



Navires marchands autonomes : quel avenir ?

Alain Bovis

Vice-président de l'Académie de Marine

Sous le vocable de navire sans équipage de commerce, La Revue maritime a entretenu ses lecteurs à quatre reprises depuis 2012 (n° 493, 500, 516 et 517) de cette évolution majeure rendue possible par la transformation numérique de notre société. Dans cette perspective, Alain Bovis nous entraîne ici dans une réflexion générale sur le transport maritime de demain, à l'heure de la numérisation.

Où en sommes-nous sur les « navires autonomes » (*Maritime Autonomous Surface Ships* ou MASS, selon l'appellation retenue par le Comité de Sécurité Maritime - MSC - de l'Organisation Maritime Internationale OMI) ? Le sujet soulève un intérêt croissant et un engouement technologique certain, manifesté par la multiplication de conférences et de publications qui lui sont consacrées. Sommes-nous pour autant à la veille d'une révolution du transport maritime ?

Un intérêt croissant pour une transition numérique accélérée

En décembre 2019, l'Académie de marine et l'Académie de l'Air et de l'Espace ont organisé un colloque qui s'est tenu à Paris sur le thème : « Vers des navires et des aéronefs sans équipage ? ». Faisant suite à ce colloque, les deux académies ont établi un rapport présentant leur vision propre des évolutions majeures en cours autour de la transformation numérique dans les transports maritime et aérien, sujet plus large que les engins autonomes¹. Bien que

1. *Vers des navires et aéronefs sans équipage ? Jusqu'où la machine peut-elle remplacer l'homme ?* Dossier n° 50, Académie de l'Air et de l'Espace - Académie de marine, 2021.



Navires « connectés et autonomes » (©Kongsberg Marine - Projet européen Autoship)

faisant ressortir certains traits communs, la mise en regard des deux secteurs a montré des différences d'approche qui semblent, indépendamment de la crise économique qui les frappe à des degrés divers, se creuser. Le transport aérien, qui est essentiellement un transport de passagers et qui a déjà atteint un niveau d'automatisation et de sécurité très développé, se heurte à l'acceptabilité difficile d'une réduction supplémentaire du nombre de pilotes à bord. Le transport maritime, pour sa part, est principalement un transport de marchandises, 11 milliards de tonnes en 2019. Le secteur ne recherche pas un gain économique direct par une réduction supplémentaire des équipages embarqués, mais il attend d'un développement accéléré des automatismes des gains en sécurité, productivité, résilience et une réduction des émissions polluantes. La crise de la COVID-19 et ses contraintes sanitaires sur les personnels, la large prise de conscience publique des problèmes climatiques et environnementaux ont accéléré l'intérêt pour une filière maritime reposant davantage sur des systèmes automatisés.

L'opinion est aujourd'hui largement répandue, et les statistiques tendent à le démontrer, que le remplacement d'acteurs humains embarqués par des automatismes serait de nature à éliminer à la fois les risques et les dommages subis par les personnels navigants mais, également, la majeure partie des causes d'accidents, notamment de navigation ou ceux liés à un traçage et un conditionnement défectueux des marchandises.

Selon le *Danish Maritime Institute*², 25% de la capacité totale de la flotte

2. *Autonomous Shipping contribution to safety, resilience and sustainability goals*, Andreas Nordseth, 2nd International Ship Autonomy and Sustainability Summit, 2020, <https://www.autonomysummit2.com/#/programme>



de porte-conteneurs est inutilisée en raison de cargaisons incomplètes ; chaque navire passe en moyenne 6 % de son temps (soit 22 jours par an) à l'ancre, dans l'attente d'un poste de déchargement et 25 % du temps à quai. L'optimisation de l'emploi des flottes et du routage des navires, intégrant en temps réel les conditions météo et le comportement sur houle du navire, permettrait d'augmenter significativement la productivité du transport maritime, tout en optimisant à la baisse la vitesse moyenne et réduisant la consommation de carburant. Une heure d'immobilisation d'un porte-conteneurs coûtant environ 80 000 €, la réduction du temps d'accès et de séjour des navires au port, par l'automatisation des procédures et des opérations, est un enjeu de compétitivité majeur, tant pour les ports que pour les compagnies maritimes.

La Commission européenne inscrit la transformation numérique du secteur maritime à la croisée de ses deux objectifs majeurs : la « *digitalisation* » et la protection de l'environnement. Elle y voit également l'opportunité, pour l'industrie maritime européenne, de reprendre un avantage technologique sur ses concurrents asiatiques.

Le navire autonome tire la transformation numérique

S'il est un objectif plus restreint, qui restera sans doute marginal pour un certain temps, le navire autonome tire, au moins technologiquement, la transition numérique en multipliant les recherches, produisant des avancées techniques et stimulant les réflexions réglementaires, économiques, sociales. Aussi, les initiatives et les démonstrations à la mer se multiplient-elles dans ce domaine, avec des objectifs de mise en service à horizon proche.

Sur le plan technologique, plusieurs expérimentations à la mer ont été menées depuis quelques années, principalement dans deux directions. Le premier objectif est de démontrer la faisabilité et la sûreté de liaisons de données terre-bord permettant le pilotage et les opérations à distance de navires. La dernière en date de ces démonstrations a été réalisée début septembre 2020 par la société SeaOwl, en coopération avec la Direction des Affaires Maritimes, l'ADEME³, le Bureau Veritas et des industriels comme Total et Naval Group, et a vu le pilotage à distance depuis un laboratoire de l'École polytechnique à Saclay d'un remorqueur de haute mer de la Marine nationale basé à Toulon. Le deuxième objectif est d'utiliser toutes les ressources des technologies numériques (technologies de l'information ou *IT* et technologies des opérations ou *OT*), dans les systèmes embarqués, de manière à accroître l'autonomie décisionnelle de ces systèmes. C'est avec ce dernier objectif que la marine américaine poursuit l'évaluation opérationnelle du *Sea Hunter*, un navire autonome à vocation anti-sous-marin de 40 mètres, supposé pouvoir opérer de façon autonome pendant 70 jours, et franchir une distance de l'ordre de 10 000 miles à 12 nœuds. En Norvège, la société Kongsberg a réalisé un petit porte-conteneurs autonome de

3. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

120 TEU destiné à une liaison côtière. Le navire, le *Yara Birkeland*, a commencé ses essais à la mer en octobre 2020 et est prévu entrer en service commercial en 2021. En juin 2020, le gouvernement coréen annonçait le lancement d'un plan de développement technologique, doté de 130 millions de dollars, visant à réaliser et tester à la mer avant 2025 un navire autonome de haute mer. Le projet européen *AUTOSHIP*, lancé en 2019 et doté d'un budget de 30 millions d'euros, prévoit les essais en 2022 de deux navires autonomes, une barge fluviale et un caboteur.



Passerelle virtuelle installée à l'École polytechnique pour la conduite à distance du VN Rebel à Toulon en septembre 2020 (© École polytechnique)

Du point de vue réglementaire, l'Organisation Maritime Internationale a lancé, en mai 2018, un inventaire de l'impact des navires autonomes sur l'ensemble de ses réglementations (*Regulatory Scoping Exercise*), dans le but d'adapter ces dernières au trafic de navires sans équipage. Elle a édité en juin 2019 un guide provisoire pour les essais de navires autonomes (*Interim guidelines for Maritime Autonomous Surface Ships trials*). En novembre 2019, l'association des industries maritimes du Royaume-Uni (Maritime UK) a publié la troisième version d'un code de bonne conduite pour la conception, construction, mise en œuvre et entretien des navires autonomes. A l'occasion du 2^e Sommet sur les navires autonomes, la Commission européenne a annoncé, le 30 novembre 2020, la publication d'un Guide opérationnel pour les essais de navires de surface autonomes (*EU Operational Guidelines on trials of Maritime Autonomous Surface Ships*), afin d'inclure ces essais dans le périmètre de la directive 2002/59 VTMS (*Vessel Traffic Monitoring and Information Systems*) qui régit le système européen d'information et d'alerte maritime SeaSafeNet. Les sociétés de classification anticipent également l'arrivée de navires autonomes, en adaptant leurs référentiels sous forme de notes d'information ou de recommandations (guidelines) comme la NI 641 d'octobre 2019 du Bureau Veritas, incluant des projets d'exigences spécifiques à l'autonomie.

De nombreux observateurs prévoient le développement de liaisons commerciales sans équipage embarqué en navigation côtière dès 2021 et hauturière à partir de 2025. Cependant, ces développements conserveront un caractère limité et expérimental tant que ne seront pas franchis plusieurs obstacles techniques, organisationnels et sociaux.

Des obstacles restent à surmonter

La révolution numérique en cours repose sur le développement de logiciels opérationnels de plus en plus complexes pour l'exploitation d'un volume croissant de données. La maîtrise, la sécurité et la sûreté de ces logiciels nécessiteront dans l'avenir, alors qu'ils seront dotés de plus en plus d'autonomie

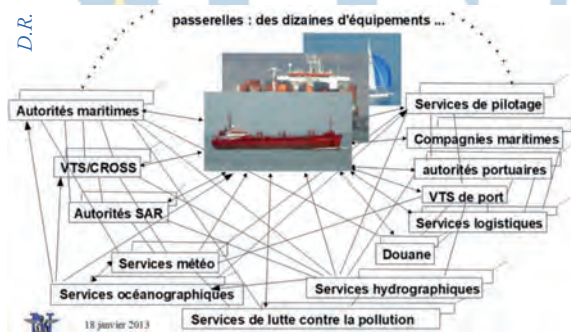


décisionnelle, une modification profonde des méthodes de développement, de test et de certification actuellement en pratique dans le secteur maritime. Les systèmes embarqués répondent, en matière d'identification et de maîtrise des risques, à la norme générale IEC 61508, exigée par le règlement unifié UR 22 des sociétés de classification. Mais cette exigence ne s'applique cependant pas aux systèmes d'échanges d'information (systèmes de navigation et de communications). En octobre 2020, la société de classification norvégienne DNV GL a inclus dans ses règles de classification un nouveau chapitre sur les caractéristiques numériques (Digital features). Elle applique à partir du 1er janvier 2021 quatre nouvelles notations de classe appliquées aux systèmes, infrastructures et méthodes de validation pour les échanges de données numériques entre bord et terre. L'analyse de risques repose en pratique sur des données statistiques obtenues sur des durées d'observation qui, pour des technologies émergentes, ne seront atteintes qu'après de nombreuses années. Aussi, dans l'attente, faudra-t-il mettre en service les nouveaux systèmes automatisés sur une base de confiance dans le processus de développement et non sur la base de mesures statistiquement significatives.

Le navire sans équipage est l'étape ultime du navire automatisé et « connecté », loin du sens commun de l'autonomie, car, au moins jusqu'à un horizon lointain, il restera télécommandé, ou tout au moins contrôlé depuis des centres opérationnels à terre. Ces centres qui supervisent déjà l'activité des flottes commerciales verront ainsi leur responsabilité étendue à la conduite du navire,

notamment en cas d'imprévus sortant des limites de réaction des automatismes. La disponibilité de liaisons bord-terre, permanentes et sécurisées, est un facteur critique.

Il serait vain, cependant, de ne considérer le navire que comme un système isolé ou en liaison unique avec son centre de contrôle. Le navire, avec ou sans équipage, est au centre d'un réseau



Un réseau complexe d'échanges multiples

dense et multiple d'échanges de données, d'informations et d'instructions avec un grand nombre de services. Les ports eux-mêmes sont des nœuds complexes où se croisent plusieurs responsabilités. La transition numérique du transport maritime doit donc se concevoir de façon holistique, transverse et multimodale. Cependant, on assiste aujourd'hui à la numérisation de différentes fonctions de façon indépendante sans que la transversalité de ces fonctions, inhérente au navire autonome, ne soit prise en compte : il en est ainsi de la e-navigation, développement de moyens numériques d'échange et d'exploitation des informations pour la navigation, suivant un plan stratégique de développement spécifique de l'OMI, du développement de systèmes de gestion portuaire (*Port Community Systems*) propres à chaque port, de l'adoption de connaissances

électroniques par diverses compagnies maritimes. La hiérarchie des différentes autorités à terre (centres de contrôle et gestion du trafic, centres de contrôle opérationnels, autorités portuaires et nationales) dans leurs interactions avec des systèmes opérationnels autonomes devra être clairement établie et les protocoles d'échanges standardisés.

Les cyber-risques sont devenus les risques majeurs en termes de sûreté, les attaques des systèmes informatisés des ports et des compagnies maritimes s'étant multipliées ces dernières années. De nouvelles pratiques dans le développement et l'exploitation des logiciels doivent être appliquées par tous les acteurs. Les cyber-risques maritimes sont reconnus par la résolution MSC.428 de l'OMI de 2017, obligeant à compter du 1er janvier 2021 les armateurs à identifier leurs risques et prendre les mesures adaptées. Des recommandations spécifiques figurent dans les règlements des sociétés de classification comme la NR 659 du Bureau Veritas. En France, les principaux opérateurs maritimes figurent sur la liste des opérateurs d'importance vitale (OIV) au sens de l'arrêté de 2016 sur la cybersécurité. Le 17 novembre 2020 a été créée, sous l'égide du Cluster Maritime Français et avec le soutien du Secrétariat général de la mer, l'association France Cyber maritime entre industriels du secteur maritime et experts de la cybersécurité, avec l'objectif de développer collectivement une offre de services adaptés au secteur maritime. Une équipe opérationnelle, *Maritime Computer Emergency Response Team* (M-CERT), sera regroupée à Brest à partir de 2022.



Association France Cyber Maritime © Cluster Maritime Français

Toutes les fonctions à bord ne sont pas en voie d'automatisation. L'entretien des installations à la mer est une des occupations importantes des équipages embarqués. La mesure et la télétransmission des paramètres de fonctionnement des équipements permettent aux centres à terre de diagnostiquer les pannes et d'optimiser, grâce aux jumeaux numériques, les interventions en escales (un concept développé sous le vocable de e-maintenance). Cependant, la gestion



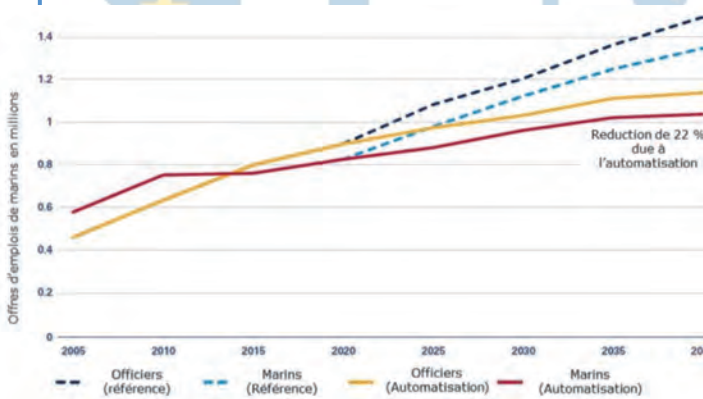
Technologie

technologie
technologie

autonome des pannes en autodiagnostic, la reconfiguration automatique, voire l'échange ou la réparation robotisés, constituent une barrière technologique, nécessitant encore un équipage pour des transits au long cours. De plus, pendant de nombreuses années coexisteront des navires conventionnels et des navires très largement automatisés. L'amélioration de la sécurité dans un contexte mêlant différents degrés d'automatisation exige de repenser en profondeur les rôles respectifs de l'humain et de l'automate, les interfaces homme-machine et la fiabilité des aides à la décision. Des efforts de formation et de sensibilisation s'imposent, non seulement pour les personnels utilisant les nouvelles technologies numériques, qu'ils soient embarqués ou à terre, mais aussi pour les concepteurs de ces outils numériques. Les outils logiciels et les automatismes devront être suffisamment documentés et leurs performances et leur fiabilité correctement évaluées dans leur contexte d'utilisation. La préservation du sens marin parmi les exploitants, y compris les opérateurs à terre, sera un défi majeur.

A beaucoup plus long terme, on pourrait envisager l'émergence de systèmes apprenants capables, non seulement d'analyse rapide de grands nombres de données mais, également, de construire leurs propres modes de décision. La complète intelligibilité de la logique de l'automatisme par un superviseur humain restera impérative, ce qui devrait interdire l'utilisation de tels processus non-déterministes dans les fonctions de conduite ou de pilotage, mettant en jeu la sécurité de personnes physiques ou l'environnement.

Selon une étude de 2019⁴, pas davantage que les révolutions technologiques précédentes, la transition numérique et l'automatisation n'induiront de



perte nette d'emplois, mais conduiront au déplacement de métiers embarqués et manuels vers des emplois plus sédentaires, plus qualifiés, davantage tournés vers les technologies de l'information. Cette évolution pourra donner une nouvelle attractivité aux métiers du

maritime, notamment d'officiers, mais créera dans le même temps des tensions sociales chez les personnels embarqués et portuaires, inquiets des possibles pertes d'emploi et de la transformation profonde de leurs métiers et de leurs qualifications induites par les automatismes.

4. *Transport 2040: Automation, Technology, Employment - The Future of Work*, World Maritime University, 2019, https://commons.wmu.se/cgi/viewcontent.cgi?article=1071&context=lib_reports

Ces évolutions professionnelles devront être accompagnées par une modification du cadre réglementaire de l'OMI (convention sur la formation des gens de mer STWC), en application de normes générales (OIT, ISO) à produire, relatives à l'automatisation. La mise en application de ces conventions modifiées sera longue et freinera la diffusion de l'automatisation.



© Kongsberg Marine

Vue d'artiste d'un vraquier autonome

Enfin, au-delà de l'enthousiasme technologique, des inquiétudes sociales et des adaptations réglementaires, il restera à déterminer le modèle économique qui soutiendra le développement de la navigation autonome. Les gains économiques attendus de l'automatisation par le transport maritime, en termes de productivité et de résilience, ne seront réalisés que si des navires fortement automatisés s'inscrivent dans une chaîne logistique homogène où l'ensemble des segments a atteint le même niveau d'automatisation. Les sociétés de certification ont, à cette fin, défini le Concept d'opération (ConOps) dans le but d'identifier et délimiter les systèmes automatisés du navire et leurs interactions avec les systèmes environnants, y compris les opérateurs humains, ainsi que l'enveloppe de fonctionnement autonome correspondant aux hypothèses de conception et de validation. Le concept d'opérations s'avère un outil indispensable à l'optimisation des choix techniques, à la validation réglementaire des systèmes et à une analyse coût-efficacité de la chaîne logistique.

Enfin, élément important de la stabilité du modèle économique, la détermination des responsabilités tant pénales que civiles est rendue plus complexe par l'accroissement des automatismes et l'on voit déjà de plus en plus souvent, dans le domaine aéronautique, la mise en cause des constructeurs. Le poids des assurances, dans un domaine où les données statistiques seront longues à accumuler, en sera, selon toute vraisemblance, affecté.

En conclusion, les navires autonomes dans le transport maritime ne se développeront que dans un contexte régulé et standardisé impliquant, au niveau international, la quasi-totalité des activités maritimes : transport, ports, chaînes logistiques, construction et maintenance navales, hydrographie et océanologie, autorités étatiques, européennes, internationales. La transition sera progressive, tant en termes de niveau d'automatisation que d'extension géographique, et devra permettre d'accumuler l'expérience à la mer nécessaire pour garantir les niveaux de sécurité indispensables à son acceptabilité. Dans le même temps, la transition numérique du transport maritime devra se plier aux exigences de sécurité, de fiabilité, de sûreté et de standardisation, préparant un contexte global où les navires autonomes trouveront progressivement leur place.