Yannick Gomez

Le rôle et les motivations d'une firme leader dans l'essai de transformation de son écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation

Le cas du site de Marcoule et du démantèlement nucléaire

GOMEZ Yannick. *Le rôle et les motivations d'une firme leader dans l'essai de transformation de son écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation*, sous la direction de Denis Travaille. - Lyon : Université Jean Moulin (Lyon 3), 2017.

Disponible sur : http://www.theses.fr/2017LYSE3037

Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 France (CC BY-NC-ND 3.0 FR)

Document diffusé sous le contrat *Creative Commons* « **Attribution – Pas d'utilisation commerciale - Pas de modification** »
Vous êtes libre de le reproduire, de le distribuer et de le communiquer au public à condition d'en mentionner le nom de l'auteur et de ne pas le modifier, le transformer, l'adapter ni l'utiliser à des fins commerciales.

N°d'ordre NNT : **2017LYSE3037**

THESE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LYON
opérée au sein de
l'Université Jean Moulin Lyon 3

Ecole Doctorale ED 486
Sciences Economiques et de Gestion

Discipline de doctorat : Sciences de gestion

Soutenue publiquement le 15/09/2017, par :
Yannick GOMEZ

Le rôle et les motivations d'une firme leader dans l'essai de transformation de son éco-système d'affaires en écosystème de l'innovation

Le cas du site de Marcoule et
du démantèlement nucléaire

Devant le jury composé de :

Denis TRAVAILLE	Professeur des Universités Université Jean Moulin Lyon 3	Directeur de Thèse
Gérald NARO	Professeur des Universités Université de Montpellier	Rapporteur
Olivier MEIER	Professeur des Universités Université Paris Est Créteil Val de Marne	Rapporteur
Isabelle ROYER	Professeur des Universités Université Jean Moulin Lyon 3	Suffragant
Hélène PETON	Maître de Conférences Université Paris Est Créteil Val de Marne	Suffragant
Laurence BOISSET	Responsable du projet Pôle de Valorisation des Sites Industriels au CEA/Marcoule	Suffragant

« Innover, ce n’est pas d’avoir une nouvelle idée mais arrêter d’avoir une vieille idée »

Edwin Herbert Land,
Inventeur et scientifique américain

Remerciements

La gratitude est le secret de la vie. L'essentiel est de remercier
pour tout. Celui qui a appris cela sait ce que vivre signifie.
Il a pénétré le profond mystère de la vie.

Albert Schweitzer

La thèse n'est pas un travail solitaire. Le soutien d'un grand nombre de personnes fut indispensable à la réalisation de mes travaux au cours de ces cinq années et dans le maintien de ma motivation pour cette très belle aventure intellectuelle.

En premier lieu, je tiens à remercier mon directeur de thèse, le professeur Denis TRAVAILLE pour la confiance qu'il m'a accordée en acceptant d'encadrer ce travail doctoral. Ses conseils nombreux et pertinents furent précieux pour l'avancée de mes travaux, ainsi que sa disponibilité et son soutien permanent. Grâce à lui, j'ai également pu présenter l'avancée de mes travaux à plusieurs reprises au sein du laboratoire de recherche de l'université de Lyon 3 auquel j'étais rattaché. Je tiens ainsi à remercie le laboratoire Magellan et l'ensemble de ces membres car chacune de ces présentations fut pour moi l'occasion de progresser dans mes recherches.

Je remercie également les professeurs Gérald NARO et Olivier MEIER d'avoir accepté de participer à mon jury de thèse en qualité de rapporteurs. J'adresse également ces remerciements à Isabelle ROYER et Hélène PETON pour avoir accepté de siéger dans mon jury de thèse. La présence de toutes ces personnalités éminentes dans le domaine de la recherche en sciences de gestion est un très grand honneur pour moi.

Mes remerciements s'adressent également à mon entreprise, le CEA. Dans beaucoup d'entreprises, le fait qu'un chef de service cumule son activité avec un rôle de chercheur en sciences humaines et sociales aurait pu paraître incongru. Au CEA, dans cette maison dont la vocation fondamentale est de faire progresser la science et la connaissance, je n'ai reçu au contraire que des encouragements. Je remercie en particulier, Jean POTIER, Directeur Délégué du CEA/Marcoule, qui fut mon chef durant 9 ans, pour le soutien indéfectible qu'il m'a apporté durant cette thèse. Je n'oublierais pas nos riches discussions du soir dans lesquelles nous discutions du travail quotidien, de stratégie et parfois aussi de ma thèse.

Mes remerciements s'adressent également à Philippe HIEL, mon responsable actuel, pour son soutien dans ce projet et son intérêt manifeste pour les sciences humaines et sociales.

Je souhaite également adresser ma gratitude à Laurence BOISSET, responsable du projet au sein du CEA/Marcoule du Pôle de Valorisation des Sites Industriels (PVSI), pour l'appui qu'elle m'apporté durant ces cinq années et la richesse de nos échanges intellectuels. Je la remercie d'avoir accepté de participer à mon jury de thèse en qualité de membre invité.
Mes remerciements s'adressent également à mes collègues du Service Financier et de Contrôle de Gestion du CEA/Marcoule. Cette équipe a représenté pour moi un terreau humain et intellectuel très fertile, au sein duquel j'ai pu m'épanouir durant ces cinq années. Je remercie en particulier Pierre BONILLO, pour toute l'aide qu'il m'apporte depuis des années et pour la complicité intellectuelle qui nous unit. Par ses remarques et sa finesse d'analyse, il est pour moi un appui très précieux.
Je remercie très chaleureusement également Claude NIVET, qui fut mon professeur de français, et qui a gentiment accepté de relire ma thèse pour limiter les inévitables « coquilles ».
Mes remerciements vont également à l'ensemble de mes amis et connaissances, qui m'ont constamment posé la question : « alors, tu en es où ? » durant ces cinq années.

Enfin, « last but not least », mes remerciements vont à ma famille.

Je remercie mes parents, Rachel et Jean Baptiste, pour m'avoir donné le goût des études et la grande soif de connaissance qui m'anime depuis mon adolescence. Sans ce cocon familial attentionné, aimant, et érudit, je n'aurais jamais pu réaliser de longues études.
Enfin, je dédie cette thèse à ma femme, Cristel, et à nos trois enfants, Killian, Nathanael et Lorine. Durant ces cinq années, ma thèse a, d'une certaine manière, fait partie de la famille. Elle a été présente durant les week-ends et durant nos vacances. Cristel a été constamment à mes côtés durant cette aventure, m'encourageant sans relâche et accueillant avec bienveillance mes enthousiasmes, mes moments de doute, les livres que j'emportais dans les valises…
Pour mes enfants, « la thèse de papa » a été un peu un objet de mystère, dans lequel ils me voyaient m'investir sans comprendre vraiment la finalité, mais en se doutant que c'était important pour moi. Sans le soutien de tous les jours de ma famille, sans sa compréhension, je n'aurais pu mener à bien ce travail !

Sommaire

Remerciements 3

Sommaire 5

Introduction générale 8

PREMIERE PARTIE : REVUE DE LITTERATURE
Des transformations internes d'une firme à son implication dans un écosystème d'affaires

Chapitre 1 : Les transformations internes d'une firme : des paradoxes à l'ambidextrie organisationnelle 21

1/ Le paradoxe dans les organisations 22

2/ La gestion paradoxale 33

3/ L'ambidextrie, mode de gestion paradoxale 38

Chapitre 2 : Le rôle d'une firme leader au sein d'un écosystème d'affaires .. 57

1/ L'écosystème d'innovation : entre succès managérial et faible assise théorique 58

2/ Le concept d'écosystème d'affaires 61

3/ L'équilibre dynamique et instable d'un écosystème d'affaires 76

4/ Le rôle clé de la firme leader dans la transformation écosystémique 86

5/ Limites théoriques et questions de recherche 93

Chapitre 3 : La traduction d'un écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation par une firme leader 96

1/ La sociologie de la traduction 97

2/ Le cadre conceptuel 106

DEUXIEME PARTIE : METHODOLOGIE ET CONSTRUCTION D'UNE ETUDE DE CAS
La tentative de transformation d'un écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation dans le démantèlement nucléaire : le cas du site de Marcoule

Chapitre 4 : Méthodologie de la recherche 116

1/ Le positionnement épistémologique 117

2/ Le cadre méthodologique de la recherche 131

3/ Le dispositif d'analyse des données 142

Chapitre 5 : Présentation du terrain de recherche 147
1/ De 1951 à 1997, le développement d'un site majeur de l'industrie nucléaire... 148
2/ De 1997 à aujourd'hui, le plus grand chantier de démantèlement nucléaire au niveau européen 154

TROISIEME PARTIE : RESULTATS DE L'ETUDE DE CAS

Chapitre 6 : L'existence de paradoxes majeurs dans le démantèlement nucléaire 157
1/ Le paradoxe humain 158
2/ Le paradoxe contractuel 165
3/ Le paradoxe des déchets 171
4/ Le paradoxe sûreté 178
5/ Le paradoxe financier 186
6/ Le paradoxe territorial..... 192
7/ Le paradoxe technologique 199

Chapitre 7 : Problématisation : lecture interne des paradoxes et ambidextries structurelles et contextuelles..... 204
1/ L'ambidextrie structurelle de 1997 à 2017 205
2/ L'ambidextrie contextuelle de 2010 à 2017.....210
3/ Le chef d'unité projet ambidextre, réponse à la lecture interne des paradoxes228

Chapitre 8 : Problématisation : lecture externe des paradoxes, ambidextrie de réseau et intéressement du Pôle de Valorisation des Sites Industriels 232
1/ L'écosystème d'affaires est le cadre d'action de l'intéressement 233
2/ L'intéressement interne : convaincre du besoin d'une ambidextrie de réseau .236
3/ L'intéressement externe : convaincre les parties prenantes de l'utilité de PVSI239

Chapitre 9 : Enrôlement et mobilisation : la traduction marché et la stratégie industrielle..... 250
1/ la traduction marché du leader keystone : favoriser la montée en gamme de son écosystème 251
2/ Le rôle du CEA/Marcoule en tant que donneur d'ordres du démantèlement : des contraintes et du savoir-faire.....258
3/ La mise en œuvre d'une approche marché duale (partenariale et arm's length) au sein de l'écosystème PVSI.....273

Chapitre 10 : Enrôlement et mobilisation : la création d'un objet frontière autour de la labellisation écosystèmique..... 284

1/ Le projet d'une halle technologique.....285
2/ La notion d'objet frontière.....288
3/ DEM4DEC, un objet frontière au service de la traduction écosystémique.....291
4/ Le but de l'objet-frontière DEM4DEC : impulser l'innovation.....301

Chapitre 11 : Enrôlement et mobilisation : l'ouverture de l'innovation 303

1/ Le rôle du leader keystone d'un écosystème dans l'ouverture de l'innovation 304
2/Les besoins d'innovation technologique dans le domaine du démantèlement nucléaire 312
3/ Le lent processus d'ouverture de l'innovation dans l'écosystème PVSI.....315
4/ Les années 2010 : PVSI et l'accélération de l'ouverture 326

QUATRIEME PARTIE : DISCUSSIONS DES RESULTATS, APPORTS, LIMITES ET PROLONGEMENT DE LA RECHERCHE

Discussions des résultats et apports théoriques et managériaux.....338

Conclusion générale, limites et prolongements de la recherche 349

Bibliographie 352

Liste des figures, tableaux et graphiques 364

Table des annexes 366

Introduction générale

« Il y a 100 000 ans, la Terre était habitée par au moins six espèces différentes d'hominidés. Une seule a survécu. Nous, les *Homo Sapiens.* Comment notre espèce a-t-elle réussi à dominer la planète ? » (HARARI, 2005, p 511). Ces quelques lignes figurent sur la couverture de « SAPIENS, une brève histoire de l'humanité », le best-seller de Yuval Noah HARARI, paru en 2015. Dans ce livre, l'auteur, professeur d'histoire et anthropologue, démontre comment l'homo sapiens a pu s'imposer au cours des siècles. Pour l'auteur, si les humains ont réussi à contrôler le monde, c'est parce que nous sommes « les seuls animaux capables de coopérer de façon flexible et en très grand nombre ». Les fourmis et les abeilles sont capables de coopérer à grand échelle mais de manière peu flexible. Les chimpanzés peuvent collaborer entre eux de manière très flexible mais seulement dans le cadre de groupes de quelques individus à quelques dizaines. Ainsi, un chimpanzé est certainement supérieur à un humain en face à face, mais si nous sommes 1000 contre 1000, nous sommes plus forts car les singes seraient incapables de s'organiser entre eux.

Pourquoi l'homme est-il capable de coopérer de manière flexible et à grande échelle ? Pour Yuval Noah HARARI, notre cohésion est avant tout liée à notre imagination. Tous les animaux à part l'homme ne connaissent que ce qu'ils peuvent voir, à savoir une réalité objective : l'eau, la terre, l'air, les montagnes, le ciel… A côté de cette réalité objective, l'homo sapiens est le seul à pouvoir créer et croire à la fiction et aux histoires fictives. Quelles sont ces fictions ? : les états, les lois, les entreprises, la monnaie… ! Une montagne existe objectivement mais les Etats Unis et la France n'existent que dans l'imagination des humains… Aucun chimpanzé n'échangera jamais une banane contre un bout de papier, même si c'est un dollar ou un euro…

Le plus impressionnant est que la puissance de ces fictions dépasse largement la puissance de la réalité objective pour nous faire agir collectivement. Ainsi, des hommes sont morts par millions pour défendre leur patrie… nous nous dévouons corps et âmes pour des entreprises… et la quête du billet vert est une source de motivation infinie… !

La capacité d'action collective est donc la véritable clé de voûte de la réussite de toute l'espèce humaine. Un domaine dans lequel l'action collective prend tout son sens est bien celui de l'innovation.

De nos jours, le terme innovation évoque souvent des noms de contemporains comme Steve JOBS ou Elon MUSK. Longtemps, un des personnages qui incarnait le mieux l'innovation dans l'imaginaire collectif était Thomas EDISON. Mille, mille cinq cent, deux mille ? … si le nombre de brevets attribués à Thomas EDISON varie parfois, il est de toute manière impressionnant. Depuis l'électricité jusqu'à la téléphonie, en passant par le cinéma, le génial inventeur a touché à tout. Thomas EDISON est souvent présenté comme un ingénieur et un inventeur de génie, issu d'une famille modeste, parfait exemple du « self made man » américain. Pourtant, les travaux de HUGUES en 1983 montrent qu'au-delà du génial inventeur, EDISON est également un formidable orchestrateur de l'action collective autour de ses innovations. Ainsi EDISON n'est pas seulement un penseur. L'imaginer comme le « Geo Trouvetou » de Disney, seul dans son laboratoire, est donc une erreur. Sa force est d'utiliser lui-même ses propres inventions. Il est capable de raisonner dans le cadre d'une approche globale des problèmes, synthétisant l'économique, le technologique et le scientifique. Il intègre ses inventions dans un système qui est directement utilisable par ses clients. En 1878, il annonce qu'il a créé un système qui pourrait permettre d'amener l'électricité dans les maisons privées. A cette époque, il lui manque des éléments techniques de ce système (il n'a ni générateur, ni système de distribution ni lampe à incandescence) mais il a « le bon principe ». Le système d'Edison ne contient pas que des composants techniques mais intègre également des hommes. En ce sens, Edison est donc également un manageur. Dans son article sur la construction d'un système sociotechnique, Madeleine AKRICH écrit ainsi : « *Pour atteindre son but, construire un réseau électrique capable de supplanter les réseaux gaziers, il se dote d'une étonnante palette de moyens : il commence par multiplier les déclarations fracassantes, ce qui permet de mettre en forme l'opinion publique en même temps qu'il la teste, il s'entoure des scientifiques les plus brillants de son époque dans tous les domaines susceptibles d'avoir un rapport avec son problème, s'associe avec un expert de la question financière capable de négocier avec les banques, déploie des trésors de mise en scène, lors d'une fastueuse réception dans son laboratoire, des maires des grandes villes, visées par son projet, et va même jusqu'à prévoir la reconversion des employés du gaz. Mais surtout, il trouve le moyen d'incorporer ces différentes « expériences » dans la conception même du système technique. (…). Nous nous trouvons ici devant un objet technique qui incorpore dans sa définition même une certaine description du monde social, naturel, économique, dans lequel il est appelé à fonctionner* » (AKRICH, 1989). L'exemple d'EDISON nous montre à quel point l'innovation est un processus riche et complexe. L'innovation technologique est souvent réduite à tort à sa seule dimension scientifique et technique. De fait, la confusion se fait souvent entre les termes « innovation », « invention » et « découverte ». Une invention et une découverte supposent la nouveauté. Par

exemple, les formidables croquis de Léonard de VINCI qui dessina et réalisa il y a plusieurs siècles des maquettes d'avions, d'hélicoptères, de chars d'assauts, de ponts amovibles… étaient des inventions. Mais passer du stade d'invention à celui d'innovation suppose un élément supplémentaire majeur : rencontrer un marché. L'innovation peut donc se définir comme une invention qui rencontre un marché. Cette nécessité de rencontrer un marché renforce encore le caractère collectif de l'innovation. L'exemple d'EDISON nous montre la multitude de parties prenantes qu'il faut associer et convaincre une à une pour la réussite de l'innovation.

S'il est un domaine où les termes d'action collective et d'innovation méritent d'être employés, c'est bien celui du nucléaire. La découverte du nucléaire a été la conséquence d'une découverte scientifique, celle de la fission du noyau de l'atome d'uranium. Le rêve de l'alchimiste est devenu réalité : produire avec un simple gramme d'Uranium 235 autant d'énergie qu'avec 3,5 tonnes de charbon, 2 tonnes de pétrole ou 13 tonnes de bois.
Comme l'indique Bertrand GOLDSCHMIDT en 1980 : « *Jamais une découverte n'a tenu aussi rapidement et complètement ses promesses : l'arme, le moteur de sous-marin et la centrale. Jamais une découverte ne s'est traduite par de telles discontinuités dans le progrès technologique. Jamais une découverte n'a été aussi complexe sur les plans technique, politique et psychologique. Jamais une découverte n'a eu enfin autant de conséquences internationales* » (GOLDSCHMIDT, 1980 : p 7).
L'histoire du nucléaire est celle d'une saga, sans renier aucunement les connotations romanesques et épique que ce terme évoque. Pour se convaincre que le nucléaire est avant tout une formidable aventure collective, associant sur près d'un siècle et demi, une multitude d'hommes et de femmes, nous ne résistons pas à citer quelques faits historiques :

- L'obstination de l'exceptionnelle Marie CURIE, seule femme à ce jour à avoir reçu deux fois le prix Nobel, pour ses travaux sur les radiations et la découverte du radium. Mais l'histoire de Marie Curie est aussi collective puisqu'elle travaille avec son mari, Pierre CURIE, avec Henri BECQUEREL, puis avec sa fille Irène. Tous recevront aussi le prix NOBEL. La création de l'Institut du Radium, en 1914, permettra d'institutionnaliser la jeune science nucléaire de l'époque.
- La reconstitution de l'équipe de recherche française, qui avait été dispersée lors de la seconde guerre mondiale, autour de Frédéric JOLIOT-CURIE, et la décision du Général de GAULLE le 18 octobre 1945 de créer le Commissariat à l'Energie Atomique. Quelques hommes, motivés et convaincus, partagent la conviction que domestiquer la fission de l'uranium est un enjeu primordial qu'un grand pays comme la France ne saurait ignorer. De 1945 à 1960, un colossal effort scientifique, technique, industriel et

technique va permettre le 13 février 1960, l'explosion de « Gerboise Bleue », première bombe A française, dans le désert du Sahara. Du jour au lendemain, la France, redevient une des quatre grandes puissances de l'époque, position qu'elle avait perdue à l'issue de la guerre.

- La décision du 6 mars 1974, prise lors d'un conseil interministériel présidé par Georges POMPIDOU, entérinant un vaste programme nucléaire prévoyant pour 1974 et 1975 l'engagement de treize tranches de 900 MW, dans le cadre du plan MESSMER. Suite à ces décisions d'accélération du nucléaire, liées au choc pétrolier de 1973, la France réussira l'exploit de construire 58 réacteurs nucléaires entre 1970 et 1993 ! On imagine aisément le défi industriel que cela a représenté.
- Enfin, si les exemples que nous avons cités jusqu'à présent sont français, il convient de ne pas oublier le caractère mondial de cette saga. Depuis quelques années, tous les grands pays nucléaires (Etats-Unis, Suisse, Corée du Sud, Afrique du Sud, Japon, Canada, Brésil, Argentine, Union Européenne, Russie, France…) participent au Forum Génération IV. Ce forum étudie six concepts de réacteurs innovants pour mettre au point la 4ème génération des réacteurs nucléaires (les réacteurs EDF actuellement en service sont de 2ème génération, l'EPR de Flamanville en construction est de 3ème génération).

Dans son très bon ouvrage de 1980, intitulé « Le complexe atomique : histoire politique de l'énergie nucléaire », Bertrand GOLDCHMIDT décrit la dimension humaine et politique de cette histoire, trop souvent méconnue.

Action collective, Innovation, Nucléaire : ces trois notions sont souvent associées dans la littérature des sciences politiques, économiques voire sociologiques. Les perspectives de la filière nucléaire passionnent de nombreuses personnes à travers le monde, dont de nombreux chercheurs en Sciences Humaines et Sociales. Mais trop souvent, le sujet est traité au niveau macro-économique : la politique énergétique des Etats et le poids du nucléaire au sein du mix énergétique, la compétition entre l'énergie nucléaire et les autres sources d'énergie, les stratégies internationales entre les grands acteurs du nucléaire…

L'originalité que nous souhaitons donner à ce travail doctoral est d'associer l'action collective, l'innovation et le nucléaire dans le cadre des Sciences de Gestion. Plutôt que de traiter ce sujet au niveau des Etats ou des grands groupes nucléaires, nous nous focaliserons sur un écosystème d'affaires territorial qui s'est construit et évolue autour du démantèlement nucléaire. Si nous sommes en mesure de le faire, c'est grâce à un accès privilégié au terrain. Dans le cadre d'une observation participante et d'une recherche-action, nous avons pu observer durant plusieurs

années l'évolution de l'écosystème d'affaires existant autour du site nucléaire de Marcoule, dans le Gard, et du démantèlement nucléaire. Nous décrirons la nature de cet accès au terrain et la méthodologie employée dans notre chapitre 4.

Par cette immersion au sein d'un terrain de recherche riche et fertile et la confrontation avec la littérature en sciences de gestion, nous avons pu identifier quelques insuffisances théoriques. Nous allons à présent les décrire en précisant le contexte de notre recherche.

1. Le contexte de la recherche

L'orientation de notre travail doctoral est issue de plusieurs intuitions de base, résultant de la confrontation entre la littérature en sciences de gestion et notre terrain de recherche.

Peu d'exemples d'écosystèmes d'affaires en dehors des TIC

Nous aborderons de manière approfondie le concept d'écosystème d'affaires dans notre deuxième chapitre. Nous approfondirons en particulier la définition de ce qu'est un écosystème d'affaires afin de préciser sa spécificité parmi les différents types d'organisations réticulaires qui existent. A ce stade, nous retiendrons la définition simplifiée de HAGEL et al qui, en 2008, définissent un écosystème d'affaires comme *« une vaste communauté d'intérêt stratégique où s'agglomèrent, autour d'une entreprise pivot, déployant une stratégie partagée en s'appuyant sur une vision commune du champ des possibles, une plateforme technique communautaire et un ensemble d'actions et d'actifs collectifs »* (HAGEL et al, 2008)

Depuis le premier article de James MOORE en 1993 et la publication de son ouvrage « The Death of competition » en 1996, de nombreux travaux de recherche ont été consacrés à ce concept dans la littérature en sciences de gestion. Dans l'ouvrage collectif de 2011 sur la confiance en gestion, EDOUARD et GRATACAP, soulignent le fait que des entreprises telles que GOOGLE, APPLE, AMAZON ou MICROSOFT sont en capacité de mobiliser des écosystèmes d'affaires globaux et de déployer des capacités stratégiques partagées par un très grand nombre d'organisations. Au sein de cette méta-organisation, la plateforme technologique permet de relier les entreprises entre elles ce qui constitue un élément indispensable à son émergence, son évolution et sa stabilité. A titre d'exemple, nous pouvons évoquer les dizaines de milliers de sociétés ou d'individus qui développent des applications que l'on retrouve dans

l'AppleStore d'APPLE. L'échange est mutuellement gagnant et profitable : ils bénéficient du standard et du réseau APPLE, APPLE bénéficie en retour d'un ratio sur les bénéfices et de la créativité démultipliée de dizaines de milliers de personnes.

Le concept d'écosystème d'affaires est donc issu du secteur des TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) et le décrit parfaitement bien. Ainsi, dans la littérature en sciences de gestion, il existe de nombreuses présentations à portée descriptive sur les écosystèmes d'affaires du secteur des TIC : BRASSEUR et PICK en 2000 sur les entreprises de la Silicon Valley, GUEGUEN, PELLERIN BOUCHER et TORRES en 2004 sur le secteur des logiciels, PELLEGRIN BOUCHER en 2005 sur le cas SAP, et ISCKIA en 2006 sur l'entreprise AMAZON.
En dehors du secteur du TIC, il existe peu de cas à portée descriptive. Lorsque ces cas existent, ils sont traités sous l'angle des TIC comme le font GRATACAP et EDOUARD en 2010 dans leur article sur « la configuration des écosystèmes d'affaires de BOEING et d'AIRBUS : le rôle des TIC en environnement innovant ».

Dès lors, une de nos intuitions de bases initiales pour ce travail doctoral a été qu'un cas, à portée descriptive, portant sur un écosystème d'affaires dans le domaine du démantèlement nucléaire, serait de nature à contribuer à l'élargissement du champ d'application du concept d'écosystème d'affaires. Notre souhait est ainsi de montrer que ce concept s'applique également à l'industrie traditionnelle, que certains dénomment la « vieille industrie » en opposition avec la « nouvelle économie » constitué par le secteur des TIC.

Peu de travaux académiques sur les motivations d'une firme leader pour transformer son écosystème d'affaires

La place et le rôle d'une firme leader au sein d'un écosystème d'affaires ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche. Le comportement de la firme leader vis-à-vis de son écosystème a par exemple été décrit par FAUTRERO et GUEGUEN, en 2012, dans leur analyse du rôle de NOKIA au sein de l'écosystème SYMBIAN. A travers une analyse longitudinale réalisée entre 2000 et 2011, les deux auteurs montrent comment l'accroissement continu de la domination de NOKIA sur son écosystème a progressivement conduit à un retrait des autres acteurs et, au final, au déclin de l'écosystème. Dans un autre article publié en 2012, MIRA-BONNARDEL, GENIAUX et SERRAFERO décrivent le rôle de l'EPSA (Ecurie Piston Sport Auto) dans la naissance, autour d'elle, d'un écosystème d'affaires comptant plus d'une

vingtaine de partenaires industriels et d'entreprises, avec pour objectif de concevoir des véhicules écologiques prototypes participant à des challenges. La question du leadership au sein des écosystèmes d'affaires a fait l'objet de nombreux travaux, sur lesquels nous reviendrons par la suite. Citons notamment les travaux de IANSETI et LEVIEN, en 2004, qui décrivent les stratégies de leadership d'une firme leader au sein d'un écosystème d'affaires, de type « keystones » ou « physical dominators ».

La littérature fait en revanche peu état des motivations d'une firme vis-à-vis de son écosystème d'affaires. Qu'est-ce qui fait qu'à un moment, une firme va se représenter elle-même comme étant le leader d'un écosystème d'affaires ? Qu'est-ce qui va la motiver à agir au niveau écosystémique plutôt qu'à l'intérieur de ses propres limites organisationnelles ? Ces deux questions, peu étudiées, nous semblent pourtant fondamentales : la compréhension du rôle et du comportement d'un acteur au sein d'un système passe souvent par la compréhension de ce qui le motive.

Comme le soulignent CROZIER et FRIDBERG dans leur célèbre ouvrage, « L'acteur et le système », le comportement d'un acteur a toujours un sens. Il est souvent difficile de trouver ce sens si on s'attend à ce que celui-ci soit défini par rapport à des objectifs clairement définis. Il nous semble donc illusoire d'attendre que le patron d'une firme déclare un jour « notre société a pris le leadership de l'écosystème d'affaires X afin de réaliser les trois objectifs stratégiques suivants… ». Si une telle déclaration existait, il se pourrait fort bien qu'il s'agisse d'une reconstruction intellectuelle a posteriori, entretenant peu de rapport avec les réalités des motivations initiales de la firme…
Le fait qu'on ne puisse pas le rapporter à des objectifs clairs ne signifie pas que ce comportement n'est pas rationnel. Il peut être rationnel par rapport à des opportunités, par rapport au contexte interne, par rapport au contexte externe, par rapport au comportement des autres acteurs… Pour découvrir cette rationalité, plus ou moins cachée, il convient donc d'étudier le processus qui conduit une firme à prendre le leadership d'un écosystème.

Par rapport à cette question de recherche peu étudiée, notre terrain de recherche et notre positionnement en son sein, nous a paru prometteur dès le début de nos travaux. Comme nous le décrirons dans le quatrième chapitre dédié à la méthodologie de la recherche, nous montrerons que nos travaux peuvent s'appuyer sur une immersion de longue durée au sein de la firme leader d'un écosystème territorial, permettant d'étudier l'évolution de ses motivations pour assurer le leadership de son écosystème d'affaires.

Une assise théorique émergente et incomplète de la notion d'écosystème de l'innovation

Le concept d'écosystème d'affaires est bien établi dans le paysage de la recherche académique en sciences de gestion, depuis les premiers travaux de James MOORE en 1996. Récemment, l'AIMS consacrait une STAIM complète à ce terme dans son congrès annuel qui évoquait les nombreuses contributions.

La notion d'écosystème de l'innovation est de plus en plus utilisée. En anglais, le terme « innovation ecosystem » est de plus en plus employé et connaît un succès croissant. Pourtant l'assise théorique de ce terme est peu établie : doit-on relier ce terme au concept de « business ecosystem » ou est-ce un nouveau concept à part entière ?

Si cette différence entre les deux termes peut paraître anecdotique au premier abord, nos recherches préliminaires nous ont permis de constater qu'il n'en était rien.
Notre intuition a été qu'il pouvait s'agir de deux états différents et qu'un « écosystème d'affaires » n'était pas forcément un « écosystème de l'innovation ». Ce présupposé de base a donc été une de nos clés d'observation de notre terrain de recherche.

L'actualité du concept d'innovation sur l'ensemble du « cycle de vie » du nucléaire et l'intérêt d'associer « innovation » et « démantèlement nucléaire »

En juin 2016, l'Institut Montaigne publie un rapport intitulé « Nucléaire : l'heure des choix ». Partant du postulat de base que l'industrie nucléaire est appelée à jouer un rôle important dans la lutte contre le réchauffement climatique et qu'il est donc indispensable dans le mix énergétique européen, aux côtés des énergies alternatives, les auteurs considèrent que l'industrie nucléaire est aujourd'hui confrontée à deux défis majeurs :

- un premier défi lié à la sûreté (suite à l'accident de Fukushima notamment) et à la gestion des déchets (le débat public CIGEO est une bonne illustration de la sensibilité de ce sujet).
- un second défi de nature économique qui impose de refaire la viabilité de l'équation économique de la production d'électricité d'origine nucléaire.

De la qualité de la réponse à ces deux défis dépendra la pérennisation du troisième secteur industriel français, après l'automobile et l'aéronautique.

Au cœur de ces défis, on retrouve l'idée qu'il est plus que jamais nécessaire de raisonner dans le cadre d'une approche globale. Au XXIème siècle, le coût de production ne s'arrête plus au seul coût de production mais doit prendre en compte toutes les externalités : prix du carbone, coûts des réseaux et du stockage, coûts du démantèlement et de la gestion des déchets.

Le démantèlement nucléaire est un jeune secteur industriel. En France, la première génération des installations nucléaires (installations du CEA, premiers réacteurs EDF…) date des années 40 et 60. Leur fin de vie est intervenue pour l'essentiel à partir de la fin des années 90. Grand nombre d'entre elles sont encore en démantèlement. Quant à la deuxième génération des réacteurs nucléaires (notamment les 58 réacteurs d'EDF actuellement en exploitation), leur fin de vie et leur démantèlement sera un enjeu des années 2020 à 2040. Le marché du démantèlement nucléaire constituera un enjeu industriel majeur dans les années à venir, représentant un marché estimé à 220 milliards d'euros au niveau mondial dans les vingt ans à venir (estimation du cabinet américain D-LITTLE).

Longtemps, le démantèlement nucléaire a été perçu comme peu attractif par les acteurs de la filière eux-mêmes. Il est en effet « humain » qu'un ingénieur soit plus motivé par la construction d'une installation nouvelle que par la déconstruction d'une ancienne installation.

Aujourd'hui, face aux deux défis que connaît la filière nucléaire dans son ensemble, le regard sur le démantèlement nucléaire est en train de progressivement changer. Du point de vue de l'innovation, ceci induit un double changement de perspective :

- D'une manière intrinsèque au démantèlement nucléaire : par la prise de conscience que démanteler une installation nucléaire est bien plus complexe que démolir une installation conventionnelle. Ce travail doctoral sera notamment l'occasion de décrire l'importance et la richesse des innovations technologiques et managériales nécessaires au démantèlement nucléaire.
- D'une manière plus globale, si on considère le démantèlement nucléaire comme la fin du cycle de vie de l'industrie nucléaire. Ce point est essentiel car il permet de relier l'innovation dans le démantèlement nucléaire à la pérennisation de l'industrie nucléaire dans son entier. Ainsi, montrer la capacité de démanteler les deux premières générations d'installations nucléaires apparaît de plus en plus comme un élément clé à maîtriser pour justifier la poursuite du nucléaire et construire les générations trois et quatre.

Dès l'initiation de ce travail doctoral, le côté paradoxal et contre-intuitif au premier abord, d'apposer côte à côte les termes « innovation » et « démantèlement » nous a séduit. Au-delà de cet attrait initial, nous avons pu vérifier à quel point ce sujet pouvait se révéler d'une grande actualité à travers les enjeux actuels de la filière.

2. La démarche générale

Le présent travail de recherche s'articule autour de onze chapitres comme l'illustre la figure ci-dessous.

Figure 1 : Présentation de la démarche de la thèse

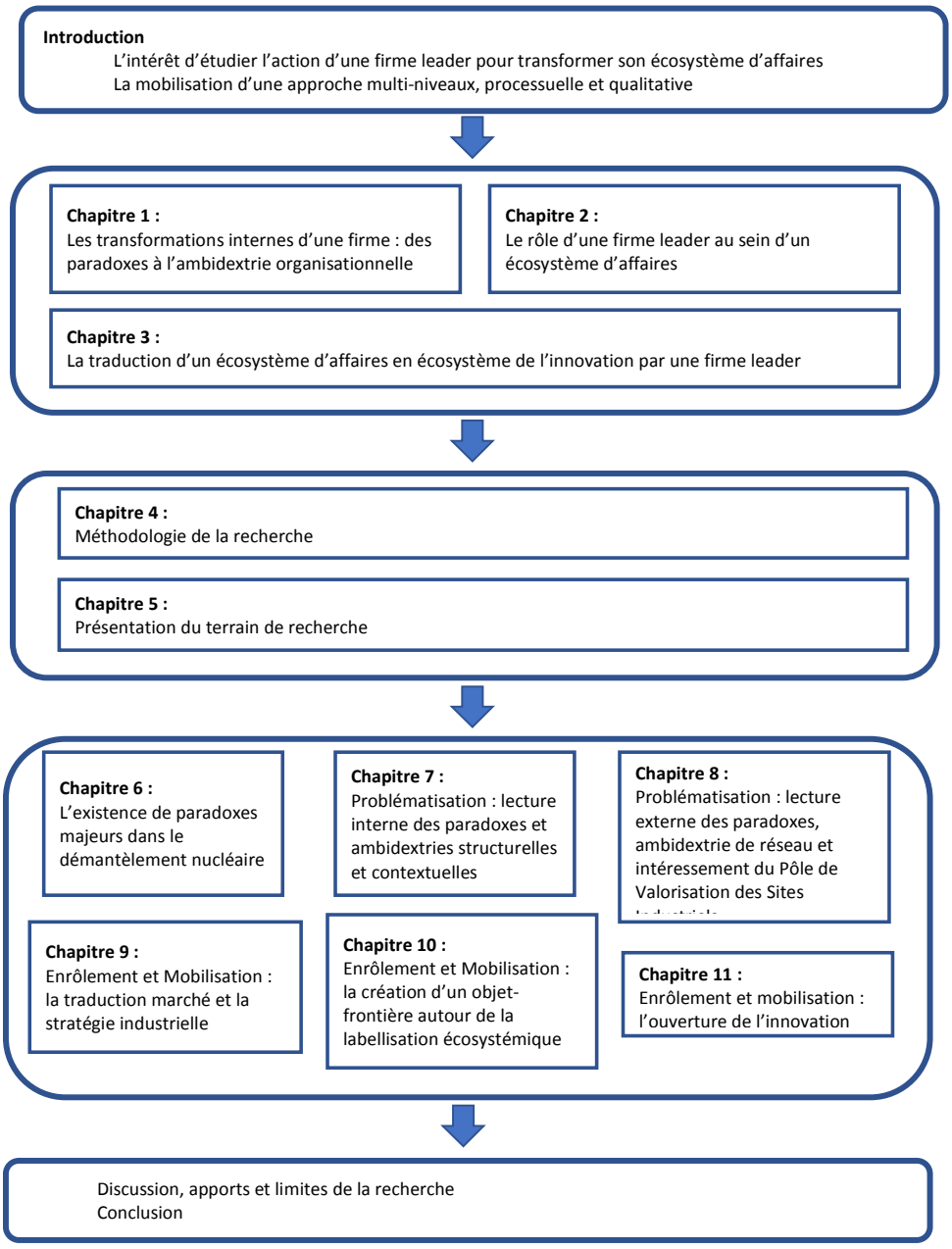


Figure 1

Les trois premiers chapitres présentent l'ensemble des concepts sur lesquels nous appuyons notre recherche. Leur objectif est de positionner cette recherche par rapport aux travaux académiques existants et de définir un cadre conceptuel adapté. Comme nous l'expliquerons dans le chapitre consacré à la méthodologie de la recherche, nous faisons le choix d'une approche multiniveaux, processuelle, et qualitative.

Le premier chapitre se situe au niveau interne d'une firme leader. Il est donc axé sur les niveaux d'analyses micro et méso en faisant le lien entre le comportement micro des acteurs de la firme et le niveau stratégique méso de la firme. Notre premier propos sera de montrer qu'une organisation constitue un système complexe, soumis à un environnement volatil et turbulent. Elle constitue donc un terrain fertile pour l'apparition de nombreux paradoxes. La nature du secteur d'activité (en l'occurrence le démantèlement nucléaire pour notre travail de recherche) peut encore renforcer l'impact de ces paradoxes. Pour concilier des contraintes perçues habituellement comme opposées, l'organisation doit mettre en œuvre une gestion paradoxale pour lui permettre de gérer deux impératifs contradictoires : l'adéquation à court terme et l'adaptation à long terme. L'ambidextrie organisationnelle représente un des modes possibles des paradoxes. Nous déclinerons ainsi les trois grandes formes d'ambidextries possibles : ambidextrie structurelle, contextuelle et de réseau.

Le deuxième chapitre est consacré au comportement d'une firme leader au sein d'un écosystème d'affaires. Il est axé sur les niveaux d'analyses méso et macro. Il fait le lien entre le comportement stratégique d'une firme leader, le niveau méso, au sein de l'écosystème d'affaires dans sa globalité, le niveau macro. Ce chapitre permettra de définir ce qu'est un écosystème d'affaires, depuis les travaux précurseurs de James MOORE dans les années 1990 et d'effectuer une revue de littérature sur les travaux académiques plus récents. Si le concept d'écosystème d'affaires fait l'objet de nombreux travaux académiques depuis une vingtaine d'années, la notion d'écosystème de l'innovation est loin de faire l'objet d'un consensus parmi les chercheurs. Nous essaierons d'approfondir cette définition.

En s'appuyant sur les deux chapitres précédents, le troisième chapitre propose un cadre conceptuel intégratif pour mener notre analyse. Nous nous appuierons sur les travaux de la sociologie de la traduction. Pour faire le lien entre nos deux chapitres et pour décrire à la fois les motivations et le rôle de la firme leader dans la tentative de transformation de son écosystème d'affaires, l'approche processuelle (problématisation, intéressement, enrôlement et mobilisation) de la sociologie de la traduction représente un cadre intégratif pertinent. La phase de problématisation nous permet de montrer comment la firme leader parvient à formuler un problème tel que la transformation de son écosystème d'affaires. La problématisation permet donc d'intégrer l'ensemble des points que nous développons dans le chapitre 1 sur les paradoxes et les différentes formes d'ambidextrie organisationnelle. Les phases d'intéressement, d'enrôlement et de mobilisation, nous permettent par la suite de décrire les actions concrètes de la firme leader pour transformer son écosystème d'affaires et d'intégrer ainsi les points développés dans notre chapitre 2. Dans la suite de notre thèse, l'étude de cas empirique que nous développons sur le

site de Marcoule et l'écosystème PVSI (Pôle de Valorisation des Sites Industriels) sera également structurée suivant les différentes phases de la traduction dans les chapitres 6 à 10.

Le quatrième chapitre nous permettra de décrire le protocole méthodologique. Nous définirons le rôle de praticien-chercheur que nous avons eu durant ces cinq années. Nous justifierons le positionnement de notre travail de recherche au sein d'un cadre de recherche épistémologique constructiviste avec une méthode de de type observation participante pour observer les acteurs du démantèlement nucléaire au sein de la firme leader et une méthode de type recherche action pour observer la structuration du Pôle de Valorisation des Sites Industriels. Nous présenterons également notre choix de recourir à une approche qualitative pour mener une approche processuelle et multi-niveaux. Nous montrerons ainsi que la fiabilité et la validité de ce travail de recherche reposent sur une immersion de longue durée au sein du terrain de recherche et sur la mobilisation de plusieurs sources de données telles que l'exploitation de documents internes et la réalisation d'entretiens.

Notre terrain d'études sera présenté dans le cinquième chapitre. Nous commencerons par décrire de manière synthétique le site nucléaire de Marcoule depuis les années 50. En effet, pour bien comprendre la culture et la manière d'aborder les problématiques actuelles, cette approche historique est nécessaire. Nous décrirons par la suite l'écosystème d'affaires PVSI en nous focalisant successivement sur le CEA/Marcoule, firme leader de l'écosystème, et sur les autres acteurs de l'écosystème (acteurs marchés et non marchés).

Les cinq chapitres suivants nous permettront de décliner nos analyses.

Le chapitre six se positionnera au niveau micro et méso et sera consacré à la mise en évidence de paradoxes majeurs dans le démantèlement nucléaire.

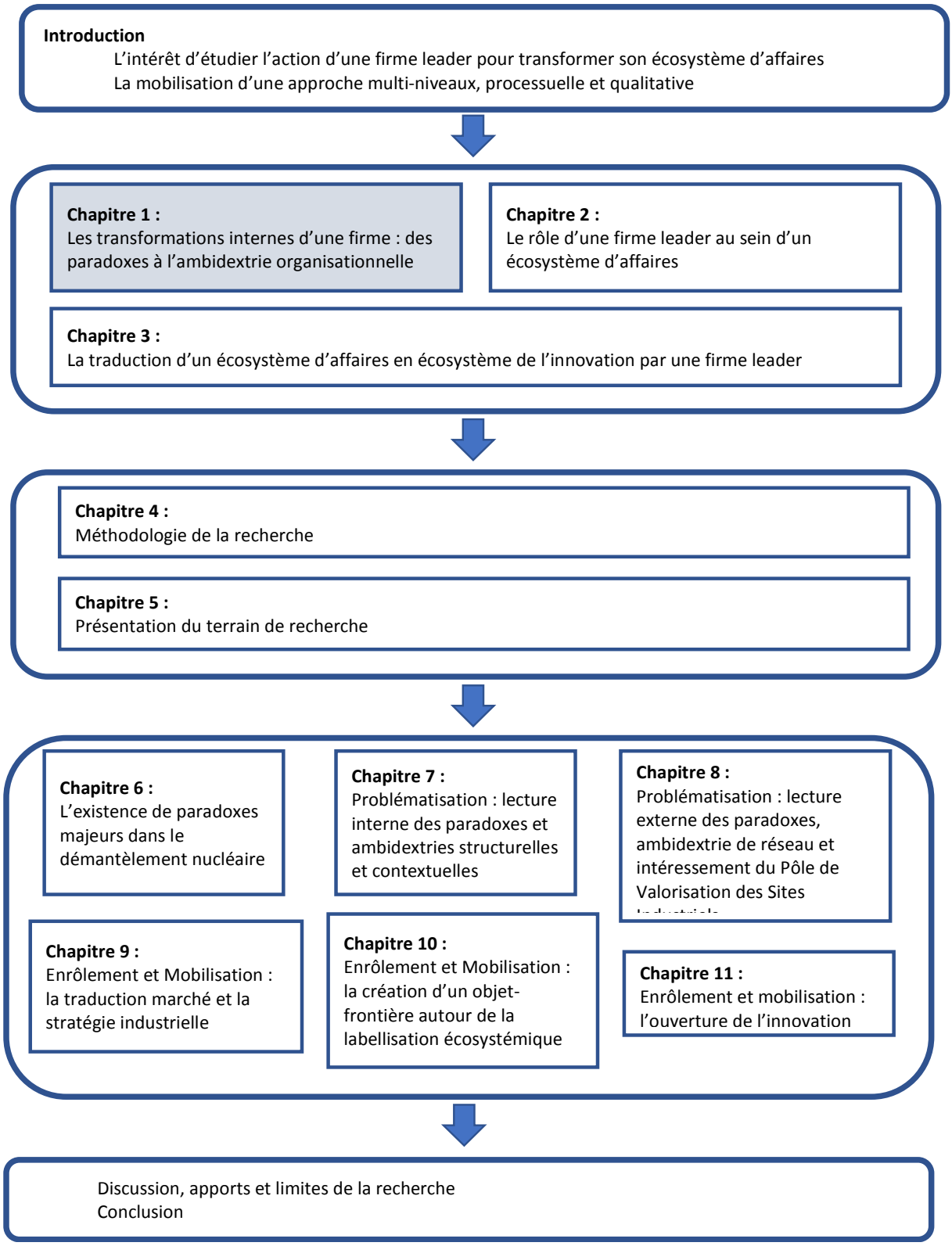
Le chapitre sept permettra de montrer de quelle manière la lecture interne des paradoxes conduit à la mise en œuvre des ambidextries structurelles et contextuelles.
Inversement, le chapitre huit montrera que la lecture externe des paradoxes ouvre la voie à la mise en œuvre d'une ambidextrie de réseau.

Les chapitres neuf, dix, et onze nous permettront de décrire trois actions concrètes d'enrôlement et de mobilisation pour tenter de transformer l'écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation : la traduction marché et la stratégie industrielle dans le chapitre neuf, la création d'un objet frontière autour de la labellisation écosystémique dans le chapitre dix, et l'ouverture de l'innovation dans le chapitre onze.

La dernière partie de notre thèse permettra de discuter des résultats de cette recherche résultant de l'analyse des données empiriques. Nous décrirons ainsi les apports théoriques et les apports managériaux que nous identifions à l'issue de ce travail de recherche. Nous soulignerons également les limites de ce travail. Nous avons choisi d'utiliser le terme d'« essai » de transformation d'un écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation. Il est donc pertinent de faire un bilan de cet « essai » à l'issue de ce travail doctoral et de montrer l'intérêt de continuer d'observer les transformations de l'écosystème PVSI à travers des recherches futures.

Enfin, la conclusion générale nous permettra de faire le point sur l'important apport personnel que représente cette thèse.

Chapitre 1 : les transformations internes d'une firme : des paradoxes à l'ambidextrie organisationnelle



1. Le paradoxe dans les organisations

« Le paradoxe est la passion de la pensée et le penseur sans paradoxe est comme l'amant sans passion : une belle médiocrité », KIERKEGAARD dans « Les Miettes Philosophiques »

1.1. Qu'est-ce qu'un paradoxe ?

Le mot « paradoxe » vient de deux mots grecs : *« para »* qui veut dire contre et *« doxa »* qui veut dire opinion : un paradoxe est donc une idée ou une proposition à première vue surprenante ou choquante, qui va contre le sens commun. Comme le précise le dictionnaire de l'Académie française, le sens de ce terme a été affiné et désigne de manière plus restrictive une proposition qui contient, ou semble contenir une contradiction logique, ou un raisonnement qui bien que sans faille apparente aboutit à une absurdité, ou encore une situation qui contredit l'intuition commune. Le paradoxe est donc l'ensemble, d'au minimum, deux affirmations qui impliquent une tension conflictuelle entre elles, notamment lorsqu'elles semblent évidemment vraies.

Dans leur ouvrage de 2003 consacré au paradoxe et aux organisations, PERRET et JOSSERAND insistent sur la valeur heuristique du paradoxe. Le paradoxe a toujours eu un lien étroit avec l'innovation, l'art d'inventer et de faire des découvertes. Comme le souligne RAPOPORT en 1967, dès qu'un problème apparaît dans n'importe quelle discipline et qu'il ne peut être résolu dans le cadre conceptuel censé s'y appliquer, nous éprouvons un choc. Ce choc peut nous contraindre à rejeter l'ancienne structure inadéquate et à en adopter une nouvelle. Confronté aux paradoxes, l'homme est souvent contraint d'entamer un processus de mutation intellectuelle qui peut conduire à des idées nouvelles. La valeur heuristique du paradoxe réside donc dans sa capacité à interroger, remettre en cause, pointer les incohérences ou les mystères d'un raisonnement, d'une opinion, d'une situation ou d'un problème.

Pour PERRET et JOSSERAND, il est possible de distinguer trois grands types de paradoxe : logique, sémantique, et pragmatique.

De très nombreux paradoxes logiques et sémantiques existent et font généralement la délectation des revues d'énigmes et de jeux. Les trois paradoxes suivants en sont des exemples concrets :

Le syllogisme paradoxal :

« Plus il y a de gruyère, plus il y a de trous, plus il y a de trous, moins il y a de gruyère. Donc plus il y a de gruyère, moins il y a de gruyère ».

Le paradoxe du menteur :

« Je ne raconte que des mensonges ». Donc si ma phrase est vraie, il est faux que je ne raconte que des mensonges. Si ma phrase est fausse, il est vrai que je ne raconte que des mensonges.

Le paradoxe de l'archer :

« Entre mon arc et ma cible, il y a 10 mètres. Une fois que j'aurai tiré, la flèche va parcourir la moitié de la distance. Puis encore la moitié de la distance restante. Puis encore la moitié de la distance restante… et ainsi de suite, la flèche va donc parcourir une infinité de distances certes de plus en plus courtes, mais non nulles. Une somme à l'infini de distances non-nulles… »

Les paradoxes logiques et sémantiques perturbent notre esprit car ils viennent heurter les trois principes essentiels de la logique d'Aristote :

- Le principe d'identité : les choses sont ou ne sont pas.
- Le principe de contraction : A est A et ne peut être non A
- Le principe du tiers exclu : A ne peut être que A ou non A

Ainsi dans le raisonnement logique, les choses sont ou ne sont pas et ne peuvent pas être les deux à la fois. Le paradoxe pose un problème à la pensée logique car il implique la présence simultanée d'éléments contradictoires et mutuellement exclusifs opérant dans le même temps. De même, le paradoxe crée souvent des situations dans lesquelles le choix est interdit. Dans le paradoxe du menteur que nous avons cité plus haut, les solutions se rejettent l'une et l'autre et conduisent à un raisonnement circulaire. Enfin, le paradoxe réside souvent dans une structure autoréférentielle. Il y a autoréférence lorsqu'un mot, une phrase ou une situation du monde se fait elle-même référence comme par exemple la phrase : « cette phrase comporte cinq mots ».

En 2004, KELLER considère que le paradoxe pragmatique se différencie des paradoxes logiques et sémantiques car la contradiction ne se situe pas à l'intérieur de ce qui est dit, écrit ou formalisé mais dans l'effet que produit ce qui est dit. Le paradoxe pragmatique se différencie des autres formes de paradoxes par le contexte : « *ce en quoi la situation, ses enjeux et ses conséquences immédiates exercent une contrainte sur les partenaires dans l'échange* » (KELLER, 2004 : p1). Evoquant la notion de paradoxe dans une perspective communicationnelle, GIORDANO souligne en 2003 le fait que toute communication présente deux niveaux : le premier transmet une information sur des faits, des opinions (c'est le message proprement dit). Le second, simultanément, exprime quelque chose sur la relation établie entre

les interlocuteurs (c'est un méta message). Le second niveau est fondamental car il constitue une instruction sur la manière dont on doit interpréter le message ou bien une relation sur la nature de la relation qui encadre le message. Ordinairement, la congruence des deux niveaux conduit à ne pas dissocier ces deux niveaux. Mais si une contradiction apparaît entre le message et le méta-message, la superposition des deux niveaux se fait jour. Le fait de déclarer « je suis ravi » avec un sourire crispé ou bien « je vous écoute » en regardant par la fenêtre crée un malaise chez l'interlocuteur à qui on s'adresse. Dès lors, comme l'indique LAYOLE en 1994, il y a superposition de deux messages antinomiques avec obligation de tenir compte des deux à la fois. Dans ce contexte bien particulier, chargé émotionnellement, un message est émis et structuré de telle manière que :

a) Il affirme quelque chose
b) Il affirme quelque chose sur sa propre affirmation
c) Ces deux affirmations s'excluent

La vie quotidienne est le lieu de nombreuses injonctions paradoxales : « pense à éviter de penser à ce qui te fait peur ! », « presse ton conjoint de questions pour le tirer de l'inexplicable mutisme dans lequel il se réfugie ! ». La prévision paradoxale conduit à l'illusion de choix possible. Un maître Zen demande à son disciple en agitant le bâton sous ses yeux : « Si tu me dis que ceci est un bâton, je te frappe ! Si tu me dis que ce n'est pas un bâton, je te frappe ! Que me réponds-tu ? ». La structure logique de l'illusion de choix englobe celle du dilemme comme le célèbre dilemme d'Aristote : « Ou bien, il faut philosopher, ou bien, il ne faut pas philosopher ; or pour savoir il faut philosopher ; conclusion, il faut philosopher ».

Dès lors, GIORDANO souligne que le fait que le message apparaisse comme dénué de sens n'est pas ce qui importe le plus. L'important réside dans la réalité pragmatique qu'il possède et qui est beaucoup plus redoutable : on ne peut pas ne pas réagir au message mais on ne peut pas non plus ne pas y réagir puisque le message est lui-même paradoxal. Dès lors, la situation de l'individu qui doit faire face à des injonctions paradoxales ou à des prévisions paradoxales se trouve dans des situations inconfortables et peut :

- Se sentir puni ou coupable s'il décèle la double contrainte
- Passer pour fou s'il insinue qu'il y a discordance entre ce qu'il voit ou ce qu'il devrait voir

BATESON a beaucoup étudié, notamment dans le cadre psychiatrique, les éléments qui composent une double contrainte liée aux injonctions paradoxales et prévisions paradoxales. Nous allons voir à présent que ces aspects paradoxaux sont intéressants à mobiliser dans des contextes plus vastes que le couple ou la famille et peuvent parfaitement s'appliquer à l'étude des organisations.

1.2. La typologie des paradoxes

De nombreux auteurs se sont intéressés à une vision globale des forces paradoxales qui s'exercent sur les organisations. En réalisant un état de la littérature, BOLLEKER et NOBRE recensent en 2010 plus de 200 paradoxes organisationnels. Devant le caractère peu opératoire qui consisterait à vouloir établir une typologie exhaustive de l'ensemble des paradoxes, de nombreux auteurs se sont concentrés sur les principaux paradoxes auxquels sont confrontées les organisations.

En 1983, QUINN et ROHRBRAUGH ont sollicité 45 auteurs ayant publié au moins un article dans la revue « Administrative Science Quater » dans les 2 années ayant précédé l'étude. En les interrogeant sur leur degré de similitude et en utilisant l'algorithme Indscal, QUINN et ROHRBRAUGH sont parvenus à agencer des variables de performance organisationnelle autour de trois axes significatifs dont les deux extrêmes constituent des valeurs opposées :

- L'axe structure oppose le contrôle et la flexibilité
- L'axe focalisation oppose l'interne à l'externe
- Enfin le dernier axe met en avant le dilemme entre les moyens et les fins

Pour les deux auteurs, les paradoxes contrôle/flexibilité, interne/externe et moyens/fins sont ceux qui impactent le plus la performance des organisations et l'efficacité organisationnelle repose sur la combinaison de ces trois axes.

En 1968, QUINN et CAMERON font état de six paradoxes qui apparaissent couramment dans la littérature :

- Un couplage faible en même temps qu'un couplage fort
- Une importante spécialisation des rôles aussi bien que des rôles généralistes
- Une continuité du leadership en même temps que la mise en place de nouveaux leaders
- Des processus d'amplification des phénomènes déviants en même temps que des processus de réduction des phénomènes déviants
- Une prise de décisions encourageant la recherche d'information aussi bien que la création d'inhibiteurs qui évitent la surcharge d'informations
- Le désengagement de stratégies du passé en même temps que le renforcement des pratiques habituelles

Comme le souligne BOLLEKER et NOBRE en 2010, la présence simultanée de ces six paradoxes au sein des organisations peut être interprétée comme un critère de performance.

En 1998, BOUCHIKHI identifie également six paradoxes majeurs qui tiraillent les organisations en permanence :

- La coopération et la compétition
- La différenciation et l'intégration
- La concentration et l'expansion
- L'autonomie et le contrôle
- L'innovation et la stabilité
- L'ouverture et la fermeture

En 2005, MINTZBERG utilise ses fameuses configurations organisationnelles pour montrer que l'organisation est en permanence tiraillée par des forces paradoxales. Suivant cette idée, chacun des composants fondamentaux de l'organisation cherche à la faire évoluer dans un sens favorable à ses intérêts propres :

- Le sommet stratégique a naturellement tendance à promouvoir la centralisation des décisions pour renforcer son pouvoir
- A la base de l'organisation, le centre opérationnel, qui assure la production et délivre directement les biens et services, construit sa légitimité sur la professionnalisation
- Reliant la base de l'organisation avec le sommet stratégique, la ligne hiérarchique peut-être tentée par le vieil adage « diviser pour régner » et se construire des espaces de fortes autonomies coupés du pouvoir central (des « états dans l'Etat ») ce qui conduit à une logique de balkanisation
- Le pouvoir de la technostructure repose quant à lui sur sa capacité à imposer une standardisation des méthodes et des pratiques
- Enfin, les fonctions de support logistique peuvent se légitimer en mettant en avant les bienfaits d'une vision transversale de l'organisation, l'intérêt de collaborer et d'échanger les bonnes pratiques

Même si cette vision peut être considérée comme simplificatrice (le comportement des différents composants fondamentaux de l'organisation peut varier considérablement d'une entreprise à l'autre suivant sa taille, sa culture, le type d'organisation suivant le modèle même de MINZBERG…), elle permet de comprendre que l'origine d'une partie des tensions paradoxales au sein d'une organisation est liée aux jeux de pouvoir auxquels se livrent ses différentes composantes.

En 2007, MORGAN cite quelques exemples de tensions contradictoires qui s'exercent sur les organisations :

- Innover et éviter les erreurs
- Penser à long terme et délivrer des résultats à court terme
- Réduire les coûts et augmenter l'engagement
- Réduire le management et accroître l'esprit d'équipe
- Etre flexible et respecter les rôles
- Collaborer et être en concurrence
- Décentraliser et garder le contrôle
- Spécialiser mais rester opportuniste
- Produire Low cost mais conserver un niveau élevé de qualité

En définitive, il n'existe pas de typologie unique et reconnue par tous des paradoxes qui s'exercent sur les organisations. Même si quelques paradoxes « stars » semblent se retrouver dans toutes les typologies (comme par exemple le dilemme « contrôle et autonomie »), l'étude des paradoxes au sein des différentes organisations révèle des spécificités importantes (en fonction du secteur d'activité, du contexte, de la taille, du degré d'internationalisation, …).

1.3. L'intérêt et la valeur du paradoxe dans les sciences de l'organisation

En 1966, QUINE souligne que le paradoxe se révèle souvent beaucoup moins frivole qu'il n'en a l'air. Pour de nombreuses personnes en effet, la « frivolité » du paradoxe réside dans le plaisir intellectuel que procure sa fréquentation et se limite aux jeux intellectuels liés à l'énoncé des paradoxes logiques, sémantiques et pragmatiques dont nous avons cité quelques exemples dans la partie précédente. Mais comme l'indique FALETTA en 1998, si les paradoxes ont acquis une position prestigieuse dans la pensée mathématique et logique occidentale, ils occupent aussi une place non négligeable dans les sciences et l'intérêt qu'on leur porte s'étend aujourd'hui à des domaines comme la philosophie, les sciences politiques, l'économie, la gestion ou la psychologie.

Dès l'introduction de leur ouvrage collectif sur les paradoxes, PERRET et JOSSERAND mettent ainsi en évidence la valeur heuristique du paradoxe pour les sciences de l'organisation. La recherche scientifique est guidée par l'établissement de la vérité ou de la construction d'une vérité, et le paradoxe est souvent : « *une vérité qui se tient sur la tête pour attirer l'attention* » (PERRET et JOSSERAND, 2013 : p5). Ainsi, RAPOPORT estime en 1967 qu'à chaque fois

que dans n'importe quelle discipline apparaît un problème qui ne peut être résolu à l'intérieur d'un cadre conceptuel censé s'y appliquer, nous éprouvons un choc, choc pouvant nous contraindre à rejeter l'ancienne structure inadéquate et à en adopter une nouvelle. La plupart des grandes idées scientifiques naissent de ce processus de mutation intellectuelle. Dès lors, la valeur heuristique du paradoxe réside dans sa capacité à interroger, remettre en cause, pointer les incohérences ou les mystères d'un raisonnement, d'une opinion, d'une situation ou d'un problème.

Dans le domaine des sciences de l'organisation, cette valeur heuristique du paradoxe peut également être extrêmement féconde. En 1979, BURREL et MORGAN soulignent que « *les théories organisationnelles ont pendant longtemps eu tendance à fonctionner sur une logique dichotomique de soit / soit en utilisant des dualités dont les termes s'excluaient (action/structure ; local/global ; efficacité/efficience…)* » (BURREL et MORGAN, 1979 : p8). D'une certaine manière, nier le paradoxe conduit à un appauvrissement de la pensée et de la capacité à faire des découvertes pour avancer et innover. A l'encontre de cet état de fait, QUINN et CAMERON indiquent en 1988 qu'« *il y a quelque chose à gagner à considérer un système social comme une entité paradoxale* » (QUINN, CAMERON, 1988). En science de l'organisation, la valeur heuristique du paradoxe réside dans sa capacité à interroger la complexité, sans la nier. Comme le souligne Edgar MORIN en 1986, adopter une représentation paradoxale permet de concevoir l'organisation comme l'association complexe (complémentaire, concurrente, antagoniste) d'instances permettant l'existence, le fonctionnement et le développement d'un phénomène organisé.

1.3.1. La face sombre du paradoxe pour l'organisation

Les organisations sont des systèmes complexes, soumises à un environnement de plus en plus volatil et turbulent, et au sein desquels de nombreux acteurs interagissent en se livrant à des jeux particuliers. Dès lors, il est logique qu'une organisation puisse constituer un terrain fertile pour l'apparition de nombreux paradoxes. Comme le souligne MASUCH en 1985, cette face sombre du paradoxe et sa capacité à engendrer des cercles vicieux est un support précieux pour étudier les difficultés et les dysfonctionnements que de telles dynamiques peuvent engendrer pour l'acteur, le dirigeant et l'organisation.

Pour évoquer la face sombre du paradoxe au sein de l'organisation, nous nous concentrerons sur deux effets que des paradoxes, mal assumés, mal maîtrisés, peuvent produire sur celle-ci : l'inhibition de l'action et l'inhibition de l'apprentissage.

Comme l'indique GIORDANO, l'inhibition de l'action peut se produire lorsqu'il y a un décalage entre ce qui est affirmé et ce qui est effectivement appliqué dans la pratique. Ceci peut s'illustrer par la situation dans laquelle des dirigeants exigent de leurs subordonnés qu'ils s'approprient les décisions (faisant passer le message : « vous êtes responsables ») sans modifier pour autant leur comportement centralisateur (relation : « je suis le chef, donc ma solution est forcément la meilleure »). Le message sur la relation (le méta message) contredit alors le message sur le contenu (le message) et caractérise une véritable injonction paradoxale. Au sein des organisations, HENNESTAD souligne en 1992 qu'il est possible de trouver de nombreux exemples d'injonctions paradoxales, reposant sur des décalages entre les valeurs positives proclamées dans l'organisation et les valeurs qui font réellement l'objet de récompenses et de sanctions :

- Prenez des initiatives mais n'enfreignez pas les règles du jeu
- Signalez immédiatement que vous avez fait une erreur mais vous serez sanctionné en cas d'erreur
- Pensez à long terme mais c'est votre comportement présent qui sera sanctionné ou récompensé
- Ayez une vision globale de l'organisation mais n'outrepassez pas les frontières de vos responsabilités
- Coopérez mais soyez combatifs
- …..

Le risque de décalage entre les discours officiel et la pratique peut également être présent au niveau de la communication globale de l'entreprise. Ce discours se développe tout au long de l'année et devant de multiples instances : la ligne hiérarchique (séminaires hiérarchiques, conseil de direction, de départements, réunions de service…), les instances (comité de groupe, d'établissement, délégués du personnel…), l'ensemble du personnel (cérémonie des vœux, journaux internes, site intranet…). Toute communication d'entreprise est un exercice difficile. Les attentes de ceux à qui est destinée cette communication sont elles-mêmes paradoxales. Ainsi, un dirigeant doit tracer des perspectives d'évolutions motivantes. Il doit également célébrer les succès collectifs de l'entreprise. S'il ne le fait pas, son leadership sera remis en cause. Mais dans le même temps, il est également attendu sur le fait de ne pas nier les difficultés rencontrées par l'organisation… mais s'il le fait trop, il sera accusé de démotiver le personnel… Il doit également tenir compte de l'audience : la ligne hiérarchique n'a par exemple pas les mêmes attentes en termes de discours que le comité d'établissement. Mais si la différenciation

des discours entre les différents lieux d'expression est trop importante, l'accusation de « double discours » ou de non-sincérité peut très vite venir.
La construction du discours officiel d'une organisation est donc un exercice extrêmement subtil et qui est lui-même de nature très paradoxale. Trouver les « mots justes », au bon moment et devant les bons interlocuteurs, est nécessaire pour susciter leur engagement et leur adhésion au projet de l'organisation. Inversement, un discours officiel perçu comme artificiel, ou comme peu ambitieux, ou comme décalé de la réalité, peut rapidement conduire au désengagement des membres de l'organisation et à l'inhibition de l'action.

Des paradoxes mal assumés ou mal maîtrisés peuvent aussi conduire à une inhibition de l'apprentissage. En 1978, les travaux d'ARGYRIS et SCHON se sont inspirés de la théorie de l'apprentissage de BATESON. Selon ARGYRIS et SCHON, l'apprentissage organisationnel peut se décrire sous forme d'un modèle à trois niveaux :

- L'apprentissage en simple boucle se limite à ce qui est explicite. Il est entrepris selon des pratiques, politiques et normes de comportement explicites. Il s'agit donc uniquement des aspects formels de l'organisation et du « message officiel ». L'apprentissage consiste à identifier et à corriger les déviations et variations par rapport à ces références explicites.
- L'apprentissage en double boucle est une réflexion sur la pertinence des pratiques, politiques et normes sous-tendant l'action. Cette approche porte sur les aspects fondamentaux d'une organisation, de façon à ce que les mêmes solutions ne soient pas appliquées à de nouveaux contextes. L'apprentissage en double boucle s'intéresse donc à la métacommunication qui structure de manière informelle l'organisation.
- L'apprentissage en triple boucle représente la forme la plus élevée d'auto-analyse organisationnelle. Il s'agit d'une remise en question des fondements même d'une organisation et de sa raison d'être. Elle peut conduire à des modifications radicales de sa structure interne, de sa culture et de ses pratiques.

Lorsque les organisations se limitent à un apprentissage en simple boucle, ceci conduit généralement à un impact négatif. Par exemple, il ne suffit pas de rédiger un manuel qualité pour impulser une dynamique d'amélioration continue au sein d'une entreprise. Un manuel qualité peut facilement être rédigé par un service qualité qui s'y consacre ou qui fait appui à des consultants extérieurs. Mais pour impulser une véritable démarche qualité, modifier le niveau formel et le message officiel est nécessaire mais totalement insuffisant : il est nécessaire d'appréhender la réalité informelle de l'organisation et la métacommunication qui s'y développe. Dit autrement et reprenant les idées développées par CROZIER et FRIEDBERG

dans « L'acteur et le système », comprendre réellement le fonctionnement d'une organisation nécessite de ne pas se limiter à la lecture formelle que l'on peut en avoir à travers les organigrammes, procédures, règles écrites… Il est nécessaire d'avoir accès à la « vraie vie » qui s'y développe (quelle est la réalité du pouvoir ? comment se comportent réellement les acteurs ? qui coopère et qui ne coopère pas ? qui est en conflit avec qui ?...). C'est à cette condition seulement, en partant de la réalité du contexte vécue par les acteurs, que des apprentissages organisationnels en double boucle et en triple boucle sont possibles.

Lorsque la communication est paradoxale, lorsque l'entreprise génère de nombreuses injonctions paradoxales, deux contraintes s'opposent : l'obligation de chacune contient une interdiction de l'autre. Face à cette double contrainte, l'apprentissage en double boucle (et a fortiori en triple boucle) est rendu impossible. Le management de l'organisation ne peut que modifier la structure formelle, l'apparence des choses. Mais il est très difficile de mobiliser le personnel pour modifier la structure informelle. La double contrainte conduit à une inhibition de l'intelligence collective, seule capable de transformer l'entreprise en profondeur. L'engagement des acteurs de l'entreprise et leur adhésion à un projet de changement sont ainsi fortement limités dès qu'ils perçoivent un décalage entre le discours et les actes. Cette absence d'engagement, d'implication, de mobilisation de l'intelligence collective conduit dès lors à inhiber l'apprentissage organisationnel.

1.3.2. Le caractère vertueux du paradoxe pour l'organisation

Comme nous venons de le voir, des paradoxes mal maîtrisés ou mal assumés par l'organisation sont générateurs de difficultés importantes, inhibant l'action et l'apprentissage, et générant de l'anxiété, du repli, et des conflits larvés entre les acteurs organisationnels.

Mais les tensions contradictoires peuvent également engendrer des dynamiques créatives entrainant les acteurs dans des cercles vertueux, comme l'indiquent VARELLA en 1988 et HAMPTEN-TURNER en 1992. Ainsi, le paradoxe ne conduit pas nécessairement à l'enfermement, il peut également être source de changement, d'innovation, et de performance pour l'individu comme pour l'organisation. Dans de nombreux cas, les organisations savent utiliser les logiques paradoxales pour résoudre les problèmes auxquels elles sont confrontées. En 1986, CAMERON indique ainsi que les paradoxes peuvent contribuer à l'efficacité organisationnelle, en particulier dans des environnements turbulents. Pour illustrer sa démonstration, il s'appuie sur les travaux de PETERS et WATERMAN, en 1982, qui illustrent que des firmes très performantes ont des caractéristiques paradoxales (par exemple en

combinant un degré d'autonomie important avec des règles organisationnelles strictes). Mais ces firmes ont appris à manager les paradoxes, à les balancer et à les équilibrer. Ce point est conforté par les travaux de ROTHENBURG, en 1979, qui montrent que des individus, confrontés à des incompatibilités simultanées, peuvent développer une créativité accrue. En changeant de niveau d'analyse, ROTHENBURG considère que les tensions, les contradictions et les paradoxes peuvent devenir de véritables moteurs d'apprentissage organisationnel. Les tensions créatives qu'ils génèrent peuvent faire émerger de nouvelles perceptions, de nouvelles représentations, de nouveaux concepts et finalement de nouvelles organisations.

A quelle condition le paradoxe peut-il jouer un rôle vertueux au sein d'une organisation ? Comme le rappellent JOSSERAND et PERRET, en 2003, les organisations s'enferment dans le paradoxe quand elles répondent à des situations complexes en dichotomisant les pôles opposés plutôt qu'en cherchant à les combiner. Lorsque les problèmes de l'organisation sont abordés dans une logique manichéenne de soit / soit, cela revient à nier la complexité et à mettre en avant un pôle du paradoxe en avant au détriment de l'autre. Cette négation de la complexité se révèle souvent inefficace, voire désastreuse, car le pôle du paradoxe qui est nié revient souvent en force, à la manière d'un boomerang…Comme l'indique HAMPTEN-TURNER en 1992, les entreprises qui n'arrivent pas à gérer les pôles contradictoires des dilemmes auxquels elles sont confrontées se trouvent prisonnières de cercles vicieux dans lesquels chaque effort conduit à un renforcement des faiblesses. Nier les paradoxes conduit ainsi à se laisser enfermer par eux.

Dès lors, pour que les paradoxes puissent jouer un rôle vertueux au sein de l'organisation, il est essentiel de les identifier, de les accepter, de les assumer et de mettre en œuvre une gestion paradoxale pour simultanément utiliser leur potentiel et éviter leur potentiel destructeur. Pour CAMERON et QUINN en 1988, cette gestion paradoxale consiste à mettre en place un couplage d'éléments contraires selon une dynamique constante d'équilibration, source de créativité. La gestion paradoxale peut alors devenir une occasion de mettre l'organisation sous pression et de modifier les schémas de pensée, comme le rappelle BARTUNEK en 1988. Accepter les paradoxes, refuser la logique du soit/soit, nécessite de faire appel à l'intelligence collective de l'organisation et de ses acteurs. Les dirigeants qui se livrent à cet exercice gagnent souvent en légitimité car ils sont perçus comme ceux qui osent « mettre les vrais problèmes sur la table ». Ceci n'est évidemment pas sans danger. Un dirigeant qui ouvre la boite de Pandore des paradoxes peut voir son autorité formelle contestée, déclencher des conflits au sein de ses équipes et mettre en péril la cohérence interne de l'organisation. Il doit faire preuve de recul pour laisser, à partir des paradoxes, émerger de nouvelles façons d'agir et de penser. D'une

certaine manière, il doit accepter de perdre volontairement le contrôle. Mais lorsque ce processus réussit, le niveau d'engagement des acteurs, l'efficacité de l'organisation et sa capacité à affronter la complexité se trouvent considérablement renforcés.

Dès lors comment mettre en œuvre cette gestion paradoxale ? Nous allons nous intéresser à présent à ce sujet.

2. La gestion paradoxale

Une organisation pratique une gestion paradoxale si elle est à même de concilier des contraintes perçues habituellement comme opposées. En parvenant à combiner ces contraintes perçues traditionnellement comme contradictoires, elle s'engage alors dans un cercle vertueux au sein duquel, comme l'indique HAMPTEN-TURNER, les valeurs opposées restent en état de tension créatrice et de freinage mutuel : « *le cercle s'auto-équilibre et s'autocorrige* » (HAMPTEN-TURNER, 1992). Le but d'une gestion paradoxale est donc de parvenir à cet auto-équilibre et de le conserver dans la durée.

En 2003, JOSSERAND et PERRET considèrent que trois logiques organisationnelles peuvent être mises en œuvre pour gérer les paradoxes au sein d'une organisation : la logique de différenciation, la logique du dialogue, et la logique de disparition.

2.1. La logique de différenciation

La logique de différenciation se réfère très directement à la théorie des types logiques de WITHEHEAD et RUSSEL en 1910. Il est possible de sortir du paradoxe si l'on est capable de distinguer les différents niveaux logiques à l'œuvre dans une organisation ou dans un phénomène. Cette logique de différenciation est très utilisée dans les sciences sociales pour étudier les phénomènes relevant de son champ d'étude : le particulier et le général, le macro-niveau et le micro-niveau, l'individu et le collectif... Différencier consiste donc à clarifier et distinguer les niveaux de référence auxquels on se situe et à déterminer leurs spécificités et leurs différences.

Comme l'indiquent EVANS et DOZ en 1989, la différenciation peut se faire dans le temps. Dans les pratiques séquentielles, l'organisation aménage le paradoxe, l'apprivoise et permet l'expression de chacune des dimensions opposées à des périodes successives.

L'exemple du couple paradoxal conformité / autonomie permet de bien illustrer ce point. Le courant de l'Organization Development, dont BECKHARD est un des principaux auteurs avec ses travaux de 1975, envisage le changement comme un effort organisé par la direction d'une organisation. Pour ce courant, un processus de changement comporte trois phases successives : la décristallisation, le déplacement et la recristallisation. Dans les phases de décristallisation et de déplacement, il est nécessaire de privilégier l'autonomie : elle doit permettre de mobiliser les énergies dans une démarche émergente et faire remonter les idées nouvelles et les propositions d'améliorations dans une démarche ouverte. A la fin de la phase de décristallisation, il est nécessaire de remettre en avant la conformité car un recadrage est nécessaire à la bonne conduite du changement et à la préservation de la cohérence du développement de l'organisation. Un processus de changement réussi impose donc de savoir alterner et correctement doser tout au long du processus la part d'autonomie et la part de contrôle, entre l'émergent et le délibéré. En 1995, DAVID a observé la même approche en phases successives dans le modèle de changement politique de la RATP.

Le compartimentage représente une autre logique de gestion des paradoxes. Au lieu de raisonner suivant une logique temporelle et séquentielle, il s'agit de raisonner suivant des espaces différenciés. Au sein de ces espaces d'expression distincts, des logiques contradictoires peuvent être mises à l'œuvre au sein de l'organisation. La théorie des niveaux logiques permet de comprendre qu'à un niveau « macro », l'organisation peut mobiliser et assumer deux pôles opposés du paradoxe tandis qu'à un niveau « micro », un seul pôle sera mis à l'œuvre. Dans l'organisation, le compartimentage se traduira par la création de niveaux hiérarchiques (groupe, unité opérationnelle, division…) au sein desquels des logiques différenciées pourront s'exprimer. Pour BAREL, en 1989, le fonctionnement correct de ce compartimentage nécessite de réduire les interdépendances entre niveaux et de gommer les points de friction ou de rencontre. Suivant la nature des paradoxes et tensions auxquels l'organisation est confrontée, le compartimentage pourra être plus ou moins fin. Si nous reprenons l'exemple du paradoxe autonomie / contrôle, le compartimentage représente une logique très utilisée. Au sein d'une armée par exemple, les structures opérationnelles directement appelées à combattre seront soumises à un fort niveau de contrôle. Mais dans le même temps, cette armée comprendra certainement des cellules stratégiques, dotées d'experts et chargées d'envisager toutes les alternatives possibles, dont l'efficacité dépendra du niveau d'autonomie accordé. En 1992, GOLDEN prône un découpage plus fin encore. Il considère que les logiques différenciées, comme l'autonomie et le contrôle par exemple, doivent être adaptées non seulement pour chaque unité mais également pour chaque fonction.

2.2. La logique du dialogue

Pour JOSSERAND et PERRET en 2003, la logique du dialogue entre les pôles opposés s'inspire du Yin et du Yang confucéen. Le principe de base est que de l'interpénétration des contraires naît la possibilité du dépassement et de l'émergence d'une réalité nouvelle. En faisant dialoguer les contraires dans un processus dialectique continu, il est possible de trouver une solution au paradoxe. Le but final est de conduire l'organisation vers un niveau supérieur de complexité qui lui permet d'affronter une réalité perçue initialement comme impensable. La logique du dialogue peut elle-même se diviser en deux pratiques organisationnelles distinctes : la stratification et l'oscillation.

EVAN et DOZ, en 1989, considèrent que la stratification est un long processus d'apprentissage cumulatif par lequel l'organisation intègre progressivement des dimensions contraires.
Dans un article de 2008 consacré à la distance cognitive et aux capacités d'absorption, VAN HEE cite Hyundai comme un exemple réussi d'apprentissage cumulatif. L'opposition entre approche multiculturelle et approche mono-culturelle est habituellement considérée comme un paradoxe. Il serait impossible de devenir une entreprise multiculturelle sans délocaliser une partie importante de l'activité dans de nombreux pays. L'exemple de Hyundai montre comment la logique de stratification peut permettre de résoudre dans la durée le paradoxe et l'opposition entre une approche multiculturelle et mono-culturelle. De fait, la firme a dû apprendre quasiment toutes les compétences automobiles auprès de concurrents européens, américains et japonais. Elle a réussi à passer d'une production quasi artisanale dans les années 70 à un statut de grand producteur et innovateur mondial. A chaque étape de son développement, elle a commencé par un énorme travail de collecte d'informations formelles. Elle a ensuite envoyé des équipes d'ingénieurs en formation auprès de groupes étrangers. Dans le cadre de l'alliance avec Ford, dix ingénieurs de Ford sont venus chez Hyundai afin de transférer les savoirs tacites, pour compléter les savoirs formels précédemment acquis. Les ouvriers d'Hyundai font et refont une voiture, un camion et un bus jusqu'à être capables de le monter avec un minimum d'erreur. Enfin, Hyundai a également fait appel à des managers expérimentés d'entreprises anglaises afin de mettre en place les systèmes de production. Sans perdre son identité coréenne, l'entreprise a intégré la dimension multiculturelle par un long processus de stratification. Elle a su intégrer des savoirs initialement contraires à son référentiel culturel et combiner des logiques et des visions contradictoires. L'appropriation progressive des standards internationaux s'est faite grâce à un long processus de mémorisation et d'apprentissage qui s'est ancré grâce à des individus clés. Tous les comportements résultant des phases antérieures de Hyundai se sont

intégrés progressivement dans les pratiques actuelles et locales de la firme. Cette stratification a permis d'intégrer de nouveaux savoirs dans la durée, à l'aide de cycles successifs qui ont permis à chaque contrainte d'être revisitée à plusieurs reprises. Aujourd'hui, Hyundai est véritablement une entreprise multiculturelle tout en étant localisée en Corée du Sud où elle emploie 170 000 salariés.

Une autre pratique opérationnelle de gestion du paradoxe, dans une logique de dialogue, est celle de l'oscillation. En 1989, BAREL utilise l'image de la godille pour rendre compte des pratiques d'oscillation : « on peut aussi bien maintenir le bateau en ligne droite en alternant rapidement un coup à gauche et un coup à droite qu'en portant simultanément ces coups. C'est par ses déséquilibres successifs que le système assure ses équilibres ». Pour sortir du paradoxe, l'oscillation joue sur la dimension de la même manière que pour la stratification. Un exemple d'oscillation réussie vient de Toyota. Pour de nombreux constructeurs automobiles, un dilemme existe entre prendre le risque d'investir des milliards d'euros pour développer de nouveaux modèles en rupture ou tirer le plus parti des modèles existants en réalisant tous les deux à trois ans des innovations Face à ce dilemme, à la différence de nombreux autres constructeurs automobiles, Toyota ne cherche pas à créer l'innovation de rupture et le véhicule qui va révolutionner le marché, moyennant des milliards d'euros d'investissements. La logique de Toyota est celle du système Kaizen. Ce processus vise l'amélioration continue, non au prix d'un investissement financier important mais en améliorant la productivité en apportant chaque jour de petits changements. Pour être efficace, tous les employés, cadres ou non cadres, doivent participer en donnant des idées. Le but est de créer un flux régulier et soutenu d'innovations incrémentales.

Enfin la logique de différenciation peut également s'exprimer dans ce qui est qualifié par JOSSERAND et PERRET de construction locale. En 1996, AMBLARD définit le compromis comme la construction stable, sur la base d'objets extraits de plusieurs mondes, de quelque chose de commun qui dépasse et permet de transcender les mondes d'origines. Le principe de base de la construction locale est que des acteurs aux points de vue pourtant opposés peuvent parvenir à échanger et à bâtir ensemble des solutions de synthèse.

Différentes possibilités permettent donc à la logique du dialogue de s'exprimer pour tenter de trouver une synthèse entre des pôles opposés.

2.3. La logique de disparition

La logique de disparition du paradoxe vise à supprimer la situation de double contrainte ou de dilemme dans laquelle vivent les acteurs en leur permettant d'intégrer les deux dimensions contradictoires. Selon la théorie des niveaux logiques, un paradoxe peut disparaître en passant de manière discontinue d'un niveau logique à un autre. Le principe est qu'une fois qu'un acteur ou que l'organisation est passée au niveau supérieur, il dispose d'une méta-compréhension de la réalité qui lui permet d'effectuer naturellement sans effort la réconciliation entre les contraintes : le fait de se représenter la réalité différemment permet de faire tomber de lui-même le paradoxe. En sortant de nos cadres de référence traditionnels, il est possible de voir l'ancien monde d'en haut.

Pour STEAYAET et JANSSENS, en 1995, le recadrage permet d'introduire une situation qui permet le saut logique permettant de sortir de la contradiction. Comme le souligne Nassim Nicholas TALEB dans son célèbre ouvrage intitulé « Le Cygne Noir, la puissance de l'imprévisible », nous avons souvent tendance à confondre la carte et le territoire. Ceci conduit à nous laisser tromper par la représentation que nous nous faisons de la réalité. En faisant irruption dans notre monde, un objet, un concept ou une personne peuvent nous faire voir les choses autrement. Dès lors, un changement de niveau logique peut s'opérer et permettre un dépassement du paradoxe. Plusieurs exemples permettent de comprendre ce mécanisme :

- Le cas, cité par AMBLARD en 1996, décrivant la situation d'une entreprise de fromage au sein de laquelle l'introduction d'une nouvelle machine a permis de concilier les exigences de productivité du monde industriel avec la préservation des qualités d'une production artisanale
- Le cas d'une banque régionale au sein de laquelle existait une rivalité forte entre le siège et le réseau, nuisant à la productivité de l'ensemble. L'inversion des hiérarchies, des directeurs du siège prenant la direction du réseau et inversement, a permis à cette banque de progresser en montrant à tous les acteurs, hiérarchiques ou non, que les différents points de vue qui paraissaient irréconciliables étaient en fait les faces opposées d'une même médaille…
- Enfin, en puisant dans l'histoire, il est possible de trouver de nombreux cas de changement de la vision du monde ayant permis ce saut logique. La révolution copernicienne du XVIème au XVIIIème siècle s'est traduite par le passage de la vision d'un monde clos à un monde infini. Ce changement de niveau logique eut de profondes

répercussions et conduisit à de nombreux recadrages dans les domaines politiques, économiques, religieux, philosophiques…

Après avoir décrit ce qu'étaient les paradoxes et la nécessité de les gérer, nous souhaitons à présent approfondir le concept d'ambidextrie en tant que mode de gestion paradoxale.

3. L'ambidextrie, mode de gestion paradoxale

3.1. A la base de l'ambidextrie : la tension « exploiter / explorer »

Dans l'environnement concurrentiel du monde actuel, le niveau d'exigence des clients est de plus en plus élevé. De très nombreuses entreprises font aujourd'hui face à la nécessité de produire une forte variété de produits ou de services, de plus en plus personnalisés, voire uniques. Ces produits ou services devront être livrés ou délivrés rapidement, dans les délais impartis, avec un prix compétitif. En conséquence, il est plus que jamais nécessaire de combiner efficacité opérationnelle et flexibilité stratégique.

Dans la durée, toute organisation met en œuvre un certain nombre de pratiques et routines. Il est normal qu'elle cherche à exploiter et à capitaliser sur ces pratiques qui constituent son efficacité opérationnelle. Une organisation est efficace si elle satisfait les clients d'aujourd'hui par la qualité des produits et services, les prix, et la distribution. En 1991, MARCH montre que l'efficacité opérationnelle s'appuie sur des capacités d'exploitation. Ces capacités reposent sur l'organisation, les processus, les technologies, les systèmes organisationnels et managériaux que l'organisation a construits, dans la durée, pour répondre à ces clients actuels. Pour MARCH, les mots clés de l'exploitation sont donc « *le raffinement, la productivité, l'efficacité, la sélection, la mise en œuvre et l'exécution* » (MARCH, 1991). En 2004, HOLMQVIST souligne que l'exploration a pour but de créer une forte représentativité de la fiabilité de l'expérience grâce à la routinisation des connaissances acquises.

Pour autant, satisfaire les clients actuels ne suffit pas. Dans un contexte très volatil et évolutif, il convient également de satisfaire les clients de demain. L'organisation doit donc en permanence renouveler son offre en développant de nouvelles configurations en termes de produit-marché-technologie-organisation pour réaliser cet objectif. L'organisation doit donc également être flexible et MARCH indique que la flexibilité stratégique est basée sur des capacités d'exploration. MARCH définit ainsi les mots clés de l'exploration : « *la recherche,*

la variation, la prise de risque, l'expérimentation, la flexibilité, la découverte et l'innovation » (MARCH, 1991). En 2002, ZOLLO et WINTER soulignent que les organisations peuvent créer de nouvelles compétences, découvrir de nouvelles technologies, de nouvelles structures ou de nouveaux produits et mécanismes organisationnels.

Une organisation nécessite donc à la fois l'exploration de nouvelles capacités et l'exploitation de ces capacités existantes. Cette dualité se résume à la tension « exploration / exploitation » sachant que ces deux termes sont paradoxaux. Par analogie avec le fait d'utiliser ses deux mains avec la même dextérité, ce que l'on appelle ambidextrie, on qualifie d' « organisation ambidextre » l'organisation qui parvient à concilier durablement des activités d'exploitation et d'exploration. L'ambidextrie organisationnelle est loin d'être facile à atteindre. En effet, les processus organisationnels associés à l'exploitation et à l'exploration diffèrent significativement en termes de styles de management, de systèmes organisationnels et de contexte culturel. Il s'agit de parvenir à être spécialisé et flexible, efficient et innovant, tourné vers le futur sans renier le passé… soit un nombre important de paradoxes à résoudre.

Pour les entreprises, le choix entre l'exploitation et l'exploration se révèle crucial dès lors qu'il s'agit d'allouer des ressources. Comme le montrent O'REILLY et TUSHMAN en 2008, toute stratégie d'entreprise implique un choix d'allocation des ressources financières, humaines, physiques, technologiques, commerciales ou relationnelles. Ces ressources sont souvent limitées et rares, même pour de grandes entreprises car elles doivent intervenir dans de nombreux domaines. Dès lors, affecter ces ressources rares et limitées soit en fonction des besoins des clients actuels, soit pour identifier et satisfaire davantage les exigences futures des clients potentiels, constitue un choix stratégique de tout premier plan.

Concilier des innovations d'exploitation et des innovations d'exploration reste toujours un exercice difficile au sein des organisations. Deux raisons principales expliquent cette difficulté.

En premier lieu, les ressources d'une organisation ne sont jamais illimitées. Pour devenir plus efficientes dans les choses qu'elles savent déjà faire, de nombreuses entreprises allouent des moyens importants aux activités d'exploitations et au développement d'innovations liées à l'exploitation. Après cet effort significatif consacré à l'exploitation, les entreprises qui souhaitent explorer doivent développer, et donc financer, de nombreuses routines, extrêmement diverses. Développer une logique d'exploration nécessitera par exemple de renforcer la veille économique et technique, d'accroître les moyens consacrés au marketing et à la R&D, de

recruter de nouveaux profils… Dès lors, comme le montre GUPTA en 2006, des ressources contraintes peuvent être un frein au développement des nouvelles routines nécessaires à l'exploration.

En second lieu, il est important de rappeler que l'exploitation et l'exploration sont de natures paradoxales et peuvent donc représenter des objectifs antagonistes au sein d'une même organisation. HANNAN et FREEMAN indiquent en 1984 qu'une organisation bien adaptée à son environnement existant et ayant développé pour cela une forte activité d'exploitation, peut avoir du mal à changer et à s'adapter à une évolution de son environnement. En 1995, LEONARD-BARTON considère qu'une entreprise fortement attachée à son cœur de métier traditionnel peut développer des rigidités qui l'empêchent d'évoluer alors même que l'évolution de son environnement rendrait cette évolution nécessaire. Ce dilemme a également été souligné par LEONARD-BARTON en 1992 qui montre que renforcer les compétences au cœur de métier de l'entreprise restreint l'accès à la diversité de compétences jugées nécessaires pour l'efficacité et le développement de l'activité de l'entreprise.

La lecture de l'ouvrage « La méthode GOOGLE » publié par Jeff JARVIS en 2009 décrit de manière convaincante la difficulté de passer d'une logique d'exploitation à une logique d'exploration et de faire évoluer son cœur de métier historique. Citant de nombreux exemples dans les domaines des médias, de la restauration, de l'énergie, de l'automobile, des télécoms, de l'immobilier, de la banque et de l'assurance, …, l'auteur montre comment Internet et la révolution de la diffusion de l'information et des connaissances qui l'accompagne modifient en profondeur le modèle d'affaires de très nombreuses entreprises. Il montre à quel point il est difficile d'évoluer et de faire bouger ce qui avait constitué la base des succès passés, pour passer à de nouvelles logiques radicalement différentes.

Citons par exemple le secteur des journaux papiers. Une étude de l'université de Caroline du Sud parue en 2007 montre que les jeunes de 12 à 25 ans « ne liront jamais un journal papier ». Partant de ce constat, qui se vérifie par des parts de marchés qui décroissent fortement vis-à-vis des nouvelles générations, plusieurs experts prédisent que si la tendance actuelle se poursuit, le dernier journal américain cessera de paraître en 2040. Dès lors, la survie des journaux papiers passe par la prise de conscience que leur valeur réside avant tout dans leurs contenus et non pas dans le média papier. Ceci suppose d'abandonner des éléments clés du cœur de métier traditionnel et des réflexes liés à une logique d'exploitation. Ainsi, les journaux papiers considèrent souvent que leur avantage compétitif réside dans la propriété de leur outil de production et dans le contrôle de leur diffusion. Des moyens d'exploitation importants sont

donc consacrés à améliorer sans cesse la rapidité d'impression, la qualité esthétique du papier… De même, beaucoup d'énergie est consacrée au réseau de distribution. Or si la désaffection des jeunes lecteurs pour le papier se confirme, il est clair qu'un vrai choix stratégique peut être l'abandon pur et simple du papier. Ce choix a été fait pars plusieurs grands journaux américains. Il suppose de nombreuses innovations d'exploration : maîtriser les codes du net pour diffuser de l'information (rendre l'information facile d'accès, développer les liens, modifier les modèles de revenus en misant sur la publicité…), entrer dans une logique de plate-forme (ce qui veut dire apprendre à coopérer avec de multiples sources pour des journaux qui étaient plus dans une logique de recherche de scoops privatifs…), développer des logiques de niches (au lieu d'avoir un contenu unique pour tous, apprendre à cibler les contenus en fonction du public, ce que permet le net…).

Après avoir souligné cette difficulté à concilier l'exploitation et l'exploration, il est nécessaire de voir pourquoi la capacité à concilier les deux est importante pour une organisation. Ainsi, MARCH considère en 1991 que la réalisation du juste équilibre entre l'exploration et l'exploitation est une tâche essentielle pour la pérennité de toute organisation même si elle s'avère extrêmement compliquée. Pour O'REILLY et TUSHMAN en 2004, « *les organisations ambidextres renferment deux types différents d'activités, celles focalisées sur l'exploitation des compétences existantes pour générer du profit et celles focalisées sur l'exploration de nouvelles opportunités pour générer de la croissance* » (O'REILLY et TUSHMAN, 2004). Pour VERONA et RAVASI en 2003, la capacité à être ambidextre n'est pas une caractéristique des entreprises fortement innovantes mais une condition d'innovation perpétuelle sur le long terme. En 2004, GIBSON et BIRKINSHAW considèrent qu'une entreprise innovante est celle qui gère à la fois deux impératifs contradictoires et dont l'horizon temporel est différent : l'alignement à court terme et l'adaptation à long terme.

L'alignement permet de réaliser une performance à court terme grâce aux innovations d'exploitation. L'alignement est donc considéré comme étant la résultante d'une stratégie où la performance d'une entreprise est basée sur la cohérence et la compatibilité avec les données environnementales et contextuelles. La notion d'alignement est centrale puisque la cohérence est une recherche dynamique dont l'objectif est d'aligner l'organisation avec son environnement et d'organiser les ressources en interne en soutien à cet alignement.

Inversement, les activités d'adaptation portent sur des objectifs de long terme et d'exploration. L'alignement vise à rompre avec les données environnementales en s'ouvrant à de nouvelles compétences et à des ressources externes.

L’ambidextrie est ce qui permet de développer ces deux types d’exploration en les faisant coexister convenablement dans la même organisation.

3.2. Les différentes formes d’ambidextrie

Différentes formes d’ambidextrie sont décrites par les nombreux auteurs ayant travaillé sur ce sujet. Nous nous intéresserons successivement aux ambidextries structurelle, contextuelle, de réseau, et temporelle.

L’ambidextrie structurelle

En 1976, DUNCAN considère qu’une organisation ambidextre suppose inéluctablement l’existence de deux catégories d’unités ou de groupes. La première catégorie doit travailler uniquement sur l’adéquation et l’alignement tandis que la deuxième catégorie doit se focaliser sur les tâches d’adaptation. BENNER et TUSHMAN voient, en 2003, l’ambidextrie structurelle comme l’intégration des activités d’exploitation et d’exploration dans des unités séparées mais reliées. Dans les travaux de GIBSON et BIRKINSHAW de 2004, l’ambidextrie structurelle présente les caractéristiques suivantes :

- Les activités d’alignement et d’adaptation sont réalisées dans des équipes séparées
- Le senior management, depuis le sommet de l’organisation, prend les décisions de séparation des activités. Il définit la structure, fait des compromis et définit le juste niveau de partage entre l’alignement et l’adaptation
- Les rôles de chacune des structures sont clairement définis et leurs compétences sont généralement spécialisées

Pour VOLDERBA, en 2001, le Top-management doit réussir à assurer à la fois la différenciation tout en maintenant la cohérence et l’intégration globale de l’entreprise. Il réalise la différenciation des activités en fonction de trois critères : le niveau hiérarchique, la fonction organisationnelle et/ou la zone géographique.

Pour HAMEL et PRAHALAD en 1990, la séparation selon la zone géographique est liée à l’emplacement des différents domaines d’activités de l’entreprise. Par exemple, il peut être nécessaire d’avoir une structure plutôt liée à l’adéquation et à l’exploitation sur le marché national dans lequel l’entreprise occupe une position solide et historique et des structures d’alignement et d’exploration sur de nouveaux marchés à l’export visés par l’entreprise.

Pour ces auteurs, la séparation selon la fonction organisationnelle repose quant à elle sur la spécialisation de chaque entité, sur son degré d’incertitude et la nature de la connaissance qu’il

utilise (ceci prend en compte notamment les rythmes différents d'évolution des technologies qui peuvent être à cycle court ou à cycle long).
Enfin, la séparation selon le niveau hiérarchique peut se faire suivant une logique Top-down ou suivant une logique Bottom-up. Pour HAMEL et PRAHALAD, en 1990, la logique Top-down considère que les plus hauts échelons de la hiérarchie sont les mieux placés pour mener à bien les activités stratégiques et d'exploration et que les niveaux les plus bas doivent se consacrer à l'exploitation et à la mise en œuvre des connaissances explorées. Par exemple, on retrouve ce modèle dans des organisations de type matriciel où le niveau haut de la matrice est en charge de la stratégie et de la rencontre avec les clients alors que le niveau bas est en charge de la mise en œuvre opérationnelle des objectifs décidés par le niveau haut. En 2000, FLOYD et LANE développent l'approche Bottom-up qui considère que les échelons inférieurs de la structure sont plus propices à la découverte des opportunités. Le rôle du Top-management consiste alors à assurer la remontée des initiatives qui émergent des différentes lignes hiérarchiques, à les évaluer et à légitimer celles qui paraissent les plus appropriées.

COLLINSON en 2001 et DHIFFALAH en 2008 montrent que l'ambidextrie structurelle peut être particulièrement efficace à condition de développer les politiques managériales et de ressources humaines adéquates. Il est ainsi nécessaire d'inciter au partage des connaissances, de pouvoir réaliser des transferts de personnel, de proposer des carrières inter-divisionnelles et des projets multi-services… Il est également nécessaire de mettre en place des mécanismes de coordination précis pour tirer le meilleur parti des structures différenciées.

L'ambidextrie structurelle présente également des écueils qui ne doivent pas être sous-estimés. Les acteurs peuvent ne pas faire ce que l'on attend d'eux en choisissant de développer des activités d'exploration alors qu'ils sont affectés à des structures d'exploitation. Le cas contraire est également possible. Ce type de situation peut déstabiliser la structure, générer des conflits internes entre les équipes et nuire à la lisibilité d'ensemble.
Un autre écueil est souligné en 1982 par MILLER et FRIESEN et par LEONARD-BARTON. Il est lié à la tendance naturelle de l'exploitation ou de l'exploration à accaparer les ressources organisationnelles au détriment de l'autre. Ceci peut conduire dans les deux cas à un cercle vicieux : une surexploitation qui conduit au blocage de l'entreprise, une sur-exploration qui conduit à sa déviation et à une perte de cohérence par rapport à ses missions de base.
Enfin, un autre risque peut survenir dans cette séparation, en particulier dans les grands groupes internationaux. L'idée d'une séparation entre exploration et exploitation suivant la zone géographique a sous tendu un nombre important de décisions de délocalisation dans les années

1990 et 2000 et encore aujourd'hui. L'idée est de conserver les activités d'exploration, de R&D, de créativité en Europe, tandis que l'exploitation est réalisée en Chine, en Inde où d'autres pays à bas coût. L'ancien patron d'ALCATEL Serge TCHURUK déclare ainsi en 2001 que « *la valeur ajoutée manufacturière tend à décroître, tandis que la valeur immatérielle s'accroit sans cesse »* et annonce qu'ALCATEL a vocation à devenir une entreprise sans usine. Cette stratégie s'avère quelques années plus tard être un désastre industriel. Dans le domaine industriel en particulier, l'innovation provient souvent du terrain et de la proximité avec les équipes de production. Des bureaux d'études situés loin des équipes de production et de la base industrielle peuvent rapidement se retrouver déconnectés des vrais problèmes industriels. Inversement, l'idée que certains pays, tels que la Chine ou l'Inde puissent se contenter de se consacrer uniquement à l'exploitation, tandis que la valeur ajoutée liée à l'exploration serait en Europe, s'est avérée fondamentalement fausse.

Malgré ces quelques écueils, qu'il est possible de maîtriser par une vision stratégique adaptée et un bon niveau de coordination, l'ambidextrie structurelle reste aujourd'hui très utilisée dans de nombreuses organisations.

L'ambidextrie contextuelle

L'ambidextrie structurelle a reçu une attention considérable et son fonctionnement est relativement bien décrit. En revanche, comme le soulignent DUPOUET et BARLATIER dans un article de 2011, les travaux portant sur l'ambidextrie contextuelle sont moins importants. Comme l'indique MOM en 2009, les travaux qui portent sur l'ambidextrie contextuelle se résument trop souvent à des considérations sur les caractéristiques de l'individu ambidextre. Pour GIBSON et BIRKINSHAW en 2004, l'ambidextrie contextuelle est souvent perçue comme une « boîte noire » et le concept n'est étudié que du point de vue de ses effets sur la performance de la firme. Pour ces deux auteurs, l'ambidextrie contextuelle peut se réaliser par la mise en place d'un contexte organisationnel combinant exigence de performance et incitation à la créativité. En fonction de leurs besoins de perception de leur environnement, les individus vont décider de consacrer plus ou moins de temps à des activités d'exploration ou d'exploitation. Les deux chercheurs donnent la définition suivante à l'ambidextrie contextuelle : « *la construction d'un ensemble de systèmes et processus soigneusement sélectionnés qui définissent collectivement un contexte favorable simultanément aux méta-*

capacités d'alignement et d'adaptabilité contribuant par-là à la performance durable de la business unit » (GIBSON et BIRKINSHAW, 2004).

Pour bien comprendre la différence entre ambidextrie structurelle et ambidextrie contextuelle, il est nécessaire de revenir à la proposition originale de MARCH en 1991. Celui-ci souligne que l'exploration se distingue de l'exploitation par une prise de risque plus importante. La décision de séparer des activités dans des structures organisationnelles différentes est un choix stratégique majeur pour une organisation. L'ambidextrie structurelle peut donc apparaître comme une vraie décision de rupture et s'appuie sur l'idée que l'exploitation et l'exploration sont de natures substantiellement différentes, ce qui justifie la décision de l'impossibilité de les concilier dans une structure unique. La mise en œuvre de cette séparation s'avère souvent coûteuse, risquée sur de nombreux plans (en particulier celui de l'acceptation par la hiérarchie et le personnel dans son ensemble). L'ambidextrie structurelle ne peut donc être mise en œuvre qu'à des moments bien précis de l'organisation, lorsque la pression de l'environnement externe et/ou les paradoxes internes deviennent tels que le choix d'évoluer devient moins risqué que le choix de conserver le statu quo.

Inversement, le principe de l'ambidextrie contextuelle est de permettre un équilibre continu entre exploration et exploitation. La recherche de cet équilibre reste majoritairement au niveau des connaissances, des concepts et des pratiques et ne nécessite pas nécessairement des investissements coûteux. Elle est distribuée sur un grand nombre d'acteurs, à qui il est demandé de faire évoluer au quotidien et de manière continue leurs visions des choses et leurs pratiques. Pour réaliser cette combinaison permanente d'efforts de différenciation et d'intégration, d'exploitation et d'exploration, l'ambidextrie contextuelle s'attache à deux éléments clés : les individus et le contexte.

Pour GIBSON et BIRKINSHAW en 2004, l'ambidextrie contextuelle ne peut être opérationnalisée que si l'individu est placé au centre du dispositif. Quelle que soit la position que les individus occupent au sein de l'organisation, l'idée est que les tensions entre l'exploration et l'exploitation ne peuvent se résoudre qu'à leur niveau. L'ambidextrie contextuelle ne peut donc être mise en œuvre que située dans le cadre de l'activité quotidienne des individus. L'individu ambidextre est capable à la fois de mener des activités d'exploitation et de produire des connaissances actionnables dans le cadre de ses fonctions mais aussi d'explorer en s'impliquant activement dans la recherche de connaissances et de pratiques nouvelles. Comme le souligne MOM en 2009, la densité du réseau personnel des individus et leur capacité à coopérer avec d'autres individus, occupant des fonctions différentes, sont un facteur clé.

Pour permettre aux individus d'être ambidextres, il est également nécessaire de créer un contexte favorable. La gestion des ressources humaines est notamment essentielle pour parvenir à ce résultat. Le temps de travail doit être organisé de manière à intégrer à la fois des activités d'exploration de nouvelles connaissances et des activités d'exploitation de connaissances maîtrisées. De même, le dispositif d'incitation salarial doit à la fois combiner des incitations à la recherche de l'efficacité et à la créativité. GIBSON et BIRKINSHAW montrent en 2004 que la recherche de performance est assurée par la mise en place d'objectifs exigeants et des dispositifs de contrôle rigoureux de la performance. Mais, dans le même temps, le contexte social doit favoriser le partage et la création de connaissances, ce qui suppose de développer une culture du partage et de la confiance. Le rôle de la hiérarchie est également primordial. Elle doit être capable de reconnaître les nouvelles pratiques, les nouvelles connaissances et les évaluer. Le système hiérarchique doit ensuite être capable de se coordonner pour les stabiliser et les institutionnaliser.

Les partisans de l'ambidextrie contextuelle considèrent que cette forme d'ambidextrie est plus efficace que l'ambidextrie structurelle. Pour GIBSON et BIRKINSHAW, le fait de travailler dans une même unité assure une meilleure adaptation des uns aux autres, un meilleur partage du temps entre les deux différentes tâches d'exploitation et d'exploration et par conséquent une meilleure flexibilité. En fonction de leur disponibilité, de leur expérience et de leur expertise, les différents acteurs se répartissent les activités d'exploration et d'exploitation.

Plusieurs limites peuvent cependant être mises en évidence pour le concept d'ambidextrie contextuelle. En 2008, BRION souligne ainsi que la liberté des individus ambidextres de choisir la quantité d'efforts qu'ils vont dédier à l'exploration ou à l'exploitation a fait l'objet de peu de recherches et demeure une idée davantage descriptive qu'explicative.

Comme le souligne MOM en 2009, le type d'ambidextrie individuelle qui a été le plus étudié est celui du manager ambidextre. Ceci se justifie par le fait que le plus grand pouvoir de décision des managers attribue plus de poids à leur comportement qu'à celui des autres salariés pris individuellement. Pour MINTZBERG en 2006, leur rôle est crucial car c'est à eux qu'il revient d'établir les liens de coordination verticale, de faciliter la communication entre les échelons inférieurs de l'organisation et la direction, d'instaurer un climat de confiance et de résoudre les conflits potentiels. Pour LEVINTHAL et MARCH en 1993, le rôle du middle-manager est également de faciliter l'ambidextrie contextuelle de par ses déplacements à l'intérieur et à l'extérieur de l'organisation. Il peut par exemple faire appel à des connaissances qu'il a découvertes dans le passé et à un endroit précis sans les avoir appliquées au niveau de son poste

de travail actuel. Le middle manager joue donc un rôle essentiel de médiateur. Sa mobilité permet qu'une connaissance créée dans une entité ou un lieu consacré exclusivement à l'exploration puisse être exploitée dans le futur dans toute l'entreprise. Si ce rôle du middle-manager est bien présent dans la pratique, il nécessite cependant un profil particulier, de type intra-preneur. Il doit avoir la volonté d'implémenter de nouvelles pratiques, de convaincre sa hiérarchie et ses subordonnés. Ceci nécessite de privilégier ce type de profil pour des postes de middle-management et d'encourager leur mobilité entre des unités différentes les unes des autres (sinon le transfert de pratiques est limité). Comme le souligne LO en 2015, rares sont les organisations qui poussent véritablement leurs managers à être véritablement ambidextres. Par ailleurs, si le rôle du middle manager a souvent été abordé, de vraies lacunes existent dans le rôle des autres membres de l'organisation vis-à-vis de l'ambidextrie contextuelle. Etre ambidextre suppose un réel effort pour des salariés qui doivent savoir concilier une vraie curiosité d'esprit pour ce qui est nouveau tout en continuant à se concentrer sur leur activité quotidienne. Ceci suppose un réel engagement et une motivation dont les conditions d'émergence sont peu décrites dans la littérature concernant l'ambidextrie contextuelle.
Dans le cadre d'une approche systémique, LO résume ainsi le défi de l'ambidextrie contextuelle : « *un système d'individus ambidextres, interagissant les uns avec les autres, au sein d'un contexte organisationnel favorable* » (LO, 2015). Pour WEICK, repris par LO en 2015, « *ce phénomène, élargi à plusieurs individus donne naissance à un apprentissage collectif et construit un sens commun. Ce sens commun peut alors amener des individus dans l'organisation à aller au-delà de leurs missions initiales et à créer une dynamique d'engagement dans l'ambidextrie individuelle* » (LO, 2015 : p20).

Après avoir décrit les principales idées de l'ambidextrie contextuelle, nous pouvons comprendre à la fois son efficacité lorsqu'une organisation parvient à la mettre réellement en œuvre et en même temps les difficultés de son émergence. L'efficacité est manifeste car une organisation composée de managers et d'individus ambidextres et ayant su créer un contexte favorable dispose très certainement d'un avantage concurrentiel indéniable et de grande valeur sur ses concurrents. Elle est néanmoins difficile à mettre en œuvre car elle suppose un investissement dans la durée et un effort important en termes de gestion des ressources humaines. Une autre difficulté réside dans la difficulté de formaliser ce type de démarche et de la rendre visible et lisible. Un dirigeant d'entreprise peut très rapidement imposer sa marque en modifiant la structure de son organisation. L'ambidextrie structurelle est extrêmement lisible. Inversement, la volonté de mettre en œuvre une ambidextrie contextuelle est plus difficilement matérialisable et nécessite un important travail d'explication et de conviction dans la durée.

L'ambidextrie de réseau

« *L'ambidextrie de réseau concilie les activités d'exploitation en interne et d'exploration en externe via un réseau de partenaires : cette organisation permet à l'entreprise de se concentrer sur l'exploitation et sur son cœur de métier et de dédier ses partenaires (souvent de petites entreprises ou des start-up) à l'innovation d'exploration* » (LOARNE et BLANCO, 2012 : p 374). Dans leur ouvrage collectif sur l'innovation, LOARNE et BLANCO définissent ainsi les caractéristiques de l'ambidextrie de réseau :

- Le centrage des activités sur un cœur de métier et des compétences spécifiques en les enrichissant de compétences qui les distinguent des partenaires
- La concentration de la mission stratégique sur des activités jugées essentielles pour les clients et marchés, en fonction des avantages concurrentiels recherchés, et une externalisation ou une filialisation des autres activités
- Le développement de liens de partenariat pour créer des synergies fondées sur la confiance mutuelle, le partage des risques et des bénéfices
- Une structure flexible et adaptative qui permet à l'organisation de se reconfigurer
- La mise en place de mécanismes favorisant l'apprentissage afin de mémoriser les compétences et l'expertise (des partenaires notamment) et de pouvoir réutiliser et améliorer celle-ci

Dans un article de 2014, LISEIN et RONDEAUX évoquent les différents réseaux d'innovations qui peuvent exister : districts industriels, clusters, systèmes productifs locaux, pôles de compétitivité… En s'interrogeant sur les bonnes pratiques en matière de constitution de partenariats et de réseau d'innovation, il en arrive à la conclusion que le modèle idéal pour un réseau d'innovation est celui de l'ambidextrie de réseau. L'enjeu premier dans le choix des partenaires consiste à arriver à une certaine ambidextrie de réseau. Pour cela, il est nécessaire que chaque partenaire soit choisi et activement impliqué dans les tâches qui font sens pour lui, et pour les autres, et qu'il puisse mobiliser son core business, ses savoirs, savoir-faire, méthodologies et procédés dont il a la parfaite maîtrise. Dès lors, le réseau d'innovation peut reposer sur une combinaison inédite d'expertises complémentaires, techniques, scientifiques et managériales ce qui lui permettra sa performance en matière d'exploration. Mais il peut également permettre un agencement de compétences et d'expertises uniques permettant aux partenaires d'optimiser des connaissances existantes et d'en améliorer l'efficience, ce qui renvoie à la logique d'exploitation. Les deux auteurs précisent également que l'ambidextrie

peut se traduire dans les faits par des formes différentes de collaboration réticulaire. Au sein du réseau, l'exploration et l'exploitation peuvent soit être confiées à des partenaires distincts si ceux-ci se spécialisent soit dans l'un soit dans l'autre. Mais, si les partenaires pratiquent à la fois l'exploration et l'exploitation, l'ambidextrie peut être réalisée au sein du réseau de manière conjointe.

Dans un article de 2008 consacré à l'innovation radicale, FERRARI s'intéresse aux mécanismes de l'innovation radicale, entre cluster ambidextre et organisations spécialisées. Pour comprendre l'ambidextrie de réseau, il convient de passer d'un niveau d'analyse organisationnel à un niveau méso économique et inter organisationnel de l'innovation. Pour l'auteur, ce niveau d'analyse permet de montrer que les grandes entreprises n'ont pas besoin d'internaliser des activités d'exploration pour accéder à des innovations radicales. Par contre, il est nécessaire, pour une grande entreprise spécialisée dans les activités d'exploitation, de parfaitement maîtriser son encastrement dans les réseaux complexes d'innovation.

L'ambidextrie temporelle

L'ambidextrie temporelle voit alterner dans une même entreprise, de longues périodes d'exploitation des capacités existantes et généralement de cours moments, intenses, d'exploration de nouvelles opportunités. Dans leur article de 2004, O'REILLY et TUSHMAN soulignent la pertinence que ce type de découplage temporel peut avoir.

3.3. Les liens entre les différentes ambidextries

A la suite de la parution de l'article de MARCH en 1981, un important champ de recherche s'est développé sur l'ambidextrie organisationnelle.

Pour répondre au dilemme de l'allocation des ressources entre les activités d'exploitation et les activités d'exploration, de très nombreux articles se sont concentrés sur l'ambidextrie structurelle. Ces articles décrivent des cas où le management décide, dans une logique descendante (top-down) d'instaurer une politique qui assigne une partie de l'entreprise vers uniquement des activités d'exploration et l'autre partie vers uniquement des activités dites d'exploitation. En 1996 et 2001, GALUNIC et EISENHARDT se sont ainsi intéressés aux dynamiques d'innovation des firmes multidivisionnelles. Leurs travaux permettent de mettre en avant le rôle clé des dirigeants de ces firmes dans le management des frontières entre les

divisions. Ces travaux renouvellent une vision qui était jusque-là centrée sur les rigidités et la faible capacité d'innovation de ces firmes. Même si ce management des frontières structurelles n'est pas aisé, celui-ci permet néanmoins à ces entreprises de recomposer leurs divisions et leurs ressources de manière continue et de s'adapter aux évolutions rapides des technologies du marché.

Cette vision top-down et macro de l'ambidextrie organisationnelle a progressivement fait l'objet d'une contestation sur le fait de ne pas se focaliser uniquement sur le niveau macro à l'exclusion de tout autre, mais bien de repenser l'ambidextrie organisationnelle suivant les différents niveaux d'analyse. Les travaux de GIBSON et BIRKINSHAW en 2004 se sont intéressés aux niveaux meso et micro et ont permis de faire émerger une autre forme d'ambidextrie organisationnelle, l'ambidextrie contextuelle. A l'inverse de la logique top-down de l'ambidextrie structurelle, l'ambidextrie contextuelle se développe selon une logique ascendante de type bottom-up. Elle repose essentiellement sur la dynamique des salariés, qui en se regroupant et en coopérant, avec ou sans l'aide de la hiérarchie, sont capables de donner naissance à des communautés permettant de concilier les différentes activités au sein de l'organisation.

Durant longtemps, les ambidextries structurelles et contextuelles sont apparues comme incompatibles. L'ambidextrie structurelle provient d'une décision provenant du haut de la hiérarchie. Modifier la structure d'une organisation pour créer des espaces dédiés à l'exploration et d'autres espaces consacrés à l'exploitation nécessite un cadre très formel, un contrôle très strict des opérations et une vision très précise des finalités stratégiques qui sont poursuivies. Inversement, il est bien plus compliqué de « décréter » l'ambidextrie contextuelle : elle doit se construire dans la durée, dans un cadre plutôt informel, qui permet d'impliquer progressivement les salariés dans des communautés d'acteurs permettant d'améliorer l'exploitation ou de développer l'exploration.

En 2010, BARLATIER et DUPOUET étudient le cas du groupe GDF-SUEZ et montrent comment celui-ci réussit à articuler une ambidextrie contextuelle et structurelle. Réfutant le postulat de départ d'un design organisationnel exclusif (l'ambidextrie structurelle étant réalisée au niveau organisationnel, l'ambidextrie contextuelle au niveau individuel), les deux auteurs mettent en évidence l'existence d'un niveau intermédiaire entre l'individu et l'organisation, celui des quasi-structures. En combinant le caractère hiérarchique et l'informalité, ces dernières permettent de lier les différentes formes d'ambidextrie. Le groupe GDF SUEZ a ainsi choisi

d'asseoir sa gestion des connaissances sur le développement de quasi-structures. En 2008, pas moins de 130 quasi-structures étaient recensées au sein du groupe, concernant toutes les branches d'activités et tous les métiers. Certaines de ces quasi-structures sont orientées « exploitation » et visent à améliorer les façons de faire existantes. Par exemple, la quasi-structure « analyse et laboratoire » se donne pour objectif de mettre en commun les savoir-faire des laboratoires travaillant sur l'eau et les déchets. D'autres quasi-structures sont orientées « exploration ». Elles ont pour objet de produire des connaissances qui sont radicalement nouvelles pour l'organisation, avec la possibilité de réfléchir sur tous les sujets relatifs à une problématique donnée et de tester différentes solutions. De manière beaucoup plus importante que pour les quasi-structures orientées « exploitation », celles qui sont consacrées à l'« exploration » font régulièrement appel à des personnes extérieures au groupe GDF-SUEZ mais possédant une expertise sur un sujet spécifique. Leurs thématiques de travail ne sont pas suggérées par la hiérarchie mais émergent de la quasi-structure. Par exemple, les auteurs citent le cas d'une quasi-structure qui a choisi de travailler sur le concept très novateur d'« usine verte ». L'information produite par les quasi-structures orientées « exploration » permet au top mangement de disposer d'une source supplémentaire d'opportunités de développement. Les travaux produits par les quasi-structures (tels que des rapports ou des notes de synthèse) remontent vers les décisionnaires. Ainsi dans le cas du groupe GDF-SUEZ, un double système cohabite : une structure organisationnelle avec des entités formelles (départements, services…) aux frontières bien définies et qui se focalisent chacune sur une activité spécifique de nature exploitation ou exploration ; des quasi-structures informelles qui permettent la transversalité et qui se focalisent sur des sujets d'exploitation ou d'exploration et alimentent le top-management. En synthèse, les deux auteurs montrent que les deux formes d'ambidextries, structurelles et contextuelles, peuvent parfaitement se compléter à condition de créer des espaces organisationnels nouveaux au sein desquels ces articulations peuvent se créer.

En 2007, BRION, FAVRE-BONTE et MOTHE montrent à travers le cas du groupe SEB qu'une articulation entre les trois formes d'ambidextries (structurelle, contextuelle et de réseau) est également possible. En premier lieu, afin de produire simultanément des innovations d'exploitation et d'exploration, SEB a dissocié ses activités de recherche et de développement, tout en les laissant rattachées à une même direction d'activité afin de s'assurer de la cohérence d'ensemble. En complément de cette ambidextrie structurelle, le groupe a également pris de nombreuses initiatives d'ambidextrie contextuelle : le forum annuel du Groupe qui réunit la communauté des chercheurs, des acheteurs et des hommes du marketing ; un système de veille technologique dont les résultats sont publiés dans un intranet dédié à la technologie ; la création

de communautés d'intérêts autour de technologies ; l'Université Groupe SEB qui est capable de dispenser des formations sur la vision de l'innovation par le groupe ; des filières métiers avec la création d'une filière expert et d'une filière chef de projet. Enfin, pour soutenir les ambidextries structurelles et contextuelles, le groupe SEB a développé une ambidextrie de réseau, basée sur l'intégration dans un réseau d'expertise scientifique, le développement de relations étroites avec les laboratoires de recherche et la création de relations partenariales avec d'autres groupes industriels. Cette ambidextrie de réseau est soutenue par le renforcement des moyens liés aux relations extérieures et la mise en œuvre d'une Direction des Partenariats.

Après avoir décrit les différentes formes d'ambidextrie et les liens qui les unissent, nous souhaitons à présent souligner quelques limites théoriques à ce concept, pouvant générer des questions de recherche potentielles.

3.4. Limites théoriques et questions de recherche

L'ambidextrie est un mode de gestion des paradoxes. Dans le graphique ci-dessous, nous avons souhaité relier les différents types d'ambidextries que nous venons de décrire avec les différentes logiques de résolution des paradoxes, que nous avions décrites précédemment.

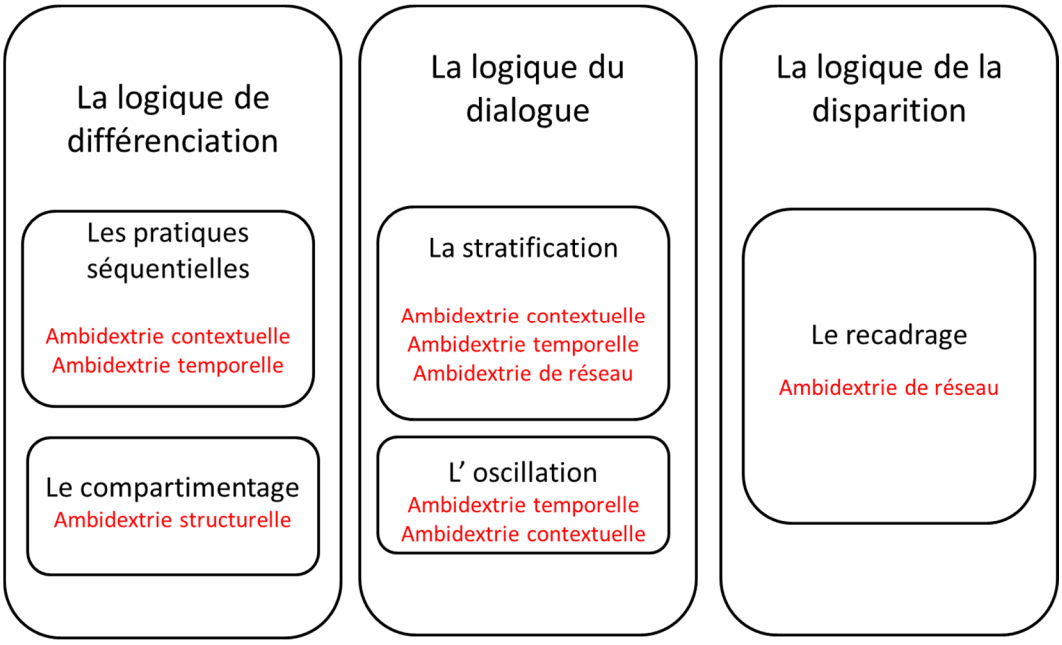


Figure 2

Ainsi les pratiques séquentielles de la logique de différenciation (incluant les phases successives de décristallisation, déplacement et recristallisation) peuvent se réaliser par le biais d'individus ou d'équipes ambidextres et dans le cadre d'une ambidextrie temporelle. Par exemple,

concernant le paradoxe autonomie / conformité, des équipes de projet de haut niveau peuvent se rendre compte de faire évoluer le niveau de contraintes en fonction des phases du projet : favoriser la créativité à certains moment et le respect des procédures à d'autres.

L'ambidextrie structurelle peut très facilement être reliée à la logique du compartimentage. En restant sur le paradoxe autonomie / contrôle, nous pouvons rappeler l'exemple déjà cité de l'armée qui parvient à associer des unités qui combattent avec un fort niveau de contrôle et des cellules d'experts, disposant d'un fort degré d'autonomie.

A l'exception de l'ambidextrie structurelle, les trois autres formes d'ambidextrie sont compatibles avec la logique du dialogue. Les individus ambidextres « dialoguent avec eux-mêmes » et disposent de suffisamment de recul pour appréhender les deux faces opposées d'un paradoxe. L'ambidextrie de réseau permet également le dialogue, en permettant à des unités d'explorer par le biais de partenariats et d'alliances de nouveaux savoirs, de nouveaux terrains, tout en continuant à mobiliser leurs moyens sur leurs métiers de base. Dans le cadre de l'ambidextrie temporelle, le dialogue s'effectue entre les périodes temporelles.

La logique de l'oscillation, telle que développée par exemple par TOYOTA qui parvient à intégrer des innovations incrémentales à un rythme soutenu, s'accommode très bien avec l'ambidextrie temporelle, la présence d'équipes et d'individus ambidextres et un contexte favorable à l'apport régulier d'innovations extérieures.

La logique de disparition du paradoxe peut être reliée sans difficulté à l'ambidextrie de réseau. En effet, cette forme d'ambidextrie permet un changement d'échelle qui peut à lui seul, dans de nombreux cas, faire disparaître ou atténuer de nombreux paradoxes. Par exemple, l'absence de capacité à produire de l'innovation d'exploration du fait de moyens limités peut se résoudre grâce à des partenariats avec des acteurs académiques ou une mutualisation de moyens de R&D entre plusieurs entreprises.

Une littérature en sciences de gestion peu prolixe sur le couplage « paradoxes / ambidextrie »

Si les différentes formes d'ambidextrie représentent donc un mode de gestion des paradoxes, il est à noter que la littérature en sciences de gestion est peu prolixe sur ce point. Dans leur article de 2014, GRIMAUD, OIRY et RAGAIGNE présentent même la notion d'ambidextrie comme

un mode innovant de gestion des paradoxes, ce qui souligne que le lien « paradoxe – ambidextrie » n'est pas établi de manière indiscutable et solide dans la littérature. Pour ces auteurs, le caractère novateur de l'ambidextrie comme mode de gestion des paradoxes est que celle-ci permet de dépasser la gestion traditionnelle du paradoxe : la gestion par le dilemme ou la gestion par le compromis. La gestion par le dilemme consiste à privilégier l'un des deux éléments du paradoxe au détriment de l'autre. A contrario, la gestion par le compromis s'efforce de trouver un compromis entre les deux éléments constitutifs du paradoxe. Les trois auteurs rappellent qu'une autre approche est possible, s'efforçant à faire émerger le « potentiel positif des paradoxes ». Cette approche est séduisante mais s'avère peu opérationnelle. En 2011, SMITH et LEWIS évoquent la notion d'ambidextrie comme pouvant constituer un mode d'opérationnalisation de la gestion des paradoxes. Après avoir étudié deux cas montrant le relatif échec d'une gestion des paradoxes par le dilemme et le compromis, GRIMAUD, OIRY et RAGAIGNE étudient un cas réussi de gestion des paradoxes par l'ambidextrie. Le terrain de recherche est celui d'une PME innovante, BIO DISTRI, spécialisée dans les fruits et légumes Bio, qui a clairement opté pour une stratégie de différenciation fondée sur l'innovation, avec une gestion personnalisée de la relation client et un haut niveau de qualité. L'étude est centrée sur le paradoxe « contraintes / habilitations » (Les dispositifs de contrôle parviennent à rendre les individus et leurs actes transparents. Mais ces dispositifs de contrôle créent aussi de la résistance chez ces acteurs. Ils peuvent même créer un savoir habilitant, c'est-à-dire un savoir non connu des concepteurs qui permet aux utilisateurs de redéfinir leurs règles d'application et de leur faire produire ainsi des effets imprévus).

Afin de dépasser le paradoxe « contraintes / habilitations », BIO DISTRI déploie les grandes formes d'ambidextrie. Elle déploie en premier lieu un ambidextrie structurelle en créant de petites unités sur des projets spécifiques. Grâce à cela, BIO DISTRI parvient à faire cohabiter des salariés « fidèles », convaincus par la dimension militante du projet, et des salariés « mercenaires », au profil gestionnaire plus affirmé. La société déploie également l'ambidextrie temporelle. Par exemple, lorsqu'un nouveau fonds d'investissement devient son actionnaire principal, BIO DISTRI passe par une période où l'apprentissage par exploitation prend le dessus sur l'apprentissage par exploration. Afin de capter des savoir-faire complémentaires et d'aider l'entreprise à structurer les tendances du marché, BIO DISTRI mise également sur l'ambidextrie de réseau. Lorsqu'une entreprise extérieure présente un fort niveau de complémentarité, elle peut être rachetée par BIO DISTRI. Enfin, la société mise également sur l'ambidextrie contextuelle. Basée sur une certaine stabilité des collectifs de travail et un faible

recours à l'intérim, le contexte permet aux individus de s'engager dans le projet fédérateur de cette PME.

A la fin de leur article, les trois auteurs indiquent que l'ambidextrie contextuelle apparaît comme la plus pertinente pour gérer les paradoxes. Mais ils soulignent également que « les ambidextries structurelle, temporelle ou de réseau, lorsqu'elles sont articulées avec l'ambidextrie contextuelle, constituent de véritables ressources pour décupler l'efficacité de celle-ci.

Peu de travaux sur l'articulation entre les différentes formes d'ambidextrie comme mode de résolution des paradoxes

Si le couplage « paradoxe / ambidextrie » est peu abordé dans la littérature, il en est de même de la manière d'articuler les différentes formes d'ambidextrie pour être capable de résoudre les différents paradoxes liés à une structure organisationnelle.

Nous identifions deux questions théoriques par rapport à ce point.

En premier lieu, la mise en œuvre d'une stratégie ambidextrielle résulte t'elle d'une stratégie délibérée et assumée par le top management de l'organisation ? Si c'est le cas, quelles sont les motivations qui conduisent celui-ci à faire le choix de cette stratégie ? Ou au contraire, est-ce que le choix de l'ambidextrie s'impose de facto par l'effet des paradoxes eux-mêmes et la perturbation qu'ils produisent sur les différentes entités de l'entreprise (la base opérationnelle, les supports, le sommet stratégique…), imposant au top management la mise en œuvre d'une réponse ambidextrielle ? Dans ce cas, il nous semble pertinent d'étudier les paradoxes auxquels l'organisation doit faire face, puis d'étudier leurs effets sur les acteurs de l'organisation.

En second lieu, une question peut légitimement se poser sur la manière dont l'articulation des ambidextries se réalise. Est-ce qu'elle se réalise de manière séquentielle, avec l'apparition successive des différentes formes d'ambidextrie ? si c'est le cas, existe-t-il un ordre logique d'apparition ? Ou est-ce que les différentes ambidextries peuvent êtes mise en œuvre simultanément ?

L'intérêt d'étudier l'articulation entre les ambidextries internes (contextuelle et structurelle) et externe (ambidextrie de réseau), en particulier dans la cadre d'un écosystème d'affaires

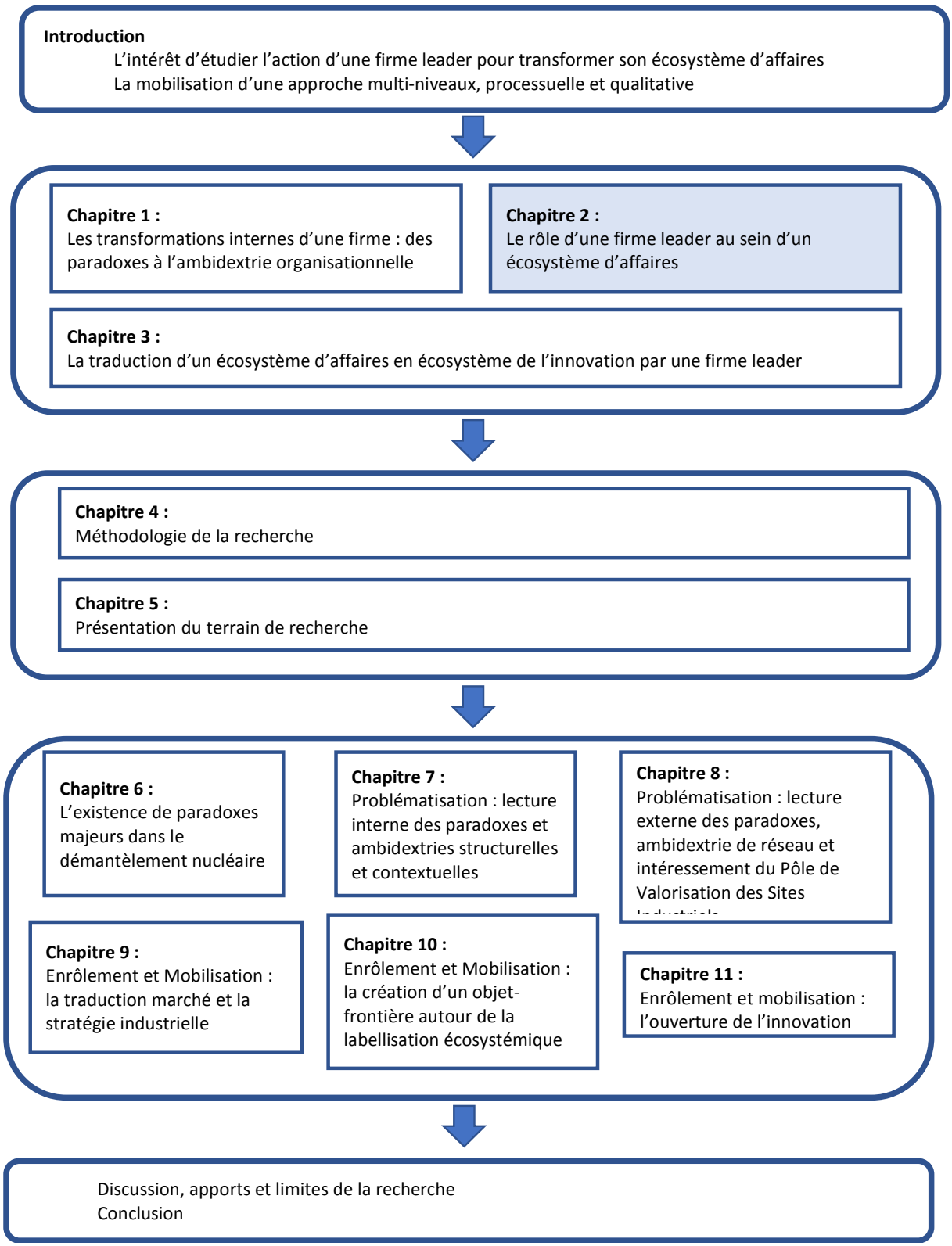
Parmi les différentes formes d'ambidextries (structurelle, contextuelle, temporelle et de réseau), l'ambidextrie de réseau présente un statut particulier. En effet, les ambidextries structurelles, contextuelles et temporelle s'arrêtent aux frontières de l'organisation alors que l'ambidextrie de réseau dépasse le cadre de celle-ci.

De nombreux travaux de recherche se sont intéressés ces dernières années aux différentes formes d'organisations réticulaires : entreprise étendue, districts industriels, clusters, écosystèmes d'affaires…

La littérature nous présente souvent soit des organisations réticulaires déjà mises en place (par exemple, les travaux sur les écosystèmes Airbus, Boeing, Sap, Apple, Amazon… que nous citons par ailleurs dans ce travail doctoral), soit les différentes étapes de leur naissance. Peu de travaux s'intéressent à leur conception. Par conception, nous entendons toute la réflexion interne qui conduit une organisation à s'engager dans les actions extérieures nécessitées par une organisation réticulaire. Pourquoi la phase de conception est-elle si peu étudiée ? Très certainement parce que ce processus est certainement très long. De grandes entreprises comme des PME peuvent avoir vécu des années, voire des dizaines d'années, en s'appuyant sur leurs seules forces internes avant de s'ouvrir sur l'extérieur. Le processus de conception, qui conduit à l'ouverture par le biais de la constitution d'un réseau, peut donc être complexe à étudier. Outre sa durée, il résulte très certainement d'une alchimie complexe entre une part de stratégie délibérée voulue par le top management et une part d'actions diffuses en provenance de l'ensemble des acteurs de l'entreprise. Dès lors, un chercheur qui souhaite « photographier » la phase de conception devra nécessairement disposer d'une durée d'exposition très longue (sur plusieurs années) et d'un angle de vue très pertinent (au cœur de l'organisation).

Nous tenons à souligner par ailleurs la complémentarité qui existe dans l'étude de l'articulation des différentes formes d'ambidextrie et la phase de conception d'une structure réticulaire. S'ouvrir vers l'extérieur, en mettant en œuvre une ambidextrie de réseau, est toujours une décision stratégique importante et qui ne va pas forcément de soi pour n'importe quelle organisation.

Chapitre 2 : le rôle d'une firme leader au sein d'un écosystème d'affaires



1. L’ écosystème d’innovation : entre succès managérial et faible assise théorique

En 2011, Marc GIGET anime une rencontre des directeurs de l’innovation dont le thème est consacré aux écosystèmes de l’innovation. Son intervention est consacrée au succès managérial observé depuis plusieurs années autour du terme « écosystème de l’innovation ».

Marc GIGET présente ainsi de très nombreux exemples d’écosystèmes de l’innovation que ce soit au niveau d’une entreprise, d’un produit, d’une filière industrielle, d’un secteur géographique, d’un pays ou d’un groupe de pays :

* UNILEVER présente un exemple d’écosystème de l’innovation d’entreprise
Roger Leech, Directeur de l’entité Open Innovation d’Unilever a récemment déclaré :
« Nous savons que le monde est plein de gens brillants qui ont des idées brillantes, et nous sommes constamment à la recherche de nouvelles façons de puiser dans ce potentiel en travaillant avec des partenaires qui ont une approche nouvelle et sérieuse pour le développement de nouvelles technologies prometteuses. » Unilever est une multinationale néerlando-britannique. Société présente dans une centaine de pays en 2009, c'est le troisième groupe par les ventes en produits de consommation courante. 150 millions de personnes utiliseraient chaque jour des produits Unilever (moutarde Amora, thé Lipton, les glaces Magnum ou Ben & Jerry's, lessive Skip, dentifrice Signal, shampooings Dove, la lessive Omo, les soupes Knorr, les déodorants Axe…). UNILEVER est une entreprise pionnière en ce qui concerne la connexion entre l’écosystème externe et l’écosystème interne. Dans son écosystème de l’innovation externe, on retrouve de grandes plateformes d’échanges collaboratifs, des start-up innovantes, des fournisseurs, des universités, des ONG et des organismes internationaux tels que l’UNICEF.

* La Fondation LINUX présente un exemple d’écosystème de l’innovation concernant un standard technologique. The Linux Foundation est un consortium à but non lucratif fondé le 21 janvier 2007, il résulte de la fusion entre l'Open Source Development Labs et le Free Standards Group. Il a pour but de protéger et standardiser Linux en procurant les ressources et services centralisés nécessaires à concurrencer de manière efficace les autres systèmes d'exploitation.
Il s’agit d’un véritable écosystème de l’innovation international qui regroupe des grands noms de l’informatique et du web : Fujitsu, Hitachi, HP, IBM, Intel, AMD, Nec, Novell, Oracle, LG Group, Yahoo! et d'autres.

* Le cluster BIOTECH BAY aux Etats Unis est un exemple d'écosystème de l'innovation géographique et centré sur un secteur technologique. Situé en Californie du Nord, à quelques dizaines de kilomètres de la célèbre université de Stanford, ce cluster regroupe près de 500 entités travaillant dans les sciences du vivant, allant de la petite startup innovante à la multinationale.

Enfin, pour Marc GIGET, un écosystème de l'innovation peut également s'appréhender à l'échelle d'un pays. De très nombreux documents publics et notamment ceux relatifs à la stratégie nationale d'innovation évoquent ainsi « l'écosystème d'innovation de la France ».

Ces représentations, très différentes les unes des autres, montrent le principal intérêt de la notion d'écosystème de l'innovation. Par nature même, il existe une grande biodiversité des systèmes de l'innovation. La puissance et la richesse d'un écosystème est lié au nombre « d'espèces » qui le composent. Il est à noter que cette représentation est un enjeu stratégique : lorsqu'une région, un pays, une fondation en charge de promouvoir un secteur technologique, souhaitent attirer de nouveaux investisseurs ou de nouveaux partenaires, la représentation et la description de l'écosystème de l'innovation sont des éléments essentiels. Il s'agit en quelque sorte de décrire les règles du jeu et l'environnement dans lequel le nouvel investisseur va évoluer.
Dans les faits, le terme « écosystème de l'innovation » est de plus en plus utilisé comme permet de le constater une simple recherche sur Google Trend sur la période 2004 à 2016 :

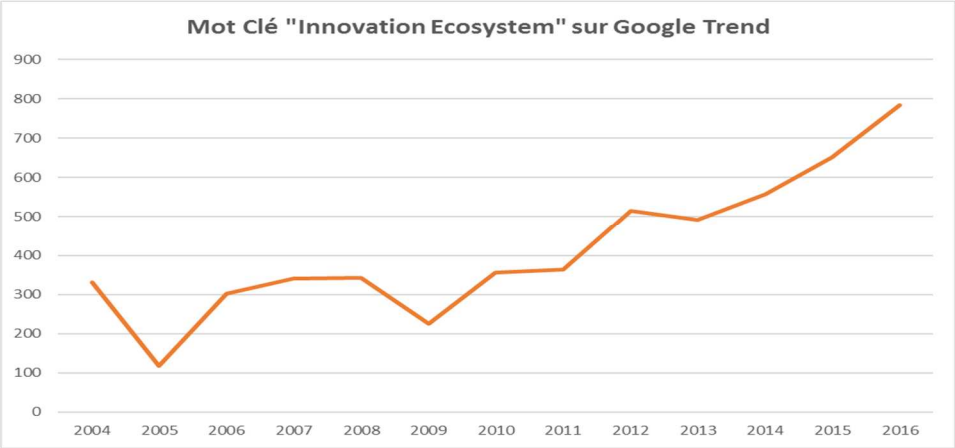


Figure 3

Si ce terme est de plus en plus utilisé sur un plan managérial, notre recherche dans la littérature en sciences de gestion ne nous a pas permis une définition satisfaisante du terme « écosystème de l'innovation ».

En 2011, Eunika MERCIER-LAURENT a publié un ouvrage sur « les écosystèmes de l'innovation ». Dans cet ouvrage très complet, elle se focalise sur le concept de l'é-co-innovation avec un « é » comme écologique et un « co » comme collaboratif. Ce concept repose sur la nécessité d'ajouter aux trois piliers du développement durable (économie, social et environnement), la nécessité de s'appuyer sur les technologies de l'information et de la communication. En se centrant sur l'attitude d'é-co-innovation, dans un monde hyper connecté, MERCIER-LAURENT, montre que cette attitude est possible à tous les niveaux que ce soit à l'échelle d'un pays, d'une région, d'un territoire ou d'un groupe d'entreprises. Elle rejoint en cela l'angle de présentation très large adopté par Marc GIGET.

Cette approche se focalise donc sur le comportement des acteurs. Etudier l'attitude d' « é-co-innovation » permet d'introduire des réflexions très intéressantes sur la créativité, la transformation des idées en valeurs, le management des connaissances, le management de l'innovation. Tout ceci est décrit dans l'ouvrage d'Eunika MERCIER-LAURENT.

Par contre, la contrepartie théorique est de ne pas se centrer sur un niveau d'analyse particulier puisque le concept peut s'appliquer à toute échelle qu'il s'agisse d'un territoire local, d'un pays tout entier voire d'un continent. Dès lors, ce qui peut être un avantage du point de vue de l'étude du comportement des acteurs peut se révéler un inconvénient au niveau de l'étude d'un système.

En effet, les systèmes que constituent un pays, une région, un territoire, un groupe d'entreprises sont hétérogènes et obéissent à des dynamiques différentes. A l'échelle d'un pays, étudier l'innovation nécessite de s'intéresser de manière transverse à tous les secteurs d'activités et au dispositif national d'appui à l'innovation. A l'échelle d'un territoire, cette étude peut se focaliser sur l'action de quelques entreprises locales et de leur environnement institutionnel.

Le parti pris de ne pas spécifier à la base de niveau d'analyse peut donc affaiblir le concept même. Il nous semble que l'utilisation très « marketing », par de très nombreux acteurs économiques ou politiques, du terme « écosystème de l'innovation » ne constitue pas une base suffisamment solide. Etre un écosystème de l'innovation ne se décrète pas. S'il suffit de regrouper des entreprises sur un même territoire et de mettre en place une structure d'accompagnement de l'innovation, pour constituer un écosystème de l'innovation, il est certainement possible d'en dénombrer quelques milliers, rien qu'en France, car chaque région, département, communauté d'agglomérations ou même municipalité a tendance à développer son propre parc d'activité. En 2015, LEAC souligne par exemple la confusion qui consiste à

considérer que les pôles de compétitivité français sont des écosystèmes de l'innovation, en rappelant que ces derniers n'en sont pas mais font partie de ces écosystèmes.

Afin de mieux définir ce qu'est un écosystème d'affaires, nous allons nous centrer dans les trois parties suivantes sur le concept d'écosystème d'affaires. Nous évoquerons à nouveau le concept d'écosystème de l'innovation dans la dernière partie de ce chapitre consacrée aux limites théoriques et questions de recherche.

2. Le concept d'écosystème d'affaires

Si nous utilisons la même requête sur Google trend que celle utilisée précédemment pour vérifier l'occurrence du mot « innovation ecosystem » sur Google, nous obtenons la courbe ci-dessous pour le mot clé « business ecosystem ». Ceci montre que ce terme est cité de manière importante et relativement constante depuis plusieurs années :

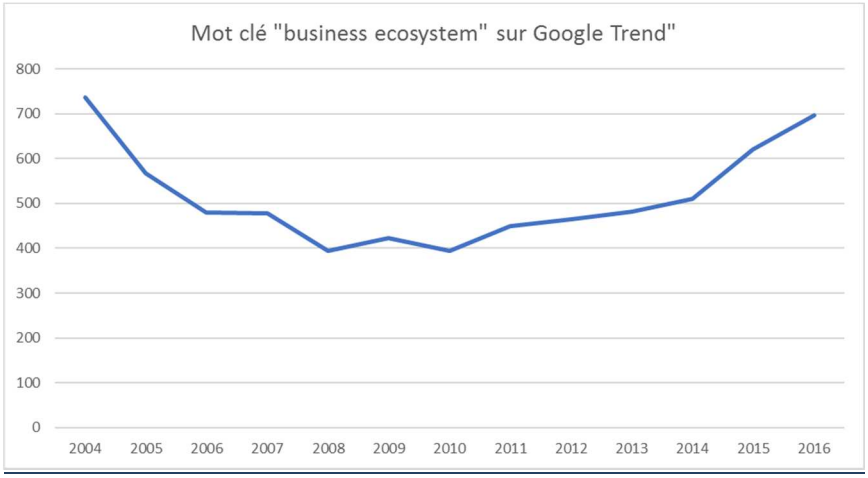


Figure 4

Nous allons à présent définir ce que recouvre la notion d'écosystème d'affaires.

2.1. La remise en cause des cadres d'analyses stratégiques traditionnels

Un président de l'office d'évaluation des technologies du congrès Américain a un jour déclaré : « *les matrices stratégiques ont fait plus de mal à l'économie américaine que la concurrence chinoise, japonaise et européenne réunies, par une vision beaucoup trop simplifiée de la réalité du monde !* ». Derrière cette citation ironique se cache une dénonciation du fait que les matrices stratégiques peuvent conduire à enfermer les dirigeants dans des prisons cognitives. Nous avons besoin de modèles et d'outils pour pouvoir représenter la réalité. Ceux-ci nous permettent :

- D'ordonner et généraliser à propos de la réalité

- De comprendre les relations causales entre les phénomènes
- D'anticiper et prédire si possible les évènements futurs
- De distinguer ce qui est important de ce qui ne l'est pas
- De saisir comment parvenir à nos fins

Les matrices stratégiques (matrice BCG, matrice atout/attrait, matrice risques/opportunités, modèle de PORTER) ont connu un développement impressionnant ces dernières décennies. Elles ont façonné les modes de pensée de générations de consultants et dirigeants.

Elles ont été à l'origine de décisions stratégiques majeures :

- Recentrage sur le cœur de métier
- Abandon ou développement de produits
- Fermeture ou ouverture d'usines
- Ventes d'une division
- ….

Il ne saurait être question ici de nier tout l'intérêt de ces outils, qui ont le grand mérite d'organiser et de structurer la pensée. Mais comme le souligne Nassim Nicholas TALEB dans « le Cygne Noir », le risque est grand de « confondre la carte et le territoire » et de s'enfermer dans des prisons cognitives, si on ne prend pas suffisamment de recul par rapport à ces outils.

Pour prendre une métaphore routière, nous pouvons considérer qu'une carte routière nous guide pour nous rendre de A à B, mais elle n'est guère utile si nous pilotons un avion : nous avons besoin d'une carte aérienne indiquant les canaux radio, les routes aériennes et la topographie.

Plus une carte est détaillée, plus elle reflète la réalité. Il faut savoir choisir la carte que l'on utilise à bon escient : si on va d'une grande ville à une autre, nous n'avons pas besoin de tout le détail des routes secondaires. A l'inverse, si la carte est trop simplifiée et ne comporte qu'une route express, nous risquons de passer à côté de l'itinéraire de délestage si l'autoroute est bloquée… Bien sûr, l'idéal est sûrement d'avoir un GPS qui adapte le détail dont nous disposons en fonction du moment !

Il en va de même avec les matrices stratégiques. La célèbre de matrice de PORTER connaît un très grand succès depuis des décennies.

Le principal intérêt de cette approche est de proposer une lecture structurée suivant un cadre défini de l'environnement concurrentiel. Il convient alors de définir la stratégie en fonction des forces en présence et des règles du jeu du secteur d'activité. Ces stratégies peuvent être une différenciation par les coûts, la différenciation par le niveau de service ou la focalisation, la comparaison avec les meilleurs de la branche.

Le postulat de base de ce modèle est que les concurrents vont se conformer aux règles établies. On considère ainsi que les nouveaux entrants et les « petits » vont analyser les pratiques des leaders et se conformer aux règles du jeu établies.

Le modèle de PORTER fonctionne très bien pour expliquer les stratégies des leaders, en régime établi à partir des données du passé. Il a connu un succès important dans les années 80-90. Or, dans les années 2000 à 2010, un nouveau paradigme est en train de s'établir : ce ne sont plus nécessairement les gros qui mangent les petits mais les plus rapides à innover et à se reconfigurer qui mangent les plus lents comme le soulignent CHANKIM et MAUBORGNE dans leur ouvrage intitulé « Stratégie Océan Bleu, comment créer de nouveaux espaces stratégiques ».

Dans cet ouvrage qui a connu un grand succès en 2010, les deux auteurs montrent de multiples exemples (The body shop, Le Cirque du Soleil, eBay, Swatch…) de nouveaux entrants qui ont su sortir du cadre traditionnel, associé ici à l'image d'un océan rouge (rouge du sang qui y est déversé par la lutte sans merci que se livrent les entreprises en compétition sur le même marché). Les deux auteurs opposent l'océan rouge et l'océan bleu. L'océan rouge est un environnement concurrentiel saturé, où les produits se ressemblent de plus en plus et où la guerre des prix fait rage.

Le modèle de PORTER est donc fondamentalement remis en cause par ces nouvelles approches. Les matrices stratégiques traditionnelles décrivent relativement bien les océans rouges. Dans l'océan bleu, des entreprises ont su réaliser un saut de valeur pour créer un espace de marché totalement nouveau. Ainsi, le Cirque du Soleil ne s'est pas conformé aux règles établies de la concurrence du Cirque. Il a su créer un espace stratégique nouveau, à mi-chemin entre le cirque et le théâtre et conquérir ainsi de nouveaux clients. Il n'est pas entré en concurrence avec les leaders du cirque mais il a su innover et se démarquer de la concurrence.

Dès lors, la critique des matrices stratégiques traditionnelles, telle que celle de PORTER, s'appuie paradoxalement sur ce qui en a fait la force : un cadre normatif, connu et utilisé par de nombreux praticiens, enseigné depuis des années dans les meilleures universités.

Si ce cadre normatif est efficace pour décrire un environnement concurrentiel et stratégique, il peut aussi conduire à formater le réel et en faire une représentation trop partielle et limitée. Dans l'environnement hyper concurrentiel que nous connaissons, qui se traduit par des cycles de vie des produits de plus en plus courts, il devient très difficile de décrire la richesse et la complexité du réel avec des outils trop formatés.

Pour ses promoteurs, l'écosystème d'affaires représente un cadre d'analyse plus adapté pour définir l'élaboration et l'évolution des stratégies d'entreprises dans des environnements turbulents.

2.2. L'émergence d'un nouveau concept : l'Ecosystème d'Affaires

L'américain James MOORE a été le premier à évoquer le concept d'écosystème d'affaires dans un article de 1993 et dans un ouvrage paru en 1996. Dans cet ouvrage, il décrit un écosystème d'affaires comme étant « *une communauté économique supportée par l'interaction entre des entreprises et des individus, les organismes du monde des affaires. Cette communauté économique va produire des biens et des services en apportant de la valeur aux clients qui feront eux-mêmes partie de cet écosystème. Les organismes membres vont également inclure les fournisseurs, les producteurs, les concurrents et autres parties prenantes. A travers le temps, ils vont faire co évoluer leurs compétences et leurs rôles et vont tendre à s'aligner eux-mêmes sur la direction d'une ou plusieurs entreprises centrales. Ces entreprises vont détenir un rôle de leader qui peut évoluer à travers le temps, mais la fonction d'un leader de l'écosystème sera d'apporter de la valeur à la communauté car il va engager les membres à agir en partageant une vision pour adapter leurs investissements et trouver des rôles d'appui mutuel* » (MOORE, 1996 : p 26).

Le graphique ci-après, proposé par MOORE en 1996 et adapté par GUEGUEN et TORRES en 2004 résume cette notion :

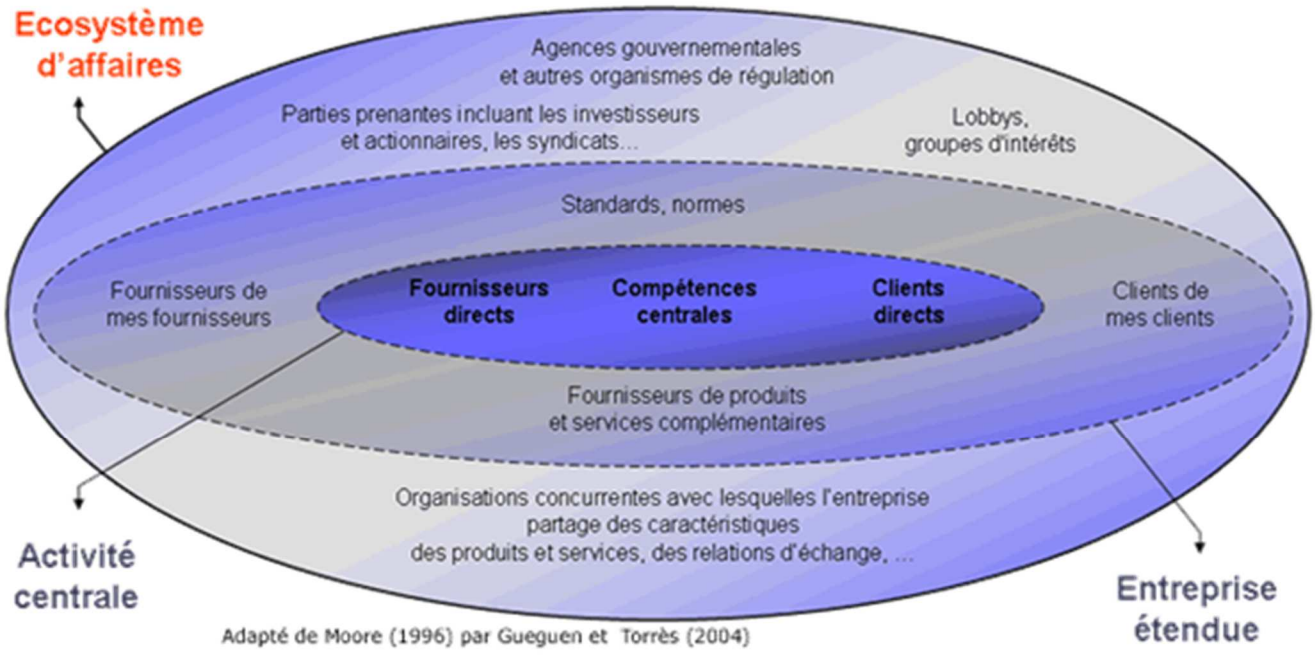


Figure 5

Ce nouveau cadre conceptuel s'appuie sur l'analogie biologique. On retrouve notamment ceci dans le concept de coévolution. Le concept d'écosystème proposé par MOORE implique qu'on

ne peut comprendre le phénomène d'évolution d'une entreprise sans intégrer les évolutions des autres entreprises de son environnement. Pour MOORE, *« nous assistons à la fin de l'industrie, non pas comme un phénomène économique mais plutôt comme un concept efficace pour observer les changements majeurs dans le monde des affaires »* (MOORE, 1996) .

En 2000, Olivier TORRES-BLAY considère qu'un écosystème d'affaires est *« une coalition hétérogène d'entreprises relevant de secteurs différents et formant une communauté stratégique d'intérêts ou de valeurs structurées en réseau autour d'un leader qui arrive à imposer ou à faire partager sa conception commerciale ou son standard technologique »* (TORRES-BLAY, 2000). Dans cette définition, l'auteur substitue le mot « coalition » à la notion de communauté proposée par MOORE. Le mot coalition met davantage en exergue l'hyper-connectivité des intervenants au sein d'un écosystème d'affaires et insiste sur le caractère partenarial qui domine les relations.

Cette approche précise les enjeux liés à l'innovation à l'intérieur d'un écosystème d'affaires. La coévolution suppose en effet de ne pas seulement pénétrer le marché avec des innovations internes à l'entreprise mais de partager des informations, au sein de l'écosystème, et de les mettre à profit dans le processus d'innovation.

En 2004, LANSITI et LEVIEN, dans leur ouvrage « The Keystone advantage », ne proposent pas de définition nouvelle de l'écosystème d'affaires mais développent l'analogie avec la biologie, en mettant plusieurs caractéristiques communes entre l'écosystème biologique et l'écosystème d'affaires :

- Dans les deux contextes, de nombreux participants sont interconnectés et interdépendants. Ils partagent leur efficacité et leur survie
- Les membres de l'écosystème, quel que soit leur pouvoir, ne peuvent échapper aux impacts qui pourraient accompagner les relations implacables les liant avec les autres membres
- A l'intérieur de chaque écosystème existent des participants-clés ou « Keystones » qui parviennent à maintenir la bonne performance de l'écosystème tout entier.

En 2005, PELTONIEMI et VUORI définissent l'écosystème d'affaires comme *« une structure dynamique qui consiste en une population d'organisations interconnectées, lesquelles sont soit de petites entreprises, de grandes compagnies, des universités, des centres de recherche, des organisations du secteur public ou encore d'autres parties qui influencent le système »* (PELTONIEMI et VUORI, 2005).

Le concept d'écosystème d'affaires est aujourd'hui un concept particulièrement utilisé au niveau académique. Ainsi, la base de données Factiva a permis d'identifier depuis 2001, 1722 articles de presse utilisant la notion de « business ecosystem(s) ». Le recours à ce terme se fait constant d'année en année.

En définitive, si on résume ce qu'est un écosystème d'affaires sur la base de définition de MOORE en 1996, on retrouve les éléments suivants. Au sein de l'écosystème :

1**)** Un standard, une norme ou un savoir-faire est utilisé par plusieurs entreprises.
2) Les entreprises utilisant ces compétences vont constituer une communauté de destin stratégique sur le principe de la coévolution
3) Une (ou plusieurs) entreprise va avoir le rôle de leader.
4) L'entreprise leader devra développer une vision partagée par les autres membres de l'écosystème d'affaires.
5) Fondé sur la base de contributions critiques et encastrées, le pouvoir du leader permettra d'orienter les évolutions des compétences centrales.
6) La place de leader est évolutive et son comportement est primordial dans l'évolution de l'écosystème d'affaires.
7) Les acteurs composant les écosystèmes d'affaires sont hétérogènes (entreprises, institutions, syndicats, groupes de pression,…)
8) Les acteurs de l'écosystème d'affaires proviennent d'industries différentes. On assiste ainsi à une convergence des industries.
9) Il n'y a pas nécessairement une appartenance exclusive à un seul écosystème
10) Les écosystèmes d'affaires sont animés par d'importantes dynamiques concurrentielles au niveau intra-écosystème (pour acquérir la place de leader) ;
11) Les logiques concurrentielles existent au niveau inter-écosystèmes (concurrences de plusieurs écosystèmes d'affaires) ;
12) Un écosystème d'affaires associera coopération et compétition et correspond donc à la logique de coopétition.
13) Un écosystème d'affaires sera plus performant qu'un autre s'il démontre une capacité supérieure à développer, utiliser et protéger un ensemble de compétences et de ressources communes et partageables au sein de compétences écosystémiques qui lui permettront de maintenir un avantage durable.

2.3. Une définition riche qui s'appuie sur plusieurs fondements théoriques

Si le concept d'écosystème d'affaires de James MOORE fait l'objet de nombreuses recherches sur un plan académique et connaît un certain succès auprès des praticiens, c'est parce qu'il permet une synthèse, dans sa définition même, entre plusieurs théories et concepts des sciences de gestion. En commentant point par point cette définition, nous souhaitons à présent montrer la richesse et la diversité des apports théoriques qu'elle permet d'intégrer :

Un standard, une norme ou un savoir-faire est utilisé par plusieurs entreprises.

Selon la définition de CORBEL et al. En 2008, le standard est un *« ensemble de choix technologiques largement accepté par les acteurs d'un secteur, formant système, compatibles entre eux, mais au moins partiellement incompatibles avec les systèmes concurrents »* (CORBEL et al, 2008). Dans son article de 2009 intitulé « Typologie des stratégies de construction de standards : le cas de la maquette numérique », Gilles GAREL confère trois fonctions principales aux standards :

- Le standard comme règle prescriptive : Le standard est une règle qui indique à ceux qui l'adoptent ce qu'ils doivent faire. Cette règle peut être aussi bien une prescription d'ordre technologique, une règle administrative, un outil de gestion, un dominant design ou des normes techniques.
- Le standard comme marqueur du rythme d'évolution technologique : Le courant évolutionniste envisage des périodes de stabilité ponctuées par des discontinuités technologiques qui affectent les modèles de prix et de performances d'une industrie.

  Le standard peut ainsi être vu comme la technologie qui s'est imposée. Pour une firme extérieure, le seul moyen d'éviter l'exclusion du marché est d'adopter un des standards dominants (ou de parvenir à en créer un nouveau !).
- Le standard comme plateforme : Selon HENDERSON et CLARK en 1990, *« une plate-forme est un ensemble de modules et d'interfaces standards définissant une architecture commune à une famille de produits dérivés. Une plate-forme tire sa valeur de l'existence de périphériques susceptibles de se brancher dessus »* (HENDERSON et CLARK, 1990).

  Dans le domaine économique en général et de l'innovation en particulier, le standard représente un enjeu majeur. Ainsi, dans leur article, « The art of standard wars » paru en 1999, SHAPIRO et VARIAN mettent l'accent sur l'importance du standard pour imposer des produits dans l'économie moderne et sur l'intensité des batailles que se livrent certaines firmes, ou groupes de firmes, pour imposer leur standard :
  - Conflit pour imposer la largeur des rails entre les compagnies de chemin de fer du Nord et du Sud aux Etats Unis en 1860
  - Bataille entre Thomas EDISON et Georges WESTINGHOUSE entre le courant direct (General Electric) et le courant alternatif (WESTINGHOUSE) dans les années 1880.
  - Lutte entre les standards RCA et CBS pour la télévision en couleur dans les années 50

- Bataille entre les formats VHS et BETAMAX dans les années 60 et 70
- Plus récemment, lutte sur le standard des téléviseurs 3D entre LG, Toshiba et Philips qui optent pour la technologie passive et Sony et Samsung qui privilégient la technologie active.

La recherche du standard est un élément essentiel de la stratégie de nombreuses firmes, en particulier des firmes qui misent sur l'innovation comme stratégie de développement. Enfin, la question des standards fait inévitablement appel à la question des droits de propriété intellectuelle.

Les entreprises utilisant ces compétences vont constituer une communauté de destin stratégique sur le principe de la coévolution

Le concept de coévolution est particulièrement utilisé en biologie. L'étude des écosystèmes naturels permet de montrer que la coévolution est un des processus clés du milieu naturel.

Qu'est-ce que la coévolution ? « Co » vient du latin « cum » qui signifie « avec ». En ce qui concerne le terme lui-même d'évolution, il évoque spontanément l'idée de transformation. La coévolution pourrait donc simplement se résumer au fait de se transformer avec d'autres. Pour Thierry GROUSSIN, ceci correspond à une vision réductrice du concept et il en propose une définition plus ambitieuse : « *Dans cette perspective, nous donnerons au mot coévolution le sens d'un processus de développement entraînant des éléments et/ou des acteurs vers ces états supérieurs d'organisation, en substituant la coopération et la libération des potentialités à la concurrence et à la prédation* » (GROUSSIN, 2013). Par la suite, il précise cinq caractéristiques essentielles de ce qui constitue pour lui un processus de coévolution :

- L'existence de potentialités à révéler, recelées par chacun des acteurs ou des éléments d'un système d'interactions possibles. Une potentialité est quelque chose qui par définition n'est pas réalisé mais est souvent invisible, improbable, et parfois nié. La rencontre d'une stimulation, d'un environnement ou d'un partenaire peut alors constituer l'élément déclencheur permettant de révéler cette potentialité ou ce talent caché.

- L'établissement d'une relation de nature coopérative entre les acteurs ou les éléments de ce système latent. La notion de coopération est une notion intimement liée à celle de coévolution. Comme l'a montré Lynn MARGULIS dans ses travaux sur les bactéries, la vie elle-même résulte d'une dynamique coopérative entre des bactéries qui depuis des millions d'années s'organisent en colonies, puis en colonies de colonies, pour aboutir à des formes de vie de plus en plus complexes. Pour Thierry GROUSSIN, la compétition et la prédation aboutissent la plupart du temps à filtrer les potentialités, car une seule intéresse le prédateur qui l'exploitera avec une telle intensité que les autres ne verront pas le jour. Pour cet auteur, la relation coopérative est la seule clé qui libère vraiment les potentialités.

- L'utilisation de la relation coopérative à des fins d'exploration et de stimulation réciproques des potentialités en présence. Dans le milieu naturel, le tâtonnement et le « bricolage » (Margaret

WHEATLEY) constituent souvent la forme de dialogue privilégiée pour faire advenir des systèmes de plus en plus complexes. Les complexes écosystèmes naturels qui se sont forgés durant des millions d'années ont souvent été construits suite à de multiples essais, erreurs, et le rôle du hasard y a été prépondérant. Dans le monde des entreprises et dans la littérature en sciences de gestion, nous ne pouvons que constater que l'expérimentation est de plus en plus présente. Le rôle du hasard, de l'émergence, de la nécessité de créer dans les entreprises des espaces de dialogue et de coopération, est de plus en plus étudié au travers de concepts novateurs tels que par exemple l'effectuation, la sérendipité ou les signaux faibles.

- L'orientation de cette stimulation vers l'émergence du système, jusque-là latent, au sein duquel les dynamiques individuelles – celles des acteurs ou des éléments – et la dynamique globale du système émergent pourront s'articuler harmonieusement. L'analogie qui permet d'expliquer ce point simplement est celle de l'équipe. Une bonne équipe se caractérise ainsi par un phénomène de double libération : celle des potentialités individuelles des différents acteurs en présence, qui stimulés par l'esprit d'équipe découvrent en eux-mêmes de nouvelles potentialités, et celle de l'équipe toute entière qui libère une énergie collective qui fait que le tout est supérieur à la somme des parties.
- Le caractère fractal de la coévolution : que l'on considère les relations entre les sous-systèmes d'un système global ou les relations entre les éléments d'un de ces sous-systèmes, l'on doit toujours retrouver les quatre composantes ci-dessous. Ainsi, lorsque qu'une organisation est suffisamment complexe, on se trouve en présence d'un système – le « tout », composé de sous-ensembles, eux-mêmes composés d'autres sous-ensembles qui à leur tour sont composés d'autres éléments composites. Ceci constitue l'architecture fractale, mise en évidence par le mathématicien Benoît MANDELBROT. La pérennité d'un système dépend de la cohérence interne de son architecture fractale. Cela signifie que l'absence ou la défaillance à une strate quelconque de la structure d'un système, de l'une des quatre composantes de la coévolution, constitue un vice qui tôt ou tard le ruinera.

En 2002, Terry SHINN précise le concept de coévolution en insistant sur sa dimension temporelle et en le présentant comme un cycle :

- Dans certaines conditions bien précises, les structures institutionnelles et cognitives deviennent mal adaptées à la situation et de ce fait instables
- Plusieurs structures évoluent ensemble et cette coévolution aboutit à une nouvelle structure institutionnelle et/ou cognitive entièrement inédite au regard de l'histoire
- Le temps joue un rôle fondamental dans cette dynamique
- Les coévolutions résolvent temporairement les problèmes de dysfonctionnement dans les structures complexes des systèmes en place
- A un moment donné, de nouvelles strates de complexité sont elles-mêmes accompagnées de nouveaux dysfonctionnements et cela engendre de nouveaux cycles de coévolution

Une (ou plusieurs) entreprise va avoir le rôle de leader. L'entreprise leader devra développer une vision partagée par les autres membres de l'écosystème d'affaires. Fondé sur la base de contributions critiques et encastrées, le pouvoir du leader permettra d'orienter les évolutions des compétences centrales. La place de leader est évolutive et son comportement est primordial dans l'évolution de l'écosystème d'affaires.

La théorie modulaire de la firme est apparue dans le cadre des mutations profondes des modes d'organisation industrielle des années 1990 et 2000. Les précurseurs de ce concept, en 1999, sont LANGLOIS et ROBERTSON dans leur ouvrage « Networks and Innovation in a Modular System : Lessons from the Microcomputer and Stereo Component Industries ». Cette théorie s'appuie sur le choix de très nombreuses entreprises de se recentrer sur leur cœur de métier et d'externaliser tout ce qui n'en fait pas partie. Ce modèle est donc une remise en cause forte de la firme chandlerienne.
Dans son article de 2008 intitulé « Modularité, firme-pivot et innovations : quels impacts sur l'organisation de la supply chain chez Airbus ? », Med KECHIDI montre comment cette approche de la modularité a changé de manière radicale la façon de construire et de développer de nouveaux avions

Dans le domaine des aérostructures, BOEING sous-traite plus de 70 % du Dreamliner. Pour l'A350, AIRBUS va sous-traiter également 50 % de l'avion, notamment dans les pays à bas coûts ou en zone dollar. La logique des deux avionneurs est de maîtriser les activités stratégiques (conception générale, systèmes électroniques, commandes de vol, mâts réacteurs, assemblage et mise en vol) et d'externaliser les activités nécessitant une technologie totalement maîtrisée ou banalisée. Cette évolution nécessite de faire évoluer et monter en gamme ces sous-traitants. Ainsi le nombre de sous-traitants directs d'AIRBUS (fourniture de pièces, équipements, systèmes ou études) devait passer de 3000 à 500 dans le cadre du plan POWER8.

Cette logique passe forcément par le fait de promouvoir des firmes-pivots, sous-traitants de premier rang, qui confieront à leur tour une partie du travail à d'autres entreprises. Par exemple, comme l'indique le directeur des achats d'AIRBUS, *« on peut imaginer n'avoir qu'un seul contrat avec le fournisseur de trains d'atterrissage, qui lui-même gérera l'approvisionnement en roues, en freins et en systèmes hydrauliques, au lieu de quatre contrats séparés ».*

Ainsi, dans le cadre du plan POWER8, AIRBUS va changer son statut industriel de « constructeur aéronautique » pour évoluer vers celui d' « architecte intégrateur de systèmes », ce qui lui permet de mieux se positionner à l'amont et à l'aval de la chaîne de valeur.

Le graphique ci-dessous, issu des travaux de KECHIDI et TALBOT en 2009, paru dans les cahiers du GRES sous l'intitulé « Gestion des interactions techniques et organisationnelles par la proximité : les firmes pivots de l'aéronautique » résume l'application de la théorie modulaire de la firme au secteur aéronautique :

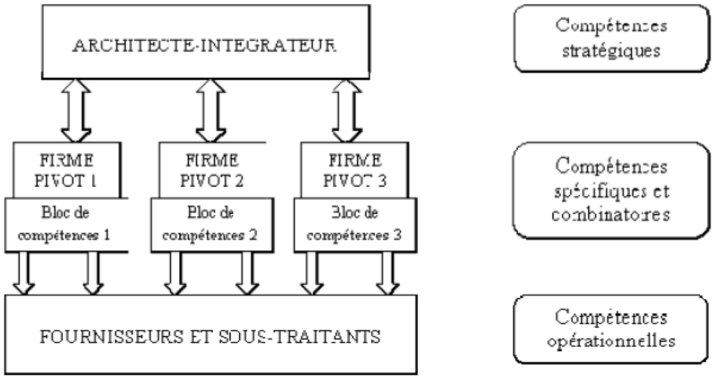


Figure 6

Véritable interface entre l'architecte-intégrateur et un nombre important de fournisseurs et sous-traitants, la firme pivot doit disposer de compétences spécifiques et combinatoires :

- Les compétences spécifiques traduisent son savoir-faire pour concevoir et produire un ensemble technique majeur. Elle se positionne sur un segment stratégique de la supply-chain de l'architecte intégrateur.
- Les compétences combinatoires lui permettent de jouer son rôle de médiation entre les besoins de l'architecte intégrateur et l'ensemble des fournisseurs et sous-traitants du bloc de compétences sur lequel la firme pivot est positionnée.

Les acteurs composant les écosystèmes d'affaires sont hétérogènes (entreprises, institutions, syndicats, groupes de pression,…). Les acteurs de l'écosystème d'affaires proviennent d'industries différentes. On assiste ainsi à une convergence des industries. Il n'y a pas nécessairement une appartenance exclusive à un seul écosystème.

La systémique a indéniablement inspiré les travaux de MOORE. Il s'agit d'une théorie transdisciplinaire qui va donc concerner aussi bien les sciences dures que les sciences humaines et sociales. La systémique favorise ainsi le raisonnement analogique qui permet de transposer au niveau interdisciplinaire des notions pertinentes dans un domaine pour un autre domaine. Ainsi, l'analogie biologique sur laquelle s'appuie MOORE pour définir les écosystèmes d'affaires est un raisonnement systémique.

Par ailleurs, considérer l'environnement sous l'angle du système permet la modélisation systémique. Le succès de l'écosystème d'affaires repose notamment sur le fait qu'il comble un certain vide entre le niveau macro-économique (l'économie globale, les marchés) et le niveau micro-

économique (l'entreprise). Ne pas analyser le niveau méso-économique, passer directement de la vision d'un marché, tel celui d'internet par exemple, à la vision d'une entreprise, telle que Google par exemple, conduirait à perdre du sens dans l'analyse. L'écosystème d'affaires qu'a réussi à construire GOOGLE regroupe plusieurs dizaines de milliers de partenaires et doit être analysé en tant que tel. Cette analyse est une brique indispensable entre l'analyse du macro-économique du marché des NTIC pris dans son ensemble et celle de l'analyse micro-économique de l'entreprise GOOGLE.

La théorie des systèmes est un principe selon lequel tout est système ou tout peut être conceptualisé selon une logique de système. On parle aujourd'hui de théorie systémique. Ce principe est formalisé en 1968 par Ludwig VON BERTALANFFY dans son ouvrage intitulé « General system theory ». Pour TURCHANY en 2008, quatre concepts sont fondamentaux pour comprendre ce qu'est un système :

- L'interaction (ou l'interrelation) qui renvoie à l'idée d'une causalité non linéaire. Ce concept permet de comprendre la coévolution et la symbiose en biologie.
- La totalité (ou la globalité) qui indique que « le tout est plus que la somme des parties ». Cette idée s'éclaire par le phénomène d'émergence : au niveau global apparaissent des propriétés qui sont non déductibles des propriétés élémentaires, ce qu'on peut expliquer par un effet de seuil
- L'organisation qui est le concept central pour comprendre ce qu'est un système. L'organisation est l'agencement d'une totalité en fonction de la répartition de ses éléments en niveaux hiérarchiques. Selon son degré d'organisation, une totalité n'aura pas les mêmes propriétés. L'organisation est un processus par lequel de la matière, de l'énergie et de l'information s'assemblent et forment une totalité ou une structure. De manière générale, on s'aperçoit que l'organisation recouvre un aspect structurel (comment est construite la totalité) et un aspect fonctionnel (ce que la structure lui permet de faire). On peut représenter la structure par un organigramme, la fonction par un programme.
- La complexité qui tient au moins à trois facteurs : le degré élevé d'organisation, l'incertitude de son environnement, la difficulté, sinon l'impossibilité d'identifier tous les éléments et toutes les relations en jeu.

Sous son aspect structurel, un système comprend quatre composants :

- ses éléments constitutifs (dont on peut évaluer le nombre et la nature, même approximativement)
- une limite ou cadre du système qui sépare la totalité des éléments de son environnement
- des réseaux de relations (plus les interrelations sont nombreuses, plus le degré d'organisation est élevé et plus grande est la complexité)
- des stocks (ou réservoirs) où sont entreposés les matériaux, l'énergie ou l'information constituant les ressources du système qui doivent être transmises ou réceptionnées

Sous son aspect fonctionnel, un système comprend également quatre composants :

- des flux de matériaux, d'énergie ou d'informations, qui empruntent les réseaux de relations et transitent par les stocks en fonctionnant par entrées/sorties ou inputs/outputs avec l'environnement
- des centres de décision qui organisent les réseaux de relations en coordonnant les flux et en gérant les stocks
- des boucles de rétroaction qui servent à informer, à l'entrée des flux, sur leur sortie, de façon à permettre aux centres de décisions de connaître plus rapidement l'état général du système
- des ajustements réalisés par les centre de décisions en fonction des boucles de rétroaction et de délais de réponse (correspondant au temps que mettent les informations « montantes » pour être traitées et au temps supplémentaire que mettent les informations « descendantes » pour se transformer en actions).

Un des concepts clés de la théorie des systèmes est l'homéostasie que l'on peut définir comme la capacité d'un système quelconque à conserver son équilibre de fonctionnement en dépit des contraintes qui lui sont extérieures. Ainsi, la fonction première d'un système est sa propre conservation. Or dès qu'un système échange avec son environnement, des déséquilibres vont exister entre les flux d'entrées et de sorties, alors même que le système doit maintenir un état constant pour survivre. Tel un vélo qui doit avancer pour être en état d'équilibre dynamique, tout système recherche en permanence un état constant et homéostatique

Les écosystèmes d'affaires sont animés par d'importantes dynamiques concurrentielles au niveau intra-écosystème (pour acquérir la place de leader) ;
Les logiques concurrentielles existent au niveau inter-écosystèmes (concurrences de plusieurs écosystèmes d'affaires) ;
Un écosystème d'affaires associera coopération et compétition et correspond donc à la logique de coopétition.

La concurrence économique est souvent considérée comme hautement souhaitable. Dans la pensée libérale, c'est la concurrence et la compétition entre les différentes firmes qui donnent la possibilité matérielle aux agents économiques de pouvoir faire des choix.
Franck KNIGHT a défini en 1921 les conditions de la concurrence pure. En 1983, le prix Nobel d'économie récompensait ainsi les travaux de Kenneth ARROW et Gérard DEBREU pour leur formalisation des travaux sur les conditions de la concurrence pure et parfaite.
Dans la logique de la compétition économique, les entreprises peuvent se différencier par le produit, le prix ou par l'effort de promotion.

Une lecture manichéenne de l'économie est souvent à l'œuvre : la grille d'analyse unique est celle des rapports de force entre les différents compétiteurs.

Pourtant, l'observation plus attentive de la réalité du monde économique depuis les années 1980 a permis de mettre en évidence les nombreuses collaborations et les multiples partenariats, alliances, stratégies de co-développement, qui pouvaient exister entre des firmes pourtant rivales et concurrentes.

Un néologisme s'est formé à partir des notions de Coopération et de Compétition : la Coopétition

Ce terme s'est peu à peu imposé notamment dans le best-seller mondial de NALEBUFF et BRANDENBURGER intitulé « The Death of Competition ».

Ces deux auteurs se sont appuyés sur la théorie des jeux pour montrer comment la coopétition pouvait intervenir à travers le « réseau de valeur » (value network) :

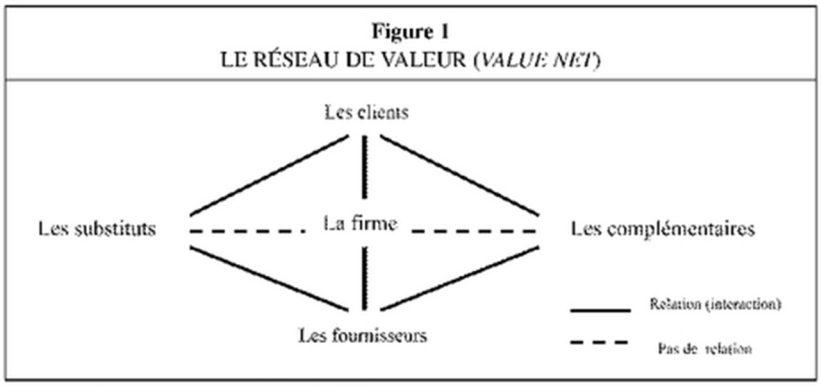


Figure 7

Cette approche nécessite de classer l'environnement d'une firme en identifiant :

- Les organisations substituts qui constituent des alternatives pour les clients ou pour les fournisseurs de cette firme. L'existence des substituts tend à réduire la valeur créée ou captée par la firme (par exemple, dans une petite ville, un bowling peut être le substitut d'un cinéma : il s'agit de deux possibilités de sortie).
- Les complémentaires qui sont les entreprises à qui les clients achètent des produits ou des services complémentaires à ceux de la firme ou à qui les fournisseurs vendent des ressources complémentaires (par exemple, deux stations de ski proches peuvent être vues soient comme rivales soient comme complémentaires si elles mutualisent leur domaine skiable)

Cette vision est différente de l'approche traditionnelle qui classe l'environnement d'une firme, a priori et de manière relativement arbitraire, en partenaires ou concurrents. Or, si on classe d'emblée un acteur comme étant un concurrent, on a tendance à privilégier d'emblée la compétition comme mode de relation.

Dans le réseau de valeur, la priorité est donnée est l'augmentation de valeur, en particulier pour le client. Le comportement à adopter vis-à-vis des substituts ou des complémentaires relève d'un choix stratégique, dicté par la volonté d'augmenter la valeur, plutôt que d'un constat a priori.

Dans leur communication de 2009 à l'AIMS sur « les relations de coopétition dans les filières aérospatiales », FERNANDEZ et SALVETAT se sont interrogés sur la nature de la coopétition : s'agit-il d'une stratégie résultant d'un processus décisionnel délibéré ou bien d'un mode de relation contraint ?

Leur analyse, réalisée sur les principaux acteurs des filières aéronautiques et spatiales, a permis de mettre en évidence quatre formes distinctes de coopétition : la coopétition imposée, la coopétition suggérée, la coopétition délibérée et enfin la coopétition non souhaitée.

Le modèle qui est souvent présent à l'esprit lorsqu'on évoque la notion de coopétition est celui de la coopétition délibérée : deux acteurs vont avoir une intention stratégique commune et vont se mettre à travailler ensemble avec envie et enthousiasme.

Si ce cas existe, de nombreux autres cas de coopétition sont beaucoup plus pragmatiques. Par exemple, la coopération imposée intervient souvent lorsque les exigences du marché sont telles qu'un acteur peut difficilement répondre seul à un appel d'offre du fait des contraintes techniques ou commerciales. Il va devoir s'associer à des firmes qui sont ses concurrents en temps normal.

Un écosystème d'affaires sera plus performant qu'un autre s'il démontre une capacité supérieure à développer, utiliser et protéger un ensemble de compétences et de ressources communes et partageables au sein de compétences écosystémiques qui lui permettront de maintenir un avantage durable

Cette partie de la définition de MOORE permet de relier le concept d'écosystème d'affaires au concept des capacités dynamiques.

Le concept des capacités dynamiques s'est développé dans les années 1990. Dans un article de 1997, TEECE, PISANO et SHUEN ont institutionnalisé le terme de capacités dynamiques. Ce terme est désormais fréquemment utilisé dans les travaux académiques, bien qu'un manque relatif de consensus existe quant à sa définition.

Dans la lignée des travaux de TEECE & Alii, LOILIER et MALHERBE ont proposé en 2010 de retenir la définition suivante des capacités dynamiques : « l'aptitude d'une firme à intégrer, construire, et reconfigurer les compétences internes et externes pour faire face aux environnements changeant rapidement ».

L'approche basée sur les capacités dynamiques s'est développée autour de deux courants de pensée : l'approche évolutionniste et l'approche entrepreneuriale. L'approche évolutionniste (NELSON et WINTER, 1982, PENROSE 1995) se base principalement sur des facteurs organisationnels. L'approche entrepreneuriale, quant à elle, se base plutôt sur des facteurs managériaux dans la mesure où elle place les managers au centre de l'émergence des capacités dynamiques

(ADNER et HELFAT, 2003, TEECE 2007), d'où le terme parfois utilisé de « capacités dynamiques managériales ».

Ainsi la théorie des capacités dynamiques a émergé dans les années 1990 au moment où la recherche universitaire s'éloignait de plus en plus de la théorie de l'organisation industrielle et de son célèbre représentant, Michael PORTER. Plutôt que de considérer l'entreprise comme une « boîte noire », l'objectif de ces chercheurs était de comprendre les sources d'avantages concurrentiels de longue durée. Cette approche repose sur l'observation que certaines entreprises disposent d'avantages concurrentiels de longue durée que les concurrents ne parviennent pas, ou très difficilement, à imiter. Dès lors, dans un contexte de fortes turbulences économiques et de réduction du « time to market », STALK, EVANS et SHULMAN indiquent en 1992 que « dans un tel environnement, l'essence de la stratégie n'est pas la structure des produits ou des marchés d'une entreprise mais la dynamique de son comportement ».

En 2007, Emmanuelle RIGAUD indique que « *le concept des dynamic capabilites permet d'orienter le regard sur des phénomènes importants et centraux en stratégie : la capacité de la firme à se renouveler, à repenser ce qu'elle fait et ce qu'elle peut faire de nouveau dans l'avenir pour améliorer sa performance* » (RIGAUD, 2007). L'entreprise acquiert, recombine et manipule des ressources (rachat d'entreprises, développement de nouveaux produits, nouveaux modes de distribution). Si le marché est stable, les capacités dynamiques peuvent s'apparenter à des routines (systématisation de règles). Si le marché est turbulent, les capacités dynamiques nécessitent des ressources d'improvisations et d'adaptations pour trouver les solutions ad hoc qu'exigent les situations rencontrées. Les capacités dynamiques ne peuvent pas être comparées entre deux entreprises concurrentes mais chaque entreprise dispose de capacités à activer ses ressources.

L'approche par les capacités dynamiques se différencie de celle de d'adaptation organisationnelle. L'adaptation organisationnelle est un concept plus restreint car il ne tient compte que de la réactivité de l'entreprise et ne prend pas en compte son positionnement proactif. L'adaptation organisationnelle s'intéresse à la façon dont l'entreprise s'adapte au marché en se reposant sur ses capacités de routines tandis que la théorie des capacités dynamiques a pour but de montrer comment l'entreprise peut être proactive sur le marché en mobilisant ses capacités d'improvisation.

Après avoir défini ce qu'était un écosystème d'affaires, suivant le concept proposé par James MOORE, nous allons à présent aborder une autre caractéristique d'un écosystème d'affaires : son équilibre instable.

3. L'équilibre dynamique et instable d'un écosystème d'affaires

De la même manière qu'un écosystème naturel, un écosystème d'affaires est en équilibre dynamique et instable. Comme nous l'avons montré dans notre étude sur les fondements

théoriques des écosystèmes d'affaires un écosystème peut être analysé suivant le concept clé de la théorie des systèmes qui est l'homéostasie : tel un vélo qui doit avancer pour être en état d'équilibre dynamique un écosystème doit parvenir constamment à conserver son équilibre de fonctionnement en dépit des contraintes qu'il rencontre.

Pour évoquer cet équilibre instable, nous allons successivement nous intéresser au cycle de vie d'un écosystème d'affaires, à ses critères de santé, et enfin à la répartition du pouvoir en son sein.

3.1. Les étapes du cycle de vie d'un écosystème d'affaires

En 1996, MOORE propose une analyse de la vie d'un écosystème d'affaires en quatre étapes (naissance, expansion, autorité et renouveau).

La première étape reflète le processus de quête puis de création d'un écosystème viable. Durant cette étape, les membres de l'écosystème cherchent à imaginer la valeur qu'il serait possible de générer. Ils réfléchissent également sur les capacités à mettre en place, à tous les niveaux, pour générer cette valeur écosystémique potentielle.
Durant cette étape clé, MOORE met en garde sur la difficulté à prévoir l'acceptabilité par le marché de la « valeur créée ». Parmi les différents membres de l'écosystème, différents niveaux d'enthousiasmes et d'engagements cohabitent. La confiance est un élément crucial, capable de faire réussir ou achopper cette étape clé.

Une fois que l'écosystème est créé, il doit réussir le test du marché. Si la proposition de valeur échoue à convaincre les clients potentiels, ceci peut conduire à une rapide dissolution de l'écosystème, chaque acteur préférant reprendre sa liberté d'action. Si le test du marché est réussi, l'écosystème entre dans la phase d'expansion qui marque son développement en terme de taille et de valeur. Cette étape est similaire à la phase de croissance dans le cycle de vie d'un produit. L'écosystème doit pouvoir évaluer la taille de son marché et structurer un réseau clé de clients, fournisseurs et distributeurs. Du fait de sa croissance, l'écosystème doit répondre à de nouveaux défis qui peuvent être de natures techniques, financières ou logistiques. L'enjeu de cette étape est d'obtenir une masse critique d'adoptants dans l'écosystème. La réussite de cette étape se matérialise lorsque l'écosystème arrive à fédérer autour de sa proposition de valeur un réseau important de clients et de partenaires. Un cycle vertueux se met alors en œuvre et l'effet d'entrainement lié à l'élargissement de l'écosystème permet de financer les investissements nécessaires à sa croissance (par exemple, renforcer les moyens de l'écosystème

en termes d'efforts communs de R&D, d'investissements marketing, de pilotage et de gouvernance en tenant compte du fait que de plus en plus d'acteurs sont à coordonner…).

La phase d'autorité se focalise sur le renforcement de l'écosystème. De la même manière qu'au sein d'un écosystème biologique, les membres d'un écosystème d'affaires poursuivent chacun des objectifs d'autorité. En effet, dès qu'une communauté atteint un certain niveau de complexité et de maturité, elle tend vers un état d'équilibre. Le système perd de sa flexibilité initiale et les positions de chacun des membres se trouvent renforcées sur l'échiquier. Ceci est d'autant plus vrai que la phase d'autorité intervient après de nombreuses compétitions intra-écosystémiques pour que chaque membre améliore sa position au sein de l'écosystème. Si l'écosystème tend vers un état d'équilibre, il reste cependant en compétition avec d'autres écosystèmes rivaux comme le souligne James MOORE. Les leaders de l'écosystème doivent dès lors savoir doser avec habileté les efforts nécessaires pour accroître la stabilité et la cohérence de l'écosystème, tout en étant capables d'imaginer et d'impulser un avenir profitable pour les différents membres. Maintenir l'état d'équilibre et des statuts privilégiés pour certains membres de l'écosystème, tout en restant dans une logique de coévolution avec l'ensemble des partenaires peut s'avérer un défi redoutable. Dans les secteurs où les cycles d'évolutions sont rapides, où les positions acquises sont fragiles, où les barrières à l'entrée sont faibles, un écosystème d'affaires trop centré sur lui-même, et au sein duquel les leaders restent arcboutés sur la défense de leur propre intérêt, peut rapidement perdre son dynamisme, sa force d'attractivité et des parts de marchés significatives vis-à-vis des écosystèmes rivaux.

La dernière étape se traduit en définitive par le renouvellement de l'écosystème ou sa mort. Durant les phases de naissance, croissance et autorité, une architecture basée sur un certain nombre de positions acquises s'est progressivement établie au sein de l'écosystème. Mais des acteurs de petites tailles (par exemple des start-up) peuvent déstabiliser l'équilibre architectural d'ensemble en introduisant des innovations de rupture qui viennent remettre en cause le modèle d'affaires général de l'écosystème. Comme le montrent CHAN KIM et MAUBORGNE dans « la stratégie océan bleue », certaines entreprises sont capables d'effectuer un saut de valeur, véritable déplacement stratégique qui aboutira à la création d'un espace de marché entièrement nouveau. Ces sauts de valeur peuvent être soit des innovations technologiques de rupture, soit des innovations managériales (qui révolutionnent par exemple la manière de s'adresser au client).

Après avoir montré qu'un écosystème d'affaires, tout comme un écosystème naturel, suivait un cycle de vie, nous souhaitons à présent nous intéresser aux critères de la santé d'un écosystème qui conditionnent le passage aux différentes étapes de sa vie.

3.2. Les critères de la santé d'un écosystème

Dans un article de la Harvard Business Review de 2004, IANSETI et LEVIEN évoquent le leadership d'une firme au sein d'un écosystème d'affaires. Ecrit juste après l'explosion de la bulle internet de l'an 2000, cet article prend pour postulat de départ qu'en dépit d'un rôle de plus en plus central dans le monde moderne des affaires, les écosystèmes sont encore mal compris et également mal gérés. Pour les deux auteurs, il est donc avant tout nécessaire de proposer un cadre pour évaluer la santé d'un écosystème et définir si celui-ci est bien géré.

Pour IANSETI et LEVIEN, trois éléments essentiels conditionnent la santé d'un écosystème, tant pour les entreprises que pour les écosystèmes biologiques.

Le premier élément est la productivité. Au sein d'un écosystème biologique, il s'agit de la capacité à convertir efficacement les intrants non biologiques, comme la lumière du soleil et les nutriments minéraux, en produits vivants tels que des organismes ou la biomasse. L'équivalent commercial est la capacité d'un réseau à transformer constamment la technologie et les matières premières issues de l'innovation en produits et services nouveaux et compétitifs. Pour mesurer la productivité d'un écosystème, plusieurs méthodes sont possibles. Les deux auteurs proposent de se focaliser sur une méthode simple, le rendement du capital investi.

Dans les années 90, ils ont donc analysé le rendement global du capital investi dans trois industries différentes : les logiciels, les biotechnologies et les services internet. Les logiciels ont obtenu en moyenne un rendement supérieur à 10 %, les entreprises de biotechnologies un rendement négatif d'environ 5 % et les sociétés internet un rendement négatif de près de 40 %.

Bien entendu, il est normal que le rendement du capital investi soit différent dans des industries très dissemblables. Par contre, le plus intéressant est d'étudier le changement de la productivité au fil du temps. Ainsi, le rendement du capital investi a peu varié d'une année à l'autre dans les écosystèmes de logiciels et les biotechnologies. Il a par contre commencé à sérieusement fléchir entre 1996 et 1997 dans l'écosystème des services internet. Ceci représentait un signe avant-coureur de l'effondrement réel du secteur internet en 2002. Des entreprises telles que Yahoo et

AOL ont commencé à facturer des frais exorbitants aux entreprises qui cherchaient du trafic à partir de leur portail. Les entreprises dépendantes de cet écosystème se sont fragilisées de plus en plus (tel que CISCO qui dut déprécier son actif de 2,2 milliards de dollars en 2002 après avoir racheté 80 startups dans la période faste de la bulle internet).

Le deuxième élément clé de la santé d'un écosystème d'affaires est sa robustesse. Un écosystème biologique doit persister face aux changements environnementaux et être ainsi capable d'assurer des bienfaits durables aux espèces qui en dépendent. De la même manière, un écosystème d'entreprise devrait être capable de survivre à des perturbations telles que des changements technologiques imprévus. Si une entreprise fait partie d'un écosystème robuste, elle bénéficie d'une relative prévisibilité et les relations entre les membres de l'écosystème sont protégées contre les chocs externes. IANSETI et LEVIEN citent ainsi le cas de Microsoft et de sa communauté de fournisseurs de logiciels indépendants qui ont pu survivre ensemble à l'adoption du World Wide Web.

Comment mesurer la robustesse d'un écosystème ? Pour les deux auteurs, la mesure la plus simple est le taux de survie des membres de l'écosystème, soit dans le temps, soit par rapport à des écosystèmes comparables. Dans le domaine des logiciels, le nombre d'acteurs de l'écosystème évolue fortement au cours des années 90 avant de légèrement se contracter autour de la récession technologique de 2001. La population de la communauté des biotechnologies reste relativement stable durant toute cette période (même si de nouvelles start-ups peuvent remplacer des entreprises ayant cessé leurs activités). Par contre, dans le domaine de l'internet, le nombre de faillites a fortement augmenté quelques années avant l'explosion de la bulle de 2002. Ceci traduit la faible robustesse, durant cette période, de cet écosystème instable et trop chaotique, qui fut incapable de protéger efficacement ses membres contre les chocs externes.

Le troisième élément de la santé d'un écosystème est sa capacité à produire de la diversité et à créer des niches. Un écosystème biologique est représenté par tous les éléments vivants (animaux et végétaux) et non-vivants (eau, sol, soleil, température) de ses nombreux habitats et par toutes les relations qu'il peut y avoir entre eux. La biodiversité d'un écosystème représente donc les possibilités infinies liées au fait que des milliers d'éléments sont reliés entre eux et entretiennent des relations d'interdépendance, puisque chaque élément peut être indispensable à un autre élément.

Aussi bien en biologie qu'en affaires, l'intensité de la diversité suggère la capacité de l'écosystème à absorber les chocs externes et le potentiel d'innovation productive. Dans un contexte commercial, la capacité de l'écosystème à créer de nouvelles fonctions ou des niches est un élément clé de sa réussite. Une des manières de mesurer cette capacité est de s'intéresser à la manière dont des technologies émergentes peuvent rapidement se traduire sous forme de nouvelles entreprises et nouveaux produits. Pour IANSETI et LEVIEN, les industries de l'automobile et de l'informatique ont présenté des profils très différents au cours des années 90 et du début des années 2000. Alors que l'industrie informatique a adopté avec enthousiasme les technologies innovantes, l'industrie automobile a plutôt cherché dans cette période à empêcher l'apparition de niches supplémentaires.

Pour les deux auteurs, si le caractère sain d'un écosystème se mesure à sa capacité de créer de nouvelles niches, il ne s'ensuit pas pour autant que de vieilles niches doivent persister. Il arrive ainsi fréquemment que certaines zones d'affaires de l'écosystème déclinent et que ceci permette la création d'une pléthore de nouveaux domaines dans d'autres secteurs. Par exemple, l'effondrement du mainframe (produire de gros ordinateurs centraux avec une grande puissance de traitement) dans l'écosystème informatique a donné lieu à l'émergence de nombreux nouveaux domaines liés à l'informatique personnelle et aux réseaux client-serveur.

En définitive, IANSETI et LEVIEN considèrent que la productivité, la robustesse et la capacité à créer de la diversité et des niches sont les trois critères essentiels qui déterminent la santé d'un écosystème, et qui par là-même déterminent son cycle de vie.

Après avoir défini les critères de bonne santé d'un écosystème d'affaires, nous souhaitons nous focaliser sur la répartition du pouvoir en son sein. Pour poursuivre avec la métaphore biologique, nous considérons en effet que la répartition du pouvoir constitue un véritable « flux sanguin » pour l'écosystème, qui permet d'expliquer si celui-ci est en bonne santé ou en mauvaise santé.

3.3. La répartition du pouvoir, « flux sanguin » de l'écosystème

L'analyse de la répartition du pouvoir est au centre de l'action collective qui se déroule au sein d'un écosystème. En effet, les importantes dynamiques de compétition et de coopération qui s'y développent simultanément conduisent régulièrement à rebattre l'équilibre du pouvoir en son sein et conditionnent son équilibre et les étapes de son cycle de vie.

Dans un écosystème d'affaires, tel que défini par MOORE, de nombreux jeux existent : les jeux de la ou des firmes pivots pour assurer leur leadership sur l'écosystème, les jeux des entreprises fournisseurs pour essayer de capter le maximum de valeur, le jeu des associations de clients pour faire entendre leur voix, les jeux des pouvoirs publics pour structurer le secteur…

Pour pouvoir « jouer » (agir) au sein de l'écosystème, les différents acteurs ont besoin d'un ingrédient qui s'appelle le pouvoir. Le pouvoir est lié aux zones d'incertitudes que détient chaque acteur.

Dès 1977, CROZIER et FRIEDBERG démontrent qu'on peut distinguer quatre grandes sources de pouvoir correspondant aux différents types de sources d'incertitudes particulièrement pertinentes :

- La maîtrise d'une compétence particulière et de la spécialisation fonctionnelle :
  Pour que cette maîtrise soit une source de pouvoir, ceci nécessite que la possession de cette compétence ou de cette spécialisation soit difficilement remplaçable. L'expert est ainsi le seul qui dispose du savoir-faire, des compétences ou de l'expérience du contexte pour résoudre certains problèmes cruciaux de l'organisation. Même si l'expertise est rarement irremplaçable, il existe cependant beaucoup de monopoles de fait parce qu'il est trop difficile et trop coûteux de remplacer des experts (coût de la recherche, de la mise au courant, etc.).
  Au sein d'un écosystème d'affaires, une PME innovante peut par exemple se révéler totalement incontournable, en dépit de sa petite taille, car elle maîtrise une compétence unique pour la firme leader.

- La maîtrise des relations entre l'organisation et son environnement est également une source d'incertitude importante. Aucune organisation ne peut exister sans établir des relations avec son ou ses environnements. Elle en dépend doublement : pour obtenir les ressources matérielle et humaines nécessaires à son fonctionnement (fournitures, personnel, etc.) ; pour placer ou vendre son produit, qu'il s'agisse d'un bien matériel ou d'une prestation immatérielle. Les individus et les groupes qui par leurs appartenances multiples, leur capital de relations dans tel ou tel segment de l'environnement seront capables de maîtriser et de domestiquer cette zone d'incertitude au profit de l'organisation disposent d'un pouvoir considérable au sein de celle-ci.

Dans un écosystème d'affaires, la ou les firmes leaders détiennent un pouvoir considérable du fait de la capacité d'intermédiation dont elles disposent. C'est par exemple le cas d'AIRBUS du fait de son rôle d'architecte-ensemblier dans la construction d'un avion.

- La manière dont la communication et les flux d'information sont organisés est également une zone d'incertitude importante. Pour pouvoir réaliser correctement les tâches qui lui sont assignées, tout acteur a besoin d'informations provenant d'autres acteurs. Dans un réseau de communication, les acteurs du concours desquels on ne peut se passer et qui occupent une place que l'on ne peut court-circuiter, disposent d'un pouvoir important. La manière dont ils transmettent leur information, de manière plus ou moins filtrée ou maquillée, avec plus ou moins de retard, affecte profondément la capacité d'action du destinataire.

  L'information est une ressource clé pour un écosystème d'affaires. Plus un acteur est proche du centre de l'écosystème et du ou des leaders, plus il baigne dans un flux d'informations continu qui lui permet de capter le maximum d'opportunités.

- L'utilisation des règles organisationnelles constitue la quatrième source de pouvoir. Ceci peut paraître paradoxal car les règles sont en général destinées à supprimer les sources d'incertitudes. Mais dans les faits, non seulement elles ne parviennent pas à les évacuer complètement mais elles peuvent aussi en créer d'autres qui peuvent immédiatement être mises à profit par ceux-là même qu'elles cherchent à contraindre et dont elles sont censées réguler les comportements.

  Au sein d'un écosystème d'affaires, les parties prenantes non marché tels que les autorités de régulation, les groupes de pressions qui peuvent influer sur les règlements ou les normes, les syndicats professionnels, peuvent ainsi disposer d'un pouvoir considérable.

Au sein d'un écosystème d'affaires, tous les acteurs utilisent les zones d'incertitudes qu'ils détiennent pour défendre leurs positions acquises et leur marge d'action dans l'écosystème.

Dès lors, il est relativement logique que tout développement nouveau se heurte à la résistance du système établi. Le changement signifie avant tout la transformation de l'écosystème. En effet, pour qu'il y ait véritablement changement, il faut que l'écosystème se transforme, que de nouveaux rapports humains soient mis en pratique, que de nouveaux modes de contrôle social soient établis. Un vrai changement ne conduit pas seulement à un changement du jeu, ni même des règles du jeu, mais peut aller jusqu'à changer la nature même du jeu.

Comme le rappellent CROZIER et FRIEDBERG dans « l'acteur et le système », le passage du système féodal au système capitaliste ne s'est pas accompli par le changement des règles du jeu féodal (par exemple donner plus de liberté au vassal par rapport à son suzerain) mais le capitalisme a constitué un nouveau type de jeu complètement différent. Au sein des écosystèmes d'affaires, un changement de technologie peut jouer un rôle similaire et renverser complètement la hiérarchie des rôles établis..

Dès qu'un changement, de grande ampleur, est envisagé, deux problèmes apparaissent toujours : l'élaboration du projet de changement et la mise en œuvre du changement une fois que celui-ci a été décidé. Face à ces deux problèmes, la notion de résistance au changement est souvent évoquée. De nombreux ouvrages en management donnent des conseils pour vaincre la résistance au changement, en expliquant, en formant, en sacrifiant une partie des changements pour sauver l'essentiel, ce qui revient à sacrifier la lettre pour sauver l'esprit, en manipulant par une stigmatisation des égoïstes qui résistent au changement au nom de leurs intérêts particuliers contraire à l'intérêt général.

Les membres d'une organisation ne sont pas attachés de manière passive et bornée à leurs routines. Contrairement aux idées reçues, ils sont tout à fait prêts à changer très rapidement s'ils sont capables de trouver leur intérêt dans les jeux qu'on leur propose. Les habitudes ont pour eux beaucoup moins d'importance qu'on ne croit. En revanche, ils ont une appréciation très raisonnable et presque instinctive des risques que peut présenter pour eux le changement.

Tout changement est dangereux car il remet en question les conditions du jeu et des sources de pouvoir. Face à tout changement envisagé, tout acteur se demande, presque instinctivement comme le soulignent CROZIER et FRIEDBERG, si celui-ci remet en jeu ses sources de pouvoir et sa liberté d'action, en modifiant ou en faisant disparaître les zones d'incertitudes pertinentes qu'il contrôle. Dès lors, de manière consciente ou inconsciente mais toujours légitime, il va faire obstacle à tout ce qui pourrait menacer son autonomie. Le changement va donc être perçu comme un enjeu en tant que tel et le but des acteurs va être de l'orienter de telle sorte qu'il puisse maintenir, ou renforcer, la zone d'incertitude qu'ils contrôlent.

Ceci explique les échecs souvent constatés face à des changements imposés d'en haut. Ceux-ci s'appuient souvent sur une logique de rationalisation qui consiste en fait à réduire ou éliminer

des zones d'incertitudes. Dès lors, les oppositions à de tels changements sont souvent virulentes et profondes.

Même lorsque le changement est accepté, il arrive souvent qu'il soit vidé de son sens. CROZIER et FRIEDBERG soulignent l'« *extraordinaire capacité de chaque ensemble humain à absorber tout changement formel en maintenant ses caractéristiques essentielles* » (CROZIER et FRIEDBERG, 1977 : p 387). En utilisant leur marge de liberté, à travers les jeux dont ils disposent, des acteurs importants peuvent en effet donner l'illusion d'accepter un changement, de le mettre en œuvre, en l'appliquant à la lettre tout en sabordant l'esprit de ce changement.

En définitive, si la répartition du pouvoir nous paraît constituer le « flux sanguin » d'un écosystème, c'est parce qu'elle conditionne la santé de celui-ci.

Comme un sang de bonne qualité permet au corps de vivre et se développer, une bonne répartition du pouvoir au sein d'un écosystème permet « le jeu » au sein de celui-ci et assure sa cohérence. Ainsi, un acteur qui ne maîtrise aucune zone d'incertitude est rapidement amené à disparaître.

Inversement, de la même manière qu'une mauvaise qualité sanguine ou un sang anémié, une mauvaise utilisation de la répartition du pouvoir conduit à la dégradation de la santé d'un écosystème :

- Un écosystème ne sera pas productif si les acteurs utilisent leurs zones d'incertitude pour bloquer toute innovation ou remise en question…
- Un écosystème ne sera pas robuste si la dynamique concurrentielle est bloquée de manière artificielle par des acteurs qui utilisent leurs zones d'incertitude de manière abusive…
- Un écosystème ne parviendra à créer de la diversité si les acteurs se servent des zones d'incertitudes pour créer des barrières à l'entrée telles qu'elles dissuadent tout nouvel entrant potentiel…

Après avoir montré qu'un écosystème était en équilibre instable, nous souhaitons à présent aborder le rôle clé de la firme leader dans la transformation écosystémique.

4. Le rôle clé de la firme leader dans la transformation écosystémique

Dans la définition de MOORE, un écosystème d'affaires est animé et structuré par une ou plusieurs entreprises leaders. IANSETI et LEVIEN identifient trois modes de configuration inter organisationnelle en fonction du type de leadership :

- La firme pivot peut avoir une stratégie de *physical dominator*. Ceci consistera à contrôler son écosystème. Elle va rechercher le contrôle direct en rachetant des entreprises, par le biais d'alliances exclusives, en contrôlant le système d'information inter organisationnel. Elle va ainsi chercher à extraire le maximum de valeur des actifs de l'écosystème à son profit exclusif. L'objectif ne sera pas d'accroître la diversité de l'écosystème ni de bien faire vivre les autres acteurs de la communauté.

- La firme pivot peut adopter une stratégie de *value dominator*. Dans ce cas, l'objectif sera de rechercher une certaine décentralisation pour ne pas tout contrôler. Mais le leader va néanmoins conserver une emprise importante sur la création et le partage de la valeur. Il pourra ainsi contrôler directement certains actifs spécifiques de l'écosystème (code, plateforme propriétaire, brevets…) et il jouera un rôle clé dans l'orientation générale. Il souhaitera également que les autres membres de l'écosystème appartiennent exclusivement à celui-ci.

- Dans un dernier cas, la firme pivot peut adopter une stratégie de type *keystone.* Cette stratégie suppose un mélange subtil mêlant confiance et pouvoir. Cette stratégie aura pour objectif de créer de la valeur pour l'ensemble de l'écosystème et de la partager auprès des autres membres. L'objectif sera d'augmenter la diversité de l'écosystème, d'en accroître la valeur globale et d'en faire profiter tous les acteurs.

Il est important d'étudier ces trois positionnements possibles de la firme leader par rapport à leur impact sur la santé de l'écosystème pris dans sa globalité.

4.1. Le leadership de type « physical dominator »

Dans l'article de 2004 de la Harvard Business Review, IANSETI et LEVIEN précisent d'emblée leur vision en évoquant les dangers de la domination.

L'exemple d'IBM est cité. Durant l'apogée des mainframes, ces gros ordinateurs centraux qui ont longtemps régné sans partage sur l'informatique mondiale, IBM a dominé l'écosystème en fournissant la plupart des produits et des services dont ses clients avaient besoin. Force est de constater que cette stratégie a été très efficace durant très longtemps, en permettant à IBM de créer et d'extraire une énorme valeur durant une longue période temporelle. Mais ce modèle a trouvé ses limites lorsque l'écosystème des PC, beaucoup plus ouvert et distribué, est apparu. Celui-ci a très vite atteint des niveaux d'innovation et de flexibilité beaucoup plus importants, en étant portés par les stratégies de type keystone de Microsoft et Apple.
Le côté paradoxal du modèle de dominateur physique est le fait que d'une certaine manière l'intérêt même d'un écosystème est remis en cause. En effet, lorsqu'un leader pousse trop loin l'intégration verticale et horizontale de son réseau et qu'il cherche à en posséder la plus grande partie, il ne fait finalement qu'accroître la taille de sa propre entreprise en se privant de la capacité d'un écosystème externe à lui apporter de l'innovation et de la diversité.

Dans un article de 2012, FAUTRERO et GUEGUEN étudient le cas de l'écosystème d'affaires Symbian et montrent comment le comportement de Nokia a contribué à son déclin.

Créée par Nokia et Ericsson, Symbian développe et commercialise à partir de 1998 un système d'exploitation pour téléphones mobiles. En 2005, Symbian représente 65 % du marché mondial et rallie autour d'elle les grands équipementiers tels Motorola, Samsumg, Siemens, et Sony. L'année 2011 marque un tournant historique pour le marché mondial des smartphones : Apple (iOS) mais surtout Google (Android) mettent fin à plus de dix ans de domination de Symbian. Pour les deux auteurs, au-delà de l'apparition de nouveaux compétiteurs, la volonté de Nokia de capter de plus en plus de valeur au sein de l'écosystème, grâce à une politique agressive d'acquisition et une stratégie d'intégration verticale, explique le déclin de l'écosystème Symbian. Face à cette volonté de Nokia de capter de plus en plus de valeur, les autres partenaires se retirent progressivement et contribuent ainsi au déclin de l'écosystème.

4.2. Le leadership de type « value dominator »

Dans leur article de 2004, IANSETI et LEVIEN sont encore plus sévères envers le modèle de domination par la valeur qu'envers le modèle du dominateur physique. Si les dominateurs physiques sont critiqués pour leur tendance à vouloir contrôler une grande partie de l'écosystème,

les deux auteurs soulignent qu'au moins ils sont responsables d'une grande partie de la création de valeur qu'ils capturent.

Par contre, le dominateur par les valeurs est accusé de créer peu, voire aucune valeur, pour l'écosystème, mais de se comporter comme un prédateur qui extrait autant qu'il peut la valeur créée par les autres membres de l'écosystème. Au bout d'un certain temps, la valeur laissée aux autres membres de l'écosystème devient tellement faible que celui-ci finit par s'effondrer.

IANSETI et LEVIEN citent les cas comparés d'Enron et d'EBay pour illustrer le comportement nuisible d'un « value dominator ».

A la fin des années 1990, les deux entreprises se sont retrouvées face à l'émergence d'internet et à sa capacité à générer des réseaux massifs de partenaires commerciaux. Avec internet, un nouveau métier apparaît : le courtage en ligne. Les deux entreprises se sont donc positionnées comme étant le pivot d'un écosystème réalisant ses affaires via internet. Malgré une vision commune au départ, leurs chemins se sont très vite éloignés.

EBay a connu des débuts humbles à ses débuts. Avec des actifs limités, il a appris progressivement le métier du courtage en ligne en se focalisant dans un premier temps sur le petit marché des collectionneurs. Après avoir appris le métier, EBay a entrepris de créer un énorme écosystème de partenaires commerciaux sains. Dans le livre « EBay à 200 % », KARP précise qu'EBay a été créé en 1995 et que le nombre de ses membres est passé de 10 millions en 1999 à 95 millions en 2003. EBay a donc su très vite générer de la confiance et apparaître aux yeux de tous comme une communauté et comme un espace unique de communication et de rencontres. Cette communauté EBay a même acquis une dimension symbolique avec ses propres histoires et ses propres anecdotes. EBay prône et entretient la valeur selon laquelle elle constitue le lieu où tout peut s'acheter et se vendre. Ainsi en décembre 2002, une petite ville californienne de 670 habitants a trouvé acquéreur sur EBay pour 1,78 millions de dollars ! EBay prend soin de sa communauté en organisant également des rassemblements physiques entre plusieurs milliers de ses membres et les dirigeants de l'entreprise. Le modèle économique d'EBay est donc basé sur l'excellence opérationnelle de sa plate-forme et sur les valeurs de confiance, convivialité et sentiment d'appartenance de sa communauté.
Dans cette activité de courtage en ligne, EBay a donc adopté un comportement de « keystone leader » (nous reviendrons dans la suite sur ce qu'est un « keystone leader »). Le principe de base d'EBay est le partage de la richesse. Ceci n'est pas le signe d'une attitude philanthropique,

puisqu'EBay gagne énormément d'argent, mais le fait qu'EBay a conscience que sa pérennité repose sur le fait que l'ensemble de son importante communauté doit également bénéficier de la valeur créée par l'écosystème.

Enron est née en 1985 de la fusion de Houston Natural Gas et de la Internoth of Omaha. L'entreprise d'origine, la Houston Natural Gas est à la base un petit distributeur de gaz texan. Sous l'impulsion d'un ancien consultant de MacKinsey, Enron adopte au début des années 1990 un nouveau modèle d'affaires en créant la « Gas Bank », une chambre de compensation pour le gaz. Enron devient la contrepartie de toutes les transactions sur le gaz. Par la suite, Enron se diversifie en élargissant son marché à l'ensemble des matières premières. En 2000, le site EnronOnline est lancé. Il s'agit d'une plate-forme de trading où sont négociés jusqu'à 2100 produits du secteur énergétique. Enron développe un discours sur l'innovation et se présente comme le créateur d'un nouveau métier consistant à transformer le gaz, l'électricité et les autres matières premières en marchandises échangeables sur les plate-formes électroniques des salles de marchés. Enron devient rapidement le chouchou des marchés financiers et de la presse économique. Le magazine « Fortune » la présente comme « l'entreprise américaine la plus innovante » durant six années consécutives de 1996 à 2001 ! A son apogée, le chiffre d'affaires d'Enron est de 101 milliards de dollars.

La faillite du géant Enron est annoncée le 2 décembre 2001. Le cours de l'action passe de 90 dollars à 0,3 dollars ! Cette faillite est souvent uniquement présentée comme le résultat d'un formidable système de corruption. Il est vrai que tous les ingrédients sont réunis : plus de 3000 sociétés offshores domiciliées dans des paradis fiscaux créées par Enron, truquage des comptes, complicité des commissaires aux comptes (Enron entrainera dans sa chute le cabinet Arthur ANDERSEN)… Mais la cause première de la faillite d'Enron réside dans le fait que la firme soit devenue un dominateur de la valeur au sein de son écosystème.

A la différence d'Ebay, Enron perd très vite tout son capital confiance au sein de son écosystème. Dès qu'elle entre sur un nouveau marché, la firme en extrait la valeur à son seul profit, en exploitant à fond sa position dominante. Son principal atout est l'assymétrie d'informations dont elle bénéficie grâce à sa position stratégique et sa plateforme. La firme texane devient très vite experte dans l'art de tromper l'ensemble des partenaires de son écosystème en masquant la rentabilité réelle de ses investissements, en comptabilisant des profits non existants, en rendant publics des commentaires faux et très opaques sur l'état réel de tels ou tels marchés… Au sein de l'écosystème réel, Enron se crée même un écosystème virtuel qui n'est qu'une prolongation

d'elle-même (par exemple, Enron utilise ses milliers de sociétés écrans pour se vendre du gaz à elle-même, qu'elle s'engage à racheter. Elle crée ainsi une dette potentielle, non comptabilisée dans son bilan, de même qu'elle ne comptabilise pas les dépenses nécessaires à l'achat et à la livraison de gaz…).

Avec une grande arrogance, les commerciaux d'Enron dictent leur loi sur le marché et détruisent peu à peu toute confiance écosystémique. Ce comportement prédateur et poussé à l'extrême de dominateur de la valeur conduit finalement à l'explosion de l'écosystème Enron le 2 décembre 2001.

4.3. Le leadership de type « keystone »

Dans un article qui compare les écosystèmes d'affaires de Boeing et d'Airbus, GRATACAP et EDOUARD montrent que Boeing a adopté un leadership de type Keystone pour la construction du 787 dreamliner alors qu'Airbus a opté pour un leadership de type Value Dominator pour la construction de l'A380.

Pour le 787 dreamliner, Boeing a réalisé une évolution considérable par rapport à ses anciennes pratiques de développement d'un nouveau modèle. Jusqu'à présent, Boeing était parvenu, par le biais de fusions et d'acquisitions successives, à contrôler l'ensemble de la chaîne de production de ses avions. Pour le 777 par exemple, Boeing a conçu 70 % de l'avion, assuré 30 % de la fabrication de ses composants et 100 % de l'assemblage et de la commercialisation. De fait, le réseau stratégique de Boeing était très hiérarchisé et très centralisé. Boeing avait également fait le choix de restreindre le nombre de ses sous-traitants afin de bloquer l'entrée de concurrents sur ce segment. Ainsi, quatre heavies japonais (Mitsubishi, Fuji, Kawasaki et Ishikawajima) sont devenus de véritables cotraitants de Boeing.

Pour concevoir le 787 dreamliner, Boeing a procédé différemment en décentralisant les responsabilités. L'objectif était de garder la responsabilité du design d'ensemble, de l'intégration des systèmes et de l'assemblage final. Par contre, le design spécifique de chaque élément est délégué. Durant cette phase de conception, quarante-trois partenaires globaux, appartenant à onze pays et quatre continents sont mobilisés. Quatre sont réellement de premier rang : Kawasaki Heavy Industries, Mitshubishi Heavy Industries, Fujy Heavy Industries et Alenia Aeronautica. Pour les ensembles et sous-ensembles fabriqués par les partenaires, ceux-ci choisissent eux-mêmes leurs sous-traitants et assument les études et le financement de la

production en maîtrisant les coûts. Pour chaque ensemble ou sous-ensemble, une plate-forme électronique permet de partager les idées. Chaque partenaire peut faire des propositions sur le design mais également les compagnies aériennes ou les passionnés d'aviation. Par la suite, Boeing lance des appels d'offre pour désigner le fournisseur de premier rang pour le composant ou le module.

Ce modèle incite les partenaires à coopérer en facilitant le partage des idées en amont mais en faisant également en sorte que la proposition d'un partenaire soit compatible avec les autres propositions des autres partenaires sur les autres composants de l'avion. Mais il maintient le principe de la mise en concurrence pour la fourniture lors de la phase plus aval de la fabrication. Comme l'indiquent GRATACAP et EDOUARD, ce modèle a des avantages énormes en termes de coûts de transaction. Pour le 777, Boeing a dû rédiger un cahier des charges extrêmement précis de plus de 2500 pages, où les spécificités de chaque composant étaient décrites. Pour le 787 dreamliner, Boeing n'a eu besoin que d'une vingtaine de pages, plus proches d'une lettre de cadrage que d'un véritable cahier des charges. Il ne faut que trois jours pour assembler le 787 dreamliner.

Le cas de BOEING montre à quel point le pouvoir de la firme pivot est important au sein de l'écosystème. Si on se réfère à l'analyse stratégie, la firme pivot détient en effet des leviers d'incertitude essentiels pour l'ensemble des acteurs de l'écosystème :

- La maîtrise de compétences clés. Dans le cas de BOEING, seule la firme pivot détient la vision d'ensemble de l'avion et l'expérience acquise par des décennies de construction aéronautique
- La maitrise de l'information et de sa transmission : dans une logique de construction modulaire, une partie n'a de sens que relative à un tout. La manière dont les informations sont mises à disposition par la firme pivot, sur une plateforme plus ou moins sophistiquée et de manière plus ou moins exhaustive, conditionne le travail des nombreux autres acteurs de l'écosystème
- La maîtrise des relations avec l'environnement : en conservant à leur niveau l'exclusivité de la commercialisation de leurs avions, les deux constructeurs sont les seuls à assurer l'interface avec le client final, les compagnies aériennes. Tous les membres de l'écosystème sont liés au pari technico-commercial de BOEING sur le 787 dreamliner : celui d'un avion de 210 à 300 places, économe en énergie, construit pour réaliser des dessertes aériennes point à point, avec de multiples liaisons nationales sans passer par de grands aéroports de transit. Ce choix est contraire à celui d'AIRBUS à

travers l'A380, qui est celui de privilégier un avion de 550 à 800 places qui fait le pari d'une organisation en hub des compagnies aériennes et de la recherche du taux de remplissage maximum sur les lignes long courrier.

4.4. La stratégie du leader, acteur clé de la transformation écosystémique

En conclusion de ce chapitre sur les écosystèmes d'affaires, nous considérons que la firme leader d'un écosystème maîtrise des zones d'incertitudes essentielles pour l'ensemble des acteurs.

L'équilibre dynamique instable dans lequel se trouve un écosystème d'affaires se caractérise également par le fait que celui-ci est en permanence confronté à deux forces opposées : la logique de conservation de l'existant et la dynamique d'innovation.

Les travaux de IANSETI et LEVIEN sont essentiels pour comprendre la différence entre un écosystème qui stagne et un écosystème qui se développe, entre un écosystème qui reste un écosystème d'affaires et un écosystème qui évolue vers un écosystème de l'innovation. Un écosystème qui stagne voit progressivement sa santé se détériorer en devenant moins productif, plus fragile. Chacun de ses membres cherche à se replier sur lui-même pour préserver ses intérêts et à voir dans tout nouvel entrant et dans tout changement une menace. Progressivement, la diversité de l'écosystème diminue et ceci conduit à diminuer fortement l'innovation. La logique de conservation de l'existant prend le dessus et entraine progressivement le déclin de l'écosystème. Inversement un écosystème en bonne santé, productif et robuste, favorise la diversité : la dynamique d'innovation prend le dessus. Cet écosystème peut progressivement devenir un véritable écosystème de l'innovation.

Suivant qu'elle adopte un comportement de dominateur physique, de dominateur par les valeurs ou qu'elle se positionne dans un rôle de clé de voûte, elle peut favoriser soit la conservation de l'existant, soit la logique d'innovation. Notre propos n'est pas de dire qu'un modèle de type dominateur exclut par principe toute capacité à développer de l'innovation. Néanmoins, de la même manière que IANSETI et LEVIEN, nous considérons qu'un modèle de type clé de voûte ou keystone est plus à même de garder un écosystème en bonne santé et surtout d'en promouvoir la diversité, susceptible d'encourager l'innovation.

Le leader keystone d'un écosystème se doit d'avoir une vision du développement de celui-ci. Cette vision ne consiste pas seulement à imaginer comment l'écosystème pourra servir ses intérêts propres dans l'avenir ou une simple prolongation stratégique de la firme leader. Elle consiste à envisager l'avenir de l'écosystème tout entier, à imaginer comment chacun de ses membres, dans leur diversité, va pouvoir tirer profit lui aussi de la dynamique écosystémique.

Pour qu'un écosystème d'affaires puisse véritablement devenir un écosystème de l'innovation, son leader doit avoir une intention stratégique claire dans ce sens et la mettre véritablement en œuvre de manière continue. Les exemples d'écosystèmes d'affaires ayant réussi et pouvant être qualifiés selon nous de véritables écosystèmes de l'innovation sont à cet égard significatifs :

- Sans l'intention initiale de Boeing de partager l'innovation sur le 787 dreamliner, cet avion n'aurait pas pu bénéficier du meilleur état de l'art et des connaissances au niveau mondial, se traduisant par de nombreuses innovations
- Les visions d'E-Bay, Amazon ou Apple concernant leurs plates-formes collaboratives impliquaient dès le début le principe de faire apparaître des niche-players, pouvant eux aussi gagner leur vie tout en accroissant l'offre de la plate-forme
- La réussite de Minatec à Grenoble, grand centre européen sur les nanotechnologies, n'aurait pas été possible sans l'intention initiale du CEA/Grenoble, à la fin des années 2000, d'associer des scientifiques et des industriels, en vue de fédérer et démultiplier la capacité d'innovation.

Souligner le rôle de la firme leader ne signifie pas que le rôle des autres acteurs et parties prenantes de l'écosystème n'est pas très important lui aussi. Mais, dans la lignée des travaux de James MOORE, la notion même de leadership nous semble indissociable de la responsabilité particulière d'imaginer l'avenir, d'être en capacité de faire partager sa vision du futur, et d'organiser la mise en mouvement du système pour aller dans cette direction. Le leader est donc un acteur clé de la transformation écosystémique.

Nous allons évoquer à présent quelques limites théoriques pouvant entraîner des questions de recherche légitimes sur ce sujet de la transformation écosystémique et du passage d'un écosystème d'affaires à un écosystème de l'innovation.

5. Limites théoriques et questions de recherche

Nous avons montré dans la première partie de ce chapitre que le concept d'écosystème de l'innovation connaissait un grand succès managérial. Après avoir étudié les écosystèmes

d'affaires, notre revue de littérature nous conduit à considérer que pour de nombreux auteurs, le but d'un écosystème d'affaires est l'innovation.

L'utilisation managériale du terme « écosystème de l'innovation » semble plaider pour une définition distincte de celle de l'« écosystème d'affaires ». En effet, lorsqu'on évoque par exemple, l'écosystème de l'innovation du Québec, ceci est très différent de la définition de James MOORE sur les écosystèmes d'affaires. Il ne s'agit pas de mettre en œuvre un standard autour de quelques firmes pivots appartenant à un même secteur d'activité. Il s'agit plutôt d'évoquer les dispositifs favorisant l'innovation sur un territoire, dispositifs qui s'appliquent à de très nombreux acteurs économiques intervenant dans de nombreux secteurs. Le terme « écosystème de l'innovateur » est d'ailleurs fréquemment employé à côté de celui d' « écosystème de l'innovation ». Mais est-ce que ceci peut constituer une matière suffisante pour forger un concept à part entière, qui serait autonome de celui d'écosystème d'affaires ?

Dans le concept de l'écosystème d'affaires tel que proposé par James MOORE, la notion d'innovation a toujours été présente et l'auteur en fait même une des caractéristiques essentielles. Dès 2004, les auteurs IANSETI et LEVIEN considèrent que l'objectif ultime de l'écosystème d'affaire était la diffusion de l'innovation. En 2010, BEN LETAIFA et RABEAU considèrent que « l'écosystème d'affaires est un écosystème de l'innovation » et rappellent que plusieurs chercheurs, tel IYER et DAVENPORT (2008) et MILLER et OLLEROS (2008) ont également fait ce choix.

La première question de recherche que nous identifions est donc la suivante :
le concept d'écosystème de l'innovation est-il un concept autonome du concept d'écosystème d'affaires ou représente-t-il une des étapes du cycle de vie d'un écosystème d'affaires ?

En 1996, James MOORE considère que la vie d'un écosystème d'affaires comporte quatre étapes : la naissance, l'expansion, l'autorité et le renouveau.

En 1996, MOORE propose une analyse de la vie d'un écosystème d'affaires en quatre étapes (naissance, expansion, autorité et renouveau). Cette vision, reprise par de nombreux auteurs, repose en effet sur l'observation dans la durée de très nombreux écosystèmes d'affaires sur lesquels ces quatre étapes du cycle de vie furent observées.

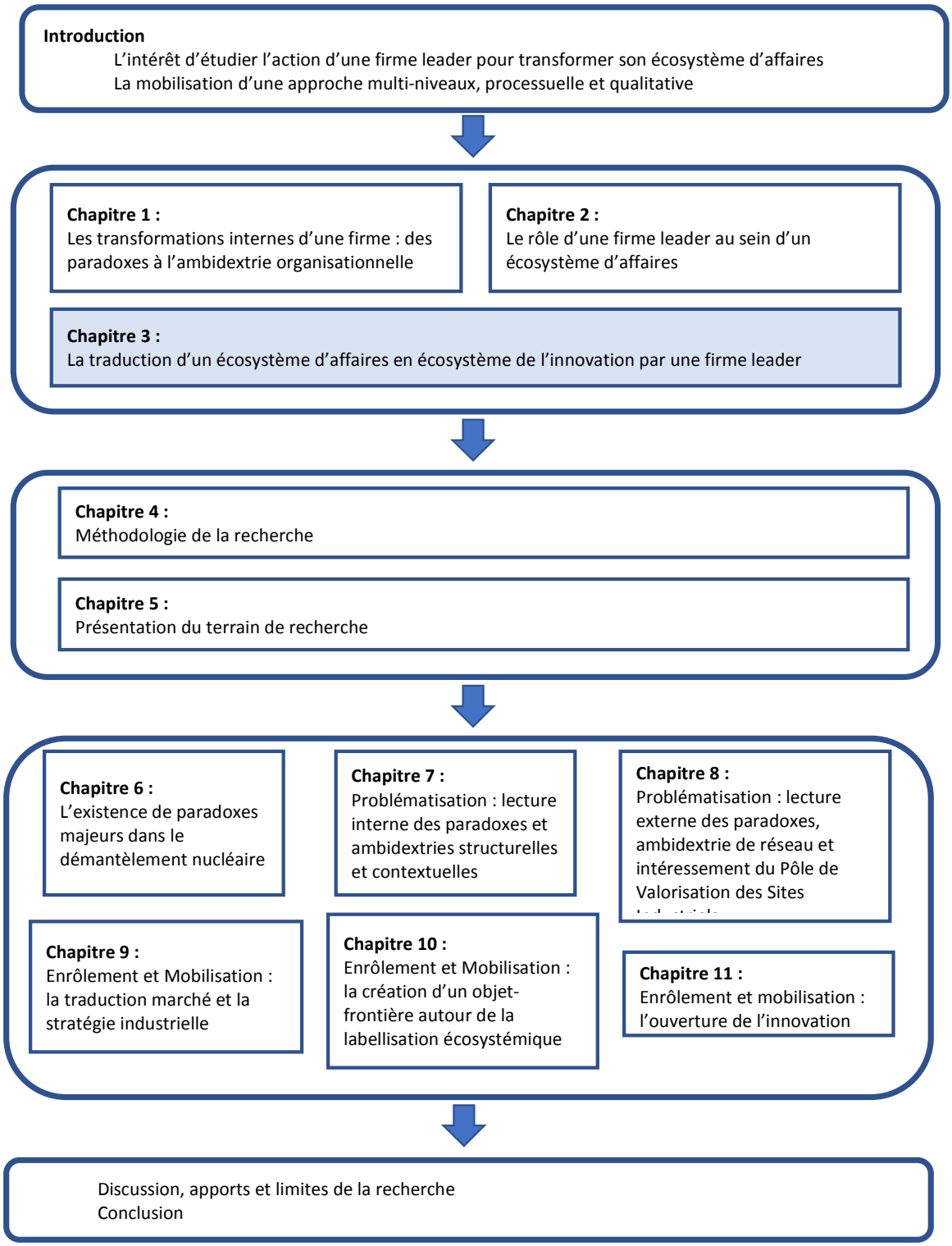
Dans la littérature en science de gestion, de nombreux papiers de recherche sont consacrés aux phases de naissance et de déclin d'un écosystème d'affaires. Peu d'articles sont consacrés aux phases d'expansion et d'autorité. Nous attribuons ceci au fait que ces phases peuvent paraître moins intéressantes à étudier pour un chercheur en science de gestion. L'esprit pionnier d'un écosystème en construction ou le caractère spectaculaire du déclin d'un écosystème (la chute de l'écosystème ENRON, le lent déclin de l'écosystème NOKIA…) représentent très certainement des sujets de recherche plus mobilisateurs que les transformations internes d'un écosystème déjà établi. De plus, l'analyse de ces deux phases nécessite un « temps d'exposition de la photo » beaucoup plus long. Le chercheur doit s'immerger durant plusieurs années sur le terrain de recherche pour bien comprendre des évolutions qui sont plus des « lames de fond », plus difficiles à étudier que les « grandes vagues » qui peuvent se produire durant les phases de naissance ou de déclin.

Pourtant l'observation de ces deux phases du cycle de vie est essentielle par rapport à la deuxième question de recherche que nous souhaitons aborder :
Si l'écosystème de l'innovation est une des étapes du cycle de vie d'un écosystème d'affaires, comment expliquer que certains écosystèmes d'affaires parviennent à devenir de véritables écosystèmes de l'innovation tandis que d'autres n'y parviennent pas ?

Enfin, notre troisième et dernière question de recherche nécessite de nous intéresser à l'action spécifique de la firme leader dans la transformation écosytémique. La transformation d'un écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation nous semble impossible si cela ne résulte pas d'une intention stratégique de la firme leader et de la mise en œuvre effective d'une stratégie cohérente avec cette intention. Dès lors, il convient d'étudier les motivations qui sont à la base de l'intention stratégique de la firme leader pour bien la comprendre. De la même manière, il est pertinent d'analyser la stratégie déployée par la firme leader pour mettre en œuvre la transformation de son écosystème. Quels sont les leviers dont elle dispose pour cela ?

Ainsi, notre troisième question de recherche est la suivante :
Comment s'effectue la problématisation interne à une firme leader pour décider de transformer son écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation ? Comment la firme leader peut-elle traduire le renforcement de l'innovation au sein de son écosystème d'affaires ?

Chapitre 3 : la traduction d'un écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation par une firme leader



Pour étudier la traduction d'un écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation, nous avons fait le choix de nous appuyer sur les travaux de sociologie de la traduction.

1. La sociologie de la traduction

L'objectif initial de la « sociologie de la traduction » (LATOUR et WOOLGAR, 1979 ; CALLON, 1986 ; AKRICH et Al. ; 2006) est de rendre compte de la manière dont sont établis les faits scientifiques. Un fait scientifique est un énoncé qui peut être utilisé sans contestation comme prémisse d'un raisonnement. Pour la sociologie de la traduction, l'énoncé à la fois accepté, stable, répandu et approprié est une rareté. De fait, avant d'être considérés comme incontestés, les faits scientifiques sont d'abord l'objet de longs et multiples enjeux. Tout l'enjeu de la traduction est donc de parvenir à stabiliser les énoncés, à faire en sorte que ceux-ci ne soient in fine plus remis en cause et qu'ils puissent passer du stade de controverse scientifique à celui de faits scientifiques établis.

Le grand intérêt de cette approche est de remettre en cause la double mythologie du « consensus scientifique » et du caractère purement cognitif de la production scientifique. Parce que l'on considère trop souvent la science déjà faite, les grandes théories scientifiques, peuvent donner l'illusion d'avoir fait immédiatement consensus. Le mérite de la sociologie de traduction est d'observer non pas la science déjà faite, mais la science en train de se faire. Et, ce faisant, de nombreuses études de cas montrent que rien n'échappe à la négociation depuis l'interprétation des résultats jusqu'à la reproduction des expériences en passant par l'administration de la preuve. Dès lors, le double caractère à la fois cognitif et socialement construit de la science se manifeste clairement. L'étude des controverses scientifiques permet de montrer que toutes les grandes idées scientifiques (l'âge de la terre, la vitesse des ondes électromagnétiques, la tectonique des plaques, l'invention du calcul différentiel, la radioactivité…) sont le résultat de ce double processus.

Dès lors, remettant à l'honneur le concept de réfutabilité développé par POPPER, la sociologie de la traduction rappelle que la frontière entre ce qui est considéré comme certain ou incertain n'est pas immuable mais varie en permanence au cœur même de la communauté scientifique. Comme le souligne GRINGAS en 2013 dans son ouvrage sur la sociologie des sciences, « *il n'y a pas de « savoir absolu » comme en rêvait DESCARTES, mais il y a des savoirs stabilisés comme celui qui porte sur l'âge de la Terre ou de l'Univers* » (GRINGAS, 2013). Si quelqu'un

entreprend de remettre en question un savoir stabilisé, c'est à lui de fournir les preuves de qu'il avance en invoquant des arguments probants.

La science est continuellement le lieu de négociations, d'intrigues, d'actes de persuasion et de calculs. En son sein, des coalitions d'acteurs se créent, prospèrent, déclinent, disparaissent, pour promouvoir telle ou telle théorie scientifique. Une théorie scientifique est un assemblage d'éléments (énoncés, raisonnement, habitudes, objets…) qui sont assemblés ensemble pour former un tout cohérent. Pour illustrer ce point, la sociologie de la traduction introduit la notion de « boîte noire ». La boite noire n'exprime pas ici l'opacité (les éléments constituant une théorie sont connus). Mais ce qui est « mis dans une boîte noire » est considéré comme acquis et ne doit pas être renégocié en permanence. Par exemple, un scientifique peut s'appuyer aujourd'hui sur les concepts de la théorie de la relativité d'EINSTEIN sans avoir besoin de les redémontrer. Dès lors, plus on met d'éléments en boîtes noires, plus on peut édifier des constructions larges. La force d'un acteur repose donc sur sa capacité à « mettre en boîte noire », c'est-à-dire à associer fortement le plus grand nombre d'éléments. Sa force repose aussi sur sa capacité à dissocier les éléments des boîtes noires des autres acteurs. Il existe ainsi des micro-acteurs (un chercheur isolé par exemple) et des macro-acteurs (un courant de pensée tout entier) dont la force est bien entendu infiniment plus grande.

La notion de réseau est au cœur de la sociologie de la traduction, qui est aussi couramment désignée sous le terme de théorie de l'acteur-réseau et sous l'abréviation ANT (Actor-Network Theory). Le réseau est défini comme une « méta-organisation » rassemblant des humains et des « non humains » lesquels agissent comme médiateurs ou intermédiaires les uns avec les autres. Comme l'indiquent M.CALLON et M.FERRARY en 2006, le réseau tel que défini par la sociologie de la traduction, présente un certain nombre d'avantages par rapport aux autres catégories utilisées habituellement dans les sciences sociales.

En premier lieu, la notion d'acteur-réseau libère de la distinction entre microstructures et macrostructures et permet de circuler librement entre les deux. Dans le monde actuel, des phénomènes qui paraissent locaux deviennent globaux et réciproquement. La formule à succès du concept de développement durable illustre bien ce point : « penser global, agir local ». La théorie de l'acteur-réseau ne remet nullement en cause les distinctions entre macro, méso et micro, ni global et local. Mais la grammaire des réseaux est particulièrement bien adaptée pour étudier les échanges multiniveaux. Comme l'indiquent les deux auteurs, un point qui était local peut

soudain se connecter à de nombreux autres points, et certains points qui étaient isolés deviennent ainsi des points de passage obligés. La souplesse de la notion de réseau permet d'éviter de changer de grille d'analyse selon le niveau que l'on aborde. Elle permet de fédérer des catégories comme celles de sphère d'activité, d'institution et d'organisation. En se basant sur l'observation, le réseau peut être reconstitué à partir des éléments parcellaires que l'on observe. Au lieu de découper les problèmes qui le concernent en tranches, toutes les entités qui y participent peuvent être mises en relation.

Le second intérêt de la notion de réseau porte sur le fait qu'il permet une approche nouvelle de la notion de pouvoir. Représenter la réalité sous la forme d'un réseau permet de mieux visualiser les relations de pouvoir. Au sein du réseau, le pouvoir est en évolution constante. Le pouvoir d'un point du réseau dépend de son positionnement par rapport aux autres points du réseau. Aucun point du réseau n'est fort ou faible par nature. Chaque point du réseau cherche à renforcer son influence sur les autres points par des assemblages, des arrangements, des constructions, des configurations, des alliances. Un point de passage obligé est un point qui contrôle un grand nombre de points grâce à sa capacité de s'être rendu incontournable. Par exemple, un centre de recherche peut être un point de passage obligé en maîtrisant une technologie clé qu'il est le seul à détenir, un fournisseur peut être le seul à détenir une matière première clé, l'acteur politique peut imposer une réglementation qui conditionne l'avenir de tout le réseau… Au sein du réseau, les notions de force et de pouvoir sont donc définies de manière dynamique, en termes de liens, de topologie, de connexions et finalement de formes. La forme du réseau est en évolution constante en fonction du nombre de points de passages obligés qu'il contient, de sa densité de points (le nombre d'acteurs qui le composent).

Le troisième intérêt du réseau est de permettre d'étudier les phénomènes de « dépendance au sentier » ou « path dependence » en anglais. Le concept de « path dependence » a été initié en 1985 par Paul A.DAVID dans un article de l'American Economic Review pour expliquer et analyser les phénomènes d'adoption de certaines technologies et innovations. Son analyse porta sur l'adoption du clavier QWERTY. L'approche fut par la suite élargie à de nombreuses sciences sociales, dont la science politique. En 1994, le professeur de sciences politiques Paul PIERSON reprend le concept et l'applique au champ politique en expliquant qu' « *une fois établis, les modèles de mobilisation politique, les règles du jeu institutionnel et même les façons de voir le monde politique vont souvent auto-générer des dynamiques auto-renforçantes* » (PIERSON, 1994).

Cette théorie démontre que la plupart des politiques publiques sont constituées presque systématiquement en fonction des politiques publiques antérieures. Une fois établies et stabilisées, les conventions institutionnelles et organisationnelles deviennent particulièrement dures à modifier.
Si la notion de réseau est pertinente pour démontrer ce type de phénomène, c'est parce que le réseau permet de partir d'une situation sans forme, où l'observateur ne voit que des points dispersés, pour aller vers l'analyse d'un enchaînement d'évènements dessinant des formes. Le réseau apparaît ainsi comme une grammaire des forces et des rapports de forces. La topographie du réseau fait ainsi apparaître les points de passage obligés et les alliances majeures qui « irréversibilisent » la forme du réseau au moins pour un certain temps.

Enfin, CALLON et FERRARY considèrent que le dernier et quatrième avantage de la notion de réseau est de nous libérer du concept de contexte. D'une manière simple, le contexte peut être défini comme l'ensemble des circonstances dans lesquelles se produit un évènement ou se situe une action. Les deux auteurs ne rejettent pas l'importance du contexte mais ils critiquent le fait que ce soit devenu une catégorie fourre-tout, souvent utilisée comme un postulat de base dispensant de toute analyse. Par exemple, l'approche historique accorde beaucoup d'importance au fait de replacer un évènement historique dans le contexte de l'époque où celui-ci apparaît. Mais le fait de rappeler le contexte de la Révolution Française pour expliquer la prise de la Bastille ne suffit pas. L'intérêt du contexte est de mettre en évidence la chaîne de causes à effets qui a conduit à l'évènement. Pour CALLON et FERRARY, le réseau permet justement d'étudier cette chaine causale en mettant en évidence que le contexte de chaque point du réseau lui est fourni par l'ensemble des liens qu'il établit avec d'autres points.

Si l'intention originelle de la sociologie de la traduction était de révéler les ressorts cachés de la « science en train de se faire », cette approche a connu un grand succès au sein des sciences sociales et s'applique désormais à tous les sujets qui concernent l'action collective humaine : vie en entreprise, action politique, développement de l'innovation…

Au-delà des concepts de base que nous venons de résumer, ce courant de pensée propose une véritable approche méthodologie et processuelle de la traduction, qui peut être mobilisée dans de nombreux travaux en sciences humaines et sociales.

Un point notable mérite à ce stade d'être souligné car il complète la vision du réseau portée par la sociologie de la traduction. Lorsqu'un réseau est étudié, tout est considéré comme ayant une

égale importance pour l'analyse. Il s'agit bien entendu d'étudier les facteurs humains, qu'il s'agisse de facteurs organisationnels, cognitifs ou discursifs. Mais l'étude du réseau nécessite également de prendre en compte les entités « non-humaines » car celles-ci peuvent également entrer dans la composition des collectifs et y jouer un rôle déterminant. Nous évoquerons ceci dans la suite de notre propos en montrant que même une coquille Saint-Jacques peut devenir un des acteurs déterminants au sein d'un réseau…

Dans un célèbre article datant de 1986, M.CALLON précise quelques éléments pour une sociologie de la traduction en évoquant le cas de la domestication des coquilles Saint Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. Au moment de la rédaction de l'article, les coquilles Saint-Jacques sont un mets prisé par les consommateurs français depuis une vingtaine d'années. Elles sont pêchées en trois lieux : au large des côtes normandes, en rade de Brest et en baie de Saint Brieuc. Le point de départ de l'article est un colloque qui se tient à Brest en 1972 et qui rassemble des scientifiques ainsi que des délégués professionnels des marins-pêcheurs. Ce colloque intervient dans un contexte de crise après la quasi extinction du stock de Brest, suite à la triple action des prédateurs marins (les étoiles de mer), du froid lié à plusieurs hivers rigoureux et à l'inconséquence des marins pêcheurs qui pêchent tout au long de l'année au mépris du respect des périodes de reproduction. Dans la même période, la production de Saint Brieuc décline mais la catastrophe est évitée car les coquilles ne sont coraillées que six mois par an : les consommateurs ne veulent que des coquilles coraillées, ce qui contraint au repos forcé les marins pêcheurs six mois par an, ce qui contribue à reconstituer le stock.
L'article décrit comment, sur une dizaine d'années, des connaissances « scientifiques » ont été produites et certifiées et comment une communauté de spécialistes s'est constituée pour étudier les coquilles et promouvoir leur culture.

Le grand intérêt de l'article est de proposer une description en quatre étapes d'un processus général auquel est donné le nom de traduction : la problématisation, l'intéressement, l'enrôlement, la mobilisation des alliés.

La problématisation consiste en la formulation des problèmes. Il ne s'agit pas de discuter de son opinion mais de situer le problème dans un champ de questions intellectuellement légitimes. Pour problématiser, il est donc important de disposer d'un certain niveau de connaissances pour mettre ensemble, ou au contraire exclure, un certain nombre de données. Il est nécessaire d'interroger et d'interpréter la réalité ou les faits pour aboutir à un questionnement qui a du sens. La problématisation nécessite des inputs (investiguer, nommer les choses, être attentif à toute

l'information disponible…), une élaboration (percevoir l'existence d'un problème, choisir les bons renseignements, savoir comparer, savoir analyser un problème, faire des hypothèses…), et des outputs (avoir les mots et les termes appropriés pour formuler les problèmes). La capacité de problématiser correctement fait donc appel à de nombreuses fonctions cognitives. L'importance de la problématisation est essentielle comme le rappellent deux célèbres scientifiques :

- « *Un problème bien posé est un problème à moitié résolu* » (H.BERGSON)
- « *Un problème sans solution est un problème mal posé* » (A.EINSTEIN)
- « *Donnez moi une heure pour sauver le monde, je passerai 59 minutes à définir le problème et 1 minute pour trouver la solution* » (A.EINSTEIN)

Pour CALLON, l'importance de la problématisation est telle qu'elle ne se limite pas à la formulation des problèmes. Elle doit également inclure l'entre-définition des acteurs et la définition des points de passage obligé (PPO).

L'entre-définition des acteurs consiste à associer les questions formulées avec les différents acteurs. Dans le cas étudié, CALLON identifie ainsi trois groupes d'acteurs : les marins-pêcheurs de Saint Brieuc, les collègues scientifiques, les coquilles Saint-Jacques de Saint-Brieuc et les décrit ainsi :

- Marin-pêcheur : un marin-pêcheur moyen est défini, unité de base d'une communauté de base d'une communauté constituée d'éléments tous semblables. Ce marin-pêcheur moyen est tiraillé entre l'appât du gain à court terme, qui le pousse à pêcher sans retenue tout au long de l'année, et la prise de conscience de son intérêt économique à long terme, qui le pousse à accueillir avec bienveillance le programme d'études pour le repeuplement
- Collègues scientifiques : ils ne savent rien sur les coquilles Saint-Jacques au départ et sont censés être intéressés par l'accroissement des connaissances sur cette question et ne pas être gêné par le principe d'observer in situ plutôt qu'en cuves expérimentales
- Coquilles Saint-Jacques : il s'agit d'une espèce particulière (Pecten Meximus) dont personne ne conteste qu'elle ne soit coraillée que six mois par an seulement. Cette espèce n'est connue qu'à l'âge adulte, au moment où elle est pêchée. L'état des connaissances est donc limité, en particulier les modalités de fixation des larves, de prolifération et de perpétuation de l'espèce.

La fixation de points de passage obligés (PPO) est un élément clé de la traduction. Il s'agit de rechercher un lieu (qui peut être physique, géographique ou institutionnel) ou un énoncé qui se

révèle être incontournable à la résolution du problème. Le point de passage obligé doit démontrer qu'il peut répondre aux intérêts de tous les acteurs évoqués précédemment, et même qu'il est le seul à pouvoir y répondre.

Dans le cas étudié par CALLON, ce sont les scientifiques qui vont définir le point de passage obligé : la question de la fixation des larves est le point clé et répondre à cette question serait profitable aux trois acteurs identifiés :

- Profitable aux scientifiques car il s'agit d'un sujet permettant d'augmenter la connaissance sur les coquilles Saint-Jacques et au-delà sur l'ensemble des crustacés.
- Profitable aux marins pêcheurs si une meilleure connaissance des mécanismes de fixation des larves peut conduire à des solutions pour améliorer cette fixation et permettre aux coquilles de proliférer
- Profitable aux coquilles elles-mêmes en les aidant à mieux se protéger contre les prédateurs, clé de leur survie et leur prolifération.

Dès lors, le programme de recherche autour de la fixation des larves devient le point de passage obligé : pour espérer trouver une solution, il faut d'abord soutenir cette étude et attendre ses premiers résultats.

Après la problématisation, l'intéressement est défini par CALLON comme étant « *l'ensemble des actions par lesquelles une entité (ici les trois chercheurs) s'efforce d'imposer et de stabiliser l'identité des autres acteurs qu'elle a définis par sa problématisation* » (CALLON, 1986). Etymologiquement, intéresser c'est se placer entre (inter-esse) et s'interposer. Suite à la problématisation, chaque entité peut se soumettre et s'intégrer au plan initial. Mais elle peut également refuser la transaction en définissant autrement son identité, ses buts, ses projets, ses motivations ou ses intérêts. Dans l'action, les différents acteurs ajustent en permanence leurs buts et leurs identités.

Dans le cas développé par CALLON, l'intéressement est effectué par les trois chercheurs. S'inspirant d'un dispositif élaboré par les Japonais, ils proposent un dispositif constitué de collecteurs plongés dans la mer. Chaque collecteur comporte un sac à petites mailles enfermant un support pour la fixation des larves. Le dispositif interdit en outre l'accès aux prédateurs. Les trois chercheurs vont multiplier les rencontres, notamment avec les représentants des marins-pêcheurs au sein des organisations professionnelles. Le dispositif d'intéressement qu'ils mettent en place permet de créer un rapport de force favorable et de fixer les entités à enrôler. En faisant la promotion de la solution des collecteurs, les trois chercheurs interrompent également la constitution d'éventuelles associations concurrentes et contredisent la formation d'un système d'alliances.

Cette phase d'intéressement ne suffit cependant pas. Si la solution des collecteurs connaît un certain succès, rien ne garantit pour autant que cette solution débouche sur une alliance au sein de laquelle tous les acteurs s'engagent. L'enrôlement désigne le mécanisme par lequel un rôle est défini et attribué à un acteur qui l'accepte. Pour CALLON, l'enrôlement peut donc se définir comme un intéressement réussi. Décrire l'enrôlement revient à décrire l'ensemble des négociations multilatérales, des coups de force ou des ruses qui accompagnent l'intéressement et lui permettent d'aboutir.

Dans le cas de la baie de Saint Brieuc, la négociation avec les coquilles Saint-Jacques elles-mêmes s'avère beaucoup plus compliquée que prévu. Même si le terme « négociation » avec des acteurs non humains peut surprendre, c'est bien de cela qu'il s'agit. De nombreux éléments compliquent le mécanisme de fixation des larves sur les collecteurs. En premier lieu, il est observé que les larves se fixent mieux à l'intérieur de la baie dans les zones où les courants de marée sont plus faibles. Par ailleurs, les fixations sont plus nombreuses « entre le fond et 5 mètres au-dessus ». Enfin des parasites en tous genres viennent perturber l'expérience. Il semble que les coquilles supportent très mal toute manipulation (sortie hors des eaux, lignes déplacées, collecteurs emmêlés, collecteurs se frottant les uns aux autres…). Les larves se détachent alors de leur support. Pour « intéresser les larves », les trois chercheurs sont prêts à faire des concessions : que préfèrent-elles comme matériaux pour se fixer ? L'observation montre que le crin permet une meilleure fixation que le nylon. Malgré ces difficultés, les trois chercheurs persistent et indiquent que les fixations observées ne sont pas accidentelles (mais résultent bien de l'action volontariste qui a été de mettre en place les collecteurs) et surtout que les larves se fixent de manière significative. Le terme significatif est cependant subjectif. Sur certains collecteurs, aucune fixation n'est observée et le nombre de larves fixées par collecteur n'atteint jamais les valeurs obtenues par les Japonais. Dès lors, à partir de quel nombre peut-on affirmer et accepte-t-on de croire que les coquilles en général se fixent ?

Si « négocier » avec les coquilles et les enrôler est difficile, l'enrôlement des marins-pêcheurs et de leurs représentants ne pose par contre aucun problème. Totalement confiants envers les trois scientifiques, ceux-ci observent en spectateur intéressé et attendent le verdict final. Leur consentement est donc acquis d'avance sans discussion.

A la fin de cette phase d'enrôlement, les trois chercheurs communiquent sur le succès de l'opération : les chercheurs ont démontré scientifiquement que le dispositif des collecteurs fonctionne de manière significative, les coquilles Pecten Maximus jouent leur rôle en se fixant et les marins-pêcheurs vont pouvoir jouer le leur en repeuplant la baie.

En 2009, M.MEYER consacre un « Que Sais-je ? » sur le thème de la Problématologie. Pour l'auteur, le réel est ce dont il est question dans les réponses et il émerge avant tout du questionnement. Ce sont les questions qui lui permettent d'être pensé comme tel, qui lui ont permis d'arriver, d'imposer sa définition et son rôle. Le réel est le produit intellectuel de tous les questionnements qu'il a suscités. A travers les « quand », les « où », les « comment », que suscite toute construction humaine, le réel peut se construire. Mais une fois qu'il est construit, le réel s'autonomise et cherche à se rendre indépendant des questions qui lui ont permis d'arriver à cette autonomie. Lorsqu'un chantier est achevé, on supprime tous les échafaudages qui furent nécessaires durant la période des travaux. Il en est de même avec le réel. Une fois que les questions sont résolues, il leur est demandé de disparaître. Cela conforte l'impression que tout commence avec les « réponses », qui dès lors ne répondent plus à rien et se soutiennent d'elles-mêmes au nom de la vérité.

La sociologie de la traduction reprend cette idée avec le concept de la boîte noire que nous avons précédemment évoqué. Finalement, une boîte noire est une réponse considérée comme acquise et qui n'a plus le besoin d'être renégociée. Ce que renferme la boîte noire, ce sont notamment les questions qui lui ont permis de se construire. Faire ressortir ces questions de la boîte noire, c'est justement prendre le risque de rouvrir le questionnement et d'avoir à renégocier la réponse alors que l'on souhaite justement la considérer comme acquise.

D'une certaine manière, la problématique fait peur car les hommes préfèrent les certitudes. Le refoulement des questionnements initiaux, une fois qu'une réponse validée et acceptée apparaît, traduit cette peur. Pour M.MEYER, « *l'effacement des questions et la survalorisation des réponses n'est qu'une illusion* » (MEYER, 2009). Les certitudes sont pourtant rares dans la vie de tous les jours, où tout est opposable, discutable et soumis à la controverse. Tout dans la société apparaît plus problématique que jamais : les valeurs se renversent, les jugements communément admis fluctuent, l'évolution très rapide de la science fait apparaître de multiples questions pour chaque réponse obtenue. Dès lors, pour lui, le questionnement ne doit plus s'envisager sur le prisme réducteur des réponses apportées mais doit être analysé en tant que tel. Il est important de questionner le questionnement lui-même : Comment en sommes-nous arrivés à cette question ? Pourquoi est-ce que la question a été posée de telle manière ? Qui a posé la question ?...

Pour M.MEYER, le temps et l'espace sont au cœur de la Problématologie. Le temps et l'espace définissent la réalité. Il n'y a pas d'interrogation de la réalité qui ne prenne du temps et ne débouche sur une structure et une mise en place de cette réalité dans l'espace.

Lorsqu'on résout une question, cela prend du temps et parfois énormément de temps suivant la nature et l'objet de la question. Le temps est nécessaire à la structuration du questionnement, à

sa lente émergence, à son appropriation, à la recherche de sous questions, de sous réponses. Le temps permet ainsi d'aboutir à une réponse. Cette réponse devient alors une boîte noire, pouvant être un énoncé scientifique, le lancement d'un projet innovant, la création d'une société… Cette mise en boîte noire est souvent perçue comme le « T0 », le point de départ… Le cheminement antérieur qui a permis d'aboutir à la création de la boîte noire est souvent oublié, négligé, tant la focalisation est grande sur la réponse apportée.

Une fois la boîte noire créée, l'espace va jouer son rôle. L'espace structure l'agencement que constitue la boîte noire (la société, le projet, l'énoncé scientifique…) et devient son lieu de diffusion.

Pour illustrer ceci par un exemple, il a fallu plusieurs siècles pour aboutir à la création de l'imprimerie. De même, les progrès de l'observation astronomique se sont étalés sur plusieurs décennies. Mais une fois que l'astronome Tycho BRAHE (1546 – 1601) associe ces deux longs processus dans des tables imprimées et calibrées pour y noter ses observations du ciel, il crée un processus irréversible. A partir de ce moment-là, l'enjeu n'est plus le temps mais devient l'espace. En quelques années seulement, les tables de Tycho BRAHE se diffusent à travers toute l'Europe. Il devient alors très difficile pour les autres astronomes de se passer de ces tables. La seule solution pour eux est soi d'abandonner le combat soit de revenir avec des preuves encore plus « visuelles ». Ainsi, la dynamique ainsi créée s'impose en quelques années de manière irréversible et s'étend très rapidement sur tout le continent.

2. Le cadre conceptuel

Définir un cadre conceptuel est un moment extrêmement délicat dans un travail doctoral. Les choix que nous allons présenter dans les pages suivantes ont nécessité une longue réflexion, un long questionnement personnel et de nombreux allers-retours pour s'assurer de leur cohérence avec le terrain de recherche étudié.

La démarche générale de notre thèse est constructiviste. Etant donné notre implication personnelle au sein du terrain de recherche (point que nous développerons dans le paragraphe sur la méthodologie de la recherche), il n'aurait pas été pertinent de supposer l'existence d'un réel indépendant de l'intérêt et de l'attention que nous pouvions lui porter. A contrario, nous nous reconnaissons dans le paradigme épistémologique constructiviste proposé par GUBA et LINCOLN en 1989 avec trois niveaux de questionnement :

- Ontologique : il existe de multiples réels socialement construits non gouvernés par des lois naturelles, causales ou autres.

  De fait, notre terrain de recherche consiste à étudier de manière approfondie une firme leader et son écosystème d'affaires. La valeur de notre recherche sera d'étudier la construction sociale de ce réel particulier et d'apporter un éclairage nouveau à l'ensemble des concepts théoriques que nous mobiliserons. Par contre, nous ne prétendons nullement bâtir une théorie qui s'appliquerait de manière indéterminée à tous les réels possibles…

- Epistémologique : l'observateur et le phénomène observé ne sont pas séparables. La « vérité » est définie comme la construction la mieux informée sur laquelle il y a consensus (sachant que plusieurs constructions peuvent satisfaire simultanément ce critère). Etant pleinement immergé, depuis des années, au sein de la firme leader de l'écosystème d'affaires étudié, la valeur de notre travail de recherche ne peut en rien reposer sur une hypothétique séparation entre nous-même et le phénomène observé. Par contre, le fait d'avoir pu étudier ce phénomène de manière privilégiée et sur une longue période, ne peut que donner crédit au caractère « bien informé » de la construction intellectuelle que nous proposons dans cette thèse.

- Méthodologique : les connaissances sont co-construites entre les chercheurs et les répondants. La valeur de la recherche repose sur un processus continuel d'itérations, d'analyses, de critiques, de réitérations, pour conduire à l'émergence de représentations co-construites.

  Ce caractère co-construit des connaissances est également en adéquation avec notre positionnement. Notre immersion dans notre terrain de recherche serait difficilement compatible avec une construction intellectuelle qui serait en décalage complet avec les répondants de la recherche. Au contraire, le fait que les personnes avec qui nous pouvons discuter quotidiennement ou que les personnes interviewées se reconnaissent et participent dans le travail de recherche et ses conclusions est un élément essentiel de validité.

Selon MUCCHIELI en 2005, la recherche constructiviste doit faire appel à un « cadre de référence théorique large et souple » qui est vu comme « *une carte provisoire du territoire, composée de connaissances générales à propos du phénomène qu'il s'apprête à étudier, ainsi qu'à des repères interprétatifs…* » (MUCCHIELI, 2005). Ce cadre de référence constitue une boîte

à outils qui comprend à la fois quelques outils généraux et plusieurs outils spécifiques que l'on choisira d'utiliser selon le type de problème à traiter ou l'univers interprétatif à construire.

Pour élaborer ce cadre de référence théorique large et souple et définir ainsi le cadre conceptuel intégratif que nous recherchons, il nous semble pertinent d'associer la vision dans le temps et l'espace de D.MEYER, la sociologie de la traduction et le concept d'écosystème d'affaires.

Dès lors, le cadre conceptuel dans le cadre nous inscrivons ce travail doctoral est la traduction écosystémique dans le temps et dans l'espace.

Au sein de ce cadre conceptuel :

- La sociologie de la traduction représente la dimension temporelle. Les phases de problématisation, intéressement, enrôlement et mobilisation nous permettent de décrire le caractère processuel des évolutions que nous relatons dans cette thèse.

- Le concept d'écosystème d'affaires représente la dimension spatiale. Au centre de l'écosystème se trouve la firme leader. En s'éloignant du centre et en s'éloignant vers sa périphérie, nous retrouvons les acteurs marchés (firmes pivots, sous-traitants de rang 1, sous-traitants de rang 2…) et les acteurs non marchés (ensemble des parties prenantes non marchés pouvant influencer l'évolution de l'écosystème).

Cette dimension spatio-temporelle nous permet de disposer d'une carte du terrain de recherche que nous allons étudier. Avec cette même carte, nous pourrons étudier les motivations de la firme leader dans un premier temps, et dans un deuxième temps son rôle dans l'essai de transformation de l'écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation.

Le graphique ci-après représente cette carte, qui est au cœur de notre modèle conceptuel.

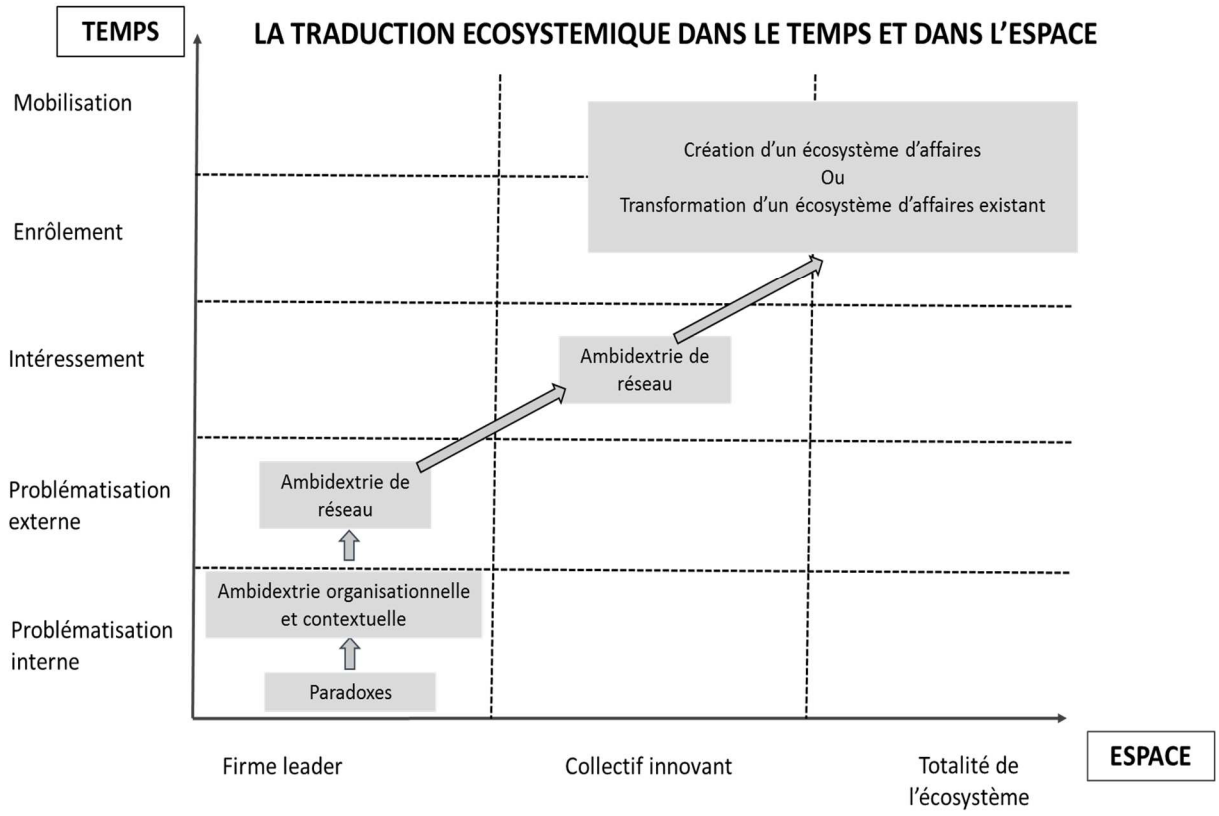


Figure 8

Au croisement de l'axe temporel et de l'axe spatial, nous retrouvons à la fois les phases de l'évolution que nous souhaitons décrire (par exemple, la firme leader dans la phase de problématisation interne ou le collectif innovant dans la phase d'intéressement) ainsi que les outils théoriques que nous souhaitons mobiliser pour étudier ces phases (par exemple l'ambidextrie de réseau pour étudier l'action du collectif innovant dans la phase d'intéressement).

Ce graphique permet donc de représenter à la fois notre cadre conceptuel d'ensemble, le chemin conceptuel et les différents outils conceptuels que nous souhaitons mobiliser durant cette thèse.

Pour étudier la problématisation interne au sein de la firme leader, nous faisons appel à la notion de paradoxe que nous avons développée au début du chapitre 1. Comme nous l'avons souligné, peu de travaux de recherche s'intéressent aux motivations d'une firme leader pour créer, favoriser la création ou transformer un écosystème d'affaires. La notion de paradoxe est un outil conceptuel particulièrement bien approprié pour répondre à cette question. De nombreuses forces paradoxales s'exercent sur les organisations. Le paradoxe présente à la fois une face sombre pour les organisations et un caractère vertueux. Confrontée aux paradoxes, une organisation ne peut pas rester immobile, sous peine d'un déclin irréversible voire d'une disparation complète. Lorsque ces forces opposées deviennent incontrôlables, elles peuvent conduire à la

dislocation de la structure organisationnelle. Pour éviter cela, toute organisation est obligée de déployer, de manière plus ou moins consciente, une gestion paradoxale. Le paradoxe est donc fondamentalement une force qui conduit au mouvement. Il impose son questionnement à toute l'organisation.

Pour étudier les motivations d'une firme vis-à-vis d'un projet ou d'une orientation stratégique majeure, nous considérons qu'il est particulièrement pertinent d'identifier les paradoxes auxquels elle est confrontée et les réponses qu'elle tente d'apporter à ces paradoxes. Car une fois cette identification achevée, l'étude des tentatives de réponses à ces paradoxes révèle les motivations profondes la firme vis-à-vis du projet ou de l'orientation stratégique.

L'ambidextrie, que nous avons largement évoquée dans la deuxième partie du chapitre 1, est le deuxième outil conceptuel que nous souhaitons mobiliser. Ce concept présente les trois grandes options dont dispose une organisation pour répondre aux paradoxes : modifier son organisation interne (ambidextrie structurelle), modifier le contexte interne (ambidextrie contextuelle) ou s'appuyer sur un réseau externe (ambidextrie de réseau).

Dans la phase que nous nommons la problématisation interne, la firme leader cherche en premier lieu à s'en sortir par ses propres moyens pour faire face à ses paradoxes. Elle le fait en modifiant sa structure ou en cherchant à faire évoluer son contexte interne (par des actions de formation, de communication, par le renforcement de certains métiers…). Ces deux formes d'ambidextrie peuvent apporter un certain nombre de réponses aux paradoxes, qu'il convient d'étudier. Mais si ces réponses s'avèrent nécessaires et indispensables, elles ne sont pas pour autant suffisantes.

Si les paradoxes sont majeurs, l'entreprise peut ne pas trouver en interne, par ses propres forces, les moyens d'y répondre. Certains paradoxes imposent des innovations d'exploration sur les plans conceptuels, managériaux et technologiques. En complément des ambidextries structurelles et contextuelles, l'ambidextrie de réseau peut apparaître comme le moyen d'avoir accès à ces innovations de rupture si nécessaires. Nous rentrons alors dans ce que nous appelons la phase de problématisation externe. Pour trouver une solution aux questions soulevées par les paradoxes, l'entreprise change progressivement de regard sur son environnement externe (fournisseurs, clients, autres parties prenantes…) et commence à le percevoir comme une opportunité. Ce qu'il n'est pas possible d'atteindre par ses propres forces le devient en s'appuyant sur des ressources situées à l'extérieur de l'entreprise.

Cette phase de problématisation externe concerne l'entreprise qui entend assurer le leadership futur de l'écosystème. C'est en son sein que le questionnement apparaît en premier sur la nécessité de nouer des alliances et des partenariats extérieurs pour trouver de nouvelles réponses aux défis internes. La prise de conscience de la nécessité d'une ambidextrie de réseau n'est pas immédiate chez l'ensemble des acteurs (nous mettrons ce point particulièrement en évidence dans notre étude de cas). Par aveuglement cognitif et dans un contexte de rationalité limitée, ou tout simplement par orgueil, certains acteurs de l'entreprise leader peuvent continuer à penser qu'il est possible de « s'en sortir par ses propres forces ». D'autres acteurs, bien qu'ils comprennent la nécessite de s'appuyer sur l'extérieur, le redoutent car ceci est susceptible de remettre en cause l'équilibre des pouvoirs au sein de la firme leader.

La phase d'intéressement que nous représentons par la suite sur notre schéma concerne ce que nous dénommerons le « collectif innovant ». Le collectif innovant regroupe la firme leader et une « avant-garde » de son environnement extérieur. C'est ce collectif innovant que la firme leader va chercher à intéresser en premier lieu à ses propres actions et projets. Ce collectif innovant peut se représenter comme un « sas à franchir » ou une « étape » avant de s'adresser à l'ensemble de l'écosystème. La confrontation de la firme leader avec ce collectif innovant avant-gardiste nous semble particulièrement importante. Avant de s'adresser à l'ensemble du futur écosystème, la firme leader peut tester « à moindre frais » sa capacité de conviction et son leadership. Elle doit par exemple démontrer :

- Sa capacité à écouter : les lents compromis qui sont apparus après la phase de problématisation interne peuvent être remis en question par la confrontation des idées avec des acteurs extérieurs… si la firme leader réagit de manière trop hégémonique en cherchant à imposer brutalement ses idées propres, le risque est de braquer immédiatement le collectif innovant
- Sa capacité à traduire une vision : être convaincu de l'intérêt d'un projet au sein d'une firme leader est une chose, savoir convaincre des acteurs externes en est une autre. Face aux actions d'intéressements proposées par la future firme leader, ceux-ci ont le choix de répondre ou ne pas répondre. Il est donc inévitable que des questionnements internes surgissent sur l'opportunité de collaborer ou pas. Par exemple, un fournisseur qui entretient une relation marché classique avec la future firme leader peut légitiment s'interroger sur l'intérêt qu'il a à développer une autre nature de relation avec celle-ci. La question du rapport coût / bénéfice sera très certainement au centre de ce questionnement :

par exemple, « qu'est-ce que j'y gagne si je m'investis dans l'association créée par la future firme leader pour rassembler les principaux acteurs de l'écosystème ? »

- Sa capacité à démontrer que le projet s'inscrit dans la durée : les acteurs externes du collectif innovant savent parfaitement que les stratégies des grandes entreprises peuvent évoluer au fil du temps ou au fil des changements de dirigeants. La firme leader doit donc envoyer des signaux très clairs pour montrer que son intention est durable (par exemple en investissant financièrement dans un bâtiment ou la création d'une plate-forme technologique).

En résumé, ce collectif innovant avant-gardiste peut représenter pour la firme leader un incubateur de la confiance écosystémique et un lieu d'apprentissage du leadership écosystémique.

Après la phase d'intéressement avec quelques acteurs, il est nécessaire d'enrôler et de mobiliser progressivement l'ensemble de l'écosystème. La phase d'enrôlement ne sera réussie que si la firme leader parvient à intéresser un collectif innovant suffisamment puissant pour impulser le changement. Deux dynamiques contradictoires sont en opposition : la dynamique de conservation de l'existant et la dynamique de changement et d'innovation. Pour créer ou faire évoluer un écosystème d'affaires, la firme leader doit faire en sorte que les forces du changement et de l'innovation soient plus puissantes que celles de l'immobilisme.

Ce point est très bien illustré dans l'article de M.CALLON et B.LATOUR publié en 1986 et qui s'intitule « le grand Léviathan s'apprivoise-t-il ? ». Dans cet article, les deux auteurs abordent peu les premières phases de la traduction, à savoir la problématisation interne à EDF ni l'intéressement d'EDF auprès de quelques acteurs. Par contre, l'article porte un éclairage très intéressant sur les phases d'enrôlement et de mobilisation. Il décrit la lutte homérique entre la dynamique de changement et d'innovation, portée par EDF, et la dynamique de conservation de l'existant, incarnée par RENAULT (nous développerons cet exemple dans l'encadré ci-après).

Au début des années 1970, EDF souhaite lancer un véhicule électrique. A cette période, EDF tente de convaincre un grand nombre d'acteurs de l'intérêt de remplacer le moteur à explosion par un moteur électrique. Le moteur à explosion est présenté comme le symbole de la consommation à outrance de l'après-guerre et comme une impasse industrielle à venir dans le contexte du premier choc pétrolier de 1973.

Pour EDF, parvenir à construire un véhicule électrique fiable et rentable consiste avant tout à résoudre un problème de générateur. Pour chaque type de véhicule électrique envisagé, EDF délimite un certain nombre de choix techniques possibles et propose de créer une filière. Autour de chaque filière, il associe un ensemble de laboratoires et d'industriels et une chronologie :
- Les accumulateurs à plomb, à condition d'être perfectionnés, pourront être utilisés jusqu'en 1982. EDF leur destine un vaste marché, celui des véhicules légers utilitaires
- De 1982 à 1990, les accumulateurs au zinc et au nickel et le générateur zinc air à circulation se développeront. Le taxi électrique sera la cible prioritaire de cette évolution.
- A partir de 1990, les piles à combustibles seront prêtes à fonctionner et pourront concerner l'ensemble du marché de la voiture particulière

Pour parvenir à bâtir ainsi un réseau de filières et de séquences réglées, EDF se met à traduire en langage clair les produits que les industriels ne peuvent pas manquer de vouloir produire. Il rassemble un nombre important d'éléments sociétaux, techniques et économiques épars pour construire une vision de l'avenir qu'il présente comme parfaitement cohérente :
- Le temps est venu pour la voiture électrique. Elle correspond à l'heure du temps. Elle répond aux contraintes nouvelles de la vie urbaine, de l'homo automobilis, du besoin d'indépendance nationale face à la dépendance pétrolière. Elle est non polluante.
- Les technologies pour la construire sont soit déjà présentes, soit atteignables à court ou moyen terme, selon la feuille de route jalonnée et sécurisée présentée par EDF
- Les différentes filières proposées par EDF seront rentables. L'inexorable évolution à la hausse des produits pétroliers rendra chacune des filières proposées par EDF très compétitive.

CALLON et LATOUR soulignent, de manière assez poétique, ce travail de conviction d'EDF : « *Ainsi EDF, comme tout Léviathan, sédimente-t-elle progressivement les interactions : il y a maintenant un contenu et un contenant, un contenu fluide et un contenant stable ; nos volontés coulent dans les canaux d'EDF ; nous nous précipitons vers le moteur électrique comme les eaux fluviales vers la Seine à travers les conduits de pierre et de béton des ingénieurs hydrauliciens* » (CALLON et LATOUR, 1986). Mais la dynamique d'innovation et de changement impulsée par EDF va être contrecarrée par RENAULT. Jusqu'au projet d'EDF, la firme automobile, productrice de voitures thermiques, est un symbole de la réussite industrielle française. Elle est promise à un bel avenir, tant les perspectives de développement du marché automobile sont importantes.
Mais comme l'illustrent CALLON et LATOUR par une formule choc, avec le projet d'EDF de voiture électrique, « *son avenir lui a été retiré* ». RENAULT devient à présent le symbole de

ces industries condamnées à terme par l'engorgement des villes, la pollution et l'avenir des sociétés industrielles. Au lieu d'être la firme leader de l'écosystème des véhicules thermiques, RENAULT ne peut espérer au mieux qu'être un acteur du futur écosystème des véhicules électriques, en construisant les châssis pour le compte d'EDF.

Pour éviter ce changement de destin qui ne l'enchante guère, RENAULT entame un véritable travail de « sape » pour contrecarrer la vision d'EDF selon laquelle la voiture électrique va devenir incontournable tandis que plus personne ne voudra de voiture thermique. Tout le travail de traduction réalisé par EDF, toutes les associations construites pour affirmer que « la voiture électrique est le seul avenir » sont contrées par RENAULT. Les deux auteurs indiquent ainsi que *« chaque interaction est testée, chaque calcul refait, chaque boîte noire ouverte. Les ingénieurs sont réinterrogés, les laboratoires revisités, les archives redépouillées, l'état de l'électrochimie remis en cause »* (CALLON et LATOUR, 1986). RENAULT démontre que le moteur à explosion, présenté comme une impasse par EDF, peut être perfectionné, grâce à l'électronique, et devenir imbattable pendant plusieurs décennies. En refaisant les calculs, notamment sur les rendements attendus, RENAULT démontre que les filières des accus au zinc et de la pile à combustible ne sont pas prêtes pour un marché de masse mais peuvent juste concerner des marchés de niches.

Au bout de quelques années, ce travail de dissociation réalisé par RENAULT porte ses fruits. La voiture individuelle à moteur thermique amélioré, (au rendement énergétique amélioré, plus sobre, moins polluant…) devient la panacée. L'avenir industriel de la voiture électrique est décalé de plusieurs décennies…

Le cas décrit par CALLON et LATOUR souligne l'importance du changement d'échelle qui existe entre la phase d'intéressement et les phases d'enrôlement et de mobilisation. Associer quelques acteurs autour de son projet est une chose, mobiliser l'ensemble de l'écosystème en est une autre. Dès qu'un changement est proposé, des acteurs peuvent être gagnants et d'autres acteurs peuvent être perdants. La réaction de RENAULT, décrite par CALLON et LATOUR, n'est en rien illogique : qui accepterait facilement de perdre le leadership d'un écosystème qui était promu à un bel avenir pour devenir un acteur de second rang d'un écosystème dominé par un autre leader ?

En fait, dans l'équilibre instable et en perpétuelle évolution qui est celui d'un écosystème d'affaires, chaque acteur est en permanence motivé par la recherche de son propre intérêt. Le degré

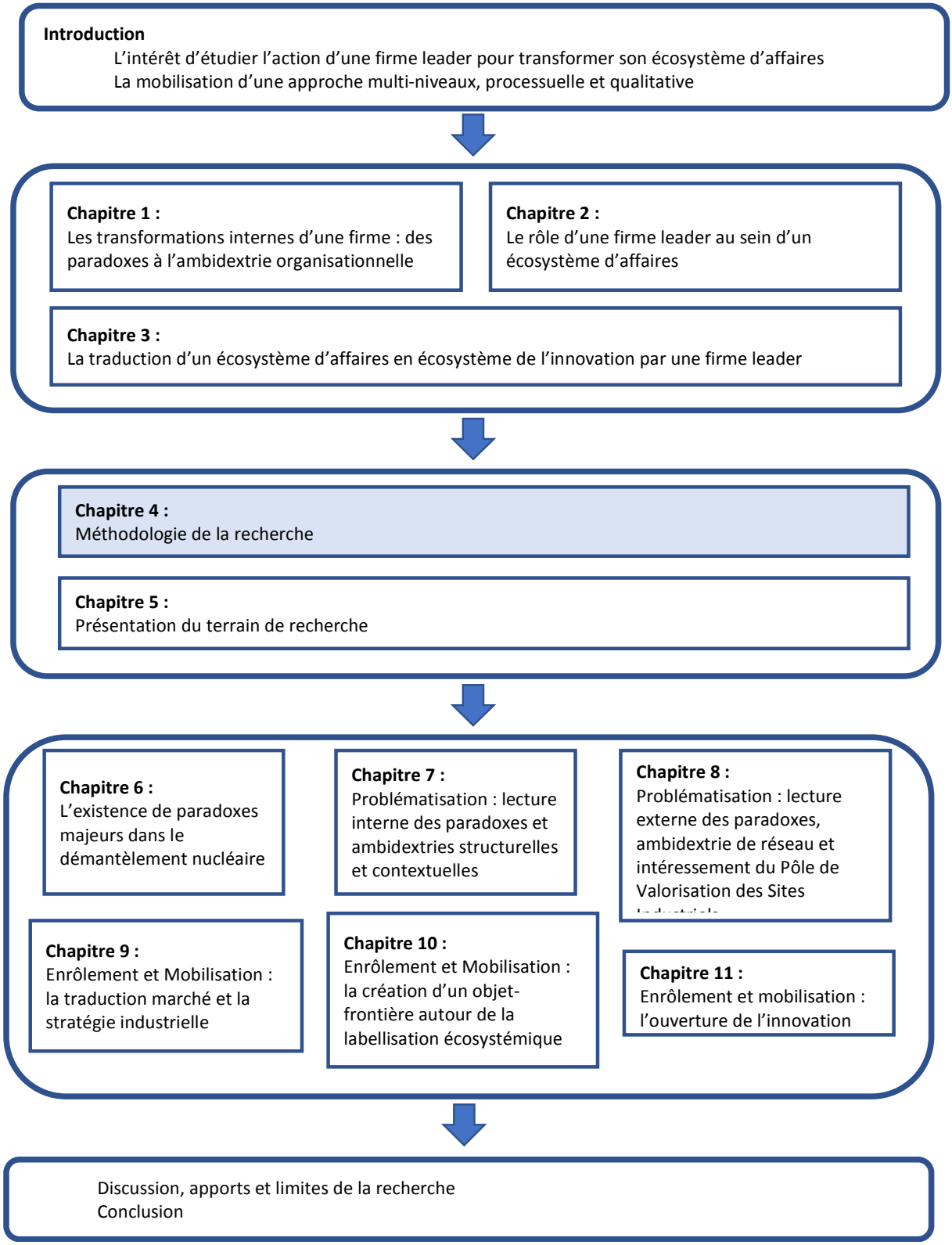
d’engagement dans l’écosystème et la volonté de coopérer à la dynamique d’ensemble, sont intimement liés au sentiment qu’il y a plus à gagner à jouer le jeu collectif qui est proposé que de jouer sa seule partition individuelle ou de s’engager sur un autre écosystème.

Dans les phases d’enrôlement et de mobilisation, le rôle de la firme leader est essentiel. Son leadership ne va pas de soi. Il sera à coup sûr remis en cause par tous ceux qui considèrent que la vision de l’écosystème qu’elle porte est susceptible de remettre en cause leur propre intérêt. Il sera par contre soutenu par tous ceux qui espèrent gagner grâce aux évolutions proposées. L’habileté de la firme leader, sa capacité à porter une vision mobilisatrice (et même enthousiasmante), sa capacité à générer de la confiance écosystémique, seront essentielles pour réussir ses projets de transformation écosystémique.

Mais plus que tout, nous considérons que c’est la détermination et la volonté de la firme leader qui est le point clé. Le leadership sera testé en permanence

Dès lors, il nous semble indispensable de lier le rôle et les motivations de la firme leader.

Chapitre 4 – Méthodologie de la recherche



1. Le positionnement épistémologique

1. Un rôle de praticien-chercheur

Etant praticien depuis une vingtaine d'années et entamant une thèse en sciences humaines et sociales il y a quatre ans, nous nous sommes facilement identifié dans le rôle de praticien-chercheur, décrit en 2007 par LAVERGNE. L'auteur de cet article indique que la praticien-chercheur, en recherche sur son terrain professionnel, cristallise un ensemble de questionnements épistémologiques, éthiques et de méthode sur la recherche qualitative.

Comme l'indique KOHN en 2001, « *la posture du praticien-chercheur est un « cas limite », un analyseur qui met en relief beaucoup de questions et de situations qui se posent à tout chercheur* » (KOHN, 2001 : p20).

Le praticien-chercheur est un professionnel et un chercheur qui mène sa recherche sur son terrain professionnel, ou sur un terrain proche, dans un monde professionnel présentant des similitudes ou des liens avec son environnement ou son domaine d'activité. A travers l'expression « praticien-chercheur », une double identité est revendiquée sans que l'une des deux prenne le pas sur l'autre. Le trait d'union entre les deux termes signifie la revendication d'une double appartenance à deux mondes. De cette double appartenance naît une double identité constituée de l'interaction entre les deux mondes : un praticien qui cherche, un chercheur qui pratique.

Pour PERRAULT SOLIVERES en 2001, l'activité professionnelle génère et oriente l'activité de recherche, mais aussi de façon dialogique et récursive, l'activité de recherche ressource et réoriente l'activité professionnelle. CARRE indique en 1998 que se crée ainsi un espace qui réponde « à la fois aux enjeux de la connaissance et à ceux de l'action ». Il s'agit d'un espace de transition et d'interaction que le praticien-chercheur construit personnellement au travers de sa problématique de recherche. De fait, il devient l'un des médiateurs de cet espace.

LAVERGNE souligne plusieurs enjeux de recherche du praticien-chercheur dans lesquels nous nous sommes reconnu au cours de ce travail doctoral :

- **La dimension nomothétique du projet de recherche : comprendre autrement tout en restant à l'intérieur**.

  Le praticien-chercheur se veut témoin, ou plus exactement « témoin des témoins » et son intention est de faire connaître « de l'intérieur » des acteurs. Il propose à la communauté scientifique un autre accès à un monde professionnel, mais il veut aussi faire reconnaître le savoir issu de cette pratique de l'innovation ordinaire.

  Cette dimension est très importante dans nos motivations vis-à-vis de ce travail doctoral. Nous sommes impliqués depuis des années dans un environnement professionnel très riche, celui d'un grand site nucléaire confronté à des évolutions majeures et entretenant une relation complexe avec son environnement extérieur. Nous avons pu mesurer la richesse de l'action des acteurs du site, leur énergie pour trouver des solutions concrètes, la manière dont ils affrontent la complexité, l'ampleur des difficultés rencontrées et l'influence des paradoxes organisationnels rencontrés…

  Cette thèse est donc une occasion unique d'avoir une approche réflexive sur cette complexité, la comprendre autrement, tout en restant à l'intérieur, car nous nous sentons engagés et impliqués dans le monde professionnel que nous décrivons.

- **La dimension politique du projet de recherche : changer**

  LAVERGNE précise que le praticien-chercheur veut apporter en interaction avec les acteurs, une dimension politique (au sens large du terme) qui favorise l'accès au savoir scientifique par les acteurs concernés par la recherche. Comme l'indique GARBARINI en 2001, la recherche est considérée comme un savoir à partager.

  Nous avons pu expérimenter à maintes reprises cette notion au cours de ces quatre années et demi de recherche doctorale. Par exemple, nous avons pu constater que le fait d'introduire le mot « paradoxe » dans les discussions et de développer les principes de l'approche paradoxale a permis à certains acteurs de mieux exprimer leurs difficultés et les blocages professionnels qu'ils rencontraient, tout en leur permettant de prendre du recul. De la même manière, le fait de présenter PVSI comme la volonté de transformer un écosystème d'affaires en écosystème de

l'innovation a permis à certains acteurs de changer leur vision et d'entrer dans une logique de questionnement sur ce qu'était un écosystème.

En 2004, CLERC et TOMAMICHEL soulignent que les praticiens sont assez peu enclins à « consommer » les productions de la recherche et se montrent très critiques à l'égard des chercheurs qu'ils accusent de juger (voire d'agresser) le « terrain » dont ils méconnaîtraient les exigences et les difficultés. De l'autre côté, les chercheurs s'agacent de l'opacité que les pratiques opposent à l'investigation et défendent la légitimité de leur regard sur le réel.
Dans le même ordre d'idée, DUPUY dénonce en 2015 le « sens commun », forgé sur l'opinion commune, qui l'emporte le plus souvent sur les grands acquis des sciences sociales dans les entreprises. Il dénonce ainsi les affirmations vagues qui flottent dans le « cloud » managérial sans que personne ne sache vraiment d'où elles viennent ni si elles ont quelque fondement empirique ou scientifique.
Pour donner plus de valeur à leur perception immédiate de la réalité, de nombreux managers font comme si nous étions à l'« âge zéro » du management, comme si tout était à inventer, comme si les situations rencontrées ne l'avaient jamais été et comme si personne n'avait jamais réfléchi sur ces sujets…

Face à ces considérations, nous avons au contraire la conviction que considérer que la théorie et la pratique sont deux univers complètement distincts et hiérarchisés, comme la philosophie l'a longtemps considéré, est une erreur. Au contraire nous sommes persuadé de la nécessité absolue d'une « fertilisation croisée » entre la théorie et la pratique.

Du fait de sa double appartenance, le praticien-chercheur peut donc jouer un rôle évident de « traducteur » et de « passeur de savoirs » entre le monde des praticiens et celui des chercheurs. Aider à la construction de ponts entre ces deux univers, comme nous avons pu y contribuer à travers cette thèse (mais aussi en co-fondant un master de recherche et en développant des partenariats entre le CEA et les universités) est un des éléments essentiels de notre motivation.

- **La dimension pragmatique du projet de recherche : agir**

LAVERGNE souligne que la recherche vise aussi à faire émerger des dynamiques d'expérimentation et d'action réflexive sur le terrain et à dégager des pistes d'actions pour faire mieux et pour faire autrement. Autrement dit, la recherche doit se traduire dans une logique d'action et aboutir à des résultats.

Deux postures de praticien-chercheur peuvent émerger :

- Le praticien-chercheur peut agir sur commande du fait d'une demande de sa propre entreprise ou organisation. Dans ce cas, il bénéficie d'un crédit d'heures pour se former et son entreprise attend de sa part un livrable précis quant aux résultats de sa recherche.
- Le praticien-chercheur peut agir de sa propre initiative. Dans ce cas, il ne bénéficie d'aucun crédit d'heures et est détaché de toute obligation de produire un résultat vis-à-vis de sa propre entreprise ou organisation. Sa liberté d'action est donc beaucoup plus grande.

Notre avons choisi une approche intermédiaire par rapport au présent travail doctoral. D'un côté, nous avons fait le choix de ne demander aucun crédit d'heures (et de réaliser nos travaux de recherche et de rédaction durant les périodes de repos et de congés), ce qui nous a permis de disposer d'une totale liberté d'action dans l'orientation de notre thèse. Mais, nous avons également tenu pleinement informée notre direction de l'avancée de ce travail doctoral et nous avons reçu un plein soutien de sa part et un réel intérêt pour nos travaux.

Dès lors, étant donné ce soutien et le droit accordé pour utiliser notre riche terrain de recherche professionnel, nous avons eu à cœur de produire un certain nombre de résultats concrets utilisables dans notre cadre professionnel. Ceci s'est traduit à travers les actions que nous avons pu conduire dans le cadre de la recherche action que nous avons pu mener dans le cadre de PVSI (nous décrirons ce point par la suite).

- **La dimension ontogénique du projet de recherche : se développer pour se redéfinir autrement**

L'année précédant le début de cette thèse, nous avons suivi un cours de l'école doctorale de Montpellier et nous avions été frappé par les paroles fortes du professeur LE ROY : « si votre thèse ne prend pas une place centrale dans votre vie, si vous n'y pensez pas en permanence, vous n'êtes pas vraiment dans une attitude

de chercheur… ». A l'issue de ce travail doctoral, nous comprenons pleinement le sens de ces propos. En effet, un projet de recherche est un acte fort de développement personnel. Il n'est pas possible de s'y engager à moitié… !

En prenant progressivement ce rôle de praticien-chercheur, nous avons fait évoluer notre rapport au métier. Un élément très notable est la prise de recul. En tant que professionnel, nous assistons inévitablement parfois à certaines réunions tendues voire polémiques. Avant cette thèse, nous abordions ces réunions dans une posture purement professionnelle ayant à cœur d'y défendre au mieux nos positions. Progressivement, nous avons appris aussi à observer le jeu des acteurs, à décrypter leur comportement, à comprendre les paradoxes auxquels ils font face et qui expliquent certaines réactions parfois agressives… Cette montée en puissance du chercheur au côté du praticien s'est avérée salutaire à maintes reprises. Elle nous apporte plus de maîtrise, de sérénité et d'empathie vis-à-vis des autres.

En 1980, DEVEREUX indique que le processus de recherche conduit à ce que le praticien-chercheur permette qu'une « perturbation soit créée en lui ». Nous avons ressenti cette perturbation, salutaire, et la manière dont celle-ci a modifié notre relation à l'environnement.

Après avoir décrit ce statut particulier de praticien-chercheur, nous souhaitons à présent décrire ce que celui-ci implique en termes de positionnement épistémologique et de mode d'accès au réel.

2. Un positionnement épistémologique constructiviste

Le terme épistémologie est apparu au début du XXème siècle pour désigner une branche de la philosophie spécialisée dans l'étude des théories de la connaissance, et est peu à peu devenu synonyme de la philosophie des sciences. En 1967, PIAGET indique ainsi que l'épistémologie est « l'étude de la constitution des connaissances valables ». Elle s'intéresse principalement aux questions suivantes : Qu'est-ce que la connaissance ? Comment est-elle élaborée ? Quelle est sa valeur ?

Tout chercheur en sciences de gestion, et plus largement en sciences humaines et sociales, peut donner à sa recherche des représentations très diverses selon le paradigme dans lequel il inscrit

sa recherche. Comme l'indique KHUN en 1962, un paradigme désigne une constellation de croyances, valeurs, techniques, etc, partagées par une communauté donnée.

La définition d'un paradigme repose sur des niveaux de questionnement :

- Ontologique : « Qu'y a-t-il qui puisse être connu ? Quelle est la nature du réel ?
- Epistémologique : « Quelle est la séparation entre le sujet connaissant et ce qui est connu (ou connaissable ?)
  Comment peut-on être sûr que nous savons ce que nous savons ?
- Méthodologique : « Quelles sont les manières d'élaborer la connaissance ? »

Il existe plusieurs types de paradigmes épistémologiques, qui diffèrent dans la réponse apportée aux questions ci-dessous. En simplifiant quelque peu, nous considérons que les trois grandes familles sont les paradigmes positivistes, post positivistes et constructivistes.

Etant donné notre implication personnelle au sein du terrain de recherche (point que nous développerons dans le paragraphe sur la méthodologie de la recherche), il n'aurait pas été pertinent de supposer l'existence d'un réel indépendant de l'intérêt et de l'attention que nous pouvions lui porter. Nous avons donc écarté d'emblée les paradigmes positivistes et post-positivistes.

Nous faisons le choix de nous inscrire dans un paradigme constructiviste, tel que celui-ci est décrit par GUBA et LINCOLN en 1989 avec les réponses apportées ci-dessous aux trois niveaux de questionnement :

- Ontologique : il existe de multiples réels socialement construits non gouvernés par des lois naturelles, causales ou autres.
  De fait, notre terrain de recherche consiste à étudier de manière approfondie une firme leader et son écosystème d'affaires. La valeur de notre recherche sera d'étudier la construction sociale de ce réel particulier et d'apporter un éclairage nouveau à l'ensemble des concepts théoriques que nous mobiliserons. Par contre, nous ne prétendons nullement bâtir une théorie qui s'appliquerait de manière indéterminée à tous les réels possibles…

- Epistémologique : l'observateur et le phénomène observé ne sont pas séparables. La « vérité » est définie comme la construction la mieux informée sur laquelle il y a consensus (sachant que plusieurs constructions peuvent satisfaire simultanément à ce critère). Etant pleinement immergé, depuis des années, au sein de la firme leader de l'écosystème d'affaires étudié, la valeur de notre travail de recherche ne peut en rien reposer sur une hypothétique séparation entre nous-même et le phénomène observé. Par contre, le fait d'avoir pu étudier ce phénomène de manière privilégiée et sur une longue période, ne peut que donner crédit au caractère « bien informé » de la construction intellectuelle que nous proposons dans cette thèse.

- Méthodologique : les connaissances sont co-construites entre les chercheurs et les répondants. La valeur de la recherche repose sur un processus continuel d'itérations, d'analyses, de critiques, de réitérations, pour conduire à l'émergence de représentations co-construites.

  Ce caractère co-construit des connaissances est également en adéquation avec notre positionnement. Notre immersion dans notre terrain de recherche serait difficilement compatible avec une construction intellectuelle qui serait en décalage complet avec les répondants de la recherche. Au contraire, le fait que les personnes avec qui nous pouvons discuter quotidiennement ou que les personnes interviewées se reconnaissent et participent au travail de recherche et à ses conclusions est un élément primordial de la validité de celle-ci.

Selon MUCCHIELI en 2005, la recherche constructiviste doit faire appel à un « cadre de référence théorique large et souple » qui est vu comme « une carte provisoire du territoire, composée de connaissances générales à propos du phénomène qu'il s'apprête à étudier, ainsi qu'à des repères interprétatifs… ». Ce cadre de référence constitue une boîte à outils qui comprend à la fois quelques outils généraux et plusieurs outils spécifiques que l'on choisira d'utiliser selon le type de problème à traiter ou l'univers interprétatif à construire.

3. Une recherche qualitative

En 1997, LANGLEY rappelle un certain nombre de critiques datant du début des années 1990 sur le caractère étroit et peu opérationnel d'une bonne partie des recherches scientifiques en stratégie (BETTIS 1991 ; DAFT et BUENGER 1990 ; HAMEL et PRAHALAD 1996). Le

point commun de ces critiques est de souligner, entre autres, l'incompatibilité entre la nature fondamentalement dynamique des phénomènes stratégiques et l'engouement des chercheurs pour des études quantitatives transversales fondées sur des bases de données secondaires et des enquêtes par questionnaire. Pour pallier cette lacune, LANGLEY souligne la nécessité de recourir à des méthodes de recherche qualitatives, holistiques et longitudinales afin de mieux comprendre les processus stratégiques tels que la formation de la stratégie, la prise de décision, la transformation, l'apprentissage organisationnel, l'innovation, le leadership stratégique, la gestion des alliances…

Très tôt au cours de ce travail doctoral, il nous est apparu qu'en effet une analyse de type quantitatif serait inadaptée pour traduire la complexité d'une firme leader confrontée à des paradoxes majeurs et la transformation d'un écosystème d'affaires. Sur des sujets stratégiques, il nous semble très difficile de traduire la complexité des phénomènes observés dans le prisme forcément limité d'un questionnaire quantitatif. Le choix d'une recherche qualitative étant fait, nous avons cependant pris conscience de la difficulté de l'exercice comme le souligne également LANGLEY. Nous avons essayé d'éviter les trois risques épistémologiques de la recherche qualitative tels qu'ils sont soulignés par DUMEZ en 2012.

Le premier risque est celui des acteurs abstraits. Une démarche de recherche qualitative n'a de sens que si elle montre et analyse les intentions, les discours et interactions des acteurs. Elle ne doit pas se limiter à faire agir des notions, des idées, des variables, des structures, plutôt que des acteurs pensant et agissant. Pour éviter ce risque, l'auteur souligne l'importance de se forcer à décrire et narrer les actions et interactions des acteurs.

Pour autant, cette narration ne doit pas être une juxtaposition de verbatims, dont l'accumulation ne garantit en rien la justesse du phénomène décrit. Le rôle du chercheur est important pour tirer la « substantifique moelle » des acteurs rencontrés et interviewés et des situations observées. Pour l'avoir observé à maintes reprises, nous avons acquis la conviction que les acteurs interviewés se conforment au « niveau de jeu proposé » par l'interviewer : ils perçoivent très vite si l'interviewer manque de recul, n'est pas dans l'écoute ou reste au niveau superficiel et ils adaptent leurs réponses en conséquence ; inversement, ils se prêtent facilement au jeu s'ils perçoivent que l'interviewer a du recul, connaît son sujet et le contexte, et dispose aussi d'un bon niveau d'empathie et d'une réelle capacité d'écoute. Nous avons essayé d'adopter cette posture tout au long de cette thèse, tout en restant conscient de la difficulté de l'exercice.

Le deuxième risque est celui de la circularité. En 1956, POPPER l'a très bien résumé : « *on peut dire d'à peu près n'importe quelle théorie qu'elle s'accorde avec quelques faits* »

(POPPER, 1956). En effet, dans la recherche qualitative, le matériau rassemblé est très riche, hétérogène et lacunaire. Inversement, les théories mobilisées sont très souvent abstraites, générales et décontextualisées. Le risque de circularité, défini par BAMFORD en 1993, consiste à ne voir dans le matériau empirique que ce qui confirme une théorie. L'auteur souligne en outre que ce risque prend une tournure particulière dans la recherche-action (ce qui est notre cas comme nous le développerons dans la paragraphe suivant). Le chercheur peut en effet être influencé dans ses interprétations par les clichés ou mantras partagés par les acteurs, de même que les acteurs peuvent être influencés dans leurs pratiques par les interprétations données par le chercheur.

Nous avons essayé d'éviter ce risque en appliquant un design de recherche abductif. En combinant des phases d'induction et de déduction, en effectuant des allers-retours permanents entre la théorie et la pratique, nous avons cherché à réduire au maximum le biais de circularité. Nous décrirons ce design de recherche dans le prochain paragraphe.

Enfin, le dernier risque exposé par DUMEX est le risque de méconnaissance du phénomène d'équifinalité. Ce risque a été défini par BERTALANFFY en 1968 comme étant le fait d'atteindre « *le même état final à partir d'états initiaux différents par des itinéraires différents* » (BERTALANFFY, 1968). Le principe ici exposé est qu'il conviendrait, dans une approche qualitative, de raisonner comme pour une enquête policière : explorer plusieurs explications possibles, plusieurs types d'enchaînements ou de mécanismes ayant pu aboutir à un phénomène, par des cheminements différents. Autrement dit, il s'agit d'écarter le risque qu'une recherche qualitative ne recherche qu'une observation aux phénomènes qu'elle observe, qu'elle ne fasse jouer qu'un cadre théorique, en écartant les faits et observations pouvant contredire ce cadre. Il y a donc un lien entre la circularité et l'équifinalité.

Notre position est d'assumer ce risque plutôt que de chercher à l'éviter. Etant donné la complexité de notre terrain d'études et la richesse des théories et concepts mobilisables dans le cadre des sciences de gestion, nous sommes persuadé que d'autres chercheurs en sciences de gestion peuvent mobiliser des concepts alternatifs et suivre ainsi un itinéraire de recherche tout à fait différent de celui que nous suivons. En aucun cas, nous ne prétendons qu'il n'y a qu'une seule manière de décrire l'évolution du site de Marcoule et de son écosystème dans le démantèlement nucléaire. Peut-être que nous-mêmes, si nous revenons vers ce terrain de recherche à travers des travaux postérieurs au présent travail doctoral, nous pourrons identifier d'autres itinéraires de recherche.

En fait, si décrire plusieurs itinéraires de recherche possibles peut nous faire éviter le risque d'équifinalité, il nous semble que cela peut engendrer aussi un risque de dispersion et d'alourdissement du travail doctoral. Ce faisant, nous préférons donc nous inscrire dans l'approche de GIRIN qui explique en 1981 « *qu'on peut donner d'une situation complexe plusieurs représentations différentes, toutes aussi cohérentes les unes que les autres, en fonction des principes et paradigmes scientifiques retenus* » (GIRIN, 1981).

4. Le choix d'une double approche : participation-observante et recherche-action

En cohérence avec le positionnement de praticien-chercheur, nous avons choisi d'utiliser deux méthodes participatives pour réaliser nos investigations.

La participation-observante

Comme le précise SOULE en 2007, la notion de participation-observante apparaît fréquemment comme une figure de style, ayant vocation à souligner un investissement important, ou particulièrement prolongé, au sein d'un groupe, d'une communauté ou d'une organisation. En 2002, PINCON et PINCON-CHARLOT utilisent par exemple ce terme pour relater leur participation à diverses cérémonies ou festivités en tant qu'invités de la grande bourgeoisie. Bien que ne faisant pas partie de celle-ci, ils mettent à profit ces épisodes sur un plan empirique. En 2000, BREWER caractérise la participation-observante comme l'utilisation d'un rôle existant pour engager une recherche dans un environnement familier.

SOULE précise quant à lui que la participation-observante entraîne inévitablement des relations de proximité, voire une intimité avec les acteurs d'un terrain. Mais elle est aussi supposée s'appuyer sur une mise à distance objectivée de ces mêmes relations humaines. Pour cet auteur, le chercheur travaillant dans ce cadre est totalement immergé sur son terrain pour tenter d'en saisir toutes les subtilités, au risque de manquer de recul et de perdre en objectivité. Pour lui, l'avantage est cependant clair en termes de production de données : cette méthode permet de vivre la réalité des sujets observés et de pouvoir comprendre certains mécanismes difficilement décryptables pour quiconque demeure en situation d'extériorité. Ainsi, en participant au même titre que les acteurs, le chercheur a un accès privilégié à des informations inaccessibles au moyen d'autres méthodes empiriques.

En 2003, EMERSON propose de dépasser le paradoxe apparent entre l'accès au terrain et le risque de perte d'objectivité. Pour lui, la solution est davantage du côté de la prise en compte des effets de l'enquête que de la tentative de les minimiser. Ainsi, il s'agit de tenir pour allant

de soi que l'observateur altère ce qu'il observe, mais que ces altérations font partie de l'objet d'étude. Plutôt que de chercher à restreindre ou supprimer les observations sur le terrain, il importe de devenir sensible et réceptif à la façon dont les protagonistes se perçoivent et se traitent les uns les autres et d'appliquer ce principe au chercheur lui-même. Dès lors, le chercheur devient lui-même une source des résultats et non pas une source de contamination de ceux-ci.

La recherche-action

En 2002, CATROUX s'intéresse aux modalités de la recherche-action qu'elle présente comme une démarche théorique centrée sur la pratique. Pour elle, « *la recherche-action permet en effet au praticien, tout en restant en contact avec le terrain, d'apprendre à identifier ses besoins et d'établir une démarche pour atteindre des objectifs de changement* » (CATROUX, 2002 : p1). Le terme de recherche-action est attribué à LEWIN en 1946. Ce psychologue expérimental allemand a avancé l'idée qu'à travers la recherche-action, des avancées théoriques pouvaient être réalisées en même temps que des changements sociaux. Pour CATROUX, la recherche-action est ainsi décrite comme une spirale de cercles de recherche progressant chacun d'une description de l'existant vers un plan d'action. La recherche-action présente donc un chemin cyclique. Chaque cycle de recherche débute par une observation de ce qui se passe sur le terrain. La réflexion qui suit permet de déterminer un plan d'action. Ceci nécessite une discussion, une négociation, l'exploration des diverses possibilités, l'évaluation de ces possibles et l'étude des contraintes. Une fois menée, cette réflexion permet de déterminer un plan d'action. Celui-ci est mis en œuvre, ses effets analysés puis altérés si nécessaire, et le cycle reprend en séquences similaires.
En 1983, BATAILLE considère que la recherche-action permet à la fois d'orienter l'action vers la recherche et de ramener la recherche vers l'action, tout en réfutant le postulat d'objectivité du positivisme. En 1984, le même BATAILLE positionne la recherche-action comme l'outil privilégié du praticien-chercheur dans le sens où cette dernière permet la création d'un code commun à la communication entre les chercheurs et les praticiens.

Comme nous pouvons le constater, la participation-observante et la recherche-action présentent de nombreuses similitudes. Nous identifions néanmoins un point essentiel de différenciation entre les deux approches. A la différence de la participation-observante, la recherche-action intègre une intention transformatrice du réel. Autrement dit, en situation de participation observante, le chercheur peut se limiter à la simple observation du réel et à la description des

situations qu'il rencontre du fait de son positionnement privilégié. En situation de recherche-action, il cherche à agir sur le réel en mobilisant des outils théoriques, se situant pleinement dans l'approche proposée par CATROUX sur la spirale de cercles de recherche.

Nous avons eu l'opportunité de tester les deux types de positionnement lors de ce travail doctoral.

Dans la première partie de notre thèse, nous avons pu observer les transformations internes d'un CEA/Marcoule confronté aux paradoxes majeurs du démantèlement nucléaire. Nous avons adopté une attitude de participation-observante, en nous appuyant uniquement sur notre rôle de responsable du contrôle de gestion du centre. Par exemple, lors des dizaines de réunions sur les projets de démantèlement auxquelles nous avons eu l'opportunité de participer, nous nous sommes uniquement positionnés dans notre rôle de contrôleur de gestion. Notre participation à ces réunions était uniquement légitimée par ce rôle et non par notre rôle de chercheur en sciences de gestion. Ce choix était motivé par le fait que le rôle de contrôleur de gestion, que nous devions pleinement assumer durant ces réunions, nous semblait relativement incompatible avec celui de chercheur… Avec les dizaines de personnes que nous avons rencontrées lors de ces réunions ou revues, nous n'avons jamais évoqué les notions de paradoxes, d'ambidextrie, ni un quelconque autre point théorique de notre travail doctoral (nous avons néanmoins évoqué ces sujets lors des entretiens formels). Par contre, nous avons utilisé ces réunions pour observer le réel complexe du démantèlement nucléaire.

Dans la deuxième partie de notre thèse, nous avons été directement impliqué en tant que membre de l'équipe projet PVSI, dans l'essai de transformation d'un écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation. Notre positionnement de praticien n'était donc plus celui d'un contrôleur de gestion, avec tout ce que cela implique en termes de neutralité de la fonction, mais celui d'un membre à part entière d'une équipe projet devant faire réussir des projets concrets tel que le développement d'une halle technologique consacrée au démantèlement. Notre rôle était plus celui d'un business partner ou d'un business developer. Nous avons dès lors réellement pu nous impliquer dans le cadre d'une recherche-action. Pour les autres membres de l'équipe projet PVSI, notre positionnement de chercheur était connu. Nous avons pu largement évoquer avec eux les concepts d'écosystème d'affaires et de l'innovation, de traduction, d'innovation ouverte ou encore de standards. Notre travail doctoral a donc directement pu contribuer à l'intention transformatrice de PVSI et nous a permis d'expérimenter par nous-mêmes la spirale de cercles de recherche décrite par CATROUX.

Le graphique ci-dessous résume la différence d'approche entre les deux parties de cette thèse :

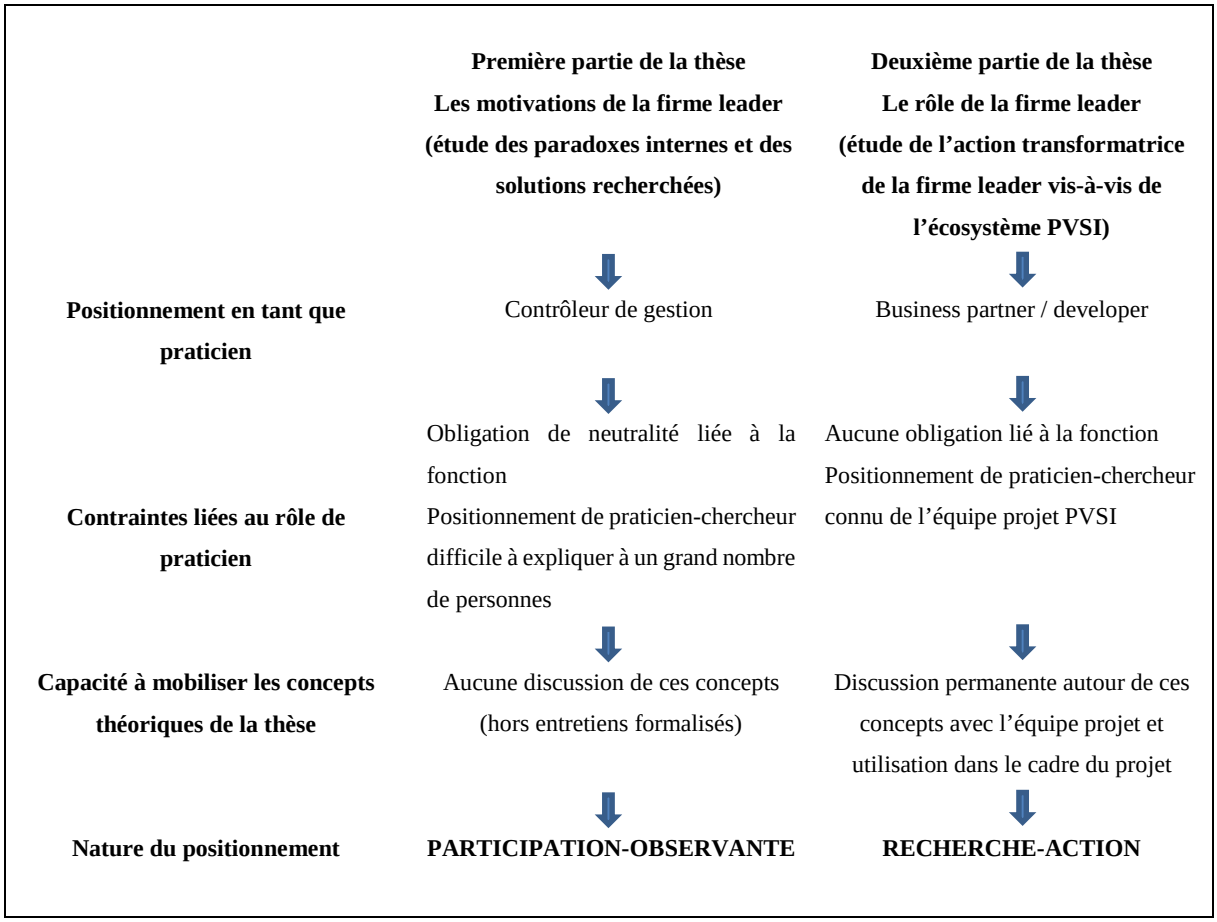


Figure 9

5. Un design de recherche abductif

Dans une approche purement déductive, la théorie précède l'expérience. Autrement dit, il s'agit de tester une théorie ou un modèle, par le biais d'hypothèses, afin d'établir une démonstration logique sans recours à l'expérience dans un premier temps.

Par opposition, l'approche purement inductive part de l'observation des faits empiriques et tente de construire de nouvelles théories en les généralisant. L'induction procède en sens inverse des méthodes hypothético-déductives précisément parce que le chercheur travaille à partir des données et élabore ensuite des concepts théoriques et des propositions. En 1967, GLASER et STRAUSS définissent la grounded theory ou théorie ancrée. Par rapport aux méthodes scientifiques en vigueur à cette époque, la théorie ancrée représente une rupture. Au lieu de commencer par la construction d'une hypothèse dans un champ et un cadre théoriques déjà

fixés pour ensuite appliquer ce modèle au phénomène étudié, le chercheur commence ici par la collecte des données, sans a priori (dans la mesure du possible) pour ensuite aller y chercher ce qui « a du sens ». Dans un article de 2007, ANADON et GUILLEMETE s'interrogent sur le fait que la recherche qualitative soit nécessairement inductive. Pour eux, l'induction exclusive est illusoire car toute démarche de compréhension implique des moments de déduction logique. Entre les deux extrémités de l'induction pure et de la déduction pure – mais tout de même plutôt du côté de l'induction – l'abduction est proposée comme une voie de réponses aux attentes de la recherche qualitative. Pour PIDGEON en 1991 et BLUMER en 1969, l'abduction est réalisée par une comparaison continue – ou un « flip-flop » - entre les données déjà collectées ou entrantes et les construits théoriques en constante évolution. Pour NORTON en 1999, l'abduction se situe résolument davantage du côté de l'induction plutôt que de celui de la déduction car elle est prioritairement une ouverture attentive à la découverte de nouvelles compréhensions des phénomènes et non une attention à de nouvelles données (ou à de nouveaux phénomènes) qui confirment le potentiel explicatif des théories existantes. L'abduction est essentiellement une théorisation impliquée dans le processus. Ainsi pour DUMEZ en 2012, le chercheur n'est pas déterminé par les théories et reste ouvert à la découverte. La méthode abductive procède donc d'un aller-retour permanent entre le terrain de recherche et les théories mobilisées comme nous avons pu le mettre en pratique dans ce travail doctoral :

Mars 2011 : Conférence de Marc GIGET sur les écosystèmes de l'innovation, suscitant un fort intérêt de notre part

⬇

2011-2012 : Sur la base de l'intérêt du concept et du manque de définition théorique du concept d'écosystème de l'innovation, décision d'entreprendre un travail doctoral sur ce thème en l'appliquant à plusieurs secteurs (nucléaire, spatial, aéronautique…)

⬇

2012-2013 : Questionnements sur la notion d'écosystème de l'innovation : objet théorique nouveau ou état spécifique d'un écosystème d'affaires ? Approfondissement de la notion en observant plusieurs écosystèmes d'affaires dans différents domaines. Choix de se focaliser sur le secteur nucléaire pour bénéficier pleinement d'un accès privilégié au terrain d'étude du fait de notre rôle de praticien.

⬇

2014-2015 : Approfondissement de la théorie et prise de conscience du rôle déterminant de la firme leader dans la transformation d'un écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation. Choix personnel de s'impliquer fortement dans le projet PVSI lié au démantèlement nucléaire et au site de Marcoule.

⬇

2015 : Présentation d'un point d'étape du travail doctoral à notre laboratoire de recherche (Laboratoire MAGELLAN Lyon 3) basé sur des observations liées au projet PVSI. Suite aux observations, précision des

différents niveaux d'analyse et choix de focaliser le travail doctoral sur le site de Marcoule et le démantèlement nucléaire.

⬇

2015-2016 : Prise de conscience de la nécessité d'analyser les motivations d'une firme leader d'un écosystème si on veut comprendre son rôle dans la transformation écosystémique. Observation du terrain et lien empirique réalisé entre la volonté du CEA/Marcoule de mobiliser son écosystème pour répondre à ses difficultés internes → mobilisation du cadre théorique sur les paradoxes et sur l'ambidextrie organisationnelle.

⬇

2016-2017 : Observation des actions de la firme leader vis-à-vis de PVSI et mise en évidence d'une problématique centrale : comment impulser l'innovation d'exploration nécessaire à la résolution des paradoxes du démantèlement nucléaire ? → identification des actions de la firme leader à une action de traduction → choix de la sociologie de traduction comme cadre conceptuel intégrateur de la thèse

2 .Le cadre méthodologique de la recherche

1. Une analyse multiniveaux

En 2012, LECOQ rappelle que le traitement des niveaux d'analyse est loin d'être systématique en sciences de gestion et qu'aujourd'hui encore, nombre de chercheurs ne mentionnent pas explicitement à quels niveaux les concepts mobilisés sont considérés et opérationnalisés et à quel niveau leurs théories opèrent. Nous avons été particulièrement sensibilisé à ce point lorsqu'il y a deux ans, au milieu de ce travail doctoral, nous avons été quelque peu déstabilisé par la question : « c'est bien ce que vous dites, mais vous vous situez à quel niveau d'analyse ? ». Dès lors, nous nous sommes intéressé à la question des niveaux d'analyse au point d'en faire un élément structurant de la présente thèse.

En 2008, LEHIANY rappelle qu'il convient de distinguer en sciences de gestion (mais également dans d'autres disciplines des sciences humaines et sociales) les niveaux d'analyse micro et macro. Deux approches méthodologiques différentes peuvent ainsi être utilisées : l'individualisme pour le niveau micro qui tente d'expliquer les faits sociaux à partir des comportements individuels ; le holisme pour le niveau macro qui analyse les faits sociaux à partir d'autres faits sociaux. Comme le rappelle GLAYMANN en 2006, la méthodologie diffère notablement entre ces deux approches.

Dans l'approche holiste, le tout diffère de la somme des parties qui le composent. Les individus subissent les règles liées à des structures qui leur échappent et qui peuvent modeler leurs comportements et leurs croyances. Les faits sociaux s'imposent aux individus et peuvent les

contraindre à agir, le plus souvent à leur insu. Ceci impose d'étudier les faits sociaux en tant que tels et de les analyser de l'extérieur. Pour réaliser cette analyse extérieure, l'observation peut donc être indirecte et objective.

Dans l'approche individualiste, la société est avant tout le produit d'interactions entre des individus. Des acteurs individuels font leur choix et construisent des stratégies liées aux coûts et aux avantages comparés de leurs actes. Le social est produit par le résultat de ces actions individuelles. Il est donc essentiel de comprendre les actes des individus et le sens qu'ils donnent à ces actes. Dans ce cas l'observation doit être directe et participante.

Pour ROUSSEAU et HOUSE en 1994, le niveau méso est le lieu de confrontation des forces macro et micro-structurelles. Il correspond au cadre d'action du dirigeant. Pour mener des recherches méso, les deux auteurs recommandent de s'intéresser aux évènements, aux crises ou encore aux routines.

Cette rapide définition des trois niveaux d'analyses possibles nous permet à présent de rappeler tout l'intérêt d'une approche multi-niveaux en sciences de gestion.

Au lieu de considérer qu'une barrière infranchissable existe entre les approches individualistes et holistiques, l'approche multiniveaux permet de s'intéresser aux interactions entre les acteurs, les structures et les systèmes, de mettre en avant les relations entre les comportements individuels et les performances collectives.

Pour mieux appréhender cette notion, il nous semble pertinent de voir les risques encourus si on ne prend pas en compte les différents niveaux. Pour BERGER et LUCKMANN en 1966, le principal danger est la réification. La réification consiste à traiter des produits de l'activité humaine comme s'ils étaient autre chose que des produits humains. Les deux auteurs distinguent la réification de concept et la réification de niveau.

La réification de concept consiste à appliquer un concept de manière identique au niveau macro, meso et micro. La réification de niveau consiste à considérer que ce que l'on observe à un niveau donné, par exemple au niveau méso d'une unique entreprise, est une partie de la réalité voire représente largement cette réalité.

Pour bien comprendre ces deux points, nous pouvons prendre par exemple le concept de travail, qui est souvent très réifié. Supposons que nous souhaitions étudier l'impact d'une réforme comme celle des trente-cinq heures.
La réification de concept consisterait à utiliser un concept méthodologique unique qui permette d'accéder au réel que ce soit au niveau macro-économique d'un pays ou d'un secteur industriel, au niveau méso d'une entreprise ou au niveau micro de la réaction individuelle des salariés. Il y a fort à parier qu'un tel positionnement méthodologique aboutirait à une étude quelque peu « hors sol » et déconnectée du réel. Etudier l'impact macro-économique de la réforme des trente-cinq heures suppose d'utiliser d'autres concepts et outils que ceux qui peuvent être mobilisés pour étudier son impact sur, par exemple, la vie quotidienne des cadres d'une grande entreprise.
Quant à la réification de niveau, elle pourrait consister par exemple à focaliser l'étude sur une unique entreprise et à en tirer une conclusion définitive et universelle sur la pertinence ou non de la réforme des trente-cinq heures.

Pour éviter ces risques de réification, l'approche multi-niveaux obligerait dans un tel cas à varier les angles de vues, pour permettre un accès au réel plus global et plus objectif. Elle nécessiterait d'utiliser des concepts différents selon que l'on se place au niveau macro, méso, ou micro. Elle imposerait de varier les « prises de vues » : observer l'impact de la réforme sur les grands indicateurs macro-économiques, étudier son impact différencié suivant les secteurs d'activités, réaliser des immersions sur plusieurs entreprises emblématiques des différents secteurs, interroger différentes catégories de salariés (encadrement, maîtrise, employés, ouvriers…). Elle inciterait fortement les chercheurs à faire des liens entre les différents niveaux d'analyse. Par exemple, mettre en évidence des écarts au niveau macro-économique entre différents secteurs, puis chercher à les expliquer par une immersion dans les entreprises représentatives de ces secteurs et enfin comprendre les ressorts individuels des salariés.

L'approche multi-niveaux renforce donc la validité de la recherche. Comme un photographe, un chercheur en sciences humaines cherche à représenter le réel de la manière la plus fidèle possible. Un bon photographe sait intuitivement que l'angle d'observation qu'il choisit détermine grandement ce qu'il pourra voir ou ne pas voir. Il ne prétendra pas pouvoir observer des détails très fins en prenant une photo panoramique. Par contre, celle-ci lui permettra d'avoir une vision globale de l'environnement qu'il observe. Il sait que s'il est intrigué par un détail dans le paysage global, il devra s'en approcher (en descendant du point haut depuis lequel il a pris la photo panoramique) pour prendre des photos de plus près. Et ce faisant, il sait qu'il devra

changer d'outillage et passer d'un appareil permettant des prises de vues panoramiques à un appareil permettant des photos rapprochées.

Pour éviter les deux types de réification, LECOCQ précise en 2012 que la recherche doit s'attacher à étudier simultanément plusieurs niveaux d'analyse aux relations bien définies et envisagées comme une articulation et non comme une hiérarchisation.

1.1. La définition des niveaux d'analyses

Nous identifions quatre niveaux d'analyse dans le présent travail doctoral, que nous allons à présent décrire.

Le niveau méta représente le démantèlement nucléaire au niveau mondial et national. 140 réacteurs nucléaires (dont 60 % en Europe) sont actuellement à l'arrêt au niveau mondial. En France, une trentaine d'installations nucléaires de tout type (réacteurs de production d'électricité ou de recherche, laboratoires, usine de retraitement de combustible, installations de traitement de déchets, etc.) étaient arrêtées ou en cours de démantèlement en 2014, selon l'autorité de sûreté nucléaire.

Le niveau macro représente l'écosystème d'affaires territorial qui s'est constitué autour du site de Marcoule et du démantèlement nucléaire et que nous qualifions d'« écosystème PVSI », du nom de l'association qui s'est créée pour le représenter. Il regroupe le CEA/Marcoule, firme leader, l'établissement AREVA de Marcoule (qui intervient en sous-traitance du CEA sur les aspects exploitation des installations et démantèlement et en appui de la maîtrise d'ouvrage des projets), une dizaine de sous-traitants de rangs 1 et de très nombreux ETI et PME/PMI situés dans un rayon d'une centaine de kms autour du site de Marcoule.

Le niveau méso représente le CEA/Marcoule, firme leader de l'écosystème PVSI. Elle emploie près de 1500 salariés. Son activité se répartit entre la R&D dans le domaine du cycle du combustible nucléaire (aussi bien en soutien des réacteurs actuels que pour préparer le cycle des réacteurs du futur) et les programmes de démantèlement (exploitation des installations en démantèlement, maîtrise d'ouvrage des projets de démantèlement…). Le CEA est propriétaire du site de Marcoule, en est l'exploitant nucléaire et gère le support nucléaire et conventionnel du site.

Le niveau micro représente les acteurs du démantèlement au sein du CEA/Marcoule :

- chefs de projet de démantèlement
- équipes projet
- exploitants des installations
- personnels du support nucléaire
- personnels de la sûreté et sécurité du travail
- exploitants du support conventionnel
- ….

Le graphique ci-après représente ces quatre niveaux et indique le positionnement de notre étude de cas par rapport à chacun d'entre eux :

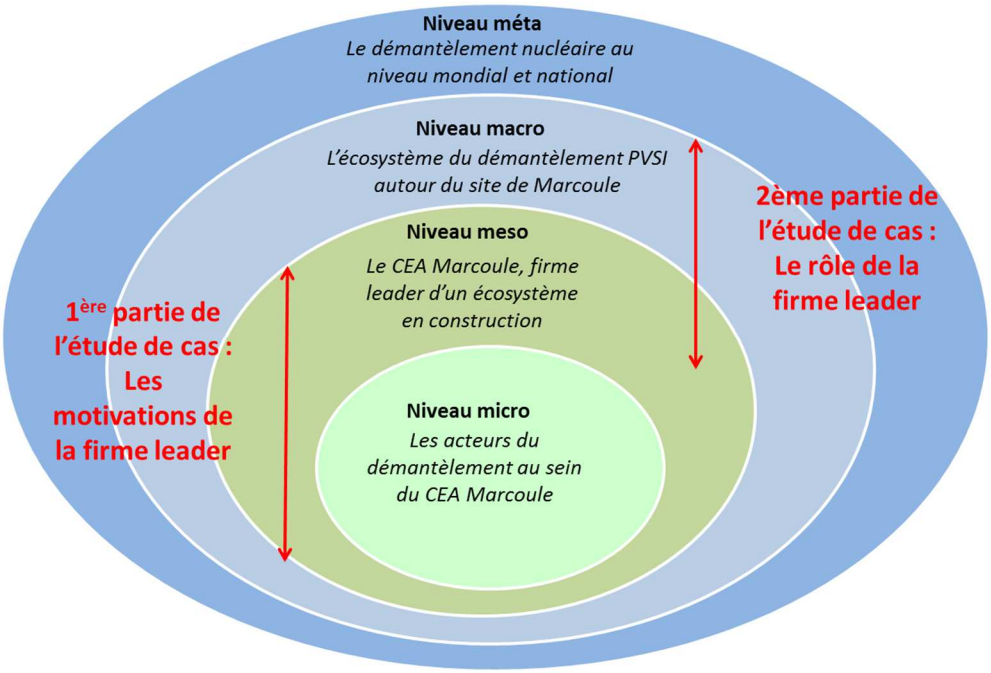


Figure 10

Dans la première partie de notre étude de cas, nous nous positionnerons sur les niveaux micro et méso. Pour étudier les motivations de la firme leader dans l'essai de transformation de son écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation, il est nécessaire de s'immerger dans cette firme leader pour étudier le comportement de ses acteurs (en particulier ceux impliqués dans le démantèlement) et pour comprendre la genèse des décisions stratégiques qui ont conduit cette firme à s'engager dans la démarche PVSI.

Dans la deuxième partie, nous serons positionné sur les niveaux méso et macro. Pour étudier le comportement et le rôle de la firme leader dans son action de transformation écosystémique, il

convient d'observer les actions de la firme leader mais aussi les réactions de l'écosystème d'affaires PVSI.

Dans ce travail doctoral, nous évoquerons peu le niveau méta, à savoir le marché national et mondial du démantèlement nucléaire. Ce choix est lié à la volonté de se focaliser sur un écosystème territorial organisé autour de grands chantiers de démantèlement nucléaire. Nous citerons cependant des éléments de contexte (règlementation, organisation de la sûreté, état de la R&D de démantèlement au niveau international…) qui s'inscrivent dans ce niveau méta. Par ailleurs, notre conviction est que les problématiques rencontrées par le site de Marcoule sont illustratives de celles que peut rencontrer tout site qui s'engage dans un vaste programme de démantèlement nucléaire.

1.2. La définition de l'unité d'analyse

La définition des niveaux d'analyse ne suffit pas. En 2012, LECOCQ précise ainsi qu' « *il ne faut pas oublier que l'unité d'analyse est le niveau sur lequel la théorie est centrée. Il faut donc qualifier l'unité d'analyse à partir de la théorie* » (LECOCQ, 2012). Dit autrement, il convient d'associer à chaque niveau étudié un « outillage adapté » pour l'étudier, en l'occurrence un ou plusieurs concepts méthodologiques.

Dans le chapitre précédent consacré à la définition du cadre conceptuel, nous avons expliqué que celui-ci reposait sur la notion de traduction écosystémique dans le temps et dans l'espace en proposant une carte pour le matérialiser. Nous proposons de compléter à présent cette carte pour introduire l'approche multi-niveaux et les unités d'analyse :

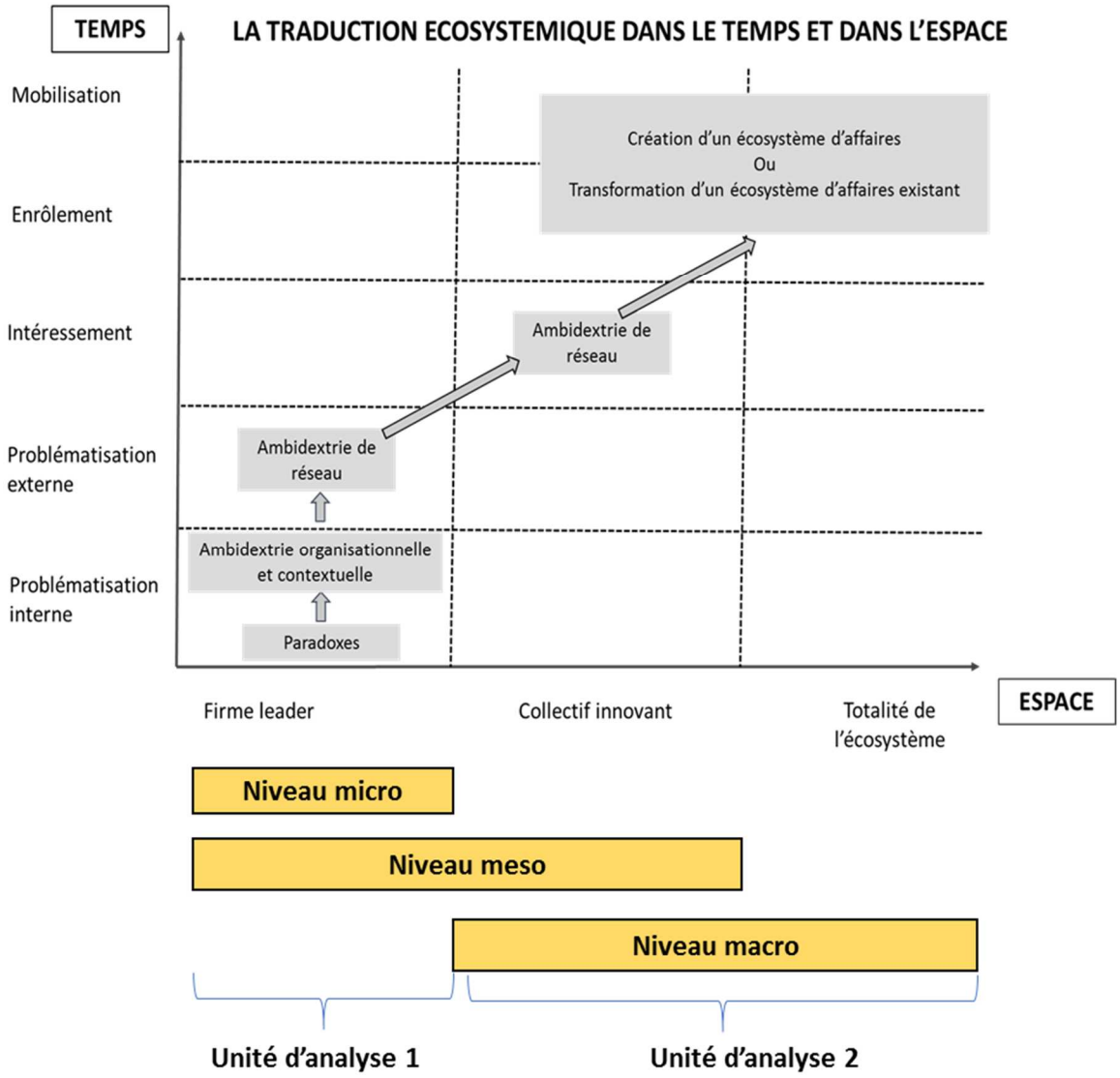


Figure 11

A travers ce graphique, nous souhaitons compléter ce que nous avions déjà mis en évidence dans le chapitre consacré au cadre conceptuel :

- La sociologie de la traduction permet de fournir un cadre conceptuel intégrateur qui s'applique aussi bien au niveau micro, méso et macro. En effet, la phase de problématisation et le début de la phase d'intéressement se situent entre les niveaux micro et méso (au niveau de la firme leader et du collectif innovant) et les phases de fin d'intéressement, d'enrôlement et mobilisation se situent entre les niveaux méso et macro (au niveau du collectif innovant dans un premier temps puis de l'écosystème PVSI tout entier dans un second temps).

  Il convient de noter qu'utiliser la sociologie de la traduction de cette manière nous semble logique puisque ses principaux auteurs (notamment CALLON et FERRARY en

2006), insistent souvent sur le fait que la notion d'acteur-réseau libère de la distinction entre microstructures et macrostructures. La sociologie de la traduction est donc appropriée pour circuler entre les niveaux micro, méso et macro.

- Une première unité d'analyse peut être définie entre les niveaux micro et méso. Cette première unité d'analyse a pour but de comprendre les motivations de la firme leader et la manière dont elle arrive à la conclusion qu'une ambidextrie de réseau est nécessaire pour répondre aux paradoxes du démantèlement. Cette première unité d'analyse s'inscrit donc clairement dans la phase de problématisation de la sociologie de la traduction. Elle mobilise les concepts d'approche paradoxale et d'ambidextrie pour accéder au réel et à sa compréhension.

- Une deuxième unité d'analyse peut être mise en évidence entre les niveaux méso et macro. Elle a pour but de montrer comment la firme leader va conduire la traduction écosystémique vers l'innovation, au travers des phases successives d'intéressement, d'enrôlement et de mobilisation de la sociologie de la traduction. En termes d'outillages conceptuels, cette unité d'analyse mobilise essentiellement le concept d'écosystèmes d'affaires de James MOORE.

Au final, notre cadre conceptuel nous permet de donner une cohérence d'ensemble à ce travail doctoral puisque la sociologie de la traduction nous accompagne durant tout le parcours de recherche. L'approche multi-niveaux nous permet de compléter ce cadre conceptuel en mettant en évidence deux unités d'analyses distinctes, que nous pouvons outiller intellectuellement par des concepts adaptés aux niveaux étudiés.

1.3. La spécification des frontières

Le cadre spatial de notre travail doctoral est l'écosystème d'affaires territorial PVSI qui s'est constitué autour des projets majeurs de démantèlement du site de Marcoule. Tel un réseau, un écosystème d'affaires est un objet dont les frontières sont mouvantes. Il se construit à la base autour d'un nombre d'acteurs limité mais son but premier est d'intégrer de nouveaux membres pour élargir son offre.

Le caractère même d'écosystème territorial peut se discuter. L'essentiel des acteurs de l'écosystème PVSI sont géographiquement présents sur le site de Marcoule et dans un rayon de

100 kms à la ronde. Pourtant un certain nombre d'acteurs qui en font partie possèdent un siège social hors du périmètre (par exemple, les rangs 1 du démantèlement ou les autorités de sûreté nucléaire).

L'adhésion ou non à l'association PVSI n'est pas non plus un critère déterminant. Certains grands acteurs du démantèlement n'en font pas partie, alors même que leurs actions influencent ce qui se passe sur le site de Marcoule.

Dès lors, la question des frontières de notre terrain de recherche se pose. Comme le rappellent LAUMANN et all en 1992, deux approches peuvent être suivies pour déterminer les frontières d'un réseau (et donc d'un écosystème qui, rappelons-le, est une des formes possibles d'organisation réticulaire) : l'approche nominaliste par lequel il revient au chercheur de déterminer les critères pour déterminer les frontières, et l'approche réaliste qui s'appuie sur la subjectivité des acteurs étudiés, en s'appuyant sur une auto-déclaration.

Nous faisons le choix d'une approche nominaliste en proposant une définition simple : nous considérons que font partie de l'écosystème PVSI toutes les parties prenantes qui peuvent influencer ce qui se passe sur les projets de démantèlement nucléaire du site de Marcoule. L'essentiel de ces parties prenantes étant implantées localement, ceci est cohérent avec la notion d'écosystème territorial, sans pour autant exclure a priori une partie prenante qui ne serait pas implantée localement mais dont l'action peut influencer l'écosystème. Cette définition nous semble compatible avec notre volonté d'étudier l'action de la firme leader au sein de l'écosystème : chacune de ces parties prenantes sera en mesure soit de favoriser, soit d'entraver cette action de la firme leader.

2. Une recherche combinée sur le contenu et le processus

En 1992, PETTIGREW, réalise une synthèse de ses travaux sur la dynamique de changement. Pour cet auteur, les phénomènes du passé, du présent et du futur sont connectés. Pour comprendre le changement, il faut l'examiner dans la continuité. PETTIGREW propose un modèle d'analyse global, à la fois culturel et politique.

La force de ce modèle est de combiner le contenu, le processus et le contexte d'un changement.

Le contexte reprend les dimensions internes et externes dans lequel s'inscrit le changement : l'environnement socioéconomique, politique, technologique et concurrentiel, la structure des firmes, leurs cultures, les systèmes de pouvoir et de management).
Le contenu fait référence au domaine spécifique concerné par les changements étudiés.
Les processus mettent l'accent sur la manière dont les actions, les réactions, les interactions des différents acteurs impliqués dans le changement tentent de faire passer l'organisation d'un état présent à un état futur.

La notion de contenu se réfère donc « au quoi changer », l'analyse du contexte permet de répondre à la question « pourquoi changer » et l'analyse du processus répond à la question du « comment changer ». Le graphique ci-dessous résume le modèle de PETTIGREW :

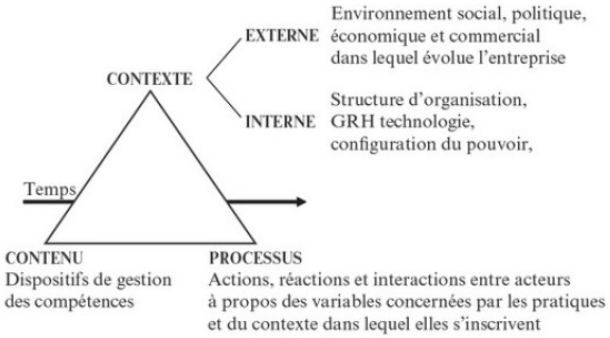


Figure 12

Sur la base de ce modèle, la recherche sur le contenu peut s'analyser en termes de « stock ». Si nous étudions un objet, il peut avoir différents états qui peuvent chacun faire l'objet d'une étude de contenu. Il s'agit dès lors d'étudier la composition de l'objet étudié.

La recherche sur le processus permet de comprendre le phénomène sous un angle différent qui consiste à étudier le comportement de l'objet dans le temps et à étudier son évolution. Le raisonnement se fait donc en termes de « flux ». Comme l'indiquent GRENIER et JOSSERAND en 2007, le contenu et le processus sont donc indissociables. Une recherche combinant une analyse en termes de « stock » et de « flux » peut donc s'avérer très riche. Une analyse de contenu peut permettre de bien connaître l'état 1 et l'état 2 d'un objet donné. Une analyse de processus permet d'analyser le passage dans le temps de l'état 1 à l'état 2.

Ce mode de recherche combinée sur le contenu et le processus est adapté à notre terrain de recherche. Nous rappelons en effet que notre approche est de considérer PVSI comme l'essai

de transformation par le CEA/Marcoule de son écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation.

Dès lors, nous pouvons considérer que l'écosystème d'affaires existant avant PVSI est l'état 1. Cet écosystème privilégie la conservation de l'existant au détriment de la logique d'innovation. Il n'apporte pas à la firme leader les innovations d'exploration qui lui sont nécessaires pour surmonter les paradoxes du démantèlement nucléaire.
La démarche PVSI peut s'analyser comme un processus de changement. Elle regroupe l'ensemble des actions que met en œuvre le CEA/Marcoule pour transformer son écosystème.
L'état 2 représente l'état de l'écosystème suite à la démarche PVSI. Il doit s'agir d'un écosystème de l'innovation, au sein duquel la firme leader coopère avec l'ensemble des parties prenantes pour produire les fameuses innovations d'exploration recherchées.

Cette vision est également compatible avec le cadre conceptuel que nous avons défini, la traduction écosystémique dans le temps et l'espace. Les différentes phases de la sociologie de la traduction (problématisation, intéressement, enrôlement, mobilisation) représentent bien une approche processuelle. Les objets « écosystème d'affaires » et « écosystème de l'innovation » sur lesquels nous nous appuyons représentent un état distinct. Ces différents points sont synthétisés dans le graphique suivant :

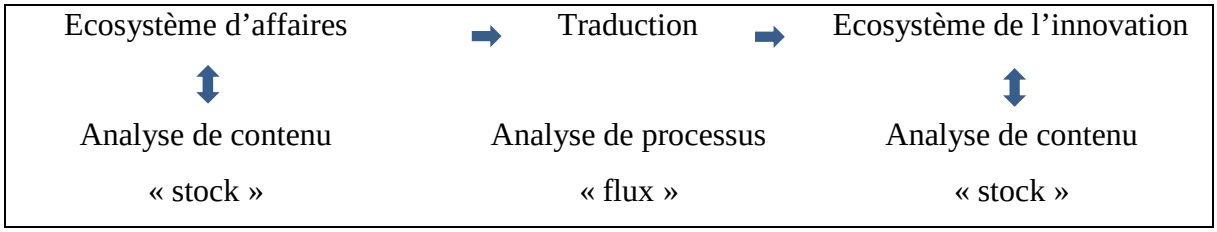


Figure 13

Cette approche explique le choix que nous faisons dans le chapitre 2 d'approfondir la définition d'un écosystème d'affaires et d'un écosystème de l'innovation. Il est logique d'y consacrer du temps car ceci constitue justement les états 1 et 2 de notre analyse de contenu.

Par ailleurs, elle explique également les quatre chapitres (chapitre 6 à 9) que nous consacrons à l'analyse du processus de transformation écosystémique à travers les différentes phases de la sociologie de la traduction. Elle explique également notre parti pris de consacrer un long moment à l'histoire du site de Marcoule, dans le chapitre 5, car nous considérons que la longue histoire de ce site si particulier est déterminante pour expliquer l'état 1 de notre analyse de contenu.

3 .Le dispositif d'analyse des données

1. L'utilisation de la triangulation pour collecter les données

En 2007, FORGUES et VANDANGEON-DERUMEZ soulignent que la qualité d'une étude longitudinale repose en grande partie sur le recueil des données. En 2011, GAVARD-PERRET, GOTTELAND, HAON et JOLIBERT indiquent qu'il est essentiel de s'interroger tout au long du processus d'interprétation sur ce qui a conduit à telle conclusion. Il est indispensable de pouvoir retracer le cheminement intellectuel qui a permis d'arriver à ladite conclusion et d'être capable de l'expliquer à autrui. Profitant de notre accès privilégié aux données du fait de notre statut de praticien-chercheur, nous avons eu l'opportunité de mobiliser un nombre important de moyens d'accès aux données comme le résume le graphique ci-dessous :

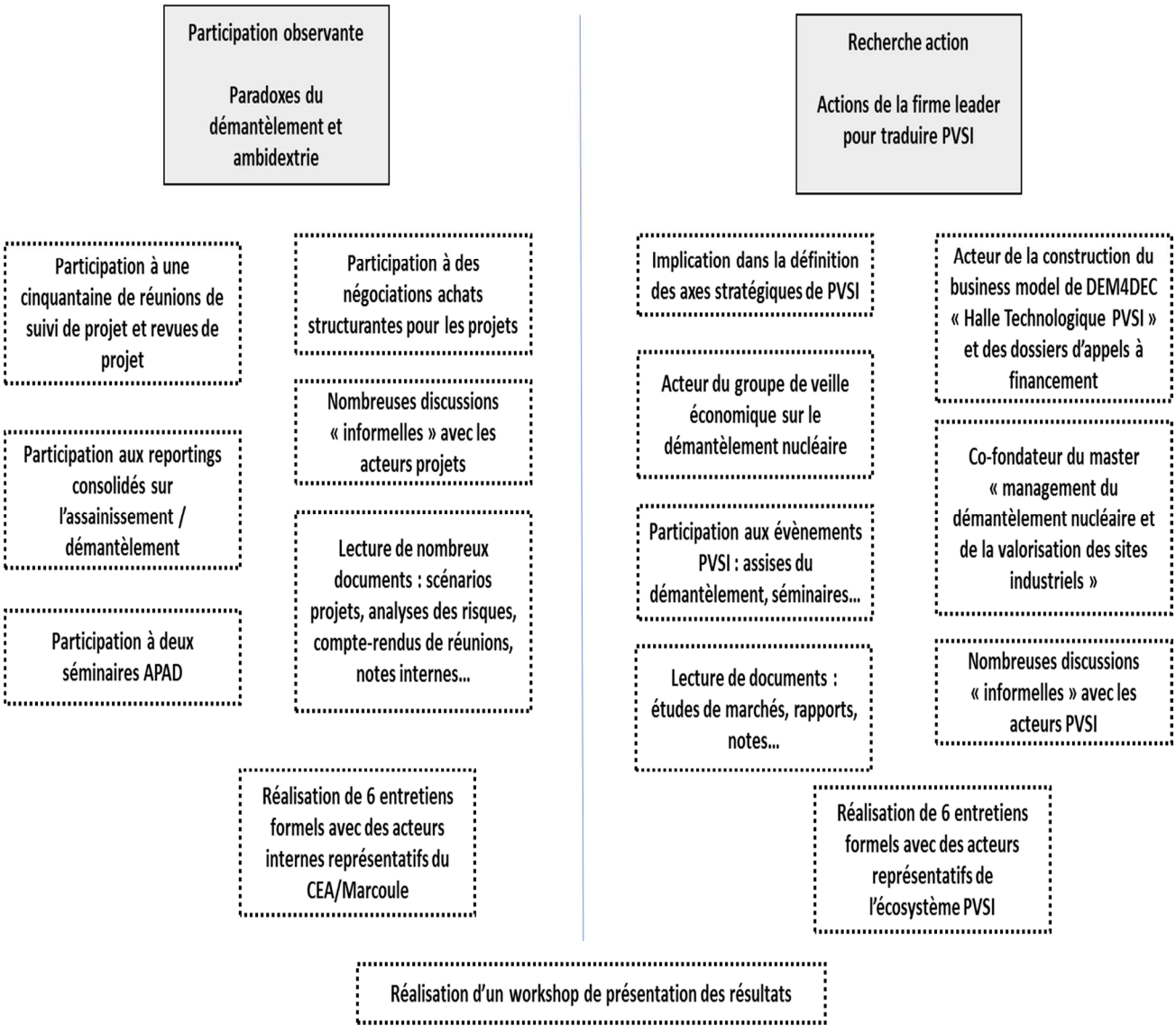


Figure 14

GAVARD-PERRET, GOTTELAND, HAON et JOLIBERT conseillent également d'utiliser la triangulation des données pour améliorer la crédibilité d'une recherche qualitative. Si une convergence des résultats apparaît au travers de ces différents moyens, les résultats peuvent être considérés comme crédibles. En 2004, HUDELSON a publié un tableau portant sur les avantages et inconvénients des différentes sources de collecte des données. Nous avons adapté ce tableau à nos propres outils de collectes :

Techniques de collectes de données	**Caractéristiques**	**Avantages**	**Limites**
Participation observante lors des réunions de suivi de projets et revues de projet	N'est pas à proprement parler une technique de collecte des données mais plutôt une approche permettant au chercheur de devenir un membre actif de la culture étudiée	Facilite toutes les autres activités de collecte des données et permet de comprendre les comportements dans leur contexte physique et social. Par exemple, rien de tel que de participer à une réunion de suivi de projet pour bien comprendre les difficultés et paradoxes du démantèlement…	Ne permet pas de comprendre en profondeur les motivations des acteurs. Risque de biais liés aux « postures » en situation d'interaction sociale.
Discussions informelles avec les acteurs projets et avec les acteurs PVSI	Les questions se présentent dans le contexte immédiat et sont posées naturellement. Il n'y a pas de définition au préalable des questions ou de la formulation des réponses	Discuter avec des individus dans leur contexte immédiat permet de recueillir des « témoignages à chaud » et d'explorer de nouveaux thèmes qui pourraient être occultés dans des entretiens directifs	Les réponses peuvent être différentes si les questions et le contexte sont différents. Ce caractère hétérogène des réponses complique l'analyse et l'interprétation des données
Lecture de nombreux documents sur les projets de démantèlement et sur l'écosystème PVSI	Les documents permettent de disposer d'une information structurée. Ils sont souvent eux-mêmes le résultat d'un important travail de collectes des données	L'accès à des documents tels qu'un scénario projet d'un chantier de démantèlement est extrêmement précieux pour bien comprendre la nature très particulière de ce type d'opérations	Les documents sont souvent très techniques et s'adressent à un public bien déterminé (par exemple, la direction d'objectifs ou l'autorité de sûreté…). Le chercheur doit faire preuve de recul pour en extraire les éléments utiles à sa recherche
Recherche action dans le cadre du projet PVSI (axes stratégiques, veille, master, halle DEM4DEC…)	Le chercheur est directement impliqué dans l'action et est considéré comme tel par les autres membres du groupe	En tant qu'acteur à part entière, le chercheur suscite un autre positionnement des autres acteurs vis-à-vis de lui. Voyant qu'il est confronté aux mêmes problèmes qu'eux, les autres acteurs font plus facilement part de leurs difficultés	Le chercheur doit avoir du recul par rapport à ce rôle subtil qui consiste à la fois à participer de manière active tout en observant les évènements en train de se produire.
Entretiens formalisés	Le chercheur utilise une grille d'entretien structurée et formelle pour conduire des entretiens auxquels les répondants peuvent se préparer	L'entretien formalisé permet un questionnement systématique et exhaustif sur les sujets abordés. L'exploitation des résultats est facilitée par la grille d'entretien préparée en amont	Le risque est celui d'une perte du côté naturel de la discussion, le répondant peut être tenté par des réponses « politiquement correctes » que l'interviewer doit débusquer en reformulant.

Figure 15

Comme le montre le tableau ci-dessous, chaque mode d'investigation qualitatif présente des avantages mais également des biais. Le grand intérêt de la triangulation est de pouvoir additionner les avantages tout en réduisant les biais.

2. Des entretiens formels ciblés

Ainsi, nous avons fait le choix de ne réaliser des entretiens formalisés qu'à partir de la fin de la 3ème année de thèse. Ceci nous a permis de les conduire en disposant à la base d'une masse importante de données préalablement recueillies avec les autres modes de collecte. Grâce à cela, nous avons pu être plus pertinent dans la sélection des questions posées et dans notre capacité à reformuler les questions pour éviter ce que nous appelons le biais du « politiquement correct ». En effet, un interviewer connaissant peu le contexte et le terrain de recherche peut facilement être orienté, volontairement ou involontairement, face à un répondant expérimenté et de haut niveau. Cette manipulation peut consister, par exemple, à se focaliser uniquement sur un point de difficulté particulier en occultant les autres et à ne traiter qu'une petite partie de la problématique.

Pour éviter ce biais, le recul de l'interviewer, sa capacité à reformuler, à rebondir en posant des questions complémentaires sont essentiels.

Le graphique ci-dessous montre l'enchaînement des différents modes de collecte utilisés durant les cinq années de thèse :

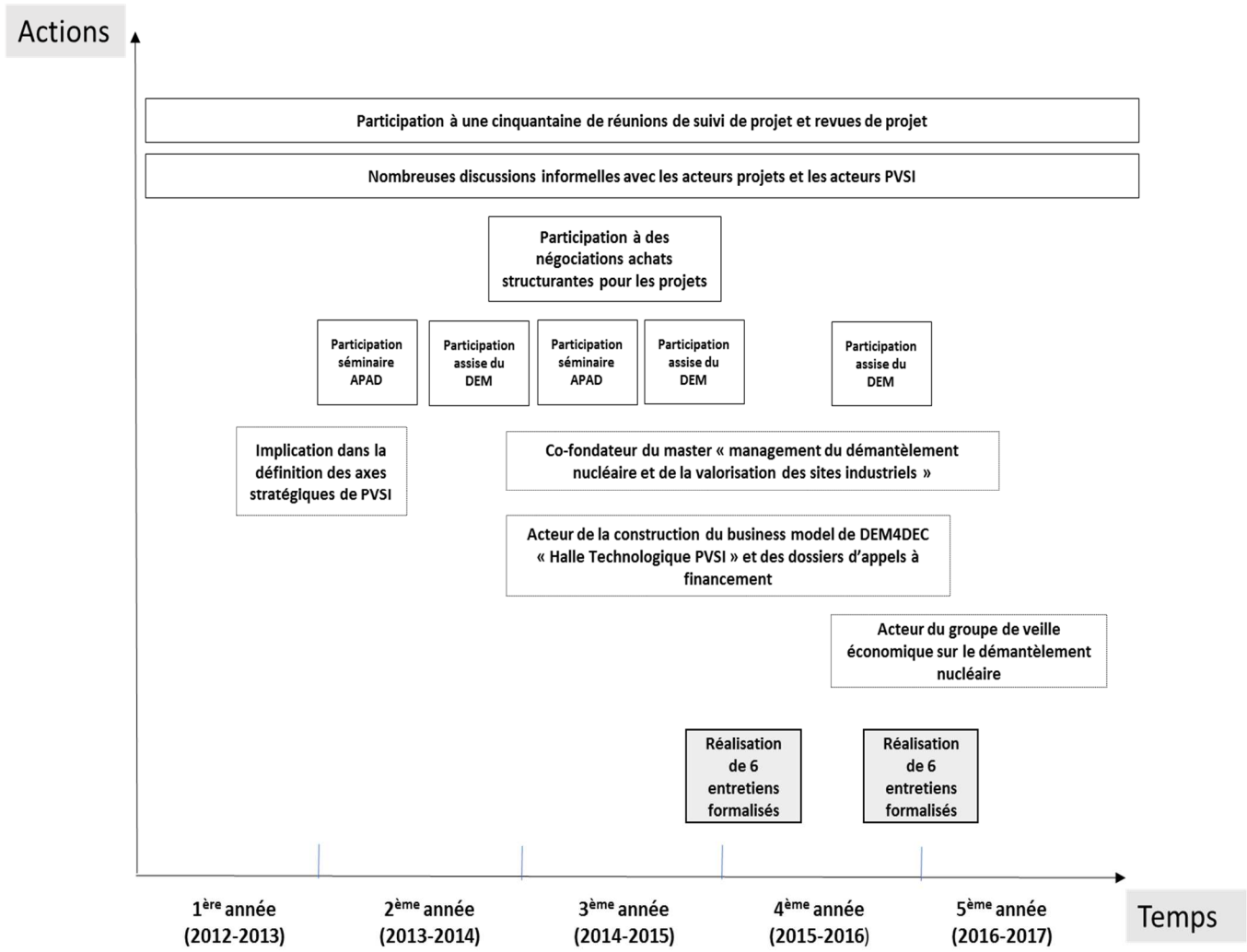


Figure 16

Nous avons souhaité réaliser un nombre limité d'entretiens formalisés (12 entretiens) mais de privilégier des acteurs clés des phénomènes étudiés, soit parce que leur niveau hiérarchique leur procure une importante capacité d'influencer la stratégie, soit parce que leur positionnement leur procure un angle d'éclairage original sur la firme leader ou sur l'écosystème PVSI. Le tableau ci-dessous récapitule les douze entretiens formalisés :

Fonction de la personne interviewée lors de l'entretien	Intérêt du positionnement par rapport à l'étude de cas
Directeur délégué du CEA/Marcoule	Vision stratégique très large tant sur les motivations internes de la firme leader que sur son implication dans PVSI et forte contribution dans toutes les grandes actions d'évolution du site de Marcoule : négociations achats majeures, réorganisations, discussions avec l'environnement régional…
Chef du personnel et des affaires sociales du CEA/Marcoule	Connaissance très approfondie de la culture organisationnelle de la firme leader. Acteur clé de la conduite du changement, des réorganisations, de l'évolution du climat social…

Chef du projet PVSI au niveau CEA	Assure le pilotage opérationnel du projet PVSI pour le compte du CEA. Coordonne l'ensemble des actions de la firme leader. Participe activement à l'association PVSI et à l'organisation des évènements du type « assises du démantèlement »
Chef de projet PHENIX	En charge d'une des opérations de démantèlement majeure du site de Marcoule. Est au cœur des enjeux opérationnels de ce type de projet et est à ce titre un acteur clé pour identifier les difficultés, les paradoxes et les besoins d'innovation.
Chef de cellule métier en charge des études techniques et de l'innovation	Au sein du département des projets d'assainissement démantèlement, est en charge de la cellule métier qui assure l'interface entre les besoins de R&D et d'innovation des projets de démantèlement et l'offre interne et externe de R&D
Responsable d'un groupe de start-up spécialisée dans le durcissement d'équipements pour les besoins du nucléaire	Coordonne l'activité de plusieurs start-up et PME innovantes issues du domaine spatial et souhaitant développer leur activité dans le domaine du démantèlement nucléaire. Dispose ainsi d'une vision très intéressante pour comparer les cultures des écosystèmes d'innovation aéronautique, spatial et du démantèlement nucléaire
Deux doctorants (nationalité française et nationalité américaine) effectuant une thèse en démantèlement nucléaire aux USA	Deux étudiants effectuant un doctorat de chimie sur l'un des plus grands sites de démantèlement au monde, le site de HANTFORD. Cela apporte un éclairage international sur l'écosystème américain du démantèlement nucléaire et ses différences d'approches par rapport au système français
Deux cadres de l'IRSN (dont un ancien inspecteur de l'ASN)	Disposent d'une connaissance approfondie des impératifs de la sûreté nucléaire. Apporte un éclairage pertinent sur les spécificités de la sûreté nucléaire lorsqu'elle s'applique au démantèlement nucléaire
Deux acteurs de la R&D	Disposent d'une riche expérience de la R&D appliquée au domaine du nucléaire, de ses contraintes opérationnelles et de sa spécificité. (Nous avons eu notamment l'opportunité Francis LAUDE, retraité CEA, qui fit partie de l'équipe pionnière qui a mis au point le procédé français de vitrification des déchets nucléaires, qui reste considéré aujourd'hui comme une des pépites de la filière nucléaire française)

Figure 17

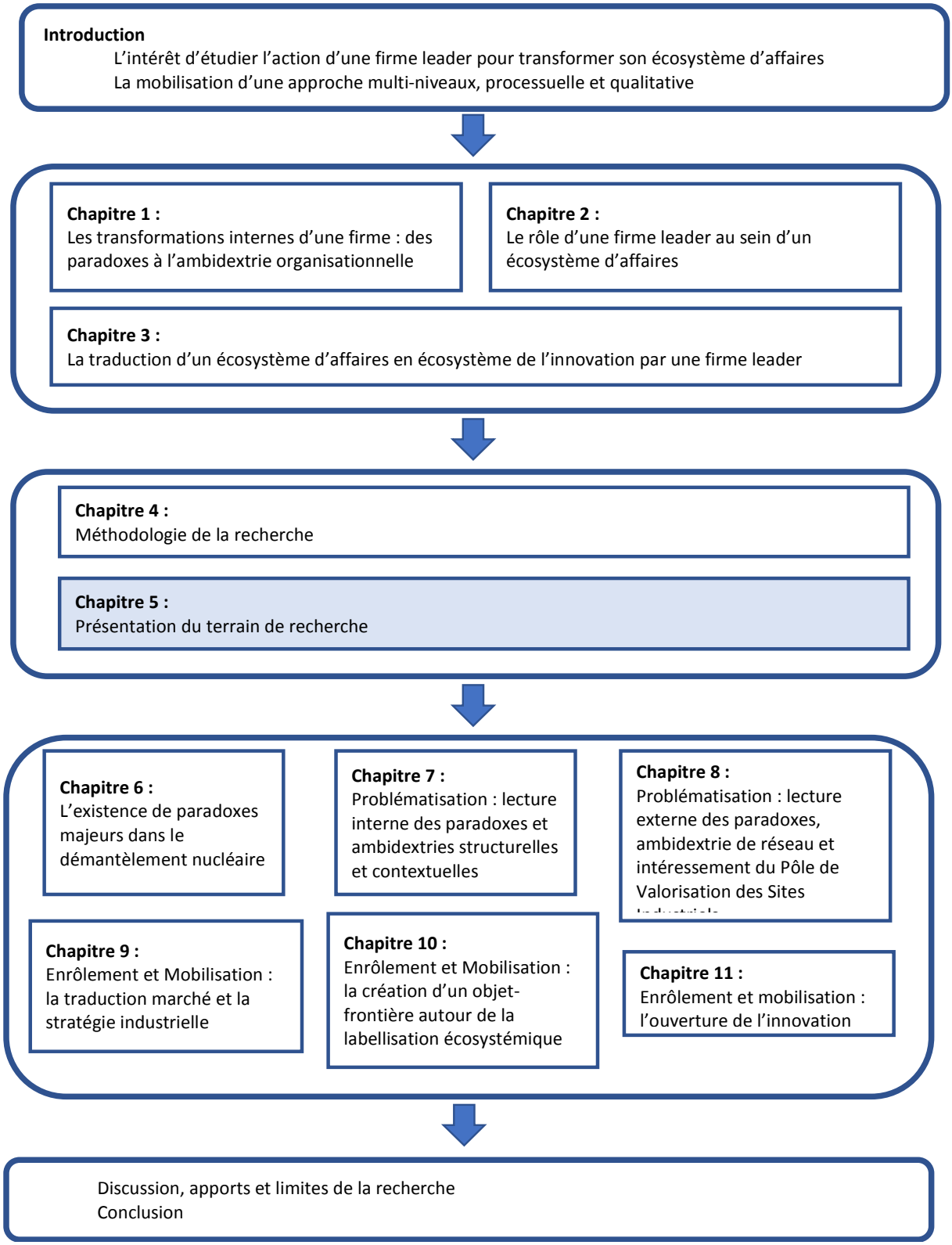
3. Un workshop final de validation des résultats

En tant que salarié du CEA réalisant un travail de recherche, nous avons suivi la procédure interne qui nécessite de demander une autorisation préalable de publication pour tous les travaux impliquant l'établissement.

Outre la communication du manuscrit de la présente thèse, nous avons eu la possibilité d'organiser un workshop interne de présentation des résultats. Ce workshop a réuni cinq acteurs clés du CEA et du réseau PVSI.

Son objectif a été de faire un retour complet sur l'ensemble de nos travaux de recherche, réalisés depuis 4 ans et demi, à des acteurs impliqués par les projets de démantèlement nucléaire sur le site de Marcoule. Notre volonté était de valider le caractère plausible des résultats obtenus avec des acteurs disposant d'une bonne connaissance du terrain de recherche

Chapitre 5 – Présentation du terrain de recherche



1. De 1951 à 1997 : le développement d'un site majeur de l'industrie nucléaire française

En 1945, le Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) est créé par une ordonnance du Général de Gaulle. Le CEA développe des activités de recherche sur les centres de Saclay et sur le Fort de Chatillon à Fontenay aux Roses. Comme le relate MAZUCHETTI en 2005 dans son passionnant ouvrage « De divergences en convergences, les cinquante premières années de l'histoire de Marcoule », l'histoire de Marcoule commence en 1951. Sous l'impulsion du secrétaire d'Etat à l'Energie nucléaire, Félix GAILLARD, le premier plan quinquennal nucléaire français est adopté par l'Assemblée nationale le 24 juillet 1952. La double vocation, militaire et civile, du programme nucléaire français est déjà contenue dans ce plan : la production de plutonium, indispensable à la fabrication de la bombe atomique, et la production d'énergie utilisable. Le plan prévoit de construire trois piles atomiques dont deux formeront l'embryon d'un programme national de production industrielle de plutonium. Ces deux piles atomiques, dont les puissances respectives seront de 50 000 kW et 100 000 kW devront être implantées à côté d'une usine d'extraction du plutonium, dans un centre à vocation industrielle qu'il faut créer de toute pièce.

L'enjeu politique de ce plan est considérable. L'enjeu est clair : il s'agit de maintenir la France dans le nouvel ordre international qui émerge après la deuxième guerre mondiale avec les deux superpuissances que sont les Etats-Unis et l'URSS. La maîtrise et l'exploitation de l'atome sont un facteur de puissance décisif. Pour réaliser ce plan, le CEA se voit doter de moyens financiers considérables avec 37 700 millions de francs versés en six tranches annuelles. Durant cette période, le CEA représente à lui seul 5 % du budget de l'Etat et Marcoule représente sur la période 80 % du budget du CEA.

En janvier 1953, le choix du site de Marcoule, dans le Gard Rhodanien, devient officiel. Le 21 avril 1953, un décret ministériel déclare d'utilité publique et urgente l'acquisition de terrains par le CEA. Au cours des années 1953 et surtout 1954, le centre va se construire à très grande vitesse. Le premier coup de bulldozer sur le futur emplacement du réacteur G1 est donné en mai 1954 : quinze mois plus tard, le 7 janvier 1956, le réacteur diverge. L'usine d'extraction du plutonium (UP1) est commencée en 1955 et achevée en 1957. La construction du réacteur G2 s'échelonne de mars 1956 au 21 juillet 1958. Le réacteur G3 diverge le 8 juin 1959. De tels délais de construction, totalement inconcevables aujourd'hui, sont rendus possibles par un effort financier, humain, scientifique et technique d'une ampleur inégalée. Durant cette période, le chantier de Marcoule est le plus grand chantier de France.

Cet effort considérable trouve son aboutissement le 13 février 1960, « Gerboise bleue », la première bombe atomique française, lestée du plutonium fourni à Marcoule, explose à Reggane dans le Sahara. En devenant le quatrième pays au monde à posséder la bombe atomique, la France marque un retour décisif dans le club très restreint des grandes puissances.
Après avoir accompli sa mission sur le plan militaire, Marcoule évolue vers le nucléaire civil, tout en conservant naturellement une forte composante militaire.
Dans le cœur d'un réacteur, on doit pouvoir entretenir une réaction en chaîne : on bombarde avec un neutron un atome fissile qui, sous l'effet du choc, se casse en deux tout en libérant de l'énergie et des neutrons isolés : ceux-ci vont à leur tour fissionner un autre noyau et ainsi de suite. Il est donc nécessaire de déclencher la réaction (c'est-à-dire la divergence), l'amener au niveau de puissance souhaité et l'arrêter à tout moment en capturant les neutrons libres. Pour ce faire, quatre constituants sont nécessaires dans un réacteur nucléaire :

- Un combustible dans lequel se produit la fission
- Un fluide caloporteur qui évacue la chaleur
- Des barres de commandes qui permettent de contrôler cette réaction
- Un modérateur qui ralentit les neutrons sans trop les absorber afin d'optimiser la réaction en chaîne

Le choix de ces éléments détermine la filière à laquelle appartient le réacteur. Dans les années 50-60, la France fait le choix d'une technologie nationale, qui devra être mise en œuvre par le CEA. Le combustible sera l'uranium naturel et le modérateur sera le graphite. Le fluide caloporteur sera le gaz comprimé. Ainsi, Marcoule va devenir en quelques années le fer de lance de la filière UNGG (Uranium Naturel à Graphite Gaz. Pour parer au plus pressé (produire le plutonium nécessaire à la bombe atomique), le réacteur G1 est à caloporteur air, à une pression voisine de l'atmosphère. Le réacteur G2 sera le premier réacteur à être doté d'un caloporteur à gaz comprimé : il initie ainsi la filière UNGG.

Après G2 et G3, la filière française des UNGG est développée conjointement par le CEA et EDF. Dans les années 1950 et 1960, EDF met en place un programme de 6 réacteurs du même type : les réacteurs EDF 1, EDF 2 et EDF 3 à Chinon, EDF 4 et EDF 5 à Saint-Laurent et le réacteur Bugey 1 à Bugey. Le réacteur numéro un de la centrale espagnole de Vandellos en Espagne fera également partie de cette filière. La filière UNGG a longtemps été soutenue par le général de Gaulle qui voulait ainsi assurer à la France son indépendance énergétique et un rayonnement technologique dans le monde.

L'usine d'extraction du plutonium (UP1), qui travaille à la fois pour des enjeux militaires et civils, voit donc sa production augmentée en accueillant notamment du combustible irradié dans EDF 1. Dans cette période, l'usine est vraiment le cœur de Marcoule. Elle se compose de sept ateliers répartis en deux secteurs. L'usine reçoit des barreaux d'uranium irradiés et doit les dégainer, les dissoudre dans des solutions d'acide nitrique puis réaliser des extractions successives qui permettent de séparer les produits de fissions, l'uranium et le plutonium. Autour de l'usine UP1, plusieurs installations, conçues comme étant complémentaires, vont travailler : le dégainage, la section du génie chimique industriel, le service laboratoire et la station de traitement des effluents.

Parallèlement à cette montée en puissance de l'usine UP1, Marcoule va se voir confier un nouvel enjeu de portée nationale. En 1960, une loi-programme militaire prévoit le passage de la bombe A à la bombe H (dont la puissance est plus importante). Pour réaliser la bombe H, il est nécessaire de produire en grande quantité du tritium, qui est un isotope de l'hydrogène. La construction d'un réacteur à eau lourde est décidée en 1964 et celle d'un deuxième réacteur tritigène en décembre 1965. CELESTIN 1 diverge le 15 mai 1967 suivi par CELESTIN 2 le 30 octobre 1968. Huit ans après l'explosion de la première bombe A française à Reggane, la première bombe H explose le 24 août 1968. Les réacteurs CELESTIN représentent un énorme saut technologique par rapport aux piles graphite-gaz de la génération précédente.
Ceci conforte la vocation militaire de Marcoule qui devient un lieu de production mixte plutonigène et tritigène.

Durant cette phase d'expansion, les effectifs du CEA à Marcoule progressent rapidement : ils doublent entre 1958 et 1964 en passant de 1241 à 2394 agents.

Mais dans la période 1966-1970, Marcoule va connaître une importante réorientation stratégique. Les constructeurs américains de réacteurs lancent au milieu des années 1960 une offensive pour promouvoir la filière à eau légère qui se positionne en concurrent direct de la filière nationale française à graphite-gaz. Le rapport Horowitz-Cabanius présenté en janvier 1967 admet l'avantage économique de la filière à eau légère. A l'issue d'une « guerre des filières » opposant le CEA, partisan du graphite-gaz (UNGG) et EDF, partisan de l'eau légère, le gouvernement entérine le 13 novembre 1969 l'abandon de la filière UNGG. Ceci représente un choc stratégique important pour Marcoule qui est le site emblématique de l'ancienne filière nationale. La fin des années soixante est donc morose pour le centre qui voit en outre fermer le réacteur G1, pour des impératifs de rentabilité économique, et l'arrêt des campagnes militaires

de tirs nucléaires ce qui se traduit par une réduction drastique des besoins de plutonium stratégique. MAZUCHETTI rappelle ainsi que « *en 1971, l'usine UP1 ne fonctionne plus qu'à 48 % de son potentiel au moment même où l'usine UP2 de la Hague vient d'être créée pour traiter les combustibles UNGG d'EDF* » (MAZUCHETTI, 2005 : p 80)

Après cette phase de déstabilisation, Marcoule va retrouver une nouvelle vocation. En 1973, le premier choc pétrolier rappelle brutalement aux dirigeants occidentaux la dépendance de leurs économies vis-à-vis du pétrole. Face au triplement en deux ans de sa facture pétrolière entre 1972 et 1974, le gouvernement Français entérine le 6 mars 1974 un vaste programme nucléaire prévoyant l'engagement de treize tranches nucléaires de 900 MW. Ce plan ne se limite pas seulement à la construction de nouveaux réacteurs. Il entérine la création d'une industrie complète du cycle du combustible. Une fois le combustible irradié sorti d'un réacteur après usage, il est possible soit de le retraiter immédiatement, soit de le retraiter de manière différée soit de l'enfouir sans retraitement. Le retraitement est un procédé chimique de traitement des déchets radioactifs qui vise à séparer des éléments potentiellement réutilisables tels que l'uranium et le plutonium mais également les produits de fission contenus dans le combustible nucléaire irradié. Or si la France avait développé le retraitement pour la filière UNGG, elle se retrouve désormais démunie pour le retraitement des nouvelles filières de réacteurs nucléaires. Du fait de son solide retour d'expérience dans ce domaine, Marcoule se voit confier la mission de structurer l'industrie française du retraitement. La recherche et développement nécessaire à l'usine COGEMA de la Hague se fera donc à Marcoule.

L'Atelier Pilote de Marcoule (APM), mis en service en 1962, participera pleinement à cette nouvelle mission du centre. Anticipant à long terme les besoins de la filière nucléaire française, l'APM développe les procédés de retraitement des combustibles oxydes des réacteurs rapides, des combustibles de la filière à eau pressurisée et des combustibles mixtes uranium-plutonium de la filière MOX. L'APM est ainsi le bailleur de procédés des usines UP2-800 et UP3 à La Hague et est également très étroitement associé au projet d'usine de retraitement de Rokkasho-Mura au Japon.

Par ailleurs, l'usine UP1 est également adaptée pour recevoir des combustibles plus divers et plus irradiés qui proviendront d'EDF (Chinon, Saint-Laurent, Bugey) ou du site espagnol de Vandellos. C'est une nouvelle vie pour UP1 dont les effectifs s'accroissent et dont l'exploitation passe en continu avec un régime de travail en cinq huit. Cette remontée en puissance ne se fait pas sans mal comme l'indique l'ingénieur Jean-Daniel BERNARD : « *l'usine, conçue au*

départ pour du 600 MWj/t s'est mise à traiter du 6000 MWj/t ! il a fallu la transformer en conséquence… » (MAZUCHETTI, 2005 : 120). Dès lors, une refonte complète de l'usine est mise en œuvre (ainsi que de ses supports dont le service laboratoire). Le réaménagement interne de l'usine UP1 trouve bientôt ses limites. En 1979, il est décidé de construire l'atelier MAR400. Cet atelier de dégainage intègre le retour d'expérience de l'exploitation de La Hague et de Marcoule et prend en compte des progrès importants dans l'automatisation, la robotisation et la télémanipulation. Cet effort de modernisation d'UP1 permet à Marcoule de se voir confier en 1986 la totalité du retraitement de la filière UNGG après la fermeture de l'usine UP2-400 à La Hague. Mais la même année, EDF annonce l'arrêt de ses quatre derniers réacteurs UNGG et en 1989 un incident provoque l'arrêt de Vandellos qui ne redémarrera jamais. Dès lors l'arrêt d'UP1 est programmé pour 1997.

Après la fin du retraitement des combustibles UNGG, l'année 1989 marque une nouvelle étape pour le centre avec la décision d'implanter une future usine de fabrication du MOX dont l'exploitation sera confiée à la société MELOX (filiale d'AREVA et COGEMA). Avec le développement de la filière à eau légère, il est question très tôt de recycler le plutonium pour en faire un élément combustible. Le combustible MOX (mixed oxyde) est composé pour partie d'uranium appauvri (93 %) et pour partie d'uranium (7 %). La filière MOX va connaitre un développement important (En 2013, sur les 58 réacteurs EDF en exploitation, 22 utilisent du combustible moxé). L'installation passe en exploitation industrielle en 1995 et connaît de suite un développement important. En 2003, un décret autorise la production annuelle de 145 tonnes de métal lourd. L'usine MELOX devient le premier producteur mondial de MOX et son effectif passe à 700 personnes au milieu des années 2000.

Si la France fait très tôt le choix du retraitement, qui permet de séparer l'uranium, le plutonium et les produits de fission, cette démarche s'inscrit dans une vision d'ensemble à long terme. La filière à neutrons rapides est depuis l'origine un objectif majeur du CEA. Les surgénérateurs, qui caractérisent la filière à neutrons rapides, présentent de nombreux avantages : ils assurent la maîtrise complète du cycle du combustible, offrent un débouché au plutonium issu des réacteurs classiques et surtout garantissent l'autonomie de l'approvisionnement énergétique. Dans la perspective d'un développement considérable de l'énergie nucléaire (marquée en France par le plan Pompidou-Messmer), les pays occidentaux craignent à terme une pénurie d'uranium. Or, les surgénérateurs permettent de multiplier par 60 l'énergie produite avec la même quantité d'uranium. Ainsi, au début des années 1970, la conception de réacteurs à neutrons rapides fait l'objet d'une concurrence internationale farouche avec les Soviétiques, les

Etats-Unis et les Britanniques. Pour ne pas se laisser distancer, la France démarre en 1966 les études préliminaires d'un réacteur prototype de 250 MW qui est baptisé PHENIX. Le 14 juillet 1974, PHENIX est mis en exploitation sur le site de Marcoule. Le réacteur est un grand succès technologique avec un taux de disponibilité qui s'élève à 75 %, des incidents rares et un rendement thermique qui est le plus élevé jamais obtenu sur une centrale, quel qu'en soit le type. Après le succès de PHENIX, le gouvernement autorise le 14 avril 1976 la construction de SUPERPHENIX d'une puissance de 1200 MW. Un avant-projet de réacteur de 1500 MW, SUPERPHENIX II est lancé à la fin de 1978. Les retombées sont très importantes pour le CEA en termes d'enjeux de recherche. Outre le fait d'être le site d'implantation de PHENIX, Marcoule se voit également confier le rôle d'assurer le retraitement de la filière. En 1973, un nouvel atelier est construit au sein de l'Atelier Pilote de Marcoule (APM) : la chaîne TOP (Traitement Oxydes Pilote). Jusqu'en 1983, cette chaîne va se partager avec l'usine UP2 de la Hague l'essentiel du retraitement des combustibles de PHENIX. En 1980, la construction d'un nouvel atelier de l'APM est décidée, pour assurer la totalité du retraitement de PHENIX et SUPERPHENIX. Ce sera la chaîne TOR (Traitement des Combustibles Oxydes des réacteurs), qui porte la capacité de traitement à cinq tonnes contre deux tonnes auparavant dans la chaîne TOP.

Au milieu des années 1980, les perspectives s'assombrissent pour la surgénération. Dans un contexte qui devient plus défavorable au nucléaire suite à l'accident de Tchernobyl, SUPERPHENIX, qui rencontre des difficultés techniques dès sa mise en route, devient l'enjeu d'une forte contestation par le mouvement anti-nucléaire. La décision d'arrêter SUPERPHENIX prise en 1997 par le gouvernement Jospin constituera un choc important pour cette filière.

Au début des années 1990, Marcoule est donc à nouveau déstabilisé, dans un contexte post Tchernobyl, par l'annonce à l'horizon 1997 de la fin du retraitement de la filière UNGG et la mise en sommeil de la surgénération. Un nouveau secteur d'activité émerge : la maîtrise des déchets nucléaires ultimes. Depuis sa création, le centre bénéficie d'une longue expérience accumulée en matière de conditionnement des déchets.
Dès sa création, Marcoule va gérer de manière centralisée la totalité de ses effluents gazeux et liquides avec la création d'une Station de Traitement des Effluents Liquides (STEL) qui entre en service dès 1958. Tous les effluents du site sont regroupés sur la STEL. La STEL permet de répartir les effluents en trois catégories : les effluents de haute activité, ceux de moyenne activité et ceux de faible activité, destinés à être rejetés après simple filtration. Les effluents de haute et

moyenne activités sont progressivement concentrés dans des boues. Les effluents de faible activité sont évacués dans les eaux du Rhône. De multiples contrôles sont effectués dans le Rhône pour s'assurer du respect des autorisations de rejet du centre.

Le centre produit également des déchets solides faiblement actifs : verreries de laboratoires, appareillages contaminés, matériaux divers, filtres… Dès 1961, un atelier de Conditionnement des Déchets Solides (CDS) est créé pour les collecter, les trier et les conditionner.
Par ailleurs, Marcoule est étroitement associé au développement du procédé français de vitrification qui consiste à « emprisonner » des déchets dans du verre. En 1966, l'installation PIVER ouvre au sein de l'Atelier Pilote de Marcoule (APM). Le 6 mai 1969, une première mondiale a lieu à Marcoule : un bloc vitrifié de 40 litres, pesant 100 kg est produit à partir de la coulée active d'une solution de produits de fission provenant de l'usine UP1. La problématique des déchets nucléaires de haute activité est un enjeu pour tous les grands pays nucléaires. En s'appuyant sur la réussite de PIVER, il est décidé de passer au stade de l'exploitation industrielle en construisant une nouvelle installation, l'Atelier de Vitrification de Marcoule (AVM). La construction de l'AVM se déroule de 1974 à 1976 et l'installation est mise en service en 1978. De 1978 à 1997, l'AVM assure le support de l'activité de l'usine UP1 en produisant annuellement 150 conteneurs (soit 120 m3 de solution de produits de fission). La voie de la vitrification, ouverte à Marcoule, sera mise en œuvre à l'usine de la Hague avec l'ouverture de deux ateliers de vitrification au sein d'UP2 et UP3.

2. De 1997 à aujourd'hui : Le plus grand chantier de démantèlement nucléaire au niveau européen

En 1968, le réacteur G1 est la première installation de Marcoule à basculer dans le démantèlement. Les réacteurs G2 et G3 suivront, respectivement en 1980 et 1984. L'arrêt de ces trois réacteurs de la filière UNGG marque déjà la fin d'une époque.

Mais le véritable tournant de l'histoire de Marcoule commence le 30 septembre 1997 lorsque le dernier barreau de combustible UNGG est dissous dans les ateliers de l'usine UP1. L'arrêt de l'usine emblématique du site (à tel point que les riverains employaient souvent le terme « l'usine atomique » pour désigner le centre) marque véritablement un tournant historique. L'arrêt de l'usine UP1 marque également la fermeture des autres ateliers qui étaient associés à l'activité de production d'UP1 : les installations de dégainage G1, l'atelier dégainage,

l'installation MAR 400 et l'installation de stockage liquide des produits de fission. En même temps que l'usine UP1, l'Atelier Pilote de Marcoule (APM) est également arrêté en 1997.

Le 6 mars 2009, le réacteur PHENIX arrête définitivement la production d'électricité. Après une campagne d'essais dits « ultimes » entre avril 2009 et janvier 2010, la fin du fonctionnement du réacteur est prononcée le 1er février 2010. L'année 2009 marque également l'arrêt des deux réacteurs CELESTINS. Le 12 décembre 2012, l'Atelier de Vitrification de Marcoule (AVM) est arrêté après une dernière campagne de vitrification de produits de fission.

Ainsi, en une petite quinzaine d'années, le site de Marcoule voit s'arrêter son usine de production du plutonium et les ateliers associés, trois réacteurs (plus aucun des six réacteurs du site n'est désormais en service), et son atelier pilote. L'ensemble de ces arrêts le conduisent à devenir le plus grand chantier d'assainissement-démantèlement en Europe.

Après cinquante ans de multiples activités militaires et civiles, l'ampleur de la tâche du démantèlement s'annonce gigantesque comme en témoigne l'ampleur du volume des déchets présent sur le site (selon l'inventaire national des déchets radioactifs tenu par l'ANDRA en 1997) :

- 2 557 conteneurs de verres (contenant des produits de fission)
- 114 conteneurs de déchets technologiques
- 172 m3 de produits de fission en solution
- 3 600 tonnes de graphite
- 4 060 tonnes de lingots et blocs de fonte
- 1 062 tonnes de fonte en conteneurs
- 579 tonnes de crasse de fusion en fûts ou en blocs
- 4 tonnes de poussières de fusion
- 59 829 fûts d'enrobés bitumineux de moyenne activité
- 1 200 m3 de déchets technologiques alpha
- 3 400 m3 de déchets bêta
- 11 800 tonnes de déchets divers
- 15 000 tonnes de gravats

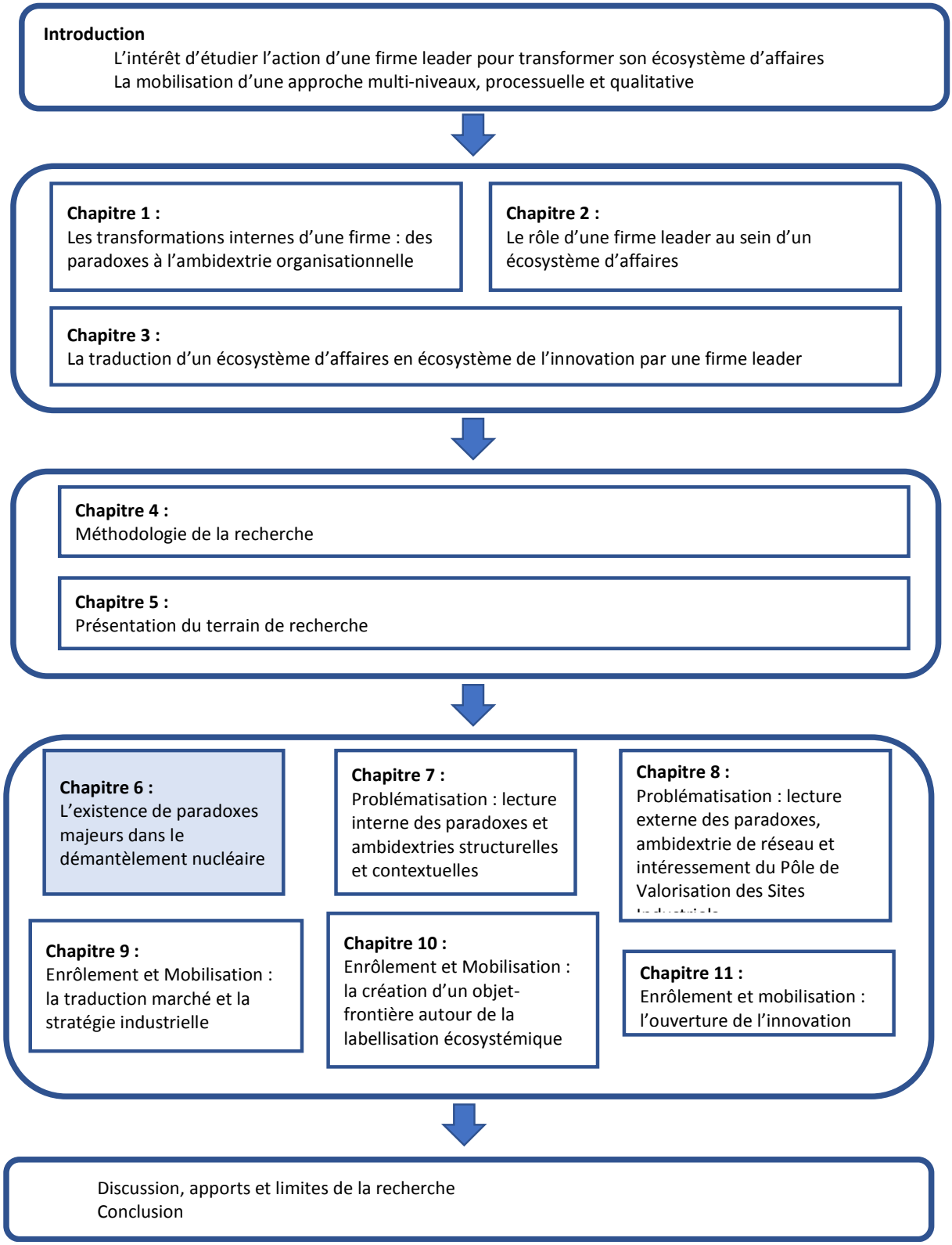
L'ampleur des opérations à mener est aussi liée au fait que le démantèlement n'a pas été pris en compte lors de la construction des installations de la première génération du nucléaire, qui est celle en cours de démantèlement sur le site. La construction de l'usine UP1 en est l'exemple

emblématique. Dans la compétition féroce entre les pays pionniers du nucléaire lors la guerre froide, face à l'enjeu politique majeur qui consistait à obtenir au plus vite la bombe atomique, la contrainte délai fut le déterminant essentiel de la construction des réacteurs. Ainsi, cette usine prototype, d'une grande complexité technique, fut construite en moins de trois ans entre 1955 et 1957. A l'époque, aucune étude approfondie n'a été menée pour savoir comment il serait possible de la démanteler. Ceci n'est évidemment pas neutre pour une usine qui a réalisé des traitements chimiques complexes sur des combustibles irradiés issus de plusieurs types de réacteurs nucléaires différents. Ces traitements ont conduit à des niveaux de contamination et d'irradiation élevés qui représentent aujourd'hui des difficultés techniques importantes à prendre en compte lors des opérations de démantèlement. Aujourd'hui, lorsqu'une nouvelle installation nucléaire est construite, les référentiels projets des grands donneurs d'ordres, doivent prendre en compte le démantèlement futur (et d'ailleurs le provisionner financièrement) dès la conception de l'installation. Ce n'était pas le cas autrefois.

Lorsqu'EDF devra démanteler ses 58 réacteurs actuellement en activité, les effets de série seront naturellement beaucoup plus importants. Même si plusieurs variantes de ces réacteurs existent (palier 900 MWe, 1300 MWe et 1450 MWe), ils restent tous similaires dans leur conception et des standards de démantèlement pourront être établis et s'appliquer à tous les réacteurs (même avec quelques adaptations).

Sur Marcoule, un tel effet de série n'existe pas. Le site comporte six réacteurs à démanteler (G1, G2, G3, CELESTINS 1, CELESTINS 2, PHENIX), des ateliers dans lesquels étaient réalisés des traitements chimiques (Bâtiment HA UP1, Bâtiment MA UP1, Atelier Pilote de Marcoule), des ateliers dans lesquels était réalisé du dégainage mécanique de combustibles (Dégainage G1, Dégainage MAR 200, Dégainage MAR 400) et des ateliers supports (Atelier de Décontamination de Marcoule, Atelier de traitement du linge…). Ces différentes installations furent à chaque fois des installations prototypes et conçues à des moments différents sur une période de quarante ans. Dès lors, chaque opération de démantèlement présente des spécificités importantes qui nécessitent de mettre en œuvre un scénario « sur mesure ». Chacun des projets de démantèlement de Marcoule représente donc un « défi d'ingénieur » considérable, nécessitant de l'inventivité et de l'innovation pour définir le scénario prenant en compte la conception spécifique de l'installation et son historique de fonctionnement.

Chapitre 6 – L'existence de paradoxes majeurs dans le démantèlement nucléaire



Notre immersion de longue durée sur le terrain de recherche du site de Marcoule et de ses projets de démantèlement nucléaire permet de mettre en évidence sept paradoxes du démantèlement que nous allons à présent décrire.

1.1. Le paradoxe humain : Garder la mémoire du passé / Acquérir de nouveaux savoirs

Le contexte

La dimension emplois / compétences d'un projet de démantèlement est essentielle et représente un important défi en termes de gestion des ressources humaines.

Un projet de démantèlement comporte plusieurs phases. Dans le cas des démantèlements de l'usine UP1, de l'Atelier Pilote de Marcoule et du réacteur PHENIX, les scénarios de démantèlement sont globalement structurés en trois grandes phases :

- La phase de fin d'exploitation et de préparation des dossiers de sûreté et de demande d'autorisation de Mise à l'Arrêt Définitif :
  Cette phase intervient avant la mise à l'arrêt définitif et le référentiel de sûreté est donc celui qui est en vigueur depuis le début du fonctionnement de l'installation.
  Les compétences essentielles dans cette phase sont les métiers de l'exploitation, de la maintenance, des supports, de la radioprotection, qui représentent l'essentiel des effectifs.
  Durant cette phase, il est nécessaire que quelques acteurs travaillent spécifiquement sur la déconstruction à venir en se focalisant notamment sur le scénario de démantèlement, la préparation des dossiers de sûreté et la demande d'autorisation de Mise à l'Arrêt Définitif.

- La phase de rinçage et des retraits matières. Cette phase intervient entre la Cessation Définitive d'Activité (CDE) et l'obtention du décret de Mise à l'Arrêt Définitif et démantèlement (MAD/DEM). Cette phase intervenant avant l'obtention du décret de MAD/DEM, le référentiel de sûreté en vigueur est toujours celui de l'exploitation. Ainsi, les opérations de rinçage et de retraits matières ne sont pas considérés durant cette phase comme des opérations de démantèlement proprement dites, mais comme des opérations préparatoires à la mise à l'arrêt définitif (OPMAD).

Dans cette phase, l'effectif majoritaire reste celui lié à l'exploitation. Le référentiel de sûreté restant celui de l'exploitation, le maintien en condition opérationnelle et sûre de l'installation doit s'opérer avec les mêmes exigences que celles en vigueur lors du pic d'activité de l'installation, même si celle-ci a cessé toute activité de production. Ainsi, il n'est pas possible, par exemple, de réduire les régimes de ventilation, de réduire les fréquences de maintenance ou de diminuer le rythme des rondes de surveillance de l'installation.

Durant cette phase, le besoin en compétences nouvelles liées à la déconstruction s'accroit de manière importante. Certaines activités se situent clairement à la frontière entre l'exploitation classique et le futur démantèlement. Le cas des rinçages est à cet égard significatif. Le rinçage d'une installation consiste à faire circuler des produits chimiques dans l'ensemble des circuits pour réduire la radioactivité.

Le fait de « rincer » une installation n'est pas une opération spécifique au démantèlement. Les exploitants ont pu en conduire de nombreux dans le cadre de l'activité opérationnelle de l'installation. Par contre, en préparation de la mise à l'arrêt définitif, la nature des rinçages évolue. Il va s'agir de rinçages poussés dont l'objectif est de réduire au maximum le niveau radiologique de l'installation. De tels rinçages poussés nécessitent donc de nouveaux process, de l'innovation technologique et des compétences nouvelles. Au côté des exploitants, il est donc nécessaire de faire intervenir des ingénieurs chimiques pour mettre au point cette nouvelle gamme de rinçage.

- La phase de déconstruction des parties actives. Cette phase intervient après l'obtention du décret de MAD/DEM. Le référentiel de l'installation n'est donc plus celui qui était en vigueur lors de l'exploitation mais un nouveau référentiel adapté au démantèlement. La conséquence directe est donc qu'il va être possible de faire évoluer la configuration technique de l'installation en fonction de l'avancée des opérations de démantèlement. Par exemple, si une partie de l'installation est totalement assainie, il est possible de passer à un régime de surveillance plus réduit (exploitation avec des postés en régime horaire normal ou 2*8 au lieu d'un régime 5*8). Durant cette phase, les effectifs liés à l'exploitation diminuent régulièrement, par paliers de plus en plus importants au fur et à mesure de l'avancée du démantèlement. Inversement, les effectifs liés à la déconstruction augmentent considérablement. Des compétences nouvelles liées aux techniques de démantèlement, à la mise en œuvre de solutions technologiques (bras télé opéré, modélisation 3D, gels mousses…), à la gestion des déchets et à leur évacuation

(transport, exutoire…), et à la sécurité du travail (de nombreux chantiers sont en cours) deviennent primordiales.

En résumé, la gestion des ressources humaines sur un projet d'assainissement / démantèlement nécessite de savoir gérer simultanément plusieurs courbes :

- La chute rapide, dès l'arrêt de la production, du personnel qui y était affecté spécifiquement
- La décroissance par paliers des effectifs liés à l'exploitation et au maintien en condition opérationnelle et sûre durant le projet de démantèlement
- La croissance progressive mais continue des effectifs nécessaires à la déconstruction et au démantèlement avec :
    - Dans un premier temps des compétences pour réaliser les investigations, les études nécessaires à l'élaboration du scénario de démantèlement et les dossiers de sûreté.
    - Dans un second temps, un personnel important pour réaliser les opérations de démantèlement proprement dites.

La description du paradoxe

Le paradoxe humain du démantèlement nucléaire est un quelque sorte un cas d'école du dilemme exploiter / explorer et peut se résumer de la manière suivante :

- Garder la mémoire de l'installation et être en capacité de l'exploiter en toute sécurité durant tout le projet de démantèlement
- Explorer de nouveaux savoirs, mettre en œuvre de nouveaux métiers et de nouvelles pratiques au fur et à mesure de l'avancée du démantèlement proprement dit.

Le fait de garder la mémoire de l'installation est essentiel et est un élément clé de la justification du choix du démantèlement immédiat qui est aujourd'hui la doctrine prédominante au sein du nucléaire français. En effet, au niveau mondial, trois grandes stratégies peuvent être adoptées en termes de démantèlement :

- Le démantèlement différé : l'installation est maintenue dans un état de confinement sûr pendant plusieurs décennies avant les opérations de démantèlement
- Le confinement sûr : l'installation est placée dans une structure de confinement renforcé durant une période suffisante pour atteindre un niveau d'activité permettant la libération du site

- Le démantèlement immédiat : l'installation est démantelée dès l'évacuation des matières actives et des déchets d'exploitation

Démanteler immédiatement une installation permet de recourir au personnel qui l'a exploitée lorsqu'elle était en production. Dans une installation nucléaire, les connaissances et les informations techniques sont d'une importance capitale pour la décontaminer et la démanteler avec le maximum de sécurité. Ainsi, le savoir et la connaissance du personnel qui a travaillé dans l'installation pendant une longue période sont précieux et représentent une part importante de ce que l'on qualifie de « mémoire de l'installation ». Les employés qui ont participé à la construction de cette installation (ce qui est rare, sauf arrêt anticipé, car la durée de vie d'une installation nucléaire est souvent supérieure à quarante ans ce qui dépasse le temps de carrière classique d'un salarié) ou qui ont vécu ses modifications ultérieures possèdent des informations qui peuvent faire gagner un temps considérable. Comme l'indique un responsable de projet de démantèlement, le temps gagné est lié au fait qu' *« au lieu de passer des heures et des heures à chercher, le gars vous dit : cet équipement, je l'ai mis en place, il est relié à tel tableau ! »* (MAZUCHETTI, 2005). Naturellement, d'autres moyens existent comme par exemple les plans de l'installation. Mais les plans peuvent contenir des erreurs et ne pas avoir pris en compte certaines modifications intervenues durant une très longue période d'exploitation. La présence du personnel ayant exploité l'installation est donc très utile pour compléter le référentiel technique de l'installation.

Inversement, un projet de démantèlement nécessite d'explorer de nouveaux savoirs, de mettre en œuvre de nouveaux métiers et de développer de nouvelles pratiques. Or, si le démantèlement immédiat est logique par rapport à la conservation de la mémoire de l'installation, un certain paradoxe existe dans le fait de demander aux mêmes acteurs de déconstruire l'outil de travail qu'ils ont exploité, entretenu, modernisé, réparé durant de longues années. La rupture peut être d'autant plus brutale que durant les premières années qui suivent l'arrêt d'une exploitation, l'activité se résume souvent à faire des rinçages chimiques pour décontaminer l'installation ou préparer les opérations de démantèlement qui ne viendront qu'après une définition claire du scénario de démantèlement et l'autorisation de l'autorité de sûreté. Le choc culturel est rude pour des salariés qui vécurent la phase de production de l'installation avec une certaine exaltation, comme l'indique ce témoignage d'un ancien salarié d'UP1, cité dans l'ouvrage sur l'histoire de Marcoule : *« Avant, nous avions un objectif : il fallait avoir dissous 400 tonnes d'uranium. Aujourd'hui, dans le démantèlement, il n'y pas de visibilité de planning, les procédés ne sont pas paramétrés » ; « jusqu'alors on construisait, on a l'impression désormais*

de détruire » ; « il y a eu l'ère des pionniers, puis celles des gestionnaires et là, c'est la phase de déconstruction et de démantèlement » ; « En zone nord, on a ouvert des fosses et j'y ai retrouvé des choses que j'ai vu partir de l'usine » (MAZUCHETTI, 2005).

La centrale PHENIX est particulièrement emblématique de cette difficulté de passer de l'exploitation au démantèlement. Durant près de 35 ans, le fait de réussir à faire fonctionner ce démonstrateur prototype a été la fierté du personnel qui l'a exploité. Tout le personnel était mobilisé lors des opérations d'arrêts de tranche, d'arrêt du réacteur puis de son redémarrage. Les incidents qui ont pu émailler la vie de l'installation ont nécessité une mobilisation importante et des trésors d'ingéniosité pour les solutionner. Des lors, le personnel était fortement attaché à « son réacteur » qui ne pouvait fonctionner que grâce à une équipe soudée, se relayant 24 heures sur 24 et 365 jours par an dans des campagnes en horaire posté.

Ceci explique une identification forte du personnel à son outil de travail comme le résume le premier chef de la centrale PHENIX : « *nous n'étions ni du CEA, ni d'EDF, nous étions de PHENIX* » (MAZUCHETTI, 2005). Dès lors, il est tout à fait compréhensible de comprendre le « blues » qu'a pu ressentir l'équipe d'exploitation du réacteur lorsque celui-ci s'est définitivement arrêté pour ne plus jamais redémarrer.

La lecture interne du paradoxe

Face au paradoxe humain du démantèlement que nous venons de décrire, la lecture interne consiste à se focaliser sur le personnel CEA et à gérer son évolution dans la durée pour l'adapter aux différentes phases du démantèlement et tenter d'explorer les nouveaux savoirs indispensables au démantèlement nucléaire.

En premier lieu, cette adaptation passe par l'évolution des compétences individuelles. Nous avons eu l'occasion d'interviewer le responsable des ressources humaines du CEA/Marcoule durant la période 2006 à 2016. L'évolution des compétences internes représente pour lui un énorme défi en terme RH : « *l'impact du démantèlement en termes de gestion des compétences est énorme. Il y a de manière assez brutale des exploitants à repositionner. C'est d'autant plus compliqué que nous sommes dans une entreprise sociale dans laquelle on ne licencie pas mais dans laquelle on reclasse. Tout ceci prend beaucoup de temps* ». Il considère également que l'évolution des mentalités représente très certainement le principal obstacle : « *les gens qui travaillent dans l'exploitation n'ont pas la vision de ce que pourrait devenir le centre à terme. Ils ont la vision qu'on se sépare de ce qui marche. J'ai connu d'excellents exploitants qui étaient capables de se mobiliser pour produire de l'électricité ou gérer des combustibles exotiques.*

Sans que ce soit péjoratif, la mentalité d'une exploitation rigoureuse et besogneuse a longtemps été la force d'un site comme Marcoule. Aujourd'hui, face à une grande complexité, ceci peut être une faiblesse et renforcer le sentiment d'abandon. L'activité des installations qu'on arrête aujourd'hui était lisible, claire et concrète. Les programmes futurs paraissent flous, imprécis et abstraits. ». Le terme même de démantèlement passe mal auprès de certains salariés : « *les salariés ont le sentiment de détruire quelque chose, leur outil de travail. Un salarié que je recevais en entretien m'a dit un jour qu'il n'était pas question de compter sur lui pour démolir ce qui l'avait nourri durant les vingt dernières années. Sur la base de ce sentiment, près de 25 personnes sont parties de Phénix vers Cadarache ».*

Pour faire face à ces évolutions, il est nécessaire d'investir dans des formations lourdes pour reclasser les salariés, de travailler sur les parcours professionnels, de trouver des mécanismes incitatifs à la mobilité interne, et de mettre en œuvre un accompagnement personnalisé des salariés (bilans de compétences, entretiens annuels, revues de personnels…).

En second lieu, la lecture interne du paradoxe nécessite également de modifier l'organisation pour l'adapter aux évolutions des phases du démantèlement. Dans toute grande entreprise, et plus encore dans un établissement public, une réorganisation des structures est un processus très lourd et consommateur d'énergie. Il est nécessaire d'associer la hiérarchie et les salariés, sous peine de risquer un échec. La consultation des instances représentatives du personnel (Comité National, Comité d'Etablissement, Comité Hygiène Santé et des Conditions de Travail) est obligatoire et représente un processus qui peut durer plusieurs mois. Dans le cas du démantèlement sur le site de Marcoule, le responsable RH nous indique ainsi que « *les relations syndicales sont complexes car les représentants du personnel, issus de cette culture d'exploitant, aiment le concret, sont durs en négociation et souhaitent obtenir des avancées sur le court terme. Ceci renforce la difficulté pour les faire adhérer à des changements d'organisation motivés par la logique des projets de démantèlement, logique non encore ancrée dans la culture du CEA ».*

<u>La lecture externe du paradoxe</u>

Une autre manière d'explorer de nouveaux savoirs est de changer d'échelle. Pour 1 salarié du CEA/Marcoule travaillant dans le démantèlement, 5 à 6 salariés extérieurs interviennent en sous-traitance. Au lieu de ne considérer que le personnel CEA, la lecture externe consiste donc à visualiser l'ensemble des intervenants et à rechercher le bon équilibre entre le « faire » et le « faire faire » : quelles sont les compétences que le CEA doit impérativement conserver en in-

terne, voire développer, pour assurer son rôle de maître d'ouvrage ? quelles sont les compétences inexistantes en interne qu'il faut aller chercher à l'extérieur ? que faut-il externaliser ? que faut-il internaliser ?...

La lecture externe impose donc un travail important de structuration de la réflexion organisationnelle, associant à la fois ressources internes et externes. Les salariés CEA, ressource rare puisque le rapport est 1 pour 6 avec la sous-traitance externe, doivent être positionnés sur les postes stratégiques liés à la maîtrise d'ouvrage, ceux qui détiennent les leviers d'actions les plus importants : élaboration des scénarios de démantèlement, validation des dossiers de sûreté, responsabilité de chef d'installation… La sous-traitance doit également être organisée : assistance à la maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre de réalisation, réalisation des opérations de démantèlement, …

Le donneur d'ordre doit également se préoccuper de la Gestion Prévisionnelle de l'Emploi et des Compétences au niveau de son bassin d'emploi. Si des pans entiers de l'activité de démantèlement reposent sur la sous-traitance, il n'est par exemple pas possible de se désintéresser des difficultés que peut rencontrer la sous-traitance sur certaines compétences critiques. Dans son rapport de 2014, le Comité Stratégique de la Filière Nucléaire identifiait un certain nombre de métiers critiques dans les cinq ans dans le démantèlement nucléaire : gestionnaires de projet, chefs de chantier en milieu hostile, ingénieurs sûreté, radioprotectionnistes de chantier, responsables sécurité, ingénieurs d'études et techniciens en assainissement-démantèlement…

L'absence de ces compétences critiques sur le bassin d'emplois peut conduire directement à des retards chantiers, voire des blocages dans les cas les plus extrêmes. Ceci a par exemple pu se produire du fait de l'absence de soudeurs hautement qualifiés sur un chantier.

La lecture externe suppose donc que le donneur d'ordres s'implique dans cette GPEC à l'échelle de son bassin d'emploi. Cette implication nécessite de donner de la visibilité sur les métiers qui seront critiques à court et moyen terme, de participer à l'élaboration de cartographie des compétences, et de s'impliquer dans le développement de l'offre de formation.

Depuis une dizaine d'années, l'offre de formation en assainissement-démantèlement émerge : bac pro environnement dans les lycées, licence 3D, master démantèlement, spécialisation démantèlement dans les écoles d'ingénieurs…

Le CEA Marcoule s'implique directement dans plusieurs de ses formations : Master Démantèlement à Valence, Licence 3D sur Nîmes, Master Management du Démantèlement sur Marcoule…

L'Institut National des Sciences et Techniques (INSTN), établissement de formation qui fait partie du CEA, a également développé depuis plusieurs années des formations courtes dédiées

au démantèlement. Par exemple, sur 4 jours, une formation courte intitulée « initiation au démantèlement des installations nucléaires » propose ainsi de sensibiliser au processus général du démantèlement, aux principaux aspects règlementaires, à l'identification des techniques, et au rappel des exigences en matière de sûreté.

1.2. Le paradoxe contractuel : Etre précis / Etre dans l'incertitude

Le contexte

Au fur et à mesure de l'avancée d'un projet de démantèlement, le recours à la sous-traitance s'accroît. Dans les premières années qui suivent l'arrêt d'une installation nucléaire, les phases de préparation au démantèlement (rinçages, retrait des matières…) sont le plus souvent réalisées de manière prépondérante avec le personnel d'exploitation de l'installation. Durant cette phase, la sous-traitance ne concerne souvent que l'assistance à maitrise d'ouvrage pour définir le scénario de démantèlement. La sous-traitance se renforce massivement dès que l'on rentre dans la partie plus active du démantèlement qui consiste à déconstruire les parties actives de l'installation.

La description du paradoxe

Le paradoxe contractuel peut se résumer par le dilemme suivant :

- Spécifier les besoins d'achats de manière précise pour réaliser une mise en concurrence respectant l'ensemble des règles du code des marchés publics
- Etre soumis à une forte incertitude technique liée à une connaissance partielle de l'état initial des installations

Le CEA est soumis au code des marchés publics. Ceci lui impose de spécifier les besoins d'achats de manière précise. Ainsi, pour confier la réalisation d'une opération de démantèlement à la sous-traitance, un cahier des charges est rédigé pour définir notamment le contexte du travail (état de l'installation, plans, nature des risques radiologiques, nature des déchets…), les travaux à réaliser (issus du scénario de démantèlement), le planning de l'opération et le lotissement contractuel (lots forfaitaires, lots variables). Un appel d'offres est ensuite mis en œuvre suivant une procédure très rigoureuse afin de garantir l'égalité de traitement (le code de marché du CEA est relativement proche du code des marchés publics).

Les différents fournisseurs répondent en proposant un chiffrage et une organisation (les compétences mises à disposition, l'encadrement du marché, un plan qualité…) pour répondre à la demande. La sélection se fait sur le mieux disant (meilleur rapport entre le prix et la compétence technique évaluée suivant différents critères de sélection, spécifiques à chaque marché).

L'état initial des installations en démantèlement est connu de manière incertaine. Ce point très important explique que confier à un opérateur technique la responsabilité d'une opération de démantèlement n'est pas de même nature que le fait de lui confier, par exemple, la construction d'un bâtiment. Même si des « mauvaises surprises » peuvent survenir dans une opération de construction, le contenu du marché est néanmoins clairement spécifié. L'objet à construire est clairement défini sur des plans partagés entre le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre.
Dans le cadre d'une opération de démantèlement, l'incertitude liée à l'état initial de l'installation peut clairement changer la donne. Malgré des moyens importants consacrés à l'amélioration de la connaissance de l'installation à démanteler (inventaire radiologique, sondage, cartographie…), la difficulté d'accéder à certains endroits avant d'avoir commencé à démanteler, la « perte de mémoire » de l'installation peuvent conduire à des aléas. Ainsi, dans les différents chantiers de démantèlement de Marcoule, comme dans ceux des autres donneurs d'ordre du démantèlement au niveau national et mondial, il est fréquent de constater des blocages chantiers liés à :

- La découverte d'amiante contaminé
- Un niveau de radioactivité supérieur à ce qui était attendu
- Un type d'effluents ou de déchets non prévu et pour lequel aucun exutoire n'existe encore
- Des défaillances des équipements de l'installation sur lesquels on comptait (par exemple, défaillance des ponts roulants, défaillance du contrôle commande lié à la radioprotection…)
- Des erreurs dans les plans de l'installation qui rendent caduc le scénario prévu pour exécuter les travaux
- …..

A chaque fois que ce type d'aléas se produit, ceci peut conduire à stopper des chantiers pour des périodes allant de quelques semaines à quelques mois, voire plusieurs années pour les cas les plus extrêmes. Il est en effet souvent nécessaire d'obtenir de nouvelles autorisations de la

part des autorités de sûreté, de revoir le scénario technique initialement envisagé, de redéployer les moyens…

La lecture interne du paradoxe

Dans le domaine contractuel, la lecture interne du paradoxe consiste à considérer que le CEA dispose de peu de moyens de faire évoluer son environnement : le référentiel des marchés publics ne peut être adapté aux spécificités du démantèlement nucléaire et le CEA n'a pas à intervenir sur le tissu industriel autour du site de Marcoule. C'est à celui-ci de s'adapter aux besoins exprimés par le donneur d'ordres au fur et à mesure des appels d'offres qui sont lancés.

Du fait de l'impossibilité d'agir sur l'environnement externe, cette lecture consiste donc à se focaliser uniquement sur les pratiques internes et l'organisation.

Pour permettre la passation des marchés au forfait malgré l'incertitude des états initiaux, la solution privilégiée est d'augmenter les moyens de la maîtrise d'ouvrage et de lotir des marchés de petites tailles. Le chef de projet PHENIX témoigne ainsi de cette stratégie : « *Notre mode de consultation ne nous permet pas de confier aux entreprises des marchés avec une part très importante de R&D et d'ingénierie. L'obligation de spécifier les marchés de manière précise fait que la logique d'appels d'offres limite la capacité de faire appel à la matière grise du sous-traitant (...). Je cherche donc à avoir une bonne granulométrie des travaux, ce qui consiste à ne pas avoir des marchés trop gros (…). Mais ceci implique par la suite de garder à notre niveau la vision d'ensemble et d'encadrer fortement le suivi des travaux réalisés par l'entreprise* ».

Dans cette approche, l'incertitude est donc gérée en transférant le risque sur les fournisseurs qui s'engagent sur des marchés au forfait. Les marchés au forfait sont généralement privilégiés dans le domaine des achats publics, car ceci repose sur l'idée qu'un marché au forfait permet de minimiser les ressources humaines qu'il faut mobiliser pour passer le contrat puis le suivre lors de son exécution, tant sur le plan commercial que sur le plan technique. En effet, forfaitiser une prestation revient, dans l'esprit, à vouloir bénéficier d'une prestation « clé en main ». Une fois qu'il a remporté l'appel d'offres, le prestataire est censé « faire son affaire » des différents aléas qui peuvent survenir lors de l'exécution du marché. Si le marché se déroule bien, il peut parvenir à optimiser ses coûts et parvenir à un coût de revient interne inférieur à celui qu'il avait

prévu, ce qui revient de facto à augmenter sa marge. Inversement, si le marché se déroule mal, le prestataire est sensé l'avoir prévu en intégrant une part d'aléas dans son offre.

Pour les projets, l'évolution vers un lotissement plus fin des contrats permet une meilleure maîtrise des risques et permet davantage de souplesse pour le projet. Sur un marché plus petit, la maîtrise du périmètre technique est meilleure et les risques sont pris sur une durée limitée. Doté de moyens de maîtrise d'ouvrage importants, le projet peut disposer de davantage d'agilité : il peut s'impliquer directement dans le pilotage des travaux et peut réorienter plus facilement les marchés (il y a par exemple plus de souplesse pour faire des « stop and go » sur 20 marchés de 1 M€ avec une durée de 2 à 3 ans chacun que sur 1 marché de 20 M€ avec une durée de 10 ans).

Cette lecture interne suppose d'augmenter les moyens internes de la maîtrise d'ouvrage sur un certain nombre de points lors de la contractualisation :

- Augmenter les moyens de la maîtrise d'ouvrage des projets : elle doit être capable de produire des cahiers des charges à un rythme soutenu, étant donné qu'il s'agit de marchés de plus petites tailles.
- Augmenter le nombre d'acheteurs et les rapprocher le plus possible des projets : l'objectif est également d'assurer une « production industrielle » de marchés et d'éviter les goulots d'étranglement liés aux délais de contractualisation
- Lancer la contractualisation sur les dossiers les plus complets possibles en termes de connaissance de l'état initial. Ceci suppose de lancer en amont des marchés de travaux le plus possible de marchés d'études et de caractérisation
- Améliorer les cahiers des charges : ceci suppose de s'organiser pour transmettre aux fournisseurs les données les plus précises possibles (état initial décrit le mieux possible, plans des installations à jour, inventaires physiques et radiologiques exhaustifs…) et de rédiger des cahiers des charges sans ambiguïté (état final du chantier précisément défini, livrables précis, limites de fournitures claires…)

En cours d'exécution des marchés, il devient également nécessaire de consacrer d'importants moyens à la maîtrise d'œuvre de réalisation afin de :

- Gérer la co-activité entre les différents marchés qui peuvent intervenir simultanément sur des installations nucléaires en démantèlement
- Suivre très finement les livrables et jalons définis dans les marchés
- Instruire au plus vite les réclamations fournisseurs (claims)

La lecture externe du paradoxe

La lecture externe du paradoxe est de considérer qu'il est possible d'agir sur l'environnement et d'agir de manière volontariste sur le tissu industriel.

Cette question de l'animation du tissu industriel est très sensible pour un site comme Marcoule. La partie est de la nouvelle région Occitanie est faiblement industrialisée (même si le département du Gard dans lequel est implanté Marcoule l'est davantage que le reste de la région). Les industriels ont donc un niveau de dépendance assez important par rapport à l'activité des sites nucléaires de Marcoule et Tricastin.

Sur le démantèlement, il est essentiel pour Marcoule de maintenir le dynamisme de son tissu industriel, ce qui se manifeste par les points suivants : maintien d'agences locales des grands groupes comme NUVIA, OTND, STMI… ; maintien des compétences (recrutements, formation, mobilité en provenance d'autres régions…) : maintien des formations (capacité des formations à attirer des jeunes…)… Si le dynamisme du tissu industriel décline, la qualité de la réponse aux appels d'offres du CEA dans le démantèlement nucléaire se fait immédiatement sentir.

Il se pose dès lors la question de l'animation du tissu industriel par le donneur d'ordres. Deux approches sont possibles :

- la première approche est de considérer que le donneur d'ordres n'a pas à se préoccuper de ce sujet et que le marché régulera de lui-même l'offre et la demande. Le donneur d'ordres doit se contenter de passer des appels d'offres. Cette vision rejoint la lecture interne du paradoxe : le donneur d'ordres doit se concentrer sur ses propres moyens pour renforcer son efficacité.
- La deuxième approche est de considérer qu'une autorégulation du marché est très longue à réaliser sans action volontariste du donneur d'ordres. Durant cette longue phase d'ajustement, le risque est de voir le tissu industriel s'affaiblir, la concurrence diminuer (réponses infructueuses aux appels d'offres…), d'augmenter le nombre de défaillances d'entreprises et d'envoyer un mauvais signal par rapport à l'attractivité de la filière et du site. Vu les enjeux financiers et en termes de sûreté/sécurité à court et moyen termes, le donneur d'ordres a donc tout intérêt à avoir une véritable politique industrielle.

La lecture externe du paradoxe privilégie la deuxième approche. Elle considère que le CEA doit allouer des ressources à l'animation du tissu industriel pour en renforcer le dynamisme.

Dans cette lecture, le CEA donneur d'ordres doit consacrer des ressources pour améliorer la visibilité du marché. La demande principale du tissu industriel est celle de la visibilité du marché adressable à court terme et moyen terme. Nous avons eu l'occasion de discuter de ce sujet avec un ancien dirigeant d'une société intervenant dans le démantèlement qui nous indiquait ceci : « *Quand on parle du démantèlement nucléaire, on évoque souvent un marché de plusieurs centaines de milliards d'euros. Ceci est vrai mais ceci va être étalé sur plusieurs dizaines d'années. Sur une année donnée, le marché est plus restreint. En plus, une fois qu'on sort les dépenses que vous réalisez en interne (maîtrise d'ouvrage, exploitation des installations, surveillance…), le volume réel des appels d'offres de travaux auxquels nous pouvons répondre est beaucoup plus limité* ».

Depuis quelques années, le CEA organise sur Marcoule des journées de rencontre avec les fournisseurs de prestations en assainissement / démantèlement. Près de 300 entreprises participent à ces rencontres. Le CEA présente l'avancement de ses programmes de démantèlement et les grands jalons qu'il se fixe en termes d'avancement physique dans les cinq ans à venir. Les industriels sont satisfaits de ces rencontres mais souhaitent un contenu plus précis, comme nous le confirme le responsable que nous avons pu interviewer : « *ces journées nous présentent les perspectives programmes du CEA et c'est très bien. Mais nous aurions besoin dans certains cas d'aller plus loin : sur un sujet donné, quel est le schéma industriel envisagé ?, quels sont les appels d'offres qui vont être émis ?, quels sont les chantiers auxquels nous pourrons postuler ?* ». En résumé, les industriels souhaitent directement obtenir des listes d'appels d'offres prévisionnels à 3 / 5 ans. Or, face à l'ensemble des paradoxes que nous décrivons dans ce chapitre et à l'incertitude qui en résulte, il est compliqué pour le CEA, comme pour tout autre donneur d'ordres du démantèlement, de présenter des données aussi précises.

Dans cette lecture externe, le rôle du CEA est aussi d'envoyer des signaux forts sur sa vision de la filière. Nous avons eu l'opportunité d'interviewer le responsable d'un groupe de start-up spécialisé dans le durcissement d'équipements pour leur permettre de résister aux rayonnements. Ce témoignage est particulièrement pertinent car il intervient à la fois dans le secteur spatial, le secteur aéronautique et le secteur du démantèlement nucléaire : « *Dans le domaine spatial et de l'aéronautique, les grands donneurs d'ordres que sont AIRBUS et le CNES ont un réel rôle d'animation de leur tissu industriel. Les comportements opportunistes des industriels sont limités. Par exemple, un dialogue permanent a lieu entre le CNES et son tissu industriel. Le CNES lance chaque année un appel à projet doté d'une vingtaine de M€ à travers lequel il exprime sa vision des besoins. Près de 600 idées émergent de cet appel à projet*

dont 200 en provenance des experts du CNES et 400 en provenance de l'écosystème. Le fait qu'une application marché directe existe pour l'idée est le premier critère de sélection ».
Ainsi, AIRBUS et le CNES interviennent de manière assumée dans leur tissu industriel avec la volonté claire de le faire monter en gamme, de structurer son développement et de renforcer son innovation. Pour le responsable interviewé, « *AIRBUS n'a pas de rôle institutionnel ni d'obligation à intervenir de cette manière car il est un opérateur privé. S'il le fait, c'est parce que c'est dans son intérêt* ».

Pour les tenants de cette approche, le CEA a donc tout intérêt à mobiliser des moyens pour envoyer des signaux forts vis-à-vis de la filière (en organisant des appels à projet d'innovation, en développant des lieux d'innovations en commun, en organisant des formations, en communiquant globalement sur la filière…). En faisant cela, il peut attirer des entreprises et des talents et favoriser des réponses de qualité à ses appels d'offres.

1.3. Le paradoxe des déchets : Se hâter lentement

Le contexte

Dans toute opération de démantèlement nucléaire, la problématique des déchets représente un enjeu capital. La déconstruction d'une installation nucléaire génère un volume important de déchets qui peuvent se classer ainsi suivant le niveau de radioactivité et le volume (source ANDRA) :

Type de déchets	% du volume total des déchets à fin 2013	% de la radioactivité totale des déchets
HA : Déchets de haute activité	0,2 %	98 %
MA – VL : Déchets de moyenne activité à vie longue	3 %	2 %
FA – VL : Déchets de faible activité à vie longue	6 %	0,01 %

FMA – VC : Déchets de faible et moyenne activité à vie courte	60 %	0,02 %
TFA – Déchets de très faible activité	30 %	< 0,000004 %

Figure 18

Le démantèlement des installations nucléaires de base engendre un volume très important de déchets qui est évalué en moyenne à 100 000 m3 par INB, parmi lesquels on dénombre 20 % de déchets radioactifs (source ANDRA).

La description du paradoxe

Le paradoxe déchets peut se résumer par le dilemme suivant :

- Evacuer au plus vite les déchets issus d'une installation en démantèlement
- Attendre de disposer de filières opérationnelles d'évacuation et de stockage final pour chaque catégorie de déchets

L'évacuation au plus vite des déchets issus d'une installation en démantèlement est l'enjeu prioritaire de tout chef de projet, car il s'agit d'un marqueur essentiel de l'avancement physique de son projet. Dès le début d'un projet de démantèlement, un inventaire de déchets est réalisé (volume prévisionnel de déchets par catégorie). Sur la base de cet inventaire (qui peut être réévalué en cours de projet), le volume de déchets effectivement évacué chaque année est un indicateur pertinent d'avancement physique du projet. Plus il est évacué de déchets, plus le projet avance.

La nécessité de disposer de filières opérationnelles d'évacuation et de stockage final pour chaque catégorie de déchets se traduit par la loi « déchets » du 28 juin 2006 et le Plan National de Gestion des Déchets et des Matières Radioactives (PNGDMR) pour la période 2013-2016. Afin d'isoler les déchets pendant le temps nécessaire à la baisse de leur radioactivité jusqu'à un seuil ne présentant plus de risque pour l'homme et l'environnement, la France a fait le choix de les gérer, après leur entreposage dans des stockages dédiés. La loi Française prévoit ainsi de prendre en charge les déchets radioactifs dans trois types de stockage aux caractéristiques adaptées à leur niveau de radioactivité et à leur durée de vie :

- Les stockages de surface pour les déchets de très faible activité (TFA) et de de moyenne activité à vie courte (FMA-VC)
- Le stockage à faible profondeur et le stockage profond pour les déchets HA, MA-VL et FA-VL (la loi prévoit de créer une filière de stockage de déchets FAVL à l'horizon 2020 et une filière de déchets MAVL et HA à l'horizon 2025).

Par ailleurs, la loi de 2006 prévoit que les déchets « anciens » (produits avant 2015) devront être repris et conditionnés avant 2030. Avant d'être stockés, ces déchets sont soumis à une nouvelle étude détaillée et éventuellement à un traitement qui peut les amener à changer de filière de gestion.

Les projets de démantèlement sont donc fortement conditionnés par la date d'ouverture des lieux de stockage. Une fois le lieu de stockage ouvert, des ordres de priorité sont définis entre les déchets provenant des installations nucléaires de toute la France. Ainsi, il est prévu que « le remplissage » du futur centre de stockage MAVL et HA (projet CIGEO) dure plusieurs dizaines d'années. Bien entendu, tout retard pris dans l'ouverture des lieux de stockage se traduit par des surcoûts importants pour les projets de démantèlement.

Il est donc aisé de comprendre en quoi les deux termes du paradoxe sont contradictoires et représentent une redoutable contrainte pour les scénarios de démantèlement. Un cas emblématique, permettant d'illustrer ce dilemme, est celui des fûts d'enrobés bitumineux de Marcoule.

Durant 30 ans, entre 1966 et octobre 1996, environ 60 000 fûts de bitumes furent produits sur le site de Marcoule dans le cadre du procédé de traitement de la Station de Traitement des Effluents Liquides (STEL) qui consiste à fixer dans des boues la radioactivité contenue dans les effluents de faible et moyenne activité de Marcoule. Ces boues sont ensuite incorporées dans du bitume par un procédé d'enrobage et conditionnées dans des fûts métalliques.

Ces fûts n'ont pas pu être accueillis au centre de stockage de Faible et Moyenne activité de l'Aube. Du fait de leur niveau radiologique et de leur durée de vie, ils sont destinés à être entreposés au futur centre de stockage profond de l'ANDRA qui est destiné à accueillir les déchets MAVL et HA. Or, le projet CIGEO, qui fait l'objet d'une virulente controverse scientifique et technique, avec de forts enjeux politiques, a vu sa date de mise en service décalée à plusieurs reprises. Même après cette mise en service, le planning d'acceptation des fûts de bitumes de Marcoule s'étalera sur une longue période.

Initialement, ces fûts étaient entreposés dans des fosses (Zone Nord de Marcoule) et des casemates (Zone Sud de Marcoule). Avec le temps, l'état d'un certain nombre de ces fûts s'est dégradé. Dans l'attente de l'ouverture de CIGEO, lieu d'exutoire final des déchets, le CEA ne peut donc pas laisser en l'état ces fûts. Un important programme est donc mis en place pour reprendre, reconditionner et transporter ces fûts dans un Entreposage Intermédiaire Polyvalent (EIP). Les décalages du projet CIGEO de l'ANDRA ont déjà nécessité d'étendre la taille de cette entreposage intermédiaire et de nouveaux décalages auraient la même conséquence.
Pour être acceptés à CIGEO, les déchets devront répondre à des spécifications techniques qui seront très strictes mais qui ne sont pas encore totalement définies : forme des fûts de déchets (pour optimiser la place), résistance au risque incendie (ils sont destinés à être stockés à 500 mètres sous terre), tenue à la lixiviation (capacité à résister aux infiltrations d'eau sur des périodes de plusieurs milliers d'années)… Des programmes de recherche et développement sont en cours pour définir le format des fûts et les critères d'acceptation dans les futurs lieux de stockage.

Dans le cas des fûts de bitume de Marcoule, le scénario technique doit prendre en compte simultanément la reprise des fûts, leur entreposage intermédiaire et leur acceptation dans leur futur lieu de stockage, le tout avec des dates qui se décalent dans le temps : l'ensemble de ces contraintes représente un défi considérable en termes de scénario.

La lecture interne du paradoxe

Face à ce redoutable paradoxe, une des attitudes possibles est de considérer que les projets de démantèlement ne peuvent rien faire pour accélérer la disponibilité des exutoires déchets. L'accent est donc mis sur toutes les mesures internes qui permettent de s'adapter à cet état de fait vécu comme absolument incontournable.

L'évacuation des déchets est un enjeu essentiel pour un chef de de projet de démantèlement comme nous l'a ainsi indiqué l'un d'entre eux : « *Il s'agit d'une course d'obstacle et d'une course contre la montre. La grande difficulté, c'est d'anticiper. Je dois évacuer le combustible le plus vite possible. Evacuer les déchets et les composants est un marqueur de l'avancement physique de mon projet. Mais parfois aller vite pour supprimer des risques peut générer d'autres risques. Le séquencement de l'ensemble des opérations est un point clé* ».

Nous avons pu constater à maintes reprises cette difficulté liée à la gestion des déchets. Ainsi dans une revue de projet à laquelle nous participions, la problématique était la suivante. Dans le cadre du démantèlement d'une salle de l'installation, situé sur le chemin critique du projet, il était impératif d'évacuer des déchets assez exotiques, ne disposant pour l'instant d'aucune filière d'évacuation. La première alternative était d'évacuer ces déchets dans une zone tampon située dans la même installation, en l'occurrence une salle déjà démantelée. Mais le risque de cette option est de compliquer le réexamen de sûreté de l'installation (la présence de déchets non bloqués nécessite de démontrer que le lieu d'entreposage tient au séisme, est sécurisé en cas d'incendie, dispose d'une protection physique adéquate…). La deuxième alternative est la construction d'un bâtiment neuf d'entreposage spécifique à ces déchets exotiques. L'inconvénient de cette alternative est le coût et le délai. La troisième alternative est de mutualiser le lieu d'entreposage au niveau du site de Marcoule, avec d'autres types de déchets exotiques issus d'autres projets de démantèlement. Cette option diminue les coûts mais par contre le projet perd la maîtrise du planning puisqu'il doit trouver un compromis avec les contraintes délais des autres projets contributeurs…

Confrontés à la problématique déchets qui représente un enjeu essentiel de leur projet, les chefs de projets de démantèlement recherchent donc avant tout des solutions opérationnelles « à leur main ». Ceci apparaît de manière flagrante lorsque l'on étudie les plans d'actions de maîtrise des risques contenues dans les analyses de risque, dont voici quelques exemples :

Risque identifié	Action de maîtrise des risques
Modification des spécifications ANDRA pour le CSA et le CSTA	Etablir des dossiers de caractérisation pertinents des déchets avant et après traitement
Arrêt des travaux de démantèlement suite à la saturation des circuits d'évacuation des déchets	Etudes de faisabilité des solutions d'entreposage tampons sur le site de Marcoule Réaliser une étude de flux sortant de déchets Consolider l'inventaire déchets
Compatibilité des cadences d'évacuation des effluents avec le projet de démantèlement	Optimiser le procédé de traitement dans les puits de lavage Aménager le poste de dépotage et une nouvelle cuve de stockage
Installation d'entreposage déchets non disponible en 2021	Définir des scénarios d'évacuation permettant de reculer au plus tard le besoin d'exutoire pour les déchets B sans modifier les hypothèses du scénario de référence : entreposer en cellule annexe
Difficulté pour évacuer les effluents	Suivre l'évolution de la réglementation sûreté ICPE, INB et REX des autres installations

Figure 19

La lecture interne du paradoxe déchets que nous venons de décrire consiste donc à privilégier la mise à disposition d'options de contournement du fait qu'aucune action n'est possible pour disposer d'exutoires déchets externes plus rapidement.

Dès lors, cette lecture consiste à allouer prioritairement les ressources sur les moyens « à la main » des chefs de projets :

- Augmenter la capacité à caractériser les déchets (pour essayer de les faire accepter en priorité dans les futurs exutoires)
- Renforcer les moyens de pilotage projet pour étudier des solutions alternatives
- Investir dans des lieux d'entreposages tampons sur le site de Marcoule
- Investir dans la veille règlementaire pour identifier toute nouvelle opportunité d'évacuation
- ….

La lecture externe du paradoxe

Une autre lecture possible de ce paradoxe est de considérer que le CEA dispose de réels leviers externes et peut ne pas se contenter que d'actions internes.

En 2014, le rapport du Conseil Stratégique de la Filière Nucléaire (CSFN) met ainsi l'accent sur la sous-optimisation de la gestion des déchets au niveau national, notamment ceux issus du démantèlement. Cette sous-optimisation est attribuée à une industrie trop peu mature sur la gestion des déchets, à la complexité des interfaces (entre les exploitants nucléaires, les autorités de sûreté et l'ANDRA) et à un cadre règlementaire complexe. Il met également l'accent sur la durée très longue qui est nécessaire pour faire aboutir un projet de stockage : en 20 ans, les opérations de démantèlement, la gestion des filières déchets et les usages futurs des sites concernés peuvent subir de grosses évolutions.

Dans cet angle de vue, l'atténuation du paradoxe déchets passe par une réduction de cette sous-optimisation. Plutôt que de s'adapter au système en aval (créer des lieux de stockage intermédiaires, retarder les opérations de démantèlement…), l'objectif est de contribuer à l'ensemble de la chaîne de valeur. Ceci suppose de s'investir fortement dans les discussions entre les trois grands producteurs de déchets (CEA, AREVA, EDF) et l'ANDRA pour discuter des choix et priorisations.

A titre d'exemple, nous avons eu l'occasion d'échanger longuement avec les acteurs CEA qui se sont impliqués dans ces discussions concernant les 60 000 fûts de bitumes entreposés sur le site de Marcoule avant leur évacuation vers le projet CIGEO de stockage profond.

En 2012, le rapport n°6 de la Commission Nationale d'Evaluation (CNE) des recherches et études relatives à la gestion des déchets radioactifs indiquait : « *les colis de boues bitumées, prévus en option lors de la première période d'exploitation de Cigéo, soulèvent de nombreux problèmes spécifiques. Compte tenu des connaissances actuelles, les incertitudes sur leur comportement, notamment à court terme en cas d'incendie, conduisent à recommander de ne pas les prévoir pour la première phase d'exploitation d'un stockage* ». En conduisant à un risque de décalage de plusieurs années, voire dizaines d'années, de la prise en charge dans CIGEO des 60 000 fûts de bitumes de Marcoule, cette position générait des impacts financiers majeurs, la nécessité de construire sur le site de Marcoule des lieux d'entreposages intermédiaires.

Pour atténuer ce risque, le rapport de la CNE indique que « *pour se prononcer de manière définitive, la Commission exige de recevoir pour décembre 2014 une démonstration en vraie grandeur avec une analyse de sûreté du comportement en stockage du colis primaire et de son conteneur, dans les conditions les plus pénalisantes. La Commission demande expressément que le protocole d'essai lui soit présenté au préalable. L'analyse de sûreté doit être faite conjointement par le CEA et l'Andra* ».

Trois ans plus tard, le rapport n°9 de la CNE publié en 2015 indique que « *le CEA, Areva, EDF et l'Andra (avec des collaborations universitaires) ont remis à la Commission, en temps voulu, les documents décrivant les expériences, les résultats et leur interprétation ainsi que des compléments sur le gonflement des colis. La Commission considère que les expériences ont couvert toute la gamme de composition des enrobés bitumineux qui pourraient être stockés dans Cigéo. Des études complémentaires (T < 300 °C) sur le comportement des enrobés bitumineux à l'échelle du gramme et à l'échelle de 2 kg confirment le rôle des nitrates dans les réactions exothermiques, mais ne mettent en évidence aucun emballement des réactions. Dans ces conditions il n'y a pas d'auto-inflammation. Le bitume utilisé pour conditionner les enrobés a une température d'inflammation autour de 250 °C. Il n'est auto-inflammable que pour des températures largement supérieures à 300 °C* ».

Dès lors, le CEA dispose d'une meilleure capacité à négocier le calendrier d'acceptation de ses 60 000 fûts de bitume dans CIGEO et de réduire ainsi la durée d'entreposage sur Marcoule et les coûts associés.

Nous avons eu de nombreux échanges avec les acteurs de la R&D du site de Marcoule en charge de travailler sur la gestion des déchets. De nombreuses recherches sont effectuées sur le comportement long terme des déchets, la conception d'emballages de stockage très résistants dans la durée, la réduction du volume et de la nocivité des déchets… Ces échanges font appel à un réseau externe très important : universités, écoles, autres organismes de R&D au niveau international, ANDRA, autres industriels du nucléaire (EDF, AREVA…). Ces acteurs considèrent que les moyens consacrés à la R&D sont de nature à atténuer le risque déchets sur les projets de démantèlement. Ceci est parfaitement résumé par ce que m'a indiqué un des acteurs de l'IRSN que j'ai eu l'occasion d'interviewer : *« Le CEA a la chance considérable d'être un des principaux donneurs d'ordres du démantèlement nucléaire et donc un gros producteur de déchets. En même temps, les recherches qu'il mène dans le domaine de la gestion des déchets sont remarquables. Entre investir quelques dizaines de M€ dans la R&D pour améliorer les dossiers de sûreté et les solutions technologiques ou subir de manière passive quelques centaines de M€ pour construire des entreposages, le choix semble évident… »*

1.4. Le paradoxe sûreté : Concilier règles du présent et poids du passé

Le contexte

Le nucléaire est une industrie jeune. Son exploitation à l'échelle industrielle date des années 50 ce qui représente une soixante d'années. Ceci est peu si on compare à l'industrie pétrolière, à l'automobile, la sidérurgie…

Durant ces 60 dernières années, quatre générations de réacteurs nucléaires (incluant le cycle du combustible associé) se sont développées :

- La génération 1 qui correspond aux premières réalisations industrielles du nucléaire : la filière UNGG de Marcoule, les réacteurs Chooz d'EDF, les réacteurs anglais de type MAGNOX font partie de cette génération
- La génération 2 qui correspond aux Réacteurs à Eau Pressurisée EDF actuels (58 réacteurs actuellement en exploitation) et aux réacteurs étrangers de type PWR, AGR ou CANDU
- La génération 3 qui correspond aux EPR (actuellement en construction en Finlande et sur le site de Flammanville en France) et à des réacteurs étrangers de type AP1000 (actuellement en construction en Chine)

- La génération 4 qui est en cours de développement (un forum international génération IV rassemblant tous les grands pays du nucléaire travaille sur différents concepts. Un prototype de 4ème génération devrait être construit en France au milieu des années 2020)

Chacune de ces générations a représenté des améliorations significatives en matière de sûreté nucléaire. Les retours d'expériences des accidents de Three Mile Island, Tchernobyl et Fukushima ainsi que le retour d'expérience de l'ensemble des incidents d'exploitations sur les 436 réacteurs en service au niveau mondial sont analysés par les différentes autorités de sûreté nationale. Ce retour d'expérience fait l'objet de nombreux échanges au niveau international. Le récent accident de Fukushima n'a fait que renforcer au niveau mondial le poids croissant des exigences de sûreté nucléaire et une coopération renforcée entre les différentes autorités de sûreté. L'autorité de sûreté nucléaire française (ASN) est considérée comme une référence au niveau international et entretient de nombreuses relations avec les autorités de sûreté internationales.

L'enjeu sûreté est extrêmement important dans toute opération de démantèlement. Les impératifs de sûreté jalonnent tous les scénarios de démantèlement et sont déterminants en terme de tenue des délais (et donc des coûts).

Dans la vie d'une installation nucléaire de base (INB), deux grandes phases doivent être distinguées et font chacune l'objet d'un décret distinct :

- La phase de fonctionnement de l'installation qui a été autorisée par un décret d'autorisation création de l'installation (DAC)
- La phase de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement (qui abroge le DAC à l'exception de certains articles) qui est autorisée par un décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement.

Le graphique ci-dessous, extrait du guide de l'Autorité de Sûreté Nucléaire sur le démantèlement, décrit les phases de fin de vie d'une INB :

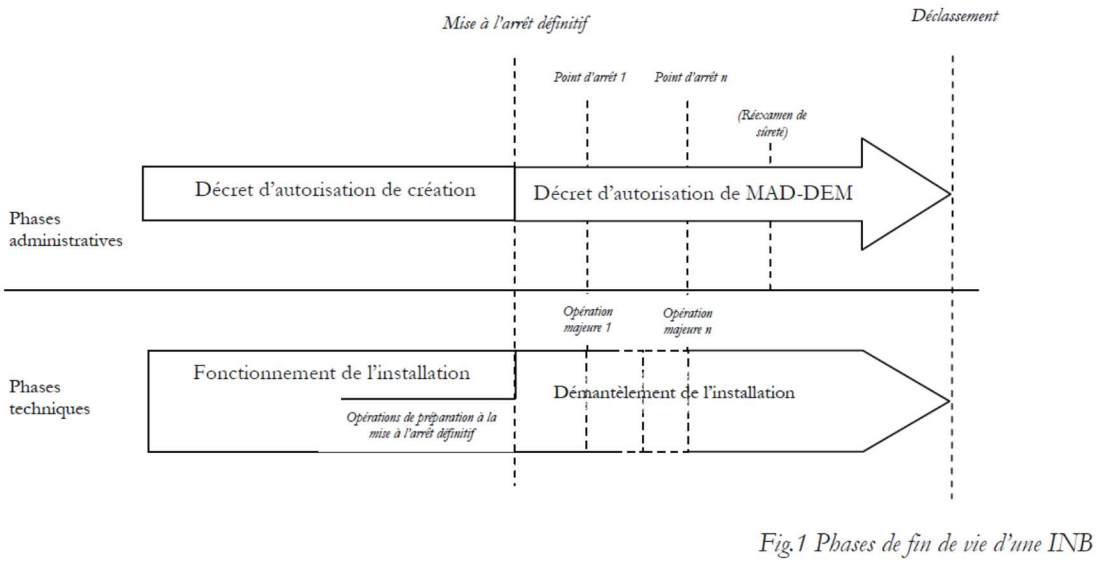


Fig.1 Phases de fin de vie d'une INB

Figure 20

Le passage d'un décret à l'autre, qui signifie la mise à l'arrêt définitif de l'installation, modifie notablement ce qu'il est possible de faire ou de ne pas faire. L'installation change « de destination » par rapport à ce pour quoi sa création a été autorisée. Le référentiel de sûreté n'est plus celui qui existait au temps du fonctionnement de l'installation. Le référentiel de sûreté applicable est celui qui a été soumis dans le dossier de demande de démantèlement.

L'exploitant nucléaire a donc intérêt à réaliser certaines opérations préparatoires au démantèlement dans le cadre du référentiel lié au décret d'autorisation de création. Mais le début des opérations de démantèlement, impliquant une évolution de la nature des risques, ne peut être réalisé que dans le cadre du nouveau référentiel de sûreté.

L'obtention du décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement nécessite une enquête publique dans laquelle l'opérateur doit décrire la stratégie de démantèlement, présenter une étude d'impact, une étude de maîtrise des risques. Cette enquête publique nécessite des moyens importants. Elle comporte des réunions avec l'environnement local, l'implication de la Commission Locale d'Information (CLI) du site et la constitution d'une commission d'enquête. Ce n'est qu'à l'issue de l'enquête publique que le décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement peut être publié.

Dans le décret d'autorisation de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement, des points d'arrêts peuvent être définis. Ces points d'arrêts correspondent à la réalisation d'une opération de démantèlement majeure du point de vue de la sûreté, de la radioprotection ou de la gestion des

déchets. Les conditions de levée de ces points d'arrêts sont spécifiées dans le décret d'autorisation.

Outre les points d'arrêts qui peuvent être spécifiés, la sûreté d'une installation nucléaire de base, y compris lorsqu'elle est en démantèlement, est réexaminée périodiquement. La périodicité est habituellement de 10 ans mais une périodicité différente peut être spécifiée dans le décret d'autorisation de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement.

Entre la phase d'exploitation et la phase de démantèlement, la nature des risques évolue. Au fur et à mesure que le démantèlement avance, les quantités de matières radioactives présentes dans l'installation vont décroître. En règle générale, comparativement à la phase d'exploitation, les risques associés à l'installation durant la phase de démantèlement sont plus faibles pour l'environnement. Par contre, les risques pour les travailleurs deviennent plus importants, en raison de la nature des opérations d'assainissement et de démontage à effectuer. Celles-ci nécessitent à un certain moment l'intervention à proximité ou « au contact » (même si la robotique de démantèlement se développe).
Dans le cas des réacteurs nucléaires, le risque radiologique diminue après le retrait du combustible. Par contre, les risques classiques augmentent du fait des travaux de démontage d'installations électriques, des manutentions, découpages et déconstructions effectués. Ces risques sont traités selon les règles de la sécurité classique, éventuellement complétées en tenant compte des implications nucléaires.
Lors du démantèlement, les aspects liés à la radioprotection du personnel sont importants (suivi dosimétrique, études de postes…). Le facteur organisationnel et humain (FHO) est également très important et fait l'objet d'une attention particulière lors de l'instruction de sûreté des scénarios de démantèlement.

La description du paradoxe

Le paradoxe de la sûreté peut se définir de la manière suivante :

- Gérer un référentiel de sûreté nucléaire qui se durcit chaque année
- Appliquer ce référentiel à des installations construites il y a 40, 50 ou 60 ans ce qui impose de les remettre à niveau alors que l'objectif est de les démanteler

Le référentiel de sûreté nucléaire se durcit de plus en plus. La demande de l'opinion publique pour une sûreté nucléaire de très haut niveau est constante. En 2006, la loi de Transparence et

Sûreté Nucléaire (loi TSN) a renforcé les prérogatives des autorités de sûreté et les exigences de transparence de la filière. En mars 2011, l'accident nucléaire de Fukushima au Japon a encore renforcé le niveau d'exigence. Suite à Fukushima, un réexamen de sûreté ciblé sur les problématiques soulevées par l'accident japonais (phénomènes naturels extrêmes mettant à l'épreuve les fonctions de sûreté des installations et conduisant à un accident grave) a été déployé sur 150 installations nucléaires. Ces Evaluations Complémentaires de Sûreté (ECS) s'inscrivent dans le cadre des stress tests demandés par le Conseil Européen lors de sa réunion des 24 et 25 mars 2011. Les ECS concernent également les installations en démantèlement. Par exemple, sur Marcoule, le réacteur PHENIX a été soumis à une évaluation complémentaire de sûreté.

L'application de ce référentiel de sûreté qui se durcit à de vieilles installations en démantèlement représente un défi considérable pour plusieurs raisons.
Le premier défi est de trouver le bon équilibre entre la nécessité de passer avec succès les examens de sûreté qui rythment la vie d'une installation en démantèlement et l'avancée des opérations de démantèlement. En effet, l'enquête publique préalable au décret, l'obtention du décret de mise à l'arrêt définitif, la levée des points d'arrêts éventuellement fixés par le décret, et les réexamens de sûreté tous les 10 ans représentent un défi considérable pour une installation en démantèlement. Par exemple, lors du réexamen de sûreté décennal, l'autorité de sûreté passe au crible tout ce qui peut concourir à la sûreté au sein de l'installation : résistance au séisme, tenue incendie, risque criticité, ventilation nucléaire, état des équipements importants pour la sûreté, état du contrôle commande…
Or, en 10 ans, l'état d'une installation en démantèlement peut évoluer considérablement. Le réexamen de sûreté tient naturellement compte de l'évolution du risque. Si les matières nucléaires sont évacuées et si le terme source mobilisable a diminué dans la période, les exigences du réexamen sur certaines fonctions de sûreté évoluent également à la baisse.
Le scénario de démantèlement est donc en permanence confronté au dilemme qui consiste à diminuer le risque en démantelant au plus vite tout en maintenant l'état de l'installation au niveau suffisant pour passer avec succès les examens de sûreté successifs.

Un autre défi est ce que nous pouvons qualifier de « risque d'anachronie ». L'anachronie peut se définir comme l'inadaptation d'une personne à son époque. Si nous l'appliquons au démantèlement, il est manifeste que les installations en démantèlement de la première génération nucléaire sont anachroniques. Construites en quelques années dans les années 50 et 60, elles sont très loin des standards actuels en termes de sûreté nucléaire. Face à cela deux

approches sont possibles : augmenter le niveau de sûreté pour les rapprocher du standard actuel ou les laisser en l'état avec comme objectif de les démanteler le plus vite possible. Ce débat existe en permanence avec l'autorité de sûreté. Ceci a conduit à réaliser des travaux très importants dans certaines installations en démantèlement pour renforcer la tenue séisme de certaines parties sensibles.

Enfin, le dernier défi est celui des délais d'instruction des dossiers de sûreté. Lors des 3èmes assises du démantèlement sur Marcoule en décembre 2015, une table ronde était organisée sur ce thème. Le cas du dossier de demande d'autorisation pour le démantèlement de la centrale PHENIX a été évoqué. Ce dossier a été déposé fin 2011 et n'a pas suscité de réaction de la part des autorités ou leur appui technique avant début 2013. De plus, deux autorités (ASN et autorité environnementale) devant donner leur avis sur la recevabilité du dossier se sont attendus mutuellement, ce qui a conduit l'exploitant à de nombreuses relances.
Le durcissement des référentiels de sûreté met en tension les effectifs des autorités de sûreté et de leur appui technique, l'IRSN.
Dans le rapport du Comité Stratégique de la Filière Nucléaire (CSFN), il est ainsi cité le cas de l'obtention du décret de mise à l'arrêt définitif d'une Installation Nucléaire de Base. Une fois le dossier remis, la loi stipule que l'autorité de sûreté dispose de 3 ans pour instruire la demande. Or, l'autorité de sûreté peut suspendre ce délai de trois ans dès lors que des informations complémentaires sont demandées. De facto, ceci aboutit à des délais qui sont supérieurs à trois ans et qui peuvent retarder le chemin critique des scénarios de démantèlement.

Ce que nous qualifions de « paradoxe sûreté » est donc le fait de devoir assumer, pour une même installation, deux périodes différentes (l'exploitation et le démantèlement) avec une nature de risque qui évolue entre ces deux périodes. La prise en compte de cette évolution des risques est un point essentiel des dossiers de sûreté et fait l'objet d'une vigilance importante de l'autorité de sûreté. Dès lors la gestion de la configuration de l'installation doit être particulièrement efficace. Elle doit permettre, dans la durée, de prendre en compte l'évolution des risques. Ainsi, démanteler, c'est aussi rénover et construire :

- Rénover les TCR (tableaux de contrôle de la radioprotection) et les équipements de radioprotection (capteurs, compteurs, sondes, détecteurs…)
- Rénover les équipements de DAI (détection anti incendie)
- Rénover la ventilation (veiller à la qualité de l'air respirable des travailleurs dans un contexte de démontage et découpage d'équipements)
- Construire et mettre en place un Zonage Déchets

- Construire au sein de l'installation des lieux de traitement des déchets
- …..

La lecture interne du paradoxe

Pour un chef de projet en assainissement / démantèlement, les contraintes de sûreté représentent un enjeu essentiel qui peuvent remettre en cause le chemin critique du projet et par conséquent les jalons et les coûts associés. Il est d'ailleurs notable de constater que les jalons de sûreté prioritaires sont la plupart du temps repris comme des jalons clés du scénario, inscrits sur le chemin critique. Ceci est logique : lorsque l'autorité de sûreté demande d'avoir évacué la totalité d'un type de déchet avant une date donnée, ceci représente un élément structurant du scénario de démantèlement.

Etant donné ces enjeux et cette imbrication, les chefs de projet de démantèlement mettent avant tout l'accent sur les moyens propres dont ils disposent en termes de sûreté et sur l'organisation interne mise en place pour répondre à de tels enjeux.

Au cours d'une revue de reporting, un des chefs de projets indique ainsi : *« le réexamen de sûreté de cette installation est un enjeu redoutable puisque tout sera passé au crible : la tenue du génie civil, l'état réel de la ventilation, la résistance incendie… si je ne dispose pas d'une task-force au niveau de mon unité, on va vers de sérieux problèmes. Des personnes de l'équipe projet vont se consacrer totalement à la préparation du dossier de réexamen mais il est important que tout le monde sur le centre soit conscient de cet enjeu. Il faut dégager du temps à certains experts du centre pour qu'ils puissent se consacrer prioritairement à ce sujet sinon on va vers de graves difficultés… ».*

Cette intervention résume assez bien la vision générale des projets : pour répondre correctement à l'enjeu sûreté, les chefs de projet souhaitent une organisation en task-force leur permettant de disposer d'une expertise le plus possible à leur main pour faire avancer les dossiers de sûreté.

La lecture interne du paradoxe met l'accent sur le fait de prioriser l'optimisation de l'organisation interne sur plusieurs axes :

- Réduire les goulots d'étranglement. Dans le cadre d'un démantèlement nucléaire de l'ampleur de celui du site de Marcoule, de nombreux dossiers de sûreté doivent être produits simultanément. En plus des processus lourds que représente l'obtention des décrets de démantèlement ou des réexamens de sûreté tous les dix ans, chaque chantier de démantèlement doit faire l'objet d'une autorisation de sûreté spécifique. L'enjeu est donc de parvenir à une production « industrielle » de dossiers de sûreté en continu. Ceci suppose la collaboration d'un grand nombre d'acteurs : équipe sûreté de l'installation,

coordination sûreté du projet, contrôle de premier et deuxième niveaux, chaîne décisionnelle… L'instruction d'un dossier de sûreté est lourd et prend plusieurs mois d'instruction interne. Pour les responsables de projet, il est nécessaire d'optimiser ce processus et d'identifier les points de ralentissement et de blocage, liés par exemple à l'insuffisance de compétences critiques à certains endroits.

- Adapter le référentiel à l'avancée du démantèlement. Ce point se résume par ce qu'a indiqué un responsable de projet lors d'une revue interne : « *on fait comme si l'installation que je démantèle était toujours en activité et on y applique les mêmes contraintes en termes de sûreté. Or beaucoup de règles liées à la sûreté du temps de l'exploitation sont désormais caduques. Continuer à les appliquer telles quelles nous fait perdre du temps sur le projet* ». Pour expliciter ce point, il convient de rappeler que chaque installation nucléaire (de type installation nucléaire de base ou équivalent) fait l'objet de Règles Générales d'Exploitation (RGE). Les RGE sont approuvées par l'autorité de sûreté et définissent le domaine autorisé de fonctionnement de l'installation et les prescriptions de conduite associées. Lors des inspections et audits de l'autorité de sûreté, tout écart avec les RGE est mis en avant. Modifier les RGE d'une installation est un processus très lourd, qui nécessite l'établissement d'un dossier de sûreté spécifique. Des débats internes existent sur la priorisation des RGE qu'il convient de modifier (installations où les RGE sont les plus problématiques vis-à-vis du scénario ? installations où les frais fixes sont les plus lourds ?) ou sur le moment adéquat pour le faire (lors des évolutions majeures du scénario ? à l'occasion du réexamen de sûreté décennal ?...)
- Réfléchir sur l'application interne des règles externes. Un responsable de l'exploitation d'une installation nous a confié ce point : « *je comprends la nécessité de respecter les règles de l'autorité de sûreté. On travaille dans le nucléaire et c'est tout à fait normal. Par contre, alors que ces règles sont déjà très exigeantes, on a tendance à rajouter encore une couche en interne et là ça peut conduire à paralyser l'action* ». Cette lecture du paradoxe insiste donc sur la nécessité de favoriser l'attitude interrogative interne sur l'application des règles externes. Un reproche récurrent est la tendance de l'organisme CEA à viser l'excellence dans tous les domaines, ce qui peut se traduire par de la surqualité vis-à-vis d'exigences externes déjà complexes.

La lecture externe du paradoxe

Le postulat de base de la lecture interne du paradoxe de la sûreté est de considérer que les contraintes de sûreté s'imposent au CEA sans que celui-ci ne dispose du moindre levier pour tenter de les réduire et qu'il vaut mieux n'allouer des moyens qu'à des actions internes.

La lecture externe part d'un point de vue opposé. Depuis vingt ans, le démantèlement des installations nucléaires monte en puissance en France et dans le monde. Il s'agit d'une problématique technique complètement nouvelle que ce soit pour les opérateurs, mais aussi pour les autorités de sûreté. L'ensemble de la filière du démantèlement nucléaire est donc dans une phase d'apprentissage organisationnel et ceci concerne aussi bien les donneurs d'ordres que les autorités de sûreté elles-mêmes. Dès lors, il est souhaitable que le CEA Marcoule, qui accueille le plus grand chantier de démantèlement nucléaire en Europe, consacre des moyens pour faire valoir sa position dans la construction du référentiel législatif et règlementaire qui s'applique au démantèlement. Ceci implique par exemple d'envoyer des experts du centre participer aux réflexions du Conseil Stratégique de la Filière Nucléaire (CSFN) qui associe des représentants des donneurs d'ordres et des autorités de sûreté. Lorsque le CSFN organise une discussion avec des représentants de l'ANDRA, des donneurs d'ordres du démantèlement et des autorités de sûreté, sur les règles d'acceptation au stockage des colis des déchets issus du démantèlement, le CEA/Marcoule, qui sera un acteur majeur dans l'envoi de ce type de déchets, a tout intérêt à y participer. C'est également le cas lorsque le CSFN évoque avec ces mêmes acteurs les difficultés liées à la tenue des délais administratifs dans le cas de l'obtention du décret de mise à l'arrêt définitif d'une Installation Nucléaire de Base. La participation à la construction de ce référentiel, à la standardisation et à la normalisation du secteur entre naturellement en concurrence avec les besoins projets opérationnels : ce sont les mêmes experts qui peuvent être mobilisés soit en appui des chantiers, soit dans les réunions du CSFN. L'approche des partisans de la lecture externe est qu'il vaut mieux travailler en amont pour tenter d'opérationnaliser la règlementation, plutôt que de subir l'application de règles inadaptées en aval.

1.5. Le paradoxe financier : contrainte budgétaire annuelle et coût à terminaison pluriannuel

Le contexte

Le démantèlement d'une installation nucléaire est une opération extrêmement coûteuse. Lors d'une journée de la Société Française de l'Energie Nucléaire (SFEN) consacrée aux coûts du

démantèlement, il a ainsi été indiqué que le coût global du démantèlement des installations nucléaires françaises des trois grands opérateurs (CEA, EDF, AREVA) représentait un enjeu de 99 milliards d'euros de charge brute (en intégrant le coût du démantèlement, la reprise en conditionnement des déchets anciens, la gestion du combustible usé, la gestion à long terme des déchets radioactifs). Chaque année, EDF provisionne environ 500 M€ pour le démantèlement futur (ce qui représente environ 2 % du coût en € du MWh qui est de 59,8 €, soit 1,3 € environ).

Le provisionnement futur du démantèlement d'une installation nucléaire doit prendre en compte l'ensemble des coûts suivants :

- Les dépenses liées aux opérations de démantèlement proprement dites :
    - Coût de pilotage opérationnel : équipe projet en charge du démantèlement et ses assistances (chef de projet, responsables de lots, assistants planificateurs, couteneurs, risk-managers, experts sûreté, sécurité, déchets…)
    - Coûts de maîtrise d'œuvre des chantiers de démantèlement
    - Coûts des opérations de démantèlement : de démontage des équipements, de découpage des tuyauteries, d'écroutage des murs et des sols…
    - Coûts de construction et d'exploitation des éventuels équipements nécessaires au démantèlement (par exemple, besoin de construire un équipement pour reconditionner les déchets à l'intérieur de l'installation en démantèlement avant leur évacuation vers un exutoire ultérieur)
    - .....

- Les coûts de Maintien en Condition Opérationnelle et Sûre (MCOS) de l'installation durant la durée prévue pour la démanteler :
    - Coûts liés à la sûreté / sécurité / qualité : ingénieur sûreté, animateur sécurité, responsable déchets…
    - Coûts liés aux équipes d'exploitation, à l'entretien des bâtiments et à la maintenance des équipements : équipe d'exploitation de l'installation (rondiers, électriciens, mécaniciens, personnel de radioprotection…), nettoyage des locaux…
    - Coûts d'entretien des bâtiments : entretien des toitures, portes coupe-feu, ascenseurs, éclairage des locaux, ventilation nucléaire, détection anti-incendie, réseaux d'eau et de gaz...

- Coût de maintenance des équipements : contrôle commande de l'installation, maintenance des ponts roulants et des moyens de manutention…
- …..

- Les coûts de support site représentent la contribution de l'installation en cours de démantèlement au financement des moyens généraux du site sur lequel elle est implantée :
  - Coûts de prise en charge des déchets et effluents issus de l'installation dans les Installations de Traitements des Déchets (ITD) du site
  - Coûts de support général du site (affectation à l'installation en démantèlement d'une quote-part des frais de gardiennage du site, des moyens de secours, de surveillance de l'environnement extérieur…)
  - Coûts de support technique du site (affectation à l'installation en démantèlement d'une quote-part du coût des moyens techniques généraux du site tels que le transport et la restauration du personnel, l'entretien des voieries et des bâtiments généraux, les réseaux informatiques, la fourniture des fluides tels que l'électricité, le gaz comprimé, l'eau…
  - Coûts de support administratif du site (affectation à l'installation en démantèlement d'une quote-part du coût des moyens administratifs tels que les achats, les RH, la finance et le contrôle de gestion, les moyens mutualisés de sûreté/sécurité/qualité…)
  - ……

- Les coûts « corporate » qui représentent la contribution de l'installation en cours de démantèlement au financement des moyens corporate (direction générale, directions fonctionnelles centrales…)

- Les coûts liés aux exutoires futurs des déchets :
  - Coûts de transport des déchets vers les lieux d'exutoire futur
  - Coûts de reconditionnement des déchets (pour leur permettre de répondre aux critères d'acceptabilité de l'ANDRA)
  - Coûts de stockage futur dans les exutoires (ces coûts évoluent bien entendu en fonction du niveau radiologique du déchet et de sa période radioactive – vie courte, vie longue)

- Par ailleurs, le projet doit prendre en compte un provisionnement du risque :
    - Provision pour incertitude technique (rajout au coût sec d'un pourcentage forfaitaire, en fonction de la phase du projet, pour prendre en compte les incertitudes projets, par définition non identifiables individuellement)
    - Provision pour aléas (réalisation d'une analyse de risque pour identifier les risques projets et provisionnement d'un coût dédié à chaque risque en fonction du couple probabilité d'occurrence / gravité si le risque survient)

Sur la totalité des coûts du projet de démantèlement d'une installation nucléaire, le retour d'expérience international indique en général une répartition par tiers : un tiers du coût lié aux opérations de démantèlement proprement dites, un tiers du coût lié à l'exploitation de l'installation pendant toute la phase de démantèlement, et un tiers lié à l'environnement du site durant la même période.

La description du paradoxe

Le paradoxe financier peut se résumer par le dilemme suivant :

- Respecter un cadrage budgétaire annuel global pour l'ensemble des projets de démantèlement civil et militaire du CEA, pouvant conduire à prioriser certains projets et à en décaler d'autres
- Optimiser le coût à terminaison global de l'ensemble des projets de démantèlement

Le CEA doit respecter un cadrage budgétaire annuel pour ses opérations de démantèlement. Dans le Plan Moyen Long Terme 2015-2025 du CEA, validé par le Comité de l'Energie Atomique fin novembre 2015, l'Etat s'est engagé à sécuriser le financement des charges d'assainissement démantèlement du CEA sous la forme d'un financement récurrent sous forme d'une subvention budgétaire à hauteur de 740 M€ par an sur la période du PMLT. Ceci représente un effort budgétaire très important de l'Etat.

Par ailleurs, le rapport financier 2015 du CEA indique que les provisions de démantèlement de l'établissement représentent un passif de 13,3 milliards d'€ dont 6 milliards d'€ au titre des installations civiles et 7,2 milliards d'€ au titre des installations militaires. Le montant inscrit au titre des provisions de démantèlement représente le reste à faire estimé chaque fin d'année pour l'ensemble des projets de démantèlement du CEA.

Chaque projet de démantèlement du CEA fait l'objet d'un chiffrage pluriannuel, intégrant l'ensemble des coûts futurs estimés. Après validation par l'ensemble des instances internes et de

contrôle externe, le montant du devis est inscrit dans la provision comptable. A la fin de chaque exercice budgétaire annuel, la provision doit être reprise sur la base des dépenses annuelles réellement constatées.

La lecture interne du paradoxe

La vision interne du paradoxe consiste à considérer que le CEA ne doit rendre compte qu'à son commanditaire, l'Etat, du respect de ses engagements financiers : cadrage annuel, respect du Plan Moyen Long Terme, respect du coût à terminaison des projets.
Dans cette vision, l'Etat est le commanditaire unique : il est le donneur d'ordre ultime, celui qui finance les projets et autorise leur lancement. En tant que responsable du programme de démantèlement, le CEA doit donc focaliser toute son énergie vis-à-vis de lui pour bien cadrer ses attentes par rapport au projet, obtenir (uniquement de sa part) des moyens et une légitimité par rapport à la mission confiée, cadrer en permanence la relation (maintenir la confiance).

Il doit donc investir au niveau de chaque projet dans les moyens lui permettant de rendre robustes les scénarios de démantèlement et leur suivi : renforcement de la gestion de projet, mesure annuelle de l'avancement physique comparé à l'avancement financier, gestion dynamique des provisions pour aléas et incertitudes techniques (ce qui signifie revoir régulièrement les analyses de risques).

Cette vision est logiquement celle des chefs de projets et de leur équipe. Ils sont focalisés sur le suivi individuel de leurs projets : « *moi, on m'a donné cette installation à démanteler avec une enveloppe financière associée. Avec cet argent, je dois passer d'une installation contenant encore du terme source et des matières à une installation complètement assainie à l'issue du projet. Mon job, ma seule responsabilité et celle de mon équipe, c'est de réussir à réaliser le projet, respecter les enjeux de sûreté et tenir les coûts. Je me consacre à cet objectif déjà suffisamment compliqué et c'est amplement suffisant* ».

La lecture externe du paradoxe

La lecture externe du paradoxe ne remet pas en cause le rôle de commanditaire unique de l'Etat pour les projets de démantèlement du CEA. Ceci est logique puisque l'Etat est le seul financeur avec l'enveloppe annuelle des 740 M€.

Par contre, cette approche souligne que le CEA ne peut pas ne pas associer d'autres parties prenantes dans ses choix et leur incidence financière.

Ce point s'est vérifié de manière forte lorsque le 21 juillet 2015, un courrier conjoint a été adressé par le Délégué à la Sûreté Nucléaire et à la radioprotection pour les installations et les activités intéressant la défense et par le Président de l'Autorité de Sûreté Nucléaire à l'Administrateur Général du CEA.

Ce courrier commence par un constat : « *depuis plusieurs années, nous avons constaté sur les installations du CEA des retards importants dans la réalisation des opérations de démantèlement et la reprise des déchets anciens, des augmentations très significatives de la durée envisagée des opérations de démantèlement, des retards importants dans la transmission des dossiers de demande d'autorisation de démantèlement* ».
Il se poursuit par le constat que ceci peut remettre de facto en cause la stratégie de démantèlement immédiat et « *à maintenir entreposées in situ, notamment sur l'INBS de Marcoule, des quantités parfois importantes de matières et déchets radioactifs* ».
Enfin ce courrier se termine par une demande des deux autorités de sûreté : *« Ainsi, nous vous demandons de nous transmettre, à l'issue de ce réexamen, et au plus tard le 31 juillet 2016, la nouvelle stratégie de démantèlement proposée pour les 15 prochaines années concernant l'ensemble de vos INB et installations individuelles de l'INBS ; cette stratégie reposera sur des priorités de sûreté, de radioprotection et de protection de l'environnement que vous hiérarchiserez en tenant compte particulièrement du terme source mobilisable de chaque installation afin d'établir des programmes de démantèlement consolidés sur lesquels vous vous engagerez* ».

Par ce courrier, les deux autorités rappellent leur rôle de partie prenante incontournable dans les choix de priorisation du CEA par rapport à ses projets de démantèlement. Celui-ci doit concilier la demande d'une stratégie à 15 ans à produire pour les deux autorités avec les 740 M€ par an de ressources dont il dispose dans le Plan Moyen Long Terme 2015-2025.

Tout au long des années 2016 et 2017, un travail de fond s'est donc engagé entre l'Etat, les autorités de sûreté et le CEA pour aboutir à une copie partagée, dont les conséquences seront lourdes puisqu'il s'agit de la stratégie de démantèlement à 10 ans.

La lecture externe du paradoxe permet également de mettre en avant l'intérêt financier évident de communiquer et coopérer entre les grands donneurs d'ordres du démantèlement nucléaire.

Deux exemples peuvent être cités, montrant l'intérêt financier d'une telle coopération.

En 2004, AREVA a arrêté l'usine UP2 400 sur le site de La Hague. Cette installation présente de nombreuses similitudes avec l'usine UP1 arrêtée en 1997 sur le site de Marcoule. Il s'agit de deux installations de haute activité dont les scénarios de démantèlement présentent de nombreux points communs : nécessité de réaliser des investigations et caractérisation radiologique, besoin de mise en place de procédés de découpe, reprise et conditionnement de dépôts sans exutoire, traitement de déchets liquides de haute activité… Afin de réduire et d'optimiser les coûts des deux opérateurs, il peut donc être pertinent d'échanger sur les scénarios envisagés et in fine de financer en commun certaines phases d'études.

Le deuxième exemple est celui de CIGEO, le projet de stockage souterrain des déchets les plus radioactifs. Le 27 février 2012, l'Andra signe avec AREVA NC, le CEA et EDF une convention de coopération couvrant la phase d'étude jusqu'à l'autorisation de création de CIGEO. L'objectif de cette convention est l'échange des informations nécessaires à la conception du stockage profond et à la mise à profit de l'ensemble des compétences disponibles pour l'avancée du projet. La convention précise que ceci doit être fait dans le respect des responsabilités de chacun : l'ANDRA est le maître d'ouvrage incontesté de CIGEO mais AREVA NC, le CEA et EDF sont reconnus comme des parties prenantes clés car ils seront les principaux financeurs du projet et les principaux producteurs des déchets destinés à remplir CIGEO. Pour le CEA Marcoule, s'investir dans le projet CIGEO doit permettre d'avoir une meilleure visibilité sur le rythme d'acceptation des déchets de Marcoule dans le stockage profond. Ce rythme d'acceptation est déterminant car ces déchets, présents sur le site de Marcoule, doivent être maintenus dans des conditions sûres jusqu'à leur évacuation vers CIGEO. Ceci impose de construire et maintenir des entreposages intermédiaires polyvalents directement sur le site.
CIGEO est un exemple significatif qui montre que l'optimum financier du coût à terminaison global des projets peut parfois se situer au niveau de la filière toute entière, et non au niveau d'un seul opérateur.

1.6. Le paradoxe territorial : avoir besoin de son environnement tout en le perturbant

Le contexte

Dans toute activité nucléaire, la dimension territoriale revêt une grande importance. Tout site nucléaire présent au sein d'une région représente un poumon économique important et génère de nombreux emplois directs, indirects et induits. Un enquête réalisée par l'INSEE en 2010 montrait ainsi que l'activité des deux sites de Marcoule et Pierrelatte impactait directement et indirectement au moins 20 % de la population et de l'emploi de sept unités urbaines, Bagnols-sur-Cèze et Pierrelatte étant les plus importantes. Au sud de la Vallée du Rhône, au confluent de trois régions et quatre départements, le territoire d'impact économique des deux sites s'étend sur 208 communes.
L'INSEE évaluait ainsi que 18 600 emplois étaient générés par les deux sites concernant 50 000 personnes :

- 8 200 emplois directs (4 200 Pierrelatte et 4 000 Marcoule) concernant 21 700 personnes
- 4 800 emplois indirects induits par les fournisseurs et les sous-traitants concernant 12 600 personnes
- 5 800 emplois induits par les consommations des populations directes et indirectes concernant 15 500 personnes

Ceci est particulièrement significatif pour le site de Marcoule, qui est implanté dans la partie est de la région Occitanie, secteur qui est faiblement industrialisé.

L'arrêt de l'exploitation d'une installation et son passage en assainissement / démantèlement génère des impacts significatifs pour son environnement territorial :

- Des impacts en termes de modifications de l'emploi. Comme nous l'avons vu précédemment, le besoin en compétences n'est pas le même entre la production et le démantèlement. Les compétences de type exploitation, maintenance, services diminuent notablement tandis que les compétences liées aux opérations de démantèlement (suivi de projets, génie civil, gestion des déchets…) s'accroissent.
  Au-delà de cette modification de la structure des emplois, le nombre d'emplois baisse globalement. Une étude conduite par le cabinet SYNDEX sur les conséquences socio-économiques des conséquences qu'aurait la fermeture des réacteurs de Fessenheim indique que l'impact d'un arrêt d'exploitation conduirait progressivement à la perte de 2000 emplois, dont 50 % au niveau d'EDF et 50 % au niveau de la sous-traitance.

- Des impacts en terme de fiscalité. Une installation nucléaire en exploitation et qui produit un service (fourniture d'électricité, retraitement de combustibles…) génère une importante fiscalité locale :
  - Contribution économique territoriale (CET) qui se compose de la CVAE et de la CFE. La CVAE est calculée en fonction de la valeur ajoutée produite. La CFE est calculée sur la base de la valeur locative des biens passibles d'une taxe foncière
  - Taxe Foncière, qui est basée sur la valeur locative cadastrale
  - IFER Nucléaire qui est une taxe spécifique s'appliquant aux réacteurs nucléaires et qui est basée sur un coefficient multiplicateur par MW de puissance installée

  Dès l'arrêt de production, cette fiscalité locale diminue ce qui a des impacts significatifs sur l'équilibre financier des collectivités locales (communautés d'agglomérations, mairies…)

- Un impact psychologique. Pour un bassin d'emploi, le passage de la production d'une installation nucléaire à son démantèlement représente un choc psychologique. Ce choc est d'autant plus important du fait que la présence d'un site nucléaire dans une région

est généralement perçu comme un facteur de stabilité et de durabilité par sa capacité à proposer des emplois pérennes et de long terme et par l'ancrage territorial d'un solide réseau de sous-traitants. Dès lors, tout basculement d'une installation nucléaire de l'exploitation / production vers l'assainissement démantèlement génère de l'inquiétude auprès de l'ensemble des acteurs locaux (aussi bien les institutionnels que la population locale). Les questionnements sur le devenir du site dans son ensemble et sur le fait qu'il puisse fermer en totalité reviennent fréquemment.

Dans le cas du site de Marcoule, les arrêts progressifs depuis 1997 de deux usines de retraitement (UP1 et APM) et de trois réacteurs (PHENIX, CELESTIN 1 et CELESTIN 2) ont ainsi suscité depuis plusieurs années des interrogations importantes de la part de l'environnement local, des articles dans la presse locale, des réunions publiques, des questions posées par les députés et sénateurs du territoire lors des séances du parlement…

Ces trois principaux facteurs (modification de la structure de l'emploi et baisse des emplois globaux, impact fiscal, impacts psychologiques) génèrent une certaine déstabilisation de l'environnement territorial.

La description du paradoxe

Le paradoxe territorial se traduit ainsi :

- Générer une déstabilisation importante de l'environnement économique local et régional du fait de l'arrêt d'exploitation et du passage en démantèlement
- Avoir un besoin important de ce même environnement local et régional pour accompagner l'opération majeure que représente un démantèlement nucléaire

Comme nous l'avons indiqué dans la description du contexte, l'arrêt d'exploitation et le passage au démantèlement représente une déstabilisation importante pour l'environnement local.

Or, au moment même où cette déstabilisation se produit, les opérateurs en charge du démantèlement ont besoin d'une adhésion forte des acteurs locaux pour réaliser leurs actions.

Depuis le début des années 1980, l'implication du citoyen dans les décisions relatives au nucléaire s'est renforcée. A partir de 1981, il devient obligatoire de mettre en place des Commissions Locales d'Information (CLI) autour des sites nucléaires. Chaque CLI a une

mission générale d'information du public en matière de sûreté et de suivi de l'impact des activités des installations sur les personnes et l'environnement. La loi de 2006, relative à la transparence et à la sécurité nucléaire a donné un fondement législatif aux CLI. La CLI doit obligatoirement regrouper des représentants des conseils régionaux, généraux et municipaux, des membres du parlement élus dans le département, des représentants d'ONG, de protection de l'environnement, d'intérêts économiques, d'organisations syndicales, de représentants des professions médicales et des personnalités qualifiées. Les personnes en sont membres pour 6 ans au maximum mais avec un mandat renouvelable.

Outre les dispositifs des CLI, l'apparition du dispositif des enquêtes publiques est également un moyen très efficace d'informer les citoyens sur l'activité des sites nucléaires. Chaque construction ou évolution significative d'une installation nucléaire est désormais assujettie à la réalisation d'une enquête publique.

La loi du 12 juillet 2010 précise que « l'enquête publique a pour objet d'assurer l'information et la participation du public ainsi que la prise en compte des intérêts des tiers lors de l'élaboration des décisions susceptibles d'affecter l'environnement ». L'objectif est donc d'informer le public, de recueillir ses avis, suggestions et éventuelles contre-propositions, de prendre en compte les intérêts des tiers et d'élargir les éléments nécessaires à l'information du décideur et des autorités compétentes avant toute prise de décision.

Le processus d'enquête public est exigeant et nécessite une forte préparation de la part de l'ensemble des acteurs et en particulier de l'organisation qui porte le projet. Dans le cadre de la procédure pour l'obtention du décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement du réacteur PHENIX, une enquête publique a été organisée dans la période du 10 juin 2014 au 17 juillet 2014. Un dossier d'enquête a été mis à disposition du public comportant une étude d'impact du projet de démantèlement et une étude de maîtrise des risques (pour ces deux documents, un résumé non technique était également joint). L'étude d'impact avait également été préalablement transmise au Conseil Général de l'environnement et du développement durable. Une commission d'enquête composée de quatre membres (un président, 2 titulaires et un suppléant) a tenu 17 permanences dans 11 mairies environnant le site de Marcoule.

A l'issue de cette phase de consultation, la commission d'enquête a publié un rapport. Ce rapport indique que le public a émis 45 observations sur les registres d'enquête déposés en mairies (dont 42 favorables au projet, 2 favorables avec réserves et 2 défavorables). La

commission d'enquête a émis 10 observations. Chacune des observations formulées par le public ou la commission d'enquête a fait l'objet d'une réponse par le CEA. A l'issue de ce processus, la commission d'enquête a donné un avis favorable le 14 août 2014. Cet avis a été transmis dans le dossier de demande du CEA pour l'obtention du décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement.

L'intérêt du public qui s'est manifesté lors de ce processus d'enquête public démontre l'importance de l'adhésion des acteurs du territoire dans tout projet. Si dans le cas de l'enquête publique Phénix, l'avis du public a été globalement favorable, cet avis n'est jamais acquis d'avance. Plusieurs projets industriels, dont des projets nucléaires, se sont vus mis en échec à l'occasion de ces processus d'enquête publique ou dans le cas d'une forte opposition de l'environnement local.

Ce fut le cas sur le site de Marcoule dans les années 1990 avec le projet avorté de création d'un laboratoire de recherche souterrain. Afin de trouver une solution à la problématique des déchets nucléaires de moyenne et haute activité à vie longue, la Loi Bataille de 1991 prévoyait plusieurs solutions dont un stockage profond. Il est prévu de tester le concept avec des laboratoires de recherche souterrains. Le 22 novembre 1993, Christian BATAILLE propose au premier ministre quatre zones susceptibles d'accueillir les deux laboratoires prévus. Marcoule en fait partie au titre des terrains argileux. Dans tout le territoire du Gard Rhodanien, une bataille d'opinion va avoir lieu entre ceux qui sont favorables au projet et ceux qui s'y opposent. Les premiers mettent en avant la complémentarité du projet avec les recherches menées sur Marcoule sur l'aval du cycle et la R&D en matière de gestion des déchets. Avec PHENIX, l'Atelier de Vitrification de Marcoule et l'usine MELOX, Marcoule confirmerait ainsi sa capacité à maîtriser tout l'aval du cycle nucléaire. Pour les opposants au projet, un tel projet conduirait à une nucléarisation à outrance de la région. Le principe d'enterrer des déchets est également mal perçu par une partie de l'environnement local. Les viticulteurs mettent en avant le risque d'image pour les vins de la région, dont beaucoup sont réputés et ont l'appellation « Côtes du Rhône Village ». Le projet sera finalement abandonné en 1998.

En dehors des aspects des enjeux liés aux processus de consultation du public et d'obtention des décrets, il convient de ne pas oublier que l'environnement local représente un bassin d'emploi. Comme nous avons déjà eu l'occasion de l'évoquer dans le paradoxe humain, le passage de l'exploitation au démantèlement représente un enjeu considérable en termes de gestion de l'emploi et des compétences : baisse progressive des compétences en exploitation,

maintenance, services, hausse des compétences en génie civil, sécurité classique, suivi des projets, hausse puis baisse des compétences en assainissement, découpe, radioprotection…

Le donneur d'ordre du démantèlement doit gérer cette évolution des compétences en interne mais cette perturbation perturbe également le tissu industriel des sous-traitants qui existe autour du site. Si le bassin d'emploi ne s'adapte pas suffisamment vite à cette évolution, ceci peut représenter un frein considérable à l'avancée des opérations de démantèlement. L'absence de compétences telles que par exemple des soudeurs hautement qualifiés et capables d'intervenir en milieu nucléaire peut bloquer un chantier…

Nous pouvons rajouter un troisième élément aux deux que nous venons d'évoquer (besoin de consulter le public et évolution du bassin d'emploi) : les élus politiques locaux. Un site nucléaire n'est naturellement pas « hors sol » du point de vue politique. De nombreux élus sont présents autour de lui : députés, sénateurs, président de communauté d'agglomération, maires… Ces élus sont sensibilisés par les impacts du démantèlement et représentent des parties prenantes importantes qu'il convient d'associer.

En définitive, les deux termes de ce que nous qualifions de « paradoxe territorial » sont particulièrement difficiles à tenir. Susciter l'adhésion indispensable de l'environnement territorial lors de la phase d'instruction des décrets de démantèlement au moment même où l'arrêt d'installations est vécu comme un choc économique et psychologique n'a rien d'évident.

La lecture interne du paradoxe

Une réponse possible au paradoxe territorial est de considérer que l'environnement local et régional doit s'auto-adapter aux évolutions des sites. Dans cette lecture, le rôle des responsables du site nucléaire doit se limiter à donner la vision la plus claire possible sur l'évolution du site et des opérations de démantèlement. Par contre, une fois informés, il est de la responsabilité de l'Etat, des acteurs institutionnels régionaux et locaux, et du tissu économique local, de s'adapter pour faire face à ces évolutions. Cette vision implique donc de limiter l'action du site pour accompagner l'évolution de son environnement local. Les moyens doivent être consacrés avant tout à la réussite du démantèlement proprement dit, dans le respect des délais, des coûts et des contraintes de sûreté, et à la conduite du changement interne au CEA. D'autres acteurs, en particulier les responsables politiques locaux, doivent s'occuper de la reconfiguration du territoire, en lien avec la politique nationale d'aménagement du territoire.

La lecture externe du paradoxe

En opposition à la vision minimaliste de l'action régionale que nous venons de décrire, la vision externe du paradoxe considère au contraire que les moyens consacrés à cette action doivent être renforcés lors des phases de changement important que représente un démantèlement nucléaire.

Cette vision se traduit par l'échange que nous avons eu avec le Directeur Délégué du centre : « *Bien évidemment, nous ne pouvons pas nous désintéresser des conséquences du démantèlement sur notre environnement local. Le CEA est un établissement public et ça veut dire quelque chose, l'ancrage régional du site, ça veut dire quelque chose. Je passe beaucoup de temps à discuter avec la Région, avec la Communauté de Communes. Je rencontre régulièrement les acteurs régionaux en charge du développement du parc d'activités. Nous devons créer des emplois sur ce parc qui est aux portes du site* ».

En rappelant que le CEA est un établissement public, le Directeur Délégué rappelle une des valeurs auxquelles sont attachés de nombreux acteurs internes : la responsabilité sociétale de l'établissement. Cette conscience des engagements sociétaux est très importante dans un établissement qui travaille au niveau national sur des sujets tels que le nucléaire, les sciences du vivant, les nano-technologies… Par ailleurs, implanté depuis des décennies dans des régions telles que le Languedoc Roussillon (devenu Occitanie), PACA, Rhône Alpes, ou la Bourgogne, le CEA a toujours été soucieux de son ancrage territorial.

Cette lecture externe implique donc que le CEA renforce ses moyens dans l'action régionale pour accompagner l'impact du passage en démantèlement d'une partie des installations du site. A titre d'exemple, ceci implique pour le CEA de s'impliquer dans des initiatives telles que la plateforme territoriale d'anticipation des mutations économiques de Tricastin-Marcoule. Intervenant sur un territoire de 208 communes, implantées sur 4 départements et 3 régions, cette plate-forme est centrée sur les activités des sites de Tricastin et Marcoule dont l'impact économique selon l'INSEE est de 19 000 emplois salariés, faisant vivre 50 000 personnes sur ce bassin. Cette plate-forme se donne trois missions :

- Permettre aux entreprises d'anticiper les évolutions économiques pour s'adapter
- Sécuriser les parcours professionnels des salariés en adaptant et en développant leurs compétences ou en les accompagnant dans une reconversion locale,
- Adapter l'offre de formation en lien avec les besoins de recrutements du secteur industriel

Pour les partisans de la lecture externe, ce type d'outil territorial est un exemple pertinent des lieux où le CEA doit s'investir pour avoir une démarche pro-active dans l'accompagnement de l'évolution de son territoire local.

1.7. La paradoxe technologique : risquer de perdre pour gagner

Le contexte

Dans le domaine nucléaire, l'association des deux mots « démanteler » et « technologie » ne se fait pas spontanément pour des acteurs connaissant peu le domaine du démantèlement. Si tout le monde a conscience que construire un réacteur nucléaire nécessite de recourir à une technologie poussée, de nombreux acteurs ont tendance à considérer que démanteler c'est « utiliser des pelles et des pioches ! ». Pour réussir un démantèlement, il suffirait donc de définir un bon scénario au départ et de faire appel par la suite à une main d'œuvre nombreuse et assez peu qualifiée pour découper, cisailler, concasser, rincer les circuits… Une opération de démantèlement serait donc très similaire à une opération de déconstruction conventionnelle.

Sur la base de cette approche heuristique, plusieurs acteurs industriels issus de la construction et de la déconstruction conventionnelles, du nettoyage industriel ou de l'environnement se sont diversifiés ces dernières années pour proposer des offres sur un marché de l'assainissement / démantèlement nucléaire perçu comme particulièrement prometteur en termes de chiffre d'affaire potentiel et de marge. Ces acteurs, connaissant peu le marché, ont développé une stratégie de domination par les coûts. L'idée sous-jacente de cette stratégie était qu'il existait certainement des gains de productivité et des effets d'échelles importants si on appliquait au domaine du démantèlement nucléaire des méthodes éprouvées dans le domaine de la déconstruction traditionnelle, pour parvenir à « industrialiser le démantèlement nucléaire ». Avec plusieurs années de recul, ces stratégies montrent leurs limites pour une raison simple : la sous-estimation de tout ce qu'implique la nucléarité. Ainsi, l'environnement nucléaire n'est pas un simple facteur complémentaire de complexité par rapport à une opération de déconstruction conventionnelle. Il modifie fondamentalement la nature du problème industriel à résoudre. C'est pour cette raison que des acteurs bénéficiant d'une longue expérience dans le BTP et la déconstruction industrielle peuvent perdre de l'argent sur des marchés de démantèlement s'ils en maîtrisent mal les spécificités (les incertitudes de l'état initial, des contraintes d'intervention

impliquées par la présence du terme source mobilisable, la relation très forte avec l'autorité de sûreté, les contraintes d'intervention du personnel en milieu radioactif…).

Dès lors que l'on a compris que le démantèlement n'est pas la simple « utilisation de pelles et de pioches », il est nécessaire de se poser la question des technologies qui peuvent aider à résoudre les problèmes spécifiques liés à la nucléarité. Cette question était le thème central de la journée du 11 juin 2014 organisée par la SFEN (Société Française Energie Nucléaire) et dont le thème était « innovation industrielle et R&D pour le démantèlement : quel futur ? ».
Cette journée était centrée sur 4 enjeux pour l'innovation technologique dans le démantèlement nucléaire :

- La caractérisation et les techniques de mesures associés (gammas caméras ou alphas caméras pour détecter et mesurer les rayonnements de type α ou γ, autoradiographie, géostatistique, spectroscopie sur plasma induit par laser…)
- Les techniques d'intervention en milieu nucléaire (découpe laser, bras télé opéré, robots capables de se déplacer en milieu hostile…)
- Les scénarios de démantèlement (outil de simulation 3D et de chiffrage des scénarios de démantèlement…)
- La gestion et le traitement des déchets

Au cours des différentes présentations de cette journée (effectuées par les acteurs de la R&D de démantèlement : Laboratoires de recherche du CEA, centres techniques EDF, start-up innovantes…), les acteurs des différents projets de démantèlement ont posé de nombreuses questions qui révèlent en fait les différentes aspects de ce que nous qualifions de paradoxe technologique. Pour illustrer ce paradoxe technologique, nous prendrons comme exemple l'ASPILASER. Fruit de cinq années de recherche au CEA, le robot ASPILASER décape de façon autonome les murs peints avant de filtrer et aspirer les déchets générés. Il s'agit d'une technologie de pointe puisque l'ASPILASER compte une tête, dotée de quatre lasers 50 watts, d'un système d'aspiration et de deux barrières filtrantes. L'objet émet des impulsions laser infrarouge de 100 milliardièmes de seconde. L'ASPILASER est considéré comme une innovation importante dans le domaine de l'assainissement démantèlement car il est capable de générer 100 à 1000 fois moins de déchets que les procédés classiques (utilisation des hommes avec des moyens de décapage manuel). Il peut ainsi nettoyer de manière autonome pendant 6 à 8 heures des murs pouvant faire jusqu'à 12 mètres de haut.

L'ASPILASER illustre très bien les interrogations dès lors qu'une technologie doit être adoptée dans le domaine du démantèlement nucléaire :

- La capacité des innovations technologiques proposées à apporter un gain réel pour sécuriser les coûts et les délais des chantiers de démantèlement.
  Pour qu'une innovation technologique s'impose sur un chantier de démantèlement, elle doit faire la preuve de son efficacité par rapport aux méthodes traditionnelles (ponçage manuel ou automatique effectué par les salariés des entreprises en charge du démantèlement). Pour illustrer ce point, l'exemple de l'ASPILASER est intéressant.

  Tout d'abord, l'achat d'un ASPILASER représente un investissement de l'ordre de 300 k€ selon un article du site « industrie et technologie ». Face à ce coût important, le gain lié à l'utilisation de l'ASPILASER résulte de l'économie de main d'œuvre et de sa rapidité.

Nous avons eu l'opportunité de participer à cette journée et de noter un certain nombre de questions de la salle qui nous semblent révélatrices de l'état d'esprit vis-à-vis de la mise en œuvre de l'innovation technologique sur le démantèlement nucléaire :

- *Qui prend, assume, et finance la responsabilité des risques pris pour tester et qualifier ces nouvelles technologies en environnement réel ?*
- *Qui doit financer les investissements initiaux ? quel est le retour sur investissement ? quelle taille du marché potentiel ?*
- *Le test sur le projet est-il suffisant pour démonter la fiabilité sur les coûts ?*
- *Pourquoi allez-vous dans ce niveau de détail avec ce niveau de précision pour la découpe laser ?*
- *Pourquoi faut-il 15 ans pour mettre en œuvre une technique pour laquelle il n'y a pas eu de développement ?*
- *Sommes-nous bien dans les bons temps pour l'industrie ?*

La description du paradoxe

Le paradoxe technologique peut se décrire de la manière suivante :

- L’opportunité de gagner de l’argent sur le coût à terminaison final en mettant en œuvre des moyens technologiques permettant d’accélérer les cadences, de réduire les risques et l’exposition des travailleurs de la filière
- Le risque de tester des technologies non encore matures sur des chantiers en cours et la question du financement de ce risque et de la perte de temps potentielle liée à ces tests

La lecture interne du paradoxe

Dans cette logique interne, l’idée sous-jacente est qu’il faut clairement dissocier le test des nouvelles technologies et les chantiers en cours. Ce point de vue est très clairement résumé par l’opinion d’un des chefs de projet : « *Ce n’est pas au projet d’être le bac à sable de technologies en développement. Nos chantiers sont déjà suffisamment difficiles pour ne pas rajouter une couche de complexité supplémentaire. Rajouter un risque sur le fait de tester une technologie nouvelle dans un marché dans lequel il y a une obligation de résultat entre nous et le fournisseur, ce n’est pas raisonnable ! ».*

Tester une nouvelle approche technologique sur un chantier de démantèlement peut prendre plusieurs mois, voire plusieurs années, car ceci peut compliquer à la fois le processus d’appel d’offres et le dossier de sûreté.

Il est difficile d’imposer une nouvelle technologie par le biais d’un appel d’offres. En effet, le cahier des charges d’un chantier de démantèlement doit le plus possible être orienté de manière fonctionnelle, de manière à définir une obligation de résultat que le sous-traitant devra réaliser. Dès lors qu’un choix technologique est imposé à travers le cahier des charges, le risque est d’affaiblir l’obligation de résultat. En cours d’exécution du marché, le titulaire du marché peut par exemple masquer d’autres problèmes en mettant en avant la défaillance de la technologie imposée dans le cahier des charges.

De la même manière, le dossier de sûreté est plus complexe dès lors qu’il faut expliquer qu’une nouvelle technologie va être utilisée. Ceci relève du projet qui doit donner des garanties à l’autorité de sûreté sur les caractéristiques de la nouvelle technologie, son insertion dans le déroulement du chantier, le risque de coactivité avec les autres parties du chantier…

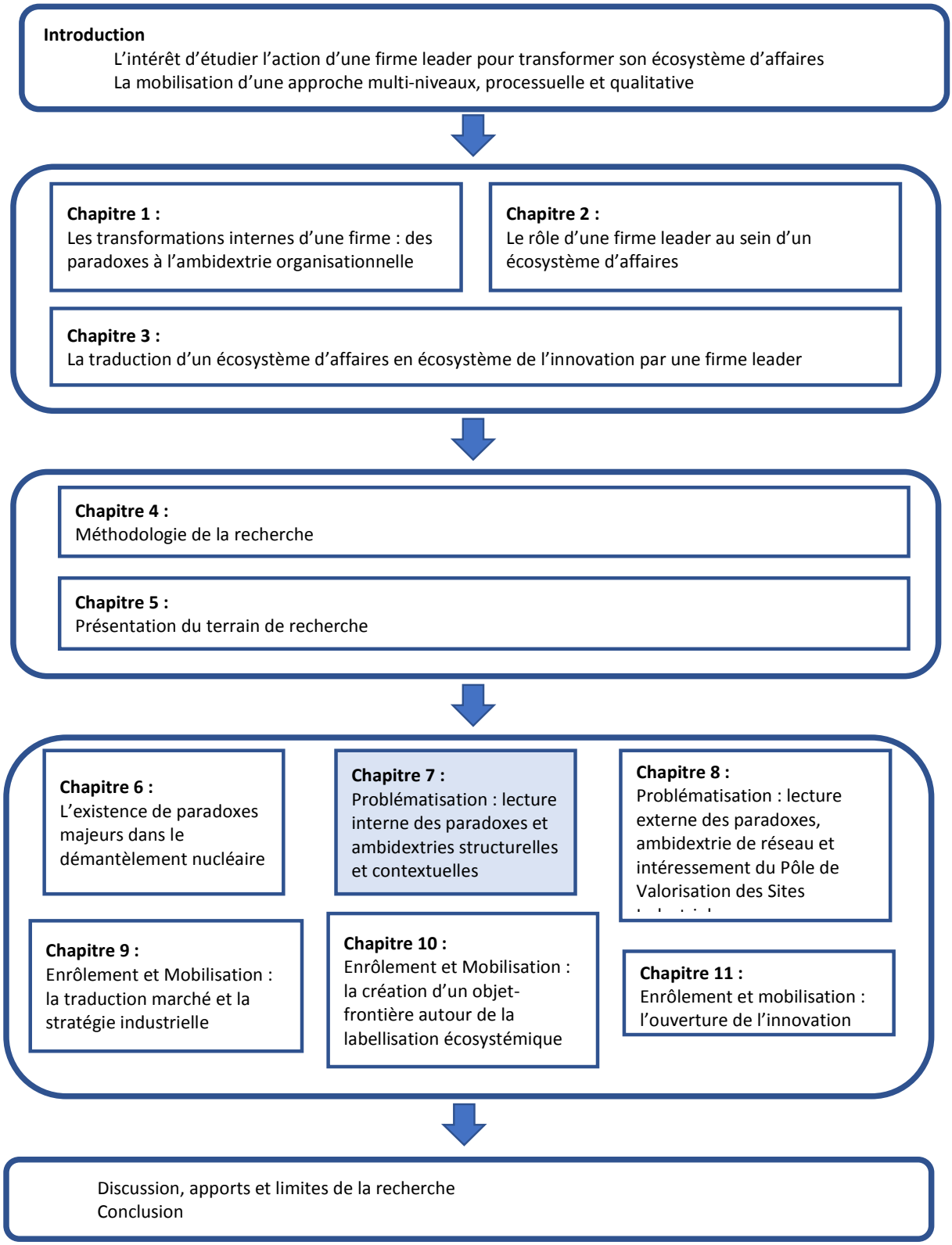
Pour les deux raisons que nous venons d’exposer, tester une nouvelle technologie sur un chantier prend du temps, plusieurs mois voire plusieurs années. En contrepartie, la nouvelle technologie peut permettre un gain en cadence sur des chantiers pouvant durer dix à quinze ans pour certains. Le choix est donc clairement celui de l’horizon temporel : soit le chef de projet estime qu’il parviendra à expliquer qu’il est préférable de ralentir les choses au début du projet pour obtenir un gain important à terminaison, soit il préfère ne pas prendre le risque.

La lecture externe du paradoxe

La lecture externe du paradoxe technologique repose sur le principe que le CEA, en tant que donneur d'ordres du démantèlement, ne peut se désintéresser des technologies qui sont nécessaires à ce secteur industriel en émergence. Il doit en particulier se préoccuper du test et de la qualification des avancées technologiques, en investissant dans des moyens de tests externes et en proposant des chantiers de type pilote. Nous reviendrons longuement sur cette approche dans le chapitre 11 sur l'ouverture de l'innovation.

Les sept paradoxes que nous venons de décrire dans ce chapitre représentent le quotidien de ce que vivent les chefs de projet du démantèlement nucléaire et leur équipe projet. J'ai eu l'opportunité d'assister à de nombreuses réunions de suivi de projet, sur les opérations de démantèlement en cours. Les paradoxes que nous venons de décrire ne sont pas une « vue de l'esprit » : on les retrouve dans les moindres détails de la vie du projet. Le blocage d'un marché, l'absence d'un exutoire déchets, la perte d'une compétence critique, le décalage d'une autorisation sûreté rythment les journées d'une équipe projet de démantèlement. Pris ensemble, ces sept paradoxes définissent un environnement d'une très grande complexité. Nous allons à présent étudier la manière dont les projets, au niveau micro, et la firme leader, au niveau méso et macro, tentent de gérer cette complexité par le recours à l'ambidextrie.

Chapitre 7 – Problématisation : lecture interne des paradoxes et ambidextries structurelles et contextuelles



1. L'ambidextrie structurelle de 1997 à 2015

De 1997 à 2015, l'évolution organisationnelle du CEA/Marcoule a été très importante dans le domaine du démantèlement nucléaire. Ces évolutions traduisent l'effort réalisé par le centre pour s'adapter au nouvel environnement et gérer la complexité et les paradoxes liés au plus grand chantier de démantèlement nucléaire en Europe. Dans un premier temps, nous résumerons ici les principaux changements organisationnels intervenus sur les projets Usine UP1, PHENIX et APM.

1.1. L'évolution organisationnelle du CEA/Marcoule de 2005 à 2008

Le graphique ci-dessous résume l'organisation du CEA/Marcoule, relative au démantèlement, dans la période 2005 à 2008.

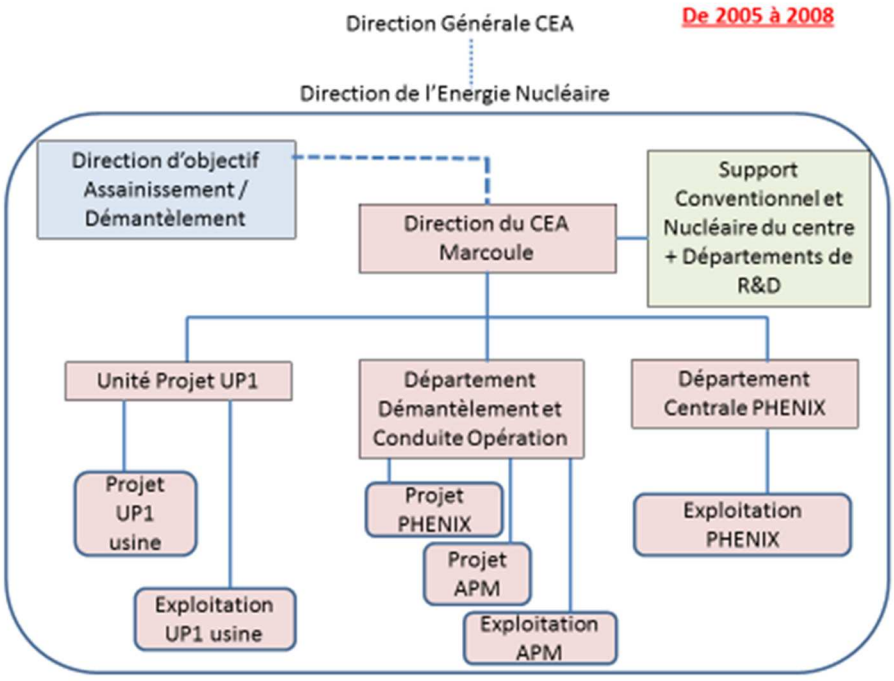


Figure 21

Au sein du CEA, le CEA/Marcoule est rattaché à la Direction de l'Energie Nucléaire et assure le pilotage opérationnel des projets de démantèlement du site (à l'exception des réacteurs CELESTINS et des réacteurs G2 G3 dont la responsabilité relève de la Direction des Applications Militaires). Egalement au sein de la Direction de l'Energie Nucléaire, le pilotage stratégique de ces projets relève de la responsabilité de la direction d'objectif en charge des projets d'assainissement démantèlement. Cette organisation matricielle se traduit par la présence, au sein de la direction d'objectif, d'un chef de programme en charge du

démantèlement de Marcoule. Celui-ci fixe les objectifs et alloue les moyens aux chefs de projets qui sont rattachés à la Direction du CEA/Marcoule.

La direction du CEA/Marcoule assure l'ensemble du soutien nucléaire (sûreté nucléaire, radioprotection, contrôle radiologique, installations de traitements des effluents et des déchets…) et du support conventionnel (achats, RH, contrôle de gestion et finances, services techniques, informatiques…) du site. Elle gère également plusieurs départements de R&D dont certains travaillent pour les besoins de l'assainissement démantèlement : gestion des déchets, robotique de démantèlement, …

Au sein de la direction du CEA/Marcoule, trois unités sont en charge des projets de démantèlement :

- L'unité projet UP1 : cette unité a été créée en 2005 à la suite du transfert de la maîtrise d'ouvrage des opérations de démantèlement UP1 du GIE CODEM vers CEA. Suite à la cessation de son exploitation en 1997, la responsabilité du projet de démantèlement de l'usine de retraitement UP1 a été confiée à un groupement d'intérêt économique CEA-COGEMA-EDF intitulé CODEM durant la période 1997-2005. Durant cette période, ce GIE a contractualisé un contrat d'exploitation avec COGEMA (devenu entre-temps AREVA) pour l'exploitation de l'usine de retraitement UP1 et la réalisation des premières opérations de démantèlement. En 2005, le GIE CODEM est dissous et la responsabilité de la maîtrise d'ouvrage de l'usine de retraitement UP1 est confiée au CEA. AREVA continue à exploiter l'usine UP1 et à assurer les opérations de démantèlement dans le cadre de nouveaux contrats conclus avec le CEA.

- Entre 2005 et 2008, le réacteur PHENIX, est toujours en exploitation. Son exploitation est assurée par une structure commune CEA-EDF (société en participation détenue à 80 % par le CEA et 20 % par EDF). Dans la structure organisationnelle du CEA Marcoule, les effectifs CEA sont rattachés au département de la centrale PHENIX, en charge de l'exploitation de la centrale pour le compte du CEA. Une équipe projet, en charge d'établir le scénario de démantèlement et de superviser les opérations préparatoires au démantèlement, est rattachée au département de démantèlement et de conduite des opérations.

- L'Atelier Pilote de Marcoule (APM) étant composé de plusieurs bâtiments et de plusieurs chaînes de retraitement, son arrêt a été progressif entre 1983 et 1997 : arrêt de la chaîne TOP en 1983, arrêt de TOR au bâtiment 211 en 1994 et arrêt de TOR au bâtiment 214 en 1997. Durant la période 2005 à 2008, l'Atelier Pilote de Marcoule (APM) est placé sous la responsabilité du département de démantèlement et conduite d'opérations qui gère à la fois la partie projet et la partie exploitation.

En synthèse, l'organisation du CEA/Marcoule sur le démantèlement entre 2005 et 2008 est grandement conditionnée par l'**héritage du passé**. Il s'agit donc d'une organisation transitoire qui se caractérise par un manque de rationalisation :

- L'expertise projet est diluée dans deux structures différentes
- L'expertise sur l'exploitation est diluée dans trois structures différentes
- Le département démantèlement et conduite d'opérations est à la fois en charge des projets neufs du site (construction d'installations), des opérations de démantèlement et de l'exploitation de certains projets. Ce périmètre très vaste et cette palette de métiers très différents conduisent à une difficulté pour faire apparaître une ligne directrice claire dans son pilotage et le renforcement de ces compétences.

1.2. La réorganisation de 2008

En 2008, une réorganisation importante a eu lieu sur l'organisation de l'assainissement démantèlement au sein du CEA/Marcoule.

Les maîtres mots de cette réorganisation sont **rationalisation** et **professionnalisation** :

- La rationalisation se traduit par le passage de trois structures ayant rang de département à deux structures. Ceci permet de regrouper les moyens et de limiter le nombre d'échelons hiérarchiques intermédiaires

- La professionnalisation se traduit par le passage d'une logique liée à l'héritage du passé se traduisant par des unités dédiées à une seule installation (le département de la centrale PHENIX et l'unité projet UP1) à l'accroissement de la professionnalisation avec la création de deux départements métiers : un département dédié aux projets de démantèlement et un département dédié à l'exploitation des installations. Le département projet regroupe désormais l'ensemble des chefs de projets et leurs équipes,

les gestionnaires de projets (cost-control, planification, gestion des risques…), des spécialistes sûreté pour la rédaction des dossiers, des experts techniques pour élaborer les scénarios de démantèlement. Le gréement du département d'exploitation lui permet d'assurer l'ensemble des métiers de l'exploitation tels que la ventilation nucléaire, la maintenance électrique, la maintenance mécanique, la préparation des réexamens de sûreté, la gestion des déchets nucléaires…

Au sein du département projet, les chefs de projets (une trentaine) sont rattachés « en rateau » à l'échelon direction du département. Les équipes projets (gestionnaires de lots notamment) dépendent directement d'eux. Par contre, les expertises métiers spécialisées sont rattachées au sein d'un service spécifique dans une logique de mutualisation des moyens.

L'organisation de la direction d'objectif d'assainissement-démantèlement et de la direction du CEA/Marcoule reste par contre inchangée.

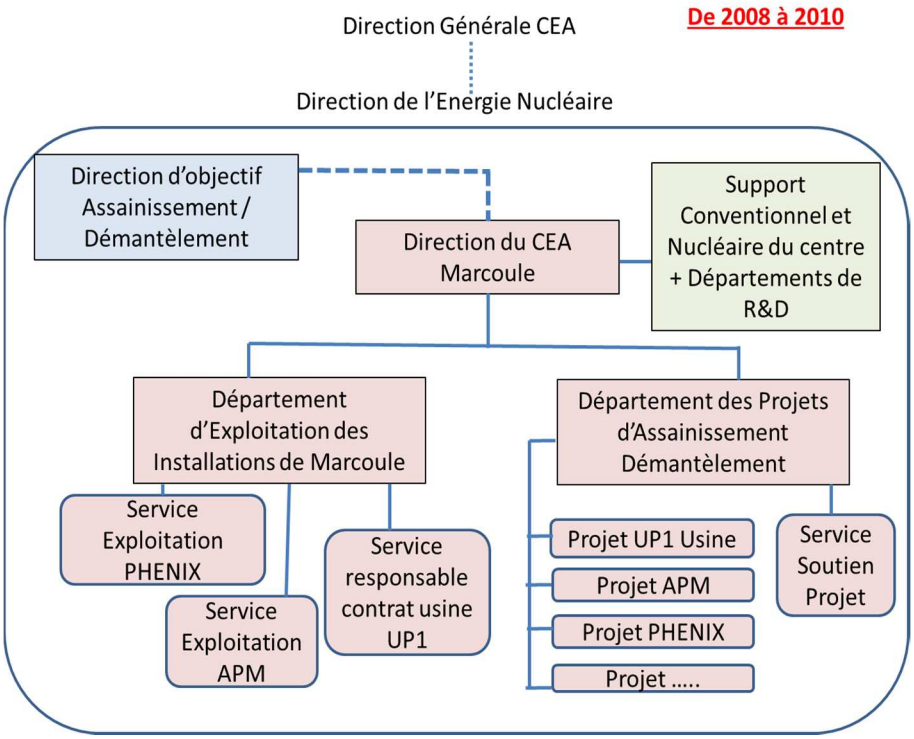


Figure 22

1.3. La réorganisation de 2010

Fin 2010, le CEA procède à une réévaluation significative de ses provisions comptables dédiées au démantèlement nucléaire. Un audit, diligenté par les tutelles du CEA, valide le principe de cette réévaluation et conduit également à la nécessité de renforcer les moyens consacrés au démantèlement nucléaire. Ce renforcement se traduit par l'attribution d'une quarantaine de

postes au département projet, soit une augmentation de près de 50 % de ses effectifs sur une période de 3 à 4 ans.

Dans ce cadre, la réorganisation de 2010 est mise en œuvre et se focalise sur le département projet. La logique suivie est celle de la **mutualisation** et du **renforcement de la logique métier.** Au sein du département des projets d'assainissement-démantèlement, une structure matricielle est mise en œuvre. Grâce aux renforts en effectifs, des cellules métiers sont créées pour accueillir l'expertise dans le domaine des déchets, de la gestion de projet, de l'exploitation, de la sûreté, de la méthodologie et des études techniques. Ces cellules métiers mettent à disposition leur expertise (suivant un processus de contractualisation interne) des cellules projets. Les cinq cellules projets regroupent la trentaine de projets de démantèlement que doit gérer le département des projets (dont les plus importants sont l'usine UP1, l'atelier APM et le réacteur PHENIX).

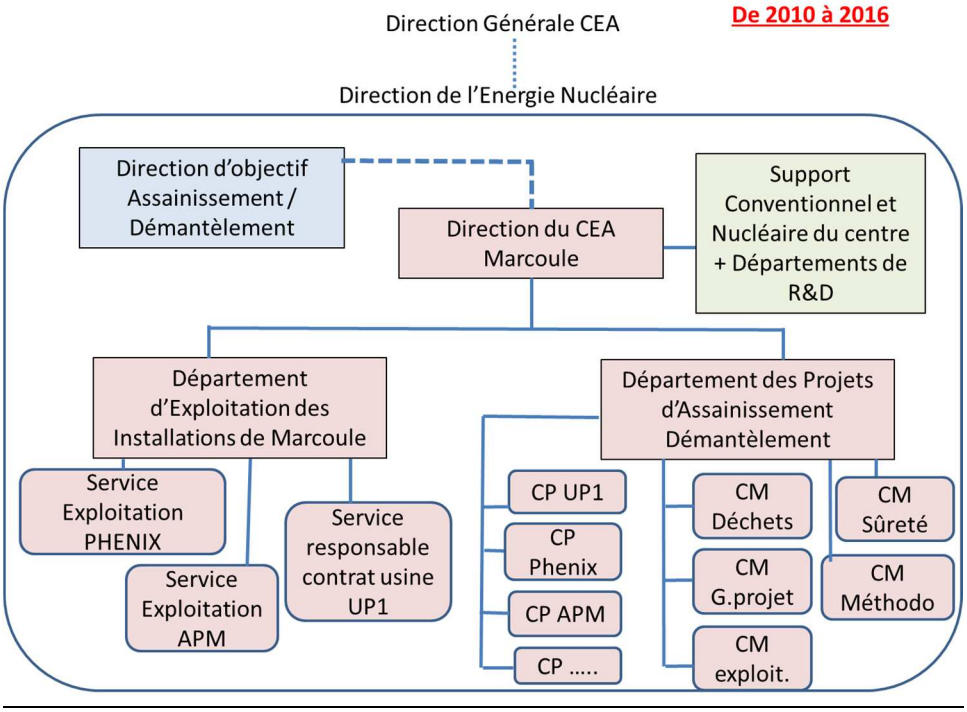


Figure 23

1.4. La réorganisation de 2016

Le 21 juillet 2015, l'autorité de sûreté nucléaire adresse un courrier à l'administrateur général du CEA. Dans ce courrier, l'autorité s'inquiète des retards constatés sur les grands projets de démantèlement nucléaire du CEA et demande un plan d'action correctif : « *cette situation nous conduit à vous demander de prendre toutes les mesures utiles pour éviter la répétition de ces décalages ou a minima pour en limiter l'ampleur. Pour ce faire, nous vous demandons de procéder à un réexamen global de la stratégie de démantèlement des installations nucléaires*

du CEA portant sur la priorisation des installations, les moyens humains et l'efficacité des organisations et la pertinence des montants des ressources financières consacrées à ces opérations ». Parmi les éléments de réponse à cette demande, le CEA met en œuvre une nouvelle réorganisation sur le démantèlement. Cette réorganisation accentue la logique des précédentes et **achève le renforcement de la logique projet.** Le département projet et le département d'exploitation sont supprimés. A la place, des unités projets, ayant rang de département, sont constituées. Les responsables d'unité projet pilotent désormais à la fois la partie projet et la partie exploitation. Ces unités ne sont plus rattachées à la direction du CEA/Marcoule mais dépendent directement d'une nouvelle direction, la Direction du Démantèlement des Centres Civils, qui présente la caractéristique d'être à la fois une direction opérationnelle et une direction d'objectifs. Ceci permet aux nouveaux responsables d'unités projets de cumuler, pour leur projet, les rôles de chef de programme (pilotage stratégique) et de chef de projet (pilotage opérationnel). Enfin, la nouvelle Direction du Démantèlement des Centres Civils continue d'être hiérarchiquement rattachée à la Direction de l'Energie Nucléaire mais assure un rôle de maître d'ouvrage délégué sur les projets d'assainissement démantèlement relevant de son périmètre. Par rapport à cette mission, elle rend compte à une maîtrise d'ouvrage positionnée directement auprès de l'administrateur général du CEA.

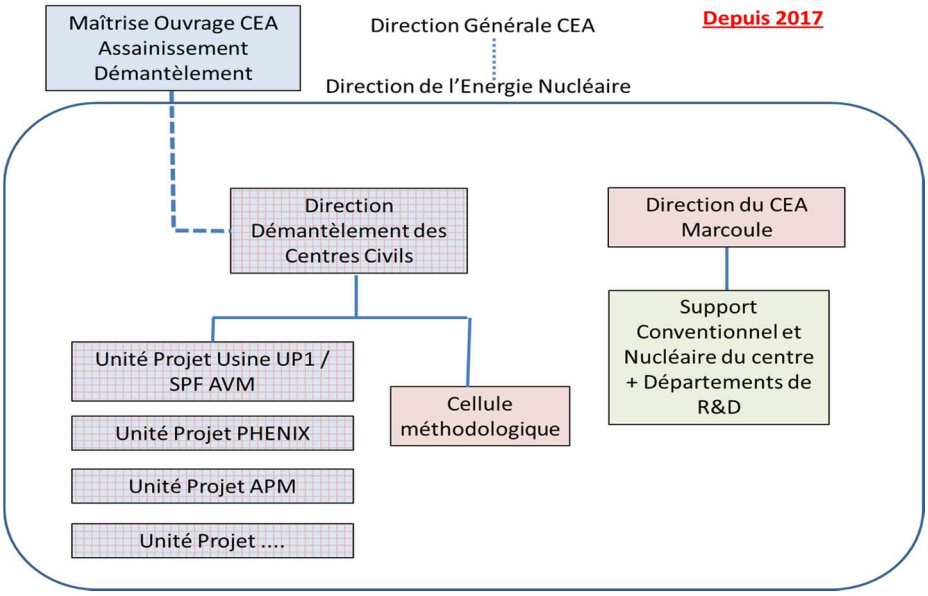


Figure 24

1.1. L'ambidextrie contextuelle de 2010 à 2017

Comme nous venons de le voir, l'évolution des structures organisationnelles a été utilisée dès 2005 comme la réponse classique aux paradoxes du démantèlement.

Si l'ambidextrie structurelle a été très tôt mobilisée, l'ambidextrie contextuelle n'a été utilisée que plus tardivement à partir de 2010. Nous allons décrire à présent la mise en œuvre de cette ambidextrie contextuelle.

2.1. Le volet technique de l'ambidextrie contextuelle : le projet APAD

Dès 2001, dans le cadre de l'organisation du CEA par projet, un Référentiel Méthodologique de Management de Projet (RM2P) a été mis en œuvre au niveau de la Direction de l'Energie Nucléaire qui regroupe les centres de Cadarache et Marcoule ainsi que la partie nucléaire de Saclay. Ce guide concernait tous les projets de la Direction de l'Energie Nucléaire que ce soit des projets dans le domaine des programmes de R&D (menés par cette direction en soutien à EDF et AREVA notamment), des projets de construction de nouvelles installations, des projets dans le domaine du support et enfin des projets d'assainissement démantèlement.

Ce guide est donc un socle commun pour des projets de natures très différentes (par exemple, il y a peu de choses en commun entre le fait de démanteler le réacteur PHENIX et un projet de R&D qui vise à apporter un soutien à un industriel de manière récurrente). Ce socle indique donc les « règles du jeu » génériques à tous les projets : rôle du chef de programme (un programme regroupe plusieurs projets), rôle du chef de projet, définition d'une revue de projet, suivi des coûts, maîtrise des délais…

Suite à ce travail important datant du début des années 2000, il y a eu peu d'écriture de documents qualité spécifiques aux projets de démantèlement jusqu'en 2010.

Suite aux révisions de devis de 2010, la Direction de l'Energie Nucléaire a donc pris l'engagement, devant le conseil d'administration du CEA et la direction générale, de mener à bien un plan d'action pour améliorer la conduite et gestion des projets d'assainissement démantèlement intitulé APAD.

La maîtrise d'ouvrage de l'APAD a été confiée à la Direction de l'Assainissement Démantèlement Nucléaire (qui est la direction d'objectifs en charge du démantèlement au sein de la Direction de l'Energie Nucléaire). Cette direction s'est dotée d'un secrétariat technique pour coordonner les actions. Un comité de pilotage a été mis en œuvre pour valider l'ensemble des livrables issus de l'APAD. Plusieurs comités techniques se sont vus confier la responsabilité des actions. A travers ces comités techniques, l'ensemble des parties prenantes du

démantèlement nucléaire étaient représentées : chefs de programmes de la direction d'objectifs, chefs de projets rattachés au département projet du CEA/Marcoule, acteurs du département d'exploitation des installations, services supports (marchés, sûreté, déchets…).

Afin de mettre en œuvre l'APAD et de le déployer, la direction générale du CEA a accordé des renforts d'effectifs sur le démantèlement. Au sein de la direction d'objectifs, des créations de postes ont eu lieu : directeur des programmes, adjoint au directeur, adjoint aux chefs de programmes, renforts en assistance technique interne. Le département des projets de démantèlement de Marcoule a vu ses effectifs passer de 80 personnes environ en 2009 à 120 personnes en 2012, suite à l'autorisation de procéder à une quarantaine de recrutements externes.

L'APAD s'est structurée suivant un plan d'action défini pour trois ans de 2010 à 2013. Sur la base du retour d'expérience des projets de démantèlement (et en particulier des cinq années de retour d'expérience sur UP1), plusieurs thèmes transverses furent définis :

- Le référentiel projet
- Le système d'information et les outils
- Le suivi et le reporting
- La stratégie industrielle et contractuelle avec la prise en compte du risque

Avec les renforts de moyens que nous avons vus précédemment, de nombreux acteurs se sont mobilisés pour réaliser les livrables de l'APAD durant les trois années du plan d'action. Ces livrables couvrent toutes les problématiques du démantèlement :

➔ **Comité technique référentiel projet :**

Ce comité a eu pour objectif premier d'adapter le référentiel projet commun à tous les projets (le RM2P qui comme nous l'avons date des années 2010). Une spécification de management des projets d'assainissement et démantèlement a donc été écrite dans ce but.

Un programme regroupe plusieurs projets. Un même programme regroupe par exemple l'ensemble des projets relatifs au démantèlement de Marcoule. Le chef de programme fixe des objectifs aux chefs de projets. En retour, une attente forte des chefs de projets était que la vision programme soit formalisée et déclinée. L'APAD a donc conduit à décliner pour chaque

programme une note de suivi programme contenant tout le référentiel : contexte, technique, coûts, délais, risques, bilan de l'année… La mise à jour de ces notes programmes est annuelle.

Par ailleurs, un travail important a été mis en œuvre pour homogénéiser la documentation des projets. En effet, avant l'APAD, une certaine hétérogénéité existait dans le niveau de formalisation des documents projets, certains étant extrêmement documentés (c'était le cas par exemple du projet PHENIX) tandis que d'autres étaient peu formalisés. Une réflexion collective a permis de définir ce que devait être un plan de management générique. En retour, s'appuyant sur ce modèle, des plans de management projets furent rédigés pour l'ensemble des projets de démantèlement gérés par la Direction de l'Energie Nucléaire.

D'autres documents furent rédigés dans le cadre de ce comité technique, notamment des procédures complémentaires pour adapter le RM2P aux besoins du démantèlement.

➔ **Comité technique système d'informations et outils :**

Pour la capitalisation des connaissances, la généralisation du retour d'expérience et l'homogénéisation des pratiques, le système d'information est un élément capital. Depuis le début des années 2000, le CEA avait développé plusieurs outils dédiés au démantèlement nucléaire, mais ces outils n'étaient pas déployés intégralement pour plusieurs raisons (réticences de certains projets pour les utiliser, inadaptation des outils aux besoins, montée de version non réalisée…). Un certain nombre de projets avaient développé des outils privatifs en considérant qu'ils étaient plus adaptés à leurs besoins.

L'APAD a donné une nouvelle dynamique au déploiement de ces outils avec un effort important pour leur adaptation aux besoins et l'appropriation par l'ensemble des acteurs. L'utilisation des outils a par ailleurs été rendue obligatoire dans la majorité des cas.

Ces différents outils sont les suivants :

- L'application ETE-EVAL. Cet outil est partagé entre le CEA et AREVA. Son objectif est d'aider à l'évaluation du coût du démantèlement d'une installation nucléaire, souvent composée de centaines de locaux (laboratoires, chaînes blindées, caissons blindés, boîtes à gants, locaux techniques…). En s'appuyant sur le retour d'expérience des démantèlements déjà réalisés, il utilise des ratios et des coûts unitaires pour déterminer le coût d'exploitation et de démantèlement de chaque local d'une installation

nucléaire. Cette base de données paramétriques est donc une aide précieuse pour les chefs de projets. Sa pertinence repose sur la mise à jour régulière des ratios et des coûts unitaires et sur la qualité des inventaires réalisés dans les installations à démanteler.

- L'application INFLUVAL. Dans le cadre de la loi sur la transparence et la sûreté nucléaire (loi TSN), le CEA doit communiquer chaque année à l'ANDRA et aux autorités de sûreté l'inventaire des déchets nucléaires qu'il détient. Chaque type de déchet possède un numéro d'identification spécifique. La classification des déchets est notamment liée au niveau radiologique du déchet et au type d'exutoire possible. Sur la base de l'inventaire des déchets à produire à réaliser dans toute opération de démantèlement, les données sont saisies dans INFLUVAL. L'outil permet d'indiquer les prévisions d'évacuation, de prise en charge par les installations de traitement des déchets sur les centres, d'entreposage (dans les installations intermédiaires tel que l'Entreposage Intermédiaire Polyvalent) puis de stockage futur (avec des hypothèses de mise en service pour les exutoires non encore actifs tel que CIGEO). En appliquant un barème déchet à tous les déchets et effluents pris en compte par INFLUVAL, le CEA détermine le montant financier des provisions pour déchets de démantèlement, avec une individualisation pour chaque projet de démantèlement.
- Le logiciel de traçabilité CARAIBES des déchets du producteur (installation en cours de démantèlement) jusqu'au stockage final. La loi sur la Transparence et la Sûreté Nucléaire impose en effet un suivi physique très strict, avec des codes-barres, sur toute la filière de production, transport, entreposage et stockage des déchets.
- L'application SAPHIR qui est un outil de gestion opérationnelle des projets permettant d'affecter des coûts en pluriannuel suivant l'organigramme technique de projets. SAPHIR permet donc de décomposer la référence de coût du projet avec une chronique pluriannuelle jusqu'à la fin du projet. Pour les données réalisées, SAPHIR s'appuie sur les données d'entreprises du CEA (contenues dans l'outil de gestion d'entreprise SAP) qui sont intégrées de manière à correspondre avec la découpe technique du projet. Avant la mise en œuvre de SAPHIR, chaque projet utilisait des outils spécifiques allant d'un fichier EXCEL évolué jusqu'à des bases de données de type ACCESS ou autres.
- L'application SINTRA qui est un outil global de gestion des transports. La problématique des transports de matières ou de déchets est essentielle dans le domaine de l'assainissement nucléaire, avec des exigences de traçabilité très fortes.

L'amélioration et le déploiement de ces différents outils entre 2010 et 2013 ne se sont pas faits sans difficulté, suscitant des réticences de la part de certains projets. Il a par ailleurs été compliqué de rendre cohérents les différents axes et logiques de suivi contenus dans ces outils.

Mais, l'intégration des données, permise par un système d'information plus homogène, a indéniablement permis de renforcer le dialogue entre les acteurs en s'appuyant sur des données cohérentes, avec des formats standardisés pour tous les projets. Le déploiement des outils, couplé à la mise en œuvre d'un référentiel projet adapté, est donc un élément clé de l'ambidextrie contextuelle.

➔ **Comité technique suivi et reporting :**

Comment rendre compte de l'avancée d'un projet d'assainissement / démantèlement ? Comment fournir des informations pertinentes depuis le niveau le plus opérationnel (le chef de projet), jusqu'au niveau le plus stratégique (le conseil d'administration du CEA et les conseils de surveillance des fonds dédiés) ?

Ces deux questions furent au centre des réflexions du comité technique suivi et reporting, d'autant que ceci correspondait à une demande très forte de la direction générale du CEA et des instances de contrôle telles que les conseils de surveillance des fonds dédiés et des commissaires aux comptes du CEA.

Une fiche d'avancement projet (FAP) a donc été déployée sur l'ensemble des projets de démantèlement du CEA avec une périodicité de mise à jour biannuelle. Ce document, d'une dizaine de pages, a pour objectif de présenter une vision synthétique et standardisée du projet et de son niveau d'avancement physique et financier. Il s'agit d'un document pluriannuel qui porte sur l'ensemble de la durée du projet.
La FAP contient notamment :

- Une fiche synthétique rappelant les faits marquants, les grands jalons réalisés, les grands jalons à venir, des commentaires du projet sur le niveau de performance, les coûts, les délais et les risques. Cette fiche comprend notamment un diagramme « temps-temps » qui permet au lecteur de visualiser immédiatement toute dérive des jalons projets
- Plusieurs fiches financières rappelant à chaque fois la référence projet en vigueur (montant de la provision de démantèlement), la référence projet reprévue (vision du chef de projet, vision du chef de programme). Ces fiches sont exprimées en euros courants

(pour faire le lien avec le Plan Moyen Long Terme du CEA), en euros courants bloqués de l'année de la FAP (pour faire le lien avec les provisions des fonds) et en euros d'origine (la date d'origine étant l'année de la dernière validation du scénario projet en vigueur et de sa traduction dans les comptes).

- Une fiche sur les principaux risques projets
- Une fiche sur les déchets

La Direction financière du CEA publie chaque année un recueil des FAP qui est transmis aux parties prenantes externes (conseil de surveillance des fonds dédiés, commissaires aux comptes…), ce qui constitue un facteur de crédibilité significatif.

Le grand intérêt de l'approche FAP est de concilier la vision annuelle et la vision pluriannuelle. Les conséquences d'une sous-consommation budgétaire sur le budget annuel, avec des décalages de jalons, peuvent être visualisées sur la vision à terminaison du projet. Soit, le décalage n'est pas sur le chemin critique et pourra être rattrapé, soit il l'est et la FAP peut présenter alors une augmentation du coût du projet à terminaison. L'outil étant transverse et non uniquement financier, il est ainsi possible d'expliquer les causes de ce décalage. Il s'agit donc avant tout d'un outil simple permettant le dialogue entre le niveau stratégique et le niveau opérationnel, propre à améliorer la clarté de la communication sur les projets d'assainissement démantèlement et donc de générer de la confiance.

De la même manière que pour la FAP, un formalisme standard a été mis en œuvre pour le suivi annuel des projets. Il s'agit du Rapport de Suivi Projet (RSP). Comme la FAP, le RSP a pour objectif de présenter une vision synthétique de l'avancement technique et financier annuel avec des pages consacrées au budget, aux déchets, aux prévisions de marchés, aux jalons… Le RSP se présente sous la forme d'un format EXCEL standardisé. La logique du RSP a également été déclinée dans un outil de Business Intelligence Agile, l'application QLIKVIEW. Tous les chefs de projets d'assainissement démantèlement du CEA/Marcoule disposent ainsi tous les mois de nombreuses données financières, techniques et commerciales sur l'ensemble du périmètre projet.

L'APAD a également étudié le processus de montage budgétaire (élaboration du budget N+1) et de révision budgétaire (Révision 1 en avril/mai, Révision 2 en septembre). Dans le processus de montage budgétaire classique, le chef de projet intervenait surtout sur le pilotage projet et les opérations de démantèlement proprement dites, directement sous son périmètre de

responsabilité budgétaire. Il était consulté, à la marge et de manière très inégale suivant les projets, sur les autres coûts et objectifs liés au périmètre projet rattachés à ses unités contributrices. Autrement dit, il n'était pas un point de passage obligé dans le processus de construction et de révision budgétaire.

Le processus budgétaire a donc été revu pour permettre au chef de projet de démantèlement d'arbitrer les éléments concernant son projet. Dans le cadre du montage budgétaire N+1, le chef de programme donne ses directives, exprimées sous forme de jalons à atteindre, aux chefs de projet qui lui sont rattachés. Le chef de projet décline ces objectifs et les affecte aux différentes unités contributrices à son projet. Les unités contributrices indiquent en retour les moyens nécessaires (effectif exprimé en équivalent temps plein, budget de dépenses). Un dialogue s'instaure entre elles et le chef de projet. A l'issue de ce dialogue, le chef de projet arbitre et c'est sous sa responsabilité que les données, pour l'ensemble du périmètre projet, sont saisies dans le logiciel consolidé de montage budgétaire du CEA.

Au final, les problématiques liées au dialogue de gestion interne, au reporting interne (entre les unités contributrices et le chef de projet) et externe (depuis le projet vers l'ensemble des instances telles que la direction générale, le conseil de surveillance des fonds, les commissaires aux comptes…) sont des éléments clés dans la modification du contexte interne lié à l'assainissement démantèlement.

➔ **Comité tissu industriel et contractualisation (et intégration du risque)**

Le premier thème traité par ce comité était tourné vers l'extérieur du CEA. La réflexion s'est développée sur la manière d'élargir et de renforcer le tissu industriel pour mieux répondre aux besoins du démantèlement ce qui s'est traduit par plusieurs points.

Afin de mieux connaître le tissu industriel du démantèlement et d'avoir un avis externe sur les pratiques du CEA, il a été confié à un cabinet externe la réalisation d'un diagnostic. Dans le cadre de cette étude, plusieurs industriels clés du secteur ont pu donner leur vision du retour d'expérience sur les marchés en cours avec le CEA, leurs visions des perspectives du démantèlement nucléaire, et leurs attentes vis-à-vis du donneur d'ordre CEA.

Un des points clés exprimés par les industriels a été le manque de visibilité sur les futurs marchés qui devaient être passés dans le cadre du démantèlement, notamment sur les projets

UP1, APM et PHENIX. Un travail important d'identification des besoins à venir et de segmentation a été initié au niveau CEA avec la mise en œuvre d'une gestion prévisionnelle des marchés. En fonction des scénarios projets, une vision des besoins marchés à 3 ans peut être déclinée. Cette vision est par la suite détaillée sur l'année à venir avec des réunions associant les projets, le commercial et le contrôle de gestion. A l'issue de ces réunions, des tableaux, traduisant une vision partagée entre les acteurs internes CEA, sont produits et indiquent la liste des marchés que le CEA va émettre au cours de l'année N+1, en précisant l'objet du marché et le type du marché (chantier de démantèlement, exploitation d'installation, contrat de maintenance, travaux neufs, assistance projet, étude de démantèlement…).

En s'appuyant sur cette gestion prévisionnelle des achats, le CEA Marcoule a donc organisé des journées de présentation des marchés aux entreprises. Organisées suivant une périodicité quasi-annuelle, ces journées rassemblent près de 250 entreprises. C'est l'occasion de présenter les projets d'appels d'offres à venir sur le centre de Marcoule mais également sur les autres centres d'implantation de la Direction de l'Energie Nucléaire (Cadarache, Saclay, Fontenay aux Roses, Grenoble…). Cette présentation n'est pas limitée aux seuls marchés liés au démantèlement mais ceux-ci y occupent une place prépondérante.
En apportant davantage de visibilité, l'objectif du CEA est d'élargir l'offre et de rechercher de nouvelles compétences en réponse à ses besoins. C'est également un lieu pour répondre aux questions des industriels, dont certains peuvent être réticents à s'investir sur le domaine de l'assainissement démantèlement étant donné la complexité liée aux nombreux paradoxes que nous avons évoqués.

En complément de l'organisation des journées entreprises, le plan d'action APAD a également prévu des contacts bilatéraux directs au niveau directionnel avec les entreprises. L'objectif visé était d'entamer un dialogue plus stratégique en le décorrélant des discussions limitées à un seul marché (qui d'ailleurs ont souvent lieu lorsqu'il y a un problème dans l'exécution du marché ce qui n'est pas forcément le moment pertinent pour initier une relation plus large).

L'APAD a également été l'occasion de revoir le dispositif d'acceptation des entreprises mis en œuvre par le CEA. Dès 1989, le CEA avait mis en œuvre un premier système d'acceptation. Le système a été refondé en 1994 et en 2005. Ce système d'acceptation est intitulé CAEAR (Comité d'Acceptation des Entreprises en Assainissement Radioactif). L'objectif recherché est de présélectionner les entreprises qui pourront être consultées pour les marchés d'assainissement et de démantèlement dont le CEA est le maître d'ouvrage. Il s'agit donc d'une

évaluation préalable qui vise à apprécier la capacité technique du prestataire et l'organisation qu'il met en place pour obtenir et maintenir la qualité de sa prestation.
Pour une entreprise, la procédure pour être acceptée CAEAR repose sur un questionnaire d'évaluation préalable, la consultation des services internes CEA sur le retour d'expérience avec la société, puis un audit réalisé par des experts du domaine dans lequel est demandée l'acceptation. A l'issue de cette procédure qui dure plusieurs mois, la société peut être acceptée CAEAR sans réserve, avec réserve, avec retour à réserve (la société peut terminer les prestations en cours mais ne peut plus être consultée) ou ne pas être acceptée (dans ce cas, la société n'est pas inscrite sur la liste et doit attendre un an avant de se représenter). Fin 2010, 15 groupes et 61 sociétés et agences étaient acceptés CAEAR.
L'objectif de l'APAD a donc été d'intégrer cet aspect CAEAR dans une vision plus stratégique avec les entreprises et de mieux le relier avec la stratégie achat globale.

Le deuxième thème traité était davantage focalisé sur des enjeux internes du CEA.

L'objectif poursuivi était de faire évoluer les modes de contractualisation pour mieux les adapter aux marchés d'assainissement / démantèlement en tenant compte des incertitudes intrinsèques à ce domaine.

Comme nous l'avons développé dans le chapitre sur le paradoxe contractuel, il existe une contradiction évidente entre la logique contractuelle qui consiste à spécifier très précisément le besoin et les incertitudes inhérentes à l'état initial des installations à démanteler. Lors de l'exécution des marchés, des écarts peuvent apparaître très rapidement entre ce qui était prévu et spécifié dans les contrats et la réalité opérationnelle. Ceci se traduit par des demandes d'avenants, voire de refonte complète du marché, des réclamations fournisseurs, des litiges potentiels… soit en définitive une « crispation » de la relation CEA-fournisseur.

En associant des acteurs divers (chefs de programmes, chefs de projets, acheteurs centraux du CEA, acheteurs des centres…), ce comité technique APAD a donc réfléchi sur les modes contractuels.

L'axe principal de la réflexion a été de mieux intégrer les analyses de risque dans le processus de contractualisation. Dans le cas d'un chantier de démantèlement (par exemple, démanteler plusieurs cuves situées dans une installation), le découpage contractuel s'appuie souvent implicitement sur l'idée d'un déroulement linéaire et optimal du chantier. Par exemple, le CEA

payera 10 % du marché à la remise des études, 30 % à l'issue du démantèlement de la cuve 1, 50 % à l'issu du démantèlement des cuves 1 et 2… Ceci est simplificateur car des jalons intermédiaires et des termes de paiement associés peuvent être insérés mais la logique de base est celle-ci.

Le fait d'intégrer l'analyse de risque dès la définition du besoin permet d'anticiper les éventuelles difficultés contractuelles : que se passe-t-il si le chantier est arrêté par la découverte d'amiante contaminée ? Que se passe-t-il si l'obtention de l'autorisation de sûreté est décalée pour les cuves 1 et 2 ?.....

Les réponses contractuelles à l'hypothèse de survenance de tel ou tel risque issu de l'analyse de risques peuvent être variées :

- introduction d'une clause de dédommagement du fournisseur pour payer la mobilisation de ses équipes en cas de décalage chantier uniquement imputable au CEA
- mise en place d'options au côté du scénario nominal
- clause de revoyure marché si tel ou tel risque se produit
- baisse de la part forfaitaire du marché et renforcement de la part variable (rémunération sur la base de bordereaux de prix unitaire, ce qui permet une meilleure souplesse pour adapter le marché à la confrontation à la réalité opérationnelle)
- …..

Dans le cadre de l'APAD, ces nouveaux modes de contractualisation se déploient progressivement, sur la base de marchés pilotes. Il est nécessaire que l'ensemble des acteurs (acheteurs, chefs de projets, fournisseurs du CEA…) se les approprient car ceci constitue un changement de culture important dans le processus achat du CEA.

En définitive, de 2010 à 2013, l'APAD peut être considéré comme le volet technique de l'ambidextrie contextuelle. En réponse aux paradoxes du démantèlement, il a permis une remise à plat méthodologique, une réflexion de fond sur les outils, les processus métiers et les pratiques. En renforçant les moyens (renforts d'effectifs, assistance technique), en libérant du temps chez les différentes parties prenantes pour participer aux comités techniques, et en faisant de sa réussite un objectif d'entreprise à part entière, l'APAD a réellement permis de favoriser des innovations managériales d'exploration. Le point clé a été d'associer largement les acteurs terrains à la réflexion (alors que l'alternative aurait consisté à faire appel à des consultants externes…). Ceci a été coûteux en temps et en énergie (du fait même du niveau des acteurs mobilisés dans les chaînes projets et managériales) mais ceci a favorisé la mise en œuvre de ces innovations d'exploration dans les processus d'exploitation du CEA. En présentant dès le début

la démarche à ses instances de contrôles externes (notamment les commissaires aux comptes), le CEA s'était de fait engagé à la transparence vis-à-vis de l'APAD avec des indicateurs très clairs : proportion des projets utilisant les nouveaux outils, le nouveau mode de reporting, proportion de marchés nouvellement structurés, …. Mi-2015, la quasi-totalité des projets de démantèlement pilotés opérationnellement par le CEA Marcoule suivent le référentiel APAD.

2.2. Le volet humain de l'ambidextrie contextuelle : changer l'image interne du démantèlement

Les nombreux paradoxes que nous avons étudiés précédemment montrent la complexité du démantèlement des installations nucléaires du CEA. Le CEA/Marcoule est en première ligne sur ces enjeux parce que le département projet en charge de l'ensemble du démantèlement civil lui est rattaché et parce que les chantiers de démantèlement les plus complexes sont sur le site de Marcoule. Un des enjeux essentiels du démantèlement nucléaire est de renforcer son attractivité afin d'attirer les meilleures compétences possibles.

Les trois grandes différences entre construire et déconstruire dans le nucléaire

Dans le nucléaire, cette différence de motivation entre construire et déconstruire est accentuée par trois grandes différences :

La première différence notable est certainement **la différence de visibilité**. L'épopée nucléaire prend son origine dans la découverte de l'atome, une des aventures les plus marquantes de l'histoire de la physique. Depuis la divergence de Zoé, la première pile atomique française, jusqu'aux études actuelles sur la 4ème génération de réacteurs nucléaires et la préparation du nucléaire du futur, la recherche conduite par le CEA a toujours accompagné la mise en place de l'industrie nucléaire française.
Ancrée dans cette riche tradition, la motivation de nombreux ingénieurs-chercheurs du CEA est de construire de nouveaux réacteurs ou de développer des procédés innovants pour le cycle du combustible. L'évolution de l'industrie nucléaire, rythmée par les générations successives de réacteurs et de cycles associés, nécessite en permanence d'innover sur les principes fondamentaux de la physique, de la chimie, sur la conception de nouveaux matériaux, sur la sûreté des réacteurs, sur la vie du combustible…

Dans l'imaginaire collectif, construire est perçu comme plus motivant que déconstruire. Si nous faisons une analogie avec l'aéronautique, rappelons-nous que plusieurs dizaines de milliers de personnes d'AIRBUS assistaient au premier vol d'essai de l'A380 à l'aéroport de Blagnac en 2005. Il y a fort à parier que très peu de personnes seront présentes pour assister à la mise à la réforme du premier A380 et au début de sa déconstruction…Sans aller chercher des comparaisons externes au nucléaire, la différence entre construire et déconstruire est aussi présente dans l'industrie nucléaire de manière intrinsèque.

Lorsqu'un nouveau réacteur nucléaire diverge, lorsque le premier barreau de combustible est dissous dans une unité de retraitement, lorsqu'un nouveau laser utilisé pour simuler des essais nucléaires est inauguré, le résultat de millions d'heures de travail est immédiatement visible. La finalité est également très claire : ce réacteur produira de dizaines de millions de MWh durant son exploitation, cette usine permettra de retraiter des centaines de tonnes de combustibles usés, ce laser contribuera à assurer la crédibilité de la dissuasion nucléaire française. Ainsi, l'ingénieur qui a contribué à sa construction peut le faire visiter à sa famille et dire : « voilà le résultat du projet sur lequel je m'investis depuis des années ! ».
Lorsqu'on démantèle une installation nucléaire, il est bien plus difficile de montrer des résultats (et en particulier des résultats compréhensibles par le grand public). Dans une usine de retraitement telle que l'usine UP1, il est nécessaire de démanteler un par un tous les éléments : cuves, caissons blindés, boîtes à gants, tuyauteries… Tout se passe à l'intérieur de l'installation, souvent dans des parties inaccessibles aux visiteurs. L'avancement physique des opérations de démantèlement est donc bien moins spectaculaire que celui d'un chantier de construction. Cette problématique est par ailleurs renforcée lorsque l'état final recherché n'est pas le « retour à l'herbe ». Dans le cas de Marcoule, l'état final visé pour la plupart des installations est celui d'un niveau de démantèlement permettant de déclasser l'installation en tant qu'Installation Nucléaire de Base (où Installation Individuelle de l'INBS Marcoule) et de réutiliser l'installation pour une autre installation industrielle. Autrement dit, à la fin des projets de démantèlement actuels, les bâtiments des installations telles que l'usine UP1, l'APM ou le réacteur G1 seront toujours en place, alors même qu'un énorme travail d'évacuation du terme source, des déchets nucléaires et de déconstruction de tous les anciens équipements procédés y aura été conduit. Ceci diffère du site du CEA/Grenoble où l'état final visé pour plusieurs installations est une déconstruction totale (les réacteurs MELUSINE et SILOE seront ainsi totalement démantelés y compris les bâtiments).

La deuxième différence entre construire et déconstruire est très certainement **la différence d'horizon temporel**. Un projet de construction dure en général quatre à cinq, voire dix ans pour les projets les plus complexes. Un même chef de projet et son équipe peuvent ainsi être présents du début à la fin. Dans le domaine du démantèlement nucléaire, les projets les plus complexes, tels que ceux de Marcoule, peuvent s'étaler sur vingt, trente voire quarante ans. Dès lors, la finalité du projet peut apparaître moins évidente pour les acteurs projets. Dans un projet à horizon temporel court, la motivation des acteurs est naturellement importante car ils savent que le résultat de leurs actions, positives ou négatives, sera vu par tous à brève échéance. Dans des horizons temporels très longs, il est bien plus difficile de maintenir sur la durée la motivation de l'ensemble des acteurs. Une certaine perte de finalité, source de démotivation, peut ainsi s'opérer, car chaque équipe projet sait qu'elle ne pourra intervenir que sur une partie du projet. S'il s'agit d'une partie durant laquelle le projet avance bien, l'équipe projet peut y trouver de grandes satisfactions. Mais comme nous l'avons vu précédemment, les nombreux aléas qui existent dans le démantèlement peuvent conduire à des phases d'arrêts chantiers plus ou moins importantes. Dans ces périodes, il est très difficile de maintenir la motivation de l'ensemble des acteurs projets (internes ou sous-traitants) et ceci représente une difficulté majeure de gestion des ressources humaines dans les projets de démantèlement.

La troisième différence est liée à **la marge de liberté des acteurs sur le projet**. Dans le cas d'un projet neuf, d'une construction, les principes de gestion de projet indiquent que la marge de liberté de l'équipe projet est très importante au début du projet et diminue par la suite, au fur et à mesure que des choix stratégiques sont définis. Ainsi, lorsqu'un nouveau bâtiment est construit, le chef de projet dispose d'une grande liberté de conception dans la phase esquisse. Celle-ci se réduit un peu mais demeure importante lors de la phase d'Avant-Projet Sommaire. Même après la phase d'Avant-Projet Détaillée, l'équipe projet dispose encore d'une marge de liberté pour faire évoluer le contenu du projet. Partir de zéro pour construire quelque chose de nouveau peut donc être vraiment gratifiant en terme d'autonomie et liberté d'action.
Dans le démantèlement nucléaire, l'équipe projet qui prend en charge le démantèlement d'une installation dont l'exploitation s'est arrêtée dispose d'une marge de manœuvre bien moins importante qu'une équipe projet qui prend en charge un projet neuf en partant de zéro. Après avoir été exploitée pendant des dizaines d'années, une installation à démanteler détermine largement les options qui devront être prises pour son démantèlement. La configuration des lieux, le terme source présent et sa localisation, l'état des équipements d'exploitation qui peuvent être réutilisés ou pas pour les opérations de démantèlement sont autant de paramètres qui s'imposent d'emblée au chef de projet et à son équipe. Tout n'est donc pas possible et la

construction d'un scénario de démantèlement doit prendre en compte bien plus de données d'entrées, présentant un caractère incontournable, qu'un projet de construction.

Ces trois grandes différences induisent que l'acte de « déconstruire » peut apparaître au premier abord moins motivant que l'acte de construire. Ce risque potentiel de démotivation ne peut qu'être renforcé par l'impact humain des différents paradoxes que nous avons étudiés précédemment qui peuvent chacun être source de démotivation :

- Un projet bloqué dans l'attente d'une autorisation de sûreté ou suite à un aléa technique (trouver de l'amiante contaminée par exemple)…
- Un retard projet lié au décalage de la mise en œuvre d'un exutoire futur des déchets…
- Des difficultés avec un fournisseur liées à un décalage entre ce que permet le référentiel contractuel et ce qui serait nécessaire pour tenir compte de la spécificité d'un projet de démantèlement…
- Un changement de priorité programme dans l'allocation des ressources qui conduit à lisser le déroulement du projet….
- ……

Dans l' « imaginaire collectif interne » du CEA, les postes en démantèlement nucléaire sont donc souvent perçus comme générateurs de stress, avec des marges de manœuvre limitées du fait de nombreuses causes exogènes au projet, et par la différence de motivation intrinsèque que nous venons longuement d'évoquer entre les faits de « déconstruire » et de « construire ».

De fait, alors que les ressources affectées au démantèlement sont en croissance en interne CEA, il est compliqué de les pourvoir par des redéploiements internes provenant d'autres secteurs. Convaincre un ingénieur expérimenté ou un manager, ayant travaillé pour améliorer les réacteurs existants ou les futurs réacteurs, de venir travailler pour démanteler la première génération des réacteurs nucléaires est loin d'être une sinécure.

Sur la base de ce constat, la Direction de l'Assainissement Nucléaire et la Direction du CEA Marcoule travaillent depuis plusieurs années pour faire évoluer le contexte de travail des acteurs du démantèlement. Ce volet humain de l'ambidextrie contextuelle n'est pas aussi bien formalisé que le volet technique que nous avons décrit précédemment. Néanmoins, l'observation précise des faits et les entretiens réalisés permettent de mettre en évidence trois grandes lignes directrices de ce volet humain :

Ancrer le démantèlement dans le « cœur de métier du CEA »

Lorsque nous évoquions avec lui une évolution possible vers un poste qui venait de s'ouvrir au sein du département chargé du démantèlement, un ingénieur d'une unité de R&D du CEA nous a indiqué un jour : « *je suis ingénieur-chercheur, j'ai été recruté au CEA pour faire de la recherche sur les nouveaux combustibles et préparer le futur et pas pour aller démanteler ce que les anciens nous ont laissé !* ».

Cette réponse est emblématique de la pensée de nombreux ingénieurs du CEA qui travaillent dans la R&D et s'explique facilement. Depuis sa création en 1945, le CEA travaille depuis 70 ans (60 ans pour le CEA Marcoule) à développer, en lien avec le tissu industriel, de nouvelles générations de réacteurs. Le CEA a eu un rôle majeur dans le développement de quatre générations de réacteur :

- La première génération dont fait partie la filière UNGG de Marcoule
- La deuxième génération dont font partie les 58 réacteurs EDF actuels
- La troisième génération, dont l'EPR de Flammanville actuellement en construction sera le premier représentant sur le sol français
- La quatrième génération, basée sur les neutrons rapides, et qui est actuellement en cours de développement

Pour chacune de ces générations, l'activité du CEA a été de :

- Définir l'amont du cycle (extraction du combustible dans les mines, conversion, enrichissement pour les générations II et III, mise en réacteur…)
- Concevoir le réacteur (équipements conventionnels, ilot nucléaire…)
- Définir l'aval du cycle (retrait du combustible du réacteur, retraitement pour séparer l'uranium, le plutonium et les produits de fission, entreposage ou stockage des déchets…).

En résumant, l'activité nucléaire du CEA dans le domaine des réacteurs civils depuis 70 ans consiste à améliorer la construction des réacteurs puis leur exploitation (sachant que l'exploitation va jusqu'au traitement-recyclage et entreposage-stockage des déchets d'exploitation). De fait pendant les cinquante premières années de l'histoire du CEA, l'ADN de l'établissement a seulement été de « construire et exploiter ».

En comparaison, il n'y a que vingt ans que le CEA se mobilise pour déconstruire et démanteler ses premières installations (des opérations marginales ont pu avoir lieu auparavant mais la vraie montée en puissance date de ces vingt dernières années).

L'ajout du mot « déconstruire » au duo « construire – exploiter » ne s'est pas fait de soi. Les tutelles du CEA et sa direction générale se sont interrogées pour savoir s'il s'agissait d'une nouvelle activité « cœur de métier » du CEA, compatible avec son statut et ses missions de bases, ou s'il fallait confier le démantèlement au secteur industriel. Dans d'autres pays tels que le Royaume Uni, l'opérateur public qui a construit et exploité les réacteurs et le cycle du combustible associé, n'est pas celui qui réalise le démantèlement. Cette activité est intégralement confiée à des opérateurs privés dissociés de l'opérateur public.

Ainsi passer du duo « construire – exploiter » au triptyque « construire – exploiter – déconstruire » est un choix stratégique majeur pour un établissement tel que le CEA :

• Externaliser intégralement l'activité « déconstruire » revient d'une certaine manière à considérer que l'on assimile le fait de démanteler une installation nucléaire à une activité classique de déconstruction d'un site industriel. Dans cette vision la spécificité sectorielle du démantèlement nucléaire est limitée et le besoin de R&D et d'innovation reste marginal.

• Inversement, considérer que le CEA doit s'investir par lui-même pour démanteler ses propres installations signifie qu'il considère que cela fait partie intégrante de son cœur de métier et que pour toutes les générations de réacteurs, il est de son rôle de :

* Définir l'amont du cycle
* Concevoir le réacteur
* Définir l'aval du cycle
* Démanteler le réacteur et les installations du cycle associées

Ceci revient à reconnaître une forte spécificité sectorielle du démantèlement nucléaire (qui ne peut donc s'assimiler à une simple déconstruction de site industriel complexe) et à admettre qu'un besoin important de R&D et d'innovation existe (justifiant ainsi l'implication directe d'un établissement tel que le CEA).

La légitimation de l'assainissement-démantèlement comme faisant partie du cœur de métier direct du CEA s'est affirmée progressivement au CEA depuis une dizaine d'années. Comme nous l'avons vu dans l'ambidextrie structurelle, la création de structures CEA dédiés à ce nouveau métier a grandement contribué à cette légitimation.

Montrer que le démantèlement est une activité pérenne pour le CEA

Une fois posé le fait que l'assainissement-démantèlement faisait partie du cœur de métier du CEA, il fallait démontrer que ceci serait le cas de manière durable. Dans cette perspective, la question de la gestion des fonds dédiés de démantèlement s'est avérée cruciale. Dans plusieurs exemples étrangers, il est mis en œuvre une dissociation entre celui qui gère les fonds dédiés de démantèlement et celui qui conduit réellement les programmes de démantèlement. Ceci conduit en quelque sorte à une « maîtrise d'ouvrage dissociée » : la responsabilité financière des fonds de démantèlement d'un côté, la responsabilité technique du démantèlement de l'autre. Le choix français a été différent. Le CEA s'est vu confier une « maîtrise d'ouvrage complète » : il conduit les opérations de démantèlement et il en est également « comptable », ce qui signifie qu'il est responsable du bon usage des fonds dédiés de démantèlement. Il doit rendre compte plusieurs fois par an devant un Conseil de Surveillance des fonds dédiés, composé de représentants de l'Etat, et qui lui est externe. La distinction « maîtrise d'ouvrage dissociée » ou « maîtrise d'ouvrage complète » est importante en terme de visibilité. Dans le premier cas, les provisions de démantèlement sont externes. L'établissement en charge de la responsabilité technique se voit chaque année doté des moyens permettant de démanteler. Dans le second cas, les provisions de démantèlement sont directement inscrites dans les comptes de l'établissement en charge du démantèlement, ce qui permet une visibilité sur plusieurs dizaines d'années.

Associer le démantèlement au développement durable

Enfin, un dernier point était également essentiel pour ancrer définitivement l'assainissement-démantèlement dans le cœur de métier du CEA : relier cette mission aux autres missions du CEA. Sur le site de Marcoule, le CEA démantèle des installations comme l'usine UP1, l'AVM, l'APM, qui font partie de la première génération des réacteurs et du cycle du combustible nucléaire.

Dans le même temps, il travaille sur des programmes tels que l'« aval du cycle futur » qui consiste à concevoir l'aval du cycle de la quatrième génération des réacteurs nucléaires. Le site de Marcoule est également le site candidat du CEA pour l'implantation vers le milieu des années 2020 d'un premier prototype de réacteur de 4ème génération, le projet ASTRID. Entre le début d'UP1 vers le milieu des années 50 et ASTRID vers le milieu des années 2020, il y a soixante-dix ans de distance… Le site de Marcoule a donc la particularité de travailler simultanément sur le démantèlement de la partie la plus ancienne du nucléaire français et de participer à la construction de la partie la plus nouvelle.

Comment dès lors construire une « unité communicationnelle » entre les deux ? La réponse a été relativement simple à trouver si on considère les préoccupations croissantes du grand public pour tout ce qui touche au développement durable. L'attente est qu'une industrie soit « écoresponsable » et se préoccupe des résultats de son activité passée.

En conclusion de cette partie sur l'ambidextrie contextuelle, nous considérons qu'elle peut être également de nature à atténuer les paradoxes du démantèlement.

En premier lieu, l'évolution des pratiques et des outils permet de mettre à disposition des acteurs du démantèlement de nouvelles approches plus performantes pour aborder les aspects liés à la contractualisation, à la sûreté, à la gestion des déchets. L'amélioration de la communication financière peut également être de nature à mieux faire connaître cette activité nouvelle du nucléaire, auprès des différentes parties prenantes.

Mais le volet qui nous semble le plus intéressant dans l'ambidextrie contextuelle est bien celle qui consiste à changer l'image de ce nouveau métier du nucléaire. La meilleure manière de résoudre des paradoxes, dans un domaine complexe, est d'attirer les meilleurs éléments et mobiliser leur intelligence collective. Pour les attirer, il est essentiel de donner du sens et de modifier en profondeur l'image du démantèlement au sein du CEA.

1.2. Le chef d'unité projet ambidextre, réponse à la lecture interne des paradoxes

Depuis douze ans, le CEA/Marcoule a alloué des ressources importantes aux 4 grandes opérations de réorganisation structurelle et à l'évolution du contexte général. Le sens général de l'ensemble de cette évolution est d'aller vers un chef d'unité projet ambidextre, capable de porter à la fois une vision moyen long terme du scénario de démantèlement et des actions opérationnelles à court terme.

La réflexion interne menée au CEA a conduit à la nécessité de simplifier l'organisation, de limiter les interfaces, et de rendre plus fluides la prise des décisions entre le sommet stratégique et la réalité terrain.

La simplification de l'organisation se traduit par les nouvelles prérogatives du chef d'unité projet ambidextre. Celui-ci concentre désormais à son niveau les prérogatives stratégiques d'un chef de programme et le pouvoir hiérarchique d'un responsable d'unité projet opérationnelle. L'ambidextrie est donc inscrite au cœur de sa mission. Il doit penser le scénario de démantèlement à long terme, favoriser l'exploration, la recherche de solutions nouvelles pour lever les importants verrous technologiques des projets qui lui sont confiés. En même temps, il doit savoir gérer à court terme, assurer l'exploitation et encadrer des équipes opérationnelles. Ce nouveau positionnement a donc pour but de lui donner les moyens d'affronter la complexité des projets d'assainissement démantèlement qui lui sont confiés.

Outre le fait de cumuler les responsabilités du programme et du projet au niveau du chef d'unité projet ambidextre, la simplification des interfaces et la plus grande fluidité dans la prise des décisions se traduisent par un lien beaucoup plus direct entre le terrain et le sommet stratégique.

Ceci se traduit notamment par la mise en œuvre d'un reporting trimestriel associant le chef d'unité projet et son équipe, l'ensemble des parties prenantes clés, la maîtrise d'ouvrage CEA et la maîtrise d'ouvrage déléguée de la direction de l'énergie nucléaire. Ceci permet au chef d'unité projet de rendre compte directement de son action et de faire remonter les difficultés, les points de blocages, et les sujets nécessitant une décision ou un arbitrage.

Au niveau du reporting, le chef d'unité projet est également responsable de l'ensemble des coûts de son projet. En 2005, le chef de projet ne gérait directement que le budget lié aux opérations, représentant en moyenne un tiers du coût. En 2017, il pilote directement les coûts liés aux opérations et à l'exploitation, soit les deux tiers du coût du projet et dispose de leviers accrus sur le dernier tiers lié aux coûts de support (avec la mise en place d'une relation client-fournisseur basée sur un système de refacturation interne basé sur des unités d'œuvres techniques). Cet élargissement de sa responsabilité se manifeste également par rapport à l'horizon temporel. Dans les organisations précédentes, le chef de projet devait surtout rendre compte au chef de programme de l'exécution du budget annuel et des 3 à 4 années suivantes, tandis que le chef de programme devait rendre compte à la direction générale du coût à terminaison (sur 10, 20, 30 ou 40 ans…). Dans l'organisation de 2017, le chef d'unité projet est pleinement responsable des deux. Ceci se traduit notamment par le fait que dans les réunions trimestrielles de reporting, un point soit réalisé sur la corrélation entre l'avancement financier et l'avancement physique par rapport au scénario global. Pour assurer ce rôle accru, le chef de projet bénéficie de toute la réflexion sur les formats de reporting et l'évolution des outils mise

en œuvre dans le cadre du plan d'amélioration des projets d'assainissement démantèlement. Le reporting est désormais plus fluide, avec moins d'interfaces, et orienté de manière à faire apparaître les vrais enjeux du projet.

Le chef d'unité projet ambidextre est également responsable de l'ensemble des compétences CEA de son projet, tant celles liées à l'exploitation des installations que celles liées aux ressources projet. En 2005, le chef de projet ne pilotait en direct qu'une faible part de ces ressources, n'ayant de pouvoir hiérarchique ni sur les ressources liées à l'exploitation ni sur celles liées aux ressources projet mutualisées. Le sens des réorganisations successives a été d'augmenter la part de ces ressources placées sous l'autorité directe du chef de projet, jusqu'à l'aboutissement de la réorganisation de 2017 qui positionne désormais la quasi-totalité de ces ressources sous le pilotage hiérarchique des nouveaux responsables d'unité projet. Grâce à cela, le responsable d'unité projet dispose désormais de davantage d'agilité pour faire évoluer l'organisation globale de l'installation et du projet, en fonction des phases de démantèlement.

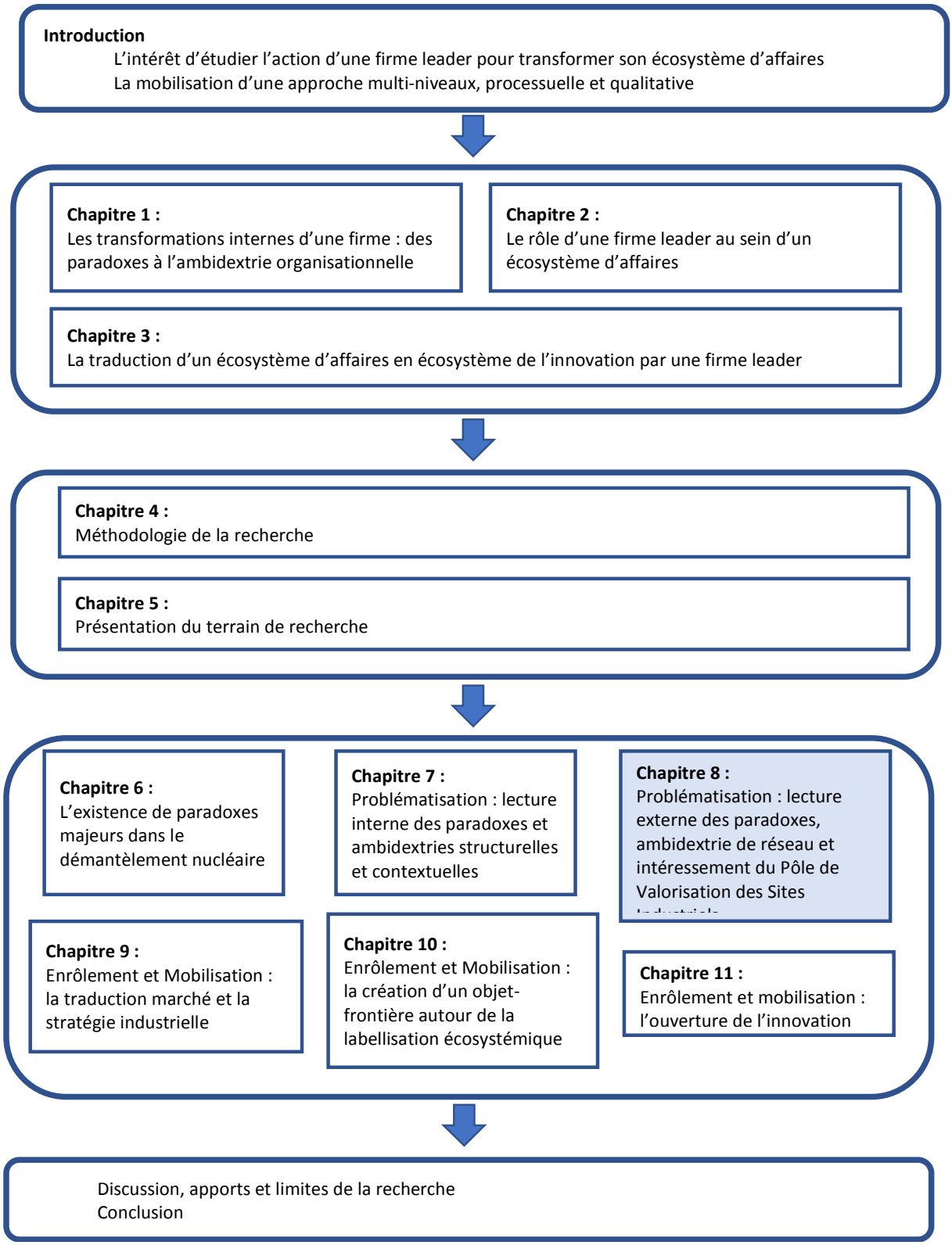
Le responsable d'unité projet ambidextre doit également pouvoir ajuster les ressources externes au projet, ce qui suppose une réelle capacité à agir sur la contractualisation de la sous-traitance. Le renforcement des moyens internes des équipes projets permet d'augmenter le volume des cahiers des charges produits. Les réflexions internes, dans le cadre du plan d'action d'amélioration des projets d'assainissement démantèlement ont pour but de lui permettre d'avoir des marchés plus adaptés aux spécificités du démantèlement. Le fait d'avoir regroupé l'exploitation et les opérations sous son unique pilotage lui permet de mieux gérer les interactions entre les deux (par exemple, ajuster la gestion de la configuration de l'installation avec les jalons du projet d'assainissement démantèlement). Enfin, la création d'équipes intégrées, avec des acheteurs spécifiquement dédiés à chaque unité projet (tout en restant rattachés à un service commercial mutualisé) est également un élément permettant de mieux traduire la complexité des projets dans les marchés et de disposer d'une contractualisation plus agile.

Face aux deux importants paradoxes que représentent la sûreté et les déchets, le responsable d'unité projet ambidextre dispose également de davantage de leviers d'actions. Pilotant à la fois l'exploitation et les opérations, il possède désormais une vision globale de ces problématiques. Il peut par exemple intégrer dans une même réflexion le dossier de réévaluation de sûreté de son installation et les dossiers de sûreté spécifique aux opérations de démantèlement qu'il entend mener. Dans les organisations précédentes, des ingénieurs sûreté et déchets étaient

positionnés à la fois dans les équipes installations et projets, sous des hiérarchies différentes. L'ensemble de ces moyens est désormais regroupé sous l'autorité unique du chef d'unité projet. Ceci permet d'améliorer la synergie des moyens et de mutualiser l'ensemble des installations. Par exemple, les équipes projets en charge du scénario de démantèlement doivent travailler de manière très étroite avec les équipes d'exploitation pour l'accès au plan des installations ou la réalisation des investigations nécessaires à une meilleure connaissance de l'état initial de l'installation.

En ce qui concerne l'innovation et la R&D, le chef d'unité programme dispose également d'un pouvoir important, lié à son rôle de chef de programme, qui consiste à pouvoir cautionner en effectif les départements de R&D du CEA. Ce cautionnement s'effectue par le biais de fiches contrats services qui fixent les enjeux, les objectifs à atteindre et les moyens alloués. L'objectif est de renforcer un dialogue direct entre les pourvoyeurs de R&D d'une part et les utilisateurs d'autre part. Etant directement en charge de la contractualisation externe, le chef d'unité projet est donc davantage à même de doser la part de R&D et d'innovation qu'il entend faire développer en interne CEA et la part qu'il souhaite acquérir en interne. Pour assurer cette mission, les équipes projets comportent des experts techniques sur les enjeux les plus importants. Elles peuvent également s'appuyer sur la Cellule Méthodologique qui mutualise un certain nombre d'expertises.

Chapitre 8 – Problématisation : lecture externe des paradoxes, ambidextrie de réseau et intéressement du Pôle de Valorisation des Sites Industriels



En 1986, CALLON indique que l'intéressement est l'ensemble des actions par lesquelles une entité s'efforce d'imposer et de stabiliser l'identité des autres acteurs qu'elle a définis par sa problématisation.

Cette définition rappelle ainsi le lien étroit qui existe entre l'intéressement et la problématisation. La manière de poser le problème structure la sélection des acteurs qui seront choisis pour le résoudre. Suivant la manière dont la question est posée, les acteurs choisis ne seront donc pas les mêmes.
La définition de CALLON précise également le rôle clé de l'entité qui conduit le processus d'intéressement. Outre le fait de choisir les acteurs autour de sa problématisation, elle s'efforce d'imposer et de stabiliser leur identité. Les mots choisis par CALLON sont forts et soulignent ainsi que cette entité doit être proactive, être capable de convaincre, de faire partager sa vision des choses et de fédérer autour d'elle, de manière durable, un ensemble d'acteurs disparates dont les intérêts sont divergents à la base.

Dans ce paragraphe consacré à la naissance de PVSI, nous étudierons donc la stratégie d'intéressement du CEA. Dans un premier temps, nous montrerons que l'écosystème d'affaires territorial qui existait autour de Marcoule avant le lancement de PVSI est le cadre naturel de ces actions d'intéressement. Dans un second, nous analyserons les actions de la firme leader pour déployer une stratégie d'intéressement adaptée à chacune des parties prenantes clés de l'écosystème.

1.L'écosystème d'affaires est le cadre d'action de l'intéressement

1.1. Un véritable écosystème d'affaires autour de Marcoule et du démantèlement nucléaire

L'écosystème d'affaires territorial qui existe autour du site de Marcoule et du démantèlement nucléaire répond à la définition d'un écosystème d'affaires tel que défini par James MOORE en 1996 :

- Un savoir-faire commun, autour du démantèlement nucléaire, est utilisé par plusieurs entreprises
- Ces entreprises sont liées par une communauté de destin stratégique sur le principe de la coévolution. Elles sont dépendantes de la pérennité du financement des opérations de démantèlement du CEA.

- Le CEA, propriétaire du site de Marcoule, responsable du support conventionnel et nucléaire du site, exploitant nucléaire de référence et donneur d'ordres des opérations de démantèlement, est le leader incontestable de cet écosystème territorial.
- Les acteurs de cet écosystème sont hétérogènes. Il regroupe des acteurs marchés (sous-traitants de rang 1, sous-traitants de rang 2) et des parties prenantes non marchés dont le pouvoir d'influence est important (autorité de sûreté nucléaire, acteurs institutionnels locaux et régionaux, conseil de surveillance des fonds dédiés du CEA…)
- Cet écosystème est soumis à d'importantes dynamiques concurrentielles (intense concurrence pour remporter les appels d'offres du CEA) qui cohabitent avec des actions de coopération (par exemple, le réseau CYCLIUM rassemble 50 entreprises implantées autour du site de Marcoule).
- Un écosystème qui bénéficie de sérieux atouts (présence du plus grand chantier de démantèlement nucléaire en Europe, de la R&D du CEA et d'un savoir-faire historique dans le milieu nucléaire…) mais qui est lui-même en concurrence avec d'autres écosystèmes d'affaires territoriaux que ce soit au niveau national ou européen.

Le graphique ci-dessous représente notre vision de cet écosystème territorial :

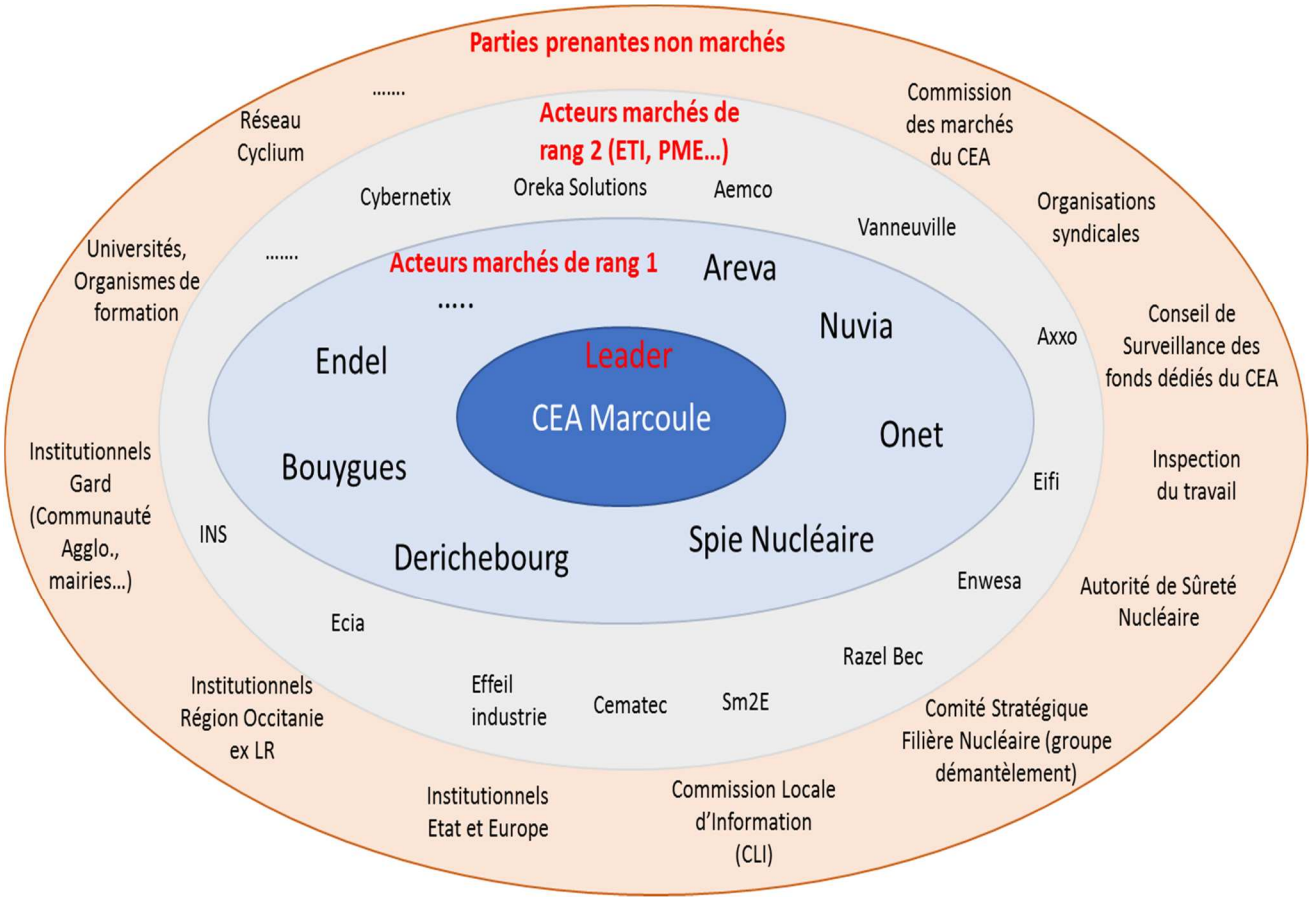


Figure 25

1.2. Avant PVSI, un écosystème d'affaires qui n'est pas un écosystème de l'innovation

Avant le début de la démarche PVSI en 2012-2013, l'écosystème d'affaires existant autour de Marcoule dans le domaine de l'innovation ne peut être qualifié d'écosystème de l'innovation.

La dimension marché est importante avec plus de 350 millions d'euros générés chaque année dans le domaine du démantèlement nucléaire autour de Marcoule, ce qui en fait un poids lourd de l'économie régionale. La dimension innovation y est présente. Les équipes du CEA et de l'ensemble des sous-traitants développent depuis une quinzaine d'années un ensemble de savoir-faire remarquables, des trésors d'ingéniosité et un effort d'apprentissage considérable pour s'adapter à ce nouveau métier que représente le démantèlement nucléaire.

Cet écosystème ne permet cependant pas de générer les innovations d'exploration, tant techniques que managériales, nécessaires à la résolution des paradoxes du démantèlement nucléaire tels que nous les avons décrits précédemment.

Sur la base des observations que nous avons pu réaliser et des différentes interventions lors des assises du démantèlement nucléaire, nous identifions plusieurs facteurs à cet état de fait dont les principaux sont les suivants :

- La vision de nombreux acteurs qui vise à considérer que « le démantèlement c'est des pelles et des pioches » et qui ne voit pas la nécessité d'innover
- Un manque de confiance écosystémique, avec une primauté des relations contractuelles focalisées sur des visions partielles plutôt qu'une approche coopérative basée sur une vision d'ensemble
- Un système contractuel essentiellement basé sur des appels d'offres qui ne permet pas de « récompenser » suffisamment la prise de risque que représente l'innovation (intégrer une part d'innovation dans la réponse à un appel d'offres fait prendre le risque d'être moins compétitif en termes de prix, sans avoir la garantie que la solution innovante soit appréciée à sa juste valeur).
- L'aversion au risque en termes de sûreté qui conduit à privilégier les solutions techniques ayant déjà fait leurs preuves au détriment des approches innovantes

- Une R&D CEA insuffisamment portée sur les besoins des projets de démantèlement et se concentrant plus sur des thématiques plus aval au démantèlement (par exemple la gestion des déchets nucléaires)
- Une insuffisance d'apports de R&D externe, liée à la méconnaissance du secteur et à une taille de marché jugée insuffisante (malgré les perspectives à venir) par rapport aux besoins d'investissement
- L'absence de visibilité, évoquée par de nombreux sous-traitants, sur les perspectives d'évolution du marché du démantèlement, ce qui génère une réticence à investir et innover de manière durable
- Une insuffisante coopération entre les donneurs d'ordres, au niveau national, pour donner de la visibilité au marché national du démantèlement

Ces différents points expliquent qu'en 2012-2013, la logique de conservation de l'existant l'emporte sur la dynamique d'innovation et que nous ayons affaire à un écosystème d'affaires qui ne se soit pas transformé en écosystème de l'innovation.

A partir de 2013-2014, le projet du Pôle de Valorisation des Sites Industriels (PVSI) monte en puissance. Il est impulsé par la firme leader de l'écosystème, le CEA/Marcoule. Les objectifs de PVSI, sur lesquels nous reviendrons ultérieurement, sont multiples. Mais l'objectif sous-jacent (car personne ne l'a formulé de cette manière) que nous identifions est d'essayer, sur quelques années, de vaincre la logique de conservation de l'existant et de transformer l'écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation.

Nous allons voir à présent la stratégie d'intéressement mise en œuvre par le CEA/Marcoule dans les premières étapes de la traduction écosystémique.

2. L'intéressement interne : convaincre du besoin d'une ambidextrie de réseau

Pourquoi dépenser de l'énergie à structurer notre écosystème externe alors que beaucoup d'efforts sont faits en interne pour nous adapter aux difficultés du démantèlement ? Est-ce d'ailleurs à nous de le faire ? Le marché ne doit-il pas s'auto-organiser tout seul pour répondre à nos besoins de donneur d'ordres ?

Ces questions, que nous avons entendues à de nombreuses reprises, sont représentatives de l'état d'esprit de nombreux acteurs internes du CEA lors du lancement de la démarche PVSI. L'idée sous-jacente est que le CEA doit compter avant tout sur ses propres forces et qu'il a suffisamment à faire en interne au lieu de se « disperser » en s'occupant également de son écosystème externe.

Pour lutter contre cette idée, et sortir de ce paradoxe apparent, la stratégie d'intéressement des acteurs internes mise en œuvre par la Direction et l'équipe projet PVSI ne peut être que de montrer au contraire la complémentarité entre les actions déjà réalisées en interne (réorganisations, changement du contexte) et les opportunités qui émergeraient par une action volontariste sur l'écosystème externe. Le discours peut ainsi se développer selon trois axes. En agissant sur son écosystème (donc en mettant en œuvre une ambidextrie de réseau), le CEA pourrait :

- **Changer d'échelle dans le développement des compétences :** Malgré le renforcement des moyens et la montée en gamme des compétences internes, les chantiers de démantèlement restent extrêmement dépendants des compétences externes. Le démantèlement nucléaire exige du personnel formé à tous les niveaux : bac professionnel, DUT, licence professionnelle, master, ingénieur… Il nécessite des soudeurs hautement qualifiés, des agents d'intervention et d'exploitation capables d'intervenir en milieu nucléaire (et disposant à cet effet des qualifications requises…) des conducteurs de travaux, des ingénieurs d'études…
  La firme leader de l'écosystème ne peut donc pas se désintéresser de la manière dont son tissu industriel évolue et se renforce ou non en termes de compétences. Si ces compétences sont absentes, elles peuvent vite conduire à des blocages : un chantier de démantèlement parfaitement préparé en amont (avec des milliers d'heures d'études) peut être très vite bloqué parce qu'il manque des soudeurs hautement qualifiés ou du personnel capable d'intervenir en milieu amianté…

- **Anticiper et accompagner la règlementation :** lors des différentes assises du démantèlement, un nombre important d'interventions était consacré aux difficultés liées aux réglementations sûreté et achat. Nous avons longuement décrit les paradoxes liés à ces deux sujets dans les parties précédentes. La firme leader a réalisé beaucoup d'efforts en interne pour s'adapter le mieux possible aux contraintes légales et règlementaires s'appliquant au démantèlement nucléaire. Mais elle ne peut faire plus en restant à son seul niveau. Une part importante de la problématique vient du fait que le démantèlement nucléaire est un secteur

industriel en construction, dont les spécificités sectorielles sont encore peu connues et très certainement mal prises en compte par la règlementation. Dès lors, mieux faire reconnaître la spécificité sectorielle du démantèlement et pouvoir influer en ce sens sur la réglementation implique de fédérer l'ensemble des acteurs de l'écosystème : acteurs marchés, autorités de sûreté, parlementaires, Etat…

- **Soutenir le développement et l'intégration technologique de la filière :** dans ce domaine encore, les seuls efforts internes du CEA pour faire appel à davantage de R&D et d'innovations dans le secteur du démantèlement ne peuvent suffire. Il est nécessaire qu'un nombre croissant d'acteurs de l'écosystème en soit convaincu pour affaiblir l'opinion communément répandue que « le démantèlement, c'est la pelle et des pioches ».

  Beaucoup d'acteurs doivent ainsi être convaincus du fait que la R&D puisse contribuer à la fois à améliorer les cadences des chantiers et lever les verrous technologiques. Dans ce secteur en émergence où les risques industriels pris sont importants, la question du retour sur investissement de la R&D et de l'innovation se pose de manière cruciale…

  Durant des mois, un intéressement interne a été conduit auprès de l'ensemble des acteurs du CEA impliqués par le démantèlement : direction générale, directions fonctionnelles, chefs de projets, exploitants, instances du personnel… Ceci s'est traduit par de nombreuses présentations internes, réalisées par la Direction du CEA/Marcoule ou l'équipe projet PVSI autour d'un message qui pourrait se résumer de la manière suivante : « malgré tous nos efforts internes, nous n'y arriverons pas en comptant sur nos propres forces. Nous avons besoin de mobiliser l'ensemble des acteurs autour de nous pour surmonter les difficultés que nous rencontrons ».

En définitive, l'intéressement interne a eu pour but de démontrer la parfaite complémentarité de l'ambidextrie de réseau avec les ambidextries structurelles et contextuelles déjà menées en interne.

3.L’intéressement externe : convaincre l’ensemble des parties prenantes de l’intérêt de PVSI

Comme nous l’avons évoqué précédemment, la problématisation consiste à situer son problème dans un champ de questions intellectuellement légitimes. La problématisation ne se limite cependant pas à la formulation des problèmes mais doit également inclure l’entre-définition des acteurs et la définition des points de passage obligés (PPO).
L’entre-définition des acteurs consiste à associer les questions formulées avec les différents acteurs. Le point de passage obligé (PPO) doit démontrer qu’il peut répondre aux intérêts de tous les acteurs évoqués précédemment, et même qu’il est le seul à pouvoir y répondre.

A partir de 2013-2014, le CEA présente progressivement PVSI comme un point de passage obligé qui répond à la problématique qu’il a lui-même définie, à savoir la volonté de renforcer l’innovation et la montée en gamme dans le domaine du démantèlement nucléaire.

Cette présentation se fait à l’ensemble des acteurs (parties prenantes) qui peuvent avoir une influence sur le projet. Dès lors, l’ensemble de ces acteurs doivent se positionner par rapport à PVSI. Tous ces acteurs peuvent alors soit se saisir du projet, soit s’en détourner. Le dispositif d’intéressement mis en œuvre par le CEA durant cette période consiste donc à créer des liens, mettre en évidence des points d’accroche vis-à-vis de PVSI, et convaincre individuellement chaque acteur majeur que le projet peut représenter une opportunité pour lui.

Cet exercice est un art difficile. Dans un article de 1988, AKRICH, CALLON et LATOUR évoquent « l’art de l’intéressement ». Considérer l’intéressement comme un art nous semble très pertinent. Tout artiste s’adresse délibérément aux sens, aux émotions, aux intuitions et à l’intellect des personnes qui vont admirer l’œuvre. D’une certaine manière, c’est la même chose avec un projet de ce type. Nul ne sait précisément l’argument, le point de détail, ou l’intuition qui fait basculer une personne d’une opinion hostile à une vision positive, puis engagée vis-à-vis d’un projet qu’on lui présente. Mais il est certain, qu’à un moment, un certain nombre d’acteurs rencontrent cette étincelle et s’engagent tandis que d’autres restent désespérément hermétiques au projet et s’en désintéressent…

Si l’art de l’intéressement est difficile pour les porteurs d’un projet, c’est tout d’abord parce qu’il faut prendre du recul par rapport à eux-mêmes. Au lieu de continuer à voir le projet de l’intérieur, il faut apprendre à changer de vision et se demander comment les acteurs que l’on

souhaite intéresser peuvent voir le projet. Comment créer en eux cette fameuse étincelle qui peut les rendre partie prenante du projet ? D'une certaine manière, il s'agit d'une posture de dessaisissement. Le projet n'est plus seulement leur projet, fait pour répondre à leurs seuls objectifs, mais doit aussi répondre aux objectifs et attentes des autres acteurs à intéresser. Pour être capable de voir le projet depuis leurs points de vue, il convient d'apprendre à les connaître, de rentrer dans leurs modes de pensée, et d'apprendre progressivement à raisonner comme eux. La posture de dessaisissement suppose aussi le compromis. Il est possible qu'une nouvelle option conduise à décentrer quelque peu le projet de sa capacité à répondre à un objectif interne, mais qu'elle lui permette par contre de remporter l'adhésion d'une partie prenante essentielle. La négociation, le compromis, consistent donc à identifier les points essentiels du projet auxquels on tient tout en sachant faire preuve de souplesse et d'adaptation sur les autres points.

Nous allons décrire à présent le dispositif d'intéressement mis en œuvre par les porteurs du projet PVSI vis-à-vis de l'ensemble des parties prenantes.

1.2. L'intéressement des acteurs institutionnels locaux

Parmi les 7 membres fondateurs de l'association PVSI se trouve la Communauté d'agglomération du Gard Rhodanien. Située au Nord-Est du département du Gard, cette communauté d'agglomération de 611 km2 regroupe 42 communes pour 68 232 habitants. Cette communauté d'agglomération, qui a été créée en 2013, est issue de la fusion de cinq communautés de communes. Les cartes ci-dessous permettent de situer le territoire de cette communauté d'agglomération au sein du département du Gard (carte de gauche) et la répartition par commune avec la localisation du site de Marcoule (carte de droite) :

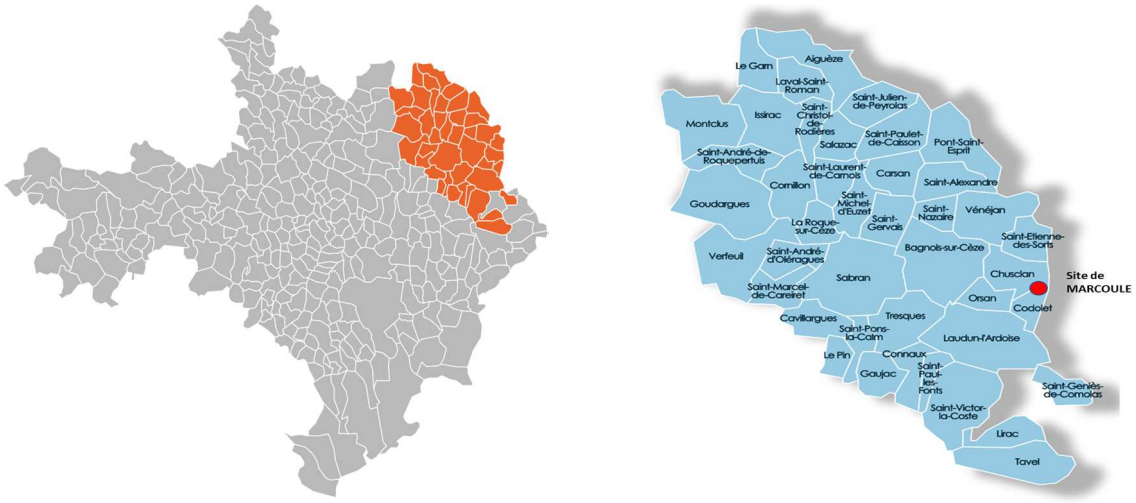


Figure 26

La constitution de la communauté d'agglomération en 2012-2013 se fait simultanément avec le lancement du projet PVSI. Pour le projet PVSI, elle devient donc très vite un acteur incontournable.

Depuis la décision d'implantation d'un site nucléaire dans les années 50, le développement économique du Gard Rhodanien est étroitement lié aux évolutions de Marcoule : celui-ci prospère lorsque l'activité se développe sur le site (ce fut le cas lors de la construction de PHENIX ou la construction de MELOX par exemple) et peut décliner dès que le niveau d'activité se rétracte (le dense réseau de sous-traitants, souvent liés à des firmes d'ampleur nationale, peut choisir d'autres territoires en cas de baisse d'activité). Comme nous l'avons souligné lorsque nous avons évoqué le paradoxe territorial du démantèlement nucléaire, l'avancée du démantèlement du site de Marcoule peut représenter à terme une perte importante d'activités pour le site et impacter grandement son environnement local. Pour la communauté d'agglomération, la principale motivation par rapport à PVSI est la capacité du projet à pérenniser l'emploi et de l'activité au niveau local. Lorsqu'une installation nucléaire s'arrête, l'activité décline. La phase de démantèlement, qui peut durer plusieurs dizaines d'années, permet de lisser cet effet. Si de surcroît, le démantèlement permet de générer de nouveaux savoir-faire, valorisables sur d'autres terrains d'actions, le lissage de la baisse d'activité est encore atténué.

Pour l'agglomération, PVSI permet donc de donner une image valorisante et dynamique du territoire, permettant de compenser l'effet des arrêts d'UP1 et de l'APM en 1997 et de PHENIX en 2009.

Ceci se manifeste notamment par la volonté de développer le Parc Régional d'Activité Economique (PRAE) Marcel Boiteux. Situé sur les communes de Codolet et Chusclan, aux portes du site de Marcoule, ce parc d'activité a été créé grâce à un partenariat entre la Région et la Communauté d'agglomération du Gard rhodanien. Un syndicat mixte, associant ces deux entités, a été créé afin d'aménager, de promouvoir, de commercialiser et de gérer ce PRAE.

Une enveloppe de 20 M€ a été mobilisée pour mener à bien l'aménagement du PRAE. Le financement est assuré par la Région. La Communauté d'agglomération rétrocède une partie des taxes générées par les entreprises implantées.



Figure 27

1.3. L'intéressement des acteurs institutionnels régionaux

Comment intéresser la Région (à l'époque la Région Languedoc Roussillon) au projet PVSI ?

Le premier argument est bien entendu celui de la croissance et l'emploi, tel que nous venons de le développer pour l'environnement local. A l'échelle de la région Languedoc Roussillon, le site de Marcoule est un poumon économique majeur et représente un réservoir d'emplois considérable (rappelons que plus de 5000 personnes travaillent au quotidien sur le site et que 20000 personnes vivent de l'activité du site comme l'indique l'étude INSEE de 2011).

Mais l'intéressement de la Région nécessite aussi de montrer que le projet est cohérent avec la politique régionale. Dans un document de mars 2015 sur les stratégies régionales d'innovation des régions Françaises, une carte présente les caractérisations des tissus économiques par zone d'emploi. Il est très intéressant de constater que le Gard Rhodanien (dont le site de Marcoule est le cœur) représente la seule zone à spécialisation industrielle (en orange). La zone de Montpellier (en violet) est une zone dense avec surreprésentation des emplois de cadres et les autres zones régionales sont des zones à vocation touristique ou des zones à vocation tertiaire public :

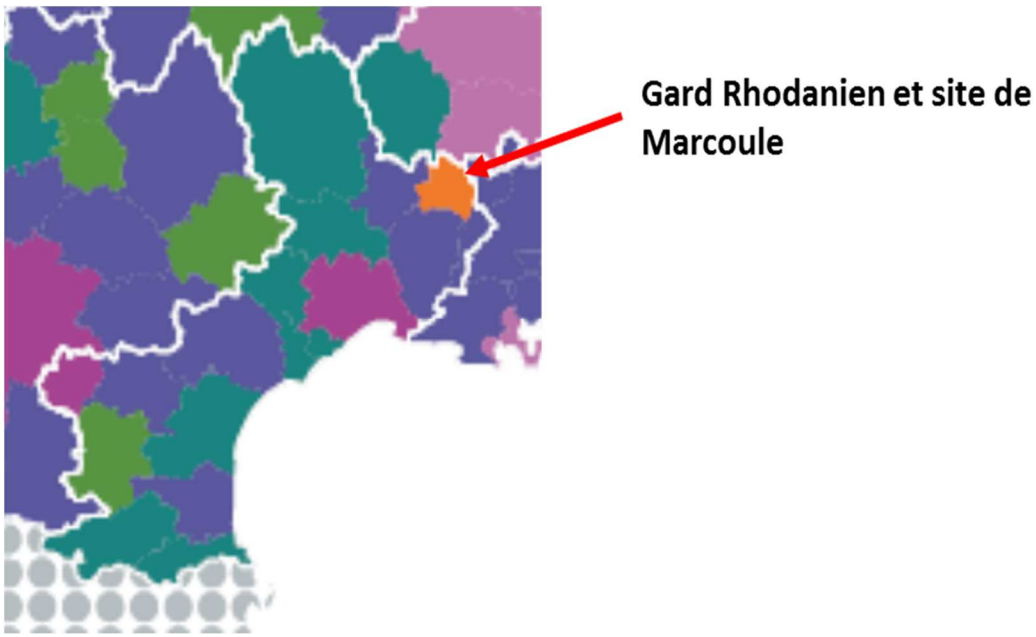


Figure 28

Ce caractère unique est à la fois un atout et un handicap. Un atout car ceci conduit à une prise de conscience de la nécessité de préserver ce capital industriel. Un handicap car les spécificités de l'industrie (et en particulier d'une industrie aussi particulière que le secteur nucléaire) peuvent être mal perçues dans une région dont ce n'est pas le cœur d'activité.

En partant de cette spécificité, la stratégie du CEA et du projet PVSI a été d'intégrer le projet dans la stratégie de smart specialisation (spécialisation intelligente) de la Région Languedoc Roussillon. Le concept de smart specialisation date du milieu des années 2000, lorsque le groupe d'experts « Knowledge for Growth » a été mandaté par la commission européenne pour identifier les pistes permettant de réduire l'écart de compétitivité entre l'Union Européenne et les Etats-Unis. L'objectif de cette politique est d'éviter la dispersion et de faire en sorte que chacune des régions des 27 états-membres se concentre dans les secteurs les plus prometteurs et dans lesquels les régions disposent d'avantages concurrentiels suffisants. Le principe est d'éviter que plusieurs régions n'investissent dans des activités similaires, ce qui provoquerait des doublons peu propices à l'amélioration de leur compétitivité. Il va de soi que les fonds structurels européens dédiés à l'innovation (et par extension les fonds nationaux) sont désormais grandement influencés par cette logique. Autrement dit, il y a désormais de moins en moins de chances de trouver un financement public pour un projet dans une région s'il n'est pas intégré dans sa stratégie de smart specialisation…

L'insertion des enjeux de PVSI dans la 3S Languedoc Roussillon a constitué un premier test grandeur nature de la capacité de l'écosystème à se mobiliser et faire valoir ses intérêts. Entre juillet et décembre 2013, la Région Languedoc Roussillon a mobilisé près de 300 acteurs régionaux issus du monde économique, de la recherche et de l'innovation (groupements d'entreprises, pôles de compétitivité…). Leur objectif était de choisir les domaines de la 3S et de définir le positionnement possible de la région dans les années à venir. Il s'agissait également de fixer une feuille de route par domaine, en fixant des ambitions avec des objectifs opérationnels mesurables et des actions structurantes.

Ces orientations ont été par la suite intégrées dans le Schéma Régional de Développement Economique de la Région (SRDE 2014-2020) dont elle constitue le volet productif.

La mobilisation des acteurs PVSI a été une réussite en permettant aux thématiques de l'écosystème territorial d'être insérées dans la carte stratégique de la S3. Parmi les 7 grands domaines d'innovation, les thématiques PVSI se retrouvent dans le domaine « transition économique » avec les mots clés suivants : « Démantèlement, Déconstruction, Dépollution ».

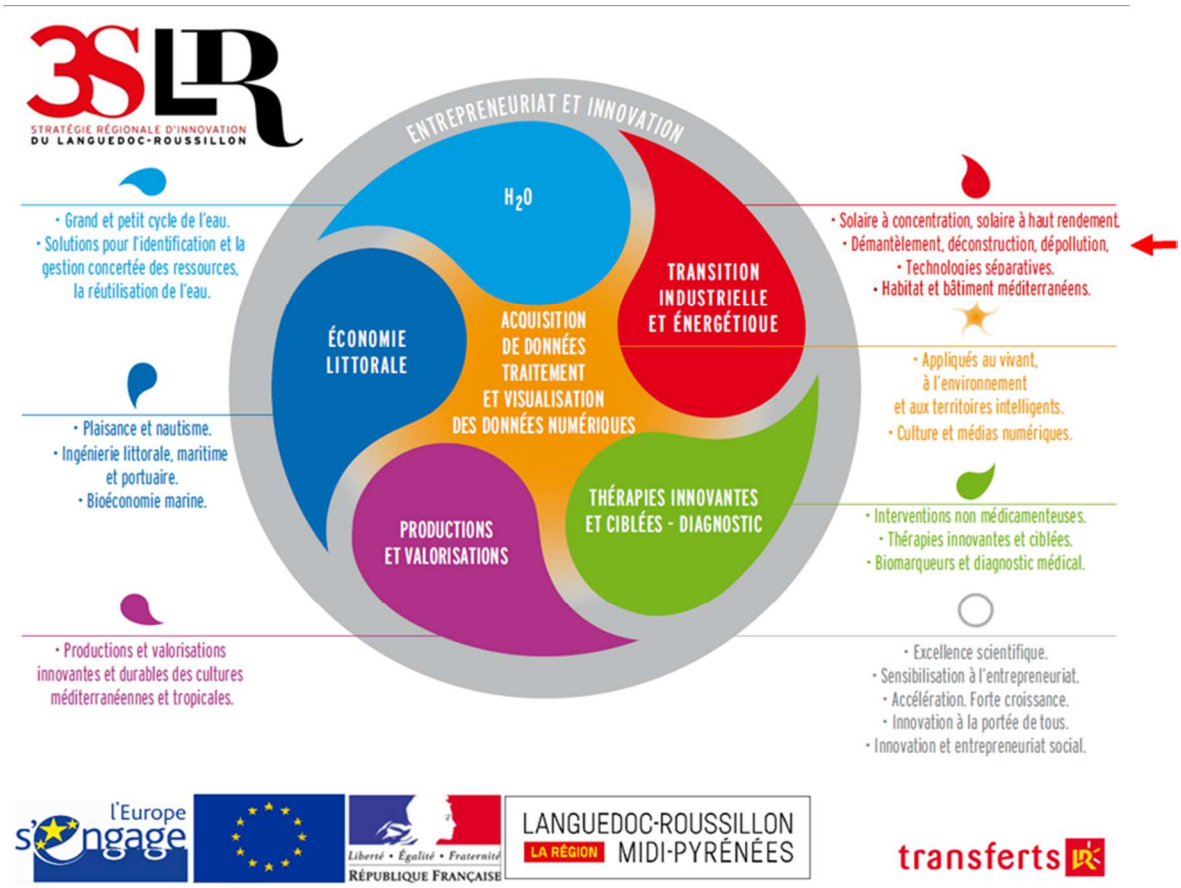


Figure 29

1.4. L’intéressement des pôles de compétitivité

Le lancement et de la montée en puissance de PVSI, dans la période 2012-2014, intervient dans une phase d’interrogation sur la politique des pôles de compétitivité.

En juin 2012, un rapport, confié au consortium Bearing Point-Erdyn-Technololis ITD, est remis au Gouvernement. Ce rapport dresse un bilan plutôt satisfaisant de la politique des pôles de compétitivité, lancée en 2006. Sur les 71 pôles évalués, le rapport fait état de 20 pôles jugés très performants, 34 pôles jugés performants et 17 pôles jugés moins performants.

En novembre 2012, l’institut de l’entreprise publie un rapport beaucoup plus polémique : avec 71 pôles en France, contre 15 en Allemagne, et 6 en Grande Bretagne, les pôles de compétitivité Français sont trop nombreux.

La carte ci-dessous, s’appuie sur le rapport remis au gouvernement et positionne les pôles selon le niveau de performance évalué en juin 2012 :

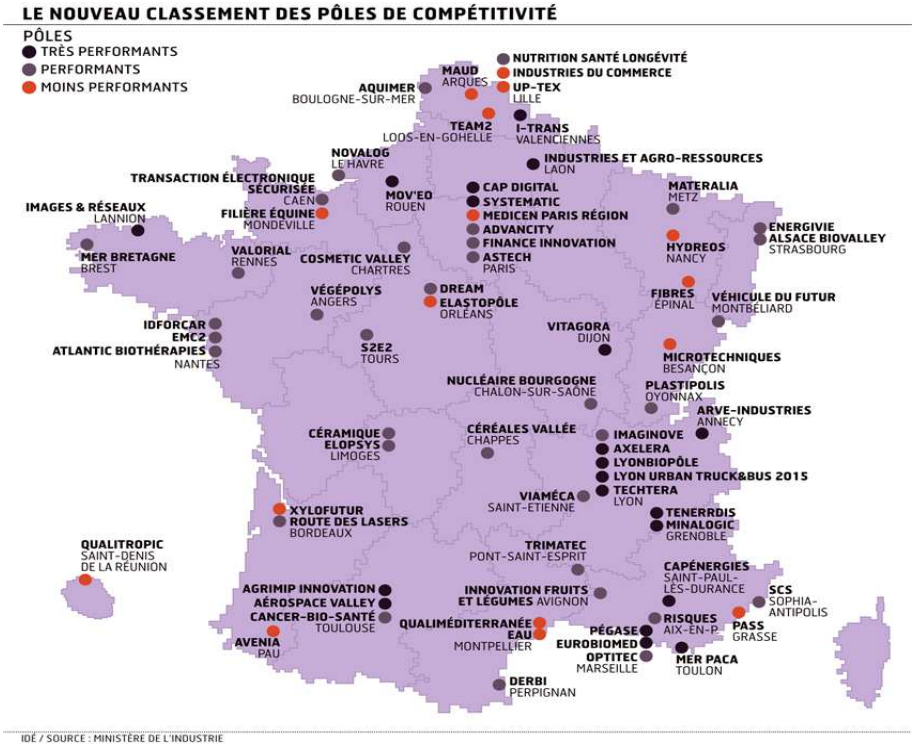


Figure 30

Dans la stratégie d’intéressement de la firme leader et des acteurs clés de PVSI, ce contexte est bien entendu essentiel à prendre en compte. Faire apparaître PVSI comme un nouveau pôle de compétitivité, au moment même où des interrogations existaient sur le nombre de pôles de compétitivité, aurait été une erreur.

D’emblée, PVSI a affiché une claire volonté de collaboration avec les pôles de compétitivité déjà existants et son absence totale de volonté d’en devenir un lui-même. Un signe manifeste de ceci est le fait que PVSI oriente les projets qu’il soutient pour qu’ils soient labellisés par des pôles de compétitivité déjà existants. Ceci représente un élément clair de différenciation car un des rôles clés de la légitimité d’un pôle de compétitivité est sa capacité à distribuer un certain nombre d’aides publiques en labélisant des projets.

Pour bien marquer cette volonté de coopération avec les pôles de compétitivité déjà existants, l’association PVSI a très vite entamé des discussions avec deux pôles clés par rapport à son action :

- Le Pôle TRIMATEC du fait de sa proximité géographique : le siège de TRIMATEC est à Pont Saint Esprit, à quelques kilomètres du site de Marcoule et du siège de l’association PVSI, situé à Bagnols/Cèze. Ces discussions se sont concrétisées le 22 avril 2014 par la signature d’un accord de collaboration entre l’association PVSI et le Pôle TRIMATEC
- Le Pôle Nucléaire Bourgogne (PNB) du fait de sa proximité thématique : le PNB est le seul pôle de compétitivité français clairement dédié au secteur nucléaire. En décembre 2015, l’association PVSI et le PNB ont signé une convention pour s’engager à travailler de concert et à faire profiter leurs adhérents de leurs complémentarités, que ce soit en termes d’innovation, de formation, d’animation ou d’international.

Ainsi, en faisant ce choix clair de ne pas être un pôle de compétitivité et en normalisant ses relations avec ce type de structure, PVSI peut se recentrer sur son rôle de fédération et de mobilisation d’un écosystème d’affaires, autour d’un site industriel et d’une firme leader.

3.5. L’intéressement du Comité Stratégique de Filière Nucléaire (CSFN)

La légitimité de la démarche PVSI repose aussi sur son acceptation par la filière nucléaire dans son ensemble.

Le 21 février 2011, dans le cadre des Etats Généraux de l’Industrie, le Conseil de Politique Nucléaire a demandé au ministre chargé de l’Energie d’installer un comité stratégique de l’énergie nucléaire, réunissant l’ensemble des acteurs de la filière. Sous la présidence du ministre de l’industrie et la vice-présidence du PDG d’EDF, ce comité s’est donné pour mission de renforcer les relations et les partenariats des différents acteurs de l’industrie nucléaire. Un

des grands intérêts de cette structuration sous forme de filières industrielles est de faciliter l'accès aux différents outils de soutien à l'industrie mis en place par le gouvernement (Fonds de Soutien à l'Industrie, OSEO, aides aux pôles de compétitivité…).
Très rapidement, le CSFN s'est structuré autour de 4 grands objectifs : L'emploi et l'activité, la structuration de la filière, l'innovation, le développement de la filière (notamment à l'export). En 2012-2013, 6 groupes de travail sont constitués : 1) performance de la filière 2) compétences et formations 3) marché à l'export 4) R&D, 5) information 6) groupe de travail transverse sur le contrat de filière.
Le démantèlement est bien entendu un sujet transverse aux différents groupes. Le choix a été fait de créer un sous-groupe spécifique au groupe de travail 4, consacré spécifiquement au démantèlement nucléaire.

Pour PVSI, la mise en place du CSFN et du sous-groupe démantèlement a clairement été une opportunité, dans la phase d'intéressement. Le projet porté par PVSI sur le développement d'un écosystème territorial dédié au démantèlement autour du site de Marcoule a ainsi pu paraître comme une initiative structurante et fédératrice pour la filière, répondant de surcroît à l'ensemble des 4 objectifs : créer des emplois, structurer la filière, innover et développer la filière en France et à l'export. Le développement concomitant du CSFN, crée en 2011, et du projet PVSI, lancé en 2012-2013, a ainsi permis un renforcement mutuel : un cadre de discussion qui se crée et permet ainsi de faire avancer les projets, un projet fédérateur et emblématique pour la filière.

3.6. L'intéressement des autres écosystèmes territoriaux dédiés au nucléaire

Au moment du lancement de PVSI en 2012-2013, deux grands pôles existent :

- **Le Pôle Nucléaire Bourgogne (PNB)** : comme déjà évoqué, le PNB est un pôle de compétitivité. Créé en 2005 sous la forme d'une association, il rassemble près de 200 acteurs de la filière nucléaire, principalement en Bourgogne, dans le couloir rhodanien et en région parisienne. Son ancrage territorial repose sur le site CEA de VALDUC, les usines AREVA de Chalon sur Saône et du Creusot, le Centre d'expérimentation et de validation des techniques d'intervention sur chaudières nucléaires à eau pressurisée (CETIC) et d'un dense réseau de sous-traitants.
  Le PNB s'est structuré autour de 4 domaines d'activités stratégiques :
  DAS 1 : Eco-réalisation et durabilité des composants nucléaires

DAS 2 : Contrôle pour composants hautes performances

DAS 3 : Maintenance et démantèlement en milieu hostile

DAS 4 : Bétons nucléaires, génie civil et bâtiment sensible

- **Nucléopolis :** situé en Normandie, ce pôle a été créé en 2010. Il regroupe 64 adhérents et associe des organismes de recherche et de formation renommés, de grands industriels et un tissu de PME performantes. L'ancrage territorial de Nucléopolis s'appuie sur la présence de l'usine de recyclage d'AREVA La Hague, des réacteurs EDF de Flamanville, du Grand Accélérateur National d'Ions Lourds (GANIL), du centre de stockage des déchets nucléaires de la Manche, et la construction de sous-marins nucléaires de DCNS à Cherbourg.

  Nucleopolis s'est structuré autour de 2 grands domaines d'activités stratégiques :

  DAS 1 : L'énergie, de la recherche au démantèlement

  DAS 2 : Le nucléaire pour la santé

Parmi ces deux pôles déjà créés (PNB lancé en 2005 et Nucleopolis lancé en 2010), PVSI a dû se positionner pour trouver sa place et définir sa légitimité.

Un élément facilitateur a été la distance géographique entre les trois pôles d'activité comme le montre la carte de France ci-dessous :

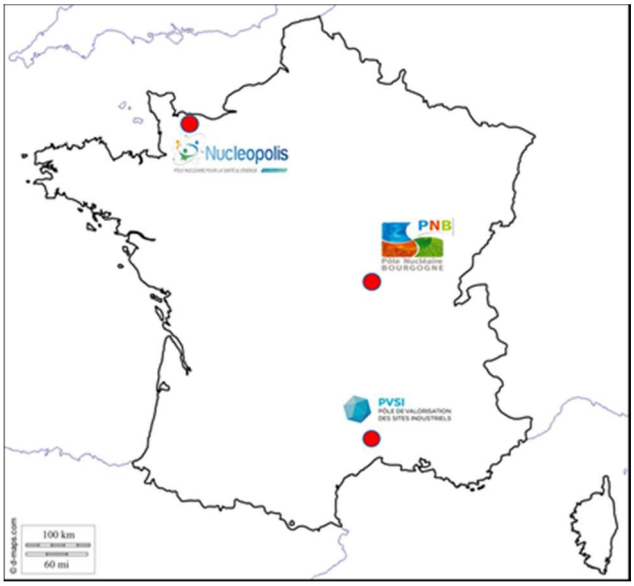


Figure 31

En termes de positionnement stratégique, le PNB et Nucleopolis incluent le démantèlement nucléaire dans leur périmètre d'activité. Pour le PNB, le démantèlement est cité dans le DAS 3 et 4. Dans le DAS 3, le PNB dispose de compétences fortes pour les interventions en milieu

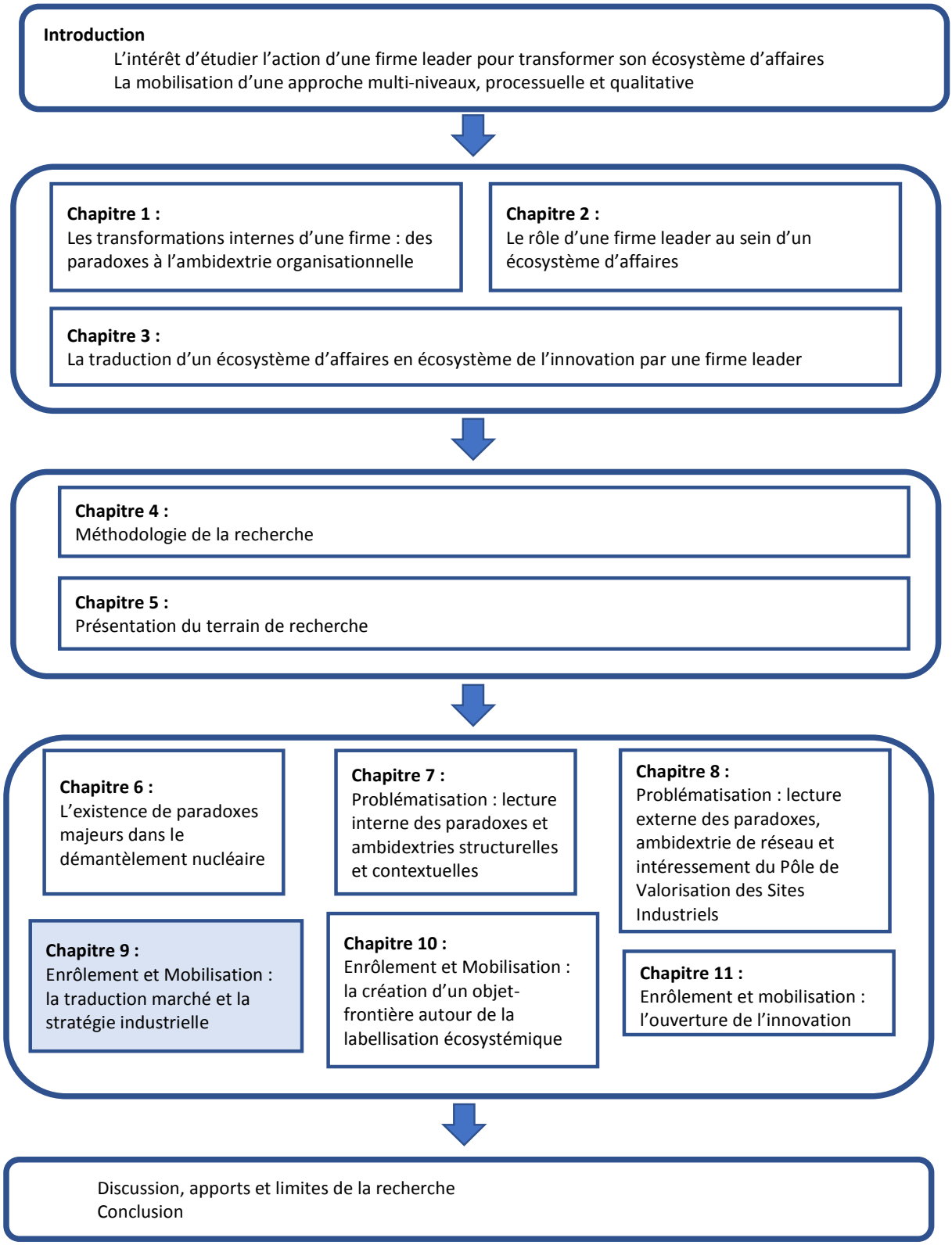
hostile, qui peuvent être mobilisées aussi bien pour la maintenance des réacteurs. La présence du CETIC à Chalon sur Saône est un atout considérable puisque ce lieu permet de former à blanc les opérateurs qui interviennent sur les centrales nucléaires françaises. L'action du PNB se concentre néanmoins sur les réacteurs de puissance. Dans le DAS 4, l'expertise du PNB dans le domaine du béton nucléaire lui permet également de se positionner sur le démantèlement.

Pour Nucleopolis, le démantèlement apparaît dans le DAS 1, lié à l'énergie. Il n'est qu'une partie de ce DAS qui couvre un nombre important d'activités nucléaires : conception, construction, instrumentation, inspection contrôle, maitrise des risques, services à l'industrie... Nucleopolis dispose de plusieurs atouts importants lui permettant de se positionner dans le démantèlement : l'activité de construction-déconstruction des sous-marins français de DCNS, situé à Cherbourg et le démantèlement de l'usine UP2-400, sur le site AREVA La Hague, qui va nécessiter 25 ans de travaux.

La stratégie d'intéressement de PVSI par rapport à ces deux autres pôles a été de jouer la carte de la complémentarité et de la coopération. Dans le cadre du comité stratégique de filière et d'autres évènements de la filière nucléaire (par exemple, préparation du Salon Word Nuclear Exhibition de 2014, véritable « Bourget du Nucléaire » auquel participe l'ensemble des acteurs de la filière), de nombreux échanges ont pu avoir lieu entre les trois pôles. Si le démantèlement nucléaire est le cœur de l'activité de PVSI, il s'agit d'une activité parmi d'autres pour les deux autres pôles. PVSI peut apporter aux deux autres pôles une vision globale du démantèlement nucléaire sur les activités du cycle et les réacteurs expérimentaux. En contrepartie et à titre d'exemple, les expertises du PNB sur le démantèlement des réacteurs de puissance (à travers notamment les moyens du CETIC), sur le comportement des bétons ou les expertises de Nucleopolis sur le démantèlement des sous-marins nucléaires peuvent intéresser des acteurs de l'écosystème PVSI. Cette recherche de synergies et de complémentarité s'est très vite concrétisée. Dès 2013, le pôle Nucleopolis a été associé à PVSI pour l'organisation des premières assises du démantèlement nucléaire sur Marcoule. En décembre 2015, un accord de cooopération a été signé entre PVSI et le PNB, concrétisant plusieurs années d'échanges et d'actions communes.

Après avoir étudié la stratégie d'intéressement mis en œuvre par le CEA, nous allons à présent consacrer les trois prochains chapitres à décrire la stratégie d'enrôlement et de mobilisation déployée par le CEA pour essayer de transformer son écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation.

Chapitre 9 – Enrôlement et mobilisation : la traduction marché et la stratégie industrielle



1. La traduction marché du leader keystone : favoriser la montée en gamme de son écosystème

1.1. La traduction marché au cœur du positionnement keystone

Comme le précise James MOORE dans sa définition de 1996, les acteurs d'un écosystème d'affaires sont hétérogènes : entreprises, institutions, syndicats, groupes de pressions… Derrière cette hétérogénéité se cache le fait qu'une partie de l'activité de l'écosystème concerne directement des acteurs marchés (à travers l'ensemble des relations de nature contractuelle et commerciale qui se déroulent au sein de l'écosystème) et qu'une partie concerne des acteurs non marchés (à travers l'ensemble des relations institutionnelles, des actions collectives de promotion de filières, de l'établissement des lois et règlements qui peuvent agir sur l'écosystème).

Comme nous l'avons vu dans la phase d'intéressement, les acteurs non marchés sont essentiels pour la légitimation d'un écosystème et les actions de transformation que l'on souhaite conduire en son sein. Vouloir renforcer l'innovation au sein d'un écosystème territorial en étant totalement orthogonal avec la stratégie régionale d'innovation de la région dans lequel il se situe serait par exemple aujourd'hui très difficile. Ces actions « non marché » sont souvent un lieu de coopération entre les différentes parties prenantes de l'écosystème.

Ceci étant dit, la dimension « marché » de l'écosystème est bien entendu primordiale. James MOORE le rappelle de manière très explicite dans sa définition. Le mot « entreprise » y est cité à plusieurs reprises (« un standard, une norme ou un savoir-faire est utilisé par plusieurs entreprises » ; « les entreprises utilisant ces compétences vont constituer une communauté de destin stratégique » ; « une ou plusieurs entreprises va avoir le rôle de leader » ; « l'entreprise leader devra développer une vision partagée avec les autres membres de l'écosystème »).

Dès lors, le leader d'un écosystème ne doit pas négliger la dimension marché lorsqu'il souhaite le transformer. Or ce rôle est particulièrement difficile car il suppose que le leader s'implique dans les importantes dynamiques concurrentielles qui sont la caractéristique d'un écosystème. La tentation du leader peut être de se concentrer uniquement sur des actions « non marché » et se focaliser exclusivement sur les enjeux liés à la coopération écosystémique. Ainsi, faisant le choix de se tenir éloigné de tout ce qui concerne la dynamique concurrentielle de l'écosystème, il limite son implication dans la transformation du jeu concurrentiel et les risques associés.

Même si cette approche peut paraître moins risquée pour le leader, nous considérons qu'elle peut s'avérer très vite inefficace et susceptible d'entamer sa crédibilité. En effet, dès lors que le

leader d'un écosystème territorial met en œuvre des actions non marchés et de nature coopératives au sein de son écosystème, il modifie la nature des relations qui s'y déroulent. Cette modification concerne également les entreprises, et en premier lieu les fournisseurs de la firme leader. Dès lors, le leader écosystémique doit rester cohérent et veiller à ce qu'un trop grand décalage n'apparaisse pas entre ses actions « non marchés » et ses actions « marchés ». Dans leur article de 2012 sur l'écosystème d'affaires SYMBIAN et sur le rôle de NOKIA, FAUTRERO et GUEGUEN soulignent ce point en mettant en avant le dédoublement progressif de personnalité du leader de l'écosystème, en l'occurrence NOKIA :

- Au départ celui-ci assure une gouvernance partagée de l'écosystème avec les autres membres et devient le porte-étendard de la réussite technologique et commerciale du système d'exploitation. Il se présente comme le bouclier de l'ensemble des acteurs de l'écosystème face à l'hégémonisme de Microsoft.

- Progressivement, il met en œuvre une attitude agressive sur le plan commercial et modifie fortement le jeu concurrentiel. Il intègre de nombreuses activités et déstabilise ainsi les équipementiers qui travaillaient pour lui.

Le résultat de cette attitude incohérente, et pouvant clairement apparaître comme hypocrite pour les autres membres de l'écosystème, ruine la confiance vis-à-vis de NOKIA et conduit au désengagement des nombreux acteurs qui quittent l'écosystème, provoquant son déclin.

Un leader keystone crédible ne peut se préoccuper uniquement de lui-même mais doit aussi se préoccuper des autres. Pour être suivi, il doit conserver leur confiance et les convaincre en permanence qu'ils ont plus d'intérêt à le suivre que l'inverse. Dès lors un leader kesytone crédible ne peut pas se focaliser uniquement sur la dimension non marché, certainement plus facile à mettre en œuvre, mais il doit aussi s'attaquer au dur chantier de la dimension marché.

Nous allons à présent montrer la mise en pratique de ceci sur l'écosystème PVSI. L'objectif affiché du CEA et de PVSI étant de favoriser la montée en gamme de l'écosystème tout entier et d'y renforcer l'innovation, nous allons nous intéresser à présent aux actions de traduction marché. La traduction marché est en effet au cœur du positionnement du leader keystone.

1.2. La nécessité d'une approche duale pour réussir la montée en gamme

Comme nous venons de le voir, la montée en gamme des entreprises qui font partie de son écosystème d'affaires territorial est un enjeu clé de la réussite du projet PVSI. Cet enjeu est majeur pour le CEA/Marcoule qui injecte chaque année près de 350 millions d'euros au sein de cet écosystème d'affaires territorial et qui a donc tout intérêt à ce qu'il soit au meilleur niveau possible et en capacité de l'aider à dépasser les paradoxes du démantèlement nucléaire.

Comment-organiser cette montée en gamme dans la dimension « marchés » de l'écosystème ? AIRBUS nous semble être un exemple très pertinent d'acteur industriel ayant réussi une montée en gamme de son écosystème d'affaires. S'inspirer de ce modèle AIRBUS nous semble très pertinent pour le CEA/Marcoule et l'écosystème d'affaires. En premier lieu parce que l'aéronautique et le démantèlement nucléaire sont deux domaines industriels qui mobilisent un niveau important de technologie. En deuxième lieu parce qu'AIRBUS possède une implantation majeure à Toulouse. Après la fusion des régions Midi-Pyrénées et Languedoc Roussillon, AIRBUS Toulouse et le site de Marcoule se retrouvent d'ailleurs dans la même grande région Occitanie. En troisième lieu, parce que des liens se créent de plus en plus entre l'écosystème AIRBUS et l'écosystème PVSI. Des acteurs industriels participent aux deux écosystèmes. Dans le cadre de cette thèse, nous avons eu l'occasion de discuter à plusieurs reprises avec un responsable de start-up qui intervenait à la fois sur les projets d'Airbus et du CNES à Toulouse et sur les projets du démantèlement à Marcoule.

Nous allons donc à présent décrire l'organisation industrielle d'AIRBUS. Nous verrons dans les parties suivantes si ce modèle est transposable à l'écosystème PVSI et quelles en sont les conditions.

AIRBUS fait travailler environ 3000 sous-traitants répartis dans une trentaine de pays. Comme le démontre F.MAZAUD dans sa thèse de 2007, l'industrie aéronautique est une industrie hiérarchisée, segmentée et concentrée.

Au sommet de la pyramide se trouve la tête de réseau, Airbus SAS, localisée à Toulouse. Airbus maîtrise des compétences stratégiques tels que la conception, l'assemblage final, les essais au sol, la réalisation de la pointe avant, du poste de pilotage et des mâts réacteurs (qui permettent d'accrocher les moteurs sous les ailes de l'avion pour réguler les commandes de carburant et les circuits électriques).

Situés au premier rang du réseau, les « majors componants suppliers » (fournisseurs de composants majeurs) comprennent les systémiers et les équipementiers. Ils fournissent à AIRBUS des systèmes, sous-ensembles ou modules complets :

- THALES AVIONICS : systèmes complets de pilotage, de navigation et de visualisation
- ROCKWELL COLLINS FRANCE : Logiciels de transmission de données
- RATIER FIGEAC : Vis à bille de l'empennage arrière de l'A380
- LIEBEHERR Aerospace : Systèmes complets de conditionnement d'air.
- LATECOERE : Tronçons de fuselages, Portes passagers
- GOODRICH AEROSPACE : Train d'atterrissage principal
- …….

Un second rang est composé de sociétés de service et des sous-traitants de spécialité.

Les sociétés de service sont :

- des sociétés de prestataires de services informatiques (SSII)
- des sociétés de services liées aux activités de gestion de production, prévision budgétaire, modélisation et gestion du processus industriel
- des sociétés de services intervenant dans le marketing, la maintenance…

Les sous-traitants de spécialité sont des fournisseurs de composants spécifiques. Ils travaillent sur une niche très spécialisée, relevant d'un domaine stratégique.

Les entreprises du second rang interviennent très majoritairement en fournissant des services aux systèmes et équipementiers du premier rang. De manière marginale, ils peuvent tisser des relations directes avec AIRBUS.

Enfin, le troisième rang est constitué par les sous-traitants de capacité. Ils ne développent aucune relation directe avec AIRBUS. Disposant de très peu de marge de manœuvre, ils se cantonnent à la production en série de pièces ou composants.

Dans l'organisation du système productif d'AIRBUS, F.MAZAUD met ainsi en évidence l'existence d'une segmentation stratégique des achats qui induit une segmentation stratégique des fournisseurs. Ce système se caractérise par un double mouvement qui fait cohabiter une

tendance à la modularisation et / ou à l'intégration des systèmes et une tendance à la segmentation stratégique des achats.

Dans sa stratégie d'achat, AIRBUS met simultanément en œuvre deux approches distinctes :

- une approche traditionnelle dite « arm's lenght »
- une approche dite « partenariale »

L'approche dite « arm's lenght », littéralement à bout de bras, s'inscrit dans un rapport de force avec les fournisseurs et les sous-traitants. Cette approche consiste à mettre en concurrence les sous-traitants. Elle est adaptée aux produits et services qui ne constituent pas le cœur de l'activité et dont la valeur ajoutée est relativement faible.

Dans cette approche, l'architecte intégrateur « pilote » les opérations. Il conserve la maîtrise finale du produit. Il spécifie unilatéralement les interfaces. Son objectif principal est de flexibiliser le réseau de sous-traitance, de standardiser au maximum et de réduire les coûts.

L'approche dite « partenariale » ou « intégration système » suppose une collaboration. Dans le cadre d'un partenariat, chaque firme développe une stratégie propre en vue d'obtenir un avantage individuel, distinctif et durable ainsi qu'un avantage compétitif collectif. Pour DYER en 1997, les avantages d'un partenariat sont de quatre ordres :

- des investissements dans des actifs spécifiques à une relation
- un échange de connaissances substantielles qui conduit à un apprentissage joint
- une combinaison de ressources et capacités complémentaires mais rares
- des coûts de transaction plus faibles que ceux des alliances concurrentes, dus à une plus grande efficacité des mécanismes de gouvernance.

Comme l'indiquent GARETTE et DUSSAUGE en 1995, le partenariat est dit d'impartition lorsque l'accord porte sur une relation de type client / fournisseur. L'approche dite « partenariale » implique une relation de sous-traitance intermédiée. Ainsi, entre le donneur d'ordres et ses sous-traitants, un nouvel acteur, aux fonctions élargies, vient s'interposer entre le donneur d'ordre, devenu assembleur et les sous-traitants.

La réussite industrielle d'AIRBUS s'explique en partie par sa capacité à avoir su mener de front ces deux approches et notamment l'approche dite « partenariale ». Dans la durée, AIRBUS a su faire émerger de véritables partenariats avec des firmes que l'on peut désormais qualifier de « firmes pivots ». Au sein du système AIRBUS, la firme pivot est soit un systémier, soit un

équipementier. Le systémier réalise un système, l'équipementier un équipement, ces équipements et systèmes étant souvent d'une importance stratégique pour l'avionneur.

La nature de la firme pivot est déterminée par les compétences qu'elle maîtrise. La compétence d'intermédiation d'une firme pivot se dissocie en une capacité combinatoire (capacité à combiner un ensemble de ressources, le know who) et une compétence stratégique (réalisation d'un système à forte valeur ajoutée et différenciant).

En termes de fonction, la firme pivot est capable d'interagir en amont avec l'intégrateur et en aval avec un ensemble de sous-traitants. Pour réaliser le système dont elle a la charge, elle doit être capable de coordonner les relations verticales nécessaires.

Pour F.MAZAUD, la firme pivot est « *une partenaire stratégique qui d'une part, co-conçoit, en toute intelligence avec l'intégrateur, le système dont elle a la charge, en co-spécifiant les interfaces requises et d'autre part développe une compétence stratégique et combinatoire dans le cadre d'un réseau hiérarchisé »* (MAZAUD, 2007).

Pour DOSI et TEECE en 1998, la firme pivot est avant tout un acteur techniquement ou technologiquement spécialisé, qui développe une compétence distinctive. En disposant de savoir-faire, d'actifs spécifiques et de routines organisationnelles, elle est capable de coordonner un ensemble d'activités qui induisent un avantage compétitif.

La firme pivot est l'élément clé d'une sous-traitance intermédiée entre l'architecte ensemblier et l'ensemble de ses fournisseurs. En amont, la firme pivot spécifie, conjointement à l'architecte ensemblier, l'interface entre le système dont elle a la charge et le produit d'ensemble. En aval, elle coopère avec les autres sous-traitants pour la réalisation de certains composants. De cette manière, la firme pivot combine un ensemble d'activités et de compétences à l'intérieur comme à l'extérieur de ses frontières.

Le rôle d'une firme pivot est particulièrement important dans un environnement complexe. Face à des projets pouvant être soumis à de nombreux aléas, elle doit être en mesure de résoudre les éventuels problèmes productifs pouvant survenir.

Comme le rappelle MAZAUD, la firme pivot exerce plusieurs fonctions :

- Une interface interactive entre architecte ensemblier et sous-traitants :
  La nature de l'interface induit la nature de la relation entre l'architecte ensemblier et ses fournisseurs. Plus l'interface est standardisée, plus la relation sera de nature marchande.

Plus l'interface sera interactive, plus la relation sera de nature partenariale. Cette configuration caractérise une architecture-produit intégrale.

En règle générale, le but des architectes ensembliers est de standardiser au maximum les interfaces. Dans la cadre de systèmes stratégiques et complexes, il doit cependant s'appuyer sur des compétences complémentaires détenues par les firmes pivots. Les interfaces sont alors spécifiées de façon interactive.

- Une coordination stratégique des relations verticales :

  L'architecte ensemblier confie à la firme pivot, responsable d'un système stratégique, un cahier des charges fonctionnel. La firme pivot participe donc de manière interactive à la conception et au développement de son système. L'objectif premier de la sous-traitance de modules ou systèmes complets est la réalisation d'économie de coût de production. Pour les segments les plus stratégiques, l'architecte ensemblier conserve un droit d'ingérence sur la chaîne des fournisseurs de second rang, voire de troisième rang. En ce sens, il peut demander à la firme pivot de ne pas travailler avec tel ou tel fournisseur, interrompre une relation ou encore choisir un fournisseur de second voire troisième rang.

- Une coordination partenariale, dans le cadre de la relation amont à l'architecte ensemblier :

  Pour réaliser des systèmes stratégiques, l'architecte ensemblier s'assure du concours de firmes pivots, disposant de compétences complémentaires aux siennes. Comme le souligne MOATI en 2001, *« les mécanismes de coordination entre les différents participants à la construction du bouquet impliquent alors des relations qui vont bien au-delà de la transaction marchande ordinaire : échange d'informations, co-innovation, construction d'un langage commun, engagement d'investissements spécifiques à la relation… »* (MOATI, 2001).

  Ceci implique des cahiers des charges définis de manière fonctionnelle. De fait, la coordination se fait sur une base partenariale. Les firmes pivots interagissent avec l'architecte ensemblier pour spécifier des interfaces, pour concevoir et pour développer leurs systèmes.

- Un glissement de la fonction de coordination au profit de la firme pivot :

  De la même manière que l'architecte ensemblier fait appel à des firmes pivots, la firme pivot ne peut souvent pas concevoir seule le système complet dont elle a la charge. Elle

doit alors faire appel à des sous-traitants et en combiner les compétences. Suivant le même modèle que celui qui la lie elle-même à l'architecte ensemblier, la firme pivot coordonne de façon partenariale ses relations aux fournisseurs de sous-ensembles stratégiques et de façon marchande ses relations aux fournisseurs de composants standards.

En résumé de ces quatre points, l'architecte ensemblier délègue une partie de la responsabilité de la coordination du réseau vertical à des acteurs de premier rang qui développent une fonction de pivot, ce qui représente un glissement de la fonction de coordination. La firme pivot est donc un systémier qui maîtrise une compétence d'intermédiation (stratégique et combinatoire) entre l'architecte ensemblier et ses sous-traitants.

En définitive, cette approche duale, « arm's lenght » et « partenariale » est un élément capital de la réussite d'AIRBUS dans l'organisation de la montée en gamme de son écosystème.

Le CEA/Marcoule, firme leader de l'écosystème PVSI, peut-il transposer cette approche duale à la montée en gamme des acteurs marchés du démantèlement nucléaire autour de Marcoule ? Pour répondre à cette question, nous allons montrer dans la prochaine partie que le CEA, en tant qu'établissement public, n'a évidemment pas la même liberté d'action qu'AIRBUS.

Nous montrerons néanmoins que les acteurs terrains savent déjà faire preuve d'un réel savoir-faire pour adapter le référentiel contractuel aux spécificités du démantèlement nucléaire.

Dans une dernière partie, nous montrerons qu'en dépit des difficultés et du contexte particulier, il existe une réelle capacité à se rapprocher du modèle dual d'AIRBUS, à condition de l'adapter au contexte particulier du CEA/Marcoule et de PVSI.

2. Le rôle du CEA/Marcoule en tant que donneur d'ordres du démantèlement à Marcoule : des contraintes et du savoir-faire

2.1. Une liberté d'action limitée par les contraintes de sûreté et des marchés publics

Le CEA est un établissement public de recherche à caractère scientifique, technique et industriel (relevant donc de la classification des EPIC). Il est soumis à l'ordonnance du 23 juillet 2015 relative aux marchés publics. Les marchés du CEA sont contrôlés par une Commission

consultative des Marchés placée auprès du CEA selon les termes d'un arrêté du 6 décembre 1952 modifié. Les marchés du CEA relèvent donc de la commande publique. De ce fait, les trois grands principes de la commande publique s'appliquent au CEA :

- La liberté d'accès à la commande publique : toute entreprise doit pouvoir se porter candidate à l'attribution du marché pour susciter une mise en concurrence effective. Les critères discriminatoires tels que la préférence nationale ou locale sont donc prohibés. C'est par la publicité que ce principe est mis en œuvre : elle permet le libre accès à la commande publique de l'ensemble des prestataires intéressés. Les critères de choix des offres retenus par l'acheteur sont en rapport avec l'objet d'un marché et ne doivent pas être de nature à écarter volontairement ou arbitrairement des candidats.

- L'égalité de traitement des candidats : tous les candidats à un marché doivent bénéficier d'un même traitement, recevoir les mêmes informations et concourir selon les mêmes règles. Aucune information relative à la procédure n'est communiquée avant son lancement. Si le cahier des charges est modifié pendant la procédure, l'information est diffusée à tous les candidats ayant retiré le cahier des charges initial. L'analyse des offres est effectuée à partir des critères préalablement définis et énoncés dans les documents de la consultation. Ces critères ne peuvent pas être modifiés ou complétés en cours de procédure (sauf à la reprendre), notamment lors de l'analyse des offres.

- La transparence des procédures : Elle s'impose à chacune des phases :

    - En amont par une publicité adéquate et intelligible, quel que soit le montant du marché. L'acheteur doit délivrer aux candidats potentiels, dès l'engagement de la procédure, une information appropriée sur les critères d'attribution et sur les conditions de leur mise en œuvre
    - Pendant la passation du marché, par la conservation de tous les documents retraçant les échanges avec les candidats (courriers, courriels, fax…).
    - En aval de la procédure par la justification du choix du titulaire du marché, la motivation du rejet des candidatures et des offres et par la publication d'un avis d'attribution.

Ces trois grands principes se déclinent en de nombreuses règles qui structurent très fortement les marchés pouvant être passés par le CEA.

La logique de la commande publique est très compatible avec une approche de type arm's lenght, qui repose sur le fait de favoriser au maximum la concurrence entre des fournisseurs disposant à la base d'un besoin clairement défini, exprimé par un donneur d'ordres disposant d'une grande maîtrise technique.

Par contre, la mise en œuvre d'un modèle de sous-traitance intermédiée, reposant sur le rôle de firmes pivots, exerçant un rôle d'intermédiation entre l'architecte ensemblier et les autres fournisseurs, est beaucoup plus complexe dans cette logique.

Comme nous l'avons vu, dans une approche modulaire de type AIRBUS, l'émergence de firmes pivots passe par le fait de leur confier la réalisation de macro-composants entiers pour lesquels elles peuvent développer des compétences stratégiques et combinatoires

Or la logique des marchés publics peut représenter deux obstacles importants par rapport à cette vision : l'allotissement des marchés et le cahier des charges

- **Un frein en termes d'allotissement des marchés**

Pour faire émerger des firmes pivots, il est nécessaire de leur confier des macros-composants ou des méso-composants. Dans un marché dont la taille reste modeste, ceci revient de fait à limiter le nombre de sous-traitants de rang 1. Ceci se heurte à deux principes de la commande publique : favoriser l'accès aux marchés publics et veiller à l'égalité de traitement entre tous les candidats.

Ainsi, dans une logique de marché public, il est plus simple pour la firme leader de favoriser un lotissement fin des contrats. Ceci permet à un plus grand nombre d'industriels ou de groupements d'industriels de répondre à ses appels d'offres. Ceux-ci sont en effet sécurisés par des marchés « à taille humaine », dont les durées sont plus courtes et les objectifs mieux maîtrisés. Ces éléments sont de nature à réduire le risque pour ceux qui répondent à ces marchés. De fait, cette politique favorise l'arrivée de nouveaux entrants, qui peuvent venir se tester sur le marché du démantèlement, sans prendre un risque inconsidéré.

Cette approche est plus simple en termes d'achats. Un allotissement plus fin des marchés permet de présenter des dossiers plus facilement défendables en Commission des Marchés (dont relève le CEA), dont les risques sont mieux maîtrisés et qui peuvent être remportés par de nouveaux entrants.

Par contre, le gros inconvénient est que ceci implique que la firme leader prenne à son niveau le travail de coordination, de gestion des interfaces, de gestion de la co-activité (gérer la présence simultanée de plusieurs entreprises sous-traitantes sur le même chantier)… Pour aider à gérer cette charge supplémentaire, la firme leader doit consacrer des ressources internes de gestion des interfaces et recourir à des assistances en maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre.

Par ailleurs, plus l'horizon temporel du fournisseur est limité, plus sa vision est partielle, moins il est à même de proposer des solutions originales et innovantes au CEA. Ainsi, confier la totalité du démantèlement d'une salle de l'usine UP1 à un rang 1 implique de sa part une prise de recul et une vision globale de la problématique. Si le même travail est confié à plusieurs fournisseurs et que la coordination s'effectue par le CEA, il est vraisemblable que chaque fournisseur, pris isolément, se contentera d'appliquer les instructions de l'architecte ensemblier, sans apporter une « intelligence » supplémentaire au système.

- **Un frein lié à l'obligation d'élaborer des cahiers des charges techniques et précis**

Le cahier des charges est un déterminant majeur dans le choix d'une approche de type arm's lenght ou une approche de type intégrateur système. La manière dont le cahier des charges est rédigé conditionne le degré de coopération attendu du fournisseur et la marge de liberté qui lui est laissée pour proposer des solutions innovantes.

La mise en place d'une approche intégration système supposerait de définir des cahiers des charges plus fonctionnels, définissant les points clés de la prestation attendue (par exemple les grands jalons de démantèlement) mais laissant de l'autonomie au fournisseur pour proposer des solutions innovantes.

Mais cette approche est difficilement compatible dans une logique de marchés publics où le souci principal est avant tout de respecter les trois grands principes que nous avons rappelés précédemment (liberté d'accès, transparence, égalité de traitement). Le cahier des charges est en effet rédigé dans l'optique du dépouillement des offres : plus les critères de choix sont clairement définis, plus il est simple d'évaluer les réponses des différents soumissionnaires.

La tendance est donc d'établir des cahiers des charges très précis, laissant peu de places à l'interprétation, et offrant ainsi peu de recours à des candidats non retenus de contester la procédure d'appels d'offres.

Cette approche présente néanmoins des biais importants. De nombreux documents sont transmis au fournisseur pour élaborer son offre et pas uniquement le cahier des charges. Le fait que celui-ci soit très précis et à jour ne signifie pas que l'ensemble de la documentation transmise le soit. Or, les plans et les schémas techniques des installations sont rarement à jour (nous rappelons qu'il s'agit de vieilles installations à l'image d'UP1 dont la construction date des années 50 et 60). Les informations nécessaires à l'établissement de l'état physique et radiologique sont souvent dispersées. L'historique de vie de l'installation, la description de son état actuel, la disponibilité des archives sont souvent partiels et se présentent sous la forme d'un grand nombre de documents qu'il est souvent difficile de synthétiser et de rendre facilement mobilisables pour un tiers… Dès lors, une incertitude existe et peut conduire à fausser le jeu de la concurrence en conduisant certains fournisseurs à « casser les prix », en sous-estimant volontairement le niveau de risque et d'aléas intégrés dans leur marché, puis à revenir vers le donneur d'ordres par le biais de réclamations au cours de l'exécution du marché, se traduisant par des fiches de modifications puis d'avenants (le caractère forfaitaire du marché est une protection insuffisante pour le donneur d'ordres. Si le marché se trouve sur le chemin critique du projet, une nouvelle négociation s'impose de facto avec le fournisseur).

La seule parade efficace pour réduire ces risques, pour parvenir à avoir des cahiers des charges précis, avec un niveau de risque limité, est de réduire la taille et la durée des marchés. Ceci conduit donc à une logique inverse au fait de pouvoir confier des macros-composants ou des méso-composants à des firmes pivots.

- **Un frein lié à la double contrainte « marché public » et « dossier de sûreté »**

La rédaction du cahier des charges est souvent associée de très près à l'autorité de sûreté. Le dossier de sûreté relatif à une opération de démantèlement doit être le plus précis possible. Pour donner son autorisation, l'autorité de sûreté souhaite connaître le maximum de détails sur la nature du chantier à réaliser mais aussi sur les solutions techniques qui seront mises en œuvre.

A partir du moment où cette description a été faite, toute modification nécessite une nouvelle autorisation officielle de l'autorité de sûreté, avec les risques de dérives de planning techniques

que cela implique. Ainsi, si le cahier des charges décrit la solution technique acceptée par l'autorité de sûreté, il sera très difficile au donneur d'ordres de proposer ultérieurement une solution plus innovante qui lui serait proposée par le fournisseur dans la réponse à l'appel d'offres.

Pour bien mesurer la difficulté à laquelle ceci conduit, il faut se rappeler que pour un chef de projet de démantèlement, la gestion du planning est un élément essentiel. Il doit respecter des grands jalons, qui peuvent être de niveau direction générale ou de grands jalons de sûreté. L'instruction d'un dossier de sûreté dure plusieurs mois voire plusieurs années sur des sujets majeurs. Le processus de passation d'un appel d'offres dure également plusieurs mois.

Tout ceci explique la réticence du chef de projet à « changer de rails » en cours de processus, une fois une solution technique décrite dans le dossier de sûreté et traduite contractuellement, pour éviter d'avoir à ré-instruire le dossier de sûreté ou établir un avenant sur le marché.

2.2. Un réel savoir-faire développé par les acteurs terrain : le cas d'un marché de démantèlement

Nous allons décrire à présent le cas d'un marché complexe de démantèlement nucléaire sur le site nucléaire. Après avoir fait le bilan de ce marché, nous expliquerons en quoi il est représentatif du savoir-faire acquis par les chefs de projets, ingénieurs, techniciens, acheteurs et financiers du CEA/Marcoule pour adapter le référentiel contractuel aux spécificités du démantèlement.

Un marché complexe sur un démantèlement de haute activité

L'usine d'extraction du plutonium de Marcoule (abrégée UP1 pour usine de plutonium n°1) était spécialisée dans le retraitement du combustible nucléaire. Elle réalisait le retraitement de combustibles fissiles usagés pour en extraire du plutonium. Lors de leur arrivée dans UP1, les combustibles usés étaient entreposés dans une piscine, avant d'être dégainés mécaniquement. Les barreaux de combustibles étaient alors introduits dans une solution acide pour y être dissous. Cette dissolution chimique était suivie d'extractions successives, à l'aide d'un solvant, pour séparer le plutonium, l'uranium et les produits de fission. Les solutions issues de cette dissolution étaient par la suite transformées en nitrate d'uranyle, en oxyde de plutonium ou plutonium métallique et en solution nitrique concentrée de produits de fission et d'actinides.

Au cœur de l'usine, les deux dissolveurs MAR 200 jouaient un rôle clé dans le procédé de retraitement. Les dissolveurs recevaient en continu les barreaux de combustible en provenance des piscines. Ils étaient alimentés en continu par de l'acide nitrique. Par débordement, les solutions de dissolution étaient ensuite transférées vers les cuves aval.
Un dissolveur est un élément technique très complexe. Il est fait d'acier inoxydable (inox de type Uranus). Sa hauteur est de 4 mètres, avec un diamètre de 2 mètres. L'épaisseur d'acier varie de 8 à 40 mm. Chaque dissolveur dispose d'un dispositif de traitement des gaz. Dans chaque case des appareils se situent un barboteur, un réfrigérant, un pot de dilution et un pot d'amorçage.

Le démantèlement des dissolveurs est donc une opération très complexe pour plusieurs raisons :

- Le CEA est engagé vis-à-vis de l'autorité de surêté à travers deux JSS (Jalons Significatifs de Sûreté)
- Le chantier est sur le chemin critique des opérations du démantèlement de l'installation MAR 200 (tout retard se traduit donc par des surcoûts importants liés notamment aux charges fixes)
- Les interventions se font en milieu très contraint (L'installation MAR 200 est composée, sur plusieurs niveaux, de 7 cuves et 10 locaux du procédé, chacun comportant des tuyauteries et équipements annexes)
- Les opérations d'assainissement des dissolveurs nécessitent l'utilisation des cuves aval de l'installation (le chantier des dissolveurs est donc également soumis à des contraintes de sûreté / criticité liées à ces cuves)
- Il est prévu que le chantier de DEM des dissolveurs utilise le laser comme outil de découpe, ce qui constitue une première pour ce type de découpe en milieu irradiant.
- Au sein des dissolveurs, et des cuves devant être utilisées pour leur démantèlement, se trouvent des dépôts contenant notamment du plutonium

En 2010, le CEA a fait le choix d'un marché ensemblier pour démanteler les deux dissolveurs de l'installation MAR 200.

Le dossier d'appel d'offres est un document de plusieurs centaines de pages comprenant :
- Une spécification technique du besoin relatif aux dissolveurs A et B
- Un cahier des charges sur les missions confiées au titulaire
- Une spécification générale de management du programme UP1
- Un cahier des conditions techniques générales du programme UP1

En réponse à ce dossier d'appel d'offres, chaque soumissionnaire a répondu avec des offres techniques comportant également plusieurs dizaines ou centaines de pages, afin de répondre point par point aux exigences spécifiées dans le dossier d'appel d'offre.

Après un dépouillement réalisé conjointement par la partie technique et la partie commerciale, le mieux disant a été sélectionné. L'appel d'offre a été remporté fin 2010 par un GMES (Groupement Momentané d'Entreprises Solidaires) composé de deux sociétés que nous dénommerons ci-après les sociétés O et S. Avant signature par le CEA et du fait de son montant, le marché a été soumis à l'avis de la Commission Consultative des Marchés (CCM) du CEA.

Le marché confié au GMES composé des sociétés O et S est un marché de type ensemblier. Il est en effet demandé au titulaire une approche globale en termes d'optimisations (coûts, délais, techniques…). Ce caractère ensemblier du marché se visualise très clairement en passant en revue le périmètre très large confié au titulaire :

- Réalisation d'études (préliminaires, de définition et de développement, d'exécution et de conception d'équipements particuliers si nécessaire)
- Analyse de risques, analyses environnementales, plan de prévention, évaluations dosimétriques
- Gestion des interfaces techniques, gestion des déchets, traitement et conditionnement des déchets
- Approvisionnement, réalisation des travaux d'assainissement et de démantèlement, aménagements de chantier
- Repli de chantier, rapport de fin d'intervention, note de retour d'expérience, dossier constructeur final

Par ailleurs, le marché spécifie que les travaux du marché sont soumis à une obligation de résultat par laquelle le titulaire doit répondre de leur bonne exécution dans le respect des spécifications techniques, des performances et des exigences définies dans le dossier d'appel d'offre. Pour matérialiser cette obligation de résultat, les spécifications techniques de besoin définissent de manière très précise l'état final qui doit être atteint en termes de zones vidées de leur contenu et assainies. Par ailleurs, il est précisé que les zones, équipements et matériels impactés par les interventions devront avoir été remis en conformité ou avoir été adaptés pour être en adéquation avec les exigences d'exploitation.

L’obligation de résultat est également matérialisée par un délai qui se traduit par plusieurs échéances contractuelles :

- J0 = réunion d’enclenchement du marché
- J0 + 25 mois = fin des essais sur maquette en usine
- J0 + 42 mois = fin des travaux sur les dissolveurs A et B et assainissement des cases associées
- J0 + 60 mois = fin des travaux sur les autres cases, qui contiennent les appareils de la chaîne A
- J0 + 66 mois = réception du marché.

Ces échéances sont pénalisables et tout retard entraîne 2 pour mille du montant hors taxe du marché par jour calendaire de retard.

L’obligation de résultat est également matérialisée par des objectifs et performances attendus qui portent sur :

- L’atteinte de l’état final
- La tenue des plannings
- La tenue des objectifs dosimétriques
- L’engagement sur la quantité et la qualité des déchets produits.

La nature du prix du marché, fixée en conditions économiques d’octobre 2010 (avec une formule de révision de prix) est forfaitaire. Dès son enclenchement, le marché intègre une gestion des modifications qui fait l’objet d’un article spécifique.

Une modification est définie comme un écart entre le résultat des données de base, objectifs et résultats définis dans le dossier d’appel d’offres.

Les modifications peuvent être :

- Soit demandées par le CEA (elles donnent dans ce cas lieu à une spécification technique complémentaire de la part du CEA)
- Soit demandées par le titulaire du marché (si celui-ci considère être en écart par rapport aux spécifications du dossier d’appels d’offres).

Dans les deux cas, les modifications donnent lieu à une proposition technique, commerciale et de délai du titulaire du marché

Un bilan globalement satisfaisant

En 2015, soit cinq ans après l'enclenchement du marché initial, un avenant a été signé entre le CEA et le titulaire du marché. Cet avenant augmente de 20 % environ le montant du forfait révisable initial et permet de prendre en compte les fiches de modifications acceptées de part et d'autre durant les cinq premières années de contractualisation.

Il nous semble pertinent de préciser ici la nature des modifications intervenues durant les cinq années dans le cadre de chantier, car elles sont assez représentatives des opérations d'assainissement démantèlement en règle générale :

- Etudes complémentaires de niveau Avant-Projet Sommaire (APS) et Avant-Projet Détaillé (APD) suite aux évolutions des données d'entrée
- Etudes et travaux complémentaires dans le cadre de l'instruction des dossiers de sûreté
- Mesures d'accélération du chantier
- Prestations complémentaires par rapport aux spécifications initiales :
    - Assistance sûreté complémentaire pour élaborer les dossiers de démantèlement du dissolveur A
    - Matériel de radioprotection
    - Dévoiement des équipements pouvant gêner
    - Modélisation en salle immersive

L'avenant 1 modifie également trois échéances contractuelles mais sans remettre en cause la réception du marché à J0 + 66 mois.

Au moment de notre rédaction, ce marché n'est pas achevé. Il devrait l'être d'ici la fin de l'année 2016. Le premier bilan que nous pouvons faire est celui d'un déroulement relativement satisfaisant.
Le surcoût de 20 %, observé par rapport au marché initial, reste raisonnable si on considère la complexité de l'opération de démantèlement des dissolveurs telle que nous l'avons décrite précédemment. Sur d'autres chantiers de démantèlement complexe, les surcoûts observés peuvent être beaucoup plus élevés dès lors que des arrêts chantiers majeurs interviennent (découverte d'amiante contaminée, point d'arrêt imposé par l'autorité de sûreté, difficulté technique imprévue…).

Un exemple de l'adaptation contractuelle de la firme leader

Le retour d'expérience du marché des dissolveurs MAR 200 fait apparaître une expertise importante acquise par le CEA, firme leader de l'écosystème PVSI, pour contractualiser des opérations complexes d'assainissement démantèlement.

En premier lieu, il est à noter le maintien du climat de confiance entre le CEA et le titulaire du marché tout au long de son déroulement et la capacité de réussir simultanément à négocier et à coopérer.

Comme nous l'avons vu, des négociations sont intervenues lors de l'instruction des fiches de modifications et de l'avenant 1. Mais dans le même temps, le CEA et le titulaire ont également coopéré pour mettre en avant la prouesse technologique que représente le démantèlement de dissolveurs d'une usine de retraitement. Ceci s'est matérialisé dans des communiqués conjoints dans la presse spécialisée, un article conjoint dans la Revue Générale Nucléaire, des présentations lors des journées de la Société Française d'Energie Nucléaire.
Mieux encore, le CEA et le titulaire du marché se sont associés pour répondre à un appel d'offre international lancé par les Japonais dans le cadre du démantèlement de la centrale de Fukushima. L'appel d'offre a été remporté et le communiqué commun entre le CEA et le titulaire du marché est explicite quant à l'importance de la référence industrielle que constitue le succès du démantèlement des dissolveurs de Marcoule : « *l'association du CEA et de la société OT fait suite à leur collaboration sur la réalisation de projets tels que le démantèlement de dissolveurs, dans le cadre du démantèlement de l'usine de traitement de combustibles usés UP1 du site CEA de Marcoule. La société OT y intègre plusieurs technologies développées par le CEA : la simulation d'un scénario de démantèlement en salle immersive de réalité virtuelle, un bras robotisé six axes à retour d'efforts équipés d'une série d'outils d'intervention et le procédé de découpe laser de forte puissance avec refroidissement à l'air.*

En second lieu, ce marché fait clairement apparaître que toutes les souplesses permises par le référentiel des marchés publics sont mobilisées dans ce marché avec plusieurs bonnes pratiques :

1ere bonne pratique : la souplesse rajoutée par le dispositif des fiches de modifications avec bordereaux de prix
Les marchés au forfait classique sont mal adaptés pour faire face aux inévitables imprévus des chantiers de démantèlement. Un forfait intégral conduit en effet à transférer l'intégralité du

risque sur le titulaire du marché. Pour se prémunir d'un tel niveau de risque, les contractants éventuels ne peuvent qu'augmenter le niveau de prix afin d'éviter tout risque à terminaison.
De plus, le forfait intégral est rarement observé dans la réalité dès lors que des modifications importantes du marché peuvent intervenir en cours d'exécution contractuelle. Inévitablement, la relation entre le donneur d'ordres et le titulaire du marché ne peut que se dégrader fortement si l'économie du marché est fondamentalement modifiée en cours d'exécution, sans que rien n'ait été prévu en ce sens dans le marché initial. Ceci se traduit par une réclamation du fournisseur, dont le donneur d'ordres est bien obligé de tenir compte, du fait du risque d'un arrêt du chantier et de conséquences très dommageables pour les deux parties.

La négociation dès le début du marché de bordereaux de prix (taux horaire de main d'œuvre par qualification, taux forfaitaire pour certaines opérations ou prestations élémentaires, prix fixé pour la fourniture de certains équipements…) permet de limiter les discussions ultérieures. Lorsqu'une modification intervient, à l'initiative du donneur d'ordre ou du titulaire du marché, il n'est pas nécessaire de rediscuter du prix mais il est possible de se concentrer uniquement sur la quantité de travail nécessaire. Les bordereaux de prix sécurisent donc le marché tant pour le donneur d'ordres que pour le fournisseur.

2ème bonne pratique : La flexibilité apportée par les options pour le donneur d'ordre

Le marché des dissolveurs comporte plusieurs options. Ces options sont liées à des rajouts de matériels complémentaires (rajout d'un opercule pour la sortie des déchets, ajout d'un dispositif d'assainissement dans une enceinte télé opérée…) ou à des alternatives en termes de déroulement des travaux (opérations complémentaires de réduction du débit de dose par exemple).

La mise en place des options dans les marchés permet de rapprocher ceux-ci de la logique des scénarios de démantèlement. En effet, un scénario prévoit toujours une hypothèse de base (sur laquelle se fonde le planning, le chemin critique et l'estimation des coûts) mais prévoit également des alternatives sur certains sujets pour lesquels des études complémentaires doivent être réalisées. La gestion de projet prévoit ainsi une logique de planification par vagues, c'est-à-dire un développement par étapes et une progression par incrémentation qui consiste à détailler le contenu du projet au fur et à mesure que le projet progresse. D'une certaine manière, l'introduction d'options dans les marchés est une traduction de cette logique de planification par vagues, même si elle est de plus modeste ampleur (les alternatives possibles sont réduites

sur la durée contractuelle d'un marché qui est bien plus courte que celle d'un scénario de démantèlement complet).

Le donneur d'ordres doit préciser, dans le dossier d'appels d'offres, sur quoi doivent porter les options qu'il souhaite faire apparaître. Elles doivent être en rapport direct avec l'objet du marché. S'il précise que les options font partie intégrante de l'offre de base, il a la possibilité de les intégrer dans la comparaison des offres. Lors de la signature du marché, le choix peut être fait d'intégrer des options dans le prix forfaitaire du marché. Il peut également choisir de ne pas les intégrer au forfait et les laisser en option (elles seront alors levées par un courrier recommandé avec accusé de réception quinze jours avant le démarrage des travaux objets de l'option levée. Le prix de ces options est néanmoins chiffré dès le marché initial).

Dans le cadre du marché des dissolveurs, quatre options sont intégrées au forfait et quatre options ne le sont pas et peuvent être levées par le CEA au cours de l'exécution du marché.

3ème bonne pratique : L'initiative accordée au fournisseur de proposer des solutions innovantes à travers les variantes

Si les options sont à l'initiative du donneur d'ordres, les variantes sont à l'initiative du fournisseur. Elles peuvent permettre aux fournisseurs répondant à l'appel d'offres d'exprimer des solutions innovantes différentes de la solution de base. Ceci permet de compenser par exemple un manque de définition fonctionnelle du besoin. A travers l'appel d'offres, le donneur d'ordre dispose ainsi de propositions alternatives. En demandant au fournisseur de justifier les gains et améliorations engendrés par les variantes, il peut choisir de les introduire dans le marché de base, de les laisser en variante, ou de ne pas les retenir.

Au sein du marché des dissolveurs, quatre variantes sont retenues dans le cadre du prix forfaitaire. Elles représentent des améliorations proposées par le fournisseur par rapport aux spécifications initiales du cahier des charges : modification du positionnement du poste et de la cinématique de sortie des déchets, travaux en co activité entre la case des appareils et le démantèlement du dissolveur, intervention par la case 222.04 pour sortir les déchets de la case A…

La variante présente donc de nombreux avantages puisqu'elle favorise la concurrence en élargissant le choix des solutions possibles. Elle permet de compenser également le fait d'avoir

des cahiers des charges insuffisamment fonctionnels. Dans le démantèlement, la culture est de décrire très finement les opérations techniques à réaliser car ceci est nécessaire pour les dossiers de sûreté. Ceci peut constituer une difficulté si le même type de rédaction est reproduit dans les cahiers des charges, en les rendant moins fonctionnels et en diminuant la capacité des fournisseurs à proposer des solutions innovantes. Le dispositif des variantes permet d'atténuer ce risque.

4ème bonne pratique : La prévision des arrêts de chantiers éventuels dès le marché initial

Comme nous l'avons déjà évoqué dans notre partie sur les paradoxes du démantèlement, plusieurs causes peuvent conduire à des arrêts de chantiers (problèmes liés à une mauvaise connaissance de l'état initial, autorisations attendues de l'autorité de sûreté, difficultés sur les transports, les filières et les exutoires déchets, aléas techniques imprévus, manque de ressources projets ou supports…).

Pour un sous-traitant, l'arrêt d'un chantier peut très vite être problématique. Sur des marchés de plusieurs millions d'euros, il mobilise en effet des ressources fixes importantes qui nécessitent un besoin de trésorerie significatif. Un arrêt de chantiers de plusieurs semaines, voire plusieurs mois, peut donc le conduire à de graves difficultés.

La bonne pratique que nous identifions est de prévoir dès le début du marché la gestion des ralentissements ou des arrêts de marché. Le marché des dissolveurs intègre cette clause. Cette clause prévoit qu'en cas d'arrêt de chantier inopiné du fait du CEA supérieur à une demi-journée, et dans l'hypothèse où le titulaire se trouverait dans l'incapacité de réaffecter son personnel à d'autres tâches comprises dans le marché, la rémunération des frais de main d'œuvre est due au titulaire du marché. Cette rémunération est fixée sous la forme d'une somme journalière forfaitaire et ferme définie pour chaque poste du marché. La clause prévoit également la reprise des prestations dès lors que le CEA notifie la fin de l'indisponibilité.

Dans la pratique, l'application de cette clause peut se heurter à des difficultés opérationnelles. Certains arrêts de chantiers sont indéniablement du fait du donneur d'ordres et ne posent pas de problèmes. Par contre, d'autres arrêts peuvent avoir des origines multiples, mêlant les responsabilités du donneur d'ordre et du sous-traitant, rendant l'application de la clause plus complexe (en particulier sur les marchés où le climat de confiance s'est dégradé).

Malgré ces limites, la mise en œuvre de cette clause constitue indéniablement une bonne pratique, de nature à sécuriser le donneur d'ordre et le fournisseur.

5ème bonne pratique : Une coopération importante entre les sphères techniques, les achats et les finances

Un des éléments essentiels de la réussite d'un marché aussi complexe que celui des dissolveurs a été la bonne coopération entre techniciens (chefs de projets, ingénieurs…), acheteurs et gestionnaires. Cette coopération est nécessaire dès la rédaction du cahier des charges. Celui-ci doit traduire à la fois le besoin technique tout en étant un élément clé de la relation contractuelle. Le dispositif de binômage mis en œuvre par le CEA favorise le plus en amont possible une collaboration étroite entre le technicien et l'acheteur. L'acheteur peut ainsi faire modifier le cahier des charges s'il considère que celui-ci ne permet pas de mettre en avant ce qui est réellement attendu de la part du fournisseur, l'étendue de ses prestations, ses limites de responsabilités, sa capacité à proposer des initiatives. Inversement le technicien peut demander à l'acheteur de traduire contractuellement les points auxquels il tient le plus dans le marché, par exemple les jalons pénalisables ou le niveau de qualification exigé pour certaines tâches clés du marché.
Un dialogue fort doit également exister entre le technicien, l'acheteur et le gestionnaire. Suivant la manière dont l'allotissement du marché est réalisé, son suivi sera plus ou moins facilité lors de son exécution. Les trois sphères (technique, achat et finance) doivent pouvoir disposer d'une vision claire sur la réalité de l'avancement physique du marché et être capable de le traduire en un avancement financier pertinent pour payer le fournisseur.

En définitive, l'ensemble de ces exemples montre que le savoir-faire acquis par l'ensemble des acteurs du CEA/Marcoule pour s'adapter aux spécificités des marchés du démantèlement nucléaire est remarquable. Néanmoins, cette adaptation intervient dans le cadre contraint que nous avons décrit précédemment. Dans sa tentative de transformer son écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation, la firme leader de PVSI doit certainement passer à une étape supérieure et faire de sa stratégie marché un levier puissant de transformation écosystémique. Dans la partie suivante, nous allons donc nous interroger sur la capacité du CEA à mettre en œuvre une approche marché duale, à l'instar de ce que pratique AIRBUS autour de Toulouse.

3. La mise en œuvre d'une approche marché duale (partenariale et arm's lenght) à l'écosystème PVSI

L'écosystème du démantèlement nucléaire autour du site de Marcoule n'a évidemment pas la même envergure que l'écosystème qui existe autour d'AIRBUS à Toulouse. AIRBUS est un groupe de taille mondiale. La région Toulousaine emploie des dizaines de milliers de salariés dans le secteur de l'aéronautique et le chiffre d'affaires de l'ensemble de la filière se chiffre en dizaines de milliards d'euros.

Face à cela, le CEA/Marcoule dépense de l'ordre de 350 millions d'euros par an dans le démantèlement nucléaire autour du site de Marcoule. Même si cela représente un impact économique régional très important, le facteur d'échelle n'est pas le même qu'avec AIRBUS.

Ceci étant précisé, la logique que suit l'écosystème PVSI dans son développement présente des analogies avec le modèle AIRBUS, basé sur un architecte ensemblier et des firmes pivots. Pour étudier cette analogie, il est pertinent de se poser un certain nombre de questions :

- Le démantèlement nucléaire autour du site de Marcoule peut-il être organisé industriellement sur la base d'une logique modulaire ?
- Le CEA/Marcoule, firme leader de l'écosystème PVSI, peut-il être un architecte ensemblier ?
- Peut-on identifier des firmes pivots au sein de l'écosystème PVSI ?

3.1. Le démantèlement de Marcoule et la logique modulaire

Dans les domaines de l'aéronautique et de l'automobile, la logique modulaire se comprend facilement. Il est facile de visualiser un avion sous forme de sous-ensembles tels que la queue de l'avion, les ailes, le fuselage central, la pointe avant, le train d'atterrissage. AIRBUS communique de manière soutenue sur cette vision modulaire pour expliquer que chaque partie de l'avion est réalisée par des partenaires différents, dans différents pays et que l'assemblage final se réalise à HAMBOURG et à TOULOUSE. De la même manière, l'approche modulaire se comprend facilement dans l'industrie automobile. Comme un avion, une voiture peut se décomposer en sous-ensembles bien identifiés.

Dans le domaine du démantèlement nucléaire, cette vision modulaire est au premier abord moins intuitive. Pourtant, l'analyse des différents scénarios de démantèlement relatifs à l'usine UP1, l'APM et au réacteur PHENIX permet de démontrer que c'est bien une approche de type systémique qui structure les scénarios. Si nous prenons le cas de l'usine UP1, le système est représenté par l'installation toute entière. Les sous-systèmes sont définis sous l'angle géographique : Bâtiment, Salles ou ensembles techniques spécifiques, Chantiers. Cet allotissement permet de structurer le projet en 24 lots pour ce qui concerne les opérations de démantèlement :

Périmètre haute activité bâtiment 100	Périmètre moyenne activité Bâtiment 100	Périmètre haute activité MAR 200
Salles 53/ 55 – Lot U 11	Salles80/81 et CPS/3CPU – Lot U 21	Piscines/magasin U MAR200 – Lot U 31
Salles 60 et 64 – Lot U 12	Salle 86 (conversion PuO2) – Lot U22	Dissolveurs et colonnes des gaz – Lot U 32
Salles 67/71 – Lot U13	Salles 87/88C/89 – Lot U 23	Cuves et locaux procédés MAR200 – Lot U 32
Stockage 98 – Lot U 14	Salle 90 – Lot U 01	Traitements des eaux – Lot U 34
Salles 66/68 – Lot U 15	Salle 99.004 – Lot U 22	Ancienne salle des filtres MAR200 – Lot U 35
Salles 82/83/84 – Lot U16	Cuves bitumes – Lot U 24	Couloir actif 223.23 et Vannes Chervet – Lot U 36
Salle 61 et stockage 40 – Lot U 17	Chantiers transverses – Lot U 01	Entreposage NIE – Lot U 37
Couloir 67-82 – Lot U 01.07	DEM phase 2 – Lot U 41	
	Déchets sans filière	

Figure 32

La structure d'un projet de démantèlement de cette manière permet ainsi de la visualiser sous une forme modulaire, à l'instar d'une automobile par exemple :

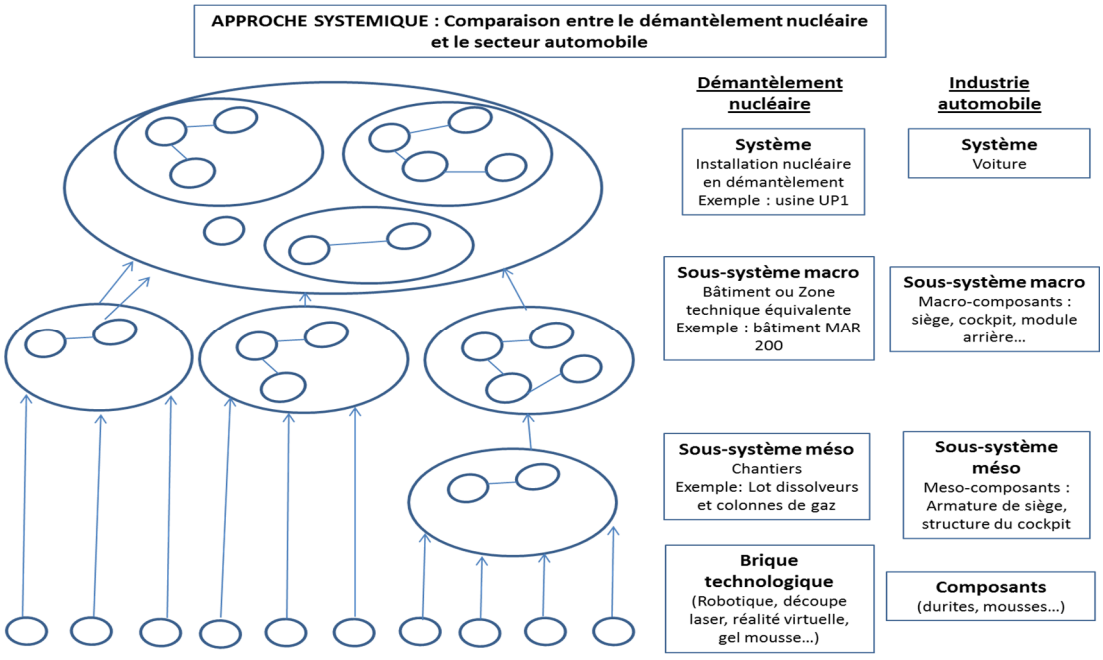


Figure 33

Sur la base de ce constat, nous pouvons considérer que la théorie modulaire de la firme peut s'appliquer à une installation nucléaire en démantèlement, de la même manière que pour la construction d'un avion ou d'un véhicule.

Nous identifions néanmoins une différence. Un sous-système macro complet peut-être confié à un opérateur unique dans les cas de l'aéronautique et de l'automobile. Par exemple, l'équipementier aéronautique UTC (United Technologies Corporation), né de la fusion avec Goodrich en 2012, réalise en totalité le train d'atterrissage principal de l'Airbus A380, qui constitue un sous-système macro de l'avion.

Dans le domaine du démantèlement nucléaire, un sous-système macro complet représenterait un bâtiment entier à démanteler au sein d'une installation nucléaire. Dans les faits, nous n'avons pas observé de sous-traitance de ce niveau, en particulier sur les grandes installations.

Les lots confiés se situent plutôt au niveau des sous-systèmes méso. Une salle au sein d'un bâtiment représente un ensemble techniquement homogène, dont le démantèlement peut donner lieu à un marché pluriannuel de plusieurs millions d'euros.

Parmi les 24 lots du projet usine UP1, nous pouvons illustrer ce point avec l'exemple de la salle 61 et du stockage 40 du projet :

La fonction de la salle 61 était de préparer et de distribuer les réactifs, dont certains étaient recyclés, avec des installations pouvant être contaminées. Cette salle est équipée de 70 cuves et d'une batterie d'électrolyseurs qui servait à la réalisation de l'U4 nécessaire au processus d'extraction chimique. Le stockage 40 permettait le stockage des réactifs, en particulier l'acide nitrique, et le solvant recyclé. Il est constitué de 19 cuves, à l'extérieur du bâtiment 100.

Cet exemple permet de bien montrer :

- Le caractère techniquement homogène du lot : la salle 61 et le stockage 40 étaient dédiés, durant l'exploitation de l'usine UP1, à préparer, distribuer et stocker des réactifs. Les caractéristiques chimiques et radiologiques et la nature des éléments à démanteler (des cuves ayant contenu des réactifs) sont donc homogènes et peuvent faire l'objet d'un cahier des charges spécifique à ce lot de projet

- La taille significative du marché concernant ce lot : le démantèlement de 89 cuves et de l'ensemble des équipements associés (réseaux de transfert) constitue un marché pluriannuel et représentant plusieurs millions d'euros d'opérations et de maîtrise d'œuvre associée.

3.2. Le leadership de PVSI et la logique d'architecte ensemblier

A partir de 2010, le volume de marchés contractualisés en direct par le CEA s'accroît considérablement du fait de l'ouverture à la concurrence des marchés UP1. Par ailleurs, le CEA/Marcoule augmente les effectifs internes consacrés à son rôle de maître d'ouvrage du démantèlement et commence à structurer son rôle d'architecte ensemblier.

Le CEA/Marcoule, firme leader de l'écosystème PVSI, a progressivement acquis toutes les caractéristiques que l'on peut attribuer à un architecte ensemblier à travers la maîtrise des fonctions suivantes :

- Maîtrise générale du scénario de démantèlement et de l'organisation du projet
- Relations avec les autorités de sûreté
- Relations avec les financeurs du démantèlement (responsabilité du planning et du coût du démantèlement vis-à-vis de la direction générale du CEA et des conseils de surveillance des fonds dédiés)
- Capitalisation du retour d'expérience sur le démantèlement
- Structuration de la R&D de démantèlement
- Rôle d'impulsion sur l'innovation (mission principale de PVSI)

Pour que le CEA/Marcoule puisse être considéré comme un architecte ensemblier, il doit également disposer de la taille suffisante pour être crédible. Au niveau régional, les 350 M€ annuels représentent un impact économique important, dans une région faiblement industrialisée (la partie est de la grande région Occitanie).

Le nombre d'acteurs susceptibles de passer des marchés de démantèlement se limite aux trois grands donneurs d'ordres (CEA, AREVA, EDF) au niveau national.

Face à eux, quelques fournisseurs seulement sont réellement en situation de mener à bien un chantier significatif de démantèlement, de manière efficace et professionnelle. La capacité des fournisseurs à se regrouper pour répondre aux appels d'offres, en constituant par exemple des

groupements momentanés d'entreprises solidaires, limite encore le nombre d'acteurs pouvant répondre à des marchés complexes.

Le marché du démantèlement peut donc être qualifié d' « oligopole bilatéral » dans lequel un nombre limité de vendeurs fait face à un nombre limité d'acheteurs.

La dimension régionale accentue encore la limitation du nombre de vendeurs. Pour des marchés de taille importante, des entreprises implantées nationalement ou internationalement répondent aux appels d'offres. Mais lorsqu'elles remportent les marchés, elles doivent s'appuyer sur le tissu industriel existant autour des sites nucléaires (en sous-traitant auprès de fournisseurs locaux, en recrutant sur place…). Or les tissus industriels existant autour des différents sites ne sont pas équivalents du fait de l'histoire du site, du degré d'industrialisation de la région, de l'attractivité locale pour attirer des compétences…

En définitive, le CEA/Marcoule dispose à la fois des caractéristiques que l'on peut attribuer à un architecte ensemblier et du poids économique (notamment dans une logique d'oligopole bilatéral) qui le rend crédible au niveau régional par rapport à ce positionnement.

3.3. L'écosystème PVSI et l'émergence de firmes pivots

Dès le lancement de la démarche PVSI, il a été clairement affiché l'objectif de « faire monter en gamme » des fournisseurs susceptibles d'accompagner le CEA dans sa mission liée au démantèlement nucléaire.

Cette montée en gamme est un élément clé pour transformer l'écosystème d'affaires existant du CEA/Marcoule en un véritable écosystème de l'innovation, capable de développer des innovations permettant de dépasser les paradoxes du démantèlement nucléaire tels que nous les avons évoqués précédemment.

L'émergence de firmes pivots nous paraît un élément clé de cette montée en gamme. Dans le domaine du démantèlement nucléaire autour de Marcoule, une dizaine de sociétés se sont vu confier des chantiers importants et constituent « les rangs 1 du démantèlement nucléaire ». Est-ce que ces rangs 1 peuvent être considérés comme des firmes pivots ?

La réponse à cette question nécessite de définir clairement le rôle d'une firme pivot et d'identifier ce qui différencie une firme pivot d'un autre fournisseur de rang 1.

Le démantèlement des installations nucléaires est une activité nouvelle, qui monte en puissance depuis quelques années seulement. Le marché n'est donc pas encore mature et plusieurs opérateurs industriels développent une stratégie pour conquérir des parts de marché.

Nous pouvons examiner à présent les dix fournisseurs de rangs 1 pouvant prétendre au rang de firmes pivots. Dans une étude XERFI de 2015, les entreprises du démantèlement nucléaire sont classées en quatre grandes catégories :

- Les filiales d'exploitants nucléaires

  Les groupes historiques du nucléaire s'investissent également au démantèlement en créant notamment des filiales spécialisées. Le groupe AREVA possède ainsi plusieurs filiales dans ce domaine : Amalis, Canberra, Gads, Msis, Stmi, Socatri… Il en est de même pour l'exploitant nucléaire américain Westinghouse à travers sa filiale Astare.

  Les principales activités réalisées par ces filiales d'exploitants nucléaires sont les suivantes :

  - Assistance à maîtrise d'ouvrage
  - Assistance à maître d'œuvre
  - Opérateur industriel
  - Réalisation
  - Travaux de démantèlement
  - ……

  L'avantage compétitif de ces filiales réside dans leur grande connaissance du milieu nucléaire et de ses contraintes. Etant filiales de donneurs d'ordres ayant également leurs propres installations à démanteler, elles disposent également d'un « terrain de jeu » interne leur permettant d'éprouver leurs solutions techniques et la qualité de leur offre commerciale

- Les entreprises de déconstruction nucléaire sont souvent, à la base, des entreprises de construction qui disposent de filiales intervenant dans la déconstruction nucléaire. Les deux exemples emblématiques sont les groupes BOUYGUES et VINCI qui ont chacun des filiales spécialisées dans ce domaine avec Bouygues Construction Service Nucléaire (BCNS) et Vinci NUVIA. Par exemple, la société NUVIA dispose ainsi de compétences élargies dans le démantèlement (ingénierie, services et travaux, capacité à mettre en

œuvre des solutions de découpe, de robotique…) qui lui permettent de remporter des marchés de type ensemblier.

Les principales activités réalisées par les sociétés de déconstruction nucléaire sont les suivantes :

- Etudes d'ingénierie
- Réalisation de travaux de démolition
- Intégration d'équipements de découpe, de robotique…
- …..

Le facteur clé de compétitivité sur ce secteur est la maîtrise des coûts dans ce domaine qui est traditionnellement celui d'une industrie de main d'œuvre. Ces entreprises peuvent également faire valoir leur expertise reconnue dans le domaine de la construction et leur capacité à transposer efficacement leur méthode de travail dans le domaine de la déconstruction. Le savoir-faire d'intégration (élément clé pour des marchés de type ensemblier) et les références industrielles sont également des facteurs de différenciation importants.

- Les sociétés de services multi-industries sont des acteurs importants du démantèlement nucléaire. Elles proviennent de différents secteurs industriels. Par exemple, la société Onet Technologies est une filiale du groupe ONET qui intervient dans la propreté et les services, la logistique, les métiers de la sécurité. Endel Cofely est une filiale du groupe ENDEL qui intervient dans la maintenance, la réalisation, la tuyauterie, le soudage ou la logistique au profit de nombreux secteurs industriels (agroalimentaire, environnement, sidérurgie, nucléaire, aéronautique…).

Les principales activités réalisées par les sociétés de services multi-industries sont les suivantes :

- Travaux de démantèlement (découpage, soudure…)
- Maintenance
- Collecte, traitement et valorisation des déchets radioactifs
- Décontamination des surfaces
- …

Etant issues de groupes travaillant dans de nombreux secteurs d'activités (industriels ou non), les sociétés de services industriels disposent d'un faible savoir-faire nucléaire. Leur avantage compétitif réside essentiellement dans la maîtrise des coûts.

- Les spécialistes des déchets et de l'environnement sont issus des grands groupes internationaux du domaine de l'environnement tels que VEOLIA et SUEZ. Ces deux groupes mettent en avant leur leadership mondial dans le domaine des déchets (tri, recyclage, valorisation…) et leur expertise humaine dans l'environnement. Par exemple, la société ASTERALIS (groupe VEOLIA) met en avant la protection des intervenants, la sécurité globale des intervenants, la maîtrise de la dosimétrie individuelle et collective et son savoir-faire dans la maîtrise du savoir-faire humain et organisationnel sur des chantiers environnementaux complexes.

  Les principales activités réalisées par les spécialistes des déchets sont les suivantes :

  - Approche globale des aspects environnementaux
  - Collecte, tri et traitement des déchets radioactifs
  - Valorisation des déchets nucléaires
  - Traitement des eaux contaminées lors du démantèlement d'un site nucléaire
  - ……

  Les spécialistes des déchets et de l'environnement travaillent dans de nombreux secteurs de l'industrie et des services et possèdent un faible savoir nucléaire. Ils peuvent par contre mettre en avant les synergies importantes existant entre un site nucléaire à démanteler et un site industriel à dépolluer. Leur expertise dans la protection des travailleurs et dans leur capacité à gérer les déchets est leur premier avantage compétitif.

En résumé, chacun de ces quatre groupes possède un avantage compétitif distinctif :

Catégorie	Nature de l'avantage compétitif
Filiale d'exploitant nucléaire	Connaissance du milieu nucléaire et de ses contraintes
Entreprises de déconstruction nucléaire	Expérience du domaine de la construction et capacité à maîtriser les coûts (industrie de main d'œuvre)
Sociétés de services multi-industrie	Maîtrise des coûts avec une forte intégration transversale
Spécialiste des déchets et de l'environnement	Synergie existant entre un site nucléaire à démanteler et un site industriel à déconstruire et dépolluer

Figure 34

Est-ce que ces différents groupes de sociétés sont à même de prendre en charge des « méso-systèmes » du démantèlement nucléaire, suivant l'approche modulaire que nous avons définie ? Peuvent-ils prendre en charge les travaux de démantèlement complet d'une salle d'une installation telle que l'usine UP1, l'APM ou un ensemble technique du réacteur PHENIX ? Et enfin, en quoi peut consister la « montée en gamme » ?

La réponse nous semble différente suivant les catégories :

Il est évident que les filiales d'exploitants nucléaires, en particulier du groupe AREVA NC, sont particulièrement bien armées pour mener à bien des chantiers de démantèlement nucléaire. En connaissant le milieu nucléaire, elles maîtrisent les contraintes liées à l'environnement radiologique, aux relations avec l'autorité de sûreté, à la règlementation particulière qui régit une installation nucléaire de base… De plus, elles bénéficient d'un avantage considérable lié au fait que leur maison mère, AREVA, démantèle elle-même des installations nucléaires (notamment sur les sites de la Hague) et bénéficie donc d'une expérience en propre. Dans le cas particulier du site de Marcoule, le fait qu'AREVA ait été l'opérateur historique du site durant trente ans (de 1976 à 2005) et qu'il ait conservé un rôle prépondérant de 2005 à 2010, en tant que Partenaire Industriel de Référence du CEA (un accord de partenariat existait entre le CEA et AREVA durant cette période), représente un atout très important. AREVA a été en mesure de réaliser par lui-même la montée en gamme de ses filiales, notamment en détachant des salariés d'AREVA dans leurs directions et dans les fonctions clés d'expertise.

Pour les trois autres catégories d'entreprises (entreprises de déconstruction nucléaire, sociétés de services multi-industries, spécialistes des déchets et de l'environnement), le CEA a fait le choix de faire entrer de nouveaux entrants sur le marché du démantèlement de Marcoule. Répondant aux demandes de ses tutelles, il s'agit pour le CEA d'un choix stratégique assumé et délibéré. Cette décision stratégique a été mise en œuvre depuis 2011 (fin de la période transitoire 2005-2010 durant laquelle les opérations étaient réalisées par AREVA). Des opérateurs tels que NUVIA, OTND, BCNS… ont ainsi répondu aux appels d'offres émis par le CEA à partir de 2011 et ont pu ainsi remporter des marchés d'ensembliers pour démanteler des « méso-systèmes ».

Pour le CEA, permettre à de nouveaux entrants d'accéder au marché du démantèlement nucléaire du site de Marcoule permet d'accroître la concurrence et de faire baisser les coûts. Mais ceci permet aussi de renforcer la diversité de l'écosystème et de favoriser l'innovation en faisant

appel à des acteurs qui pourront avoir de nouvelles manières de penser et d'aborder les problèmes.

Par contre, il est évident que ceci représente aussi une prise de risque importante. En même temps que le CEA/Marcoule « apprend » son rôle d'architecte ensemblier et renforce ses moyens humains pour l'assumer, le défi de faire appel à de nouveaux entrants est loin d'être anodin. Sur le programme UP1 en particulier, il est remarquable de noter que l'ouverture à la concurrence est conduite cinq années seulement après la reprise de la responsabilité de la maîtrise d'ouvrage par le CEA.

Ces différents éléments expliquent que « la montée en gamme » de ses fournisseurs, et principalement des rangs 1, soit identifiée comme un des objectifs majeurs du CEA dans son action en tant que firme leader au sein de l'écosystème PVSI.

3.4. La possibilité d'une approche duale

En définitive, il apparaît que les acteurs du CEA/Marcoule ont su acquérir un savoir-faire indéniable pour adapter la logique contractuelle aux défis du démantèlement nucléaire. Cette adaptation permet de dégager des marges de manœuvre face à la double contrainte des marchés publics et de la règlementation sûreté.

Actuellement, l'approche arm's lenght prédomine, basée sur un logique d'appels d'offres au fil de l'eau en fonction de l'avancée des marchés. Pour autant, les « ingrédients » nécessaires à la mise en place d'une approche partenariale sur les marchés stratégiques sont présents : la logique modulaire est présente sur le démantèlement nucléaire, une dizaine de fournisseurs de rang 1 émergent et peuvent prétendre au rang de firme pivot, le CEA/Marcoule renforce ses compétences sur le démantèlement et devient de plus en plus crédible pour jouer le rôle d'architecte ensemblier.

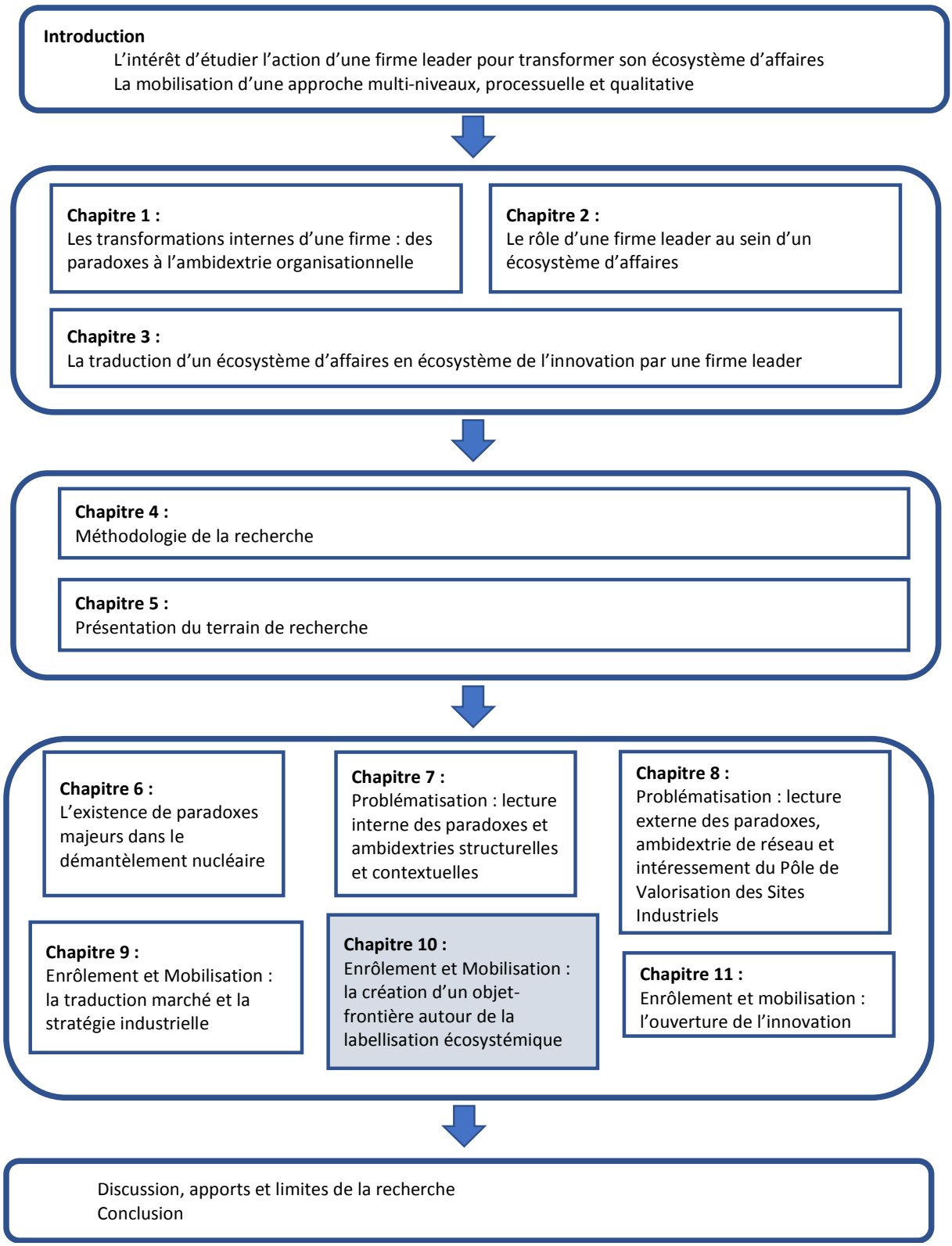
Sur cette base et en nous appuyant sur les interviews que nous avons réalisés, notre conviction est que la mise en œuvre d'une approche duale, à la fois partenariale et arm's lenght, est possible. Toute la filière nucléaire est en train d'évoluer vers une logique plus partenariale (comme en témoignent les réunions de la Société Française d'Energie Nucléaire) et le démantèlement nucléaire ne peut passer à côté de ce mouvement.

Néanmoins, le renforcement de la logique partenariale nécessitera dans l'avenir un travail important de discussion et de conviction de la part de la firme leader pour :

- Adapter progressivement le référentiel des marchés publics pour l'adapter aux spécificités du démantèlement nucléaire. Ceci nécessite en priorité de convaincre les tutelles du CEA, ses directions fonctionnelles et sa commission consultative des marchés qu'une approche partenariale ne signifie pas de mettre fin à la mise en concurrence mais d'organiser celle-ci de manière différente, dans une logique plus moyen et long terme. A travers PVSI, le CEA peut créer des cadres de discussions sur ce point en associant à la fois les autorités publiques et l'ensemble des acteurs marchés de l'écosystème
- Adapter progressivement le processus d'instruction des dossiers de sûreté pour qu'il puisse également prendre en compte les points particuliers des projets de démantèlement. Pour les autorités de sûreté, le démantèlement est également un secteur relativement nouveau (une vingtaine d'années représentent assez peu d'expérience dans un domaine au temps long tel que le nucléaire) et qui monte en puissance. Les autorités sont elles-mêmes dans une logique de renforcement de compétences. Elles ont un intérêt certain à travailler sur le processus d'instruction des dossiers de sûreté, pour le rendre plus fluide, éviter les goulots d'étranglement, éviter les « stop and go »… Elles ont donc tout à gagner au renforcement de la logique partenariale. La montée en gamme des firmes pivots du démantèlement est un soi un élément de nature à renforcer la sûreté, avec des acteurs plus spécialisés.

Le travail de traduction du CEA/Marcoule, leader keystone de l'écosystème PVSI, doit donc s'inscrire dans la durée en ce qui concerne la « dimension marché ». Il ne faut pas s'attendre à des révolutions spectaculaires mais plutôt à une prise de conscience progressive de la nécessité du renfort de la logique partenariale : chaque assise du démantèlement, chaque groupe de travail, chaque réunion de la filière,…, bref chaque petit pas, peut contribuer à faire avancer ce sujet difficile, qui est au cœur de la transformation écosystémique.

Chapitre 10 – Enrôlement et mobilisation : la création d'un objet-frontière autour de la labellisation écosystémique



1. Le projet d'une halle technologique

Début 2013, une réflexion est entamée au niveau du CEA/Marcoule pour la construction d'une halle technologique dédiée au démantèlement nucléaire sur le site de Marcoule.

La genèse du projet

Toute l'année 2014, le CEA travaille aux choix de conceptions possibles pour cette halle.

L'année 2014 voit également la création de l'association PVSI, qui permet d'intéresser les parties prenantes régionales à l'ensemble des actions du Pôle de Valorisation des Sites Industriels (PVSI). Le projet futur de création d'une halle technologique en Gard Rhodanien constitue d'emblée une des actions phares prévues dans le cadre de PVSI. L'intérêt des acteurs locaux et régionaux est immédiat pour ce projet susceptible de renforcer le positionnement stratégique de la région sur le marché du démantèlement et de contribuer à localiser des entreprises et des emplois. Le CEA communique également sur son projet vis-à-vis des entreprises membres de PVSI, que ce soit les rangs 1 du démantèlement nucléaire ou les ETI/PME innovantes susceptibles d'utiliser à terme la halle technologique. En interne CEA, le projet PVSI communique également vers les acteurs opérationnels en charge du démantèlement (chefs de projets, exploitants, services supports…).

L'ensemble de ce travail de réflexion et d'associations d'acteurs divers permet de spécifier en août 2014 la spécification technique d'une halle de 1600 m2. La fin de l'année 2014 et l'année 2015 sont consacrées à la définition du modèle économique de la future halle technologique. Cette réflexion permet de poser des questions stratégiques majeures sur le projet sur lesquelles nous reviendrons dans la partie suivante. Parallèlement à la construction du business model, l'année 2015 est consacrée à la recherche de financements publics.

Fin 2015, plusieurs présentations du projet sont effectuées sur Montpellier à la Région Languedoc Roussillon et à Paris à la Banque Publique d'Investissement. Ces rencontres permettent de structurer en version projet deux dossiers de financement : un projet permettant de mobiliser du financement FEDER (Fond Européen de Développement Economique et Régional) avec la Région et un projet permettant de mobiliser du financement PIAVE ((Projet Industriel d'Avenir) avec la Banque Publique d'Investissement (BPI).

Fin 2015, le projet est également présenté au Comité Stratégique de la Filière Nucléaire (CSFN) dans lequel sont représentés EDF, AREVA et le CEA.

Ces échanges, tant au niveau de la Région Languedoc Roussillon, de la BPI, et du CSFN permettent de constater que l'intérêt stratégique du projet est compris par l'ensemble des acteurs. Ces différentes rencontres permettent de confirmer que le CEA, initiateur du projet, ne peut pas en être le seul porteur mais qu'il doit associer d'autres acteurs. Il est nécessaire de constituer une structure porteuse du projet qui puisse déposer en son nom propre les dossiers de financement dans un premier temps, puis construire et exploiter la halle dans un second temps.

Fin 2015, AREVA confirme son intérêt pour être associé au projet de halle technologique.

Au cours du 1er semestre 2016, un groupe de travail CEA-AREVA est créé sur Marcoule pour partager le business model et réfléchir sur les aspects juridiques de la future structure porteuse. Il est prévu par ailleurs que le 2ème semestre 2016 soit consacré à la validation des choix effectués par les Directions Générales du CEA et d'AREVA et que le projet soit présenté à EDF.

L'objectif visé est un accord CEA-AREVA, a minima, et CEA-AREVA-EDF, ce qui constituerait la meilleure solution, pour déposer les dossiers d'appels à projet fin 2016 et constituer la structure juridique en charge de la construction et de l'exploitation de la halle.

La réussite de cet objectif et l'obtention des financements au cours du 1er semestre 2017 permettrait le début de la construction de la halle au 2ème semestre 2017 pour un début d'exploitation au 2ème semestre 2018.

La description de la halle

Le projet DEM4DEC sera matérialisé par un bâtiment de 1600 m^2 de surface plancher.

Ce bâtiment sera construit sur le Parc Régional d'Activité (PRAE) Marcel BOITEUX, qui se situe aux portes du site de Marcoule, à l'extérieur de la clôture lourde du site.

L'acronyme DEM4DEC fait référence au démantèlement en français, « DEM » et au démantèlement traduit en anglais, « DEC » pour decommissioning. Enfin, le nombre 4 fait références aux quatre espaces de travail qui composeront le bâtiment.

Le bâtiment est ainsi conçu autour de quatre zones : un pôle numérique, un hall de télé-intervention, un robot park et un espace « tertiaire » (accueil, bureautique et informatique). Un showroom de 130 m^2 complète le dispositif pour permettre un environnement favorable à la créativité, au travail collaboratif et à la promotion de l'activité.

Le **pôle numérique** occupera une superficie de 160 m^2. Il sera équipé d'un espace immersif scientifique de grande ampleur, équipé des technologies de projection et de visualisation des dernières générations. L'objectif est de « plonger » l'utilisateur dans un monde virtuel dans lequel il pourra se déplacer et disposer d'une vue stéréoscopique active sur 4 écrans de très grande taille (5 mètres * 3 mètres).

Ainsi constituée, cette plate-forme sera un des équipements les plus « up-to-date » en France et en Europe pour un usage industriel.

Elle permettra les usages suivants :

- Simulation d'accessibilité avec retour d'efforts pour tester des scénarios d'intervention et les faire évoluer
- Simulation d'accessibilité avec capture de mouvements afin de tester des scénarios en tenue opérationnelle. L'intérêt sera notamment de créer des supports réels que l'on peut rencontrer dans le cadre des chantiers de démantèlement tels que boîtes à gants, robots…
- Réalisation de séances de formation et d'entraînement : les futurs opérateurs pourront être mis en situation pour être sensibilisés à un environnement de travail confiné et hostile. Des scénarios dégradés ou accidentels pourront être testés afin d'étudier le comportement des opérateurs et leurs réflexes de sécurité et sûreté.
- Revue de projet : la salle permettra d'accueillir 15 personnes et de réaliser des simulations 3D dans le cadre de revue de projet.

Outre l'espace immersif, le bâtiment comprendra également un cluster informatique (le nombre de nœuds et cœurs de calcul reste à déterminer) relié à une salle de terminaux informatiques aménagée dans l'espace tertiaire du centre. Cette espace comprendra une salle de maquettage informatique permettant le développement d'ordinateurs spécialisés susceptibles d'être embarqués sur des plateformes opérationnelles.

Le **hall de télé-intervention** utilisera une superficie de 240 m^2. Il pourra être sectorisé de façon modulaire en espaces de travail (branchements électriques et fluides). Il rendra possibles des tests avec des équipements de grande taille, accessibles par un portail d'accès et mis en place par un pont (charge 5 tonnes – hauteur utile sous crochet de 5,5 mètres).

Une fosse de 25 m^2 de surface et 5 mètres de profondeur sera disponible pour réaliser des tests. Elle pourra être remplie en eau avec un système de traitement associé.

Pour reproduire des cas réels rencontrés sur des chantiers de démantèlement nucléaire (par exemple au sein de l'installation APM), une zone de tests en environnement sévère proposera une « cabine aveugle » de 20 m^2 de surface et recouverte de peau inox. L'objectif est de tester l'impact de cet environnement aveugle pour des tests de découpe, décontamination et accès…

Un maquettage physique de cellule en démantèlement pourra être reproduit pour tester les modalités d'accostage en cellule chaude, l'implantation et la maintenance des matériels ainsi que la manière d'utiliser les équipements de télé-intervention (bras, robots).

Le **robot park** sera un lieu dédié aux tests des développements de robots en environnement contrôlé. Son objectif premier sera de valider de manière objective les aptitudes d'un système robotisé à évoluer en environnement contraint, représentatif d'un chantier de démantèlement nucléaire. Lorsque différentes solutions robotiques sont comparées, la difficulté sur un plan expérimental est la reproductibilité des tests. De fait, en les réalisant dans un environnement totalement contrôlé tel que le robot park, il sera possible de comparer objectivement plusieurs technologies et de mettre en avant les points forts et points faibles de chaque système face à un éventail de situations.

Le robot park développera une surface de 150 m^2. Son aménagement sera modulable et permettra de reprendre toutes les tâches qu'un robot doit pouvoir accomplir (mobilité, franchissement, embarquement d'outils…). Le robot park sera équipé de caméras pour filmer les différentes expériences réalisées.

Trois ateliers adjacents (salle d'instrumentation, atelier électronique et petits composants et local d'usinage) de surfaces comprises entre 30 et 50 m^2 permettront de réaliser des interventions sur la mécanique et l'électronique des systèmes ainsi que le montage et démontage sur site.

Enfin, **l'espace « tertiaire »** sera composé d'un show-room favorisant la mise en visibilité des projets réalisés et de bureaux pour accueillir les personnels impliqués dans les projets au gré de leur constitution. L'aménagement des bureaux permettra de positionner les équipes concernées en face des zones d'essais. L'espace tertiaire accueillera également l'équipe en charge de l'exploitation du bâtiment.

2. La notion d'objet-frontière

Comme nous l'avons précisé précédemment, nous inscrivons ce travail doctoral dans un cadre conceptuel qui est la sociologie de la traduction. La sociologie de la traduction (ou théorie de

l'acteur-réseau) nous semble en effet un cadre pertinent pour expliquer la tentative du CEA/Marcoule pour faire évoluer son écosystème d'affaires vers un écosystème de l'innovation.

La sociologie de la traduction mobilise souvent la notion d'objet-frontière. En 2009, TROMPETTE et VINCK rappellent que ce concept a connu une carrière académique importante. La notion d'objet-frontière est fondée en 1989 dans un célèbre article de STAR et GRIESEMER à partir d'une étude ethnographique des mécanismes de coordination du travail scientifique. Pour les deux auteurs, il s'agit alors de repenser la théorie de l'acteur-réseau dans une perspective écologique de l'action collective et de l'innovation. L'objet frontière schématise le travail d'articulation, de coordination de l'action et de la simplification du monde. Pour GILMORE en 1990 et STRAUSS en 1992, cette notion polysémique permet la coopération entre plusieurs mondes sociaux sans obligation de consensus. L'objet frontière doit en effet être assez plastique pour habiter plusieurs mondes et s'adapter à leurs contraintes et besoins locaux et assez robuste pour garder une identité commune au travers de différents sites. En 2000, VISSAC-CHARLES rappelle que les objets frontières sont des connecteurs de réseaux dont ils vont permettre la coopération. Pour qu'« un monde » se connecte à un projet, il faut qu'il puisse positionner un objet frontière lui permettant d'interagir directement avec les autres partenaires du projet et indirectement avec d'autres points du réseau plus étendu. L'auteur résume cette notion avec le graphique suivant :

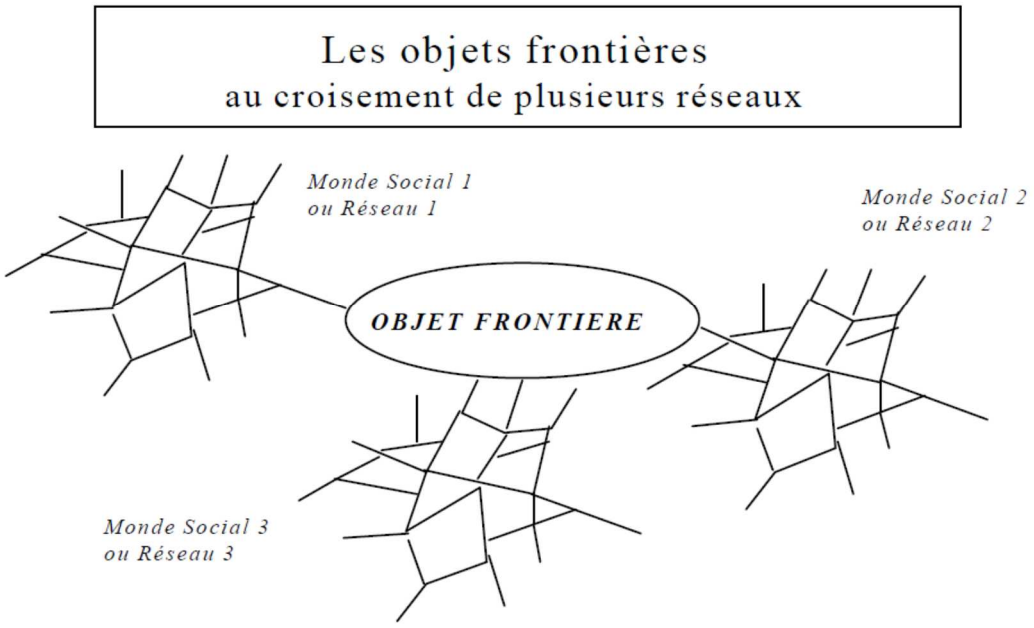


Figure 35

La notion d'objet-frontière nous semble particulièrement importante dès lors que l'on s'intéresse aux réseaux, ce qui est notre cas puisque la notion d'écosystème d'affaires est une des formes possibles d'une organisation réticulaire. Au sein de tout réseau en général et d'un écosystème d'affaires en particulier, de très nombreux acteurs jouent leur propre jeu. Un réseau peut être plus ou moins solide, plus ou moins « irréversible », en fonction des points particuliers qui le composent. VISSAC-CHARLES rappelle ainsi le lien conceptuel qui existe entre les notions d'objet-frontière et de point de passage obligé. Les objets-frontières et les points de passage obligés décrivent un « dedans-dehors » du projet fluctuant et sont liés : choisir certains objets frontières, c'est se donner des points de passage obligés et vice versa. En d'autres termes, sans point de passage obligé et sans objet-frontière, un réseau peut très vite se déliter, perdre son identité et générer un niveau d'incertitude favorisant le désengagement des acteurs.

Pour qu'un objet-frontière puisse jouer ce rôle de « ciment » en renforçant l'identité du réseau, pour qu'il puisse valablement connecter plusieurs mondes sociaux entre eux, il doit posséder quatre grandes caractéristiques, qui sont rappelées en 2000 par WENGER, relisant STAR et GRIESEMER, et qui sont les suivantes :

- **L'abstraction :** Cette caractéristique permet à l'objet frontière de faciliter le dialogue et la rencontre entre les différents mondes sociaux qu'il entend connecter. De la même manière qu'une carte ne représente que les caractéristiques les plus essentielles du terrain, l'objet-frontière doit présenter un caractère général. Il doit résulter d'un compromis entre les attentes des différents mondes sociaux qu'il entend représenter. L'objectif est de rechercher le point d'équilibre, le dénominateur commun qui fait que chaque monde social peut s'y retrouver. Si l'objet frontière est trop orienté sur les besoins uniques d'un des mondes sociaux, il perd sa capacité fédératrice et risque d'être déserté par les autres mondes sociaux. Les concepteurs de l'objet-frontière doivent donc négocier avec les différents utilisateurs possibles pour que ceux-ci renoncent à un niveau de spécialisation trop important et acceptent un outil plus généraliste, mais capable de les connecter avec d'autres acteurs.
- **La modularité :** De la même manière qu'un journal est composé de plusieurs articles pouvant s'adresser à différents lecteurs, l'objet frontière doit être composé de plusieurs parties. Cette caractéristique est essentielle pour que l'objet-frontière serve d'espace de médiation entre différents acteurs : des experts et des non-experts, des experts d'un domaine avec des experts d'un autre domaine… Le but de l'objet-frontière est de favoriser le travail collectif entre des acteurs hétérogènes. Il doit favoriser la pluralité de points

de vue. Les différents acteurs doivent pouvoir garder leur identité propre mais être aussi en capacité de s'articuler et de coopérer avec d'autres acteurs.

- **La polyvalence :** En complément de la modularité, l'objet-frontière doit pouvoir servir à plusieurs activités, donc plusieurs pratiques. Par exemple, un objet frontière peut être mobilisé à la fois pour de la recherche, de l'enseignement en formation initiale, pour des formations courtes, pour de la communication institutionnelle, pour de la sensibilisation grand public… Cette polyvalence est un des éléments clés de la pertinence de l'objet : elle peut-être par exemple l'occasion qu'un chercheur, habitué uniquement à des colloques scientifiques, apprenne à présenter simplement les enjeux de sa recherche à des lycéens. Si l'objet-frontière est un lieu physique (ce qui n'est pas obligatoirement le cas : un prototype, un logiciel, une technologie, des textes peuvent être des objets frontières), sa polyvalence doit se traduire concrètement dans les faits. Il peut comporter par exemple des laboratoires de recherche, des salles d'enseignements et de formation, des espaces d'accueil et de communication…
- **La standardisation :** L'information contenue dans un objet frontière doit pouvoir être simplifiée afin d'être utilisée dans n'importe quelle situation. L'enjeu est de rendre l'information contenue dans l'objet-frontière accessible et directement applicable pour pouvoir être utilisée localement. Il s'agit là encore d'un objectif de traduction. Le but de réunir ensemble des acteurs au sein d'un objet-frontière (lorsqu'il s'agit d'un lieu physique) est qu'ils apprennent à se comprendre malgré les mondes différents dont ils sont issus. Par exemple, le chercheur très pointu dans son domaine doit pouvoir communiquer et travailler avec un industriel focalisé sur le court terme et à la recherche de solutions concrètes. Ceci passe par des efforts de part et d'autre, à commencer par le dépassement du langage spécifique des uns et des autres, le fameux « jargon » qui est souvent un obstacle. De cette interaction entre acteurs hétérogènes doivent résulter des savoirs à la fois robustes (s'appuyant sur des experts), clairs et mobilisables par le plus grand nombre.

3. DEM4DEC, un objet-frontière au service de la traduction écosystémique

Le secteur du démantèlement nucléaire en général et l'écosystème d'affaires PVSI en particulier sont complexes. Ils associent plusieurs mondes dont la culture et les finalités sont diverses : des équipes de projet de démantèlement devant posséder une vision globale et mettre en œuvre

des scénarios complexes ; des équipes de R&D soucieuses de promouvoir leurs innovations ; des entreprises issues de différents secteurs et souhaitant réaliser un business rentable sur un secteur considéré comme risqué ; des autorités de sûreté faisant face à un sujet relativement nouveau et faisant face au défi de construire un référentiel adapté ; des autorités publiques tiraillées entre les contraintes liées au financement des projets, les contraintes de sûreté, et l'avenir industriel d'une filière représentant de nombreux emplois.

De cette complexité résulte le besoin d'objet-frontière. Dans cette partie, notre propos est de montrer en quoi le projet DEM4DEC présente toutes les caractéristiques d'un objet-frontière et comment il se positionne dans l'action de traduction opérée par le CEA/MARCOULE pour faire évoluer PVSI du stade d'écosystème d'affaires vers celui d'écosystème de l'innovation.

3.1. DEM4DEC, un lieu d'abstraction

Un objet frontière doit permettre de faciliter le dialogue et la rencontre entre les différents mondes sociaux qu'il entend connecter.

Depuis le début du projet DEM4DEC en 2014, une important travail de réflexion a eu lieu sur ce que devait être la vocation, la raison d'être, de la halle technologique.

Du fait de sa combinaison unique de compétences et d'équipements, la halle technologique peut délivrer une valeur importante dans plusieurs domaines :

- Etre un outil de R&D qui pourrait être utilisé à des fins de recherche appliquée et d'industrialisation
- Etre un outil utilisé pour des prestations de transfert technologique
- Etre un lieu dédié à la qualification des outils, procédés et des méthodologies, incluant la formation des personnels
- Etre un lieu de mise en visibilité et de communication pour montrer le dynamisme de la filière du démantèlement nucléaire

Si ces objectifs peuvent paraître complémentaires à première vue, les discussions avec les différentes parties prenantes ont fait apparaître que des choix devaient être faits et que mener de front ces quatre objectifs pouvait conduire à une approche non cohérente de la finalité de la halle.

L’abandon de deux objectifs initiaux :

Deux des objectifs initiaux sont progressivement apparus comme susceptibles de rompre le point d’équilibre de la halle et d’être en contradiction avec sa vocation d’objet-frontière.

L’objectif de **faire de la halle un outil de R&D** a été abandonné. En effet, ceci nécessite de disposer d’un équipement adapté au fait de réaliser des expérimentations permanentes, de nature très évolutive. Ceci suppose également de disposer des compétences en R&D. Ceci aurait été possible en délocalisant par exemple une partie des équipes en charge de la R&D de démantèlement du CEA/Marcoule et en incitant des donneurs d’ordres, des rangs 1 ou des PME/ETI innovantes à localiser également des moyens humains en R&D sur la halle.

Si cette décision était techniquement possible, elle aurait occasionné des discussions très importantes sur la Propriété Intellectuelle, le partage de l’accès aux données, les règles de fonctionnement.

L’argument principal aurait été de localiser au même endroit les forces vives de la R&D en démantèlement, interne CEA et externe CEA, dans l’espoir de générer davantage d’innovations et en particulier des innovations de rupture.

Cet argument est apparu très rapidement trop faible en regard de l’importance des discussions à venir sur le partage de la Propriété Intellectuelle (impliquant de surcroît un grand nombre d’acteurs) et sur la difficulté de justifier financièrement de déménager des laboratoires entiers (localisés à l’intérieur des clôtures de Marcoule pour le CEA et sur d’autres sites industriels pour les autres acteurs).

De la même manière, l’idée **d’utiliser la halle pour des transferts de technologie,** n’est également plus mise en avant. L’idée d’effectuer des transferts de technologie est proche de l’idée de faire de la halle un outil de R&D. De fait, les questions liées à la propriété intellectuelle se posent également. Par ailleurs, cette notion de transfert technologie s’avère relativement floue : soit la technologie est insuffisamment développée et il est nécessaire de faire de la R&D complémentaire ; soit elle est totalement opérationnelle et dans ce cas ceci nécessite directement de la tester sur un petit chantier pilote. Dès lors, l’usage de la halle technologique pour ce type d’objectifs paraît trop limité pour en faire un élément central du business model.

La convergence vers deux objectifs fédérateurs :

Contrairement aux deux objectifs précédents, le principe de faire de la halle technologique **un lieu dédié à la qualification des outils, procédés et des méthodologies, incluant la formation des personnels** s'est progressivement imposé comme le cœur du business model de la future halle technologique.

Ce positionnement stratégique de la halle permet de répondre au besoin réel de qualification et de labellisation des outils, procédés et méthodologies dans le domaine du démantèlement nucléaire, comme nous le mettons en évidence depuis le début de ce chapitre.

Par ailleurs, le sujet a fait progressivement consensus parmi les donneurs d'ordres car une analogie existe déjà dans le domaine de la construction des réacteurs nucléaires. Depuis plusieurs années, un Groupement d'Intérêt Economique a été constitué à part égale entre AREVA et EDF sous la dénomination CETIC (Centre d'Expérimentation et de Validation des Techniques d'Intervention sur Chaudières nucléaires à eau pressurisée). Pour les 58 réacteurs français en exploitation, le CETIC est un lieu de tests et de qualifications pour qualifier les méthodes et outillages de maintenance du Circuit Primaire Principal (bloc réacteur, générateurs de vapeur, condenseurs, refroidisseurs) et également pour la manipulation du combustible nucléaire. Comme l'indique sa plaquette commerciale, le CETIC est équipé de maquettes et composants réels du Circuit Primaire Principal, une réplique exacte d'une piscine de bâtiment réacteur et une machine de chargement (manipulant des assemblages écoles de type 1300 MW mais équipée de versions de type 1450 MW ou 900 MW). Sur un site de 31 000 m^2 (dont 3000 m^2 de halls industriels), le CETIC emploie une douzaine de collaborateurs AREVA et EDF et 14 formateurs à demeure sur le site, avec une capacité d'accueil clients de 120 personnes par jour.

En complément, le positionnement sur la qualification, la labellisation et la formation associée, permet d'éviter toute problématique de propriété intellectuelle. Que ce soit les donneurs d'ordres, les rangs 1 ou les PME/ETI innovantes, chacun peut venir tester et qualifier un procédé au sein de la halle en en restant totalement propriétaire.

Enfin, le dernier objectif consistant à faire de la halle **un lieu de mise en visibilité et de communication pour montrer le dynamisme de la filière du démantèlement nucléaire** a été retenu, mais de manière annexe. Il se matérialise notamment par la présence du showroom de 150 $m^{2.}$ Mais cette proposition de valeur doit être envisagée comme une proposition annexe du business model, ne conduisant pas à générer de chiffre d'affaires. Il est à noter, qu'au-delà du

showroom de taille réduite, la construction même d'une halle technologique dédiée au démantèlement nucléaire est en soi une action importante de promotion de la filière.

L'atteinte d'un point d'équilibre fédérateur :

Cette importante discussion durant deux ans et demi autour de la vocation de la halle technologique est illustrative de la notion d'objet-frontière. Pour que la halle devienne un objet fédérateur reconnu par l'ensemble des mondes sociaux (chercheurs du CEA, acteurs académiques, PME innovantes, industriels, responsables de projets de démantèlement…), il a été nécessaire d'établir des compromis. Par exemple, faire de la halle un nouvel outil de R&D à quelques centaines de mètres des laboratoires du CEA aurait conduit à l'opposition des chercheurs du site. Inversement, ceux-ci peuvent voir un intérêt certain à disposer d'un lieu de test et de qualification et d'un lieu de mise en visibilité de la R&D qu'ils développent.

Ces négociations, discussions, échanges, recherches de compromis, …, expliquent la longueur du temps nécessaire à la genèse d'un objet-frontière de ce type. Mais inversement, brûler les étapes et ne pas chercher le point d'équilibre peut conduire à l'échec de l'objectif de faire se rencontrer plusieurs mondes sociaux.

3.2. DEM4DEC, un lieu modulaire

Le propre d'un objet-frontière est d'être un espace de médiation entre plusieurs mondes sociaux. Il doit permettre de favoriser le travail collectif entre des personnes issues de plusieurs domaines.

Au sein du projet DEM4DEC, le maquettage numérique est une bonne illustration de cette volonté de modularité.

Une maquette numérique est une représentation géographique d'un objet ou d'un ensemble d'objets réalisée généralement en 3D sur ordinateur. La création de cette maquette sert à tester l'objet, à l'analyser, à le contrôler et à simuler certains de ses comportements. La maquette numérique désigne aussi bien l'outil numérique qui génère et utilise cet avatar numérique de l'objet, la base de données associée et le processus plus ou moins collaboratif de construction et de mise à jour de la maquette. Les modèles numériques de simulation sont des codes de calcul informatiques capables de simuler tout ou partie du comportement d'objets réels. Pour désigner

ce type de maquette numérique, l'acronyme BIM (pour l'expression anglophone « Building information modeling ») est souvent utilisée.

L'intérêt évident du maquettage numérique est de pouvoir comprendre un objet avant qu'il n'existe physiquement. Dans le domaine du démantèlement nucléaire, la maquette numérique peut par exemple consister à représenter virtuellement une salle en démantèlement en représentant fidèlement l'espace disponible, la tuyauterie, les équipements (caissons blindés par exemple), les encombrants…

Une fois cette salle virtuellement représentée, il est par exemple possible d'y insérer un robot, toujours sous forme numérique, et d'analyser la manière dont il se comporte. La simulation cinématique permet en effet d'animer un objet ou une série d'objets en respectant leurs liaisons cinématiques. Ceci permet par exemple de s'assurer de la non-collision d'un composant cinématique avec son environnement.

Ceci permet aux techniciens et ingénieurs de discuter plus facilement des solutions et alternatives techniques possibles et de retenir la meilleure par rapport aux critères du projet. Il est ainsi possible de détecter très tôt certains problèmes ou erreurs. Etant donné le coût des travaux réalisés en zone contaminée, le recours à la simulation numérique peut donc s'avérer très précieux dans le domaine du démantèlement nucléaire. Une fois la maquette numérique réalisée, elle peut être utilisée tout au long de la durée du chantier.

Pour mettre en œuvre le maquettage numérique, il est nécessaire de disposer d'une salle de réalité virtuelle. Une salle de ce type se compose de plusieurs murs de verre et d'un plancher acrylique. Sur deux ou quatre surfaces (en fonction du niveau de la salle), des projecteurs viennent afficher une image haute résolution. L'impression de relief est restituée par un procédé de stéréoscopie active associée à des lunettes à obturation. Un système de caméras infrarouges assure le suivi des objets en mouvement dans ce volume. Une salle de ce type offre donc un haut niveau de qualité immersive et d'interaction multimodale.

Si la salle de réalité virtuelle est un équipement fixe, elle doit être complétée par d'autres équipements numériques permettant de constituer un véritable système. Des caméras numériques et des scanners 3D doivent permettre de « capter » in situ l'environnement que l'on souhaite modéliser. Enfin, il est nécessaire de disposer de logiciels de simulation dédiés permettant de gérer par exemple les interfaces cerveau-machines.

Cette description de ce qu'est une maquette numérique nous permet de comprendre tout l'enjeu de pouvoir associer et réunir des personnes issues de plusieurs domaines. Par rapport à cette objectif, DEM4DEC se positionne comme un lieu de rencontre et de collaboration entre :

- Des représentants des éditeurs de logiciels : ce sont eux qui proposent des solutions dans le domaine du maquettage numérique. La halle DEM4DEC permettra de les sensibiliser aux enjeux et spécificités du démantèlement nucléaire, dans un lieu ouvert et dégagé des contraintes d'accès aux sites.
- Les spécialistes ou experts du numérique qui sont capables de faire évoluer la qualité de la modélisation. Le CEA possède des experts dans ce domaine et peut s'appuyer également sur son environnement local (comme par exemple le Laboratoire d'Informatique de Robotique et de Microélectronique (LIMR) de l'Université de Montpellier).
- Les experts du démantèlement nucléaire des donneurs d'ordres. Seuls ces acteurs du démantèlement peuvent par exemple être en mesure d'intégrer les contraintes radiologiques liées à une opération de démantèlement : le comportement d'un robot proche d'une source radiologique devra être différent de son comportement en l'absence de cette source. Il est donc indispensable que ces experts, connaissant parfaitement les installations, puissent collaborer avec les experts du numérique dans un tiers lieu approprié.
- Les experts de l'autorité de sûreté nucléaire qui peuvent être consultés dans le développement des maquettes. Comme nous l'avons indiqué à plusieurs reprises, l'enjeu du dossier de sûreté est un élément clé de l'avancée d'un projet de démantèlement nucléaire. Une maquette numérique peut être un objet de traduction très pertinent pour expliquer tel ou tel point de l'environnement de l'installation qui conditionne les options prises dans le chantier de démantèlement.
- Des experts issus des bureaux d'études ou d'autres domaines d'expertise (incendie, criticité, déchets…).
- Des non-experts : grand public, visites d'élus (conseillers régionaux, parlementaires…) pour lesquels la maquette numérique d'un projet de démantèlement nucléaire peut être un outil pédagogique très utile pour en comprendre la complexité.
- Des étudiants, issus de plusieurs domaines scientifiques : un lieu ouvert tel que DEM4DEC peut être un lieu dans lequel sont organisés des « Hackathon ». Ce mot désigne à la fois le principe, le moment et le lieu d'un évènement où un groupe de développeurs volontaires se réunissent pour faire de la programmation informatique collaborative sur plusieurs jours. Ce processus créatif est très fréquemment utilisé dans le domaine de l'innovation numérique.

Cette liste d'acteurs n'est pas exclusive et illustre les atouts qu'offre la modularité d'un objet-frontière pour favoriser l'émergence d'une intelligence collective entre des acteurs hétérogènes.

3.3. DEM4DEC, un lieu polyvalent

A travers la modularité, nous avons vu que la halle DEM4DEC pouvait être un lieu de rencontre entre différents niveaux d'expertise. Pour pouvoir être qualifié d'objet-frontière, la halle doit également être en mesure de proposer différents usages dans différents lieux. L'exemple des robots est à cet égard significatif.

Plusieurs lieux de la halle pourront être mobilisés pour tester des robots. En premier lieu, un avatar numérique du robot à tester pourra être incorporé dans la maquette numérique d'une salle en démantèlement. Cet avatar intègrera les caractéristiques techniques du robot : vitesse de déplacement, amplitude de mouvement de chacune de ses parties, résistance radiologique (qui induit sa capacité à se rapprocher plus ou moins longtemps des zones les plus radiologiques). La maquette numérique reproduira, elle, l'environnement physique de la salle à démanteler : localisation des points chauds les plus radiologiques, disposition exacte des tuyaux, des cables, des objets… Ceci permettra un test virtuel du comportement du robot tout à fait représentatif.

Mais cette démonstration ne suffit pas. Il sera donc nécessaire de disposer d'un autre lieu pour tester le comportement mécanique du robot. Telle est la vocation du robot park. L'objectif de cet espace de DEM4DEC est de permettre la simulation de toutes les tâches qu'un robot doit accomplir. La mobilité du robot pourra être évaluée sur divers terrains (surface métallique ou béton, gravats, briques) ou bien encore sa capacité de franchissement pourra être évaluée sur des obstacles de forme et de taille différentes (pentes de différentes inclinaisons, escaliers, obstacles en milieux confinés). Le robot park doit être équipé de caméras pour filmer et analyser les différents tests qui seront réalisés pour s'assurer de l'efficacité du robot. Enfin, des ateliers adjacents (salle d'instrumentation, atelier d'électronique et petits composants et local d'usinage) permettront de réaliser des interventions sur la mécanique ou l'électronique des systèmes et leur montage / démontage sur site. Le robot park doit permettre de tester le système robotique dans différentes configurations. Par exemple, il devra pouvoir être rempli d'eau pour voir comment le robot se comporte en environnement aquatique.

Enfin, il pourra être nécessaire de tester des composants complémentaires du robot. Il est par exemple nécessaire de tester le niveau de durcissement des composants électroniques du robot,

c’est-à-dire leur capacité à résister aux dysfonctionnements et dégradations causés par les rayonnements qu’ils peuvent rencontrer lors des interventions en milieu de haute activité ou très haute activité. Pour réaliser ces tests du durcissement, il est nécessaire de disposer d’équipements capables d’irradier les robots. Le CEA/Marcoule développe ainsi des partenariats avec des irradiateurs de la région Occitanie, notamment sur Montpellier et Toulouse.

L’existence de plusieurs lieux différents est donc un élément clé de la polyvalence. Il est également nécessaire que ces lieux permettent plusieurs usages. Un lieu tel que le robot park peut ainsi être aussi bien utilisé pour des actions de test et de qualification (ce qui devrait être le cœur de l’activité de la halle). Il sera possible de tester aussi bien le robot en lui-même que les opérateurs qui seront amenés à l’utiliser. Le robot park pourra également être un lieu de formation (stages de formation courts pour des opérateurs ou module d’une formation initiale plus longue). Enfin, cet espace pourra servir parfois de show-room pour des actions de communication ciblées.

3.4. DEM4DEC, un lieu dédié à la standardisation

En réunissant différents acteurs dans un même lieu physique, un objet-frontière a également une visée simplificatrice qui vise à produire des savoirs clairs et mobilisables pour l’ensemble des acteurs. Le projet DEM4DEC répond à cet objectif lorsqu’il intervient dans le domaine du test, de la qualification et in fine de la délivrance de label.

La notion de label est totalement reliée à la volonté de produire une information claire et accessible pour l’ensemble des acteurs. Ainsi, en 1970, NELSON indique qu’« un label vise à améliorer le fonctionnement d’un marché sur un bien de confiance ». La notion de confiance est donc au cœur de la notion de label. Lorsqu’un consommateur (ou un acheteur sur un marché en « B to B ») achète un bien ou un service, il est le plus souvent incapable d’évaluer par lui-même la qualité (du moins a priori et pour le premier recours à ce bien ou service). Inversement, le vendeur sait généralement à quoi s’en tenir quant à la qualité de son produit et service (son jugement peut certes être erroné mais il est malgré tout plus facile pour lui de situer son bien ou son service par rapport à la concurrence. Il connaît par les modes de conception et de fabrication qu’il utilise). Dès lors, une asymétrie d’informations existe. Le label a pour but essentiel de corriger cette asymétrie d’informations.

Etymologiquement, le mot « label » est employé pour le terme « étiquette ». Il s'agit donc d'un signal de confiance. Lorsque le produit ou le service bénéficie d'un label, l'asymétrie d'informations se réduit et ceci doit conduire le consommateur ou l'acheteur à acquérir le bien ou le service avec un certain niveau de confiance.

Ce rôle simplificateur du label vis-à-vis de l'information produite prend encore davantage de sens lorsque le label est produit par les acteurs d'une filière eux-mêmes. Ainsi, comme le rappellent ARJALIES, HOBEIKA, PONSSARD et PORET en 2013, les initiatives de labellisation peuvent être issues de plusieurs types d'organismes avec des objectifs propres qui peuvent être très différents les uns des autres. La plupart du temps, les labels sont mis en place par les ONG et les entreprises (ou leurs associations professionnelles). Il existe aussi des organismes publics ou privés qui peuvent mettre sur le marché un label de manière autonome. Même si l'Etat peut également prendre l'initiative d'une labellisation, GRAZ indique en 2006 que les Etats nationaux ne monopolisent plus la production des normes. BRUNSSON et JACOBSON évoquent ainsi, en 2000, la notion de « normes d'application volontaire » pour désigner le recours croissant à la labélisation par des acteurs non étatiques, qui ne disposent donc pas de l'autorité règlementaire ou législative formelle sur des communautés professionnelles ou des champs organisationnels.

Dès lors, lorsqu'un label est produit par les acteurs d'une filière, comme ce sera le cas pour les labels issus de DEM4DEC, sa légitimité ne peut reposer que sur la rigueur du processus de labellisation et l'implication des différentes parties prenantes. Par exemple, dans le cadre de la labellisation des performances d'un robot, il est nécessaire que les concepteurs du robot, les responsables de projets de démantèlement sur lesquels le robot est susceptible d'intervenir, les experts techniques indépendants (mécaniciens, spécialistes de la résistance aux rayonnements, électroniciens…) coopèrent. Ils doivent notamment converger sur le protocole de test, le niveau d'exigence attendu (par exemple le niveau de rayonnement auquel doit résister le robot), et la manière de vérifier que les performances requises sont atteintes.

Le label doit donc être socialement construit avec l'ensemble des acteurs. Une fois délivré, il résume de manière simplifiée et accessible à tous, la diversité des informations complexes et de l'expertise des acteurs qui se sont mobilisés pour le produire.

4. Le but de l'objet-frontière DEM4DEC : impulser l'innovation

Comme nous venons de le voir, le projet DEM4DEC détient toutes les caractéristiques d'un objet-frontière. Il convient à présent d'analyser les motivations de la firme leader pour s'engager dans un tel projet.

En appuyant le développement de DEM4DEC, le CEA/Marcoule réalise clairement une action de traduction destinée à renforcer l'innovation au sein de son écosystème. Pour bien comprendre ce point, il convient de rappeler les liens qui existent entre les notions d'écosystème d'affaires, de standardisation et d'innovation.

Le lien entre le concept d'écosystème d'affaires et la notion de standard est clair. Dans la définition de James MOORE des écosystèmes d'affaires que nous avons détaillée précédemment, il est indiqué qu'« un standard, une norme ou un savoir-faire est utilisé par plusieurs entreprises ». L'existence d'un certain niveau de standardisation est donc un « marqueur » de l'existence ou non d'un écosystème d'affaires.

Rappelons que selon la définition de CORBEL et Al en 2008, le standard est « un ensemble de choix technologiques largement acceptés par les acteurs d'un secteur, formant système, compatibles entre eux, mais au moins partiellement incompatibles avec les systèmes concurrents ». Cette définition se comprend aisément dès lors que l'on évoque des écosystèmes d'affaires centrés autour d'une technologie telle que le standard des téléviseurs 3D, avec le choix possible entre technologie active ou passive. Dans le domaine du démantèlement nucléaire, la notion de standard peut se décliner en trois grands ensembles : la labélisation des entreprises, la labélisation des hommes, et la labélisation des méthodologies et technologies.

Le lien entre la notion de standard et d'innovation nous semble également très clair. En agissant sur le niveau de standardisation de son écosystème, la firme leader dispose d'un levier puissant pour stimuler l'innovation.

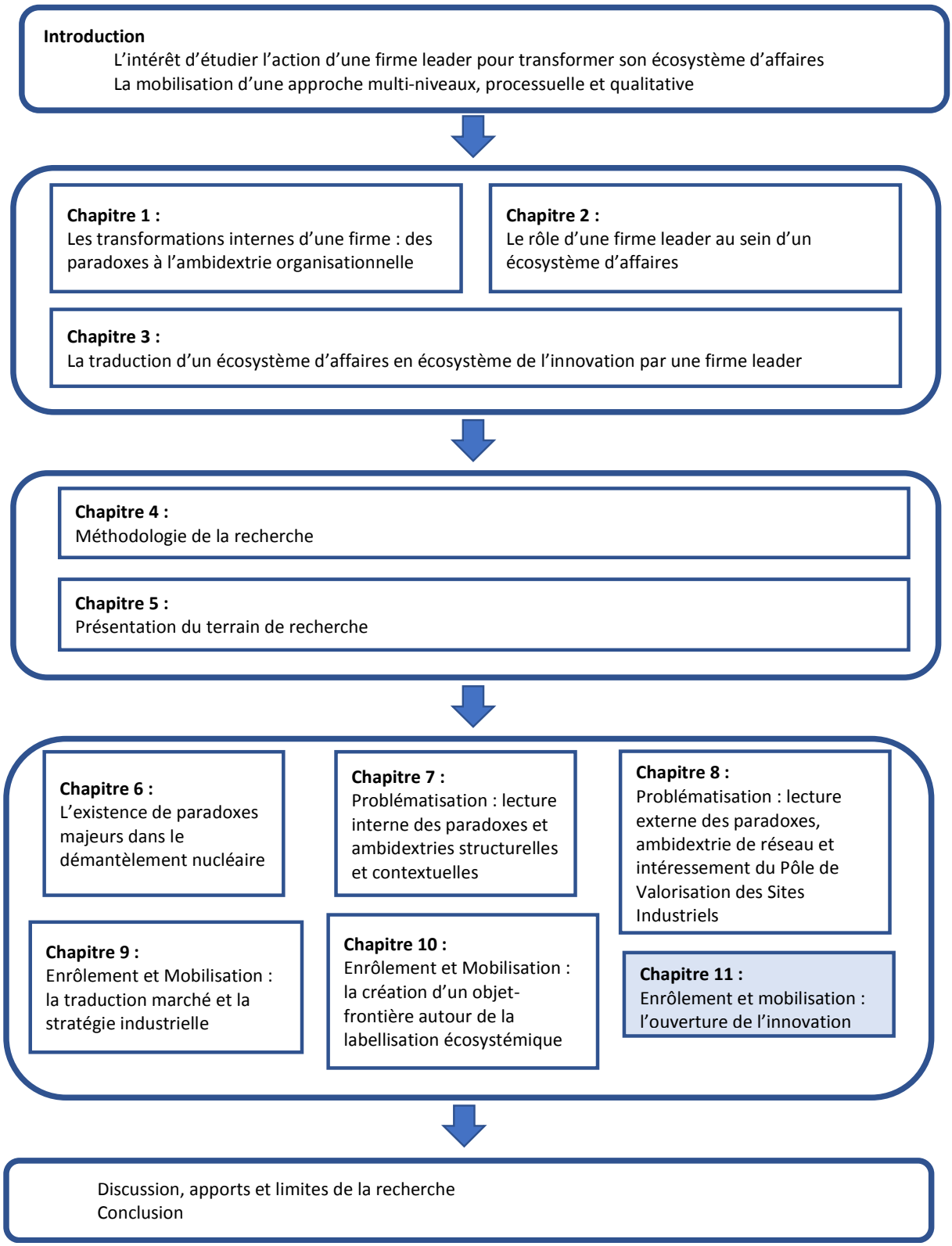
Si nous nous intéressons plus particulièrement à la notion de label comme outil de standardisation, la création d'un label peut représenter simultanément un instrument de « hard power » et de « soft power ». Le label est indéniablement un instrument de « hard power » lorsque la firme leader insère le label dans son dispositif commercial et conditionne l'obtention de certains types de marchés ou d'opérations commerciales de l'écosystème (par exemple, réponse collective à un appel d'offres international) à l'obtention du label. Mais le label peut également constituer

un remarquable instrument de « soft power » si la firme leader le conçoit dans une approche ouverte et collective, en associant l'ensemble des parties prenantes de l'écosystème.

Dans les deux cas, le label peut être représenté comme une « cale » dans l'esprit de la fameuse roue de Deming et sa démarche d'amélioration continue. En agissant sur le label, soit de manière directe par l'accès à ses marchés, soit de manière indirecte par sa capacité de lobbying, la firme leader peut faire s'élever progressivement la « cale du niveau minimum d'exigence requis » et favoriser ainsi l'élévation du niveau d'innovation nécessaire pour atteindre ce niveau.

Dans l'action de traduction écosystémique de la firme leader pour aller vers davantage d'innovation, l'objet-frontière DEM4DEC représente donc un élément clé du dispositif.

Chapitre 11 – Enrôlement et mobilisation : l'ouverture de l'innovation



Après les réflexions sur la dimension marché associée au rôle d'architecte ensemblier et sur les enjeux de la labellisation, la réflexion sur le modèle d'innovation constitue le troisième volet de la phase de mobilisation mise en œuvre par le CEA/Marcoule, firme leader de l'écosystème PVSI.

Dans ce chapitre, nous approfondirons quelques points théoriques en examinant les liens entre les concepts d'écosystème d'affaires, d'open innovation et de leadership keystone. Nous décrirons par la suite l'évolution de la culture de l'écosystème territorial autour du site de Marcoule vis-à-vis de l'ouverture de l'innovation. Enfin, nous approfondirons la stratégie de PVSI pour accélérer l'ouverture de l'innovation.

1. Le rôle du leader keystone d'un écosystème dans l'ouverture de l'innovation

1. L'ouverture de l'innovation

Le concept d'écosystème d'affaires est très lié au concept d'innovation ouverte. L'approche par les écosystèmes d'affaires, selon le modèle de James MOORE, souligne d'autre part l'importance des interactions et l'interdépendance entre les entreprises qui contribuent au processus d'innovation et le leader de l'écosystème.

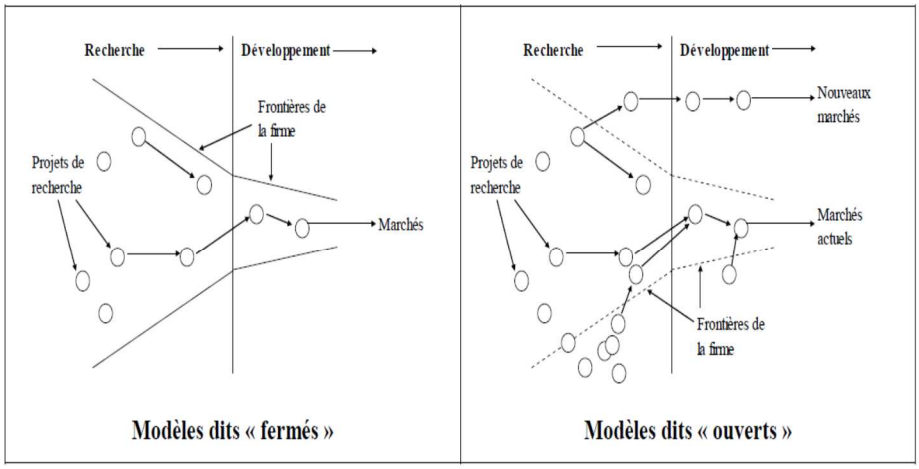
Comme nous l'avons précédemment évoqué, nous considérons que tout écosystème d'affaires n'est pas forcément un écosystème de l'innovation. Si la dynamique de conservation de l'existant et du repli l'emporte, l'écosystème peut végéter et n'être qu'un lieu de conservation des rentes et des avantages acquis par les différents acteurs. Par contre, l'écosystème d'affaires, conceptualisé par MOORE, ne prend tout son sens que si celui-ci est un écosystème au sein duquel la dynamique de l'innovation l'emporte. James MOORE souligne le rôle particulier du leader écosystémique qui doit orchestrer ces différentes évolutions. A chaque étape de la vie de son écosystème (naissance, expansion, leadership, renouveau, déclin), le leader doit gérer la tension entre la compétition et la coopération entre les différents acteurs. Il doit également concilier en permanence la tension entre l'intérêt collectif de l'écosystème et les intérêts individuels (y compris le sien). Comme le rappellent IANSETI et LEVIEN en 2004, le leader doit également gérer la tension entre la valeur créée par l'écosystème et la manière dont cette valeur est captée par les différents acteurs. MOORE présente donc l'écosystème d'affaires comme un cadre institutionnel, une structure qui est en capacité de prendre en charge les contributions de

plusieurs acteurs impliqués dans un processus d'innovation collectif, plus ou moins ouvert. L'innovation est donc le principal moteur des écosystèmes d'affaires.

Dans le cas que nous développons tout au long de ce travail doctoral, la recherche de l'innovation constitue bien l'enjeu essentiel. En effet, comme nous l'avons montré, la motivation du CEA/Marcoule pour s'engager dans la transformation de son écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation repose sur la volonté de trouver les innovations d'exploration nécessaires à la résolution des paradoxes du démantèlement nucléaire.

Comment reconnaître une véritable stratégie d'innovation ouverte ?

En 2003, Henri CHESBROUGH publie son livre intitulé « Open Innovation : The New Imperative for Creating and Profiting from Technology ». Selon lui, les modèles traditionnels de recherche propriétaire sont jugés inadaptés aux nouvelles réalités du monde des affaires. Les entreprises ne peuvent plus compter exclusivement sur leurs propres ressources pour innover, mais doivent s'appuyer sur l'innovation collaborative, les partenariats et l'ouverture tout azimuts. Le célèbre schéma (car reproduit dans de nombreux ouvrages et revues du monde des affaires) ci-dessous résume ce concept :



Encart 1 : La Dichotomie « innovation fermée » - « innovation ouverte » (Chesbrough, 2003)

Figure 36

Dans les modèles dits « fermés », l'entreprise réalise exclusivement sa R&D en interne. Les frontières de la firme sont rigides et visent à protéger avant tout la propriété intellectuelle. Inversement dans les modèles dits « ouverts », les frontières de la firme sont poreuses et visent à favoriser au maximum l'export des idées novatrices de la firme vers l'extérieur et l'import des meilleures innovations venant de l'environnement externe.

CHESBROUGH avance plusieurs idées pour défendre ce modèle :

- Il existe d'importantes sources de connaissances et de compétences en dehors des frontières de l'entreprise. Il faut changer de posture par rapport à l'innovation et passer de « nous avons les meilleurs » à « nous travaillons avec les meilleurs »
- La R&D externe constitue un gisement de valeur potentiel significatif
- L'entreprise n'a pas besoin d'être à l'origine d'une innovation pour en profiter

Dans leur article de 2011, ISCKIA et LESCOP s'interrogent sur les fondements de l'innovation ouverte. Les deux auteurs soulignent le succès très important que rencontre le concept d'innovation ouverte parmi la sphère managériale. Mais en contrepartie, l'enthousiasme initial de la communauté académique a rapidement cédé la place à une certaine réserve qui s'est exprimée à travers des contributions qui pour la plupart ont questionné la notion ou le degré d'ouverture. Le propos principal d'ISCKIA et LESCOP est de montrer que si l'innovation fermée est un cas extrême (peu observé dans la réalité), l'innovation complètement ouverte ne concerne qu'une poignée tout au plus de situations. Entre ces deux idéaux-types, une grande variété de modèles coexistent.

Pour ISCKIA et LESCOP, le caractère vraiment novateur du concept d'innovation ouverte ne réside pas dans l' « outside-in », c'est-à-dire le fait d'apporter des innovations externes à l'intérieur de l'entreprise. Depuis longtemps, les entreprises collaborent avec leurs fournisseurs et clients et avec les universités, en particulier dans les secteurs high-tech. Pour les deux auteurs, l' « inside-out » est véritablement le cœur du modèle de l'innovation ouverte et représente le véritable caractère novateur du concept. Pour CHESBROUGH, l' « inside-out » représente le fait de mettre à disposition des tiers une partie des brevets dormants voire peu stratégiques pour la firme. En agissant ainsi, la firme n'agit pas par altruisme mais cherche à se rétribuer par le biais de contrats de licence, de spinoffs (création de nouvelles entités à partir d'une organisation plus grande) ou encore de joint-venture (création de co-entreprises). L'idée de base est que l'innovation non utilisée par la firme pour ses marchés principaux peut être valorisée sur des marchés intermédiaires, qu'il convient d'adresser par des montages juridiques ou contractuels appropriés.

Les pratiques d'innovation ouverte des entreprises se mesurent donc à la fois par le degré d'ouverture (que l'on peut mesurer par exemple avec des indicateurs tels que la part du budget de R&D investi à l'extérieur de la firme) mais aussi par le recours à l' « outside-in » et à l' « inside-

out ». Certaines entreprises pratiquent uniquement l' « inside-out » (offreur), d'autres uniquement l' « outside-in » (demandeur) et d'autres pratiquent simultanément les deux.

Le terme « open innovation » est aujourd'hui « tendance » et beaucoup de grandes entreprises se targuent de mettre en œuvre ce type de démarche. Pour autant, il ne suffit pas qu'une firme affirme pratiquer l'innovation ouverte pour que ce soit réellement le cas dans les faits. ISCKIA et LESCOP proposent donc quelques critères nécessaires pour savoir si la firme a véritablement une stratégie d'innovation ouverte :

- L'observation des routines de l'industrie en question : si l'ouverture est la règle, il apparaît dans ce cas difficile de parler de stratégie d'innovation ouverte puisque la firme ne peut faire autrement
- Observer la présence de stratégies d' « inside-out ». Si la firme ne pratique que de l' « outside-in », on ne saurait véritablement parler d'innovation ouverte
- Observer le champ couvert par l'ouverture. Si celle-ci ne concerne que des actifs périphériques, il s'agit davantage d'une timide stratégie d'exploration plutôt que d'une démarche structurée d'innovation ouverte.
- Questionner l'intention stratégique de la firme

Lorsque ces critères sont vérifiés et que la firme est dans une démarche d'innovation ouverte, elle peut en tirer un bénéfice important comme le montre le graphique ci-dessous :

- Des nouveaux revenus liés à la démarche d' « inside-out »
- Des économies de coûts et de temps de développement grâce à l' « outside-in »

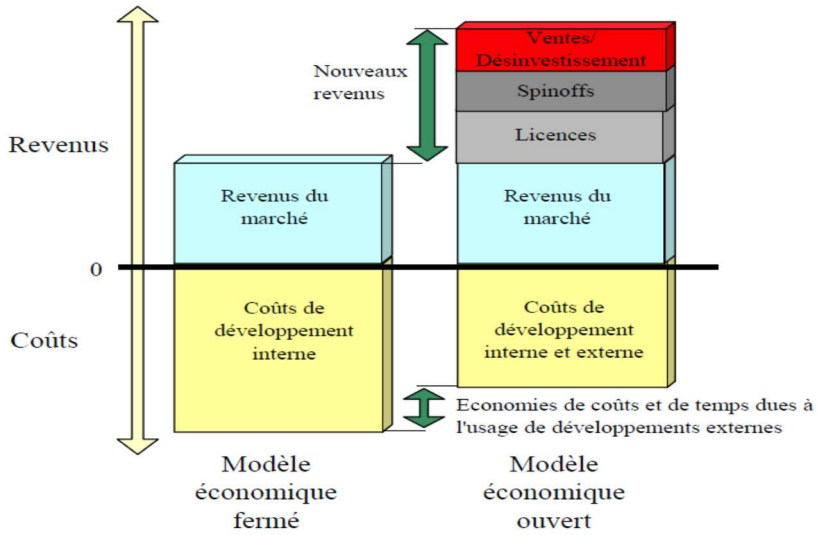


Schéma 1 : D'après Chesbrough (2007, p. 24)

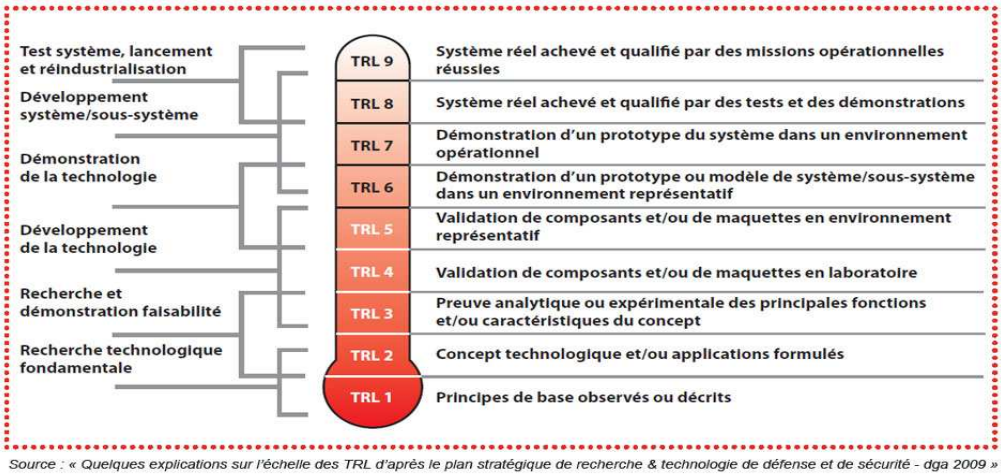
Figure 37

Sous l'éclairage des principes que nous venons d'évoquer, il semble très difficile que le leader d'un écosystème d'affaires ne dispose pas d'une intention stratégique claire vis-à-vis de l'innovation ouverte. Si ce n'est pas le cas, son leadership peut progressivement être remis en cause. Nous allons à présent montrer que l'approche du niveau de maturité technologique peut permettre de définir le positionnement du leader keystone au sein de son écosystème.

1.2. Le leadership keystone et l'approche du niveau de maturité technologique

L'échelle des TRL (technology readiness level) est un outil de gestion de l'innovation. Cette échelle est en voie de standardisation dans l'industrie. Les TRL sont des indicateurs de maturité technologique définis sur une échelle de 1 à 9. Pour franchir un nouveau TRL, des critères techniques doivent être respectés, et ce pour chaque niveau. Les TRL décrivent le chemin que doit parcourir une technologie depuis la recherche la plus fondamentale jusqu'à un produit technologique fini et abouti, directement utilisable par l'industrie.

Le niveau 1 est le plus bas niveau de maturité technologique. A ce stade, la recherche scientifique commence à peine à se traduire en recherche appliquée et développement. Les exemples peuvent inclure des études papiers des propriétés de base d'une technologie. A l'opposé, le niveau 9 représente le plus haut niveau de maturité réelle d'une technologie. Il s'agit donc de la capacité à appliquer réellement la technologie sous sa forme finale et en conditions réelles de mission. A ce stade, les derniers problèmes ou « bugs » sont corrigés et le système est pleinement opérationnel. L'échelle TRL décrit donc le parcours d'une technologie pour passer du niveau 1 à 9. Le graphique ci-dessous représente les neuf niveaux et leur signification :



Source : « Quelques explications sur l'échelle des TRL d'après le plan stratégique de recherche & technologie de défense et de sécurité - dga 2009 »

Figure 38

L'approche TRL présente un grand intérêt dans la prise de décision concernant le développement et le transfert d'une technologie. Elle permet notamment de fournir une compréhension

commune sur l'état d'une technologie, de gérer le risque, de prendre des décisions sur la création technologique et des décisions sur le transfert technologique.

La structure de financement de l'innovation s'inspire grandement des principes de l'échelle TRL. Ainsi, les projets ANR et horizons 2020 concernent essentiellement les projets « orientés R&D » et donc les TRL peu élevés. Inversement, les financements de type FUI ou PSPC sont « orientés marché » et s'adressent donc aux TRL élevés.

Un article de la revue « les défis du CEA » publié en avril 2014 présente l'échelle TRL et le concept de la « Vallée de la Mort », qui se situe entre les niveaux 4 à 6 de l'échelle TRL.

Dans cet article, les niveaux 1 à 3 correspondent à la recherche de base et appliquée. En France, ces niveaux sont généralement couverts par le secteur public, les organismes de recherche et les universités. Il s'agit de passer du principe à la preuve de concept d'application et des études « sur le papier » des propriétés de base d'une technologie autour d'un concept spéculatif afin d'envisager des applications. Il s'ensuit une R&D active en laboratoire pour valider des hypothèses et fournir une preuve expérimentale du concept.

Les niveaux 7 à 9 correspondent à la qualification opérationnelle de la technologie. Il s'agit de démontrer que la technologie, telle que validée sous la forme de son prototype, fonctionne dans les conditions prévues. Son application réelle est ainsi mise en œuvre sur des lignes-pilotes industrielles pour subir d'ultimes tests. Le système complet est alors validé par des missions réussies en environnement réel. A ce niveau de TRL, les actions relèvent très clairement du secteur privé.

C'est donc entre ces deux niveaux que se situe la « Vallée de la Mort ». L'enjeu des TRL 4 à 6 est le passage du « concept au produit ». Les fonctions clés du concept doivent être validées en laboratoire. La technologie doit être validée dans un environnement représentatif. Enfin, la démonstration doit être conduite dans un environnement réel simulé.

Se situant au milieu de l'échelle TRL, la « vallée de la mort » est donc une étape indispensable pour transmettre l'innovation. Elle nécessite de faire travailler ensemble des acteurs du secteur public, des organismes de recherche, et de l'université et des acteurs privés du secteur industriel. En termes de financement, elle représente également un défi important. Elle nécessite la plupart du temps des plateformes technologiques et des lignes-pilotes très onéreuses. Il s'agit de

moyens de tailles intermédiaires, qui dépassent à la fois les capacités de financement des acteurs publics et qui sont difficiles à faire financer intégralement par le secteur privé tant que la technologie n'a pas fait la preuve de son opérationnalité. Il est donc essentiel de mutualiser des moyens et de développer des partenariats entre le public et le privé pour se donner une chance de franchir cette fameuse « vallée de la mort ».

Le graphique ci-dessous schématise l'échelle TRL et l'existence de cette fameuse « vallée de la mort » sur les TRL 4 à 7.

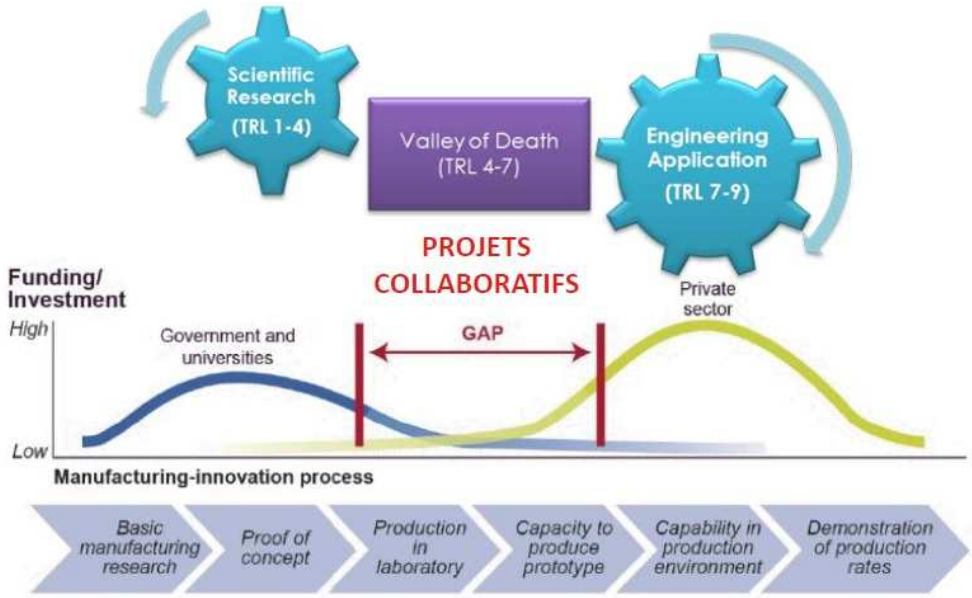


Figure 39

Maintenant que nous avons défini ce qu'était l'échelle TRL, nous pouvons constater qu'elle peut représenter un très bon outil de la traduction écosystémique de l'innovation ouverte.

Notre vision est que, fondamentalement, un écosystème de l'innovation qui fonctionne de manière efficace est celui qui permet à l'ensemble de ses acteurs de traverser cette fameuse « vallée de la mort » et de réduire considérablement les risques lors de cette traversée.

Ceci doit s'appliquer aux deux dimensions de l'open-innovation, l'inside-out et l'outside-in.

En termes d'inside-out, l'écosystème doit permettre aux innovations issues de la firme leader, proches de son cœur de métier et de ses compétences de base, de trouver des débouchés et des applications opérationnelles. Le temps où un firme seule pouvait porter un concept ou un produit du TRL 1 (la définition la plus fondamentale des principes de base) au TRL 9 (la vraie

réussite opérationnelle d'un système achevé et qualifié) relève désormais de l'exception. Pour sa propre R&D, la firme leader oriente désormais ses efforts sur les niveaux de TRL, qui sont les plus proches de son cœur de métier et de ses niveaux de compétences, et sur lesquels repose son leadership.

Par exemple, si la firme leader se positionne sur une R&D lui permettant d'avoir une position forte sur des TRL 4 à 7, elle devra en amont s'appuyer sur les partenaires académiques de son écosystème pour couvrir les TRL 1 à 3 et s'appuyer en aval sur les autres acteurs industriels de l'écosystème pour couvrir les TRL 8 à 9. Si elle considère que les TRL 8 à 9 ne font pas partie de son cœur de métier, elle peut par contre chercher à développer l'écosystème en créant des spin-offs, en vendant des licences, en développant l'essaimage, suivant les principes de l'inside-out que nous avons évoqués précédemment.

Dans un tel cas, la firme leader se positionne justement sur la fameuse « vallée de la mort » et peut ainsi se rendre incontournable…

Dans d'autres cas, la firme leader peut faire le choix de couvrir les TRL 3 à 9. Dans ce cas, seul le réseau des partenaires académiques de l'écosystème est utilisé en amont pour les TRL 1 à 2. La firme leader gère complètement l'aval jusqu'à la délivrance du produit fini ou du système qualifié et testé.

En termes d'outside-in, la firme leader utilise son écosystème pour trouver l'innovation d'exploration dont elle manque en interne. Dans ce cas, son rôle peut être de fournir uniquement un terrain d'application fertile à des innovations externes. Elle peut ainsi se concentrer sur des TRL 7 à 9, pour trouver des solutions technologiques abouties et déjà éprouvées industriellement.

Par exemple, si AIRBUS choisit une nouvelle application logicielle pour l'installer à bord d'un de ses avions, il n'a nullement besoin de maîtriser les TRL 1 à 6 : le développement du logiciel en lui-même, les codes utilisés, …. (Notons qu'il pourrait certes faire un choix inverse et choisir de tout développer en interne. Mais dans ce cas, il perdrait les économies de coûts et d'échelles dues à l'usage de développements externes tels qu'ils apparaissent dans le graphique de CHESBROUGH que nous avons présenté précédemment).

Si dans ce cas précis, AIRBUS peut s'appuyer complètement sur d'autres partenaires pour l'amont, il est évident qu'il s'investira sur l'aval. Il est impossible qu'il se désintéresse de l'implémentation de cette application logicielle au sein de l'avion (interaction du logiciel avec les autres systèmes de pilotage, besoin de formation des pilotes, validation de la robustesse du logiciel en situation réelle de vol…). Il concentrera donc son interaction avec des acteurs externes sur les TRL 7 à 9.

A présent que nous avons défini le lien entre l'échelle TRL et les concepts de l'innovation ouverte, nous pouvons revenir sur l'éclairage que ceci peut apporter sur l'intention stratégique de la firme leader d'un écosystème.

La firme leader d'un écosystème doit clarifier son intention stratégique vis-à-vis de l'innovation ouverte.

En termes d'inside-out, elle doit faire un vrai choix stratégique sur le positionnement de sa R&D en amont et en aval. Quels sont les TRL qu'elle souhaite maîtriser ? Sur quels partenaires doit-elle s'appuyer pour les TRL qu'elle ne maîtrise pas, que ce soit en amont ou en aval des TRL qu'elle maîtrise ?

Il est à noter que de la réponse à cette question dépend l'espace qui est accordé aux autres acteurs de l'écosystème. Si nous reprenons les différents positionnements possibles pour la firme leader d'un écosystème d'affaires, nous pouvons penser qu'une firme adoptant une stratégie de *physical dominator* aura tendance à occuper le maximum de TRL et laisse une « portion congrue » aux autres acteurs. Inversement, une firme développant une stratégie de type *keystone* se positionnera plus naturellement sur les TRL centraux, en particulier ceux qui se situent sur la fameuse « vallée de la mort ».

Dans les parties suivantes, nous allons voir comment ces différents principes s'appliquent dans le domaine du démantèlement nucléaire et de l'écosystème PVSI.

2. Les besoins d'innovation technologique dans le démantèlement nucléaire

En 2014, un rapport OCDE/AEM a été consacré aux besoins en matière de R&D et d'innovation dans le cadre du démantèlement nucléaire. L'intérêt premier de ce rapport est d'établir un certain consensus international sur les travaux de R&D méritant l'octroi d'un financement et sur les possibilités de collaboration entre les différents états membres de l'OCDE.
Le rapport est structuré en cinq thèmes, qui reprennent la chronologie d'un chantier de démantèlement nucléaire :

- Caractérisation et enquête préalable au démantèlement
- Technologies de segmentation et de démantèlement
- Technologies de décontamination et de restauration
- Gestion des déchets
- Caractérisation du site et surveillance environnementale

Le rapport se place donc du point de vue des donneurs d'ordres et des enjeux opérationnels qu'ils doivent concrètement résoudre. Chaque thème se conclut par des suggestions pour les futurs travaux de R&D et les domaines de collaboration internationale, en fixant des livrables et des objectifs généraux. Le but du rapport est de contribuer à orienter la R&D internationale en matière de démantèlement nucléaire.

Le thème 1 « caractérisation et enquête préalable au démantèlement » part du principe que la caractérisation physique, radiologique et non radiologique, avant le démantèlement est un élément clé de tous les projets. Il est nécessaire d'identifier les types, les quantités et les propriétés physiques des systèmes, des structures et des composants qui devront être enlevés ou démontés. Pour chacun d'entre eux, il faut identifier les risques radiologiques et non radiologiques associés. Ces données sont indispensables à l'élaboration du scénario de démantèlement, aux dossiers de sûreté et aux enquêtes publiques qui peuvent être nécessaires suivant les cas.
Pour obtenir ces données, il est nécessaire de pouvoir analyser tous les échantillons et prélèvements pouvant être réalisés sur les sites. Leur répartition spatiale et la concentration des contaminants doivent être estimées avec la meilleure précision possible. Ceci concerne également l'identification des nucléides pouvant être contenues dans les alliages et les bétons des installations nucléaires en démantèlement.

Le thème 2 « technologies de segmentation et de démantèlement » traite du cœur même de l'opération de démantèlement. Son objectif est la nécessité d'améliorer l'efficacité et la sécurité (notamment en réduisant au maximum l'exposition des travailleurs), de réduire le volume des

déchets (en limitant par exemple la création de déchets secondaires qui peut être induite par l'utilisation de méthodes de découpes traditionnelles) et de réduire au final les coûts du projet de démantèlement.
Ce thème s'intéresse donc à la robotique de démantèlement, aux systèmes d'intervention à distance et aux technologies de découpe innovante (scies à l'arc, lasers…).

Le thème 3 « technologies de décontamination et de restauration » porte sur l'ensemble des questions relatives à la décontamination des composants (y compris les métaux et les bétons), à l'assainissement des sols et à la limitation de la propagation de la contamination des eaux souterraines.
Les champs scientifiques et techniques mobilisés par ce thème sont vastes. Ceci concerne notamment l'ensemble des processus chimiques et physiques susceptibles d'être utilisés pour la décontamination des matériaux de démantèlement tels que le béton, les métaux, les graphites, les fonds de réservoir, les eaux souterraines et le sol. Cela implique également des technologies novatrices telles que la chimie des actinides (des ligands se lient aux actinides pour les extraire) ou le nettoyage ou le décapage par cryogénie, le décapage innovant par laser (susceptible de surpasser le décapage chimique classique).
Le thème traite également de toutes les innovations prometteuses pour contribuer à la restauration des sites et des installations. Ceci implique le recours aux nanotechnologies avec l'utilisation de nanoparticules pour piéger les polluants. Ceci concerne également les technologies de biorestauration avec notamment la phytorémédiation qui s'appuie sur l'utilisation des plantes pour absorber ou fixer les éléments.

Le thème 4 « gestion des déchets » se concentre sur un large éventail de pratiques et de procédés pour le traitement et l'élimination des déchets de démantèlement. Ceci inclut des domaines tels que le conditionnement, la manutention, le transport, l'entreposage, le traitement pour le recyclage, la réduction de la volumétrie et de la durée de vie, et pour les déchets les plus actifs et à la durée de vie la plus longue, le stockage définitif.
Ce thème est particulièrement vaste et complexe en raison de la palette très étendue des déchets à traiter (déchets chimiques, PCB, amiantes, déchets mélangés, matières organiques telles que les déchets bitumés, les huiles, les nitrates, les résines, métaux réactifs, uranium appauvri, les déchets nucléaires de moyenne et haute activité.
Les technologies mobilisées dans le cadre de ce thème concernent l'optimisation de la hiérarchisation des déchets, l'amélioration et le renforcement des outils de manipulation, les recherches sur la ségrégation, les emballages et le conditionnement des déchets.

Le thème 5 « caractérisation du site et surveillance environnementale » se concentre sur l'état des sites et de l'environnement en cours de démantèlement, lors de l'évaluation de l'état final et du post-démantèlement.

En France, les décrets de démantèlement fixent les conditions à atteindre pour l'état final, notamment en terme radiologique. Ce thème implique donc de caractériser et doser les radionucléides tout au long du chantier de démantèlement et lors de l'état final.

Pour valider le déclassement de l'installation, il est nécessaire de disposer de modèles permettant de fournir une évaluation fondée sur le risque généré par les radionucléides restants. Ce modèle permet d'établir les contaminants restants, leurs concentrations (le terme source) et leur distribution spatiale. Dans certains cas, une évaluation du risque combiné entre les éléments radiologiques et les autres matières dangereuses est nécessaire.

Les technologies mobilisées par ce thème sont donc la modélisation 3D, les techniques de modélisation tridimensionnelle du sol souterrain et des eaux souterraines, les techniques d'échantillonnage non intrusives, l'utilisation des équipements de télédétection (y compris l'automatisation et les techniques robotiques), la télémesure et les technologies satellitaires en matière de caractérisation et de contamination. Sur des sites complexes, la modélisation peut nécessiter le recours au cloud computing et l'accès à des super-calculateurs.

3. Le lent processus d'ouverture de l'innovation dans l'écosystème PVSI

3.1. Les années 50 à 80 : la culture d'une innovation interne et linéaire

Personne ne sera surpris si nous indiquons que les concepts de l'innovation ouverte ne sont pas nés dans le domaine de l'industrie nucléaire… Dans le contexte des années 50 et 60 qui est celui du développement de la bombe atomique, il est évident que la culture du secret et l'exigence d'une confidentialité absolue l'emportent sur tout autre considération.

Ceci est particulièrement vrai pour le site de Marcoule, berceau de la production de Plutonium pour la première bombe nucléaire française, dont l'activité a longtemps relevé du mode secret défense. Comme l'indique le chusclanais Louis ANGLEZAN dans l'ouvrage réalisé sur le site de Marcoule, « *dès l'hiver 1954-1955, le centre a été entièrement clôturé d'une triple enceinte électrifiée. Il était impossible d'y entrer !* » (MAZUCHETTI, 2005).

La culture originelle du site de Marcoule est celle de l'innovation interne et fermée et de la culture du secret et de la confidentialité. Durant très longtemps, les équipes de R&D du CEA

Marcoule ont notamment été renforcées pour développer un sujet de recherche de A à Z. Les sous-traitants, triés sur le volet, intervenaient sur des sujets précis et limités, sans qu'à aucun moment la maîtrise de l'ensemble du développement n'échappe au CEA.
Ce modèle de développement, totalement adapté au contexte du secret nucléaire de l'époque, a très bien fonctionné et a développé en interne une culture forte : « si on nous donne les moyens et les effectifs nécessaires, nous pouvons le faire nous-mêmes ! ».

Au fil du temps, tout ceci a évolué. L'effectif CEA est devenu une « denrée » précieuse. Comme tous les établissements publics, le CEA est soumis à des cadrages d'effectifs. Ceci est également vrai en termes de budget. Dès lors, il convient de faire des choix : tout faire par soi-même devient impossible et il convient de s'appuyer sur d'autres partenaires.

3.2. Les années 90 et 2000 : l'ouverture progressive de l'innovation et le cas du développement d'un bras télé-opéré

Le besoin d'un bras innovant pour le démantèlement de haute activité

Au début des années 2000, le CEA a pris conscience des difficultés opérationnelles majeures liées aux chantiers de démantèlement de haute activité (HA) et de très haute activité (THA). Ces chantiers se caractérisent par un débit de dose très élevé (> à 100 Gy/h) et une forte contamination. Outre les aspects radiologiques, ces chantiers se caractérisent également par un design très contraint et un fort encombrement des zones à démantèlement. L'exemple représentatif de ce type de chantier est une cellule de Haute Activité, fortement encombrée par des tuyauteries contaminées, pouvant contenir des boîtes à gants avec un fort débit de dose.

Sur ces chantiers de haute activité ou très haute activité, l'intervention humaine ne peut être que minimale, voire même être totalement supprimée. En effet, la radioprotection des intervenants sur les chantiers de démantèlement est un enjeu majeur. En France et dans de nombreux pays à travers le monde, la démarche ALARA (As Low As Reasonably Achievable) vise à réduire les expositions externes à un niveau aussi bas que raisonnablement possible. Comme l'indique une communication d'EDF CIDEN en 2015 lors du Congrès National de Radioprotection, le risque de contamination interne est plus présent sur les chantiers de démantèlement que durant la phase d'exploitation des installations. Il est nécessaire de définir des mesures de protection collective

et individuelle adaptées et de les associer à un suivi rigoureux des intervenants. Tous les chantiers de démantèlement sont ainsi classés en fonction de la contamination surfacique, des caractéristiques du chantier et du type de travaux.

Du fait de la démarche ALARA, utiliser des opérateurs humains pour démanteler des chantiers de haute activité ou très haute activité est quasiment impossible, même en les protégeant par de lourdes protections (de type scaphandre par exemple). Dès lors, le recours à la robotique s'impose.

Mais pour qu'un robot puisse intervenir en haute activité ou très haute activité, il doit disposer de trois caractéristiques bien particulières :

➔ La capacité à résister au milieu nucléaire hostile

La capacité du bras robotisé à être utilisé en milieu nucléaire hostile est un élément déterminant. Une simple particule chargée de haute énergie traversant un matériau semi-conducteur peut injecter des centaines d'électrons dans la bande de conduction, en dégradant ainsi la qualité du signal dans un circuit analogique ou faussant les calculs dans un circuit numérique. A plus forte énergie, les propriétés physiques du matériau peuvent être dégradées, conduisant parfois à la destruction pure et simple du composant irradié. Dès lors, il est donc nécessaire de « durcir » les composants électroniques pour les rendre capables de résister aux radiations. Le processus de durcissement, élément essentiel de la nucléarisation du bras robotisé, prend du temps et revient cher. Le niveau de durcissement du bras robotisé conditionne directement sa capacité à l'utiliser ou non sur un chantier. Pour mesurer le niveau de durcissement d'un robot, l'unité utilisée est le Gray, qui correspond à la dose absorbée (la dose absorbée est l'énergie effectivement reçue par unité de masse de la personne ou de l'objet exposé aux radiations). L'unité source est le kilo Gray (1 kGy = 1000 gray). Un bras durci à 10 kGy peut donc résister à une dose absorbée de 10 000 gray.

➔ La performance opérationnelle

La performance opérationnelle pour un bras robotisé en milieu nucléaire peut se traduire simplement : la capacité à l'utiliser dans différents types de situation, son taux de disponibilité, la qualité de la maintenance associée…

Différents critères sont importants pour mesurer cette performance opérationnelle :

- Le rapport poids / capacité de charge

Un bras robotisé est composé d'un bras maître, manipulable à distance par l'opérateur, et d'un bras esclave, qui est directement au contact du milieu hostile. Le bras esclave doit être le plus léger possible tout en étant capable de porter les charges utiles les plus importantes (la charge utile s'évalue avec le bras rétracté et le bras déployé). Le rapport poids / capacité de charge est un enjeu important.

Par analogie avec un bras humain, la dextérité d'un bras télé opéré s'apprécie par sa capacité à attraper et manipuler tout type d'objets : des très légers jusqu'à des objets pesant plusieurs kilogrammes (La charge utile peut aller jusqu'à 50 – 60 kilos dans le démantèlement nucléaire).

- La dextérité du bras

  Le bras esclave doit savoir adapter sa force de préhension selon les objets manipulés. La dextérité du bras dépend directement de sa conception : nombre d'axes de rotation, électronique embarquée, assistance hydraulique… Le nombre d'axes conditionne les degrés de liberté du mouvement du bras.

- Le rayon d'action et le volume de travail

  Le rayon d'action et la forme du volume de travail du bras robotisé constituent également un enjeu important. En positionnant le bras robotisé à un endroit, le volume de travail représente la zone d'action dans lequel le robot peut intervenir autour de lui sans avoir à le déplacer. Dans le démantèlement nucléaire, le rayon d'action d'un bras robotisé peut aller jusqu'à 3 mètres. Ce critère est important dans les milieux hostiles et/ou confinés.

- L'ombilic

  Dans les éléments de conception d'un bras, l'ombilic est un élément important. L'ombilic relie le bras esclave au bras maître et assure l'alimentation électrique de puissance, les commandes et les retours vidéos. La résistance de l'ombilic (capacité à résister aux agressions du milieu hostile) et son encombrement (par exemple son diamètre est un critère important en milieu confiné) sont des éléments de différenciation pour des bras robotisés.

- L'intégration entre le bras robotisé et les outils qu'il utilise

  Un bras robotisé doit pouvoir réaliser plusieurs types d'outils : pince, cisaille, disqueuse… La capacité du bras à passer de manière fluide d'un outil à l'autre est essentielle pour sa productivité, ainsi que l'intégration entre le bras lui-même et les outils qu'il utilise. Par exemple, si les outils embarqués nécessitent leur propre ombilic, ceci limite l'efficacité opérationnelle de l'ensemble. Un bras doté d'un changeur d'outils alimenté par son propre ombilic est plus efficace.

- Le taux de disponibilité (fiabilité, maintenance, dépannage)

  Tout arrêt de chantier est extrêmement coûteux dans le cadre d'un projet de démantèlement nucléaire. Le taux de disponibilité du bras est un critère important. Il repose en premier lieu sur les options de conception retenues et la qualité des composants utilisés. En cas de panne, il est nécessaire que le fournisseur du bras puisse intervenir très rapidement et dispose des pièces détachées nécessaires. La qualité des contrats d'assistance et maintenance présente donc une importance particulière.

➔ L'assistance utilisateur : télé opération assistée par ordinateur

Pour qu'un robot devienne véritablement, le prolongement du bras de l'opérateur humain, il est nécessaire de faire intervenir l'informatique.

- Le retour d'effort

  Un système à retour d'effort est composé de trois sous-ensembles : l'opérateur humain, le robot, le système de communication informatique. Le retour d'effort doit donner l'impression à l'utilisateur qu'il manipule directement les objets de l'environnement éloigné à un facteur d'échelle près. Si le bras robotisé esclave rencontre un obstacle, l'opérateur humain qui utilise le bras maître doit ressentir une résistance (comme si c'était directement le bras maître qui avait rencontré l'obstacle).

  Le système de communication informatique doit donc « traduire » cette sensation. L'existence ou non du retour d'effort et la qualité de sa restitution (ressenti de l'opérateur humain) sont des facteurs de différenciation pour un bras robotisé.

- La vision et la supervision

  Dans un bras robotisé intervenant en démantèlement nucléaire, l'opérateur doit agir à distance. La qualité de la vision du bras (caméras embarquées) est un paramètre essentiel. La mise en œuvre d'une IHM (Interface Homme Machine) performante doit également accroître l'opérationnalité du bras robotisé. L'IHM permet de gérer des fonctions avancées telle que l'anti-collusion. Elle permet également de gérer le retour d'effort. L'IHM permet également de renforcer la convivialité d'utilisation du système robotisé. Les bras robotisés les plus performants utilisent des joysticks industriels. Ce type de joystick permet de remplacer les commandes mécaniques traditionnelles.

A la fin des années 1990, plusieurs bras robotisés étaient présents sur le marché du démantèlement. Mais aucun d'entre eux ne possédait l'ensemble des qualités requises pour pouvoir être utilisé de manière fiable sur des chantiers de haute activité ou très haute activité.

Le déficit d'une offre adaptée était particulièrement flagrant dans la capacité du robot à résister au milieu nucléaire hostile.

Le choix du CEA de co-développer un bras téléopéré

Face à l'absence de bras robotisés adaptés à ses besoins, plusieurs choix étaient possibles pour le CEA à la fin des années 1990 :

- Développer en interne un bras robotisé répondant à ses critères
- S'associer avec un spécialiste de la robotique pour travailler ensemble au co-développement d'une solution adaptée
- Faire confiance au marché et à la loi de l'offre et de la demande pour qu'un bras adapté émerge, du fait de l'existence du besoin

Chacune des trois solutions présentait des avantages et inconvénients qui peuvent s'analyser suivant les éléments suivants :

- Le degré d'adaptation au besoin du donneur d'ordre
  Celui-ci peut être défini comme la capacité du bras robotisé à être adapté au besoin d'opérer sur des chantiers de haute activité ou de très haute activité (résistance au milieu nucléaire hostile, performance opérationnelle, assistance utilisateur). Pour réussir cette adaptation, il est nécessaire de bien connaître les spécificités sectorielles du démantèlement nucléaire.

- La pérennisation dans la durée de la solution proposée
  La mise au point d'un bras robotisé performant n'est pas suffisante en soi. Il faut pouvoir garantir que des versions évolutives seront proposées. Ceci représente aussi la capacité d'adapter le bras aux différentes configurations de chantiers de haute et très haute activité qui pourront subvenir (toutes les configurations n'étant pas connues à l'avance)

- Le risque d'interférence avec les marchés ensembliers du donneur d'ordre
  Dans le cadre d'un chantier de démantèlement, un bras robotisé représente un outil qui est utilisé pour mener à bien le chantier. La pratique est que le donneur d'ordre confie un marché ensemblier à son sous-traitant. Dans la plupart des marchés ensembliers, le sous-traitant est engagé, vis-à-vis du donneur d'ordre, dans le cadre d'une obligation de résultat qui doit être atteinte avec un prix forfaitaire. En contrepartie, le sous-traitant est libre d'utiliser les moyens qu'il souhaite, que ce soit en termes de compétences

humaines ou d'outils et d'appareillages. Dès lors, plus le donneur d'ordre fait pression sur le sous-traitant pour que celui-ci utilise un outil particulier, plus il fragilise l'obligation de résultat. Par exemple, si des retards chantiers interviennent pour des causes multiples, le sous-traitant pourra tactiquement invoquer les défaillances du bras robotisé pour se dédouaner des autres causes de retard.

- Le degré d'innovation du bras robotisé
  La robotique est un secteur dont l'évolution technologique est très rapide. Si les développeurs du bras robotisé ne sont pas suffisamment « connectés » avec le milieu très innovant de la robotique, s'ils ne peuvent être reliés en permanence avec le meilleur état de l'art et des connaissances, il est possible que le bras robotisé soit très rapidement obsolète sur le plan technologique.

- La capacité de fournir dans la durée le niveau de maintenance et de services requis
  Lorsque le choix d'un bras robotisé est effectué pour un chantier de démantèlement, il s'agit d'une décision stratégique qui impactera le chantier pour plusieurs années. Durant toute la durée d'utilisation du bras, il est nécessaire d'assurer la maintenance préventive et corrective. Ceci suppose une chaîne logistique permettant de produire et fournir les pièces détachées tout au long de la durée d'utilisation.

- Le respect du droit de la concurrence
  Un bras robotisé capable d'intervenir sur le marché mondial du démantèlement nucléaire en haute activité relève sans ambiguïté du secteur concurrentiel. Il est en de même pour les marchés d'ensembliers de démantèlement du CEA.

Par rapport à ces différents critères de choix, nous pouvons décrire ainsi les motivations du CEA par rapport aux modalités de son implication dans le développement d'un bras robotisé :

- **Le développement en interne CEA du bras robotisé :**

Cette solution était certainement la meilleure pour garantir un produit totalement adapté aux besoins du CEA. La possibilité de développer ce bras en interne, au plus près des chantiers de démantèlement, aurait permis un feed-back permanent entre la solution proposée et le besoin. De plus, le CEA disposait en interne de compétences en robotique, notamment au niveau du CEA Grenoble. Par contre, le développement en interne CEA d'un bras robotisé présentait des inconvénients importants sur plusieurs points. En premier lieu, le fait que le CEA fournisse

directement un bras robotisé aux assainisseurs travaillant pour son propre compte représentait une interférence dans les marchés ensembliers, de nature à affaiblir l'obligation de résultat des assainisseurs vis-à-vis du CEA. Deuxièmement, le CEA, établissement public, est soumis à des règles strictes dès lors qu'il intervient dans le secteur concurrentiel, dont le marché des bras robotisés fait partie. Le montage contractuel et juridique permettant de mettre à disposition le bras des assainisseurs aurait été fort complexe : CEA propriétaire du bras et mise à disposition à titre gracieux ? vente du bras aux assainisseurs à un prix imposé ? vente du bras à des intermédiaires ?... Enfin, le dernier point était lié à un risque d'obsolescence technologique rapide du bras robotisé. Bien que le CEA dispose de compétences en robotique au niveau national (CEA Grenoble en particulier), ce n'était pas le cœur de métier du CEA Marcoule (davantage orienté sur la chimie nucléaire). Or le rythme d'innovation dans le domaine de la robotique est très soutenu. Faire de la robotique à la marge, sans que ce soit le cœur de métier naturel, fait courir le risque de ne pas être suffisamment immergé dans la dynamique sectorielle et du flux d'innovations qui lui est associé.

- **Le recours au marché et à la loi de l'offre et la demande**

Cette solution repose en fait sur le « pari » de l'émergence dans la durée d'offres de robotique performante pour les chantiers de démantèlement de haute activité et de très haute activité. A partir du moment où le besoin existe, l'idée est que des fournisseurs spécialisés s'intéressent au secteur et proposent une offre adaptée. L'avantage de cette solution du « laisser faire le marché » est de supprimer tout risque d'interférence dans les marchés ensembliers du CEA et de ne poser aucun problème vis-à-vis du respect des règles de la concurrence auxquelles le CEA est soumis. Par ailleurs, tout acteur du secteur de la robotique étant susceptible de développer un bras robotisé, il est possible que des innovations de rupture émergent du libre recours au marché.

En revanche, l'inconvénient majeur de cette solution est le risque fort d'une inadaptation aux besoins du donneur d'ordre. Les barrières à l'entrée dans le marché du démantèlement sont importantes, notamment celles d'ordre cognitif. Ainsi un robot très performant dans un autre secteur industriel peut s'avérer défaillant dans le démantèlement nucléaire, du fait de la présence de radioactivité et d'environnement hostile. Ce risque s'accentue si on prend en compte le fait qu'il s'agit d'un secteur de niche. Comparé au secteur des robots médicaux, à ceux utilisés par l'industrie automobile ou par l'industrie manufacturière en général, le secteur de la robotique de démantèlement est beaucoup plus restreint. Dès lors, sur ce secteur de niche, associé à un fort risque industriel, le nombre d'opérateurs privés proposant une offre est forcément restreint. Ceux-ci peuvent revoir leur stratégie dans la durée, conduisant à réduire

leur offre voire la supprimer, ce qui peut s'avérer très problématique si les robots sont utilisés dans le cadre de chantiers de démantèlement sur plusieurs années ou même une décennie ou deux.

- **Le co-développement du bras avec un spécialiste de la robotique**

Entre les deux autres solutions envisagées, la solution du co-développement peut apparaître comme une solution intermédiaire. Elle permet au CEA de s'impliquer dans le développement du bras robotisé et de l'adapter à son besoin, en prenant en compte la spécificité sectorielle. Le CEA peut ainsi contribuer au développement sur les briques de valeur qu'il maîtrise le mieux, en particulier sur l'effet des rayonnements sur l'électronique embarquée du bras robotisé. Le co-développeur peut également se focaliser sur les briques de valeur qu'il maîtrise le mieux. Le fait que ce soit un acteur dont le cœur de métier est la robotique lui permet d'être « immergé » dans la dynamique propre à ce secteur et d'être ainsi relié au meilleur niveau de l'art et des connaissances. Par ailleurs, le co-développeur étant un opérateur privé, il peut proposer une offre commerciale permettant d'offrir dans la durée la fourniture du bras, la maintenance associée et des services incluant la fourniture de pièces détachées. Cette solution apparaît donc un bon compromis par rapport aux deux autres solutions. Comme le montre le graphique ci-dessous, cette offre est celle qui présente la meilleure couverture par rapport aux différents critères :

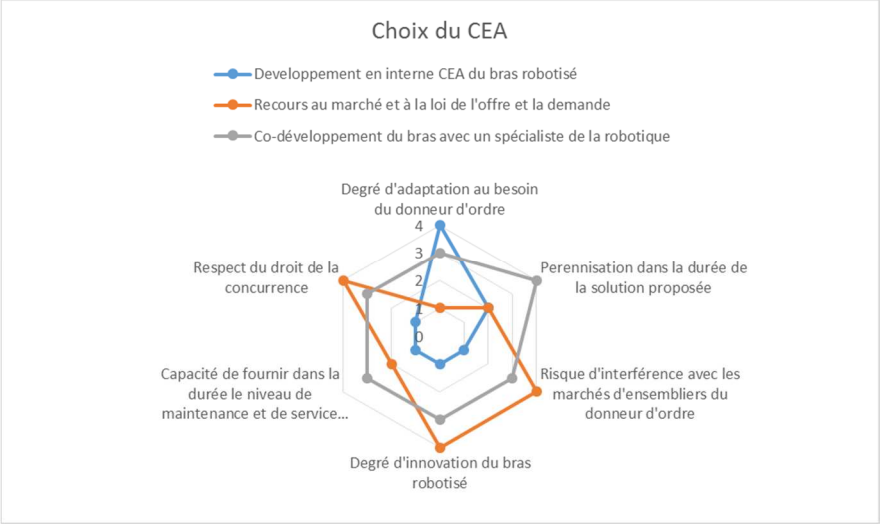


Figure 40

Le « bras X », une réussite technologique

Fin 2015, le bras X est déployé sur plusieurs chantiers de démantèlement de haute activité du CEA, sur les installations APM et UP1 à Marcoule et sur le bâtiment 18 à Fontenay aux Roses.

Ce déploiement en situation réelle permet de comparer les promesses de la proposition de valeur du bras X par rapport à ses principaux concurrents. Les attentes du CEA sont que le bras X permette un gain de compétitivité de 30 % par rapport aux bras concurrents. Ses choix de conception (dextérité, rayon d'action, ombilic réduit, intégration bras robotisé / outils, taux de disponibilité, retour d'effort) doivent le rendre beaucoup plus performant que ses concurrents directs (justifiant un prix plus élevé), comme le montre ce graphique que nous avons reconstitué sur la base d'une étude interne du CEA :

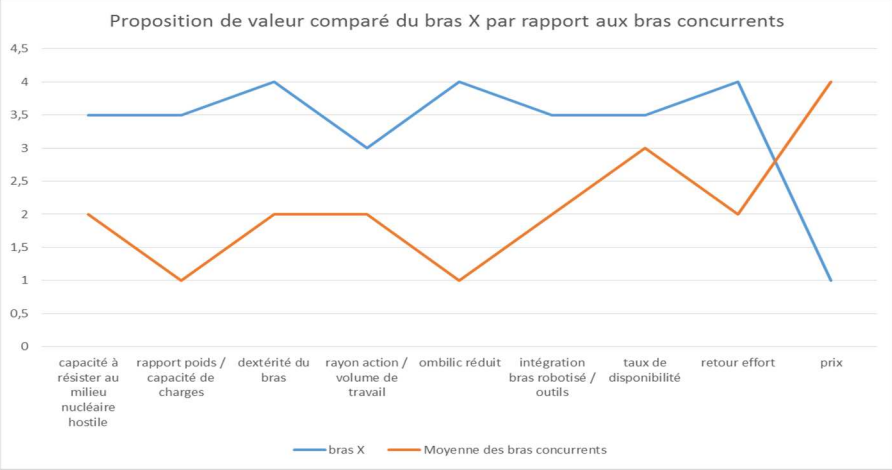


Figure 41

Au moment où nous rédigeons cette thèse, les premiers résultats en actif s'avèrent prometteurs et semblent confirmer les attentes sur les éléments clés de la proposition de la valeur. Parallèlement à ces essais en situation réelle, le CEA et la société X ont travaillé toute l'année 2015 et en 2016 sur une feuille de route sur la stratégie industrielle. Cette feuille de route comporte les obligations auxquelles les deux partenaires s'engagent pour le développement commercial du bras X sur le marché mondial du démantèlement nucléaire.

Le développement du bras X est donc un succès technologique. Lors du salon du World Nuclear Exhibition (WNE) de juin 2016, le bras X est nominé pour un award dans la catégorie Innovation, suite à une sélection rigoureuse, confirmant ainsi la reconnaissance de la communauté nucléaire par rapport à l'intérêt économique du bras et à son caractère innovant.

Le « bras X », un cas emblématique de l'enjeu de la réduction du « time to market »

Il semble désormais acquis que le bras X est une réussite industrielle. Pour autant, le cas du bras X interroge de nombreux acteurs au sein de la firme leader sur la durée de son développement, dont la chronologie est la suivante :

A la fin des années 1990, le CEA fait donc le choix de co-développer avec un industriel un bras télé opéré qui sera adapté pour le démantèlement de haute activité et de très haute activité. En 1996, un accord de collaboration est signé entre le CEA, une société industrielle que nous dénommerons société « Y » et l'IFREMER (l'IFREMER se retirera de cet accord en 1998).

Les grandes étapes de cette collaboration sont les suivantes :

1996-2004 : phase de développement :

- 1996 : signature de l'accord de collaboration entre le CEA, la société Y et l'IFREMER
- 1998 : retrait de l'IFREMER et réorientation de l'accord
- 2000 : spécification technique du bras « X », conçu sous forme modulaire
- 2002 : premiers tests d'endurance (avec une durée maximale de 400 heures)
- 2003 : définition du système bras « X » en version industrielle

2005-2016 : phase d'industrialisation et d'intégration

- 2005 : qualification du prototype en inactif
- 2006 : licence globale accordée par le CEA à la société Y
- 2008 : commande CEA d'un système bras X avec le porteur pour l'APM
- 2013 : commande ONECTRA d'un système bras X pour le démantèlement des dissolveurs de l'usine UP1
- 2013 : commande CEA de deux systèmes bras X pour l'installation PETRUS au sein du bâtiment 18 du CEA Fontenay aux Roses
- 2014 : validation du bras X en inactif dans une installation CEA
- 2015 : début de l'utilisation du bras X en actif au sein de l'installation APM

Ainsi, entre les premières réflexions sur la nécessité d'un bras télé-opéré pour la haute activité et son déploiement en situation réelle dans une installation nucléaire, près de 20 ans se sont écoulés. Plusieurs éléments expliquent bien entendu ce temps de développement très long :

- l'existence de périodes de « stop and go », liée au fait que le CEA a affiné son besoin au fur et à mesure de sa prise de connaissance des enjeux de la haute activité
- la démonstration de sûreté du bras X, liée au fait que l'insertion du bras X sur un chantier de démantèlement nécessite d'adapter le dossier de sûreté et d'obtenir des autorisations au niveau de l'installation

- le fait que le démantèlement nucléaire soit un secteur industriel complexe avec des temps de développement technologique qui sont par nature plus longs que dans d'autres secteurs.

Néanmoins, ceci doit être nuancé par le fait que la robotique industrielle est un marché en plein essor et avec des rythmes de développement de plus en plus courts. Des robots très innovants se sont développés dans les secteurs de l'aéronautique, du spatial et de l'automobile avec des time-to-market plus courts.

Ainsi, malgré la réussite technologique et industrielle obtenue au final, la durée du time-to-market du bras X est un des éléments qui ont conduit le CEA à faire évoluer sa stratégie d'innovation dans le démantèlement nucléaire. Au risque d'être suspecté d'anachronie, nous pensons pouvoir indiquer que les décisions du CEA liées à un besoin d'innovation tel que le développement d'un bras robotisé aurait été les suivantes suivant les époques :

- Dans les années 80, le choix aurait très certainement été de le développer en interne et de ne faire appel à des sous-traitants que sur des briques technologiques limitées et bien précises
- Au milieu des années 90, la décision de choisir un partenaire industriel exclusif et de s'engager dans une stratégie de co-développement a constitué une évolution indéniable et un pas significatif dans l'ouverture de l'innovation
- Au milieu des années 2010, dans la dynamique de PVSI, le choix serait certainement plus accentué encore dans l'ouverture de l'innovation. Il n'est pas certain du tout que le CEA ferait le choix de s'impliquer lui-même fortement dans un co-développement (hormis les aspects liés à la nucléarisation) ou qu'il choisisse un partenaire unique. Peut-être aurait-il raisonné dans le cadre d'un appel à projet pour bénéficier du meilleur état de l'art et des connaissances dans un secteur au rythme d'évolution très rapide tel que celui de la robotique.

En synthèse, le bras X est emblématique car il constitue, dans le domaine du démantèlement nucléaire, un pas clair dans l'ouverture de l'innovation, réalisé au milieu des années 90. Au milieu des années 2010, il est évident que ce questionnement lié au renforcement de l'ouverture de l'innovation est au centre des réflexions. Pour trouver des solutions innovantes d'exploration, capables de répondre aux paradoxes du démantèlement, il est essentiel de réduire le time to market.

4. Les années 2010 : PVSI et l'accélération de l'ouverture

4.1. PVSI, une intention stratégique claire pour ouvrir l'innovation

Après avoir rappelé les liens très étroits qui existent entre les concepts d'écosystème d'affaires et d'innovation ouverte et après avoir décrit les enjeux de l'innovation dans le domaine du démantèlement nucléaire, nous souhaitons à présent aborder l'intention stratégique de l'écosystème PVSI et de sa firme leader vis-à-vis de l'innovation ouverte.

Bien qu'elle soit parfois mal identifiée ou contestée, la plupart des organisations affichent une intention stratégique qui s'exprime au travers d'une vision, d'une mission et d'objectifs à atteindre. Quel est le dessein de l'organisation ? Que cherche t-elle à atteindre ?

Pour définir l'intention stratégique du CEA/Marcoule et de l'écosystème PVSI, nous souhaitons nous appuyer sur la description des enjeux et des missions de PVSI tels qu'ils apparaissent sur le site internet de l'association PVSI. En effet, nous considérons que ce texte est une bonne base pour comprendre à la fois l'intention stratégique de la firme leader (le directeur du CEA/Marcoule assure la présidence de l'association PVSI au moment de la rédaction de cette thèse, ce qui crédibilise le fait que le texte est cohérent avec la stratégie du CEA) et celle de l'écosystème PVSI.

Le texte présent sur le site internet est le suivant :

Extrait du site internet PVSI sur les « enjeux et missions de PVSI » :

Le cabinet Arthur D. Little évalue l'ensemble des opérations de démantèlement nucléaire à 220 milliards d'euros dans le monde, d'ici à 2030.

Mettre en synergie l'industrie, la recherche et la formation œuvrant dans ces domaines permettra de développer l'emploi et le développement économique régional et national, via :

- l'amélioration de la compétitivité des entreprises et de leurs positions sur les marchés internationaux,
- l'accroissement de la recherche collaborative (entre donneurs et preneurs d'ordres),
- le développement de l'innovation par fertilisation croisée (industrie nucléaire / industrie non nucléaire)
- l'accès facilité des PME et ETI aux ressources des grands comptes (marchés, brevets…) ;
- la pérennisation socio-économique des bassins d'activités concernés par l'arrêt, pour démantèlement, de certaines installations ;
- l'implantation régionale de nouvelles productions issues des besoins de l'industrie du démantèlement (robotique, imagerie …) ;
- l'accroissement du niveau de qualification des métiers de l'assainissement / démantèlement, ouverts aussi bien à la formation des jeunes qu'à la reconversion des exploitants en poste ;

- la maîtrise des coûts des projets et la diminution de leurs impacts, en particulier en matière de gestion des risques et des déchets ;
- l'extrapolation du savoir acquis à la déconstruction d'autres équipements industriels ainsi qu'à la dépollution de sites, notamment à des fins de recyclage, de minimisation de déchets, d'aménagement urbain et d'implantations économiques nouvelles.

L'initiative PVSI est reconnue par la stratégie 3S du Languedoc-Roussillon (stratégie de spécialisation intelligente mise en place à la demande de l'Union européenne).

Figure 42

Cette déclaration manifeste très clairement l'intention stratégique du leader écosystémique en termes d'innovation ouverte (et le fait que celle-ci soit partagée par l'association PVSI).

Toutes les dimensions du modèle de CHESBROUGH sont mentionnées dans ce texte qui décrit des pratiques se positionnement simultanément :

En termes d'« outside-in » :

- le développement de l'innovation par fertilisation croisée (industrie nucléaire / industrie non nucléaire)
- l'implantation régionale de nouvelles productions issues des besoins de l'industrie du démantèlement (robotique, imagerie …) ;
- l'accroissement du niveau de qualification des métiers de l'assainissement / démantèlement, ouverts aussi bien à la formation des jeunes qu'à la reconversion des exploitants en poste ;

En termes d'« inside-out » :

- l'extrapolation du savoir acquis à la déconstruction d'autres équipements industriels ainsi qu'à la dépollution de sites, notamment à des fins de recyclage, de minimisation de déchets, d'aménagement urbain et d'implantations économiques nouvelles.

En termes de relations de la firme leader vis-à-vis de son écosystème :

- l'accroissement de la recherche collaborative (entre donneurs et preneurs d'ordres),
- l'accès facilité des PME et ETI aux ressources des grands comptes (marchés, brevets…)

En termes de relations l'écosystème PVSI tout entier vis-à-vis des autres écosystèmes ou des autres industries :

Mettre en synergie l'industrie, la recherche et la formation œuvrant dans ces domaines permettra de développer l'emploi et le développement économique régional et national

- le développement de l'innovation par fertilisation croisée (industrie nucléaire / industrie non nucléaire)
- l'extrapolation du savoir acquis à la déconstruction d'autres équipements industriels ainsi qu'à la dépollution de sites, notamment à des fins de recyclage, de minimisation de déchets, d'aménagement urbain et d'implantations économiques nouvelles.

L'initiative PVSI est reconnue par la stratégie 3S du Languedoc-Roussillon (stratégie de spécialisation intelligente mise en place à la demande de l'Union européenne).

Ce texte exprime, dans les intentions, la double dynamique d'open innovation du leader écosystémique vis-à-vis de son écosystème et d'open innovation de l'écosystème du démantèlement nucléaire autour du CEA/Marcoule vis-à-vis des autres écosystèmes et des autres industries.

4.2. Le positionnement keystone du leader de PVSI

4.2.1. Favoriser l'inside-out en tant qu'acteur de R&D

4.2.1.1. L'identification des points forts internes

Face aux nombreux besoins de R&D et d'innovation dans le domaine du démantèlement, le CEA Marcoule, firme leader de l'écosystème territorial PVSI, ne peut évidemment pas compter sur ses propres forces dans tous les domaines.

Il doit concentrer son action sur ses points forts, ce qui suppose au préalable de les identifier. Pour mettre en avant ces points forts, nous avons fait le choix de croiser les 5 grands thèmes de R&D du démantèlement définis dans le rapport AEN précédemment évoqué avec 4 rapports réalisés en 2013 par l'AERES (Agence d'Evaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur) sur les départements et instituts du CEA/Marcoule travaillant dans le domaine de la R&D.

L'avantage de cette approche est qu'il s'agit de documents publics, ce qui nous apporte une garantie en termes de capacité à diffuser ses données. Les rapports de l'AERES sont consultables sur le site internet de l'agence.

Les rapports de l'AERES ont été publiés en 2013, après un long travail d'interviews des responsables opérationnels du CEA/Marcoule et un travail d'analyse et d'évaluation des experts de l'AERES. Ils représentent donc une source de grande valeur.

Le croisement des 5 thèmes de l'AEN et des 4 rapports de l'AERES permet de mettre en évidence que la puissance de la firme leader en terme de R&D se concentre sur les trois grands domaines suivants :

Un leadership de R&D et un rôle d'impulsion sur le thème 4 « gestion des déchets »

Le positionnement du CEA/Marcoule est très fort dans le domaine de la gestion des déchets. Depuis plusieurs décennies, le périmètre et les missions de recherche scientifique de base et de R&D du CEA Marcoule sont en grande partie consacrées à l'option industrielle du cycle nucléaire fermé, avec des activités majoritairement conditionnées à la pérennité de cette option industrielle. Les grands objectifs visés sont donc la réduction du volume des déchets et des effluents secondaires issus des procédés de traitement, la durabilité et la qualité des déchets produits pour accroître les performances du stockage et la réduction du coût de traitement et du conditionnement des déchets nucléaires.

Le centre possède une position dominante dans le domaine de la vitrification. Selon le rapport AERES, 64 équivalents temps pleins travaillaient en 2013 dans ce domaine dont 48 chercheurs et 6 doctorants. Toutes ces activités de vitrification sont réunies dans le cadre d'un laboratoire mixte CEA/AREVA. Ce laboratoire appelé Laboratoire Commun de Vitrification (LCV) assure une forte cohérence et une fluidité importante entre le client AREVA et le développeur CEA. Il permet un effet de levier puisqu'en rajoutant les effectifs CEA et les effectifs AREVA, le LCV dépasse les 120 équivalents temps plein.

Le CEA/Marcoule bénéficie d'une antériorité et d'une expérience de plus de trente ans sur l'utilisation d'une matrice vitreuse pour confiner des déchets radioactifs. Un effort intense de R&D et de développement technologique est constamment en cours. Ces dernières années, le centre s'est distingué par la mise au point d'une méthode de fusion du verre par induction réduisant les corrosions et améliorant l'homogénéité. Cette technique appelée creuset froid a été validée et est déployée industriellement par AREVA sur son site de La Hague.

Le centre développe également des procédés thermiques pour le traitement des déchets radioactifs. 32 équivalents temps plein travaillent sur ce thème en 2013. Ces procédés permettent de traiter des déchets solides (procédés d'incinération) et des effluents liquides (procédés d'incinération plasma et d'oxydation hydrothermale).

Ce thème fait également partie du Laboratoire Commun de Vitrification avec des enjeux industriels forts comme le projet PIVIC (capacité à traiter un mélange de déchets métalliques, organiques et minéraux contaminés en actinides provenant des usines de retraitement et des usines de fabrication de combustible MOX.

L'AERES souligne également que ce thème est en bonne santé et que son potentiel de recherche a toutes les raisons d'être augmenté.

Fin 2013, 44 ETP (dont 7 doctorants et 2 post-docs) travaillaient sur le thème lié au comportement à long terme des colis de déchets radioactifs. Ces études concernent les matrices vitreuses et les bitumes mais aussi les combustibles usés. Elles sont réalisées avec AREVA, EDF et l'ANDRA. Elles constituent le premier maillon de l'évaluation de sûreté d'un stockage (il s'agit également d'un enjeu sociétal très important. Ce thème a été un des points majeurs du débat public qui a eu lieu autour du projet CIGEO : comment vont se comporter sur des milliers d'années des déchets hautement radioactifs enfouis 500 mètres sous terre ?). L'objectif est de qualifier le comportement à long terme des différents types de colis (verres, bitumes, combustibles usés) vis-à-vis du risque d'auto-irradiation, de tester leur stabilité thermique et les risques liés à la lixiviation (effet de l'eau). Sur cette thématique de recherche, l'AERES indique que le CEA Marcoule dispose d'experts de très grande réputation internationale, d'une expertise scientifique incontestable pour les processus fondamentaux des matrices de verre et pour les combustibles usés, ainsi que d'une reconnaissance internationale et d'une participation active dans les réseaux internationaux.

Enfin, le centre dispose d'un laboratoire, employant 21 équivalents temps plein fin 2013, travaillant dans le domaine des matrices cimentaires pour le conditionnement des déchets radioactifs. Les principaux clients pour ce thème sont les producteurs de déchets français (EDF, AREVA, CEA) et l'ANDRA (très concernée par toutes les problématiques liées au conditionnement des déchets puisque l'agence a en charge les lieux de stockage).

Une capacité à jouer un rôle important sur les aspects « caractérisation » des thèmes 1 (« caractérisation enquête préalable au démantèlement ») et 5 (« caractérisation du site et surveillance environnementale »).

Le CEA/Marcoule dispose de ce que nous pouvons qualifier de « joyau » avec la CETAMA (« Commission d'Etablissement des Méthodes d'Analyses). Depuis cinquante ans, cette commission joue un rôle majeur dans le développement de la chimie analytique pour la communauté nucléaire française. Elle anime un réseau qui comprend une quinzaine de groupes de travail dont les missions sont d'élaborer des méthodes d'analyses de référence et de les valider. Ce réseau comprend également les laboratoires qui mettent en œuvre ces analyses par des circuits d'inter-comparaisons. L'AERES qualifie donc la CETAMA de « maillon essentiel pour la qualification des analyses dans le domaine nucléaire, qui doit perdurer aussi longtemps que les activités nucléaires perdureront » et souligne l'excellente visibilité internationale de cette unité.

Il dispose également d'un laboratoire (LMAC) travaillant dans le domaine de l'instrumentation, de la caractérisation et des mesures nucléaires. Ce laboratoire participe à l'innovation en matière d'assainissement démantèlement en développant des sondes et des capteurs et en qualifiant des outils de mesure nucléaires à distance : spectroscopie gamma, imagerie gamma et techniques de mesure et de profondeur de contamination, émetteurs gamma dans les sols bétons contaminés. Le laboratoire s'intéresse également à la compréhension des phénomènes de base qui régissent les mécanismes physico-chimiques et le vieillissement des matériaux. L'objectif est de permettre le développement de méthodes d'analyses innovantes.

Au sein de son installation ATALANTE, le CEA dispose d'une équipe qui développe des méthodes et des dispositifs innovants pour l'analyse en haute activité. Un des objectifs est notamment de réduire drastiquement les effluents analytiques et de rétroagir en temps réel sur le procédé. Les équipes de Marcoule collaborent sur ce domaine avec le département CEA de Physico-Chimie à Saclay et avec des équipes académiques de l'ISA Lyon et de l'ISAB Paris.

Enfin, le CEA met en œuvre sur le centre le laboratoire 109 qui est l'ancien laboratoire central d'analyses du site de Marcoule. Lorsque l'usine UP1 était en production jusqu'à la fin des années 90, il réalisait à une échelle industrielle toutes les analyses nécessaires au contrôle de la production de l'usine. Depuis l'arrêt de l'usine, ce laboratoire s'est reconverti dans les analyses nécessaires aux besoins de l'assainissement démantèlement et de la gestion des déchets. Propriété du CEA et exploité par AREVA, il fait l'objet depuis

2011 d'un partenariat CEA/AREVA pour développer son activité sur l'ensemble du marché national et européen du démantèlement. Avec une soixantaine d'équivalents temps plein, ce laboratoire réalise toutes les analyses pour les projets de démantèlement de Marcoule (UP1, APM, PHENIX, CELESTINS…), travaille pour les autres projets CEA (Bâtiment 18 de Fontenay aux Roses par exemple) et commence à se développer pour des besoins EDF et AREVA. Ce laboratoire est actuellement le plus gros laboratoire d'analyses qui se spécialise dans le domaine du démantèlement en France et un des plus gros au niveau européen.

En considérant les moyens du NUCLAB, du LMAC, des moyens d'analyses d'ATALANTE et le positionnement très intéressant de la CETAMA, le CEA/Marcoule dispose donc d'une capacité de R&D importante sur les thèmes 1 et 5 définis par le rapport AEN.

Un positionnement de niche-player sur le thème 3 lié aux technologies de décontamination et de restauration

Les besoins industriels sont nombreux en matière de décontamination, que ce soit en condition d'exploitation ou pour la maintenance opérationnelle, ou pour répondre aux besoins des chantiers d'assainissement et de démantèlement. Ces besoins existent également dans les situations post-accidentelles telles que Fukushima.

L'AERES indique que 27 équivalents temps plein du CEA/Marcoule travaillaient sur cette thématique à fin 2013. Le centre mène une R&D visant à améliorer les procédés existants ou développer de nouvelles solutions technologiques dans le domaine de la décontamination des effluents et des déchets.

Pour la décontamination des effluents de type FA-MA voire HA, la R&D du CEA/Marcoule se concentre sur les procédés de décontamination par voie physico-chimique, avec 2 radioéléments particulièrement visés, le Strontium 90 et le Césium 137. Le procédé industriel de référence (la co-précipitation) présente le désavantage de générer des volumes de déchets secondaires importants de l'ordre de 1 % du volume d'effluents traité. Les travaux de R&D menés sur Marcoule ont pour objet de réduire cette quantité de déchets secondaires en améliorant les procédés industriels de traitement.

En ce qui concerne la décontamination des solides, la R&D du CEA/Marcoule se concentre sur les procédés mettant en œuvre des fluides complexes et plus particulièrement les gels, les mousses et les fluides supercritiques.

L'industrie nucléaire utilise ainsi des gels pour décontaminer de grandes surfaces, comme par exemple l'ASPIGEL qui est un gel auto-séchant aspirable. Les travaux de R&D visent à améliorer l'efficacité de ces gels (par exemple en abaissant leur viscosité et en contribuant à une meilleure imprégnation de la surface à décontaminer).

Ces travaux se portent également sur la décontamination par mousses qui peuvent être notamment utilisées pour dégraisser des aciers inoxydables et ferritiques, produire une érosion contrôlée à froid d'aciers inoxydables ou décaper des supports mécaniques type aluminium.

Enfin le centre a développé des compétences importantes dans le domaine de la décontamination des solides en milieu CO2 supercritique avec recyclage du CO2. Le C02 supercritique présente l'avantage d'être un solvant « vert », non toxique, non polluant et non inflammable. Il est de plus largement disponible à haute pureté et à bas prix, ce qui peut grandement en faciliter l'utilisation dans ce type de technologie.

L'identification de ces trois points forts de la firme leader est essentielle dans la définition de sa stratégie d'innovation.

En termes d'allocation des ressources (et notamment de la denrée rare que constituent les chercheurs sous statuts CEA dans un contexte de plafond d'emploi), la firme leader a tout intérêt à concentrer ses efforts sur trois domaines où elle dispose d'une taille critique et où ses positions sont fortes. La recherche de partenaires extérieurs doit être guidée soit par la volonté de développer et compléter l'offre interne (tout en veillant à ne pas faire émerger des concurrents), soit par la volonté de valoriser cette R&D interne.

Par rapport à ces trois domaines, l'écosystème PVSI peut être vu comme un « amplificateur » de l'action de la firme leader. En s'appuyant par exemple sur les compétences du CEA/Marcoule dans le domaine de la gestion des déchets, développées pour les besoins du nucléaire, la stratégie d'inside-out de PVSI peut aider la firme leader à valoriser ses compétences dans d'autres domaines industriels, tels que les sites industriels non nucléaires très pollués. Conformément au modèle de CHESBROUGH, l'écosystème PVSI peut aider le CEA dans sa stratégie de valorisation, en l'aidant à créer des spinoff, à licencier des start-ups innovantes, à nouer des partenariats mutuellement gagnants. Comme nous l'avons évoqué dans le chapitre

consacré à l'intéressement de PVSI, le Parc Régional d'Activité Economique (PRAE) peut être un levier essentiel dans cette stratégie. Ce parc, situé aux portes de Marcoule, peut être un lieu important à l'avenir pour des transferts de technologies du CEA vers l'extérieur, dans le cadre d'une véritable stratégie d'inside-out.

Inversement, en dehors de ces trois grands domaines clés, la firme leader n'a certainement pas la taille critique pour défendre des positions solides. Chercher à les acquérir n'est pas impossible mais ceci prendrait des années. Dans ce cas, il semble clair que les intérêts du CEA « donneur d'ordres du démantèlement nucléaire » priment sur ceux du CEA « acteur de R&D ». Dans les domaines de la robotique, du numérique, de la modélisation 3D, des méthodes de découpe innovante… le CEA/Marcoule a tout intérêt à utiliser son écosystème pour se connecter au meilleur état de l'art et des connaissances plutôt que de chercher à développer des compétences internes. Dans ce cas, une stratégie d'outside-in est plus appropriée, comme nous allons à présent le décrire.

4.2.1. Favoriser l'outside-in en tant que donneur d'ordres du démantèlement

Dans la première partie de cette thèse, nous avons décrit les nombreux paradoxes du démantèlement nucléaire. Ceux-ci se traduisent notamment par l'existence de verrous technologiques qui peuvent conduire à bloquer l'avancée des chantiers de démantèlement.

Comme nous l'avons vu, le CEA Marcoule dispose d'un leadership sur le thème 4 « gestion des déchets », peut revendiquer un rôle important sur les aspects liés à la caractérisation et aux analyses dans les thèmes 1 et 5 et dispose enfin d'un positionnement de niche-player sur les aspects liés à la décontamination par voie physico-chimique du thème 3

Il est donc manifeste que la R&D interne du CEA/Marcoule ne lui permet pas de couvrir l'intégralité de ses besoins en termes d'innovations. Etant le plus grand chantier de démantèlement en Europe et un des plus grands au niveau mondial, étant en charge du démantèlement de 6 réacteurs, d'une usine de retraitement, et de nombreux ateliers (traitements des déchets, laboratoires…), devant générer un volume très important de déchets et d'effluents lors du démantèlement, il est évident que le centre représente un concentré de tout ce qu'il y a de plus complexe à réaliser en matière de démantèlement nucléaire. Cette complexité se manifeste aussi par

le fait qu'il s'agit de chantiers de moyenne activité, de haute activité, voire même de très haute activité. Ainsi, les chantiers de démantèlement de Marcoule nécessitent quasiment l'intégralité des technologies développées dans les 5 thèmes du rapport AEN.

Pour couvrir l'ensemble du périmètre décrit dans le rapport OCDE/AEM, le recours à des compétences externes est donc indispensable et fonde la stratégie d'outside-in du CEA et par extension de l'écosystème PVSI.

Cette stratégie d'outside-in peut se concentrer sur l'adaptation de technologies non nucléaires aux besoins spécifiques du démantèlement nucléaire. Le cas de la robotique de démantèlement est intéressant à cet égart.

Dans le thème 2 du rapport OCDE/AEM, relatif aux technologies de segmentation et de démantèlement, la robotique de démantèlement est un enjeu essentiel. Or la robotique est un secteur en plein essor, avec des temps de développement de plus en plus courts. Ce secteur attire de nouveaux entrants tels que Google (la liste des acquisitions de Google, disponible sur internet, montre qu'entre 2001 et 2016, Google a acquis 185 sociétés dont 8 sociétés travaillant dans le domaine de la robotique. Parmi elles, on trouve BOSTON DYNAMICS, qui a permis de renforcer de 300 chercheurs les équipes de Google). Etant donné la force de frappe de tels macro-acteurs, l'enjeu de la taille critique est désormais essentiel pour être crédible sur ces marchés.

Le CEA/Marcoule n'est pas en capacité de développer des robots. Il a tout intérêt à s'appuyer par exemple sur la Direction de la Recherche Technologique (DRT) du CEA, très implantée sur Grenoble, qui dispose elle de réelles compétences en robotique et qui est capable d'intervenir dans des niveaux très bas de TRL (de 1à 6). Par exemple, le LIST, institut de la DRT, conçoit et met au point des robots collaboratifs (« cobots ») capables d'interagir avec un opérateur humain. Pour développer ces robots, le LIST collabore avec des industriels du nucléaire, du offshore, des travaux miniers, du manufacturing et du secteur médical. A travers la DRT, le CEA est par exemple partenaire du plan ROBOT Start PME qui permet à des PME primo-accédantes à la robotisation de disposer d'un accompagnement expert (diagnostic,définition du projet, suivi) ainsi qu'un soutien financier à hauteur de 10 % de l'investissement robotique. Depuis 2013, 250 PME bénéficient de ce programme, soutenu par l'Etat, le SYMOP, le CETIM et le CEA. Tout ceci illustre que la DRT du CEA dispose à la fois de compétences internes solides dans le domaine de la robotique et peut avoir accès au meilleur état de l'art et des connaissances

dans ce domaine car elle est connectée à l'écosystème national, européen et mondial de la robotique.

Par contre, le CEA/Marcoule et l'écosystème PVSI peuvent avoir un rôle réel à jouer dans l'adaptation des robots aux besoins spécifiques du démantèlement, à des niveaux de TRL plus élevés de 7 à 9. Comme nous l'avons déjà évoqué, les moyens de tests et de qualification du projet DEM4DEC comporteront un robot-park, en complément des moyens déjà existants à l'intérieur des clôtures du CEA. Au sein de la région Occitanie, plusieurs plates-formes technologiques existent pour tester la résistance aux radiations des robots. Enfin, Marcoule offre une capacité unique à tester des robots sur des chantiers pilotes, dans pratiquement toutes les configurations possibles du démantèlement nucléaire : réacteurs, installations du cycle, reprise des déchets…

En définitive, la stratégie d'outside-in consiste à valoriser ce rôle de traducteur qui consiste à adapter des domaines technologiques, extérieurs au démantèlement nucléaire, aux besoins de ce dernier. Ceci peut également constituer un attracteur pour développer PVSI et le PRAE Marcel Boiteux. Des entreprises spécialisées en robotique pourraient à terme faire le choix d'implanter des antennes sur le PRAE non par rapport à la présence de compétences en robotique sur le site de Marcoule, mais pour pouvoir bénéficier d'un terrain d'études considérable. A travers d'outside-in, il s'agit ni plus ni moins de valoriser la « carte de visite Marcoule » : si une technologie a fonctionné sur un sujet de démantèlement complexe de Marcoule, elle peut être déployée sur n'importe quel site au niveau mondial.

Discussions des résultats et apports théoriques et managériaux

1. Discussion des résultats et apports théoriques

1.1. 1er résultat et apports théoriques : l'écosystème de l'innovation, stade de l'évolution d'un écosystème d'affaires

Au terme de ce travail doctoral, nous souhaitons revenir sur quelques limites du concept d'écosystèmes d'affaires et proposer de nouveaux apports conceptuels, issus des résultats de l'analyse empirique conduite sur notre terrain de recherche.

Comme indiqué dans la première partie de cette thèse, l'analogie avec les écosystèmes biologiques permet au concept d'écosystème d'affaires de rendre compte de la complexité du monde des affaires et de cartographier la totalité des parties prenantes en présence sans en éluder aucune. Ce faisant, ce concept permet d'éviter le cadre trop rigide des matrices stratégiques et d'atténuer le risque d'enfermement cognitif lié à une trop grande simplification de la réalité.

Pour autant, de réelles différences existent entre un écosystème d'affaires et un écosystème biologique. En 2012, FRERY, GRATACAP et ISCKIA rappellent ainsi que dans l'approche de MOORE, l'écosystème est une structure hiérarchique « pilotée » par une ou plusieurs entreprises dominantes. Cette notion n'existe pas dans un écosystème naturel. Le fait qu'une espèce soit située au sommet de la chaine alimentaire ne lui confère pas un pouvoir de contrôle sur son écosystème. Les trois auteurs reprochent ainsi à MOORE d'avoir une vision antropocentrique ou cartésienne de la réalité d'un écosystème naturel, bien éloigné de la biologie. Ils soulignent également que la notion d'intention mérite d'être questionnée par rapport à cette analogie. Dans un écosystème d'affaires, deux types d'intention coexistent : l'intention stratégique de l'entreprise qui décide de créer ou de transformer un écosystème et l'intention de toute entreprise qui décide de rejoindre ou quitter un écosystème constitué. Or dans le monde animal, aucune espèce n'a la capacité de créer un écosystème et aucune n'a la possibilité de le créer.

De la même manière, MOORE décrit le cycle de vie d'un écosystème en 4 étapes : la naissance, l'expansion, l'autorité et le déclin. Sa vision conceptuelle insiste sur la notion d'équilibre instable de l'écosystème, soumis en permanence à d'importantes dynamiques contraires entre la

compétition et la coopération. Ces deux aspects peuvent s'appliquer aussi bien à un écosystème biologique qu'à un écosystème d'affaires. Cet état de fait ne doit cependant pas faire oublier un facteur essentiel de différenciation : l'intentionnalité.

Dans un écosystème biologique, l'intentionnalité est complètement déterminée par le conditionnement biologique de chaque espèce, issus de longs siècles d'évolutions et de sélections génétiques. Un requin n'adoptera jamais un comportement de dauphin et inversement… Dans un écosystème humain, l'intentionnalité est bien plus complexe et repose sur la créativité illimitée que possède l'esprit humain. Ceci change bien évidemment tout !

A la lecture de MOORE, nous estimons que cette différence fondamentale sur l'intentionnalité est certes identifiée par l'auteur, mais qu'il n'en tire pas les conséquences jusqu'au bout. Le fait que l'intention stratégique des acteurs soit au centre d'un écosystème d'affaires modifie la manière dont nous devons percevoir l'évolution de son cycle de vie. En effet, les changements de phase, de la naissance à l'expansion, de l'expansion à l'autorité et de l'autorité au déclin, ne résultent pas des actions prévisibles d'acteurs déterminés par la biologie, mais résultent des intentions stratégiques d'acteurs intelligents qui calculent en permanence les gains et les pertes qu'ils peuvent retirer de leur participation à l'écosystème d'affaires.

Parmi ces différentes intentions stratégiques, celle du leader de l'écosystème est naturellement prépondérante. Alors qu'au sein d'un écosystème naturel, aucune espèce ne saurait porter la responsabilité morale de l'évolution de l'écosystème tout entier, la situation est différente pour un écosystème d'affaires. Au sein d'un écosystème d'affaires, le leader doit savoir doser avec habilité les efforts nécessaires pour accroître la cohérence et la stabilité de l'écosystème, tout en étant capable d'imaginer l'avenir de celui-ci. Sa responsabilité est donc évidente, y compris sur un plan moral (nous n'hésitons pas à employer ce terme car il s'agit de développement économique, de responsabilité sociale et même sociétale). Si, comme le rappelle IANSETI et LEVIEN, il se comporte comme un prédateur, que ce soit en dominant physiquement ou par les valeurs les autres membres de l'écosystème, il peut rapidement conduire à son déclin puis à sa perte. Si au contraire, il prend conscience que sa survie et sa santé dépendent aussi de celles d'écosystème tout en entier, il prend véritablement la mesure de sa responsabilité de leader écosystémique.

En plaçant ainsi l'intention stratégique du leader et sa responsabilité au cœur de l'évolution d'un écosystème d'affaires, nous considérons que le modèle de James MOORE aurait grandement à gagner en considérant que l'« écosystème d'innovation » représente l'évolution que doit suivre tout écosystème d'affaires. Nous proposons de faire évoluer le schéma sur le cycle de vie d'un écosystème d'affaires de la manière suivante :

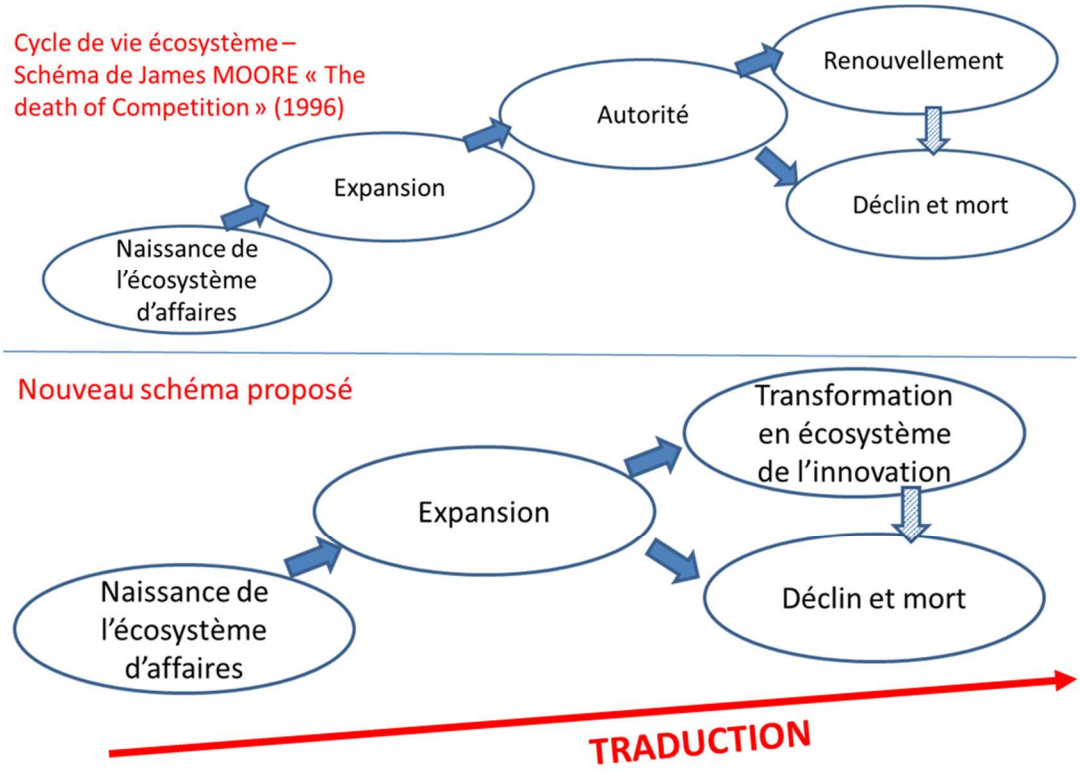


Figure 43

Le grand intérêt de cette approche est le suivant. Le schéma actuel, commun à un écosystème biologique et à un écosystème d'affaires, ne fixe pas l'innovation comme le stade naturel d'un écosystème d'affaires, alors même que des auteurs tels que IANSETI et LEVIEN considèrent que l'objectif ultime de tout écosystème d'affaires est la diffusion de l'innovation.

Le schéma que nous proposons consiste à considérer que suite à sa naissance et sa phase d'expansion, un écosystème d'affaires peut, soit se transformer en écosystème de l'innovation, soit décliner ou mourir.

Les résultats que nous avons obtenus sur le site de Marcoule nous permettent d'appuyer cette vision. L'écosystème d'affaires territorial existant depuis des années sur le démantèlement nucléaire peut réussir sa montée en gamme en triomphant de la dynamique de conservation de l'existant. Il peut devenir ainsi un pôle mondial d'excellence sur le démantèlement nucléaire de

moyenne et haute activité et sur la dépollution des sites industriels complexes. Mais il peut aussi stagner, être incapable de produire les innovations d'exploration nécessaires à la résolution des paradoxes majeurs du démantèlement nucléaire. A terme, cette absence d'évolution peut conduire à sa perte d'influence face à d'autres écosystèmes rivaux qui pourront exister autour d'autres sites nucléaires majeurs, et in fini, à sa disparition.

La transformation en écosystème de l'innovation n'est donc pas une option d'évolution parmi d'autres : elle représente une condition de survie et de développement pour tout écosystème d'affaires.

Plusieurs avantages conceptuels liés à l'évolution du concept que nous proposons apparaissent :

- En premier lieu, cette évolution du concept permet d'arrimer fortement les termes d'écosystème d'affaires et d'écosystème de l'innovation. Comme le rappellent en 2012 FRERY, GRATACAP et ISCKIA, le concept d'écosystème d'affaires reste fragile sur un plan académique, même s'il fait florès dans les entreprises. Le champ conceptuel au sein duquel il se positionne est particulièrement dense : réseau, alliance stratégique, entreprise étendue, entreprise virtuelle… L'apparition du terme « écosystème de l'innovation » et son usage praticien important depuis quelques années ne peuvent qu'être de nature qu'à concurrencer le concept d'écosystème d'affaires et même à en dénaturer l'essence. Comme nous l'avons évoqué, l'usage tous azimuts du terme « écosystème de l'innovation », sans prendre en compte le niveau d'analyse (le terme est aussi bien employé à l'échelle d'un continent qu'au niveau d'un parc d'activité local dès qu'il regroupe 4 ou 5 entreprises un peu innovantes…) ne peut qu'en faire un terme fourre-tout, dénué de toute assise conceptuelle solide.
  En « arrimant » ces deux termes, ceci conduit à un auto-renforcement. Le concept d'écosystème d'affaires bénéficie d'un nouveau terme, l'écosystème d'innovation, très usité par les praticiens depuis quelques années. La notion d'écosystème de l'innovation gagne une vraie assise théorique, en étant relié à un concept étudié depuis une vingtaine d'années.

- En deuxième lieu, cette évolution permet de remettre la notion d'intentionnalité au centre du concept d'écosystème d'affaires. La succession des phases de naissance, d'expansion et d'autorité peut s'envisager aussi bien dans un écosystème naturel que dans

un écosystème d'affaires par l'effet naturel de la coévolution et de l'interaction inévitable qui surgit dès lors que l'on met des acteurs en interaction. Il peut donc y avoir une absence d'intentionnalité pour passer d'une phase à l'autre, comme si ce passage résultait de mécanismes naturels non forcément maîtrisable.

A contrario, le passage du stade d'écosystème d'affaires à celui d'écosystème de l'innovation suppose résolument l'existence d'un pilotage déterministe, en premier lieu au niveau de la firme leader mais également au niveau des autres acteurs clés de l'écosystème (fournisseurs de premier rang notamment). En d'autres termes, la présence d'un acteur social qui assume le passage d'un état A (écosystème d'affaires) à un état B (écosystème de l'innovation) permet de différencier très clairement un écosystème d'affaires et un écosystème naturel.

- En troisième lieu, cette approche permet de remettre au centre du concept d'écosystème d'affaires les notions de pilotage et de gouvernance. En affirmant clairement que le but de tout écosystème d'affaires est de se transformer en écosystème de l'innovation, il est possible de sensibiliser les acteurs clés, et au premier rang desquels la firme leader, sur la nécessité de piloter cette transformation qui doit résulter d'une action intentionnelle. Pour James MOORE, le leader doit savoir imaginer un avenir profitable pour l'ensemble des membres de l'écosystème. Or cette louable intention se heurte à la réalité décrite par des auteurs comme IANSETI et LEVIEN qui montrent que justement des leaders d'écosystèmes peuvent ne penser qu'à leurs propres intérêts à travers une domination physique trop forte ou une domination par les valeurs trop autocentrée sur le leader.

  Pour renforcer la capacité du concept d'écosystème d'affaires d'être un savoir actionnable par des praticiens, nous considérons qu'il y aurait un intérêt certain à inscrire dans la définition même du concept le fait que son objectif est de se transformer en écosystème de l'innovation. Sans cette transformation, le risque est celui du déclin et de la mort de l'écosystème d'affaires dans un premier temps, risquant de conduire à celui du leader dans un deuxième temps.

- Enfin, en dernier lieu, le fait d'indiquer que le but de tout écosystème d'affaires est de se transformer en écosystème de l'innovation, permettrait de renforcer l'opérationnalisation du concept en mettant l'accent sur ce qui doit être mis en œuvre pour passer d'une phase à l'autre :
  - La mise en œuvre d'indicateurs de bonne santé de l'écosystème :

- La mesure du taux de rendement du capital investi pour les différents acteurs de l'écosystème (en moyenne sur la durée, en comparaison avec d'autres écosystèmes, en comparant les résultats des différents membres…)
- Le taux de survie des membres de l'écosystème (nombre de créations d'entreprises, nombre de défaillances, évolution du nombre d'emplois créés…)
- La diversité de l'écosystème (en particulier la présence de start-up, de PME innovante, l'implication d'acteurs académiques…)
- Le degré d'innovation de l'écosystème (nouvelles technologies mise en œuvre, nombre de brevets, nombre de publications scientifiques, ….)
- La qualité de la gouvernance (nombre d'initiatives communes, actions de valorisation de l'écosystème…)

Définir de tels indicateurs, sous l'impulsion de la firme leader, permet en effet de forger une vision commune aux différents acteurs et de rendre concret ce que pourrait être le passage du stade d'écosystème d'affaires à celui d'écosystème de l'innovation.

L'approche que nous proposons permet de faire émerger de nouvelles questions théoriques pour définir le passage d'un écosystème d'affaires en écosystème de l'innovation : traduction de la vision de l'innovation par le leader, implication dans la gouvernance de l'écosystème et des indicateurs de pilotage et de performance, réactions des autres membres de l'écosystème…

1.2. 2ème résultat et apports théoriques : l'importance de la concurrence ambidextrielle pour l'allocation des ressources

Notre statut de praticien-chercheur nous a permis d'observer l'évolution du CEA/Marcoule depuis 2005, bien avant le début du présent travail doctoral. Ces douze années d'observation nous ont permis d'observer 4 grandes étapes d'ambidextrie structurelle de 2005 à 2016, un projet d'ambidextrie contextuelle de 2010 à 2013, et enfin la mise en œuvre d'une ambidextrie de réseau, objet principal de notre travail doctoral à partir de 2013.

La mise en perspective sur le graphique ci-dessous de ces différentes opérations d'ambidextrie nous semble particulièrement éclairante :

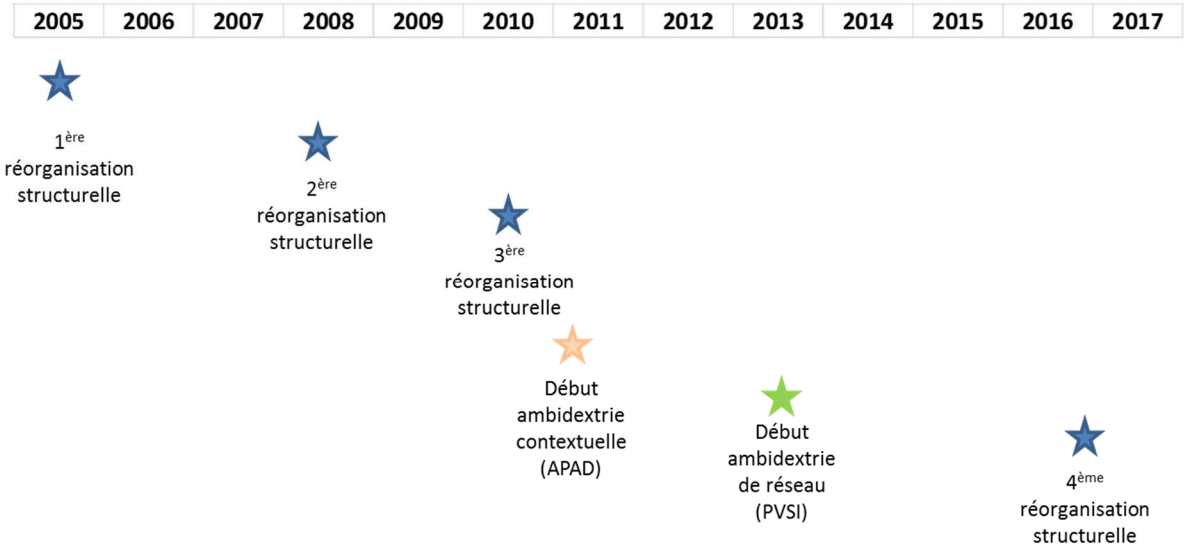


Figure 44

Ce graphique permet de mettre en évidence les constats suivants :

- L'ambidextrie structurelle a été la première utilisée, dès l'année 2005
- L'ambidextrie structurelle a été mise en œuvre quatre fois, au travers de lourdes opérations de réorganisations
- L'ambidextrie contextuelle a été la deuxième utilisée, mais après trois phases d'ambidextrie structurelle
- Enfin, la mise en œuvre d'une ambidextrie de réseau, à travers le projet PVSI, n'est intervenue qu'à partir de 2013, soit huit ans après la reprise du site de Marcoule par le CEA (qui est le moment où le CEA a eu pleinement les leviers en mains sur les grandes opérations de démantèlement du site).

Comment expliquer cet ordre de mise en œuvre des différentes ambidextries et ce décalage temporel ?

Le cas du CEA/Marcoule nous montre que toutes les actions d'ambidextrie mises en œuvre furent légitimées par une mise en évidence de problèmes à résoudre, liés aux paradoxes du démantèlement nucléaires.

Or, nous avons montré que chaque paradoxe pouvait être interprété suivant une lecture interne ou suivant une lecture externe : par exemple, le paradoxe contractuel se traduit par le fait de devoir spécifier les besoins d'achats pour réaliser une mise en concurrence respectant l'ensemble des règles du code des marchés publics, tout en étant soumis à une forte incertitude technique liée à une connaissance partielle de l'état initial des installations.

Pour répondre à ce paradoxe, l'organisation peut faire une lecture interne qui consiste à « compter sur ses propres forces » : renforcer les moyens de la maîtrise d'ouvrage des projets, augmenter le nombre d'acheteurs, revoir la procédure achat, améliorer les cahiers des charges… Mais elle peut également faire une lecture externe qui consister à poser le problème comme avant tout un problème de tissu industriel trop faible et de l'absence d'une vraie relation de partenariat permettant de mobiliser l'intelligence collective.

Au sein de l'organisation, chacune des deux lectures dispose de ses partisans. Que ce soit implicitement ou explicitement, consciemment ou inconsciemment, chaque acteur de l'organisation, suivant son rôle et sa position, peut avoir intérêt à poser le problème d'une façon plutôt que d'une autre. Car de la manière de poser le problème dépendra les choix qui sont seront mises en œuvre. Or ces choix peuvent augmenter ou diminuer le pouvoir des différents acteurs, faciliter ou non leurs capacités d'agir, avoir un impact plus ou moins direct, plus ou moins immédiat, sur la capacité de résoudre leur problème.

L'enjeu est en effet l'allocation des ressources de l'organisation. Ceci concerne aussi bien les ressources financières que les ressources humaines.

L'ambidextrie structurelle nécessite de dépenser beaucoup de temps et de l'énergie pour :

- concevoir la nouvelle organisation (temps de réflexion stratégique du top management)
- convaincre les acteurs internes (ligne hiérarchique, salariés)
- dialoguer avec les instances représentatives du personnel (consultation du COMET et du CHSCT, réponses aux expertises demandées par les syndicats…)
- mettre en œuvre physiquement la réorganisation (réécriture des organigrammes, circulaires, notes de délégation, déménagement, modifications des lignes téléphoniques, ….)
- …..

L'ambidextrie contextuelle, bien que moins coûteuse que l'ambidextrie structurelle, mobilise néanmoins des ressources pour :

- faire participer des experts métiers dans les groupes de travail
- informer et mobiliser la ligne hiérarchique et les salariés (assemblées générales, séminaires, site intranet, journaux d'entreprises…)
- matérialiser l'évolution des pratiques internes : réécriture de procédures, rédaction de guides…)
- ……

Enfin, l'ambidextrie de réseau, est également consommatrice de moyens :

- temps passé par le top management pour convaincre les acteurs externes à la firme leader (implication de la direction dans des structures de gouvernance de l'écosystème, participation à des groupes de travail de la filière…)
- affectation de salariés dédiés pour s'impliquer au niveau de l'écosystème et pour porter les actions communes décidées au niveau de celui-ci
- participation aux financements des actions communes (actions de promotion de l'écosystème, financement de moyens communs tels que des halles technologiques, financement du budget de fonctionnement des structures d'animation de l'écosystème…)

Tout ceci montre que chaque action de changement, chaque mise en œuvre d'une démarche ambidextrielle, nécessite des ressources importantes. Or les ressources de l'organisation sont nécessairement limitées.

Ceci explique le décalage temporel dans la mise en œuvre des différentes ambidextries. Il est très difficile pour le top management de se mobiliser à la fois sur une importante réorganisation interne tout en s'investissant fortement dans des actions externes. L'articulation simultanée d'une ambidextrie structurelle et d'une ambidextrie de réseau est donc très compliquée. De la même manière, il est très difficile de demander à une ligne hiérarchique et à des salariés de réfléchir à l'évolution des pratiques et du contexte, en pleine réorganisation structurelle. L'articulation simultanée d'une ambidextrie structurelle et contextuelle est donc également difficile.

Comme nous l'avions souligné dans notre premier chapitre, peu de travaux académiques existent sur l'articulation des différentes formes d'ambidextrie. Pourquoi certaines organisations ne déploient qu'une forme d'ambidextrie, tandis que d'autres déploient deux voire les trois formes d'ambidextries possibles. Le cas du CEA/Marcoule que nous avons pu étudier dans la durée nous permet de mettre en évidence l'existence d'une concurrence ambidextrielle pour l'allocation des ressources.

Dans le cas étudié, l'« instrumentalisation des paradoxes » représente le moteur de cette concurrence. En s'appuyant sur les paradoxes, les problèmes à résoudre, les différents acteurs se coalisent pour faire pression sur le top management pour favoriser soit des solutions internes (ambidextries structurelle et contextuelle), soit des solutions externes (ambidextrie de réseau).

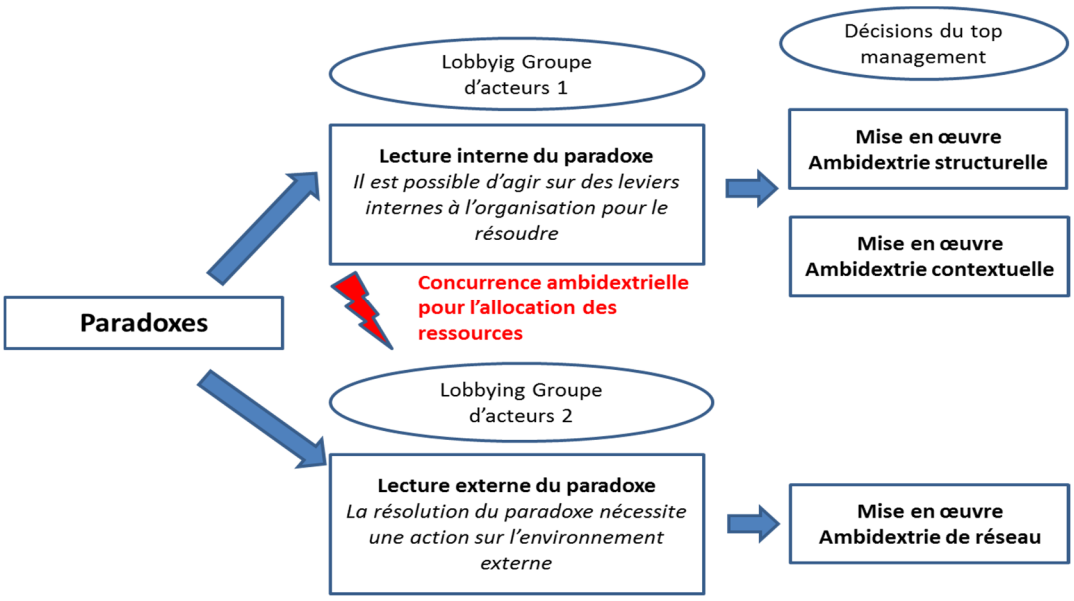


Figure 45

Le graphique ci-dessus nous permet de schématiser ce mécanisme.

Cette concurrence ambidextrielle pour l'allocation des ressources nous semble également quelque peu « faussée ». Il est plus simple d'effectuer un lien cognitif entre le fait de modifier l'organisation ou le contexte interne pour tenter de résoudre les problèmes rencontrés. Pour de nombreux acteurs, il s'agit de réponses plus immédiates et facilement compréhensibles. Il est en revanche plus compliqué de légitimer qu'une action sur le réseau externe de l'organisation est nécessaire pour résoudre les problèmes internes.

La question de la concurrence ambidextrielle que nous mettons en évidence au terme de ce travail doctoral peut conduire à de nouvelles questions théoriques dans l'avenir : de quelle manière peut-on observer ce type de concurrence dans d'autres organisations ? est-il possible d'éviter cette concurrence et de réaliser une articulation fluide des différentes ambidextries ?

1.3. Les apports managériaux

L'évaluation des apports managériaux d'un praticien chercheur, qui réalise son étude de cas au sein de son propre environnement professionnel, est un exercice délicat.

Dans le cas présent, cette évaluation ne peut-être que différentielle : si nous n'avions pas été thésard en sciences de gestion au cours des cinq dernières années, nous aurions néanmoins été

impliqués sur les mêmes sujets, que ce soit le suivi des projets de démantèlement du site de Marcoule ou le projet de Pôle de Valorisation des Sites Industriels (PVSI).

Nous ne livrerons donc pas ici à une description exhaustive de notre contribution professionnelle à ces projets : prise de décision, mémos, participation à des réunions, rédaction de documents…

Par contre, il nous semble plus pertinent de poser la question des apports managériaux de la manière suivante : en quoi le fait d'avoir été thésard en sciences de gestion a-t-il représenté un apport pour l'entreprise et le projet qui étaient nos terrains de recherche ?

Après nous être posé cette question en ces termes, deux éléments de réponses nous semblent clairement apparaître.

Premièrement, durant ces cinq années, nous avons eu le sentiment d'être un « diffuseur ». De manière très régulière, notre travail doctoral nous a conduit à apporter des concepts, des éléments de réflexion différents, une lecture nouvelle des problématiques rencontrées.

Au fur et à mesure que nous approfondissions les concepts d'écosystème, de paradoxe, d'ambidextrie, d'open innovation, …, nous avons les avons introduit dans nos discussions quotidiennes avec les très nombreux interlocuteurs avec lesquels nous avons été en contact durant ces cinq années. Ceci s'est également manifesté dans les entretiens. Ces entretiens furent l'occasion d'un temps de prise de recul pour nos interlocuteurs et nous-mêmes sur les orientations stratégiques du CEA et du projet PVSI.

En deuxième lieu, l'autre apport managérial important que nous identifions est celui du « témoin de l'intérieur ». La période que nous avons eu l'opportunité d'explorer à travers ce travail doctoral couvre les cinq dernières années. Nous sommes également remontés jusqu'en 2005 pour étudier certaines points. Au cours de cette longue période, nous avons pu mettre en perspective les très nombreuses évolutions qui furent celles du site de Marcoule et de son écosystème territorial, faisant face aux problématiques générées par les plus grandes opérations de démantèlement nucléaire en Europe. Nous avons essayé de recueillir le maximum de faits et de témoignages pour tracer et enregistrer les éléments clés de cette riche période.

Conclusion générale, limites et prolongements de la recherche

Au terme de ce travail doctoral, nous souhaitons faire état du sentiment de « frustration positive » qui nous anime.

La frustration est liée aux limites que nous identifions dans ce travail :

- Une première limite liée au fait que nous n'avons pas pu observer la réussite ou l'échec de l'action de transformation de l'écosystème d'affaires PVSI en écosystème de l'innovation. A mi 2017, nous pouvons conclure que le CEA, firme leader de l'écosystème, a réussi à intéresser et enrôler un nombre important d'acteurs dans sa tentative de transformation de l'écosystème, autour d'actions très concrètes. Pour autant, nous ne pouvons être certain que cet enrôlement sera irréversible. La création de la future halle technologique DEM4DEC, la montée en puissance du rôle d'architecte ensemblier du CEA Marcoule dans une approche duale, simultanément « arm's lenght et partenariale », la poursuite de l'ouverture de l'innovation, seront des marqueurs clés dans les années qui viennent pour juger de l'irréversibilité de cette action de transformation.

- Une deuxième limite liée au fait que nous n'avons pu observer qu'un cas unique, l'écosystème PVSI. Il n'était matériellement pas possible de faire autrement étant donné l'ampleur de notre terrain de recherche. Nous n'avons pas de doute non plus sur la validité épistémologique de notre recherche puisque, comme le rappelle YIN en 1994, « une raison qui justifie l'usage d'une étude de cas unique, c'est lorsqu'elle représente un cas-type permettant de tester une théorie bien formulée ». Par contre, notre curiosité intellectuelle nous aurait incité à observer en profondeur d'autres écosystèmes et le rôle de leur firme leader, si cela avait été matériellement possible.

- Une dernière limite enfin est liée aux choix que nous avons dû faire pour éviter tout risque de dispersion au cours de ce travail doctoral. Nous aurions souhaité, par exemple, développer davantage le concept d'open innovation et effectuer une comparaison plus approfondie entre le démantèlement nucléaire et d'autres grands secteurs industriels tels

que le spatial, l'aéronautique ou l'automobile. Mais un tel choix aurait conduit à trop s'éloigner du cœur du sujet de notre thèse.

Mais si cette frustration est bien réelle, nous lui reconnaissons volontiers un caractère positif par rapport à tout ce que ce travail doctoral pourra impliquer par la suite :

- En premier lieu, nous considérons cette thèse non comme un aboutissement mais comme un démarrage de notre nouveau rôle de chercheur en sciences de gestion. Le choix de rester centrer sur le sujet de base nous a conduits à écarter certains axes de recherche dans le présent travail doctoral. A l'issue de cette thèse, nous identifions plus axes de travail complémentaires :
    - Le rôle des autres parties prenantes d'un écosystème d'affaires et en particulier des parties prenantes non marché (par exemple, l'autorité de sûreté nucléaire en ce qui concerne le démantèlent nucléaire)
    - La définition des indicateurs de performance écosystémique
    - La mise en œuvre de la gouvernance de l'écosystème (autre aspect du travail de traduction de la firme leader...)

  Nous pourrons développer et traiter ultérieurement ces questions complémentaires dans des communications dans les congrès ou dans une participation à des groupes de recherche. De la même manière, notre « frustration » de n'avoir pas pu observer l'irréversibilité, ou non, de l'initiative PVSI sera l'occasion très certainement de compléter cette thèse par des publications ciblées sur ce thème dans les années qui viennent.

- En deuxième lieu, nous avons le sentiment d'avoir réussi à traiter à la fois les motivations internes à la firme leader et son rôle dans l'essai de transformation de celui-ci. Etant donné le caractère très riche du terrain de recherche étudié, ce pari était ambitieux. Nous disposions très certainement du matériau de recherche pour rédiger une thèse complète sur la lente transformation du site de Marcoule entre 1997 et 2017. De la même manière, une thèse complète aurait pu être consacrée à la période 2013-2017, en étant centrée sur l'initiative PVSI et le rôle de traduction joué par le CEA/Marcoule, leader keystone de son écosystème territorial.

  Mais en définitive, nous avons le sentiment que l'originalité de ce travail doctoral repose justement sur le fait d'avoir pu étudier de l'intérieur les transformations de la firme leader (ses questionnements et ses tentatives de réponses face aux paradoxes du déman-

tèlement nucléaire) et sa tentative extérieure de transformation de son écosystème d'affaires territorial. Le « Pourquoi » (pourquoi PVSI ?) contribue à expliquer le « Comment » (comment la firme leader met en œuvre son action de transformation de l'écosystème).

- Enfin, le dernier point extrêmement positif que nous identifions est la capacité que nous aurons à diffuser les résultats de cette recherche à travers notre activité d'enseignement. En 2015, nous avons eu l'opportunité d'être co-fondateur et co-responsable d'un parcours de Master 2 dédié au « management du démantèlement nucléaire et de la valorisation des sites industriels » (ce parcours est rattaché au master « Management de l'innovation » de l'université de Montpellier). Cette formation est une initiative commune de l'université de Montpellier (IAE et MOMA), du CEA, de l'association PVSI et de l'Institut National des Sciences et Techniques du Nucléaire (INSTN). L'ambition de ce master est de former des étudiants aux spécificités sectorielles du démantèlement nucléaire dans le domaine managérial (management de l'innovation, gestion de projet et contrôle de gestion, achats, conduite du changement et ressources humaines…). Nous avons l'opportunité d'y enseigner dans plusieurs modules. Le fait de pouvoir partager avec des étudiants les thématiques que nous avons eu l'occasion d'approfondir dans ce travail doctoral est une expérience très riche et intéressante. Dans l'avenir, nous souhaitons poursuivre ce triptyque « vie professionnelle – recherche – enseignement » que nous considérons comme très épanouissant sur un plan intellectuel.

Ce n'est pas sans une certaine émotion que nous achevons la rédaction de cette thèse. Nous nous souviendrons longtemps de ces cinq années de notre vie au cours duquel la phrase « il faut que je travaille ma thèse » a rythmé nos week-ends, nos jours fériés, nos vacances… Mais au final, la satisfaction du travail accompli prédomine ainsi que le sentiment d'avoir vécu une exceptionnelle aventure humaine et intellectuelle !

Bibliographie

A

AERES (Agence Evaluation Enseignement Supérieur). “Évaluation de l’AERES Sur L’unité : Département de TEchnologie Du Cycle Du Combustible DTEC Sous Tutelle Des Établissements et Organismes : Commissariat À l’Energie Atomique et Aux Energies Alternatives - CEA,” 2013.

———. “Évaluation de l’AERES Sur L’unité : Département D’études Du Traitement et Du Conditionnement Des Déchets DTCD Sous Tutelle Des Établissements et Organismes : Commissariat À l’Energie Atomique et Aux Energies Alternatives,” 2013.

———. “Évaluation de l’AERES Sur L’unité : Département RadioChimie et Procédés DRCP Sous Tutelle Des Établissements et Organismes : Commissariat À l’Energie Atomique et Aux Energies Alternatives - CEA,” 2013.

———. “Évaluation de l’AERES Sur L’unité : Institut de Chimie Séparative de Marcoule ICSM Sous Tutelle Des Établissements et Organismes : Nouvelle Université de Montpellier École Nationale Supérieure de Chimie de Montpellier - ENSCM Commissariat À l’Énergie Atomique et Aux Énergies Alternatives - CEA Centre National de La Recherche Scientifique - CNRS,” 2013.

AKRICH, Madeleine. “La Construction D’un Système Socio-Technique.” Antropologie et Sociétés 13, no. 2 (1989): 31–54.

AKRICH, M., M. CALLON, and B. LATOUR. “A Quoi Tient Le Succ`es Des Innovations ? 1 : L’art de L’intéressement; 2 : Le Choix Des Porte-Parole,” Annales des Mines., 11:4–17. Gérer et Comprendre, n.d.

AKRICH, M., B. LATOUR, and M. CALLON. Sociologie de La Traduction. Textes Fondateurs. Mines ParisTech., 2006.

AMBLARD, H., P. BERNOUX, P. HERREROS, and Y.F. LIVIAN. Les Nouvelles Approches Sociologiques Des Organisations. Paris, Seuil., 1996.

ANADON, M., and F. GUILLEMETTE. “La Recherche Qualitative Est-Elle Nécessairement Inductive?” Recherches Qualitatives - Hors Série, no. 5 (2007): 26–37.

ANDRA. “Inventaire National Des Déchets Radioactifs - Année 1997.” ANDRA, 1997.

ARGYRIS, C., and D.A. SCHON. “Organizational Learning: A Theory of Action Perspective.” Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company., n.d., 1978.

ARJALIES, D.L., S. HOBEIKA, J.P. PONSSARD, and S. PORET. “Le Rôle de La Labellisation Dans La Construction D’un Marché - Le Cas de l’ISR En France.” Revue Française de Gestion 7, no. 336 (2013): 93–107.

B

BAREL, Y. Le Paradoxe et Le Système : Essai Sur Le Fantistique Social. Presses Universitaires de Grenoble., 1989.

BARTUNEK, J.M. “The Dynamics of Personal and Organizational Reframing.” In In Quinn, R.E. & Cameron, K.S. (Eds), Paradox and Transformation : Toward a Theory of Change in Organization and Management, Cambridge Mass., Ballinger Pub. Co., 137–62, 1988.

BATAILLE, M. “Problématique de La Complexité Dans La Recherche-Action.” Les Dossiers de l’Education, no. 3 (1983): 11–24.

———. “Une Recherche-Action Coéducative,” 1984.

BATESON, G. Mind and Nature : A Necessary Unity. New York : Bantam., 1979.

BECKHARD, R. Le Développement Des Organisations, Stratégies et Modèles, Traduit de (1969), Organization Development : Strategies and Models, Reading, Massachusetts : Addison Westley. Dalloz., 1975.

BENNER, M.J., and M.L TUSHMAN. “Exploitation, Exploration and Process Management : The Productivity Dilemma Revisited.” Academy Ol Management Review 28, no. 2 (2003): 238–56.

BERTALANFY, L. General System Theory, Foundations, Development, Applications. Georges Braziller., 1968.

BERTALLANFY, L. VON. Théorie Générale Des Systèmes, n.d.

BETTIS, R.A. “Strategic Management and the Straightjacket : An Editorial Essay.” Organization Science 2, no. 3 (1991): 315–19.

BEYLIER, C. “Une Approche Collaborative de Gestion Des Connaissances. Application À Une PME Du Secteur de L’ingénierie Mécanique.” Thèse de doctorat en management des systèmes d’information., Grenoble 1, 2007.

BLUMER, H. Symbolic Interactionism, Perspective and Method. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall., 1969.

BOISSY, P. Développement International: Le Choix Des Stratégies. Editions d’organisation., 1989.

BOLLEKER, G., and T. NOBRE. “L’évolution Des Paradoxes Organisationnels : Le Cas D’une Organisation de Service Public Évoluant Vers Le Modèle Marchand.” Luxembourg, 2010.

BOUCHIKHI, H. “Living with and Building on Complexity: A Constructivist Perspective on Organization,” Organization, 1998.

BRABANDERE, L. Petite Philosophie Des Grandes Trouvailles. Eyrolles., 2010.

BRASSEUR, M, and T. PICK. “La Silicon Valley : Modèle Précurseur Ou Marginal ?” Revue Française de Gestion, no. 127 (2000): 131–36.

BREWER, J.D. Ethnography. Buckingham : Open University Press., 2000.

BRION, S., and C. MOTHE. “Innovation : Exploiter Ou Explorer ?” Revue Française de Gestion 7, no. 187 (2008): 101–8.

BRUNSSON, N., and B. JACOBSON. A World of Standards. New York : Oxford University Press, 2000.

BURNS, T., and G.M. STALKER. “The Management of Innovation.” The Economic Journal 79, no. 314 (1961): 403–5.

BURREL, G., and G. MORGAN. “Sociological Paradigms and Organizational Analysis,” Heinemann, 1979, 1–37.

C

CALCEI, D., Z. M’CHIRGUI, and M. OHANA. “Sexes, Mensonges et Vidéo. Liaisons et Déliaisons Dans Les Écosystèmes D’affaires Des Formats de Stockage Vidéo.” Management & Avenir 9, no. 29 (2009): 88–109.

CALLON, M. “Eléments Pour Une Sociologie de La Traduction. La Domestication Des Coquilles Saint-Jacques et Des Marins Dans La Baie de Saint-Brieuc,.” L’année Sociologique, no. 36 (1986): 170–208.

CALLON, M., and M. FERRARY. “Les Réseaux Sociaux À L’aune de La Théorie de L’acteur-Réseau.” Sociologies Pratiques 2, no. 13 (2006): 37–44.

CARRE, P. “Motifs et Dynamiques D’engagement En Formation. Synthèse D’une Étude Qualitative de Validation Auprès de 61 Adultes En Formation Professionnelle Continue.” Education Permanente, no. 136 (n.d.): 119–31.

CATROUX, M. “Introduction À La Recherche-Action : Modalités D’une Démarche Théorique Centrée Sur La Pratique.” Cahier de l’APLIUT, 2002, 8–20.

CEA. “CEA Tech Part À La Reconquête de L’industrie.” Les Défis Du CEA, no. 188 (2014).

CHAN KIM, W., and R. MAUBORGNE. Stratégie Océan Bleu : Comment Créer de Nouveaux Espaces Stratégique. Pearson. Apprendre, Toujours, 2010.

CHESBROUGH, H. Open Innovation: The New Imperative for Creating And Profiting from Technology. Harvard Business School Press., 2003.

CLERC, F., and S. TOMAMICHEL. “Quand Les Praticiens Deviennent Chercheurs.” Recherches et Education, no. 8 (2004).

Commissariat Général à l’Egalité des Territoires (CGET). “Synthèse Des Stratégies Régionales de l’Innovation (SRI) En Vue de La Spécialisation Intelligente (S3) Des Régions Françaises,” 2015.

Conseil Stratégique de la Filière Nucléaire (CSFN). « Perspectives de l’industrie française du démantèlement, assainissement, et de la reprise et conditionnement des déchets » (2014)

CORBEL, P., F. LENTZ, and S. REBOUD. “Les Batailles de Standards : Proposition D’une Grille de Lecture et Application Au Cas Du Remplacement Du DVD.” Nice: Accidental Empires, Addison-Wesley, Penguin Books, 2008.

Cours des Comptes. “Le Coût de Production de L’électricité Nucléaire. Actualisation 2014,” 2014.

CROZIER, M., and R. FIREDBERG. L’acteur et Le Système. Editions du Seuil. Essais, 1977.

D

DAFT, R.L., and V. BUENGER. “Hichting a Ride on a Fast Train to Nowhere : The Past and Future of Strategic Management Research in Management.” Perspectives on Strategic Management, New York : Harper and Row, 1990.

DAVID, A. RATP : La Métamorphose. Réalités et Théorie Du Pilotage Du Changement. Paris. InterEditions., 1995.

DAVID, P.A. “Clio and the Economics of QWERTY.” The American Economic Review 75, no. 2 (1985): 332–37.

DEVEREUX, G. De L’angoisse À La Méthode. Paris : Aubier Flammarion., 1980.

D.LITTLE, Arthur. “Nuclear Decommissioning and Waste Management,” 2011.

DOSI, G., and D. TEECE. “Organizational Competencies and the Boundaries of the Firm.” In In R. ARENA et C. LONGHI (Eds.), « Markets and Organization »., New- York : Springer-Verlag., 1998.

DUBUISSON-QUELLIER, S., P. CASTEL, and H. BERGERON. “Gouverner Par Les Labels. Une Comparaison Des Politiques de L’obésité et de La Consommation Durable.” Gouvernement et Action Publique 3, no. 3 (2014): 7–31.

DUMEZ, H. “Les Trois Risques Épistémologiques de La Recherche Qualitative.” Le Libellio d’Aegis 8, no. 4 (2012): 29–33.

DUNCAN, R.B. “The Ambidextrous Organization: Designing Dual Structures for Innovation. In R. H. Kilmann, L.R. Pondy and D. Slevin (eds.), The Management of Organization Design: Strategies and Implementation,” New York: North Holland., 167–88, 1976.

DUPOUET, O., and P.J. BARLATIER. “Le Rôle Des Communautés de Pratique Dans Le Développement de L’ambidextrie Contextuelle : Le Cas GDF SUEZ.” Management International 15, no. 4 (2011): 95–108.

DUPUIS, F. La Faillite de La Pensée Managériale Lost in Management, Vol. 2. Essais. Points, 2016.

DYER, J.H. “Effective Interfirm Collaboration: How Firms Minimize Transaction Costs and Maximize Transaction Value.” Strategic Management Journal, no. 18 (1997): 535–56.

E

EMERSON, R. “Le Travail de Terrain Comme Activité D’observation. Perspectives Ethnométhodologiques et Interactionnistes.” In L’Enquête de Terrain, Editions La Découverte., 398–424, 2003.

EVANS, P., and Y.L. DOZ. “The Dualistic Organization.” In In P. Evans, Y.L. Doz et A. Laurent, Human Resource Management in International Firms, London, Mcmillan Press., 219–45, 1989.

F

FALLETA, N. Le Livre Des Paradoxes (traduit de Paradoxicon En 1983). Diderot Editeur. Jardin Des Sciences, 1988.

FAUTRERO, V., and GUEGUEN, G. “Quand La Domination Du Leader Contribue Au Déclin : Analyse de L’écosystème D’affaires Symbian et Rôle de Nokia.” Revue Française de Gestion 38, no. 222 (2012): 107–21.

FERNANDEZ, A., and D. SALVETAT. “Les Relations de Coopétition Dans Les Filières Aéronautiques et Spatiales : Stratégies Délibéres Ou Modes de Relations Contraints.” Grenoble, 2009.

FERRARI, M. “L’innovation Radicale : Entre Cluster Ambidextre et Organisations Spécialisées.” Revue Française de Gestion, no. 187 (2008): 109–25.

FLOYD, S.W., and P.J. LANE. “Strategizing Throughout the Organization: Managing Role Conflict in Strategic Renewal.” Academy of Management Review 25, no. 1 (2000): 154–77.

FORGUES, B., and I. VANDANGEON-DERUMEZ. “Analyses Longitudinales.” In In R. A. THIETART & Coll., Méthodes de Recherche En Management, Paris : Dunod., 422–48, 2007.

FRERY, F, GRATACAP, E, ISCKIA, T. “Les écosystèmes d’affaires, par-delà la métaphore », Revue Française de Gestion, n° 38 (222), pp 69-75, 2012

G

GARBARINI, J. “Formateur-Chercheur : Une Identité Construite Entre Renoncement et Engagem.” In Praticien et Chercheur. Parcours Dans Le Champ Social. Dans Mackiewicz, M.-P. (Éd.), 83–90. Paris L’Harmattan, 2001.

GAREL, G. “Typologie Des Stratégies de Construction de Standards : Le Cas de La Maquette Numérique Dans Le Génie Civil.” Grenoble, 20009.

GARRETTE, B., and P. DUSSAUGE. Les Stratégies d'Alliance,. Les Editions d'Organisation, 1995.

GAVARD-PERRET, M.L., D. GOTELLAND, C. HAON, and A. JOLIBERT. Méthodologie de La Recherche : Réussir Son Mémoire Ou Sa Thèse En Sciences de Gestion. Pearson. Apprendre, Toujours, 2008.

GIBSON, C., and J. BIRKINSHAW. "Building Ambidexterity Into an Organization." MIT-Sloan Management Review 45, no. 4 (2004): 47–56.

GIGET, M. "Intervention Sur Les Écosystèmes D'innovation - 4ème Rencontre Nationale Des Directeurs de L'innovation." 2011.

GIORDANO, Y. "Les Paradoxes : Une Perspective Communicationnelle." In Le Paradoxe : Penser et Gérer Autrement Les Organisations, Elipses., 115–28. Spécialité HEC, 2003.

GIRIN, J. "'Quel Paradigme Pour La Recherche En Gestion?,'" Economies et Société, Tome XV, no. 2 (1981).

GLASER, B.G., and A.L. STRAUSS. The Discover of Grounded Theory. Strategies for Qualitative Research. Paperback, 1967.

GODLSCHMIDT, Bertrand. Le Complexe Atomique : Histoire Politique de L'énergie Nucléaire. Fayard, 1980.

GRATACAP, A., and S. EDOUARD. "Configuration Des Écosystèmes D'affaires de Boeing et d'Airbus : Le Rôle Des TIC En Environnement Innovant." Revue Management et Avenir 4, no. 34 (2010): 162–82.

GRAZ, J.C. "Les Hybrides de La Mondialisation : Acteurs, Objets et Espaces de L'économie Politique Internationale." Revue Française de Sciences Politiques 56, no. 5 (n.d.): 765–87.

GRINGAS, Y. Sociologie Des Sciences. PUF. Que Sais Je ?, 2013.

GRUNSTEIN, M. "Management Des Connaissances et Des Compétences: Vers Un Modèle de Référence (MGKME)." In Journée C2EI –Connaissances et Compétences En Entreprise Industrielle 29 Juin 2006. Nantes, 2006.

GUBA, E.G., and Y.S. LINCOLN. Fourth Generation Evaluation. SAGE Publications, Inc., 1989.

GUEGUEN, G., E. PELLGRIN BOUCHER, and O. TORRES. "Des « Stratégies Collectives » Aux « Écosystèmes D'affaires » : Le Secteur Des Logiciels Comme Illustration." Montpellier, 2004.

GUPTA, A.K., K. SMITH, and C.E. SHALLEY. "The Interplay between Exploration and Exploitation." Academy of Management Journal 49, no. 4 (2006): 693–706.

H

HAGEL III, John, John Seely BROWN, and Lang DAVIDSON. "Shaping Strategy in a World of Constant Disruption." Harvard Business Review, 2008.

HAMEL, G., and C.K. PRAHALAD. Competing for the Future. Worldwide Bestseller Broché., 1996.

HAMPTEN-TURNER, C. La Culture D'entreprise : Des Cercles Vicieux Aux Cercles Vertueux. Les Editions d'Organisation., 1992.

HANNAN, M.T., and J. FREEMAN. "Structural Inertia and Organizational Change." American Sociological Review 49, no. 2 (1984): 149–64.

HEE VAN, N. “Distance Cognitive et Capacités D’absorption : Deux Notions Étroitement Imbriquées Dans Les Processus D’apprentissage et D’innovation.” Revue D’économie Industrielle, 2008.

HELFAT, C., and R. ADNER. “Corporate Effects and Dynamic Managerial Capabilities.” Strategic Management Journal 24, no. 10 (2003): 1011–25.

HENDERSON, R.M., and K.B. CLARK. “Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms.” Administrative Science Quarterly 35, no. 1 (1990): 9–30.

HENNESTAD, B.W. “The Symbolic Impact of Double Bind Leadership: Double Bind and the Dynamics of Organizational Culture.” Journal of Management Studies 27, no. 3 (1990): 265–80.

HOLMQVIST, M. “Experiential Learning Processes of Exploitation and Exploration Within and Between Organizations: An Empirical Study of Product Developmen.” Journal Organization Science 15, no. 1 (2004).

I

IANSETI, M., and R. LEVIEN. “Strategy as Ecology.” Harvard Business Review, 2004.

INSEE. “Etude Socio-Économique de l’INSEE Sur Les Sites Nucléaires Du Tricastin et de Marcoule,” 2010.

INSTITUT MONTAIGNE. “Nucléaire : L’heure Des Choix,” 2016.

ISCKIA, T. “L’écosystème d’Amazon.com : La Stratégie d’Amazon Revisitée".” In Actes de La Conférence, 2006.

ISCKIA, T., and D. LESCOP. “Une Analyse Critique Des Fondements de L’innovation Ouverte.” Revue Française de Gestion 1, no. 210 (2011): 87–98.

IYER, B., and T.H. DAVENPORT. “Reverse Engineering Google’s Innovation Machine.” Harvard Business Review 86, no. 4 (n.d.): 58.

J

JARVIS, J. La Méthode Google. Que Ferait Google À Votre Place ?. Editions Télémaque., 2009.

JOSSERAND, E., and C. GRENIER. “Recherches Sur Le Contenu et Recherches Sur Le Processus.” In In Thiétart, R.-A. (dir.), Méthodes de Recherche En Management, Paris, Dunod, collection « Management et Ressources Humaines »., 2007.

K

KARP, D.A. eBay À 200% : 100 Trucs, Secrets et Techniques. O’REILLY., 2004.

KECHIDY, M. “Modularité, Firme-Pivot et Innovations : Le Cas d’Airbus,.” Revue Française de Gestion Industrielle, no. 27 (n.d.): 21–40.

KECHIDY, M., and D. TALBOT. “Gestion Des Interactions Techniques et Organisationnelles Par La Proximité : Les Firmes Pivots de L’aéronautique.” Cahier Du GRETha, no. 11 (2009).

KELLER, JC. “Le Paradoxe et Ses Rapports Avec Les Problèmes Humain.” Le Portique : Revue de Philosophie et de Sciences Humaines, no. Cahier 2 (2004).

KHAYATI, S., and S. KAROUI-ZOUAOUI. “Le Phénomène Ambidextre Dans Les Organisations.” Clermont Ferrand, 2013.

KHON, R.C. “Les Positions Enchevêtrées Du Praticien Qui Devient Chercheur.” In Praticien et Chercheur. Parcours Dans Le Champ Social. Dans Mackiewicz, M.-P. (Éd.)., Paris : L’Harmattan., 2001.

KNIGHT, F. Risk, Uncertainty, and Profit. Boston: Houghton Mifflin., 1921.

KOENIG, G. “Business Ecosystems Revisited.” Management 15, no. 2 (2012): 208–24.

KUHN, T.S. The Structure of Scientific Revolutions. International Encyclopedia of united science. The University of Chicago Press, 1962.

L

LANGLEY, A. “L’étude Des Processus Stratégiques : Défis Conceptuels et Analytiques.” Management International 2, no. 1 (1997): 37–50.

LANGLOIS, R.N., and P.L. ROBERTSON. “Networks and Innovation in a Modular System: Lessons from the Microcomputer and Stereo Component Industries.” Research Policy 21, no. 4 (1992).

LATOUR, B., and M. CALLON. “Le Grand Leviathan S’apprivoise T’il ?” In Traduction Française Intégrale Complete French Version in Sociologie de La Traduction. Textes Fondateurs, Presses de l’Ecole des Mines de Paris., 11–32, 2006.

LATOUR, B., and S. WOOLGAR. Laboraty Life : The Construction of Scientific Facts. Princeton University Press., 1979.

LAUMANN, E., P.V. MARSDEN, and D. PRENSKY. “The Boundary Specification Problem in Network Analysis.” In In Freeman Linton C., White Douglas R., & Romney A. Kimball (1992) Research Methods in Social Networks, New Brunswick (NJ), Transaction Publishers., 61–87, 1992.

LAVERGNE, C. DE. “La Posture Du Praticien-Chercheur : Un Analyseur de L’évolution de La Recherche Qualitative,” Vol. Hors Série n°3. Recherche Qualitative, 2007.

LECOCQ, X. “Niveaux D’analyse et Réification.” Le Libellio d’Aegis 8, no. 4 (2012): 5–11.

LEE, H., H.G. SMITH, and C.M. GRIMM. “The Effect of New Product Radicality and Scope on the Extent and Speed of Innovation Diffusion.” Journal of Management 29, no. 5 (n.d.): 753–68.

LEHIANY, B. “Unité D’analyse, Niveaux D’analyse et Spécification Des Frontières Dans L’analyse Des Réseaux.” Le Libellio d’Aegis 8, no. 3 (2012): 59–73.

LEONARD-BARTON, D. “Core Capabilities and Core Rigidities: A Paradox in Managing New Product Development.” Strategic Management Journal, 1995.

———. Wellsprings of Knowledge, Building and Sustaining the Sources of Innovation, 1992.

LETAIFA, S. BEN, and Y. RABEAU. “Évolution Des Relations Coopétitives et Rationalités Des Acteurs Dans Les Écosystèmes D’innovation.” Management International 16, no. 2 (2012).

LEVINTHAL, D.A., and J.G. MARCH. “The Myopia of Learning.” Strategic Management Journal 14, no. S2 (1993): 95–112.

LO,A. “Le Développement de L’ambidextrie Contextuelle À L’aide D’un Outil de Gestion : Étude de Cas Exploratoire Du Fablab Interne Chez RENAULT,” 2015.

LOARNE, S. LE, and S. BLANCO. Management de L’innovation. Pearson France, 2012.

LOILIER, T., and M. MALHERBE. “Genèse D’un Écosystème D’affaires et Approche Par Les Capacités : Les Enseignements D’une Étude de Cas Issue Du Secteur Des Télécommunications.” Luxembourg, 2010.

LUCKMANN, T., and P.L. BERGER. The Social Construction of Reality: A Treatise in the Sociology of Knowledge. London, Penguin Press., 1966.

M

MARCH, J-G. “‘Exploration and Exploitation in Organizational Learning.’” Organization Science, 2, no. 1 (n.d.): 71–87.

MASUCH, M. “Various Circles in Organizations.” Administrive Science Quaterly, no. 30 (n.d.): 1985.

MAZAUD, F. “De La Firme Sous-Traitante de Premier Rang À La Firme Pivot : L’organisation Du Système Productif Airbu.” Toulouse 1, 2007.

MAZZUCCHETTI, D. De Divergences En Convergences. Les Cinquante Premières Années de Marcoule : 1955-2005. Romain Pages Editions. CEA-COGEMA, 2005.

MERCIER-LAURENT, E. Les Écosystèmes de L’innovation. Business, Économie et Société. Hermès Lavoisier, 2011.

MEYER, M. La Problématologie. PUF. Que Sais Je ?, 2010.

MILES, R.E., and C.C. SNOW. Organizational Strategy, Structure, and Process. New York: McGraw-Hill., 1978.

MILLER, D., and P.H. FRIESEN. “Innovation in Conservative and Entrepreneurial Firms: Two Models of Strategic Momentum.” Strategic Management Journal 3, no. 1 (1982): 1–25.

MILLER, R., and X. OLLEROS. “To Manage Innovation, Learn The Architecture.” Research Technology Management 51, no. 3 (n.d.): 19–27.

MINTZBERG, H. Le Management – Voyage Au Centre Des Organisations,. Editions d’organisation., 2005.

———. Le Manager Au Quotidien : Les 10 Rôles Du Cadre. Eyrolles. Editions D’organisation, 2006.

MIRA-BONNARDEL, S., I. GENIAUX, and P. SERRAFENO. “Naissance D’un Écosystème D’affaires Entre Stratégie Délibérée et Stratégie Chemin Faisant.” Revue Française de Gestion 3, no. 222 (2012): 123–34.

MOATI, P. “"Les Stratégies D’adaptation Des Entreprises : Éléments D’analyse.” Cahier de Recherche CREDOC, no. 160 (2001).

MOM, T.J.M., F.A.J. VAN DEN BOSH, and H.W. VOLDERBA. “Understanding Variation in Managers’ Ambidexterity: Investigating Direct and Interaction. Effects of Formal Structural and Personal Coordination Mechanisms.” Organization Science 20, no. 4 (n.d.): 818–28.

MOORE, James. “Predators and Prey: A New Ecology of Competition.” Harvard Business Review, 1993.

———. The Death of Competition. Leadership and Strategy in the Age of Business Ecosystems. Harper Business., 1996.

MORGAN, G. Images of Organization. Sage Publications, 2007.

MORIN, E. La Méthode III : La Connaissance de La Connaissance. Paris Seuil., n.d.

MUCCHIELI, A., and C. NOY. Étude Des Communications : Approches Constructivistes. Armand Colin., 2005.

N

NALEBUFF, B.J., and A.M. BRANDENBURGER. Coopetition. Harvard Business School. Yale School of Management., 1997.

NEA (Nuclear Energy Agency). “Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants,” 2016.

———. “R&D and Innovation Needs for Decommissioning Nuclear Facilities,” 2014.

NELSON, P. “Information and Consumer Behavior.” Journal of Political Economy, no. 78 (1970): 311–29.

NOAH HARARI, Yuval. SAPIENS, Une Brève Histoire de L’humanité. ALBIN MICHEL., 2015.

NORTON, L. “The Philosophical Bases of Grounded Theory and Their Implications for Research Practice,” Nurse Researcher, 7, no. 1 (1999): 31–43.

O

OCDE. “Enquête OCDE : Innovation Ouverte Dans Des Réseaux Mondiaux.” Synthèses, 2008, OCDE observateur edition.

O’REILLY, C.A., and M.L. TUSHMAN. “‘The Ambidextrous Organization.’” Harvard Business Review, no. 74–81 (2008).

P

PELLEGRIN BOUCHER, E., and (Prénom) GUEGUEN, G. “Stratégie de Coopétition Au Sein D’un Écosystème D’affaires.” Revue Finance Contrôle Stratégie 8, no. 1 (n.d.): 109–30.

PELTONIEMI, M., and E. VUORI. “Competitive Intelligence and Co-Evolution within an Organisation Population.” Ireland, 2005.

PENROSE, E.T. The Theory of the Growth of the Firm. Third edition, Oxford: Oxford University Press., 1995.

PERRAULT SOLIVERES, A. Infirmières, Le Savoir de La Nuit. Broché, 2001.

PERRET, V., and E. JOSSERAND. Le Paradoxe : Penser et Gérer Autrement Les Organisations. Elipses. Spécialité HEC, 2003.

PETERS, T., and R. WATERMAN. In Search of Excellence: Lessons from America’s Best Run Companies. New York: Harper and Row., 1982.

PETTIGREW, A., E. FERLIE, and L. MACKEE. “Shaping Strategic Change: Making Change in Large Organisations, the Case of the NHS.” Sage Publications, n.d., 1992.

PIAGET, J. “Les Courants de L’épistémologie Scientifique Contemporain.” In Logique et Connaissance Scienttjique, 1225–71, 1967.

PIDGEON, N. “The Use of Grounded Theory for Conceptual Analysis in Knowledge Elicitation.” International Journal of Man-Machin 35 (1991): 151–73.

PINCON, M., and M. PINCON-CHARLOT. Voyage En Grande Bourgeoisie. Presse Universitaire de France. Quadrige 2002, 1997.

PISANO, G., D.J. TEECE, and A. SCHUEN. “Dynamic Capabilities and Strategic Management.” Strategic Management Journal, 1997.

Q

QUINE, W.V. The Ways of Paradox and Others Essays. Radom House. New York, 1966.

QUINN, R.E., and K.S. CAMERON. "'Organizational Paradox and Transformation', Paradox and Transformation: Toward a Theory of Change in Organization and Management," Cambridge, MA. Ballinger, 1988, 12–18.

QUINN, R.E., and J. ROHRBRAUGH. "A Spatial Model of Effectiveness Criteria: Towards a Competing Values Approach to Organizational Analysis." Management Science 29, no. 3 (n.d.): 363–77.

R

RAPOPORT, A. "Escape from Paradox," Scientific American, 217, no. issue 1 (1967): 50–56.

République Française. Arrêté Du 10 Août 1984 Relatif À La Qualité de La Conception, de La Construction et de L'exploitation Des Installations Nucléaires de Base, n.d.

———. Décret n°2005-1742 Du 30 Décembre 2005 Fixant Les Règles Applicables Aux Marchés Passés Par Les Pouvoirs Adjudicateurs Mentionnés À L'article 3 de L'ordonnance N° 2005-649 Du 6 Juin 2005 Relative Aux Marchés Passés Par Certaines Personnes Publiques Ou Privées Non Soumises Au Code Des Marchés Publics, 2005.

———. "DEMANDE D'AUTORISATION DE MISE A L'ARRET DEFINITIF ET DE DEMANTELEMENT DE L'INB n°71 CENTRALE PHENIX. Enquête Publique Du 10 Juin Au 17 Juillet 2014. RAPPORT CONCLUSIONS ET AVIS De La Commission d'Enquête," 2014.

———. "Enquête Publique Relative À La Demande D'autorisation de Mise À L'arrêt Définitif et de Démantèlement de L'installation Nucléaire de Base (INB) N° 71 'PHENIX' Sur Le Site de Marcoule, Commune de CHUSCLAN (Gard), Formulée Par Le CE," 2014.

———. Loi N° 2006-686 Du 13 Juin 2006 Relative À La Transparence et À La Sécurité En Matière Nucléaire, 2006.

———. Loi N° 2006-739 Du 28 Juin 2006 de Programme Relative À La Gestion Durable Des Matières et Déchets Radioactifs, 2006.

———. Ordonnance N° 2005-649 Du 6 Juin 2005 Relative Aux Marchés Passés Par Certaines Personnes Publiques Ou Privées Non Soumises Au Code Des Marchés Publics., 2005.

———. "Plan National de Gestion Des Matières et Déchets Radioactifs (PNGDMR) Pour La Période 2013-2016," 2013.

RIGAUD, E. "Le Concept Des Dynamic Capabilities : Voie de Recherche Féconde Ou Impasse Théorique ?" Le Libellio d'Aegis 3, no. 5 (n.d.): 13–16.

RONDEAUX, G., and O. LISEIN. "Gouvernance Des Pôles de Compétitivité: Des Dynamiques de Tercéisation Multi-Niveaux, Gage Du Respect de L'intérêt Collectif ?" Avignon, 2014.

ROTHENBURG, A. The Emerging Goddess,. University of Chicago Press, Chicago., 1979.

ROUSSEAU, D., and R. HOUSE. "Meso Organizational Behavior: Avoiding Three Fundamental Biases." In In Cooper Carry L. & Rousseau Denise M. [Eds] Trends in Organizational Behavior, Chichester, John Wiley & Sons., 1:13–30, n.d.

S

SFEN. “Journée Thématique SFEN Du 11 Juin 2014 : Innovation Industrielle et R&D Pour Le Démantèlement : Quel Futur ?” 2014.

SHINN, T. “Nouvelle Production Du Savoir et Triple Hélice. Tendances Du Prêt-À-Penser Les Sciences.” Actes de La Recherche En Sciences Sociales, 2002.

SLOCUM, J.W., and H.P. SIMS. “Typology for Integrating Technology, Organization and Job Design.” Human Relation, no. 33 (1980).

SMITH, K. “Kurt Lewin, Groups, Experiential Learning and Action Research.” The Encyclopedia of Informal Education, Http://www.infed.org/thinkers/et-Lewin.htm, 2001.

SOULE, B. “Observation Participante Ou Participation Observante? Usages et Justifications de La Notion de Participation Observante En Sciences Sociales.” Recherches Qualitatives 27, no. 1 (2007): 127–40.

STALK, G., P. EVANS, and L.E. SHULMAN. “Competing on Capabilities: The New Rules of Corporate Strategy.” Harvard Business Review, 1992.

STEAYAET, C., and M. JANSSENS. “The World in Two and a Way out : The Concept of Duality in Organization Theory and Practice.” Istanbul, 1995.

SYNDEX. “CNPE de Fessenheim - Étude D’impact Socioéconomique et Conséquences D’une Éventuelle Fermeture,” 2012.

T

TALEB NASSIM, N. Le Cygne Noir, La Puissance de L’imprévisible. Les Belles Lettres., 2007.

TEECE, D.J. “Explicaing Dynamic Capabilities : The Nature and Microfoundations of (sustainable) Enterprise Performance.” Strategic Management Journal, no. 28 (n.d.): 1319–50.

TORRES-BLAY, O. Économie d’Entreprise – Organisation et Stratégie À L’aube de La Nouvelle Économie. Economica., 2000.

TURCHANY, G. “La Théorie Des Systèmes et Systémiques. Vue D’ensemble et Définitions.” Bordeaux, 2008.

V

VARELA, F. “Le Cercle Créatif : Esquisses Pour Une Histoire Naturelle de La Créativité.” In L’invention de La Réalité : Contributions Au Constructivisme, 329–45, n.d.

VERONA, G., and D. RAVASI. “Unbundling Dynamic Capabilities: An Exploratory Study of Continuous Product Innovation.” Industrial and Corporate Change 12, no. 3 (2003): 577–606.

VOLDERBA, H.W., C.W.F. BADEN-FULLER, and F.A.J. VAN DEN BOSH. “Mastering Strategic Renewal: Mobilizing Renewal Journeys in Multi-Unit Firms.” Long Range Planning, no. 34 (2001): 159–78.

VOTTERO, F., and A. DESSIMOND. “Etude XERFI 2015 Sur Le Marché Du Démantèlement Des Centrales Nucléaires,” 2015.

W

WEICK, K.E., K.M. SUTCLIFFE, and D. OBSTFELD. “Organizing and the Process of Sense-making.” Organization Science 16, no. 4 (2005).

WINTER, S.G., and R. NELSON. An Evolutionary Theory of Economic Change. Belknap Press/Harvard University Press. Cambridge (Mass.), 1982.

WUTHEHEAD, A.N., and B. RUSSEL. Principia Mathematica. Cambridge : CUP., 1910.

Z

ZOLLO, M., and S.G. WINTER. “Deliberate Learning and the Evolution of Dynamic Capabilities.” Organization Science, no. 13 (2002).

Liste des figures, tableaux et graphiques

Figure 1 : Structure la thèse 17
Figure 2 : Graphique sur les modes de résolution des paradoxes et les ambidextries 52
Figure 3 : Graphique recherche sur google trend 1 59
Figure 4 : Graphique recherche sur google trend 2 61
Figure 5 : Graphique sur les écosystèmes d'affaires 64
Figure 6 : Graphique architecte intégrateur 71
Figure 7 : Graphique sur le réseau de valeur 74
Figure 8 : Graphique sur le cadre conceptuel 109
Figure 9 : Tableau sur le positionnement du praticien chercheur 129
Figure 10 : Graphique sur l'analyse multi-niveaux 135
Figure 11 : Graphique sur le cadre conceptuel et unités d'analyse 137
Figure 12 : Graphique sur le modèle d'analyse global de PETTIGREW 140
Figure 13 : Graphique sur l'analyse croisée de contenu et de stock 141
Figure 14 : Graphique sur le dispositif d'analyse des données 142
Figure 15 : Tableau sur les techniques de collectes des données 143
Figure 16 : Schéma de déroulement de la thèse 145
Figure 17 : Liste des interviews 145
Figure 18 : Tableau sur les types de déchets 171
Figure 19 : Tableau sur les analyses de risques 175
Figure 20 : Graphique sur les phases de fin de vie d'une INB 179
Figure 21 : Graphique sur l'organisation du démantèlement à Marcoule entre 2005 et 2008 205
Figure 22 : Graphique sur l'organisation du démantèlement à Marcoule entre 2008 et 2010 208
Figure 23 : Graphique sur l'organisation du démantèlement à Marcoule entre 2010 et 2016 209
Figure 24 : Graphique sur l'organisation du démantèlement à Marcoule à partir de 2017 210
Figure 25 : Graphique sur l'organisation de l'écosystème d'affaires territorial PVSI 234
Figure 26 : Carte de la communauté d'agglomération du Gard Rhodanien 240
Figure 27: Carte du Parc Régional d'Activité Economique (PRAE) Marcel Boiteux 242
Figure 28 : Carte de situation du PRAE Marcel Boiteux et du site de Marcoule 243
Figure 29 : Graphique sur la stratégie régionale d'innovation Languedoc Roussillon 244
Figure 30 : Carte sur le classement des pôles de compétitivité 245
Figure 31 : Carte sur les pôles d'activité concernant le nucléaire en France 248
Figure 32 : Graphique sur le lotissement du démantèlement nucléaire d'une installation 274
Figure 33 : Graphique de comparaison de l'approche système entre le nucléaire et l'automobile 274
Figure 34 : Tableau sur les avantages compétitifs des rangs 1 du démantèlement nucléaire 280
Figure 35 : Graphique sur les objets frontières 289
Figure 36 : Graphique sur la dichotomie « innovation ouverte / innovation fermée » 305
Figure 37 : Graphique coûts / revenu / modèle économique fermé et ouvert 307
Figure 38 : Graphique sur l'échelle des Technology Readiness Level (TRL) 308
Figure 39 : Graphique sur la « Vallée de la Mort » 310
Figure 40 : Graphique sur les critères de choix (cas bras X) 323
Figure 41 : Graphique sur la proposition de valeur (cas bras X) 324
Figure 42 : Extrait du site interne PVSI sur les enjeux et missions du Pôle 328

Figure 43 : Graphique sur le cycle de vie d'un écosystème d'affaires..... 340
Figure 44 : Graphique sur le déploiement des ambidextries au CEA/Marcoule..... 344
Figure 45 : Graphique sur la concurrence ambidextrielle..... 347

Table des annexes

Annexe 1 : 1er extrait d'entretien 367

Annexe 2 : 2ème extrait d'entretien 369

Annexe 1 : 1er extrait d'entretien

Extrait de l'entretien avec le chef du personnel et des affaires sociales
du CEA/Marcoule (de 2006 à 2016)
Réalisé le 30/05/2016 de 16 h 30 à 18 h 03 (durée : 1 h 33)

« L'arrêt d'installations telles qu'UP1, APM ou PHENIX représente un impact économique considérable. On passe d'installations qui produisent, rapportent de l'argent à des installations en arrêt. Avec les charges fixes, c'est un gros poids budgétaire qu'il faut « avaler ». Le coût est contesté car il n'est plus justifié par la production. C'est lourd à gérer ! »

« L'impact en termes de gestion des compétences est énorme. Il y a, de manière assez brutale, des exploitants à repositionner. Ceci est d'autant plus compliqué qu'on est dans une entreprise « sociale » dans laquelle on ne licencie pas. Tout ceci prend beaucoup de temps »

« L'évolution de la gestion des mentalités est énorme. Les gens qui travaillent dans l'exploitation n'ont pas la vision de ce que pourrait devenir le centre à terme. Ils ont la vision qu'on se sépare de ce qui marche. J'ai connu d'excellents exploitants qui étaient capables de se mobiliser pour produire de l'électricité ou gérer des combustibles exotiques (campagne KNK de l'APM). Sans que ce soit péjoratif, c'est une mentalité d'exploitant rigoureux et besogneux. Ceci renforce le sentiment d'abandon »

« Il faut beaucoup de pédagogie pour expliquer ce qu'on veut faire. Orienter des exploitants vers des activités de « faire faire » (chargé d'affaire de contrat), d'ingénieur de R&D ou autres n'est pas simple »

« L'activité des installations qu'on arrête était lisible, claire et concrète. Les programmes futurs paraissent flous, imprécis, abstraits ».

« Les relations syndicales sont également complexes. Les représentants sont aussi issus de cette culture d'exploitant, aimant le concret, dur en négociation, axé sur les avancées court terme. Ceci renforce la difficulté pour les faire adhérer à un changement forcément plus flou »

« Dans le même temps où ces changements majeurs intervenaient dans le domaine de l'A&D, il ne faut pas oublier que la R&D de Marcoule était aussi en forte évolution avec la suite du transfert d'activités de FAR et SAC vers Marcoule. Le centre a dû prendre un double virage en même temps »

« Le personnel et les syndicats ont bien perçu qu'on remettait en cause la culture d'exploitant pour aller vers quelque chose de plus flou, davantage axé sur la R&D »

« l'A&D fait appel aux compétences de base du nucléaire mais également à d'autres connaissances en termes de diagnostic, décontamination, mesure… »

« Le mot « démanteler » est fort. Les salariés ont le sentiment de détruire quelque chose, leur outil de travail. Un salarié que je recevais en entretien m'a dit un jour qu'il n'était pas question de compter sur lui pour démolir ce qui l'avait nourri durant les vingt dernières années. Sur la base de ce sentiment, près de 25 personnes sont parties de Phénix vers Cadarache. »

« On ne valorise pas suffisamment les nouveaux métiers. Le démantèlement est une activité noble si on pense aux générations futures. Dans le terme PVSI, le mot Valorisation me paraît bien choisi pour exprimer cette idée ».

« L'histoire du site nous a conduits à des réorganisations qui n'étaient pas forcément guidées par une stratégie claire. Il est difficile de mener à bien des organisations complexes sans donner de la visibilité aux salariés »

« La multiplication des réorganisations conduit les salariés à penser : « s'ils réorganisent si souvent, c'est qu'ils ne savent pas où ils vont ». Il est difficile de conduire le dialogue social si les salariés pensent que les réorganisations sont plus opportunistes que stratégiques »

« Il est dommage que toutes les forces vives soient souvent mangées par l'exploitation. Même les nouveaux entrants que l'on recrute sont souvent « bouffés » par l'exploitation en quelques années. Il y a souvent un manque de communication qui conduit à considérer que ceux qui explorent sont des rêveurs, peu préoccupés par les projets…

« Pour qu'un réseau fonctionne, il est important que les acteurs souhaitent travailler ensemble. Tout le monde doit gagner et doit pouvoir apporter sa pierre à l'édifice ».

« L'environnement local de Marcoule a été très intéressant durant toute la phase d'exploitation et de production. La mentalité paysanne, concrète, besogneuse, était particulièrement bien adaptée à un site de caractère industriel. Par contre, elle peut devenir un handicap si elle conduit à ne pas se tourner vers l'extérieur et à se refermer sur soi »

« On ne peut pas décréter « on va travailler en réseau ». Il faut avoir une volonté de construire un tissu industriel dans la durée, avec des intérêts collectifs organisés. Je ne crois pas aux réseaux « partant dans tous les sens » Il faut des partenariats industriels ciblés, des intérêts partagés, bref un réseau organisé »

« PVSI est pour moi un petit club de gens éclairés qui ont une bonne vision de la nécessité de construire un réseau solide. Par contre, beaucoup le voient comme une solution d'opportunité pour gagner des marchés ».

« Pour moi, PVSI doit avoir une dimension plus nationale, même si l'ancrage territorial est important. Je pense que les sujets liés à la propriété intellectuelle, aux licences et brevets, est un élément clé de réussite »

Annexe 2 : 2ème extrait d'entretien

Extrait de l'entretien avec le Chef de la Cellule Métiers Etudes Techniques au sein du Département des Projets d'Assainissement Démantèlement

Réalisé le 06/06/2016 de 14 h à 15 h 40 (durée : 1 h 40)

« En matière de transformation d'un écosystème, l'action du CNES me paraît une bonne référence »

« La particularité de l'assainissement/démantèlement par rapport aux autres domaines industriels, c'est qu'on ne maîtrise pas la donnée. Quelque part, cela s'apparente à un management de type start-up dans lequel on procède avec des essais/erreurs. C'est une grosse différence par rapport à des projets neufs dont le chemin peut être tracé dès le début »

« D'un point de vue peut-être plus philosophique, le démantèlement est souvent perçu comme un mal nécessaire. Beaucoup considèrent que c'est une activité de destruction de valeur. Du coup, l'innovation est perçue comme moins légitime que dans d'autres secteurs industriels ».

« Pour ma part, je suis convaincu que l'assainissement / démantèlement est une activité pérenne qui verra la fin du siècle. De toute manière, l'innovation fera son chemin dans ce domaine, que ce soit sous l'impulsion des donneurs d'ordres ou des acteurs du marché. Toute la question est de savoir si le CEA entend jouer un rôle d'impulsion de cette innovation ou qu'il attende passivement d'en bénéficier via les acteurs marchés.»

« Par rapport à l'innovation dans le démantèlement, le problème est celui de la temporalité. Pour que des décisions fassent leur effet dans ce domaine, il faut du temps et ce temps dépasse souvent les mandats des dirigeants. Le problème est qu'il ne faut pas décevoir les différents acteurs en survendant une innovation qui mettra forcément du temps à s'imposer »

« Les gains que l'on peut attendre de l'innovation dans le démantèlement sont multiples. Ils peuvent être relatifs à la sûreté / sécurité des chantiers, à la maîtrise des coûts, à la performance industrielle ou à la qualité produit »

« L'innovation dans le démantèlement peut provenir d'autres secteurs industriels. Le cas du BIM, issu du monde de la construction, en est un bon exemple »

« Pour moi, l'innovation a plus de poids dans le transversal. On n'est jamais aussi bon qu'en croisant les points de vue. La créativité naît souvent aux interfaces »

« L'innovation est souvent trop assimilée à la R&D. De fait, piloter la R&D uniquement par le besoin est une erreur »

« Si le CEA veut se positionner comme un leader capable de transformer son écosystème, il est essentiel qu'il se transforme déjà lui-même en interne. Il y a 15 ans, les jeunes recrutés étaient formés à la méthode Walt Disney sur la créativité. Nous avons une très grosse culture de la R&D mais notre culture de l'innovation n'est pas suffisante. Nous devons renforcer tout ce qui est de nature transversale, que ce soit entre départements ou entre directions opérationnelles. De fait, innover doit être porté au plus haut niveau du CEA et le renforcement de la transversalité est un point majeur »

« Aujourd'hui, nous sommes dans une période de vibrations. Peut-être que l'innovation viendra plus de l'extérieur que de l'intérieur. Si je prends l'exemple de la transformation numérique, il me semble que nous la subissons plus aujourd'hui que nous l'impulsons »

« On peut attirer les entreprises à venir travailler avec nous si on démontre aussi notre plus-value. Les entreprises attendent des marchés ou des partenariats mais pas que ça. Elles attendent aussi du CEA qu'il les aide à stimuler leur matière grise, qu'il leur apporte des compétences et un savoir-faire supplémentaire. C'est un positionnement qu'a très bien compris DRT. Si on parvient à acquérir ce positionnement, ceci est de nature à gommer en partie la frustration liée aux décalages des marchés »

« Etre architecte ensemblier, c'est accepter et assumer un rôle de transformation de notre écosystème. C'est ce qu'a réussi à faire AIRBUS. Mais le problème est que notre marché est plus étroit. Or la clé de la réussite est que tout le monde puisse manger, et notamment les équipementiers. D'une certaine manière, une entreprise privée comme AIRBUS a peut-être plus de facilité que nous pour injecter de l'argent dans l'innovation, pour payer pour voir, pour susciter la créativité… »

« Je vois trois éléments qui peuvent limiter le CEA dans son positionnement de firme leader de l'écosystème :

- Le fait qu'on gère de l'argent public ce qui limite notre capacité à investir directement dans l'écosystème pour amorcer l'innovation
- Les contraintes sûreté qui font que le nécessaire « lâcher-prise » pour être créatif et innover est souvent difficile à atteindre. Cela dit, AIRBUS arrive à être innovant alors que les contraintes de l'aviation civile sont importantes
- La réticence que nous avons dans le nucléaire à partager la donnée, ce qui est la clé de l'innovation collaborative »

« En terme de stratégie industrielle, nous devrions avoir une frontière davantage marquée entre la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre. Un rôle d'architecte ensemblier doit normalement se traduire par un rôle d'intermédiation accru de la maîtrise d'œuvre. Notre aversion au risque et notre mode de contractualisation peuvent être des obstacles pour jouer un rôle de pure maîtrise d'ouvrage. Du coup, nous oscillons entre maîtrise d'ouvrage et maitrise d'œuvre »

« Le fait de devoir assumer des tâches de maîtrise d'œuvre nous conduit à prendre beaucoup d'APO. Ceci nécessite aussi de mobiliser des ressources CEA métiers, que l'on détourne de notre vrai rôle de maitre d'ouvrage »

« Notre rôle de mise en place de la filière peut se résumer ainsi : favoriser l'innovation avec les petits et que les gros utilisent les petits dans la réponse à nos appels d'offres »

« Je pense que nous, le CEA, nous pouvons avoir un double rôle :

- Le rôle d'un spécificateur qui impulse de l'innovation dans les marchés
- Un rôle de R&D avec nos labos de R&D qui peuvent contribuer à la dynamique globale d'innovation »

« PVSI est une démarche très intéressante et une tentative de structuration de notre environnement externe. Mais il faut aussi avoir une action volontariste de structuration de l'intérieur. Il doit y avoir une prise de conscience à haut niveau de l'intérêt de favoriser l'innovation. Si nos projets ne sont jugés que sur la tenue de leurs jalons, dans les coûts prévus, ils seront peu enclins à favoriser l'innovation »

« Nos industriels peuvent avoir intérêt à nous vendre de la main d'œuvre et à ne pas innover »

« Il est très difficile de maintenir des compétences pointues dans le temps. Par exemple, un expert en maintenance des télémanipulateurs lourds »

« Par rapport à notre capacité à favoriser l'exportation, je pense que le CEA doit laisser faire les industriels sans leur tenir la main. Par contre, il peut avoir un triple rôle :

- Aider à la normalisation du secteur, ce qui peut donner un avantage concurrentiel à nos industriels à l'international
- Utiliser le rayonnement de la « marque CEA » à l'international (côté régalien)
- Appuyer nos industriels sur certains marchés à l'international »