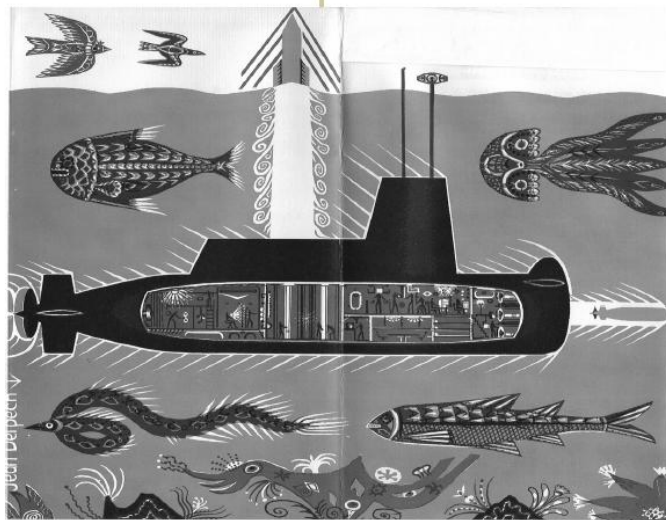


La Genèse de la Force Océanique Stratégique



Sommaire :

- Avant propos
- Le projet nucléaire français
- Développement du missile MSBS de première génération.
- La première charge MSBS
- La construction du Redoutable
- L'armement du Redoutable



Avant propos

Si tous les lecteurs de Plongée ont entendu parler des sous-marins stratégiques, et si nombre d'entre eux y furent embarqués, peu connaissent l'odyssée de vingt années qui conduisit à leur mise en service opérationnelle.

L'ensemble de ce dossier est réalisé à partir d'articles initialement parus dans "La Baille" (revue des Anciens Elèves de l'Ecole Navale), que l'AGASM remercie ici. Les rédacteurs en sont les acteurs principaux de cette

exceptionnelle aventure politique, militaire et technique, mais aussi, et cela transparait à maintes reprises, humaine.

Afin d'éviter des redites entre des articles ici regroupés, quelques rares passages ont été partiellement coupés. Les illustrations proviennent pour partie des articles originaux et pour partie de ma collection particulière.

Jehan Marion

Plongée illustré 2003-2004

LE PROJET NUCLEAIRE FRANCAIS

De l'impasse du Q 244 à la chaudière avancée prototype

Par Christian Olleris(EN 45) (pour le Q 244) et Jacques Chevallier (X 40), à l'époque Directeur du Département de Propulsion Nucléaire (pour les réacteurs nucléaires).

LA DÉCISION INITIALE

Avant d'aborder le déroulement de l'aventure du Q 244, il est utile de se replacer dans le contexte de l'époque. Dès octobre 1945, deux mois après le lancement des bombes d'Hiroshima et de Nagasaki, le général de Gaulle crée le Commissariat à l'énergie atomique (CEA).

Avec le concours d'atômiciens qui s'étaient réfugiés outre-Atlantique pendant la guerre, le CEA commence par réaliser en 1948 une petite pile, baptisée "Zoé", de puissance très faible (quelques kilowatts), donnant tout juste la divergence critique de la réaction en chaîne avec un peu d'uranium et d'eau lourde. Après ce premier résultat, le CEA, placé à l'époque sous l'autorité technique du haut-commissaire Frédéric Joliot, oriente son activité exclusivement vers les applications.

La situation évolue en 1951 avec la nomination de Pierre Guillaumat comme administrateur général du CEA et représentant du gouvernement. Homme énergique s'il en fut, il le réorganise rapidement et obtient, avec l'aide de quelques hommes politiques, la mise sur pied d'un véritable plan nucléaire à long terme prévoyant la construction de deux réacteurs de puissance. Il use de toute son influence pour obtenir en même temps le lancement d'un programme militaire. Dans le cadre de ce programme, le CEA propose en février 1954 à la Marine de créer un «comité de liaison Marine-CEA» en vue de réaliser un réacteur pour la propulsion d'un sous-marin.

La Marine s'est intéressée à la propulsion nucléaire dès 1947 : une note du Conseil Supérieur de la Marine de l'époque envisage d'utiliser ce mode de propulsion pour des sous-marins qui seraient d'un tonnage beaucoup plus élevé que ceux qui étaient en service (type Roland Morillot) et dont l'unique armement serait des "engins". Aussi la proposition du CEA de constituer un comité de liaison rencontre auprès de la Marine un accueil favorable. Ce comité se réunit dès le 6 avril. En font partie : les plus hautes autorités de la Marine (chef d'état-major, directeur des constructions navales) et du CEA (administrateur général, haut-commissaire). Pierre Guillaumat, tout à fait conscience que le projet doit être dirigé par un ingénieur de la marine, dit un jour : « Si je fais un sous-marin et si je ne fais pas appel à un amiral ou à un ingénieur de marine pour diriger le projet, tous ces gens-là diront que je suis un imbécile, que mon sous-marin va couler, et j'aurai tout le monde contre moi ».

Le problème le plus difficile à résoudre est naturellement celui de la matière fissile : nous ne disposons à l'époque ni d'uranium enrichi en U 235, ni de plutonium. Dans un souci de logique formelle, quatre voies sont pourtant envisagées :

- l'uranium naturel modéré à l'eau lourde,
- l'uranium faiblement enrichi,
- l'uranium très enrichi,
- le plutonium.

Si la première est immédiatement accessible, les trois autres ne peuvent être que des ambitions !

En juillet 1954, le comité de liaison soumet au gouvernement un programme comportant la réalisation successive de deux sous-marins :

- le premier avec un réacteur à uranium naturel, modéré à l'eau lourde,
- le second avec un réacteur à uranium faiblement enrichi ou au plutonium.

Ce projet, qui est approuvé par le secrétaire d'Etat à la recherche scientifique, est bloqué chez le président du Conseil Pierre Mendès-France. Tout en n'accordant que le tiers du budget demandé (16 milliards d'anciens francs au lieu de 45), les services de Matignon penchent pour l'application de la propulsion nucléaire à un bâtiment de surface non militaire : l'idée du prochain transatlantique qui s'appellera le France est déjà dans l'air.

A ce stade, Pierre Guillaumat dont la ténacité en l'affaire fut décisive, réaffirme avec force la nécessité d'appliquer d'abord la propulsion nucléaire à un sous-marin, et le gouvernement, qui entre temps a changé, signe en juillet 1955 l'ordre de sa mise en chantier. Ce sous-marin, qui sera évidemment de la première version, recevra le numéro de coque Q 244 et sera construit à Cherbourg avec le crédit de 16 milliards d'anciens francs ouvert pour trois ans (1955-56-57).

On ne peut qu'être frappé par la rapidité avec laquelle ce programme a été lancé, malgré tous les aléas techniques et toutes les incertitudes de l'époque, et par l'extraordinaire confiance témoignée aux techniciens par les hommes politiques de notre pays. Il est vrai que le précédent du Nautilus, qui a pris la mer en février 1955, stimule l'orgueil national et contribue à faire disparaître les oppositions et les lourdeurs administratives. De plus, le projet est protégé par un secret rigoureux, ce qui met à l'abri d'un débat d'opinion.

« Si je fais un sous-marin et si je ne fais pas appel à un amiral ou à un ingénieur de marine pour diriger le projet, tous ces gens-là diront que je suis un imbécile, que mon sous-marin va couler, et j'aurai tout le monde contre moi. »

L'ORGANISATION

Le programme sera cogéré par la Marine et le CEA. Pour le sous-marin, y compris la chaufferie hors réacteur, le maître d'œuvre sera l'ingénieur général du génie maritime Brard qui dirige le groupe des bâtiments à propulsion atomique (BPA), nouvellement créé au sein des constructions navales. En ce qui concerne le réacteur, le maître d'œuvre sera le professeur Yvon, directeur du département des études de piles (DEP) à Saclay.

Les équipes se mettent rapidement au travail :

- du côté BPA, une équipe très motivée renforcée d'ingénieurs frais émoulus de l'école du génie maritime œuvre sous l'autorité indiscutée de l'IGM Brard ;

- du côté CEA, le professeur Yvon est moins favorisé, il doit faire appel aux autres départements de Saclay pour lesquels le projet ne revêt pas toujours un caractère prioritaire.

Dès le départ, il est entendu que le projet ne se justifie que si on le considère comme une étape intermédiaire vers une solution à uranium enrichi plus performante.

LE PROJET

Depuis la fin de l'année 1954, un travail de défrichage des principaux problèmes a été entrepris de part et d'autre, et un avant-projet du sous-marin est communiqué au comité de liaison au début de 1956. Ses caractéristiques principales sont les suivantes.

- Longueur hors-tout: 109,5 mètres.
- Diamètre de la coque épaisse: 8,5 mètres.
- Déplacement: en surface: 4400 tonnes, en plongée: 5 400 tonnes.
- Masse de la chaufferie: 1 200 tonnes (dont 600 pour la protection).
- Puissance du réacteur: entre 60 et 72 mégawatts thermiques.
- Vitesse maximale: 23 nœuds.
- Immersion maximale: 250 mètres.
- Autonomie espérée: 90 jours à la puissance nominale.

Le déplacement apparaît considérable, supérieur à celui de tous les sous-marins antérieurs et à celui du Nautilus (le Surcouf qui fut le plus grand du monde en son temps déplaçait seulement 3 300 tonnes). Pour le mode de propulsion, prévu sur deux lignes d'arbres, on hésite

entre une solution avec turbo-réducteur et une solution turbo-électrique: cette dernière, bien qu'un peu lourde, est jugée préférable parce que plus silencieuse, plus souple et plus facile à emménager. Un propulseur de secours diesel-électrique, avec batterie d'accumulateurs, est conservé par prudence. Pour la construction du sous-marin, deux approches s'opposent:

- dans la première, le tronçon réacteur doit être construit à part et, après des essais menés dans la forme du Homet, assemblé aux tronçons avant et arrière;
- dans la seconde, un PAT (prototype à terre) est réalisé, puis reproduit dans le sous-marin.

C'est la première approche préconisée par l'IGM Brard qui prévaut, elle est moins coûteuse et plus rapide à réaliser. Quant à la seconde, on la retrouvera avec le PAT du Redoutable.

*« Une étape intermédiaire
vers une solution à
uranium enrichi plus
performante. »*

LES DIFFICULTÉS

Deux difficultés fondamentales pèsent dès l'origine sur le projet du réacteur.

- Le problème de l'eau lourde: la divergence serait « possible » au milieu de 1958, si l'on parvenait à réunir la quantité d'eau lourde nécessaire, environ 35 tonnes. Or les prévisions d'achat en Norvège et de production en France conduisent au mieux à disposer de 21 tonnes au premier janvier 1959.
- Le problème de la réactivité qui, on le sait, offre très peu de marge, et il faut tout faire pour éviter de perdre quelques-uns des précieux neutrons.

Dès les premiers mois de 1956, le dépouillement des renseignements obtenus lors de la première conférence de Genève sur l'énergie atomique contraint de revoir à la baisse la marge de réactivité présumée, ce qui entraîne des décisions désagréables pour le réacteur. Il faut choisir la plus grosse cuve possible (son diamètre extérieur sera de 3,88 mètres), maintenir le modérateur froid et envisager un réflecteur en glucine (oxyde de béryllium) pour renvoyer des neutrons dans le cœur : Le résultat se traduit par une augmentation de 100

tonnes pour le poids de la chaufferie et de 200 tonnes pour celui du sous-marin. Devant les difficultés, qui vont croissant, l'IGM Brard repose de façon pressante la question de l'uranium enrichi. Le CEA fait alors état d'une évolution de la politique américaine dans le domaine: le président Eisenhower serait prêt à céder à des nations amies de l'uranium enrichi pour des usages civils, mais tout cela reste très flou. Il faut s'en tenir à l'uranium naturel.

La vitesse sera limitée à 20 nœuds tant qu'on ne disposera pas d'uranium enrichi. Un planning révisé obtient l'accord de la Marine et du CEA : on divergera au début de 1959 avec le minimum d'eau lourde (21 tonnes) et la montée en puissance se fera au fur et à mesure de la livraison de ce liquide. Si tout va bien, la puissance nominale sera atteinte à la fin de 1959 et le sous-marin devrait être prêt à prendre la mer le 1er juin 1960.

En octobre 1956, l'IGM Gempp qui dirige la section «sous-marins» et qui devait par la suite jouer un rôle prépondérant en tant qu'architecte naval du programme SNLE, présente les plans d'emménagement du Q 244. Sans modifier le devis de masse, il montre qu'il sera possible d'installer un système d'armes, ce qui n'était pas prévu au départ.

La perspective de donner au sous-marin une valeur militaire satisfait le chef d'état-major de la Marine, l'amiral Nomy. Il annonce en même temps un plan de développement de navires de surface à propulsion nucléaire

LES DOUTES ET LES PROJETS VEZERE

Tous ces actes de foi dissimulent mal les difficultés grandissantes qu'éprouve le CEA pour maîtriser les aléas de l'opération. Ainsi, pendant que les tôles commencent à s'assembler à Cherbourg, on s'interroge à Saclay sur la fiabilité des cartouches de combustible et sur la faisabilité du réflecteur à neutrons. C'est probablement pour cette raison que germe l'idée de construire un PAT pour préparer le deuxième sous-marin ou les bâtiments de surface à propulsion nucléaire.

L'année 1957 peut être qualifiée d'année noire: les crédits attendus ne sont pas au rendez-vous, le devis monte en raison de la complication croissante du projet. Le surmenage a finalement raison de l'IGM Brard, qui est hospitalisé en avril, et de l'ingénieur Olivier chargé du projet au CEA, qui décède brutalement en juin.

Cependant, Pierre Guillaumat assure que: «*Face aux critiques, il faut réaffirmer l'intérêt de l'œuvre commune*», et la Marine reste soucieuse de ne pas casser l'erre acquise. Malgré un climat maussade, le ministre de la Défense décide en septembre 1957 de poursuivre la construction du Q 244; c'est en fait son arrêt de mort qu'il vient de signer.

Alors que l'IGM Brard, qui a repris son service, se bat pour maintenir un planning susceptible de tenir en haleine exécutants et industriels et pour obtenir les crédits nécessaires, le professeur Yvon commence sérieusement à envisager de jeter l'éponge. Il affirme d'ailleurs que «*le sous-marin à uranium naturel et eau lourde aura un aspect peu sympathique mais non rédhitoire*». C'est alors que l'on apprend en décembre 1957 que les Etats-Unis envisagent de livrer à certaines nations alliées de l'uranium moyennement enrichi pour la propulsion de leurs navires de guerre. Cette information sera confirmée par le président Eisenhower venu à Paris pour une réunion plénière de l'Otan, mais pour que cette décision soit applicable, il faut que le Congrès américain vote un amendement à la loi Mac-Mahon.

La confiance revient: beaucoup de choses seraient simplifiées par l'emploi de combustible enrichi avec l'eau ordinaire comme modérateur. Presque aussitôt, le président du conseil, Félix Gaillard, donne des directives qui lui ont été soufflées par Pierre Guillaumat pour que l'on examine l'orientation à donner

pour la prochaine décennie. Ce plan suppose un réacteur standard d'environ 60 000 CV monté en un ou deux exemplaires suivant la taille du bâtiment. Avec dix années de retard, la Marine nationale emprunte la même voie que l'US Navy. A noter qu'il n'est pas encore question pour notre pays d'une force sous-marine de dissuasion nucléaire. L'état-major indique aussi qu'il songe à créer une école des applications maritimes de l'énergie atomique.

aux travaux dans la nouvelle hypothèse. Deux mois plus tard, en mars 1958, le virage est pris. Il est décidé de geler les études en cours sur l'uranium naturel et l'eau lourde et de suspendre les commandes à l'industrie. Des équipes mixtes du CEA et du BPA commencent l'étude d'un projet de réacteur à uranium faiblement enrichi et eau légère sous pression baptisé VEZERE.

En juillet, l'amendement à la loi Mac-Mahon est voté. S'il privilégie la seule Grande-Bretagne dans le domaine des armes, il ne semble pas interdire à la France de recevoir des informations classifiées, des équipements et du combustible. L'état-major de la Marine voudrait même obtenir le transfert d'un réacteur complet, ce qui permettrait de mettre rapidement en service le Q 244. En même temps, on prendrait toutes dispositions pour pouvoir réaliser la suite du programme par des moyens nationaux. La même voie «maximaliste» est suivie par la Royal Navy: son premier sous-marin nucléaire, le Dreadnought, recevra un réacteur américain du type S5W Utilisé sur les Skipjack. Pour les sous-marins suivants, elle construira d'abord un prototype à terre.

En septembre, des informations reçues par le CEA indiquent que le combustible espéré sera fortement enrichi (90 %), ce qui est favorable à un faible encombrement et à une grande souplesse de manœuvre. On va pousser immédiatement les études dans cette voie (projet VEZERE II) et on définit les modifications à apporter au compartiment réacteur-échangeurs.

« L'état-major indique aussi qu'il songe à créer une école des applications maritimes de l'énergie atomique. »

A l'issue de plusieurs mois de négociations laborieuses, les Américains acceptent de fournir de l'uranium très enrichi dont l'emploi sera limité au PAT. Aucune information et aucun équipement ne seront transférés, ni bien entendu aucun réacteur. L'accord de coopération signé le 5 mai 1959 prévoit la fourniture sur dix ans de 440 kilos de cet uranium. Pour la petite histoire, on notera que l'Amiral Rickover, farouchement opposé à cet accord, le favorisa bien involontairement: lors des débats devant le Congrès, à la question "y a-t-il une chance que la France réussisse à mettre au point un réacteur de propulsion ?" Rickover répondit: "pas la moindre chance", et l'intervenant de conclure: "en ce cas, l'accord de cession d'uranium peut être signé".

Pour prendre la relève dans la suite du programme, la chance voudra que l'usine de séparation isotopique de Pierrelatte soit prête juste à temps pour permettre de réaliser les "cœurs" des réacteurs de SNLE, mais cela ne concerne plus le Q 244 qui termine discrètement sa carrière de sous-marin nucléaire. Le tronçon qui devait recevoir le réacteur ne sera pas construit et le tronçon « factice » qui devait être monté provisoirement à sa place sur le sous-marin, sera lancé en mars 1959 avec un avant et un arrière qui lui permettent de flotter, l'ensemble baptisé « floteur » sera remorqué à

Toulon où il servira pour des essais de tenue aux explosions.

Les tronçons avant et arrière sur lesquels on travaille jusqu'en mars 1960 restent sur cale, jusqu'au jour où on leur associe, sur proposition de l'IGM Gemp, une tranche missiles intermédiaire pour constituer le Gymnote.

Pour tirer la leçon du Q 244, il convient de citer Jean-Louis Andrieu : « l'aventure peut être jugée avec sévérité. Elle a cependant incontestablement favorisé le démarrage des programmes PAT et Coelacanth non seulement sur le plan organisationnel, mais aussi sous l'aspect technique. La quasi-totalité des investissements réalisés seront récupérés pour les nouveaux projets ».

A la question de savoir si la réalisation du moteur à uranium naturel et son embarquement sur un sous-marin auraient permis d'avancer la mise en service du Redoutable, il répond par la négative, ajoutant que le risque d'obtenir l'effet inverse n'aurait pas été nul. Enfin il rend hommage « à ceux qui ont eu le courage de lancer le programme du Q 244 et à ceux qui ont eu le courage de l'arrêter. C'est grâce à eux tous finalement que la suite a été ce que l'on sait, dans les délais. »

DE LA DEMANDE DE LA MARINE A LA MISE EN SERVICE DU PAT

Le 11 septembre 1959, les caractéristiques demandées par la Marine pour l'installation de propulsion nucléaire visaient des performances du niveau de la troisième génération de réacteurs américains. L'avant-projet était demandé pour le 15 novembre 1959! Malgré les doutes émis par ceux qu'avait échaudés l'expérience du Q 244, le défi fut relevé et l'avant-projet remis le 17 novembre.

Quant aux délais, on prévoyait que le PAT serait mis en service à Cadarache au cours de l'été 1964. Ce délai de moins de cinq ans se comparait favorablement à celui observé pour les installations de propulsion conventionnelle. Il représentait à l'évidence un pari à la limite du raisonnable. De fait, l'ingénieur expérimenté que le CEA avait mis à ma disposition pour être chargé des infrastructures et du planning d'ensemble estima que la limite était largement dépassée et partit en claquant la porte de cette maison de fous. Le devis, lui, correspondait sensiblement au prix de trois chaufferies.

L'avant-projet proposé fut approuvé pratiquement sans observation par le comité de liaison Marine-CEA et la décision de lancement fut prise le 18 mars 1960. Il ne restait plus qu'à passer à la réalisation: belle course d'obstacles en perspective! Les années suivantes furent denses.

On notera quelques étapes.

- 9 avril 1962 : première divergence d'Azur, réacteur de faible puissance construit à Cadarache, utilisé pour la définition neutronique du cœur et des essais de protection primaire.
- Février 1963 : embarquement de la cuve du réacteur, construite par l'établissement d'Indret, comme les générateurs de vapeur, le pressuriseur et autres capacités sous pression.

-14 août 1964 : première divergence du PAT.

-19 août 1964 : prise d'autonomie électrique.

- 24 août 1964 : puissance nominale. Notons que le devis avait été respecté à la surprise générale. La règle admise à l'époque au CEA était une multiplication par un facteur 3 du devis à la réalisation (ce sera 9 pour Pierrelatte).

- du 19 octobre au 18 décembre 1964 : tour du monde fictif, soit 10 000 lieues sous les mers.

« 14 août 1964 : première divergence du PAT. »

POINTS SAILLANTS DE LA MISE EN SERVICE DU PAT ET DES PERFORMANCES ATTEINTES.

Choix et prototypes.

Pour mettre le maximum de chances de notre côté, j'avais lancé la commande de trois prototypes de modèles différents pour les appareils électromécaniques les plus délicats - pompes primaires et mécanismes de croix de contrôle en particulier - avec l'espoir qu'au moins un des trois pourrait être mis au point. En fait, au moment du choix définitif, chacun des trois prototypes paraissait au point (non sans mal dans certains cas) et accumulait un nombre rassurant d'heures de fonctionnement. Le choix n'était pas évident. Finalement, on adopta une démarche en deux temps: élimination du modèle le moins "séduisant", équipement des deux boucles avec deux modèles de pompes primaires (différentes mais interchangeables), et réalisation de deux couvercles équipés de méca-

nismes différents.

A l'usage, nous ne pûmes que nous féliciter de ces dispositions. En effet, l'un des types de pompe donna lieu à des avaries systématiques au bout d'environ 10 000 heures de fonctionnement, ce qui conduisit à retenir l'autre type pour les sous-marins. D'autre part, les deux types de mécanismes installés en "massif" de seize, chacun sur un couvercle, donnèrent lieu à des défaillances qui n'étaient pas apparues lors des essais individuels: cela conduisit à retenir pour les sous-marins un nouveau type de mécanisme réalisant une synthèse des dispositions les plus favorables des deux types retenus initialement pour le PAT.

Performances et fiabilité en service.

La puissance maximale a pu être poussée jusqu'à deux fois la puissance nominale en novembre 1966. Cela donne une idée de l'efficacité des efforts consentis pour optimiser les performances du cœur et des générateurs de vapeur. L'énergie fournie par le premier cœur a été près de deux fois supérieure à la demande initiale, pourtant jugée ambitieuse.

Ultérieurement ont été mis au point des cœurs dits "à longue durée de vie" (à base de plaquettes d'oxyde d'uranium moyennement enrichi) quatre à cinq fois plus énergétiques, permettant d'assurer la propulsion d'un sous-marin pendant bien plus de la moitié de sa vie. Pendant des années - du temps de la «guerre froide» - trois SNLE ont été maintenus en permanence à la mer, pour quatre sous-marins dans le cycle opérationnel. Pourtant, un tel objectif avait d'abord paru totale-

ment déraisonnable aux sous-mariniers les plus chevronnés. Il est clair que le soin apporté dans la conception, les choix et les mises au point technologiques, ainsi que la politique d'essais systématiques des composants et des sous-ensembles ont été payants.

Le fait de disposer d'un prototype à terre ayant une avance de fonctionnement de plusieurs années sur les sous-marins en service a joué à l'évidence un rôle déterminant. Le PAT a permis une expérimentation poussée avec des mesures approfondies impossibles à bord, ainsi que des interventions pour modification ou entretien non bridées par les contraintes opérationnelles. Son utilisation pour la formation approfondie des équipages a constitué également un apport irremplaçable.

« La solution du réacteur compact dérivé de la CAP a été retenue pour les sous-marins nucléaires d'attaque (SNA), les sous-marins nucléaires lance-engins NG... »

LA DEUXIÈME GÉNÉRATION DE RÉACTEURS EMBARQUÉS

Les réflexions à ce sujet ont commencé en 1966. Se demandant quelles étaient les principales améliorations souhaitables, on en a retenu trois prioritaires :

- le silence, qui est une préoccupation de plus en plus dominante;
- la réduction de la masse;
- la rapidité du montage à bord.

La solution retenue a été l'intégration du circuit primaire principal.

Les avantages en sont spectaculaires.

- Le fonctionnement du circuit primaire a lieu en circulation naturelle aux allures de croisière (silence pratiquement total). Même à grande allure, la source d'excitation est nettement diminuée (pompes de faible puissance) et le dispositif de support de cet ensemble au voisinage de son centre de gravité favorise par ailleurs sa résistance aux chocs.

- La masse d'ensemble de la chaufferie est ramenée de 700 à 400 tonnes, à performances égales, ce qui a permis de réaliser les SNA les plus petits du monde.

- La durée de montage (chaufferie et sous-marin) est massivement réduite.

Une chaufferie avancée prototype (CAP) conforme à ces principes a pu être lancée en 1970, pour être mise en service en 1975. La solution du réacteur compact dérivé de la CAP a été retenue pour les sous-marins nucléaires d'attaque (SNA), les sous-marins nucléaires lance-engins de nouvelle génération (SNLE NG) et le porte-avions nucléaire (PAN, deux réacteurs), ces deux derniers types de bâtiments étant équipés du même modèle de réacteur.

DÉVELOPPEMENT DU MISSILE MSBS DE PREMIERE GENERATION

Par Marcel Morer (X 45 - Génie maritime), à l'époque Directeur du programme "Missile" à la SEREB avec la collaboration de Bernard Lugan (EN 53), premier officier missilier du Gymnote.

Le développement du missile Mer-Sol-Balistique-Stratégique (MSBS) de première génération s'est déroulé de juin 1963, date de la décision du Conseil de Défense qui fixa les grandes lignes du programme, à jan-vier 1970, date de la première mise au tube sur le Redoutable du premier missile d'exercice en configuration opérationnelle sans charge nucléaire.

Le programme MSBS eut l'avantage d'être baptisé "second programme" (le «premier programme» était le système sol-sol balistique stratégique SSBS qui devait armer le plateau d'Albion), ce qui permit de faire des choix techniques rationnels en dehors des pressions politiques.

Je voudrais tout d'abord rappeler les données du problème:

- 16 missiles à tirer dans un laps de temps inférieur à 30 minutes,
- portée de 2500 km permettant de garder au sous-marin une assez grande zone de tir tout en attaquant le potentiel de l'URSS de façon significative,
- tir par tous temps, immersion de 30m minimum,
- charge militaire (hors ogive) de 750 kg.

LE MISSILE ET LE SYSTÈME D'ARMES

Sur la première version du missile MSBS (M 1) on trouvait de bas en haut:

- le premier étage et ses dix tonnes de propergol,
- la structure interétages qui contenait notamment la centrale d'ordres pyrotechniques du premier étage et le dispositif de séparation entre le premier et le deuxième étage,
- le deuxième étage, contenant quatre tonnes de propergol,
- au-dessus, la case à équipements, encombrée par les dispositifs d'arrêt de poussée (DAP) du deuxième étage et logeant cependant la centrale inertielle, le calculateur de guidage et le bloc de pilotage ainsi que la centrale d'ordres pyrotechniques du deuxième étage,
- enfin, la tête militaire constituée par la charge nucléaire à l'intérieur du corps de rentrée,

Cette "torpille" de 18 tonnes, fragile et peu rigide, était calée par un tapis de glissement dans un tube interne, lui-même suspendu de façon élastique à l'intérieur d'un tube externe. Ce dernier, qui faisait partie de la coque résistante à laquelle il était soudé en haut et en bas, était fermé à sa partie supérieure par une porte étanche.

Pour diverses raisons, nous avons jugé nécessaire que le missile au tube reste isolé de la mer, même après l'ouverture de la porte supérieure. Une membrane en néoprène soutenue par une pression d'air dans le tube égale à la pression d'immersion, assurait cette séparation avant d'être déchirée par la chasse. Celle-ci était réalisée par de l'air comprimé, stocké dans deux bouteilles placées dans les fonds et libéré par une soupape à clapet, la sécurité reposant sur deux robinets à boisseau sphérique.

La propulsion

Elle était assurée par un propergol solide, car les ergols liquides, plus performants, posaient des problèmes de stockage de longue durée à bord des sous-marins. Ce propergol était un mélange de divers ingrédients dont les principaux étaient le perchlorate d'ammonium (comburant) et le polyuréthane (carburant). Les pains de propergol étaient percés sur toute leur longueur par un cylindre dont le dessin permettait la combustion la plus complète de la poudre tout en conservant la constance de la poussée. Les deux étages étaient remplis d'azote sous une pression au moins égale à ce que serait la pressurisation du tube au moment du lancement.

La structure du premier étage était en acier fluotourné, revêtu intérieurement d'une protection thermique. Son pilotage était assuré par quatre tuyères coudées à 45°. A sa partie inférieure, cet étage était muni d'une juquette reposant sur une couronne portée par le tube interne, à laquelle elle pouvait être verrouillée par un anneau articulé. La sécurité de l'allumage était assurée par un contacteur, fonctionnant seulement lorsque le missile avait décollé, par un patin détectant la sortie du tube et par une logique ouvrant une fenêtre qui ne permettait l'allumage qu'entre deux instants très précis.

Le deuxième étage était en fil de verre bobiné-collé par une résine. Une seule tuyère fixe assurait son contrôle d'attitude en tangage et lacet. Cette tuyère était pilotée par déviation du jet à l'aide de fréon qui était stocké dans un réservoir torique entourant la tuyère et qui était injecté sous une pression de 220 bars. Le contrôle d'attitude en roulis était assuré par deux micro-propulseurs orientables.

« Cette "torpille" de 18 tonnes, fragile et peu rigide, était calée par un tapis de glissement dans un tube interne.... »

Le pilotage et le guidage

Le pilotage du missile peut être assimilé à l'action d'un homme de barre qui est chargé de conserver le cap d'un navire, alors que le guidage ressemble davantage à l'action de l'officier de quart qui veille à ce que ce navire reste sur la route ordonnée. Il est clair que pilotage et guidage ne pourront être assurés que pendant la phase propulsée.

Le pilotage était assuré par un "bloc de pilotage", sorte de pilote automatique, qui envoyait ses ordres aux tuyères. Celles-ci étaient actionnées par un système de vérins mus par un dispositif électrohydraulique appelé "bloc de puissance", qui tirait son énergie d'une batterie amovible placée dans la structure interétages.

Le guidage était assuré par un ordinateur qui, à partir des informations des accéléromètres de la centrale à inertie, ordonnait les corrections nécessaires pour exécuter la loi de guidage déterminée avant le lancement à partir des coordonnées du lanceur et de la cible. En fin de propulsion, avant l'injection de l'ogive en phase balistique, un rapide calcul permettait une ultime correction.

Les différentes phases de vol

Pendant la chasse, les tuyères du premier étage étaient bloquées à zéro. A la sortie de l'eau cet étage était mis à feu, et, après une phase plus ou moins acrobatique due en particulier à la traversée de la houle, le missile se stabilisait sur sa trajectoire programmée. A la fin de sa combustion, la structure vide se séparait et tombait à la mer.

Le deuxième étage s'allumait à son tour et brûlait jusqu'à ce que le missile atteigne le point d'injection sur la trajectoire balistique prévue. A ce moment, le guidage mettait en action les dispositifs d'arrêt de poussée du deuxième étage, qui ouvraient sur l'avant de ce dernier des orifices dont la surface était supérieure à celle du col de la tuyère, ce qui arrêta la propulsion. L'ogive se séparait donc, et poursuivait sa trajectoire balistique.

Lors de l'arrivée sur l'objectif, un déclencheur mettait à feu la charge nucléaire en tenant compte du temps de vol lié à l'objectif et corrigé des données calculées en fin de propulsion. Une fenêtre de sécurité permettait de s'assurer que le déclenchement n'aurait pas lieu avant ou après le temps imparti.

La conduite de tir à bord du sous-marin

L'installation de conduite de tir à bord du sous-marin avait trois objectifs :

- contrôler l'engin avant le tir,
- recalculer la centrale à inertie du missile sur celle du sous-marin,
- calculer les paramètres de tir.

Une première étude du système nous fit comprendre que le nombre d'armoires nécessaires au tir des seize missiles était incompatible avec les 48 baies standard qui nous étaient allouées. En février 1964, en comité secret et réduit, nous décidâmes que l'alignement de la centrale du missile serait confié au calculateur de guidage. C'était un

énorme pari sur l'avenir car nous n'eûmes la réponse qu'en mai 68. En effet, nous dûmes imaginer une centrale profondément modifiée, et un nouveau calculateur de guidage. A tant faire, nous choisîmes le calculateur numérique à circuits intégrés de la société «Electronique Marcel Dassault », qui devint ainsi le premier calculateur digital embarqué sur un missile français, et même européen. La société SAGEM, qui avait réalisé la centrale, la modifia en un temps record, mais les accéléromètres eurent la funeste idée de "coincer une bulle" dans leur pendule. Après six mois de réflexion, nous remplaçâmes par de l'azote le gaz de remplissage de la centrale, qui avait été jusqu'alors de l'hélium.

Avec ce système, l'organisation de la mise en œuvre de seize missiles paraissait évidente : un ordinateur chef d'orchestre à bord du sous-marin gérait les seize missiles en fonction des informations reçues en provenance des contrôleurs, sur l'état de bon fonctionnement des missiles et sur la mise à feu des batteries amorçables,

- en provenance des calculateurs des missiles, sur l'alignement des centrales à inertie dans la direction de l'objectif.

Au cours des dernières secondes précédant le tir, cet ordinateur chargeait le programme de guidage à la place du programme d'alignement dans le calculateur du missile, puis il ordonnait les lancements selon la loi «premier prêt - premier tiré» qui devait permettre de lancer les seize engins dans le temps imparti. Nous arrivâmes à les tirer (en simulation !) en quinze minutes.

La logistique

Dès 1964, nous avions défini une politique de contrôle plus destinée à codifier l'activité de l'équipage qu'à la nécessité technique de l'entretien des missiles qui je rappelle, devaient être disponibles à chaque instant. On admit d'inspecter chaque jour un des seize missiles et le 17^{ème} jour l'installation de mise en œuvre. En 1970, cette politique était toujours appliquée.

Mais ce fut plus folklorique pour l'implantation du port-base. En 1964, avec l'amiral Rousselot (EN 22), ancien des FNFL, sous-marinier des lochs d'Ecosse, nous parcourîmes la pointe de Bretagne à la recherche d'un site. Pour sa part, il voyait un appontement en bois au cap de la Chèvre. Cette sous-estimation montre à quel point nous étions ignorants des réalités d'une force atomique. Nous prîmes la mesure du problème et l'île Longue fut choisie.

Pour pouvoir assembler les différents composants des missiles dans des sites enterrés de hauteur limitée, nous fûmes obligés de concevoir des bancs horizontaux, alors que jusque là les assemblages avaient toujours été réalisés à la verticale.

« Mais ce fut plus folklorique pour l'implantation du port-base.....un appontement en bois au cap de la Chèvre. »

Beaucoup de questions n'étaient pas résolues et nous ne savions toujours pas si ce missile se déciderait à voler. Notre camarade Jaulent (EN 45), du Groupe Opérationnel Cœlacanthe, vint un jour me trouver pour connaître le nombre de missiles nécessaires à bord du sous-marin et la formation qu'ils devaient recevoir. Après une estimation, il conclut: «*Nous trouvons un équipement de 135, les Américains en ont 130, ça doit être ça.* »

LES ESSAIS

La sortie d'eau

Pour mener à bien la réalisation de la sortie d'eau du missile, deux séries d'actions furent entreprises:

- les unes, à la «Société grenobloise d'applications hydrauliques» (SOGREAH) sur des maquettes au 1/9 lancées dans un bassin vertical devaient vérifier comment se comportait le missile à la sortie de l'eau, dans différentes configurations de houle. C'est là que nous découvrîmes qu'il n'y avait pas de discontinuité au passage du dioptré: dès sa sortie du tube, l'engin restait dans une bulle émulsionnée d'air et d'eau. Pour la mise à feu du propulseur, nous avons donc dû renoncer à tout système détectant le changement de milieu: un système à accéléromètre et double intégration fut choisi et donna toute satisfaction.

- les autres passèrent par la réalisation d'un caisson sous-marin dont furent chargées les «Constructions navales et industrielles de la Méditerranée» (CNIM), sous la maîtrise d'œuvre du groupe "Torpillers, dragues et obstructions" du Service technique des constructions et armes navales. Ce "bateau" bizarroïde était composé d'un tube de lancement en vraie grandeur et de son dispositif de chasse, entourés de ballasts pour le lestage. Une télécommande permettait d'effectuer les manœuvres nécessaires: immersion, séquence de tir, émergence, etc...

Des maquettes de différents types avaient été conçues, les unes très solides (maquettes «rigides»), les autres avec une structure se rapprochant davantage de celle d'un vrai missile pour commencer la qualification de ses divers composants (maquettes «souples»).

Un grand hangar fut construit à Toulon, au quai de la Pyrotechnie où les maquettes étaient stockées et préparées avant leur mise au tube au moyen d'une antique grue qui portait encore l'inscription "Chantiers Navals de la Méditerranée" et qui fonctionnait à la vapeur et au charbon. Une première campagne fut organisée dans la presqu'île du Cannier, près de Saint-Mandrier. Elle permit d'abord de valider les conditions de stockage des missiles à bord du sous-marin. Les maquettes rigides permirent ensuite de qualifier la chasse, la tenue du tapis de glissement et le délai de fermeture de la porte supérieure, pour "piéger" la masse d'eau juste nécessaire à l'équilibre du sous-marin.

La détermination du volume des pièces détachées fut tout aussi folklorique. On en mit partout, entre les couples, dans les faux-plafonds,... Je dois avouer que je ne sais pas si ces estimations se révélèrent exactes: j'ai abandonné le programme au début de 1970, juste avant les essais à la mer du Redoutable.

La deuxième campagne, avec les maquettes souples, nous permit de voir si les gouttières extérieures de passage des câbles du missile tenaient, si les dispositifs de dépressurisation de la structure interétages et de la case à équipements fonctionnaient correctement et enfin de vérifier que la séquence de mise à feu donnée par la centrale d'ordres du premier étage était correcte.

Les essais de propulsion

Les essais préliminaires de propulsion eurent lieu dans la région de Saint-Médard-en-Jalles, en Aquitaine. C'est là que s'étaient installés les différents industriels participant à la réalisation des propulseurs autour de la poudrerie de Saint-Médard. La structure du premier étage, fabriquée par la SNECMA était enduite de sa protection thermique interne puis remplie du propergol, que l'on faisait ensuite cuire pendant plusieurs jours pour polymériser la résine. La «Société pour les études de propulsion» (SEPR) montait ensuite les tuyères et le propulseur était acheminé vers le site d'essai. Cela se passa mal au début, car, si la combustion était correcte, le couple nécessaire à l'activation des tuyères était hors tolérances et le bloc de puissance "calait". Mais ces essais infructueux ne retardèrent pas beaucoup le début du développement du MSBS qui ne demandait que dix à vingt secondes de fonctionnement correct pour assurer la qualification des débuts de trajectoire. L'augmentation des performances du bloc de puissance et les améliorations apportées aux tuyères par la SEPR firent que 1968 vit la fin de nos soucis.

Le deuxième étage construit suivant un processus analogue (capacité bobinée par la société Sud-Aviation, remplissage par la Poudrerie, montage par la SEPR de la tuyère et des dispositifs de déflexion du jet) ne présentait pas de difficulté majeure.

Les essais en vol

Ces essais avec des missiles propulsés mirent en œuvre deux types de missiles expérimentaux:

- d'abord des engins où seul le premier étage était actif, le deuxième étage étant chargé uniquement de polyuréthane inerte. Ces engins étaient indispensables en attendant la mise au point définitive du deuxième étage, et la mise en service du Centre d'Essais des Landes (CEL) à Biscarrosse pour des tirs à très longue portée,

« Les améliorations apportées aux tuyères par la SEPR firent que 1968 vit la fin de nos soucis. »

- ensuite des engins complets dont l'ogive permettrait de qualifier ultérieurement la mise à feu de la charge nucléaire.

Avec les engins mono-étage, dont le propulseur fonctionnait plus ou moins bien, au moins pour les premiers essais, nous fîmes différents types de tirs :

- quatre à Hammaguir où fut battu le record de portée minimale (50 mètres) le premier missile ayant eu le mauvais goût de partir tuyères bloquées en tangage maximum pour décrire une sorte d'orbite très basse avant que la structure se casse par excès de facteur de charge. Le second consentit à voler dix secondes, avant d'exploser par suite de l'obstruction des tuyères par des blocs de propergol. Heureusement, les deux suivants eurent un profil de vol quasi nominal,

- quatre à partir du caisson au Centre d'Essais de la Méditerranée (CEM) à l'île du Levant: le premier missile refusa de sortir du tube où il fut noyé, le deuxième fut lancé mais refusa de s'allumer. Les deux suivants fonctionnèrent l'un quarante secondes environ et l'autre presque normalement,

- quatre à partir du Gymnote, également au CEM, commandé par Mennesson (EN 45) puis par Royer (EN 47). A son bord, nous commençâmes à voir le bout du tunnel, car les quatre essais furent réussis. Cela mit fin aux campagnes à l'île du Levant, nos missiles se trouvant décidément trop à l'étroit dans la Méditerranée.

*« Cela mit fin aux
campagnes à l'île du
Levant, nos missiles se
trouvant décidément trop
à l'étroit dans la
Méditerranée. »*

Nous entamâmes la campagne des engins bi-étages au Centre d'essais des Landes à l'été 1968 où deux engins furent tirés du sol avec succès. Nous passâmes ensuite sur le Gymnote, commandé alors par Salmon-Legagneur (EN 49) et nous n'eûmes pratiquement que des succès jusqu'au tir des engins pré-opérationnels.

Puis ce fut Brest et le port-base où l'on faillit soulever le sous-marin avec le pont roulant de chargement des missiles ("on" avait oublié d'ouvrir l'anneau de verrouillage d'une maquette 1). Les ateliers d'assemblage à l'horizontale dans des sites enterrés se mettaient au point à l'île Longue; les contrôles industriels et les manœuvres d'embarquement entraient dans le quotidien.

L'équipe se dispersait, l'aventure était terminée.

Les successeurs

Dès 1969, nous avions envisagé d'améliorer la portée du M1, pour augmenter les zones de patrouille des sous-marins, l'objectif étant de pouvoir tirer dès la sortie du Port-base. Il fallait gagner sur les espaces encore libres, car il n'était pas question de changer les dimensions. Ceci devait se faire au profit du deuxième étage pour lequel les gains de propergol étaient les plus rentables en termes de portée. On imagina donc d'intégrer la tuyère dans le propulseur, ce qui permit de gagner sur la masse de propergol qui

fut portée à six tonnes, la portée atteignant 2800 km. Ce fut le missile M2.

Mais ce M2 eut une vie éphémère car la DAM avait mis au point une bombe thermonucléaire dont les caractéristiques étaient très différentes de celles de la bombe "à fission exaltée" du M1. La forme de l'ogive n'était plus conique, mais cylindro-conique. Par ailleurs, l'amélioration des systèmes de défense adverses mettait dans l'obligation de diminuer la surface équivalente radar, d'utiliser un matériau absorbant et de disperser des dispositifs de leurrage au moment de l'injection. L'ensemble «corps de rentrée-cap-sules anti-radar », assez fragile, dû être mis à l'abri dans une coiffe largable après la sortie d'eau et la traversée de l'atmosphère: avec les premier et deuxième étages du M2, ce fut le missile M20.

Puis, ce fut le M 4: le CEA ayant fait d'énormes progrès sur la miniaturisation des charges, il fut possible d'envisager de lancer des ogives multiples sur des objectifs indépendants, ce qui nous posait deux problèmes nouveaux, celui des calculs de trajectoires et celui de la dispersion des charges. On sait comment ils furent résolus, mais ceci est une autre histoire.

LA PREMIÈRE CHARGE NUCLEAIRE M.S.B.S.

Par Claude Ayçoberry (EN 45), à l'époque chef du département "Militarisation" de la DAM.

Lorsque le Redoutable appareilla le 1er février 1972 pour sa première patrouille opérationnelle, armé de 16 missiles M1 porteurs de charges MR 41, 10 années seulement s'étaient écoulées depuis la décision de créer la Force Océanique Stratégique prise en Conseil de défense présidé par le général de Gaulle le 5 mai 1962. La décision du Conseil de défense fut traduite en spécifications techniques par la charte Coelacanth de mars 1963. Rétrospectivement, celle-ci apparaît étrangement muette en ce qui concerne les caractéristiques de la charge. On n'y trouve pas de fiche programme ni de spécification autre que celle d'une masse et d'un calibre maximal, ainsi que quelques données relatives à l'adaptation des opérations d'entretien à la durée des missions opérationnelles. L'objectif à atteindre pour l'énergie de la charge n'y était pas fixé. ... Un tel silence ne s'explique que par les difficultés que rencontrait la DAM au début de la décennie 1960.

Le succès du premier tir nucléaire à Reggan le 13 février 1960 avait certes été immédiatement exploité pour étudier et développer des engins au plutonium à fission pure qui allaient équiper les bombardiers Mirage IV dès 1964, mais on mit certainement du temps au début de cette décennie, tant au sein de la DAM que des Armées, pour réaliser que le futur des armes nucléaires passait nécessairement par l'accès au thermonucléaire, tandis que sur ce sujet certains théoriciens de la DAM s'égarèrent dans des voies sans issue. Il est maintenant de notoriété publique que cette crise du thermonucléaire provoqua, outre les foudres du général de Gaulle, une tension de tous les instants au sein de la DAM jusqu'à ce que en avril 1967 fussent mis en évidence les principes physiques qui allaient conduire au succès des tirs thermonucléaires de la campagne 1968 dans le Pacifique.

En 1963, au moment du démarrage du programme, il ne pouvait donc être question de lancer l'étude d'une charge thermonucléaire et on se rabattit pour pouvoir viser une énergie très supérieure à celle des engins à fission pure sur la technique des engins «boostés», dits encore à «fission exaltée», où le rendement de la fission est très sensiblement augmenté par l'allumage au moment opportun d'un matériau léger à base de Tritium qui constitue une source intense de neutrons. La DAM avait commencé à expérimenter ce type d'engin dès 1962 à Inn Ecker, puis à partir de 1966 à Mururoa, et ces tirs avaient mis en évidence un fonctionnement faisant appel à une physique complexe. Il s'agissait d'ailleurs là d'engins au Plutonium, puisque l'usine de Pierrelatte était à l'époque en construction et que les premiers kilos d'uranium très enrichi n'en devaient sortir qu'en 1967.

L'ordre de grandeur de l'énergie visée pour cette charge MR 41 était la demi-mégatonne. Pour ce faire, une grande masse de matière fissile était nécessaire, ainsi qu'une quantité importante de Tritium. Une telle masse de matière requerrait pour l'imploser une masse également très importante d'explosif. Obtenir cette énergie en restant à l'intérieur du devis de poids et en respectant les autres contraintes de l'arme était un tour de force technologique.

A l'automne 1965, sur la base des premières études, la DAM proposa donc au comité directeur Coelacanth une charge dont l'énergie serait de 500 kilotonnes, la masse et le calibre étant au niveau maximum fixé par la charte. Le 10 février 1966 le comité prit la position suivante: «Le contrat de portée prime le contrat de puissance» et demanda un gain de plusieurs dizaines de kilos sur le devis de masse de la charge et de plusieurs centimètres sur le diamètre. C'est donc sur ces bases que fut lancé le projet de la MR 41.

L'année 1968 allait être marquée par deux événements importants dans l'histoire de la MR 41: en juin fut expérimentée à Mururoa la «formule» de l'engin MR 41, avec l'uranium très enrichi produit à Pierrelatte. A cette époque et dans le jargon de la DAM, on pouvait distinguer deux types d'expériences nucléaires:

- les tirs d'engins « formules » où l'on testait et analysait des principes physiques,
- les tirs d'engins « militarisés » où l'on prenait en compte tout ou partie de l'environnement nécessaire à un engin opérationnel.

Le résultat de l'essai fut satisfaisant: on avait obtenu 500 kilotonnes avec ce premier engin «boosté» comportant de l'Uranium, mais la question des «perturbations de militarisation» nécessaires à une arme opérationnelle restait pendante.

Ce succès avait d'ailleurs un petit goût de frustration car quelques semaines plus tard, au cours de la même campagne sur le champ de tir du Pacifique, les premiers tirs de la toute nouvelle filière thermonucléaire, parfaitement réussis, ouvraient de toutes autres perspectives.

L'autre événement important s'était passé deux mois plus tôt, en avril. Au cours d'un essai de vibration de longue durée d'une maquette d'engin MR 41 complet se produisit une rupture par fatigue d'un composant mécanique. Un tel incident ne pouvait pas être considéré comme mineur car il pouvait avoir des implications au niveau de la sûreté pyrotechnique de la charge. Un réexamen complet de la structure de la charge fut donc entrepris.

Les contraintes d'environnement à bord n'étaient à l'évidence pas sévères, mais nos interlocuteurs de la Marine, devant cet explosif qu'ils ne connaissaient pas, appliquant le vieux principe «trop fort n'a jamais manqué», nous imposèrent un certain nombre d'essais

*« On n'y trouve pas de
fiche programme ni de
spécification autre que
celle d'une masse et d'un
calibre maximal,.... »*

d'une extrême sévérité. En particulier, il était demandé, puisqu'il y avait eu rupture en fatigue, qu'une charge complète subisse successivement des essais en vibration de durée 48 heures suivant chacun des 3 axes et de niveau extrêmement élevé, les expertises après essais ne devant mettre en évidence aucun défaut.

La barre était ainsi placée très haut pour une structure composée essentiellement d'explosif et d'uranium, qui ne sont pas les matériaux favoris des mécaniciens. Des modifications de détail, mais judicieuses, furent apportées à la structure de l'engin qui, soumis à la torture des nouveaux essais d'environnement, passa brillamment l'examen. La confiance se rétablit et l'affaire était dédramatisée au moment de l'embarquement sur le Gymnote des missiles expérimentaux M 013C à partir de juin 1970. Les essais en vol qui suivirent et au cours desquels on vérifiait la séquence conduisant au fonctionnement des charges par le canal de la télémesure de la SEREB furent un plein succès.

Cependant, le département de militarisation avait à «chenaler» entre Charybde et Scylla: les renforcements des structures de la charge, bien que faibles du point de vue métrologique, ne s'en traduisaient pas moins du point de vue du fonctionnement nucléaire par autant de nouvelles «perturbations de militarisation». L'ampleur de ces perturbations et leur optimisation donnèrent lieu au sein de la DAM à des discussions passionnées entre théoriciens et praticiens des engins, ce qui conduisit à reporter l'essai nucléaire de la charge, initialement prévu lors de la campagne 1970, jusqu'à la campagne 1971.

Le tir nucléaire de la MR 41 à Mururoa fut le juge de paix: l'énergie dégagée fut égale à celle de l'engin « formule » de 1968, à 5% près.

Avant d'en arriver là, bien d'autres problèmes avaient préoccupé les esprits, en particulier celui de la tenue en pression du sous-ensemble contenant le composé tritié. J'ai dit que la quantité de Tritium demandée par les théoriciens pour assurer le boostage était importante. Cet isotope de période radioactive relativement courte - environ 12 ans - se transforme en Hélium, gaz inerte, ce qui se traduit par une augmentation de la pression interne. La spécification de base conduisait à une durée de vie des charges d'au moins deux ans et demi. Le maintien de l'étanchéité du sous-ensemble étant bien entendu un impératif absolu malgré la montée de la pression interne, il fallait de l'acier pour assurer ce confinement ce qui constituait une autre perturbation de militarisation. Le centre DAM de Valduc mit en œuvre pour résoudre ce problème un programme d'essais de longue durée dont un chiffre donnera peut-être une idée de l'importance: à son terme il avait été effectué sur les dispositifs d'essai 2,5 kilomètres de soudures par bombardement électronique.

Mon récit serait incomplet et apparaîtrait biaisé aux yeux des anciens des trois premiers SNLE et en particulier des officiers missiliers qui ne virent jamais de la MR 41

que cet interface si je ne disais quelques mots du BTMO (banc de test et de maintenance opérationnel). Cette armoire électronique avait deux fonctions: surveiller en permanence un certain nombre de paramètres de la charge et permettre d'effectuer des tests de disponibilité de cette charge. Cette deuxième fonction répondait en particulier à une demande de l'état-major de la Marine formulée en avril 1966.

Vérifier pour ce faire le bon fonctionnement de la chaîne de mise de feu pose des problèmes de sûreté redoutables. Les électroniciens de la DAM appuyés sur l'industrie prirent en compte ces spécifications, qu'ils avaient déjà rencontrées lors des programmes Mirage IV et SSBS, sans complètement réaliser qu'il ne serait plus aussi facile, voire possible, de faire appel comme sur les bases de l'armée de l'Air à des spécialistes hyper-qualifiés en cas de panne du banc de maintenance.

Le test de disponibilité des charges à bord devint une nécessité absolue lorsque le MOP Coelacanth imposa fin 1970 des coupures manuelles supplémentaires sur le circuit BTMO - chaîne de mise de feu, ainsi d'ailleurs que sur les circuits d'allumage des étages du vecteur. C'était l'application du principe «bouchon dans la poche» du commandant du SNLE, mais après le remplacement du bouchon de sécurité par le bouchon de vol, il n'y avait qu'une seule possibilité pour remettre en configuration opérationnelle la chaîne de mise de feu, c'était d'effectuer une séquence de contrôle complète. Mais le plus important est que ce qu'il convenait de faire apparut rapidement à tous comme relevant de l'ordre de l'évidence: dès la réunion de la commission supérieure d'armement du Redoutable, le président de la commission soutint la position des commandants du bâtiment qui demandaient pour l'avenir une simplification du matériel: « moins d'électronique de contrôle, qui souvent crée plus de soucis que le matériel à contrôler (charge ou vecteur) ». Renoncer au contrôle d'une arme assemblée entraîne immédiatement une conception simplifiée, une charge allégée et une sûreté accrue. Les partenaires se mirent d'accord pour supprimer à partir de l'Indomptable tout moyen de test à bord. La documentation technique remise aux Armées devenait quasi nulle et l'on se dirigea dès lors vers le principe suivant: l'unité d'interchangeabilité serait la tête nucléaire, et il n'y aurait aucun contrôle des équipements après le départ d'un centre DAM et avant que la tête n'y retourne.

Voilà donc à grands traits ce que fut la MR 41, un engin de transition pour lequel il fallut remédier au manque de connaissances scientifiques au moment de sa conception par une grande quantité de matière nucléaire et par des tours de force technologiques.

Avant même son entrée en service, un

« ..moins d'électronique de contrôle, qui souvent crée plus de soucis que le matériel à contrôler (charge ou vecteur). »

événement très important avait de plus modifié la donne: à partir de 1967 l'Union Soviétique commença à mettre en service un système de défenses anti-missiles comportant des missiles Galosh dotés d'une tête nucléaire de 3 mégatonnes. Les études montrèrent rapidement que la charge MR 41 était vulnérable à ces interceptions extra-atmosphériques. Le durcissement passait dès lors au premier plan des caractéristiques des charges, et le Conseil de défense du 17 décembre 1970 décida le lancement du programme d'un nouveau vecteur, le M 20, équipé d'une tête thermonucléaire - la MR 60 - et d'aides à la pénétration.

La durée de vie des missiles M1 et M2 allait donc être limitée et les dernières armes furent effectivement retirées du service dès 1979. Cette charge eut un grand mérite, celui d'exister et d'être prête au niveau de la série lors du premier appareillage en patrouille opérationnelle du Redoutable. Ce jour-là, le nombre de missiles balistiques de la Force de dissuasion passait de 9 à 25 tandis que l'ordre de grandeur de l'énergie des engins emportés s'accroissait dans le rapport de 1 à 7.

Missiles	Nom de	Type d'arme	Puissance	Mise en service
SSBS-S2	MR31	fission pure au Plutonium	150 Kt	1971
MSBS-M1 et	MR41	fission exaltée à l'Uranium	500 Kt	1972/74
MSBS-M20	MR60	thermonucléaire durcie	1 Mt	1977/80
SSBS-S3				
MSBS-M20	MR61	thermonucléaire durcie	1 Mt	1980/83
SSBS-S3		et améliorée		
MSBS-M4	MR70	charges multiples	150 Kt	1985
		thermonucléaires		

*« Le Conseil de défense
du 17 décembre 1970
décida le lancement du
programme d'un nouveau
vecteur, le M 20, ... »*

LA CONSTRUCTION DU REDOUTABLE

Cet article, rédigé par l'IGA Touffait, chef de la section sous-marins du STCAN puis Maître d'œuvre Principal (MOP) du projet Coélaconthe, reprend certains passages d'une conférence prononcée par l'IGA Gempp, premier Maître d'œuvre Principal.

* 29 mars 1967: Le général de Gaulle, au premier rang de la tribune officielle qui, dans la cale de construction n° 3 de la Direction des Constructions et Armes Navales de Cherbourg fait face à l'étrave du Redoutable, appuie sur le bouton qui autorise le lancement du sous-marin.

* 2 juillet 1969: Le capitaine de frégate Louzeau, premier commandant du Redoutable, donne l'ordre "Alerte" qui commande la première plongée en route libre du sous-marin au large de Cherbourg.

* 28 Janvier 1972: le Redoutable armé de ses seize missiles M1 prend la mer pour sa première patrouille opérationnelle.

Ces trois dates marquent des étapes importantes de l'aventure technique et opérationnelle qui a commencé au début des années 60 et qui visait à doter la France d'une flotte sous-marine capable d'appuyer une politique nationale de dissuasion. Elles ne sont certes pas les seules dates importantes de cette vaste entreprise; d'autres pourraient être mises en avant, marquant le développement du système d'armes, le développement du système propulsif, la mise en place des installations du support à terre, station VLF (radio très basse fréquence) de Rosnay, base et pyrotechnie de l'île Longue, centre d'entraînement des Roches Douvres à Brest, etc... Le choix de ces trois dates est en fait plus personnel: témoin et acteur du déroulement du projet Coélaconthe, elles émergent dans mes souvenirs pour des raisons particulières. Le lancement d'un navire reste un événement quasi-mythique d'un programme

de construction, avec la petite angoisse qui vous saisit lorsque la coque libérée s'ébranle doucement et glisse de plus en plus rapidement vers la mer aux accents de la Marseillaise. J'avais eu la charge de superviser et de participer directement à la conception des diverses installations du sous-marin dites de "sécurité plongée": la première plongée en route libre était la première occasion de constater que "tout marchait". Enfin, le départ du Redoutable pour sa première patrouille était l'événement vers lequel avaient tendu toutes nos énergies, tous nos espoirs.

Les événements, l'enchaînement de décisions et d'exécutions que je vais rappeler sont loin de couvrir l'ensemble de l'entreprise puisque ma qualité de témoin et d'acteur ne m'a permis de vivre qu'une partie du programme. Mon témoignage souffre aussi des nombreuses années qui se sont écoulées depuis le jour où j'ai été impliqué par l'auteur du projet dans la conception du sous-marin, en réfléchissant aux extrapolations à faire pour passer des équipements de sous-marins de la classe des 1 500 tonnes à celle des «presque 10 000 tonnes». Je limiterai aussi ce témoignage dans le temps à l'époque 1960, début 1972, celle que l'on pourrait appeler aujourd'hui «l'époque des pionniers» où, partant souvent de zéro, des ingénieurs, des officiers ont construit le premier sous-marin de la force océanique stratégique (FOST).

*«L'époque des pionniers»
où, partant souvent de
zéro, des ingénieurs, des
officiers ont construit le
premier sous-marin de la
force océanique
stratégique (FOST). »*

LES DÉCISIONS INITIALES

C'est en 1960 que s'est manifestée officiellement pour la première fois l'intention gouvernementale de construire un sous-marin lanceur d'engins. Les grandes lignes du programme d'action, qui a été respecté, étaient les suivantes:

- le développement à partir de 1961 de l'étude du lancement de missiles par un sous-marin;
- le développement à partir de 1961 des études relatives aux éléments périphériques les plus importants du système d'armes: navigation par inertie, recalage par visée astrale;
- l'orientation ferme, dès 1961, des études de la SEREB (Société d'études et de réalisation d'engins balistiques), qui venait d'être créée, vers l'application MSBS, comportant construction d'une série de véhicules expérimentaux mono, puis bi-étages, à tirer du sol, du caisson sous-marin et enfin du Gymnote;
- le choix d'un champ de tir pour engins tirés du sol ou du sous-marin expérimental;

- les études de réalisation d'une station capable d'assurer la liaison radio avec les sous-marins opérationnels;
- la mise en chantier d'un sous-marin prototype lanceur d'engins susceptible d'effectuer ses essais à la mer dans le deuxième semestre 1968.

Il faut toutefois noter qu'à cette époque, aucune décision ferme n'avait encore été prise par le gouvernement de constituer une composante navale de dissuasion, et ces premières décisions ne constituaient donc que des mesures d'orientation et de préparation.

Le Gymnote a été effectivement mis en chantier à l'arsenal de Cherbourg le 1er mars 1962. Sous la pression de la marine et avec l'appui du CEA, le ministre des armées devait prendre, en 1962, la décision d'avancer d'un an la mise en chantier du premier sous-marin : le 2 mars 1963 a donc été signée la décision de mise en chantier à

à Cherbourg du premier sous-marin lanceur d'engins, repéré provisoirement sous l'appellation Q 252, qui devait devenir le Redoutable. Sensiblement à la même époque, le gouvernement a définitivement confirmé sa décision de réaliser la composante navale de la force nucléaire stratégique qui en constituerait la 3e génération

LES DÉCISIONS INITIALES

Si nous examinons sommairement ce qui s'est passé aux Etats-Unis, nous constatons que les Américains, dans leur programme de construction de sous-marins modernes, n'ont jamais mis à l'épreuve plusieurs innovations techniques majeures sur un même sous-marin. Il est vrai que grâce à la puissance inégalée de l'industrie américaine, les différentes étapes se sont succédées à cadence rapide, quelquefois même en se recouvrant. Une première étape, celle de la propulsion nucléaire, a été franchie par la construction du prototype à terre d'Idaho, puis une mise à l'épreuve sur le Nautilus, à partir du début de 1955. Une deuxième étape impliquait des études hydrodynamiques avancées sur les formes de coque, le pilotage à grande vitesse, etc... Les résultats de ces études ont été contrôlés par l'expérience dès le début de 1954 sur l'Albacore, sous-marin conventionnel, construit spécialement pour mettre à l'épreuve les nouvelles formes de coque qui ont été adoptées sur les sous-marins à propulsion nucléaire. De même, les études avancées concernant l'organisation moderne de la « sécurité-plongée » ont reçu une première application sur les trois derniers sous-marins à propulsion classique construits aux Etats-Unis, du type Barbel. On peut dire que c'est la synthèse des conclusions tirées de ces trois expérimentations qui a donné naissance aux sous-marins nucléaires d'attaque du type Skipjack (début 1959). Les sous-marins lanceurs d'engins de la classe George Washington dérivent eux-mêmes des sous-marins du type Skipjack par une filiation directe puisque les cinq premiers SSBN de cette classe sont constitués d'une tranche centrale cylindrique contenant le compartiment des missiles, terminée aux extrémités par un avant et un arrière identiques à ceux des sous-marins du type Skipjack. On pourrait poursuivre l'étude de ces filiations en notant que les SSN postérieurs aux Skipjack, ceux de la classe Thresher ont précédé les SSBN de la classe La Fayette. Notre programme devait bien entendu emprunter de sérieux raccourcis. Il n'était pas question de franchir le même nombre d'étapes intermédiaires, hormis celle du prototype à terre de propulsion nucléaire. Nous avons cependant prévu une étape "qui ne figurait pas dans la filiation américaine, celle du sous-marin expérimental lanceur de missiles, le Gymnote, évoqué plus haut. Ce point mérite quelques explications: le souci d'économiser nos moyens et notre argent nous a conduits à une position symétrique de celle qui a été adoptée aux Etats-Unis.

après le Mirage IV et le SSBS. L'état-major de la marine avait défini le programme militaire, c'est à dire les exigences opérationnelles auxquelles devait satisfaire le navire et un projet avait été soumis à l'approbation du Conseil supérieur de la marine en 1962.

Si la mise au point du système d'armes Polaris, leur était possible d'emblée à bord du George Washington après avoir «dédouané» au préalable la propulsion nucléaire, les installations de pilotage à grande vitesse et les installations «sécurité-plongée», on pouvait aussi espérer assurer d'emblée sur le Redoutable les mises au point concernant ces trois catégories d'installations, sous réserve de «dédouaner» par un moyen naval approprié les installations relatives au «système d'armes stratégique». Le Gymnote a effectué des tirs d'engins inertes dès 1966, ensuite il a effectué pour le seul programme M1 plusieurs dizaines de tirs d'engins inertes et une dizaine de tirs d'engins actifs, monoétage ou biétages. Toutes ces opérations étaient donc devenues assez routinières quand elles ont été faites pour la première fois sur le Redoutable et je considère comme assez remarquable que les installations «mécaniques» de lancement de celui-ci aient pu être recettées en totalité en deux semaines au cours de quelques sorties à la mer avec une vingtaine de tirs de maquettes inertes. La justesse de cette option s'est très largement trouvée confirmée ensuite; toutes les générations ultérieures de missiles jusqu'au M4 ont été testées sur le Gymnote, en réduisant de manière significative les délais de leur mise en service à bord des sous-marins opérationnels.

« ...Je considère comme assez remarquable que les installations mécaniques de lancement de celui-ci aient pu être recettées en totalité en deux semaines »

LES SAUTS TECHNOLOGIQUES

Concevoir et construire un sous-marin à propulsion nucléaire capable de lancer des missiles stratégiques, et d'assumer des patrouilles prolongées en autonomie et discrétion complètes, posait en 1960 un nombre de problèmes considérable. Les solutions techniques à imaginer, développer, réaliser, expérimenter à terre puis à bord n'existaient pas « sur étagère » au début du programme. Il fallait entre autre, passer du lancement horizontal de torpilles de 1500 kg au lancement vertical de missiles de plus de 15 tonnes. Il fallait connaître en permanence la position du sous-marin avec une précision passant de quelques nautiques à quelques centaines de mètres. Il fallait installer une chaufferie nucléaire et une propulsion à vapeur saturée. Il fallait que ce sous-marin de 8 000 tonnes en surface soit piloté à une

vitesse continue supérieure à 25 nœuds (le Narval de 1 500 tonnes pouvait soutenir une vitesse de 18 nœuds pendant quelques dizaines de minutes), qu'il comporte toutes les installations nécessaires à la vie en milieu clos de 135 membres d'équipage pendant des patrouilles de trois mois. Il fallait mettre en place les installations de transmissions à bord et à terre, les installations de soutien et d'entraînement pour le navire et les équipages, les pyrotechnies... Il fallait... Il fallait... N'ayant ni la place, ni la compétence pour établir l'inventaire complet des problèmes à résoudre, je me limiterai à certains de ceux que posaient le lancement des missiles, le comportement à la mer, l'emploi de l'énergie nucléaire, le développement des télécommandes.

LE LANCEMENT DES MISSILES ET SES IMPLICATIONS

La première contrainte imposée au constructeur du missile résulte de l'installation de celui-ci dans le sous-marin. Il y a au départ d'un projet de SNLE un choix à faire pour les paramètres géométriques : diamètre de la coque du sous-marin, position et dimension des tubes, emplacement des portes intérieures permettant l'accès aux différentes parties du missile pour les opérations de maintenance. Une fois ces données figées, aucun retour en arrière n'est possible, sauf à entraîner de profonds bouleversements. Cette contrainte de volume pèse sur les performances du missile : elle interdit par exemple de placer des empennages stabilisateurs à l'arrière.

Une deuxième contrainte résulte des conditions de lancement : il s'agissait d'éjecter verticalement hors de la coque d'un sous-marin en plongée à faible vitesse, une masse de 18 tonnes propulsée à une vitesse voisine de 100 km/h suffisante pour lui permettre de traverser sans ralentissement appréciable la tranche d'eau épaisse d'une vingtaine de mètres qui sépare le pont du sous-marin de la surface. L'énergie mise en jeu est considérable et la mise en vitesse doit rester assez progressive pour que la structure du missile, relativement fragile si on la compare à celle d'une torpille, résiste à l'opération.

La nécessité de libérer une énorme quantité d'air en moins d'une seconde, demande évidemment des sections de passage considérables. Le missile accélère progressivement pour atteindre en un temps de l'ordre de la seconde la vitesse de 100 km/h, tout en glissant à l'intérieur du tube interne équipé d'une garniture souple qui facilite ce glissement et le protège en position de stockage contre les vibrations. Dès que la tranche arrière du missile a émergé, le premier étage s'allume automatiquement.

La nécessité de tirer à vitesse très faible, sinon nulle, nous avait conduits à imaginer d'importantes installations de stabilisation.

En effet, les barres de plongée sont alors inopérantes et le sous-marin est soumis à son instabilité naturelle en immersion, aggravée par la succion qu'exercent sur sa coque les trains de houle qui défilent. En outre, après éjection du missile, si aucune précaution n'avait été prise, le sous-marin aurait été alourdi de la différence qui existe entre le poids d'eau embarqué dans le tube et celui du missile, différence qui peut atteindre près d'une dizaine de tonnes. Cette difficulté a été contournée grâce à une « astuce » très simple qui consiste, dès le départ du missile, à refermer promptement la porte supérieure avant que le tube ne soit complètement rempli : cela peut paraître assez risqué de réguler ainsi l'irruption de la mer dans un tube béant dont le diamètre dépasse 1,80m, mais l'expérience a montré qu'avec une bonne temporisation de la fermeture de la porte, le résultat cherché était atteint.

Tous ces dispositifs que je viens d'évoquer ont été essayés et mis au point sur le Gymnote de 1966 à 1968, ils ont parfaitement fonctionné aux essais sur le Redoutable. La complexité de la tranche missiles d'un SNLE a dépassé très largement ce que nous pouvions imaginer au départ. Pour donner quelques chiffres, il y a 1 998 passages "résistants" (ouvertures diverses, orifices d'accès, passages de câbles ou de tuyautages) qui traversent les parois des 16 tubes résistants du Redoutable. La coque épaisse elle-même dans tout son ensemble reste loin de ce record, avec ses 650 ouvertures diverses, auxquelles s'ajoutent 450 passages à travers les cloisons résistantes intérieures.

Une troisième contrainte extrêmement importante résulte de la nécessité de tirer rapidement l'ensemble des missiles, car si le sous-marin en plongée reste difficile à détecter, dès qu'il lance son premier

« L'énergie mise en jeu est considérable et la mise en vitesse doit rester assez progressive ... »

missile, il commet une indiscretion majeure.

Une quatrième contrainte résulte de la mobilité de la plate-forme de lancement. Dans le cas d'un engin balistique tiré du sol, on connaît parfaitement sa position sur son socle de lancement au fond du silo. Dans le cas du sous-marin, essentiellement mobile, la difficulté est double. D'une part, le point de départ des missiles évolue et les trajectoires qu'ils vont suivre pour aller sur leurs objectifs doivent être définies en conséquence. D'autre part, le sous-marin en plongée subit de petits mouvements de cap, d'assiette ou de roulis, dus principalement à l'action de la houle, qui nécessitent de connaître avec précision la verticale du lieu et l'azimut de

l'objectif au moment du tir. C'est le rôle de la navigation par inertie de définir à chaque instant ces références de verticale et d'azimut et corrélativement d'entretenir la longitude et la latitude du tireur. Je ne peux ici que mentionner les problèmes extraordinairement difficiles que posent la navigation par inertie et les divers procédés qui en permettent le recalage. Disons seulement que le Gymnote a été équipé de la première génération de CIN (centrale inertielle de navigation) et d'un dispositif de recalage astral par visée périscopique en plongée, le Redoutable ayant été provisoirement équipé lors de ses derniers essais de la deuxième génération de ces CIN, avant d'être équipé ensuite d'une troisième génération.

LE COMPORTEMENT A LA MER

L'extraordinaire accroissement de vitesse et surtout d'autonomie que permet la propulsion nucléaire posait en termes nouveaux les problèmes de corrélation «puissance-vitesse» et d'aptitude des installations de pilotage à maintenir le sous-marin sur la route imposée. Dans le cas du Redoutable, on s'est contenté des méthodes usuelles en usage au bassin des carènes, qui se sont révélées suffisamment bonnes. Le Redoutable possède de bonnes qualités évolutives qui rendent son pilotage à vitesse élevée aussi aisé que celui d'un sous-marin de taille et de performances plus modestes.

Il faut cependant considérer avec prudence les évolutions d'un bâtiment de 9 000 tonnes car les distances d'arrêt, conditionnées par l'inertie du navire et les possibilités de la propulsion sont importantes. En ligne droite, au voisinage de la vitesse maximale, il faut environ 1 000 mètres pour stopper, d'où le risque, en cas d'avarie intéressant l'appareil à gouverner en plongée, d'excursions en immersion dangereuses. Les études effectuées sur le modèle libre de Saint-Tropez ont conduit de ce point de vue à définir et adopter des

dispositions absolument capitales:

- limitation dans le sens à descendre par des butées mécaniques télé réglables des angles de barre de plongée arrière, les seuils correspondants variant avec la vitesse;
- adoption de dispositifs de «chasse rapide» aux ballasts avant qui permettent de libérer en quelques secondes une quantité d'air importante en augmentant la flottabilité de l'avant.

Ces deux dispositions ont pour but d'une part de limiter l'angle d'assiette maximum pris en cas d'incident, et d'autre part de permettre un rétablissement rapide de la situation à toute immersion.

Les essais précités ont aussi permis de confirmer que la parade la plus immédiatement efficace à une avarie de barre de plongée arrière consistait à orienter la barre de direction toute d'un bord. L'effet bien connu des sous-marins est particulièrement bénéfique sur le Redoutable, même à vitesse très élevée, car il ne s'accompagne fort heureusement d'aucun roulis intempestif notable, comme le cas a été mentionné pour certains sous-marins étrangers.

« Il faut environ 1 000 mètres pour stopper, d'où le risque... »

L'EMPLOI DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

La physionomie générale du sous-marin, les conditions d'existence à bord en sont profondément modifiées: ce n'est plus en dizaines, mais en milliers de kW que se présente le bilan de puissance en plongée de l'usine électrique. La chaufferie nucléaire doit avoir une disponibilité aussi éle-

-vée que possible et une très grande souplesse d'emploi; elle nécessite une discipline très stricte en matière de sécurité en raison de la gravité exceptionnelle que pourraient revêtir certains accidents, et aussi de l'impossibilité pratique d'intervention à bord sur le circuit primaire.

LES TÉLÉCOMMANDES

Les principales actions ont porté sur le poste de commande de la propulsion, ce qui était normal, et aussi, ce qui était alors nouveau, dans le domaine des manœuvres liées au contrôle de la pesée, aux chasses, à la ventilation, dont les commandes à distance ont été incorporées dans un tableau central de sécurité-plongée placé au poste central navigation-opérations. Les voyants de contrôle qui s'y trouvent étant normalement éteints et ne s'allumant que lorsqu'il y a «anomalie», la fatigue des opérateurs s'en trouve ré-

duite et leur attention plus aisément éveillée. Voilà quelques exemples concrets qui montrent l'étendue de la tâche qui attendait les ingénieurs lorsque la décision de créer la FOST a été prise. Chacun dans son domaine était conscient de l'effort à accomplir dans un cadre strictement national, à de minimes exceptions près. En effet, nous n'avions pas pu, comme nos collègues de Grande-Bretagne, bénéficier d'un appui américain pour la propulsion et les missiles, mais, pour être honnête, je dois reconnaître que nous avons reçu en fait une aide impli-

cite très importante des Etats-Unis: toutes les fois que nous faisons face à un problème, nous savions qu'il existait outre-Atlantique une solution qui naviguait. A nous de la trouver, et pourquoi pas une qui lui soit supérieure !

UNE RAISON DU SUCCES: L'ORGANISATION CŒLACANTHE

Plus de trente ans plus tard il est permis de rechercher les raisons du succès de l'opération ambitieuse de construction du Redoutable armé de ses seize missiles à tête nucléaire M1. On doit souligner le rôle moteur puissant de la volonté politique exprimée et soutenue jusqu'au niveau le plus élevé, celui du général de Gaulle, volonté ressentie par les participants comme étant capable de faire tomber beaucoup d'obstacles. Cependant, ma participation de longue durée à l'étude et à la construction du Redoutable m'amène à souligner la qualité et l'efficacité de l'organisation mise en place en 1962 sous le nom d'Organisation Cadacanthé

Cette organisation repose sur l'action de plusieurs acteurs principaux, ou « maîtres d'œuvre » :

- le maître d'œuvre du programme naval, de la direction centrale des constructions et armes navales, chargé des SNLE et de l'environnement spécifique à terre;
- le maître d'œuvre propulsion nucléaire ;
- le maître d'œuvre missiles
- le maître d'œuvre tête nucléaire de la direction des applications militaires du CEA.

Le maître d'œuvre du programme naval est en outre « maître d'œuvre principal du projet Cœlacanthé » et, à ce titre, chargé de la coordination d'ensemble du programme.

Le comité directeur ou « Comité Cœlacanthé », présidé par le Délégué Ministériel pour l'Armement, comprend le directeur des applications militaires du CEA, deux officiers généraux représentant le chef d'état-major

des armées et le chef d'état-major de la marine, le chargé de mission « atome » de la DMA, les directeurs des constructions navales et des engins de la DMA, et le MOP, assure le contrôle d'ensemble du programme. Sa mission est de traduire en décisions d'exécution les directives du Conseil de défense.

En outre, deux groupes de travail, un à vocation opérationnelle présidé par « l'amiral Cœlacanthé » (officier général qui représente le chef de l'état-major de la marine au Comité), l'autre à vocation technique présidé par le MOP, sont chargés d'étudier sous leurs différents aspects les problèmes rencontrés et de proposer les décisions nécessaires au comité Cœlacanthé.

Deux caractéristiques particulières de cette organisation méritent d'être signalées:

- elle est basée davantage sur des relations entre individus que sur les relations entre services, avec l'établissement d'un climat de confiance réciproque, ce qui lui permet de continuer à fonctionner sans subir le contre-coup de l'évolution de l'organisation des services et des changements de structures;
- toutes les autorités concernées sont représentées au comité directeur à des niveaux de responsabilité suffisamment élevés pour que des décisions puissent être prises sans risque d'une remise en question ultérieure.

*« pour que des
décisions puissent être
prises sans risque d'une
remise en question
ultérieure. »*

L'ARMEMENT DU REDOUTABLE

Il appartenait à l'amiral Louzeau, premier commandant du Redoutable et ancien chef d'état-major de la Marine, de clore cette série d'articles sur la genèse et la mise au point de notre force océanique stratégique. Celui-ci est la transcription partielle d'une communication faite le 16 février 1993 au Comité de documentation historique de la Marine.

Souvenirs Personnels

Pourquoi ce titre: Souvenirs personnels? Parce que je n'ai pas l'intention de présenter une conférence magistrale mais plutôt de vous faire part de ce que j'ai vécu, des problèmes tels qu'ils se sont posés à mon niveau, de mes réactions, de mes joies et de mes irritations. J'ai eu la chance de vivre cet événement de bout en bout, ce qui est rare. J'ai pu appliquer et voir fonctionner des idées que j'avais eues quelques années auparavant. La Marine a eu la sagesse de laisser la première équipe en place et l'expérience fut passionnante. Je parlerai souvent à la première personne, il faudra m'en excuser.

Rappelons d'abord quelques dates clés de cet armement: 1963, dépêche de mise en chantier du sous-marin désigné sous le repère Q 252 ; mars 1967, lancement à Cherbourg; juillet - novembre 1969, premiers essais suivis des démontages; départ pour Brest en septembre 1970 ; deuxième période d'essais portant sur le système d'armes, suivie de la traversée de longue durée et de la clôture d'armement. Départ pour la première patrouille le 28 janvier 1972. On a beaucoup épilogué sur la longueur de cet armement et certains ont même ricané, jusqu'au commissaire San Antonio qui y fait allusion dans un de ses romans ! En fait, la durée n'en fut pas plus longue que pour d'autres bâtiments bien moins complexes.

Ma première implication avec le Redoutable date de décembre 1964. Convoqué chez le directeur du personnel militaire, je fus pressenti pour suivre l'armement du Q 252 et je ralliai la rue Royale dès janvier pour constituer le premier noyau d'équipage. Nous y reviendrons.

Pourquoi le choix s'est-il porté sur moi? Sans doute parce qu'aux yeux de la direction du personnel militaire, je remplissais les conditions d'âge et de qualification, ce qui m'amène à dire ce que j'avais fait avant cette époque. En 1956, officier en second sur le Narval, je n'ignorais pas le premier projet du Q 244 qui venait d'être mis en route et assez vite interrompu. Cet échec fut salutaire car il permit de repartir sur de meilleures bases, et ce fut la création du département de la propulsion nucléaire (DPN) au Commissariat à l'énergie atomique où se retrouva une bonne partie de l'équipe du Q244. Vint ensuite la création de l'École d'application militaire de l'énergie atomique (EAMEA) à Cherbourg et la naissance de l'organisation Coelacanthé chargée de l'ensemble des projets conduisant à la mise sur pied de la composante sous-marine. Passionné depuis 1955 par l'énergie nucléaire, après avoir commandé mon premier sous-marin, le Laubie, je suis

vis avec la deuxième promotion, en 1959, les cours de l'École atomique. Pendant ces années studieuses, les grandes décisions concernant les forces nucléaires furent prises et une visite de l'amiral Rosset nous apprit la signature de l'accord avec les Etats-Unis pour la fourniture d'uranium 235 nécessaire à la construction d'un prototype à terre. En 1960, la décision fut prise d'entreprendre ce dernier avant même la mise en chantier d'un sous-marin nucléaire lanceur d'engins, et l'équipe du DPN put se mettre au travail. Pourquoi les Américains ont-ils consenti à cet accord? Il semble qu'il y ait eu de la part du président Eisenhower une volonté de faire plaisir au général de Gaulle, et aussi la présomption de l'amiral Rickover estimant que ces pauvres Français étaient bien incapables de réussir.⁽¹⁾

La décision fut donc prise de construire directement un SNLE, sans suivre l'exemple américain en passant d'abord par le stade d'un sous-marin d'attaque. Pour les missiles, on allait les essayer en utilisant les tronçons avant et arrière du Q 244, en plaçant au milieu un élément de coque contenant quatre tubes lance-missiles et des moteurs diesel. Après d'âpres discussions, la décision de construire le Gymnote fut prise en 1962.

Après dix-huit mois de cours et l'obtention du diplôme d'ingénieur en génie atomique ... je n'avais qu'un désir, celui de repartir commander à la mer en attendant mieux. Je résistai aussi aux sirènes du DPN qui souhaitait m'intégrer dans son équipe et, en mai 1962, je pris le commandement du Dauphin. Revenons à cette convocation chez l'amiral Bailleux, directeur du personnel militaire (DPM). Elle faisait suite à la création d'un Comité du personnel des sous-marins, chargé de définir les grandes lignes de la politique à suivre en matière de personnel. On avait pris conscience de l'importance du problème des hommes et il était temps de s'y mettre, car à l'époque, la présentation aux essais du Q252 était prévue pour le début de 1968. Ce Comité était présidé par le DPM et comprenait quelques officiers généraux et le commandant de l'EAMEA. Nommé secrétaire de ce comité, je ralliai la rue Royale dès janvier 1965 avec pour mission de me consacrer sans plus attendre à la tâche de trouver et de former un équipage.

⁽¹⁾ NDLR: Inversement, quelques années plus tard alors que le projet Coelacanthé semblait en bonne voie, les Etats-Unis, soucieux de garder la maîtrise d'un allié par trop indépendant, ont fait des approches pour proposer à la France une coopération similaire à celle accordée à la Grande-Bretagne. Informé de cette proposition, le Général de Gaulle dit seulement: " Ah? Je vois...un sous-marin franco-américain...le cuisinier sera français!"

*« J'ai eu la chance de vivre
cet événement de bout en
bout, ce qui est rare. »*

Commença alors pour moi une période de deux ans d'études, de réflexion et de travail personnel. Je pris connaissance du programme militaire et des premières spécifications. Ce qui saute aux yeux au premier abord est que la construction d'un SNLE constitue une brusque mutation. Par rapport aux sous-marins classiques, on change d'univers. D'abord la taille: 8 000 tonnes, 130 m de long, 10,6 m de diamètre: on est loin des 1 500 tonnes d'un Narval. Mais la taille n'est rien. Ce qui me frappe le plus à l'époque, c'est le fait que les installations essentielles sont entièrement nouvelles dans leur conception, mais aussi que pour certaines d'entre elles, l'expérimentation commence à peine. Passons-les en revue:

Propulsion. A tout seigneur, tout honneur, commençons par la propulsion nucléaire. C'est elle qui a provoqué la révolution dans le monde des sous-marins et qui a permis de concevoir l'existence même des sous-marins stratégiques. Le prototype à terre a divergé en août 1964 et marche bien, mais l'installation d'une machine à vapeur sur un sous-marin n'ira pas sans poser quelques problèmes techniques.

Sécurité plongée. La plupart des installations sont entièrement nouvelles : la régénération de l'atmosphère, l'installation de tenue automatique de la plongée pour le lancement des missiles, le poste de pilotage adapté aux grandes vitesses, le développement extraordinaire des télécommandes. Je ne doute pas de la fiabilité de tous ces matériels, mais comment se fera l'adaptation du personnel face à ces nouveautés?

Les missiles. C'est un domaine entièrement nouveau où tout est à découvrir. En 1965, l'expérimentation commence à peine et le tir d'un premier étage de MSBS (M 110) n'aura lieu qu'en 1966 à Hammaguir. L'organisation du système d'armes n'est encore qu'à l'état d'ébauche et les plans d'emménagements de la tranche missiles sont encore muets: seize cercles représentant les tubes lance-missiles, c'est tout.

Enfin, pour clore ce chapitre des nouveautés, il faut mentionner le développement incroyable des équipements électroniques avec un "pool" d'ordinateurs chargé de remplir de multiples fonctions telles que le lancement et la maintenance des missiles, l'élaboration de la situation tactique, etc.

Un problème immédiat se posait qu'il fallait résoudre d'urgence: trouver un premier noyau d'état-major et d'officiers marins et le former. Le plus urgent commençait par le personnel mécanicien et électricien. Les mécaniciens bons sous-marins étaient excellents en diesel mais nullement vapo-ristes ; quant aux électriciens, ils avaient l'habitude du courant continu alors que les SNLE utilisaient l'alternatif. Aucun d'eux n'avait de connaissances dans le domaine nucléaire. Il fallut donc envoyer des sous-marins en stage sur les bâtiments de surface pendant quelques mois et prendre aussi quelques surfaciens en stage sur sous-marins.

Un cours pour officiers marins fut créé à

l'EAMEA et ensuite un stage pratique sur le prototype à terre. Pour les officiers, une première équipe fut envoyée à l'EAMEA. Une liberté très grande me fut laissée pour le choix des personnes et j'obtins carte blanche pour consulter les fichiers de la direction du personnel militaire.

Personnellement, j'avais aussi à m'instruire. Après avoir travaillé sur documents, j'allai passer à Cadarache de septembre à décembre 1965 quatre mois pendant lesquels, avec deux officiers, nous effectuâmes un tour du monde fictif. Il convenait de définir les qualifications pour chaque poste de quart et les programmes d'instruction pour les stages à venir. Pour les premiers équipages constitués, nous avions forcé la dose sur le degré de qualification car nous n'avions aucun droit à l'erreur. Pour certains postes, on se posait des questions, par exemple pour le chimiste. J'ai tenté d'obtenir quelques renseignements auprès de l'école de New-London de l'US Navy par l'intermédiaire d'un camarade, ancien stagiaire de l'École de guerre navale, mais la réponse fut négative. C'est à cette époque que fut choisi le site du futur Centre marine de Jouques-Cadarache. En 1966, j'embarquai pour deux mois sur le Gymnote qui commençait les premiers essais des installations des tubes lance-missiles et des centrales inertielles de navigation (CIN). Un problème à long terme se posait: le Comité du personnel des sous-marins avait à définir la politique de recrutement et de formation des équipages. A quel niveau et à quelle date convenait-il de recruter ? Il fallait constituer le deuxième équipage du Redoutable et prévoir ceux du Terrible et du Foudroyant dont la construction s'annonçait. Le travail commença sur un cahier d'écoulier, avec en premier lieu la définition d'un plan d'armement correct. On partit d'un effectif de 140 avec 15 officiers, comme l'US Navy, et ce plan s'affina au cours des années 1965-1966. On entreprit une étude de chaque poste de quart pour les qualifications, et de nombreuses réunions avec le Service Technique des Constructions Navales permirent de préciser les fonctions. A chaque nouvelle spécification de matériel ou d'installation se posait la question: par qui sera faite la mise en œuvre d'un tel matériel ? Quelle compétence doit-il avoir ? Il fallut lutter en permanence contre la tendance à l'inflation et la limite supérieure était fixée à 137 par le nombre des couchettes. On arriva à 135.

Le problème de l'organisation du bord me préoccupa dès le début. Le décret sur le service à bord ne parlait bien entendu ni de chaufferie nucléaire, ni de missiles, ni d'ordinateurs. C'est le matériel qui dicta l'organisation. Le bord resta toujours divisé en services, certains furent supprimés, d'autres créés. Deux groupements s'imposaient: "Opérations", avec service traditionnels de conduite du navire, missiles, etc.... plus calcul à cause du centre de traitement des données qui travaille pour

« Je ne doute pas de la fiabilité de tous ces matériels, mais comment se fera l'adaptation du personnel face à ces nouveautés ? »

plusieurs services, sous l'autorité d'un seul CGO; "Énergie-Propulsion" avec trois services de propulsion, énergie, sécurité plongée sous l'autorité du CGE. Il n'existait plus de service électricité car la séparation classique des services Machines-Electricité ne convenait plus. La mécanique et l'électricité se trouvaient désormais complètement imbriquées en raison des télécommandes et des automatismes, et chaque service devait avoir du personnel mécanicien et électricien. Le service Énergie avait sous sa responsabilité le réacteur et la distribution primaire d'électricité auxquels s'ajoutait tout ce qui concerne la sécurité du réacteur. Le service Sécurité-Plongée n'existait pas sur les sous-marins diesel alors que, vu la taille du SNLE, il devenait le service le plus important en effectif. Cette nouvelle organisation du groupement énergie n'allait pas de soi et je dus batailler avec l'état-major de la Marine, et surtout le Service technique des machines qui, moribond, se désintéressait du nucléaire.

Je ralliai Cherbourg pour le lancement après avoir été désigné en janvier 1967 comme "commandant chargé de suivre les travaux d'achèvement". On s'étonna, à l'Élysée, de voir confier une telle tâche à un capitaine de corvette ! Le lancement eut lieu le 29 mars 1967 et ce fut une belle journée en présence du général de Gaulle, du ministre des Armées Pierre Messmer et de l'amiral Cabanier, chef d'état-major de la Marine. Après la cérémonie, en compagnie des ingénieurs, je fis au général une présentation de ce qu'allait être le SNLE devant les maquettes car tout avait été maquetté par tranches. Ce fut un premier contact avec les médias : télévision, journalistes, et l'apprentissage de l'art de tenir sa langue.

Lors du lancement, la coque du Redoutable était encore presque vide et des travaux se poursuivaient dans la forme du Homet devenue zone réservée. La première date importante fut le 26 avril 1968 marquée par la prise d'armement pour essais. L'équipage d'armement rallia et on pu commencer les premiers essais de l'usine électrique en utilisant une chaudière à vapeur saturée de l'ancienne Jeanne d'Arc, essai indispensable pour passer à l'étape suivante comprenant les essais à froid puis à chaud sur le réacteur.

En janvier 1969, on procéda au chargement du cœur et la divergence eut lieu le 26 février, pendant la nuit pour être au calme. Ce fut un grand moment et l'on but le champagne. Huit jours plus tard, l'autonomie nucléaire fut prise, ce qui se traduisait par un grand changement à bord car il y eut désormais en permanence du personnel de quart au réacteur. En effet dès le début, ce fut le bord qui conduisit l'installation sous la responsabilité du CEA, bien que la recette fût loin d'être prononcée. Ce fut le résultat de la formation dispensée à l'EAMEA et à Cadarache qui comportait la délivrance des qualifications par une commission mixte Marine-CEA. Les essais des diverses installations du bord se poursuivirent sans relâche suivant un programme

très serré.

Nous avions une hantise : la sécurité. Depuis l'armement pour essais, le bord en était responsable et les risques d'incendie étaient importants en raison des travaux de soudure, et 350 ouvriers travaillaient en permanence. L'équipage, formé de gens de haute qualification ne pouvait se consacrer à cette tâche, et heureusement la direction du personnel militaire mit à notre disposition trente marins du contingent qui suivirent un court stage de pompier et remplirent ensuite leur tâche avec abnégation et efficacité.

Pendant toute cette phase de l'armement, on mit au point et rédigea les consignes générales de service, les dispositions des circuits et la conduite progressive de l'entraînement, travail ingrat pour lequel je rends hommage à l'ancien chef d'état-major de la Marine, l'amiral Coatanéa, mon second à l'époque, qui fut la cheville ouvrière de ce travail.

La première période des essais à la mer se situa du 18 mai au 8 novembre 1969 avec un arrêt de deux semaines au moment du 15 août. Les essais au point fixe, amarré à la jetée du Homet, donnèrent lieu à un incident qui aurait pu se terminer en catastrophe, évitée grâce à la réaction excellente de l'ingénieur de quart (C.C. Ramonet). La première plongée statique eut lieu dans l'anse du Becquet au moment de l'étalement, puis vinrent les premiers essais préliminaires en route libre en baie de Seine avec l'ingénieur général Gemppe à bord, au cours desquels on détermina la vitesse maximale en surface, ce qui permit de constater un effort hydrodynamique très important sur l'avant.

Le 2 juillet eut lieu la première plongée en route libre sur la fosse d'Aurigny en présence de toute l'organisation Caelacanthé. On y alla doucement, en se pesant léger au départ, puis on fit une incursion à 50 mètres avant de revenir en surface.

On passa ensuite à la présentation aux essais officiels qui devaient avoir lieu en Atlantique car il n'y a pas assez de fond en Manche, mais auparavant, il convenait de faire des essais officiels en surface et quatre jours de plongée fictive ⁽²⁾ du 10 au 14 juillet pour vérifier le bon fonctionnement des installations de régénération et de conditionnement d'air. J'avais pris auparavant la décision d'interdire de fumer à bord, à la déception de la Commission d'étude pratique des sous-marins !

Le 18 juillet, ce fut le départ vers l'Atlantique où commença une campagne d'essais intéressant la plate-forme sous-marine proprement dite, car le système d'armes n'était pas encore installé. Tout fut mené sur un rythme soutenu à la mer avec transfert de personnel d'essais sous Groix ou en grande rade de Brest. L'équipe d'essais, très nombreuse, était logée dans la tranche avant ou dans la tranche missiles. Une solide discipline fut obtenue grâce à un chef d'équipe remarquable, sorte de capitaine d'armes de ces équipes d'essais.

⁽²⁾ NDLR: la plongée fictive consiste à vérifier, le sous-marin étant à quai, en autonomie et tous panneaux fermés, le bon fonctionnement général de toutes les installations, mises en œuvre par les équipes de quart qui se relèvent comme à la mer

« Ce fut un premier contact avec les médias : télévision, journalistes, et l'apprentissage de l'art de tenir sa langue. »

Ces derniers se poursuivaient nuit et jour selon un programme fait pour utiliser le temps au maximum. Le vice-amiral d'escadre Salmon, président de la Commission permanente des essais, venait très souvent à bord et nous étions toujours accompagnés par au moins un escorteur, le Maillé-Brézé le plus souvent. Lorsqu'on venait à quai, c'était à Brest car l'Île Longue n'était pas encore prête à nous recevoir.

Les essais de propulsion et de pilotage se poursuivaient pas à pas, en vérifiant que les réactions étaient conformes aux prévisions. On effectua ensuite trois plongées à P (immersion maximale autorisée) car il y avait près de 300 points de mesure avec une centrale qui ne pouvait en relever que 100 à la fois. On procéda au lancement de maquettes de torpilles et surtout de maquettes *Dauphin* pour vérifier le bon fonctionnement de chaque tube lance missile et l'on fit les essais de stabilisation et des mesures de bruits rayonnés. La période d'essais se termina par une plongée ininterrompue de dix jours. On resta dans les secteurs nationaux du golfe de Gascogne et ce fut l'occasion de faire un peu d'entraînement tactique avec un escorteur, les avions de appareillage maritime et le Duquesne qui terminait ses essais.

Cette première campagne se déroula de manière très satisfaisante mais cela ne veut pas dire qu'elle fut exempte de quelques soucis. Sur les GCP (groupes convertisseurs principaux), on constata une usure anormale des balais entraînant une chute d'isolement et le problème fut long à résoudre. Un incident grave survint avec la rupture d'un flexible de vapeur d'alimentation d'un TA (turbo-alternateur). Il y eut trois brûlés légers, mais la réaction du personnel de quart fut excellente. La pantoire de remorque décapelait dès qu'on augmentait de vitesse, problème irritant. Une fois coincée dans la barre avant, il fallait faire surface pour la dégager en la coupant avec une scie à métaux !

De ces premiers jours de plongée je conserve un merveilleux souvenir. Quelle impression magnifique de naviguer à bonne vitesse sans qu'on vienne vous prévenir que la batterie est déchargée et qu'il est temps de mettre au schnorchel ! On vit vraiment la révolution de la propulsion nucléaire. Nous rentrâmes ensuite à Cherbourg, tous les essais prévus étant effectués sauf un, celui de la ligne de mouillage qui devait être débarquée.

La période des démontages s'étendit de novembre 1969 à septembre 1970. Après l'euphorie des premiers essais, ce fut une période austère. Outre les démontages classiques prévus lors d'un armement, on procéda à un certain nombre de modifications rendues nécessaires après les premières navigations : réduction d'un peu de plomb du côté du CRE (compartiment réacteur-échangeur), allègement des tubes lance-missiles dans les hauts à cause d'un coefficient de stabilité un peu faible, installation d'une chasse rapide dans les ballasts avant, mais surtout installation du système d'armes missiles.

A la fin de cette période et au début de 1971, le deuxième équipage rallia peu à peu, ce qui m'amène à parler du problème des deux équipages. Dès la conception, l'utilisation du SNLE fut prévue avec deux équipages pour obtenir un rendement maximum. On avait conçu un cycle de 100 jours sur la base 72-28. Comme commandant chargé de l'armement, j'avais la responsabilité de livrer le sous-marin au service actif avec deux équipages formés. Les essais de 1969 furent effectués avec un volume de personnel équivalant à quatre tiers, ce qui permettait d'assurer les essais dans de bonnes conditions et d'avoir ensuite pour chacun des deux équipages un noyau de deux tiers connaissant bien le bâtiment.

Un problème délicat se posa dès les essais de 1971 car les sorties n'avaient rien à voir avec le cycle opérationnel. Il était nécessaire de faire participer tout le monde d'une manière aussi équilibrée que possible. Seul responsable, je devais particulièrement veiller à ce que, malgré ces changements continuels de personnes, le matériel et les essais soient bien suivis. A chaque appareillage, on voyait de nouvelles têtes. Il fallut s'y habituer. Le problème de la relève était entièrement nouveau et voici la solution qui fut choisie : l'équipage rentrant de patrouille devait être libéré le plus vite possible, donc la passation de suite ne dépasserait pas trois ou quatre jours, l'équipage partant en patrouille prenant en charge le bateau pendant la remise en condition. Comme les périodes de recoupement sont brèves, les suites doivent être passées correctement avec un échange maximum d'informations et cela entraîne une passation écrite à tous les niveaux avec états du matériel, documentation, etc.....

Cette méthode conduisit très tôt à mettre au point avec la Direction des Constructions Navales une nouvelle gestion du matériel dite "gestion intégrée". En raison du nombre élevé et de la complexité des installations, des longs séjours en mer sans assistance logistique, des courts séjours à la base, de la faiblesse numérique des équipages, des changements tous les cent jours, il fallait entièrement innover car la gestion traditionnelle se révélait totalement inadaptée. De cette nécessité découla la démarche suivante : en premier lieu, repérage soigné de tout le matériel, 144 installations furent identifiées par un bigramme de deux lettres. Chaque appareil fit l'objet d'un repérage fonctionnel effectué par le bord en fonction de son utilisation. En second lieu, repérage de classement pour faciliter la gestion. Il fallait réunir une documentation technique complète et tout cela représentait un gigantesque inventaire.

La définition du lot des rechanges était une affaire longue et délicate. Grâce à l'informatique, cet inventaire fut établi de manière à fournir les allocations de rechanges et l'on pu éditer de nombreux documents, dont les feuilles d'armement.

*« Quelle impression
magnifique de naviguer à
bonne vitesse sans qu'on
viennne vous prévenir que
la batterie est déchargée
et qu'il est temps de
mettre au schnorchel ! »*

Le travail à bord s'en trouva simplifié et pour faciliter les passations de suite, les charges furent réparties entre un nombre suffisant de gradés (38) à raison d'un millier d'articles par gradé. A chaque départ de patrouille, les feuilles d'armement étaient éditées avec une partie détachable constituant un compte rendu de gestion. La liste des pièces consommées, transmise aux services de l'escadrille, servait au réapprovisionnement. Cela représentait un travail de bénédictin qui fut accompli en liaison étroite entre le bord et les services de la DCAN.

La seconde partie des essais à la mer se déroula de septembre 1970 à juillet 1971. Après cette période de démontages, quelques essais en surface et une nouvelle plongée statique, le Redoutable quitta définitivement Cherbourg le 25 septembre 1970 car l'île Longue était maintenant prête à nous recevoir, mais il n'y arriva que trois semaines après car on reprit les essais sur un rythme soutenu avec changement des équipes toutes les semaines à l'occasion d'un retour en grande rade.

Cette période fut consacrée aux essais du système d'armes et de divers équipements opérationnels dont la bouée VLF qui nous donna beaucoup de soucis car sa mise au point fut longue et délicate. Beaucoup d'heures d'essais furent passées au profit de la "Société Nationale de l'Industrie Aéro-nautique et Spatiale", en général de nuit, car on était plus tranquille. Cette société avait aux Mureaux une installation simulant l'alignement des 16 missiles, mais on eut des surprises à la mer : l'installation refusait les changements de cap passant par le nord!

Nous effectuâmes plusieurs reconnaissances au Centre d'essais des Landes et on passa de longues heures à faire des visées sur la terre pour tester les dérives des CIN (centrales inertielle de navigation), travail particulièrement fastidieux et inconfortable. Nous faisons plusieurs présentations en plongée pour un tir fictif et il fallait tester les liaisons et les procédures. Ce fut pour moi une période très fatigante: 135 jours de mer sur 270, avec un rythme haché, des personnes différentes à chaque sortie. Il fallait suivre tous les essais, assurer la sécurité, former les équipages. Le capitaine de frégate Bisson, qui devait commander le deuxième équipage, embarquait souvent mais je restais seul responsable.

Evoquons quelques souvenirs. Le 21 décembre, nous effectuâmes une plongée avec M. Debré, ministre des Armées, et nous eûmes une liaison à l'immersion périscopique avec France-Inter pour que le ministre puisse parler à la nation. Il y eut aussi une journée avec les journalistes pendant laquelle je m'occupai de J. Isnard. Le 1er février, un incident pénible survint avec le chalutier Pen ar Pont, qui nous aborda à la sortie de Brest près de la Parquette et coula en quelques minutes. Les six hommes d'équipage furent recueillis par le Casabianca, notre escorteur d'accompagnement.

Cette période se termina par les deux tirs

d'acceptation des missiles, et bien que la partition entre les deux équipages n'eût pas encore été faite, elle était déjà réelle pour les équipes chargées des missiles.

Le premier tir eut lieu le 29 mai 1971 et il fallut trois jours pour y arriver. Le premier jour, un incident sur les circuits du boîtier de sécurité gouvernementale nous interdit de commencer la séquence. Le deuxième jour, arrêt à la dernière seconde à cause d'un parasite sur le champ de tir et l'officier déclencha le "rouge", mais le missile ayant amorcé ses piles internes, il fallut les changer pour pouvoir recommencer. Une nouvelle tentative, mais de nouveau arrêt sur avarie d'un capteur. Le troisième jour, samedi de la Pentecôte, à 11 heures, le missile partit et la trajectoire fut nominale. Le deuxième tir eut lieu le 26 juin avec l'équipage Rouge et tout se passa comme à la parade.

On procéda alors à la partition en deux équipages et chacun allait immédiatement avoir une existence bien à lui. Je pris le "Bleu" et Bisson le "Rouge".

La traversée de longue durée, sorte de pré-patrouille, fut effectuée avec l'équipage Bleu. Quatre missiles étaient opérationnels sans matière nucléaire, mais avec chaînes pyrotechniques actives. L'appareillage eut lieu le 7 juillet. Après une phase d'entraînement tactique dans les secteurs nationaux, ce fut le transit vers la mer de Norvège. On allait reconnaître les lieux. Au début de ce transit, nous éprouvâmes un sentiment de libération: pour la première fois, le Redoutable naviguait seul. Nous effectuâmes sur place une petite patrouille de dix jours avec mise au point des procédures de "non-pistage", utilisation du système de navigation Transit, lancements fictifs, tests des transmissions.

Je conserve le souvenir du magnifique spectacle offert par l'île Jan Mayen au périscope. Nous revînmes dans les secteurs nationaux le 8 août pour une nouvelle phase d'essais et d'entraînement et le 17 août, nous arrivâmes à Brest après 43 jours de navigation. Les missiles s'étaient bien comportés et après cette traversée de longue durée, j'avais une grande confiance dans le bateau. Ce fut ensuite la première relève d'équipage. Le Rouge prit la suite et effectua une sortie de 30 jours. C'est une impression curieuse de voir son bateau partir avec un autre alors qu'on sait qu'on va bientôt repartir avec lui. Au retour de cette sortie, mentionnons la visite à bord du président Pompidou, venu à Brest pour le départ de la Jeanne d'Arc.

Après le retour de l'équipage Rouge eut lieu une nouvelle relève et ce fut le début du premier cycle opérationnel. Admis au service actif le 1er décembre 1971, le Redoutable fit l'objet d'un léger différend avec la Commission Permanente des Essais qui trouvait que tout n'était pas au point et que le programme militaire n'était pas entièrement atteint. Je signalai sans aucun état d'âme la lettre que tout commandant rédige en fin d'armement et déclarai que le Redoutable était apte à remplir sa mission. Il était temps maintenant d'y aller.

On procéda de nuit à l'embarquement des 16 missiles, ce qui entraîna un nouveau changement d'état d'esprit. Je réunis l'équipage pour lui faire comprendre que nous

*« Je conserve le souvenir
du magnifique spectacle
offert par l'île Jan Mayen
au périscope. »*

avions désormais à bord 16 missiles de 500 kilotonnes, soit l'équivalent de 400 Hiroshima, et que notre véritable mission commençait. Un mot sur les mesures de sécurité nucléaire: elles sont établies par une commission mixte Armées-CEA, ce qui entraîne une procédure lourde et compliquée, marchant pas à pas. Les autorisations d'embarquement de missiles et d'appareillage sont données par le Président de la République. Une petite surprise: la commission n'autorise pas le maintien sous pression du réservoir torique du deuxième étage des missiles. En moins d'un mois, on procéda à l'installation de bouteilles d'azote et à la validation des procédures pour remplir les réservoirs au dernier moment, c'est-à-dire au stade maximum d'alerte.

Enfin ce fut le départ pour la première patrouille avec beaucoup d'agitation dans les dernières heures. Les ordres et instructions arrivaient en masse. Pour moi, je sais que j'aurais le temps de digérer tout cela lorsque le panneau serait refermé.

Le départ fut fixé au 28 janvier 1972. Une heure avant l'appareillage nous reçûmes la visite du général Maurin, chef d'état-major des Armées, et de l'amiral Storelli, chef d'état-major de la Marine ainsi qu'un message de M. Debré. Pendant quelques jours, nous eûmes à bord l'amiral Joire-Noulens qui venait d'être nommé ALFOST. Après les tests, tout va bien sauf l'antenne Transit, à la masse après une plongée à P. La décision fut prise de revenir à Brest, où nous restâmes une douzaine d'heures pour remplacer le câble défectueux, ce qui provoqua une grande agitation dans la presse qui se posait des questions. Le 31 janvier au soir, le Redoutable ressortit de Brest et nous commençons le transit vers la zone de patrouille.

Sur cette première patrouille opérationnelle, il n'y a pas grand chose à dire car elle se passa fort bien. De temps à autre, des lancements fictifs furent ordonnés par ALFOST. Le matériel se comporta bien, l'équipage aussi et la vie à bord s'organisa, ponctuée par les quarts, les loisirs.

Deux événements un peu particuliers marquèrent cette première patrouille: une opération de l'appendicite, et surtout le suivi de l'opération de sauvetage d'un sous-marin soviétique en perdition. Je fus tenu au courant en permanence de la position de toute l'armada venue à son secours, le tout surveillé par de nombreux avions américains. Je fus obligé de manœuvrer au retour pour ne pas me trouver au milieu de ce carrousel. Vingt ans plus tard, je lus avec intérêt le récit de cet accident dans La Dramatique Histoire des sous-marins nucléaires soviétiques écrite par trois anciens commandants de ces unités. Il s'agissait du sous-marin K19 à bord duquel un incendie éclata le 24 février 1972. Il fit surface dans une tempête effroyable et les Soviétiques envoyèrent sur place une flotte importante comprenant le porte-hélicoptères Leningrad, trente navires au total. Douze hommes étaient coincés dans le compartiment arrière et il fallut 24 jours pour les en sortir! Le remorquage ne commença que le 18 mars et le sous-marin arriva à

Severomorsk le 4 avril. Ce drame avait coûté la vie à trente personnes, dont vingt-huit pendant l'incendie.

Nous rentrâmes à Brest le 21 mars après une patrouille de 54 jours. L'amiral Joire-Noulens nous attendait sur le quai ainsi que l'équipage Rouge, la relève se fit et le Redoutable se prépara pour sa deuxième patrouille.

Pour moi, l'aventure était terminée. Je passai le commandement de l'équipage Bleu au capitaine de frégate Lavalé. Quant au Redoutable, il continua sa vie active jusqu'en 1991 et effectua soixante patrouilles de soixante à soixante-dix jours.

« Les ordres et instructions arrivaient en masse. Pour moi, je sais que j'aurais le temps de digérer tout cela lorsque le panneau serait refermé. »

