

## La propulsion nucléaire civile Un atout possible pour la France

Fabrice Théobald

Délégué général de la Chambre syndicale des chantiers navals

Évoquer la propulsion nucléaire civile, c'est nécessairement se tourner vers l'avenir puisque, actuellement, ce mode de propulsion n'est pas utilisé à l'exception de quelques brise-glace russes.

Toutefois, un passé existe. Il y a eu des pionniers. Ils ont su montrer que c'était possible.

La propulsion navale nucléaire est, d'autre part, une réalité du présent... dans le domaine militaire, et y compris pour des navires de surface. Tous les porte-avions américains sont atomiques et aussi, faut-il le rappeler, un porte-avions non américain, notre *Charles de Gaulle*.

Certains enseignements tirés de l'expérience de notre porte-avions peuvent être appliqués dans le civil où les mutations économiques, renforcées par les réglementations environnementales, risquent de rendre le nucléaire attractif.

Il restera cependant des obstacles. Mais si on parvient à les surmonter, la propulsion navale civile – anticipons un peu – sera peut-être un jour suffisamment commune pour être appelée par ses initiales PNC. Si cela devait se produire la PNC aurait toutes les chances d'être un atout décisif pour notre pays.

C'est pourquoi il convient dès à présent de l'intégrer à la réflexion en cours sur une politique nationale en matière de recherche et d'innovation dans le domaine naval comme composante incontournable du navire du futur.

### *L'expérience américaine et allemande*

À l'époque où les systèmes soviétiques et américains rivalisaient – non seulement en puissance militaire – mais en séduction, le président Eisenhower avait lancé le programme *Atom for peace* dont le cargo atomique *Savannah* faisait partie. Il s'agissait d'un cargo mixte qui devait servir de vitrine « aux réalisations pacifiques de

## Recherche et innovation maritime

### *La propulsion nucléaire civile, un atout possible*

l'atome » comme on le disait alors.

Plus porteur de développement a été le navire allemand *Otto Hahn*. Ce fut un succès technique. Il a fait 15 fois le tour de la terre. Avec 40 mégawatts thermiques, il disposait d'une marge de puissance assez importante et la société Interatom avait, dans ses cartons, toute une gamme de réacteurs de puissance. Mais le marché n'a pas été au rendez-vous à la fin des années 1970.

L'obstacle économique constitue, en effet, nous y reviendrons, une des principales difficultés de l'utilisation de l'énergie nucléaire dans la propulsion des navires marchands.



*NS Savannah* sous le Golden Gate



*NS Otto Hahn* dans le brouillard

### *L'expérience du Charles de Gaulle*

Nous avons tout de même la chance d'avoir en France à notre disposition un navire de surface, le porte-avions *Charles de Gaulle*, pour lequel, comme pour les futurs navires marchands, l'avantage de l'anaérobie ne joue pas contrairement aux sous-marins nucléaires pour lesquels il est décisif.

Pour apprécier la pertinence éventuelle de la propulsion nucléaire dans le domaine civil il est tout naturel par conséquent d'étudier comment se comporte à l'exploitation d'un navire qui existe en vraie grandeur. Certes, il s'agit d'un navire militaire mais aussi d'une certaine manière d'un navire de charge puisque le *Charles de Gaulle* emporte aussi les soutes de l'escadre d'accompagnement à laquelle il sert de pétrolier ravitailleur.

Écoutons le témoignage d'un marin, le vice-amiral François Cluzel, relatant la conduite de l'opération Héraklès, (notre intervention dans la guerre d'Afghanistan) devant la commission de la défense nationale et des forces armées de l'Assemblée Nationale .

## Recherche et innovation maritime

### *La propulsion nucléaire civile, un atout possible*

---

#### *La supériorité de l'énergie nucléaire en termes de mobilité stratégique*

Le mode de propulsion nucléaire confère une autonomie, un rayon d'action, des capacités de mise en œuvre et une vitesse de déploiement supérieures à ceux d'un bâtiment à propulsion classique.

L'opération Héraclès, menée à partir de l'Océan Indien de la mi-décembre 2001 à la mi-juin 2002 a démontré la valeur ajoutée d'un mode de propulsion nucléaire sur le plan opérationnel et technologique. Le *Charles de Gaulle* a assuré une permanence sur zone, à 5 000 kilomètres de distance de l'hexagone, en faisant preuve d'une endurance remarquable. En deux cent douze jours de déploiement, son équipage a passé cent quatre-vingt-neuf jours à la mer, cinq autres au mouillage et les dix-huit derniers seulement à quai. Tout au long des opérations, le *Charles de Gaulle* a parcouru l'équivalent de près de trois fois le tour de la terre.

Il a confirmé sa capacité à remplir sa mission première de projection de puissance, et ce sous préavis réduit. Grâce à cela, dans les premiers mois des opérations, les avions du *Charles de Gaulle* ont été, avec les Mirage IV français, les seuls avions de combat non américains à effectuer des missions de reconnaissance et d'appui sur la totalité du territoire afghan... [où 80% des avions armés en vol au-dessus de l'Afghanistan ont décollé d'un porte-avions de la coalition. C'est un fait la propulsion nucléaire militaire d'un navire de surface est un concept éprouvé.]

Le *Charles de Gaulle* a prouvé ses capacités en opération. Sa souplesse d'emploi, résultant de la grande réactivité du mode de propulsion, a été grandement appréciée.

#### *Une technologie nucléaire éprouvée*

Ce n'est pas si étonnant car nous en sommes en France à la troisième génération des réacteurs nucléaires de propulsion, et même à la troisième « plus » pourrait-on dire, presque à la quatrième. La technologie des chaudières est maîtrisée et peu d'innovations sont à attendre dans le cœur nucléaire proprement dit. Les innovations dans les dix années à venir concerneront surtout l'interface homme machine et le système de commande et de contrôle, mais également les aspects sûreté et disponibilité.

Outre l'économie, la puissance, la fiabilité quels sont les atouts du nucléaire ? Écoutons encore le vice-amiral François Cluzel : « La vitesse du bâtiment est également un critère important pour la mise en œuvre de l'aviation par vent météo faible ou nul. À cet égard, les 27 nœuds du *Charles de Gaulle* fournis par les deux chaufferies K 15 sont cohérents avec les catapultes C13.3. [Il n'y a pas que la vitesse, l'architecture navale la place à bord, l'absence de fumées font aussi partie des avantages.]

Le choix de la propulsion nucléaire ne saurait être sous-estimé, car il touche au plus profond de la capacité de projeter une puissance de frappe. Or, en ce domaine aussi, la propulsion nucléaire présente des avantages, parmi lesquels figure l'absence de cheminées d'élimination des fumées issues d'un système de propulsion classique. Il en résulte un gain de place et d'efficacité réel, puisque l'axe arrière du bâtiment, où se présentent les appareils lors de l'appontage, est dégagé. »

## Recherche et innovation maritime

### *La propulsion nucléaire civile, un atout possible*

---

Pour autant l'ancien commandant du *Charles de Gaulle* ne cache pas les contraintes, mais il semble qu'elles ont été surmontées. C'est ainsi qu'à propos de la disponibilité, corollaire de la maintenance, l'amiral déclare : « On notera que l'effet sur la disponibilité opérationnelle des impératifs de sécurité en matière d'entretien d'un bâtiment à propulsion nucléaire doit être nuancé. La flexibilité de la maintenance du *Charles de Gaulle* a pu être démontrée, puisque son immobilisation pour six mois, prévue pour la fin 2002 et liée à la nécessité réglementaire de l'inspection de la cuve du réacteur ainsi qu'à des problèmes de corrosion, a pu être décalée.

Pour ce qui concerne les bâtiments à énergie nucléaire, les exigences de sûreté sont pointilleuses. À titre d'exemple, si l'une des deux chaudières nucléaires qui actionnent les lignes d'arbres du *Charles de Gaulle* présente une défaillance, la réglementation impose de rentrer le plus rapidement possible au port base, alors qu'un porte-avions à propulsion classique pourrait rester sur zone. Il convient néanmoins de souligner qu'en cas d'impératif opérationnel absolu, le *Charles de Gaulle* pourrait remplir ses missions avec une seule chaudière nucléaire. »

Ceci étant dit il est vrai qu'une indisponibilité périodique pour entretien et réparation (IPER) immobilisant le navire pendant plusieurs mois est impensable dans le secteur marchand et d'ailleurs pour assurer vraiment la disponibilité en continu de notre aéronavale, on sait bien qu'un porte-avions n° 2 est nécessaire, *but this is another story.*

#### *Les contraintes propres*

Autres contraintes pour le porte-avions nucléaire : la sécurité, son acceptation dans les ports, la compétence de l'équipage machine.

« Il est certain en tout cas que son alourdissement, consécutif au rajout de surblindages de sécurité pour satisfaire au changement de réglementation induit par l'adoption de la convention internationale sur la protection radiologique (CIPR) n° 60, a laissé des traces dans la perception que peuvent avoir certains responsables des contraintes afférentes à la sécurité nucléaire.

L'attention des rapporteurs a été appelée sur le problème de la navigation de bâtiments nucléaires. Il est vrai que leurs ports d'accueil en Méditerranée sont peu nombreux ; il s'agit principalement de Toulon, Marseille, Naples et La Sude (Crète). Néanmoins, le passage du canal de Suez ne présente pas de difficultés, car, en vertu de la convention de Londres, l'Égypte ne peut s'opposer au transit de bâtiments que lorsqu'ils battent le pavillon d'un État en guerre contre elle. Au-delà, l'autonomie que confère l'énergie nucléaire permet à un bâtiment de s'exonérer d'escales, en tant que nécessaire, ce qui relativise la portée d'un tel problème.

La sécurité des personnels ne soulève pas de difficultés, selon les termes même de l'autorité de sûreté nucléaire des installations intéressant la défense. Le porte-avions *Charles de Gaulle* ne présente pas de radiations au regard des normes de sûreté. Il a également l'avantage, à la différence des sous-marins nucléaires, de ne pas placer son équipage dans une situation totalement confinée. Aujourd'hui, il n'a été constaté

## Recherche et innovation maritime

### *La propulsion nucléaire civile, un atout possible*

---

aucun cas de marin dont les examens cliniques et radiologiques auraient mis en évidence un niveau d'exposition annuel excédant cinq millisieverts et la moyenne statistique est inférieure à un.

Il reste que la fidélisation des personnels atomiciens de la Marine pose de réelles contraintes, à tel point que certains sous-marins nucléaires d'attaque ne disposent plus de deux équipages. »

#### *Potentiel du marché civil*

**L**es considérations très opérationnelles qui précèdent permettent d'évaluer les chances de la propulsion nucléaire civile ainsi que les obstacles qu'elle aura à surmonter.

Tout d'abord on peut dire que le recours à l'atome est lié à la grande taille et à l'obligation de la vitesse. Si le *slow steaming* peut être généralisé, il est clair que l'option nucléaire tombe. Or la vitesse est-elle vraiment dépassée ? Pas certain. Aujourd'hui entre le transport aérien qui met 12 heures entre Paris et Tokyo et coûte 1 000 et le transport maritime qui met 30 jours entre Le Havre et Yokohama et coûte 1, il n'y a aucune technologie intermédiaire qui soit disponible. Qui peut dire qu'il n'y aurait pas de marché ? Les tentatives de *fast ships* sur longues distances ont buté sur la réalité suivante : le navire emporte surtout des soutes et fait penser de ce point de vue à une fusée lunaire.

C'est pourquoi il semble a priori que le segment de marché des grands porte-conteneurs est celui qui pourrait être le premier concerné par la propulsion nucléaire.

On perçoit à cet égard que le prix du pétrole jouera un rôle essentiel dans la viabilité économique de la propulsion nucléaire. En ce moment, il dégringole, mais « l'avenir dure longtemps » comme le disait le général de Gaulle. Que se passera-t-il non pas demain mais dans cinq ans ou dix ans ? Et si la crise du prix des matières premières que nous avons connue cet été avec le baril à 147 dollars était le prélude à d'autres flambées ? Ce qui est certain c'est que si on n'est pas préparé à ce genre de chose, la communauté maritime risque d'être prise de court.

Ici on est bien obligé de prendre le risque d'être démenti par l'avenir en faisant des prévisions. C'est l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP) qui en régulant l'offre peut soutenir les cours. Or les investissements pétroliers ont été consentis avec certaines hypothèses du prix du baril. Au-dessous d'un prix de 40- 60 dollars certains investissements des compagnies productrices de pétrole commencent à devenir non rentables.

C'est pourquoi il est probable que les producteurs feront en sorte que le prix du pétrole soit à terme au moins de 40 dollars.

En mars 2008 les analystes de Deutsche Bank tentaient d'évaluer un prix extrême pour le baril, en fonction des revenus, du dollar et du produit intérieur brut global. Résultat : 150 dollars, proche des 147 dollars atteint en juillet par le cours du *West Texas intermediate crude* (WTI). En octobre ils se livraient au même exercice, pour évaluer jusqu'où pourrait tomber le cours du baril. La limite inférieure des cours serait 30/35

## Recherche et innovation maritime

### *La propulsion nucléaire civile, un atout possible*

---

dollars. Considérant que l'OPEP n'arrivera pas à enrayer la chute des cours avant la fin de l'année prochaine, la banque allemande a révisé ses prévisions pour 2009 de 60 à 47,5 dollars, soit en dessous des 51,11 dollars attendus par le Department of Energy. Le point bas devait être touché au 4<sup>e</sup> trimestre 2009 avec un cours moyen de 40 dollars. La reprise progressive de la croissance globale, et donc de la demande de pétrole devrait ramener le prix du baril à 55 dollars en 2010 puis à 80 dollars en 2011. Il semble bien que soit révolue l'ère du pétrole oscillant autour d'un prix de 20 dollars comme au cours de la précédente décennie.

Il y a un autre élément qui change fondamentalement la donne c'est la réglementation concernant les fumées des navires (gaz soufrés) et les rejets de CO<sup>2</sup>. Le calendrier très strict d'ores et déjà adopté par l'OMI et l'UE de baisse de la teneur autorisée en soufre des carburants marine, aura pour effet certain de renchérir de manière significative - peut-être de doubler - le prix des soutes dans la prochaine décennie. Certes tout cela est encore très mouvant et la réunion du mois d'octobre du comité de protection de l'environnement marin de l'Organisation maritime internationale (OMI) n'a fait qu'accroître la confusion. L'échéance est la conférence de Copenhague fin 2009. D'ici là, il est peu probable que l'OMI élabore un règlement crédible concernant l'indice CO<sup>2</sup> ou l'échange des quotas d'émissions, car l'OMI, c'est l'Organisation des Nations unies et les pays du tiers-monde qui ne veulent pas qu'on leur inflige de nouvelles réglementations, ont chacun une voix comme les pays développés.

Dans ces conditions, il est probable que l'Union européenne (UE) prendra des mesures régionales unilatérales. C'est peu souhaitable parce que l'activité du *shipping* est mondiale et que des réglementations purement européennes ne peuvent qu'handicaper le *shipping* européen. Dans ces conditions, c'est l'OMI qui est qualifiée que ce soit sur les plans techniques ou politiques, mais l'UE a déjà eu recours à des mesures unilatérales comme le bannissement total et à court terme du soufre dans les soutes. Or les raffineurs ont bien prévu qu'ils ne disposeraient pas de distillats en quantité suffisante pour le *shipping*. On verra peut-être les navires équipés de deux systèmes de soutes, un destiné à naviguer dans les eaux européennes, un autre dans les mers loin de l'Europe. On verra peut-être le transport intercontinental se concentrer dans certains ports hors de l'emprise de l'UE, Tanger par exemple, qui ravitailleront ensuite l'Europe par des navettes de *feeders* écologiquement corrects.

Il est difficile de décrire exactement ce qui va se passer mais compte tenu de la dramatisation des enjeux (réchauffement du climat, pluies acides etc.), il est très probable que les considérations économiques passeront au second plan.

Il faut reconnaître que la propulsion nucléaire qui, elle, ne produit aucune émission gazeuse, surmonte toutes ces difficultés avec aisance et élégance ; ou si on veut, exprimé autrement, les coûts induits par les règles prochaines sur les émissions gazeuses augmenteront à n'en pas douter la compétitivité de la propulsion nucléaire.

D'autres obstacles seront à lever ; l'armateur devra-t-il avoir un chef mécanicien atomiste ? Un réacteur nucléaire dure 40 ans soit plus que le navire ; faut-il prévoir que le même moteur sera utilisé sur plusieurs navires ? Ne faudra-t-il pas de

## Recherche et innovation maritime

### *La propulsion nucléaire civile, un atout possible*

---

nouveaux règlements ? Les ports accepteront-ils les navires de commerce à propulsion nucléaire ?

Autant de questions qui devront être étudiées très sérieusement. Il est seulement possible au stade actuel d'esquisser quelques pistes de réflexion. Ainsi un bloc moteur modulaire et amovible pourrait pallier la nécessité d'arrêts techniques longs pour le *refueling*. On installerait un autre bloc moteur sur le navire qui pourrait de la sorte continuer ses rotations. Pour ce qui concerne l'accès aux compétences nous sommes dans un contexte où AREVA prévoit de construire quatre centrales EPR (European pressurized reactor) par an. Cela ne peut se concevoir sans la formation d'un personnel hautement qualifié.

Par ailleurs, il sera possible de s'inspirer de ce qui a été déjà accompli en matière de réglementation ; les pionniers avaient en effet déjà travaillé sur le sujet puisqu'il y a plus de 30 ans, en 1977, la conférence de Hambourg réunissant l'OMI et l'Agence internationale de l'énergie atomique avaient jeté les bases des premières règles opérationnelles.

Enfin pour contourner le défi de la *global acceptance*, il apparaît raisonnable de prévoir au moins dans un premier temps que les navires nucléaires ne devraient avoir accès qu'à un nombre limité des ports équipés spécialement. Cela limitera la PNC à certains trafics de ligne et exclut a priori le *tramping* de la propulsion nucléaire. Ainsi le *shipping* ne viendra pas au « tout nucléaire ». La PNC sera un élément parmi d'autres permettant au *shipping* de relever le défi des contraintes du XXI<sup>e</sup> siècle. Mais il serait dommage de ne pas l'étudier de façon approfondie.

*Yes, we can*

**E**n effet, sans chauvinisme, on peut dire que la France possède une longueur d'avance par la combinaison de trois entreprises AREVA pour les chaudières nucléaires, DCNS pour tout ce qui tourne autour de la propulsion nucléaire marine et les Chantiers de Saint-Nazaire pour la construction de très grandes plates-formes.

Rêvons un peu puisqu'on parle du futur. Une flotte de très grands navires qui ne pourraient être réparés qu'en France, leur pays natal, en raison de la forte technicité qu'il faudrait déployer. Une flotte insensible aux variations du prix des matières premières. Des navires qui sont les seuls habilités à aller vite compte tenu des limitations drastiques imposées à cause de l'effet de serre. Une industrie française que nul ne peut défier du fait de son avance technologique...

Il faudra, bien entendu, que le marché soit là. Autrement c'est l'échec. Mais le seul jeu des forces du marché ne saurait assurer la percée de la PNC. Une volonté politique, une vision à long terme au-delà de la myopie du marché sont aussi les conditions du succès.

Les pays asiatiques ont montré qu'ils savaient combiner harmonieusement volonté publique, entreprises privées et préparation du long terme. Est-il possible que nous sachions en faire autant ?