L'EPOPEE DES NAVIRES NON CONVENTIONNELS

PREAMBULE

AADCNS a inscrit ces derniers temps dans sa bibliothèque un certain nombre d'articles et de monographies relatifs aux navires non conventionnels (NNC), dont celui que j'avais écrit en 1977 pour un colloque de la Société Hydrotechnique de France. Ceci m'a donné l'idée de témoigner sur cette époque assez incroyable qui s'étend pour l'essentiel en France sur un petit quart de siècle, de la toute fin des années 1960 à 1993. C'est une époque assez incroyable car elle a mobilisé beaucoup de monde à la fois dans les domaines civil et militaire (DCN a été un des grands acteurs), beaucoup d'entités de recherche-développement, pour réaliser des prototypes ou des premiers de série du plus grand intérêt, tout cela pour ne déboucher paradoxalement que sur presque rien alors que les plus enthousiastes pensaient qu'on allait vivre une révolution du monde maritime.

Vous trouverez en addendum pourquoi je me sens autorisé à parler de cette aventure. Je souhaite saluer en liminaire Philippe Rémon et Yann Pivet avec qui j'ai travaillé de 1970 à 1980 lorsqu'ils étaient en charge des NNC à la section BS du STCAN, ainsi que la mémoire de Robert Balquet qui a joué un rôle majeur dans le domaine d'abord au Bassin des Carènes puis à la section BS.

UN REVE PERMANENT : ALLER PLUS VITE SUR L'EAU

Rêve ou chimère ? Tous les architectes navals savent qu'au-delà d'un nombre de Froude supérieur à 0,4, la puissance à fournir pour propulser un navire archimédien classique devient dissuasive. Les coques semi-planantes et planantes fournissent un surcroît de sustentation dynamique qui permet de surfer sur sa propre vague, mais les puissances à fournir restent très élevées et les applications restent, il y a un demi-siècle et encore aujourd'hui, limitées (petites vedettes rapides, canots hors-bord, petits fast ferries, certains navires militaires). Pour aller encore plus vite, la seule solution semble donc de sortir de l'eau.

Dans le domaine civil du transport maritime, fret ou passagers, certains pensent qu'il y a un avenir pour une formule moins chère que l'avion mais capable d'une charge marchande supérieure, mais aussi beaucoup plus rapide que le navire conventionnel même si elle coûte plus chère que ce dernier. Les calculs économiques de l'époque ont été faits avant les chocs pétroliers à un moment où le carburant coûtait peu, mais ce rêve du transport maritime rapide revient périodiquement à l'image du projet « fast ship » du début des années 2000, projet sur lequel je reviendrai en fin d'exposé. Une première application spectaculaire va être le navire à coussin d'air « hovercraft » britannique sur le détroit du Pas de Calais.

Dans le domaine militaire, certains restent des partisans résolus de la vitesse tactique en dépit des performances toujours en hausse des armes et des aéronefs. C'est un raisonnement assez analogue à celui du transport maritime « moins rapide qu'un aéronef, mais avec une capacité de présence sur zone et en système de combat bien supérieure à celle d'un aéronef, même si cette capacité reste en-deçà de celle d'un navire archimédien plus lent ». L'apogée de cette doctrine va être atteint au tout début des années 1970 lorsque le nouveau CNO (Chief of Naval Operations, l'équivalent de Chef d'Etat-Major) de l'US Navy, l'amiral Zumwalt, décrète que « dans dix ans, tous les navires de la marine américaine iront à cent nœuds ». Dix ans après, les responsables du Navsea, le STCAN US, disaient qu'il s'agissait d'un bluff pour déstabiliser la marine soviétique ; on peut aussi penser que la marine US, fidèle à ses méthodes, après avoir dépensé beaucoup d'efforts et d'argent pour évaluer ces concepts de NNC, n'y avait pas trouvé son compte et avait été aussi prompte à se désengager, ceci à une seule exception près pour les engins de débarquement.

L'ETAT DE L'ART DANS LES GRANDES PUISSANCES EN 1970

La France fera l'objet d'un paragraphe séparé.

Tucumcari US Navy, hydroptère de deuxième génération à ailes totalement immergées.

A tout seigneur tout honneur, les USA qui ont déjà une avance considérable ; ils ont peu investi à l'époque dans l'aéroglisseur amphibie ; certains ont pu dire qu'un partage des tâches s'était effectué avec la Grande-Bretagne, sans qu'on sache s'il était implicite ou explicite. Deux formules ont été choisies par l'US Navy, l'hydroptère de deuxième génération à ailes complètement immergées et le NES/AQL (navire à effet de surface, aéroglisseur à quilles latérales appelé SES « surface effect ship » aux USA). L'hydroptère de première génération à ailes en V semi-immergées a été éliminé car jugé avoir un comportement rédhibitoire sur mer formée. Le NES/AQL a été préféré à l'aéroglisseur amphibie car il est plus compact (le « périmètre » de fuite est limité à l'avant et à l'arrière, ce qui permet une pression de coussin supérieure), il a une meilleure stabilité de route (se rappeler du sarcasme sur le pur aéroglisseur « une savonnette lancée à 70 nœuds sur une planche mouillée ») et il peut être dotée d'une propulsion marine.

Plusieurs démonstrateurs d'hydroptères sont en évaluation, le PCH HIGH POINT, le TUCUMCARI et le THRESH ONE et on évoque déjà un programme de patrouilleurs qui sera un peu plus tard le programme Pegasus destiné à équiper la Navy d'une trentaine d'hydroptères. Deux démonstrateurs impressionnants de SES, les SES 100A et 100B capables d'atteindre les 100 nœuds commencent à être testés en 1971. On évoque aussi un projet opérationnel de 3000 tonnes. Les chantiers navals traditionnels passent au second plan ; les laboratoires d'hydrodynamique jouent un rôle majeur, mais les réalisations se font dans le monde aéronautique (Boeing, Bell Aerospace, Aerojet)

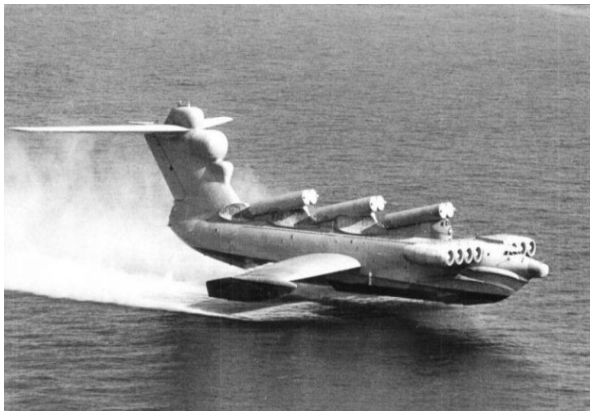
LE SES 100A, dans 10 ans, l'US Navy à 100 nœuds ?

Apparemment la Grande-Bretagne s'en tient au pur aéroglisseur, dans la lignée de ses premiers hovercrafts.

Les réalisations de l'Union Soviétique sont également du plus grand intérêt. On n'y hésite pas à faire des gigantesques hydroptères de première génération puissamment armés.

Hydroptère soviétique de première génération

L'Union Soviétique réalise aussi des aéroglisseurs amphibies, mais sa contribution la plus originale est l'Ekranoplane.



Le monstre de la Caspienne

Il procède de l'évolution ultime de sortie de l'eau puisqu'il s'agit d'un aéronef volant à quelques mètres d'altitude à plus de 300 nœuds, en bénéficiant de l'effet de sol qui permet à la fois d'augmenter la portance et de diminuer la traînée. L'union soviétique n'a pas été la seule à s'intéresser à ce concept (la DARPA a proposé aux USA un engin de débarquement capable de transporter 500 soldats), mais c'est elle qui est allée le plus loin en réalisant notamment le monstre de la Caspienne. Ce concept se révéla vite inviable en mer ouverte lorsqu'il fallait affronter le vent, les fluctuations de pression et la houle ; s'y rajoutait le délicat problème d'évitement des obstacles solides ou liquides, par exemple une vague de grande amplitude, on y reviendra à propos des hydroptères. Ce concept d'hydravion volant en rase-mottes disparut des mers comme son ainé, le « vrai » hydravion qui n'a survécu que pour des situations très particulières (lacs…).

L'ETAT DE L'ART EN FRANCE AU DEBUT DES ANNEES 1970

Le domaine le plus avancé est celui des aéroglisseurs amphibies sous l'impulsion de la société Bertin et de services étatiques civils dont en premier lieu le Ministère des Transports. La société Bertin est à l'époque une importante société de recherche- développement qui intervient dans de nombreux domaines dont la valorisation des brevets de Jean Bertin parmi lesquels il y a des techniques de coussins d'air ; dans le domaine maritime, une filiale a été créée, la SEDAM, Société d'Etudes et de Développement des Aéroglisseurs Marins. Ont été réalisés notamment les deux Naviplane N 300 de 30 tonnes qui ont navigué de 1968 à 1972 comme transports côtiers (Côte d'Azur et Gironde) ; la Marine Nationale en affrètera un en 1972 pour en faire l'évaluation.

Un Naviplane N300

Allaient suivre les deux Naviplane N 500 capables de rivaliser avec les Hovercrafts britanniques pour le trafic transmanche.

Qu'en est-il du domaine militaire ? Avec le recul du temps qui autorise beaucoup de franchise, ce concept de NNC est accueilli avec beaucoup de scepticisme, un engin cher à développer, à construire et à exploiter, et dont beaucoup doutent que la vitesse soit réellement un atout : la marine est en train d'absorber avec succès la transition du nucléaire et de la force de dissuasion sous-marine ; une nouvelle révolution concernant la surface ne suscite pas forcément l'enthousiasme. D'un autre côté, on ne peut rester indifférent à ce qui se passe aux USA ; depuis la fin de la guerre, l'US Navy est une référence en matière de doctrine d'emploi et d'innovation et on ne pas rester indifférent à ce qu'elle fait. Tel est le sentiment ambivalent qui va imprégner la décennie 1970 : dépenser un peu d'argent pour ne pas prendre trop de retard au cas où, mais pas plus que nécessaire car il existe d'autres

priorités. Un domaine où on n'a rien construit en France est l'hydroptère et il apparaît justifié de combler cette lacune ; c'est ainsi que va naître le développement exploratoire hydroptère H 890 qui va durer pratiquement toute la décennie.

L'AGE D'OR DE LA R&D ET DES REALISATIONS : 1970 à 1980

Les hydroptères

Hydroptère H890
Catamaran propulsé par deux turbines turbomeca, assemblé à Marignane- division hélicoptères
Pilote automatique analogique SFENA
Cette plateforme d'essais a été précieuse pour valider les choix hydrodynamiques et maîtriser la mécanique du vol très délicate de l'hydroptère de seconde génération

Cette photo montre le format réduit du H890 survolé sur l'étang de Berre par un hélicoptère Alouette. L'équipage nominal est de trois : un pilote, un copilote et un ingénieur d'essais chargé notamment des enregistreurs.

En « vol », le rôle des pilotes est des plus réduits : régler l'altitude de vol, virer et … vérifier que tout fonctionne bien ; une hantise toutefois, le corps flottant

Un certain nombre d'études amont ont déjà été effectuées à l'époque sur les hydroptères de seconde génération sous l'égide de la Direction des Recherches et Moyens d'Essais, la DRME qui deviendra plus tard la DRET, et du Bassin d'Essais des Carènes dans des conditions qui n'étaient pas toujours idéales ; en effet, certains dans la DCN en général et au Bassin en particulier ne supportaient pas que des recherches dans le domaine naval échappent à leur emprise et n'hésitaient pas à déclencher des querelles plus que douteuses ; tout cela appartient au passé mais démontre une fois de plus que toute réforme, ici la création de la Délégation Ministérielle pour l'Armement qui deviendra la DGA, peut susciter des rancœurs pouvant biaiser une conduite rationnelle de la R&D ou

plus généralement des programmes. Le lancement du développement exploratoire de ce qui allait être le H890 a fait un bien fou à double titre ; il s'agissait d'un projet fédérateur capable de mobiliser les énergies des ingénieurs de bonne volonté et une excellente décision a été d'en confier le management à la section BS du STCAN. Les deux sections « architecte » du STCAN, BS ou SM, auxquelles j'ai eu l'honneur d'appartenir après mes années DRME (1971-1975), sont par essence des sections de généralistes soucieux de trouver la meilleure solution d'ensemble et de ne pas céder aux querelles des spécialistes cherchant à faire triompher leurs idées à tout prix.

Il est temps de parler des principaux acteurs du programme H 890 car il s'agissait d'un « casting » assez inédit pour ce qui restait un bâtiment de surface.

En premier lieu la maîtrise d'ouvrage assurée par la section BS du STCAN avec le concours de la DRME- division hydrodynamique qui continuait à assurer le financement de certains domaines amont comme le pilotage automatique, l'hydrodynamique et les matériaux.

En premier lieu aussi la maîtrise d'œuvre industrielle assurée par la division hélicoptère de la SNIAS (Société Nationale Industrielle Aérospatiale) à Marignane ; il était apparu évident à l'époque, comme aux USA, qu'un chantier naval traditionnel n'était pas en mesure de jouer ce rôle. Ce maître d'œuvre a su faire appel toutefois aux bonnes compétences navales, par exemple le chantier Amiot pour construire les flotteurs type « hydravions » en structure alliage léger avec remplissage interne en mousse syntactique. Une mention spéciale aussi au laboratoire central matériaux de la SNIAS alors implanté à Suresnes dont les préconisations ont toujours été judicieuses.

Un coopérant majeur a été la société SFENA (Société Française d'Equipements de Navigation Aéronautiques, dont l'héritier est Thales) pour la réalisation de l'avionique et du pilote automatique.

Un autre coopérant important a été la SOGREAH (Société Grenobloise d'Etudes et d'Applications Hydrauliques, dont l'héritier est le CERG) dans le domaine de l'hydrodynamique. Cette filiale de NEYRPIC connaît une sorte d'apogée avec le programme hydroélectrique de l'après-guerre avec conjointement une forte compétence en mécanique des fluides et de puissants moyens d'essais ; elle travaille déjà depuis une décennie avec DCN et SNIAS sur les SNLE, notamment sur le lancement des missiles balistiques en plongée et la stabilisation du sous-marin sous houle. En 1974, votre serviteur avait d'ailleurs conseillé à la SNIAS d'étudier le pilotage sous-marin du futur missile SM39 par interception du jet du propulseur sur le plus grand tunnel hydrodynamique de SOGREAH ; j'en ai encore un souvenir ému car c'est la première et la dernière fois où j'ai participé à une étude de sécurité sur le risque d'explosion pyrotechnique d'un tunnel hydrodynamique !

Enfin, il ne faut pas omettre le Bassin d'Essais des Carènes, surtout en la personne de Robert Balquet qui a été un conseil précieux pour la maîtrise d'ouvrage. Les installations du Bassin à l'époque n'étaient pas appropriées à l'étude des NNC et il faudra attendre encore longtemps les installations modernes du Val de Reuil. Par exemple, les flotteurs du H890, type coque planante à redan, furent étudiés au Centre d'Essais Aéronautiques de Toulouse qui disposait d'un bassin hydrodynamique grande vitesse hérité des programmes d'hydravions. A noter aussi que le H890 a été équipé en fin d'évaluation d'une hélice ventilée conçue par le Bassin ; ce mode de propulsion fonctionnait, mais ce n'était sûrement pas la meilleure idée pour préparer utilement l'avenir, on y reviendra ultérieurement à propos de la propulsion des NNC.

Une option de base du H890 était en effet de réaliser une plateforme pour valider les choix hydrodynamiques et surtout maîtriser le pilotage d'un hydroptère de seconde génération dont l'US Navy disait que c'était le point critique. On décida donc d'équiper le H890 dans un premier temps d'une propulsion aérienne avec deux turbomachines déclassées ; d'ailleurs l'US Navy déclarait aussi qu'elle était très satisfaite de la propulsion par hydrojet (« water jet ») développée notamment par

Aerojet, à l'époque le premier fabricant de moteurs fusée aux USA, et qu'elle n'envisageait pas de chercher autre chose… le chemin en France allait être plus méandreux.

La structure était très simple, un treillis de poutres constituant un polyèdre 3D et dont la base venait reposer sur les trois jambes verticales portant les ailes, un optimum pour le poids, la raideur et la reprise des efforts concentrés en trois points.

Le pilote automatique a été au cœur de ce projet car cet engin a la redoutable caractéristique d'être plus ou moins instable suivant les six degrés de liberté. Les lois de pilotage ont été dégrossies par étude théorique et essais sur banc de simulation analogique, une méthode classique à l'époque ; la chaîne de contrôle hauteur était bien sûr la plus importante, à la fois pour contrôler la hauteur de vol au plus près d'une hauteur de consigne et pour minimiser les accélérations parasites engendrées par les fluctuations de portance dues à la houle. On y reviendra dans les enseignements des essais.

A l'époque, les pilotes numériques commençaient à poindre (je ferai mes premières armes avec cette technique sur les sous-marins type Rubis), mais on décida là-aussi de séparer les variables et d'en rester à la technique éprouvée du calculateur analogique. A l'époque aussi, la sûreté de fonctionnement n'était pas aussi bien codifiée qu'aujourd'hui, mais les concepts de transparence à une première panne, de critère de défaillance unique, de procédures AMDEC ou « what if » existaient déjà ; s'est donc posé la question du niveau de redondance à prévoir. Après mûre réflexion, il a été décidé de ne retenir qu'une chaine unique (donc absence totale de transparence à une première panne) complétée par une chaine d'amerrissage d'urgence en cas d'anomalie détectée ; c'est SOGREAH qui a étudié sur banc d'essais hydrodynamique les modalités de cet amerrissage d'urgence. Je me suis longtemps demandé si ce choix était raisonnable quand on sait les conséquences d'un choc à 50 nœuds sur un obstacle liquide ou solide. Force est de constater que cette architecture a rempli son office dans tous les cas sauf un … et encore. Dans l'incident très grave qui sera relaté plus loin, on aurait pu doubler, tripler les chaines de pilotage que ça n'aurait rien changé au résultat final : un système aussi sophistiqué soit-il ne sait restituer que la physique qu'on y a rentré.

Au global, le H890 a répondu à ce qu'on attendait de lui, maîtriser l'hydrodynamique et le pilotage des hydroptères de seconde génération ; on verra plus loin pourquoi il n'a été suivi de rien.

Les aéroglisseurs

La décennie 1970 a été l'âge d'or des aéroglisseurs amphibies civils en France. C'est le secteur civil qui a été l'élément moteur ; la Défense s'est très progressivement éloignée du secteur car elle a jugé que, s'il devait y avoir un avenir pour les coussins d'air pour des navires hauturiers, ce serait plutôt avec la solution NES/AQL. La DRME continua donc à soutenir des recherches pouvant intéresser les deux filières.

L'aéroglisseur N 500 a été en son temps l'aéroglisseur le plus grand du monde (L=50m ; B= 23m).

L'aéroglisseur est par nature un engin peu dense, parce que les pressions de coussin sont faibles, faute de quoi le débit de fuite serait excessif et rédhibitoire pour le bilan énergétique. Il est donc bien adapté à l'emport d'une charge marchande peu dense comme des passagers ou des véhicules ; à cet égard, le N500 est impressionnant : 400 passagers, 55 véhicules, 5 cars.

La structure résistante en alliage léger est adaptée à ces caractéristiques, un grand châssis horizontal fait d'une structure tubulaire bordée en périphérie par des caissons de flottabilité et complété par un grand caisson longitudinal constituant la colonne vertébrale de l'engin ; ce caisson sert à faire cheminer les véhicules et de parking aux cars.

C'est DCN LORIENT qui fut chargé de construire les structures des deux Naviplane qui ont été réalisés. A cette époque, il était déjà décidé que, si DCN devait construire des NNC, cette tâche serait confiée à Lorient (*normalement, on ne parle pas de soi, mais je ne peux résister à dire que j'avais pratiquement un ordre de mutation signé pour Lorient en 1975 et que le contrordre est arrivé au dernier moment car le monde des sous-marins me réclamait : hydrodynamique, pilotage et stabilisation des sous-marins nucléaires obligent… A quoi tient un parcours professionnel ?)*

Deux Naviplane ont été construits, l'un, le N500-01 destiné à la traversée de la Gironde, et l'autre le N 500-02 pour la SNCF (filiale Seaspeed) pour les liaisons transmanche. Deux options de la Compagnie Générale Transatlantique pour les liaisons Nice-Corse ne se sont jamais concrétisées.

Le sort du 01 a été dramatique ; au cours d'une opération de maintenance, un récipient de colle s'est accidentellement enflammé sous le coussin et l'engin a été complètement détruit, à peine deux semaines après son premier vol (1977). Le 02 a eu une carrière courte et laborieuse ; exploité par Seaspeed de 1978 à 1981, il a été loin de faire l'unanimité et qualifié par ses détracteurs de « gouffre

financier » ou « d'engin à faire fuir les clients ». Il a été finalement vendu au concurrent britannique qui exploitait les hovercrafts, lequel exigea en préalable un certain nombre de modifications dont l'amélioration de la pilotabilité à faible vitesse. La reprise d'exploitation fut de courte durée (1983), se solda par un contentieux et la mise au rebut, puis le démantèlement de l'engin (1985).

Les hovercrafts survivront jusqu'en 2000 puis vont disparaître, victimes de leur coût d'exploitation et de la concurrence (ferries traditionnels, trimarans et catamarans rapides… et tunnel sous la Manche).

SOUVENIRS D'ESSAIS ET DE PROJETS

Essais de l'hydroptère H 890

En premier lieu, des années d'essais ont confirmé la justesse des choix en hydrodynamique et en matériaux. Le choix du profil d'aile NACA 16257 s'est révélé le bon en finesse portance-traînée et en domaine de fonctionnement non cavitant. Le choix de l'acier inoxydable martensitique à durcissement structural 17-4PH s'est aussi révélé le bon pour les ensembles sustentateurs à la fois pour sa capacité à supporter les efforts, sa dureté et sa résistance à la corrosion marine. Il en a été de même pour les rotules stellite-carbone permettant l'orientation des ailes. On orientait en effet l'aile dans sa totalité pour piloter ; il n'y avait pas d'autre choix pour un engin aussi petit alors que pour un engin plus grand, il aurait été bien sûr plus judicieux d'orienter seulement un volet de bord de fuite.

Les essais ont surtout permis d'apprendre en matière de pilotage.

La chaine de pilotage la plus sensible était évidemment la chaine verticale car on volait en rase-motte au-dessus de l'eau à 50 nœuds (à 50 nœuds, l'eau c'est comme un mur en béton… enfin presque). Le contrôle haute fréquence ne posait pas de problème, chaque jambe de sustentation disposant de son accéléromètre pour régler l'incidence de son aile ; on a réussi d'emblée à limiter les accélérations résiduelles à quelques centièmes de g. Le contrôle basse fréquence était fait à partir d'un détecteur de hauteur à ultrasons Air-Equipement. Il est apparu dès les premiers essais sur mer un peu agitée qu'il y avait un gap en fréquence car les accéléromètres n'avaient pas une précision suffisante pour être intégrés une et a fortiori deux fois. Il fut donc décidé de rajouter un accéléromètre de qualité inertielle qui permettait l'intégration. Aujourd'hui, on résoudrait sans doute plus élégamment le problème par une centrale inertielle compacte et bon marché comme les centrales inertielles laser, mais cette technique commençait à peine à poindre dans les années 1970. Un dernier point plus anecdotique est le « wash out ». Le pilotage en hauteur était régi par une loi classique PID (proportionnel, intégral, dérivé). Le terme intégral est là pour corriger des erreurs statiques comme un écart de poids de l'engin ; si ce terme n'existe pas, le pilote automatique stabilise l'engin à une hauteur différente de celle qui a été commandée (ce n'est pas spécifique à l'hydroptère ; un sous-marin réagit de la même façon en ne navigant pas à l'immersion ordonnée). Les automaticiens se méfient de ce terme intégral qui a tendance à croître inexorablement avec le risque de saturer le système ; c'est pourquoi il faut périodiquement le mettre à zéro, c'est la procédure wash out, littéralement chasse d'eau. Au début des essais, cette remise à zéro introduisait un véritable séisme et il a fallu trouver les bons réglages pour rendre la chasse d'eau moins brutale et l'utiliser avec parcimonie. Au total, on a réussi à obtenir un pilotage en hauteur très performant avec une altitude de consigne constante.

Tout ceci s'est gâté lorsque certains ont imaginé le vol par « contournement » pour voler sur des houles d'une amplitude supérieure à ce que permettait la longueur des jambes, en descendant dans les creux et en montant pour passer les crêtes. La vraie houle ne ressemble que rarement aux belles ondulations régulières que sait faire un bassin de carènes ; il fallait donc peu ou prou prédire la houle en ne disposant que des informations 2D fournies par le détecteur de hauteur qui permettait de balayer un peu sur l'avant. Ceci a été un échec total.

J'ai été soulagé quand on a arrêté ces essais car je voyais déjà le H890 enfourner dans une grosse vague à 50 nœuds. A peu près à la même époque, j'avais hérité à SM d'un problème analogue pour le lancement en salve des SNLE, prédire le mouvement vertical du sous-marin et donc la houle, d'où des essais sans fin avec le sondeur de glace ANBQS 8 des Redoutable pour mesurer la houle à l'immersion de lancement et essayer de la prédire. Ceci a été un échec et on s'est contenté d'une fourchette d'incertitude fonction de l'état de mer estimé (Poincaré a dit qu'on a recours aux probabilités par désespoir). Une vingtaine d'années plus tard, à un moment où je changeais de fonction, des ingénieurs de BS m'ont expliqué qu'ils avaient fait des essais sur le Foch pour essayer de prédire la houle et les mouvements de plateforme dans la perspective d'une aide à l'appontage sur le Charles de Gaulle. A ma question « qu'est-ce que ça a donné ? », la réponse a été « rien », je n'ai pas fait d'autre commentaire.

J'en viens maintenant à un incident survenu sur le H890, de mémoire vers 1974, qui démontre une fois de plus que les évènements les plus redoutables pour les analyses de sûreté sont ceux qu'on a oubliés. Cet incident se produisit à une époque où on commençait à avoir confiance dans le pilotage automatique. Au cours d'une giration serrée en mode « avion » (on incline l'engin vers l'intérieur du virage), l'aile extérieure vint trop près de la surface libre, la dépression de l'extrados provoqua la succion d'une bulle d'air, ce qui fit décrocher l'aile ; le pilote automatique pour compenser cette perte de portance augmenta le braquage de l'aile ; ceci ne fit qu'empirer le décrochage et l'engin chavira brutalement. Heureusement l'équipage réussit à s'extraire indemne et l'engin résista très bien à l'impact, la carlingue étant complètement noyée y compris les équipements et la propulsion. Au cours des longs mois de remise en état, on équipa les jambes de détecteurs pour prévenir ce risque d'immersion trop faible et le pilote automatique fut doté des procédures correctives pour réimmerger l'aile et décrocher éventuellement une bulle d'air. Lorsqu'on analysa ce risque, la première réaction fut « on aurait pu s'en douter ». Réparé, le H890 ne connut plus d'incident de vol.

Les essais de Naviplane

Le Naviplane était l'engin de tous les contrastes. La navigation en Manche par beau temps, par des états de mer entre 0 et 3, était impressionnante par son confort ; on retrouvait les mêmes sensations que sur l'aérotrain 180 sur son tronçon d'essais au voisinage d'Orléans : lorsqu'il était lancé à 400 km/h, le niveau d'accélération parasite était minime avec une impression de confort inaccessible à des trains sur roues. Dès mer force 4, la situation se dégradait et pouvait devenir dantesque par mer force 5 (creux significatifs de 2,5 à 4m) où il devenait imprudent de se désangler car le niveau d'accélération pouvait vous propulser n'importe où. Mer 5 n'est pas une situation météorologique exceptionnelle et les annulations de vol étaient fréquentes ; la structure et les jupes souffraient beaucoup par mauvais temps et les assureurs ne couvraient pas l'engin au-delà de certaines conditions. La boutade était de dire qu'un client ayant navigué par mauvais temps ne revenait pas.

La raison de cette très médiocre tenue à la mer était un pilonnement haute fréquence dû aux fluctuations de pression dans le coussin engendrées par le passage des vagues. Tout y est passé pour essayer d'atténuer ce phénomène, depuis le mythe du ventilateur à caractéristique pression-débit extra-plate jusqu'au pilotage actif de la pression de coussin. L'idée la plus prometteuse a consisté à doter le système d'une suspension passive. Le coussin d'air Bertin était très différent de celui de l'hovercraft ; sur l'hovercraft, les boudins gonflables se situent uniquement en périphérie du coussin d'air ; le naviplane comprend au contraire un grand nombre de jupes élémentaires de révolution légèrement coniques qui constituent autant de coussins élémentaires, c'est le système dit « multijupes ». Je n'aborderai pas ici le débat sur les mérites comparés des deux systèmes brevetés ; ceci mériterait un papier à part et c'est une initiative risquée car pour paraphraser un amiral, « évoquer ce sujet suffisait à transformer une réunion paisible en pugilat de voyous ». On avait cependant essayé de tirer profit du système Bertin en dotant chaque jupe élémentaire d'un système

de suspension pneumatique passif basé sur un système de perte de charges tel qu'en cas de surpression aval, la jupe remontait pour augmenter le débit de fuite et corriger cette surpression. Cette idée venait de l'aérotrain et elle a semblé un temps être la bonne solution, mais il a fallu déchanter : les jupes étaient ainsi agitées de violentes oscillations à des fréquences dépassant le Hz et leur durée de vie qui n'était déjà pas fameuse allait devenir inacceptable avec cette suspension.

On verra plus loin qu'une idée analogue a été testée sur le NES/AQL Agnes 200.

Le second point noir du N500 était la pilotabilité. Le N500 était équipé de propulseurs aériens fixes à l'arrière qui venaient souffler en partie des ailerons de direction placés derrière la propulsion. C'était tout pour un engin n'ayant aucun pied dans l'eau et un énorme coefficient de fardage. Le vol par mauvais temps et un fort vent n'était pas de tout repos avec des déports latéraux et des mouvements de rotation en lacet invraisemblables. Les mauvais esprits disaient qu'un jour, on allait faire un tour d'horizon involontaire de 360° même si le centre de gravité continuait tout droit. A faible vitesse, la manœuvrabilité devenait encore plus aléatoire en cas de rafale et tout le monde avait en mémoire le N300 qui avait terminé sa course sur la Côte d'Azur en traversant un parking et en endommageant je ne sais plus combien de voitures. Les discussions allaient bon train : il aurait fallu un pod orientable à l'avant ou bien un système de déviation de jet latéral en prélevant de l'air sous pression du coussin d'air comme l'avaient fait les britanniques dès les premiers hovercrafts, avec un peu plus d'électronique pour assurer la stabilité de route. Rien n'y fit et les représentants défense rendirent un avis très négatif sur le N500 à une époque où la Défense avait déjà tranché pour poursuivre plutôt sur le NES/AQL. J'ai appris plus tard que les britanniques, avant de reprendre l'exploitation du N500-02, avaient exigé un certain nombre de modifications dont l'implantation d'un contrôle transversal par de l'air prélevé dans le coussin.

Les études de propulsion des NNC

Ces études ont été très diversifiées, fréquemment impulsées par des laboratoires d'hydrodynamique qui cherchaient à se démarquer entre eux et de la solution américaine, l'hydrojet, et c'est pourquoi notre industrie de motoristes n'a jamais été vraiment impliquée alors que nous avions un dieseliste compétent (Pielstick dont MTU et MAN prendront 60% des parts en 1987) et un fabricant de moteur-fusée SEP (Société Européenne de Propulsion).

Un pump-jet avait été développé sur crédits civils par la SOGREAH, et le Bassin d'Essais des Carènes a proposé une alternative concurrente sous la forme d'une hélice à base ventilée qui a été essayée sur le H890. De toute façon, ces propulseurs immergés en bas des jambes n'étaient probablement pas la bonne solution pour des grands hydroptères car transmettre de très fortes puissances via deux renvois d'angles à 90° laissaient nos spécialistes des transmissions aéronautiques (dont Hispano-Suiza) plutôt dubitatifs.

Il a eu également dans les décennies 60 et 70 un véritable engouement pour la propulsion biphasique. On voyait à l'époque un intérêt à maîtriser les écoulements biphasiques pour de nombreuses applications civiles ou militaires ; le domaine était très ardu car on ne savait pas les modéliser et on ne savait pas quelles étaient les lois de similitude si bien que les résultats obtenus à une certaine échelle pouvaient se trouver totalement démentis quand on passait à l'échelle double.

Une première idée a été de densifier le jet de sortie d'une turbomachine en y injectant un brouillard d'eau dont les embruns émis par le coussin d'air d'un aéroglisseur ; ceci permettait en théorie de beaucoup augmenter le rendement à une soixantaine de nœuds ; ce procédé appelé WAVE (Water Augmented VEhicle) a fait l'objet d'études papier, mais le coût du banc d'essais pour faire des essais représentatifs a été dissuasif. Le bassin d'essais des carènes a proposé strictement l'inverse, à savoir injecter du gaz sous pression dans un courant d'eau et ceci de façon progressive pour obtenir

l'émulsion la plus homogène possible (propulsion EDE Emulsion-Dilution Etagée) : quelques essais à petite échelle ont été effectués. Tout ceci s'est arrêté dans la décennie 1980 et a été rangé dans le grenier des curiosités hydrodynamiques... ou biphasiques non abouties.

Comme l'a dit un ingénieur bien plus tard, « on a tout regardé sauf la bonne solution », en reconnaissant que la critique rétrospective est un art facile. Le sens pratique est revenu pour le NES/AQL AGNES 200 (le bon sens de l'ingénieur revient souvent quand il faut passer à l'acte) qui a été équipé de moteurs diesel MTU et d'hydrojets Kamewa, avec une transmission de puissance axiale via un réducteur.

Kamewa (devenu au fil des restructurations Kamewa Vickers puis Kamewa Rolls Royce) n'a investi que dans une seule solution, mais c'était la bonne. Cette société a vendu en 2018 son 10000ème hydrojet.

Les projets d'hydroptères

Le seul projet conjoint DCN-SNIAS qui a été poussé assez loin est le projet SAPHYR, qui était un équivalent du Pegasus américain quoiqu'un peu plus petit, dans deux versions patrouilleur lance-missiles et surveillance maritime ; on trouve sa notice dans la bibliothèque AADCNS. Il s'agit d'une extrapolation des technologies mises au point sur le H 890 et cet engin était probablement viable sur le plan technique sans prise de risque exagérée. Certains dont votre serviteur ont regretté que sa propulsion (hélices à base ventilée avec transmission en Z) préparait mal l'avenir en reconnaissant que cette opinion ne faisait pas l'unanimité. Ce projet n'a pas eu de suite.

Des esquisses de machines encore plus grandes (1500 tonnes) ont été réalisées ; elles mettaient en évidence un problème de fond, un arbitrage difficile entre l'autonomie en vol et la charge utile.

Enfin la France était complètement isolée dans ce domaine ; aucune autre marine européenne ne s'intéressait au domaine, à l'exception de la marine italienne qui avait choisi de coopérer avec Boeing en réalisant un petit patrouilleur lance-missiles, le Sparviero.

Les projets de NES/AQL

On pensait naturellement que l'augmentation de taille serait favorable à la capacité tout temps, mais le problème de fond était très analogue à celui des grands hydroptères ; la recherche d'une autonomie océanique sur coussin d'air conduisait à transformer l'engin en transport de carburant au détriment de tout le reste. Les concepteurs US étaient en prise avec les mêmes difficultés et ont émis l'idée de développer pour de grands NES, des porte-aéronefs par exemple, une nouvelle filière de propulsion nucléaire, les réacteurs légers à gaz à très haute température. Certes le fluide caloporteur était un gaz, mais c'était peut-être aller un peu vite en besogne sur les problèmes de radioprotection en remplaçant du kérosène densité 0,8 par du plomb densité 11.

Quoiqu'il en soit on décida d'une démarche prudente en commençant par une petite plateforme d'essais de 6 tonnes, le MOLENES, avant de passer à un démonstrateur à la mer qui sera AGNES 200.

LE REFLUX BRUTAL AUX USA

Initialement le programme PHM Pegasus portait sur cent navires en y associant plusieurs marines de l'OTAN (Canada, Grande-Bretagne, Allemagne). L'US Navy ne mit en chantier que le premier et différa la construction des suivants, l'intérêt pour cette formule ayant brutalement baissé. En 1977, c'est le Congrès qui imposa à la Navy d'en construire cinq de plus sous prétexte qu'ils avaient été votés. Ces six hydroptères ont eu une brève existence et seront finalement ferraillés à l'exception du premier qui finira en musée. L'US Navy propagea des propos très péjoratifs sur l'hydroptère considéré comme inapte à répondre aux besoins en termes de coût-efficacité, même pour des missions secondaires

comme les missions côtières où des formules beaucoup plus rustiques faisaient tout aussi bien l'affaire. Ceci a marqué la fin de l'hydroptère de seconde génération comme navire armé aux USA.

L'avenir du NES/AQL n'a pas été plus brillant. Un contrat avait été passé à la société Rohr pour un engin de 3000 tonnes très ambitieux doté de tubes lance-missiles verticaux, d'hélicoptères et d'armes ASM, et capable d'une vitesse de 80 nœuds par mer force 6 : ce contrat de conception devait s'étaler entre 1977 et 1982. Il a été annulé en 1980 officieusement parce qu'il était apparu que certains points techniques critiques réclamaient des développements complémentaires. On ne savait pas que cette annulation marquait la fin des NES/AQL aux USA.

Commentaire très libre de ma part : quelle pouvait être l'autonomie à 80 nœuds de cet engin ? Une à quelques heures ?

UN DERNIER SOUBRESAUT DU NNC EN FRANCE : AGNES 200

Je ne suis pas le mieux qualifié pour parler d'Agnes 200, n'ayant participé ni à sa conception, ni à sa construction, ni à ses essais (1984-1993). Ce grand démonstrateur a été l'héritier des réflexions menées à la fin des années 70 sur le NES/AQL qui ont conduit dans un premier temps à un petit démonstrateur de 6 tonnes appelé MOLENES (1981-1984).

S'il fallait qualifier AGNES 200 en peu de mots, je n'hésiterais pas à dire qu'il s'agissait d'un retour au raisonnable après l'enthousiasme un peu débridé des formules précédentes. Le concept a germé vers 1976/1977 avec trois idées force.

Tout d'abord faire un NES de grand allongement, ce qui permettait de limiter la longueur de fuite du coussin (d'où une pression de coussin nettement supérieure et davantage de compacité), d'obtenir une excellente stabilité de route et accessoirement de réduire le nombre de Froude.

Ensuite réduire l'ambition en vitesse nettement en deçà de 50 nœuds, seule solution pour éviter de transformer l'engin en porte machine et citerne de carburant, et obtenir une autonomie décente.

Enfin tirer profit de l'acquis sur la tenue à la mer des véhicules à coussin d'air, domaine éminemment délicat.

Se rajoute à ces idées un retour au raisonnable dans le domaine de la propulsion avec le choix de diesel rapides MTU et d'hydrojets KAMEWA, une césure par rapport aux curiosités évoquées plus haut.

La gestation a été lente à la fois pour résoudre les problèmes techniques et pour mettre au point le financement finalement partagé entre les ministères de la Défense (DGA), de l'Industrie et de la

Recherche ; la Marine a également contribué en fournissant l'équipage d'essais jusqu'en mars 1992, date à laquelle AGNES 200 a cessé de naviguer sous son pavillon.

Agnes 200 a été étudié par DCN et construit par les CMN (Chantiers Mécaniques de Normandie). Aux dires de presque tous les commentateurs, c'était un engin bien conçu avec beaucoup de qualités. Une petite ombre au tableau cependant, les qualités nautiques par mer forte. On avait essayé de tirer profit des acquis antérieurs (ventilateurs ayant une caractéristique pression-débit la plus plate possible, suspension passive des jupes souples avant et arrière) mais le résultat ne fut pas à la hauteur des espérances ; un article de Net-Marine de 1989 toujours disponible sur le net s'en fait brièvement l'écho. On pensait que ceci trouverait sa solution sur des NES/AQL beaucoup plus grands.

Après le retrait de la Marine en 1992, AGNES 200 connut une exploitation civile (transport de passagers) avant d'être définitivement retiré du service en 1993.

Une extrapolation ambitieuse vers une frégate ASM, baptisée EOLES, a été proposée à la Marine à l'horizon 2010, mais celle-ci a différé sa décision au motif qu'elle avait d'autres priorités à plus court terme. Finalement EOLES ne verra jamais le jour.

Il est vrai que les priorités ne manquaient pas dans cette période de restrictions budgétaires (« les dividendes de la paix » de la fin de la guerre froide) avec les frégates La Fayette et Floréal, le porte-avions Charles de Gaulle et le SNLE Le Triomphant. On m'a souvent posé la question, lorsque j'étais en charge de l'architecture navale à DCN Ingénierie, de savoir ce qui se serait passé si la Marine avait confirmé vers 1993 son intérêt pour une frégate ASM rapide, ce à quoi je répondais qu'il est bien difficile de réécrire l'histoire et que si cela avait le cas, la formule NES/AQL se serait inévitablement trouvée en concurrence avec la formule NGV (Navire Grande Vitesse ou « wave piercer ») qui connaissait un grand succès à l'époque y compris en France avec les réalisations de Leroux et Lotz. On en reparlera plus loin avec le « Littoral Combattant ».

LA VITESSE : UN REVE DE TOUJOURS ?

Le projet fast ship (1998)

C'est un excellent exemple à double titre car, outre le caractère récurrent de l'attrait de la vitesse, il démontre s'il en est encore besoin ce que coûte la vitesse sur l'eau. L'idée était de transporter du fret par conteneurs à grande vitesse sur une ligne transatlantique unique entre Philadelphie et Cherbourg. Le business plan avait été établi pour un coût du baril de 25$, mais DCN Ingénierie n'a été consulté que sur la faisabilité technique du navire proposé, vu les investissements à consentir au niveau du terminal à construire à Cherbourg.

Pour fixer les idées, ce navire avait en gros les dimensions d'un porte-avions type Clemenceau, un peu moins large et d'un tirant d'eau un peu plus élevé, compte-tenu de la coque en V semi-planante retenue pour un navire qui devait faire la traversée à une vitesse moyenne de 37,5 nœuds pour une durée de 95 heures. Il transportait un peu plus de 1400 conteneurs EVP (Equivalent Vingt Pouces), ce qui peut paraître bien peu ; la raison en était simple, un ensemble énergie-propulsion monstrueux. La propulsion était assurée par cinq hydrojets de puissance unitaire 68000 cv, soit 340000 cv au total, soit 2,8 fois la puissance d'un porte-avions Clemenceau pour faire six nœuds de plus. J'ai en mémoire un emport de carburant de l'ordre de 10000 tonnes pour alimenter les turbines à gaz pendant 95 heures. La transmission de puissance entre turbines à gaz et hydrojets était assurée par des arbres torsibles de grande longueur en fibre de carbone. Ceci constituait le principal risque du projet. Pour le reste, le navire avait été conçu par un cabinet d'architecture compétent et n'appelait pas de commentaire. Tel est l'avis rendu en son temps par DCN Ingénierie.

Le projet a été reporté une première fois à 2003, puis une seconde fois à 2010 avant de disparaître complètement avec la faillite de la compagnie « Fast Ship ». Il s'agit à ma connaissance de la dernière tentative de transport de fret rapide de grande capacité par mer et il semble que le transport de fret aérien toujours croissant n'est pas près de voir émerger une nouvelle concurrence de cette nature.

Les monocoques et multicoques « wave piercing »

Cela signifie-t-il que le navire rapide a disparu des mers avec l'essoufflement des NNC ? Absolument pas.

Un grand NGV affecté au service transmanche.

Cette vue de l'avant montre l'extrême finesse des trois coques de ce trimaran NGV

Un NGV monocoque (ALSTOM LEROUX NAVAL), l'occasion de saluer Christian Gaudin, son architecte.

L'idée de coques en V très fines à la fois pour aller vite et pour percer les vagues pour limiter les mouvements de pilonnement-tangage au gré des crêtes et des creux n'est pas nouvelle. Elle a repris un vif regain d'intérêt lié en partie au désenchantement des formules NNC en modérant les ambitions en vitesse, on est passé du domaine des plus de 50 nœuds à celui des 35-50 nœuds. Les anglosaxons l'ont appelé « wave piercer » et les français NGV, Navire Grande Vitesse. Cette formule de coque très élancée a été déclinée en monocoque, catamaran et trimaran. Le succès a été immédiat dans le transport civil et la plaisance de luxe, pour atteindre aussi le militaire à la fin des années 1990 avec le programme américain « littoral combat ship ».

L'enthousiasme pour le transport de passagers a baissé en Europe dans la décennie 2000 quand le prix du carburant a commencé à s'envoler, mais l'intérêt sur le plan mondial ne s'est pas démenti. Un bon indicateur est le nombre d'hydrojets vendus dans le monde, KAMEWA ayant annoncé en 2018 la vente de son 10000ème hydrojet.

Une question où je n'ai pas la réponse : est-ce qu'un wave piercer a une meilleure tenue à la mer par mer forte qu'un NES/AQL de grand allongement. Réponse : je ne sais pas car je ne connais aucune étude sur le sujet. Lorsque j'avais émis l'idée en 1994 de faire un minimum d'essais pour évaluer la formule NGV trimaran, je n'ai trouvé aucun soutien.

UN LCS en version trimaran.

Sur le plan militaire, il y a un seul évènement marquant mais de taille, le programme LCS « Littoral Combat Ship »de l'US Navy auquel d'autres pays ont été associés sur les plans industriel ou autre. Deux versions ont été réalisées, un monocoque et un trimaran, tous deux pour un déplacement voisin de 3000 tonnes (un peu moins qu'une La Fayette) et une vitesse de 45 nœuds. Ce programme aurait donné lieu à une polémique animée en 2020 alors que le 22ème LCS a été livré : dépassement de coût, déplacement trop faible rendant les locaux exigus et l'entretien de la propulsion malaisé, et surtout… rien ne justifie cette vitesse de 45 nœuds.

Question de toujours plutôt du ressort d'un opérationnel que d'un architecte naval. A notre époque où les armes et leurs moyens de guidage ne cessent de progresser, où on peut utiliser des hélicoptères volant à plus de 160 nœuds et des drones, à quoi ça sert de faire passer la vitesse du navire de 25-30 nœuds à 45 nœuds ??

LES NNC.QU'EN EST-IL RESTE ?

Les LCAC

Paradoxalement, c'est l'aéroglisseur amphibie qui est le seul NNC à avoir réellement survécu dans le domaine militaire, comme engin de débarquement rapide LCAC « Landing Craft Air Cushioned ». Seuls les USA se sont lancés dans ce développement qui était la recherche d'un compromis assez

délicat ; on a vu que l'aéroglisseur amphibie est par nature un engin peu dense, ce qui est assez contradictoire avec la capacité à enradier plusieurs LCAC dans un bâtiment d'assaut (ce qu'on appelle en France TCD ou BPC). Quand la question s'est posée d'en acquérir un nombre limité pour notre Marine, on a pris la sage décision de les acheter aux USA ; de toute façon, l'industrie française du coussin d'air naval n'existait plus.

Une compétence

Indirectement, les études de NNC ont contribué au développement dans DCN d'une grande compétence en matière de pilotage et de stabilisation des véhicules marins, compétence qui a pleinement profité aux systèmes de tranquillisation des frégates LA FAYETTE (STAF) et du porte-avions CHARLES DE GAULLE (SATRAP). Je livre ci-après un extrait d'un texte consacré à ce porte-avions qui n'a pas été diffusé hors section science et technique de l'Académie de Marine :

« Le SATRAP est aussi un cas exemplaire du développement d'une grande compétence au fil des programmes et des individus qui en ont été les acteurs, avec dans ce cas précis un apport essentiel du monde aéronautique. Tout commence dans la décennie 1960 où le département sous-marin du STCAN décide de faire appel au monde aéronautique pour trouver les bonnes solutions aux problèmes de pilotage et de stabilisation posés par les SNLE. Vont ainsi se trouver associés pour très longtemps le département d'études et de recherche en automatismes de l'ONERA (Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales) et la Société SAGEM. Parallèlement, une compétence va se développer au Bassin d'Essais des Carènes en matière de simulations et de mise en œuvre d'un grand modèle autonome de sous-marin auto-propulsé appelé modèle libre dont la première version va servir aux études du Redoutable. Votre serviteur aura l'occasion de découvrir tout ce capital de savoir-faire quand il va être chargé de ces questions au département sous-marins à partir de 1975.

Entre temps va se dérouler au tout début des années 1970 le développement exploratoire de l'hydroptère H 890, hydroptère de seconde génération à ailes entièrement immergées, où l'on retrouve le département bâtiments de surface du STCAN, la SNIAS (Société nationale Industrielle Aérospatiale) et le Bassin d'Essais des Carènes où il faut citer l'apport du regretté Robert Balquet dont votre serviteur fait la connaissance à cette occasion. L'hydroptère de seconde génération n'a pas prospéré ni sur le plan militaire ni sur le plan civil, mais c'était une machine extraordinaire à stabiliser et à piloter car elle était plus ou moins instable selon les six degrés de liberté. Ce programme sans lendemain a contribué à l'essor de cette compétence et à la « capacité à oser » en matière de pilotage et stabilisation des navires. Il se trouva que Robert Balquet fut muté au Département Bâtiments de Surface au moment de la genèse du porte-avions et que sa capacité à oser allait pouvoir pleinement s'exprimer ; le SATRAP allait naître avec un « disciple » de Robert Balquet, Pierre Salmon qui recevra le prix Brard en 1996 pour cette réalisation très innovante.

Afin de pouvoir mettre en œuvre l'aviation pour des états de mer comparables à ce que permettaient les porte-avions américains avec leurs 100000 tonnes de déplacement. L'idée était de tranquilliser et de piloter de façon active les mouvements en lacet, embardée, écart de cap, gite et roulis. Contrairement à des propos tout aussi récurrents qu'erronés, il est impossible de tranquilliser les mouvements dans le plan vertical (tangage et pilonnement) d'une carène classique en raison de la surface et de l'inertie de la surface de flottaison car il faudrait développer des efforts gigantesques et des renforcements de structure tout aussi gigantesques pour supporter ces efforts ; piloter le pilonnement et le tangage d'un véhicule marin n'est concevable que pour un véhicule à très faible surface de flottaison dont l'exemple extrême est l'hydroptère. Au reste, le pseudo centre instantané de rotation d'une carène comme celle du porte-avions est très sur l'arrière, ce qui limite les mouvements verticaux du tableau arrière, caractéristique favorable pour l'appontage des aéronefs.

Les actionneurs sont deux grands safrans de direction, deux paires d'ailerons stabilisateurs transversaux et un dispositif original appelé COGITE (compensation de gite). Ce système est composé de lests solides mobiles dans le plan transversal (265 tonnes) ; cette solution a été préférée à des citernes où il aurait fallu une puissance de pompage considérable pour assurer les transferts de poids à la vitesse voulue ; de plus, l'idée d'avoir des tonnes d'eau au-dessus du hangar aviation n'enthousiasmait personne. L'objectif, qui sera pleinement réalisé, était d'avoir un pont d'envol pratiquement sans inclinaison transversale sous l'effet de la houle ou de la mise en giration et il est aisé de concevoir tout l'intérêt pour la mise en œuvre des aéronefs.

Des mouvements de plateforme couplés entre eux avec des actionneurs dont les effets étaient aussi couplés sur ces mouvements, un superbe problème d'automatique qui n'avait rien à envier à celui des sous-marins ou de l'hydroptère. Ce développement a été remarquablement mené, telle a été la conclusion de l'enquête technique de 1993-1994, il s'est appuyé sur un trio éprouvé, la section architecte du STCAN, le Bassin d'Essais des Carènes et l'ONERA ainsi que sur une maquette navigante de grandes dimensions, le Pen Men, ce qui rappelle à l'évidence le modèle libre de sous-marin.

Un souvenir très personnel des essais à la mer où les deux cadres de Lake Hurst (le directeur et le directeur technique du centre d'essais de l'US Navy en charge des installations aviation) avaient été appelés pour résoudre des problèmes sur lesquels on reviendra plus loin et observaient avec sidération le porte-avions effectuer des girations serrées en baie de Douarnenez avec une gite strictement nulle : « comment diable arrivez-vous à faire ça ; au moins, ça vous évitera d'avoir à accrocher les avions dès qu'on vire ».

Ecrit à Paris, juillet-août 2024

Jean Le Tallec

ADDENDUM

Après un passage au bassin d'essais des carènes, entrecoupé par neuf mois à Berkeley au « Naval Architecture Department », j'ai été affecté en 1971 à la division hydrodynamique de la DRME, l'ancêtre de la DRET, où l'activité était surtout centrée à l'époque sur les sous-marins et les navires non conventionnels. En 1975, la Direction du personnel (CN/OF) de DTCN, après avoir songé à m'affecter à Lorient sur les NNC, m'a finalement muté au STCAN à la fois à SM (hydrodynamique, engins remorqués, pilotage et stabilisation, simulateurs) et à BS pour le pilotage des NNC. L'activité NNC a connu un creux très net en 1978 avec la fin des essais du H890 alors que les projets NES/AQL n'ont vraiment pris leur essor qu'au début de la décennie 1980 avec MOLENES. Ceci s'est traduit concrètement pour moi par quinze ans exclusivement consacrés aux sous-marins de 1978 à 1993, ce qui m'a fait ranger dans la case « sous-mariniers » ; j'ai toutefois pris régulièrement des nouvelles d'Agnes 200 auprès de J-P Guézou, son directeur de programme qui avait été mon adjoint à la DRME en début de carrière. En 1993, lorsque je suis devenu sous-directeur architecture navale, les navires rapides n'intéressaient plus personne dans le monde militaire en France, y compris les trimarans « wave piercing ».

J'ai trouvé beaucoup de plaisir à écrire ces lignes qui correspondent à mes jeunes années d'ingénieur ; je serais heureux de connaître les commentaires qu'elles peuvent susciter parmi les membres d'AADCNS sachant qu'hélas, nous devons être de moins en moins nombreux à avoir connu cette aventure.