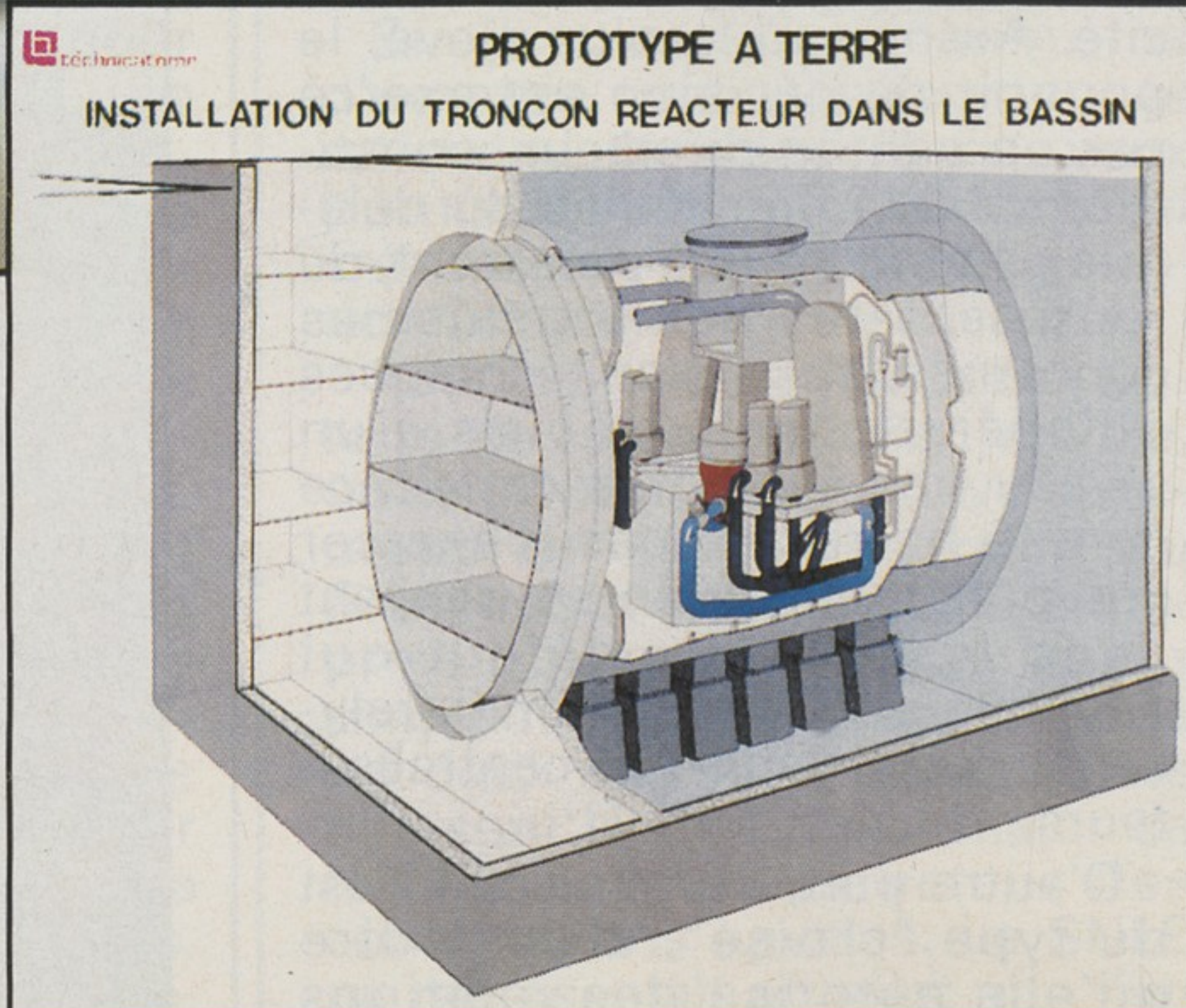
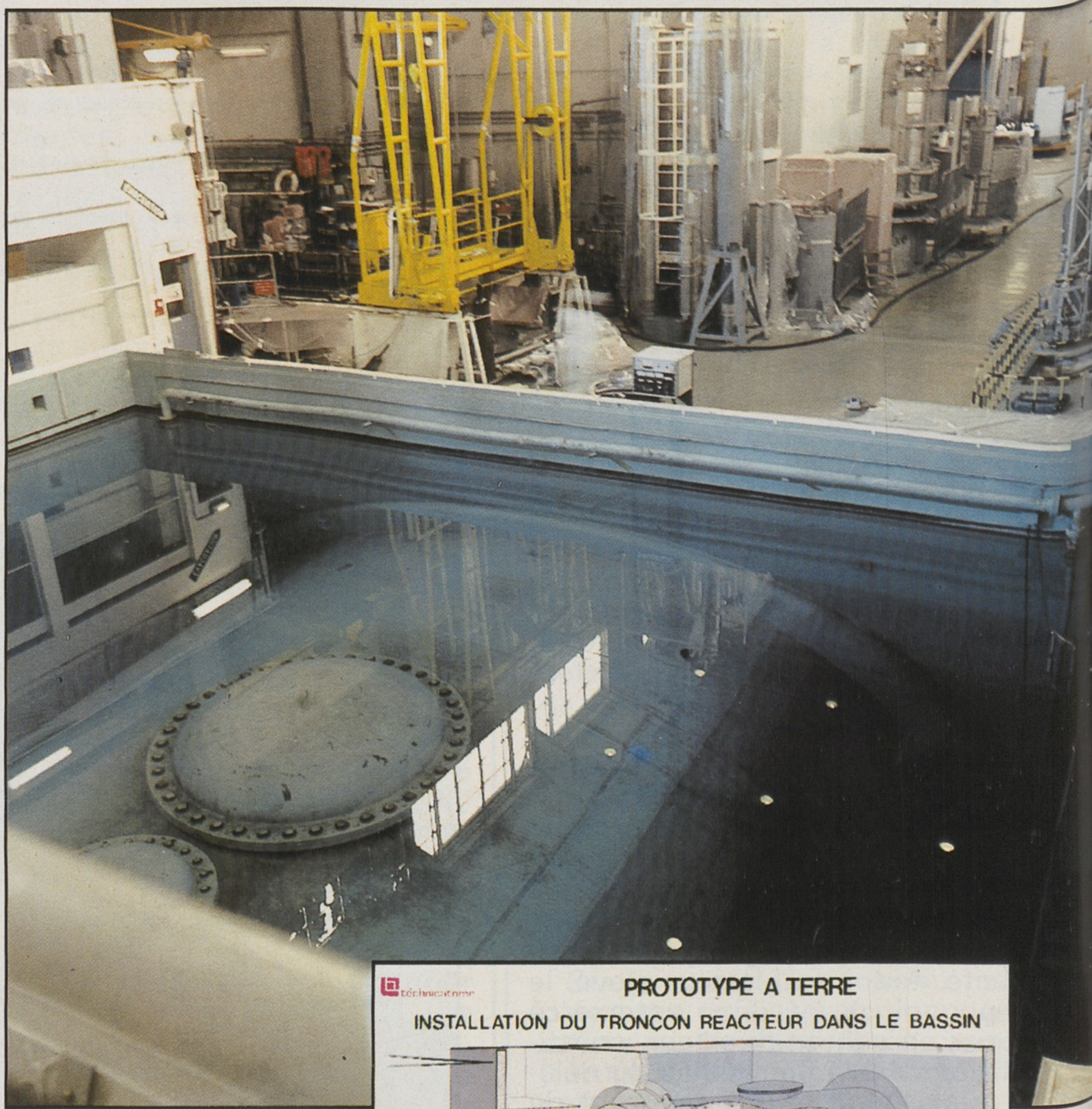


LA PROPULSION NUCLEAIRE DU REDOUTABLE

par Jacques Chevallier
ancien chef du groupe de propulsion nucléaire du CEA
ancien délégué général pour l'armement

La France s'est intéressée très tôt (1954) aux sous-marins nucléaires et, après un épisode malheureux (projet de sous-marin torpilleur à l'uranium naturel : 1954-1958), a franchi seule à partir de 1959 toutes les étapes du développement.

Avant d'entreprendre la réalisation des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins, le CEA a étudié à partir de 1959 et construit au Centre d'études nucléaires de Cadarache un "prototype à terre" qui, tout en respectant les "conditions aux limites" de la propulsion sous-marine devait permettre d'exécuter toutes les expérimentations nécessaires et d'assurer la formation du personnel de conduite et d'entretien. Cette installation qui est entrée en service en 1964⁽¹⁾ est toujours en exploitation (arrêt prévu au printemps 1992) et a parfaitement rempli ses objectifs. Sa construction à une époque où le développement commercial des réacteurs à eau sous pression était encore à l'état embryonnaire, et où la conception des réacteurs de propulsion navale — beaucoup plus compacts que les réacteurs terrestres — était couverte par un secret très rigoureux (c'est toujours le cas aux USA) a représenté un pari digne d'être noté. Le niveau de performances visé était non celui du *Nautilus* mais ce que l'on croyait savoir des sous-marins US de troisième



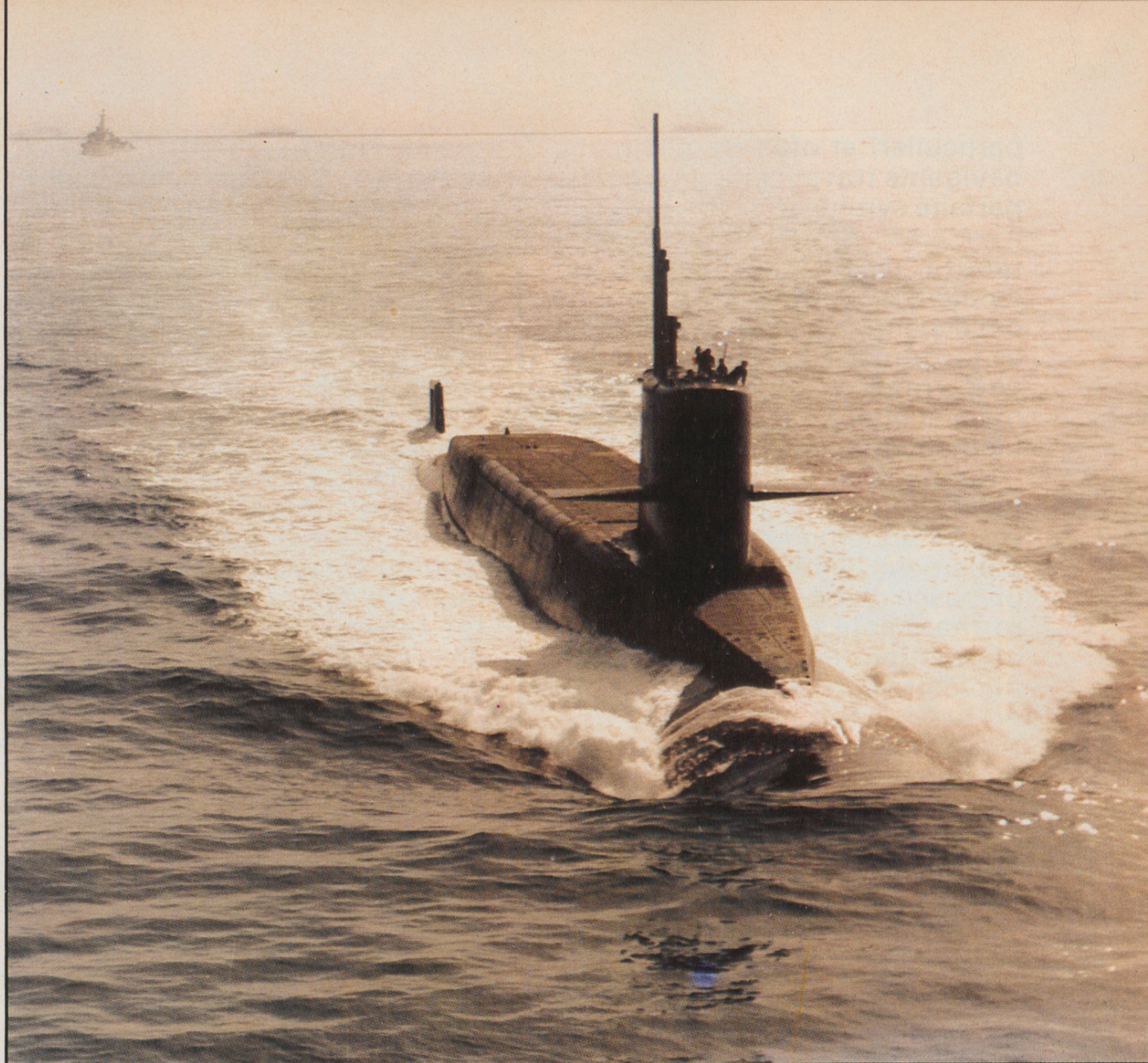
Le prototype à terre installé au Centre d'études nucléaires de Cadarache est entré en service en 1964. Le tronçon réacteur est montré ici dans son bassin et en coupe.

1) Ceci a été rendu possible par un accord de 1959 relatif à la livraison par les Américains de l'uranium enrichi nécessaire à cette entreprise — sans attendre Pierrelatte — à l'exclusion de tout renseignement technique et de toute extension aux SNLE eux-mêmes.

génération. Il a été d'emblée largement dépassé avec un degré de fiabilité pratiquement total et très supérieur à ceux des réacteurs US électrogènes que nous connaissons.

Tout était à concevoir et à mettre au point, depuis l'architecture d'ensemble compatible avec l'installation à bord d'un sous-marin jusqu'à l'élaboration des nuances d'acier appropriées pour la cuve du réacteur, les méthodes de soudure des différentes parties des circuits à haute pression complètement étanches, les conceptions et schémas les plus appropriés pour assurer la fiabilité et la sûreté recherchées. Tous les composants — du cœur du réacteur, à la cuve, aux générateurs de vapeur, aux pompes étanches, voire au moindre robinet et à toute l'instrumentation — ont dû être conçus, développés, réalisés et montés pour aboutir finalement à la mise en route de l'installation dans le délai légèrement inférieur à cinq ans que l'on s'était fixé à partir du début des études d'avant-projet.

Il a fallu en particulier s'assurer



Le Redoutable exécuta en 1969 des essais brillants tant en ce qui concerne le navire que sa propulsion nucléaire et son système d'arme (photo ECPA).

La construction des réacteurs de propulsion navale

L'étude et la réalisation de l'appareil évaporatoire nucléaire ont été confiées au Département propulsion nucléaire (DPN) du Commissariat à l'énergie atomique (CEA). L'établissement des constructions navales d'Indret, près de Nantes, a participé à cette fabrication et a réalisé l'appareil moteur à vapeur.

C'est le 8 juin 1959 que fut créé, au sein du CEA, le groupe de propulsion nucléaire pour sous-marins. La décision du 18 mars 1960 de construire le prototype à terre (PAT) confirmait la vocation du groupe.

C'est le 14 août 1964 que divergeait le prototype à terre au Centre d'études nucléaires de Cadarache, situé au bord de la Durance, où il poursuit sans défaillance sa mission de formation des équipages chargés de l'exploitation des chaufferies nucléaires embarquées.

Dès 1971, en accord avec la Délégation ministérielle pour l'armement, le GPN devenu département de propulsion nucléaire (DPN) s'est vu confier des tâches dans le cadre des programmes civils des réacteurs à eau ordinaire poursuivis par le CEA.

En août 1974, les activités du département de propulsion nucléaire ont été transférées à la société Technicatome qui assure l'ensemble des tâches d'études, de réalisation, d'essais et de maintenance des chaufferies nucléaires embarquées pour le compte du CEA.

non seulement la maîtrise de toutes les techniques devenues relativement classiques par la suite (métallurgie des cœurs spéciaux et du zirconium, chimie de l'eau, physique des réseaux à uranium enrichi et fabrication des éléments combustibles notamment) mais aussi le développement des méthodes de calculs spécifiques (sûreté et radioprotection principalement) et leur validation dans tout le spectre des conditions opératoires des systèmes navals, y compris les cas accidentels. Enfin, les études complexes de modes vibratoires et de tenue au choc des composants de la chaufferie ainsi que la démonstration de leur comportement en situation accidentelle avaient dû être résolues avant la mise en service.

Le rendez-vous sous-marin, missiles, chaufferie nucléaire, avait été pris en 1962 pour 1969 : il fut tenu, et *Le Redoutable* exécuta cette année là des essais brillants, tant en ce qui concerne le navire, que sa propulsion nucléaire et son système d'arme. Certes, le *Nautilus* était allé à la mer dès 1955, mais le décalage entre *Le Redoutable* et le *George Washington*, premier sous-marin balistique US, ne fut que de 10 ans.

Le Redoutable fut admis au service actif à la fin de 1971 et il

effectuait sa première patrouille opérationnelle, muni de 16 missiles M1, en janvier 1972. Il est aujourd'hui retiré du service après environ 60 patrouilles opérationnelles (près de 4000 jours de mer) effectuées avec une régularité d'horloge.

Cette entreprise (propulsion nucléaire) sur laquelle repose aujourd'hui encore la fiabilité de la composante principale de notre force de dissuasion a été menée à bien dans des conditions de rapidité et d'économie dignes d'être notées, grâce à l'emploi de méthodes originales qui seraient jugées aujourd'hui parfaitement hérétiques. Rappelons-en quelques aspects :

— la "fiche-programme" établie par la Marine en date du 11 septembre 1959 tenait en une page.

— L'opération prototype à terre (PAT) a été menée par une équipe de type "commando" assurant aussi bien la maîtrise d'ouvrage étatique que la maîtrise d'œuvre industrielle et la mise en œuvre des installations, les effectifs croissant progressivement d'une dizaine de personnes au moment de l'avant-projet (remis le 17 novembre 1959) à environ 200 lors de la mise en route du PAT (divergence le 14 août 1964, puissance nominale le 24 août 1964). Cette équipe mêlait ingénieurs (de formation Génie maritime en

particulier) et officiers des corps navigants travaillant dans la plus parfaite symbiose.

— Les engagements pris (coûts, délais, performances) tenaient du pari, et quel pari. Ils ont cependant été tous respectés, et largement au-delà pour les performances (puissance maximale et énergie d'un cœur sensiblement doublées).

Rappelons que la propulsion nucléaire permet de donner aux sous-marins une autonomie pratiquement illimitée en plongée : on passe d'une autonomie à allure maximale (elle-même largement supérieure en propulsion nucléaire) d'environ une heure en propulsion classique à plusieurs milliers d'heures en propulsion nucléaire (un peu plus de 2 000 heures demandées, environ 4 000 obtenues sur le PAT et les premiers cœurs de sous-marins, plus de 10 000 actuelle-

ment). Pour fixer les idées sur ce que peut représenter une "percée" dans le domaine classique, le moteur M 88 qui équipe le *Rafale*, marque par rapport au M 53 du *Mirage 2 000*, un progrès (tout à fait remarquable) d'environ 40 % sur la consommation spécifique en croisière.

Pour les coûts, le pari consistait à admettre que les résultats visés pouvaient être obtenus en temps utile en mettant en place et utilisant des moyens d'un volume donné, au reste relativement modestes. Le coût annoncé (et tenu) jusqu'à l'obtention de la puissance nominale du PAT est de 180 MF 1959, soit environ 1 250 MF 1991, 3 fois le prix de la chaufferie nucléaire du *Redoutable*.

— Pour respecter le délai extrêmement court (inférieur à 5 ans) visé entre la réception de la "fiche-programme" et le fonction-

nement du PAT à puissance nominale, délai dans lequel devaient s'insérer "recherches amont", "développements exploratoires", "études de faisabilité" et "développement" proprement dit, il a été nécessaire de multiplier les paris en faisant chevaucher systématiquement les différentes phases qui devaient prendre en compte au mieux les incertitudes encore non levées de la ou des phases précédentes. Le respect des procédures actuellement exigées aurait conduit à un délai plusieurs fois supérieur (15 à 20 ans).

— La sécurité de l'installation a été dès l'origine au premier rang de nos préoccupations et nous l'avons construite jour après jour, l'intervention de la commission ad hoc (alors balbutiante) n'intervenant que peu avant la mise en service. Nous avons ainsi développé une philosophie visant à éviter qu'un incident, quel qu'il soit, ne puisse "faire tache d'huile", sans nous en tenir à la philosophie visant à contenir tout incident à l'intérieur de "l'accident maximum croyable" (doctrine américaine de l'époque). De fait, si l'on se réfère à l'accident de la centrale de Three Mile Island (qui a conduit à la fusion du cœur du réacteur à partir d'un incident mineur (28.03.1976), il apparaît que la séquence correspondante aurait été stoppée au moins à 4 étapes différentes sur *Le Redoutable*, donc bien avant que

Dans la machine du *Redoutable*
le CF Bisson,
premier commandant
de l'équipage rouge.

l'installation soit réellement en danger. Rappelons que la sécurité est construite par le responsable de la conception de l'installation et qu'une intervention tatillonne des autorités de sécurité peut avoir des effets pervers (incitation à écarter les objections de celles-ci, plutôt qu'à se poser les vrais problèmes).

Pour conclure, j'évoquerai deux remarques qui m'ont frappé :

— Emanant d'un utilisateur : "Pourquoi ne pas faire tous les navires à propulsion nucléaire, c'est tellement plus simple ?"

— Emanant d'un réalisateur : "Aujourd'hui, compte tenu des contraintes de tous ordres (dont celles des commissions de sécurité), il serait impossible de réaliser le PAT".

Si ces appréciations, sans nuance, cherchent à être frappantes, on peut toutefois craindre que des effets indésirés particulièrement pernicieux à terme ne résultent de la dérive "notariale" et de la propension "à tirer sur le pianiste" aujourd'hui à la mode.

Sur le plan des méthodes, c'est peu de dire que nous n'avons pas fait école !



Le confinement du sous-marin nécessita de nombreuses études pour y installer tous les matériels concourant à la propulsion : cœur nucléaire, turbines à vapeur, auxiliaires. Ici, la station d'huile principale (photo ECPA)



Soixante patrouilles et quatre mille jours de mer séparent cette photo de celle représentant *Le Redoutable* lors de ses essais, page 11 (photo APP Brest).

