

JEUDI 27 juin 2013, 9h00 - 13h00

Amphithéâtre Desvallières, École militaire, Paris

À propos de « L'innovation permanente »

Autant que l'engagement des marins à servir leur pays et leur courage, l'innovation technologique a été un facteur déterminant de l'issue des batailles navales. Apportées par un savoir empirique et le retour d'expérience, les qualités nautiques des navires s'améliorèrent peu à peu depuis l'Antiquité jusqu'à la Renaissance. L'utilisation de la boussole, amenant les bateaux à affronter des mers inconnues, hors de l'abri des côtes, constitue une rupture conduisant à des progrès majeurs. Au XVIII^e siècle, ces progrès se rationalisent grâce au développement des sciences exactes avec la création de l'Académie des Sciences et de l'Académie de Marine.

Le vaisseau de guerre du XVIII^e siècle est devenu manoeuvrant, son artillerie de plus en plus puissante et efficace : l'architecture navale est née. Dès lors, les avancées ne cessent : l'hélice et la propulsion à vapeur, le bâtiment cuirassé et de nouveaux concepts de plates-formes : le sous-marin et le porte-avions. Après 1945, c'est l'ère du nucléaire, des missiles et de l'informatique. Quintessence de toutes ces innovations, le sous-marin nucléaire lanceur d'engins est plus complexe encore que la fusée Saturne et son module lunaire.

Actuellement, la puissance de calcul toujours plus grande des ordinateurs permet de résoudre des équations laissées quelquefois sans solution depuis un siècle, par exemple pour adapter les coques et les rendre opérationnelles dans les environnements marins les plus sévères, d'améliorer la survie au combat des navires, de placer au mieux les éléments du système de combat selon des compromis difficiles à trouver. De même, les modes de propulsion bénéficient des progrès de l'électronique de puissance. Prouesse technologique, le navire contemporain concentre, sur une plate-forme exigüe, de multiples liaisons de télécommunications.

La puissance d'une nation est liée à sa capacité d'inventions ainsi qu'à son aptitude à les transformer en innovations. Le domaine naval est un secteur industriel où la France continue à maintenir un très haut niveau scientifique et une base industrielle solide. L'art naval y reste très actif et notre pays se place encore dans le leadership mondial. Le colloque dressera un bilan des innovations dont bénéficie notre flotte en cours de renouvellement. Il présentera aussi une prospective des grandes mutations technologiques pour les vingt prochaines années : quels types de navire, avec quels équipements et quels armements ?

9h25 – 09h40 Ouverture

Du *Triomphant* au *Triomphant* : une brève histoire des évolutions techniques de la marine depuis Colbert

Par le professeur Patrick BOUREILLE, service historique de la défense

Quinze minutes pour évoquer les évolutions techniques de la marine depuis Colbert : assurément c'est une histoire brève ! Plus sérieusement, plutôt que de relever le défi impossible de cette synthèse, ce sont des pistes de réflexion que je souhaite vous livrer ici, espérant qu'elles vous seront utiles. Et nous ne traiterons ici que de l'aspect militaire de la marine.

Une marine, ce sont d'abord un arsenal, une flotte et des personnels. Un arsenal consiste en la réunion en un lieu de tous les corps de métiers, les techniciens et les ingénieurs chargés de la conception, de la réalisation, de la réparation, du ravitaillement et de l'entretien d'un système d'armes. Un arsenal est donc un condensé permanent d'innovation. Une flotte, c'est la réunion de navires de guerre, naviguant ensemble ou par sous-ensembles, destinés aux mêmes opérations ou se livrant aux mêmes activités. Or, depuis Colbert, ce système d'arme s'il est constamment resté le plus complexe réalisé par l'homme est aussi en perpétuelle mutation. Sous l'Ancien Régime, plus que les imposants « trois-ponts », le vaisseau de 74 canons – apparu grâce à Maurepas, en 1739, avec la classe *Terrible* tirant des boulets pleins d'un calibre allant de 8 à 36 livres – peut, selon nous à juste titre, être tenu pour l'aboutissement d'un certain art de la construction technique. C'est le compromis le plus performant de l'époque de la marine à voiles compte tenu de sa maniabilité, de sa puissance de feu, de ses performances maritimes et militaires globales, de ses délais et coûts de fabrication, de son progressif recours à une certaine standardisation dans les plans comme dans la construction.

C'est avec ce type de navire mû par les vents, servi par des équipages nombreux, que la surface terrestre est progressivement révélée. Les évolutions techniques de la marine permettent, en effet, d'appréhender le monde dans ses différentes dimensions.

- Jusqu'au XVII^e siècle, les navigations occidentales concernent surtout l'Atlantique et l'océan Indien. Les côtes d'Amérique, d'Afrique et d'Extrême-Orient sont reconnues. La géographie sort enfin de la Méditerranée et des mers du Nord, de ces mondes clos où elle s'était trouvée enfermée jusqu'à la fin du Moyen Âge.
- À partir du XVIII^e siècle, l'effort porte sur le Pacifique. Après La Pérouse, d'Entrecasteaux, Cook, il faut encore une quinzaine d'expéditions, dont neuf françaises (Dumont d'Urville

comprise), pour achever l'exploration du plus grand océan du monde. Si les considérations politiques ne sont pas absentes, les grands voyages sont menés avec une rigueur scientifique et aboutissent à une moisson d'informations qui concerne tous les aspects de la science.

Car la transmission des savoirs scientifiques, et notamment des connaissances relatives à la mer, évolue fondamentalement au XVIII^e siècle avec une mise en réseau des savants tant au sein de leurs disciplines respectives qu'en miroir les uns des autres. Apparaissent sur les bateaux, à côté des instruments nautiques ancestraux comme la boussole et le sextant, diverses montres marines (ayons une pensée pour les chronomètres Berthout) destinées à résoudre les difficiles problèmes liés à la longitude et, partant, à la cartographie. Domaine ô combien sensible sous le règne de Louis XV puis de Louis XVI car lié aux plus hauts intérêts de l'État, domaine là aussi d'affrontement franco-britannique, et donc domaine de recherche scientifique encouragée par le pouvoir à travers des concours mais aussi par la faveur accordée aux recherches initiées par les académies au premier rang desquelles il convient de citer l'Académie de marine fondée en 1752. Diffusion à travers des monuments comme l'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert dont il ne faut pas perdre de vue qu'elle reflète un état de l'art vieux de vingt à trente ans au moment de sa publication. Mise en réseau des compétences car apparaissent à cette époque les premières écoles spécialisées dans de nombreux domaines qui vont de l'artillerie (Metz) à l'agronomie. Ce mouvement se traduit par une réforme profonde du cursus de la formation des officiers de la marine qui tend à en faire des savants.

Or ce monde disparaît entre 1789 et 1850. Le vénérable bâtiment à voiles cède progressivement la place au navire cuirassé qui se situe à la triple convergence de l'énergie vapeur, du blindage et de l'artillerie à tir rapide. Le mouvement est, là, encore continu et très progressif. Si tout le monde a connaissance du cuirassé *Gloire* lancé en 1859 sur un projet de l'architecte naval Dupuy de Lôme, peu d'entre nous se souviennent que, faute de bois, à l'extrême fin de la guerre d'Indépendance américaine, des éléments aussi importants que des couples de la charpente de certains navires lancés en France pouvaient d'ores et déjà être intégralement en métal. Innovation restée un temps sans lendemain apparent.

Par ailleurs, avec l'apparition des obus explosifs de type Paixhans, la puissance destructrice croissante de l'artillerie au début du XIX^e siècle encourage une plus grande protection des œuvres vives du navire : elle aboutit d'abord à un revêtement partiel de la coque puis à son blindage intégral avant que l'ensemble ne fasse corps à la fin du siècle. Déjà à Saint-Jean d'Ulloa, en 1838, les navires de guerre de l'escadre de l'amiral Baudin avaient, pour la première fois dans l'histoire, prouvé l'efficacité supérieure de leur artillerie

par rapport à une forteresse côtière réputée imprenable. Devaient apparaître successivement la mine immergée puis la torpille automobile et enfin, conjuguant la constance de la menace exercée par la première et la puissance de la seconde, les premiers torpilleurs submersibles. La lutte de l'épée et de la cuirasse était à l'un de ses apogées.

Parallèlement, le navire s'affranchissait de la constante contrainte exercée jusque-là par les vents et emportait sa propre source d'énergie. Pour ce qui touche à l'introduction de l'énergie vapeur dans la marine militaire française au XIX^e siècle, que pourrais-je ajouter à l'œuvre magistrale du capitaine de vaisseau Dominique Brisou ? Souvenons-nous qu'en 1858, un décret impérial décida que dorénavant aucun navire ne serait plus construit pour la marine militaire française qui ne fût équipé d'emblée d'une capacité de propulsion à la vapeur... Mais gardons aussi à l'esprit qu'il faudra attendre longtemps avant que ne soient retirés du service actif les témoins du temps passé. L'innovation est située dans le temps, sa généralisation est affaire de durée. Cela est vrai dans la marine comme en de nombreux autres domaines : regardez le temps mis, à l'époque, pour que les médecins militaires français fassent leur la révolution pasteurienne ! Que la chauffe se fasse majoritairement au charbon jusqu'à la première guerre mondiale ou au mazout après cette dernière, sans être anecdotique, ne change rien à l'affaire : elle implique le nécessaire établissement d'un réseau de points d'appui susceptibles d'assurer le ravitaillement de la flotte.

La quintessence de cette mutation est, en 1906, le *Dreadnought* britannique. Il fallut attendre 1910 pour que le *Courbet* soit mis en chantier en France. Notre pays entra donc tardivement (11^e pays) dans la révolution de l'artillerie principale unique et surpuissante « *all big guns* » et d'une propulsion à vapeur très efficace.

Si nous remontons d'une centaine d'années en arrière et nous plaçons à l'aube du XX^e siècle, un énorme travail est sur le point de s'achever. L'exploration des mers et des océans, marquée par les souffrances d'une armée de navigateurs, touche à son terme. L'homme récolte enfin le résultat de plusieurs siècles d'efforts acharnés.

- À partir de 1850, l'essentiel paraît acquis : les cartes fixent avec une exactitude satisfaisante le contour des terres et des océans. Sur toute l'immensité liquide du globe, les îles, les archipels se trouvent à leur place. Il n'y a plus qu'à glaner. Un dernier effort n'en reste pas moins nécessaire pour achever de dresser le tableau définitif de la planète à la charnière des XIX^e et XX^e siècles, il concerne les régions polaires, aboutissement de tentatives anciennes, avec les passages du Nord-Ouest et du Nord-Est.

1553 : échec de Sébastien Cabot ;

1595 : le Hollandais Barents double la Nouvelle-Zemble, le Spitzberg et meurt au retour ;

1735 : Mouraviev et Pavlov pénètrent en mer de Kara ;

1737 : Malygine et Skouratov atteignent l'embouchure de l'Ob ;

1850 : demi-succès de l'expédition de Mac Clure ;

1875 : le Suédois Nordenskjöld sur la *Véga* atteint l'énisseï et hiverne au niveau de l'embouchure de la Léna. Il franchit le détroit de Béring en 1879 et ouvre le passage du Nord-Est ;

Échec de Frobisher (1535-1594), Hudson (v. 1550-1611), Baffin (1584-1622), Ross (1777-1856), Parry (1790-1855), Franklin (1786-1847) ;

1903 : Amundsen réussit avec le sloop à moteur *Gjøa* ;

6 avril 1909 : l'Américain Peary atteint le pôle Nord ;

14 décembre 1908 : Amundsen remporte, au détriment de Ross, la lutte pour la conquête du pôle Sud.

La Terre ayant pris son visage définitif, l'investigation se tourne alors vers la masse maritime elle-même : mouvement des mers, étude des fonds et de la faune des océans. C'est le début de l'océanographie.

1733 : *Histoire physique des mers* du comte Marsigli, qui a l'idée de la configuration de la Méditerranée et révèle un des traits caractéristiques de la bordure des terres émergées : le plateau continental.

1872 : expédition de la corvette britannique *Challenger*, qui sillonne, trois ans durant, les océans en effectuant une considérable moisson de mesures et d'observations relatives à la profondeur et la nature des fonds marins, les courants et la vie animale jusqu'à 3 500 brasses. Cinquante volumes de résultats seront publiés en 23 ans.

Début d'une émulation internationale :

Scandinaves et Russes en ce qui concerne l'étude des mers polaires, Américains sur les courants, Autrichiens en mer Rouge, Français au large du littoral de l'Europe occidentale, Monaco dans les régions arctiques.

1910 : l'océanographie entre dans son adolescence. Elle se définit comme « *l'histoire naturelle de la mer, c'est-à-dire les phénomènes naturels qui se passent dans le sein des eaux marines tant au point de vue mécanique qu'au point de vue physique, chimique, biologique* », selon Richard (*L'océanographie*, 1908), lequel souligne les liens avec la « *science de l'océan aérien : quoique bien distinct par la nature même de leur élément, [l'océan aérien et l'océan maritime] ont de telles surfaces de contact et tant de rapports que l'étude de l'un est indispensable pour une connaissance complète de l'autre.* »

L'océanographe ne peut prétendre être un homme de cabinet : il associe théorie et pratique ; il se doit d'embarquer, de participer aux expéditions et d'acquérir une connaissance approfondie des théories et des moyens techniques. Si l'association « marin - homme de science » persiste plus que jamais, c'est le scientifique qui tend à l'emporter sur l'homme de mer, contrairement à ce qui était le cas au XVIII^e siècle.

Connaissance des étendues (360 millions de km²), des profondeurs moyenne (3800 m) et maximale, de la houle (ce qui déborde dans le domaine de l'architecture navale avec les travaux d'Émile Bertin), problème des marées.

À partir de la seconde guerre mondiale, le navire de ligne s'incline, en tant que *capital ship*, devant le porte-avions : leçon des campagnes menées par les Britanniques en 1940-1941 en Méditerranée contre la marine italienne et, plus encore, de l'affrontement américano-japonais dans le Pacifique. La guerre est livrée par-delà l'horizon au moyen de flottilles embarquées et les autres bâtiments constitutifs du groupe aéronaval n'ont de raison d'être qu'en fonction de l'existence du porte-avions. Midway en est l'archétype. La France ne participe pas de cette mutation.

En revanche, elle est aux avant-postes de la révolution atomique. Second pays occidental à disposer d'un réacteur atomique avec Zoé en 1948, elle lance, l'année même où l'US Navy admet au service actif le *Nautilus*, un programme visant à la réalisation d'un sous-marin à propulsion atomique, tentative certes peu concluante du fait du choix du réacteur à eau lourde et uranium naturel, mais témoignant d'une perception du sens de l'histoire technique et scientifique. À ce Q 244, abandonné définitivement en 1958, succédera un véritable succès avec le lancement, en mars 1967, du sous-marin nucléaire lanceur d'engins (SNLE) *Le Redoutable*, qui conjugue l'innovation dans sa propulsion et son système d'armes : le missile balistique stratégique.

Les missions des marines de guerre se sont élargies. Celles-ci ont dépassé le stade de la protection des routes maritimes et de l'appui des armées engagées sur des théâtres d'opérations. Pour la première fois dans l'histoire, elles disposent d'une capacité d'action illimitée à l'égard de la terre. En un siècle, la portée balistique des armes est passée de 15 kilomètres sur les navires de guerre à quelques centaines avec l'aviation embarquée, pour en atteindre plusieurs milliers avec le sous-marin nucléaire stratégique. Et rien n'indique une limitation de la colossale capacité de destruction des flottes modernes.

La limite ultime du perfectionnement naval semble bien se heurter aux caractéristiques physiologiques de l'être humain. Le sous-marin nucléaire lanceur d'engins ou d'attaque concentre en son sein la quintessence des techniques les plus avancées : il rassemble et

conjugue les réalisations de multiples secteurs d'activité : la Marine nationale, la direction pour l'armement (DGA), le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), etc. Il n'a de limites d'endurance que celles de l'équipage qui le sert.

Licence extrême, je conclurai ce propos en évoquant l'aviation. J'espère que l'on me pardonnera une telle audace devant un auditoire de marins. Mais nous avons tous été marqués, le samedi 1^{er} décembre 2012, par l'apparition et le premier vol du *Neuron*, ce démonstrateur de drone de combat réalisé en coopération par six pays européens sous la maîtrise d'œuvre de l'avionneur français Dassault. Nos amis de l'armée de l'air prévoient qu'à l'horizon 2050, la moitié de l'aviation de combat française sera composée d'UCAS ou UCAV (*Unmanned Combat Air System*, système de combat aérien sans pilote, et *Unmanned Combat Air Vehicle*, aéronefs de combat sans pilote). Déjà à efficacité comparable sinon croissante, les navires de la marine nationale, quels qu'ils soient, ont vu, génération après génération, leurs équipages fondre très régulièrement à chaque changement de classe de navire. S'il fallait 426 hommes pour servir une frégate lance-engins de type *Suffren* entrée en service en 1967, il n'en a plus fallu que 280 pour une ASM *Tourville* admise en 1974 et 240 pour une corvette AA *Jean Bart* en 1988. Sur la frégate *Courbet*, on trouve 153 marins et sur l'Aquitaine, 108 sont prévus. Même si comparaison entre des bâtiments de catégories si différentes n'est pas raison, la tendance est nette et nous ne prenons pas grand risque à annoncer que, dans un prochain salon Euronaval, des maquettes de drones marins d'envergure supérieure à ce que nous avons vu jusqu'à présent seront présentées au public...

Il en va de même pour les matériels. Pour en être convaincu, il suffit de comparer les dimensions imposantes d'une centrale inertielle de navigation de SNLE de première génération à la taille des dernières réalisations de l'entreprise Sagem ! La voie est tracée...

* *

*

09h40 – 10h15 : Quels défis ? Quelles innovations ?

09h40 – 09h55 « Les technologies clés du navire de combat »

IGA2 Christian DUGUE, responsable du pôle « architecture et technique des systèmes navals », DGA

Je vais essayer de proposer quelques pistes de réflexion. Et je vais non seulement m'intéresser aux technologies clés du navire de combat elles-mêmes mais aussi au contexte susceptible d'en favoriser le développement et la mise en œuvre.

J'ai trouvé cela sur Internet. Veuillez en excuser la forme. [NDR : référence à une diapo projetée] Avant tout, la première technologie clé consiste à être capable de produire un tonnage significatif de bateaux, sinon on peut imaginer tout ce que l'on veut, ça ne marchera pas ! Avec un tonnage d'à peu près 300 000 tonnes, la France est au cinquième ou sixième rang des flottes mondiales, cela dépend de la façon dont on compte. Ensuite, restons pragmatique et gardons-nous de rejouer la guerre des étoiles, il faut des chantiers navals. L'innovation est certes nécessaire, mais il faut à la base être capable de traiter de tous les aspects relatifs à la métallurgie, à la soudure et à la peinture. La maîtrise de ces techniques est une condition préalable à l'innovation dans le domaine des armements navals. Il faut donc d'abord maîtriser le savoir-faire mais aussi la qualité. Tout ceci n'est pas extrêmement attrayant. Ça n'a pas l'air extrêmement difficile non plus. Il n'en reste pas moins que toute impasse dans ces domaines se traduit dans l'actualité que l'on trouve sur Internet [référence à une diapositive projetée (porte-conteneurs MOL *Comfort* qui s'est brisé en deux en juin)]. Et cela pose la question suivante : pourquoi ce bateau s'est-il cassé ainsi alors qu'il n'avait que cinq ans ? Un bateau possédant des sister-ships dont un est immobilisé au Havre. Et ce n'est pas le seul genre sinistre puisque, en juillet 2012, le MSC *Flaminia* avait, quant à lui, brûlé pendant des jours et des jours. Cela pose ici la question de la réglementation. On pense en effet que la source de l'incendie est à rechercher dans les circuits de réfrigération. Il y a eu une escale, apparemment au Vietnam, au cours de laquelle des gens ont rempli les systèmes réfrigérants de gaz caloporteurs qui n'étaient pas interdits là-bas et qui seraient la cause du départ de feu. En résumé, la première condition de l'innovation est donc : être capable de produire, techniquement et industriellement, un certain tonnage de bateaux.

Ensuite on se rend compte que tout ce qui concerne l'énergie et la propulsion est non seulement fondamental mais aussi structurant. Je n'ai pas fait de calcul pour tous les pays qui sont concernés – les quatre ou cinq pays qui savent faire de la propulsion nucléaire – mais la première chose dont il faut se rendre compte, c'est que notre marine est à propulsion nucléaire pour 35 % de son tonnage. Nous avons onze bateaux à propulsion nucléaire, soit douze chaufferies. Et ça change tout. Ça sert notamment à la dissuasion. Sans propulsion nucléaire, pas de sous-marin nucléaire lanceur d'engins (SNLE). L'énergie nucléaire est discriminante pour la sous-marine. Vous verrez, lorsqu'il y a « PN », cela signifie *propulsion nucléaire* dans notre jargon [référence à une diapositive projetée]. Et même si la motorisation anaérobie (*Air independent propulsion*, AIP) progresse et n'est pas à négliger pour l'exportation de nos sous-marins, l'avantage reste indubitablement en faveur de la première. Cette propulsion nucléaire est commune à tous nos navires. La photo ci-dessous ne serait pas possible sans propulsion nucléaire. Ici, vous avez deux porte-avions nucléaires américains, vous avez le *Charles de Gaulle*, le *Surcouf*, une autre frégate française, là vous

avez l'*Ark Royal* britannique, à propulsion classique, un néerlandais, un italien. Et, comme on dit, ça tartine, ça fonce ! Pourquoi ? Par ce que ce groupe aéronaval n'est pas freiné par le pétrolier-ravitailleur qui alimenterait des bateaux à propulsion classique. Et puis, il y a quand même du carburant classique à bord des navires à propulsion nucléaire. Ces derniers servent même de pétroliers-ravitailleurs aux fréquences qui les accompagnent.

Finalement, on a aujourd'hui un recul d'une douzaine d'années sur le groupe aéronaval constitué autour du *Charles-de-Gaulle*. Et, à l'usage, on se rend compte qu'un porte-avions nucléaire parcourt trois à quatre fois plus de distance dans sa vie qu'un porte-avions classique – on le sait, puisque le *Foch* a fait à peu près un million de nautiques en 37 ans. Il n'a pas besoin de pétrolier, etc. Et il envoie douze avions en l'air. On peut se demander pourquoi on a ensuite envisagé de faire un porte-avion à propulsion classique avec les Britanniques. Quand j'ai écrit cette planche, je me suis dit qu'il fallait quand même réfléchir et j'ai regardé une nouvelle fois le dossier de l'époque. Il y a un chapitre qui explique que l'on se fonde, par hypothèse, sur un prix du baril de pétrole de 13 dollars pendant les trente années à venir ! Derrière l'innovation, derrière les technologies clés, il y a donc des facteurs économiques qu'il faut absolument prendre en compte. Et ceux-ci varient beaucoup plus vite que la durée de vie des bâtiments, en fait. Il s'agit d'un véritable sujet de réflexion.

Intéressons-nous maintenant aux caractéristiques militaires de base. Alors que nous faisons de plus en plus de choses en eaux littorales, il faut y prêter d'autant plus attention. À cet égard, nous nous offrons actuellement un programme, avec notre dernière coque de sous-marin classique, pour améliorer tout simplement notre connaissance de la tenue aux chocs. En effet, nous ne faisons pas entièrement et aveuglément confiance aux simulations numériques. Ainsi, nous avons jugé nécessaire de mener une campagne d'essais grandeur nature. La fin du film est importante, puisqu'elle montre que le sous-marin remonte. (*Rires*) Nous en sommes ici au quatrième ou cinquième tir ; il y en a une dizaine de prévus. Et nous allons étendre ce petit programme. Ce sont des choses véritablement fondamentales.

On se rend compte également que nos plates-formes durent longtemps. Il y a quelques jours, la frégate *De Grasse* s'est arrêtée. C'était notre dernier navire à propulsion à vapeur d'origine fossile. Il aura servi trente-sept ans. Ça a l'air long mais il y a mieux : il s'agit de l'*USS Enterprise*, qui vient lui aussi d'être désarmé en vue de son démantèlement. C'était le premier porte-avions à propulsion nucléaire au monde. Il est équipé de huit chaufferies, ce qui fait de lui le seul bâtiment du genre. Eh bien, il aura servi pendant cinquante-cinq ans ! Il est évident que le troisième constat que l'on peut faire, au-delà de « *il faut être capable de faire des tonnes* », « *il faut être capable de faire de la propulsion discriminante* », est que la durée des plates-formes s'allonge. Et même là où il y a beaucoup d'argent, chez nos amis américains, elle s'allonge encore plus. Bien sûr, dans ce domaine-là, il y a de l'innovation mais, finalement, ce sont beaucoup de technologies de remplacement qui améliorent les technologies existantes. Fondamentalement, on reste sur des capacités qui sont les mêmes. Il s'agit d'avoir une plate-forme qui se déplace. Et quand on met en perspective les programmes – ici, on a pris l'exemple de nos sous-marins nucléaires d'attaque (SNA) ; on en a six : le *Rubis* le numéro un, *La Perle* le numéro six ; et voilà leur successeur, le *Suffren* et le numéro six de la classe *Suffren* –, on voit que cela nous mène jusqu'à 2070. Bien malin, au niveau des bureaux d'étude, qui peut savoir ce qui va se passer dans la seconde moitié du XXI^e siècle ! Et quand on regarde, en comparaison, la durée de vie d'un ordinateur, d'une version logicielle, ou même d'une législature, on sent bien qu'il faut faire attention à ce que

l'on fait. On a donc des navires qui sont un capital, quasiment un immeuble. De plus, on se rend compte que le marin est très imaginaire et qu'il ne fait plus du tout la guerre aujourd'hui comme il la faisait il y a vingt ans, au sortir de la guerre froide. On rentre dans une espèce de schéma industriel qui n'est pas tout à fait le même que celui qui a prévalu dans la seconde moitié du XX^e siècle.

Enfin, quand on considère le temps entre deux carénages, on voit qu'il a doublé. Récemment, on a atteint douze ans avec un de nos sous-marins nucléaires. Quant aux cœurs nucléaires de réacteur de SNLE qui sortent actuellement, ils tiennent vingt ans. Avec un enrichissement de type civil. On voit donc bien que la maturité des grandes solutions et des nos grands systèmes n'exclut pas une part de progrès. Et pour preuve, la meilleure innovation de ces deux dernières années concerne la maintenance. Alors, qu'est-ce que c'est que cela ? Eh bien, c'est une photo par ultrasons, d'un mètre sur cinquante centimètres, à travers la coque épaisse d'un de nos sous-marins, pour regarder l'état de corrosion à l'intérieur de la coque sans avoir à démonter quoi que ce soit. Ce qui, évidemment, représente une énorme source d'économies potentielles.

Nous voici donc partis pour cinquante ans avec l'*Aquitaine*. Et il vaut mieux que ce soit à peu près bon au départ. Et ça l'est. Il a beaucoup d'armes et de capteurs à bord. Cela fait beaucoup de technologies clés. Pratiquement autant que l'ensemble des matériels que vous voyez ici avec, en regard, leurs fabricants. Et mon propos n'est pas de traiter de chacune de ces technologies. C'est simplement de dire : qu'est-ce qui favorise l'innovation dans tous ces domaines-là ? On ne va pas innover à la place de tout le monde. Il faut arriver à amener sur le navire des choses innovantes. Et pour y parvenir, on a un petit souci par rapport à nos amis civils qui, par exemple, cherchent du pétrole. On ne bénéficie pas forcément de ce mécanisme de concurrence qui vous incite à trouver le pétrole avant les autres. On veut un meilleur système d'armes, mais ce n'est pas un marché. Il n'y a pas une guerre tous les jours pour nous pousser à être meilleurs. Il faut donc trouver un mécanisme différent.

Et ce que l'on voit également, c'est que ces équipements risquent fort de ne pas durer aussi longtemps que le navire. À cet égard, il est clair que le navire de combat est de moins en moins un objet uniforme et figé, de nos jours. On sent que le clivage entre la plate-forme et les équipements embarqués est en train de croître. Autrefois, on appelait cela l'« obsolescence ». « *C'est obsoléscent. Il faut changer. Il faut remettre à jour.* » Le fait de devoir changer les équipements, c'est aussi l'occasion d'accueillir à bord des innovations. À condition de ne pas avoir à casser la moitié du bateau à chaque fois qu'on veut changer quelque chose. Car cela coûte plus cher que le matériel que l'on veut changer.

Dernier constat : on se sert assez peu des armes. C'est très important, les armes. Mais, finalement, on se sert beaucoup plus des capteurs, des télécommunications. Et même dans un conflit comme Harmattan, si on compte le nombre de missiles qui ont été tirés, cela n'est pas tant que ça. Alors, tout cela influe sur la manière d'envisager le navire et ses technologies. Il faut être prévoyant. Le bon concept, c'est la plate-forme qui transporte une charge utile. Et bien malin qui peut savoir quelle sera cette charge utile dans vingt ou trente ans ! Il faut donc traiter des interfaces assez globales. Il faut éviter les solutions trop « propriétaires ». Je suis désolé pour les industriels, mais nous ne pouvons pas nous livrer pieds et poings liés pour, après, ne plus pouvoir rien changer. Et puis il faut prévoir quelques marges.

Cela étant, on a le choix entre plusieurs modèles. Parmi ceux-ci, il y a le modèle dit des « poupées russes », qui a un certain succès en ce moment. Voici quelques photos récentes à titre d'illustration. Une nouvelle embarcation pour les commandos pouvant être déployée à partir de navires tels que, ici, la FREMM. Le drone de surface, autonome. Même si il y a un pilote dans ce modèle-là, il n'est pas obligé de piloter. À ce stade, il est là pour surveiller que le drone marche bien et ne tape pas dans quelque chose. Ce drone n'est pas très grand et peut être accueilli par un bateau-mère. Lui-même peut déployer un certain nombre d'objets à partir d'une case qui est absolument faite exprès. Ces sous-systèmes sont eux-mêmes automatisés. En fin de compte, nous faisons vraiment beaucoup de progrès dans ce domaine parce que nous avons réussi à faire un système relativement souple et accueillant. Nous sommes ainsi en mesure de mener pas mal d'expérimentations et de tester un grand nombre d'idées nouvelles.

En ce moment, nous menons un programme avec nos amis britanniques dans lequel nous mettons en œuvre un système de poupées russes à trois niveaux : un bateau-mère, des drones, et un tas de petits objets tractés par les drones et destinés à détecter et détruire des mines. Tout ceci dans le but de nettoyer une zone, notamment littorale, sans s'approcher et en mettant en œuvre un nombre limité de bateaux. En résumé, on remplace des flottes de bateaux-mères par des drones. Et ça marche !

Mais ce n'est pas le seul exemple. Tout à l'heure, il a été question de l'EDA-R : l'engin de débarquement amphibie rapide. C'est une formidable surprise. Une bonne surprise que nous avons eue à la réception de ces engins. Nous en possédons quatre. La première question à laquelle la commission chargée de délivrer les permis a eu à répondre est : Est-ce vraiment un bateau ? Faut-il lui donner, à ce titre, un permis ? Eh bien, oui ! C'est même un engin extraordinaire ! Il incorpore peu d'innovation technologique mais beaucoup d'astuce. Énormément d'astuce. C'est clairement le bébé bateau que le *Mistral* attendait. Notre capacité de débarquement a fait un bond grâce à lui. On peut trouver toutes ces photos sur Internet. Ce concept-là est vraiment intéressant !

Comment cela a-t-il été possible ? Au départ, quelqu'un a tout simplement eu une vision. Puis d'autres gens ont pris des risques. Au premier chef, l'entreprise qui l'a conçu, en construisant un prototype sur fonds propres. On peut également dire que c'est quasiment un sous-produit de la crise du *subprime* puisque ce projet a vu le jour dans le cadre du plan de relance faisant suite à la crise de 2007. Enfin, toutes les idées, et notamment celles des PME, ont été les bienvenues.

Il est clair que l'innovation ne naît pas de processus bien établis. Vous avez le régime dit « rapide ». Il est réservé aux innovations duales, c'est-à-dire à caractère à la fois civil et militaire. La direction générale de l'armement (DGA) suit un certain nombre de projets et évalue le moment où ils vont arriver à maturité. Ce sont des projets menés par des PME qui essaient de faire des choses sur fonds propres et que nous aidons. Le but de la manœuvre est, ensuite, de parvenir à mettre tout cela sur les bateaux. Ce que l'on voit ici, ce sont des rythmes de développement beaucoup plus rapides que pour les bateaux eux-mêmes (dix ans, voire plus pour ces derniers). En résumé, ce modèle des « poupées russes » a plein de qualités.

Il existe d'autres modèles : le modèle « coopératif ». Ainsi, on est arrivé à faire du sonar multistatique avec nos amis britanniques : au moyen de deux frégates, deux satellites... Pourquoi deux satellites ? Parce que chacun voulait le sien, en fait. On essaiera d'en utiliser un seul la prochaine fois. Dans cette configuration, un des navires émet et l'autre reçoit. On arrive à faire des choses comme cela en utilisant le modèle « coopératif ».

Il y a aussi des modèles assez baroques. Des modèles à douze administrations. C'est tout à fait remarquable ! Et pourquoi ? Eh bien, parce que les systèmes de combat de demain s'apparenteront à la « guerre des étoiles ». Tout le monde en est bien conscient. Mais, en attendant, les besoins des marins sont extrêmement divers. Ils doivent lutter contre la piraterie, les narcotrafiquants, la pollution... On a des systèmes de combat qui sont hyper-sophistiqués. On a des aménagements avec des solutions très ergonomiques dans les bateaux. Mais, malgré cela, certains besoins ne sont pas satisfaits. La campagne Harmattan l'a bien montré. La première chose est d'arriver à qualifier ces besoins d'une phrase, de leur donner un nom. Par exemple : « Optimiser l'exploitation de données multimédia dans la conduite des opérations ». On s'est rendu compte que l'on avait besoin d'analyser les images et que, si les gens qui commandent avaient, sous les yeux, les images du théâtre, en direct, partagées par tout le monde, on améliorerait énormément le processus de décision en temps réel. On s'est ensuite demandé : est-on capable d'élaborer quelque chose en douze mois ? C'est-à-dire de raccourcir radicalement les cycles ? A alors été mis en place un environnement comprenant tout ce qui pouvait porter une caméra : les drones, la conduite de tir des canons, les forces spéciales... Puis on s'est efforcé de fusionner tout cela dans des lieux de commandement. C'est en cours de déploiement sur le *Chevalier Paul* ; ça fonctionne assez bien. Le principe est de disposer de cette synthèse à bord du navire, mais aussi en direct, via satellite, au niveau du commandement à terre qui prend les décisions d'état-major. Il y a d'autres besoins : les liaisons de données, à propos desquelles nous discutons avec nos alliés ; les systèmes d'information. Nous commençons à appeler cela le « trépied infernal ». Et tout cela se mélange. Nous sommes à la croisée d'organisations absolument disparates. Et, finalement, le marin se retrouve avec plein de choses à bord. Il est même obligé de faire des doubles saisies sur ces systèmes parce que qu'ils ne sont pas reliés entre eux ou qu'ils le sont mal. Ça augmente énormément sa charge de travail. C'est différent sur chaque bateau. C'est terrible ! L'idée est donc de faire converger tous ces systèmes. Je vous dis cela mais on n'a pas vraiment la solution. Nous réfléchissons. Et, en plus, à bord des bateaux, il y a un tas d'ondes qui sont susceptibles de se gêner : télécommunications, radars, guerre électronique. En la matière, il y a un besoin de gestion de plus en plus fine et directe, en temps réel, sachant qu'il y a des émissions dans la gamme du gigahertz. Ensuite, il y a des pièges : on dispose de capacités informatiques formidables mais on se rend compte que l'on intègre de plus en plus de composants sur étagère dans les logiciels (des « cots », *commercial off-the-shelf*). Du Java et un tas de choses qui sont « comme à la maison »... Et, en conséquence, ça marche parfois comme à la maison ! Votre PC s'arrête. Il est lent. Pourquoi ? On ne sait pas très bien... Il est donc impératif de conserver la maîtrise du génie logiciel.

En conclusion, je reviens sur le clivage « plate-forme – systèmes embarqués » qui s'accroît. Cette évolution, normale, se retrouve dans la composition de l'équipage. Aujourd'hui, l'*Aquitaine* opère avec 94 personnes seulement (plus 14 avec le détachement hélicoptère). Eh bien, on se rend compte que c'est l'équipe de plate-forme qui a beaucoup diminué. Bien qu'elle soit toujours chargée de la sécurité et de la sûreté. Alors que, malgré tous les efforts faits en matière de traitement de l'information, l'équipe chargée du système de combat, elle, reste stable, voire croît. Cela étant, la vie de tous les jours nous impose des limites sur lesquelles nous butons quels que soient nos efforts d'automatisation.

Un dernier mot à propos de la réglementation. On parle d'innovation mais, comme je vous le disais, il s'agit avant tout de créer un cadre qui favorise l'innovation. Le *Mistral* est un navire

innovant en ce qu'il utilise les normes civiles. La FREMM aussi, d'ailleurs. Nous sommes contents de cette utilisation, même si cela ne résout pas tout. On a néanmoins toujours besoin de standards militaires pour un certain nombre de choses telles que les munitions, les chocs, les télécommunications... Il y a aussi des limitations auxquelles il faut faire attention car il y a des hypothèses non écrites. Quand vous êtes sur un paquebot, s'il y a le feu, tout ce que vous faites, c'est évacuer le plus vite possible les femmes, les enfants, etc. Ce n'est pas ce que fait le marin. Le marin est un type costaud. Il est formé. Il ne quitte pas le navire, il combat le feu. Donc, si on se borne à appliquer les normes civiles aux bateaux militaires, on s'expose à quelques surprises. Toujours est-il que nous pâtissons d'un nombre excessif de normes et de l'épaisseur de certains règlements. Le plus invraisemblable, ce sont certains standards de l'OTAN. Je pense à celui de la liaison 16, qui fait maintenant huit mille pages ! Et, en plus, ces standards se contredisent. Il faut donc poursuivre le nettoyage de nos réglementations. On y arrive en introduisant encore plus de règles civiles. Par exemple : il a bien fallu que ce bateau (NDR : référence à une diapositive) transporte beaucoup de munitions. Nous nous sommes donc inspirés de la réglementation internationale relative au transport des marchandises dangereuses par les bateaux civils, connue sous le nom de « code IMDG » (International Maritime Dangerous Goods code).

Mais il faut aller plus loin. Il existe, à cet égard, deux cas emblématiques récents. L'un relatif aux matériaux pour les capteurs. Cela faisait quelques années que nous envisagions de faire un certain nombre de capteurs très performants mais, d'un seul coup, le matériau sur lequel nous travaillions s'est retrouvé sur la liste Reach. Un matériau qui, à nos yeux, n'a pas l'air si dangereux que ça ! Il faut donc que nous gérions cette situation nouvelle. Or, c'est très compliqué.

Quant au second cas, Il s'agit d'un petit programme d'une vingtaine de navires de servitude destinés à transporter du personnel – jusqu'à 36 personnes – par exemple pour assurer la liaison entre la terre et des bateaux, pour traverser une rade, etc. Eh bien, figurez-vous que la réglementation du transport de personnes limite la capacité des bateaux à essence à douze personnes. Nous voulons, quant à nous, pouvoir en transporter trente-six. Cela veut dire que l'on ne peut pas mettre de moteur à essence. On ne peut pas mettre de moteur hors-bord non plus parce qu'il n'existe pas de moteur hors-bord diesel. On est donc obligé de mettre le moteur à l'intérieur. Et, d'un seul coup, on passe de 300 000 euros par bateau à un million d'euros. À mon avis, ça suffit ! On ne les a pas, ces euros, d'autant moins pour une série de vingt bateaux. Rappelons, encore une fois, que les gens à transporter sont des militaires, des hommes et des femmes entraînés, pas des personnes âgées et des enfants.

* *
*

10h30 – 11h05 Les innovations aujourd'hui

10h30 - 10h45 : « La FREMM, le Barracuda, le Caïman ». Regard de l'utilisateur

CV Charles-Édouard DARD,

officier correspondant d'état-major Engagement combat, état-major de la Marine

Du « regard de l'utilisateur », je suis passé à la question « les innovations, pour quoi faire ? ». Les innovations, pour nous, ne sont pas un but, ce sont des moyens. À quoi nous servent-elles ? À atteindre un but extrêmement simple : gagner, être le plus fort, être le meilleur, le plus endurant, imposer ma volonté sur mer dans le cadre de mes opérations. C'est grâce à la technologie et l'innovation que je vais pouvoir imposer cette volonté et gagner.

Ce combat sur mer est absolument multiforme. Évidemment, il ne s'agit plus uniquement de la bataille du Jutland, en 1916, à la suite de laquelle la flotte impériale allemande se vit interdire toute sortie en mer du Nord. Aujourd'hui, le combat sur mer, c'est gagner la guerre de l'intimidation, de l'information, de la désinformation. De la dissuasion, bien sûr. L'emploi de la force n'est qu'une variante de ce combat. Dans l'intervention précédente, Christian Dugué rappelait que, de nos jours, on utilisait beaucoup plus nos moyens de détection et de communication que nos armes. C'est tout à fait exact. Cela ne nous empêche pas de conduire le combat sur mer, bien au contraire.

Avant de vous parler des moyens de la marine, des moyens qui entrent en service et des avantages qu'ils présentent, je voudrais revenir sur la notion d'innovation telle que je la vois. La notion d'innovation, pour moi, marin, c'est quelque chose qui, avant tout, me donne un avantage. C'est quelque chose qui me procure un avantage sur l'autre. Un avantage dans divers domaines. Un avantage dans les performances pures. Par exemple : en portée, en débit de communication, en précision, en polyvalence. C'est quelque chose qui peut m'offrir un avantage tactique nouveau. Par exemple, on utilise aujourd'hui un satellite pour surveiller des tranches de mer dans les terres Australes françaises et on place une frégate « en dessous », une frégate éclairée par les images satellitaires. Ce qui nous permet de dire qu'il n'y a aujourd'hui quasiment plus aucun contrevenant dans l'immensité des zones économiques exclusives des terres Australes. Voilà donc typiquement un avantage tactique obtenu grâce à l'innovation.

L'innovation peut aussi nous donner un avantage en matière de rapport coût-efficacité. J'y reviendrai tout à l'heure avec la FREMM. Mais on peut dire, par exemple, que le rapport coût-efficacité est aujourd'hui un paramètre extrêmement dimensionnant dans les conflits menés, quelle que soit leur nature. Est-ce que j'utilise, en Libye, un missile Scalp de plusieurs millions d'euros ou une bombe portée par un Rafale ? Eh bien, ce n'est pas le même coût, pour un effet similaire. Le coût est donc un facteur que l'on prend en compte et l'innovation permet, à certains égards, d'améliorer le rapport coût-efficacité.

Un autre domaine dans lequel l'innovation peut me donner un avantage, un domaine sur lequel nous travaillons et auquel l'état-major de la Marine tient beaucoup, c'est la robustesse. Comme ce mot est un mot fourre-tout, nous avons essayé de formaliser ce que nous entendons par là – et Frédéric Petit, qui interviendra tout à l'heure, y reviendra. Pour nous, la robustesse est quelque chose qui découle, notamment, de l'innovation. C'est

quelque chose qui nous permet de durer – ce qui est très important à nos yeux – et nous apporte fiabilité et facilité de maintenance. C'est quelque chose qui nous permet de garantir une simplicité d'usage et une adéquation entre nos personnels et la complexité du matériel à mettre en œuvre. Pour nous, l'innovation est un des paramètres de la robustesse. Et enfin, c'est quelque chose qui favorise la résistance aux agressions. Que ces dernières soient liées au milieu dans lequel nous évoluons ou au combat. Les modes dégradés font partie de la robustesse. Et sont un domaine où l'innovation peut apporter beaucoup. On aura l'occasion de donner quelques détails à ce propos.

C'étaient donc les trois types d'avantages que j'ai relevés (performances, coût-efficacité et robustesse). Il y en a certainement d'autres.

Par ailleurs, l'innovation peut prendre plusieurs formes, selon nous. Elle n'est pas uniquement technologique. On a parlé tout à l'heure de l'EDA-R (engin de débarquement amphibie rapide). C'est effectivement une innovation. Le matériel en soi n'a rien de neuf. En revanche, le concept de cet outil amphibie, avec un pont qui monte et qui descend, est une idée nouvelle. On connaît bien les innovations de nature technologique : puissance de calcul, drones, etc. Tout ceci ne forme qu'une facette de l'innovation. Les innovations de nature conceptuelle sont tout aussi importantes ! Prenons le cas du porte-avions, qui a constitué une rupture, comme cela été évoqué plus haut. C'est un bateau, un bateau avec un pont plat, au départ. Un navire qui, au début, ne comporte pas d'innovation radicale. Dans un second temps, apparaissent les miroirs d'appontage, les catapultes, etc. Mais, à l'origine, c'est une innovation conceptuelle. Prenons ensuite l'exemple du téléphone portable, du téléphone cellulaire. C'est une innovation phénoménale du monde d'aujourd'hui. Pour autant, quand on le considère de près, on n'y trouve aucune innovation majeure. Les circuits intégrés sont quelque chose de connu. On sait faire la batterie, etc. Mais le fait d'avoir rassemblé ces éléments dans un concept nouveau a provoqué une transformation extraordinaire.

L'innovation peut également concerner le domaine d'emploi. Parfois, on ne prévoit absolument pas l'impact d'une innovation technologique sur le domaine d'emploi d'un matériel. Ça a été le cas lorsque sont apparus les sous-marins nucléaires d'attaque, à l'époque de la guerre froide. Certains, dans cette salle, en parleraient bien mieux que moi. On n'imaginait pas les capacités que conférait la propulsion nucléaire en matière de déploiement, de durée... C'est quelque chose qui a ouvert un champ inouï aux sous-marins et que l'on avait que partiellement anticipé.

Et puis, il y a des innovations portant sur l'organisation. Et elles ne sont pas moins importantes. Par exemple, en ce qui concerne la FREMM, nous sommes obligés de nous adapter à ce bateau très innovant et de réorganiser nos services afférents en conséquence.

Je vais maintenant balayer très rapidement les quelques grands programmes de la Marine en cours dont les matériels arrivent en service ou vont prochainement entrer en service. Non pas pour essayer d'en faire un descriptif technique – j'en suis incapable – mais plutôt pour identifier quelques uns des avantages qui ressortent des innovations qu'ils incorporent, quelques avantages opérationnels pour le marin que je suis.

À tout seigneur tout honneur. Je suis surfacier, par conséquent je vais d'abord traiter la surface, même si je m'occupe aussi de sous-marins et d'aéronefs dans mon métier d'Ocem (officier correspondant d'état-major) engagement-combat. Commençons donc par la

FREMM, notamment parce qu'elle rentre actuellement en service. La frégate européenne multimission, soit dit en passant, c'est 20 millions de lignes de code, neuf réseaux différents, 1400 systèmes d'information, 120 000 points de bornage, plus de 300 000 références de produit, alors qu'il y en a, je crois, 100 000 pour l'Airbus A-380. Bref, c'est un objet d'une complexité certaine. Je ne vais pas vous décrire tous les gains opérationnels attendus en matière de systèmes d'armes parce que ce serait trop long. Je voudrais juste m'arrêter sur deux points : premièrement, l'équipage réduit, parce que c'est quelque chose qui est extrêmement novateur. Nous mettons en œuvre une frégate de 6000 tonnes qui est véritablement multimission : elle fait de la projection de puissance contre la terre avec ses missiles de croisière, de la lutte anti-sous-marine de très haut niveau, de la lutte asymétrique, elle met en œuvre des forces spéciales. Nous sommes donc en présence d'un objet extrêmement polyvalent. Et tout cela avec 94 personnes dans l'équipage, 108 si on compte le détachement « hélico ». C'est quelque chose d'exceptionnel ! Cet équipage réduit, il faut quand même être pragmatique, apporte principalement une réduction de coût d'exploitation à la Marine. Autrefois, on avait évalué que le coût d'exploitation d'un bateau de guerre était d'un tiers à l'achat, un tiers « carburant – munitions – entretien », et un tiers pour l'équipage. Aujourd'hui, on devrait pouvoir diviser ce coût d'équipage par deux dans la mesure où il y a 230 personnes sur une frégate anti-sous-marine de 4000-4500 tonnes alors que sur une frégate de 6000 tonnes, beaucoup plus puissante en termes d'armes et d'équipements, il y a 108 personnes seulement. La différence représente un gain en coût d'exploitation. L'argent ainsi économisé permet de faire naviguer le bateau plus longtemps, de mieux l'entretenir. C'est donc un gain opérationnel.

Le second élément sur lequel je voudrais insister en ce qui concerne ce navire de surface, c'est la notion de « survivabilité ». On a quelques exemples de frégates ou destroyers de cet ordre de grandeur qui, dans le passé, ont été touchés par des missiles. Le *Sheffield* aux Malouines, l'USS *Stark* durant la guerre Iran-Irak, ou encore l'USS *Cole*, gravement endommagé par une espèce d'équipement explosif improvisé. Chaque fois, ces bateaux ont été totalement désarmés. Même un bateau comme l'USS *Cole* – un navire de 8000 tonnes ! – s'est retrouvé hors d'état de servir. Pourtant une seule zone avait été touchée. Aujourd'hui, on espère, avec un bateau comme la FREMM – où il y a une telle segmentation, à la fois de la propulsion, de la conduite de cette propulsion, de la production d'électricité – qu'on pourrait à minima s'extraire du théâtre d'opération – à l'aide du propulseur d'étrave, des moteurs diesel-alternateurs qui sont à l'avant et de l'un des trente points de commande de la propulsion différents répartis à bord – si l'arrière du bâtiment était la cible d'un missile ou une bombe et si le bateau se retrouvait dans l'impossibilité de combattre. Cette capacité n'est pas un souhait nouveau mais, de ce que l'on a observé sur les bateaux modernes au cours des trente dernières années, elle n'a jusqu'alors jamais été réalisée. La survivabilité passe aussi par l'automatisation puisque, comme je l'ai indiqué, il y a trente endroits d'où l'on peut commander la propulsion de la FREMM. On a automatisé cette fonction parce qu'il y a moins de personnes à bord. Par conséquent, ce gain en survivabilité est en fait une conséquence heureuse de l'automatisation et de la réduction de l'équipage. C'est évidemment possible parce que le bateau est truffé de tous ces réseaux dont je vous ai parlé.

J'en viens maintenant au sous-marin *Barracuda*. Le sous-marin à propulsion nucléaire en général, Christian Dugué l'a évoqué, est un incroyable concentré de technologie. C'est une machine dans laquelle on met une centrale nucléaire qui peut alimenter une ville de 200 000

à 300 000 habitants et qu'on emporte à quelques centaines de mètres sous l'eau. C'est quelque chose d'assez impressionnant mais ce n'est pas nouveau. En revanche, là où l'on franchit des paliers techniques avec le sous-marin *Barracuda*, c'est dans l'augmentation des performances, puisqu'on double quasiment l'autonomie de ce bateau, laquelle n'est pas seulement liée à la propulsion. On met en place un équipement qui ne s'arrêtera qu'une seule fois par an pour être entretenu – ce qui nécessite énormément d'innovation – et puis on lui donne un avantage acoustique tout à fait exceptionnel et que l'on espère, par son architecture, pouvoir maintenir dans la durée. Je ne sais pas si c'est vrai, mais les sous-marinières ont l'habitude de dire qu'un sous-marin de type *Barracuda*, ou même *Triomphant*, fait moins de bruit qu'un lave-vaisselle domestique, et ce, alors qu'il y a à bord une centrale nucléaire, toutes sortes d'équipements, une centaine de personnes... Une si faible signature acoustique nécessite un niveau d'innovation important.

Mais les deux innovations opérationnelles sur lesquelles je voudrais m'attarder quelques instants sont la mise en œuvre des forces spéciales d'une façon un peu différente de celle qui existe aujourd'hui. Ce bateau aura, sur son pont, un conteneur étanche dans lequel on placera un propulseur sous-marin pour les nageurs de combat. La mise en œuvre de forces spéciales via un propulseur sous-marin, lui-même sur un sous-marin, est quelque chose qui nécessite beaucoup de savoir-faire mais aussi de la technologie. En effet, vous l'imaginez bien, il faut savoir se positionner avec précision, maîtriser les communications acoustiques et être capable de mettre en œuvre, en immersion, un objet dans lequel on va placer un autre objet. En résumé, une innovation dont la réalisation pratique n'est pas un jeu d'enfant.

Le second élément sur lequel je voudrais insister, c'est le missile de croisière. C'est une très grande rupture pour nos sous-marins. Ce n'est pas une innovation mondiale mais, à notre niveau, c'en est une et cela a nécessité des avancées importantes. Pour mettre en œuvre un outil pareil, là encore, il faut savoir se positionner. En effet, si nous voulons être indépendants pour mettre en œuvre le missile de croisière, nous ne pouvons pas tout faire au GPS. Il faut savoir faire changer de milieu ce beau missile qui part sous l'eau et qui va, quelques centaines de kilomètres plus loin, frapper un objectif au mètre près. Et si vous en tirez un deuxième après, il n'est pas impossible que le second rentre dans le trou que vous avez percé avec le premier ! Ça a été vu, notamment en Libye. Ça vous donne une idée de toute la chaîne mise en œuvre : préparation de mission au cours de laquelle plusieurs mégabits de données relatives au dossier d'objectif sont transférées via une liaison satellitaire ; réception des données par le sous-marin en plongée ; paramétrage d'un missile de croisière ; tir dudit missile à plusieurs centaines de kilomètres, lequel missile touche son objectif quasiment au mètre près.

Je vais passer rapidement sur le Caïman. C'est un hélicoptère exceptionnel. Avec des commandes électriques qui lui confèrent un surcroît de maniabilité. Mais surtout, avec un nouveau sonar, appelé sonar flash, qui nous ouvre des perspectives nouvelles dans le domaine de la lutte sous la mer (LSM) grâce, notamment, au multistatisme. Christian Dugué a évoqué, tout à l'heure, la mise en œuvre de cette technique à l'aide de deux frégates. L'hélicoptère pourra également y contribuer avec ce sonar qui, en première approche et à environnement équivalent, est environ dix fois plus performant que celui actuellement embarqué à bord du Lynx. Cela donne une idée du bond opérationnel induit par ce saut technologique.

Je ne parlerai pas du patrouilleur hauturier *L'Adroit*. Ni de son drone qui nous permet de faire des photos. Bref, qui nous donne la possibilité de ne pas exposer nos personnels et l'hélicoptère lorsque nous faisons de la lutte contre la piraterie.

J'en arrive directement à ma conclusion. Pour nous, personnels opérationnels, l'innovation est d'abord un effet, une conséquence. Ce n'est pas une religion en soi. C'est un gain de performances attendu, démontré et tangible. Il y a souvent une nouvelle technologie derrière, mais pas toujours. L'innovation peut aussi être conceptuelle. Et, ce qui est certain, c'est que ce gain de performances doit être recherché en permanence, de manière continue – ce n'est pas pour rien que ce colloque s'appelle « l'innovation permanente ». Troisièmement, cela a déjà été abordé tout à l'heure sous l'angle du tonnage : il ne faut pas tout attendre de l'innovation. Il y a une chose dont nous sommes assez sûrs, c'est qu'elle ne nous donnera pas le don d'ubiquité. Aujourd'hui, on est parfois face à des laudateurs de l'innovation nous disant : « *Finalemnt, tu as besoin de beaucoup mois de moyens pour faire la même chose.* » Eh bien, ce n'est pas toujours exact et c'est même rarement vrai. Et là, je m'exprime clairement en tant qu'Ocem Engagement-Combat : nous avons besoin d'un nombre critique de frégates, d'avions, de sous-marins... Sans quoi, même l'innovation ne nous permettra pas de faire face à toutes les missions qui nous sont confiées. Et dernier point : être innovant, c'est une nécessité absolue mais il faut quand même rester un tant soit peu conservateur. Je vais vous donner un seul exemple : depuis de nombreuses années, la Marine utilise les cartes électroniques et nous naviguons à l'aide de ces cartes numériques connectées au GPS, aux centrales à inertie, etc. Pour autant, les timoniers ont toujours, dans leur charge, des cartes papier. Et cela me semble assez sage... Je vous remercie de votre attention !

* *
 *
 *

11h05 – 11h40 : Le civil, moteur de l'innovation navale

11h05 - 11h20 : « Les pôles de compétitivité mer au service de la Marine »

Monsieur Patrick POUPON, directeur du pôle de compétitivité Mer Bretagne

Plutôt que de vous présenter des innovations précises, je vais vous expliquer comment un dispositif coopératif s'efforce de contribuer à l'innovation permanente. Il s'agit, bien sûr, des pôles de compétitivité et, plus particulièrement, des deux pôles mer : le pôle mer Bretagne et le pôle mer Provence-Alpes-Côte d'Azur. Ces deux pôles de compétitivité ont le label « pôle à vocation mondiale ». Cela vous donne une idée de leur rayonnement.

Je vais rappeler ce que sont les pôles de compétitivité. C'est une politique qui a été lancée par l'État en 2005-2006. Les pôles sont, avant tout, des outils de développement économique. Ils se caractérisent par un territoire, que l'on retrouve dans le nom respectif des pôles mer. Leur principale activité est de contribuer à l'émergence de projets collaboratifs innovants ayant des perspectives de développement économique. Cela veut dire que derrière chaque projet, il y a un plan d'activité qui porte sur les trois à quatre ans à venir, voire sur dix ans dans certains secteurs. Les pôles de compétitivité regroupent trois grandes catégories de membres : les entreprises (petites et grandes), les organismes de recherche et les structures de formation. Il nous semble très important que toute cette dynamique d'innovation soit également accompagnée au niveau de la formation. Il faut que la formation anticipe ces innovations.

Ambitions et missions des pôles de compétitivité. Tout ce que je viens de vous dire en introduction est vrai pour l'ensemble des soixante et onze pôles de compétitivité. Il y en a de même pour leurs ambitions et missions. À ceci près que, parmi les 71 pôles, dix-huit sortent du lot et sont des pôles à vocation mondiale. Ce qu'il faut retenir, c'est que la finalité de tous est le développement économique moyennant la réunion de l'ensemble des acteurs précités.

Pour ce qui est de l'innovation, beaucoup de définitions ont été données ce matin. Vous avez compris que, dans les pôles de compétitivité, l'innovation n'est pas une finalité en soi mais un moyen destiné à contribuer au développement économique. Le mot « innovation » s'accompagne de nombreux qualificatifs. Outre l'innovation permanente, on trouve l'innovation technologique et non technologique. On rencontre également les innovations de rupture et les innovations incrémentales. Toutes ces dimensions-là existent dans le cadre des pôles de compétitivité. Et puis, il y a l'innovation duale, qui a été peu évoquée jusqu'à présent. Pour nous, pôles de compétitivité dont l'activité doit avant tout rester civile, c'est une notion importante puisqu'elle nous permet d'établir une passerelle avec la Marine et de rechercher une synergie avec la dynamique d'innovation permanente de cette dernière. Ça nous intéresse donc beaucoup de travailler avec la Marine nationale autour des applications duales. Je pense qu'il y a beaucoup à faire en la matière.

Par ailleurs, le coût en euros constitue souvent le moteur de l'innovation. Que ce soit le coût d'acquisition, le coût de fonctionnement, les coûts induits, les coûts générés, le coût d'exploitation. Un petit exemple : il y a quelques années, on a labellisé un projet dans le

domaine de la pêche. Il s'appelle Optipêche. C'est un sondeur multifaisceau pour la pêche. Vous, marins, utilisez depuis très longtemps ce type de sondeur. Ce sont des capteurs qui coûtaient, il y a quelques années, plusieurs centaines de milliers d'euros le kilogramme. L'objectif de ce projet était de réaliser un sondeur multifaisceau pour la pêche à moins de cinquante mille euros. Depuis, le projet a abouti. Le sondeur est désormais commercialisé. C'est la société Ixblue qui est derrière cette réalisation. L'innovation consistait donc à trouver les solutions pour fabriquer ce sondeur à moins de 50 000 euros.

Quelques années plus tard, fin 2012, nous avons un nouveau projet qui s'appelle Phare. Il est porté par la société Thalos. Il concerne toujours le domaine de la pêche. C'est un dispositif de concentration pour la pêche thonière dans l'océan Indien. Le but est de faire un capteur, non plus multifaisceau, mais à faisceaux multiples à moins de 500 euros. L'innovation est là. Le coût constitue donc vraiment un des moteurs de l'innovation.

Les pôles mer en chiffres. Sur cette planche, j'ai volontairement confondu les deux pôles de compétitivité Mer. Nous travaillons actuellement dans six grands domaines. Dans les quelques exemples de projets que je présenterai plus loin, j'ai privilégié les deux domaines suivants : Sécurité et sûreté maritimes ; Naval et nautisme.

- « Sécurité et sûreté maritimes » : on s'intéresse à tout ce qui est sûreté des infrastructures et des territoires et tout ce qui est sécurité des biens et des personnes.

- « Naval et nautisme » : ce thème est structuré par le programme Navire du futur. Un navire plus propre, plus sûr et plus économe. Un programme national qui a été lancé à l'initiative des trois pôles de compétitivité : pôle mer Bretagne, pôle mer Paca et EMC2. Ainsi que par le Gican (Groupement des industries de construction et activités navales). Ce programme est vraiment important et nous sert de pivot pour animer ce domaine « Naval et nautisme ».

- Ensuite, les « ressources énergétiques et minières marines ». Jusqu'à il y a peu, on s'intéressait principalement aux ressources énergétiques marines. Nous avons rajouté l'adjectif « minier », plus au sens activité que ressource. En l'occurrence, on est attirés par les grands fonds et, dans un premier temps, plutôt par l'exploration. Il faut savoir que, au cours des dix ans à venir, cette exploration grands fonds représentera plusieurs milliards de dollars de chiffre d'affaires.

- Les « ressources biologiques marines ». Nous travaillons sur tout ce qui est pêche, aquaculture et biotechnologies marines.

- L'« environnement et l'aménagement du littoral » : ce thème va de l'océanographie opérationnelle, principalement côtière, jusqu'à la qualité des eaux, par exemple. Donc, tout ce qui est prévision météorologique et océanographique. À très petite échelle.

- Nous travaillons aussi, depuis peu, sur ce qui est « ports, infrastructures et transports maritimes » et, plus particulièrement, sur la notion de port du futur. Comme le port constitue toujours l'interface terre-mer, ça nous semblait important d'y travailler.

Les deux pôles mer rassemblent plus de 600 adhérents. À noter : un grand nombre de PME. La moitié de nos adhérents sont des PME, voire de très petites entreprises (TPE). Nous avons également des grands groupes dans le pôle. J'insiste sur la présence des grands groupes, lesquels sont dénigrés, ces derniers temps, lorsque l'on parle de développement économique. Il est sûr que la création d'emplois proprement dite ne se fait pas aujourd'hui dans les grands groupes, elle se fait principalement dans les PME. Mais en matière de dynamique des pôles de compétitivité, s'il n'y avait pas les grands groupes, les pôles ne

fonctionneraient pas. Il nous faut des DCNS, des Thales, des Veolia pour animer cette politique Pôles de compétitivité.

Aujourd'hui, nous sommes principalement présents sur les deux grandes façades maritimes de France métropolitaine. Nous travaillons également beaucoup avec les territoires ultramarins et considérons que, à l'avenir, nous devons renforcer notre action dans la zone économique exclusive (ZEE). Nous couvrons donc tous les océans.

Le cœur de notre activité est le projet collaboratif innovant. À ce jour, nous en avons labellisé 370. Dans lesquels on retrouve systématiquement, au minimum, deux entreprises et un laboratoire, et souvent beaucoup plus.

Ces 370 projets représentent plus d'un milliard d'euros d'investissements cumulés depuis la création opérationnelle des pôles, début 2006. Les financements publics qui ont été injectés dans ces projets s'élèvent aujourd'hui à 320 millions d'euros. Les projets peuvent tabler sur des aides à hauteur de 30 %. Aujourd'hui, sur les 378 projets, une dizaine connaissent des difficultés de financement. Les autres projets non encore financés constituent l'encours habituel. Globalement, le fonctionnement des deux pôles mer est satisfaisant.

Quelques projets, à présent. Comme je vous l'annonçais, je me suis concentré sur tout ce qui est « sécurité et sûreté maritime » et « naval et nautisme ». Compte tenu de ce qu'ont exposé les intervenants précédents, j'aurais pu aller un peu plus loin pour ouvrir le débat. Il y a en effet des sujets relevant des autres domaines d'action des pôles mer qui auraient pu vous intéresser. Je vais néanmoins me borner à présenter très rapidement les huit projets que j'ai sélectionnés. Pour l'anecdote, le professeur Patrick Boureille parlait, en introduction, d'arsenal, de flotte et de personnel, autant de grandes composantes de la Marine. Eh bien, on retrouve ces éléments dans les projets. Vous aurez donc des projets plutôt liés à l'arsenal, à la flotte ou au personnel.

Seanet, un projet porté par Thales communications en association avec des PME. Par exemple : Satimo, Deti et Estar. Ainsi que des laboratoires de recherche, en particulier Télécom Bretagne et l'Enib, tous deux à Brest. C'est un système de télécommunication. Un projet qui devrait permettre la communication haut débit au sein d'une même flotte. Projet typique du pôle de compétitivité. Qui a été également labellisé par un autre pôle, le pôle Systematic, un pôle d'Ile-de-France. Un projet de 3,7 millions d'euros.

Nemo (Simulateur multicapteurs pour la détection et le suivi des menaces en mer). Là, on se situe côté arsenal. Ce n'est pas un outil opérationnel, c'est un outil qui doit permettre de dimensionner et qualifier des systèmes de surveillance en mer. Porté par une entreprise de taille intermédiaire, Alyotech Technologies, avec, comme partenaires, deux structures d'un grand groupe : Thales Systèmes aéroportés et Thales optronique. On retrouve également Télécom Bretagne et Ifremer dans ce projet.

Atos (Antenne acoustique en technologie tout optique pour la surveillance). On est, en l'occurrence, à bord du navire et il s'agit de capter, traiter et transmettre par multiplexage l'information en utilisant exclusivement la technique optronique. Thales Underwater Systems est porteur du projet.

Sismaris (Système d'information et de surveillance maritime pour l'identification des comportements suspects). Un projet mené par nos collègues de Paca, avec DCNS, un

certain nombre de PME et, bien sûr, des laboratoires. Un assez gros projet qui avoisine les 7 millions d'euros. Un projet abouti.

Profilteam. Il ne s'agit pas d'un projet technologique mais d'un projet relevant de la psychosociologie. Il est destiné à optimiser la composition des équipages en milieu confiné en vue de favoriser la résistance à des situations de stress. Profilteam est porté par DCNS.

Nacre. C'est un élément du programme « Navire du futur » qui touche à la propreté de ce dernier vis-à-vis de l'environnement. Projet porté par DCNS, dans lequel on trouve Bertin et un certain nombre de laboratoires. Projet aujourd'hui expérimenté sur le *Monge*.

BMCI : Système d'aide à la maintenance et à la conduite intelligente des navires. Il s'agit plutôt du côté arsenal et flotte.

Et enfin, CVAO (Contrôle visuel des structures métalliques assisté par ordinateur). CVAO constitue un travail considérable en vue de l'optimisation de la maintenance et, *in fine*, de la réduction des coûts d'entretien.

Voilà donc un aperçu de l'action des pôles de compétitivité Mer. Mais, plus généralement, je voudrais profiter de cette conférence pour vous inciter à rejoindre notre dynamique. J'y vois deux raisons. La première est que les équipes de projet ont besoin d'utilisateurs finals, lesquels sont susceptibles de bénéficier, en retour, du résultat des travaux menés. Au sein de l'état-major de la Marine, un gros travail a d'ailleurs été fait pour que les marins d'État soient « utilisateur final » de certains projets, deux à ce jour. Ces marins pourraient cependant être beaucoup plus nombreux. D'autant plus que la Marine est une armée particulière en ce qu'elle comporte une dimension civile dans la mesure où elle assure la majeure partie de l'« action de l'État en mer ». Cette dimension civilo-militaire doit permettre d'aller plus loin, ensemble, en matière de projets à vocation duale. Pour ces deux motifs, nous avons clairement besoin de vous !

* *
*

11h40 – 12h15 : Prospective technologique

11h40- 11h55 : « Que prépare-t-on pour la Marine de 2030 ? »

ICETA2 Frédéric PETIT, officier correspondant d'état-major pour les études, état-major de la Marine

Je reviendrai, dans ce propos introductif, sur l'exigence de robustesse dont on a parlé tout à l'heure. Robustesse qui, aujourd'hui, est une exigence primordiale pour l'utilisateur opérationnel mais aussi, je pense, pour le concepteur. Je vous présenterai également les axes d'effort, les secteurs à enjeu que l'on distingue à moyen terme, c'est-à-dire à l'horizon 2030 (2020, pour moi, c'est demain). Et puis, pour introduire le débat, je citerai trois ou quatre axes technologiques qui pourraient, demain, devenir des capacités pour la Marine.

Avant cela, je voudrais faire un simple rappel pour illustrer ce que nous savons tous : l'importance des enjeux maritimes. Précisions utiles : les trois grands (États-Unis, Russie et Chine) sont toujours présents dans l'espace maritime. Mais, on le sait aussi, la France est le pays qui possède le deuxième espace océanique. Et, selon les récentes décisions et orientations, l'ambition de notre pays, en matière de défense et de marine, est de poursuivre les mêmes missions en dépit d'une réduction de format et d'un contexte budgétaire très contraint. On demandera donc toujours à la Marine d'assurer une présence sur l'ensemble du globe. On lui demandera aussi d'assurer la permanence de la dissuasion, la protection du territoire métropolitain et d'outre-mer, le repositionnement de forces, la lutte contre le narcotrafic... On lui demandera d'être inventive. Ce qui veut aussi dire utiliser ses matériels dans des conditions pour lesquelles ils n'ont pas été conçus ou prévus. On lui demandera également d'être polyvalente, c'est-à-dire d'avoir un spectre d'action très large et des performances accrues face à des menaces de plus en plus nombreuses, qu'elles soient asymétriques, c'est-à-dire de courte portée, ou transhorizon. On lui demandera également de se projeter avec de plus en plus de précision mais de moins en moins de points d'appui. En résumé, la Marine devra mettre en œuvre des capacités de plus en plus complexes tout en restant soumise à des exigences de résultat.

La robustesse est effectivement une exigence primordiale que nous souhaitons réaffirmer et prendre en compte dans la réflexion prospective relative à la définition des capacités futures. On n'est plus, si tant est qu'on l'ait été un jour, dans la multiplication effrénée des spécifications, une course au « toujours plus de besoins ». Aujourd'hui, ce que l'on demande, ce sont des capacités opérationnelles disponibles dans la durée. C'est rendu nécessaire par l'étalement des programmes et la prolongation de la durée de service des matériels. Par ailleurs, on souhaite que les performances puissent être atteintes en conditions nominales mais aussi dégradées. Et c'est d'autant plus nécessaire pour des matériels soumis à un environnement très dur et à des avaries potentielles. On demande enfin une simplicité d'apprentissage et d'utilisation par l'opérateur, ce qui a un impact sur le rajeunissement des équipages et la formation qu'il faut leur assurer. Tout ceci se traduit par de l'innovation technologique, oui, mais au service de la robustesse.

Atteindre cette robustesse, pour nous, c'est finalement essayer de rechercher un compromis, peu aisé à atteindre, entre plusieurs notions qui visent toutes à maîtriser le coût global

d'utilisation des matériels et à les rendre évolutifs. Parce qu'on va devoir les faire durer ! Évidemment, quand on parle robustesse, on pense rusticité, simplicité. Cette rusticité et cette simplicité ne sont toutefois pas exclusives de l'évolution technologique. Ce qu'on demande aux matériels de plus en plus sophistiqués : de l'intégration et de la complexité. Mais, attention ! Quand on parle complexité, cela introduit de la fragilité vis-à-vis des menaces, la menace « cyber » par exemple. Chaque fois qu'on s'éloigne de la simplicité, on introduit un risque de dysfonctionnement ou de négligence, pas forcément malveillante, de la part de l'utilisateur. Et si l'on est trop intégré et que cela demande trop de formation ou trop d'apprentissage, le système ne sera pas utilisé ou ne sera utilisé qu'à 10 % de ses capacités. Voire restera à quai parce que l'utilisateur n'aura pas confiance dans le matériel. Cela s'est déjà vu...

À l'horizon 2030, quels objectifs stratégiques souhaitons-nous définir dans le domaine du combat naval et de la lutte anti-sous-marine ? Trois points principaux : premièrement, il faut commencer à définir ce que sera l'architecture du navire de combat du futur. On se situe en l'occurrence dans l'après-FREMM, l'après-bâtiment actuellement en service. Mais il faut aussi réfléchir à la manière dont on va faire évoluer lesdits bâtiments en service. En effet, on a vu qu'il y aura un écart énorme entre les bâtiments actuels et les bâtiments futurs. Deuxièmement, il nous faudra – et c'est le socle technologique ou de souveraineté nationale – maintenir les capacités de lutte sous la mer au meilleur niveau. Et, troisièmement, face à l'évolution de la menace, il faudra évidemment améliorer les capacités de lutte au-dessus de la surface ou, à tout le moins, maintenir notre niveau de performances dans ce domaine.

Quels sont les axes d'effort pour y parvenir ? Tout d'abord, l'amélioration des capacités des moyens radars et sonars ; de toutes les capacités de veille-détection et de portée face aux menaces. L'introduction ou le maintien d'un niveau de robustesse élevé dans les systèmes de combat. La détection sous-marine et la discrétion des bâtiments, ce qui a évidemment un lien avec la dissuasion. Les futurs armements, souvent parents pauvres par rapport aux plates-formes : aussi bien ceux destinés à la lutte contre les menaces asymétriques que les futurs armements longue portée amenés à remplacer les missiles de croisière et les missiles antinavires.

Enfin, voilà quelques exemples de secteurs à fort enjeu technologique dans lesquels il paraît nécessaire de continuer à investir. (1) Dans le domaine radar et sonar, il y faut balayer tout le spectre. De l'ultra-basse fréquence à l'hyperfréquence. Aussi bien dans le domaine actif que dans le domaine passif. Au profit de la force de surface comme de la force sous-marine. (2) Les armements destinés au combat de haute intensité. Le professeur Patrick Boureille en a parlé tout à l'heure. La Marine est évidemment concernée *également* par le successeur de l'avion de combat. Par le drone de combat (Ucav), dans sa version potentiellement dérivée du *Neuron* et réservée à de la haute intensité. Les remplaçants ou successeurs des missiles longue portée actuels. (3) Un thème important concerne la maîtrise de la signature des bâtiments, qui constitue leur vulnérabilité. La signature sur tout le spectre, pas seulement acoustique, mais également électromagnétique. Et, en corollaire, l'optimisation de la gestion de l'énergie à bord. Rendue également nécessaire par l'existence de nombreux systèmes d'armes et équipements, tels que les radars, gros consommateurs d'énergie. (4) Et, pour terminer, dans le cadre de la lutte contre la menace asymétrique notamment, il y a nécessité de se doter de moyens de réponse adaptés, et donc d'effecteurs à létalité maîtrisée. Ce sont, par exemple, des effecteurs à énergie dirigée : lasers, micro-ondes à forte puissance

et, dans le haut du spectre, artillerie électrique navale. Tout ceci devant tendre – c'est une exigence du pouvoir politique – vers la maîtrise des effets et l'accroissement de la précision.

* *
 *

12h15 : Clôture

Vice-amiral Emmanuel DESCLEVES, Académie de marine

Je voudrais contribuer à la réflexion générale en revenant, à la lumière de ma longue expérience maritime, sur des éléments abordés dans les interventions de ce matin. On a pertinemment distingué « amélioration permanente » et « innovation au sens rupture ». Je ne reviendrai pas là-dessus. Il faut cependant avoir bien conscience que nous sommes plutôt dans une période d'amélioration permanente. L'innovation de rupture est plus rare. Cela dit, l'une comme l'autre nous apportent des avantages compétitifs, en matière opérationnelle, mais aussi en matière de rapport coût-efficacité. Ce dernier point est très intéressant. Je ne dis pas que c'est une première, mais le fait que la notion économique soit considérée à l'état-major de la Marine est un progrès indéniable. Ça me paraît extrêmement important. Et puis pour d'autres, les avantages compétitifs sont de nature commerciale. Cela paraît évident. L'avantage compétitif de l'innovation est un avantage économique, d'un point de vue général. Je résumerais donc en disant que l'innovation est une obligation pour rester en tête, à la fois au plan des opérations et de la puissance maritimes. Mais aussi au plan commercial.

Mais au-delà de ces généralités, je voudrais insister sur le fait que nous parlons aujourd'hui de maritime. Et le maritime a certaines spécificités, à mon avis assez marquées. L'environnement, d'abord. Un environnement difficile. Un environnement très différent de ce que l'on trouve à terre. Et puis, ce matin, on a prononcé certains mots : durée, fiabilité, autonomie, robustesse – ou résilience, comme on voudra –, polyvalence, etc. Ils sont indissociables du milieu maritime et il est très important de les avoir en tête. On parle bien d'un milieu maritime qui est sensiblement différent de ce qu'on trouve à terre. L'innovation dans le maritime est d'autant plus nécessaire que la mer, c'est l'avenir. Vous le savez. Tout le monde en est convaincu, je l'espère. Demain, on aura besoin de ressources considérables qui sont en mer. Qu'il s'agisse d'énergie, de biologie marine, de nourriture, etc. On aura donc besoin d'exploiter les ressources maritimes beaucoup plus qu'on le fait aujourd'hui. Et, à mon avis, nous sommes au début d'une nouvelle ère qui sera, non pas celle des grandes découvertes de la Renaissance évoquée tout à l'heure, mais bien celle des découvertes du fond des mers ; de ce qu'il y a dans l'eau et au fond de l'eau. Pour l'instant, on s'en est tenu aux routes maritimes de surface – ce qui n'est déjà pas mal – et aux câbles sous-marins. Mais pour ce qui est de la masse d'eau, elle, reste encore très largement à découvrir. L'avenir est vraiment là.

Je note en passant – et je pense que vous l'avez noté aussi – que le gouvernement a lancé une commission Innovation 2030, présidée par madame Anne Lauvergeon. Nous avons des contacts avec cette instance et faisons en sorte que la mer y figure en bonne place. Je crois que la commission Innovation 2030 va rendre ses conclusions dans un avenir proche. Et ces conclusions devraient avoir des incidences sur la formation, dont on parlait aussi tout à l'heure. À cet égard, il me paraît très important que l'éducation prenne en compte le domaine maritime, la mer en général. Selon moi, c'est en bonne voie. Tout le monde y contribue. Et c'est une bonne chose.

Je reviens un instant sur la dimension historique. On a parlé tout à l'heure, tout à fait au début, d'innovation en montrant des catamarans. Les catamarans, je vous le rappelle, ont été inventés il y a quelques millénaires, dans le Pacifique. Cette innovation est certes un peu nouvelle pour nous dans ses applications actuelles, mais c'est quand même quelque chose qui a été inventé par des gens qui ne sont pas européens. Je le note parce que c'est important. Ils ont inventé beaucoup d'autres choses que nous n'avons pas encore redécouvertes. On aurait intérêt à regarder d'un peu plus près ce qu'ils ont fait. Et dans le domaine maritime, ils sont allés extrêmement loin.

Historiquement, ce qui me frappe, en France, c'est une très forte tradition d'excellence dans le domaine maritime. On a parlé tout à l'heure de l'Académie de marine, créée en 1752. Ce qu'il faut savoir, c'est qu'en fait cette académie était un groupe de gens qui se rencontraient régulièrement et qui était composée d'officiers de marine, d'ingénieurs ou de futurs ingénieurs, de scientifiques, de médecins, etc. On avait là une concentration de gens qui n'étaient pas exclusivement des officiers de marine. D'ailleurs on y trouve pas mal de monde de l'Académie des sciences. Et c'est ce qui a donné une véritable impulsion au concept d'arsenal et à des constructions navales de rupture : le vaisseau de 74 canons déjà cité, qui, il faut le répéter, a vraiment été un grand moment de la construction navale française et un exemple pour le monde entier ; le cuirassé *Gloire* dont on a parlé tout à l'heure... Et je fais un saut, sans m'arrêter aux sous-marins, jusqu'à la frégate *La Fayette*. Il est frappant de voir que le « design » furtif de la frégate *La Fayette* fait école partout dans le monde. Personne ne construit plus de bateau d'un dessin ancien par rapport à celui de cette frégate. C'est bien un dessin français, qui sort des cartons de DCNS soit dit en passant.

N'oublions pas le BPC (bâtiment de projection et de commandement). Voilà un bâtiment qui, lui aussi, fait école. Je passe maintenant sur les Fremm (frégates européennes multimissions) et, à l'extrémité de la chaîne de la complexité, j'aboutis aux SNLE (sous-marin nucléaire lanceur d'engins). Je voudrais brièvement les mettre en parallèle avec les unités flottantes de production de gaz naturel (appelés FLNG, *Floating liquified natural gas*, dans la langue de Cook). Voilà, deux types d'ensembles maritimes qui n'ont pas du tout la même vocation mais sont, dans une certaine mesure, des objets d'une complexité et d'un coût comparables. Toutes choses où les Français sont très bien placés grâce à leur industrie navale, Total, Technip et bien d'autres.

Plusieurs moteurs sous-tendent l'innovation. On les a cités, notamment la réalisation d'économies. Pour la Marine, cela passe par la réduction d'effectif. L'objectif que nous avions était de réduire les coûts de fonctionnement sur l'ensemble de la durée de vie. On dit, tout à l'heure, que l'équipage constituait, dans le passé, un tiers du coût d'exploitation. Et, en réduisant l'équipage de moitié, on pensait réduire ce tiers de moitié. Cela n'a pas été tout à fait le cas parce que, globalement, l'équipage de 94 personnes des Fremm est, évidemment, d'une qualification supérieure, en moyenne, à celle que l'on trouvait sur les frégates précédentes. Et c'est vrai aussi pour les BPC. Mais on a quand même beaucoup gagné. Le fonctionnement, le MCO (maintien en conditions opérationnelles), le coût global, etc., tous ces impératifs économiques ont été cités.

Autres moteurs de l'innovation : les performances, le silence, la puissance de feu, l'autonomie, la robustesse, etc. Et je rajouterai, pour nos camarades civils qui s'occupent d'exploitation des mers : l'extension des limites. On va toujours plus profond, plus loin.

Et puis on a également évoqué la réglementation, la sécurité, la sûreté... Je tiens à préciser à ce propos que les navires militaires ne sont pas soumis aux réglementations civiles maritimes telles que les conventions Solas (sauvegarde de la vie en mer), Marpol (prévention de la pollution par les navires) et IMDG (transport de marchandises dangereuses). Si nous avons fait le choix, en 1998, de la réglementation civile, rappelons que c'est un choix délibéré qui n'est pas opposable à la Marine, en ce sens que les grandes réglementations et conventions internationales ne sont pas applicables aux navires de guerre. Nous pouvons donc à tout moment revenir en arrière et décider, à l'instar des Américains, que le navire de guerre est un objet qui ne répond qu'aux réglementations définies par l'État qui le met en œuvre. Il n'y a donc d'obligations que celles que nous nous imposons librement.

Enfin, un mot sur le caractère dual de l'innovation. Dual en ce que les techniques utilisées sont applicables à la fois au domaine civil et au domaine militaire. Un bon exemple en est, dans la Marine, le bâtiment de projection et de commandement. Le BPC est un projet structurant considérable que nous avons mené à bien et dans lequel nous avons finalement tout changé. À commencer par la conception générale du bateau : un bateau polyvalent, à fonctions multiples, complètement original par rapport au transport de chalands de débarquement (TCD) *Sirocco*. Le *Sirocco* venait d'être admis en service actif lorsque nous nous sommes lancés dans le BPC. Voyez la différence entre les deux ! C'est considérable. Tout est changé dans le BPC *Mistral*. Tout est nouveau : la propulsion, l'équipage, les capacités militaires du bateau, la manoeuvrabilité, la disponibilité... Tout est différent. Et ce, pour le coût du *Sirocco* ! La Marine a certes pris des risques en lançant ce programme mais elle était épaulée par la direction générale de l'armement (DGA) et l'industrie de la construction navale. Et « le jeu en valait la chandelle » ! Nous sommes très satisfaits du résultat. Voilà un bon exemple de ce que nous sommes capables de faire en collaboration. Et en adoptant une vision d'ensemble. Nous n'avons pas simplement changé tel ou tel domaine, nous avons tout remis en cause. C'est ce qui m'a frappé dans ce beau projet, auquel j'ai beaucoup travaillé de 1998 à 2006 (depuis la phase de définition jusqu'aux essais et l'admission au service actif).

Ce qui m'a marqué dans la « révolution » que nous avons conduite à partir de 1997-1998 dans le cadre de programme de nouveaux navires, c'est l'orientation vers le civil. L'orientation vers le civil a été la ligne de conduite générale. Notamment en matière de réduction des effectifs. Un défi de taille qui nous a permis de beaucoup apprendre de sociologues ! Eh oui, des sociologues, des professeurs de sociologie, souvent d'anciens soixante-huitards... La Sorbonne à l'état-major de la Marine, on n'aurait jamais imaginé ça avant ! Il n'empêche que les sociologues nous ont incité à réfléchir à la notion d'équipage et, par là, ils nous ont beaucoup appris. Eux-mêmes avaient insisté en disant : « *Vous allez réduire vos équipage de moitié. Méfiez-vous ! Parce que l'équipage, c'est finalement la valeur militaire du bateau.* » Et d'ajouter : « *On va vous aider à réfléchir à la question, parce que c'est notre métier.* » Et c'est ce que nous avons fait tous ensemble ! C'est vraiment quelque chose qui nous beaucoup marqués. Et, d'une façon générale, je dirai que, pour des innovations aussi importantes, aussi fondamentales, on ne peut pas imaginer mener la réflexion seuls. Dans un état-major, ou dans tout autre structure d'ailleurs, il n'est pas possible d'innover (au sens d'innovation de rupture) entre gens qui ont tous suivi grosso modo la même formation. Je suis absolument convaincu que c'est l'ouverture sur les autres qui nous permet d'innover. Les clusters, pôles d'innovation et autres Corican (Conseil

d'orientation de la recherche et de l'innovation pour la construction et les activités navales) l'ont tout à fait compris et pratiquent quotidiennement cette formule. C'est le seul moyen. C'est le regard des autres qui vous permet de prendre du recul et d'avancer dans la compréhension des phénomènes. En effet, nous vivons certaines situations depuis toujours et ne nous rendons même plus compte de certaines évidences. Et c'est pour cette raison que je cite le cas, assez original, des sociologues. Ce sont vraiment eux qui nous ont permis d'aller au bout de la logique de la réduction d'effectif, laquelle a constitué une vraie révolution pour nous !

En conclusion, je voudrais simplement redire que la mer, c'est l'avenir ! Innover dans ce domaine est impératif et indispensable. C'est possible si nous le faisons ensemble. Merci bien.

* *
*