

N° 01/2017

*recherches &
documents*

janvier 2017

**Impact économique de la filière industrielle
« Composante océanique de la Dissuasion »
Volet 1-SNLE**

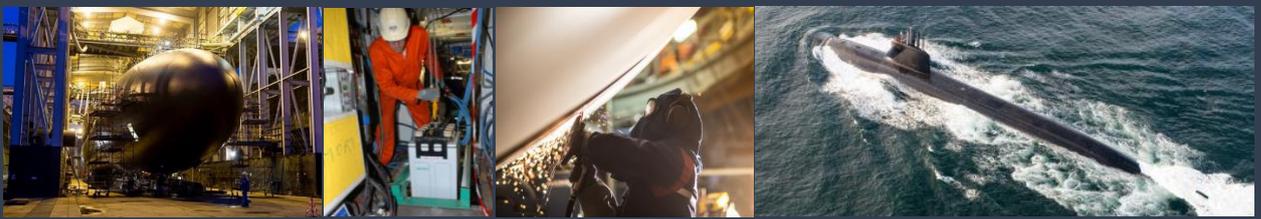
HÉLÈNE MASSON, avec la participation de **BRUNO TERTRAIS**

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

ISSN : 1966-5156

ISBN : 978-2-911101-94-6

EAN : 9782911101946



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

Plan

Introduction	p.3
1. Fondamentaux politiques, budgétaires et industriels	p.4
1.1. Politique de dissuasion	p.5
1.2. Cinq décennies d'effort de la Nation	p.7
1.3. Indépendance et autonomie de conception, production, mise en œuvre, et entretien de l'outil de dissuasion	p.9
2. Une filière atypique	p.11
2.1. Le SNLE : « œuvre de synthèse »	p.11
2.2. Entre exigences de performances et contraintes liées au domaine Dissuasion	p.14
2.3. Maîtrise d'œuvre d'ensemble des SNLE : spécificité et criticité des compétences	p.14
2.4. DCNS et sa chaîne de sous-traitance ou le défi de la sécurité d'approvisionnement	p.19
3. Impact économique des activités Dissuasion/SNLE de DCNS	p.22
3.1. Des sites DCNS innervés par les activités Dissuasion	p.22
3.2. Emplois et valeur ajoutée générés en France	p.24
3.3. Impact territorial	p.25
3.4. Fertilisation croisée	p.26
Annexes	p.28
Impact économique : méthodologie	p.29
SNLE de première génération	p.31
SNLE de deuxième génération	p.33
Défis techniques	p.34
La base opérationnelle de l'Île Longue	p.37
L'entretien des SNLE ou la permanence de la dissuasion	p.38
Le programme IPER Adaptation M51 (IA M51)	p.40
Le démantèlement des SNLE de première génération	p.41
Le programme britannique <i>Successor</i> , entre dérisquage et nouvelles pratiques contractuelles	p.43



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

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.

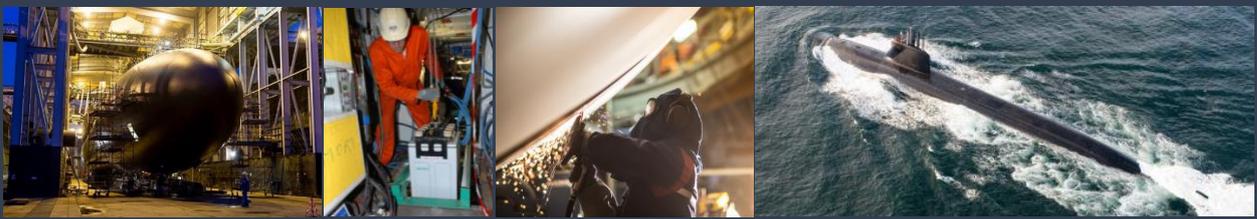
Au niveau économique, l'impact de la composante océanique de la dissuasion devrait se mesurer par la valeur économique des éléments stratégiques ou géopolitiques qui en découlent, par exemple, la valeur économique de la paix et de la sécurité (coûts des conflits évités) ou encore les bénéfices économiques 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 présent document en constitue le premier volet, centré sur les SNLE.

Pour cette première étape, nous avons restreint le périmètre d'analyse aux activités du maître d'œuvre DCNS et de ses 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.

La prochaine étape consistera à élargir le périmètre d'analyse aux activités des maîtres d'œuvre Airbus Safran Launchers (missiles balistiques) et Areva TA (chaufferies nucléaires de propulsion navale), et de leurs sous-traitants.

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



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

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'ensuivit. 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 1990², 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).

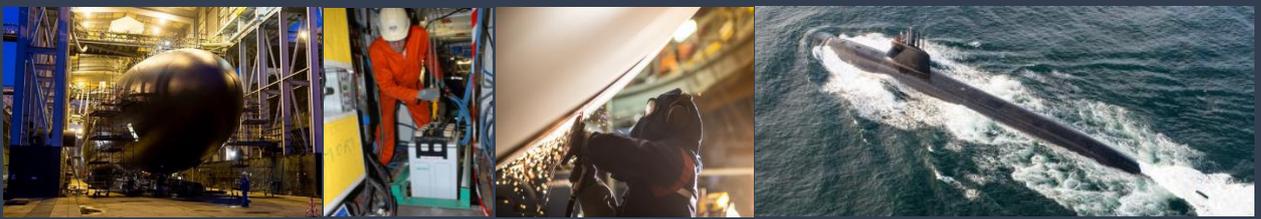
La dissuasion met en œuvre un potentiel scientifique, technologique, industriel et militaire considérable. Elle est au nombre des atouts permettant à la France d'être une grande puissance.

La dissuasion nucléaire française concerne tout Etat 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 Etats, 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.

² Voir Annexes : SNLE de première génération (p.31), SNLE de deuxième génération (p.33).



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

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* »³.

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* »⁴. Son emploi n'est ainsi concevable que dans des « *circonstances extrêmes de légitime défense* »⁵.

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* »⁶.

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 ?* »⁷.

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 nucléaires⁸.

³ Discours du Président de la République sur la dissuasion nucléaire, BA 125, Istres, 19 février 2015.

⁴ *Ibid.*

⁵ *Ibid.*

⁶ *Ibid.*

⁷ *Ibid.*

⁸ *Ibid.*



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

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'Etat 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 »*⁹.

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 et la force aéronavale nucléaire¹⁰), 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 nationale¹¹, 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 missiles¹².

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'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 »*¹³.

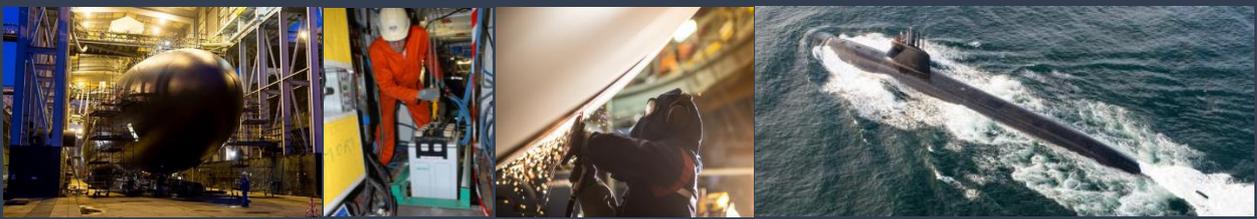
⁹ Discours du Président de la République sur la dissuasion nucléaire, BA 125, Istres, 19 février 2015.

¹⁰ 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'Air¹⁹. 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.

¹¹ 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.

¹² Discours du Président de la République sur la dissuasion nucléaire, BA 125, Istres, 19 février 2015.

¹³ Audition, Charles-Edouard de Coriolis, *op.cit.*



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

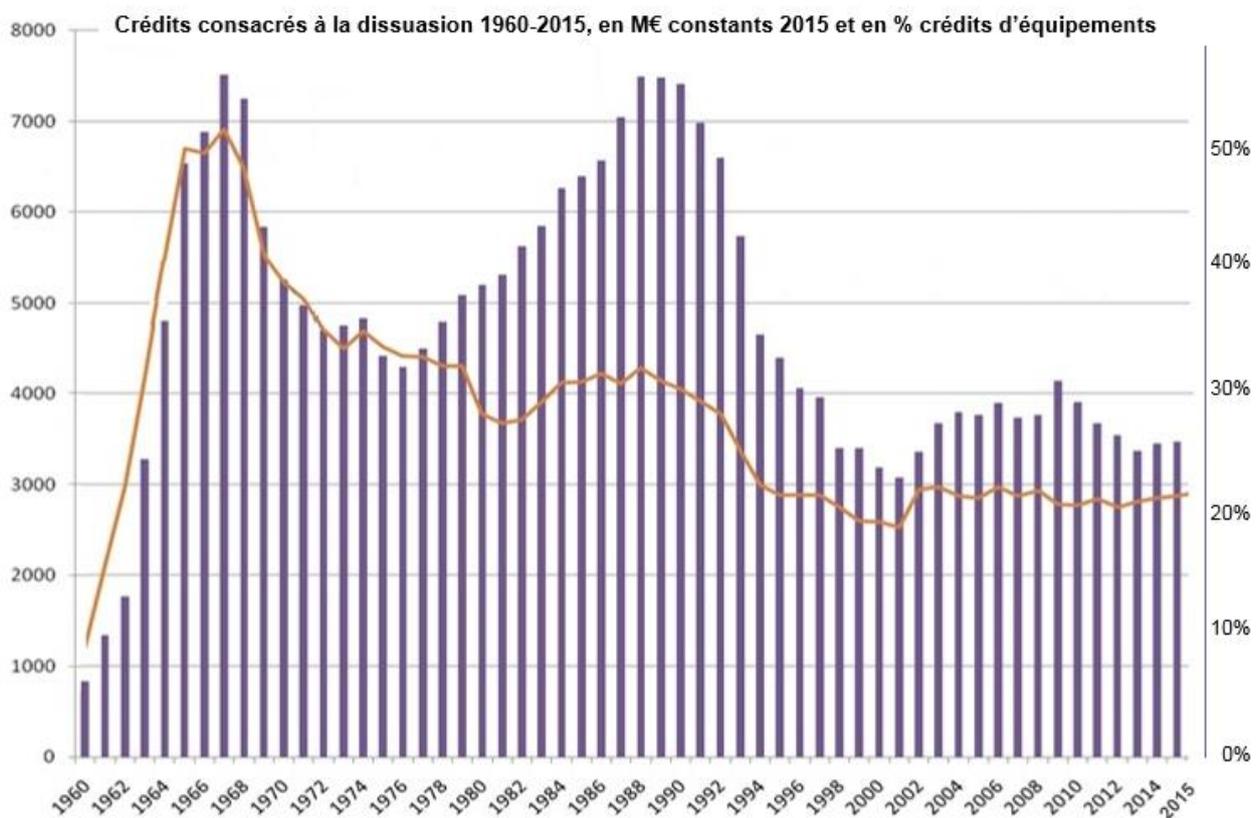
1.2. Cinq décennies d'effort de la Nation

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 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 dissuasion¹⁴ 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 Défense¹⁵

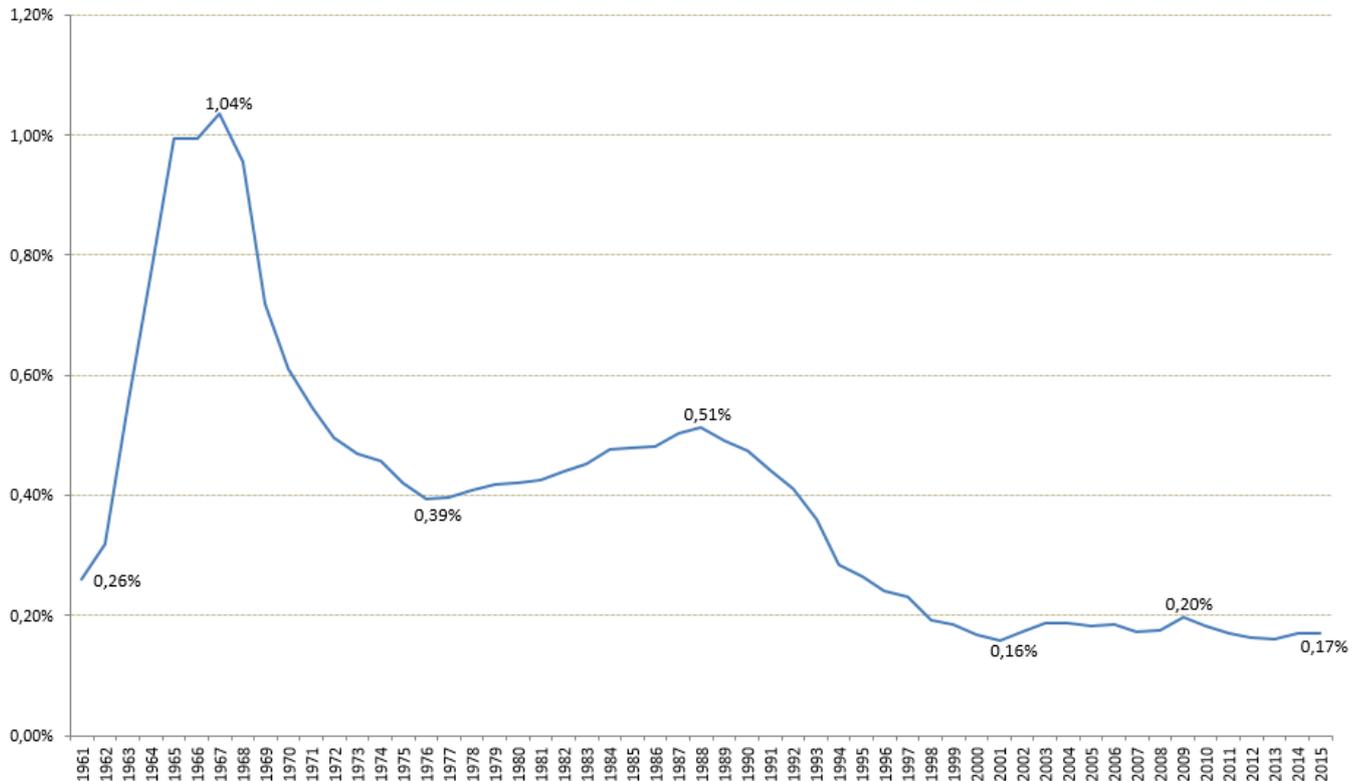
¹⁴ Rappelons que pour appréhender correctement le coût total de la dissuasion nucléaire, les dotations inscrites aux programmes suivants doivent être prises en compte : Programme 146 (action 06 « Dissuasion » du programme équipements des forces), Programme 144 (études opérationnelles et technico-opérationnelles 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).

¹⁵ Données OED, Retraitement P.Thouard, ministère de la Défense, 2015.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

Part du PIB (%) consacrée à la dissuasion



Source : ministère de la Défense¹⁶

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 »¹⁷.

LPM 2014-2019 : pérennisation de la dissuasion nucléaire

A la suite du Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale publié le 29 avril 2013¹⁸ (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 2014-2019¹⁹. 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 »²⁰. 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

¹⁶ Données OED, Retraitement P.Thouard, Ministère de la Défense, 2015.

¹⁷ Tertrais Bruno, « Budget nucléaire et « retombées » de la dissuasion », *Les notes de la FRS*, n°13/2015, juin 2015.

¹⁸ *Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale*, Ministère de la Défense, Paris, 29.04.2013, 160 pages.

¹⁹ 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.

²⁰ *Ibid.*, chapitre 2.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

sous-marin nucléaire lanceur d'engin de 3e génération (SNLE 3G) et du lancement du développement de la future version du missile M51 (M51.3) »²¹.

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 équipements²².

Crédits consacrés à la dissuasion en 2015 et 2016

Pour les années 2015 et 2016, les crédits consacrés à la dissuasion s'élèvent respectivement à 3,3 Mds€ et 3,6 Mds€ en CP²³. La dissuasion représente pour cette dernière année une part de 21,5% des crédits de paiement consacrés aux équipements.

Les efforts portent sur la poursuite de l'adaptation d'un SNLE au missile M51, le développement de la future version du missile (M51.3) et la mise en service de la tête nucléaire océanique (travaux TNO lancés en 2014).

Le PLF 2016 crée une « sous-action 24 » nouvelle au sein du programme 146, dédiée aux travaux de conception du SNLE de troisième génération (SNLE 3G), destiné à remplacer les 4 SNLE NG au-delà de 2030. 769 M€ en AE et 46,5 M€ en CP sont ainsi prévus pour l'année 2016. Ces travaux prennent la suite des études préliminaires FMOD (Futur Moyen Océanique de Dissuasion) menées sur la période 2006-2015²⁴.

Les mesures de modernisation concernent également les systèmes de transmissions nucléaires (principalement les réseaux de longue portée via le programme TRANSOUM) et les infrastructures de l'île longue.

1.3. Indépendance et autonomie de conception, production, mise en œuvre, et entretien de l'outil de dissuasion

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 approvisionnement de matières nucléaires), transmissions spécifiques et moyens d'environnement associés, 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 Etats-Unis dans des domaines clés : missiles balistiques, têtes nucléaires, propulsion nucléaire et système de navigation²⁵.

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 Etats 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 [...] » (LBDSN 2013)²⁶.

²¹ *Ibid.*, Chapitre 2.

²² LOI n° 2013-1168 du 18 décembre 2013, *op. cit.*

²³ Dont 2,9 Mds€ en AE et 2,5 Mds€ en CP pour l'action « Dissuasion » du programme 146. Voir *Projet de loi de finances pour 2015*, Ministère de la Défense, 2014, 90 pages, et *Projet de loi de finances pour 2016*, Ministère de la Défense, 2015, 98 pages.

²⁴ *Projet de loi de finances pour 2016*, Ministère de la Défense, 2015, 98 pages. Voir également Gautier Jacques, Reiner Daniel et Pintat Xavier, *Tome VIII. Défense : équipement des forces, Avis* présenté au nom de la commission des affaires étrangères, de la défense et des forces armées sur le projet de loi de finances pour 2016, Sénat, 19 novembre 2015.

²⁵ Voir Annexe : Le programme britannique *Successor*, entre dérisquage et nouvelles pratiques contractuelles (p.43).

²⁶ *Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale*, Ministère de la Défense, Paris, 29.04.2013, 160 pages, p.124.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

« 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 » (LPM 2014-2019, rapport annexé)²⁷.

La France dans le cercle restreint des Etats producteurs et opérateurs de SNLE

Tous les Etats 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 Etats concepteurs, producteurs et opérateurs historiques de SNLE (premiers programmes lancés dès les années 1950 et 1960), ils ont été rejoints depuis, avec difficulté, par la Chine (années 1980), et plus récemment par l'Inde (années 2010)²⁸.

- La majorité de l'arsenal stratégique américain est désormais déployé sur la composante océanique. Les **Etats-Unis** déploient 8 SNLE à la mer en permanence (4 dans l'Atlantique et 4 dans le Pacifique). Ils ont prévu de remplacer les SNLE de la classe *Ohio* par 12 SSBN(X) à compter de 2029 (date d'entrée en service de la tête de série).
- La **Russie** a repris les patrouilles régulières de SNLE mais semble avoir du mal à revenir à la permanence à la mer. Elle met au point, avec difficulté, un nouveau missile MSBS (Boulava). Sa flotte est estimée à 14 SNLE : 4 type *Delta III*, 6 type *Delta IV*, 1 type *Typhoon* et 3 SNLE de nouvelle génération type *Boreï* (sur 8 prévus).
- 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 Etats-Unis²⁹.
- 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'export d'armes nucléaires en temps de paix.
- 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).

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 2016³⁰. 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 Berlin; il est possible que ceux-ci soient armés de missiles de croisière dotés d'armes nucléaires.

²⁷ 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.

²⁸ Prézélin Bernard, *Flotte de combat*, Editions maritimes, édition 2012.

²⁹ Voir Annexe : Le programme britannique *Successor*, entre dérisquage et nouvelles pratiques contractuelles (p.43).

³⁰ 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 1.SNLE

2. Une filière atypique

2.1. Le SNLE : « œuvre de synthèse »³¹

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 cause³². 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'invulnérabilité³³.

« Œuvre de synthèse », le SNLE est un ensemble complexe, dont l'efficacité est liée à la qualité de l'intégration des systèmes constitutifs du navire et à la gestion des interfaces techniques entre les grands systèmes. En outre, la mise en œuvre opérationnelle du système d'arme 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 pénétration³⁴.

Ces fondamentaux techniques impliquent une maîtrise d'ouvrage forte et une maîtrise d'œuvre industrielle de même qualité.

***Cœlacanthe* : une maîtrise d'ouvrage originale**

Depuis le 21 juin 1962³⁵, 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, les vecteurs, la propulsion nucléaire³⁶, les têtes nucléaires.

L'organisation *Cœlacanthe* s'appuie ainsi sur l'action de plusieurs directeurs de programme (DP). Le « DPE *Cœlacante* »³⁷ assure la direction du programme d'ensemble, et à ce titre, la coordination des autres DP³⁸. 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 réalisation³⁹. 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.

³¹ Dupont de Dinechin, « Le projet *Cœlacanthe*, constance et innovation », *L'Armement*, janvier 1986, pp.47-68.

³² *ibid.*

³³ 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.

³⁴ Pastré Bertrand, « Missile Balistique de la composante nucléaire océanique : enjeux industriels », *Défense nationale*, n°782, été 2015, pp.78-82.

³⁵ Au début des années 1960, le besoin de coordination générale 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.

³⁶ 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. Le CEA apporte également un soutien scientifique et technique à AREVA TA (accès à ses supercalculateurs, à son réseau d'expertise et à ses moyens industriels de test de Cadarache).

³⁷ DPE : Directeur du programme d'ensemble.

³⁸ 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.

³⁹ Dupont de Dinechin, *op.cit.*



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

Les raisons du bon fonctionnement de cette organisation sont diverses⁴⁰. Le fait qu'elle s'applique à un programme relativement bien délimité 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.
- 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 suite⁴¹.

Maîtrise d'œuvre industrielle : quatre chefs de file

La maîtrise d'œuvre industrielle repose sur quatre chefs de file. Leur bonne coordination conditionne la qualité de l'intégration des systèmes et celle de la gestion des interfaces ainsi que l'appairage sous-marin / missile / charges.

- DCNS : maître d'œuvre d'ensemble et architecte d'ensemble des SNLE.
- Areva TA : maître d'œuvre de la chaufferie nucléaire.
- Airbus Safran Launchers (ASL) : maître d'œuvre du missile stratégique.
- CEA DAM (établissement public) : maître d'œuvre d'ensemble des armes (têtes nucléaires) et de la simulation.

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

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

Traduction de l'ambition de la France de posséder une capacité indépendante de conception et de construction de navires militaires, le groupe naval DCNS⁴² est l'unique acteur industriel français en mesure depuis plus de 50 ans d'assurer la maîtrise d'œuvre des programmes de sous-marins (sous-marins nucléaires lanceurs d'engins-SNLE et sous-marins nucléaires d'attaque-SNA).

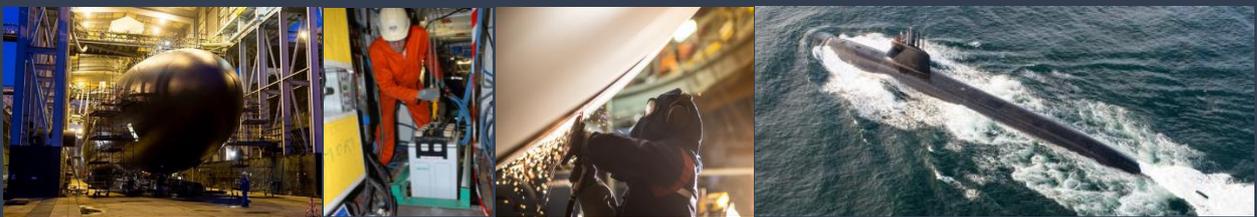
Concepteur, maître d'œuvre d'ensemble et architecte d'ensemble des SNLE, DCNS est présent à tous les stades du cycle de vie du navire, des premières études amont jusqu'au démantèlement (conception, construction, intégration, entretien et modernisation). Cette responsabilité d'ensemble assumée par le 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)⁴³.

⁴⁰ 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.

⁴¹ *ibid.*

⁴² DCCN, DTCN, puis DCN et enfin DCNS, ces différentes dénominations scandent l'histoire des relations Etat/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'Etat en 2003. DCNS opère sous sa nouvelle dénomination depuis 2007.

⁴³ Voir Annexe : Le programme britannique *Successor*, entre dérisquage et nouvelles pratiques contractuelles (p.43).



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

DCNS œuvre actuellement sur trois générations de SNLE :

- Démantèlement et déconstruction des SNLE de 1^{ère} génération⁴⁴.
- MCO des 4 SNLE⁴⁵ en service et adaptation au M51⁴⁶ 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 (MEOSAD⁴⁷ : stockage et lancement des missiles). De plus, en sous-traitance d'Airbus Safran Launchers, DCNS assure une partie du MCO des missiles stratégiques du type M45 et M51 sur la base de l'Île Longue⁴⁸.

Des partenaires stratégiques⁴⁹

AREVA TA

AREVA TA 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.

Sur spécifications et en collaboration avec AREVA TA, DCNS est le fabricant des composants du bloc chaudière (cuve, générateur de vapeur, etc.) et l'intégrateur de la chaudière dans le navire.

Airbus Safran Launchers (ASL)⁵⁰

Maître d'œuvre du missile MSBS M51 et de ses propulseurs, ASL 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.

Ses activités couvrent l'ensemble du cycle de vie, des études amont en passant par la conception, le développement et la production en série jusqu'au démantèlement (notamment traitement biologique des déchets de propergols et des chargements en retour de dotation).

⁴⁴ Voir Annexe : Le démantèlement des SNLE de première génération (p.41).

⁴⁵ Voir Annexe : L'entretien des SNLE ou la permanence de la dissuasion (p.38).

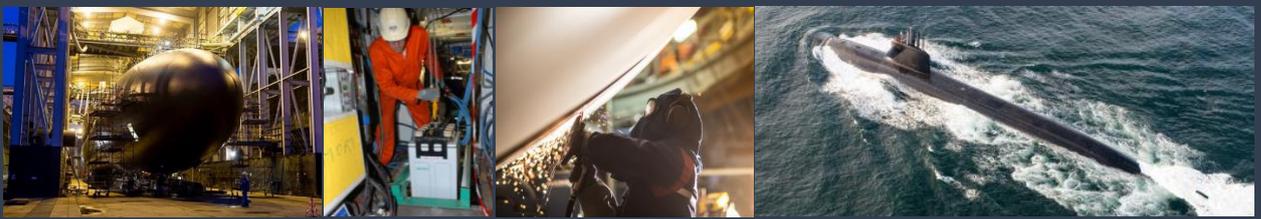
⁴⁶ Voir Annexe : Le programme IPER Adaptation M51 (IA M51) (p.40).

⁴⁷ MEOSAD : mise en œuvre du système d'arme de dissuasion.

⁴⁸ Voir Annexe : La base opérationnelle de l'Île Longue (p.37).

⁴⁹ ASL et AREVA TA feront l'objet d'une analyse spécifique dans le cadre d'un second volet de l'étude, à paraître fin 2016.

⁵⁰ 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 Defense&Space -et depuis le 1^{er} 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.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

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 et l'ensemble de la filière.

Pour les entreprises ayant des activités dans le domaine stratégique, les contraintes sont fortes et multifacettes, le niveau d'exigence particulièrement élevé, en raison de cet objectif ultime à atteindre : garantir la crédibilité de la dissuasion.

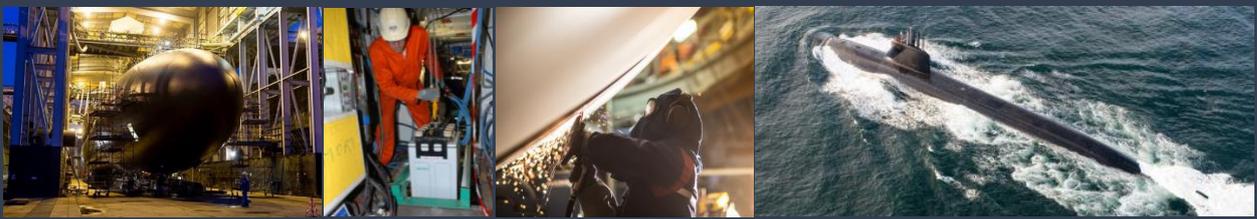
- Les systèmes et équipements embarqués sur un SNLE doivent offrir des performances d'exception, tout en répondant aux plus hautes exigences de fiabilité, de sécurité et de sûreté. Les technologies sont durcies pour supporter de nombreuses contraintes inhérentes à l'environnement sous-marin et à la spécificité des opérations. 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. Maîtrise d'œuvre d'ensemble des SNLE : spécificité et criticité des compétences

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 (effet volume) et certaines exigences de sûreté nucléaire (sûreté nucléaire mutuelle armes / chaufferie).

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, le formage et le



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

soudage de l'acier 100 HLES⁵¹ (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'Armes Dissuasion (CESAD)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ingénierie Système et Architecture de la CESAD ▪ Mise en œuvre du SAD (partie DCNS) ▪ 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 Plateforme	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Système global de navigation ▪ Transmissions VLF ▪ Surveillance de l'état acoustique ▪ CMS ▪ Intégration Sonar
Performances transverses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sûreté nucléaire ▪ Sécurité générale et pyrotechnique ▪ Furtivité ▪ Tenue au choc ▪ Environnement

Dans ces différents domaines techniques, les compétences sont considérées comme critiques. La criticité n'est pas ici une notion désincarnée. Elle est fonction d'un certain nombre de facteurs⁵² : 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 construit 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).

Spécificité et criticité des compétences, mais aussi maîtrise collective. En effet, la capacité de l'entreprise à assurer la maîtrise d'œuvre d'un programme aussi complexe que celui de la conception et de la construction d'un SNLE réside non pas dans la simple juxtaposition d'expertises individuelles mais dans leur articulation (processus itératifs, interfaçage des différents sites et entités, gestion des flux, pilotage de la supply chain, etc.).

⁵¹ 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.

⁵² 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 1.SNLE

Savoir-faire en matière de conception et de développement

Intervenant en tant que concepteur, 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 et Lorient, 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.

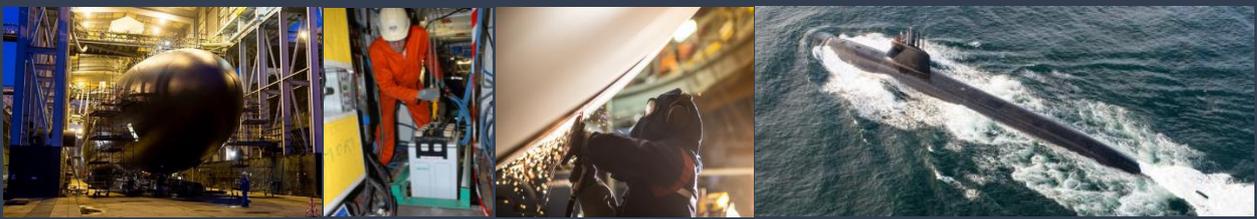
Le maintien des compétences suppose ainsi des activités continues en études d'architecture (avant-projets détaillés) et en études et démonstrateurs technologiques. L'exemple britannique en offre une parfaite illustration (gap de plus de 11 ans entre le design des *Vanguard* et celui des *Astute*, mettant en grandes difficultés BAE Systems et toute sa chaîne de fournisseurs, avec des conséquences majeures en termes de coûts et de délais⁵³).

DES CENTRES TECHNIQUES DE NIVEAU MONDIAL

Le Centre d'essais techniques et d'évaluations de Cherbourg (CETEC)⁵⁴ 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 de tôles et de tuyauteries), tout comme les matériaux anticorrosion pour les prises d'eau de mer ou encore le

⁵³ Voir Annexe : Le programme britannique *Successor*, entre dérisquage et nouvelles pratiques contractuelles (p.45).

⁵⁴ 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 1.SNLE

développement des articulations élastomères qui contribuent à la discrétion acoustique des SNLE-NG⁵⁵.

Depuis novembre 2011, l'entité DCNS Research rassemble les équipes du groupe⁵⁶ 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 renouvelables⁵⁷.

Savoir-faire en matière d'assemblage et d'intégration

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



©DCNS

MUGC⁵⁸ (Machine d'usinage de grande capacité)



©DCNS

La construction du sous-marin allie différents métiers :

- Métiers liés 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).

⁵⁵ « DCNS-Cherbourg : un centre d'essai unique en France », *La Manche Libre*, 09 novembre 2011, voir également Foillard H., Piketty G., Dambrine F., *Rapport sur le maintien des compétences et l'optimisation des activités de DCN-Cherbourg*, Juin 1998, 32 pages.

⁵⁶ 120 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 plateformes navales) + 30 personnes réparties sur Cherbourg (centre de corrosion Marine), Bagneux et Toulon.

⁵⁷ 350 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

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.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

- 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).

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

Soulignons que l'ensemble des procédés de réalisation sont qualifiés (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 durant toutes les étapes de la construction⁶⁰.

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

Savoir-faire en matière d'entretien des SNLE⁶¹ et de démantèlement⁶²

L'entretien d'un SNLE recèle plusieurs spécificités, parmi lesquelles⁶³ :

- la présence d'un réacteur nucléaire et de missiles balistiques équipés de têtes nucléaires.
- l'exigence d'une très forte disponibilité, notamment accrue par la réduction du nombre de SNLE en service.
- 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.
- un très haut niveau d'intégration et de complexité des matériels embarqués.

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 M51. Entre chaque IPER, des travaux d'entretien courant périodique (« Indisponibilité pour Entretien » ou IE) sont réalisés⁶⁴.

Si au début et en fin d'IPER, les SNLE sont accueillis à l'Île longue (site étatique habilité pour la manipulation de combustible irradié, et le débarquement/embarquement des missiles), la majeure partie des opérations est réalisée sur le site industriel de Brest. En plus des opérations de MCO menées à bord, sont mobilisées les ateliers de MCO, le centre d'essai et d'expertise ainsi que le bureau d'étude (gestion de configuration, proposition de solutions de réparation, etc.). D'autres sites de DCNS peuvent être sollicités, par exemple

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.*

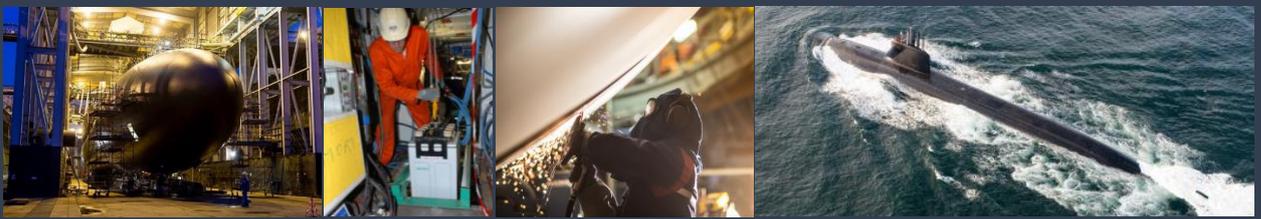
⁶⁰ D'Arbonneau Thierry, *La construction d'un sous-marin, op.cit.*

⁶¹ Voir Annexes : L'entretien des SNLE ou la permanence de la dissuasion (p.38), La base opérationnelle de l'Île Longue (p.37).

⁶² Voir Annexe : Le démantèlement des SNLE de première génération (p.41).

⁶³ 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.

⁶⁴ Voir Annexe : L'entretien des SNLE ou la permanence de la dissuasion (p.38).



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

Indret pour le système énergie propulsion⁶⁵. Réalisés dans les bassins de l'Île longue, les IE voient également intervenir les équipes de DCNS Brest.

Les opérations de démantèlement des SNLE sont réalisées sur le site de Cherbourg⁶⁶. 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.

2.4. DCNS et sa chaîne de sous-traitance ou le défi de la sécurité d'approvisionnement

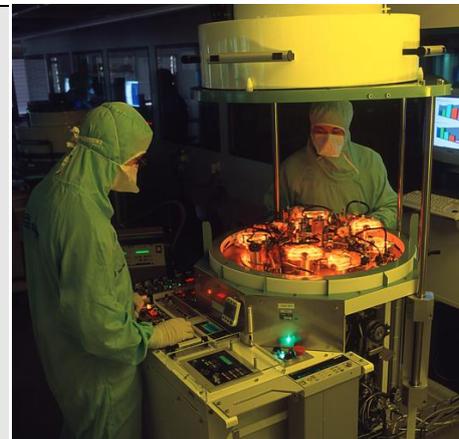
Maître d'œuvre d'ensemble et architecte d'ensemble du navire, DCNS pilote une chaîne de sous-traitants composée d'industriels des secteurs mécanique, électrique et électronique, parmi lesquels figurent notamment Thales, Safran, CNIM, Aubert&Duval, Creusot Forges, Valinox, ECA, Techlam, GE Thermodyn ou encore Jeumont, mais aussi plusieurs centaines de PME.

Ils interviennent dans cinq grands domaines : 1.Semi-produits et ébauches, 2.Platforme, 3.Energie Propulsion, 4.Electricité, 5.Lutte sous-marine et Détection électromagnétique et guerre électronique.

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.

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* »⁶⁷. Depuis les années 1950-60, Safran Electronics & Defense (ex entité Sagem) est au cœur du développement de ces technologies critiques⁶⁸ qui conditionnent l'autonomie de la FOST⁶⁹. De plus, Safran Electronics & Defense est en charge des périscopes et mâts optroniques.



©Safran

⁶⁵ Voir Dossier spécial, *Le Marin*, n°3167, *op.cit.*

⁶⁶ Voir Annexe : Le démantèlement des SNLE de première génération (p.41).

⁶⁷ Pommelet Pierre-Eric, « Les systèmes de navigation des SNLE », *L'Armement*.

⁶⁸ 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.

⁶⁹ Pommelet Pierre-Eric, *op.cit.* Voir également, D'Arbonne 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 1.SNLE

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 augmentées⁷⁰. Sur le SNLE NG *Le Triomphant*, le sonar représentait à lui seul le plus grand projet logiciel jamais développé en France à cette époque⁷¹. 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 performances⁷²) 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

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.

Au sein de la supply chain de DCNS, des fournisseurs spécialisés ont été « ballottés » au gré des opérations de fusions-acquisitions intervenues au cours de la dernière décennie, tombant pour certains d'entre eux sous bannière étrangère. Citons quelques exemples :

- **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%

⁷⁰ 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.

⁷¹ 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.

⁷² 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 1.SNLE

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.

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 équipementière. 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.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

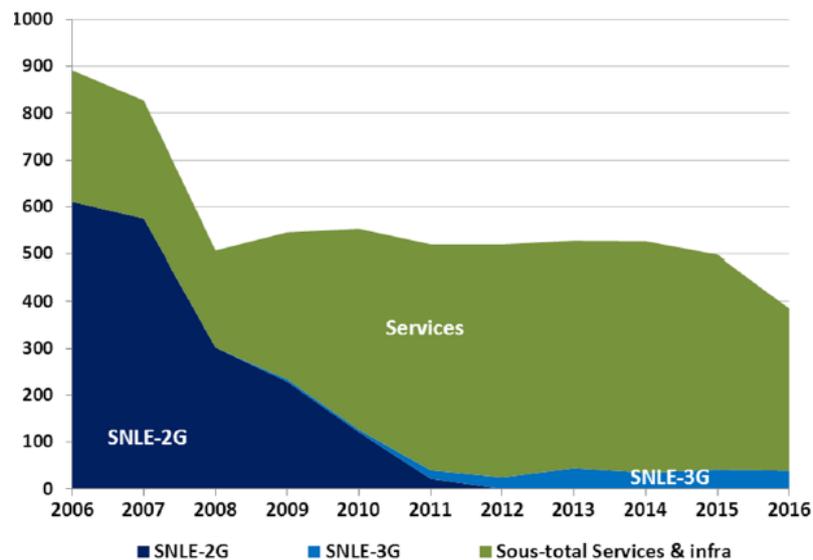
3. Impact économique des activités Dissuasion/SNLE de DCNS

3.1. Des sites DCNS innervés par les activités Dissuasion

Bien que cette étude se focalise sur le périmètre SNLE, il est important de souligner que la dissuasion détermine l'activité de DCNS bien au-delà du « cœur » de la composante océanique. Le domaine pris dans son périmètre le plus large intègre d'autres moyens et équipements de type conventionnel nécessaires à la mise en œuvre de la FOST (SNA, frégates de lutte anti-sous-marine, torpilles) ainsi qu'une partie de la composante aérienne de la dissuasion embarquée sur le PA Charles-de-Gaulle (FANU).

Adaptation des trois SNLE-NG au missile M51, MCO des SNLE et des MSBS, construction et entretien des SNA Barracuda, entretien et modernisation du PA Charles-de-Gaulle, études amont en vue du SNLE-3G, ces activités représentent environ 1 Mds€ de chiffre d'affaires (CA) annuel, dont 50% relèvent des seules activités liées aux SNLE (soit 500 M€ en 2015).

Evolution du CA HT Dissuasion/SNLE de DCNS 2006 à 2016, en € courants⁷³



Si l'ensemble des sites DCNS sont innervés par les activités Dissuasion, cinq d'entre eux se caractérisent par un degré de dépendance plus marqué :

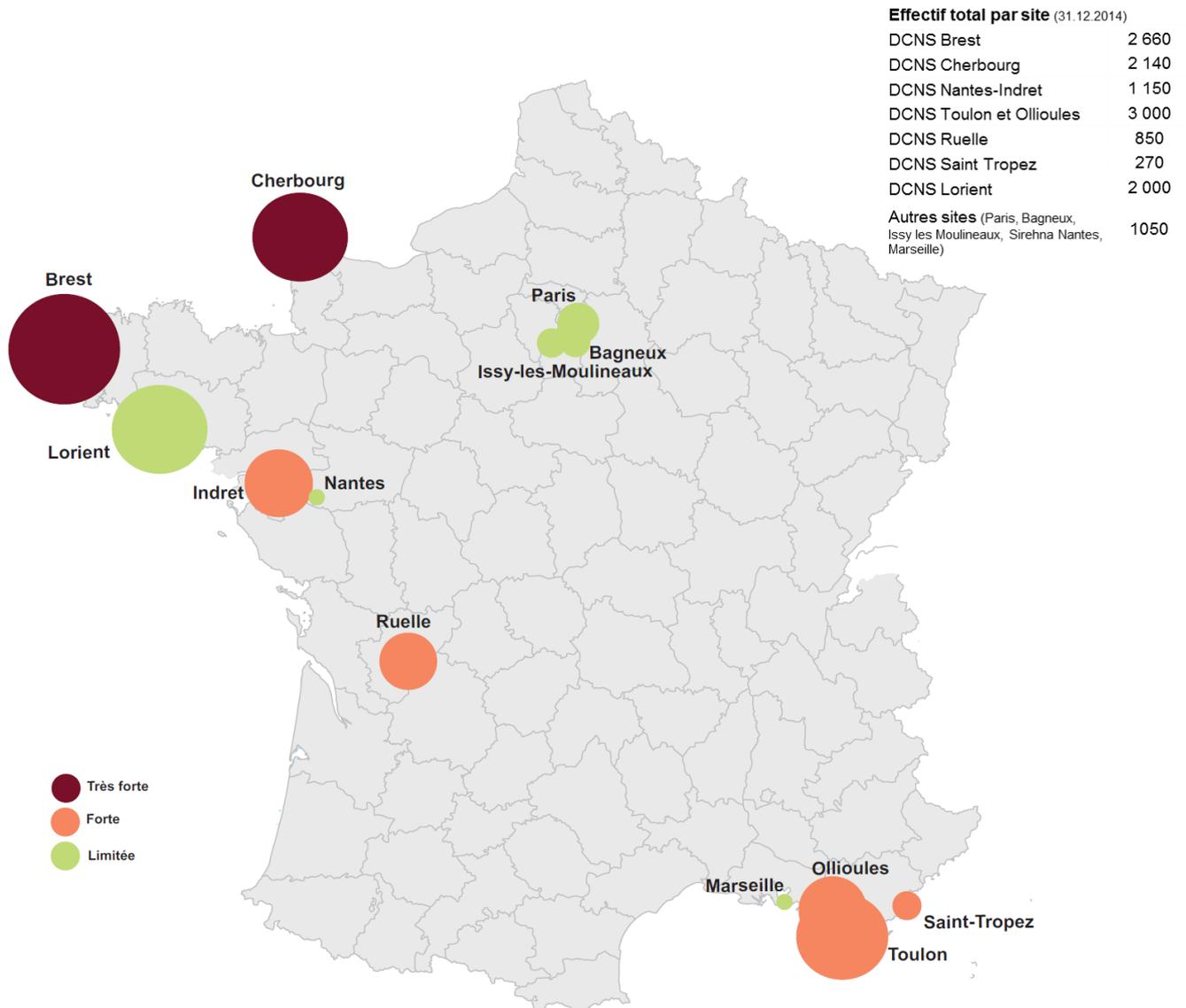
- Cherbourg
- Brest
- Nantes-Indret
- Toulon-Ollioules
- Ruelle

⁷³ Source : DCNS



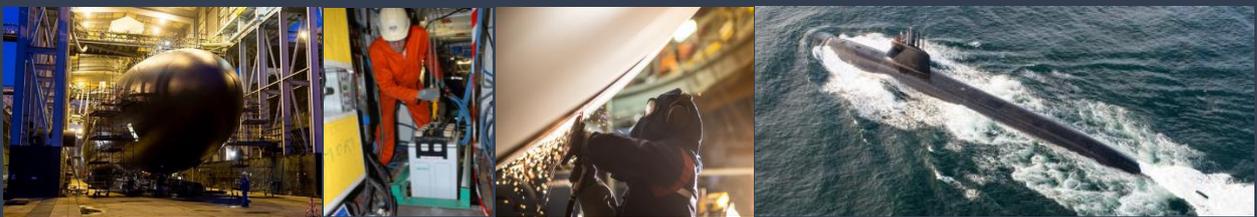
Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

DCNS : effectif total par site et degré de dépendance des sites aux activités Dissuasion



Cherbourg	Conception, production, intégration, essais et démantèlement des SNLE
Brest	Entretien et modernisation des SNLE (et de leurs infrastructures associées), et MCO des missiles stratégiques sur la base de l'Île Longue ⁷⁴
Nantes-Indret	Conception, production et essais du système énergie-propulsion
Toulon-Ollioules	Systèmes de combat et systèmes d'arme de dissuasion (SAD)
Ruelle	Conception et production de sous-systèmes critiques (tubes lance-torpilles, tubes lance-missiles, systèmes de hissage de mats,...), pyrotechnie
Saint-Tropez	Conception, production, et essais des torpilles lourdes et des contre-mesures
Lorient	Conception amont des SNLE

⁷⁴ Voir Annexe : La base opérationnelle de l'Île Longue (p.36).



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

3.2. Emplois et valeur ajoutée générés en France

Afin de mesurer l'impact économique (emplois et valeur ajoutée) des activités du groupe DCNS liées aux SNLE, la méthode input-output a été mobilisée⁷⁵. Cette méthode nécessite de connaître le montant de ces activités⁷⁶ (montant fourni par DCNS) et sa décomposition en termes de branches d'activité.

L'exercice distingue deux types de période :

- les périodes hors programme de renouvellement des SNLE.
- les périodes de renouvellement de la FOST.

En outre, concernant la décomposition en termes de branches d'activité de l'activité Dissuasion/SNLE, deux hypothèses ont été utilisées :

- Hypothèse 1 : estimation de cette composition à partir des programmes Barracuda et IA M51 (données DCNS) qui sont représentatifs d'un programme de sous-marins nucléaires.
- Hypothèse 2 : reprise des ratios fournis par DCNS et découlant de la distribution des fournisseurs du groupe selon leur activité principale (NAF rev.2) en 2014.

Au niveau des emplois, ces derniers sont calculés en personnes physiques. Les emplois générés en France représentent l'addition des emplois directs, indirects et induits :

- Emplois directs : effectifs DCNS (production et hors production).
- Emplois indirects : effectifs générés par les commandes DCNS au sein de la chaîne de fournisseurs et sous-traitants.
- Emplois induits : effectifs générés par la consommation des seuls emplois indirects.

% de valeur ajoutée créée en France	Activité annuelle moyenne 2011-2015 : hors renouvellement SNLE		Activité annuelle moyenne lors des 20 années de renouvellement	
	Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 1	Hypothèse 2
	90%		90%	
Effectifs directs et indirects en France	4 500	4 600	6 900	7 000
Effectifs induits	1 800	-	3 000	-
Emplois directs, indirects et induits en France	6 300		9 900	

Ainsi, en période hors programme de renouvellement des SNLE, on peut considérer que l'activité Dissuasion/SNLE de DCNS génère environ 4 500 emplois directs et indirects par an.

En période de renouvellement, cette activité génère 6 900 emplois directs et indirects par an, sur une période de 20 ans.

Dans les deux cas, la part de valeur ajoutée créée en France s'élève à 90%.

⁷⁵ Voir Annexe : Impact économique : méthodologie (p.29).

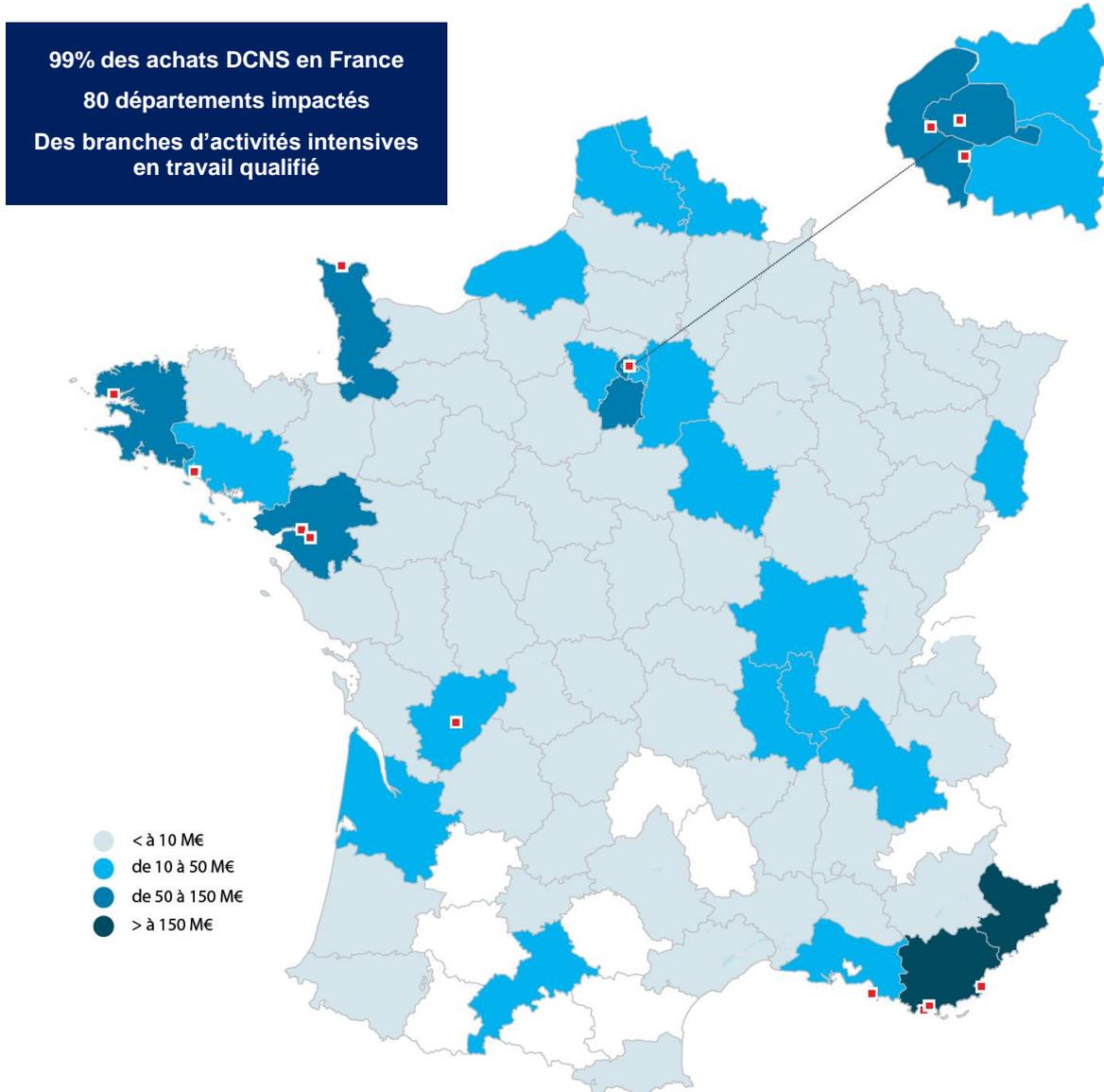
⁷⁶ Il couvre un périmètre restreint aux activités du groupe liées aux SNLE : études en cours sur le SNLE de troisième génération, MCO des SNLE (entretien courant - maintien de la posture), IPER et programme IA M51, démantèlement et déconstruction des SNLE de première génération, MCO des missiles stratégiques (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 1.SNLE

3.3. Impact territorial

Une analyse des achats de DCNS (commandes directes) pour l'activité Dissuasion/SNLE montre que 99% du volume des commandes ont pour destinataires des fournisseurs (au rang 1) localisés en France métropolitaine⁷⁷.



Si 80 départements sont concernés, 10 d'entre eux concentrent 63% des achats réalisés par DCNS: Alpes-Maritimes (12,9%), Var (8,9%), Paris (7,8%), Manche (6,8%), Finistère (6,4%), Loire-Atlantique (6,3%), Essonne (4,8%), Hauts-de-Seine (3,1%), Isère (2,8%), et Bouches-du-Rhône (2,8%).

Une répartition sectorielle de ces commandes montre également que les trois principales branches d'activités concernées, « Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques » (22,5%), « Fabrication de machines et équipements » (13,4%), et « Activités d'architecture et d'ingénierie, activités de contrôle et analyses techniques » (12%), sont aussi parmi les plus intensives en travail qualifié.

⁷⁷ Voir Annexe : Impact économique : méthodologie (p.29).



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

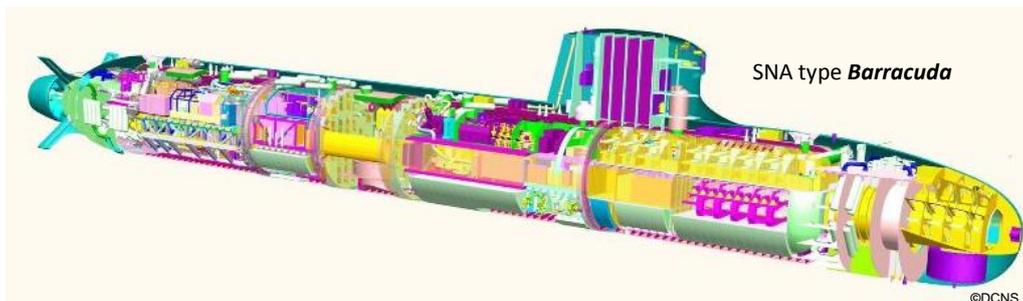
3.4. Fertilisation croisée

Des SNLE aux SNA et sous-marins conventionnels

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 ASM, 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-marin, 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 accrues⁷⁸.



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 amélioration de la sûreté nucléaire et de la radioprotection⁷⁹.

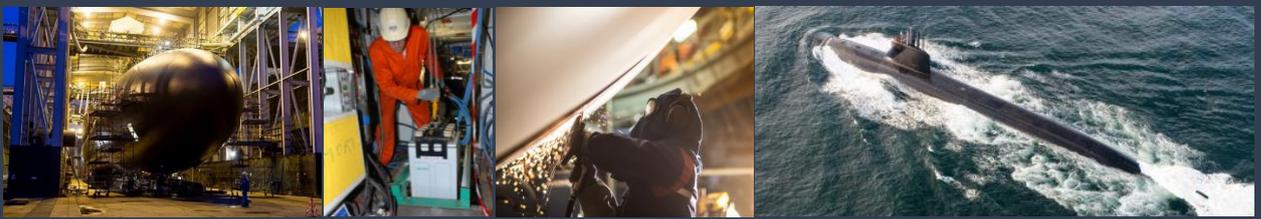
Dynamique export : crédibilité et effet d'attractivité

Les Etats 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 Etats 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.

⁷⁸ « 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.

⁷⁹ Fribourg Charles, *La technologie des réacteurs de propulsion navale*, et Guillaud, Gauducheau, *Les RPMP pour la propulsion navale*, www.iaea.org/inis.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

Il y a là un effet d'attractivité qui bénéficie aux offres du groupe français 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.

Dynamique d'innovation et applications civiles

Les efforts de R&D liées 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 matériaux⁸⁰.
- 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 d'une nouvelle technologie de rupture, les centrales inertielles à cœur GRH (Gyroscope Résonnant Hémisphérique), conçues pour des applications duales.
- Secteur automobile : 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.

⁸⁰ 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 1.SNLE

ANNEXES



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

Impact économique : méthodologie

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

Afin de connaître l'impact sur la chaîne de sous-traitance de l'activité Dissuasion de DCNS, 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 DCNS.

En revanche, aucune information n'étant encore disponible sur la composition en termes de branche d'activité de la dépense liée au nouveau programme Dissuasion, deux hypothèses ont été retenues:

- Dans la première, en accord avec le commanditaire de l'étude, nous avons décidé d'estimer cette composition à partir des programmes Barracuda + IA M51. Pour ces derniers, nous avons regroupé les paiements effectués par code d'activité.
- Dans la seconde, nous avons directement repris les ratios fournis par le commanditaire et découlant de la distribution des fournisseurs de DCNS selon leur activité principale (NAF rev.2) en 2014. En fonction de la répartition sectorielle de l'ensemble des dépenses de DCNS en 2014, l'Observatoire Economique de la défense a estimé à 12,2 emplois générés directement ou indirectement par la chaîne de sous-traitance par million d'euros de dépense de DCNS

Emplois en personnes physiques et emplois en équivalent temps plein

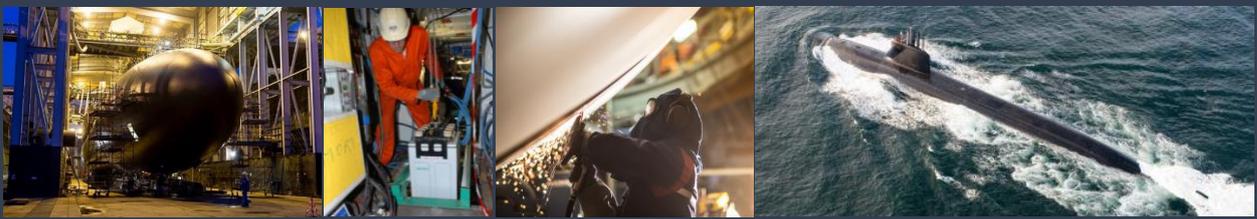
L'emploi peut être mesuré soit en personnes physiques (PP) soit en « équivalent temps plein » (ETP). Comme le rappelle l'Insee (note méthodologique n°15, 2008), à la différence de l'emploi en personnes physiques, la notion d'ETP « intègre la proportion de salariés à temps partiel, leur durée, le travail au noir, et la fraude (cette dernière correspondant au travail supplémentaire non déclaré). Cette notion permet de comptabiliser, pour un équivalent temps plein, deux personnes travaillant à mi-temps... il est également possible par exemple qu'un employé donné travaille plus d'un temps-plein, s'il cumule deux emplois à mi-temps et quelques heures de services à domicile le week-end ou quelques heures supplémentaires non déclarées ». Le ratio ETP/PP varie de 0,93 à 1,05 selon les secteurs et la moyenne pour l'ensemble des secteurs est de 0,993.

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 (voir annexe) 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 liées à l'activité dissuasion chez ses 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. 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



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

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.

Décomposition sectorielle de la dépense

A partir des programmes étudiés, nous avons estimé la répartition en branches d'activité de la dépense liée à l'activité dissuasion. Cette répartition par branche d'activité déterminera ensuite l'effet sur l'activité et l'emploi.

La dépense de DCNS pour ces deux programmes fait essentiellement appel aux branches suivantes : Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques, Fabrication de machines et équipements, Activités d'architecture et d'ingénierie et activités de contrôle et analyses techniques, Fabrication de produits métalliques, Fabrication d'équipements électriques, Réparation et installation de machines et d'équipements, Travaux de construction spécialisés, Commerce de gros, Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique, Métallurgie, Fabrication d'autres matériels de transport, Programmation, conseil et autres activités informatiques, Services relatifs aux bâtiments et aménagement paysager...

Les branches Activités d'architecture et d'ingénierie et activités de contrôle et analyses techniques, Fabrication de produits métalliques ou Réparation et installation de machines et d'équipements, qui représentent la plus grande partie de la dépense, sont plus intensives en travail que des branches comme la Métallurgie ou la Fabrication d'autres matériels de transport.

De même, la branche Activités d'architecture et d'ingénierie et activités de contrôle et analyses techniques est caractérisée au niveau national par un taux d'importation plus faible que des branches comme la Métallurgie.

Répartition de la dépense en branches d'activité (%)





Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

SNLE de première génération

La décision de mettre en chantier le premier des SNLE (8 000 tonnes en surface), et de le doter de 16 missiles balistiques, date de 1963⁸¹. Les sous-marins construits en France n'étaient alors que des sous-marins d'attaque à propulsion diesel-électrique classique de relativement faible tonnage (500 à 1 600 tonnes en surface). La réalisation de deux installations prototypes joueront dès lors un rôle primordial dans le bon déroulement du programme :

- Le prototype à terre (PAT) de propulsion nucléaire de Cadarache dont la construction a débuté en 1960. Il a divergé et donné sa pleine puissance dès 1964.
- Le sous-marin expérimental Gymnote (3 000 tonnes de déplacement en surface), mis en chantier à Cherbourg en 1961 et présenté aux essais officiels en 1965. Il compte 4 tubes lance-missiles, dont 2 équipés et identiques à ceux des SNLE⁸².

Le premier aura permis la mise au point de la partie nucléaire de la propulsion, et le second celle des installations de lancement de missiles.

Le premier des SNLE, **Le Redoutable**, est lancé en 1967, présenté aux essais officiels en 1969, admis au service actif fin 1971, pour une première patrouille opérationnelle en janvier 1972. Il emporte une dotation de 16 missiles MSBS M1, d'une portée d'environ 2 500 km et porteur chacun d'une tête nucléaire à fission d'une puissance de 500 kT. Un an plus tard, en 1973, avec l'entrée en service du SNLE **Le Terrible**, la permanence à la mer d'au moins un SNLE est assurée. Mi-1974, **Le Foudroyant** reçoit lors de son entrée en service une dotation de 16 missiles M2, de portée un peu supérieure au M1 (3 000 km). Fin 1976, **L'Indomptable** emportera 16 missiles M20 à têtes thermonucléaires mégatonniques, disposant de capacités de pénétration des défenses adverses accrues.

Parallèlement à l'achèvement des SNLE **Le Tonnant** et **L'Inflexible**, le développement d'une nouvelle génération de missiles MSBS, le M4, se poursuit (missile tri-étages de 35 tonnes et 5 000 km de portée ; à 6 têtes nucléaires indépendantes de 150 kT chacune).

En 1985, lors de son admission au service actif, **L'Inflexible** sera directement armé de missiles M4 dont la portée accrue augmente la zone de patrouille du sous-marin, le rendant par là même plus difficile à détecter. A l'exception du **Redoutable**, tous les SNLE du type seront portés au standard M4 dans le cadre d'opérations de refonte menées entre 1985 et 1993.



©Marine nationale

⁸¹ Voir *Les sous-marins nucléaires français*, Marines Editions, 2007, 95 pages et Cariou Yves, *FOST*, Marines Editions, 2006, 139 pages, et Duval Emmanuel, « L'aventure des SNLE français », *La Revue Maritime*, n°491, Juin 2011, pp.10-21.

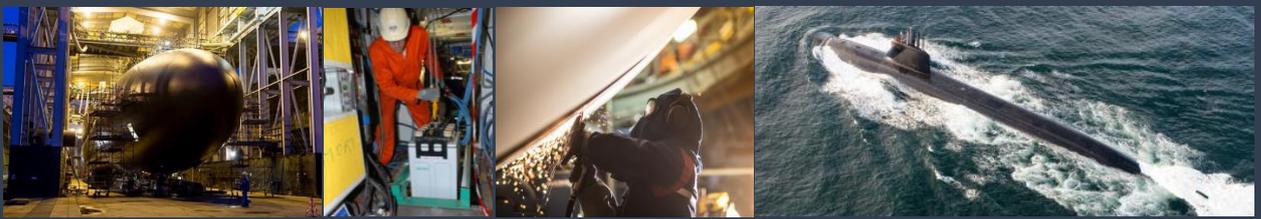
⁸² *Ibid.*



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

Dates clés sur la période 1945 – 2008

- 1945 Création du CEA
- 1958 Abandon du projet de sous-marin Q244 (initié en 1956) équipé d'un réacteur à eau lourde et uranium naturel. A la suite, prototype à terre (PAT) jugé indispensable.
Création de la Direction des applications militaires (DAM) au sein du CEA.
- 1959 Création de la Société pour l'Etude et la Réalisation d'Engins Ballistiques (SEREB).
Accord avec les Etats-Unis relatif à la cession de l'uranium nécessaire aux besoins du PAT.
- 1960 Première Loi de programmes 1960-64 : financement composante aérienne, études pour les missiles balistiques, construction du PAT et du 1^{er} SNLE (sans passer par la réalisation d'un SNA), et construction d'une usine d'enrichissement de l'uranium à Pierrelatte.
- 1961 Création de la Délégation ministérielle pour l'armement (DMA ; 1977 renommée DGA).
- 1962 Mise en place de l'organisation Coelacanthe.
Décision de construire le sous-marin *Gymnote* à propulsion diesel.
Décision de réalisation de la composante sol-sol balistique stratégique (SSBS).
- 1963 (Mars) Décision de lancer la construction du premier SNLE *Le Redoutable* au sein de l'arsenal de Cherbourg.
- 1964 (Août) PAT diverge à Cadarache.
Mise sur cale du *Terrible*.
- 1965 L'île longue privilégiée pour accueillir le futur port base des SNLE.
- 1969 (Février) Réacteur du *Redoutable* diverge.
Mise sur cale du *Foudroyant*.
- 1970 Fusion de SEREB avec Nord-Aviation et Sud-Aviation, pour former la Société Nationale Industrielle Aérospatiale (SNIAS ; futur Aérospatiale Matra).
La base de l'île Longue désormais opérationnelle.
- 1971 (Août) Première unité de tir de la composante SSBS opérationnelle sur le plateau d'Albion.
(Mai et Juin) Deux tirs en plongée d'un missile M1 d'exercice.
(1^{er} décembre) *Le Redoutable* admis au service actif.
Mise sur cale de l'*Indomptable*.
- 1972 (29 janvier) Première patrouille opérationnelle du *Redoutable* (doté de 16 missiles MSBS M1).
- 1973 Entrée en service du *Terrible*.
- 1974 Les missiles M1 sont remplacés par les M2 sur le *Redoutable*.
Entrée en service du *Foudroyant* (missiles M1/M2), et mise en chantier du *Tonnant*.
- 1976 Entrée en service de l'*Indomptable* (missiles M20).
- 1980 Entrée en service du *Tonnant* (doté de missiles M20).
Mise en chantier de l'*Inflexible*.
- 1985 Entrée en service de l'*Inflexible*, armé de missiles M4.
- 1986 Lancement du développement d'une nouvelle génération de SNLE (SNLE NG).
- 1985-87 *Le Tonnant* : refonte missiles M4.
- 1987-89 *L'Indomptable* : refonte missiles M4.
- 1988-90 *Le Terrible* : refonte missiles M4.
- 1990-93 *Le Foudroyant* : refonte missiles M4.
- 1991 Retrait du service actif du *Redoutable*.
- 1996 Décision de supprimer la composante sol/sol (fermeture plateau d'Albion).
- 1996-2008 Retrait des SNLE de première génération.



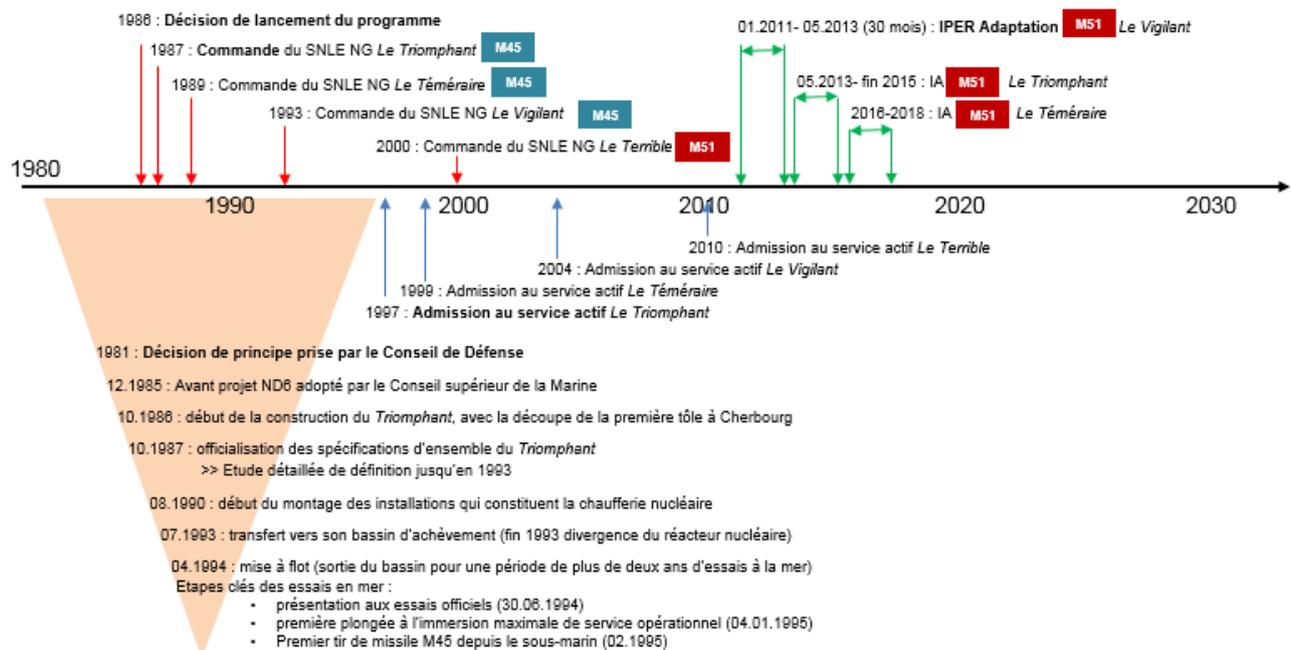
Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

SNLE de deuxième génération

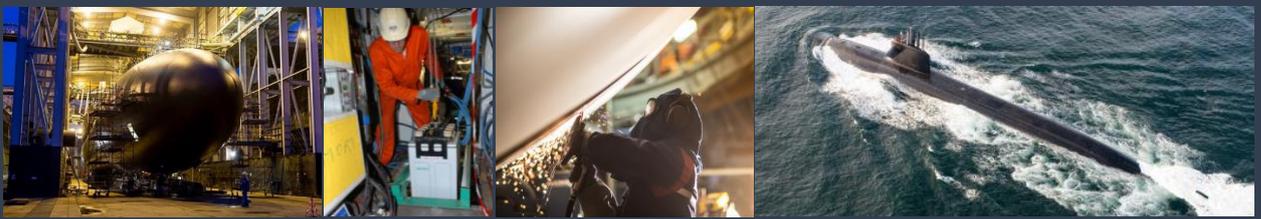
Après 51 patrouilles et 3469 journées en mer, *Le Redoutable* est retiré du service actif en 1991, suivi entre 1996 et 2008, par les 5 autres sous-marins de première génération.

C'est en 1986 que le ministère de la Défense lance le programme de SNLE de nouvelle génération (SNLE NG), cinq ans après la décision de principe prise par le Conseil de Défense. Les quatre nouveaux bâtiments *Le Triomphant*, *Le Téméraire*, *Le Vigilant*, et *Le Terrible* sont admis au service actif respectivement en 1997, 1999, 2004 et 2010.

Les SNLE NG type *Le Triomphant* sont définis pour pouvoir emporter à terme des missiles balistiques aux performances accrues. Le calendrier de réalisation des nouveaux missiles n'étant pas compatible avec celui des SNLE NG, les trois premiers du type entrent dans le cycle opérationnel avec des missiles M45 (35 tonnes), dérivés des M4. En 1998, décision est prise d'équiper le 4^{ème} bâtiment, *Le Terrible*, du missile de troisième génération M51 (53 tonnes), et ce, dès sa mise en service en 2010. Les trois premiers SNLE NG seront refondus à l'occasion de leur premier ou second grand carénage en version M51, entre 2010 et 2018 (programme Adaptation IA M51). Comme le rappelle Laurent Sellier « cette optimisation technico financière très poussée a été réalisée en contrepartie d'une prise de risque importante qui se traduisait par une absence de droit à l'erreur pour réaliser le couple Terrible/M51 et par des marges calendaires quasi nulles sur près d'une décennie »⁸³.



⁸³ Sellier Laurent, « 2010 : mise en service opérationnel du M51 sur Le Terrible », Revue la CAIA, n°95, juin 2011, pp.38-42.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

Défis techniques

Quatre principes directeurs guident la conception d'un sous-marin⁸⁴ :

- 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.
- L'invulnérabilité.

Les évolutions techniques des sous-marins s'inscrivent dans la réalisation d'un ou plusieurs de ces objectifs⁸⁵.

Pour la construction des SNLE de première génération type *Le Redoutable*, les défis techniques étaient nombreux. Ils auront nécessité la définition d'installations entièrement nouvelles⁸⁶, en matière de :

- coque épaisse (acier 80 HLES, pour Haute Limite d'Elasticité Soudable, permettant d'atteindre des immersions importantes).
- propulsion nucléaire.
- sécurité plongée (pilotage à grande vitesse en plongée, stabilisation en immersion à basse vitesse).
- navigation-recalage (centrales inertielles de navigation et périscope de visée astrale donnant la précision nécessaire au système d'armes dissuasion).
- moyens de télécommunication et de détection.
- armement (tubes de lancement et dispositif de chasse des missiles).
- équipements spécifiques pour la vie à bord (moyens de régénération de l'atmosphère)⁸⁷.

Mention particulière doit être faite de la propulsion nucléaire, dont l'avènement aura permis un accroissement considérable de l'autonomie du sous-marin, désormais affranchi de la nécessité d'une indiscretion « schnorchel » pour recharger ses batteries d'accumulateurs⁸⁸. Première application véritable de l'énergie nucléaire contrôlée, la propulsion nucléaire représente une réalisation nouvelle et particulièrement complexe développée pour les SNLE. Le système propulsif comporte un réacteur à uranium enrichi et à eau naturelle sous pression qui alimente en vapeur une turbine. L'énergie mécanique de la turbine est utilisée pour faire tourner l'arbre d'hélice du sous-marin (via un réducteur). La vapeur produite par le réacteur fournit également l'électricité et l'eau douce du bord⁸⁹.



⁸⁴ 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.

⁸⁵ *Ibid.*

⁸⁶ IGA Marçais, « Le programme *Cœlacanthe* », *L'Armement*, n°50, avril 1978, pp.122-139.

⁸⁷ IGA Marçais, « Le programme *Cœlacanthe* », *op.cit.*, p.131, et Cariou Yves, *Les sous-marins nucléaires français*, Marines Editions, 2007, 95 pages et Cariou Yves, *FOST*, Marines Editions, 2006, 139 pages, p.15.

⁸⁸ Laisney André, *Le Redoutable & l'histoire des techniques des sous-marins*, Marines Editions, 2012, 166 pages, et Picard Michel, Tertrais Bruno, « La propulsion nucléaire, un savoir-faire indispensable à la souveraineté nationale », *FRS, Recherches&Documents*, juin 2006, 92 pages.

⁸⁹ IGA Marçais, « Le programme *Cœlacanthe* », *op.cit.*, p.127, voir également Fribourg Charles, *La technologie des réacteurs de propulsion navale*, et Guillaud, Gauducheau, *Les RPMP pour la propulsion navale*, www.iaea.org/inis.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

Le moyen privilégié de détection des sous-marins en plongée est la détection acoustique. Comme le souligne Jean Le Tallec (STCAN, 1990) « *La conception d'un sous-marin vis-à-vis d'une menace de détection s'appuie sur la démarche suivante : faire en sorte que le sous-marin ait un préavis suffisant, appelé « avantage de détection ».* Cela signifie que le sous-marin doit connaître le premier la présence d'un adversaire, soit pour bénéficier de l'effet de surprise, soit pour se dérober »⁹⁰. Détenir cet avantage acoustique sur l'adversaire implique que le SNLE soit plus silencieux et dispose de moyens de détection plus puissants. Face aux moyens de détection, l'invulnérabilité du sous-marin fait intervenir plusieurs paramètres :

- l'immersion maximale (permise grâce à l'utilisation d'aciers spéciaux), qui est une qualité défensive.
- l'indépendance vis-à-vis du dioptré (grâce à des moyens de navigation, de réception des transmissions en plongée et des moyens de connaissance de la situation tactique).
- la discrétion acoustique (amélioration du silence avec notamment des dispositifs de supportage entre objets et structures).
- les revêtements extérieurs de carène.

De nouveaux équipements de détection sous-marine font leur apparition au début des années 1980. Fondée sur l'écoute passive dans les très basses fréquences, ils représentent une menace croissante pour les sous-marins. Dans ce contexte, pour la nouvelle génération de SNLE, l'effort est clairement porté sur l'indétectabilité.

Le Triomphant, premier SNLE NG, se voit fixer des objectifs de performance particulièrement relevés, nécessitant de nombreuses innovations par rapport à la génération précédente. C'est un véritable bond en matière d'invulnérabilité qui est demandé⁹¹ :

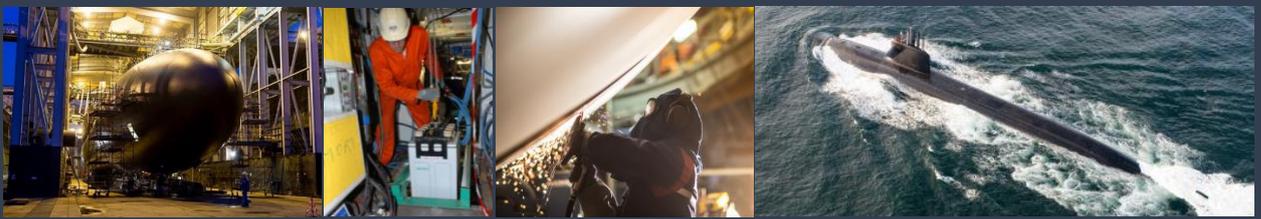
- réduction très importante des niveaux de bruits rayonnés (facteur de réduction de l'ordre de 1000 par rapport à la génération précédente), avec notamment des innovations majeures en matière d'architecture, de propulsion (pompe hélice), d'optimisation de la forme de la carène et de ses appendices, d'utilisation de structures en matériaux composites.
- un domaine d'évolution en immersion augmenté afin d'améliorer les possibilités de manœuvre tactique, et ce, en réponse aux évolutions des systèmes de détection acoustiques et non acoustiques (mesures faites par avions et par satellites).
- des performances en détection sous-marine améliorée.

Ainsi la différence de déplacement entre *Le Triomphant* et *Le Redoutable* (~14 000 t. en plongée vs 9 300 t.) est due en large partie à la tenue du seul objectif de discrétion acoustique⁹² (4 000 t. sur les 4 700 t. supplémentaires) et à la capacité d'emport du MSBS de taille et de masse très supérieures à celles du M4.

⁹⁰ Le Tallec Jean, « L'évolution technique des sous-marins », *L'Armement*, n°24, octobre 1990, pp.84-94.

⁹¹ Quinchon Pierre, « Le Triomphant : premier SNLE de nouvelle génération », *Bulletin de l'association technique maritime et aéronautique*, n°95, 1995, pp.51-59, et Dupont de Dinechin, « Le projet *Cœlacanthe*, constance et innovation », *op.cit.*

⁹² Quinchon Pierre, « Le Triomphant : premier SNLE de nouvelle génération », *op.cit.*, et Dupont de Dinechin, « Le projet *Cœlacanthe*, constance et innovation », *op.cit.*



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

Du SNLE NG *Triomphant* au *Terrible* : des évolutions majeures

Trois ans d'essais à quai et à la mer ont été nécessaires pour le premier de série *Le Triomphant*, tant les technologies mises en œuvre étaient novatrices, qu'ils s'agissent de sa discrétion acoustique, de son sonar ou encore de sa profondeur d'immersion.

Nouvel acier 100 HLES, aux qualités inégalées dans le monde

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 ainsi au sous-marin de plonger plus profondément et de résister à de fortes pressions.

Réduction des bruits : nouveau principe d'emménagement

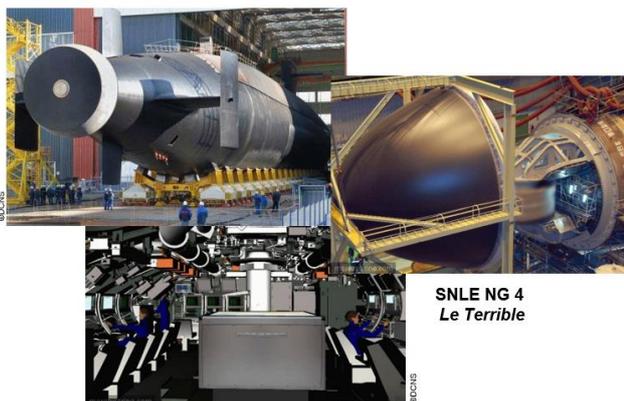
L'effort a d'abord porté sur l'architecture d'ensemble, conduisant à isoler de la coque à l'aide de plots élastiques et liaisons souples, les structures du bâtiment. En particulier, les auxiliaires et machines (générateurs de bruit) sont concentrés sur des ensembles extrêmement rigides et amortis, et sont équipés de systèmes de découplage et de réduction du bruit.



© Marine nationale

Quatrième et dernier de la série des SNLE NG, mais premier à mettre en œuvre le missile M51, *Le Terrible* intègre des évolutions majeures. Les refontes sont si importantes que le navire marque véritablement un nouveau saut générationnel en matière de technologies et de design (notamment la tranche milieu, en raison de l'emport du M51).

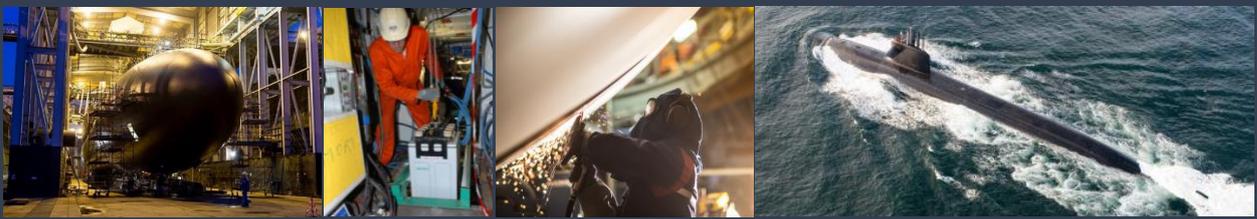
L'informatique embarquée est omniprésente sur le SNLE NG *Le Triomphant*. L'accélération des progrès de l'informatique et de l'électronique durant la décennie 1990 impose sur *Le Terrible* de gérer de nombreux problèmes d'obsolescences. Toute l'électronique embarquée est modernisée, afin que le navire soit crédible dans les années post 2030. Les calculateurs utilisés précédemment sont remplacés par des équipements aux capacités de traitement accrues.



SNLE NG 4
Le Terrible

La Détection Sous-Marine, le système d'exploitation tactique et le Système Global de Navigation (utilisation de la technologie gyrolaser dans les centrales inertielles) sont totalement revus. Le navire est équipé d'un nouveau système de management de combat, le SYCOBS. Il intègre les technologies les plus récentes en termes de traitement et d'architecture sonar. L'appareil propulsif est également modernisé⁹³.

⁹³ « Dossier : La modernisation de la Force océanique stratégique », *Mer&Marine*, 26 octobre 2008, et « Un nouveau SNLE pour la France », Dossier Spécial, *Le Marin*, n°3167, 2008.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

La base opérationnelle de l'Île Longue

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. Localisé 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'île⁹⁴.

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 réalisés 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 adaptés⁹⁵.



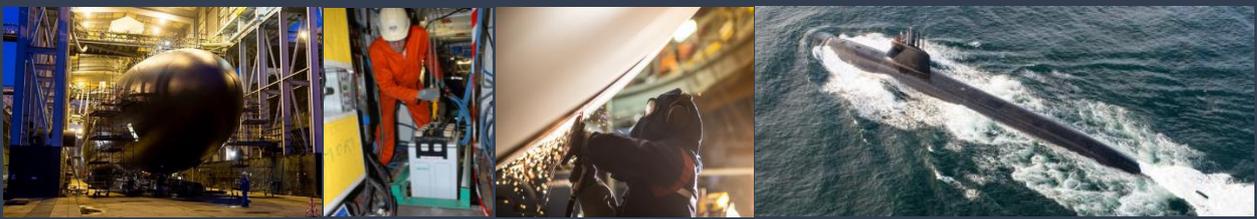
© Marine nationale

L'Île Longue accueille quotidiennement ~ 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 et 220 employés Airbus Safran Launchers (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 et DCNS

⁹⁴ Collectif d'auteurs, *L'île longue, histoire d'un site exceptionnel*, Palantines, 2010, 191 pages.

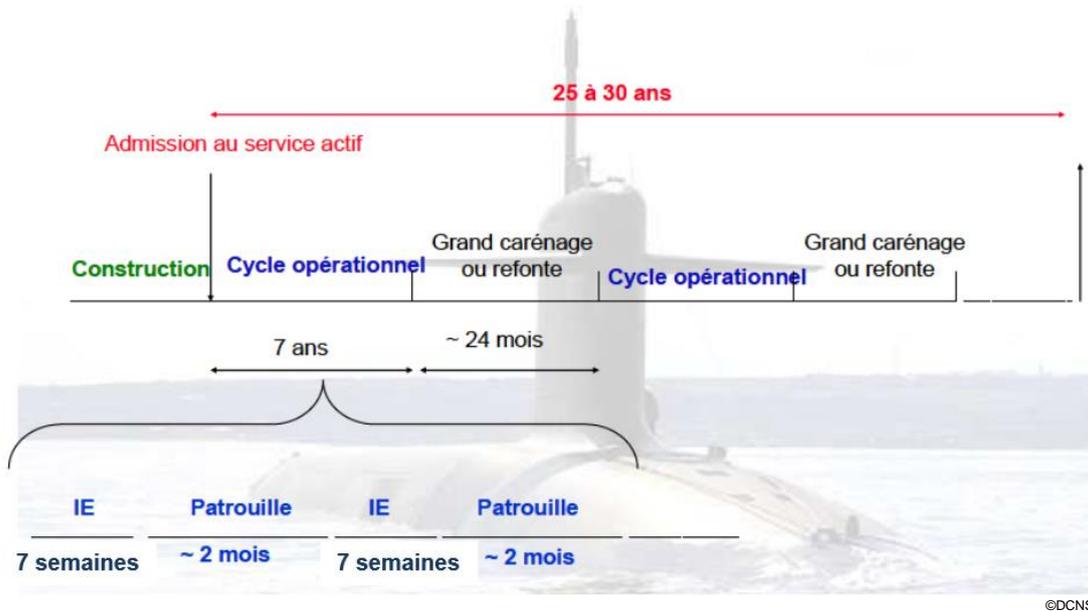
⁹⁵ *Ibid.*



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

L'entretien des SNLE ou la permanence de la dissuasion

Rythme d'activités d'un SNLE



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 M51. 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 le 1^{er} IPER du SNLE *Le Triomphant*, mais seulement 21 mois pour *Le Téméraire*), et les IE, entre 6 et 7 semaines. Les IPER sont réalisées sur les sites DCNS de Brest quand les IE sont effectuées dans les bassins de l'Île Longue⁹⁶.

Les grands carénages doivent ainsi 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 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 également les ateliers de réparation, le centre d'essai et d'expertise ainsi que le bureau d'étude (gestion de configuration, proposition de solutions de réparation, etc.). D'autres sites de DCNS peuvent également être sollicités, par exemple Indret pour le système énergie propulsion⁹⁷.

⁹⁶ 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.

⁹⁷ Voir Dossier spécial, *Le Marin*, n°3167, *op.cit.*



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE



©V.Groizeteau - Mer&Marine

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 millions de pièces.

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 semaines.

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 différentes⁹⁸.

DCNS est actuellement engagé dans deux programmes principaux de MCO, le premier relatif au SNLE (client SSF) et le second portant sur les missiles MSBS du type M45 et M51 (client Airbus Safran Launchers). Ils couvrent les opérations suivantes⁹⁹ :

SNLE

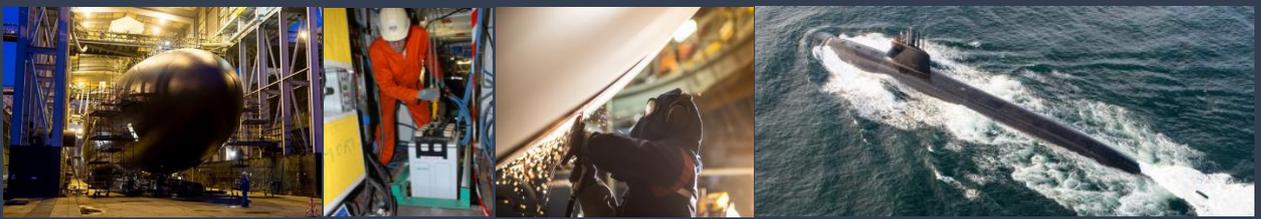
- Entretien des SNLE en IE et en période de posture.
- Fourniture des rechanges consommés en patrouille, des rechanges nécessaires aux travaux DCNS ou équipage durant l'IE.
- Ingénierie de maintenance.
- Entretien des plates-formes entraînement à terre des forces.
- Entretien des outillages.
- Entretien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

MSBS

- Jonctionnement, maintenance, opérations d'embarquement et de débarquement des missiles.
- Entretien des infrastructures et remises à niveau des bâtiments.

⁹⁸ Rotrubin Jean-Louis, Chol Emmanuel, *op.cit.*

⁹⁹ Données communiquées par DCNS.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

Le programme IPER Adaptation M51 (IA M51)

A l'occasion d'une IPER, il peut être entrepris une refonte du bâtiment, comme ce fut le cas des quatre SNLE M20 refondus en version M4. La période 2010-2019 verra l'adaptation des trois premiers SNLE NG au nouveau missile M51, une refonte menée à l'occasion de leur premier ou second grand carénage. Dénommée IPER Adaptation M51 (IA M51), cette opération industrielle consiste à réaliser une IPER normale, destinée à redonner son potentiel au sous-marin pour un nouveau cycle opérationnel de 10 ans (révision complète des équipements et de la coque, rechargement du cœur nucléaire), tout en adaptant le bâtiment au M51 et à son nouveau système d'arme (réfection complète de la partie centrale des SNLE), soit deux opérations indépendantes à mener au même endroit¹⁰⁰.

L'objectif est une mise au standard SNLE *Le Terrible* pour une mise en œuvre des M51.1 et M51.2 sur l'ensemble des SNLE de la flotte. Le programme Adaptation au M51 des SNLE comprend la modernisation du système d'arme de dissuasion (CESAD), du système de combat tactique (SYCOBS) et du système de navigation (nouveau SGN-3E).

Conduits par une maîtrise d'ouvrage intégrée DGA – Service de soutien de la flotte (SSF) et une maîtrise d'œuvre DCNS, les travaux IPER/Adaptation sont réalisés pour chaque sous-marin sur une période de trente mois (dont 21 en cale sèche), selon le séquençage suivant : *Le Vigilant* entre 2011 et 2013, *Le Triomphant* entre 2013 et 2015, et *Le Téméraire* sur la période 2016-2019.

Ce type d'IPER Adaptation représente 4 millions d'heures de travail et mobilise à son pic d'activités 1 800 personnes, dont 1 100 sur le chantier du bassin 8 de DCNS Brest (selon un fonctionnement en 3x8, 6/7, 50 sociétés sollicitées).

Si Brest est le site de réalisation des IA M51, la grande majorité des sites DCNS sont également impliqués à des degrés divers : Cherbourg (confection mécanique, travaux CESAD M51), Lorient (confection de composites et mise en place de protections thermiques), Indret (MCO Propulsion et contrôle chaufferie), Ruelle (équipements mécaniques et contrôle commande), Le Mourillon (Ingénierie SC et CESAD) et St Tropez (SATL F17 et F21)¹⁰¹.

Dates clés¹⁰²

2000 : Lancement du développement de l'adaptation des SNLE ; en parallèle, commande du SNLE *Le Terrible* en version M51 au neuveage.

2003 : 1^{er} tir de maquette depuis le moyen d'essais CETACE en Méditerranée.

Mi-2009 : Fin du développement, et qualification de la CESAD M51 (système permettant au sous-marin d'accueillir une dotation de missiles stratégiques).

2010 : Tir de synthèse du 1^{er} missile M51 depuis le SNLE *Le Terrible*.

2010 : Admission au service actif du SNLE *Le Terrible* en version M51.

2010 : Commande IA M51 SNLE *Le Vigilant*.

2012 : Commande IA M51 *Le Triomphant*.

2015 : Commande IA M51 *Le Téméraire*.



Entré au bassin 8 en août 2013, le SNLE *Le Triomphant* a rejoint l'île Longue le 14 avril 2015 après 20 mois de travaux. Le 4 août 2015, la Marine a repris la pleine responsabilité et le commandement effectif du SNLE.

La date de reprise du cycle des patrouilles opérationnelles devrait intervenir fin 2016.

¹⁰⁰ Rotrubin Jean-Louis, Chol Emmanuel, *op.cit.*

¹⁰¹ *Adaptation au M51 des SNLE*, Ministère de la Défense, 3 décembre 2010. « Modernisation - IPER adaptation et M51 », *Cols bleus*, 30 juin 2015, « Le SNLE *Le Vigilant* retrouve l'île Longue », *Mer et Marine*, 22 octobre 2012, « Le SNLE *Le Triomphant* en refonte », *Mer et Marine*, 20 septembre 2013.

¹⁰² *Adaptation au M51 des SNLE*, Ministère de la Défense, 3 décembre 2010.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

Le démantèlement des SNLE de la première génération

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 ainsi 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, qui s'appuie sur DCNS Cherbourg¹⁰³.

Revenant sur l'expérience acquise avec le démantèlement du *Redoutable* jusqu'au niveau II de déclassement (voir ci-contre), le chef de projet exploitation nucléaire souligne alors qu'il aura permis « *d'établir un système de référence pour les travaux, la dosimétrie, les déchets produits, les coûts et les délais des travaux correspondants* »¹⁰⁴. Déchargement des cœurs, vidange des fluides, découpe de la tranche réacteur, ces différentes opérations sont menées sur différentes zones du port militaire de Cherbourg :

- 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)¹⁰⁵.

Ces opérations sont particulièrement délicates et complexes, en raison des contraintes liées à la sécurité nucléaire. DCNS Cherbourg s'appuie sur son savoir-faire en construction et maintenance pour les mener à bien, mobilisant ingénieurs et techniciens disposant des connaissances nécessaires en matière de sûreté, réglementation nucléaire et gestion des déchets radioactifs.

Principales opérations de démantèlement¹⁰⁶

Désarmement et mise à l'arrêt définitif (MAD) de la chaufferie nucléaire [3 mois] Déchargement du cœur du réacteur nucléaire et débarquement de la batterie et du gazole, entreposage des éléments combustibles irradiés dans la piscine de l'atelier réacteur du Homet avant reprise par le CEA pour stockage et/ou retraitement.

Démantèlement de niveau I [4 à 6 mois] : Débarquement des matériels de la tranche réacteur, vidange des circuits (et obturation de ceux contaminés), travaux de conditionnement et mise en place d'installations de surveillance supplémentaires.

Démantèlement de niveau II [10 à 12 mois] : Partie confinée réduite au minimum, étanchéité et protection biologique renforcées. Décontamination poussée, soudage des traversées de cloison. Découpe de la tranche réacteur ainsi confinée sur le dispositif de mise en eau, et transport sur plate-forme sur l'aire d'entreposage. Avant et arrière de la coque joints par soudage, le tout remis à l'eau et entreposé le long d'un quai.

Entreposage de longue durée (plusieurs dizaines d'années) : Entreposage à terre de la tranche réacteur sous surveillance au Homet sur une dalle sismorésistante (envisagé pour une durée de l'ordre de plusieurs dizaines d'années).

Démantèlement de niveau III : Retrait des matériaux et équipements nucléaires, découpe de l'installation et conditionnement en fûts de déchets repris par le CEA pour être stockés par l'ANDRA.

Déconstruction : Après autorisation par les autorités de sûreté, recyclage de la coque hors du domaine nucléaire.

¹⁰³ 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.

¹⁰⁴ Quéau Philippe, « Le démantèlement des sous-marins nucléaires », Présentation, 3^{ème} Forum de Radioprotectique, La Grande Motte, octobre 2002.

¹⁰⁵ *PPI du Port militaire de Cherbourg*, Préfecture de la Manche, édition 2014.

¹⁰⁶ Douillot Jean-Marie, *op.cit.*



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE



© V.Groizeleau - Mer&Marine

Situation des 6 SNLE de première génération

<i>Le Redoutable</i>	Tranche réacteur stockée au Homet niveau II. Coque en musée.
<i>Le Foudroyant</i>	Sous-marin à quai, tranche réacteur au niveau II
<i>Le Tonnant</i>	Sous-marin à quai, tranche réacteur au niveau II
<i>Le Terrible</i>	Sous-marin à quai, tranche réacteur au niveau II
<i>L'Inflexible</i>	Sous-marin à quai, tranche réacteur au niveau I
<i>L'Indomptable</i>	En cours de passage du niveau I au niveau II



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

Le programme britannique *Successor*, entre dérisquage et nouvelles pratiques contractuelles

En 2016, le Royaume-Uni aura dépensé un total d'environ 6 milliards d'euros dans le cadre des phases *Concept* et *Assessment* du programme de prochaine génération de SNLE *Successor*. Afin d'éviter de rééditer les erreurs commises sur le programme de SNA *Astute* et de limiter le degré de dépendance du pays vis-à-vis des Etats-Unis, le MoD a fait du dérisquage technologique et de l'établissement de partenariats long terme avec les chefs de file industriels les deux piliers de sa stratégie d'acquisition.

Royaume Uni / Etats-Unis : une coopération historique dans le domaine nucléaire militaire

La France a fait le choix de l'indépendance et de l'autonomie pour ses forces de dissuasion. Cette stratégie distingue la France du Royaume-Uni.

En effet, pendant la guerre froide, la coopération entre le Royaume Uni et les Etats-Unis dans le domaine nucléaire militaire est considérée comme le cœur de la « relation spéciale » liant les deux pays. Cette coopération est formalisée en juillet 1958 dans le cadre de l'accord intergouvernemental, *Agreement for Cooperation on the Uses of Atomic Energy for Mutual Defense Purposes* (plus connu sous le nom de *Mutual Defense Agreement*). Cet accord a été renouvelé en 2004 puis en 2014, dans les deux cas pour une période de 10 ans (via deux amendements au texte de 1958). En juillet 2014, dans un message au Congrès, le Président Obama en rappelait les grandes lignes : « *the deal that will permit the transfer between the United States and the United Kingdom of classified information concerning atomic weapons; nuclear technology and controlled nuclear information; material and equipment for the development of defense plans; training of personnel; evaluation of potential enemy capability; development of delivery systems; and the research, development, and design of military reactors* »¹⁰⁷.

Le Royaume-Uni décide en décembre 1962 d'équiper ses futurs SNLE type *Resolution*¹⁰⁸ de missiles américains *Polaris A3*. Cette décision traduit la renonciation du pays à lancer un programme national et avec lui à développer une filière industrielle domestique de missiles balistiques, en raison de l'importance des investissements à consentir. La coopération UK-US sur les missiles balistiques est formalisée en avril 1963 via le *Polaris Sales Agreement*. Cet accord permet aux Britanniques d'acquérir, d'opérer et de maintenir les systèmes de missiles américains. Il est amendé en 1980 et 1982 dans le cadre de la fourniture de la nouvelle génération de missiles, Trident I (C4) et sa version améliorée Trident II (D5).

La coopération actuelle prend la forme de « *leasing arrangements* » pour environ 58 missiles Trident II (D5) et d'un partenariat sur le design des ogives nucléaires. Sur ce dernier point, rappelons que si les missiles sont fabriqués outre-Atlantique et maintenus sur la base navale de King's Bay dans l'État de Georgie, les têtes nucléaires sont réalisées au Royaume-Uni. Travaux de R&D et tests demeurent toutefois réalisés en étroite coopération avec les laboratoires américains. Des composants et équipements électroniques spécifiques sont également achetés auprès de fournisseurs américains¹⁰⁹.

Successeurs des SNLE type *Resolution*, les 4 SNLE type *Vanguard*, mis en service entre 1993 et 1999, intègrent chacun 16 tubes pour missiles Trident II D-5.

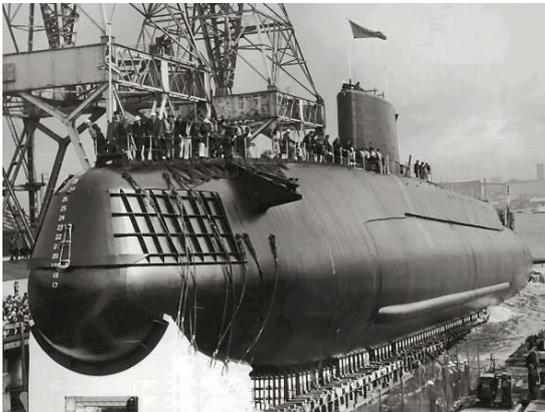
¹⁰⁷ The White House Message to the Congress - Amendment between the United States and the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, 24 juillet 2014.

¹⁰⁸ Louzeau B., « La prééminence du sous-marin nucléaire. Cent ans de sous-marins », *Marine*, n°186, janvier 2000, pp.23-29, p.25.

¹⁰⁹ House of Commons, Foreign Affairs Committee, Sixth Report Global Security: UK-US Relations, March 18, 2010, paragraphs 131-13. Voir également Institute for Strategic Studies, « The Future of Britain's Nuclear Deterrent: Decisions Ahead », in *Strategic Comments*, Vol. 12, No. 2, March 2006.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE



©Royal Navy

SNLE type *Resolution*

HMS Resolution, Repulse, Renown et Revenge

En service : 1967 - 1996

Longueur : 129 m

Diamètre : 10 m

Déplacement : 8 500 tonnes en plongée

Equipage : 143 h.

Armement : 16 tubes pour missiles Polaris A3, 6 tubes lance-torpilles



©Royal Navy

SNLE type *Vanguard*

En service : HMS Vanguard (93), Victorious (95), Vigilant (96), Vengeance (99)

Longueur : 150 m

Diamètre : 13 m

Déplacement : 15 900 tonnes en plongée

Equipage : 135 h.

Armement : 16 tubes pour missiles Trident II D-5, 4 tubes lance-torpilles

Le programme *Successor* et l'enjeu du maintien des compétences industrielles et technologiques

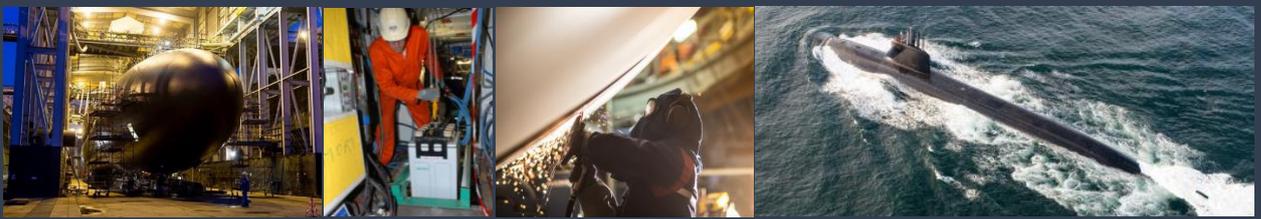
En décembre 2006, le livre blanc «*The Future of the United Kingdom's Nuclear Deterrent*»¹¹⁰, présenté par les autorités gouvernementales au Parlement, se prononce en faveur du maintien de la dissuasion nucléaire au-delà de 2022 grâce à la modernisation des Trident II-D5 (participation au programme *Life Extension (LE)* lancé par le DoD) et à la construction de 4 SNLE de nouvelle génération (sous l'appellation «*Successor*»). La possibilité de remplacer les têtes nucléaires après 2020 n'est pas évoquée. Leur nombre sera toutefois réduit, de 200 à moins de 160. Le Livre blanc évalue alors le coût global du programme dans une fourchette de 15 à 20 Mds£, ventilés ainsi :

- 11-14 Mds£ pour les sous-marins (3 à 4 unités ; prix de 2006).
- 2-3 Mds£ : remise à niveau des têtes nucléaires.
- 250 M£ : participation au programme américain D5 LE.
- 2-3 Mds£ : modernisation des infrastructures des chantiers et bases navales.
- 1,05 Mds£ : modernisation des infrastructures de l'*Atomic Weapons Establishment (AWE)* à Aldermaston et Burghfield.

Dans la continuité des recommandations contenues dans la SDR de 1998 et la *Defence Industrial Strategy*¹¹¹ de 2005, le Livre Blanc rappelle le caractère stratégique de l'AWE, un établissement de 4 000 personnes en charge de la production des têtes nucléaires, et la nécessité de maintenir sur le sol britannique des capacités de développement, de production et de soutien des SNLE et de leurs réacteurs, seuls moyens de limiter la dépendance du pays vis-à-vis des États-Unis.

¹¹⁰ Ministry of Defence (MoD) and Foreign & Commonwealth Office (FCO), *The Future of the United Kingdom's Nuclear Deterrent*. Presented to Parliament by The Secretary of State for Defence and The Secretary of State for Foreign and Commonwealth Affairs, by Command of Her Majesty, December 2006.

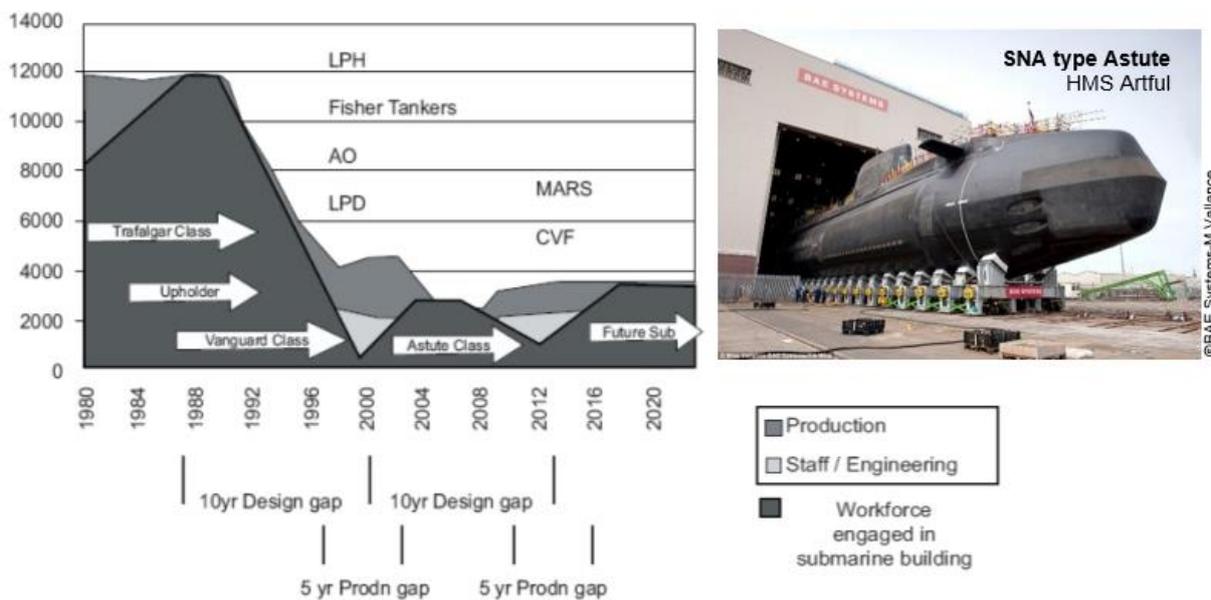
¹¹¹ *Defence Industrial Strategy-Defence White Paper*, Ministry of Defence, 15 décembre 2005.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

Si le 21 mars 2007, la Chambre des communes approuve à une large majorité (409 voix pour et 161 voix contre) le projet de Tony Blair, les discussions parlementaires auront largement évoqué les problématiques de préservation des compétences technologiques et industrielles, à la lumière des difficultés rencontrées sur le programme de SNA type *Astute* (7 unités prévues). Lors des auditions, le maître d'œuvre industriel BAE Systems a ainsi rappelé que ses équipes avaient dû faire appel en 2002 et 2003 à la filiale américaine de GE, Electric Boat pour résoudre des problèmes de design des sous-marins¹¹².

Selon BAE Systems, cette situation résulterait du gap de 11 ans entre le design des *Vanguard* et celui des *Astute*. Si un tel délai devait intervenir à nouveau, la filière ne pourrait plus cette fois-ci être reconstituée ; ce que n'a pas démenti devant les parlementaires le représentant du MoD en charge de l'acquisition : « *We cannot expect, and it is not realistic to expect, that submarine industry could be re-built again* »¹¹³.



Pour les trois premiers SNA type *Astute*, difficultés techniques mais également délais entre les commandes (avec pour conséquence une fragilisation de la chaîne de fournisseurs et des difficultés d'approvisionnement) se sont soldés par d'importants surcoûts et retards, évalués par le *National Audit Office* respectivement à +60% et +58 mois (pour la quatrième unité : +17% et +29 mois) pour la phase de démonstration et de production¹¹⁴.

La gouvernance du programme *Astute*, pas assez centralisée, ainsi que l'absence de coopération structurée entre les industriels de rang 1, BAE Systems, Babcock et RollsRoyce, auront également contribué à ces dérapages¹¹⁵. Une meilleure maîtrise des coûts et la transformation des liens MoD/Industries deviennent les deux conditions présidant au lancement du programme de SNLE de prochaine génération.

¹¹² House of Commons Defence Committee, *The Future of the UK's Strategic Nuclear Deterrent: the White Paper: Government Response to the Committee's Ninth Report of Session 2006–07 Eleventh Special Report of Session 2006–07 Ordered by The House of Commons to be printed 22 May 2007*. Voir également Masson Hélène, *La réorganisation de l'industrie de défense britannique*, Recherche & Document FRS, n°5/2008.

¹¹³ Lord Drayson, *Future of the UK's Strategic Nuclear Deterrent: the manufacturing and skills base*, UK Parliament, Session 2006–07, 19 December 2006, Q 227. Voir également Michael Codner, Gavin Ireland, Lee Willet, *The United Kingdom's Independent strategic nuclear deterrent, Observations on the 2006 White Paper and issues for the parliamentary debate*, RUSI Whitehall Report, 1-07.

¹¹⁴ National Audit office, *Major Projects Report 2015*, HC488-II, October 2015.

¹¹⁵ *Future of the UK's Strategic Nuclear Deterrent: the manufacturing and skills base*, op. cit., Supplementary memorandum from BAE SYSTEMS et Supplementary memorandum from DML, December 2006, Ev 115 ; Keith Hartley, *The UK Submarine Industrial Base : An Economics Perspective*, Centre for Defence Economics, University of York April 2007, 10 p. ; Gavin Ireland, *Beyond Artful : Government and Industry Roles in Future Submarine Design, Build and Support*, RUSI Whitehall Report, June 2007, 33 p.



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

En matière de maîtrise des coûts, la SDSR 10¹¹⁶, parue en octobre 2010, avance un certain nombre de mesures permettant une réduction de l'ordre de 3,2 Mds£ (1,2 Mds£ d'économies + 2 Mds£ en report de dépenses) :

- Réduction du nombre de têtes nucléaires déployées sur les SNLE *Vanguard*, de 48 à 40.
- Réduction du stock de têtes nucléaires de moins de 160 à moins de 120, le stock total passant quant à lui de 225 (dont 120 « opérationnelle » ; 1 navire = 8 missiles dotés d'un total de 40 têtes) à 180 d'ici 2025.
- Le passage en *Main Gate* du programme de SNLE de prochaine génération « *Successor* » interviendra en 2016 et non en 2014.
- La permanence à la mer sera maintenue (depuis 1969). Le nombre d'unités commandées (3 ou 4) sera déterminé en 2016, suivant les besoins en maintenance des futurs navires.
- Les SNLE type *Vanguard* voient leur durée de vie prolongée afin de se rapprocher du calendrier de remplacement des SSBN américains type *Ohio* (1^{er} retrait prévu initialement en 2024, repoussé en 2028, avec la mise en service de la 1^{ère} unité type *Successor*).
- La nouvelle plateforme sera configurée de telle manière à accueillir 8 tubes lance-missiles D-5 à la place de 12 (mais au final 12 tubes retenus pour se rapprocher du design US).
- La décision de remplacement des têtes nucléaires sera prise à horizon 2019.

Le document pointe également d'autres sources d'économies, de l'ordre de 900 M£ au cours des dix prochaines années, avec l'introduction de pratiques contractuelles d'un nouveau type avec les trois chefs de file industriels via le *Submarine Enterprise Performance Programme* (SEPP)¹¹⁷. En sus de la maîtrise du calendrier, des coûts et des risques, l'équipe de programme intégrée (*Integrated Programme Management Team*, IPMT) devra également considérée la bonne gestion des relations avec les industriels de rang 1 comme un élément clé de la réussite du programme.

Le SEPP : Sustainability Secured, Cost Down, Performance Up

Approche contractuelle novatrice, privilégiant les liens long terme et un contrat cadre global en lieu et place de contrats successifs, le SEPP vise à maîtriser les coûts tout en offrant une meilleure visibilité aux industriels. Cette sécurisation « sous contrainte » de la relation contractuelle MoD / fournisseurs doit également permettre au Royaume Uni de maintenir les compétences et le savoir-faire sur le segment sous-marin. En 2013, deux « *Foundation Contracts* » ont ainsi été signés avec Rolls Royce sur le segment propulsion navale nucléaire et avec BAE Systems :

- Le 13 février 2013, Rolls Royce s'est vu notifier un contrat cadre d'une durée de 10 ans et d'un montant de 800 M£. Il devra se traduire par une réduction de coût de 200 M£ sur la période tout en permettant de soutenir 2 000 emplois qualifiés.
- En juillet 2013, c'est au tour de BAE Systems d'obtenir un contrat équivalent pour une période de 8 ans, contre un objectif de réduction de coûts de 386 M£¹¹⁸.

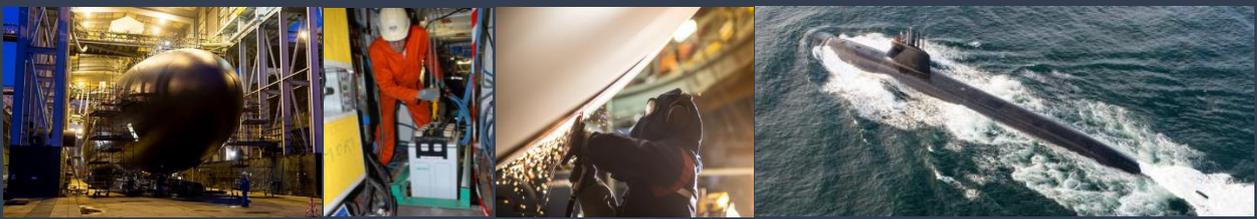
Le « dérisquage », pierre angulaire des phases *Concept* et *Assessment*

Tirant les leçons des difficultés rencontrées sur le programme britannique *Astute* et américain *Virginia*, priorité est donnée au « dérisquage » du programme. D'ici le passage de la *Main Gate* en 2016, le degré de

¹¹⁶ *Securing Britain in an Age of Uncertainty: The Strategic Defence and Security Review*, HM Government, Cm 7948, Presented to Parliament by the Prime Minister by Command of Her Majesty, October 2010, 75 pages.

¹¹⁷ *The United Kingdom's Future Nuclear Deterrent: The Submarine Initial Gate Parliamentary Report*, MoD Report to Parliament, may 2011, 12 pages.

¹¹⁸ Mills Claire, *Replacing the UK's Nuclear Deterrent*, Briefing Paper, number 7353, House of Commons Library, 27 janvier 2016, 97 pages



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

maturité du design devra atteindre les 70% dans l'optique d'éviter des travaux correctifs significatifs une fois entré en phase de construction¹¹⁹.

Sur la période décembre 2006 et mai 2011, les études menées en phase de concept par les trois industriels auront ainsi permis de retenir certaines solutions. Choix a notamment été fait de privilégier le nouveau réacteur PWR3 (*Pressurised Water Reactor 3*) face à une version dérivée du PWR-2 équipant les *Astute*, ainsi que de développer en partenariat avec les Etats-Unis le compartiment missiles (CMC, *Common Missile Compartment* ; 3 compartiments de 4 tubes chacun par navire). Ces travaux auront bénéficié d'une enveloppe de 905 M€¹²⁰.



Réacteurs nucléaires PWR-3 et CMC

Hors contrat cadre SEPP, le motoriste Rolls Royce s'est vu notifier par le MoD un marché de 1,24 Mds£ sur 11 ans. Il couvre la modernisation (500 Mds£) de l'usine de Raynesway et les travaux portant sur le cœur des réacteurs de la dernière unité des *Astute* et de la tête de série du futur SNLE (600 Mds£). Un autre marché passé en février 2013 porte sur la fourniture et l'entretien des systèmes propulsifs embarqués sur les *Astute* et futurs SNLE. Les Etats-Unis assistent le Royaume-Uni pour le développement du futur réacteur nucléaire de propulsion navale PWR-3.

C'est une étape supplémentaire dans une relation de coopération historique. En effet, à la fin des années 1950, les Etats-Unis ont transféré à leur partenaire britannique un réacteur nucléaire (dont données techniques et formation) du type installé sur le SNA *Skipjack* (SSN-585), lequel a été intégré au premier SNA de fabrication britannique, *Dreadnought*, entré en service en 1963. Depuis lors, la coopération scientifique et technique entre les deux pays n'a jamais cessé (une équipe américaine employant une quarantaine de personnes est présente aujourd'hui au Royaume-Uni)¹²¹.

Common Missile Compartment (CMC)

En outre, s'agissant du système d'arme, cette coopération UK/US porte sur le missile Trident II D5 (maître d'œuvre Lockheed Martin), le compartiment missile commun ou CMC (développement conjoint) et les systèmes associés (lancement, navigation et conduite de tir).

Sur la période 2011/12–2015/16, le MoD a participé à hauteur de 103 M\$ au financement du programme CMC (dont un contrat notifié à GD en octobre 2014 : part UK de 59 M\$ pour 12 tubes), venant s'ajouter aux 300 M\$ dépensés en 2008–2010¹²².

Le passage de l'*Initial Gate* en mai 2011 marque l'entrée dans la phase *Assessment* (d'une durée de 5 ans). Les acteurs du programme se voient fixer les objectifs suivants¹²³:

- Désisquage du calendrier de production en commandant en avance de phase les matériels à long délai d'approvisionnement (588 M€ de financement sur la période), en particulier les équipements dédiés au réacteur PW3, acier de coque, et les principaux sous-systèmes. Un financement de 206 M€ doit permettre la mise à niveau du chantier de Barrow.
- *Design for Production* : définition progressive du design, en suivant trois étapes : 1. Définition fonctionnelle des principaux systèmes (200), établissement des premiers schémas et spécifications techniques nécessaires au lancement de consultations avec les futurs sous-traitants (850 identifiés); 2. Considération sur les schémas des systèmes et emménagement ; 3. Elaboration des plans techniques détaillés et premiers prototypes.
- Le lancement d'études de R&D sur des technologies de rupture dans les domaines « *communications, tactical weapons systems, batteries and structural materials* » afin de les intégrer au design à un niveau de risque acceptable.
- Une approche modulaire de la construction, des essais et de la mise en service afin de réduire les délais.

¹¹⁹ *The United Kingdom's Future Nuclear Deterrent: The Submarine Initial Gate Parliamentary Report, op.cit.*

¹²⁰ Mills Claire, Brooke-Holland Louisa, *The Trident Successor Programme: An Update Standard*, House of Commons Library, 10 mars 2015, 27 pages

¹²¹ O'Rourke Ronald, *Navy Ohio Replacement (SSBN[X]) Ballistic Missile Submarine Program: Background and Issues for Congress*, CRS Report, 17 décembre 2015, 56 pages.

¹²² O'Rourke Ronald, *op.cit.* Voir également « £1.2 billion contract awarded for new attack submarine », *MoD Press*, 10 décembre 2012.

¹²³ *The United Kingdom's Future Nuclear Deterrent: The Submarine Initial Gate Parliamentary Report, op.cit.*



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

- Une planification de la production de telle sorte à bien prendre en compte les contraintes capacitaires et RH du chantier de Barrow, et trouver la juste mesure entre les travaux menés en interne et ceux externalisés.

C'est ainsi que 4 *Work packages* ont été notifiés aux industriels sur la période¹²⁴ :

- Mai 2012 [347 M€ = 328 M€ BAE + 15 M€ Babcock, + 4 M€ RR] 18 mois
- Octobre 2012 [353 M€ = 315 M€ BAE + 38 M€ Babcock] 18 mois; et décembre 2013 [79 M€ BAE]
- Mars 2015 [286 M€ = 257 M€ BAE + 22 M€ Babcock, + 6 M€ RR]
- Février 2016, phase de design détaillé [201 M€ BAE Systems]

En décembre 2015, un total de 4,28 Mds€ aura été dépensé pour le programme *Successor*, 870 M€ pour la phase *Concept* et 3,41 Mds€ pour la phase *Assessment*. Concernant cette dernière, sur les trois lignes concernées, *Future Submarine*, *Next Generation Nuclear Propulsion Plant* et *Nuclear Propulsion Critical Technology*, seule la deuxième a connu une dérive des coûts de + 175 M€ (+16%)¹²⁵.

Parue en novembre 2015, la SDSR 15¹²⁶ fait état de 600 M€ de dépenses supplémentaires engagés en 2016, portant le coût de la phase *Assessment* aux alentours de 3,9 à 4 Mds€ (contre 3,3 Mds€ approuvés initialement lors du passage de l'*Initial Gate* mi-2011)¹²⁷. Si la SDSR 10 n'a pas remis en cause l'estimation du coût du programme *Successor* avancée dans le Livre blanc de 2006, la SDSR 15 la réévalue à 31 Mds€ sur 20 ans pour 4 unités (dont CMC ; inflation comprise) et 10 Mds€ supplémentaires en anticipation de potentiels surcoûts. La date de mise en service de la première unité est également repoussée, de 2028 à 2030, avec pour conséquence une nouvelle prolongation des SNLE *Vanguard* (38 ans en service ; pour un coût supérieur à 1,4 Mds€).

La SDSR 15 annonce également qu'un tel programme nécessite une révision de la stratégie d'investissement classiquement utilisée pour les grands programmes, la clé de décision liée au passage de la *Main gate* étant désormais remplacée par une approche en plusieurs étapes. En outre, la gouvernance des affaires nucléaires devra être renforcée. La SDSR 15 recommande ainsi : « *Establish a new team in the MOD headed by an experienced, commercial specialist to act as the single sponsor for all aspects of the defence nuclear enterprise, from procurement to disposal, with responsibility for submarines, nuclear warheads, skills, related infrastructure and day-to-day nuclear policy* »¹²⁸. Ce modèle apparaît d'ailleurs relativement proche de l'organisation française *Cælacanthe*. Dans ce contexte, le poste de Director General Nuclear (DG Nuc) a été créé en août 2016, avec comme titulaire un fonctionnaire civil de rang 3* (nomination de Ian Forber), lequel dispose de trois directions Finance/Politique, Programmes de sous-marins, Programmes têtes nucléaires.

Soulignons que la décision de principe de remplacer les 4 SNLE type *Vanguard* a été confirmée le 18 juillet 2016 par un vote de la Chambre des communes (à une majorité de 355 voix). De nouveaux marchés d'un montant total de plus d'1 Md€ devraient être notifiés à BAE Systems et Rolls Royce d'ici la fin de l'année 2016, marquant ainsi l'entrée en phase de production.

Le pic des dépenses devrait intervenir sur la période 2018-2030, au cœur de la phase de production. La force de dissuasion opérationnelle, son coût annuel (AWE et têtes nucléaires compris) avoisinerait les 2,3 Mds€, soit l'équivalent de 6% du budget britannique de la défense.

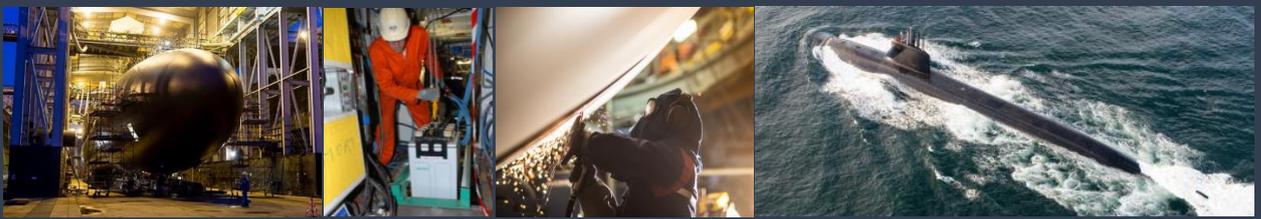
¹²⁴ Mills Claire, *Replacing the UK's Nuclear Deterrent*, op.cit. Voir également « UK submarine industry to benefit from £285m investment in *Successor* programme », *MoD Press*, 11 mars 2015; « New investment in *Successor* submarines », *MoD Press*, 16 décembre 2013 ; « Reduction in UK nuclear warheads begins », *MoD Press*, 29 Juin 2011.

¹²⁵ National Audit Office, *Major Projects Report 2015 and the Equipment Plan 2015 to 2025 Appendices and project summary sheets*, HC 488-II SESSION 2015-16, 22 octobre 2015, 244 pages.

¹²⁶ *National Security Strategy and Strategic Defence and Security Review 2015*, HM Government, Cm 9161, 96 pages.

¹²⁷ « £200 million funding boost for UK industry carrying out *Successor* submarine design », *MoD Press*, 9 février 2016.

¹²⁸ *National Security Strategy and Strategic Defence and Security Review 2015*, op.cit., p.36.

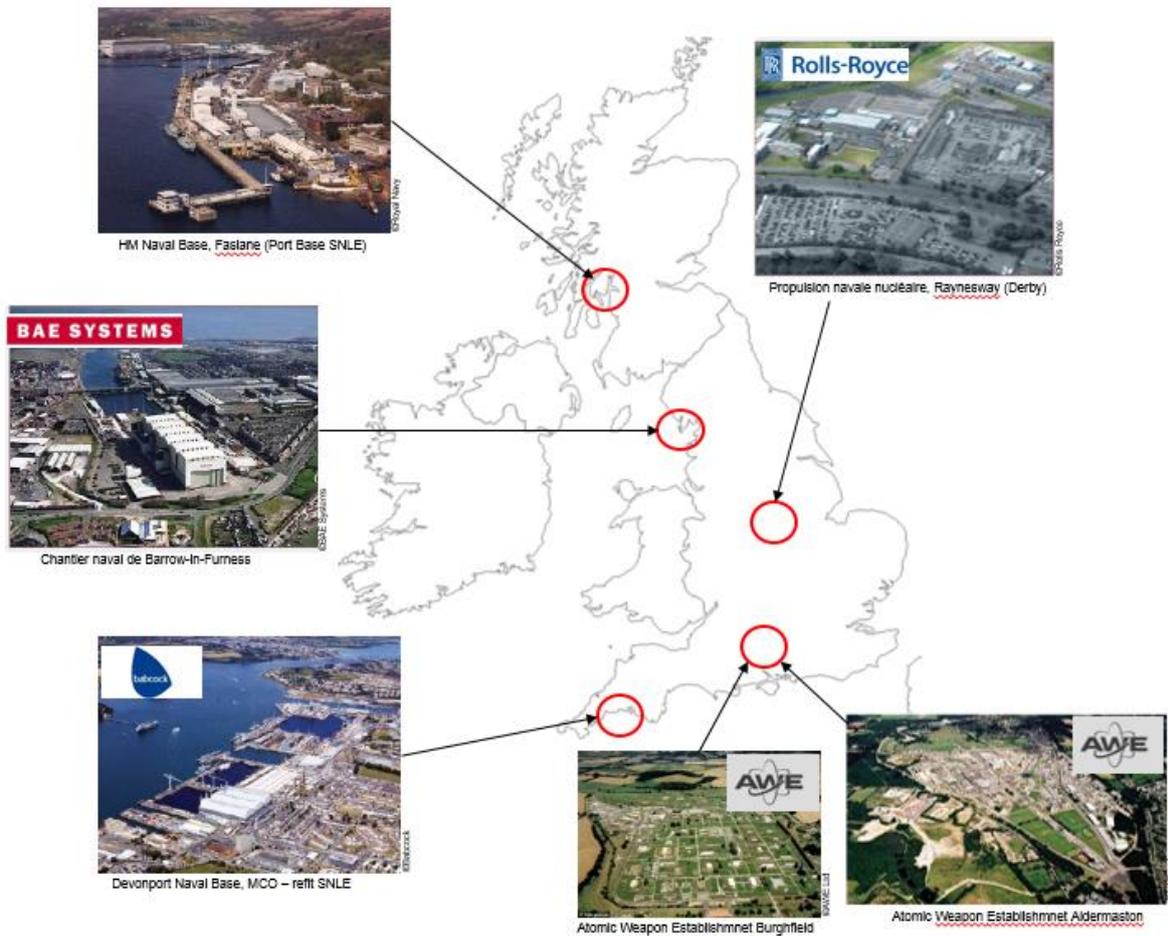


Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE

Les emplois liés au programme *Successor*

En fin de phase *Assessment*, et selon les données communiquées par le MoD début 2016, 2 500 personnes étaient mobilisées sur le programme *Successor* (hors AWE), principalement des salariés de BAE Systems (~ 1 600 sur un total de 7 700 pour la division *Submarine*), Rolls Royce (~700) et Babcock (~100), sans oublier les équipes du MoD et de DE&S (~130 personnes).

Toujours selon le MoD, à son point haut, lors de la phase de production (2016 - fin 2020s), le programme devrait soutenir entre 5 000 et 6 000 emplois directs et impliqués plusieurs centaines de sous-traitants¹²⁹.



Atomic Weapons Establishment (AWE)

En mai 2012, une annonce a été faite d'un investissement de l'ordre d'1 Mds£ par an pour l'adaptation des sites de l'AWE. Le contrat a été notifié à AWE Ltd (détenu par Serco, Lockheed Martin et Jacobs Engineering) qui opère l'établissement via un GOCO. Cet investissement entre dans le cadre du *Nuclear Warhead Capability Sustainment Programme* (notifié à AWE Ltd pour une période de 25 ans). Objectif: « *to ensure we can maintain our existing nuclear warhead in service for as long as necessary, and to ensure we retain the capability to design and manufacture a replacement warhead should that be necessary* »¹³⁰.

Base navale de Faslane

Le 31 août 2015, le Chancelier George Osborne a annoncé que 500 M£ seraient dépensés sur 10 ans pour l'adaptation du port base des sous-marins, situé à Faslane en Ecosse, HM Naval Base Clyde, laquelle devra accueillir toute la flotte de sous-marins à compter de 2020, dont les *Successor* à partir de 2028-2030. En 2015, 6 700 personnels civils et militaires et contractants travaillaient sur la base. En 2022, cet effectif devrait passer à 8 200¹³¹.

¹²⁹ Mills Claire, *Replacing the UK's Nuclear Deterrent*, op.cit.

¹³⁰ *ibid.*

¹³¹ *ibid.*



Impact économique de la filière industrielle « Composante océanique de la Dissuasion » - Volet 1.SNLE