Apprentissage, désapprentissage et réapprentissage organisationnels : Le cas d'une activité d'ingénierie de grands projets complexes

Frédéric Garcias

▶ **To cite this version:**

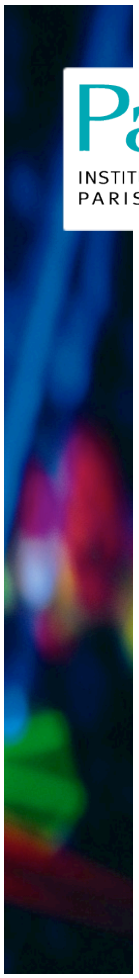
Frédéric Garcias. Apprentissage, désapprentissage et réapprentissage organisationnels : Le cas d'une activité d'ingénierie de grands projets complexes. Gestion et management. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2014. Français. NNT : 2014ENMP0090 . tel-02170792

HAL Id: tel-02170792
https://pastel.hal.science/tel-02170792

Submitted on 25 Oct 2019

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

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



ParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

MINES ParisTech

École doctorale n° 396 : Économie, Organisations & Société

Doctorat ParisTech

T H È S E

pour obtenir le grade de docteur délivré par

l'École nationale supérieure des mines de Paris

Spécialité " Sciences de Gestion "

présentée et soutenue publiquement par

Frédéric GARCIAS

le 30 juin 2014

Apprentissage, désapprentissage et réapprentissage organisationnels

Le cas d'une activité d'ingénierie de grands projets complexes

VERSION DE DIFFUSION

Directeur de thèse : **Jean-Claude SARDAS**
Co-encadrement de la thèse : **Cédric DALMASSO**

Jury

M. Benoît JOURNÉ, Professeur, IEMN-IAE, Université de Nantes	Rapporteur
Mme Véronique PERRET, Professeur, DRM, Université Paris-Dauphine	Rapporteur
M. Cédric DALMASSO, Docteur, Centre de Gestion Scientifique, MINES ParisTech	Examinateur
M. Olivier FAVEREAU, Professeur, EconomiX, Université Paris Ouest Nanterre La Défense	Examinateur
M. Armand HATCHUEL, Professeur, Centre de Gestion Scientifique, MINES ParisTech	Président
M. Laurent REBER, Directeur du Centre National de l'Équipement Nucléaire, EDF	Examinateur
M. Jean-Claude SARDAS, Professeur, Centre de Gestion Scientifique, MINES ParisTech	Examinateur

T H È S E

60 boulevard Saint-Michel, 75006 Paris

Avertissement

Mines ParisTech n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans cette thèse. Ces opinions doivent être considérées comme propres à l'auteur.

Sommaire

Introduction générale 7

Partie 1 : Revue de la littérature et problématique de thèse 21

Chapitre I : Désapprentissage et oubli organisationnels dans la littérature 23
Chapitre II : Limites de la littérature et problématique de la thèse 53

Partie 2 : Contexte industriel, présentation du terrain et méthodologie de recherche 71

Chapitre III : Généalogie et enjeux du projet EPR Flamanville 3.....73
Chapitre IV : Présentation du terrain de recherche : le CNEN, Centre National de l'Équipement Nucléaire 101
Chapitre V : Une recherche collaborative : place des chercheurs dans un dispositif de réflexion collective 119

Partie 3 : Désapprentissage et réapprentissage dans l'ingénierie nucléaire d'EDF : étude de cas..... 133

Chapitre VI : L'impasse d'un diagnostic à partir des *outputs*, ou les ambivalences de la performance 135
Chapitre VII : Le diagnostic d'une situation de « mur d'apprentissage » 149
Chapitre VIII : Un mur invisible ? Pluralité des réapprentissages et biais d'interprétation 183
Chapitre IX : Réapprentissage et action managériale : enseignements de l'expérience du CNEN et proposition de principes d'action.....215

Conclusion générale..... 239

Bibliographie..... 251

Table des figures et tableaux..... 264

Annexe 266

Table des matières détaillée 268

Introduction générale

Le 24 septembre 1794, l'abbé Henri Grégoire, prêtre favorable aux idées des Lumières et à la Révolution, représentant du clergé aux États généraux, député à la Constituante puis à la Convention, présente devant cette dernière assemblée un « Rapport sur l'établissement d'un Conservatoire des Arts et Métiers ». Cet établissement, dont la création sera ordonnée par décret le 10 octobre suivant, réalise, pour Georges Friedmann, l'un des « *rêves, dans le domaine de l'industrie et des techniques* » des Encyclopédistes Diderot et d'Alembert (Friedmann, 1953, p. 61). Le conservatoire doit, bien sûr, contribuer tout comme l'Encyclopédie à conférer définitivement leurs lettres de noblesse aux « arts mécaniques » face aux « arts libéraux ». Il doit, surtout, promouvoir le développement d'un progrès technique et d'un machinisme alors en plein essor. En ce lieu singulier, où doivent être exposées au grand public les inventions les plus en pointe de l'époque, « *on expliquera la construction et l'emploi des outils et machines utiles aux arts et métiers* » (*ibid.*).

En quoi une telle entreprise peut-elle contribuer au progrès général ? C'est que, nous explique l'abbé Grégoire, « *l'artisan, qui n'a vu que son atelier, ne soupçonne pas la possibilité d'un mieux. Le projet que nous vous présentons va l'entourer de tous les moyens d'enflammer son émulation et de faire éclore ses talents* ». Il s'agit donc, au premier abord, de permettre aux savoirs de se diffuser, de se transmettre au plus grand nombre, afin d'éviter que trop d'énergies ne s'abîment dans l'invention de ce qui existe déjà. Car « *des hommes nés avec du génie ont quelquefois consumé un temps précieux pour inventer péniblement ce qui était inventé* ». Mais cette recherche d'une efficacité globale par le partage des inventions et des procédés (qui préfigure, en quelque sorte, les entreprises modernes de rationalisation et de standardisation du travail) est en fait le corolaire de la prévention d'**un danger plus profond : celui que les œuvres du « *génie humain* » ne se perdent dans l'oubli**. Jean-Baptiste Say, qui sera professeur à la chaire d'économie industrielle du Conservatoire National des Arts et Métiers, théorisera, dans son « Cours complet d'économie politique pratique » de 1829, ce lien entre conservation, diffusion et progrès des connaissances : « *L'agglomération des hommes [est] nécessaire pour que les connaissances utiles se conservent et s'accroissent. Les observations, l'expérience d'un homme se perdraient aisément, s'il n'était entouré de beaucoup d'autres qui peuvent les recueillir et les transmettre à beaucoup d'autres. Ils se suggèrent mutuellement des idées ; une expérience tentée sans succès est l'occasion d'une autre expérience faite par une autre personne, qui réussit. Enfin, les connaissances nouvelles s'ajoutent aux connaissances anciennes, et forment un trésor que les années augmentent sans cesse [...]. Les arts utiles, qui ne sont que les applications des connaissances de l'homme à ses besoins, se perfectionnent et se transmettent dans l'état de société, comme les sciences, par les mêmes moyens. L'homme isolé ne saurait jamais que ce qui lui aurait appris sa propre expérience. Dans la société, chacun profite de l'expérience de tous* ».

Pour Jean-Baptiste Say comme pour l'abbé Grégoire, c'est donc tout autant la conservation des connaissances qui garantit leur diffusion que leur diffusion qui permet de prévenir leur perte

éventuelle. Conservation et transmission des connaissances sont donc conçues, à l'aube de l'ère industrielle, comme se rendant mutuellement possibles ; et leur combinaison constitue le chemin le plus sûr vers l'« accroissement » des connaissances, c'est-à-dire vers le progrès technique. Cette conception permet d'éclairer pourquoi l'étrange nom de « conservatoire » fut choisi pour qualifier une institution vouée à stimuler le surgissement de la nouveauté. N'était-ce là le signe le plus sûr que la plus grande menace perçue comme pesant sur le progrès des sciences, des arts, et donc des sociétés, était alors celle de la perte, de l'oubli ? Aussi l'abbé Grégoire propose t-il d'adjoindre aux machines exposées dans le Conservatoire, le « *dessin de chaque machine* », mais aussi « *la description qui* ***conserve****, pour ainsi dire, la pensée de l'inventeur* ». Pourquoi une telle initiative ? « *Ces précautions sont nécessaires*, nous avertit l'abbé, *pour l'histoire de l'art ;* ***car à mesure que l'industrie se perfectionne, les modèles peuvent disparaître*** *; le dessin et la description rappellent ce qui s'est fait, et peuvent mettre sur la route de nouvelles découvertes […] Si les anciens avaient pris de telles précautions, s'ils avaient consigné dans leurs écrits les procédés des arts, on n'aurait pas tant discuté sur l'airain de Corinthe, le feu grégeois, la pierre obsidienne et les vases murrhins ; peut-être, n'aurait-on pas perdu la peinture à l'encaustique, l'art de teindre en pourpre et la composition du mastic, employé par les Romains dans leurs bâtisses.* ***Quand on ouvre le traité de Pancirole[1], on éprouve les regrets les plus amers sur une foule de découvertes qui sont ensevelies dans le passé*** ».

Encore irrigués de l'esprit de l'Humanisme et de la Renaissance, les hommes des Lumières vivaient avec la possibilité d'une réversibilité du « progrès », d'une périssabilité des connaissances et de la civilisation. Celle-ci n'avait-elle pas, en effet, régressé entre la glorieuse antiquité et le sombre Moyen Âge ? D'Alembert, dans son « Discours préliminaire à l'Encyclopédie », écrivait ainsi que l'humanité venait à peine de s'extirper d'« *un long intervalle d'ignorance que des siècles de lumière avaient précédé* », et que « *les chefs-d'œuvre que les Anciens nous avaient laissés, dans presque tous les genres, avaient été oubliés pendant douze siècles. Les principes des Sciences et des Arts étaient perdus* ». Les réalisations de l'esprit humain n'étaient donc, pour ces hommes, jamais un « acquis » : si elles n'étaient pas conservées, utilisées et transmises, elles risquaient d'être « *ensevelies dans le passé* ». Les savoirs pouvaient donc s'abîmer dans l'histoire, entraînant le « progrès » dans leur chute. Il y avait donc urgence à les conserver par tous les moyens pour les maintenir vivants. Telle était la hantise placée au fondement tant de la démarche de Diderot et d'Alembert créant l'Encyclopédie que de celle de l'abbé Grégoire instituant le Conservatoire des Arts et Métiers.

***

Fin 2010, l'auteur de cette thèse et ses deux encadrants ont été sollicités par la direction du Centre National de l'Équipement Nucléaire (CNEN), unité d'ingénierie du groupe EDF spécialisée dans le pilotage de la réalisation de réacteurs nucléaires. La demande initiale formulait des interrogations en termes d'« *efficience* » organisationnelle dans un contexte de réorganisation et de forte croissance de la charge de travail et des effectifs. Au terme d'un premier travail d'enquête, nous avons fait le diagnostic que l'enjeu central de l'unité était d'organiser un processus de *réapprentissage collectif* après

[1] Gui Panciroli était un jurisconsulte lombard du XVI[e] siècle, auteur à la demande du duc de Savoie d'un traité sur les « inventions perdues » intitulé *Rerum memorabilium deperditarum et nuper intventarum libri*. Ce traité paraît avoir suscité des débats en son temps mais, ironie de l'histoire, on trouve à son propos bien peu de sources contemporaines.

une longue période d'inactivité et un profond renouvellement des ressources humaines d'ingénierie. Nous avons également mis à jour que ce processus de réapprentissage concrétisait une inquiétude exprimée par les acteurs de l'industrie nucléaire au cours des débats sur la temporalité de la poursuite du programme de construction de réacteurs en France. Cette conclusion nous paraissait, cependant, tout sauf évidente, tant elle semblait avoir un caractère profondément *inactuel*.

***

Le monde contemporain paraît en effet avoir éloigné le spectre qui hantait l'abbé Grégoire et les hommes de l'ère pré-industrielle. Notre époque semble, en premier lieu, avoir réussi à créer les conditions d'une irréversibilité du progrès technique, en portant à un niveau de perfectionnement sans précédent les possibilités d'utilisation, de conservation et de diffusion à grande échelle des connaissances les plus poussées. Par ailleurs la question de la « vie » et de la « mort » des connaissances et des savoir-faire ne se pose plus désormais comme elle se posait à la fin du XVIII^{e} siècle. Aujourd'hui en effet, c'est moins le risque de leur « perte » en tant que telle, de leur « disparition » ou de leur « oubli », qui pèse sur les connaissances, que celui de la perte de leur « valeur » : c'est-à-dire le risque de leur « obsolescence ». L'accélération du progrès technique, depuis deux siècles, a institué une dynamique qui, sans cesse, fait apparaître de nouvelles connaissances et en rend obsolètes d'anciennes. Cette dynamique serait même, pour certains penseurs illustres, la loi d'airain de l'expansion du capitalisme industriel. Marx écrivait déjà en 1847, dans le *Manifeste du Parti communiste*, qu'un « *bouleversement continuel de la production, [un] constant ébranlement de tout le système social, [une] agitation et [une] insécurité perpétuelles distinguent l'époque bourgeoise de toutes les précédentes* », et que « *les rapports sociaux […] se dissolvent ; ceux qui les remplacent* ***vieillissent avant d'avoir pu s'ossifier*** ». On doit bien sûr à Schumpeter d'avoir théorisé ce mouvement perpétuel dans *Socialism, capitalism and democracy* (1942), et son chapitre illustre consacré à la notion de « *destruction créatrice* ». Pour l'économiste autrichien, le capitalisme « *non seulement n'est jamais stationnaire, mais ne pourrait jamais le devenir* », car il est un « *processus de mutation industrielle […] qui révolutionne incessamment de l'intérieur la structure économique, en détruisant continuellement ses éléments vieillis et en créant continuellement des éléments neufs* ». Schumpeter nous en avertit : « *ce processus de destruction créatrice constitue la donnée fondamentale du capitalisme : c'est en elle que consiste, en dernière analyse, le capitalisme, et toute entreprise doit, bon gré mal gré, s'y adapter* ». Cet « *ouragan perpétuel de destruction créatrice* » n'est donc pas un stade particulier, conjoncturel, de l'évolution capitaliste : il en est le principe même. Et toute analyse du capitalisme qui n'en rendrait pas compte reviendrait « *à faire jouer Hamlet sans faire intervenir le prince de Danemark* ».

Nous vivrions actuellement une phase de radicalisation, d'intensification de ce processus. Le constat de chercheurs en gestion d'une entrée dans un « *capitalisme d'innovation intensive* » (Le Masson, Weil, & Hatchuel, 2006) rejoint certaines thèses sociologiques selon lesquelles le concept d'« *accélération* » (Rosa, 2010) serait, au-delà de celui de « destruction créatrice », le descripteur le plus adéquat des mutations que nous vivons. La peur de l'obsolescence et de la rigidité guide, il est vrai, les mots d'ordre du management contemporain, les entreprises (mais aussi les administrations) étant sommées aujourd'hui d'être toujours plus « flexibles », « réactives », « dynamiques », « innovantes », de se préparer au « changement, » voire à la « rupture », au « coup d'après » (Boltanski & Chiapello, 1999).

Les étudiants des *business schools* du monde entier dissèquent les cadavres d'entreprises, telles que Kodak, qui ont couru à leur perte faute de n'avoir su anticiper un tournant technologique.

Dans un tel monde, pour certains, « savoir oublier » deviendrait une nécessité, voire une vertu pour les organisations. Le gourou américain du management Tom Peters écrivait par exemple en 1994, dans le magazine *Forbes*, un article intitulé « *To forget is sublime* ». La capacité d'oubli y était présentée comme une condition de survie dans un environnement livré à un changement incessant. Plus récemment, dans la Revue Française d'Économie, deux auteurs livraient une synthèse illustrative de cette inversion du rapport à l'oubli et à la perte de connaissances : « *nous pensons que dans un environnement dynamique mondialisé où les cycles de vie des produits, des technologies ainsi que des phases de conception se sont considérablement réduits, l'oubli est indissociable de l'apprentissage et participe à la capacité d'adaptation nécessaire à l'entreprise* » (Hafsi & Lambert, 2012, p. 151). Rien ne paraît donc, en apparence, plus étranger à notre monde que la crainte de l'abbé Grégoire et des Encyclopédistes. Non seulement croyons nous avoir écarté la possibilité matérielle de la perte de connaissances et de savoir-faire existants, mais, plus encore, nous en venons à nous représenter, à rebours des conceptions de l'ère pré-industrielle, l'oubli comme une potentialité positive, comme un facteur de dynamisme, et la « conservation » comme un obstacle à l'innovation. Dans le champ des sciences de gestion, une littérature croissante est ainsi consacrée à au « désapprentissage organisationnel » (“*organizational unlearning“)*, pensé comme un moment, voire une pré-condition de l'apprentissage collectif.

Notre thèse s'inscrit à contre-courant de ces représentations positives de l'oubli, et part de l'hypothèse que la crainte de l'abbé Grégoire revêt aujourd'hui une actualité nouvelle : non seulement, **sous certaines conditions, la perte de connaissances, de savoir-faire, de « capacités », est à nouveau *possible*,** mais en outre, **dans certains cas, elle est encore *dommageable***. Nous l'avons constaté sur un cas empirique, mais nous avons des raisons de penser qu'il ne s'agit pas d'un problème strictement local et contingent à la situation d'une entreprise ou même d'une industrie, mais bien d'un problème plus général, qui interroge les mutations contemporaines de l'entreprise. Nous faisons allusion ici à une somme de bouleversements survenus dans la nature, la forme, l'organisation des entreprises (et plus largement des grandes organisations), et qui sont susceptibles d'avoir bouleversé les modes de *production* et de *reproduction* des connaissances et des savoir-faire en leur sein.

Depuis la seconde révolution industrielle, la possibilité de concevoir et de produire, à une large échelle et de façon rationalisée, des produits de plus en plus complexes technologiquement a été assurée par le développement corrélatif d'une « infrastructure » institutionnelle spécifique : la « grande entreprise » (que celle-ci soit privée ou publique). Cet espace singulier garantissait, jusqu'à une date récente, un certain nombre de *facteurs de stabilité et de continuité*, permettant la génération, la conservation et la régénération d'agglomérats d'expertises variées et poussées, indispensables à la réalisation de productions complexes. Le contrat de travail, voire l'invention des carrières « à vie » ont, par exemple, rendu possible la constitution de l'entreprise en « collectif » (Segrestin & Hatchuel, 2012) garant d'une certaine continuité des relations. Or cette infrastructure et la part de stabilité qu'elle rendait possible, ont été, depuis une trentaine d'années, fortement remises en question par un certain nombre d'évolutions majeures. En particulier, nous pensons :

- au développement massif de l'externalisation et du recours à la sous-traitance ;
- au déploiement de politiques de gestion des ressources humaines incitant à une forte mobilité (voire un « nomadisme ») tant géographique que professionnelle, et recherchant toujours plus de « flexibilité » et d'individualisation dans la gestion des personnels ;
- aux transformations de la structure de nombreuses organisations, marquées par le délaissement progressif des structures hiérarchiques et fonctionnelles traditionnelles au profit de formes d'organisation « en réseau », ou structurées autour de « plateformes » ou de « projets », c'est-à-dire le remplacement de structures permanentes par des structures *temporaires* ;
- ou encore à la dissémination spatiale et à l'internationalisation des équipes.

Ces évolutions concernent tous types de grandes entreprises, n'épargnant désormais aucune catégorie de population de travailleurs, « opérateurs » comme « *knowledge workers* ». Elles participent toutes d'un même mouvement de « grande déformation » de l'entreprise (Roger, 2012), souvent mis en relation avec la reprise en main de l'entreprise par les actionnaires et le développement de doctrines patrimoniales du management, et où ce qui est attaqué, c'est chaque fois la dimension *collective* de l'entreprise, et la possibilité d'en faire un vecteur de stabilisation des relations, un espace garantissant et organisant un certain nombre de continuités nécessaires pour mener à bien de grandes réalisations industrielles. Ces transformations d'ordres multiples dessinent le tableau général d'une entreprise organisant un **régime de volatilité relationnelle permanente**.

Ce faisceau de mutations a été étudié, depuis quelques années, sous l'angle de ses conséquences sur les « collectifs de travail » et la qualité de la coopération entre travailleurs (Clot, 2010; Sennett, 2011). Ses conséquences commencent à l'être, également, sous celui de la capacité d'innovation des firmes (Segrestin & Hatchuel, 2012). Elles ne l'ont pas été, à notre connaissance, du point de vue du maintien et de l'entretien de compétences collectives établies. Cette impasse a de quoi surprendre, quand on connaît le lien de dépendance étroit entre la nature, la forme ou l'intensité des *relations* entre acteurs et les modes de production et d'entretien des *savoirs* de ces acteurs, et qui est l'un des objets d'étude fondamentaux des sciences de gestion (Hatchuel, 2001). Lien de dépendance qui tient tant à la nature indissolublement *collective* de la « compétence » nécessaire aux grands projets industriels qu'au rôle joué par les *collectifs* (de travail, de métier, de pratique, etc.) dans la formation et la transmission des compétences individuelles. Compte tenu de ce lien, il y a tout lieu de penser que le régime de *discontinuité* relationnelle qui caractérise les rationalisations contemporaines de l'entreprise ne reste pas sans incidence sur la *continuité* de certains savoirs, et soit ainsi à l'origine de **« crises cognitives » d'un type inédit, dans lesquelles des organisations seraient confrontées à la nécessité de reconstruire des capacités déjà développées auparavant, donc de « réapprendre » tout ou partie de leurs compétences**.

L'existence de crises de ce type n'a, en l'état, que très peu été documentée empiriquement. Nous faisons l'hypothèse qu'elles sont encore latentes, en raison d'un effet d'hystérèse[2], dans nombre d'organisations qui pourraient être affectées. En effet, les grandes organisations contemporaines peuvent encore s'appuyer sur d'importants « gisements » de compétences individuelles et collectives produites dans des périodes antérieures, où les transformations énoncées plus haut n'avaient pas encore pris effet. L'avènement de crises de ce type pourrait donc être catalysé par les mutations démographiques d'ampleur traversant aujourd'hui les sociétés occidentales, qui assistent au départ à la retraite d'importants contingents de « séniors » pouvant induire, comme l'ont montré plusieurs travaux dans le champ de la Gestion des Ressources Humaines (DeLong, 2004; Stam, 2009) d'importants « *risques démographiques* » (Strack, Baier, & Fahlander, 2008) pesant sur la continuité de compétences stratégiques pour les entreprises. Et si de nombreux efforts ont été engagés au cours des dernières années, par les entreprises comme par l'État[3], sur la gestion du renouvellement générationnel, ceux-ci s'orientent généralement vers la mise en place de relations formalisées de tutorat, sans véritablement aborder la question des conditions organisationnelles dans lesquelles les compétences se créent, s'entretiennent et se transmettent.

Il existe bien, cependant, des travaux scientifiques consacrés explicitement à l'« oubli organisationnel », c'est-à-dire à la perte ou à la dépréciation *involontaire* de connaissances au sein d'une organisation, et qui peuvent servir de premier soubassement à l'analyse de ces crises. Ces travaux, qui s'inscrivent dans la droite lignée des recherches consacrées aux « courbes d'apprentissage » ("*learning curves*"), ont en effet mis empiriquement en évidence la possibilité de réversions de la croissance de la productivité normalement attendue lorsqu'une organisation productive accumule de l'« expérience » en répétant une production donnée (phénomène de croissance appelé "*learning-by-doing*" par les gestionnaires, mais également bien connu des économistes théoriciens de la croissance endogène). Et ces travaux ont établi, au moyen de l'étude de corrélations statistiques, un lien entre ces baisses de performance et des discontinuités survenues dans la production, en particulier des discontinuités de *rythme* (ralentissement voire interruption d'une production), de *ressources* (niveaux élevés de *turnover*), ou encore *technologiques* (modifications intervenues dans le *design* des produits ou des procédés).
Mais ces travaux, s'ils permettent bien de fonder scientifiquement l'hypothèse d'un pouvoir corrosif de certaines discontinuités sur la capacité productive d'une organisation, restent d'un intérêt limité pour l'analyse et la compréhension des « crises de réapprentissage », et donc pour la recherche des moyens de gérer ce type de crises. Ce silence peut s'expliquer par la posture et les méthodes de recherche qui ont sous-tendu la construction de ces travaux, qui n'abordent les phénomènes organisationnels que « de l'extérieur », de façon qualitative et statistique, mais aussi par le type

[2] Notion issue des sciences physiques, l'hystérésis (ou hystérèse) désigne la « *persistance d'un phénomène quand cesse la cause qui l'a produit* » (source : Trésor de la Langue Française). Elle a été transposée en sciences sociales, et particulièrement en sociologie, Bourdieu l'employant pour qualifier la persistance de l'*habitus* d'un individu pourtant plongé dans un espace social aux caractéristiques différentes.

[3] C'était en effet l'un des objectifs du « contrat de génération », qui constituait une proposition phare de la campagne du président Hollande. En présentant le texte en première lecture à l'Assemblée Nationale le 15 janvier 2013, Michel Sapin, alors ministre du Travail, soulignait ainsi que « *les salariés âgés sont souvent détenteurs de savoir-faire qui risquent de se perdre après leur départ […] Pour être opérants, ces processus de transmission doivent être organisés. Il importe de repérer les compétences clés et d'assurer leur circulation au sein des entreprises* » (voir « Projet de loi portant création du contrat de génération », www.assemblee-nationale.fr/14/projets/pl0492.asp).

d'activités étudiées. Les activités de type « ***intensives en connaissances*** » (Alvesson, 2004; Starbuck, 1992), c'est-à-dire celles où les savoirs mis en jeu dans l'activité sont *complexes*, *poussés*, *rares*, ou encore *longs à constituer*, ne sont en effet pas prises en considération par cette littérature.

Or, les activités de type « intensives en connaissances » ont été, au cours des dernières décennies, particulièrement exposées aux bouleversements organisationnels et institutionnels précédemment évoqués ; et parmi elles, les **activités d'ingénierie et de conception de produits**, dont les rationalisations ont été abondamment étudiées par les équipes de Centre de Gestion Scientifique. Dans de nombreux secteurs industriels (automobile, aéronautique, énergie…), les centres de recherche et développement des grandes entreprises ont connu plusieurs **vagues de transformations**, visant principalement la recherche de meilleures performances économiques (qualité, coûts et délais), et ayant effectivement abouti à **accroître la volatilité relationnelle** : substitution progressive des structures temporaires organisées par *outputs* (projets) aux anciennes structures permanentes regroupées par *inputs* (fonctions, spécialités disciplinaires, métiers…) ; externalisations multiples ; accroissement de la mobilité professionnelle et géographique, avec des durées de postes raccourcies et des carrières dites « nomades » ; internationalisation des centres de développement, etc. Si ces transformations ont pu permettre de réaliser des gains de performance significatifs, les travaux du Centre de Gestion Scientifique, et en particulier ceux menés autour de Jean-Claude Sardas (Sardas, 1997, 2009), Philippe Lefebvre, Pascal Roos (Lefebvre, Roos, & Sardas, 2003b, 2004; Roos, 2006), ou Cédric Dalmasso (2009), ont montré, par l'analyse approfondie du travail d'ingénierie sur certains périmètres techniques et par la mise en évidence des mécanismes concrets d'apprentissage, qu'elles avaient également contribué à déstructurer en profondeur la dynamique de formation et de régénération des savoirs de conception, et contribué à l'apparition de nouvelles formes de « *crises cachées des savoirs industriels* » (Hatchuel & Weil, 1992).

Les résultats issus de ces travaux peuvent permettre de fournir une base conceptuelle à l'expansion de l'analyse de l'oubli organisationnel et du réapprentissage vers les activités intensives en connaissance, et en particulier d'ingénierie. Cette thèse se situera donc à l'intersection de ces deux champs, et visera à répondre à la problématique suivante : **comment diagnostiquer et gérer une situation d'oubli organisationnel et de réapprentissage dans une activité d'ingénierie ?**

***

Pourquoi l'industrie du nucléaire civil constitue-t-elle, selon nous, un terrain d'étude privilégié pour faire se rencontrer notre questionnement sur l'oubli organisationnel et les « crises de réapprentissage » et le programme de recherche du CGS sur les rationalisations et la dynamique des savoirs dans les univers d'ingénierie ?

Un premier élément de réponse tient à certaines caractéristiques fondamentales de cette industrie, et en particulier à la temporalité qui lui est propre. Plus que toute autre, cette industrie s'inscrit dans le temps long ; et le besoin de continuité de certaines connaissances ou savoir-faire s'y manifeste avec plus d'évidence qu'ailleurs. D'une certaine manière, cette industrie est, par nature, placée à l'écart de

toute métaphysique du changement permanent qui ferait écran à la possibilité de s'intéresser à l'oubli organisationnel et au réapprentissage.

Le temps long est d'abord celui du **« cycle de vie » des produits**. Les centrales de nouvelle génération en passe d'être mises en service ont une durée de vie technique de 60 ans, des temps d'exploitation très longs étant de toutes façons nécessaires pour amortir les investissements considérables consentis. On estime en outre qu'une vingtaine d'années, au bas mot, seront nécessaires pour les démanteler entièrement et décontaminer les sites. Si l'on ajoute les temps de conception, de développement et de construction (les chantiers actuels durent autour d'un peu moins d'une dizaine d'années), ces projets dépassent **l'échelle du siècle**. Sur l'ensemble de cette durée, une connaissance approfondie de l'ouvrage, de son fonctionnement, des principes ayant guidé sa conception, est évidemment nécessaire pour toute une somme d'acteurs (concepteurs, constructeurs, exploitants, autorité de sûreté, pouvoirs publics…). Mais le temps long est également celui de la **durée de constitution des compétences et des expertises** indispensables à la conception comme à l'exploitation, en raison du degré d'intensité technologique et de la forte spécificité de cette industrie.

Dans cette industrie, il est également remarquable que **l'« expérience » occupe une place centrale**, quoiqu'ambivalente, mais qui interdit en tous cas la possibilité de l'« oubli » sous toutes ses formes. Ce poids de l'expérience tient aux deux conditions majeures de l'acceptabilité sociale de l'utilisation industrielle de la technologie nucléaire : sa *fiabilité* et son *coût*. Comme dans l'ensemble des industries à « haute fiabilité », ces deux dimensions de la « performance » sont inséparables (Hollnagel, Journé, & Laroche, 2009). Surtout, elles s'appuient en grande partie, et pour des raisons différentes, sur l'accumulation d'expérience et l'apprentissage par la pratique.

À propos de la fiabilité, son principal théoricien Karl Weick écrit que, « *à la différence de la plupart des organisations, les HRO [organisations à haute fiabilité] sont simultanément capables de croire et de douter de leurs expériences passées* »[4] (Weick, Sutcliffe, & Obstfeld, 2008, p. 47). Cette attitude ambivalente dicte tant la recherche de la fiabilité dans l'exploitation, la conduite des centrales et la prévention des incidents et accidents, que le régime de conception des nouvelles installations. Chaque nouvelle génération de réacteur doit en effet chaque fois intégrer au maximum les « retours d'expérience » sur les millions d'heures d'exploitation des réacteurs précédents : il s'agit d'être capable simultanément de reproduire (par prudence) ce qui a fonctionné, et de ne pas reproduire ce qui a échoué. Que ce soit pour la reproduire ou pour s'en écarter, **l'expérience passée est donc *omniprésente*, et doit, de toutes façons être *connue*, *conservée*, *tracée*, *mémorisée* par tous les moyens possibles**, qu'ils soient matériels ou humains, écrits ou oraux. Les acteurs du nucléaire, pour pousser sans cesse plus loin la logique de sûreté et de fiabilité, doivent donc en permanence, pour employer une métaphore, « avancer en regardant dans le rétroviseur ».

Concernant son coût, le nucléaire est une industrie qui requiert des investissements industriels particulièrement lourds. Nous avons vu que l'amortissement de ces investissements rendait nécessaire des durées très longues d'exploitation. Mais ces investissements ont une autre conséquence : ils rendent indispensables la possibilité de **générer des « rentes d'apprentissage » dans la conception et**

[4] Nous avons fait le choix, dans ce manuscrit, de traduire en français les extraits de textes en anglais que nous citons. Nous assumons l'entière responsabilité d'éventuelles erreurs dans la traduction de ces passages ou de trahisons de la pensée de leur auteur.

la construction des installations : devoir tout réapprendre ou tout réinventer à chaque nouvelle construction aurait en effet un coût prohibitif. La recherche de gains d'expérience est donc centrale dans la définition de la stratégie industrielle des acteurs du secteur, et se traduit par des choix industriels spécifiques (par exemple la stratégie de « paliers » technologiques au sein desquels une « tête de série » est répliquée, dans le cas français). Elle a surtout comme condition de possibilité la capacité des acteurs à prévenir la déperdition d'expérience, à capitaliser sur celle-ci, et par conséquent à en organiser le partage, la conservation et la transmission.

L'industrie nucléaire se caractérise donc par le besoin structurel de continuité et de mémorisation qui définit les conditions tant de son utilisation fiable que de sa viabilité économique, ainsi que son régime d'innovation. Or cette industrie a connu par ailleurs, au cours des dernières années, de profondes discontinuités génératrices de difficultés pour ses principaux acteurs.
En premier lieu, le secteur du nucléaire civil a rencontré une situation tout à fait inédite sur le plan de son volume d'activité. Elle a en effet connu, suite à un ralentissement au cours des années 1990, un gel quasi-total et global de l'activité de construction de nouveaux réacteurs de puissance. Ce « gel » s'explique par plusieurs facteurs : la saturation du parc de réacteurs des puissances nucléaires « historiques » (France, Japon…), mais aussi une montée des inquiétudes des opinions et des pouvoirs publics au sujet de la sûreté. En tout état de cause, l'activité de nombreux centres d'ingénierie spécialisés dans la conception et le développement de nouvelles installations a été progressivement mise en sommeil. Au milieu des années 2000, cette tendance a semblé s'inverser, de nombreux acteurs ayant alors la conviction que la fin prochaine de la durée de vie des réacteurs d'ancienne génération, la croissance globale de la demande d'électricité tirée par les pays émergents et le déplacement de la préoccupation écologique vers la question des émissions de carbone plaidaient en faveur d'un *revival* de l'industrie électronucléaire. Les prévisions optimistes s'enchaînent, et les premiers projets sont lancés, en vue de prendre de l'avance sur la croissance qui s'annonce.
Les deux « géants » français du nucléaire, EDF et Areva, souhaitent se positionner, dans ce contexte, comme des acteurs de référence. Au milieu des années 2000, ils s'engagent chacun dans un projet de construction de nouveau réacteur, utilisant une même technologie : l'EPR[5]. Le réacteur d'Areva est construit en Finlande à partir de 2006, celui d'EDF en France, à Flamanville, à partir de 2007. Ces « têtes de série » doivent servir de « démonstrateurs » tout autant que d'occasions d'éprouver la nouvelle technologie, en vue de répondre à la croissance prévue de la demande.

Mais dans quelles conditions s'effectue ce redémarrage rapide de l'activité des centres d'ingénierie, et plus généralement de l'ensemble du tissu industriel en charge de la conception et de la construction de ces nouveaux réacteurs ? Pour EDF, ce redémarrage se fait dans le contexte d'un profond renouvellement générationnel de ses équipes. Le creux des années 1990-2000 avait fortement amputé ses effectifs d'ingénierie de nouveaux réacteurs, en raison de départs en retraite et de l'absence d'embauches, faute de perspectives. Pour soutenir le redémarrage de l'activité et anticiper sa croissance future, l'électricien a fait le choix d'une politique massive d'embauches. C'est donc une puissante discontinuité des ressources humaines d'ingénierie qui accompagne cette phase de relance :

[5] *European Pressurized Reactor.*

discontinuité dans le temps, du fait de la longue interruption de l'activité ; discontinuité des individus, avec l'abondance des mouvements de personnel.

Peut-on voir dans les difficultés rencontrées par ces projets tête de série (retards, surcoûts…), le signe que ces centres d'ingénierie auraient subi un processus d'« oubli organisationnel », et que ces projets seraient donc synonymes de « réapprentissage » ? Même si les explications divergent sur ces difficultés, plusieurs acteurs importants du secteur ont ouvertement évoqué ce problème. En 2013, lors de la *Nuclear Energy Conference* à Johannesbourg, Simon Marshall, le directeur des projets de la filiale anglaise de Westinghouse[6] déclarait ainsi que « *les compétences nécessaires pour de nouveaux programmes de construction nucléaires ont régulièrement diminué de façon globale [...] Le manque et le report de nouveaux projets de construction dans le monde ont* ***dissout les connaissances, les savoir-faire et l'expérience*** *accumulées lors de la phase initiale, qui remonte à plusieurs décennies, de construction de centrales* ». Ainsi, « *beaucoup de compétences et de leçons tirées de la première vague de constructions de centrales dans les années 1970 devraient être* ***globalement réapprises*** »[7]. Pour lui donc, EDF et Areva « essuient les plâtres » de cette nécessaire phase de réapprentissage, et leurs difficultés sur leurs EPR respectifs en attesteraient. Cette hypothèse a été accréditée par une déclaration du Président de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), André-Claude Lacoste, lors d'une audition devant une commission sénatoriale consacrée à la « transition énergétique » le 3 avril 2012. Devant la commission, et pour justifier des difficultés rencontrées sur le projet EPR, il a ainsi déclaré : « *L'EPR est le premier réacteur de puissance construit en France depuis longtemps. Il n'a pas été édifié de tel réacteur dans notre pays depuis ceux de Chooz et de Civaux, soit une interruption de pratiquement vingt ans. Depuis le début, nous nous attendions à rencontrer un certain nombre de difficultés, dues* ***à la nécessité de réapprendre ce qu'est la construction de réacteurs de puissance*** *[...] Chacun dans notre domaine (c'est le cas de l'Autorité de sûreté, mais aussi d'EDF et de ses sous-traitants),* ***nous avons oublié ce que nous avions l'habitude de faire****. Autrement dit, nous faisons face à un manque d'habitude en matière de construction [...]* ***Ce processus de réapprentissage est très frappant, mais il n'est pas étonnant*** »[8].

C'est ce contexte industriel, et les difficultés et les incertitudes qui l'accompagnent, qui constituent le point de départ de notre travail de thèse. À la fin de l'année 2010, l'auteur de la thèse et ses deux co-encadrants ont été sollicités par le CNEN (Centre National de l'Équipement Nucléaire), entité d'ingénierie d'un millier de personnes de la Division Ingénierie Nucléaire (DIN) d'EDF. Le CNEN est fortement engagé dans la construction de l'EPR de Flamanville, puisque c'est l'entité qui porte la responsabilité d'« architecte-ensemblier » sur la conception et la construction de l'« îlot nucléaire »[9] des nouveaux réacteurs. Par ailleurs, le CNEN était alors particulièrement concerné par le renouvellement générationnel au sein d'EDF : il avait été largement affecté par les effets du « creux » d'activité des années 1990-2000, du fait qu'il était l'unité d'EDF dont l'activité était la plus liée à la

[6] Acteur majeur de l'industrie nucléaire mondiale, et numéro un historique du secteur aux États-Unis. Aujourd'hui une filiale du groupe japonais Toshiba.

[7] Source : « *Global nuclear skills dwindling – Westinghouse* », *Engineering news*, 5 février 2013.

[8] Source : « Électricité : assumer les coûts et préparer la transition énergétique. Audition de M. André-Claude Lacoste, président de l'Autorité de sûreté nucléaire « (3 avril 2012). Voir : http://www.senat.fr/rap/r11-667-2/r11-667-218.html

[9] On parle d'« îlot nucléaire » pour distinguer la partie des centrales qui comporte les éléments spécifiquement nucléaires de l'installation (en particulier le réacteur) de la partie « conventionnelle », qui contient les équipements électromécaniques plus classiques que sont la turbine et l'alternateur.

conception de nouvelles centrales. De nombreux départs s'en étaient suivis, en conséquence desquels, à partir de 2008-2009, il s'est engagé dans une intense politique de recrutement de jeunes ingénieurs. Si « *processus de réapprentissage* », selon le mot d'André-Claude Lacoste, il y avait bien pour la filière industrielle de construction de réacteurs en France, alors le CNEN était en première ligne et au cœur de ce processus.

La sollicitation du CNEN a permis de mener une recherche collaborative (N. Adler, Shani, & Styhre, 2004; Hatchuel & David, 2008; Shani & Coghlan, 2008), qui constitue le cadre méthodologique général de cette thèse. La collaboration entre le CGS et le CNEN a duré entre début 2011 et mi-2012. L'objet initial de cette collaboration ne portait pas explicitement sur les questions d'oubli organisationnel et de réapprentissage, même si cet enjeu était présent en filigrane. Il s'agissait en effet d'une demande d'accompagnement (diagnostic et propositions) pour rendre la nouvelle organisation alors mise en place plus « *efficiente* », dans le double contexte du passage à un fonctionnement « multi-projets » et d'une croissance rapide et intensive des effectifs. Dans la thèse, nous montrons comment, à partir de cette demande initiale, les enjeux d'« oubli organisationnel » et de « réapprentissage » ont été mis à jour et intégrés à notre réflexion.

Nous présentons, à présent, l'organisation générale de la thèse.

***

Notre thèse se compose de trois grandes parties, elles-mêmes divisées en plusieurs chapitres. Ainsi, la **Partie 1** est consacrée à l'analyse de la littérature et à la définition de notre problématique. La **Partie 2** à l'exposition de notre terrain de recherche et de notre méthodologie. La **Partie 3** restitue les résultats de notre étude du cas de l'ingénierie nucléaire.

Dans la **Partie 1** de la thèse, nous proposons une revue de la littérature consacrée au phénomène d'« oubli organisationnel », dont nous résumons les principaux résultats avant d'en présenter les limites et d'introduire notre problématique.

- Dans le **Chapitre I**, nous étudions comment l'objet « oubli organisationnel » s'est constitué dans le corpus des sciences de gestion, et nous présentons les principaux résultats de la littérature associée. En cherchant à saisir le concept dans son épaisseur généalogique, nous montrons qu'il s'est construit comme une critique interne à la littérature consacrée à l'apprentissage organisationnel, et en particulier à l'apprentissage par la pratique ("*learning-by-doing*") et aux courbes d'apprentissage ("*learning curves*"). De cette littérature initiale, les chercheurs s'étant intéressés à l'oubli organisationnel ont critiqué un postulat fondamental : celui de la persistance et de la cumulativité de l'expérience dans le temps, et donc de l'irréversibilité de la croissance de la productivité. Ils ont mis en évidence, à partir de quelques cas empiriques étudiés par des moyens statistiques, des facteurs possibles d'annulation des effets de l'expérience, en particulier le passage du temps, le *turnover*, l'insuffisance des dispositifs de rétention formelle du savoir, ou encore les changements techniques.

- Dans le **Chapitre II**, nous cherchons à cerner les limites de cette littérature. Nous montrons que celle-ci, tout en critiquant le corpus de travaux sur les courbes d'apprentissage, a conservé de ce dernier l'essentiel de la posture épistémologique et de la méthodologie, positiviste et statistique. Dans ce cadre, l'apprentissage et l'oubli, inobservables en tant que tels, ne peuvent être qu'inférés à partir de variables observables, et en particulier de l'observation de différentiels de performance dans la répétition d'une même production. Nous poserons alors que cette posture, si elle peut être féconde dans l'étude d'activités manufacturières « simples », empêche d'appréhender le phénomène d'oubli organisationnel dans certains univers d'activité : les activités « intensives en connaissance » et en particulier les univers d'ingénierie et de conception. Or, nous verrons que ces univers sont soumis aujourd'hui à des discontinuités relationnelles fortes, qui posent la question de la continuité des connaissances en leur sein. Nous plaidons alors pour une extension du domaine d'étude de l'oubli organisationnel, moyennant une indispensable rupture avec la posture épistémologique des travaux initiaux. Nous montrons également une seconde limite de cette littérature, qui est l'absence de considération des spécificités du réapprentissage, qui empêche donc toute recherche des moyens d'une gestion *ex-post* des situations d'oubli organisationnel. Nous introduisons alors notre problématique de thèse, qui est : **comment diagnostiquer et gérer une situation d'oubli organisationnel et de réapprentissage dans une activité d'ingénierie ?**

La **Partie 2** présente en détails le contexte industriel de notre recherche, notre terrain d'étude (le CNEN), ainsi que notre méthodologie de recherche et le matériau recueilli.

- Le **Chapitre III** resitue le projet EPR Flamanville 3 d'EDF dans l'histoire du programme nucléaire civil français. Ce détour historique nous est indispensable, en ce qu'il permet d'éclairer de nombreux aspects de la situation présente. Nous montrerons quelle place occupe l'EPR dans la lignée technologique des réacteurs nucléaires. Nous reviendrons sur les raisons des flux et reflux de l'industrie nucléaire française et mondiale, qui expliquent qu'aujourd'hui l'activité de conception de réacteurs redémarre brutalement après une longue période d'interruption. Enfin, nous montrerons que les difficultés présentes, associées à la dynamique des ressources et de leurs compétences, avaient été anticipées de longue date par des acteurs de la filière, et qu'elles ont constitué un enjeu central et un objet de débats dans la détermination de la stratégie d'EDF et de l'État français en matière de renouvellement du parc nucléaire national. Nous verrons ainsi qu'il existait une connaissance implicite et diffuse du phénomène d'oubli organisationnel, mais une connaissance faiblement spécifiée, ce qui valide l'intérêt de le constituer en objet scientifique.

- Le **Chapitre IV** présente en détails notre terrain de recherche, le CNEN. Il explicite le rôle et la place tenus par cette unité d'ingénierie dans le vaste tissu industriel impliqué dans la conception et la construction de nouvelles centrales nucléaires en France, ce qui permettra d'approcher la nature du travail de ses ingénieurs. Nous présenterons de façon détaillée son organisation, ses ressources, et la façon dont cette organisation et ses ressources étaient en

forte évolution au moment de notre collaboration. En particulier, nous reviendrons sur la politique de croissance des effectifs qui était menée par l'unité, et sur son basculement vers une organisation de type multi-projets.

- Le **Chapitre V** présente notre méthodologie de recherche collaborative et le matériau recueilli. Nous revenons sur l'objet initial de notre collaboration avec le CNEN, et la façon dont la demande des dirigeants de l'unité a été problématisée. Nous résumons les principales étapes de la collaboration qui s'en est suivie. Nous présentons ensuite de façon exhaustive le matériau que nous avons recueilli, et les moyens que nous avons employés pour l'exploiter. Nous revenons ensuite sur le statut épistémologique de la thèse, en cherchant à faire ressortir les limites propres à notre méthodologie dans l'exploration de la question de recherche.

La **Partie 3** rentre dans le cœur de l'étude de cas, et en présente les principaux résultats.

- Dans le **Chapitre VI**, nous cherchons à montrer qu'il est impossible de prendre pour point de départ de l'analyse de l'oubli organisationnel au sein du CNEN l'observation de différentiels de performance dans le temps. Nous voyons en effet que les restrictions cognitives qui fondent une démarche de ce type sont inopérantes dans le cas que nous étudions, d'une part du fait de la nature de l'activité, d'autre part du fait de l'indétermination et de l'instabilité des critères d'objectivation et de jugement de la performance sur le cas de l'EPR de Flamanville. Après avoir cherché à analyser les raisons de cette indétermination, nous plaidons pour la nécessité d'adapter les modalités d'étude de l'oubli organisationnel aux contingences de notre cas et de l'activité, et de prendre pour point de départ un travail de diagnostic sur l'état et la dynamique des ressources et des capacités au sein de l'unité.

- Dans le **Chapitre VII**, nous restituons les résultats de notre analyse diagnostique des ressources et des capacités du CNEN, menée sur la base d'une série d'entretiens semi-directifs auprès d'une cinquantaine d'acteurs de l'unité, et éclairée par la mobilisation des travaux antérieurs du CGS sur l'apprentissage dans les activités d'ingénierie. Nous montrons que les difficultés de l'ingénierie nucléaire peuvent, dans une large mesure s'expliquer par l'abondance de ressources faiblement expérimentées au sein de l'unité, relativement à la rareté des ressources expérimentées. Cette abondance a une incidence directe sur la capacité opérationnelle des équipes d'ingénierie, du fait d'un important « délai d'assimilation » nécessaire pour découvrir et maîtriser l'activité, et devenir une véritable « ressource » productive pour l'organisation. Elle a également une incidence indirecte, en ce qu'elle génère une intense activité formatrice qui « pèse » sur des ressources expérimentées relativement peu nombreuses, et ampute d'autant leur potentiel de contribution aux activités plus directement « productives ». Nous qualifions cette situation de « mur d'apprentissage », que nous définissons comme un état critique potentiel des activités dont la propriété est de reposer sur des capacités « auto-génératives » et impliquant des délais d'assimilation longs. Nous montrons que ce « mur d'apprentissage » est générateur d'injonctions paradoxales pour les

ressources expérimentées, et en particulier les managers de proximité, qui font peser le risque d'une perpétuation dans le temps des effets de ce « mur ».

- Le **Chapitre VIII** approfondit et élargit cette démarche de diagnostic, ce qui nous permet de mieux cerner les spécificités d'une situation de réapprentissage. Partant de contradictions constatées sur le terrain dans l'interprétation de l'origine des difficultés rencontrées, nous cherchons à confronter le diagnostic d'un « mur d'apprentissage » à des « hypothèses rivales » *a priori*. En particulier, nous étudions les questions du caractère de « tête de série » de l'EPR, c'est-à-dire sa dimension « innovante », ainsi que d'un déficit supposé de « capacités de pilotage » au sein de l'unité. La prise en compte de ces facteurs explicatifs nous conduit à affiner notre compréhension du réapprentissage, qu'il faut voir comme une combinaison d'apprentissages hétérogènes mais interdépendants. Nous interprétons cette propriété des situations de réapprentissage comme source de difficultés dans le « cadrage » de la « situation de gestion », et ainsi dans l'orientation de l'action managériale. Nous identifions un risque spécifique, qui est celui d'une « invisibilité » des efforts d'apprentissage les moins artefactuels et les moins directement « productifs », qui peut mettre en danger les processus de construction de capacités.

- Le **Chapitre IX** analyse enfin les actions entreprises, à différents niveaux, par le management du CNEN pour adapter leurs choix et leurs modes de gestion à une situation de réapprentissage, dans laquelle il s'agit d'organiser des processus de construction de capacités dans un contexte où celles-ci sont par ailleurs fortement sollicitées pour atteindre des objectifs serrés de performance. Compte tenu de son caractère inédit, la découverte progressive, par « enquête » du management, des enjeux et des risques associés à cette situation a donné lieu à une appropriation graduelle des processus d'apprentissage, et à la révision de certains choix, règles, doctrines ou outils de gestion, en vue d'intégrer explicitement ces processus. Nous déclinons cette analyse, dans un premier temps, au niveau macro-organisationnel, en montrant comment la politique d'embauche et les choix de *design* organisationnel ont été progressivement infléchis par les enjeux d'apprentissage. Dans un second temps, sur la base d'une collaboration plus étroite avec deux managers opérationnels du CNEN, nous montrons comment ceux-ci ont cherché à faire de l'apprentissage un véritable « objet de gestion », et à l'intégrer aux termes du « compromis productif » qui oriente leur activité. Cela s'est traduit par la recherche de nouvelles modalités d'organisation du travail, de gestion des mobilités, et par une adaptation de la logique de Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Compétences. Ces expérimentations apportent des éléments sur les modalités possibles de rationalisation de l'activité et de recherche d'un « régime d'exception » adaptés aux situations de réapprentissage.

Enfin, dans la **Conclusion générale**, nous synthétisons les apports de cette thèse, tant académiques qu'industriels, et nous essayons de dégager les perspectives de recherche ouvertes par ce travail.

Partie 1 : Revue de la littérature et problématique de thèse

Chapitre I : Désapprentissage et oubli organisationnels dans la littérature 23

I. De l'apprentissage à l'oubli organisationnel 23

1. « Oubli » et « désapprentissage » : des « faux jumeaux » renvoyant à des conceptions distinctes de l'apprentissage organisationnel 23

2. Du *learning-by-doing* au *forgetting* : retour sur la genèse de l'identification d'un phénomène 25

A. Courbes d'apprentissage et apprentissage par la pratique : genèse et applications 25

B. Les principales critiques de l'apprentissage par la pratique dans la littérature 29

C. Réflexions sur la faible portée de la littérature sur l'oubli organisationnel : l'oubli est-il bon ou mauvais ? 36

II. Les causes multiples de l'oubli organisationnel : recension des facteurs 40

1. Le passage du temps et les interruptions ou changements de rythme de production : la reconnaissance du caractère érosif de l'expérience 42

2. Des « modes d'existence » de l'expérience : mémoire individuelle, mémoire organisationnelle et incidence de la rotation des effectifs 44

A. L'oubli au niveau individuel 44

B. De l'oubli individuel à la « mémoire organisationnelle » : routines et dispositifs de rétention 48

C. Le problème théorique de l'obsolescence de l'expérience 51

Chapitre II : Limites de la littérature et problématique de la thèse 53

I. Pour une extension du domaine de l'étude de l'oubli organisationnel : enjeux et conditions 53

1. Une littérature centrée sur une classe précise d'activités 53

2. Le silence de cette littérature face à un enjeu managérial contemporain : la « perte de connaissances » et le « risque démographique » dans les organisations intensives en connaissances 55

A. Une nouvelle classe de risques… 55

B. … pour d'autres classes d'activités 58

3. Étendre l'étude de l'oubli organisationnel aux activités de conception et intensives en connaissances : à quelles conditions ? 61

A. L'expérience individuelle et les savoirs de conception : une relation complexe 62
B. Quel niveau d'analyse retenir ? 64
II. L'oubli organisationnel, d'un construit statistique vers un objet de gestion stratégique : enjeux de diagnostic et d'organisation du réapprentissage.....65
1. L'oubli organisationnel : un enjeu à intégrer à la gestion stratégique des « capacités organisationnelles » 65
2. Vers la problématique de thèse.....67

Chapitre I : Désapprentissage et oubli organisationnels dans la littérature

I. De l'apprentissage à l'oubli organisationnel

1. « Oubli » et « désapprentissage » : des « faux jumeaux » renvoyant à des conceptions distinctes de l'apprentissage organisationnel

Alors que le thème de l'apprentissage organisationnel s'est constitué comme objet central des théories de l'organisation, peu nombreuses sont les recherches ayant envisagé le phénomène dans sa dimension *négative*, c'est-à-dire à travers l'étude des processus par lesquels les savoirs accumulés par les organisations peuvent être altérés, perdus, détruits. Ce paradoxe a été signalé par plusieurs auteurs, qui se sont étonnés de cette disproportion, et du peu d'intérêt accordé par leurs pairs à des phénomènes qui devraient être considérés comme d'égale importance par rapport aux processus positifs par lesquels les organisations génèrent, transforment, acquièrent ou accumulent des connaissances (Casey & Olivera, 2011; Martin de Holan & Phillips, 2004; Tsang & Zahra, 2008). Ceci fait dire à Martin de Holan & Phillips (2004), à propos de la somme considérable de recherches consacrées à l'apprentissage organisationnel et au management des connaissances, que celles-ci « *ne racontent qu'une partie de l'histoire* », dans la mesure où « *la focalisation sur l'apprentissage a laissé dans l'ombre les processus, aussi importants, de désapprentissage organisationnel* » (p. 1603). Il en résulte qu'à ce jour, les concepts d'oubli ou de désapprentissage organisationnels n'ont pas donné lieu à un véritable corpus constitué de recherches. Ils ont fait l'objet d'un ensemble disparate et hétérogène de travaux relativement isolés, noyés dans l'océan de la littérature sur l'apprentissage organisationnel. Comment l'expliquer ?

À la considération de ces travaux, une hypothèse se dégage : ceux-ci se sont polarisés autour de deux courants de recherche bien distincts et se recoupant très peu, empêchant ainsi la « coagulation » d'une véritable communauté de recherche. Nous distinguons ainsi, en schématisant, un pôle de travaux consacrés au **« désapprentissage organisationnel »** (*"unlearning"* en anglais, le plus souvent), envisagé comme **phénomène intentionnel et positif**, et un second pôle de recherches dédiées à l'**« oubli organisationnel »** (*"forgetting"* en anglais), **phénomène non-intentionnel et négatif**. Ces deux courants puisent à des sources théoriques et épistémologiques très différentes, ce qui explique largement leur large ignorance mutuelle. Et, comme nous allons le voir, ces différences ne font que prolonger des contradictions épistémologiques qui traversent la recherche sur l'apprentissage organisationnel lui-même (Easterby-Smith, 1997; Easterby-Smith, Crossan, & Nicolini, 2000).

Pour Tsang & Zahra (2008) comme pour Martin de Holan & Phillips (2011), le courant de recherche sur le désapprentissage (*unlearning*) trouve son origine dans un article de Hedberg (1981). D'emblée, le désapprentissage y est posé non comme un *problème* mais comme une *nécessité*, non comme le

contraire de l'apprentissage, mais comme un *complément*, voire une *condition* à celui-ci. Le postulat de Hedberg est que « *les connaissances s'accroissent, et dans le même temps deviennent obsolètes à mesure que la réalité change* ». En conséquence, les processus d'apprentissage impliquent autant d'« *apprendre de nouvelles connaissances que de se débarrasser de connaissances obsolètes et trompeuses* » (p. 3). Le désapprentissage vise donc à faire « place nette » à des connaissances nouvelles, dans un mouvement dialectique que l'on peut rapprocher du concept schumpétérien de « destruction créatrice ». Il constitue un processus intentionnel, que les firmes ont pour impératif d'organiser et de gérer si elles souhaitent prévenir des crises d'obsolescence et d'inadaptation à un environnement changé (Nystrom & Starbuck, 2004; Starbuck, 1996). Mais quelle est la nature des « connaissances » dont il s'agit de se défaire ? Dans leur grande majorité, ces travaux mobilisent des conceptualisations de la connaissance fondées sur les « routines » et les « comportements » (Tsang & Zahra, 2008), ou bien sur les « logiques dominantes » (Bettis & Prahalad, 1995), donc sur les représentations cognitives des individus. Ils s'inscrivent donc dans les deux approches majoritaires de l'apprentissage organisationnel en théorie des organisations (Starbuck & Hedberg, 2003), à savoir l'approche *comportementale* centrée sur les routines, issue des efforts fondateurs d'Herbert Simon et de James March pour faire de l'apprentissage le socle d'une théorie non-économique de la firme (Cyert & March, 1963; Levitt & March, 1988; March, 1991), et l'approche *cognitiviste*, inspirée notamment des travaux d'Argyris & Schön (1978) sur la typologie des apprentissages en simple et double boucle.

Les travaux qui étudient, sous le vocable d'« oubli organisationnel » (*organizational forgetting*), les phénomènes involontaires, et potentiellement négatifs et dysfonctionnels, de perte ou de dépréciation de connaissances au sein des organisations, s'enracinent dans une filiation théorique tout autre, et de ce fait ont développé une approche radicalement différente de l'objet. Ces travaux s'inscrivent dans le prolongement des recherches menées sur les « courbes d'apprentissage » (“*learning curves*“), associées au phénomène d'« apprentissage par la pratique » (“*learning-by-doing*“). Cette tradition de recherche est d'ailleurs plus ancienne que les courants cognitivistes et comportementaux. Son acte de naissance est en effet la mise en évidence par l'ingénieur américain Theodore Paul Wright, dans un article intitulé *Factors affecting the cost of airplanes* (1936), d'une croissance de la productivité proportionnelle au nombre cumulé d'*outputs* produits dans le domaine du montage d'avions. Cette découverte a donné lieu à d'abondants travaux centrés autour de la question de la productivité, fondés sur une approche statistique et positiviste des phénomènes d'apprentissage, qu'il s'agit essentiellement de constater empiriquement à partir du progrès de la performance, et de traduire en « lois » mathématiques[10]. Comme nous le verrons dans la partie suivante, les principaux travaux sur l'oubli organisationnel ont très largement repris cette approche positiviste de l'apprentissage organisationnel, et ont essentiellement visé à en raffiner la modélisation mathématique pour tenir compte des phénomènes de dépréciation de l'expérience accumulée.

Nous voyons donc que ces littératures se sont construites sur des postulats et des épistémologies fondamentalement disjoints. Semblant partager un même objet, elles ne l'abordent pas de la même façon, et n'en disent finalement pas la même chose, tout simplement parce qu'il s'agit de *disciplines*

[10] Classiquement, les courbes d'apprentissage se présentent sous la forme de fonctions puissance de la forme $y = ax^{-b}$, où y représente la productivité (souvent en nombre d'heures/unité), a la productivité initiale, x le nombre cumulé d'*outputs* produits, et b un taux de décroissance de la productivité.

différentes, et ce *fossé disciplinaire* est le même que celui qui traverse la littérature sur l'apprentissage organisationnel, faite d'îlots de travaux qui s'ignorent largement[11]. Mais cette situation peut s'expliquer par la nature même de l'objet à étudier : l'apprentissage organisationnel est en effet un phénomène qui relève du *non-observable*, à l'image d'autres concepts fondamentaux en sciences de gestion (comme le concept de « capacité dynamique » en management stratégique, voir Depeyre (2009)), et ne peut donc être observé en tant que tel, mais seulement appréhendé de façon indirecte, *inféré à partir d'éléments observables*. C'est ainsi que les approches comportementalistes et cognitivistes ont inféré l'apprentissage à partir des pratiques, des routines et des décisions des individus, dans les changements desquels on pouvait déduire l'existence d'un apprentissage sous-jacent, alors que les approches par le *learning-by-doing* et les courbes d'apprentissage ont consisté à inférer l'apprentissage à partir des variations de critères de performance mesurables.

Dans cette thèse, comme nous chercherons à analyser des phénomènes de perte *involontaire* de connaissances, nous nous intéresserons surtout à la littérature sur l'*organizational forgetting*, celle qui est donc dérivée du courant du *learning-by-doing* et déploie des méthodes statistiques pour l'étudier. Avant d'expliquer en quoi cet héritage conceptuel et méthodologique est source de limites importantes pour étudier les phénomènes d'oubli organisationnel contemporains (**chapitre II**), nous revenons, dans les sous-parties qui suivent, en premier lieu sur la genèse de la mise en évidence de l'oubli organisationnel à partir des courbes d'apprentissage, puis sur les principaux éléments d'analyse de cet oubli et des facteurs qui en sont à l'origine présents dans la littérature.

2. Du *learning-by-doing* au *forgetting* : retour sur la genèse de l'identification d'un phénomène

Les travaux sur l'oubli organisationnel, en tant que phénomène involontaire et potentiellement néfaste pour la performance des entreprises, sont entièrement encastrés dans la littérature sur le *learning-by-doing* et les courbes d'apprentissage, dont ils constituent une révision interne qui remet en question certaines de ses hypothèses fondatrices. De ce fait, ils partagent avec cette littérature une même posture épistémologique et conceptuelle. Pour comprendre les travaux sur le *forgetting*, il est donc nécessaire d'opérer un détour visant à expliciter dans un premier temps les principaux postulats et les apports de la littérature sur le *learning-by-doing* et les *learning curves*, avant de voir en quoi la mise en évidence du *forgetting* a contribué à l'amender.

A. Courbes d'apprentissage et apprentissage par la pratique : genèse et applications

Comme nous l'avons signalé plus haut, les travaux sur l'apprentissage organisationnel par la pratique font le plus souvent remonter leur origine à une découverte de T. P. Wright relative à la production

[11] Les travaux sur les courbes d'apprentissage font très peu référence aux approches comportementales et cognitivistes, et inversement, à quelques exceptions (Argote & Epple, 1990 ; Levitt & March, 1988). À titre d'exemple, dans le *Handbook of Organizational Learning and Knowledge Management*, en 29 articles et près de 700 pages, la notion de courbe d'apprentissage et la découverte de T. P. Wright ne sont mentionnés qu'une seule fois… dans un article précisément consacré à l'oubli organisationnel !

d'avions de combat. Cette découverte a consisté en la mise en évidence d'une décroissance du nombre d'hommes-heures nécessaires pour produire une unité, donc d'une croissance de la productivité, dont le facteur explicatif principal paraissait être le nombre cumulé d'unités produites (*outputs*). Comme cette croissance de la productivité semblait devoir se faire à un rythme uniforme, Wright en a déduit qu'elle obéissait à une « loi » mathématisable, et qu'il était donc possible de prédire la productivité future sur la base de « courbes d'apprentissage » (parfois également nommées « courbes de progrès » (Alchian, 1963), « courbes d'expérience » (Day & Montgomery, 1983), ou « courbes d'amélioration » (Steedman, 1970)), dans lesquelles *la productivité est une fonction de l'expérience* exprimée en nombre d'*outputs* cumulés, avec un taux de progrès qu'il s'agit précisément d'identifier.

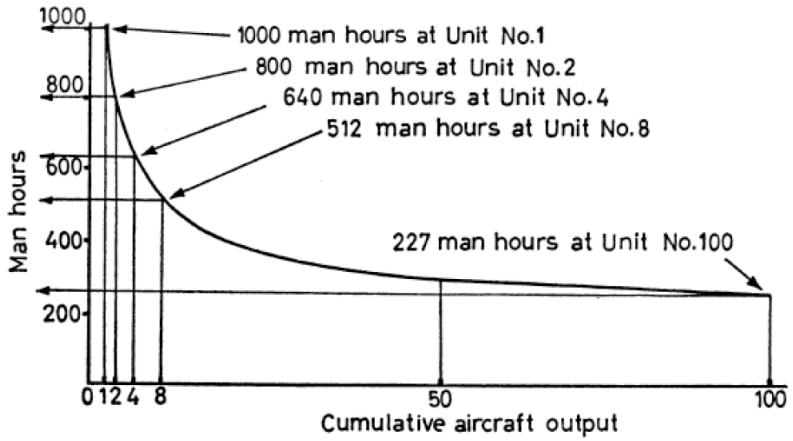


Figure 1 : La courbe d'apprentissage mise en évidence par T. P. Wright (1936) sur la construction d'avions

Mais, comme le souligne Argote (2013a), la découverte de courbes d'apprentissage a une origine plus ancienne, puisque le phénomène avait été identifié à une échelle individuelle par des psychologues plusieurs décennies auparavant. C'est ainsi que le psychologue allemand Hermann Ebbinghaus, qui fut un des pionniers dans l'application de la méthode expérimentale aux phénomènes psychologiques, mit en évidence et chercha à exprimer sous forme mathématique un accroissement de la capacité à exécuter certaines tâches en fonction de l'expérience (Ebbinghaus, 1885). D'autres psychologues poursuivront dans cette veine, comme Thorndike (1898) ou Thurstone (1919), qui traduiront également en équations des phénomènes d'apprentissage identifiés expérimentalement. D'une certaine manière, la découverte de Wright et les travaux ultérieurs ne feront que *transposer* à une échelle collective ces résultats identifiés au niveau individuel. Le concept d'« apprentissage » lui-même, appliqué à une organisation, c'est-à-dire à une entité artificielle, est donc, comme l'ont remarqué de nombreux auteurs (Friedman, Lipshitz, & Popper, 2005; Kœnig, 2006), fortement teinté d'anthropomorphisme. Et il est frappant de remarquer combien l'approche qui sera massivement employée pour décrire et caractériser les courbes d'apprentissage au niveau collectif restera fortement marquée par la méthode expérimentale employée par les premiers psychologues de l'apprentissage.

À la suite de Wright, plusieurs travaux ont cherché à vérifier si les phénomènes d'apprentissages obéissant à une fonction mathématique se retrouvaient dans d'autres productions que celle étudiée

par l'ingénieur américain. L'économiste Armen Alchian, qui travaillait comme statisticien pour l'*US Army* pendant la Seconde Guerre mondiale, a ainsi pu constater que le modèle se vérifiait sur une grande variété de productions d'avions (Alchian, 1963). Au cours des décennies suivantes (1960-1980), d'autres productions qu'aéronautiques ont été étudiées, ce qui permit de mettre en évidence que les *learning curves* n'étaient pas une propriété de la construction d'avions, ni même de l'assemblage de gros produits complexes. Dans un article de synthèse de 1984, Dutton et Thomas recensent ainsi plus d'une centaine d'études conduites dans des domaines aussi divers que l'électronique, la production de machines-outils, de papier, d'acier, de vêtements, de pétrole ou d'automobiles (Dutton & Thomas, 1984), donc aussi bien dans des productions unitaires, de masse que de flux, ou dans des activités intensives en travail comme en capital.

Avec cette extension de leur champ de validité, les courbes d'apprentissage et la notion de *learning-by-doing* allaient en conséquence susciter des applications nouvelles et des usages à grande échelle. D'une part, les *learning curves* vont progressivement s'instituer comme de véritables outils de gestion industrielle, utilisés principalement à des fins de planification stratégique. Mais cet usage était consubstantiel à leur élaboration : comme l'explique Yelle (1979), les premiers acteurs économiques à s'intéresser à ces courbes furent les industriels américains de l'armement travaillant sur commande de l'État fédéral pendant la Seconde Guerre mondiale. Ceux-ci souhaitaient par ce moyen prédire le coût et l'horizon de disponibilité des navires et des avions qui devaient partir au combat. Dans le domaine civil, leur usage va se répandre dans nombre de grandes entreprises industrielles au cours des années 1960 et 1970, notamment par l'entremise du Boston Consulting Group (Boston Consulting Group, 1970; Dutton & Thomas, 1984; Kœnig, 2006), dont il s'agit alors d'un des produits phares d'aide à la décision stratégique et à la planification.

Parallèlement à cette diffusion industrielle, le concept de *learning-by-doing* qui sous-tend la modélisation des courbes d'apprentissage allait rencontrer un large écho dans le domaine des sciences économiques. D'une certaine manière, cette appropriation était contenue en germe dans l'histoire des sciences économiques, puisqu'on peut voir l'apprentissage par la pratique comme placé au fondement de la théorie de la « richesse des nations » par la croissance de la productivité proposée par Adam Smith dans les premières pages de l'ouvrage du même nom (A. Smith, 1995). Il est généralement retenu de la fameuse description de la fabrique d'épingles que c'est la division du travail qui explique l'« opulence générale ». Mais la division du travail n'explique rien en tant que telle : celle-ci est effectivement une « cause racine », mais cette cause ne produit ses effets que parce qu'elle suscite « *l'amélioration de l'habileté, de l'adresse, de l'intelligence avec laquelle il [le travail] est dirigé ou appliqué* », comme cela est formulé dès la première phrase de l'ouvrage. La division du travail emporte en effet trois bénéfices principaux : premièrement, « *un accroissement d'habileté chez chaque ouvrier individuellement ; deuxièmement, l'épargne du temps, qui se perd ordinairement quand on passe d'une espèce d'ouvrage à une autre, et troisièmement enfin, l'invention d'un grand nombre de machines qui facilitent et abrègent le travail, et qui permettent à un homme de remplir la tâche de plusieurs* ». La conséquence principale de la division du travail est donc de créer les conditions d'un « apprentissage par la pratique » optimal. En spécialisant les tâches, elle accroît les capacités individuelles à progresser dans l'exécution de celles-ci, et stimule l'inventivité technique pour améliorer les procédés. Accroissement

progressif de l'habileté du travail par la répétition et amélioration des procédés techniques constituant ainsi les deux moteurs de l'accroissement de la « richesse des nations ».

Cette intuition d'Adam Smith sera formalisée près de deux siècles plus tard par les théoriciens de la « croissance endogène », parmi lesquels Nicholas Kaldor (1961), mais surtout Kenneth Arrow, l'un des fondateurs de l'école néoclassique et des économistes les plus influents de la seconde moitié du 20ème siècle[12]. L'apport principal d'Arrow a été d'intégrer (en prolongeant et en critiquant les résultats de la théorie de la croissance de Solow) les *effets d'expérience* dans la modélisation des facteurs contribuant à la croissance économique, en particulier dans son article *The Economic Implications of Learning-by-Doing* (Arrow, 1962). Comme le résume Rudolf, « *la formalisation proposée par K. J. Arrow est fondée sur l'idée que chaque génération de capital bénéficie, lors de sa construction, de l'expérience accumulée dans la construction des générations précédentes. Autrement dit, la quantité de travail nécessaire à la production d'un équipement donné décroît régulièrement en fonction du nombre total de machines déjà produites. La productivité augmente donc à chaque nouvelle génération de machines, ce qui permet d'en construire un nombre croissant avec une quantité fixe de main-d'œuvre.* ***L'apprentissage par la pratique signifie donc que le progrès technique, les savoir-faire, les compétences individuelles et collectives... naissent de la répétition d'une même opération par un individu ou un groupe d'individus et de leur familiarité accrue avec les problèmes de production.*** *Ils travaillent plus rapidement parce qu'ils mémorisent, assimilent et "routinisent" les prescriptions qui leurs sont faites* » (Rudolf, 2000, p. 66). On y retrouve donc les principaux éléments déjà introduits par Smith : cette « *familiarité accrue* », autre nom de l'expérience, est fille de la division du travail, et mère du progrès de la productivité. Il est d'ailleurs remarquable que, pour appuyer sa théorisation, Arrow se réfère explicitement aux recherches empiriques menées dans l'industrie sur les courbes d'apprentissage, et en particulier aux travaux de Wright.

Le cœur théorique des développements sur l'apprentissage par la pratique réside donc dans l'idée d'une *récursivité indéfiniment positive entre action et connaissance* : la répétition d'actions identiques (ou, à tout le moins, semblables) génère des connaissances, qui seront autant de ressources utiles pour les actions futures, dans une dynamique d'accumulation sans fin. Cette dépendance réciproque de l'action et de la connaissance est un point de départ pour Arrow : « *L'apprentissage est le produit de l'expérience. L'apprentissage ne peut avoir lieu qu'en cherchant de résoudre un problème, et par conséquent pendant l'activité* » (Arrow, 1962, p. 155)[13]. Cette récursivité est parfaitement exprimée par la notion d'*expérience*, qui constitue l'opérateur fondamental de l'apprentissage par la pratique. Cette notion synthétise en effet les « connaissances » issues des apprentissages générés par les actions passées et le fait que celles-ci constituent une « ressource », un « actif » disponible pour des actions futures, *à supposer que ces connaissances restent pertinentes pour les nouvelles actions à mener* (condition qui posera, comme nous le verrons, la question très complexe de l'articulation entre apprentissage par la pratique et innovation technique).

[12] Arrow a reçu le Prix de la Banque de Suède en sciences économiques en mémoire d'Alfred Nobel en 1972. Il est principalement connu pour son « théorème d'impossibilité », ainsi que pour ses contributions aux théories du choix social et de l'équilibre général.

[13] En quoi Arrow s'inscrit, implicitement, dans les conceptions de l'apprentissage issues de la philosophe pragmatiste, en particulier de John Dewey.

B. Les principales critiques de l'apprentissage par la pratique dans la littérature

C'est précisément autour de cette relation de récursivité réciproque action/connaissances et de cette notion d'expérience que vont s'articuler les principales critiques de la littérature du *learning-by-doing*, et les amendements théoriques correspondants qui seront considérés comme nécessaires. Une première série de critiques dénoncera le caractère très descriptif et peu opératoire du concept d'expérience ; d'autres travaux critiqueront le postulat de la persistance dans le temps de la valeur de l'expérience accumulée, et en viendront à considérer que la possibilité même d'établir des courbes d'apprentissage basées sur l'expérience renvoie à une ère révolue du monde industriel, celle de la répétitivité, de la standardisation des produits et de la recherche exclusive des gains de productivité ; enfin, une dernière série de travaux critiquera le postulat que l'expérience elle-même se maintient de façon indéfinie et inconditionnelle dans le temps : cette critique sera fondatrice des recherches sur l'*organizational forgetting*.

a. Critique du caractère faiblement explicatif et opératoire du concept d'expérience

L'opérateur d'« expérience » a pour inconvénient, du fait de sa nature même, de fonctionner comme une « boîte noire », de nature presque tautologique (l'expérience ne s'explique que par l'accumulation d'*outputs*, c'est-à-dire par elle-même), à vocation essentiellement descriptive, et d'être en conséquence faiblement praticable pour l'action managériale. Il n'est par exemple pas innocent que les applications principales des modélisations du *learning-by-doing* aient été de s'intégrer à la liste des « externalités » explicatives de la croissance en sciences économiques, ou de servir d'outil de planification et de prédiction (comme on prédit un phénomène « naturel »). Cela fait dire à Zangwill & Cantor (2000) que « *malgré la popularité des "courbes d'apprentissage", celles-ci devraient être appelées "courbes de prévision"* […] *Prévoir est certainement très utile. Cependant, la littérature existante est remarquablement silencieuse sur le fait de savoir comment l'amélioration ou l'apprentissage se produisent* » (p. 595).

C'est ainsi que des chercheurs ont considéré que, pour faire de l'apprentissage par la pratique un véritable concept managérial et opérationnel au-delà de sa dimension descriptive et prédictive, il était nécessaire de compléter l'approche économique et statistique par une approche plus processuelle des mécanismes d'apprentissage en jeu. De façon emblématique, Adler & Clark (1991) critiquent le caractère trop descriptif de la littérature, au détriment de son pouvoir véritablement explicatif : « *le progrès de la recherche [sur les learning curves] a été entravé par le manque d'un modèle comportemental des processus d'apprentissage* » (p. 268). En conséquence, son article se propose d'intégrer aux conceptualisations sous-jacentes de l'apprentissage par la pratique des notions issues de la tradition comportementale et cognitiviste de la recherche sur l'apprentissage que nous évoquions plus haut : connaissance tacite/informelle ou explicite/formelle, apprentissage en simple/double boucle, etc. On peut donc voir ce travail comme une tentative d'opérer une jonction entre les deux filiations mutuellement ignorantes de l'apprentissage organisationnel. D'autres travaux iront dans le même sens, à l'instar des efforts déployés par Linda Argote pour construire un cadre théorique intégrant les apports des deux traditions de recherche, et centré autour du concept d'expérience (Argote, 2013a; Argote & Miron-Spektor, 2011) :

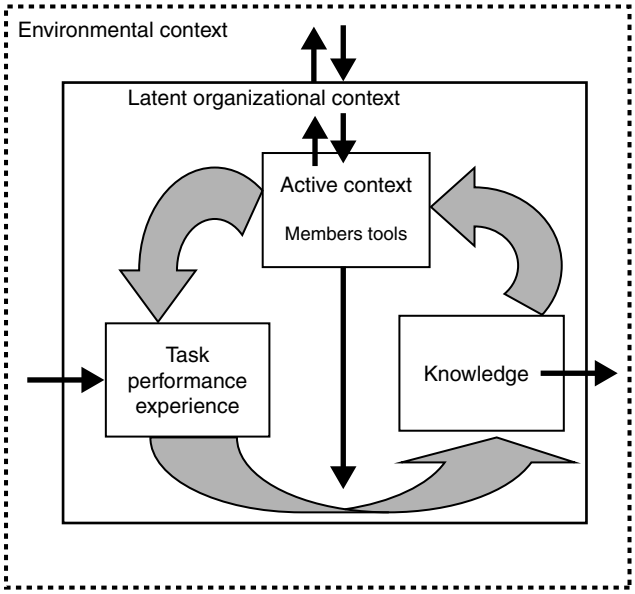


Figure 2 : Cadre théorique intégrateur proposé par Argote et Miron-Spektor (2011) pour analyser l'apprentissage organisationnel

D'autres critiques plus fondamentales vont être adressées aux postulats sous-jacents au *learning-by-doing*, l'une invitant à considérer le pouvoir corrosif de l'innovation sur l'apprentissage et les gains de productivité, l'autre critiquant l'idée même que l'expérience persiste indéfiniment dans le temps.

b. Critique de la persistance dans le temps de la valeur de l'expérience accumulée

La première critique adressée aux conceptualisations du *learning-by-doing* est celle de la persistance dans le temps de la *valeur* de l'expérience accumulée, en d'autres termes la question du lien entre l'apprentissage par la pratique et l'innovation technique, que cette dernière porte sur les produits ou sur les procédés. Nous l'avons vu, les modélisations de l'apprentissage par la pratique, notamment chez Arrow, ont tendance à inclure l'innovation technique comme une composante du *learning-by-doing*, et les effets d'apprentissage observés sur les *learning curves* agrègent de façon non différenciée le produit d'innovations techniques et de stricts effets d'expérience[14]. Notons que cette agrégation était déjà présente chez Adam Smith : accroissement de l'« habileté individuelle » et progrès technique participent d'un même mouvement et se renforcent mutuellement. Les améliorations du *design* des produits ou des opérations sont donc fondues dans la somme indifférenciée de facteurs qui concourent au progrès de la productivité. Toutefois, cette articulation entre innovation et apprentissage par la pratique va soulever deux problèmes, l'un théorique et l'autre pratique et stratégique, les deux étant indissociables.

[14] Arrow (Easterby-Smith & Lyles, 2011a) insiste sur le fait que l'apprentissage par la pratique est la résultante, d'une part, d'investissements en capital, c'est-à-dire d'améliorations du *design* (des produits ou des procédés) suscitées par l'épreuve de la production, et d'autre part, d'effets d'expérience au sens strict, c'est-à-dire indépendants d'investissements en capital, et qu'il désigne, empruntant le terme à Lundberg (1962), sous le nom d'« effet Horndal ». Il s'agit d'une référence à des entreprises de forges en Suède n'ayant connu aucun investissement significatif en capital pendant une période de 15 ans, et pour lesquelles a malgré tout été observée une croissance de la productivité, qui ne pouvait s'expliquer autrement que par l'accumulation d'expérience.

Le problème théorique réside dans la *consistance* et la pertinence des courbes d'apprentissage en situation d'innovation, qui revient à poser le problème de la tension entre répétition et nouveauté, consubstantiel aux courbes d'apprentissage telles qu'elles ont été théorisées et construites. Nous avons vu que le concept d'apprentissage par la pratique prenait son sens dans un contexte de *répétition* d'actions identiques ou fortement similaires, donc de *continuité*. Or, l'innovation consiste précisément dans le contraire : elle implique le *changement*, la *nouveauté*, c'est-à-dire la *discontinuité*. Comment les deux notions s'articulent-elles ? Et y a-t-il un degré de discontinuité technique à partir duquel l'utilisation d'une approche (ou d'outils) de type *learning-by-doing* serait inopérante, caduque ? Arrow a analysé cette tension, en énonçant que « *les apprentissages associés à* ***la répétition d'un problème restant essentiellement le même*** *font l'objet de rendements fortement décroissants. Il existe une réponse d'équilibre pour chaque problème donné, vers laquelle tend le comportement de l'apprenant avec la répétition. Ainsi, bénéficier d'une performance constamment croissante implique que les situations « stimuli » soient elles-mêmes* ***constamment en évolution****, plutôt que seulement répétitives* » (Arrow, 1962, pp. 155-156). Cette articulation repose sur le constat partagé (il n'est qu'à considérer la morphologie des courbes) que les effets de l'apprentissage par la répétition sont dégressifs, tendant vers une productivité plancher. Par conséquent, pour entretenir une croissance continue, il convient d'introduire à intervalles réguliers des innovations de design des produits ou des procédés, qui suscitent à leur tour de nouveaux apprentissages. Mais, ce faisant, Arrow fait l'hypothèse implicite que ces innovations *n'invalident pas, ne rendent pas obsolète l'expérience accumulée* : elles ne font que contribuer au perfectionnement et au raffinement d'une trajectoire technologique stable dans un processus de standardisation continu. Si ces innovations étaient trop « brutales », trop « radicales », elles rendraient la courbe d'apprentissage non signifiante ; l'entreprise s'engagerait alors dans un nouveau cycle, une nouvelle trajectoire technologique.

Ainsi, l'apprentissage par la pratique ne prend sens, *en tant que théorie et en tant que doctrine gestionnaire*, que dans le cadre d'une forte stabilité de la trajectoire technologique. Et c'est précisément sur ce point que cette approche va être critiquée à partir des années 1970. Un article fondamental de William Abernathy et Kenneth Waye, paru dans la *Harvard Business Review* en 1974, a marqué un véritable tournant en ce sens (Abernathy & Wayne, 1974). Tout en reconnaissant la validité scientifique des *learning curves*, leur caractère universel et les succès industriels qu'elle a rendus possibles en tant que support à des stratégies de croissance de la productivité, les deux auteurs dressent un réquisitoire sévère : les *learning curves* conduiraient les entreprises à déployer des stratégies de standardisation continue des produits qui brideraient leur flexibilité et, surtout, leur capacité à innover. En un mot, apprentissage par la pratique et innovation seraient fondamentalement incompatibles, et relèveraient de stratégies opposées. Ils affirment ainsi que « *les managers ne peuvent pas espérer récolter les bénéfices d'une réduction des coûts permise par une projection des courbes d'apprentissage et dans le même temps espérer atteindre des niveaux rapides d'innovation produit et d'amélioration de la performance des produits. Ils doivent reconnaître que ces deux réussites sont le fruit de stratégies différentes* » (Abernathy & Wayne, 1974, p. 1). En étudiant de façon approfondie le cas de la production de la Ford T, et en généralisant leurs analyses à d'autres contextes industriels (composants électroniques, équipements de bureau…), ils montrent ainsi que « ***l'incidence de l'innovation de produit définit les limites de la courbe d'apprentissage*** ». Ils mettent en avant ici la question fondamentale de la pertinence et de la consistance des courbes d'apprentissages en situation de forte

innovation. Mais cette limite théorique se double d'un risque stratégique, puisque « *la conséquence d'une poursuite intensive d'une stratégie de minimisation des coûts est une moindre capacité à générer des changements innovants et à répondre à ceux introduits par les concurrents* ». Parce qu'elle pousse à une standardisation toujours plus grande, une stratégie basée sur le *learning-by-doing* rend les innovations plus coûteuses et plus complexes à introduire. Leur conclusion est sans appel : « *l'innovation produit est l'ennemie de l'efficacité, et vice versa. Pour que la courbe d'apprentissage se réalise avec succès, l'industriel a besoin d'un produit standardisé. Dans des conditions de changement rapide des produits, il ne peut plus couper les coûts unitaires* » (*ibid.*).

Entre l'article d'Arrow de 1962 et celui d'Abernathy et Wayne de 1974, un véritable changement de paradigme est perceptible. En reprenant le concept de Michel Foucault, nous pourrions même y voir un changement d'*épistémè* (Foucault, 1966). Chez Arrow, l'expérience et l'innovation sont complémentaires, et participent à une même dynamique de progrès (comme c'était déjà le cas pour Adam Smith). Pour Abernathy et Wayne, au contraire, elles deviennent des *forces rivales* : l'innovation invalide l'expérience, cependant que l'expérience freine, voire empêche l'innovation. On peut sans grand risque interpréter cette rupture conceptuelle comme le reflet d'un changement d'ère : en 1962 en effet, les « Trente Glorieuses » sont à leur apogée. Les pays occidentaux connaissent encore une forte expansion économique, dont le moteur principal est la croissance des gains de productivité et la généralisation d'une consommation d'équipement, ces deux dimensions reposant sur une même logique de standardisation des produits et d'amélioration continuelle des procédés de production. L'inscription de l'innovation technique *dans* l'apprentissage par la pratique par Arrow s'explique pleinement par ce régime de croissance, dans la mesure où l'« innovation » de cette époque y est incrémentale et lente, et bouscule en conséquence assez peu le progrès régulier de la productivité et les rentes d'apprentissage[15]. Abernathy, en 1974, pressent que ce régime de croissance a rencontré ses propres limites, et les *learning curves*, dans leur double nature de théorie scientifique et de doctrine managériale, symbolisent cet épuisement. Abernathy prophétise l'entrée des pays occidentaux dans une économie marquée par un « *changement rapide des produits* », où l'innovation technologique devient un ressort essentiel de la compétition entre les firmes. Le milieu des années 1970 est en effet une période charnière, considérée par les historiens de l'économie comme la fin des « Trente Glorieuses » et du régime de croissance qui lui était associé, en raison d'une conjonction d'évènements (entrée dans une consommation de renouvellement et non plus d'équipement, choc pétrolier, introduction de nouvelles puissances économiques comme le Japon ou la Corée dans la compétition mondiale, etc.).

Dans une économie où la variété des produits et la flexibilité des systèmes de production deviennent des facteurs décisifs de compétitivité, le statut de l'« expérience » change alors inévitablement dans les théories du management : initialement vue come un moteur de croissance, elle devient un obstacle potentiel à la réactivité et la capacité à innover. William Abernathy lui-même a joué un grand rôle dans l'annonce de ce basculement, et dans la mise en évidence du besoin de réviser en conséquence les doctrines managériales. Quatre ans après son article fondateur sur les limites des courbes

[15] Du moins si l'on limite ce constat aux productions qui ont donné lieu à l'essentiel des études menées sur les courbes d'apprentissage, c'est-à-dire à la grande industrie américaine issue de la seconde révolution industrielle.

d'apprentissage, il publie sa grande étude sur l'industrie automobile, *The productivity dilemma: Roadblock to innovation in the automobile industry*[16] (Abernathy, 1978). Dans ce livre, il développe le propos de son article de 1974, en théorisant le « dilemme » représenté par l'hétérogénéité fondamentale des stratégies de recherche de l'efficacité par la standardisation et la répétition et des stratégies visant l'innovation produit. Il met en avant la nécessité de repenser les doctrines de gestion pour que les firmes soient capables de jouer sur les deux tableaux. En cela, il annonce ce qui sera conceptualisé plus tard comme la tension entre *exploitation* des connaissances accumulées et *exploration* de nouvelles connaissances, dans un autre article très célèbre de James March (1991), *Exploration and exploitation in organizational learning*. March reprendra l'idée d'Abernathy selon laquelle exploration et exploitation représentent des stratégies « mutuellement exclusives », en ce qu'elles se disputent des ressources rares, et procèdent de rationalités de nature radicalement différentes. Il reprendra également l'idée selon laquelle les stratégies d'exploitation (dans lesquelles on peut reconnaître sans peine les logiques de *learning-by-doing*) rendent l'exploration *vulnérable*, menaçant ainsi la compétitivité à long-terme des entreprises dans un contexte de changement et d'innovation soutenus. Cette conceptualisation marquera la naissance de la littérature consacrée à l'ambidextrie organisationnelle (Andriopoulos & Lewis, 2008; O'Reilly & Tushman, 2004; Raisch, Birkinshaw, Probst, & Tushman, 2009), et dont l'ambition est précisément de rechercher les moyens gestionnaires de surmonter le « dilemme de la productivité » identifié par Abernathy et reconceptualisé par March. La critique des *learning curves*, de leurs hypothèses fondatrices comme de leurs implications stratégiques, a donc, comme on peut le voir, joué un grand rôle dans la naissance de la littérature sur le management de l'innovation dans une économie considérée comme marquée par un régime d'« innovation intensive » (Le Masson et al., 2006).

c. Critique de la persistance dans le temps de l'expérience accumulée elle-même

Le premier registre critique que nous venons d'identifier reposait donc sur la remise en cause de la persistance de la *valeur* de l'expérience dans le temps dans une compétition économique où le *changement* technologique occupe une place sans cesse croissante, rendant l'expérience progressivement obsolète à mesure que « *le monde change* » (Hedberg, 1981). Le second niveau de critique procède d'une remise en question d'une autre nature, bien que conceptuellement relativement proche : **la remise en question de la persistance dans le temps *de cette expérience elle-même***. Dans le cas de l'obsolescence, l'expérience accumulée perd de sa valeur de façon *relative*, en référence à un contexte technologique changé par rapport auquel elle n'est plus en adéquation. Un autre courant de recherche va se demander si l'expérience accumulée peut se dégrader de façon *absolue*, c'est-à-dire si les connaissances peuvent se perdre, se dégrader, s'oublier. Ce sera la lignée des travaux consacrés à l'*organizational forgetting*.

La question de la dépréciation endogène des connaissances est donc conceptuellement différente de celle de leur obsolescence. Cette différence conceptuelle a été notamment suggérée par les économistes. C'est ainsi que Rosen (1975) propose de distinguer la *dépréciation* des connaissances et leur *obsolescence*, en posant que dans le cas de l'obsolescence, la dévaluation des connaissances provient de changements dans l'environnement ; alors que dans le cas de la dépréciation, elle trouve

[16] Traduction : « *Le dilemme de la productivité : le barrage à l'innovation dans l'industrie automobile* ».

son origine dans les dépositaires de la connaissance, c'est-à-dire dans le « capital humain », les travailleurs. Cette distinction sera reprise et approfondie par des économistes du travail, De Grip & Van Loo (2002) qui opposent une obsolescence *technique* à une obsolescence *économique* des compétences ou des savoir-faire ("*skills*") : « *l'obsolescence technique des compétences est due à des changements qui viennent des travailleurs. L'obsolescence économique est causée par des changements dans l'environnement de travail. L'obsolescence technique affecte donc le capital humain du travailleurs lui-même, alors que l'obsolescence économique affecte la valeur du capital humain des travailleurs* » (p. 2).
Outre qu'elles peuvent perdre de leur valeur, de leur pertinence, de leur utilité dans un contexte d'accélération du changement technologique, les connaissances accumulées par les travailleurs pourraient donc également se déprécier, s'« atrophier » (De Grip & Van Loo, 2002), indépendamment des évolutions de l'environnement, en raison cette fois de « changements » survenus dans le « capital humain » lui-même. C'est précisément cette hypothèse qui va être progressivement prise en considération par les théoriciens des courbes d'apprentissage, et les conduire à réviser leurs modélisations en intégrant le phénomène qui sera identifié comme « oubli organisationnel ».

Historiquement, ces révisions trouvent leur origine dans plusieurs travaux mettant en évidence le fait que certaines courbes d'apprentissage ne suivaient pas la trajectoire annoncée par les modèles mathématiques. Une recherche pionnière dans l'étude de ces « anomalies » fut celle menée par Baloff (1970) sur la gestion des démarrages de production ("*startup management*"). Il cherche à expliquer pourquoi certains lancements d'activité ne se traduisent pas par la hausse rapide de la productivité espérée, mais voient parfois celle-ci stagner, voire régresser dans le temps : « *tous les démarrages ne sont malheureusement pas "normaux". Certains dévient notablement par rapport à la trajectoire anticipée de croissance de la productivité* » (p. 132). L'apprentissage semble donc « s'interrompre », voire décroître, générant des récessions de productivité qui appellent des phases de « réapprentissage ». Baloff avance qu'une explication à ce type de phénomènes est à rechercher dans des « *modifications majeures des spécifications de conception des produits, et des changements abrupts dans les facteurs de production* » (p. 134).
L'incidence négative sur la productivité à court-terme des changements de design (donc de l'innovation) est pour Baloff un phénomène alors déjà identifié dans la littérature, puisqu'il cite plusieurs travaux en ayant apporté la preuve (Cochran, 1960; Conway & Schultz, 1959; Garg & Milliman, 1961). Mais l'impact de ruptures d'un autre genre non imputables à des changements techniques, telles que l'arrêt de la production, est alors nettement moins connu. Baloff montre pourtant que « *la discontinuité du fonctionnement de la production peut interrompre le démarrage, et provoquer de substantiels et coûteux phénomènes de réapprentissage lors des phases suivantes de fonctionnement* » (p. 135).
Baloff ne pousse pas très loin l'analyse, et se contente de préconiser aux planificateurs industriels de prendre connaissance de tels phénomènes et des risques associés. Il ne va pas jusqu'à en conclure la nécessité d'une révision des hypothèses fondatrices des courbes d'apprentissage. Pourtant, sa « découverte » contredit explicitement le postulat selon lequel le facteur principal de la croissance de la productivité est le nombre d'outputs *cumulés*, donc que l'accumulation d'expérience, l'apprentissage, sont des phénomènes *irréversibles* : ce qui est appris n'est plus à réapprendre.
À la même époque, d'autres travaux en ingénierie industrielle, relativement éparpillés et restés majoritairement sans suite, formulent des constats analogues à celui de Baloff. Keachie & Fontana

(1966) identifient ainsi « *un phénomène de désapprentissage* [*unlearning*] *entre des séries de production* », soulignant ainsi la nécessité de gérer « *le problème clé de l'intermittence de la production* » (p. 103) Cochran emploie lui le terme d'« oubli » (*forgetting*), phénomène qu'il a rencontré empiriquement, mais qu'il s'est avoué incapable d'intégrer dans sa modélisation : *« nous avons grossièrement estimé le coût de l'oubli, puisque nous ne disposions pas d'une méthode bien définie pour le faire, le problème n'ayant pas été pleinement reconnu* » (Cochran, 1968, p. 370). Cochran simplifie le problème en considérant que l'oubli replace simplement l'apprenant à un point plus haut sur la courbe, ce qu'il qualifie de « rétrogression ». Ceux qui se seront le plus approchés d'un véritable traitement théorique de la question seront Carlson & Rowe (1976) : ils proposent ainsi d'ajouter à la fonction d'apprentissage une fonction de décroissance ("*decay*"), qu'ils comparent aux pertes électriques observées dans les condensateurs. Mais, comme le souligne Bailey (1989), la conception de cette fonction de désapprentissage était, dans leur article, faiblement étayée.

Entre la fin des années 1950 et la fin des années 1970, la « recherche » sur l'oubli organisationnel se présente sous la forme d'un tout petit nombre de travaux, reposant pour l'essentiel sur des intuitions consécutives à des surprises ou des anomalies constatées empiriquement. Il n'existe pas de véritable programme de recherche sérieux sur le sujet. En conséquence, dans sa revue assez complète des recherches sur les courbes d'apprentissage datant de 1979, Yelle consacre un paragraphe assez laconique aux « interruptions dans la courbe d'apprentissage » et au « réapprentissage » associé (p. 308-309). Il résume ainsi : « *Des interruptions ou des discontinuités dans les courbes d'apprentissage surviennent généralement quand le design des produits change, ou dans le cas d'interruptions de la production d'un même produit. Ces interruptions conduisent à des pertes d'apprentissage de la part des opérateurs qui accomplissaient initialement les opérations* » (1979, p. 308). Mais la notion de *forgetting* n'y est pas reprise, et surtout les présupposés du *learning-by-doing* n'y sont pas remis en question.

Il faut attendre des recherches menées à la fin des années 1980 pour qu'un programme de recherche remette en cause formellement le postulat de la persistance indéfinie de l'expérience accumulée, postulat à l'origine du choix du nombre d'*outputs* cumulés comme moteur de l'apprentissage (et donc à l'origine du *« dominant design »* des courbes d'apprentissage). Cette remise en question se fondera à la fois sur une étude empirique approfondie dans le domaine de la construction navale (le cas de la production des *Liberty Ships* pendant la Seconde Guerre mondiale), et sur une des expériences psychologiques de laboratoire. Les deux études seront publiées dans la même revue, *Management Science*, à quelques mois d'intervalle : la recherche empirique par Argote, Beckman & Epple (1990), l'étude expérimentale par (Bailey, 1989). Argote *et al*. justifient ainsi leur démarche : « *le présupposé selon lequel l'apprentissage est associé au nombre cumulé d'outputs implique que l'apprentissage persiste dans le temps, mais il n'existe guère de preuves de l'étendue de ce cette persistance de l'apprentissage* » (p. 140). En référence aux travaux antérieurs que nous avons mentionnés dans les paragraphes précédents, ils écrivent ainsi que « *même lorsqu'il existe des preuves qu'un "oubli"* [*forgetting*] *ait pu intervenir dans une organisation, il est souvent fait l'hypothèse, dans la littérature sur les courbes d'apprentissage organisationnel, que cet apprentissage est cumulatif, qu'il persiste dans le temps, et ne fait pas l'objet d'une dépréciation. En réalité, la plupart des analyses empiriques de l'apprentissage dans les organisations reposent sur cette hypothèse, et utilisent par conséquent le nombre d'outputs cumulés comme mesure de l'apprentissage* » (p. 142).

Cet article signe le début d'un programme de recherche consistant, qui se poursuit encore aujourd'hui, et qui vise à tirer tous les enseignements possibles de la remise en question du présupposé de la persistance dans le temps de l'expérience accumulée. L'ensemble de ces travaux se dirigent dans deux directions principales : d'une part, ils visent à contribuer à la connaissance empirique, sur plusieurs types d'activité, des phénomènes de dépréciation des connaissances accumulées par la pratique (donc de l'oubli organisationnel) et au raffinement des modèles théoriques de l'apprentissage organisationnel que commande la prise en compte de ces phénomènes ; d'autre part, à identifier les causes et les mécanismes par lesquels l'oubli organisationnel peut survenir, en vue notamment d'aider les dirigeants à anticiper ces phénomènes.

Dans la partie qui suit (I. 2.), nous procèderons à une revue détaillée des principaux résultats qui se sont dégagés de ces travaux, en insistant en particulier sur l'identification des causes de l'oubli organisationnel. Toutefois, nous nous devons, avant de rentrer dans ces détails, de signaler que cette littérature est restée, malgré le développement d'un programme de recherche cohérent et fécond par quelques équipes, marginale par rapport à l'ensemble de la littérature sur l'apprentissage organisationnel et le management des connaissances. Comment interpréter le peu d'engouement des chercheurs pour cette thématique, que l'on peut *a priori* considérer comme importante pour les organisations ? Il semble nécessaire de lever cette « énigme ».

C. Réflexions sur la faible portée de la littérature sur l'oubli organisationnel : l'oubli est-il bon ou mauvais ?

Comme nous le disions en introduction de ce chapitre, les recherches sur le désapprentissage organisationnel constituent le parent pauvre de la très vaste littérature sur l'apprentissage organisationnel. Il est frappant de constater que beaucoup d'articles consacrés à l'oubli organisationnel s'étonnent de l'écart entre le peu d'intérêt accordé par leurs pairs à ce sujet et l'importance du phénomène pour les organisations contemporaines. Besanko, Doraszelski, Kryukov & Satterthwaite (2010) relèvent ainsi que « *l'oubli organisationnel a largement été ignoré par la littérature théorique, ce qui est problématique* » (p. 2).

Nous avions suggéré que sa partition en deux sous-littératures « faussement jumelles » (car conceptuellement proches mais contradictoires), celle sur le *unlearning*, et celle sur le *forgetting*, pouvait empêcher la structuration d'une véritable communauté de recherche. Certes, les efforts de Linda Argote et de son équipe ont contribué à dynamiser et à faire connaître davantage ce champ de recherche depuis les années 1990. Mais la croissance des publications qui a suivi au cours des décennies suivantes est à replacer dans un contexte de croissance exponentielle de la littérature gestionnaire en général, et de la littérature sur l'apprentissage organisationnel en particulier (Easterby-Smith et al., 2000; Easterby-Smith & Lyles, 2011a). La **figure 3** montre ainsi que, si la notion d'*organizational forgetting* a connu une expansion soutenue au cours des décennies 1990 et 2000, il en va de même pour celle d'*organizational learning*. Ainsi, malgré sa montée en puissance significative, le thème de l'oubli organisationnel ne représente ainsi qu'une proportion tournant autour de 1% de la littérature sur l'apprentissage organisationnel.

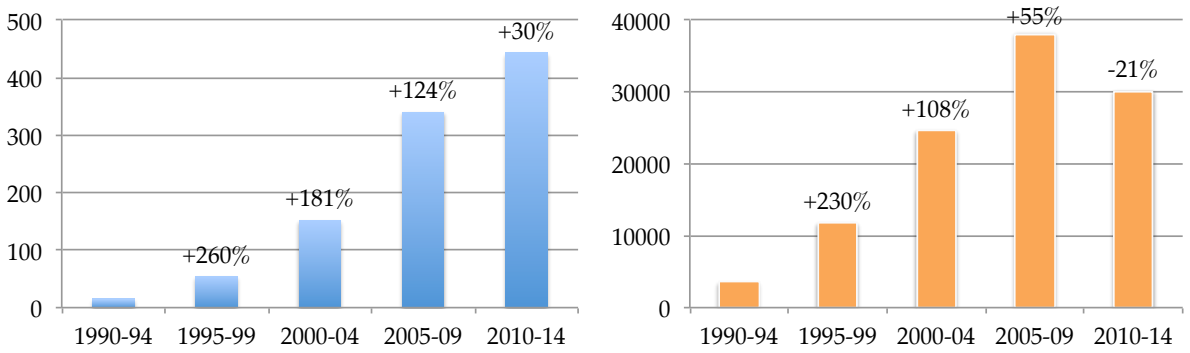


Figure 3 : Nombre de publications mentionnant l'*organizational forgetting* (en bleu) et l'*organizational learning* (en orange), par période de cinq ans (données : Google Scholar)

Ce fait intrigue. En premier lieu, comment expliquer que, pendant l'« heure de gloire » des courbes d'apprentissage et du *learning-by-doing* au cours des décennies 1960 et 1970, le phénomène inverse ait pu susciter aussi peu d'intérêt, et qu'il ait fallu attendre la fin des années 1980 pour qu'il devienne un véritable objet de recherche ? L'hypothèse que nous pouvons formuler est que, durant cette période initiale, la grande *stabilité* du monde économique prévenait de fait l'apparition du phénomène lui-même, le rendant ainsi rare. Nous l'avons vu, le *learning-by-doing* est rendu possible lorsque des conditions de continuité sont réunies : continuité technologique, continuité du capital humain, continuité des flux de production. Ces conditions étaient largement réunies au cours des « Trente Glorieuses », ce qui explique que, durant cette période, les quelques chercheurs qui rencontraient dans leurs observations empiriques des phénomènes d'inversion (ou de « rétrogression ») des courbes d'apprentissage pouvaient y voir un phénomène négligeable. Les travaux de cette époque que nous avons cités (Carlson & Rowe, 1976; Cochran, 1968; Keachie & Fontana, 1966) montrent que ces chercheurs y ont vu une curiosité, mais n'ont pas jugé nécessaire de l'étudier plus profondément et de réviser en conséquence leurs hypothèses fondamentales.

Mais comment expliquer que, dans les décennies suivantes, alors que les chercheurs en management ont acquis une conscience aiguë de la montée des instabilités et des discontinuités de toutes sortes (conjoncturelle, compétitive, technologique : on ne compte pas les publications en gestion qui commencent en expliquant que les entreprises évoluent aujourd'hui dans un environnement « dynamique », « turbulent », « instable » ou « incertain »), le phénomène d'*organizational forgetting*, qui est précisément la conséquence de discontinuités, n'ait pas rencontré un écho plus large ? Un chercheur en sciences politiques, Christopher Pollitt, s'en est également étonné, et a tenté de l'expliquer. Commençant par rejoindre le constat que, « *alors qu'il existe une littérature croissante sur l'apprentissage organisationnel, elle n'est pas accompagnée par un travail substantiel sur l'oubli organisationnel* » (Pollitt, 2009, p. 198), il se propose ensuite d'en éclairer la cause. Sa thèse est iconoclaste. Pour lui en effet, les doctrines du management sont littéralement obsédées par l'idée du « changement radical » (p. 207) : « *depuis des années maintenant, les livres de management grand public ont rempli les rayons des librairies d'aéroport en promettant des "ruptures", des "transformations". L'image centrale du genre est celle du PDG inlassablement innovant, visionnaire, qui saisit toutes les opportunités pour projeter son entreprise dans le futur* » (p. 207). Cette vulgate s'accompagnerait selon lui d'une véritable « hostilité » ou d'un « mépris » à l'égard du passé : « *le passé ne devient rien d'autre qu'une source de*

contraintes, de pratiques et d'organisations rétrogrades, de cultures conservatrices » (ibid.). Cette disposition s'expliquerait par la transformation du rapport au temps qui caractériserait nos sociétés contemporaines. S'appuyant sur l'ouvrage de la sociologue autrichienne Helga Nowotny, *Time: the modern and postmodern experience* (Nowotny, 1994), Pollitt énonce que nos sociétés sont travaillées par une tendance fondamentale à la « compression du temps », et que nous nous vivrions comme enfermés dans un « présent étendu ». Cette transformation culturelle impliquerait ainsi que « *le capitalisme demande une innovation incessante, une consommation incessante, et la destruction ou le rejet des biens, des services, et des idées obsolètes* » (p. 209).

Cette analyse du primat de principe du nouveau sur l'ancien, systématiquement renvoyé à l'« obsolète », rejoint dans une large mesure les thèses développées récemment par Gilles Lipovetsky à propos de l'« intensification hyperbolique » du présent qui caractériserait l'« hypermodernité » (Lipovetsky, 2004, 2006). Mais on doit surtout la rapprocher des thèses formulées par le sociologue de l'École de Francfort, Hartmut Rosa, dans son ouvrage *Accélération, une critique sociale du temps* (Rosa, 2010). Rosa développe un projet philosophique extrêmement ambitieux : il vise en effet un déplacement de la théorie critique, en proposant un nouveau « moteur » explicatif de la dynamique sociale. Il suggère ainsi de substituer à la dialectique marxiste des forces productives et des rapports de production celle des « forces d'accélération » (forces s'appliquant à l'innovation technique, au changement social et familial, et au rythme d'existence) et des *institutions* vouées à disparaître dès lors qu'elles constituent un frein, un obstacle à ces forces. Ces institutions ont, pour Rosa, historiquement été construites précisément pour « ralentir » le social, pour protéger les individus des effets perturbateurs de l'accélération en leur offrant repères et fixités : c'est le cas de l'État, de la famille ou du travail, institutions qui sont précisément, à notre époque, sommées de toutes parts, de se « transformer », de « s'adapter » pour suivre le mouvement de l'accélération générale[17]. Or, c'est justement autour de cette critique des institutions *en tant que « points fixes »*[18] que s'est construite, d'après Luc Boltanski et Ève Chiapello dans *Le Nouvel Esprit du Capitalisme* (1999), la vulgate constitutive de ce qu'ils appellent le « nouvel esprit du capitalisme », dont le point de fuite est un éloge perpétuel de la flexibilité, de la réactivité, de l'inventivité, du nomadisme, du risque, et plus généralement de toute forme de changement.

On pourrait relire l'histoire récente des théories du management à la lumière de ces hypothèses (sans nécessairement adhérer sans réserves à celles-ci) sur ce qui serait l'« esprit » de notre époque. Certaines théories ayant rencontré une large audience semblent précisément fondées sur le postulat que l'expérience (donc l'héritage du passé) représente un obstacle potentiel au jaillissement de la nouveauté : n'est-ce pas ce que nous disent en substance, les théories de la "*path dependency*" (W. B. Arthur, 1994; Mahoney, 2000) ou des "*core rigidities*" (Leonard-Barton, 1992), qui ont connu un grand

[17] Cette transformation des institutions a été théorisée par Luc Boltanski dans un de ses ouvrages récents, *De la critique* (Boltanski, 2009) en termes de « domination complexe » ou « domination *gestionnaire* », par opposition à la « domination simple » qui caractérisait les institutions historiques. En régime de domination simple, la nature des institutions était de « *contenir le changement pour maintenir la réalité* », alors qu'en régime de domination complexe, elles « *reconnaissent le changement permanent du monde, et s'y appuient pour en modifier continuellement les contours* », en usant d'une rhétorique énonçant que « *le changement est inévitable, donc il est nécessaire de le vouloir et de l'anticiper pour ne pas le subir* » (Stempak, 2010).

[18] Cette critique des institutions puisant, toujours pour Boltanski et Chiapello, ses racines « philosophiques » dans la « critique artiste » de l'ordre social à l'œuvre chez les penseurs de la *French Theory*, au premier rang desquels Deleuze et Foucault, qui « *critique[nt] de tout ce qui était dénonciable en tant que* ***point fixe****, susceptible de faire référence, soit, par exemple, l'État, la famille, les Eglises et plus généralement toutes les institutions, mais aussi les maîtres (à penser), les bureaucraties, les traditions [...] et les eschatologies [...]* » (Boltanski & Chiapello, p. 220-221).

succès en management stratégique et en gestion de l'innovation ? Plus près de nos objets de recherche, il est remarquable que ce soit ce postulat qui fonde également la littérature sur l'*organizational unlearning*. Newstrom définit ainsi le désapprentissage comme « *le processus de réduction ou d'élimination des connaissances ou des habitudes préexistantes, qui représenteraient sinon de redoutables barrières à l'apprentissage* » (Newstrom, 1983). Anand, Manz & Glick (1998) écrivent quant à eux que « *la mémoire existante peut représenter un frein plutôt qu'une aide* » (p. 806), alors que Crossan, Lane & White (1999) estiment que « *le savoir institutionnalisé (ce qui a déjà été appris) gêne l'assimilation de nouveaux apprentissages* » (p. 533). C'est pourquoi les entreprises doivent « apprendre à désapprendre » si elles veulent survivre dans un environnement dynamique (Lyles, 1988).

Mais si l'expérience est entourée d'une telle suspicion, comment accorder de l'importance à l'oubli ? En effet, là où domine l'impératif catégorique du changement perpétuel, l'oubli (donc le décollement vis-à-vis de la mémoire, de l'expérience héritée du passé), même involontaire, ne peut pas représenter un problème, bien au contraire : il est une opportunité, une aubaine pour le changement. C'est pourquoi on a pu voir se développer une rhétorique de l'éloge de l'oubli organisationnel. En 1994, le célèbre « gourou » du management Tom Peters (auteur du *Prix de l'Excellence* avec Robert Waterman), écrit un article intitulé *To forget is sublime* (Peters, 1994), dont les arguments en faveur de l'oubli organisationnel seront repris dans son livre *The Circle of Innovation* (Peters, 2010). Dans un article intitulé *In praise of Organizational Forgetting* (Easterby-Smith & Lyles, 2011b), les auteurs résument les arguments en faveur et en défaveur de l'oubli organisationnel, consignés dans la **figure 4** ci-dessous :

Table 1. Pros and Cons of Organizational Forgetting

Perspective	Benefits of forgetting	Dangers of forgetting
Cognitive	Enables disruptive innovation Legitimizes adaptation and localization of knowledge transferred from one unit to another	Loss of important technical and managerial knowledge Reduction in overall competency
Behavioral	Reduces grip of outdated practices Helps change and renewal Functions as a potential dynamic capability	Helps people avoid recognition and accountability for mistakes Reduces ability of the organization to learn from past errors
Social	Reduces loss of morale following failure Reduces ties and obligations	Disturbs personal networks Produces loss of identity

Figure 4 : Dangers et bénéfices de l'oubli organisationnel pour Easterby-Smith & Lyles (2011b)

Dans ce contexte, on peut mieux comprendre les raisons pour lesquelles les travaux consacrés à la compréhension des phénomènes d'oubli involontaire ont rencontré un écho très limité dans la littérature sur l'apprentissage organisationnel. Ceux-ci sont en effet fondés sur un postulat implicite de *persistance dans le temps de la valeur de l'expérience accumulée* par les organisations, qui s'inscrit en rupture par rapport au primat du changement, de l'adaptation et de l'innovation, considérés comme valeurs suprêmes dans un environnement lui-même en mouvement constant.

Nous considérons qu'il est préférable de se tenir à distance de conceptions « totalisatrices » (Hatchuel, 2001) des valeurs respectives de l'expérience et de l'oubli organisationnel, conceptions qui procèdent de *métaphysiques* non acceptables pour le chercheur (métaphysique du changement ou métaphysique de la continuité). Nous pensons ainsi que la valeur de l'expérience n'est jamais que relative à une problématique et à un contexte donnés. Toutefois, nous pouvons émettre l'hypothèse (qui demanderait à être vérifiée) que, dans le cas de la littérature en management, une certaine tendance à

la surestimation des bénéfices de la nouveauté fait peser le risque d'une sous-estimation des risques associés à la perte de l'expérience.
Nous verrons ainsi, dans les parties qui suivent, qu'il est des types d'activités pour lesquels la perte de connaissances accumulées dans le temps est éminemment dysfonctionnelle, et ne saurait en aucun cas être considérée comme une « opportunité », mais bien comme un risque à reconnaître et à prendre en charge : c'est le cas de l'univers du nucléaire, et en particulier de la conception des réacteurs, où les impératifs de sûreté et de fiabilité réclament une attention indispensable à l'expérience accumulée (ce qui ne signifie pas, loin de là, que cet univers d'activité soit pétrifié et dépourvu de la moindre innovation). Mais aussi parce que la conception de réacteurs nécessite des temps d'apprentissage individuels et collectifs particulièrement longs, et que de ce fait, des séquences d'oubli massif pourraient engendrer des *phases de réapprentissage* au coût potentiellement exorbitant, du fait de l'impossibilité de pouvoir *capitaliser* sur les « investissements en apprentissage » consentis antérieurement.

C'est pourquoi nous considérons qu'il est pertinent de nous arrêter sur la compréhension des mécanismes d'oubli organisationnel, et d'en rechercher en particulier les principaux facteurs de causalité. Dans la partie suivante, nous procédons à une revue de ces facteurs tels qu'ils ont été identifiés par la littérature en question. Cela nous amènera à réfléchir à la possibilité d'une transposition de ces résultats à des types d'activités jusqu'ici quasiment laissés en jachère par cette littérature, et donc à mettre à jour certaines des limites actuelles de celle-ci.

II. Les causes multiples de l'oubli organisationnel : recension des facteurs

Comme nous l'avons mis en évidence plus haut dans ce document, la littérature sur l'oubli organisationnel s'est construite en écho à la recherche sur les courbes d'apprentissage. Elle s'est initialement développée pour expliquer certaines « anomalies » constatées empiriquement dans le comportement de ces courbes, ce qui l'a progressivement conduite à réviser certaines des hypothèses fondatrices de l'approche dite de l'« apprentissage par la pratique », à savoir la persistance dans le temps de l'expérience, et donc le choix du nombre d'outputs cumulés comme critère unique de mesure de celle-ci. La considération de la littérature nous montre que cette révision s'est initialement opérée sur la base d'un nombre extrêmement ramassé de cas empiriques. En particulier, elle s'est basée sur l'étude de la production de cargos de l'armée américaine pendant la Seconde Guerre mondiale, les *Liberty Ships*, et sur celle de la production par l'avionneur américain Lockheed d'un long-courrier triréacteur, le *L-1011 TriStar*, pendant les années 1970. Notons d'emblée qu'il s'agit d'activités fortement analogues (assemblage à l'unité de gros produits complexes), nous y reviendrons plus tard. Ces deux cas ont donné lieu chacun à plusieurs publications de la part d'auteurs différents (Argote et al., 1990; Argote & Epple, 1990; Benkard, 2000; Thompson, 2007). Ces deux cas ont ainsi fourni la « matière première » des investigations empiriques pionnières du phénomène d'oubli organisationnel.

Illustration : Un exemple de *Liberty Ship* (à gauche) et de *L-1011 TriStar* (à droite)

Ces deux cas constituent en particulier la base de l'article fondateur de Argote et al. (1990), qui a essentiellement consisté en la remise en cause du fait que le nombre cumulé d'outputs était une inférence fiable du niveau de connaissances disponibles. Le cœur de l'article est donc consacré à la construction d'une fonction d'apprentissage alternative, introduisant un facteur de dépréciation de l'expérience λ qu'il s'agit d'estimer. Cette fonction est basée sur les données relatives à la construction des *Liberty Ships*, puis testée sur le cas du Lockheed L-1011 *TriStar*, ce qui permet de montrer que le phénomène de dépréciation n'est pas spécifique à la construction de bateaux mais peut se retrouver dans d'autres productions, et d'autres circonstances. Dans la discussion de ces résultats, Argote *et al.* envisagent la question des causes possibles de cette dépréciation, en précisant que des investigations supplémentaires pourraient permettre de tester empiriquement les facteurs de causalité. Mais d'emblée, il est clairement identifié que les facteurs potentiels de dépréciation sont les suivants (auxquels les travaux ultérieurs n'apporteront pas d'élément supplémentaire) :

- l'érosion des connaissances sous l'effet du temps et de leur non-utilisation liée à un arrêt ou un ralentissement de l'activité ;
- le *turnover* ;
- le manque ou l'inadéquation des dispositifs d'inscription ou de formalisation des connaissances acquises ("*inadequate organizational records*", p. 151) ;
- l'obsolescence technologique.

Dans un premier temps, nous reviendrons donc sur la révision des modèles d'apprentissage proposée pour tenir compte de la dépréciation de l'expérience accumulée, et donc du caractère érosif des connaissances détenues par une organisation. Mais, pour expliquer la raison de cette érosion, la littérature a dû sensiblement modifier sa posture épistémologique par rapport à la notion d'expérience : il ne s'agissait plus d'appréhender l'expérience indirectement, à travers l'accumulation des actions répétées, mais directement en tant que telle. Nous verrons donc que la littérature sur l'oubli organisationnel a progressivement cherché à développer une conceptualisation des « modes d'existence » de l'expérience collective, condition préalable à la compréhension des causes de sa dépréciation. Ainsi, la littérature sur l'oubli a logiquement « fusionné » avec les travaux naissants sur la notion de « mémoire organisationnelle », qui a pour objet l'étude des capacités et des modalités de rétention de l'expérience dans les collectifs organisés (Casey & Olivera, 2011). La première conceptualisation explicite de la mémoire organisationnelle remonte à Walsh & Ungson (1991), même si les fondations en ont été posées par Levitt & March (1988), et plus généralement par le courant comportementaliste de l'apprentissage, qui insiste largement sur les « routines » et les dispositifs

d'extériorisation (formalisation, codification,…) de l'expérience et des connaissances accumulées. Ainsi, il apparaîtra qu'il existe deux principaux « modes d'existence » de l'expérience organisationnelle, un mode intérieur aux individus et un mode extérieur (formalisé), qui posent la question des modalités de l'oubli organisationnel de façon distincte, mais qui sont étroitement liés l'un à l'autre. Nous reviendrons enfin rapidement sur la question de l'obsolescence, en montrant la difficulté conceptuelle que pose son rattachement à la littérature sur l'oubli et la dépréciation des connaissances.

1. Le passage du temps et les interruptions ou changements de rythme de production : la reconnaissance du caractère érosif de l'expérience

Les travaux précurseurs de l'oubli organisationnel (qui n'utilisaient pas systématiquement ce concept) pointaient, comme nous l'avons vu précédemment, le fait que des interruptions de production conduisaient à des baisses de productivité : au moment de redémarrer l'activité, la productivité s'avérait inférieure à ce qu'elle était avant l'interruption, celle-ci ne retrouvant son niveau initial qu'au bout d'un certain temps. Hirsch (1952) l'a mis en évidence dans le cas de productions interrompues par des grèves, d'autres travaux ont envisagé d'autres causes d'interruptions, comme des problèmes techniques (Baloff, 1970). Plusieurs travaux par ailleurs ont cherché à chiffrer le coût de ces interruptions : c'est le cas de Carlson & Rowe (1976) ou Anderlohr (1969). Ces travaux annonçaient donc la fin du « mythe » de l'apprentissage comme processus indéfiniment cumulatif et positif, qui allait être enterré avec les recherches d'Argote sur le *Liberty Ship* et le L-1011 *TriStar*.

L'innovation théorique principale de ces recherches a consisté à affirmer qu'une expérience récente « vaut » davantage qu'une expérience ancienne, donc que la valeur d'une connaissance acquise à un moment donné à travers l'expérience de la production décroît progressivement dans le temps, selon des modalités et une intensité qui restent alors à préciser. Argote a mis ce phénomène en évidence à partir des informations disponibles sur la production des *Liberty Ships* (Argote et al., 1990), puisque celles-ci comprenaient à la fois des données sur le nombre cumulé d'outputs, sur la productivité, mais aussi des indications temporelles sur les unités produites, ainsi que sur les facteurs de production (entrées et sorties de personnel notamment). Ces données ont permis de pondérer l'expérience accumulée antérieurement d'un coefficient λ de persistance de l'expérience, qui représente le taux de dépréciation de l'expérience d'une période temporelle (le mois) sur la suivante (si λ=1, alors d'un mois sur l'autre, l'intégralité des connaissances accumulées antérieures est maintenue ; si λ=0, elle est totalement annulée, et le savoir doit être intégralement reconstitué pour produire la nouvelle unité à cette date). Là où les travaux « classiques » sur les courbes d'apprentissage font l'hypothèse implicite d'un λ=1, Argote montre que cette hypothèse est parfaitement intenable pour le cas des *Liberty Ships*, et trouve un λ autour de 0,75.

Un taux de dépréciation de 0,75 représente une érosion très puissante des connaissances accumulées d'une période sur l'autre : comme l'expliquent Argote *et al.*, « *une valeur de 0,75 implique que, d'un stock de connaissances disponibles au début de l'année, il n'en restera que 3,2 % (=0,75^{12}) en fin d'année. Ainsi,* ***si le***

stock de connaissances n'est pas renouvelé *[replenished]* ***par la poursuite de la production****, il se déprécie très rapidement* » (Argote et al., 1990, p. 146). Ce phénomène d'érosion renverse la représentation classique de l'apprentissage : des économistes (Besanko et al., 2010) considèrent que la mise en évidence de la dépréciation des connaissances appelle à se représenter un *apprentissage « net »* comme la résultante de deux forces contradictoires : l'accumulation et la dépréciation. Ils suggèrent, pour se représenter ce phénomène, la métaphore de la « *descente d'un escalier mécanique montant. À mesure que les firmes vendent suffisamment de produits de telle sorte que les gains en savoir-faire surpassent les pertes de savoir-faire associés à l'oubli, elles descendent leur courbe d'apprentissage, et leur coût marginal décroît* » (p. 2). Il ne suffit donc pas simplement d'accumuler de l'expérience pour apprendre : il faut que cette accumulation soit suffisamment forte pour contrecarrer les effets érosifs de l'oubli organisationnel. Donc que l'organisation produise à un rythme qui ne ralentit pas, ou très peu. C'est donc cette nécessité d'un renouvellement continu du « stock » de connaissances au moyen d'un flux d'activité continuel qui peut expliquer certaines « rétrogressions » de productivité constatées lorsque le rythme d'une production s'arrête ou ralentit fortement.

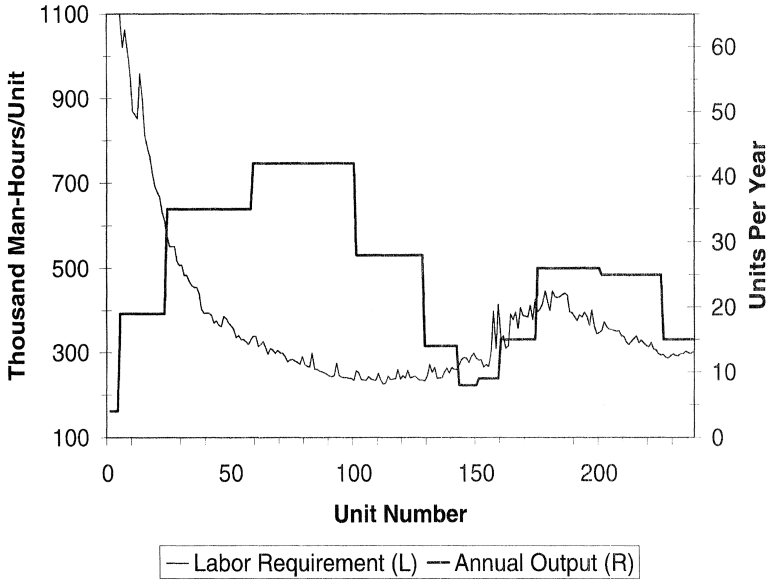


Figure 5 : Heures de main d'œuvre nécessaires pour une unité produite du *L-1011 TriStar* (source : Benkard, 2000)

Par exemple, on peut voir, à partir des données fournies par Benkard (2000) sur la production du L-1011 TriStar de Lockheed (**figure 5**), l'incidence du fort ralentissement de la production survenu consécutivement à une grève des syndicats de l'aéronautique en 1977 (dont l'effet se traduit, sur le graphique, par la chute brutale de la courbe du nombre d'unités/an), qui a donné lieu à une réversion de la courbe d'apprentissage à partir de l'unité 112. Ce qui invite à prendre en considération non pas seulement le volume cumulé des productions mais également le *rythme* de la production dans l'approche de ce qui constitue l'« expérience » d'une organisation productive.

Mais de même que l'augmentation du nombre cumulé d'*outputs* n'expliquait rien en tant que tel quant aux processus d'apprentissage en jeu dans le cas du *learning-by-doing*, le seul ralentissement/arrêt de la production ne peut être tenu pour une véritable *cause* de l'oubli organisationnel. Et il ne suffit pas

de rajouter un coefficient de dépréciation à l'expérience accumulée pour expliquer les mécanismes sous-jacents. C'est pourquoi les travaux menés sur les réversions de courbes d'apprentissage ont, inévitablement, suscité des interrogations et des conjectures sur la façon dont l'expérience est concrètement portée, incarnée, inscrite au sein des organisations. Donc sur la « substance », sur les « modes d'existence » de cette notion particulièrement intangible qu'est l'expérience, d'autant plus quand on cherche à la saisir à un niveau méta-individuel.

2. Des « modes d'existence » de l'expérience : mémoire individuelle, mémoire organisationnelle et incidence de la rotation des effectifs

Comment comprendre l'existence de ce λ qui dégrade l'expérience à mesure que le temps passe et que celle-ci n'est pas entretenue par un flux d'activité régulier ? Pourquoi une interruption d'activité entraîne-t-elle une baisse de productivité au moment du redémarrage dans certains types d'activité ? Benkard (2000) relie ces phénomènes à la nature des activités ayant donné lieu aux travaux sur l'oubli organisationnel, à savoir la construction d'avions, la construction de bateaux, ainsi que des franchises de services de restauration (Darr, Argote, & Epple, 1995), dont les caractéristiques communes expliquent qu'elles soient particulièrement sujettes à la dépréciation des connaissances : « *les produits sont intensifs en travail* [labour intensive], *l'apprentissage survient principalement au niveau du travailleur individuel, et les trois connaissent des niveaux élevés de rotation du personnel* [*turnover*] » (Benkard, 2000, p. 1053). L'oubli est donc ici replacé dans son lien étroit avec la « matière » humaine qui compose les organisations productives : si certaines organisations oublient, c'est parce que le principal « lieu » où elles « stockent » l'expérience et les connaissances accumulées est la mémoire individuelle.

A. L'oubli au niveau individuel

Cette dépendance à l'égard de la mémoire individuelle expose les organisations à un premier risque : le risque **de perte de mémoire au niveau individuel**. Les travaux en gestion sur l'oubli organisationnel font en conséquence référence à la littérature psychologique sur les « courbes d'oubli » observées expérimentalement chez les individus pour expliquer l'existence de dépréciations « pures », c'est-à-dire survenues en l'absence de tout autre paramètre explicatif. La recherche psychologique sur l'oubli individuel est d'ailleurs très ancienne, aussi ancienne que celle sur l'apprentissage comme le soulignent Averell & Heathcote (2011) : « *la recherche d'une description quantitative générale de la "courbe d'oubli", la fonction non-linéaire rendant compte de la probabilité observée de la rétention et le décalage ou délai par rapport au moment du test est l'un des problèmes les plus anciens de la psychologie expérimentale […] mais un siècle de recherche n'a pas suffi à entraîner un consens scientifique à ce sujet* » (p. 1). Les auteurs pionniers dans cette recherche sont d'ailleurs les mêmes que ceux ayant travaillé sur les courbes d'apprentissage[19]. On retrouve parmi eux Ebbinghaus (1885), Thorndike (1913), mais aussi Finkenbinder (1913) ou McGeoch (1932).

[19] La différence principale de la littérature gestionnaire, industrielle et économique sur l'apprentissage par rapport à l'apprentissage psychologique réside dans le creux d'un demi-siècle qui sépare la « découverte » de

En réalité, la plupart des travaux gestionnaires sur l'oubli n'opérationnalisent pas ces recherches psychologiques, et se contentent de les évoquer fugacement à l'appui de leurs hypothèses, sans les intégrer véritablement dans leurs modèles, à l'exception notable de Bailey (1989). Nous devons toutefois noter que quelques travaux plus récents en psychologie expérimentale ont permis de combler, un peu, ce fossé entre l'approche organisationnelle de l'oubli et les processus psychologiques concrets qu'ils impliquent, en étudiant les phénomènes de rétention et d'oubli de compétences en contexte professionnel et en recherchant l'incidence du niveau de complexité des tâches à exécuter (Nembhard, 2000; Nembhard & Uzumeri, 2000). Malgré tout, les travaux en gestion sur l'apprentissage et l'oubli organisationnels ne s'intéressent qu'assez peu aux processus psychologiques concrets associés à l'oubli, comme du reste ils n'ont jamais accordé qu'une importance limitée à ceux associés à l'apprentissage, l'analyse portant sur le niveau collectif, méta-individuel. L'important était d'identifier les variables organisationnelles ayant une incidence sur la capacité du collectif et sur la performance : l'apprentissage n'a jamais été étudié pour lui-même, mais appréhendé en tant que variable intermédiaire entre des *inputs* organisationnels des niveaux de performance observables.

- **La question du *turnover***

En réalité, ce risque associé à la perte d'expérience et de connaissances par les individus qui en sont dépositaires dans le cas de productions de type *labour intensive* (que Benkard qualifie d'« oubli littéral ») se manifeste rarement seul, et s'accompagne le plus souvent du risque associé au remplacement de ces travailleurs expérimentés par d'autres qui le sont moins, autrement dit au **risque du *turnover***, pour la simple raison que ce risque de perte « littérale » se manifeste en situation d'interruptions longues d'activités, et qu'il est rare qu'au terme de ces interruptions les effectifs restent identiques (que ce soit en raison de licenciements, de départs volontaires, de mobilités, etc.). Cette intrication étroite des deux phénomènes a posé initialement un problème méthodologique important dans les travaux cherchant à mettre en évidence l'ampleur et les causes de l'oubli : une difficulté à « démêler les fils » des causes enchevêtrées, à établir la part respective du « strict » oubli individuel et du *turnover* dans la baisse de la productivité. Pour cela, les chercheurs ont dû étudier la corrélation entre baisse de performance et niveau de *turnover*, et les résultats se sont avérés assez faiblement concluants. Comme l'expliquent López & Sune (2013), « *il est difficile d'isoler les effets du turnover des autres facteurs qui ont une influence sur la productivité* » (p. 40).

Le lien entre *turnover* au sein d'une organisation productive et son niveau de compétence collective et de performance reste donc à ce jour, de façon surprenante, une question très peu étudiée. Comme l'expliquent Rao & Argote (2006) ainsi que Ton & Huckman (2008), il existe une très vaste littérature managériale sur le *turnover*, mais celle-ci se concentre majoritairement sur les *causes* du phénomène au détriment de ses *conséquences*. Et lorsqu'il est envisagé sous l'angle de ses effets, ceux qu'il produit sur l'apprentissage ou les connaissances ne sont que très rarement évoqués, à quelques contre-exemples près (Carley, 1992), et donc encore moins sous l'angle de ses effets négatifs. L'impact positif du

l'apprentissage organisationnel de celle de l'oubli organisationnel. Pour les psychologues en effet, les deux phénomènes semblent avoir été considérés d'emblée comme indissociables, et les objets de recherche sont nés de façon concomitante : étudier l'apprentissage impliquait nécessairement d'étudier l'oubli, et réciproquement. La lenteur des gestionnaires et des industriels à suivre la même voie est un fait qui ne laisse de nous interpeller vivement.

turnover pour l'apprentissage et l'innovation a été plusieurs fois étudié et souligné, partant du principe qu'un apport de ressources « vierges » de l'héritage organisationnel facilitait les processus de rupture (Easterby-Smith & Lyles, 2011a). Dans sa modélisation de l'articulation entre exploration et exploitation, March (1991) a souligné la complexité et l'ambiguïté des effets du *turnover*. Il a montré qu'un niveau élevé de *turnover* produisait une « exploitation inadéquate », ce qui semble aller dans le sens d'un impact négatif de type oubli organisationnel. Il a cependant mis en avant le fait qu'un niveau modéré de *turnover* facilitait l'exploration et la génération de nouvelles connaissances, du fait qu'un afflux entrant de ressources moins « expertes » contribuait à la diversification du *pool* de connaissances d'une organisation donnée (p. 80).

Quelques travaux récents ont pu, néanmoins, permettre de combler partiellement cette méconnaissance des liens entre *turnover* et oubli organisationnel. En particulier, les expériences « en chambre » menées par Argote (Argote & Ren, 2012; Rao & Argote, 2006) ont permis d'apporter la démonstration d'un élément très significatif. Elles ont en effet montré que les perturbations générées par du *turnover* ne devaient pas simplement se comprendre en termes de connaissances individuelles « emportées » avec eux par des sortants et qui viendraient à manquer, mais également en termes de rupture de *relations*. Rao et Argote citent l'exemple des équipes de sports collectifs, et font référence à des travaux ayant montré que « *le nombre de nouveaux joueurs dans une saison donnée a un effet négatif sur la performance en fin de saison* » (2006, p. 78)[20], en raison de l'importance et du caractère largement informel et expérientiel des relations interpersonnelles, des interactions et de la coordination. Des résultats comparables ont été observés dans d'autres univers d'activités comme des agences d'intérim ou des usines de tuyaux (*ibid.*).

C'est ainsi qu'Argote a progressivement cherché à articuler l'expérience et la dimension collective, en conceptualisant notamment les « systèmes de mémoire transactionnelle » (TMS : *transactive memory systems*), considérés comme une « micro-fondation » de l'apprentissage organisationnel et de la construction de compétences collectives, ce qui représente une voie de recherche intéressante en vue d'opérationnaliser ces notions, de compléter les inférences statistiques par des approches processuelles. La notion de « mémoire transactionnelle » est issue de la psychosociologie. Elle a été introduite par Wegner (1987), puis reprise par la suite (Hollingshead, 1998). On peut résumer ce qu'est un système de mémoire transactionnelle en disant qu'il s'agit d'un système *efficient* et *intelligent* de connaissances *partagées* (donc communes à certains ou à tous les membres du système) et *distribuées* (donc complémentaires). Intelligent parce qu'à la connaissance par chacun de sa « part » de connaissances du système s'ajoute la connaissance de « qui sait quoi ». Pour Argote, on reconnaît l'existence d'un tel système au fait que les connaissances sont adéquatement distribuées (équilibre optimal entre spécialisation et partage), que les agents ont confiance dans le savoir des autres, et qu'ils parviennent à se coordonner efficacement (Argote & Ren, 2012). La notion de système de mémoire

[20] Dans le monde du football professionnel, il est de connaissance commune que la domination du Football Club de Barcelone sur les compétitions européennes depuis le milieu des années 2000 peut en grande partie s'expliquer par la grande stabilité de l'ossature de son équipe-type (dont le fameux milieu de terrain Messi, Iniesta, Xavi, Busquets), et plus encore par le fait que, contrairement à la pratique désormais courante de changements de clubs réguliers, nombre de ces grands joueurs ont choisi de passer *toute* leur carrière au club, depuis les équipes de jeunes jusqu'à l'équipe professionnelle. Ce qui aurait permis à ces joueurs de développer un très haut niveau d'ajustement mutuel informel (on dit souvent ainsi qu'ils « se trouvent les yeux fermés ») ce qui permet au club d'asseoir sa domination sur la qualité de passe et une forte culture tactique commune. On pourrait donc relire le succès du Barça, mais aussi d'autres grands succès de l'histoire du football (celui de Manchester United par exemple) à la lumière des théories sur les « systèmes de mémoire transactionnelle ».

transactionnelle est considérée par Hecker (2012), dans sa revue de littérature sur la dimension collective du savoir ("*collective knowledge*") dans les théories du management comme le cadre analytique existant le plus fécond pour penser ce concept difficilement saisissable. Elle n'est d'ailleurs pas très éloignée de la notion de « *collective mind* » proposée par Karl Weick pour analyser les phénomènes psychosociologiques à l'œuvre dans les organisations dites à « haute fiabilité » ("*highly reliable organizations*", HRO), c'est-à-dire devant minimiser à l'extrême la probabilité de survenue d'erreurs, comme c'est le cas du pilotage d'avions (Weick & Roberts, 1993). Dans ce cadre conceptuel des systèmes de mémoire transactionnelle, le caractère *expérientiel*, c'est-à-dire forgé par l'action et hérité, des connaissances est très explicitement suggéré par l'emploi du terme de *mémoire*[21] : le développement des « savoirs sur le savoir des autres » est celui qui est le plus dépendant d'un certain état des *relations* entre agents, et d'un certain degré de stabilité de ces relations (nous faisons ici référence à l'axiomatique d'inséparabilité Savoirs/Relation, dite S/R, proposée par Hatchuel comme noyau conceptuel de toute *théorie de l'action collective*, voir Hatchuel (2001)). En conséquence, ces savoirs sont particulièrement vulnérables à la recomposition des relations, et le *turnover* sera donc d'autant plus nocif pour la performance du système que celle-ci repose sur un haut niveau de mémoire transactionnelle, ce qui dépend donc fortement de la nature de l'activité et du degré plus ou moins structuré ou formalisé de celle-ci (nous y reviendrons).

Cette sensibilité des systèmes organisés de connaissances (ou de savoir-faire) aux discontinuités relationnelles est, comme nous le disions, un champ de recherche encore sous-développé relativement à l'importance des enjeux théoriques et pratiques qu'il sous-tend. Un effort significatif en ce sens a été fait très récemment par López & Sune (2013). Ils ont notamment démontré, pour la première fois, une incidence négative du *turnover* sur la performance d'une organisation productive, là où les travaux antérieurs sur l'oubli organisationnel avaient considéré cette hypothèse avec prudence. Ils affirment ainsi que « *les effets du turnover peuvent être spectaculaires, et le turnover peut être l'un des principaux déterminants de la dépréciation des connaissances au sein des firmes* » (p. 50). Leur recherche est donc un premier pas en vue de « *relier des changements épisodiques de productivité à des discontinuités des dépositaires humains des connaissances* » et d'être capable « *d'estimer l'effet de ces discontinuités* » (*ibid*.).
Un autre de leurs apports est de montrer que ces phénomènes pouvaient être extrêmement rapides et brutaux, à rebours de l'idée selon laquelle la dépréciation des connaissances serait un processus de « décomposition » lent, progressif (d'où l'analogie souvent employée avec l'*érosion*). Cela peut être le cas lorsque des mouvements très rapides et massifs du personnel surviennent (licenciements, recours massif à du travail temporaire, etc.). On touche ici du doigt une limite sémantique du concept métaphorique d'« oubli organisationnel » tel qu'il a été construit : on voit qu'une organisation peut « oublier » sans qu'aucun individu n'ait effectivement oublié quoi que ce soit, mais simplement parce que des membres emportent avec eux leur expérience accumulée. C'est pourquoi l'emploi des termes de « perte de connaissances », voire, de façon plus générique, de « perte de capacités », peut mieux

[21] L'idée qu'un collectif soit doté d'une « mémoire » non réductible à la somme des mémoires individuelles qui le composent est fondamentale dans le champ de la sociologie, puisqu'il s'agit de l'un des principaux modes d'existence de cette substance du « social » qui préexisterait et surdéterminerait l'individu, et à la recherche de laquelle l'essentiel de la sociologie classique fut consacrée. Les développements les plus célèbres de la théorie de la « mémoire collective » sont dus au disciple de Durkheim, Maurice Halbwachs, notamment dans deux ouvrages majeurs *Les cadres sociaux de la mémoire* (1925) et *La mémoire collective (1950).* Leur postulat fondamental est que les processus par lesquels les individus mémorisent, oublient ou se remémorent, donc sélectionnent dans le flux de leur expérience intime certains éléments plutôt que d'autres, sont des processus sociaux.

convenir à qualifier les phénomènes qui nous intéressent dans cette thèse, puisqu'ils ne sont pas prisonniers des connotations associées à la notion d'oubli.

Au-delà de cet aspect terminologique, le travail de López & Sune (2013) a surtout mis en évidence certains aspects du lien entre *turnover* et évolution des capacités collectives particulièrement importants, et qui étaient jusqu'ici très largement restés dans l'ombre. En particulier, ils ont montré qu'il était important d'étudier finement le *turnover*, plutôt que de l'appréhender comme un indicateur global (leur recherche présente l'intérêt de coupler travail qualitatif et travail quantitatif), et notamment de distinguer les effets du *turnover* entrant ("*hiring*") et du *turnover* sortant ("firing"). Ils ont ainsi mis en évidence que l'embauche n'était pas, loin de là, synonyme d'accroissement de performance, et qu'elle pouvait même, de façon assez contrintuitive, générer une forme particulière d'« oubli organisationnel ». D'une part, lorsqu'un remplacement d'un individu expérimenté par un autre l'étant moins intervient, elle provoque une perte nette à court-terme de connaissances pour l'organisation. Mais même, de façon plus surprenante, lorsqu'il existe un flux entrant net positif, donc une arrivée sans départ, cela peut altérer négativement la performance, en raison du « *besoin pour les travailleurs expérimentés de consacrer du temps à enseigner aux nouveaux travailleurs, ce qui réduit la productivité globale, ou en raison de ruptures dans les routines dues aux nouveaux arrivants* » (p. 51). Ils précisent ensuite qu'un tel effet négatif d'un *turnover a priori* positif dépendra à la fois du niveau initial de compétences des nouveaux arrivants, de la vitesse avec laquelle ils pourront apprendre individuellement, ainsi que d'une « *action managériale à haut niveau pour fournir une structure sociale qui permette des améliorations organisationnelles* » (p. 52). Ces remarques sont d'une importance décisive, puisqu'elles invitent, si l'on veut réellement analyser l'impact du *turnover*, à cesser de modéliser la « connaissance collective » comme une masse informe, indifférenciée, mais plutôt d'ouvrir cette « boite noire » pour tenir compte des *différentiels de connaissances* entre individus et dans le temps. Comment, en effet, anticiper l'impact potentiel d'un départ ou d'une vague de départs sans tenir compte du niveau de compétence des sortants ? Symétriquement, comment anticiper l'impact d'un flux entrant sans se poser la question du niveau de connaissances ou de qualification initial des entrants, et de la capacité des expérimentés (donc de la structure sociale) à les intégrer ou les former ? Mais López et Sune précisent que c'est un point qu'ils n'ont fait qu'effleurer dans leur article, et qu'il nécessitera des recherches complémentaires. C'est un point sur lequel cette thèse pourra justement contribuer, comme nous le verrons dans le prochain chapitre, où nous statuerons sur les limites actuelles de la littérature sur l'oubli organisationnel.

B. De l'oubli individuel à la « mémoire organisationnelle » : routines et dispositifs de rétention

Toujours dans le même article, López et Sune précisent que le *turnover* a, dans le cas de l'activité qu'ils ont étudiée, un impact négatif sur les connaissances et sur la performance parce que « *la connaissance apparaît être incrustée* [embedded] *"dans" les travailleurs* […] *Si elle pouvait être détachée des individus et encodée ailleurs, alors l'effet des discontinuités dans le "stock d'individus" pourrait être moindre* » (p. 51). Cette précision rappelle ce fait bien connu en sciences de gestion qu'il existe deux principaux « modes d'existence » de l'expérience, et qu'en fonction de ce mode d'existence, les enjeux d'oubli ou de dépréciation se comprennent de façon tout-à-fait différente : un mode *intérieur* (aux individus) et un

mode *extérieur*. On sait à quel point les distinctions entre savoir tacite et explicite, formel ou informel, sont centrales dans les théories du management des connaissances ou dans le courant de la « *knowledge-based-view of the firm* » (Nonaka, 1994; Polanyi, 1962; Tsoukas & Vladimirou, 2001), et il n'est pas question de rendre compte ici de l'ampleur de cette littérature. Toutefois, comme nous l'avions souligné, les théoriciens de l'oubli organisationnel ont très tôt identifié le manque ou l'inadéquation des dispositifs de codification ou de formalisation des connaissances comme une cause potentielle de perte d'expérience (Argote et al., 1990; Argote & Epple, 1990). Mais d'une certaine manière, ce résultat incombe surtout au courant comportemental de l'apprentissage organisationnel, qui s'est très tôt focalisé sur les « routines », les « codes », les « pratiques » en tant que supports d'apprentissage et de rétention pour les organisations. Tout bien considéré, la théorie comportementale était porteuse d'une théorie implicite de l'oubli organisationnel, qui est la suivante : les organisations risquent de perdre l'expérience accumulée à cause des départs et de la rotation du personnel, et les routines sont précisément là pour prévenir ce risque, pour immuniser les organisations contre l'oubli. C'est même leur raison d'être principale. Levitt & March (1988) expliquent ainsi que « *les routines sont indépendantes des acteurs qui les exécutent et sont donc* ***capables de survivre à un considérable turnover*** *des acteurs individuels. Les leçons expérientielles de l'histoire sont capturées par les routines en sorte que celles-ci rendent ces leçons (mais non l'histoire elle-même) accessibles aux organisations et aux membres des organisations qui n'ont pas eux-mêmes fait l'expérience de cette histoire* […] *Les routines sont enregistrées dans une* ***mémoire collective****, qui est souvent cohérente, parfois désordonnée ;* ***qui souvent persiste, mais parfois se perd*** » (p. 320).

Ainsi, les routines, la formalisation ou la codification des connaissances constitueraient un « antidote » naturel contre le risque de dépréciation des connaissances. Faut-il alors en conclure qu'il suffit qu'une organisation soit dotée de tels dispositifs pour qu'elle soit immunisée contre ce risque ? Les choses sont en réalité plus complexes.

D'une part, la capacité de codification, d'inscription des connaissances est fortement contingente à la nature de l'activité à réaliser, et au substrat technique qui sous-tend cette activité. Certaines activités nécessiteront ainsi toujours un haut degré de connaissances détenues individuellement pour être exécutées. Ne serait-ce que dans le domaine des systèmes productifs, il existe une différence considérable entre une chaîne de montage, qui est un dispositif technique, un « nœud de routines » qui limite le besoin d'intervention humaine au minimum en incorporant au système technique la grande majorité des « connaissances » nécessaires au bon déroulement de l'activité, et un atelier de montage à l'unité d'avions, beaucoup plus dépendant de l'initiative humaine. Par nature donc, certains types d'activités sont plus vulnérables que d'autres à l'oubli, du fait qu'elles sont dépendantes de connaissances individuellement détenues. C'est le cas, nous y reviendrons, des activités de type « *knowledge-intensive* » (Alvesson, 1993; Starbuck, 1992), et notamment des activités de conception.

Par ailleurs, si la codification est d'une certaine manière toujours possible, il ne faudrait pas croire trop naïvement qu'il n'y aurait plus qu'à « appliquer » un savoir codifié, et que cette application serait strictement équivalente à la répétition d'une expérience passée. Le passage à l'utilisation de ce savoir impliquera nécessairement un apprentissage, une appropriation, des processus potentiellement longs et coûteux, et souvent moins efficaces que des modes informels ou oraux de transmission du savoir-faire. Et la réussite de ces processus n'est d'ailleurs pas assurée : des acteurs cherchant à s'approprier

des « codes », un savoir formalisé par d'autres qu'eux, peuvent ainsi très bien ne pas y parvenir, parce qu'ils ne disposent pas du « bagage » nécessaire ou parce que le savoir prenait sens dans un certain contexte, mais n'en a plus aucun transposé dans un autre. Ce fut là, comme l'ont montré Hatchuel & Weil (1992), une limite majeure à l'expansion et au succès des « systèmes-experts » qui suscitaient tant d'espoirs à la fin des années 1980, mais reposaient sur une représentation trop naïve du lien entre savoir et action, négligeant ces contingences relationnelles ou contextuelles, et croyant à l'idée d'un savoir « en soi », détaché de l'expérience individuelle et inconditionnellement transposable.

Ce dernier élément indique que l'on ne peut pas véritablement dissocier le mode d'existence extérieur de son mode intérieur, même si, encore une fois, certains systèmes productifs de type « *labour intensive* » poussent l'inscription technique des connaissances si loin qu'ils parviennent à se rendre quasiment insensibles à des baisses de productivité liées au *turnover.* Ce point a d'ailleurs soulevé, au cours des années 1970 et 1980, un courant de recherches d'inspiration marxiste sur la « déqualification » ("*deskilling*") de la main d'œuvre qui serait à l'œuvre dans le capitalisme industriel, du fait de la rationalisation technique sans cesse croissante des opérations. Ce courant a été inauguré par l'ouvrage fondateur de Braverman (1974), *Travail et capitalisme monopoliste : la dégradation du travail au vingtième siècle*. La thèse centrale en est qu'il « *existe une tendance généralisée du capitalisme contemporain à réorganiser les emplois à un niveau de compétence inférieur que précédemment* » (Attewell, 1987, p. 323). Cette tendance reviendrait à neutraliser sans cesse davantage la possibilité d'une baisse de productivité d'origine « humaine » : si les travailleurs n'ont rien à savoir, ils n'ont rien à oublier. Ils deviennent quasiment interchangeables, et le système technique peut supporter sans dommage des niveaux très élevés de *turnover*[22].

Malgré ces cas extrêmes, nous pouvons néanmoins affirmer que l'articulation entre expérience détenue individuellement et savoirs extériorisés est un point central dans l'analyse de la capacité des organisations à retenir de l'expérience. Et que la dissociation opérée dans la littérature entre l'oubli associé au *turnover* ("*turnover-induced forgetting*", (López & Sune, 2013)) et l'oubli associé à des défaillances de dispositifs de rétention comme deux causes bien distinctes est quelque peu simplificatrice. De façon plus générale, comme l'indique Thompson (2007), les travaux ayant voulu mettre en évidence par l'étude de corrélations statistiques les causes de l'oubli organisationnel n'ont pas étudié la question du « *design des systèmes de mémoire organisationnelle* » (p. 908), c'est-à-dire des différents dispositifs de rétention d'expérience. Ceci s'explique par le fait que, contrairement au *turnover*, de tels systèmes se prêtent difficilement à être réduits à l'état de variables statistiques. Autant on peut quantifier sans trop de difficulté un taux de *turnover*, autant il semble très difficile de quantifier la qualité ou la pertinence de systèmes de rétention. C'est donc un point sur lequel des recherches complémentaires devront être menées, d'autant plus si la recherche vise de plus en plus à faire de l'oubli organisationnel une notion opérationnelle, susceptible de donner lieu à des travaux

[22] C'est là une des raisons principales qui expliquent, pour P. S. Adler and Cole (1993), la plus grande capacité du système de type *Lean Management* par rapport au fonctionnement en équipes semi-autonomes à accroître progressivement sa productivité, donc à « apprendre », sur la base d'une comparaison entre l'usine en *lean production* NUMMI de Toyota-GM et la célèbre usine Volvo d'Uddevala (Suède) fonctionnant avec des principes issus de la sociotechnique. Le savoir généré par les équipes semi-autonomes restait trop adhérent aux individus, ce qui le rendait vulnérable au *turnover*, et compliquait sa diffusion à l'échelle d'autres équipes (Rao & Argote, 2006, p. 84). Ce point est néanmoins contesté par d'autres travaux.

plus prescriptifs que seulement descriptifs. Mais il est clair que de tels travaux ne pourront se satisfaire d'approches par la mise en évidence de corrélations statistiques, et devront être complétés par des études qualitatives approfondies pour produire un savoir significatif (comme López & Sune (2013) l'ont fait pour le *turnover*).

C. Le problème théorique de l'obsolescence de l'expérience

Les travaux sur l'oubli organisationnel qui cherchent à en recenser les facteurs de causalité incluent le plus souvent l'obsolescence des connaissances liée au changement technique comme l'une des causes principales des baisses de performance constatées : Argote (2013b) explique ainsi que « *les connaissances peuvent s'affaiblir ("to decay") parce que les produits ou les process changent, ce qui les rend obsolètes* » (p. 72). Elle illustre ce phénomène par le cas du *L-1011 TriStar* de Lockheed, où une baisse de productivité constatée pouvait s'expliquer par un « *transfert incomplet de connaissances entre deux versions du L-1011* » (ibid.).

Cette inclusion s'explique par le fait, déjà évoqué, qu'historiquement les premières remises en cause des modèles sous-jacents aux courbes d'apprentissage étaient expliquées par des changements techniques survenus dans la production. Mais nous avons également vu (section : Critique de la persistance dans le temps de la valeur de l'expérience accumulée) pour quelles raisons l'association entre « oubli organisationnel » et obsolescence des compétences n'allait pas de soi, qu'il s'agissait de deux problèmes situés sur des plans différents : celui de la *valeur* de l'expérience et celui de sa *substance*. Ces problèmes apparaissent bien comme conceptuellement disjoints : une expérience peut demeurer « intacte », avoir été parfaitement entretenue et conservée, et perdre de sa valeur ou de son utilité ; inversement, une connaissance toujours valable et utile, voire indispensable, peut avoir été altérée ou perdue. Ces deux phénomènes avaient été *assimilés*, logiquement, puisqu'ils semblaient confluer vers une même conséquence, c'est-à-dire provoquer des récessions de productivité. Mais on voit donc que réunir ces deux notions sous la même bannière de l'« oubli organisationnel » pose un problème théorique important, qui recoupe en grande partie la question, soulevée précédemment, de la consistance et de la pertinence des modèles de type *learning-by-doing* ou *learning curves* en situation d'innovation et de changement technologique important. C'est pourquoi pour Thompson (2007), parler d'« oubli » pour qualifier une situation d'obsolescence est « *certainement un qualificatif inapproprié* [a misnomer] », puisque « *les pertes de productivité associées à des changements technologiques sont usuellement interprétées comme des spillovers de connaissances incomplets* » (p. 908).

Il existe une abondante littérature sur la question des *knowledge spillovers*, qu'il ne s'agit pas de reprendre ici. Dans la suite de la thèse, nous faisons en effet le choix de considérer que l'obsolescence n'est pas une catégorie de l'oubli organisationnel, du fait de la distance théorique qui sépare les deux concepts. Nous verrons même qu'il est indispensable de maintenir une claire distinction entre eux, du fait qu'ils impliquent des actions managériales de nature fondamentalement différentes. Cependant, nous verrons aussi que, dans des situations empiriques concrètes, les phénomènes de dépréciation et d'obsolescence peuvent se présenter de façon enchevêtrée, dans la mesure où l'oubli organisationnel ne survient pas sur un substrat technologique parfaitement constant. Et démêler l'écheveau de ces intrications représentera une difficulté majeure si l'on veut, comme nous le souhaitons, transposer les

cadres d'analyse de l'oubli organisationnel dans des contextes d'activité qui impliquent davantage de complexité technologique ou d'innovation.

Chapitre II : Limites de la littérature et problématique de la thèse

Après avoir présenté au chapitre précédent la logique de construction et les principaux résultats de la littérature sur l'*organizational forgetting*, nous cherchons à présent à en cerner les limites pour penser notre terrain d'étude. Dans un premier temps, nous montrons que cette littérature s'est cantonnée à l'étude d'une classe précise d'activités, ce que nous expliquons par un effet de sélection lié à ses parti-pris épistémologiques et méthodologiques. Nous verrons que cette restriction pose un problème majeur, puisqu'elle fait écran à la possibilité de saisir des phénomènes importants pour les entreprises industrielles contemporaines, et liés à la dynamique des activités dites « intensives en connaissance ». Dans un second temps, nous mettons en évidence que les enjeux de gestion associés aux processus de réapprentissage sont restés largement impensés. Ces constats nous amènent à formuler notre problématique de thèse.

I. Pour une extension du domaine de l'étude de l'oubli organisationnel : enjeux et conditions

1. Une littérature centrée sur une classe précise d'activités

Les travaux existants sur l'oubli organisationnel dérivés de la littérature sur le *learning-by-doing* et les courbes d'apprentissage portent, du fait qu'il s'agit d'un champ de recherche relativement récent et, comme nous l'avons dit, encore peu développé, sur un nombre limité de types d'activités : les études les plus poussées ont été menées dans les industries de montage d'avions gros-porteurs (Argote et al., 1990; Argote & Epple, 1990; Benkard, 2000) ou de navires de guerre (Argote et al., 1990; Thompson, 2007), de camions (Argote, Epple, Rao, & Murphy, 1997), de fabrication et de vente de pizzas dans des franchises de restauration (Darr et al., 1995) et de procédés agro-alimentaires (López & Sune, 2013). Cela peut s'expliquer par un effet de sélection contingent à la logique de construction de ce champ de recherche : l'oubli a été étudié prioritairement là où des phénomènes d'apprentissage organisationnel par la pratique et la répétition (et donc des courbes d'apprentissage) avaient été antérieurement identifiés. Donc dans des contextes d'activité réunissant un certain nombre de caractéristiques les rendant étudiables et exploitables dans le cadre d'une approche statistique : il s'agit d'activités pour lesquelles existe la **possibilité d'observer, suivre et mesurer des différentiels de performance dans le temps**, et où ces différentiels de performance se produisent dans un **cadre technologique relativement stable et continu**, qui ménage la possibilité d'expliquer ces variations prioritairement par des phénomènes endogènes aux *inputs*. Donc dans des activités réunissant des caractéristiques permettant de tracer des courbes d'apprentissage classiques.

Ces travaux sur les courbes d'apprentissage ont ainsi été menés, d'après Argote (2013b), très majoritairement dans des environnements de production. Pour elle, cette sélection s'explique par le fait que les univers productifs étudiés réunissent les trois conditions suivantes (p. 202) :

- **condition 1** : dans ces environnements, une organisation « *opère plusieurs répétitions d'un même produit* », ce qui rendrait possible les effets de capitalisation de l'expérience : c'est dans de tels contextes que la valeur de l'expérience accumulée persiste le plus fortement, et reste pertinente d'une unité produite sur l'autre ;

- **condition 2** : le « *feedback* » y est « *souvent plus immédiat et moins clément que dans d'autres contextes* : *on peut déterminer facilement si le pare-brise s'inscrit dans son cadre, si la soudure tient, ou si les phares fonctionnent correctement* ». En d'autres termes, la performance y aurait un sens plus évident, elle est sanctionnée par un principe de vérité immédiat, simple, objectif. De façon intéressante, elle oppose cette caractéristique aux univers de la recherche, « *où cela peut prendre des mois voire des années pour déterminer si une nouvelle approche est pertinente* ». En d'autres termes, la question de la performance se poserait, dans les univers manufacturiers, faiblement ambiguë ;

- **condition 3** : en production, les facteurs à l'origine des « *outcomes* » de performance tels que la productivité ou la qualité seraient plus facilement contrôlables et actionnables par l'organisation elle-même (contrairement, par exemple, aux activités de service, où l'interférence avec le client brouille cette frontière) : en conséquence, il y est plus facile d'évaluer l'effet des décisions managériales et d'attribuer des responsabilités dans les variations de performance.

Toujours pour Argote, il s'agit là de « *caractéristiques qui facilitent l'apprentissage* » (p. 202) au sein de ces organisations. Plus précisément, elles facilitent un certain type d'apprentissage, c'est-à-dire un apprentissage orienté vers l'exploitation d'expérience accumulée, la capitalisation et les gains de productivité par répétition et amélioration continue de l'habileté des opérateurs. Mais il est clair que **ces caractéristiques ne facilitent pas seulement l'apprentissage : elles facilitent l'observation, la mesure et la mise en relation de phénomènes pour le chercheur**. La posture épistémologique des chercheurs est donc également un critère de sélection des terrains d'étude. En effet, les caractéristiques relevées par Argote recoupent exactement ce qu'Armand Hatchuel appelle des « ***systèmes de travail confiné*** » (Hatchuel, 2002), c'est-à-dire des systèmes de travail qui sont « ***conceptuellement et pratiquement conçus pour être observables et contrôlables par leur concepteurs et par d'autres professionnels*** ». Ceux-ci sont « *plus faciles à analyser car ils font partie d'un processus collectif plus vaste qu'eux, qui les définit et les rationalise fortement* […]. *Ce type de travail requiert un travail extensif de conception en amont* […] *pour définir et stabiliser les règles, les techniques, la coordination, les procédures et les postes de travail. Ces paramètres de conception jouent également le rôle de « descripteurs » du travail, qui possèdent des niveaux de précision et de prédictibilité pouvant aller très loin* […]. *Ce travail de conception et de formalisation opéré par des techniciens et des experts facilite l'identification des frontières et des contenus du*

travail : étudier le travail confiné est ainsi rendu possible par tous les artefacts constitutifs de la définition et du contenu du travail » (p. 43).

On voit donc que les caractéristiques de ces systèmes de travail sont à la rencontre entre un projet de contrôle, donc de *pouvoir*, et un projet de *savoir* sur ce travail (Foucault, 1975, 2004). Savoir initialement destiné à ceux (dirigeants, experts, ingénieurs méthodes) qui ont la charge de définir, concevoir et contrôler ce travail, mais qui par extension est exploitable par d'autres acteurs, et notamment les chercheurs[23].

Mais ce fait emporte une conséquence qui semble problématique pour notre objet d'étude. Il en résulte en effet que **l'oubli organisationnel a jusqu'ici été observé, mesuré, analysé dans les univers d'activité où il était le plus « simple » à étudier,** étant donnée la posture épistémologique et les présupposés théoriques sous-jacents à ces travaux. Mais ces univers d'activité sont-ils pour autant **ceux où l'oubli organisationnel est, d'une part, le plus susceptible de survenir, d'autre part, où ses conséquences peuvent être les plus dommageables pour les organisations ?** Nous verrons, dans la sous-partie qui suit, qu'au cours des dernières années, plusieurs séries de travaux ont mis en évidence des risques importants de *pertes d'expérience et de connaissances* dans des types d'activités aux caractéristiques très différentes des univers productifs jusqu'ici retenus, se prêtant de ce fait beaucoup moins aisément à des approches de type *learning curve*.

2. Le silence de cette littérature face à un enjeu managérial contemporain : la « perte de connaissances » et le « risque démographique » dans les organisations intensives en connaissances

A. Une nouvelle classe de risques…

Au cours de la décennie 2000, de nombreux acteurs du monde industriel ou des pouvoirs publics ont pris conscience que **l'évolution démographique des sociétés occidentales portait en elle des risques importants liés aux enjeux de connaissances, d'expertise, de capacités**, et donc de performance pour de nombreuses entreprises. Un certain nombre de travaux, à cheval entre la littérature académique en Ressources Humaines et une littérature pour praticiens, ont eu précisément pour but (1) d'identifier, caractériser et expliquer ces risques, (2) de rendre compte d'un certain nombre de cas concrets d'entreprises ayant rencontré ce type de difficultés, (3) de fournir un certain nombre de recommendations aux managers en vue de prévenir ces risques. Ces travaux ne mobilisent pas nécessairement la notion d'« oubli organisationnel » (même si certains font référence à ce courant de

[23] Comme le rappelle Armand Hatchuel (2002), cette « connaissabilité » des systèmes de travail confiné pour les chercheurs ne s'est pas seulement traduite par leur exploitation instrumentale par les chercheurs et consultants en ingénierie industrielle, mais a aussi prêté le flanc à une abondante littérature critique : critique des « cadences infernales », de la « monotonie », de la « déqualification », qui ont été aussi bien le fait de courants d'inspiration marxiste (notamment la sociologie du travail friedmanienne) que d'autres liés aux écoles des « relations humaines » ou de la « sociotechnique ». Ce travail confiné a donc ainsi également fait l'objet de très nombreuses propositions de réforme et de régulation de l'activité productive : encadrement du temps de travail, amélioration de l'ergonomie, de la sécurité et des conditions de travail, enrichissement du travail… Autant de propositions qui étaient d'autant plus « faciles » à formuler que ce travail était « facile » à observer, du fait de ses frontières et de ses contenus clairement circonscrits.

recherche), mais parlent plus volontiers de « perte de savoirs » ("*knowledge loss*" : (Ashworth, 2006; De Long & Davenport, 2003; DeLong, 2008; Stam, 2009; Strack et al., 2008)).

De Long & Davenport (2003) résument les enjeux en question de cette manière : « *la combinaison du changement démographique de la population active, d'un recrutement de plus en plus concurrentiel et d'un turnover plus rapide chez les jeunes salariés crée* ***des problèmes sans précédent de rétention de connaissances dans de nombreuses industries, et menacent ainsi de diminuer la capacité des entreprises à innover, à croître et à être efficace dans leurs opérations*** » (p. 51). Ces travaux commencent généralement par rappeler que la caractéristique principale de la population active des pays industrialisés est d'être vieillissante, tout en se contractant : ce déplacement de la pyramide démographique est la conséquence du départ en retraite de la génération des baby-boomers, et du tassement de la natalité observé au cours du dernier quart du vingtième siècle (« *baby krach* »). Ce vieillissement se traduit, dans nombre d'entreprises établies, par des vagues de départ en retraite assez massives, qui surviennent dans un contexte où les entreprises ont déployé d'importants efforts pour réduire leurs effectifs lors des vagues de *downsizing* des années 1980 et 1990, qui avaient eu pour conséquence d'accroître la productivité du travail mais aussi de l'intensifier. Or **ces départs en retraite sont hautement problématiques pour certaines entreprises : ils concernent en effet, dans une large mesure, des travailleurs hautement qualifiés ayant accumulé une quantité considérable de savoir expérientiel**, et qui représentent donc souvent des « actifs » stratégiques pour les entreprises en question. Les mêmes auteurs considèrent que ces départs, s'ils ne donnent pas lieu à un véritable travail de « transmission » des savoirs, et de remplacement par une population également très qualifiée, poseront de graves problèmes. Fondamentalement, ce risque découle du fait que nous serions rentrés dans une « économie de la connaissance », dans laquelle la « performance » des entreprises dépend de plus en plus des savoirs détenus par leurs salariés (Drucker, 2010). Pour ces auteurs donc, **dans une économie de la connaissance, le « risque industriel » le plus menaçant, et donc celui qui appellerait la plus grande vigilance et les plus grands efforts de prévention de risque** (Casher & Lesser, 2003; Stam, 2009; Strack et al., 2008), **serait le risque portant sur la *continuité de connaissances stratégiques***.

Dans de nombreux secteurs d'activité (nous verrons lesquels), cette continuité serait menacée par un phénomène qualifié de « fuite des cerveaux » (« *brain drain* », un terme souvent utilisé pour évoquer les départs massifs de travailleurs qualifiés dans les pays d'émigration). Ce ***brain drain*** induirait un risque majeur, celui de créer des « trous » de connaissances dans les organisations : la difficulté à recruter et à fidéliser des travailleurs de niveau équivalent (notamment chez les jeunes) induisant un phénomène de ***« talent gap »*** (Arnone, 2006) en écho au *brain drain*. Ce *talent gap* est aussi souvent désigné par le terme de « pénurie de compétences » ("*skills shortage*", (Carnevale, 2005)), ou de « pénurie de capacités » ("*capability shortage*", (Aiman-Smith, Bergey, Cantwell, & Doran, 2006)). Cette pénurie s'expliquerait donc non seulement par les importants flux sortants, mais également par la difficulté à compenser ceux-ci par des flux entrants de niveau équivalent.
Cette difficulté serait liée à la rareté de la main d'œuvre hautement qualifiée sur le marché du travail, s'expliquant par un phénomène de « classes creuses » générationnelles (le *baby krach* consécutif au baby-boom a commencé dans de nombreux pays dès les années 1960). Mais aux effets du *baby krach*

s'ajouteraient les conséquences des stratégies de *downsizing* des années 1980/90, qui ont conduit à ce que la génération devant immédiatement prendre la relève des *baby-boomers* soit numériquement moins nombreuse. Et ces phénomènes seraient enfin aggravés par la généralisation de pratiques de mobilité professionnelle (donc de *turnover*) qui ne favorisent pas les carrières stables et l'accumulation de savoir expérientiel spécialisé. Certains imputent l'expansion de ces pratiques à des changements d'attentes professionnelles des nouvelles générations, qui renâcleraient à engager des carrières longues et du développement d'expertise spécialisée ; d'autres à la diffusion de règles de gestion des ressources humaines et des mobilités incitatives à la généralisation de « carrières nomades » ou de « carrières sans frontières » (M. B. Arthur & Rousseau, 1996; Cadin, Bender, & de Saint Giniez, 2003; Sullivan & Baruch, 2009).

Quelles conséquences sont potentiellement induites par ces risques de « perte de connaissances » ? L'ensemble de ces travaux s'accorde largement à souligner que le *brain drain* et la « pénurie de capacités » corrélative peuvent avoir des conséquences graves pour les entreprises et les industries concernées. Dans son étude sur l'industrie électrique aux Etats-Unis, Ashworth (2006), montre que les acteurs du secteur perçoivent ces changements dans la population active comme ayant « *des effets délétères sur la capacité des fournisseurs d'électricité à retenir des connaissances et sur leur capacité à apprendre, concourant à diminuer la performance et la qualité de service* » (p. 1661). Pour De Long, « *la perte de connaissances signifie une moindre capacité à être efficace ou à prendre les bonnes décisions dans un contexte organisationnel donné* » (DeLong, 2004, p. 21). On le voit : c'est d'abord une baisse de performance qui est en cause, suggérant donc qu'il s'agit de phénomènes assimilables à des reversions de courbes d'apprentissage et à de l'oubli organisationnel. Mais la mise en garde va parfois plus loin qu'une simple moindre productivité temporaire, et pointe des risques beaucoup plus graves : pour Stam (2009), la potentielle « *disparition de certaines connaissances pourra avoir des conséquences désastreuses* ». Pour DeLong (2004), « *leur coût peut être immense* [*tremendous*] *quand les impacts des pertes de connaissance n'ont pas été anticipés* ». Dans certains cas, ce n'est ainsi plus le niveau de performance qui est en jeu, mais plus gravement la capacité d'une organisation à rester en mesure d'assurer la continuité de ses missions. Jean-Louis Ermine (2010) distingue ainsi entre trois niveaux de risque associés à la « perte de connaissances » :

- le risque le moins grave est celui d'un « *knowledge gap* », c'est-à-dire d'un décrochage entre le rythme de recomposition, de reconstitution du savoir et les besoins d'utilisation de ces savoirs, débouchant sur un décrochage temporaire de la productivité ;
- le risque intermédiaire est celui d'un « *knowledge loss* », c'est-à-dire la perte « nette » de certains savoirs expérientiels à l'origine de « baisses de production, baisses de qualité, pertes de parts de marché ou de clients », donc de menaces plus sérieuses sur la performance des organisations ;
- le risque le plus grave est celui d'un « *knowledge crash* » quand une organisation perd, souvent très soudainement, des capacités hautement stratégiques pour elle.

Ermine ajoute que si très peu d'organisations envisagent la possibilité d'un *knowledge crash*, c'est le cas des acteurs du secteur nucléaire, comme l'indique un rapport de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique intitulé *Risk Management of Knowledge Loss in Nuclear Industry Organizations* (2006), ainsi que

de nombreuses organisations du secteur public, comme en atteste un rapport de l'OCDE intitulé *Ageing in the Public Service. Human Resource Challenges* (2007). Ces risques pourraient ainsi prendre des formes différentes : soit des départs massifs très rapides impossibles à compenser à court terme par des embauches de niveau équivalent, qui obligeraient à pourvoir les postes avec des travailleurs nettement moins qualifiés, entraînant ainsi une baisse brutale de la capacité opérationnelle des équipes ; soit des départs plus isolés, mais concernant des travailleurs détenteurs de connaissances rares, extrêmement critiques, et très longues à développer. Leur perte pourrait ainsi avoir un effet de « *blackout* » à court-terme très dommageable. DeLong (2004) donne l'exemple d'une unité de chirurgie ophtalmologique de Boston pratiquant des actes sur la cornée extrêmement rares, mais qui était entièrement dépendante de l'expertise d'un seul médecin. Le départ brutal de ce dernier a rendu l'ensemble du service incapable d'assurer la continuité de sa mission, et il a fallu intégralement recréer le savoir perdu, ce qui a pris un temps considérable (p. 155).
Mais une telle situation peut-elle également concerner des organisations beaucoup plus vastes et beaucoup plus complexes, dans lesquelles la densité des interdépendances aurait pour conséquence que la moindre discontinuité locale dans des compétences critiques peut avoir des effets systémiques considérables ? Ce dernier point pose inévitablement la question des secteurs d'activité dans lesquels de pareilles crises de connaissances pourraient survenir, et plus encore dans lesquels ils pourraient avoir d'importantes conséquences.

B. … pour d'autres classes d'activités

Quelles sont donc les activités et les catégories d'acteurs qui ont été identifiés comme l'objet de pareils risques par ce courant de littérature ? Nous l'avons déjà dit, l'une des études scientifiques les plus complètes sur le sujet a porté sur le secteur de l'électricité aux États-Unis (Ashworth, 2006). Mais plus précisément, Ashworth indique que **le talon d'Achille de ce secteur est sa population d'ingénieurs électriciens et d'artisans et techniciens spécialisés** ("*skilled craft specialists*", p. 1661). Ceux-ci réunissent en effet des caractéristiques qui rendent leurs **savoirs critiques et vulnérables à la fois** : plus âgés, hautement qualifiés et spécialisés, ayant accumulé sur le long-terme un savoir essentiellement expérientiel et transmis de façon informelle à l'intérieur d'une communauté de métier. De Long & Davenport (2003) appuient ce diagnostic sur le secteur électrique, en donnant l'exemple de la *Tennessee Valley Authority*[24] (TVA) : en 1998, après plusieurs années consécutives de *downsizing*, l'agence a pris conscience que la moyenne d'âge de ses salariés était de 48 ans, et que la plupart d'entre eux prendraient leur retraite avant 60 ans. Cette situation faisait peser le risque d'une perte massive et rapide de compétences « incarnées » ("*embodied*", p. 51) dans les salariés en partance, ce qui a conduit l'entreprise à entreprendre un vaste plan d'analyse du « risque de connaissances » et à prendre de nombreuses mesures de prévention.
Les autres exemples, mis en avant par De Long & Davenport, d'entreprises confrontées à des problématiques similaires et ayant en conséquence développé des stratégies spécifiques de rétention de savoirs sont issus de l'industrie électrique (*Siemens*), mais également des secteurs pétroliers (*Shell*),

[24] Créée en 1933 par Franklin Roosevelt dans le cadre du *New Deal*, la TVA, qui exploite 17 centrales thermiques, 29 barrages hydroélectriques et 3 centrales électronucléaires, est l'un des principaux fournisseurs d'électricité aux États-Unis.

chimique (*Quaker Chemichal*), aérospatial (la *NASA*), automobile (*BMW*), ou encore aéronautique (*Delta Airlines*). Stam (2009) relève quant à lui que les industries pour lesquelles le « *talent gap* » représente un enjeu majeur sont principalement : les agences gouvernementales, l'industrie pétrolière et gazière, l'aérospatial et la défense, l'industrie nucléaire et l'enseignement supérieur (p. 7).
Ces industries se caractérisent selon lui par le fait qu'elles sont relativement anciennes, mûres et établies. Elles ont également en commun, pour lui, d'avoir longtemps incité à des carrières « à vie » en leur sein, recherchant davantage la fidélité que la mobilité du personnel. Cette pratique de rétention des ressources humaines a ainsi permis, longtemps, de développer et conserver des savoirs expérientiels tacites très poussés. Mais cette pratique de rétention n'était pas gratuite : elle était dictée par la nature de l'activité dans ces industries, particulièrement complexes et intensives en technologie et en connaissances, et qui reposent en conséquence sur **des systèmes complexes de savoirs « experts » et de relations**, en particulier dans leurs populations d'ingénieurs et de techniciens spécialisés. Or, de tels « systèmes » de savoirs et de relations (Hatchuel, 2001) sont particulièrement sensibles aux déstabilisations et aux discontinuités des ressources humaines. En effet, les savoirs des techniciens et ingénieurs de ces domaines sont complexes, construits par une longue sédimentation d'expérience, et se prêtent difficilement à la codification ou à la formalisation. Le départ des ressources qui en sont dépositaires appellent donc une anticipation en vue d'une transmission qui passe davantage par la socialisation que par l'inscription dans des dispositifs de « capture » des savoirs.

On le voit donc, ces classes d'activités qui seraient concernées par le risque de « perte de connaissances » réunissent les caractéristiques qui, pour Benkard (2000) ou Argote (2013b), ont été identifiées comme constitutives d'un terrain propice à l'oubli organisationnel : elles sont « *labour intensive*[25] », au sens où elles reposent sur des compétences détenues par des ressources humaines, se prêtant peu à la formalisation, et donc sensibles au *turnover* de ces ressources. En outre, la longue durée des apprentissages individuels et l'intensité des relations y rendent le *turnover* encore plus critique, aggravant ses effets potentiels s'il n'est pas anticipé ou maîtrisé. En toute logique, ces activités mériteraient d'être prises en considération par la littérature sur l'oubli organisationnel.

Pourquoi ne l'ont-elles pas été ? La réponse est que si ces activités ont des caractéristiques communes avec celles étudiées par la littérature sur l'*organizational forgetting*, elles s'en distinguent en ce qu'elles sont nettement moins « confinées ». Elles correspondent à ce que l'on a pris l'habitude d'appeler le travail de « col blanc », « travail intellectuel » ("*knowledge work*"), voire « travail intensif en connaissances » ("*knowledge-intensive work*", voir Alvesson (2004); Cross and Cummings (2004)). Que ce soit du point de vue cognitif ou relationnel, explique Hatchuel, de telles activités ont des contours nettement plus flous que les activités manufacturières : la gamme de connaissances et de relations potentiellement utiles et mobilisables dans l'action n'y est pas limitée et définie *a priori* (Hatchuel, 2002). Les connaissances en jeu sont en outre très souvent en grande partie informelles et tacites. Enfin, la question de leur « performance » se pose de façon nettement plus ambiguë et indirecte que

[25] Ce qui n'est pas incompatible, au contraire, avec le fait que ces activités portent sur des systèmes techniques (produits ou *process* industriels complexes) très élaborés et qui « immobilisent » une très grande quantité de connaissances. Ici, nous parlons justement de ceux qui ont la charge de concevoir, de piloter et d'entretenir ces systèmes techniques, et qui doivent donc en avoir la connaissance la plus large possible.

dans les univers productifs. Les conditions d'immédiateté du *feedback* et d'« évidence causale » (conditions 2 et 3, voir plus haut) identifiées par Argote (2013a, 2013b), qui rendent la performance à la fois plus simple à mesurer et à imputer à une cause identifiable, n'y sont pas respectées. De façon plus générale, la question de la « productivité » des travailleurs intellectuels ou des cols-blancs représente encore, dans une large mesure, une énigme théorique et un défi pour les managers et les praticiens (Drucker, 2010). On comprend dès lors les raisons qui peuvent expliquer qu'elles aient été exclues a priori du « *scope* » d'étude de la littérature sur l'oubli organisationnel :

Figure 6 : La logique de sélection des activités étudiées par la littérature : intensité en connaissances et confinement/observabilité

La **figure 6** synthétise la logique de « sélection » des activités prises en compte par la littérature sur l'oubli organisationnel : cette littérature a essentiellement considéré l'activité des ***opérateurs de production unitaire de gros produits complexes***, donc des activités qui reposent suffisamment sur un certain niveau de **connaissances expérientielles individuellement détenues pour résister à la codification dans des dispositifs dédiés ou à l'inscription dans un système technique, et donc être vulnérables à un *turnover* non-maîtrisé**. Mais elles restent des activités largement **confinées,** c'est-à-dire que **leurs frontières sont suffisamment claires pour se prêter à l'observation et à la quantification par le chercheur.**

Ces caractéristiques expliquent, en creux, que cette littérature n'ait pas envisagé la perspective de l'oubli organisationnel chez les ***opérateurs dans des activités de production de masse taylorisées***, ou de travail à la chaîne, puisque celles-ci ont bien souvent poussé si loin la logique d'inscription

technicienne du savoir[26] qu'elles se sont rendues insensibles au *turnover*, du moins en ce qui concerne les opérateurs de production (pour les ingénieurs et techniciens plus qualifiés dans ces industries, le problème se pose évidemment de façon différente). Ces activités sont **suffisamment confinées pour être étudiables, mais trop peu intensives en connaissances pour être *a priori* affectées par le phénomène d'oubli organisationnel.**

Enfin, reste le cas des travailleurs dans des activités de type *knowledge-intensive*, telle que celles des ***ingénieurs et techniciens des industries complexes*** évoquées par la littérature sur le « *lost knowledge* ». Ces travaux ont précisément permis de mettre en évidence que ces activités étaient particulièrement vulnérables à un *turnover* non-maîtrisé. Mais ces activités, pour des raisons tenant à la posture épistémologique et méthodologique du champ de l'oubli organisationnel, n'ont pas été prises en par cette littérature. Or, comme nous l'avons vu, c'est précisément **dans ces activités que l'oubli peut avoir les effets les plus néfastes pour la performance organisationnelle, et où le « *talent gap* » peut le plus difficilement être résorbé**, du fait de la difficulté et de la longueur de reconstruction des savoirs complexes en jeu.

Nous considérons donc qu'il existe un intérêt certain, au delà de la singularité de notre cas d'étude dans le nucléaire, à **étendre l'analyse de l'oubli organisationnel aux activités de type *knowledge-intensive***, en particulier dans l'ingénierie. Cette extension apparaît presque comme une évidence, dans la mesure où, par définition, étudier la fragilité des connaissances, donc du principal « facteur de production » dans ce type d'activité, revient à étudier les conditions de possibilité élémentaires de l'action ! Mais pour nécessaire qu'elle soit, cette extension ne va pas sans impliquer un changement de posture dans l'appréhension, l'observation, la caractérisation des phénomènes d'apprentissage ou d'oubli organisationnels. Et donc, au préalable, une compréhension plus fine de la nature et de la dynamique des savoirs en ingénierie, pour laquelle nous pouvons notamment nous appuyer sur une riche tradition de recherche au Centre de Gestion Scientifique de l'École des Mines de Paris.

3. Étendre l'étude de l'oubli organisationnel aux activités de conception et intensives en connaissances : à quelles conditions ?

Dans cette thèse, puisque nous traiterons des enjeux associés à l'oubli organisationnel dans le cas de l'activité de conception et de réalisation de réacteurs nucléaires, nous chercherons à transposer ce concept dans un univers en décalage avec ceux jusqu'ici étudiés. Nous faisons donc subir à ce concept un « déracinement » qui impose de savoir quels enjeux et quelles conditions de possibilité impliquent son « replantage » sur un terrain non-naturel pour lui. Nous allons voir que ces activités se caractérisent par le fait qu'elles nécessitent de hauts niveaux de savoir expérientiels individuellement portés, mais que ceux-ci s'inscrivent dans des systèmes collectifs de connaissances (tels que les « métiers ») hors desquels ils ne peuvent se construire, se transmettre et prendre sens. Cette double caractéristique interdit simultanément l'approche « holistique » et indifférenciée de la connaissance véhiculée par la littérature sur les learning curves et l'approche individualisante propre à la littérature RH sur le risque de « *knowledge loss* » et le « *talent management* ».

[26] Et donc, dans une perspective critique, poussé corrélativement très loin la logique du *deskilling*.

A. L'expérience individuelle et les savoirs de conception : une relation complexe

Nous avons vu dans la partie précédente, une première raison pour laquelle les activités de type *knowledge-intensive* ne se prêtaient pas, ou très difficilement, à l'approche des phénomènes d'apprentissage et d'oubli organisationnels telle qu'elle a été construite dans la littérature qui leur est consacrée. Nous l'avons expliqué prioritairement par le caractère « non-confiné » de ces activités (Hatchuel, 2002), qui complique les restrictions cognitives nécessaires à une approche statistique et positiviste. Une autre raison peut expliquer que ces activités « intensives en connaissances », et en particulier les activités d'ingénierie, de conception, ou de développement de produits aient été exclues du champ d'application des théories de l'oubli organisationnel : c'est **leur caractère beaucoup plus faiblement routinier et répétitif**. On peut en effet considérer *a priori* que des activités dont la finalité est précisément de produire de la « nouveauté » (concevoir de nouveaux produits, de nouvelles solutions techniques, de nouveaux *process*, de nouvelles règles…) donnent beaucoup moins lieu à des effets d'apprentissage par la répétition d'actions similaires (*learning-by-doing*). En outre, une approche de type courbe d'apprentissage y perd de son sens, dans la mesure où le changement permanent des « *outputs* » inscrit dans la nature même de l'activité brouille la possibilité de comparaisons de performances dans le temps, qui sont au principe même de la construction de ces courbes. Mais, au prétexte que les activités de conception sont moins routinières, faut-il considérer pour autant que les notions d' « expérience » ou d'« oubli organisationnel » perdent tout sens une fois appliquées à celles-ci ? Pour un certain nombre de raisons liées à la nature de ces activités et des types de savoirs qu'elles mobilisent, nous considérons que ce serait une grave erreur que de le croire.

En premier lieu, il ne faut assurément pas mettre sur un même plan toutes les activités de conception, en faire une catégorie homogène opposable aux univers « productifs ». De même que nous avons pu voir l'intérêt de distinguer entre plusieurs types d'activités productives (productions de masse taylorisées *vs* productions unitaires complexes), il importe de ne pas oblitérer l'hétérogénéité des activités de conception et du travail intensif en connaissances. En particulier, nous devons distinguer entre ce que Le Masson et al. (2006) un « régime de conception réglée » et un « régime de conception innovante » : en régime de conception réglée, l'activité repose sur un système de règles qui permettent précisément de rationaliser et de « routiniser » la conception, en travaillant dans le cadre d'un « *dominant design* » (des produits, des *process* industriels…) relativement stable, cette stabilité permettant de larges effets de capitalisation et d'« hérédité » de la connaissance générée d'un *output* sur l'autre. Cette précision nous incite donc à nuancer fortement l'idée selon laquelle les activités de conception, et plus généralement le travail intensif en connaissances, seraient dépourvues de tout caractère routinier, ce qui rendrait en pratique impossible l'accumulation de connaissances par la pratique et annihilerait *a priori* toute volonté de comparer des « performances » dans le temps. Ceci est d'autant plus important à signaler que les industries dans lesquelles le risque de « pertes de connaissances » a été identifié comme le plus fort par les auteurs cités plus haut sont connues pour avoir massivement recours à la conception réglée (aéronautique, pétrole, nucléaire, électricité…).

Par ailleurs, les travaux menés sur les savoirs de conception montrent que *l'expérience* et la *pratique* jouent un rôle absolument incontournable dans la constitution de ces savoirs. Certes, les activités de

conception produisent constamment de nouveaux savoirs, et mobilisent des savoirs constamment menacés par le risque de dépréciation de leur valeur (ou « obsolescence »). Mais il n'en reste pas moins que **ces activités ne peuvent se passer de mobiliser de très nombreux savoirs « experts », c'est-à-dire des savoirs spécialisés constitués sur le temps long et par confrontation des concepteurs à des épreuves**, à la résolution de problèmes. Weil (1999), dans son étude des processus de conception dans l'industrie automobile, a proposé de caractériser ainsi les savoirs mobilisés par les concepteurs : ceux-ci sont « *abondants* », « *variés* », mais également « *incomplets* » et « *incertains* » (p. 121-126). Leur nature est « *généalogique* », c'est-à-dire qu'ils sont forgés par l'histoire, par (et pour) l'action. L'expertise est ainsi inséparable de la perspective du temps long de constitution et d'accumulation : définissant l'expertise comme « *un haut niveau de connaissances spécialisées acquises* ***par l'expérience*** », Dane (2010) indique que les psychologues de l'expertise s'accordent à considérer que « *dix ans de pratique et d'apprentissage* » sont une norme temporelle minimale de constitution (p. 580 : voir Ericsson and Charness (1994); Ericsson and Kintsch (1995); Ericsson, Krampe, and Tesch-Römer (1993)).

Les savoirs « experts » nécessaires aux activités de conception, en particulier de produits complexes, sont donc hautement expérientiels, mais cette expérience est en outre inséparable des individus qui la portent. C'est pourquoi Weil (1999) parle d'une « *mémoire technique individuée* » (p. 197) pour souligner simultanément **l'épaisseur généalogique et le caractère individuellement porté des savoirs de conception**. Cette dépendance aux individus s'explique non pas tant par l'impossibilité pratique de codifier et d'inscrire les savoirs de conception que par les limites liées à l'utilisation et à la mobilisation de ces savoirs par les acteurs. De fait, les activités de conception sont saturées de connaissances formalisées, de documents, d'archives. Par ailleurs, ces dernières décennies, de très nombreuses unités d'ingénierie ont lourdement investi dans des dispositifs de capture, de capitalisation et de formalisation des savoirs, à travers les outils dits de *Knowledge Management* (KM). Mais, d'une part, Weil a bien montré que l'abondance de l'écrit (fût-il aujourd'hui massivement numérisé) dans les centres d'ingénierie ne dispensait pas du recours à l'oral et à l'informel, mais au contraire renforçait le poids de la « *culture orale* » (1999), du fait que les connaissances formalisées se présentaient sous une forme abondante, variée, foisonnante et disséminée. D'autre part, prolongeant la réflexion ouverte par Hatchuel & Weil (1992) sur les limites des « systèmes experts », Lefebvre, Roos & Sardas (2004), ont cerné, à partir d'une étude dans l'univers de la conception de moteurs d'avion, les « déficiences » inhérentes à la construction et à l'utilisation par les ingénieurs des différents dispositifs de KM. Ceux-ci manqueraient ainsi de « vie », seraient trop faiblement animés et mis à jour ; par ailleurs, leur contenu serait trop dépendant d'un contexte d'activité donné, et demanderait de grands efforts de transposition vers un autre projet, que seule, précisément, une grande expérience peut permettre de mener à moindres frais. En conséquence, ces dispositifs seraient massivement délaissés par les concepteurs, qui privilégieraient le recours à la relation informelle, au « métier » ou à la « communauté de pratique » (Brown & Duguid, 1991) pour apprendre ou transmettre un savoir.

En conséquence, ce « *portage individuel des savoirs* », ce caractère « mémoriel » de la connaissance comporte en lui-même le risque de l'oubli également relevé par Benoît Weil, parce qu'« *il introduit* ***d'abord une fragilité : la connaissance risque de disparaître en même temps que les acteurs qui la portent****. Or les mouvements de personnel sont nombreux, qu'il s'agisse de départs, de mutations dans un autre*

secteur (la gestion des carrières des ingénieurs par exemple privilégie une assez forte mobilité, il est rare qu'un jeune ingénieur reste plus de trois ans dans le même secteur), ou de l'arrivée de jeunes embauchés pour qui ce phénomène va ralentir sensiblement la formation de leur expertise. Même si l'on considère un concepteur qui est là de longue date, il n'est ***pas à l'abri de défaillances de sa mémoire*** » (p. 198). Weil introduit ainsi explicitement **le risque d'« oubli » comme constitutif des savoirs de conception, de par leur nature expérientielle et mémorielle**, et de la dépendance des savoirs codifiés à un contexte donné : ces caractéristiques exposent par conséquent ces savoirs aux principaux « facteurs de risque » d'oubli pointés par la littérature sur le *forgetting*, à savoir l'oubli individuel et le *turnover*.

B. Quel niveau d'analyse retenir ?

Ces différentes caractéristiques impliquent que, pour étudier l'oubli organisationnel et sa gestion dans les activités de conception, il convient d'être particulièrement attentif aux modalités concrètes de portage individuel ainsi que de création et de transmission des savoirs. Le caractère long, progressif et dépendant à l'action de la constitution de l'« expertise » impose de prendre en considération la question des **différentiels d'expérience entre individus, donc de la structure démographique et sociale des équipes d'ingénierie**. Il s'agit d'une révision importante par rapport aux approches de type *learning curves*, qui appréhendent la capacité d'un collectif comme un « tout » homogène et indifférencié qui croît ou décroît dans le temps (approche ancrée dans des univers industriels où les individus détiennent des compétences largement interchangeables). Dans les univers de conception, qui sont fondés sur un haut niveau de spécialisation des savoirs et où ceux-ci se constituent dans le temps long, une telle approche holistique ne tient pas, et il importe d'**analyser finement *qui* détient *quel niveau* de connaissances**. Cet enjeu est particulièrement critique si l'on cherche notamment à étudier les effets du *turnover* sur les capacités d'un collectif : c'est un point qui avait été soulevé par López & Sune (2013), lorsqu'ils mettaient en avant la nécessité d'inclure dans l'analyse la « *structure sociale* » des collectifs et d'étudier de façon différenciée les niveaux d'expérience des entrants et des sortants pour comprendre l'impact du *turnover* sur la productivité globale (p. 52).

À rebours de l'approche holistique retenue par la littérature sur l'oubli organisationnel, les travaux RH et de praticiens sur le « *knowledge loss* » et le « risque démographique » (Ashworth, 2006; DeLong, 2004; Stam, 2009) mobilisent un prisme d'analyse hyper-individualisé, centré sur le repérage d'individus-clés, experts détenteurs de savoirs particulièrement « stratégiques ».

Mais, il nous faudra retenir une approche qui ne tombe dans aucune de ces deux extrêmités, dans la mesure où nous verrons que la maille pertinente pour analyser la dynamique des savoirs en ingénierie n'est ni celle de la population globale, ni celle de l'individu (fût-il « stratégique »), mais celle du *collectif intermédiaire* au niveau duquel l'individu s'insère en pratique et ses compétences se constituent. Ce fait procède du fait que les activités de conception ne s'appuient pas seulement sur la capacité supérieure de quelques « experts » indispensables, mais sur des domaines de connaissances (ou d'expertise), souvent structurés sous la forme de « métiers », au sein desquels les connaissances se créent, se transforment et s'entretiennent. Il s'agit donc d'étudier la dynamique des connaissances ni à l'échelle du collectif et de façon agrégée, ni à la maille des seuls individus. Notre approche devra être

aux dimensions **simultanément collectives et individuelles des capacités**. Dans notre étude de cas, nous mobiliserons ainsi les principaux résultats des travaux du CGS consacrés à la dynamique des savoirs au sein des « métiers internes » de conception (Dalmasso, 2009; Lefebvre et al., 2003b; Roos, 2006), pour pouvoir analyser comment les capacités collectives de conception se constituent et évoluent au gré des changements intervenus dans la structure sociale et démographique des équipes. Ce déplacement du cadre d'analyse sera ainsi particulièrement important lorsqu'il s'agira de passer du simple diagnostic de l'oubli organisationnel à la gestion des phases de réapprentissage : en ingénierie, l'objet de la gestion des savoirs n'est ni une population globale indifférenciée, ni une collection d'individualités, mais les domaines de connaissance.

II. L'oubli organisationnel, d'un construit statistique vers un objet de gestion stratégique : enjeux de diagnostic et d'organisation du réapprentissage

1. L'oubli organisationnel : un enjeu à intégrer à la gestion stratégique des « capacités organisationnelles »

Nous avons donc identifié une première limite majeure de la littérature sur l'oubli organisationnel : ses partis-pris épistémologiques ont pour conséquence une restriction de son domaine d'étude. Elle a identifié, mesuré, analysé des phénomènes d'oubli dans des types d'activités qui se prêtaient à une observation statistique. Ce faisant, elle a laissé dans l'ombre tout un ensemble d'activités dans lesquelles l'oubli organisationnel était susceptible non seulement de survenir, mais également d'avoir de graves conséquences pour les organisations : l'activité des travailleurs « intellectuels », dans lesquels nous incluons les techniciens hautement qualifiés, les ingénieurs, les chercheurs, etc. Or ces activités, comme l'ont montré des travaux issus de la littérature en RH, font aujourd'hui face à des défis liés à la continuité de leurs capacités d'action, en raison de changements démographiques et dans les pratiques de mobilité professionnelle. Mais la dynamique des savoirs, dans ces activités, ne se laisse pas facilement capturer par des inférences statistiques : c'est pourquoi **cette thèse aura nécessairement un *caractère exploratoire*, en ce qu'elle cherchera à établir *chemin faisant* les conditions d'étude des phénomènes associés à l'oubli organisationnel dans des activités intensives en connaissance**.

Nous abordons à présent une seconde limite majeure de cette littérature, qui est celle de ses implications pour l'action managériale et stratégique. Benkard a souligné le premier que « *les implications stratégiques de l'oubli organisationnel n'avaient pas été étudiées* » par la littérature (2000, p. 1034), ce que Thompson a confirmé plusieurs années plus tard (2007, p. 909). Ce constat est d'autant plus surprenant que la littérature en management stratégique a, ces dernières années, accordé une attention croissante à l'approche des organisations par le prisme de leurs « ressources » et de leurs « capacités » comme un fondement majeur de l'avantage concurrentiel (Ambrosini, Bowman, &

Collier, 2009; Easterby-Smith & Prieto, 2008; Helfat & Peteraf, 2003; Winter, 2003). Cette ignorance mutuelle peut être explicable par une différence terminologique : la littérature sur l'oubli organisationnel manipule le concept de *knowledge* comme opérateur central, là où le management stratégique utilise plus volontiers les catégories plus générales et ductiles de "*resources*" ou de "*capabilities*" (qui généralement incluent les différents types de "*knowledge*" dans leurs définitions respectives). Malgré les débats épistémologiques soulignant la difficulté à « opérationnaliser » ces concepts (Barney, 1991; Depeyre & Mirc, 2007), les analyses qui seront menées dans cette thèse mobiliseront plutôt la notion de « capacité » que celle de « connaissance ». Elle nous semble en effet mieux à même de saisir à la fois la variété des « savoirs » mis en jeu par l'oubli organisationnel, du fait à la fois de son **caractère plus générique**, **plus directement relié à la question de *l'action***, au *faire* (par rapport auquel la notion de connaissance est plus distante), mais aussi parce qu'elle est **plus volontiers attribuable à un *collectif* et non seulement à un individu** (là où la notion de connaissance reste connotée comme une propriété des individus, malgré les théorisations récentes de la *connaissance collective* ou de la *connaissance organisationnelle*, voir Hecker (2012); Tsoukas and Vladimirou (2001)).

Au-delà de ces considérations lexicales et conceptuelles, ce fossé est d'autant plus étonnant que l'on peut considérer *a priori* **l'oubli organisationnel comme un élément à part entière de la dynamique des capacités opérationnelles des firmes, en tant que possibilité d'altération ou de perte de celles-ci**, qui appellerait en conséquence une attention managériale et des réponses spécifiques. C'est ainsi que, récemment, plusieurs voix ont plaidé pour un rapprochement de la littérature sur l'oubli organisationnel avec des concepts et des approches issus du management stratégique et de l'approche par les capacités. Argote estime que les théorisations de l'apprentissage par l'expérience issues de la littérature sur le *learning-by-doing* « *ont d'importantes implications pour avancer dans la compréhension des capacités organisationnelles, qui est un courant de recherche très actif en management stratégique* » (Argote, 2013b, p. 206). Elle a ainsi récemment proposé d'ériger les « systèmes de mémoire transactionnels » en « micro-fondations » des « capacités dynamiques » (Argote & Ren, 2012).

Concernant l'oubli organisationnel à proprement parler, López & Sune (2013) émettent un constat important : remarquant que ces dernières années, les prémices d'un croisement entre approches par le management des connaissances et approches par les capacités organisationnelles commençait à s'opérer (Easterby-Smith & Prieto, 2008), ils estiment que « *ces champs de recherche [en stratégie] pourraient être enrichis par la perspective du learning/forgetting, dans la mesure où* ***le management des capacités dynamiques implique nécessairement une altération des dépositaires de la connaissance*** » (López & Sune, 2013, p. 52). Les « capacités dynamiques » (bien que faisant l'objet de définitions relativement dispersées, voir Depeyre (2009)) sont en effet définies dans la littérature comme la méta-capacité d'une organisation à reconfigurer (créer, étendre, transformer…) rapidement sa « base de ressources » dans un environnement dynamique (Ambrosini et al., 2009; Winter, 2003). Or, jusqu'ici, les approches retenues pour étudier ces capacités laissent largement dans l'ombre les questions de la temporalité de ces redéploiements et de leurs effets sur les ressources reconfigurées. Elles négligent largement la *variable de contingence* que constitue la rapidité d'un individu ou d'un collectif donné à intégrer une reconfiguration. Mais plus encore, elles n'ont pas envisagé la possibilité qu'un redéploiement de ressources puisse se traduire par une perte de connaissances ou une altération de la

capacité opérationnelle d'un collectif. Or, c'est précisément le résultat mis en avant par López & Sune à propos du *turnover*.

Plus généralement, les approches dominantes en mangement stratégique, dont celle par les capacités dynamiques, sous-estiment dans une large mesure la question de la « vulnérabilité des ressources », en particulier lorsque celles-ci sont appelées à être reconfigurées. On pourrait parler à cet effet d'un biais optimiste de la stratégie. Le Breton-Miller & Miller (2014) expliquent ainsi que « *trop peu d'attention a été accordée aux facteurs de vulnérabilité des ressources. Nous sommes bien renseignés sur ce qu'est une ressource, et en quoi elle garantit une rente, mais nous le sommes beaucoup moins sur les vulnérabilités dont les différentes ressources sont l'objet, et sur les moyens par lesquels ces vulnérabilités pourraient être traitées* » (p. 3). Et parmi ces facteurs de vulnérabilité, ils incluent notablement la question du caractère tacite de certaines compétences critiques, qui d'un côté permet leur inimitabilité (et donc favorisent l'avantage concurrentiel), mais de l'autre les expose à la difficulté de les transférer, de les transmettre et donc de les entretenir : leur dégradation, leur « attrition » devient donc possible (p. 34). En conséquence, Le Breton-Miller & Miller plaident pour un nouveau paradigme en mangement stratégique : le « *curatorship organisationnel* ». Ce terme, qui désigne en anglais la « conservation » (comme activité du conservateur de musée[27]), recouvre trois registres de traitement de la vulnérabilité des ressources, inspirées précisément des fonctions du conservateur : « *préserver* » les ressources, être un « *connaisseur* » ("*connoisseurship*"[28]) des ressources, et « *orchestrer* » les ressources. Cette exigence de *curatorship* élargit considérablement la palette des actions des dirigeants en matière de gestion de leurs ressources et capacités.

Nous pouvons dire que notre travail de thèse s'inscrit dans une perspective convergente avec l'orientation proposée par Le Breton-Miller & Miller. Nous cherchons bien à étudier le facteur spécifique de vulnérabilité des capacités organisationnelles qu'est l'oubli organisationnel, et à rechercher les moyens dont les managers pourraient faire preuve de *curatorship* à l'égard de cet enjeu. Mais la façon dont l'objet « oubli organisationnel » a été construit dans la littérature permet-il d'instituer celui-ci en véritable « objet de gestion » praticable pour les managers ? Nous allons voir que ce n'est que partiellement le cas, pour des raisons tenant encore à la façon dont cette littérature s'est construite.

2. Vers la problématique de thèse

Dans quelle mesure la littérature existante sur l'oubli organisationnel permet-elle de faire du phénomène en question un véritable « objet de gestion », en particulier dans les activités d'ingénierie ?

Nous pouvons mettre au crédit de la littérature essentiellement statistique consacrée à ce sujet d'avoir pu mettre en évidence les phénomènes de récessions de productivité imputables à des changements intervenus dans les « facteurs de production ». Ces travaux ont ainsi permis d'adresser une critique

[27] Et que traduire comme « conservation organisationnelle » serait terriblement restrictif et trompeur, ce pourquoi nous préférons conserver le terme dans sa langue originale.
[28] Autre terme intraduisible.

interne à la littérature établie sur l'apprentissage organisationnel et les *learning curves*, et de faire sauter un certain nombre d'hypothèses intenables, telles que la persistance infinie dans le temps de l'expérience accumulée. Ils ont donc une vertu certaine, qui est d'informer sur l'existence de risques associés à la dépréciation de l'expérience accumulée. Mais, et c'est certainement une limite majeure liée à la posture épistémologique de ces travaux, cette sensibilisation au risque ne s'est pas véritablement, pour le moment, accompagnée d'une littérature conséquente sur les modalités de gestion de ce risque. Certes, la recherche de corrélations permet d'identifier un certain nombre de facteurs de causalité possibles, qui peuvent fournir des indications utiles : elle peut permettre, par exemple, d'identifier un niveau de *turnover* « soutenable » ou un rythme minimal de production permettant l'entretien des compétences dans une organisation productive donnée. Mais cela peut-il déboucher sur de véritables prescriptions pour les managers ? En partie seulement, car nous voyons bien que cela met en jeu des variables qui ne sont que partiellement des leviers d'action entre les mains des dirigeants (le *turnover* et le rythme d'activité ne sont ni indépendants de la volonté du management, ni parfaitement décidables par celui-ci).

Les travaux que nous avons cités sur le risque de « *knowledge loss* » et la gestion du « risque démographique » qui sont, rappelons-le, des travaux beaucoup plus orientés vers la pratique que ceux issus du courant statistique et économique, permettent de combler en partie cette lacune, en fournissant des « bonnes pratiques » beaucoup plus opérationnelles. Ces prescriptions visent principalement à anticiper des « *gaps* » de connaissances stratégiques au sein des organisations. Elles consistent en des méthodes d'identification de *zones de savoir critiques*, critiques tant en termes de *besoin* de connaissances stratégiques qu'en termes de *vulnérabilité* de ces savoirs stratégiques. L'analyse de la vulnérabilité reposera tant sur les caractéristiques des acteurs dépositaires de ces savoirs que des difficultés spécifiques à transmettre, voire reconstruire ces savoirs. Une attention particulière est donc accordée aux *modalités de production des connaissances stratégiques* (Strack et al., 2008). Sur le plan de l'action, ce travail d'identification débouche ensuite sur des méthodes éprouvées de rétention des savoirs, mais aussi, au besoin des individus dépositaires de ces savoirs. C'est ainsi que cette littérature ouvre plus largement sur les littératures plus familières du *knowledge management*, qui propose des méthodes et des dispositifs de rétention formelle et de transmission des connaissances (outils de capitalisation, programmes de formation ou de tutorat…), ou du *talent management*, qui vise plus spécifiquement la rétention individuelle d'acteurs considérés comme « clés ».

Ces travaux complètent de façon opportune la littérature sur l'oubli organisationnel, en offrant essentiellement aux managers des démarches de prévention du risque. Mais c'est précisément dans ce caractère *strictement préventif* que réside selon nous le **principal point aveugle de la littérature sur l'oubli organisationnel dans une perspective d'action managériale**. Les littératures sur l'oubli et organisationnel et le risque démographique débouchent sur des modalités de gestion *ex-ante* du phénomène (prévision, anticipation, planification, prévention…), mais n'apparaissent pas, à ce stade, en mesure d'apporter des réponses à des organisations pour lesquelles un « oubli », une perte de capacités stratégiques, auraient *déjà eu lieu*. Dans ce type de configuration, ce sont alors des modes de gestion *ex-post* qui sont requis. Ce déplacement de perspective de l'amont vers l'aval du phénomène

appelle également un autre changement de référentiel : **alors que l'amont appelle une *gestion de risque*, l'aval appelle une *gestion de crise*.**

Les travaux consacrés à l'*organizational forgetting* sont en effet restés étrangement silencieux sur la question du « réapprentissage » (ou *relearning*), c'est-à-dire des processus par lesquels les organisations « remettent à niveau » leurs capacités par rapport à une trajectoire de performance dont ils ont dévié, c'est-à-dire à un niveau de performance considéré comme exigible ou souhaitable. On peut tenter d'expliquer ce silence de façon relativement simple. Les modalités d'approche quantitative de l'apprentissage organisationnel ne permettent pas d'appréhender ce phénomène de façon processuelle et située : *il n'est appréhendé que comme passage d'un niveau de performance à un autre*. À n'en faire qu'un « delta » quantitatif, il en résulte qu'on ne distingue pas entre différentes modalités, types ou mécanismes d'apprentissage : le « réapprentissage » ne peut, dans ces conditions, avoir quoi que ce soit de spécifique pour la littérature. Or, **le réapprentissage est bien l'enjeu principal de gestion *ex-post* d'une organisation qui aurait été confrontée un « oubli organisationnel »**. Il importe donc d'en saisir les spécificités pour pouvoir envisager les orientations possibles de l'action managériale dans ce type de situation.

Ces différents éléments nous amènent donc à formuler notre problématique de thèse :

Problématique de la thèse :

Comment diagnostiquer et gérer une situation d'oubli organisationnel et de réapprentissage dans une activité d'ingénierie ?

Partie 2 : Contexte industriel, présentation du terrain et méthodologie de recherche

Chapitre III : Généalogie et enjeux du projet EPR Flamanville 3 73

I. Retour sur l'historique : de la construction du parc actuel au reflux de l'industrie dans les années 1990 74

1) L'industrie nucléaire française du stade préindustriel vers la « production de masse » de réacteurs 74

2) Les ressorts de l'industrialisation réussie de la construction de réacteurs : stratégie de palier et contexte institutionnel 77

3) Vers la « traversée du désert » 78

II. Quel « printemps » pour le nucléaire ? 82

1) Stagnation prolongée ou « *revival* » nucléaire ? 82

2) Généalogie et déterminants du choix de la technologie EPR 85

A. Logique du choix : l'adéquation entre horizon temporel des besoins et technologie disponible 85

B. La « Génération IV » et au-delà : des innovations de rupture attendues, mais encore lointaines 87

C. EPR et la « Génération III » : des réacteurs « évolutionnaires » pour des besoins de court terme 89

3) Un débat en creux : quelles capacités d'ingénierie pour soutenir le renouveau de l'activité de construction de réacteurs ? 92

A. Retour sur la genèse du projet EPR 92

B. Quand construire un EPR en France ? Hypothèses rétrospectives 94

Chapitre IV : Présentation du terrain de recherche : le CNEN, Centre National de l'Équipement Nucléaire 101

I. Le CNEN : place au sein d'EDF et rôle dans le dispositif de conception et de construction de nouveaux réacteurs nucléaires en France 102

II. Le CNEN : des ressources et une organisation en forte évolution au moment de la recherche collaborative 108

1. Représentation statique de l'organisation projets/métiers du CNEN au moment du début de la recherche collaborative 108

2. L'organisation du CNEN replacée dans sa dynamique : croissance des effectifs, recomposition des projets et des métiers 112

Chapitre V : Une recherche collaborative : place des chercheurs dans un dispositif de réflexion collective 119

I. Le cadre institutionnel de notre recherche : une collaboration au « Projet d'Unité » du CNEN 119

1. Enjeux et modalités du « Projet d'Unité » 119

A. Pourquoi un « Projet d'Unité » ? La formulation d'une préoccupation organisationnelle par la direction du CNEN 119

B. Un ensemble de « chantiers » de réflexion tendus vers l'accompagnement des changements et l'amélioration du fonctionnement collectif 121

2. Récapitulatif chronologique de la collaboration et matériau recueilli 123

II. Sur quelques avantages et inconvénients de la recherche collaborative et les limites de ce travail de thèse 128

1. Retour sur le statut épistémologique de la thèse 128

2. Apports et limites de la recherche collaborative dans le cas de relation avec le CNEN 130

Chapitre III : Généalogie et enjeux du projet EPR Flamanville 3

Dans cette thèse, il sera largement question d'un projet bien particulier : la construction, par EDF, d'un réacteur de type EPR sur le site de Flamanville[29]. Dans les parties qui suivent, nous étudierons de nombreux enjeux d'apprentissage, de compétences ou d'organisation associés à ce projet hors normes. Mais, à bien des égards, ces différents enjeux, ainsi que les décisions qui les ont accompagnés, ne peuvent se comprendre qu'à la lumière d'une analyse de la *place* extrêmement singulière qu'occupe le projet Flamanville 3, tant au regard de l'histoire d'EDF, et plus largement du programme électronucléaire français, que de l'avenir de cette entreprise et de ce programme. La temporalité singulièrement étirée de l'industrie nucléaire commande, de toutes façons, ce replacement de l'analyse dans l'épaisseur d'une perspective historique. Il n'est qu'à considérer, pour s'en convaincre, que le projet EPR démarre véritablement en 1989, lorsqu'un partenariat franco-allemand est noué pour développer une nouvelle génération de réacteurs, et que le premier représentant de cette lignée ne sera pas mis en service avant 2014[30]. Il aura donc fallu *a minima* 25 ans pour qu'un EPR « sorte de terre ». La perspective s'allonge plus encore si l'on intègre la durée de vie du réacteur, estimée à 60 ans, ainsi que la durée de démantèlement, qui est, compte tenu des possibilités techniques actuelles, de 30 ans en moyenne. L'horizon temporel des projets dont il est question ici excède donc celui du siècle.

Le projet EPR de Flamanville est un projet « trait d'union » à de multiples égards, et c'est précisément ce qui lui confère sa singularité. Trait d'union entre un cycle qui se referme pour EDF, le cycle ouvert par le fameux « Plan Messmer » de 1973 et qui a donné lieu à la construction des 58 réacteurs aujourd'hui en service sur le territoire français, et le cycle du renouvellement de ce parc historique. Trait d'union entre deux générations de réacteurs, l'ancienne Génération II et la nouvelle Génération III, qui est supposée intégrer les enseignements des accidents de Three Mile Island (1979) et Tchernobyl (1986), et œuvrer à l'avènement d'un nucléaire plus sûr. Trait d'union entre un statut d'entreprise publique dotée d'une mission de service public dans les limites du pays, et celui d'une multinationale à la conquête de marchés à l'export. Trait d'union, enfin, entre une génération d'ingénieurs façonnée par ce contexte, et une nouvelle génération. Mais pour un certain nombre de raisons sur lesquelles nous reviendrons, ce changement d'ère s'est fait de façon particulièrement heurtée, discontinue, incertaine.

[29] Le site de Flamanville, situé au nord de la péninsule du Cotentin dans le département de la Manche, compte déjà deux réacteurs, de type P4, raccordés au réseau en 1985 et 1986.

[30] Il est probable que le premier EPR mis en service dans le monde soit le réacteur de Taishan (Chine), dont la construction aura été nettement plus rapide que celles d'Olkiluoto et Flamanville.

I. Retour sur l'historique : de la construction du parc actuel au reflux de l'industrie dans les années 1990

1) L'industrie nucléaire française du stade préindustriel vers la « production de masse » de réacteurs

La France est le pays le plus fortement nucléarisé au monde si l'on considère la part du nucléaire dans la production d'électricité. Si le chiffre varie, l'ordre de grandeur tourne autour de 80% de l'électricité produite, ce qui la place, en valeur relative, loin devant les autres puissances nucléaires.

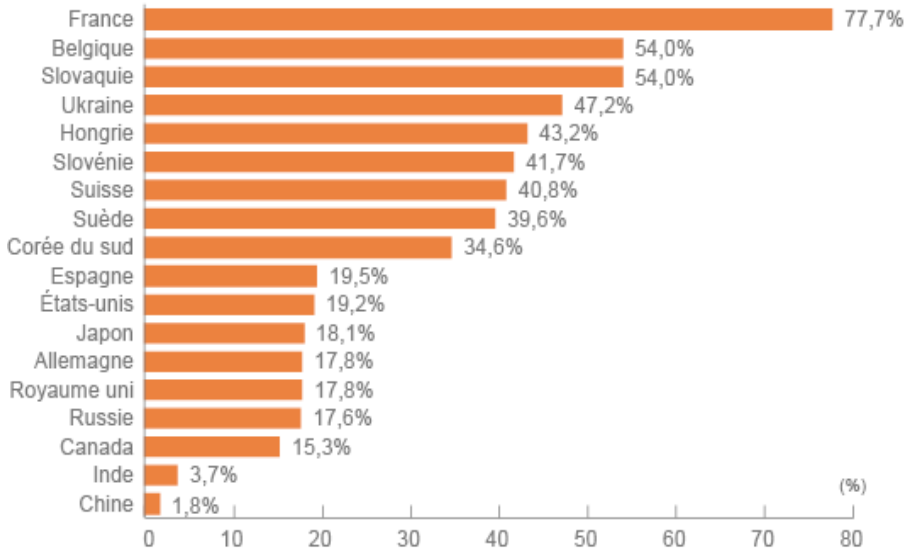


Figure 7 : Part du nucléaire dans la production d'électricité par pays en 2011 (graphique AIEA)

Cette production est assurée par 58 réacteurs (souvent appelés « tranches » dans le jargon nucléaire), répartis au sein de 19 centrales, qui forment le « parc » électronucléaire français. L'intégralité de la production nucléaire d'électricité en France est assurée par EDF, qui est le premier producteur d'électricité dans le monde. Si, d'après les différentes dispositions législatives ayant progressivement ouvert le marché de la distribution d'électricité à la concurrence, EDF ne dispose plus du monopole de la production et de la distribution d'électricité en France, l'entreprise conserve néanmoins un monopole de fait sur l'exploitation des réacteurs actuellement en fonctionnement, soit sur l'essentiel de l'électricité produite sur le territoire[31]. Il est ainsi souvent question d'une « rente nucléaire », dont la production est assurée par EDF, et dont il s'agit de libéraliser la distribution. La loi NOME[32] du 7 décembre 2010, a essentiellement consisté à garantir un *droit d'accès régulé à l'électricité nucléaire historique* (ARENH) aux concurrents d'EDF, donc à libéraliser l'aval de la filière, mais n'a pas porté atteinte à l'amont, c'est-à-dire à l'exploitation des centrales.

[31] GDF Suez a manifesté son intention de pénétrer le marché de la production nucléaire d'électricité, en annonçant, en 2010, son intention de construire un premier réacteur de type *Atmea* (réacteur de moyenne puissance, développé par Areva) dans la vallée du Rhône, à l'horizon 2020. Aucune décision politique n'est cependant, à cette date, venue appuyer cette ambition.

[32] Nouvelle Organisation du Marché de l'Électricité.

Ce parc très dense de réacteurs exploités par EDF a été construit, nous le verrons, dans un temps extrêmement ramassé, mais il est le résultat d'une histoire longue, qu'il ne s'agit pas de restituer intégralement ici. Nous nous en tiendrons, dans l'esprit d'une approche généalogique, à en signaler les éléments qui sont le plus à même d'éclairer la situation présente.

Une série de décisions politiques, prises pour l'essentiel pendant la présidence de Georges Pompidou (1969-1974), a façonné le visage que présente ce parc de 58 réacteurs. Au tournant des années 1960 à 1970, le paysage du secteur nucléaire en France est marqué par de profonds clivages, et de grandes incertitudes. Le principal clivage, souvent qualifié de « guerre des filières », est celui qui oppose le CEA[33] et EDF. Depuis le début des années 1960, en effet, le gouvernement français songe à augmenter ses capacités de production d'électricité via l'utilisation de l'énergie nucléaire, notamment suite aux recommandations de la commission PEON[34], pour faire face à la croissance de la demande, mais également pour réduire la dépendance vis-à-vis d'énergies fossiles dans un contexte de décolonisation. Mais les deux principaux acteurs de la filière ne s'accordent pas sur l'option technologique à retenir. Le CEA promeut la technologie qu'il a lui-même développée : la filière *Uranium Naturel Graphite Gaz* (UNGG), alors qu'EDF prône l'utilisation de la technologie dite de *Réacteur à Eau Pressurisée* (REP), développée par la firme américaine Westinghouse. Pour des raisons tenant principalement au souci de l'indépendance nationale dans un contexte de guerre froide, mais aussi au poids des préoccupations militaires, le général de Gaulle a maintenu, jusqu'à son départ du pouvoir en 1969, sa préférence pour la filière UNGG, alors même qu'il était prouvé qu'elle était l'option la plus coûteuse. Au-delà de cette indécision technologique, l'avenir et le potentiel du nucléaire civil sont alors sujets à caution. Si la technologie suscite un optimisme certain, elle n'est pas encore conçue comme économiquement très avantageuse : le « choc pétrolier » n'a pas encore eu lieu, est les puissances occidentales continuent à s'approvisionner à bas coût en hydrocarbures. EDF produit alors de l'électricité principalement grâce à l'hydraulique et au thermique à flamme (charbon, fioul, gaz).

Ces oppositions et ces incertitudes vont être progressivement tranchées pendant la première moitié de la décennie 1970, qui voit le secteur nucléaire français basculer d'un stade préindustriel, fait d'expérimentations, de recherches, de tâtonnements, vers un stade industriel, où le souci de la rationalisation et de l'optimisation sera permanent. Une décision interministérielle du 13 novembre 1969 (1er gouvernement Chaban-Delmas) répudie la filière Graphite Gaz au profit de la technologie américaine à eau légère, pour des motifs principalement économiques. La France collabore déjà étroitement, depuis les années 1950, avec les ingénieurs américains, notamment à travers la société Framatome, qui est l'abréviation de Société Franco-Américaine de Constructions Atomiques[35], créée en 1958 par le rapprochement de sociétés françaises spécialisées dans l'électricité (Schneider, Merlin Gerin) et de Westinghouse qui, dès le milieu des années 1960, industrialise à grande échelle la

[33] Commissariat à l'Energie Atomique, aujourd'hui Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, créé le 18 octobre 1945 par décision du général de Gaulle.

[34] Production d'Électricité d'Origine Nucléaire

[35] Framatome sera intégrée, en 2001, avec la COGEMA (Compagnie générale des matières atomiques), au groupe nouvellement créé Areva. Framatome deviendra ainsi Areva NP, spécialisée dans la conception et la construction de réacteurs, et la COGEMA deviendra Areva NC, principalement en charge du cycle du combustible.

construction de réacteurs de type REP aux États-Unis. Cette collaboration va être renforcée lorsque Westinghouse cède, en 1974, sa licence sur les réacteurs à eau pressurisée à Framatome. L'industrie française va alors pouvoir s'appuyer sur une technologie déjà éprouvée et sur l'expertise des ingénieurs américains.

L'histoire retient que le véritable tournant pour le nucléaire civil français intervient en 1973, et reste associé au nom du premier ministre de l'époque, Pierre Messmer, ainsi qu'aux grands événements géopolitiques qui surviennent cette année-là : le conflit israélo-arabe (guerre du Kippour), et le « choc pétrolier » consécutif la décision des pays arabes producteurs de pétrole de s'affranchir de la tutelle des pays occidentaux. En réalité, ces évènements ont eu pour conséquence principale d'accélérer un processus déjà en marche de nucléarisation de la production d'énergie en France. Le véritable acte de naissance du programme nucléaire français est en fait consécutif à la décision du gouvernement algérien, en 1971, de nationaliser les hydrocarbures sahariens. Jacques Chaban-Delmas décide alors la construction de trois réacteurs de type REP, qui sont encore aujourd'hui en activité, les réacteurs bien connus de Fessenheim (Bas-Rhin) et de Bugey (Ain). L'ambition du gouvernement est alors de réduire progressivement la part du thermique à flamme basé sur les énergies fossiles dans la production. En mai 1973, plusieurs mois avant la guerre du Kippour et le choc pétrolier, il est décidé de construire trois réacteurs par an. Ces évènements auront pour effet, en faisant émerger de façon criante la dépendance énergétique de la France par rapport aux fournisseurs d'hydrocarbures, de précipiter et d'intensifier le programme nucléaire français. Une décision du 5 mars 1974 va entériner le choix du nucléaire comme source largement majoritaire de la production d'électricité en France au détriment du thermique à flammes, en accélérant le rythme de la construction de réacteurs. Le souhait du gouvernement est de remplacer, *dans les plus brefs délais possibles*, la production thermique par de la production nucléaire.

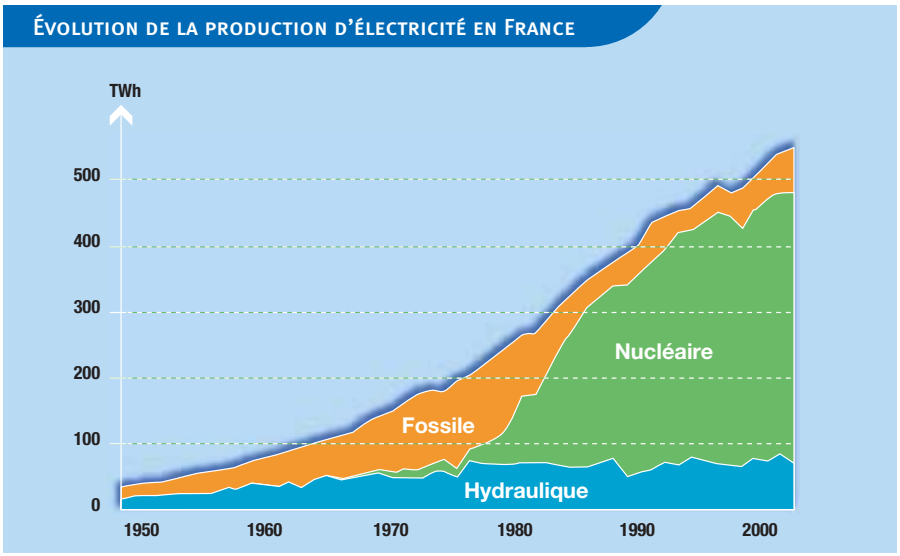


Figure 8 : Le nucléaire par rapport aux autres sources d'électricité en France : une substitution massive et rapide (graphique EDF)

2) Les ressorts de l'industrialisation réussie de la construction de réacteurs : stratégie de palier et contexte institutionnel

A partir de 1974, la construction du parc nucléaire français s'engage. Au cours des décennies 1970 et 1980, les chantiers vont s'enchaîner à un rythme jamais vu jusqu'ici dans l'industrie nucléaire mondiale. Les 58 réacteurs auront en effet été construits sur une période inférieure à 20 ans. La vitesse d'exécution de ce programme de conversion massive de la production d'électricité en France peut s'expliquer par un certain nombre de raisons. Pour l'essentiel, nous pouvons dire que si EDF aura pu construire autant de centrales en si peu de temps, c'est parce qu'elle a su opérer la conjonction de facteurs favorisant une efficacité maximale.

Le programme nucléaire français est le produit d'une rencontre entre un choix technologique éprouvé et testé à grande échelle par les ingénieurs américains (la technologie des Réacteurs à Eau Pressurisée), et l'organisation industrielle du secteur électrique en France. En effet, comme l'explique Lionel Taccoen, qui était chargé entre 1974 et 1981 de la communication sur le programme nucléaire d'EDF (Taccoen, 2003), la principale innovation apportée par EDF fut d'adapter son modèle d'organisation des filières technologiques, hérité de son expérience en matière de barrages hydroélectriques et de centrales thermiques au cours des années 1950 et 1960, au domaine de la production nucléaire. Ce modèle d'organisation était fondé sur un principe simple : la *construction en série*, fondée sur la *réplication* d'un même design et de mêmes principes de construction. C'est ce que, dans le vocabulaire d'EDF, on appelle la logique de paliers technologiques. Pour Taccoen, « *depuis longtemps, les centrales à charbon et à pétrole étaient réalisées en France par « paliers », c'est-à-dire par séries d'unités identiques. Pour le nucléaire, c'était purement et simplement une révolution […] Cette décision allait faire du nucléaire français le moins cher du monde… Et l'un des plus sûrs, car les ingénieurs allaient pouvoir concentrer leurs efforts sur un seul modèle* » (*op. cit*. p. 102).

Mais cette stratégie de recherche d'une efficacité maximale par la réplication n'a pu exister que parce qu'il existait, en France, un cadre institutionnel qui lui était particulièrement favorable, comme l'explique Grubler (2010). Pour cet auteur, « *le programme français de Réacteurs à Eau Pressurisée (REP) est légitimement considéré comme le développement à grande échelle* [*scale-up* dans le texte] *d'un système technologique énergétique complexe et intensif en capital le plus réussi dans l'histoire récente des pays industrialisés* » (art. cit. p. 5174). Ce développement est « réussi », toujours selon lui, à trois égards : par son ampleur (de près de 0% à 80%), sa rapidité (programme déployé sur moins de 20 ans), et son caractère systémique (le déploiement d'une capacité industrielle globale, couvrant l'ensemble de la chaîne d'activité, de l'extraction du combustible au traitement des déchets, en passant par la production et la distribution d'électricité, la construction et le démantèlement des unités de production). Les raisons profondes de ce « succès » ont été analysées par Finon & Staropoli (2001), ainsi que par Grubler (2010). Les premiers mettent en avant le cadre institutionnel et politique spécifique à l'industrie France, marqué par le centralisme et la technocratie : « *un fort appui politique, un monopole d'État sur l'électricité doté de ressources d'ingénierie substantielles, une industrie électromécanique hautement concentrée, une agence de R&D influente* [le CEA], *opérant dans le cadre d'une grande stabilité de la régulation, et une coordination efficace, résultant d'arrangements organisationnels de long-terme* » (Finon &

Staropoli, 2001, p. 179). Grubler reprend ces différents facteurs institutionnels, en ajoutant qu'ils auront permis « *la standardisation de séries de réacteurs, commandés en "gros" et bénéficiant d'apprentissages externes à travers l'utilisation de la conception de réacteurs américains existants, via la licence Westinghouse* » (p. 5177).

Cette stratégie de réplication bouleversait la logique industrielle alors dominante dans le domaine nucléaire, logique de prototypage et de conception à l'unité. Cette logique tenant d'ailleurs tant au caractère relativement neuf de cette industrie, mais aussi aux contextes locaux dans lesquels elle s'est d'abord déployée, les deux pays pionniers en matière d'industrialisation de l'atome civil, les Etats-Unis et la RFA, étant des États fédéraux, marqués par une plus grande décentralisation politique et réglementaire, ainsi que par un paysage industriel plus déconcentré qu'en France. Encore une fois, le contexte institutionnel français a permis le dépassement de la logique prototypage, en particulier par le fait que le client (l'exploitant) et le fournisseur de l'équipement (l'architecte-ensemblier) étaient, et restent, en France, confondus : EDF assume les deux rôles. Pour Marcel Boiteux (2008), ce double statut de l'entreprise est un « *autre facteur de succès, spécifique au cas français, c'est le client lui-même - EDF en l'occurrence - qui est son propre architecte industriel et assure l'ingénierie générale, et non un architecte autonome comme aux États-Unis, ou le fournisseur de chaudière nucléaire lui-même comme en Allemagne. Ainsi, la Maison EDF sait-elle le pourquoi, le comment...* » (p. 40). Cette situation permet, dans une large mesure, de réfréner les velléités des équipes d'ingénierie à raffiner de façon indéfinie la conception des centrales, et permet donc de freiner l'innovation pour favoriser les rentes d'apprentissage et les économies d'échelle : « *les idées nouvelles et géniales du fournisseur (ou du maître d'œuvre) étant soigneusement rangées dans des chemises à exploiter plus tard* » (ibid.)[36].

On le voit, la conversion massive et rapide de la production française d'électricité vers le nucléaire aura été possible par une juxtaposition de décisions tendues vers la recherche d'une efficacité maximale : **l'adoption d'une technologie *déjà explorée* aux États-Unis**, au détriment d'une part de l'indépendance nationale, mais au profit d'économies de R&D et d'apprentissage notables ; le choix d'une **stratégie de réplication** par paliers technologiques ; une **organisation industrielle centralisée** autour d'un acteur clé (EDF), condition de la réplication, et minimisant les coûts de coordination.

3) Vers la « traversée du désert »

La stratégie décrite dans la section précédente a permis à l'activité de construction de réacteurs d'atteindre son apogée très rapidement, au début des années 1980, l'arrivée au pouvoir de François Mitterrand n'ayant d'ailleurs en rien infléchi la politique nationale en matière de nucléaire. L'année 1981 est même un point culminant si l'on considère le volume de MW raccordés au réseau cette année là, qui dépasse les 8500 (source : AIEA).

[36] Grubler fait l'hypothèse que le profil de Boiteux, non pas un ingénieur mais un mathématicien et expert en recherche opérationnelle, a joué un rôle fondamental dans le fait de freiner la logique de prototypage, au moyen d'un report systématique des innovations potentielles tant que les possibilités de l'état actuel de la technologie n'auront pas été pleinement *exploitées* (p. 5177).

Les années 1980 sont marquées par une lente évolution du parc, avec l'évolution du design des centrales. À partir du modèle de base développé par Westinghouse, les ingénieurs d'EDF et Framatome vont progressivement apporter des améliorations, qui permettront de rendre les réacteurs plus puissants et plus sûrs, en intégrant les « retours d'expérience » des heures de fonctionnement de ceux précédemment installés (voir **figure 9**).

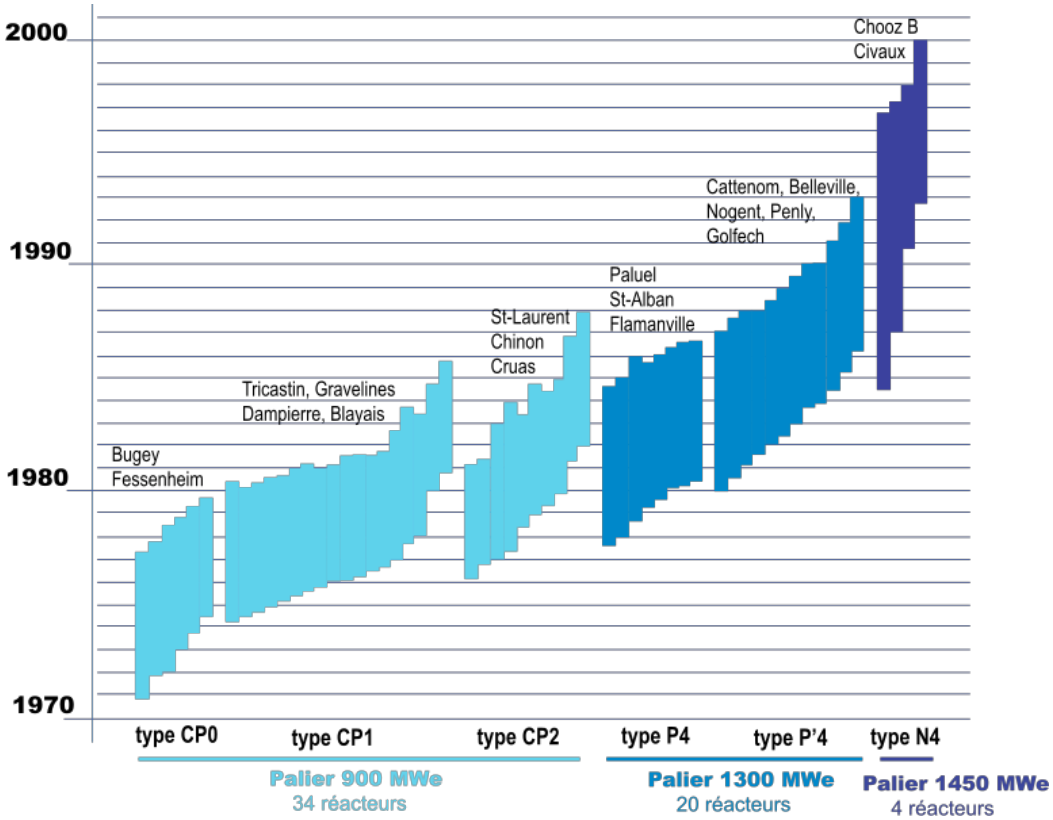


Figure 9 : Les 58 réacteurs du parc historique français : localisation, palier technologique, date et durées de construction (graphique AIEA)

Cette période voit également EDF et Framatome s'affranchir, de façon graduelle, de la tutelle de Westinghouse. Le palier P'4 est présenté comme une version « francisée » du design de P4 de Westinghouse. Quant au palier N4, il est le premier à être présenté comme de conception totalement française, et les quatre réacteurs de ce type en fonctionnement actuellement (à Chooz et Civaux) ne dépendent donc pas de la licence américaine.

Mais la décennie 1980 est aussi celle d'une décroissance progressive de l'activité de construction de réacteurs, à mesure que se rapproche l'horizon d'une saturation des capacités de production du parc. La **figure 10** ci-dessous, qui montre le nombre de tranches en cours de construction par année, illustre bien cette baisse d'activité entamée à partir du « pic » des années 1980-1981.

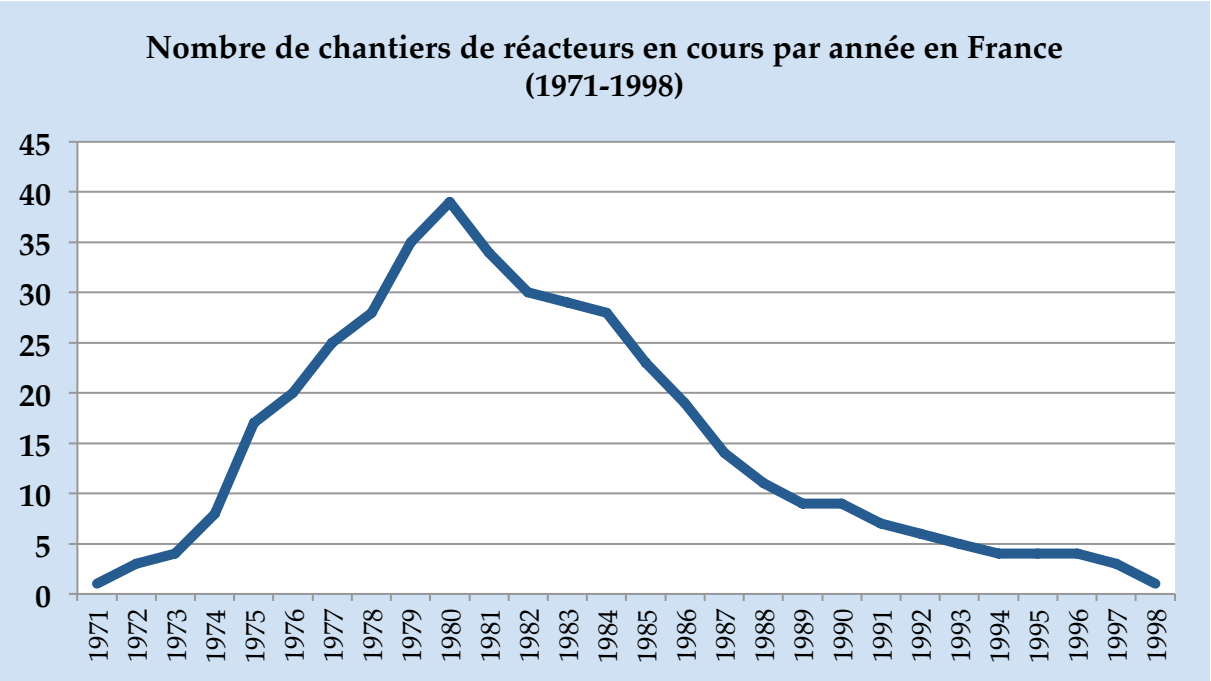


Figure 10 : Evolution dans le temps du nombre de tranches en cours de construction en France (données AIEA)

Cet effet de seuil, s'il est fortement lié à des contingences nationales (la saturation du parc), s'inscrit en fait dans un mouvement plus global de très fort ralentissement du déploiement du nucléaire civil dans le monde. Ce phénomène a une origine double : il s'explique tant par le fait que certaines des puissances nucléaires les plus actives (France, Japon) atteignent une capacité de production critique avant l'horizon du renouvellement de ces capacités, que par le désengagement d'autres puissances vis-à-vis de la technologie nucléaire, en lien avec des inquiétudes croissantes quant à sa sûreté. La première de ces grandes nations est les Etats-Unis, suite à l'accident de la centrale de Three Mile Island (Pennsylvannie), survenu le 28 mars 1979. Le traumatisme provoqué par cet accident conduisit le Président Jimmy Carter à suspendre le programme nucléaire civil américain. Les chantiers alors en cours seront, pour la plupart[37], menés à leur terme, mais plus aucun nouveau projet ne sera engagé. Ainsi, en 2014, les 104 réacteurs en service sur le sol américain sont tous issus d'une décision de construction antérieure à 1979. Cette décision des États-Unis de suspendre leur programme marqua un premier coup d'arrêt pour la filière. Mais le véritable tournant intervint à l'évidence avec l'accident de Tchernobyl, qui fut nettement plus grave que TMI, par ses conséquences humaines, sanitaires, économiques ou encore environnementales. Son incidence sur l'activité de construction de réacteurs dans le monde fut, comme l'illustre la **figure 11** ci-dessous, particulièrement brutale. On observe ainsi que l'année 1986 a constitué l'apogée d'une expansion du nombre de réacteurs en connexion qui n'avait été que ralentie par le choc provoqué par l'accident de TMI. Depuis lors, et jusqu'à aujourd'hui, la « puissance installée », c'est-à-dire la capacité totale de production d'électricité du parc

[37] « Pour la plupart » seulement, car certains projets ne pourront jamais être menés à leur terme, pour des raisons tant politiques que financières, à l'instar du réacteur de Shoreham (New York) qui ne sera jamais mis en servie, après avoir engendré des hausses de coût particulièrement spectaculaires. Ce projet avorté reste l'un des plus grands échecs industriels de l'histoire américaine, et les ressorts organisationnels en sont bien décrits par Ross & Staw (1993) dans un article de l'*Academy of Management Journal*.

de réacteurs mondial, n'a cessé de stagner, les quelques réacteurs entrant en service chaque année (une moyenne de 4 ou 5 par an) compensant seulement les arrêts de réacteurs anciens.

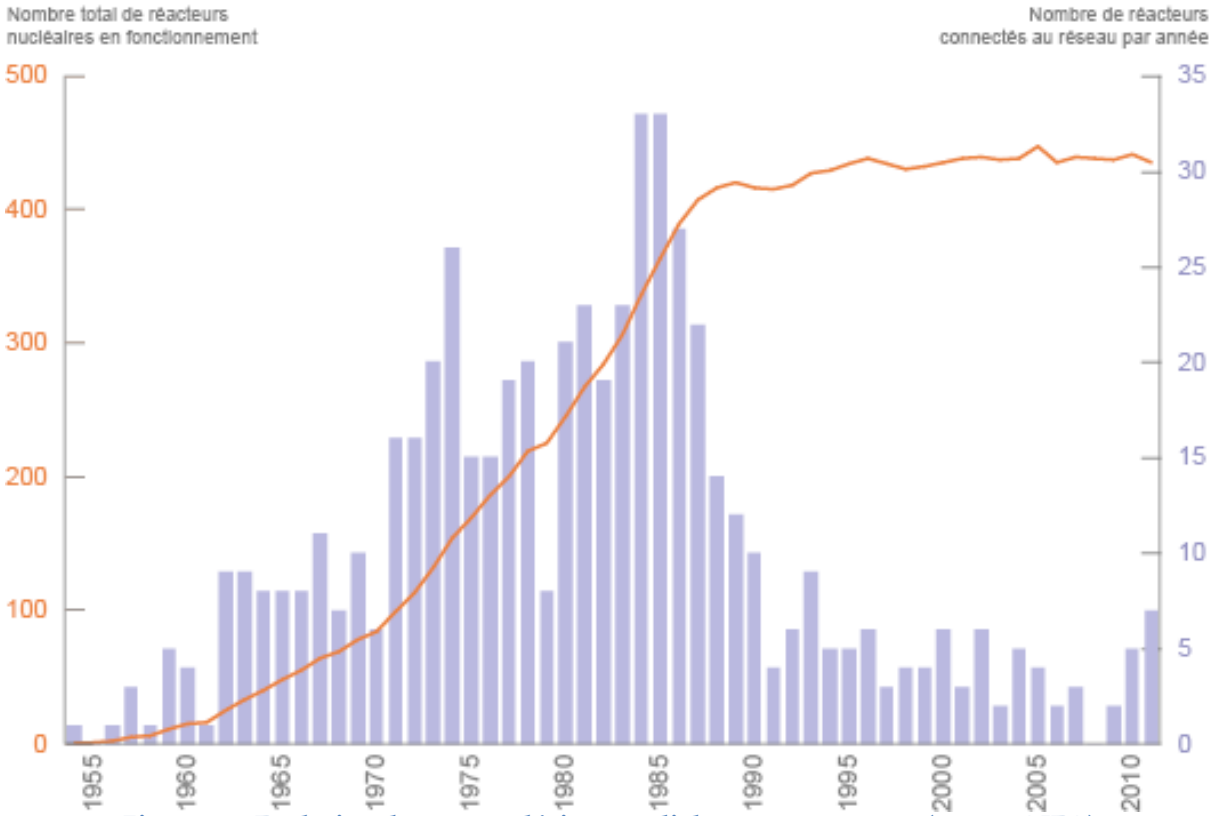


Figure 11 : Evolution du parc nucléaire mondial entre 1954 et 2011 (source AIEA)

Ce « plateau » de production a entraîné une véritable « traversée du désert » pour les acteurs de la filière électronucléaire, et ce partout dans le monde. La principale raison avancée pour expliquer cette situation est le retournement des opinions publiques nationales au sujet de la sûreté de l'utilisation de l'énergie nucléaire. Le traumatisme de Tchernobyl a, en effet, parachevé un processus d'inversion de l'imaginaire collectif associé à « l'atome », tel qu'il s'était édifié dans le contexte d'optimisme technologique des années de la reconstruction. L'utilisation de l'énergie atomique était alors porteuse de promesses infinies : celle d'une source d'énergie illimitée, peu chère et sans risque, susceptible de s'appliquer à de nombreux domaines. Les reportages d'information sur le sujet datant des années 1950 et 1960 sont, à cet égard, saisissants. Un court documentaire français de 1965 sur l'« ère atomique » détaille les possibilités qui devaient s'ouvrir grâce à l'atome, en affirmant que « le champ des applications est pratiquement sans limite » : révolution dans les transports, avec la locomotive nucléaire, l'avion nucléaire, mais aussi le creusement de canaux par bombardement ; dans l'agriculture, avec le décuplement des rendements et l'accélération de la germination, mais aussi la conservation des légumes grâce à l'exposition aux radiations ; la médecine, enfin, avec les promesses de guérir les tumeurs les plus profondes. Les accidents de Three Mile Island, puis surtout de Tchernobyl allaient produire des représentations aussi pessimistes et apocalyptiques que ce que les espoirs de l'après-guerre étaient iréniques. Même si l'origine des mouvements anti-nucléaire est antérieure à ces catastrophes, puisqu'ils s'enracinent plutôt dans la contestation du capitalisme et de la technocratie née de Mai 68, la portée de leur message a été incontestablement décuplée par les

évènements, jusqu'au renversement de l'opinion majoritaire dans de nombreux pays. Ainsi, plusieurs gouvernements ont-il décidé, après 1986, un « moratoire » sur la construction de nouveaux réacteurs (c'est le cas de l'Allemagne), certains allant jusqu'à décider de fermer leurs centrales (comme l'Italie). Les années 1990 correspondant, dans de nombreuses nations européennes, à la montée des courants politiques liés à l'écologie, cette décennie s'est même traduite par l'inscription dans la loi de plusieurs États (Allemagne, Belgique, Suède…) du renoncement au nucléaire.

Peut-on dire que la France ait emboité le pas des décisions de ses voisins ? La considération de la **figure 10** nous invite plutôt à penser que la France a vécu sa propre vie en matière nucléaire, et est restée, dans une large mesure, hermétique aux mouvements de rejet qui gagnaient les opinions jusqu'aux gouvernements de grands pays européens. Tchernobyl, en effet, ne marque pas une rupture pour la France : la catastrophe est survenue à un moment où le parc français se rapprochait déjà du niveau de puissance installée visé par les pouvoirs publics, et où son activité de construction de réacteurs décroissait en conséquence. Les gouvernements successifs, jusqu'à celui de Lionel Jospin (1997-2002), marqué par la présence des Verts dans plusieurs ministères, n'ont pas infléchi la ligne directrice qui était celle de l'Etat depuis les années 1970. C'est ainsi que, alors que l'Allemagne, l'Italie, la Belgique ou la Suède gelaient leurs projets, voire envisageaient des fermetures de sites à moyen terme, la France a pu, *sans contestation majeure*, finaliser l'accomplissement du dessein de Pierre Messmer, en lançant notamment deux nouveaux chantiers de réacteurs N4 à Civaux (Vienne) en 1988 et 1991. Leur construction, avec ceux de Chooz (Ardennes), a refermé le cycle ouvert par les grands choix opérés sous la présidence de Georges Pompidou, garantissant, jusqu'aux années 1995-96, une continuité d'activité de construction, d'installation et de mise en fonctionnement de tranches nouvelles.

II. Quel « printemps » pour le nucléaire ?

1) Stagnation prolongée ou « *revival* » nucléaire ?

La période qui va de la deuxième moitié des années 1990 aux cinq premières années des années 2000 correspond, pour l'ensemble des acteurs de la filière nucléaire française, à une période d'incertitudes et de recompositions. Elle est aussi, d'abord, marquée par une absence de projets à court-terme, ainsi qu'une absence de vision claire sur les perspectives de redémarrage de l'activité. Les questions sont alors multiples : quand sera-t-il possible de construire de nouveaux réacteurs ? Où seront-ils situés (en France, à l'étranger) ? Quelles seront les options technologiques retenues ? L'époque, en effet, balance entre deux perspectives contradictoires.

Celle, d'une part, d'une prolongation indéfinie de la période de « traversée du désert », dont on ne mesure pas bien quelles en seront les conséquences : les dernières années du 20ème siècle correspondent à une apogée du scepticisme anti-nucléaire, en particulier dans les pays européens, dont certains comptent des écologistes dans leurs gouvernements respectifs. En Belgique, une coalition gouvernementale « arc-en-ciel » vote en 1999 une loi prévoyant la fermeture de deux

centrales et interdisant la construction de nouveaux réacteurs. En Allemagne, le gouvernement Schröder (dont le vice-chancelier est le *Grünen* Joschka Fischer) décide en juin 2000 un plan visant la sortie progressive du nucléaire, entérinant par la loi un mouvement de désengagement entamé après l'accident de Tchernobyl. En Suède, le gouvernement décide en 1997 et 1998 la fermeture de plusieurs réacteurs. L'Autriche va plus loin : en 1999, une « loi constitutionnelle pour une Autriche sans nucléaire » est votée à l'unanimité par le parlement. En France, la situation est plus ambiguë. Le gouvernement de « gauche plurielle » de Lionel Jospin donne des gages aux écologistes dès son arrivée au pouvoir en 1997, en décidant en particulier la fermeture du réacteur *Superphenix* de Creys-Malville (Isère), prototype de réacteur à neutrons rapides ayant connu de multiples difficultés de fonctionnement. Mais la majorité au pouvoir, essentiellement issue de partis politiques plutôt favorables au nucléaire (socialistes et communistes), ne prend aucune décision allant dans le sens d'une sortie du nucléaire. La perspective de renouvellement du parc est alors encore lointaine, et le gouvernement préfère contourner une inévitable confrontation avec sa composante écologiste, remettant à une date ultérieure les décisions relatives à la stratégie de renouvellement du parc français.

La seconde perspective, à l'opposé de la première, est celle d'un « *revival* » probable de l'énergie nucléaire dans les premières décennies du vingtième siècle. Cet « espoir » de la filière se fonde sur la conjonction de plusieurs éléments : d'une part le vieillissement des parcs « historiques » dans les pays n'ayant pas explicitement affiché leur volonté de renoncer au nucléaire (Etats-Unis, France, Japon principalement), qui pourrait appeler à des constructions de remplacement ; d'autre part, la prise de conscience du potentiel de croissance représenté par les pays dits « émergents », tels que la Chine, l'Inde ou le Brésil, dont certains ont déjà engagé un programme nucléaire civil mais pourraient poursuivre une stratégie d'équipement massif, que les grandes entreprises occidentales souhaitent pouvoir appuyer de leur expertise ; enfin, un déplacement sensible des objets de la préoccupation environnementale : la préoccupation montante est alors celle du « réchauffement climatique » qui, associée à l'horizon de l'épuisement des réserves mondiales d'hydrocarbures, tend à discréditer le recours au thermique à flammes (source majoritaire en Europe) comme source de production d'électricité. Dans ce contexte, le nucléaire apparaît comme une énergie qui, *si elle est maîtrisée du point de vue de la sûreté*, et en l'état des capacités technologiques en matière d'énergies renouvelables, représente une alternative « propre » et « durable » à la combustion d'énergies fossiles, trop polluante, trop dépendante des fluctuations du cours des matières premières. Corbel résume ainsi, dans un article de 2004 : « *Les dirigeants des entreprises de l'industrie nucléaire ont de bonnes raisons d'espérer une relance. Le système énergétique actuel, basé sur les combustibles fossiles, n'est pas satisfaisant, ni en termes de pollution, en particulier en matière d'émissions de CO_2, ni en termes de risques géopolitiques (risque de dépendance, concentration des ressources dans des zones à risque). Malgré leur croissance, aucune énergie renouvelable n'a aujourd'hui le potentiel de se substituer aux combustibles fossiles. De ce point de vue, l'absence d'émissions directes de gaz à effet de serre, et la relative diversité des ressources d'uranium sont d'incomparables avantages de la technologie nucléaire. Le potentiel de reprise est donc très important* » (Corbel, 2004, p. 157).

Cet « espoir » dans un potentiel de reprise s'est cristallisé, au cours des premières années du nouveau siècle, dans la rhétorique du « Nouveau Nucléaire » ("*nuclear revival*" en anglais) dans le discours des acteurs du nucléaire. Ceux-ci, à cette époque, chiffrent le nombre de nouveaux réacteurs qui seront

susceptibles d'être commandés dans les décennies qui viennent, en intégrant les perspectives de croissance de la demande en énergie (notamment liée aux pays émergents), et en tablant sur la part de cette croissance qui sera prise en charge par l'industrie nucléaire : on estime alors, en moyenne, que la croissance de la puissance nucléaire installée sera de 75% en vingt ans, celle-ci passant de 390 GW actuellement à 690 GW autour de 2030. C'est cet « espoir » dans le renouveau de l'industrie qui explique, toujours selon Corbel, que, malgré le faible nombre de projets en cours depuis le milieu des années 1990, très peu d'acteurs se soient retirés du marché, ce qui aurait été la conséquence « normale » d'une filière véritablement déclinante. Plus encore, il apparaît que la période est même marquée par de grands mouvements de restructuration et de regroupement des acteurs du nucléaire. À l'étranger, les activités nucléaires de Westinghouse sont rachetées par BNFL[38] en 1998, qui rachètera également le suédois ABB[39] en 2000. Westinghouse passera finalement sous le giron du géant japonais TEPCO[40] en 2006. En France, les années de passage au XXI^{e} siècle sont également celles des grandes manœuvres. En 2000, Framatome et la filiale nucléaire de Siemens (Allemagne) se regroupent dans l'entité Framatome ANP[41]. En 2001, Framatome et la Cogema, déjà liées à travers la structure CEA-Industrie, sont regroupées sous la bannière du nouveau conglomérat français du nucléaire : Areva. En 2006, la Cogema devient Areva NC[42], entité en charge du cycle combustible, Framatome ANP devenant Areva NP[43]. De son côté, EDF connaît un changement institutionnel majeur entre 2004, date de son passage au statut de Société Anonyme, et 2005, date de son introduction en bourse (l'État conservant une très large majorité du capital, à hauteur de 84%). Ce changement de statut permet à EDF de changer de périmètre d'action, et d'envisager désormais d'être un acteur à part entière du nucléaire à l'échelle mondiale, et non pas seulement au titre de support technologique à un exploitant. L'ancienne entreprise publique disposant du monopole d'État pourra donc prendre pleinement part au « Nouveau Nucléaire » qui se profile.

Pour EDF se dessine alors le temps des grands choix stratégiques. Pour l'entreprise, deux perspectives, partiellement disjointes, se combinent au début du siècle : celle du marché national, avec le renouvellement du parc français, et celle du marché à l'export, qui représentent deux promesses de croissance potentielles, mais avec des enjeux différents. Le renouvellement du parc français est en effet conditionné par les choix politiques à long terme, concernant la place qu'occupera le nucléaire dans la production d'électricité sur le territoire, ainsi que sur la stratégie retenue pour atteindre ces objectifs. Faudra-t-il, en effet, prolonger la durée de vie des réacteurs du parc historique ? Faudra-t-il au contraire chercher à remplacer ces centrales « vieillissantes », dont la conception est antérieure aux accidents de Three Mile Island et Tchernobyl, par des centrales de conception plus récente ? Le cas échéant, quelle technologie sera retenue pour appuyer cette stratégie de substitution ? En outre, quelle technologie sera la plus susceptible d'être exportée sur les différents marchés potentiels visés par EDF (Etats-Unis, Grande-Bretagne, Chine, Inde, Europe de l'Est, Afrique du Sud…) ? Quel modèle d'organisation industrielle sera adéquat à l'exportation : exporter le modèle intégrateur historique

[38] *British Nuclear Fuels Limited*
[39] *Asea Brown Boveri*
[40] *Tokyo Electric Power Company*
[41] *Advanced Nuclear Power*
[42] *Nuclear Cycle*
[43] *Nuclear Power*

d'EDF d'« architecte-ensemblier-exploitant » ? Opter pour une fourniture « clé en main » à un opérateur national ? Développer des *joint ventures* ?

Nous allons voir qu'un certain nombre de décisions fortes, au niveau de l'État comme de la direction d'EDF, vont progressivement dégager un scénario plausible de participation de l'entreprise française au « Nouveau Nucléaire ». En 2004, l'État et EDF se mettent ainsi d'accord sur le projet de construction d'un réacteur de type EPR sur le site de Flamanville, dont la construction doit, au terme d'une procédure de débat public et d'études préliminaires de site, débuter, en 2007. Ce choix de l'EPR n'est pas isolé, puisqu'il intervient un après le contrat passé entre l'électricien finlandais TVO[44] et Areva pour la fourniture « clé en main » à l'exploitant d'un EPR sur le site Olkiluoto. Nous verrons cependant que ce choix est le produit d'un long mûrissement d'un projet industriel (le développement de la technologie EPR), mais surtout d'une longue période d'incertitudes et d'hésitations quant à la temporalité du redémarrage de l'activité de constructions de réacteurs. Nous revenons dans un premier temps sur l'historique du choix de l'EPR, avant d'évoquer les débats et les ambiguïtés ayant émaillé le processus de décision sur le moment de démarrer le renouvellement du parc français.

2) Généalogie et déterminants du choix de la technologie EPR

A. Logique du choix : l'adéquation entre horizon temporel des besoins et technologie disponible

Pourquoi la technologie EPR a t-elle été retenue pour redémarrer le programme de construction de réacteurs nucléaires en France ? Et d'où est issue cette technologie ?
Dans une communication institutionnelle de l'Autorité de Sûreté Nucléaire datant de 2005 et consacrée à l'EPR, Francis Iglesias et Cyrille Vincent, de la sous-direction de l'industrie nucléaire de la Direction générale de l'énergie et des matières premières (DGEMP), résument ainsi les motifs ayant présidé au choix de l'EPR pour relancer l'activité de construction de réacteurs en France :

> *« Les acteurs du secteur nucléaire (EDF, FRAMATOME-ANP et les établissements de recherche concernés comme le CEA), estiment que le parc actuel devrait atteindre une durée de vie moyenne de 40 ans. Toutefois, la réglementation française en matière de sûreté ne prévoit pas explicitement une durée de vie maximale pour une installation nucléaire et l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) ne s'est pas aujourd'hui prononcée à ce sujet. Ces différents éléments réclament une approche prudente, ce qui conduit à envisager les* ***premiers déclassements de réacteurs à l'horizon 2020****.*
>
> *À cette échéance, les nouveaux réacteurs nucléaires disponibles, dont l'EPR, seront dans la lignée des réacteurs actuels mais présenteront des améliorations notables sur les plans de la compétitivité, de la sûreté, de la radioprotection et des performances environnementales. Ils appartiendront à la troisième génération (par comparaison au parc actuel dit de deuxième génération)*
>
> *Il semble en revanche* ***illusoire d'attendre la maturité d'une technologie plus innovante*** *(quatrième génération de réacteurs) pour renouveler le parc actuel. En effet, de tels réacteurs, qui ne constituent que des concepts sur le papier aujourd'hui, ne devraient pas être disponibles avant 2035-2040 (ce qui reste au demeurant un objectif très optimiste). Selon des simulations réalisées*

[44] Teollisuuden Voima Oyj

par EDF, attendre 2035 pour renouveler le parc devrait conduire à une durée de vie de 57 ans pour les réacteurs actuels, ce qui ne semble pas raisonnable.

L'EPR est donc le candidat mis en avant par EDF pour être le ***démonstrateur*** *attendu au début de la prochaine décennie. »*[45]

Le choix de l'EPR procède donc d'une juxtaposition de facteurs : la perspective temporelle du renouvellement du parc français (nécessaire à partir de 2020), le degré de maturité des différentes options technologiques qui s'offrent et s'offriront à l'horizon de ce renouvellement, les garanties offertes par la technologie disponible, en l'espèce l'EPR. Le choix technologique est donc fortement **contingent au rythme de développement des innovations** dans le secteur. Ce rythme de développement est appréhendé à travers l'utilisation d'un vocabulaire partagé visant à désigner les familles de réacteurs en fonction de l'horizon temporel de leur disponibilité. Les acteurs du nucléaire distinguent ainsi (voir **figure 12**) :

- les **réacteurs de « Génération II »**, qui correspondent très majoritairement aux réacteurs aujourd'hui en fonctionnement partout dans le monde (réacteurs à eau pressurisée et à eau bouillante pour l'essentiel), et dont la conception remonte à la période qui va des années 1960 au début des années 1980 ;
- les **réacteurs de « Génération III »**, qui correspondent aux réacteurs conçus pendant les années 1990, et qui intègrent donc les « retours d'expérience » en matière de sûreté des accidents de Three Mile Island et Tchernobyl, et dont le degré de maturité technologique, validé par les instances nationales d'évaluation de la sûreté, autorise d'ores et déjà leur industrialisation ;
- les **réacteurs de « Génération IV »**, considérés comme les « réacteurs du futur », dont les bases conceptuelles ont déjà été établies, et qui ont déjà donné lieu à des expérimentations, mais *dont l'industrialisation n'est pas envisageable dans l'horizon des besoins immédiats et à court terme* liés au renouvellement des parcs historiques et à la croissance mondiale des besoins en énergie.

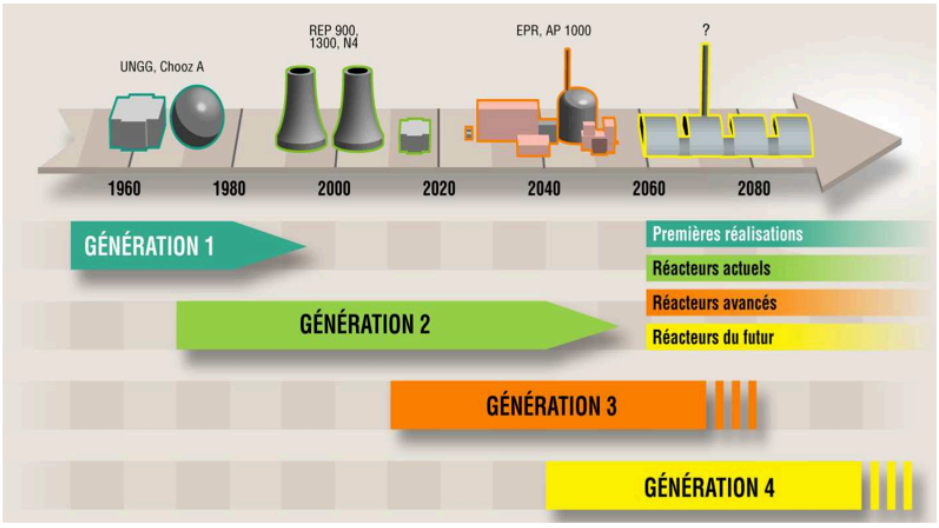


Figure 12 : Générations de réacteurs et horizon de disponibilité (source : documentation interne EDF)

[45] « La place de l'EPR dans la politique énergétique de la France », article faisant partie du « Dossier EPR » de la revue *Contrôle*, publication officielle de l'Autorité de Sûreté Nucléaire, 2005.

B. La « Génération IV » et au-delà : des innovations de rupture attendues, mais encore lointaines

Les efforts de Recherche et Développement, dans le domaine du nucléaire, se répartissent entre des activités de conception aux perspectives temporelles très hétérogènes. Ainsi, alors même qu'aucun des réacteurs de « Génération III », appelés à prendre la relève du parc historique, n'est encore à ce jour en fonctionnement, des fonds sont investis et des équipes de recherche s'activent dans plusieurs endroits de la planète pour mettre au point les principes des générations suivantes de réacteurs. Ces activités ont pour spécificité de donner lieu à une coopération internationale étroite, et à une mutualisation des efforts de recherche et des compétences. Ainsi, à l'initiative du *Department of Energy* (DOE) des États-Unis[46], a été lancé en 2000 *le Generation IV International Forum* (GIF), regroupant au départ dix pays (rejoints en 2005 et 2006 respectivement par les signataires du traité Euratom[47], puis par la Russie et la Chine), pour coordonner les efforts de R&D consacrés aux systèmes nucléaires du futur.

D'après Sapy (2012), il est attendu des réacteurs « du futur » qu'ils apportent des réponses en particulier à deux limites majeures des technologies existantes. D'une part, ils devront relever le défi de la sous-utilisation des ressources d'uranium naturel permise par les réacteurs industriels contemporains, « Génération III » inclus[48]. Les différents procédés associés à la « surgénération » et à la « fertilisation » de l'uranium 238 pourraient ainsi permettre de multiplier par un facteur compris entre 40 et 50 la quantité d'uranium exploitable industriellement, et ainsi de « *transformer le siècle de réserves prouvées d'uranium (en ordre de grandeur et au rythme de consommation actuel) en… plusieurs millénaires !* » (Sapy, 2012, p. 27). Cette perspective repousserait radicalement la perspective d'un épuisement des réserves de matière fissile, qui constitue une préoccupation majeure pour une industrie se présentant comme une alternative aux énergies fossiles naturellement limitées[49]. D'autre part, ces réacteurs de quatrième génération devront avoir pour caractéristique de diminuer dans une

[46] Initiative qui prouve que les USA, épicentre historique de l'industrie mondiale du nucléaire civil, sont, en dépit du gel de leur programme d'équipement en centrales depuis TMI, loin d'avoir renoncé à ce statut, et encore moins à cette source d'énergie et aux efforts de R&D qu'elle appelle.

[47] L'Euratom (ou CEEA, Communauté Européenne de l'Énergie Atomique), issue d'un traité européen de 1957 est une émanation de la Communauté Économique Européenne destinée à coordonner les efforts de recherche des États membres dans le domaine du nucléaire.

[48] L'uranium 235 est le seul nucléide fissile existant naturellement (les autres nucléides fissiles, comme le plutonium 239, ne peuvent être que produits artificiellement), c'est-à-dire pouvant subir une fission nucléaire sous l'effet d'un bombardement de neutrons. C'est pourquoi il fait l'objet d'une utilisation abondante par l'industrie nucléaire. Mais la matière extraite dans les mines uranifères (qui, après différents traitements, se présente sous la forme d'une pate jaune surnommée « yellow cake » composée de 75% d'uranium naturel), ne contient que 0,7% d'isotopes 235, le reste étant de l'uranium 238. La matière extraite est donc ensuite retraitée (par deux procédés principaux : la diffusion gazeuse ou l'ultracentrifugation) pour être *enrichie* afin de porter sa teneur en uranium fissile à un niveau compris entre 3 et 5%, requis par les réacteurs de puissance. L'uranium enrichi est enfin transformé pour prendre la forme qui conviendra à son utilisation par le réacteur : il est comprimé sous forme de pastilles, qui sont à leur tour encapsulées dans une gaine (en alliage de zirconium dans les réacteurs REP) pour former les « crayons » qui composeront les « assemblages combustible », dans lesquels seront insérées les « barres de contrôles » destinées à maîtriser la réaction en chaine. Toutes ces étapes forment ce que l'on appelle le cycle « amont » du combustible, et sont orchestrées, en ce qui concerne la filière française, par Areva NC (ex-Cogema).

[49] La France importe depuis 2001 l'intégralité de l'uranium utilisé dans ses centrales nucléaires, et EDF a adopté une stratégie de diversification des sources d'approvisionnement, tant quant aux entreprises fournisseuses que géographiquement. Les principaux pays auprès desquels EDF se fournit sont le Canada, l'Australie, le Kazakhstan et le Niger, pays qui concentrent plus de deux tiers des ressources mondiales (source : EDF).

proportion très significative (un facteur 10) la production de ce que l'on appelle les « déchets ultimes », à *haute activité et vie longue* (HAVL).

La dépendance à des réserves limitées d'uranium, et la production des déchets ultimes faisant partie des principaux motifs des critiques adressées au caractère durable et écologique de la filière électronucléaire, de telles innovations pourraient contribuer à accroître l'acceptabilité sociale de cette industrie. Mais aucune des filières de recherche actuellement considérées par le GIF comme prometteuses pour progresser dans ce sens[50] n'a, à l'heure actuelle, atteint des niveaux de maturité, de maîtrise et de sûreté suffisamment éprouvés pour envisager une véritable industrialisation. Sapy indique que la filière la plus mûre est certainement la filière des réacteurs à neutrons rapides à caloporteur sodium, qui a bénéficié des efforts de recherche à grande échelle consentis par la France, avec les réacteurs de *Phénix* (site de Marcoule, arrêté en 2010), et *Superphénix*[51] (site de Creys-Malville, arrêté en 1997 sur décision du gouvernement Jospin), exploités conjointement par EDF et le CEA. Mais la construction d'un prototype en France ne pourrait pas avoir lieu avant les années 2020, ce qui permettrait d'envisager une utilisation industrielle à l'horizon de la décennie 2040. Au cours des mandats successifs de Jacques Chirac et Nicolas Sarkozy, le choix a ainsi été fait de revenir sur la décision du gouvernement Jospin, et de relancer la filière des surgénérateurs en France : en 2006 est ainsi né le projet ASTRID[52] piloté par le CEA, qui a été reconnu comme « investissement d'avenir » par la commission du grand emprunt en 2010. Le retour de la gauche au pouvoir en 2012 a donné lieu à des controverses au sujet de ce projet, et force est de constater qu'un flou relatif entoure son avenir à l'heure actuelle, le gouvernement faisant preuve d'une grande discrétion sur l'ensemble des sujets relatifs au nucléaire (le sujet symbolique de la fermeture anticipée de Fessenheim mis à part).

Outre cette perspective de réacteurs de « Génération IV » coordonnée par le GIF, l'industrie nucléaire déploie également des efforts de recherche en vue d'une rupture technologique encore plus fondamentale : les réacteurs de fusion. Cette voie d'exploration est associée principalement au projet ITER[53], lancé en 1985 (à l'initiative de l'Union Soviétique), et qui a abouti à la décision de construire une machine expérimentale sur le site du CEA à Cadarache (Bouches-du-Rhône), qui pourrait être achevée aux alentours de 2020, pour être expérimentée jusque vers 2040. Si les résultats de ces expérimentations s'avèrent positifs, la construction de machines électrogènes industrielles fondées sur ces principes ne pourra pas intervenir avant 2080. Cet horizon est évidemment beaucoup trop lointain pour pouvoir raisonnablement considérer la fusion nucléaire comme une réponse à la croissance des besoins en énergie qui se produira au cours du siècle en cours.

En conséquence, que l'on considère la perspective de la « Génération IV » qui présente déjà des garanties solides d'une industrialisation potentielle dans l'horizon du demi-siècle en cours, ou celle,

[50] Il s'agit de quatre filières dites à neutrons rapides » (sodium liquide, plomb liquide, eau supercritique et hélium), ainsi que deux filières à « neutrons thermiques » (réacteurs à très haute température refroidis à l'hélium, et réacteurs refroidis par les sels fondus).

[51] La référence au Phénix, l'animal mythologique renaissant de ses cendres, est un clin d'œil aux principes de la surgénération, puisque les générateurs de ce type ont la capacité de produire plus de matière fissile qu'ils n'en consomment.

[52] *Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration.*

[53] *International Thermonuclear Experimental Reactor*

beaucoup plus lointaine et hypothétique, des réacteurs de fusion, l'industrie nucléaire ne peut pas se permettre d'attendre leur maturité technologique : elle doit en effet apporter des réponses à des besoins à court et moyen termes. C'est ainsi qu'elle n'a pas d'autre choix que d'opter pour une industrialisation rapide des options technologiques *les plus mûres et les plus avancées* à sa disposition. C'est précisément le rôle qui est dévolu aux réacteurs dits de « Génération III ».

C. EPR et la « Génération III » : des réacteurs « évolutionnaires » pour des besoins de court terme

Les réacteurs de « Génération III » sont souvent présentés[54] comme des réacteurs « évolutionnaires ». Cette terminologie est en fait à double sens, dans la mesure où elle sert d'une part à distinguer la gamme de réacteurs concernés des réacteurs plus anciens, par rapport auxquels ils apportent des progrès, et d'autre part à opérer une distinction par rapport aux réacteurs qui seraient proprement *révolutionnaires* dans leur conception. Cette prudence lexicale peut s'expliquer par un souci de communication vis-à-vis du grand public, qui attend *à la fois* des nouveaux réacteurs qu'ils apportent plus de garanties que les tranches du parc historique (dont la conception est antérieure à l'accident Tchernobyl), mais qui serait probablement réticent à une trop grande prise de risque et à l'implémentation à grande échelle de technologies n'ayant pas suffisamment apporté la preuve de leur robustesse. Dans le cas français, la longue focalisation des critiques des « anti-nucléaires » et des craintes de la population sur le prototype *Superphénix* est certainement une bonne illustration de cette réticence.

Le vocabulaire illustre également un rapport ambivalent aux réacteurs de la « Génération II ». Certes, cette génération est associée à des accidents (Three Mile Island, Tchernobyl, et maintenant Fukushima) dont la gravité commande des améliorations visant à empêcher qu'ils puissent se reproduire. Mais ces nombreux réacteurs ont, par ailleurs, dans leur très grande majorité, fonctionné sans incident majeur à un coût considéré comme compétitif, et il importe de pouvoir *également* s'appuyer sur cette expérience considérable accumulée de fonctionnement réussi à grande échelle. L'adjectif « évolutionnaire » témoigne donc d'une volonté de ne pas s'écarter d'une trajectoire technologique *éprouvée*, et de porter celle-ci à son plus haut niveau de perfectionnement. Les réacteurs de « Génération III » doivent donc être suffisamment différents des réacteurs de « Génération II » pour répondre à la montée des exigences autour de la sûreté, de l'impact environnemental, ou encore du coût économique… tout en restant suffisamment proches de ceux-ci pour que les *millions d'heures d'expérience* de fonctionnement accumulée constituent un *capital utile*. Dans le « Dossier EPR » publié par l'Autorité de Sûreté Nucléaire en 2005 (cité plus haut), Serge Massart, alors directeur de la Division Ingénierie Nucléaire (DIN) d'EDF, présente ainsi l'« *approche évolutionnaire* » retenue pour la conception de l'EPR comme celle qui « *permet de* ***tirer tout le fruit des connaissances technologiques et de l'expérience d'exploitation accumulée*** *sur les parcs des deux pays* [la France et l'Allemagne] *(environ 1300 années × réacteurs cumulées), offrant ainsi une bonne sécurité pour l'investisseur* »[55]

[54] Le terme est employé par les concepteurs de ces réacteurs (Areva par exemple), et repris par les institutions transnationales du nucléaires, telle que l'AIEA ou l'AEN.

[55] « La place d'EPR dans la stratégie d'EDF », « Dossier EPR » de la revue Contrôle, publication officielle de l'Autorité de Sûreté Nucléaire, 2005 (p. 60-64).

Ainsi, la terminologie de « Génération III » ne doit pas masquer le fait que **les réacteurs désignés par ce vocable ne dévient pas de la *lignée* des réacteurs à eau légère** (que celle-ci soit pressurisée (REP) ou bouillante (REB)) qui composent le parc actuellement en marche, et auxquels ils empruntent les grands principes d'architecture et de fonctionnement. L'EPR, l'exemple qui nous intéresse ici, est en effet un *dérivé de réacteurs de seconde génération*, puisque la logique de sa conception a été de « *reprend[re] les meilleures technologies des réacteurs N4 français et des KONVOI allemands* », ainsi qu'il est présenté par des ingénieurs du CEA, de l'IRSN, de Framatome et d'EDF[56], dans le « Rapport EPR » de l'ASN en 2005. Georges Sapy affirme par ailleurs que l'EPR « *conserve une architecture générale éprouvée : réacteur « évolutionnaire » et non « révolutionnaire », il s'appuie en effet sur le meilleur des conceptions des réacteurs existants les plus récents construits et exploités en France et en Allemagne, dont il constitue en quelque sorte la synthèse et l'évolution ultime* » (2012, p. 24).

Ce que le saut générationnel suggéré par le vocabulaire exprime cependant, c'est le fait que les réacteurs de « Génération III » seront les premiers mis en service qui intégreront les leçons tirées de la catastrophe « charnière » de Tchernobyl, puisque tous les réacteurs aujourd'hui en fonctionnement sont de conception plus ancienne. Le rythme de l'innovation dans le nucléaire est ainsi fait que c'est seulement près de 30 ans après la catastrophe que *commenceront* à être mises en marche des installations qui seront censées en avoir épuisé les enseignements, et ce dès leur conception de base.
Par conséquent, le principal objectif assigné à l'EPR fut **l'amélioration de la sûreté** de façon générale, et, plus précisément, la prise en considération des conséquences de potentiels accidents graves, d'une part en réduisant la probabilité d'une fusion du cœur, d'autre part via la minimisation de l'impact radiologique d'un accident en dehors de l'enceinte de confinement du bâtiment réacteur. Parmi d'autres innovations destinées à prévenir et limiter l'impact d'accidents graves[57], l'une des principales nouveautés introduites avec l'EPR réside dans l'installation d'un dispositif de récupération du corium[58] placé sous la cuve. Par ailleurs, l'EPR apporte plus de garanties que ses prédécesseurs quant à sa capacité à résister à des actes malveillants, notamment par la conception de son enceinte de confinement[59], et ses systèmes de « redondance » (générateurs diesel, par exemple) destinés à pallier des défaillances des systèmes principaux de refroidissement ou d'alimentation électrique sont diversifiés et renforcés.

---

[56] « La R&D en appui de l'EPR », par Jean-Marie Seiler, Directeur de Recherche au CEA/DEN/DTN/Cadarache, Garo Azarian, Ingénieur au Service Sûreté - FRAMATOME/ANP La Défense, Bernard Chaumont, DSR, Chef du Service d'Evaluation des accidents graves et des rejets radioactifs - IRSN/Fontenay-aux-Roses, Alain Dubail, Responsable du Programme Nucléaire à EDF/Chatou, Manfred Fischer, FRAMATOME/ANP/Allemagne. Dans le « Dossier EPR » de la revue « Contrôle » (citée plus haut, p. 42-46).

[57] Innovations synthétisées ainsi par Seiler *et. al.*, cités plus haut : « *En situations d'accidents graves sur l'EPR, les objectifs ci-dessus peuvent être atteints au moyen d'une stratégie de mitigation permettant d'assurer l'intégrité de l'enceinte de confinement. La stratégie repose essentiellement sur la possibilité de dépressuriser de manière fiable le circuit primaire, sur l'implantation de recombineurs d'hydrogène dans l'enceinte, sur la mise en place d'une double enceinte avec filtration pour réduire les risques de fuite radiologiques et in fine sur la conception d'un récupérateur de corium chargé d'assurer une stabilisation du corium sur le long terme* » (p. 42)

[58] Le corium n'est pas un élément chimique mais un « magma » métallique composé des éléments en fusion du cœur d'un réacteur lorsque se produit une « fusion du cœur », type d'accident majeur qui survint notamment lors des catastrophes de Three Mile Island, Tchernobyl et Fukushima. Une fusion du cœur intervient lorsqu'il existe une perte totale des moyens de refroidir le cœur du réacteur. C'est autour de la possibilité d'un tel accident que sont construits les principes de sûreté des réacteurs.

[59] « *L'enceinte de confinement du réacteur est dotée d'une double paroi, constituée d'une enveloppe intérieure en béton précontraint recouverte d'une peau métallique, et d'une coque extérieure en béton armé* » (source : site officiel d'Areva).

Par ailleurs, l'EPR doit permettre une **réduction de l'impact environnemental** de l'exploitation, en accroissant les possibilités de recyclage du plutonium produit lors de la réaction[60], et en minimisant la production de déchets à haute activité. Ces changements de design autant tant la sûreté qu'un moindre impact environnemental s'accompagnent enfin d'innovations permettant un **accroissement des performances économiques**, puisque l'EPR doit permettre une réduction de 10% du prix du KWh par rapport au palier N4. Sa puissance électrique est ainsi portée à 1650 MW (contre 1450 pour le N4), ce qui en fait le réacteur électronucléaire le plus puissant actuellement en construction dans le monde[61]. Son rendement thermodynamique passe de 34 à 36%. Sa durée de vie passe de 40 à 60 ans. Enfin, son « taux de disponibilité » théorique, un des indicateurs majeurs de la « performance » d'un réacteur[62], est porté à 90% contre 82% sur le N4.

Compte tenu de ces caractéristiques, que vaut l'EPR sur le marché mondial des réacteurs ? Et qui sont ses principaux concurrents ? Il est encore probablement trop tôt pour répondre à la première question, pour la simple et bonne raison qu'aucun EPR n'ayant encore commencé à fonctionner, sa diffusion sera largement conditionnée par le comportement des « têtes de série » actuellement en construction (Olkiluoto, Flamanville et Taïshan). En outre, si l'EPR a enregistré un certain nombre de revers commerciaux (aux Etats-Unis et aux Émirats Arabes Unis en particulier), il n'est pas le seul réacteur actuel à avoir connu ce type de mésaventure. On sait aujourd'hui quels seront, pour l'essentiel, les acteurs et les réacteurs qui se disputeront le marché du « Nouveau Nucléaire » articulé autour de la « Génération III ». Cinq puissances nucléaires disposent aujourd'hui des capacités d'ingénierie pour pouvoir être présentes sur le marché : la Corée du Sud, les Etats-Unis, la France, le Japon et la Russie. L'offre se structurera en deux types de réacteurs. D'une part, les *réacteurs de moyenne puissance*, qui pourraient séduire les pays émergents ou en développement, et parmi lesquels on retrouvera l'OPR 1000 coréen (qui a damé le pion à l'EPR aux Émirats), l'ATMEA 1 (1100 MW) d'Areva, et l'AP 1000 de Westinghouse/Toshiba. D'autre part, les réacteurs *haute puissance*, auxquels l'EPR appartient, mais également l'APWR de Mitsubishi, l'ESBWR (1550 MW) de General Electric/Hitachi.

La « bataille » que se livreront ces différents acteurs pour la conquête du marché du « Nouveau Nucléaire » des trente premières années du XXI^{e} siècle ne fait que commencer, comme en témoigne le faible nombre de commandes enregistrées à ce jour par les différents réacteurs de « Génération III » au regard des besoins potentiels à couvrir. L'accident de Fukushima n'est certainement pas étranger à cette relative latence de la compétition, ayant en effet renforcé la prudence des décisionnaires politiques en matière de nucléaire (y compris dans les pays les plus pro-nucléaire comme la France). Mais il est certain que cette compétition à venir ne se jouera pas sur les seules caractéristiques *sur le*

[60] L'EPR permet d'utiliser 100% de combustible de type MOX (Mélange d'Oxydes), composé d'un mélange de plutonium créé par capture neutronique de l'uranium 238 lors de la réaction, et d'uranium appauvri issu du processus d'enrichissement de l'uranium. Là où les réacteurs actuels ne peuvent en utiliser que 30% (le reste étant le combustible traditionnel UOX).

[61] L'APWR de Mitsubishi-Westinghouse sera censé être plus puissant (1700 MW), mais suite à plusieurs annulations, aucun n'est en construction à ce jour.

[62] Le taux de disponibilité mesure, sur une période de temps, la proportion du temps où le réacteur génère effectivement de l'énergie. La non-disponibilité provient d'arrêts programmés (pour de la maintenance en particulier, ou pour des tests), d'arrêts non programmés ou d'avarie. A noter que cet accroissement de la disponibilité pour l'EPR sera en grande partie permis par le développement de systèmes de « maintenance en fonctionnement ».

papier des différents réacteurs en présence. Un paramètre essentiel sera en effet la maîtrise, par les opérateurs de construction, des coûts et des délais de construction et de mise en fonctionnement. Et donc, en dernière instance, la ***capacité industrielle*** des « architectes » à mettre en œuvre ces projets aux meilleures conditions.

Cette question a surgi sur le devant de la scène médiatique au moment où EDF et Areva enregistraient leurs premiers retards et surcoûts sur les projets « démonstrateurs » d'Olkiluoto et Flamanville. Dans les médias, lorsque l'on cherche à expliquer ces difficultés, une première explication circule alors : l'EPR serait un réacteur extrêmement *complexe* (voire excessivement complexe, pour certains détracteurs). Ainsi, dans un article du *Figaro* du 5 juillet 2010[63], le journaliste s'interroge sur la complexité de l'EPR, en se demandant si, comme l'explique EDF, le chantier est complexe *parce qu'il est le premier du genre* (« tête de série »), ou s'il l'est *parce que l'EPR est une technologie intrinsèquement coûteuse et complexe*, ce qui hypothéquerait ses chances de conquérir les marchés émergents. Mais rapidement, une deuxième hypothèse fait son apparition : l'origine des difficultés ne serait pas seulement à rechercher du côté du produit lui-même, mais également du côté de ceux qui ont la charge de le concevoir et de le construire : à savoir les équipes d'EDF, Areva, et de leurs différents fournisseurs. Dans un article du Monde du 31 août 2011[64], une journaliste avance ainsi : « *EDF a sous-estimé la lourdeur et la complexité du projet. Et* ***l'ingénierie nucléaire française a perdu de son savoir-faire et de sa performance****, dans la mesure où vingt ans séparent la dernière centrale construite, à Civaux, dans la Vienne, de Flamanville* ».

En réalité, comme nous allons le voir, cette question du maintien ou de la perte du « savoir-faire » des équipes d'ingénierie a été présente, quoiqu'en filigrane, dans l'ensemble des discussions ayant trait aux enjeux de planification à long terme du renouvellement du parc nucléaire français, et en particulier à propos de la date à laquelle il conviendrait de construire une « tête de série ». Ainsi, outre les facteurs « disponibilité des technologies innovantes », « besoins en électricité » et « durée de vie des réacteurs existants », un autre paramètre était présent dans l'équation : celui de la « compétence » ou de la « capacité » des équipes d'ingénierie *au moment où l'on aurait besoin d'elles pour engager des projets*.

3) Un débat en creux : quelles capacités d'ingénierie pour soutenir le renouveau de l'activité de construction de réacteurs ?

A. Retour sur la genèse du projet EPR

La construction d'une « tête de série » EPR à Flamanville a démarré en 2007, à la suite d'un DAC (Décret d'Autorisation de Création) signé entre les deux tours de l'élection présidentielle par Jacques Chirac, mais ce démarrage aurait pu techniquement intervenir beaucoup plus tôt, c'est-à-dire près de

[63] « L'EPR : un réacteur coûteux et très complexe à construire », F. de Monicault, *Le Figaro* du 05/07/2010
[64] « L'EPR, chronique d'un chantier qui s'enlise », A. Garric, *Le Monde*, 31/08/2011

dix ans auparavant. Nous verrons que cela n'a pas été le cas, notamment en raison d'indécisions politiques, et que ce délai a suscité, à l'époque, de vifs débats et interrogations sur les conséquences d'une phase de latence prolongée. Avant d'y revenir, nous présentons brièvement quels furent les grands jalons de l'avant-projet de l'EPR au cours des années 1990.

L'acte de naissance du projet EPR est signé le 13 avril 1989, lorsqu'est scellée une alliance stratégique entre Framatome et l'électricien allemand Siemens. Cette alliance est issue d'une impulsion politique forte, alors que la coopération franco-allemande bat son plein, sous l'égide des présidences Mitterrand-Kohl. Elle se concrétise par la création d'une société d'ingénierie codétenue à égalité par les deux sociétés, *Nuclear Power International* (NPI). Cette société est chargée d'une double mission :

- elle doit faire naître un îlot nucléaire de « technologie commune » (appelé « Produit Commun »), appuyée par une coopération avec les électriciens et les autorités de sûreté des deux pays. Ce nouveau réacteur sera censé intégrer les retours d'expérience cumulés des parcs nucléaires des deux pays, et intégrer les avancées technologiques les plus récentes en vue d'optimiser la sûreté. Mais il devra également viser une réduction des coûts d'exploitation, et faire en sorte que le nucléaire, *tout en étant plus sûr, reste compétitif* par rapport aux énergies fossiles ;

- elle doit également commercialiser et réaliser des îlots nucléaires à l'export, chaque société restant « maître » sur son marché domestique. Elle doit donc servir d'appui à l'ambition d'une exportation des compétences développées par les sociétés des deux pays en matière d'ingénierie et de réalisation.

Pendant les premières années du projet, NPI travaille sur le Produit Commun, cependant que les constructeurs nationaux poursuivent leurs programmes respectifs de conception de nouveaux réacteurs sur la base de ceux le plus récemment mis en fonctionnement : EDF/Framatome travaillent sur un projet dénommé REP 2000 qui doit prendre la relève du N4, et le Konvoi B pour l'Allemagne. Entre 1990 et 1993 s'opère un rapprochement progressif à la fois des électriciens et des constructeurs de réacteurs, mais aussi des autorités de sûreté nationales. Ce processus de convergence aboutit, le 14 janvier 1992, à la fusion des deux programmes nationaux et du programme Produit Commun, qui ne deviennent qu'un seul et même projet : *European Pressurized Water Reactor* (EPR). Parallèlement, les autorités de sûreté française et allemande mutualisent leurs objectifs de sûreté, et publient en 1993 une déclaration commune pour une approche conjointe de la sûreté. En janvier 1995, les deux autorités émettent un avis sur les principes de sûreté retenus pour l'EPR. Sur la base de cet avis, s'engage officiellement la phase d'Avant-Projet Détaillé (APD, ou *Basic Design*), auxquels, outre les industriels (Siemens et Framatome, et leur structure commune), sont contractuellement associés les électriciens nationaux (EDF et ses multiples homologues allemands). Le *Basic Design* est achevé autour du mois de juin 1997, au moment où un rapport sur l'APD est remis aux autorités de sûreté. Au total, cette phase aura nécessité environ un million d'heures d'ingénierie, aboutissant à la production d'un millier de documents et de 700 plans.

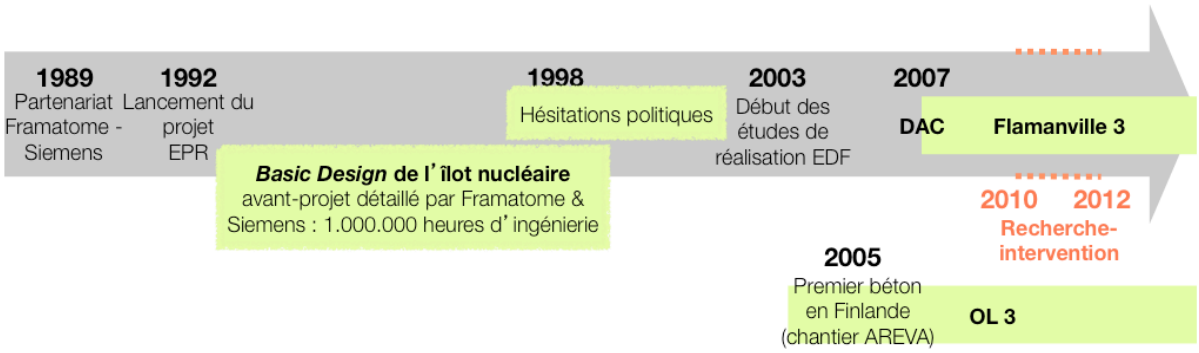


Figure 13 : Jalonnement global du projet EPR

Ainsi, aux alentours de 1997-1998, il aurait été *techniquement* possible d'ouvrir les procédures (notamment légales et de débat public) en vue de passer commande de réacteurs de type EPR, pour pouvoir emboîter le pas des études réalisées. Or, la première autorisation de construction d'une centrale EPR ne sera signée qu'en février 2005 en Finlande. En France, après une période de débats publics entre 2005 et 2007, EDF est autorisé par décret à construire un EPR sur le site de Flamanville le 11 avril 2007, soit bien plus tard, comme nous allons le voir, que le souhait initial de nombre d'acteurs de la filière.

B. Quand construire un EPR en France ? Hypothèses rétrospectives

En 1998, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) commande au député de Haute-Savoie Claude Birraux un « Rapport sur le contrôle de la sûreté et de la sécurité des installations nucléaires », dont le premier volet s'intitule « Rapport sur le projet de réacteur nucléaire franco-allemand ». À cette date, le *Basic Design* est donc achevé, l'Autorité de Sûreté Nucléaire doit rendre son avis sur les choix de conception en matière de sûreté, cependant qu'EDF et Framatome s'activent pour « optimiser » le design en vue de maximiser l'efficacité économique de l'EPR. Le projet est donc tout proche de pouvoir déboucher sur une construction rapide. Toutefois, comme nous l'avons précisé plus haut, cette époque coïncide avec le retour au pouvoir d'une gauche ayant fait alliance avec des écologistes, qui tiennent un ministère « clé », celui de l'environnement (Dominique Voynet). Cette alternance politique s'est traduite par un signal très fort en défaveur du nucléaire, avec la fermeture accélérée de *Superphénix*. Le gouvernement Jospin, qui comporte également des partisans résolus du nucléaire (socialistes et communistes), joue la prudence, et opte pour un « ni-ni » en matière de nucléaire. Ni décision de sortir le nucléaire comme les Allemands, et comme y invitent les Verts ; ni engagement de nouveaux projets de construction de réacteurs.

Les opposants à la construction d'un EPR disposent d'un argument solide : la France n'a pas besoin, à court terme, d'un nouveau réacteur, d'autant moins d'un réacteur aussi puissant et coûteux. Le rapport Birraux précise ainsi : « *la réalisation d'une tête de série est inutile en France car elle aggraverait notre* ***surcapacité*** *; elle semble improbable pour des motifs politiques en Allemagne* » (Titre III, Chap. II, I. A).

Dans un rapport[65] commandé par Lionel Jospin à trois experts, René Pellat (CEA), Jean-Michel Charpin (Commissaire au Plan) et Benjamin Dessus (CNRS), il est également précisé que « *par rapport aux autres compagnies électriques, le parc nucléaire actuel d'EDF souffre d'un* ***handicap lié à une surcapacité****, qui conduit à un non fonctionnement en base de ses réacteurs nucléaires. C'est-à-dire que les réacteurs sont opérationnels mais la puissance produite est inférieure à la puissance nominale* ». Cette surcapacité ne sera en outre résorbée qu'à long terme, par l'accroissement de la population et de la consommation d'électricité.

En conséquence, cette surcapacité est, pour le rapport Birraux, ce qui rend improbable le scénario d'une construction « au plus tôt » d'un EPR, souhaité par les dirigeants de l'industrie nucléaire française :

> *« Cette hypothèse, qui a la faveur des milieux de l'industrie nucléaire, implique le lancement d'une première réalisation dans le prolongement de la phase d'optimisation du projet. Ceci correspondrait à une décision vers 2000, conduisant à un début de construction vers 2002 pour un démarrage à l'horizon 2008. Cette première réalisation, qui jouerait le rôle d'un démonstrateur, permettrait de valider la conception du réacteur, d'établir la compétitivité future du palier et d'assurer le retour d'expérience, et, par là, de traiter notamment les inévitables "premières pannes de jeunesse"* » (Titre III, Chap. II, I. A).

Ainsi, il existe une conscience partagée que cette hypothèse « au plus tôt » est tout à fait *possible*, mais qu'elle est très peu *probable*, compte tenu de la conjoncture politique (en France, et plus encore en Allemagne), et de l'argument massif de ne pas accentuer la surcapacité du parc. Mais quand faudrait-il, par conséquent, engager la construction d'un EPR « tête de série » ? Pour répondre à cette question, il faut commencer par se projeter dans l'horizon du renouvellement des réacteurs existants. Comme nous l'évoquions précédemment, 2020 constitue une date de référence, puisque c'est à ce moment là que seront nécessaires les premiers remplacements, sous réserve que la France choisisse d'au moins maintenir sa capacité de production actuelle, et qu'elle ne s'aventure pas dans une prolongation massive et globale de la durée de vie de ses centrales. Dans cette perspective, il est nécessaire, pour le rapport Birraux, de « *maintenir l'option nucléaire ouverte à l'horizon 2010* », ce qui signifie d'être capable d'engager un chantier à cette date, ce qui constitue l'hypothèse « au plus tard ». Mais, ajoute-t-il aussitôt, « *la difficulté de cette hypothèse réside dans* ***le trou d'une dizaine d'années*** *qu'elle implique, qui se traduira par une* ***perte de compétence*** *en matière de recherche et une* ***dégradation du savoir-faire*** *des industriels* » (Titre III, Chap. II, I. B).

Ainsi, le rapport met le doigt sur un paramètre décisif du choix de la date de lancement d'un EPR. Celle-ci ne peut en effet, selon lui, être dictée par les seuls impératifs liés aux besoins en énergie et à la disponibilité des technologies. Elle doit également **tenir compte des enjeux internes de compétence et de capacité des industriels**. Dans un chapitre intitulé « Les effets de la non-réalisation du projet EPR pour les industriels » (Titre III, Chap. III.), le député Birraux restitue ses investigations auprès de diverses parties prenantes de l'industrie quant à l'impact potentiel d'une décision « au plus tard ». Après avoir donné quelques grandes données quant à l'impact quantitatif du « trou d'activité » sur le chiffre d'affaires et l'emploi pour Framatome (qui traverse alors, selon le jeu de mots de son PDG

[65] « Étude économique prospective de la filière nucléaire : rapport au Premier ministre », *La Documentation Française*, Décembre 2000.

Dominique Vignon, une période d'« hiver nucléaire »), Claude Birraux conclut que « *la vitalité d'une entreprise de haute technologie ne peut pas être appréciée sur la seule base de sa santé financière. Or,* ***en dix ans d'inactivité, les équipes se délitent****, ne serait-ce qu'à cause des départs à la retraite non remplacés* » (*ibid*.). Pour appuyer son propos, il relaye l'opinion des responsables des centrales syndicales auditionnées par la commission parlementaire, au sujet de la perspective de construction d'un EPR (CGT-Énergie, CFDT, Force Ouvrière). Si, sans surprise, ceux-ci appuient sur l'importance d'une activité pour maintenir ou accroître le niveau d'emploi, il est frappant de constater que les trois convergent très nettement pour souligner l'enjeu de maintien des compétences sous-jacent à la question de la planification du renouvellement du parc. Le représentant de CGT-Énergie est ainsi très affirmatif :

> *« Faut-il un EPR, et rapidement ? Notre réponse est oui et* ***plus on tardera, plus on détruira les cohérences industrielles*** *et économiques qui sont les nôtres aujourd'hui […] ce n'est pas seulement la question de l'emploi mais aussi celle des* ***compétences****, parce que cette industrie tire en France la qualification des salariés vers le haut. Est-ce que, véritablement, nous devons abandonner ces compétences de haut niveau qui se développent dans notre industrie avec les enjeux majeurs qui sont derrière ? […] Compte tenu du retour d'expérience du programme nucléaire depuis la moitié des années 70, nous avons la nécessité, pour moult raisons,* ***d'un lissage du renouvellement du parc*** *[…] Cependant, il me semble que* ***nous éviterions tous les à-coups néfastes à la pérennité des compétences*** *si nous obtenions ce lissage, et je crois que si nous voulons l'obtenir, et si nous sommes d'accord pour dire que, tôt ou tard, on aura besoin du nucléaire,* ***il nous faut la construction d'un projet EPR rapidement, avant qu'il ne soit trop tard*** *».*

Les propos du représentant de la CFDT (rapportés par C. Birraux), quoique moins détaillés, confortent cette position :

> « *Il est* ***terriblement important que nos compétences soient maintenues****, ce qui rend nécessaire des investissements permanents sur le parc nucléaire* ».

Enfin, les responsables de FO considèrent que l'hypothèse d'une construction « au plus tard » aurait des conséquences dévastatrices. Reprenant ses propos, Claude Birraux indique ainsi que :

> *« les représentants de cette organisation ont particulièrement insisté auprès de moi sur la nécessité d'****éviter que survienne un trou de dix ans*** *dans le plan de charge des entreprises, qui entraînerait* ***une perte de compétence irrattrapable****. Pour eux, cette situation pourrait être évitée si un premier béton était engagé vers 2003 pour que soit achevée une tête de série vers 2010 avec une mise en service vers 2012, permettant d'engager vers 2017 des tranches en bénéficiant d'un retour d'expérience ».*

Il apparaît ainsi qu'aux temporalités économiques (anticipations des besoins en énergie), technologiques (durée de vie des centrales en cours, disponibilité de nouvelles technologies satisfaisantes), une autre temporalité doit être intégrée aux processus de décision en matière de construction de réacteurs : la **temporalité des compétences**, de la capacité industrielle des acteurs. Les responsables syndicaux insistent ainsi sur le caractère critique de ces compétences, et des graves dangers encourus à ne pas les envisager dans leur dynamique propre, c'est-à-dire à considérer qu'elles resteront *quoiqu'il advienne* ce qu'elles sont aujourd'hui. La tonalité alarmiste de leur discours (« destruction », « perte irrattrapable », « terriblement important », « avant qu'il ne soit trop tard ») illustre l'ampleur de leurs inquiétudes quant à la perspective d'une interruption trop longue de l'activité d'architecture, de conception et de pilotage de nouveaux projets. Le député reprend, dans la

conclusion de son rapport, ce même registre argumentatif, en mettant en avant le *coût* que représenterait le fait de reprendre l'activité après une interruption trop longue :

> *« Cette position [le maintien de l'option nucléaire à long terme] implique le maintien des compétences de l'industrie nucléaire* ***car le coût nécessaire à la reconstitution des compétences serait prohibitif****. Or, que faire entre 2000 et 2010 si l'EPR n'est pas réalisé ? Dix années de recherches théoriques permettront certainement de maintenir un haut niveau de recherches en physique nucléaire mais le savoir-faire industriel, qui est extrêmement précieux, implique également des connaissances pointues et l'existence d'un réseau de sous-traitants et d'industriels aux standards de qualité qui ne sont pas ceux du reste de l'industrie. […] Il est clair que la simple maintenance du parc actuel ne suffira pas pour maintenir le tissu industriel. Cette situation n'est pas propre au secteur nucléaire, mais à toutes les entreprises de haute technologie où les acteurs qui n'avancent pas reculent ».*

Finalement, comme on le sait, l'option « au plus tôt » n'a pas pu être retenue, notamment en raison de contingences politiques. C'est ainsi qu'il a fallu, pour les acteurs du nucléaire, attendre le changement de majorité intervenu en 2002 (réélection de Jacques Chirac) pour voir la situation progressivement se décanter. À partir de 2003, EDF commence à entrevoir des perspectives favorables, et instruit un dossier de maîtrise d'ouvrage destinée à servir de base au débat public prévu par la loi pour toute construction de nouvelle installation nucléaire. Ce débat a lieu entre 2005 et 2007, et à partir de 2005, les ingénieurs de la Direction de l'Ingénierie Nucléaire (DIN) d'EDF entament la phase dite d'« études de réalisation » (c'est-à-dire de traduction de l'Avant-Projet Détaillé en vue d'une réalisation industrielle) pour pouvoir initier le chantier à Flamanville en 2007.

Au cours de ce débat, EDF va reprendre à son compte l'argument de la nécessité d'un maintien des compétences pour justifier le *timing* de construction d'un premier EPR, et la nécessité corrélative d'un « lissage » du renouvellement du parc pour éviter les « à-coups ». Sauf que, par rapport aux années 1997-98, un nouvel enjeu critique est venu s'ajouter au problème de l'impact d'un « trou » d'activité sur les compétences d'ingénierie : il s'agit de l'enjeu du *renouvellement très profond et très rapide de ses ressources humaines*, en particulier dans le domaine du nucléaire (exploitation et ingénierie confondus) qu'EDF s'apprête à traverser. Dans des synthèses de sessions de questions/réponses ouvertes aux internautes, on peut ainsi lire les réponses suivantes apportées par la communication du groupe, et qui résument bien la position de l'entreprise sur ces questions :

> *« Le lancement de l'EPR contribuerait bien sûr à* ***entretenir et à développer les compétences d'ingénierie de conception****, de fabrication et d'exploitation du nucléaire.*
>
> *Ces compétences sont stratégiques pour l'entreprise. Elles lui permettent, aujourd'hui d'être à la fois l'architecte et l'exploitant de ses centrales, d'avoir ainsi une pleine maîtrise de la sûreté et des coûts tout au long de la vie de ses installations, de la construction au démantèlement, au bénéfice des clients.*
>
> *Avec Flamanville 3, tête de série EPR, EDF se donne la possibilité de* ***maintenir une compétence d'architecte de centrale*** *avec le transfert de génération, d'éprouver une organisation industrielle de toute une filière technique.*
>
> *Par ailleurs, si EDF attend 2015 pour construire une série de centrales nucléaires, il sera difficile de disposer d'un réacteur techniquement éprouvé et conforme aux exigences de la DGSNR (Direction Générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection) au moment du renouvellement des centrales actuelles. »*

On retrouve ici le faisceau d'enjeux que nous avons progressivement mis à jour précédemment : le calendrier du renouvellement du parc, la nécessité d'éprouver une tête de série pour préparer ce renouvellement, mais aussi la question du maintien, de l'entretien et du développement des compétences d'ingénierie, dont la condition de possibilité est précisément la réalisation d'un véritable projet de réacteur. On retrouve, plus loin, un plus long développement sur les aspects démographiques et RH du problème :

> *« D'ici à 2020, **plus de la moitié des salariés travaillant pour le secteur nucléaire d'EDF devrait partir à la retraite**, tous métiers et niveaux hiérarchiques confondus, avec un nombre de départs annuels compris entre 400 et 800 personnes. Pour anticiper ces départs, nous formons chaque année un nombre important de jeunes professionnels. En général **les temps de formation dans ce secteur sont très longs** et imposent une réelle anticipation. Elle conduit à avoir plusieurs centaines de jeunes (de l'ordre de 800) qui se préparent ainsi à prendre le relais de leurs aînés dans les années qui viennent. Des dispositifs spécifiques de formation et d'accueil servent de support à ce passage de relais (compagnonnage, tutorat, …)*
>
> ***Le projet EPR représente une des facettes du traitement de besoin de compétences de l'avenir.** […]*
>
> *En ce qui concerne le projet Flamanville 3, il s'agit de renouveler des compétences de constructeur, d'architecte de centrales nucléaires, compétences qui sont anciennes à EDF qui seront essentielles au moment de renouveler tout ou partie des centrales actuelles à l'horizon 2020, quand celles-ci auront atteint 40 ans et seront amenées progressivement à s'arrêter**. C'est pour conserver ses compétences qu'EDF souhaite construire maintenant Flamanville 3.** De plus la problématique est identique pour l'ensemble de la filière industrielle nucléaire. »*

Il apparaît donc que le projet EPR de Flamanville 3 concentre une somme de « renouvellements » de natures multiples : renouvellement d'un outil industriel, renouvellement technologique, renouvellement des compétences, renouvellement d'une population. Il est donc, comme nous l'annoncions en introduction de cette partie, un projet « carrefour », trait d'union entre deux époques, deux populations, deux générations de réacteurs.

Toutefois, nous devons insister sur un point surprenant. Ce travail généalogique aura permis de montrer que **la question du risque de perte de compétences, donc d'un *désapprentissage* aux niveaux individuel, organisationnel, voire méta-organisationnel, était présente à l'esprit de nombre d'acteurs très en amont des difficultés rencontrées sur Flamanville**. Il aura également montré aussi qu'elle ne se limitait pas à la question de l'impact « brut » d'un creux d'activité, mais qu'elle était étroitement maillée, inséparable même, de la question du renouvellement de la population des agents chez EDF, et du cycle de départs/arrivées qu'elle induit. Malgré tout, la lecture des différents documents nous ayant permis de faire ce travail nous a montré à quel point **ces enjeux faisaient l'objet d'une *conscience* plus que d'une véritable *connaissance***. En effet, les enjeux associés à la dynamique des connaissances et des ressources humaines associées font l'objet d'un traitement relevant du domaine de l'intuition, de l'empirisme, mais ne sont jamais étayés par des argumentaires objectifs, encore moins « scientifiques », contrairement aux paramètres objectifs, mesurables, que sont les paramètres économiques, financiers ou technologiques. Cela peut être interprété comme le signe du caractère extrêmement qualitatif des phénomènes en jeu. Mais nous pouvons également y voir la conséquence d'un **manque de connaissances partagées quant au comportement, dans le temps, et sous l'effet d'un certain nombre de variables, des savoirs collectivement détenus par un collectif**

humain. C'est ainsi que l'enjeu de la perte, du renouvellement ou de la reconstruction de capacités d'ingénierie a certes été intégré aux prises de décision stratégiques, mais sur la base d'une connaissance faible des phénomènes en jeu.

Ce constat valide donc la *pertinence* de notre objet de recherche, puisqu'il vise à apporter des éléments de réponse à un besoin formulée par des acteurs industriels multiples, mais aussi parce que l'état actuel des connaissances appelle de nouveaux travaux de recherche.

Chapitre IV : Présentation du terrain de recherche : le CNEN, Centre National de l'Équipement Nucléaire

Dans le **chapitre III**, nous avons vu qu'au milieu des années 2000, l'activité de conception et de construction de nouveaux réacteurs électronucléaires a connu un redémarrage rapide en France et pour EDF, avec le lancement du projet EPR de Flamanville 3, qui mettait un terme à une longue décennie d'absence de nouveaux projets et de baisse d'effectifs. Cette activité envisageait également des perspectives prometteuses, puisque plusieurs projets devaient emboiter le pas de Flamanville : un second EPR construit sur le site de Penly, plusieurs EPR en Angleterre étaient *a minima* prévus. Les acteurs du secteur, et en particulier EDF, dans l'élan d'optimisme soulevé par la promesse du « Nouveau Nucléaire », ont alors adopté des plans d'embauche ambitieux pour préparer cet avenir dense en programmes de développement et de construction.

Nous savons également que, dès la fin de la décennie, il était clair que les ambitions de l'État et d'EDF en matière de durée du chantier de Flamanville (planning initial de cinq ans, fin prévue en 2012) et de budget (3,3 milliards d'euros prévus initialement) devaient être revues à la baisse. Et que de nombreux problèmes assez lourds avaient été constatés sur le chantier par l'Autorité de Sûreté Nucléaire, en particulier sur le génie civil et le contrôle-commande.

Dans quelle mesure ces difficultés rencontrées sur le chantier de Flamanville peuvent-elles être imputées à un « oubli organisationnel » des acteurs de la filière, qui aurait été causé par la longue interruption de l'activité et les mouvements massifs entrants et sortants de personnel ? Dans quelle mesure les nouveaux projets lancés ont-ils nécessité des processus de « réapprentissage » pour ces mêmes acteurs ? Quelles formes ont pris ces processus, et quelles difficultés spécifiques ont-ils impliqués pour les acteurs ? Ces questions constitueront le fil rouge de notre étude de cas.

Nous avons eu l'heureuse possibilité de pouvoir rassembler des éléments de réponse auprès d'une entité d'ingénierie particulièrement pertinente pour traiter ces questions : le **Centre National de l'Équipement Nucléaire** (CNEN). Le CNEN est **un acteur central du dispositif complexe mis en place par la filière nucléaire pour piloter le redémarrage de l'activité de développement et construction de nouveaux réacteurs**. C'est en effet l'unité qui a la responsabilité opérationnelle de la conception et de la construction de l'« îlot nucléaire » (qui inclut le bâtiment réacteur) des nouvelles centrales. C'est elle qui héberge la cellule Projet Flamanville 3. C'est elle qui joue le rôle de « chef d'orchestre » des activités d'EDF en tant qu'« architecte-ensemblier » des nouvelles constructions.

Par ailleurs, **le CNEN a été particulièrement affecté par la « traversée du désert » de l'ensemble de l'industrie** : son rôle étant précisément d'assurer l'ingénierie des nouvelles réalisations en matière de réacteurs nucléaires, sa charge d'activité s'en est trouvée de fait très limitée et éloignée de son « cœur de métier » sur la période. Elle a par ailleurs éprouvé fortement les départs en retraite ou en mobilité

corrélatifs à cette décrue de la charge, et a été particulièrement en pointe dans la stratégie d'embauche massive menée par EDF à partir du lancement de Flamanville et des espoirs dans le « Nouveau Nucléaire ».

Avant de présenter au **chapitre V** notre méthodologie de recherche collaborative et les données que nous avons pu collecter pour explorer les questions soulevées ci-dessus, nous présentons ici en détails notre terrain de recherche, le CNEN. Cette présentation aura nécessairement un caractère instable, puisque nous avons interagi avec elle à un moment de profonde transformation de l'unité : de ses missions, de son organisation et de ses ressources, qui auront par ailleurs continué à évoluer significativement après notre passage. C'est donc cette dynamique que nous avons l'intention de restituer dans les pages qui suivent, avant de montrer en quoi nous avons pu, d'une part, l'analyser et la comprendre, et d'autre part cherché à l'accompagner et à en infléchir certaines dimensions, conformément à l'esprit de la recherche collaborative.

I. Le CNEN : place au sein d'EDF et rôle dans le dispositif de conception et de construction de nouveaux réacteurs nucléaires en France

Vu de loin, le Centre National de l'Équipement Nucléaire n'apparaît que comme une composante parmi d'autres de l'immense groupe EDF, premier producteur mondial d'électricité, cinquième groupe français par le chiffre d'affaires[66] et le bénéfice net en 2012, et parmi les plus importants employeurs, avec des effectifs oscillant autour de 160.000 salariés. Le CNEN, avec son millier de salariés-ingénieurs dans leur immense majorité -, représente autour de 1% des effectifs d'EDF en France. Mais, ce chapitre le montrera, cette relative modestie par la taille ne doit pas masquer l'importance de cette unité dans la réussite de la stratégie du groupe.

Le CNEN est en effet un maillon essentiel de l'écosystème industriel en charge du déploiement de la stratégie d'EDF et de l'État en matière de nucléaire, écosystème qui, nous le verrons, est loin d'être contenu dans les seules frontières du groupe.
Cette unité d'ingénierie fait partie d'un grand ensemble d'unités opérationnelles en charge du système productif de l'entreprise : la **Direction de la Production et de l'Ingénierie (DPI)**, placée sous la responsabilité de l'un des directeurs exécutifs du groupe. La DPI regroupe plusieurs divisions, qui recouvrent l'ensemble des moyens de production traditionnels d'EDF : elle compte ainsi une Division Production Ingénierie Hydraulique (DPIH), ainsi qu'une Division Production Ingénierie Thermique (DPIT). L'ensemble des effectifs de la DPI était, en 2010, de 33.875 personnes[67]. Trois divisions de la DPI s'occupent plus précisément de la partie nucléaire de la production d'électricité :

[66] Et accessoirement le seul des dix plus grands groupes français par le CA à générer plus de la moitié de ce dernier sur le territoire national.
[67] Source : Présentation « La Direction Production Ingénierie », 11 mai 2010. Document interne EDF.

- la Division Combustible Nucléaire (DCN), la plus petite en taille (192 personnes en 2010), en charge de la définition de la stratégie d'EDF en matière d'approvisionnement en combustible et de contractualisation avec les fournisseurs ;

- la Division Production Nucléaire (DPN), de loin la plus importante en effectifs (19.214 personnes en 2010) : c'est la division qui a la responsabilité de l'exploitation des 58 réacteurs en fonctionnement en France ;

- la **Division Ingénierie Nucléaire (DIN)**, qui concentre les compétences du groupe dans les trois activités suivantes : la conception et la construction de nouvelles centrales nucléaires, la déconstruction des centrales qui ne sont plus en fonctionnement, et l'appui technique à l'exploitation et à la modernisation des 58 réacteurs exploités par les unités de la DPN. La DIN regroupait 4.301 personnes en 2010.

Le CNEN est l'une des six unités de la Division Ingénierie Nucléaire, qui sont les suivantes :

- le CEIDRE, Centre d'Expertise et d'Inspection dans les Domaines de la Réalisation et de l'Exploitation, qui dispose de l'expertise sur tout ce qui concerne les matériaux et les installations, dans de nombreux domaines disciplinaires : géologie, chimie, génie civil, etc. Le CEIDRE est basé à Saint-Denis et compte 760 salariés environ ;

- le CIDEN, Centre d'Ingénierie de Déconstruction et Environnement, est en charge des activités de déconstruction, et est donc responsable du démantèlement et de l'assainissement des 9 centrales aujourd'hui à l'arrêt (dont les sites de Creys-Malville et Saint-Laurent-des-Eaux). Le CIDEN est également spécialisé dans les études d'impact de l'activité nucléaire sur l'environnement et dans la question du traitement des déchets. Basé à Villeurbanne, il compte 550 salariés environ ;

- le SEPTEN, Service Études et Projets Thermiques et Nucléaires, est l'unité de référence en matière d'expertise de sûreté nucléaire et sur les réacteurs de nouvelle génération. Il a pour mission d'établir les doctrines de conception des nouvelles installations, d'en assurer et démontrer la sûreté de la conception jusqu'à leur arrêt définitif, et de piloter des études de R&D du groupe dans le domaine du nucléaire. Cette unité a donc joué un rôle très important dans le projet EPR, et dans la définition du *basic design* de celui-ci. Il est également impliqué dans la mise au point des réacteurs de génération IV. Comme le CIDEN, il est basé à Villeurbanne, et compte 550 salariés environ ;

- le CIPN, Centre d'Ingénierie du Parc Nucléaire en Exploitation, est en charge des activités d'ingénierie en appui aux tranches en marche pour la partie îlot nucléaire (bâtiments réacteur et combustible principalement). Le CIPN conçoit et met en œuvre les modifications techniques sur les réacteurs en fonctionnement et pilote des opérations de maintenance. Il est également

fortement impliqué dans la mission de prolongation de la durée de vie de ces réacteurs. Il est basé à Marseille et compte autour de 1.200 salariés ;

- le CNEPE, Centre National d'Équipement et de Production d'Électricité, fait partie avec le CNEN des deux unités spécifiquement en charge du « Nouveau Nucléaire ». Sur les nouveaux projets de réacteurs, il est responsable de la partie « conventionnelle » des réalisations (salle des machines, turbine, alternateur, source froide…). Le CNEPE est basé à Tours, et compte autour de 700 salariés.

- le CNEN, Centre National d'Équipement Nucléaire, est l'unité en charge de l'ingénierie de l'îlot nucléaire des nouveaux réacteurs. Basé à Montrouge, sa population est aujourd'hui d'environ 1.200 personnes.

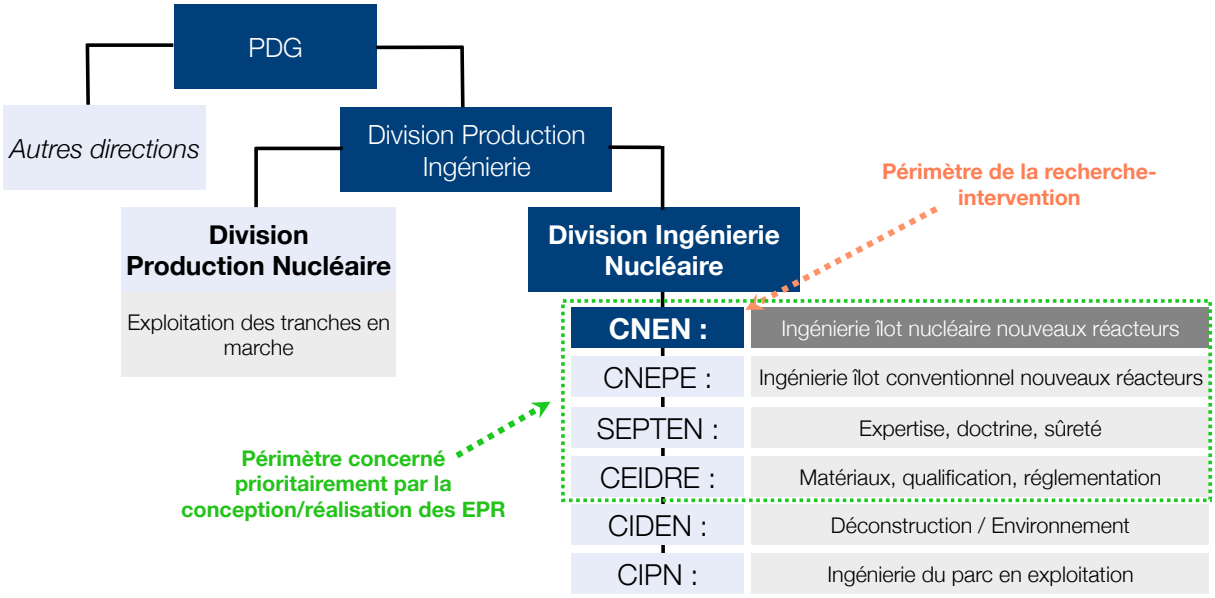


Figure 14 : Place du CNEN dans l'organigramme simplifié des activités productives d'EDF

Tel que résumé dans le document de présentation de la DIN à destination des salariés d'EDF, le rôle du CNEN est d'être « *responsable de la conception et de la réalisation de l'EPR* », d'« *assurer la conception détaillée de l'îlot nucléaire de l'EPR, du fonctionnement général conduite et contrôle-commande* », d'être « *architecte-ensemblier des projets nouveaux nucléaires neufs d'EDF en France et à l'international* ». C'est donc, au sein d'EDF, l'unité d'ingénierie la plus directement concernée par le déploiement de la stratégie du « Nouveau Nucléaire », même si cela se fait en interaction avec le CNEPE pour l'îlot conventionnel (donc la partie la moins « nucléaire » des installations), et avec l'appui du SEPTEN et du CEIDRE pour les aspects matériaux, sûreté et doctrines de conception.

Mais le rôle du CNEN ne peut se comprendre indépendamment du positionnement de son rôle au sein d'une chaîne temporelle d'acteurs et d'activités ayant concouru à la mise au point de l'EPR, et du double rôle d'EDF (c'est la spécificité de son modèle industriel), à la fois Maître d'Ouvrage (MOA = commanditaire, propriétaire, exploitant futur) et Maître d'Œuvre (MOE = pilote opérationnel et coordinateur de l'ensemble de la réalisation). Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, les

grands principes généraux de conception des réacteurs de type EPR ont été mis au point non par l'ingénierie nucléaire d'EDF, mais, au cours des années 1990, par Framatome (devenu entre-temps Areva NP) et Siemens, même si Siemens s'est progressivement désengagé du projet à mesure que l'Allemagne se dirigeait vers une sortie du nucléaire. EDF, en tant que futur exploitant de l'EPR en France, a participé activement, de même que l'Autorité de Sûreté Nucléaire, à la phase d'Avant-Projet, en émettant un certain nombre de prescriptions. Mais le rôle d'EDF s'est progressivement accru dans le temps, à mesure que se rapprochait l'horizon de la réalisation du projet. Le SEPTEN a ainsi joué un grand rôle dans la transition d'un *basic design* « sur le papier » vers une conception de plus en plus détaillée orientée vers la réalisation. Puis, une fois le projet devenu concret, le site de Flamanville élu pour abriter la construction future, et les engagements pris en matière de planning et de coûts, l'ingénierie nucléaire d'EDF, et en particulier le CNEN, ont pris la main pour orchestrer la phase la plus aval du projet : **la phase d'ingénierie de réalisation**.

Mais évidemment, EDF n'assume pas seul l'intégralité de la phase de réalisation du projet : l'entreprise ne dispose pas en interne de l'ensemble très vaste de compétences à intégrer, à assembler, et à mobiliser pour mener *in extenso* des constructions de cette envergure. L'ingénierie nucléaire d'EDF est en fait l'acteur central, intégrateur, dépositaire de la vision d'ensemble, d'un réseau très étendu de capacités distribuées au sein d'acteurs variés. Ainsi que l'explique Georges Sapy (2012), « sachant que la réalisation d'une installation industrielle complexe peut s'assimiler à l'assemblage d'un "Grand Meccano", on peut distinguer trois niveaux complémentaires de mise en œuvre de l'ingénierie » (p. 7). Ces trois niveaux, dont nous verrons que la superposition est à la fois très structurante et source de complexité pour les acteurs du CNEN, sont pour Sapy les suivants :

1) L'***ingénierie d'ensemblier*** ou ***architecture industrielle***, « *mise en œuvre par le Maître d'œuvre ou encore un Architecte Industriel* », qui « *a pour objet de concevoir et coordonner de manière globale la réalisation du "Grand Meccano", en s'appuyant en tant que de besoin sur les compétences extérieures nécessaires, qui elles-mêmes mettent en œuvre les deux autres types d'ingénierie* » (ibid.).

2) L'***ingénierie de détail*** ou ***ingénierie d'exécution***, « *mise en œuvre par des sous-ensembliers ou des bureaux d'étude spécialisés, conformément aux spécifications du Maître d'œuvre* », qui « *constitue l'interface entre la conception d'ensemble et la réalisation sur site. C'est elle qui produit les documents dits d'exécution, directement utilisables sur le site pour réaliser l'installation* » (ibid.).

3) « *L'**ingénierie incorporée** au sein des équipements et composants dits "actifs" du "Grand Meccano" (nécessitant leur propre ingénierie interne, comme par exemple, les pompes, les capteurs, etc.). Cette ingénierie est mise en œuvre par les très nombreux "fournisseurs" (au sens large : équipementiers, sous-ensembliers, etc.). conformément aux spécifications générale du Maître d'œuvre. Elle recouvre des compétences nombreuses et variées, allant des plus sophistiquées à de plus communes selon la nature, la fonction, les classements (sûreté, qualité, etc.) des équipements et composants concernés* » (ibid.).

Le CNEN est donc l'acteur qui assure la fonction d'ingénierie de premier niveau : il est l'entité ayant reçu le mandat d'assurer, sur la base de données, de prescriptions et de règles de conception élaborées en amont, l'« architecture industrielle » globale du projet dans sa phase de réalisation. Il se situe donc bien en aval d'un très long processus de conception qui va de la phase exploratoire et conceptuelle à la réalisation sur site[68], mais cette phase de réalisation est elle-même un « millefeuille » d'activités d'ingénierie se décomposant selon leur degré de plus ou moins grande proximité avec le chantier proprement dit.

Dans ce « Grand Meccano » qu'est la réalisation d'un chantier de réacteur électronucléaire, les *compétences* du CNEN en conception sont donc essentiellement **des compétences de spécification et de prescription** (niveau 1) aux acteurs qui seront en charge, d'une part, de l'ingénierie de détail (niveau 2), et d'autre part de la réalisation proprement dite (niveau 3). Son activité n'est pas de concevoir un ouvrage « sur le papier », mais doit davantage être comprise comme un processus de traduction entre des données d'entrée et des règles issues de la phase amont en un langage de plus en plus appropriable par et pour les acteurs de la réalisation. Cette activité implique par conséquent des compétences de natures diverses : bien sûr des *compétences « techniques » proprement dites* pour comprendre les prescriptions de l'amont et les transformer pour les rendre appropriables, utilisables et cohérentes pour l'aval ; par ailleurs des *compétences plus « économiques »*, puisque l'activité implique de devoir piloter sur les aspects coûts, délais, contractualisation, achats, l'ensemble des fournisseurs ; mais également des *compétences de plus haut rang qui garantissent la cohérence d'ensemble des choix de conception et des spécifications*, ce qui passe à la fois par une capacité à disposer d'une vision d'ensemble du projet et de son jalonnement, ainsi que d'une grande maîtrise des interfaces.

L'ingénierie de réalisation des réacteurs nucléaires a, pour Sapy, les finalités suivantes (p. 72) :

- *« dimensionner l'installation de manière détaillée (ouvrages, systèmes et composants),*
- *spécifier techniquement les fournitures, travaux, et services nécessaires,*
- *produire les plans et autres documents nécessaires à la construction des ouvrages et au montage des matériels,*
- *produire les documents nécessaires à la mise en service de l'installation (règles et procédures d'exploitation normale, incidentelle et accidentelle, procédures d'essais périodiques, etc.),*
- *démontrer et justifier auprès de l'Autorité de Sûreté Nucléaire le respect des exigences prescrites en matière de sûreté nucléaire, au travers notamment des études de sûreté* ».

En conséquence, l'activité du CNEN se comprend, par définition, comme **une activité d'intense prescription vis-à-vis des concepteurs de détail et des fournisseurs en charge de la réalisation**, dont EDF spécifie et « surveille » l'activité. Ces derniers ne se contentent pas, d'ailleurs, d'exécuter ces prescriptions, mais sont également prescripteurs vis-à-vis de l'architecte industriel (c'est particulièrement le cas dans le cadre de la relation avec le fournisseur du réacteur proprement dit, Areva, qui n'est, nous le verrons, ni « client » ni simple « fournisseur » d'EDF, ne serait-ce que du fait de son rôle important dans la spécification amont). On peut donc à bon droit parler d'un faisceau de

[68] Le CNEN n'a donc pas, il est important de le noter pour la suite, une véritable mission d'« innovation » au sens de génération de nouveaux concepts ou de nouvelles connaissances.

« prescriptions réciproques » (Hatchuel, Le Masson, & Weil, 2002) entre EDF et ses fournisseurs. Mais il est remarquable que **l'activité de l'architecte industriel est elle-même fortement prescrite par les spécifications amont d'une part, mais d'autre part du fait du rôle crucial joué par l'Autorité de Sûreté**, qui dispose d'un pouvoir réglementaire fixé par l'État lui permettant de contrôler, d'encadrer, voire d'infléchir directement l'activité de l'architecte.

Figure 15 : Représentation simplifiée du réseau d'acteurs engagés dans le projet EPR et pilotés par EDF, architecte industriel

Les « fournisseurs » sont très nombreux, et issus de domaines de spécialités très différents (voir **figure 15**). Parmi les principaux contrats, nous avons déjà cité Areva NP, qui fournit la « chaudière », c'est-à-dire le « cœur » du réacteur. Mais nous pouvons également citer Alstom pour la partie conventionnelle de la centrale (salle des machines), ou encore Bouygues pour la fourniture du contrat de génie-civil principal. Notons néanmoins que ce montage contractuel d'un dispositif étendu de capacités distribuées est celui qui a été retenu pour l'EPR de Flamanville 3, et sera probablement en grande partie reconduit pour les futurs EPR construits en France s'ils viennent à voir le jour. Mais pour les autres projets, notamment à l'export, le dispositif sera nécessairement différent, même si EDF privilégie l'exportation non seulement de son outil industriel, mais également de l'organisation industrielle mise en place en France.

Cette organisation industrielle est désignée en interne à EDF par l'utilisation d'un vocabulaire en trois « niveaux » d'activités et d'acteurs. Le **niveau 1 est celui de l'architecte-ensemblier** (l'ingénierie nucléaire d'EDF). Le **niveau 2 désigne les activités d'études de réalisation détaillées**. Dans le cas de la réalisation de l'îlot nucléaire, donc sur le périmètre d'activité du CNEN, ce niveau 2 relèvera largement, nous le verrons, de **la responsabilité de Sofinel**, société d'ingénierie codétenue par EDF et Areva (à 55% pour EDF), qui peut être vue comme une « filiale » de l'ingénierie nucléaire d'EDF, chargée de concentrer des compétences d'ingénierie de détail et d'assurer l'interface entre la conception d'ensemble de niveau 1 et la réalisation par les fournisseurs, ceux-ci composant le niveau 3. Le niveau 3 inclut des activités de réalisation, mais aussi les activités d'« ingénierie incorporée » assurée par les fournisseurs évoquée par Georges Sapy. Lors de notre étude de cas, nous verrons que la question de cette organisation industrielle, et en particulier de sa relation et de la distribution des

rôles et des compétences entre le niveau 1 et Sofinel, sera l'une des principales sources de questionnement pour le CNEN, qui en est l'acteur central. Nous verrons aussi que cette organisation industrielle n'est qu'une organisation *théorique*, *formelle*, avec laquelle l'*organisation industrielle réelle* dérogera dans certains cas, pour des raisons que nous aurons à analyser.

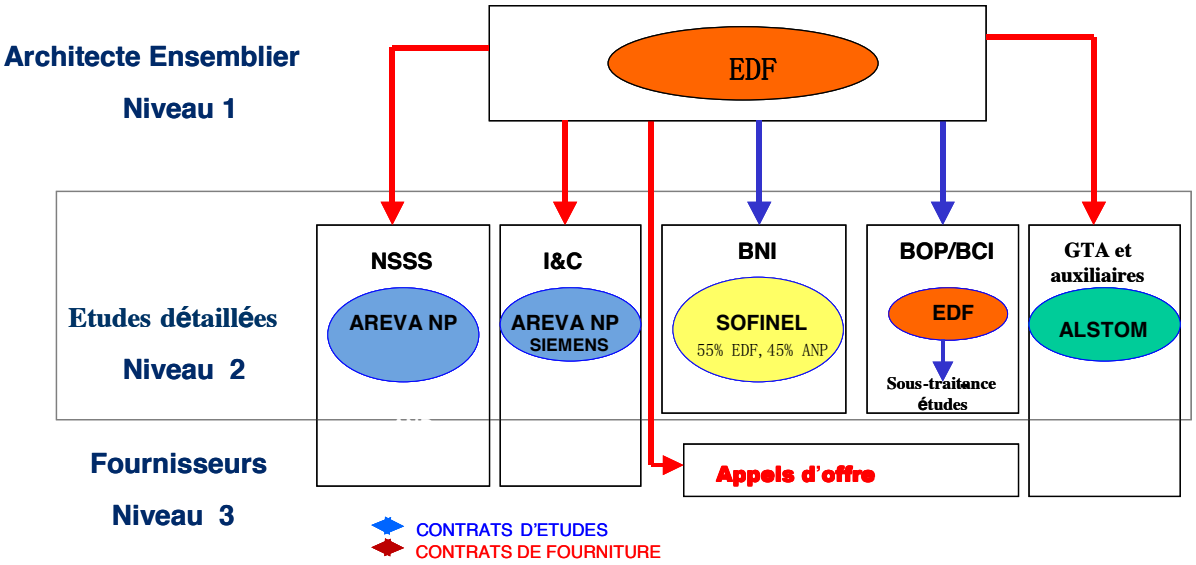


Figure 16 : Représentation de l'organisation industrielle à trois niveaux simplifiée du projet EPR (source : documentation interne DIN/EDF)

Après avoir vu quelles sont les missions du CNEN et ses modalités d'insertion dans le dispositif de capacités distribuées en vue de réaliser le projet EPR, nous devons à présent voir quelle organisation a été mise en place au sein du CNEN pour assurer ses missions, quelles ressources ont été mobilisées, et comment cette organisation et ces ressources ont évolué dans le temps.

II. Le CNEN : des ressources et une organisation en forte évolution au moment de la recherche collaborative

1. Représentation statique de l'organisation projets/métiers du CNEN au moment du début de la recherche collaborative

Au moment où la collaboration entre le Centre de Gestion Scientifique et le CNEN a débuté, à la fin de l'année 2010, le CNEN est organisé en services « Projets » et en services « Métiers » (ou « études, ou encore « techniques »). L'ensemble des ressources de l'unité est donc réparti entre des entités orientées *output* (les différents projets), et des unités orientées *input* (les domaines de compétence technique). Notons qu'il ne s'agit pas d'une véritable organisation de type « matriciel », puisque les ingénieurs ne sont pas rattachés fonctionnellement à deux lignes hiérarchiques, mais à une seule : les ingénieurs des

services métiers, *bien que travaillant l'essentiel de leur temps au service d'un ou plusieurs projets*, ne sont pas placés sous l'autorité fonctionnelle d'un chef de projet, et ne reportent qu'au chef de leur service métier.

Les services projets en activité sont alors les suivants :

- le **service projet Flamanville 3** (dit FA3), qui est alors le seul projet correspondant à un chantier déjà engagé, qui est celui qui sollicite le plus la charge de travail des ingénieurs de l'unité ;

- le **service projet UK**, créé en 2009, lorsqu'apparaît la possibilité pour EDF d'être architecte-ensemblier pour quatre réacteurs EPR en Angleterre (deux tranches à Hinkley-Point, dans le Somerset, et deux tranches à Sizewell, dans le Suffolk), destinés à être exploités par la filiale anglaise d'EDF, *EDF Energy*[69]. Notons d'ores et déjà qu'après de longues et conflictuelles négociations, un contrat de fourniture a finalement été passé en octobre 2012 pour deux EPR à Hinkley Point, le projet Sizewell ayant été suspendu ;

- le **service projet Penly 3**, créé à la suite de la volonté affichée par Nicolas Sarkozy, alors président de la République, de construire, à la suite de Flamanville 3, un second EPR en France pour poursuivre l'entreprise de renouvellement du parc national. Le site de Penly est annoncé le 29 janvier 2009 comme ayant été retenu pour ce chantier. Comme nous le verrons par la suite, l'arrivée au pouvoir de François Hollande en 2012 a changé la donne, et a reporté ce projet à une date ultérieure (ce qui faisait partie des engagements de campagne du candidat) ;

- le **service des « projets tiers »**, qui regroupe un ensemble de projets beaucoup plus éloignés d'une véritable concrétisation (aux Etats-Unis, en Afrique du Sud, en Pologne…), ou des projets sur lesquels EDF intervient au titre d'un rôle moindre que celui d'un architecte industriel complet, comme c'est le cas des EPR en construction en Chine actuellement, pour lequel EDF, et le CNEN notamment, jouent un rôle principalement de conseil.

Ces services projets sont placés sous l'autorité hiérarchique d'un « chef de projet », qui pilote l'activité du service en s'appuyant sur quatre pôles aux responsabilités distinctes (voir **figure 17**). Un pôle technique, en charge des choix de conception, et travaillant en lien étroit avec les différents services métiers du CNEN ; un pôle contrôle de projet, principalement en charge de contrôler les dépenses et l'allocation des moyens financiers déployés sur le projet ; un pôle travaux/planification, en charge d'établir le planning détaillé des grandes étapes du projet ; enfin, un pôle aménagement, géographiquement détaché sur le site du chantier, en charge de l'interface entre le CNEN et les fournisseurs présents sur place.

[69] *EDF Energy* a été créé par l'achat successif de plusieurs compagnies anglaises d'électricité, et notamment par le rachat en 2009 de *British Energy*, qui a fait d'*EDF Energy* le premier producteur et distributeur d'électricité au Royaume-Uni, cette société y exploitant notamment la totalité des 15 réacteurs aujourd'hui en fonctionnement.

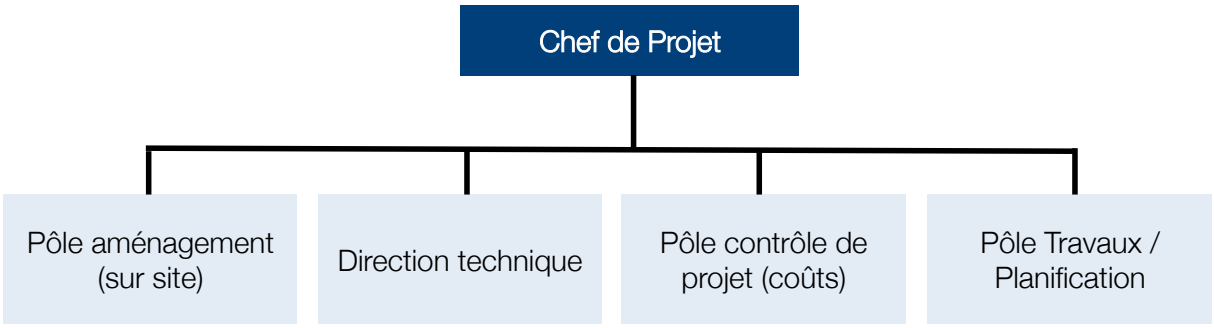


Figure 17 : L'organisation interne des services projets du CNEN

Nous verrons, au cours de la suite, que la question du périmètre de compétences et d'action de la direction technique (DT) fonctionnellement rattachée au chef de projet sera épineuse pour le CNEN, et tout particulièrement dans le cas de la DT du projet Flamanville 3 au moment du passage de l'unité d'un fonctionnement mono-projet vers un fonctionnement en multi-projets.

En plus de ces Services Projets, le plus gros des effectifs du CNEN est réparti, en 2010, au sein de cinq Services Métiers, découpés en fonction de domaines de spécialité technique, et qui sont les suivants :

- le service **Fonctionnement Systèmes Élémentaires** (FSE), qui est numériquement le plus important de l'unité, et celui dont l'activité et les compétences sont le plus fortement adhérentes au caractère « nucléaire » de l'activité. Il a pour mission de spécifier le fonctionnement général et la sûreté des réacteurs EPR. Il établit des spécifications générales de fonctionnement et des règles de conduite normale et accidentelle, et mène des analyses (probabilistes) de sûreté. Il a également la charge de dimensionner et spécifier le fonctionnement des systèmes électromécaniques du réacteur (systèmes fluides, systèmes électriques et de ventilation, systèmes de traitement des effluents…). Enfin, il joue un rôle important dans la préparation, le suivi et l'analyse des essais de démarrage des réacteurs ;

- le service **Installation Génie Civil** (IGC), est en charge de différentes études de génie civil : études de site (plans masse, terrassements…), études pour les bâtiments (dimensionnement du génie civil, calcul des charpentes, inserts…), études probabilistes de sûreté relatives au comportement des bâtiments. L'autre aspect de sa mission consiste dans les études d'installation mécanique et de calcul de tuyauteries. Il mène également un certain nombre d'études transverses relatives à la radioprotection ou à la sûreté ;

- le service **Matériels** (MA), a pour mission, à partir des impositions fonctionnelles issues de la conception amont et du retour d'expérience sur le parc en fonctionnement, de définir les caractéristiques des matériels électromécaniques qui seront installés sur l'îlot nucléaire des futures centrales, et d'évaluer les solutions techniques des fournisseurs. Ces matériels sont aussi bien électriques (tableaux électriques, transformateurs, moteurs diesels…), des composants de la chaudière (cuve, générateurs de vapeur, pompes, tuyauteries, …), des matériels mécaniques et de manutention (robinetterie, réservoirs, manutention du

combustible…). Sa mission implique par définition un lien très étroit et une intense contractualisation avec les fournisseurs de ces matériels, pour lesquels il s'agit à la fois de rédiger les cahiers des charges techniques, d'évaluer et analyser leurs offres, et de surveiller leurs études de réalisation ;

- le service **Contrôle-Commande** (CC), assure la spécification et la mise en service des dispositifs de contrôle-commande des nouveaux réacteurs, c'est-à-dire à la fois au niveau de l'interface opérateur (salle de commandes), et au niveau des Systèmes Numériques de Contrôle-Commande (SNCC). Le système de contrôle-commande est composé de capteurs qui effectuent de façon automatisée un certain nombre de mesures dans le cœur du réacteur (pression, température, niveau de remplissage…), d'automates de commande qui traitent les informations fournies par les capteurs et enclenchent automatiquement un certain nombre d'actions, et de moyens de contrôle et de pilotage à disposition des opérateurs en salle des commandes ;

- le service **Conception Assistée par Ordinateur** (CAO), qui est une entité relativement à part au sein du CNEN, dans la mesure où elle a davantage une mission de type support technique pour ce qui concerne les outils et applications de CAO, mais également les outils informatisés de gestion documentaire, sachant que les destinataires de cette activité ne sont pas simplement les services projets du CNEN, le service ayant une vocation plus transverse à l'échelle de la DIN.

Ces services métiers sont eux-mêmes découpés en « groupes », d'une taille variable, mais oscillant en moyenne entre 10 et 20 salariés, et comprenant des proportions variables d'ingénieurs permanents (agents EDF) et de prestataires détachés. Le chef de service, aussi appelé Manager de Deuxième Ligne (MDL), est ainsi placé hiérarchiquement au-dessus, d'une part, d'un nombre d'adjoints variable dédiés à des aspects spécifiques ou à des projets spécifiques, et d'autre part de Chefs de Groupe, aussi appelés Managers de Première Ligne, qui constitueront une catégorie d'acteurs absolument centrale des analyses développées lors de l'étude de cas. Le « groupe » est donc la maille élémentaire dans laquelle le gros des ingénieurs « métiers » de l'unité sont insérés et travaillent quotidiennement. Les groupes des services métiers seront aussi, nous le verrons, la porte d'entrée quasi-exclusive des ingénieurs nouvellement embauchés dans l'organisation. En 2012, il y avait 39 groupes au CNEN.

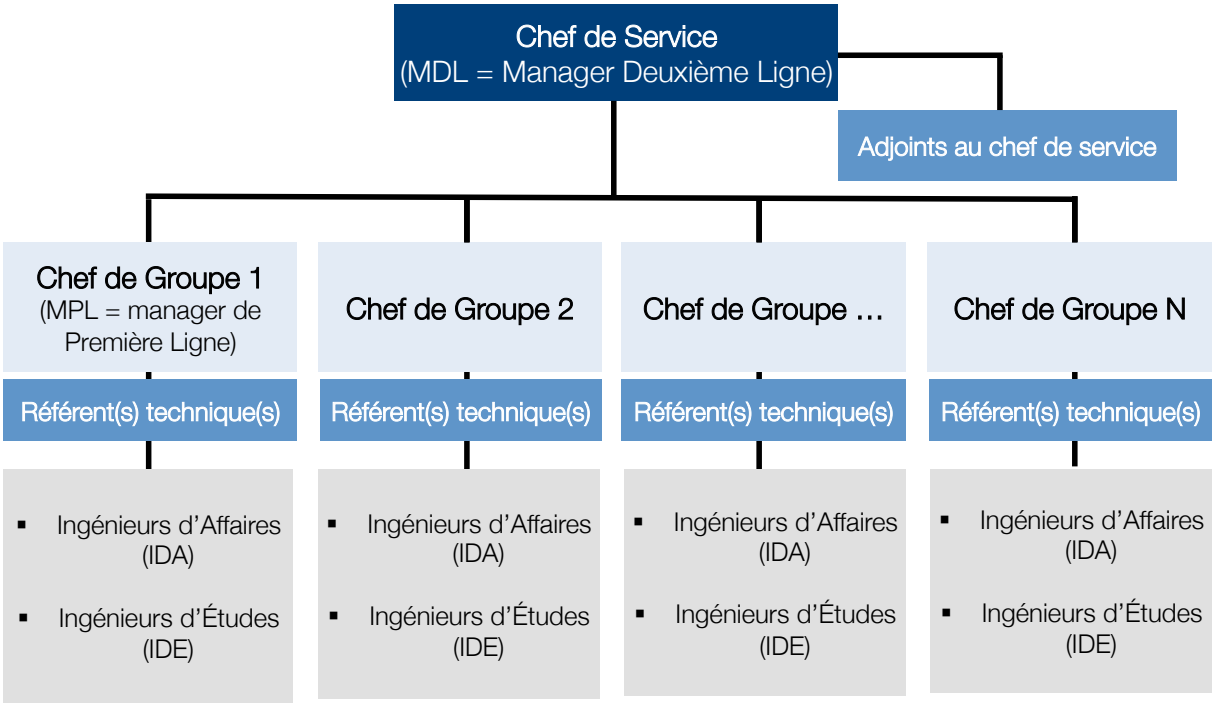


Figure 18 : L'organisation interne des services métiers du CNEN

Notons enfin que ces différents métiers s'insèrent de façon différenciée dans l'organisation industrielle mise en place pour la conception et la construction de nouveaux réacteurs. Les services FSE, IGC et MA travaillent en relation étroite avec l'entité d'ingénierie de niveau 2 (Sofinel), et partagent avec elle un certain nombre de missions, selon des règles d'affectation de l'activité et des ressources dont nous verrons qu'elles constituent un enjeu majeur. Le service CC est théoriquement investi des missions d'ingénierie de niveau 1 et de niveau 2, et interagit donc beaucoup moins avec Sofinel. Enfin, le service CAO dispose d'un statut différent, du fait de sa plus grande distance avec les activités concrètes de réalisation, et de son caractère transverse au sein de l'ingénierie nucléaire. De ce fait, nous le verrons, ces différents services ne seront pas affectés de la même manière par les mouvements importants de ressources et les choix de réorganisation qui s'opèrent à l'époque de notre collaboration avec le CNEN.

2. L'organisation du CNEN replacée dans sa dynamique : croissance des effectifs, recomposition des projets et des métiers

Au moment où notre collaboration avec le CNEN a débuté à la fin 2010, l'unité connaissait une phase de très forte expansion de ses effectifs, et était en passe de procéder à une importante réorganisation de sa structure et de l'affectation de ses missions.

Fin 2006, l'effectif du CNEN est de 599 personnes, et l'unité ne croît quasiment pas : ses « imports » de personnel couvrent à peine ses « exports » (+ 6 /an). Mais au moment du lancement du chantier de Flamanville, en 2007, l'unité entame une forte croissance de ses effectifs pour couvrir les besoins en ressources d'ingénierie induites par le redémarrage de l'activité et la première construction d'un

nouveau réacteur depuis plus d'une dizaine d'années. En 2007, 2008 et 2009, le solde des exports et imports est largement positif. L'année 2010, qui est l'année au cours de laquelle les nouveaux services projets commencent véritablement à devenir opérationnels et commencent à « consommer » des ressources d'ingénierie, marque une accélération de cette politique de croissance, et d'orientation prioritaire des imports vers les embauches externes.

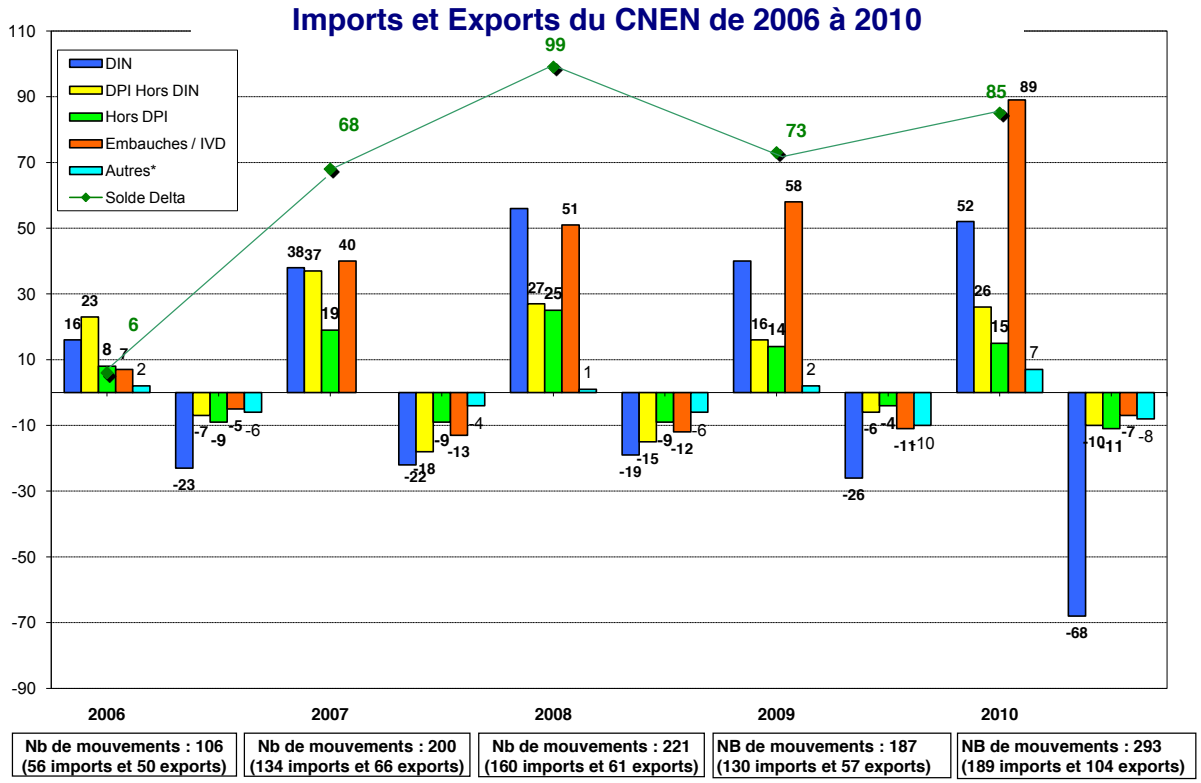


Figure 19 : Croissance et mouvements des effectifs du CNEN, période 2006-2010 (sources : données RH)

Il s'agit, pour l'ingénierie nucléaire, d'anticiper à la fois les nombreux départs en retraite qui vont se produire dans les années à venir, ainsi que de se préparer pour une forte croissance du niveau d'activité, alors que les promesses associées au « Nouveau Nucléaire » sont alors à leur point culminant. 89 ingénieurs sont recrutés en 2010, dont en très grande majorité des jeunes diplômés. Le CNEN prévoit alors de recruter une centaine d'extérieurs par an jusqu'en 2012, pour disposer à cet horizon d'une capacité d'ingénierie décuplée, permettant de mener de front les projets multiples qui seront alors entrés dans leur phase la plus opérationnelle. Cette croissance intensive des ressources est donc l'anticipation de l'imminence d'un « pic de charge » sur les projets.

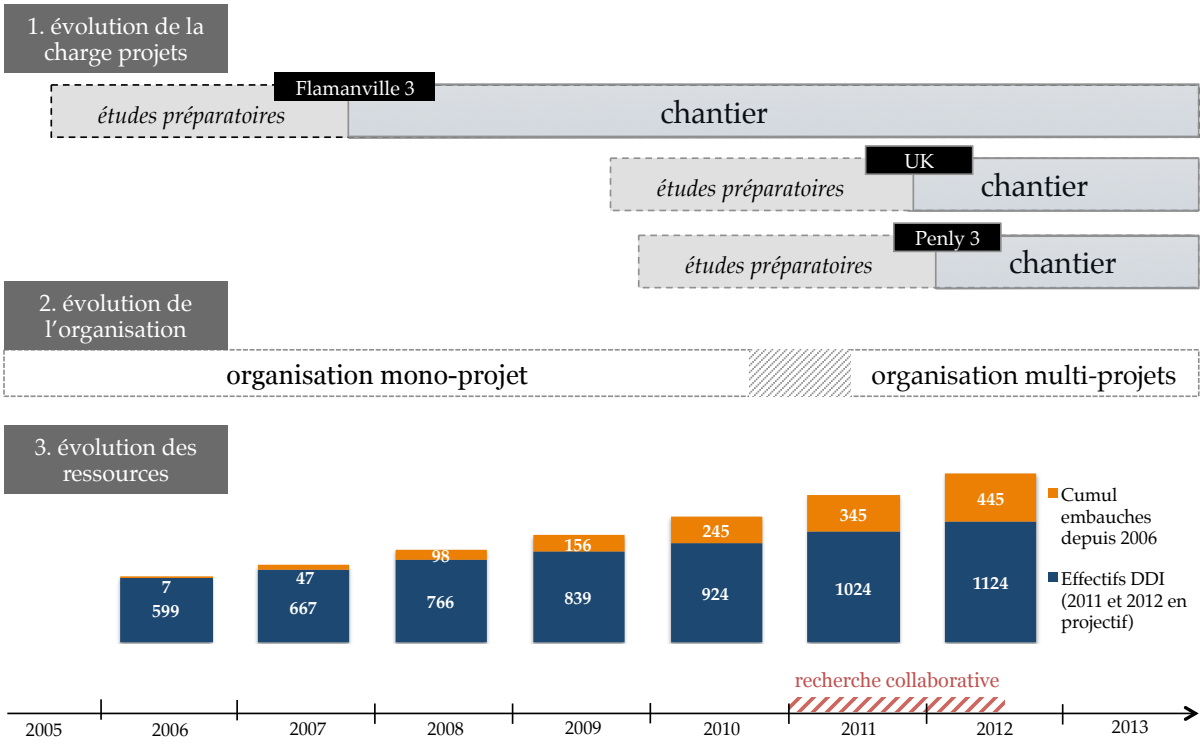


Figure 20 : Evolutions croisées de la charge projets, de l'organisation et des ressources du CNEN entre 2005 et 2012

Cette double croissance, constatée et anticipée, de la charge projets et des ressources, a été l'une des raisons principales de la réorganisation du CNEN. Celle-ci comportait trois volets principaux : un rééquilibrage des missions et des ressources entre projets et métiers pour préparer la transition vers un fonctionnement avec plusieurs projets parallèles et d'importance égale ; un redécoupage des services et des groupes métiers ; la création de nouveaux rôles au sein de l'organisation. Ces évolutions organisationnelles ont été directement dictées, nous allons le voir, par l'ampleur de la croissance de l'activité et des ressources décrite ci-dessus.

- **La préparation d'un fonctionnement multi-projets effectif**

  Fin 2010, l'unité se trouve à la croisée des chemins. Depuis plusieurs mois (mi-2009), de nouveaux services projets ont été constitués à la suite d'annonces d'intention de construction de nouveaux EPR : c'est principalement le cas des services projets UK et Penly 3. L'unité travaille donc de fait sur plusieurs projets en parallèle. Mais la situation est en fait paradoxale. En effet, entre 2003, date de la reprise d'une activité effective sur des projets concrets avec la perspective de l'EPR de Flamanville, et 2009, l'unité a fonctionné sous un régime de type mono-projet. Ce régime de fonctionnement avait eu pour conséquence un choix organisationnel très fort : celui de concentrer fonctionnellement de nombreuses ressources expérimentées au sein de la Direction Technique du service projet FA3, et d'assigner à ce dernier la mission du pilotage technique effectif des études de réalisation et de la contractualisation pour le futur chantier de Flamanville. La DT projet était donc le véritable « cerveau » technique de l'organisation, les services métiers travaillant alors davantage en tant que support et exécutant des décisions du projet.

En 2010, la direction du CNEN considère qu'un tel mode de fonctionnement n'est pas durable dans un contexte d'activité multi-projets (pour des raisons sur lesquelles nous reviendrons dans les parties qui suivent). Elle a donc engagé un mouvement de balancier inverse, visant à déplacer le centre de gravité et décisionnel des aspects techniques de l'unité vers les services métiers, et à recentrer par contrecoup les services projets sur leurs missions « classiques » de pilotage contractuel et économique, de planification et d'aménagement sur site. Nous reviendrons en détail sur les enjeux et les modalités de cette transformation organisationnelle vers le multi-projets. Mais soulignons d'ores et déjà que la motivation principale de ce rééquilibrage en faveur des métiers a été dicté par le choix d'EDF d'appliquer à l'EPR ce qui fit sa réussite industrielle passée : la stratégie de réplication par paliers technologiques, perçue comme condition de la rentabilité des investissements consentis sur l'EPR, mais aussi condition de soutenabilité de la croissance à venir. La réplication maximale du *design* d'un ouvrage sur l'autre doit permettre d'économiser les heures d'ingénierie, et de prévenir une explosion de la charge de travail pour les ingénieurs.

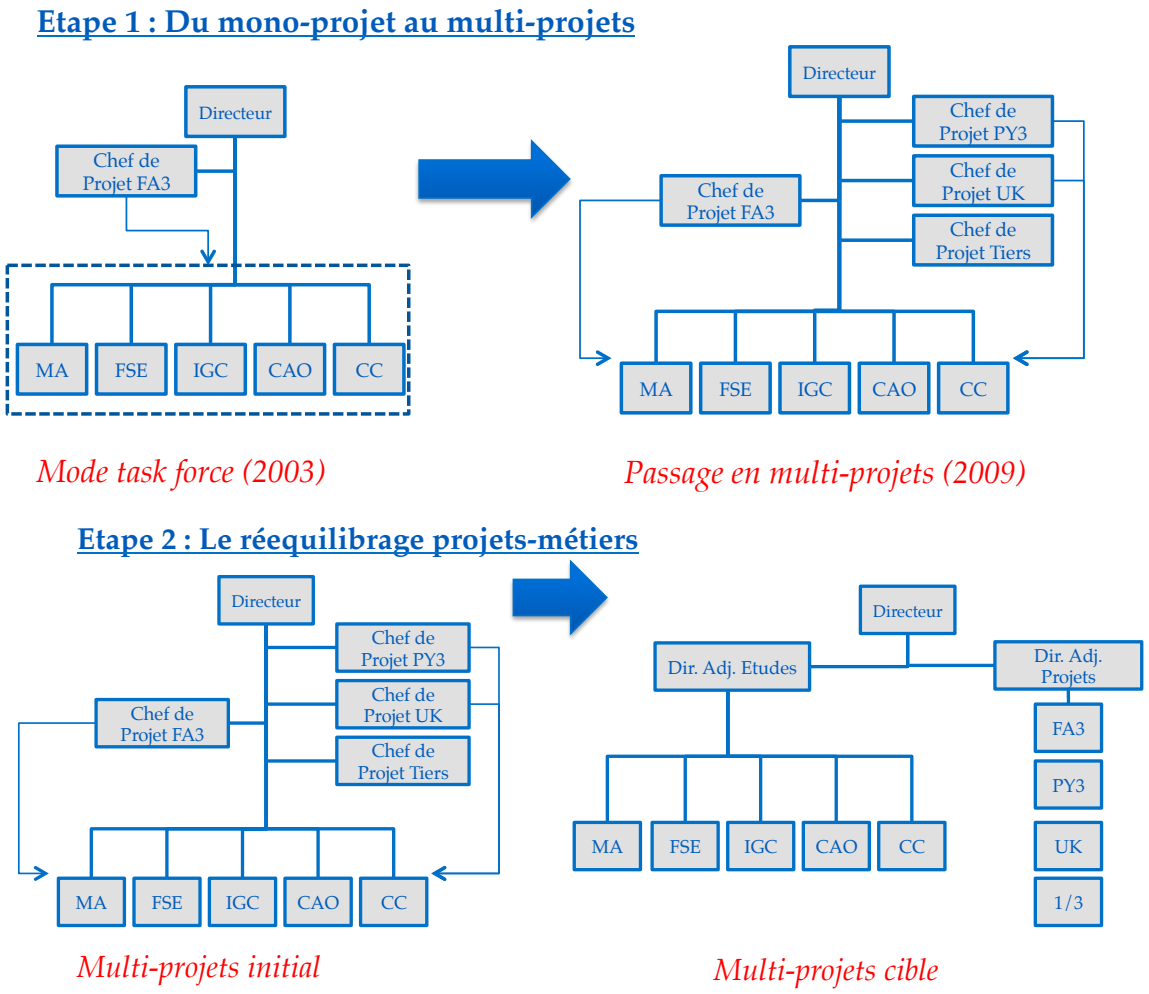


Figure 21 : Les étapes de la transition organisationnelle du CNEN vers le multi-projets

- **Le redécoupage des services et des groupes métiers**

  Le second volet de la réorganisation est une refonte de la structure des services métiers, et un redécoupage plus fin des services et des groupes. L'enjeu principal est de réduire la taille d'entités qui ont trop crû avec la politique d'embauches. C'est ainsi que le plus gros service, le service Fonctionnement Systèmes Elémentaires, est éclaté en trois nouveaux services : un service **Conception Systèmes** (CSE), un service **Fonctionnement Conduite Essais** (FCE), et enfin un service **Sûreté Nucléaire Environnement Radioprotection** (SNE), qui sera notamment en charge de centraliser la relation avec l'ASN. Par ailleurs, un service Eléctricité est créé, issu du regroupement d'équipes jusque là dispersées au sein du service Matériels et du service Installation Génie Civil. Les services Contrôle Commande et CAO voient, eux, leur périmètre inchangé.

Etape 3 : Le redécoupage des métiers

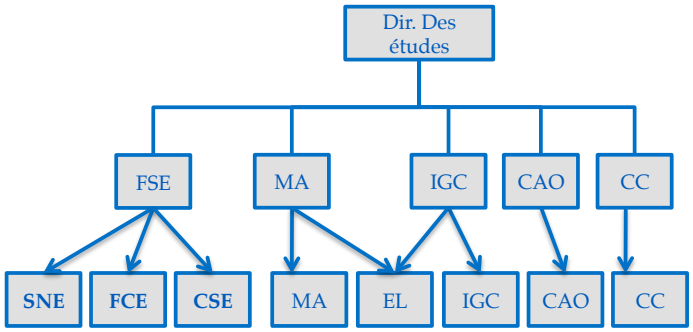


Figure 22 : Le redécoupage des services métier du CNEN

Ce redécoupage des services se double d'un découpage plus fin de plusieurs groupes de l'unité, dans le but de réduire leur taille et de renforcer la cohérence de leur périmètre technique. L'ambition affichée par la direction des études est d'ainsi redonner de la « proximité » au sein d'équipes qui ont fortement grossi en raison d'embauches nombreuses. Cette évolution est ainsi censée ramener les groupes à une dimension (une dizaine d'ingénieurs) jugée favoriser davantage les interactions, notamment entre le chef de groupe (MPL) et les nouveaux embauchés.

- **La création de nouveaux rôles**

  Enfin, le dernier volet de la réorganisation concerne l'instauration de nouveaux rôles. En premier lieu, pour concrétiser le passage au multi-projets, un poste de Directeur Adjoint en charge des projets, censé être le pendant du Directeur Adjoint en charge des études (des services métiers), est créé. Or, de façon significative, tous les chefs de service projets sont placés sous sa responsabilité… sauf le chef du projet Flamanville 3. Nous verrons par la suite de quoi cette décision peut être vue comme le symptôme.

  Par ailleurs, la direction considère que la multiplication du nombre d'entités au sein du CNEN va accroître le nombre d'« interfaces », et appelle en conséquence la création de rôles

« transverses » visant précisément à piloter les interfaces. C'est ainsi que sont « renforcés » les rôles de « pilote de contrat », « pilote de bâtiments », « pilote de systèmes », et sont créés des « pilotes de fonction ». Tous ces rôles ont pour but d'assurer la coordination sur un « objet » d'ingénierie, dont l'activité qu'il génère est éclatée entre plusieurs entités. Ils supposent d'être occupés par des acteurs fortement expérimentés, pour lesquels ils doivent en outre constituer une piste d'évolution professionnelle motivante mais différente de la voie hiérarchique classique.

Enfin, au sein des groupes, il est visé de renforcer et de formaliser davantage des rôles dévolus à des ingénieurs expérimentés travaillant en appui opérationnel aux chefs de groupe, et qualifiés de « référents techniques ». Ces ingénieurs expérimentés doivent permettre de les seconder sur plusieurs de leurs missions. Cette question des référents techniques sera, nous le verrons, particulièrement importante dans l'analyse que nous mènerons des difficultés rencontrées par le CNEN.

Chapitre V : Une recherche collaborative : place des chercheurs dans un dispositif de réflexion collective

La réorganisation du CNEN, dont nous avons présenté les enjeux et les grandes lignes dans le chapitre précédent, a offert à notre équipe de recherche (l'auteur de la thèse et ses deux co-encadrants, Jean-Claude Sardas et Cédric Dalmasso) la possibilité d'une exploration approfondie, et de l'intérieur de l'organisation, des enjeux associés à la mutation en cours, venant ainsi nourrir notre problématique de thèse.

La direction du CNEN a en effet pris l'initiative d'assortir le changement organisationnel à venir d'un vaste processus de réflexion collective sur les difficultés rencontrées par l'unité et les moyens d'améliorer son fonctionnement. Ce processus réflexif, dont nous présenterons les principales modalités dans ce chapitre, était qualifié en interne de « Projet d'Unité ». Ce projet a consisté en un certain nombre de « chantiers » de réflexion tendus vers la résolution des difficultés constatées et l'amélioration du fonctionnement collectif. Il offrait ainsi un point de départ particulièrement adéquat pour mener une recherche collaborative, qui constitue le cadre méthodologique général de cette thèse.

Nous présenterons, dans un premier temps, les préoccupations initialement formulées par les managers du CNEN et la façon dont notre équipe de recherche s'est insérée dans le processus réflexif mis en place. Nous verrons en particulier quelles ont été les modalités de notre interaction avec les différents acteurs du CNEN, et à quelles données notre position nous a donné accès. Nous présenterons les moyens employés pour exploiter ces données en quantité abondante. Enfin, nous rendrons compte des difficultés auxquelles la spécificité de notre posture épistémologique nous a exposés dans la collaboration avec le terrain, et les limites qu'elles impliquent pour notre travail.

I. Le cadre institutionnel de notre recherche : une collaboration au « Projet d'Unité » du CNEN

1. Enjeux et modalités du « Projet d'Unité »

A. Pourquoi un « Projet d'Unité » ? La formulation d'une préoccupation organisationnelle par la direction du CNEN

Notre collaboration avec le CNEN a commencé à la fin de l'année 2010, et s'est terminée aux alentours de l'été 2012. Le point de départ de cette collaboration fut la réorganisation de l'unité dont nous avons présenté les contours au chapitre précédent. Cette réorganisation a été présentée aux équipes de

l'unité et entérinée en décembre 2010. Nous ne sommes donc ni à l'origine, ni même concepteurs des principes de la réorganisation. Mais nous avons pu collaborer avec le CNEN parce que la direction de l'unité a vu dans cette réorganisation l'occasion d'une réflexion, à la fois collective et appuyée par des expertises extérieures, sur le fonctionnement de l'unité et les difficultés que celle-ci rencontre dans la poursuite de ses missions. Il y avait un enjeu à court terme pour la direction, qui était de s'assurer de la pertinence, de la faisabilité, et des conditions de « réussite » de cette réorganisation. Mais cette dimension d'« accompagnement » au sens le plus étroit du terme n'était qu'une des finalités de la réflexion. Celle-ci, comme en atteste le choix du terme de « Projet d'Unité », avait une dimension nettement plus *projective* et *prospective*. La direction du CNEN était en effet préoccupée par un certain nombre de signaux, de préoccupations, de difficultés au sein des équipes de l'unité, et était parfaitement consciente que la refonte de la structure organisationnelle n'apporterait pas de solution définitive à l'ensemble de ces difficultés, qu'elle n'était qu'une réponse partielle.

Ces signaux et préoccupations, tels qu'ils nous ont été présentés lors de la phase de préparation de la mission à l'occasion de nos premières rencontres exploratoires avec les commanditaires du Projet d'Unité, consistaient dans les points suivants :

- une première préoccupation globale liée à **la question de la performance des équipes d'ingénierie au sein de l'organisation**. Bien évidemment, cette préoccupation était directement associée à la connaissance des retards, des surcoûts et des problèmes de qualités rencontrés sur le chantier de l'EPR de Flamanville 3. Mais, de façon plus qualitative, il provenait également d'une difficulté globale avec la **charge de travail** : une impression partagée d'urgence permanente, une impossibilité à anticiper et gérer la charge de travail, la multiplication de situations d'arbitrage difficiles entre des exigences contradictoires ;

- une préoccupation liée à **la question des compétences individuelles et collectives détenues par l'unité**. Celle-ci se déclinait en réalité en plusieurs aspects différents mais interconnectés. Un premier aspect concernait la **question de l'intégration de nouvelles ressources** dans l'unité, et la qualité de leur intégration, de leur professionnalisation et de leur montée en compétence. Le CNEN embauchait alors massivement, et se demandait comment gérer au mieux la bonne intégration de ce flux entrant important. Un second aspect concernait la **rétention des individus et des compétences jugées comme stratégiques**. Une inquiétude se faisait jour en effet, notamment en raison de hauts niveaux de mobilité, de départs en retraite encore importants, sur la question de la **pérennité des compétences dans l'organisation** ;

- enfin, une préoccupation liée à la **question de la qualité de vie au travail dans l'organisation**. Si la direction du CNEN pouvait toujours compter sur un haut niveau de motivation et d'engagement de ses équipes, elle s'inquiétait également alors d'une dégradation des niveaux de stress et de surcharge de travail au sein de certaines composantes de sa population d'ingénieurs, en particulier au niveau des managers de première ligne (MPL) des services métiers. Cette population était en effet largement considérée comme en « *surchauffe* », alors même qu'ils constituent un rouage essentiel, tant quant au respect des objectifs de qualité et

de délais que relativement à l'intégration et de la professionnalisation des nouveaux entrants au sein des équipes.

Les théoriciens de la recherche collaborative (ou de la recherche-intervention, qui en constitue une des variantes) signalent que le point de départ des démarches de ce type est systématiquement une « *énigme* » (Moisdon, 2007), un « *sentiment d'inconfort* », c'est-à-dire « *un ensemble de constats et de descriptions qui caractérisent certains dysfonctionnements supposés et certains besoins d'amélioration* » (Hatchuel & Molet, 1986, p. 181). Les points signalés par la direction du CNEN et que nous venons de recenser positionnent donc la recherche exactement dans cette perspective : moins un « problème » à résoudre par des voies tracées d'avance qu'un faisceau de dysfonctionnements, ressentis mais faiblement spécifiés, et appelant un intense travail d'exploration et de diagnostic préalable à la recherche de voies d'amélioration. Le « Projet d'Unité » lancé par le CNEN correspond à une démarche de ce type : l'ensemble de « malaises » ressentis au sein de l'organisation appellent à un effort de caractérisation fine des difficultés et de leur origine.

Dans ce type de situation, le recours à un regard extérieur est souvent recherché. C'est ainsi que la direction du CNEN a fait le choix de solliciter l'appui du Pôle Qualité de Vie au Travail (QVT) de la Direction des Ressources Humaines groupe d'EDF pour l'appuyer dans le montage et l'animation du « Projet d'Unité ». Ils se sont adjoints les services d'un superviseur du projet (le responsable du pôle QVT) et d'un pilote opérationnel (l'un des membres du pôle QVT), dont le rôle s'est apparenté à celui de consultants internes. Ceux-ci ont en particulier été chargés, au terme d'une pré-exploration des enjeux du projet, de constituer une équipe de travail, intitulée ADN12[70], composée de consultants et de chercheurs.

B. Un ensemble de « chantiers » de réflexion tendus vers l'accompagnement des changements et l'amélioration du fonctionnement collectif

Nous devons signaler que l'équipe ADN12 montée à l'appui de la DRH groupe n'était pas la seule composante du « Projet d'Unité ». En parallèle, la direction du CNEN menait également de front deux chantiers :

- un chantier « professionnalisation », intégré dans une démarche globale pilotée par la DRH au niveau de la DIN, et visant prioritairement à refondre la politique de repérage et de gestion de l'expertise, ainsi qu'à réformer les dispositifs de professionnalisation (formation/intégration) ;
- un chantier « méthodes d'ingénierie », visant à améliorer en particulier les processus de contrôle de projet (dimensions coûts et délais) ainsi que les méthodes de planification et de gestion de la charge. Le CNEN s'est pour cela adjoint les services d'un grand cabinet de conseil en stratégie ainsi que l'expertise d'un des leaders mondiaux dans le domaine de la gestion de projets d'ingénierie.

[70] Acronyme d'« **a**ccompagnement **d**u **n**ouveau nucléaire pour 2012 ».

C'est dans le contexte de la composante du Projet d'Unité pilotée par les membres du pôle QVT de la RH groupe d'EDF que nous avons été intégrés à ce dispositif global de réflexion et d'accompagnement des transformations. Les premiers contacts ont eu lieu au mois de novembre 2010 avec le superviseur du pôle QVT, et après plusieurs semaines de définition des termes de notre participation, nous avons officiellement rejoint l'équipe dans les premiers jours de janvier 2011.

L'équipe ADN12 était constituée de représentants de trois entités distinctes issues du conseil et de la recherche, et dotées chacune d'une thématique et d'une mission particulières (d'un « chantier ») relatives aux « malaises » qui préoccupaient la direction du CNEN. Mais, comme nous allons le voir, cette « division du travail » n'a empêché ni des recoupements thématiques, ni un travail en commun. Les principes de cette répartition des rôles étaient les suivants :

Structure et intervenants	« Chantier » associé
Centre de Gestion Scientifique, 3 chercheurs	Lot « efficience de l'organisation »
Cabinet de conseil en management, 2 consultants	Lot « processus de management »
Cabinet de conseil en RH et en formation, 3 consultants	Lot « compétences et intégration »

Tableau 1 : Entités ayant pris part au Projet d'unité du CNEN et chantiers associés

Sur chacun de ces périmètres, les différentes équipes devaient apporter des éléments de diagnostic issus de leurs domaines d'expertise propres, mais également apporter des réponses managériales. Toutefois, ces modalités prévues d'intervention de ces trois entités n'étaient toutefois pas strictement homogènes, comme nous allons le voir.

Les trois entités ont essentiellement travaillé de façon conjointe et coordonnée lors de la première phase de l'intervention : la phase dite de **pré-diagnostic global.** Cette phase visait prioritairement l'établissement d'un diagnostic sur la situation globale du CNEN, déclinée selon les trois « chantiers » cités ci-dessus. Sur chacune de ces thématiques, il s'agissait d'identifier les principales difficultés rencontrées par les équipes, d'analyser l'origine de ces difficultés et d'en dégager des voies d'amélioration possibles. Ce travail devait ensuite permettre d'ouvrir sur la construction de solutions managériales appropriées aux enjeux identifiés. Ainsi que nous le détaillerons dans la partie qui suit, ce pré-diagnostic global a comporté quatre étapes principales :

1) une **étape préparatoire**, qui devait permettre, dans un premier temps, de cerner les enjeux et les finalités du pré-diagnostic sur chacun des chantiers et de définir un protocole opératoire adapté. Cela s'est traduit par la construction d'un échantillon représentatif d'individus à interroger, puis par l'établissement de grilles d'entretiens ;

2) une **étape d'entretiens**, pendant laquelle nous avons rencontré 49 acteurs du CNEN ou rattachés à lui (3 acteurs de Sofinel parmi eux) ;

3) une **étape d'analyse**, au cours de laquelle les différentes composantes du groupe ADN12 ont confronté leurs conclusions entre eux et auprès des porteurs de projet de la RH groupe ;

4) une **étape de restitution**, qui s'est faite en trois principales occasions : une première en comité restreint en présence de la direction, une seconde à l'occasion d'un « séminaire RH » du CNEN, une troisième auprès de l'ensemble des managers (première et seconde ligne) de l'unité. Cette étape a permis de confronter les principales conclusions du diagnostic aux acteurs concernés.

Au terme de cette phase de pré-diagnostic global, chaque « lot » du projet d'unité a poursuivi selon des modalités différentes et en recevant un mandat différent de la part de l'unité.
Les deux cabinets de conseil ont engagé dans un premier temps une phase d'observations en vue de compléter le diagnostic, puis une phase d'« expérimentations » de pratiques auprès de périmètres présélectionnés de l'unité.
L'équipe de chercheurs du CGS a, de son côté, poursuivi la collaboration avec le CNEN selon des modalités différentes. Elle s'est engagée, au cours du second semestre 2011, dans un travail dit de **diagnostic approfondi** ciblé auprès de deux services métiers (dits services « pilotes »). Ce travail de diagnostic approfondi a été mené dans le cadre d'une relation plus resserrée auprès des chefs des services en question, ainsi que d'un chef de groupe, et au moyen d'une analyse approfondie de documents internes (en particulier les GPEC[71] et des notes d'organisation).
Cette phase de diagnostic approfondi s'est matérialisée par des échanges de formes variées avec les acteurs concernés (rencontres physiques, téléphoniques, échanges de mails, travail croisé sur documents…), et a donné lieu à plusieurs vagues de restitutions. Elle s'est clôturée, et avec elle la collaboration avec le CNEN, par une réunion de « validation » suivie de la préparation d'une note de synthèse finale entre fin mai et début juillet 2012.

L'ensemble de ces étapes de travail et le matériau recueilli à chaque occasion sont synthétisés dans la sous-partie immédiatement suivante.

2. Récapitulatif chronologique de la collaboration et matériau recueilli

Le **tableau 2** récapitule le jalonnement et les modalités de notre collaboration avec le CNEN :

[71] Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Compétences.

	Etapes	Rencontres et restitutions	Matériau recueilli/travail réalisé
nov-10 déc-10	**Avant-projet**	• Rencontres exploratoires avec l'équipe de la QVT • Définition des conditions de collaboration CGS-CNEN-QVT	• Documentation générale sur l'ingénierie nucléaire (DIN/CNEN) et l'EPR. • Comptes-rendu d'entretiens QVT/RH CNEN
janv-11 févr-11	**Phase méthodologique**	• Conception des modalités de division du travail et de collaboration inter-lots • Choix des acteurs à rencontrer et construction des grilles d'entretien • 3 réunions de coordination inter-lots	• Notes de présentation de la réorganisation du CNEN • Notes de présentation de la mission et de l'organisation de l'ensemble des services du CNEN • Données RH du CNEN (enquêtes internes, chiffres d'embauche et de turnover…)
mars-11 avr-11	**Phase de pré-diagnostic global**	• Entretiens semi-directifs auprès d'acteurs du CNEN • Visite du chantier de Flamanville • 1 journée d'observation auprès des équipes du projet FA3 • 3 réunions de coordination inter-lots	• 49 entretiens intégralement retranscrits • Notes d'observation
mai-11	**Restitution du pré-diagnostic global**	• 4-9/05 : 2 réunions inter-lots de partage du pré-diagnostic et de préparation des restitutions • 11/05 : restitution devant la direction du CNEN • 16/05 : restitution en séminaire RH du CNEN (présence des dir. Adj et des MDL) • 30/05 : restitution en plénière "managers" du CNEN (présence de la totalité des MDL/MPL)	
juin-11	**Phase de diagnostic approfondi et de propositions**	• Délimitation du périmètre (services "pilotes") et des objets du pré-diagnostic • Commande d'un "diagnostic flash" des ressources du CNEN	Recueil de la composition démographique des groupes de 4 services métier du CNEN (“diagnostic flash“)
juil-11		Travail avec Chef de Service 1 et le Médecin du travail du CNEN	Recueil des GPEC et des notes d'organisation des services "pilote" et de plusieurs autres services du CNEN
août-11			Recueil résultat enquête interne anonyme du Médecin du travail du CNEN
sept-11		Travail avec chef de service 2 et chef de groupe 1	Recueil des informations sur la micro-organisation et les niveaux de compétence des ressources du groupe pilote
oct-11		21/10 : Restitution en comité de pilotage du "Projet d'Unité" (présence de la direction du CNEN)	Travail de modélisation et de simulation à partir du croisement des données GPEC et sur l'organisation du travail
nov-11		Poursuite du travail avec chef de service 2 et chef de groupe 1	
déc-11		5/12 : Présentation en séminaire management du CNEN	
janv-12 févr-12		20/01 : point d'étape diagnostic approfondi avec la directrice adjointe métiers du CNEN et DRH	
mars-12 avr-12		1/03 : réunion de travail directeur et directeur technique du CNEN	Préparation de préconisations méthodologiques et de règles d'organisation
mai-12 juin-12		29/05 : réunion de validation des travaux du diagnostic approfondi devant la directrice adjointe métiers du CNEN et DRH	
juil-12		**Préparation et remise d'une note de synthèse finale à destination de la DRH du CNEN**	

Tableau 2 : Récapitulatif de la chronologie de la collaboration CGS-CNEN

Cette collaboration a permis de recueillir un matériau particulièrement abondant. Le « cœur » de ce matériau, qui sera réutilisé dans la partie 3 de ce manuscrit consacrée à l’étude de cas, est constitué

par les **49 entretiens semi-directifs intégralement retranscrits** dont nous avons pu disposer à l'issue de la phase de pré-diagnostic global. La liste des acteurs rencontrés avait été, comme nous l'avons dit, préalablement établie de façon collaborative lors de la phase préparatoire. Elle a permis de couvrir l'ensemble des entités du CNEN (tous les services métiers, tous les services projets, les fonctions support ainsi que des acteurs de Sofinel) ainsi que l'ensemble des niveaux hiérarchiques et d'ancienneté (nous avons rencontré tous les membres du comité de direction, l'ensemble des chefs de service [MDL] ainsi qu'un chef de groupe [MPL] par entité, ingénieurs expérimentés, jeunes ingénieurs nouvellement embauchés) :

Typologie des acteurs	NB
Equipe de Direction (directeur + 5 directeurs adjoints)	6
Chef de groupe études (MPL métiers, 1 par service)	5
Chef de service projet	6
Chef de service étude (MDL métiers)	5
Entité support	2
Ingénieur étude expérimenté	7
Ingénieur étude nouvel entrant	2
Ingénieur projet expérimenté	5
Acteurs RH	2
Responsable Projet : directeur technique / responsable du contrôle projet	3
SOFINEL	3
Aménagement Flamanville (rencontrés lors d'une visite du chantier)	3
Total général	**49**

Tableau 3 : Synthèse des acteurs rencontrés dans le cadre du pré-diagnostic et pour lesquels existe une retranscription intégrale de l'entretien

La retranscription des entretiens était assurée par les services d'EDF : nous recevions en moyenne le document retranscrit une semaine après avoir mené l'entretien, ce qui a représenté des conditions de travail et une économie de temps particulièrement appréciables. Mais, en contrepartie, nous nous sommes rapidement retrouvés avec un matériau particulièrement volumineux entre les mains : rien que **les entretiens du pré-diagnostic représentaient un volume d'environ 1.500 pages**. Nous avons donc dû utiliser des outils informatiques pour nous repérer dans ces données. Après avoir identifié, sur un échantillon composé des premiers entretiens reçus, les thèmes et les enjeux abordés de façon récurrente par les individus rencontrés et qui nous paraissent significatifs relativement aux enjeux du diagnostic, nous avons défini un certain nombre de catégories thématiques. Nous avons ensuite utilisé un logiciel (libre[72]) de codage de données qualitatives pour passer les entretiens au crible de cette grille thématique. Voici la liste des codes que nous avons utilisés :

[72] Il s'agit du logiciel TAMS Analyzer.

ACTIVITE	descriptions de l'activité et du travail ordinaires
APPRENTISS	enjeux relatifs aux modalités et aux conditions de l'apprentissage
ARBITRAGE	enjeux d'arbitrage entre exigences ou demandes contradictoires
AVENIR	jugements portés sur l'avenir du CNEN et des projets
CHANTIER	enjeux relatifs à l'avancement des chantiers de réacteurs
CHARGE	enjeux relatifs à la charge de travail
COMPETENCE	enjeux relatifs aux compétences individuelles
DEFAUT	signalement d'un problème spécifique dans le travail
DELAI	enjeux relatifs au respect des délais imposés par le planning
DESIGN	enjeux relatifs aux choix de conception sur l'EPR
DIAG	code utilisé pour signaler que l'individu émet un diagnostic critique (code transversal, non thématique)
ECO	enjeux relatifs aux coûts
ECOSYS	enjeux relatifs aux interfaces avec des acteurs extérieurs au CNEN
FA3	enjeux relatifs au projet Flamanville 3
FUKUSHIMA	enjeux liés à l'accident de Fukushima et au travail associé
HISTOIRE	évocations de l'historique du CNEN ou de l'ingénierie nucléaire
INNOV	enjeux liés au caractère innovant de l'EPR
INTERNAT	enjeux liés à l'internationalisation de l'activité de l'ingénierie nucléaire
JEUNES	enjeux relatifs aux jeunes diplomés embauchés au CNEN
MACRORGA	enjeux liés à la macro-structure organisationnelle du CNEN (découpage services)
MANAGEMENT	enjeux relatifs au travail des managers
METHODES	enjeux relatifs aux méthodes et aux processus de conduite des études, ainsi qu'au "projet méthodes"
MICRORGA	enjeux liés à la micro-structure organisationnelle du CNEN (organisation du travail)
MOBILITE	enjeux relatifs aux règles et pratiques en matière de mobilité professionnelle
MULTIPROJ	enjeux relatifs au passage en fonctionnement multi-projets
ORGAINDUS	enjeux relatifs à l'organisation industrielle à 3 niveaux et au rôle d'architecte-ensemblier du CNEN
OUTIL	enjeux relatifs aux outils de gestion utilisés dans le travail au CNEN
PARCOURS	évocations par les individus de leur propre parcours de carrière
PLANIF	enjeux relatifs à la planification de l'avancement des projets et des études
PROJETUNITE	évocations du "Projet d'Unité" entrepris par le CNEN
QUALITE	enjeux liés à la qualité du travail et au respect des normes de sûreté
REFERENTS	enjeux liés à la question des "référents techniques" au sein des groupes métiers du CNEN
RESSOURCES	enjeux liés à la question du niveau et de la qualité des ressources humaines d'ingénierie au CNEN
RH	enjeux liés aux pratiques de gestion des ressources humaines au CNEN
STRAT	évocations de la stratégie du CNEN et de l'ingénierie nucléaire
STRESS	enjeux liés au stress et à la pénibilité du travail
SUBJECTIV	code utilisé pour signaler que l'individu fait part d'un sentiment (code transversal, non thématique)
VIEUX	enjeux liés aux ingénieurs très exprimentés au CNEN (retraités ou en passe de l'être)

Tableau 4 : Codes utilisés pour "baliser" le matériau issu du pré-diagnostic

Comme le soulignent Ayache & Dumez : « *le codage prend à peu près une heure par page, même avec un effet d'apprentissage (dont il faut d'ailleurs se méfier, le codage ne devant surtout pas devenir automatique), le codage de 30 entretiens de 15 pages en moyenne (estimation basse) prend 450 heures, et celui de 50 entretiens 750 heures. À raison de six heures de codage par jour, il faut compter environ trois à quatre mois temps plein en s'accordant juste les dimanches. En pratique, le codage "pur", façon théorisation ancrée originelle, est probablement impossible* » (Ayache & Dumez, 2011, p. 36). Nous avons donc été conduits à adapter notre pratique de codage à l'ampleur du matériau recueilli : tous les entretiens n'ont pas fait l'objet de la même « finesse » du codage. Ainsi, 23 entretiens sur 49 ont fait l'objet d'un codage extensif (200 codes appliqués en moyenne), le reste ayant fait l'objet d'un codage moins dense, voire inexistant pour

quelques uns d'entre eux qu'une lecture rapide a révélés être faiblement pertinents pour les enjeux qui nous intéressaient.

Ce « codage » n'en était toutefois pas un, au sens que l'orthodoxie méthodologique en matière de recherche qualitative donne à ce terme. Son utilisation pratique était, ici, moins de faire « émerger » de la « théorie » dans le cadre d'une approche de type *grounded theory* (Glaser & Strauss, 2009) ou d'utiliser le codage comme un moyen de transformer un matériau qualitatif en données exploitables par des outils d'analyse quantitatifs, que de servir de **support de balisage**, d'**outil de navigation** dans ce vaste matériau. Grâce aux codes appliqués aux extraits de texte, il nous était facile avec le logiciel de faire des extractions de l'ensemble du verbatim lié à un thème, voire, le plus souvent, à un ensemble de thèmes, lorsque nous cherchions par exemple à étudier la solidarité de certains enjeux (lancer la requête JEUNES+DIAG+DELAI permettant, à titre d'exemple, d'extraire tous les verbatim faisant un lien critique entre la jeunesse des équipes et le respect des délais). L'utilisation des codes non pas thématiques mais marqueurs de certains registres d'expression (expression d'une critique ou d'un sentiment) permettait en outre de disposer d'une lecture directement problématisée de certains enjeux.

Cependant, le matériau que nous avons collecté comme nos interactions avec le terrain de recherche ne sont pas, loin de là, limités à ces entretiens retranscrits : ceux-ci n'en constituent que la facette la plus nettement circonscrite, et la plus exploitable. Nous avons par ailleurs mené plusieurs entretiens n'ayant pas été retranscrits, mais ayant fait l'objet de prises de notes (entretiens avec les acteurs des entités « pilotes » lors de la phase de diagnostic approfondi en particulier). Outre ces entretiens, nous avons eu de nombreuses occasions de restitution de nos analyses : en tout, nous avons « planché » 7 fois devant des publics variés du CNEN, dont 3 devant un large public de managers de l'unité, et 4 devant un public plus restreint (membres du comité de direction), qui étaient autant d'occasion de tester et confronter nos hypothèses à la réaction des acteurs les plus directement concernés, ce qui a joué un important rôle d'aiguillage de nos travaux. Par ailleurs, nous avons régulièrement présenté devant les consultants du groupe ADN12 (et réagi en retour à leurs propres analyses), et avons également entretenu une relation quasi-permanente avec nos deux « superviseurs » issus du pôle QVT d'EDF, à qui nous avons systématiquement soumis nos analyses avant de les soumettre au jugement du terrain.

Les acteurs du terrain nous ont également permis un large accès à leur documentation interne. Nous avons ainsi pu en particulier disposer des éléments suivants que nous avons utilisés dans l'analyse :

- supports *Power Point* de présentation des différentes entités de l'unité, qu'il s'agisse des services projet ou métier (supports destinés aux nouveaux embauchés le plus souvent, et ayant de ce fait des qualités pédagogiques fort appréciables pour les profanes que nous étions) ;
- documents de Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Compétences (GPEC) de plusieurs services du CNEN ;

- notes d'organisation des services (notes à caractère administratif rédigées par les chefs de service pour préciser les missions et les principes de structuration de leurs entités) ;
- notes méthodologiques internes diverses, notamment relativement aux enjeux de gestion de l'expertise : par exemple des « plans types de professionnalisation » (PTP) ;
- documents produits dans le cadre des autres chantiers du « Projet d'Unité », en particulier dans le cadre du « Projet Méthodes » et par les consultants en charge du chantier « gestion de la charge ».

Enfin, et c'est là sans doute une spécificité de travailler sur une activité aussi surveillée que le nucléaire, nous avons collecté de nombreuses informations pertinentes pour une connaissance approfondie des enjeux sectoriels, mais aussi pour EDF, et disponibles sur internet : articles de presse, rapports officiels de parlementaires, rapports de l'AIEA, communiqués de presse d'EDF, comptes-rendus de débats publics, courriers de l'Autorité de Sûreté Nucléaire… C'est tout le paradoxe d'une industrie régulièrement accusée d'être nimbée d'un secret tout technocratique : elle offre au tout-venant des chercheurs, des journalistes ou des simples citoyens une quantité potentiellement infinie d'informations à son sujet, privilège dont cette thèse a tenté de tirer profit.

II. Sur quelques avantages et inconvénients de la recherche collaborative et les limites de ce travail de thèse

1. Retour sur le statut épistémologique de la thèse

Nous avons présenté jusqu'ici notre recherche comme issue d'une *recherche collaborative* avec un terrain industriel. Cette méthode de recherche en sciences sociales a été présentée, au cours des dernières années, comme une réponse possible au dilemme « *rigor vs relevance* » (Gulati, 2007; O'Reilly & Tushman, 2004) qui traverse l'ensemble des sciences de gestion (voir les arguments en sa faveur proposés notamment par Shani & Coghlan (2008), Van de Ven & Johnson (2006), ou Ospina & Dodge (2005)). Celle-ci part en effet du principe qu'une recherche pertinente dans le domaine de la gestion ne peut que trouver son origine dans la formulation d'un problème concrètement éprouvé par des praticiens, et qu'elle ne peut prendre sens que dans le développement d'un savoir utile (ou « actionnable ») pour ceux-ci : ce serait ainsi renouer avec la vocation initiale du projet éducatif des sciences de gestion (Hatchuel, 2001). La recherche collaborative est donc possible lorsqu'il existe un point de convergence entre les « intérêts » respectifs des praticiens et des chercheurs : un problème ne semblant pouvoir se résoudre au moyen des connaissances et des outils existants pour les premiers, un « *gap* » dans la littérature gestionnaire pour les seconds. Se noue alors un « réseau » maillant étroitement ces deux catégories d'acteurs aboutissant, dans le meilleur des cas, à un savoir pertinent *et* pour les praticiens *et* pour les chercheurs.

Dans une large mesure, les travaux menés par le CGS auprès du CNEN s'inscrivent dans ce modèle de collaboration. La situation traversée par le CNEN (redémarrage de l'activité après dix ans

d'interruption couplée à un fort renouvellement des ressources ainsi qu'à des changements institutionnels et techniques) avait un caractère suffisamment inédit pour éprouver le besoin de solliciter des regards ne se limitant pas au déploiement d'approches ou d'outils déjà parfaitement éprouvés : la façon dont notre intervention a été conçue (diagnostic global initial puis approfondissement du diagnostic) en dit suffisamment sur le caractère *exploratoire* de ce travail. D'un autre côté, notre équipe de recherche n'est pas arrivée « vierge » et désintéressée sur le terrain du CNEN : la question posée par la direction de l'unité paraissait en mesure de permettre d'enrichir et d'approfondir un programme de recherche vieux d'une quinzaine d'années mené au CGS sur la recomposition des organisations et des métiers de conception, ayant abouti notamment à la formulation de la notion de « dynamique de métier » comme opérateur à la fois d'analyse et de restructuration des métiers de conception (Lefebvre et al., 2003b; Roos, 2006). Plus récemment, les travaux de Cédric Dalmasso (2009) ont, toujours dans le prolongement de ce programme, permis d'établir les conditions de la montée en compétence individuelle et collective dans le cas « extrême » de la création *ex-nihilo* de centres d'ingénierie à l'international. Les recherches présentées dans cette thèse auront donc un caractère fortement abductif (David, 2000), c'est-à-dire qu'elles ont consisté à des allers-retours constants entre analyses de terrain et théorie, dont les points précédents ont constitué le point de départ, et qui ont progressivement fait émerger nos analyses en terme d'« oubli organisationnel ».

Du fait de l'intensité de nos relations avec le terrain industriel, de notre souci d'inscrire notre démarche dans la compréhension de ses problématiques contingentes, du caractère co-construit ou, à tout le moins, forgé dans la confrontation avec le « réel » de la réaction des acteurs, de la plupart de nos analyses, nous assumons pleinement l'inscription de notre approche dans le cadre général de la recherche collaborative.
En revanche, comme nous allons le voir, nous ne pouvons pas nous revendiquer pleinement de la recherche-intervention, qui constitue pourtant la tradition de recherche spécifique de notre laboratoire, le Centre de Gestion Scientifique de l'École des Mines de Paris (Hatchuel & David, 2008; Moisdon, 2007; Radaelli, Guerci, Cirella, & Shani, 2012; Sardas & Lefebvre, 2004). Pour des raisons dont nous chercherons à rendre compte, nous n'avons pas pu mener une véritable « intervention » dans le sens extensif du terme. Si nous avons pu, comme nous le verrons dans la partie 3, fournir des recommandations aux managers du CNEN sur la base de nos analyses, nous n'avons pas eu la possibilité de véritablement « co-construire » des solutions et des dispositifs adaptés aux demandes du terrain, ni de suivre (et encore moins de « piloter ») l'application et les effets de ces dispositions. Ceci limite probablement, en l'état, la portée des résultats de la thèse, et plaide pour le développement de nouvelles recherches à fins de validation. De ce fait, nous considérons que la partie 3 de la thèse présentant ces résultats peut être considérée davantage comme une étude qualitative mono-cas (Eisenhardt & Graebner, 2007; Siggelkow, 2007; Yin, 1993) que comme une recherche-intervention canonique.

2. Apports et limites de la recherche collaborative dans le cas de relation avec le CNEN

La posture de recherche collaborative qui a été la nôtre nous a conféré des avantages non négligeables par rapport à des études de cas à posture externe, ou à des situations où le terrain ne perçoit pas nécessairement son « intérêt » dans les travaux menés par les chercheurs. Ce « privilège épistémologique » du chercheur-participant nous a garanti l'accès à des données d'une grande richesse et à des informations à caractère stratégique pour l'organisation. Il a surtout permis de développer une connaissance relativement intime des phénomènes à étudier, et à pouvoir épouser un point de vue intra-organisationnel.

Cependant, l'instauration d'une relation entre chercheurs et praticiens n'emprunte pas toujours le chemin idéal tracé par les théoriciens de la recherche collaborative. Certains auteurs ont d'ailleurs critiqué un caractère supposément irénique des postulats sous-jacents à cette approche, qui repose sur la possibilité d'une inter-communicabilité et d'une convergence d'intérêts entre des catégories d'acteurs pourtant fondamentalement hétérogènes du point de vue de leurs « *langages* » comme de leurs « *logiques d'action* » (Kieser & Leiner, 2012). Il est vrai que, dans une posture de ce type, la possibilité d'une génération de *savoir* est fortement dépendante du type de *relation* qui s'instaure entre chercheur et praticien (Hatchuel, 2001), et donc à la possibilité de surmonter les différentiels énoncés plus haut. Nous avons pu, au fil des différentes étapes de la collaboration, faire l'expérience de cette dépendance.

Ainsi, au cours de la phase de pré-diagnostic global, nous avons bénéficié d'un appui très fort de la part du pôle QVT de la RH groupe d'EDF. Mais il s'agissait d'une arme à double tranchant.
D'un côté, cet appui garantissait à notre intervention une légitimité incontestable pour la plupart des acteurs concernés. De ce fait, nous n'avons rencontré, notamment lors de la phase d'entretiens, aucune sorte d'obstruction, active ni même passive, au déroulement de notre travail. Au contraire, nous avons chaque fois été frappés par la bonne volonté avec laquelle les acteurs nous recevaient, et nous fournissaient des informations, fussent-elles sensibles ou stratégiques. Mais il était évident que cette légitimité n'était pas sans conditions : elle était rendue possible par un intense travail d'artefactualisation, de cadrage et de "*sensemaking*" autour de notre intervention par les efforts conjoints des superviseurs de la QVT et du pôle communication de la direction du CNEN, dont les effets étaient probablement rassurants pour les acteurs de terrain. Explicitement inscrite dans le « Projet d'Unité » et donc dans une impulsion de la ligne hiérarchique, enserrée dans un jeu de « jalons », de « livrables » et de « finalités » clairement circonscrit dans le temps comme dans l'espace et rationalisé, notre intervention n'en était que plus acceptable pour la « base ».
De l'autre côté, ce travail de circonscription et de normalisation de notre intervention, condition d'un accès optimal au terrain et au discours des acteurs, restreignait notre latitude d'action en tant que chercheurs. D'une part, nous avons été amenés à conduire le travail de pré-diagnostic en coopération avec des acteurs (en particulier les deux équipes de consultants en charge des deux autres lots) que nous n'avions pas choisis, et qui poursuivaient des méthodes et des questionnements non nécessairement convergents avec les nôtres. Plus encore, nous avons mené la quasi-totalité des

entretiens en binôme ou trinôme avec ces derniers : il en résulte que le matériau des entretiens retranscrits a été coproduit avec des acteurs extérieurs à notre équipe de recherche, et qu'une partie de ce matériau n'est donc que faiblement pertinent au regard des enjeux que nous souhaitions explorer (ce qui a eu pour bénéfice collatéral de simplifier le nécessaire travail d'élagage du matériau évoqué plus haut). Enfin, nous n'avions pas non plus toute latitude, au cours de cette première phase, dans le travail de restitution aux acteurs, les membres de la QVT et le responsable communication du CNEN souhaitant « garder la main », au moins en partie, sur les messages délivrés, ce qui a généré des processus de convergence et de filtrage parfois contraignants.

Au cours de la phase de diagnostic approfondi et de recommandations, la logique s'est inversée. Les superviseurs du « Projet d'Unité » ont souhaité alors donner plus de champ aux chercheurs, être moins intrusifs dans notre relation au terrain, qui devenait alors plus bilatérale. Mais il s'est avéré que, ainsi privés d'une partie de la puissance normative et de la légitimité interne dont nous avons pu bénéficier auparavant, les conditions d'accès au terrain et aux acteurs devenaient plus dures. Nous avons alors éprouvé plus fortement le différentiel de « *logiques d'action* » et de « *langage* » qui caractérise, pour Kieser & Leiner (2012), le « *fossé* » entre chercheurs et praticiens. Différentiel qui était précisément estompé par l'intercession de nos « superviseurs », qui pouvaient mieux que nous « parler la langue » de l'entreprise et anticiper les attentes liées aux « logiques d'action » de nos commanditaires. Nous faisons en outre l'hypothèse *a posteriori* que le fait que le diagnostic approfondi ait débuté quelques semaines après l'accident de Fukushima, qui a eu pour conséquence de multiples sollicitations des ingénieurs du CNEN (qui vivaient déjà dans le sentiment d'être perpétuellement en retard) pour des études demandées par l'État et l'ASN, et de façon concomitante avec l'annonce par EDF d'un nouveau retard de deux ans, a compliqué la possibilité d'obtenir la possibilité d'acteurs opérationnels. Il en a résulté une difficulté récurrente à obtenir des rendez-vous ou à avoir des retours sur nos productions, ce qui a étiré dans le temps cette phase de la collaboration. Il semble que le « *principe d'inachèvement* », c'est-à-dire l'impossibilité de « *spécifier à l'avance le chemin et les résultats de la recherche* », qui est au fondement de la recherche-intervention (David, 2000, pp. 201-202), ne s'accorde pas de façon simple avec une situation de forte urgence ressentie. Ce qui pose inévitablement la question des conditions dans lesquelles la recherche collaborative peut produire des connaissances pertinentes sur la gestion dans des situations d'urgence, capacité matériellement dépendante du temps que les acteurs « co-constructeurs » du savoir sont prêts à y investir.

En résumé, nous avons pu faire l'expérience d'une **proportionnalité dans les rapports de « prescription réciproque »** (Hatchuel, 1996a) entre chercheurs et praticiens : **nous pouvions d'autant plus fortement prescrire au terrain que nous étions fortement prescrits nous-mêmes**. Si la recherche collaborative fonctionne bien à la condition d'établir des « réseaux » d'acteurs et de praticiens (Shani & Coghlan, 2008), ces réseaux sont eux-mêmes dépendants d'une capacité d'*enrôlement* et d'*intéressement* des acteurs (Akrich, Callon, & Latour, 2006), dont nous avons pu mesurer l'importance dans le contraste entre les étapes successives de notre recherche. Ces effets de contingence relationnelle expliquent, en grande partie, l'impossibilité dans laquelle nous nous sommes retrouvés de suivre jusqu'au bout le schéma idéal-typique d'une recherche-intervention incluant co-conception et expérimentation d'une transformation de l'organisation.

Partie 3 : Désapprentissage et réapprentissage dans l'ingénierie nucléaire d'EDF : étude de cas

Chapitre VI : L'impasse d'un diagnostic à partir des *outputs*, ou les ambivalences de la performance 135

I. La « sous-performance » au sein du CNEN : constat objectif ou malaise subjectif ? 135
II. Trois plans d'ambivalence qui se renforcent mutuellement.....138
1. 1er plan d'ambivalence : quels sont les critères de jugement de la « réussite » du travail de conception ? 138
2. 2ème plan d'ambivalence : à quelles normes de comparaison se rattacher pour juger de la performance ? 142
3. 3ème plan d'ambivalence : qui est « responsable » de la performance ? 146

Chapitre VII : Le diagnostic d'une situation de « mur d'apprentissage » 149

I. Un diagnostic qualitatif : mettre en cohérence un faisceau de difficultés dans la gestion des ressources 149
1. Retour sur la formulation initiale des problèmes par les acteurs concernés 149
2. Des enjeux disjoints ou solidaires ? Les managers de proximité comme concentrateurs d'enjeux.....152
II. Analyse des conditions de montée en compétence dans les services métiers : délai d'assimilation, structure sociale et rôle du management de proximité 155
1. Détour : conditions théoriques de montée en compétence dans les activités d'ingénierie.....156
2. Quelles conditions pratiques de montée en compétence dans le cas du CNEN ?.....161
A. Un délai d'assimilation vérifié 161
B. La structure sociale singulière des services métiers : mise en évidence et facteurs explicatifs 165
3. Analyse du rôle des managers de proximité : une « mise en paradoxe » structurelle.172
A. La double mission des managers de première ligne dans l'unité : rôle théorique et conditions pratiques d'exercice..... 173
B. Analyse comparative de la situation des cinq MPL rencontrés 174
C. L'impossible arbitrage : une interprétation en termes de « paradoxes »..... 176
III. De la question de l'oubli organisationnel à la qualification d'une situation de « mur d'apprentissage » 179

Chapitre VIII : Un mur invisible ? Pluralité des réapprentissages et biais d'interprétation 183

I. L'incertain « effet tête de série » : quelle obsolescence des capacités de l'ingénierie nucléaire ? 184

1. Le nucléaire, une industrie « à coûts croissants » : les effets paradoxaux de l'expérience 184

2. Quel poids du saut générationnel pour l'EPR ? 186

3. Innovation, creux d'activité et renouvellement générationnel : neutralisation ou renforcement des effets de réapprentissage ? 190

II. Le problème des « capacités de pilotage », ou la tentation de l'optimisation 193

1. Une insaisissable « capacité de pilotage » à construire (ou reconstruire ?) 194

A. L'expression répétée d'un besoin de rationalisation… 194

B. … appuyée sur une référence ambivalente à l'histoire 195

2. Ce que « planifier » veut dire : que vaut la séparation capacités de pilotage / capacités techniques ? 198

A. Les limites structurelles à la capacité de planification dans l'ingénierie nucléaire 198

B. Les limites conjoncturelles à la capacité de planification 202

3. Les apprentissages au risque de l'optimisation de l'« utilisation » des ressources 207

III. Pluralité des apprentissages, cadrage et orientation de l'action managériale 211

Chapitre IX : Réapprentissage et action managériale : enseignements de l'expérience du CNEN et proposition de principes d'action 215

I. Appropriation et intégration progressive des enjeux d'apprentissage dans les paramètres de gestion au niveau macro-organisationnel 216

1. Le cas de la stratégie d'embauche 217

2. Macro-organisation « ambidextre » et stratégies locales 220

II. Faire de l'apprentissage un objet de gestion : quelles modalités et outils adaptés de gestion de l'activité et des ressources ? 224

1. Intégrer les enjeux d'apprentissage à l'organisation du travail : le cas d'un chef de groupe 224

A. Une recomposition des missions, des capacités à construire 225

B. Une organisation du travail pensée pour la montée en compétence et le partage d'expérience 227

C. Une montée en compétence à moyen-terme potentiellement fragilisée par un *turnover* systématique 230

2. Renverser les outils de GRH pour piloter la montée en compétence : le cas d'un chef de service 234

Chapitre VI : L'impasse d'un diagnostic à partir des *outputs*, ou les ambivalences de la performance

Dans ce chapitre, ainsi que dans le chapitre suivant, nous restituons les principaux éléments ressortis de notre travail de diagnostic auprès du CNEN, en cherchant systématiquement à faire le lien entre ces éléments et notre problématique de thèse sur les modalités de diagnostic et de gestion de l'oubli organisationnel en ingénierie. Le présent chapitre a pour but de montrer, en analysant la façon singulière dont se pose la question de la « performance » dans le cas du projet EPR de Flamanville, les difficultés qui s'opposent, dans notre cas d'étude, à l'établissement de diagnostics quantitatifs à partir d'une analyse de la dynamique des *outputs*. Ce constat nous amènera, dans le chapitre suivant, à fonder notre diagnostic sur une analyse de la dynamique des ressources et des capacités.

I. La « sous-performance » au sein du CNEN : constat objectif ou malaise subjectif ?

Comme nous l'avons vu dans notre recension des travaux académiques consacrés à ce sujet, l'oubli organisationnel involontaire se comprend, dans la littérature, comme une baisse de performance (un Δ négatif dans un critère *output* déterminé) imputable à une perte de capacités (un Δ négatif dans les *inputs*). L'approche des « capacités », des modifications intervenues au sein des facteurs participant à la performance, est donc **inférentielle et déductive**. Tout commence donc avec la possibilité d'avérer un différentiel de performance négatif dans le temps.

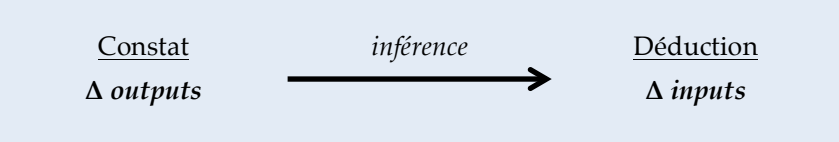


Figure 23 : Le raisonnement sous-jacent au diagnostic d'un oubli organisationnel dans la littérature

Le point de départ de notre travail de diagnostic était donc bien l'expression de difficultés opérationnelles rencontrées sur le projet EPR Flamanville 3. Celles-ci se traduisaient par un petit nombre de données objectives quant aux dépassements des plannings et des budgets. Ces données étaient par ailleurs largement relayées et commentées dans les médias, exposant ainsi EDF à la critique du grand public : elles concernaient le non-respect des plannings et des budgets initialement prévus : entre 2007 et 2012, la durée prévisionnelle du chantier est passée de 5 à 9 ans, et le budget global est passé de 3,3 milliards d'euros à 8,5 milliards sur la même période, soit une multiplication par un facteur supérieur à 2,5.

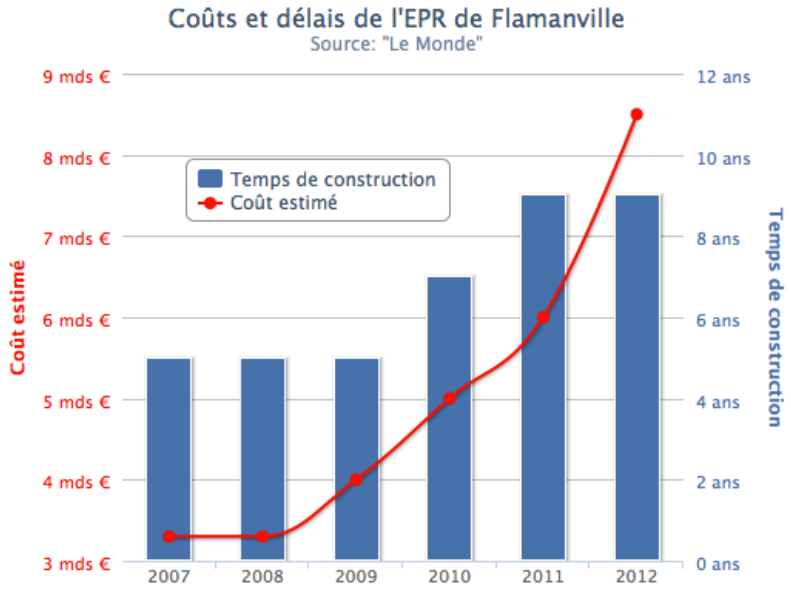


Figure 24 : Le glissement progressif du budget et du planning prévisionnels entre 2007 et 2012 (sources : Le Monde)

Sur de telles bases, il semblait *a priori* difficile de conclure autre chose qu'un « échec » industriel, ce que nombre de médias, mais aussi bien sûr de militants « anti-nucléaire » ne se sont pas privés de clamer. Il aurait été tentant pour des chercheurs de s'engouffrer dans cette brèche pour statuer définitivement sur le fait que ces dérives étaient le symptôme irréfutable d'une perte par EDF de ses capacités élémentaires à mener ce type de projet.

Les défenseurs du projet, au premier rang desquels EDF, ont toutefois toujours tenu d'une part à apporter des explications et des justifications à ces écarts (sur lesquels nous reviendrons notamment en détails dans le prochain chapitre), mais également à nuancer leur gravité réelle. Ainsi, le 21 juillet 2011, dans un communiqué de presse intitulé « *EDF commercialisera les premiers kWh produits par l'EPR de Flamanville en 2016* », l'électricien invoque d'une part le caractère de « *tête de série* » du projet, ainsi que plusieurs « *aléas industriels* » (incidents survenus sur le chantier, sollicitation des équipes d'ingénierie par les études post-Fukushima) expliquant les retards pris. Quelques jours plus tard, la Société Française d'Énergie Nucléaire (SFEN[73]) publie un communiqué intitulé « *EPR de Flamanville : relativiser le retard et le surcoût* ». Ce communiqué est très intéressant quant à son appréhension de la question de la « performance » du projet Flamanville, qui s'écarte des conclusions simplistes inspirées par le constat d'écarts importants de coûts et de délais.

Le premier argument développé dans ce communiqué revient sur le caractère novateur de l'EPR, qui fait la spécificité du projet FA3 et implique qu'on doive **le juger selon des critères différents des réacteurs produits en série**. Il est ainsi précisé qu'il s'agit d'un « *réacteur d'un type nouveau, marquant le passage à un autre modèle de centrales nucléaires, celles de troisième génération. On peut comprendre qu'une telle réalisation (soumise à des exigences de sûreté toujours plus draconiennes) connaisse des contretemps et des*

[73] La SFEN, parfois perçue comme une agence de « lobbying nucléaire », est une association loi 1901 ayant pour but de produire et diffuser de la connaissance sur l'énergie nucléaire, qui a été fondée au moment du lancement du « Plan Messmer ». Elle est actuellement dirigée par Dominique Minière, directeur délégué de la Division Production Ingénierie d'EDF, qui a remplacé Luc Oursel, actuellement président du directoire d'Areva.

dépassements de calendrier. Il ne s'agit pas de reproduire à l'identique ce que l'on a déjà fait. Le processus est évidemment plus exigeant et peut connaître, ce n'est pas anormal, des difficultés et des imprévus ».

Un deuxième argument consiste à euphémiser l'ampleur réelle du « retard » suggéré par l'écart entre planning initial et durée réelle du chantier : « *Le délai total de construction de l'EPR de Flamanville, de l'ordre de 8/9 ans, n'est pas aberrant par rapport aux durées de réalisation des précédentes séries de deuxième génération, s'établissant en moyenne à 7,5 ans. Sur un plan mondial, une durée de construction de 8/9 ans n'est pas extravagante pour une centrale nucléaire à ce jour* ». Ainsi, si l'on replace le chantier dans une norme mondiale de durée de construction, alors le retard apparaît beaucoup moins spectaculaire. Plus encore, l'enjeu véritable de la durée du chantier est minimisée au regard de la durée de vie future du réacteur : « *Si l'on considère la durée de vie totale de l'installation, en théorie 60 ans (mais potentiellement plus selon toute vraisemblance), on peut estimer que 3 ou 4 ans de plus dans le planning de réalisation et la date d'entrée en service constituent un contretemps d'une portée très relative pour une installation appelée à fonctionner durant presque tout le siècle* ». En synthèse : non seulement le chantier n'est pas si en retard qu'il n'y paraît compte tenu des normes en vigueur dans le monde, mais plus encore, ces quelques années de plus sont négligeables compte tenu de l'horizon temporel dans lequel ce projet doit être resitué.

Le même raisonnement est étendu aux coûts : « *Le surcoût annoncé doit être lui aussi relativisé* » est-il ainsi affirmé. La raison en est que, certes, l'EPR nécessite un investissement initial accru pour EDF, mais celui-ci sera nécessairement amorti dans le temps, grâce aux retours d'expérience et aux effets de série promis : « *Au fil du temps, à mesure que l'investissement initial sera progressivement amorti, l'EPR devrait se révéler de plus en plus compétitif et rentable. Cette situation jouera dans le sens d'un renforcement de la compétitivité globale du parc nucléaire d'EDF* ». L'argumentaire va encore plus loin, en affirmant que ce surcoût à court terme n'est pas significatif compte tenu des économies qui sont permises annuellement à la France par le fait de disposer d'un parc de réacteurs électronucléaires aussi dense : « *Si la France ne disposait pas de centrales nucléaires et devait en conséquence acheter à l'étranger les combustibles – en l'occurrence le gaz – nécessaires à la production de 78 % de son électricité, il lui en coûterait entre 20 et 25 milliards d'euros chaque année... soit chaque année la valeur de quatre EPR "tête de série" ! Le nucléaire permet à la France d'éviter cette ponction sur sa richesse nationale, et l'EPR de Flamanville se positionnera, avec sa puissance inégalée de 1.650 mégawatts, comme le premier contributeur à cette économie* ».

Ces arguments ne constituent pas simplement un plaidoyer *pro domo* des acteurs du nucléaire : ils soulèvent des questionnements fondamentaux sur la nature de ce qu'on appelle la « performance » sur un projet de ce type, dont la stricte comparaison avec une prévision initiale ne rend guère compte. Ils mettent également en évidence le caractère ambigu et instable des critères de jugement mobilisés pour apprécier si le projet est, oui ou non, « sous-performant ». Comment intégrer, en effet, dans le processus de jugement, le caractère exploratoire du projet, c'est-à-dire l'« effet tête de série » ? Quels sont les véritables critères de jugement de la « réussite » ou de l'« échec » du projet ? Et à quelles normes de « bonne » performance convient-il de comparer le projet sur la base de ces critères ?

Ces questions ont toujours été présentes en filigrane lors de la phase de diagnostic, et étaient source d'un inconfort structurel pour les chercheurs dans la perspective de donner un point de départ « objectif » à notre démarche de diagnostic. La recherche collaborative trouvait en effet son origine et sa justification dans un constat initial de « sous-performance », mais ce postulat de départ butait sur une difficulté de fond à clairement spécifier et objectiver la nature, l'ampleur, voire la réalité de cette « sous-performance ». Les entretiens menés auprès des acteurs du CNEN ont renforcé ce malaise, puisque nous avons dû constater le caractère contradictoire, voire paradoxal, des représentations des acteurs du CNEN relativement à la question de leur propre performance collective. Ces contradictions étaient le signe d'une **grande indétermination des critères de jugement de la performance au sein de l'unité**, et ce à différents niveaux. Nous devons nous arrêter sur ce point, car il conditionne la possibilité même de raisonner en termes d'« oubli organisationnel » pour la suite de nos analyses. Nous proposons de décomposer cette indétermination comme la résultante de trois plans d'ambivalence différents :

- le plan des « bons » critères de jugement de la performance ;
- le plan des « bonnes » normes de comparaison de la performance du projet ;
- le plan du lien causal entre « capacité » et « performance ».

Dans les paragraphes qui suivent, nous restituons des éléments saillants ressortis de la phase d'entretiens sur cette question, en cherchant à les analyser et les mettre en perspective.

II. Trois plans d'ambivalence qui se renforcent mutuellement

1. 1er plan d'ambivalence : quels sont les critères de jugement de la « réussite » du travail de conception ?

Comme nous l'avons largement montré dans notre revue de littérature, les travaux statistiques sur l'« oubli organisationnel » infèrent l'existence de ce dernier à partir du constat de différentiels négatifs de productivité dans le temps, exactement comme l'apprentissage est décelé « derrière » la croissance de la productivité. Ces travaux ont donc besoin de fixer un critère de jugement de la performance d'un collectif censé être un « signe », un « révélateur » de modifications intervenues dans les capacités de ce collectif. Dans ses travaux les plus récents, Linda Argote a toutefois souligné le caractère trop restrictif de cette approche, et la nécessité pour cette littérature de s'ouvrir davantage à des approches multicritères de la performance (Argote, 2013b). Ce constat est d'autant plus pertinent si l'on souhaite élargir le spectre de l'analyse aux activités telles que les activités intellectuelles, de conception ou de développement de produits, qui se prêtent particulièrement mal à être jugées selon un critère unique de performance, fût-il synthétique.

Il est en effet de connaissance commune que, dans les activités de développement de produits, la performance est basiquement appréhendée à travers un triptyque : la qualité, les coûts et les délais (Q-C-D). La performance est donc fondamentalement multidimensionnelle, et ces dimensions ne sont pas, loin de là, corrélées, mais peuvent bien se présenter aux concepteurs comme mutuellement exclusives, ce qui est d'autant plus le cas dans un contexte de montée simultanée d'exigences (comme cela a été largement analysé dans les recherches sur l'industrie automobile), qui placent donc l'« *art du compromis* » comme « *une figure centrale de la conception* » (Weil, 1999) : « *Dès qu'on interroge un concepteur sur les raisons du choix d'une solution, on s'aperçoit qu'il s'agit d'un savant dosage entre des exigences contradictoires. Rares sont les circonstances où il ne faut pas composer avec des contraintes antagonistes et jouer sur différents registres de la performance* » (tome 1, p. 281). Juger une activité de conception selon un critère de performance unique, c'est donc nécessairement rendre un jugement myope.

Nous avons pu constater que cette logique de compromis était bien à l'œuvre dans les activités de l'ingénierie nucléaire. Les ingénieurs reconnaissent qu'il n'existe pas de solution parfaite ou « optimale », mais qu'il faut être capable de composer avec des exigences contraires. Un chef de groupe déclarait de façon emblématique :

> « ***Interviewer*** *: Est-ce une difficulté, soit pour vous, soit pour les gens de votre équipe, d'avoir l'impression de ne pas aller jusqu'au bout ?*
> ***Interviewé*** *: On est tout le temps dans cette impression. On a toujours l'impression qu'on aurait pu faire mieux, etc. Mais au bout d'un moment il faut arrêter de se poser des questions, sinon on n'avance pas […]. À titre personnel, on a toujours l'impression que l'on aurait pu faire quelque chose de plus. Après, il y a un arbitrage. On essaie juste de se dire que l'on s'est donné les moyens et que l'on a optimisé avec ce que l'on avait. On essaie de donner le meilleur de ce que l'on nous demande avec les moyens que l'on a actuellement* ».

Mais cette logique de compromis fonctionne-t-elle de la même manière dans l'ingénierie nucléaire que dans d'autres activités d'ingénierie ? Georges Sapy (2012) affirme que « *le management d'un projet nucléaire présente très peu de différences avec celui de n'importe quel très grand projet industriel* […] *En particulier, le classique triptyque QCD (qualité, coût, délai) du management de projet reste la base de l'approche. Simplement (mais les conséquences en sont importantes, voire structurantes, sous certains aspects), la composante "Q" (qualité au sens large, c'est-à-dire conformité à un cahier des charges à la fois légal, réglementaire, environnemental, technique, etc., doit intégrer les spécificités nucléaires : contraintes supplémentaires fortes concernant la sûreté, la radioprotection, la protection contre la malveillance ; exigences complémentaires qui en résultent en terme de contrôle de la qualité et d'assurance de la qualité.* ***Toutes ces contraintes additionnelles ont pour conséquence de complexifier les données à prendre en compte et à maîtriser****, sans modifier pour autant les fondamentaux du métier de management de grand projet industriel. Ils le rendent simplement plus difficile et plus exigeant* » (p. 213-214).

Dans le domaine du nucléaire, qui est un cas emblématique voire paroxystique de ce que l'on appelle les industries à « haute fiabilité » (Hollnagel et al., 2009; Journé, 2001; Weick et al., 2008), la logique de sûreté, incluse dans la dimension « qualité » du travail de conception, infléchit ainsi les termes du « compromis ». Elle est la dimension absolument prioritaire, non négociable, compte tenu des risques

industriels associés. Pour Sapy, dans « *les projets nucléaires, pour lesquels aucune dérogation n'est par principe envisageable en matière de qualité (tout doit être mis en œuvre, quoi qu'il advienne, pour respecter les exigences spécifiées dans ce domaine) les seules variables d'ajustement possibles en cas d'aléas sont les termes C et D* » (*op. cit.*, p. 253). Cette omniprésence des enjeux de sûreté se traduit par un caractère très bureaucratique du travail de conception pour les ingénieurs du CNEN, qui doivent accorder une importance de tous les instants au respect de contraintes et de normes de sûreté en vigueur, ainsi qu'à la traçabilité de leur travail. Le travail de compromis se double ainsi d'un travail constant de *démonstration* de la conformité aux exigences de sûreté, et de *justification* des décisions et des choix techniques, notamment auprès de l'Autorité de Sûreté Nucléaire, qui dispose d'un droit de regard, de contrôle et d'injonction sur l'activité de l'ingénierie nucléaire.

Cette culture de la sûreté, qui a, pour le cas d'EDF, été construite et renforcée par le statut historique d'entreprise de service public, fait donc de la dimension « qualité » du travail de conception une référence centrale pour les concepteurs dans le jugement de leur propre performance. Or, précisément, **le critère de jugement central est aussi le plus impalpable** (ce pourquoi il est précisément oblitéré par le jugement rendu par l'extérieur de l'entreprise, et notamment par les médias, focalisés sur les dimensions coûts et délais). La qualité et la fiabilité de la conception de l'EPR ne seront par exemple pleinement avérées qu'au terme de la durée de vie du réacteur, lorsque celui-ci aura vécu sa durée de fonctionnement sans incident majeur, sans dommage pour la santé publique et l'environnement, voire à l'horizon de son démantèlement et de la décontamination du site, horizon tellement lointain que même l'auteur de ces lignes n'imagine pas assister au « verdict » de son vivant. Mais cette situation est génératrice de malaise pour les ingénieurs du CNEN, puisqu'ils vivent une **dissociation entre les critères sur lesquels ils sentent leur travail observé et jugé** (notamment par les médias, mais aussi par la direction du groupe, soucieux de la « compétitivité » de l'EPR dans le nouveau marché mondial des réacteurs de génération III), **et ceux que les modalités d'organisation et de régulation de leur travail instituent traditionnellement comme centraux**, c'est-à-dire la qualité et la sûreté.

Ce découplage n'est peut-être pas nouveau dans l'histoire de l'ingénierie nucléaire, qui, pour justifier la rentabilité des investissements consentis, a toujours mis un point d'honneur à soigner les délais de conception et de fabrication. N'oublions pas, en effet, que le mode de justification politique du choix de l'industrie nucléaire pour produire l'électricité est d'abord *économique* (bien que devenu également écologique à mesure que montait la préoccupation relative au changement climatique). Les sociétés nucléarisées « consentent » à encourir les risques industriels inhérents à la réaction nucléaire d'abord parce qu'ils peuvent en retirer des bénéfices économiques notables (cf. plus haut, l'argumentaire sur le coût d'opportunité du nucléaire par rapport au gaz comme argument ultime dans le communiqué de la SFEN).

Mais cette dissociation des paramètres objectifs et subjectifs de jugement s'est considérablement accrue dans le contexte du projet EPR, en raison de la montée concomitante des exigences de sûreté (notamment du fait du net renforcement du pouvoir de l'Autorité de Sûreté Nucléaire par rapport à la période antérieure de construction de réacteurs en France) et du statut de « vitrine » à l'export de l'EPR de Flamanville, qui renforce le poids des critères économiques. Le projet doit en effet démontrer

l'aptitude d'EDF à être compétitif par rapport à ses concurrents internationaux. Cette montée des exigences économiques (coût et délais principalement) associées aux projets induit, nous avons pu le constater, une **déstabilisation du régime de compromis au sein du CNEN** : comment, en effet, continuer à assurer le plus haut niveau de sûreté et de fiabilité possible, *tout en tenant davantage compte qu'auparavant des contraintes économiques* ?

Cette déstabilisation à l'œuvre se traduit, chez certains acteurs du CNEN, par un sentiment de suspicion à l'égard de la sûreté comme régime de justification qui « dissimulerait » (ou fournirait un alibi commode à) d'éventuelles sous-performances. Un directeur adjoint se demandait ainsi :

> *« Où commence la sûreté, où finit-elle ? Est-ce qu'à un moment, derrière la sûreté, on ne met pas des éléments qui ne sont pas des éléments de sûreté ? La difficulté qu'on a au sein de l'ingénierie nucléaire, et toutes les ingénieries au niveau d'EDF, c'est de dire à un moment donné comment je justifie mon besoin. Il est beaucoup plus facile de justifier un besoin lorsque c'est la sûreté qui m'y oblige. À partir du moment où vous dites que vous justifiez économiquement, vous tombez sur des paramètres de rentabilité tels que vous ne pouvez rien faire. Par contre* ***si vous dites que c'est justifié par la sûreté, toutes les contraintes s'effacent à ce moment-là****. En tout cas elles sont moindres à défaut de s'effacer totalement. Est-ce que tout relève de la sûreté ? »*

Ce jugement sévère fait néanmoins écho à certaines réactions d'ingénieurs historiques du CNEN qui ont du mal à se reconnaître dans des modes de fonctionnement dans lesquels l'insistance sur la tenue des délais tient une place prépondérante :

> « [On nous dit :] *"vite, vite, vite, vite !". Voilà. Mais* ***c'est pas comme ça qu'on doit travailler ! On est sur du nucléaire****, il faut qu'on affine. Alors ils ont mis des stratégies, ils ont mis des dates dans des plannings : "tenez les dates, c'est tout !" ».*

Cette citation d'un ingénieur expérimenté de l'unité ne saurait mieux exprimer ce sentiment de conflit entre critères du « travail bien fait » (Clot, 2010), souligné par l'opposition entre le « *on* » et le « *ils* », opposition entre ce qui représenterait l'essence du « bon » travail dans le nucléaire (maximiser la fiabilité, « affiner », *quitte à prendre son temps*), et un travail sous forte contrainte de temps.

Au **chapitre VIII**, nous analyserons plus en détails cette situation de « flottement » dans les référentiels collectifs de qualification de la performance d'ingénierie, créée par le basculement institutionnel à la suite duquel le projet EPR se situe. Nous verrons en particulier qu'elle est génératrice d'un *besoin d'apprentissage organisationnel* spécifique, mais également qu'elle peut biaiser l'appréciation par les acteurs du CNEN de leurs propres capacités et des priorités de l'action managériale. Mais, pour poursuivre l'analyse, nous allons voir à présent que cette indétermination des critères de performance pertinents a été largement catalysée par le trouble jeté par des objectifs de performance initiaux jugés eux-mêmes peu crédibles par bien des acteurs participant au projet.

2. 2ème plan d'ambivalence : à quelles normes de comparaison se rattacher pour juger de la performance ?

Nous l'avons déjà souligné, le projet Flamanville 3 a été assorti initialement d'objectifs de coûts et de délais particulièrement ambitieux, qui ont été retenus par le grand public et les médias comme le cadre de jugement de référence de la performance réalisée. Nous avons également vu que ces objectifs n'ont pas été respectés. Mais, pour Georges Sapy, cette situation n'a rien d'exceptionnel en elle-même : « *si on analyse les délais et les coûts de construction des installations nucléaires dans le monde depuis l'origine de cette industrie, on s'aperçoit que très peu d'entre elles ont respecté leur planning et budgets initiaux. Ce qui revient à dire que, dans leur grande majorité ces installations ont dépassé leurs objectifs C et D initiaux, parfois de manière très importante* » (*op. cit.*, p. 253).

Ces dépassements parfois spectaculaires des prévisions seraient donc banals dans le domaine du nucléaire. Mais au-delà, il semblerait qu'ils soient même une propriété des très grands projets industriels à forte dimension politique et nécessitant des investissements très lourds. Flyvbjerg, Bruzelius & Rothengatter (2003), qui ont consacré une étude importante aux « méga-projets » notamment dans le domaine des infrastructures de transport, ont mis en évidence la banalité du phénomène : « *les dépassements de budget de l'ordre de 50 à 100% sont communs dans les méga-projets. Les dépassements supérieurs à 100% ne sont pas inhabituels* ». Ils ont surtout montré que le caractère systématique, transhistorique et global de ces dépassements invalidait l'hypothèse de l'« erreur » : il semble bien y avoir une « loi d'airain » de sous-estimation des délais et des coûts sur les projets de ce type. De façon surprenante, aucun progrès ne semble avoir été fait depuis le XIXe siècle, alors même que les techniques gestionnaires de prévision et de planification sont censées s'être constamment sophistiquées depuis. Hervé Dumez (2012) rappelle ainsi que le coût réel du canal de Suez était vingt fois supérieur aux prévisions, mais qu'au XXe siècle, des projets aussi divers que l'opéra de Sydney (quinze fois plus) ou le Concorde (douze fois plus) avaient connu exactement le même type de déboires. Plus près de nous, nous pouvons nous remémorer les retards en cascade enregistrés par la construction de l'Airbus A380. Ce qui fait dire à Flybjerg qu'en la matière « *aucun apprentissage ne semble avoir lieu dans ce secteur important et très coûteux de la décision privée/publique* » (p. 16). On pourrait imputer cela à des biais cognitifs optimistes dans la prise de décision, comme le font Lovallo & Kahneman (2003). Mais pour Dumez et pour Flybjerg, le fait majeur susceptible d'expliquer cette étrange répétition de l'Histoire est la sous-estimation systématique des risques à des fins proprement politiques de la part des promoteurs des projets, afin d'emporter l'adhésion des investisseurs et permettre aux projets d'avancer en dépit des risques.

Pour ce qui est du cas du nucléaire, Sapy défend une explication proche, mais sensiblement différente : le dépassement systématique, en particulier du planning, résulterait d'une « *stratégie de planification volontariste* » qui serait moins destinée aux investisseurs qu'aux acteurs participant aux projets (Sapy, 2012, p. 254). Ceux-ci auraient en effet « *spontanément tendance à s'octroyer tout le délai qu'on leur laisse ou dont ils estiment disposer* » : les individus consommeraient de façon systématique les marges dont ils disposent... marge qui feront défaut en cas d'aléas inévitables ! En conséquence, « *un planning qui comporterait au départ 100% de chances d'être respecté serait … un très mauvais planning ! Un*

bon planning ne doit pas avoir plus d'une chance sur deux ou sur trois d'être respecté, c'est-à-dire constituer un défi » (*ibid*.). On le voit donc : le planning doit donc moins se soucier d'être « réaliste » que d'être « mobilisateur ». Il est moins un outil de prévision qu'un dispositif d'activation des individus, un « *savoir que certains acteurs tentent de prescrire à autrui comme des "stimulations" du cours de l'action collective* » (Hatchuel, 2001, p. 37). Il se rapproche donc ainsi que ce qu'Hatchuel qualifie de « mythe rationnel », c'est-à-dire une « *utopie possédant à la fois les propriétés mobilisatrices du mythe* […] *et les propriétés opératoires de la raison* » (*ibid*.).

L'« optimisme » des objectifs sur les projets nucléaires serait donc une condition de l'activation des individus, et ainsi une nécessité pour mener les projets dans un délai « raisonnable » : « *un délai court est certes plus souvent dépassé, mais on arrive finalement plus tôt que si on avait octroyé au départ un délai plus important ! Car il aurait été probablement à son tour dépassé* » (Sapy, 2012, p. 254). C'est exactement en ces termes que le chef du projet Flamanville 3, que nous avons interrogé lors de la phase de diagnostic, justifiait le caractère fortement « *contraint* » du planning sur le projet :

> *« C'est vrai que le planning du projet est très contraint. Un projet comme ça, il faut se fixer des bornes et ensuite essayer de faire rentrer. Ça ne rentre pas naturellement parce que si on demande l'avis à tout le monde, si on est en démocratie participative, effectivement le projet ne va jamais se faire en 54 mois, ni en 60 mois, ni en 72 mois, mais beaucoup plus ! À un moment il faut effectivement contraindre les gens à travailler dans le créneau qui leur est alloué ».*

Sans un planning ambitieux, pour ce chef de projet, le projet serait condamné à trop s'étaler dans le temps. On retrouve ici toute la dimension *politique* et *stratégique* du planning, bien plus que sa dimension rationnelle et réaliste (dimension politique soulignée par l'usage du terme de « démocratie » pour qualifier, péjorativement, une situation dans laquelle cette mise sous contrainte n'aurait pas lieu !). Mais les entretiens menés ont par ailleurs montré que, pour les équipes d'ingénieurs à la base, cette mise sous tension était génératrice d'un scepticisme larvé quant à la crédibilité des affichages, comme en atteste de façon brutale cette citation d'un acteur rencontré sur le chantier de Flamanville :

> *« **Interviewer** : Vous n'avez pas confiance dans les plannings ?*
> ***Interviewé** : Aucune. C'est clair. Et je ne suis pas le seul ».*

Cette dissociation entre objectifs affichés et ressenti des individus pouvait d'ailleurs être mal vécue. Des plaintes sur l'« irréalisme » des objectifs étaient même remontées comme un facteur de pénibilité du travail dans les enquêtes internes (« socioscopes ») menées auprès des salariés, comme en témoigne cette citation d'un chef de groupe à propos des réactions de ses propres troupes :

> *« Suite au premier socioscope,* […] *il y avait un retour qui disait que finalement les objectifs qu'on leur fixait étaient **complètement irréalistes** ».*

Nous avons pu accéder aux documents en question. Ils indiquent en effet qu'en 2010, seulement 31% des répondants au CNEN étaient « *d'accord* » avec l'affirmation « *les objectifs de l'unité sont réalistes* », 2% étant « *tout à fait d'accord* ». Ce taux est remonté en 2011, date à laquelle une révision du planning de Flamanville a eu lieu, mais le sentiment de « *réalisme* » restait minoritaire, puisque le taux de « *d'accord* » n'est remonté qu'à 44%. Certains ingénieurs rencontrés se sont appesantis sur le sujet, et nous ont fait part des raisons qui les portaient à croire que les plannings n'étaient pas crédibles. Ils se basaient le plus souvent sur des normes de comparaison issues de la construction du parc historique. L'un d'entre eux affirmait ainsi :

> *« Sur le parc français, si on prend la durée d'un projet français, sur les meilleures tranches qu'on ait construites en moins de temps, c'est plus que l'ambition du projet FA3 ».*

Cet ingénieur avait raison de souligner que l'affichage initial pour l'EPR (54 mois) prévoyait une durée de construction plus rapide que pour tous les réacteurs industriels construits en France jusqu'ici… pour un réacteur censé être plus puissant, plus sûr et plus sophistiqué que tous ceux-là ! Les tranches du palier N4, dont l'EPR est, rappelons-le, technologiquement proche puisque dérivé de lui, avaient été construites en moyenne en 126 mois, soit le double de ce qui fut affiché pour Flamanville (voir **Tableau 5**) :

Séries	Taille du réacteur (MW)	Dates de construction	Durée moyenne de construction (mois)
CP0	900	1971-1979	**63**
CP1	900	1974-1985	**65**
CP2	900	1976-1987	**67**
P4	1300	1977-1986	**78**
P'4	1300	1979-1993	**90**
N4	1500	1984-1999	**126**

Tableau 5 : Durées moyennes de construction des tranches françaises par palier (données : AIEA)

Les ingénieurs étaient pour la plupart parfaitement conscients de ces données historiques, et donc du caractère particulièrement ambitieux du planning initial. L'un d'entre eux nous a ainsi confié avoir affiché dans son bureau un tableau avec les durées de construction de chaque réacteur précédent, qui permet selon lui de « *relativiser* » le retard annoncé, et donc probablement d'évacuer un peu de la pression pesant sur ses équipes :

> *« L'objectif initial de Flamanville, c'est 54 mois, et tout le monde s'accorde aujourd'hui à dire que c'était un objectif irréaliste […] J'ai trouvé ça* [le tableau avec les durées de construction, NDA] *intéressant c'est pour cela que je l'ai affiché dans mon bureau. Effectivement ça permet de relativiser... ÀÀ mon sens, ça permet aussi de montrer que les 54 mois étaient tout à fait irréalistes. »*

Mais nous avons pu constater que cet affichage, déconnecté par rapport à ce que les ingénieurs considéraient être une norme réaliste, pouvait nourrir également un sentiment de fort scepticisme, voire de méfiance vis-à-vis de la direction d'EDF. Certains exprimaient en effet en des termes assez

durs le sentiment que ce fait leur inspirait, et faisaient part de ce qu'ils percevaient en être les raisons (politiques), mais également les risques encourus par le fait de s'afficher comme constamment en retard vis-à-vis des investisseurs potentiels :

> *« À l'époque il avait été décidé d'afficher un coût bas. C'est une question du coût à l'origine. Par aveuglement et par volonté politique. C'était des objectifs irréalistes. De faire ce qui avait été dit à l'origine, c'est-à-dire 3,3 milliards en 54 mois,* ***ça ne s'est jamais fait, mais pour des questions politiques il a été décidé d'afficher ça*** *[…] La seule chose c'est entre le moment où on a décidé ça, on était un EPIC, un établissement à caractère industriel et commercial, et maintenant comme dit Proglio, on est une administration cotée, maintenant toutes les annonces que l'on fait peuvent avoir une influence sur le cours du titre. Donc c'est un peu gênant. Heureusement que les analystes financiers ne s'arrêtent pas à des affichages de l'entreprise.* ***C'est un peu de la mascarade, quoi****… ».*

Au-delà de ce risque d'envoyer un signal négatif aux investisseurs en devant inévitablement enregistrer des retards par rapport à une ambition trop élevée, pour certains, le caractère irréaliste du planning avait un effet qui était précisément à l'inverse de l'effet d'activation et de mise sous contrainte dont parle Sapy et voulu par le chef de projet :

> *« Le planning était trop peu réaliste, et les gens le savaient, c'était* ***comme si vous ne mettiez pas de délais****. Un planning n'a de sens qu'à partir du moment où il est partagé, à partir du moment où il est accepté. Si les gens disent : "de toutes façons, ce que tu me demandes, c'est irréalisable", alors à ce moment, paradoxalement, vous déstressez les gens : "de toute façon, on est dehors des clous, on est en dehors des clous, basta !" ».*

Ainsi, à être trop ambitieux relativement aux normes perçues comme « réalistes » par les équipes, le « mythe rationnel » du planning encourait-il le risque de perdre complètement ses « propriétés mobilisatrices » ? Le risque est en effet de brouiller parfaitement les référentiels subjectifs auxquels les ingénieurs se réfèrent pour savoir s'ils sont « en retard » ou « dans les temps » dans leur travail et dans l'avancement général du projet, et donc d'annuler l'effet de mise sous contrainte. Cette dissolution des repères temporels était illustrée par cette citation qui, sans les analyses précédentes, paraîtrait parfaitement incompréhensible (comment en effet penser que le principal problème des ingénieurs du CNEN est qu'ils « aient du temps » ?) d'un directeur adjoint de l'unité :

> ***Interviewé*** *: […] mais aussi de se dire que j'ai le temps, et je réinjecte un élément de complément dans mon étude.*
> ***Interviewer*** *: ah, oui, ça c'est sûr que s'il y a du temps, on peut parfaire.*
> ***Interviewé*** *:* ***le problème c'est qu'il y a du temps !***

Un autre risque est celui de produire un sentiment de découragement et de pression excessive. Sapy avait en effet rajouté qu'en matière de planning, « *la voie est étroite : le planning annoncé doit être ambitieux, mais doit rester réaliste pour être crédible. Sinon il devient … contre-productif ! Et tout le monde baisse alors les bras* » (*op. cit.*, p. 254). Ainsi, le même chef de projet qui défendait les vertus

mobilisatrices d'un planning très contraint était par ailleurs obligé de reconnaître les dégâts psychologiques provoqués dans ses équipes par l'annonce des retards :

> *« Le projet Flamanville est exigeant, passionnant et globalement fait par des, enfin globalement, d'une manière très générale, fait par des gens passionnés et très motivés* […] *Ceci étant, dès lors qu'on a pris un peu de retard, ça prend un peu plus de temps. C'est vrai qu'il peut y avoir aussi une certaine démotivation, enfin le soufflet peut retomber en terme de motivation, de tenir dans la durée des choses un peu stressantes… »*

Certains ingénieurs allaient jusqu'à évoquer la « souffrance » que leur inspirait le sentiment d'échec associé au fait de ne pas tenir les délais, de ne pas relever le « défi » du planning :

> ***« Interviewé** : qui ne souffre pas au CNEN sur l'EPR ?*
> ***Interviewer** : qu'est-ce que vous appelez souffrir ?*
> ***Interviewé** : souffrir dans le sens où on a un planning qui est très ambitieux, qu'on doit tenir absolument. Et qu'en même temps on est soumis à beaucoup de contraintes… »*

Nous avons donc dû constater le caractère extrêmement paradoxal et éclaté des réactions des ingénieurs quant aux retards et aux surcoûts enregistrés par rapport aux objectifs officiels. Les équipes ressentaient en effet les effets de la pression ainsi qu'un sentiment d'échec… par rapport à des objectifs par ailleurs considérés comme intenables ! Il se jouait dès lors une forte **tension entre mobilisation et démobilisation, entre intériorisation de l'échec et relativisme**, autant de signes d'une **profonde instabilité, voire d'une indétermination des référentiels collectifs sur lesquels fonder un jugement de valeur sur la performance**.

3. 3ème plan d'ambivalence : qui est « responsable » de la performance ?

Un dernier élément faisait obstacle à la possibilité d'objectiver le fait que l'ingénierie nucléaire était ou non « sous-performante » dans l'avancement de ses projets. Outre la difficulté de savoir sur quels critères il était pertinent de juger l'activité et à quelles normes de « bonne » performance il était possible de comparer le réalisé, il ressortait également des entretiens un malaise quant à la possibilité d'établir clairement *qui* pouvait être tenu pour prioritairement « responsable » de ce réalisé. Cette difficulté procédait largement du caractère « éco-systémique » du projet EPR (et des projets de cette envergure en général), qui mobilise un vaste réseau de capacités distribuées d'une grande diversité, et relevant d'entités et d'institutions différentes.

Nous avons présenté plus haut la complexité de l'organisation industrielle, dont le CNEN est certes le centre névralgique, mais qui inclut également d'autres entités d'ingénierie au sein d'EDF, des entités d'ingénierie sous-traitantes (dont Sofinel), ainsi qu'un vaste agglomérat de fournisseurs dotés de missions aussi bien de conception que de réalisation. Nous avons également souligné le fait que l'avancement du chantier était en partie régulé par les interventions de l'Autorité de Sûreté Nucléaire, qui dispose du pouvoir d'exiger l'interruption des opérations sur site, ou de demander des justifications, des reprises ou des compléments d'études aux centres d'ingénierie, et ce dans des délais

souvent très courts. Cette distribution des responsabilités créait le sentiment, chez certains ingénieurs du CNEN, que le bon avancement du projet n'était pas dépendant de leur seule initiative, voire, à l'extrême, en était foncièrement *indépendant*. Ce sentiment est d'autant plus tentant dans le cas du CNEN qui est, par construction, un *nœud d'interfaces*, dont l'activité est largement une activité de spécification à destination d'acteurs externes, mais est également fortement contrainte par les prescriptions d'autres acteurs (l'ASN, Areva, etc.). Un ingénieur rencontré est ainsi allé assez loin dans l'atténuation de la responsabilité du CNEN dans l'avancement ou les « retards » sur le chantier, en pointant la dépendance de l'unité à une Autorité de Sûreté qui dicterait son agenda en fonction de ses propres moyens et contraintes :

> *« On est dans un domaine très contraint : par exemple quand on fabrique des pièces pour les chaudières nucléaires, on a des contrôles par l'Autorité de Sûreté qui sont absolument nécessaires, et l'Autorité de Sûreté devient un terme de remplissage du planning :* ***s'ils sont en retard, on prend du retard. Les ressources de l'autorité de contrôle font le planning du projet !*** *».*

En cela, les ingénieurs des équipes du CNEN pouvaient reprendre à leur compte l'argument de l'« aléa industriel » employé par la direction d'EDF pour justifier les retards : les demandes répétées de l'ASN d'interrompre le chantier, de reprendre des études, voire de refaire certaines réalisations sur site, auraient conduit à des retards non anticipés. L'utilisation de ce registre argumentatif a d'ailleurs été nettement renforcée à la suite de l'accident de Fukushima : l'ASN a alors fortement sollicité les équipes d'ingénierie du CNEN afin qu'elles apportent des garanties supplémentaires sur la sûreté de l'EPR et qu'elles prouvent qu'elles avaient tiré les enseignements de l'accident, mais aussi qu'elles fournissent un certain nombre d'études sur le parc de tranches en marche. Le fait que les ingénieurs du CNEN devaient travailler à la demande d'un acteur tiers à la suite d'un incident totalement indépendant de leur responsabilité a pu renforcer ce **sentiment d'exogénéité des facteurs concourant à une « performance »… sur laquelle ils sont précisément évalués et jugés**. Ce sentiment des acteurs du CNEN que le cours des évènements échappe à leur initiative ne procédait d'ailleurs pas simplement du rôle joué par l'Autorité de Sûreté. Il était également lié à la dépendance vis-à-vis du travail des fournisseurs, comme l'explique un chef de groupe rencontré nous faisant part de sa difficulté à *avancer malgré tout*, en dépit de données manquantes attendues de la part de sous-traitants :

> *« On a des plans qui n'arrivent pas en temps et en heure, donc nous, de par notre mission, on est obligé de créer des plans qu'on va découpler : typiquement sur la France, j'ai des matériels qui ne sont toujours pas connus aujourd'hui, je vais faire les montages et je ne les connais pas. […] Aujourd'hui,* ***je n'ai pas de plans, donc je suis obligé de développer des capacités d'imagination incroyables pour pouvoir me substituer aux fournisseurs****, et au final, quand je recevrai la donnée d'entrée, peut-être qu'elle ne correspondra pas à ce que j'ai pris, et là on aura les problèmes ».*

Ce passage souligne également la dépendance à la qualité du travail réalisé par les fournisseurs : comment, en effet, juger la « performance » d'un acteur dont le rôle est principalement de contrôler un tiers, indépendamment de l'appréciation de la compétence de ce tiers ?

Le cadre d'action des ingénieurs du CNEN réunit donc les caractéristiques de ce travail « non-confiné » dont nous avons parlé dans notre revue de littérature, en particulier sur le plan relationnel, en raison du statut d'« architecte-ensemblier » endossé par l'unité, de son rôle d'activateur et d'organisateur d'un écosystème de capacités, qui multiplie les interfaces et les interdépendances. Ce dernier élément amène inévitablement à se poser la question du sens et de la consistance de la notion de « performance » dans des activités rationnellement non-confinées, et structurellement constituées de relations de « prescription réciproque » multiples et enchevêtrées (Hatchuel, 1996b). Cette interrogation fait écho aux discussions présentes dans la littérature sur l'énigme théorique que représente la « productivité » du « travail intellectuel », mais aussi aux débats en management stratégique autour de la notion d'ambiguïté causale, qui désigne une incapacité cognitive à établir des liens de causalité objectifs entre ressources ou capacités d'une part, et *outputs* de performance et avantage concurrentiel d'autre part (King, 2007; King & Zeithaml, 2001; Powell, 2006).

Synthèse des apports du chapitre

Nous avions vu dans note revue de littérature (**chapitre II**) que le préalable à une approche de type « courbe d'apprentissage » était la propriété de certaines activités de se prêter à des restrictions cognitives permettant d'isoler des critères de performance et des responsabilités dans la génération de cette performance. Nous avons vu ici **ce qui fait écran à la possibilité d'opérer ces restrictions : l'indétermination et l'instabilité des critères et des référentiels de performance, ainsi que la diffraction des « responsabilités » dans un écheveau de capacités distribuées et interdépendantes**. Ces caractéristiques procèdent largement de la nature intellectuelle et « non-confinée » de l'activité, ce qui pourrait nous amener à conclure que les mêmes obstacles à ces opérations restrictives se retrouveront dans *toute* activité de ce type. Nous serons néanmoins plus prudents ici, dans la mesure où l'indétermination des référentiels de performance peut être interprétée comme contingente aux spécificités d'un contexte maillant changements institutionnels importants et dimension exploratoire (effet « tête de série »), comme nous le verrons de façon plus approfondie dans le **chapitre VIII**.

L'élément essentiel à retenir ici concerne notre démarche de diagnostic. Face à ces difficultés multiples à prendre comme point de départ le constat clair et partagé d'un différentiel négatif de performance, nous avons été conduits à **adapter les modalités d'exploration de la question de l'« oubli organisationnel » au sein de l'unité**. Et à privilégier en conséquence une approche qui prenne comme point d'appui non la « performance », les *outputs*, mais plutôt **l'analyse fine, « de l'intérieur », de la dynamique d'évolution des ressources et des capacités au sein du CNEN, et de la façon dont ces ressources et capacités contribuent à la « performance »**. Une telle approche était rendue possible par notre posture de recherche collaborative, ayant un accès privilégié aux acteurs ainsi qu'à un certain nombre de données. Nous allons ainsi voir que la façon dont nous avons construit l'exploration des difficultés rencontrées par les acteurs du CNEN a rendu possible une telle analyse.

Chapitre VII : Le diagnostic d'une situation de « mur d'apprentissage »

Les analyses menées au chapitre précédent ont mis en évidence la difficulté que nous avons rencontrée pour appuyer le diagnostic d'une altération éventuelle des capacités au sein de l'ingénierie nucléaire sur une analyse de la performance des projets en cours. Notre travail de diagnostic a donc provisoirement laissé en suspens la question des *outputs* pour se centrer sur l'analyse des *inputs* du CNEN, c'est-à-dire sur une investigation de la dynamique de ses ressources et de ses capacités. Ce travail de diagnostic a pris pour point de départ la demande initiale formulée dans le cadre du « Projet d'unité », que nous présentons dans un premier temps. Puis nous mobilisons des connaissances théoriques (en partie issues des travaux antérieurs du CGS) sur les modalités d'apprentissage dans les univers d'ingénierie en vue d'éclairer les éléments les plus saillants et les plus problématiques de cette demande. Ce croisement entre matériau empirique, recueilli en grande partie à travers les entretiens, et connaissances théoriques nous permet d'avancer plus finement vers une caractérisation du lien entre dynamique des capacités et performance au sein de l'ingénierie nucléaire. Nous en venons ainsi à qualifier une situation de « mur d'apprentissage ».

I. Un diagnostic qualitatif : mettre en cohérence un faisceau de difficultés dans la gestion des ressources

1. Retour sur la formulation initiale des problèmes par les acteurs concernés

Notre point de départ a donc été la prise en considération des préoccupations et des doutes formulés par la direction de l'unité quant à la question de la dynamique de ses ressources et capacités. Dans cette perspective, nous avions la chance de disposer d'un « pré-matériau », en l'espèce de réflexions du management du CNEN antérieures à notre intervention[74], et donc non biaisées par les préconceptions des chercheurs. Ce pré-matériau était constitué des notes de synthèse des réunions de montage du volet du « Projet d'Unité » pris en charge par le pôle QVT de la DRH groupe d'EDF, au cours desquelles différents acteurs du *top management* du CNEN (et de la DIN) ont exposé de façon brute leurs difficultés et leurs propres analyses de ces difficultés. Ces notes ayant été rédigées par l'un des deux superviseurs de la QVT, leur contenu est donc probablement biaisé par leurs propres cadres d'analyse et de compréhension des enjeux. Mais il fournit néanmoins de précieux éléments

[74] Une note intitulée « Accompagner le projet du nouveau nucléaire », rédigée par le responsable du pôle QVT de la DRH groupe, et datée du 8 novembre 2010, synthétise 9 entretiens exploratoires menés par le pôle QVT auprès de 10 membres du CNEN, du CNEPE et de la DIN du 24 juin au 9 juillet et du 1er septembre au 19 octobre 2010. Parmi les personnes rencontrées : le directeur du CNEN ainsi que 4 de ses directeurs adjoints, un chef de service, un chef de projet site, le DRH de l'unité, mais également le DRH de la DIN, ainsi que le directeur du CNEPE.

Nous disposions de deux notes supplémentaires issues de ce pré-matériau. Il s'agit de deux comptes-rendus d'entretien : un entretien (toujours mené par le responsable de la QVT) auprès du DRH de la DIN le 9 décembre 2012, un autre avec le DRH du CNEN le 22 décembre 2010.

d'autoréflexivité du CNEN, à même de fournir un point de départ à une démarche d'analyse abductive.

Ce pré-matériau permet de cerner plus précisément les préoccupations des dirigeants du CNEN, outre l'inquiétude déjà relevée plus haut sur le risque de « laisser filer » les délais et les coûts, et de « perdre la main » à l'international, d'être relégué ainsi à un rôle de maîtrise d'œuvre sur les projets à venir. Cette inquiétude sur les *outputs* était, dans ces documents, accompagnée d'un état des lieux relativement poussé des **questionnements du CNEN sur l'état et le niveau de ses propres capacités**. Nous avons déjà délivré les grandes lignes de ce questionnement dans la partie méthodologique de la thèse lorsque nous avons présenté l'origine et les enjeux des chantiers lancés par le CNEN dans le cadre du « Projet d'Unité » (voir **chapitre V**). Nous allons ici exposer, sans pousser loin l'analyse pour l'instant, mais plus en détails, la façon dont ce questionnement est formulé sur la base de ces documents.

La note « Accompagner le projet du nouveau nucléaire » du 8 novembre 2010 entend synthétiser « *les problématiques exposées et perçues* », c'est-à-dire « *les points les plus souvent soulevés dans les entretiens* ». Elle débute par ce qui semble être l'enjeu numéro 1 remonté des 10 entretiens exploratoires, à savoir « *les études, leur niveau de maîtrise respectif par EDF et SOFINEL, et la nécessité de renforcer les compétences de niveau 1 à EDF* ». Elle précise à ce sujet que « *plusieurs difficultés sont soulignées qui, du point de vue de l'organisation du travail, génèrent des tensions, de la charge et des difficultés. La première renvoie au* ***niveau de maîtrise de compétence des études de niveau 1*** *principalement. Une partie de l'importante charge de travail générée provient d'un foisonnement conséquent de ces études* ». Parler du « *niveau de maîtrise de compétence de niveau 1* »[75], ce n'est ni plus ni moins que poser explicitement la question des compétences détenues par le CNEN comme source des « *tensions, de la charge et des difficultés* ».

Le second point remonté concerne la question des « arbitrages », et la relation entre projets et métiers. Plusieurs acteurs font part de leur souhait d'un meilleur « outillage » des arbitrages, mais surtout il est dit que « *ici, ce* ***sont les métiers qui sont montrés du doigt*** » : les acteurs des projets auraient en effet émis des vives critiques quant à la réactivité des services métiers à leurs demandes. La note cite un verbatim d'un acteur du CNEN énonçant que « *la réponse des métiers, c'est surtout : "c'est pas possible"* ». C'est un point qui sera souvent reporté par les acteurs des différents services projets que nous avons rencontrés lors de la phase de pré-diagnostic : le fait de n'obtenir souvent que des fins de non-recevoir de la part des managers des services métiers en réponse à une sollicitation.

Un troisième point concerne le « pilotage » de l'activité, notamment par les services projets. Des difficultés sont spontanément imputées à des dispositifs, des outils ou des compétences défaillants en matière de planification, de méthodes d'ingénierie ou de contrôle des coûts, qui appellent, pour les acteurs du CNEN, un « ***besoin de rationalisation*** ». Ce point est directement lié au précédent : en l'absence de dispositifs pertinents, le pouvoir d'arbitrage entre les priorités est dévolu aux individus, et en particulier aux managers. De façon très intéressante, la note signale le caractère *a priori* paradoxal

[75] Cf notre description de l'organisation industrielle à trois niveaux dans la section méthodologie/présentation du terrain de recherche.

et contradictoire des constats formulés par les acteurs à ce sujet : « *L'organisation est aussi confrontée à des perceptions différentes selon les acteurs et sans doute contradictoirement réelles : "trop de choses remontent" pour les uns, "trop de choses sont arbitrées sur le terrain" pour les autres* ». Les directeurs adjoints se plaindraient donc simultanément de l'incapacité des managers intermédiaires à procéder eux-mêmes à des arbitrages (et donc de leur tendance à faire « remonter » les décisions)… et du fait que ceux-ci aient trop de situations à arbitrer !

Le quatrième point porte sur « *l'accompagnement des compétences nouvellement recrutées* », *pointé comme "un impératif stratégique" du fait de leur nombre* » : il s'agit donc de la question de la compétence, de l'intégration et de l'apprentissage de l'important flux de jeunes embauchés enregistré par l'unité. Il est souligné la « *fragilité du dispositif d'accompagnement professionnel des nouvelles recrues* ». Un verbatim énonce ainsi cette phrase lourde de sens : « *la machine à recruter est en place, la machine à intégrer est en chantier* ». Ce « chantier » a en réalité des dimensions multiples : la formation et le « *transfert d'expérience* » aux nouveaux arrivants, la « *fidélisation* » des recrues sur un métier et un parcours donnés, la participation et l'implication des nouveaux entrants à l'activité et aux « *livrables* » sur les projets. Cet enjeu d'apprentissage des recrues est légèrement plus développé et analysé que les autres sujets, étant considéré comme « *un* ***risque*** *ou un* ***impératif stratégique non maîtrisé à l'heure actuelle*** ». Plusieurs acteurs ont en effet pointé une « ***limite à la capacité de l'organisation à intégrer ses nouvelles ressources*** », l'un d'entre eux précisant même ce constat doublé d'une suggestion : « ***on n'y arrive pas****, il ne faudrait pas dépasser 15% de recrutement sur le flux* ». La note de synthèse de l'entretien du 9 décembre 2010 avec le directeur RH de la DIN abonde exactement dans ce sens, en soulignant que « *la problématique est de* ***bien gérer cette forte croissance en évitant la crise de croissance*** », l'organisation étant en passe « *d'atteindre [sa] limite d'intégration en termes de volumes de nouveaux arrivants* ».
Des actions engagées en vue d'un traitement de ces difficultés sont néanmoins soulignées : perfectionnement et systématisation des « *stages d'intégration* » et de « *tronc commun* », création d'une « *académie des métiers* » au niveau de la DIN, qui est également en charge d'instaurer et de faire vivre des « Plans de Développement de Compétences » (PDC), ainsi que la « *mise en place de binômes ou de trinômes encadrés par des anciens* », et enfin des « *mises en responsabilité plus rapides* » des nouveaux entrants sur des activités concrètes. La question de la fidélisation et de la construction des parcours est également posée, et il existerait des dissensions entre les partisans de classiques parcours « intra-métiers » de longue durée (un verbatim énonce ainsi : « *au CNEN, au CNEPE, la fidélisation, c'est dix ans et au moins six passés aux études* ») et des partisans de parcours plus ouverts, plus fluides, où les individus changent plus volontiers et plus souvent de domaine de compétence ou de structure d'accueil. Le DRH DIN, dans son entretien, posait que le défi majeur de l'ingénierie nucléaire était le suivant : « ***comment le collectif de base peut-il assurer ses compétences dans la durée ?*** », c'est-à-dire comment constituer, puis être en mesure de conserver, une capacité d'ingénierie suffisante pour faire face aux projets. Ce qui passe par une capacité de rétention des « *meilleurs éléments* », et donc une offre de parcours adaptée et attractive.

Le cinquième point évoqué concerne le « *modèle du management* » au sein du CNEN. Les managers seraient en effet, de façon historique, choisis avant tout pour leur expertise technique. Il est souligné le

poids des déterminants culturels dans cette logique : « *La DIN est un monde d'ingénieurs/concepteurs où la technique est reine et l'excellence technique était jusqu'à présent l'atout le plus sûr pour devenir chef de groupe (MPL) puis MDL* ». Or le changement du cadre de travail, marqué par la montée des enjeux de pilotage de l'activité dans un contexte multi-projets fortement contraint sur les enjeux de performance, et où les enjeux de formation des jeunes gagnent en importance, imposerait que les managers soient davantage polyvalents, et moins de seuls techniciens : « *Plus que l'excellence technique, c'est désormais la capacité à encadrer les équipes et à accompagner le transfert des compétences qui est attendue. L'autorité du manager est reconnue par les équipes à sa capacité de feedback, à donner de l'autonomie, à écouter et à entraîner* ». Ce « *glissement de leur rôle* » appellerait l'établissement de nouveaux « *référentiels* » en matière de compétences managériales, et commanderait des efforts de professionnalisation, dans un contexte où le redécoupage des services métiers doit accroître nettement le nombre de MPL/MDL, et donc placer en responsabilité de nombreux nouveaux éléments. Par ailleurs, il est reconnu que ce basculement est générateur d'importants niveaux de stress, en particulier dans la population des MPL. C'est un point appuyé par le DRH de la DIN, qui pose comme défis majeurs au CNEN les questions suivantes : « *comment [on] accompagne les chefs de groupe et notamment les nouveaux pour faire face à ces enjeux* » ; et comment « *retisser les liens avec les salariés et les managers de proximité ?* ». En effet, il affirme que la maille du groupe, donc du MPL, constitue aujourd'hui un « *goulet d'étranglement* » au sein du CNEN, dans un contexte où les MPL rencontrent « *des difficultés pour former les nouveaux entrants* » et font face à une « *charge de travail en croissance plus forte que la capacité du groupe à se développer* ». Il est mis l'accent sur le fait que cette population de MPL soit la plus exposée au stress et aux questions de santé et de qualité de vie au travail au CNEN, comme l'indiquent les enquêtes internes auprès des salariés. Ces questions de santé au travail se matérialisent, d'après le secrétaire général du CNEN (c'est-à-dire le chargé des ressources humaines), par le problème de la charge de travail, après laquelle les salariés ont l'impression de « *courir* », ainsi que par « *l'envahissement de la vie personnelle par le travail* ». Les salariés remontent par ailleurs un « *manque de proximité et de disponibilité des chefs de groupe* », mettant ainsi explicitement en lien les question du management, de la charge de travail, et de la santé au travail.

Enfin, le dernier point évoqué concerne les limites actuelles de la filière Ressources Humaines telle qu'elle existe au sein du CNEN, insuffisamment équipée pour faire face à la montée très rapide d'enjeux tout à fait inédits pour l'unité.

2. Des enjeux disjoints ou solidaires ? Les managers de proximité comme concentrateurs d'enjeux

Nous étions donc, au seuil de la recherche collaborative, face à **un faisceau de nombreuses difficultés se présentant comme éclatées sur le plan thématique** (compétences, pilotage, gestion de la charge, modèle de management, formation…). En outre, il semblait clair que les dirigeants de l'ingénierie s'engageaient dans la voie d'un traitement relativement disjoint de ces enjeux, en ouvrant autant de « chantiers » qu'il semblait exister de sujets d'amélioration nécessaires : un chantier « méthodes d'ingénierie », un chantier « plan de développement des compétences », un chantier « professionnalisation du management », etc.

Cette tentation de la « division du travail » se retrouvait y compris dans la façon dont les rôles avaient été initialement distribués au sein des équipes du projet ADN12. Le lotissement du projet prévoyait en effet de circonscrire clairement les rôles de chaque entité intervenante dans une thématique précise : « compétences et intégration » pour un premier cabinet de conseil, « professionnalisation du management » pour le second cabinet, et enfin « efficience de l'organisation » (incluant les questions de pilotage) pour notre équipe de chercheurs en sciences de gestion. C'est d'ailleurs un point qui s'est d'emblée révélé problématique pour notre propre équipe. Un certain nombre d'éléments nous portait en effet à penser qu'une véritable démarche de diagnostic se devait d'embrasser la complexité des phénomènes pointés, en cherchant moins à les dissocier conceptuellement qu'à mettre à jour leurs intrications, leur solidarité. La conséquence en a été que nous avons dû, de façon récurrente, nous écarter du périmètre qui nous était assigné par le *design* officiel de la démarche, et déborder sur les autres lots. En particulier, nous nous sentions dans l'obligation de ne pas séparer la question de l'organisation de celle des « compétences ». Celles-ci nous paraissaient en effet être l'objet principal de l'activité d'organisation, être précisément *ce qu'il y a à organiser* dans le cadre d'une unité d'ingénierie. Ce qui a, inévitablement, impliqué un certain nombre de « conflits territoriaux » dans les phases initiales de la mission, et a nécessité pour nous un travail de justification de nos positionnements, en particulier auprès des pilotes de l'étude pour le pôle QVT. Ceux-ci, heureusement, ont fait preuve au fur et à mesure d'une souplesse certaine, et nous ont laissé une latitude certaine dans nos façons d'appréhender les questions.

Notre insistance sur la nécessité d'un traitement conjoint des enjeux soulevés n'était pas une pétition de principe : elle était justifiée, selon nous, par la façon même dont les problèmes étaient analysés par les acteurs. Ceux-ci, intentionnellement ou non, mettaient en lumière par leur discours l'inséparabilité de ces questions. Et en particulier autour de la question des managers de première ligne. Tout concourait en effet à indiquer que cette catégorie de la population du CNEN représentait **un « point de fuite » vers lequel convergeaient l'ensemble des enjeux considérés comme critiques** : intégration et apprentissage des nouveaux entrants, pilotage de l'activité et arbitrages, pratiques et modes de management, santé et qualité de vie au travail… Il s'agissait donc, dans le cadre du diagnostic, d'accorder une attention toute particulière à cette population spécifique, et à tenter de mettre à jour les mécanismes explicatifs de cette concentration de difficultés.

Mais quelle clé d'entrée retenir pour mener l'analyse ? Par où commencer ? Dès les premiers entretiens menés dans la phase de pré-diagnostic global, un autre élément particulièrement saillant ressortait dans le discours des acteurs lorsque ceux-ci cherchaient à expliquer les difficultés de l'unité : l'insistance mise sur les « jeunes » et les « embauches » en tant que *problème* pour l'unité, pour la performance et pour le management. Ce fait avait de quoi surprendre. Peu d'organisations peuvent en effet, de nos jours, jouir du « luxe » de connaître de tels rythmes d'embauches que ceux alors pratiqués au CNEN. Un tel afflux de « sang neuf », d'autant plus lorsqu'il s'agit d'individus qualifiés et formés dans les meilleurs écoles d'ingénieurs (comme c'était le cas pour la plupart des recrues du CNEN et de la DIN), ne peut être *a priori* perçu que comme une *ressource* pour une organisation donnée. Or il était frappant de considérer que la question du nombre et du niveau de compétence des jeunes était majoritairement regardée au mieux comme un « *défi* », au pire comme un objet de « *malaise* », voire un

véritable « *problème* » par les ingénieurs expérimentés du CNEN. Plusieurs entretiens opéraient ainsi une association d'idées entre le grand nombre de jeunes diplômés au sein des services métiers et des problèmes de performance. Plusieurs ingénieurs dotés d'une forte expérience émettaient de sérieuses critiques sur le niveau d'opérationnalité des jeunes recrues :

> *« Le peu de personnes que je vois arriver, c'est des jeunes ingénieurs qui n'ont absolument aucune expérience. Et du coup, par exemple pour instruire une lettre de calcul de support, ça prend un temps fou parce qu'ils n'ont pas d'expérience. Et vu qu'ils n'ont pas d'expérience, ils préfèrent consulter à gauche à droite, relire le truc 50 fois, et avant de prendre une décision, ils veulent le bétonner […] Il y a des choses où il suffit d'appuyer sur le bouton, tout est carré ; mais non, il faut d'abord faire 25 vérifications avant... Ce seraient des personnes expérimentées, elles se diraient "c'est bon, il n'y a aucun souci". Et je pense qu'au CNEN,* ***il y a vachement de jeunes embauchés. C'est impressionnant*** *».*

> *« On pose des questions et les gens ne savent rien. Par exemple le service [X], ce sont essentiellement des jeunes, et quand on pose des questions, on n'a jamais les réponses ».*

> *« J'ai été stupéfait en arrivant par le nombre de gens que je n'ai pas trouvé compétents, alors certes, peut-être est-ce parce qu'il y avait la problématique de beaucoup de nouveaux arrivants… Des gens compétents il y en a, mais il y en a aussi beaucoup que je qualifierais de légers ».*

La jeunesse des équipes était ainsi perçue par certains comme une explication plausible des difficultés de l'unité dans l'atteinte des objectifs de performance sur les projets (prendre du retard sur une note simple, ne pas donner de réponse…). Le directeur technique de l'un des projets résumait de façon limpide cette intrication des questions de performance, de compétences et de jeunesse relative des effectifs :

> *« Le CNEN a un véritable défi à relever, c'est de* ***mener à bien ses projets avec la qualité, dans les délais attendus, avec des ressources jeunes****. C'est un vrai défi. Et dans certains services, dans certaines équipes, c'est vraiment critique, c'est-à-dire qu'il y a que des débutants. Donc c'est une difficulté, parce que le risque c'est de prendre des décisions techniques, de faire des analyses incomplètes... »*

Ces différentes déclarations de la part d'ingénieurs expérimentés du CNEN ont pour point commun d'inviter à questionner et revisiter la notion de « ressource ». Ce qui frappe, c'est en effet ce sentiment partagé de disposer de très nombreuses « ressources » (les jeunes diplômés massivement embauchés) qui ne sont pas considérées, ou ne le sont qu'imparfaitement, comme contributives à la « capacité » de l'unité à mener à bien ses différentes missions, à tenir ses objectifs de performance. Il semble donc qu'elles sont qualifiées de « ressources » davantage par usage, et par référence à la notion banalisée de « ressources humaines ». Mais le terme est en réalité trompeur, piégé, car il met en équivalence un ensemble d'individus aux « capacités » fortement hétérogènes.

L'enjeu du diagnostic a donc, pour nous, basculé vers la recherche d'une compréhension de ces éléments troublants, voire paradoxaux dans le discours des acteurs : **comment expliquer que des enjeux en apparence disjoints se concentrent, se confondent, se nouent au niveau des managers de première ligne ? Et pourquoi certaines « ressources » ne sont-elles pas considérées comme des « capacités », mais comme une « charge », un « problème » pour l'unité ?**

Pour éclaircir ces questions, nous avons d'une part cherché à mettre à jour les mécanismes d'apprentissage (ou de montée en compétence) individuelle dans l'ingénierie nucléaire. Nous avons pour cela pu mobiliser les travaux antérieurs du Centre de Gestion Scientifique, et en particulier de nos encadrants de thèse, sur l'apprentissage dans d'autres univers d'ingénierie, en cherchant ensuite à voir comment adapter les résultats issus de ces travaux au domaine spécifique de l'ingénierie nucléaire, et à la situation contingente du CNEN. Nous avons ensuite cherché à analyser finement le rôle, la mission, et les conditions d'exercice de ce rôle des managers de proximité au sein du CNEN.

II. Analyse des conditions de montée en compétence dans les services métiers : délai d'assimilation, structure sociale et rôle du management de proximité

« *Impératif stratégique* », « *risque* », « *enjeu non maîtrisé* », « *on n'y arrive pas* » : pourquoi le recrutement de nombreux jeunes ingénieurs formés aux meilleures écoles, donc un afflux considérable tant de « main d'œuvre » que de « sang neuf » pour l'unité, semblait-il ainsi embarrasser ses dirigeants ? C'est une question qui a largement nourri les débats, notamment entre différentes parties prenantes de l'équipe ADN12. Nous avons pu constater qu'une explication spontanée à ces préoccupations passait souvent par la convocation de déterminants culturalistes et générationnels. Culturalistes, c'est-à-dire invoquant la singularité du « monde » que constitue l'ingénierie nucléaire d'EDF, et générationnels, c'est-à-dire se référant au fossé séparant les « anciens » de l'ingénierie et les « jeunes », issus majoritairement de ce que l'on appelle communément la « génération Y ». Ces jeunes, dotés d'attentes, d'habitudes, de pratiques différentes par rapport au travail, connaîtraient ainsi des difficultés à s'intégrer à une « culture d'entreprise » traditionnellement hiérarchique, promouvant les carrières longues et fortement spécialisées. Et ce d'autant plus qu'il existe un véritable fossé générationnel, du fait de l'absence de recrutements pendant la période de creux dans l'activité de construction de nouveaux réacteurs. L'inadéquation entre les caractéristiques de la génération entrante et la « culture d'accueil » a d'ailleurs, à quelques reprises, été invoquée au cours des entretiens par des chefs de service. L'un d'entre eux se demandait ainsi :

> *« On rajeunit, chaque année on gagne 1 an, en collectif, c'est quand même exceptionnel, […] c'est très sympa. Après, on commence à se poser la question. Jusqu'ici on se posait pas trop la question, ils [les jeunes] étaient minoritaires, mais là ils commencent à devenir majoritaires. Aussi l'effet générationnel, est-ce que, y a des fois, quand on trouve qu'ils ont du mal à se positionner, est-ce que ça vient d'eux, est-ce que c'est nous qui avons du mal ? Du coup on n'est plus de la même génération, on commence à avoir deux générations d'écart avec ceux qui arrivent. Est-ce qu'on arrive à bien se comprendre ? Est-ce que, dans nos modes de management, il faut gérer autrement ? Clairement, ceux qui arrivent aujourd'hui, ils ont encore moins que nous la génération de l'écrit, ils sont beaucoup de la génération de l'image, de la génération zapping. Nous on leur demande de se concentrer pendant des années sur des choses. On commence à en avoir certains, au bout de 4, 5 mois qui disent "c'est bon, ça j'ai compris, je veux faire autre chose". "Attends, t'as compris ? Tu commences juste !" […] et ça c'est un point qui commence à nous questionner. »*

Plusieurs travaux, notamment en management des ressources humaines, ont cependant pointé les limites des approches générationnelles, notamment des descriptions des caractéristiques supposées de la « génération Y ». Pichault & Pleyers (2012) estiment ainsi que « *les particularités supposées de la génération Y sont minces* » (p. 39). Mais plus encore, la citation ci-dessous illustre nettement le fait qu'une analyse strictement générationnelle ne saurait dispenser d'une analyse des mécanismes et des temporalités de construction de la compétence individuelle, du savoir-faire professionnel : il est bien question, ici, de « *se concentrer pendant des années sur des choses* », parce que « *4 ou 5 mois* » d'expérience ne sont qu'un début. Il apparaît donc qu'une compréhension des raisons pour lesquelles la jeunesse des effectifs constitue un « défi » pour le CNEN appelle d'abord une analyse des mécanismes d'apprentissage tenant compte des spécificités de l'activité, bien avant de rechercher l'impact de supposées caractéristiques générationnelles.

1. Détour : conditions théoriques de montée en compétence dans les activités d'ingénierie

L'étude des savoirs de conception et de leur dynamique propre est un enjeu de recherche ancien au Centre de Gestion Scientifique de l'École des Mines de Paris, et a donné lieu à des travaux et des résultats variés. Ces travaux ont généralement pour point de départ, conformément au projet scientifique du laboratoire associé à la démarche de recherche-intervention, la compréhension de « crises de l'action collective » associées à des processus de « rationalisation » de celle-ci (David, 2000; Gand, 2008, pp. 112-113; Hatchuel, 1996a, 2001). L'explicitation de ces crises est alors une occasion de générer (ou dévoiler) des connaissances jusqu'alors « cachées » ou implicites. C'est ainsi qu'en cherchant par exemple à étudier les échecs répétés des « systèmes-experts » à capturer efficacement des savoirs « experts », et donc à opérer une véritable rationalisation de la dynamique des savoirs de conception, que s'est dégagée la nécessité d'une analyse fine de la *nature*, des *modes d'existence* et des *mécanismes de constitution* de ces savoirs. Hatchuel & Weil (1992) ont ainsi proposé une typologie des savoirs détenus par les experts et les concepteurs en entreprise, à travers le triptyque « savoir-faire », « savoir-comprendre », « savoir-combiner », respectivement associés aux figures de l'artisan, du réparateur et du stratège.

Dans le sillage de ces travaux fondateurs, d'autres recherches[76] ont pris pour point de départ l'étude des rationalisations de l'organisation des activités de conception dans les grandes entreprises industrielles, et notamment l'instauration de logiques de gestion par projet ou d'ingénierie concourante ou intégrée, ou encore le développement de l'externalisation (Nakhla & Sardas, 1999; Sardas, 1997, 2009). Ces travaux, en cherchant à analyser des crises de performance et de connaissance avérées sur certains périmètres de l'activité de conception (notamment dans l'ingénierie automobile ou aéronautique), ont progressivement permis de dévoiler le rôle central joué par les métiers internes de conception dans la dynamique des connaissances en ingénierie. Rôle précisément mis à mal par les différentes vagues de rationalisation ayant conduit tant à des déstructurations et des éclatements fonctionnels de ces métiers qu'à leur déstabilisation identitaire. Cette découverte a ainsi permis de formuler la notion de « dynamique de métier » (Lefebvre, Roos, & Sardas, 2003a; Roos, 2006), qui est à la fois un outil d'analyse du fonctionnement et de la bonne ou mauvaise « santé » d'un métier, ainsi qu'un outil permettant de guider la restructuration de ces métiers. Ce modèle propose notamment de représenter la dynamique d'un métier comme la résultante de trois dynamiques partielles en interaction : une dynamique *cognitive*, une dynamique *relationnelle*, et une dynamique *identitaire*.

Des travaux ultérieurs, basés sur les résultats tirés de l'analyse des métiers de conception, ont cherché à expliquer les difficultés rencontrées par un constructeur automobile dans le déploiement de sa stratégie d'internationalisation de ses activités d'ingénierie, en particulier à travers la création *ex-nihilo* d'un centre de développement dans un pays d'Europe orientale (Acquier & Dalmasso, 2013; Dalmasso, 2009; Dalmasso & Sardas, 2008). Ces difficultés se matérialisaient notamment par une faible qualité des études produites par le centre délocalisé, et par des niveaux de *turnover* très élevés au sein des ingénieurs de ce centre. L'analyse a permis de mettre à jour le fait que ces crises s'expliquaient prioritairement par une *déficience cognitive des concepteurs*, liée à une défaillance du processus d'apprentissage de ces ingénieurs qui avait conduit à ce que les études qu'on leur demandait de produire étaient trop complexes par rapport à leur niveau de maîtrise cognitive, individuelle et collective, de l'activité. Cette mise en évidence a débouché sur la nécessité d'expliciter les mécanismes par lesquels s'effectue la « montée en compétence » (c'est-à-dire des processus par lequel un individu acquiert progressivement un niveau de maîtrise cognitive de l'activité lui permettant d'assumer des missions de plus en plus complexes) des concepteurs dans des activités de développement automobile. L'explicitation et la modélisation de ces mécanismes au niveau individuel permet ensuite, en intégrant la structure du collectif dans l'analyse, de transposer l'analyse au niveau organisationnel et de simuler le processus de montée en compétence collective.

Ces différents résultats sont d'importance pour nous, compte tenu des enjeux du diagnostic que nous avons identifiés plus haut. Ils ont permis de mettre en évidence plusieurs caractéristiques fondamentales des processus de montée en compétence dans les activités d'ingénierie de

[76] Une autre lignée de travaux s'est progressivement centrée sur l'étude de la génération de *nouveaux savoirs* à travers l'analyse et la modélisation des raisonnements de conception. Ceux-ci ont été théorisés (dans le cadre de la théorie C/K, pour « *concept/knowledge* ») comme l'expansion conjointe de deux espaces en interaction : l'espace des connaissances, et l'espace des concepts (Hatchuel & Weil, 2009; Le Masson et al., 2006). Ces travaux ont pour objet principal la « générativité », c'est-à-dire la capacité à formuler des propositions innovantes.

développement, que nous allons ensuite mobiliser pour éclairer les difficultés rencontrées par le CNEN.

La première caractéristique est que l'apprentissage est un **processus *lent*, *progressif* et *forgé dans et par l'action***. Cela signifie plusieurs choses. D'abord qu'un ingénieur sorti de l'institution scolaire, quel que soit le « niveau » de sa formation initiale, n'est pas « opérationnel » immédiatement, qu'on ne peut pas lui confier n'importe quelle mission. Son apprentissage est graduel. Et de fait, sa contribution, au cours des premiers mois, voire des premières années, sera faible, dans la mesure où il commettra certainement de nombreuses erreurs… par lesquelles il pourra, justement, progressivement apprendre[77]. Van Oorschot, Akkermans, Sengupta & Van Wassenhove (2013) ont conceptualisé à travers la notion de **« délai d'assimilation »** ("*assimilation delay*") le temps pendant lequel un nouvel arrivant n'est pas « *pleinement productif* », et diminue de ce fait la productivité de son équipe de travail (pp. 291, 293) dans les activités de *New Product Development*[78] : « *Un délai d'assimilation se produit car les nouveaux membres qui rejoignent l'équipe doivent se familiariser avec l'équipe, l'entreprise et le projet. Ce processus d'apprentissage prend du temps. En conséquence, après que la décision est prise de recruter de nouveaux membres,* ***cela prend un certain temps avant que ces membres deviennent suffisamment expérimentés pour combler les besoins de ressources et le manque de performance*** » (p. 291). De façon intéressante, l'existence de ce « délai » s'est révélée à travers le fait qu'une équipe projet, connaissant des retards dans les études qu'elle devait mener, tendait à expliquer cette situation par le fait qu'elle était « sous-staffée » ("*undestaffed*"), et cherchait à résorber la situation en demandant l'embauche de nouvelles ressources. Or, ces dernières étant faiblement expérimentées, elles n'ont pas permis de résorber la situation d'*understaffing*, mais ont au contraire, de façon contre-intuitive, contribué à l'aggraver.
Évidemment, les entreprises ont tout à fait conscience du caractère graduel de l'apprentissage, qui se matérialise notamment dans la façon dont les carrières sont construites. Cependant, comme l'indiquent Van Oorschot *et al.*, « *les managers échouent souvent à prendre en considération l'impact négatif sur la productivité d'une équipe des embauches et des délais d'assimilation associés aux phases de lancement ou d'expansion d'une équipe projet* » (p. 298). **Il y aurait donc dans les entreprises, de façon paradoxale, à la fois pleinement conscience du phénomène de progressivité de l'apprentissage, et sous-estimation possible de ses implications,** en particulier dans des situations critiques telles que des phases de croissance**.**

L'impact négatif éventuel du délai d'assimilation des entrants sur la productivité (ou la capacité) d'une équipe de concepteurs ne peut se comprendre qu'en introduisant dans l'analyse les processus sociaux à l'œuvre dans la montée en compétence. D'une part, il s'explique par la nature des « épreuves » (Weil, 1999) auxquelles un individu apprenant doit se confronter pour pouvoir progresser dans la maîtrise cognitive de son activité. Ces épreuves ne peuvent le plus souvent qu'être des épreuves « réelles » (et non pas simulées) : cela signifie donc qu'**une pleine insertion des entrants dans les processus d'activité concrète de l'équipe**, donc dans des activités qui ***mettent en jeu la***

[77] Weil (1999) avait déjà souligné l'importance de la confrontation à des « *épreuves* » dans l'apprentissage et la constitution des savoirs de conception dans l'automobile.

[78] Leur étude a été menée auprès d'équipes d'ingénieurs évoluant dans le domaine des semi-conducteurs destinés à l'industrie automobile.

performance de l'équipe, est indispensable à leur apprentissage. Et qu'une activité de formation coupée de la pratique (formation « en salle », *serious games*, simulation, études « de papier »…) ne peut s'y substituer. Il s'agit donc d'un apprentissage de type « sur le tas », parfois conceptualisé à travers les notions de *on-the-job learning* (Jacobs, 2003), de *workplace learning*, ou de *informal learning* (Eraut, 2004; Skule, 2004), par opposition aux modalités formalisées d'apprentissage en dehors de l'activité. Les sociologues des professions ont par ailleurs montré, au moyen de méthodologies ethnographiques, que ce type d'apprentissage était le mode privilégié de montée en compétence dans les activités de techniciens spécialisés et d'ingénieurs (Barley & Orr, 1997; Orr, 1996; Whalley, 1986). Évidemment, **cette activité déléguée aux entrants doit être correctement calibrée** pour pouvoir favoriser l'apprentissage : elle ne doit être **ni trop simple** (sans quoi la progression est limitée ou lente), **ni trop complexe** (sans quoi elle peut devenir impossible). Mais l'existence du délai d'assimilation permet néanmoins d'expliquer qu'un entrant en phase d'assimilation contribue moins à la capacité de l'équipe qu'un individu déjà pleinement assimilé, et donc, en partie, l'impact négatif sur la « productivité » pointé par Van Oorschot *et al*. (2013). Il permet également d'éclairer l'impact négatif de taux de *turnover* très élevés sur les capacités de collectifs d'ingénieur à assurer leurs missions aux niveaux requis de performance, tel que mis en évidence par Dalmasso (2009) dans sa simulation de la montée en compétence collective de centres de développement créés à l'international.

Une autre raison majeure à cet impact négatif réside dans les modalités par lesquelles un entrant en phase d'assimilation peut efficacement tirer les enseignements des épreuves auxquelles il se confronte, et donc se constituer une véritable expérience au sens fort du terme. La pratique sur une activité concrète et adéquatement calibrée ne suffit pas par elle-même : elle doit **s'accompagner d'un soutien, d'un encadrement, autrement dit de processus de *socialisation* de nature le plus souvent informelle auprès d'ingénieurs plus expérimentés**. Car seuls ceux-ci peuvent aider efficacement l'« apprenant » à *faire sens* des erreurs et des difficultés qu'il rencontre dans ses épreuves, le guider dans la résolution des « énigmes »[79] auxquelles son activité l'amène inévitablement à faire face. Ce rôle incontournable des interactions informelles avec des expérimentés a également été souligné par la sociologie des professions (Barley & Orr, 1997), et se retrouve dans la littérature en théorie des organisations, notamment à travers le thème de la « communauté de pratique » (Brown & Duguid, 1991). C'est ici également que l'on retrouve l'importance du « métier », qui a longtemps été la forme majoritaire d'organisation des collectifs d'ingénieurs partageant un même domaine de compétence au sein des entreprises (Roos, 2006). Ces formes d'organisation particulières, héritées de formes d'organisation du travail antérieures à la naissance de la « grande entreprise hiérarchique »[80] (Lefebvre, 2003), fonctionnent par des processus d'intégration et de socialisation reposant de façon prioritaire sur la logique d'une *transmission* du savoir-faire par le *compagnonnage* (Guedez, 1994; Hulin, 2010; Malloch, Kleymann, Angot, & Redman, 2007). C'est cette transmission qui permet au métier de persister dans le temps, aux savoir-faire de se perpétuer. Le compagnonnage inscrit donc clairement la perspective de continuité et de pérennité du savoir-faire *dans l'organisation du travail elle-même*. Or, ce fait implique

[79] Ou, pour le formuler dans les termes de la philosophie pragmatiste, du processus d'« enquête » qui fonde toute construction de connaissances dans et par l'action.

[80] Et souvent considérées par la sociologie des professions comme antagonistes, de par leurs principes organiques, collégiaux et autonomes d'organisation, avec le fonctionnement de la grande entreprise moderne (Barley & Tolbert, 1991). Cette opposition a été analysée par Olga Lelebina (2014), notamment à travers la notion d'« enclaves professionnelles ».

nécessairement que l'« expert », celui qui détient le savoir, consacre, investisse voire dans certains cas sacrifie de son temps pour *transmettre* son savoir à l'« apprenant ». Et que cette transmission soit une dimension et *un résultat à part entière de sa propre activité*.
La logique de compagnonnage à l'œuvre dans les métiers d'ingénieurs permet donc d'apporter une seconde explication au lien entre délai d'assimilation et moindre productivité : ce lien s'éclaire dès lors que l'on considère que les ingénieurs les plus expérimentés doivent, pour résorber le délai d'assimilation des entrants et assurer la montée en compétence de l'équipe, passer du temps sur des activités *non immédiatement contributives à la « performance » de court-terme*, qui représente autant de temps « perdu » pour assurer cette performance.

Mais ce point emporte également la conséquence que la montée en compétence individuelle est dépendante d'une certaine structure sociale du collectif dans lequel un jeune est inséré : il faut que cette structure permette à l'apprenant d'être régulièrement (voire constamment) à proximité d'un ou plusieurs « seniors », qui soient eux-mêmes par ailleurs *disponibles*, *volontaires* et *aptes* à lui dispenser un encadrement technique, une transmission de leurs savoirs. Cette nécessité est apparue de manière particulièrement saillante dans l'étude de l'impact de l'éclatement des collectifs historiques de métier sur des « plateaux projets » dans l'univers de la conception automobile (Sardas, 1997, 2009), où l'on a pu constater que cet éclatement avait « tari la source » à partir de laquelle les savoirs du métier étaient régénérés. Ce qui s'était traduit par des déficits de connaissances sur certains périmètres d'expertise, que les managers peinaient à expliquer. Ce **lien de dépendance de la formation/reformation des *savoirs* aux modes de structuration des *relations* entre professionnels** a également été vérifié dans l'industrie chimique et pharmaceutique, à travers les travaux de Charue-Duboc and Midler (2000, 2001). Ceux-ci écrivent en effet que « *les processus d'apprentissage dans les bureaucraties professionnelles* [auxquelles les départements d'ingénierie sont assimilés par les auteurs, NDA] *sont basés sur des processus de socialisation et de transfert tacite de savoirs grâce à des interactions longues et faiblement formalisées entre personnel "junior" et personnel "senior". Ce type de transmission* ***est sapé par la fragmentation des groupes professionnels entre des services projets****, ainsi que par l'assignation des experts à des objectifs immédiats liés au projet au détriment de la transmission de leurs compétences au sein de leur discipline* » (2000, p. 12). Ce diagnostic rejoint, appliqués à un autre univers industriel que l'automobile et l'aéronautique, les résultats des travaux menés par les chercheurs du CGS sur les rationalisations de la conception et les dynamiques de métier.

Ces différents éléments théoriques fournissent, *a priori*, des clés d'analyse pertinentes pour expliquer les difficultés rencontrées par le CNEN relativement à la question de l'apprentissage et de l'intégration de ses nombreuses nouvelles ressources inexpérimentées. Il s'agit donc pour nous, à présent, d'étudier les questions de délai d'assimilation et de conditions structurelles de montée en compétence dans le cas particulier des services métiers de l'unité. Au terme de ce détour théorique, nous sommes donc conceptuellement armés pour replonger dans le matériau recueilli dans le cadre de l'établissement du diagnostic demandé.

2. Quelles conditions pratiques de montée en compétence dans le cas du CNEN ?

Dans un premier temps, nous chercherons à vérifier si l'hypothèse d'un délai d'assimilation long est valide dans le cas de l'ingénierie nucléaire (et du CNEN en particulier). Puis, nous étudierons plus finement la structure sociale des services métier du CNEN, espace prioritaire de l'insertion des jeunes dans l'ingénierie, pour analyser dans quelle mesure cette structure fournit ou non des conditions satisfaisantes pour la montée en compétence. Ces analyses nous amèneront à considérer attentivement le rôle et la situation des chefs de groupe (MPL) de ces services métiers, à la lumière des enjeux de montée en compétence. Cela nous permettra de proposer une représentation intégratrice des difficultés du CNEN, que nous proposerons de reformuler en termes de « paradoxe » entre apprentissage et performance.

A. Un délai d'assimilation vérifié

Les ingénieurs expérimentés du CNEN rencontrés ont largement abondé dans le sens d'un « délai d'assimilation » important dans leur activité. Un chef de service rencontré expliquait par exemple que le processus par lequel un « jeune » devient « *autonome* », autrement dit qu'il a dépassé son délai d'assimilation initial et cessé d'être davantage une « charge » pour l'encadrement qu'une « ressource » pour la performance de son équipe, est « *très long* ». La première explication spontanée à cela est la complexité intrinsèque de l'activité de conception de réacteurs nucléaires.

> « ***Interviewer*** *: À partir de quel moment on constate que les jeunes sont autonomes, c'est-à-dire qu'ils cessent d'être une « charge » pour les gens qui sont censés les encadrer ?*
> ***Interviewé*** *: C'est long ça,* ***c'est très long****. Parce que l'on fait des choses très compliquées, ça peut paraitre une remarque de snob, mais* ***c'est très, très compliqué****. »*

Un autre ingénieur rencontré insiste sur le fait que « *se mettre dans le bain* » nécessite un « *temps significatif* ». Ce qu'il explique par le fait que la maîtrise de l'activité suppose une si grande quantité de savoirs que celle-ci peut donner le sentiment initial d'être écrasante pour un débutant qui se lance dans l'activité :

> *« Il faut* ***un temps significatif pour se mettre dans le bain*** *et se lancer, parce qu'il y a* ***tellement de choses à savoir*** *et à connaitre que la tâche quand on arrive elle paraît* ***monstrueuse****, puis on ne sait même pas où regarder tellement il y en a ».*

Les déterminants de cette complexité sont en réalité multiples. À la complexité intrinsèque de toute activité de développement de produits s'ajoutent les spécificités du domaine nucléaire et de ses très nombreuses exigences en matière de qualité et de sûreté, ainsi (ce qui a été largement souligné dans les entretiens) que la multiplicité des interfaces. Celle-ci procède de l'organisation industrielle mise en place pour concevoir et piloter des projets de réacteurs, et dont les ingénieurs du CNEN sont

probablement ceux qui font l'expérience la plus intense de sa complexité. Il en résulte l'existence d'une véritable césure entre l'apprentissage scolaire et l'apprentissage par l'activité, qui place, à leur arrivée, les nouveaux entrants dans des situations d' « incompétence » relative inédites pour eux :

> *« Je pense qu'il y a un grand décalage entre le besoin que l'on a dans l'industrie, dans notre industrie, et sur ce qui est enseigné […] il y a des ruptures qui sont brutales – des élèves d'école, quelle qu'elle soit, qui tournent dans un domaine où il sont complètement perdus ».*

Plusieurs ingénieurs ont ainsi insisté sur le fait que la spécificité de leur activité ajoutée à l'absence de véritable formation scolaire dédiée créait ce sentiment de discontinuité forte, et ce besoin d'une phase initiale intensive de découverte et d'appropriation de l'activité :

> *« On est vraiment sur des niches technologiques. Ça peut être lié à l'école. Il n'y a pas de formation précise particulière ».*

> *« Ce qui est difficile pour un jeune, c'est qu'à l'école il n'a pas appris tout ce que l'on fait ici. Mais ce n'est pas la faute des jeunes : malheureusement, tout ce que l'on fait ici, je suis bien placé pour le savoir, on ne l'apprend pas à l'école, et c'est normal ».*

Il est remarquable de constater que les dirigeants du CNEN avaient rapidement opté pour des recrutements de jeunes diplômés issus des écoles d'ingénieurs les plus sélectives et réputées (dans le flux entrant, un gros tiers des nouveaux provenait de l'École Polytechnique, de l'École des Mines ou de Supélec). On peut lire ce choix comme une stratégie pour atténuer, limiter l'ampleur du délai d'assimilation. Mais de l'aveu même des managers de proximité, ce choix permettait au mieux d'accélérer quelque peu l'apprentissage, mais dans des proportions finalement bien moindres qu'anticipé[81]. Dans tous les cas, être issu d'une école sélective n'annule absolument pas le besoin d'une période relativement longue d'assimilation :

> *« On a plein d'ingénieurs qui sortent de très brillantes écoles d'ingénieur mais qui ne sont, et c'est normal, pas autonomes. Ils le seront peut-être plus vite, mais ils ne le sont pas dès le départ ».*

Par ailleurs, il convient de signaler que tant EDF qu'Areva se sont engagés, au cours des dernières années, dans la création et le parrainage de spécialisations dédiées au « nouveau nucléaire » et à la conception de nouveaux réacteurs dans plusieurs écoles d'ingénieurs, afin de constituer un vivier de recrues potentielles, mais aussi, probablement, de réduire le « fossé » séparant apprentissage scolaire et apprentissage sur le tas.

[81] Certains managers ont par ailleurs souligné que cette stratégie élitiste de recrutement induisait également un effet pervers en puissance, dont ils redoutaient les effets à moyen terme. Leur crainte était que les ingénieurs des écoles dites de « premier groupe » souhaitent dans leur masse, du fait de leur formation initiale, accéder rapidement à des fonctions de management. Ce qui poserait d'une part le problème d'une pénurie de vocations pour les filières non-managériales et axées sur la constitution d'expertise spécialisée (jugées moins valorisantes), d'autre part des goulets d'étranglement au niveau de l'accès aux postes d'encadrement, qui engendreraient, faute de pouvoir contenter tout le monde, de nombreuses demandes de mobilité externe.

Les entretiens insistaient donc nettement sur l'importance du délai d'assimilation, et faisaient ressortir l'ampleur de l'« ignorance » (relative) d'un jeune diplômé débutant sur l'activité. Restait à savoir quelle était la durée de ce délai. Nous avions relevé, dans notre revue de littérature, que les travaux sur la psychologie de l'expertise évoquaient une « règle » de 10 ans *a minima* pour être expert dans un domaine de spécialité donné. Les travaux antérieurs du CGS sur la conception automobile avaient quant à eux mis à jour des temporalités allant de 10 ans à 25 ans de pratique avant d'être considéré comme expert, en fonction de la complexité des périmètres techniques en question. Ces chiffres permettent de rendre compte de l'importance du « coût d'entrée » inhérent aux professions hautement techniques et intensives en connaissance. Mais ici, il s'agit moins d'expertise que de l'acquisition d'une maîtrise minimale, de l'atteinte d'un *seuil d'autonomie* au-delà duquel une « ressource » cesse d'être en fait une « charge » pour son encadrement, et contribue positivement à la capacité productive de son équipe. Ainsi, si les entretiens menés au CNEN ont confirmé le besoin d'une durée de dix ans difficilement compressible avant d'accéder à des responsabilités d'encadrement, la temporalité jugée nécessaire pour atteindre un seuil d'autonomie oscillait plutôt, comme l'illustre la sélection de citations ci-dessous, entre 3 et 5 ans, en fonction des domaines d'activité :

> *« Si vous excluez les gens qui ont des développements fulgurants, c'est plutôt **trois ans pour commencer à vivre sa vie tout seul**. La fin de la troisième année et la quatrième année, c'est vraiment en gros **le moment où les gens vous sont utiles**. Ils commencent à se faire techniquement au bout de deux ans, en termes d'autonomie c'est plutôt la fin de la troisième année et quatrième année, et quatre/cinq c'est le départ ».*
>
> *« Pour qu'ils soient efficaces, qu'ils puissent faire des choses, il faut au moins 1 an à 18 mois. Après, **autonomes** dans le sens où piloter vraiment une étude de bout en bout, il leur **faut 2 à 3 ans**. Ils ne peuvent pas être autonomes tout de suite, tout seuls ».*
>
> *« Je dirais que s'ils sortent vraiment de l'école, **trois ans me parait être déjà un bon stade d'autonomie.** Après, l'autonomie se mesure en fonction des responsabilités qu'on leur confie ou de la façon dont ils se comportent… ».*
>
> *« **Pour être autonome c'est trois ans**, et puis pour être efficace, très efficace, deux ans ; et puis après s'il est encadré pendant 1 an et demi il peut conduire des activités de surveillance de design par les fournisseurs relativement rapidement, sous deux à trois mois… ».*
>
> *« Je pense qu'à **4 - 5 ans, ils sont autonomes**. Heureusement… ».*

Ces données tendent à éclairer le lien opéré par certains ingénieurs entre jeunesse des effectifs et sous-performance de l'unité que nous avions relevé plus haut. Les embauches intensives à la DIN et au CNEN ayant débuté en 2007, de façon concomitante avec le lancement du chantier de Flamanville, un délai d'assimilation de 3 à 5 ans pour ces ingénieurs permet largement de comprendre qu'en 2010, les ingénieurs de l'unité aient encore, malgré un fort accroissement de leurs effectifs, l'impression d'une sous-capacité à l'origine de leurs difficultés opérationnelles, et en particulier des retards. Il s'agit, tout simplement, d'un **effet de latence**, d'un **décalage temporel entre *croissance des effectifs* et *croissance des capacités réelles de l'unité*, induit par l'existence et la durée du délai d'assimilation.** Le schéma

ci-dessous, issu d'une communication antérieure (Garcias, Dalmasso, & Sardas, 2012), fournit une représentation très simplifiée du phénomène :

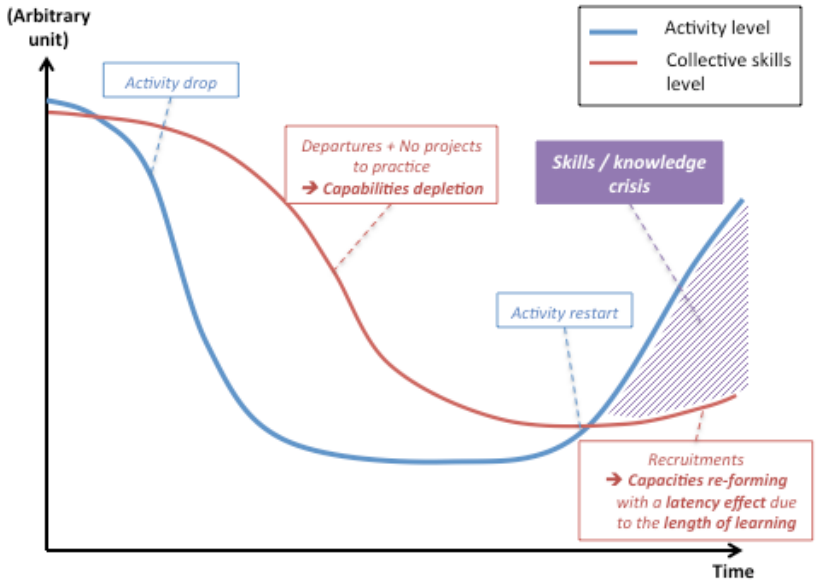


Figure 25 : Représentation simplifiée de l'effet de latence lié au redémarrage de l'activité et au délai d'assimilation (source : Garcias, Dalmasso, Sardas, 2012)

Ce décalage temporel entre croissance des effectifs et croissance des capacités est générateur d'une crise de capacités singulière, que nous pouvons qualifier de **« crise de ciseaux ».** Une crise de ce type ne se comprend qu'en prenant acte du fait que la taille des effectifs n'est pas représentative de la *capacité réelle* d'un collectif, et que cette dernière ne peut s'approcher qu'en tenant compte du « niveau » des ressources, c'est-à-dire de *leur position sur une trajectoire d'apprentissage*. Cette distorsion permet ainsi d'éclairer certaines des remarques qui nous avaient été adressées lors des entretiens, et certains aspects du sentiment de malaise par rapport à la « productivité » des ingénieurs du CNEN. En particulier, le directeur d'unité avait insisté sur l'importance de :

> *« la nécessité pour le CNEN de gagner collectivement en performance, en productivité, de travailler mieux et autrement car **avec 1500 personnes** (1000 salariés + 500 prestataires à plein temps), **il n'est pas normal que les salariés soient aujourd'hui débordés** ».*

Par ailleurs, cette crise de ciseaux permet de caractériser plus précisément les raisons pour lesquelles les acteurs RH rencontrés par les superviseurs de la QVT groupe avaient parlé de « *crise de croissance* » potentielle au sein du CNEN, et d'une « *charge de travail en croissance plus forte que la capacité du groupe à se développer* ». Par « *capacité à se développer* », nous pouvons désormais entendre capacité à résorber le délai d'assimilation, c'est-à-dire à transformer une « ressource » en véritable « capacité ».

Cependant, cet effet de latence n'explique pas pour autant à lui seul pourquoi la demande initiale formulait une préoccupation quant à un processus d'intégration jugé insatisfaisant voire défaillant. Nous avons donc, pour le comprendre, dépassé le strict constat du délai d'assimilation, et plongé dans

la compréhension des mécanismes par lesquels ce délai se résorbe, donc dans les microprocessus d'apprentissage.

B. La structure sociale singulière des services métiers : mise en évidence et facteurs explicatifs

Comme nous l'expliquions lors de notre « détour » théorique sur les conditions de l'apprentissage dans les activités de conception, le délai d'assimilation se résorbe essentiellement par socialisation et compagnonnage, soit par un jeu d'interactions informelles entre seniors et juniors qui permettent la transmission du savoir-faire. Cette condition implique de devoir étudier les structures sociales dans lesquelles les nouveaux entrants sont insérés, et donc les relations sur lesquelles ils peuvent s'appuyer pour capitaliser et apprendre de leurs expériences.

- **Des embauches massives concentrées sur les métiers**

Nous avons déjà relevé le caractère massif des embauches au CNEN, conduisant au quasi-doublement des effectifs sur la période 2007 à 2011 (culminant à une centaine de recrutements lors des dernières années). Or ce flux entrant n'a pas été uniformément réparti sur l'ensemble des composantes de l'unité. Il s'est concentré de façon prioritaire sur les services métiers du CNEN. Ceux-ci sont, en premier lieu, le lieu traditionnellement privilégié du « premier poste », la « porte d'entrée » de l'unité, comme l'expliquent le directeur de l'unité ainsi qu'un chef de service :

> *« Les jeunes, principalement, on les retrouve dans les départements techniques. Ça c'est historiquement, c'est la pratique historique. C'est la porte d'entrée ».* (Le directeur d'unité)

> *« Les métiers sont plus naturellement le premier poste dans l'entreprise : il est souvent chez nous, et donc on a une bonne part de notre croissance d'effectif qui est alimentée par des arrivées de jeunes ingénieurs ».* (Un chef de service métier)

Cette option institutionnalisée au CNEN est expliquée prioritairement par des questions de nature de l'activité : c'est dans les métiers que celle-ci y est considérée comme la plus formatrice. Les ingénieurs peuvent y travailler sur des études relatives à des projets concrets, sans pour autant connaître la pression constante de la performance qui rythme le travail dans les services projets, et qui est jugée peu adéquate à la progressivité de l'apprentissage. Ce choix d'une entrée par les métiers est par ailleurs cohérent avec les résultats des travaux sur la montée en compétence dans les activités de conception, qui ont mis en évidence que les métiers constituaient un espace relationnel privilégié, rendant possibles les interactions informelles et le compagnonnage indispensables à l'apprentissage.

Or cette *vertu* formatrice des métiers n'est que théorique, et suppose, pour que se déploient ces interactions formatrices, que des conditions structurelles soient réunies. Or la première caractéristique de la structure sociale des services métier du CNEN est l'abondance des ingénieurs faiblement expérimentés qui y travaillent, comme le relève ce chef de service :

> *« On embauche une centaine de personnes au sein du CNEN. On embauche essentiellement dans les métiers parce que l'on n'embauche pas des jeunes dans les projets, ce qui est logique. Donc les métiers concentrent beaucoup plus de jeunes que les projets, même si le chiffre par rapport à la population du CNEN ne paraît pas si énorme. Quand c'est 100 par an, ça veut dire 300 sur trois ans qui sont dans les métiers. Et on doit être 400 dans les métiers, donc on a* ***une population de gens qui ont moins de trois ans d'expérience qui est considérable, concentrée sur les services métier*** *».*

Or cette abondance, résultante de l'importance du flux entrant et de sa concentration au sein des groupes métier, rend nécessaire que d'importantes ressources expérimentées soient disponibles et affectées à des missions d'encadrement. Mais c'est ici que les choses se compliquent. Comme nous allons le voir, plusieurs services métier se trouvent précisément dans une situation de pénurie d'ingénieurs expérimentés, pour des raisons à la fois liées à l'historique et à un certain nombre de facteurs de blocage.

- **Une pénurie d'expérimentés générée par l'historique de l'unité**

À la fin des années 1990, au moment de terminer le palier N4, l'ingénierie nucléaire d'EDF pouvait compter sur un important vivier d'ingénieurs dépositaires d'une grande expérience, car ayant contribué au développement du parc de 58 réacteurs. Comme nous l'avons déjà dit plus haut, la conclusion du palier N4 a coïncidé avec une période de contraction très brutale du niveau d'activité au CNEN. Cette contraction s'est logiquement accompagnée d'une contraction des ressources, d'autant plus compréhensible que, comme nous l'avons vu en retraçant l'historique de cette période, l'incertitude sur l'horizon, voire la possibilité, d'une reprise de l'activité était très élevée. Il n'était à la fois pas envisageable pour EDF de maintenir inoccupés des ingénieurs très qualifiés, qui auraient eux-mêmes probablement refusé une telle situation. Les plus âgés d'entre eux ont ainsi pu partir tôt à la retraite, de nombreux autres ont été mutés dans d'autres activités d'ingénierie du groupe EDF : ingénierie du parc en exploitation très souvent, recherche et développement, voire ingénierie de production non-nucléaire pour certains. Pendant cette période, évidemment, le CNEN, qui conservait néanmoins une activité partagée entre ingénierie d'appui aux tranches en marche, retour d'expérience sur le palier N4 et études préliminaires à la Génération III de réacteurs, n'embauchait quasiment plus (un rythme de deux à trois embauches par an).

Certaines spécialités de métier ont particulièrement « souffert » de cette période d'absence d'embauches : celles qui étaient considérées comme les moins spécifiques au nucléaire, en particulier le génie civil et les matériels. Le chef du service MA (Matériels) a ainsi expliqué que son domaine d'activité n'était pas considéré comme prioritaire pendant la période de recrutements, ce qui explique une situation de pénurie d'expérimentés dans son service, mais au-delà dans l'ensemble des entités de la DIN sur ce périmètre de compétences :

> *« La partie matériel a été particulièrement « mal servie » il y a une dizaine d'années ; ce n'était pas le domaine de recrutement de l'entreprise. Donc l'ensemble des unités de la DIN n'ont pas de population de cette tranche d'âge ; il y a un* ***effet de l'histoire du recrutement****. […] il y avait des secteurs dans lesquels il y avait de l'embauche, mais les embauches étaient concentrées sur certains métiers plus clé, dans le renouvellement des populations et autres. […] Dans le fonctionnement cœur combustible par exemple, il y a eu plus d'embauches que dans le domaine des aspects matériels. Donc en fait on retrouve cette* ***pénurie de tranche d'âge*** *dans toutes les entités avec lesquelles on peut être en connexion, que ce soit le SEPTEN, le CIPN, le CNEPE, donc évidemment ceux qui en ont un ou deux les gardent ! »*

C'est donc un véritable phénomène démographique de « classes creuses » qui semble affecter l'ensemble du CNEN au moment de redémarrer son activité. Or, pour les services métiers, ce phénomène a été amplifié par la décision de la direction du CNEN, au moment du lancement effectif du projet Flamanville 3, de constituer une direction technique (DT) de projet très puissante et très expérimentée au sein même du service projet. Ce choix s'est fait notamment parce que les objectifs de performance affichés par EDF étaient très ambitieux, rendant nécessaire un démarrage rapide et sans « round d'observation ». Les descriptions données, par les acteurs interrogés, de cette direction technique sont à cet égard très éloquentes. Le directeur du CNEN replace ainsi cette décision dans son contexte d'un redémarrage « *au forceps* » de l'activité :

> *« En 2005, on relance la machine, et qu'est-ce qu'on fait ? On a constitué* ***une équipe avec les meilleurs*** *pour être au sein du Projet Flamanville, et puis faire avancer. C'est compliqué, mais ça avance : la construction commence, ça sort de terre, au forceps, mais ça arrive ».*

Le directeur technique de l'unité (directeur de l'ensemble des services métiers) ose lui une comparaison de la DT du projet Flamanville (composée d'une trentaine de personnes), avec un « *parc de Ferrari* », dont il explique qu'à l'époque où Flamanville était le seul projet du CNEN, cette direction technique était omnipotente au sein de l'unité, et que les métiers n'intervenaient qu'en simple support de celle-ci :

> *« Si l'on peut donner une image, c'est* ***un parc de Ferrari*** *qui est là. Des gens musclés,* ***grosse expérience****, performants, potentiel, ils en ont... Ça se comprenait parce que l'on redémarrait un projet en construction. Il y avait plein de services métiers avec des compétences variées. Pour redémarrer un système, il fallait mettre des gens de bonne capacité, qui savent démarrer le projet, relancer la machine et donc pouvoir piloter les métiers. Cette direction technique était pratiquement la direction de l'ingénierie du CNEN ».*

Le chef du projet (qui était donc celui qui pouvait disposer de ce « *parc de Ferrari* »), allait lui dans le même sens, en parlant d'une « *dream team* » constituée à l'époque pour compenser une situation globale de sous-capacité et de sous-effectifs au CNEN :

> *« Ça faisait quand même une dizaine d'années qu'on n'avait pas lancé de nouveaux projets, et donc **il ne restait plus grand monde**. Les effectifs du CNEN étaient de l'ordre de 500 ou 600, à peine. Donc il a fallu monter en puissance pour ça, donc le choix était vite fait : projet fort, donc on met une direction technique très forte, une "**dream team**", des gens qui ont eu beaucoup d'autorité, de pertinence, d'expérience à faire valoir pour Flamanville. Et c'est comme ça qu'on a, sur le projet Flamanville, une direction technique encore très forte aujourd'hui, très compétente, très expérimentée ».*

Mais il ne faut pas se méprendre sur le profil des ingénieurs constitutifs de cette « *dream team* ». Ceux-ci ne sont pas des gestionnaires de projet, des planificateurs ou des contrôleurs de coûts : ce sont des « gens de métier », des experts dans leur domaine de spécialité technique, en somme les « super-techniciens » de l'ingénierie nucléaire. Leur affectation fonctionnelle à la direction technique du projet s'est donc faite au détriment des services métier. Un chef de service explique, tout en concédant que l'« *on n'avait pas le choix* » de procéder autrement, « *on a mis du métier dans le projet* », au détriment du métier :

> *« On passe d'une logique de "task force" autour de Flamanville, qui date du milieu des années 2000, où l'on a mis tout le monde dans le service du projet Flamanville, au sens structurel du terme : on a mis du « métier » dans le service projet Flamanville. Globalement, on a mis beaucoup de ressources très hétérogènes directement sous l'autorité hiérarchique d'un chef de projet, pour que ça aille vite. Et je pense que l'on n'avait pas le choix ».*

Cette concentration de ressources au sein d'une « *task force* » a ainsi eu pour conséquences de priver les services métiers des « meilleurs », c'est-à-dire en l'occurrence des ingénieurs les plus expérimentés. Elle a aussi engendré, toujours selon le même chef de service, des difficultés d'ordre « identitaire » pour les services métiers à se positionner vis-à-vis d'une direction de projet aux prérogatives techniques très étendues :

> *« Vous avez donc **une entité projet dans laquelle vous avez mis des gens du métier**, et bien sûr comme c'était une "task force" !, que les ressources étaient rares, qui est-ce que vous avez pris au milieu des années 2000 ? Vous avez pris les meilleurs, ou les plus expérimentés. **Quelle est l'identité d'un service métier dans ce contexte-là ?** »*

En reprenant les dimensions de la « dynamique de métier » proposées dans les travaux de Jean-Claude Sardas (Kletz, Hénaut, & Sardas, 2014; Lefebvre et al., 2003b), nous pouvons ici constater une défaillance sur les trois dimensions : *cognitive*, du fait d'un déficit de compétences en lien avec l'insuffisance d'ingénieurs expérimentés ; *stratégique*, du fait d'un « pouvoir d'agir » amputé par la toute-puissance de la direction technique du projet ; *identitaire*, en raison d'une difficulté à construire sa légitimité et son identité « à l'ombre » de cette direction technique.

C'est notamment cette situation initiale d'un grippage de la dynamique des métiers du CNEN par pénurie de ressources expérimentées qui a incité la direction du CNEN à entreprendre la réorganisation de l'unité évoquée plus avant. L'un des buts premiers affiché de celle-ci (d'après le document Power Point de présentation de ses enjeux et objectifs) était en effet de parvenir à

l'« *excellence des métiers techniques* », via un meilleur « *équilibre entre projets et métiers* » et une « *évolution de l'organisation des services études* ». Or, le renforcement de la capacité technique des services études passe par une sortie rapide de cette situation de pénurie. Mais pour la résorber rapidement, compte tenu de la longueur du délai d'assimilation des jeunes, il faudrait que ces services puissent trouver à court terme des ingénieurs expérimentés… ce pour quoi, comme nous allons le voir, les conditions n'étaient pas favorables.

- **Les difficultés à résorber la pénurie d'expérimentés : rareté externe et rigidités internes**

Quelles voies s'offraient aux services métier du CNEN pour sortir à court terme de la pénurie de ressources expérimentées ? En réalité, il en existait peu : rapatrier les ingénieurs « de métier » concentrés à la DT projet de Flamanville et/ou recruter des expérimentés sur le marché externe au CNEN.

Concernant la première option, il est apparu que la direction du service projet Flamanville freinait fortement le processus de rééquilibrage des ressources, pourtant prévu dans la réorganisation de l'unité. Le directeur technique du CNEN, co-concepteur avec le directeur du schéma de réorganisation, nous avait notamment expliqué qu'un « *déshabillage* » de la DT projets serait une condition de possibilité majeure de la sortie du fonctionnement en mono-projet, et du recentrage des missions des services projet sur des enjeux non directement techniques :

> *« On ne les met pas complètement à poil, mais **on les déshabille pas mal** […] On va leur simplifier la tâche, et les remettre sur leur cœur de métier projet. […] Bien évidemment, ça veut dire que ça s'accompagne de **baisses d'effectifs à la direction technique du projet** ».*

Pourtant, le chef du projet Flamanville, quand nous l'avons interrogé à ce sujet, ne semblait pas vraiment sur la même longueur d'onde que le directeur des études, et se montrait beaucoup plus réservé sur l'éventualité de libérer ses ressources :

> ***« Il pourrait y avoir un transfert de personnel, mais il n'y aura pas de migration massive.** Ça va se rééquilibrer naturellement, comme ça. Les très anciens dans la direction technique sont là depuis le début du projet. Ils vont bien finir par partir… Mais il n'y a pas de migration massive prévue… ».*

Derrière les déclarations feutrées et prudentes, nous avons cru deviner, en souterrain, une véritable « bataille pour les ressources » entre la direction des études et la direction du projet Flamanville. Cette bataille était d'autant plus compréhensible que l'unité sortait à peine d'une époque où direction de projet et direction d'unité étaient, en pratique, confondues. Mais elle semblait poser un problème de fond et susciter une véritable hésitation structurelle pour la direction de l'unité : fallait-il, ou non, affaiblir la direction technique d'un projet « phare » en tension sur ses objectifs de performance ? L'un des directeurs adjoints posait la question dans toute son indécidabilité :

> *« Quand on redessine l'ensemble des services, il y a des compétences que l'on aimerait bien chercher à Flamanville. Avec plusieurs projets, c'est probablement la meilleure méthode. Après,* ***faut-il les enlever dès aujourd'hui du projet Flamanville ? C'est toute la difficulté*** *qu'on a pas encore complètement tranchée… ».*

Concernant la seconde option (recruter des expérimentés), et malgré les déclarations de bonne volonté de la direction du CNEN en ce sens, nous avons rapidement pu constater les difficultés rencontrées par les chefs de service à trouver et attirer des ingénieurs qualifiés susceptibles de combler le déficit d'expérience de leurs équipes. C'est un point qu'avouait volontiers le directeur du CNEN quand nous l'avons rencontré : on trouve « quelques » expérimentés sur le marché que l'on arrive à attirer, mais trop peu pour combler les besoins :

> *«* ***Interviewé*** *: Qu'est-ce que j'ai comme leviers ? […] j'ai le recrutement d'expérimentés et on en a fait un certain nombre...*
> ***Interviewer*** *: Le marché du travail en propose beaucoup ?*
> ***Interviewé*** *:* ***C'est compliqué à trouver****. On a beau avoir plusieurs millions de chômeurs […] Mais il y en a quand même quelques-uns : l'an dernier j'ai dû embaucher 10 expérimentés, sur 90 ».*

Dans les entretiens, plusieurs raisons étaient invoquées pour expliquer cette difficulté à trouver des expérimentés. La première était que la pénurie ne concernait pas qu'EDF, mais le secteur nucléaire dans son ensemble. Secteur qui, rappelons-le, compte peu d'acteurs sur le marché. Une seconde raison très fréquemment invoquée était la faible attractivité géographique du CNEN par rapport aux autres centres de la DIN, en raison du fait qu'elle soit la seule unité située en région parisienne (Montrouge), et que les dispositifs d'incitation à la mobilité existants au sein de la DPI rendraient cette destination financièrement moins intéressante que les centres de province.

Un chef de groupe nous a donné une illustration très éloquente de ces difficultés. Comme nous l'avons expliqué, l'une des modalités de la réorganisation était de créer de nouveaux rôles « transverses » de « pilotes », afin de résoudre les problèmes de coordination suscités par la multiplication des interfaces. Parmi eux, les « pilotes de bâtiment » devaient être chargés d'un rôle de coordination sur l'ensemble des études de génie civil et d'installation propres à un bâtiment donné. L'ambition initiale en matière de « gréement»[82] était d'affecter ces rôles de pilotes de bâtiment à des ingénieurs dotés d'une expérience d'une dizaine d'années : cette expérience était jugée indispensable compte tenu du niveau de maîtrise nécessaire des « savoirs d'interface » (Moisdon & Weil, 1996), qui impliquent d'avoir abordé de nombreuses facettes de l'activité et donc multiplié les expériences. Le chef du groupe « pilotes de bâtiments » décrivait ainsi quel était le profil attendu d'un « bon » pilote de bâtiments :

[82] Terme utilisé de façon abondante par les ingénieurs d'EDF pour qualifier une opération de constitution de capacités en vue d'une réalisation donnée. C'est un terme issu initialement du domaine de la navigation, comme l'indique la définition du Trésor de la Langue Française : « *équiper (un bâtiment) de tout ce qui lui est indispensable pour être en état de naviguer (voiles, cordages et poulies)* ».

> *« Il faut avoir de la bouteille. Pour être pilote de bâtiments, il faut avoir touché aux différents domaines, c'est-à-dire qu'il faut avoir appris… il faut avoir fait un peu de fonctionnement, un peu de matériels, un peu de contrats, de l'installation […] en théorie,* ***un bon pilote de bâtiments, c'est quelqu'un qui devrait avoir 10 ans d'ancienneté*** *[…] un poste à matériels : 3 ans ; un poste d'un fonctionnement : 3 ans ; et un poste à l'installation : 3 ans. Ça fait 9-10 ans, on y est ! Avec un petit peu de chantiers derrière… C'est quelqu'un qui aura tourné, qui aura eu des difficultés,* ***on n'apprend que sur la difficulté*** *».*

Mais rapidement, ce même manager devait reconnaître l'écart entre cet idéal et la réalité, en raison de la difficulté à trouver des ingénieurs expérimentés sur le marché, et par conséquent la nécessité de se replier sur l'embauche d'ingénieurs de moindre expérience, qu'il s'agit d'essayer de former rapidement :

> *« Bon, après, ça, c'est dans un monde idéal, mais* ***10 ans*** *[d'ancienneté, NDA],* ***on n'en trouve pas, parce que ça fait longtemps qu'on n'a pas refait de nucléaire****. Dans l'équipe je dirais, si je regarde les profils, je retrouve pas forcément ce profil-là. Donc l'idée qui était derrière, ça a été de recruter des ingénieurs généralistes, avec peu ou pas d'expérience, et que* ***je les forme sur le terrain, en accéléré*** *».*

En pratique donc, ce manager n'a trouvé aucune recrue avec 10 ans d'ancienneté dans le nucléaire, et son groupe est composé d'ingénieurs aux profils très divers ayant entre 3 et 5 ans d'expérience, dont certains n'ayant jamais travaillé dans le nucléaire auparavant. Mais, évidemment, cette solution de repli est beaucoup plus coûteuse pour lui : il doit consacrer beaucoup de temps auprès de ses recrues pour pouvoir dispenser cette formation « en accéléré » :

> *« C'est un travail au jour le jour, quand y a un truc qu'il sait pas, il vient, je lui dis : "va donc dans cette piste-là, ça devrait le faire !", puis après il déroule, et il dit : "ah oui, en effet ça marche". Voilà. Donc c'est un* ***travail permanent d'apprentissage*** *».*

Le chef d'un autre service nous a fait part d'un constat strictement identique. La difficulté à « *gréer les postes* » empêchait pour lui d'atteindre les objectifs d'embauche prévus dans les documents de gestion prévisionnelle des emplois et des compétences (GPEC). Or, comme la charge de travail continuait de croître avec la montée en puissance progressive des projets autres que Flamanville, l'activité générait de nouveaux besoins de ressources, que l'on pensait combler avec l'embauche d'expérimentés. Mais à défaut de pouvoir en recruter, les chefs de service se rabattaient sur de nouvelles embauches de jeunes :

> *« Dans nos GPEC on a dit "l'idéal serait d'avoir des ingénieurs expérimentés, référents un peu dans leur domaine, au sein de chaque groupe pour décharger les chefs de groupe". On connaît bien la situation qui serait idéale, sauf que* ***l'on n'arrive pas à gréer les postes*** *[…] Donc à force d'attendre, d'avoir des trous, et que l'activité se reporte sur d'autres, on dit "****on prend des jeunes****" ».*

On voit alors poindre le risque d'une véritable *spirale*, dès lors que les inexpérimentés sont utilisés comme recours pour résorber un déficit de capacités… causé, au moins en partie, précisément par la surabondance de jeunes au sein des équipes !

Pour enrayer cette spirale potentielle, et face à la double difficulté structurelle de recruter des expérimentés internes au CNEN et d'attirer des expérimentés extérieurs, certains managers ont alors, *a minima*, tenté de limiter l'hémorragie d'expérimentés, en différant des départs en retraite pourtant prévus. Un manager nous relatait ainsi le cas d'un ingénieur sommé de partir en retraite, mais retenu *in extremis*, qu'il estimait être un exemple à reproduire compte tenu des besoins de l'unité :

> *« Un des enjeux, c'est d'être capable de garder les gens qui ont le droit de partir plus longtemps […] Jusqu'à 2007 on les mettait dehors […] Moi j'en ai un, j'ai un de mes seniors, c'est mon coordonnateur Génie Civil, il est passé à deux doigts de partir. Il avait reçu sa lettre : "vous devez partir". C'était juste avant la réforme Sarkozy, là, qui a étendu... Donc il a répondu, il a écrit au Président d'EDF qui a dit "vous pouvez rester si vous voulez", mais il avait reçu sa lettre. Peut-être que ça, c'est une solution… ».*

Cette pratique allait même jusqu'à solliciter ponctuellement l'aide d'ingénieurs déjà retraités, sur des sujets ponctuels ou à des fins de transmission de leurs compétences, cette sollicitation pouvant notamment passer par les entreprises de prestataires. En pratique donc, certains agents d'EDF retraités continuaient à travailler pour l'ingénierie nucléaire.

Mais on devine que les effets de telles solutions ne peuvent être que locaux, ponctuels, et qu'elles ne permettent que de soulager des situations critiques. En réalité, c'est sur les épaules des managers de première ligne, comme nous allons le voir, que pesait la responsabilité effective de *compenser* cette pénurie.

3. Analyse du rôle des managers de proximité : une « mise en paradoxe » structurelle

Un directeur adjoint rencontré mettait directement en relation les trois phénomènes suivants : abondance des jeunes au sein des équipes, « creux » de ressources expérimentées au sein de ces mêmes équipes, et difficultés à assurer à l'ensemble des jeunes un « parcours d'intégration » suffisant, c'est-à-dire une formation sur le tas satisfaisante :

> *« Aujourd'hui on recrute plein de jeunes ingénieurs, ils rentrent tous en même temps. Ils sont tous sur la ligne de départ. Il y a ce gros creux qui est en train de se faire combler partiellement par des gens expérimentés, mais à un moment donné, on est quand même sur une pyramide qui se resserre […] le problème c'est qu'**il y a tellement de jeunes qui rentrent en même temps qu'on ne sait pas assurer le parcours d'intégration à tous les jeunes**. Ça c'est une difficulté, et c'est un peu ce sur quoi on bute ».*

Comment expliquer cette mise en relation ? Nous l'avons souligné plus haut, l'historique de l'unité, qui a vu se succéder une phase de compression des effectifs, et donc de départ d'expérimentés, puis une phase d'embauche massive de jeunes, a abouti à une situation de déséquilibre démographique très fort entre jeunes et anciens, avec un phénomène de « classes creuses », au niveau des groupes techniques. Cette situation place, dans de nombreux groupes, le manager de première ligne (MPL) en situation d'être le seul (ou presque) à être en position de dispenser à des jeunes en grand nombre les interactions informelles et formatrices dont ces derniers ont impérativement besoin pour faire sens de leurs « épreuves », et accroître progressivement leur niveau de maîtrise de l'activité. Nous allons à présent analyser plus finement les implications de cette situation.

A. La double mission des managers de première ligne dans l'unité : rôle théorique et conditions pratiques d'exercice

Historiquement, les managers ont toujours rempli, dans l'ingénierie nucléaire, cette fonction de « référent technique » auprès des jeunes. Car ils n'ont jamais été que de simples « managers » au sens générique du terme, mais également les « super-techniciens » des équipes métiers, les meilleurs spécialistes de leur domaine de compétence. Dépositaires d'une grande expérience et de nombreux savoirs, il leur incombait donc de devoir les transmettre aux nouveaux arrivants. De fait, ils ont toujours joué un rôle direct dans la transmission des savoir-faire et l'organisation de la continuité des capacités d'ingénierie. Un directeur adjoint expliquait ainsi :

> *« Je pense que le rôle le plus important pour bien intégrer les gens, c'est le rôle du chef de groupe. Quand moi-même j'étais chef d'équipe, c'était la chose vraiment la plus importante, parce que c'est le premier niveau, c'est le chef d'équipe, c'est là que ça se passe, c'est là que vraiment on doit faire que la personne qui arrive, à la fois monte en compétence, comprenne comment on travaille, travaille en équipe, etc.... ça me parait très, très important que ça se fasse à ce niveau-là ».*

Les managers de première ligne ont donc, traditionnellement, une *mission*, une *responsabilité formatrice*. Mais le même directeur adjoint ajoutait aussitôt que la situation dans laquelle les chefs de groupe sont placés infléchit directement la possibilité d'assurer convenablement leur mission de manager-formateur :

> *« **Les chefs de groupe sont débordés**. Dans notre organisation, de façon tout à fait normale, les chefs de groupe ne sont pas « que » des managers, mais sont également des techniciens, parce qu'**ils représentent une compétence technique, et c'est tout à fait normal**, on va pas prendre des managers quelconques pour piloter un groupe très, très fortement ancré dans la technique, c'est pas possible, ça ne marcherait pas ; mais il faut qu'ils fassent très, très largement leur rôle de manager, et pour quelques-uns uns c'est difficile à faire parce que, pris par la technique, pris par le fait qu'ils vérifient par exemple toutes les notes qui sortent de leur groupe, ils disent qu'ils n'ont pas le temps ».*

Ainsi, la responsabilité formatrice n'est pas la seule que doivent assumer les chefs de groupe : ils ont également une responsabilité technique, puisqu'ils sont garants des délais et de la qualité des études qui « sortent » de leur groupe. Ce qui implique un important travail de lecture, de correction et de validation des différentes notes produites par leurs subordonnés.

Nous avons interrogé cinq chefs de groupe du CNEN, un par service. Nous avons, à partir de ces entretiens, analysé en détail comment se présentait à eux la multiplicité de leurs missions, et comment, du fait de cette multiplicité et des ressources dont ils disposent (en fonction de la structure démographique de leur équipe et de la disponibilité ou non de référents expérimentés), ceux-ci assumaient leur rôle. Le tableau placé en annexe de ce document consigne les réponses données par les managers sur ces différents enjeux.

B. Analyse comparative de la situation des cinq MPL rencontrés

Cette analyse a, tout d'abord, fait ressortir clairement le fait que la mission des MPL ne se résume pas à un rôle managérial général (pilotage, animation, *reporting*, évaluation, etc.). De façon convergente avec ce que soulignait le directeur adjoint ci-dessus, ces managers se représentent leur mission comme une mission avant tout *technique* (1ère ligne du tableau) : tous insistent en effet sur la nécessité pour un chef d'équipe de disposer d'un socle de connaissances techniques fort, qui garantit leur légitimité, leur crédibilité auprès des ingénieurs qu'ils encadrent. Cette position de « super-technicien » se traduit bien par une double responsabilité à assumer :

- la responsabilité de la qualité des productions de leurs équipes, qui se traduit par un travail de **validation** des études menées par les ingénieurs ;

- la responsabilité de la montée en compétence des nouvelles recrues, qui se traduit par un **accompagnement** et de la formation « sur le tas » auprès d'eux.

Or, en fonction de la structure démographique des équipes qu'ils ont à encadrer, cette double mission se traduit en charge de travail de façon tout à fait différenciée. En effet, **plus l'équipe est jeune**, moins le manager dispose d'expérimentés pour prendre son relais sur la validation et l'encadrement technique, alors, **mécaniquement, le travail de validation sera d'autant plus exigeant**. En effet, des études réalisées par des jeunes impliqueront un niveau de vigilance supérieur dans la relecture, qui pourra même aller jusqu'à refaire certaines des études. Mais, de façon logique, l'activité d'encadrement technique auprès des jeunes sera elle-même d'autant plus génératrice de charge de travail. Les managers interrogés sont, pour quatre d'entre eux (tous à l'exception de Benoit[83]), responsables d'équipes qu'ils jugent très jeunes (2ème et 3ème lignes du tableau). Sur ces quatre, trois (Nicolas, Didier, Jean-Guy) ont pris leur fonction avec des équipes jeunes, mais ont pu, entre temps, attirer des ingénieurs plus expérimentés, dits « référents techniques », auxquels ils ont pu déléguer

[83] Les prénoms ont été modifiés pour respecter la promesse d'anonymat des entretiens.

une partie de l'activité de validation, d'encadrement, ou les deux. Un (Sylvain) ne dispose pas de telles ressources : il est aujourd'hui celui qui exprime le plus de difficultés.

Par ailleurs, tous ces managers disent évoluer sous la pression constante des projets et des plannings (4ème ligne du tableau) : il est frappant que quatre sur cinq rapportent devoir fréquemment refuser des activités, régler des conflits de priorités, ou demander des délais supplémentaires. Le cinquième, quant à lui, reconnaît des difficultés à « gérer les priorités », mais semble bénéficier d'une équipe particulièrement investie, qui va jusqu'à renoncer à des vacances pour tenir un planning… Cette pression à la performance, ces exigences fortes en termes de délai, semblent se traduire, à l'exception de celui qui dispose d'un groupe nettement plus expérimenté que les autres, par un engagement dans le travail extrêmement fort de la part de ces managers (5ème ligne du tableau).

Ces entretiens permettent donc de caractériser plus finement le phénomène de « goulot d'étranglement » dont faisait état la demande initiale de la direction du CNEN : bien qu'il soit plus ou moins prononcé selon la configuration des équipes, le déséquilibre démographique semble pouvoir expliquer non seulement les problèmes de surcharge de travail et de stress remontés, mais peut également éclairer les interrogations autour de la qualité de l'intégration et de la montée en compétence des jeunes.
On constate ainsi une ***mise en tension*** **forte entre le respect des exigences en termes de délai et la mission d'encadrement technique chez ces managers**. Compte tenu de leur situation, choisir de « tenir » à tout prix les délais imposés nuit nécessairement à la qualité du soutien et de la formation qu'ils ont pour responsabilité de leur dispenser. Par exemple, lorsqu'une étude est à rendre dans un délai serré, le manager peut choisir de mener l'étude intégralement lui-même ; ou, s'il décide malgré tout de la confier à un jeune, et que celui-ci produit un travail comportant des erreurs, il devra, pour tenir le délai, corriger lui-même ces erreurs sans offrir de *feedback* conséquent au jeune en charge de l'étude, le privant ainsi d'une précieuse occasion d'apprentissage. C'est ce que concède Didier lorsqu'il évoque le fait que, pour honorer ses engagements en terme de planning, il renonce à solliciter son équipe, et préfère « *faire lui-même* ». C'est ce qui fait dire à Nicolas que *la montée en compétence des jeunes est conditionnée par la disponibilité* des ressources expérimentées, au temps qu'elles ont à consacrer aux plus jeunes. Or le professionnalisme de ces managers, et l'attention qu'ils accordent à leurs équipes, semblent les conduire souvent à faire le choix inverse : privilégier la disponibilité auprès de leurs équipes et « sacrifier » les objectifs de performance.

On le voit, **la situation de l'unité fait reposer sur ces managers « de base » la responsabilité d'*arbitrer* constamment entre les différentes facettes de leur mission**, en l'occurrence, **entre la préparation de l'avenir** par la montée en compétence des jeunes **et les exigences de court-terme** liées à la performance des projets en cours : ***l'un paraît ne pouvoir se faire qu'au détriment de l'autre***. Cette situation a donc rendu pour eux dichotomiques, voire contradictoires, les principales dimensions de leur rôle.

C. L'impossible arbitrage : une interprétation en termes de « paradoxes »

Malgré leurs efforts, leur sur-engagement dans leur mission (donnant lieu aux niveaux élevés de surcharge et de stress reportés précisément sur cette population) et leur professionnalisme, plusieurs managers de première ligne ne semblaient tout simplement pas *en mesure* de pouvoir dispenser aux nombreux jeunes de leur groupe un encadrement nécessaire pour que ceux-ci surmontent dans les meilleures conditions et rapidement leur délai d'assimilation.

Nous avons pu confronter cet état de fait à l'opinion de jeunes concernés, que nous avons rencontrés dans le cadre d'entretiens. Unanimement, ces jeunes saluent la compétence et la bonne volonté de leurs managers. Mais ils reconnaissent également ne pas être encadrés, formés, accompagnés à hauteur de leurs besoins compte tenu de la complexité de l'activité qu'ils ont à apprendre. Cette relative frustration des nouveaux entrants quant à leur accompagnement par le management faisait, rappelons-le partie des préoccupations reportées par les acteurs RH rencontrés en préparation du diagnostic, et plusieurs entretiens l'ont confirmée :

> *« J'apprécierais effectivement des fois que le manager soit un petit peu plus disponible, et de ne pas juste le voir en coup de vent à chaque fois en expliquant très rapidement le gros point dur, parce que parfois on n'a pas le temps de rentrer dans les détails […] J'ai un peu l'impression que parfois, on a un peu moins d'avis, vu qu'on augmente en taille, sur le contenu en détail de ce qu'on met dans la note. Et des fois je me dis qu'ils ont tellement de documents à lire, enfin,* ***j'ai du mal à me dire qu'ils lisent dans le détail tous les documents qu'on leur soumet. Il y en a tellement !*** *».*

Ce témoignage d'une jeune embauchée est très explicite dans le lien direct opéré entre apprentissage et tenue des objectifs de performance. Et sur la difficulté intrinsèque à jouer de façon optimale sur les deux tableaux. Il y a donc un risque réel à ce que la situation retarde la montée en compétence effective de nombreux jeunes embauchés… et retarde corrélativement l'horizon d'une pénurie de ressources qualifiées, qui est précisément l'une des raisons de la difficulté à former et intégrer ! Ce risque pourrait en outre être catalysé si les taux de *turnover* sortant venaient à croître. Ce qui peut arriver si des jeunes sont maintenus trop longtemps dans une situation où ils n'ont pas l'impression de progresser, et restent durablement en « incompétence » Dalmasso (2009) l'avait constaté dans le cas des jeunes calculateurs dans le centre de R&D créé en Europe de l'Est), ou lorsque les individus sont usés par un climat de pression trop forte. Un manager de première ligne faisait part de sa crainte de voir ce risque se concrétiser :

> *« Et ensuite c'est le projet EPR qui les fera partir. Parce qu'il y a tellement de pression qu'au bout d'un moment, ce n'est pas forcément... Ça dépend comment ils le vivent ».*

Un ingénieur expérimenté rencontré était plus explicite encore sur ce risque de « *brain drain* », qui empêcherait le CNEN de capitaliser sur les investissements consentis pour former de nouvelles ressources. Il imputait ce *turnover* sortant à la charge de travail et aux responsabilités générées par le

projet Flamanville, qui auraient pour conséquence d'« user » rapidement les individus, et leur donner des velléités de départ :

> *« Je suis pas certain que les nouveaux embauchés aient envie de rester au CNEN […]* ***on a beaucoup de turnover ici****. Les gens viennent pour 3 à 4 ans.* ***Au bout de 3 à 4 ans, ils demandent qu'une chose, c'est de partir*** *[…] La charge de travail est pas négligeable. Les contraintes liées à Flamanville, c'est pas évident. La responsabilité n'est pas évidente. Vous êtes garant, garant de la qualité derrière, de ce que vous faites. Pour moi, mon approche (maintenant, est-ce que c'est la vérité ?), c'est la charge de travail. Et c'est la complexité de l'organisation, c'est...* ***les gens sont vite usés****. »*

Un autre MPL estimait en outre qu'une accélération du rythme des départs, dont il pensait percevoir les signes avant-coureurs dans plusieurs démissions inquiétantes, faisait courir le risque d'une difficulté à stabiliser les compétences générées :

> *« On a fait le constat que l'on n'assurait pas la pérennité des ressources, le constat que l'on avait des gens qui partaient et j'alerte [mes supérieurs] là-dessus. Je leur dis : "aujourd'hui j'ai eu deux démissions, au bout d'un moment ça commence à faire !" ».*

Nous avons donc constaté qu'il existait un **risque réel d'engrenage** contenu dans la situation de l'unité, même si nous ne disposions pas de données suffisantes pour pouvoir donner corps à cette hypothèse.
Toutefois, c'est la prise de conscience de ce risque d'engrenage qui nous a amenés à penser la situation de l'unité au prisme de la théorie des paradoxes organisationnels (Garcias, Dalmasso, & Sardas, 2013). Cette théorie, assez récente dans le champ de la théorie des organisations, se donne pour objet d'étude les situations organisationnelles dans lesquelles des « ***éléments contradictoires mais inter-reliés existent simultanément et persistent dans le temps*** »[84] (W. Smith & Lewis, 2011, p. 382), éléments entre lesquels il est **impossible de trancher**, mais qui créent des situations pouvant dégénérer en « spirales » ou en « cercles vicieux » si des décisions inadéquates sont prises (Eisenhardt, 2000). L'un des paradoxes fondamentaux traversant en puissance les organisations relevés par Smith & Lewis est celui qui procède du besoin de « *construire des capacités pour l'avenir tout en garantissant le succès pour le présent* » (*art. cit.*, p. 384), autrement dit de la juxtaposition d'exigences de performance à court-terme et du besoin de préparer la performance à long-terme. Ce paradoxe est qualifié de "*learning/performing*" par les auteurs.

Nous avons retrouvé, dans le cas du CNEN, les caractéristiques des situations paradoxales : la contradiction, l'interconnexion et l'indécidabilité.

- Premièrement, nous avons largement vu dans les paragraphes qui précèdent en quoi *l'apprentissage* (la montée en compétence des ressources inexpérimentées) et la *performance* à court-terme (respecter les objectifs, en particulier en terme de délais) étaient contradictoires,

[84] "*Contradictory yet interrelated elements that exist simultaneously and persist over time*".

« mutuellement exclusifs » au sein du CNEN, du fait de la pénurie de ressources expérimentées.

- Or, nous avons vu également que ces deux éléments ne pouvaient être considérés comme séparables, qu'ils étaient donc « inter-reliés ». Ils le sont à plusieurs égards. D'abord en ce qu'une même catégorie d'acteurs, les managers de première ligne, jouent un rôle fondamental dans la poursuite des deux objectifs, du fait des contraintes structurelles de l'organisation. En outre, nous avons vu que l'apprentissage ne pouvait avoir lieu, dans les activités de conception, que par une participation active des ressources apprenantes aux activités véritablement opérationnelles, donc par leur implication dans *des activités qui mettent en jeu la performance de l'organisation*, ce qui crée les conditions de la contradiction.

- Par ailleurs, ce qui singularise les paradoxes organisationnels, notamment par rapport aux situations telles que les simples « dilemmes », c'est que dans ces situations, le choix est interdit (Perret & Josserand, 2003a, 2003b) : il n'y a jamais de meilleure option, il est impossible de trancher entre les éléments contradictoires (d'où leur persistance dans le temps). Caractéristique que l'on retrouve dans le cas qui nous intéresse : trancher aurait signifié, par exemple, arbitrer clairement en faveur de la performance sur Flamanville au détriment des projets futurs et de l'apprentissage des jeunes. Cela aurait signifié reporter à une date ultérieure la résolution des tensions. À l'inverse, « sacrifier » Flamanville à court-terme aurait, d'une part, fortement nui à la compétitivité et à la réputation de l'entreprise, et, d'autre part, conduit à prolonger une situation de chevauchement d'impératifs difficilement conciliables. En aucune façon donc, les dirigeants du CNEN n'auraient pu donner clairement la priorité à l'une ou l'autre des options (sacrifier l'apprentissage *ou* sacrifier la performance sur Flamanville), car trancher aurait eu des conséquences encore plus graves (à court ou long termes, selon le cas) que de ne pas trancher. Mais cette indécision, au demeurant *logique* et *nécessaire*, concourait nécessairement à multiplier les situations d'arbitrage au niveau le plus bas où ils peuvent se faire, c'est-à-dire au niveau des managers de première ligne. C'est ce qui peut expliquer cet étrange paradoxe reporté dès les premiers entretiens menés par la QVT auprès des dirigeants du CNEN : certains se plaignent que trop d'arbitrages « *remontent* » au niveau supérieur (donc que les MPL sont incapables de décider) ; d'autres que trop de choses se décident à un niveau trop bas (donc que les décisions ne « remontent » pas suffisamment, et que les MPL prennent trop d'initiatives) : rien de plus logique que de se renvoyer mutuellement les arbitrages comme autant de « patates chaudes », *lorsque ceux-ci ne sont en fait pas des choix, mais des paradoxes*, c'est-à-dire des contradictions indécidables et ne pouvant donner lieu à aucune résolution « optimale ».

En résumé, cette lecture en terme de **paradoxe entre apprentissage et performance noué autour du « maillon » des MPL, des missions qui leur incombent et des ressources dont ils disposent pour les assumer**, nous a permis de dresser, en partant du niveau « micro », un tableau global susceptible d'éclairer la situation du CNEN, c'est-à-dire de mettre en cohérence les éléments épars constitutifs de la demande initiale des dirigeants de l'unité. La mobilisation du concept de paradoxe organisationnel

éclaire, selon nous, aussi bien le malaise lié à la « performance » que l'insatisfaction liée à l'intégration et à l'apprentissage des nouveaux entrants, la question du « *manque d'outillage des arbitrages* » que la « *surchauffe* » des managers de première ligne.

III. De la question de l'oubli organisationnel à la qualification d'une situation de « mur d'apprentissage »

Nos analyses nous ont, dans un premier temps, amenés à suspendre la possibilité d'une mise en évidence des différentiels de capacité à partir des différentiels de performance, du fait de l'instabilité et de l'indétermination forte des référentiels permettant de juger cette performance. Nous nous sommes donc centrés sur une analyse qualitative approfondie des ressources du CNEN, de leurs difficultés rencontrées dans leur activité. Cette inversion de la logique consistait donc à ne plus partir des *outputs* pour inférer des variations dans les *inputs*, mais à centrer l'analyse sur les *inputs* eux-mêmes. Nous pouvons donc à présent, compte tenu des analyses que nous avons menées et proposées plus haut sur ces *inputs*, revenir à la problématique de départ, qui était de savoir dans quelle mesure les difficultés du CNEN témoigneraient de capacités « perdues » ou « dépréciées », donc la question de l'existence ou non d'un « oubli organisationnel » au sein de l'ingénierie nucléaire.

Un premier niveau de réponse, considérant les capacités du CNEN de façon *statique* ou *photographique*, serait d'insister sur l'abondance des ressources en phase d'assimilation au sein du CNEN, qui infléchiraient négativement la capacité de l'unité à tenir ses objectifs de performance, du fait de leur moindre expérience. Cette situation est la résultante directe de phases successives : l'une de contraction des ressources expérimentées, l'autre d'afflux massif de ressources inexpérimentées, les deux phases se combinant pour **diluer l'expérience au sein du CNEN**.

Mais ce constat d'une dilution de l'expérience ne permet pas pour autant de statuer sur le fait que la « capacité productive » (Jacobides & Winter, 2005; Winter, 2003) du CNEN, c'est-à-dire sa capacité à mener à bien la « mission » qui lui est assignée dans des objectifs de performance souhaités, soit amoindrie, dépréciée ou insuffisante. Car le premier enseignement tiré de l'analyse de la situation et du rôle des MPL au CNEN, c'est que l'on ne peut considérer les ressources expérimentées comme pleinement tendues vers l'activité de « production », vers les *outputs*, vers la tenue des objectifs *productifs* de l'unité. Ces ressources ne sont, et ne peuvent être, « activées » pleinement à hauteur de leur *potentiel contributif*. Et la principale raison à cela, c'est le considérable travail d'encadrement technique dispensé auprès des jeunes de l'unité, généré précisément par la situation de dilution de l'expérience. Ce qu'une vision photographique des capacités risquerait de masquer, et ce que seule une analyse de l'*activité* concrète des individus dans l'organisation révèle, c'est que **les capacités ne produisent pas simplement des *outputs*, elles contribuent également à la génération de nouvelles capacités, de nouveaux *inputs***. Et, nous l'avons vu, pour de nombreux managers de l'unité, ce travail de génération d'*inputs* n'est pas une activité périphérique : la pénurie de ressources expérimentées, l'impossibilité pratique d'en trouver en externe et l'abondance des ressources à former **instituent cette mission au cœur même de l'activité**, et génèrent une « charge » rendant de fait problématique son

articulation avec l'activité rigoureusement « productive ». **Elle diminue en conséquence le potentiel strictement « productif » des capacités de l'organisation**.

Une pénurie de ressources expérimentées, une dilution de l'expérience, peut donc avoir un effet à double détente sur les capacités d'une organisation : elle génère une *diminution primaire* des capacités de l'unité, par le fait que de nombreuses ressources aient un faible potentiel productif direct ; mais aussi une *diminution secondaire*, par le fait que des ressources soient consacrées, *investies* dans la génération de capacités nouvelles.
Ces deux modalités d'infléchissement négatif des capacités de l'organisation procèdent des caractéristiques des activités d'ingénierie, qui nécessitent des temps d'apprentissage et de montée en compétence particulièrement longs, dont les modalités d'apprentissage sont inscrites dans le cœur de l'activité, et sollicitent des ressources productives pour pouvoir s'opérer. Nous pouvons, en cela, les qualifier d'**activités aux capacités auto-génératives**. L'auto-génération de nouvelles capacités, la production d'*inputs* par les *inputs*, y est une dimension à part entière de l'activité quotidienne. Les ingénieurs doivent donc trouver des modalités permettant d'articuler cette activité à leur activité plus directement « productive ». Or, nous avons ici observé la réunion de conditions rendant cette articulation problématique : d'un côté, un brutal resserrement du besoin de génération de capacités, par l'effet conjugué de phases successives de contraction et de croissance des effectifs ; d'un autre côté, un resserrement des contraintes de production, avec l'accroissement des exigences de performance sur le projet Flamanville. Cette situation, qui semble compliquer le passage d'un état initial à un état souhaité des capacités, nous choisissons de l'appeler **« mur d'apprentissage »**. Nous choisissons ce terme, car il permet de figurer correctement le caractère psychologiquement inhibant de la situation, son potentiel d'enfermement (le risque de cercle vicieux : que la pénurie de capacités empêche elle-même sa propre résorption), mais aussi l'effort que la situation rend nécessaire, le besoin d'un *saut* pour passer d'un état à un autre.

En conséquence, il semble que l'appréciation portée sur les « capacités » d'une organisation donnée ne puisse se faire qu'en considérant de façon extensive la « situation de gestion » (Girin, 1990; Journé & Raulet-Croset, 2008) dans laquelle celle-ci s'inscrit. Or, réduire la situation de gestion du CNEN à la seule tenue des objectifs de performance sur Flamanville reviendrait à oblitérer l'importance de son besoin de générer de nouvelles capacités pour résorber la pénurie liée au creux d'activité et préparer son activité future. Oublier en somme, comme nous l'avons vu en retraçant l'historique de l'ingénierie nucléaire, le rôle de trait d'union générationnel joué par ce projet, et le fait qu'il constitue une occasion unique de pouvoir réactiver et régénérer des capacités industrielles en sommeil en vue de préparer l'avenir (et que cet enjeu a été, comme nous l'avons vu, le principal objet des discussions quant à la date à laquelle il devait débuter). Donc ne pas reconnaître le caractère pluriel de la « situation de gestion » dans laquelle se trouve l'organisation.

Synthèse des apports du chapitre VII

Sur la base d'une analyse empirique, éclairée par des connaissances théoriques sur l'apprentissage dans les univers d'ingénierie, de l'*activité* des ressources expérimentées du CNEN (et en particulier des managers de première ligne), nous avons pu mettre à jour **la centralité de l'activité formatrice suscitée par le besoin de générer de nouvelles capacités** dans l'étiologie des difficultés rencontrées par le CNEN.
Nous avons introduit la notion de **situation de « mur d'apprentissage »**, que nous proposons de voir comme un **état critique *potentiel*** des activités dont la propriété est de reposer sur des capacités que nous qualifions d'**auto-génératives**.
Sous certaines conditions (réunies dans le cas du CNEN) se crée un **déséquilibre structurel** entre *capacités initiales disponibles* et *capacités à générer* à partir de ces capacités initiales.
Ce déséquilibre structurel **exacerbe la charge induite par le besoin d'apprentissage**, la rendant potentiellement contradictoire avec les activités directement productives, sur lesquelles la « performance » est le plus souvent jugée. Cette situation est génératrice de tensions multiples pour les acteurs comme pour l'organisation. Elle infléchit négativement la capacité productive à court-terme de l'organisation. Elle comporte le risque de freiner les processus d'apprentissage (soit par défaut d'encadrement, soit en suscitant un *turnover* excessif), et donc d'engager l'organisation dans un **engrenage**, où **le déficit de capacités se reproduit lui-même dans le temps**. Elle génère enfin également le risque d'une sur-sollicitation des ressources disponibles pour l'activité de formation.

Cette situation de « mur d'apprentissage » nous semble représenter un risque en puissance associé aux situations de réapprentissage consécutifs à de l'oubli organisationnel. Nous verrons, dans le dernier chapitre de cette partie, quels enseignements on peut tirer du cas de l'ingénierie nucléaire quant à l'action managériale en situation de mur d'apprentissage. Au préalable, nous souhaitons revenir sur la question des difficultés de perception et d'appréciation de cette situation problématique, en montrant comment l'articulation de cette situation avec d'autres enjeux d'apprentissage peut en faire un phénomène en partie *invisible*, ou du moins dont il est difficile de prendre la mesure.

Chapitre VIII : Un mur invisible ? Pluralité des réapprentissages et biais d'interprétation

Nous avons vu, dans la partie précédente, comment l'oubli organisationnel pouvait engendrer une situation critique, que nous avons qualifiée de situation de « mur d'apprentissage ». Dans le prochain chapitre, nous essaierons de réfléchir aux modalités possibles d'action managériale en situation de réapprentissage, en nous basant sur l'expérience de notre collaboration avec le CNEN. Nous jugeons auparavant nécessaire, en vue de mieux cerner les contours et les spécificités des situations de réapprentissage, de rendre compte d'analyses menées, dans le cours de notre collaboration avec le CNEN mais aussi au-delà, pour élucider un paradoxe à propos du « mur d'apprentissage ». Ce paradoxe est celui de la conscience très ambivalente qu'ont les différents acteurs de son existence ou de son caractère critique. Celui-ci peut en effet être tour à tour hyper-présent dans le discours des acteurs, ou alors relativement euphémisé, voire ignoré. Nous avons notamment vu, en étudiant les débats des années 1990-2000 autour de la date de construction du premier EPR, que de nombreux acteurs avaient anticipé sa possibilité très en amont. Donc que son existence potentielle était de connaissance commune bien avant le redémarrage de l'activité de conception de réacteurs. Or, en dépit de ce fait, tout indique qu'il reste, aujourd'hui encore, très imparfaitement et inégalement perçu ou apprécié par les acteurs concernés.

L'élucidation de ce paradoxe apparent nous a amenés à prendre en considération les principales explications alternatives des difficultés rencontrées par l'ingénierie de conception de réacteurs dans la phase de redémarrage de son activité. Nous avons identifié deux principaux registres explicatifs : le premier, issu principalement des justifications officielles d'EDF quant aux retards enregistrés sur le projet Flamanville, résidait dans le caractère de « tête de série » de ce projet, donc dans sa dimension innovante ; le second, remonté du diagnostic de terrain, mettait en avant la question du manque de « capacités de pilotage » et l'insuffisante activation des ressources au sein de l'ingénierie nucléaire.

Du point de vue de la recherche, ce travail devait permettre de confronter nos analyses à des « hypothèses rivales », ce qui constitue une étape nécessaire du travail d'élaboration théorique (Dumez, 2013, pp. 185-186). Pour Jacques Bouveresse, « *pour établir l'adéquation factuelle d'une théorie, on doit la confronter de façon systématique non seulement avec un univers plus ou moins autonome de faits empiriques, mais également avec des théories rivales* » (Bouveresse, 2012, pp. 162-163). Néanmoins, ce travail de confrontation a fait clairement ressortir que non seulement ces explications alternatives n'étaient pas « rivales » de la situation de « mur d'apprentissage » identifiée au chapitre précédent, mais qu'elles en étaient tout à fait complémentaires. Ce constat nous a conduits à élargir notre compréhension des situations de réapprentissage : dans le cas du CNEN, le réapprentissage se présente sous la forme d'une juxtaposition d'apprentissages hétérogènes mais interreliés et interdépendants, qu'il s'agit de savoir mener simultanément. Ce qui constitue toute la spécificité et la criticité de la situation.

I. L'incertain « effet tête de série » : quelle obsolescence des capacités de l'ingénierie nucléaire ?

1. Le nucléaire, une industrie « à coûts croissants » : les effets paradoxaux de l'expérience

Les difficultés rencontrées par EDF dans la réalisation de l'EPR de Flamanville 3 ne seraient-elles pas, en dernier ressort, explicables par le statut de « tête de série » de l'ouvrage ? C'est en tous cas la thèse la plus fréquemment défendue par l'entreprise elle-même, et plusieurs éléments plaident pour ne pas y voir qu'un artifice rhétorique. Le premier de ces éléments réside dans l'historique des « performances » économiques de la construction et de l'exploitation du parc français. Même si les études scientifiques sur le sujet sont à ce jour peu nombreuses[85], celles-ci montrent un phénomène surprenant de croissance des coûts et des délais de construction dans le temps. Le graphique ci-dessous met clairement le phénomène en évidence dans le cas des délais :

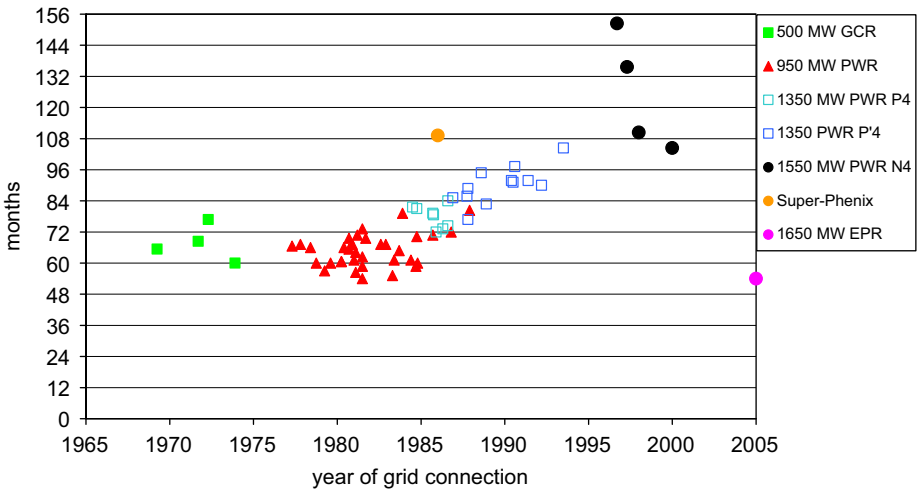


Figure 26 : Délais de construction (en mois) des réacteurs français en distinguant par palier technologique (source : Grubler, 2010)

Dans son article, Grubler (2010) parle significativement d'un « *cas d'apprentissage par la pratique négatif* » (“*a case of negative learning-by-doing*“) pour qualifier l'évolution dans le temps de la « performance » dans la construction des réacteurs français. Il précise en outre que le même phénomène se retrouve, de façon d'ailleurs nettement plus prononcée, dans le cas des réacteurs

[85] Les données économiques relatives à la construction du parc français ont très longtemps été entourées de secret, mais sont disponibles depuis le début des années 2000. Il faut savoir que la France est, avec les Etats-Unis, la seule puissance nucléaire où ces données ont été rendues publiques (ce n'est le cas ni du Japon, ni de la Russie, ni évidemment de la Chine, notamment). De ce fait, l'étude de l'impact économique de l'innovation dans le domaine de la construction de réacteurs de puissance est encore largement une *terra incognita*, même si plusieurs travaux ont récemment défriché le sujet, auxquels nous faisons référence ici. Parmi eux, on trouve des travaux du Centre d'Économie Industrielle de l'École des Mines de Paris, voir Lévêque (2013b) et Berthélemy (2013).

américains. Lévêque (2013a, 2013b) parle quant à lui d'une « malédiction des coûts croissants » comme pathologie structurelle du secteur de la construction de nouveaux réacteurs.

On peut considérer cette dérive de façon globale, en remarquant simplement qu'« *un facteur 4,4 sépare le coût de construction des quatre premiers de celui des quatre derniers réacteurs français. Pire, le dernier réacteur construit (Civaux 2) coûte 7,5 fois plus que le moins cher jamais construit (Bugey 4). Du coup, la technologie nucléaire apparaît comme intrinsèquement incapable de maîtriser ses coûts et* ***imperméable aux gains d'apprentissage*** » (Lévêque, 2013a, p. 34). Lévêque se demande ainsi, exactement comme Grubler, pourquoi « *le coût de construction des centrales nucléaires n'a pas diminué dans le pays qui réunissait pourtant les conditions les plus propices à un tel phénomène* » (p. 35), faisant référence au contexte institutionnel spécifique de la France (centralisation à travers un opérateur unique, confusion du « principal » et de l'« agent », stratégie technologique de réplication maximale par palier technologique…), mis en place sous l'impulsion de l'État et, comme nous l'avons vu, de la direction de Marcel Boîteux à la tête d'EDF (voir **chapitre III**).

Mais ce tableau global masque une réalité plus contrastée. Lévêque a en effet montré que la France enregistrait bien (contrairement aux Etats-Unis), *au sein de chaque palier technologique*, des gains de performance substantiels en construction, imputables à la standardisation technique, aux effets d'échelle et à l'accumulation d'expérience par les opérateurs industriels. Ce contexte français a donc permis de « *puissants effets d'apprentissage* » (*ibid*), ce qui fait dire à Grubler que le programme nucléaire français est, indéniablement, un spectaculaire succès industriel. Mais comment alors expliquer, malgré ces effets d'apprentissage, cette « malédiction des coûts croissants » ? La réponse apportée par Lévêque comme par Grubler est celle du changement technologique : « *la standardisation et* ***les effets d'apprentissage qu'elle permet ont buté sur les changements de modèles de réacteurs*** » (Lévêque, 2013b, p. 36). En effet, on constate à chaque « saut de capacité », c'est-à-dire lors du passage des REP à 900 MW aux REP à 1300 MW, puis de 1300 à 1450 lors du passage au palier N4, de fortes hausses de coûts et de délais de construction, que l'on n'a pas réussi, compte tenu des données disponibles, à expliquer autrement que par « *des modifications technologiques substantielles et coûteuses* » (*ibid*.).

En résumé : chaque génération de réacteur est globalement plus coûteuse que la précédente… mais des effets d'apprentissage sont néanmoins possibles à partir de la réplication d'une « tête de série » initiale, grâce à contexte institutionnel rendant possible la standardisation et les effets d'expérience. Cette structure est particulièrement manifeste dans le cas du N4, comme en témoignent les 4 points noirs sur la **figure 26** : on remarque nettement l'ampleur de l'« effet tête de série » sur la première tranche construite (Chooz-B-1), mais aussi les gains de performance réalisés sur les trois tranches suivantes, qui évoquent clairement la forme d'une courbe d'apprentissage.

Comment expliquer cette dynamique singulière ? Dans le cas français, Grubler comme Lévêque ont souligné le rôle joué par la volonté de « franciser » progressivement la conception des réacteurs pour s'affranchir de la licence américaine dans la dynamique de croissance des coûts et des délais. Rappelons que les premiers REP mis en service l'ont été dans des temps très rapides, car ils étaient à peu de choses près des « calques » des modèles de Westinghouse. Le palier P'4 a été une première étape de la francisation du *design*, et cette évolution s'est traduite par des délais de construction sensiblement plus longs (90 mois contre 78 en moyenne pour le palier P4, pourtant de même puissance). Le N4 fut le premier modèle français de réacteur de conception entièrement originale, par

ailleurs plus complexe technologiquement, puis puissant, et ayant acheté l'intégralité de ses composants en France : c'est à ce stade que l'effet « tête de série » s'est manifesté le plus violemment pour EDF, à travers l'explosion des coûts et des délais. Grubler parle ainsi d'une « *érosion graduelle de la détermination d'EDF à standardiser* », s'étant traduite par de « *nombreux changements dans la conception* » des réacteurs (2010, p. 5178).

Une explication, plus générale, veut que cette baisse des performances économiques dans le temps soit un effet paradoxal de … l'expérience. C'est ainsi que Grubler (2010) parle de « *negative learning-by-doing* », dont la « loi » est pour le moins surprenante (et inquiétante pour la soutenabilité économique du nucléaire !) : « *à mesure qu'on applique la technologie, la complexité de celle-ci s'accroît inévitablement, conduisant à des tendances intrinsèques à l'escalade des coûts, qui limitent, voire annulent les possibilités d'apprentissage (réduction des coûts)* » (p. 5186). En d'autres termes, la dynamique de l'innovation dans le nucléaire serait celle d'une complexification et d'une densification croissante des systèmes techniques. Lévêque va dans le même sens, en parlant de « *déséconomies d'échelle* » : les réacteurs devenant plus gros, ils ne deviennent pas plus économiques, mais en réalité plus coûteux. Et ce d'autant plus qu'ils sont censés devenir progressivement plus sûrs, à mesure que se renforcent les exigences exprimées par les autorités de sûreté, qui pèsent directement sur l'efficacité du travail de conception et de construction, en ce qu'elles appellent un important travail de mise en conformité, de justification et de révision des choix. Lévêque considère même que « *l'inflation de la réglementation de sûreté est de loin le principal facteur de l'escalade des coûts observés aux États-Unis. Son durcissement impose de multiplier les pièces et composants de secours, d'épaissir les enceintes de protection, d'isoler les salles de commandes, etc. Les ingénieurs répondent aussi à ces exigences accrues par une plus grande complexité des équipements et des systèmes* » (p. 32). L'intensification de l'exigence de sûreté pesant sur les nouveaux réacteurs a ainsi certainement été un des faits les plus marquants de l'évolution du secteur depuis la fin des années 1990, et nul doute qu'elle a joué un rôle majeur dans cette singulière « malédiction des coûts croissants » : ceux-ci n'étaient peut-être finalement rien d'autre que le « prix » de la sûreté, qui s'est érigée en impératif majeur d'acceptabilité sociale de la technologie après l'accident de TMI. L'accident rendait en effet indispensable d'apporter des améliorations substantielles par rapport aux réacteurs REP construits dans le sillage du plan Messmer, et technologiquement proches du réacteur de TMI ayant connu une fusion partielle de son cœur.

2. Quel poids du saut générationnel pour l'EPR ?

On le voit, le régime d'évolution technico-économique de l'industrie nucléaire est pour le moins original, en ce qu'il conjugue des phénomènes contradictoires d'apprentissage par la standardisation et par accumulation d'expérience, et l'annulation partielle de ces effets d'apprentissage par une dynamique de changement technologique, de complexification et d'inflation réglementaire. Or la manipulation de données économiques agrégeant des facteurs multiples ne permet pas véritablement de démêler l'entrelacs de ces forces contradictoires. Ainsi, pour François Lévêque, faire émerger clairement quels sont les facteurs explicatifs principaux d'un renchérissement ou d'un allongement global des délais relève de la gageure : « *comment expliquer cette anomalie [la croissance structurelle des coûts, NDA] ? De très nombreux facteurs peuvent avoir joué, tel le renchérissement du prix des matériaux et des équipements ou l'absence d'économies d'échelle. Les observations chiffrées […] sont* ***la résultante de***

***plusieurs forces indécelables à l'œil**, qui peuvent **masquer des causes agissant en sens contraire et de poids plus ou moins grand** »* (p. 30).

On retrouve ici explicitement, appliqué à l'industrie de construction des réacteurs nucléaires, le « piège » théorique de l'articulation entre *learning-by-doing* et innovation/obsolescence dans les modèles d'apprentissage et d'oubli organisationnel, que nous avions souligné dans notre revue de littérature. La fixation sur des indicateurs agrégés ne permet pas de pondérer « à l'œil », et de manière fiable le poids respectif des facteurs à l'origine d'une baisse de productivité.

Appliqué au cas de l'EPR, nous voyons que ce piège se referme à nouveau. Il n'y a, en effet, aucune raison valable à ce que l'EPR échappe tant à la « malédiction des coûts croissants » qu'à la fatalité du surcoût des « têtes de série ». Certains acteurs du CNEN rencontrés lors des entretiens ont, par ailleurs, insisté sur le fait que l'EPR représentait pour eux un saut technologique substantiel, et nécessitait des efforts conséquents d'adaptation et d'apprentissage pour traiter ses « effets de nouveauté ». Certains entretiens menés avec des ingénieurs expérimentés ayant connu les paliers antérieurs cadraient d'ailleurs exactement avec les analyses de Grubler et Lévêque sur la dynamique d'évolution des réacteurs d'une génération sur l'autre, et au sein d'une même génération. L'un d'entre eux explique ainsi :

> *« Dans les temps historiques, la culture du CNEN, qui a toujours fait des têtes de série, c'était qu'on faisait des têtes de série, mais derrière on faisait 3, 4, 6, 10 tranches pareilles. Donc moi, j'ai vécu Chooz B1, première tranche du palier N4, et avec tout ce qu'on a galéré sur Chooz B1, Chooz B2 c'était du bonheur : on avait tout ! **Flamanville on l'a pas, il n'y a rien** ».*

Cette citation rappelle que le palier N4 avait donné lieu aux difficultés inhérentes à une « tête de série » (« *on a galéré sur Chooz-B-1* »)[86]. Mais aussi que les tranches suivantes à cette « tête de série » avaient requis un investissement beaucoup moins lourd dans la conception (« *c'était du bonheur : on avait tout !* »). On retrouve donc ici simultanément le besoin d'apprentissage généré par le premier réacteur de la lignée, ainsi que la possibilité de pouvoir capitaliser sur cet apprentissage grâce à la standardisation. Sur Flamanville, la problématique est différente : « *il n'y a rien* », c'est-à-dire qu'il ne s'agit plus de répliquer une tranche déjà conçue. Plusieurs difficultés apparaissent alors, toujours selon le même acteur : d'une part, les fournisseurs changent, ce qui est d'une importance critique quand on connaît le rôle du CNEN, architecte-ensemblier, intégrateur du « Grand Meccano » (Sapy, 2012) de compétences nécessaires pour concevoir et construire un réacteur. D'autre part, le fait de ne pas avoir de données d'entrée exhaustives dans la conception de détail incite les ingénieurs à vouloir sans cesse apporter des améliorations, à raffiner le *design* indéfiniment :

[86] Des ingénieurs du CNEN ayant vécu la période du N4 nous ont rapporté que la principale source de difficultés (et donc de retards) sur ce palier avait été le déploiement du système de contrôle-commande, qui était alors le premier en France à être intégralement informatisé et automatisé. L'un d'eux nous a ainsi expliqué qu'un problème était survenu avec les automates, fournis initialement par Cegelec, qui ne respectaient pas le cahier des charges.

> *« Quand vous faites une "tête de série", on dit "ah il faudrait peut-être rajouter une petite ..., ah ben là, tiens, on va mettre quelque chose, c'est trois fois rien !". Non : trois fois trois fois rien c'est le foutoir ! ».*

Le statut de « tête de série » laisse donc aux ingénieurs une impression de « champ libre », un terrain de jeu potentiellement infini. Nous avons vu que c'est là une tendance contre laquelle Marcel Boîteux avait lutté pied-à-pied, car il voyait dans cette latitude d'action ressentie l'ennemi numéro un de la réussite d'une stratégie d'optimisation des coûts de conception. Le directeur des études du CNEN faisait un constat analogue, en pointant en outre une « créativité » instinctive supposée des ingénieurs qu'il s'agit de réfréner pour assurer la réussite d'une stratégie de standardisation, et maîtriser les coûts et les délais :

> *« Chacun aime bien mettre son coup de patte, c'est un peu comme les artistes. C'est comme si chez Renault, on développait une voiture et que les chefs de projets commencent à changer, pour une même voiture, le type de moteur, le type de roue… C'est ingérable […]. Les ingénieurs disent toujours "je vais faire mieux que mon prédécesseur", donc une volonté de rajouter son coup de patte pour essayer de mettre un truc un peu plus simple ou un peu plus compliqué... C'est la tendance naturelle de l'ingénieur, il est là pour ça, il est "ingénieux" donc il va introduire des choses "ingénieuses"… ».*

Cette tendance au raffinement, à la micro-modification, pourrait être perçue comme mineure. Or, dans la conception d'objets ou d'ouvrages à haute complexité, des modifications, aussi « incrémentales » soient-elles, peuvent engendrer des perturbations « en cascade » particulièrement fortes, compte tenu de l'abondance des interdépendances, des interfaces, et des propriétés systémiques des objets[87]. Ce constat avait notamment été fait par Benoît Weil dans l'industrie automobile, en remarquant que « *le phénomène de propagation, selon lequel une modification locale peut déclencher une réaction en chaîne qui de proche en proche oblige à revoir des composants sans relation apparente avec le premier composant incriminé, rend la coordination encore plus difficile à maîtriser et à anticiper* » (Weil, tome 1, p. 296). Phénomène de propagation qu'illustre bien cette citation du directeur des études du CNEN :

> *« On a des ingénieurs ingénieux qui ont toujours des grandes idées pour faire évoluer les choses. Quand vous modifiez les choses, après vous réintroduisez des nouveautés qui font que ce qui marchait bien, ne marche plus correctement le lendemain. On est quand même sur des processus complexes ».*

[87] Toujours dans l'« affaire » des automates de contrôle-commande sur le palier N4, un ingénieur nous a confié que le fait de devoir « *repartir à zéro* » suite aux défauts constatés sur le produit fourni par Cegelec avait, en tout et pour tout, coûté un retard de deux ans pour les quatre tranches du palier : « *l'automate n'était pas capable de respecter le cahier des charges. Donc le projet a été arrêté, on est reparti de zéro, on a fait un nouveau cahier des charges, on a changé de produit, on a changé d'automates programmables et on a refait tout, on a refait la programmation, la fabrication, tout... Ça, ça explique de l'ordre de deux ans de retard sur le projet. Et là vous pouvez l'appliquer aux quatre tranches, parce qu'elles étaient toutes lancées* ». On voit ici à quel point les technologies complexes sont des systèmes fragiles, vulnérables à des problèmes locaux. Et on voit aussi une limite potentielle à la stratégie de réplication… si un défaut se manifeste, il se manifeste sur toute une série, et a des conséquences éventuelles bien plus lourdes que dans le cas de conceptions plus individualisées. C'est un facteur limitant important des effets de standardisation.

Ainsi, même une micro-modification qui est introduite initialement pour gagner du temps ou réaliser une économie peut, dans les faits, produire l'effet inverse, par la chaîne d'autres modifications qu'elle peut engendrer à son tour :

> *« Par contre un moment donné un ingénieur qui a travaillé, qui est sur un système élémentaire et qui souhaite faire telle modification. Il lance une modification qui ne sera pas forcément... Modifier le génie civil, modifier le supportage et en fait au bout du compte il pensait pouvoir faire une économie et à la sortie, il faut des heures pas possibles en termes de délais, de reprise d'études, etc. C'est toute la difficulté qu'il y a ».*

On peut voir dans cette amplification par diffraction des effets de l'introduction de changements une autre explication de la discipline de fer imposée à ses ingénieurs par Boîteux, et la raison de l'insistance de la direction du CNEN sur l'impérieuse nécessité d'une réplication maximale des études de Flamanville pour la construction des tranches futures, qui doivent permettre d'amortir les investissements consentis et le surcoût de la « tête de série ». Ce qui rejoint le constat de Weil selon lequel « *un enjeu de la rationalisation de la conception est de limiter l'étendue de la propagation* » (*ibid.*).

À ces propriétés inhérentes aux processus de conception de façon générale, et aux situations de conception d'une « tête de série » en particulier, se surimpose, pour certains ingénieurs, la complexité intrinsèque de l'EPR. Un manager chargé de questions d'installation et de génie civil expliquait ainsi que, par rapport aux générations précédentes, l'ouvrage était plus compact, plus dense, ce qui posait des problèmes inédits pour l'ingénierie, tant en termes de ferraillage du béton que d'installation à l'intérieur des bâtiments :

> *« L'EPR, c'est une usine beaucoup plus compacte, beaucoup plus serrée, beaucoup plus petite, c'est-à-dire qu'on a mis plus de choses dans un volume moins grand, c'est tellement compact en termes d'installation, ça prend énormément de temps à réussir à rentrer au chausse-pied tout le bazar […] on a un degré de compacité importante, donc une complexité de réalisation du génie civil d'autant plus importante, en termes de ferraillage. En plus de ça, on a changé le référentiel génie civil sur l'EPR, c'est-à-dire que maintenant on a des codes plutôt européens que... les euro-codes, ainsi de suite, qui complexifient le ferraillage, qui augmentent la densité […]. On a un facteur de densité de ferraillage qui n'a rien à voir avec le parc ».*

Cette remarque sur le génie civil a son importance, quand on sait que le génie civil a précisément été l'un des domaines critiques sur lesquels l'ASN a imposé d'importantes révisions de la conception, allant même jusqu'à arrêter le chantier suite au constat de défauts dans la construction. Un directeur technique de projet abondait d'ailleurs dans ce sens, lorsqu'il énonçait les raisons qui lui semblaient expliquer les difficultés et les retards sur Flamanville :

> *« Ce qu'il faut dire aussi ce que entre ça ou ça [il montre les durées de construction des paliers antérieurs sur un graphique, NDA] et l'EPR il y a un saut de complexité qualitative considérable en termes de volume déjà, c'est-à-dire beaucoup plus d'équipements, beaucoup plus de béton, beaucoup plus de complexité concernant le génie civil par exemple, il y a des raisons objectives pour que ce soit plus long que ça ou que ça. Donc voilà, ce sont des éléments qui valent ce qu'ils valent ».*

Mais quelle est l'ampleur de ce « *saut de complexité* » ? Dans quelle mesure a-t-il généré des besoins profonds de mise à niveau, d'ajournement des savoirs pour les ingénieurs du CNEN ? Quelle a été l'ampleur de la déstabilisation induite par ces modifications qui, autant que l'on puisse en juger, ressortissent davantage au domaine de l'innovation incrémentale (densification, accroissement de la puissance, renforcement des redondances…) que de celui de l'innovation radicale (ou de rupture) ? C'est une question à laquelle il semble difficile de répondre dans le cadre de cette thèse, parce que nous ne disposions pas d'un matériau et de méthodes de recherche adaptées pour l'affronter. En outre, nous ne pouvions pas nous appuyer sur un jugement externe catégorique permettant d'y voir plus clair. Nous avons déjà dit par ailleurs que le vocabulaire du changement de « génération » (de la II à la III) n'était pas, pour les experts en réacteurs, « *dépourvu de considérations marketing* » (Sapy, 2012). Par ailleurs, dans la comparaison par rapport au palier N4 dont l'EPR est considéré comme dérivé, le caractère « évolutionnaire » de la conception (donc évolutif… sans être « révolutionnaire » pour autant !) laisse planer une ambiguïté assez forte sur le degré d'« hérédité en connaissances » (Le Masson et al., 2006) contenu dans le saut générationnel. Et donc sur l'intensité éventuelle d'une crise d'obsolescence des compétences à l'origine d'au moins une partie des difficultés du CNEN.

3. Innovation, creux d'activité et renouvellement générationnel : neutralisation ou renforcement des effets de réapprentissage ?

À supposer que l'on soit en mesure de trancher l'ambiguïté autour du degré d'innovation contenu dans l'EPR précédemment identifiée, serait-on pour autant en mesure de mesurer le poids relatif du besoin d'apprentissage généré par ce caractère innovant par rapport au « mur d'apprentissage » caractérisé dans le chapitre précédent ? En posant cette question, nous ne sommes pas très éloignés de la difficulté pointée par François Lévêque à faire le départ « à l'œil nu » entre des facteurs se combinant et agissant potentiellement en sens contraire. Or, cette difficulté, nous l'avons précisément retrouvée dans le discours des acteurs eux-mêmes. Ceux qui invoquaient la question du changement technologique induit par l'EPR faisaient généralement immédiatement le lien avec l'interruption de l'activité et ses conséquences en terme de compétences. Cette inséparabilité cognitive de facteurs pourtant *a priori* disjoints se retrouve ainsi dans les verbatim, comme en atteste ce passage, extrait d'un entretien avec un chef de groupe, qui glisse immédiatement d'un registre explicatif vers l'autre :

> *« Dernier point pour finir, c'est un prototype. C'est un proto, c'est une tête de série. Alors vous allez me dire, y a le projet finlandais devant certes, mais pour EDF, c'est son proto. Et un proto, en terme de planning, ne peut pas être considéré comme un planning de série […] et puis un prototype, c'est pas un effet série, donc c'est beaucoup plus complexe, on se heurte…* ***Ça fait 20 ans qu'on n'a pas refait de nucléaire et maintenant y a beaucoup de choses à réapprendre*** *».*

Ce chef de service, doté d'une longue ancienneté au sein du CNEN, procédait à la même association d'idées, mais en sens inverse. Il ajoute également que le « saut générationnel » de l'EPR est plus important que celui des changements de palier précédents :

> *« Il y a plus de 20 ans qu'on n'avait pas conçu une nouvelle unité. Et il y a 20 ans, quand on avait construit les unités précédentes, elles étaient évoluées par rapport à la génération d'avant, mais assez peu, il y avait pratiquement que le contrôle commande qui était différent. Là on a une conception totalement nouvelle et donc on est en train, on va dire, d'essuyer les plâtres, de débugger au fil de l'eau, on voit les problèmes arriver et on en est là ».*

Ces associations d'idées opérées par les acteurs entre le besoin de « réapprentissage » généré par l'interruption de l'activité et le besoin d'apprentissage lié au statut de tête de série est révélateur. Il montre qu'il est impossible de pouvoir raisonner « toutes choses égales par ailleurs », et donc que **la « situation de gestion » du CNEN maille bien plusieurs apprentissages liés entre eux, mais dont il semble difficile de pondérer l'importance relative « à l'œil nu »**.

Cette impossibilité d'un tri cognitif, d'une séparation/hiérarchisation des facteurs, est d'ailleurs présente dans les analyses menées par les économistes quant aux difficultés rencontrées sur les « têtes de série » EPR d'Olkiluoto et Flamanville. François Lévêque, quand il se demande si l'escalade des coûts structurelle du secteur nucléaire va se poursuivre ou non dans le cadre de la « renaissance nucléaire » du début du XXI^{e} siècle, fait en effet le constat que « *les premiers projets de construction ont vite montré que la désescalade rêvée n'était pas encore enclenchée. Les réacteurs de nouvelle génération sont encore plus coûteux. Le présent reste finalement dans la lignée du passé* » (p. 39). Il appuie ce constat sur les chiffres : « *en Finlande à Olkiluoto et en France à Flamanville, où des EPR sont en chantier. La hausse des coûts est encore plus vertigineuse. En Finlande, le coût initial du projet prévu à son démarrage était de 3 milliards d'euros, soit 1850 euros/kW. Il a été révisé à la hausse à plusieurs reprises ; les retards se sont accumulés. Les dépenses atteindraient finalement 6,6 milliards, soit 4125 euros/kW. La tranche devait être réalisée en quatre ans et demi, soit une connexion au réseau mi-2009. Finalement, son exploitation ne débutera pas avant 2014, au mieux. Comptez 10 ans. Le chantier de Flamanville démarré deux ans plus tard a suivi le mauvais chemin de son grand frère. Le coût initial de 3,3 milliards d'euros est passé à 8,5 milliards, et le délai prévu d'un peu moins de cinq ans s'envolera vraisemblablement jusqu'à atteindre neuf ans.* ***Les premiers exemplaires de l'EPR coûtent donc bien plus cher que les exemplaires du modèle de réacteur du palier 1450 MW qui le précède et dont il s'inspire*** » (p. 39).

Mais Lévêque n'explique pas cela par la seule continuation du processus d'« escalade » des coûts liée à la dynamique d'innovation. Il précise aussitôt qu'« *à la suite d'une longue période sans nouvelle*

construction ***une grande partie de l'expertise française et américaine s'est évaporée****. La plupart des ingénieurs et cadres dirigeants ayant participé à la grande époque du nucléaire ont changé de métier ou sont partis à la retraite* » (p. 40). Qu'est-ce que cette « évaporation de l'expertise » sinon ce que nous appelons, dans cette thèse, oubli organisationnel ? Mais comment, dès lors, pondérer le surcoût relevant de l'innovation et celui relevant de l'oubli organisationnel ? Lévêque pose frontalement la question : « *les constructions ont subi une* ***perte d'expérience*** *consécutive à une longue période sans nouveaux chantiers.* ***Mais quel est son impact chiffré sur les premiers réacteurs construits ?*** ». Mais à cette interrogation, il n'apporte pas de réponse. Notre étude de terrain a montré que la « perte d'expérience », dont nous avons conceptualisé les effets en termes de « mur d'apprentissage » pour l'ingénierie nucléaire, pesait indiscutablement sur la capacité de l'ingénierie à tenir ses objectifs de performance. **Nous récusons donc, sur la base de ces analyses, une explication univoque par le saut technologique des difficultés sur les projets « tête de série », qui ferait fi des effets associés à l'interruption d'activité et au « mur d'apprentissage ».** Cette récusation est en outre appuyée par les déclarations des experts que nous avons rencontrés, qui lient systématiquement les deux phénomènes. Mais, en revanche, nous ne disposons à l'évidence, ni des moyens méthodologiques ni du matériau nécessaire pour apporter une réponse chiffrée à l'interrogation de François Lévêque.

Nous pouvons même formuler l'hypothèse qu'il est vain de vouloir séparer les besoins de réapprentissage respectivement générés par le saut technologique et le mur d'apprentissage, en vue de pondérer et de hiérarchiser les facteurs de causalité. Et donc qu'**il ne s'agit pas d'« hypothèses rivales », mais bien complémentaires**. Nous pouvons en effet voir les effets respectifs du saut technologique et du mur d'apprentissage comme se renforçant mutuellement : la jeunesse des effectifs, la sollicitation des « séniors » pour résorber le délai d'assimilation, rendraient ainsi plus lourd, plus coûteux le travail de mise à jour des connaissances induit par le changement technique. Symétriquement, nous avons pu constater, au sein de l'unité, une tendance récurrente à traiter les principaux « points durs » (souvent appelés « *chemins critiques* ») dans la conception, donc à gérer les situations où un besoin de créer de nouvelles solutions techniques se fait jour, en ayant recours à la constitution de « *task forces* ». C'est-à-dire en montant de petites cellules d'experts (le plus souvent des ingénieurs très expérimentés) dédiées à la construction rapide de solutions techniques *ad hoc* pour répondre à un enjeu d'innovation donné. Un ingénieur expérimenté nous confiait ainsi :

> *« On va attendre que le chantier nous "engueule" sur un truc, on se déplace sur site, on fait des réunions de crise et tout se débloque. Parce que ça se débloque tout le temps ; c'est-à-dire qu'à un moment donné, on mettra les moyens, il y aura une grosse équipe : comme ici, ce qu'ils aiment bien, ce sont les "task forces". C'est-à-dire que vraiment, quand tout est bien pourri, on va faire une "task force" ».*

Or, par leur structuration même, ces cellules d'experts excluent de fait, le plus souvent la participation d'ingénieurs en phase d'apprentissage. Et les privent en conséquence d'occasions potentiellement très précieuses de se former. La prolifération des *task forces* se nourrit donc de la situation de « mur d'apprentissage » : leur raison d'être est que, pour apporter rapidement des réponses à des problèmes techniques aigus, il soit préférable de court-circuiter la voie « classique » du recours aux services métiers, car ceux-ci manquent de ressources suffisamment « expertes » pour répondre à un niveau de

qualité suffisant et dans des délais très courts. Solliciter des « jeunes » serait trop long, trop incertain, il faudrait probablement reprendre leurs calculs, et ainsi de suite. Engendrées par le « mur d'apprentissage », les *task forces* pourraient ainsi contribuer à renforcer ce dernier.

Nous plaidons donc pour la caractérisation d'**une « situation de gestion » dans laquelle plusieurs besoins d'apprentissage se combinent**, **s'exacerbent mutuellement**, et qu'il s'agit donc de saisir non de façon séparée, mais bien solidaire, pour orienter correctement l'action managériale.

II. Le problème des « capacités de pilotage », ou la tentation de l'optimisation

Nous venons donc de voir, dans la sous-partie précédente, que les besoins d'apprentissage induits par le statut de « tête de série » de l'EPR pouvaient difficilement être tenus pour une « hypothèse rivale » à la situation de « mur d'apprentissage » dans l'analyse des difficultés de l'ingénierie nucléaire, mais qu'il fallait plutôt voir ces enjeux comme combinés, et renforçant leurs effets respectifs. Étrangement, la question de l'innovation et du saut technologique occupait, dans le discours des acteurs du CNEN, une place relativement peu importante, si on la compare à son importance dans les justifications officielles apportées par la direction d'EDF (et d'Areva pour les difficultés analogues constatées sur le chantier finlandais). Nous allons, dans la sous-partie qui va suivre, aborder un autre jeu d'hypothèses susceptibles d'être perçues *a priori* comme « rivales » avec l'oubli organisationnel et le « mur d'apprentissage » associé, mais connaissant la situation exactement inverse : il n'était quasiment pas mis en avant dans le discours du groupe, mais présent en abondance dans les préoccupations affichées par les ingénieurs que nous avons rencontrés. Il s'agit de la question de la capacité spécifique d'EDF (et du CNEN en particulier) à *piloter*, et en particulier *planifier*, un projet de nouveau réacteur. Donc d'un registre explicatif mettant en avant (de façon, nous le verrons, problématique), une capacité que l'on pourrait qualifier de « gestionnaire » dans le domaine du pilotage de projet, capacité souvent présentée comme distincte, voire antagonique avec les capacités « techniques » de l'unité.

Dans un premier temps, nous présentons les arguments mis en avant pour défendre l'hypothèse d'un déficit de capacités de pilotage comme source principale des difficultés sur le projet Flamanville. Puis, nous chercherons à analyser quelle est la nature réelle des « compétences » nécessaires pour piloter et planifier un projet de cette nature, ce qui nous amènera à nuancer l'opposition entre savoirs gestionnaires et savoirs techniques, et nous verrons que ces deux types de savoirs ne peuvent se construire de façon séparée.

1. Une insaisissable « capacité de pilotage » à construire (ou reconstruire ?)

A. L'expression répétée d'un besoin de rationalisation…

La question de la « capacité de pilotage », de la « capacité de planification », des « méthodes d'ingénierie » constituait un axe thématique majeur des entretiens du diagnostic réalisé auprès du CNEN, d'une importance numérique très supérieure à la question de l'innovation. Cet enjeu se présentait simultanément sous la forme d'un registre explicatif sur les causes des difficultés de l'unité, et plus généralement d'EDF dans la conduite du projet EPR, et sous celle d'un *puissant besoin de rationalisation de l'activité*. Ce besoin de rationalisation était d'ailleurs, comme nous l'avons vu précédemment, ouvertement mis en avant dans l'« agenda stratégique » de la direction, à travers les différents travaux engagés dans le cadre du « Projet d'Unité » : « *Task Force* Planning » visant à réviser, avec l'aide d'un leader dans le domaine du conseil en projet d'ingénierie[88], le planning de construction de Flamanville ; « Projet Méthodes d'Ingénierie » piloté au niveau DIN, et visant en particulier à renforcer durablement les « méthodes » et les « outils » utilisés dans la planification et le suivi d'avancement des études.

Si nous avons pu parfois être surpris de l'importance accordée à cet enjeu, elle est en fait tout à fait compréhensible dans la situation du CNEN, au moins à double titre. D'une part en ce qu'un « effet de fixation » (Agogué, 2012) sur le planning peut être tenu pour une conséquence logique des objectifs initiaux très ambitieux affichés pour Flamanville, qui ont institué la question de la tenue des délais en objet de préoccupation central. D'autre part en ce que le CNEN, rappelons-le, est l'unité de l'ingénierie nucléaire qui abrite la responsabilité d'« architecte ensemblier » pour le « Nouveau Nucléaire », et donc que de sa capacité à orchestrer efficacement le projet « vitrine » qu'est Flamanville dépend une bonne partie de la crédibilité d'EDF dans sa volonté d'exporter son modèle institutionnel d'intégration de l'exploitant et du maître d'ouvrage. La « production » du CNEN n'est donc pas que de la production « technique », elle est aussi en grande partie une production gestionnaire, une production de prescriptions.

Les entretiens ont toutefois fait ressortir que cette centralité du « pilotage » dans le discours, et le volontarisme réel affiché par la direction sur le sujet, allaient de pair avec une incertitude initiale sur les *moyens* de renforcer ces capacités spécifiques, ce dont témoignait d'ailleurs la diversité des actions engagées dans ce sens dans le cadre du Projet d'Unité. S'agissait-il, en effet, prioritairement de « professionnaliser » les acteurs spécifiquement en charge de la planification des études, moyennant le développement d'une « filière », voire d'un « métier » dédiés en interne à la DIN ? De se doter d'outils et de méthodes robustes et éprouvés, permettant d'équiper et de rationaliser leur activité ? De viser le renforcement de la « coordination » entre les acteurs en charge de produire les études et d'opérer sur le chantier ? Ou enfin, de « responsabiliser », comme nous l'avons souvent entendu, les services métier du CNEN sur les dimensions économiques et contractuelles de la conduite de projet ? Mais les

[88] Technip.

entretiens ont fait également apparaître que cette incertitude quant à la *finalité* des actions de rationalisation à engager faisait écho à une autre indétermination quant aux *racines* historiques de ce besoin de rationalisation.

B. … appuyée sur une référence ambivalente à l'histoire

L'unité avait-elle, en effet, « perdu » des capacités de pilotage dont elle disposait par le passé, du temps de la construction du parc actuel ? Ou bien était-ce les besoins qui avaient évolué avec le passage à une nouvelle ère de la construction de réacteurs nucléaires ? Sur ce point, la référence au passé de l'activité était lourde d'ambivalences dans le discours des acteurs. Et il est certain que ces ambivalences devaient peser sur la capacité à se projeter vers un objectif clair et partagé en matière de rationalisation du pilotage.

Ainsi, pour certains acteurs, il était clair que la construction « éclair » des 58 réacteurs du parc d'EDF n'avait pu se faire sans de « véritables méthodes » pour planifier et orchestrer les études comme la construction. Et ce d'autant plus que, pendant plusieurs années, EDF menait parfois jusqu'à 7 projets de tranches en parallèle, une « performance » qui ne laisse évidemment pas insensibles des acteurs ayant l'impression de peiner alors qu'ils n'ont qu'un seul chantier en cours de construction. Cette citation d'un directeur adjoint du CNEN en témoigne :

> « ***Par le passé, il y avait des méthodes***. *Quand EDF mettait en exploitation sept centrales en parallèle, il y avait de véritables méthodes. Quand il y a eu la construction neuve, on est reparti avec un seul projet, et il n'y a eu peu besoin de travailler sur les méthodes. Je pense qu'aujourd'hui, il y a un vrai besoin de travailler sur les méthodes* ».

Dans cette interprétation, l'enjeu de rationalisation est interprété comme le besoin de renouer avec des méthodes ayant fait leurs preuves par le passé, mais « oubliées » avec la longue période de *stand-by* de l'activité traversée par l'ingénierie de nouveaux réacteurs. Ici, c'est donc bien, explicitement, un « oubli organisationnel » qui est en cause, la perte d'une méta-capacité autrefois développée mais aujourd'hui perdue et à reconstruire. Un autre directeur adjoint semblait adhérer à ce discours, en précisant que cette lacune dans les capacités présentes du CNEN s'expliquait aussi par le fait que le redémarrage de l'activité, au moment du lancement du projet Flamanville, s'était traduit par une action managériale prioritairement tournée vers le recouvrement de capacités « techniques », vers les savoirs de métier, au détriment, donc, d'un pilotage de projet considéré comme « sinistré » :

> *« On a repris des gens qui avaient les compétences techniques, première priorité. Un EPR il faut quand même… Donc* ***toute la partie appui et méthodes, qui avait été complètement sinistrée****, elle n'a pas été redéveloppée* ».

Mais d'autres acteurs avaient toutefois une interprétation tout autre de l'origine de ces lacunes en matière de capacités de pilotage. Pour cet autre directeur adjoint, la DIN n'aurait pas pris la mesure des changements intervenus dans le monde des ingénieries, et en particulier des innovations apportées au cours des dernières années en matière de moyens de pilotage et de planification de

l'activité. Ici, de façon contradictoire avec l'explication précédente, l'accent et mis sur un « archaïsme » supposé des méthodes de pilotage et de planification mobilisées au sein de la DIN.

> *« Mon impression quand même c'est que la DIN a probablement perdu 15 ans, 15 ou 20 ans par rapport à ce qui s'est passé autour d'elle. C'est-à-dire que l'on voit bien qu'on a* ***des grands anciens qui ont construit le parc, qui ont encore en tête comment on l'avait construit****, oui, quelques-uns, mais on a perdu les méthodes. On a reconstruit pour Flamanville un certain nombre de méthodes qui étaient* ***l'image vue d'aujourd'hui, c'est-à-dire 15 ou 20 ans après, de méthodes qui étaient employées il y a 15 ou 20 ans****. Ce qu'on n'a pas vu passer je pense, globalement, c'est ce qui s'est passé dans le reste du monde de l'ingénierie, au niveau des outils, au niveau des méthodes de planification, des méthodes de gestion documentaire, etc. Je pense qu'on l'a pas vu, donc, ce n'est pas jeter la pierre aux gens, mais c'est euh... parce qu'on n'a pas construit pendant tant d'années, parce qu'on était sur autre chose, on n'a pas vu passer. Et du coup, c'est pas facile de redémarrer ».*

Ici, l'effet des « 15 à 20 ans » d'absence de nouveaux projets n'a pas été de provoquer l'« oubli » pur et simple des méthodes utilisées à l'époque de la construction des 58 réacteurs. Au contraire, il est question de « grands anciens » ayant participé à cette construction, et ayant, au moment du redémarrage de l'activité, en quelque sorte « décongelé » les méthodes qui avaient cours à l'époque pour soutenir cette relance. Or cette réactivation des méthodes est jugée problématique, en ce que celles-ci sont vues comme obsolètes. Un troisième acteur rencontré, particulièrement concerné par la question puisqu'ingénieur planificateur au sein du projet Flamanville 3, livrait quant à lui, une autre explication, n'épousant ni la thèse de l'oubli de capacités valables, ni celle de la réactivation de compétences obsolètes :

> *« La question est : pourquoi on a réussi à faire un parc de 54 tranches à des coûts raisonnables ? […] Moi, ma réponse est qu'avant tout, les gens avaient des* ***compétences intrinsèques*** *sur la façon dont on devait aller vite et travailler bien. Parce que les gens avaient une telle* ***habitude*** *de passer d'une tranche à l'autre, ils avaient un tel* ***historique****, un tel bagage à titre personnel qui* ***compensait l'absence d'organisation projet structurée*** *par des compétences qui leur étaient propres […] Les compétences sur les* ***bons réflexes pour gagner du temps*** *au montage, les bons réflexes pour optimiser un circuit auxiliaire nucléaire parce qu'ils savaient. […] Et cette compétence, elle n'était pas que chez EDF, elle était aussi énormément chez nos fournisseurs. En gros, il n'y avait pas forcément besoin de dire à nos fournisseurs dans le détail ce qu'ils devaient faire pour qu'ils le fassent bien. Eux aussi avaient cette expérience, si dans tel design il y avait tel truc qu'on n'avait pas bien vu, eux, ils allaient le corriger ou ils disaient : attention ce truc-là, ça ne va pas marcher, on ne va pas réussir à le monter. Donc eux, ils avaient cette expérience aussi ; c'était une expérience partagée, et de fait, on a réussi à travailler dans de très bonnes conditions ».*

C'est bien ici une troisième lecture du passé de l'ingénierie nucléaire qui est proposée, une troisième reconstruction de l'époque de la construction du parc. Cette autre lecture suggère qu'il n'y a ni « oubli » ni « obsolescence » des méthodes de pilotage antérieures, puisque celles-ci n'auraient… jamais existé ! Pour ce planificateur, en effet, elles n'étaient tout simplement pas nécessaires, dans une ingénierie où des capacités spontanées de coordination des acteurs avaient été développées par leur expérience commune et leur participation à de très nombreuses constructions en peu de temps. Le

vocabulaire employé évoque sans équivoque le caractère naturel de ces compétences d'antan : « réflexes », « habitude », « bagage », « expérience partagée »… Même si ce vocabulaire est sans doute empreint d'une part de mythification d'une époque révolue, il ne faut toutefois pas voir dans cette interprétation une pure vue de l'esprit, au moins pour deux raisons. La première est que les travaux menés sur l'historique des bureaux d'étude, notamment, dans la conception automobile, insistent sur le haut degré de relations informelles et d'« ajustement mutuel » (Mintzberg, 1980) qui caractérisent le régime de coopération dominant dans ces univers d'activité, qualifiés par Benoît Weil (1999) d'« *adhocraties techniciennes* ». Le tableau dressé par ce planificateur dépeint assez bien ce monde adhocratique où la coordination n'a besoin ni de règles formelles, ni d'outils pour pouvoir s'opérer. La seconde raison est que les modalités de construction du parc historique français ont probablement permis de réunir des conditions particulièrement favorables au développement de ces facultés d'ajustement mutuel. Pour Georges Sapy (2012), en effet, tant le rythme et le nombre de constructions que les conditions organisationnelles et humaines de ces constructions ont été « *exceptionnellement favorables à une réutilisation optimale de l'expérience : travaux dupliqués, mêmes équipes, faibles délais entre les tranches évitant les pertes de mémoire* » (p. 259). D'une certaine manière, l'hypothèse d'une planification « spontanée », voire informelle et implicite, selon laquelle un très haut degré d'expérience partagée et de « mémoire transactionnelle » aurait rendue dispensable la rationalisation de la coordination n'est donc pas dénuée de sens.

Ces différentes interprétations de l'origine du besoin de renforcer les moyens du pilotage témoignaient toutefois d'un certain *déboussolage* des équipes sur le sujet, en partie liée à des façons très opposées de donner du sens à l'expérience passée et à la continuité par rapport à un « âge d'or » qui était, dans les discours (et pas seulement sur la question du pilotage), autant un point de référence et une source d'inspiration qu'une présence encombrante, car associée à un monde aujourd'hui vu comme dépassé[89]. Mais surtout, elles attestent surtout d'une **profonde difficulté à conceptualiser, à projeter, à caractériser en quoi consisterait concrètement une « capacité » spécifique de pilotage et de planification de l'activité.** Et donc à orienter les actions visant la construction de ces « capacités ».
Cette difficulté fait écho à une situation analogue analysée par Hatchuel et Weil dans *L'expert et le système* (1992), à propos des « savoirs introuvables du planificateur » dans le cas de l'allocation de plateformes à des activités de forage dans une grande compagnie pétrolière. L'analyse de ce cas (dit cas « Naval ») avait déjà fait clairement ressortir cette profonde indétermination quant à ce que pourrait être une véritable « expertise » en matière de planification. Plusieurs raisons sont, pour nous, susceptibles d'éclairer pourquoi, dans le cas du CNEN, c'est un point sur lequel les acteurs butent à nouveau, pourquoi la « crise du planificateur » semble devoir se répéter, et l'analyse de ces raisons va nous permettre d'élargir notre compréhension de la « situation de gestion » à laquelle le CNEN doit faire face.

[89] On doit à la sociologie de Maurice Halbwachs d'avoir mis en évidence le caractère socialement construit de la mémoire collective, et d'avoir montré que les processus de remémoration du passé étaient toujours déterminés « en fonction du présent ».

2. Ce que « planifier » veut dire : que vaut la séparation capacités de pilotage / capacités techniques ?

Derrière la notion de « pilotage » de l'activité, les dirigeants du CNEN signifiaient deux types d'opérations complémentaires. D'une part la planification des études et des travaux sur le site, c'est-à-dire l'ordonnancement d'activités et l'assignation d'objectifs temporels à celles-ci. D'autre part, le suivi de l'avancement de ces activités, qui permet, en constatant des écarts avec le plan initial, de re-planifier, de réordonner les activités, en identifiant notamment les actions prioritaires à engager. C'est en quoi la notion de « pilotage » illustre bien le caractère *continu* du processus de gestion des activités : il s'agit d'un travail de construction et de reconstruction permanente des prescriptions et de la définitions de priorités. Toutefois, la définition des moyens à déployer pour développer la capacité de piloter l'activité allait se heurter, nous allons voir, à un certain nombre de limites, certaines que nous pouvons voir comme structurelles et inhérentes à l'activité de construction de réacteurs nucléaires, d'autres comme conjoncturelles, et contingentes à la situation du CNEN en termes de compétences et de ressources.

A. Les limites structurelles à la capacité de planification dans l'ingénierie nucléaire

Nous pouvons distinguer un premier niveau de limites que l'on pourrait qualifier de *structurelles* à la capacité de planification, au sens où ces limites sont moins contingentes à la situation du CNEN qu'à l'activité de conception de réacteurs nucléaires de façon générale. Ces limites font que **la planification de l'activité de conception de réacteurs sera nécessairement toujours imparfaite et en reconstruction permanente.**

Les différents acteurs du CNEN rencontrés étaient d'ailleurs la plupart très lucides quant aux limites inhérentes à toute volonté de parfaitement ordonner et de circonscrire temporellement leur activité. Ils reconnaissaient en effet que, tant dans les processus d'études que sur le chantier, leur activité contenait une grande part d'implanifiable et d'aléatoire ; qu'il était chimérique de viser la parfaite maîtrise des évènements, et que la planification conserverait donc toujours un caractère beaucoup plus indicatif qu'impératif. Cette conscience pourrait être vue comme rejoignant un constat très général qui a été fait, au cours des dernières décennies, par les sciences sociales et les sciences du travail quant à l'impossibilité pratique de réduire le « travail réel » au « travail prescrit » (Clot, 2008; Daniellou, 2002), de restreindre l'« action » au « plan » (Thévenot, 1995), ou encore de croire que la « régulation de contrôle » pourrait dispenser d'une « régulation autonome » et d'un « travail d'organisation » (De Terssac, 2003). Ainsi, d'après Hatchuel, ce que les « *théories de l'action collective* » ont permis de « *réfuter* », ce sont les visions du « *plan ou du programme utilisées comme des métaphysiques de l'action* » (2001).

Mais à cette nécessaire et transversale incomplétude de *toute* planification de l'action doivent être, surtout, ajoutées les caractéristiques de l'activité de l'ingénierie nucléaire, que nous avons déjà étudiées en divers endroits de cette thèse, et qui concourent à la rendre difficilement planifiable et

maîtrisable. Cette activité, à bien des égards, n'est comparable à aucune autre, et doit donc inventer ses propres règles d'action et de gestion compte tenu de ses spécificités.

Nous avons déjà souligné par ailleurs le très haut niveau de « non-confinement » relationnel des activités du CNEN, du fait du rôle d'architecte-ensemblier de l'unité et de sa position centrale dans un réseau très étendu de capacités d'action distribuées au sein de nombreux acteurs. L'abondance des interfaces et des interactions qui en découle rend l'ensemble du système très complexe, et ainsi difficile à maîtriser. Tant le contenu que la temporalité de l'action des ingénieurs du CNEN sont en effet étroitement dépendants du contenu et de la temporalité de l'action de leurs partenaires extérieurs (autres entités d'EDF, ingénierie de niveau 2, fournisseurs…). Nous avions donné plus haut l'exemple de ce manager reconnaissant devoir en permanence déployer des « *capacités d'imagination incroyables pour pouvoir [se] substituer aux fournisseurs* » pour pouvoir avancer dans les études qu'il doit mener. Ces « *capacités d'imagination* » quant au travail qui sera rendu par les fournisseurs, et au moment où ils rendront ce travail, sont en réalité inscrites au cœur même de l'activité de planification, du fait de la complexité de l'organisation industrielle de l'ingénierie nucléaire. Un manager illustrait bien cette difficulté :

> *« La manière dont ça s'est déroulé à Flamanville, on a essayé de trouver d'autres méthodes, d'autres façons de faire, une autre organisation des tâches pour que ça passe, mais on est sans cesse confronté au quotidien à des points durs. Notamment des* ***problèmes d'interface****. Quand on discute avec les fournisseurs de tel ou tel process,* ***ils nous disent ben moi je suis pas capable de vous donner les plans avant telle date****, ou la machine ne sera pas prête à installer avant telle date, or on a besoin de cette machine avant de pouvoir faire tel bâtiment, c'est que des trucs comme ça quoi... Et* ***à l'échelle de 50 000 tâches, voire plus*** *».*

Planifier l'activité du CNEN, c'est donc planifier, à l'échelle de milliers de processus, l'activité d'acteurs eux-mêmes fortement dépendants de l'activité d'autres entités sur lesquelles ils n'ont qu'une emprise indirecte. Cet effet du non-confinement de l'activité et du volume des interactions et des interfaces rend donc totalement irrecevable l'idée d'un acteur ou d'un groupe d'acteurs (les planificateurs) disposant d'un savoir « totalisateur » sur le système à planifier et à « mettre en musique ». En conséquence, **si « capacité de pilotage » il y a, celle-ci ne peut être que très largement *distribuée*, *partagée* et *décentralisée***, comme le relève le même manager :

> *«* ***Le planificateur ne peut pas être porteur de cette compétence tout seul, c'est impossible****. C'est* ***forcément en interaction avec la direction technique, ou les métiers****. Après je sais pas comment on organise la planification avec les métiers mais c'est très lié au processus d'étude, d'achat, construction, livraison, montage, c'est complètement imbriqué. Parce qu'il y a des machines qui sont prisonnières ; il y'en a d'autres, pour amener les machines il faut que le pan soit installé, c'est sans cesse des interactions comme ça. La disponibilité des fluides, de l'électricité, de l'eau... ».*

À ces effets de la dépendance réciproque de l'action du CNEN à l'égard d'acteurs tiers s'ajoute la nature de l'activité d'ingénierie de réalisation de nouveaux réacteurs. Celle-ci, en effet, se caractérise par le fait qu'elle confond la phase d'études et la phase de construction proprement dite, ce qui la

distingue, par exemple, des activités de conception de détail dans d'autres univers industriels tels que l'ingénierie automobile ou aéronautique. Cette *concourance* de la conception et de la réalisation rend l'activité des ingénieurs fortement itérative et tourbillonnaire, car en partie prescrite par les évènements survenus en réalisation, qui imposent des révisions constantes de la planification et de l'ordonnancement des activités, comme le souligne cet autre manager :

> *« Ce qu'il faut avoir en tête aussi, et qui est important quand on fait du nucléaire, c'est qu'il n'y a pas une phase d'études qui se termine et après on passe à la phase de réalisation, ça n'existe pas. **On fait des études pendant qu'on réalise**. Sinon c'est pas huit ans qu'il faut mais quinze. Et d'ailleurs **quand on réalise on ajuste les études au fur et à mesure**. C'est tellement complexe avec tellement d'interactions et éléments d'équipement... D'où les centaines d'études sur Flamanville, pour une tête de série notamment. Donc en fait pour répondre à votre question il n'y a pas une phase d'études propres, je finis les études et je passe à la réalisation ».*

Dans ce contexte donc, **l'activité de planification revêt donc un caractère nécessairement émergent et perpétuellement reconstruit dans l'action**. Cette caractéristique avait été identifiée dans d'autres univers industriels, tels l'automobile (Weil, 1999), où les processus de conception cloisonnent et séquencent pourtant plus fortement l'activité de conception et la production proprement dite. Le caractère émergent de la planification y provient des « événements » survenus dans la phase de conception, lors des différentes « épreuves de vérité » auxquelles les concepteurs se confrontent, par exemple lors des phases de prototypage ou d'essai. Mais dans le cas du nucléaire, **épreuves en conception et épreuves en réalisation se superposent et s'additionnent**, accroissant d'autant plus la nécessité de reconstruire en permanence la planification et la coordination, tant pour les études que pour le chantier.

Enfin, à ce caractère doublement événementiel de l'activité de conception s'ajoute la perméabilité de l'ingénierie nucléaire à des événements extérieurs. Nous avons déjà souligné plus tôt dans ce manuscrit combien le « plan de charge » global de l'ingénierie nucléaire était tributaire de décisions politiques prises par des acteurs extérieurs à l'entreprise, et fortement imprévisibles, posant un problème aigu de gestion à long-terme des ressources humaines. Ce caractère aléatoire et imprévisible, parce qu'en partie contraint par des acteurs et des événements extérieurs, a été avancé par un ingénieur rencontré comme un obstacle au fait de « spécifier clairement, définitivement » en amont les étapes et le jalonnement des études et de la construction :

> *« Malheureusement sur nos produits, on ne peut pas spécifier clairement, définitivement ce qui sera construit dès le départ. C'est un processus où effectivement il peut y avoir des besoins complémentaires exprimés par l'utilisateur final, ou l'autorité de sûreté qui demande des compléments. Il peut y avoir des événements comme le Japon, qui va faire qu'on va être amené à re-réfléchir, à rouvrir un certain nombre de thèmes techniques, et qui font que ça va interférer sur les études ».*

Cette citation illustre bien certaines des contraintes « externes » pouvant affecter l'activité du CNEN et imposer d'importantes révisions de la planification des études et du chantier. Si les demandes

formulées par l'exploitant ou l'Autorité de Sûreté peuvent être considérées comme partiellement prévisibles, dans la mesure où ceux-ci constituent de véritables « parties prenantes » de l'activité, les effets de chocs externes, tel l'accident de Fukushima, sont en revanche parfaitement imprévisibles. Or les suites de l'accident ont donné lieu à d'importantes sollicitations pour les équipes du CNEN, tant pour de l'ingénierie du parc de tranches en marche que pour justifier de la robustesse du *design* de l'EPR, au détriment des activités régulières prévues pour l'avancement de Flamanville et des projets futurs (plusieurs « *Task Forces* » ont été constituées pour répondre aux sollicitations extérieures sur ce qui était appelé le « post-Fukushima »).

Evidemment, il ne faudrait pas conclure de tout ce qui précède que, puisqu'elle ne peut être que limitée, provisoire, indicative, le mieux soit de renoncer à toute volonté de planification de l'activité. Au contraire : celle-ci est indispensable pour rythmer l'activité des ingénieurs et lui fixer des bornes sans lesquelles le raffinement de la conception pourrait se poursuivre de façon indéfinie. Le plan est donc l'infrastructure fondamentale des indispensables compromis à passer entre qualité technique et maîtrise des coûts et des délais : il fixe des repères pour pouvoir *avancer malgré tout*.
Mais, dès lors, comment répondre au très haut niveau de complexité des savoirs nécessaires à la construction d'un « bon » plan, induit tant par le « déconfinement » relationnel que par l'incertitude sur les évènements susceptibles d'interférer avec l'activité ? Nous avons pu constater qu'il existait une forte inclinaison, au sein du CNEN, pour répondre à cette somme d'incertitudes par une *ingénierie renforcée du pilotage* (construction d'outils de planification, de méthodes de travail pour les ingénieurs) et par la *professionnalisation des planificateurs*, via le développement de filières métier dédiées. Cette option n'est pas dénuée de fondement. En effet, la constitution d'expertise, la construction de métiers est souvent une réponse spontanément apportée face à des situations hautement complexes et ambiguës. Mais se pose alors inévitablement une question : dans quelle mesure cette « expertise » en planification et en pilotage peut-elle être une compétence « gestionnaire », indépendante des capacités d'ordre davantage « technique » détenues par l'organisation ?

Dans le discours de nombreux acteurs rencontrés, capacités gestionnaires de pilotage et capacités techniques de conception étaient vues comme clairement séparées, comme deux champs d'expertise indépendants. Cette dissociation se manifestait notamment à travers le souhait, nous l'avons dit, de développer un « domaine de compétence » autonome dédié à la « gestion de projet » dans le cadre du « Plan de Développement des Compétences » déployé au niveau de la DIN. Mais également à travers la recherche d'une expertise externe, en particulier à travers la sollicitation des spécialistes de Technip dans le cadre du « Projet Méthodes ». Certains acteurs du CNEN rencontrés attendaient de cette collaboration que l'ingénierie nucléaire puisse « importer » des compétences de planification et de gestion de projet pour lesquelles Technip était considéré comme une référence sur le marché. Ce qui revenait à faire l'hypothèse qu'il existait quelque chose comme une capacité « en soi » de pilotage de grands projets industriels, transposable quel que soit le domaine technique concerné.

Cependant, les analyses que nous allons présenter dans la sous-partie qui suit plaident pour l'hypothèse inverse : nous allons voir que la capacité de planification est fortement dépendante des capacités techniques de l'ingénierie. Mais ce constat va précisément nous ramener vers la question du

« mur d'apprentissage » : en effet, en nous demandant quels sont les « savoirs » nécessaires à la planification et au pilotage du projet, nous verrons que c'est d'abord la pénurie de ressources expérimentées dans les services métier qui complique la génération de ces savoirs. Nous proposerons donc une interprétation de la « crise du pilotage » comme symptôme d'une crise des compétences de métier et de l'intensité du besoin de régénérer la capacité technique de l'unité, davantage que comme problème « en soi » appelant des réponses spécifiques. Or, nous le verrons, la tendance à dissocier ces enjeux comporte le risque d'une action prioritairement tournée vers le développement d'une ingénierie du pilotage et de logiques d'optimisation de l'activation des ressources, qui risqueraient non seulement de rester sans effets sans une véritable montée en compétence collective des métiers, mais, plus encore, d'entraver cette montée en compétence. Ce qui révèlera l'importance d'une compréhension exhaustive de la multiplicité des besoins d'apprentissage, et d'une action managériale orientée vers la construction de réponses simultanées à ces besoins.

B. Les limites conjoncturelles à la capacité de planification

En cherchant à analyser, à partir des entretiens, les difficultés initiales dans la construction d'une capacité de pilotage et de planification de l'activité, au-delà de l'incompressible substrat d'aléas propre aux grands projets nucléaires, nous avons identifié deux principales lacunes, dans lesquelles on peut reconnaître les « savoirs introuvables » de la planification. Mais si ces savoirs restaient « introuvables », cela pouvait être largement être imputé à la situation de « mur d'apprentissage » que nous avons identifié dans les métiers techniques. Nous pouvons donc parler à ce sujet de limites *conjoncturelles* à la capacité de planification.

Ces limites résidaient, d'une part, dans des difficultés répétées à gérer l'ordonnancement et le bon enchaînement des activités ; d'autre part dans une difficulté récurrente à associer une durée à des activités. Or, précisément, définir la durée des tâches et prévoir leur ordonnancement et leur articulation passent pour être deux (voire les seules ?) opérations fondamentales de toute planification.

➢ Ordonner les activités : compétence gestionnaire ou technique ?

Un des éléments les plus frappants ressortant de l'analyse des entretiens fut le constat d'une difficulté répétée des ingénieurs dans la gestion de l'articulation et de l'ordonnancement entre les différentes activités du projet. Une première difficulté résidait dans la capacité à anticiper les séries de conséquences ultérieures des choix techniques opérés, notamment dans l'anticipation d'éventuels « effets de propagation » des décisions et des changements dans la conception. Une seconde difficulté, liée d'ailleurs étroitement à la première, résidait dans la définition *a priori* des « *données d'entrée* » nécessaires pour pouvoir engager une tâche particulière. Plusieurs fois, nous avons recueilli le témoignage d'ingénieurs contraints de devoir démarrer, à la demande du projet, des études pour lesquelles ils ne disposaient pas de toutes les données et de toutes les informations indispensables pour pouvoir les mener. Et qui devaient donc faire reposer leur travail sur des hypothèses (nous en revenons donc aux « *capacités d'imagination* » évoquées ci-dessous) à propos du travail des autres. Un ingénieur très expérimenté (entré dans l'ingénierie nucléaire il y a 30 ans) nous donnait cet exemple

particulièrement parlant quant à l'incapacité à définir le bon ordre des tâches dans l'élaboration du planning :

> *« La personne qui bâtissait le planning est venue me voir pour l'instrumentation. Et m'a dit : "voilà, il faut tant de temps pour faire l'instrum". Je lui ai dit c'est pas possible,* ***tu peux pas mettre ces étapes là en parallèle. Tu es obligé de les mettre en série****. Je peux pas commander un capteur si j'ai pas la donnée fonctionnelle. Tu peux pas définir la donnée fonctionnelle en même temps que tu commandes le capteur, c'est pas possible. Il faut que tu le fabriques. Il faut déjà...* ***il y a une chronologie****. Il me disait : "il faut que ça rentre dans tel planning, il faut que ça rentre dans tel planning". "Tu peux pas, c'est pas la peine !" Donc j'ai jamais signé le planning, j'ai refusé de signer le planning parce que pour moi c'était impossible ».*

Ici, le planificateur n'était pas en mesure de savoir si deux activités pouvaient se faire de façon concourante ou si elles devaient être nécessairement séquencées. Il en résultait donc une incapacité à fixer un objectif de délai pertinent. De telles situations peuvent se traduire par un refus pur et simple des métiers de s'engager sur le planning, ce qui sera générateur de tensions et de suspicions entre acteurs de métier et acteurs de projet, dont nous analyserons précisément les mécanismes dans la sous-partie suivante. Elles peuvent également aboutir, dans le cas où des activités séquentielles sont, malgré tout engagées en concourance dans le but de « tenir les délais » imposés, à prendre de véritables risques, principalement le risque de devoir refaire les études :

> *« Actuellement par exemple là si on prend, si on veut être puriste, on ne qualifie, on n'achète un matériel qualifié que lorsque la note de synthèse de qualification est validée. Là actuellement on a commandé les capteurs qualifiés pour Flamanville, alors qu'on n'a pas encore fait la campagne d'essais. On prend le risque industriel. Pour tenir le planning on prend le risque industriel […] C'est-à-dire que le capteur est fabriqué, le spécimen est fabriqué pour les essais, donc le dossier de référence de ce spécimen est bâti. On commande les capteurs suivant ce dossier de référence, on est en train de les fabriquer lorsqu'on va lancer la qualification des capteurs. Si la qualification se passe bien, pas de problème. Si la qualification a un problème, qu'il faut faire une évolution, on va devoir faire une évolution sur les matériels déjà livrés.* ***Et si la qualification plante, tout ce qu'on a commandé c'est poubelle****. Il faut en être conscient ».*

On le voit, la non prise en compte de l'ordre naturel d'enchaînement des activités porte en elle-même le risque de s'avérer contre-productive. En cherchant à « faire rentrer » l'activité dans un jeu de contraintes temporelles ne respectant pas l'ordre nécessaire des tâches, on prend le risque de retards et de surcoûts qui auraient été évitables si une juste anticipation avait été faite.

Or, quels sont les « savoirs » nécessaires à l'anticipation de ce type de problèmes, qui permettraient de « fluidifier » le fonctionnement du système, et d'éviter les à-coups et les boucles ? S'agit-il de savoirs d'ordre « économique » ou « managérial » ? L'exemple précité nous renseigne davantage sur le fait qu'**ils appellent, d'abord, une connaissance intime et globale de l'objet à concevoir et des modalités de sa construction**. Weil avait déjà noté (*op. cit.*, p. 298) que la « *séparation usuelle entre technique d'un côté et gestion de l'autre s'avère problématique* » dans le cas de l'activité de conception d'objets complexes.

En effet pour lui, « *il est impossible de bâtir un planning ou de le modifier sans rentrer dans le détail du contenu technique des tâches à programmer* » (*ibid*.).

Plusieurs acteurs rencontrés, issus des entités projets, interprétaient souvent le comportement des services métier comme le signe d'une « irresponsabilité » de leur part, d'un manque de sensibilisation aux enjeux économiques des projets. Donc de l'absence d'une « culture projet » partagée par tous au sein de l'unité. Une telle représentation nous semblait pouvoir aisément être retournée : c'est, au moins tout autant, la « responsabilité » et la « sensibilité » des acteurs de la planification et du contrôle de projet aux dimensions techniques qui est ici en cause selon nous.

Or, nous pouvons ici aller jusqu'à avancer l'hypothèse que l'on peut discerner, derrière ces difficultés récurrentes, un **effet dérivé de la perte d'expérience enregistrée suite à la longue interruption de l'activité de conception** et au départ de nombreux ingénieurs « senior ». D'une certaine manière, les savoirs nécessaires à l'ordonnancement de l'activité vont au-delà des simples « savoir-faire » techniques nécessaires pour concevoir l'objet : ils se rapprochent davantage, pour reprendre le triptyque d'Hatchuel et Weil (1992), de « savoir combiner », qui sont par définition ceux qui ne peuvent être construits que dans l'action, qui sont ainsi les plus expérientiels, et donc ceux qui sont le plus susceptibles de se perdre suite à une interruption d'activité. C'est en effet le développement de savoirs de ce type (anticiper les conséquences de décisions et les effets de propagation éventuels, savoir quelles activités doivent nécessairement être réalisées avant certaines autres, etc.), qui peut expliquer les « effets d'apprentissage » réalisés lors de la construction du parc historique, et qui ont permis, d'après Sapy, « *une augmentation parfois spectaculaire de la productivité (dans un ordre de grandeur, de 30%, voire plus)* » (Sapy, 2012, p. 258). Leur développement a été permis par la réunion de plusieurs continuités : continuité des équipes, répétition des opérations à l'échelle de plusieurs tranches, faible délai entre chaque construction… Et ces continuités ont rendu possible un « apprentissage par la pratique » à l'échelle de l'ingénierie nucléaire, passant par le développement de réflexes et de facultés d'ajustement mutuel entre équipes dotées d'une forte expérience *partagée*, ce dont précisément les entretiens montrent que les équipes du CNEN manquent.

On le voit, l'intrication des capacités techniques et gestionnaires est ici maximale lorsque l'on considère la nature de ces « savoir combiner » nécessaires à la planification. Or cet enchevêtrement des dimensions crée des biais d'appréciation et des conflits de représentation entre différentes catégories d'acteurs. Cela s'est révélé plus criant encore quant à la question de l'estimation de la durée des tâches, autour de laquelle nous avons vu se nouer une « guerre souterraine » entre acteurs métier et acteurs projet.

- **Le problème de la durée des activités**

Nous avons également constaté un « malaise » par rapport à une autre opération fondamentale de la planification : l'estimation de la durée des activités à réaliser. Il ne s'agit pas, les exemples précédents l'ont bien montré, d'une opération indépendante de la précédente (ordonner les activités). Les deux opérations sont au contraire parfaitement inséparables dans l'acte de planifier : c'est bien la non-prise

en considération du caractère séquentiel de l'élaboration des données fonctionnelles et du processus de commande du capteur qui a, dans le cas de l'instrumentation, conduit à une estimation fausse du temps nécessaire pour mener à bien ces activités.

Le planning, comme nous l'avons dit, ne s'élabore pas par des acteurs isolés qui assignent ensuite des objectifs de performance à d'autres acteurs en charge des études. Il se construit de façon collaborative, dans une négociation constante entre managers des services métier et acteurs de la gestion de projet. Or ces négociations paraissaient particulièrement difficiles à mener, se traduisant régulièrement par des refus de la part des managers de métier de s'engager sur les délais qu'on leur proposait, mais plus profondément, par une difficulté de ces managers à pouvoir dire précisément combien de temps leur serait nécessaire pour mener à bien une activité donnée. Le directeur adjoint en charge des projets résumait cette difficulté récurrente de la manière suivante :

> *« Chaque métier a une série d'activités types, c'est-à-dire qu'il sait combien ça lui coûte de faire... si on lui demande de revisiter les "spec"* [spécification, NDA] *des vannes papillons, ben il sait que revisiter une "spec" de vanne papillon, voilà, j'ai ça, ça et ça à faire et ça me prend 6 heures et j'ai mon catalogue. Donc les métiers ont ces catalogues et en face les projets préparent, grâce au planning et à l'organisation de l'ensemble des livrables, les activités dont ils ont besoin. Ils vont les voir, les gens discutent, on a une fiabilité des activités parce qu'on a bien réalisé le planning à l'ensemble des activités à faire, on a une fiabilité de l'estimation de la charge en face, parce que les gens ont leur catalogue, et ils savent comment ils font, on se met d'accord et du coup on peut faire le planning avec des vraies dates. Et ça, si ça marche, et si les gens sont fiables des deux côtés, c'est extrêmement robuste parce qu'après, même si on a un aléa, on sait le traiter. Aujourd'hui, le planning initial n'a pas été construit comme ça. On est plus sur du ressenti, "oui, on pense que", "oui on a fait comme ça, on devrait y arriver". Et puis quand on arrive avec un aléa, on tombe sur "pff… ouh là là", mais pas une explicitation complète ».*

Il pointait ainsi l'incapacité chronique des métiers à planifier et re-planifier leurs activités. Il en résulte de nombreuses situations où les métiers refusent purement et simplement de s'engager sur des objectifs chiffrés :

> *« Ça montre l'encombrement des services métier. C'est OK, c'est vrai. Les gens sont très, très pris. Mais ça ne me dit pas "pour faire ce que tu me demandes (d'abord, je vois bien ce que tu me demandes) pour faire ce que tu me demandes, il me faut 15 ou 20 heures de travail. Ces 15 ou 20 heures de travail, si je les fais, je vais décaler de 15 ou 20 heures tel autre projet". Et du coup, on regarde : est-ce que c'est jouable de décaler de 15 ou 20 heures – finalement 3-4 jours ? Et du coup, on a des éléments à arbitrer "je le fais passer avant ou après" sur un livrable donné, en sachant quel autre livrable on ne fera pas. Ça, c'est le rêve que l'on aimerait avoir. On ne l'a pas ».*

Ce passage met ainsi clairement l'accent sur cette difficulté à s'engager sur une estimation fiable du temps nécessaire pour mener à bien une étude donnée. Et l'on devine à quel type de « guerre de positions » entre projets et métiers ce type d'incapacité peut conduire : devant l'incapacité des métiers à s'engager sur un objectif de temps, les gestionnaires de projet leur assignent alors de façon unilatérale des objectifs, pour la définition desquels ils ne disposent pas d'une connaissance suffisante

de l'activité. C'est pourquoi plusieurs acteurs métier reprochaient aux projets leur autoritarisme et/ou leur incompétence (révélée par le caractère intenable des objectifs), cependant que des acteurs de la gestion de projet pouvaient accuser les métiers d'être de faire preuve d'une certaine irresponsabilité et de mauvaise volonté.

Ce hiatus a été l'un des éléments nous ayant le plus immédiatement frappés lors de la phase de diagnostic. Alors que nos rencontres avec les acteurs de métier, et notamment avec les chefs de groupe, faisaient ressortir la situation de crise et d'insuffisance de ressources traversant ces équipes, plusieurs acteurs situés du côté des projets dépeignaient l'unité comme vivant sous la coupe d'une « culture technicienne » extrêmement puissante, véhiculée par des acteurs de métier vus comme « tout puissants ». Et cette « toute puissance » des métiers et cette prégnance d'une culture vue comme indifférente aux impératifs économiques de la gestion de projet pouvait expliquer, pour certains, les refus répétés des services métier à s'engager sur des jalons temporels bien définis. Toute cette argumentation reposait donc sur le postulat du caractère antagonique de la « culture technique » telle qu'elle était supposée exister dans l'ingénierie nucléaire, et la « culture projet ». Mais au final, cette analyse pouvait aller jusqu'à escamoter totalement la question de la reconstruction des compétences techniques au sein des services métier. Un planificateur expliquait ainsi que le CNEN souffrait d'un déséquilibre entre ses puissantes capacités techniques et sa faible « culture » de la gestion de projet :

> *« Ici la prévalence, ce sont les métiers techniques. Il y a* ***cette forte culture technique****, qui existe, qui est forte et bonne, mais du coup vu que EDF n'avait pas fait de projet entre deux, le CNEN a perdu 15 ans en termes de gestion de projet que d'autres Unités, internes à EDF, le CNEPE ou le CIT sur le thermique ont conservé. Bien qu'il y eût des transferts venant de ces Unités, il n'y a pas eu un transfert total.* ***Il y a eu un transfert des compétences techniques, mais pas projet****. Pour moi, c'est là où le bât blesse ».*

Ce discours oblitère ainsi clairement les difficultés de transmission de connaissances techniques que nous avons pourtant mises en évidence à la maille des groupes métier. Un autre discours convergeait avec cette représentation d'une culture technique toute puissante et d'un niveau de compétences de métier ne souffrant d'aucune discussion possible, et faisait le lien avec l'incapacité des métiers à planifier correctement leur activité : ce n'est tout simplement pas dans leur « culture » :

> *« La difficulté, c'est qu'ici vous allez trouver des ingénieurs qui sont passionnés de technique, qui ont un niveau de technicité élevé ;* ***il y a vraiment des compétences techniques qui sont de très haut niveau****, par contre* ***les gens n'ont pas le souci du tout, de la maîtrise de projet.*** *On considère que la maîtrise de projet, c'est tout juste bon pour le Chef de projet, et encore. En particulier dans les services métier qui eux produisent des études, ou font produire, parce qu'il y a beaucoup de choses évidemment qui sont traitées en termes d'étude, il n'y a pas de planification en termes d'étude. On sait quand est-ce qu'on doit sortir un document, au plus tard,* ***mais on est infichu de dire ce qu'on doit faire en amont pour que ce document soit prêt à cette date-là****. Il y a des tentatives aujourd'hui, d'essayer de faire ça, mais on voit bien que* ***ce n'est pas dans la culture des gens****. L'ingénieur de base, entre guillemet, pour lui, c'est du temps de perdu. Or, c'est complètement faux. C'est même au cœur de l'ingénierie d'être capable de maîtriser ses délais et de maîtriser ses coûts.* ***L'aspect technique est important, c'est indéniable, mais ce n'est pas l'aspect primordial. Cela ne doit pas se faire au détriment de la maîtrise du projet*** *».*

Plusieurs autres acteurs rencontrés nous confiaient ainsi que, pour eux, le niveau des compétences techniques des services métier n'était pas un objet d'inquiétude, que cela était même un « point fort » de l'unité :

> *« Les forces du CNEN sont ses ressources en termes de compétences, métiers techniques beaucoup, en termes de métiers contrôle de projet ce sont clairement des faiblesses […] La force du CNEN ce sont les ressources techniques dans les métiers spécifiques du nucléaire, de l'ingénierie nucléaire ».*

Ce qui conduisait en conséquence à considérer que le principal enjeu d'apprentissage pour l'ingénierie nucléaire aujourd'hui consistait à se débarrasser de cette envahissante culture technicienne portée par des métiers « monocéphales », et devenue inadaptée dans un monde où l'ingénierie nucléaire était sortie d'une logique de service public pour rentrer dans l'univers de la concurrence et de la maîtrise maximale des paramètres économiques de la conception et de la construction :

> *« Moi, personnellement, **je n'ai pas d'inquiétude sur les compétences techniques** […] Par contre je maintiens qu'on a des ingénieurs qui sont monocéphales, ils ne sont pas bicéphales. C'est-à-dire que pour moi un bon ingénieur, c'est aussi, quelqu'un qui va avoir le réflexe de se dire : bon là techniquement OK, mais est-ce que quelque part, je suis dans la bonne optimisation économique. Mon truc est-ce que ça va être l'optimum en termes coût d'exploitation, l'optimum en terme coût de montage ; est-ce que mon truc est montable, est-ce que c'est exploitable, est-ce que le matériel que je mets en œuvre, est-il suffisamment robuste, ou est-ce que je ne fais pas un peu trop de R&D pour un processus industriel ? Pour moi, toutes ces questions-là aujourd'hui, nos ingénieurs ne se les posent pas assez ».*

Il apparaît donc que la situation du CNEN pouvait donner lieu à des interprétations fort différentes de la nature des difficultés et des besoins d'évolution prioritaires. Ces différences peuvent s'expliquer par une tendance à tenir pour dissociés certains enjeux : ici, d'une part, le développement de la capacité de pilotage, d'autre part la reconstruction de capacités techniques de conception. Or, comme nous allons le voir dans la partie qui suit, il est non seulement possible de voir ces deux enjeux comme interdépendants, mais il existe également un risque non négligeable à ne pas les envisager de la sorte.

3. Les apprentissages au risque de l'optimisation de l'« utilisation » des ressources

Loin d'interpréter les difficultés rencontrées dans la définition de jalons temporels, dans l'association de durées à des tâches à réaliser, comme la résultante d'une prétendue position de force des métiers et des acteurs « techniques » au sein de l'unité, nous pouvons à l'inverse y déceler un signe supplémentaire de leur *faiblesse conjoncturelle* liée à la situation d'« oubli organisationnel » qui les a affectés. Ces difficultés ne s'expliquent pas, selon nous, par le maintien d'habitudes rétrogrades, mais bien, à l'inverse, par un *manque d'habitudes*.

Le premier manque d'habitudes en question, c'est le manque de familiarité avec les activités à mener, généré à la fois par la longue période de *stand-by*, qui a contribué à défaire ces habitudes, mais aussi par le changement de contexte technologique et réglementaire dans lequel ces activités doivent être menées. Un directeur adjoint de l'unité pointait, de façon à notre sens très lucide, ce lien entre perte d'habitudes éprouvées, évolution du contexte, et difficulté à générer des connaissances *a priori* sur la durée des activités :

> *« Je pense que on est trop sur du grossier, de l'estimation grossière et de la mauvaise évaluation précise de la tâche. On est trop sur « je ne sais pas dire combien de temps, parce que je n'ai pas... ». Encore une fois, je ne jette pas la pierre parce que c'est extrêmement difficile à faire ; pour que ça marche bien un truc comme ça... c'est un peu la différence entre l'artisanat et le travail à la chaîne ou l'industrialisation. Et même l'artisanat peut faire ça.* ***Un artisan qui fait des lampes, qui fait toujours les mêmes lampes, qui fait des bateaux, quand il en a fait plusieurs et qu'il a son métier dans les mains, il peut dire combien de temps il faut pour faire un bateau. Nous, on en est pas là****. On est en train de redémarrer une conception design d'une centrale nucléaire avec beaucoup plus de complexité et de questions qu'il pouvait y en avoir il y a 20 ans, parce que les éléments demandés aujourd'hui, en particulier par l'ASN, sont beaucoup plus précis ».*

Ainsi, quelles peuvent être les conditions qui permettent à un acteur, ou à un groupe d'acteurs, de pouvoir établir avec un minimum de précision une durée d'activité sur laquelle il est à la fois possible et souhaitable de s'engager ? Dans le cas d'activités de conception, cette opération nécessitera une **connaissance d'ordre *technique* de la tâche et des processus opératoires qu'elle implique**, mais aussi la **connaissance des règles, des conventions qui forment la trame de la recherche d'un compromis entre critères d'achèvement potentiellement contradictoires** : degré de qualité et de fiabilité de la production, performance économique, délais… Or, dans le cas qui nous intéresse, ces conditions ne sont clairement pas réunies. La connaissance technique des activités à mener (même s'il faudrait nuancer le constat en fonction des périmètres techniques) a été doublement obscurcie par la période d'interruption et par le caractère de « tête de série » de l'ouvrage. Quant à la connaissance du cadre conventionnel présidant à l'établissement du compromis technico-économique, elle est largement à construire, tant le cadre réglementaire et institutionnel de l'activité a évolué depuis l'époque de la construction du parc historique : se sont ainsi conjugués renforcement de l'indépendance et des missions de l'Autorité de Sûreté, accroissement de l'exigence de sûreté lié à l'évolution des attentes sociales, projection dans un univers économique concurrentiel où les coûts et les délais deviennent des critères fondamentaux de réussite. **Flamanville 3 n'est pas, en effet, qu'une « tête de série » technologique : elle l'est également sur le plan institutionnel**. Et les ingénieurs de la DIN doivent **simultanément produire un objet technique, tout en construisant le cadre conventionnel dans lequel cette production a lieu**, c'est-à-dire trouver de nouvelles règles de compromis permettant de répondre à la montée parallèle des exigences techniques et économiques.

Mais, une nouvelle fois, il ne saurait être question de dissocier cet enjeu de celui du « mur d'apprentissage » que nous avons identifié. Les analyses menées au chapitre précédent ont en effet fait ressortir nettement que, si l'on considère le cas des managers de première ligne qui sont, rappelons-le, considérés comme les « piliers techniques » de l'unité, l'impératif de montée en compétence des jeunes

infléchit fortement les termes du compromis productif. Cet impératif se matérialise en effet à la fois comme **une dimension à part entière de la charge** de travail des encadrants techniques, mais aussi comme **un principe de modulation de l'activité** (faire participer activement des jeunes à des études rallonge le plus souvent leur durée), et **accroît l'incertitude quant à l'atteinte des objectifs**. Ainsi, les managers de proximité, dans les arbitrages quotidiens qu'ils doivent rendre, ne cherchent pas simplement à trouver un compromis d'ordre *technico-économique* tel qu'il est classiquement décrit dans la littérature sur les activités de développement. Les enjeux d'apprentissage interfèrent pleinement avec les impératifs techniques de qualité et de robustesse des productions autant qu'avec les impératifs économiques de maîtrise des coûts et des délais. L'apprentissage devient un *output* à part entière de l'activité des managers, qui dépend de la façon dont le travail est alloué et organisé au sein de leurs équipes, et des arbitrages qu'ils rendent sur les différentes exigences contradictoires qui pèsent sur eux.

La connaissance de ce fort infléchissement de l'activité des managers en lien avec la situation de « mur d'apprentissage » permet, rétrospectivement, d'apporter un éclairage sur une forte interrogation soulevée par l'un des directeurs adjoints de l'unité, qui se plaignait d'un profond manque de visibilité sur la « productivité » des services métier, qui rendait de ce fait difficile l'ambition de piloter, voire plus généralement de gouverner le fonctionnement de l'unité :

> *« Chaque fois que j'ai un problème, on m'explique que ce n'est pas possible, on est débordé, il n'y a personne. Et je n'ai que Flamanville qui est en train de sortir de terre ! Donc j'ai un* ***énorme problème de transformation de cette quantité d'énergie en production****. Aujourd'hui on n'est pas capable..., mes seuls indicateurs on raisonne en… alors j'ai découvert ça, le Kilo/Heure, le raisonnement, l'unité de base ici c'est le Kilo/Heure. Je sais que le CNEN on doit avoir 1500 personnes et on doit quasiment faire 1 million d'heures d'ingénierie par an, ou 2 millions d'heures d'ingénierie par an. Voilà,* ***où passe cette énergie ?*** *D'où l'importance de se dire cette organisation comment est-ce que on va être capable de la monitorer ».*

Le discours de ce directeur adjoint, très fortement engagé dans l'enjeu de renforcement de la « capacité de pilotage » de l'unité, rejoignait (même si ce n'était pas formulé de façon aussi abrupte) la représentation d'autres acteurs sur la situation de « toute puissance » des métiers techniques de l'ingénierie nucléaire. C'est à l'aune de cette représentation qu'il interprétait les refus des ingénieurs de métier de s'engager sur des objectifs de temps chiffrés. Pour lui, la position de force des métiers expliquerait leur capacité à entretenir un flou, un « tabou » autour de leur « productivité » et des ressorts de leur « performance » :

> *« Mais quand même, se poser la question de la productivité d'un ingénieur dans une entreprise comme EDF, c'est quand même quelque chose de tabou. Je ne sais pas si un jour on pourra demander de bosser sur la productivité d'un ingénieur. Par contre les montagnes d'études qui ont été faites sur la productivité du comptable ou de la secrétaire, ça on a su le faire ! Foutre des pressions extraordinaires sur le comptable ou sur la secrétaire, on sait faire ! Je ne suis pas certain qu'on sache mettre la même pression sur un ingénieur ».*

Dans cette représentation, la condition première du développement d'une capacité de pilotage renforcée pour l'ingénierie nucléaire réside dans la levée de ce « tabou », par la constitution de connaissances sur l'activité de l'ingénieur :

> *« Entre celui qui dit : "je ne fais pas confiance à ce qui était fait précédemment" et entre celui qui dit "je pense que là, il y a quand même...", on peut s'interroger du temps passé par un ingénieur sur un livrable donné.* ***Je pense qu'ils n'ont pas tous la même efficacité****. Je pense qu'****il y en a qui doivent rêver, qui se paument dans les détails****. Sur les tâches administratives, ils ont su le faire. Alors effectivement, vous me dites que c'était d'une simplicité telle qu'à un moment donné, elles sont faciles à peser. Mais je pense qu'on aurait fait le centième d'analyse sur le sujet, en tout cas* ***on se donnerait la peine d'analyser un peu ce qu'est une manière de travailler de l'ingénieur, et ce qu'est la productivité de l'ingénieur****, je pense qu'on arriverait à des... On pourrait en tirer des enseignements. Au niveau d'EDF qu'on n'a jamais voulu se poser la question ! »*

Si ce passage ne manque pas de rappeler combien la question de la « productivité » du travail intellectuel de façon générale, et du travail de conception en particulier, représente, encore aujourd'hui, une énigme théorique majeure (Drucker, 2010), il frappe surtout par ses résonances tayloriennes. En effet, qu'exprime t-il sinon une volonté d'accroître le contrôle sur l'activité des ingénieurs via le développement de connaissances sur les « bonnes » manières de procéder ? De résorber l'hétérogénéité des modes opératoires (« *ils n'ont pas tous la même efficacité* »), voire la « flânerie systématique » (« *il y en a qui doivent rêver, qui se paument dans les détails* »), par la standardisation des méthodes ? C'est bien une version à peine actualisée du projet taylorien qui est ici appliquée à des métiers d'ingénierie, qui sont donc entourés du même soupçon de corporatisme et de conservation jalouse des savoir-faire que les ouvriers de métier auxquels Taylor reprochait leur individualisme et leur propension au marchandage (Fridenson, 1987; Hatchuel, 1994; Linhart, 1976).

Or, le « *problème de la transformation de l'énergie en production* » pointé par ce directeur adjoint perd une bonne partie de son caractère énigmatique dès lors que l'on tient compte, d'une part du « délai d'assimilation » de nombreuses ressources concernées, d'autre part de la part représentée par l'impératif de formation sur le tas des jeunes dans la charge de travail des managers. Donc du caractère « auto-génératif » des capacités d'ingénierie pointé au chapitre précédent, et qui rend une bonne partie des capacités de l'unité non directement utilisables pour la « production » sanctionnée par les critères classiques de performance. C'est donc dans les activités associées à l'auto-régénération des capacités que « *passe* » une bonne partie de l'« *énergie* » à propos de laquelle le directeur adjoint s'inquiète.

Ce dernier point permet de cerner un risque potentiel du souhait de vouloir accroître la « productivité » des ressources d'ingénierie dans un contexte où les enjeux d'apprentissage et de montée en compétence se posent avec acuité. Le risque serait d'instaurer une « tyrannie » du planning qui se fasse au détriment des activités formatrices. Le même directeur adjoint prenait l'exemple d'une autre société d'ingénierie, Technip, dans laquelle le travail est fortement réglé en fonction de la tenue des délais :

> *« Vous allez chez Technip, c'est pas du tabou ! Chez Technip, le type arrive, on lui dit : "mon coco tu vas me dessiner une petite plate-forme pétrolière. Je t'interdis de te poser des questions sur telle ou telle chose vu qu'il y a tel acquis et tel acquis. Tu as 15 jours pour faire le boulot". Au bout du deuxième jour, son chef vient le voir en disant : "est-ce que tu me tiens les 15 jours" ? Il regarde ce qu'il a fait, il regarde s'il va soutenir les 15 jours. Si ça ne se passe pas dans les 15 jours il va falloir qu'il s'explique ! ».*

Ce type de fonctionnement ne conduirait-il pas à infléchir le comportement des ingénieurs vers des arbitrages systématiques en faveur de la tenue des délais ? Nous avions justement vu que le fait que les MPL des services métier puissent disposer d'une certaine latitude d'action et jouer sur plusieurs variables d'ajustement « au fil de l'eau » en fonction des priorités du moment donnait, certes, une impression de sous-optimalité globale, mais permettait de ne pas abandonner l'une ou l'autre des exigences pesant sur l'unité. À l'inverse, **la tentation d'un fonctionnement visant l'optimisation de la contribution des ressources aux critères objectifs de performance ferait courir le risque d'un délaissement des activités moins directement contributives à la performance**. Et saperait, de ce fait, les conditions de possibilité de la performance future, puisqu'elle hypothéquerait les chances d'une montée en compétence globale et effective permettant de soutenir la charge multi-projets à venir.

Sur ce dernier point, toutefois, nous n'avons pas pu, du fait des bornes temporelles de notre collaboration avec le CNEN, ni observer si une telle orientation avait été effectivement prise, ni, évidemment, en observer les effets potentiels. Nous nous contenterons donc de souligner ici l'importance qu'il y a à embrasser, autant que possible, les multiples dimensions du « réapprentissage ». Mais aussi à faire l'hypothèse que l'invisibilité relative du « mur d'apprentissage », dont nous chercherons à identifier quelques causes, tend à fragiliser la construction des capacités au profit de leur pure mobilisation. Nous développons ces questions dans la sous-partie suivante.

III. Pluralité des apprentissages, cadrage et orientation de l'action managériale

Dans ce chapitre, la prise en compte d'« hypothèses rivales » (Dumez, 2013) à l'explication des difficultés du CNEN par une situation de « mur d'apprentissage » nous a en réalité permis d'apporter des éléments de réponse à notre problématique. Nous nous étions en effet demandés ce que les situations de réapprentissage pouvaient avoir de spécifique, et si elles étaient génératrices de difficultés appelant des réponses managériales particulières. Nous avons identifié au chapitre précédent une première situation d'apprentissage, que nous avons qualifiée de « mur d'apprentissage ». À travers la notion de « mur d'apprentissage », nous souhaitions exprimer la difficulté intrinsèque d'une situation de réapprentissage dans le cadre d'une activité qui a pour caractéristiques de requérir des apprentissages longs (ce que nous avons exprimé à travers la notion

de « délai d'assimilation » emprunté à la littérature) qui s'opèrent principalement par l'action et par compagnonnage (ce que nous avons exprimé à travers la notion de « capacités auto-génératives »).
Mais le présent chapitre a permis d'élargir la compréhension de la situation de réapprentissage en question, et de montrer que celle-ci ne se limitait pas au « mur d'apprentissage ». Nous avons montré que la reconstruction de capacités productives par la montée en compétence de nouvelles recrues (objet du « mur d'apprentissage ») se combinait avec d'autres modalités d'apprentissage : d'une part, le caractère de « tête de série » de l'EPR de Flamanville, générateur d'obsolescences partielles des capacités du CNEN et rendant nécessaires des apprentissages de type « exploratoire » ; d'autre part, les apprentissages plus à court terme, visant le développement de « capacités de pilotage » adaptées à un contexte concurrentiel et réglementaire changé. Nous avons en outre montré que ces différentes modalités d'apprentissage étaient certes hétérogènes, mais étaient interdépendantes et se conditionnaient mutuellement.

Ainsi, nous avons pu constater, dans le cas de l'ingénierie nucléaire, que **le réapprentissage organisationnel prenait la forme d'une combinaison d'apprentissages hétérogènes mais interreliés et interdépendants**. Ce que nous proposons être une caractéristique de la « situation de gestion » (Girin, 1990; Journé & Raulet-Croset, 2008) associée à une phase de réapprentissage. Or cette superposition d'enjeux hétérogènes mais interdépendants est précisément génératrice de contradictions dans la perception de la situation, que les travaux menés autour des notions de « situation » et de « situations de gestion » peuvent permettre d'éclairer. Ils ont en effet montré que les situations de gestion porteuses de hauts niveaux d'incertitude et d'ambiguïté donnaient lieu, de la part des acteurs, à des processus d'« *enquête* »[90] qui permettent progressivement la « *construction collective du phénomène à maîtriser* », c'est-à-dire de la « *situation* » (Journé & Raulet-Croset, 2008, p. 47). En mobilisant et en intégrant les apports de la sociologie interactionniste, et en particulier de l'œuvre d'Erving Goffman, ils ont également mis en avant les « *cadres* » subjectifs à travers lesquels les acteurs, pris isolément et localement, mènent l'enquête et construisent des représentations situées, partielles, et potentiellement contradictoires des problèmes collectifs (Goffman, 1991). C'est l'existence de tels « *cadres* » qui expliquent « *l'existence de conflits d'interprétation et de cadrage entre acteurs : autour d'un même problème, plusieurs points de vue différents se confrontent, qui vont être à la source de situations de nature différente* » (Journé & Raulet-Croset, 2008, p. 32).

Les développements du présent chapitre peuvent être relus à la lumière de cette perspective théorique. Nous avons en effet pu observer clairement un « *conflit d'interprétation et de cadrage* » entre différentes catégories d'acteurs autour de la question du « pilotage » de l'activité, et plus largement de l'interprétation des difficultés rencontrées par l'ingénierie nucléaire dans l'atteinte de ses objectifs de performance. Au sein des services métiers, l'interprétation se centrait ainsi sur la question du niveau (quantitatif, mais surtout qualitatif) des ressources techniques, et pointait une situation de pénurie rendant, en pratique, impossible la réponse aux exigences simultanées pesant sur leur activité. En dehors de ces services métiers (pour certains membres de l'équipe de direction ou pour les acteurs non techniques des services projets), plusieurs personnes semblaient ne pas percevoir, voire dans certains cas réfuter explicitement cette situation de pénurie, privilégiant la thèse du manque de

[90] Le concept est emprunté à la philosophie pragmatiste, et en particulier à l'œuvre de John Dewey.

« capacités de pilotage », explicable, selon les cas, par l'archaïsme ou l'immobilisme des services techniques, et leur insensibilité aux dimensions économiques de la gestion de projet.
Ces différences d'interprétation peuvent être imputées à des biais de « cadrage », liés à la position que les acteurs occupent dans l'organisation, et de leur plus ou moins grande proximité avec la réalité du travail des services métier. Les acteurs pointant prioritairement le manque de « capacités de pilotage » avaient en effet un point de vue externe et médié par des indicateurs « objectifs » de « production » sur l'activité de ces services. Leur « enquête » prenait donc pour point de référence les *outputs* de cette activité, dans une perspective de performance globale. Quant à leur représentation des *inputs*, elle se limitait souvent au constat d'une croissance des effectifs non suivie d'effets réels sur la performance, ce qui semblait valider le constat que le niveau des ressources n'était pas le problème, et que les revendications des managers de métier n'étaient pas légitimes. Or, précisément, nos analyses ont permis de dépasser cette aporie apparente, en montrant quels étaient les effets, paradoxaux et contre-intuitifs, de cette croissance des effectifs : effets que nous avons conceptualisés en termes de « mur d'apprentissage ».

Nous pouvons ainsi *in fine* interpréter rétrospectivement notre intervention au sein du CNEN comme une contribution à cette construction collective de la situation. Nous avons, munis de nos propres « cadres » (hérités des travaux antérieurs des deux encadrants de thèse sur les modalités d'apprentissage en ingénierie), contribué à un processus d'« enquête » collective de grande envergure destiné à faire émerger les phénomènes à maîtriser. Cette « enquête » collective a été impulsée et soutenue, dans le cadre du « Projet d'Unité », par l'équipe de direction du CNEN qui a, en multipliant les « chantiers » et les croisements de perspective, progressivement fait émerger la « situation » de l'unité tout en cherchant en permanence des voies d'action adaptées à cette situation (conformément à la nature émergente des processus d'enquête relevée par Journé & Raulet-Croset).

Cette ouverture, voulue et organisée, à la multiplicité des points de vue a surtout permis de prévenir le risque d'une construction univoque de la situation. La sous-partie précédente nous a ainsi, par exemple, permis d'entrevoir le risque potentiel d'une action prioritairement centrée sur l'optimisation de la « productivité » des ressources au détriment des dimensions « improductives » de leur travail (selon les critères classiques de la production en ingénierie, qui néglige la création de nouvelles capacités comme un *résultat* à part entière de l'activité). Ce risque était induit, selon nous, par le fait que cette part « improductive » du travail faisait l'objet d'une *connaissance faible* (comme on parle de « signaux faibles » en économie), c'est-à-dire diffuse, inégalement distribuée, non artefactuelle, non instrumentée. Ce qui n'apparaît guère étonnant, dans la mesure où les processus en jeu (formation sur le tas, encadrement technique par compagnonnage…) sont largement informels, interstitiels, faiblement organisés et rationalisés. C'est pourquoi nous parlons du « mur d'apprentissage » comme d'une situation qui est à la fois potentiellement critique, mais aussi potentiellement sous-estimée, mal appréciée, voire, dans une configuration extrême, *invisible*.

Nous pouvons donc **voir la partie empirique de notre travail de thèse comme un processus d'« enquête » sur ces dimensions « faibles » du travail des ingénieurs au sein du CNEN et des difficultés qu'elles engendrent dans leur articulation avec les dimensions « fortes »**, c'est-à-dire

visibles et soumises au jugement externe, de l'activité. Et **l'objet de notre collaboration avec la direction du CNEN fut ainsi d'attirer inlassablement l'« attention managériale » sur le produit de cette enquête, afin de veiller à ce que ces dimensions faibles soient inscrites à l'agenda stratégique de l'organisation, et fassent l'objet d'actions spécifiques.**

Synthèse des apports du chapitre VIII

En considérant les « hypothèses rivales » au « mur d'apprentissage » dans l'explication des difficultés du CNEN, nous avons pu cerner une caractéristique fondamentale de la « situation » de réapprentissage. Nous avons en effet montré qu'un redémarrage consécutif à une longue interruption de l'activité rendait nécessaire une **pluralité d'apprentissages hétérogènes, mais interdépendants**. En particulier, au « mur d'apprentissage » identifié au chapitre précédent s'ajoutent, pour l'ingénierie nucléaire, le besoin de générer de nouvelles connaissances en raison du caractère de « tête de série » de l'EPR, ainsi que celui d'adapter ses modèles de fonctionnement et de pilotage de l'activité à un contexte de travail à la fois plus concurrentiel et plus exigeant sur le plan de la sûreté.

Nous avons montré que ces besoins d'apprentissage n'étaient pas indépendants les uns des autres, mais qu'ils **exacerbaient mutuellement leurs effets**. Or, cette interdépendance est source de **conflits d'interprétation**, et donc d'orientation de l'action, en raison de **biais de « cadrage » autour d'une *même* « situation » *plurielle***. Ce qui constitue un risque, dans la mesure où les apprentissages se conditionnent mutuellement : une action univoque risquerait d'amplifier les effets de besoins d'apprentissage non traités. Ce constat souligne l'importance, en situation de réapprentissage, d'un **management ouvert à la pluralité de la situation** et à la diversité des points de vue, et qui s'approprie progressivement les enjeux par des processus d'« enquête », qui mêlent action et réflexivité.

Ce chapitre a ainsi permis, d'une part, de mieux cerner la spécificité d'une situation de réapprentissage dans une activité d'ingénierie, d'autre part d'identifier un certain nombre de risques associés au caractère pluriel de la situation et d'énoncer des principes généraux relatifs à la perception et l'analyse de la situation. Par la suite, nous aborderons plus frontalement la question du contenu de l'action managériale en situation de réapprentissage, et des principes d'organisation et de rationalisation qu'une situation de ce type implique.

Chapitre IX : Réapprentissage et action managériale : enseignements de l'expérience du CNEN et proposition de principes d'action

Dans ce dernier chapitre, nous abordons la question des modalités de gestion et d'organisation adaptées à une situation de réapprentissage. Il convient, au préalable, de se demander ce qu'une telle situation peut avoir de spécifique, qui la distinguerait d'autres « situations de gestion » ou d'apprentissage déjà connues par les chercheurs et les praticiens. Les précédents chapitres peuvent nous permettre d'apporter une réponse à cette interrogation, du moins pour ce qui concerne les activités d'ingénierie ou, potentiellement, les activités réunissant des caractéristiques similaires.

Le chapitre VII a permis, dans un premier temps, de montrer qu'une situation de réapprentissage peut se caractériser par *l'intensité du besoin de reconstruire des capacités « productives »* (si l'on consent à tenir le travail des ingénieurs pour de la « production »). Cette intensité, que nous avons figurée à travers la formule du « mur d'apprentissage », découle de la longueur du « délai d'assimilation » dans ce type activité, et de l'ampleur de l'investissement en temps et en ressources que la résorption de ce délai d'assimilation suppose, en raison du *caractère auto-génératif des capacités* dans les activités d'ingénierie.

Le chapitre VIII a permis, dans un second temps, de mettre en évidence que ce besoin d'apprentissage intensif prenait place dans un contexte organisationnel où plusieurs enjeux d'apprentissage se superposent, et, surtout, où il est impossible de seulement *construire* des capacités, puisqu'il faut en même temps les *utiliser*, les *exploiter* en vue d'atteindre des objectifs de performance. Ce point est essentiel, en ce qu'il distingue une situation de réapprentissage par rapport à une situation d'apprentissage de type « radical » ou « exploratoire », où l'action « productive » est différée au-delà de l'horizon de la constitution des capacités.

En conséquence, en situation de réapprentissage, le management ne peut pas « choisir » entre construction et exploitation des capacités. Il ne peut pas agir comme si les capacités productives étaient *déjà là*, étaient *données* (ce qui était, nous l'avons vu, le postulat implicite des acteurs souhaitant engager l'unité dans le sens d'une optimisation de l'activation productive des capacités). Il ne peut agir non plus comme si l'organisation n'avait « qu'à » construire ses capacités d'action (ce qui, ici, aurait eu des conséquences désastreuses pour la compétitivité de l'entreprise). Il s'agit donc d'**organiser la construction des capacités d'action dans un contexte où celles-ci sont par ailleurs engagées dans l'atteinte d'objectifs de performance à court terme**, donc de **combiner des horizons temporels hétérogènes**.
On pourrait objecter que cette situation n'a rien d'inédit, dans la mesure où *toute* organisation doit en permanence organiser la reconstruction et la pérennisation de ses capacités productives, qui ne sont jamais données une fois pour toutes. Or, précisément, ce qui est spécifique ici, c'est l'intensité avec laquelle ce besoin de reconstruction et de pérennisation se présente aux acteurs. Et cette intensité appelle des efforts spécifiques d'organisation et de gestion, là où, en d'autres situations, cette reconstruction peut se faire de façon plus naturelle, dans le flux de l'activité courante.

Nous centrons donc nos analyses, dans ce chapitre plus « prescriptif » que les précédents, sur les efforts déployés par le CNEN (et accompagnés par nos analyses et recommandations) sur l'organisation de la reconstruction des capacités par la montée en compétence collective. Nous considérons que cet enjeu suppose des actions de rationalisation spécifiques. D'une part, du fait de l'intensité de ce besoin de montée en compétence, qui en fait un enjeu critique de performance à long-terme. D'autre part, parce que, comme nous l'avons vu, il correspond à des activités largement « invisibles », en ce qu'elles sont « improductives » (du point de vue des critères de performance officiels), et faiblement artefactuelles. Or cette invisibilité constitue une vraie *fragilité* potentielle, compte tenu de la superposition des enjeux simultanés de création et d'exploitation de capacités. Nous avons en effet identifié un risque de recherche d'une optimisation de l'activation des capacités, qui ne peut se faire qu'au détriment de leur construction. Nous considérons donc qu'il existe un véritable enjeu à *reconnaître* et à « *faire une place* » aux processus qui sous-tendent la construction des capacités, à les intégrer aux processus de décision, de gestion, d'organisation de l'activité. Et ce sont précisément les efforts en ce sens engagés, à différents niveaux, par les acteurs du CNEN que nous allons décrire et analyser dans ce chapitre.

Dans un premier temps, nous reviendrons sur les choix opérés par le CNEN au niveau macro-organisationnel, en étudiant les questions du dimensionnement global du niveau de ressources et de l'organisation générale de l'ingénierie au prisme de la question du « mur d'apprentissage ». Nous verrons que les enjeux associés à la reconstruction des capacités ont été progressivement découverts, appropriés et maîtrisés par des ajustements successifs.
Nous adopterons ensuite un prisme plus micro-organisationnel, en restituant les résultats de notre collaboration avec deux managers opérationnels du CNEN (un chef de service et un chef de groupe) au cours de la phase de « diagnostic approfondi » de notre collaboration. Nous verrons que les deux acteurs, à des niveaux différents, cherchaient, par expérimentation, des moyens de *constituer les processus d'apprentissage en véritable objet de gestion*. Nous verrons ainsi que l'intégration de ces processus aux modalités d'organisation rend nécessaire non seulement la génération de connaissances spécifiques pour soutenir des efforts de rationalisation, mais également l'adaptation, voire le renversement, de certaines règles établies de l'organisation.

I. Appropriation et intégration progressive des enjeux d'apprentissage dans les paramètres de gestion au niveau macro-organisationnel

Nous entrons donc dans le volet le plus directement « prescriptif » de notre travail de recherche, à savoir la question des modalités de gestion *ex-post* d'une situation d'oubli organisationnel à travers l'organisation d'une phase de réapprentissage, que notre posture de recherche collaborative nous a permis d'étudier de l'intérieur, en ayant accès à plusieurs niveaux de décision de la chaîne hiérarchique.

D'une certaine manière, les dirigeants de l'ingénierie nucléaire ont été acculés au fait de devoir gérer *après coup* une situation d'oubli organisationnel. Nous avons vu, notamment dans le chapitre III que

nombre d'acteurs de la filière avaient une connaissance diffuse, mais néanmoins bien réelle de la possibilité d'une crise du réapprentissage en cas d'interruption prolongée de l'activité. Nous pouvons même voir, loin en arrière, dans la volonté exprimée par Marcel Boiteux de construire (à la fin des années 1960) des centrales REP à seule fin de faire « faire de la gymnastique » à ses équipes d'ingénieurs, une modalité primaire de gestion *ex-ante* de l'oubli organisationnel. Cette volonté exprimait une nette conscience de *l'insécabilité de l'action et de la construction des capacités*. Et cette conscience ne s'est pas défaite dans le temps : on la retrouve dans la volonté répétée, à différents moments de leur histoire, par les acteurs de l'ingénierie nucléaire de « lisser » le plus possible dans le temps leur plan de charge global. Elle a ainsi été exprimée à travers le *lobbying* exercé par les acteurs de la filière pour avancer au plus tôt la construction d'un EPR en vue d'éviter des « à-coups ». Et elle se perpétue aujourd'hui à travers l'ambition affichée d'un renouvellement graduel des tranches du parc historique, qui devrait permettre d'assurer un *continuum* d'activités aux équipes d'ingénierie et aux différents fournisseurs.

Or, dans le cas de l'ingénierie nucléaire, il semble qu'il n'existe pas d'autres « leviers » véritables de prévention de l'oubli organisationnel que d'assurer ce *continuum*… et précisément, ce levier n'en n'est pas un, puisque le plan de charge global est fortement dépendant d'aléas politiques en grande partie exogènes à la stratégie des entreprises du secteur. En conséquence, les équipes de l'ingénierie nucléaire ont eu à expérimenter une situation inédite de réapprentissage, dans un contexte de fortes exigences pesant sur leur activité. Ce caractère inédit de la situation s'est traduit, au niveau du management, par des processus de tâtonnement, d'expérimentation, de découvertes, exprimant une appropriation progressive des moyens de gérer, organiser, maîtriser la situation. Nous allons essayer de rendre compte de ces processus d'appropriation, en souhaitant que cette expérience pionnière de l'ingénierie nucléaire puisse servir en d'autres circonstances, voire à d'autres types d'organisations confrontées à des problématiques analogues.

1. Le cas de la stratégie d'embauche

L'évolution dans le temps de la politique d'embauche du CNEN illustre, de façon emblématique, ce processus d'appropriation graduel des enjeux liés au réapprentissage.

Au cours des premières années du lancement opérationnel du projet Flamanville 3, à partir de 2005, le CNEN n'embauche que peu, et n'a commencé véritablement à le faire de façon massive qu'à partir de 2008. Nous ne disposons pas d'informations suffisantes sur la période 2005-2008, et nous ne pouvons donc proposer que des hypothèses quant aux motifs de cette décision. Nous pouvons faire la conjecture que ce « retard » dans le choix d'une stratégie d'embauche ambitieuse s'explique avant tout par l'incertitude qui pesait à l'époque, d'une part sur la concrétisation du projet EPR lui-même (le DAC n'a été signé qu'en avril 2007), d'autre part sur la perspective réelle représentée par le « Nouveau Nucléaire », et donc sur le plan de charge global à moyen et long termes de l'ingénierie nucléaire.

Le choix de se doter, dans des délais rapides, de capacités démultipliées au moyen d'embauches très nombreuses n'est intervenu, selon toute vraisemblance, qu'une fois les réticences liées à ces incertitudes levées. À partir de 2008, comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, il est alors prévu de procéder à une centaine d'embauches externes par an, en vue de quasi-doubler les effectifs du CNEN.

Notre collaboration avec le CNEN a débuté au début de 2011 : cette politique d'embauches massives battait alors son plein, et il rentrait effectivement une centaine d'ingénieurs par an, à 90% tout juste diplômés. Or c'est également à cette époque que se font ressentir les effets d'une éventuelle « surchauffe », qui amènent les managers de l'unité à douter du bien fondé d'une poursuite du recrutement sur un rythme aussi soutenu. En particulier, les acteurs de la filière RH commencent à se demander si l'organisation n'est pas en train d'atteindre ses limites en matière de « *capacité d'intégration* » (comme l'ont indiqué les notes d'entretien réalisées auprès d'eux par nos superviseurs du pôle QVT de la RH groupe). Le DRH se demande alors si l'on n'assiste pas à une croissance de la « *charge de travail en croissance plus forte que la capacité du groupe à se développer* », donc à un débordement des capacités productives des équipes, imputable en premier lieu à l'apparition de nouveaux projets (UK, Penly) venant s'ajouter à la charge déjà importante liée à Flamanville. De nombreux salariés, parmi lesquels les managers de première ligne, se plaignent alors un problème global de « *surcharge* » de travail et le remontent massivement à leur hiérarchie.

Or, comment résoudre ce problème de surcharge ? De nombreux managers des services métier (les plus concernés par les embauches) demandaient alors des embauches supplémentaires, pour résorber cette surcharge et être en mesure de répondre aux exigences croissantes. Et ces demandes étaient légitimées par le fait que la croissance de la charge allait se poursuivre pour atteindre un « pic » de charge estimé à 2013-2014, avec, *a minima*, quatre tranches (2 sur UK, Penly et les dernières étapes de Flamanville) simultanément en phase de réalisation alors prévues.

Notre diagnostic d'une situation de « mur d'apprentissage » a permis d'alimenter la réflexion de la direction du CNEN quant à la stratégie à adopter en matière de poursuite ou non des embauches. Nous avons en effet mis en avant le fait que, en raison des « délais d'assimilation » et des modalités de montée en compétence par un investissement en temps des ressources expérimentées, une croissance des *ressources* était génératrice d'une *charge* importante d'encadrement pour les ingénieurs déjà en place. Or, en situation de sous-capacité, cette croissance de la charge d'encadrement peut donner lieu à une véritable spirale si l'on pense résoudre la sous-capacité par de nouvelles embauches, *a fortiori* si les personnes embauchées sont inexpérimentées. Les nouvelles embauches généreront une nouvelle charge d'encadrement, tout en étant peu productives : **elles accentueront la surcharge au lieu de la résorber**.

Van Oorschot et al. (2013) avaient mis en évidence ce risque de « spirale » dans le domaine de l'ingénierie des semi-conducteurs, en parlant d'une « *boucle de staffing* » (p. 291). Ils avaient, ce faisant, pointé le rôle central joué par l'existence ou non d'un *slack* organisationnel dans les phases de croissance d'une activité de développement. Cette notion de *slack* (qui, en anglais, renvoie au « mou » d'une corde ou d'une voile) est relativement ancienne en sciences de gestion, et renvoie initialement à la mise en évidence par Edith Penrose de la nécessité pour les firmes de disposer d'un excédent de

ressources pour pouvoir explorer et innover. C'était l'un des principaux résultats de sa théorie de la croissance de la firme (Penrose, 1959).

Dans le cas qui nous intéresse de la croissance des effectifs de l'ingénierie nucléaire, nous avons pu constater que ce qui caractérisait la situation du CNEN était précisément l'absence d'un *slack* suffisant de ressources expérimentées pour pouvoir absorber la croissance des effectifs. Cette absence de *slack* était une conséquence directe de l'interruption longue d'activité et des nombreux départs associés.

Nous avons **donc attiré l'attention de la direction du CNEN**, lors de restitutions de nos analyses au cours du mois de mai 2012, **sur le fait qu'une croissance intensive des effectifs n'est soutenable qu'à la condition de l'existence d'un *slack* suffisant**. Et donc sur le fait que **la stratégie d'embauches ne pouvait être paramétrée exclusivement sur la base des anticipations de charge** (d'autant plus si celles-ci sont fortement incertaines), mais devait **également tenir compte de l'appréciation de la capacité d'intégration de l'organisation en fonction de son niveau de *slack***.

La direction du CNEN en a tiré un enseignement à court terme, en choisissant de réduire rapidement le volume des embauches de jeunes diplômés, dans le but (au fond, très paradoxal) de « *stopper l'hémorragie* ». Finalement, les effectifs du CNEN sont inférieurs aux ambitions initiales de la stratégie d'embauche : le CNEN compte aujourd'hui (en 2014) environ 1080 ingénieurs, contre 1200 prévus initialement. Par ailleurs, la politique d'embauche a été réorientée précisément en vue de reconstituer un *slack* de ressources expérimentées, en concentrant les efforts de recherche externe (à l'aide, notamment, de cabinets de chasseurs de têtes) vers des individus dotés de capacités d'encadrement technique, mais aussi en ayant recours à de « jeunes » retraités de l'ingénierie nucléaire, via des contrats de prestation, et à qui l'on a pu confier des missions de tutorat ou de formation. Ces orientations, bien qu'aux effets nécessairement limités du fait de la rareté des ressources dotées du profil souhaité en externe, nous semblaient nécessaires pour inverser la « spirale » de la sous-capacité.

Derrière ce cheminement du raisonnement des dirigeants de l'ingénierie nucléaire, nous pouvons discerner la prise de conscience graduelle de l'importance d'une prise en compte des modalités concrètes et situées de la montée en compétence pour pouvoir piloter une phase de réapprentissage. Cette appropriation progressive des enjeux de montée en compétence, et leur intégration dans des paramètres de décision, ont été rendues possibles par une grande *attention* accordée par le management aux « signaux faibles » renvoyés par les équipes, donc par ce qu'Acquier et Dalmasso (2013) appellent la « sensibilité aux ressources » ("*resource sensitivity*"). Cette sensibilité aux signaux renvoyés par les ressources est le pendant « interne » de la « *sensibilité stratégique* » considérée par Doz comme l'une des conditions premières de l'« *agilité stratégique* », c'est-à-dire de la capacité du management à opérer efficacement d'importantes et rapides reconfigurations de ressources (Y. Doz & Kosonen, 2008; Y. L. Doz & Kosonen, 2010).

Cette sensibilité aux ressources peut donc être vue comme une condition générale de possibilité d'une stratégie d'embauches éclairée en situation de réapprentissage. Néanmoins, cette sensibilité sera d'autant moins nécessaire qu'une organisation disposera, en amont, de connaissances tant sur son propre niveau initial de ressources que sur les processus de montée en compétence propres à son domaine d'activité, et qu'elle sera capable de bâtir des projections à partir de ces connaissances. Les travaux menés par Dalmasso (2009), dans le cas du paramétrage et de la simulation d'une montée en compétence collective dans le contexte d'une création d'un centre d'ingénierie à l'international,

apportent des éléments éclairants en vue d'une instrumentation possible de cette définition d'une stratégie d'embauche. Ils mettent en évidence les connaissances à prendre en compte pour pouvoir simuler la montée en compétence collective en fonction des paramètres suivants :

- une estimation de la durée moyenne, par périmètre d'activité et en fonction du niveau de qualification initial des recrues, du **délai d'assimilation** ;

- une estimation du **niveau d'investissement moyen en heures/hommes représenté par une recrue**, toujours en fonction du périmètre d'activité et du niveau de qualification initial de la recrue ;

- une estimation du **niveau initial de ressources expérimentées disponibles pour dispenser un encadrement technique**, donc du *slack* dont dispose l'organisation, dont on peut déduire, en fonction des paramètres précédents, une cible soutenable d'embauches.

Nous nous contentons toutefois de proposer ici une démarche très générique de questionnement pouvant permettre de préparer une stratégie d'embauches intégrant explicitement la question de la capacité d'intégration, issue du « retour d'expérience » du CNEN en la matière. Cette démarche mériterait d'être précisée, affinée, puis testée sur des cas réels, ce qui pourra faire l'objet de recherches futures. Son utilité potentielle serait de prévenir l'apparition des « *goulets d'étranglement* », des effets de « *surchauffe* », et l'exacerbation des situations d'arbitrage entre enjeux de performance à court-terme et enjeux de montée en compétence qui sont susceptibles d'émailler une phase de réapprentissage. Toutefois, ce paramétrage global du niveau d'embauches, même informé par une représentation fine des capacités d'intégration du collectif, ne peut suffire à assurer une montée en compétence effective. Cette dernière suppose de considérer les conditions organisationnelles de l'intégration des nouveaux entrants. Nous allons voir désormais que cet enjeu a également donné lieu à un cheminement intellectuel de la part du management de l'ingénierie nucléaire.

2. Macro-organisation « ambidextre » et stratégies locales

Comme nous l'avons expliqué dans les chapitres précédents, l'organisation du CNEN a connu un important basculement de façon concomitante à notre collaboration. L'un des motifs pour lesquels cette collaboration a été sollicitée par le CNEN et la QVT d'EDF était précisément que nous puissions apporter un avis extérieur sur les principes et les modalités de déploiement de cette réorganisation. Nous restituons donc ici les analyses que nous avons menées à cet effet.

L'idée dominante de cette réorganisation était de faire des services métier le véritable « centre de gravité technique » de l'organisation. Il s'agissait en effet de sortir d'une situation où le pilotage technique effectif du projet EPR de Flamanville était assuré par la direction technique du service projet, qui concentrait les principales ressources « expertes » de l'unité. Cette configuration organisationnelle avait été décidée au moment du lancement du projet Flamanville : il s'agissait alors

de démarrer vite. Lors de cette phase initiale du projet, la préoccupation d'une reconstruction des capacités d'ingénierie à une échelle plus large ne semblait donc pas se poser : l'organisation était tendue vers l'utilisation optimisée des ressources qu'elle possédait encore. Dans ce contexte, la mission des services métier était pour le moins floue, et l'était d'autant plus si l'on tient compte du fait qu'une grande partie de la production technique (conception de détail) était alors assurée par Sofinel, l'entité d'ingénierie de niveau 2 dans l'organisation industrielle. Dans la pratique, les services métier, faiblement dotés en ressources et aux missions incertaines, étaient souvent court-circuités dans les processus d'études. Certains acteurs se sont plaints d'être, à cette époque, cantonnés dans un rôle allant de celui de simples « *exécutants* » aux ordres du Projet à celui de « *boîtes aux lettres* » entre le Projet et Sofinel.

Lorsque les embauches massives ont commencé à être opérées au sein des services métiers du CNEN (rappelons qu'il était considéré que ces services étaient la « porte d'entrée » naturelle des jeunes dans l'organisation), cette organisation n'a pas évolué immédiatement. Mais, avec l'arrivée de nouveaux projets (UK et Penly en 2009), ainsi qu'avec les premières difficultés remontées dans l'intégration des jeunes, le management a progressivement pris conscience du caractère non-soutenable de cette organisation centralisée autour d'un service projet. D'une part elle compromettait la possibilité d'une véritable capitalisation inter-projets devant appuyer une stratégie de réplication de l'EPR, mais en outre, elle ne fournissait pas aux nouvelles recrues des conditions d'apprentissage suffisantes pour permettre une véritable montée en compétence collective.
Les dirigeants du CNEN avaient en effet clairement conscience du fait que l'enjeu du projet Flamanville était, comme nous l'avons largement souligné par ailleurs, double : ce projet devait remplir un certain nombre de critères de performance garantissant la compétitivité d'EDF dans la relance mondiale du nucléaire ; mais il était également un projet « apprenant », au sens où il devait permettre de former efficacement une nouvelle génération d'ingénieurs. L'ingénierie nucléaire devait donc trouver une structuration et des modes de fonctionnement garantissant une « *ambidextrie organisationnelle* » entre réponse aux enjeux de court-terme, et préparation de l'avenir. Le terme d'ambidextrie organisationnelle (qui n'était pas employé sur le terrain) est emprunté ici à la littérature en management de l'innovation (Andriopoulos & Lewis, 2008; Raisch et al., 2009). Il désigne la faculté de certaines organisations à résoudre le « *dilemme* » de l'articulation de l'« *exploration* » et de l'« *exploitation* », considérés, depuis James March, comme des registres d'action conflictuels et hétérogènes (March, 1991). Nous faisons subir à ce terme un léger déplacement sémantique, dans la mesure où la préparation de l'avenir, dans le cas de l'ingénierie nucléaire, ne se résume pas à des activités d'exploration (la construction de capacités y a un sens plus large). Mais les développements théoriques sur l'ambidextrie permettent de disposer d'une grammaire conceptuelle utile pour penser l'articulation d'enjeux hétérogènes mais interreliés. En particulier, l'un des principaux objets de cette littérature est de savoir dans quel cas l'ambidextrie peut-elle être « structurelle », c'est-à-dire reposer sur une séparation fonctionnelle et spatiale des activités, des équipes, des individus en charge de l'exploitation et de l'exploration, et dans quel cas elle peut être « contextuelle », c'est-à-dire reposant sur les mêmes individus, qui doivent alors combiner ces logiques dans la conduite de leurs activités quotidiennes.

En reprenant la métaphore de l'ambidextrie dans le cas du CNEN, nous pouvons ainsi dire que le management a pris conscience de l'impossibilité d'une ambidextrie structurelle séparant des entités pleinement engagées dans les activités « productives » sur les projets en cours, et des entités centrées sur une mission formatrice. Le discours des managers du CNEN, dans la justification de la réorganisation, mettait ainsi en avant le problème du manque d'activités jugées comme « *formatrices* » au sein des services métier, dans la mesure où les sujets les plus critiques étaient systématiquement traités par la DT projet, et où les activités de conception de détail, jugées propices à l'apprentissage des jeunes, étaient concentrées à Sofinel. La montée en compétence effective des jeunes au sein des métiers passait donc par le rapatriement de missions formatrices vers ces services, et donc par un redécoupage du périmètre des responsabilités de chaque entité. À titre d'exemple, le service Installation Génie Civil récupérait la « *prise en charge du suivi des contrats de réalisation de génie civil principal des projets UK et PY* »[91], activité « cœur » dans la compétence d'architecte-ensemblier en matière de génie civil, qui était jusque-là portée par le service projet. Par ailleurs, le service Matériels reprenait la main sur la « *prise en charge du suivi des contrats de matériels des projets UK et PY, qui est actuellement assuré par SOFINEL sur le Projet FA3* »[92]. La réorganisation prévoyait ainsi d'accompagner ces mouvements d'activité de mouvements subséquents de ressources expérimentées, afin d'éviter qu'ils ne se traduisent pas par un débordement des équipes déjà en place.

Mais cette décision de réaffecter des missions vers les métiers n'allait pas de soi. Car en effet, si ces missions stratégiques n'avaient pas été jusqu'ici affectées aux métiers, c'était d'abord parce que ceux-ci n'étaient pas jugés en capacité de les assumer, du fait de leur déficit structurel de ressources expérimentées. Or, pour sortir de ce déficit structurel, les métiers avaient précisément besoin de missions permettant à leurs ressources inexpérimentées d'apprendre. Il incombait donc au management du CNEN de « forcer » une réaffectation des missions, quitte à accepter qu'elles soient, initialement, assumées avec moins d'efficacité. Il s'agissait donc, en quelque sorte, d'une décision de type *contra-cyclique*, acceptant provisoirement une situation dégradée pour préparer l'avenir. Ce qui semble inévitable dans le cas d'une organisation qui ne dispose pas d'un *slack* de ressources suffisant pour pouvoir « gagner sur tous les tableaux ». Lorsque nous avons revu le directeur du CNEN en avril 2014, il nous confiait qu'il s'agissait là de l'un des principaux enseignements à tirer de l'expérience de l'unité en matière de gestion d'un processus de réapprentissage.

Toutefois, nous avons pu le constater lors de notre phase de diagnostic approfondi, ce type de décisions n'est pas simple à mettre en œuvre. Nous avons en effet été frappés par le fait que de nombreux comportements des acteurs du CNEN dérogent aux principes de la réorganisation, et privilégient des stratégies d'optimisation locale. Nous l'avons déjà dit, le redéploiement des ressources de la DT projet vers les métiers a rapidement achoppé, du fait des réticences de la direction du projet. Au-delà, continuaient à perdurer, malgré le changement officiel d'organisation des missions, des comportements calqués sur l'ancien mode de fonctionnement, qui, systématiquement, visaient à court-circuiter le recours à des ressources inexpérimentées dès lors que des objectifs de performance élevés et critiques étaient en jeu. Ces logiques locales se retrouvaient dans des pratiques

[91] Issu du document Power Point de présentation de la réorganisation du CNEN, novembre 2010.
[92] *Idem*.

de rétention d'activité (du projet ou de Sofinel, voire dans certains cas, de managers de première ligne au sein des services métier refusant de déléguer certaines activités à leurs subordonnés jugés trop inexpérimentés) ou de ressources. Elles se retrouvaient également à travers le recours massif aux *task forces* sur les sujets sensibles et complexes : un chef de service nous confiait ainsi que l'organisation passait son temps à « *empiler task force sur task force* », ce qui revenait à « *faire avancer l'organisation sous dopage* ». En cela, ce manager exprimait parfaitement le fait que l'organisation fonctionnait encore, malgré la réorganisation, sous le coup d'un agencement d'optimisations locales, de stratégies de compensation « gonflant » la performance artificiellement, c'est-à-dire au détriment de la mission formatrice de l'unité. En somme elle perpétuait, de façon cette fois officieuse (voire clandestine), la logique qui avait présidé au démarrage « au forceps » du projet Flamanville sous l'égide d'une poignée d'ingénieurs très qualifiés, et sans souci d'impulser la reconstruction d'une capacité productive plus large.

Ainsi, le management du CNEN a pu faire l'expérience qu'il ne s'agissait pas seulement de concevoir sur le papier une organisation fonctionnelle. Dans la mesure où la mise en place de celle-ci impliquait un certain nombre de sacrifices, de choix contra-cycliques, de renoncement à des logiques d'optimisation locale, cette réorganisation prêtait le flanc à des comportements dérogatoires et de contournement, contre lesquels il s'agissait de lutter pour atteindre un fonctionnement véritablement « ambidextre ». Rétrospectivement, ce souci d'une lutte contre les stratégies locales d'optimisation éclaire mieux l'accent mis par la direction du CNEN sur l'importance de la communication, de l'explicitation des décisions, et de la cohésion de l'unité autour d'un même « projet ». Il ne s'agissait pas là de slogans convenus, mais de l'expression d'une lutte sous-terraine entre les principes formels d'organisation et les comportements y dérogeant.

Finalement, ces difficultés peuvent être interprétés comme le symptôme d'une problématique plus vaste : celle de la **reconnaissance de l'apprentissage comme un *output* à part entière de l'activité des ingénieurs**, qui est à la fois **inséparable de la recherche de la performance Q-C-D**, mais **dont l'articulation avec celle-ci ne se fait pas sans difficultés**. Ces stratégies locales de contournement, de compensation, expriment la difficulté de la recherche d'un nouveau « compromis productif » entre les différentes exigences pesant sur les équipes. Difficulté à double titre, car il s'agit, simultanément, d'intégrer de profonds changements dans les logiques établies de performance, tout en intégrant à celles-ci l'enjeu de la construction à long terme des capacités d'ingénierie.

Dans la sous-partie qui suit, nous verrons comment ces difficultés se traduisent au niveau « micro », c'est-à-dire de l'organisation du travail, de l'activité et des ressources, telle qu'elle est prise en charge par les managers intermédiaires (chefs de service et chefs de groupe du CNEN). Nous étudierons la façon dont ces managers cherchent à les surmonter, au moyen d'expérimentations gestionnaires. Nous verrons ainsi comment ces managers, confrontés à la nécessité de sortir d'une situation de pénurie de ressources expérimentées, cherchent à faire de l'apprentissage un véritable « objet de gestion ».

II. Faire de l'apprentissage un objet de gestion : quelles modalités et outils adaptés de gestion de l'activité et des ressources ?

Les développements précédents ont montré en quoi l'enjeu du CNEN était de réunir les conditions d'une « ambidextrie », c'est-à-dire d'une conciliation entre enjeux de performance et de montée en compétence. La recherche de cette ambidextrie, nous l'avons vu, peut être facilitée par une politique d'embauche adéquate, ainsi que par des choix d'organisation permettant de ne pas isoler structurellement les activités critiques et permettant l'apprentissage, ce qui implique des arbitrages et un engagement forts de la part du management.
Mais comment la recherche de cette ambidextrie se décline t-elle à un niveau plus « micro », c'est-à-dire au niveau où se décident les modalités d'organisation du travail et d'affectation de l'activité aux ressources ? Pour le savoir, il nous a fallu étudier de façon plus approfondie le cas de managers intermédiaires particulièrement concernés par l'enjeu de la construction de leurs propres capacités d'action, ce qui a été le cas lors de la phase de diagnostic approfondi. Nous avons en effet rencontré le chef d'un service nouvellement créé et issu de la réorganisation du CNEN, ainsi qu'un chef de groupe responsable d'une équipe particulièrement jeune. Pour ces deux managers, à des niveaux distincts, la question de la génération de capacités d'action se posait donc de façon particulièrement aiguë. Mais pour eux également, et malgré des objectifs de performance particulièrement contraints, il ne saurait être question de se cantonner à une « gestion de l'urgence », à une « optimisation » de l'utilisation de ressources structurellement insuffisantes, ni à rendre des arbitrages « au coup par coup » entre exigences contraires. Il s'agissait au contraire d'intégrer dans la gestion quotidienne de l'activité les moyens d'une montée en compétence effective de leur équipe, et de faire de l'apprentissage un véritable « objet de gestion » inscrit dans l'organisation et la gestion de l'activité.

1. Intégrer les enjeux d'apprentissage à l'organisation du travail : le cas d'un chef de groupe

Au cours de la phase de diagnostic approfondi (deuxième semestre 2011 - début 2012), nous avons eu l'occasion de collaborer avec un manager de première ligne (MPL), ayant récemment pris la responsabilité d'un groupe de 12 personnes au sein du service Installation Génie Civil. Ce groupe (que nous appellerons GC1) avait été créé récemment, dans le cadre de la réorganisation du CNEN et du souhait afférent de revenir à des tailles de groupe plus petites, considérées comme plus « *humaines* » par la direction (opinion largement partagée par les équipes). Ce groupe est donc issu de la scission d'un groupe initial en deux groupes distincts. Sa mission est d'assurer des études dans le domaine du génie civil pour différents bâtiments de l'îlot nucléaire des EPR (nous la précisons ensuite).

Comme beaucoup de groupes des services métier du CNEN, le groupe GC1 était alors traversé par un double mouvement : d'une part, un important travail de redéfinition et de recomposition de ses missions et de son positionnement dans l'organisation industrielle à trois niveaux de l'ingénierie

nucléaire ; d'autre part, une nécessité de montée en compétence, du fait de la jeunesse de ses effectifs. Par ailleurs, cette double recomposition s'opère dans un contexte de fortes tensions sur la performance : la réalisation du génie civil de l'EPR de Flamanville battait alors son plein, et rencontrait, comme nous l'avons évoqué précédemment, un certain nombre de difficultés pointées par l'ASN. Dans le même temps, les études de génie civil pour les projets futurs (surtout le projet UK, l'incertitude sur la concrétisation de Penly 3 se faisant de plus en plus vive) commençaient à prendre de l'ampleur. En cela, le cas du groupe GC1 était très représentatif (voire un cas paroxystique) de la situation globale des services métier de l'unité : « mur d'apprentissage », recomposition des missions et exigences élevées de performance se combinaient alors.

A. Une recomposition des missions, des capacités à construire

Les missions du groupe GC1 connaissaient donc, au moment de nos échanges avec le chef du groupe, une phase de redéfinition très importante, qui s'inscrivait dans un mouvement plus vaste de recomposition des services métier du CNEN et de leur repositionnement vis-à-vis des autres parties prenantes de l'organisation industrielle.

Précisons d'abord la nature de l'activité du groupe : celle-ci visait essentiellement à piloter et surveiller la production de plans détaillés destinés *in fine* à la construction de plusieurs bâtiments de l'îlot nucléaire des EPR. Cette mission était donc multiple, et prenait des formes différentes en fonction des étapes d'avancement du projet. Ainsi, lors des phases amont des études de réalisation, le rôle des génie-civilistes du CNEN avait été, dans une large mesure, un travail d'appropriation et de traduction des prescriptions établies par le SEPTEN sur la base du *basic design* de l'îlot nucléaire. Le groupe GC1, parmi d'autres, avait alors une double mission théorique de « *conversion* » de données d'entrée, de prescriptions générales et de doctrines de conception et de construction en données utilisables par les bureaux d'étude en charge des plans détaillés, ainsi que de « *surveillance* » de cette réalisation de plans détaillés. Au fil de l'avancement du chantier, cette mission de pilotage et de surveillance devenait de plus en plus structurée par les « évènements » survenus sur le chantier. D'un simple travail de traduction de prescriptions, l'activité s'orientait de plus en plus vers la résolution de problèmes soulevés par la réalisation sur site.

On le voit, l'activité du groupe s'insérait donc dans une organisation industrielle à trois niveaux, dans laquelle quatre catégories d'acteur interviennent (voir **figure 27** ci-dessous). Au niveau 3, les bureaux d'études des fournisseurs sont chargés de l'activité de détail, et produisent des plans, des codes de calcul, etc., destinés à la réalisation sur site. Cette activité de détail est spécifiée, encadrée et surveillée au niveau 2 par les génie-civilistes de Sofinel. Au niveau 1, le groupe GC1 est chargé de prescrire en amont la surveillance et le pilotage de Sofinel, tandis qu'en théorie, la direction technique du service projet est chargée de la gestion de la relation contractuelle avec les bureaux d'étude :

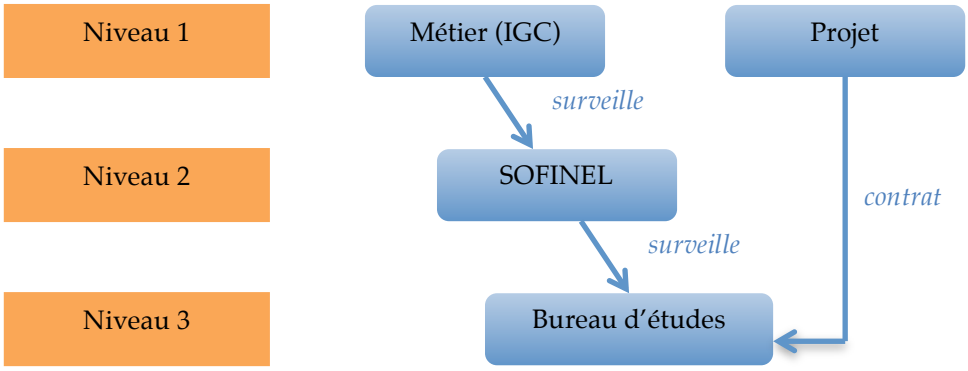


Figure 27 : Organisation industrielle théorique des études de génie civil

Cette organisation à trois niveaux était cependant une organisation *théorique*, dont les principes obéissaient au schéma de « double surveillance » des études imposé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire.

Dans les faits, depuis le démarrage du projet Flamanville, le service projet s'était fortement investi dans la prescription et la surveillance technique du travail de Sofinel et des bureaux d'études, court-circuitant ainsi en partie l'intervention d'un service métier jugé trop inexpérimenté pour assurer une surveillance effective. Il était en effet considéré qu'une « bonne » surveillance suppose une expérience et une maîtrise supérieures à celle des concepteurs de détail. La surveillance comporte en effet plusieurs niveaux de vigilance distincts : un premier niveau consiste à simplement s'assurer du respect des procédures de qualité imposées, entre autres, par l'autorité de sûreté et fixées par la doctrine de conception ; un second niveau consiste à faire une revue non-exhaustive de la production, mais à être en mesure, en revoyant les méthodes employées, les principales conclusions et les ordres de grandeur, de détecter d'éventuels problèmes ; un troisième niveau consistant en une revue intégrale de l'étude, reprenant la totalité des calculs.

Le niveau de surveillance « idéal » pour l'architecte-ensemblier étant évidemment le second, car c'est celui qui permet de s'assurer de la qualité et de la conformité des études, sans être trop chronophage. Or, précisément, ce niveau intermédiaire de surveillance suppose une expérience supérieure, et de disposer de capacités de compréhension, de jugement critique, de problématisation, qui elles-mêmes supposent, pour un ingénieur, d'avoir mené *in extenso* plusieurs études de détail. Et c'est précisément ce niveau d'expérience qui manquait aux ingénieurs des services métier, qui n'avaient pas assez « fait » eux-mêmes pour être en mesure de « faire faire » convenablement, et de porter un jugement éclairé, informé et efficace sur le travail d'autrui. En conséquence, leur rôle s'était jusqu'ici en partie borné à un rôle de contrôle procédural, voire de courroie de transmission (« *boîte aux lettres* »).

Le paradoxe pour le groupe GC1, reflétant bien la situation contradictoire des services métier, était donc le suivant : il s'agissait de se mettre en capacité de « *faire faire* », ce qui constitue l'essence de l'activité de l'architecte-ensemblier ; mais « *faire faire* » suppose, pour un ingénieur, d'avoir « *fait* » auparavant[93]. Or c'est précisément sur ce point que la situation était bloquée : le groupe était composé

[93] Pour réutiliser la typologie des savoirs proposée par Hatchuel & Weil (1992), nous pouvons dire que les connaissances nécessaires pour être en mesure « faire faire », c'est-à-dire prescrire et contrôler un travail de

de 7 « jeunes », c'est-à-dire de ressources avec moins de trois ans d'expérience, dont 5 avec moins d'un an d'expérience. La composition du groupe, telle que nous l'a exposée le MPL, était en effet la suivante :

• 1 **MPL** (12 ans d'expérience sur le domaine)
• 2 « **expérimentés** » (ou « référents ») : o 1 : 10 ans dont 6 sur le domaine ; o 1 : 4 ans avec progression très rapide.
• 2 « **confirmés** » : o 1 : 6 ans d'ancienneté ; o 1 : 5 ans en tant qu'ingénieur après une expérience de technicien génie civil
• 7 « **jeunes** » : o 1 : +3 ans ; o 1 : +2ans ; o 5 : < 1 an
• 2 **prestataires**

Tableau 6 : Composition du groupe GC1 en fonction des niveaux d'expérience des individus

Ces nombreux jeunes diplômés n'étaient ainsi pas jugés en capacité de savoir « faire faire », ne disposant pas pour cela d'une expérience suffisante. Or, tant que les missions du groupe continuaient à se limiter à de la spécification et du contrôle éloignés de l'activité de détail, ils ne pouvaient qu'assumer des rôles très administratifs et procéduraux de contrôle formel de la conformité des productions, sans rentrer dans le contenu technique de ces productions. Or, c'est précisément de pouvoir rentrer dans le détail de ce contenu technique *aujourd'hui* qui leur permettrait d'être en mesure de « faire faire » *demain*. Cette nécessité supposait donc de mettre fin à la situation de court-circuitage du recours à la compétence des équipes métier, donc, comme nous l'indiquions dans la partie précédente, de « forcer » provisoirement un mode de fonctionnement n'étant pas considéré comme optimal du point de vue des enjeux de court-terme. Et c'était bien là le sens de la réorganisation des services métier voulue par la direction du CNEN, qui plaçait la montée en compétence des services métier au cœur du processus de réapprentissage pour relever les défis futurs de l'ingénierie nucléaire : celle-ci supposait un rapatriement d'activités « formatrices », et donc sensibles du point de vue de la performance. Il s'agit à présent de voir comment le chef de groupe s'est organisé pour répondre à cette problématique.

B. Une organisation du travail pensée pour la montée en compétence et le partage d'expérience

Le chef de groupe devait donc assurer l'intégration de missions permettant à ses ressources les moins expérimentées d'apprendre, sans amputer trop lourdement la capacité opérationnelle de son équipe… ce qui ferait courir le risque potentiel d'un retour à un court-circuitage du service, et donc d'une impossibilité réitérée de montée en compétence collective ! Pour éviter que ce piège ne se referme, c'est sur une étroite ligne de crête que ce MPL devait organiser le travail de son équipe. Celui-ci nous

conception, se rapprochent du « *savoir comprendre* ». Or, le développement du « *savoir faire* » précède nécessairement le développement du « *savoir comprendre* ».

a donc exposé l'organisation qu'il avait mise en place pour mailler étroitement les processus de travail et les processus d'apprentissage, pour « infuser » une logique d'apprentissage dans la conduite quotidienne de l'activité, sans menacer de créer des situations de « mise en incompétence », souvent douloureuses pour les individus et génératrices de *turnover* (Dalmasso, 2009), et qui inciteraient en outre la DT du Projet et Sofinel à contourner à nouveau l'organisation officielle.

L'organisation mise en place reposait sur une double logique de découpage de l'activité : une logique de division *horizontale* du travail par périmètre technique (bâtiments) ; une logique de division *verticale* du travail qui, au sein de chaque périmètre technique, constituait un binôme entre un « pilote », le plus souvent un jeune faiblement expérimenté, et un « référent », doté d'une plus grande expérience. Le pilote allait principalement travailler sur les projets futurs (en l'espèce, les réacteurs prévus au Royaume-Uni), et le référent sur le projet Flamanville. Ainsi, les ressources faisaient l'objet d'une classification en fonction du rôle qu'ils étaient susceptibles de tenir :

Chef de groupe	Référent sénior : supervision globale et appui des référents junior sur activités médianes et complexe
Référent Sénior	Pilotage de l'activité FA3 sur des activités médianes + encadrement du pilotage UK (passage au statut sénior du fait de l'ancienneté)
Référent Junior	Pilotage de l'activité sur FA3 + encadrement de pilotes UK sur trois bâtiments (ou plus) N.B. : sur activité complexe, cet encadrement est rendu possible par un appui du chef de groupe sur le périmètre
Pilote sénior	- Enrichissement du pilotage en passant sur activités complexes et/ou en intégrant l'encadrement d'un pilote junior ; - Ou pilotage sur activités simples avec passage au statut pilote sénior du fait de l'ancienneté.
Pilote junior	Pilotage de l'activité calcul (UK) sur deux bâtiments (activité simple ou médiane).
Pilote jeune entrant	Découverte de l'activité sur un bâtiment unique plus ou moins complexe.

Tableau 7 : Classification des rôles et des ressources associées par le MPL

Cette classification informelle des ressources permettait de combler certaines lacunes des dispositifs officiels de l'organisation visant l'identification des individus en fonction de leur niveau d'expérience et leur potentiel contributif à l'activité. Par ailleurs, notons que les binômes, n'étant pas tous d'égal niveau d'expérience globale, étaient affectés sur des activités de plus ou moins grande complexité pour éviter la mise en incompétence. Sur certains périmètres les plus critiques, en outre, le manager intervenait lui-même en appui opérationnel du binôme. La logique de l'affectation de l'activité était donc dictée par le souci d'une articulation avec la progressivité de l'apprentissage :

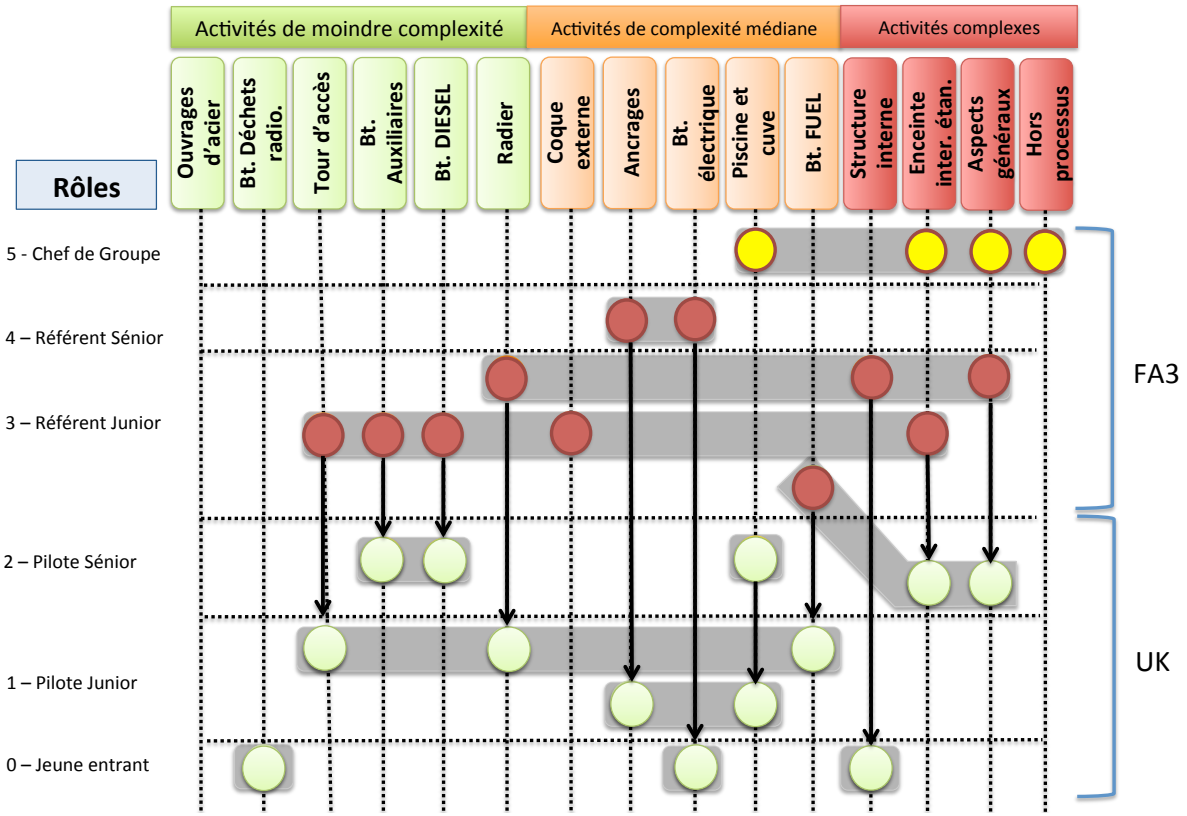


Figure 28 : Logique d'organisation du travail du groupe GC1 (chaque rectangle gris représente un individu), telle que schématisée par les chercheurs du CGS sur la base des entretiens avec le MPL

Cette organisation du travail permettait, en théorie, de réunir plusieurs vertus. Tout d'abord, en instituant une logique de binôme systématique, elle devait permettre de « forcer » un fonctionnement par compagnonnage. Elle permettait donc d'éviter que des ressources potentielles d'encadrement ne soient « gaspillées », elle *tendait* véritablement l'ensemble du fonctionnement de l'équipe vers un objectif d'apprentissage. Trop souvent, au cours de nos entretiens auprès de membres d'autres équipes du CNEN, nous avions pu constater que des ressources potentielles d'encadrement étaient sous-utilisées : soit parce que les acteurs en question perdaient trop de temps dans des activités annexes (*reporting*, contribution à des *task forces* diverses, etc.), soit par manque de volonté d'investir spontanément du temps dans la formation, soit parce que la priorité était donnée au court-terme et au respect d'objectifs de performance. Ici, **l'organisation mise en place maximisait l'utilisation du potentiel formateur des ressources** à disposition. Il s'agissait donc d'une véritable **volonté de mettre sur pied une organisation « apprenante » de l'activité**.

Mais cette maximisation de l'utilisation du potentiel formateur des ressources était organisée de telle sorte qu'elle ne se fasse pas au détriment du respect des impératifs de performance : c'était tout le sens d'affecter les pilotes sur le projet UK, pour lesquels l'urgence ne se faisait pas encore ressentir, et les référents sur Flamanville.
Cette division des tâches avait également la vertu de prévenir *a priori* les conflits de priorité entre projet. Mais elle n'était pas étanche, au contraire, la finalité étant bien que les pilotes bénéficient au maximum du « retour d'expérience » de leurs référents sur Flamanville, et interviennent donc en

appui à leur travail, contribuent à leurs études et à la résolution des problèmes remontées du chantier. Le bénéfice espéré était double. Les jeunes pouvaient ainsi contribuer au projet Flamanville, donc apprendre par la participation à un projet concret, mais dans une position de léger retrait qui leur permette d'apprendre dans des conditions sereines. Par ailleurs, l'expérience engrangée sur un projet en phase de réalisation serait d'autant plus bénéfique pour les projets futurs, puisqu'elle permettait au jeune d'intégrer dans la conception amont sur le projet UK un maximum d'éléments de « retour d'expérience » venus de la phase aval de la réalisation de Flamanville.

On le voit, cet effort soutenu de rationalisation de son organisation du travail devait permettre au chef du groupe de réunir les conditions d'une réponse simultanée aux différents enjeux stratégiques de l'unité : apprentissage, fonctionnement multi-projets, capitalisation entre projets, gestion des arbitrages… Mais surtout, ce « travail d'organisation » (De Terssac, 2003) nous paraissait important en ce qu'il permettait de **rendre visible l'apprentissage**, d'en faire un objet de gestion en même temps qu'un enjeu de rationalisation, et de **l'intégrer formellement dans les paramètres de conception de l'activité**. On le voit, la situation à la fois exceptionnelle et critique de cette équipe, et plus largement des services métier du CNEN, stimulait donc des efforts féconds d'innovation en matière d'organisation, et permettait en particulier de faire émerger des « micro-fondations » possibles d'une organisation effectivement « apprenante ».

C. Une montée en compétence à moyen-terme potentiellement fragilisée par un *turnover* systématique

Du fait de la temporalité de la recherche collaborative menée, nous n'avons pu observer les effets réels de la mise en place de cette organisation, qui, par définition, ne peuvent s'observer qu'après plusieurs années de fonctionnement effectif. C'est donc une limitation de la portée de ce travail exploratoire. Toutefois, nous avons mené avec le chef de groupe un raisonnement prospectif, afin d'établir avec lui les conditions de réussite de ses efforts d'organisation. Et ce raisonnement a donné lieu à un résultat déroutant. Nous avons en effet constaté que le MPL vivait dans la crainte constante qu'aucune amélioration durable de la capacité productive de son groupe ne survienne. Cette fragilité de la montée en compétence provenait, selon lui, de l'existence de règles de mobilité rigides au sein du CNEN, qui incitent les individus à des changements de poste et de périmètre tous les trois ans.

Pour donner corps à cette inquiétude, nous avons effectué un petit travail de simulation simplifiée de la montée en compétence de son équipe à l'horizon de quelques années, en croisant les données qu'il nous avait fournies à celles issues du document de Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Compétences de son service, qui nous avait été communiqué par ailleurs.
Nous avons, pour ce faire, réutilisé la méthode de cotation de la robustesse du niveau d'expérience détenue par une équipe donnée en fonction de la répartition des ressources de l'équipe en plusieurs niveaux de séniorité, que nous avions élaboré lorsque nous avions cherché à cartographier les ressources du CNEN dans le cadre d'un « diagnostic flash » demandé par la direction des études (voir **chapitre V**). Cette méthode consistait à découper une population en trois niveaux de compétence : des « juniors » (des ressources en phase de délai d'assimilation), des « confirmés » (des ressources

considérées comme « productives ») et des « séniors » (des ressources susceptibles d'assumer des missions productives et des missions d'encadrement). La robustesse de l'expérience globale de l'équipe était alors inférée en fonction des proportions respectives de juniors, confirmés et séniors. Si ***s*** était la proportion (en %) de séniors dans l'équipe, ***c*** celle de confirmés, et ***j*** celle de juniors, alors nous proposions de coter le niveau d'expérience globale de l'équipe[94] à travers la formule ***s* + *c*/2**.

Cette méthode reposait sur une série de simplifications (dans le découpage de la population, et dans la formule de calcul notamment), mais elle permettait de fournir une première base de comparaison entre équipes et de visualisation, notamment dans un but de projection d'une évolution.
Au moyen de ce modeste outil de visualisation (et d'évaluation), nous avons pu construire plusieurs scénarios d'évolution de la structure de l'expérience du groupe GC1 en fonction des mobilités prévues. Ainsi, un premier scénario intégrait les départs prévus par la GPEC, mais ne prévoyait pas d'embauches compensatoires. Il faisait apparaître une « relution » artificielle de la structure collective du groupe, mais qui masquait une perte de capacité potentielle liée à la baisse d'effectifs :

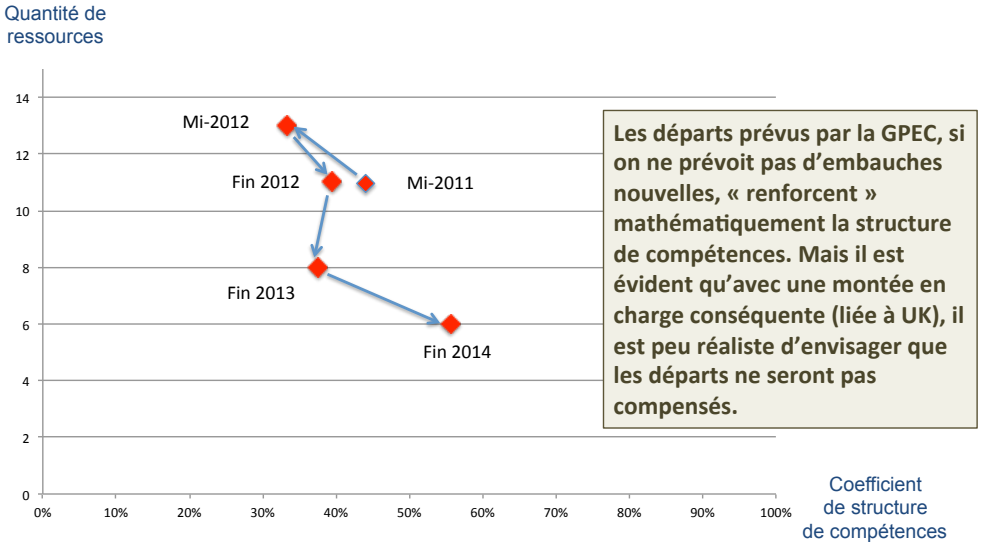


Tableau 8 : Scénario avec départs mais sans embauches nouvelles (source : documents de travail avec le MPL élaborés par les chercheurs du CGS)

Ce scénario d'école n'était pas très significatif. Nous avons donc considéré l'hypothèse, prévue par la GPEC et donc autrement plus réaliste, de départs effectivement compensés par le recours à l'embauche de jeunes diplômés, qui restait alors la pratique dominante de recrutement au sein de l'ingénierie nucléaire. Le chef de groupe expliquait ainsi lui-même qu'il ne comptait guère sur d'autres types de recrues potentielles, du fait de l'incapacité structurelle de d'EDF à recruter les rares expérimentés présents sur le marché externe dans le domaine du nucléaire, mais surtout de la faible attractivité du CNEN (situé en région parisienne) pour les ingénieurs issus des autres centres de la Division de l'Ingénierie Nucléaire.

[94] Ainsi, une équipe ne comportant que des séniors aurait un coefficient de 1, et une équipe ne comportant que des juniors de 0.

Il apparaissait, sans surprise aucune, que ce scénario « réaliste » aboutirait à une perte sèche de compétence de son équipe :

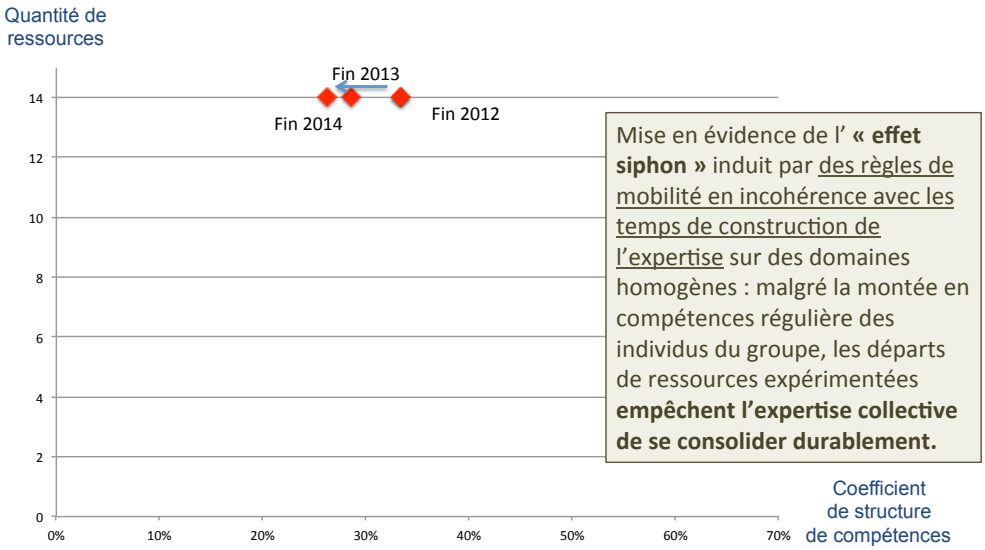


Tableau 9 : Scénario avec départs compensés par l'embauche de jeunes diplômés (source : documents de travail avec le MPL élaborés par les chercheurs du CGS)

Il semblait donc que, telles qu'elles étaient pratiquées, les règles de mobilité des ressources humaines en vigueur au sein du CNEN jouaient en sens contraire de l'impératif de montée en compétence. Le chef de groupe reconnaissait ainsi que, lorsqu'il envisageait les départs proches de ressources dans la formation desquelles ses équipes avaient investi du temps et des moyens, et qui commençaient à peine à être véritablement contributives aux capacités productives du groupe, il avait le sentiment d'une ruine perpétuelle des efforts consentis. Il avait à cet effet employé, au cours de l'un de nos entretiens, la métaphore de la construction patiente d'un « *château de cartes* », qui finit par s'écrouler sitôt achevé. Bien que simplificatrice, notre modélisation permettait de rendre visible cette impression.

Ayant fait ce constat à la maille d'un groupe, nous nous sommes ouverts du problème de la contradiction entre règles de mobilité et temporalité de la construction des compétences auprès du directeur et du directeur des études de l'unité. Ce thème fut d'ailleurs l'objet principal de la phase terminale de notre collaboration avec le CNEN.
Il est ainsi apparu que l'unité, et plus largement toute la Division Ingénierie Nucléaire, subissait littéralement l'application de règles d'incitation à un *turnover* régulier avec changements de site géographique, mises en place à l'échelle de la Direction Production Ingénierie en vue de réguler la gestion des ressources humaines sur les centrales en exploitation. Un des membres du pôle QVT avec lequel nous avons travaillé parlait ainsi d'une « *religion de la mobilité* » comme ayant cours à la DPI. Or, cette recherche d'une forte mobilité, qui était jugée adaptée à des activités d'exploitation, était considérée majoritairement par les acteurs de l'ingénierie comme incohérentes avec la nature de leur activité. Le directeur des études du CNEN considérait qu'elle était génératrice d'un « *effet de siphon* » en matière de compétences dans l'ingénierie, puisqu'elle impliquait l'impossibilité de pouvoir capitaliser sur le long-terme sur les apprentissages effectués. Donc une inaptitude structurelle à

bénéficier d'un « retour sur l'investissement » consenti dans la formation des jeunes, et à consolider la construction de l'expertise.

En retravaillant avec le chef du groupe GC1, nous sommes arrivés à la conclusion que seule la rétention, pour au moins un poste supplémentaire, de plusieurs ressources jugées « stratégiques » par lui permettrait au groupe de pouvoir effectivement sortir d'une situation de sous-capacité endémique :

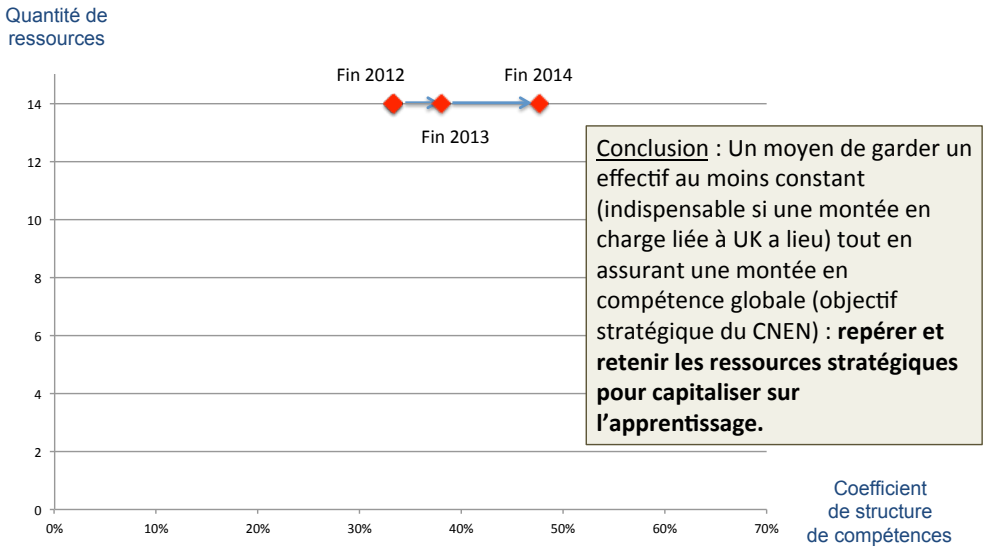


Tableau 10 : Scénario avec rétention de ressources « stratégiques » (source : documents de travail avec le MPL élaborés par les chercheurs du CGS)

Dans les dernières étapes de notre collaboration avec le CNEN, nous avons donc plaidé pour un infléchissement de l'application de ces règles de mobilité, dans un souci de mise en cohérence avec l'objectif stratégique de la génération de capacités au sein de l'ingénierie nucléaire. Ce qui passait par la recherche de durées de poste plus adaptées, et des moyens d'inciter les ingénieurs à opter pour des mobilités impliquant le moins possible la dépréciation de leurs expériences antérieures, et donc l'impossibilité d'une capitalisation sur les apprentissages engagés.

Cette question des règles de mobilité soulève deux points, à notre sens, fondamentaux. Le premier est que, si la construction des capacités passe d'abord par des efforts d'organisation spécifiques de l'activité, la consolidation de ces capacités par la rétention des connaissances produites passe également par la mise en place de règles de gestion des ressources humaines adaptées, dont le cas de la gestion des parcours et des mobilités est emblématique. En situation de réapprentissage, il y a donc un enjeu fort à **créer les conditions d'une cohérence entre modalités d'organisation et règles de gestion des ressources**. Et de **mettre les pratiques de ressources humaines au diapason des modalités de la constitution des capacités**.
Or le deuxième point découle directement du précédent : si ces règles de gestion des ressources sont potentiellement incohérentes, c'est qu'elles sont adaptées à des situations où les capacités seraient « déjà là », c'est-à-dire où la nécessité de les construire se pose de façon indolore. Ce qui est le cas, notamment, des compétences nécessaires à l'exploitation des tranches en marche. Les situations de

besoin aigu de construction des capacités appellent ainsi **le besoin de « suspendre » un certain nombre de modes de fonctionnement hérités d'un régime d'apprentissage routinier ou établi**, donc **l'instauration d'un « régime d'exception »**, adapté au caractère exceptionnel de la situation. En creusant le sillon de cette idée, nous allons voir, dans la sous-partie qui suit, comment l'intégration des enjeux d'apprentissage aux modalités de gestion de son service a conduit à un chef de service à réviser un certain nombre d'outils de GRH établis dans l'organisation.

2. Renverser les outils de GRH pour piloter la montée en compétence : le cas d'un chef de service

Dans cette dernière sous-partie, nous rendons compte des principales conclusions tirées de nos échanges avec un chef de service dans la phase de diagnostic approfondi. Nous chercherons à montrer comment l'intégration explicite du souci de l'apprentissage et de la construction de capacités a amené ce chef de service à des usages détournés et innovants d'outils établis de gestion des ressources dans l'entreprise. Ce dernier exemple permettra de compléter notre analyse des efforts déployés, à plusieurs niveaux, par le CNEN pour s'approprier progressivement les enjeux de la montée en compétence, et transformer en conséquence différentes modalités d'organisation et de gestion, en particulier la Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Compétences. Nous verrons ainsi quels enseignements plus opérationnels en matière de gestion des ressources peuvent être tirés de ce cas.

Le manager de deuxième ligne (MDL) avec lequel nous avons eu plusieurs rencontres et échanges au cours de la phase de diagnostic approfondi était responsable d'un service créé depuis seulement quelques semaines. À l'instar du groupe étudié lors de la sous-partie précédente, ce service était issu du démembrement d'une entité jugée trop volumineuse dans le cadre de la réorganisation des services métier du CNEN, afin de redonner de la « *proximité* » dans le management. Ici, il s'agissait du découpage en trois nouveaux services du service Fonctionnement Systèmes Elémentaires (FSE), plus gros service du CNEN en termes d'effectifs. Nous avons donc étudié en détail l'un de ces trois nouveaux services. La « compétence » de ce service n'était pas, loin de là, nouvelle pour l'ingénierie nucléaire. Simplement, sa mission était disséminée en divers endroits de l'unité. Il s'agissait ainsi de constituer un pôle de compétences de référence au sein du CNEN sur le sujet.

Dès nos premiers échanges, le chef de service nous confiait que, tant le fait que son groupe était créé depuis peu que l'ampleur des besoins de développement de ressources sur ce périmètre impliquaient pour lui la nécessité d'« *expérimenter* », et de ne pas simplement se conformer aux pratiques et procédures établies de l'entreprise en matière de gestion des ressources humaines.

Notons tout d'abord que, conformément au constat établi précédemment pour le groupe GC1, ce chef de service redoutait (sans le nommer ainsi) l'« effet de siphon » associé aux pratiques de mobilité systématique. Dans son document de GPEC, il précisait ainsi que « *le nombre de départs potentiels dans les prochaines années est proportionnellement élevé du fait de la durée moyenne des potes selon les profils et des augmentations importantes d'effectifs depuis 2008* ». En particulier, « *de nombreux référents sont appelés à*

quitter le service dans les deux ans qui viennent », ce qui, pour lui, rendait nécessaire « *une anticipation en recrutement expérimenté* », mais plus vraisemblablement « *une évolution de la politique de mobilité visant à fidéliser les personnes expérimentées (rallongement des postes, contrat moral accroché à des jalons projet…). Il est en outre crucial de proposer un deuxième poste au CNEN à une majorité de partants potentiels pour* ***capitaliser les compétences créées*** ». On retrouve donc ici, formulée de façon particulièrement explicite, la compréhension de la nécessité d'un **aménagement des règles de l'organisation destiné à tenir compte d'une situation où les capacités ne sont pas « données », mais très majoritairement en développement**.

Mais cette nécessité d'aménagement des règles ne se bornait pas à la question des mobilités. Ce manager considérait plus largement que c'était l'ensemble des pratiques de GRH qu'il fallait réviser pour tenir compte d'une situation où les capacités opérationnelles sont à développer et entretenir, et non à simplement « utiliser ». C'était le cas notamment des pratiques en vigueur en matière de dimensionnement des effectifs des différents groupes du service.
Dans les GPEC que nous avons eu la possibilité d'étudier au sein du CNEN, le dimensionnement des ressources était bâti sur un raisonnement déductif à partir de prévisions de charge de travail. Ces prévisions de charge, issues d'un document appelé le Plan Moyen-Terme (PMT) établi par les planificateurs de l'unité, déclinait, pour chaque périmètre d'activité les prévisions d'évolution du volume horaire induit par chaque projet, et agrégeait un nombre d'heures global pour les trois prochaines années. Sur la base de cette prévision horaire s'opérait ensuite une division par le nombre d'heures effectué annuellement par un ETP (équivalent temps plein), pour obtenir le nombre d'ETP nécessaires pour assumer la charge prévue.

Ce raisonnement de dimensionnement des ressources à partir des anticipations de charge était, pour le chef de service, largement inopérant. Dans sa GPEC, il est ainsi écrit que « *l'estimation des effectifs nécessaires à la réalisation des objectifs du service ne peut exclusivement résulter d'une analyse du PMT* ».
La raison la plus triviale en était une « *difficulté de fond à estimer de façon réaliste les heures pour chaque projet* », du fait du caractère trop fortement aléatoire de l'activité, en particulier dans les phases les plus aval de la réalisation d'un projet : « *beaucoup d'activités hors livrables sont difficiles à anticiper, soit parce qu'on ne les maîtrise pas, soit parce que le REX [retour d'expérience] montre qu'une partie importante de la charge porte sur du traitement d'aléas* ». Cette difficulté structurelle décrédibilisait ainsi, pour lui, un raisonnement basé sur des prévisions de charge.
Mais une raison plus fondamentale encore expliquait son choix de s'écarter de ce type de raisonnement : c'est, écrit-il encore, que « *les compétences ne sont pas interchangeables, que ce soit en termes de domaine technique que de niveau d'expertise. En tout état de cause,* ***une heure d'un référent n'est pas équivalente à une heure d'un jeune cadre****. Il faut en outre* ***intégrer explicitement le délai de montée en compétence*** *: or les* ***heures d'ingénierie estimées s'entendent en général comme des heures d'ingénierie pour une personne opérationnelle*** ». On retrouve ici, formulé sans détour, la reconnaissance du « délai d'assimilation » et de la nécessité de distinguer les ressources en fonction de leur caractère plus ou moins « productif ». Plus largement, ce que le chef de service exprime ici, c'est à nouveau l'inadaptation des outils mis à sa disposition pour établir et légitimer sa politique de gestion des ressources par rapport à une situation où les capacités sont à développer. Ainsi, l'hypothèse selon

laquelle 1 ETP = 1 ETP ne pose vraisemblablement pas de problème dans le cadre d'une activité où les capacités sont existantes et suffisantes ; mais elle ne tient plus lorsque celles-ci sont en construction ou en développement.

Ainsi, les outils mis à la disposition du manager reposent sur une logique de recherche d'une adéquation entre charge et ressources, inspirée de modèles de planification de la force de travail dans l'industrie, où la flexibilité de la main d'œuvre peut suivre les variations d'une charge de travail relativement prévisible, où les capacités peuvent s'ajuster pou suivre le mouvement de l'activité. De tels modèles négligent tant la temporalité longue de construction de ces capacités (qui limitent fortement leur pouvoir de flexibilité et obligent à casser l'hypothèse d'interchangeabilité des ressources), que les modalités de cette construction des capacités.
En conséquence, le chef de service plaidait pour une inversion totale de la logique. Il fallait, pour ce manager, partir de l'objectif de développement des compétences. Dans une note associée à sa GPEC, il précisait ainsi : « *il faut raisonner en compétences clés et masses critiques autour d'une compétence donnée, et découpler ce raisonnement de la charge estimée par projet* ». Plus généralement, il s'agissait pour lui de « *découpler le traitement de la situation à court terme de la gestion à moyen et long terme au travers de la politique de recrutement du service* ». En d'autres termes, l'ambition d'une gestion « au plus juste » des ressources humaines ne tient pas lorsque l'on ne dispose pas d'une « masse critique », c'est-à-dire d'une capacité opérationnelle suffisante. Il importe donc de viser prioritairement l'atteinte de cette masse critique, qui peut être faussée par le jeu des allocations de ressources dictées par des estimations de charge : d'où l'idée d'un découplage, découplage entre développement et utilisation des capacités. Ce découplage, visant à « protéger » la possibilité d'atteindre une capacité suffisante, rejoint donc l'idée de la nécessité d'un « régime d'exception » (déjà évoqué quant à la question des mobilités) pour les situations où la question de l'apprentissage se pose de façon intensive et critique.

Dès lors qu'il faisait le constat d'une nécessité d'inverser la logique instituée de gestion des ressources, le manager ne pouvait plus utiliser en l'état les outils de GPEC mis à sa disposition par l'organisation. Outil fondamental dans les entreprises contemporaines, la GPEC a censément pour objectif d'aider les managers à organiser les mouvements de personnel et à s'assurer qu'ils disposeront du bon niveau de ressources et de compétences dans un horizon de temps donné. Dans la réalité, la démarche de GPEC qui était imposée (du fait de règles décidées au niveau de l'entreprise toute entière) aux managers du CNEN ne répondait pas à leur besoin d'organiser la montée en compétence collective. Cette démarche avait un caractère extrêmement bureaucratique et générique. Elle reposait, nous l'avons vu, sur une hypothèse d'interchangeabilité des ressources, et ne distinguait pas celles-ci en fonction de leur potentiel contributif à la production. Dans la pratique, l'usage qui en était fait était d'une part, nous l'avons vu, de suggérer un dimensionnement global du niveau de ressources nécessaire pour traiter la charge de travail anticipée, d'autre part d'entériner les mobilités engendrées par les règles en matière de durée des postes.

Insatisfait par cet usage institué, le chef de service y a apporté un certain nombre d'innovations, en vue d'**en faire davantage un outil permettant d'expliciter et de structurer une démarche de conception et de construction de capacités**.

En premier lieu, le chef de service a introduit dans sa GPEC de longs développements visant à expliciter la « cible » souhaitable en termes de capacités, en la justifiant non pas numériquement, mais par une analyse fine de la nature de l'activité à mener et du type de ressources nécessaire pour le faire. Ces développements, qui consistaient en un véritable **effort de conception d'une cible de capacité souhaitée** permettaient donc de fixer un point de départ à cette démarche.
Cela se traduisait également par des tentatives pour rendre visible des processus d'apprentissage ignorés par la GPEC existante. L'hypothèse 1 ETP = 1 ETP étant le signe le plus net d'une approche « plate » des ressources, négligeant leur épaisseur et la progressivité de l'apprentissage. Pour passer à une vision plus en relief de ses ressources, le chef de service s'est ainsi, par exemple, évertué à affecter un coefficient à chaque individu du service en fonction de son potentiel contributif à l'activité. On peut ainsi lire que « *pour [X], issu d'une mobilité R&D totalement débutant sur le domaine, on anticipe une efficacité de 50% sur les 6 premiers mois* », que « *[Y] arrivant en octobre sera opérationnelle à 50% pendant la première année, et [Z] arrivée début septembre après un stage de 6 mois dans le domaine, opérationnelle à 50% sur les 6 prochains mois* ».

Ces cotations avaient, de l'aveu même du chef de service, un caractère quelque peu fruste, ou « *bricolé* ». Elles permettaient toutefois de faire un premier pas vers une intégration aux représentations outillées des managers des enjeux de montée en compétence, de donner une visibilité aux phénomènes concrets d'apprentissage. Et de **progresser d'une représentation statutaire, bureaucratique, figée de « ressources » qu'il s'agit de gérer de façon administrative vers une véritable représentation en termes de « capacités », qui permette de piloter véritablement l'évolution de celles-ci**.

Synthèse des apports du chapitre IX

L'étude des processus d'appropriation des enjeux d'apprentissage et d'expérimentation déployés, à différents niveaux, par les managers du CNEN, apporte donc des indications précieuses quant aux moyens de gérer une situation de réapprentissage.

En premier lieu, concernant la gestion des embauches et le dimensionnement des effectifs : le cas du CNEN illustre l'importance de ne pas aligner la stratégie d'embauche sur les seules anticipations de charge. En premier lieu du fait des limites propres à ces anticipations, exacerbées dans le cas du nucléaire (incertitudes très fortes), mais surtout du fait de la nécessité d**'intégrer aux paramètres de décision les enjeux de « capacité d'intégration » d'un collectif et de progressivité de l'apprentissage.** Le calibrage des embauches doit donc reposer sur une connaissance fine des modalités et des conditions de l'apprentissage, qu'une « attention » forte accordée par le management aux signaux envoyés par les ressources peut contribuer à révéler.

Ensuite, concernant la macro-organisation de l'activité, le cas du CNEN illustre l'impossibilité pratique de séparer activités « apprenantes » et activités sensibles du point de vue de la performance. La conception de l'organisation doit donc **viser la recherche d'une « ambidextrie »,**

ce qui ne va pas sans générer un certain nombre de tensions, de stratégies locales d'optimisation et de contournement du recours aux ressources inexpérimentées. Ces tensions illustrent la difficulté d'intégrer les enjeux d'apprentissage aux logiques de « compromis productif » d'une organisation sous tension.

La recherche de cette intégration de l'apprentissage aux logiques du compromis productif passe, nécessairement, par un travail sur l'organisation de l'activité au niveau le plus micro. Cela peut passer par l'expérimentation de **modalités d'organisation du travail qui maximisent l'utilisation du « potentiel formateur » des ressources**. Mais aussi par la nécessité d'adapter un certain nombre de règles organisationnelles (règles de mobilité), et d'outils de gestion des ressources (en particulier la GPEC) à une situation où le besoin de construction de capacités se manifeste avec acuité.

Nous pouvons donc résumer ainsi les enseignements dégagés de l'expérience du CNEN dans sa recherche d'une maîtrise d'une situation inédite et aiguë de réapprentissage : une telle situation appelle trois types d'efforts :

- des ***efforts d'expérimentation***, visant à générer des connaissances sur les phénomènes, souvent « invisibles » car « improductifs », liés à l'apprentissage et à la génération de capacités ;
- des ***efforts de rationalisation***, permettant de trouver progressivement les modalités de gestion et d'organisation adaptées à une situation où il s'agit de construire des capacités tout en les exploitant, et de rendre visibles et artefactuels les enjeux d'apprentissage ;
- des ***efforts de remise en cause de règles et de fonctionnements*** hérités de situations routinières, et où les capacités sont constituées ou suffisantes, efforts qui permettent d'instaurer un « ***régime d'exception*** » adapté à une situation de crise de réapprentissage, qui permette d'éloigner les forces agissant en sens contraire de la construction de capacités.

Conclusion générale

I. Contributions à l'étude et à l'appropriation gestionnaire des phénomènes d'oubli organisationnel et de réapprentissage

1. Fondements possibles d'une démarche de diagnostic

Notre **partie 1** a montré que les travaux existants sur l'oubli organisationnel portent les marques de l'inscription industrialiste de la littérature sur les courbes d'apprentissage. Les modèles théoriques comme les postures méthodologiques associés à cette dernière littérature née dans les années 1930 témoignent d'un monde de prévisibilité, de répétitivité, où la « main d'œuvre » est interchangeable et indifférenciée, où la préoccupation majeure est la recherche de gains de productivité. D'une certaine manière, les travaux sur l'oubli organisationnel avaient introduit une première brèche dans ce monde, en mettant en avant des facteurs d'instabilité et de discontinuité faisant vaciller la certitude de pouvoir correctement anticiper et planifier la production comme de réaliser des gains de productivité. Et il n'est à cet égard pas anodin que ces travaux aient porté sur *les plus « intellectuelles » des activités manufacturières*. En cherchant à endogénéiser ces facteurs d'instabilité dans la modélisation mathématique du *learning-by-doing*, ces travaux ne se sont pas émancipés de la « gangue » méthodologique et conceptuelle héritée de la tradition des courbes d'apprentissage. Or cette émancipation est bien une condition tant de la possibilité de transposer l'étude de l'oubli organisationnel dans des univers de travail « intensif en connaissances » que d'en faire un véritable « objet de gestion », appropriable *in fine* par des praticiens.

En particulier, l'observation statistique de différentiels de productivité dans le temps ne peut plus être l'unique point de départ dès lors que l'on se situe dans un univers de travail intellectuel (ingénierie, services professionnels, recherche…). D'une part parce que la question de la productivité s'y pose de façon beaucoup moins évidente, et reste encore largement une énigme théorique ; d'autre part parce que le caractère nettement moins routinier de la « production » dans ces univers obscurcit la possibilité même d'établir des comparaisons. Tout l'enjeu théorique, méthodologique et pratique réside donc dans un déplacement des objets de diagnostic vers le niveau des ressources et des capacités (donc vers les *inputs* et plus simplement les *outputs*), comme nous l'avons vu dans le **chapitre VI**. Cette thèse n'a pas la prétention de proposer une démarche ou une méthode systématique de diagnostic d'un oubli organisationnel éventuel. Elle permet néanmoins de faire un premier pas en ce sens, grâce à notre propre expérience d'un travail de diagnostic, qui nous permet d'apporter des éléments de réponse à la question : « où le chercheur ou le praticien doivent-ils poser leur regard pour diagnostiquer un oubli organisationnel ? ».

Notons que cette question peut être comprise de deux façons distinctes. Elle prend un sens différent selon qu'il soit avéré ou non qu'*il y a* quelque chose comme de l'oubli organisationnel. Dans un cas, il s'agit de prendre conscience de l'existence du phénomène ; dans l'autre, d'être capable d'en évaluer les causes, la nature ou l'ampleur.

« Prendre conscience » du phénomène passe nécessairement par la reconnaissance du fait que certains évènements ou problèmes observables peuvent être interprétés comme des *symptômes* d'une perte de capacités. Cette prise de conscience suppose donc de la part du management une grande « attention » aux « signaux » envoyés par les ressources, et une capacité d'interprétation de ces signaux. À partir de notre étude du cas de l'ingénierie nucléaire présentée dans la **partie 3**, nous avons pu identifier un certain nombre de points sur lesquels porter cette attention :

- en premier lieu, nous avons vu que l'oubli organisationnel pouvait donner lieu à **une situation de débordement des ressources**, se manifestant sous la forme d'une impression constante de surcharge de travail, de « surchauffe » du fonctionnement organisationnel… alors même que la *quantité* des ressources ne semble pas être en jeu. En particulier, cette surchauffe peut concerner les acteurs qui ont à assumer de hauts niveaux de responsabilité formatrice, avec de nombreuses personnes inexpérimentées à encadrer ou former, ce dont nous avons cherché à rendre compte avec le concept de **« mur d'apprentissage »** (voir le **chapitre VII**) ;

- nous avons vu également que l'oubli organisationnel pouvait se traduire par la **multiplication de comportements *compensatoires*, qui sont aussi souvent *dérogatoires*** à l'organisation officielle. En situation de déficit de capacités, certains acteurs sont ainsi tentés de « faire le travail des autres » (managers qui font à la place de leurs subordonnés, projets qui font à la place des métiers, sous-traitants qui font à la place des prescripteurs et réciproquement, etc.). Par ailleurs, ces phénomènes peuvent s'accompagner de **conflits de ressources** entre entités, en particulier autour des ressources considérées comme les plus qualifiées, conflits exacerbés par la rareté de celles-ci (voir **chapitres VII et IX**) ;

- enfin, nous avons vu que l'oubli organisationnel pouvait se traduire par des **difficultés structurelles à définir des objectifs de performance**, ainsi qu'à **porter des jugements sur une performance réalisée**, comme l'ont montré les **chapitres VI et VIII**. Ce dernier point révèle une caractéristique fondamentale des situations d'oubli organisationnel. Pour une organisation donnée, en effet, **« oublier » ce n'est pas seulement avoir perdu des capacités « opérationnelles » ou « productives ». C'est aussi avoir perdu tout ou partie de la faculté de « connaître » ses propres capacités** : perdu la connaissance de ce qu'ont été les capacités antérieurement, et perdu les moyens d'apprécier le niveau de ses capacités actuelles, les deux étant d'ailleurs liés. Et c'est donc cette méconnaissance des capacités qui explique la difficulté à savoir ce qu'il est raisonnable d'attendre d'un collectif donné.

Ces différents symptômes peuvent ainsi constituer autant d'indices (sans pour autant en être des « preuves ») d'un phénomène sous-jacent d'oubli organisationnel, d'autant plus s'ils sont combinés. Évidemment, un tel diagnostic de premier niveau ne suffit pas. Il importe également de pouvoir évaluer le degré de criticité de l'oubli, de qualifier son ampleur, en vue d'organiser adéquatement le

réapprentissage. Pour cela, il convient d'apporter une **attention toute particulière aux *temps* et aux *modes de constitution* des capacités**.

Dans le cas de l'ingénierie nucléaire, nous avons vu que la perte de capacités était d'autant plus problématique qu'il existait un **« délai d'assimilation »** important pour les nouvelles ressources, couplé au **caractère « auto-génératif » des capacités**, mais ces paramètres étaient largement contingents au cas d'étude. Par ailleurs, ils peuvent différer d'un domaine de compétence à un autre : d'un périmètre d'activité à un autre, les durées d'acquisition d'une expertise individuelle peuvent être très variables, ainsi que l'existence et la disponibilité (ou non) de ressources expérimentées sur le marché externe, variables qui modulent fortement le besoin d'investir des ressources existantes dans la transmission des connaissances et la création de nouvelles ressources. C'est pourquoi il importe de mener le travail de diagnostic en différenciant en fonction des domaines de spécialité et des situations locales.
Ce sont des enjeux sur lesquels la connaissance des organisations est souvent lacunaire (lacunes renforcées par la méconnaissance des capacités en situation d'oubli que nous venons d'évoquer), ce qui peut conduire à une sous-estimation du besoin de réapprentissage et du temps nécessaire pour reconstituer des capacités, et donc à l'assignation d'objectifs inadéquats de performance ou à des stratégies d'embauche trop ambitieuses. Nous y reviendrons lorsque nous présenterons les apports industriels de la thèse.

2. La double spécificité des situations de réapprentissage

L'autre objet de questionnement qui a guidé notre travail de thèse était de cerner les spécificités éventuelles d'une « situation de réapprentissage », analyse préalable à la recherche des modalités de gestion adaptées à ce type de situation. La littérature sur le réapprentissage n'accorde pas d'importance particulière à cette question, comme s'il était présumé qu'il ne s'agissait « que » de reprendre le fil d'une progression de la productivité passagèrement interrompue. Cet impensé du réapprentissage peut s'expliquer tant par le type de cas empiriques qui a été pris en considération par cette littérature (activités dans lesquelles, par exemple, les durées d'apprentissage individuel sont courtes) que par les moyens mis en œuvre pour les étudier, l'apprentissage étant pensé comme un Δ quantitatif sur un intervalle de temps donné (voir **chapitre II**).

En analysant l'oubli organisationnel dans une activité de travail « intellectuel », en l'occurrence une activité d'ingénierie, et au moyen de méthodes qualitatives et collaboratives permettant d'entrer dans la « boite noire » de l'organisation et de ses capacités (voir **partie 2**, **chapitres IV et V**), nous avons au contraire été frappés par l'acuité des déstabilisations générées par une situation de cette nature, par les difficultés (des acteurs du terrain, mais également les nôtres) à la saisir, à la caractériser, et à apporter des réponses appropriées.

Notre étude du cas de l'ingénierie nucléaire a cependant permis de cerner une caractéristique centrale des situations de réapprentissage : le fait que celles-ci se présentent en fait comme une **combinaison d'apprentissages hétérogènes mais interdépendants**, du fait de la juxtaposition de processus de

« désapprentissage » de nature en fait différentes, que nous proposons de résumer dans le **tableau 11** ci-dessous :

Origine du désapprentissage	Nature de la « nouveauté »	Modalités de réapprentissage associées
Interruptions d'activité/passage du temps	**Pas de nouveauté (connaissances anciennes)**	**Réactivation** : reconstitution, remémoration de connaissances…
Turnover élevé/départs d'individus-clés	**Connaissances nouvelles *pour les entrants***	**Capitalisation/diffusion** : embauche, formation, intégration, transmission de connaissances existantes…
Obsolescence	**Connaissances nouvelles *pour l'organisation dans son ensemble***	**Génération** : apprentissage organisationnel « classique » : création/intégration de nouvelles connaissances.

Tableau 11 : Le réapprentissage, un croisement d'apprentissages hétérogènes

Ce tableau reprend finalement les différentes sources d'oubli ou de désapprentissage identifiées par la littérature : *turnover*, passage du temps et interruptions de l'activité, changement technologique… Mais il montre, ce que n'a pas vu cette littérature, que ces différentes sources d'oubli appellent des modalités différentes de réapprentissage (du fait qu'il s'agit de différents types de « nouveauté » qu'il s'agit d'intégrer), ce qui confère à la situation sa spécificité et sa complexité. Ce croisement d'apprentissages explique d'ailleurs le caractère critique de la situation, dans la mesure où les différents désapprentissages peuvent exacerber mutuellement leurs effets (un saut technologique est par exemple exacerbé par l'inexpérience des ressources, et inversement), et où les différents modes de réapprentissage appellent des réponses managériales différenciées.
Cette caractéristique renforce le caractère ambigu de la situation et accentue les difficultés d'« enquête ». Nous avons montré dans le **chapitre VIII** qu'il existait en effet des biais de « cadrage » dans la façon dont les acteurs construisent et donnent sens à la « situation » qu'ils vivent. Or l'enjeu et la difficulté de ce type de situation résident dans la capacité du management à « enquêter » de telle sorte à ne pas ignorer l'un ou l'autre de ces besoins d'apprentissage, qui peuvent se masquer mutuellement, et sur lesquels différentes classes d'acteurs peuvent mettre l'accent en s'opposant.

Une seconde caractéristique des situations de réapprentissage, qui découle de la précédente caractéristique ainsi que de la méconnaissance des capacités associée à l'oubli organisationnel, et qui la différencie fortement d'autres situations d'apprentissage telles que les phases dites « exploratoires », est le fait qu'elles génèrent la **tentation d'agir comme si les capacités étaient *déjà là***. Dans une situation de type exploratoire en effet, il existe un sentiment partagé que les capacités sont à construire, et qu'il faut adapter en conséquence les modes de management et l'assignation d'objectifs de performance. Ce qui n'est pas le cas dans une situation de réapprentissage, du fait que l'« on » a déjà été capables de faire, et du fait que l'« on » ne sache pas exactement *en quoi et dans quelle mesure* ce n'est plus le cas. Or, nous avons pu le constater en étudiant la question des « capacités de pilotage », la tentation d'optimiser l'activation des capacités existantes peut grever l'efficacité et la rapidité des processus de construction de capacités. Nous pouvons en conclure qu'**une situation de réapprentissage est donc tout autant un processus de construction de capacités qu'un processus de**

reconstruction d'une connaissance des capacités et de leurs conditions et dynamiques de constitution.

II. Apports industriels

Nous pouvons également dégager de ce travail de thèse, et en particulier de notre analyse de l'appropriation progressive par le management du CNEN des enjeux liés au réapprentissage, un certain nombre d'enseignements plus directement « opérationnels » que ceux que nous venons de synthétiser.

En premier lieu, notre thèse fournit des éléments éclairants sur les risques associés à certaines stratégies de croissance des ressources. Comme nous l'avons largement expliqué dans le **chapitre IX**, le pilotage de phases de ce type ne peut se faire en essayant seulement de « suivre » la croissance anticipée de la charge de travail. En effet, nous avons identifié deux facteurs principaux de contingence que sont le **délai d'assimilation** des ressources entrantes (fonction de leur niveau d'expérience initial) et la **capacité d'assimilation** du collectif d'accueil (fonction du niveau et de la disponibilité de ressources potentiellement formatrices). Ces facteurs de contingence induisent des **risques de décrochage** de la croissance des *capacités réelles* du collectif par rapport à la croissance arithmétique des effectifs, pouvant donner lieu à des crises cognitives ainsi qu'à des situations en « spirale » (dans le cas où de nouvelles embauches, desquelles on attendrait de résorber un déficit de capacités, aggraveraient en fait le déficit ressenti en accroissant la charge d'encadrement). Ces risques de crise induisent la nécessité d'un pilotage fin, éclairé par une attention aux réactions des individus, et en particulier de ceux qui ont la responsabilité de former les nouveaux arrivants. Mais plus encore, ils rendent nécessaire la génération en amont de connaissances précises sur les délais d'assimilation et la capacité d'assimilation des équipes de départ, donc un travail de « cartographie » préalable, dans la mesure où ces paramètres diffèrent d'un domaine technique à un autre (ce travail était une facette possible de la construction d'une « connaissance capacitaire » dont nous avons pointé la nécessité plus haut).

Le cas du CNEN fournit également des éléments en vue de rechercher les modalités d'organisation et de gestion adaptées à des situations où les enjeux d'apprentissage se font particulièrement aigus et intensifs pour une organisation qui doit, simultanément, atteindre des objectifs de performance à court terme. Nous avons vu qu'une situation de ce type appelait des actions en vue d'une **maximisation de l'exploitation du potentiel formateur** (d'un collectif, d'une équipe, etc.). Cette recherche d'une maximisation passe par des efforts de micro-organisation du travail et des processus opératoires, visant à maximiser la « zone de contact » entre ressources formatrices et ressources à former. Mais elle peut également rendre nécessaire l'adaptation de certaines règles organisationnelles en vigueur au cas où celles-ci agissent en sens contraire de la création de capacités (nous avons vu l'exemple des règles de mobilité), ainsi que de certains outils de gestion des ressources humaines, tels que les outils de GPEC, en vue d'en faire de véritables **dispositifs de « connaissance capacitaire »** et de support à l'organisation des apprentissages, davantage que des outils administratifs.

III. Ouverture théorique : apports à l'analyse des capacités organisationnelles

Nous avons pris le parti, dans cette thèse, d'un ancrage académique dans le champ de l'apprentissage et du désapprentissage organisationnels. Mais nous avons abondamment mobilisé au fil de nos analyses des notions associées à d'autres champs de littérature, en particulier les notions de « ressources » et de « capacités », issues du répertoire du management stratégique (de la *resource-based view of the firm* et des *dynamic capabilities*). Cette intégration n'était pas fortuite, dans la mesure où elle était dictée par une volonté de manipuler des construits plus opératoires que ceux issus de la tradition de l'apprentissage organisationnel, mais aussi du fait des appels répétés des auteurs de ce champ à « jeter des ponts » avec la littérature stratégique (Argote, 2013b; López & Sune, 2013), et du constat symétrique d'auteurs en stratégie quant à la nécessité d'intégrer la perspective d'une « vulnérabilité » des ressources et des capacités (Le Breton-Miller & Miller, 2014). Ainsi notre thèse, malgré l'absence de revue de littérature exhaustive sur les concepts stratégiques de ressources et de capacités, peut apporter des éléments en vue de ce rapprochement.

La perspective de l'oubli organisationnel, c'est-à-dire de la dépréciation potentielle de capacités établies, permet en effet d'ouvrir vers une autre façon de regarder les capacités organisationnelles. En particulier, elle souligne le fait que celles-ci ne persistent pas « naturellement » dans le temps, et qu'il n'y aurait qu'à les « utiliser » (ou à les « exploiter »), à les « reconfigurer » au moment opportun, ou à s'en débarrasser quand elles seraient devenues obsolètes, comme le suggère l'approche par les « capacités dynamiques ». Notre perspective montre qu'il existe bien une **conditionnalité de la « continuité capacitaire »**, qui rend nécessaire une attention, des opérations et des investissements spécifiques. Or, nous l'avons vu, ces opérations et ces investissements visant la continuité capacitaire (dans notre cas, en particulier : l'investissement en temps de ressources expérimentées pour transmettre leurs connaissances vers des ressources inexpérimentées) sont le plus souvent *invisibles*, *interstitiels*, « *improductifs* » du point de vue des critères de performance « officiels » de l'organisation. Elles sont, en raison de ce dernier point, susceptibles d'être entravées par des stratégies de recherche d'une « optimisation » de l'utilisation des capacités pour atteindre des objectifs de performance à court terme. En sorte que ce sont donc **moins les « capacités » qui sont « vulnérables » par elles-mêmes que les opérations visant la continuité capacitaire**.

Là où la littérature en management stratégique distingue (Jacobides & Winter, 2005; Winter, 2003) entre des capacités « opérationnelles » (ou "*zero-level capabilities*") et des « méta-capacités » (ou "*dynamic capabilities*") entendues comme la capacité à reconfigurer ces capacités opérationnelles, il conviendrait d'**insérer une « infra-capacité », celle visant à assurer une continuité des capacités opérationnelles existantes.** La prise en compte de ces infra-capacités pourrait conduire à revisiter la notion ancienne de *slack* organisationnel (Penrose, 1959), dans la mesure où une absence de *slack* peut générer des situations où les ressources ne peuvent plus simultanément assurer les activités « productives » et la continuité des capacités, multipliant ainsi les situations d'arbitrage, de mise en tension, voire de paradoxes (Perret & Josserand, 2003b; W. Smith & Lewis, 2011), pouvant déboucher *in fine* sur des crises de capacité inédites. Dans notre cas, l'absence de *slack* était largement contingente

à la situation d'interruption de l'activité et du gel d'embauches associé, qui avaient comprimé le niveau de ressources expérimentées au sein de l'ingénierie nucléaire. Mais dans la mesure où nombre de rationalisations contemporaines de l'entreprise, dictées en partie par les modes de gouvernance financière et la recherche de performance à court terme (stratégies de "*cost killing*", de "*downsinzg*" ou de "*lean management*" dans l'industrie et les services, voire gestion par projets et ingénierie concourante dans les activités de conception), ont pour conséquence d'éroder les niveaux de *slack* au sein des organisations, cette réflexion sur les « infra-capacités » pourrait ainsi avoir une portée assez générale.

IV. Limites de la thèse et pistes pour un programme de recherche

Nous voudrions pour finir cerner les limites de notre travail de thèse, et réfléchir à ce que pourrait être un programme de recherche permettant d'approfondir les apports de ce travail tout en répondant à certaines de ces limites.

De façon générale, nous pensons que la principale limite à la portée de notre travail est le fait que celui-ci porte sur un **cas unique**. Les études de cas, et en particulier les études mono-cas (Siggelkow, 2007), permettent, par la richesse du matériau récolté et par le fait qu'elles permettent de donner accès à des exemples « extrêmes » (Yin, 1993), de mettre en lumière des phénomènes inhabituels (Eisenhardt & Graebner, 2007) ou restés jusqu'ici inaperçus ou sous-théorisés. Elles sont donc adaptées à des questions de recherche fortement exploratoires, mais elles appellent ensuite des efforts de comparaison et de validation.
Un niveau de comparaison immédiatement nécessaire serait de confronter le cas du projet EPR de Flamanville aux autres réalisations analogues en cours, et en particulier au projet d'Olkiluoto piloté par Areva, qui a rencontré des difficultés importantes. La comparaison devra cependant tenir compte du fait que le projet était beaucoup plus « exploratoire » pour Areva, dont c'était la première réalisation *in extenso* d'une centrale électronucléaire : la question du « réapprentissage » s'y posera donc de façon différente. Il serait également intéressant de pousser la comparaison (même si l'on devine que cela pourrait être plus délicat en matière de recueil de données) vers les projets d'EPR actuellement en cours de construction en Chine. Plus généralement, 75 réacteurs nucléaires étant actuellement en construction dans le monde, la « matière » existe en vue de mener des comparaisons entre pays et entre firmes au sujet des difficultés rencontrées en phase de relance de l'activité, ainsi que des moyens de gérer ces difficultés, *a minima* sur des critères observables à l'extérieur des firmes (quelle politique d'embauche ? quels choix de planification ? etc.), au mieux en engageant d'autres investigations approfondies au sein de centres d'ingénierie.

Mais la question se pose de la généralisation de nos résultats au-delà du secteur de la réalisation de nouveaux réacteurs électronucléaires, qui présente des singularités très fortes, notamment en matière de temporalité et de cyclicité de l'activité. Une première voie de généralisation serait de rechercher si d'autres secteurs industriels réunissent les conditions provoquant des situations d'« oubli organisationnel » et de « réapprentissage » analogues à celles que nous avons identifiées ici. Mais nous

faisons l'hypothèse a *priori* qu'une interruption d'activité de plus de dix ans à l'échelle planétaire constitue un cas tout à fait extrême, que nous aurions peine à retrouver dans d'autres univers industriels. Cependant, nous avions mis en avant dans notre introduction le fait que des mutations contemporaines avaient globalement accru la « volatilité relationnelle » : en particulier la « grande déformation » de l'entreprise moderne, l'éclatement de sa dimension collective, la généralisation de cultures de la mobilité, et certaines transformations organisationnelles (externalisation, substitution de structures temporaires à des structures permanentes, etc.). Un programme de recherche pourrait ainsi consister en l'étude plus large de **l'effet de ces discontinuités relationnelles sur la continuité des savoirs,** et se demander quelles pourraient être les **voies de rationalisation permettant d'assurer une continuité des savoirs dans un régime de volatilité relationnelle généralisée**. Cette dernière interrogation s'enracine dans le postulat que la continuité des savoirs peut de moins en moins être assurée de façon relativement « naturelle » et « spontanée » par un certain nombre de *continuités de fait* (technologiques, relationnelles, organisationnelles…), comme cela a pu être le cas dans le cadre de la « grande entreprise », et qu'il s'agit donc aujourd'hui d'**organiser délibérément les conditions d'apprentissages intensifs** (d'où le besoin de « rationalisation »). Ce passage d'un régime d'apprentissage que l'on pourrait qualifier de « naturel » et « régulier » à un régime d'apprentissage discontinu et intensif, ouvre selon nous deux voies de réflexion possibles :

- d'une part, un prolongement des travaux en cours au sein du Centre de Gestion Scientifique sur les modalités possibles de la rationalisation des processus de constitution de capacités (ou « processus ressources »), qui doivent aujourd'hui compléter et être mis en adéquation avec des « processus opératoires » (Sardas, Dalmasso, & Lefebvre, 2011) ayant connu de nombreuses « vagues de rationalisation ». Ces travaux avaient jusqu'ici étudié les enjeux d'apprentissage et de génération de capacités d'ingénierie dans des contextes de relative stabilité du niveau d'activité ; cette thèse peut donc contribuer à les compléter en intégrant la perspective de fortes discontinuités de la charge globale, et des phénomènes d'oubli et de réapprentissage associés ;
- d'autre part une réflexion, esquissée dans notre thèse, sur les conditions d'articulation entre régimes d'apprentissage et régimes de performance. Ces dernières années, cette réflexion a été engagée pour savoir comment les entreprises contemporaines pouvaient « faire une place » aux apprentissages de type *exploratoire*, en aménageant un « régime d'exception » pour ces activités indispensables à la performance à long terme des organisations, mais dont l'articulation avec les activités « courantes » des entreprises ne va pas de soi (c'est le sens de la littérature sur la tension exploration/exploitation et sur l'ambidextrie organisationnelle (Andriopoulos & Lewis, 2008; Benner & Tushman, 2003; March, 1991)). Ces apprentissages exploratoires ne peuvent en effet être soumis aux mêmes modes d'organisation, de pilotage et de jugement de la performance que les activités dites d'exploitation, ce qui rend nécessaire une réflexion sur les conditions de leur « cohabitation » au sein des entreprises. Notre thèse montre la nécessité d'étendre cette réflexion à des apprentissages qui ne peuvent se laisser qualifier d'« exploratoires », puisqu'ils impliquent des capacités davantage « altérées » qu'« inconnues », mais qui n'en sont pas moins *intensifs*.

« Le vent se lève ! … il faut tenter de vivre !
L'air immense ouvre et referme mon livre,
la vague en poudre ose jaillir des rocs !
Envolez-vous, pages tout éblouies !
Rompez, vagues ! Rompez d'eaux réjouies
le toit tranquille où picoraient des focs ! »

Paul Valéry, *Le cimetière marin*

Bibliographie

Abernathy, William J. (1978). *The Productivity Dilemma: Roadblock to Innovation in the Automobile Industry* (Vol. 35): Johns Hopkins University Press Baltimore, MD.

Abernathy, William J., & Wayne, Kenneth. (1974). Limits of the learning curve. *Harvard Business Review, 52*(5), 109-119.

Acquier, Aurélien, & Dalmasso, Cédric. (2013). *Combining strategic agility and sustainable competitive advantage: the need for resource sensitivity.* Paper presented at the Academy of Management Proceedings.

Adler, Niclas, Shani, Rami, & Styhre, Bengt. (2004). *Collaborative Research in Organizations: Foundations for Learning, Change, and Theoretical Development*: Sage.

Adler, Paul S., & Clark, Kim B. (1991). Behind the learning curve: A sketch of the learning process. *Management science, 37*(3), 267-281.

Adler, Paul S., & Cole, Robert E. (1993). Designed for learning: A tale of two auto plants. *Sloan Management Review*(2).

Agogué, Marine. (2012). *Modéliser l'effet des biais cognitifs sur les dynamiques industrielles : innovation orpheline et architecte de l'inconnu.* Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris.

Aiman-Smith, Lynda, Bergey, Paul, Cantwell, April R, & Doran, Mark. (2006). The coming knowledge and capability shortage. *Research-Technology Management, 49*(4), 15-23.

Akrich, Madeleine, Callon, Michel, & Latour, Bruno. (2006). *Sociologie de la traduction : textes fondateurs*: Presses des Mines.

Alchian, Armen. (1963). Reliability of progress curves in airframe production. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 679-693.

Alvesson, Mats. (1993). Organizations as rhetoric: Knowledge‐intensive firms and the struggle with ambiguity. *Journal of Management Studies, 30*(6), 997-1015.

Alvesson, Mats. (2004). *Knowledge Work and Knowledge-Intensive Firms*: Oxford University Press.

Ambrosini, Véronique, Bowman, Cliff, & Collier, Nardine. (2009). Dynamic capabilities: An exploration of how firms renew their resource base. *British Journal of Management, 20*, S9-S24.

Anand, Vikas, Manz, Charles C, & Glick, William H. (1998). An organizational memory approach to information management. *Academy of Management Review, 23*(4), 796-809.

Anderlohr, George. (1969). What production breaks cost. *Industrial Engineering, 1*(9), 34-36.

Andriopoulos, Costas, & Lewis, Marianne W. (2008). Exploitation-exploration tensions and organizational ambidexterity: managing paradoxes of innovation. *Organization Science, 20*, 696-717.

Argote, Linda. (2013a). Organizational learning curves: An overview *Organizational learning: Creating, retaining and transferring knowledge* (pp. 1-29): Springer.

Argote, Linda. (2013b). *Organizational learning: Creating, retaining and transferring knowledge*: Springer.

Argote, Linda, Beckman, Sara L, & Epple, Dennis. (1990). The persistence and transfer of learning in industrial settings. *Management science, 36*(2), 140-154.

Argote, Linda, & Epple, Dennis. (1990). Learning curves in manufacturing. *Science, 247*(4945), 920-924.

Argote, Linda, Epple, Dennis, Rao, Rukmini Devadas, & Murphy, Kenneth. (1997). *The acquisition and depreciation of knowledge in a manufacturing organization: Turnover and plant productivity*. Unpublished manuscript, Carnegie Mellon University.

Argote, Linda, & Miron-Spektor, Ella. (2011). Organizational learning: From experience to knowledge. *Organization Science, 22*(5), 1123-1137.

Argote, Linda, & Ren, Yuqing. (2012). Transactive memory systems: a microfoundation of dynamic capabilities. *Journal of Management Studies, 49*(8), 1375-1382.

Argyris, Chris, & Schön, Donald. (1978). *Organizational Learning: A Theory of Action Approach*. Reading, MA: Addision Wesley.

Arnone, William J. (2006). Are employers prepared for the aging of the US workforce? *Benefits quarterly, 22*(4).

Arnould, Emmanuelle, Pilichowski, Elsa, & Turkisch, Edouard. (2007). Ageing and the Public Service: Human Resource Challenges: OECD Publishing.

Arrow, Kenneth J. (1962). The economic implications of learning-by-doing. *The review of economic studies, 29*(3), 155-173.

Arthur, Michael Bernard, & Rousseau, Denise M. (1996). *The Boundaryless Career: A New Employment Principle for a New Organizational Era*: Oxford University Press.

Arthur, W. Brian. (1994). *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*: University of Michigan Press.

Ashworth, Michael J. (2006). Preserving knowledge legacies: workforce aging, turnover and human resource issues in the US electric power industry. *The International Journal of Human Resource Management, 17*(9), 1659-1688.

Attewell, Paul. (1987). The deskilling controversy. *Work and Occupations, 14*(3), 323-346.

Averell, Lee, & Heathcote, Andrew. (2011). The form of the forgetting curve and the fate of memories. *Journal of Mathematical Psychology, 55*(1), 25-35.

Ayache, Magali, & Dumez, Hervé. (2011). Le codage dans la recherche qualitative une nouvelle perspective ? *Le Libellio d'Aegis, 7*(2-Eté), 33-46.

Bailey, Charles D. (1989). Forgetting and the learning curve: A laboratory study. *Management science, 35*(3), 340-352.

Baloff, Nicholas. (1970). Startup management. *Engineering Management, IEEE Transactions on*(4), 132-141.

Barley, Stephen R., & Orr, Julian E. (1997). *Between Craft and Science: Technical Work in U.S. Settings*: Cornell University Press.

Barley, Stephen R., & Tolbert, Pamela S. (1991). Introduction: At the intersection of organizations and occupations. *Research in the sociology of organizations, 8*, 1-13.

Barney, Jay. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of management, 17*(1), 99-120.

Benkard, C. Lanier. (2000). Learning and forgetting: The dynamics of aircraft production. *American Economic Review, 90*(4), 1034-1054.

Benner, M. J., & Tushman, M. L. (2003). Exploitation, Exploration, and Process Management: The Productivity Dilemma Revisited. *Academy of Management Review, 28*, 238-256.

Berthélemy, Michel. (2013). *L'économie de l'énergie nucléaire : quatre essais sur le rôle de l'innovation et de l'organisation industrielle.* Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris.

Besanko, David, Doraszelski, Ulrich, Kryukov, Yaroslav, & Satterthwaite, Mark. (2010). Learning - by - doing, organizational forgetting, and industry dynamics. *Econometrica, 78*(2), 453-508.

Bettis, Richard A., & Prahalad, Coimbatore K. (1995). The dominant logic: Retrospective and extension. *Strategic management journal, 16*(1), 5-14.

Boiteux, Marcel. (2008). Maîtriser les noyaux et les pépins. *Le Jaune et le Rouge. Revue Mensuelle de la Société Amicale des Anciens Elèves de l'Ecole Polytechnique, 637*.

Boltanski, Luc. (2009). *De la critique : précis de sociologie de l'émancipation*. Paris: Éditions Gallimard.

Boltanski, Luc, & Chiapello, Eve. (1999). *Le nouvel esprit du capitalisme*. Paris: Gallimard.

Boston Consulting Group, The. (1970). *Perspectives on experience*: Boston Consulting Group.

Bouveresse, Jacques. (2012). *Essais VI. Les lumières des positivistes*. Marseille: Agone.

Braverman, Harry. (1974). *Labor and Monopoly Capital: the Degradation of Work in the Twentieth Century*. New York: Monthly Review Press.

Brown, John Seely, & Duguid, Paul. (1991). Organizational learning and communities of-practice: Toward a unified view of working, learning, and innovation. *Organization Science, 2*, 40-58.

Cadin, Loïc, Bender, Anne-Françoise, & de Saint Giniez, Véronique. (2003). *Carrières nomades : les enseignements d'une comparaison internationale*: Vuibert.

Carley, Kathleen. (1992). Organizational learning and personnel turnover. *Organization Science, 3*, 20-46.

Carlson, John G., & Rowe, Alan J. (1976). How much does forgetting cost. *Industrial Engineering, 8*(9), 40-47.

Carnevale, Tony. (2005). The coming labor and skills shortage. *Training & Development, 59*(1), 37-41.

Casey, Andrea J., & Olivera, Fernando. (2011). Reflections on organizational memory and forgetting. *Journal of Management Inquiry, 20*(3), 305-310.

Casher, Amy, & Lesser, Eric. (2003). Gray matter matters: Preserving critical knowledge in the 21st century. *IBM Institute for Business Value Executive Brief*.

Charue-Duboc, Florence, & Midler, Christophe. (2000). How concurrent engineering reconfigures process engineering activity. The case of the chemical industry. In P.-J. Benghozi (Ed.), *Innovation Based Competition et Design Systems Dynamics* (L'Harmattan ed., pp. 257-272). Paris.

Charue-Duboc, Florence, & Midler, Christophe. (2001). Développer les projets et les compétences. *Gérer et comprendre*, 12-22.

Clot, Yves. (2008). *Travail et pouvoir d'agir*. Paris: Presses Universitaires de France.

Clot, Yves. (2010). *Le travail à coeur*. Paris: La Découverte.

Cochran, Edward B. (1960). New concepts of the learning curve. *The Journal of Industrial Engineering, 11*(4), 317-327.

Cochran, Edward B. (1968). *Planning Production Costs: Using the Improvement Curve*: Chandler Pub. Co.

Conway, R. W., & Schultz, A. (1959). The manufacturing progress function. *Journal of Industrial Engineering, 12*, 23-27.

Corbel, Pascal. (2004). HRM in a highly uncertain strategic situation: the case of the electronuclear industry. *International Journal of Nuclear Knowledge Management, 1*(1), 151-164.

Cross, Rob, & Cummings, Jonathon N. (2004). Tie and network correlates of individual performance in knowledge-intensive work. *Academy of Management Journal, 47*(6), 928-937.

Crossan, Mary M., Lane, Henry W., & White, Roderick E. (1999). An organizational learning framework: from intuition to institution. *Academy of Management Review, 24*(3), 522-537.

Cyert, Richard M., & March, James G. (1963). *A Behavioral Theory of the Firm*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Dalmasso, Cédric. (2009). *Internationalisation des activités d'ingénierie dans l'industrie automobile : les dynamiques d'acteur et de métier dans le processus d'organisation.* Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris.

Dalmasso, Cédric, & Sardas, Jean-Claude. (2008). Globalization of R&D : the case of professional groups in the car industry. *International Product Development Management Conference*.

Dane, Erik. (2010). Reconsidering the trade-off between expertise and flexibility: A cognitive entrenchment perspective. *Academy of Management Review, 35*(4), 579-603.

Daniellou, François. (2002). Le travail des prescriptions. *XXXVème Congrès SELF*.

Darr, Eric D., Argote, Linda, & Epple, Dennis. (1995). The acquisition, transfer, and depreciation of knowledge in service organizations: Productivity in franchises. *Management science, 41*(11), 1750-1762.

David, Albert. (2000). La recherche-intervention, cadre général pour la recherche en management ? In David Albert, Hatchuel Armand & L. Romain (Eds.), *Les nouvelles fondations des sciences de gestion* (pp. 193-211). Paris: Vuibert.

Day, George S, & Montgomery, David B. (1983). Diagnosing the experience curve. *Journal of Marketing, 47*(2).

De Grip, Andries, & Van Loo, Jasper. (2002). The economics of skills obsolescence: a review. *Research in labor economics, 21*, 1-26.

De Long, David W, & Davenport, Thomas. (2003). Better practices for retaining organizational knowledge: Lessons from the leading edge. *Employment Relations Today, 30*(3), 51-63.

De Terssac, Gilbert. (2003). Travail d'organisation et travail de régulation. *Recherches*, 121-134.

DeLong, David W. (2004). *Lost Knowledge: Confronting the Threat of an Aging Workforce*: Oxford University Press.

DeLong, David W. (2008). Five keys to decisions vis-a-vis an ageing workforce. *Inside Knowledge, 1*(1).

Depeyre, Colette. (2009). *De l'observable au non observable : les stratégies d'identification, d'adaptation, de création d'une capacité de la firme. Dynamiques de l'industrie américaine de défense (1990-2007).* Ecole Polytechnique.

Depeyre, Colette, & Mirc, Nicola. (2007). Dynamic Capabilites : problèmes de définition et d'opérationalisation du concept. *Le Libellio d'Aegis, 3*(5), 2-12.

Doz, Yves, & Kosonen, Mikko. (2008). The dynamics of strategic agility: Nokia's rollercoaster experience. *California management review, 50*.

Doz, Yves L, & Kosonen, Mikko. (2010). Embedding strategic agility: A leadership agenda for accelerating business model renewal. *Long range planning, 43*(2), 370-382.

Drucker, Peter F. (2010). Knowledge-worker productivity: The biggest challenge. *California management review, 41*(2), 79-94.

Dumez, Hervé. (2012). Les méga-projets. *Le Libellio d'Aegis, 8*(1-Printemps).

Dumez, Hervé. (2013). *Méthodologie de la recherche qualitative : les 10 questions clés de la démarche compréhensive*. Paris: Vuibert.

Dutton, John M., & Thomas, Annie. (1984). Treating progress functions as a managerial opportunity. *Academy of Management Review, 9*(2), 235-247.

Easterby-Smith, Mark. (1997). Disciplines of organizational learning: Contributions and critiques. *Human Relations, 50*(9), 1085-1113.

Easterby-Smith, Mark, Crossan, M., & Nicolini, D. (2000). Organizational learning: debates past, present and future. *Journal of Management Studies, 37*(6), 783-796.

Easterby-Smith, Mark, & Lyles, Marjorie A. (2011a). *Handbook of Organizational Learning and Knowledge Management*: John Wiley & Sons.

Easterby-Smith, Mark, & Lyles, Marjorie A. (2011b). In praise of organizational forgetting. *Journal of Management Inquiry, 20*(3), 311-316.

Easterby-Smith, Mark, & Prieto, Isabel M. (2008). Dynamic capabilities and lnowledge management: An integrative role for learning? *British Journal of Management, 19*(3), 235-249.

Ebbinghaus, Hermann. (1885). *Über das gedächtnis: untersuchungen zur experimentellen psychologie*: Duncker & Humblot.

Eisenhardt, Kathleen M. (2000). Paradox, spirals, ambivalence: The new language of change and pluralism. *Academy of Management Review, 25*, 703-705.

Eisenhardt, Kathleen M., & Graebner, M. E. (2007). Theory building from cases: Opportunities and challenges. *Academy of Management Journal, 50*(1), 25-32.

Eraut, Michael. (2004). Informal learning in the workplace. *Studies in continuing education, 26*(2), 247-273.

Ericsson, K. Anders, & Charness, Neil. (1994). Expert performance: Its structure and acquisition. *American psychologist, 49*(8), 725.

Ericsson, K. Anders, & Kintsch, Walter. (1995). Long-term working memory. *Psychological review, 102*(2), 211.

Ericsson, K. Anders, Krampe, Ralf T., & Tesch-Römer, Clemens. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological review, 100*(3), 363.

Ermine, Jean-Louis. (2010). Knowledge crash and knowledge management. *International Journal of Knowledge and Systems Science, 1*(4), 79-95.

Finkenbinder, Erwin Oliver. (1913). The curve of forgetting. *The American Journal of Psychology*, 8-32.

Finon, Dominique, & Staropoli, Carine. (2001). Institutional and technological co-evolution in the French electronuclear industry. *Industry and Innovation, 8*(2), 179-199.

Flyvbjerg, Bent, Bruzelius, Nils, & Rothengatter, Werner. (2003). *Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition*: Cambridge University Press.

Foucault, Michel. (1966). *Les mots et les choses. Une archéologie des sciences humaines*. Paris: Gallimard.

Foucault, Michel. (1975). *Surveiller et punir. Naissance de la prison*. Paris: Gallimard.

Foucault, Michel. (2004). *Sécurité, territoire, population : Cours au Collège de France, 1977-1978*. Paris: Gallimard.

Fridenson, Patrick. (1987). Un tournant taylorien de la société française (1904-1918). *Annales. Économies, sociétés, civilisations, 42*(5), 1031-1060.

Friedman, Victor J., Lipshitz, Raanan, & Popper, Micha. (2005). The mystification of organizational learning. *Journal of Management Inquiry, 14*(1), 19-30.

Friedmann, Georges. (1953). L'Encyclopédie et le travail humain. *Annales. Économies, Sociétés, Civilisations, 8*(1), 53-61.

Gand, Sébastien. (2008). *L'organisation des dynamiques de services professionnels : logique de rationalisation, cadre de gestion et formes de collégialité. À partir d'une recherche-intervention dans un cabinet d'expertise et de conseil*. École Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris.

Garcias, Frédéric, Dalmasso, Cédric, & Sardas, Jean-Claude. (2012). *Exploring the various meanings of the "learning/performing paradox". A case study in an R&D department*. Paper presented at the 28th European Group for Organizational Studies Colloquium (EGOS), Helsinki.

Garcias, Frédéric, Dalmasso, Cédric, & Sardas, Jean-Claude. (2013). *Expanding the scope of organizational ambidexterity.* Paper presented at the Academy of Management Proceedings.

Garg, Anand, & Milliman, Pierce. (1961). The aircraft progress curve modified for design changes. *Journal of Industrial Engineering, 12*(1), 23-28.

Girin, Jacques. (1990). L'analyse empirique des situations de gestion : éléments de théorie et de méthode. In A.-C. Martinet (Ed.), *Epistémologies et sciences de gestion* (pp. 141-182). Paris: Economica.

Glaser, Barney G., & Strauss, Anselm L. (2009). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*: Transaction Publishers.

Goffman, Erving. (1991). *Les cadres de l'expérience*. Paris: Editions de Minuit.

Grubler, Arnulf. (2010). The costs of the French nuclear scale-up: A case of negative learning by doing. *Energy Policy, 38*(9), 5174-5188.

Guedez, Annie. (1994). *Compagnonnage et apprentissage*. Paris: Presses Universitaires de France.

Gulati, Ranjay. (2007). Tent poles, tribalism, and boundary spanning: The rigor-relevance debate in management research. *Academy of Management Journal, 50*(4), 775-782.

Hafsi, Taïeb, & Lambert, Gilles. (2012). Le management de l'oubli dans la conduite des organisations. *Revue française d'économie, 27*(4), 149-183.

Halbwachs, Maurice. (1925). *Les cadres sociaux de la mémoire*. Paris: Alcan.

Halbwachs, Maurice. (1950). *La mémoire collective*. Paris: Presses Universitaires de France.

Hatchuel, Armand. (1994). Frederic Taylor : une lecture épistémologique. L'expert, le théoricien, le doctrinaire. In J.-P. Bouilloud & B.-P. Lécuyer (Eds.), *L'invention de la gestion* (pp. 53-64): L'Harmattan.

Hatchuel, Armand. (1996a). Comment penser l'action collective ? Théorie des mythes rationnels *Annales littéraires de Besançon*.

Hatchuel, Armand. (1996b). Coopération et conception collective. Variété et crises des rapports de prescription. In G. De Terssac & E. Friedberg (Eds.), *Coopération et conception* (pp. 101-122). Toulouse: Octarès.

Hatchuel, Armand. (2001). Quel horizon pour les sciences de gestion ? Vers une théorie de l'action collective. In A. David, A. Hatchuel & R. Laufer (Eds.), *Les nouvelles fondations des sciences de gestion*: Vuibert, Fnege.

Hatchuel, Armand. (2002). Sources of intensity in work organizations. In P. Docherty, J. Forslin & R. Shani (Eds.), *Creating Sustainable Work Systems: Developing Social Sustainability* (pp. 40). London: Routledge.

Hatchuel, Armand, & David, Albert. (2008). Collaborating for management research: From action research to intervention research in management. In A. B. R. Shani (Ed.), *Handbook of Collaborative Management Research*: SAGE Publications, Inc.

Hatchuel, Armand, Le Masson, Pascal, & Weil, Benoît. (2002). De la gestion des connaissances aux organisations orientées conception. *Revue internationale des sciences sociales*(1), 29-42.

Hatchuel, Armand, & Molet, Hughes. (1986). Rational modelling in understanding and aiding human decision-making: About two case studies. *European Journal of Operational Research, 24*, 178-186.

Hatchuel, Armand, & Weil, Benoît. (1992). *L'expert et le système : gestion des savoirs et métamorphose des acteurs dans l'entreprise industrielle*: Economica.

Hatchuel, Armand, & Weil, Benoît. (2009). C-K design theory: an advanced formulation. *Research in engineering design, 19*(4), 181-192.

Hecker, Achim. (2012). Knowledge beyond the individual? Making sense of a notion of collective knowledge in organization theory. *Organization studies, 33*, 423-445.

Hedberg, Bo. (1981). How organizations learn and unlearn. In P. Nystrom & W. H. Starbuck (Eds.), *Handbook of Organizational Design* (pp. 3-27). Oxford: Oxford University Press.

Helfat, Constance E., & Peteraf, Margaret A. (2003). The dynamic resource-based view: Capability lifecycles. *Strategic management journal, 24*(10), 997-1010.

Hirsch, Werner Z. (1952). Manufacturing progress functions. *The Review of Economics and Statistics*, 143-155.

Hollingshead, Andrea B. (1998). Communication, learning, and retrieval in transactive memory systems. *Journal of experimental social psychology, 34*(5), 423-442.

Hollnagel, Erik, Journé, Benoît, & Laroche, Hervé. (2009). La fiabilité et la résilience comme dimensions de la performance organisationnelle. *M@n@gement, 12*(4), 224-229.

Hulin, Annabelle. (2010). *Les pratiques de transmission du métier: de l'individu au collectif. Une application au compagnonnage.* Université François Rabelais-Tours.

Jacobides, Michael G., & Winter, Sidney G. (2005). The co-evolution of capabilities and transaction costs: Explaining the institutional structure of production. *Strategic management journal, 26*(5), 395-413.

Jacobs, Ronald. (2003). *Structured on-the-job training: Unleashing employee expertise in the workplace*: Berrett-Koehler Publishers.

Journé, Benoît. (2001). La prise de décision dans les organisations à haute fiabilité : entre risque d'accident et risque bureaucratique. *Cahiers de l'Artémis. Organisation et stratégies industrielles, 3*, 101-126.

Journé, Benoît, & Raulet-Croset, Nathalie. (2008). Le concept de situation : contribution à l'analyse de l'activité managériale en contextes d'ambiguïté et d'incertitude. *M@n@gement, 11*(1), 27-55.

Kaldor, Nicholas. (1961). Capital accumulation and economic growth. In F. A. Lutz & H. D. C. (Eds.), *The Theory of Capital* (pp. 177-222). New York: St. Martin's Press.

Keachie, E.C., & Fontana, R. J. (1966). Effects of learning on optimal lot size. *Management science, 13*(2), 102-108.

Kieser, Alfred, & Leiner, Lars. (2012). Collaborate with practitioners but beware of collaborative research. *Journal of Management Inquiry, 21*(1), 14-28.

King, Adelaide Wilcox. (2007). Disentangling interfirm and intrafirm causal ambiguity: A conceptual model of causal ambiguity and sustainable competitive advantage. *Academy of Management Review, 32*(1), 156-178.

King, Adelaide Wilcox, & Zeithaml, Carl P. (2001). Competencies and firm performance: examining the causal ambiguity paradox. *Strategic management journal, 99*, 75-99.

Kletz, Frédéric, Hénaut, Léonie, & Sardas, Jean-Claude. (2014). New public management and the professions within cultural organizations: one hybridization may hide another. *International Review of Administrative Sciences, 80*(1), 89-109.

Kœnig, Gérard. (2006). L'apprentissage organisationnel : repérage des lieux. *Revue française de gestion*(1), 293-306.

Kosilov, A, Mazour, T, & Yanev, Y. (2006). Risk Management of Knowledge Loss in Nuclear Industry Organizations *International Atomic Energy Agency*.

Le Breton-Miller, Isabelle, & Miller, Danny. (2014). The paradox of resource vulnerability: Considerations for organizational curatorship. *Strategic management journal*.

Le Masson, Pascal, Weil, Benoît, & Hatchuel, Armand. (2006). *Les processus d'innovation : conception innovante et croissance des entreprises*: Hermes science publ.

Lefebvre, Philippe. (2003). *L'invention de la grande entreprise : travail, hiérarchie, marché. France, fin XVIIIe-début XXe siècle*. Paris: Presses Universitaires de France.

Lefebvre, Philippe, Roos, Pascal, & Sardas, Jean-Claude. (2003a). Gestion des compétences, gestion des connaissances et enjeux identitaires en conception : pour une approche unifiée de la dynamique métier. *Compétences et connaissances dans les organisations*.

Lefebvre, Philippe, Roos, Pascal, & Sardas, Jean-Claude. (2003b). Gestion des compétences, gestion des connaissances et enjeux identitaires en conception : pour une approche unifiée de la dynamique métier. In A.-M. Guénette, M. Rossi & J.-C. Sardas (Eds.), *Compétences et connaissances dans les organisations* (Edition SE ed.). Lausanne.

Lefebvre, Philippe, Roos, Pascal, & Sardas, Jean-Claude. (2004). Les théories des communautés de pratique à l'épreuve : enrichissements, élargissements. *Systèmes d'Infromation et Management*, 25-48.

Lelebina, Olga. (2014). *La gestion des experts en entreprise, dynamique des collectifs de professionnels et offre de parcours.* Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris.

Leonard-Barton, Dorothy. (1992). Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strategic management journal, 13*, 111-125.

Lévêque, François. (2013a). *Les coûts du nucléaire : repères et incertitudes*. Interdisciplinary Institute for Innovation, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris. Paris.

Lévêque, François. (2013b). *Nucléaire On/Off : Analyse économique d'un pari*: Dunod.

Levitt, Barbara, & March, James G. (1988). Organizational learning. *Annual review of sociology*, 319-340.

Linhart, Robert. (1976). *Lénine, les paysans, Taylor : essai d'analyse matérialiste historique de la naissance du système productif soviétique*: Éditions du Seuil.

Lipovetsky, Gilles. (2004). *Les temps hypermodernes*. Paris: Grasset.

Lipovetsky, Gilles. (2006). *Le bonheur paradoxal : essai sur la société d'hyperconsommation*. Paris: Gallimard.

López, Luis, & Sune, Albert. (2013). Turnover‐induced Forgetting and its Impact on Productivity. *British Journal of Management, 24*(1), 38-53.

Lovallo, Dan, & Kahneman, Daniel. (2003). Delusions of success. *Harvard Business Review, 81*(7), 56-63.

Lyles, Marjorie A. (1988). *Learning among joint-venture sophisticated firms.* Paper presented at the Management International Review.

Mahoney, James. (2000). Path dependence in historical sociology. *Theory and society, 29*(4), 507-548.

Malloch, Hedley, Kleymann, Birgit, Angot, Jacques, & Redman, Tom. (2007). Les Compagnons du Devoir: a French Compagnonnage as a HRD system. *Personnel Review, 36*(4), 603-622.

March, James G. (1991). Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization Science, 2*, 71-87.

Martin de Holan, Pablo, & Phillips, Nelson. (2004). Remembrance of things past? The dynamics of organizational forgetting. *Management science, 50*(11), 1603-1613.

Martin de Holan, Pablo, & Phillips, Nelson. (2011). Organizational forgetting. In M. Easterby-Smith & M. Lyles (Eds.), *Handbook of Organizational Learning and Knowledge Management.* (Vol. 2nd ed., pp. 433-451). UK: John Wiley & Sons.

McGeoch, John A. (1932). Forgetting and the law of disuse. *Psychological review, 39*(4), 352.

Mintzberg, Henry. (1980). Structure in 5's: A Synthesis of the Research on Organization Design. *Management science, 26*(3), 322-341.

Moisdon, Jean-Claude. (2007). La recherche-intervention en gestion : de la prescription à l'énigme. *Education permanente*(170).

Moisdon, Jean-Claude, & Weil, Benoît. (1996). Dynamique des savoirs dans les activités de conception : faut-il compléter la gestion de projets ? *Revue française de gestion industrielle, 15*, 22-31.

Nakhla, Michel, & Sardas, Jean-Claude. (1999). Intégration produit-process dans les projets: de l'ingénierie concourante à l'ingénierie intégrée. *Cahier de recherche, Renault*.

Nembhard, David A. (2000). The effects of task complexity and experience on learning and forgetting: A field study. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 42*(2), 272-286.

Nembhard, David A., & Uzumeri, Mustafa V. (2000). Experiential learning and forgetting for manual and cognitive tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics, 25*(4), 315-326.

Newstrom, John W. (1983). The management of unlearning: Exploding the" clean slate" fallacy. *Training and Development Journal, 37*(8), 36-39.

Nonaka, Ikujiro. (1994). A dynamic theory of organizational knowledge creation. *Organization Science, 5*(1), 14-37.

Nowotny, Helga. (1994). *Time: the modern and postmodern experience*: Wiley.

Nystrom, Paul C., & Starbuck, William H. (2004). To avoid organizational crises, unlearn *How organizations Learn, 2nd edition* (pp. 100-111). London: Thomson Learning.

O'Reilly, Charles, & Tushman, Michael L. (2004). The ambidextrous organization. *Harvard Business Review, 82*, 74-81, 140.

Orr, Julian E. (1996). Talking About Machines: An Ethnography of a Modern Job. In S. R. Barley (Ed.), *Collection on Technology and Work* (Vol. 27, pp. 172): Cornell University Press.

Ospina, Sonia M., & Dodge, Jennifer. (2005). Narrative inquiry and the search for connectedness: Practitioners and academics developing public administration scholarship. *Public Administration Review, 65*(4), 409-423.

Penrose, Edith T. (1959). *The Theory of the Growth of the Frm*. New York: Wiley.

Perret, Véronique, & Josserand, Emmanuel. (2003a). Introduction : La valeur heuristique du paradoxe pour les sciences de l'organisation. In V. Perret & E. Josserand (Eds.), *Le paradoxe : penser et gérer autrement les organisations* (Ellipses ed., pp. 5-22).

Perret, Véronique, & Josserand, Emmanuel. (2003b). *Le paradoxe : penser et gérer autrement les organisations*: Ellipses.

Peters, Tom. (1994). To forget is sublime. *Forbes,* 128.

Peters, Tom. (2010). *The Circle of Innovation: You Can't Shrink Your Way to Greatness*: Random House LLC.

Pichault, François, & Pleyers, Mathieu. (2012). Pour en finir avec la génération Y... Enquête sur une représentation managériale. *Gérer et comprendre*(2), 39-54.

Polanyi, Michael. (1962). *Personal knowledge: Towards a post-critical philosophy*: Psychology Press.

Pollitt, Christopher. (2009). Bureaucracies remember, post‐bureaucratic organizations forget? . *Public Administration, 87*(2), 198-218.

Powell, Thomas. (2006). Causal ambiguity, management perception, and firm performance. *Academy of Management Review, 31*, 175-196.

Radaelli, Giovanni, Guerci, Marco, Cirella, Stefano, & Shani, Rami. (2012). Intervention Research as Management Research in Practice: Learning from a Case in the Fashion Design Industry. *British Journal of Management*.

Raisch, Sebastian, Birkinshaw, Julian, Probst, Gilbert, & Tushman, Michael L. (2009). Organizational ambidexterity: Balancing exploitation and exploration for sustained performance. *Organization Science, 20*, 685-695.

Rao, Rukmini Devadas, & Argote, Linda. (2006). Organizational learning and forgetting: The effects of turnover and structure. *European Management Review, 3*(2), 77-85.

Roger, Baudoin (ed.). (2012). *L'entreprise, formes de la propriété et responsabilités sociales*: Collège des Bernardins.

Roos, Pascal. (2006). *Rationalisation de l'activité et crise des métiers de conception : diagnostic, modélisation et pilotage de la recomposition des métiers et de leur dynamique d'apprentissage.* Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris.

Rosa, Hartmut. (2010). *Accélération. Une critique sociale du temps*. Paris: La Découverte.

Rosen, Sherwin. (1975). Measuring the obsolescence of knowledge *Education, Income, and Human Behavior* (pp. 199-232): NBER.

Ross, Jerry, & Staw, Barry M. (1993). Organizational escalation and exit: Lessons from the Shoreham nuclear power plant. *Academy of Management Journal, 36*(4), 701-732.

Rudolf, Jean-Philippe. (2000). *Contribution à l'analyse empirique des processus de croissance endogène : une approche méthodologique centrée sur les entreprises, les régions et les territoires*. Université de Neuchâtel, Faculté de droit et des sciences économiques.

Sapy, Georges. (2012). *Introduction à l'ingénierie des installations nucléaires*: SOFEDIS.

Sardas, Jean-Claude. (1997). Ingénierie intégrée et mutation des métiers de la conception. *Realites Industrielles-Annales des Mines*, 41-48.

Sardas, Jean-Claude. (2009). Les enjeux d'organisation dans la transformation des activités de conception: ANACT.

Sardas, Jean-Claude, Dalmasso, Cedric, & Lefebvre, Philippe. (2011). Les enjeux psychosociaux de la santé au travail. *Revue française de gestion, 214*(5), 69-88.

Sardas, Jean-Claude, & Lefebvre, Philippe. (2004). Théories des organisations et interventions dans les processus de changement. In J.-C. Sardas & A.-M. Guénette (Eds.), *Conception et Dynamique des Organisations : Sait-on piloter le changement ?* Paris: L'Harmattan.

Schumpeter, Joseph. (1942). *Socialism, Capitalism and Democracy*: Harper and Brothers.

Segrestin, Blanche, & Hatchuel, Armand. (2012). *Refonder l'entreprise*. Paris: La République des idées.

Sennett, Richard. (2011). *The Corrosion of Character: The Personal Consequences of Work in the New Capitalism*: WW Norton & Company.

Shani, Rami, & Coghlan, David. (2008). *Handbook of Collaborative Management Research*: Sage Publications Thousand Oaks, CA.

Siggelkow, Nicolaj. (2007). Persuasion with case studies. *Academy of Management Journal, 50*(1), 20-24.

Skule, Sveinung. (2004). Learning conditions at work : a framework to understand and assess informal learning in the workplace. *International Journal of Training and Development*.

Smith, Adam. (1995). *Enquête sur la nature et les causes de la richesse des nations*. Paris: PUF.

Smith, Wendy, & Lewis, Marianne. (2011). Toward A Theory Of Paradox: A Dynamic Equilibrium Model Of Organizing. *Academy of Management Review, 36*, 381-403.

Stam, Christiaan. (2009). *Knowledge and the ageing employee: a research agenda.* Paper presented at the European Conference on Intellectual Capital.

Starbuck, William H. (1992). Learning by knowledge-intensive firms. *Journal of Management Studies, 29*(6), 713-740.

Starbuck, William H. (1996). Unlearning ineffective or obsolete technologies. *International Journal of Technology Management, 11*(7-8), 7-8.

Starbuck, William H., & Hedberg, Bo. (2003). How organizations learn from success and failure *Handbook of organizational learning and knowledge* (pp. 327).

Steedman, Ian. (1970). Some improvement curve theory. *The International Journal of Production Research, 8*(3), 189-206.

Stempak, Nathalie. (2010). De la critique. Précis de sociologie de l'émancipation. *Comptabilité Contrôle Audit, 16*(2), 159-162.

Strack, Rainer, Baier, Jens, & Fahlander, Anders. (2008). Managing demographic risk. *Harvard Business Review, 86*(2), 119-128.

Sullivan, Sherry E., & Baruch, Yehuda. (2009). Advances in career theory and research: a critical review and agenda for future exploration. *Journal of management, 35*(6), 1542-1571.

Taccoen, Lionel. (2003). *Le pari nucléaire français : histoire politique des décisions cruciales*. Paris: L'Harmattan.

Thévenot, Laurent. (1995). L'action en plan. *Sociologie du travail, 37*(3), 411-434.

Thompson, Peter. (2007). How much did the Liberty shipbuilders forget? *Management science, 53*(6), 908-918.

Thorndike, Edward Lee. (1898). Animal intelligence: An experimental study of the associative processes in animals. *Psychological Monographs: General and Applied, 2*(4), i-109.

Thorndike, Edward Lee. (1913). *The psychology of learning* (Vol. 2): Teachers College, Columbia University.

Thurstone, Louis Leon. (1919). The learning curve equation. *Psychological Monographs: General and Applied, 26*(3), i-51.

Ton, Zeynep, & Huckman, Robert S. (2008). Managing the impact of employee turnover on performance: The role of process conformance. *Organization Science, 19*(1), 56-68.

Tsang, Eric W. K., & Zahra, Shaker A. (2008). Organizational unlearning. *Human Relations, 61*(10), 1435-1462.

Tsoukas, Haridimos, & Vladimirou, Efi. (2001). What is organizational knowledge? *Journal of Management Studies, 38*(7), 973-993.

Van de Ven, Andrew H., & Johnson, Paul E. (2006). Knowledge for theory and practice. *Academy of Management Review, 31*(4), 802-821.

Van Oorschot, Kim E., Akkermans, Henk, Sengupta, Kishore, & Van Wassenhove, Luk N. (2013). Anatomy of a decision trap in complex new product development projects. *Academy of Management Journal, 56*(1), 285-307.

Walsh, James P., & Ungson, Gerardo Rivera. (1991). Organizational memory. *Academy of Management Review, 16*(1), 57-91.

Wegner, Daniel M. (1987). Transactive memory: A contemporary analysis of the group mind *Theories of Group Behavior* (pp. 185-208): Springer.

Weick, Karl E., & Roberts, Karlene H. (1993). Collective mind in organizations: Heedful interrelating on flight decks. *Administrative Science Quarterly*, 357-381.

Weick, Karl E., Sutcliffe, Kathleen M., & Obstfeld, David. (2008). Organizing for high reliability: Processes of collective mindfulness. In A. Boin (Ed.), *Crisis management* (Vol. 3, pp. 81-123). London: SAGE Publications.

Weil, Benoît. (1999). *Conception collective, coordination et savoirs : les rationalisations de la conception automobile.* Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.

Whalley, Peter. (1986). The Social Production of Technical Work: The Case of British Engineers. *Administrative Science Quarterly, 33*, 142-145.

Winter, Sidney G. (2003). Understanding dynamic capabilities. *Strategic management journal, 24*(10), 991-995.

Wright, Theodore P. (1936). Factors affecting the cost of airplanes. *Journal of the Aeronautical Sciences, 3*(4).

Yelle, Louis E. (1979). The learning curve: Historical review and comprehensive survey. *Decision Sciences, 10*(2), 302-328.

Yin, Robert K. (1993). *Applications of case study research*: London: Sage.

Zangwill, Willard I., & Kantor, Paul B. (2000). The learning curve: a new perspective. *International Transactions in Operational Research, 7*(6), 595-607.

Table des figures et tableaux

Figure 1 : La courbe d'apprentissage mise en évidence par T. P. Wright (1936) sur la construction d'avions 26
Figure 2 : Cadre théorique intégrateur proposé par Argote et Miron-Spektor (2011) pour analyser l'apprentissage organisationnel 30
Figure 3 : Nombre de publications mentionnant l'*organizational forgetting* (en bleu) et l'*organizational learning* (en orange), par période de cinq ans (données : Google Scholar) 37
Figure 4 : Dangers et bénéfices de l'oubli organisationnel pour Easterby-Smith & Lyles (2011b) 39
Figure 5 : Heures de main d'œuvre nécessaires pour une unité produite du *L-1011 TriStar* (source : Benkard, 2000) 43
Figure 6 : La logique de sélection des activités étudiées par la littérature : intensité en connaissances et confinement/observabilité 60
Figure 7 : Part du nucléaire dans la production d'électricité par pays en 2011 (graphique AIEA) 74
Figure 8 : Le nucléaire par rapport aux autres sources d'électricité en France : une substitution massive et rapide (graphique EDF) 76
Figure 9 : Les 58 réacteurs du parc historique français : localisation, palier technologique, date et durées de construction (graphique AIEA) 79
Figure 10 : Evolution dans le temps du nombre de tranches en cours de construction en France (données AIEA) 80
Figure 11 : Evolution du parc nucléaire mondial entre 1954 et 2011 (source AIEA) 81
Figure 12 : Générations de réacteurs et horizon de disponibilité (source : documentation interne EDF) 86
Figure 13 : Jalonnement global du projet EPR 94
Figure 14 : Place du CNEN dans l'organigramme simplifié des activités productives d'EDF 104
Figure 15 : Représentation simplifiée du réseau d'acteurs engagés dans le projet EPR et pilotés par EDF, architecte industriel 107
Figure 16 : Représentation de l'organisation industrielle à trois niveaux simplifiée du projet EPR (source : documentation interne DIN/EDF) 108
Figure 17 : L'organisation interne des services projets du CNEN 110
Figure 18 : L'organisation interne des services métiers du CNEN 112
Figure 19 : Croissance et mouvements des effectifs du CNEN, période 2006-2010 (sources : données RH) 113
Figure 20 : Evolutions croisées de la charge projets, de l'organisation et des ressources du CNEN entre 2005 et 2012 114
Figure 21 : Les étapes de la transition organisationnelle du CNEN vers le multi-projets 115
Figure 22 : Le redécoupage des services métier du CNEN 116
Figure 23 : Le raisonnement sous-jacent au diagnostic d'un oubli organisationnel dans la littérature 135
Figure 24 : Le glissement progressif du budget et du planning prévisionnels entre 2007 et 2012 (sources : Le Monde) 136

Figure 25 : Représentation simplifiée de l'effet de latence lié au redémarrage de l'activité et au délai d'assimilation (source : Garcias, Dalmasso, Sardas, 2012) 164
Figure 26 : Délais de construction (en mois) des réacteurs français en distinguant par palier technologique (source : Grubler, 2010)..... 184
Figure 27 : Organisation industrielle théorique des études de génie civil..... 226
Figure 28 : Logique d'organisation du travail du groupe GC1 (chaque rectangle gris représente un individu), telle que schématisée par les chercheurs du CGS sur la base des entretiens avec le MPL 229

***

Tableau 1 : Entités ayant pris part au Projet d'unité du CNEN et chantiers associés 122
Tableau 2 : Récapitulatif de la chronologie de la collaboration CGS-CNEN 124
Tableau 3 : Synthèse des acteurs rencontrés dans le cadre du pré-diagnostic et pour lesquels existe une retranscription intégrale de l'entretien..... 125
Tableau 4 : Codes utilisés pour "baliser" le matériau issu du pré-diagnostic 126
Tableau 5 : Durées moyennes de construction des tranches françaises par palier (données : AIEA) .. 144
Tableau 6 : Composition du groupe GC1 en fonction des niveaux d'expérience des individus..... 227
Tableau 7 : Classification des rôles et des ressources associées par le MPL..... 228
Tableau 8 : Scénario avec départs mais sans embauches nouvelles (source : documents de travail avec le MPL élaborés par les chercheurs du CGS)..... 231
Tableau 9 : Scénario avec départs compensés par l'embauche de jeunes diplômés (source : documents de travail avec le MPL élaborés par les chercheurs du CGS) 232
Tableau 10 : Scénario avec rétention de ressources « stratégiques » (source : documents de travail avec le MPL élaborés par les chercheurs du CGS)..... 233
Tableau 11 : Le réapprentissage, un croisement d'apprentissages hétérogènes 242

Annexe

Le tableau de la page suivante présente une compilation thématique de citations des cinq Managers de Première Ligne de services métier du CNEN rencontrés lors de la phase de pré-diagnostic. Les cinq thèmes retenus sont les suivants :

- le rôle du MPL ;
- la question des « référents techniques » ;
- la question de la charge d'encadrement ;
- les questions du respect des délais et de la charge de travail ;
- la qualité de vie au travail.

	NICOLAS	BENOIT	DIDIER	SYLVAIN	JEAN-GUY
Le rôle du manager	« Le rôle du chef d'équipe est quand même un rôle technique et un rôle managérial. [...] Je fais encore beaucoup de technique. Ce qui sort du groupe est quand même vérifié, on parle technique les jours, [...] ce qui sort du groupe – ce qui sort ce sont les productions techniques. Le support technique [*les jeunes*] ça, ils l'ont. Je leur ai fixé des créneaux, ils savent que la porte est ouverte ».	« C'est important qu'ils aient confiance dans l'assise technique globale de leur manager ».	« La technique n'est pas incompatible avec le poste de chef d'équipe, bien au contraire […] c'est un super technicien avant tout. Lorsqu'on prend des jeunes ou des prestataires sortis d'école, le seul référent, c'est nous. Si on n'a pas ça, on ne joue pas son rôle. […] Et c'est vrai qu'à DDI, on a une population qui est excessivement jeune en terme de compétences. Il faut avoir un niveau de garde très haut tout le temps en termes techniques pour sentir les choses un petit peu louches, les sujets qui n'ont pas été vraiment bien approfondis ».	« Le chef d'équipe, dans notre organisation, est le rempart technique. C'est nous qui piégeons les erreurs dans les documents produits, et si moi je ne vois pas, derrière, je ne vois pas d'autre rempart. Dans nos métiers, un bon manager c'est d'abord quelqu'un qui a un bon *background* technique parce qu'on n'aura jamais une légitimité […], un manager passera très, très mal si la personne qui s'adresse à lui a le sentiment de ne pas parler le même langage ; pour ça il faut avoir un bon *background* technique ».	« Donner le travail, vérifier le travail, travail d'alerte quand ça dérive. » « Pour être manager, il faut déjà avoir, soi, une certaine compétence. Pour être crédible dans l'équipe, si vous n'avez pas un bagage technique suffisant, vous êtes pas crédible. »
Les référents techniques	« Depuis un an, j'ai mis en place le rôle de référent qui m'aide, il y a deux référents. Ce sont deux personnes qui délaissent la conduite technique, sans pour autant que j'abandonne la technique, et qui me permettent de pré-filtrer les problèmes techniques ».	*Dispose d'un groupe d'expérimentés : pas besoin de « référents » spécifiques.*	« J'ai deux personnes dont je parlais, qui ne sont pas des gens tout jeunes, qui ont entre 30 et 35 ans, et qui ont vraiment un rôle de relais pour moi. Donc ça, c'est quelque chose qui m'a fait beaucoup de bien. Au début lorsque j'ai pris le groupe, j'étais tout seul, et au fur et à mesure, on a pu recruter des gens qui étaient capables d'assumer ce genre de choses ».	« Si j'avais une population d'expérimentés je m'organiserais différemment ; l'idéal pour moi, c'eut été d'avoir pu désigner un expérimenté dans mon groupe comme référent technique sur un certain nombre de contrats, et puis charge à lui de les surveiller. Aujourd'hui, j'ai pas pu le faire ça, mais du fait de ma population, pas par manque de volonté ! [...] Je suis en fait en plein dans le creux de la pyramide des âges ».	« Il y a deux personnes d'expérience qui ont 50 ans, qui sont devenus référents. Et puis après, tout le reste c'est des jeunes, qui ont été recrutés en 2010... » « Ça tient parce que, dans l'équipe, y a des référents anciens qui permettent de former des gens. Si je n'avais pas les référents, moi tout seul, je ne pourrais pas former tout le monde ».
La charge d'encadrement	« Pour que [*les jeunes*] montent en compétence, il y a effectivement, à un moment donné, un problème de temps, de disponibilité des uns et des autres. Et là, on revient sur les ressources ».	*Peu de jeunes à encadrer relativement au nombre d'expérimentés.*	« [Nous sommes] un peu une école de formation. Sans compter les prestataires : les gens expérimentés coûtent très cher, et on ne les pose pas forcément sur des postes de conception. Du coup, les prestataires que j'ai sont des jeunes sortis de l'école. Alors, moi, ça me gêne pas plus que ça, parce que j'ai pris l'habitude de former les gens, maintenant je sais un peu comment faire les choses ; mais voilà, la moyenne d'âge du groupe est très jeune ».	« Il faut aussi parfois être un bon prof […] je fais poser dans tous les bureaux des tableaux blancs. Et je me transforme en maître d'école. […] J'ai 6 ou 7 jeunes à encadrer. C'est une charge colossale. C'est colossal ».	« Au départ, ça a été énormément de former les jeunes qui arrivaient, les mettre à un niveau de bagage suffisant pour qu'ils puissent se débrouiller. Une fois qu'après ils ont su se débrouiller, j'étais plus dans un rôle de management. Mais j'ai des jeunes qui sont rentrés, là, et je continue ce travail de réfèrent ».
La question des délais et de la charge	« D'un point de vue timing, ça ne marche pas [...] Les gens se sont eux-mêmes proposés d'annuler une ou deux semaines de vacances pour tenir les dates […] On a énormément d'activités, tout le monde et tous les projets sont prioritaires. […] C'est moi qui fixe les priorités, mais c'est pas facile. […] Les projets ne vous informent pas qu'ils ont décidé de ça, et puis vous avez trois jours pour répondre, c'est pas possible, pas possible… »	« La tenue des délais en elle-même n'a pas de sens si on livre quelque chose de foireux, donc c'est un équilibre global. Je n'ai jamais mis la pression à une personne pour qu'elle livre un truc dans les temps […] Je leur dis "ben là, t'as pas le temps, finis bien, et tant pis pour le planning !" […] Il y a quand même beaucoup de plannings qu'on emplafonne ».	« On est un peu au four et au moulin ! On n'a pas suffisamment le temps de bien faire les choses. […] Je passe mon temps à dire "non, pas maintenant", et parfois c'est un peu embêtant. […] Si ça ne passe pas, on fait des renoncements, c'est-à-dire que l'on décale. Et encore, je pense que je n'ai jamais renoncé sur les fondamentaux, quitte à faire moi-même. C'était bien ça le problème : je travaillais le week-end car je voyais que ça ne servait à rien de demander de faire… »	« Aujourd'hui, je gère l'urgence au quotidien. Quand j'arrive le matin et que je me suis fait un programme pour la journée, j'en ai pas fait le 10ème en partant le soir. […] Il m'arrive de dire non, non aux gens des projets, c'est-à-dire mes clients, par rapport à une sollicitation. Mais je ne dis jamais non à quelqu'un de mon équipe. Quelqu'un qui vient me voir et qui me demande quelque chose, c'est qu'il a un vrai besoin, et ce n'est pas une bonne chose de dire qu'on verra plus tard ».	« En cas de conflit, on donne la priorité au Projet α. Et puis après, c'est la sauce du manager, en fonction des thématiques, du temps que ça prend pour être traité, de savoir... parce que tout le monde… tout le monde est chargé, mais il peut y avoir des fois des petits creux. Donc on bouche les trous, on s'arrange, on change les priorités. Ça c'est notre travail de manager, en permanence, de réaffecter et changer les priorités ».
La qualité de vie au travail	« Je commence à 9 h le matin, et je ne repars pas à 5 h le soir... Je n'ai pas le temps, et le week-end je fais des trucs. Je n'ai pas le temps de faire ».	*N'a pas soulevé de difficultés liées à la qualité de vie au travail.*	« Ça m'arrive fréquemment de reprendre des notes le week-end […] j'ai travaillé quasiment tous les samedis et dimanches. Ça a été un véritable enfer, mais **je travaillais à la place des gens, parce qu'en fait j'ai renouvelé 80 % de l'effectif, le groupe était en déliquescence complète**… [...] J'ai vraiment eu des cas avec des gens qui allaient régulièrement se plaindre chez le médecin du travail ».	« Moi j'ai découvert le *burn out* sur ce poste. Je suis usé. […] On a tous un seuil de saturation, alors atteindre la saturation de temps en temps c'est quelque chose de motivant, mais vivre systématiquement sur le seuil de saturation c'est quelque chose d'usant. Moi, ça fait trois ans et demi, que je suis sur le seuil de saturation ».	« L'envers du décor, il est pas forcément rose. Et puis, le journées elles sont bien remplies. Donc c'est travailler dans l'urgence, c'est réfléchir vite, prendre des décisions rapides ; on finit le soir très tard, c'est pas confortable ».

Table des matières détaillée

Introduction générale 7

Partie 1 : Revue de la littérature et problématique de thèse 21

Chapitre I : Désapprentissage et oubli organisationnels dans la littérature 23

I. De l'apprentissage à l'oubli organisationnel 23

1. « Oubli » et « désapprentissage » : des « faux jumeaux » renvoyant à des conceptions distinctes de l'apprentissage organisationnel 23

2. Du *learning-by-doing* au *forgetting* : retour sur la genèse de l'identification d'un phénomène 25

A. Courbes d'apprentissage et apprentissage par la pratique : genèse et applications 25

B. Les principales critiques de l'apprentissage par la pratique dans la littérature 29

C. Réflexions sur la faible portée de la littérature sur l'oubli organisationnel : l'oubli est-il bon ou mauvais ? 36

II. Les causes multiples de l'oubli organisationnel : recension des facteurs 40

1. Le passage du temps et les interruptions ou changements de rythme de production : la reconnaissance du caractère érosif de l'expérience 42

2. Des « modes d'existence » de l'expérience : mémoire individuelle, mémoire organisationnelle et incidence de la rotation des effectifs 44

A. L'oubli au niveau individuel 44

B. De l'oubli individuel à la « mémoire organisationnelle » : routines et dispositifs de rétention 48

C. Le problème théorique de l'obsolescence de l'expérience 51

Chapitre II : Limites de la littérature et problématique de la thèse 53

I. Pour une extension du domaine de l'étude de l'oubli organisationnel : enjeux et conditions 53

1. Une littérature centrée sur une classe précise d'activités 53

2. Le silence de cette littérature face à un enjeu managérial contemporain : la « perte de connaissances » et le « risque démographique » dans les organisations intensives en connaissances 55

A. Une nouvelle classe de risques… 55

B. … pour d'autres classes d'activités 58

3. Étendre l'étude de l'oubli organisationnel aux activités de conception et intensives en connaissances : à quelles conditions ? 61

A. L'expérience individuelle et les savoirs de conception : une relation complexe 62

B. Quel niveau d'analyse retenir ? 64

II. L'oubli organisationnel, d'un construit statistique vers un objet de gestion stratégique : enjeux de diagnostic et d'organisation du réapprentissage 65

1. L'oubli organisationnel : un enjeu à intégrer à la gestion stratégique des « capacités organisationnelles » 65
2. Vers la problématique de thèse 67

Partie 2 : Contexte industriel, présentation du terrain et méthodologie de recherche 71

Chapitre III : Généalogie et enjeux du projet EPR Flamanville 3 73
I. Retour sur l'historique : de la construction du parc actuel au reflux de l'industrie dans les années 1990 74
1) L'industrie nucléaire française du stade préindustriel vers la « production de masse » de réacteurs 74
2) Les ressorts de l'industrialisation réussie de la construction de réacteurs : stratégie de palier et contexte institutionnel 77
3) Vers la « traversée du désert » 78
II. Quel « printemps » pour le nucléaire ? 82
1) Stagnation prolongée ou « *revival* » nucléaire ? 82
2) Généalogie et déterminants du choix de la technologie EPR 85
A. Logique du choix : l'adéquation entre horizon temporel des besoins et technologie disponible 85
B. La « Génération IV » et au-delà : des innovations de rupture attendues, mais encore lointaines 87
C. EPR et la « Génération III » : des réacteurs « évolutionnaires » pour des besoins de court terme 89
3) Un débat en creux : quelles capacités d'ingénierie pour soutenir le renouveau de l'activité de construction de réacteurs ? 92
A. Retour sur la genèse du projet EPR 92
B. Quand construire un EPR en France ? Hypothèses rétrospectives 94
Chapitre IV : Présentation du terrain de recherche : le CNEN, Centre National de l'Équipement Nucléaire 101
I. Le CNEN : place au sein d'EDF et rôle dans le dispositif de conception et de construction de nouveaux réacteurs nucléaires en France 102
II. Le CNEN : des ressources et une organisation en forte évolution au moment de la recherche collaborative 108
1. Représentation statique de l'organisation projets/métiers du CNEN au moment du début de la recherche collaborative 108
2. L'organisation du CNEN replacée dans sa dynamique : croissance des effectifs, recomposition des projets et des métiers 112
Chapitre V : Une recherche collaborative : place des chercheurs dans un dispositif de réflexion collective 119
I. Le cadre institutionnel de notre recherche : une collaboration au « Projet d'Unité » du CNEN 119
1. Enjeux et modalités du « Projet d'Unité » 119
A. Pourquoi un « Projet d'Unité » ? La formulation d'une préoccupation organisationnelle par la direction du CNEN 119

B. Un ensemble de « chantiers » de réflexion tendus vers l'accompagnement des changements et l'amélioration du fonctionnement collectif 121
2. Récapitulatif chronologique de la collaboration et matériau recueilli 123
II. Sur quelques avantages et inconvénients de la recherche collaborative et les limites de ce travail de thèse 128
1. Retour sur le statut épistémologique de la thèse 128
2. Apports et limites de la recherche collaborative dans le cas de relation avec le CNEN 130

Partie 3 : Désapprentissage et réapprentissage dans l'ingénierie nucléaire d'EDF : étude de cas 133

Chapitre VI : L'impasse d'un diagnostic à partir des *outputs*, ou les ambivalences de la performance 135
I. La « sous-performance » au sein du CNEN : constat objectif ou malaise subjectif ? 135
II. Trois plans d'ambivalence qui se renforcent mutuellement 138
1. 1er plan d'ambivalence : quels sont les critères de jugement de la « réussite » du travail de conception ? 138
2. 2ème plan d'ambivalence : à quelles normes de comparaison se rattacher pour juger de la performance ? 142
3. 3ème plan d'ambivalence : qui est « responsable » de la performance ? 146
Chapitre VII : Le diagnostic d'une situation de « mur d'apprentissage » 149
I. Un diagnostic qualitatif : mettre en cohérence un faisceau de difficultés dans la gestion des ressources 149
1. Retour sur la formulation initiale des problèmes par les acteurs concernés 149
2. Des enjeux disjoints ou solidaires ? Les managers de proximité comme concentrateurs d'enjeux 152
II. Analyse des conditions de montée en compétence dans les services métiers : délai d'assimilation, structure sociale et rôle du management de proximité 155
1. Détour : conditions théoriques de montée en compétence dans les activités d'ingénierie 156
2. Quelles conditions pratiques de montée en compétence dans le cas du CNEN ? 161
A. Un délai d'assimilation vérifié 161
B. La structure sociale singulière des services métiers : mise en évidence et facteurs explicatifs 165
3. Analyse du rôle des managers de proximité : une « mise en paradoxe » structurelle 172
A. La double mission des managers de première ligne dans l'unité : rôle théorique et conditions pratiques d'exercice 173
B. Analyse comparative de la situation des cinq MPL rencontrés 174
C. L'impossible arbitrage : une interprétation en termes de « paradoxes » 176
III. De la question de l'oubli organisationnel à la qualification d'une situation de « mur d'apprentissage » 179
Chapitre VIII : Un mur invisible ? Pluralité des réapprentissages et biais d'interprétation 183

I. L'incertain « effet tête de série » : quelle obsolescence des capacités de l'ingénierie nucléaire ? 184
1. Le nucléaire, une industrie « à coûts croissants » : les effets paradoxaux de l'expérience 184
2. Quel poids du saut générationnel pour l'EPR ? 186
3. Innovation, creux d'activité et renouvellement générationnel : neutralisation ou renforcement des effets de réapprentissage ? 190
II. Le problème des « capacités de pilotage », ou la tentation de l'optimisation 193
1. Une insaisissable « capacité de pilotage » à construire (ou reconstruire ?) 194
A. L'expression répétée d'un besoin de rationalisation… 194
B. … appuyée sur une référence ambivalente à l'histoire 195
2. Ce que « planifier » veut dire : que vaut la séparation capacités de pilotage / capacités techniques ? 198
A. Les limites structurelles à la capacité de planification dans l'ingénierie nucléaire 198
B. Les limites conjoncturelles à la capacité de planification 202
3. Les apprentissages au risque de l'optimisation de l'« utilisation » des ressources 207
III. Pluralité des apprentissages, cadrage et orientation de l'action managériale 211
Chapitre IX : Réapprentissage et action managériale : enseignements de l'expérience du CNEN et proposition de principes d'action 215
I. Appropriation et intégration progressive des enjeux d'apprentissage dans les paramètres de gestion au niveau macro-organisationnel 216
1. Le cas de la stratégie d'embauche 217
2. Macro-organisation « ambidextre » et stratégies locales 220
II. Faire de l'apprentissage un objet de gestion : quelles modalités et outils adaptés de gestion de l'activité et des ressources ? 224
1. Intégrer les enjeux d'apprentissage à l'organisation du travail : le cas d'un chef de groupe 224
A. Une recomposition des missions, des capacités à construire 225
B. Une organisation du travail pensée pour la montée en compétence et le partage d'expérience 227
C. Une montée en compétence à moyen-terme potentiellement fragilisée par un *turnover* systématique 230
2. Renverser les outils de GRH pour piloter la montée en compétence : le cas d'un chef de service 234
Conclusion générale 239
I. Contributions à l'étude et à l'appropriation gestionnaire des phénomènes d'oubli organisationnel et de réapprentissage 239
1. Fondements possibles d'une démarche de diagnostic 239
2. La double spécificité des situations de réapprentissage 241
II. Apports industriels 243
III. Ouverture théorique : apports à l'analyse des capacités organisationnelles 244
IV. Limites de la thèse et pistes pour un programme de recherche 245
Bibliographie 251

Table des figures et tableaux **264**

Annexe **266**

Table des matières détaillée **268**

Apprentissage, désapprentissage et réapprentissage organisationnels
Le cas d'une activité d'ingénierie de grands projets complexes

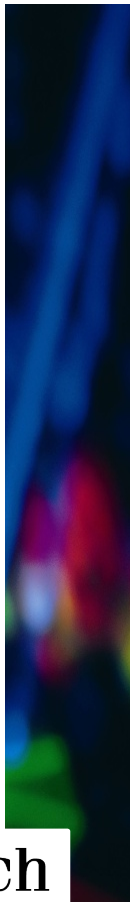
RESUME : Si l'apprentissage organisationnel est un thème central des théories de l'organisation, l'oubli organisationnel a été beaucoup moins étudié. Dans un environnement en mutation, les risques d'obsolescence des savoirs et des capacités retiennent prioritairement l'attention des entreprises et des chercheurs. Cette thèse entend montrer que de nombreuses transformations contemporaines des entreprises (de leur organisation comme de leurs ressources) invitent à reconsidérer les risques associés à la continuité de leurs capacités d'action. Dans le cadre d'une recherche menée en collaboration avec un centre d'ingénierie spécialisé dans la réalisation de grands projets industriels complexes, nous avons montré que des difficultés opérationnelles liées à un contexte de forte croissance de la charge de travail et des effectifs révélaient en fait un problème plus profond. Une longue période d'absence de projets et un profond renouvellement générationnel des équipes d'ingénieurs avaient en effet rendu nécessaire une phase de *réapprentissage collectif*. Mais les travaux de recherche existants sur l'oubli organisationnel ne permettent que très partiellement de penser et gérer ce type de situation. À travers notre cas d'étude, nous montrons que dans une activité d'ingénierie, le diagnostic de l'oubli organisationnel doit moins reposer sur une analyse de la performance que sur une attention aux signaux envoyés par les ressources humaines ainsi qu'aux temps et aux modes de constitution des capacités d'action. Ce changement de posture nous permet, dans un premier temps de qualifier une situation de « mur d'apprentissage » comme paroxystique des phases de réapprentissage. Nous mettons ensuite en évidence le caractère pluriel et hétérogène des sources de l'oubli organisationnel, qui complique les opérations de diagnostic et d'orientation de l'action. Nous nous efforçons enfin d'appréhender les conditions macro- et micro-organisationnelles qui permettent de franchir ce « mur ».

Mots clés : Oubli organisationnel, réapprentissage, capacités, diagnostic, ingénierie

Organizational learning, forgetting and relearning
The case of complex industrial projects engineering

ABSTRACT: Although organizational learning is a central topic in organization theory, organizational forgetting has been much less studied. In a changing environment, researchers and practicioners have primarly focused on the risk of knowledge and skills obsolescence. This thesis starts from the idea that the transformations undergone by many companies make it necessary to tackle the risks related to the maintenance of their capabilities. As part of a collaborative research with an engineering department in charge of steering large and complex industrial projects, we have shown that operational difficulties, in a context of rapid growth of workload and staff, revealed a deeper problem. Indeed, a deep generational renewal of teams along with a long period without new projects, generated a need for a collective relearning process. However, existing research on organizational forgetting is silent on how to think and manage this kind of situations. Through our case study, we show that, in engineering environments, diagnosing organizational forgetting requires paying attention to human signals and to capability building processes and length. First, it enables us to describe a situation of "learning wall" as a paroxysmal phase of relearning. We then highlight the plural and heterogeneous sources of organizational forgetting, which complicate diagnosis and action. Finally, we strive to identify the macro- and micro- organizational conditions that bridge this learning wall.

Keywords: organizational forgetting, relearning, capabilities, diagnosis, engineering



ParisTech