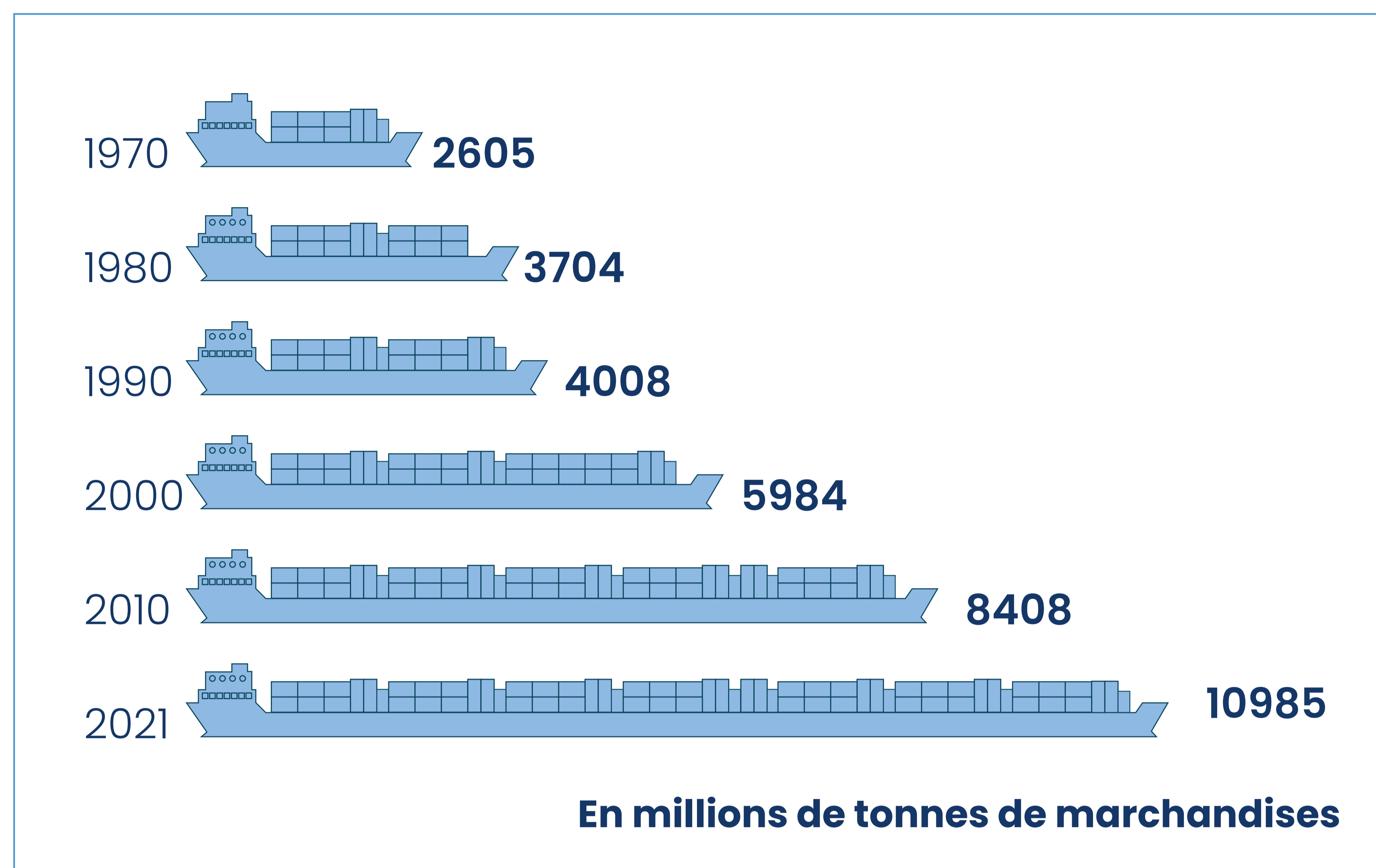


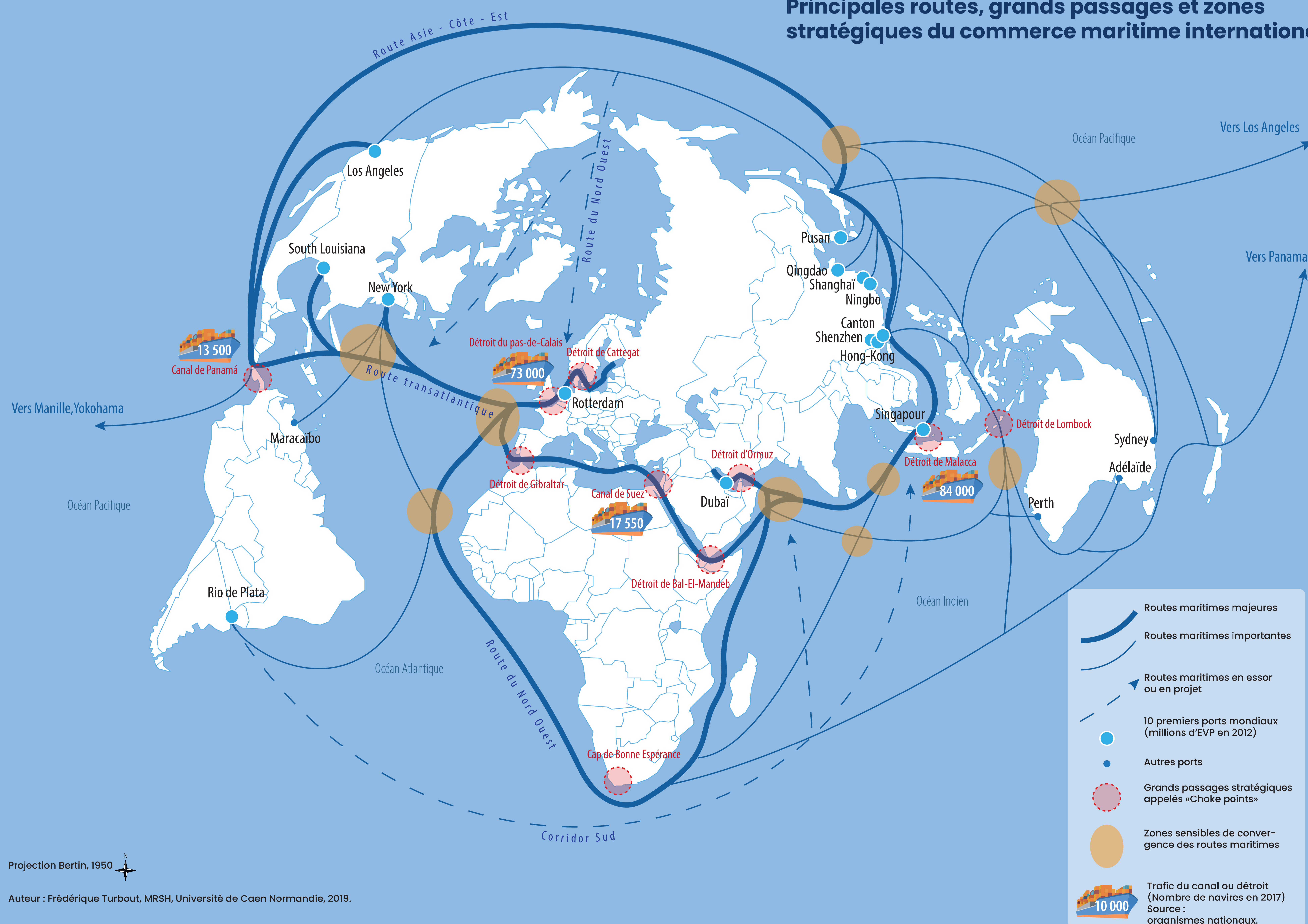
L'histoire récente du transport maritime mondial

L'essor du commerce maritime mondial

Évolution du volume de fret maritime dans le monde, en millions de tonnes de marchandises.



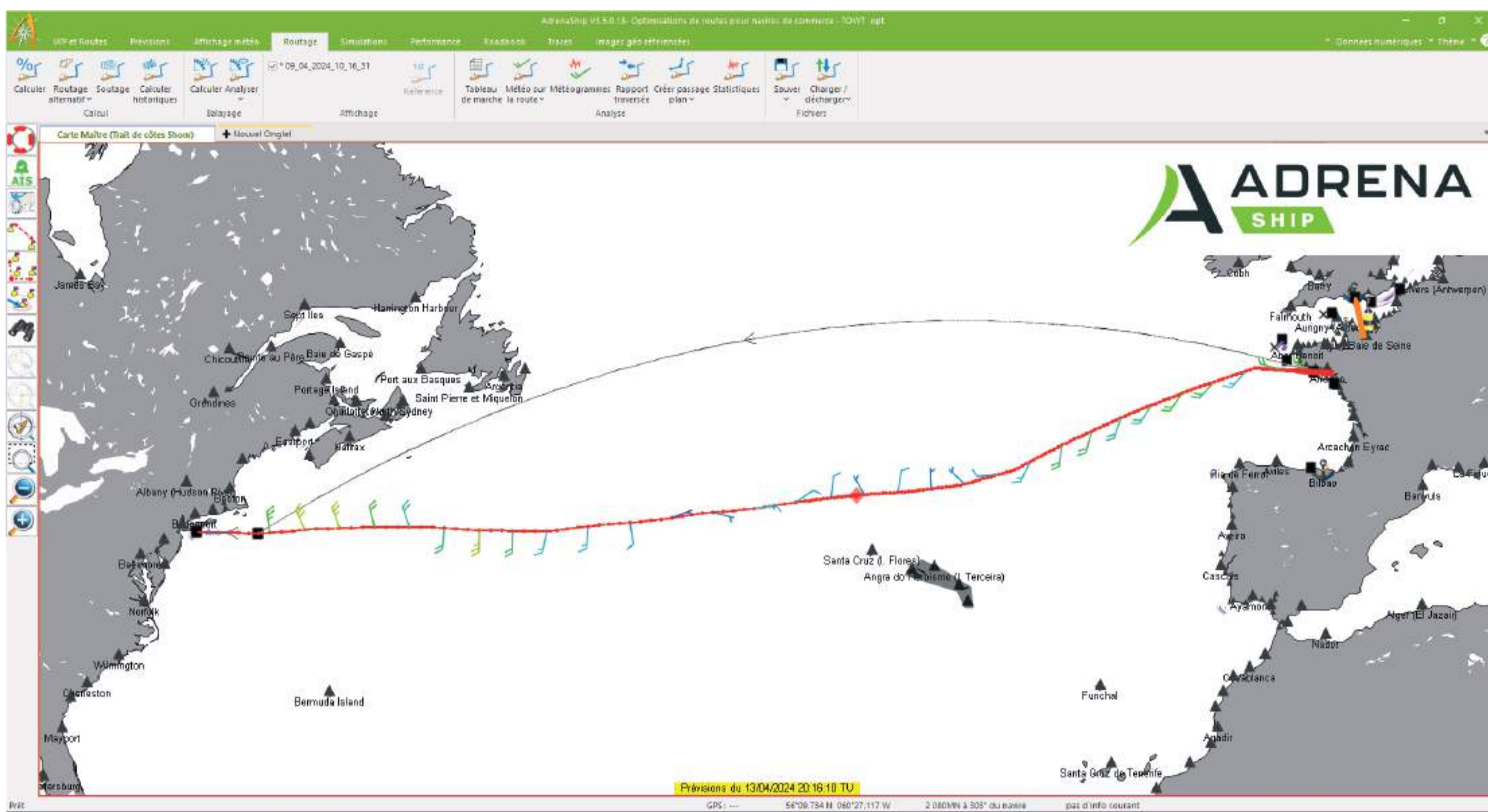
Principales routes, grands passages et zones stratégiques du commerce maritime international



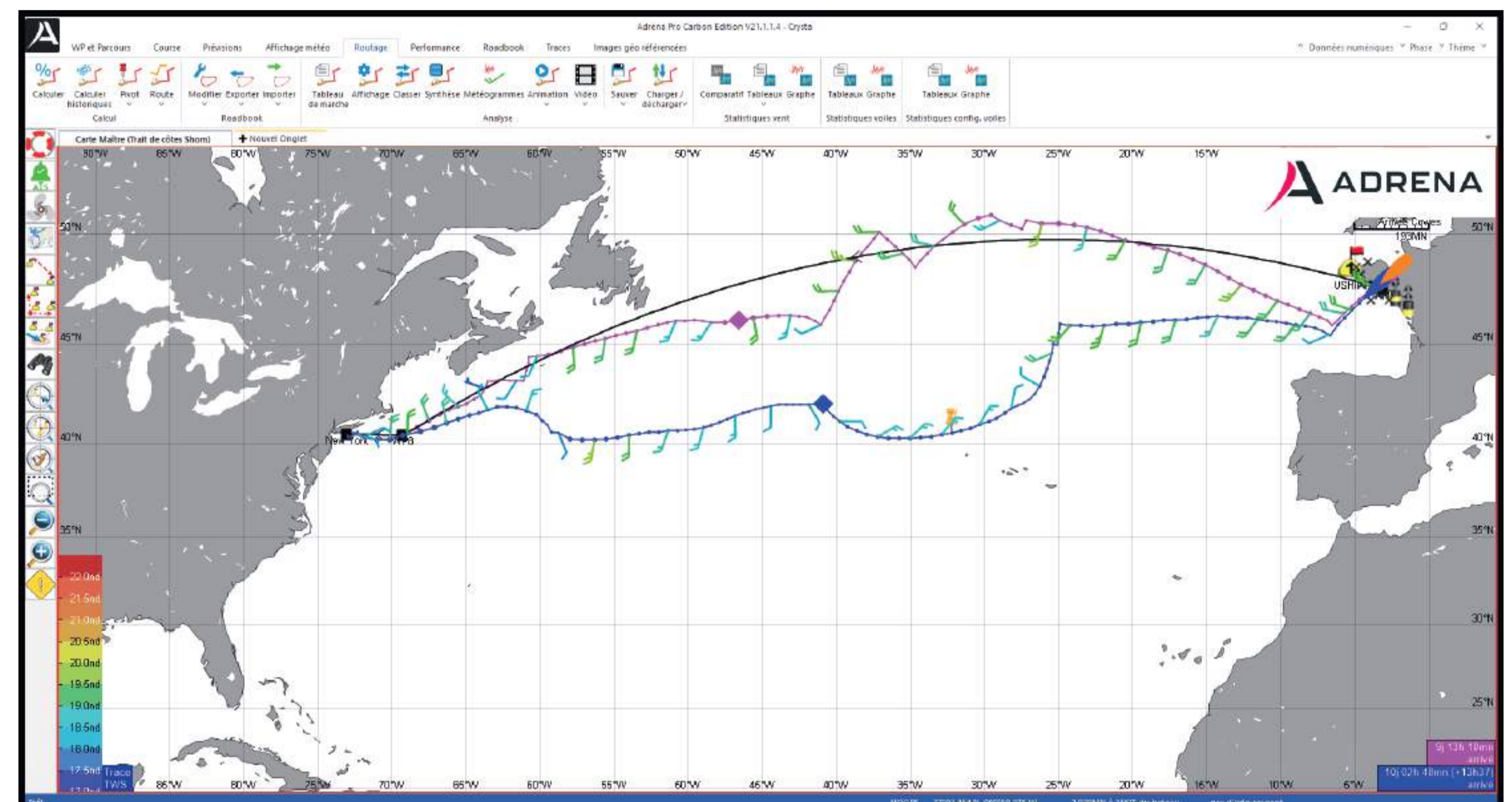
La course au large inspire le transport maritime à la voile

Concevoir des navires de transport de marchandises ou de passagers ne fait pas toujours appel aux mêmes technologies que celles de la course au large. Mais elles en inspirent bon nombre d'entre elles.

Simulation routage Voilier-Cargo



Simulation routages IMOCA



Maîtriser des matériaux : Concevoir des grandes pièces en matériaux composites résistants et performants.

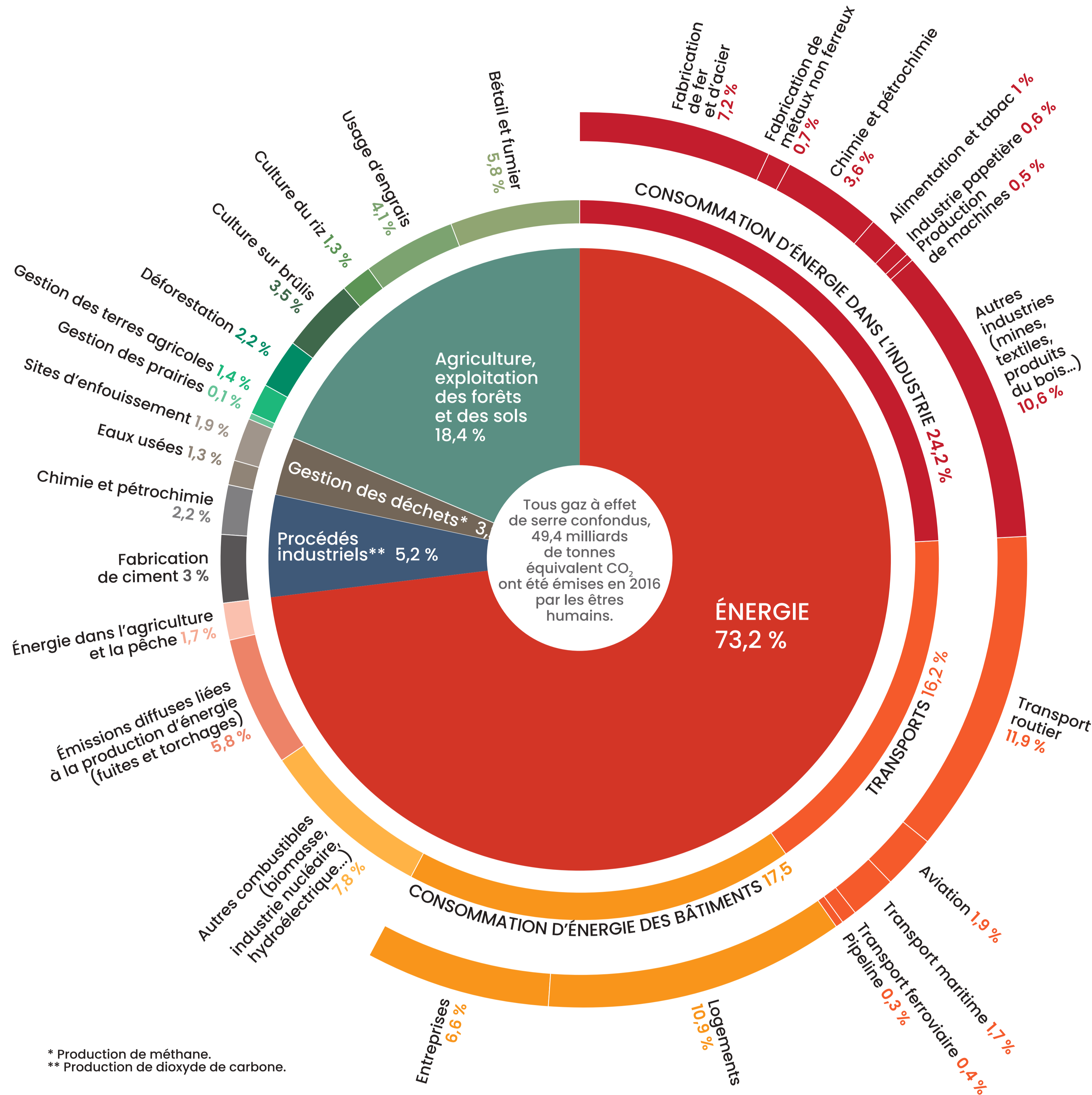


Transférer les savoir-faire de la Coupe de l'America 1999 sur des navires véliques de grandes dimensions.



Adapter des profils d'ailes utilisés en windsurf aux plus grands navires et trouvant son inspiration dans le biomimétisme.

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) et la nécessité de décarboner nos activités



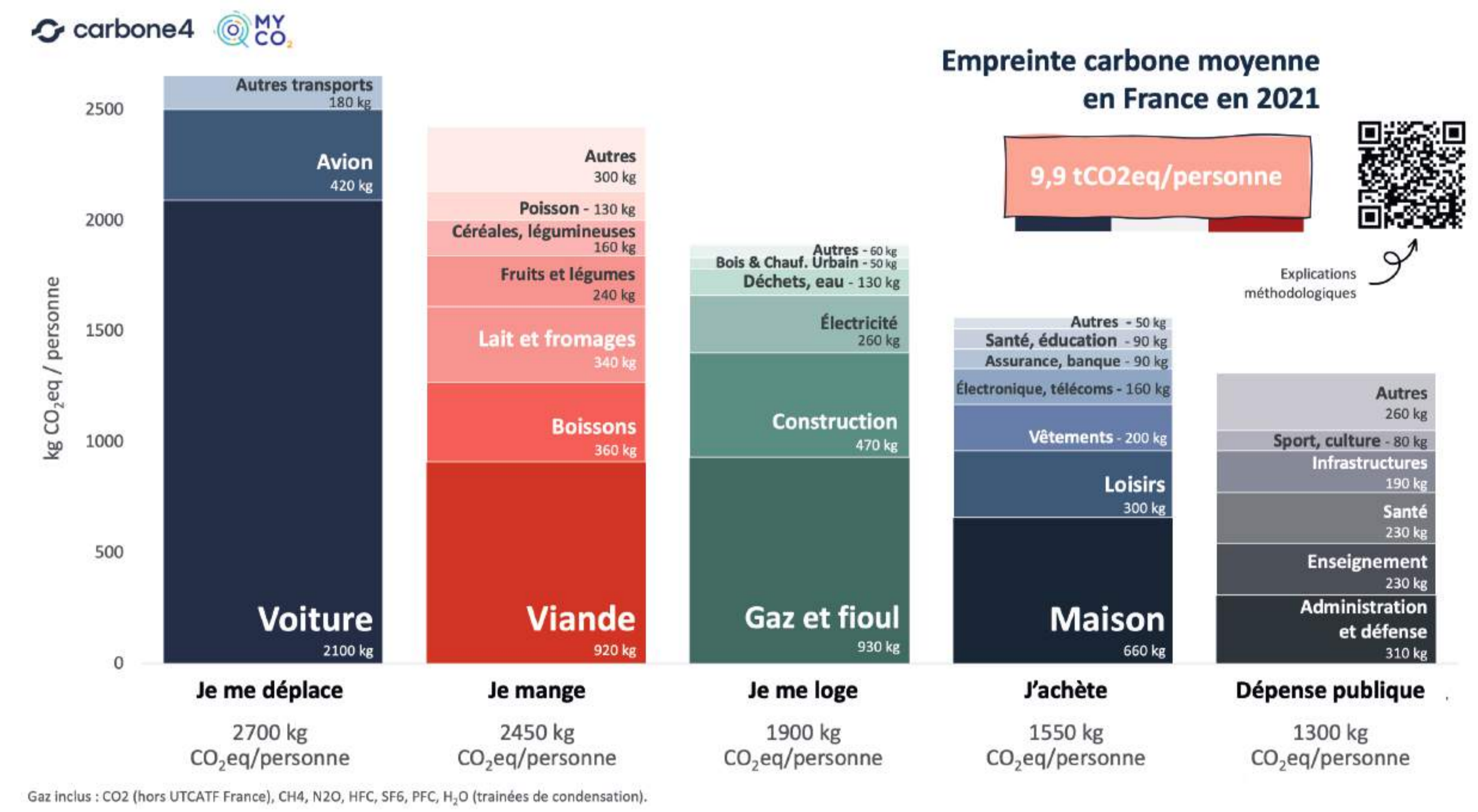
Les gaz à effet de serre mettent beaucoup de temps pour s'évacuer de l'atmosphère : il faut environ 100 ans pour que le CO₂ commence à s'évacuer de manière significative. Certains halocarbures (par exemple le CF₄, tétrafluorométhane) n'ont toujours pas commencé à s'épurer significativement de l'atmosphère au bout de 1.000 ans. Source : D. Hauglustaine, LSCE.

Les émissions mondiales de gaz à effet de serre par secteur

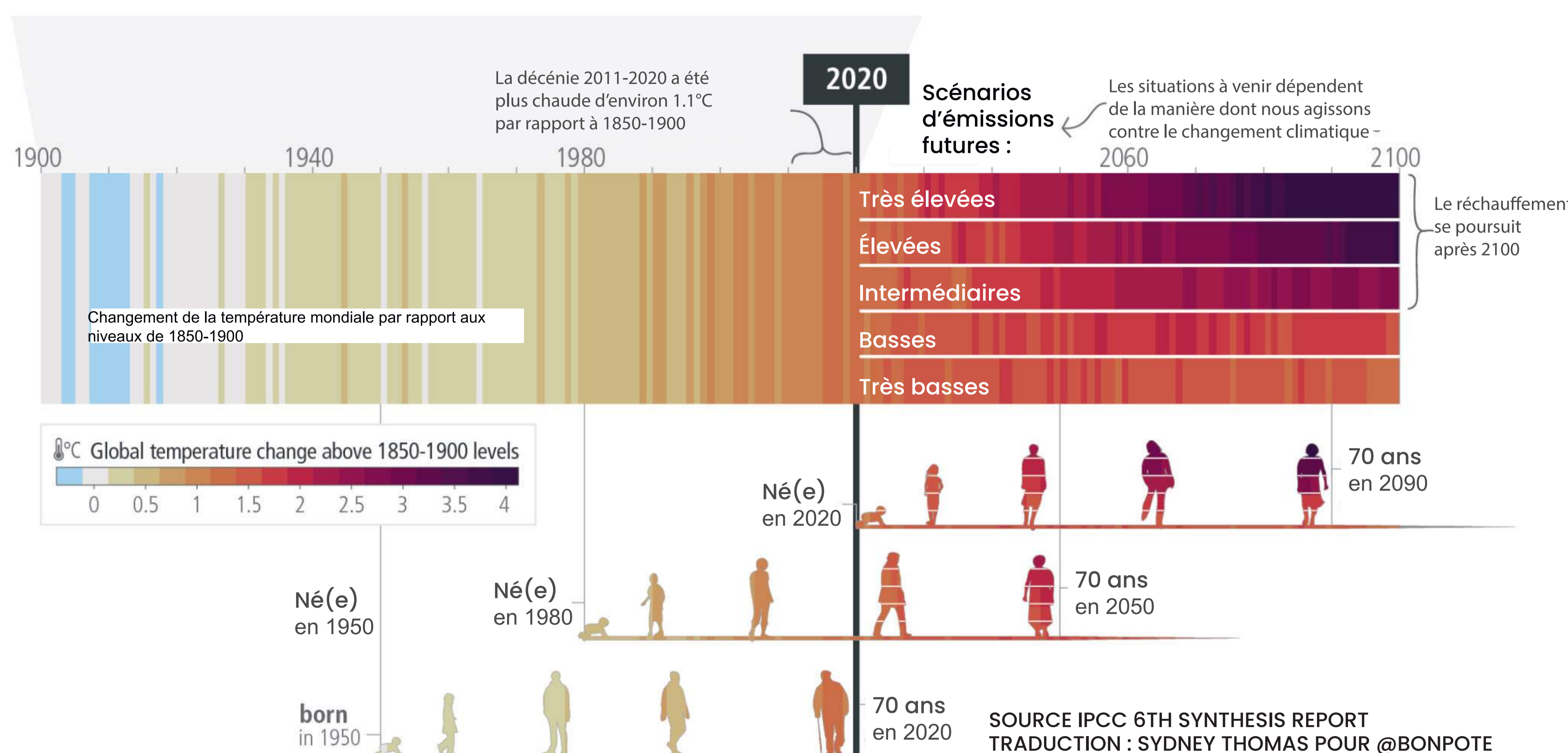
Ces gaz retiennent une partie du rayonnement infrarouge renvoyé par la Terre vers l'espace et réchauffent l'atmosphère. La vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂), l'oxyde nitreux (N₂O), le méthane (CH₄) et l'ozone (O₃) sont les principaux gaz à effet de serre.

Courrier international INFOGRAPHIE CATHERINE DOUTEY, D'APRÈS HANNAH RITCHIE / OURWORLDINDATA.ORG SOURCES : CLIMATE WATCH, WORLD RESOURCES INSTITUTE (2020)

A l'échelle individuelle, en France, l'empreinte carbone moyenne en 2021 est d'environ 10 tCO₂eq. Les déplacements représentent le premier poste d'émissions de GES, suivi par la restauration et le logement.



SOURCE : MYCO₂ PAR CARBONE 4 D'APRÈS LE MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE, LE HAUT CONSEIL POUR LE CLIMAT, LE CITEPA, AGRIBALYSE V3 ET INCA 3.



Ce schéma, issu du 6ème rapport du GIEC et traduit par Bon Pote, représente les changements observés (1900-2020) et projetés (2021-2100) de la température à la surface du globe (par rapport à 1850-1900), qui sont liés à des changements dans les conditions et les impacts climatiques. Cela illustre la façon dont le climat a déjà changé et changera tout au long de la vie de trois générations représentatives (nées en 1950, 1980 et 2020).

Ce sont les décisions d'aujourd'hui et à court-terme qui définissent à quel point les générations actuelles et futures vivront dans un monde plus chaud et différent.

L'impact du transport maritime

Le transport maritime représente 3% des émissions de CO₂ mondiales.

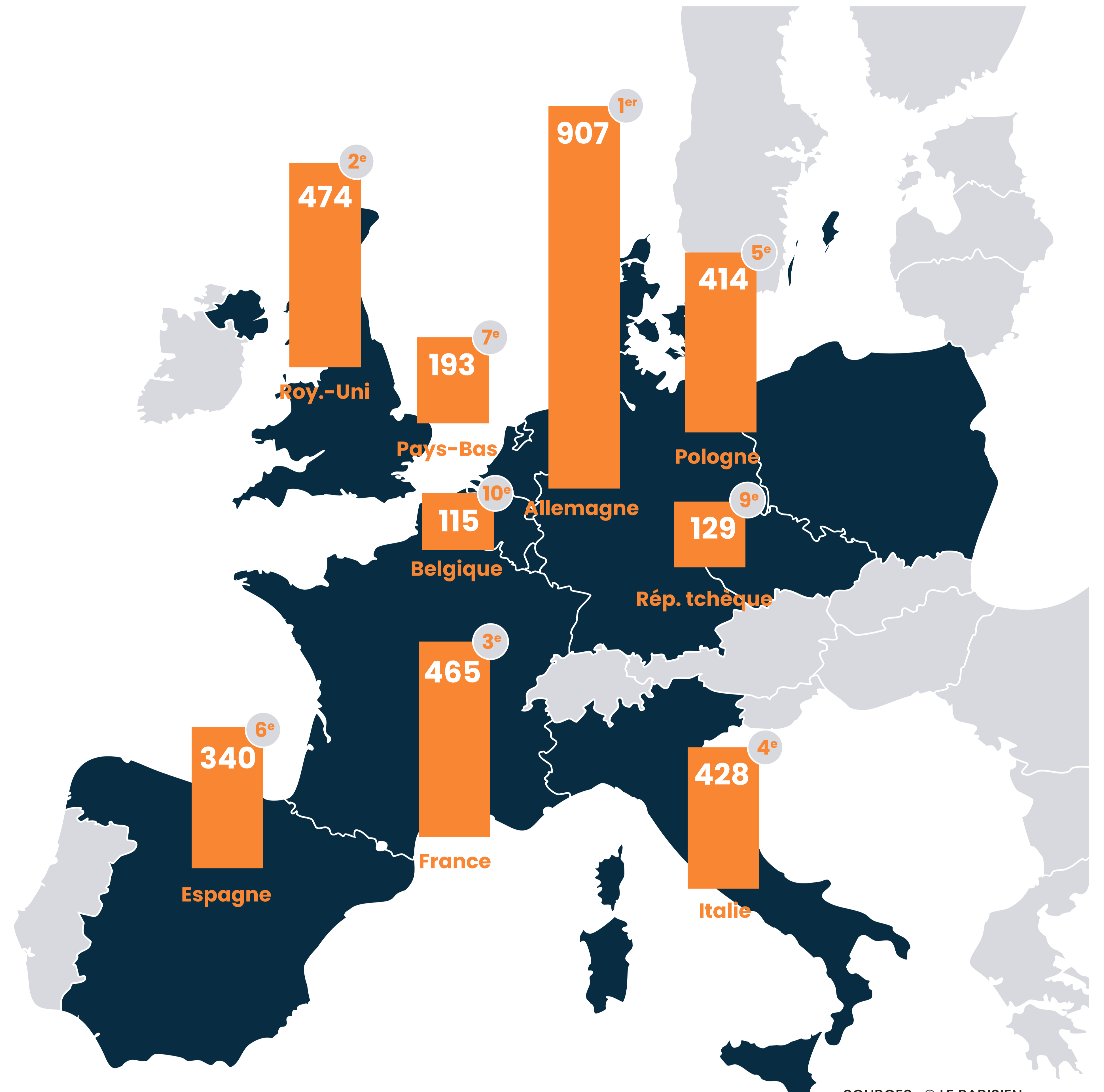
Des émissions très élevées

Un niveau d'émissions comparable à celui d'un pays.
Emission de CO₂ sur un an (en millions de tonnes)

Données 2017 (CCNUCC) pour les pays, 2018 (Données du mécanisme de surveillance et de déclaration de l'UE) pour le transport maritime.

Transport maritime de et vers l'Europe

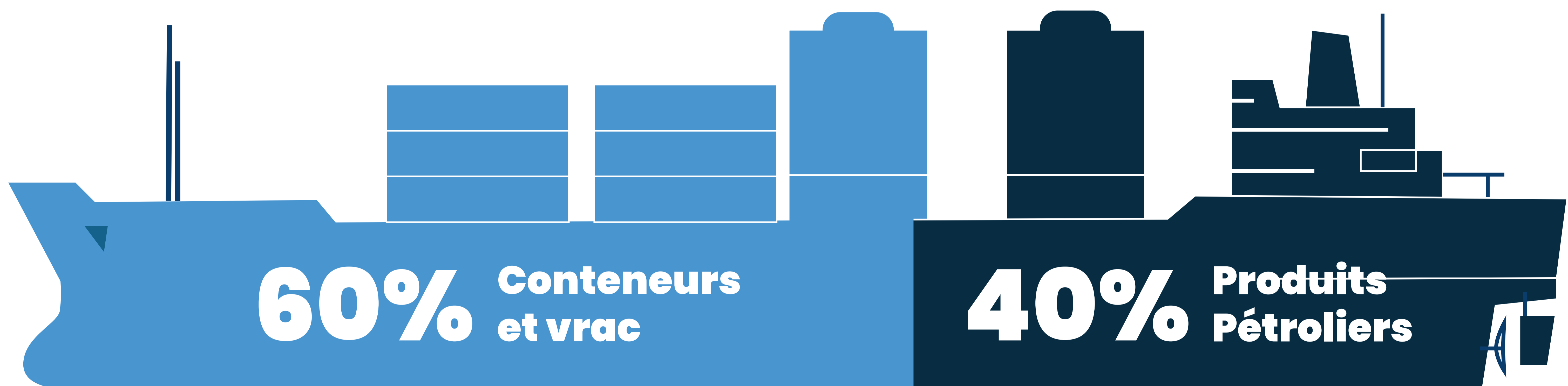
139
millions de tonnes de CO₂



SOURCES : © LE PARISIEN

103 000 navires en 2022

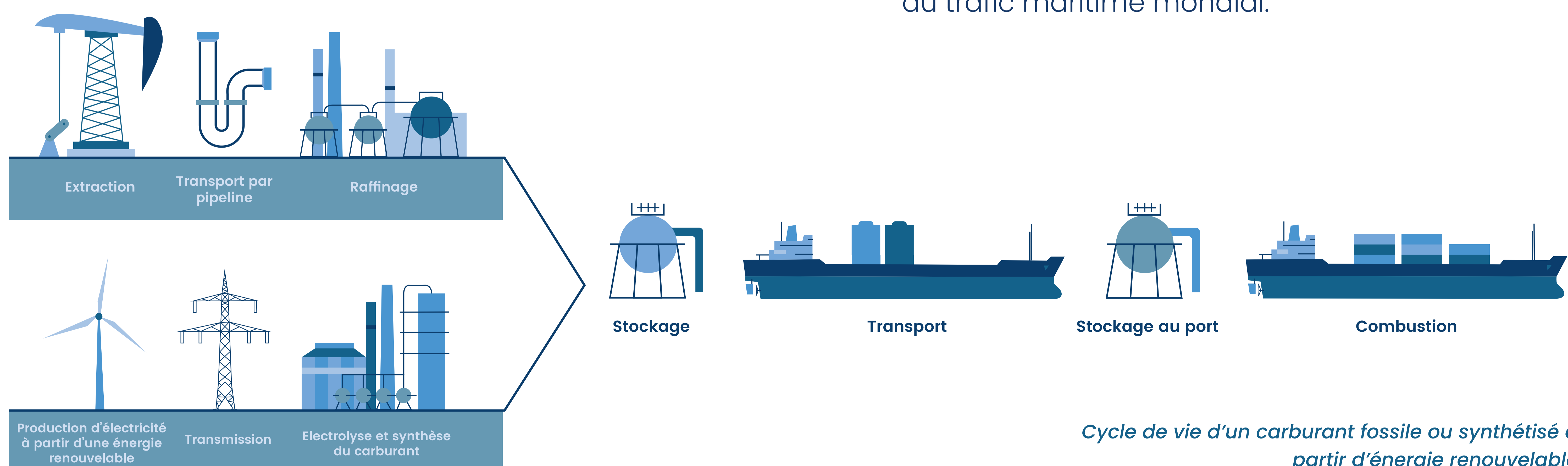
40% servent à déplacer des énergies fossiles.



L'Organisation Maritime Internationale (OMI) a fixé l'objectif de réduction des émissions à zéro d'ici 2050.

L'OMI est l'organisation internationale de régulation du trafic maritime mondial.

Cycle de vie d'un carburant fossile

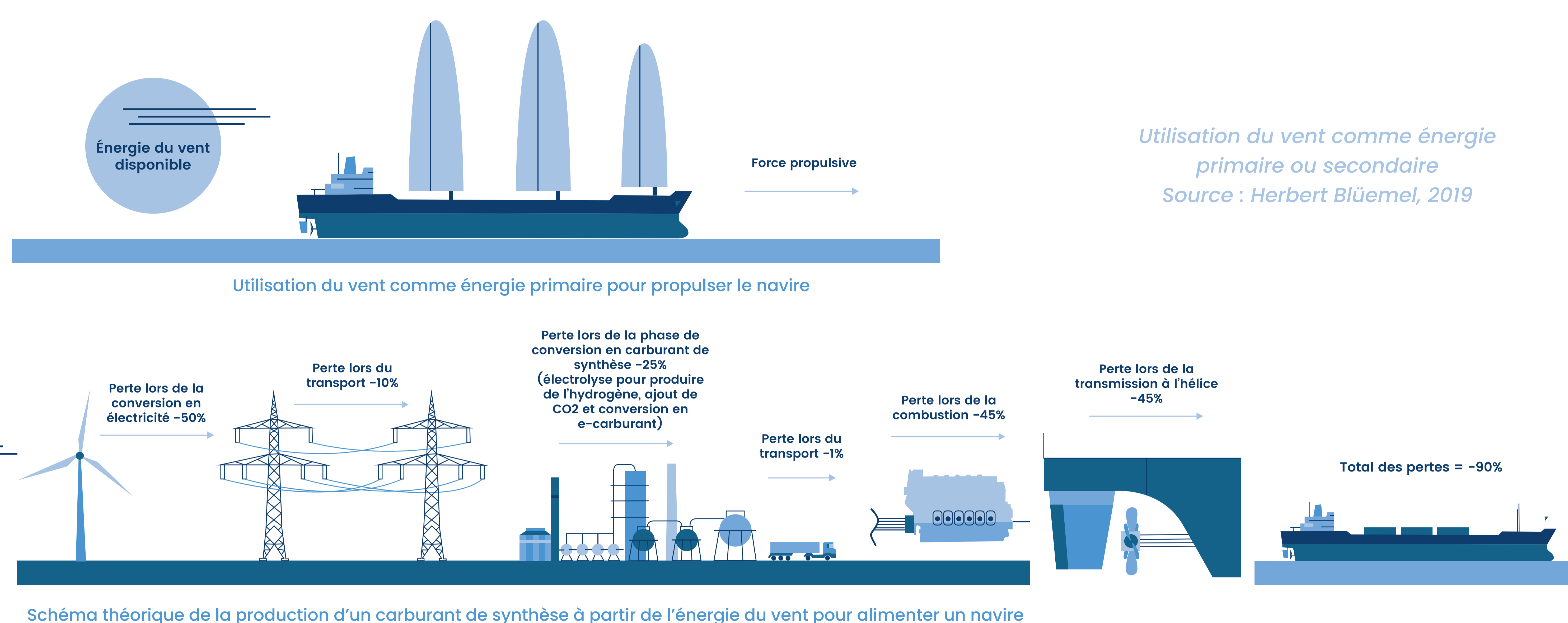


Cycle de vie d'un carburant fossile ou synthétisé à partir d'énergie renouvelable

SOURCE : © AMERICAN BUREAU OF SHIPPING

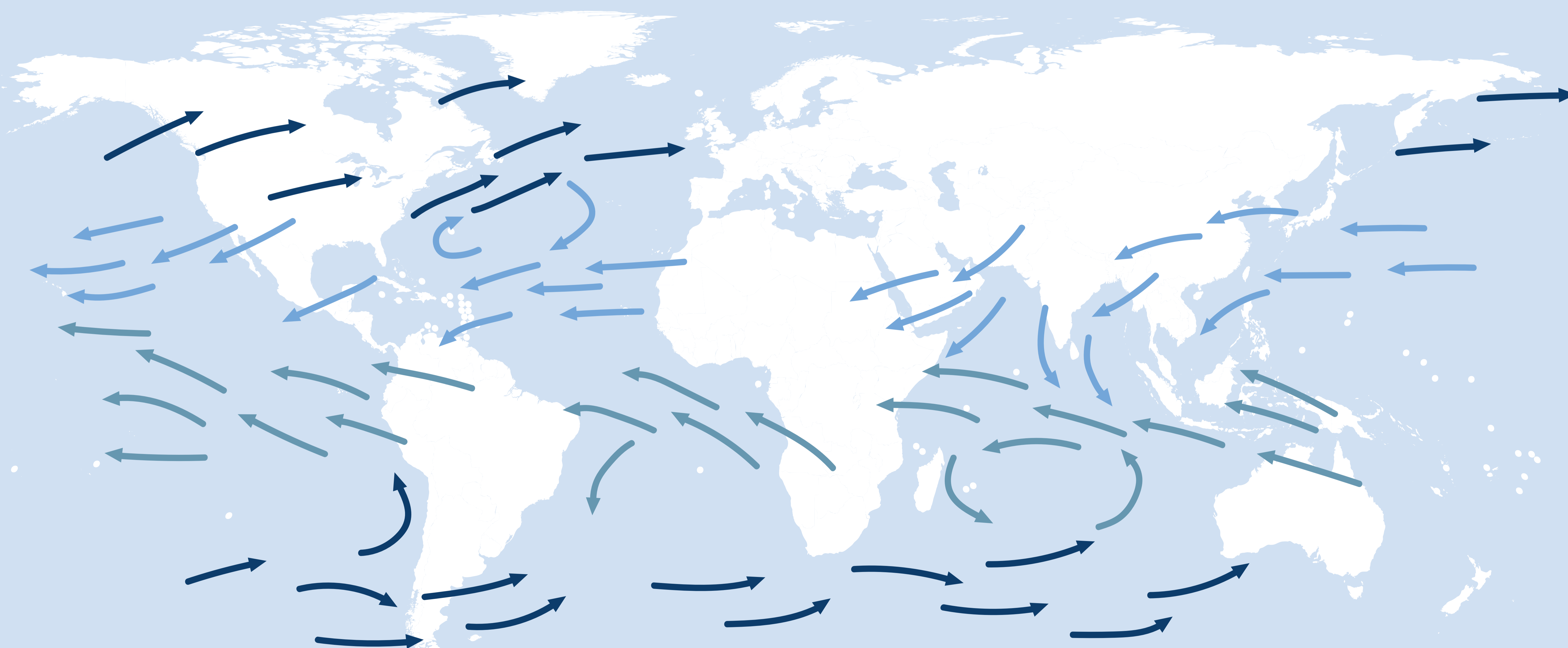
Pourquoi s'intéresser au transport à la voile ?

Une énergie gratuite et abondante qui permettra d'atteindre les objectifs de décarbonisation du transport maritime.



L'INTÉRÊT DE L'ÉNERGIE DU VENT :

- C'est une énergie gratuite qui ne subit pas les aléas des marchés
- Elle est disponible en abondance et prévisible
- Les technologies véliques offrent une maintenance plus simple (qu'un moteur par exemple)
- Des aménagements portuaires plus simples
- Un complément nécessaire aux carburants alternatifs



— Vents ouest — Alizés hémisphère nord — Alizés hémisphère sud

PRÉSENCE DES VENTS SUR LES MERS
SOURCE : © WIKIPEDIA

Le transport maritime de demain

La transition est en cours.

Des nouveaux navires à propulsion vélique se construisent sur toute la planète et notamment en France.

Les plus anciens ajoutent des systèmes de propulsion fonctionnant grâce au vent. On parle alors de retrofit.



© Pirou - TOWT

« Le vent, au large, est abondant et désormais prédictible. Allié aux technologies navales modernes, et en propulsion principale, c'est-à-dire en pouvant naviguer aux allures portantes, il est une source propulsive principale fiable ; bien sûr décarbonée et gratuite. Face à une transition énergétique du maritime carburo-centrée, aussi messianique qu'irréaliste, la propulsion vélique - même si cela peut encore sembler contre-intuitif - est la seule solution viable et immédiate : ne la sous-estimons pas. »

Guillaume LE GRAND, Président
CEO TOWT - Transport à la voile

« Windcoop est organisée en société coopérative d'intérêt collectif, notre objectif est de proposer aux citoyens de se réapproprier le transport maritime de leurs biens de consommation. Chacun peut ainsi soutenir financièrement un transport plus écologique, mais également s'investir dans la stratégie de la compagnie. »

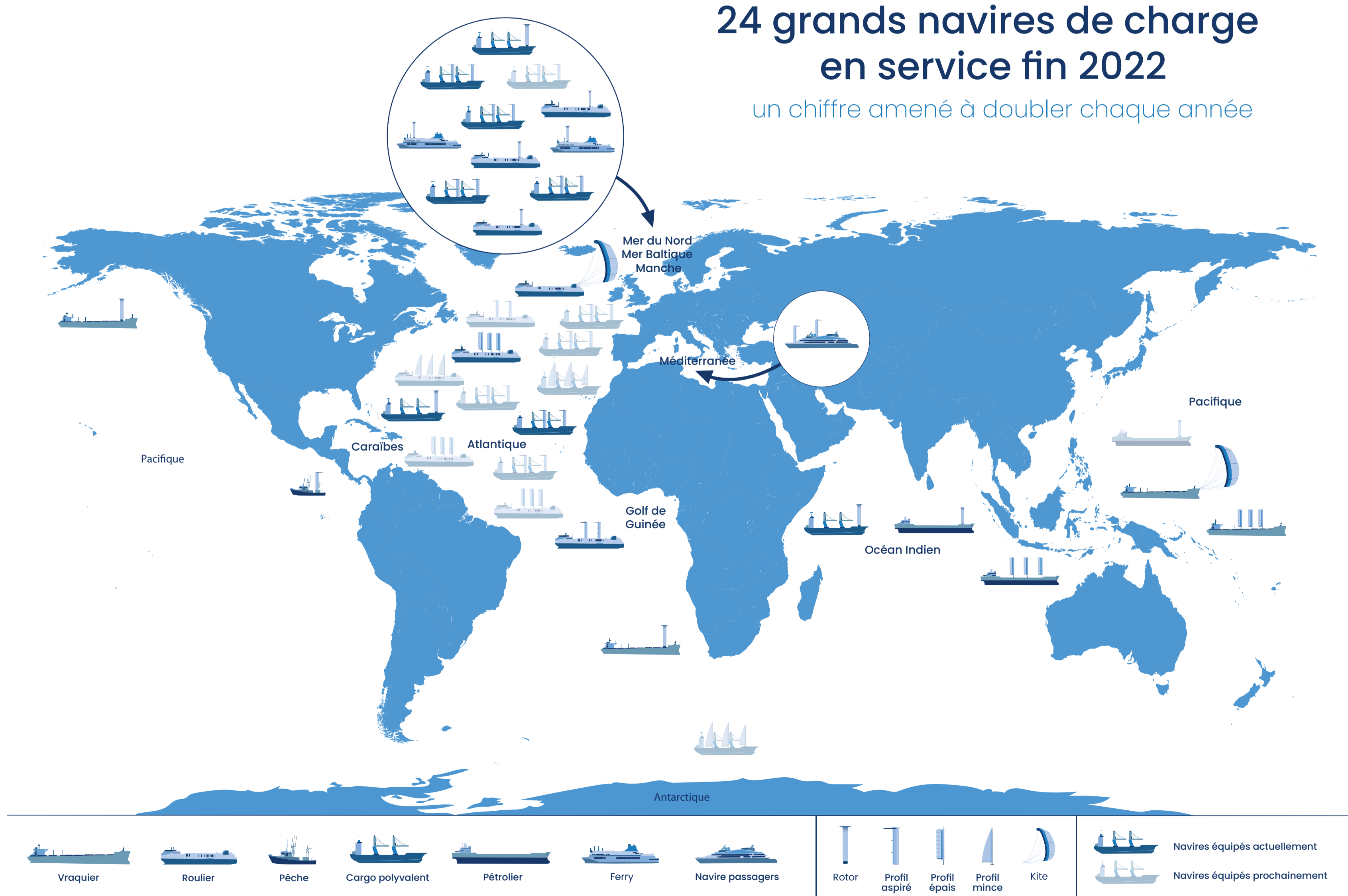
Matthieu Brunet, Président de Windcoop



© Windcoop

24 grands navires de charge en service fin 2022

un chiffre amené à doubler chaque année



SOURCES : © WINDSHIP

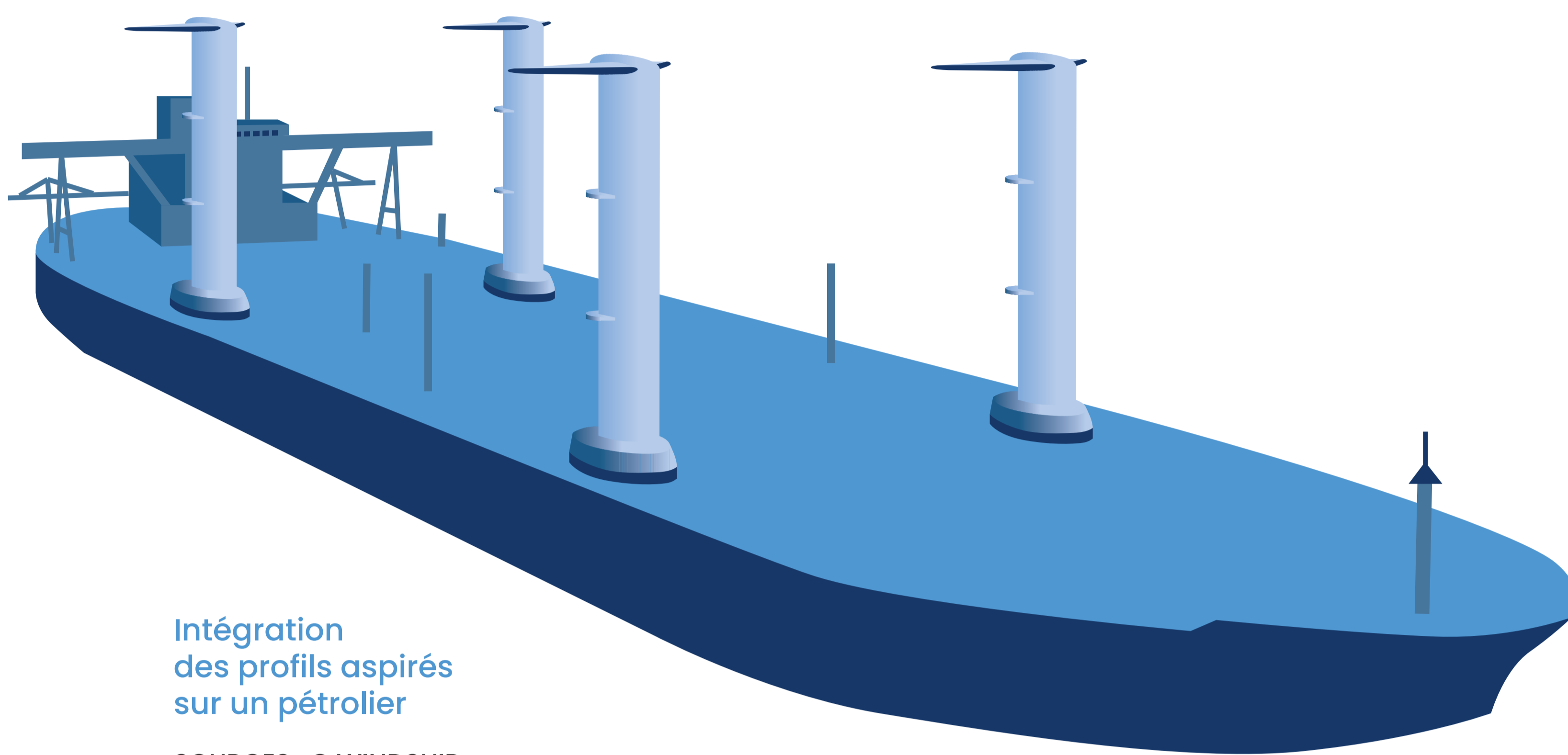
Pourquoi un objectif fixé en 2050 ?

La durée de vie moyenne d'un porte-conteneurs est de 28 ans. Le temps nécessaire au renouvellement de la flotte mondiale en leur donnant la possibilité d'intégrer une technologie vélique.

Comment ça marche ?

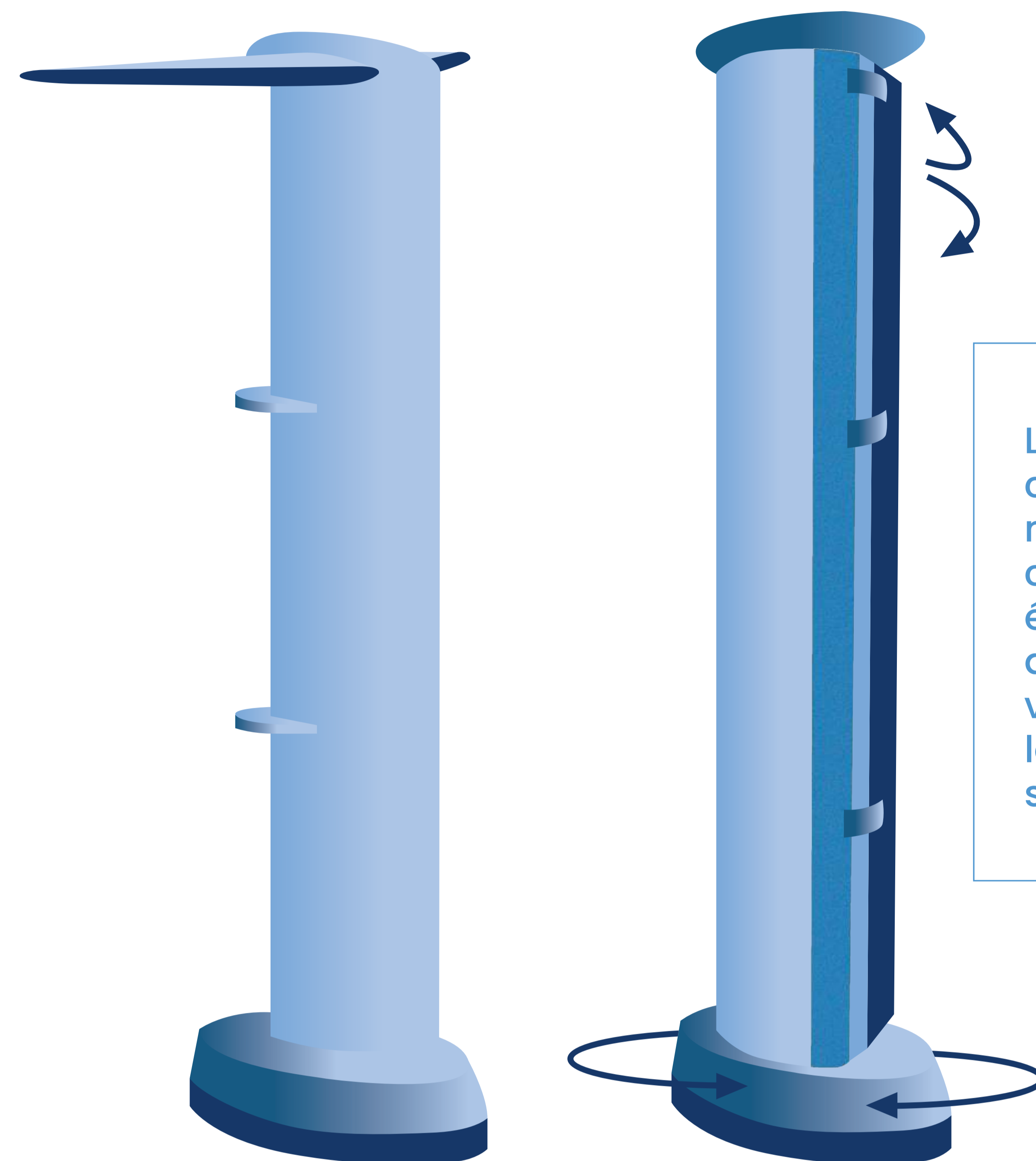
Profils aspirés

Il s'agit d'ailes dotées d'une zone perméable (une grille) sur leur profil et d'un ventilateur interne qui aspire la couche limite depuis l'extérieur du profil vers l'intérieur de l'aile afin de limiter le décollement de l'écoulement. Ce système a été conçu et déployé dans les années 1980 par l'équipe du Commandant Cousteau.



Intégration des profils aspirés sur un pétrolier

SOURCES : © WINDSHIP

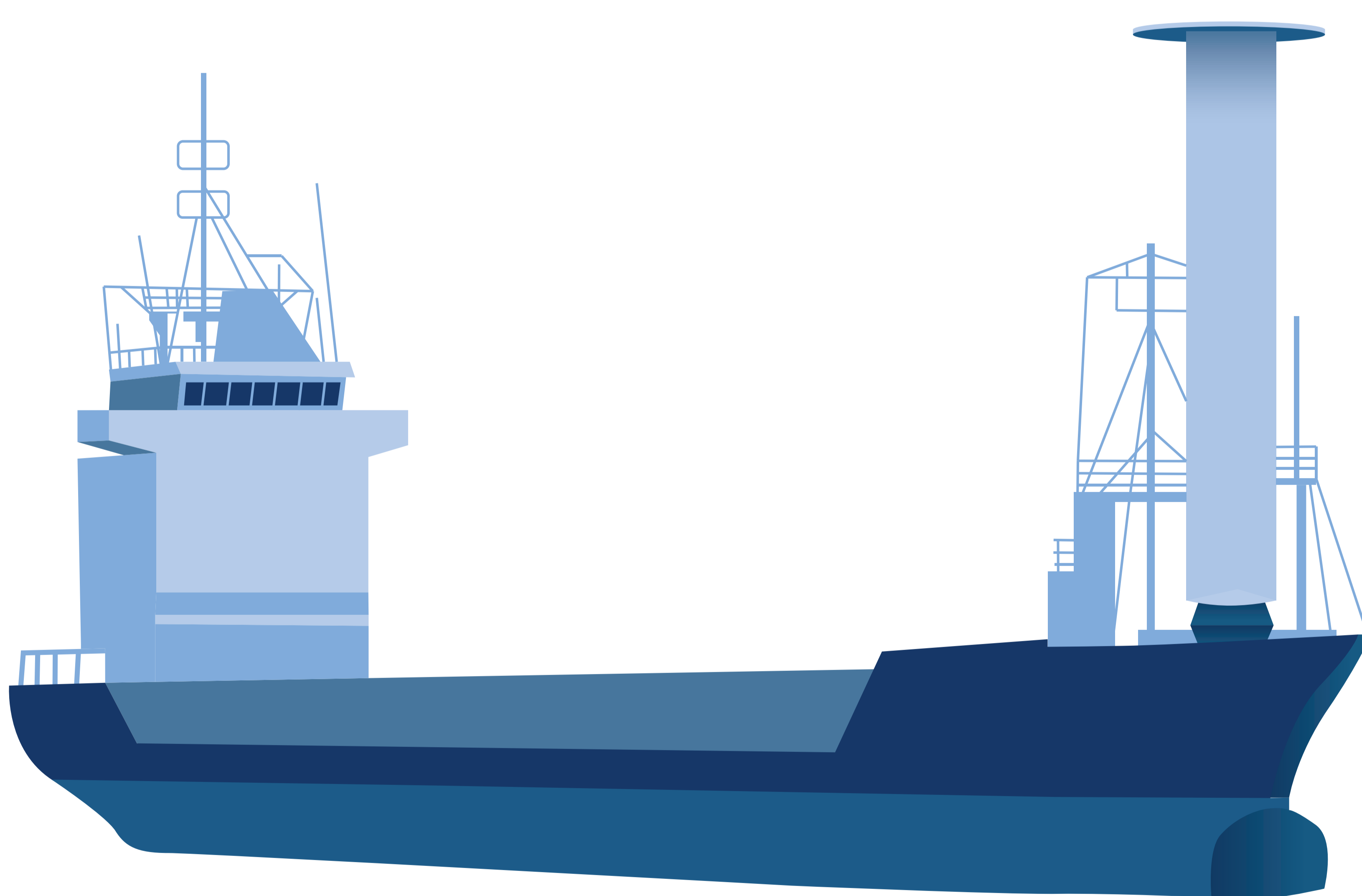


Le profil aspiré est constitué d'une aile métallique cylindrique verticale, équipée d'une grille d'aspiration et d'un volet qui optimisent la portance du système.

Rotor

Il s'agit de cylindres rotatifs dotés d'un disque supérieur et éventuellement d'un disque inférieur, qui sont mis en rotation à une vitesse pouvant atteindre 100 à 300 tours par minute par des moteurs de faible puissance. Ils utilisent l'effet Magnus, c'est-à-dire la différence de pression de l'air sur les côtés d'un objet en rotation pour générer une poussée.

Le concept original a été développé dans les années 1920 avec un petit nombre d'installations, mais la version moderne et améliorée de ces systèmes a été installée dans les années 2010.



Intégration d'un rotor sur un cargo polyvalent

SOURCES : © WINDSHIP

Le rotor est un cylindre métallique mis en rotation par une motorisation. Cette rotation permet au cylindre de générer une poussée par effet Magnus. Les rotors peuvent être équipés d'un système de bascule pour diminuer leur tirant d'air.

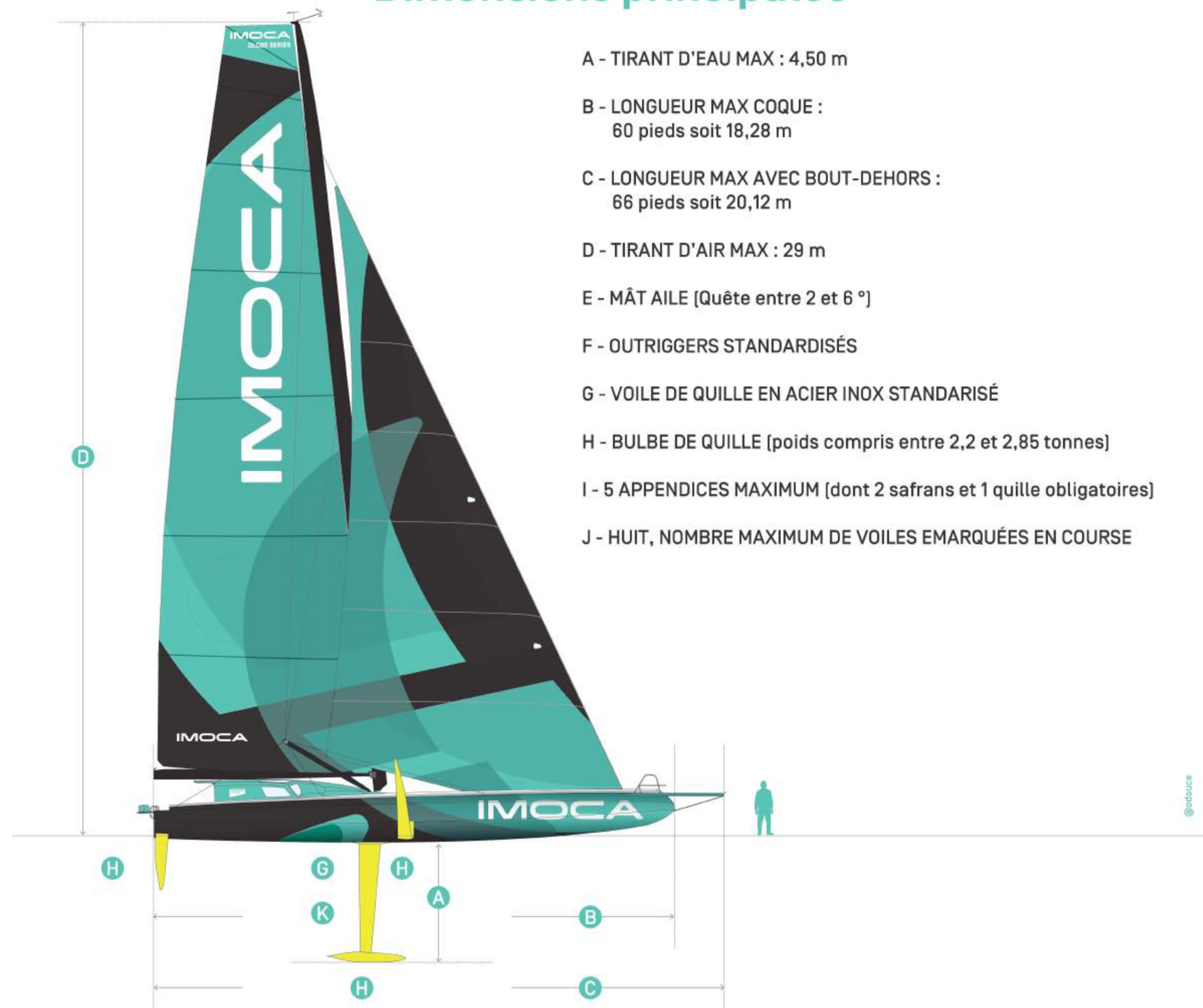


La course au large, un laboratoire d'innovation permanent

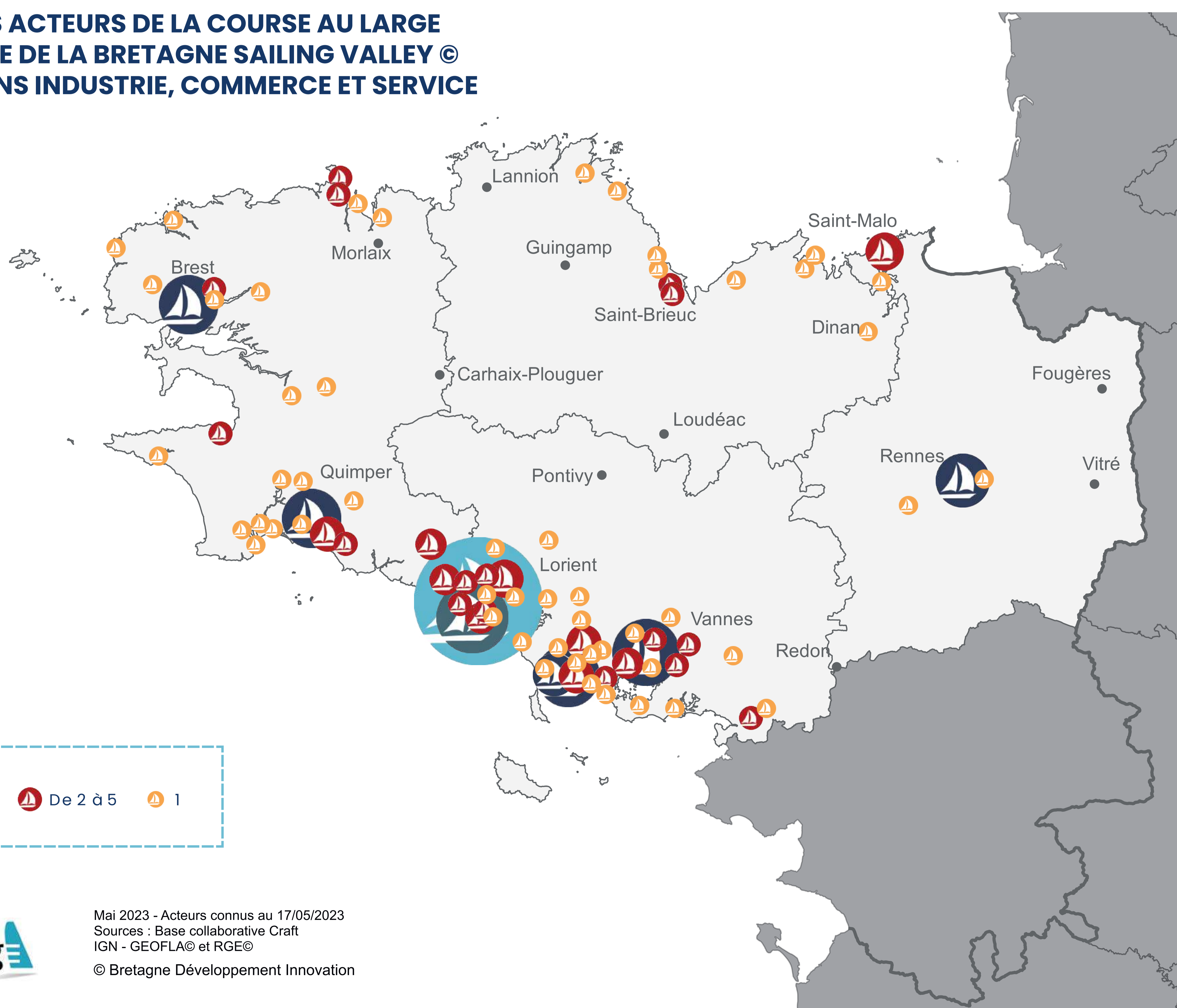
Avec l'arrivée des moteurs sur les navires, seuls les secteurs du nautisme et de la course au large ont continué d'innover dans les technologies à la voile.

IMOCA

Dimensions principales



RÉPARTITION DES ACTEURS DE LA COURSE AU LARGE
SUR LE TERRITOIRE DE LA BRETAGNE SAILING VALLEY ©
226 ACTEURS DANS INDUSTRIE, COMMERCE ET SERVICE



NOMBRE D'ACTEURS ÉCONOMIQUES PAR VILLE



À l'initiative de



Opérée par



Mai 2023 - Acteurs connus au 17/05/2023

Sources : Base collaborative Craft
IGN - GEOFLA® et RGE®

© Bretagne Développement Innovation



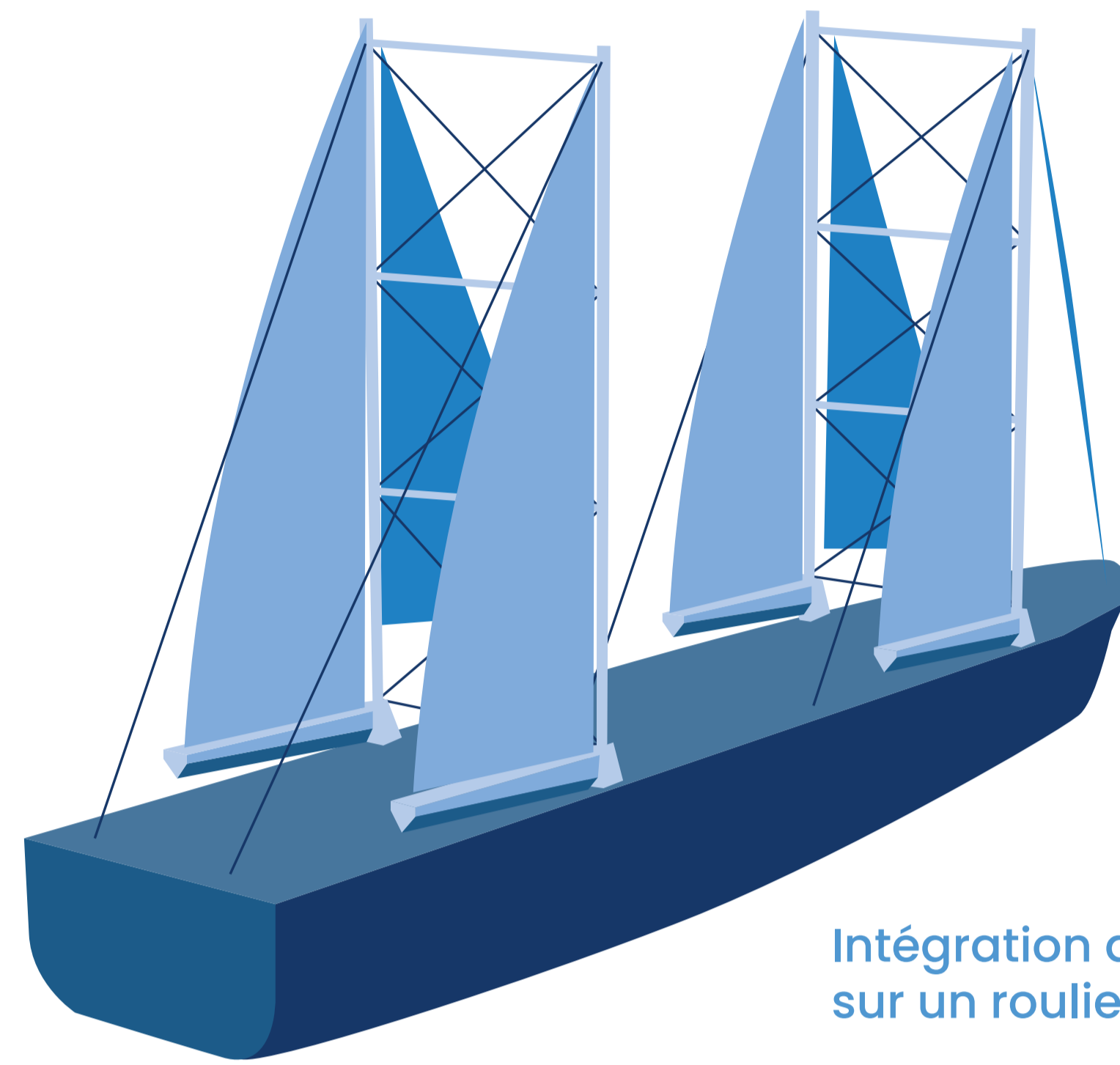
**« Transporter moins et transporter mieux, c'est possible dès aujourd'hui !
Avec la flotte de voiliers cargo Grain de Sail, nous démontrons la viabilité logistique et économique du transport de marchandises fortement décarbonée grâce à la propulsion vélique. Nos choix techniques portent sur des navires plus petits mais qui réduisent drastiquement les émissions carbone du transport maritime (-90% minimum). Les tailles plus raisonnables de navires poussent aussi à ne transporter que ce qui est légitime de transporter. »**

Jacques Barreau,
co-fondateur et directeur général de Grain de Sail

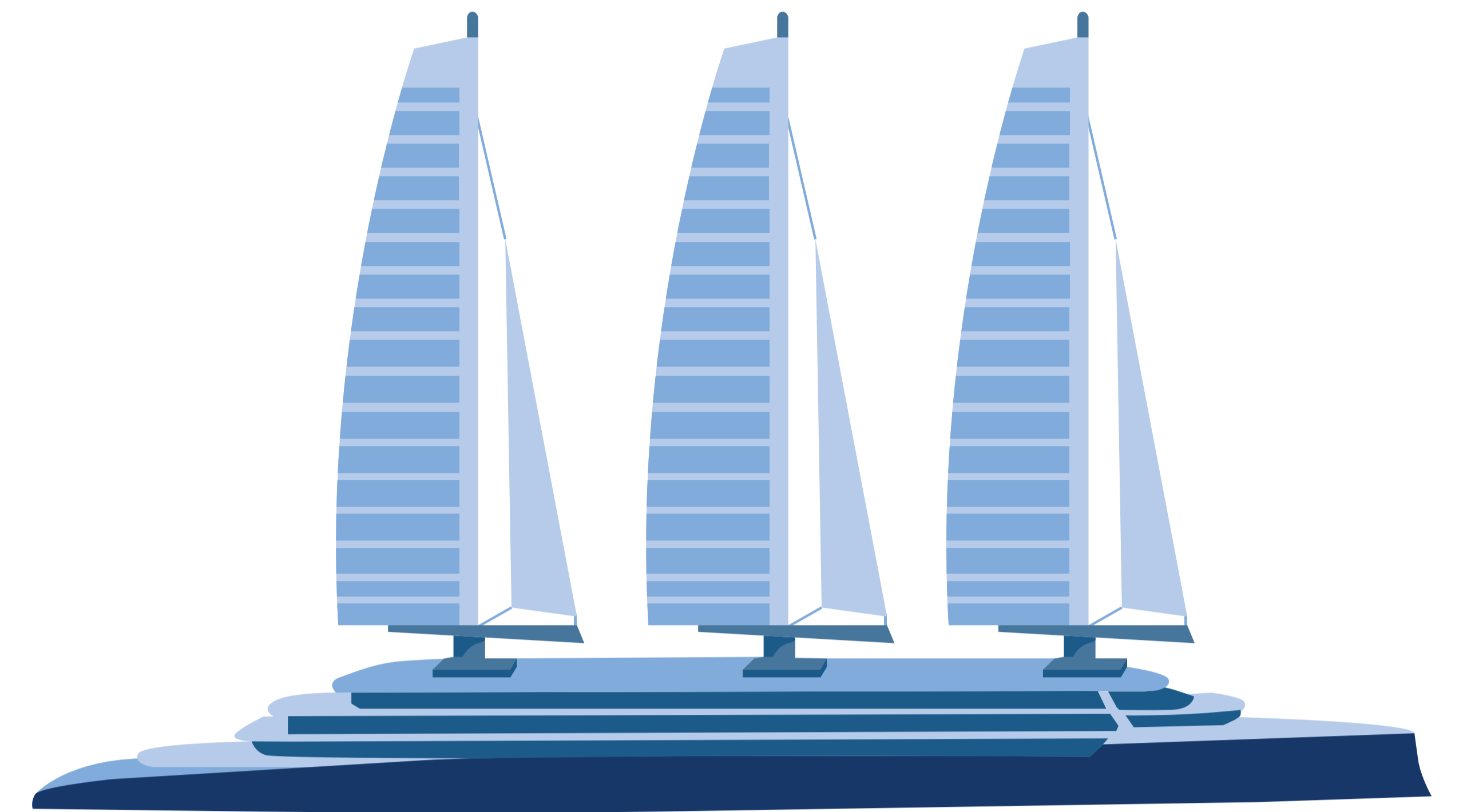
Profils minces

Il existe une grande variété de configurations de voiles souples, depuis les gréements traditionnels jusqu'aux nouvelles conceptions telles que le système dynarig. Ces voiles ont fait leurs preuves et leur utilisation s'est répandue dans le monde entier, tant dans la navigation de commerce que, plus récemment, dans la navigation de plaisance. Aujourd'hui, les nouveaux matériaux et les techniques de production allongent la durée de vie de ces équipements tandis que l'automatisation des opérations permet de maintenir la taille des équipages actuels à bord. Les mâts sont généralement télescopiques ou inclinables afin de faciliter les opérations commerciales.

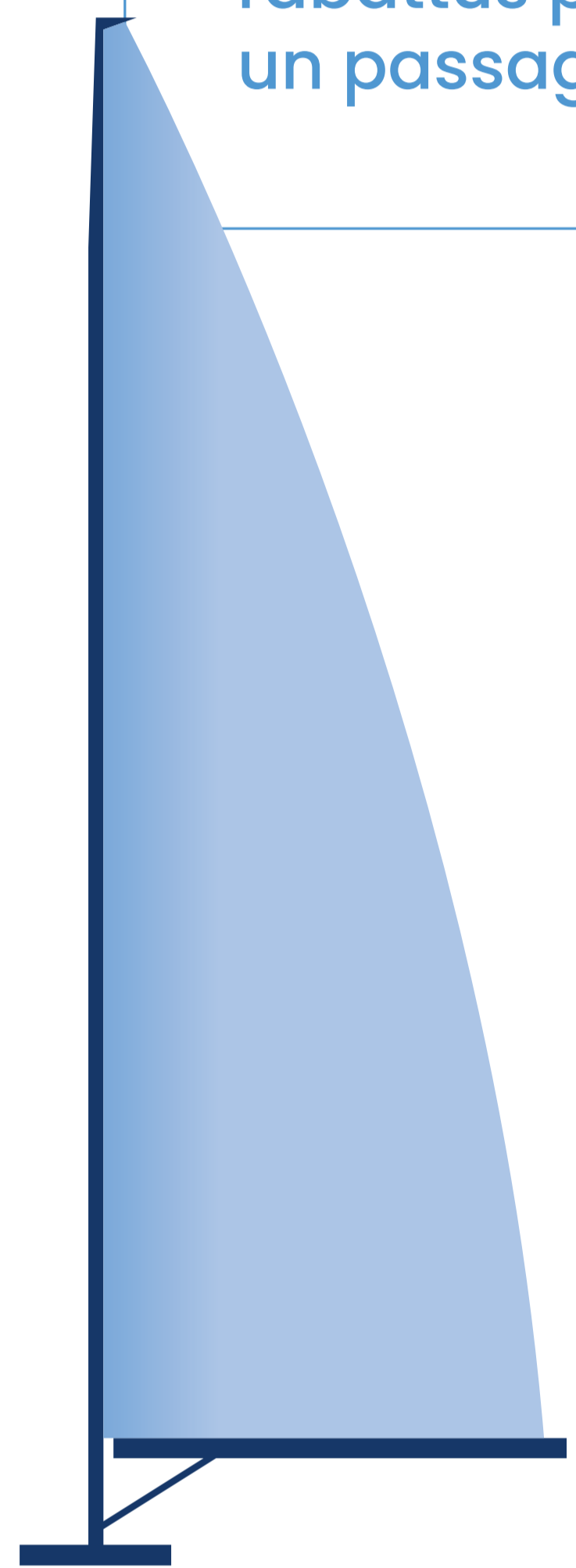
Les voiles souples textiles peuvent être gréées de différentes manières. Elles sont affalables et arrisables. Dans certains cas, les mâts peuvent être rabattus pour permettre un passage sous les ponts.



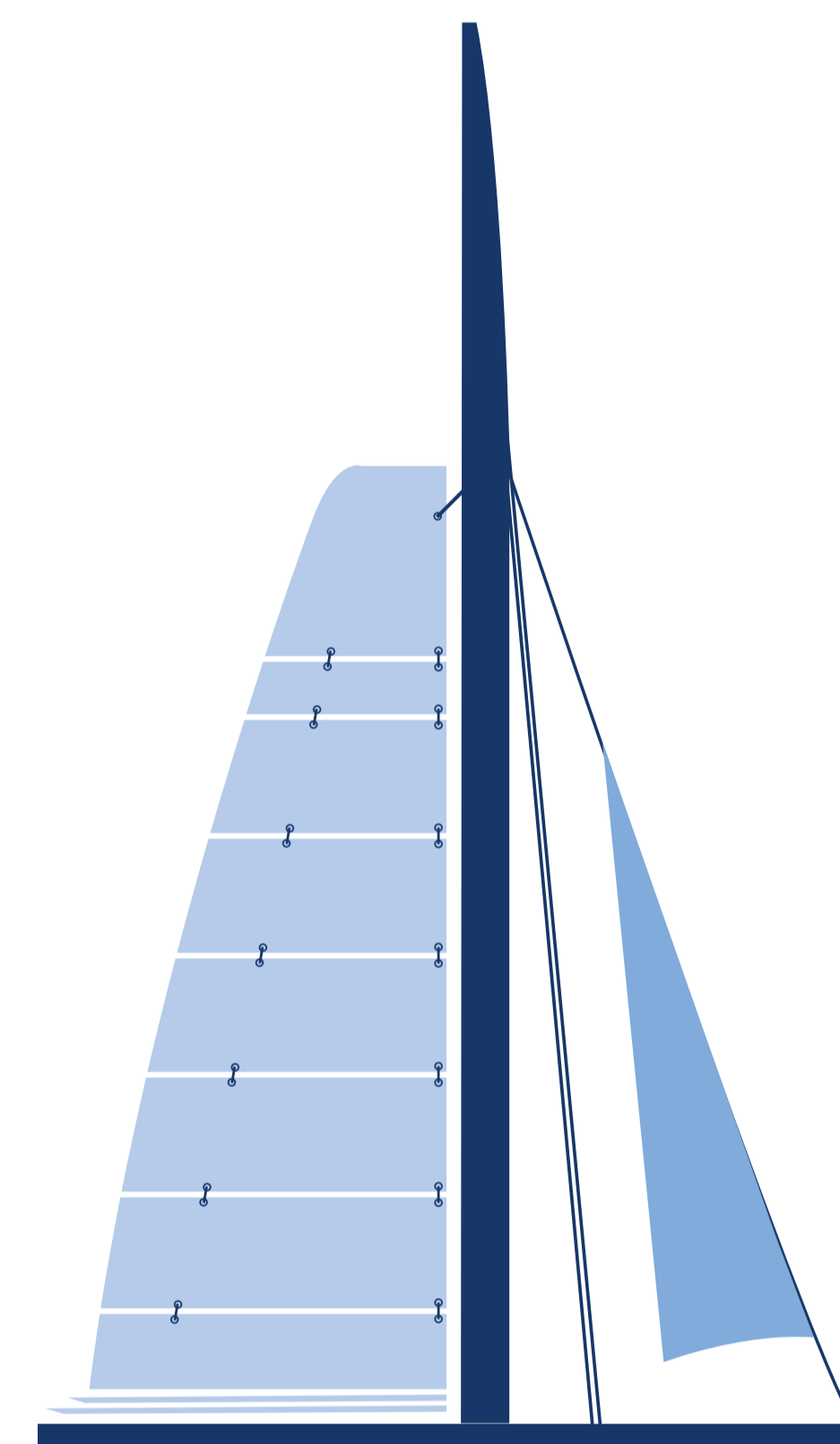
Intégration des voiles sur un roulier



Intégration des voiles à panneaux sur un navire de croisière



© Grain de Sail / Loys Leclercq



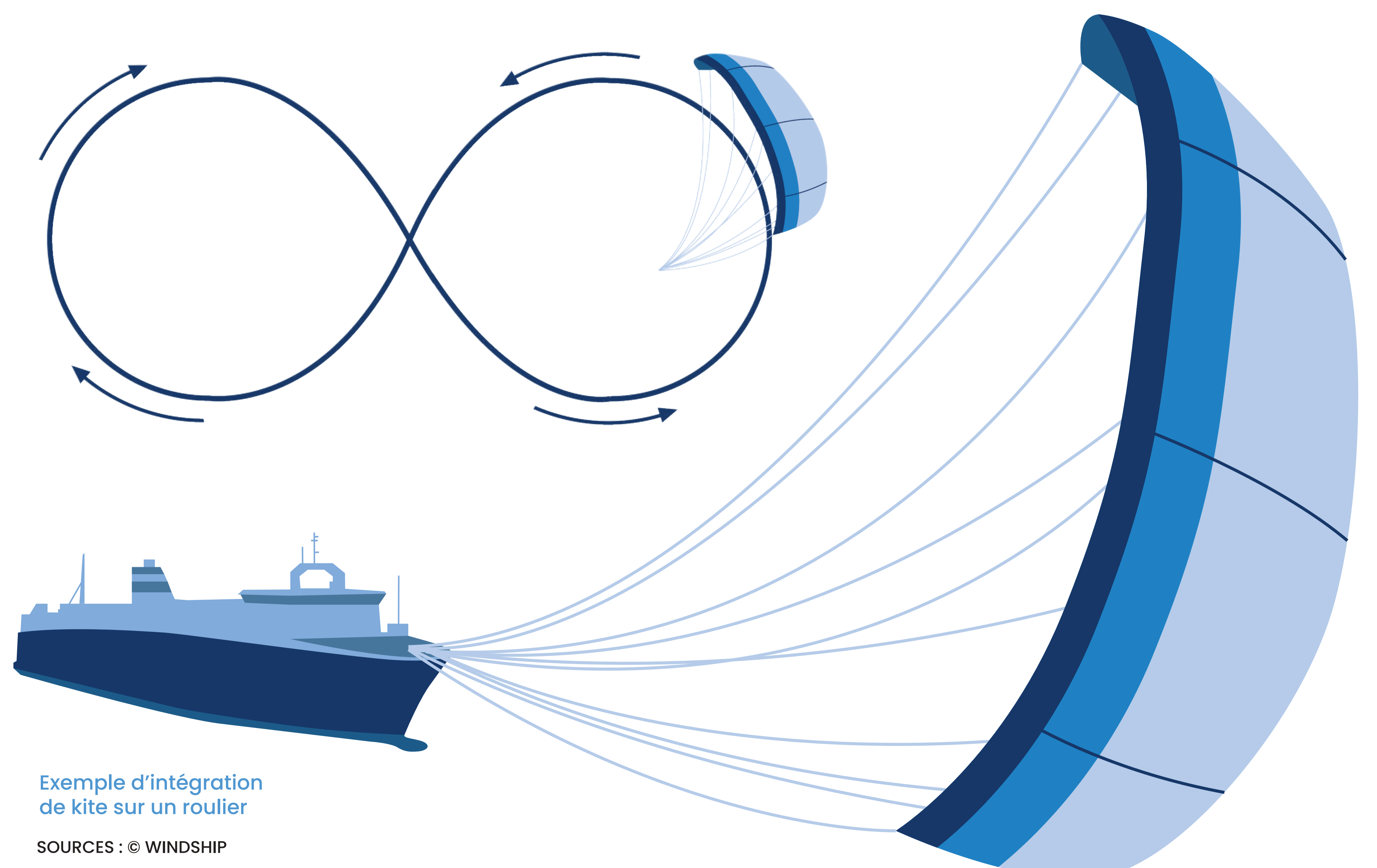
La voile peut être constituée de panneaux mobiles en fibre de verre. Il se déforme sous la pression aérodynamique sans faseyer. Elle peut être montée sur un gréement à balestron qui s'oriente indépendamment de l'angle au vent du navire pour maîtriser les efforts en fonction du vent.

Kite



© Beyond the Sea

Ces cerf-volants de très grandes tailles sont déployés à plus de 200 m au-dessus du navire à l'aide de lignes attachées à la proue du navire pour tracter le navire. Grâce à cette altitude, les kites profitent de vents plus constants et souvent plus forts. Ils peuvent être en mode statique (se maintenir en une position) ou dynamique (c'est-à-dire réaliser des "huit" pour maximiser la traction générée). L'énergie des kites peut aussi être utilisée pour produire de l'électricité à bord. Les kites de première génération ont été déployés pour la première fois dans les années 2010.



Exemple d'intégration de kite sur un roulier

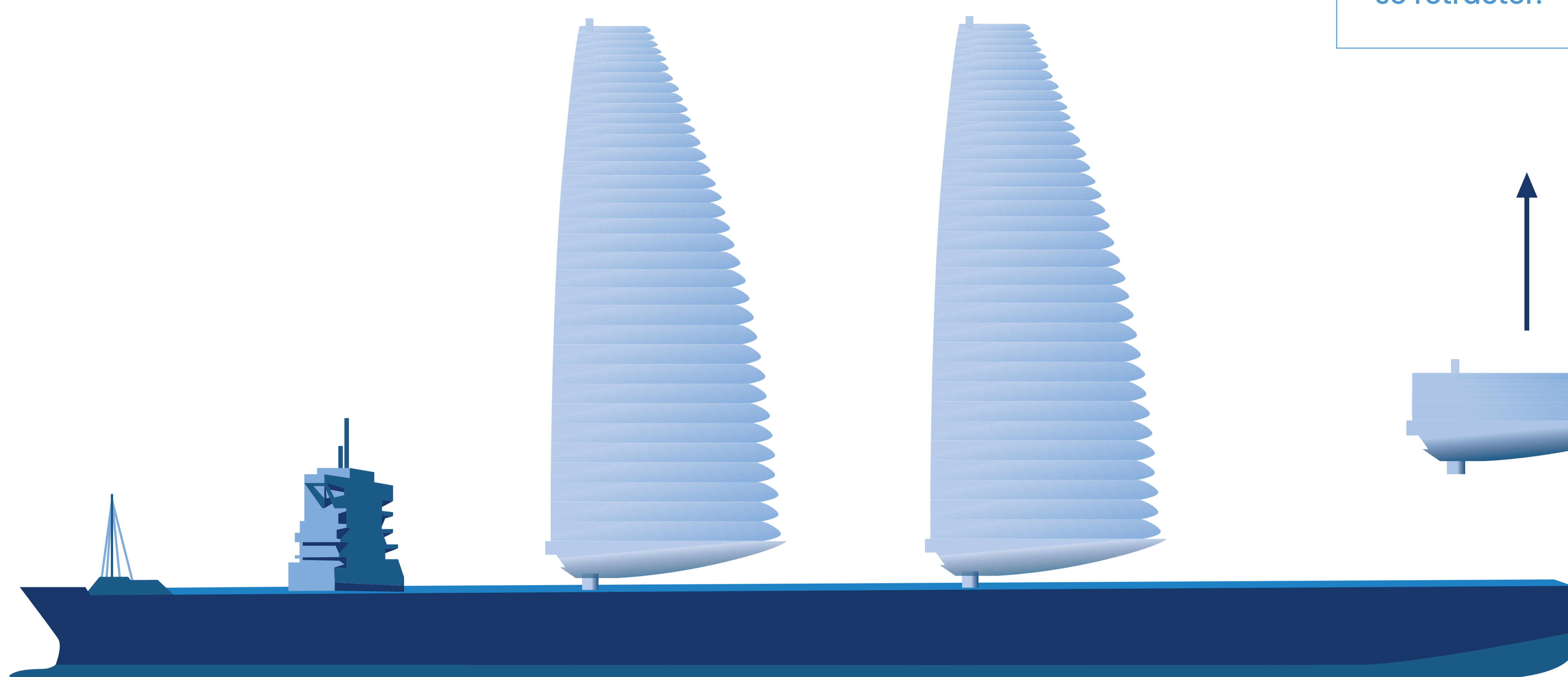
SOURCES : © WINDSHIP

Le kite est une aile qui assure sa sustentation et la traction du navire par l'intermédiaire d'une ou plusieurs lignes. Le kite fonctionne au près en vol statique (à la même vitesse que le navire) et au portant en vol dynamique où il décrit des huit qui augmentent son vent apparent et donc son rendement par unité de surface.

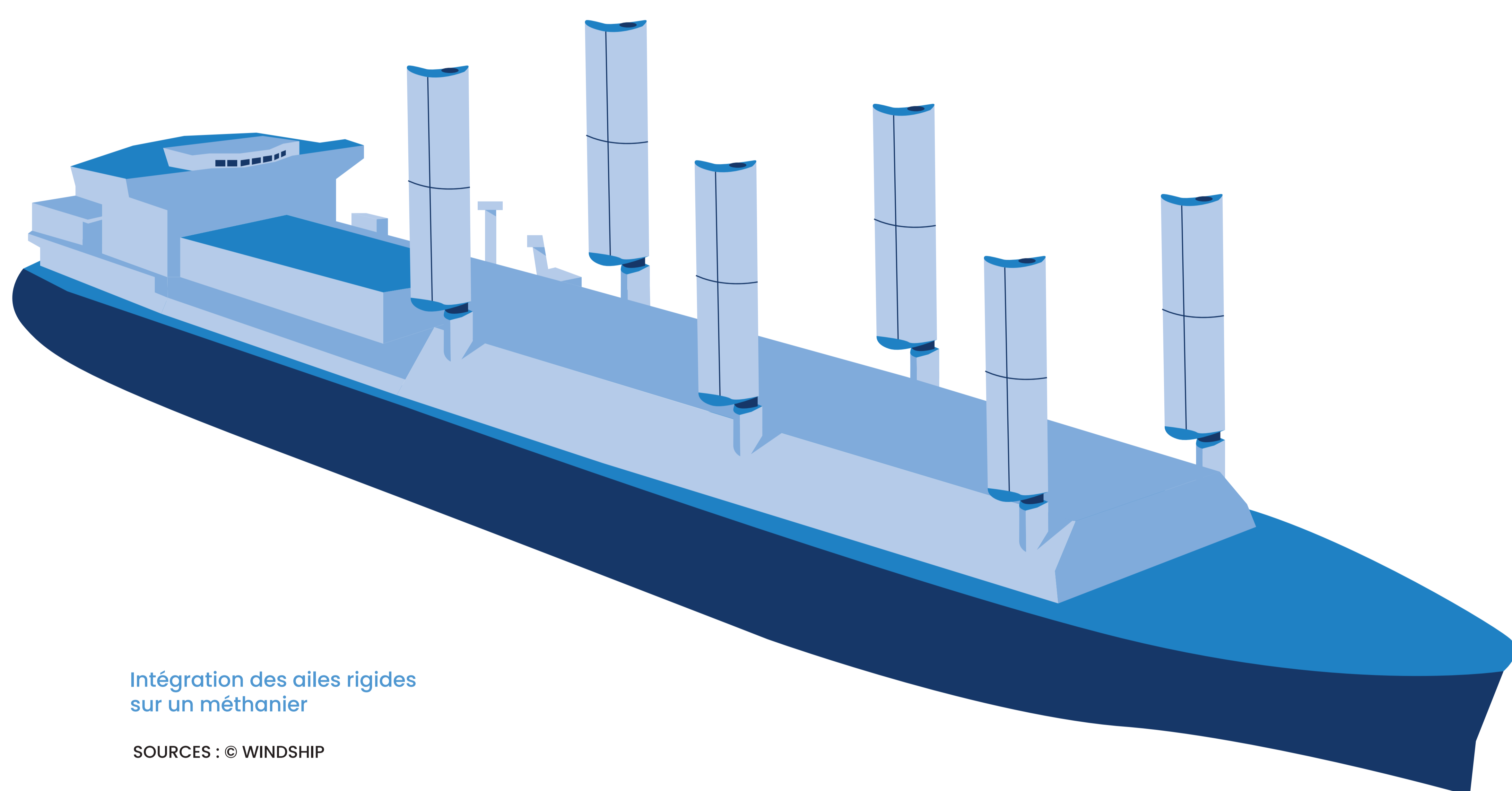
Profil épais (1)

Ces types de systèmes ont été largement utilisés dans le monde de la course. Il existe une grande variété de systèmes différents, allant des ailes rigides, aux ailes souples et ailes gonflables. Certains gréements sont équipés de panneaux solaires pour une production d'énergie supplémentaire. Des voiles hybrides ont également été développées, avec une structure rigide et un revêtement souple. Les voiles rigides ont été déployées pour la première fois sur les navires commerciaux modernes dans les années 1970 et 1980.

Les ailes symétriques gonflables sont en textile, gonflées et équipées d'un mât télescopique, pouvant se rétracter.

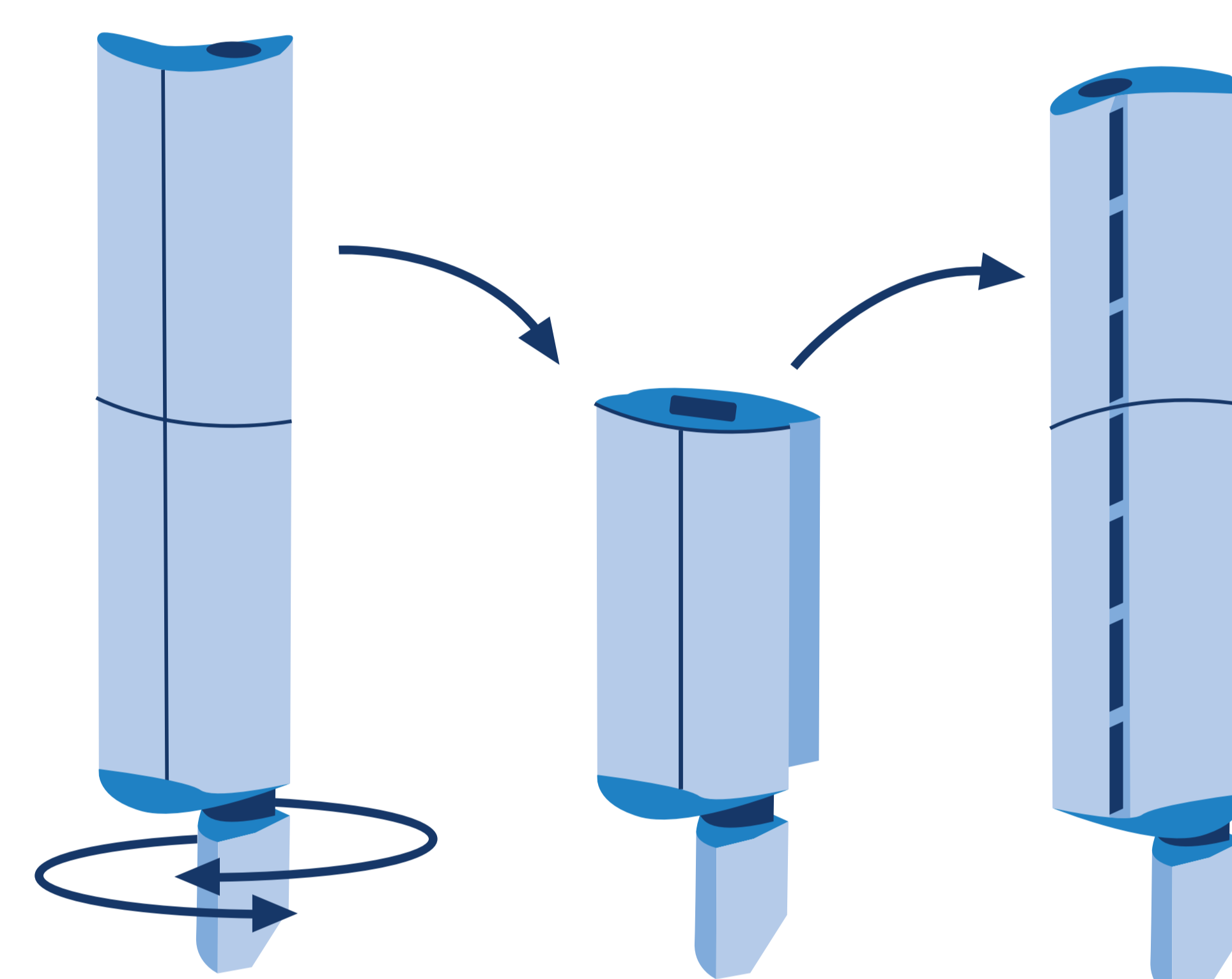


Intégration des voiles gonflables sur un vraquier



Intégration des ailes rigides sur un méthanier

SOURCES : © WINDSHIP



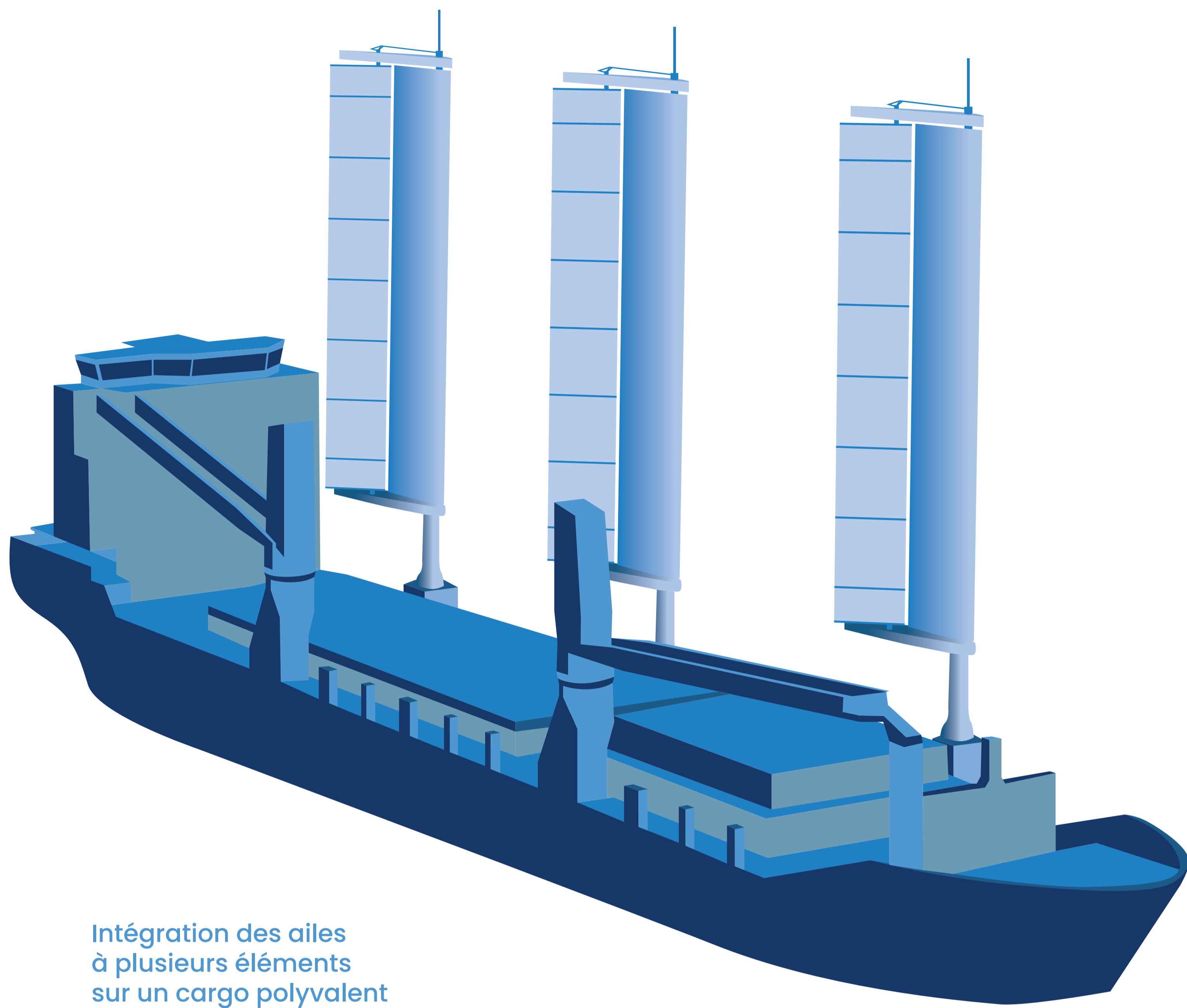
Les ailes rigides asymétriques sont en matériaux composites comme une pale d'éolienne. Elles peuvent se déplier dans un sens ou dans l'autre pour s'inverser et s'orienter de façon optimale.



© Alizés / MadFly

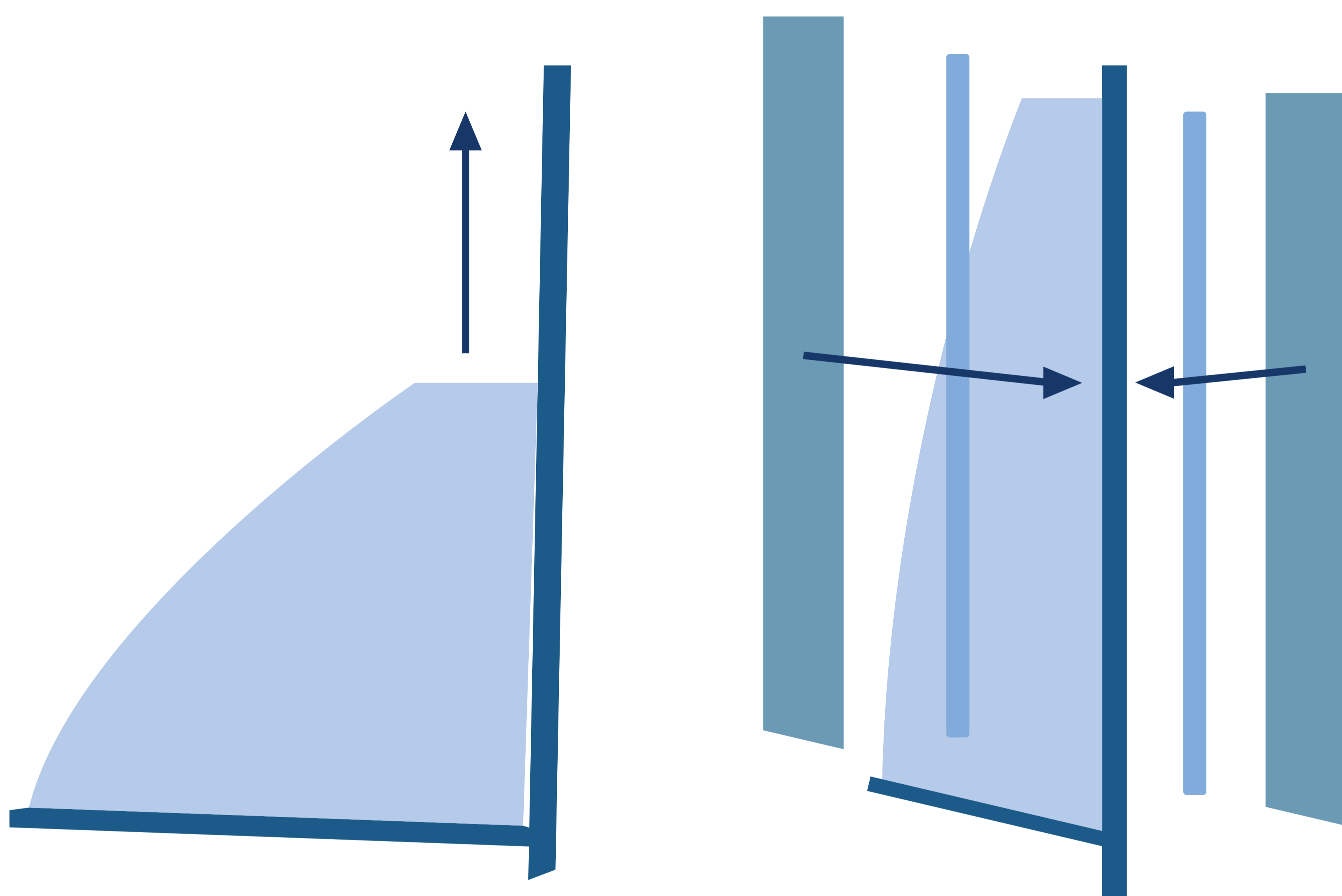
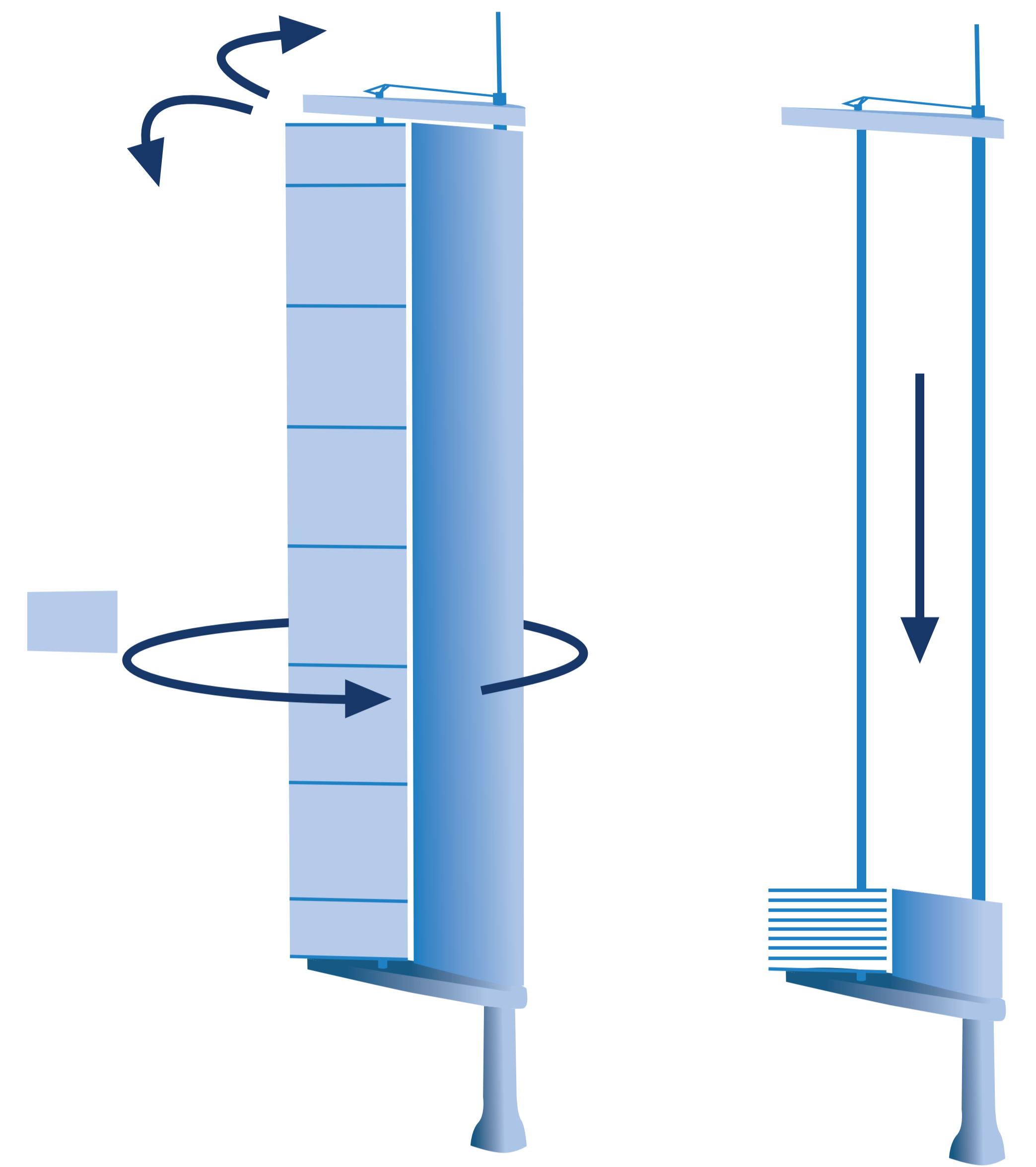
Comment ça marche ?

Profil épais (2)

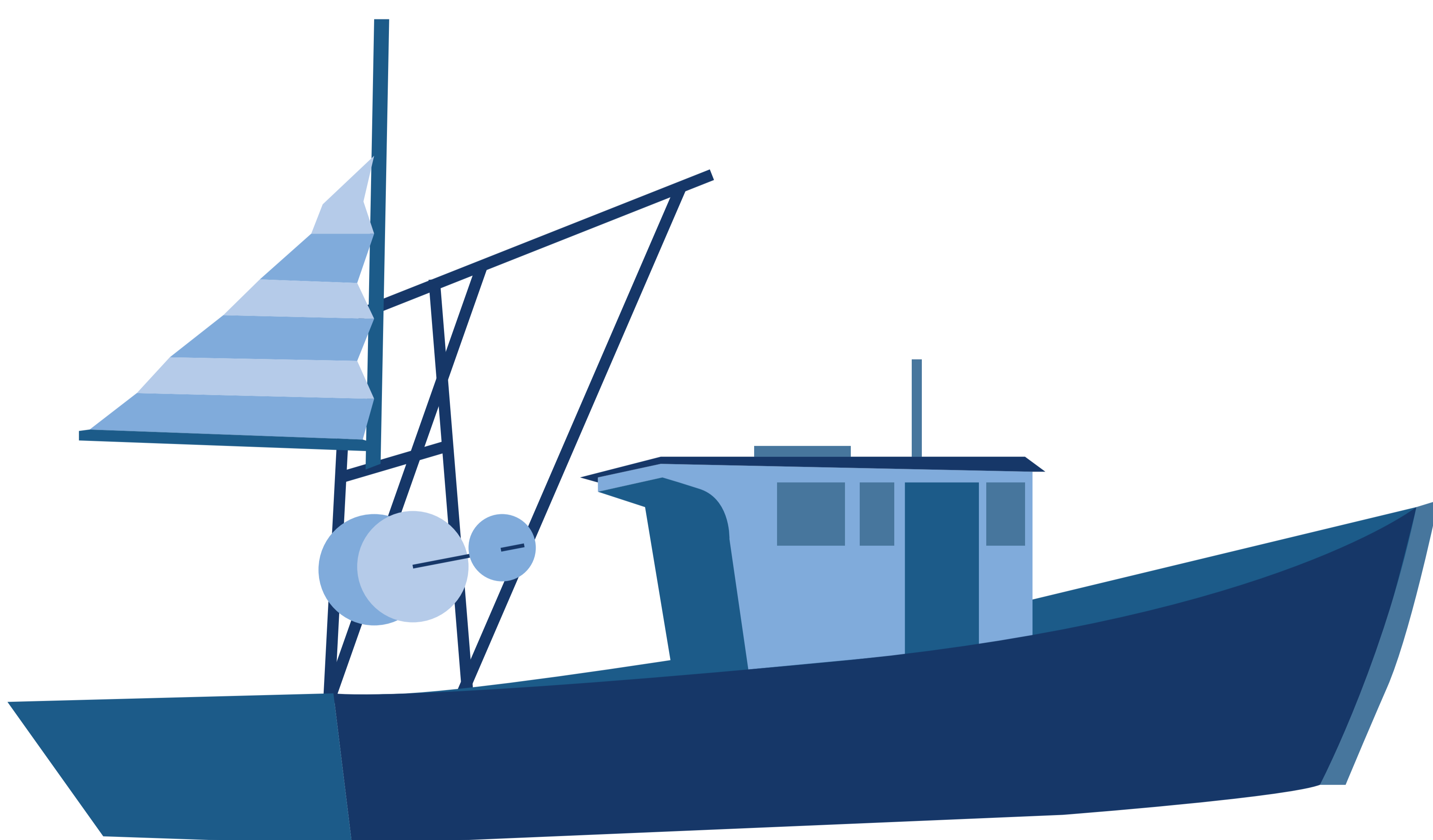


Intégration des ailes à plusieurs éléments sur un cargo polyvalent

Les ailes à plusieurs éléments sont dotées d'une structure semi-rigide en composite, et d'une enveloppe textile. L'ensemble est affalable et arrisable.



Les ailes asymétriques semi-rigides sont composées d'une voile classique équipée de plaques flexibles et d'un système de gonflage pour éviter le fâseement.



Profil épais, asymétrique, aile semi-rigide sur un navire de pêche

SOURCES : © WINDSHIP



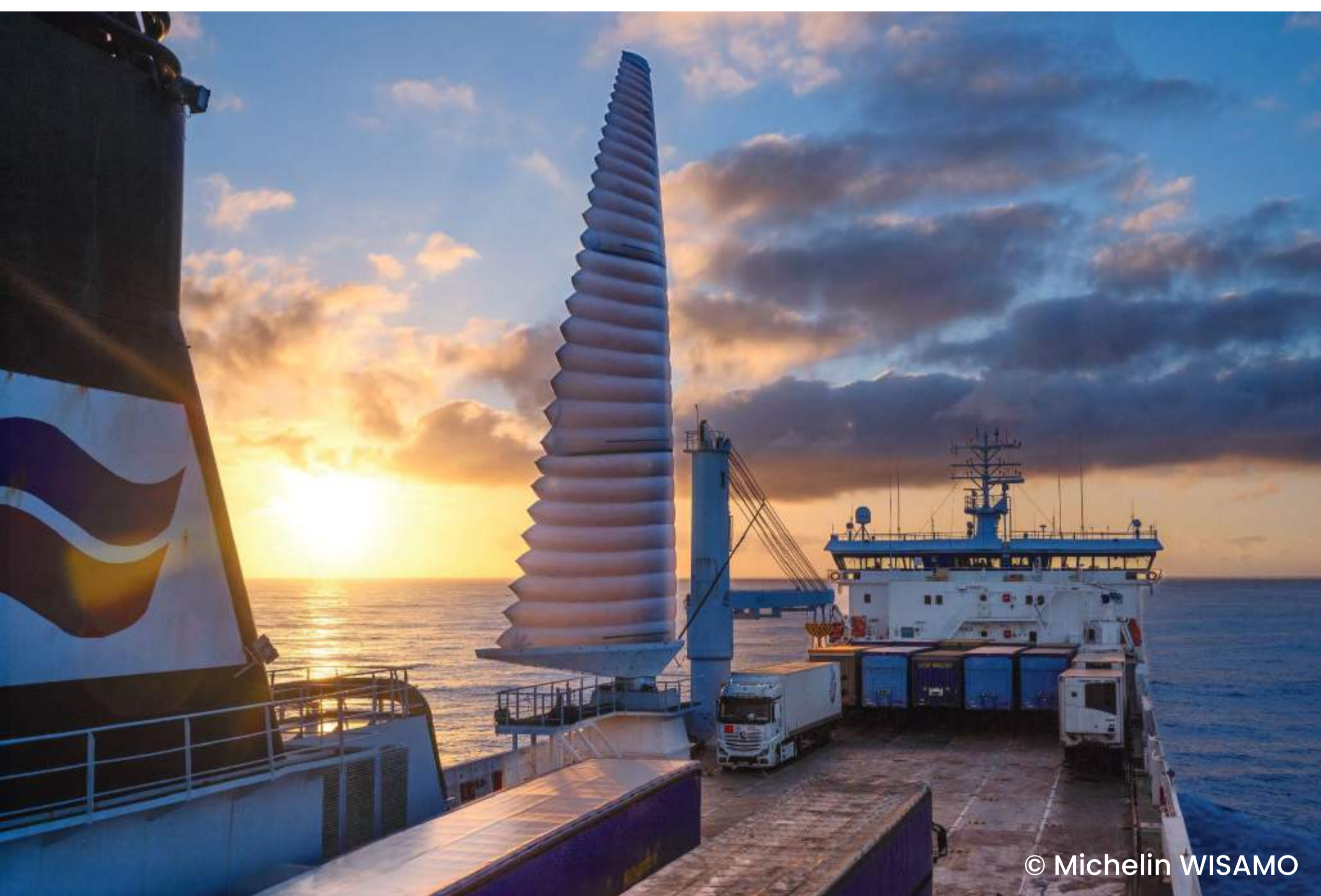
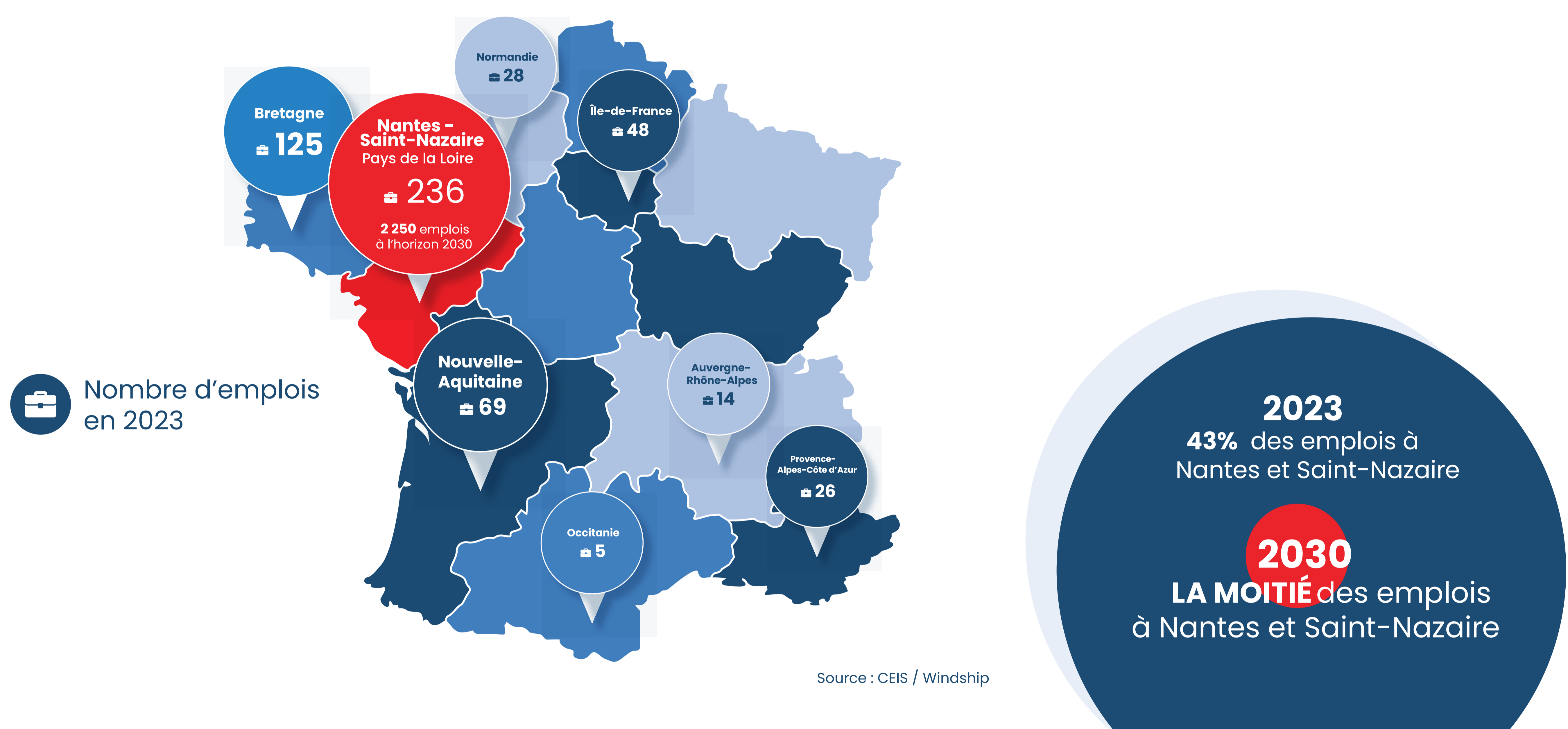
WISAMO
WING SAILS MOBILITY
© Michelin WISAMO

La création d'un nouveau secteur économique

« Nous avons la conviction que le défi de la décarbonation ne peut pas reposer uniquement sur la transition des carburants. Le transport maritime a la formidable opportunité de pouvoir utiliser massivement le vent et les technologies de voiles modernes pour réduire sa dépendance aux carburants alternatifs afin de proposer une décarbonation sobre en énergie, compétitive et réaliste. »

Amaury Bolvin
Co-fondateur et directeur général de Zéphyr & Borée

Nantes & Saint-Nazaire, premier employeur français de la propulsion à la voile



« Le transport maritime émet 1 milliard de tonnes de CO2 par an, soit près de 3% des émissions mondiales. Une solution est disponible immédiatement : le vent, source d'énergie renouvelable, abondante et utilisable sur tout type de navires. Une filière de transport maritime à la voile se met en œuvre autour de plusieurs systèmes de propulsion vélique. Ces innovations représentent une véritable opportunité écologique, énergétique et industrielle pour les années à venir. Michelin avec WISAMO, au même titre que d'autres acteurs français, participe activement au développement de cette filière ».

Gildas Quemeneur,
Executive Director WISAMO Michelin

PROPULSION DES NAVIRES PAR LE VENT

RÉPARTITION DES 156 ENTREPRISES EN ACTIVITÉ + INTÉRESSÉES SUR LE TERRITOIRE

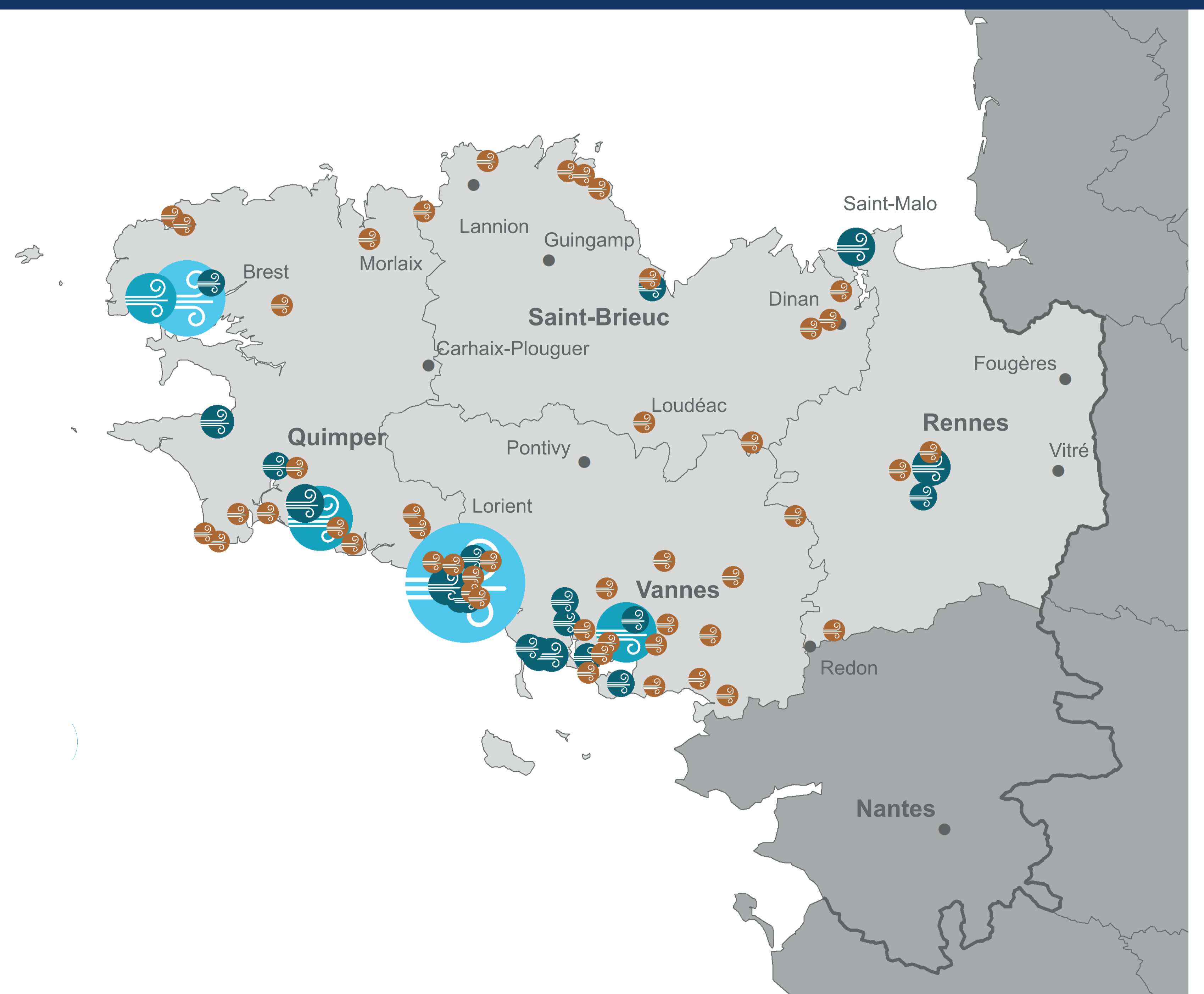
Nombre d'entreprises



BRETAGNE DÉVELOPPEMENT INNOVATION

0 5 10 20 Kilomètres

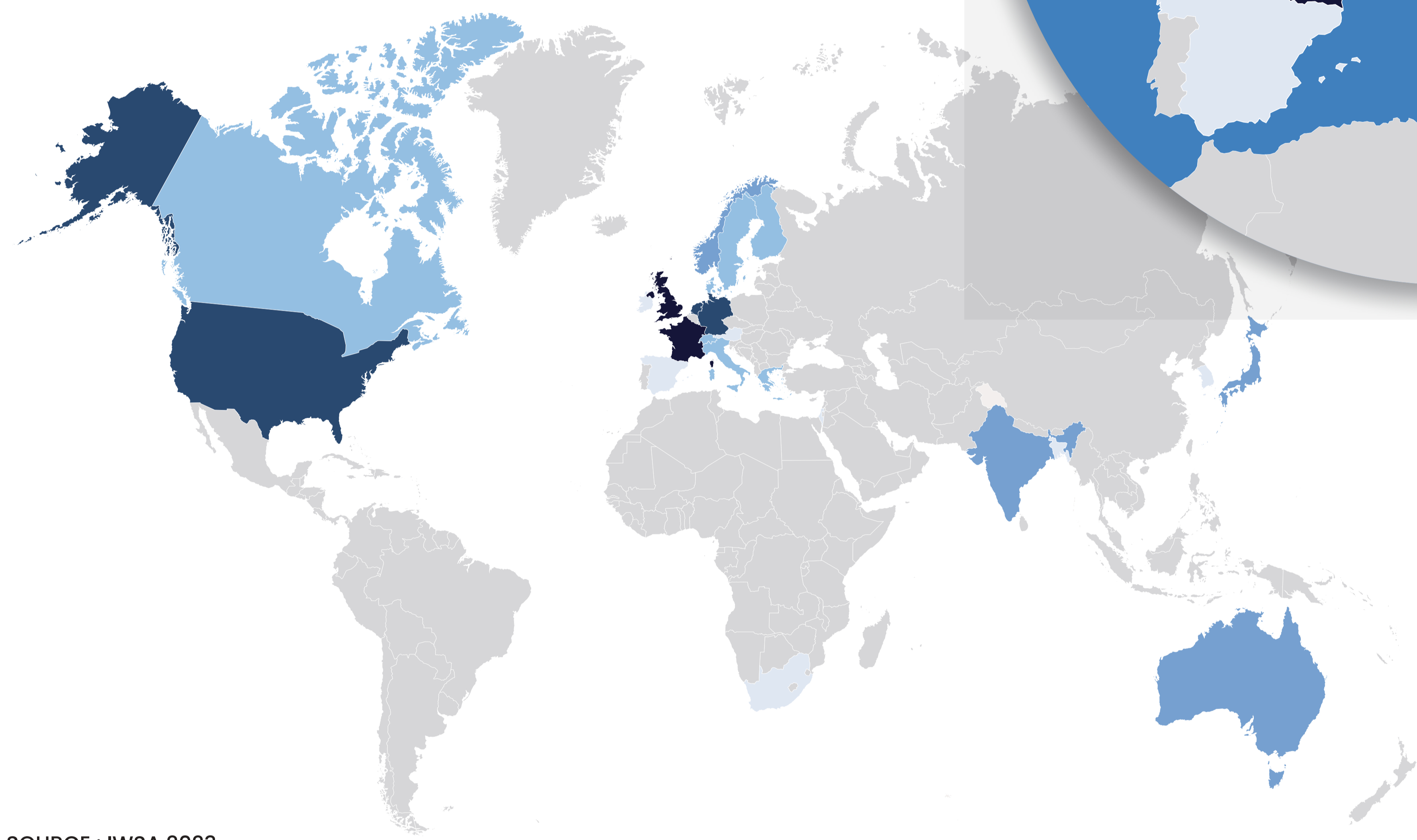
AOÛT 2021 / SOURCES : ENQUÊTE AUPRÈS DES ACTEURS INDUSTRIELS DU TRANSPORT MARITIME PROPULSÉ PAR LE VENT ET DES PROSPECTS POTENTIELS EN BRETAGNE IGN - GEOFLA® ET RGE® © BRETAGNE DÉVELOPPEMENT INNOVATION



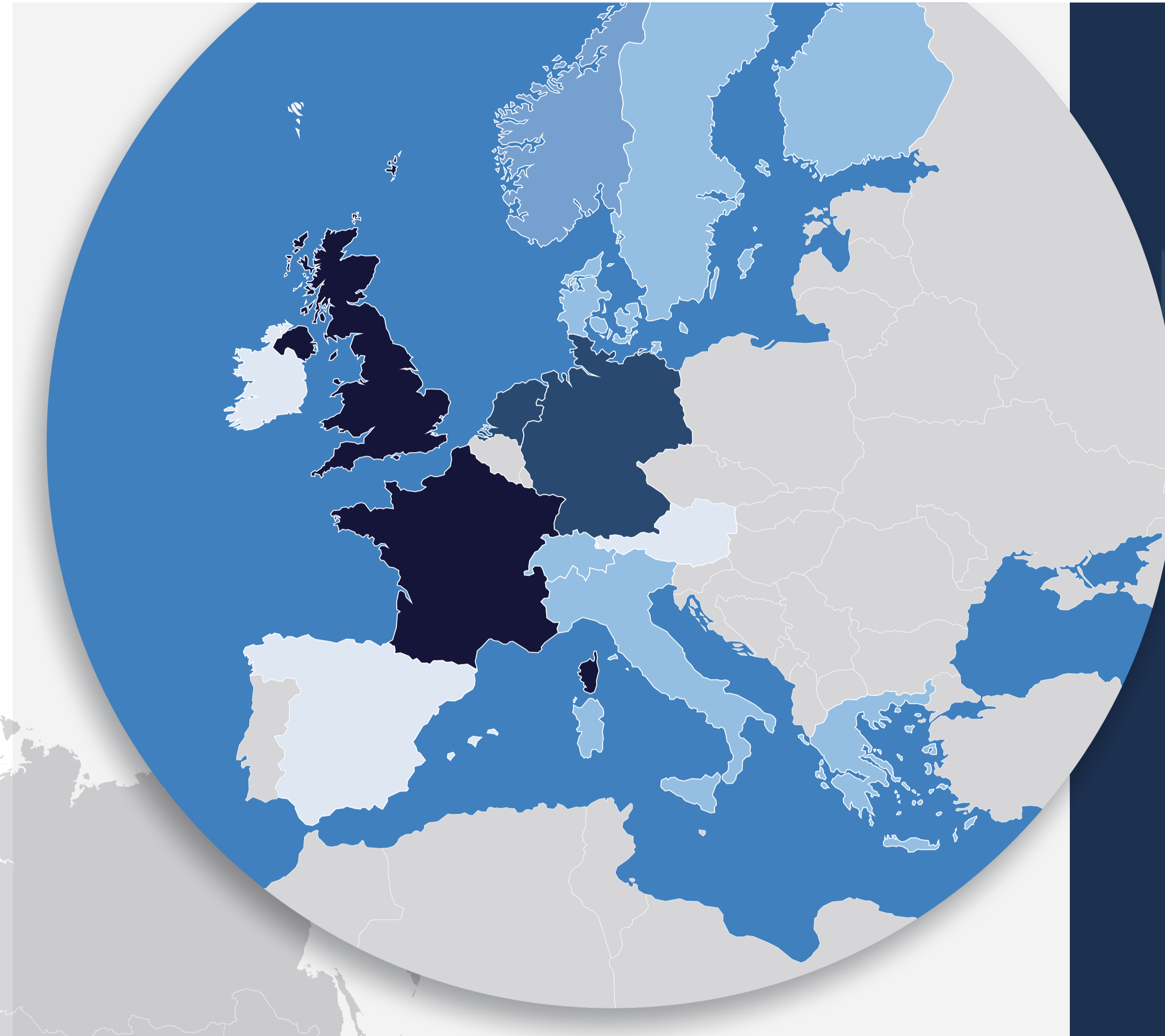
Des opportunités pour rejoindre la dynamique : emplois, formations et prises de participation.

La France, un potentiel leader pour le transport maritime à la voile

Les 230 principaux acteurs de la filière vélique dans le monde

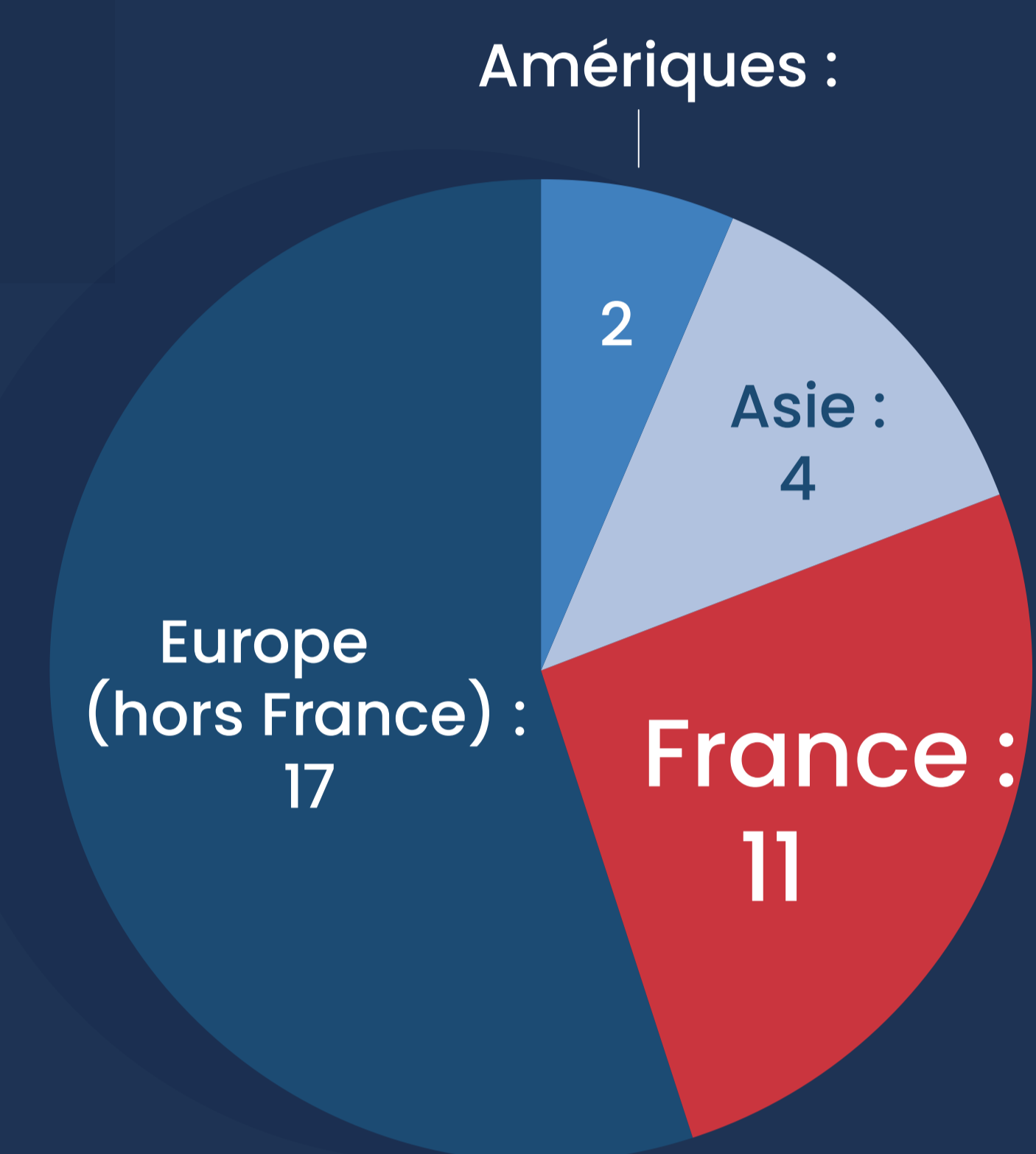
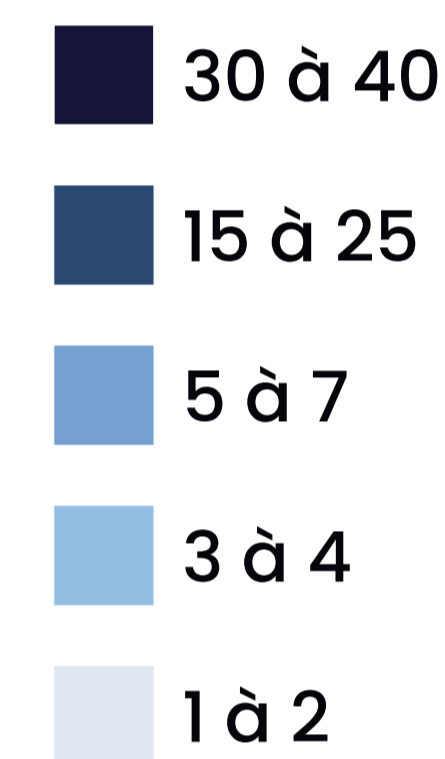


SOURCE : IWSA 2023



Les principaux développeurs de technologies véliques dans le monde

Entreprises et organisations



EMPLOIS

L'étude VENFFRAIS copilotée en 2023 par Wind Ship et l'IRT Jules Verne a estimé que 3000 emplois industriels pourraient être créés par le développement du secteur vélique d'ici 2030.

NOUVELLES COMPETENCES

Un diagnostic des besoins en métiers et compétences est en cours de réalisation à l'échelle nationale pour identifier les nouvelles compétences et les nouveaux métiers à développer afin de soutenir le développement du secteur vélique français : c'est le projet CAPVENT (compétences d'avenir et propulsion par le vent). A ce jour, cette étude a recueilli les besoins en métiers et compétences à horizon 2030 de 120 structures du secteur vélique français et 25 entretiens d'approfondissement ont été réalisés. Les acteurs sont maintenant sollicités afin de confronter collectivement les premiers résultats de cette étude.



Soutenu par



FORMATIONS EXISTANTES

D'ores et déjà, une formation a été développée pour l'acculturation des marins à la propulsion par le vent, dans le cadre d'un partenariat alliant Wind Ship, l'Ecole Nationale Supérieure Maritime et D-ICE Engineering, projet financé en partie par le gouvernement français.

Un module disponible en ligne, en français et en anglais, à destination des marins :



Projet financé à moitié par l'Etat français dans le cadre de l'opération d'adaptation et qualification de la main d'œuvre - IFPAI Programme d'investissement d'avenir de la Caisse

Des lycées professionnels maritimes tels que le lycée Jacques Cassard à Nantes ou le lycée public maritime du Guilvinec ont commencé à proposer des formations véliques en option (bac pro commerce et gestion des entreprises maritimes).

MODELES ECONOMIQUES

De nouveaux modèles d'entreprises facilitant la prise de participation : Financement participatif, Sociétés coopératives : ces nouvelles entreprises ouvrent leur capital et vous permettent de vous impliquer dans le changement.

Plus d'informations sur :

- <https://www.wind-ship.fr/>
- <https://lycee-maritime-guilvinec.bzh/>
- <https://www.lycee-maritime-nantes.fr/>



Le vent, une réalité pour le
**transport maritime
décarboné**

