

# L'innovation du domaine naval au service des capacités opérationnelles

Éric PAPIN

Directeur technique et qualité, Directeur de l'innovation et de l'expertise technologique de Naval Group.

Les navires de combat ont connu ces dernières années des évolutions technologiques majeures. Cela se concrétise avec les programmes de *Frégates multimissions (Fremm)* et de sous-marins nucléaires d'attaque *Barracuda*. Ces derniers combinent des capacités d'élaboration de la situation tactique, de commandement et de communication accrues, avec une panoplie d'armes et de contre-mesures beaucoup plus large que les navires précédents. La plupart de ces évolutions concernent aussi les navires proposés à l'export par Naval Group, que ce soit les corvettes *Gowind* ou les sous-marins conventionnels.

Mais le contexte géostratégique évolue, les menaces sont de plus en plus diversifiées et performantes, les navires de combat sont conduits à opérer dans des environnements plus sévères, à être intégrés dans une force aéromaritime.

Il est nécessaire de faire évoluer en continu les capacités opérationnelles pour conserver en toutes circonstances la supériorité par rapport aux menaces.



*Bâtiment de projection et de commandement (BPC) Mistral, frégate (de la classe Horizon) Chevalier Paul et Frégate multimissions (Fremm) Languedoc (photo : Naval Group)*

## Les besoins capacitaires en permanente évolution

Les besoins capacitaires sont définis par les clients de Naval Group et visent à renforcer, à des degrés variables selon les marines clientes :

- **La supériorité de l'information** : interopérer, recueillir l'information venant de toutes les sources disponibles, la traiter, l'analyser plus vite et permettre de prendre les meilleures décisions.
- **La supériorité de l'engagement** : avoir l'avantage acoustique/électromagnétique, avoir des armes qui portent plus loin, leurrer les armes ennemies, résister aux agressions de combat.
- **La capacité à durer à la mer** : être capable de naviguer et de réaliser les missions dans les conditions les plus sévères, loin, longtemps, en préservant les capacités de l'équipage.

La feuille de route de Naval Group vise à accélérer l'innovation et de développer, avec ses partenaires académiques et industriels, des solutions technologiques permettant, en premier lieu, de répondre aux attentes des clients en matière de capacités opérationnelles, mais aussi d'améliorer sa compétitivité industrielle.

## Des ruptures scientifiques et technologiques à prendre en considération

Parmi les **ruptures technologiques** les plus frappantes, on trouve évidemment la **révolution du numérique** qui regroupe un grand nombre d'évolutions technologiques dont certaines sont incrémentales et d'autres en rupture (super-ordinateurs, *Data Centers*, interfaces hommes-machines tactiles ou vocales, réalité virtuelle ou augmentée, affichage holographique, *Internet des objets – IoT –*, ordinateurs quantiques...). La future *Frégate de taille intermédiaire (Belh@rra* ® pour l'export) sera le premier navire de combat numérique pour répondre aux défis que les nouvelles technologies imposent désormais aux marines modernes.

À côté de ce développement du numérique, on observe ces dernières années une montée en puissance de l'**Intelligence artificielle** (IA) qui permet d'exploiter les capacités numériques pour mettre en œuvre des algorithmes de type *Deep Learning* [apprentissage profond], *Machine Learning* [apprentissage automatique], *Big Data*... et dont les applications sont potentiellement extrêmement larges dans le domaine naval.

L'évolution du numérique ne serait rien sans les **communications haut débit**, avec des cycles technologiques de plus en plus rapides, qui nous feront passer de la 4G à la 5G, puis sans doute à la 10G à horizon 2030-2040, et généraliseront les « **objets connectés** » et communications sans fil (*bluetooth, Wi-Fi, Li-Fi*, etc.).

Ces technologies élémentaires couplées entre elles permettent d'envisager un **développement très rapide des drones**, d'abord télé-opérés, puis télé-supervisés et enfin totalement autonomes pour réaliser une mission.

Le domaine de la biologie et des neurosciences apporte également de fortes ruptures technologiques, avec le **biomimétisme** (la capacité de reproduire des mécanismes du vivant comme les revêtements de type peau de requin, les structures bio-inspirées...) et la capacité à imaginer un « **homme augmenté** » (fourniture en temps réel d'informations, surveillance de l'état de santé ou de stress, capteurs intégrés), pas seulement pour réparer ce qui est défaillant, mais pour accroître les capacités humaines face au tsunami des données, au sein desquelles il faudra extraire l'information pertinente.

Il va de soi que l'ensemble de ces ruptures doivent prendre en considération la **cybersécurité**, de manière à ce que les gains technologiques imaginés ne soient pas annihilés par des risques de compromission ou de perturbation des informations.

Les domaines techniques traditionnels ne sont pas en reste, que ce soit par exemple le domaine de l'énergie ou celui des matériaux.

Sur l'**énergie** d'abord, poussé par la transition énergétique, on assiste au développement de systèmes de stockage d'énergie de plus en plus performants (batteries Lithium-ion, supercapacités, stockage hydrogène...), on voit s'étendre les applications des piles à combustible et la supraconductivité permettra, d'ici quelques années, de développer plus de puissance dans un volume réduit.

Les **matériaux** métalliques et composites sont aussi concernés par des évolutions technologiques majeures, avec l'apport de la simulation et la recherche constante d'une plus grande résistance aux sollicitations et d'une réduction de la masse, avec l'apport des **nanotechnologies** pour doper le matériau de base ou proposer des revêtements plus performants ou résistants. Les recherches portent aussi sur l'amélioration de la durée de vie et l'**intégration de fonctions complexes** (méta-matériaux, matériaux « commandables »).

Enfin, il faut signaler l'émergence rapide de la fabrication additive (ou « **impression 3D** ») qui, appliquée aux matériaux organiques ou métalliques et combinée à une conception optimisée, permet d'envisager des applications extrêmement intéressantes pour optimiser la masse, le délai et le coût de réalisation, pour fabriquer des pièces à la demande, ou pour intégrer des fonctions complexes (ex : structures treillis, sandwich de matériaux...). À titre d'illustration, Naval Group et l'École centrale de Nantes ont imprimé une pale d'hélice de grande dimension de plus de 300 kg ouvrant la voie à la réalisation de propulseurs à géométrie plus complexe.

## Évolutions technologiques des navires de combat

Pour atteindre et maintenir les capacités opérationnelles au meilleur niveau, Naval Group travaille avec de nombreux partenaires académiques, industriels ou étatiques sur des innovations qui exploitent la plupart des ruptures scientifiques et technologiques citées ci-dessus et qui vont être introduites de manière incrémentale et continue sur les navires dans les prochaines années.

Les innovations technologiques des navires de combat ont été structurées par Naval Group en axes fédérateurs avec des feuilles de route technologiques qui permettent de répondre aux besoins capacitaires exposés ci-dessus.

### Axe « Smart Naval Force »

L'**hyper-connectivité**, couplée avec une gestion dynamique de la qualité de service des télécommunications en fonction du contexte opérationnel, permettra de développer les capacités de « **combat collaboratif** » entre navires afin de mettre en œuvre, de manière coordonnée, les senseurs et les effecteurs au profit des performances au combat de la force aéromaritime. La tenue de situation multiplateformes (radars) et le multi-statismisme en lutte sous-marine (sonars) seront les premières capacités embarquées permettant une **veille coopérative navale**.

L'information sera recueillie et traitée au niveau d'un navire armé et au niveau de la force aéromaritime par les **systèmes de *management de combat*** pour exploiter au mieux les informations disponibles au sein de la flotte, mais aussi celles des sources ouvertes (trafic maritime, réseaux sociaux...) et fournir une **situation tactique partagée et prédictive**.

Des **drones organiques et non-organiques** (drones aériens, drones de surface et drones sous-marins) avec une **autonomie décisionnelle** croissante seront mis en œuvre pour étendre les capacités de la force aéromaritime et la préserver des risques en menant des tâches automatisées de renseignement, d'identification et de surveillance, et en produisant les effets militaires souhaités dans des zones d'accès difficile.

### Axe « Smart Ship »

La tendance amorcée au début des années 2000 avec l'automatisation des navires va se renforcer considérablement, grâce à des **systèmes plus modulaires, dotés d'architectures numériques ouvertes et évolutives**, prêts à accueillir les incréments capacitaires tout au long de leur vie et non plus seulement au neuvage\* ou à l'occasion de refontes à mi-vie.

Cela se traduira par :

---

\* Le neuvage est la période où l'on pratique les essais sur un navire (ou un sous-marin) juste après sa construction.

- Un **partage des données** plus facile entre les différents systèmes, pour créer de la valeur technique et opérationnelle.
- Une **évolution continue des infrastructures informatiques embarquées** pour suivre les cycles technologiques très rapides et supporter les besoins croissants en échanges/traitements de données.
- La **mise en place d'un système de *management* des communications** internes et externes permettant de gérer les échanges de données.
- Une meilleure **adaptabilité aux évolutions** au cours de la vie d'un système naval.
- Une **possibilité inégalée d'enrichissement progressif** en capacités opérationnelles plus avancées, au gré des développements sur les algorithmes de traitement des données tactiques et techniques, sur l'*IA* et le *Big Data*.
- Une **meilleure prise en compte de l'expérience utilisateur** pour améliorer les interfaces Équipage-Navire et proposer des assistants virtuels.

#### **Axe « Invulnerable Ship »**

L'invulnérabilité des navires, qui bénéficie des progrès dans le domaine des matériaux (revêtements de coque, suspensions élastiques...) pourra être encore améliorée par une **prédiction** et une **maîtrise en temps réel des performances de furtivité** (signatures acoustique et électromagnétique) et **des capacités de détection** pour avoir l'avantage tactique sur l'adversaire grâce à des **aides à la décision** pour l'équipage.

La **maîtrise des domaines de lutte classique sera renforcée** grâce à une gamme plus large et renouvelée d'armes (missiles, torpilles...) et de contre-mesures, et, d'ici quelques années, grâce au déploiement d'armes électromagnétiques ou à énergie dirigée.

Par ailleurs, de nouveaux domaines de lutte se développent, qui conduiront à l'intégration de **nouveaux systèmes** sur les navires :

- **Système de *management* de la cybersécurité** : les progrès du numérique permettront de renforcer le domaine de la cryptographie et des sondes de détection des attaques malveillantes ; les progrès en modélisation/simulation des systèmes permettront de déceler des comportements anormaux (signaux faibles) qui amélioreront la capacité à détecter des attaques et à renforcer la résilience des systèmes critiques.

- **Système de lutte contre les menaces asymétriques** : les ruptures technologiques sur les caméras à haute résolution, les systèmes de visualisation panoramique associés, les algorithmes d'intelligence artificielle de détection et de

classification, couplées avec des moyens de lutte spécifiques (effecteurs non létaux) permettront de protéger les navires d'agressions « du faible au fort ».

En complément, les capacités de navigation et de mise en œuvre des senseurs et des effecteurs dans les conditions climatiques les plus sévères seront améliorées par des fonctions de prédiction de houle, de stabilisation dynamique et des aides opératoires (aide à la pesée pour les sous-marins, aides à l'appontage...) basées sur les algorithmes les plus performants.

#### **Axe « Smart Energy »**

En complément des capacités militaires déjà évoquées, il est essentiel de garantir au navire armé l'**autonomie énergétique** requise pour l'ensemble de ses missions actuelles et futures (armes, drones...) avec un impact navire optimal et une empreinte environnementale la plus faible possible.

L'autonomie énergétique des navires se jouera sur :

- la multiplicité des sources d'énergies ;
- un stockage optimisé, dense, sécurisé de l'énergie ;
- la conversion optimisée et sécurisée ;
- une distribution *via* un réseau ouvert, fiable, sécurisé et intelligent (« *Naval Grid* ») ;
- l'optimisation des usages des consommateurs ;
- un pilotage intelligent, évolutif et simple.

La **mutualisation de l'énergie** et les **nouvelles technologies** (piles à combustible, batteries Lithium-ion, supercapacités...) vont permettre non seulement d'améliorer les performances, la fiabilité et la compacité, mais aussi de surveiller et commander plus finement les systèmes et **réduire la consommation d'énergie**. Cela concernera non seulement les installations de plateforme (transition vers le « tout électrique »), la propulsion (moteurs électriques couplés à des batteries), mais également le système de combat (armes électromagnétiques et à énergie dirigée) ou les systèmes aviation (catapultes électromagnétiques).

Tout cela permettra, en outre, un contrôle et une **réduction des émissions de CO<sub>2</sub>** (notamment au port et dans les zones protégées) et ouvrira la voie vers des navires à empreinte environnementale plus faible, à performances militaires égales ou supérieures.

#### **Axe « Smart Availability »**

Pour que les équipages puissent tirer profit des nouvelles capacités opérationnelles et des fonctionnalités innovantes, il faudra **garantir en permanence**,



encore plus qu'aujourd'hui, la **cybersécurité**, la **robustesse** et la **résilience** grâce à des choix d'architecture et de technologies pertinents.

Il faudra aussi prendre en compte dans les politiques de maintenance les évolutions technologiques rapides des technologies numériques et l'évolution incrémentale des navires armés tout au long de leur vie.

Pour cela, des évolutions technologiques vont être mises en œuvre par Naval Group dans le cadre de la **i-maintenance** :

- La **maintenance prédictive** pour les systèmes de plateforme et pour les systèmes de combat, en exploitant les capteurs embarqués, les techniques de *Big Data* et une connaissance poussée des systèmes et des équipements.
- La **réalité virtuelle** et la **réalité augmentée** pour former, entraîner les équipages à l'exploitation et la maintenance.
- L'**impression 3D** pour produire des outillages ou des pièces de rechange à terre et à bord des navires.
- La **téléassistance** entre la terre et les navires par messagerie sécurisée, pour fournir un support à l'équipage pour faire des diagnostics ou effectuer des tâches de maintenance ou de dépannage.

### **La nécessaire évolution de l'industrie navale pour rendre possible et accompagner ces évolutions technologiques des produits**

C'est ce que l'on pourrait qualifier d'axe « *Smart Industry* ».



Les évolutions technologiques concernent aussi le domaine des *process techniques industriels* (conception, production, contrôles, essais, maintenance) qui doivent suivre les évolutions des produits et des services.

La première rupture majeure concerne la réalisation d'un **jumeau numérique** du navire armé et des moyens de production et de maintenance, basé sur des **simulations** qui couvriront, en plus de la traditionnelle maquette numérique 3D, les simulations fonctionnelles, les simulations multi-physiques et les simulations technico-opérationnelles.

Ce jumeau numérique sera déployé au sein d'**infrastructures numériques ultra-performantes** (*Data Centers, High Performance Computer*) dans les usines, dans des **Centres opérationnels de soutien intégré numérique** qui pourront stocker/traiter la masse de données générées au sein du chantier naval étendu ou issues de l'exploitation des navires.

Les innovations technologiques toucheront aussi les moyens et les procédés de production, pour optimiser la chaîne de soutien ou *supply chain* (puces de RFID – radio-identification –, robots livreurs...), pour robotiser des phases de production, pour fournir une **assistance physique** aux opérateurs (exosquelettes, cobotique) et pour dispenser une **assistance cognitive** aux opérateurs (« la bonne donnée au bon endroit au bon moment ») grâce à la réalité virtuelle ou augmentée.

Ces innovations technologiques relatives aux *process* techniques et industriels permettront non seulement de réaliser les produits et services qui répondent aux besoins capacitaires, mais aussi apporteront des **améliorations fortes de la compétitivité industrielle** qui bénéficieront aux clients de Naval Group :

- amélioration des niveaux de qualité ;
- réduction des temps de cycle ;
- réduction des coûts ;
- amélioration de la fiabilité ;
- meilleure capacité à répondre aux besoins spécifiques des clients.

\*

\*\*

Les innovations technologiques du domaine naval sont mises en œuvre par Naval Group et ses partenaires pour doter les navires armés de capacités opérationnelles renforcées en réponse à l'évolution continue des menaces et des missions des navires de combat. Dans le cadre des nouveaux programmes, on peut notamment citer la capacité anti-terre apportée par le *Missile de croisière naval (MdCN)* qui équipe aussi bien les *Fremm* que les *SNA Barracuda*, la propulsion hybride qui allie discrétion, flexibilité et puissance, ou encore l'automatisation de la plateforme qui permet à ces navires d'être opérés par des équipages réduits par rapport aux navires des générations précédentes. Le groupe est également capable d'intégrer



L'innovation du domaine naval  
au service des capacités opérationnelles

les innovations nécessaires à ses clients, en continu, sur les navires en service, en s'appuyant sur les nouvelles technologies (numérique, intelligence artificielle, usine du futur). Ces innovations des navires armés nécessiteront en parallèle une évolution inédite des moyens techniques et industriels, et des compétences/savoir-faire, qui touchera largement la Base industrielle et technologique de défense (BITD).

Leur mise en œuvre optimale sur l'ensemble du cycle de vie des navires nécessitera aussi une adaptation des modèles contractuels (neuvage et Maintien en conditions opérationnelles – MCO) et une vision plus transverse des budgets. ♦

