

BIMer

LE TOUT-EN-UN

Cours et exercices
pour réussir son brevet d'initiation à la mer

Stéphane Bonnaud • Jean-Jacques Calliet

Nicolas Cheymol • Dominique Ducourant

Pierre Fabre • Joseph Gimenez

Véronique Louart • Marcel Oliver

Guillaume Philippe • Christian Rousseau

DUNOD

NOUS NOUS ENGAGEONS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT :



Nos livres sont imprimés sur des papiers certifiés pour réduire notre impact sur l'environnement.



Le format de nos ouvrages est pensé afin d'optimiser l'utilisation du papier.



Depuis plus de 30 ans, nous imprimons 70 % de nos livres en France et 25 % en Europe et nous mettons tout en œuvre pour augmenter cet engagement auprès des imprimeurs français.



Nous limitons l'utilisation du plastique sur nos ouvrages (film sur les couvertures et les livres).

© Dunod, 2024

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-086184-2

Sommaire

Préfaces

Sitographie

VIII

X

Domaine 1

Description – Construction

| | |
|---|----|
| 1.1 La classification des navires | 2 |
| 1 Les navires de commerce | 2 |
| 2 Les navires de servitude | 6 |
| 3 Les navires de pêche | 8 |
| 4 Les navires de service public et de service de l'État en mer | 9 |
| 5 Les navires militaires | 11 |
| 6 Les navires de plaisance | 12 |
| 1.2 Les éléments constitutifs d'un navire et les différents matériaux | 14 |
| 1 Approche structurelle : coque et structure d'ensemble d'un navire | 14 |
| 2 L'assemblage des éléments d'une coque en bois | 17 |
| 3 L'assemblage des éléments d'une coque en acier ou en aluminium | 20 |
| 4 Coque en matériaux composites | 23 |
| 5 Les superstructures | 25 |
| 6 Les contraintes subies par la coque du navire : la résistance des matériaux | 26 |
| 7 Le cycle de vie et le démantèlement d'un navire | 29 |
| 1.3 Les espaces et leurs fonctions | 30 |
| 1 Naviguer | 30 |
| 2 Transporter | 32 |
| 3 Travailler | 33 |
| 4 Vivre | 34 |
| 5 Produire | 35 |
| 1.4 Les modes de propulsion d'un navire | 36 |
| 1 Les différents types de motorisation | 37 |
| 2 Les principaux carburants | 41 |
| 3 Les principaux éléments constitutifs d'un moteur thermique | 43 |
| 4 Le principe de fonctionnement d'un moteur Diesel (<i>diesel engine</i>) | 48 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 5 | Le principe de fonctionnement d'un moteur à essence | 53 |
| 6 | La propulsion des navires à l'aide d'un moteur électrique | 53 |
| 7 | L'hélice (<i>propeller</i>) | 54 |
| 1.5 | La propulsion d'un voilier | 60 |
| 1 | Description du voilier | 60 |
| 2 | La propulsion du voilier | 66 |
| 3 | La manœuvre d'un voilier et le réglage des voiles | 68 |
| 4 | Le rôle d'un foil | 71 |
| 1.6 | La maîtrise du risque | 72 |
| 1 | Les acteurs de la sécurité maritime | 72 |
| 2 | Les réglementations internationales, européennes et françaises | 72 |
| 3 | La certification des navires | 74 |
| 4 | Les sociétés de classification des navires | 74 |

Domaine 2

Flottabilité – Stabilité – Sécurité du flotteur

| | | |
|------------|---|------------|
| 2.1 | La flottabilité des navires | 76 |
| 1 | Les conditions de flottabilité d'un navire | 76 |
| 2 | La réserve de flottabilité d'un navire, marques de franc-bord | 82 |
| 3 | La flottabilité appliquée à la plongée | 89 |
| 4 | La flottabilité appliquée au sous-marin | 91 |
| 2.2 | La stabilité du navire | 92 |
| 1 | Une approche expérimentale de la stabilité | 92 |
| 2 | Les mouvements du navire | 94 |
| 3 | La stabilité transversale du navire | 94 |
| 4 | Notion de métacentre | 98 |
| 5 | Les facteurs influençant la stabilité | 98 |
| 6 | Les dispositifs de stabilisation | 101 |
| 2.3 | La sécurité du flotteur | 102 |
| 1 | La voie d'eau | 102 |
| 2 | L'incendie | 106 |
| 3 | L'équipement individuel de lutte contre un incendie | 110 |

Domaine 3

Mer et météo

| | |
|---|-----|
| 3.1 L'atmosphère | 112 |
| 1 Notion d'échelle d'observation | 112 |
| 2 L'atmosphère et sa composition | 113 |
| 3 La température | 114 |
| 4 La pression atmosphérique | 123 |
| 5 La masse volumique de l'air | 126 |
| 3.2 Le vent | 128 |
| 1 L'origine du vent | 128 |
| 2 Les brises côtières : le vent thermique | 133 |
| 3 L'effet du relief sur le vent | 134 |
| 4 La direction et la vitesse du vent : anémomètre et girouette | 135 |
| 3.3 L'effet du vent sur la mer | 138 |
| 1 Les vagues, la mer du vent et la houle | 138 |
| 2 Le courant de dérive à la surface des océans | 143 |
| 3.4 Les nuages et les précipitations | 145 |
| 1 Introduction : l'eau dans l'atmosphère | 145 |
| 2 L'humidité de l'air | 145 |
| 3 La formation des brumes et des brouillards | 147 |
| 4 La formation des nuages | 148 |
| 5 La forme des nuages : l'influence de la structure thermique de l'atmosphère | 151 |
| 6 La classification des nuages et des précipitations associées | 157 |
| 7 La dissipation des nuages | 159 |
| 3.5 La circulation générale de l'atmosphère et les vents dominants | 160 |
| 1 Les différentes masses d'air à la surface du globe | 160 |
| 2 La circulation générale atmosphérique | 163 |
| 3 Un modèle physique simplifié de la circulation générale atmosphérique | 165 |
| 4 La mousson : modification des alizés et conséquences | 168 |
| 3.6 Les masses d'eau et les courants océaniques | 170 |
| 1 Masse d'eau et stratification des océans | 171 |
| 2 Les courants océaniques et la circulation thermohaline | 173 |
| 3.7 Les perturbations atmosphériques | 175 |
| 1 Les perturbations frontales : la théorie des fronts (1919) | 175 |
| 2 Les perturbations tropicales et les cyclones | 180 |

| | |
|--|-----|
| 3.8 Le phénomène des marées | 183 |
| 1 L'origine de la force de marée | 183 |
| 2 L'amplitude des marées | 184 |
| 3 Les courants de marée | 187 |
| 4 Sonde, hauteur d'eau et profondeur | 188 |
| 5 Le calcul de marée, la règle du douzième | 189 |

Domaine 4

Navigation – Réglementation – Sécurité

| | |
|--|-----|
| 4.1 Les paramètres et les instruments de la navigation maritime | 192 |
| 1 La planification de la navigation | 192 |
| 2 Les informations nautiques et météorologiques | 193 |
| 3 Se repérer à la surface de la Terre, les coordonnées géographiques | 194 |
| 4 La carte marine : principe et utilisation | 195 |
| 5 Les vitesses dans le monde maritime | 200 |
| 6 Le compas magnétique, la déclinaison, la déviation | 201 |
| 7 Les éléments de navigation côtière | 204 |
| 4.2 Les marques de balisage | 211 |
| 1 Les éléments caractéristiques d'une balise | 211 |
| 2 Les marques latérales (<i>lateral markers</i>) de la région A | 212 |
| 3 Les marques de zones | 214 |
| 4 Les marques cardinales (<i>cardinal marks</i>) | 215 |
| 5 Le balisage des plages | 217 |
| 6 Les balises sur une carte marine | 219 |
| 4.3 Les règles anticollisions | 220 |
| 1 L'abordage | 220 |
| 2 Les principales règles du RIPAM | 221 |
| 4.4 Les communications de sécurité en mer | 223 |
| 1 Assurer la veille active sur un navire | 223 |
| 2 La détresse | 224 |
| 3 Les différents moyens visuels et sonores pour lancer une alerte | 224 |
| 4 La communication de détresse | 226 |
| 5 La procédure de demande des secours | 231 |
| 6 Porter assistance à un navire : devoir du capitaine en cas de MAYDAY | 232 |
| 4.5 Le matériel de sécurité | 233 |
| 1 La convention SOLAS | 233 |
| 2 Le matériel de sécurité à bord | 233 |
| 3 Le matériel de sécurité du navire (matériel collectif) | 235 |
| 4 Le matériel de sécurité des personnes (matériel individuel) | 237 |

| | |
|---|-----|
| 4.6 L'organisation du sauvetage en mer | 240 |
| 1 La Convention internationale SAR (<i>search and rescue</i>) | 240 |
| 2 Les centres régionaux opérationnels de surveillance et de sauvetage (CROSS) | 241 |
| 3 Les sémaphores | 243 |

Domaine 5

Les espaces maritimes, le milieu marin et leurs enjeux associés

| | |
|---|-----|
| 5.1 Les enjeux géopolitiques | 246 |
| 1 Un peu d'histoire | 246 |
| 2 Montego Bay et les zones économiques exclusives | 246 |
| 3 La Marine nationale française | 247 |
| 4 Le biomimétisme au service des constructions navales et militaires | 248 |
| 5 Les tensions géopolitiques actuelles | 249 |
| 5.2 Les enjeux économiques | 252 |
| 1 Introduction | 252 |
| 2 La ZEE de la France et la pêche | 252 |
| 3 Les flux maritimes dans la mondialisation | 253 |
| 4 Les énergies marines renouvelables | 254 |
| 5 La pêche et l'aquaculture | 255 |
| 6 Les pavillons de complaisance | 256 |
| 7 Les secteurs d'activité des métiers du maritime | 258 |
| 8 La biotechnologie marine (biotechnologie bleue) | 258 |
| 9 La Chine, une puissance maritime émergente | 259 |
| 5.3 Les enjeux socio-culturels du développement du secteur maritime | 260 |
| 1 Les grandes courses nautiques | 260 |
| 2 La représentation de la mer dans la peinture, le cinéma et la littérature | 262 |
| 5.4 Les enjeux environnementaux | 264 |
| 1 L'exploitation et la gestion des ressources halieutiques | 264 |
| 2 Les conséquences des activités économiques sur les littoraux et les eaux côtières | 265 |
| 3 Les conséquences du réchauffement climatique | 267 |
| 4 L'impact sur la biodiversité de l'acidification des océans | 268 |
| 5 L'ONU et les ONG au secours de la biodiversité | 268 |
| 6 La protection des aires marines | 269 |

| | |
|--------------|-----|
| Index | 271 |
|--------------|-----|

| | |
|--------------------------------|-----|
| Crédits iconographiques | 277 |
|--------------------------------|-----|

Préfaces

« Le XXI^e siècle sera maritime » : c'est par ces mots que le président de la République a conclu son discours aux Assises de la mer en décembre 2019 insistant ainsi sur la place centrale de la mer dans le monde actuel, mais aussi sur les atouts de la France dans ce domaine tant à l'échelle européenne qu'à l'échelle mondiale. La mer couvre 70 % de la surface de notre globe et constitue un secteur essentiel de l'économie mondiale. Elle regorge de ressources indispensables à notre planète et à la vie des femmes et des hommes. Si nous en prenons soin, elle pourra nous apporter des solutions durables pour l'avenir et répondre aux défis alimentaires et énergétiques, aux besoins du transport et du commerce, aux équilibres climatiques et géopolitiques.

La France possède 12 840 kilomètres de littoral (Métropole et DROM-COM), elle est présente sur trois océans (Atlantique, Pacifique et Indien) et sa zone économique exclusive maritime représente 11 millions de kilomètres carrés, ce qui en fait la deuxième puissance maritime mondiale derrière les États-Unis. Les métiers de la mer et du nautisme représentent aujourd'hui un enjeu majeur, par leur poids économique mais aussi par leur place centrale dans l'économie bleue. Le secteur maritime est un secteur professionnel dynamique qui emploie plus de 450 000 salariés. Ces passionnés de la mer exercent dans différents domaines, qui offrent chacun une grande variété de missions : commerce, plaisance professionnelle, pêche, culture marine, etc. Les futurs diplômés du secteur maritime prendront part à des transformations majeures de leur secteur, comme la décarbonation des navires ou bien l'adaptation aux conséquences du changement climatique en mer et sur le littoral. En tant que deuxième puissance maritime mondiale, nous ne relèverons ces défis qu'en renforçant auprès des jeunes la connaissance des métiers et formations maritimes et leur attractivité. Car hélas, les métiers en lien avec la mer mais aussi les filières de formation associées sont fréquemment ignorés ou méconnus du grand public, et notamment des élèves et de leurs parents. Ces métiers sont aussi souvent associés à de forts préjugés et stéréotypes (origine sociale, genre, etc.). Il s'agit alors de lutter contre les inégalités sociales et scolaires, toutes les formes d'autocensure vers ces métiers et les filières de formation qui sont accessibles à partir d'un CAP jusqu'à bac+10. Diffuser, initier et renforcer la culture maritime auprès des élèves en collège et lycées tel est l'enjeu du Brevet d'Initiation à la Mer (BIMer).

Pour diffuser et renforcer la connaissance de la mer et du secteur maritime auprès de tous les élèves de collège, de lycée et développer les partenariats entre l'Éducation nationale, la Marine nationale et les Affaires maritimes, un diplôme national d'initiation à la culture maritime et aux métiers de la mer, le BIMer¹ porté par le ministère de l'Éducation nationale a été créé en 2020.

Le BIMer est fortement inspiré du brevet d'initiation à l'aéronautique (BIA) créé il y a plus de 50 ans. Le BIMer est au monde maritime ce que le BIA est au monde aéronautique et spatial. L'objectif du BIMer est de permettre aux élèves de collège et de lycée dans les voies professionnelles, technologiques et générales d'acquérir des notions transversales sur le milieu maritime tout en

1. Le BIMer a été officialisé par le décret n° 2020-1158 du 21 septembre 2020 après l'avis du Conseil supérieur de l'éducation du 9 juillet 2020. Il a été complété par l'arrêté du 21 septembre 2020 relatif au Brevet d'initiation à la mer et par l'arrêté du 21 septembre 2020 relatif au Certificat d'aptitude à l'enseignement d'initiation à la mer (CAEIMer). BOEN n° 37 du 1^{er} octobre 2020.

construisant leur projet d'orientation en valorisant les métiers tant civils que militaires liés à la mer. Ainsi, le BIMer permet une acculturation du monde maritime et de la découverte des métiers et doit renforcer l'attractivité des métiers des industries de la mer souvent peu connue des élèves. Le BIMer, c'est aussi un moyen de donner davantage de sens aux enseignements disciplinaires, la mer étant le fil conducteur.

La préparation au BIMer s'achève par un examen sous forme de 60 questions à choix unique en fin d'année scolaire, qui est validé par un diplôme. Selon le niveau et le projet des élèves, le BIMer a pour particularité de pouvoir être attribué à des niveaux différents (« débutant », « maîtrise », « avancé », « expert ») en fonction du degré de maîtrise des cinq domaines d'étude validés par la note obtenue à l'examen. Pour valider ce diplôme, les élèves suivent une formation pendant une quarantaine d'heures au sein de leur établissement réparties sur une année scolaire.

En plus des cours théoriques, les élèves participent également à des sorties pédagogiques qui peuvent consister en des visites d'entreprises (chantier naval, installation portuaire, etc.) de ports, de navires, des rencontres avec des professionnels de la mer (pêche, conchyliculture, navigateur, etc.) qui travaillent à terre ou en mer et sont initiés à la pratique d'activités nautiques. Le programme¹ du BIMer est composé de cinq domaines : Domaine 1 : Description – Construction, domaine 2 : Flottabilité – Stabilité – Sécurité du flotteur, domaine 3 : Mer et météo, domaine 4 : Navigation – Réglementation – Sécurité et domaine 5 : Les espaces maritimes, le milieu marin et leurs enjeux associés.

Les élèves qui préparent le BIMer ont également des cours en anglais intégrés au programme.

Cet ouvrage « tout en un » présente de façon claire, détaillée et pédagogique l'ensemble des connaissances théoriques essentielles pour découvrir le monde de la mer et du nautisme mais aussi pour se préparer à l'examen du BIMer. Il s'adresse aussi bien aux collégien(ne)s et lycéen(ne)s qu'aux néophytes comme aux passionnés.

Cet ouvrage est le résultat d'une belle collaboration entre des femmes et des hommes passionnés par le monde maritime, inspecteur, professeurs de différentes disciplines et professionnels du domaine de la mer et du nautisme. Tous titulaires du Certificat d'aptitude à l'enseignement d'initiation à la mer (CAEIMer), ils œuvrent depuis trois ans au déploiement du BIMer dans l'académie de Montpellier mais aussi coordonnent et animent la formation des professeurs au CAEIMer.

En tant que rectrice, je suis heureuse de préfacier cet ouvrage car il prolonge mon engagement pour le déploiement de l'initiation à la mer sur l'ensemble du territoire afin d'accompagner les élèves dans leur projet d'orientation et de développer des compétences transversales et des valeurs essentielles pour chaque citoyen(ne) comme la rigueur, l'exigence envers soi-même et envers les autres, le respect, l'écoute, l'honnêteté, la modestie et l'entraide. Cette préparation au BIMer est aussi l'occasion de faire prendre conscience à notre jeunesse de la richesse exceptionnelle de notre territoire académique en termes d'opportunités professionnelles dans des secteurs d'activité très variés : 4 départements littoraux sur les 5 que compte l'académie, 220 km de côtes et 250 km de canaux, 3 ports de commerce, 66 ports de plaisance, des sites pilotes d'éolien flottant, 1 parc naturel marin, des entreprises performantes, notamment dans la plaisance, un lycée maritime (le lycée Paul Bousquet à Sète), le premier port de pêche en Méditerranée français et un Parlement de la mer.

1. BOEN n° 37 du 1^{er} octobre 2020.

Je félicite l'ensemble des auteurs de cet ouvrage qui, j'en suis convaincue, sera fort utile pour accompagner les élèves et les formateurs dans la préparation au BIMer. Plus largement je remercie très sincèrement tous les partenaires professionnels, institutionnels, fédérations, bénévoles, chefs d'établissement, professeurs formateurs qui s'impliquent au quotidien pour faire découvrir aux élèves les multiples opportunités qu'offre le domaine maritime.

Sophie Béjean
Rectrice de la région académique Occitanie
Rectrice de l'académie de Montpellier
Chancelière des universités

Peu coutumier de l'exercice qui consiste à rédiger une préface, j'ai toutefois accédé à cette requête tant les synergies mises en œuvre dans la réalisation de cet ouvrage comme dans le déploiement du BIMer en Occitanie me semblent remarquables. L'équipage d'auteurs est certes constitué d'un panel d'enseignants référents de disciplines diverses – sciences, histoire géographie, navigation, voile, plongée subaquatique – mais il est avant tout composé de grands passionnés du monde de la mer. Ces collègues sont parvenus à mettre en forme un support pleinement adapté aux attentes des formateurs au BIMer qui traduit tout autant les attendus que l'esprit de cette formation.

Ce programme formalisé est l'aboutissement d'une volonté commencée par des collaborateurs de l'Éducation nationale et de l'enseignement professionnel maritime. Il est le fruit d'une belle rencontre entre des femmes et des hommes évoluant dans des univers sensiblement différents mais tous désireux de s'impliquer dans le déploiement du BIMer.

Au bénéfice du soutien actif de Madame la rectrice de la région académique d'Occitanie et de Monsieur le directeur interrégional de la mer Méditerranée, l'engouement pour cette formation s'avère exponentiel et dépasse largement le cadre des frontières de notre région. En tant que chef d'établissement d'un lycée professionnel maritime qui rayonne sur l'ensemble de l'arc méditerranéen continental, je suis particulièrement satisfait que le déploiement du BIMer favorise une bien meilleure compréhension des matières liées à l'environnement marin auprès des prescripteurs que sont les formateurs et, *in fine*, auprès de très nombreux collégiens.

Mieux connaître ces métiers, c'est s'intéresser aux formations qui permettent d'y accéder et alimenter progressivement le réservoir des professionnels d'un secteur en forte tension malgré toute la noblesse de leurs activités. Outre les initiateurs du projet et les auteurs de cet ouvrage, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous les candidats au Certificat d'Aptitude à l'Enseignement d'Initiation à la Mer (CAEIMer) tant leur intérêt puis leur contribution à porter au plus grand nombre une véritable ouverture au monde maritime servent de véritables enjeux d'avenir.

Sylvain Pelegrin
Directeur du lycée professionnel maritime, du CFA et du pôle de formation
Paul Bousquet à Sète

Sitographie

BIMer.online : <https://bimer.online/dl/da19fa>. BIMer.education : <https://bimer.education>. Site national du BIMer : <https://eduscol.education.fr/sti/formations/tout-niveau/brevet-dinitiation-la-mer-bimer>. CanalBIMer, la chaîne Youtube de l'académie de Montpellier : <https://www.youtube.com/playlist?list=PLciYMffOTAZYZmHvnFOopuSAh-XC-REGL>

Domaine

1

Description – Construction

- Module 1.1 - La classification des navires
- Module 1.2 - Les éléments constitutifs d'un navire et les différents matériaux
- Module 1.3 - Les espaces et leurs fonctions
- Module 1.4 - Les modes de propulsion d'un navire
- Module 1.5 - La propulsion d'un voilier
- Module 1.6 - La maîtrise du risque

Entraînez-vous

Scannez le QR CODE ci-contre pour accéder à un QCM directement accessible via votre téléphone.



Le navire (*ship*) est un engin flottant, construit et équipé pour la navigation maritime de commerce, de pêche ou de plaisance. Il est destiné à la navigation au-delà de la limite où cessent de s'appliquer les règlements techniques de sécurité de navigation intérieure et où commencent à s'appliquer les règlements de navigation maritime (RIPAM). Les synonymes de « navire » sont : « bateau » (*boat*), « bâtiment » et « vaisseau » (*vessel*).

Il existe toutes sortes de navires, que l'on peut classer selon leur usage, leur taille, leur mode de propulsion principale. On distingue principalement six catégories de navires : les navires de commerce (passagers, marchandises), de servitude, de pêche, de service public, militaires et de plaisance.

1 Les navires de commerce

En marine marchande, on distingue deux grandes catégories de navires.

Les navires de transport de passagers

Dans cette catégorie, on trouve les :

- navires de croisière (paquebot) (*cruiser* ou *cruise ship*) ;
- ferrys (ou transbordeurs) (*ferry*) qui servent à traverser des mers ou estuaires ; ils transportent le plus souvent des voitures et camions en plus des passagers ;
- navires de grande vitesse (*high speed ship*), ils utilisent des hydrojets pour la propulsion ;
- bacs (*bins*), bateaux à fond plat utilisés pour traverser les cours d'eau, un estuaire ou un bras de mer.



Le saviez-vous ?

Conçu pour des traversées en haute mer, telles que la traversée de l'océan Atlantique, un paquebot de ligne est un navire qui transporte uniquement des passagers depuis un port de partance, comme Le Havre vers un port de destination, comme New York. Tué par l'essor des transports aériens, ce type de navire a quasiment totalement disparu. Le dernier paquebot de ligne sous pavillon français, le paquebot *France* de la Compagnie générale transatlantique, a cessé d'être un moyen de déplacement transatlantique en 1974.

Les navires de transport de marchandises (cargos)

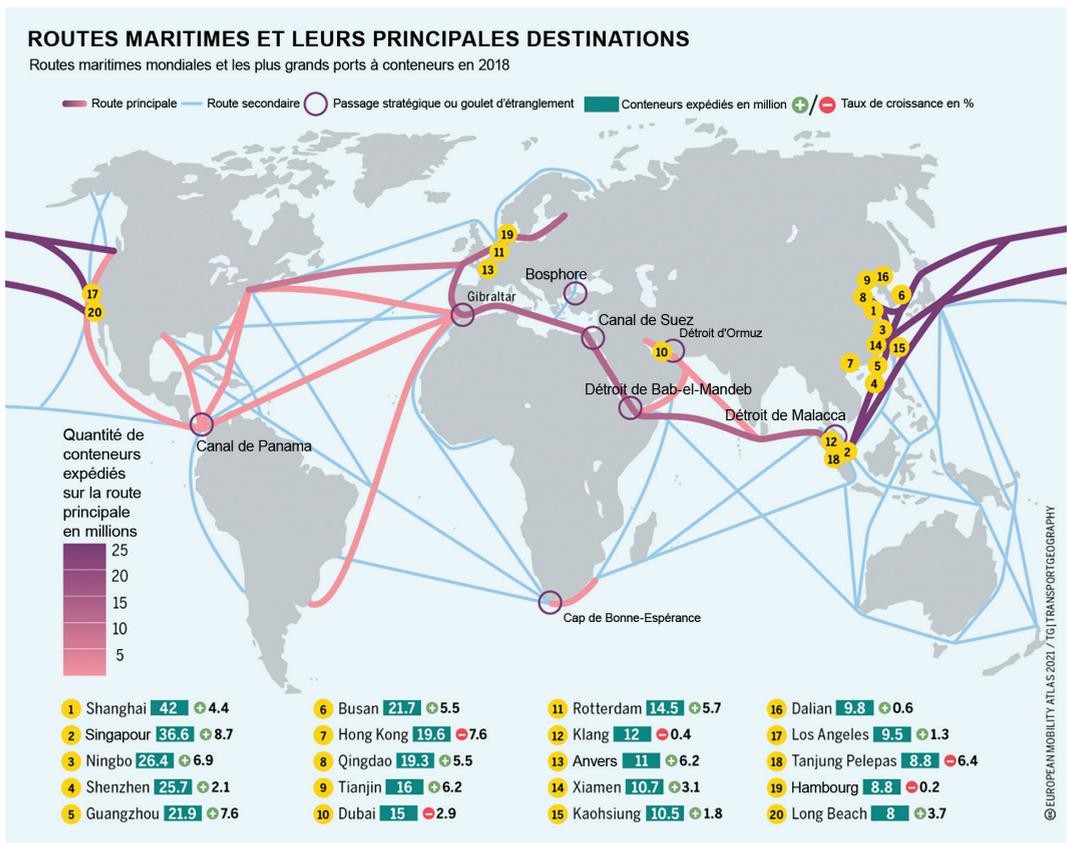
En 1770, il fallait entre 6 et 12 mois pour transporter environ 1 000 t de marchandises entre l'Europe et la Chine, sur un navire de 60 m mené par 120 hommes d'équipage. En 1950, il fallait plus de 30 jours et 35 hommes d'équipage sur un navire de 150 m pour transporter environ 14 000 t de marchandises. En 2023, il faut moins de 30 jours et 25 membres d'équipage sur un porte-conteneur de 365 m pour transporter 14 000 EVP, soit environ 196 000 t de marchandises.

Ces navires, encore appelés **navires de charge**, transportent diverses marchandises. Ils sont construits avec une coque métallique, principalement en acier et à double coque pour les pétroliers et les vraquiers. En 1950, 500 millions de tonnes de marchandises transitaient par voie maritime. À notre époque, largement plus de 10 milliards de tonnes de marchandises transitent chaque année par la mer. 80 % à 90 % du transport de marchandises à l'échelle internationale se fait par la voie maritime et à l'aide de conteneurs. La configuration du système des communications maritimes mondiales est relativement simple :

- **Pour les vracs** : les flux vont du sud vers le nord, c'est-à-dire des pays producteurs de matières premières énergétiques ou minières vers les pays industrialisés. C'est le cas notamment des transports d'hydrocarbures dont la route part du golfe arabo-persique, passe ou bien au sud de l'Afrique en direction de l'Europe et de l'Amérique du Nord, ou bien au sud de l'Australie en direction de l'Asie orientale.
- **Pour le transport de conteneurs** : les flux forment un anneau qui fait le tour de la Terre entre les lieux de fabrication, d'assemblage, de finition et de distribution de produits, c'est-à-dire entre la multitude de lieux qui sont dispersés en Asie orientale, en Europe et en Amérique du Nord.

Les routes suivies par les grands navires en haute mer sont principalement au nombre de trois :

- L'axe principal est un corridor reliant l'Asie, l'Europe et l'Amérique du Nord, par le détroit de Malacca, le canal de Suez, le détroit de Gibraltar et le canal de Panama. Cette première route « plein ouest » relie l'Asie orientale à la côte Est de l'Amérique du Nord.



- Une deuxième route « plein est » relie l'Asie orientale à la côte ouest de l'Amérique du Nord en passant à travers l'océan Pacifique.
- Une troisième route relie les grands ports d'Europe du Nord et la côte ouest de l'Amérique du Nord en passant au sud de l'Amérique du Sud.

Le saviez-vous ?

La Manche est traversée chaque jour par environ 500 navires. Le détroit de Malacca voit passer plus de 83 000 navires chaque année. Le canal de Panama est emprunté par plus de 14 000 navires annuellement.

Plus de 100 navires traversent le canal de Suez quotidiennement. Chaque année, plus de 48 000 navires naviguent dans le détroit du Bosphore, soit environ 132 par jour.

Le détroit d'Ormuz est un passage crucial par lequel transite environ 30 % de la consommation totale de pétrole dans le monde.

Les porte-conteneurs (*container ship*)

Un porte-conteneurs permet le chargement vertical d'un très grand nombre de conteneurs. Ces navires transportent diverses marchandises en conteneurs (ou containers) standardisés. Il existe deux types de conteneurs : les 20 et 40 pieds (respectivement 6,1 m et 12,2 m), de longueur. La largeur est standardisée à 2,4 m et la hauteur à 2,6 m.



Le saviez-vous ?

La capacité d'un porte-conteneurs est exprimée en EVP : équivalent vingt pieds (*twenty-foot equivalent unit*, TEU). C'est une unité approximative de mesure des terminaux et navires porte-conteneurs basée sur la longueur d'un conteneur de 20 pieds. Le CMA-CGM transporte jusqu'à 16 020 EVP, il mesure 396 m de long et 54 m de large, sa vitesse est de 24 nœuds. Le plus grand porte-conteneurs MSC Gūsūn avec ses 400 m de longueur et 62 m de largeur, a une capacité de 23 756 EVP.

Un porte-conteneurs doit pouvoir être chargé et déchargé en 24 heures, quels que soient l'heure, le jour de la semaine, les conditions météo ou l'état de la marée. Les opérations s'enchaînent, de sorte qu'une partie du navire peut être en chargement pendant qu'une autre est toujours en déchargement. La répartition des masses est constamment suivie pour éviter les contraintes sur la structure du navire et assurer sa navigabilité. Les conteneurs déchargés seront évacués en quelques heures vers leur destination finale par route et voie ferrée. Les dockers s'occupent de charger ou décharger les cargaisons. Ils utilisent des engins de portage (grue, pont roulant, fenwick). On distingue les grues (*crane*) pour la manutention verticale (*lift on*, *lift off*) et les basculeurs de conteneurs pour la manutention horizontale (*roll on*, *roll off*) de conteneurs.



Les méthaniers et gaziers (*gaz tanker*)

Un méthanier est un navire qui transporte du gaz naturel liquéfié (GNL, ou LNG pour *liquefied natural gas tanker*) dans ses citernes. Ce sont des navires de très haute technologie. À température et pression ambiante, le gaz naturel possède une masse volumique très faible. Ainsi, pour le transporter, il est nécessaire d'augmenter sa masse volumique en le liquéfiant. Afin de le conserver à l'état liquide, sa température est maintenue à environ $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ à pression atmosphérique. Cette température est préservée en confinant le gaz liquéfié dans des citernes comportant un isolant thermique. En moyenne, les méthaniers ont une capacité de stockage de $140\ 000\text{ m}^3$. Actuellement, le plus grand méthanier du monde, le *Al Mayeda*, peut transporter jusqu'à $267\ 000\text{ m}^3$ de GNL.



Ce gaz est déchargé dans des unités portuaires spécialisées, les ports méthaniers. Ils sont équipés d'une installation de stockage cryogénique du gaz. Lorsque la livraison est effectuée, le gaz conserve son état liquide et il est transporté par des camions-citernes aux différents points de réception. Il peut aussi être regazéifié et odorisé, afin d'être envoyé dans le réseau de distribution du gaz, géré par GRDF. La France dispose de quatre terminaux méthaniers : les terminaux de Montoir en Bretagne, à Fos Tonkin et Fos Cavaou et le terminal de Dunkerque.

Les chimiquiers (*chemical tanker*)

La dangerosité des produits chimiques transportés pose d'une part des problèmes de construction à cause de leur corrosivité et d'autre part des problèmes d'exploitation compte tenu de leur inflammabilité, de leur toxicité ou de leurs réactions au contact de l'air ambiant, de la chaleur ou de l'humidité. Ces navires sont donc fractionnés en une multitude de citernes en acier inoxydable.



Les pétroliers (*tankers*)

Parmi les produits pétroliers, on distingue les « produits noirs », tels que le **pétrole brut**, transportés par des navires-citernes appelés « transports de brut » et les « produits blancs », comme le **pétrole raffiné**, transportés par des navires-citernes appelés « transports de produits », sous-entendant « produits raffinés ». Les transporteurs de pétrole brut sont les plus grands, dépassant $100\ 000\text{ t}$.



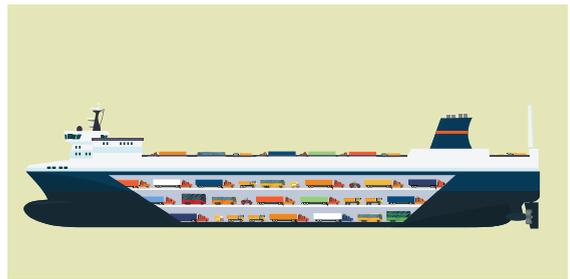
Les vraquiers (*bulk carrier*)

Ces navires transportent des marchandises acheminées en vrac : des matières premières pondéreuses (minerai de fer, charbon), des céréales diverses, du bois, etc. Les plus grands vraquiers sont des minéraliers, notamment les *Capesize* avec une capacité de plus de 300 000 tonnes de port en lourd. Les plus petits vraquiers sont des *Handysize* ayant une capacité d'environ 40 000 tonnes de port en lourd. Leur taille et leurs grues leur donnent accès à des ports modestes.



Les rouliers dénommés aussi « RoRo » (*Roll On Roll Off*)

Avec des cales à plusieurs niveaux desservies par rampes et/ou élévateurs, un roulier embarque toutes les charges roulantes susceptibles de monter à son bord en autonomie (camions, voitures, remorques).



2 Les navires de servitude

Les bateaux-pilotes ou pilotines (*pilot boats*) (1)

Ils transportent les pilotes (personnes habilitées à faire rentrer le navire dans un port de commerce) jusqu'au navire arrivant dans un port, afin d'assurer les manœuvres. Ce sont des navires petits, rapides.

Les remorqueurs (*tugs*) (2)

Ils sont de petite taille, puissants et très manœuvrables servant à guider, tirer, pousser de plus gros navires dans les ports ou pour une assistance en mer. Ils comportent une coque renforcée et un espace dégagé à l'arrière pour les manœuvres.

Les bateaux de sauvetage (*rescue boats*) (3)

Ils sont utilisés pour porter secours aux naufragés ou personnes en difficulté près des côtes, même par mauvais temps. De construction robuste et rapides, certains de ces navires sont même auto-redressables.

Les bateaux-pompes (*fire boats*) (4)

Ils servent à lutter contre les incendies grâce à de puissantes pompes.

Les câbliers (*cable ships*) (5)

Ils sont destinés à la pose ou à la maintenance de câbles sous-marins, comme des câbles contenant des fibres optiques pour les communications Internet entre l'Europe et l'Amérique du Nord. On peut les identifier grâce à leur davier utilisé pour mettre à l'eau le câble.

Les dragues (*dredgers*) (6)

Ils sont utilisés près des ports, dans les rivières ou en mer. Ils permettent de lutter contre l'ensablement et l'envasement et ainsi de maintenir la profondeur disponible pour les autres navires en extrayant les matériaux du fond marin.

Les brise-glaces (*ice breakers*) (7)

Ils sont conçus pour ouvrir ou maintenir ouverte une voie de navigation dans des eaux prises par la banquise.



3 Les navires de pêche

En métropole, la flotte de pêche compte environ 4 200 navires et emploie environ 9 600 marins pêcheurs. Sur la façade mer du Nord/Manche/Atlantique, la flotte de pêche compte environ 2 900 navires et emploie environ 7 800 marins. Sur la façade Méditerranée, la flotte de pêche compte environ 1 300 navires et emploie environ 1 800 marins. 80 % des navires de pêche mesurent moins de 12 mètres. On parle de :

- **Petite pêche**, la navigation de pêche pratiquée par tout navire s'absentant du port pour une durée inférieure ou égale à 24 heures.
- **Pêche côtière**, la navigation de pêche pratiquée par tout navire s'absentant du port pour une durée inférieure ou égale à 96 heures mais supérieure à 24 heures.
- **Pêche au large**, la navigation de pêche pratiquée par des navires s'éloignant habituellement du port pour une durée supérieure à 96 heures.
- **Grande pêche**, la navigation de pêche pratiquée par tout navire d'une jauge brute égale ou supérieure à 1 000 tonneaux (1 tonneau équivaut à 2,83 m³), par tout navire d'une jauge brute égale ou supérieure à 150 tonneaux s'absentant habituellement plus de 20 jours de son port d'exploitation ou de ravitaillement.

Les bateaux ostréicoles (1)

Ils sont utilisés pour l'élevage des huîtres et des moules. Ils possèdent un faible tirant d'eau pour pouvoir se déplacer dans de faibles profondeurs, un pont bas et des grues, afin de faciliter le chargement de sacs.

Les chalutiers (2)

Ils permettent la pêche au chalut qui est la technique de capture la plus répandue dans le monde. Le chalut est un filet en forme de poche et dont la taille des mailles est strictement réglementée suivant les zones de pêche et les espèces ciblées.

Les thoniers (3)

Ils sont spécialisés dans la pêche au thon.

Les caseyeurs (4)

Ils permettent de remonter des casiers destinés à la pêche aux tourteaux, araignées, homards, etc.





4 Les navires de service public et de service de l'État en mer

Les navires de service public

Les baliseurs

La métropole possède plus de 10 000 km de côtes balisées par 6 112 aides à la navigation qui permettent aux navigateurs de parer les principaux écueils des secteurs fréquentés et de bénéficier d'un jalonnement des chenaux d'accès aux ports. Ces aides à la navigation sont de la responsabilité des Services des phares et balises dans les directions inter-régionales de la mer (DIRM) et, outre-mer, dans les directions de la mer (DM), avec le soutien de l'Armement des phares et balises (APB) chargé de gérer l'ensemble des moyens nautiques appelé « flotte APB ». La flotte APB comprend des vedettes de transport des navires de travaux, des baliseurs côtiers et des baliseurs océaniques.



Les navires océanographiques

Depuis janvier 2020, l'opérateur principal de la flotte océanographique française est Genavir, société dont l'associé unique est l'IFREMER. Un navire océanographique est un navire utilisé pour la recherche scientifique en mer, et plus particulièrement les domaines de l'océanographie, de la météorologie, des études de courants marins, de la flore et de la faune aquatique, etc.



Les navires de service de l'État en mer

Ces navires sont reconnaissables aux trois bandes tricolores (bleu-blanc-rouge) sur la coque.

Les navires des affaires maritimes

Les services de l'État en mer sont assurés par les navires des affaires maritimes. Les missions en mer des affaires maritimes sont :

- la sécurité et la sûreté maritimes ;
- le contrôle de la sécurité des navires ;
- la lutte contre la pollution par les navires ;
- l'organisation et la coordination du secours d'urgence pour tout navire ou toute personne en détresse en mer dans ses zones de surveillance ;
- la surveillance de la navigation maritime et la police en mer ;
- l'encadrement des activités de transport maritime et de plaisance ;
- la surveillance des zones de pêche, des jours et heures autorisés ;
- le contrôle des engins de pêche (maillage) ;
- le contrôle des espèces (taille, quotas), contrôle des obligations déclaratives (livre de bord, pesée, etc.) ;
- le contrôle de la pêche de plaisance : respect des quotas, des engins, des zones, jours et heures de pêche, des tailles minimales ;
- la lutte contre le braconnage ;
- le contrôle des filières de commercialisation.

Les navires de la douane

Pour assurer la protection de plus de 5 000 km de frontières maritimes métropolitaines, la douane dispose d'un service garde-côtes, dont le rôle est de lutter contre la fraude, la contrebande et les grands trafics, protéger le milieu marin et assurer la sécurité des personnes et des marchandises. La douane patrouille dans la zone contiguë des eaux territoriales françaises (jusqu'à 24 milles nautiques de la côte française). L'État côtier a le pouvoir d'exercer des droits de douane et de police sur la zone contiguë. Le service garde-côtes de la douane française utilise :



- trois patrouilleurs garde-côtes de haute mer (PGC), entre 40 et 50 m de coque ;
- dix-huit vedettes rapides garde-côtes (VGC), entre 20 et 30 m de coque ;
- douze vedettes de surveillance rapprochée (VSR), entre 10 et 15 m de coque.

En plus de ces navires, le service garde-côtes de la douane française utilise 15 avions, dont deux sont dotés d'un système de détection de la pollution marine (avions POLMAR) et 9 hélicoptères.

Les navires de la gendarmerie maritime

La gendarmerie maritime est un acteur essentiel de l'action de l'État en mer, avec des missions de :

- police des pêches ;
- police de l'environnement ;
- lutte contre les trafics illicites par voie de mer ;
- lutte contre l'immigration clandestine.



La gendarmerie maritime est la seule force à disposer d'un pouvoir de police générale en mer. Sous l'autorité des préfets maritimes en métropole et des délégués du Gouvernement outre-mer, elle contribue à la fonction garde-côtes avec les affaires maritimes et la douane. Jusqu'à 200 milles nautiques des côtes (zone économique exclusive), les moyens nautiques dont dispose la gendarmerie maritime pour effectuer ses missions sont des patrouilleurs. Jusqu'à 24 milles nautiques des côtes (zone contiguë), elle utilise des vedettes côtières de surveillance maritime (VCSM). Certains ports sont dotés de vedettes de sûreté maritime et portuaire (VSMP).

Les remorqueurs d'assistance et de sauvetage de haute mer

Ils remorquent des navires en dérive en haute mer, contribuant ainsi à prévenir les dangers pour l'Homme et l'environnement.

Ces navires peuvent aussi intervenir sur des opérations de lutte contre la pollution par des hydrocarbures. La flotte sous pavillon français compte quatre RIAS (remorqueurs d'intervention pour l'assistance et le sauvetage) qui sont la propriété de l'armateur Les Abeilles :



- *Abeille Bourbon* positionné à Brest, registre Métropole-DROM ;
- *Abeille Liberté* positionné à Cherbourg, registre Métropole-DOM ;
- *Abeille Normandie* positionné à Boulogne-sur-Mer, registre Métropole-DOM ;
- *Abeille Méditerranée* positionné à Toulon, registre Métropole-DOM.

5 Les navires militaires

Les navires militaires varient considérablement en fonction de leurs missions. Voici un aperçu des flottes de bâtiments de combat en service dans la Marine nationale en mars 2023 :

- quatre sous-marins nucléaires lanceurs d'engins ;
- six sous-marins nucléaires d'attaque ;
- un porte-avions ;
- trois porte-hélicoptères amphibies du type *Mistral* ;
- une frégate anti-aérienne du type *Jean Bart* ;
- deux frégates de défense aérienne du type *Forbin* ;
- une frégate anti-sous-marine du type *Latouche-Tréville* ;
- dix frégates multi-missions du type *Aquitaine* ;
- cinq frégates du type *La Fayette*.



Porte-avions *Charles de Gaulle*



Frégate



Sous-marin nucléaire lanceur d'engins nucléaire

6 Les navires de plaisance

En France, la plaisance rassemble environ 4 millions de plaisanciers réguliers, 11 millions de pratiquants de sports nautiques, 1 million de licenciés de sports nautiques et voit la délivrance d'environ 100 000 permis moteur par an.

Du point de vue économique, la plaisance génère un chiffre d'affaires d'environ 5 milliards d'euros impliquant 5 600 entreprises dans 30 catégories différentes d'entreprise avec environ 44 000 salariés. Leader pour la production de voiliers et quatrième pour la production de bateaux à moteur, l'industrie nautique française compte une douzaine d'entreprises industrielles produisant annuellement environ 4 000 voiliers et 12 000 bateaux à moteur. Il se vend en moyenne chaque année environ 2 500 voiliers et 8 500 bateaux à moteur neufs à l'export ; 1 500 voiliers et 3 500 bateaux à moteur neufs en France.

Les navires de plaisance sont classés en quatre catégories de conception selon leurs aptitudes à affronter des conditions de mer caractérisées par une vitesse du vent et une hauteur significative de vague.

| Catégorie | Force du vent (échelle de Beaufort) | Hauteur de vague (en m) |
|-----------|-------------------------------------|---|
| A | Plus de 8. | Plus de 4 (à l'exclusion des conditions exceptionnelles telles que tempêtes, tornades, etc.). |
| B | Jusqu'à 8. | Jusqu'à 4. |
| C | Jusqu'à 6 compris. | Jusqu'à 2. |
| D | Jusqu'à 4 compris. | Jusqu'à 0,30 compris (avec des vagues occasionnelles d'une hauteur maximale de 0,50 m). |

Ces navires regroupent les vedettes à moteur, les yachts de grande plaisance et les voiliers mono et multicoques (catamarans).



1.2

Les éléments constitutifs d'un navire et les différents matériaux

Un navire est constitué d'un assemblage de pièces, chacune portant le nom qui lui a été attribué à l'époque de la construction en bois. Un navire doit être étanche pour rester en appui sur la surface de l'eau. Il est exposé aux risques de la mer et affecté à une expédition maritime, c'est-à-dire capable de transporter des personnes ou des marchandises depuis un port de partance vers un port de destination. Le choix des matériaux sera adapté en conséquence. Autrement dit, un navire est un engin flottant, sa coque est une membrane étanche soutenue par une armature constituée de raidisseurs. Un chantier naval est une zone spécialement aménagée pour la construction, la réparation, l'entretien et la déconstruction ou démantèlement de navires. Par exemple, la construction d'un grand paquebot nécessite la participation de plus de 3 200 professionnels qualifiés et génère environ 10 millions d'heures de travail, de la conception à la livraison, pour un assemblage de 500 000 à 1 million de composants élémentaires. Dans ce module on s'intéresse à la structure d'une coque de navire et aux matériaux qui la constituent.

1 Approche structurelle : coque et structure d'ensemble d'un navire

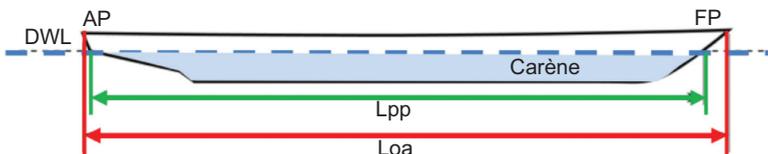
Définition

La **coque du navire** (*hull*) est le constituant premier d'un navire. En effet, elle forme le flotteur, c'est-à-dire l'élément assurant la flottabilité et l'étanchéité. Il existe plusieurs types de coque suivant l'usage du navire. Le volume de la partie immergée de la coque s'appelle la « carène ».



Les principales caractéristiques d'une coque

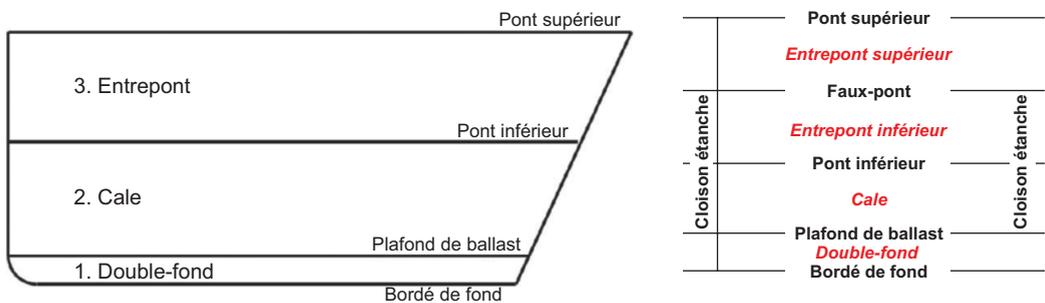
- Le **maître-bau** (*beam, midsection* ou *midship beam*) est la plus grande largeur de la coque.
- La **longueur hors tout** (LOA pour *Length overall*), mesurée de l'extrémité avant (proue) à l'extrémité arrière (poupe), donne la longueur de la coque.
- La **longueur à la flottaison ou entre perpendiculaires** (Lpp ou Lbp pour *Length between perpendiculars*) est mesurée entre les perpendiculaires marquant les intersections entre la ligne de flottaison (DWL) et la partie immergée de la coque (carène) située à l'avant et à l'arrière.



Les divisions horizontales d'une coque

La coque d'un navire est divisée en tranches horizontales par des **ponts** (*deck*) superposés dont la surface se prolonge sans interruption sur toute la longueur du navire depuis la proue jusqu'à la poupe. Les plus grands paquebots peuvent en avoir une douzaine ou plus. On appelle « pont supérieur », le pont le plus élevé. Du bas en haut de la coque, on trouve :

- Le **double-fond** (1) compris entre le bordé de fond (le bordé est l'ensemble des planches constituant la coque externe d'un navire) et le plafond de ballast. C'est un volume utilisé pour entreposer des liquides nécessaires à l'exploitation du navire, comme l'eau de mer pour le ballastage, le combustible, etc.
- La **cale** (2) comprise entre le plafond de ballast et le pont inférieur. C'est un volume utilisé pour entreposer du matériel.
- L'**entrepont** (3) compris entre le pont inférieur et le pont supérieur (ou entre deux ponts inférieurs). C'est un volume utilisé pour stocker des marchandises ou accueillir des passagers.



Remarque : le pont supérieur peut être nommé **pont de cloisonnement** pour un navire à passagers ou encore **pont de franc-bord** pour un navire de charge.

Les divisions verticales d'une coque

Les coques des navires sont subdivisées en compartiments par des cloisons verticales étanches. Une cloison étanche (*watertight bulkhead*) est une cloison montée transversalement sur le bordé de fond et elle doit s'élever sans interruption jusqu'au pont supérieur.

Les cloisons étanches sont installées principalement pour :

- diviser le navire en compartiments étanches et ainsi limiter l'invasion de l'eau lors d'un dommage aux bordés de coque ;
- améliorer la résistance transversale de la structure d'une coque ;
- relier rigidement le bordé de fond au pont supérieur ;
- ralentir grandement la propagation d'un incendie.

Le nombre et la localisation des cloisons étanches à bord d'un navire dépendent de la longueur et du type de navire ainsi que de la localisation de la salle des machines. Deux cloisons portent des noms particuliers :