



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Mai 2022

Navigation d'engins flottants de surface maritimes ou sous-marins autonomes ou commandés à distance

Contribution au rapport du Gouvernement au Parlement sur l'évaluation des expérimentations

François Marendet - CGEDD
Thibaut Chollet - IGAM

Rapport n° 014247-01



Rapport n° 2022-04



**Les auteurs attestent qu'aucun des éléments de leurs activités
passées ou présentes n'a affecté leur impartialité dans la
rédaction de ce rapport**

Statut de communication	
<input type="checkbox"/>	Préparatoire à une décision administrative
<input type="checkbox"/>	Non communicable
<input type="checkbox"/>	Communicable (données confidentielles occultées)
<input checked="" type="checkbox"/>	Communicable

Sommaire

Résumé	5
Liste des recommandations	6
Introduction	8
Contexte.....	8
Périmètre de la mission et extension apportée	9
1 Les retours d’expérience	14
1.1 Un retour d’expérience limité	14
1.2 Une procédure d’expérimentation perfectible.....	15
1.3 La cohabitation d’un double régime favorable au secteur	15
2 Règles de circulation	17
2.1 Nouvelle approche de la navigation	17
2.2 Quel sens marin ?	17
2.3 Partage de l’espace maritime avec un nouvel « usager »	18
2.4 Identification des responsabilités	19
2.5 Référentiel technique ?	20
2.5.1 La réglementation actuelle	20
2.5.2 Les perspectives envisageables.....	21
3 Sécurité et sauvegarde de la vie humaine en mer	23
4 Problématique du lien de communication et de sa protection	25
4.1 Problématique technique	25
4.2 La sécurité numérique et la cybersécurité.....	26
5 Un secteur de développement	28
5.1 Les opportunités.....	29
5.2 Le développement d’outils d’autonomisation	29

6 Qualification et certification	30
6.1 Une évolution possible de la carrière des marins.....	30
6.2 Coursus de formation.....	31
6.3 Développement de référentiels techniques et d'un processus de certification adaptés	32
7 Les enjeux de développement	34
7.1 Accompagnement des entreprises françaises	34
7.2 Développement de nouveaux outils au profit de l'économie maritime	35
7.3 Atouts pour le pavillon et l'État.....	36
8 Une gouvernance adaptée et renforcée au sein de l'État.....	38
Conclusion.....	40
Annexes.....	42
1 Lettre de mission.....	43
2 Liste des personnes rencontrées.....	45
3 Tableau des expérimentations recensées par les Préfectures Maritimes	47
4 Bibliographie.....	48
5 Glossaire des sigles et acronymes.....	50

Résumé

Le secteur des engins flottants autonomes maritimes ou sous-marins est en plein développement avec une filière française sur les drones maritimes en particulier, extrêmement dynamique qu'il convient de conforter, tout en ne la bridant pas de façon excessive au regard des enjeux de sauvegarde de la vie en mer et de sûreté, et dans un contexte de concurrence européenne.

Par lettre de mission en date du 17 décembre 2021, les ministres chargés des transports et de la mer ont souhaité un rapport conjoint du CGEDD et de l'IGAM pour préparer un rapport d'évaluation par le Gouvernement au Parlement (article 135 de la LOM).

Le régime d'expérimentation instauré en France par l'arrêté de mai 2020 permet la mise en œuvre de petits engins à portée modérée appelés drones ainsi que de navires de taille plus importante identifiés comme navires autonomes. Les expérimentations menées mettent en évidence un fort dynamisme des drones. Les navires autonomes n'ont suscité que peu d'intérêt pour les amateurs et leurs expérimentations ont été peu nombreuses.

La mission a eu l'opportunité de rencontrer des personnes, certes passionnées par le développement technologique des drones, mais toujours soucieuses aussi des particularités maritimes, de leur environnement et des personnes qui fréquentent la mer.

Ces diverses rencontres permettent donc à la mission d'émettre des recommandations qui vont au-delà de la simple évaluation des expérimentations qui ont eu lieu dans le cadre de l'arrêté de 2020 dans la perspective d'un meilleur accompagnement de ce secteur par l'administration, celle-ci étant seule habilitée à faire le rapport d'évaluation des expérimentations au Parlement. Ces recommandations visent notamment à répondre aux préoccupations croissantes en matière de souveraineté et de sûreté.

Il s'agit par exemple d'assurer la formation des pilotes et superviseurs en s'appuyant sur l'ENSM, de clarifier les responsabilités, d'améliorer la sécurité de l'information entre l'opérateur et le drone et d'assurer une plus grande interaction entre le monde militaire et le monde civil.

À l'instar de ce qui fonctionne pour les véhicules terrestres autonomes, la mission recommande la mise en place d'un comité stratégique au sein du comité France Maritime coprésidé par le SG Mer et le président du Cluster Maritime Français. Ce comité pourra associer des directions d'administration centrale (DGAMPA, DGITM, DGE et DGAC) et des organismes publics tels que l'ANSSI pour définir une stratégie nationale « engins de surface et sous-marins autonomes » et répondre aux divers flous juridiques recensés par la mission.

Liste des recommandations

- Recommandation 1. DGAMPA : conforter dans un premier temps le principe de Guichet unique pour toute demande d'immatriculation des navires et drones autonomes, afin de garantir une homogénéité dans l'examen des dossiers, et adapter la structure du Guichet unique en conséquence.15**
- Recommandation 2. DGAMPA : sans faire obstacle à une commercialisation de l'usage de drones maritimes, maintenir un régime d'expérimentation sur des bases rénovées de l'arrêté du 20 mai 2020 désormais caduc, pour permettre aux industriels de continuer au secteur de se développer, au regard des enjeux de sauvegarde de la vie humaine en mer, de sécurité et de sûreté.....16**
- Recommandation 3. DGAMPA : Engager une réflexion impliquant les CROSS au niveau territorial, assortie d'une consultation de BEA Mer pour déterminer les processus à mettre en œuvre en cas d'incident ou d'accident impliquant des navires autonomes ou drones maritimes.....24**
- Recommandation 4. DGAMPA : Engager une concertation avec l'ANSSI et l'ANFR pour améliorer et renforcer les réseaux de communication entre les engins flottants et les installations à terre ou en mer pour le suivi ou contrôle de ces engins, notamment pour certaines missions de surveillance.....27**
- Recommandation 5. Renforcer l'interaction et les échanges entre monde civil et militaire, par l'intermédiaire notamment des pôles mer Bretagne et Méditerranée...28**
- Recommandation 6. DGAMPA, DGITM et DGAC : Engager une veille avec les industriels sur le développement des drones à usage civil et militaire pouvant être aériens et maritimes à la fois.28**
- Recommandation 7. DGAMPA: Mandater explicitement l'Ecole Nationale Supérieure Maritime pour coordonner avec les autres organismes de formation habilités en vue de proposer les niveaux de formation nécessaires aux pilotes et superviseurs de mission concernant les drones et navires autonomes et d'adapter la formation des navigants à la rencontre potentielle de navires autonomes ou drones dans l'exercice de leur profession.32**
- Recommandation 8. DGITM : Favoriser le développement de la filière des drones en France par les pouvoirs publics, en incitant ses établissements publics tels que les ports pour un usage des drones pour la bathymétrie, tels que le GIE Dragages Ports pour déterminer, dans le cadre de l'article 35 de la loi sur l'économie bleue, la nature des sédiments à claper, ainsi que la bathymétrie des fonds immédiatement après dragage.....35**

Recommandation 9. DGAMPA, DGOM et Ministère des armées : recourir dans la mesure du possible à l’usage des drones maritimes, en complément de l’usage de drones aériens pour la surveillance des zones de pêche dans les limites de la ZEE, notamment de nos territoires ultramarins où des drones aériens sont déjà expérimentés.35

Recommandation 10. SG Mer: S’inspirer de la méthode mise en place pour les véhicules terrestres autonomes, pour renforcer l’action du Cluster Maritime Français, en constituant un comité stratégique au sein du Comité France Maritime en associant d’autres directions d’administration centrale hors Ministère chargé des transports et Ministère chargé de la Mer telles que la DGE et organismes publics tels que l’ANSSI pour définir une véritable stratégie nationale engins flottants autonomes.39

Introduction

Contexte

Par une lettre de commande du ministre chargé des transports et de la ministre de la mer en date du 17 décembre 2021, le vice-président du conseil général de l'environnement et du développement durable et l'inspecteur général des affaires maritimes ont été saisis de la demande de réalisation d'une mission permettant au gouvernement de produire, conformément à la loi d'orientation sur les mobilités, notamment son article 135, un rapport d'évaluation sur les expérimentations d'engins flottants autonomes, navires ou drones.

Initialement la loi sur l'économie bleue n°2016-816 du 20 juin 2016 précisant notamment les règles applicables aux engins flottants de surface ou sous-marins, à bord desquels aucune personne n'est embarquée, a créé un cadre législatif pour ces engins. Le dispositif a été complété par un arrêté du 20 mai 2020 relatif aux modalités d'expérimentation de la navigation des engins flottants maritimes autonomes ou commandés à distance, ainsi que tout récemment par l'ordonnance n°2021-1330 du 13 octobre 2021 relative aux conditions de navigation des navires autonomes et des drones maritimes, qui doit se décliner dans les prochaines semaines par un dispositif réglementaire, décrets et/ou arrêtés.

La mission remercie en premier lieu le Cluster maritime français qui a commencé à s'organiser en regroupant différents acteurs maritimes ainsi que la direction des affaires maritimes intégrée dans la direction générale des affaires maritimes, de la pêche et de l'aquaculture. Elle a pu rencontrer très rapidement un grand nombre d'industriels essentiellement en visioconférence, mais a pu se rendre à Brest, au Havre et à Nantes rencontrer certains acteurs tels que des représentants de la Préfecture maritime Atlantique, le pôle mer Bretagne, ainsi que l'École nationale supérieure maritime dont des membres et professeurs ont eu l'occasion de prendre part à certains projets, émettant aussi des propositions, notamment en matière de formation.

La mission a, du fait de la courte durée qui lui était imposée, fait certaines impasses de rencontres, notamment avec les assureurs, sujet technique par nature. Elle n'a pu procéder à un parangonnage au niveau européen, malgré l'existence d'initiatives intéressantes en Finlande (mise en place d'un écosystème ONESEA dont l'objectif principal est d'ouvrir la voie à un écosystème maritime autonome opérationnel d'ici 2025¹), au Danemark (avec notamment le DNV) et en Norvège (expérimentation d'un navire de Yara, le Yara Birkeland, le long de la côte entre deux usines de Yara) notamment. Il est à signaler que l'Europe, dès 2012, avait lancé un programme de recherche sur les navires sans équipage, appelé Munim (*Maritime Unnamed Navigation through Intelligence Networks*).

Il est possible d'envisager l'exploitation d'engins flottants, navires ou drones, commandés à distance ou avec un haut niveau d'automatisation, la réglementation existante au niveau de

¹ <https://www.oneseaecosystem.net>

l'OMI (Organisation Maritime Internationale) ayant fixé à titre provisoire pour les navires quatre niveaux :

- Degré 1 : *Navire doté de processus et d'une aide à la décision automatisés* : du personnel se trouvant à bord du navire exploite et commande les systèmes et fonctions de bord, mais certaines opérations peuvent être également automatisées.
- Degré 2 : *Navire commandé à distance avec du personnel embarqué* : le navire est commandé et exploité à partir d'un autre endroit. Du personnel est néanmoins à bord pour reprendre le contrôle en cas de besoin et exploiter les systèmes et fonctions de bord.
- Degré 3 : *Navire commandé à distance sans personnel embarqué* : le navire est commandé et exploité à partir d'un autre endroit. Il n'y a personne à bord.
- Degré 4 : *Navire complètement autonome* : le système d'exploitation du navire est en mesure de prendre des décisions et de déterminer de lui-même quelles sont les mesures à prendre.

Même si la réglementation actuelle limite l'expérimentation sur les eaux territoriales, il est indéniable que cette réglementation évoluera pour une navigation de type international pour laquelle on pourrait voir une décomposition de la navigation suivant différents degrés, notamment 1 et/ou 2, et 3 et/ou 4, ce qui pose la question juridique sur la notion de capitaine de navire, et d'équipage embarqué ou non.

Périmètre de la mission et extension apportée

L'objectif de la mission consiste, dans le cadre de ce rapport, à examiner les différents aspects portant sur la cybersécurité, la sécurité et la surveillance, la communication, la qualification et la certification ainsi que les règles de circulation en matière nautique, ou de responsabilité au regard notamment des premières évolutions réglementaires mises en place en 2020 et 2021 par le gouvernement français et de certaines expérimentations mises en œuvre par les industriels.

Il est à ce stade nécessaire de préciser quelques notions sur les engins concernés par ces expérimentations. Deux grands familles d'engins autonomes sont à distinguer, les navires autonomes et les drones. Dans cette dernière famille, deux sous-catégories apparaissent, les drones de surface et les drones sous-marins. Tels que définis par le Code des transports, les drones sont des engins naviguant par leurs propres moyens ou opérés à distance, en surface ou dans la colonne d'eau, dont la jauge brute est inférieure à 100. Schématiquement, il s'agit de petits navires avec des autonomies généralement limitées à quelques heures et présentant un risque faible de dégâts en cas de collision. C'est la famille qui a fait l'objet du plus grand nombre d'expérimentations et dont la conception est la plus aboutie. Les navires autonomes, plus imposants par nature, font l'objet de moins de recherches et par conséquent de moins d'expérimentations à ce stade.

Enfin, il est à noter que les expérimentations qui ont été examinées dans le présent document et les entretiens avec les acteurs du secteur ne portent que sur des engins destinés au monde

professionnel. Le secteur de la plaisance n'a pas été intégré à ces analyses et, au regard de l'étendue des travaux à venir, les recommandations qui en découlent ne sauraient lui être transposées sans une adaptation préalable aux besoins de ce secteur.

L'intérêt pour les navires autonomes et télécommandés augmente rapidement. Grâce aux récents développements de la technologie des capteurs, de la connectivité en mer, des logiciels et algorithmes d'analyse et d'aide à la décision, des premiers projets commerciaux sont prêts à être lancés dans un proche avenir.

Le domaine est vaste, avec de nombreuses applications et concepts d'automatisation différents qui pourraient bénéficier à l'industrie maritime. Des navires complètement sans pilote aux navires télécommandés à partir de passerelles terrestres, en passant par les systèmes de soutien qui avertissent l'équipage avant une collision ou aident à optimiser les opérations.

D'ores et déjà, le Cluster maritime français a initié depuis 2015 des groupes de travail, l'un sur les navires autonomes, l'autre sur les drones maritimes de surface ou sous-marins, avec les industriels, la société de classification Bureau Veritas (BV), le Service hydrographique de la Marine (SHOM) qui œuvrent pour faire évoluer les éléments de base cartographique pour qu'ils soient lus directement par une machine, et l'école de formation maritime, avec des réunions auxquelles nous avons été associés. Il faut néanmoins remarquer que, si notre pays possède une solide base industrielle pour les drones maritimes, l'expérimentation pour les navires autonomes à ce jour reste principalement concentrée dans certains pays du Nord (Norvège avec le site d'essai du fjord de Trondheim, Finlande, Royaume-Uni) ainsi que le Japon, les États-Unis et Singapour notamment. De son côté, le DNV s'est activement investi également, et a publié des documents pour parvenir à une certification de classification pour les navires autonomes ².

Mais la démarche n'est envisagée que dans le cercle très restreint des acteurs maritimes. Les autres engins autonomes, qu'ils soient aériens ou terrestres, font déjà l'objet par ailleurs de travaux juridiques, réglementaires, techniques. Aussi, une comparaison a été tentée avec les autres secteurs de la mobilité, aérien ou terrestre, en essayant d'identifier les points communs mais aussi d'en souligner les différences.

Et finalement, quel est l'intérêt d'augmenter le niveau d'autonomisation des navires ? L'un des arguments des défenseurs de cette approche repose sur le fait que 80 % des accidents recensés impliquent le facteur humain, d'où la tentation rapide de disposer à bord du moins grand nombre possible de gens de mer, l'équipage pouvant représenter près de 50 % du coût d'exploitation d'un navire. Mais c'est sans doute oublier de déterminer aussi le nombre d'accidents qui ont été évités grâce à la présence de gens de mer à bord, chiffre que l'on ne

² www.dnvgl.com/research/review2018/position-papers.html

peut recenser de façon exhaustive, sauf dans certaines organisations comme le pilotage. En effet, leur système qualité prévoit cette comptabilisation et les processus d'amélioration continue associés, y compris par la formation.

De plus, si les accidents maritimes sont analysés, soit comme d'origine humaine, soit comme d'origine technique ou de conception, il ne faut pas oublier qu'à l'heure actuelle, les systèmes techniques et technologiques sont eux aussi de conception humaine. La question se pose donc de savoir quel objectif est assigné à l'autonomisation d'un navire, cet objectif pouvant être différent suivant le type de navire, le type de navigation, ou sur la façon dont on va traiter le « dernier kilomètre » (l'accès au port).

Quand on se penche sur les autres modes de déplacement, on constate que tous les grands du numérique poursuivent des projets de véhicules autonomes terrestres et que certains ont un regard aussi sur l'aspect maritime. Par exemple, IBM mène un projet chargé de symbole sur les navires autonomes; le May Flower autonome d'IBM devait fêter le 400ème anniversaire du premier May Flower en retraversant l'océan en juin 2021 : une défaillance mécanique a fait échouer la tentative³ mais la multinationale poursuit son travail actuellement avant de se lancer dans une nouvelle tentative, sans doute durant l'année 2022.



Figure 1: Navire autonome Mayflower en rade de Plymouth (UK) (source Tom Barnes pour IBM)

⁴ https://www.francetvinfo.fr/replay-radio/nouveau-monde/le-bateau-autonome-mayflower-recompense-par-le-ces-de-las-vegas_4203173.html

³ <https://www.washingtonpost.com/technology/2021/09/24/autonomous-ai-ship/>

⁴ https://www.francetvinfo.fr/replay-radio/nouveau-monde/le-bateau-autonome-mayflower-recompense-par-le-ces-de-las-vegas_4203173.html



Figure 2: VN REBEL



Figure 3 : Drone sous-marin RTSYS (source Le Télégramme)



Figure 4 : Drone DRIX de IXBlue 7,70 ml (source Mer et Marine)



Figure 5 : Transformation en drone par ECA GROUP et supervision (source ECA Group)



Figure 6: Drone de surface 12 ml (source ECA Group)

1 Les retours d'expérience

Dans le X de son article 135, la loi 2019-1428 du 24/12/2019 « d'orientation des mobilités » prévoit la navigation des drones maritimes et navires autonomes à titre expérimental. En complément, l'arrêté du 20/05/2020 a fixé les modalités d'autorisation des expérimentations, en instituant un régime de déclaration et un régime d'autorisation. Dans les deux cas, le Préfet maritime territorialement compétent en fonction de la zone de réalisation de l'expérimentation était désigné autorité administrative compétente, et destinataire des dossiers de déclaration des essais ou de demande d'autorisation de ces essais. L'ordonnance 2021-1330 du 13/10/2021 a modifié la cinquième partie du code des transports pour y intégrer les drones et les navires.

Vingt-six déclarations ou demandes d'autorisation ont été déposées auprès des préfetures maritimes, avec une nette prédominance pour des essais en Atlantique et en Méditerranée, ces deux régions étant le lieu d'établissement de la majorité des entreprises du secteur. La liste à jour lors de la rédaction du rapport est disponible en annexe 3. Les expérimentations impliquaient majoritairement des drones de surface et en nombre moins important des drones sous-marins et des navires autonomes. Dix porteurs de projet différents étaient à l'origine de ces expérimentations. Il ressort des échanges avec les services des préfetures maritimes et les porteurs de projets que la procédure établie n'a pas posé de problème majeur dans sa mise en œuvre.

1.1 Un retour d'expérience limité

En revanche, les comptes rendus demandés à l'issue des expérimentations ont été plus compliqués à obtenir et leur contenu peu pertinent. Cela peut s'expliquer par la volonté de ne pas diffuser d'information sensible sur le fonctionnement et les performances des engins de la part des industriels, et par le peu d'intérêt des informations à fournir du point de vue de l'autorité territorialement compétente.

Il est probable que, sans modifier le processus de traitement des demandes d'expérimentation, il aurait été préférable de faire centraliser les rapports d'expérimentation par un guichet unique de collecte qui aurait pu traiter le contenu et solliciter des éléments complémentaires nécessaires à l'élaboration des textes d'encadrement de la mise en exploitation.

Il est apparu au travers des échanges que le besoin d'interlocuteurs identifiés en particulier sur les aspects techniques et l'étude d'évaluation des risques était une attente très forte du secteur et de ses acteurs. Pour ce faire, les industriels sont demandeurs d'un cadre réglementaire clair, avec un nombre restreint de points de contact avec pour objectif un traitement harmonisé des dossiers, en particulier en l'absence de référentiel réglementaire abouti d'un point de vue technique.

1.2 Une procédure d'expérimentation perfectible

Les modalités d'expérimentation de la navigation des engins flottants maritimes autonomes ou commandés à distance ont été encadrées par l'arrêté du 20/05/2020 suite à l'article 89 de la loi sur l'économie bleue créant l'article L 5111-1 du code des transports. Cet arrêté a créé deux régimes distincts : l'autorisation et la déclaration. Le premier, dont les limites d'application étaient déterminées par des valeurs numériques tirées des caractéristiques de l'engin (longueur, largeur, puissance, poids et vitesse), était plutôt destiné à des engins de petite taille et peu puissants, représentant donc un danger très limité pour les autres usagers du domaine public maritime.

Le régime d'autorisation s'appliquait à tous les engins n'entrant pas dans la première catégorie. Ces expérimentations étaient alors soumises à l'autorisation du Préfet maritime, désigné comme autorité administrative compétente. Dans ce second cas, les éléments à fournir étaient plus nombreux, plus précis, en particulier sur la zone de l'expérimentation, le niveau de risque et de maîtrise de ces risques mais également le niveau de formation et de compétences maritimes des intervenants dans l'expérimentation.

Si la procédure encadrant les expérimentations est assez précise et peut, dans le cas du régime d'autorisation, amener les porteurs de projet à fournir une quantité importante de renseignements sur l'engin, sur sa supervision et ses systèmes de commande, la question du service d'instruction de la demande a pu soulever des difficultés. La compétence sur la zone de mise en expérimentation, l'assistance, la gestion de crise et le plan d'intervention en cas de pollution paraît évidente. Néanmoins sur le volet technique de conception, de déplacement du drone, d'évaluation des risques et de qualification des opérateurs, il aurait pu être fait appel aux services spécialisés de l'État au moyen d'un guichet unique.

Recommandation 1. DGAMPA : Conforter dans un premier temps le principe de guichet unique pour toute demande d'immatriculation des navires et drones autonomes, afin de garantir une homogénéité dans l'examen des dossiers, et adapter la structure du guichet unique en conséquence.

1.3 La cohabitation d'un double régime favorable au secteur

Le niveau de développement des drones et navires autonomes avancé par les constructeurs les amène aujourd'hui à solliciter la possibilité de commercialiser et d'exploiter professionnellement leurs engins. Mais parallèlement, leur souhait serait de continuer à disposer d'un régime d'expérimentation analogue à celui rendu possible par le X de l'article 135 et l'arrêté du 20/05/2020. Le passage à l'exploitation s'accompagnera probablement d'exigences de fonctionnement, d'analyses de risques, de procédures administratives préalables à l'enregistrement, voire d'exigences de formation pour les pilotes ou superviseurs de drones dont ils craignent qu'elles constituent une entrave à leurs travaux de recherche et développement. La conservation d'un régime expérimental permettrait aux

développeurs, selon les modalités déjà utilisées, de procéder à des essais de mise en œuvre sans contrainte réglementaire.

Dans les faits, les conditions de déclaration ou d'autorisation des expérimentations n'ont pas posé de problème au cours des deux années écoulées, et l'encadrement physique des expérimentations par les fabricants limite considérablement les risques pour les usagers et l'environnement. La sécurisation de la zone d'expérimentation et de l'engin sont indispensables dans le cadre expérimental, et rendent le risque d'accident très faible.

La montée en puissance des drones et navires autonomes s'est fortement accélérée sur la décennie écoulée et il est évident que le secteur bénéficiera encore d'améliorations des performances grâce à la recherche et au développement. Parallèlement à ces évolutions et avec la multiplication des enregistrements de drones et navires autonomes, les règles générales d'entretien et d'exploitation prévues par l'article L 5241-2 du code des transports qui doivent être précisées par voie réglementaire ne manqueront pas d'évoluer au gré des retours d'expérience.

Ainsi il pourrait être envisagé, afin de répondre rapidement aux attentes du secteur, de fixer un référentiel simplifié pour l'enregistrement des drones tout en maintenant un régime d'expérimentation afin que les industriels, fabricants et porteurs de projets continuent le développement de leurs activités. Ce référentiel s'appliquerait aux performances, à l'exploitation, à l'entretien et la qualification des superviseurs/opérateurs. Une échéance de révision serait fixée pour laisser le temps d'emmagasiner des retours d'expérience afin d'adapter les exigences.

L'adoption d'une telle démarche laisserait le temps au secteur de se développer, à l'administration du pavillon d'observer et d'accompagner ce développement et serait cohérente avec l'élaboration d'une réglementation adaptée à un nouveau mode de navigation. Comparativement, la réglementation applicable au navire conventionnel a connu et connaît toujours de nombreuses évolutions liées aux transformations du navire, de la navigation et des avancées technologiques et dictées par les retours d'expérience.

Recommandation 2. DGAMPA : Sans faire obstacle à une commercialisation de l'usage de drones maritimes, maintenir un régime d'expérimentation sur des bases rénovées de l'arrêté du 20 mai 2020 désormais caduc, pour permettre aux industriels de continuer au secteur de se développer, au regard des enjeux de sauvegarde de la vie humaine en mer, de sécurité et de sûreté.

2 Règles de circulation

L'arrivée dans l'espace maritime du drone implique des interactions avec les autres usagers de profils déjà variés et avec des expériences de la navigation très différentes. Dans un espace dit de liberté dans lequel évoluent des marins de la plaisance à moteur, à voiles et des marins professionnels, sur des navires allant de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres, il faudra ajouter des engins sans présence humaine à bord.

2.1 Nouvelle approche de la navigation

Telle qu'elle est aujourd'hui conçue, la navigation est le fruit d'une expérience acquise depuis l'aube de l'humanité. Un navire professionnel est constitué d'un flotteur pour lequel les normes de conception sont abouties, doté d'un système de propulsion et d'un nombre important d'équipements permettant de commander le déplacement, la direction, connaître la position du navire, organiser sa route, matérialiser sa présence de jour comme de nuit, lui permettre de communiquer avec les autres usagers de son environnement proche et enfin s'immobiliser en cas de besoin.

L'ensemble des éléments constitutifs du navire ne sont d'aucune utilité s'ils ne sont pas organisés autour d'un élément clé, le marin. Il est aujourd'hui le moyen de contrôle de tous les outils mis à sa disposition pour naviguer en sécurité pour lui, pour les autres usagers mais aussi, et cette dimension ne cesse de prendre de l'importance, pour l'environnement. Ceci est notamment vrai du système de cartographie ECDIS, système automatisé conçu à ce stade pour n'être lu que par des yeux humains et non de façon automatique par une machine. Afin de permettre à un candidat à la navigation maritime d'être capable de superviser et utiliser l'ensemble de ces outils, l'administration du pavillon du navire exige des normes de formation voire d'expérience, sanctionnées par des examens. Les exigences sont variées en fonction du type de navigation envisagée et du statut du navire.

Au regard de l'approche actuelle de la navigation, il est légitime de se demander comment le navire conçu comme un drone sera en mesure d'exploiter les outils disponibles avec le même niveau d'expertise qu'un humain formé à cette utilisation. Il est possible également de s'interroger sur les outils qui devront être mis à disposition du système de supervision du drone. Il est à noter dans cette seconde hypothèse que le service hydrographique et océanographique de la Marine (SHOM) travaille en lien avec l'organisation hydrographique internationale (O.H.I.) à l'élaboration d'outils de lecture de cartes marines et de planification de route adaptés à une utilisation par l'outil informatique.

2.2 Quel sens marin ?

La navigation maritime conduit le marin à évoluer dans un environnement très différent du milieu terrestre et fortement impacté par les mouvements liés à l'état de la mer, au courant, à la marée, à la météorologie, au relief.

Ce milieu n'est pas organisé en voies de circulation et quand des voies existent, la circulation y est moins réglée que dans le terrestre du fait des paramètres déjà évoqués et de la cinématique des navires qui diffère beaucoup en fonction du type de navire, de sa taille, de son chargement, de son équipement...

C'est pour ces raisons que, dans le cadre de la navigation professionnelle, l'autorisation de commander un navire est aujourd'hui subordonnée à la reconnaissance d'un niveau de formation d'une part, mais aussi d'une expérience professionnelle. Il est demandé pour un candidat au commandement d'avoir effectué un certain nombre de jours de mer après sa formation théorique pour bénéficier d'une aptitude au commandement. De même l'accession aux postes de commandement dans les compagnies armant des navires professionnels fait généralement l'objet d'une promotion interne après avoir démontré l'aptitude dans le cadre de fonctions subalternes.

Ce processus d'acquisition des brevets et de promotion permet de développer ce qui est communément appelé le « sens marin ». C'est cette dose de connaissance nécessaire à assumer les responsabilités de capitaine qui ne s'apprend que par la pratique et la transmission, et qui est attendue du chef de l'expédition maritime. C'est la capacité à prendre en considération son environnement, la météorologie du moment, le trafic environnant, comprendre les mouvements des autres navires, lire l'état de la mer pour déterminer des zones dangereuses, savoir à quel moment entrer en contact avec un navire dont on ne comprend pas l'évolution ou mettre fin à l'expédition maritime quand les conditions de sécurité ne sont plus réunies.

Le sens marin est aujourd'hui reconnu comme essentiel en matière de navigation, en particulier de sécurité de la navigation. Dans le cadre de l'arrivée des drones dans l'espace maritime, une des problématiques sera de savoir comment on remplace le sens marin sans présence humaine.

2.3 Partage de l'espace maritime avec un nouvel « usager »

Les expérimentations menées par les porteurs de projets interrogés impliquent principalement des drones. Au cours des entretiens conduits dans le cadre de cette mission, les niveaux d'autonomie semblaient assez variés. Pour les plus aboutis en terme de navigation autonome, le drone était présenté comme capable d'organiser seul sa navigation sur la base d'une destination, d'une mission à réaliser et d'un point de départ imposé. Dans cette configuration, le drone serait en mesure de déterminer la route optimale pour rejoindre la destination en prenant en compte l'environnement et les autres navires, et en organisant sa route dans le respect des règles de privilège entre navires.

L'organisation de la circulation en mer dès lors que plusieurs navires sont amenés à se croiser, voire à avoir des routes de collision potentielle, est prévue par le règlement international pour prévenir les abordages en mer adopté en 1972 (dit COLREG ou RIPAM en français). Ce règlement définit des régimes de privilège de certains types de navires en fonction de leur capacité à manœuvrer, de leur type ou de leur évolution par rapport aux autres navires. Il

prévoit en outre dans sa règle 5 qu'une veille visuelle et auditive appropriée doit être assurée en permanence.

Il paraît évident, et les développeurs de drones en conviennent, que la façon d'aborder un risque de collision par un système informatique ou une intelligence artificielle sera différente de celle d'un capitaine de navire ou chef de bord. Au-delà même du respect des règles d'anticollision, la manière de manœuvrer d'un engin autonome sera différente avec des règles de calcul certes potentiellement plus précises, mais moins courantes en mer où l'habitude est de manifester clairement son intention pour qu'elle soit comprise par les autres navires et généralement très anticipée.

Il conviendra dès lors de permettre au drone ou navire autonome d'entrer en communication avec les autres usagers par les moyens habituellement mis en œuvre dans le milieu maritime pour expliquer les intentions de manœuvre et éventuellement comme cela se fait couramment, de s'accorder sur la route de chaque engin flottant.

2.4 Identification des responsabilités

Dans le nouveau modèle de navigation dès lors qu'il n'y a plus d'équipage, la notion de responsabilité du capitaine, qui est le chef de l'expédition maritime, n'est plus incarnée sur le navire. Si le navire est en mesure de se déplacer de manière plus ou moins autonome, il reste sous la supervision d'une personne physique dans un centre de contrôle. Cette distance du superviseur, à bord d'un navire-mère ou à terre, ne doit pas avoir pour conséquence une réduction de sa responsabilité.

L'engin flottant autonome est amené comme cela a été évoqué, à évoluer dans un environnement utilisé par d'autres usagers. Les règles de circulation visent à réduire le risque d'accident et préserver la vie humaine et l'environnement. Dans la navigation telle qu'elle s'organise aujourd'hui, le capitaine est responsable de la conduite du navire et peut être poursuivi en cas d'erreur ou de manquement. L'éloignement du capitaine doit donc être compensé par une identification très précise de la personne qui engage sa responsabilité dans la conduite du navire ou drone.

Dans le cadre de l'identification du responsable par les opérateurs de drones ou de navires autonomes, il pourra être attendu que le niveau décisionnel soit précisé et associé à un niveau de compétence qui justifie ses prérogatives.

La perspective de mise en œuvre d'engins destinés à la recherche, à la surveillance ou à l'acquisition de données, à l'image des navires scientifiques ou de surveillance par exemple, ne doit pas induire de porosité ou de dilution des responsabilités. Sur un navire conventionnel, la décision de démarrer ou poursuivre une mission est la prérogative du capitaine qui considère en premier lieu la sécurité de son équipage, de son navire et le risque pour l'environnement. Le chef de mission procède aux opérations scientifiques après l'accord du capitaine. Dans la navigation autonome, la désignation de chaque rôle ne devra pas laisser de place au doute quant aux prérogatives de chacun. Cette notion sera également développée

infra dans le cadre des relations avec les autorités en charge du sauvetage et des enquêtes sur les accidents.

2.5 Référentiel technique ?

Autoriser un nouveau type de navire sur l'espace maritime entraîne de fait des interactions avec les autres usagers, comme précisé précédemment. Ces interactions imposeront au drone ou navire autonome une capacité à se déplacer, à se diriger, à être identifié et à mettre en œuvre des opérations d'urgence pour se mettre en sécurité. Dans le cadre de l'enregistrement ou d'obtention d'un pavillon, l'État donne l'autorisation à l'engin de naviguer et définit le référentiel qui lui est rendu applicable.

L'élaboration d'une réglementation technique pour un type de navire est un processus long et évolutif. Elle doit notamment être fondée sur l'analyse de risques. Aujourd'hui, ce règlement est établi pour des navires qui pourraient être considérés comme conventionnels. Comme vu précédemment, il est basé sur la présence à bord du navire d'un marin considéré comme apte à mettre en œuvre les instruments à sa disposition et connaissant suffisamment son environnement pour y évoluer en sécurité.

2.5.1 La réglementation actuelle

La réglementation française des navires est constituée du code des transports et particulièrement le livre 1er de la cinquième partie relatif au statut des navires et drones maritimes, du décret 84-810 du 30/08/1984 relatif à la sauvegarde de la vie humaine en mer, à la prévention de la pollution, à la sûreté et à la certification sociale des navires modifié, et enfin de l'arrêté du 23/11/1987 relatif à la sécurité des navires et à la prévention de la pollution.

Cet arrêté contient sous forme de divisions l'ensemble des règles techniques applicables aux navires, en fonction de leur type et éventuellement de leur taille. Ainsi les exigences techniques d'un navire de charge sont définies dans la division 222, complétée des exigences de radiocommunication prévues dans la division 219, d'équipement médical prévues en division 217, d'hygiène et d'habitabilité prévues en division 215 et d'éventuelles autres exigences répertoriées dans d'autres divisions dédiées. C'est un système qui pourrait être défini comme modulaire, à l'image de la réglementation de la formation maritime.

De plus, depuis l'entrée en vigueur en 2018 de la division 222 applicable aux navires de moins de 500 de jauge brute en navigation nationale dans sa nouvelle formule, le référentiel technique applicable à ce type de navire est basé sur une évaluation du risque et l'atteinte d'objectifs pour répondre au risque.

Si dans le cas des navires autonomes de nombreux travaux sont en cours au sein des instances internationales, O.M.I. et Union européenne, pour les drones la réglementation applicable devra être définie par l'administration du pavillon pour une navigation dans sa zone de compétence.

Au regard de la définition du drone, le référentiel existant le plus proche en terme de champ d'application est aujourd'hui la division 222.

2.5.2 Les perspectives envisageables

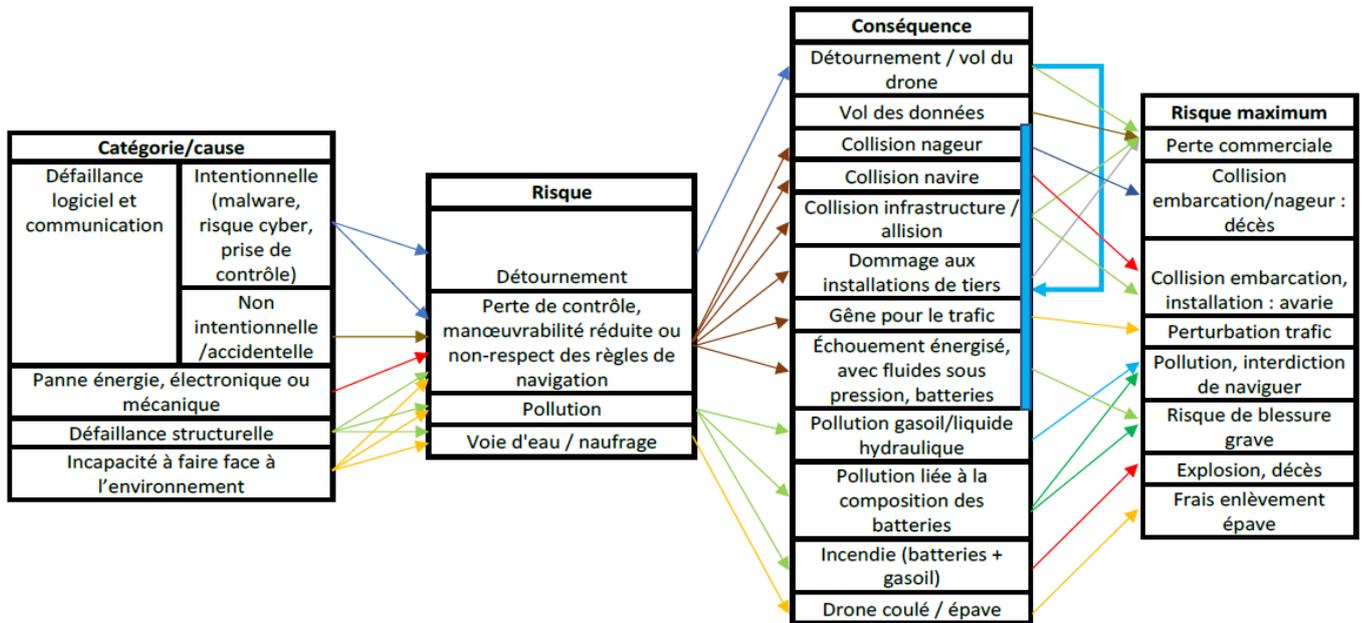
Une grande partie des navires aujourd'hui mis en service par les centres de sécurité des navires, entrant dans le champ d'application de la division 222, sont des navires de six à douze mètres, motorisés en diesel avec moteur fixe ou en essence à moteur hors-bord, réalisant une navigation proche des côtes et dans les ports.

La division 222 fixe un certain nombre d'objectifs en proposant de s'appuyer sur une évaluation des risques pour leur apporter des réponses techniques. Dans le cas d'un drone, et dans la perspective de les intégrer dans le champ d'application de cette même division, une mise en cohérence des exigences serait à établir pour prendre en compte l'absence de marin à bord et ne pas exiger d'équipement ou matériel non pertinent. Ainsi un drone pourrait se voir exiger des performances de propulsion, d'autonomie, de direction, de positionnement, de communication, de mise en sécurité, d'évolution en fonction des autres usagers et même de lutte contre un incendie. Il appartiendrait aux porteurs de projets de démontrer l'atteinte de ces objectifs et le niveau d'efficacité associé, et la manière dont est assurée la supervision de ces opérations.

Faire entrer les drones dans le champ d'application des navires de moins de 500 de jauge brute en navigation nationale reviendrait donc à identifier les objectifs à atteindre et à adapter voire supprimer les exigences non pertinentes telles que les règles d'habitabilité. Il pourrait découler de cette analyse un renforcement de certaines exigences au moyen de redondance par exemple, ou l'allègement voire la suppression de certains autres en l'absence de présence humaine. À titre d'exemple, c'est ce qu'a fait la société de classification BUREAU VERITAS pour l'élaboration de son règlement applicable aux drones. Elle est partie du règlement existant qu'elle a allégé pour certaines exigences en l'absence d'élément humain tout en le renforçant pour les mêmes raisons.

En effet, si certains objectifs deviennent moins pertinents comme la sauvegarde de la vie humaine des marins du bord, particulièrement pour les drones, le monde maritime est légitime à attendre que l'absence de ces marins ne soit pas un facteur de diminution de la sécurité en mer et de la capacité d'entraide. Si la constitution de la drome de sauvetage ou les équipements de lutte contre l'incendie pourront être reconsidérés au regard de l'absence d'équipage, la question de l'assistance entre navires devra néanmoins être posée, cette notion d'assistance étant la valeur principale sur laquelle est basée la sauvegarde de la vie humaine en mer.

Diagramme d'enchaînement Cause risque conséquences (source CMF)



3 Sécurité et sauvegarde de la vie humaine en mer

Dans ce point sont évoqués les besoins spécifiques des acteurs du monde maritime en charge de la recherche et du sauvetage ainsi que des analyses des événements de mer. Les États côtiers se sont organisés dans le cadre de la convention SAR⁵ de Hambourg pour permettre la prise en charge de toute alerte de détresse en mer. Le dispositif adopté par la France pour ses zones de compétence repose sur un réseau de CROSS⁶ et MRCC⁷. Pour réaliser leur mission, ces centres ont besoin d'identifier les navires dans leur zone et de pouvoir entrer en contact avec le capitaine du navire. Dans le cas des navires conventionnels, le capitaine se trouve à bord et peut donner une vision assez précise de la situation sur son navire, de son environnement et des risques et perspectives d'évolution. Étant lui-même impliqué il est généralement assez objectif et la nature-même de l'échange est source d'indication sur ce qui se passe à bord.

Dans le cas d'un navire autonome ou d'un drone, la distance du superviseur, équivalent du capitaine, avec son navire n'assurera pas un retour d'informations de même qualité du fait de l'absence de sensations et de l'incapacité à constater physiquement l'étendue des problèmes ou avaries rencontrés.

De même, en cas de nécessité d'engager la responsabilité d'un superviseur, voire de mettre le propriétaire ou l'exploitant d'un drone en demeure de faire cesser un danger, l'identité de ce dernier devra pouvoir être obtenue rapidement et avec certitude.

Enfin, en cas d'évènement de mer, le bureau en charge des enquêtes pour les navires battant pavillon français ou pavillon étranger si l'accident survient dans les eaux intérieures ou territoriales françaises, est le BEA⁸ mer. Pour réaliser sa mission et permettre de tirer des enseignements afin d'améliorer la sécurité en mer, il a besoin de procéder à l'audition des personnes impliquées et connaître les données d'évolution du navire ainsi que les dysfonctionnements qui ont mené à l'accident. Sans ces éléments, l'enquête ne peut être menée. La désignation de la personne responsable de la navigation est là encore primordiale et ne doit pas souffrir d'imprécision. Elle sera dans ce cas le témoin principal du navire autonome ou drone.

L'autre paramètre indispensable à l'analyse des événements de mer est l'accès aux données techniques. Sur les navires de charge de plus de 3000 de jauge brute et les navires à passagers en navigation internationale, l'obligation d'installation d'un système d'enregistrement des données du voyage a été rendue obligatoire. À l'image de l'aérien, ces équipements permettent d'enregistrer les données d'un certain nombre de capteurs du navire

5 SAR : Search And Rescue, Hambourg, 1979

6 CROSS : Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage, 5 en métropole et 2 en outre-mer

7 MRCC : Maritime Rescue Coordination Centre, 2 en outre-mer

8 BEA mer : Bureau d'Enquête sur les événements de mer

ainsi que les conversations à la passerelle de navigation. Se pose donc la question de l'équivalent d'une boîte noire ou VDR adaptés.

La nécessité d'accès à ces informations dans le cas des navires autonomes ou drones sera tout aussi importante. Par analogie, les services d'enquête, pour l'établissement de rapports de mer, auront besoin de disposer des paramètres de l'engin, des échanges radio et des conversations au centre de contrôle, et surtout d'être assurés de pouvoir lire ces données. Dans la pratique les concepteurs interrogés confirment que ces enregistrements sont déjà disponibles ou peuvent l'être en modérant la capacité d'accès actuelle aux données, au souhait de leurs clients de les maintenir confidentielles.

Recommandation 3. DGAMPA : Engager une réflexion impliquant les CROSS au niveau territorial, assortie d'une consultation du BEA Mer pour déterminer les processus à mettre en œuvre en cas d'incident ou d'accident impliquant des navires autonomes ou drones maritimes.

4 Problématique du lien de communication et de sa protection

4.1 Problématique technique

Dans la conception conventionnelle de la navigation le navire est organisé comme précisé au §2.1, autour d'un équipage présent à bord et reconnu apte à opérer les outils et organes du navire. Pour assurer la navigation, l'équipage emploie de nombreux outils électroniques tels que les systèmes de positionnement (GPS ou équivalent), le radar, le lecteur de cartes électroniques type ECDIS⁹, le sondeur, les moyens de communication radio, le pilote automatique auxquels s'ajoutent les moyens de commande de la direction et de la propulsion. Tous ces moyens sont complétés par une exigence essentielle de la réglementation, la veille visuelle.

Dans la conception d'un drone ou navire autonome, quel que soit le niveau d'automatisation de la navigation, tous ces outils restent nécessaires mais leur contrôle doit être permis à distance. La présence à bord est remplacée par une supervision depuis un centre de contrôle via une connexion dématérialisée utilisant les ondes pour entrer en communication avec le navire. Les réseaux aujourd'hui majoritairement utilisés sont les 4G, 5G, wifi et satellite.

Le choix du moyen de communication se fait en fonction de la distance d'éloignement du navire par rapport au point d'émission, mais aussi du coût. Dans certains cas, des relais de transmission peuvent être mis en œuvre, y compris sur des navires et des drones aériens.

Une des problématiques associées est la bande passante disponible pour communiquer l'ensemble des données vers le centre de contrôle du drone ou navire autonome. La disponibilité de ces bandes passantes ne permet pas la supervision de l'ensemble des outils et la transmission de la vidéo en temps réel et en permanence. Un des points qui gagnera à évoluer est donc cette capacité à recevoir les informations des équipements, les utiliser à distance et recevoir simultanément la vision de l'environnement de l'engin.

Mais la problématique du lien de communication entre le centre de contrôle et l'engin ne s'arrête pas au volume de données disponibles. La question de la sécurisation se pose également. En effet, la sécurité de la navigation d'un drone, d'un navire autonome et même de n'importe quel engin en mer est conditionnée par la fiabilité de ses outils et la capacité de la personne en charge de la navigation à détecter une baisse voire une perte de cette fiabilité.

Si les données de positionnement sont erronées, que ce soit dû à un dysfonctionnement ou à une malveillance, la mission est compromise, mais le navire peut devenir un danger pour les usagers, les infrastructures ou pour l'environnement. Et il en est de même pour l'ensemble des équipements permettant d'assurer la navigation, la propulsion ou la direction du drone. Une perte d'image radar ou une fausse information de profondeur seront susceptibles de générer des comportements inadaptés du drone, difficiles à interpréter pour les autres navires et pouvant être source d'incidents ou d'accidents.

⁹ ECDIS : electronic chart display

4.2 La sécurité numérique et la cybersécurité

Nous avons vu précédemment que les retours suite aux expérimentations effectuées dans le cadre de l'arrêté de 2020 présentent des « faiblesses » et les moyens de communication utilisés en font partie. Les échanges entre centre de contrôle et drone passent essentiellement par des réseaux non cryptés, voire grand public, et sont donc vulnérables. S'agissant d'un domaine hautement technique et requérant des connaissances pointues dans les systèmes de communication et les moyens de les attaquer, les portées de ces différents moyens et entouré d'un niveau de discrétion qui peut se comprendre au regard de la sensibilité des données à traiter, il n'était pas simple d'en faire l'évaluation dans le cadre de ce rapport. Il a pu cependant être tiré les points d'attention listés ci-dessous.

Il est avéré, particulièrement dans le contexte géopolitique actuel, que les moyens de communication sont une cible privilégiée pour nuire à un État, une entreprise, une organisation ou toute entité représentant des intérêts stratégiques. Le monde maritime n'échappe pas à cette règle et les menaces sur les systèmes de localisation par satellites en sont une illustration facilement compréhensible. De même les attaques informatiques par des logiciels d'encodage avec demande de rançon sont devenues courantes et aucune organisation n'en est protégée.

Le niveau d'exposition à ces cyber menaces sera probablement conditionné par les missions, la zone et le type d'exposition des engins. Si à ce stade la cybersécurité des moyens de communication ne représente pas un enjeu fort du fait de la taille modérée des drones et leur faible éloignement et de leur nombre encore restreint, il ne fait aucun doute que le recours à ce type d'engins pour conduire des missions potentiellement sensibles sur des infrastructures ou procéder à l'acquisition de données stratégiques augmente le niveau de menace. La surveillance de champs pétroliers, gaziers ou éoliens en mer, ainsi que l'approche maritime de certains ports pourront elles aussi faire l'objet de tentatives de piratage et il conviendra de cadrer le niveau de protection et les moyens de cette protection à l'instar de ce qui se passe dans l'aérien, mais aussi dans le domaine des véhicules terrestres autonomes. Dans un monde où la communication est devenue essentielle, l'atteinte à l'image de la fiabilité d'un État, d'une industrie ou d'une organisation est fortement préjudiciable particulièrement quand elle touche au domaine technologique.

C'est pourquoi, **la vulnérabilité des liens de communication devra être intégrée à l'évaluation des risques et associée à des moyens de protection, à de la redondance des liens voire à des comportements réflexes automatiques en cas de détection d'une menace.** Dans l'hypothèse où des drones ou des navires autonomes seraient engagés dans des activités industrielles particulièrement sensibles à la concurrence, un intérêt supérieur devra être porté aux organismes qui aujourd'hui travaillent sur la sécurisation des moyens de communication.

Mais pour être efficace contre cette menace, l'évaluation des risques et les réponses apportées devront être étudiées avec un niveau de maîtrise qui nécessitera certainement le développement de compétences spécifiques des agents de l'administration désignés pour

l'instruction des demandes d'enregistrement, ou le recours à des organismes spécialisés agréés.

Recommandation 4. DGAMPA : Engager une concertation avec l'ANSSI et l'ANFR pour améliorer et renforcer les réseaux de communication entre les engins flottants et les installations à terre ou en mer pour le suivi ou contrôle de ces engins, notamment pour certaines missions de surveillance.

5 Un secteur de développement

À ce jour, les organisations internationales telle que l'O.M.I. et l'EMSA travaillent à l'encadrement réglementaire de ces nouveaux types de navigation. Si le monde de la marine marchande se penche désormais de près sur la question des drones, le secteur a été porté à l'origine par le monde militaire qui, en partenariat avec les industriels, a développé des outils permettant d'éloigner l'humain des zones de danger comme dans la lutte contre les mines. Ce type d'activité a permis de développer les différents domaines dans lesquels les drones présentent de réels atouts. C'est le cas du déplacement en autonomie, de l'acquisition de données, de l'intervention en surface ou dans la colonne d'eau et des relais de transmission. Les applications militaires trouvent naturellement des débouchés dans le monde civil.

Recommandation 5. Renforcer l'interaction et les échanges entre monde civil et militaire, par l'intermédiaire notamment des pôles mer Bretagne et Méditerranée.

Les industriels investis dans le développement et la fabrication de drones et systèmes d'automatisation de navires ont tous manifesté leur impatience de pouvoir commencer à commercialiser les engins développés, tout en notant que certains engins civils sont déjà commercialisés à l'export. La demande apparaît, au dire des fabricants, forte et les projets aboutis. Si ce dernier point devra être établi afin de permettre la navigation de navires sûrs, la demande en matière de service, d'acquisition de données, de recherche scientifique ou d'inspection sous-marine est avérée au regard des engins déjà commercialisés mais échappe à ce stade à tout encadrement réglementaire. Et l'intérêt porté par les exploitants de champs éoliens ou pétroliers *offshore*, voire le secteur portuaire, est confirmé.

Cet intérêt s'explique par un certain nombre d'atouts qui sont à mettre à l'avantage du drone. De par ses dimensions limitées, il présente l'avantage d'être aisément transportable et projetable aussi bien par voie terrestre que maritime ou aérienne. L'investissement nécessaire est généralement inférieur à celui de l'acquisition d'un navire et le coût de fonctionnement est réduit du fait de l'emport des poids nécessaires à la réalisation de la mission uniquement. La vitesse et la régularité de l'évolution du drone lui permettent de couvrir des distances ou surfaces importantes avec des besoins très faibles en ravitaillement. Sur la base d'un même flotteur, différents capteurs peuvent être montés et démontés en le sortant de l'eau et certains types de drones proposent de modifier l'engin avec des modules qui s'ajoutent directement les uns derrière les autres. Il s'agit au final d'engins très adaptables à la mission et très polyvalents qui, sur la base d'un même modèle peuvent répondre aux attentes des principaux clients identifiés, voire s'adapter au navire existant d'un client suivant le fournisseur retenu.

Recommandation 6. DGAMPA, DGITM et DGAC : Engager une veille avec les industriels sur le développement des drones à usage civil et militaire pouvant être aériens et maritimes à la fois.

5.1 Les opportunités

Si le monde maritime semble « à la traîne » de l'aérien et du terrestre en matière de drones, il est vraisemblable que ce ne soit que du point de vue communication. Là où les drones aériens ont très vite fait leur entrée dans le grand public avec des jouets puis des engins de plus en plus perfectionnés accessibles à tous, et où l'automobile autonome est une perspective qui peut toucher chacun dans sa vie quotidienne, le drone maritime ne présente que peu d'intérêt pour le grand public, ne serait-ce qu'au niveau loisir.

Cependant, le développement des automatismes à bord des navires comme la supervision des machines sans nécessité de quart permanent, et les outils d'aide à la navigation ont fait considérablement évoluer l'organisation à bord et ont amené l'O.M.I. à se pencher, il y a une trentaine d'années déjà, sur le devenir des navires autonomes. Si le nombre d'expérimentations réalisées au cours des deux années écoulées reste assez peu élevé, moins d'une trentaine, les porteurs de projet et organisations associées qui ont été interrogés dans le cadre de ce rapport ont su démontrer le grand dynamisme de la filière française.

5.2 Le développement d'outils d'autonomisation

Comme cela a déjà été précisé, les armateurs de navires à l'international ne se montrent pas particulièrement pressés de voir entrer en service des navires type porte-conteneurs totalement autonomes. Leurs regards semblent se porter davantage vers des engins permettant de faire de la surveillance et du diagnostic de l'état d'une coque de manière régulière, vers la décarbonation de leurs navires et la réduction de l'impact du transport maritime sur l'environnement.

Dans la pratique il est évident que les évolutions technologiques qui accompagnent la navigation autonome de drones servira également aux navires conventionnels. La notion de supervision du fonctionnement des navires depuis un centre de contrôle est d'ailleurs déjà une réalité. L'approche ne vise pas à prendre la main sur la conduite du navire mais en surveiller la route, la conseiller. Cette augmentation du niveau d'automatisation permet d'optimiser la conduite des machines des navires et ainsi de limiter leur impact sur l'environnement mais aussi de répondre aux exigences de temps de repos des marins imposés par les conventions internationales.

Ainsi, même si l'intérêt pour le navire autonome est aujourd'hui très limité, la recherche et le développement associés participent à la modernisation de la navigation et à l'atteinte d'objectifs parallèles mais essentiels afin de respecter les exigences réglementaires et réduire les pollutions émises par les navires.

6 Qualification et certification

6.1 Une évolution possible de la carrière des marins

Si au premier abord, l'autonomisation des navires peut apparaître comme une source de destruction de l'emploi des marins, elle peut également être abordée sous l'angle des opportunités pour les marins. Il faut tout d'abord distinguer deux grands types de navigation autonome.

Le premier est celui du navire de transport de cargaison entre deux ports avec des manœuvres au départ et à l'arrivée, une route plus ou moins longue et complexe entre ces deux points et des opérations commerciales, chargement et déchargement, au port. Au regard des échanges avec l'un des acteurs majeurs du transport maritime de conteneurs, le retrait des équipages du navire ne semble pas être d'actualité. Si les évolutions technologiques permettront sans doute de mieux adapter le travail des marins, d'optimiser les temps de travail et de repos comme cela s'est fait avec l'automatisation de la conduite des machines par exemple, il est peu probable à moyen terme de voir les navires privés d'équipage. Un autre argument en ce sens, est l'absence à ce stade de reconnaissance des systèmes par l'O.M.I. qui permettrait de certifier des navires d'autoriser une navigation internationale. De plus, la navigation dans des zones de concentration de trafic comme les DST¹⁰ ou des canaux (Kiel, Suez ou Panama) n'est pas aujourd'hui envisageable sans équipage.

Le second concerne la notion de service, de recherche ou d'acquisition de données. Dans ce cas, le navire est généralement de taille plus modeste et avec des rayons d'action nettement plus courts. Il s'agit d'engins destinés à la bathymétrie qui peuvent être rencontrés dans les ports et permettent de disposer d'informations fiables sur les fonds des chenaux ou des quais.

Il est difficile de nier les difficultés rencontrées par le monde maritime en matière de ressources humaines pour armer les navires. Les armements sont obligés de se tourner vers des ressources humaines étrangères communautaires, voire extra-communautaires pour constituer les équipages. Parallèlement à cette désaffection pour le métier de marin, les navigants aspirent bien souvent au cours de leur carrière à bénéficier de périodes de services à terre pour répondre à des besoins de sédentarisation pour causes familiales par exemple, ou simplement perte d'intérêt pour la vie de marin et ses sujétions.

Dans ce contexte, les métiers proposés par l'exploitation de drones ou navires autonomes offriraient une possibilité d'une part de répondre aux besoins des propriétaires de bénéficier de superviseurs formés et d'autre part aux marins d'envisager une reconversion dans une activité à terre tout en continuant de mettre à profit leurs années d'études et d'expérience. L'utilisation de drones pour l'accomplissement de navigations courtes et simples affranchirait du besoin en marins formés et brevetés, les entreprises ou organisations qui de plus, n'ont pas nécessairement besoin de ces services à temps plein.

¹⁰ Dispositif de Séparation du Trafic

6.2 Coursus de formation

Dans son organisation actuelle, la marine marchande met en œuvre un système de modules d'enseignement maritime pour ses marins, par l'intermédiaire des Lycées professionnels maritimes et l'École nationale supérieure maritime. Les différents modules couvrent des aspects différents de la navigation ou de l'exploitation et permettent au candidat d'acquérir les connaissances pour la délivrance d'un diplôme ou d'un certificat voire à terme, après l'accomplissement d'un temps de navigation, la délivrance d'un brevet pour des fonctions d'officier. Ainsi, un personnel d'exécution du pont devra se former aux tâches de routine qu'il aura à accomplir à bord du navire et au sein de l'équipage, mais aussi à la lutte contre un incendie, à la mise en œuvre d'équipements de sauvetage ou encore à la gestion de la sûreté du navire. Un officier mécanicien sera formé à son activité principale à bord, à savoir l'entretien, la conduite et la réparation du moteur, mais également à la coordination de la lutte et à la lutte proprement dite contre un incendie, à la mise en œuvre des équipements de sauvetage ou encore à la gestion de la sûreté du navire.

Ainsi dans l'organisation actuelle de la navigation, pour être considéré comme apte à embarquer, un marin doit disposer des qualifications nécessaires en fonction du type de navire et des fonctions qu'il exercera à bord. Et, dans le cas des officiers, si l'administration qui lui délivre ses brevets n'est pas celle du pavillon, cette dernière devra préalablement avoir reconnu la validité des brevets. Il s'agit d'un système très organisé, contrôlé par l'administration du pavillon qui agréé les centres de formation et offre une possibilité importante d'évolution au cours de la carrière mais qui nécessite un temps d'apprentissage et de maintien des connaissances globalement plus long que n'importe quel autre secteur d'activité.

Le pilotage, la supervision voire l'opération à distance d'un drone ou d'un navire autonome retire la personne de son environnement. Ainsi un certain nombre de compétences ne sont plus pertinentes, notamment pour un drone. Toutes celles qui requièrent de la part de l'humain une intervention directe ne se justifient plus nécessairement. En cas d'incendie à bord du drone ou navire autonome, l'opérateur ne pourra pas agir sur le feu directement et les moyens dont il disposera ne nécessiteront pas une connaissance élevée de la propagation d'un incendie sur un navire, ses possibilités d'intervenir étant réduites au déclenchement d'un système d'extinction, si l'engin en dispose. De même, la capacité à mettre à l'eau un radeau de sauvetage sur un navire qui n'a personne à bord ne présente pas d'intérêt pour le superviseur. En revanche, certaines compétences déjà existantes pourront s'avérer utiles comme le fonctionnement et l'utilisation des moyens de communication en mer. Il ne serait pas imaginable qu'un navire sans personne à son bord ne soit pas en mesure d'entrer en contact radio par phonie avec les autres usagers dans son environnement direct, et en respectant les usages de ce type de communication. De même un opérateur qui ne maîtriserait pas les règles de privilège des navires entre eux ou ne serait pas en mesure d'interpréter les signaux de jour ou les feux de navigation montrés par les autres navires ne serait pas légitime dans ses fonctions. Les formations maritimes existantes offrent évidemment tout le panel de modules nécessaires à former un superviseur/opérateur de drone ou navire autonome.

Mais si l'offre disponible de formation est supérieure aux besoins réels d'un superviseur/opérateur, certains besoins spécifiques peuvent apparaître. En effet, si on considère le risque cyber, les armateurs le prennent en compte dans le fonctionnement de leurs entreprises, mais les marins ne sont que peu sensibilisés à cette problématique. Dans le cas d'une navigation où le lien entre le superviseur et le navire ne dépend que d'ondes et où la distance entre les deux peut être importante, la vulnérabilité de ce lien doit être maîtrisée par l'opérateur, et les éventuelles attaques cyber menées contre l'engin ou le poste de supervision très rapidement détectées. Le besoin de formations de ces nouveaux « capitaines » devra faire l'objet d'une analyse et d'un recensement pour permettre de mettre l'offre de formation en cohérence avec les besoins.

Dans ce secteur en développement, un tel système offrirait des avantages de souplesse. En disposant d'un catalogue de formations déjà étoffé et en adaptant le contenu des modules au besoin réel des superviseurs, un cursus spécifique pourrait être mis en place. La structure de l'École nationale supérieure maritime, en lien aussi avec d'autres organismes de formation tels que les LPM (Lycées professionnels maritimes) présente toute l'agilité nécessaire au regard de laquelle des ressources doivent être mises en place pour un tel cursus et pour participer au recensement des besoins en offre de formation¹¹.

Recommandation 7. DGAMPA: Mandater explicitement l'École nationale supérieure maritime pour se coordonner avec les autres organismes de formation habilités en vue de proposer les niveaux de formation nécessaires aux pilotes et superviseurs de mission concernant les drones et navires autonomes et d'adapter la formation des navigants à la rencontre potentielle de navires autonomes ou drones dans l'exercice de leur profession.

6.3 Développement de référentiels techniques et d'un processus de certification adaptés

À l'image de l'organisation de la formation professionnelle maritime, le règlement technique applicable aux navires, annexé à l'arrêté du 23/11/1987 modifié est organisé en divisions. Selon le type de navire une division principale est applicable (pêche, transport de charge, transport de passagers...) complétée de divisions complémentaires pouvant traiter des systèmes de communications, des dispositions sanitaires et médicales, de l'habitabilité ou d'autres dispositions techniques applicables au navire.

Aucune division n'est dédiée au traitement des drones ou des navires autonomes, et aucune division existante n'intègre de dispositions les concernant. D'ailleurs, pour envisager d'édicter

¹¹ Pour les navires autonomes, les marins et le commandant devront disposer de leurs brevets STCW conformément à la réglementation. Un marin avec ses qualifications pourrait être employé pour superviser ou piloter un drone, sans avoir à repasser un module Colreg s'il est à jour.

des règles techniques qui seraient dédiées aux drones et navires autonomes, il y aurait probablement lieu de bien distinguer les types de navires.

Dans le règlement existant, la division qui se rapproche le plus des drones est la 222 applicable aux navires de charge de moins de 500 de jauge brute. Cette division est conçue depuis 2018 sur le principe d'objectifs qui doivent être atteints et d'une analyse de risque. Un certain nombre de mesures sont prescrites mais la majorité des exigences repose sur l'atteinte d'un but et la présentation par l'armateur d'une évaluation des moyens mis en place pour y arriver.

Si on considère qu'un drone est un navire dont l'équipage n'est pas présent à bord, cela revient à considérer qu'il s'agit d'un flotteur qui doit être capable de réaliser un certain nombre d'opérations telles que se déplacer, s'orienter, se positionner, s'identifier mais que, en l'absence d'intervention humaine physique à bord, il ne lui est pas nécessaire de disposer de certains moyens. Ainsi la lutte contre un incendie ne sera abordée qu'au travers de systèmes automatisés ou déclenchés à distance, la question de l'habitabilité n'est pas pertinente, tout comme les dispositions sanitaires et certaines exigences en matière de communication. La réception à bord d'avis météorologiques ne présente pas d'intérêt alors que leur disponibilité au centre de contrôle pour la zone de navigation est certainement pertinente.

En vue de bâtir un référentiel technique dédié, une identification dans la division actuelle des dispositions pertinentes pourrait être menée afin de ne rendre applicable que ce qui est cohérent avec ce type d'engin, d'occulter ce qui ne l'est pas et éventuellement, de renforcer en équipements par exemple des chapitres dont les objectifs seront plus difficiles à atteindre par des automatismes ou une mise en œuvre à distance.

C'est d'ailleurs le choix fait par la société de classification française BUREAU VERITAS pour développer un règlement de classe spécifique à ces activités. Le règlement existant a fait l'objet d'un toilettage pour en extraire des dispositions pour les *Unmanned Surface Vessels* (USV) qui permettront dès la fin de l'année 2022 de classer les engins autonomes de moins de 500 de jauge brute.

Si une telle approche devait être adoptée, se poserait la question de la pertinence de créer une nouvelle division ou de faire entrer dans le champ d'application d'une des divisions existantes les drones et navires autonomes. Quelle que soit la démarche retenue, disposer d'une base réglementaire identifiée et claire pour les services chargés de l'enregistrement des drones sera indispensable pour s'acquitter de leurs tâches en toute maîtrise et responsabilité.

Par ailleurs, suite au comité MSC 105 qui s'est tenu en avril 2022, il a été convenu de finaliser une feuille de route par le groupe de travail *ad hoc* pour traiter les opérations du MASS dans le cadre réglementaire de l'OMI. L'objectif du groupe de travail est de développer un instrument non obligatoire sous la forme d'un code MASS basé sur des objectifs, une première étape vers un instrument obligatoire à l'avenir. Cela ne s'appliquerait initialement (Maritime Autonomous Surface Ship) qu'aux cargos pendant leur développement, et serait éventuellement applicable aux navires à passagers une fois finalisé et rendu obligatoire.

7 Les enjeux de développement

Le secteur est actuellement en plein essor et les fabricants espèrent pouvoir répondre aux attentes des clients potentiels. Pour ce faire, ils ont besoin d'un cadre réglementaire clair pour les accompagner. Sur un domaine en plein développement et avec des opportunités françaises aussi bien dans la conception et la fabrication que dans l'exploitation, le pavillon doit se montrer réactif en encadrant et en accompagnant le développement de ces activités sans les contraindre.

7.1 Accompagnement des entreprises françaises

Les porteurs de projets ont tous manifesté, dans le cadre de cette mission, leur attente de pouvoir passer à un stade de commercialisation et d'exploitation de leurs engins. Quand la question du soutien des pouvoirs publics a été évoquée, la priorité exprimée n'a pas porté sur l'aide à la recherche et au développement. Les attentes portent davantage sur la capacité à mettre sur le marché les drones, déjà opérationnels, pour développer une véritable filière de commercialisation. À ce stade, la recherche et le développement sont déjà financés et seraient soutenus par la vente. L'axe privilégié par les fabricants serait plutôt celui de la commande publique. Ainsi le modèle économique se mettrait en place sur la base de ventes à des établissements publics tels que les ports ou instituts de recherche et les clients potentiels sont nombreux.

En effet, le domaine le plus avancé actuellement est celui du drone, qu'il soit un produit fini avec une coque spécifique et des équipements intégrés, ou qu'il soit le fruit de la transformation d'un navire existant. Les modèles ayant fait l'objet d'expérimentations sont principalement des engins de moins de 12 mètres sur lesquels sont mis en œuvre des outils et capteurs de mesure. C'est précisément le type d'engins qui pourra être utilisé dans la recherche scientifique, la surveillance et l'inspection d'infrastructures. Ce sont donc les domaines d'application des instituts de recherche scientifique, des ports, des exploitants de champs éoliens ou pétroliers. Quand il n'y a pas déjà eu acquisition, un certain nombre de ces acteurs économiques ont prospecté, voire collaboré avec les fabricants pour adapter les modèles disponibles à leurs besoins, et sont dans l'attente d'un statut juridique qui autorise l'exploitation de ces drones.

Dans l'exemple du domaine portuaire, la maîtrise des fonds est un sujet majeur. Un port, principalement les grands ports, doit être en mesure d'assurer à ses clients une profondeur minimale. Cette profondeur doit être cohérente avec les navires qui devront venir charger les marchandises. La capacité d'accès au port est donc une des conditions *sine qua none* de sa réussite commerciale. L'entretien des chenaux d'accès aux quais et l'entretien de ces quais est aujourd'hui une préoccupation permanente des ports quand ils ne cherchent pas à gagner en profondeur pour attirer plus de trafic. Ces activités requièrent en amont de l'entretien une surveillance régulière des fonds en particulier dans les ports situés sur des fleuves comme Nantes-Saint Nazaire ou Rouen. Un drone utilisé pour la surveillance des fonds d'un port et des chenaux d'accès offrirait l'avantage d'une mise en œuvre régulière avec un inventaire à

la fois des fonds mais également des ouvrages, avec moins de limitations météorologiques et éviterait d'exposer l'humain à des risques liés aux activités sous-marines par exemple. D'autres besoins sont aussi à regarder pour nos établissements publics tels que le SHOM, l'Ifremer, la DRASSM et les Phares et Balises.

Recommandation 8. DGITM : Favoriser le développement de la filière des drones en France par les pouvoirs publics, en incitant ses établissements publics tels que les ports pour un usage des drones pour la bathymétrie, tels que le GIE Dragages Ports pour déterminer, dans le cadre de l'article 35 de la loi sur l'économie bleue, la nature des sédiments à claper, ainsi que la bathymétrie des fonds immédiatement après dragage.



Figure 7: Surveillance bathymétrique port de Hambourg

Recommandation 9. DGAMPA, DGOM et Ministère des armées : Recourir dans la mesure du possible à l'usage des drones maritimes, en complément de l'usage de drones aériens pour la surveillance des zones de pêche dans les limites de la ZEE, notamment des territoires ultramarins où des drones aériens sont déjà expérimentés.

7.2 Développement de nouveaux outils au profit de l'économie maritime

L'espace maritime de la France, deuxième en superficie à l'échelle mondiale, fait de la France un État côtier de premier plan. Or la connaissance limitée du fond des océans, du fait de la difficulté d'accès et de mise en œuvre d'engins d'exploration est un axe de développement pour les nations maritimes. Même à des profondeurs plus limitées comme dans le cas du plateau continental, la capacité à cartographier le relief sous-marin est un atout pour faire reconnaître les compétences d'un État sur les espaces maritimes adjacents.

Le développement des drones représente une opportunité majeure dans ces domaines, à l'image du secteur portuaire. Les limites aujourd'hui identifiées seraient repoussées. Un engin autonome disposant d'une autonomie estimée en jours permettrait le déploiement à moyenne voire longue distance d'outils de bathymétrie et de cartographie sur un porteur considérablement plus compact que les navires océanographiques aujourd'hui mis en œuvre, et disposerait

d'une capacité à réaliser sa mission d'acquisition de données en autonomie ; une qualité supérieure des données acquises nécessitant un traitement moindre, comme cela est avancé par les fabricants, le drone représenterait un véritable atout pour l'acquisition des connaissances du milieu, l'exploitation raisonnée des ressources et la souveraineté de l'État côtier.

Un engin sous-marin autonome est aujourd'hui capable de rester en immersion plus de 24 heures et de dérouler une mission sans nécessité de contrôle depuis la surface. Les données de la mission sont assignées avant le départ et, une fois déployé, le drone l'exécute avant de revenir en surface. Il n'est par conséquent plus nécessaire de disposer en surface en permanence d'un navire relié avec un ombilical.

Par analogie, le déploiement, l'entretien et la surveillance des câbles sous-marins qui aujourd'hui utilisent des engins opérés depuis la surface et reliés au navire par des ombilicaux, pourront certainement identifier des utilités dans leur activité pour accroître leur efficacité. Or les réseaux de communication par câbles sous-marins sont clairement identifiés comme des points de vulnérabilité pour les États.

7.3 Atouts pour le pavillon et l'État

Le développement des drones et navires autonomes présente plusieurs intérêts pour un État. D'une part le développement de ces filières qui représentent des enjeux économiques et d'emploi importants. Il est difficile d'évaluer le nombre exact des emplois directs et induits par cette nouvelle branche de la navigation mais dans une époque où l'emploi est une préoccupation permanente des gouvernements, tout secteur porteur de croissance doit être pris en considération.

Et l'emploi n'est pas le seul atout à mettre au profit du secteur. La protection des systèmes de communication fait l'objet de recherches et de regroupements de pôles de compétence dont les débouchés ne servent pas qu'à la sécurisation du lien entre un poste de contrôle et un drone mais sont transposables à tous les autres types de liens de communication. Or la protection de ces liens formant des réseaux est un enjeu majeur de l'indépendance des États comme le montre l'actualité récente¹². Et quand ces réseaux sont sous-marins et répartis sur l'ensemble du globe en traversant des océans, leur vulnérabilité est d'autant plus grande.

D'autre part, le développement technologique qui accompagne l'autonomisation aura assurément un impact sur les navires conventionnels et le fonctionnement des bords. S'il est peu probable à moyen terme de voir des porte-conteneurs de 2000 EVP¹³ et plus naviguer sans équipage, les progrès technologiques en matière d'autonomisation de la conduite des navires ou des machines transformeront l'activité des marins et l'organisation du travail à bord. Un État qui serait en mesure de promouvoir au niveau international la modernisation des systèmes

¹² Guerre en Ukraine ayant mis en lumière l'importance des réseaux de communication et leur protection, ou encore sabotage de réseaux de fibres optiques dans plusieurs grandes villes françaises le 27/04/2022.

¹³ EVP : Equivalent Vingt Pieds, unité représentant la capacité d'emport de conteneurs

embarqués et d'animer une filière dynamique d'innovation présenterait de fait un intérêt pour l'industrie navale.

En proposant un encadrement clair et adapté de la filière, et sachant que la France apparaît pionnière au niveau de l'Europe en matière de réglementation sur les drones, le pavillon pourrait attirer de futurs propriétaires, exploitants voire industriels désireux de bénéficier de règles lisibles et acceptables pour le développement de leurs activités. Tous les acteurs de la conception et de la fabrication de drones et navires autonomes se rejoignent sur l'importance de donner une image de sérieux et de fiabilité de cette filière, qui suscite encore des inquiétudes quant au fait que des engins soient autorisés à naviguer sans personne à bord et au regard des risques pour les autres navires et l'environnement. Le milieu maritime pâtit toujours de l'image des grandes pollutions maritimes et de la communication sur l'impact environnemental des navires.

Enfin si l'importance d'un pavillon est généralement estimée au regard du tonnage de sa flotte ou du nombre de navires dont elle est constituée, il est probable que l'importance d'un pavillon en matière de drones sera plutôt basée sur le nombre d'unités enregistrées et le dynamisme de sa filière. Être reconnu comme un pavillon important en nombre de drones immatriculés et soutenu par une filière forte permettrait de peser dans les discussions au sein des organisations internationales et de faire valoir une approche française de la navigation de ces nouveaux types de navires. Voir généraliser au niveau international l'approche retenue au niveau national donnerait logiquement un avantage aux entreprises exploitantes et aux concepteurs français.

8 Une gouvernance adaptée et renforcée au sein de l'État

Les porteurs de projets sont aujourd'hui majoritairement représentés par le secteur industriel et issus de la recherche avec le monde militaire. En complément et dans le but d'agréger les compétences, les savoir-faire et les différents types d'entreprises, des pôles de compétitivité se sont mis au service du secteur des drones et navires autonomes. Il est aujourd'hui difficile d'estimer le nombre d'entreprises impliquées dans le domaine de la navigation autonome. Les entreprises peuvent être amenées à travailler sur des produits spécifiquement dédiés et fournis « clé en main » avec le flotteur équipé de ses systèmes de navigation, ou au contraire fournir des systèmes intégrables sur n'importe quel navire.

Il est également constaté un fort engagement de l'enseignement supérieur et de la recherche. Ainsi un pôle d'expertise sur les moyens de communication s'est développé pour développer, mettre à l'épreuve et renforcer la protection des moyens de communication au sein de l'École navale. L'université rochelaise travaille actuellement sur le développement d'intelligence artificielle capable d'être embarquée sur un drone et de développer ses connaissances en matière d'état structurel de fondations.

Alors qu'une véritable stratégie nationale se met en place au niveau des véhicules automatisés terrestres sous l'égide de Madame IDRAC, alors que la DGAC pilote aussi la problématique des drones aériens dont l'essor a démarré notamment par des engins de loisirs accessibles au grand public après néanmoins un enjeu militaire, force est de reconnaître que le secteur maritime en matière de drones reste actuellement à conforter dans son approche. Aussi, le travail fait au niveau de la DGITM pour les véhicules autonomes devrait inspirer le secteur maritime. En effet, cette démarche s'accompagne de la mise en place d'une stratégie nationale dont les principes directeurs recouvrent l'acceptabilité, la progressivité, l'acceptabilité par une méthode de travail collaborative entre secteur public et privé, ce dernier par l'intermédiaire du Cluster maritime français avec les pôles mer Bretagne et Méditerranée, permettant aussi d'articuler les cadres réglementaires locaux, nationaux et européens, le niveau mondial étant en discussion à l'O.M.I. plutôt sur les navires autonomes. Cependant, le MSC 105 (Maritime Safety Committee du 20 au 29 avril 2022) devrait commencer à travailler sur le développement d'un instrument basé sur des objectifs réglementant l'exploitation des navires de surface maritime autonomes (MASS). L'objectif de l'O.M.I. est d'adopter un code MASS obligatoire basé sur des objectifs en 2025.

L'objectif stratégique, à fixer par le Parlement et les ministres chargés de la Mer et des Transports, pourrait être de faire de la France un lieu privilégié en Europe de déploiement de drones de recueil de données et de surveillance dans les cinq ans à venir.

Ceci passe notamment par :

- Le passage à la conduite automatisée sans marin à bord, avec supervision à terre ou à bord d'un navire-mère
- La prise en compte des aspects sécurité de la navigation avec la problématique du sauvetage en mer
- La vigilance sur l'acceptabilité, aussi bien sociale des marins que des usagers de la mer
- La gestion de la donnée
- Le soutien à l'innovation en essayant de se raccrocher à un Programme d'investissements d'avenir
- Le renforcement de l'approche européenne
- Une meilleure visibilité de l'approche française
- La veille sur certains pays précurseurs en Europe mais aussi aux États Unis avec le programme *Sail Drone*¹⁴ dont des expérimentations ont eu lieu en Méditerranée.

Recommandation 10. SG Mer : S'inspirer de la méthode mise en place pour les véhicules terrestres autonomes, pour renforcer l'action du Cluster maritime français, en constituant un comité stratégique au sein du Comité France Maritime en associant d'autres directions d'administration centrale, hors ministère chargé des transports et ministère chargé de la Mer, telles que la DGE et des organismes publics tels que l'ANSSI pour définir une véritable stratégie nationale sur les engins flottants autonomes.

¹⁴ <https://www.saildrone.com>

Conclusion

Faisant suite à une période d'expérimentation de deux années et dans un secteur en plein essor avec de très grandes attentes, la réalisation en trois mois d'une mission d'évaluation des expérimentations de drones et navires autonomes représentait un défi d'autant plus grand que se préparent parallèlement des textes d'application.

Si le temps accordé à cette mission était contraint et n'a pas permis d'explorer et de rencontrer autant d'acteurs industriels et administratifs que ses membres auraient souhaité, les échanges qu'ils ont eu leur permettent d'émettre un certain nombre de recommandations visant à accompagner les industriels dans un contexte de concurrence européenne et internationale, mais également géopolitique particulièrement sensible aux aspects de souveraineté et de sûreté.

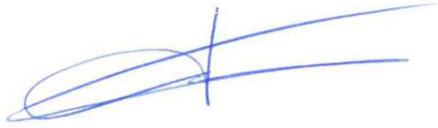
Les interlocuteurs des membres de la mission, qu'ils soient porteurs de projets, acteurs du monde maritime, du monde de la recherche et de l'enseignement ou qu'ils œuvrent à fédérer un écosystème d'entreprises, ont tous manifesté un grand intérêt pour le travail mené et répondu avec une grande transparence aux interrogations. Ces échanges sont le reflet du dynamisme du secteur et de la motivation de ses acteurs, mais aussi de leurs attentes. Et ces attentes concernent aussi bien les créateurs, concepteurs que les futurs clients et exploitants ou les services de l'administration qui seront leurs futurs interlocuteurs.

Les retours et recommandations visent à montrer que ce secteur, certes assez récent, doit être abordé avec beaucoup de bienveillance pour les opportunités qu'il représente, mais aussi avec la lucidité qu'implique l'apparition d'un nouvel usager sur le domaine maritime pour qu'il s'y intègre en toute sécurité.

Si le monde maritime est aujourd'hui très impliqué dans la réduction de son impact environnemental, il ne fait pas de doute que l'autonomisation, de par les innovations technologiques qu'elle est amenée à explorer, sera un facteur d'amélioration de cet impact. Et si elle peut être perçue comme contraire au développement social du milieu, elle peut au contraire en devenir un atout en améliorant l'organisation du travail et l'évolution de la carrière et offrant de nouvelles perspectives aux marins.

Enfin, la mission a relevé une approche largement différente des autres modes de transport, tels que le terrestre avec les véhicules autonomes et l'aérien, nécessitant comme le formule la recommandation n°10 une meilleure appropriation du secteur au-delà de la simple Administration de la mer. Cette ouverture permettrait de rapprocher les milieux militaires et civils, à l'image de notre organisation administrative maritime française. Cette recommandation est d'ailleurs prioritaire sur l'ensemble des autres recommandations, qui se déclineront naturellement dans le cadre de la mise en place d'un comité stratégique, par exemple au sein du Comité France Maritime coprésidé par le SG Mer et le président du Cluster maritime français.

Thibaut CHOLLET



**Administrateur principal des
Affaires maritimes**
**Chef du centre de sécurité des
navires de La Rochelle**

François MARENDET



**Ingénieur général
des ponts, des eaux
et des forêts**

Annexes

1 Lettre de mission



GOVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*

→ D.C

Paris, le 17 DEC. 2021

La ministre de la Mer
Le ministre délégué chargé des Transports

Monsieur le Vice-président du
Conseil général de
l'environnement durable

Monsieur l'Inspecteur général des
affaires maritimes

Objet: Lettre de mission – Rapport d'évaluation à remettre au Parlement relatif à l'expérimentation de la navigation d'engins flottants de surface maritimes ou sous-marins autonomes ou commandés à distance.

Les évolutions technologiques de ces dernières années ont rendu possible l'exploitation d'engins flottants autonomes ou opérés à distance destinés principalement aux relevés scientifiques et à la surveillance d'installations maritimes. Le développement de ces nouvelles technologies est à l'origine d'évolutions législatives et réglementaires afin de permettre l'exploitation de cette nouvelle génération d'engins et de favoriser l'émergence de ce nouveau secteur industriel, aux enjeux stratégiques importants. La loi n° 2016-816 du 20 juin 2016 pour l'économie bleue a ainsi introduit de nouveaux articles dans le code des transports précisant les règles applicables aux « engins flottants de surface ou sous-marin, à bord [desquels] aucune personne n'est embarquée, commandés à partir d'un navire battant pavillon français », ainsi qu'aux dommages qu'ils peuvent causer. Ces modifications ont permis de préciser le régime applicable aux engins commandés à partir d'un navire et in fine les assimiler à des annexes de navire.

Aujourd'hui, il est possible d'envisager la mise en service et l'exploitation, à court ou moyen terme, de navires commandés à distance, de navires avec un haut niveau d'automatisation ou autonomes. Ces engins auront par exemple vocation à effectuer du transport de marchandises ou des services jusqu'aux installations off-shore. Sans qu'il soit possible de prédire un essor généralisé de l'autonomie ou de la commande à distance dans le transport maritime, il est très probable que les solutions technologiques associées à ces développements modifieront significativement le navire de demain.

20, avenue de Ségur – 75007 Paris
Tél. : 33(0)1 40 81 21 22

246, boulevard Saint-Germain
75007 Paris
Tél. : 33(0)1 40 81 21 22

1

Ce contexte a conduit à l'adoption de plusieurs dispositions relatives à ces engins dans la loi d'orientation des mobilités (LOM) du 24 décembre 2019 : le X de l'article 135 permet d'autoriser à titre expérimental la navigation des engins de surface maritimes ou sous-marins, autonomes ou commandés à distance, et le 1° du III de l'article 135 autorise le gouvernement à légiférer par voie d'ordonnance afin de permettre la navigation de ces engins, de définir les conditions de leur utilisation pour préserver la sécurité de la navigation maritime et l'environnement, de préciser le régime de responsabilité et d'assurance correspondant ainsi que le droit du travail et le régime social applicables aux personnels concernés et de définir les conditions dans lesquelles la méconnaissance de ces dispositions est recherchée, contrôlée et sanctionnée. Le calendrier de la phase expérimentale devait s'articuler avec le délai d'habilitation de l'ordonnance et ainsi combler le vide juridique tout en permettant la navigation à titre expérimental de ces engins dans l'attente d'un cadre juridique plus complet.

L'arrêté du 20 mai 2020 relatif aux modalités d'expérimentation de la navigation des engins flottants maritimes autonomes ou commandés à distance a précisé les conditions d'expérimentation de ces engins. Deux régimes ont été créés : un régime de déclaration préalable pour les engins peu puissants, petits et répondant à des critères précis, et un régime d'autorisation préalable pour les autres. Dans les deux cas de figure, le détenteur de l'autorisation doit transmettre, après la fin de l'essai, un rapport décrivant le programme et résumant les résultats de l'expérimentation. Ces retours d'expérience devant permettre d'adapter la réglementation applicable à l'émergence de ces nouveaux types d'engins et nourrir le rapport d'évaluation de ces expérimentations qui doit être remis au Parlement par le gouvernement.

Nous souhaitons vous confier la rédaction de ce rapport qui devra notamment s'attacher à traiter et reprendre les enjeux, besoins et difficultés rencontrés en matière de : cyber-sécurité, sécurité et surveillance, communication, qualification et de certification, règle de circulation en matière nautique ou encore en matière de responsabilité et de prévention des pollutions.

Il devra également permettre de relever toute autre donnée pertinente relevant de l'exploitation de ces engins lors des essais mis en œuvre et d'analyser de manière prospective les secteurs les plus propices au recours à cette nouvelle génération d'engins.

Dans vos démarches, vous pourrez vous appuyer sur les services en centrale et déconcentrés de la Direction des affaires maritimes (DAM), du Secrétariat général de la mer (SGMer) et des Préfectures maritimes.

Nous souhaitons que ce rapport puisse nous être remis pour le 28 février 2022.



Annick GIRARDIN



Jean-Baptiste DJEBBARI

2 Liste des personnes rencontrées

MINISTÈRES			
	Personnes rencontrées		Fonction
Ministère chargé des transports			
Cabinet du ministre	VIRLET Alban Et CAUBERT	02/02/2022	Conseiller Conseiller
Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM)	DELACHE Xavier	07/03/2022	Sous-directeur des études et de la prospective
IGEM	GALY Laurent	04/02/2022	Inspecteur Général de l'Enseigne- ment Maritime
Ministère de la mer			
Cabinet du ministre	FRACHON	02/02/2022	Conseiller
OMI	JANVIER Philippe	08/02/2022	Représentant permanent à l'OMI
CGEDD			
	LAMALLE Michel	04/02/2022	Membre
	FULDA Bruno SCHWOB Bernard	09/02/2022	Membres
DAM			
	LEGER Marc BATHILDE Marie SADOUN Lucie VANDOORNE- BERGONZATE Eugénie	21/01/2022	Sous-directeur
DGAMPA STEN2			
	NEUMANN Caroline VANDOORNE Eugénie SADOUN Lucie	04/03/2022	
STEN 2	TARABAY Ziad	04/02/2022	Chef du pôle contrôle de la sécurité des navires et coordinateur de la CCS
BEA Mer	RUBIN de CERVENS François-Xavier SYMONEAUX Alan	14/02/2022	Directeur
CROSS Corsen	LOPEZ Sébastien SIBILLOTE Myriam	28/02/2022	Directrice du CROSS
Préfecture maritime Manche Atlan- tique	LOARER Méline BIOT Stéphane	28/02/2022	
Préfecture maritime Méditerranée	DE CAMARET Maylis	03/03/2022	
Préfecture maritime Manche Mer du Nord	ROUSSEAU Mailys	16/03/2022	Adjointe au bureau ordre public et loisirs nautiques
Guichet Unique RIF	GARZIANO Stéphane RAFFRAY Fabien	17/03/2022	Chef du Guichet Unique

ETABLISSEMENTS PUBLICS			
	Personnes rencontrées		Fonction
Ecole Nationale Supérieure Maritime	SAM Awa	19/01/2022	Professeur
	FOLLUT Dominique	22/02/2022 21/03/2022	Dr Recherche
	BALLICHI Marc	22/02/2022	
	MERINO-LASO Pedro	22/02/2022 21/03/2022	Enseignant, cybersécurité et science de données
	BAUDU Hervé	25/02/2022	Professeur
Service Hydrographique de la Marine (SHOM)	LEFRANCOIS Amandine	21/01/2022	
	EZVAN Benedicte	21/01/2022	
	LEIDINGER Nathalie	21/01/2022	
Veritas	FAIVRE Jérôme	22/02/2022	
ORGANISATIONS PROFESSIONNELLES ET ENTREPRISES			
	Personnes rencontrées		Fonction
CMF Cluster Maritime Français		21/01/2022	Groupe de travail
	LUCZKIEWICZ Alexandre	26/01/2022	
		31/01/2022	Groupe de travail
	MONCANY Frédéric	09/03/2022	Président
Armateurs de France	CASANOVA Jean-Philippe	31/03/2022	Délégué général
	VANDEWALLE Maha		
Pilote de la Loire	DALMARD Guillaume	19/01/2022	Président des pilotes
Oceanic Assistance	HARDY Dominique LECLERQ Loys	18/02/2022	Marin et directeur Architecte naval
Association CELADON	HOULY Ivan	01/03/2022	Directeur des opérations Seatestbase
Pole Mer Bretagne Atlantique	POUPON Patrick	01/03/2022	
	RENAUDEAU Frédéric		Conseiller Défense
	COMBLET Fabrice		Chargé de mission
	HOULY Ivan		
Sea Owl	PICHOU Maem GIRAUD Marie-Annick TRONETTO Gilles	16/02/2022	
IXBlue	EDELIN Guillaume	21/02/2022	
CMACGM	Mme CONTI	25/02/2022	
Groupe ECA	HEYER Laurent LLOYD Benoit	18/03/2022	Offshore operations coordinator

3 Tableau des expérimentations recensées par les Préfectures Maritimes

<i>Numéro d'ordre</i>	<i>Société</i>	<i>Nom de l'engin</i>	<i>Type</i>
Préfecture maritime de l'Atlantique			
1	IXBLUE	DRIX	Drone de surface
2	IXBLUE	DRIX	Drone de surface
3	IXBLUE	DRIX	Drone de surface
4	RTSYS	COMET 300	Drone sous-marin
5	RTSYS	NEMOSENS	Drone sous-marin
6	RTSYS	NEMOSENS	Drone sous-marin
7	TELEDYNE	GAVIA	Drone sous-marin
8	RTSYS	COMET 300	Drone sous-marin
9	THALES DMS	UUV A27	Drone sous-marin
10	IXBLUE	DRIX	Drone de surface
Préfecture maritime de Manche – Mer du nord			
1	IXBLUE	DRIX	Drone de surface
2	KOPADIA	KOPADIA CUSTOM	Drone sous-marin
3	CMN	HSI 344	Navire télépiloté
Préfecture de Méditerranée			
1	SEA OWL	SEA4M	Navire autonome
2	SEA OWL	ND	Drone de surface
3	ECA	ND	Drones de surface et sous-marin
4	ECA	ND	Drones de surface et sous-marin
5	TVT INNOVATION	ND	Essaim de drones de surface
6	SEA OWL	ND	Drone de surface
7	THALES	ND	Drone sous-marin
8	REGROUPEMENT DE PROJETS	ND	Différents types
9	IXBLUE	DRIX	Drone de surface
10	NAVAL GROUP	ND	Navire autonome
11	NAVAL GROUP	ND	Navire autonome
12	SEA OWL	ND	Navire autonome
13	IXBLUE	DRIX	Drone de surface

4 Bibliographie

- Le mémoire d'Anaïs CHESNEAU sur les navires autonomes de l'année 2017 ;
<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01622134/document>
- Le document de l'institut Paris région de septembre 2020
https://institutparisregion.fr/fileadmin/NewEtudes/000pack2/Etude_2360/NR_8_51_web.pdf
- La synthèse du projet européen MUNIM (*Maritime Unnamed Navigation through Intelligence Networks*) <https://cordis.europa.eu/project/id/314286>
- L'étude de la CNUCED de 2019 sur les transports maritimes
https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2019_fr.pdf
- L'étude de la Commission européenne sur les aspects sociaux dans le secteur du transport maritime
<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a14413d7-bf30-11ea-901b-01aa75ed71a1>
- La synthèse du rapport d'étape présenté par M. Branko BERLAN représentant ITF (CFDT) à l'OMI
http://ufm-cfdt.org/modules/kameleon/upload/navires_autonomes_.pdf
- Le guide de bonnes pratiques relatives aux drones maritimes élaboré par le Cluster Maritime Français de juin 2020 https://cluster-maritime.fr/wp-content/uploads/2020/06/CMF_guide_drones_juin2020.pdf
- Les documents de DNV –GL sur SAFEMASS de Mars 2020 ainsi que le RBAT (Risk-based Addedment Tool for Mass) de décembre 2020 pour le compte de l'EMSA
<https://cyprusshippingnews.com/wp-content/uploads/2020/04/SAFEMASS-Part-1.pdf>
<https://cyprusshippingnews.com/wp-content/uploads/2020/04/SAFEMASS-Part-2.pdf>
- Le rapport PICHEREAU de 2019 sur le déploiement européen du véhicule autonome <https://ecologie.gouv.fr/sites/default/files/rapport%20pichereau.pdf>
- article du **13** février 2018 <http://www.geostrategia.fr/les-drones-au-service-de-la-mer-un-outil-en-pleine-evolution/>

Autres documents consultés

- La position de M.René TYL, membre de l'AFCAN
- Le rapport d'essai de drone sous-marin Kopadia –Merville d'octobre 2020
- La déclaration d'expérimentation du déploiement d'engins autonomes de surface DRIX par la société IXblue de décembre 2020
- Les rapports de différents comités MSC de l'OMI (102.103.104 et préparatoire 105)
- Le rapport de l'ACA2M Philippe BRICQUER de 2014 sur l'impact de l'arrivée des drones dans le domaine maritime pour le brevet technique de l'EMS
- Des articles de presse sur le navire autonome électrique Yara Birkeland en novembre 2021
- Des éléments sur le projet AAWA (*Advanced Autonomous Waterborne Application*) lancé en 2015

5 Glossaire des sigles et acronymes

Acronyme	Signification
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'Energie
AFCAN	Association Française des capitaines de Navires
ANFR	Agence Nationale des Fréquences
ANSSI	Agence Nationale de la sécurité des systèmes d'Information
AUV	Autonomous underwater vehicle
COLREG	Collision Regulation Rules
CROSS	Centre régional opérationnel de surveillance et de sauvetage
CSN	Centre de sécurité des navires
DAM	Direction des Affaires Maritimes
DGAMPA	Direction générale Affaires Maritimes Pêche et Aquaculture
DGITM	Direction générale des infrastructures de transports et [de la mer jusqu'au 1 ^{er} Mars 2022] des Mobilités [à partir du 1 ^{er} Mars 2022]
DRASSM	Département des recherches subaquatiques et sous-marines
ECA	Études et constructions aéronautiques
ECDIS	Electronic Chats Display Information System
EMSA	European Maritime Safety Agency
ENSM	École Nationale supérieure maritime
MASS	Maritime Autonomous Surface Ship
Nds (Knots)	Nœud [1 nœud = 1.8 km/h]
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
OHI/IHO	Organisation hydrographique Internationale/ International Hydrographic Organization
OMI /IMO	Organisation Maritime Internationale/ International Maritime Organization
RIPAM	Règlement international pour prévenir les abordages en mer [nom français du COLREG]
Prémar	Préfecture Maritime
SOLAS	Safety of life at sea
STCW	Standards of training, certification and watchkeeping
USV	Unmanned Surface Vessel
VDR	Voyage Data Recorder

[Site internet du CGEDD : « Les derniers rapports »](#)