



Le bâtiment de guerre, un assemblage subtil

Pierre Sérís

Ingénieur général de l'Armement

Vice-président de la Commission permanente des programmes
et des essais (CPPE) de la Marine

Il est d'usage de considérer un navire de guerre parmi les systèmes les plus complexes au monde. Certains, imprégnés d'une culture technique étrangère au domaine naval, le contestent. Les modèles « aéroélastiques » des structures d'aéronefs, l'architecture des grands systèmes d'information, représentent en effet des défis techniques d'une complexité extrême. Le navire de guerre apporte une dimension supplémentaire, déconcertante pour l'ingénieur qui ne sait pas la modéliser, apportée par l'équipage. Ce dernier réunit tous les ingrédients d'une action dramatique au sens du théâtre classique : un groupe humain confiné dans un espace restreint, isolé, soumis à des situations de tension, partage une communauté de vie et de destin. Ici, cette communauté rassemble des centaines voire, sur un porte-avions, des milliers de personnes.

Dimensions multiples et polyvalence

Goffman fait ainsi du navire militaire un parfait exemple « d'institution totale » : un monde clos, régi par une hiérarchie, où se déploient toutes les activités, qu'elles soient de travail ou non¹.

Le navire fonctionne 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, pendant plusieurs semaines ou mois. Aux fonctions opérationnelles habituelles d'un équipement de combat, s'ajoutent les fonctions de maintenance, de lutte contre les sinistres, de vie à bord. L'obligation d'optimisation de la conception du bâtiment, pour

1. Saglio Jean, Claes Lucien, La tradition pour accommoder la contrainte : vie collective sur un bateau de guerre-séminaire « Vies collectives » in Les Annales de l'Ecole de Paris, 1999 (France), V.

Innovation Le bâtiment de guerre, un assemblage subtil

des raisons d'efficacité tant opérationnelle que budgétaire, conduit à des imbrications fonctionnelles étroites qui se manifestent dans la conception physique du navire et dans l'organisation de son exploitation.

De fait, le navire tend à constituer un système unique dans lequel tous les équipements sont interconnectés. Dans son principe, une architecture fortement intégrée permet une réelle optimisation globale du fonctionnement en termes de délais de réaction, de charge pour l'équipage et d'activation des équipements. En cascade, ce dernier point autorise à réduire en conception, pour une performance d'ensemble donnée, les exigences s'appliquant aux équipements pris individuellement.

Il s'agit cependant d'une construction délicate associant les techniques les plus diverses mises en interaction. Une telle imbrication ne va pas de soi. La compatibilité entre technologies n'est pas toujours naturelle, et à l'époque où la cybermenace fait parfois la une des médias, l'intégration expose l'ensemble du système à la faiblesse du maillon le plus vulnérable. L'assemblage doit être subtilement dosé.

Par ailleurs, le modèle sur lequel s'appuient les fonctions de coûts utilisées pour l'optimisation peut se heurter à ce que certains industriels appellent le mur de la complexité, lorsque les outils d'ingénierie peinent à analyser toutes les interactions et à en rendre compte de façon intelligible à l'ingénieur. Alors parfois, face à un nouvel automatisme, un équipage estime que dans certaines conditions, il serait plus performant en « prenant la main ». Ces défauts d'optimisation constituent le tribut à payer à l'apprentissage technique et organisationnel de nouveaux modes. Face au progrès fonctionnel de la machine, l'homme atteint ses limites.

La multitude des fonctions à assumer impose une grande polyvalence des acteurs pour en limiter le nombre. À chaque situation opérationnelle correspond une

D.R.



Poste de manœuvre plage avant sur la FDA *Chevalier Paul* (Laetitia Rapuzzi)



organisation précise, un rôle d'équipage, un poste : pour le combat, pour l'entretien, pour la veille, pour la manœuvre, pour la lutte contre les sinistres, parfois pour l'évacuation ...

Ainsi le navire est-il traversé par plusieurs organisations superposées, l'une d'elles étant activée en fonction de la situation et de la mission, les autres restant latentes. La plupart des actions sont conduites en équipe, mais d'un rôle à l'autre, le même marin interagit, directement ou indirectement par l'intermédiaire des systèmes d'informations du bord, avec des interlocuteurs différents, dans des lieux différents. A la différence d'un aviateur dans son aéronef ou d'un cavalier dans un engin blindé, le marin se déplace au sein de son appareil de combat. Le navire militaire combine donc plusieurs dimensions : fonctionnelle, spatiale et sociale. Les réseaux humains, en cohérence avec les réseaux d'information, doivent montrer des capacités de robustesse, de résilience, de reconfiguration.

Pendant longtemps, l'homme est resté beaucoup plus polyvalent que la machine. A bord, le marin se déplaçait donc d'un équipement à l'autre au gré des postes décidés par le commandant. C'est toujours le cas mais maintenant, la polyvalence atteint les équipements, par nécessité d'intégration physique et fonctionnelle. On l'observe en premier lieu sur le système de combat, au sens large. Les consoles disposées au « central opérations » peuvent accéder à tout capteur et diriger toute fonction de combat, les antennes d'une mâture intégrée ne sont plus dédiées à un type de liaison unique, la situation tactique enregistrée dans le système de direction de combat doit pouvoir être partagée en permanence en temps réel avec le reste de la flotte, sans l'intermédiaire d'un opérateur de communications. Le porteur, qu'on appelle la plate-forme, commence aussi à être touché par cette polyvalence. Sur les navires tout-électriques, les mêmes diesel-alternateurs sont tour à tour générateurs principaux et générateurs de secours.

Dimensions multiples et polyvalence

Il s'ensuit une complexité qu'un équipage peut difficilement gérer en direct. Des automatismes viennent donc l'aider. Ils ajoutent à la complexité technique du système, mais rendent son utilisation accessible aux marins. Le système n'est plus perçu comme complexe, il reste sophistiqué mais devient simple d'emploi. La technologie tend là vers son idéal : se faire oublier, permettre d'accomplir simplement, et même intuitivement, des actions complexes. Ce n'est plus l'homme qui s'adapte à la machine, c'est la machine qui s'adapte à l'homme, presque en temps réel.

Les effets de ce renversement des rôles sur la sociologie des équipages ont pu être observés depuis longtemps. « La discipline proverbiale [à bord des bâtiments militaires]² s'est arrêtée dans les années 1970. Selon les anciens, cette méthode était devenue risquée. Certains disent que du fait de la technicité, on ne pouvait plus commander comme avant : le technicien peut toujours objecter que l'ordre donné « ne marche pas ». On s'est alors mis à discuter, et les déplacements dans tout le

2. NDA

bateau ont été autorisés. »³ Ainsi, la technologie a modelé les bâtiments militaires en organisations autoritaires démocratiques, bien sûr hors postes de combat lors desquels l'ordre hiérarchique s'exprime seul.

Ne pensons cependant pas que cette évolution, bien que majeure, soit un aboutissement. La technologie permet désormais, sous la pression budgétaire, d'énormes réductions d'équipages, dans un rapport supérieur à deux : les frégates européennes multi-missions (FREMM)⁴, bâtiments de 6 000 tonnes, se contentent d'un équipage de 94 personnes, alors que les frégates anti-sous-marines (FASM)⁵, lancées dans les années 1980, en réclament 240 pour moins de 5 000 tonnes, et que les frégates de défense aérienne (FDA)⁶ type Horizon, lancées 5 ans avant les FREMM, en demandent encore près de 200 pour 7 000 tonnes.



D.R.

La FASM *Georges Leygues* et la FREMM *Aquitaine*
(Marine nationale, Jonathan Bellenand)

Certaines contre-mesures, face à des menaces assaillantes, font appel à des banques de données si volumineuses que leur efficacité n'est pas compatible avec la durée d'une analyse humaine. La réaction doit être automatique. C'est déjà le cas pour les contre-mesures électroniques (*soft-kill*). La prudence est encore de mise pour ce qui concerne le *hard-kill* : le souvenir du bâtiment américain abattant d'un missile d'auto-défense un avion de ligne iranien au-dessus du golfe Persique reste dans les mémoires. On peut cependant prédire sans risque que le *tempo* opérationnel poursuivra son accélération, face aux nouvelles menaces ou lors d'actions proches de la terre, par exemple. Côté plate-forme, la réduction des équipages et les normes civiles adoptées de plus en plus largement en conception navale militaire, font également la part belle aux automatismes dans la lutte contre l'incendie et autres sinistres, ou dans la conduite courante du navire. Viendra donc le temps, à une échéance difficile à préciser, où l'équilibre actuel entre automatismes et décision humaine sera rompu et devra être redéfini.

Une tendance générale est la disparition des intermédiaires entre le décideur, commandant ou chef de quart, et le navire en tant que machine. A la passerelle,

3. Saglio Jean, *op. cit.*

4. FREMM : frégate multi-missions (NDLR)

5. FASM : frégate anti-sous-marine (NDLR)

6. FDA : frégate de défense aérienne (NDLR)



le commandant ne donne plus ses ordres de barre et de vitesse à voix haute afin qu'ils soient transmis aux opérateurs dans les locaux techniques, avant que l'exécution de l'ordre ne lui soit confirmée : il manipule directement les leviers des commandes électroniques. Dans ces conditions, la mission de l'équipage n'est plus d'exécuter les ordres du commandant : il lui apporte les informations pertinentes que le système ne sait pas (encore) lui sélectionner automatiquement et assure la gestion technique du navire.

Une affaire d'équipe et de réseaux

Cette évolution met en évidence une caractéristique pérenne du bâtiment militaire : sa dimension cognitive collective. Bardé de capteurs performants qui scrutent son environnement, multi-connecté au reste de la flotte et au commandement qui le renseignent sur un théâtre étendu et sur les actions en cours et prévues de chaque élément ami, ennemi, civil ou naturel, il acquiert, gère, analyse, produit et diffuse une formidable quantité d'informations. L'informatique est là pour aider, mais la question ne se résume pas à un partage homme-machine. S'y ajoutent celle de la répartition des tâches de traitement de l'information entre membres d'équipage, et celle des circuits d'informations à mettre en place, de marin à marin, entre marin et machine, de machine à machine. Quel schéma optimisera l'efficacité de l'ensemble dans la plupart des situations prévisibles tout en garantissant une bonne robustesse aux défaillances ? Ainsi prend forme le noyau le plus subtil d'un bâtiment militaire : un maillage de réseaux mixtes, ni totalement humain, ni totalement informatiques, transformant l'information brute en définition et conduite d'actions.

Avec ou sans aide électronique, le marin est rarement seul dans la réflexion ou dans l'action. Une des forces d'un bateau de guerre est celle de l'équipe qui peut transcender l'individu. Cela peut aussi être sa faiblesse, la détresse d'un seul entraînant l'effondrement de la structure sociale. La technologie et l'organisation doivent ensemble favoriser l'intelligence et la force collectives, protéger l'individu en évitant de le submerger ou de le surprendre, enfin rendre l'équipe robuste aux défaillances individuelles.

Gestionnaire technique dans un navire qui se désertifie, le marin devient plus isolé face la machine. La dimension sociale du bâtiment pourrait s'affaiblir. L'équipage ne doit pas tourner la page de l'équipe, sous peine d'être réduit à peu de chose.

Un schéma classique de construction et de maturation d'une équipe distingue quatre étapes : formation, confrontation, normalisation, adaptation continue. L'organisation de l'équipage, la culture militaire et marine, ont pour but de placer d'emblée l'équipe au stade de l'adaptation continue, en définissant *a priori* les compétences et les interfaces de chaque membre. Pour toutes les ruptures évoquées, le rôle de chacun a été redéfini dans le cadre du collectif qu'est l'équipage. Cependant, changer les modes de régulation du collectif est probablement beaucoup plus difficile et délicat que faire évoluer le travail lui-même. Des



D.R.

Central opérations de la FREMM *Aquitaine* (Marine nationale, A. Monot)

siècles d'ajustements progressifs sont brutalement remis en cause et les nouveaux modes d'organisation n'ont pas encore été validés par une longue expérience. La maturité de l'équipage pourrait être plus longue à atteindre.

Or, une équipe au stade de l'adaptation continue saura mieux s'adapter que l'individu isolé, mais une équipe immature présentera de fortes rigidités. Dans ces conditions, le spectre des situations appréhendables par l'équipage pourrait être réduit. La machine et ses automatismes devraient alors prendre en charge la diversité.

L'adaptation de la machine à l'homme se manifeste notamment par la standardisation des interfaces : le marin tend à percevoir le bâtiment, y compris le reste de l'équipage, par une interface unique constituée d'un écran, d'un clavier et d'une souris. Cette évolution n'est pas propre au milieu naval. Si les chercheurs s'inspirent du cerveau humain pour concevoir les ordinateurs du futur, avec des architectures de type réseaux de neurones par exemple, les systèmes tendent trop souvent à faire travailler le cerveau humain comme un ordinateur. L'individu marin risque d'y perdre le sens de la mer – la question se pose avec beaucoup plus d'acuité dans l'aéronautique – et la vision d'ensemble, cachée par la juxtaposition de zooms donnés par les indicateurs affichés. L'histoire de l'humanité nous enseigne pourtant que le cerveau humain est conçu pour l'apprentissage de l'intuition, pour la perception analogique et pour une vie en société justifiée par la collaboration entre individus et la construction de réseaux humains.

Toutes les évolutions que nous évoquons se passent à l'interface entre le monde des ingénieurs et le monde des marins. Les premiers choisissent la technologie, les seconds définissent les modalités d'emploi, les doctrines. Garantir *a priori* la cohérence des deux volets pose des défis organisationnels qu'Alain Bovis évoque dans ce numéro.

Le réseau de compétences à rassembler pour concevoir un navire militaire avec



son équipage surprend par son ampleur et par la diversité qu'il recèle. Les techniciens spécialistes forment la base traditionnelle. Les architectes permettent d'appréhender les différents niveaux fonctionnels et d'atteindre le bon équilibre d'intégration. Les sciences humaines sont plus rarement représentées. La Marine nationale apporte son expérience de praticien des ressources humaines navales, mais l'approche scientifique propre à fournir des modèles de conception exploitables par l'ingénieur est le plus souvent limitée à l'ergonomie classique. La recherche de ruptures dans les effectifs et dans les modes d'exploitation des FREMM et des futurs sous-marins d'attaque de type *Barracuda*, ont conduit à élargir cette approche avec des modèles cognitifs collectifs théoriques et expérimentaux.



Expérimentation sur simulateur d'une passerelle de navigation à effectif réduit.

D.R.

Ces derniers se sont concentrés sur la performance immédiate de conduite de l'action par des sous-ensembles de l'équipage. Pour parachever le lien avec les questions du recrutement, de la formation technique, de la formation de l'esprit d'équipage et d'équipe, il reste au moins une étape à franchir, dans une vision globale de construction et de maturation de réseaux résilients : l'intégration des apports de la sociologie et de l'anthropologie dans la conception du navire et de son équipage.

En conclusion

Nous venons d'évoquer quelques ruptures que l'évolution des technologies provoquent et vont provoquer sur les réseaux humains qui structurent les bâtiments militaires. Leurs conséquences n'ont probablement pas encore

Innovation Le bâtiment de guerre, un assemblage subtil

été toutes identifiées. A ce titre, l'expérience des premières FREMM sera riche d'enseignements.

Les exemples passés nous incitent à l'optimisme sur le moyen et le long terme. Je ne citerai que ceux du passage de la voile à la vapeur, de l'invention du sous-marin, de la création d'une aviation embarquée, pour apprécier la capacité des marins et des ingénieurs à absorber les plus fortes ruptures. Je prendrai celui de l'aéronavale pour prouver que la force de l'équipe résiste à l'isolement physique temporaire des opérateurs. La difficulté réside comme souvent dans la gestion du transitoire, afin de minimiser la période d'adaptation.

Enfin, parce qu'un bon réseau se conçoit en fonction des caractéristiques individuelles de ses membres, il reste à mentionner l'évolution du profil des recrues. Il est probable que la marine nationale, par sa culture technique, par son commandement participatif, mais aussi par ses traditions qui fixent des repères et servent de guides de comportement dans les réseaux humains, soit mieux armée que beaucoup d'entreprises civiles pour accueillir la Génération Z.



D.R.

Cérémonie du 14 juillet sur la FDA *Chevalier Paul* (Laetitia Rapuzzi)



Le Cluster maritime français
est sur www.cluster-maritime.fr