



Yara International ASA

LE BATEAU AUTONOME CHERCHE SON CAP

LE TRANSPORT FLUVIAL ET MARITIME N'ÉCHAPPE PAS À L'AUTONOMISATION. SÉCURITÉ ACCRUE, MEILLEURE RENTABILITÉ ET PRÉSERVATION ENVIRONNEMENTALE SONT LES PRINCIPAUX POINTS FORTS MIS EN AVANT. MAIS MALGRÉ DE NOMBREUSES EXPÉRIMENTATIONS ENCOURAGEANTES, LE DÉVELOPPEMENT À GRANDE ÉCHELLE DU BATEAU AUTONOME N'EST PAS PRÉVU À COURT TERME EN RAISON D'UNE RÉGLEMENTATION CONTRAIGNANTE.

Autant que dans le transport terrestre, l'autonomisation des bateaux est marquée par la recherche d'un équilibre entre les avancées technologiques, les préoccupations en matière de sécurité, l'impact sur l'environnement, la facilitation du commerce, les coûts pour l'industrie et les conséquences sur l'emploi. Tant dans le secteur du transport maritime, que dans celui du transport fluvial, le bateau autonome apparaît aujourd'hui comme une innovation cochant beaucoup de cases mais devant faire face à des courants contraires. Quels sont les projets en cours et les promesses, mais aussi quels sont les contraintes et les freins à son développement ?

L'EUROPE À L'INITIATIVE DU BATEAU SANS ÉQUIPAGE

Entre 2012 et 2015, la Commission européenne a subventionné un projet de recherche FP7 (7^e programme-cadre européen de recherche et de développement) appelé Munin (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks). Il s'agissait de développer le concept de bateau sans équipage dans tous ses aspects : techniques, technologiques, économiques et légaux. Piloté par la société Fraunhofer, le projet a regroupé huit partenaires des pays nordiques et reçu 2,9 millions d'euros de subventions. Se concentrant sur le transport de marchandises, il a pu démontrer la faisabilité technique de la navigation sans équipage au niveau 3 (cf. encadré). Mais l'obstacle majeur au développement commercial s'est révélé être la réglementation internationale, qui interdit aujourd'hui les bateaux sans équipage. D'autres projets européens dédiés au bateau autonome ont suivi, comme les projets maritimes Hull2Hull et Autoship et le fluvial Novimar. Ainsi, les fonds européens permettent de financer la recherche et le développement des bateaux autonomes. Les résultats peuvent ensuite essaimer vers le secteur industriel et profiter à des acteurs privés majeurs, comme les anglais Rolls-Royce et L3 ASV Global, ou les nordiques Kongsberg, ABB et Wärtsilä, qui sont des acteurs de premier rang dans le développement des navires autonomes.



MIT-AMS



MIT-AMS

En couverture

Le prototype du Yara Birkeland, mis à l'eau en février 2020 en Roumanie.

à gauche : Solution fluviale de transport de colis automatisé imaginée par Roboat.org, collaboration entre l'AMS et le MIT.

à droite : Le transport fluvial autonome imaginé par Roboat sur les canaux d'Amsterdam.

QU'EST-CE QU'UN BATEAU AUTONOME ?

Un bateau désigne ici tous les bateaux de surface existants, quelle que soit leur taille, depuis la simple embarcation, la péniche, le navire, le vaisseau jusqu'au bâtiment. L'Organisation maritime internationale (OMI) distingue quatre niveaux d'autonomie. Niveau 1 : bateau avec des opérations qui peuvent être automatisées et parfois non supervisées, mais avec un équipage à bord prêt à reprendre le contrôle.

Niveau 2 : bateau contrôlé et téléguidé à distance à partir d'un centre terrestre, mais avec un équipage à bord disponible pour reprendre le contrôle.

Niveau 3 : bateau contrôlé et téléguidé à distance sans équipage à bord (on parle de « unmanned ship »).

Niveau 4 : bateau entièrement autonome. Le système embarqué est capable de prendre des décisions et de déterminer des actions par lui-même sans aucune assistance humaine à bord ou à terre.

DES USAGES POSSIBLES DANS TOUS LES DOMAINES

L'autonomisation des bateaux a depuis longtemps pénétré de nombreux secteurs d'activité. C'est notamment le cas pour l'industrie pétrolière et gazière, avec, par exemple, le groupe français Bourbon, fervent utilisateur dans l'*offshore* pétrolier. De son côté, la recherche scientifique utilise des drones maritimes pour effectuer des relevés océanographiques. Le domaine militaire n'est pas en reste, avec notamment le lancement, en 2016, du bateau *Sea Hunter*, un chasseur de sous-marins de la Marine américaine.

C'est dans le transport maritime et fluvial de voyageurs et de marchandises que l'autonomisation est plus récente, avec une longueur d'avance dans le secteur maritime due à la présence de grands armateurs contrairement au fluvial qui est davantage un milieu d'artisans. On peut citer une multitude de projets de bateaux autonomes pour les croisières touristiques et le transport de marchandises : les péniches sur les canaux, les navettes fluviales, les ferries sur les lacs et les fjords, et même le paquebot de croisière autonome imaginé par la société américaine Buffalo Automation, aux États-Unis. Quant au transport fluvial de marchandises, il connaît actuellement un regain d'intérêt de la part des collectivités locales en France qui disposent d'un fleuve ou d'un accès à la mer. La péniche autonome est une opportunité d'innovation et de report modal vers un mode peu polluant et plus économique. Son développement nécessitera parallèlement une évolution technologique de l'infrastructure fluviale (écluses, ports).

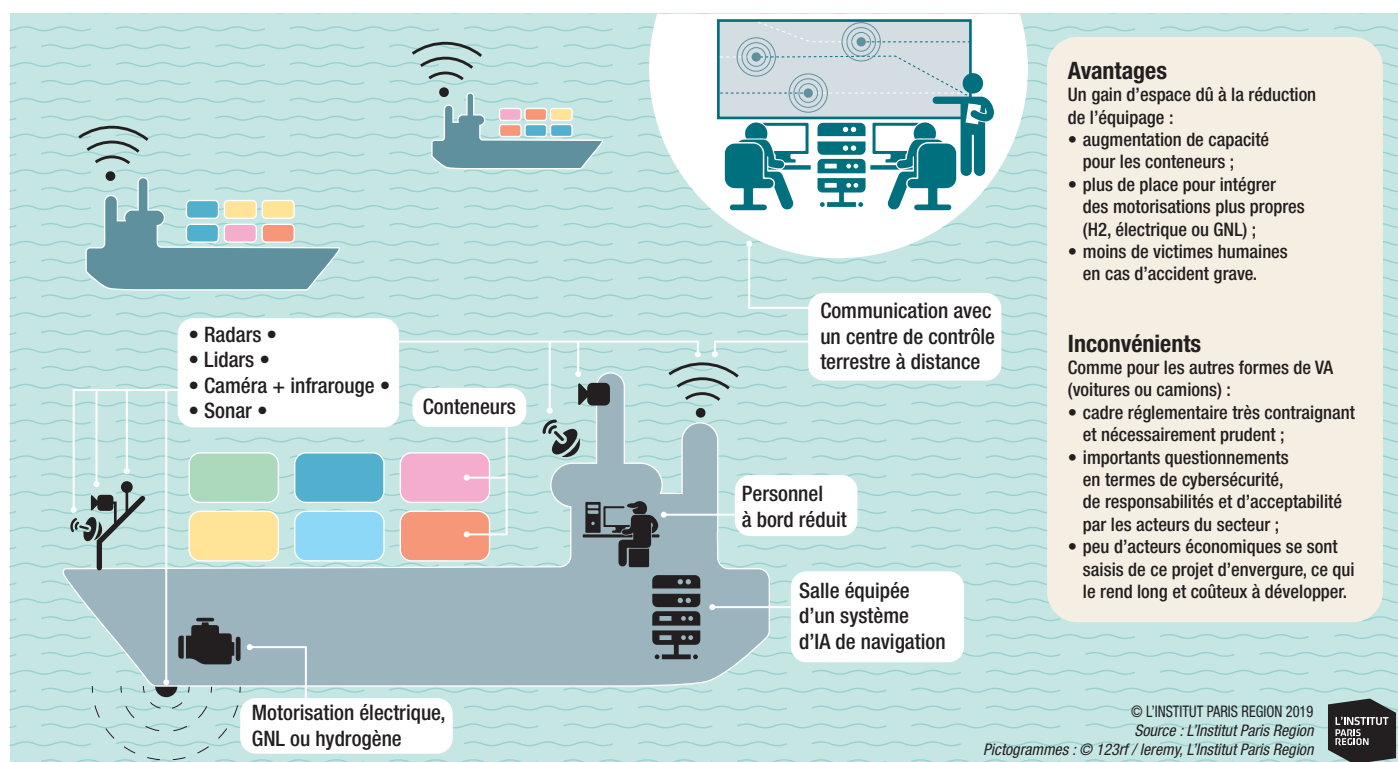
DES EXPÉRIMENTATIONS GRANDEUR NATURE

Quelques pays comme la Norvège, la Finlande, les Pays-Bas, la Belgique ou la Chine ont pris une longueur d'avance en développant des projets ambitieux de bateaux autonomes.

En Norvège, les fjords d'Oslo et de Trondheim sont des lieux d'expérimentation reconnus. La compagnie Kongsberg a mis au point, dans cet environnement propice, un navire-cargo autonome

et électrique avec une capacité d'une centaine de conteneurs. Les opérations ont commencé en 2019, d'abord avec un équipage, puis se poursuivent en mode autonome en 2020. En Finlande, dans l'archipel de Turku, l'opérateur public Finferries a testé, en décembre 2018, le premier ferry autonome développé par Rolls-Royce. Ce bateau a réalisé une trajectoire sans faute entre deux îles de cet archipel, avec à l'aller, une navigation totalement autonome et, au retour, une navigation téléguidée par un officier dans une cabine de contrôle à terre. Une expérimentation similaire a eu lieu au Japon, sur la mer intérieure de Seto, en septembre 2018. Le MIT et l'institut Advanced Metropolitan Solutions (AMS) d'Amsterdam collaborent sur un projet baptisé RoBoat. Le but initial, en 2016, était de créer un système de bateaux autonomes qui pourraient servir de bateaux-taxis dans une ville où il existe plus de 100 km de canaux, mais le projet se heurte aujourd'hui à un problème d'acceptabilité par les touristes et les marins. Les concepteurs ont démarché, en vain, d'autres villes puis ont cherché d'autres usages, sous la forme d'un pont mobile ou pour le transport de déchets. En Belgique, deux expérimentations inédites de barges autonomes en mode convoi sur le domaine fluvial sont en cours : Watertrucks+ et Seafar.

La Chine s'est aussi lancée dans la course au transport autonome, avec la construction du plus grand centre d'essai mondial au large du port de Zhuhai, dans la mer de Chine méridionale. Les premiers tests d'un navire-cargo ont eu lieu fin 2019. Toujours en Chine, la surveillance des lacs fréquentés par les touristes est un autre domaine d'expérimentation. Des bateaux autonomes patrouillent désormais sur le grand lac artificiel de Tian'e, et sont programmés pour repérer les mouvements en surface et sous l'eau. Aucune noyade n'a été déplorée depuis son lancement, en novembre 2016. Cette fonction de surveillance est observée également au sein de la marine britannique et en Irlande, où les autorités déploient des bateaux autonomes pour mener des opérations de sauvetage. Les Français sont aussi dans la course. Développé par Kara Technology, l'école d'ingénieurs



Esaip et le bureau d'ingénierie D-ice, le bateau EVA2 (entité de voyage automatisé autonome), entièrement autonome mais avec un équipage, devrait participer à la course Vendée Globe 2020 pour un tour du monde. Le groupe Bourbon travaille également sur un projet de navire sans équipage. Le CEA Tech et PSA collaborent, eux, sur un projet de bateau autonome propulsé à l'hydrogène et destiné au transport de pièces automobiles conteneurisées sur les canaux de l'est de la France. À Caen, un projet de navette fluviale électrique autonome d'une capacité de dix personnes est à l'étude entre les deux rives du canal (projet NEAC). Autre fait notable en France : la formation des ingénieurs est très en pointe, notamment à l'Ensta Bretagne, qui fait travailler depuis une quinzaine d'années ses élèves-ingénieurs sur des projets de démonstrateurs de bateaux autonomes.

Enfin, après l'exploit norvégien de juillet 2018 avec la traversée de l'Atlantique entre l'Irlande et le Canada (2 000 km) par un petit bateau autonome de plaisance de la société Offshore Sensing dénommé SailBuoy, l'ONG britannique Promare s'est associée à IBM pour développer un trimaran entièrement autonome baptisé *Mayflower*. Sans équipage ni commandement à distance, ce bateau autonome de niveau 4 (cf. encadré) a pour ambition de traverser l'Atlantique en septembre 2020, soit une distance de 5 000 km.

UNE TECHNOLOGIE HÉRITÉE DE L'INDUSTRIE AUTOMOBILE

Du point de vue technologique, on retrouve les mêmes types de capteurs que pour la voiture autonome (les Lidars, les ultrasons, les caméras HD, la 4 ou 5G, le GNSS...) et, en complément, des sonars

pour détecter les obstacles sous l'eau. La dimension du bateau détermine alors le nombre de capteurs nécessaires. Ces derniers alimentent aujourd'hui des algorithmes déterministes, et demain des systèmes d'intelligence artificielle (reconnaissance de formes, fusion de données...) de plus en plus puissants. Le bateau autonome bénéficie de transferts de technologie de l'industrie automobile, avec cependant des adaptations aux spécificités du monde maritime. Par exemple, le bateau doit naviguer sur une surface mouvante, ce qui complique les manœuvres et exige des algorithmes de calcul de trajectoire plus complexes que ceux utilisés pour la route ; c'est notamment le cas pour les manœuvres d'amarrage. Néanmoins, comme la vitesse est plus faible que sur la route, le contrôle à distance depuis le centre de commande est moins exigeant en termes de latence de communication. De plus, le bateau n'est pas confiné à une route prédéfinie, ce qui permet une plus grande souplesse dans les opérations d'évitement.

Par ailleurs, on retrouve les mêmes débats que pour la voiture autonome sur les questions de cyber sécurité, de responsabilité en cas de collision et de réponse des assureurs ainsi que d'homologation des bateaux autonomes, y compris les systèmes informatiques embarqués. La question de l'acceptabilité se pose aussi pour les bateaux de transport de voyageurs, et dans une moindre mesure pour les bateaux de fret. L'impact sur l'emploi est également une préoccupation majeure des transporteurs. Les métiers mutent vers le numérique à forte valeur ajoutée modifiant les métiers traditionnels de marin et de marinier. On assiste à une crise des vocations et le bateau autonome peut être vu, à terme, comme une solution pour palier en partie à ce manque de personnel.

DES AVANTAGES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET SÉCURITAIRES INDÉNIABLES

Avec l'autonomie croissante, c'est toute l'architecture du bateau qui doit être repensée pour réduire son impact environnemental. Grâce au gain de place dû à la réduction, voire la suppression, de l'équipage à bord et des équipements qui leur sont destinés, un modèle de cargo ou de péniche autonome peut être conçu en optimisant l'hydrodynamique des carènes afin de diminuer la consommation énergétique. Des moteurs propres, électriques ou alimentés au GNL, peuvent compléter la conception du bateau du futur. L'intérêt est aussi économique. D'une part, l'utilisation d'un bateau autonome permet de réduire les dépenses liées à l'équipage, ce qui représente environ 30 % des coûts d'exploitation (une péniche traditionnelle faisant Le Havre-Gennevilliers en 20 heures nécessite un équipage minimum de trois personnes). D'autre part, sa conception permet une augmentation de la charge utile et par conséquent des marges plus importantes. Il faut néanmoins tenir compte du coût d'investissement plus élevé que pour un bateau classique dans le calcul de la rentabilité économique. L'amélioration de la sécurité est un autre point positif, considérant que, selon l'assureur Allianz, 85 % des incidents sont dus à des erreurs humaines. Il semble néanmoins que toutes les expérimentations ont été menées jusqu'à maintenant dans des conditions météorologiques favorables, laissant une incertitude sur le niveau de sécurité dans des conditions de mauvais temps.

MAIS UN CADRE RÉGLEMENTAIRE TRÈS CONTRAIGNANT DANS LE MARITIME

À l'instar du Code de la route, il existe aussi un règlement de navigation international, le Ripam (Règlement international pour prévenir les abordages en mer, 1972), aussi appelé ColReg (*Collision Regulations*), dont l'objectif est de fixer des règles de priorité entre les bateaux en circulation. Même bardé de capteurs, un bateau autonome est-il capable de « voir » son environnement pour avancer sans risque et sous toutes conditions météorologiques ? Est-il également capable d'exécuter une manœuvre d'amarrage dans des ports encombrés ? La convention internationale Solas (*Safety of life at sea*, 1974), qui vise à définir des normes minimales afin de garantir la sécurité de la navigation, requiert que le bateau dispose d'un équipage minimum. Quant à l'équipe de téléopération à terre, son statut juridique n'est défini dans aucun texte.

Au vu d'un volume de trafic et d'un niveau de dangerosité relativement plus faibles que pour le trafic routier, la réglementation maritime apparaît donc très stricte, très contraignante, voire disproportionnée. Aujourd'hui, le consensus semble être obtenu sur les niveaux d'autonomie 2 et 3 (cf. encadré), et uniquement pour les courtes distances. L'Organisation maritime internationale a pris pleinement conscience que ce cadre constitue un frein à l'innovation. Et réfléchit depuis trois ans à un assouplissement de la réglementation pour permettre la navigation de bateaux sans équipage.

LA RÉVOLUTION DU BATEAU SANS ÉQUIPAGE RESTE DANS LE BROUILLARD EN FRANCE

Le bateau sans équipage est un concept innovant, mais aucun transporteur fluvial ou maritime en France n'envisage aujourd'hui son usage commercial. De plus, le saut vers le bateau sans équipage nécessite une adaptation du droit international, et a minima national, sans perdre de vue que les États ont pleine souveraineté dans leurs eaux intérieures et territoriales. La Finlande a été le premier pays au monde à autoriser les bateaux sans équipage téléguidés à distance, la Norvège a suivi. En France, la loi dite Leroy pour « l'économie bleue » du 20 juin 2016 n'a pas abordé le sujet. Cependant, l'article 135 de la loi du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités habilite le gouvernement à légiférer par ordonnances toute mesure permettant la navigation des navires autonomes, le texte est toujours à l'étude. En revanche, la régulation automatique de la navigation reste progressive. Pour des raisons d'acceptabilité, c'est davantage dans le transport de marchandises que dans le transport de voyageurs que peuvent émerger des projets de bateaux autonomes. Le plan fret de la Région Île-de-France et la perspective des JOP 2024 pourraient constituer des cadres propices à des expérimentations et à des études d'impacts élargis. ■

Dany Nguyen-Luong, ingénieur transports,
directeur du département Mobilité transports,
et Cédric Cariou, géographe transports,
département Mobilité transports

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Fouad Awada

DIRECTRICE DE LA COMMUNICATION

Sophie Roquette

MAQUETTE

Jean-Eudes Tilloy

INFOGRAPHIE/CARTOGRAPHIE

Sylvie Castano

MÉDIATHÈQUE/PHOTOTHÈQUE

Inès Le Meledo, Julie Sarris

FABRICATION

Sylvie Coulomb

RELATIONS PRESSE

Sandrine Kocki

33 (0)1 77 49 75 78

L'Institut Paris Region

15, rue Falguière
75740 Paris cedex 15
33 (0)1 77 49 77 49

ISSN 1967-2144
ISSN ressource en ligne
2267-4071



institutparisregion.fr



RESSOURCES

- Hans-Christoph Burmeister, Wilko Bruhn, Ørnulf Jan Rødseth, Thomas Porathe, « Autonomous Unmanned Merchant Vessel and its Contribution towards the e-Navigation Implementation: The MUNIN Perspective », *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*, Volume 1, Décembre 2014, pages 1-13.
- Ørnulf Jan Rødseth, Håvard Nordahl, *Definitions for Autonomous Merchant Ships*, NFAS, 2017.
- Bureau Veritas, *Guidelines for Autonomous Shipping*, Bureau Veritas, 2019.
- SINTEF, *Proceedings of the 1st International Conference on Maritime Autonomous Surface Ships (ICMASS)*, SINTEF, 2018.

L'INSTITUT
PARIS
REGION