identique au plein jour ; et l'événementiel où il propose des enseignes éclairées des plus créatives aux clients désirants se singulariser.

9.3 MicroOptical et les lunettes à écran virtuel

MicroOptical est start-up américaine fondée en 1995 dont l'objectif, à ses débuts, est de commercialiser des lunettes portables à partir d'écrans LCD miniatures issus des nanotechnologies. L'épopée de MicroOptical est intéressante à double titre : premièrement parce que l'équipe va commencer ses explorations par des secteurs de pointe comme le militaire ou le médical avant de se tourner vers les marchés grand public ; deuxièmement parce que, à la manière d'Axane, la société commercialise depuis un an seulement ses premières offres sans que l'on puisse dire si les premiers succès commerciaux soient interprétables comme des marchés soutenables... L'identité des produits ne semble pas figée bien que la société ait définitivement choisi de se focaliser sur un seul marché avec un produit phare. MicroOptical a été sélectionnée, avec 47 autres sociétés innovantes, comme « Technology Pioneer » par le World Economic Forum en février 2007.



Figure 54 : les lunettes vidéo proposées à la commercialisation en 2006 par MyVu
(source MvVu)

Nous analyserons dans un premier temps le cas (9.3.1) pour revenir ensuite sur la stratégie d'exploration générique à laquelle renvoie ce processus d'exploration (9.3.2).

9.3.1 Le processus d'exploration de MicroOptical

- Le partenariat avec les militaires

MicroOptical commencent en 1995 à travailler à partir de micro-écrans LCD fabriqué par Kopin, un grand fabricant américain d'électronique qui développe depuis le début des années 1990 une gamme de matrices à cristaux liquides microscopiques grâce aux nanotechnologies (Cyberdisplay™). MicroOptical développe autour de ces écrans un système d'optique et de traitement de l'image sophistiqué qui permet à l'utilisateur qui porte le dispositif de visualiser des informations (photos, graphiques, textes, video), provenant de n'importe quelle source multimédia, comme s'il regardait un grand écran LCD à un mètre de distance ou plus. La technologie reste très chère et en 1998, le coût des

premiers démonstrateurs (environ 5000 euros) empêche MicroOptical de s'attaquer directement au marché de la grande consommation.

La firme commence par décrocher un contrat important avec l'armée américaine pour développer un système de visualisations de données du terrain pour le fantassin du futur. Le système est constitué d'un ensemble de batteries et d'un dispositif clipsable adaptable sur n'importe quelle paire de lunettes. L'intérêt est ici que l'image projetée par l'écran n'obstrue pas complètement le champ de vision du soldat et lui permet de consulter les informations en plus de la réalité. La société teste une douzaine de prototypes avec l'armée et noue même un partenariat avec une société spécialisée dans les équipements électroniques militaires en 1999 : Raytheon. Cette période est l'occasion de fiabiliser les prototypes.



Figure 55 : une des premières applications prototypée pour augmenter le champ de vision des militaires (source Raytheon)

De nombreuses applications apparaissent aussi hors du secteur militaire : à destination des techniciens de maintenance, des tradeurs, des bibliothécaires, etc. Le concept poursuivi est la « réalité augmentée » grâce à un ordinateur greffé à l'œil. Il est d'ailleurs étonnant de voir que dans leurs déclarations, les managers de MicroOptical pensent leur innovation, non pas comme un écran, mais comme un terminal multimédia complet, intégrant un traitement sophistiqué de l'information. Selon eux, le dispositif permettrait à des techniciens de maintenance de se passer d'oscilloscopes manuels pour privilégier des diagnostics complets, les bibliothécaires pourraient interroger les bases de données tout en se déplaçant dans les couloirs, et les policiers pourraient effectuer des contrôles d'identité tout en disposant d'informations provenant de réseaux interconnectés... Les dirigeants de MicroOptical n'explicitent pas plus quel type de terminal pourrait traiter l'information à afficher mais le concept central est bien celui du terminal greffé qui permettrait une réalité augmentée.

Durant cette période (1995-1999), les financements de l'armée soutiennent les efforts de développement de la *start-up* mais son chiffre d'affaires ne décolle pas.

- Les applications dans le médical

Entre 2000 et 2002, MicroOptical pénètre le secteur du médical qui, s'il ne lui permet pas de prendre son envol, lui donne une visibilité médiatique et lui permet d'affiner son concept. Les prototypes sont proposés à des chirurgiens à un coût de 2500 \$ afin de visualiser les constantes vitales des malades lors d'opérations, sans qu'ils n'aient à détacher leurs yeux du patient. Le concept, qui ouvrira sur d'autres applications, devient alors plus précis : il s'agit ici de visualiser des données déjà existantes, déjà traitées et mise en forme par un équipement, et de les afficher en surimpression par rapport à une situation : il s'agit donc de « monitoring non-intrusif ». Ce concept s'avérera ensuite fécond car transversal. La presse communique alors largement sur cette innovation qui annonce peut-être des applications dans la téléphonie mobile ou les jeux vidéos.

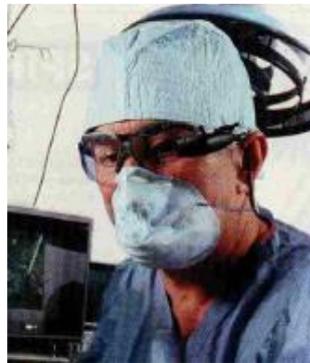


Figure 56 : le clip pour le secteur médical permet au chirurgien de se concentrer sur le patient en ramenant le monitoring dans le champ de vision

- Les applications pour les appareils nomades

En 2000, Essilor repère la start-up et prend des parts à hauteur de 10%. Essilor a en vue des applications grand public et sent que la technologie est mure. L'alliance est aussi technologique, Essilor bénéficiant d'un savoir-faire en optique de pointe qui peut aider à améliorer le procédé de MicroOptical. Essilor jouera les entremetteurs en 2004 avec France Telecom R&D. Un partenariat entre les trois entreprises débouchera en 2005 sur une offre où les lunettes de MicroOptical seront commercialisées avec un téléphone 3G pour visionner des vidéos (offre proposée avec un seul modèle de téléphone disposant d'une connexion de sortie VGA). Les lunettes seront alors commercialisées pour la première fois auprès du grand public pour 1000 euros.

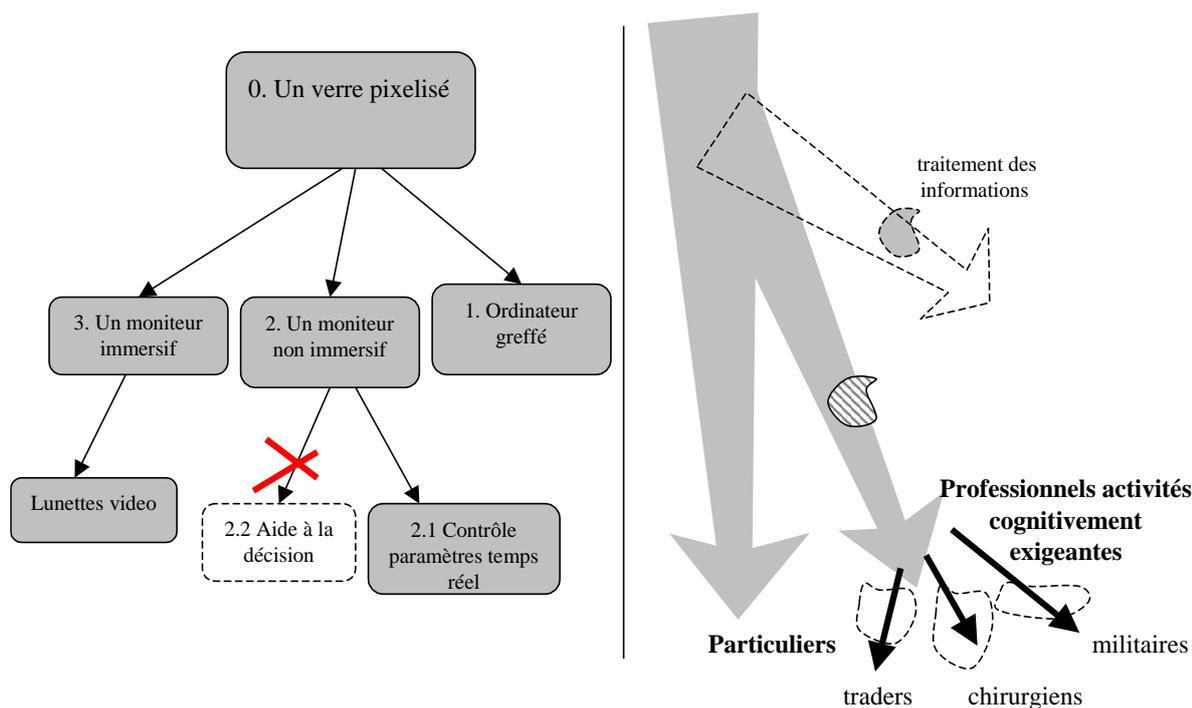


Figure 57 : illustration du processus d'exploration conduit par MicroOptical

La route vers les équipements électroniques grand public semble alors toute tracée pour MicroOptical, sauf qu'une fois passé le premier engouement des technophiles, il n'apparaît pas de nouveaux usages en dehors de la visualisation de clips vidéo dans les transports en communs. Le produit ressemble de plus en plus à un gadget éphémère... En effet, le sort de MicroOptical est lié à celui des équipements multimédia et le seul qui fasse un carton à cette époque est un baladeur mp3 : l'iPod ! Ce qui ne vient pas secourir les explorateurs. Pourtant en 2005, avec la sortie de l'iPod video, MicroOptical voit là le compagnon idéal pour les longs trajets (l'iPod comprend des batteries qui lui confèrent une bonne autonomie). En sortant un produit dédié à ce baladeur, et en changeant de nom par la même occasion (MicroOptical devient MyVu) l'entreprise surfe depuis sur la déferlante de l'iPodmania et les ventes des lunettes décollent. Entre temps, le prix de vente sera descendu à 300 euros.

Pour autant, MicroOptical n'est pas à l'abri d'un engouement passager. La focalisation sur le marché du multimédia grand public est séduisante mais les effets-utiles restent encore à démontrer. Alors qu'en 1996 le dispositif clipsable initial permettait une adaptation sur tout support de lunettes, les lunettes actuelles figent le dispositif dans une forme. D'une exploration de concepts foisonnante mais peu structurée, la firme est passée à une offre commerciale de visionnage de films sur un grand écran qui apparaît comme une forte restriction des fonctionnalités initiales. Les concepts de « réalité augmentée »,

et de « monitoring non-intrusif » ont laissé la place à l'immersion dans les contenus pré-téléchargés via un casque dont la fonction est maintenant d'isoler de l'environnement extérieur. La figure 59 de la page suivante synthétise le processus d'exploration suivi par MicroOptical.



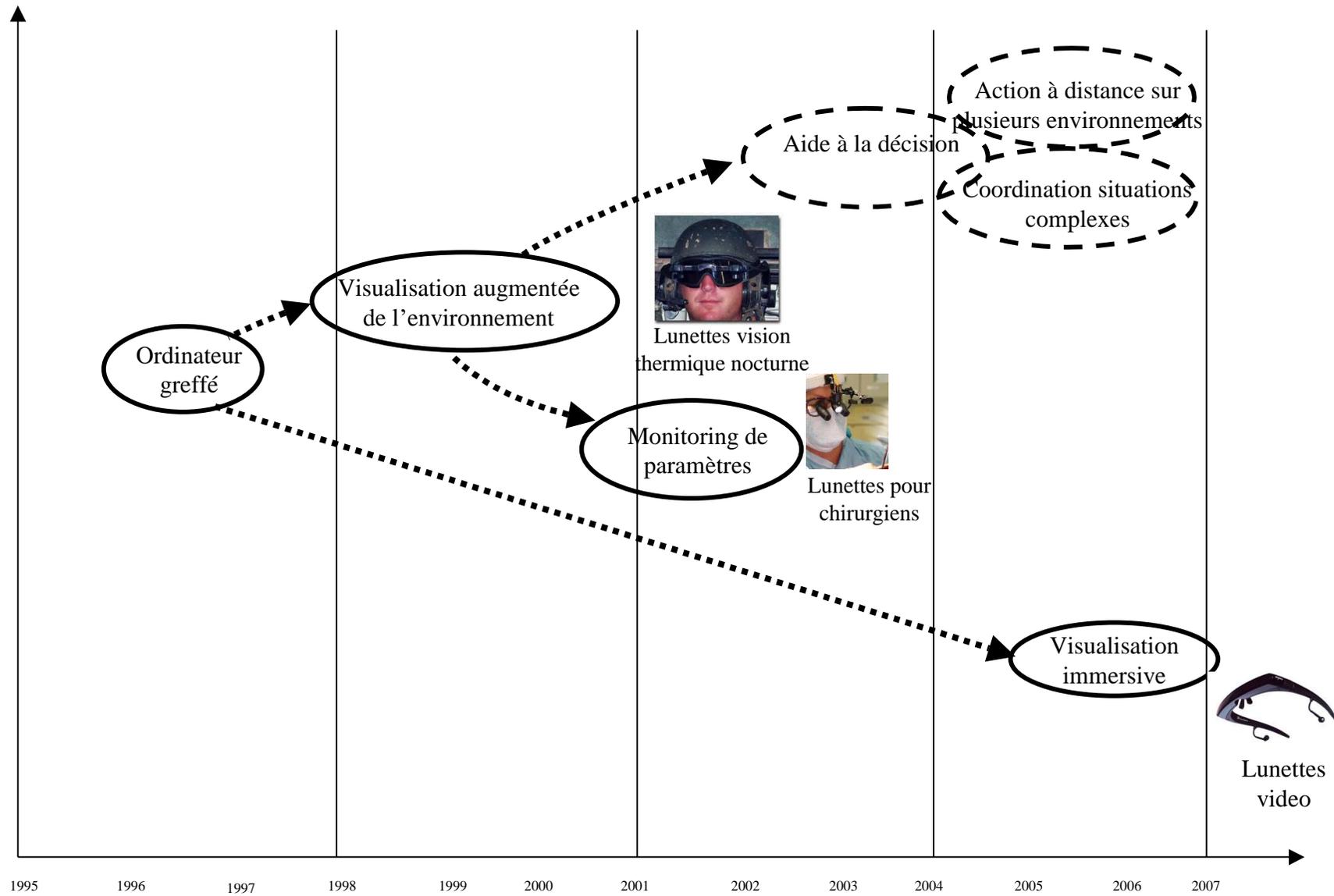
1996



2006

Figure 58 : évolution des prototypes de MicroOptical : du clip pour lunettes correctrices (à gauche) aux lunettes vidéo (à droite)

Figure 59 : Cartographie du processus d'exploration conduit par MicroOptical



9.3.2 Les stratégies de partenariats d'exploration : le cas de MicroOptical

Les partenariats d'exploration permettent de produire de nouvelles connaissances sur des concepts ou sujets mal délimités, nécessitant des expertises complémentaires.

La littérature qui traite des situations où des firmes s'allient pour développer conjointement des nouveaux produits a donné lieu à de nombreux travaux décrivant le modèle du co-développement et son organisation (Clark et Fujimoto, 1991, Midler, Garel et Kessler, 1997, Midler, 2000, Fujimoto, 1999, Nakhla, 2001, Nakhla et Soler, 1994).

Néanmoins, les principes à la base du co-développement ont montré leurs limites face aux situations d'innovation intensive (Lenfle, 2001, Le Masson, Hatchuel et Weil, 2000, Garel et al. 2004) :

- alors que l'enjeu était d'organiser la focalisation vers un objectif défini *ex ante*, les nouvelles coopération visent à explorer de nouveaux espaces de valeur où règne l'incertitude et où les risques sont financiers sont élevés
- alors que le co-développement visait l'intégration des compétences existantes des métiers, les situations d'innovation demandent d'étendre et de renouveler ses métiers pour pouvoir envisager de nouvelles architectures ou procédés techniques
- enfin, le co-développement a mis en évidence des limites en terme de régulation contractuelle qui freinent les coopérations dès qu'il s'agit d'explorer des pistes hasardeuses.

Il apparaît alors clair que les modalités de collaboration inter-firmes doivent tenir compte des régimes d'innovation (Segrestin, Lefebvre et Weil, 2002). Segrestin (2003) pose de la manière suivante les enjeux des partenariats d'exploration :

- du point de vue de la coordination, l'enjeu est de construire l'objet de la coopération et de concevoir des opportunités et les compétences associées en identifiant les critères d'efficacité, les ressources et les processus d'apprentissage à engager ;
- du point de vue de la cohésion, l'enjeu est d'initier des actions et ensuite de construire collectivement un but commun.

Toujours d'après Segrestin, la performance d'un partenariat d'exploration doit être évaluée par les pistes que le partenariat ouvre. La finalité d'un partenariat d'exploration est de déboucher sur de nouveaux

champs d'action et sur d'autres formes de partenariats. Par conséquent, ce qui doit être managé est la fécondité des pistes ouvertes et la valeur potentielles des opportunités mis au jour.

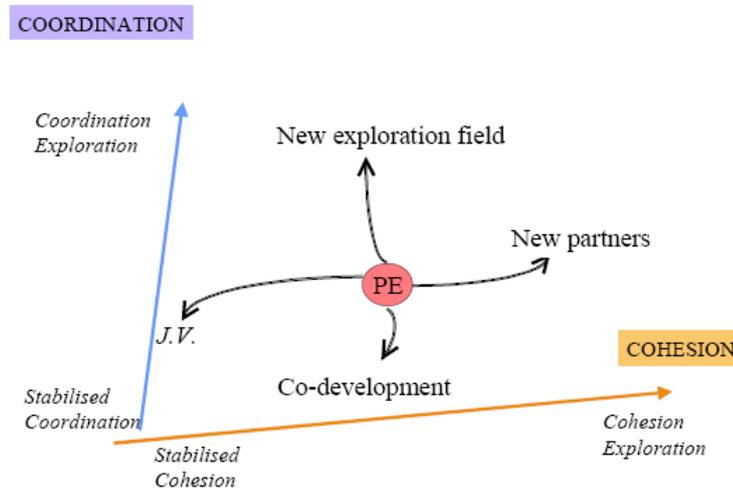


Figure 60 : Les débouchés possibles pour un partenariat d'exploration
(Hatchuel et Segrestin, 2004)

Dans le cas de Micro-Optical, on constate trois partenariats principaux dont les objectifs furent différents :

- entre 1995 et 1999 : partenariat avec l'armée américaine (Department of Defence : DoD) pour explorer des usages potentiels. Ce partenariat débouchera sur le co-développement d'un produit avec un équipementier américain, Raytheon, fournisseur d'équipements de visées tête haute.
- A partir de 2000 partenariat stratégique avec Essilor, leader mondial des verres optiques, afin de développer des marchés pour des « lunettes informatiques »
- En 2004, partenariat entre Essilor, MicroOptical et France Telecom qui aboutit à des expérimentations d'utilisations de « lunettes communicantes » en 2005 couplées avec des téléphones mobiles.

Le partenariat avec le DoD est orienté coordination et il porte sur l'exploration d'usages : après plusieurs mois d'expérimentation, il débouche sur la mise en évidence de nombreux effets-utiles : la technologie permet d'incruster des informations supplémentaires pour les fantassins par exemple en les superposant à la vue de l'environnement : par exemple, le soldat peut disposer de nuit d'une image thermique en plus de l'image qu'il perçoit. Ce partenariat se concrétise par un accord de co-développement avec un

équipementier spécialisé dans les dispositifs de visée, Raytheon. Ce partenariat débouche sur des concepts intéressants dans le prolongement des usages expérimentés : on peut penser à des lunettes d'aide à la décision, outil d'action à distance sur plusieurs environnements ou encore des lunettes facilitant la coordination dans des situations complexes. MicroOptical se focalisera uniquement sur l'aspect « monitoring » c'est à dire sur la fonctionnalité qui permet de regrouper et de visualiser en surimpression des informations provenant de sources différentes. Cette fonctionnalité sera expérimentée avec des chirurgiens avec comme effets-utiles de leur permettre de se concentrer sur l'opération sans avoir à surveiller les constantes du patient, dont l'affichage était dispersé sur de multiples appareils dans la salle d'opération.

Le partenariat avec Essilor est stratégique et marque la volonté de bénéficier des compétences techniques du groupe, leader mondial, mais aussi de son Marketing. C'est un partenariat orienté cohésion qui vise à identifier de nouveaux partenaires d'expérimentation afin de toucher des applications grand public. Les applications sont déjà identifiées et il s'agit en fait moins d'explorer de nouveaux usages que de mettre en place des partenariats d'expérimentation. En 2004 et 2005, une campagne sera organisée avec France Telecom en utilisant un téléphone multimédia : les utilisateurs pourront visualiser des films vidéo et des clips enregistrés sur leur mobile. Le groupe communique peu sur les résultats et enseignements mais d'après des forums d'utilisateurs ayant participé à l'opération, l'application « lunettes vidéo » est apparentée à un gadget : l'autonomie du téléphone et des lunettes est insuffisante pour visionner un film complet et pour des clips vidéo, l'équipement est jugé disproportionné. Fin, 2006, MicroOptical décide de se focaliser sur l'application « lunettes vidéo » présentées comme l'accessoire parfait pour les iPod vidéo. MicroOptical abandonne les autres marchés et change son nom pour MyVu. Essilor reste actionnaire à hauteur de 10% de MyVu.

MicroOptical aura laissé en friche de nombreux concepts et valeurs potentielles d'exploration autour des lunettes « réalité augmentée » pour se focaliser sur des applications grand public qui privilégie la la visualisation immersive de contenus vidéo. Les stratégies de partenariats d'exploration constituent de fragiles équilibres entre explorations risquées et hasardeuses de nouveaux champs et concepts et développement sur des marchés qui promettent des *killer application*.

CONCLUSION DU CHAPITRE 9

Les trois cas étudiés Axane, Airstar et MicroOptical incarnent chacun des trajectoires d'exploration différentes pour trois THP différentes : en partant d'une situation d'exploration caractérisée par une forte l'expansion sur les usages et sur les connaissances techniques, ces trois firmes sont parvenues en quelques années à commercialiser des offres innovantes sur de nouveaux marchés.

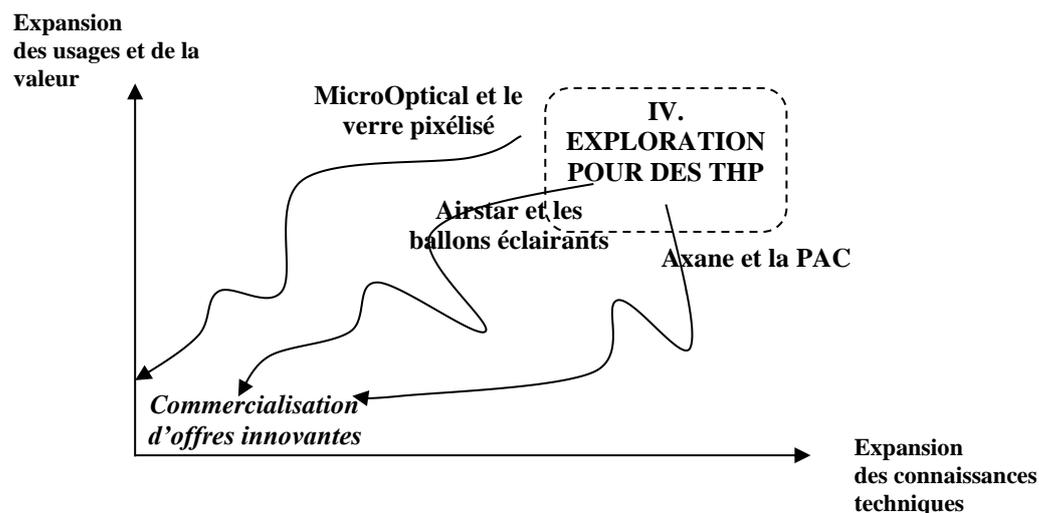


Figure 61 : Axane, Airstar et MicroOptical ; illustration schématique de trois trajectoires d'exploration pour des THP

Nous avons alors associé chaque processus d'exploration à une stratégie d'exploration :

- Axane ou la stratégie de plate-forme d'exploration ;
- Airstar ou la stratégie de création de lignes d'espaces de marchés ;
- MicroOptical ou la stratégie de création de partenariats d'exploration.

Le chapitre suivant isolera des leviers stratégiques et des tactiques d'exploration de ces cas et les proposera à la discussion. Nous reviendrons aussi sur les principaux indicateurs de convergence pour les processus d'exploration.

CHAPITRE 10. LES COMPOSANTES DES STRATEGIES D'EXPLORATION : LEVIERS STRATEGIQUES ET TACTIQUES D'EXPLORATION

L'étude des trois processus d'exploration mobilisés dans le chapitre 9 nous a conduit dégager cas à des stratégies d'exploration particulière, qui s'appliquent dans des cas d'exploration extrême, c'est à dire associés à des régimes d'innovation de type IV (cf. typologie du chapitre 7). L'objectif de ce chapitre est d'induire de ces cas des leviers stratégiques mobilisables plus ou moins selon les régimes considérés (10.1) : des principes de prototypage ou d'expérimentation spécifiques sont-ils applicables lors d'une exploration fondée sur l'expansion des usages ou des architectures ?

Chemin-faisant, nous avons aussi identifié des tactiques d'exploration, selon que l'enjeu était d'apprendre rapidement sur un sujet ou d'apprendre en profondeur. Nous reviendrons donc dans un second temps sur ces tactiques (10.2).

Nous discuterons enfin des indicateurs possibles pour la convergence d'un processus d'exploration (10.3).

10.1 Les leviers stratégiques pour agir sur le pilotage des processus d'exploration

L'étude des trois cas précédents et des stratégies appliquées nous conduit à identifier trois leviers stratégiques pour les processus d'exploration. En effet, le régime d'innovation de type IV représente une généralisation des autres régimes, il n'est donc pas étonnant d'exploiter les enseignements du chapitre 9 pour ces régimes à condition de préciser les conditions de validité des raisonnements. Nous développerons dans cette partie trois leviers stratégiques que nous discuterons dans la suite.

▪ **Levier 1 : concevoir des architectures « à mémoire de formes »**

La définition de l'architecture et de sa modularité sont des paramètres qui permettent d'intégrer rapidement et au moindre coût les apprentissages réalisés sur la valeur.

▪ **Levier 2 : l'expérimentation vue comme un moyen de prototyper des modalités d'accès à de nouveaux usages**

L'accès à des nouveaux terrains doit être suivi d'exfiltrations nécessaires des terrains pour reformuler la valeur et générer de nouveaux concepts. La conception des modèles d'affaires peut s'appuyer sur les coûts évités et sur la valorisation des nouveaux *potentiels d'action* mis en évidence lors des expérimentations.

▪ **Levier 3 : piloter l'exploration en agissant sur le périmètre de conception et les objectifs du collectif d'exploration**

Les explorateurs doivent s'allier à des partenariats de types différents selon qu'il s'agisse d'explorer de nouveaux concepts ou de faire appel à des expertises complémentaires sur des sujets délimités. Ses partenariats demandent des logiques différentes des logiques de co-développement afin de porter leurs fruits : la rationalité d'intégration est alors remplacée par des logiques de convergence des apprentissages ou de construction de nouvelles pistes.

10.1.1 Levier 1 : concevoir des architectures « à mémoire de formes »

Un des leviers qui ressort des stratégies génériques d'exploration semble être la capacité à concevoir des architectures malléables, qui pourront évoluer en fonction des performances que valoriseront plus ou moins les utilisateurs sans que cela n'impacte en profondeur ni ne remette en cause les principes de conception initiaux. Ces architectures semblent être dotées d'une propriété intéressante car elles conservent une « mémoire de formes » qui leur permet une variabilité fonctionnelle pour peu de modification de paramètres de conception.

La flexibilité dans les architectures-produits a souvent été vue comme un moyen pour les entreprises de faire face à l'incertitude sur l'environnement pendant les phases de développement de nouveaux produits (Thomke et Reinertsen, 1998). Dès 1964, Alexander suggérait que les bonnes conceptions architecturales étaient composées de sous-systèmes qui pouvaient être ajustés indépendamment des changements de l'environnement. Il mettait en évidence qu'une trop forte interdépendance entre les sous-systèmes pouvait compromettre une évolution plus rapide des architectures que le taux de changement de l'environnement (Alexander, 1964). Pour Baldwin et Clark (1997) la conception modulaire indique l'avènement d'un nouvel âge où les leaders des architectures seront capables d'organiser la compétition de secteurs entiers de l'industrie.

En situation d'exploration, on retrouve l'intérêt pour les explorateurs d'adopter des architectures les plus modulaires possibles :

- lors d'expérimentation avec des utilisateurs, si certaines fonctions apparaissent plus porteuses de valeur que d'autres, il peut être intéressant pour les explorateurs de retro-agir sur la conception en ne retravaillant que sur une fonction sans altérer les autres et ce, en diminuant le temps de développement, pour proposer de nouveaux démonstrateurs plus rapidement ;

- en terme d'industrialisation, des modules complets associés à des fonctions précises sont plus facilement externalisables vers des fournisseurs spécialisés. Les explorateurs peuvent alors se concentrer sur leur savoir-faire d'architectes.

Suh (1999) a ainsi développé une théorie de la conception permettant de décrire les « bonnes conceptions » des mauvaises. Dans son modèle, deux espaces sont distingués : l'espace des objectifs fonctionnels et des contraintes qui pèsent sur la conception (*Functional Requirements*, FR) et l'espace des paramètres de conception (*Design Parameters*, DP) comme ensemble des variables d'action pour les concepteurs. La conception revient alors à décider de la valeur des paramètres de conception pour atteindre les objectifs fonctionnels. Suh propose de définir une « bonne conception » comme étant celle qui respecte deux axiomes : l'axiome d'indépendance ("*maintain the independence of the functional requirements*") et l'axiome d'information ("*minimize the information content of the design*"). Un produit est alors bien conçu si tout FR est commandé par un et un seul DP. Néanmoins, l'identification des liens entre FR et DP semble parfois problématique car, en général, les métiers intervenant dans un processus de conception n'ont qu'une vision partielle de l'impact de leur action sur la performance globale du produit. Cela semble d'autant plus vrai dans les situations d'exploration, que l'enjeu est de détecter les FR alors que les utilisateurs ne sont pas entièrement capables de les transposer en usages ou de leur donner de la valeur.

Nos observations ont mis en évidence en première approche que les collectifs de concepteurs mobilisés dans les cas avaient un discours construit sur les stratégies de modularité de leurs produits mais que la plupart du temps, la modularité correspondait à une approche physique des modules et des interfaces, le plus souvent orienté par des soucis de fabrication (possibilité d'externaliser un module). En revanche, il ressort d'une analyse *ex post* des re-conceptions successives que **les architectures qui subsistent sont celles qui découplent de manière privilégiée les FR les plus incertaines, des DP.**

Par exemple, Airstar adopte dès le départ une conception où il peut adapter indifféremment le diamètre de l'enveloppe, la puissance de l'ampoule et la hauteur du ballon (longueur du câble). Il peut ainsi expérimenter avec la même ampoule des puissances lumineuses différentes en faisant varier la diffraction par l'enveloppe plus ou moins grande et par l'élévation au-dessus du sol, ce qui lui permet d'accroître ses terrains d'expérimentation.

MicroOptical, grâce à ses dispositifs clipsables, peut fixer ses écrans virtuels sur n'importe quelles lunettes ce qui lui ouvre rapidement un champ large d'expérimentation. La conception du dispositif grossissant permet d'adapter facilement la taille et les caractéristiques de la lentille en fonction de la taille de l'écran que l'on souhaite percevoir et de la distance à laquelle l'utilisateur souhaite voir l'image apparaître (cf. figure 62). Ainsi les progrès sur la matrice (en résolution, couleur, etc) peuvent être immédiatement répercutés en l'état sur les démonstrateurs sans en modifier la conception.

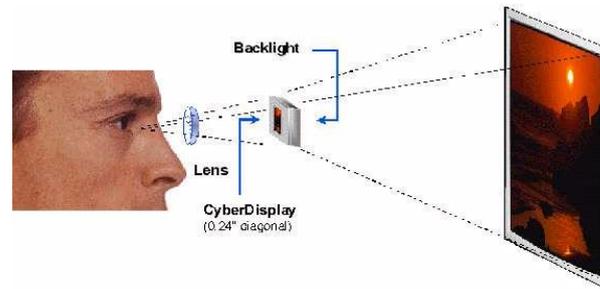


Figure 62 : principe de fonctionnement du verre pixélisé (source MicroOptical)

En revanche, contrairement aux discours affichés par Axane sur la stratégie de plate-forme et la modularité dans les applications, nous constatons que l'architecture n'est pas si flexible qu'elle n'y paraît :

- pour chaque gamme de puissance, Axane doit redévelopper un nouveau produit et redimensionner les composants en conséquence. Ainsi, après avoir passé deux ans à développer un produit qui couvre la gamme 500 W –2500 W, le projet de développement d'une nouvelle PAC pour la gamme 80 W-500W prend six mois de plus et implique une équipe de dix personnes : il faut redévelopper une électronique, spécifier de nouveaux auxiliaires en fonction des contraintes du nouveau projet ;
- le niveau sonore, la compacité, et la plage de fonctionnement en températures sont des fonctions très interdépendantes et l'on ne peut pas toucher à un paramètre de conception sans impacter toutes ces fonctions à la fois. Il faudrait par exemple revoir en profondeur le design d'une cellule et toute la thermodynamique de la PAC afin de diminuer le niveau sonore de quelques décibels...

Chez Axane, les principes de définition de la modularité semblent avoir été guidés par des principes d'optimisation de fonctionnement et une perspective d'industrialisation. Thomke et Reinertsen (op.cit) font remarquer à ce propos : « *a third general strategy for increasing flexibility is to attack the problem at an architectural level. In general, few managers appreciate the enormous leverage that can be obtained using this approach. Too often, architecture is left as a technical derision, which fails to exploit its potential to improve business performance* ».

En conclusion, la modularité joue un rôle non négligeable sur l'étendue des territoires explorables : si elle ne peut différencier de manière déterministe une « bonne conception » d'une mauvaise au démarrage du processus d'exploration, elle peut en revanche fermer l'accès à des terrains d'expérimentation et à des utilisateurs dont les objectifs fonctionnels impliqueraient de « tirer » sur certaines composantes de la performance. La « bonne architecture » est alors celle qui grâce à un effet « mémoire de formes », sait s'adapter à ces sollicitations particulières. Ce levier semble être mobilisable plus particulièrement dans les régimes où la distance (C-Kst) est élevée, c'est à dire dans les régimes de type II et IV.

10.1.2 Levier 2 : l'expérimentation vue comme un moyen de prototyper des modalités d'accès à de nouveaux usages

Dans les situations d'exploration de nouveaux usages en dehors d'une référence à des applications existantes, il peut être délicat d'engager des phases d'interactions avec des utilisateurs alors que les concepteurs ne connaissent que de manière incomplète les performances de leurs produits. Faut-il alors multiplier les expérimentations avec des utilisateurs aux conditions d'activité différentes à l'instar d'Axane afin d'espérer dégager de nouveaux effets-utiles ? Nous analyserons que l'enjeu des phases d'expérimentation n'est pas seulement de prototyper rapidement mais de prototyper « juste ». Nous verrons ensuite que l'expérimentation est aussi un moyen pour tester de nouveaux modèles d'affaires.

a) Organiser l'exfiltration des terrains d'expérimentation

Nous avons étudié que le démarrage d'un processus d'exploration consistait à formuler de premiers concepts et de les tester via l'expérimentation. Or, historiquement les phases d'expérimentation avec les utilisateurs ont été considérées comme des phases « couperet », s'inscrivant dans un processus de développement en entonnoir, comme une phase n-1 de la réalisation (Thomke, 2003). Un entretien avec le directeur du centre de prototypage de Renault où le prototypage est utilisé afin de valider le montage des différents modules du véhicule avant nous a confirmé cette approche : si des écarts sont mis en évidence lors de cette phase, les modifications peuvent être lourdes de conséquences sur les outillages des fournisseurs.

En revanche, chez Axane, Airstar et MicroOptical, nous remarquons que l'enjeu des expérimentations est plus large qu'une validation d'objectifs fonctionnels. Le périmètre de prototypage est tout d'abord plus large : il comprend chez Axane le produit éventuellement modifié afin de mettre l'accent sur une performance particulière (un « FR » modifiable facilement car découplé des DP) mais de manière plus large inclut le contexte d'usage et les conditions de mises en œuvre : par exemple suite aux difficiles débuts du projet pilote avec l'opérateur Bouygues-Telecom, Axane conçut des armoires-énergies

livrables en n'importe quel point du globe par camion ou hélicoptère et alimentables en continue grâce à une supervision à distance des consommations de gaz. Ces solutions devinrent des briques permettant de tester des usages à moindre coût puisque, contrairement à la situation du premier projet pilote, Axane avait intégré l'adaptation à de multiples environnements dans la conception intelligente de l'armoire et avait pensé le réapprovisionnement en gaz en temps masqué.

Multiplier les phases de tests et d'erreurs via de nombreux prototypes est une stratégie pour apprendre rapidement sur de nouveaux usages (Thomke, 2003). A cet effet, les trois firmes frappent par le nombre de prototypes mis en œuvre et les retours féconds de la part d'utilisateurs dans des secteurs très variés. Néanmoins, après chaque expérimentation, l'enjeu est de ne pas se limiter aux déclarations des utilisateurs mais de généraliser et d'en déduire des apprentissages sur les conditions d'activité. Il s'agit pour les concepteurs de prendre du recul pour formuler de nouveaux concepts qui pourraient être vecteurs de nouveaux effets-utiles : nous appellerons cette approche « exfiltration ». Le Masson et Magnusson (2003) ont très bien montré que la créativité reposait sur la capacité à enrichir les idées de départ en les dotant de nouveaux attributs et ne consistait pas seulement à filtrer les idées les plus originales. Axane par exemple explore des secteurs très variés et conceptualise facilement à partir du terrain ce qui se traduit par la multiplicité d'identités de ses produits : des caissons-énergie intégrant des panneaux solaires déposables en plein désert, des générateurs portables ultra-silencieux, en passant par des briques pouvant s'intégrer dans de petits véhicules électriques afin d'en accroître l'autonomie et les performances.

b) Développer des modèles d'affaires adaptés aux transformations d'activités à produire

Les processus d'exploration étudiés montrent que la conception des modèles d'affaire qui fassent écho aux valeurs explorées n'arrive que très tard dans les explorations. La conception des modèles d'offres est une activité à part entière. Le marketing de l'exploration relève d'une dynamique qui consiste à doter l'objet technique initial de nouveaux attributs découverts au fil de l'avancement de l'exploration. Cette dynamique conduit à transformer son identité en cours de route : la PAC passe ainsi du statut de « générateur électrique » à celui d' « batterie rechargeable instantanément » ou à celui de « tampon énergétique ». Il y a véritablement re-conception de l'énergie.

Nous verrons plus loin que la conception des modèles d'offres adaptés aux effets-utiles mis en évidence est l'un des critères de convergence d'un processus d'exploration.

Observons au passage que certains secteurs comme les militaires ou la santé ne sont pas des points de passages obligés d'une trajectoire d'exploration : ils incarnent des logiques de performances pures dans un premier temps et permettent de financer des innovations ; mais ils jouent parfois des rôles contre-

productifs, ces professionnels ayant eux-mêmes des cahiers des charges très drastiques qui peuvent tuer les innovations dans l'œuf. Axane a approché ces secteurs par exemple sans succès tellement leurs spécifications étaient exigeantes. En général, les explorateurs cherchent à associer leur image à ces secteurs d'activité qui sont associés dans l'imaginaire collectif à des valeurs de qualité, d'exigence, de robustesse. Le PDG de MicroOptical, R. Spitzer, déclare ainsi en 2000 : « *The company's consumer products have their roots in medical and military applications, which served as the fundamental technology drivers, providing the discipline for quality, adjustment, safety and usability* ».

En conclusion, l'expérimentation doit être vue comme un moyen de **prototyper des modalités d'accès à de nouveaux usages**, surtout dans des régimes où la distance (C-Kv) est élevée, ce qui correspond aux régimes d'innovation de type III et IV.

10.1.3 Levier 3 : piloter l'exploration en agissant sur le périmètre et les objectifs du collectif d'exploration

Ce levier revient sur les modalités de pilotage de la composition et des objectifs poursuivis par le collectif d'exploration : nous avons vu avec MicroOptical, Axane et Airstar que ces trois firmes développaient des alliances parfois sur des sujets flous, pour explorer de nouveaux concepts avec des partenaires différents selon les sujets explorés. Ici le principal levier des explorateurs semble leur capacité à moduler la nature du partenariat en fonction du régime d'innovation qui est en jeu.

a) Le collectif d'exploration à assiette variable

Le cas du fauteuil hybride mobilisé au chapitre 6 illustre parfaitement comment Axane s'est entouré d'associations puis de médecins et kinésithérapeutes de l'hôpital de Garche pour explorer de manière plus efficace de nouveaux usages. Mais le même projet faisait aussi appel à des expertises complémentaires qui ne relevaient pas de l'exploration : Axane fit appel à une société spécialisée sur les batteries de haute-densité, dans le cadre d'une relation client/fournisseur classique.

Segrestin (op.cit) a bien montré le changement de logique entre les relations traditionnelles client/fournisseur à des relations en amont où l'enjeu est plutôt d'apprendre ensemble, de développer de nouvelles compétences et de stimuler l'innovation en exploitant de nouvelles formes de partenariats qu'elle qualifie de *partenariats d'exploration*. Eisenhardt et Santos (2004) soulignent que dans les situations d'émergence de nouveaux marchés (nascent fields) les entrepreneurs font plus que de découvrir de nouveaux marchés et recombinaison des ressources : la construction d'un marché requiert des entrepreneurs qu'ils opèrent dans différentes arènes (*arenas*) et qu'ils délimitent des frontières pour

chacun d'elles, en utilisant pour cela des mécanismes stratégiques tels que l'identité, des alliances et acquisitions.

MicroOptical et son partenariat avec Ratheon correspond à un partenariat d'exploration pour pouvoir explorer des applications dans le secteur militaire ; en revanche, le partenariat avec France Télécom, bien qu'annoncé comme un partenariat de R&D n'apporte que de la visibilité pour les produits de la start-up, mais ne débouche sur aucun apprentissage sur les usages. Axane, de son côté apprend beaucoup de son partenariat avec Aixam sur les architectures des véhicules électriques mais aussi sur les raisonnements des constructeurs automobiles sur la valeur, même si ce partenariat ne débouche matériellement que sur une maquette.

b) S'allier autour d'une plate-forme

Les partenariats d'exploration permettent d'avancer en parallèle sur la construction de la technologie et des technologies complémentaires (les « enabling technologies » de Gawer et Cusumano, 2002) afin que les avancées de la première ne soient pas verrouillées par une architecture ou un système qui ne les répercuteraient pas : par exemple, si la logistique et le stockage hydrogène n'avancent pas en parallèle, les perfectionnements de la PAC ne suffiront pas à assurer l'avantage concurrentiel de la technologie sur les technologies établies ; de même avec les lunettes à écran virtuel qui dépendent in fine du développement de baladeurs numériques à forte capacité de stockage et autonomes. En régime d'exploration, il est important de ne pas dépendre de l'évolution d'un composant surtout si celui-ci conditionne les performances d'une technologie.

On l'a vu avec MicroOptical, qui, s'il se fournit chez un industriel de l'électronique qui lui garantit en permanence la dernière qualité d'écran LCD miniature, dépend de l'évolution des équipements multimédia portables pour démontrer les fonctionnalités de ses lunettes. Airstar de son côté a étendu ses poches de connaissances vers la conversion de puissance afin de pouvoir accroître la variété de ses produits en maîtrisant l'électronique dont dépend le bon fonctionnement et la durée de vie des ampoules halogènes.

Axane, devait en théorie être en bonne place pour que son interface principale, le stockage d'hydrogène, soit gérée de manière optimale avec Air Liquide. Tout laissait à supposer qu'Air Liquide mettrait à sa disposition, outre son réseau de distributeurs, une large gamme de stockages performants : légers, en matériaux composites peut-être, disposant d'instrumentation permettant de lire les autonomies facilement, etc... On aurait même pu imaginer qu'un centre de R&D collabore de manière étroite en proposant les dernières avancées technologiques en matière de stockage. Pourtant, le groupe se focalisa

sur la PAC et il mit des années avant de jouer la carte de la synergie avec la jeune filiale. Axane devait prouver qu'il existait bien des marchés importants pour les PAC avant que la partie Gaz et conditionnement ne se mette en mouvement.

A travers ces différents projets dans l'énergie décentralisée et les projets dans l'automobile, Axane a pu étudier en tant que fournisseur de PAC de près les contraintes et les potentiels d'évolution des architectures. Axane a ainsi changé progressivement la modélisation fonctionnelle des PAC : d'une représentation de « générateur principal d'électricité », Axane est passé, à travers les architectures « *plug and drive* » et à travers les projets d'intégration d'énergies renouvelables, à une représentation de « tampon énergétique » entre plusieurs sources d'énergie.

Ces analyses nous conduisent à esquisser un parallèle avec Intel et le lancement du bus PCI (Cusumano et Gawer, 2002) : Axane a en fait mis en évidence un rôle central de bus de stockage d'énergie qui pourrait devenir central dans bon nombre de systèmes énergétiques dans les années à venir.

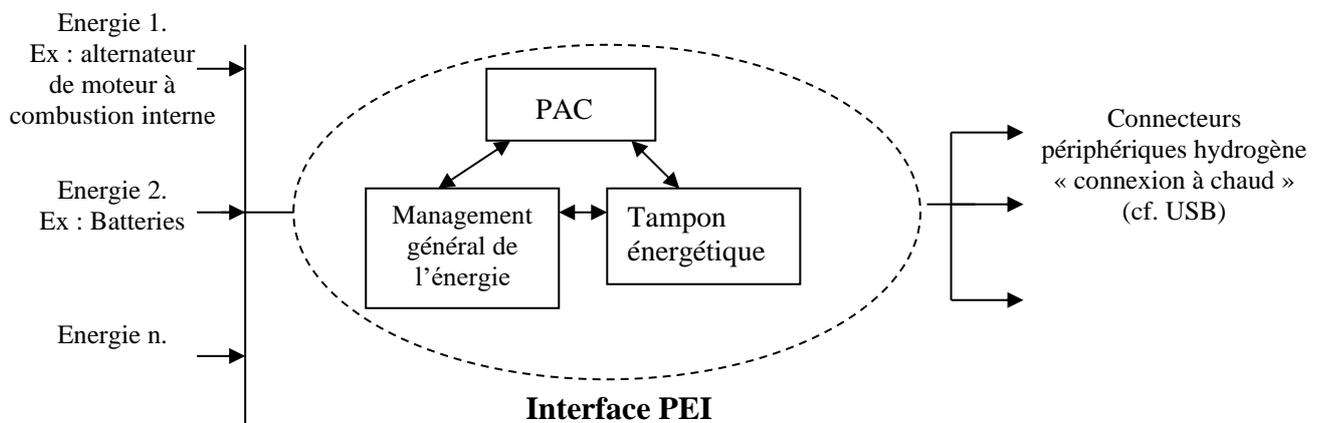


Figure 63 : schéma de principe d'une interface PEI (Peripheral Energy Interconnect) potentielle qui donnerait à Axane un statut de leader de plate-forme

En proposant une interface PEI (pour « Peripheral Energy Interconnect »), Axane définirait une architecture optimisée à d'autres industriels (constructeurs automobile, autres systémiers) qui leur permettrait de faire évoluer leurs systèmes sans reconcevoir à chaque fois les interfaces électriques et l'optimisation énergétique générale, soit parce qu'ils changent les sources d'énergies mises en jeu, soit parce qu'ils changent de fournisseur de PAC.

En concevant une telle architecture avec des interfaces disponibles libres de droit (à l’instar d’Intel et du PCI), mais dont le cœur, incarné par la partie « management de l’énergie », resterait maîtrisé par Axane, il serait alors envisageable de créer les conditions d’un leadership basé sur cette architecture énergétique.

10.2 Les tactiques d’exploration : forages et carottages

En régime d’innovation tiré par l’exploration de nouvelles architectures (régime de type II), il est efficace **d’opérer peu de forages** mais sur des concepts directeurs choisis avec précision, en vue de générer un maximum de nouvelles connaissances techniques. C’est l’exemple d’Axane avec les constructeurs automobiles : la PAC est d’abord vue comme le principal générateur d’énergie à bord et concentre alors toutes les contraintes techniques, pour que progressivement les équipes d’Axane identifient de nouveaux espaces de valeur pour des architectures où la PAC tient une place d’énergie auxiliaire ; enfin, une fois le développement de cette architecture mature, la cartouche Clip’On viendra se greffer sur cette dernière et sera réinterprétée en terme de nouveaux usages (concept de « *mobilité plug and drive* »).

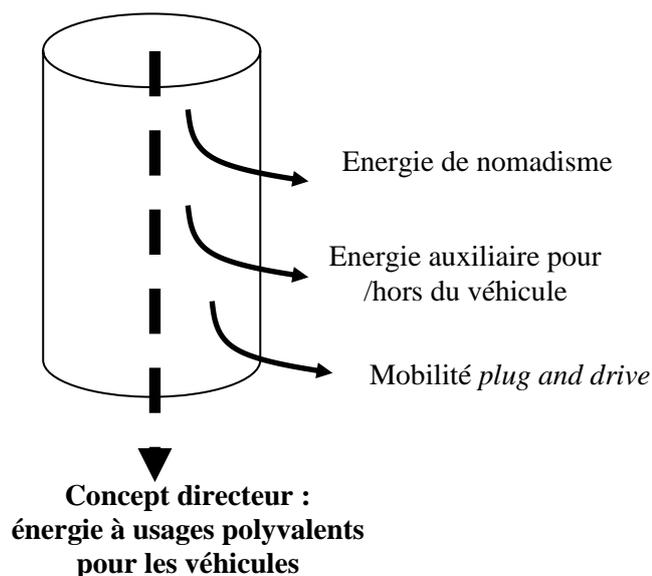


Figure 64 : schéma d’un forage effectué en suivant un concept directeur

En régime d’exploration tiré par les usages (régime de type III), il semble plus intéressant de **multiplier les carottages peu profonds** sur afin de tester de nombreux concepts et de générer de nouvelles connaissances sur la valeur. Axane incarne encore un exemple de cette technique avec le cas de l’exploration de nouveaux usages pour un fauteuil hybride (cf. chapitre 6). On se souvient que face à l’hétérogénéité des utilisateurs possibles pour un fauteuil électrique (regroupant aussi bien des personnes

en convalescence provisoire que des malades atteints de myopathie), les équipes d'Axane avait choisi différents angles d'attaques pour tester l'intérêt de plusieurs concepts (cf. figure 65).

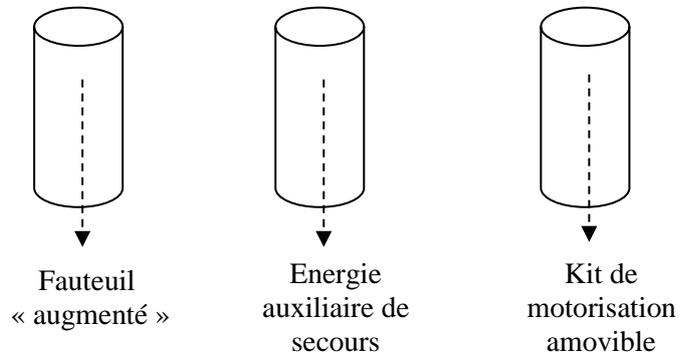


Figure 65 : schéma de carottage effectué sur un champ d'exploration

Ce type de stratégie de mise en parallèle des explorations apparaît indiqué dans les cas où plusieurs concepts sont en concurrence en termes de potentiel de valeur. Néanmoins, ces stratégies peuvent être gourmandes en investissements et efforts de prototypages.

10.3 Quelles mesures de la performance pour les processus d'exploration ?

Le problème de la mesure de la performance est particulièrement délicat dans le cas de processus qui n'ont pas de cible fixée *ex ante* : le management de projet s'est structuré autour de critères de performances évaluant la conformité des tâches réalisées par rapport à une cible décrite *in extenso* par un cahier des charges et par rapport à un planning qui est un instrument de pilotage robuste.

Les processus d'exploration ne peuvent recourir à des références temporelles ou à des cibles particulières : nous avons vu que l'enjeu était de progresser dans l'exploration de nouveaux concepts en explorant de nouveaux espaces de marchés et en régénérant les connaissances techniques.

Lenfle (2001) décrit néanmoins très bien les enjeux du pilotage des explorations :

- face aux risques de désynchronisation des études, insister sur la focalisation temporelle de l'exploration, ce qui passe par la création d'épreuves (tests, démonstrations clients, etc...)
- face à l'absence d'objectifs *ex ante*, valoriser à la fois la valeur des prospects et les connaissances produites pendant le processus d'exploration

Lenfle ajoute que l'enjeu de futurs travaux reste la production d'outils de pilotage permettant une « reformulation des problématiques chemin-faisant », en effet, en l'absence d'objectif précis comme le développement d'un produit, l'enjeu est d'explorer simultanément un espace des problèmes et un espace des solutions, à la recherche d'un couple cible-solution satisfaisant. Selon Lenfle, qui reprend Vissac-Charles (1995), des points de passages obligés finissent par apparaître, ce qui constitue un indicateur de progression du processus d'exploration. Néanmoins, ces considérations peuvent paraître abstraites et peu activables pour des managers confrontés à un processus d'exploration : comment distinguer un point de passage obligé d'un écueil ? Comment valoriser la valeur identifiée avec certains prospects quand, au final, ceux-ci finissent par ne pas vouloir devenir client ? Comment valorise-t-on les connaissances acquises (certaines sont-elles plus importantes que d'autres ?) ?

Nous avons déjà évoqué les difficultés rencontrées par le management d'Axane vis à vis d'Air Liquide quant à la communication de la performance du pilotage de l'exploration : en utilisant des indicateurs d'industrialisation et de commercialisation seuls, Axane s'est enfermée dans une logique de développement en décalage avec la nature exploratoire de ses activités.

Néanmoins, le cas d'Axane met en évidence des critères de convergence qui semblent avoir été utilisés par les managers eux-mêmes sans que cela n'ait donné lieu à des formalisations ni de suivi régulier.

Lorsque **le processus d'exploration est orienté vers la recherche de nouveaux usages pour de nouveaux marchés, il semble qu'un indicateur pertinent soit l'alignement entre les effets-utiles mis en évidence et la structure du modèle d'affaire proposé** : l'enjeu est en effet de proposer un accès à des performances valorisées par les utilisateurs sans que la technologie soit perçue comme une contrainte d'investissement.

Ainsi, lorsqu'Axane s'essaya à commercialiser ses premières offres énergie portable à des équipes dans le BTP en vendant un équipement électrique à un prix proche de 25 000 euros environ et un abonnement gaz, les consommateurs comparèrent immédiatement l'offre à celle de vendeurs de groupes électrogène haut de gamme et rejetèrent l'offre. Selon, nous il s'agissait à la fois d'un mauvais ciblage en terme d'utilisateur et d'effets-utiles insuffisants et d'un mauvais modèle d'affaire. Axane repêrât après quelques années des situations dans le cinéma où les équipes réduites se privaient de lieux de tournages et d'ambiances faute d'une « énergie invisible ». Les enjeux étaient tels que les producteurs étaient plus enclins pour obtenir une telle offre que le BTP : mais quel modèle d'affaire proposer alors que la manipulation des PAC était délicate ? En alignant son modèle d'affaire sur l'accès à l'usage final, Axane mis sur pied une offre de location à la journée comprenant un technicien chargé d'opérer le générateur et de gérer son approvisionnement en continu en relation avec la distribution d'Air Liquide. Cet alignement entre effets-utiles et structure du modèle d'affaire est en cours de test mais séduit déjà de nombreuses personnes de ce milieu.

Lorsque **le processus d'exploration est orienté vers la recherche de nouvelles connaissances techniques ou d'architectures, il semble qu'un indicateur pertinent soit la stabilisation** des apprentissages autour d'une architecture étendue : Weil (1999) qualifie cette situation où l'architecture renferme des connaissances en excès de « **demi-produit** ».

Ainsi, lorsqu'Axane explora de nouvelles architectures pour intégrer des PAC à l'intérieur de véhicule, les principes de conception et de management de l'énergie développés sur le fauteuil hybride furent immédiatement transposables à d'autres types de véhicules, l'architecture étant assez flexible pour s'adapter aux changements d'échelles ou d'applications.

CONCLUSION DE LA PARTIE III

L'analyse de trois processus d'exploration situés dans un régime d'exploration le plus poussé (régime de type IV) nous a conduit à identifier des leviers stratégiques, des tactiques et des critères de convergence qui semblent s'appliquer en fonction des régimes d'innovation considérés. La figure 66 synthétise les enseignements de la partie III.

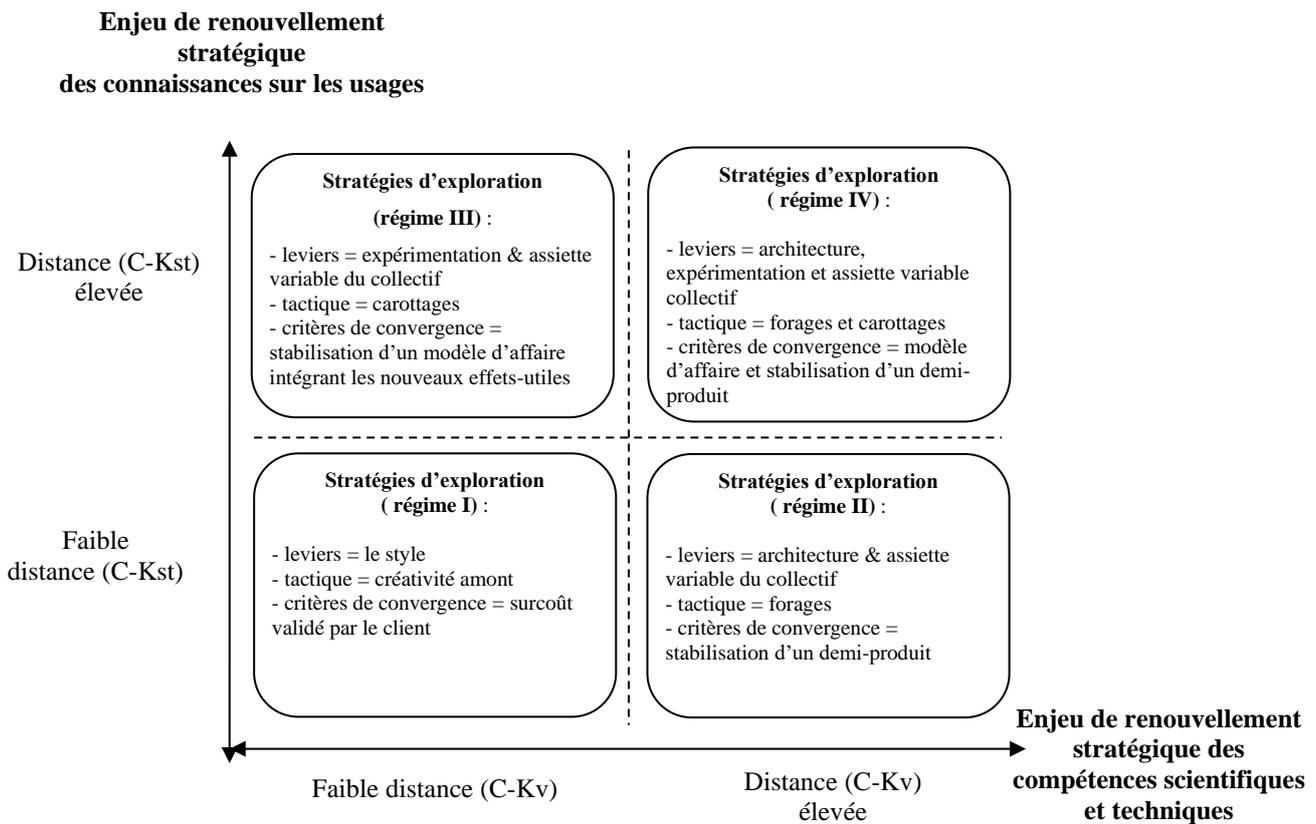


Figure 66 : synthèse des composantes des stratégies d'exploration

Le champ d'exploration apparaît comme la maille élémentaire d'action et d'allocation des ressources. Si l'on ne peut encore parler de « planification » pour un processus d'exploration, nous avons au moins contribué à lister une série de principes permettant d'orienter l'action des explorateurs.

PARTIE IV. LES ORGANISATIONS DE
L'EXPLORATION ; VERS UN NOUVEAU
METABOLISME ENTRE LES FONCTIONS
MARKETING ET R&D ?

Plan de la partie IV

Chapitre 11. L'organisation du Marketing face aux nouveaux enjeux d'innovation	216
11.1 L'organisation du Marketing dans l'entreprise contemporaine : crise des modèles de domestication de l'innovation	217
11.1.1 Le « Marketing concept » ou la domestication de la mise sur le marché de nouveaux produits	217
11.1.2 Les organisations du marketing face à la compétition extensive : crise des modèles génératifs	220
11.2 Les nouveaux courants du Marketing : vers un renouvellement des modèles de domestication de l'innovation ?	223
11.2.1 Le marketing expéditionnaire ou « marketing ₂ »	223
11.2.2 Le marketing de l'amont des projets	226
11.2.3 Le marketing dans la R&D	228
Conclusion du chapitre 11	229
Chapitre 12. Les entités spécialisées dans l'exploration de nouveaux marchés : un nouveau modèle pour domestiquer l'exploration de nouvelles valeurs ?	230
12.1 L'organisation ambidextre : se spécialiser pour conduire les explorations	230
12.2 Le Corporate Venture : l'ouverture de la firme sur un marché de l'innovation	233
Conclusion du chapitre 12	237
Chapitre 13. Mutations des fonctions Marketing et métabolismes d'innovation : l'intégration du Marketing au modèle de la R-I-D	238
13.1 La fonction de conception innovante comme métabolisme d'innovation entre les fonctions marketing et R&D	238
13.2 Le cas d'Axane et d'Air Liquide : émergence d'un métabolisme d'exploration entre le marketing et la R&D	241
13.2.1 La genèse de l'organisation exploratrice : la croissance d'Axane	241
13.2.2 Emergence et structuration d'une fonction Innovation	250
13.3 Les entités d'exploration et le modèle de la R-I-D	261
Conclusion du chapitre 13	264
Conclusion de la partie IV	265

La partie III nous a permis de dégager des principes et des stratégies de gestion pour les processus d'exploration. Les cas étudiés (Axane, Airstar et Micro-Optical) sont des petites entreprises qui ont développé des pratiques originales d'exploration et qui sont parvenues à créer un écosystème autour d'elles, soit en s'entourant de partenaires, soit en s'adossant à de grands groupes, afin de progresser dans leurs processus d'exploration. Contrairement à la littérature classique en management stratégique, nous n'avons pas étudié ces structures en tant que nouveaux entrants sur des secteurs déjà existants mais pour leur capacité à innover sur de nouveaux espaces de marchés. Quels enseignements peut-on tirer de ces cas pour la grande entreprise ? Si les principes et stratégies semblent assez transposables, peut-on induire des formes organisationnelles pertinentes pour des entreprises dont les organisations sont déjà rompues au management de l'innovation ?

La problématique d'exploration de nouvelles architectures, de nouvelles compétences ou de nouveaux usages en dehors des organisations traditionnelles est aujourd'hui en effet posée par de grands groupes industriels qui se sentent menacés par de nouveaux entrants ou se sentent impuissants à développer de nouveaux concepts : le cas des constructeurs automobile nous a montré comment le pilotage de l'innovation par la R&D avait été un échec par exemple dans le cas de la pile à combustible (cf. chapitre 2) ; en outre, la littérature regorge de cas où des équipes sont contraintes de développer en marge de leur organisation des concepts visionnaires : le « *laptop* » et le « *notebook* » chez Toshiba ne doivent leur existence qu'à la persévérance d'une équipe d'ingénieurs qui ont développé ces concepts en perruque, appuyés par un « champion » de niveau hiérarchique élevé (Abetti, 1997).

Face à la vogue de la création d'entités chargées de gérer l'innovation (on voit fleurir les termes de « plate-forme d'innovation », « cellule innovation », « fonction innovation ») faut-il en déduire que les grands groupes ont renoncé à trouver des modes organisationnels permettant d'organiser l'innovation entre fonctions Marketing et R&D ? Préféreraient-ils laisser l'innovation se gérer d'elle-même ? Le Masson (op. cit) va jusqu'à parler d'un modèle de gestion probabiliste de l'innovation pour certaines entreprises qui multiplient les investissements et les programmes de R&D en pariant sur le fait que quelques-uns seront porteurs de rupture.

Cette quatrième partie sera consacrée à l'étude des modèles organisationnels permettant d'explorer. Notre thèse est que les capacités d'exploration se situent dans un renouvellement des coopérations entre les fonctions Marketing et la R&D mais que les modalités et raisonnements de coopération entre ces fonctions doivent être réexaminés avant de plaquer des modèles d'organisation. Avant d'aborder cette question en détails, il nous faudra éclaircir dans un premier temps les raisons pour lesquelles les fonctions Marketing se sont graduellement coupées des raisonnements d'exploration de nouveaux usages et de nouveaux concepts pour se spécialiser dans des logiques de commercialisation de nouveaux produits sur des marchés existants.

Nous reviendrons donc dans un premier temps (chapitre 10) sur l'origine de la scission entre le marketing et les démarches d'exploration de nouveaux usages, en questionnant l'efficacité des modèles de domestication de la mise sur le marché d'innovations : ces modèles ont permis historiquement aux départements Marketing de lancer sur les marchés des flux continus de nouveaux produits mais nous constaterons qu'ils entrent en crise face au régime d'innovation extensive.

Dans un second temps (chapitre 11), nous nous intéresserons aux organisations que des entreprises créent en marge de leur entités de R&D et Marketing afin d'accélérer la largeur et la profondeur des explorations : développer une nouvelle structure de manière à favoriser une ambidextrie (Tushman et al., 1997) promet par exemple d'accroître les chances de mise sur le marché d'innovations de rupture ; le Corporate Venture, de son côté, propose d'externaliser l'exploration de concepts de rupture en sous-traitant à de petites structures spécialisées le développement de nouvelles compétences et la construction de nouveaux marchés. Néanmoins, ces organisations menacent de rester des coquilles vides si les instances de pilotage corporate conservent des modes de pilotage de l'innovation traditionnels et n'exploitent pas les connaissances produites en excès.

Nous verrons enfin à travers le cas d'Axane et d'Air Liquide (chapitre 12), comment une fonction « Innovation » a pu émerger et produire des résultats intéressants en termes de ré-exploitation des connaissances sur les usages, générées par l'exploration. Nous détaillerons quelles nouvelles pratiques de pilotage au niveau corporate ont émergé et comment sont apparues de nouvelles formes de coopération entre la R&D et le marketing au niveau du groupe Air Liquide. Le métabolisme qui en a résulté peut être analysé, selon nous, comme le signe d'un élargissement du modèle de la R-I-D (Le Masson, op. cit) aux fonctions Marketing.

CHAPITRE 11. L'ORGANISATION DU MARKETING FACE AUX NOUVEAUX ENJEUX D'INNOVATION

Le Marketing s'est construit historiquement sur des outils (segmentation, Mix) et des organisations qui lui ont permis de domestiquer la gestion et la création de valeur sur des marchés stables : jusque dans les années 1990, les départements Marketing tirent leur efficacité de leur capacité à commercialiser des offres sur des espaces de marchés relativement figés et pour des produits dont l'identité est stable. Notre analyse est que la division du travail qui s'est instaurée depuis les années 1920-1930 entre la R&D et le Marketing, division qui repose sur une scission originelle entre d'un côté « les activités de conception » et de l'autre « les activités de mise sur le marché », est aujourd'hui la même qui désert aujourd'hui les organisations du Marketing en les coupant du travail de conception de nouvelles valeurs et d'exploration de nouveaux usages.

Le travail réalisé par Hatchuel, Le Masson et Weil (2005) à propos de la domestication de l'innovation dans les bureaux d'études doit être effectué de manière symétrique à propos de la domestication de la mise sur le marché d'innovations par les départements Marketing afin de comprendre les difficultés rencontrées aujourd'hui par ces derniers.

En nous inspirant de leur méthodologie, nous étudierons donc dans la première partie de ce chapitre (10.1) deux énigmes successives :

- 1- *Quelles ont été historiquement les formes qui ont permis à l'entreprise de domestiquer la mise sur le marché d'innovations ?* Nous montrerons que cette domestication est fondée sur l'élaboration de modèles génératifs performants, c'est à dire des outils, méthodes et raisonnements qui ont permis de routiniser les activités de lancement et de commercialisation de produits innovants

- 2- *Pourquoi la question de la mise sur le marché d'innovations se pose-t-elle avec tant d'acuité aujourd'hui ?* Nous illustrerons alors comment la compétition par l'innovation extensive remet en cause les anciens modèles génératifs et empêche les organisations du marketing de construire de nouvelles coopération avec les autres acteurs de la conception (design, R&D, Bureau d'études).

Après ces premières analyses sur la crise des modèles de domestication de mise sur le marché d'innovations par les organisations du marketing, nous évoquerons de récents courants qui tentent de renouveler ces modèles pour proposer de nouvelles formes de couplage organisationnel entre marketing

et R&D (10.2) : l'organisation « Marketing 2 », l'intégration du marketing à l'amont des projets ou le marketing dans la R&D seront alors étudiés afin de conclure, soit sur un simple *relifting* de ces modèles de domestication, soit sur l'émergence de nouveaux principes d'exploration de nouveaux usages sur de nouveaux territoires.

11.1 L'organisation du Marketing dans l'entreprise contemporaine : crise des modèles de domestication de l'innovation

Les départements Marketing ont beaucoup évolué, tant dans les outils qu'ils utilisent, que dans leurs organisations depuis les années 1930 : si le *marketing concept* et l'orientation client ont permis de commercialiser de nouveaux produits avec succès pendant de nombreuses années, leurs fondements sont questionnés par les échecs retentissants de lancement de produits très innovants et par des impératifs d'innovation tirés par la transformation des usages.

11.1.1 Le « Marketing concept » ou la domestication de la mise sur le marché de nouveaux produits

La discipline Marketing a pu, grâce à ses outils et ses organisations, développer des modèles efficaces afin d'accélérer la mise sur le marché de nouveaux produits de qualité. Quels sont les fondements et les hypothèses implicites qui ont permis de construire de tels modèles de domestication de l'innovation par les acteurs et organisations du marketing ?

A) AUX ORIGINES DES MÉCANISMES DE DOMESTICATION DE L'INNOVATION

Depuis les années 1930, la discipline du Marketing a produit des méthodologies et des outils qui ont contribué à l'efficacité des départements Marketing.

- le *marketing mix* fixe les attributs du produit dont les performances sont déjà modélisées et la valeur se déduit des réactions des clients aux tests effectués en amont
- les méthodes de segmentation inscrivent le comportement des clients dans le prolongement des activités existantes
- les expérimentations de nouveaux concepts auprès de clients mettent en œuvre des dispositifs qui assurent la conformité des usages avec les besoins exprimés par les utilisateurs

Ces outils et pratiques ont servi à développer la légitimité et la performance des activités de marketing. Ils peuvent être assimilés à des modèles génératifs, c'est à dire des « grammaires de base, support à la répétition, qui permettent aussi la génération de formes nouvelles » (Hatchuel, le Masson et Weil, 2005). Le marketing est d'abord un ensemble de pratiques dans les entreprises et les marchés, notamment décrites par les historiens : Chandler (1977), Fullerton (1988), Tedlow (1990), aux États Unis ; Meuleau (1988), Chessel (1998), et Cochoy (1999) en France. La fonction marketing apparaît dans les grandes entreprises américaines au début du XX^{ème} siècle. Ses principaux métiers (publicitaire, chef de produit, responsable d'étude), se diffusent largement aux États Unis, puis en Europe et donc en France, au cours des années 1950 et 1960 (Low et Fullerton, 1994). Le marketing est aussi une inscription de ces pratiques dans des règles afin de constituer une discipline du marché permettant aux *marketers* d'agir. Les principaux outils (stratégie de marque, différenciation, segmentation, publicité), apparaissent entre 1880 et 1930. La discipline du marketing est codifiée et rationalisée entre 1920 et 1960 (Bartels, 1976), afin d'être enseignée aux générations d'étudiants qui se succéderont dans les *Business Schools* du monde entier comme en France au cours de la seconde moitié du siècle. Cette théorisation proposée par les manuels de *marketing management* a permis la professionnalisation des *marketers* et des enseignants de marketing (Cochoy, 1999).

Le développement de la discipline et de ces outils va de pair dans les années 1950 jusqu'à 1980 avec le développement d'un idéal de liberté et de mobilité : de l'appareil ménager des années 1950 au téléphone portable, en passant par l'automobile, les surgelés ou les radios portable, les exemples de la mise sur le marché de réponses au désir de libération sont innombrables ; « le Walkman de Sony et la carte bancaire sont les archétypes de biens et services associés à la promesse contemporaine de mobilité, de liberté, de nomadisme, c'est-à-dire à la possibilité excitante d'avoir le sentiment de s'affranchir des contraintes de l'espace et du temps » (Marion, 2001) .

L'élargissement de la sphère marchande et des pratiques marketing se poursuit au cours des années 1980-1990. On assiste à une accélération du renouvellement des produits par des innovations plus ou moins marginales, à l'apparition d'offres "personnalisées" (grâce au passage de la production de masse vers une production plus variée en petite série), et au développement de relations individualisées. Le marketing de la mode, du luxe, des services, relationnel, internes..., sont autant d'étiquettes pour désigner les multiples réponses des marketers à la demande de différences et de personnalisation.

La discipline a bénéficié depuis les années 1930 de solides principes d'organisation qui lui ont permis d'accroître les effets de cette domestication en devenant une fonction de l'entreprise non plus diffuse mais matérialisée par une organisation du travail éprouvée.

b) L'organisation des départements marketing

Les départements marketing ont historiquement accompagné la vague de rationalisation scientifique du management théorisées par des auteurs à partir des années 1910 comme Hoyt ou Weld : l'enjeu est alors de mettre en place une organisation scientifique du travail pour la commercialisation, la distribution des produits, les relations avec les fournisseurs et les finances de l'entreprise (Witzel, 2000). Hoyt insiste par exemple dès 1912 sur l'importance du travail de planification des ventes et sur la formation des commerciaux. Ensuite, les débats qui traversent la discipline ont lieu à l'organisation des canaux de distribution : le débat entre Haney et Weld vise à trancher s'il est plus intéressant d'intégrer verticalement les distributeurs et détaillants afin de toucher directement les clients (par la publicité notamment) ou s'il est plus économique de leur laisser leur indépendance. L'organisation du Marketing s'est ensuite construite sur une division du travail qui s'est largement inspiré de l'organisation des bureaux des méthodes avec la constitution de bureaux de méthodes marketing (BMM) chargés de définir des plans d'actions pour chaque segment, plans qui servirent ensuite de gammes opératoires pour les équipes commerciales. Les BMM utilisèrent donc la segmentation à la fois pour organiser le travail mais aussi comme une représentation des marchés existants : ce faisant, ils exclurent le travail sur les champs ou secteurs ou aucun client n'était déjà répertorié. De plus, la segmentation par l'homogénéité des comportements d'achat a coupé progressivement les acteurs du Marketing de l'univers des usages : classer les joueurs de jeux vidéo en *hard core gamers* et joueurs occasionnels ne renseignent en rien qualitativement sur les usages à développer afin d'attirer des non-joueurs vers les jeux vidéo par exemple ; de même avec la pile à combustible, se limiter à recenser les catégories d'utilisateurs utilisant déjà des groupes électrogènes silencieux à travers des secteurs existants sans s'intéresser aux usages ni à la valorisation de silence est le meilleur moyen pour parvenir à la conclusion qu'il n'existe pas de marché pour un nouveau générateur silencieux...

Ainsi, les modèles génératifs du marketing permettant la qualité, variété et nouveauté des produits mis sur le marché l'ont enfermé dans une organisation focalisée sur les comportements perçus des clients et l'*organisation-client* a développé des mécanismes de défense vis à vis des concepts trop innovants pour entrer dans ce cadre. En effet, les concepts aux identités flous ou ne correspondant pas à un segment déjà existant se voient, selon ce modèle, soit considérés comme non assez mûrs auquel cas ils sont renvoyés à la R&D, soit les clients sont présentés comme « non prêts » à recevoir l'innovation.

L'échec du véhicule électrique fut par exemple imputé à la faiblesse des technologies de batteries utilisées : temps de charges trop longs et autonomie insuffisante ; de même, pour les dirigeants de Toshiba il n'y avait pas de marché pour le « Laptop », les performances des premiers modèles étant en deça des besoins du marché ; l'échec d'Aramis, le concept de métro automatique du futur, fut lui aussi imputé en première analyse à une technologie trop complexe à mettre en œuvre ou à des utilisateurs

trop craintifs, ce que contredira Latour (1992) en mettant en évidence l'absence de raisonnement sur les usages de la part de Matra et de la RATP.

Les organisations du marketing se sont progressivement coupées de l'exploration de nouveaux usages en restant centrées sur l'activité de leurs clients et de leurs besoins. Néanmoins les fondements de ce modèle s'effritent depuis quelques années sous l'effet de nouvelles stratégies de compétition qui bousculent les stratégies habituelles de mise sur le marché de concepts innovants.

11.1.2 Les organisations du marketing face à la compétition extensive : crise des modèles génératifs

Les années 1990 puis 2000 voient un essoufflement des pratiques et des modèles génératifs de nouveauté du marketing : de plus en plus la conception et lancement d'innovation de rupture sont confiés à des centres de R&D d'un nouveau genre, alors que les acteurs du design prennent en charge la génération de nouvelles idées et la conception de nouveaux usages.

A) LE MARKETING FACE À L'ENJEU DE L'EXPLORATION DE NOUVEAUX USAGES

Dès les années 1970, les chocs pétroliers marquent les critiques les plus virulentes vis à vis du *marketing concept*. Mais le Marketing et la R&D conservent leur organisation : au premier revient la gestion des clients et le lancement des nouveaux produits et au second revient la production de nouvelles connaissances et le développement des produits. Sony et le lancement de produits comme le Walkman puis le Discman, puis les consoles de jeu Playstation, marque ce type de réussite par une très grande collaboration en amont des projets entre Marketing, R&D et Design, bien que les rôles et attributs de chaque acteur soient clairement définis.

Pourtant dans le même temps, les grandes entreprises cessent de faire confiance au Marketing pour lancer des concepts innovants et confient de plus en plus à des centres de R&D la mission d'explorer en parallèle des nouvelles architectures et de nouveaux marchés : Xerox PARC est créé en 1970, Bell Lab dans les années 1980 et l'Intel Architecture Lab en 1990. Un manager de l'IAL d'Intel en précise les missions: "our primary job is to expand the market for high-end micro-processors. The role of [IAL] is precisely that : to provide enabling technologies and grow the market for microprocessors by finding new users and new uses for PCs" (tiré de Gawer, op. cit). Le Marketing se voit donc isolé et fragilisé dans son rôle d'impulseur d'innovations.

En outre de nouvelles formes de compétition viennent remettre en cause cet équilibre et la division du travail de conception qu'il sous-tend : dans le secteur de l'informatique, la loi de Moore fournit des puissances de calculs qui dépassent très largement les besoins des logiciels et des applications les plus

courantes ; le secteur de l'automobile fait face à des demandes croissantes de voitures moins polluante et moins énergivore ; l'échec du lancement de concepts innovants comme le e-book, la visio-conférence sur téléphone mobile ou les tablets-PC remettent en cause de front l'efficacité du marketing pour explorer de nouveaux usages. Lorsque les identités des objets changent profondément et que les usages ne sont pas dans le prolongement d'usages existants, le Marketing semble impuissant.

b) Un nécessaire renouvellement des modèles génératifs pour les métiers du Marketing

Alors quelles voies pour sortir de cette crise et identifier de nouvelles méthodes et outils pour le marketing ? Le marketing post-moderne (Badot et Cova, op.cit)? Le design-marketing (Borja de Mozota, Verizer)? Une meilleure intégration avec la R&D (qui pour l'instant n'a débouché sur aucun modèle) ?

Le cas du véhicule électrique (à batteries ou à PAC ; cf. chapitre 2) conforte le constat d'une faillite des méthodologies du marketing dès qu'une transformation des usages et de l'identités des applications sont en jeu. Comme le montre Christensen (op.cit), les départements marketing des constructeurs automobiles ont dupliqué le cahier des charges des véhicules à moteur à combustion afin de ne pas prendre le risque de dégrader les performances attendues par les clients habituels. En revanche, ils ont échoué à formuler un nouveau concept de véhicule pour une nouvelle clientèle (Christensen évoque les étudiants pour leurs déplacements réduits sur les campus américains). D'autre part, comment expliquer le manque d'innovation en termes de *business models* compte-tenu du prix de l'électricité par rapport à l'essence ? Le véhicule électrique était l'occasion d'expérimenter de nouveaux modèles d'accès et de facturation compte-tenu de la dépendance aux réseaux (électrique, urbain) qui le caractérise, modèles qui n'ont été que trop rarement abordés par les constructeurs (à part le projet Tulip de PSA).

Nous pouvons lister les enjeux d'un renouveau des modèles génératifs actuels :

- permettre d'orienter les études vers des espaces de marchés inexplorés et doter les marketeurs de nouvelles échelles de modélisation des usages : à force de se concentrer sur les méthodes de segmentation comportementales, les marketers ont délaissé les activités d'observation et de conception de nouveaux usages qui pourraient créer ou prolonger des activités existantes (cf. partie II de la thèse) en s'extirpant de l'expression des besoins faite par les utilisateurs.
- Recentrer l'objectif des fonctions Marketing sur la conception des usages et de la valeur passe par une réappropriation des architectures-produit et une participation tout au long des processus de conception des produits. En effet, la posture en amont des projets si elle est valable pour des produits peu innovants ne permet pas de saisir les débats et arbitrages sur la valeur et les usages

qui émergent tout au long du processus de conception de produits très innovants. Cette phase implique pour les concepteurs habituels d'utiliser de nouveaux outils et de nouveaux langages pour décrire les enjeux de modifications de composants ou d'implémentation de nouvelles fonctions.

- Développer de nouvelles techniques d'expérimentation adaptées au prototypage de nouvelles réalités (de virtualités, *stricto sensus*) et mettre en place des dispositifs d'exploration qui sortent des tests utilisateurs calqués le plus souvent sur des utilisations classiques. Ces tests ont en effet beaucoup d'effets pervers : les marketeurs de chez Toshiba s'étaient vu remettre vu placard les premiers prototypes de « laptop » lors des premiers tests utilisateurs pour cause de performances inférieures aux PC de bureau alors que des tests ultérieurs, différemment organisés, avait mis en évidence de nouveaux usages, dans des lieux différents ou lors de longs déplacements.

Nous avons donc décrit brièvement ce qui pourrait être de nouveaux fondements pour remettre le marketing au cœur de la conception de nouvelles valeurs et de nouveaux usages : l'émergence d'un nouveau modèle de domestication de l'exploration de la valeur ne peut se faire en revanche sans de profond renouvellement des pratiques, raisonnements et langages des métiers du Marketing.

Parmi les récents courants étudiant les nouvelles pratiques et organisations du Marketing, peut-on trouver des travaux qui vont dans le sens de ce renouvellement ?

11.2 Les nouveaux courants du Marketing : vers un renouvellement des modèles de domestication de l'innovation ?

Les courants qui se sont intéressés aux formes de couplage ou d'intégration entre Marketing et R&D dégagent peu de recommandations ou de principes de management activables. Rein (2004) et Leenders et Wierenga (2002) ont synthétiser la littérature pour dégager deux grands principes de coopération entre Marketing et R&D :

- (1) Lors des phases situées en amont des projets, marketing et R&D ont besoin de travailler ensemble pour clarifier les besoins implicites des marchés et pour développer une stratégie technique qui répondent à ces spécifications de besoins.
- (2) En phases-aval, les deux entités doivent travailler ensemble pour formuler les messages promotionnels qui seront utilisés lors de la commercialisation.

D'autres auteurs ont mis en évidence l'importance de l'implication du top management pour que cette coopération soit effective (Griffin et Hauser, 1996).

A ce niveau, nous ne pouvons pas nous appuyer sur ces travaux, trop généraux, pour en tirer des nouveaux modèles de coopération. Nous analyserons donc des modèles récents de couplage entre Marketing et R&D issus de nouvelles tendances du Marketing. Trois modèles nous semblent particulièrement représentatifs des nouvelles formes en émergence :

- i. le marketing expéditionnaire
- ii. le marketing de l'amont des projets
- iii. le marketing dans la R&D

Pour chaque cas, nous illustrerons les raisonnements et logiques sous-jacentes portant sur l'exploration de nouvelles valeurs et de nouveaux usages.

11.2.1 Le marketing expéditionnaire ou « marketing₂ »

Miller et Morris (Miller et Morris, 1999) proposent un cadre pour le marketing aux prises avec des technologies discontinues. Selon, eux, ces technologies impliquent de nouvelles manières de réfléchir fondées sur la compréhension des connaissances tacites (Nonaka et Takeushi, 1996). Le processus de recherche marketing doit alors reposer sur la création de nouvelles expériences partagées à travers la

création de nouvelles connaissances qui permettent aux consommateurs et aux vendeurs de faire ensemble des propositions de valeur crédibles.

Le marketing expéditionnaire décrit un cadre où les vendeurs et clients travaillent ensemble pour explorer des usages de nouvelles technologies, de nouvelles compétences-clients, de nouveaux produits et services, et de nouveaux marchés. Ce cadre de coopération repose sur la mise en place de scénarios complémentaires. Pour le client, un scénario applicatif décrit comment une technologie peut être utilisée et quels bénéfices peuvent en être tirés. Pour le vendeur, un scénario technologique décrit comment un ensemble de technologie doit être combiné pour atteindre un objectif fixé par le scénario applicatif.

Ces interactions se produisent avant une vente car les clients ont besoin de connaissances afin d'évaluer l'intégration potentielle de la technologie dans leur activité ainsi que son usage. En travaillant ensemble, vendeurs et clients conduisent des recherches conjointes : le client contribue à identifier de nouvelles compétences pour lui et le vendeur recherche de nouvelles plate-formes et de nouveaux *dominant design*.

Dans ce schéma, la R&D permet aux forces avancées du marketing et de la vente de s'engager dans des interactions fécondes avec les utilisateurs en leur confiant la responsabilité d'identifier des besoins latents qui vont créer de nouvelles opportunités d'affaires. Dans ce schéma, le marketing est alors qualifié de « *marketing₂* » par opposition au marketing traditionnel (« *marketing₁* ») qui questionne seulement les besoins explicites et révélés des clients. Le marketing et la R&D sont alors rassemblés au premier plan, avec la responsabilité de conduire le développement de nouvelles compétences-clients et architectures. A travers cette fusion, plusieurs outils sont mobilisés pour expliciter les dimensions tacites de l'usage de la technologie : l'anthropologie et l'ethnographie sont exploitées à travers des vidéos filmant les utilisateurs.

Les auteurs modélisent le processus de création de connaissances marketing₂ en quatre étapes :

- Etape 1 : dialogues, brainstorming et discussions entre les participants (clients et vendeurs) font émerger différents scénarios pour la valeur.
- Etape 2 : des prototypes sont fabriqués à partir de ces scénarios et des tests sont préparés pour leur validation.
- Etape 3 : les prototypes sont testés en situation d'usages, créant des expériences qui donnent corps à la connaissance tacite.
- Etape 4 : L'observation, largement par l'utilisation de méthodes ethnographiques s'appuyant sur des enregistrements vidéos, est utilisée pour expliciter la dimension tacite et la transformer en connaissance à travers l'analyse. Ensuite, le processus retourne à l'étape 1 pour réévaluer les scénarios sur la base de ce qui a été appris.

Ainsi, grâce à ce processus la recherche de nouveaux marchés s'attache à dépasser la voix des clients pour essayer d'identifier des besoins et préférences cachés, que la plupart des clients sont incapables d'exprimer. Le modèle « *marketing₂* » et son intégration à la Recherche et développement sont synthétisés par la figure 67 ci-dessous.

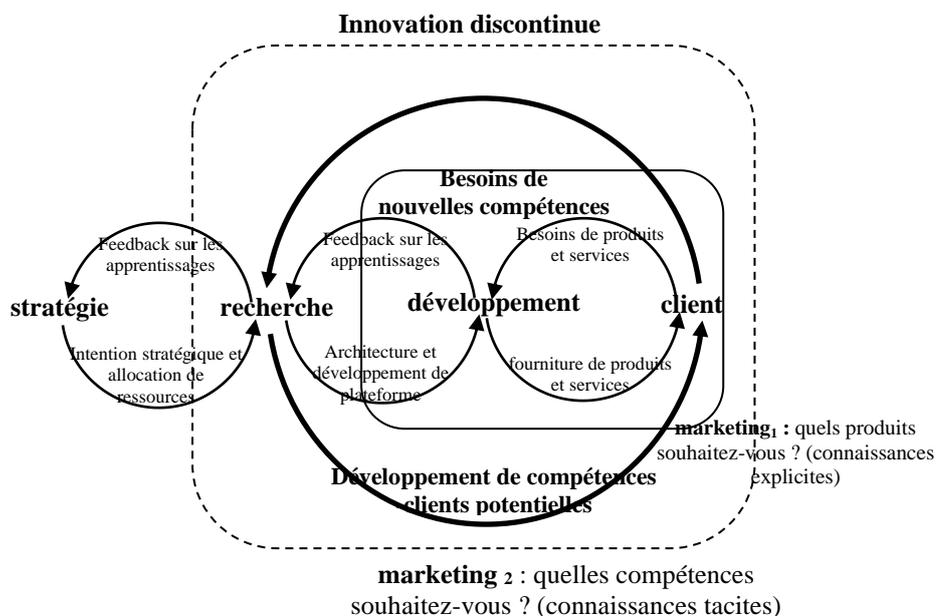


Figure 67 : *Marketing₂*, nouvelles bases d'organisation entre marketing, le développement et la recherche (adapté de Miller et Morris, 1999)

Les auteurs illustrent le cas sur le lancement du mini-van d'abord chez Ford, qui laissa l'idée de côté « aucun client ne s'étant manifesté spontanément pour demander un van » puis chez Chrysler où le projet fut ensuite développé avec succès. Néanmoins aucune illustration des principes du « *marketing₂* » n'est illustré sur cet exemple, les auteurs expliquant la réussite du projet par le pouvoir de conviction de l'inventeur du concept de van, Hal Sperlich.

Les auteurs plaident pour la création d'un nouveau rôle, celui d'un *chief innovation officer* (CINO) en charge de la technologie, de la stratégie à long terme, de la R&D2 et du *marketing₂*, aux côtés du *Chief operating officer* (COO) en charge de la structure en place, de la productivité, des marchés existants, de la R&D1 et du *marketing₁* et du développement des produits dans les *Business Units*. Tous les deux rapportant au traditionnel CEO.

Ce modèle est intéressant bien qu'il se focalise sur les clients déjà identifiés par l'entreprise en leur soumettant de nouveaux concepts : bien que le terme de compétences-clients (*customer capabilities*) ne soit pas défini, on comprend que l'univers du client et ses activités sont au point de départ du processus d'exploration. On retombe là typiquement dans un régime de renouvellement des architectures et des

dominant design. Ce modèle n'offre donc pas de clés pour explorer de nouveaux espaces de marchés en dehors des territoires de l'entreprise.

11.2.2 *Le marketing de l'amont des projets*

L'amont des projets a fait récemment l'objet de travaux qui ont essayé de comprendre comment les entreprises organisées par projets pouvaient explorer de nouvelles technologies et de nouveaux espaces de valeur en amont des projets, afin de préparer des ruptures. Les phases amont se distinguent des phases d'avant-projet qui ont pour but d'étudier la viabilité de concepts déjà existants (Gautier et Lenfle, 2004) : ainsi l'avant-projet a pour but de savoir ce qui peut être lancé en développement, pas d'inventer les développements de demain ; l'avant-projet s'inscrit donc complètement dans le cycle de développement des produits.

Lenfle a défini la notion de Projets d'Offres Innovantes (ci-après noté POI) pour qualifier des projets particuliers situés en amont des projets de développement et caractérisés par :

- des démarches pro-actives : ces projets étudient des concepts sans client ni marché *a priori*
- explorant de nouveaux « dominant design »

L'enjeu de ces projets n'est pas de converger vers un objectif défini *ex ante* mais « *d'explorer le plus vite et le mieux possible un vaste domaine recouvrant les débouchés potentiels de la technologie. Dans cette optique la commercialisation d'un produit / service doit être considérée comme un indice dans le balisage du domaine d'application, au départ inconnu, du nouveau matériau et/ou procédé* ».

Lenfle met alors en évidence cinq principes de management pour l'organisation des phases-mont.

- P1 : Construire un référentiel d'évaluation spécifique

Pour donner une cohérence à la galaxie d'études techniques et d'études de marchés sur des thèmes connexes que génère le POI, l'enjeu est de délimiter un périmètre qui englobe aussi bien les études techniques, exploration de nouveaux usages, démonstration in situ afin de capitaliser sur les différentes compétences.

- P2 : Double nature de la performance

La performance des explorations / épreuves ne réside pas uniquement dans la création de CA. Il est essentiel de prendre en compte et de valoriser les connaissances générées même dans les cas où ces explorations n'auraient pas de traduction commerciale immédiate. Lenfle propose de gérer ces études sous la forme d'un portefeuille mixte (cf. figure xxx).

Etudes	Univers du client	Définition du service	Options techniques	Etc.	Bilan
Etude 1		↑			Résultat des études
Etude 2			→		
...					
Etude n	↓				
Bilan	Connaissances tirées des études et valorisables sur d'autres				

Figure 68 : nature duale de la performance d'un portefeuille d'études d'un POI (Lenfle, 2001)

- P3 : Rôle central des épreuves dans le dispositif de pilotage

Le POI sont des projets dont la stratégie s'élabore chemin-faisant dans un contexte d'incertitude fort, d'où l'importance d'organiser des épreuves (essais, simulations, présentations clients) le plus en amont possible pour initier un processus de création de connaissances et aussi création des échéances intermédiaires qui aident les acteurs à se coordonner.

- P4 : Importance de la focalisation temporelle

Dans un contexte dynamique où les technologies, stratégies bougent en même temps qu'on les explore, l'exploration séquentielle des différents champs présentent le risque de désynchronisation des réponses par rapport au moment où ont été formulées les questions. Lenfle met l'accent sur le fait qu'on retrouve des problématiques proches de celles de l'Ingénierie concourante même si l'enjeu n'est pas ici la vitesse de mise sur le marché mais plutôt l'augmentation de la probabilité de réussite des explorations.

- P5 : Des outils de gestion permettant une reformulation des problématiques chemin-faisant

Les POI sont des projets très heuristiques, où l'on explore conjointement l'espace des cibles potentielles et celui des réponses. En l'absence de développement d'un produit fini, il est délicat de déterminer si le projet avance ou non. Lenfle propose comme critère pour évaluer la performance le rendement croissant des itérations autour de questions récurrentes. La focalisation progressive autour de ces questions qui apparaissent comme autant de points de passage obligés (Vissac-Charles, 1995) constitue un bon indicateur de la progression du projet.

Lenfle décrit un processus de systématisation des études marketing et des études techniques. Néanmoins en symétrisant les processus d'apprentissages, il n'indique qualitativement rien sur les mécanismes spécifiques d'exploration de nouvelles valeurs et de nouveaux usages mis en œuvre par le Marketing, ni comment se matérialise la coopération avec les métiers de la R&D : y-a-t-il des échanges transversaux

ou les études sont-elles remontées directement au pilotage central ? Comment valorise-t-on les découvertes : par des plans ? des maquettes ? comment le Marketing restitue-t-il les études de nouveaux usages ?

11.2.3 Le marketing dans la R&D

Le courant du marketing dans la R&D se fonde sur une approche originale de coopération entre marketing et R&D fondée sur un enrôlement des chercheurs et ingénieurs par des marketeurs : une cellule Marketing s'installe au cœur d'un centre de R&D et propose ses services à des chercheurs tout en contribuant à les sensibiliser à une démarche marketing qui a deux objectifs, compte tenu du contexte particulier :

- faire réfléchir les chercheurs sur l'identité des objets qu'ils manipulent et évaluer des usages et valeurs potentielles
- orienter les processus de conception et de production de nouvelles connaissances.

Le modèle organisationnel proposé par Gaillard (2000) se fonde sur l'expérience de la mise en place du Bureau d'études Marketing (BEA) au sein de la Division des techniques avancées du CEA à Grenoble. Pendant 10 ans cette cellule marketing a accompagné avec succès des projets issus de la R&D et a contribué à explorer la valeur de technologies de rupture.

CONCLUSION DU CHAPITRE 11

En conclusion de ce chapitre, nous avons analysé la crise des modèles génératifs qui permettaient aux fonctions marketing de domestiquer la commercialisation d'innovations. Face aux enjeux d'une innovation où le renouvellement et l'extension des usages devient central, ce qui est en jeu est à la fois une évolution du rôle, du périmètre de la fonction Marketing mais aussi une évolution de ses modes d'interaction avec la R&D : c'est dans la création d'un véritable métabolisme d'innovation que résident les ferments de la mise en place de nouveaux raisonnements de conception innovante.

Les tentatives de renouveau du marketing évoquées dans ce chapitre ne débouchent pas sur des principes assez structurants pour refonder un modèle de domestication de la valeur pour les fonctions marketing. L'amont des projets et le marketing expéditionnaires s'inscrivent dans le régime de renouvellement des architectures car ayant du mal à identifier de nouvelles valeurs en dehors des clients. Le marketing dans la R&D explore de nouveaux usages pour de nouvelles applications mais reste prisonnier des méthodes de segmentation et de la notion de besoins exprimés par des clients.

Dès lors, le chapitre suivant s'intéressera à une autre piste : la création d'entités spécialisées dans l'exploration en marge des structures habituellement en charge de la gestion de l'innovation (R&D, marketing, BE). Ces entités semblent porteuses de nouveaux principes et de nouvelles modalités d'exploration de la valeur qui leur permettent de développer des innovations de rupture ou de créer de nouvelles activités en dehors des *core business* de leurs maisons-mères.

CHAPITRE 12. LES ENTITES SPECIALISEES DANS L'EXPLORATION DE NOUVEAUX MARCHES : UN NOUVEAU MODELE POUR DOMESTIQUER L'EXPLORATION DE NOUVELLES VALEURS ?

Dans le chapitre précédent, nous avons analysé les difficultés des organisations du Marketing pour conduire l'exploration de nouvelles valeurs en régime d'innovation élevé : l'organisation historique du travail entre marketing et R&D et les fondations de la discipline ont peu à peu coupé les métiers et organisations du Marketing des activités de conception, des discussions sur les objets techniques et leurs usages potentiels. Plusieurs courants récents ont ébauché de nouveaux cadres organisationnels redéfinissant les modalités d'exploration à l'extérieur du périmètre de la firme.

Certains chercheurs voient dans la création de nouvelles structures spécialisées dans des activités de développements de nouveaux marchés un moyen de dépasser le dilemme entre innovations d'exploitation et des innovations d'exploration : l'ambidextrie des organisations apparaît alors comme une forme organisationnelle meilleure que les autres (12.1).

D'autres étudient comment ouvrir les frontières de l'entreprise sur des firmes extérieures, notamment en se tournant vers des startups spécialisées dans des secteurs de pointe, dont les organisations moins formelles et l'attention plus focalisées peuvent permettre l'exploration plus rapide de nouveaux marchés : le courant du Corporate venture synthétise ce type d'organisations (12.2).

Ces deux courants mettent en avant le découplage entre les organisations, valeurs et processus d'apprentissage des firmes établies et d'entités autonomes que nous qualifierons par la suite d'« **entités exploratrices** ». Nous analyserons dans ce chapitre si l'étude des différentes organisations du management des entités exploratrices nous fournit un nouveau modèle pour intégrer les fonctions Marketing aux processus de conception innovante de l'entreprise et pour refonder leur rôle

12.1 L'organisation ambidextre : se spécialiser pour conduire les explorations

Le management stratégique se focalise depuis quelques années sur les entreprises qui tentent de maintenir un équilibre approprié entre les activités d'exploitation et les activités d'exploration, notamment pour celles évoluant dans des environnements turbulents et compétitifs (March, 1991, March et Levinthal, 1993, Benner et Tunner, 2003). Les auteurs (Duncan, 1976, O'Reilly et Tushman, 1997, 2004, Bikinsshaw et Gibson, 2004) mobilisent la notion d'**organisation ambidextre** pour désigner une organisation qui parvient à générer des innovations qui soutiennent et raffinent les développements de produits courants (ou *innovations d'exploitation*) et des innovations discontinues ou radicales, aux

retours plus incertains (ou *innovations d'exploration*). On distingue deux grandes formes organisationnelles différentes pour l'ambidextrie :

- **L'ambidextrie structurelle** se fonde sur une nette séparation des activités d'exploration et d'exploitation dans des unités d'affaires différentes, (Benner et Tushman, 2003 ; O'Reilly et Tushman, 1997, 2004). Ainsi des entreprises telles que Ciba Vision ou USA Today ont confié à des entités autonomes, le développement et le marketing de nouveaux concepts de produits qui ont été couronné de succès ;
- **L'ambidextrie contextuelle** se fonde au contraire sur la capacité d'une unité à développer des routines et un contexte organisationnel favorable au développement de l'ambidextrie au niveau de chaque individu, et par extension, de chacune de ses activités (Birkinshaw et Gibson, 2004) ;
- enfin, la séparation des activités d'exploitation et d'exploration dans des entités juridiquement séparées relève d'une **ambidextrie de réseau** ; les activités d'exploitation et d'exploration sont ici conduites par des entreprises différentes et complémentaires (Rothaermel et Deeds 2004 ; McNamara et Baden-Fuller 2006).

Les organisations ambidextries exploitent la fertilisation croisée entre unités en évitant la contamination croisée (O'Reilly et Tushman, 2004) : la coordination resserrée avec les autres Business Units par le biais de seniors managers permet aux unités séparées de continuer à bénéficier d'importantes ressources de la part de l'entreprise (trésorerie, talent, expertise, etc...) alors que la séparation organisationnelle leur permet d'éviter de tomber dans les routines du quotidien et les poussent à développer des processus et une culture distincts.

En termes d'exploration de nouvelles valeurs, ces organisations semblent permettre de dépasser les limites des métiers du marketing en privilégiant moins d'études structurées et en valorisant l'audace et l'expérimentation. *Ciba vision*, un fabricant de verre optique, parvient ainsi à lancer des nouveaux produits et est précurseur pour les lentilles colorées. Néanmoins, aucun processus spécifique d'exploration de la valeur ou d'expérimentation avec les utilisateurs potentiels n'est évoqué dans ces travaux.

De manière générale, on peut reprocher à la notion d'ambidextrie de fournir un paradigme organisationnel finalement assez décevant alors que les travaux fondateurs remontent à plus de 30 ans (Duncan, 1976).

En effet, les organisations ambidextres ont donné lieu à quelques études empiriques qui débouchent sur très peu de modèles positionnables par rapport aux formes organisationnelles modernes (Clark et Fujimoto, Clark et Wheelright, Midler, 2003, Garel et al., 2004) : les organisations en mode projet sont par exemple absentes des références des auteurs, alors que certaines organisations décrites comme ambidextres pourraient très bien avoir été conduites par des organisations de type « projet poids lourd » ou « projet sorti » compte tenu des critères d'autonomie des équipes par rapport aux unités d'affaires, de culture propre, de lien hiérarchique avec la direction.

Plus généralement, le courant met de côté des travaux majeurs qui ont étudié sur de nombreux cas empiriques la manière dont des firmes faisaient évoluer leurs organisations de l'innovation pour mener de front des innovations d'exploitation et d'exploration. Citons ici deux courants majeurs :

- o **L'organisation de l'amont des projets** a fait l'objet de nombreux travaux (réf. Lenfle) qui mettent en évidence de nouveaux principes de gestion pour explorer de nouveaux espaces de valeur et intégrer de nouveaux développements. Ces organisations de l'amont s'interfaçent avec les équipes de développements en aval et la Recherche selon un modèle qui permet de concevoir en avance de phase des innovations de rupture.
- o **L'organisation par lignées de produits** (Chapel, 1997), qui permet de développer des nouveaux produits et de nouvelles connaissances en suivant une trajectoire d'innovation (Jouini, 2004). Les lignées permettent d'envisager la génération d'offres innovantes par l'équilibre entre exploitation des connaissances existantes et exploration de nouvelles compétences.

Enfin, le courant des organisations ambidextres fonde ses réflexions sur les travaux de March qui portent sur les mécanismes d'apprentissages individuels. En revendiquant cette posture et en essayant de transposer le dilemme « exploitation – exploration » au niveau organisationnel (O'Reilly et Tushman, 1997), les auteurs continuent à faire des recommandations portant sur les comportements des managers : les managers doivent être ambidextres individuellement (Birkinshaw et Gibson, 2004), ou les seniors managers doivent avoir assez de recul et de sagesse pour mettre en place les « bonnes » organisations. Ce courant privilégie donc les comportements individuels et minimise l'importance des raisonnements de conception innovante, qui, comme nous l'avons précédemment montré, se déploie au niveau des collectifs de concepteurs et au niveau des processus de l'entreprise.

Les organisations ambidextres ne constituent donc pas un modèle organisationnel activable : si la perspective de création d'entités nouvelles spécialisées dans les activités d'exploration est séduisante, les travaux sont insuffisamment précis et consistants pour que l'on puisse les mobiliser. En revanche,

les récents travaux sur le *corporate venture* décrivent en détails les mécanismes de création et de pilotage d'entités chargées de repérer des entités au contact de nouveaux potentiels de valeur et de nouvelles technologies.

12.2 Le Corporate Venture : l'ouverture de la firme sur un marché de l'innovation

Le « corporate venture » (noté ci-après CV) consiste à structurer les relations entre un grand groupe et une jeune entreprise innovante soit en acquérant tout ou partie du capital de jeunes entreprises (opérations de capital-risque, création de joint-venture, acquisitions...), soit en externalisant certaines entités du groupe pour en faire des entités indépendantes (essaimage, création de filiale, de business unit...). Le CV peut être défini comme « un mécanisme stratégique pour attirer, qualifier, et générer de la valeur venant d'atouts qui sont extérieurs à l'organisation ou qui apparaissent au départ comme en dehors de la focalisation stratégique (Chesbrough, 2003). Hamel (op.cit.) estime même que la majorité des entreprises voit dans le CV un des mécanismes essentiels pour créer de nouveaux marchés à travers le lancement de business révolutionnaires.

Le CV cherche précisément à développer des ruptures pour la grande entreprise (nouvelles technologies, nouvelles activités...) en tirant parti des capacités entrepreneuriales des petites entités. C'est là l'un des enjeux théoriques des travaux sur le CV : la nature de cette activité conduit à dépasser des catégories souvent opposées en management stratégique ou présentées comme une alternative (« faire » ou « faire faire » ; « seul » ou « à plusieurs » ; « petit » ou « grand ») afin de les raisonner ensemble.

Sharma et Chrisman (1999) classent les entités de CV en fonction de quatre critères :

1) Le degré *d'autonomie* que possède l'entité créée par rapport au groupe. Tous les auteurs se rejoignent sur la relation entre l'autonomie de la structure et les chances de réussite du CV.

2) Le degré de *synergie* avec le(s) métier(s) existant(s), notamment en termes de produits, de marchés, de ressources et de compétences.

3) Le degré de *radicalité* de l'innovation portée par l'entité.

4) Le type de *soutien* apporté à l'entité. La nouvelle entité est-elle soutenue par une structure ou par un champion local ? Est-elle soutenue de façon formelle ou informelle ?

Selon Jumel (2004), le Corporate Venture a deux fonctions principales : une fonction de courtier en connaissances et une fonction d'action et d'expérimentation.

a) Le CV comme courtier de connaissances

Les entités de CV sont capables d'absorber et d'interpréter des connaissances tacites de l'environnement, de les diffuser dans l'entreprise, notamment auprès de la R&D en lui renvoyant des questionnements pertinents. Ces entités valent d'abord pour la fonction d'agents d'apprentissage ou de « courtiers en connaissances » (Hargadon, 2002). L'entité de CV fait transiter des connaissances d'un endroit où elles sont connues vers un endroit où elles ne le sont pas.

b) Le CV comme possibilité d'agir et d'expérimenter

Le CV permet d'expérimenter sur le terrain, grandeur nature. Il crée la possibilité d'agir. Les chercheurs de la R&D évoluent dans une logique de production de connaissances alors que le CV a pour logique première de « faire ». La R&D se sert de la connaissance pour agir alors que l'innovateur se sert de l'action pour savoir. Le CV revendique la commercialisation plutôt que l'étude ; le prototype plutôt que la modélisation. Il façonne un « paradigme de l'action » ; l'action comme moteur, mais aussi comme croyance.

OBJECTIFS STRATÉGIQUES DU GROUPE	Investissements à réaliser	Exemples
Promouvoir un standard	Investir dans des start-ups réalisant des produits et services qui facilite l'adoption d'une technologie que le Groupe possède ou appuie	Investissement dans la filière CPL afin de promouvoir les développements sur les « standards » (cf. encadré 5)
Stimuler la demande	Investir dans des start-ups développant des produits complémentaires qui augmentent la demande pour ceux du Groupe	Les investissements d'Intel dans des <i>start-ups</i> qui utilisaient ses processeurs Pentium
Faire décoller une technologie sous-utilisée	Investir dans des entreprises sous forme d'essaimage qui portent des technologies proches mais non stratégiques de ce que souhaite faire le Groupe	Investissement de Lucent dans des entreprises qu'elle juge incompatible avec sa techno
Expérimenter de nouvelles capacités	Investir dans des entreprises non liées (voire en conflit avec) au métier actuel du Groupe	Investissements de CISCO dans des technologies qu'il a ensuite acquises et développées en interne
Explorer des territoires vierges	Investir dans des entreprises qui servent de nouveaux marchés, indiquant ainsi le potentiel de ces marchés	Les investissements de Panasonic dans des entreprises qui assurent la convergence entre le <i>home computing</i> et le divertissement

Tableau 5 : la segmentation des activités de CV (adapté de Jumel, 2004 et Chesbrough, 2002)

Quoique permettant une réouverture des frontières de l'entreprise sur de nouvelles connaissances et de nouveaux concepts, les entités de CV ne représentent en soi pas un modèle d'organisation des explorations : nous avons montré au chapitre 9 que les stratégies d'expérimentation, mêmes démultipliées, ne sont pas seules garantes d'exploration de nouveaux espaces de valeur. Dans certains cas, elles peuvent conduire à tuer plus rapidement certains concepts car le terrain ne parle pas de lui-même. Il faut des processus d'analyse et d'extraction de concepts que nous avons appelé « processus d'exfiltration » qui en dégagent des valeurs activables. L'accès à plus de connaissances permis par le CV n'est pas garant de la qualité des conclusions qui sont tirées quant à la valeur potentielle des cibles identifiées.

Encadré 6 : quels mécanismes pour explorer des nouveaux territoires ? Le cas du courant porteur en ligne chez EDF (Jumel et Garel, 2006)

A partir de 1997, EDF s'est intéressé aux possibilités des Courants Porteurs en Ligne (CPL) Hauts débits. Le CPL est une technologie permettant de transporter de l'image, du texte et du son à haut débit sur le réseau électrique. EDF se trouve potentiellement, avec ses réseaux publics, à la tête d'un gigantesque réseau... télécom. Comment aborder ce sujet au sein de l'entreprise ? Comment prendre en compte cette innovation de rupture dans toutes ses dimensions : technologiques, financières, politiques, marketing ? L'entité de CV EDF Business Innovation (EDF BI) a pris quatre initiatives sur les CPL.

- (1) L'instruction de nombreux *business plans* de *start-ups* du monde des CPL a permis de partager les projections des équipementiers sur la filière, de connaître les étapes de développement, les niveaux d'investissement en R&D et la réalité des coûts et les marges pratiquées. Le comité exécutif d'EDF est alors doté par l'entité de CV d'une longueur d'avance par rapport aux autres électriciens sur ce domaine.
- (2) Une filiale a été créée (EDEV CPL Technologies) afin de structurer une offre pour les collectivités locales qui souhaitent équiper leurs réseaux de cette technologie. Il s'agissait ainsi de se mettre en condition réelle de déploiement de la technologie afin d'apprendre les véritables contraintes de déploiement.
- (3) EDF BI a également financé un essaimage (Alterlane) sur le modèle d'entreprise de services de CPL *indoor* afin d'explorer les possibilités de cette technologie comme alternative ou complément aux technologies Wi-Fi à l'intérieur des bâtiments. Alterlane fut créé avec trois chercheurs EDF « frustrés » de constater que le management du groupe n'apportaient pas autant de crédit qu'eux aux solutions de CPL.
- (4) Enfin, BI a investi dans une jeune entreprise développant un modèle d'affaire d'opérateurs de services d'immeubles. Les critiques ont été nombreuses de la part des chercheurs. Un an après l'investissement, ces mêmes chercheurs discutaient des *business plans* et découvraient des difficultés à développer des technologies qu'ils pensaient matures.

Christensen (2003) développe l'argument que les technologies disruptives nécessitent des entités autonomes dont les ressources ou processus de la firme sont en décalage avec l'organisation-mère. Ces entités manqueront certes de ressources mais cela ne les contraindra pas. Leurs processus de priorisation leur permettront de cibler des petits marchés et leur structure de coûts pourra s'accommoder de plus faibles marges par produit vendus. En outre, leur démarche d'étude de nouveaux marchés moins formelle et leur processus d'allocation des ressources permet aux managers de procéder intuitivement plutôt que de s'appuyer sur des analyses et des recherches structurées. En conclusion, Christensen (op.cit) recommande aux seniors managers chargés du montage de ces entités de recruter les managers en fonctions de leur état d'esprit et de leurs processus de priorisation plutôt qu'en fonction de leurs diplômes : un manager ayant passé sa carrière sur des projets de développement sur des produits stabilisés sur des marchés déjà existants n'aura pas le profil pour rejoindre une telle entité qui privilégiera des managers ayant moins d'expérience mais ayant rencontré des situations complexes, hasardeuses, de développements de nouveaux marchés.

Finalelement l'activité de CV consiste à créer, au sein d'une entreprise existante, une nouvelle entité pour introduire ou développer un nouveau produit, adresser ou créer un nouveau marché, développer ou utiliser une nouvelle technologie ; pour ce faire, l'entité de CV externalise des ressources internes sous la forme de *joint-venture*, de *spin-off* (essaimage) ou de *venture capital* et internalise des ressources extérieures à la structure *corporate*, par exemple en investissant dans des *start-ups* (Garel et Jumel, 2005). Néanmoins, le CV ne constitue pas en soi un modèle de gestion des explorations, tout au plus un accélérateur d'apprentissages et d'expérimentations qu'il reste à orienter et à coupler aux raisonnements sur la valeur.

CONCLUSION DU CHAPITRE 12

Les courants étudiant l'ambidextrie organisationnelle connaissent un regain d'engouement. Pourtant, soit le courant ambidextre ne dit rien de la notion d'exploration, supposant que tout le monde sait de quoi il en retourne (et de se référer à March), soit l'exploration est associée à des notions connues (R&D, marketing) et sert alors de métaphore. Au fond, c'est la séduction didactique du couple « exploration / exploitation » qui l'emporte, conduisant les auteurs à réaliser des recherches, généralement quantitatives, avec des données issues d'études empiriques sur de grandes entreprises multinationales (Mangematin, 2007). Dans cette posture cartographique, les travaux ne s'intéressent pas à l'activité d'exploration en elle-même. Les travaux qui traitent de l'ambidextrie s'affranchissent de l'objet de l'activité, de ce sur quoi les acteurs et leurs organisations travaillent. Ils nous privent par la même d'une compréhension fine des raisonnements de conception à l'œuvre entre les fonctions Marketing et R&D.

Quoique permettant une réouverture des frontières de l'entreprise sur de nouvelles connaissances et de nouveaux concepts, les entités de *corporate venture* ne représentent en soi pas un modèle d'organisation des explorations : elles jouent des rôles de courtiers en connaissances, l'entité de *corporate venture* faisant transiter des connaissances d'un endroit où elles sont connues vers un endroit où elles ne le sont pas.

L'étude des entités exploratrices fournit des clés de compréhension supplémentaires sur l'agilité, la souplesse et la libération des forces inertielles car ces dernières savent réinventer de nouveaux modèles : Christensen (op.cit.) évoque ainsi la capacité à conduire des études de marché « intuitives », d'initier des dynamiques collective et itérative. Néanmoins, ces entités n'incarnent pas en soi un nouveau modèle, tout au plus des nouveaux dispositifs d'apprentissage et d'expérimentation.

CHAPITRE 13. MUTATIONS DES FONCTIONS MARKETING ET METABOLISMES D'INNOVATION : L'INTEGRATION DU MARKETING AU MODELE DE LA R-I-D

Nous avons tiré plusieurs enseignements des chapitre 10 et 11 : d'une part le marketing ne peut plus compter sur ses propres modèles génératifs pour explorer de nouveaux concepts et de nouveaux usages et **il est condamné à réinventer de nouveaux raisonnements, plus généralement, de nouveaux modes de coopération avec les acteurs de la R&D** ; d'autre part, les entités exploratrices illustrent, au-delà de leur indépendance relative vis à vis des processus et routines de la grande entreprise, **que l'on peut activer les fonctions Marketing et R&D par des processus extérieurs qui pilotent et orientent la production de nouvelles valeurs, identifient et trient les concepts à explorer** : EDF Business Innovation jouent ainsi ce rôle vis à vis du marketing et de la R&D corporate d'EDF de même qu'Intel lorsqu'il investit dans des start-up développant des logiciels soutenant le développement des capacités des processeurs.

Les travaux de Le Masson sur l'organisation de l'innovation dans les centres de R&D partent des mêmes constats et ont débouché sur une modélisation d'un processus de conception innovante entre la Recherche et le Développement. Nous pensons que ce cadre théorique est un bon cadre de départ pour étendre le modèle de la R-I-D aux fonctions Marketing.

13.1 La fonction de conception innovante comme métabolisme d'innovation entre les fonctions marketing et R&D

Le constat fait lors du chapitre 10 met en évidence la nécessité d'activer le marketing par d'autres mécanismes que des mécanismes propres afin de lui indiquer des espaces de conception à explorer. Quel processus peut être à l'initiative de cette activation ?

Le Masson a décrit comment un nouveau métabolisme : la fonction de conception innovante a pour but de conduire simultanément un processus de définition de la valeur et un processus d'identification de nouvelles compétences, afin d'alimenter la fonction Développement avec des valeurs et de soumettre à la fonction Recherche de nouvelles questions (cf. figure 69).

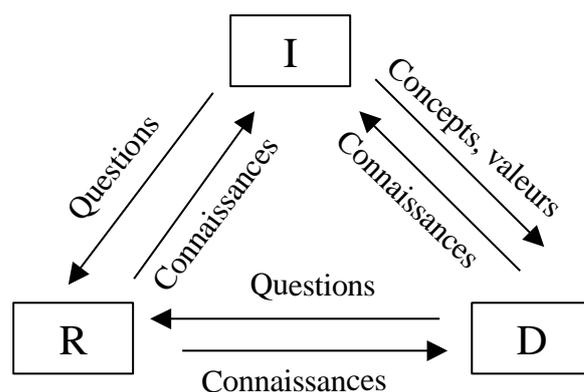


Figure 69 : Relations entre Recherche (R), Innovation (I) et Développement (D)
(Le Masson, 2001)

Ce métabolisme, qualifié de fonction « Innovation », pilote les explorations, balise les champs d'innovation en adressant des questions pertinentes à la Recherche et organise le prototypage avec le Développement.

	Recherche	Innovation	Développement
Sujet	Des questions de Recherche ouvertes ou imposées	Champs d'Innovation (CI)	Définition du concept Produit-Processus
Cible	Maîtrise de la connaissance	Stratégies de design (lignages, connaissance, questions de Recherche...)	Maîtrise de la performance du projet (Qualité, Coût, Délai...)
Horizons	Liés à la question posée par la Recherche	Contingents	Le délai du projet
Ressources	Compétences, laboratoires, bibliothèques...	Des équipes innovantes en compétition ou en coopération	Equipe interfonctionnelle
Valeur économique	Valeur de la question	Profits de produits et réutilisation des connaissances potentielles	Rentabilité du Produit-Processus
Stratégies de gestion	Distribution des ressources et questions de Recherche	Comités, transferts de savoir, liste des champs d'innovation	Management de Projet
Principes organisationnels	Equipes disciplinaires fondées sur les compétences	Equipes innovantes duales	Equipes de projets, matrice, conception participative

Tableau 6 : comparaison des principes de gestion entre la Recherche, l'Innovation et le Développement (Hatchuel, et al., 2002)

Hatchuel et al. (2006) caractérisent le passage de la R&D à la RID par l'apparition de trois éléments originaux : un pilotage par les concepts, une organisation des apprentissages conjoints (les lignées) et une stratégie de conception respectant une économie de production de savoir.

Notre thèse est que l'extension de ce métabolisme aux fonctions Marketing est nécessaire afin de piloter efficacement les processus d'exploration. A partir du cas d'Air Liquide, nous illustrerons comment les principes d'exploration de la valeur identifiés dans la partie II de la thèse peuvent être activés efficacement par une fonction Innovation couplée à une fonction Marketing.

13.2 Le cas d’Axane et d’Air Liquide : émergence d’un métabolisme d’exploration entre le marketing et la R&D

L’objectif de cette partie est de décrire les mécanismes et l’organisation de l’exploration entre Axane et Air Liquide. Nous illustrerons dans un premier temps la mise en place de l’organisation à travers les différentes phases de la croissance d’Axane (13.2.1) pour détailler le fonctionnement actuel sur deux projets qui ont conduit à concevoir de nouveaux modes d’affaires et à réutiliser les connaissances produites sur les usages (13.2.2).

13.2.1 La genèse de l’organisation exploratrice : la croissance d’Axane

Nous distinguerons quatre phases principales dans la structuration de l’organisation de l’innovation entre Axane et Air Liquide entre 1998 et 2007 : ces phases marquent les étapes du passage d’un service d’une dizaine de personnes explorant des sujets innovants à une organisation où près de 150 personnes travaillent sur des sujets connexes à l’hydrogène-énergie dans le groupe Air Liquide, répartis sur 4 sites différents.

Dans un premier temps, un service pionnier d’une division de la R&D d’Air Liquide met au point un prototype et accède à son autonomie (phase de création); dans un second temps, le service acquiert le statut de filiale, s’étioffe, et développe avec succès de démonstrateurs qui lui permettent d’explorer de nouveaux marchés hors des marchés du groupe (phase d’autonomie) ; dans un troisième temps, Axane tente de constituer des Offres innovantes en se phasant avec les entités du groupe (Marketing, Distribution, R&D, et Maîtrise des Risques) (phase « empowerment ») ; enfin les logiques et pratiques d’exploration se consolident et une organisation se stabilise entre la filiale et le groupe.

i- Le dilemme fondateur de la naissance d’Axane

Axane est née d’un tour de force stratégique : alors que les constructeurs automobile travaillent depuis des années à la mise au point de systèmes PAC en y consacrant des millions d’euros, Patrick Sanglan, directeur d’un service de 15 personnes réussit en 2001 à obtenir l’appui d’Air Liquide afin de créer une filiale chargée de créer de nouveaux débouchés pour l’hydrogène. Pourquoi le groupe s’engage-t-il dans cette stratégie risquée, en dehors de ses métiers de base, alors que la tendance est à la multiplication des démonstrateurs embarquant des PAC ce qui a pour effet induit de soutenir la croissance des marchés de l’hydrogène ? Et pourquoi miser sur une équipe dont l’expertise est récente quand des start-up développent des systèmes PAC depuis de nombreuses années déjà ? Quels éléments sont à l’origine de la stratégie d’exploration conduite par Air Liquide en créant cette filiale ?

Quelques éléments de réponses ont déjà été avancés dans le chapitre 2 de la thèse à propos de l'historique de la création d'Axane : l'engagement initial du groupe est obtenu sur un premier projet de joint-venture avec un constructeur de PAC reconnu, et le service de Sanglan incarne une expertise fluides autour de la PAC ce qui fait sens au yeux du groupe. Néanmoins, après la rupture avec Nuvéra, comment Sanglan s'arrange-t-il pour maintenir la raison d'être d'Axane ?

Sanglan parviendra en fait à justifier de la pertinence de la stratégie d'exploration d'Axane en adoptant les codes et les mécanismes d'une stratégie d'exploitation :

- Entre la fin 2001 et le début 2002, Axane (sans Nuvéra) relève un challenge en concevant la PAC du projet de JL. Etienne pour sa mission Banquise : le succès technologique et médiatique est immense pour l'entité mais surtout pour le groupe qui exploite cet événement en communiquant largement auprès de ses actionnaires et salariés. Sanglan s'entoure d'une chargée de communication talentueuse qui saura relayer l'événement et le soutiendra dans le développement d'une vision.
- Suite au succès du projet Polarpac, l'enjeu pour l'équipe dirigeante d'Axane est de proposer une vision stratégique pour le top management d'Air Liquide, alors que l'expertise de Nuvéra n'est plus dans l'aventure et qu'aucun marché viable pour les PAC n'existe encore. Dans le Business Plan soumis par Axane en 2002, l'équipe dirigeante utilise trois arguments principaux pour convaincre de sa stratégie. D'une part, l'équipe vient de prouver sur le projet Polarpac qu'elle maîtrisait le développement d'un système PAC de A à Z là où les co-développements avec Nuvéra n'étaient pas au rendez-vous en terme de performances : l'enjeu sera alors de « passer à une phase d'industrialisation » des prototypes déjà développés. D'autre part, Axane annonce que les risques entrepreneuriaux sont plus faibles si la filiale se développe en dehors du secteur de l'automobile car les investissements sur le développement de systèmes portables sont plus faibles : Axane annonce aussi des applications porteuses sur lesquelles elle concentrera ses efforts.
- Enfin, un champion de haut niveau soutient la structure depuis ses premiers projets et aide l'équipe à roder son argumentation et en la défendant lors des comités exécutifs du groupe. Ensuite, lorsque ce champion quittera le groupe pour partir à la retraite quelques mois plus tard, Axane sera légitime et aura fait ses preuves...

Si pendant les premiers mois le destin d'Axane est incertain pour le groupe qui cherche une justification stratégique, Sanglan lève les incertitudes en déployant une argumentation interprétable et recevable par le Comex d'Air Liquide car reprenant les codes et les modèles d'une stratégie d'exploitation : l'enjeu

technique est présenté comme un enjeu d'industrialisation, les marchés sont présentés comme « à portée de main » alors que le secteur de l'automobile ne prévoit pas de commercialisation avant 2020, enfin, Axane est en complète « synergie avec les autres métiers du groupe » positionnés sur les maillons de la chaîne de valeur qui va de la production à la distribution de l'hydrogène et qui se termine par sa transformation en énergie via les PAC.

Si nous réalisons une coupe transversale de l'organisation entre Axane et le groupe à ce moment précis afin de préciser les *locus* de l'exploitation et de l'exploration, nous observons que **le PDG d'Axane joue un rôle ambidextre** en suscitant exploration à l'intérieur d'Axane (étude de nouveaux concepts d'application, étude d'architectures modulaires par l'équipe de développement) et en adoptant un discours d'exploitation en externe, soutenu en cela par le champion du groupe. La naissance d'Axane représente un coup de force dans la mesure où de nombreux sceptiques du Comex valident cette création mais en prenant Sanglan au mot et en espérant un retour sur investissement autre qu'en terme d'image.

ii- L'exploration des premiers marchés pour une énergie qui n'existe pas

Dans les premières années, Axane est rattachée (2002-2004) au directeur des activités innovantes et de Haute-technologie d'Air Liquide (aérospatial, développements militaires, etc...). La construction d'un premier démonstrateur fonctionnel de moyenne puissance en 2003 (le Rollerpac) ouvre une période d'exploration larges de nouvelles applications. Axane est alors une entité relativement autonome : elle dispose de sa propre fonction Marketing (trois personnes en comptant le directeur Marketing), de son service Développement, de son réseau de fournisseurs, et d'un atelier de fabrication.

Des tensions naissent entre la filiale qui explore qualitativement de nouveaux concepts et le top management qui souhaite évaluer via des indicateurs précis la performance de l'entité. Un compromis temporaire sera trouvé :

- Axane s'engage à piloter sa démarche d'industrialisation selon un indicateur principal : [coût de revient] / kW et des objectifs de coût de revient seront fixés (coûts objectifs à trois ans, cinq ans, sept ans).
- Axane s'engage à approfondir sa démarche marketing dans le secteur des Télécoms qui offre une grande visibilité en terme de parts de marchés : x % du marché de la fourniture énergétiques des zones grises et blanches = y % du marché pour Axane d'ici 2010.

Un premier projet-pilote décroché avec un opérateur téléphonique français fin 2003. Ce projet est l'occasion pour le marketing corporate pour simuler des volumes de ventes d'hydrogène si le marché des Télécoms devait adopter l'innovation. L'effervescence est alors grande au niveau d'Axane et du siège car les premières projections annoncent un doublement des ventes d'hydrogène en bouteilles en quelques années à peine.

Néanmoins, alors que le PDG d'Axane et son équipe ont une vision intégrée des futures offres et cherchent à optimiser tous les maillons de l'offre énergétique, c'est à dire à la fois la PAC mais aussi les stockages d'hydrogène et les organes d'interfaces, Axane se heurte de front à l'éclatement des autres entités du groupe sur le sujet. Pour le siège, il n'y a pas de projet global « offres PAC et hydrogène-énergie » mais Axane est considérée comme une figure de proue chargée d'identifier une « killer application », préalable à la mise en mouvement des autres entités de développement travaillant sur les stockages, la logistique et d'autres organes.

Le projet pilote décroché avec l'opérateur téléphonique permet un consensus temporaire entre la filiale et le groupe dans la mesure où le projet semble réalisable avec l'état de l'art d'Axane et avec l'appui des métiers du groupe sans nécessiter de nouveaux développements ni de nouvelles expertises. L'application est en outre porteuse de marchés estimés comme très profitables.

En fait ce projet, et les suivants, mettront en évidence la nécessité pour les métiers du groupe impliqués de renouveler leurs approches et d'adopter de nouvelles logiques de conception ce qui fera éclater la nature profondément exploratoire du processus initié par Axane.

iii- La construction des premières offres innovantes : de l'exploitation des synergies présumées aux difficultés dans l'exploration collective

Entre 2004 et fin 2005 aucune « killer application » ne verra le jour et, de surcroît, les entités du groupe (Distribution Gaz, R&D, Marketing) apparaîtront comme un frein au développement des premières offres innovantes : ces dernières, loin de ne nécessiter qu'une intégration de procédés ou technologies complémentaires à la PAC, vont interroger en profondeurs les pratiques et les raisonnements des autres métiers du groupe.

- La Distribution Gaz engluée dans ses pratiques

Le projet de démonstration avec l'opérateur téléphonique révèle que la distribution de gaz est une organisation routinisée de transport de bouteilles qui n'a pas de flexibilité dans son offre pour s'adapter à de nouveaux contextes (cf. encadré 3, page 147). Les problématiques rencontrées sur ce projet sont

inédites : comment livrer de l'hydrogène sur des terrains accidentés ? comment mettre en place un stockage d'hydrogène dans un endroit isolé, non protégé, sans mettre en place une infrastructure routière spécifique ni construire un bunker pour accueillir les cadres de bouteilles ? Les sujets de conception innovante apparaissent au fur et à mesure du développement du projet alors que paradoxalement le groupe laisse à l'entité commerciale régionale chargée de la distribution de gaz la gestion de ces problématiques : les entretiens que nous avons eu avec le commercial de terrain mettent en évidence que la hiérarchie de ce dernier lui indique alors de composer avec l'existant, et si même si possible, de dégager une marge sur le projet-pilote. Face au manque de solutions adaptées, les équipes d'Axane suggéreront de nombreuses alternatives afin de présenter un dispositif d'expérimentation (cf. chapitre 9) qui corresponde aux services d'énergie qu'ils souhaitent prototyper : l'utilisation d'un camion 4x4 pour éviter d'aplanir la route ou l'utilisation de structures innovantes évitant de couler une dalle de béton sur le site situé en pleine forêt, etc... Néanmoins, la région n'a pas eu de ressources dédiées au projet et ces initiatives sont vues comme perturbant les routines et les solutions éprouvées.

- *La R&D en charge du pilotage de l'innovation*

Le développement des détenteurs n'avance pas alors qu'il est crucial pour Axane (ergonomie, sécurité) et la qualification de nouveaux stockages d'hydrogène permettant d'envisager des autonomies accrues pour les applications « hydrogène-énergie » prend du retard dans les centres de tests d'Air Liquide.

Fin 2004, est créé un domaine « Hydrogène-énergie » sein de la R&D : celui définit alors des axes de travail dont certains sont en phases avec les questionnements des équipes d'Axane, et d'autres plus exploratoires. Le directeur de ce domaine nous dira en entretien que la R&D du groupe n'a pas pour vocation de se focaliser sur les problèmes soulevés par des applications précises, sous peine de se cantonner à du « problem solving », ce qui réduirait alors les capacités d'innovation de la R&D : le domaine définit alors lui-même des programmes de recherche en vue de préparer les briques élémentaires d'une future économie hydrogène en réfléchissant à 10-15 ans.

Un centre de Développement travaille spécifiquement sur l'interface entre le stockage hydrogène et les PAC mais avec des partenaires constructeurs automobiles, sur des cahiers des charges précis.

La R&D est donc éclatée en plusieurs centres qui chacun poursuivent leurs axes et programmes de recherche : il n'y a donc pas de coordinateur des différents programmes si ce n'est le directeur de la R&D lui-même. Cet éclatement des visées reflète le manque de vision claire quant aux applications qui vont percer ce qui perturbe l'allocation des ressources : la Recherche travaille sur les futurs procédés de stockage de l'hydrogène, un centre de Développement en partenariat avec l'automobile et Axane peine à identifier des interlocuteurs pour définir et constituer les éléments de ses premières offres d'énergies portable et stationnaire.

- *Des premiers modèles d'affaires calqués sur les offres gaz du groupes*

Les premiers modèles d'affaires proposés par Axane à ses clients sont des transpositions des modèles d'offres traditionnellement utilisés par Air Liquide dans des secteurs qualifiés de « High-tech » comme l'électronique : l'équipement transformateur de gaz, par exemple un « gas cabinet » chargé de délivrer des gaz spécifiques au cœur des salles blanches, sert de support à la vente de gaz et de prestations annexes. En revanche, alors que dans les secteurs « High-tech » les équipements remplissent des fonctions reconnues par les clients comme porteuses de haute-valeur ajoutée (par ex. réduction de l'atmosphère à la surface des wafers dans les salles de fabrication des semi-conducteurs), ici l'offre [PAC + hydrogène] est commercialisée en concurrence directe avec des solutions éprouvées, de surcroît meilleur marché et plus performantes (par ex. les groupes électrogènes pour les opérateurs télécoms). Alors que la chaîne de valeur pour les produits PAC n'est pas encore stabilisée, le marketing corporate cherche à reproduire les mêmes modèles d'affaire mais sans rencontrer de succès.

Conclusion :

Fin 2005, bien que réunissant tous les composants d'une entité séparée, dédiée aux explorations (culture différente des dirigeants, esprit entrepreneurial, structure légère et adaptative, etc...cf. Tushman et O'Reilly, 2004), Axane se heurte aux autres entités du groupe qui poursuivent, chacune, leur logique d'exploitation opérationnelle. A l'éclatement des problématiques posées par la PAC et l'hydrogène correspond alors un éclatement organisationnel équivalent.

Cette période est très ambiguë sur le plan stratégique : elle met en évidence à la fois des problèmes de cohérence et de cohésion (Segrestin, op.cit) entre d'un côté un top management d'Air Liquide qui ne comprend pas pourquoi le modèle d'exploitation fondé sur la complémentarité des métiers du groupe ne fonctionne pas correctement, et de l'autre, une filiale qui continue à explorer de nouvelles applications et de nouvelles architectures pour la PAC mais qui s'aperçoit que la logique d'exploration doit porter désormais sur les composants complémentaires à la PAC, c'est à dire : les stockages, les modes de distribution et les modèles d'affaires. Axane s'aperçoit alors que le périmètre de conception est en décalage avec le périmètre organisationnel chargé des explorations.

Si l'on opère à ce moment une coupe organisationnelle d'Axane à cette période, on peut mettre en évidence le rôle d'un manager d'exploration (voir figure 70, ci-dessous), rapportant directement au PDG d'Axane et se chargeant d'activer le marketing sur des concepts précis et d'orienter les développements sur de nouvelles pistes.

Le parcours de ce manager est intéressant à mentionner en terme de trajectoire : d'abord chef de projet sur les projets fondateurs d'Axane, le Polarpac (2002) et le Rollerpac (2003), ce manager occupe ensuite entre 2004 et 2005 le poste de chef de produit. Sous cette fonction d'interface entre le marketing et le développement, mais à une période où les études de marché peinent à identifier des cibles ou des usages

pertinents, il jouera un rôle d'activateur du marketing en participant à de nombreuses études de terrain avec des prospects et en traduisant sous formes de concepts et d'enjeux de développements les pistes qu'il identifiera avec les chargés d'étude marketing sur le terrain.

L'interaction du chef de produit avec le directeur développement et le directeur marketing est forte néanmoins les deux directeurs ont des priorités autres que l'exploration :

- le directeur technique est absorbé par la coordination de développements ambitieux d'électronique modulaire pour la première gamme de produit industriels d'Axane (série de l'ordre de 30 à 60 systèmes)
- le directeur marketing est absorbé par le montage du projet Hychain (qui ne verra le jour qu'en janvier 2006) et se spécialise sur les études de marché dans la filière des Télécoms qui est considérée comme une priorité par le marketing corporate.

Le manager d'exploration dispose alors de quelques ressources pour orienter les exploration d'usages vers des secteurs tels que la surveillance, le cinéma ou la sécurité civile.

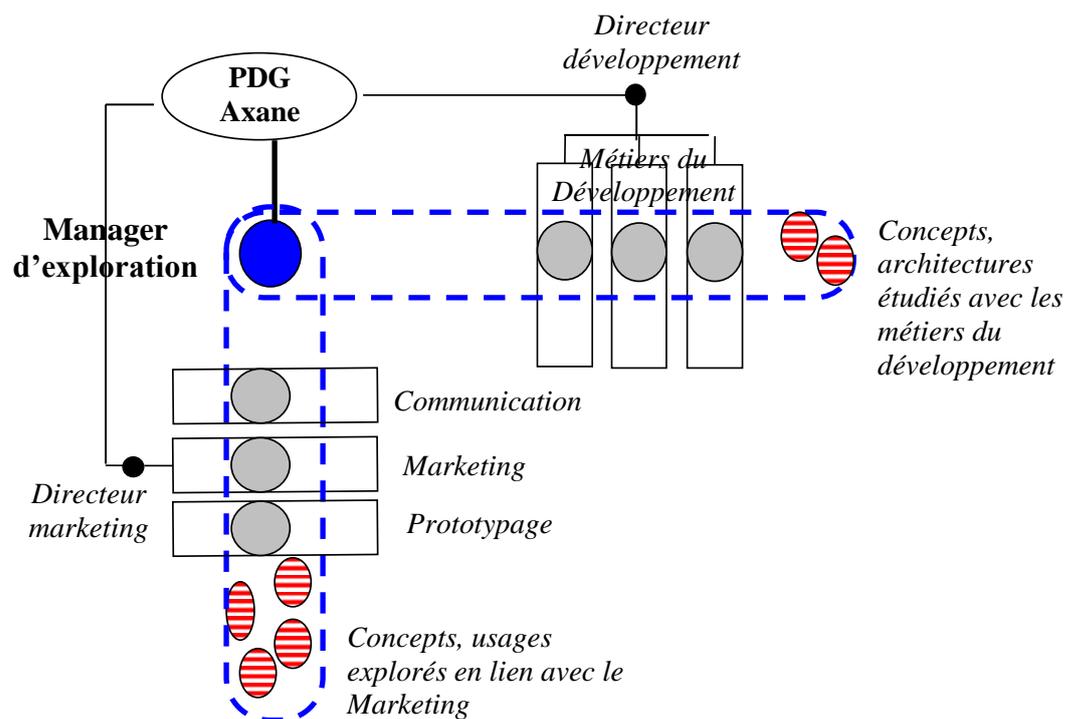


Figure 70: représentation de l'organisation de l'exploration chez Axane, fin 2005

A partir de 2006, plusieurs éléments vont contribuer à faire évoluer l'organisation des explorations, jusque là confinée à Axane, et à élargir le périmètre de l'exploration.

iv- La transition vers une nouvelle organisation de l'innovation

Face aux difficultés rencontrées dans le déploiement des premières offres PAC et hydrogène, le siège Air Liquide prend une série de mesures à partir de 2006 qui faciliteront le rapprochement des logiques et qui aboutiront au développement d'un véritable métabolisme d'innovation articulant exploration et exploitation, entre les différentes entités impliquées.

Nous mentionnerons quatre événements principaux qui ont selon nous, marqués un tournant significatif dans l'organisation de l'innovation sur la PAC et l'hydrogène :

- 1) La nomination par le directeur de la R&D d'Air Liquide d'un directeur Innovation pour l'Europe qui constate le fonctionnement éclaté entre les différentes entités*

La réorganisation est marquée par un changement de posture du Marketing Corporate et un abandon des méthodes détaillées de segmentation marketing pour une approche plus globale en terme de cartographie des applications potentielles. Par exemple, le segment « énergie pour les Telecoms » sera élargi de manière à couvrir toutes les applications ayant pour dénominateur commun la fourniture d'énergie décentralisée à haute valeur ajoutée (communications critiques, affichages d'urgence, chauffage ou froid sans interruption, etc...).

Le directeur Innovation-Europe va réactiver des explorations qui avaient été abandonnées en s'appuyant sur les connaissances accumulées en excès (par ex. des concepts innovants d'architectures électriques élaborés au cours de la collaboration avec le constructeur automobile Aixam). On assiste alors à la définition de champs d'exploration communs pour la R&D corporate, le marketing corporate et Axane : par exemple « flotte de petits véhicules urbains », « micro-mobilité », « énergie stationnaire de secours ». A chaque champ, sont rattachées des connaissances techniques ou sur les marchés déjà créées ou restant à créer.

- 2) Le lancement du projet européen HyChain qui nécessite une intégration étroite des entités Développement et Marketing pour réussir*

Le projet HyChain va fortement contribuer à l'allocation des ressources des entités de Développement du groupe sur un sujet commun de coopération, là où l'absence de client perturbait les équipes. Des développements innovants, jusque là en sommeil, vont alors être ressortis des placards : le système

Clip'on évoqué au chapitre 9 dans la monographie du processus d'exploration conduit par Axane en est un exemple flagrant.

3) *Axane renverse la charge de la preuve sur les cibles de marchés potentiels.*

Alors que le groupe demandait à la filiale de prouver l'existence de marchés porteurs pour les PAC avant d'allouer des ressources supplémentaires de R&D ou commerciales à la filiale, Axane présente un bilan argumenté des avancées de sa démarche d'exploration et met en évidence le découplage entre la chaîne de valeur pour des clients potentiels et les performances actuelles des composants complémentaires.

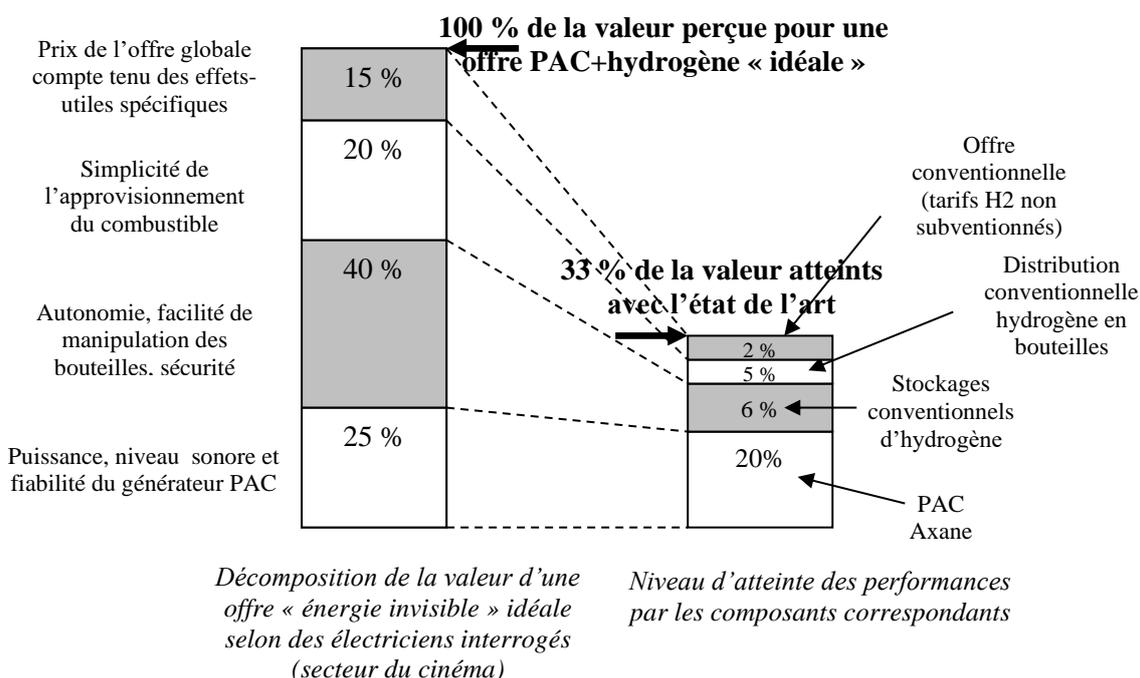


Figure 71 : analyse de la valeur entre une offre « énergie portable invisible » plébiscitée par le secteur du cinéma et l'offre [PAC et hydrogène] actuelle

Ce type de représentation, quoique discutable quant à la mesure et à la pondération des variables, eut le mérite d'illustrer de manière pédagogique la nécessité pour Air Liquide d'intervenir sur tous les maillons de la chaîne de la valeur de la fourniture d'énergie.

4) *La réorganisation de la branche Distribution Gaz*

La réorganisation de la branche « Distribution gaz » démarrée fin 2005 bénéficie à Axane puisque un poste de coordinateur « offres hydrogène-énergie » est créé afin de construire des passerelles entre Axane et les acteurs de la Distribution. D'autres ressources métiers ou produits maîtrisant les

problématiques d'interfaces et de communication entre des équipements intégrant du gaz et des stockages rejoindront par la suite Axane.

Ces évolutions convergeront vers l'apparition d'une fonction Innovation dont le but sera d'orienter les processus d'exploration, de développement et de mise sur le marché pour la R&D et le marketing des entités du groupe travaillant sur la thématique « hydrogène-énergie ».

13.2.2 Emergence et structuration d'une fonction Innovation

Nous avons été un observateur privilégié de l'émergence d'une fonction Innovation au sein d'Air Liquide entre début 2006 et février 2007.

Tout d'abord en tant que coordinateur projet pour Axane dans le projet Hychain, nous avons été au cœur des explorations entre la R&D corporate et le marketing qui ont précédé le lancement du projet. Ensuite en tant que chef de produit du générateur portable à PAC MOBIXANE, nous avons occupé un poste à l'interface entre le marketing et les études techniques dans une phase où l'enjeu était l'étude des conditions de déploiement opérationnel du produit : nous avons donc été confronté de près aux questionnements relatifs aux modèles d'affaires et à la conception des dispositifs de sécurité adaptés au déploiement d'une offre PAC et hydrogène pour des usages professionnels.

Enfin à partir de 2006, le chef de produit occupant la fonction de « manager d'exploration » est nommé au poste de directeur des projets et produits d'Axane et son périmètre d'intervention est élargi puisqu'il est chargé de piloter l'industrialisation, le développement de trois produits et de gérer les programmes de R&D en partenariat avec le directeur technique. Nous continuons à lui rapporter et à bénéficier de ses analyses sur les processus d'innovation qu'il pilote au quotidien. Dans la suite, nous l'appellerons « **manager-Innovation** » puisqu'il sera, aux côtés du PDG d'Axane, un membre central de la fonction Innovation.

Ces deux points de vues nous ont permis d'observer de nouveaux raisonnements de conception à partir de 2006, renforcés par une organisation qui avait appris à concilier exploration et exploitation. Nous illustrerons le fonctionnement de cette fonction Innovation à travers l'étude de deux cas puis nous rattacherons ces résultats au modèle de la R-I-D de Le Masson (op.cit.) dans la partie suivante (12.3).

Nous illustrerons le métabolisme de la fonction Innovation sur les deux cas suivants :

- i. **La conception d'un modèle d'affaire innovant pour une énergie portable « invisible »** : comment valoriser les performances spécifiques des produits alors que les coûts de revient des systèmes PAC restent élevés ? Quelles offres proposer alors que les composants complémentaires de la PAC limitent ses performances ? Et comment intégrer des problématiques de sécurité dans la conception d'une offre ?

- ii. **Le pilotage d'un projet de développement réutilisant des connaissances produites excès sur les usages : le cas du projet Hychain et la « mobilité légère hybride ».**
Comment organiser le pilotage d'un projet lorsque ni les architectures, ni les applications ne sont clairement définis ? Faut-il brider les explorations pour enrichir le cahier des charges initial du projet si de nouveaux usages sont mis en évidence ?

i- La conception d'un modèle d'affaire innovant pour une « énergie portable invisible »

Ce cas illustre les mécanismes d'activation des fonctions R&D et Marketing sur des concepts précis (en interne Axane et chez Air Liquide) par une fonction Innovation est parvenue à concevoir fin 2006 une première offre commerciale pour un produit alors réputé « peu fiable, très cher et exigeant en terme de manipulation et de respect des règles de sécurité »¹⁸. Le cas étudié est celui de l'exploration, du développement et de la commercialisation d'une offre-énergie portable silencieuse pour des applications qui sont encore incertaines fin 2005.

Axane avait identifié dès 2004 le concept d'« énergie furtive autonome » comme intéressant (cf. chapitre 9). Ce concept différenciait son offre technologique à la fois des autres énergies autonomes mais bruyantes (comme les groupes électrogènes) mais aussi des énergies silencieuses mais se déchargeant rapidement et longues à recharger (les packs de batteries commercialisés pour des applications de petite puissance c'est à dire au Plomb et Nickel Métal Hydrure). Des premiers secteurs d'activités avaient été approchés par le Marketing grâce à des démonstrateurs : les militaires, les travaux publics et le cinéma. Néanmoins, tous ces prospects avaient rejeté le concept pour des raisons différentes :

- les militaires à cause du manque de robustesse et de la complexité de la logistique hydrogène en cas de théâtres d'opération éloignés
- les travaux publics à cause de manque de simplicité du changement de bouteille et des risques associés (les ouvriers du bâtiment sont réputés pour faire passer les consignes de sécurité derrière la rapidité de mise en œuvre...)
- le cinéma car ils utilisaient des gros groupes électrogènes insonorisés pour les gros tournages (20 kW) ou des packs de batteries pour les petits tournages (entre 1kW et 2 kW) : ils ne voyaient donc pas l'intérêt d'un tel gadget très coûteux à l'achat et en coût de recharge.

¹⁸ d'après la responsable marketing d'Axane

En parallèle, à l'initiative du PDG d'Axane une équipe avait été missionnée pour conduire des études de risques détaillées dont les résultats mettaient en évidence des contraintes assez fortes lors de la manipulation et connexion des bouteilles d'hydrogène au produit et lors du fonctionnement du générateur (interdiction de fumer, absence de matériaux combustible dans une zone proche, etc...). La logistique et la manipulation posaient donc des problèmes à Axane ainsi que le coût élevé du générateur qui ne pouvait être vendu en l'état.

Le manager-Innovation demanda alors au Marketing quels modèles d'affaires pouvaient être envisagés. Le Marketing proposa alors un modèle de type « lame de rasoir » : avec un générateur électrique silencieux vendu à 5000 euros (au lieu de 25000 euros) couplé à un forfait gaz « hydrogène-énergie ». Axane et Air Liquide espéraient ainsi séduire plus d'utilisateurs pour ensuite réaliser du chiffre d'affaire sur la facturation du gaz (de l'ordre de 4 à 8 euros par bouteille). Néanmoins, même en suivant ce modèle, le prix n'était toujours pas assez attractif et les contraintes de la manipulation du gaz n'étaient pas évitées à l'utilisateur final.

Le manager impulsa alors un chantier sur le thème « manipulation sans risque d'une offre-énergie hydrogène » en dédiant une petite équipe comprenant le chef de produit, une personne de l'équipe de développement et un responsable sécurité du groupe Air Liquide.

En parallèle, il contacta des fournisseurs traditionnels de groupes électrogènes pour les professionnels afin de recueillir leur remarques. Plusieurs loueurs furent alors contactés et leurs réactions furent quasi-unanimes : ils pouvaient fournir une offre intégrée comprenant le matériel et la fourniture d'hydrogène et ils suggéraient même quelques pistes de simplification d'usage (détrompeurs notamment). Néanmoins, ils estimèrent que les consignes de sécurité qu'exigeait Axane lors du fonctionnement (ne pas fumer près du générateur ou ne pas laisser fonctionner dans des pièces à l'atmosphère trop confinée) ne seraient jamais respectées une fois l'équipement laissé entre les mains de professionnels. Ainsi, bien qu'entrevoiant un modèle d'offre locative attractif qui aurait pu laisser envisager des premières offres commerciales, la question du respect effectif des règles de sécurité restait bloquante...

Le groupe de travail sur la « manipulation sans risque » présenta après deux semaines ses conclusions : une piste qui émergeait à long terme était le développement d'une connectique zéro risque en cours de mise au point dans un centre de R&D du groupe mais aucune solution à court terme ne permettait de contourner les règles de sécurité évoquées précédemment.

Le manager-Innovation réorienta alors les raisonnements sur la valeur. Lors d'une participation à un tournage de film, secteur étudié de près par Axane, ce dernier remarqua que des dizaines de prestataires extérieurs composaient l'équipe des techniciens et que les principaux donneurs d'ordres sur le tournage

exprimaient leurs besoins en terme de services attendus : par exemple « un éclairage plus intense », « un chemin de câble invisible », « un sol brillant », autant d'actions qui nécessitaient la mise en mouvement d'équipes de techniciens et de matériels électriques parfois innovants ou parfois rudimentaires (un arrosage du sol avec un tuyau suffit à rendre le sol plus réfléchissant). L'idée était donc là : le générateur électrique d'Axane devait s'effacer derrière la fourniture d'une prestation d'énergie furtive et autonome. Le manager-Innovation demanda alors au Marketing d'étudier un modèle d'affaire où la prestation d'énergie serait fournie par une équipe d'Axane pendant la durée d'un tournage ou d'une scène. La différence avec l'offre de location de type « Kiloutou » était que, dans le cas présent, le périmètre de la prestation comprenait la mise en œuvre du générateur électrique en toute sécurité par un technicien d'Axane et le changement de bouteilles pouvait être effectué en temps quasi-masqué.

Les premières offres furent donc conçues sur cette base : l'offre comprenait un technicien chargé de toute la logistique de transport et chargé de la prestation sécurisée au cœur des plateaux de tournages. Les premiers prix furent établis à des tarifs compris entre 500 à 700 euros la journée. Ils furent fixés à partir de l'analyse des coûts cachés de la concurrence : les packs de batteries loués pour 100 euros la journée impliquaient des fréquentes recharges... réalisées par des groupes électrogènes qui devaient être aussi loués et manipulés pour la circonstance. Au final, la logistique en carburant ajoutée aux contraintes de niveaux sonores élevés étaient rédhibitoires pour les petits tournages. Ces derniers se privaient donc de certains lieux de tournages en extérieur faute de solutions énergétiques adaptées.

Avec le modèle d' « énergie invisible à la demande », Axane rendait donc enfin possibles de nouvelles conditions de tournages grâce à la fourniture d'une prestation qui n'existait pas encore, différentes des offres existantes qui ne proposaient que les petits packs de batteries et les gros groupes électrogènes. Une fois ce modèle d'affaire validé sur le secteur du cinéma, ce dernier permit de mettre en évidence d'autres pistes d'applications dans de nouveaux secteurs que le marketing put ensuite étudier de manière autonome compte tenu des composantes qui avaient été mises en évidence.

Ce cas illustre très bien comment le PDG d'Axane et le manager-Innovation activèrent des équipes sur des sujets précis (des études techniques ou sécurité, des études marketing) et orientèrent progressivement les différents métiers (y compris à l'extérieur d'Axane) pour converger vers le déploiement concret d'une offre avec des prestations précises et un prix. Nous avons illustré (cf. figure 72) le fonctionnement de la fonction Innovation composée ici du PDG d'Axane, du manager-Innovation et du chef de produit concerné par le déploiement du produit PAC portable.

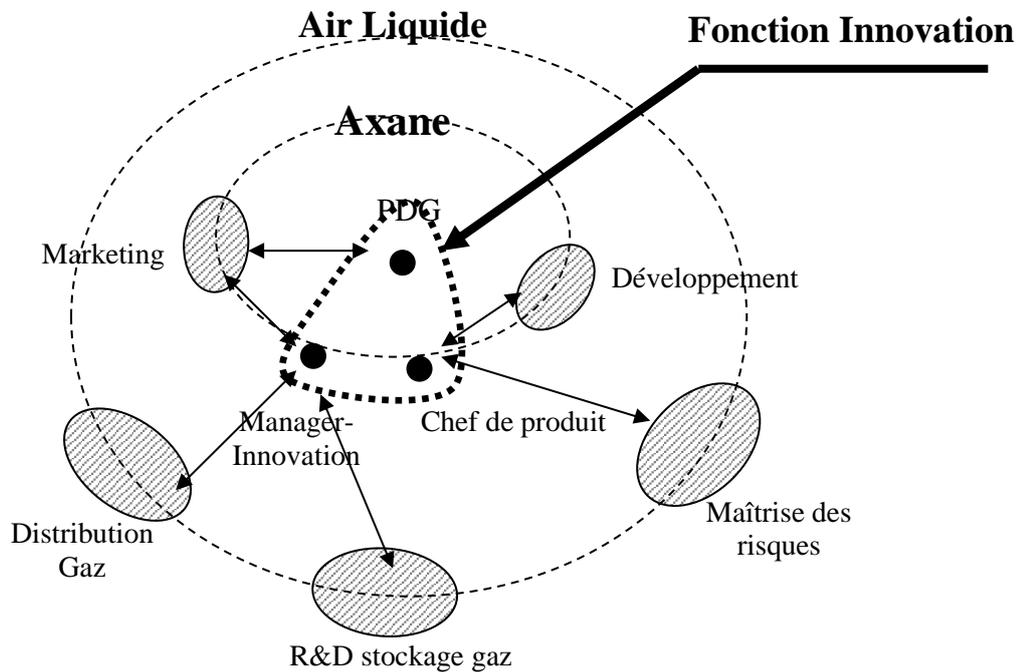


Figure 72 : illustration des interactions entre la fonction Innovation, la Recherche, le Marketing et le Développement sur le cas de la conception de l'offre « énergie portable invisible »

Dans ce cas, la fonction Innovation a interagi avec le Marketing, la Recherche et le Développement qui n'avaient pas convergé séparément alors que le produit était développé depuis 18 mois. La fonction Innovation a piloté le processus d'exploration mais aussi la convergence vers un produit avec ses règles d'utilisation, son marquage CE, et son modèle d'offre associé : elle ne s'est donc pas cantonnée à un rôle en amont des développements.

Au contraire, c'est en se confrontant aux problématiques de terrain (les difficultés des techniciens du cinéma, les modalités de mises en œuvre en toute sécurité du produit) et en les retranscrivant en termes d'usages qu'elle est parvenue à cette convergence.



Figure 73 : l'offre « énergie invisible » en situation sur le tournage du film de C.Honoré « les chansons d'amour » en février 2007. A gauche le produit Mobixane avec les bouteilles d'hydrogène ; à droite le tournage d'une scène alimentée en énergie par la PAC

ii - L'exploration de nouvelles architectures et de nouveaux usages pour la « mobilité légère hybride » dans le cadre du projet Hychain

Le projet Hychain offre l'exemple d'un projet dont les enjeux au démarrage semblent uniquement de développer des véhicules hybrides à partir de l'état de l'art de la technologie et les déployer sur le terrain afin de les tester en conditions réelles pendant trois ans. Cependant, en travaillant au développement des architectures techniques des véhicules, le projet va mettre en évidence de nombreuses questions sur les usages qui menacent de faire diverger celui-ci si aucunes réponses ne sont apportées... Contrairement à l'exemple précédent où la fonction Innovation remplissait tour à tour les rôles d'exploration et d'exploitation, et finissait par lancer une nouvelle offre, nous illustrerons ici la confrontation puis l'articulation entre deux fonctions différentes au sein du projet : une fonction Innovation/Exploration et une autre Innovation/Exploitation.

▪ Les apprentissages pré-Hychain réalisés par Axane

Nous avons déjà présenté en détail, dans le chapitre 5.3, le processus d'exploration conduit par Axane entre 1999 et 2005 qui a permis d'identifier de nouveaux principes d'architectures pour des véhicules électriques (concept de mobilité « plug and drive ») en travaillant avec des constructeurs d'automobile européens puis avec des constructeurs de véhicules légers.

Bien qu'ayant développé des compétences pointues sur les architectures hybrides de propulsion, Axane se verra cantonné au titre de simple fournisseur de systèmes PAC pour les intégrateurs de véhicules (les applications concernées sont le fauteuil roulant et le véhicule utilitaire léger). Selon le montage du projet Hychain, ces intégrateurs seront responsables des spécifications et performances finales des véhicules et devront concevoir des architectures hybrides intégrant au mieux les contraintes de l'application finale. Le cahier des charges initial du projet ressemble à celui d'un développement classique puisqu'il s'agit de remplacer la propulsion de véhicules tout électrique par de la propulsion hybride sans changer les usages des véhicules et en améliorant les performances des véhicules de manière significative : + 50% en autonomie et diminution des temps de recharge des véhicules. Pourtant, lors de la conception de ses systèmes PAC, Axane soulèvera des questions relatives aux usages qui mettront en évidence des impensés.

▪ Le difficile démarrage d'Hychain : quand les usages font de la résistance

En souhaitant concevoir ses PAC au plus juste des applications, de manière à privilégier la compacité afin d'en faciliter l'intégration, le PDG d'Axane et le manager-Innovation questionnèrent d'abord les usages des fauteuils électriques : ils estimèrent qu'entre les usages d'un adolescent hyper-actif ou ceux

d'un myopathe, les profils de performances devaient varier énormément et posèrent la question à l'intégrateur de fauteuil. Ce dernier ne s'était pas posé la question car il avait privilégié le modèle de fauteuil « qui avait le plus de place sous le siège pour faciliter l'intégration »¹⁹ : un modèle de fauteuil 4x4. Le PDG, le manager d'Axane et le directeur marketing d'Axane (concepteur du projet et porteur principal pour le groupe Air Liquide) mobilisèrent alors les ressources marketing d'Axane afin d'enquêter sur les utilisateurs de fauteuils électriques et manuels. Cette exploration a été traitée largement au chapitre 6 : elle a associé des associations d'handicapés et des médecins spécialisés dans les aménagements de fauteuils ; elle a mis en évidence une très grande variation des usages actuels et de larges champs d'exploration possibles pour la mobilité des handicapés. Au final, il ressortit que le fauteuil 4x4 s'avérait orphelin en terme d'usages et d'utilisateurs... Pourtant, l'intégrateur avait déjà établi ses dimensionnements sur cette base, en outre, il était seul souverain du choix du modèle. Mais l'incertitude sur les usages se généralisa sur tous les composants et désorganisa le projet : quelles cartouches d'hydrogènes choisir en fonction de l'autonomie demandée ? Quels modes de conduites ? Quels environnements seront traversés ? L'utilisateur sera-t-il seul ou accompagné par du personnel soignant à même de le secourir en cas de panne ? Les mêmes problématiques apparurent sur le second véhicule sur lequel était impliqué Axane : le véhicule utilitaire léger Axane.

Axane fut perçu pendant cette phase du projet par les partenaires du projet et par le reste d'Air Liquide comme un semeur de trouble : les partenaires estimaient les questionnements pertinents mais ils s'étaient engagés dans une stratégie d'exploitation dont la finalité était de développer des démonstrateurs fonctionnels en dupliquant les cahier des charges des véhicules existants et ils ne souhaitaient pas explorer dans l'incertain de nouveaux usages tirant partis des performances des architectures hybrides. La fonction Innovation/Exploration constituée du PDG, du directeur marketing et du manager-Innovation joua pourtant son rôle en rouvrant l'espace des usages à concevoir et en mettant en évidence la variété des architectures possibles correspondantes.

Le manager projet d'Hychain tenta de minimiser la divergence du projet en ré-axant le pilotage du projet sur le respect de jalons marquant des étapes de convergence : l'accent fut par exemple mis pendant les premiers mois sur le figeage des spécifications fonctionnelles. Il défendit l'identité initiale du projet pendant les six premiers mois et à cet effet, reçut le soutien de la direction d'Air Liquide et des partenaires. Avec les intégrateurs de véhicules, ce groupe mobilisa de son côté des études techniques et des études marketing dans le but de refermer la boîte de Pandore des usages. Nous attribuerons à ce collectif une fonction d'Innovation/Exploitation. Malgré ce pilotage, des retards s'accumulèrent parmi les intégrateurs et au niveau du développement du Clip'on, le composant à la base de l'architecture

¹⁹ citation du coordinateur de l'intégrateur de véhicule

« *plug and drive* » : sans cette fonctionnalité permettant de recharger le véhicule électrique en changeant une simple cartouche, l'intérêt du projet semblait compromis...

La figure 74 reprend le positionnement des principaux acteurs du projet et matérialise le périmètre des fonctions Innovation/Exploration et Innovation/Exploitation.

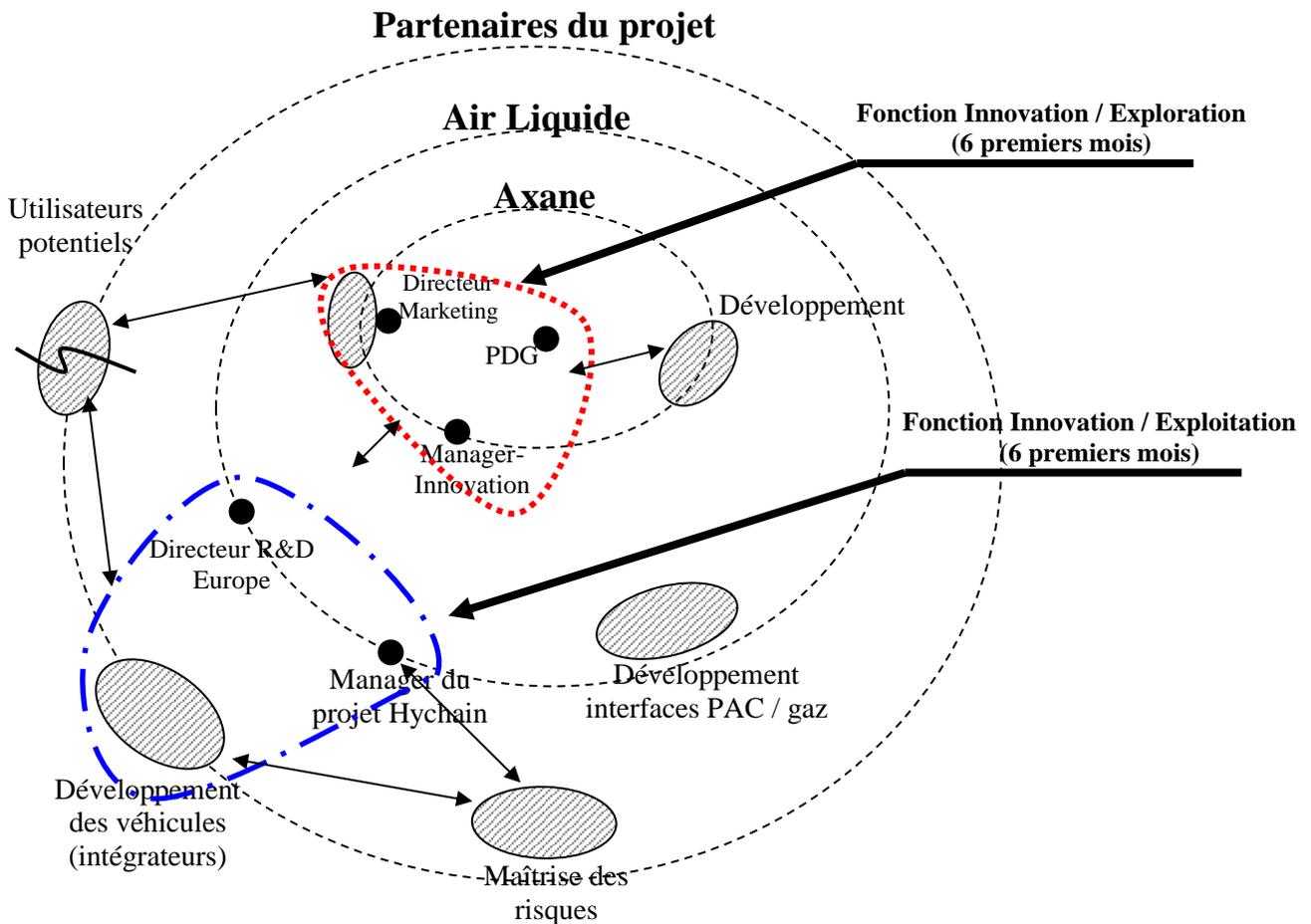


Figure 74 : confrontation entre les fonctions Innovation/Exploration et Innovation/Exploitation pendant les six premiers mois du projet

- La logique du projet reprend ses droits

Après six mois, le projet menaça d'éclater tant la cohérence avec les objectifs initiaux semblait difficile à maintenir : le développement des architectures hybride semblait trivial, il avait pourtant fait surgir l'étendue des usages potentiels pour les véhicules grippant par la même le processus de conception.

La logique du projet reprit alors ses droits : les retards furent analysés comme un écart de trajectoire par rapport au planning initial et le chef de projet fut réprimandé ; les spécifications furent alors figées afin de faciliter les choix de conception des intégrateurs et il fut demandé à Axane de reprendre son rôle de fournisseur de PAC.

Au final, nous pouvons tirer des enseignements pour la dynamique d'apprentissage du projet en reprenant le schéma de Midler (1993) (cf. figure 75).

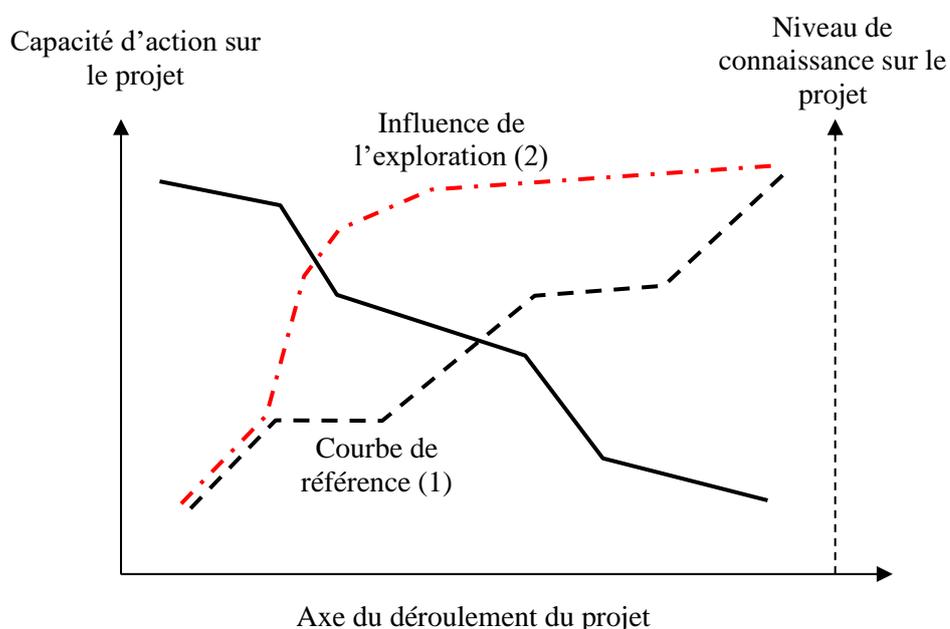


Figure 75 : la dynamique d'apprentissage lors d'un projet où le concept principal fait l'objet d'une exploration (d'après Midler, 1993)

Bien que n'ayant pas d'influence sur la capacité d'action sur le projet, l'exploration accroît le niveau de connaissances sur le projet, ce qui se caractérise par une meilleure connaissance des architectures potentielles et des applications possibles. Néanmoins, nous avons vu que cette phase d'exploration, située lors de la phase d'avant-projet perturbait l'équipe-projet qui pense que la raison d'être du projet et ses objectifs sont contestés : comme l'expliquent en effet Lenfle et Gautier (2004), les phases d'avant-projet sont conçues au départ pour étudier la faisabilité d'un concept donné mais non pour générer de nouveaux concepts. D'où l'intérêt d'identifier la nature du projet avant son lancement, afin d'organiser les phases amont en suivant des principes adaptés à des situations d'exploration tels que décrits par

Lenfle (2001) par exemple, ce qui suppose que les senior-managers soient capables d'identifier de tels régimes au moment du montage du projet.

Conclusion sur les deux cas :

Les deux cas mobilisés enrichissent le fonctionnement de fonctions Innovation dans des situations d'exploration. Pour que les processus d'exploration démarrent et convergent, nous mettons en évidence le rôle d'une fonction extérieure au Marketing et à la R&D qui active ces fonctions sur des thèmes précis.

Dans le cas de la conception du modèle d'affaire pour l'énergie invisible, la fonction Innovation conduit une exploration qui s'achève par le lancement d'une offre : les concepts les plus intéressants sont tirés de la confrontation avec les utilisateurs suite à une reformulation conséquente des effets-utiles à générer. Une fois analysé le modèle adapté (la prestation complète à un prix donné), la fonction Innovation met alors le Marketing sur les rails pour la commercialisation.

Dans le cas du projet Hychain, la fonction Innovation/Exploration intervient trop tard dans un projet qui a été défini trop tôt comme un projet de développement : on assiste alors à une confrontation entre fonctions d'où émergent de nouveaux concepts et de nouvelles valeurs. Le projet, même ébranlé, voit sa dynamique d'apprentissage accrue même s'il retrouve ensuite un mode de croisière où les principes de convergence habituels de la gestion de projet reprennent leurs droits.



Figure 76 : le véhicule utilitaire d'Hychain et le générateur MOBIXANE amovible présentés à des élus isérois (septembre 2006)

13.3 Les entités d'exploration et le modèle de la R-I-D

La mise en évidence d'une fonction Innovation au sein d'Air Liquide nous aide à enrichir l'étude des fonctions Innovation modélisées en premier lieu par Le Masson (op.cit). Les cas mobilisés par le CGS illustrent la mise en place d'une fonction de conception innovante entre la Recherche et le Développement, la plupart du temps dans des situations de faibles distances (C-Kv) : le cas de l'exploration de nouvelles fonctionnalités pour le vitrage chez Saint Gobain Sekurit ont conduit un laboratoire de recherche à formuler le concept de « membrane isolante-communicante » qui, s'il ouvre sur une myriade de nouveaux usages, renvoie à des situations où les concepts dérivés sont rattachables facilement à des valeurs d'usages par les concepteurs, au moment où ils formulent ses concepts.

En revanche, le cas d'Air Liquide et d'Axane renvoie explicitement à un régime d'exploration où la distance (C-Kv) est élevée. Pour ce régime, nous entreprendrons d'élargir le modèle de la RID aux fonctions Marketing. Nous avons en effet vu au chapitre 11 que les organisations du Marketing éprouvaient des difficultés à explorer la valeur de concepts très innovants, porteurs de nouvelles identités ou de nouveaux usages et que les modèles génératifs de mise sur le marché des bureaux des méthodes marketing était alors pris en défaut. Il semble que pour des situations d'explorations impliquant des THP, le rôle d'une fonction « Innovation » soit de piloter le processus d'exploration de la valeur avec le Marketing afin d'orienter les carottages et les forages à effectuer. Nous sommes alors dans le cas d'un modèle élargi RIDM. Ce modèle suppose que les fonctions I aient à leur disposition des moyens d'observation et d'expérimentation, c'est à dire qu'ils ne soient pas coupés ni des prospects, ni des développements. En retour, la fonction Innovation mise en évidence ici permet au Marketing de retrouver son rôle de concepteur en lui des donnant accès aux architectures –produits et en recréant le lien avec les usages. Chez Air Liquide, la fonction Innovation a par exemple fait un important travail sur les langages de manière à ce que les métiers du développement et du marketing construisent un langage commun et sortent de leurs jargons respectifs.

Hatchuel et al. (2007) caractérisent le passage de la R&D à la RID par l'apparition de trois éléments originaux : un pilotage par les concepts, une organisation des apprentissages conjoints et une stratégie de conception respectant une économie de production de savoir. Nous avons montré de notre côté que le modèle de la RIDM : étendait le rôle des lignées à la création de nouveaux espaces de marché ; reposait sur un pilotage particulier de la génération de concepts où l'exfiltration des terrains d'expérimentation prenait le pas sur la production de concepts en chambre ; de nouveaux critères et indicateurs apparaissaient pour piloter la convergence des processus d'exploration.

Nous pouvons alors résumer les principales caractéristiques d'un modèle M-I-D-R (cf. tableau 7).

	Marketing	Innovation	Développement	Recherche
Maille élémentaire de l'activité	L'espace de marché : les segments existants, cibles potentielles, connaissances en excès sur les utilisateurs ou usages	Champ d'innovation ou champ d'exploration (selon les régimes)	Cahier des charges fonctionnels	Question scientifique autonome ou proposée
Buts	Exploration de nouveaux usages et création de valeur par la conception de modèles d'affaires pertinents	Stratégies de conception et d'expansion des espaces de marchés (lignées, plateforme, partenariats d'exploration)	Réalisation du projet	Connaissances validées
Ressources	Equipes de marketers, designers, ressources de prototypage	Groupes d'exploration coordonnées; domaines d'exploration	Equipes projets ; équipes métiers	Laboratoires, équipes par compétences, universités
Horizon	Cycle de conception et d'utilisation du produit	Contingent et stratégique	Délais du projet ; jalons	Dépend du processus d'investigation
Valeur économique	définie par le modèle d'affaire	construite sur plusieurs produits ou connaissances transférées	valeur du projet	valeur de la question

Tableau 7 : Principes de gestion entre le marketing, l'Innovation, le Développement et la Recherche (complété d'après Hatchuel et al., op.cit)

En outre, le cas d'Air Liquide nous permet de faire le lien avec les travaux sur l'ambidextrie organisationnelle : la fonction Innovation, dont nous avons illustré le fonctionnement sur plusieurs cas, n'a pas une activité dédiée aux explorations mais utilise les processus d'exploration pour susciter de nouveaux apprentissages.

Nous avons largement analysé comment Axane avait suivi l'engouement des autres constructeurs de PAC sur la filière des Télécoms alors que les applications pressenties étaient en substitution à des applications existantes. Néanmoins, les projets permirent de générer des connaissances sur cette filière qui aboutirent ensuite à la formulation de concepts intéressants pour des applications de secours en sites reculés. De la même manière, si Axane explore de nombreux champs d'application dans l'énergie portable, elle parvient à un moment à concevoir un modèle d'offre aligné avec les usages proposés ce qui la conduit à converger vers la constitution d'une offre. Cette offre est aujourd'hui en cours de déploiement massif en Europe, déploiement qui mobilise de manière importante les équipes d'Air Liquide. Les processus d'exploration d'Axane sont possibles parce que des processus d'exploitation

produisent, de manière prudentielle, de nouvelles connaissances, et conduisent au développement de nouveaux produits. Ces projets peuvent être des projets européens de développement, des projets d'industrialisation, des études de marché conduites sur des filières stabilisées : ils contribuent à maintenir un équilibre entre exploration et exploitation dont la fonction Innovation reste garante.

CONCLUSION DU CHAPITRE 13

En mobilisant le cas d'Axane et d'Air Liquide, nous avons mis en évidence le fonctionnement d'une fonction de conception innovante entre le Marketing, le Développement et la Recherche. Ces résultats nous ont conduit à formuler pour les régimes d'exploration de type IV une modèle de gestion de l'innovation RIDM qui semble généraliser celui de la RID (Le Masson, op.cit).

Ce modèle se caractérise par :

- l'extension du rôle des lignées à la création de nouveaux espaces de marché ;
- il repose sur un pilotage particulier de la génération de concepts où l'exfiltration des terrains d'expérimentation prend le pas sur la production de concepts en chambre ;
- de nouveaux critères et indicateurs apparaissent pour piloter la convergence des processus d'exploration.

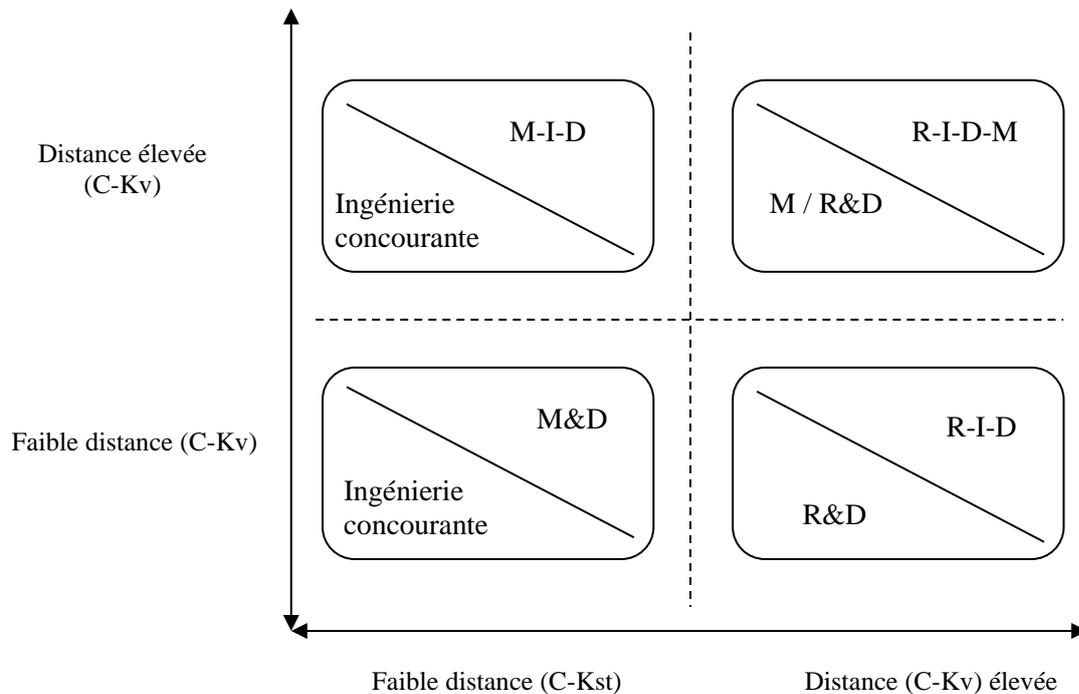


Figure 77 : Synthèse des modèles d'organisation de l'innovation entre Marketing, Innovation, Recherche et Développement

La figure 77 propose une typologie des modèles d'organisation que nos terrains ne nous permettent pas d'inférer. Néanmoins, il semble que le modèle de la RID soit dominant en régime d'exploration de type II, alors que le modèle dominant en régime d'exploration de type III puisse être de type M-I-D, les concepts étant facilement rattachables à des connaissances techniques, le pilotage de la Recherche ne pose pas de problèmes spécifiques. Enfin, le régime de type I ne présente pas d'enjeux particuliers nécessitant une fonction de conception innovante pour améliorer la coopération entre Marketing et Développement.

CONCLUSION DE LA PARTIE IV

Dans cette partie , nous avons analysé la crise des modèles génératifs qui permettaient aux fonctions marketing de domestiquer la commercialisation d'innovations. Face aux enjeux d'une innovation où le renouvellement et l'extension des usages devient central, les organisations du Marketing n'ont pas su renouveler leurs approches pour explorer de nouvelles valeurs.

L'étude des entités exploratrices nous a fourni des clés de compréhension supplémentaires sur l'agilité, la capacité à générer des connaissances sur des secteurs émergents dans des contextes où elles ne sont pas soumises aux routines des entreprises établies. Néanmoins, ces entités n'incarnent pas en soi un nouveau modèle, tout au plus des nouveaux dispositifs d'apprentissage et d'expérimentation.

Enfin, l'étude de la structuration d'une fonction Innovation chargée de piloter les processus d'exploration de nouvelles valeurs et de nouvelles connaissances techniques en lien avec le Marketing, mais chargé aussi de piloter des démarches d'exploitation, nous a conduit à proposer un élargissement du modèle de la RID de Le Masson (2001) en modèle RIDM, déclinable selon les régimes d'innovation considérés.

**CONCLUSION : L'APPARITION D'UN REGIME DE
COMPETITION PAR L'INNOVATION EXTENSIVE ?**

Dans sa fameuse conjecture énoncée en 1904, Poincaré soulevait la question suivante : « imaginons un explorateur se trouvant au milieu d'un large territoire inconnu. Comment pourrait-il savoir, sans s'élever au-dessus du sol, si le territoire qui s'étend autour de lui est plat, accidenté ou même sphérique, ou s'il est de toute autre forme ? »²⁰. Si cette conjecture a occupé les travaux de mathématiciens pendant plus d'un siècle, elle a également une résonance en sciences de gestion : les interrogations actuelles des ingénieurs et managers concernant les applications potentielles des nanotechnologies, les contours des futurs services de téléphonie ou les usages à venir des véhicules embarquant de nouvelles formes d'énergies soulignent un manque de principes de management et de stratégies adaptées aux situations d'exploration. Ces interrogations sont symptomatiques d'un besoin d'une science des lieux en gestion (d'une *topologie*), dont le but serait d'étudier et de caractériser les territoires non familiers de l'innovation, et de générer des principes permettant de se repérer et de se déplacer à travers ces territoires. En effet, tel N. Hayek avec le projet Swatchmobile, les industriels se lancent parfois dans des projets d'exploration guidés par la poursuite d'une *utopie* (d'un lieu fictif semblable à l'île *Utopia* de T. More) mais en étant relativement démunis d'instruments de navigation adaptés.

La thèse a contribué à enrichir la compréhension des processus d'exploration en revenant sur des questions centrales :

- comment situer les processus d'exploration par rapport aux différentes situations d'innovation qui soulèvent de nombreuses incertitudes et qui impliquent un renouvellement des compétences ?
- quelles stratégies d'exploration ? Comment et à quel moment expérimenter ? Comment explorer la valeur sans tomber dans les écueils ? Comment piloter les processus pour organiser leur convergence ?
- comment s'organiser pour explorer : est-ce que les différentes formes d'organisations ambidextres répondent à cette question ? Peut-on explorer via une organisation en mode projets ? La création d'une entité dédiée à l'exploration résout-elle tous les problèmes ?

Nous synthétiserons les différents éléments de réponses que nous avons apportés dans la thèse et nous terminerons en nous demandant si les stratégies d'exploration de nouveaux usages mises en évidence ne renvoient pas plus généralement à l'émergence d'un régime d'innovation extensive.

²⁰ Cette citation n'est évidemment pas de Poincaré ; elle s'inspire des explications fournies par le livre de G. Szpiro, *La conjecture de Poincaré* (2003) qui porte sur l'élucidation de cette énigme mathématique par Grigori Perelman en 2003.

1. Les processus d'exploration : une caractérisation par les régimes d'innovation

Les situations d'exploration ont été traitées par une large littérature comme « déviantes » des situations classiques de développement de nouveaux produits : le management des Hautes-technologies (Moriarty et ali., op. cit., Sandberg) décrit par exemple des principes permettant de réduire la double incertitude relative aux futurs marchés (turbulents, insaisissables) et aux technologies (complexes, innovantes) ; pour d'autres auteurs les situations d'exploration se manifestent à chaque fois qu'une entreprise tente de renouveler ses compétences technologiques ou ses compétences-clients (Danneels, op. cit., Chanal et Mothe, op.cit) ; enfin l'exploration est parfois évoquée pour évoquer des entreprises qui parviennent à s'extraire de leur routines organisationnelles pour mettre sur le marché de nouveaux produits (Tushman et O'Reilly, op.cit, Birkinshaw et Gibson, op.cit).

Nous avons adopté une approche par les théories de la conception en nous attachant aux enjeux de conception des usages et des architectures qui se présentaient aux explorateurs au démarrage d'un processus d'innovation. Cette approche nous a conduit à distinguer des régimes d'innovation qui présentent des enjeux homogènes en termes de situations d'exploration et qui plus est, renvoient à des catégories homogènes en terme de réponses organisationnelles et de stratégies d'exploration.

En mobilisant la théorie de la conception innovante (Hatchuel et ali, op.cit.) pour construire les critères de notre typologie des dilemmes stratégiques « exploitation / exploration » nous avons montré qu'il était possible de définir des critères permettant de qualifier *ex ante* les situations d'exploration en prenant en compte à la fois la nature des concepts explorés et leur « éloignement » par rapport aux connaissances des concepteurs. Cette typologie nous a ensuite permis de relire les travaux de la littérature sur l'exploration en repositionnant leurs apports respectifs : les travaux sur la créativité définissant l'exploration uniquement par la génération de nouveaux concepts ou ceux la qualifiant uniquement par le renouvellement des compétences sont alors intégrés dans un cadre unifié, qui prend en compte ces deux dimensions mais en les réinscrivant dans une théorie de la conception fondée, la théorie de la conception innovante.

En outre, nous avons mis en évidence que les processus d'exploration soulevaient de tels enjeux de transformation de l'activité des futurs utilisateurs, pour des technologies dont les performances n'étaient pas même encore révélées, que la « valeur-client » de Porter (op.cit.) n'était pas un cadre théorique pertinent. Nous avons alors proposé la notion de « valeur-amont » dont les fondements et les mécanismes reposent sur la « valeur-service » de Zarifian (op.cit), cadre qui permet d'évaluer en amont de la commercialisation, lors des interactions avec des premiers utilisateurs, les transformations qualitatives dans les dispositions d'actions (qualifiés d'*effets-utiles*) que recèle une technologie ou un prototype.

2. Les composantes des stratégies d'exploration

A partir de l'étude de trois processus d'exploration impliquant des technologies à hauts potentiels (régimes d'innovation de type IV), la pile à combustible chez Axane / Air Liquide, le ballon éclairant chez Airstar et le verre pixélisé chez MicroOptical, nous avons mis en évidence les leviers stratégiques et suivants :

- Levier 1 : concevoir des architectures à « mémoires de formes »

La modularité des architectures est un levier classique des stratégies d'exploitation permettant de gagner en variété de produits tout en maintenant une standardisation des composants ; en revanche, en situation d'exploration, l'enjeu est de rendre modulaire et « malléable » les architectures de manière à rétro-agir sur la conception des produits rapidement en fonction des tests d'usages réalisés : les architectures à « mémoire de formes » sont des architectures où les paramètres de conception sont assez découplés des fonctionnalités (Suh, op.cit) pour permettre de réintégrer rapidement et au moindre coût les apprentissages réalisés sur la valeur. La conception devient alors assez souple pour s'adapter à l'émergence de nouveaux usages qui impliqueraient l'ajout de nouvelles fonctionnalités, non prévues initialement, sans remettre en cause les principes de conception antérieurs.

- Levier 2 : considérer les expérimentations comme un moyen de prototyper des modalités d'accès à de nouveaux usages

Lorsque les études de marché ne peuvent pas fournir d'informations exploitables sur les futurs utilisateurs et les futurs usages, la mise en place de dispositifs d'expérimentation devient un moyen de générer de nouveaux apprentissages sur la valeur. Ces dispositifs ne sont pas conçus comme des preuves de concepts ni comme des démonstrateurs d'un savoir-faire technologique mais comme des prototypes de modalités d'accès à de nouveaux usages. L'enjeu pour la conception des modèles d'affaires est de s'appuyer sur valorisation des nouveaux *effets-utiles* mis en évidence lors des expérimentations (coûts évités et nouvelles actions permises) et de choisir sur quelles variables de prototypage agir pour se rapprocher du test « grandeur nature » adapté aux usages ciblés.

- Levier3 : piloter l'exploration en agissant sur le périmètre de conception et les objectifs du collectif d'exploration

Les stratégies d'alliance des explorateurs varient selon qu'il s'agit d'explorer de nouveaux concepts ou de faire appel à des expertises complémentaires sur des sujets délimités. Ces partenariats demandent des logiques différentes des logiques de co-développement afin de porter leurs fruits : la rationalité d'intégration est alors remplacée par des logiques de convergence des apprentissages ou de construction de nouvelles pistes.

Selon chaque régime, nous avons ensuite précisé les tactiques les plus adéquates : en régime tiré par l'exploration de nouvelles architectures (régime de type II), il est efficace **d'opérer quelques forages** sur des concepts directeurs choisis avec précision, en vue de générer un maximum de nouvelles connaissances techniques. En régime d'exploration tiré par les usages (régime de type III), il semble plus intéressant de **multiplier les carottages peu profonds** sur afin de tester de nombreux concepts et de générer un maximum de connaissances sur la valeur.

Dans quelles situations les techniques de créativité sont-elles efficaces ? Leur performance est limitée lorsque les connaissances sur les conditions d'usage ne sont pas extrapolables de l'existant, c'est à dire dans les régimes de type III et IV. Néanmoins, au cours d'un processus d'exploration, une fois que la base de connaissances sur les usages potentiels aura été suffisamment développée, les explorateurs pourront alors disposer de la matière première pour des séances de créativité.

3. Les organisations de l'exploration : vers un modèle (ré)unifié R-I-D-M

En étudiant les différents modèles d'intégration entre le marketing et la R&D en amont des projets de développement, nous avons mis en évidence que les modes de coopération entre ces fonctions reposaient largement sur une stabilité de l'identité et des usages pour des utilisateurs identifiés ou identifiables facilement. Dès lors, en régime d'innovation élevé (de type II, III ou IV), nous avons montré qu'il fallait activer les fonctions marketing par l'extérieur, par des fonctions Innovation capables de leur préciser les points sur lesquels explorer la valeur (résultat qui s'appuie sur les travaux de le Masson op.cit et qui les étend aux régimes de type III et IV).

Le cas de l'étude longitudinale de l'émergence progressive d'une entité d'exploration à partir d'Axane, en lien avec le marketing et la R&D corporate du groupe Air Liquide nous a confirmé ces résultats et en a précisé les enseignements :

- d'une part, on retrouve autour du PDG d'Axane, un manager qui anime les projets, oriente les études de marché et les développements en jouant le rôle d'un « manager d'exploration »: ce dernier constitue avec le PDG, la charnière centrale pour impulser et piloter les processus d'exploration. En s'appuyant sur les chefs de produit et les chefs de projet formés selon des méthodologies spécifiques, ce groupe réussira au fil des années à initier des projets impliquant la R&D et le marketing corporate en ré-exploitant systématiquement les connaissances produites sur les usages et les architectures.
- D'autre part, l'entité d'exploration étend ses frontières au-delà de la structure de la filiale : c'est parce qu'une partie de la R&D et du Marketing corporate adoptent des raisonnements

d'exploration qu'Axane parvient à explorer. Réciproquement, Axane bénéficie des soutiens et des financements du groupe parce que ses dirigeants sont aussi capables de suivre, sur certains programmes, des raisonnements d'exploitation : par exemple la démarche d'industrialisation des systèmes est continue et à côté des explorations de nouveaux marchés sont conduites des études marketing plus classiques qui donnent de la visibilité sur des marchés déjà structurés.

Ces enseignements nous permettent d'étendre le modèle de la R-I-D (Le Masson, op.cit.) aux fonctions marketing : dans les régimes où l'exploration est fondée sur l'expansion des architectures (type II), le modèle de la R-I-D est pertinent ; dans les régimes où l'exploration est fondée sur l'expansion des usages (type III), le modèle M-I-D domine ; enfin les régimes où l'exploration est fondée sur une double expansion des architectures et usages (type IV), le modèle de la R-I-D-M apparaît comme une généralisation et une extension des deux modèles précédents.

4. Quels conclusions pour les stratégies de compétition ?

La thèse a mis en évidence de nouvelles stratégies d'innovation par l'exploration de nouveaux usages : le cas d'Axane et de la PAC, le cas de la conception de véhicules hybrides pour de nouveaux utilisateurs, la Wii de Nintendo nous ont permis de mettre en évidence de nouveaux principes d'expérimentation, d'organisation des développements et de conception des modèles d'affaires. Notre thèse est que nous assistons à l'émergence de nouvelles formes de compétition par l'innovation que l'on qualifiera de **stratégies de compétition par l'innovation extensive**, dans la mesure où le régime d'innovation que nous évoquons implique d'explorer de nouvelles valeurs et d'inventer de nouveaux usages en dehors des espaces de marchés connus par l'entreprise ou balisés par ses concurrents.

Nous avons contribué dans cette thèse à enrichir la compréhension de ces nouvelles stratégies en mettant en évidence les articulations entre les dynamiques de compétition par l'innovation extensive et les dynamiques de compétition par l'innovation intensive (Hatchuel, et al., op.cit.). Nous laissons à de futures recherches l'initiative d'approfondir les stratégies d'exploration fondée sur l'expansion des usages afin de poursuivre la construction d'outils de navigation en territoires inconnus que nous avons esquissée.

ANNEXE 1. FONCTIONNEMENT D'UNE PILE A COMBUSTIBLE DE TYPE *PROTON EXCHANGE MEMBRANE* (PEM)

Source www.techno-science.net (Cannone B. et Sapanel Y., 2004)

- Définition

Une pile à combustible est un générateur électrochimique d'énergie permettant de transformer directement l'énergie chimique d'un combustible (hydrogène, hydrocarbures, alcools,...) en énergie électrique sans passer par l'énergie thermique.

- Principe de fonctionnement

La pile à combustible fonctionne sur le monde inverse de l'électrolyse de l'eau. Ici, on supprime la source de tension, on alimente en hydrogène et oxygène et on constate l'apparition d'une tension électrique entre les deux électrodes: le dispositif est devenu un générateur électrique qui fonctionnera aussi longtemps qu'il sera alimenté. Pour cela elle est constituée de deux électrodes (anode et cathode) séparées par un électrolyte, matériau qui bloque le passage des électrons mais laisse circuler les ions. (voir la figure 78).

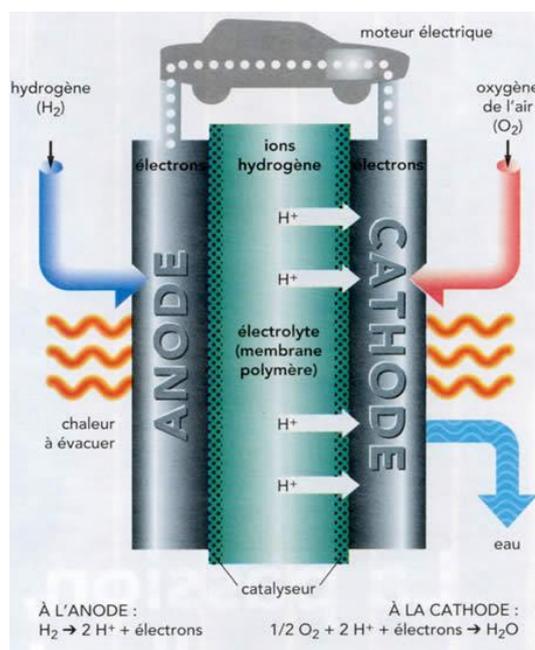


Figure 78 : principe de fonctionnement d'une PAC au niveau d'une membrane élémentaire

Le combustible à base d'hydrogène H_2 est amené sur l'anode. H_2 va se transformer en ions H^+ et libérer des électrons qui sont captés par l'anode. Les ions H^+ arrivent sur la cathode où ils se combinent aux ions O_2 constitués à partir de l'oxygène de l'air, pour former de l'eau. C'est le transfert des ions H^+ et des électrons vers la cathode qui va produire un courant électrique continu à partir de l'hydrogène. Cependant cette tension ne dépasse pas 0,7 V par cellule ; il faut donc utiliser un grand nombre de cellules en série pour obtenir la tension requise. Le courant électrique produit par la pile est continu ; il est donc souvent nécessaire de placer en aval de la pile un onduleur permettant la transformation du courant continu en un courant alternatif, notamment lorsque l'installation est utilisée pour fournir du courant domestique.

La réaction est déclenchée à l'aide d'un catalyseur. Il s'agit en général d'une fine couche de platine disposée sur les électrodes (anode et cathode).

Un des points critique, relatif à la construction de la pile, est de pouvoir contrôler de manière optimale l'approvisionnement et l'évacuation des composés alimentant chaque cellule (généralement de l'hydrogène et de l'air), ou devant être évacués (généralement de l'eau).



Figure 79 : un stack (empilement de cellules) d'une PAC : l'élément central de production de l'énergie dans une PAC

Comme un moteur, une pile à combustible a besoin d'être entourée de composants et de sous-systèmes pour se transformer en générateur d'électricité.

Le système complet se décompose comme il suit :

- un réservoir
- un compresseur d'air
- un sous-système de refroidissement
- un convertisseur
- un contrôle commande avec ses capteurs, vannes...

Le fonctionnement reste toutefois très silencieux.

ANNEXE 2. LE PROGRAMME DE RECHERCHE STRATEGIQUE EUROPEEN SUR L'HYDROGENE ET LES PAC

Source : rapport du High-level group (2003).

Le programme de recherche stratégique européen sur l'hydrogène et les PAC doit créer une masse critique suffisante en termes de ressources, d'effort et de compétences pour analyser et résoudre les problèmes de nature non technique, socio-économiques et pour vaincre les obstacles techniques qui s'opposent encore à l'adoption de l'hydrogène et des piles à combustible à l'horizon 2050, c'est-à-dire :

- Surmonter les défis technologiques liés à la production, à la distribution, au stockage, à l'infrastructure et à la sécurité dans le secteur de l'hydrogène et de réduire les coûts de tous ces facteurs, ainsi que d'améliorer la conception des matériaux, des composants et des systèmes;
- Vaincre les difficultés technologiques liées aux performances, à la durabilité et au coût du module de la pile à combustible et de tout l'équipement périphérique (reformeur, épuration du gaz, robinets de réglage, capteurs, systèmes pneumatiques et hydrauliques);
- Réaliser des études de système fournissant des scénarios et des analyses techno-économiques, environnementales et socio-économiques des différentes configurations de vecteurs énergétiques et de convertisseurs et filières de transition, y compris la gamme des cheminements entre la production et l'utilisation finale de l'hydrogène et des applications des piles à combustible, en vue d'évaluer la viabilité des différentes options;
- Contribuer à la définition, au suivi et à l'amélioration permanente d'une feuille de route européenne pour l'hydrogène comprenant des objectifs, des jalons et critères d'évaluation reposant sur les résultats de la recherche.

Le programme de recherche stratégique doit préciser les priorités de la recherche fondamentale ciblée lorsque des travaux sur les matériaux de base ou des travaux de modélisation approfondie ou de recherche appliquée sont indispensables pour réaliser des percées techniques.

ANNEXE 3. COMMUNIQUE DE PRESSE DE L'AGENCE POUR L'INNOVATION INDUSTRIELLE CONCERNANT LA CREATION D'UNE FILIERE INDUSTRIELLE

Emis le 19/10/2007 par l'AII.

H2E – Horizon Hydrogène Energie Faire de l'hydrogène un nouveau vecteur d'énergie durable

Le Conseil de surveillance de l'Agence de l'innovation industrielle, réuni le 16 octobre 2007, a approuvé une aide au programme H2E.

Le programme H2E va construire **une filière hydrogène énergie durable et compétitive** sur des marchés pour lesquels l'hydrogène et la pile à combustible répondent dès aujourd'hui à un besoin. Ces marchés précurseurs assureront la transition vers des applications de masse telles que le transport, auxquelles ils vont ouvrir la voie.

Le programme H2E a pour ambition de rendre l'offre hydrogène énergie compétitive à court terme à la fois par la mise en oeuvre d'une nouvelle infrastructure hydrogène dédiée à ces nouveaux usages, par la réduction du coût des piles à combustible et par l'industrialisation des produits.

L'effort de R&D portera sur chacun des éléments de la filière, notamment le développement de technologies innovantes pour la production d'hydrogène à partir d'énergies renouvelables, pour le stockage d'hydrogène et pour les piles à combustible. Le programme doit aussi contribuer à la mise en place d'un cadre réglementaire adapté et permettre ainsi à un large public de se familiariser avec ce nouveau vecteur d'énergie. En cela, le programme H2E est totalement cohérent avec la vision stratégique européenne.

Les enjeux du programme H2E sont de taille, puisque l'hydrogène contribuera à répondre à des défis majeurs pour l'avenir des citoyens :

- réduire les émissions de gaz à effet de serre et les émissions polluantes,
- réduire la dépendance envers les énergies fossiles en diversifiant les sources énergétiques.

L'hydrogène énergie offre ainsi la promesse à terme d'une mobilité totalement durable.

Le programme, dont le chef de file est Air Liquide, regroupe des partenaires industriels, parmi lesquels : Axane, Hélium (Areva), Alfa Laval Vicarb, Imphy Alloys, des PME : Raigi et Alphaplast, l'Institut de Soudure, le CEA, l'INERIS et neuf laboratoires publics de recherche. Le déroulement du programme entraînera nombre de PME en tant que sous-traitants.

Le programme H2E représente un investissement global en recherche et développement de près de 200 millions d'euros sur une durée de 7 années. Il a fait l'objet d'une instruction particulièrement approfondie depuis le mois d'avril 2007.

L'Agence de l'innovation industrielle a prévu de contribuer au programme H2E à hauteur de 67.6 millions d'euros, cette aide est conditionnée à l'approbation de la Commission Européenne.

**Contact presse : Armelle Ceglec
01-58-50-16-23**

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION : CRISE DES STRATÉGIES DE COMPÉTITION PAR LA VARIÉTÉ ET RENOUVEAU DE LA QUESTION DE L'EXPLORATION	9
PARTIE I. LES DEMARCHES D'EXPLORATION : DU MANAGEMENT DANS L'INCERTAIN A LA CARTOGRAPHIE DE NOUVEAUX POTENTIELS.....	26
Chapitre 1. Des technologies émergentes aux technologies à hauts potentiels : la construction de problématiques pour l'exploration	30
1.1 L'exploration considérée comme une étude des technologies émergentes	31
1.1.1 Les architectures-produits au cœur du changement technologique.....	31
1.1.2 Innovation de soutien ou disruptive : un dilemme pertinent pour les explorateurs ?.....	34
1.2 Le management des hautes-technologies : vers une caractérisation de l'exploration par les niveaux d'incertitudes ?	37
L'exploration comme expansion des compétences et de la valeur	39
1.2.1 L'exploration comme levier de renouvellement stratégique des compétences centrales de l'entreprise	39
1.2.2 L'exploration comme forme organisationnelle pour développer des innovations de rupture	41
1.2.3 L'exploration comme processus de cartographie de nouveaux potentiels.....	42
Conclusion du chapitre 1	47
Chapitre 2. Les stratégies d'innovation dans le secteur de la pile à combustible : quelles alternatives face à l'échec du pilotage Des démarches d'exploration par la R&D ?	48
2.1 La PAC : une THP prisonnière de stratégies d'innovation d'exploitation	49
2.1.1 L'échec des stratégies d'innovation de soutien des industriels depuis les années 1960	50
2.1.2 Les composantes d'un modèle de gestion de l'innovation : la PAC gérée comme une haute-technologie.....	58
2.2 Air Liquide à la conquête de l'hydrogène-énergie.....	64
2.2.1 L'historique d'Axane : du rôle de systémier à la posture d'explorateur	64
2.2.2 La stratégie d'Axane : explorer de nouveaux espaces de marchés & cartographier des champs émergents	68
Conclusion du chapitre 2	71
Chapitre 3. Méthodologie de recherche	72
3.1 Une recherche-intervention pour concevoir de nouveaux modèles de gestion de l'exploration	72
3.2 Construction de la méthodologie de la recherche.....	78
Conclusion du chapitre 3	84
Conclusion de la partie I	85

PARTIE II. LES NOUVEAUX FONDEMENTS DE L'EXPLORATION : UNE APPROCHE PAR LA THÉORIE DE LA CONCEPTION INNOVANTE ET LA « VALEUR-AMONT »	86
Chapitre 4. La théorie de la Conception Innovante et l'enjeu de la conception simultanée des usages et des architectures	89
4.1 Les principes de la Conception Innovante	89
4.2 La conception innovante appliquée à la conception de nouvelles valeurs et de nouveaux usages	92
Conclusion du chapitre 4	95
Chapitre 5. La « valeur-amont » : un cadre théorique pour explorer de nouveaux espaces de marchés	96
5.1 Aux sources de la valeur : la firme prisonnière de l'activité de ses clients.....	96
5.1.1 Le marché circonscrit au segment.....	96
5.1.2 L'orientation-client et la posture de réactivité.....	99
5.1.3 La « valeur-client »	99
5.2 Expansion des territoires de la valeur et transformations des conditions d'activité des futurs utilisateurs	102
5.2.1 Le marketing des innovations technologiques : un premier cadre pour penser l'expansion et la transformation	102
5.2.2 Penser l'expansion des espaces de marchés hors des frontières habituelles	106
5.2.3 Les approches du service et les évolutions des théories sur la valeur	112
5.2.4 « Valeur-amont » : un cadre pour penser la valeur de nouvelles activités	117
5.3 Illustration d'un processus d'exploration de nouvelles valeurs : le cas de la voiture à hydrogène	118
Conclusion du chapitre 5	126
Chapitre 6. La conception des usages potentiels : vers une relecture des formes d'implication des utilisateurs dans les processus d'exploration	127
6.1 Les utilisateurs-précurseurs : un concept activable pour les processus d'exploration ?.....	127
6.2 Principales limites de la portée des techniques usuelles de créativité	131
6.3 Explorer grâce aux significations d'usages : la sociologie de l'usage.....	132
6.4 Concevoir des usages innovants grâce à la théorie C-K et à la valeur-amont : le cas d'un fauteuil hybride	137
Conclusion du chapitre 6	141
Chapitre 7. Typologie des dilemmes stratégiques sur l'exploitation et l'exploration	142
Conclusion de la partie II	149
PARTIE III. STRATÉGIES ET MANAGEMENT DES PROCESSUS D'EXPLORATION	150
Chapitre 8. L'héritage des explorateurs : s'inspirer des stratégies et des principes d'action collective des expéditions passées	153
8.1 Analyses des situations d'exploration les plus courantes : les explorations pétrolières, spatiales et polaires	153
8.2 Conclusion : premières pierres à la construction de stratégies d'exploration	160

Conclusion du chapitre 8	162
Chapitre 9. Monographies de trois processus d'exploration	163
9.1 Axane ou l'énergie qui n'existait pas.....	166
9.1.1 Le processus d'exploration d'Axane.....	166
9.1.2 Axane ou la stratégie de plate-forme d'exploration	173
9.2 Airstar et les ballons éclairants.....	177
9.2.1 Le processus d'exploration d'Airstar	177
9.2.2 Les stratégies de création de « lignées d'espaces de marchés » : le cas d'Airstar.....	184
9.3 MicroOptical et les lunettes à écran virtuel.....	188
9.3.1 Le processus d'exploration de MicroOptical	188
9.3.2 Les stratégies de partenariats d'exploration : le cas de MicroOptical	194
Conclusion du chapitre 9	197
Chapitre 10. Les composantes des stratégies d'exploration : leviers stratégiques et tactiques d'exploration	198
10.1 Les leviers stratégiques pour agir sur le pilotage des processus d'exploration.....	198
10.1.1 Levier 1 : concevoir des architectures « à mémoire de formes »	199
10.1.2 Levier 2 : l'expérimentation vue comme un moyen de prototyper des modalités d'accès à de nouveaux usages	202
10.1.3 Levier 3 : piloter l'exploration en agissant sur le périmètre et les objectifs du collectif d'exploration	204
10.2 Les tactiques d'exploration : forages et carottages.....	207
10.3 Quelles mesures de la performance pour les processus d'exploration ?.....	209
Conclusion de la partie III	211
PARTIE IV. LES ORGANISATIONS DE L'EXPLORATION ; VERS UN NOUVEAU MÉTABOLISME ENTRE LES FONCTIONS MARKETING ET R&D ?	212
Chapitre 11. L'organisation du Marketing face aux nouveaux enjeux d'innovation	216
11.1 L'organisation du Marketing dans l'entreprise contemporaine : crise des modèles de domestication de l'innovation.....	217
11.1.1 Le « Marketing concept » ou la domestication de la mise sur le marché de nouveaux produits ...	217
11.1.2 Les organisations du marketing face à la compétition extensive : crise des modèles génératifs ...	220
11.2 Les nouveaux courants du Marketing : vers un renouvellement des modèles de domestication de l'innovation ?	223
11.2.1 Le marketing expéditionnaire ou « marketing ₂ »	223
11.2.2 Le marketing de l'amont des projets.....	226
11.2.3 Le marketing dans la R&D	228
Conclusion du chapitre 11	229
Chapitre 12. Les entités spécialisées dans l'exploration de nouveaux marchés : un nouveau modèle pour domestiquer l'exploration de nouvelles valeurs ?	230

12.1 L'organisation ambidextre : se spécialiser pour conduire les explorations.....	230
12.2 Le Corporate Venture : l'ouverture de la firme sur un marché de l'innovation	233
Conclusion du chapitre 12	237
Chapitre 13. Mutations des fonctions Marketing et métabolismes d'innovation : l'intégration du Marketing au modèle de la R-I-D	238
13.1 La fonction de conception innovante comme métabolisme d'innovation entre les fonctions marketing et R&D.....	238
13.2 Le cas d'Axane et d'Air Liquide : émergence d'un métabolisme d'exploration entre le marketing et la R&D.....	241
13.2.1 La genèse de l'organisation exploratrice : la croissance d'Axane	241
13.2.2 Emergence et structuration d'une fonction Innovation.....	250
13.3 Les entités d'exploration et le modèle de la R-I-D.....	261
Conclusion du chapitre 13	264
Conclusion de la partie IV	265
CONCLUSION : L'APPARITION D'UN REGIME DE COMPETITION PAR L'INNOVATION EXTENSIVE ?	266
ANNEXE 1. FONCTIONNEMENT D'UNE PILE À COMBUSTIBLE DE TYPE <i>PROTON EXCHANGE MEMBRANE</i> (PEM).....	272
ANNEXE 2. LE PROGRAMME DE RECHERCHE STRATÉGIQUE EUROPÉEN SUR L'HYDROGÈNE ET LES PAC	274
ANNEXE 3. COMMUNIQUÉ DE PRESSE DE L'AGENCE POUR L'INNOVATION INDUSTRIELLE CONCERNANT LA CREATION D'UNE FILIERE INDUSTRIELLE	275
TABLE DES MATIERES	277
BIBLIOGRAPHIE	281

BIBLIOGRAPHIE

Abernathy W. et Clark K. (1985), "Innovation: Mapping the Winds of Creative Destruction", *Research Policy*, 14, pp. 3-22.

Abernathy W. et Utterback J. (1978), "Patterns of industrial innovation", *Technology Review*, vol. 2, n°80, pp. 40-47.

Abecassis-Moedas C., Ben Mahmoud-Jouini S. et Paris T. (2004), « Savoirs d'interaction et recomposition des filières de conception », 13ème conférence de AIMS, Vallée de Seine, 2004.

Adner R. (2002), "When are technologies disruptive? A demand-based view of the emergence of Competition", *Strategic Management Journal*, vol. 23: pp. 667-688.

Aggeri F. et Segrestin B. (2002), « Comment concilier innovation et réduction des délais ? Quelques leçons tirées du développement de la LAGUNA II », *Gérer et comprendre, Annales des Mines*.

Akrich M., Callon M. et Latour B. (1988), «A quoi tient le succès des innovations? », *Gérer et Comprendre, Annales des Mines*, juin & septembre.

Albright M. et Kappel E. (2003), "Roadmapping in the corporation", *Research Technology Management*, 46, pp. 31-40.

Anderson P. & Tushman M. (1990), « Technological discontinuities and dominant design : a cyclical model of technical change », *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, p. 604-633.

Backman M. and Segrestin B. (2005) "Drug design strategies: the new challenge of drug discovery departments in pharmaceutical companies", presented at the International Product Development Management Conference, June 12-14.

Badot Cova, (2003), « Néo-marketing, 10 ans après: pour une théorie critique de la consommation et du marketing réenchantés », *Revue française de marketing* ; n°195, 5/5.

Ben Mahmoud-Jouini S., Charue-Duboc F., Fourcade F. (2006): *Pilotage d'une stratégie d'innovation radicale dans une grande entreprise multidivisionnelle. Création d'une entité spécifique : le domaine d'innovation*, XVè Conférence de l'AIMS (Assoc. Internale de Management Stratégique, Annecy, 14-16 juin.

Benner M.J., Tushman M.L. (2002), « Process Management and Technological Innovation: A Longitudinal Study of the Photography and Paint Industries », *Administrative Science Quarterly*, Vol. 47, pp. 676-706.

Benner M.J., Tushman M.L. (2003), « Exploitation, Exploration, and Process Management : the Productivity dilemma revisited », *Academy of Management Review*, Vol. 23, Iss. 2, pp. 238-256.

Arthur D. Little (1981), « Stratégie et technologie », document ADL, communication au *European Management Forum*, Davos.

- Bajolet E.** (2005), « Technologies d'Information et de Communication, Quotidien et Modes de Vie (urbains) : contours et résultats de la recherche scientifique francophone, 1992-2002 », Rapport de recherche ACI-VILLE – Ministère de la Recherche, direction scientifique S. Thibault, avril.
- Benner M.J., Tushman M.L.** (2002), « Process Management and Technological Innovation: A Longitudinal Study of the Photography and Paint Industries », *Administrative Science Quarterly*, Vol. 47, pp. 676-706.
- Benner M.J., Tushman M.L.** (2003), « Exploitation, Exploration, and Process Management : the Productivity dilemma revisited », *Academy of Management Review*, Vol. 23, Iss. 2, pp. 238-256.
- Ben Mahmoud-Jouini S.** (1998), « Stratégies d'offres innovantes et dynamique des processus de conception. Le cas des grandes entreprises françaises de bâtiment », *thèse de doctorat de l'Ecole polytechnique*, CRG.
- Ben mahmoud-jouini S.** (2004) "Management des connaissances et des apprentissages dans les entreprises multi-projets : le cas des stratégies d'offres innovantes" in GAREL Gilles, GIARD V., MIDLER Christophe [eds.] *Faire de la recherche en management de projet*, Paris, Vuibert Fnege , pp. 225-246.
- Birkinshaw et Gibson**, (2004) "The antecedents, consequences, and mediating role of organizational ambidexterity". *Academy of Management Journal*, 47(2): 209.
- Birkinshaw J, Hill SA.** (2005). " A Typology of Corporate Venture Units: Exploration, Exploitation and the Locus of Innovation", *Academy of Management 2005 Meeting: A New Vision of Management in the 21st Century: Honolulu, Hawaiï, (USA)*.
- Borja de Mozota B.** (2001), *Design management*, Ed. d'Organisation.
- Booz Allen et Hamilton** (1982), *New Product Development in the 1980's*, New York, Booz, Allen and Hamilton.
- Brown S. et Eisenhardt K.** (1997), "The Art of Continuous Change : Linking complexity Theory and Time-paced Evolution in Relentlessly Shifting Organizations", *Administrative Science Quaterly*, vol. 42, pp. 1-34.
- Brown S. et Eisenhardt K.** (1998), *Competing on the Edge - Strategy as Structured Chaos*. Boston, MA, Harvard Business School Press.
- Burgelman R.** (2002) « Strategy as Vector and the Inertia of Coevolutionary Lock-in », *Administrative Science Quarterly*, 47 (2002): 325–357.
- Callon M.** (1999), « Le véhicule électrique », in l'Innovation, *revue Réseaux*, n°3.
- Callon M., Lascoumes P. et Barthe Y.** (2001), *Agir dans un monde incertain ; Essai sur la démocratie technique*, Seuil.
- Chakravorti B.** (2004), "The new rules for bringing innovations to market", *Harvard Business Review*, vol. 82, no3 .
- Chanal V. et Mothe C.** (2005), « Concilier innovations d'exploitations et d'exploration. Le cas du secteur automobile », *Revue Française de Gestion*, n° 154, janvier-février,

- Chapel V.** (1997), *La croissance par l'innovation intensive : de la dynamique d'apprentissage à la révélation d'un modèle industriel. Le cas Téfal*. Thèse de doctorat de Gestion, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- Chen, J., Reilly, R. et Lynn, G.** (2005), "The Impacts of Speed-to-Market on New Product Success: The Moderating Effects of Uncertainty", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 52 Issue 2, p199-212, 14p.
- Chesbrough H.** (2003), *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business School Press.
- Chesbrough, H. & Rosenbloom R.**(2002) "The Role of the Business Model in Capturing Value from Innovation: Evidence from Xerox Corporation's Technology Spinoff Companies," with Richard , *Industrial and Corporate Change*, 2002, vol. 11 (3): 529-555
- Choffray J. M., Dorey F.,** (1983), *Développement et gestion de produits nouveaux, concepts, méthodes et applications*, Mac Graw Hill, Collection Management et Stratégie, Paris.
- Christensen C.** (1997), *The Innovator's dilemma*, Harvard Business School Press.
- Christensen C. et Raynor M.** (2003), *The Innovator's solution*, Harvard Business School Press.
- Christensen, C. Anthony S. et Roth E.**(2005), *Seeing What's Next: Using the Theories of Innovation to Predict Industry Change*. Harvard Business School.
- Clark K. & Fujimoto T.** (1991), *Product development performance. Strategy, organization and management in the world auto industry*, Harvard Business School Press.
- Clark K. & Wheelwright S.** (1992), *Revolutionnizing product development*, The Free Press, New-York.
- Cochoy F.** (1999) *Une histoire du marketing. Discipliner l'économie de marché*, Paris, La Découverte.
- Cova, B. & Salle, R.** (2001). " Marketing Relationnel : gérer la relation hors affaires par les rites ". *Revue Française de gestion*, N°134, pp.27-37
- Cohendet P., Heraud JA., Avadikyan A.** (2003), *The Economic Dynamics of Fuel Cell technologies*, Springer Verlag.
- Cooper R.G.** (2001), *Winning at New Products: Accelerating the Process from Idea to Launch*, Perseus Books Group, 3rd edition.
- Danneels E.** (2002), « The dynamics of product innovation and firms competences », *Strategic Management Journal*, vol. 23, 1095-1121.
- Danneels, E.** (2004). "Disruptive Technology Reconsidered: A Critique and Research Agenda", *Journal of Product Innovation Management* 21(4):246–258.
- David A.** (2004), « Etudes de cas et généralisation scientifique en sciences de gestion », Actes de la XIIIème Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique, Le Havre.
- David, A, Hatchuel, A. et Laufer R.**(2000), *Les nouvelles fondations des sciences de gestion / Eléments d'épistémologie de la recherche en management*, Vuibert.

- Desreumaux A.** (1993), *Stratégie*, Précis Dalloz, Gestion, Paris.
- Dosi G.** (1982), "Technological paradigms and technological trajectories", *Research Policy*, vol.11, pp.147–162.
- Druker P.** (1974), *Management : Tasks, Responsibilities, Practices*, New York, NY: Harper & Row.
- Duncan R.B.** (1976), « The ambidextrous organization: Designing dual structures for innovation », in Kilman R.H., Pondy L.R., Slevin D.P., *The Management of Organization Design*, North-Holland, Vol. 1, pp. 167-188.
- Eisenhardt K. M. & Santos F. M.** (2004): "Constructing Markets and Organizing Boundaries: Entrepreneurial Action in Nascent Fields". In D. H. Nagao (Ed.) Best Paper Proceedings of the Sixty-third Annual Meeting of the Academy of Management.
- Firat Shultz** (1997), "From segmentation to fragmentation: markets and marketing strategy in the postmodern era", *European Journal of Marketing*, Vol. 31 pp.183-207.
- Flichy, P.** (1995), *L'innovation technique : récents développements en sciences sociales, vers une nouvelle théorie de l'innovation*, La Découverte.
- Fons, C** (2004), « Les stratégies de défense face à l'introduction d'un produit nouveau : étude exploratoire », Actes de la XIIIème Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique, Le Havre.
- Gadrey J. et Zarifian P.** (2002), *L'émergence d'un modèle du service : Enjeux et réalités*, Liaisons.
- Gaillard J.M.** (2000), *Marketing et gestion dans la recherche et développement*, Economica.
- Gans J.S. et Stern, S.** (2003). The product market and the market for "ideas": commercialisation strategies for technology entrepreneurs. *Research Policy*, 2003, 32, 333-350.
- Gautier F. et Lenfle S.** (2004), « L'avant –projet : définition et enjeux », in *Faire de la recherche en management de projet*, Ouvrage collectif, G. Garel, V. Giard et C. Midler coordinateurs, Fnege SFA, Vuibert, 11-33.
- Garel, G.** (2003), *Le management de projet*, Editions la Découverte, collection Repères, n°377.
- Garel, G** (2004), « Prototyper pour tester, tester pour innover : des techniques de l'ingénierie aux problématiques managériales », *Revue Française de Gestion Industrielle*, Vol. 23, n° 3, pp. 25-42.
- Garel, Giard et Midler (2004)**, *Faire de la recherche en management de projet*, FNEGE, Vuibert.
- Garel et Rosier** (2004), « L'intégration des démarches créatrices de valeur et de connaissances en amont des projets : la Pile à combustible et le développement d'offres innovantes chez Air Liquide », Congrès francophone de management de projet (AFITEP), Paris 6/7 décembre.
- Garel et Rosier** (2007) « Gérer l'exploration, le cas des technologies à haut potentiel », 50ème congrès de l'Asac (Administrative Sciences Association of Canada), 2 / 7 juin University of Ottawa, School Telfer of management.

- Gautier F.** (2003), *Pilotage économique des projets de conception et développement de produits nouveaux*, Economica.
- Guérin A. M. et Merunka D.** (2000), « La création de nouveaux marchés par les innovations de rupture », in Manceau D. *De l'idée au marché*, Vuibert, 212-226.
- Gibson C.B., Birkinshaw J.**, (2004), « The Antecedents, Consequences and Mediating Role of Organizational Ambidexterity », *Academy of Management Journal*, Vol. 47, Iss. 2, pp. 209-226.
- Hamel, G. et Prahalad, C.** (1990), "The Core Competence of the Corporation", *Harvard Business Review*, vol. 68, nr. 3.
- Hatchuel A.** (1996), "Coopération et conception collective, Variétés et crises des rapports de prescription" in *Conception et Coopération* (Dir. DeTerssac et Friedberg), Octares.
- Hatchuel A. et Weil, B.** (1999), « Pour une théorie unifiée de la conception, Axiomatiques et processus collectifs », 1-27. CGS Ecole des Mines / GIS cognition-CNRS, Paris.
- Hatchuel A. et Weil B.** (2002), « La théorie C-K : fondements et usages d'une théorie unifiée de la conception », Communication au colloque « *Sciences de la conception* », Lyon 15-16 mars.
- Hatchuel A., et Weil, B.** (2003), « A new approach of innovative design : an introduction to C-K theory », *Proceedings of ICED'03*, august 2003, Stockholm, Sweden.
- Hatchuel A., Le Masson P. et Weil B.** (2004), « C-K Theory in Practice: Lessons from Industrial Applications », *8th International Design Conference*, Dubrovnik, 18th-21st May, 1, 245-257.
- Hatchuel A., Le Masson P. et Weil B.** (2005), *Activité de conception, organisation de l'entreprise et innovation*, G. Minguet and C. Thuderoz, Eds.
- Hatchuel A., Le Masson P. et Weil B.** (2006), *Les processus d'innovation- Conception innovante et croissance des entreprises*, Hermès.
- Henderson R.M. et Clark K.B.** (1990), « Architectural innovation : the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms », *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, n° 1, p.9-30.
- Hills S. Sarin S.** (2003), from market driven to market driving: an alternate paradigm for marketing in stacey barlow hills; *Journal of marketing theory and practice*; ;n°11, 3;
- Holbrook M.B., Hirschman E.C.** (1982), The Experiential aspects of consumption : consumer fantasies, feelings and fun, *Journal of Consumer Research*, vol. 9, n°2, pp. 132-140.
- Holmberg G., Le Masson P. & Segrestin B.** (2003), "How to Manage the Exploration of Innovation Fields? Towards a Renewal of Prototyping Roles and Uses", 3rd European Academy of Management, Milan, 3rd-5th April 2003: 20.
- Homburg C., Koschate N., & Hoyer W.** (2005), "do satisfied customers really pay more ? A study of the relationship between customer satisfaction and willingness to pay", *Journal of marketing*, vol 69, p 84-96.
- Iansiti, Marco, and J. West.** (1997)"Technology Integration: Turning Great Research into Great Products." *Harvard Business Review*, May-June: pp. 69-78.

- Ida M. et Mallein P.** (2005), « Haute technologie et sociologie des usages : MINATEC IDEAs Laboratory », *Séminaire Ressources Technologiques*, Ecole de Paris du Management, 14 septembre.
- Jeantet A.** (1998) "Les objets intermédiaires dans les processus de conception des produits." *Sociologie du travail* :291-316.
- Jolivet, Eric, Larédo, Philippe, and Shove, Elizabeth.** (2002) "Managing breakthrough innovations: the SOCROBUST methodology." *R&D Management Conference*, 11.
- Jumel S.** (2004), Le corporate venture ou l'externalisation de l'innovation dans un grand groupe : le cas d'EDF, Thèse de doctorat de sciences de gestion, Université de Marne la Vallée.
- Jumel et Garel (2006)**, « le management de l'innovation dans les grands groupes industriels : le cas de l'entité de corporate venture d'EDF », *Revue française d'économie rurale*.
- Kappel T. A.** (2001), "Perspectives on roadmaps : How organizations talk about the future", *Journal of Product Innovation Management*, 18(1), pp. 39-50.
- Kim C. et Mauborgne R.** (1997), « Value innovation. The strategic logic of high growth », *Harvard Business Review*.
- Kim C. et Mauborgne R.**(1999), "Creating new market space," *Harvard Business Review*, January-February, p. 83-93.
- Kim C. et Mauborgne R.** (2005), *Blue ocean strategy*, Harvard Business School Press.
- Koppel T.** (1999), *Powering the Future : The Ballard fuel cell and the race to change the world*, eds. John Wiley & Sons.
- Le Masson P.** (2001), « De la R&D à la RID : modélisation des fonctions de conception et nouvelles organisations de la R&D », *thèse de doctorat de l'Ecole des mines de Paris*.
- Le Masson, P., and Magnusson, P.** (2003) "User Involvement: from Ideas Collection Towards a New Technique for Innovative Service Design." 2nd Mass Customization and Personalisation Conference, Technische Universität München, Munich, Germany, 23.
- Lenfle S.** (2001), « Compétition par l'innovation et organisation de la conception dans les industries amont », *thèse de doctorat*, université de Marne-la-Vallée / CRG Ecole polytechnique.
- Lenfle S., Midler C.** (2003a) "Innovation in Automotive Telematics Services: Characteristics of the Field and Management Principles", *Int. J. of Automotive Technology & Management*, Vol. 3, N° 1/2, pp. 144-159.
- Lenfle S. et Midler C.** (2003b), « Management de projet et innovation », in H. Penan et P. Mustar, coord., *Encyclopédie de l'innovation*, Economica, p. 49-69.
- Lenfle S.** (2004). Peut-on gérer l'innovation par projet ?, *Faire de la recherche en management de projet*, Garel, Giard & Midler (eds), Vuibert, 2004.
- Lenfle, S., and C. Y. Baldwin.**(2007) "From Manufacturing to Design: An Essay on the Work of Kim B. Clark." Harvard Business School Working Paper, No. 07-057, 2007.
- Levinthal, D.A. et J.G. March** (1993), The myopia of learning, *Strategic Management Journal*, 14, 95-112.

- Levitt, T.** (1960), *Marketing Myopia*, Harvard Business press.
- Mc Namara, P. et C. Baden-Fuller** (1999), Lessons from the Celltech Case : Balancing Knowledge Exploration and Exploitation in Organizational Renewal, *British Journal of Management*, 10, 291-307
- March J.G.** (1991), « Exploration and Exploitation in Organizational Learning », *Organization Science*, Vol. 2, No. 1, 71-87.
- Mallein, P.** (2005) Méthode de Conception Assistée par l'Usage pour les Technologies, L'Innovation et le Changement, séminaire MCOI novembre 2005.
- McDowall et Eams** (2006) "Forecasts, scenarios, visions, backcasts and roadmaps to the hydrogen economy: A review of the hydrogen futures literature", *Energy Policy*, Vol. 34, Issue 11, July 2006, Pages 1236-1250
- Miller W., & Moris L.**,(1998), *4th Generation R&D. Managing Knowledge, Technology, and Innovation*. John Wiley&Sons, Inc. New York . 1998.
- Millier P.** (2003), *L'étude des marchés qui n'existent pas encore*, Editions d'organisation.
- Moriarty R.T. et Kosnik T.J.** (1989), « High-Tech Marketing: Concepts, Continuity, And Change », *Sloan Management Review*, Summer, 30, 4.
- O'Connor, G.C.** (1998), « Market Learning and Radical Innovation : A Cross Case Comparison of Eight Radical Innovation Projects », *Journal of Product Innovation Management*, vol. 15, 151-166.
- Porter M.E.** (1985), *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*, New York: The Free Press.
- Rifkin J.** (2002), *L'économie hydrogène*, La découverte.
- Rogers R. M.** (1995), *Diffusion of innovations*, 4e édition, New York, Free Press.
- Sanchez R., Mahoney J.T., (1996)**, « Modularity, Flexibility, and Knowledge Management in Product and Organization Design », *Strategic Management Journal*, Vol. 17, Special Issue, p. 63-76
- Sandberg B.** (2002), « Creating the market for disruptive innovation: Market proactiveness at the launch stage », *Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing*; Dec, 11, 2.
- Schaeffe G.J.** (1998), « Fuel cells for the future », *thèse de doctorat*, Universiteit Twente, Netherlands.
- Segrestin B.** (2003), *La gestion des partenariats d'exploration : spécificités, crises et formes de rationalisation*, Thèse de doctorat en sciences de gestion, ENSMP.
- Segrestin B. et Hatchuel A.** (2004), « Exploratory Partnerships: towards new managerial practices or new laws on exploratory contracts ? », *European Group for Organizational Studies : 19th colloquium, Subtheme : Dynamics of Networks, creativity and management of knowledge*.
- Sitkin SB, Sutcliffe K.M.** (1994), « , Schroeder RG. Distinguishing control from learning in Total Quality Management : a contingency perspective », *Academy of Management Review* 19(3): 537-564.
- Smith P. G. et Reinertsen D. G.** (1991), *Developping products in half the time, new rules, new tools*, John Wiley and Sons, New York.
- Smith, W.K. et M.L. Tushman** (2005), Managing Strategic Contradictions : A top Management Model for Managing Innovations Streams, *Organization Science*,16 : 5, 522-536.

- Taguieff P-A** (2001), *Du Progrès*, Libro.
- Thomke, S.** (2003) *Experimentation Matters: Unlocking the Potential of New Technologies for Innovation*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Thomke, S.** (2001) "Enlightened Experimentation: The New Imperative for Innovation." *Harvard Business Review* (February).
- Thomke and D.G. Reinertsen** (1998), "Agile Product Development: Managing Development Flexibility in Uncertain Environments," *California Management Review*, Fall : 8-30.
- Thomke S et Von Hippel E.** (2002), « Customers as innovators. A new way to create value », *Harvard business review*, April 2002, p.74-81.
- Thomke S.** (2003), *Experimentation Matters: Unlocking the Potential of New Technologies for Innovation*, Harvard Business School Press, Boston, Mass.
- Tushman M.L. et Anderson A.D.** (1986), "Technological discontinuities and organizational environment", *Administrative Science Quarterly*, 31, pp. 439-465.
- Tushman M.L. et O'Reilly III C.A.** (1997), *Winning Through Innovation: A Practical Guide to Leading Organizational Change and Renewal*, Harvard Business School Press.
- Ulrich K. et Eppinger S.** (2000), *Product Design Development*, Irwin Mc Graw Hill.
- Utterback J.** (1994), *Mastering the dynamics of innovation*, Harvard Business School Press.
- Utterback, J. M. et Acee, H. J.** (2005) 'Disruptive Technologies: An Expanded View', *International Journal of Innovation Management*, 9, 1: 1-18.
- Van den Hoed R.** (2004), *Driving Fuel Cell Vehicules – How established industries react to radical change*, Thèse de doctorat, Technische Universiteit Delft, Netherlands.
- Veryzer, R. W., & Borja de Mozota, B.** (2005). The impact of user-oriented design on new product development: An examination of fundamental relationships. *Journal of Product Innovation Management* 22, 128–143.
- Veyrat, N.** (2005), Evolution des modèles d'organisation de l'activité de conception. Vers la structuration d'un pôle Innovation et une réflexion amont sur l'usage, mémoire de DEA, Université Pierre Mendès France.
- Verchère, C.** (2005), Atelier de conception innovante, I.A.E. Grenoble, master Management Stratégique et Génie des Organisations, spécialité Ingénierie de l'innovation.
- Von Hippel E.** (1994), *The sources of innovation*, Oxford University press.
- Von Hippel E.** (2005), *Democratizing Innovation*, The MIT Press, Cambridge
- Weil B.** (1999), Conception collective, coordination et savoirs. Les rationalisations de la conception automobile. Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- Yadav, Swami et Pal, 2006
- Yin RK.** (1984), *Case Study Research : Design and Methods*: SAGE Beverly Hills
- Zarifian P. et Gadrey J.** (2002), L'émergence d'un modèle du service : Enjeux et réalités, Liaisons.

RESUME

Le management des démarches d'exploration présente de nouveaux défis aux organisations de la recherche & développement (R&D) et du Marketing des grands groupes industriels : les nanotechnologies, les technologies de l'information et de la communication (TIC), les puces RFID ou les nouvelles énergies sont autant d'exemples de technologies porteuses de concepts déroutants, d'architectures innovantes et d'usages émergents qui mettent en évidence les limites des méthodologies traditionnelles de gestion de l'innovation et interrogent de nouveaux modèles de management.

La thèse propose **une typologie des processus d'exploration** fondée sur la distinction de régimes d'innovation. Ces derniers permettent de caractériser *ex ante* l'enjeu de transformation des usages auxquels renvoient les concepts étudiés et leur impact sur les architectures-produits existantes.

A partir de quatre années de recherche intervention sur l'exploration de nouvelles applications pour la pile à combustible, chez Axane (filiale du groupe Air Liquide), terrain complété par l'analyse de plusieurs cas (les véhicules hybrides, les ballons éclairants et le verre pixélisé), nous mettons en évidence **des principes de management et des leviers stratégiques pour piloter les processus d'exploration**.

Enfin, nous étudions les **organisations adaptées à l'exploration de nouveaux usages et de nouvelles compétences techniques**, en revisitant les modèles organisationnels traditionnels de coopération entre la R&D et le Marketing et en proposant une extension du modèle de la R-I-D (Le Masson, 2001) aux fonctions Marketing.

MOTS-CLES : innovation, exploration, usages, marketing, ambidextrie, conception innovante, pile à combustible, deeptech.

STRATEGIES AND ORGANIZATIONS OF EXPLORATION PROCESSES : THE CASE OF FUEL CELL TECHNOLOGY AT AXANE (AIR LIQUIDE GROUP)

The management of "exploration processes" addresses new challenges to research and development (R&D) and marketing organizations in corporate firms : nanotechnologies, information technologies, RFID chip or new energy technologies raise fuzzy concepts, innovative architectures and emerging uses which stress the limits of traditional approaches in innovation management and call for a renewal of current models of management.

The thesis provides a typology of exploration processes based on the distinction of "innovation regimes". These enable to better characterize *ex ante* what is at stake regarding uses transformation raised by the concepts studied, and regarding the impacts on existing product-architectures.

A four-year field study at Axane (Air Liquide) regarding the exploration of new applications for fuel cells, completed by several business cases (hybrid vehicles, lighting balloons, digital eyeglasses), has led us to identify specific management principles and strategic leverages in order to monitor exploration processes, within each innovation regime.

Eventually, we study some organizations which are adapted to the exploration of new uses and new technical capabilities, by reconsidering the current models of cooperation between R&D and marketing and by putting forward an extension of the R-I-D model (le Masson, 2001) to marketing functions.

KEYWORDS : innovation, exploration, uses, marketing, innovative design theory, fuel cells.

ADRESSE DU LABORATOIRE : Laboratoire Organisation et Efficacité de la Production (OEP) - Site de l'Université de Marne la Vallée, pôle du Bois de l'Etang, Cité Descartes - 5 bd Descartes, Champs sur Marne - 77454 Marne-la-vallée Cedex 2.