

N° 02/2017

*recherches &
documents*

janvier 2017

**Impact économique de la filière industrielle
« Composante océanique de la Dissuasion »
Volet 2**

HÉLÈNE MASSON, STÉPHANE DELORY

Édité et diffusé par la Fondation pour la Recherche Stratégique
4 bis rue des Pâtures – 75016 PARIS

ISSN : 1966-5156

ISBN : 978-2-911101-95-3

EAN : 9782911101953



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Plan

1. Fondamentaux politiques, budgétaires et industriels	5
1.1. Politique de dissuasion	6
1.2. Cinq décennies d'effort de la Nation	10
1.3. Conception, production, mise en œuvre, et entretien de l'outil de dissuasion : le choix de l'indépendance et de l'autonomie	12
1.4. La France dans le cercle restreint des États producteurs et opérateurs de SNLE et de MSBS	12
2. Des filières industrielles atypiques	14
2.1. Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre : une gouvernance originale	14
2.1.1. L'organisation Cœlacanthe	14
2.1.2. Maîtrise d'œuvre industrielle : quatre chefs de file	15
2.2. Entre exigences de performances et contraintes liées au domaine Dissuasion	18
2.3. Spécificité et criticité des compétences	18
2.3.1. Principaux domaines techniques	18
2.3.2. Savoir-faire en matière de conception et de développement	22
2.3.3. Savoir-faire en matière d'assemblage et d'intégration	28
2.3.4. Savoir-faire en matière de qualification et de réalisation des essais	32
2.3.5. Savoir-faire en matière d'entretien	35
2.3.6. Savoir-faire en matière de démantèlement et de déconstruction	39
2.4. Chaînes de sous-traitance ou le défi de la sécurité d'approvisionnement	41
2.4.1. Robustesse du socle technique	41
2.4.2. Transformation du paysage industriel	42
3. Impact économique	44
3.1. Des sites industriels innervés par les activités liées à la composante océanique de la dissuasion	44
3.2. Des emplois générés en France	46
3.3. Impact territorial	47
3.4. Fertilisation croisée	48
3.4.1. Dissuasion - Conventionnel	48
3.4.2. National - Export	48
3.4.3. Défense - Civil	49

Annexe

Impact économique : méthodologie	52
----------------------------------	----



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Introduction

Les moyens de la dissuasion nucléaire française devront être renouvelés au cours des prochaines années. L'enjeu est d'assurer le maintien à niveau des capacités de dissuasion, donc leur crédibilité, sur la période 2030-2080. Pour la composante océanique de la dissuasion, des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins de troisième génération (SNLE-3G) devront être construits, et les missiles M51 modernisés. La pérennisation de ces moyens, dictée par l'évolution de la menace, s'inscrit dans un contexte dominé par les problématiques budgétaires.

Or, comme l'a rappelé l'Amiral Bernard Rogel, alors Chef d'état-major de la Marine, « Une dissuasion non crédible ne dissuade personne. Cette crédibilité passe par la recherche constante du plus haut niveau de performances et de l'indépendance nationale dans la conception technique, l'entretien et la mise en œuvre de l'outil de dissuasion »¹. La dimension industrielle revêt donc ici une acuité toute particulière. C'est cette dimension que cette étude entend éclairer, notamment par le biais d'une analyse de l'impact économique de la filière industrielle soutenant la composante océanique de la dissuasion.

Au niveau économique, l'impact de la composante océanique de la dissuasion devrait se mesurer par la valeur économique des éléments stratégiques ou géopolitiques qui en découlent, par exemple, la valeur économique de la paix et de la sécurité (coûts des conflits évités) ou encore les bénéfices économiques de la position diplomatique (place sur la scène internationale). Cet impact n'est pour l'instant pas calculable, mais il devrait pourtant représenter l'impact économique le plus important.

A côté de cet objectif principal, la composante océanique de la dissuasion engendre également des effets secondaires ayant une valeur économique. Elle génère ainsi de l'activité économique et des emplois lors de la conception, de la construction, de l'entretien, de la modernisation et du démantèlement des SNLE et de leurs vecteurs. L'estimation de cet impact est au cœur de cette étude.

Le périmètre d'analyse porte sur les activités de DCNS² (maître d'œuvre d'ensemble et architecte d'ensemble du navire), Airbus Safran Launchers (maître d'œuvre du missile stratégique) et Areva TA³ (maître d'œuvre et fournisseur des réacteurs nucléaires), ainsi que de leurs sous-traitants.

L'approche se veut quantitative (emplois, valeur ajoutée, impact territorial) mais également qualitative (compétences, technologies, retombées civiles des innovations, exportations induites indirectement). L'étude s'ouvre sur un rappel des fondamentaux politiques, budgétaires et industriels du domaine dissuasion, seuls à même de donner du sens à une analyse en termes d'impact économique.

¹ « L'excellence au service de la dissuasion », *Cols bleus*, n°3040, 3 juin 2015.

² Un premier volet de l'étude a été publié en septembre 2016, *Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion »*. Volet 1-SNLE. Le périmètre d'analyse porte uniquement sur les activités de DCNS. Le volet 1 est disponible en ligne sur le site de la FRS : www.frstrategie.org/DI.

³ DCNS et AREVA TA sont cotraitants pour la conception et la réalisation des sous-marins nucléaires.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

1. Fondamentaux politiques, budgétaires et industriels

Le choix français en faveur de la dissuasion, qui se cristallise au cours des années 1950, résulte d'une triple prise de conscience. D'abord, celle des limites de l'influence française dans un monde où l'arme nucléaire devient un marqueur dans les relations internationales : si Washington et Londres ont la Bombe, la France doit la posséder aussi. Ensuite, celle des limites de l'autonomie nationale dans un système de défense intégré où Paris dépend des États-Unis : la crise de Suez (1956) en sera le révélateur. Enfin, celle des limites de l'engagement américain pour la défense de l'Europe, illustrées par le changement de doctrine nucléaire des États-Unis.

C'est toutefois le général de Gaulle, qui avait créé le CEA en 1945, qui prendra la décision cruciale, après le premier essai français (1960) de mettre sur pied une dissuasion opérationnelle et pleinement indépendante. Il bénéficie à cet effet de la légitimité politique nécessaire à l'effort budgétaire considérable (jusqu'à 1% du PIB) qui s'ensuit. C'est aussi De Gaulle qui prend la décision – corollaire logique pour lui de la possession de la Bombe – de retirer la France du commandement militaire intégré de l'OTAN (1967) dès que Paris dispose de ses premières armes nucléaires.

Ce n'est cependant que dans les années 1980 que la France disposera d'une dissuasion pleinement « adulte », avec une capacité de frappe massive composée de deux SNLE à la mer dotés de missiles à têtes multiples M4, complétés par les 18 missiles du Plateau d'Albion ainsi que par les forces aériennes stratégiques, auxquelles s'ajoutent les forces dédiées à l'époque à l'ultime avertissement (forces terrestres et aériennes).

Le consensus politique français sur la défense a permis de renouveler, à la fin des années 1990⁴, les SNLE français et la composante aéroportée de la dissuasion. Si le nombre de bâtiments français est désormais limité à quatre, ce chiffre permet d'assurer la permanence à la mer d'un SNLE sur trois aptes au tir sous des délais divers (et capacité à remonter à une permanence de deux SNLE à la mer sans limitation de durée).

La dissuasion met en œuvre un potentiel scientifique, technologique, industriel et militaire considérable. Elle est au nombre des atouts permettant à la France d'être une grande puissance.

La dissuasion nucléaire française concerne tout État ayant la capacité et pouvant avoir la volonté de menacer les intérêts vitaux du pays, quels que soient les moyens employés par l'adversaire. C'est au président de la République qu'il reviendrait d'apprécier et de caractériser la nature de l'attaque. Chef des armées et élu au suffrage universel, il est seul responsable de l'engagement des forces nucléaires.

La dissuasion ne s'adresse pas seulement aux grandes puissances, et ne concerne pas seulement la menace nucléaire. La Russie et la Chine ont la capacité technique de mettre en cause la survie de la France, voire de l'Europe. D'autres États, dotés de moyens de destruction de masse – quelle que soit la nature de ces moyens – pourraient mettre en jeu les intérêts vitaux français, par exemple pour tenter de nous dissuader d'intervenir militairement dans leur voisinage. Malgré les efforts de la communauté internationale, la prolifération nucléaire se poursuit, les courses aux armements s'accroissent en Asie, et la dissémination des vecteurs balistiques n'est pas arrêtée.

Face à ces menaces plus diverses que par le passé, notre pays a adapté sa dissuasion, désormais plus souple, ainsi que sa planification, qui concerne aujourd'hui les « centres de pouvoir » d'un adversaire.

⁴ Voir Annexe « SNLE : approche historique et technique », in *Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion »*. Volet 1-SNLE, septembre 2016 (en ligne sur le site de la FRS : www.frstrategie.org/DI).



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

1.1. Politique de dissuasion

A Istres, le 19 février 2015, le Président de la République François Hollande réaffirmait « [...] *le temps de la dissuasion nucléaire n'est pas dépassé. Il ne saurait être question, y compris dans ce domaine, de baisser la garde* »⁵.

Dans ce traditionnel discours sur la dissuasion nucléaire, le chef des Armées confirme le maintien de la posture française, s'inscrivant dans les pas de ses prédécesseurs. Objectifs, doctrine et moyens sont ici précisés.

Stratégie défensive

Destinée à protéger le pays contre des agressions d'origine étatique contre ses intérêts vitaux, l'arme nucléaire n'est conçue que dans une stratégie défensive : « [...] *La dissuasion nucléaire vise à protéger notre pays de toute agression d'origine étatique contre ses intérêts vitaux, d'où qu'elle vienne, et quelle qu'en soit la forme. J'ajoute que pour la France, l'arme nucléaire n'est pas destinée à remporter un avantage quelconque dans un conflit. En raison des effets dévastateurs de l'arme nucléaire, elle n'a pas sa place dans le cadre d'une stratégie offensive, elle n'est conçue que dans une stratégie défensive* »⁶. Son emploi n'est ainsi concevable que dans des « *circonstances extrêmes de légitime défense* »⁷.

Indépendance, liberté d'action et de décision

Indépendance, liberté d'action et de décision, tels sont les principes fondateurs de la dissuasion rappelés par le Président de la République : « *La dissuasion, c'est aussi ce qui nous permet de préserver notre liberté d'action et de décision en toute circonstance, parce que c'est elle qui me permet d'écarter toute menace de chantage d'origine étatique qui viserait à nous paralyser. [...] notre dissuasion nous appartient en propre ; c'est nous qui décidons, c'est nous qui apprécions nos intérêts vitaux* »⁸.

Permanence

Par définition, la dissuasion s'exerce en permanence : « [...] *Indépendance, liberté, capacité à faire prévaloir nos valeurs, voilà pourquoi nous devons chaque jour, assurer la permanence de la dissuasion nucléaire et être capables, à chaque instant, d'en améliorer encore l'organisation, le fonctionnement et les armes. [...] Par définition, la dissuasion s'exerce en permanence. Que serait une dissuasion par intermittence ?* »⁹.

Stricte suffisance

Au principe de la permanence s'ajoute celui de la stricte suffisance, lequel fonde l'organisation même de la force de dissuasion. Ce principe s'est ainsi traduit par la suppression de la composante sol/sol, décidée en 1996 (fermeture du plateau d'Albion et démantèlement des missiles de courte portée), et par une réduction du volume des forces des composantes océanique (passage de 6 à 4 SNLE) et aéroportée (le dernier exemple en date étant la réduction des escadrons des Forces aériennes stratégiques de 3 à 2 en 2008). De plus, la France dispose de 3 lots de 16 missiles portés par sous-marins et de 54 vecteurs ASMP-A, pour un total de moins de 300 têtes nucléaires¹⁰.

⁵ Discours du Président de la République sur la dissuasion nucléaire, BA 125, Istres, 19 février 2015.

⁶ *Ibid.*

⁷ *Ibid.*

⁸ *Ibid.*

⁹ *Ibid.*

¹⁰ *Ibid.*



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Deux composantes

Le Président de la République confirme son attachement aux deux composantes sous-marine (FOST) et aéroportée : *« J'ai donc décidé de maintenir une composante océanique et, une composante aéroportée. Aucune n'est dédiée à l'atteinte d'un objectif qui lui serait propre. Toutes deux concourent à l'ensemble des missions de la dissuasion et c'est leur complémentarité qui permet au chef de l'État de disposer, à tout moment, de la gamme d'options nécessaires et suffisantes et de ne jamais être tributaire d'un seul type de moyens »*¹¹.

Composante océanique : élément clé de la manœuvre dissuasive

Si la composante aéroportée donne, en cas de crise majeure, une visibilité à la détermination politique du pays à se défendre, évitant ainsi un engrenage vers des solutions extrêmes (par des manœuvres démonstratives via les FAS ou la force aéronavale nucléaire¹²), la composante océanique constitue un élément clé de la manœuvre dissuasive.

En effet, comme l'a mis en exergue l'Amiral commandant les forces sous-marines et la force océanique stratégique, Charles-Edouard de Coriolis, lors de son audition devant la Commission de la défense nationale et des forces armées de l'Assemblée nationale¹³, le 16 avril 2014, la mission principale de la FOST est de fournir une capacité de frappe en second, c'est-à-dire en réplique à une frappe massive sur le territoire français, par exemple. Cette capacité de frappe en second lui est conférée par la permanence à la mer des SNLE, leur invulnérabilité et la portée des missiles¹⁴.

Charles-Edouard de Coriolis rappelle ainsi que la permanence de la dissuasion nucléaire est assurée depuis 1972. Aujourd'hui, *« un SNLE est en permanence à la mer. Un second bâtiment est à la mer ou susceptible d'y être sous faible préavis, un troisième pouvant également participer à la posture mais avec un délai plus long. C'est cette permanence à la mer qui a déterminé le format de 4 SNLE minimum »*¹⁵.

Le rôle du missile balistique stratégique (MSBS) dans la dissuasion

La mise en œuvre de la dissuasion est également très dépendante des caractéristiques des missiles balistiques emportés, notamment portée, capacité d'emport, précision, pénétration des têtes. Dès lors, les missions attribuées aux MSBS doivent tenir compte des technologies maîtrisées. Si l'évolution des missions anticipe et accompagne le développement ou la maturation de technologies nouvelles, il existe un lien fondamental entre la capacité technologique et la mission existante, tant au niveau de l'arme nucléaire que du vecteur, de ses composants et des différentes architectures qui permettent la mise en œuvre de la dissuasion. L'évolution des technologies apporte de la flexibilité dans la réalisation de la mission comme dans la sélection des objectifs, adaptant la dissuasion aux menaces mais aussi aux évolutions des capacités défensives (défense antimissile, durcissement des cibles) et aux adaptations décidées par le pouvoir politique.

Les missions s'inscrivent dans une doctrine répondant elle-même à une stratégie de dissuasion fondée sur la stricte suffisance. L'évolution des missions et la recherche d'une plus grande flexibilité dans leur réalisation n'induisent pas de modification de ce cadre général mais garantissent la pérennité et l'efficacité de la manœuvre dissuasive dans le respect des engagements juridiques internationaux de la France.

¹¹ Discours du Président de la République sur la dissuasion nucléaire, BA 125, Istres, 19 février 2015.

¹² La Marine nationale met en œuvre la composante océanique de la dissuasion (FOST) ainsi que l'une des deux parties de la composante aéroportée : la force aéronavale nucléaire (FANu), embarquée sur le porte-avions Charles de Gaulle. L'autre partie de cette composante aéroportée est de la responsabilité des forces aériennes stratégiques (FAS), constituées dans l'armée de l'Air. Après les FAS et la FOST - mises en place respectivement en 1964 et 1971 - la FANu est ainsi venue en 1978 élargir la palette à disposition du Président de la République, qui dispose depuis lors d'une complémentarité dans les modes d'action.

¹³ Audition devant la Commission de la défense nationale et des forces armées de l'Assemblée nationale, Amiral commandant des forces sous-marines et de la force océanique stratégique, Charles-Edouard de Coriolis, 16 avril 2014.

¹⁴ Discours du Président de la République sur la dissuasion nucléaire, *op.cit.*

¹⁵ Audition, Charles-Edouard de Coriolis, *op.cit.*



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Ainsi, alors que les technologies mobilisées lors de la conception des premiers MSBS n'ont permis que la mise en œuvre de logiques de frappes peu discriminées, fondées sur la destruction du potentiel démographique ou économique, le pouvoir politique impose une évolution des stratégies vers des logiques de frappes plus discriminées, demeurant certes inscrites dans une logique de dommages inacceptables, mais ne visant plus les populations. Comme le Président Hollande le rappelle dans le discours d'Istres, « *[les] centres de pouvoir, c'est-à-dire, [...] [les] centres névralgiques, politiques, économiques et militaires* »¹⁶ de l'adversaire ciblé. Ainsi, alors que les contraintes liées à l'élargissement du nombre d'acteurs à dissuader et au renforcement des défenses antimissiles s'accroissent, la mise en œuvre de la dissuasion doit également s'appuyer sur un système d'arme plus précis et flexible.

Cet impératif impose une modernisation du vecteur et une adaptation de l'arme emportée, non seulement pour surmonter d'éventuelles défenses, mais également pour permettre au pouvoir politique d'adresser un message dissuasif adapté en fonction des acteurs susceptibles d'y être confrontés.

¹⁶ Discours du Président de la République sur la dissuasion nucléaire, *op.cit.*



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

L'IMPACT CROISSANT DE LA DEFENSE ANTIMISSILE BALISTIQUE STRATEGIQUE

Contrairement à l'idée reçue, depuis la mise en service du système de défense stratégique antimissile de Moscou, la dissuasion nucléaire est confrontée de façon permanente à la défense antimissile. Encadrée et limitée par le traité ABM, elle est désormais totalement dérégulée depuis son abandon en 2002, les États pouvant développer tous types de systèmes, en nombres illimités. Bien que la défense antimissile stratégique, destinée à intercepter les SSBS et les MSBS, reste techniquement très complexe, des progrès significatifs ont été accomplis. La vitesse terminale des intercepteurs stratégiques de type GBI déployés aux États-Unis, réputée supérieure à 7 km/s, permet d'envisager l'interception de missiles de portée intercontinentale sur des trajectoires de collision.

De son côté, la Russie modernise le système A-135 déployé autour de Moscou, teste régulièrement ses intercepteurs endoatmosphériques et devrait développer un intercepteur exoatmosphérique pour remplacer les précédents systèmes SH-11, à capacité nucléaire, retirés du service en 2006.

La défense antimissile chinoise est quant à elle en phase de définition, un travail important restant probablement à faire tant au niveau des architectures que de l'alerte avancée. A l'inverse, la définition des intercepteurs apparaît plus mature, la Chine semblant déjà capable de réaliser, lors de tirs de développement, des interceptions endoatmosphériques mais également exoatmosphériques par impact direct. Les conditions de ces essais étant très mal connues, le niveau d'avancement du programme reste difficile à évaluer, sachant toutefois que la Chine est confrontée à un environnement stratégique où le déploiement d'architectures antimissiles complémentaires à la dissuasion nucléaire est une priorité stratégique. La Chine reconnaît désormais la nécessité de la défense antimissile pour sa propre sécurité nationale, en rupture de l'approche poursuivie ces dernières années.

Pour la Russie mais aussi pour l'Inde, qui dispose d'un programme en développement, la dissuasion est conçue intrinsèquement dans ses dimensions offensives comme défensives. Les États-Unis, qui ne reconnaissent l'apport de la défense antimissile stratégique que dans le cadre des menaces des pays proliférants, disposent quant à eux du potentiel suffisant pour que les capacités antimissiles impactent l'arsenal stratégique chinois, si une telle décision devait être prise. La Chine n'établit pas encore de lien entre dissuasion nucléaire et défense antimissile, du fait de l'asymétrie des arsenaux et de l'immaturation de son programme. Israël, qui dispose de l'une des capacités les plus avancées, considère en revanche la défense antimissile comme un élément de dissuasion global.

A l'exception des États-Unis, qui, dans le discours, restent attachés à dissocier la dissuasion offensive de la défense antimissile, l'ensemble des États développant une capacité la conçoivent en complément de la dissuasion nucléaire et postulent que cette dernière sera affectée. Une forte maturation des capacités est donc à anticiper.

La modernisation rapide des technologies de défense antimissile, qui laisse envisager une meilleure capacité de discrimination et donc d'interception, impose donc déjà le développement de missiles relativement puissants, capables d'emporter non seulement des têtes multiples furtives, mais également les aides à la pénétration qui les accompagnent, sur les portées désirées. A défaut d'assurer la mise à niveau des missiles et la charge utile des systèmes qui équipent les forces françaises, leur capacité à assurer leur mission pourrait être progressivement limitée.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

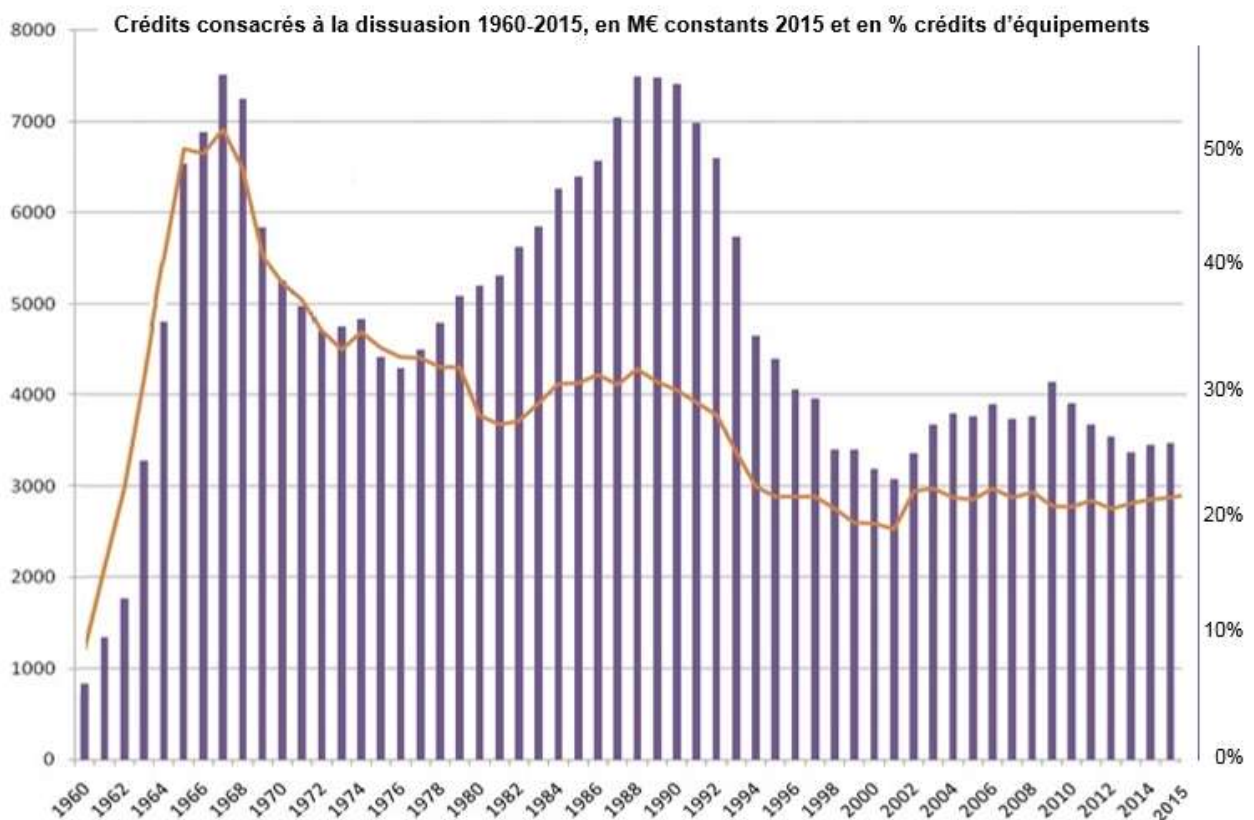
1.2. Cinq décennies d'effort de la Nation

Depuis 1960, la part des crédits consacrée à la dissuasion nucléaire aura connu d'importantes fluctuations, marquées par deux pics de dépenses durant les années 1960 (montée en puissance de la Force Nucléaire Stratégique) et la fin des années 1980 (programme de SNLE NG).

C'est ainsi que les crédits nucléaires représentent en 1967 un peu plus de 50% des crédits d'équipement, leur point haut historique. Cette part atteint les 30% au cœur des années 1980, puis chute durant la décennie 1990 dans un contexte de réduction de l'arsenal nucléaire, pour atteindre son point le plus bas en 2001 (passant sous la barre des 20%).

Les années 2000 et 2010 connaissent une remontée de la part des crédits nucléaires, lesquels se situent dans une fourchette de 21% à 23% des crédits d'équipement, conséquence notamment du lancement du développement et de la production du nouveau missile M51 et de la réalisation du SNLE NG *Le Terrible* en version M51.1, et à compter de 2010, du programme IPER Adaptation M51 (IA M51).

Plus globalement, sur la période 2001-2014, l'effort de défense en faveur de la dissuasion¹⁷ atteint en moyenne 3,5 Mds€ par an, et ce, aussi bien en crédits de paiement (CP) qu'en autorisations d'engagement (AE).



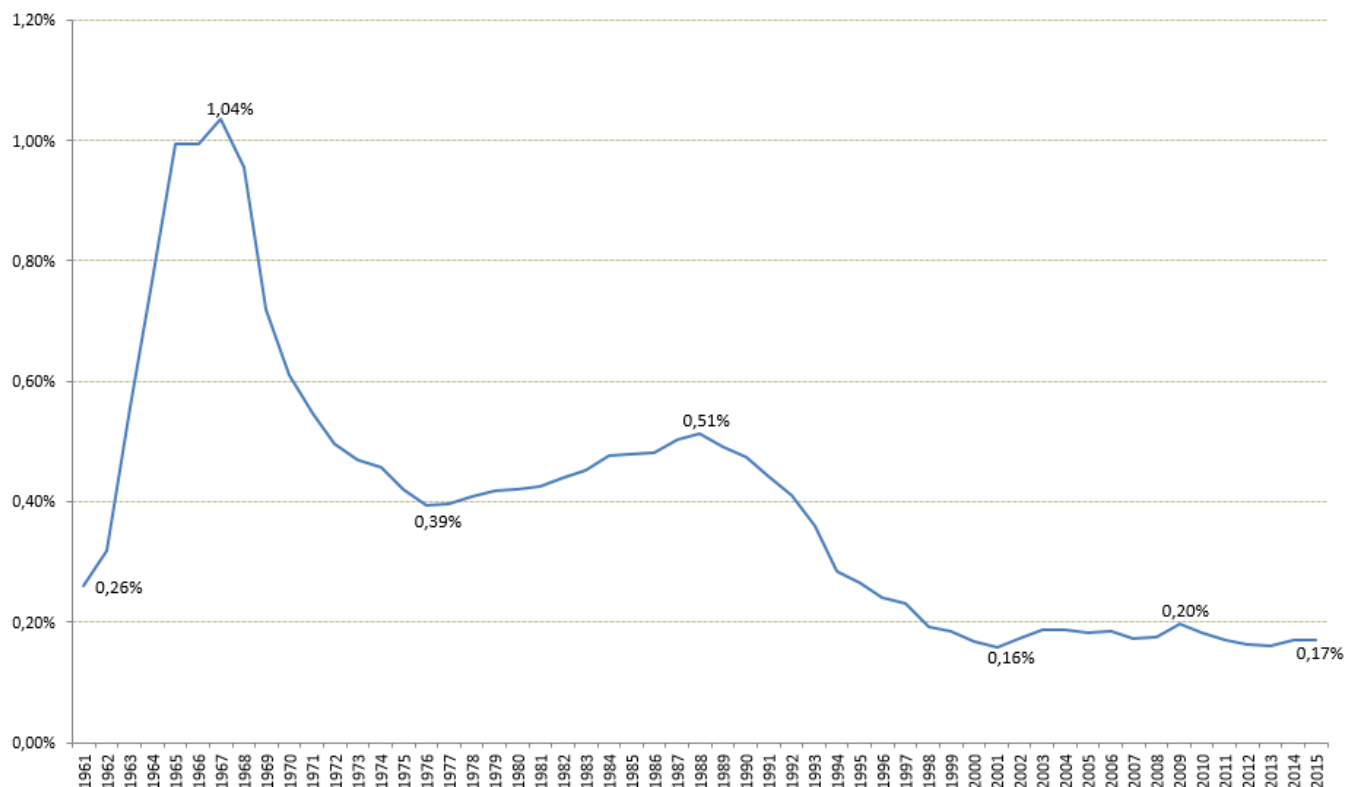
Source : Ministère de la Défense

¹⁷ Rappelons que pour appréhender correctement le coût total de la dissuasion nucléaire, les dotations inscrites aux programmes suivants doivent être prises en compte : Programme 146 (action 06 « Dissuasion » du programme équipements des forces), Programme 144 (études opérationnelles et technico-opérationnelles ainsi que les études-amont dans le domaine nucléaire), Programme 178 (maintien en condition opérationnelle de la force océanique stratégique et activité des forces aériennes stratégiques), Programme 212 (infrastructures liées à la dissuasion).



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Part du PIB (%) consacrée à la dissuasion



Source : Ministère de la Défense

Une analyse sur une période longue de la part du PIB consacrée à la dissuasion montre que nous sommes actuellement au même niveau qu'au début des années 2000, soit à un minimum historique, comme le souligne Bruno Tertrais : « La France consacrait environ 1 % de son PIB à la dissuasion en 1967, et 0,4 % en moyenne jusqu'à la fin des années 1980 (0,47 % en 1990). Aujourd'hui, seulement 0,17%. C'est quasiment un minimum historique »¹⁸.

LPM 2014-2019 : pérennisation de la dissuasion nucléaire

À la suite du Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale publié le 29 avril 2013¹⁹ (LBDSN 2013), le ministre de la Défense Jean-Yves Le Drian a présenté, le 2 août 2013, le projet de loi relatif à la programmation militaire (LPM) pour les années 2014-2019²⁰. Cette nouvelle LPM précise dans son chapitre 2. « La loi de programmation 2014-2019, une étape vers le modèle d'armée de l'horizon 2025 », les choix majeurs en matière d'équipements.

La période 2014-2019 sera ainsi « marquée à la fois par la poursuite de la modernisation des deux composantes de la dissuasion et par la préparation de leur renouvellement »²¹. Concernant la composante océanique, cette dernière bénéficiera notamment de « la livraison du M51.2 avec sa tête nucléaire océanique, de l'adaptation de deux SNLE NG au missile M51, du lancement des travaux d'élaboration du sous-marin nucléaire lanceur

¹⁸ Tertrais Bruno, « Budget nucléaire et « retombées » de la dissuasion », *Les notes de la FRS*, n°13/2015, juin 2015.

¹⁹ *Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale*, Ministère de la Défense, Paris, 29.04.2013, 160 pages.

²⁰ LOI n° 2013-1168 du 18 décembre 2013 relative à la programmation militaire pour les années 2014 à 2019 et portant diverses dispositions concernant la défense et la sécurité nationale, JORF n°0294 du 19 décembre 2013.

²¹ *Ibid.*, chapitre 2.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

d'engin de 3e génération (SNLE 3G) et du lancement du développement de la future version du missile M51 (M51.3) »²².

Sur la période de programmation, l'effort au profit de la dissuasion nucléaire devrait atteindre 23,3 Mds€ courants sur un total de 102,4 Mds€ consacrés aux équipements²³.

1.3. Conception, production, mise en œuvre, et entretien de l'outil de dissuasion : le choix de l'indépendance et de l'autonomie

La France a fait le choix de l'indépendance et de l'autonomie pour ses forces de dissuasion. SNLE et propulsion nucléaire, missiles et têtes nucléaires (dont l'approvisionnement de matières nucléaires), transmissions spécifiques et infrastructures associées, le pays ne dépend d'aucune puissance étrangère pour la conception, la production, la mise en œuvre, l'entretien, la modernisation et le démantèlement des différentes composantes de la FOST.

Cette stratégie distingue la France du Royaume-Uni, en situation de dépendance vis-à-vis des États-Unis dans des domaines clés : missiles balistiques, têtes nucléaires, propulsion nucléaire et système de navigation.

Le Livre blanc sur la Défense et la Sécurité nationale de 2013 et la LPM 2014-2019 ont ainsi clairement réaffirmé l'importance de maintenir le potentiel scientifique, technologique et industriel qui permet à la France depuis presque cinq décennies de figurer dans le cercle restreint des États concepteurs, producteurs et opérateurs de SNLE :

« L'industrie de défense est une composante essentielle de l'autonomie stratégique de la France. [...] Elle seule peut garantir notre sécurité d'approvisionnement en équipements de souveraineté et en systèmes d'armes critiques, comme leur adaptation aux besoins opérationnels [...] »²⁴ (LBDSN 2013).

« D'ici à 2025, la pérennisation de la dissuasion nucléaire française sera conduite dans le respect du principe de stricte suffisance et le maintien des savoir-faire techniques et industriels sera assuré »²⁵ (LPM 2014-2019, rapport annexé).

1.4. La France dans le cercle restreint des États producteurs et opérateurs de SNLE et de MSBS

Soulignons que tous les États disposant d'armes nucléaires ont exprimé le souhait de se doter d'une composante sous-marine. Si les États-Unis, la Russie, la France, et le Royaume-Uni, sont des États concepteurs, producteurs et opérateurs historiques de SNLE (premiers programmes lancés dès les années 1950 et 1960), ils ont été rejoints depuis, mais avec difficulté, par la Chine (années 1980), l'Inde développant également actuellement un programme²⁶. Toutefois, dans ce cercle restreint des États producteurs et opérateurs de SNLE et de MSBS, il convient de rappeler que seuls la France, les États-Unis, la Russie, et désormais la Chine, maîtrisent en toute indépendance la propulsion navale nucléaire.

▪ États-Unis

La majorité de l'arsenal stratégique américain est désormais déployée sur la composante océanique. Les États-Unis disposent de 14 SNLE, avec une présence accrue dans le Pacifique (8 unités contre 6 dans l'Atlantique). Chaque SNLE, de classe *Ohio*, est équipé de 24 missiles Trident II D5, armés de têtes W76-1 et de W88, optimisés pour les frappes de contre-force. Il est prévu de

²² *Ibid.*, Chapitre 2.

²³ LOI n° 2013-1168 du 18 décembre 2013, *op.cit.*

²⁴ *Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale*, Ministère de la Défense, Paris, 29.04.2013, 160 pages, p.124.

²⁵ Loi n°2013-1168 du 18 décembre 2013 relative à la programmation militaire pour les années 2014 à 2019 et portant diverses dispositions concernant la défense et la sécurité nationale, JORF n°0294 du 19 décembre 2013, rapport annexé.

²⁶ Prézélin Bernard, *Flotte de combat*, Editions maritimes, édition 2012.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

remplacer les *Ohio* par 12 classe *Columbia* dotés de 16 tubes, dont la première patrouille est attendue en 2031, le Trident II D5 demeurant le système d'arme dédié. Ce dernier a connu une importante phase de modernisation qui doit s'achever en 2017 (Trident II D5 LE) et qui sera poursuivie dans les décennies à venir²⁷.

▪ Russie

La Russie a repris les patrouilles régulières de SNLE mais semble avoir du mal à revenir à la permanence à la mer. Le pays met au point, avec difficulté, un nouveau missile MSBS (*Bulava* ou SS-NX-32). Sa flotte est estimée à 11 SNLE opérationnels : 2 type *Delta III*, 6 type *Delta IV* et 3 SNLE de nouvelle génération type *Boreï* (sur 8 prévus). Les forces russes ont la particularité d'utiliser des MSBS à propulsion solide (SS-NX-32, déployés sur les *Boreï*) mais également des MSBS à propulsion liquide (SS-N-18 sur les *Delta III* et SS-N-23 sur les *Delta IV*), lesquels demeurent de remarquables outils de dissuasion. Alors que le SS-NX-32 reste peu fiable (nouvel échec d'un tir en novembre 2015), le SS-N-23 continue à être modernisé, la version *Liner* étant réputée pouvoir emporter jusqu'à 10 têtes MIRV.

▪ Royaume-Uni

Le Royaume-Uni maintient un bâtiment à la mer en permanence et a pris la décision de principe de remplacer ses 4 SNLE type *Vanguard*. Cette décision a été confirmée le 18 juillet 2016 par un vote de la Chambre des communes. La conception et la construction des nouveaux bâtiments (programme *Successor*) associent étroitement les États-Unis. Les Britanniques réduiront cependant le nombre de tubes par SNLE (de 16 à 12), les missiles utilisés restant des Trident II D5 américains, qui seront amenés au standard D5 LE²⁸.

▪ Chine

La Chine, après avoir développé une première génération (*Xia*) de SNLE expérimentaux, est désormais en passe de se doter d'une véritable composante sous-marine reposant sur une nouvelle génération de bâtiments (*Jin*). Une incertitude demeure quant aux intentions exactes de Pékin en termes de permanence à la mer et d'emport d'armes nucléaires en temps de paix. Le statut opérationnel des missiles actuellement déployés, le JL-2, est également incertain, d'autant que sa portée limitée impose à la Chine de les lancer à partir de l'océan Pacifique si elle entend couvrir une part suffisante du territoire américain.

▪ Inde

L'Inde a pris de l'avance sur le Pakistan dans la mise sur pied d'une composante océanique même si celle-ci n'est pas encore réputée opérationnelle (1 SNLE type *Arihant* doté de missiles K-15 ; les 4 unités suivantes seront équipées de missiles K-4 de plus longue portée). L'*Arihant* et ses successeurs restent en développement.

La Corée du Nord tente de développer un porteur sous-marin, et procède de façon régulière depuis 2015 à des essais de lancement de missiles depuis la mer. Après plusieurs échecs, un premier essai réussi semble avoir été réalisé le 24 août 2016²⁹. Le vecteur, probablement de type KN-11, aurait franchi une distance de 500 km, cependant inférieure à la portée théorique du SS-N-6 dont il serait dérivé.

Israël, dont la capacité nucléaire est largement admise par les commentateurs, dispose de sous-marins *Dolphin* acquis auprès de l'Allemagne ; il est possible que ceux-ci soient armés de missiles de croisière dotés d'armes nucléaires.

²⁷ En parallèle, les têtes W76 et W88 et les corps de rentrée associés (MK4 et MK5) ont connu une longue phase de rénovation (achevée pour la W76) destinée à accroître la sûreté mais aussi à les adapter aux nouvelles menaces.

²⁸ La tête W76 et le corps de rentrée seront également modifiés au standard W76-1/MK4A.

²⁹ Trudeau Elizabeth, *Daily Press Briefing*, US Department of State, Washington DC, 24 août 2016.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

2. Des filières industrielles atypiques

La Force océanique stratégique (FOST) doit être en mesure de réaliser sa mission dans la durée et de manière autonome. A la différence d'autres systèmes d'arme, le concept d'emploi du SNLE ne souffre ni d'incertitude ni de remise en cause³⁰. Quatre principes directeurs guident dès lors la conception d'un SNLE : la permanence à la mer, l'efficacité du premier au dernier jour de la mission, la capacité de porter à tout moment une attaque décisive et d'y survivre, et l'invulnérabilité³¹. Ils impliquent une maîtrise d'ouvrage forte et une maîtrise d'œuvre industrielle de même qualité.

2.1. Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre : une gouvernance originale

2.1.1. L'organisation *Cœlacanthe*

Depuis le 21 juin 1962³², l'organisation *Cœlacanthe* pilote, sous la responsabilité du Délégué général pour l'armement, les programmes majeurs constituant la composante océanique de la dissuasion : le programme naval comprenant les SNLE et leur système de soutien, la propulsion nucléaire³³, le système d'arme des missiles balistiques (MSBS), les têtes nucléaires.

L'organisation *Cœlacanthe* s'appuie ainsi sur l'action de plusieurs directeurs de programme (DP). Le « DPE *Cœlacante* »³⁴ assure la direction du programme d'ensemble, et à ce titre, la coordination des autres DP³⁵. Son rôle ne se limite pas au domaine étatique. Il doit faire assurer par les maîtres d'œuvre coopérants le respect des spécifications d'interface et la tenue des délais de réalisation³⁶. Les activités sont présentées régulièrement devant le Comité directeur *Cœlacanthe*, présidé par le DGA et en présence des représentants du CEA (DAM et département propulsion), de l'EMA et de l'EMM.

Les raisons du bon fonctionnement de cette organisation sont diverses³⁷. Le fait qu'elle s'applique à un programme relativement bien délimité, dont la mission est bien claire, et bénéficiant d'une certaine priorité (forte volonté politique) facilite l'action.

Elle présente également deux caractéristiques particulières lui assurant l'efficacité nécessaire :

- Elle est basée davantage sur des relations entre individus (ingénieurs, administrateurs et officiers des armes) que sur des relations entre services, ce qui lui permet de continuer à fonctionner sans subir de contrecoup de l'évolution des services et des changements de structures.

³⁰ Dupont de Dinechin, « Le projet *Cœlacanthe*, constance et innovation », *L'Armement*, janvier 1986, pp.47-68.

³¹ Le Tallec Jean, « L'évolution technique des sous-marins », *L'Armement*, n°24, octobre 1990, pp.84-94, et Quinchon Pierre, « 1^{er} décembre 1971 : le Redoutable est admis au service actif », *La CAIA*, n°100, février 2013, pp.16-18.

³² Au début des années 1960, le besoin de coordination générales s'est fait ressentir en raison de la conduite des programmes propulsion et têtes par le CEA, alors rattaché au ministère de l'Industrie, et surtout à la suite de l'échec du premier projet Q244 de sous-marin à propulsion nucléaire (incompatibilité dimensionnement chaudière nucléaire et coque du sous-marin). Si les textes de 1962 ont été amendés à plusieurs reprises (1973, 1992, 2007 notamment) afin de tenir compte de certaines évolutions institutionnelles et de l'émancipation des activités industrielles (la DGA passant de maître d'œuvre à maître d'ouvrage), les grands principes fondateurs demeurent.

³³ Pour les navires à propulsion nucléaire, la DGA assure la maîtrise d'ouvrage d'ensemble, et le CEA/DAM la maîtrise d'ouvrage déléguée de la chaudière nucléaire et des cœurs nucléaires.

³⁴ DPE : Directeur du programme d'ensemble.

³⁵ Les DP SNLE 3G, DP IA M51, et DP MSBS dépendent ainsi directement du DPE *Cœlacanthe*. En revanche, les DP des têtes nucléaires dépendent du CEA.

³⁶ Dupont de Dinechin, *op.cit.*

³⁷ Voir IGA Marçais, « Le programme *Cœlacanthe* », *L'Armement*, n°50, avril 1978, pp.122-139 ; Fabarez Alex, « Le projet *Cœlacanthe* », *L'Armement*, octobre 1998, n°63, pp.86-91 ; Dupont de Dinechin, « Le projet *Cœlacanthe*, constance et innovation », *L'Armement*, janvier 1986, pp.47-68 ; Bonnotte Michel, « La Direction du programme d'ensemble *Cœlacanthe* », *L'Armement*, n°75, octobre 2001, pp.70-72.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

- Tous les organismes concernés sont représentés au Comité directeur à des niveaux de responsabilité suffisamment élevés pour que les décisions puissent y être prises et que les arbitrages puissent être rendus en connaissance de cause et ne risquent pas d'être remis en question par la suite³⁸.

2.1.2. Maîtrise d'œuvre industrielle : quatre chefs de file

La maîtrise d'œuvre industrielle repose sur quatre chefs de file : DCNS, AREVA TA, Airbus Safran Launchers (ASL), et le CEA DAM (Direction des applications militaires).

Navire et chaufferie nucléaire

DCNS et AREVA TA sont cotraitants pour la conception et la réalisation des sous-marins nucléaires.

Maître d'œuvre d'ensemble et architecte d'ensemble des SNLE : DCNS

Maître d'œuvre de la chaufferie nucléaire : AREVA TA

Système d'arme des missiles balistiques

Maître d'œuvre : Airbus Safran Launchers (ASL)

Têtes nucléaires (domaine non traité dans le cadre de l'étude)

Maître d'œuvre d'ensemble des armes (têtes nucléaires) et de la simulation : CEA DAM (établissement public)

La mise en œuvre opérationnelle du système d'arme de dissuasion (SAD) impose l'« appairage » continu entre le sous-marin, le missile stratégique et la charge utile (composée des têtes nucléaires et des aides à la pénétration³⁹). Dans ce contexte, la bonne coordination de ces quatre maîtres d'œuvre apparaît comme un prérequis obligatoire. Elle conditionne la qualité de l'intégration des systèmes constitutifs du navire et celle de la gestion des interfaces techniques entre les grands systèmes. L'efficacité opérationnelle du SNLE, véritable « œuvre de synthèse », en dépend.

³⁸ *ibid.*

³⁹ Pas tré Bertrand, « Missile Balistique de la composante nucléaire océanique : enjeux industriels », *Défense nationale*, n°782, été 2015, pp.78-82.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Navire et chaufferie nucléaire

DCNS : maître d'œuvre d'ensemble et architecte d'ensemble des SNLE

Concepteur, maître d'œuvre d'ensemble et architecte d'ensemble des SNLE, DCNS⁴⁰ est présent à tous les stades du cycle de vie du navire, des premières études amont jusqu'au démantèlement (conception, construction, intégration, entretien et modernisation). Cette responsabilité d'ensemble assumée par le groupe naval, distingue la France du Royaume-Uni. Outre-Manche, conception, construction et intégration relèvent du groupe BAE Systems (Barrow-in-Furness), quand l'entretien est piloté par Babcock International (Base navale de Devonport).

DCNS œuvre actuellement sur trois générations de SNLE :

- Démantèlement et déconstruction des SNLE de 1^{ère} génération⁴¹.
- Maintien en condition opérationnelle (MCO) des 4 SNLE en service et adaptation au M51⁴² des trois premiers SNLE-NG.
- Préparation de l'avenir par le biais des études préliminaires relatives au SNLE de troisième génération (SNLE-3G).

DCNS est également responsable d'une partie de la composante embarquée du système d'arme de dissuasion (MEOSAD⁴³ : stockage et lancement des missiles). De plus, en sous-traitance d'Airbus Safran Launchers, DCNS assure une partie du MCO des missiles stratégiques M51 sur la base de l'Île Longue.

Areva TA : maître d'œuvre de la chaufferie nucléaire

AREVA TA⁴⁴ est l'industriel de référence en matière de conception et de réalisation des chaufferies nucléaires pour la propulsion des bâtiments de la Marine nationale, en lien étroit avec DCNS, concepteur et constructeur des bâtiments.

Maître d'œuvre des réacteurs nucléaires de propulsion navale, les missions d'AREVA TA relèvent des trois domaines suivants :

- Conception, développement, réalisation, qualification, entretien et maintenance, et études de démantèlement des chaufferies nucléaires embarquées.
- Conception, fabrication, transport, suivi en service des cœurs de la propulsion nucléaire, et reprise des combustibles usagés.
- Conception, développement, réalisation et exploitation des réacteurs nucléaires à terre.

⁴⁰ DCCN, DTCN, puis DCN et enfin DCNS, ces différentes dénominations scandent l'histoire des relations État/Industrie en matière de construction navale militaire. La séparation des activités de nature industrielle et de nature étatique de la DGA aboutit en 1997 à la création de deux entités, l'une chargée de la conduite et de la réalisation des activités de construction navale et demeurant en interne, l'autre chargée des seules activités industrielles, DCN, qui sera à la suite transformé en service à compétence nationale en 2000 puis en société de droit privé au capital détenu par l'État en 2003. DCNS opère sous sa nouvelle dénomination depuis 2007.

⁴¹ Voir Annexe « Le démantèlement des SNLE de première génération », in *Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 1-SNLE, op.cit.*

⁴² Voir Annexe « Le programme IPER Adaptation M51 (IA M51) », *ibid.*

⁴³ MEOSAD : mise en œuvre du système d'arme de dissuasion.

⁴⁴ En 2001, le groupe Areva a repris Technicatome, renommé Areva TA en 2006. Technicatome était issu de la filialisation (1972) et du rapprochement (1974) de la Division de Construction des Réacteurs et du Département de Propulsion nucléaire du CEA.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Airbus Safran Launchers : maître d'œuvre du système d'arme des missiles balistiques (hors têtes nucléaires)

Maître d'œuvre du missile MSBS M51 et de ses propulseurs, Airbus Safran Launchers a en charge :

- La conception, le développement, les essais, les vols de qualification et la production des missiles balistiques.
- La conception, le développement, les essais et la production des systèmes de mise en œuvre du système d'arme de dissuasion (MEOSAD: partie missiles) et les infrastructures sol associées.
- Les opérations et le MCO du système sur les sites de la Marine et du ministère de la Défense.
- Le démantèlement
- La préparation de l'avenir par l'étude, le développement et les essais de technologies et architectures, en vue de faire évoluer le système d'arme pour des futurs besoins opérationnels.

AIRBUS SAFRAN LAUNCHERS

En réponse à la concurrence de SpaceX, et dans l'optique de développer de nouveaux lanceurs spatiaux à des coûts optimisés, Airbus Group⁴⁵ et son partenaire et équipementier stratégique Safran ont annoncé en décembre 2014 leur volonté de créer une société commune, Airbus Safran Launchers (ASL), détenue à 50/50.

Opérationnelle depuis le 1er janvier 2015, Airbus Safran Launchers se présente comme une société aux activités intégrées depuis le 1^{er} juillet 2016. La nouvelle entité réunit désormais les expertises et actifs industriels des deux groupes dans le domaine de la propulsion et des lanceurs spatiaux civils et militaires (équipes d'Airbus Defence&Space et de Safran/Herakles⁴⁶ notamment). Airbus Safran Launchers est ainsi maître d'œuvre du développement et de la production des lanceurs Ariane 5 et Ariane 6 tout en étant responsable du système de missiles balistiques de la force de dissuasion océanique française.

⁴⁵ A la suite de la SEREB créée en 1959, puis de la SNIAS/DSBS en 1970, d'Aérospatiale en 1984, et EADS/Astrium en 2000, maître d'œuvre industriel des deux premières générations de missiles balistiques (M1, M2/M20, M4, et sa version dérivée M45), Airbus Defence&Space -et depuis le 1er juillet 2016, Airbus Safran Launchers, Joint Venture codétenue par Airbus Group et Safran- est en charge de la troisième génération incarnée par le missile M51.

⁴⁶ Suite à la reprise de SME (société du groupe SNPE ; spécialiste des matériaux énergétiques) par le groupe Safran le 5 avril 2011, ce dernier a décidé de fusionner cette entité avec sa filiale Snecma Propulsion Solide (spécialiste des moteurs à propulsion solide pour missiles et fusées) pour former, le 1er mai 2012, le nouvel ensemble « Herakles ». Avec cette opération, le groupe Safran devient l'un des leaders mondiaux dans le domaine de la propulsion à propergol solide.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

2.2. Entre exigences de performances et contraintes liées au domaine Dissuasion

La FOST doit être en mesure de réaliser sa mission dans la durée et de manière autonome, crédibilité technique et crédibilité opérationnelle sont donc intrinsèquement liées. Cet enjeu engage DCNS, AREVATA, Airbus Safran Launchers, le CEA DAM, et leur filière respective.

Pour les entreprises ayant des activités dans le domaine dissuasion, les contraintes sont fortes et multifacettes, le niveau d'exigence particulièrement élevé.

- Les systèmes et équipements embarqués sur un SNLE doivent offrir des performances d'exception, tout en répondant aux plus hautes exigences de fiabilité, de sécurité et de sûreté. Les technologies sont durcies pour supporter de nombreuses contraintes inhérentes à l'environnement sous-marin, et à la spécificité des opérations dans l'environnement spatial en particulier pour les missiles MSBS. Pour une entreprise, cela signifie être capable de se hisser au meilleur niveau mondial dans ses domaines d'expertise.
- Les commandes sont généralement limitées en volume (petites séries), leur tempo variable et discontinu (espacement dans le temps des programmes). Cette situation particulière signifie pour les entreprises d'être capables d'absorber les baisses et les pics de charge, tout en maintenant dans la durée des compétences spécifiques, rares et de haut niveau, afin d'assurer une continuité scientifique, technique et industrielle (capacité de conception, production, MCO et gestion des obsolescences).
- Les entreprises doivent également prendre en compte les contraintes liées à la protection du secret de défense. Une politique de sécurité garantissant la mise en œuvre du dispositif de protection des informations ou supports classifiés au sein de l'entreprise, ainsi que chez les sous-traitants, est une obligation.
- La nécessité de maîtriser en interne les domaines les plus stratégiques et sensibles façonne le modèle économique de l'entreprise, en imposant une localisation des activités sur le territoire national, et si sous-traitance il y a, en assurant un pilotage et un suivi rigoureux de la supply chain.
- L'assurance sur la qualité et la continuité de l'approvisionnement est ici un impératif. Elle impose pour les systèmes, équipements, et composants critiques, un approvisionnement en France, afin d'éviter toute situation de dépendance vis-à-vis de fournisseurs étrangers (européens, et a fortiori américains, avec les risques de contrôle export étranger liés, notamment ITAR).
- L'interdiction d'exporter ces mêmes systèmes et équipements critiques signifie l'absence d'un véritable marché en dehors des commandes étatiques nationales.

2.3. Spécificité et criticité des compétences

2.3.1. Principaux domaines techniques

DCNS

La conception et la construction d'un SNLE requièrent des compétences et des infrastructures industrielles spécifiques.

Pourquoi une telle « spécificité », notamment au regard des programmes de SNA, pourtant proche des SNLE en matière de propulsion nucléaire, et de sous-marins conventionnels ? Les raisons sont à rechercher dans l'intégration du système d'arme de dissuasion (SAD), les performances attendues, le nombre et la taille des composants et certaines exigences de sûreté nucléaire (sûreté nucléaire mutuelle armes / chaufferie).



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Au sein de DCNS, comme l'illustre le tableau ci-après, ces compétences spécifiques concernent une trentaine de domaines techniques. Citons, par exemple, la maîtrise de l'architecture liée au SAD, les systèmes de navigation et de communication, le formage et le soudage de l'acier 100 HLES⁴⁷ (coque résistante), le système de combat et l'intégration du sonar, la furtivité, la sûreté nucléaire et la sécurité pyrotechnique, la maîtrise des interfaces physiques et fonctionnelles entre les systèmes, sans oublier le pilotage des fournisseurs et sous-traitants.

Domaines techniques	Exemples de compétences impactées par les spécificités SNLE
Architecture et maîtrise d'œuvre d'ensemble	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Architecture liée au SAD ▪ Chaufferie nucléaire et domaine vapeur ▪ Intégration-Vérification-Validation, essais à quai et à la mer ▪ Adaptation de l'architecture et des méthodes de construction
Coque & Structures	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Soudage et formage de l'acier 100 HLES (coque résistante)
Composante Embarquée du Système d'Arme Dissuasion (CESAD)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ingénierie Système et Architecture de la CESAD ▪ Mise en œuvre du SAD (partie DCNS : stockage, lancement missiles) ▪ Pyrotechnie : chasse missiles MSBS ; générateur de gaz ▪ Intégration ▪ Tenue d'Immersion de Lancement ▪ Sûreté nucléaire et sûreté mutuelle SAD/Chaufferie nucléaire embarquée ▪ Transfert des éléments de navigation vers missile
Système de Combat et Plate-forme	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Système global de navigation ▪ Transmissions VLF ▪ Surveillance de l'état acoustique ▪ Combat Management System (CMS) ▪ Intégration Sonar
Performances transverses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sûreté nucléaire (en particulier Sûreté mutuelle) ▪ Sécurité générale et pyrotechnique ▪ Furtivité ▪ Tenue au choc ▪ Environnement

Areva TA

La conception et la construction de la chaufferie nucléaire embarquée nécessitent également des compétences et un outil industriel spécifique, qui se démarquent de l'industrie nucléaire civile. En effet, les performances du réacteur, l'environnement maritime et militaire d'emploi (discrétion acoustique, tenue au choc), l'intégration dans une plate-forme mobile, de faible diamètre (compacité), en présence d'un équipage vivant à proximité, ont conduit à développer des technologies, des infrastructures industrielles et des savoir-faire très particuliers.

Au sein d'AREVA TA, on retrouve ainsi une vingtaine de métiers et près de cent spécialités, nécessaires pour maîtriser tout le cycle de vie des chaufferies nucléaires et de leur combustible. Nous pouvons notamment citer :

- Conception et fabrication de combustible (combustible en plaquettes notamment)
- Architecture de réacteurs compacts

⁴⁷ Développé par DCNS, Creusot Loire Industries et l'Institut de soudure, l'acier 100 HLES (Haute Limite d'Elasticité Soudable) offre des qualités d'élasticité et de résilience permettant au sous-marin de plonger plus profondément et de résister à de fortes pressions.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

- Conception d'équipements et circuits à haut niveau de discrétion acoustique
- Conception mécanique, tenue au choc
- Développement de systèmes de contrôle-commande autonome à haut niveau de sûreté intrinsèque
- Analyse de sûreté suivant référentiel spécifique Propulsion nucléaire navale (PN)
- Exploitation de réacteurs nucléaires d'essais à terre
- Maintenance et essais de composants nucléaires

Domaines techniques	Exemples de compétences
Architecture et Maîtrise d'œuvre chaufferie nucléaire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Architecture de réacteurs compacts ▪ Fonctionnement en environnement maritime et militaire ▪ Maîtrise d'œuvre de réalisation et d'essais réacteurs embarqués ▪ Montage et équipement de composants sur circuits
Conception système mécanique et électrique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tenue au choc militaire ▪ Composants et circuits avec forte exigence discrétion acoustique ▪ Tenue à l'environnement normal et accidentel ▪ Outillages de manutention composants réacteurs dans des environnements contraints
Physique des réacteurs et des cœurs à plaques	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Etudes thermohydraulique et neutronique ▪ Conception des cœurs à plaques
Conception contrôle-commande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Architecture à haut niveau de fiabilité et disponibilité ▪ Composants et logiciels à sécurité intrinsèque
Fonctionnement général et sûreté nucléaire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objectifs sûreté/disponibilité ▪ Référentiel Propulsion Nucléaire
Fabrication combustible	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Céramique, soudage FE

Airbus Safran Launchers

Bien que proches dans leur définition générale, la conception d'un lanceur spatial et celle d'un MSBS diffèrent sur plusieurs points majeurs, en particulier :

- La sortie d'eau du missile, le missile étant éjecté du sous-marin en plongée et allumé sous l'eau. La gestion des milieux eau-air et la transition entre eux deux nécessitent des compétences uniques.
- L'accroissement des performances du missile dans des volumes constants très restreints, liés à la taille du sous-marin.
- Les questions liées à la réentrée de la charge utile mais aussi à sa pénétration face à des défenses et au durcissement des équipements dans les environnements radiatifs.
- L'entretien du missile, sur le temps long, imposant de le concevoir en prenant en compte des problématiques de vieillissement et de MCO très particulières.
- Le système de guidage, de pilotage et de navigation, conçu pour permettre au missile de fonctionner en totale autonomie.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Domaines techniques	Exemples de compétences impactées par les spécificités MSBS
Architecture système	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ingénierie système ▪ Architectures fonctionnelles ▪ Analyses, simulations, synthèses des essais ▪ Préparation de mission
Conception mécanique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analyses structurales et thermiques ▪ Aérodynamique, mécanique des fluides, hydrodynamique ▪ Rentrée atmosphérique ▪ Conception et architecture des étages et sous ensemble, conception mécanique de structures et équipements ▪ Matériaux ▪ Conception des moteurs ▪ Pénétration, furtivité
Performances et logiciels	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contrôles de vol ▪ Système bord ▪ Contrôle qualité des propergols
Ingénierie sol bord	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Architectures générales des chaînes fonctionnelles et électriques missiles et lanceurs ▪ Communications ▪ Compatibilité électromagnétique, durcissement ▪ Validation des essais, essais en vol ▪ Ingénierie des moyens mécaniques au sol ▪ Sécurité de fonctionnement
Performances transverses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sécurité nucléaire ▪ Sécurité générale et pyrotechnique

Ainsi, pour ces différents domaines techniques sur lesquels DCNS, AREVA TA et Airbus Safran Launchers interviennent (chacun sur leur segment respectif), les compétences sont-elles considérées comme critiques. La criticité n'est pas ici une notion désincarnée. Elle est fonction d'un certain nombre de facteurs⁴⁸: forte spécificité technique, difficulté d'acquisition par une formation classique initiale ou continue, poids de l'expérience dans la maîtrise de la compétence (savoir théorique + savoir-faire pratique construits tout au long du parcours professionnel), rareté de cette maîtrise (nombre restreint de salariés dépositaires de la compétence et non disponibilité sur le marché de l'emploi) et importance stratégique (proximité avec le cœur de métier de l'entreprise).

⁴⁸ Diez R., Sarton L., *Transférer les compétences, comment éviter les pertes de compétences stratégiques*, Eyrolles, 2012. Voir également Ermine Jean-Louis, « Valoriser les connaissances critiques d'une entreprise », in *Gestion Dynamique des Connaissances Industrielles*, B. Eynard, M. Lombard, N. Matta et J. Renaud eds., collection IC2, Hermes Science publications, octobre 2004, pp 107-125.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

2.3.2. Savoir-faire en matière de conception et de développement

DCNS

Intervenant en tant que concepteur du navire, DCNS s'appuie sur un vivier d'experts et de spécialistes présents dans les équipes d'études et d'ingénierie à Cherbourg, Brest, Toulon-Ollioules, Lorient, Indret et Ruelle, ainsi que dans les centres de recherche, de qualification et d'essais.

EXEMPLES DE METIERS CLES

Architecte naval et architecte du système de combat, sous l'autorité d'un architecte d'ensemble.

Spécialistes de fonctions transverses (sécurité nucléaire, discrétion acoustique, sécurité incendie, sécurité plongée, pyrotechnie, maîtrise de la furtivité, architecture).

Responsables études emménagement (en charge du positionnement des équipements et de leur bonne accessibilité dans un espace restreint).



©DCNS

Le maintien et la transmission des savoir-faire de conception et de développement dépendent de projets permettant un travail concret en équipes entre architectes, systémiers, emménageurs et sous-traitants. Les études d'une nouvelle génération de sous-marins nucléaires intervenant tous les 15 ans au mieux, toute la difficulté est d'éviter de voir les équipes se disperser et les compétences s'étioler, voire se perdre définitivement (en interne DCNS comme chez les fournisseurs clés), pendant cette discontinuité entre programmes.

Le maintien des compétences suppose ainsi des activités continues en études d'architecture (avant-projets détaillés) et en études et démonstrateurs technologiques. L'exemple britannique⁴⁹ en offre une parfaite illustration (gap de plus de 11 ans entre le design des *Vanguard* et celui des *Astute*, mettant en grandes difficultés BAE Systems et toute sa chaîne de fournisseurs, avec des conséquences majeures en termes de coûts et de délais).

DES CENTRES TECHNIQUES DE NIVEAU MONDIAL

Le Centre d'essais techniques et d'évaluations de Cherbourg (CETEC)⁵⁰ est aux avant-postes en matière de développement de technologies, de techniques, de qualification et d'expertise des matériels. Véritable référence en France et en Europe, ses compétences sont reconnues dans les domaines de la corrosion, de l'étude des matériaux, des essais (acoustiques, mécaniques, chimiques et hydrauliques), de la métallurgie (aciers à haute résistance, superalliages) et la métrologie. Les techniques de soudage des coques épaisses en acier 100 HLES ont été mises au point au CETEC (service de recherche sur les moyens de soudage

⁴⁹ Voir Annexe « Le programme britannique *Successor* », in *Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion »*. Volet 1-SNLE, op.cit.

⁵⁰ Le CETEC dispose d'équipements et d'infrastructures sans commune mesure en Europe, en particulier un caisson hyperbare de 82m³, ainsi que des bancs d'essais permettant d'éprouver les prototypes et matériels de série en environnement sévère et des moyens d'essais acoustiques (barge Téthys reproduisant un tronçon de sous-marin).



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

de tôles et de tuyauteries), tout comme les matériaux anticorrosion pour les prises d'eau de mer ou encore le développement des articulations élastomères qui contribuent à la discrétion acoustique des SNLE-NG⁵¹.

Depuis novembre 2011, l'entité DCNS Research rassemble les équipes du groupe⁵² travaillant sur les technologies de plateformes (hydrodynamique, matériaux, structures) et les technologies du signal et de l'information (communications et commandes). En son sein, le Centre d'expertise des Structures et Matériaux Navals (CESMAN), situé à Nantes-Indret, est dédié aux matériaux et structures, à leurs comportements et mise en œuvre. En octobre 2015, ce dernier a intégré aux côtés des autres équipes de DCNS Research le nouveau Technocampus Ocean, pôle d'expertise nationale dévolue aux filières navales et énergies marines renouvelables⁵³.

AREVA TA

En charge de la conception et du développement des chaufferies nucléaires embarquées, des cœurs de la propulsion nucléaire, et des réacteurs nucléaires à terre, AREVA TA apparaît comme une véritable société d'ingénierie. Elle s'appuie sur des équipes d'ingénieurs, spécialistes/experts, localisés notamment sur les sites de Saclay, Aix-en-Provence et Cadarache.

Les disciplines scientifiques déployées sont nombreuses : neutronique, physique des réacteurs, thermo-hydraulique, système fluide, mécanique, sûreté nucléaire, radioprotection, interfaces homme-machine, architecture et électricité, discrétion acoustique, ingénierie de grands programmes, conception d'ensembles complexes, contrôle commande, instrumentation et simulation.

SARIE

SIMULATEUR DE CHAUFFERIES NUCLEAIRES DE LA PN

Dès le stade de conception, le simulateur SARIE permet de valider des orientations de conception et de vérifier l'atteinte des performances de disponibilité du réacteur.

En fin de phase de conception, il représente fidèlement l'ensemble des circuits, composants et fonctions du contrôle-commande, permettant ainsi de préparer les essais d'installation, de valider les procédures de conduite, de qualifier l'IHM et le comportement aux situations normales et incidentelles du contrôle-commande.

En phase d'exploitation des chaufferies nucléaires, le simulateur est utilisé pour former les équipes de conduite et les équipes de crise, analyser les événements et qualifier les évolutions.



©AREVA TA

⁵¹ « DCNS-Cherbourg : un centre d'essai unique en France », *La Manche Libre*, 09 novembre 2011, voir également Foillard H., Pikeyty G., Dambrine F., *Rapport sur le maintien des compétences et l'optimisation des activités de DCN-Cherbourg*, Juin 1998, 32 pages.

⁵² 120 personnes basées à Nantes sur 2 sites (Nantes-Indret avec le CESMAN et le campus de l'école Centrale avec SIREHNA, une PME spécialisée dans la maîtrise du comportement dynamique des plates-formes navales) + 30 personnes réparties sur Cherbourg (centre de corrosion Marine), Bagneux et Toulon.

⁵³ 350 personnels de recherche en provenance de l'IRT Jules Verne, de DCNS Research / CESMAN+Sirehna, de grands groupes et de PME ainsi que du monde académique



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Maître d'ouvrage délégué de la chaufferie nucléaire et des cœurs nucléaires, le CEA représente également le premier partenaire scientifique et technique d'AREVA TA. L'organisme étatique lui fournit un accès à ses supercalculateurs, à ses algorithmes de simulation, à son réseau d'expertise dans le domaine de la propulsion nucléaire ainsi qu'à ses moyens industriels de test de Cadarache.

R&D : PARTAGE DES RESPONSABILITES ENTRE LABORATOIRES DU CEA ET INGENIERIE INDUSTRIELLE

« Les laboratoires du CEA sont chargés de l'exploration des nouvelles technologies à bas niveau de maturité technologique et de la mise au point des outils de conception et de simulation sous la forme de délivrance de « standards de calculs » regroupant des codes de neutronique, de thermo-hydraulique et de thermomécanique, de codes systèmes.

Ces activités sont très souvent couplées à des activités à caractère expérimental, permettant de disposer de la base correspondante suffisante pour qualifier les nouvelles versions des codes qui seront mis à disposition d'AREVA TA. Afin de faciliter le transfert des travaux réalisés par les laboratoires du CEA, les équipes d'AREVA TA mais également de DCNS sont associées en principe dès lors que le niveau de maturité atteint un TRL 3.

En revanche, la R&D relative au combustible nucléaire est essentiellement réalisée dans les laboratoires du CEA à Cadarache. Les procédés de fabrication des combustibles de la PN sont définis et qualifiés par le CEA qui les met ensuite à la disposition d'AREVA TA pour la conception et la fabrication des cœurs nucléaires ».

Extraits Encyclopédie des sous-marins français ⁵⁴

Pendant toute la durée d'un programme, depuis les premières études amont jusqu'aux études de démantèlement, soit plus de 60 ans, AREVA TA doit être en mesure de maintenir une compétence de haut niveau, afin de répondre aux exigences du programme, soutenir l'exploitant, gérer les obsolescences sans dégrader les performances, et faire évoluer l'installation pour la maintenir en permanence au plus haut niveau de sûreté.

La difficulté est donc d'assurer la gestion de compétences spécifiques à un programme sur plusieurs générations d'ingénieurs, de s'adapter au rythme de renouvellement des programmes (tous les 15 ans) tout en prenant en compte les durées nécessaires pour former des spécialistes/experts (10 ans pour certaines spécialités uniques et sans équivalent dans le civil). Ce contexte a nécessité l'adoption d'un modèle d'entreprise adapté à ces contraintes et le lancement d'actions dédiées :

- Le choix d'un modèle dual, basé sur des activités nucléaires civiles (réacteurs de recherche, réacteurs de petite puissance modulaires SMR, soutien aux réacteurs de puissance en particulier dans le contrôle commande analogique) en complément des activités Nucléaire de Défense, permettant de maintenir les compétences de base de l'ingénierie nucléaire et de gérer les variations de charge entre programmes Défense, donc de surmonter les creux de cycle.
- Une gestion prévisionnelle de l'emploi.

⁵⁴ D'Arbonneau Thierry (sous dir.), *Encyclopédie des sous-marins français, op.cit.*, Tome 6, pp.183-184.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

- Des parcours professionnels au sein de l'entreprise (entre les activités de conception/bureau d'études et les activités d'exploitation d'équipements et installations nucléaires).
- Des programmes spécifiques de maintien des compétences critiques spécifiques PN entre deux programmes Défense.

Airbus Safran Launchers

En charge de la conception et du développement des missiles balistiques et des systèmes de mise en œuvre du système d'arme de dissuasion (MEOSAD : partie missiles), Airbus Safran Launchers s'appuie sur plus de 3 000 ingénieurs (sur un effectif total de 8 400 employés) présents au sein de la direction de programme et des différents bureaux d'études et centres de recherche du groupe (localisés essentiellement sur les sites des Mureaux⁵⁵, les sites d'Aquitaine ainsi que sur les sites de Brest et de Vert-Le-Petit).

CENTRE DE RECHERCHE DU BOUCHET (CRB, VERT-LE-PETIT)

Dans les domaines de la propulsion solide (composants et intégration), des matériaux énergétiques et des matériaux composites (structuraux, thermostructuraux et ablatifs), Airbus Safran Launchers dispose d'une renommée européenne et mondiale. Son centre de recherche du Bouchet (CRB, Vert-le-Petit) est notamment en pointe en matière de conception de nouvelles molécules et matériaux, caractérisations mécaniques, balistiques et détoniques, analyses physico-chimiques, modélisation et simulation numérique.



La conception des blocs de propergol repose sur un travail de modélisation avancé, afin de déterminer la combustion en fonction des différents additifs et des différentes formes retenues dans la conception des

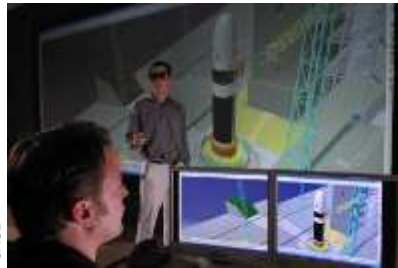
blocs, mais aussi pour tenter d'homogénéiser le comportement des propergols lors de la combustion, qui varie légèrement d'un bloc à l'autre, du fait du processus de fabrication. L'évolution des compositions chimiques de propergols, visant à obtenir un meilleur rendement énergétique ou une plus grande homogénéité de comportement impose un travail constant de modélisation et de simulation. Le calcul théorique comme la modélisation permettent de réduire sensiblement les essais tout en assurant une performance prévisible.

⁵⁵ « Les plates-formes des Mureaux, proches des bureaux d'études sont une étape indispensable avant l'intégration finale pour la validation des équipements, des systèmes électriques et des actionneurs, des programmes de vol ou la mise au point des moyens sols. Elles sont utilisées pendant tout le cycle de vie des produits pour la validation des évolutions ou l'analyse et expertise des vols », <http://www.space-airbusds.com/fr/airbus-defence-and-space-dans-le-monde/les-mureaux.html>.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Le MSBS étant embarqué dans un SNLE, les contraintes de taille et de volume sont très fortes. Sa durée de vie impose de prévoir, en amont de sa conception, l'ensemble de son cycle de vie opérationnelle. La conception du missile, son architecture et la façon de disposer les différents équipements nécessaires à bord des étages sont essentielles pour tenir les performances demandées en alliant l'utilisation de technologies de pointe, l'exigence de minimisation de la masse et sa robustesse sur l'ensemble de sa vie opérationnelle. Dans ce contexte, l'utilisation des outils de CAO (Conception Assistée par Ordinateurs), étayée par un dialogue constant entre les bureaux d'étude, l'ingénierie système et la direction industrielle, permet de garantir la performance du missile mais également de s'assurer de la cohérence dans la définition de son architecture, dans sa fabrication et dans son assemblage.



La phase de conception doit intégrer une somme de technologies et de processus industriels de pointe, parfois initialement immatures, car développés pour répondre aux nouvelles exigences de la mission. Cette intégration conceptuelle impose de définir des outils de calculs spécifiques pour traiter certains problèmes liés au changement de dimension du missile (augmentation de la masse, du diamètre et donc de la portée, modification des contraintes afférentes) mais aussi à l'utilisation de nouveaux matériaux (évolution de propergols, nouveaux matériaux pour les enveloppes et structures par exemple). En matière de corps de rentrée⁵⁶, le compromis recherché entre la vitesse de pénétration, la stabilité, la furtivité et l'échauffement thermique impose un travail très complexe de simulation sur la forme des engins et sur les matériaux utilisés, en relation avec la charge et ses équipements.

Autre domaine très particulier, l'hydrodynamique repose, elle aussi, sur des moyens de conception, calcul et modélisation avancés. La sortie du missile du SNLE, son ignition en milieu sous-marin et sa transition vers le milieu aérien représentent en effet un défi technique sans correspondance dans le secteur civil. La modélisation du transit du missile en milieu sous-marin, du percement du dioptré et de la phase initiale de propulsion dans l'air requiert non seulement la capacité de reproduire, dans la théorie, le comportement de l'objet mais aussi une phase expérimentale poussée.

La définition de l'architecture d'un missile représente enfin un savoir-faire unique, l'engin opérant en des milieux multiples (marin, aérien spatial), étant sujet à des modifications permanentes de masse (combustion du propergol, séparation des étages) et devant disposer d'une capacité de manœuvre afin de délivrer la charge utile avec précision. Les équipements emportés (piles, centrale inertielle, calculateurs, électronique de pilotage, vérins, éléments pyrotechniques, etc...) doivent être les plus légers possible afin d'optimiser la capacité d'emport de la charge utile. Ils doivent néanmoins être capables de résister aux accélérations, vibrations, chocs pyrotechniques, aux écarts thermiques et aux ambiances marines (humidité, température, chocs subis lors de son stockage à bord du SNLE) et garantir, en termes de solidité et de fiabilité, les contraintes de sûreté nucléaire. L'architecture d'un missile obéit donc à de nombreux compromis optimum qui ne peuvent s'acquérir qu'à l'aide d'outils de simulation bien calibrés par de nombreuses expériences et essais au sol ainsi qu'en vol et par le développement d'une architecture particulièrement dense et complexe en partie haute.

La réduction très significative du nombre d'essais nécessaires pour qualifier un missile – de 14 pour le M4 à 5⁵⁷ pour le M51 – témoigne du rôle fondamental joué par la simulation et la modélisation, et

⁵⁶ Les corps de rentrée sont des corps de forme conique, plus ou moins pointus, abritant la charge du missile et la protégeant des effets thermiques et ablatifs lors de la rentrée de l'atmosphère. Pénétrant dans celle-ci à des vitesses allant de mach 15 à mach 20, ils répondent à des caractéristiques très complexes, devant posséder une grande stabilité aérodynamique, une vitesse de pénétration élevée, des caractéristiques de furtivité avancées mais aussi une capacité de protection thermique optimale, abritant la tête comme les équipements associés.

⁵⁷ C'est-à-dire quatre essais par l'industriel (deux essais au sol, un essai en bassin, un essai de synthèse) et un essai d'acceptation par la Marine.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

illustre l'importance du maintien des compétences des équipes à travers les différents cycles de développement des engins.

Au-delà du missile en tant que tel, il faut enfin considérer l'adéquation entre le missile et la charge, c'est-à-dire l'arme nucléaire. Pour démontrer la tenue des objectifs définis par les textes réglementaires, Airbus Safran Launchers construit des démonstrations de sûreté en identifiant par des analyses de risques les différentes situations possibles, leur probabilité et leur conséquence. Ce sera en particulier le cas pour le tir d'un missile d'exercice (donc sans charge nucléaire) où DCNS, en lien avec Airbus Safran Launchers et AREVA TA, doit démontrer la « sûreté mutuelle », c'est-à-dire que le missile n'engendrera pas de risques sur la chaufferie nucléaire embarquée.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

2.3.3. Savoir-faire en matière de production, assemblage et intégration

DCNS : construction du navire

Le chantier de Cherbourg concentre les moyens industriels spécifiques à la construction d'un sous-marin, en particulier un atelier coque, un atelier chaufferie nucléaire, un hall d'assemblage, un dispositif de mise à l'eau (ouvrage « Cachin »), un bassin d'achèvement et des ateliers de soutien par domaine (chaudronnerie, électricité, mécanique, électronique).

L'effet de taille d'un SNLE requiert des savoir-faire, des procédés (formage et soudage de tôles très épaisses en acier 100 HLES notamment), des infrastructures et des outillages adaptés à la construction d'un bâtiment de fort tonnage.

Chantier de Cherbourg



MUGC⁵⁸ (Machine d'usinage de grande capacité)



La construction du sous-marin allie différents métiers :

- Métiers liés à la coque et aux structures (formeur, préchauffeur, soudeur, charpentier, spécialiste des contrôles et meuleur).
- Métiers de l'intégration physique (mécanicien, monteur électricien, monteur chaudronnier, automaticien, peintre, menuisier, technicien système de combat).
- Métiers de l'intégration fonctionnelle : ingénieurs et techniciens voient ici leur métier se prolonger du bureau d'études au chantier, marquant ainsi le couplage ingénierie/construction.
- Assisté des architectes systèmes, l'architecte d'ensemble est garant de la cohérence d'ensemble et de l'atteinte des performances d'ensemble du programme.
- Le chef de chantier surveille les activités de production en traitant les anomalies du chantier de construction et en mettant en place et en pilotant le processus de Qualité de Réalisation et l'organisation concourant à la sécurité des personnels⁵⁹.

Le phasage de l'industrialisation, la construction par tronçons, l'approvisionnement des pièces en temps et en heure (savoir acheter) ou encore la gestion des risques industriels font appel à des compétences en matière de coordination et de planification de projet complexe détenues par la direction de programme et la direction industrielle (responsable de lot, planificateur, chef de chantier, notamment).

⁵⁸ Moyen industriel unique en France, la Machine d'usinage de grande capacité (MUGC) du site de Cherbourg dispose d'un plateau tournant de 14m de diamètre pouvant accueillir des pièces de très grandes dimensions (7m de hauteur, 250 tonnes). La MUGC permet de réaliser des opérations de perçage, de fraisage et de tournage sur des éléments sensibles de coque épaisse. Voir « DCNS modernise sa machine d'usinage de grande capacité », *Le Marin*, 23 septembre 2014.

⁵⁹ D'Arbonneau Thierry, *La construction d'un sous-marin. Approche générique et prospective*, Editions SPE Barthélémy, 2013, 397 pages. Voir également Foillard H., Piketty G., Dambrine F. *op.cit.*



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

AREVA TA : montage de la chaufferie nucléaire et fabrication du combustible dédié

Sur spécifications fonctionnelles et d'interface d'AREVATA⁶⁰, DCNS réalise la conception détaillée des composants du bloc chaudière (gros ensembles comme la cuve ou encore le générateur de vapeur) et les fabrique. Le montage des modules chaufferie, sous la responsabilité d'AREVA TA et son suivi, est assuré par DCNS sur son site d'Indret. DCNS assure ensuite l'intégration de la chaudière dans le navire, comme le reste des installations, et finalise le montage des derniers circuits et connexions électriques.

Areva TA a développé depuis plus de 30 ans un savoir-faire dans la fabrication d'un combustible dédié aux applications des chaufferies nucléaires. Ce type de combustible doit répondre aux exigences particulières d'un réacteur embarqué (densité de puissance, sollicitations rapides de variation de puissance, intégrité totale). Ce savoir-faire s'appuie sur quelques spécialités dans le façonnage de la matière combustible gainée et dans le soudage à faisceau d'électrons de haute précision. Si le CEA demeure le garant des procédés de fabrication des combustibles nucléaires utilisés par la Marine nationale, AREVA TA (exploitant technique opérationnel) les met en œuvre au sein de l'installation « Fabrication, Stockage et Manutention de Combustible » (FSMC), mise à disposition par le CEA sur le site de Cadarache (zone INBS-PN).

Airbus Safran Launchers : production et intégration des MSBS

Les activités de production et d'intégration des MSBS mobilisent plusieurs sites du groupe, en particulier :

- Les Mureaux (Yvelines) : production mécanique et composites.

Les sites d'Aquitaine sont regroupés sur Saint Médard-en-Jalles, et recouvrent Saint Médard-en-Jalles lui-même, Le Haillan, Issac et Candale (ce dernier site est mis à disposition par la DGA).

- Le Haillan : activité pyrotechnique, ligne de production de matériaux composites, ateliers de réalisation de pièces inertes pour structures, protections thermiques et assemblage des tuyères des MPS⁶¹ du missile M51.
- St-Médard-en-Jalles : production des sous-ensembles du missile et du système, production des chargements pour la propulsion stratégique, atelier de préparation du perchlorate d'ammonium (Sainte Hélène).
- Issac : intégration des étages, intégration des systèmes de réentrée et protections thermique, système sol de mise en œuvre, structures bobinées.
- Candale : l'essentiel des activités d'intégration est réalisé sur ce site (intégration finale des étages à propergols solides, des protections thermiques, des structures bobinées et tissées et stockage des étages).
- Toulouse : production de matières premières destinées à la propulsion, notamment le perchlorate d'ammonium.
- Île Longue/Site de Guenvévez (Brest) : une fois réalisés, les étages de propulsion des missiles sont transportés par route (ou voie maritime) vers le site pyrotechnique et non nucléaire de Guenvévez (annexe du site de l'Île Longue), où ils sont achevés et assemblés. Transportés ensuite sur le site de l'Île Longue, ils sont équipés de la charge utile, constituant in fine le missile MSBS, prêt à l'embarquement sur le SNLE.

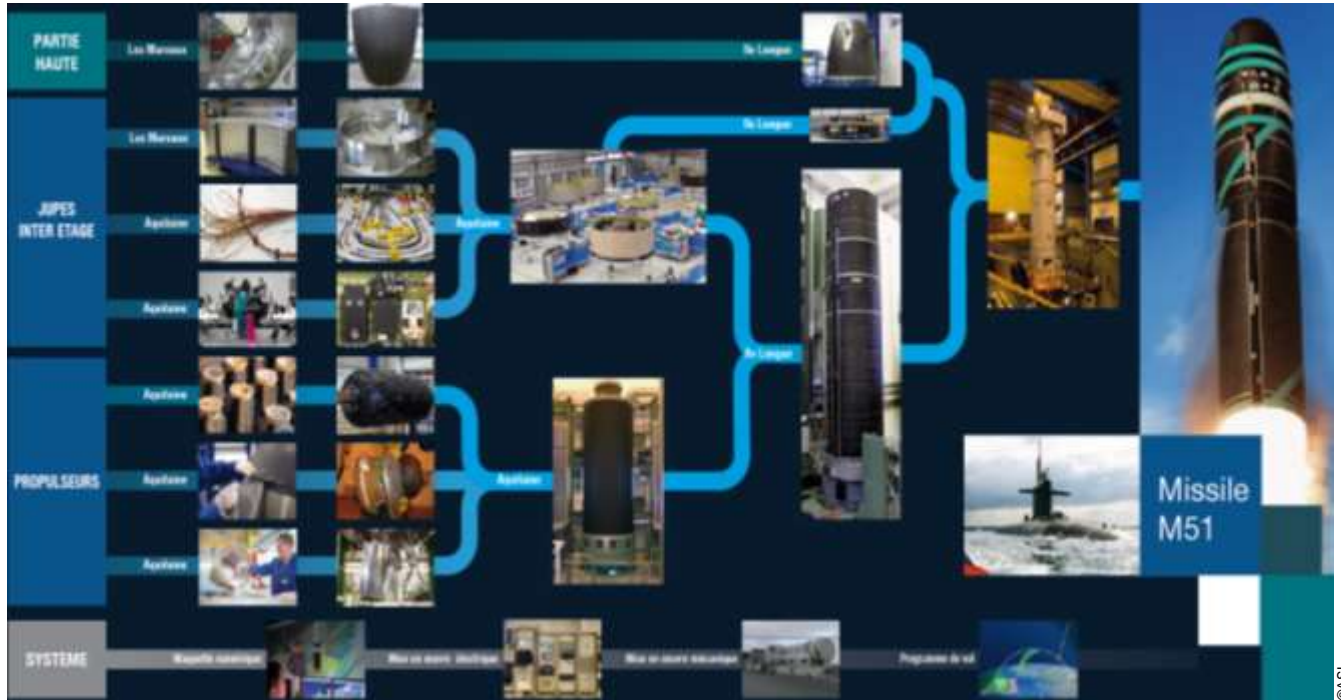
⁶⁰ AREVA TA est concepteur d'ensemble de la chaufferie, « constructeur » au sens de la Réglementation nucléaire, spécificateur des composants du bloc chaudière au sens fonctionnel, et en termes d'interface, comme pour les autres équipements de la chaufferie. DCNS réalise la conception détaillée des composants du bloc chaudière et les fabrique. Le groupe naval est dit « fabriquant » au sens de la Réglementation nucléaire.

⁶¹ MPS : moteur à propulsion solide.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Conception, production et intégration d'un missile M51 : une logique intégrée



L'assemblage des étages (c'est-à-dire le propulseur et sa jupe) est une activité complètement intégrée. Elle est principalement menée sur les sites bordelais/aquitains d'Airbus Safran Launchers. Cette activité à forte valeur ajoutée fait appel à des compétences spécifiques de haut niveau (spécialistes matériaux, alliages et composites, procédés, conducteur de malaxeur, colleur, spécialistes contrôle, câbleurs, ...) qui nécessitent une formation de longue durée de type compagnonnage ainsi qu'une activité de production continue pour maintenir cette qualification. Compte-tenu de ces procédés très spécifiques et des faibles cadences, de nombreuses opérations sont réalisées de manière manuelle, la qualité des produits reposant dès lors sur le savoir-faire des opérateurs.

PROPERGOLS COMPOSITES : DES MACHINES-OUTILS SPECIFIQUES

Les propergols composites utilisés pour le M51 sont réalisés à base de perchlorate d'ammonium de qualité militaire, mélangé à des poudres métalliques par un liant (PBHT). A ce mélange s'ajoutent différents éléments (stabilisateurs, agents de cuisson, modificateurs de taux de combustion) qui permettent de calibrer les qualités énergétiques du propergol à la mission. Les matières premières sont broyées, afin d'obtenir des particules de perchlorate d'ammonium de très petite dimension, puis malaxées dans des mélangeurs coulés dans l'enveloppe. L'ensemble est ensuite polymérisé. Le broyage comme le malaxage et la polymérisation exigent des machines-outils spécifiques, la qualité demandée étant supérieure à celle du secteur spatial. Un certain nombre de composés chimiques, tels que les agents liants et les agents de polymérisation de qualité militaire, sont maîtrisés par un nombre très restreint d'États (États-Unis, Russie, Chine, Inde⁶²).

⁶² MTCR Annex Handbook 2010.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

En raison des contraintes de taille et de masse liées aux plates-formes, la conception des MSBS s'est très rapidement appuyée sur les matériaux composites, ces derniers permettant un allègement considérable des structures pouvant aller jusqu'à 30% par rapport aux alliages métalliques⁶³. L'enveloppe des trois étages du M51 est réalisée en carbone-époxy (structure), les carbone-carbone étant utilisés pour les tuyères. L'utilisation des composites induit de développer des colles complexes, afin d'éviter leur percement, susceptible de dégrader leur performance.

La conception des structures complexes, sur les composites comme sur les alliages métalliques, requiert un outil industriel de très haute performance, les pièces étant traitées en fonction de leur caractéristique particulière, par l'intermédiaire de machines-outils d'une précision de l'ordre du micromètre (100e de millimètre sur des structures de grands diamètres), disposant d'un niveau d'automatisation croissant, associé à une très forte standardisation de l'outil de production définie en coopération avec les bureaux d'études.

L'assemblage et l'intégration des étages impliquent une multitude de métiers et compétences, notamment pour les processus de collage des revêtements et des protections thermiques, d'assemblage des pièces et des dispositifs mécaniques, de câblage, d'intégration des sous-ensembles électriques. L'intégration de la partie haute, qui abrite les éléments de guidage et de calculs et les systèmes de distribution de puissance (case à équipement) représente elle aussi un enjeu particulier.

Au niveau de la sûreté nucléaire, la sûreté théorique développée lors de la conception du missile est complétée, lors de sa fabrication série, par un suivi rigoureux des réalisations (sûreté pratique) à travers le « Catalogue des Paramètres de sûreté », c'est-à-dire l'ensemble des caractéristiques dont le respect assure l'atteinte des niveaux de sécurité nucléaire. Cette compétence suppose une grande rigueur d'analyse et une très bonne connaissance du système d'arme et des technologies utilisées.

⁶³ Jacques Cinquin, *Les composites en aérospace*, Techniques de l'Ingénieur, traité Plastiques et Composites, AM5 645 (non daté) et Laurent Gonet, *Généralité sur les matériaux composites*, Ecole d'ingénieur, 2008.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

2.3.4. Savoir-faire en matière de qualification et de réalisation des essais

DCNS

Soulignons que l'ensemble des procédés de réalisation est qualifié (soudures, bornages) et chaque application vérifiée (par radiographie des pièces notamment). Les essais des matériels sont réalisés chez les fournisseurs ou au sein des centres techniques de DCNS, puis lors de leur montage à bord. Les contrôles commencent ainsi à la conception et durent toutes les étapes de la construction⁶⁴.

Au-delà des contrôles industriels, DCNS réalise la mise en route des installations (vérification et validation des performances fonctionnelles et transverses des équipements) et les essais à quai et à la mer.

AREVA TA

Une fois le montage de la chaufferie réalisé par DCNS Indret, l'installation est transférée à Cherbourg. Suite au montage de la chaufferie et des circuits associés, les essais chaufferie sont réalisés sur le site de Cherbourg par AREVA TA, en tant que responsable opérationnel des essais des réacteurs (jusqu'à la démonstration de la performance finale).

Par ailleurs, l'établissement AREVA TA Cadarache est l'exploitant technique opérationnel de « l'Installation Nucléaire de Base Secrète Propulsion Nucléaire » (INBS-PN ; le CEA en étant l'exploitant nucléaire⁶⁵), lequel comporte :

- des installations de montage et d'essais où sont assemblés certains composants mécaniques et électriques.
- des moyens d'essais pour qualifier des composants aux conditions d'environnement d'exploitation normales et incidentelles.

Pour mettre en œuvre ces installations, AREVA TA a développé des expertises dans l'analyse comportementale des équipements électromécaniques discrets, sous sollicitations en température et pression.

Halls d'essais de composants (pompes, robinetterie)



©AREVA TA



©AREVA TA

L'INBS-PN dispose depuis les débuts de la propulsion nucléaire en France, d'un réacteur à terre, ayant eu successivement pour rôle, de constituer le réacteur prototype de la première chaufferie embarquée sur le SNLE *Le Redoutable*, puis de tester les évolutions architecturales des générations suivantes, de former les premiers équipages de la Marine nationale, et pour le dernier modèle (le Réacteur

⁶⁴ D'Arbonneau Thierry, *La construction d'un sous-marin*, op.cit.

⁶⁵ L'exploitation des installations de l'INBS-PN relève de la responsabilité d'AREVA TA. AREVA TA en assure la responsabilité technique et opérationnelle pour le compte du CEA, exploitant et propriétaire des installations.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

expérimental d'essais), d'approfondir le comportement du combustible afin d'améliorer la performance des futurs cœurs des programmes Barracuda et SNLE 3G.

Réacteurs à terre : du PAT au RES⁶⁶

Génération de réacteurs à terre ayant permis de qualifier les concepts et technologies de réacteurs embarqués sur sous-marin (qualification des codes de calculs, des combustibles nouveaux et des différents équipements des chaufferies nucléaires) :

- **PAT** : Prototype à terre. Premier réacteur de qualification et d'entraînement du programme nucléaire naval pour la Marine nationale. Mis en service en 1964. Mis à l'arrêt définitif en 1992.
- **RNG** : Réacteur Nouvelle Génération. Le RNG est une transformation de la CAP (Chaufferie Avancée Prototype, 1975-1987). Ce réacteur a permis de qualifier les innovations technologiques des réacteurs nucléaires de propulsion navale et de former les équipages de la Marine nationale. Arrêt définitif en octobre 2005 mais un certain nombre d'équipements et de systèmes sont encore en activité.
- **RES** : Réacteur expérimental d'essais. Equipé d'une instrumentation poussée⁶⁷, le RES remplacera le RNG arrêté fin 2005. Sa construction a débuté en 2003⁶⁸. Il est composé d'une partie piscine et d'une partie réacteur. L'installation RES piscine permettant l'entreposage et l'examen des combustibles irradiés, est en exploitation depuis octobre 2005. La partie réacteur est en cours d'essais de démarrage⁶⁹.



©AREVA TA, avec l'aimable autorisation du CEA

⁶⁶ Voir *Etude d'impact du centre CEA de Cadarache*, CEA, décembre 2015, pp.27-28.

⁶⁷ Un K-15 dont le cœur est très instrumenté.

⁶⁸ « Port d'attache Cadarache », *ATOOUT Cadarache*, n°3, mars-avril 2004. Voir également les suppléments TTU, n°842, 18 avril 2012 et n°898, 10 juillet 2013.

⁶⁹ « Contrairement à ses prédécesseurs, le RES est un véritable outil de recherche. Il est doté d'une instrumentation capable de suivre in situ le fonctionnement du cœur à divers régimes, ainsi que d'un banc de gammamétrie dans la piscine d'entreposage, pour pouvoir caractériser un cœur en cours d'irradiation sans le détruire. Le RES servira ainsi à valider des codes de calcul et des avancées technologiques sur le cœur. Toujours représentatif de la chaufferie K15, il pourra cependant tester des évolutions majeures, comme le futur générateur de vapeur à plaques » (Philippe Junker, chef de projet RES, CEA).



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Airbus Safran Launchers

Une fois les simulations réalisées, les essais sont menés sur les sites de la région bordelaise (sites ASL ou sites DGA). Une fosse d'une dizaine de mètres de profondeur permet ainsi de tester au banc les corps de propulseurs du M51⁷⁰. Ces essais sont complétés par des essais non destructifs visant à analyser et à qualifier les caractéristiques physiques des propulseurs et des structures composites, notamment par l'intermédiaire de piscines à ultra-sons (pour détecter les délaminages), d'un tomographe à rayons X et d'un banc de timbrage pour le contrôle qualité et l'évaluation de la résistance des structures composites. Enfin, des essais dynamiques permettent notamment d'évaluer le comportement des systèmes face aux vibrations, lesquelles sont susceptibles d'altérer le comportement du missile dans les phases de transport ou de manutention comme en phase de vol.

La part croissante des matériaux composites dans les éléments structuraux du missile impose de disposer d'un contrôle qualitatif de très haute qualité, ces matériaux permettant d'accroître sensiblement les performances du missile – et donc les contraintes subies – mais sont sujets à des problèmes de vieillissement et de tenue au choc spécifiques. Le délaminage, qui résulte d'un choc sur la structure composite, peut ainsi conduire à une dégradation très sensible des performances d'une pièce, qui susceptible d'avoir des conséquences sur la performance du missile

De même, le contrôle qualité des propergols s'avère particulièrement complexe, la recherche d'une combustion homogène sur l'ensemble du pain de propergol exigeant un produit de très haute tenue, qui, sur les corps de propulsion en service, ne peut être vérifié que par des analyses externes.

Les essais en vol sont réalisés sur le site BLB (Base de Lancement Balistique), intégré au sein du site Essais de Missiles de la DGA, dans les Landes. Mises à disposition par l'État à travers une convention d'exploitation, les installations sont sous la maîtrise d'œuvre d'Airbus Safran Launchers. Elles ont été récemment modernisées dans le cadre du programme M51. Ces installations permettent d'intégrer, d'assembler et de contrôler le missile d'essai avant le tir, puis de le tirer en configuration de tir socle ou de tir en bassin, laquelle est la plus proche des conditions de tirs d'un SNLE. Les essais se terminent par un tir de synthèse – sur sous-marin à la mer – puis par un tir d'acceptation effectué sur chaque SNLE. Des essais supplémentaires se poursuivent ensuite en fonction des différentes évolutions du missile M51, lors des tirs d'acceptation (c'est-à-dire tous les deux ans et demi, à la sortie d'IPER de chaque SNLE) mais aussi, plus ponctuellement, par des essais en bassin à Biscarosse.

Site BLB – zone Bassin



©ASL

⁷⁰ « Aquitaine : la fibre spatiale », *Communiqué Airbus Defence&Space*, 31 août 2010.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

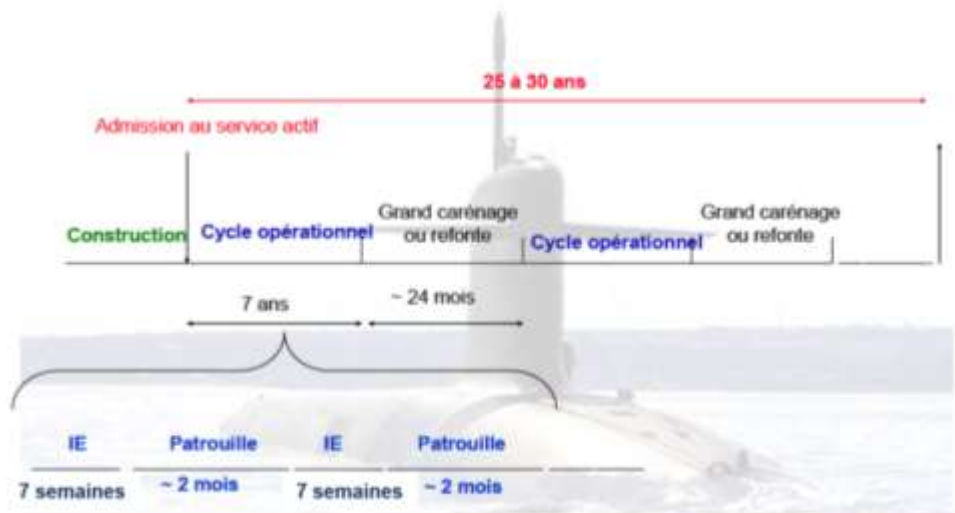
2.3.5. Savoir-faire en matière d'entretien

L'entretien des SNLE et de son système d'arme MSBS nécessaire à la permanence de la Dissuasion

L'entretien d'un SNLE (sous-marin et système d'arme MSBS) recèle plusieurs spécificités, parmi lesquelles⁷¹ :

- la présence d'un réacteur nucléaire et de missiles balistiques équipés de têtes nucléaires, ce qui impose le respect d'exigences strictes de sûreté et de sécurité nucléaire.
- l'exigence d'une très forte disponibilité, afin de tenir à tout moment la permanence à la mer.
- le maintien au plus haut niveau de la caractéristique fondamentale de ces navires : l'invulnérabilité reposant essentiellement sur la discrétion acoustique et la capacité de détection sous-marine, et sur l'efficacité du lancement du missile.
- un très haut niveau d'intégration et de complexité des matériels embarqués.

Rythme d'activités d'un SNLE



DCNS

Les SNLE NG ont été initialement conçus pour un rythme d'IPER de 90 mois (« Indisponibilité Périodique pour Entretien et Réparation » ou « arrêt majeur »). Cette durée a été étendue à 120 mois lors des IPER adaptation M51⁷². Entre chaque IPER, des travaux d'entretien courant périodique (« Indisponibilité pour Entretien » ou IE) sont réalisés.

Selon la nature des travaux, une IPER peut durer entre 21 et 32 mois (3 ans pour la première IPER du SNLE *Le Triomphant*, mais seulement 21 mois pour *Le Téméraire*). L'objectif est de redonner au sous-marin son potentiel acquis à sa construction, en réalisant le cas échéant des modifications importantes, voire une refonte majeure (IA M51). L'ensemble des fonctions et systèmes du sous-marin sont vérifiés. Si au début et en fin d'IPER, les SNLE sont accueillis à l'île longue, site habilité pour la manipulation de combustible irradié (débarquement des 16 missiles balistiques et déchargement du combustible nucléaire, puis rechargement du cœur du réacteur), la majeure partie des opérations est réalisée sur le site de DCNS Brest. Elles consistent à démonter entièrement le sous-marin pour en

⁷¹ Rotrubin Jean-Louis, Chol Emmanuel, « L'entretien des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins », *La Jaune et la Rouge*, magazine n°564, avril 2001, pp.24-27.

⁷² Voir Annexe « Le programme IPER Adaptation M51 (IA M51) », in *Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion »*. Volet 1-SNLE, op.cit.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

vérifier toutes les parties (plus particulièrement la coque épaisse et les circuits sous pression) et à remplacer l'ensemble des matériels défectueux.

En plus du chantier, les opérations d'entretien lourd mobilisent les ateliers de réparation, le centre d'essai et d'expertise ainsi que le bureau d'étude de DCNS (gestion de configuration, proposition de solutions de réparation, etc.). D'autres sites du groupe naval peuvent également être sollicités, par exemple Indret pour le système énergie propulsion⁷³.



Une IPER sur SNLE NG type *Le Triomphant*

Chantier en 3x8, 6/7.

Jusqu'à 700 personnes mobilisées, dont 50% de sous-traitants.
30 000 matériels démontés et remontés, dont 15 000 en visite dans les ateliers.

330 000 références à approvisionner pour 1,3 million de pièces.

© V. Goizeleau - Mer&Maire

Suivant le calendrier opérationnel des patrouilles qui répond au besoin de maintenir en permanence à la mer au minimum un SNLE, les indisponibilités pour entretien (IE) sont réalisées dans les bassins de l'Île longue sur une période courte allant de 6 à 7 semaines⁷⁴. Les opérations relèvent de travaux de maintenance préventive (80%) et corrective (20%), avec le cas échéant des modifications légères. Les IE voient coopérer les équipes de DCNS, celles du Service de soutien de la flotte (SSF) et l'équipage du navire (en charge de la conduite des installations et de la sécurité à bord, notamment).

DCNS assure 7 à 8 IE par an. Représentant plus de 5 000 lignes de travaux, ces opérations mobilisent environ 350 intervenants (280 personnels DCNS et 70 sous-traitants), techniciens et ouvriers de toutes spécialités (mécaniciens, électriciens, électroniciens, coquiers, chaudronniers) sur plus de 160 installations différentes⁷⁵.

DCNS est actuellement engagé dans deux programmes principaux de MCO, le premier relatif au SNLE (client SSF) et le second portant sur les missiles balistiques du type M45 et M51 (client Airbus Safran Launchers).

MCO SNLE (client SSF)⁷⁶ – principales opérations :

- Entretien des SNLE en IE et en période de posture.
- Fourniture des rechanges consommés en patrouille, des rechanges nécessaires aux travaux DCNS ou équipage durant l'IE.
- Ingénierie de maintenance.
- Entretien des plates-formes entraînement à terre des forces.
- Entretien des outillages.
- Entretien des services militaires à terre de la FOST.

⁷³ Voir Dossier spécial, *Le Marin*, n°3167, *op.cit.*

⁷⁴ Rotrubin Jean-Louis, Chol Emmanuel, « L'entretien des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins », *La Jaune et la Rouge*, magazine n°564, avril 2001, pp.24-27.

⁷⁵ Rotrubin Jean-Louis, Chol Emmanuel, *op.cit.*

⁷⁶ Données communiquées par DCNS.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Dans le cadre, des travaux d'entretien et de maintenance des chaufferies nucléaires embarquées, DCNS confie des prestations de soutien industriel à Areva TA (entretien des systèmes de contrôle/commande du réacteur et des éléments contaminés, reprise des combustibles usagés).

Airbus Safran Launchers

Airbus Safran Launchers a la responsabilité de la maîtrise d'œuvre pour garantir la disponibilité et la performance opérationnelle de l'ensemble du système d'arme MSBS M51 dans un état opérationnel (en version M51.1 et .2). En lien étroit avec celle de DCNS concernant le SNLE et la CESAD, cette responsabilité couvre en particulier :

- La disponibilité du SAD au cours des périodes consacrées à l'entretien courant des SNLE, en réalisant les vérifications et les maintenances permettant d'assurer les performances du système et en effectuant les différents chargements définis par la Marine nationale (c'est-à-dire jonctionnement, maintenance, opérations d'embarquement et de débarquement des missiles).
- Le suivi de l'efficacité du système et les tirs d'essais.
- L'adaptation au système d'arme M51 des trois premiers SNLE, construits initialement avec le système d'arme M45, au cours des entretiens de longue durée (IPER/refonte).
- L'entretien et la remise à niveau des infrastructures et des ateliers dédiés aux MSBS (parc de plus de 100 bâtiments).

MCO d'un missile : rythme d'activités

- L'entretien courant du système d'arme se fait à bord du SNLE (vérification ou changement d'équipements).
- Une seconde phase d'entretien peut être menée à l'Île Longue, après débarquement du missile, pour des opérations plus complexes ou des vérifications d'équipements ou de structures.
- Environ tous les quinze ans, une Revue générale des étages (RGS) est réalisée, afin de renouveler le chargement de propegol. Ces RGS sont l'occasion d'une vérification très approfondie du missile et de son enveloppe et, en tant que de besoin, d'une mise à niveau des équipements ou d'un traitement des obsolescences.

Transport à l'Île Longue du missile vers le SNLE



©ASST



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

La base opérationnelle de l'Île Longue



© Marine nationale

Depuis 1970, le port base des SNLE français

En raison de la proximité de l'arsenal de Brest, et de considérations démographiques et hydrographiques, l'Île Longue est désignée en 1965 par les autorités comme point d'implantation du futur port-base des SNLE français. Localisée sur la presqu'île de Crozon, face à Brest, la base est opérationnelle depuis 1970 (25 septembre, entrée du Redoutable), après trois années de grands travaux (à l'époque, le plus grand chantier d'Europe). L'Île Longue s'organise autour d'une zone portuaire, une zone pyrotechnique, des bâtiments de casernement et d'exploitation, et des ateliers d'interventions immédiates. La zone de stockage des têtes nucléaires est installée au centre de l'Île⁷⁷.

Depuis 46 ans, la base assure le soutien et l'entretien courant des SNLE (remise en condition entre deux patrouilles) ainsi que la maintenance des missiles. Dans le domaine nucléaire, des installations spécifiques permettent l'assemblage, la manutention, le stockage et l'entretien des engins et de leurs charges nucléaires. Le montage final des têtes, l'assemblage des missiles et leur embarquement à bord des SNLE, le démarrage des réacteurs et leur entretien, ainsi que le changement de cœur des réacteurs, sont toutes des opérations réalisées sur le site.

Une base opérationnelle en constante adaptation

En prévision de l'accueil des SNLE NG type *Le Triomphant*, des travaux d'infrastructures, réalisés entre 1987 et 1993, voient l'allongement des bassins sud et nord, la construction de l'atelier de soutien complémentaire, et la qualification de la chaîne de montage des têtes TN75 et de celle de l'ensemble du système d'arme de dissuasion.

Afin d'adapter le site au nouveau missile M51, une nouvelle campagne de grands travaux ouvre la décennie 2000. La « refonte M51 » implique la rénovation des installations industrielles situées en zone pyrotechnique et dans les bassins de l'Île Longue, et l'adaptation des infrastructures de la base au nouveau missile. Entre 2003 et 2011, trois nouveaux ouvrages sont construits à Guenvévez afin d'accueillir la partie propulsion du futur missile. Un nouveau bâtiment de jonctionnement des vecteurs et de la partie haute des missiles est érigé (opération désormais faite à la verticale), les moyens de transports et les ponts roulants des bassins adaptés⁷⁸.

Une forte coactivité

L'Île Longue accueille quotidiennement environ 2300 personnes, dont 250 militaires des équipages opérationnelles, 800 militaires en soutien base et 1200 salariés des industries présentes sur le site et d'autres entreprises intervenantes dans les domaines génie civil, voirie, réseaux, équipements, prestations de services, etc. On compte ainsi 600 employés DCNS, 218 employés Airbus Safran Launchers et 14 AREVA TA (à l'Île Longue et à proximité sur le site de Guenvévez). MCO, rénovation et adaptation de la base, activités opérationnelles militaires, inspections, visites et exercices, l'Île Longue se caractérise par une très forte coactivité.

Sources : Ministère de la Défense, DCNS, ASL, AREVA TA

⁷⁷ Collectif d'auteurs, *L'Île Longue, histoire d'un site exceptionnel*, Palantines, 2010, 191 pages.

⁷⁸ *Ibid.*



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

2.3.6. Savoir-faire en matière de démantèlement et de déconstruction

Démantèlement⁷⁹ (opérations touchant la sécurité nucléaire) et déconstruction de la coque

Avec le retrait des 6 SNLE de première génération, désarmés entre 1991 et 2008, et leur remplacement par les 4 SNLE NG, une stratégie pour le démantèlement et le déclassement des chaufferies nucléaires embarquées a été élaborée. Un schéma directeur a été mis en place en 1991, lequel fixe la procédure d'examen de la sécurité nucléaire des opérations (niveaux I, II et III ; cf classification AIEA) ainsi que la répartition des responsabilités entre le CEA et la DGA.

Le CEA s'appuie sur AREVA TA pour la définition technique des opérations (études de mise à l'arrêt définitif, de démantèlement et de déclassement des chaufferies des premiers SNLE), quand DCNS est responsable de la mise en œuvre au profit de la DGA⁸⁰.

Déchargement des cœurs, vidange des fluides, découpe de la tranche réacteur, ces opérations complexes sont menées sur différentes zones du port militaire de Cherbourg (sites DGA):

- la zone du Homet : bassin « forme du Homet », atelier mobile, atelier fixe et aire d'entreposage des tranches réacteur (ateliers et aire constituant l'INBS du Homet).
- la jetée du Homet (stationnement des SNLE en attente de démantèlement).
- le bassin Napoléon III (stationnement des SNLE en cours de démantèlement)⁸¹.

Ces opérations nécessitent un savoir-faire spécifique pour traiter les parties nucléaires du SNLE démantelé, en raison des contraintes liées à la sécurité nucléaire. DCNS Cherbourg s'appuie sur son savoir-faire en construction pour les mener à bien, mobilisant ingénieurs et techniciens disposant des connaissances nécessaires en matière de sûreté, réglementation nucléaire et gestion des déchets radioactifs.

C'est seulement après la séparation de la tranche réacteur que la phase de déconstruction de la coque peut être initiée. Fin octobre 2016, la DGA a ainsi confié à DCNS le marché de déconstruction de la coque des cinq SNLE de première génération⁸². Ce contrat implique des travaux de mise à niveau de la forme 5 du site DCNS de Cherbourg (remise en état de la station de pompage des eaux, la rénovation des circuits eau et électricité, l'installation d'une grue de dix tonnes sur rails, l'aménagement d'une salle blanche pour le désamiantage et l'installation d'une plate-forme de tri des déchets). Les opérations de déconstruction à proprement parler devraient débuter en 2018 (sur une période de 21 mois pour la 1^{ère} coque et 18 à 20 mois pour les suivantes⁸³). DCNS (division Services) s'appuiera sur deux partenaires sous-traitants: le groupe Veolia pour la déconstruction, la gestion et la valorisation des déchets, Neom (groupe Vinci) pour le désamiantage⁸⁴.

⁷⁹ Voir Annexe « Le démantèlement des SNLE de première génération », in *Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion »*. Volet 1-SNLE, op.cit.

⁸⁰ Douillot Jean-Marie, « Le démantèlement des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins », *L'Armement*, décembre 2003, n°84, pp.105-109. Voir également, « Où en est le démantèlement des anciens SNLE français ? », *Mer & Marine*, 30 juillet 2013.

⁸¹ *PPI du Port militaire de Cherbourg*, Préfecture de la Manche, édition 2014.

⁸² Q730 (Le Terrible), Q750 (Le Foudroyant), Q820 (L'Indomptable), Q855 (Le Tonnant) et Q828 (L'Inflexible). « Depuis mai 2002, le SNLE *Le Redoutable*, premier sous-marin nucléaire français, est ouvert au public de la Cité de la mer à Cherbourg. Cet événement est l'aboutissement d'une série d'opérations conduites dans des conditions de sécurité nucléaire optimales. La coque de l'ex-SNLE *Le Redoutable* a fait l'objet d'un traitement particulier pour entrer dans le patrimoine public. Les autres SNLE suivront le cycle normal qui conduira à leur élimination totale [...] », ministère de la Défense, 2016.

⁸³ « DCNS va déconstruire cinq SNLE de la classe Le Redoutable », *Le Marin*, 27.10.2016.

⁸⁴ « DCNS va déconstruire les sous-marins nucléaires lanceurs d'engins de type Le Redoutable », *Communiqué de presse DCNS*, 27.10.2016.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Démantèlement des missiles balistiques

Très longtemps, le démantèlement des missiles balistiques s'est fait soit par la réutilisation des étages lors de campagnes d'essais pour de nouveaux programmes, soit par brulage du propergol après désassemblage des différents équipements. Cette solution relativement simple, s'est avérée à terme difficilement soutenable en termes écologiques, d'autant que l'élimination des propergols est réalisée à Saint-Médard-en-Jalles, à proximité de zones urbaines densément peuplées. Développée depuis les années 1990 et objet d'un dépôt de brevets, une solution écologique a été mise en œuvre par Airbus Safran Launchers, les propergols étant broyés dans une solution aqueuse purifiée par des bactéries éliminant perchlorates d'ammonium et nitrates. L'effluent est ainsi purifié à 99,995%.

Une unité dédiée, dite « Licorne », a été construite entre 2011 et 2016, après des essais sur une installation pilote en Guyane. Elle permet désormais le retraitement de 300 tonnes de propergol par an⁸⁵. Si Airbus Safran Launchers a été mandaté par la DGA pour le démantèlement des missiles M4 et M45, l'installation pourra être également utilisée pour retraiter les propergols utilisés sur les missiles tactiques. Parallèlement, un système de nettoyage des enveloppes après extraction des propergols assure un démontage propre des enveloppes. Ces technologies, uniques en Europe, font notamment appel à des compétences dans le domaine de la chimie mais également de la biochimie. Les applications, qui dépassent largement la simple purification des effluents de broyage des propergols, sont potentiellement exploitables pour l'ensemble des puissances spatiales qui produisent des propergols solides.

Airbus Safran Launchers prend également en compte la contamination des sols résultant de l'exploitation intensive des perchlorates d'ammonium sur les sites depuis plusieurs générations, notamment par le filtrage et la purification des eaux de pompage de la nappe. Ces préoccupations environnementales deviennent des éléments importants du travail de l'industriel.

Unité « Licorne » - vue sur un des bassins de décantation



©ASL

⁸⁵ « Herakles, un industriel éco-responsable », Communiqué Safran.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

2.4. Chaînes de sous-traitance ou le défi de la sécurité d’approvisionnement

2.4.1. Robustesse du socle technique

Pour nombre de systèmes et équipements, le maître d’œuvre ne peut souvent compter que sur un seul fournisseur français, lequel dans son domaine est généralement dépositaire d’un savoir-faire unique et de connaissances héritées des différentes générations d’ingénieurs, techniciens et ouvriers mobilisés sur les programmes liés à la Dissuasion depuis les années 1950.

Maître d’œuvre d’ensemble et architecte d’ensemble du navire, **DCNS** pilote ainsi une chaîne de sous-traitants composée d’industriels des secteurs mécanique, électrique et électronique, parmi lesquels figurent notamment Thales, Safran, CNIM, Aubert&Duval, Creusot Forges, Valinox, ECA, Techlam, GE Thermodyn ou encore Jeumont, mais aussi plusieurs centaines de PME. Ils interviennent dans cinq grands domaines : 1.Semi-produits et ébauches, 2.Plata-forme, 3.Energie Propulsion, 4.Electricité, 5.Lutte sous-marine et Détection électromagnétique et guerre électronique.

De son côté, la supply chain d’**AREVA TA** compte environ 150 fournisseurs considérés comme critiques, parmi lesquels Segault, Daher Valves, Areva Expansion, TechnoPlus Industrie, SOGETI, 2HE, ALSTOM GE et SPX. La gestion de ce panel de fournisseurs nécessite de prendre en compte les spécificités liées à l’activité propulsion nucléaire : des programmes générant de faible quantité d’équipements, sur des durées longues, avec des performances particulières ne se retrouvant pas dans les activités civiles (développement de produits spécifiques) et dont il faut assurer la maintenance sur plusieurs dizaines d’années, et des exigences « spécial France » tant pour la part études que la part fabrication.

S’agissant de la chaîne de sous-traitants d’**Airbus Safran Launchers**, cette dernière rassemble de nombreuses entreprises, avec une forte représentation de PME. Citons parmi ses fournisseurs, Thales, Safran, Roxel France, Souriau, ECA, REEL, Nexeya, Sodern, ASB, ou encore Pyroalliance.

Safran Electronics & Defense : système de navigation inertielle et périscopes

La performance d’un SNLE est directement liée à la performance de son système de navigation (essentielle à la sécurité nautique du navire et contributeur majeur à la précision du système d’arme de dissuasion). Comme le rappelle Pierre-Eric Pommelet, « *La réussite de la création de la FOST a nécessité le développement de systèmes de navigation inertiels de précision, seule technique capable d’assurer une navigation discrète en plongée* »⁸⁶. Depuis les années 1950-60, Safran Electronics & Defense (ex entité Sagem) est au cœur du développement de ces technologies critiques⁸⁷ qui conditionnent l’autonomie de la FOST⁸⁸. De plus, Safran Electronics & Defense est en charge des périscopes et mâts optroniques.

Egalement équipementier d’Airbus Safran Launchers, l’entreprise assure la conception et la production des centrales inertielles assurant le guidage des MSBS.



⁸⁶ Pommelet Pierre-Eric, « Les systèmes de navigation des SNLE », L’Armement.

⁸⁷ Investissements intellectuels et matériels d’ampleur sur plusieurs décennies ont permis d’équiper les SNLE de générations successives de centrales à inertie aux performances considérablement améliorées : gyroscopes à paliers à billes (*Le Redoutable*), gyroscopes à paliers à gaz (*L’Inflexible*), et gyroscopes à suspension électrostatique (GSE, *Le Triomphant*). En dépit de son niveau de performance exceptionnelle, le coût de possession très élevé du GSE (au cœur du SGN 3D) aboutira à son remplacement à partir du SNLE *Le Terrible* par le gyromètre-laser (SGN 3E). Depuis les années 1990-2000, conséquence d’un compromis technico-économique, fin du spécifique et du ex-nihilo, le stratégique se place en réutilisation de technologies existantes.

⁸⁸ Pommelet Pierre-Eric, *op.cit.* Voir également, D’Arbonneau Thierry, *La construction d’un sous-marin, op.cit.*, Chapitre 6. Navigation et Périscopes.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Thales Underwater Systems : systèmes sonar

La nouvelle génération de sonars se caractérise par une intégration complète, dès la conception, de l'ensemble coque-antenne. La puissance de traitement du signal a été considérablement accrue, et les portées utiles largement augmentées⁸⁹. Sur le SNLE NG *Le Triomphant*, le sonar représentait à lui seul le plus grand projet logiciel jamais développé en France à cette époque⁹⁰. Thales Underwater Systems (Thales TUS) figure aujourd'hui parmi les leaders mondiaux sur ce segment.



©DCNS

CNIM : systèmes de lancement des missiles

Sous maîtrise d'œuvre DCNS, CNIM a conçu et produit le tube interne fixe des systèmes de lancement des missiles M51 (utilisant des matériaux composites à hautes performances⁹¹) et les membranes du tube lance-missile. Son établissement de La Seyne-sur-Mer (Var) concentre les moyens de R&D et les ateliers de production (bobinage fibre de carbone et moulages polyuréthane). Son bureau d'études compte des compétences critiques en matière de modélisation, calcul (dans les domaines vibrations et chocs, pressurisation, guidage du vecteur) et maîtrise des performances.



©CNIM

2.4.2. Transformation du paysage industriel

Dans les années 1970, la grande majorité des activités industrielles liées au domaine Dissuasion était menée dans le cadre d'établissements publics. Au cours des années 1990, le processus de privatisation du secteur industriel de la défense conduit la DGA à séparer les responsabilités étatiques des activités industrielles (d'où les dénominations maître d'ouvrage et maître d'œuvre). Le statut de société de droit privé devient la règle, celui d'établissement public l'exception (CEA). Les opérations de concentration succèdent aux privatisations. Ces mouvements transforment profondément le paysage industriel français, et avec lui le profil des entreprises du domaine dissuasion, des maîtres d'œuvre aux sous-traitants.

Aujourd'hui, le domaine Dissuasion voit intervenir des entreprises de toute taille, grands groupes, ETI et PME. Certaines sont cotées en bourse (avec un actionariat concentré ou diffus). Si le degré d'appartenance au secteur public (part du capital détenue par l'État et le secteur public) est très variable, la tendance est nettement à la baisse ces dernières années.

Les fournisseurs peuvent être des sociétés indépendantes ou des filiales de grands groupes, aux activités à dominante défense ou civile. Le poids des activités Dissuasion dans l'activité totale (en termes de CA et d'effectifs) peut dès lors s'avérer très variable, dimensionnant pour certains intervenants industriels, marginal pour d'autres, avec dans ce dernier cas, le risque associé pour les équipes concernées d'être perçues comme non stratégiques.

⁸⁹ Tous les sonars d'un SNLE (antenne linéaire remorquée, antennes de flanc, antenne d'étrave sous dôme) sont des sonars passifs qui fonctionnent dans un domaine allant des très basses fréquences aux hautes fréquences. L'antenne linéaire remorquée est spécialement conçue pour les très basses fréquences.

⁹⁰ Le Tallec Jean, « L'évolution technique des sous-marins », *L'Armement*, n°24, octobre 1990, pp.84-94, et Quinchon Pierre, « Le Triomphant : premier SNLE de nouvelle génération », *Bulletin de l'association technique maritime et aéronautique*, n°95, 1995, pp.51-59.

⁹¹ Voir 1961-2011. Cinquante ans au service de la Force Océanique Stratégique, CNIM, 2011, 16 pages et CNIM, *l'excellence en partage*, Editions Point de Mire, 2013, 171 pages.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Au sein de la supply chain de DCNS, par exemple, des fournisseurs spécialisés ont été « ballottés » au gré des opérations de fusions-acquisitions intervenues au cours des années 2000-2010, tombant pour certains d'entre eux sous bannière étrangère :

- **Aciers à haute résistance : reprise d'Industeel par ArcelorMittal**

Premier fournisseur européen de tôles d'acier allié ou inoxydable, Industeel est une des rares entreprises au niveau mondial à produire des aciers spéciaux offrant des caractéristiques chimiques nécessaires pour résister aux plus hautes pressions. Depuis 2006 et l'OPA de Mittal Steel Company sur Arcelor, le site est désormais consolidé au sein du groupe n°1 mondial de la sidérurgie ArcelorMittal (CA 2014 de 72 Mds€, dont 5,7% en France), détenu à hauteur de 39,4% de son capital par la Famille Mittal. Industeel produit notamment les aciers à haute résistance destinés à la construction des coques de sous-marins sous maîtrise d'œuvre DCNS.

- **Turbines à vapeur : Thermodyn repris par GE Oil & Gas**

Spécialiste reconnu dans la conception et la fabrication des turbomachines, l'établissement du Creusot conçoit et produit des compresseurs centrifuges de petite à moyenne pression et des turbines à vapeur à action jusqu'à 50 MW. Thermodyn est le fournisseur historique de DCNS en turbines à vapeur (TAV) pour la propulsion et l'alimentation électrique qui équipent aujourd'hui les SNLE mais également les SNA. Il est l'unique acteur en France sur ce segment. Issue de Schneider et de Creusot-Loire, puis de Framatome, Thermodyn appartient depuis juillet 2000 au groupe américain General Electric (GE), intégré à la branche Oil & Gas.

Marché de niche, le segment des TAV voit intervenir aux côtés de GE une poignée de fournisseurs à travers le monde, principalement américains et britanniques, donc en situation d'exposer le maître d'œuvre français au contrôle export étranger.

Le rachat récent d'Alstom par GE, en supprimant une seconde source potentielle d'approvisionnement (activité TAV UK d'Alstom), renforce encore la position monopolistique du groupe américain et avec elle la situation de dépendance de DCNS vis-à-vis de son fournisseur.

Rappelons également que le segment moteur diesel est dominé par les entreprises allemandes, notamment MAN, laquelle a repris 100% du capital du dernier producteur français SEMT Pielstick en 2006 (via la reprise des parts de MTU Friedrichshafen GmbH). Deux ans plus tard en 2008, l'entreprise Moteurs Baudoin, dernier spécialiste français des moteurs Diesel rapides pour la Marine, était quant à lui repris par le groupe chinois Weichai Power, partenaire du diéséliste MAN.

Des défaillances d'entreprise peuvent survenir en cours de programme, nécessitant de redévelopper de nouvelles sources d'approvisionnement. AREVA TA connaît une telle situation avec la fermeture de l'usine française du groupe américain FLOWSERVE fabricant de vannes de régulation⁹², et le transfert de l'activité en Autriche.

Ces exemples montrent à quel point le pilotage de la supply chain, et avec lui le maintien de la sécurité d'approvisionnement sur le long terme (dans le cadre d'une production atypique), s'est complexifié en l'espace de quelques années. Fusions-acquisitions, rationalisation interne, ces opérations ont largement contribué à modifier le profil de la base équi pementière. Les relations clients/fournisseurs se sont distendues (d'autant que les volumes de commandes sont faibles) et les dépendances étrangères se sont accrues par le biais de rachats d'acteurs industriels français.

En cas de source d'approvisionnement unique, le maître d'œuvre, alors placé en situation de dépendance, s'expose à des risques opérationnels (coûts, qualité, délais). Des surcoûts peuvent résulter de l'exploitation par le fournisseur de sa rente de situation et, à l'extrême, de ses demandes éventuelles de contreparties financières comme condition du maintien de capacités de conception et de production sur le territoire français.

⁹² « L'entreprise Flowserve de Thiers va fermer, 85 emplois menacés », *La Montagne*, 17 mars 2016.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

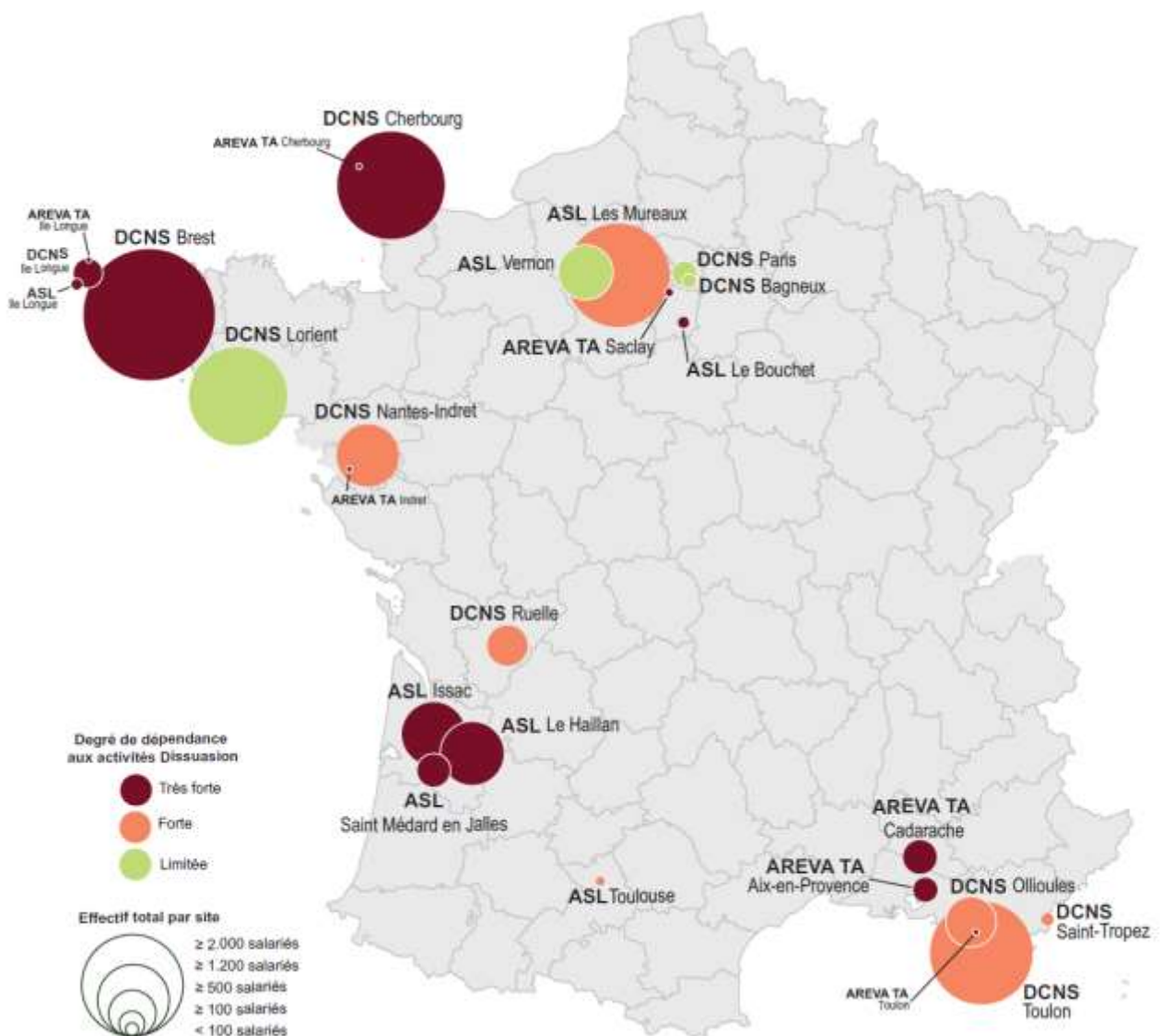
3. Impact économique

3.1. Des sites industriels innervés par les activités liées à la composante océanique de la dissuasion

Si l'ensemble des sites DCNS est innervé par les activités Dissuasion/SNLE, cinq d'entre eux se caractérisent par un degré de dépendance plus marqué : Cherbourg, Brest, Nantes-Indret, Toulon-Ollioules, Ruelle et St Tropez.

Les trois implantations principales d'AREVA TA, Saclay, Cadarache et Aix-en-Provence, sont toutes fortement dépendantes des activités liées à la composante océanique de la dissuasion. C'est également le cas pour les sites d'Airbus Safran Launchers localisés à St-Médard-en-Jalles, Le Haillan, Issac, Brest (Île Longue), Le Bouchet, et dans une moindre mesure, Les Mureaux et Toulouse.

DCNS – AREVA TA – AIRBUS SAFRAN LAUNCHERS : effectif total par site et degré de dépendance aux activités liées à la composante océanique de la dissuasion



Copyright © Fondation pour la Recherche Stratégique



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Sites DCNS les plus dépendants	Effectif total par site*	Activités
Cherbourg	2 250	Conception, production, intégration, essais et démantèlement des SNLE
Brest	2 760	Entretien et modernisation des SNLE (et de leurs infrastructures associées), et MCO des missiles stratégiques sur la base de l'Île Longue
Nantes-Indret**	1 300	Conception, production et essais du système énergie-propulsion
Toulon-Ollioules	3 210	Systèmes de combat et systèmes d'arme de dissuasion (SAD)
Ruelle	830	Conception et production de sous-systèmes critiques (tubes lance-torpilles, tubes lance-missiles, systèmes de hissage de mats,...), pyrotechnie
Saint-Tropez	240	Conception, production, et essais des torpilles lourdes et des contre-mesures

* Effectifs inscrits hors intérimaires au 31.10.2016. Total Effectif niveau groupe : 13 480 personnes.

**dont Technocampus et Sirehna

Sites AREVA TA les plus dépendants	Effectif total par site*	Activités
Saclay	120	Management de projets, Fonctions support (Terrain CEA)
Cadarache	700	Services et soutien aux réacteurs nucléaires de propulsion navale, Fabrication du combustible, Formation sur installations réelles et simulateurs (Site CEA)
Aix-en-Provence	500	Ingénierie nucléaire de Défense
Equipes restreintes	110	Notamment Brest (Île Longue, MCO SNLE), Indret (DCNS) et Cherbourg (DCNS)

* Effectifs CDI au 31.12.2015. Total Effectif AREVA TA : ~1 430 personnes.

Sites ASL les plus dépendants	Effectif total par site*	Activités
St-Médard-en-Jalles et Candale (Aquitaine)	716	Management de programme, Bureaux d'étude, Production des sous-ensembles du missile et du système, Production des chargements pour la propulsion stratégique, Moyens d'essais. Assemblage des propulseurs (site de Candale). Atelier de préparation du perchlorate d'ammonium (site de Sainte Hélène).
Le Haillan (Aquitaine)	1 346	Activité pyrotechnique, Bureaux d'étude, Ligne de production de matériaux composites et Ateliers de réalisation de pièces inertes pour structures, protections thermiques, Assemblage des tuyères MPS du missile M51.
Issac (Aquitaine)	1 364	Intégration des étages, système de réentrée et protection thermique, système sol de mise en œuvre, structures bobinées
Le Bouchet Vert-le-Petit	188	Activités de R&T
Toulouse	93	Production de matières premières destinées à la propulsion
Brest Île Longue/Site de Guenvénéz (détachement sur le site de la Marine nationale)	218	Achèvement des étages et assemblage du missile, Opérations sur la base opérationnelle, Maintien en condition opérationnelle

* Effectifs au 30.06.2016. Total Effectifs ASL (sites France) : 7 290 personnes.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

3.2. Emplois générés en France

Afin de mesurer l'impact économique (emplois et valeur ajoutée) des activités de DCNS, AREVA TA et Airbus Safran Launchers liées à la composante océanique de la dissuasion, la méthode input-output a été mobilisée⁹³. Cette méthode nécessite de connaître le montant de ces activités⁹⁴ (données fournies par les entreprises) et sa décomposition en termes de branches d'activité.

L'exercice distingue deux types de période :

- Les périodes hors programme de renouvellement.
- Les périodes de renouvellement qui vont générer une activité supplémentaire.

Les emplois générés en France représentent l'addition des emplois directs, indirects et induits :

- Emplois directs : effectifs internes de DCNS, AREVA TA et Airbus Safran Launchers (production et hors production) liés à la composante océanique de la dissuasion.
- Emplois indirects : effectifs générés par les commandes de DCNS, AREVA TA et Airbus Safran Launchers au sein de la chaîne de fournisseurs et sous-traitants, du rang 1 au rang n.
- Emplois induits : effectifs générés par la consommation des seuls emplois indirects.

	Activité annuelle moyenne 2011-2015 : hors renouvellement	Activité annuelle moyenne lors des 20 années de renouvellement
Effectifs directs et indirects en France	9 900	13 000
Effectifs induits en France	2 800	4 300
Emplois directs, indirects et induits en France	12 700	17 300

Ainsi, en période hors programme de renouvellement, nous pouvons considérer que l'activité liée à la composante océanique de la dissuasion de DCNS, AREVA TA et Airbus Safran Launchers génère environ 9 900 emplois directs et indirects par an.

En période de renouvellement, cette activité génère 13 000 emplois directs et indirects par an, sur une période de 20 ans.

⁹³ Voir Annexe « Impact économique : méthodologie ».

⁹⁴ Il couvre un périmètre restreint aux activités du groupe liées aux SNLE : études en cours sur le SNLE de troisième génération, MCO des SNLE (entretien courant - maintien de la posture), IPER et programme IA M51, démantèlement et déconstruction des SNLE de première génération, MCO des missiles stratégiques (en sous-traitance d'Airbus Safran Launchers), Île Longue (exploitation, maintenance, études relatives aux infrastructures).

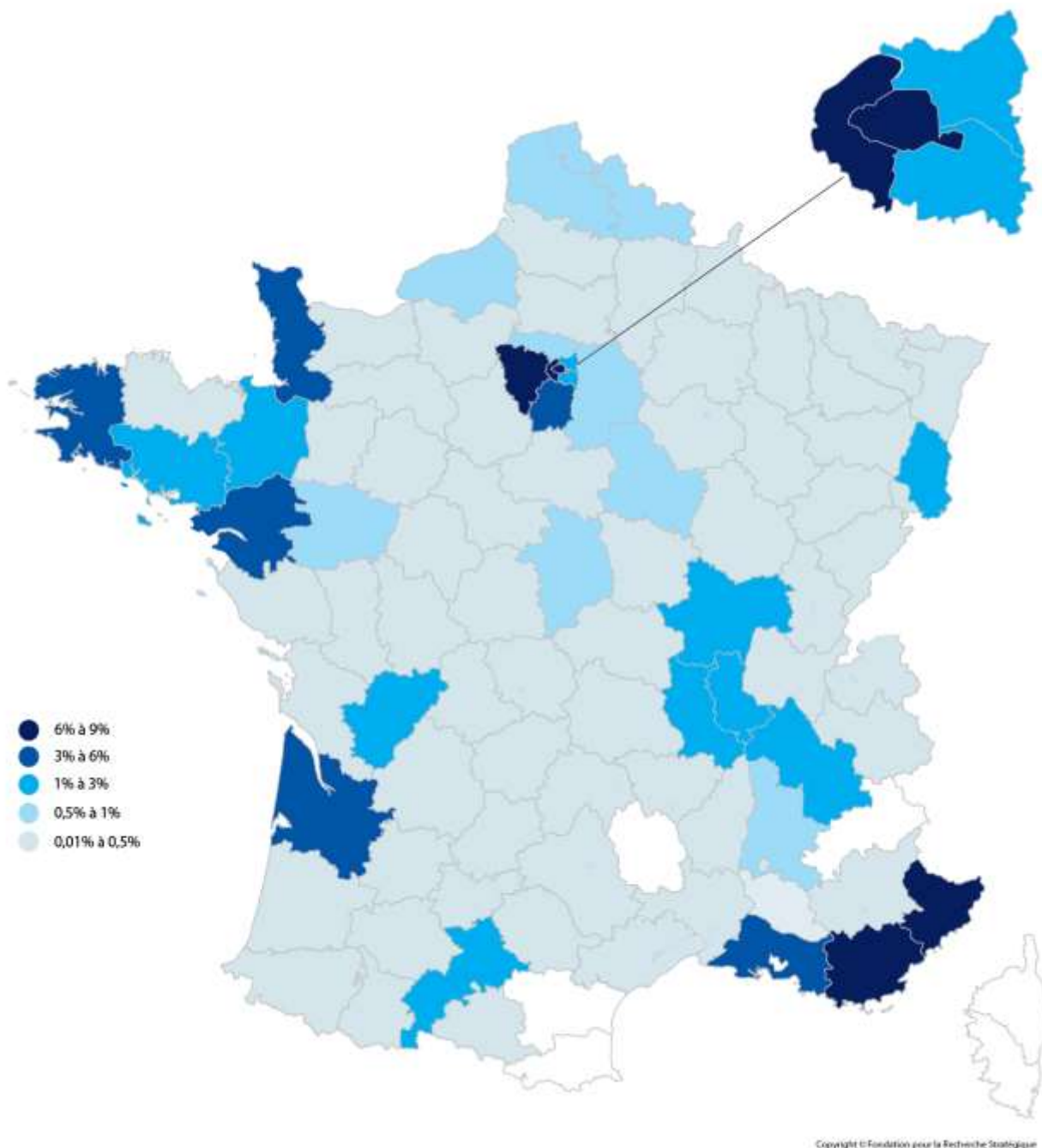


Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

3.3. Impact territorial

Les fournisseurs et sous-traitants (au rang 1) de DCNS, AREVA TA et Airbus Safran Launchers pour leur activité liée à la composante océanique de la dissuasion se répartissent sur l'ensemble du territoire.

Ventilation des achats, par département (en %)



Si 90 départements sont concernés, 12 d'entre eux concentrent environ 70% des achats réalisés par les trois entreprises étudiées : Alpes-Maritimes (9%), Hauts-de-Seine (8,4%), Var (8%), Yvelines (7%), Paris (6,4%), Finistère (5,6%), Essonne (5%), Manche (4,9%), Loire-Atlantique (4,5%), Bouches-du-Rhône (4,4%), la Gironde (4,1%) et la Haute-Garonne (2,5%).



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Une répartition sectorielle de ces commandes montre également que les principales branches d'activités concernées, « Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques », « Fabrication de machines et équipements », « Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements », « Activités d'architecture et d'ingénierie ; activités de contrôle et analyses techniques », sont aussi parmi les plus intensives en travail.

3.4. Fertilisation croisée

3.4.1. Dissuasion – Conventionnel

Les technologies et procédés industriels développés au profit de la composante océanique de la dissuasion ont largement bénéficié aux sous-marins nucléaires d'attaque type *Rubis*, puis type *Barracuda*, ainsi qu'aux sous-marins à propulsion « classique » type *Agosta*, puis *Scorpène*, et demain aux « *Shortfin Barracuda* » (contrat Australie). Métallurgie des coques, discrétion acoustique, informatique des systèmes de combat, propulsion, communications, ou encore systèmes de navigation, les technologies mises au point pour les SNLE NG type *Le Triomphant* ont nettement tiré vers le haut le niveau de performance des autres types de sous-marins, au premier rang desquels les futurs SNA type *Barracuda*. En termes de discrétion, sa signature acoustique est proche de celle des SNLE NG. Les installations sont désormais sur modules ou sur plots (procédés permis grâce à l'augmentation de la taille du sous-marin). Leur vitesse « silencieuse » est supérieure et les performances de détection sous-marine accrues⁹⁵.

La chaufferie est dérivée du réacteur nucléaire K15 qui équipe les SNLE NG et porte-avions Charles-de-Gaulle, reprenant ainsi le concept de réacteur compact à architecture intégrée. Dans ce domaine, le programme Barracuda intègre les améliorations survenues ces dernières années et issues du retour d'expérience de conception réalisation exploitation : augmentation de l'énergie extractible des cœurs (permettant un allongement de la période d'activité opérationnelle entre rechargements), emploi d'uranium à taux d'enrichissement civil, rationalisation de l'interface homme/machine, et mise à niveau aux nouvelles exigences de la sûreté nucléaire et de la radioprotection⁹⁶.

3.4.2. National – Export : crédibilité et effet d'attractivité

Les États clients désireux d'intégrer le cercle des pays producteurs et opérateurs de sous-marins cherchent à s'appuyer sur des partenaires étrangers à même de les aider à concrétiser leur ambition. Dans ce contexte, un positionnement de haut niveau en tant que maître d'œuvre de programme de SNLE renforce la crédibilité et la réputation de DCNS à l'international.

En véhiculant une image forte d'excellence scientifique et technique, il rencontre les aspirations des États acheteurs de disposer à terme d'un véritable système national d'innovation dans le domaine de la défense et de maîtres d'œuvre industriels capables de gérer un projet aussi complexe que celui de la conception et de la construction d'un sous-marin. Il y a là un effet d'attractivité qui bénéficie aux offres de DCNS sur le segment des sous-marins conventionnels, comme l'illustrent les nombreux succès à l'export en deux décennies, notamment au Chili, en Malaisie, en Inde, au Brésil, et plus récemment en Australie.

⁹⁵ « Le quatrième SNA du type Barracuda commandé », *Mer et Marine*, 30 septembre 2014, « Les deux derniers SNA du type Barracuda renommés », *Mer et Marine*, 23 mars 2015, et « Programme Barracuda : Mer en vue pour le Suffren », *Cols Bleus*, 9 Janvier 2014.

⁹⁶ Fribourg Charles, *La technologie des réacteurs de propulsion navale*, et Guillaud, Gauduchau, *Les RPMP pour la propulsion navale*, www.iaea.org/inis.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

3.4.3. Défense – Civil

Les efforts de R&D liés à la création de la FOST, et tout au long des différents programmes de SNLE et de SNA, ont concerné de nombreux domaines techniques. Il est ressorti de ces investissements intellectuels et matériels sur plusieurs décennies de nombreuses applications civiles, dont les plus emblématiques relèvent des secteurs suivants :

- *Secteur médical*

L'échographie dérive directement de la technique des sonars. Les techniques ultrasonores appliquées à la médecine ont été développées dans les années 1950 et ont commencé à être utilisées en routine vers le début des années 1970. Ces techniques dérivent de celles qui ont été mises au point pour le radar, le sonar sous-marin et le contrôle non destructif des matériaux⁹⁷.

- *Secteur aéronautique*

Depuis l'équipement des missiles et des sous-marins, plusieurs gammes de centrales inertielles gyrolasers ont été développées pour des applications civiles, en particulier dans le domaine aéronautique. Désormais au premier rang mondial sur ce segment, les équipes de Safran Electronics & Defense sont à l'origine du développement des centrales inertielles à cœur GRH, conçues pour des applications duales, notamment pour la marine marchande. Les travaux réalisés sur le durcissement des composants électroniques trouveront des applications dans le civil pour la protection des composants contre l'ionisation sur les structures en composite.

- *Secteurs industriels*

Les processus, compétences et outils nécessaires à la conception et à la réalisation de systèmes aussi complexes qu'un SNLE, une chaufferie nucléaire ou un missile balistique ont contribué à hisser l'industrie française au plus haut niveau dans le domaine de l'ingénierie de systèmes complexes.

Ajoutons que les travaux menés sur les transmissions des vibrations verront le développement de logiciels permettant d'optimiser la disposition de « silent block » dans les véhicules. La technologie de lamifié caoutchouc métal ainsi que certains systèmes développés pour maîtriser la transmission des bruits ont vu des applications dans plusieurs secteurs industriels.

- *Secteur nucléaire civil*

La propulsion nucléaire navale aura représenté la première véritable application de l'énergie nucléaire contrôlée. Par rapport à un réacteur à terre, un réacteur nucléaire embarqué sur SNLE doit répondre à des exigences beaucoup plus sévères. Les entreprises de la filière auront ainsi développé des compétences et des savoir-faire autour des équipements à haut niveau de sécurité qui bénéficient au secteur nucléaire civil (ingénierie et sûreté nucléaire) mais également aux marchés industriels non nucléaires (valorisation de technologies comme le contrôle-commande de sécurité et les outillages sécurisés, ingénierie de management de projets).

- *Secteur spatial*

Historiquement, le développement des technologies balistiques a soutenu le développement du secteur spatial. Le premier lanceur français, Diamant, a ainsi directement bénéficié des apports des recherches sur les SSBS et MSBS, assurant à la France un rôle central dans le développement subséquent d'un lanceur européen. Comme le rappelle Emile Arnaud, « la conception des trois générations de missiles stratégiques ont été à l'origine de l'émergence de filières techniques de

⁹⁷ Tanter Mickael, « Imagerie échographique ultrarapide et élasticité. Vers une rhéologie temps réel du corps humain », LOA, ESPCI, <http://www.phys.ens.fr/>.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

niveau mondial, en particulier dans les domaines de la propulsion solide, des matériaux composites et du digital. Les efforts consentis en matière de R&D auront également bénéficié aux domaines mathématiques (calcul scientifique, analyse numérique), modélisation et simulation »⁹⁸.

Pour prendre l'exemple de la propulsion, qui rassemble à lui seul les domaines listés précédemment :

- Le développement des propulseurs d'appoint à poudre pour le lanceur Ariane 3, qui gagnent en puissance sur les versions Ariane 4 et 5, a conduit à créer une véritable synergie entre le programme spatial européen et le programme balistique dans le domaine de la propulsion. En effet, si les propulseurs d'appoint ont initialement fait appel aux technologies de propulsion balistique, l'augmentation de leur taille et de leur diamètre en font actuellement des éléments déterminants de développements technologiques pour les moteurs de grand diamètre, contribuant à créer de nouveaux outils industriels et à élever les normes qualitatives autant dans le secteur spatial que dans le secteur balistique.
- D'autre part, en termes d'expertise industrielle, chaque tir d'Ariane 5 représente un retour d'expérience pour le secteur balistique. Cette tendance se renforcera avec Ariane 6. L'ensemble du secteur de la propulsion bénéficie donc d'une intense fertilisation croisée, alors que l'importance de la demande du secteur spatial (propergol, enveloppes et structures) assure la pérennité de la filière dans la durée. Cet exemple est reproductible totalement ou partiellement à d'autres domaines tels que la séparation d'étage, le pilotage et la navigation, les protections thermiques ou encore la télémétrie, les logiciels ou la simulation.

Sur un plan plus général, il existe une synergie assumée entre les programmes balistiques et les programmes spatiaux, appelée à se renforcer entre les programmes M51 et Ariane 6. En termes de conception, François Auque, alors Président d'Astrium précisait que le bureau d'étude développant Ariane et le M51 était le même⁹⁹. Il en va de même au niveau des systèmes de guidage, le développement des centrales inertiels d'Ariane 6 étant conçu par les équipes en charge du M51 au sein du groupe Safran. La création de la coentreprise Airbus Safran Launchers renforce à l'évidence ces synergies, favorisant l'exploitation d'outils industriels communs et l'évolution des personnels entre le secteur spatial et le domaine militaire.

Cette synergie permet également une rationalisation de l'outil industriel, stimulée par la compétition internationale dans le domaine spatial. L'impact sur le domaine balistique est néanmoins sensible, une partie des compétences pouvant être maintenue par l'intermédiaire du secteur spatial et limitant l'impact des creux de production dans le secteur balistique. Les nouveaux développements du M51 prévus pour s'adapter au contexte géopolitique auront lieu environ tous les dix ans de façon incrémentale mais seront de moindre ampleur que le développement d'un missile complet. Aussi la dualité avec les programmes du secteur spatial reste essentielle pour gérer les compétences dans la durée.

Une attention particulière doit donc être portée au maintien des compétences propres à la dissuasion, non reproductibles dans les secteurs civils (qu'il s'agisse de lanceurs, de réacteurs nucléaires ou de construction navale). Si la synergie existe, la spécificité demeure.

⁹⁸ Emile Arnaud (coordination), *Les Missiles Balistiques de 1955 à 1995*, COMAERO, Centre des hautes études de l'armement, 2004.

⁹⁹ Sophie Eustache, « Les Mureaux fêtent cent ans de conquête spatiale », *L'Usine nouvelle*, 21 septembre 2012



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

ANNEXE



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.

Impact économique : méthodologie

Emplois directs, indirects (et induits) générés par les commandes de DCNS, AREVA TA et ASL

Afin d'appréhender l'impact sur la chaîne de sous-traitance de l'activité de DCNS, AREVA TA et ASL, liée à la composante océanique de la dissuasion, il est nécessaire de connaître le montant de cette activité et sa composition en termes de branches d'activité.

Le montant des achats liés à cette activité a été estimé et fourni par les entreprises ainsi que les scénarios d'évolution de ces achats en phase de renouvellement.

A partir de la liste de leurs sous-traitants et de la répartition de leurs achats entre ces sous-traitants, nous avons pu estimer la répartition en branches d'activité de la dépense liée à l'activité dissuasion.

Mise en œuvre de la méthode input-output (IO)

Afin de calculer l'impact économique dû à l'activité générée par l'activité dissuasion, la méthode input-output (IO) a été mobilisée. Elle consiste à utiliser une répartition par branche d'activité de la dépense liée à la dissuasion ainsi qu'une matrice représentant les échanges entre branches en France pour calculer l'impact économique. Les effets directs, indirects et induits (mais avec beaucoup moins de précision) peuvent être calculés pour l'activité, les effectifs ou la valeur ajoutée.

Trois niveaux d'impact peuvent être calculés sur l'activité, la valeur ajoutée et les effectifs : impacts directs, indirects voire induits. Les emplois (ou l'activité) directs correspondent ici aux emplois générés directement par les commandes de DCNS, AREVA TA et ASL liées à l'activité dissuasion chez leurs sous-traitants de rang 1. Les emplois (activité) indirects comprennent eux les salariés des autres entreprises de la chaîne de sous-traitance (rang 2 à n-matière première) travaillant indirectement pour répondre aux commandes de DCNS, AREVA TA et ASL. Enfin, les emplois induits mesurent les emplois nécessaires pour satisfaire la consommation des salariés - directs et indirects - et de leurs familles.

L'impact économique calculé est un impact à court ou moyen terme. Il s'estime en supposant que la structure de l'économie et des coûts reste inchangée suite à une modification de la dépense. Les impacts de long terme sont plus difficilement estimables et moins connus. Il conviendrait en effet de prendre en compte à la fois les changements de structures qui peuvent avoir lieu et les interdépendances entre les marchés qui existent. Parmi ces impacts de long terme nous pouvons citer l'impact de la R&D, les modifications dans les processus de production (productivité...), l'impact sur la fiscalité ou l'endettement d'une variation de la dépense ou encore l'impact sur l'aménagement du territoire.

Ainsi, une réduction de l'activité dissuasion peut entraîner une baisse de la dépense de R&D qui détermine à la fois le niveau de productivité et le niveau de croissance à long terme de l'économie. Mais, dans le même temps, cette baisse de la dépense s'accompagnera d'une baisse du besoin de financement (fiscalité ou endettement) et aura des conséquences sur le reste de l'économie.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion ». Volet 2.