

# Feuille de Route SmartShip

## « Bateaux intelligents et système autonomes »

- Pilote : IXBLUE – Thomas BURET
- Co-pilote : Pôle Mer Méditerranée – Christophe AVELLAN
- Coordination : Comité R&D



### Table des matières

1	Contexte et enjeux de la feuille de route SMARTSHIP .....	2
1.1	Enjeux emplois et Chiffres clés du marché du SMARTSHIP .....	2
1.2	Enjeux technologiques et enjeux de souveraineté.....	2
1.3	Enjeux sur la réduction d'impact environnemental et sur la sécurité du transport .....	3
2	Périmètre de la feuille de route SMARTSHIP .....	3
3	Identification des axes technologiques prioritaires.....	4
3.1	Jumeau Numérique : .....	5
3.2	Marin Augmenté : Connectivité et Interfaces .....	6
3.3	Autonomie des Navires : Systèmes de conduite téléopéré et autonome .....	7
4	Pilotage, calendrier, budget et indicateurs de performance .....	9
4.1	Pilotage .....	9
4.2	Budget.....	9
5	Liens des axes technologiques SMARSHIP avec les Enjeux Prioritaires d'autres feuilles de route ....	9
5.1	transversalités avec la feuille de route GREENSHIP .....	9
5.2	Waterborne Technology Platform .....	11

# 1 Contexte et enjeux de la feuille de route SMARTSHIP

La transition numérique est un enjeu incontournable pour l'industrie, notamment maritime. La plupart des industries ont initié leur mutation depuis plusieurs années pour bénéficier du numérique comme levier de croissance et de compétitivité. La digitalisation dans le domaine maritime doit permettre de voir émerger des **bateaux intelligents**, connectés de manière cyber sécurisée et autonomes (collecte, stockage, partage, et valorisation des données) permettant l'optimisation des opérations en mer; de lancer un programme de **big data de la mer** en considérant les navires et les structures marines comme d'innombrables **capteurs de la mer** dans le but de l'amélioration de la connaissance environnementale ; de renforcer les développements de **systèmes autonomes**, la **robotique navale**, **marine et sous-marine**.

## 1.1 Enjeux emplois et Chiffres clés du marché du SMARTSHIP

Il est difficile d'estimer finement ce que représente la part de la composante SMARTSHIP isolée dans les chiffres clés de la filière (CA 30Mds€ / 115 000 emplois directs), d'autant que le digital contribue, et contribuera de plus en plus, au GREENSHIP, au SMARTYARD, aux SMART OFFSHORE INDUSTRIES.

L'OCDE<sup>1</sup> estime que Les secteurs reliés à la filière des industriels de la mer (offshore pétrolier, énergie marines renouvelables, construction/réparation navale et équipements maritimes) représentaient, en 2010, 49% de l'économie maritime globale, qui elle-même va doubler, passer de 1500 Mds\$ à plus de 3000Mds\$, entre 2010 et 2030. Sur la base de ces données, et sur d'autres études de marché<sup>2</sup>, on peut estimer la valeur du marché des technologies du SMARTSHIP en 2030 entre 10 et 30 Md\$/an, ce qui pourrait représenter pour la France entre 40 000 et 80 000 emplois, dont 5 000 à 10 000 créations nettes, et de nombreux métiers totalement renouvelés, voir nouveaux<sup>3</sup>.

**L'objectif de cette feuille sera la création nette de 2000 emplois minimum à horizon 2030, objectif revu tous les ans.**

Par ailleurs, si les métiers de la mer sont de plus en plus perçus comme peu attractifs pour la jeune génération, les navires intelligents, digitalisés, autonomes, permettront aux marins travailler dans des conditions de sécurité renforcés, de bénéficier des meilleurs outils pour limiter le stress et la fatigue, voire de contrôler et de surveiller les navires depuis la terre et de profiter de leur vie sociale.

## 1.2 Enjeux technologiques et enjeux de souveraineté

Les enjeux de cette feuille de route sont d'accroître l'attractivité de l'offre française permettant de **créer de nouveaux services générateurs d'emplois et de richesses** pour la filière et de développer des **nouveaux usages et de nouvelles activités** bénéfiques aux clients associés.

Avec des impacts positifs attendus en premier lieu sur l'efficacité énergétique et l'efficacité des opérations, les coûts de la maintenance, mais aussi sur la réglementation, la standardisation, la formation des équipages, les primes d'assurances grâce à la diminution des risques, SMARTSHIP contribuerait ainsi à conserver l'avance technologique française et à gagner des parts de marché.

<sup>1</sup> The Ocean Economy in 2030, OCDE – 2016

<sup>2</sup> TRADE 2.0 Report "How startups are driving the next generation of maritime trade", INMARSAT - 2019 – "the value of Ship Technology (ShipTech) will rise to US\$278bn by 2030"

<sup>3</sup> EMERGING TECHNOLOGIES' IMPACT ON SOCIETY & WORK IN 2030, DELL & Institute for the future – 2017 - "85% of the jobs in 2030 haven't been invented yet"

**La transversalité et la dualité civile-défense est très forte dans le secteur du SMARTSHIP, et de nombreux acteurs industriels français sont présents sur les 2 segments de marché. La place de la France et de l'industrie française dans le monde, est directement liée aux enjeux R&D de la feuille de route SMARTSHIP - c'est un enjeu de souveraineté technologique, de relocalisation et de résilience industrielle pour la France, 2nd domaine maritime et 1er domaine sous-maritime au monde<sup>4</sup> !**

### 1.3 Enjeux sur la réduction d'impact environnemental et sur la sécurité du transport

Les liens entre le GREENSHIP (navire moins polluant et moins impactant) et le SMARTSHIP (navire intelligent, connecté, plus sûr) sont étroits : pour être plus « GREEN » un navire doit obligatoirement être plus « SMART ».

Cette relation GREEN-SMART s'illustre notamment dans l'efficacité opérationnelle – les navires plus digitaux et plus connectés, sont plus attractifs et plus performants optimisés pour leurs missions, mais aussi plus sûrs et beaucoup moins impactant pour l'environnement. Quelques exemples sont donnés au chapitre 5.1 « transversalité avec la feuille de route GREENSHIP ».

Bien sûr, on ne peut oublier que le développement du numérique conduit lui aussi à l'augmentation des émissions des gaz à effet de serre (GES - à titre d'illustration, si le transport maritime est responsable d'à peu près 2,5 % des émissions mondiales de GES la 3<sup>ème</sup> étude de l'OMI sur les GES, le numérique représente aujourd'hui 3 à 4 % des GES dans le monde et 2 % des émissions au niveau national), et les projets proposés devront intégrer autant que possible une évaluation des impacts environnementaux de la digitalisation (par ex via le Cloud et la couverture satellitaire nécessaire), qui peut minimiser les gains escomptés/affichés au niveau du navire.

## 2 Périmètre de la feuille de route SMARTSHIP

SMARTSHIP a pour ambition de réaliser et de maîtriser la révolution numérique dans toutes les opérations liées au domaine maritime avec une application ouverte aux 5 Marines (militaire, marchande, scientifique, pêche et plaisance). En effet, en anticipant et en gardant la maîtrise de ces changements, la France pourra se doter d'une industrie navale forte, créant des emplois hautement qualifiés liés au numérique et à l'intelligence artificielle en mer et à terre.

L'objectif de SMARTSHIP est de mettre à profit les nouvelles technologies de l'information (intelligence artificielle, automatisation, virtualisation, IoT, connectivité) pour développer des navires plus intelligents & autonomes, rendre les navires plus attractifs, plus performants, plus économes et moins impactant en termes d'empreinte environnementale, et plus sûrs, grâce à une approche fédératrice sur le cycle de vie complet de celui-ci.

Il s'agit de favoriser :

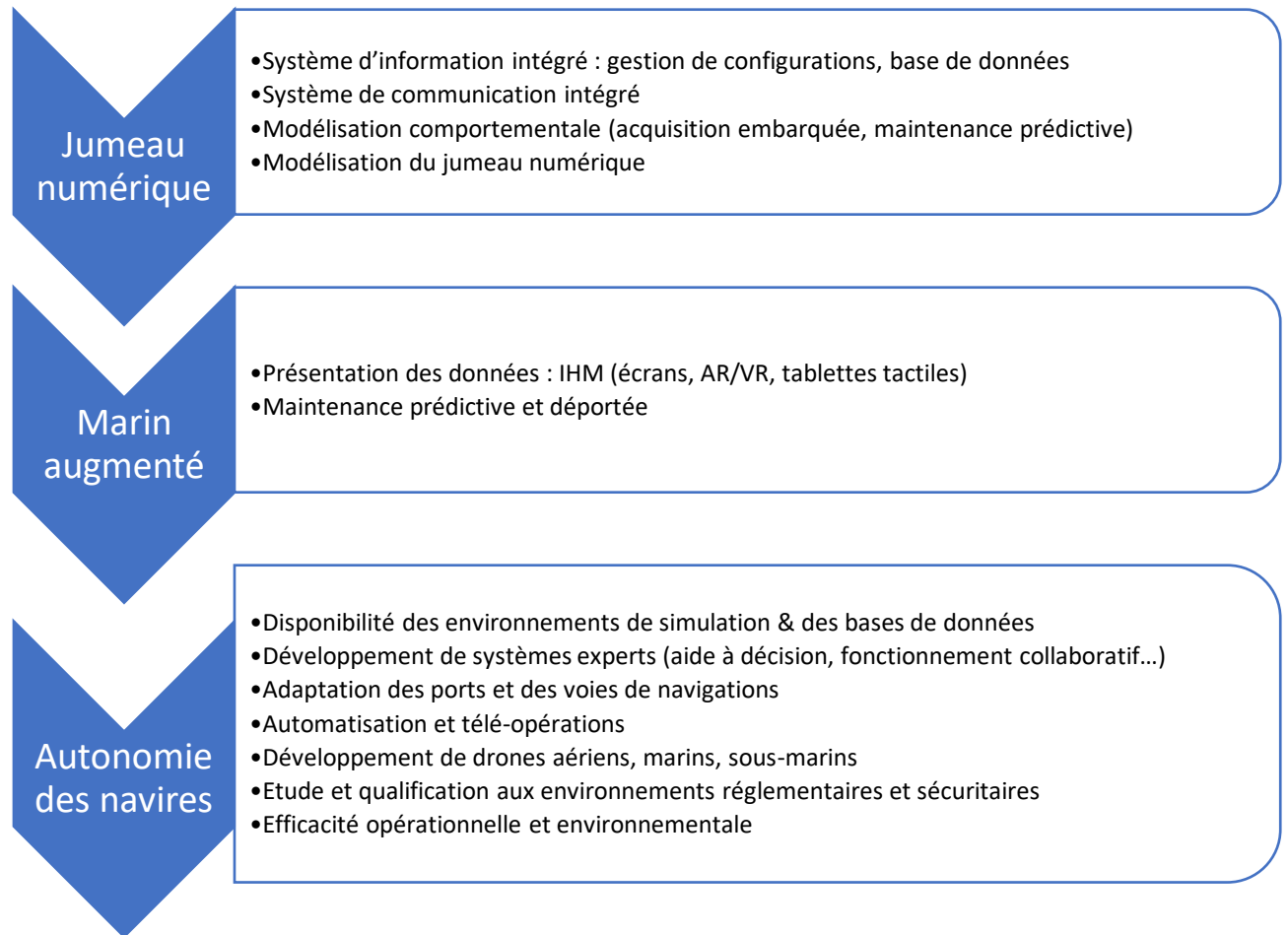
- L'émergence de nouveaux produits et services (ex : aides à la conduite des opérations)
- La sécurité et la sûreté des navires et des personnes
- L'attractivité du produit navire (ex : interopérabilité)

<sup>4</sup> le domaine maritime sous-marin français a été étendu officiellement de près de 150 000 km<sup>2</sup> dans l'Océan indien à la suite de la publication de deux décrets au Journal officiel en févr.-21. Le plateau continental de la France a été ainsi porté à une surface de 730 000 km<sup>2</sup>, qui s'ajoutent aux 10,2 millions de km<sup>2</sup> d'eaux sous souveraineté (eaux intérieures et mer territoriale) ou sous juridiction (zone économique exclusive, ZEE) françaises.

- L'efficacité opérationnelle (disponibilité opérationnelle, cout d'exploitation réduit, maintenance, fonctionnement, autonomisation des navires, confort, performances...)
- La réduction de l'empreinte environnementale du navire

### 3 Identification des axes technologiques prioritaires

3 axes de travail sont identifiés et partagés :



De manière transverse à ces 3 axes, les problématiques de **cybersécurité** des systèmes & aux vulnérabilités que peuvent avoir les navires devront être traitées.

### 3.1 Jumeau Numérique :

Les enjeux prioritaires du jumeau numérique (pour le navire – SMARTSHIP) sont sur les capteurs et les données :

- Besoin de **bases de données**, accessibles au plus grand nombre pour permettre d'accélérer le développement de jumeaux numériques et d'algorithmes d'intelligence artificielle.
- Besoin de **capteurs spécifiques** sur le comportement du navire et ses systèmes (motorisation, vibrations...) pour pouvoir alimenter les jumeaux

		Budget envisagé sur la période 2021 - 2025 (en M€)	court terme 1 à 2ans (en M€)	moyen terme 2 à 3 ans (en M€)	long terme >= 4 ans (en M€)
<b>JUMEAU NUMERIQUE</b>	<b>EXEMPLE</b>				
Système d'information intégré : gestion de configuration, bases de données	Datalake, centralisation des données navires nécessaires au Jumeau Numérique Etat, configuration et version des logiciels et matériels du navire	35	20	15	
Système de communication intégré	Connexion des capteurs répartis à bord, notamment en sans fil et faible voire sans	30	20	10	
Modélisation comportementale (acquisition embarquée, maintenance prédictive)	Réaliser des simulations multi-physiques, simulations de chaînes fonctionnelles intégrées (interfaces avec équipements critiques)	40	15	10	15
Modélisation du Jumeau Numérique	Détections d'anomalies sur écarts anormaux et proposition de réactions Mettre à jour de la maquette numérique «as-maintained» au juste besoin Développer une capacité de traitement des informations (BigData), algorithmes prédictifs,	30	15	15	
efficacité opérationnelle	data management routing, voyage planning Just in Time Monitoring de la disponibilité des équipements à bord	50	20	15	15

### 3.2 Marin Augmenté : Connectivité et Interfaces

Les enjeux prioritaires du Marin Augmentés sont sur les connectivités et les interfaces :

- Moyens de **communication disponibles partout**, rapide et avec un important flux de données (s'appuyer par exemple sur constellations satellitaires)
- Utilisation d'un **historique de données** + mesures en temps réel via IoT pour permettre la **maintenance prédictive** & optimisation des systèmes/route du navire...

		Budget envisagé sur la période 2021 - 2025 (en M€)	court terme 1 à 2ans (en M€)	moyen terme 2 à 3 ans (en M€)	long terme >= 4 ans (en M€)
<b>MARIN AUGMENTE</b>	<b>EXEMPLE</b>				
Présentation des données : IHM (écrans, AR/VR, tablettes tactiles)	Interactions intuitives entre les hommes et les machines. Vêtements augmentés (alerte, information, protection, ...) Nouvelles IHM: IHM adaptatives, Casques EEG (Electro-Encéphalographes), EyeTracking, détection haptique, visualisations holographiques, RA, technologies olfactives, reconnaissance et synthèse vocale...	45	10	15	20
Maintenance prédictive et déportée		45	15	30	
Vie à bord	Continuité avec la vie personnelle Réduction de l'empreinte navale sur la vie à bord (ex : stabilité du poste de travail quelque soit le roulis et tangage) Amélioration de l'ambiance ressentie à bord (sonore, olfactive)	10	5	5	
Cybersécurité du marin augmenté	Sécurisation par design des IHM, capteurs IHM, capteurs de maintenance, communications, situational awareness	10	5	10	5

### 3.3 Autonomie des Navires : Systèmes de conduite téléopéré et autonome

Les enjeux prioritaires de l'Autonomie des Navires sont sur la conduite téléopérée et l'autonomie décisionnelle :

- Développement d'environnements de test et de qualification des concepts et technologies opérationnels
- Développements des systèmes de **perception de l'environnement** adaptés aux contextes opérationnels maritimes (mouvement, conditions météo et marines...), notamment **LIDAR, RADAR** (pensés pour remplacer l'humain et non 'simplement' compléter son champ de vision) + **IA pour traitement données**, reconnaissance d'objets sur/dans l'eau et dans les airs
- Développement des systèmes experts d'autonomie (reconfiguration, fonctionnement collaboratif, maintenance prédictive)
- Elaboration conjointe marins/armateurs/assureurs/autres usagers des nouveaux modes opérationnels permettant l'utilisation des systèmes à haut degré d'autonomie et de leurs technologies disruptives par la communauté marine.

		Budget envisagé sur la période 2021 - 2025 (en M€)	court terme 1 à 2 ans (en M€)	moyen terme 2 à 3 ans (en M€)	long terme >= 4 ans (en M€)
<b>NAVIRE AUTONOME, NAVIRES TELEOPERES</b>	<b>EXEMPLE</b>				
Thématique systèmes experts /intelligence embarquée	Evaluation de la situation nautique : capacité de detection/classification de danger	70	30	30	10
	Autonomisation : capacité autonome de re-configuration/réaction aux changements de l'environnement				
	développement collaboratif de fonctionnement multidrone multimilieu (navigation en meute...)				
Thématique robotisation	developpement de drones / robots sous marin/surface/aérien	65	25	25	15
	developpement de solutions de déploiement et récupération autonomes				
Thématiques capteurs/instrumentation bord	developpement des capteurs/senseurs bord dédiés à l'autonomisation/robotisation/numérisation : capteurs de navigation résilient, capteur de surveillance de plateforme	45	15	20	10
	developpement des capteurs spécifiques de surveillance de situation				
	généralisation des solutions de numérisation du navire aux fins d'autonomisation/fiabilisation/optimisation de l'efficacité opérationnelle				
	Miniaturisation des composants hardware des systèmes de téléopération et d'autonomie : Adaptation / refonte des architectures techniques des systèmes de téléopération (applicatif et système de communication), adaptations / refonte logiciel afin de miniaturiser les composants bord				
Thématique communication/échange de données	connectivité/communication avec les systèmes terre et entre drones	30	10	10	10
	études & développements des capacité de communication au-delà de l'horizon, résilient et multitechnologies (VHF, wi fi , 3G/4G , satellitaire)				
Thématique cybersécurité/sureté de fonctionnement / e-maintenance & fiabilité	Developpement de méthode et d'outil de validation verification et de qualification spécifiques aux besoins des plateformes autonomes (sureté de fonctionnement renforcée, certification type SIL/DO178 )	50	20	20	10
	En lien avec le jumeau numérique, prise en compte des besoins spécifiques de l'autonomisation en terme de détection de panne et de fiabilisation, développement et adaptation des modèles de comportement prédictifs aux plateformes autonomes				
	cybersécurité :sécurité numérique des systèmes de navigation Sécurité des algorithmes, audits de codes Surveillance cyber (SOC) des navires autonomes Analyse des risques et homologation cybersécurité des navires autonomes Audits et tests d'intrusion cyber sécurité numérique des stations de contrôle à terre Sécurisation des liaisons navire autonome/terre				
Thématique efficacité environnementale	étude des réductions de l'impact environnemental lié à la dronisation/autonomisation des navires efficacité opérationnelle de l'opération du navire : routage optimisé, contrôle des energies bord	40	10	15	15
	eco conception des navires autonomes , un drone permettant de s'affranchir de la présence d'homme à bord et de son impact environnemental				
Thématique réglementation/qualification/moyens et plateforme d'essais	Developpement du référentiel legal	45	10	20	15
	Mise en place d'une plateforme d'une plateforme technologique générique de démonstration / validation des solutions autonomes				



## 4 Pilotage, calendrier, budget et indicateurs de performance

### 4.1 Pilotage

Le pilotage de la feuille de route SMARTSHIP a été confié à un comité de pilotage réunissant IXBLUE comme pilote, et le pôle de compétitivité MER MEDITERRANEE comme co-pilote.

Leurs missions sont de :

- Définir le contenu détaillé de la feuille de route et en assurer la mise en œuvre,
- Assurer son articulation avec les feuilles de route GREENSHIP, SMARTYARD, et SMART OFFSHORE INDUSTRIES, les stratégies d'accélération, les autres filières et les stratégies européennes
- Mettre en place et animer la gouvernance collective du programme sur les régions cibles (Bretagne, PACA, Pays de la Loire, Ile de France)
- Assurer la communication autour des actions de la feuille de route SMARTSHIP

L'élaboration de cette feuille de route s'est faite au travers de groupes de travail pluridisciplinaires avec des acteurs industriels issus de plusieurs métiers dont construction navale, nautisme, réparation navale, ingénierie offshore, spécialistes du numérique, architecture navale, centre de recherche, ...

### 4.2 Budget

L'effort de R&D (projets R&D) requis pour conduire le programme SMARTSHIP et atteindre objectif de création nette de 2000 emplois minimum à horizon 2030, est de 640M€ sur la période 2021-2025. Cela ne pourra se faire sans un appui financier public de l'ordre de 40M€ par an (soit 200 M€ d'aides publiques sur SMARTSHIP sur les 2021-2025).

	Budget envisagé sur la période 2021 - 2025
<b>total</b>	<b>640 M€</b>
JUMENT NUMERIQUE	185 M€
MARIN AUGMENTE	110 M€
NAVIRE AUTONOME, NAVIRES TELEOPERES, DRONES	345 M€

## 5 Liens des axes technologiques SMARTSHIP avec les Enjeux Prioritaires d'autres feuilles de route

### 5.1 transversalités avec la feuille de route GREENSHIP

- **Dimensionnements adaptés aux missions opérationnelles** : La robotisation, les nouvelles technologies de capteur et d'information, et la progression des degrés d'autonomisation des véhicules marins permettent la réalisation des missions maritimes à bord de plateformes plus petites, mieux utilisées et plus efficaces que les moyens traditionnels. Sur certaines applications,

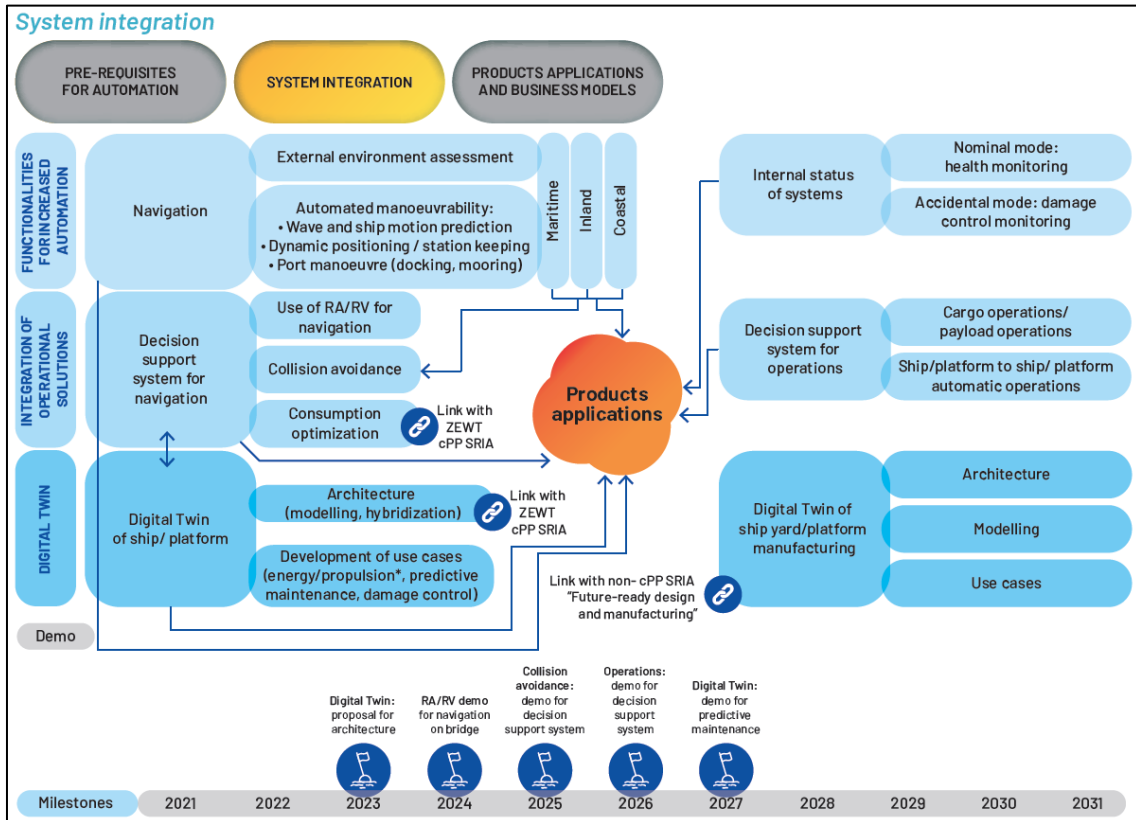
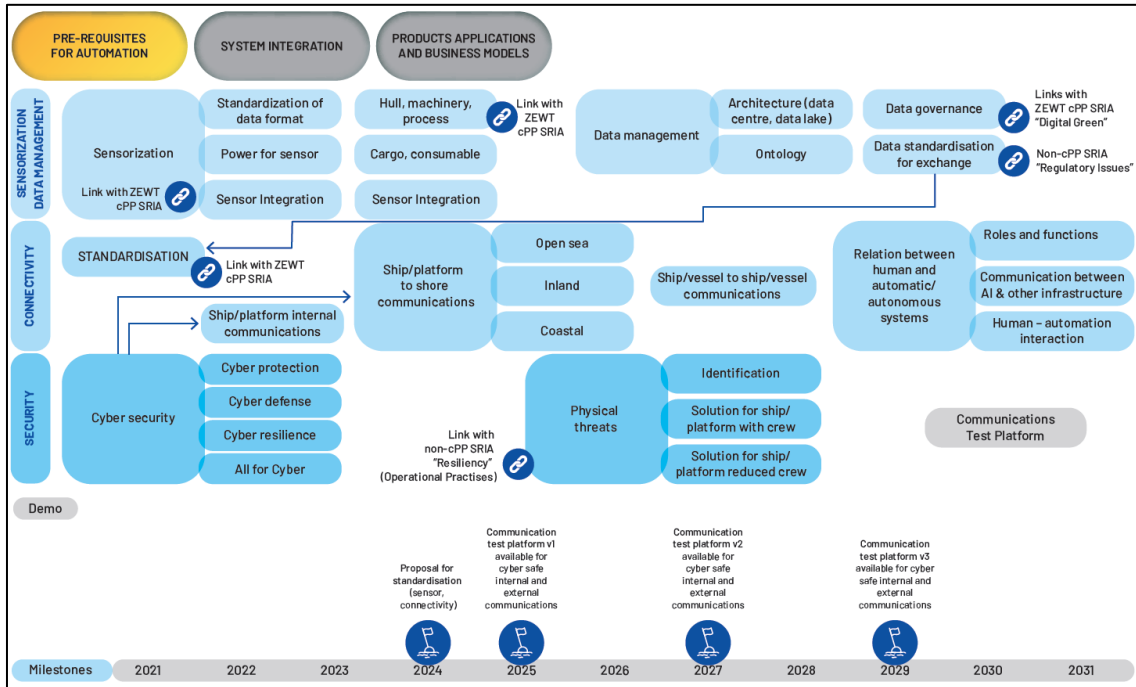
le rapport d'impact environnemental change véritablement d'ordre de grandeur tant dans les moyens mobilisés que dans la conduite des opérations permettant d'aborder du manière durable l'intégration des opérations anthropiques dans l'écosystème marin

- **Data management** - La performance d'un navire est très complexe à mesurer car elle dépend de très nombreux paramètres : vitesse, chargement, assiette, salissures de la coque ou de l'hélice, profondeur d'eau, force et direction du vent, de la houle ou du courant ... Pour le moteur, il faut ajouter les températures et pressions d'admission ou de refroidissement, la Light Running Margin, la qualité du fuel ... Il est indispensable de créer un modèle qui n'existe pas aujourd'hui incluant l'ensemble de ces variables pour vérifier si le navire fonctionne correctement et ne surconsomme pas. Ces modèles reposent sur des résultats de simulation et de mesures réalisées à bord des navires.
- **Routing, voyage planning** – L'optimisation du routage du navires en intégrant l'environnement nécessite de connaître précisément l'impact des vagues et du vent sur sa performance. Il est alors nécessaire d'analyser des millions de routes en intégrant les prévisions météorologiques court et long terme, ainsi que de nombreuses contraintes métier (zones à faible émission, interdites, dangereuses ...) pour identifier celle qui engendrera la consommation la plus faible pour le navire. A titre d'illustration : Un porte-conteneurs vent et mer de face dans une houle de quelques mètres d'amplitude, peut voir sa consommation augmenter de plus de 30% pendant quelques heures, soit de 2 à 5% sur le temps d'une traversée par exemple. Bien utilisé, l'environnement peut réduire la puissance sur une route est adaptée.
- **Just in time** - Sur les navires de service ou de transports qui pourront être 100% autonomes (transport courte distance, navires de survey, navires d'assistances spécialisés, ...), comme il ne sera plus nécessaire d'aller à terre pour changer d'équipage, il sera plus facilement possible d'adopter des stratégies (usages, routages ou technologies) permettant une plus grande compétitivité des armateurs et de plus grandes économies d'énergies et de carburant, comme l'adoption de vitesses lentes, ou le choix de routages spécifiques. Ces navires autonomes seront principalement maintenus au port, et pourront être conçu avec des technologies aujourd'hui peu compatibles avec la présence d'humains (en termes de partage d'espace et de risque), leurs propulsions pourront par exemple être alimentée par des batterie ou alimentée par des piles à gaz / combustible ; les navires autonomes pourront donc accéder plus rapidement à des technologies amenant des émissions nulles ou très faibles dans l'air et la mer.
- **Monitoring de la disponibilité des équipements à bord** : Le monitoring des moteurs et de la structure du navire peut permettre d'identifier des risques de défaillance ou d'endommagement (fissures) pouvant causer des avaries importantes et des réactions en chaîne non maîtrisées. Il est pour cela nécessaire soit de monitorer des signaux et d'en identifier des éléments anormaux, soit de comptabiliser des cycles pouvant induire une fatigue excessive. Anticiper des défaillances permet de réduire les accidents et autres immobilisations et d'augmenter ainsi le taux d'opérabilité des navires, réduire les pannes et les casses qui sont la cause de plus de 80% des indisponibilités fortuites des navires et de consommation importante de pièces détachées et de fluides divers.
- **L'automatisation et la digitalisation** introduisent une nouvelle zone de compétitivité pour le transport maritime et fluvial, notamment à courte distance, et ouvre un marché plus large aux acteurs maritimes et fluviaux - au détriment du transport par camion polluant, encombré et sujet aux accidents. Cela assure aussi plus de sécurité (et donc moins de risques de pollutions suites aux collisions et aux dommages), car les navires plus intelligents voire autonomes, armés de marins augmentés, améliorent la vigilance : 75% des accidents maritimes sont causés par une erreur humaine, la principale cause étant la fatigue et le déficit d'attention.

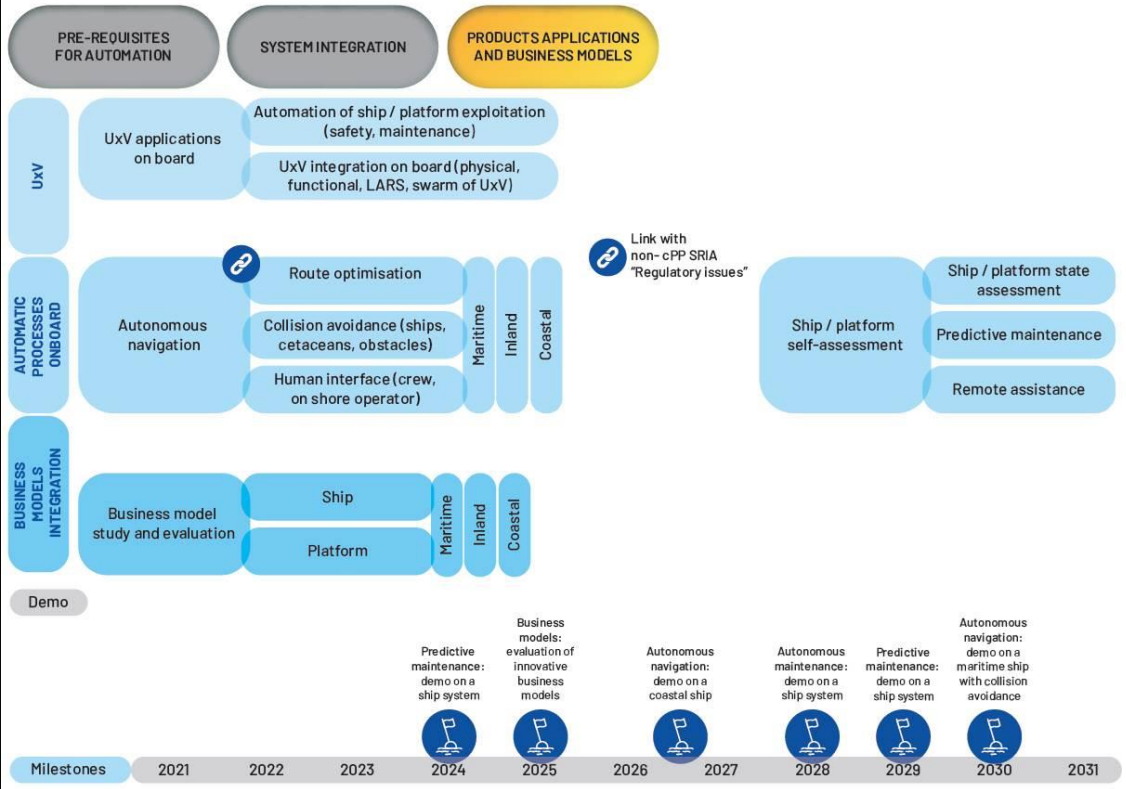
## 5.2 Waterborne Technology Platform

La feuille de route SMARTSHIP est cohérente avec le programme stratégique de recherche et d'innovation (SRIA) de Waterborne TP, et en particulier la SRIA Ships & Shipping qui contient la partie AUTOMATION OF WATERBORNE ASSETS AND OPERATIONS et TOWARDS A ZERO-ACCIDENT WATERBORNE INDUSTRY.

Les quelques illustrations ci-après, extraites de cette SRIA, illustrent ce propos.



**Products applications and business models**



**TOWARDS A ZERO-ACCIDENT WATERBORNE INDUSTRY (TZAWI)**

