



MANUEL DE  
CONCEPTION

**SHIBATA****FENDER****TEAM**

▶ | on the safe side

# CONCEPTION DES DÉFENSES

## BIENVENUE DANS LE MANUEL DE CONCEPTION DE SHIBATAFENDERTEAM

Les défenses d'accostage servent d'interface entre le navire et le poste d'amarrage. Elles représentent avant tout une barrière de sécurité destinée à protéger les personnes, les navires et les structures. La plupart des systèmes de défense d'accostage sont composés d'unités élastomères (caoutchouc), pneumatiques ou de mousses spéciales servant de points d'impact pour absorber l'énergie cinétique du navire. La force exercée par l'accostage du navire comprime la défense, absorbe ainsi de l'énergie et transmet ces forces à d'autres parties du système de défense d'accostage – tels que les boucliers, ancrages et chaînes – puis aux structures d'appui via un parcours de la charge défini.

Une conception de système de défense de qualité englobe de nombreuses disciplines. Les connaissances théoriques ne peuvent remplacer l'expérience concrète du transport maritime et des manœuvres d'accostage. La plupart des normes et standards supposent que l'utilisateur possède une bonne connaissance pratique du sujet. ShibataFenderTeam relève ce défi grâce à une expérience variée de plus de 50 ans dans tous les domaines de la conception et de l'utilisation des systèmes de défense.

Ce guide se veut une ressource concise pour aider les concepteurs et rédacteurs de cahiers des charges à identifier les critères d'entrée clés afin de calculer les énergies d'accostage et sélectionner les types de défense adaptés. Les spécialistes de ShibataFenderTeam se mettent toujours à disposition pour contribuer à ce processus et fournir des conseils sur les détails et spécifications.

**EXCEPTIONS** Ce manuel s'applique à la plupart des navires classiques et commerciaux. Veuillez contacter ShibataFenderTeam pour toute application et exigence particulières concernant des navires inhabituels tels que des catamarans, des navires militaires, des plateformes de forage et pour les manœuvres spéciales.

## SHIBATAFENDERTEAM

ShibataFenderTeam est basée en Allemagne avec des implantations régionales aux États-Unis, en Europe, au Moyen Orient, en Asie et en Australie. Notre réseau de représentants locaux bien implantés couvre les six continents.

Notre société mère japonaise, Shibata Industrial Co. Ltd., a développé et fabriqué une vaste gamme de produits en caoutchouc technique depuis 1923 et a été pionnière dans la conception et la fabrication de défenses depuis plus de 50 ans. ShibataFenderTeam possède et exploite des installations d'essais et de fabrication au Japon, en Malaisie et en Allemagne où nous produisons:

- ▶ de nombreux produits spéciaux dédiés aux applications marines utilisant nos connaissances en matière de caoutchouc, d'acier, de polyuréthane et de polyéthylène.
- ▶ des unités de défense en caoutchouc extrudées et moulées atteignant des poids individuels de jusqu'à 18.5 t
- ▶ des défenses pneumatiques de jusqu'à 3,3 m de diamètre et 9,0 m de longueur
- ▶ des défenses en mousse de jusqu'à 4,5 m de diamètre et 10 m de longueur
- ▶ des glissières en PEHD d'une section transversale de jusqu'à 300 mm x 300 mm et d'une longueur de 6 m
- ▶ des constructions en acier de poids unitaires jusqu'à 30 t
- ▶ des bouées d'amarrage pour différentes applications de jusqu'à 4,5 m de diamètre

En plus de cette expertise hors pair, notre équipe de partenaires, d'employés, de fournisseurs agréés et de confiance dispose de dizaines d'années d'expérience dans la conception de systèmes de défenses où la sécurité est essentielle, dans la protection de personnes, de navires et d'infrastructures portuaires.

ShibataFenderTeam combine ces ressources et ces compétences à tout moment pour des systèmes de défense de pointe. Avec nos ateliers internes de fabrication et nos produits de haute qualité à des prix concurrentiels, ShibataFenderTeam a acquis une réputation de partenaire fiable sur le marché international portuaire et des voies navigables.

# CHAPITRE 1

## CALCUL DE L'ÉNERGIE D'ACCOSTAGE

Symboles et sources d'information .....	04
Processus de conception .....	05
Navires .....	06
Dimensions des navires .....	07
Terminologie maritime .....	08
Pétroliers .....	09
Vraquiers .....	10
Gaziers .....	11
Porte-conteneurs .....	12
Cargos, RoRo et ferries .....	13
Transporteurs de voitures, navires de croisière et ferries grande vitesse .....	14
Limites des navires .....	15
Charges des navires .....	16
Approche des navires .....	17
Coefficient de masse ajoutée ( $C_M$ ) .....	18
Coefficient d'excentricité ( $C_E$ ) .....	19
Coefficient de configuration d'accostage ( $C_C$ ) et de souplesse ( $C_S$ ) .....	20
Vitesses d'accostage .....	21
Énergie d'accostage .....	22

# CHAPITRE 2

## GUIDE DE SÉLECTION DES DÉFENSES..... 23

Le processus complet de sélection des défenses, des matériaux, des tests et les informations associées est abordé dans le chapitre 2.

SYMBOLES ET SOURCES

Symbole	Description	Unités
B	Largeur du navire, ne comprenant pas la ceinture	m
C	Espace standard entre la coque du navire et la face de la structure	m
C <sub>B</sub>	Coefficient de bloc de la coque du navire	
C <sub>C</sub>	Coefficient de configuration d'accostage	
C <sub>E</sub>	Coefficient d'excentricité	
C <sub>M</sub>	Coefficient de masse hydrodynamique (ajoutée)	
C <sub>S</sub>	Coefficient de souplesse	
D	Tirant d'eau réel du navire	m
D <sub>B</sub>	Tirant d'eau du navire lesté	m
D <sub>L</sub>	Tirant d'eau en charge ou d'été du navire	m
D <sub>S</sub>	Tirant d'eau maximal du navire	m
D <sub>U</sub>	Tirant d'eau à vide	m
E <sub>A</sub>	Énergie cinétique d'accostage anormale du navire	kNm (kJ)
E <sub>F</sub>	Absorption d'énergie de la défense (corrigée en fonction de l'angle, de la température etc.)	kNm (kJ)
E <sub>N</sub>	Énergie cinétique d'accostage normale du navire	kNm (kJ)
E <sub>RPD</sub>	Absorption d'énergie de la défense (à la performance nominale)	kNm (kJ)
E <sub>LET</sub>	Absorption d'énergie de la défense au seuil de tolérance (à la tolérance de fabrication minimale)	kNm (kJ)
F	Force d'impact appliquée sur la défense ou la face du bouclier par la coque du navire	kN
F <sub>B</sub>	Franc-bord sur lest du navire jusqu'au niveau du pont	m
F <sub>L</sub>	Franc-bord en charge ou d'été du navire jusqu'au niveau du pont	m
F <sub>S</sub>	Franc-bord minimum du navire jusqu'au niveau du pont	m
H	Hauteur de défense compressible hors bouclier etc.	m
H <sub>M</sub>	Creux sur quille	m
HP	Pression sur la coque	kN/m <sup>2</sup> (kPa)
K	Rayon de giration du navire	m
K <sub>C</sub>	Dégagement de la quille jusqu'au fond marin	m
L <sub>L</sub>	Longueur hors tout du plus grand navire accostant	m
L <sub>OA</sub>	Longueur hors tout du navire	m
L <sub>BP</sub>	Longueur du navire entre perpendiculaires	m
L <sub>S</sub>	Longueur hors tout du plus petit navire accostant	m
L <sub>WL</sub>	Longueur de la coque du navire à la ligne de flottaison avec un tirant d'eau en charge	m
M <sub>B</sub>	Déplacement du navire lesté	t
M <sub>D</sub>	Déplacement du navire	t
P	Espacement des défenses	m
R	Distance entre le point d'impact et le centre de gravité du navire	m
R <sub>B</sub>	Rayon d'étrave	m
R <sub>F</sub>	Réaction de la défense (corrigée en fonction de l'angle, de la température etc.)	kN
R <sub>RPD</sub>	Réaction de la défense (à la performance nominale)	kN
R <sub>HET</sub>	Réaction de la défense à la tolérance de fabrication maximale	kN
T	Force de cisaillement	kN
v	Vitesse du navire	m/s
v <sub>B</sub>	Vitesse du navire perpendiculairement à la ligne d'accostage	m/s
v <sub>L</sub>	Vitesse du navire parallèlement à la ligne d'accostage	m/s
x	Distance entre l'étrave et les formes droites de la coque (extrémité du rayon d'étrave)	m
α	Angle d'accostage (entre l'axe du navire et la ligne d'accostage)	deg.
β	Angle de dévers d'étrave (angle formé entre la coque verticale et la face du bouclier du système de défense)	deg.
γ	Angle du vecteur de vitesse (entre R et V <sub>B</sub> )	deg.
Δ	Déflexion de la défense compressible	m
θ	Angle horizontal avec la défense (tenant compte du rayon d'étrave)	deg.
η	Coefficient de sécurité appliqué pour une énergie d'accostage anormale	
η <sub>C</sub>	Coefficient de sécurité appliqué aux chaînes	
μ	Coefficient de frottement	
ρ <sub>SW</sub>	Densité de l'eau de mer	t/m <sup>3</sup>

Codes et normes

Structures maritimes. Conception des systèmes de défense et d'amarrage. Code de bonne pratique: BS 6349: Partie 4 (2014)

Guide pour la conception des systèmes de défenses d'accostage, GT33, AIPCN (2002)

Recommandations du Comité sur les structures en bord de mer, les ports et voies navigables, EAU 2004

AIPCN, Rapport de la Commission internationale pour l'amélioration de la conception des systèmes de défenses: Supplément au Bulletin N°45 (1984)

Actions relatives à la conception des ouvrages maritimes et portuaires: ROM 2.0-11 (2012)

Recommandations relatives à la conception de la configuration maritime des ports, chenaux d'accès et bassins portuaires: ROM 3.1-99 (1999)

Défenses de quai – Rosa 2000 Edition n°1

Ingénierie et conception de ports militaires: critères unifiés applicables aux installations UFC 4-159-02 (2004)

Conception des quais et jetées: critères unifiés applicables aux installations UFC 4-152-01 (2005)

Directives pour la conception de structures maritimes – Australie: AS4997 (2005)

Normes techniques et commentaires sur les installations portuaires au Japon (2009)

Les chenaux d'accès - Guide de conception: Supplément AIPCN au bulletin n°95 (1997)

Manuel de conception portuaire - Recommandations et directives: Carl Thoresen (2003) ISBN 9780727732886

Planification et conception des ports et terminaux maritimes: Édité par Hans Agerschou – 2nde Edition (2004) ISBN 0727732242

Navires importants: Royal Institute of Naval Architects (1992-2010) www.rina.org.uk

Méthode de test standard de détermination et de rapport de l'énergie d'accostage et de la réaction des défenses maritimes: ASTM F2192-05 (2005)

Système de classification standard des produits en caoutchouc pour les applications automobiles: ASTM D2000 (2012)

## PROCESSUS DE CONCEPTION

La conception des défenses regroupe de nombreuses compétences et disciplines. L'ingénieur doit prendre en compte tous les facteurs qui détermineront la taille de la défense, les détails des accessoires et la fiabilité de fonctionnement dans des conditions maritimes extrêmes.

Une conception optimale aboutira à un système de défense sûr, durable et exigeant peu de maintenance. Ceci contribuera à l'efficacité du port et engendrera les coûts les plus faibles sur toute la durée de vie de la défense. Il est important de tenir compte de la personne responsable de l'achat du système de défense. Un port achètera le système pour répondre à ses besoins alors qu'un entrepreneur sélectionnera la défense la plus économique à court terme tout en respectant les spécifications. Par conséquent, les propriétés et performances de la défense doivent être choisies avec soin, faute de quoi les conséquences pourront s'avérer coûteuses pour l'exploitant.

### NAVIRES



- ▶ Classes
- ▶ En charge ou lesté
- ▶ Dévers
- ▶ Ceintures
- ▶ Pression sur coque

### STRUCTURE



- ▶ Durée de vie
- ▶ Charges
- ▶ Construction
- ▶ Liaison
- ▶ Fréquence

### APPROCHE



- ▶ Quai ou duc d'albe
- ▶ Rampe RoRo
- ▶ Ecluse ou cale sèche
- ▶ Aide d'un remorqueur

### LIEU D'IMPLANTATION



- ▶ Exposition
- ▶ Marnage
- ▶ Courants et vagues
- ▶ Navires de passage
- ▶ Accessibilité

### ENVIRONNEMENT



- ▶ Températures
- ▶ Corrosivité
- ▶ Écoulements glaciaires
- ▶ Événements sismiques
- ▶ Ozone et UV

### MATERIAUX



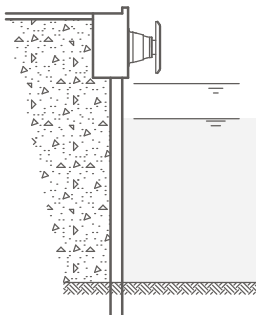
- ▶ Durabilité
- ▶ Tests
- ▶ Revêtements
- ▶ Grippage
- ▶ Dépenses d'investissement
- ▶ Maintenance

## STRUCTURES

Les défenses sont montées sur des structures d'accostage, parfois nouvelles, parfois mises à niveau ou remises en état. Les structures sont classées en deux catégories principales: les structures de masse pouvant résister à d'importantes forces de réaction engendrés par les défenses et les structures sensibles ne pouvant résister qu'à des efforts limités.

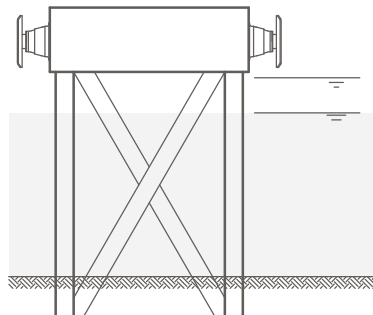
Les structures de masse sont généralement construites à partir de palplanches, de blocs de béton ou de caissons. Elles sont toutes parfaitement robustes mais peuvent s'avérer peu pratiques pour une construction en eaux profondes dans des endroits exposés et sont donc principalement utilisées pour les ports et voies navigables. Les structures sensibles aux efforts présentent une conception de type pont suspendu et monopieu où les charges engendrées par les défenses et l'amarrage représentent les forces de calcul principales. Les structures d'accostage peuvent ensuite être classées en deux catégories, les quais ou appontements continus, d'une part, et les structures individuelles (non continues) généralement connues sous le nom de ducs d'albe, d'autre part. Certains ducs d'albe sont conçus rigides avec des pieux inclinés ou autres renforts. Les monopieux représentent une catégorie spéciale de ducs d'albe.

### STRUCTURES DE MASSE



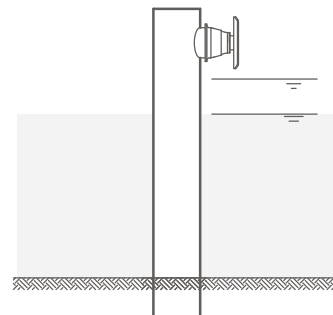
- ▶ Résistant à d'importants efforts engendrés par les défenses
- ▶ Adaptation facile sur un couronnement en béton
- ▶ Mise au point détaillée nécessaire pour la jonction des palplanches
- ▶ Proscrire les fixations traversant les joints de dilatation

### STRUCTURES SENSIBLES A LA CHARGE



- ▶ Structure sensible à la charge
- ▶ Surface d'emprise limitée pour la fixation des défenses et des chaînes
- ▶ Plate forme en béton le plus souvent et parfois en acier

### DUCS D'ALBE ET MONOPIEUX



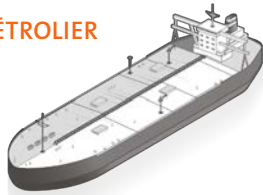
- ▶ Structure sensible à la charge
- ▶ La structure monopieu contribue à l'absorption d'énergie
- ▶ Surface d'emprise limitée pour la fixation des défenses et des chaînes

## NAVIRES

Les navires peuvent prendre toutes les formes et toutes les tailles possibles. Les structures d'accostage doivent pouvoir recevoir les plus grands navires mais également les intermédiaires et de petite taille, tout particulièrement si ces derniers représentent la majorité des navires accostant. Sur de nombreuses structures d'accostage dédiées à l'export, les navires peuvent arriver lestés avec un déplacement et un tirant d'eau réduits. Si cette pratique est courante, la conception devra alors envisager des défenses pour ce cas en évaluant également le risque qu'un navire en charge ait besoin de revenir au point d'accostage totalement en charge.

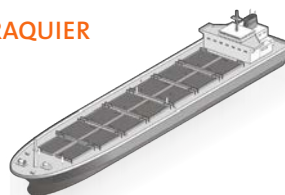
Les caractéristiques d'un navire influenceront le choix et la conception des défenses. Par exemple, les exploitants de navires de croisière n'apprécient pas les marques noires causées par le contact avec les défenses cylindriques en caoutchouc. Les porte-conteneurs et les transporteurs de voitures peuvent présenter des dévers d'étrave accentués ; la défense doit alors s'articuler pour s'adapter à l'angle. De nombreux navires présentent des ceintures pouvant s'appuyer sur ou passer sous les boucliers des défenses; des chanfreins ou biseaux plus importants peuvent donc s'avérer nécessaires. Les tankers à double coque, les gaziers et autres navires à coque souple ne peuvent résister qu'à des pressions de contact limitées. Par conséquent, le bouclier du système de défense doit présenter une surface de contact suffisamment grande. La forme de la coque ou la courbure du navire est importante. Le rayon d'étrave influe sur le point de contact entre le navire et la défense par rapport à son centre de gravité, et également sur le nombre de défenses comprimées en fonction de leur espacement. Les dévers d'étrave peuvent exercer une poussée sur les bords supérieurs du système de défense, rapprochant ainsi le bord supérieur du bouclier de la structure ou des platines de chaînes. Vérifier dans ce cas si l'espace laissé libre est suffisant. Vous trouverez ci-dessous les classes de navires commerciaux les plus courants ainsi que les principales caractéristiques qu'un concepteur doit prendre en compte:

### PÉTROLIER



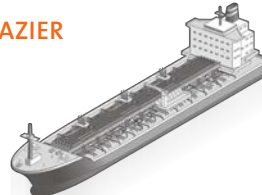
- ▶ Marchandises dangereuses
- ▶ Forte variation du tirant d'eau
- ▶ Faibles pressions sur coque
- ▶ L'assistance d'un remorqueur est standard\*
- ▶ Les petits tankers peuvent présenter des ceintures
- ▶ L'accostage se fait souvent dans des sites exposés
- ▶ De nombreux terminaux utilisent un système laser d'aide à l'accostage (DAS)\*

### VRAQUIER



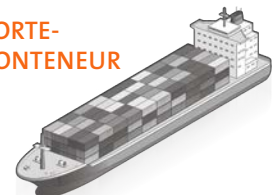
- ▶ Certains navires sont polyvalents (OBO – pétrolier-vraquier-minéralier)
- ▶ Les marchandises peuvent être dangereuses
- ▶ Forte variation du tirant d'eau
- ▶ Faibles pressions sur coque
- ▶ L'assistance d'un remorqueur est standard
- ▶ L'accostage se fait souvent sur des sites exposés

### GAZIER



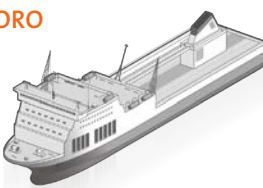
- ▶ Marchandises très dangereuses
- ▶ Une seule classe de navires sur des terminaux dédiés
- ▶ Faibles pressions sur coque
- ▶ L'accostage à l'aide d'un remorqueur est standard
- ▶ Les petits tankers peuvent présenter des ceintures
- ▶ L'accostage se fait souvent sur des sites exposés
- ▶ De nombreux terminaux utilisent un système laser d'aide à l'accostage (DAS)\*

### PORTE-CONTENEUR



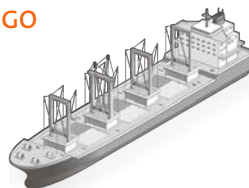
- ▶ Des dévers d'étrave accentués constituent un risque pour les portiques de manutention des containers
- ▶ Une grande largeur limite la taille des défenses
- ▶ Faibles pressions sur coque
- ▶ L'assistance d'un remorqueur pour l'accostage est standard excepté sur les routes d'acheminement
- ▶ Les petits navires peuvent présenter des ceintures
- ▶ Des défenses stables augmentent la productivité

### RORO



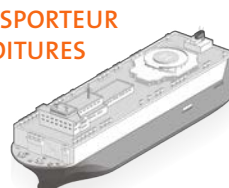
- ▶ La sécurité des passagers est essentielle
- ▶ Nombreuses formes et tailles de navires
- ▶ Accostage sans pilote
- ▶ Accostage latéral et sur l'arrière
- ▶ La plupart des navires présentent des ceintures
- ▶ Courte durée d'immobilisation et utilisation intensive des structures d'accostage
- ▶ Aide d'un remorqueur rarement utilisée

### CARGO



- ▶ Nombreuses formes et tailles de navires
- ▶ Préférence pour de plus petites défenses afin de réduire la portée de la grue
- ▶ Les plus grands navires peuvent être assistés par des remorqueurs
- ▶ Peuvent occuper les structures d'accostage sur de longues périodes
- ▶ Forte variation du tirant d'eau
- ▶ De nombreux navires de tailles variées utilisent un point d'accostage
- ▶ Assistance d'un remorqueur seulement pour les plus grands navires

### TRANSPORTEUR DE VOITURES



- ▶ Manœuvre difficile à faible vitesse en raison d'un franc-bord élevé
- ▶ Long côté plat avec dévers d'étrave accentué
- ▶ Les navires peuvent présenter des ceintures et des portes latérales
- ▶ Assistance d'un remorqueur à l'accostage courante
- ▶ Accostage latéral et sur l'arrière

### NAVIRE DE CROISIÈRE



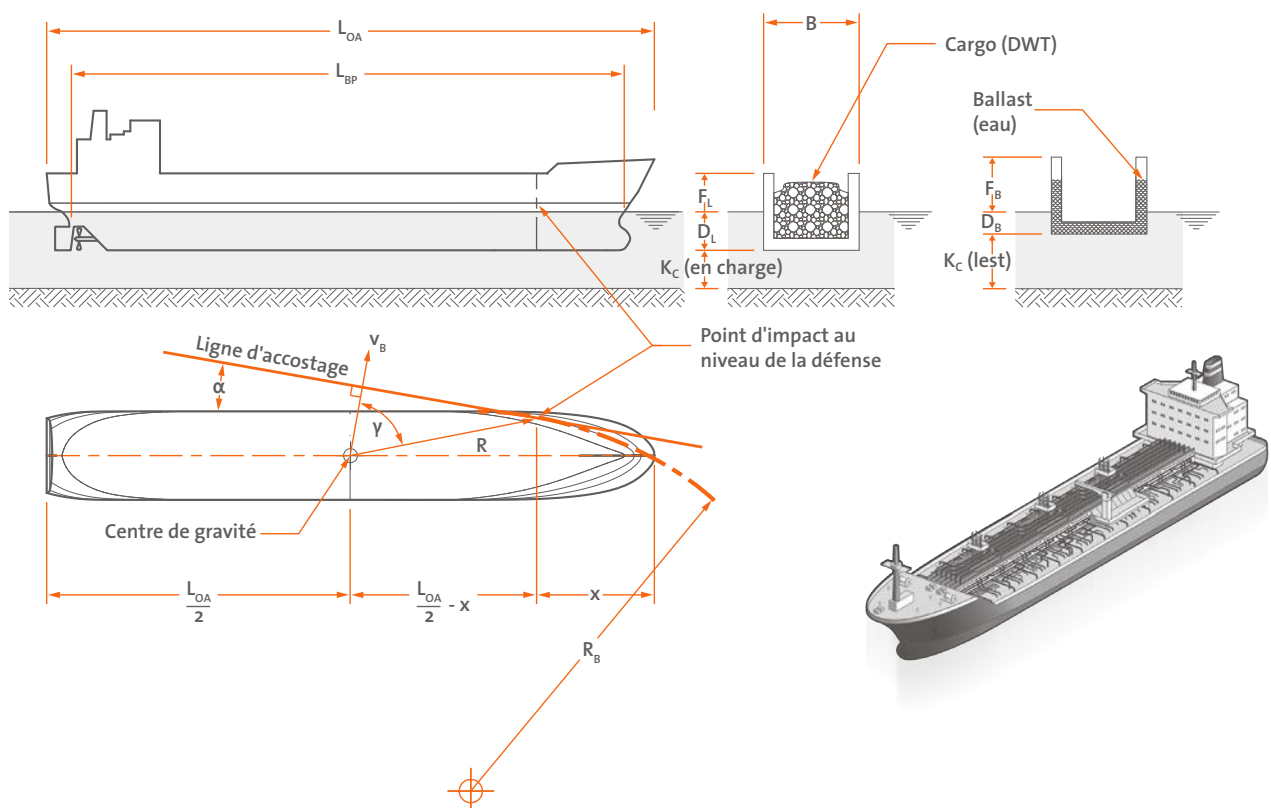
- ▶ La sécurité des passagers est essentielle
- ▶ Faibles variations du tirant d'eau
- ▶ Les navires sont de plus en plus grands dans de nombreux ports
- ▶ Dévers d'étrave accentués courants
- ▶ Faible pression sur la coque sauf en cas de ceinture
- ▶ Préférence pour des défenses ne laissant aucune marque
- ▶ De nombreux navires de tailles variées utilisent un point d'accostage

\*Système d'aide à l'accostage

## DIMENSIONS DES NAVIRES

Les concepteurs doivent tenir compte des dimensions des navires qui utiliseront la structure d'accostage et les défenses. Les caractéristiques les plus importantes à définir sont décrites ci-après:

Longueur hors tout	$L_{OA}$	Longueur maximale du navire qui caractérise la taille de l'écluse ou de la cale sèche nécessaire. Parfois désigné par „L“.
Longueur entre perpendiculaires	$L_{BP}$	Longueur entre l'axe de gouvernail et l'intersection de l'étrave avec la ligne de flottaison. Cette longueur n'est pas identique à celle à la ligne de flottaison bien que les deux soient souvent confondues.
Largeur	$B$	Largeur du navire, généralement au centre de celui-ci. Selon certaines sources elle peut inclure les ceintures mais ceci n'est pas pertinent pour les calculs de l'énergie d'accostage.
Tirant d'eau en charge	$D_L$	Le tirant d'eau en charge correspond généralement au tirant d'eau d'été maximal pour de bonnes conditions d'exploitation. Les navires navigueront à ce tirant d'eau ou bien à un tirant d'eau inférieur en fonction du volume de marchandises transporté.
Tirant d'eau sur lest	$D_B$	Tirant d'eau en navigation minimum lorsque le navire n'est pas chargé et navigue lesté. Pris en compte généralement seulement pour les tankers, les vraquiers, les cargos et les porte-conteneurs. Le tirant d'eau sur lest des tankers, vraquiers et porte-conteneurs est estimé comme suit: $D_B \approx 2 + 0.02 L_{OA}$ .
Tirant d'eau maximal (non illustré)	$D_S$	Tirant d'eau maximum autorisé d'un navire. Rarement utilisé pour la conception des défenses.
Franc-bord en charge	$F_L$	Franc-bord à mi-longueur correspondant au tirant d'eau en charge ( $D_L$ ).
Franc-bord sur lest	$F_B$	Franc-bord à mi-longueur correspondant au tirant d'eau sur lest ( $D_B$ ).
Hauteur d'eau sous la quille	$K_C$	Hauteur d'eau sous la coque (quille) du navire. Les effets du déplacement en charge ou sur lest, de la marée haute ou basse doivent être pris en compte pour déterminer les cas de conception les plus critiques.
Rayon d'étrave	$R_B$	Rayon théorique de l'étrave du navire sur un plan horizontal coïncidant à peu près avec le niveau de la défense. Il est souvent considéré comme une constante dans la conception des défenses mais peut varier dans la pratique en fonction du tirant d'eau du navire.
Distance de l'étrave au point d'impact	$x$	Souvent mal définie puisqu'elle peut varier en fonction du profil du navire, de l'angle d'accostage etc. La distance est généralement considérée comme représentant un quart ( $x = 0.25 L_{OA}$ ), un cinquième ( $x = 0.2 L_{OA}$ ) etc. mesuré à partir de la proue (ou poupe). Voir "Coefficient d'excentricité" pour plus d'infos.
Distance entre l'impact et le centre de gravité	$R$	Cette dimension est utilisée pour déterminer le coefficient d'excentricité ( $C_e$ ). Par convention, le centre de gravité est supposé être situé au milieu du navire ( $L_{OA}/2$ ) mais peut en réalité se trouver entre 5 à 10% à l'arrière du milieu pour les tankers, les vraquiers, les cargos sur lest et/ou avec une assiette positive.



## TERMINOLOGIE MARITIME

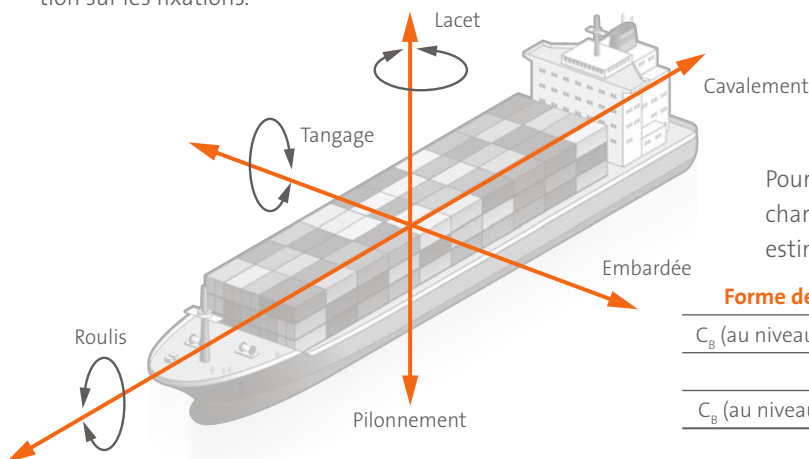
Déplacement $M_D$	Masse du navire égal à la masse du volume d'eau déplacée par la coque avec le navire chargé selon le tirant d'eau indiqué.
Port en lourd TPL	Masse qu'un navire est conçu pour transporter en toute sécurité, incluant la cargaison, le carburant, l'eau douce et l'eau de ballast.
Déplacement léger LWT	Masse totale du navire à l'exclusion de la cargaison, du carburant etc.
Tonneau de jauge brute TJB	Mesure obsolète de la capacité volumétrique totale interne du navire où: 1 TJB = 100 ft <sup>3</sup> = 2.83 m <sup>3</sup> Le tonneau de jauge brute n'est pas lié au déplacement et n'est pas pertinente pour la conception des défenses.
Jauge brute JB	Indice sans unité du volume intérieur du navire utilisé par l'OMI. Parfois appelée (à tort) TJB qu'elle a remplacé en 1982. La jauge brute n'est pas liée au déplacement et n'est pas pertinente pour la conception des défenses.
Equivalent vingt pieds EVP	Unité de mesure ou de capacité des porte-conteneurs équivalente à la taille d'un conteneur standard mesurant 20 pieds de long.

## MOUVEMENTS DES NAVIRES

Outre leur vitesse d'accostage à l'approche des défenses, les navires peuvent subir d'autres mouvements causés par le vent, la houle et les courants entraînant des sollicitations angulaires ou en cisaillement de la défense pendant le contact initial et une fois amarrés. Plus particulièrement:

- Navires de passage:** cavalement, embardée et lacet
- Vent:** roulis, embardée et lacet
- Marée, courants:** cavalement et pilonnement
- Vagues, houle:** cavalement et tangage

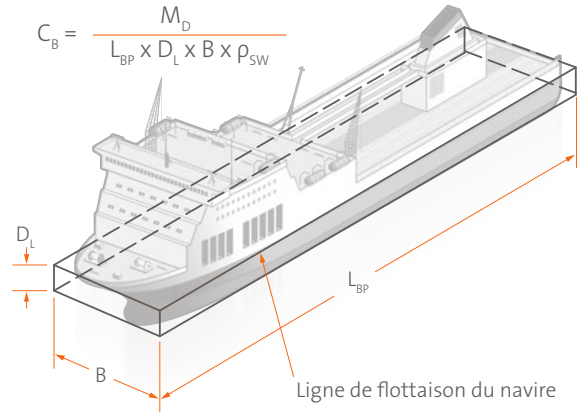
Les concepteurs doivent tenir compte de ces mouvements et de leurs effets sur les défenses, tels que les forces de cisaillement, la fatigue, l'abrasion et la vibration sur les fixations.



## BLOCK COEFFICIENT ( $C_B$ )

Le coefficient de bloc ( $C_B$ ) est le rapport entre le volume réel de la coque et le volume du parallélépipède rectangle contenant la coque, généralement exprimé comme suit:

$$C_B = \frac{M_D}{L_{BP} \times D_L \times B \times \rho_{SW}}$$



S'il est connu,  $C_B$  peut être utilisé pour estimer le déplacement:  $M_D = C_B \times L_{BP} \times D_L \times B \times \rho_{SW}$

Les standards et normes de conception suggèrent certaines intervalles de coefficient de bloc pour différentes classes de navires:

Class de navire	ROM 3.1-99	BS 6349	AIPCN 2002
Tanker	0.72–0.85	0.72–0.85	0.85
Vraquier (OBO)	0.78–0.87	0.72–0.85	0.72–0.85
Gazier	0.68–0.54	—	—
Porte-conteneurs	0.63–0.71	0.65–0.70	0.60–0.80
RoRo	0.57–0.80	0.65–0.70	0.70–0.80
Cargo	0.56–0.77	—	0.72–0.85
Transporteur de voitures	0.56–0.66	—	—
Navire de croisière/ferry	0.57–0.68	0.50–0.70	—
Monocoque grande vitesse	0.45–0.49	—	—
Catamaran*	0.43–0.44	—	—

\* La largeur (B) correspond à la largeur totale des deux coques séparées

Pour les conditions de charge autres qu'en pleine charge (à savoir  $D < D_L$ ), le coefficient de bloc peut être estimé comme suit:

Forme de coque	Tirant réel, D	$C_B$ (au niveau $D < D_L$ )
$C_B$ (au niveau $D_L$ ) $\geq 0.75$	$D_B < D < D_L$	Constant
	$0.6 D_L < D < D_L$	Constant
$C_B$ (au niveau $D_L$ ) $< 0.75$	$D_B < D < 0.6 D_L$	$0.9 \times C_B$ (au niveau $D_L$ )

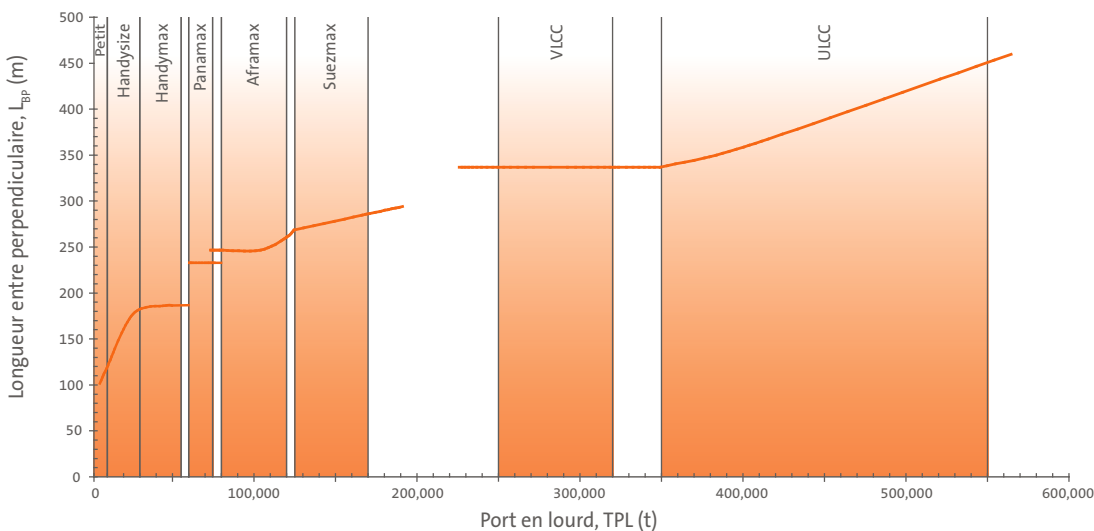
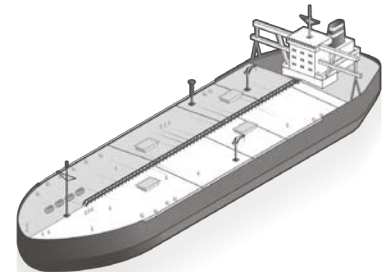
## PÉTROLIERS



TPL	$M_D$ [t]	$L_{OA}$ [m]	$L_{BP}$ [m]	B [m]	$H_M$ [m]	$D_L$ [m]	$D_B$ [m]	$C_B$
500,000	590,000	415	392	73.0	30.5	24.0	10.3	0.838
441,585	528,460*	380	359	68.0	28.9	24.5	9.6	0.862
400,000	475,000	380	358	68.0	29.2	23.0	9.6	0.828
350,000	420,000	365	345	65.5	28.0	22.0	9.3	0.824
300,000	365,000	350	330	63.0	27.0	21.0	9.0	0.816
275,000	335,000	340	321	61.0	26.3	20.5	8.8	0.814
250,000	305,000	330	312	59.0	25.5	19.9	8.6	0.812
225,000	277,000	320	303	57.0	24.8	19.3	8.4	0.811
200,000	246,000	310	294	55.0	24.0	18.5	8.2	0.802
175,000	217,000	300	285	52.5	23.0	17.7	8.0	0.799
150,000	186,000	285	270	49.5	22.0	16.9	7.7	0.803
125,000	156,000	270	255	46.5	21.0	16.0	7.4	0.802
100,000	125,000	250	236	43.0	19.8	15.1	7.0	0.796
80,000	102,000	235	223	40.0	18.7	14.0	6.7	0.797
70,000	90,000	225	213	38.0	18.2	13.5	6.5	0.804
60,000	78,000	217	206	36.0	17.0	13.0	6.3	0.789
50,000	66,000	210	200	32.2	16.4	12.6	6.2	0.794
40,000	54,000	200	190	30.0	15.4	11.8	6.0	0.783
30,000	42,000	188	178	28.0	14.2	10.8	5.8	0.761
20,000	29,000	174	165	24.5	12.6	9.8	5.5	0.714
10,000	15,000	145	137	19.0	10.0	7.8	4.9	0.721
5,000	8,000	110	104	15.0	8.6	7.0	4.2	0.715
3,000	4,900	90	85	13.0	7.2	6.0	3.8	0.721

\* Transporteurs de type V-plus (les plus grands au monde actuellement en service - TI Europa et TI Oceana). Le tirant d'eau sur lest respecte les règles Marpol.

Type	Dimensions	Port en lourd
Petit		$\leq 10,000$ TPL
Handysize	$D_L \leq 10$ m	10,000–30,000 TPL
Handymax	$L_{OA} \leq 180$ m	30,000–55,000 TPL
Panamax	$B \leq 32.3$ m $L_{OA} \leq 289.6$ m $D_L \leq 12.04$ m	60,000–75,000 TPL
Aframax	$41 \leq B \leq 44$ m	80,000–120,000 TPL
Suezmax	$D_L \leq 21.3$ m $B \leq 70$ m $L_{OA} \leq 500$ m	125,000–170,000 TPL
VLCC (Very Large Crude Carrier)	$L_{OA} \leq 300$ m	250,000–320,000 TPL
ULCC (Ultra Large Crude Carrier)		$\geq 350,000$ TPL

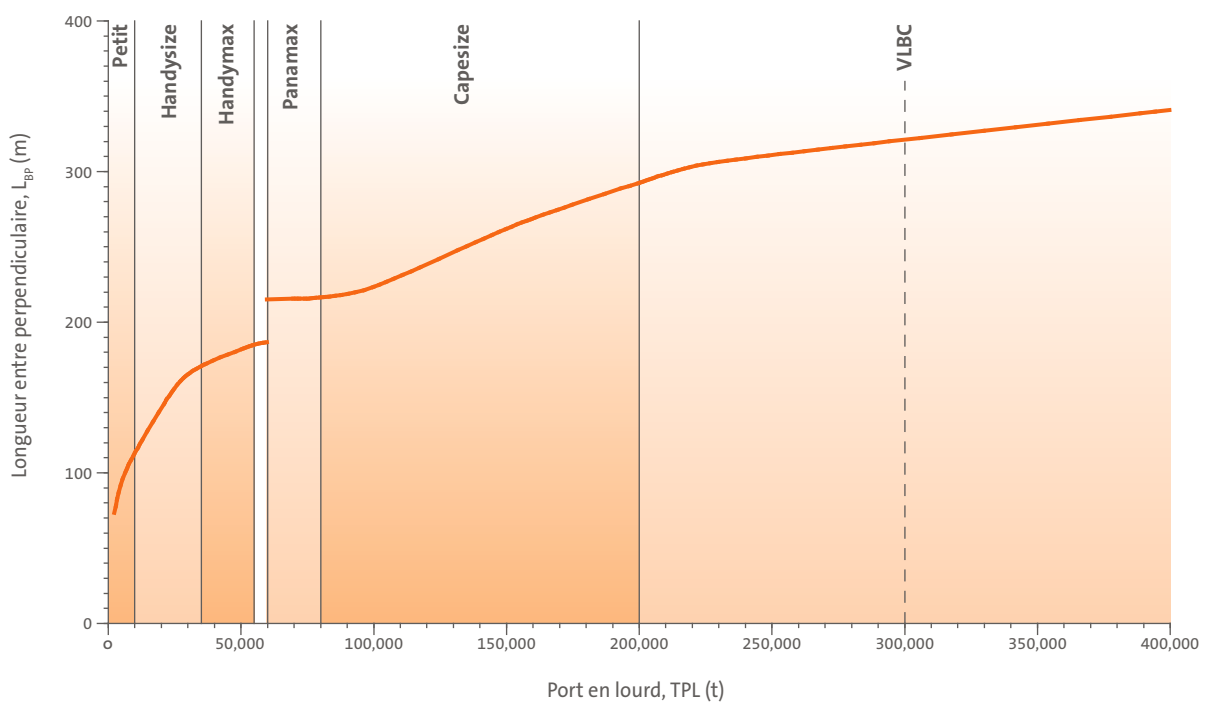
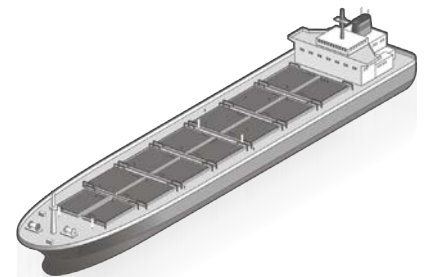


# VRAQUIERS

TPL	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	D <sub>B</sub> [m]	C <sub>B</sub>
402,347	454,000	362	350	65.0	30.4	23.0	9.2	0.846
400,000	464,000	375	356	62.5	30.6	24.0	9.5	0.848
350,000	406,000	362	344	59.0	29.3	23.0	9.2	0.849
300,000	350,000	350	333	56.0	28.1	21.8	9.0	0.840
250,000	292,000	335	318	52.5	26.5	20.5	8.7	0.832
200,000	236,000	315	300	48.5	25.0	19.0	8.3	0.833
150,000	179,000	290	276	44.0	23.3	17.5	7.8	0.822
125,000	150,000	275	262	41.5	22.1	16.5	7.5	0.816
100,000	121,000	255	242	39.0	20.8	15.3	7.1	0.818
80,000	98,000	240	228	36.5	19.4	14.0	6.8	0.821
60,000	74,000	220	210	33.5	18.2	12.8	6.4	0.802
40,000	50,000	195	185	29.0	16.3	11.5	5.9	0.791
20,000	26,000	160	152	23.5	12.6	9.3	5.2	0.764
10,000	13,000	130	124	18.0	10.0	7.5	4.6	0.758

Le tirant d'eau sur lest respecte les règles Marpol.

Type	Dimensions	Port en lourd
Petit	L <sub>OA</sub> ≤ 115 m	≤ 10,000 TPL
Handysize	D <sub>L</sub> ≤ 10 m	10,000–35,000 TPL
Handymax	L <sub>OA</sub> ≤ 190 m	35,000–55,000 TPL
Panamax	B ≤ 32.3 m L <sub>OA</sub> ≤ 289.6 m D <sub>L</sub> ≤ 12.04 m	60,000–80,000 TPL
Capesize	41 ≤ B ≤ 44 m	80,000–200,000 TPL 90,000–180,000 TPL
Chinamax		≤ 300,000 TPL
VLBC (Very Large Bulk Carrier)	L <sub>OA</sub> ≥ 300 m	≥ 200,000 TPL

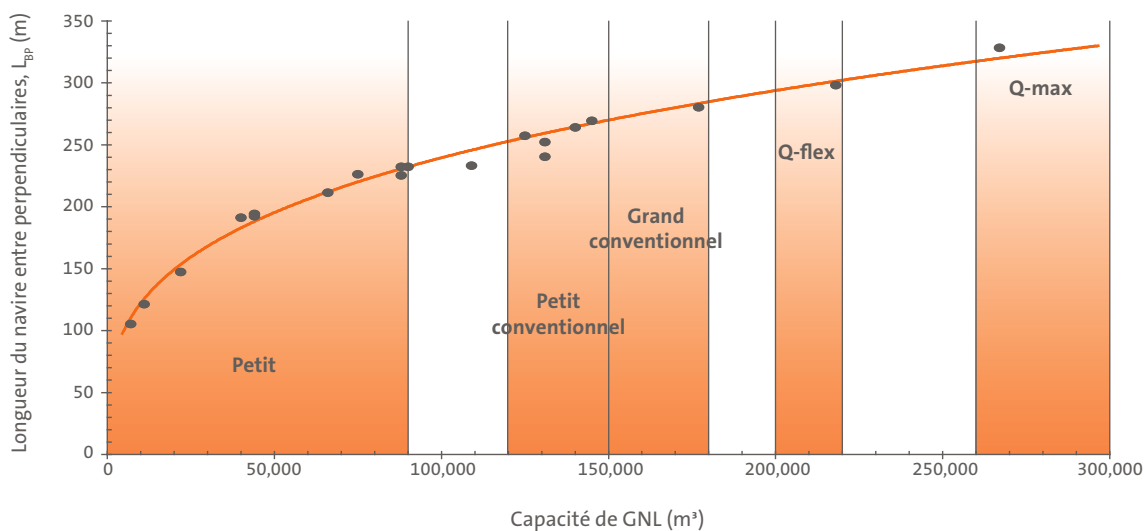




Capacité [m <sup>3</sup> ]	TPL	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	D <sub>B</sub> [m]	C <sub>B</sub>
<b>MÉTHANIER – PRISMATIQUE</b>									
266,000	125,000*	175,000	345.0	333.0	53.8	27.6	12.0	8.9	0.794
210,000	97,000**	141,000	315.0	303.0	50.0	26.2	12.0	8.3	0.757
177,000	90,000	120,000	298.0	285.0	46.0	26.2	11.8	8.0	0.757
140,000	80,000	100,000	280.0	268.8	43.4	24.5	11.4	7.6	0.734
75,000	52,000	58,000	247.3	231.0	34.8	20.6	9.5	6.9	0.741
40,000	27,000	40,000	207.8	196.0	29.3	17.3	9.2	6.2	0.739
<b>MÉTHANIER À SPHÈRE OU À MEMBRANE</b>									
145,000	75,000	117,000	288.0	274.0	49.0	24.7	11.5	7.8	0.739
125,000	58,000	99,000	274.0	262.0	42.0	23.7	11.3	7.5	0.777
90,000	51,000	71,000	249.5	237.0	40.0	21.7	10.6	7.0	0.689
<b>BUTANIER</b>									
131,000	60,000	95,000	265.0	245.0	42.2	23.7	13.5	7.3	0.664
109,000	50,000	80,000	248.0	238.0	39.0	23.0	12.9	7.0	0.652
88,000	40,000	65,000	240.0	230.0	35.2	20.8	12.3	6.8	0.637
66,000	30,000	49,000	226.0	216.0	32.4	19.9	11.2	6.5	0.610
44,000	20,000	33,000	207.0	197.0	26.8	18.4	10.6	6.1	0.575
22,000	10,000	17,000	160.0	152.0	21.1	15.2	9.3	5.2	0.556
11,000	5,000	8,800	134.0	126.0	16.0	12.5	8.1	4.7	0.526
7,000	3,000	5,500	116.0	110.0	13.3	10.1	7.0	4.3	0.524
<b>MÉTHANIER</b>									
131,000	60,000	88,000	290.0	257.0	44.5	26.1	11.3	7.8	0.664
88,000	40,000	59,000	252.0	237.0	38.2	22.3	10.5	7.0	0.606
44,000	20,000	31,000	209.0	199.0	30.0	17.8	9.7	6.2	0.522

Gaziers de type \*Q-max et \*\*Q-flex. Le tirant d'eau sur lest respecte les règles Marpol.

Type	Dimensions	Port en lourd
Petit	L <sub>OA</sub> ≤ 250 m B ≤ 40 m	≤ 90,000 m <sup>3</sup>
Petit conventionnel	L <sub>OA</sub> 270–298 m B 41–49 m	120,000–150,000 m <sup>3</sup>
Grand conventionnel	L <sub>OA</sub> 285–295 m B ≤ 43–46 m D <sub>L</sub> ≤ 12 m	150,000–180,000 m <sup>3</sup>
Q-flex	L <sub>OA</sub> ≈ 315 m B ≈ 50 m D <sub>L</sub> ≤ 12 m	200,000–220,000 m <sup>3</sup>
Q-max	L <sub>OA</sub> ≈ 345 m B ≈ 53–55 m D <sub>L</sub> ≤ 12 m	≥ 260,000 m <sup>3</sup>
Med-max		Environ 75,000 m <sup>3</sup>
Atlantic-max		Environ 165,000 m <sup>3</sup>

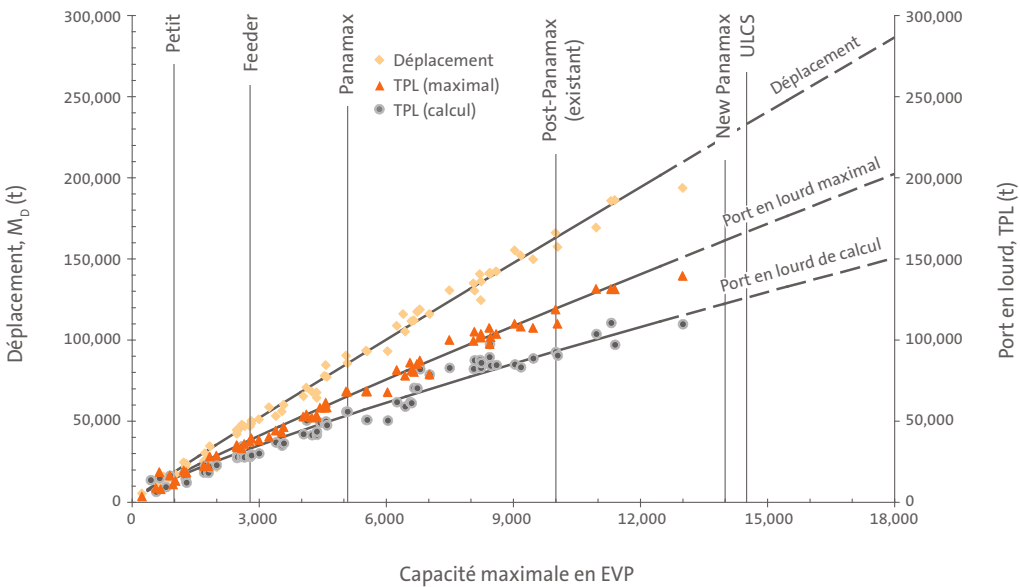


# PORTE-CONTENEURS

EVP	TPL	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	D <sub>B</sub> [m]	C <sub>B</sub>
20,568	210,019**	270,224	399	380	58.6	33.2	16.0	10.7	0.740
20,170	192,672***	271,880	400	381	58.6	32.8	16.0	10.7	0.743
18,340	196,000**	272,089	399	380	59.0	33.2	16.0	10.7	0.741
18,000	195,000**	262,566	420	395	56.4	26.7	15.0	9.9	0.767
15,500	156,907*	222,627	397	375	56.4	25.3	14.0	9.4	0.734
14,000	157,000	190,828	366	350	48.4	24.8	15.0	9.0	0.733
12,500	143,000	171,745	366	350	48.4	24.5	13.5	9.0	0.733
10,000	101,000	145,535	349	334	45.6	23.6	13.0	8.7	0.717
8,000	81,000	120,894	323	308	42.8	22.7	13.0	8.2	0.688
6,500	67,000	100,893	300	286	40.0	21.7	13.0	7.7	0.662
5,500	58,000	85,565	276	263	40.0	20.9	12.5	7.3	0.635
5,100	54,000	74,399	294	283	32.2	20.4	12.0	7.7	0.664
4,500	48,600	70,545	286	271	32.2	19.8	12.0	7.4	0.657
4,000	43,200	65,006	269	256	32.2	19.0	11.8	7.1	0.652
3,500	38,100	54,885	246	232	32.2	18.2	11.3	6.6	0.634
2,800	30,800	42,389	211	196	32.2	17.0	10.7	5.9	0.612
2,800	30,800	43,166	222	210	30.0	17.0	10.6	6.2	0.631
2,500	27,700	37,879	209	197	30.0	16.4	10.0	5.9	0.625
2,000	22,400	32,208	202	190	28.0	15.3	9.2	5.8	0.642
1,600	18,200	26,762	182	170	28.0	14.4	8.6	5.4	0.638
1,200	13,800	19,219	160	149	25.0	13.4	8.0	5.0	0.629
1,000	11,600	15,719	150	140	23.0	12.9	7.6	4.8	0.627
800	9,300	13,702	140	130	21.8	12.3	7.4	4.6	0.637
600	7,000	10,390	122	115	19.8	11.7	7.0	4.3	0.636
400	4,800	7,472	107	100	17.2	11.1	6.5	4.0	0.652

Les capacités et dimensions sont tirées de diverses sources y compris ROM, MAN et AIPCN. Le tirant d'eau sur lest respecte les règles Marpol.  
 \* Classe E \*\*Classe Triple-E \*\*\*Classe Pegasus

Type	Dimensions	Port en lourd
Petit	B ≤ 23.0 m (environ)	≤ 1,000 EVP
Feeder	23.0 m < B ≤ 30.0 m	1,000–2,800 EVP
Panamax	B ≤ 32.3 m D <sub>L</sub> ≤ 12.04 m L <sub>OA</sub> ≤ 294.1 m	2,800–5,100 EVP
Post-Panamax (existant)	39.8 m ≤ B ≤ 45.6 m	5,500–10,000 EVP
New Panamax	B ≤ 49.0 m D <sub>L</sub> ≤ 15.2 m L <sub>OA</sub> ≤ 365.8 m	12,000–14,000 EVP
ULCS (Ultra Large Container Ship)	B > 49.0 m	> 14,500 EVP

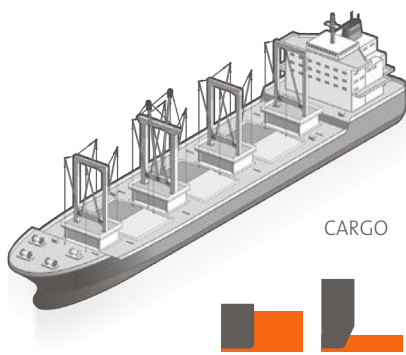


# CARGOS

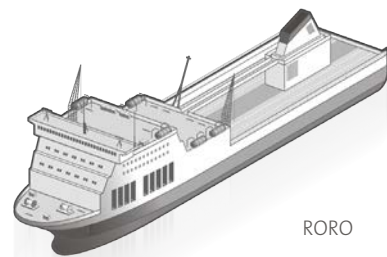


TPL	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	D <sub>B</sub> [m]	C <sub>B</sub>
40,000	54,500	209	199	30.0	18	12.5	6.2	0.713
35,000	48,000	199	189	28.9	17	12.0	6.0	0.714
30,000	41,000	188	179	27.7	16	11.3	5.8	0.714
25,000	34,500	178	169	26.4	15.4	10.7	5.6	0.705
20,000	28,000	166	158	24.8	13.8	10.0	5.3	0.697
15,000	21,500	152	145	22.6	12.8	9.2	5.0	0.696
10,000	14,500	133	127	19.8	11.2	8.0	4.7	0.703
5,000	7,500	105	100	15.8	8.5	6.4	4.1	0.724
2,500	4,000	85	80	13.0	6.8	5.0	3.7	0.750

Le tirant d'eau sur lest respecte les règles Marpol.



CARGO



RORO



# RORO ET FERRIES



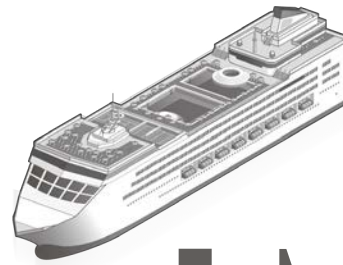
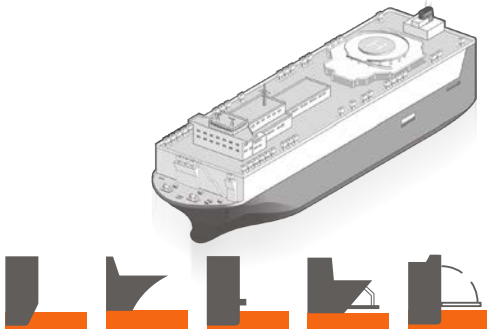
TPL	JB	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	C <sub>B</sub>
<b>CARGOS RORO</b>								
–	50,000	87,500	287	273	32.2	28.5	12.4	0.783
–	45,000	81,500	275	261	32.2	27.6	12.0	0.788
–	40,000	72,000	260	247	32.2	26.2	11.4	0.775
–	35,000	63,000	245	233	32.2	24.8	10.8	0.759
–	30,000	54,000	231	219	32.0	23.5	10.2	0.737
–	25,000	45,000	216	205	31.0	22.0	9.6	0.720
–	20,000	36,000	197	187	28.6	21.0	9.1	0.722
–	15,000	27,500	177	168	26.2	19.2	8.4	0.726
–	10,000	18,400	153	145	23.4	17.0	7.4	0.715
–	5,000	9,500	121	115	19.3	13.8	6.0	0.696

TPL	JB	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	C <sub>B</sub>
<b>RO-PAX (FERRIES RORO)</b>								
–	15,000	25,000	197	183	30.6	16.5	7.1	0.613
–	12,500	21,000	187	174	28.7	15.7	6.7	0.612
–	11,500	19,000	182	169	27.6	15.3	6.5	0.611
–	10,200	17,000	175	163	26.5	14.9	6.3	0.609
–	9,000	15,000	170	158	25.3	14.5	6.1	0.600
–	8,000	13,000	164	152	24.1	14.1	5.9	0.587
–	6,500	10,500	155	144	22.7	13.6	5.6	0.560

## TRANSPORTEURS DE VOITURES



TPL	JB	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	C <sub>B</sub>
–	30,000	48,000	220	205	32.2	31.2	11.7	0.606
–	25,000	42,000	205	189	32.2	29.4	10.9	0.618
–	20,000	35,500	198	182	32.2	27.5	10.0	0.591
–	15,000	28,500	190	175	32.2	26.5	9.0	0.548



## NAVIRES DE CROISIÈRE



TPL	JB	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	C <sub>B</sub>	NOM DU NAVIRE
–	225,282	105,750	362	308	47.0	22.9	9.3	0.767	Allure of the Seas
–	155,873	74,126	329	280	40.0	22.1	8.7	0.742	Norwegian Epic
–	148,528	72,193	345	293	41.0	22.7	10.1	0.580	Queen Mary 2
–	110,000	50,253	291	247	35.4	20.4	8.2	0.684	Carnival Conquest
–	102,587	52,239	273	232	36.0	19.7	8.2	0.744	Costa Fortuna
–	80,000	44,000	272	231	35.0	20.0	8.0	0.664	Generic Post Panamax
–	70,000	38,000	265	225	32.2	19.3	7.8	0.656	Generic Panamax
–	60,000	34,000	252	214	32.2	18.8	7.6	0.633	Generic Panamax
–	50,000	29,000	234	199	32.2	18.0	7.1	0.622	Generic Panamax
–	40,000	24,000	212	180	32.2	17.3	6.5	0.622	Generic Panamax
–	35,000	21,000	192	164	32.2	17.0	6.3	0.616	Generic Panamax

## FERRIES GRANDE VITESSE – MONOCOQUES



TPL	JB	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> <sup>*</sup> [m]	C <sub>B</sub>
–	20,000	3,200	140	133	21	5.8	2.9	0.606
–	15,000	2,400	128	120	19.2	5.4	2.7	0.618
–	10,000	1,600	112	102	16.9	5.2	2.5	0.591
–	8,000	1,280	102	87.5	15.4	5.0	2.5	0.548

\* Le tirant d'eau exclut les hydroglisseurs et stabilisateurs qui peuvent ajouter jusqu'à 80 % de tirant d'eau s'ils sont déployés. La largeur à la flottaison est égale à 0,8~0,9 x largeur au niveau du pont.

## FERRIES GRANDE VITESSE – CATAMARANS



TPL	JB	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	C <sub>B</sub> <sup>*</sup>
–	30,000	48,000	220	205	32.2	31.2	11.7	0.606
–	25,000	42,000	205	189	32.2	29.4	10.9	0.618
–	20,000	35,500	198	182	32.2	27.5	10.0	0.591
–	15,000	28,500	190	175	32.2	26.5	9.0	0.548

\* Le coefficient de bloc est calculé à partir de la largeur totale des deux coques, la largeur de flottaison maximale de chaque coque étant égale à environ 25 % de la largeur au niveau du pont (indiquée).

## LIMITES DES NAVIRES

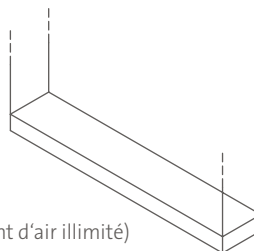
Dans de nombreuses régions du monde, la taille des navires est limitée de par les écluses, les chenaux et les ponts. Les limites courantes sont représentées par la longueur, la largeur, le tirant d'eau et le tirant d'air.

$L_{OA}$	Longueur hors tout du navire
B	Largeur
$D_L$	Tirant d'eau en charge
$D_A$	Tirant d'air



### CHINAMAX

Chinamax fait référence à la capacité portuaire de plusieurs ports en Chine. Le plafond est de 380,000 – 400,000 TPL mais une limite de 380,000 TPL a été imposée aux navires.

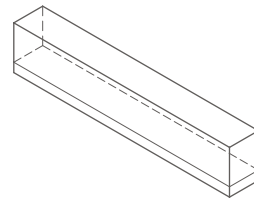


(tirant d'air illimité)

$L_{OA}$	$\leq 360$ m
B	$\leq 65$ m
$D_L$	$\leq 24$ m
$D_A$	Aucune limite

### NEW PANAMAX

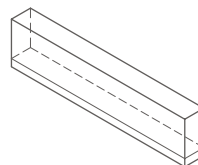
Les nouvelles écluses (3<sup>ème</sup> phase) du Canal de Panama ont été ouvertes en 2016. Certains navires existants sont trop larges pour les écluses actuelles (Post-Panamax) et les nouveaux navires conçus à cet effet pourront le traverser.



$L_{OA}$	$\leq 366$ m
B	$\leq 49$ m
$D_L$	$\leq 15.2$ m
$D_A$	$\leq 57.91$ m

### PANAMAX

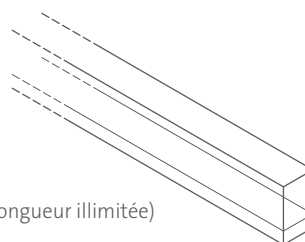
Les (secondes) écluses du canal de Panama ont été mises en service en 1914 et ont dicté la conception de nombreux navires depuis.



$L_{OA}$	$\leq 294.13$ m
B	$\leq 32.31$ m
$D_L$	$\leq 12.04$ m
$D_A$	$\leq 57.91$ m

### SUEZMAX

Le canal de Suez permet un passage quasiment sans limite, seuls quelques tankers en pleine charge ne peuvent pas le traverser.

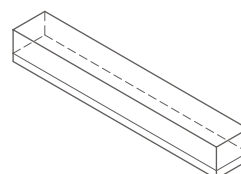


(longueur illimitée)

$L_{OA}$	Aucune limite
B	$\leq 50$ m
$D_L$	$\leq 20.1$ m
$D_A$	$\leq 68$ m

### Q-MAX

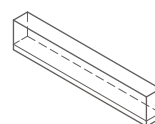
Q-max définit la taille maximale d'un méthanier prismatique capable d'accoster au Qatar dont les terminaux sont tout particulièrement limités en termes de tirant d'eau dans la région.



$L_{OA}$	$\leq 345$ m
B	$\leq 53.8$ m
$D_L$	$\leq 12$ m
$D_A$	$\leq 34.7$ m

### SEAWAYMAX

Seawaymax définit la taille maximale des navires en mesure de passer par les écluses du Saint Laurent pour rejoindre le lac Ontario. Les plus grands navires peuvent naviguer sur les lacs mais ne peuvent passer par les écluses.



$L_{OA}$	$\leq 225.6$ m
B	$\leq 23.8$ m
$D_L$	$\leq 7.92$ m
$D_A$	$\leq 35.5$ m

## CHARGES DES NAVIRES

La plupart des structures d'accostage sont conçues pour importer ou exporter des marchandises, parfois pour les deux. L'écart de tirant d'eau et le déplacement du navire dans ces cas peut jouer un rôle important dans la conception des défenses.

### STRUCTURES D'ACCOSTAGE POUR L'IMPORT

Concernant les structures d'accostage pour l'import, le navire arrive la plupart du temps en partie ou totalement chargé. Les navires trop grands peuvent utiliser le point d'accostage mais en respectant une limite de tirant d'eau.

### STRUCTURES D'ACCOSTAGE POUR L'EXPORT

Au niveau des structures d'accostage pour l'export, les navires arrivent habituellement lestés avec de l'eau dans des réservoirs spéciaux afin de garantir une assiette correcte, une immersion de l'hélice et du gouvernail, une stabilité et manœuvrabilité du navire. L'eau de ballast est déchargée au fur et à mesure que le navire est chargé.

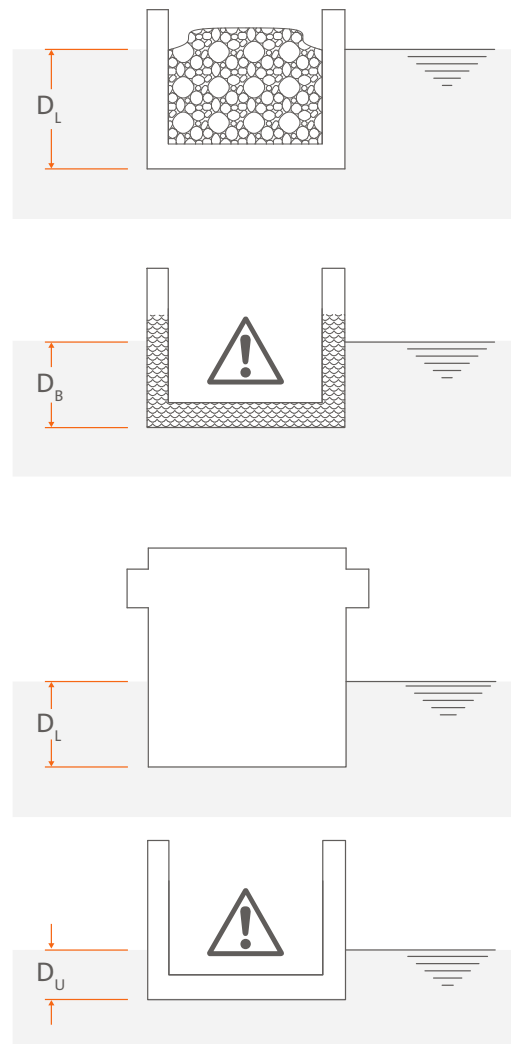


### STRUCTURES D'ACCOSTAGE POUR NAVIRES À PASSAGERS, DE CROISIÈRE ET RORO

Ces navires transportent très peu de marchandises et leur tirant d'eau varie seulement très peu entre leur état chargé et déchargé. Dans ces cas, les navires doivent toujours être considérés comme en pleine charge pour le calcul de l'énergie d'accostage. Le tirant d'eau minimum correspond généralement à au moins 90 % du tirant d'eau en pleine charge.

### CHANTIERS NAVALS

Les navires ne peuvent être à l'état léger – sans marchandise ni lest – que lorsqu'ils sont en construction ou réparation. Il convient de faire particulièrement attention à la propriété des coques dans la mesure où les ceintures, par exemple, peuvent passer par-dessus les boucliers ou bien les parties en saillie situées sous l'eau peuvent se trouver au niveau des défenses.



Si les défenses sont conçues pour des navires à tirant d'eau sur lest ou en charge partielle, la prudence s'impose dans le cas où le navire quitterait le quai en pleine charge mais devrait revenir en raison d'un problème technique. Sur les structures d'accostage pour l'import/export, le navire ne doit pas être considéré comme étant à l'état léger ou déchargé.

### COEFFICIENT DE BLOC SUR LEST

Concernant les navires de forme pleine, tout particulièrement les tankers et vraquiers, il est courant de partir du principe que le coefficient de bloc ( $C_b$ ) ne varie pas en fonction du tirant d'eau réel ( $D$ ) quel que soit l'état de charge. Pour les autres types de navires, le coefficient de bloc sera réduit légèrement au fur et à mesure de la réduction du tirant d'eau.

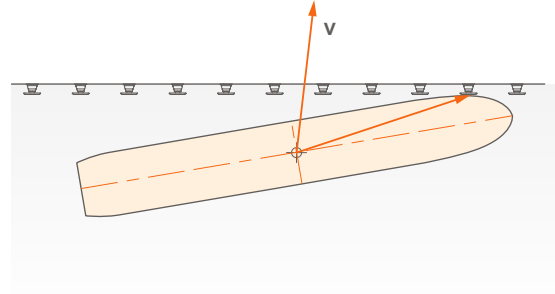
Tankers et vraquiers	$D_L \geq D \geq D_U$	$C_b = \frac{M_D}{L_{BP} \times B \times D_L \times \rho_{sw}}$
Autres types de navires	$D_L \geq D \geq 0.6 D_L$	
		$D < 0.6 D_L$

## APPROCHE DES NAVIRES

En fonction du type de bateau et du point d'accostage, les navires peuvent approcher la structure de différentes façons. Ce type d'approche doit être étudié avec précaution afin de comprendre le véritable point de contact avec la coque, la direction de la vitesse (vecteur) et d'autres facteurs pouvant entraîner la compression de la défense selon certains angles, un cisaillement de cette dernière suite à un frottement, un porte-à-faux etc. Les cas les plus courants sont les suivants:

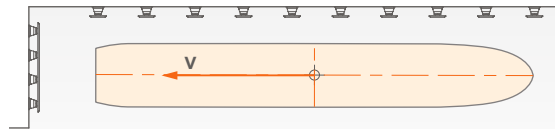
### ACCOSTAGE LATÉRAL

- ▶ Le navire est parallèle à la ligne d'accostage ou forme un angle réduit avec cette dernière.
- ▶ Le vecteur de vitesse est à peu près perpendiculaire à la ligne d'accostage.
- ▶ Le navire pivote autour du point de contact avec la(les) défense(s), ce qui dissipe une certaine énergie cinétique.
- ▶ Le contact se fait entre 20 % et 35 % en partant de la proue, en fonction de la géométrie et du rayon d'étrave.
- ▶ Le navire peut toucher une, deux, trois défenses voire plus en fonction de la taille de ces dernières et du rayon d'étrave du navire.
- ▶ Si la vitesse n'est pas parfaitement perpendiculaire à la ligne d'accostage, un cisaillement se produira au niveau des défenses en raison du frottement.



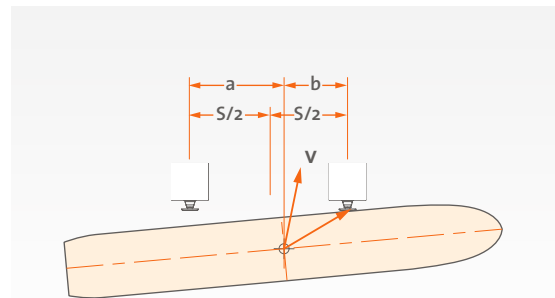
### ACCOSTAGE PROUE/POUPE

- ▶ Le navire avance ou recule en direction de la structure.
- ▶ Approche courante vers les rampes et pontons RoRo mais appliquée parfois aux barges et navires transportant de lourdes charges.
- ▶ Les angles d'accostage sont généralement faibles mais peuvent produire un impact sur une seule défense ou une très faible surface de contact avec la ceinture avant ou arrière du navire.
- ▶ Les vitesses d'accostage peuvent être élevées et il y a très peu voire aucune rotation du navire autour du point de contact. Par conséquent, la défense doit absorber toute l'énergie cinétique.
- ▶ La masse virtuelle (masse ajoutée) d'eau entraînée est relativement faible en raison d'un profil de coque plus fuselé.



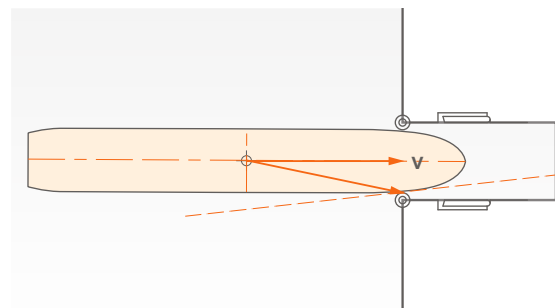
### ACCOSTAGE SUR DUC D'ALBE

- ▶ Le navire est parallèle à la ligne d'accostage ou forme un angle réduit avec cette dernière.
- ▶ Méthode courante pour les terminaux pétroliers et gaziers où le vecteur de vitesse est quasiment perpendiculaire à la ligne d'accostage.
- ▶ Méthode également courante pour certains points d'accostage RoRo où le vecteur de vitesse peut inclure une forte composante avant/arrière (vers la rampe) pouvant produire d'importantes forces de cisaillement.
- ▶ Dans les terminaux pétroliers/gaziers, le point d'accostage a souvent lieu entre 30 % et 40 % de la longueur du navire en partant de la proue ou de la poupe, généralement au maître couple plat de la coque.
- ▶ Le contact avec les points d'accostage RoRo se fait généralement à un point situé entre 25 % et 35 % de la longueur en partant de la proue mais souvent à mi-longueur sur des ducs d'albe extérieurs.
- ▶ Si la vitesse n'est pas parfaitement perpendiculaire à la ligne d'accostage, un cisaillement se produira au niveau des défenses en raison du frottement.



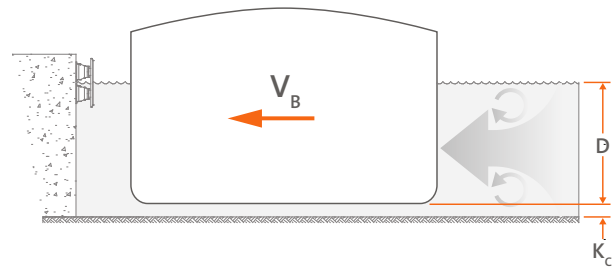
### ENTRÉE D'ÉCLUSE

- ▶ L'approche des navires se fait généralement de manière coaxiale par rapport à l'axe de l'écluse.
- ▶ Si le navire est "excentré", la proue peut toucher l'angle du point d'accostage, la ligne d'accostage est donc tangentielle à la coque du navire.
- ▶ Le vecteur de vitesse présente une importante composante créant ainsi des forces de cisaillement importantes et continues qui résultent du frottement.
- ▶ Le point de contact peut se faire très en avant. Par conséquent, les dévers d'étrave importants doivent être pris en compte.
- ▶ Le point de contact peut également se faire très à l'arrière, à 30 % de la longueur voire plus en partant de la proue procurant ainsi peu de rotation pour dissiper l'énergie d'accostage.



## COEFFICIENT DE MASSE AJOUTÉE ( $C_M$ )

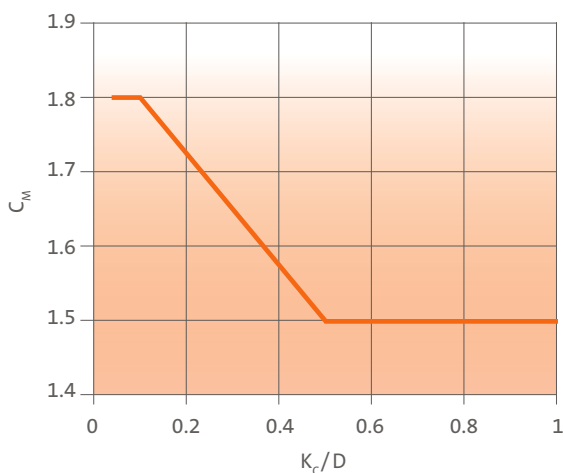
Lorsqu'un navire se déplace latéralement en direction d'un point d'accostage, il déplace en même temps une masse d'eau. Lorsque le mouvement du navire est réduit par les défenses, la force d'impulsion de l'eau pousse cette dernière contre la coque du navire, augmentant l'énergie cinétique totale à absorber. Le coefficient de masse ajoutée tient compte de la masse réelle (déplacement) du navire et de la masse virtuelle de l'eau.



Différentes estimations existent pour calculer la véritable masse virtuelle d'eau se déplaçant avec le navire. On considère que l'effet produit est plus faible dans des eaux profondes et plus important dans des eaux peu profondes. Ceci est dû à une profondeur d'eau limitée sous la quille ( $K_C$ ) pour permettre l'évacuation de l'eau poussant le navire. Certaines formules du coefficient de masse ajoutée en tiennent compte, d'autres l'envisagent séparément dans le cadre du coefficient de configuration d'accostage ( $C_C$ ). Les formules courantes du coefficient de masse ajoutée sont les suivantes:

### MÉTHODE AIPCN (2002)

L'AIPCN a combiné les méthodes ci-dessous et le coefficient de configuration d'accostage ( $C_C$ ) dans son rapport de 2002, en considérant pareillement l'effet produit par la masse ajoutée et la profondeur d'eau sous la quille. Cette méthode est désormais adoptée par EAU-2004 et d'autres codes. Selon cette méthode  $C_C=1$ .



### MÉTHODE SHIGERU UEDA (1981)

Développée à partir d'essais de modèles et d'observations sur le terrain, cette méthode est largement utilisée au Japon et produit des valeurs similaires voire légèrement inférieures à celles de la méthode Vasco Costa.

### MÉTHODE VASCO COSTA (1964)

Proposée au départ dans sa publication "The Berthing Ship" (1964), cette méthode reste la plus couramment utilisée par les normes internationales dont la BS6349 et les autres codes.

$$\frac{K_C}{D} \leq 0.1 \rightarrow C_M = 1.8$$

$$0.1 < \frac{K_C}{D} < 0.5 \rightarrow C_M = 1.875 - 0.75 \left( \frac{K_C}{D} \right)$$

$$\frac{K_C}{D} \geq 0.5 \rightarrow C_M = 1.5$$

$$\text{où } D_B \leq D \leq D_L$$

$$C_M = 1 + \frac{\pi \times D}{2 \times B \times C_B}$$

$$C_M = 1 + \frac{2 \times D}{B}$$

## COEFFICIENT D'EXCENTRICITÉ ( $C_E$ )

Si le vecteur de vitesse du navire ( $v$ ) ne passe pas par le point de contact du navire avec la défense, le navire pivote et comprime en même temps la défense. La rotation dissipe une partie de l'énergie cinétique du navire et le reste doit être absorbé par la défense.

$$C_E = \frac{\text{Énergie cinétique transmise à la défense}}{\text{Énergie cinétique totale du navire}} \leq 1$$

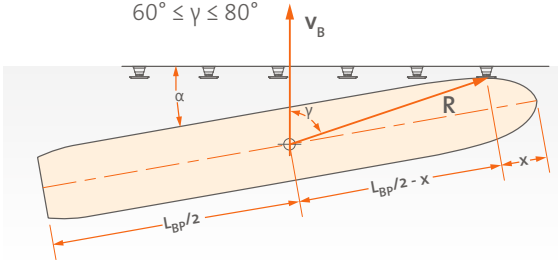
Si la distance entre le vecteur de vitesse et le point de contact avec la défense augmente (à savoir, est plus proche de la proue), le  $C_E$  diminue et vice-versa. Si le point de contact du navire avec la défense est directement opposé au centre de masse du navire pendant l'accostage latéral, l'accostage proue/poupe, le navire ne pivote pas ( $C_E \approx 1$ ).

### ACCOSTAGE LATÉRAL

En général:  $0.4 \leq C_E \leq 0.7$

$$0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$$

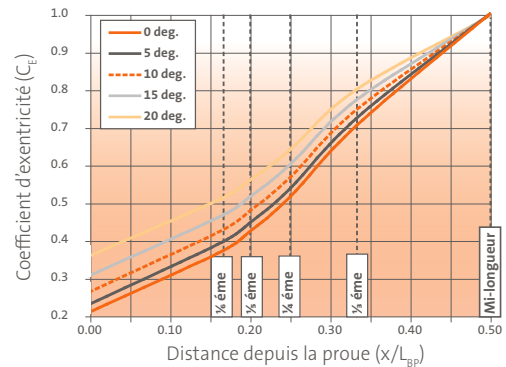
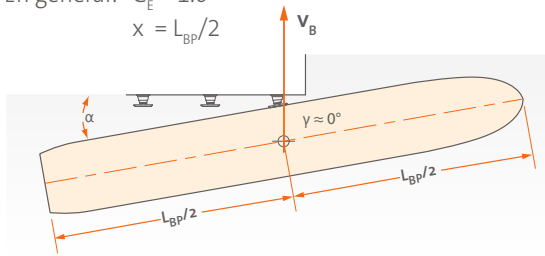
$$60^\circ \leq \gamma \leq 80^\circ$$



### CONTACT À MI-LONGUEUR

En général:  $C_E = 1.0$

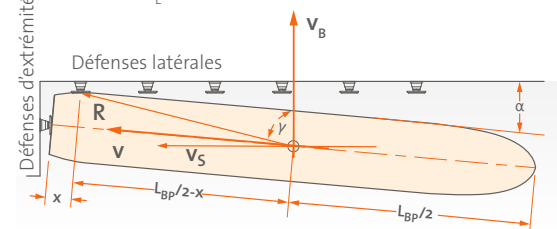
$$x = L_{BP}/2$$



### POINTS D'ACCOSTAGE RORO

En général:  $0.4 \leq C_E \leq 0.7$  (latéral)

$$C_E = 1.0 \text{ (extrémité)}$$



$$C_E = \frac{K^2 + (R^2 \cos^2(\gamma))}{K^2 + R^2}$$

$$K = (0.19 \times C_B + 0.11) \times L_{BP}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{L_{BP}}{2} - x\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2}$$

$$\gamma = 90 - \alpha - \text{asin}\left(\frac{B}{2R}\right)$$



Le cas particulier  $\gamma = 90^\circ$  doit être utilisé avec précaution.

Des approximations courantes du coefficient d'excentricité sont réalisées pour calculer rapidement l'énergie:

Accostage à 1/5ème:  $C_E \approx 0.45$

Accostage à 1/4:  $C_E \approx 0.50$

Accostage à 1/3:  $C_E \approx 0.70$

Accostage à mi-longueur:  $C_E \approx 1.00$

Accostage proue/poupe (RoRo):  $C_E \approx 1.00$

Exemple d'un tanker de 100,000 TPL en pleine charge (voir p.9) en supposant un accostage latéral à 1/3 (typique pour les ducs d'albe) et un angle d'accostage de  $5^\circ$ :

$$M_D = 125,000 \text{ t} \quad B = 43.0 \text{ m}$$

$$L_{BP} = 236 \text{ m} \quad D_L = 15.1 \text{ m}$$

$$C_B = \frac{125,000}{1.025 \times 236 \times 43 \times 15.1} = 0.796$$

$$K = (0.19 \times 0.796 + 0.11) \times 236 = 61.7 \text{ m}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{236}{2} - \frac{236}{3}\right)^2 + \left(\frac{43}{2}\right)^2} = 44.8 \text{ m}$$

$$\gamma = 90^\circ - 5^\circ - \text{asin}\left(\frac{43}{2 \times 44.8}\right) = 56.3^\circ$$

$$C_E = \frac{61.7^2 + (44.8^2 \times \cos^2(56.3^\circ))}{61.7^2 + 44.8^2} = 0.761$$

## COEFFICIENT DE CONFIGURATION D'ACCOSTAGE ( $C_C$ )

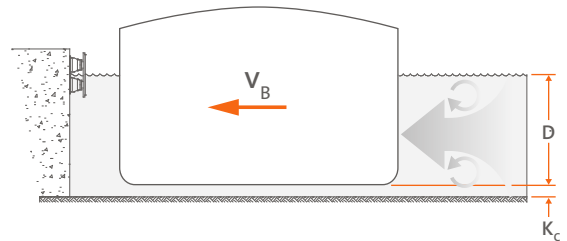
Lors de la phase finale de l'accostage, le navire pousse un certain volume d'eau vers la structure. En fonction du type de structure, l'eau peut circuler librement entre les pieux ou peut être piégée entre la coque et le béton. L'effet amortisseur de l'eau dépendra de la profondeur d'eau sous la quille ( $K_C$ ) et de l'angle d'accostage du navire ( $\alpha$ ). Un grand espace disponible sous la coque du navire, éventuellement à marée haute ou en cas d'accostage sur lest, permettra à l'eau de s'échapper sous le navire. Si le navire n'accoste pas parallèlement à la défense, l'eau peut s'échapper vers la proue ou la poupe.

### STRUCTURE FERMÉE

$$\frac{K_C}{D} \leq 0.5 \rightarrow C_C \cong 0.8 (\alpha \leq 5^\circ)$$

$$\frac{K_C}{D} > 0.5 \rightarrow C_C \cong 0.9 (\alpha \leq 5^\circ)$$

$$\text{si } \alpha > 5^\circ \rightarrow C_C = 1.0$$

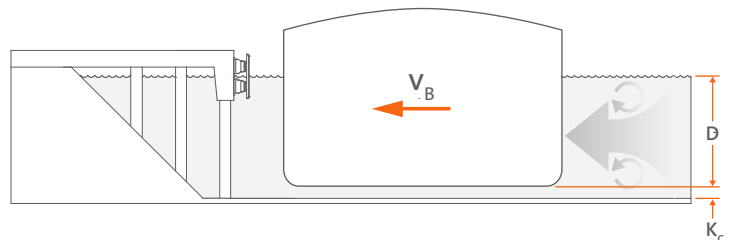


### STRUCTURE SEMI-FERMÉE

$$\frac{K_C}{D} \leq 0.5 \rightarrow C_C \cong 0.9 (\alpha \leq 5^\circ)$$

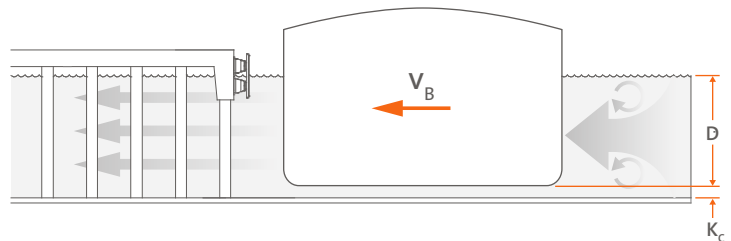
$$\frac{K_C}{D} > 0.5 \rightarrow C_C \cong 1.0 (\alpha \leq 5^\circ)$$

$$\text{si } \alpha > 5^\circ \rightarrow C_C = 1.0$$



### STRUCTURE À PIEUX OUVERTE

$$C_C = 1.0$$



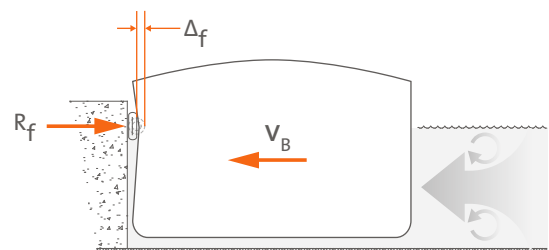
La méthode AIPCN de calcul du coefficient de masse ajoutée ( $C_M$ ) tient compte de la profondeur d'eau sous la quille. Ainsi, dans ce cas,  $C_C=1$ . En cas d'utilisation des méthodes Vasco Costa ou Shigeru Ueda pour calculer la masse ajoutée, le coefficient  $C_C$  peut alors être envisagé d'après les directives susmentionnées.

## COEFFICIENT DE SOUPLESSE ( $C_S$ )

Les défenses rigides peuvent entraîner une déformation élastique de la coque du navire qui absorbe une petite quantité d'énergie. Les défenses modernes sont considérées pour la plupart comme étant "souples". Par conséquent, cet effet n'absorbe pas l'énergie.

$$\Delta_f \leq 0.15 \text{ m} \rightarrow C_S \leq 0.9$$

$$\Delta_f \geq 0.15 \text{ m} \rightarrow C_S \leq 1.0$$



## VITESSES D'ACCOSTAGE

Les vitesses d'accostage des navires représentent la variable la plus importante dans le calcul de l'énergie. La vitesse est mesurée perpendiculairement à la ligne d'accostage ( $v_B$ ) et dépend de plusieurs facteurs que le concepteur doit prendre en compte:

- ▶ l'aide ou non d'un remorqueur à l'accostage du navire
- ▶ la difficulté de la manœuvre d'approche vers le point d'accostage
- ▶ l'exposition du point d'accostage, y compris les courants et les vents exerçant une poussée sur le navire
- ▶ la taille du navire et le fait qu'il soit en pleine charge, en charge partielle ou sur lest

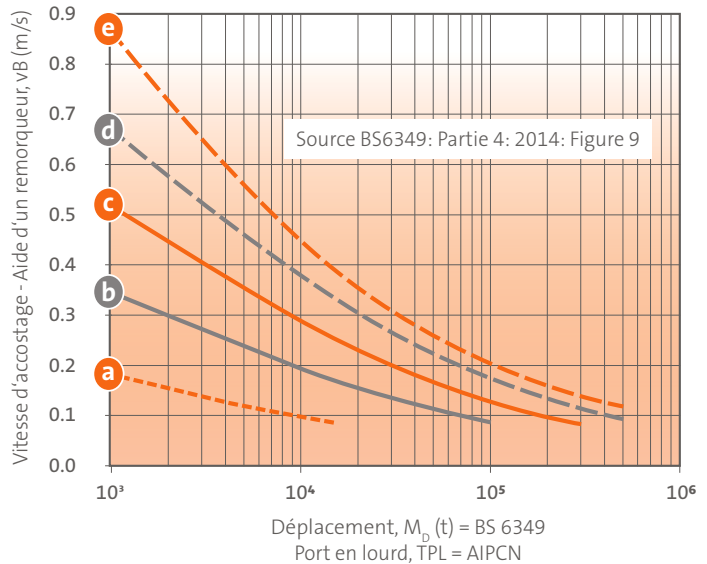
La BS6349, l'AIPCN et de nombreuses autres normes adoptent le graphique des vitesses d'accostage Brolsma. Des valeurs sélectionnées à partir des courbes sont également indiquées dans le tableau ci-dessous. Les conditions d'accostage les plus courantes sont représentées par les courbes «b» et «c».

- a: Accostage simple, abrité  
 b: Accostage difficile, abrité  
 c: Accostage simple, exposé  
 d: Accostage normal, exposé  
 e: Accostage difficile, exposé

Déplacement $M_D$ [t]	a	b	c	d*	e**
1,000	0.179	0.343	0.517	0.669	0.865
3,000	0.136	0.269	0.404	0.524	0.649
5,000	0.117	0.236	0.352	0.459	0.558
10,000	0.094	0.192	0.287	0.377	0.448
15,000	0.082	0.169	0.252	0.332	0.391
20,000	*	0.153	0.228	0.303	0.355
30,000	*	0.133	0.198	0.264	0.308
40,000	*	0.119	0.178	0.239	0.279
50,000	*	0.110	0.164	0.221	0.258
75,000	*	0.094	0.141	0.190	0.223
100,000	*	0.083	0.126	0.171	0.201
150,000	*	*	0.107	0.146	0.174
200,000	*	*	0.095	0.131	0.158
250,000	*	*	0.086	0.120	0.146
300,000	*	*	0.080	0.111	0.137
400,000	*	*	*	0.099	0.124
500,000	*	*	*	0.090	0.115

\* Des vitesses d'accostage de calcul inférieures à 0.08 m/s ne sont pas recommandées.

\*\* L'AIPCN indique que les courbes «d» et «e» peuvent être élevées et doivent être utilisées avec prudence.



### Accostage sans remorqueur

Toutes les vitesses du graphique et du tableau supposent un accostage de navire conventionnel avec l'aide d'un remorqueur. Si aucun remorqueur n'est utilisé, les concepteurs doivent alors se reporter aux graphiques indiqués dans les documents suivants:

- (i) EAU 2004 (Fig. R40-1) (ii) ROM 2.0-11 (Table 3.4.2.3.5.2)

D'après ces codes, les vitesses d'accostage sans remorqueur peuvent être 2–3 fois supérieures dans des conditions favorables et 1.3–2.3 fois supérieures dans des conditions défavorables.

Les vitesses d'accostage concernent des navires commerciaux conventionnels. Pour les types de navires inhabituels y compris les catamarans et monocoques grande vitesse, les barges, les remorqueurs et embarcations similaires, veuillez demander conseil à ShibataFenderTeam. Concernant les navires militaires, les concepteurs peuvent se reporter aux directives du Ministère de la Défense des Etats-Unis, UFC 4-152-01 (figures 5.3 et 5.4).

## ÉNERGIE D'ACCOSTAGE

L'énergie d'accostage du navire est considérée à deux niveaux:

### ÉNERGIE NORMALE ( $E_N$ )

L'énergie d'accostage normale peut être développée systématiquement et régulièrement au cours de la durée de vie du point d'accostage sans endommager la défense. Facteurs à prendre en compte:

- ▶ Toute la gamme des navires utilisant la structure d'accostage
- ▶ Déplacements probables lors de l'accostage (pas nécessairement en pleine charge)
- ▶ Fréquence d'accostage
- ▶ Facilité ou difficulté de la manœuvre d'approche
- ▶ Conditions météo locales
- ▶ Hauteur de la marée ou force des courants
- ▶ Disponibilité et puissance des remorqueurs

### ÉNERGIE ANORMALE ( $E_A$ )

L'énergie d'accostage anormale est rarement développée au cours de la durée de vie de la défense et ne doit pas occasionner d'importants dommages pour la défense. Facteurs à prendre en compte:

- ▶ Effet d'une défaillance de la défense sur les opérations d'accostage
- ▶ Navires exceptionnels occasionnels
- ▶ Gros navires naviguant à très faible vitesse nécessitant des compétences exceptionnelles pendant les manœuvres d'amarrage
- ▶ Marchandises dangereuses et impact sur l'environnement
- ▶ Erreur humaine
- ▶ Défaillance de l'équipement

### ÉNERGIE NORMALE

L'énergie cinétique d'accostage normale ( $E_N$ ) du navire est déterminée comme suit:

$$E_N = 0.5 \times M_D \times v_B^2 \times C_M \times C_E \times C_C \times C_S$$

### FACTEUR DE SÉCURITÉ ( $\eta$ )

Le coefficient de sécurité tient compte des événements et circonstances à l'origine d'un éventuel dépassement de l'énergie d'accostage normale. L'AIPCN indique que l'avis "des concepteurs doit être d'une importance capitale dans la détermination du coefficient approprié". Il convient de veiller à éviter des coefficients de sécurité excessifs qui rendraient les défenses trop grandes ou trop dures pour de petits navires, tout particulièrement si la structure d'accostage est utilisée par une large gamme de tailles de navires. Certains coefficients de sécurité sont suggérés par l'AIPCN (également adoptés par EAU-2004, par d'autres codes et directives):

CLASSE DE NAVIRE	LE PLUS GRAND	LE PLUS PETIT	COMMENTAIRES ET INTERPRÉTATIONS	
Tankers	1.25 <sup>A</sup>	1.75 <sup>B</sup>	A: Suezmax et plus	B: Handymax et moins
Vraquiers	1.25 <sup>A</sup>	1.75 <sup>B</sup>	A: Capesize et plus	B: Handymax et moins
Gaziers	1.50 – 2.00		Aucune directive AIPCN. Sécurité essentielle donc un coefficient de sécurité important est exigé.	
Porte-conteneurs	1.50 <sup>A</sup>	2.00 <sup>B</sup>	A: Post-Panamax et plus	B: Panamax et moins
Cargos, navires de charge	1.75		Utiliser des coefficients et vitesses plus élevés si les remorqueurs ne sont pas disponibles.	
RoRo et Ferries	≥ 2.00		Des coefficients de sécurité élevés peuvent s'avérer nécessaires sur les structures d'accostage les plus exposés.	
Transporteurs de voitures	2.00		Aucune directive AIPCN. Une zone de grand vent peut rendre l'accostage difficile.	
Navires de croisière	2.00		Aucune directive AIPCN. Une zone de grand vent peut rendre l'accostage difficile.	
Ferries grande vitesse	≥ 2.00		Aucune directive AIPCN. Les navires sont peu maniables à faible vitesse.	
Remorqueurs, bateaux de servitude	2.00		Toutes formes et toutes tailles. Nombreuses inconnues.	

Sauf indication contraire, les valeurs suggérées sont tirées de l'AIPCN 2002 (Tableau 4.2.5).

### ÉNERGIE ANORMALE

L'énergie cinétique d'accostage anormale ( $E_A$ ) du navire est déterminée comme suit:

$$E_A = E_N \times \eta$$



La capacité énergétique de la défense ( $E_{RPD}$ ) doit toujours être supérieure à l'énergie anormale ( $E_A$ ). Le choix des défenses doit également tenir compte de la température de fabrication, de l'angle de compression, des températures de service et des vitesses de compression. Voir page 26.

$$E_{RPD} \geq \frac{E_A}{f_{TOL} \times f_{ANG} \times f_{TEMP} \times f_{VEL}}$$

# CHAPITRE 2

## GUIDE DE SÉLECTION DES DÉFENSES

Sélection des défenses.....	24
Capacité énergétique et Facteurs environnementaux.....	26
Efficacité de la défense .....	27
Applications des défenses .....	28
Espacement des défenses.....	29
Contact avec plusieurs défenses.....	30
Moments de flexion.....	31
Conception des boucliers.....	32
Boucliers de défenses .....	33
Répartition de la pression et Plaques à faible coefficient de frottement .....	34
Plaques à faible coefficient de frottement et Fixations .....	35
Conception des chaînes.....	36
Affaissement des chaînes et Conception des platines .....	37
Défenses Roue et Roller .....	38
Conception de Défenses en Mousse .....	40
Compression angulaire.....	41
Installation de Défenses en Mousse .....	42
Défenses Donut .....	44
Applications des Défenses Donut .....	45
Installation de Défenses Pneumatiques.....	46
Défenses Hydropneumatiques.....	47
Environnement et Prévention de la corrosion.....	48
Anodes sacrificielles, peintures et acier inoxydable .....	49
Tests de performance .....	50
Certificats de qualité.....	53
Questionnaire projet.....	54
Facteurs de conversion .....	56
Après-vente et garantie .....	58

## SÉLECTION DES DÉFENSES

Avant de choisir les défenses, le concepteur passera en revue toutes les exigences du projet ainsi que les autres informations disponibles dont les directives et codes de conception de référence. La liste ci-dessous sert de check-list pour identifier les informations tirées des spécifications et les informations manquantes exigeant d'émettre des hypothèses ou des recherches complémentaires. Certaines données de conception sont tirées de calculs. Par conséquent, il est également important de souligner si ces calculs reposent sur des informations connues et/ou supposées.



- Tailles de navires
- Types ou classes de navires
- En charge ou sur lest
- Profondeur d'eau sous la quille
  
- Mode d'accostage
- Fréquence d'accostage
- Vitesse d'approche
- Angles d'accostage
- Point d'impact
  
- Angle du dévers d'étrave
- Rayon d'étrave
- Ceintures
- Portes latérales et parties de la coque en saillie
- Niveaux de franc-bord
  
- Construction de la structure d'accostage
- Niveau du couronnement/soffite
- Largeur disponible pour la surface d'emprise de la défense
- Hauteur de fond
- Marnages de calcul
- Structure nouvelle ou existante
- Joints de dilatation ou construction
  
- Plages de température
- Ecoulements glaciaires
- Corrosivité locale

## SÉLECTION DES DÉFENSES

D'autres critères de conception des défenses peuvent être spécifiés ou supposés en fonction des meilleures pratiques, du type de structure d'accostage et des conditions locales d'après l'expérience du concepteur. De nombreux aspects sont à prendre en compte dans la conception des défenses et le bon choix permettra d'augmenter les performances, d'améliorer les opérations et de réduire la maintenance. Parfois, le plus petit détail comme une plus grande épaisseur des plaques frontales à faible coefficient de frottement ou l'ajout d'une surépaisseur de corrosion peut allonger la durée de vie à très peu de frais.

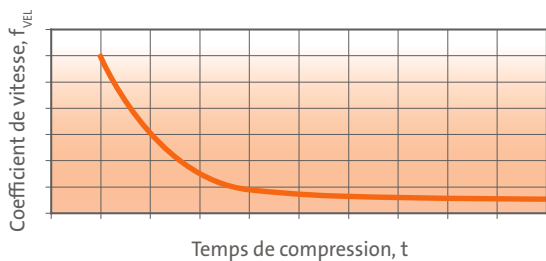
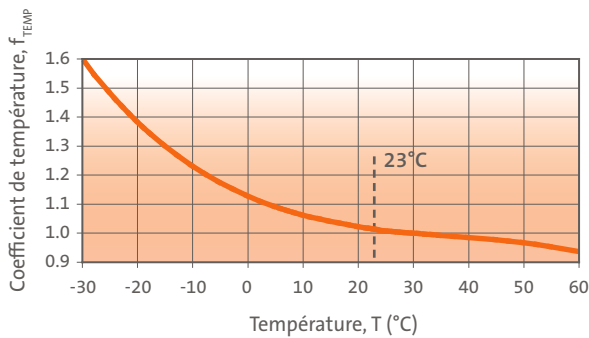
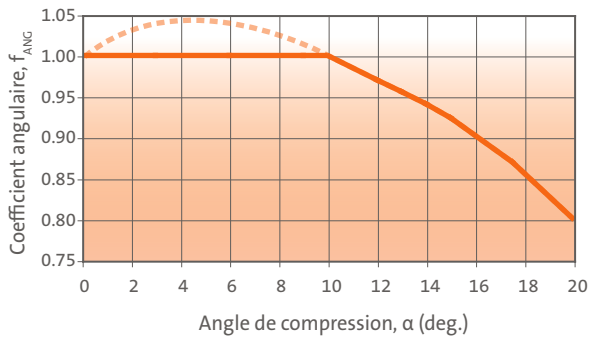


- ☑ Type de défense (fixe, flottante etc.)
- ☑ Taille et qualité des défenses
- ☑ Température, angle et vitesse
- ☑ Tolérance de fabrication
- ☑ Agrément AIPCN, ASTM ou ISO
- ☑ Test, certification et attestation
  
- ☑ Pressions sur coque
- ☑ Hauteur et largeur des boucliers
- ☑ Chanfreins ou biseaux
- ☑ Moments de flexion
- ☑ Conception des boucliers en structure ouverte ou fermée
- ☑ Nuances d'acier (limite élastique, faible température etc.)
- ☑ Surépaisseurs de corrosion
  
- ☑ Durabilité de la peinture (ISO12944 etc.)
- ☑ Épaisseur de la couche sèche
- ☑ Type de peinture
- ☑ Couleurs du revêtement
  
- ☑ Matériau des plaques de friction à faible coefficient de frottement
- ☑ Tolérance d'usure
- ☑ Couleur
- ☑ Taille et poids des plaques frontales
- ☑ Méthode de fixation et qualité des goudjons
  
- ☑ Chaînes de poids, cisaillement et tension
- ☑ Type de maillon, qualité et finition
- ☑ Fixation des platines sur la structure
- ☑ Fixation au bouclier
- ☑ Ajustement ou chaînes présentant une tolérance
- ☑ Coefficient de sécurité de la charge d'utilisation
- ☑ Maillon faible (AIPCN)
- ☑ Surépaisseur de corrosion
  
- ☑ Ancrages scellés ou ajoutés
- ☑ Qualité du matériau et finition
- ☑ Plaques de blocage ou écrous de verrouillage
- ☑ Rondelles spéciales

## CAPACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

Dans tous les cas, la défense doit être dotée d'une capacité d'absorption d'énergie supérieure ou égale à l'énergie d'accostage anormale calculée du navire (ou à l'énergie requise indiquée dans la spécification telle que définie par l'AIPCN). Il convient de tenir compte des tolérances de fabrication des défenses ( $f_{TOL}$ ) ainsi que des effets produits par la température, la vitesse ou le taux de compression ainsi que les angles de compression (à l'horizontale et à la verticale).

Différents types et matériaux de défenses réagissent différemment à ces effets. Merci de consulter le catalogue produits ShibataFenderTeam ou de demander des informations spécifiques concernant le type et le matériau utilisés. Les données indiquées sont caractéristiques des défenses SPC.



### ÉNERGIE MINIMALE DE LA DÉFENSE ( $E_F$ )

$$E_F = E_{RPD} \times f_{TOL} \times f_{ANG} \times f_{TEMP} \times f_{VEL}$$

### RÉACTION MAXIMALE DE LA DÉFENSE ( $R_F$ )

$$R_F = R_{RPD} \times f_{TOL} \times f_{ANG} \times f_{TEMP} \times f_{VEL}$$

### COEFFICIENT ANGULAIRE ( $F_{ANG}$ )

Certaines défenses sont affectées par l'angle de compression dans la mesure où certaines zones du caoutchouc ou de la mousse sont plus comprimées que d'autres. L'angle de référence est de 0°. La défense affichera une énergie minimale à l'angle de compression le plus élevé. Le coefficient angulaire  $f_{ANG}$  doit être déterminé à partir de l'angle composé (vertical et horizontal) des défenses tronconiques et axiales-cylindriques. Le coefficient  $f_{ANG}$  doit être déterminé à partir des différents coefficients verticaux et horizontaux des types linéaires comme les défenses trapézoïdales, cylindriques et en mousse. Les coefficients angulaires  $>1,0$  sont généralement ignorés.

### COEFFICIENT DE TEMPÉRATURE ( $F_{TEMP}$ )

Le caoutchouc et la mousse comme la plupart des matériaux deviennent plus souples avec la chaleur et plus raides avec le froid. La température de référence est de 23°C ( $f_{TEMP} = 1$ ). La défense affichera une énergie minimale à la température de service la plus élevée et une force de réaction maximale à la température de service la plus faible.

### COEFFICIENT DE VITESSE ( $F_{VEL}$ )

Le caoutchouc et la mousse présentent des propriétés viscoélastiques, ce qui signifie qu'ils agissent en partie comme un ressort, en partie comme un amortisseur. La vitesse d'impact initiale de référence est de 0,15 m/s. Ce coefficient dépend de la vitesse de déformation et de la taille de la défense. Ainsi, le coefficient de vitesse est déterminé à partir du temps de compression. La force de réaction maximale de la défense surviendra à la vitesse d'impact la plus élevée.

### TOLÉRANCE DE LA DÉFENSE ( $F_{TOL}$ )

La tolérance  $f_{TOL}$  est la tolérance des performances associée au type de défense, en général  $\pm 10\%$  pour les défenses en caoutchouc moulé,  $\pm 20\%$  pour les défenses en caoutchouc extrudé et  $\pm 15\%$  pour les défenses en mousse. Pour des raisons historiques, la tolérance de la défense pneumatique est de 0% pour l'énergie (désignée «absorption d'énergie garantie» ou AEG) et de  $\pm 10\%$  pour la réaction.

### PERFORMANCE NOMINALE (RPD)

La RPD correspond à la performance publiée au catalogue de la défense à 23°C, à une vitesse d'impact initiale de 0,15 m/s, avec un angle de compression de 0° et une tolérance moyenne.

L' $E_{RPD}$  est l'énergie de la défense à la RPD

La  $R_{RPD}$  est la réaction de la défense à la RPD

## EFFICACITÉ DE LA DÉFENSE

Chaque type de défense présente des caractéristiques différentes. Toute comparaison commencera par le rapport entre l'énergie au seuil de tolérance ( $E_{LET}$ ) et la réaction à la tolérance maximale ( $R_{HET}$ ). L'efficacité de la défense (Eff) représente la force exercée contre la structure par unité d'énergie absorbée.

Un seul cône	Double cône	Cylindrique	Pneumatique	Mousse
1 pce/système SPC 1000 G2.1	2 pcs/système SPC 800 G2.0	1 pce/système 1400 x 700 x 2300L	1 pce/système 2000 x 3500 (0.8)	1 pce/système OG 2000 x 4000 STD
				
$E_{LET}: 501 \times 0.9 = 451 \text{ kNm}$ $R_{HET}: 955 \times 1.1 = 1051 \text{ kN}$ Eff: $451/1051 = 0.43$	$E_{LET}: 498 \times 0.9 = 448 \text{ kNm}$ $R_{HET}: 1186 \times 1.1 = 1305 \text{ kN}$ Eff: $448/1305 = 0.34$	$E_{LET}: 506 \times 0.9 = 455 \text{ kNm}$ $R_{HET}: 1771 \times 1.1 = 1948 \text{ kN}$ Eff: $455/1948 = 0.23$	$E_{LET}: 491 \times 1.0 = 491 \text{ kNm}$ $R_{HET}: 1315 \times 1.1 = 1447 \text{ kN}$ Eff: $491/1447 = 0.34$	$E_{LET}: 540 \times 0.85 = 459 \text{ kNm}$ $R_{HET}: 1005 \times 1.15 = 1156 \text{ kN}$ Eff: $459/1156 = 0.40$

Cette comparaison ne prend en compte que l'énergie, la réaction et les tolérances de fabrication. Une comparaison plus détaillée tiendrait compte des angles de compression, de la température et de la vitesse d'impact. Il existe également d'autres facteurs dont l'aptitude à de fortes ou faibles marées, la hauteur et la déflexion de la défense, les impacts de faible niveau, la pression sur la coque, les ceintures, l'absence de marque laissée par la défense, la facilité d'installation, la maintenance, la durabilité et le prix.

### ANALYSE DES RISQUES

Chaque hypothèse soulevée lors de la conception s'accompagne d'un risque. La probabilité et la fréquence d'événements particuliers au cours de la durée de vie des défenses ou de la structure peuvent être estimées. Il ne serait pas commercialement viable d'assurer une protection contre le moindre risque mais si certains événements sont fortement probables et si ces derniers ont de graves conséquences, une analyse des risques aidera alors les concepteurs à sélectionner la défense la plus appropriée.

$$P = \left(1 - \left(1 - \frac{1}{Y}\right)^N\right) \times 100\%$$

P = Probabilité d'apparition d'un événement égale (ou supérieure) à au moins une fois sur une période donnée

Y = Période de récurrence d'un événement

N = Durée de vie

#### EXEMPLE 1

Le plus grand navire accoste 12 fois par an. Il heurte les défenses à sa vitesse maximale une fois sur 100 accostages. Il accoste selon un angle maximal une fois sur 40 accostages. On suppose dans ce cas que la durée de vie de la défense (N) est de 25 ans. La probabilité d'occurrence de cet événement à tout niveau de marée est la suivante:

$$Y = 1 / \left(12 \times \frac{1}{100} \times \frac{1}{40}\right) = 333 \text{ ans}$$

$$P = \left(1 - \left(1 - \frac{1}{333}\right)^{25}\right) \times 100\% = 7.2\%$$

Les concepteurs peuvent considérer ce chiffre comme étant significatif.

#### EXEMPLE 2

Le plus grand navire accoste 12 fois par an. Il heurte les défenses à sa vitesse maximale une fois sur 100 accostages. Il accoste selon un angle maximal une fois sur 40 accostages. On suppose dans ce cas que la durée de vie de la défense (N) est de 25 ans. La probabilité d'occurrence de cet événement au niveau de basse mer astronomique extrême (toutes les 18.5 années) est la suivante:

$$Y = 1 / \left(12 \times \frac{1}{100} \times \frac{1}{40} \times \frac{1}{18.5}\right) = 6,167 \text{ ans}$$

$$P = \left(1 - \left(1 - \frac{1}{6,167}\right)^{25}\right) \times 100\% = 0.4\%$$


Les concepteurs peuvent considérer ce chiffre comme étant insignifiant.


## APPLICATIONS DES DÉFENSES

La sélection de défenses appropriées sera un atout pour la structure d'accostage qui facilitera et sécurisera les opérations.

TYPES DE NAVIRES	SPC	CSS	FE	PM	PVT	SX	SX-P	SH	CYL	RF	WF	PNEU	HYD-PN	MOUSSE	DONUT	EXT
Tankers																
Vraquiers																
Gaziers																
Porte-conteneurs	⚠	⚠	⚠													
Cargos																
Barges																
Ferries RoRo			⚠													
Transporteurs de voitures			⚠													
Navires de croisière																
Ferries grande vitesse												⚠				
Navires militaires de surface																
Sous-marins														⚠	⚠	

APPLICATIONS	SPC	CSS	FE	PM	PVT	SX	SX-P	SH	CYL	RF	WF	PNEU	HYD-PN	MOUSSE	DONUT	EXT
Quai linéaire																
Ducs d'albe									⚠			⚠				
Monopieux																
Navires à franc-bord peu élevé						⚠	⚠	⚠	⚠			⚠		⚠		
Navires à ceinture			⚠			⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠		⚠	⚠	⚠
Dévers d'étrave accentués	⚠	⚠	⚠						⚠	⚠	⚠				⚠	
Zones de fortes marées			⚠			⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠					
Zones de faibles marées																
Navires de croisières																
Zones glaciaires	⚠	⚠														
Structures d'entrée			⚠													
Postes d'attente															⚠	
Défenses pour rampes RoRo	⚠	⚠	⚠													
Entrées d'écluse	⚠	⚠	⚠							⚠	⚠				⚠	
Murs d'écluses										⚠						
Chantiers navals										⚠	⚠					
Navire contre navire																
Défenses transportées par le navire																
Points d'accostage temporaires																

 Type de défense généralement adapté

 Adapté à certaines applications de cette catégorie

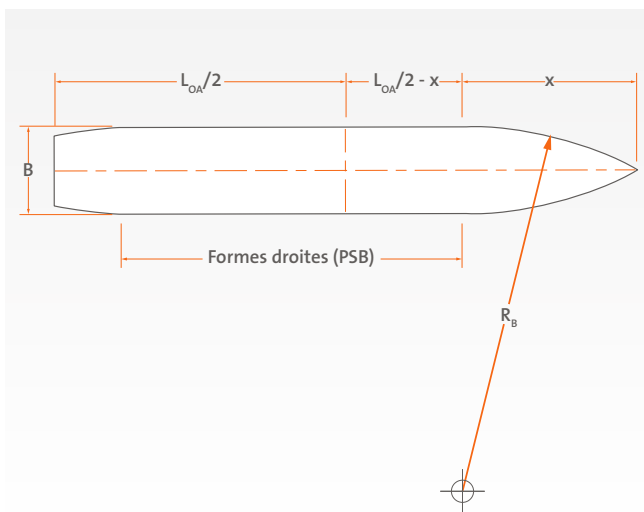
 Exige une connaissance spécialisée du produit - Consultez ShibataFenderTeam

## ESPACEMENT DES DÉFENSES

Les normes de conception telles que la BS6349 stipulent qu'une défense peut être un système unique ou bien plusieurs systèmes assez proches pour être tous mobilisés lors de l'impact d'accostage. Le rayon d'étrave, le dévers d'étrave et l'angle d'accostage du navire détermineront le choix des défenses et leur espacement.

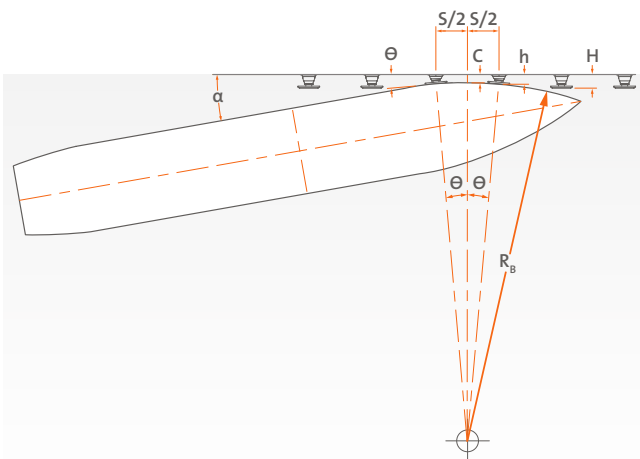
### RAYON D'ÉTRAVE

On part souvent du principe que les navires présentent une courbure de coque à rayon constant depuis la proue jusqu'aux formes droites (PSB). Les navires profilés conçus pour de grandes vitesses (à savoir, les porte-conteneurs, les navires de croisière et certains navires RoRo) présenteront une courbure d'étrave s'étirant plus vers l'arrière de la coque. Un navire conçu pour transporter un maximum de marchandises (à savoir, un vraquier ou un tanker) présentera une courbure d'étrave plus faible.



### DISTANCE ENTRE DÉFENSES

Des défenses très éloignées les unes des autres peuvent entraîner un contact des navires, plus particulièrement des plus petits, avec la structure. Dans tous les cas, un espace libre doit exister entre le navire et la structure, en général de l'ordre de 5 à 15 % de la hauteur non comprimée de la défense (incluant tout bouclier, brides d'espacement, etc.).



Le degré de courbure de l'étrave est parfois estimé à partir du coefficient de bloc du navire:

$$C_B < 0.6 \rightarrow \frac{x}{L_{OA}} \approx 0.3$$

$$0.6 \leq C_B < 0.8 \rightarrow \frac{x}{L_{OA}} \approx 0.25$$

$$C_B \geq 0.8 \rightarrow \frac{x}{L_{OA}} \approx 0.2$$

Le rayon d'étrave peut être calculé comme suit:

$$R_B = \frac{x^2}{B} + \frac{B}{4}$$

La distance entre les défenses est la suivante:

$$S \leq 2 \sqrt{R_B^2 - (R_B - h + C)^2}$$

S = Espacement des défenses

R<sub>B</sub> = Rayon d'étrave

H = Hauteur non comprimée de la défense

h = Hauteur comprimée de la défense

C = Espace entre le navire et le quai

α = Angle d'accostage

θ = Angle tangentiel avec la défense

L'angle de contact avec la défense est le suivant:

$$\theta = \text{asin} \left( \frac{S}{2 \times R_B} \right)$$

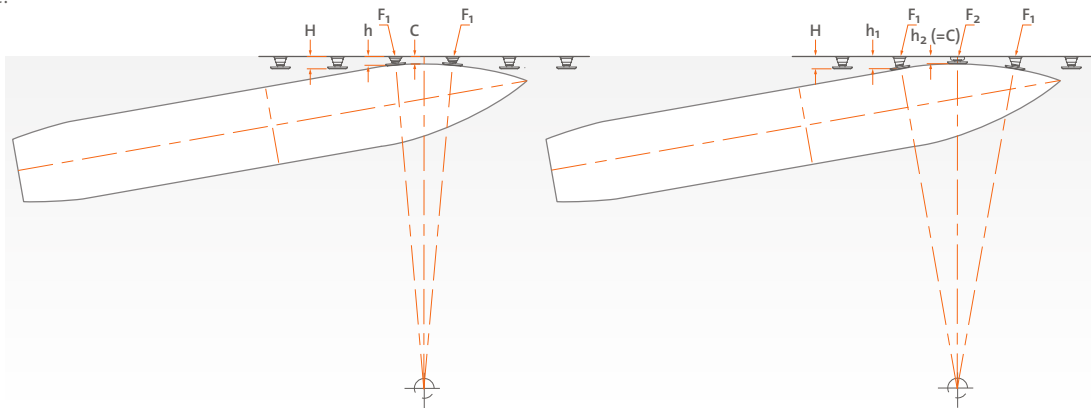
La norme BS6349 suggère ceci:

$$S \leq 0.15 L_s$$

L<sub>s</sub> = Longueur hors tout du navire le plus court

## CONTACT AVEC PLUSIEURS DÉFENSES

En fonction du rayon d'étrave et de l'espacement des défenses, les navires peuvent entrer en contact avec plus d'une défense lors de leur accostage. Dans ce cas, l'énergie d'accostage totale sera absorbée en fonction de la déflexion respective de chaque défense.



### CONTACT AVEC UN NOMBRE PAIR DE DÉFENSES (2, 4 ETC)

- ▶ L'énergie est répartie de manière égale entre deux défenses
- ▶ Déflexion réduite de chaque défense
- ▶ Plus grande réaction totale au niveau de la structure du point d'accostage
- ▶ L'espace (C) dépendra du rayon et du dévers d'étrave
- ▶ Les navires dotés d'un faible rayon d'étrave peuvent davantage se rapprocher de la structure

### DÉVERS D'ÉTRAVE

L'angle d'étrave du navire au point de contact peut réduire le vide effectif entre la coque et la structure:

$$C' = C - a \times \sin(\beta), \text{ avec}$$

$C'$  = Espace libre au niveau du dévers d'étrave

$C$  = Espace lié au rayon d'étrave et à la déflexion de la défense

$a$  = Hauteur entre la défense et le pont du navire (ou le haut de la structure, en fonction de la hauteur la plus faible)

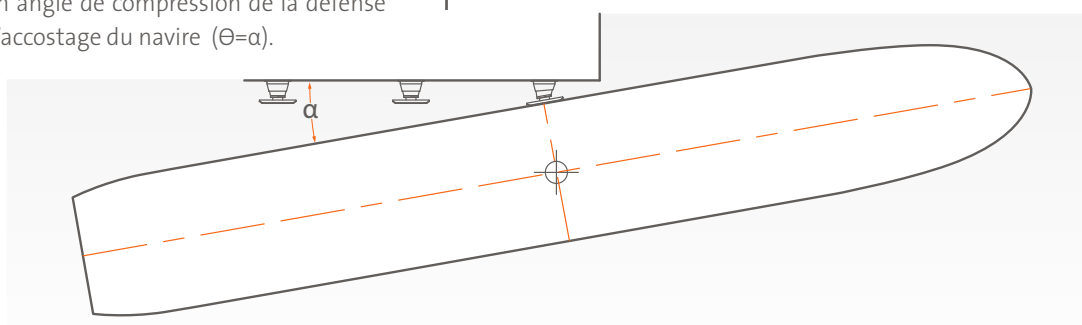
$\beta$  = Angle du dévers d'étrave (boucliers, brides d'espacement, etc.).



Toujours vérifier également l'espace entre le bouclier ou les supports et la structure.

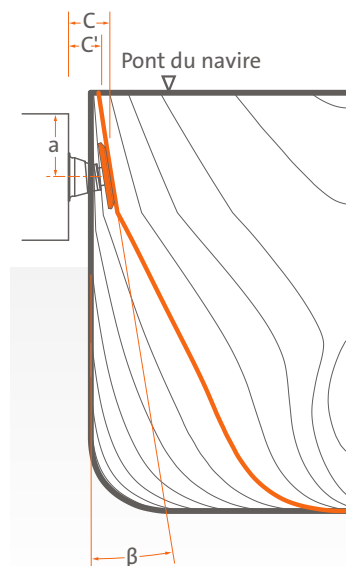
### DUCS D'ALBE ET DÉFENSES D'EXTRÉMITÉ

Sur les ducs d'albe et pour les défenses d'extrémité sur les structures d'accostage continues, il est courant de concevoir un angle de compression de la défense égal à l'angle d'accostage du navire ( $\Theta = \alpha$ ).



### CONTACT AVEC UN NOMBRE IMPAIR DE DÉFENSES (1, 3, 5 ETC)

- ▶ L'énergie est absorbée par une défense et par les défenses de chaque côté
- ▶ Une déflexion plus forte de la défense centrale est probable
- ▶ Le dévers d'étrave est important
- ▶ Contact avec une seule défense probable pour les plus petits navires
- ▶ Contact avec plusieurs défenses possible pour les plus grands navires



## MOMENTS DE FLEXION

Les boucliers des défenses sont conçus pour répartir les forces sur la coque du navire. En général, les navires touchent le bouclier de la défense en un ou deux points ou bien à plat au niveau de la coque. Cette opération génère des moments de flexion ainsi que des forces de cisaillement au niveau des boucliers. Les moments de flexion et forces de cisaillement sont calculés à partir de méthodes statiques simples. Une analyse plus détaillée s'avère nécessaire pour étudier les effets complexes des cas de charge asymétriques. Il convient de prêter une attention particulière à l'endroit où les contraintes sont concentrées, tels que les platines des chaînes et assemblages boulonnés. ShibataFenderTeam est équipé pour vous aider à réaliser des analyses structurelles avancées conformément aux codes de conception européens et autres.

### CAS DE CONCEPTION

Certains cas de conception courants sont schématisés ci-dessous:

#### CONTACT CENTRAL AVEC LA CEINTURE

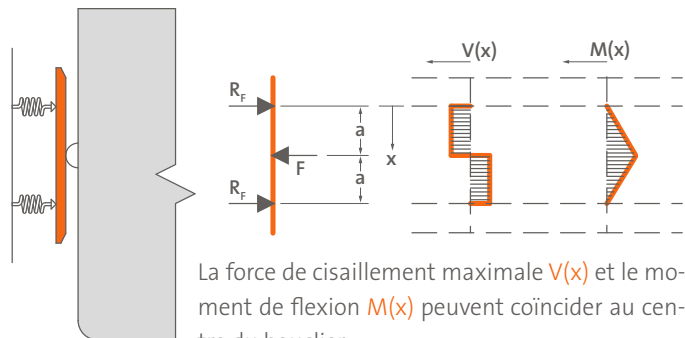
Une ceinture de navire touchant le milieu du bouclier entraînera d'importants moments de flexion. Les défenses supérieures et inférieures sont comprimées de manière égale et peuvent toutes afficher une réaction maximale.

$$L = 2a$$

$$F = 2R_F$$

$$V(x = a) = R_F$$

$$M(x = a) = F \times L / 4$$



#### CONTACT BAS AVEC LA CEINTURE

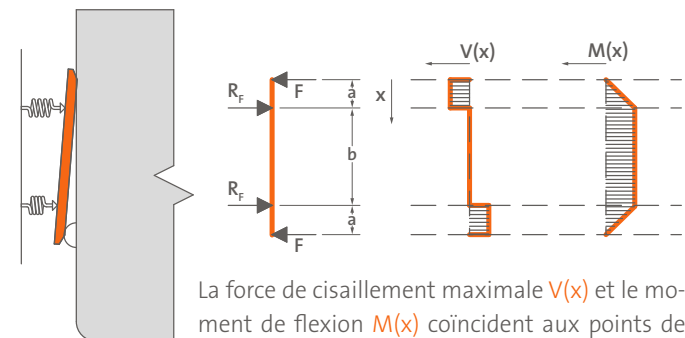
Une ceinture touchant le bas du bouclier peut entraîner une inclinaison de celui-ci et provoquer une déflexion inégale des défenses. Le haut peut toucher la coque du navire et le bouclier doit ainsi résister à la flexion sur une grande longueur.

$$L = 2a + b$$

$$F = R_F$$

$$V(x = a) = F$$

$$M(x = a) = F \times a$$



#### CONTACT AU NIVEAU DES CÔTÉS PLATS DE LA COQUE

Les navires présentant un franc-bord élevé et des côtés plats peuvent entrer en contact avec toute la surface du bouclier. Les systèmes peuvent contenir une ou plusieurs unités en caoutchouc qui seront comprimées de manière égale.

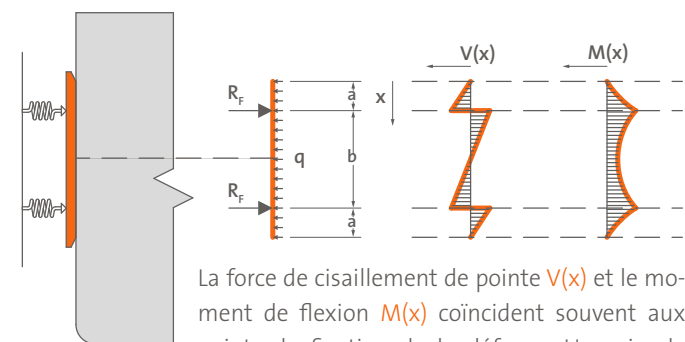
$$L = 2a + b$$

$$q = 2R_F / L$$

$$V(x = a) = q \times a$$

$$M(x = a) = q \times a^2 / 2$$

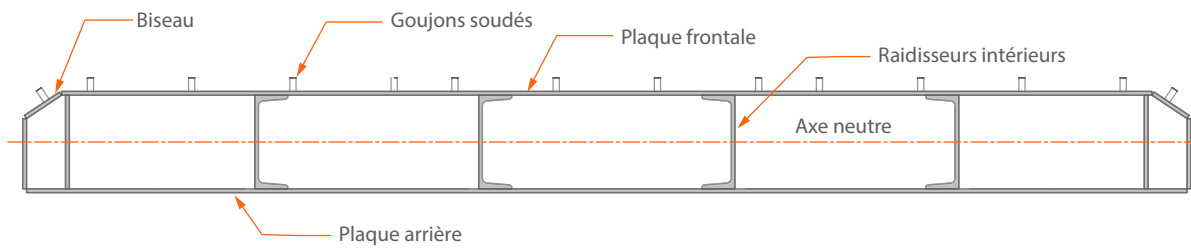
$$M(x = L/2) = M(x = a) - q \times b^2 / 8$$



## CONCEPTION DES BOUCLIERS

La plupart des boucliers modernes sont conçus en structure fermée. Ce procédé présente un rapport résistance/poids élevé et génère ainsi une forme extérieure simple facile à peindre et à entretenir. L'intérieur du bouclier subit un essai de pression pour confirmer qu'il est étanche à toute entrée d'eau et totalement isolé de l'extérieur.

La section transversale type d'un bouclier comprend plusieurs raidisseurs verticaux, en général des poutres ou profilés en T fabriqués en tôle. L'épaisseur des plaques extérieures, la taille et le type des raidisseurs dépendront de nombreux facteurs. Les ingénieurs ShibataFenderTeam vous conseilleront sur la meilleure conception adaptée à chaque cas.

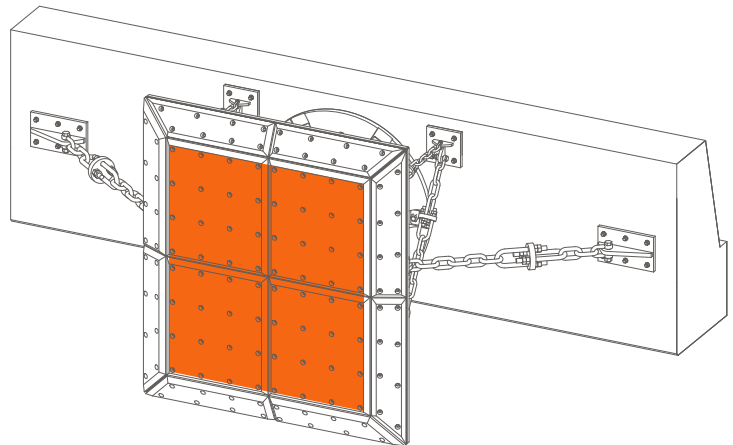


De nombreuses contraintes sont exercées sur le bouclier telles que la flexion, le cisaillement, la torsion, l'écrasement et la fatigue.

Le milieu marin exige de bonnes peintures empêchant toute corrosion de l'acier et permettant de maintenir la résistance du bouclier.

De basses températures exigent des nuances d'acier spéciales qui ne se fragilisent pas.

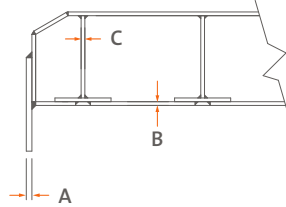
Les plaques frontales doivent être bien fixées au bouclier tout en permettant un remplacement facile pendant la durée de vie de la défense.



## BOUCLERS DE DÉFENSES

### ÉPAISSEUR D'ACIER

L'AIPCN 2002 recommande une épaisseur d'acier minimum pour la construction des boucliers. Les profilés seront souvent plus épais que les exigences minimales requises pour des systèmes de fabrication robustes et très résistants.



A	Exposé des deux côtés	≥ 12 mm (1/2")
B	Exposé sur un côté	≥ 9 mm (3/8")
C	Intérieur (non exposé)	≥ 8 mm (5/16")

### NUANCES D'ACIER

Les boucliers sont fabriqués en acier de construction soudable. La nuance utilisée peut dépendre des conditions locales et de sa disponibilité. Certaines nuances d'acier types sont indiquées ci-dessous.

#### NUANCES EUROPÉENNES COURANTES

EN10025	Limite d'élasticité N/mm <sup>2</sup>	Traction N/mm <sup>2</sup>	Temp °C
S235JR	235	360	N/A
S275JR	275	420	N/A
S355J2	355	510	-20
S355J0	355	510	0

#### NUANCES AMERICAINES COURANTES

ASTM	Limite d'élasticité N/mm <sup>2</sup>	Traction N/mm <sup>2</sup>	Temp °C
A36	250	400	*
A572-42	290	414	*
A572-50	345	448	*

\*Les nuances d'acier ASTM pour basses températures doivent spécifier la valeur de Charpy exigée et la température de test.

### POIDS DES BOUCLERS

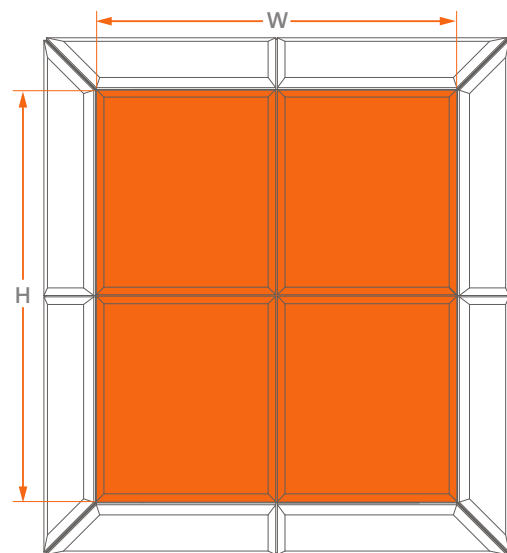
Chaque conception de défense est différente mais ce tableau peut être utilisé en règle générale pour les calculs initiaux des autres composants comme les chaînes.

**Boucliers standard:** 200–300 kg/m<sup>2</sup>    **Boucliers résistants:** 300–400 kg/m<sup>2</sup>    **Boucliers très résistants:** > 400 kg/m<sup>2</sup>

### PRESSIONS SUR LA COQUE

De nombreux navires peuvent résister à une pression limitée sur leur coque. Il est donc important de déterminer la pression de contact probable avec la défense en fonction du franc-bord et des marées pour s'assurer que les limites autorisées ne seront pas dépassées. En l'absence d'informations plus détaillées, les directives AIPCN ci-dessous sont généralement utilisées.

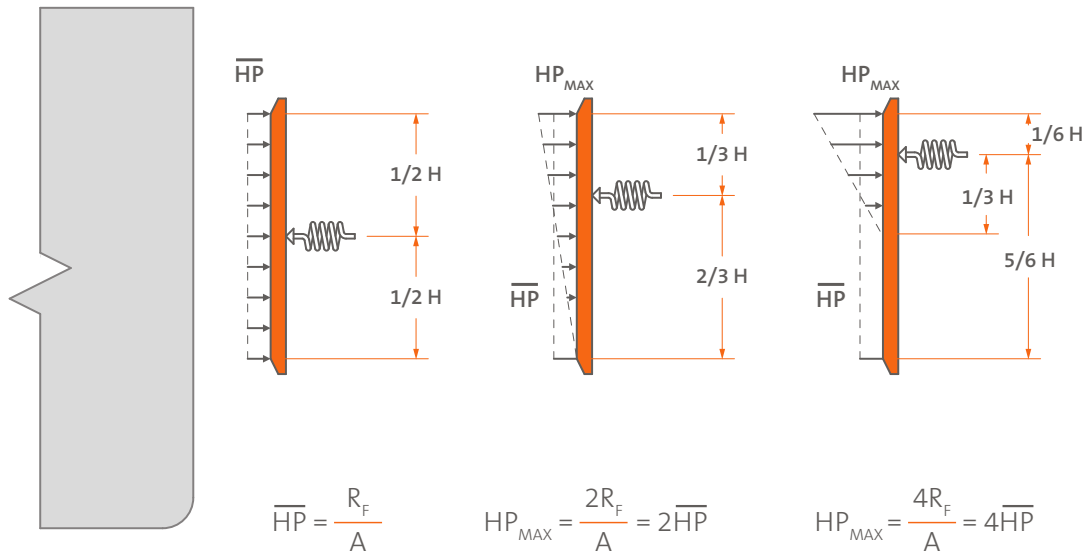
CLASSE	TAILLE	PRESSION kN/m <sup>2</sup> (kPa)
Tankers	Handysize	≤ 300
	Handymax	≤ 300
	Panamax ou plus	≤ 350
	VLCC	150–200
Vraquiers	Toutes tailles	≤ 200
Porte-conteneurs	Feeder	≤ 400
	Panamax	≤ 300
	Post-Panamax	≤ 250
	ULCS	≤ 200
Cargos	≤ 20,000 TPL	400–700
	> 20,000 TPL	≤ 400
RoRo et Ferries	Sans objet – généralement à ceinture	



- $\overline{HP}$  = Pression moyenne sur coque (kN/m<sup>2</sup> ou kPa)  
 $\Sigma RF$  = Réaction totale de la défense (kN)  
 $W$  = Largeur du bouclier plat (m)  
 $H$  = Hauteur du bouclier plat (m)  
 $A$  = Zone de contact du bouclier plat (m)

## RÉPARTITION DE LA PRESSION

La pression sur la coque est répartie de manière uniforme si la réaction de la défense au niveau du bouclier est symétrique. Si la réaction de la défense est excentrée, la pression maximale sur la coque est supérieure bien que la pression moyenne sur la coque reste identique. Les exemples suivants illustrent des cas de conception types. Il est courant d'utiliser un dispositif de défense empêchant la pression maximale sur la coque de dépasser le double de la pression moyenne sur la coque.



## PLAQUES À FAIBLE COEFFICIENT DE FROTTEMENT

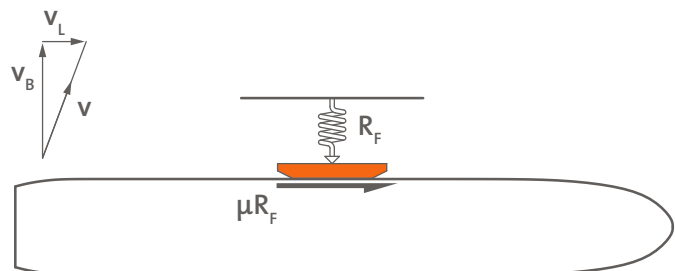
Les plaques en polyéthylène à poids moléculaire ultra élevé (PE-UHMW) sont des panneaux remplaçables fixés sur les boucliers des défenses. Une bonne résistance à l'usure associée à une surface à faible frottement évite d'endommager les coques et la peinture des navires. Ces plaques permettent également de réduire les forces de cisaillement au niveau des chaînes.

De grandes plaques en PE-UHMW sont frittées à partir de granulés de polymère. Elles peuvent ensuite être rabotées, découpées, percées et chanfreinées afin de créer des plaques individuelles. Elles sont fixées au bouclier à l'aide de goujons soudés, boulons ou fixations surbaissées.

Le PE-UHMW est disponible dans des nuances pures et régénérées, de nombreuses couleurs et épaisseurs afin de s'adapter aux applications standard, intensives et extrêmes.

Matériaux		Coefficient de frottement ( $\mu$ )	
Matériau 'A'	Matériau 'B'	Minimum	Conception*
PE-UHMW	Acier (trempé)	0.1–0.15	$\geq 0.2$
PE-UHMW	Acier (sec)	0.15–0.2	$\geq 0.2$
PE-HD	Acier	0.2–0.25	$\geq 0.3$
Caoutchouc	Acier	0.5–0.8	$\geq 0.8$
Bois	Acier	0.3–0.5	$\geq 0.6$

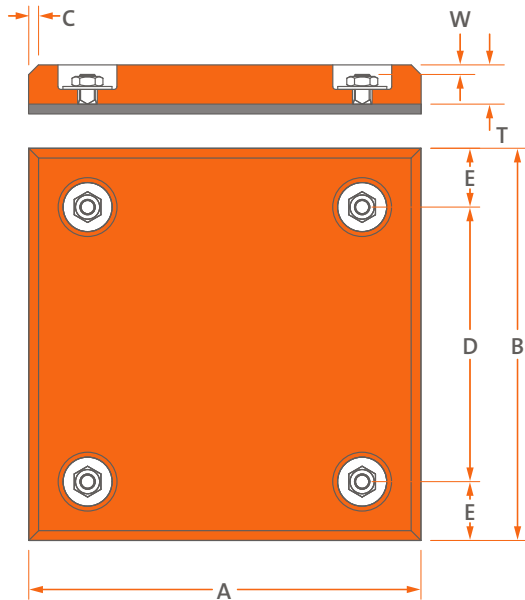
\* Une valeur de conception supérieure est recommandée pour tenir compte des autres facteurs tels que la rugosité, la température et la pression de contact qui peuvent affecter le coefficient de frottement.



Le frottement est important dans la conception de défenses appropriées. Les navires bougent inévitablement contre la face du bouclier, ce qui génère des forces pouvant altérer la géométrie de déflexion des défenses. Grâce à un frottement réduit et à des chaînes bien conçues, ces effets sont minimisés.

## PLAQUES À FAIBLE COEFFICIENT DE FROTTEMENT

Le choix des plaques et le procédé de fixation doivent tenir compte de certains facteurs comme l'impact, l'usure ou l'abrasion causés par les ceintures, la houle et la fréquence d'utilisation. Si l'accès s'avère difficile, une tolérance d'usure supplémentaire peut s'avérer utile pour réduire la maintenance et les coûts sur toute la durée de vie de la défense.



Plaque (T)	Poids	Taille de fixation	Usure(W)*
[mm]	[kg/m <sup>2</sup> ]		[mm]
30*	28.5	M16	5
40*	38.0	M16	10
50	47.5	M20	15

\* Pour écrou à embase

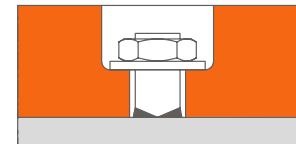
Implantation	[mm]
Chanfrein (C)	15
Espacement des boulons (D)	300 – 400
Distance du bord (E)	> 70

Autres dimensions disponibles sur demande.

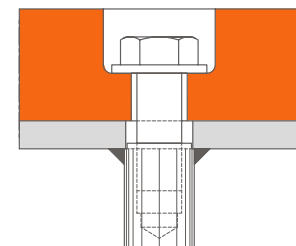
## FIXATIONS DES PLAQUES

Les plaques frontales en PE-UHMW sont fixées de diverses manières en fonction du type de bouclier. Des goujons ou écrous borgnes avec boulons sont généralement utilisés pour les boucliers en structure fermée. Des écrous standards sont utilisés pour les structures et boucliers ouverts. Des fixations abaissées peuvent offrir une plus grande tolérance d'usure. De plus grandes rondelles sont nécessaires pour répartir les charges et empêcher toute retenue. L'épaisseur de PE sous la tête de la rondelle représente en général 25 à 35 % de l'épaisseur de la plaque.

Fixation par goujon / écrou à embase



Boulon avec écrou borgne

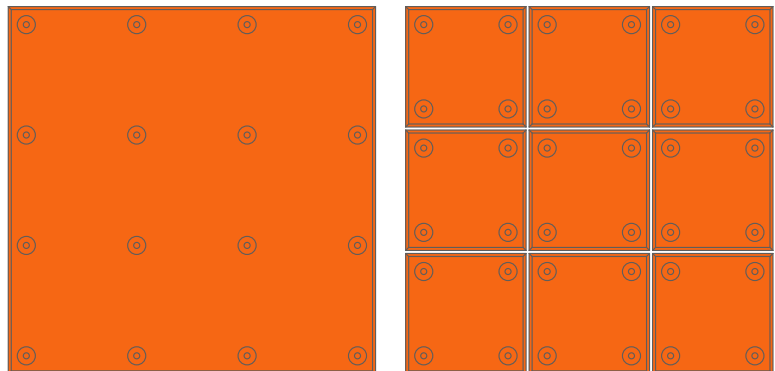


## PLAQUES DE COULEUR

Les plaques PE-UHMW peuvent être fabriquées dans de nombreuses couleurs pour offrir une plus grande visibilité ou faciliter la différenciation entre les points d'accostage. Couleurs habituelles: noir, blanc, gris, jaune, bleu et vert.

## PETITES OU GRANDES PLAQUES

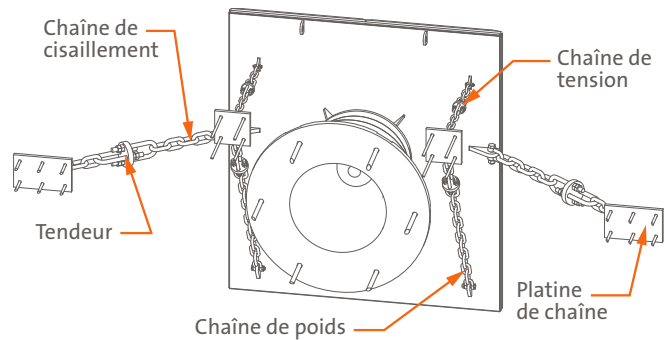
Les grandes plaques ont plus de fixations et peuvent durer plus longtemps. Les petites plaques sont plus légères, plus faciles à remplacer et moins coûteuses. Dans certains pays, le poids de levage maximum (souvent 25 kg) peut définir la plus grande taille possible de plaque.



## CONCEPTION DES CHAÎNES

Les chaînes sont utilisées pour maîtriser la géométrie de la défense pendant l'impact et empêcher tout mouvement excessif des boucliers. Elles peuvent aider à supporter le poids des grands boucliers, empêchant ainsi tout affaissement ou abaissement, et également à augmenter les déflexions du caoutchouc et l'absorption d'énergie pour de faibles impacts.

- ▶ Les chaînes de cisaillement sont utilisées pour limiter le mouvement horizontal.
- ▶ Les chaînes de poids limiteront le mouvement vertical et réduiront tout affaissement ou abaissement.
- ▶ Les chaînes de tension agissent conjointement avec les chaînes de poids pour limiter l'affaissement et peuvent également améliorer la performance lors de faibles impacts.
- ▶ Les platines des chaînes peuvent être ancrées, boulonnées, soudées ou scellées dans la structure.
- ▶ Les tendeurs limitent le mou des chaînes lié aux tolérances ou à l'usure.



La longueur (L) et l'angle statique ( $\alpha_0$ ) sont les facteurs les plus importants dans la détermination de la charge et de la dimension des chaînes.

T = Charge d'utilisation par assemblage de chaîne (kN)

$R_F$  = Réaction de la défense (kN)

$\mu$  = Coefficient de frottement

G = Poids du bouclier des plaques PE etc. (kN)

L = Longueur de chaîne (de goupille à goupille) (m)

$\Delta$  = Déflexion de la défense (m)

n = Nombre de chaînes agissant ensemble

$\alpha_0$  = Angle statique de la(des) chaîne(s), défense non déviée (degrés)

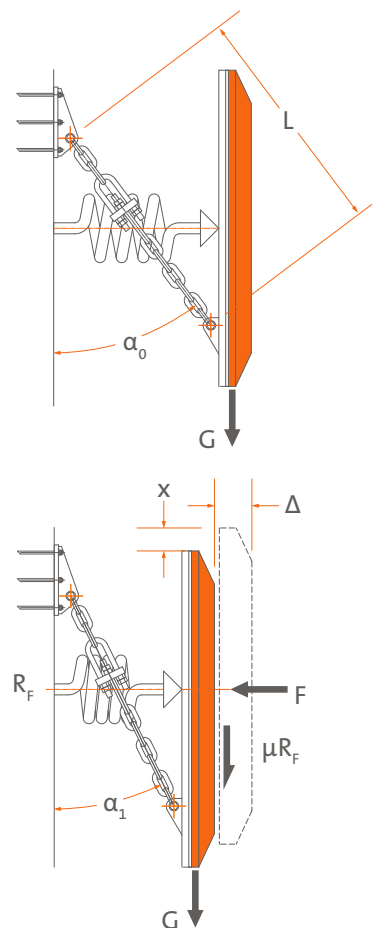
$\alpha_1$  = Angle dynamique de la(des) chaîne(s), défense déviée (degrés)

x = Mouvement du bouclier lié à l'arc de chaîne (m)

$$\alpha_1 = \sin^{-1} \left[ \frac{(L \times \sin \alpha_0) - \Delta}{L} \right]$$

$$x = L \times (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_0)$$

$$T = \frac{G + \mu \times R_F}{n \times \cos \alpha_1}$$



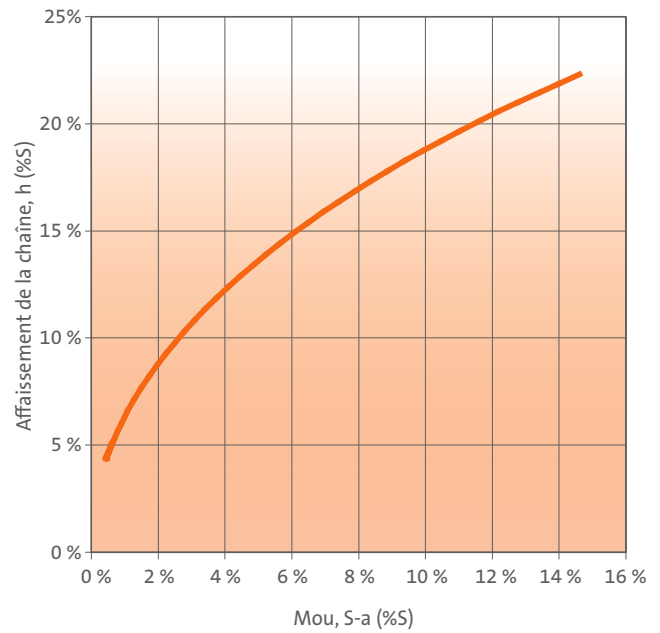
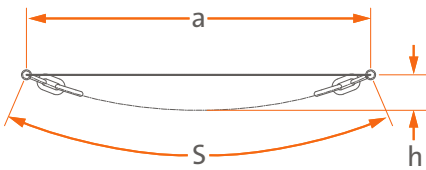
### NOTES DE CONCEPTION

- (1) La chaîne est souvent soumise à des charges maximales lorsque la défense affiche une réaction maximale à environ la moitié de la déflexion nominale.
- (2) Pour les chaînes de cisaillement, G = 0
- (3) ShibataFenderTeam recommande un coefficient de sécurité ( $\eta$ ) de 2 pour la plupart des applications mais un coefficient supérieur peut être utilisé sur demande.
- (4) Un élément ou maillon faible peu coûteux et facile à remplacer devrait être inclus à l'assemblage de la chaîne afin d'éviter tout dommage du bouclier ou de la structure en raison d'une surcharge.

## AFFAISSEMENT DES CHÂÎNES

Il est parfois spécifié que les chaînes ne doivent présenter aucun mou ni affaissement mais cela semble peu réaliste et inutile. Même un mou très faible ( $S-a$ ) de l'ordre de 2 % de la longueur de la chaîne ( $S$ ) entraînera un affaissement de la chaîne au centre ( $h$ ) égal à presque 9 % de la longueur de la chaîne.

Par exemple, une chaîne de 2,000 mm de long avec un mou de 40 mm s'affaissera au milieu de plus de 170 mm. La même chaîne présentant seulement un mou de 7 mm s'affaissera quand même d'environ 50 mm.

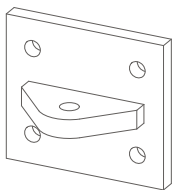


## CONCEPTION DES PLATINES

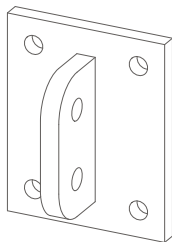
Les platines des chaînes peuvent être adaptées à des structures existantes ou nouvelles, en acier ou béton. La platine doit être nettement plus résistante que l'élément le plus faible de la chaîne. Sa conception doit permettre à la chaîne de pivoter librement sur tout son arc de cercle et de ne pas interférer avec d'autres platines, avec le bouclier ou le corps en caoutchouc de la défense pendant la compression. La patte principale doit être assez épaisse ou comprendre des plaques d'écartement pour supporter correctement la taille et le type de manille qui convient.

La dimension de la soudure retenant la patte de fixation sur la plaque de base est essentielle et doit être soumise aux ingénieurs ShibataFenderTeam pour en connaître la conception détaillée. La taille, la qualité et les positions des ancrages ou boulons de fixation doivent être évaluées lors de la phase de conception détaillée.

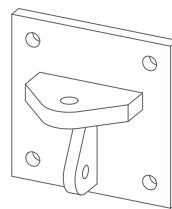
### SIMPLE



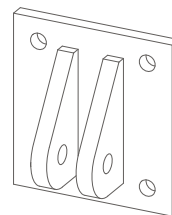
### DOUBLE



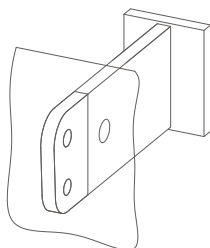
### DEUX PLANS



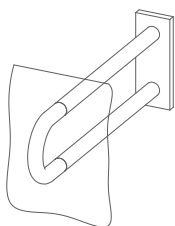
### FIXATION JUMELLE



### FIXATION DOUBLE INSÉRÉE



### ANCRAGE EN U INSÉRÉ



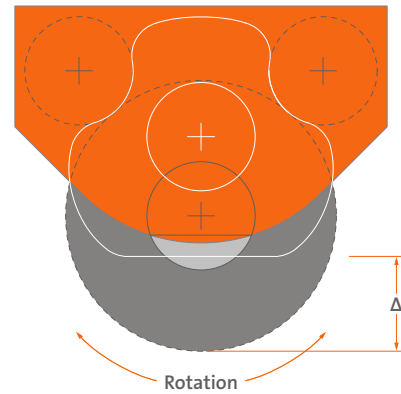
Veuillez contacter ShibataFenderTeam pour obtenir des conseils sur le type, la taille, le matériau et la finition des platines de chaîne qui conviennent.

## DÉFENSES ROUE ET ROLLER

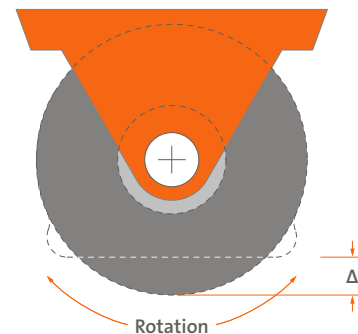
Les défenses type roue présentent un axe de coulissement et des rouleaux afin d'augmenter la déflexion et l'énergie, et s'adapter ainsi aux entrées d'écluse et aux angles vifs sensibles des points d'accostage.

Les défenses type roller présentent un axe fixe ne permettant quasiment aucune résistance à la rotation et servent à guider les navires à l'intérieur des écluses et cales sèches.

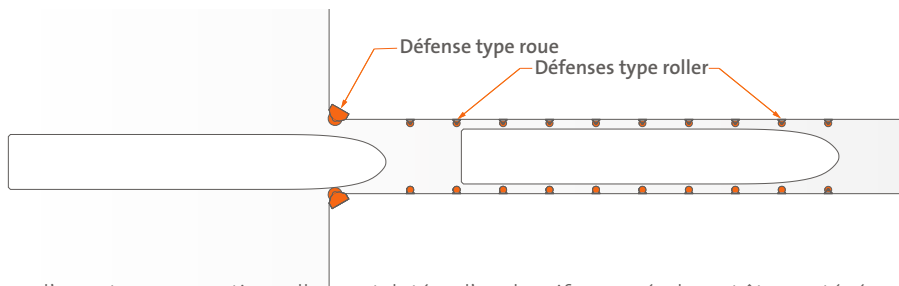
### DÉFENSE TYPE ROUE



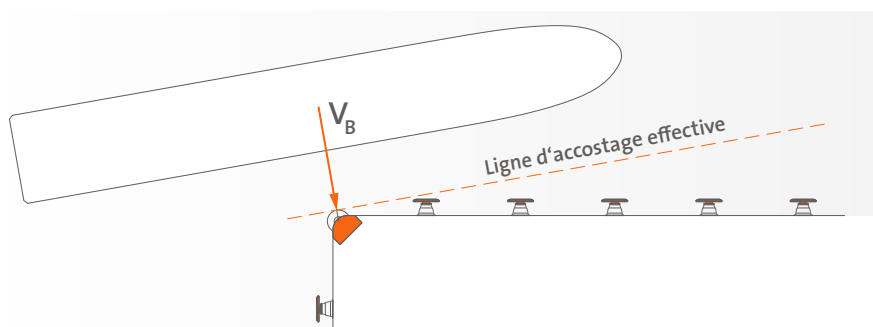
### DÉFENSE TYPE ROLLER



Pendant l'approche en direction d'une écluse ou d'une cale sèche, le navire est presque parallèle au mur de l'écluse mais peut être plus proche d'un côté. La proue entre en contact avec la défense type roue qui dévie le navire. Au fur et à mesure de l'entrée du navire, les défenses type roller servent de guides pour protéger la coque et le mur de l'écluse.



Certaines structures d'accostage conventionnelles sont dotées d'angles vifs exposés devant être protégés par des défenses type roue. Bien que le navire puisse former un grand angle avec les défenses principales, la ligne d'accostage effective sur la défense type roue reste à 0°. Dans de nombreux cas, un impact à mi-longueur doit être envisagé.



### CAS D'IMPACT SPÉCIAL

Si le navire entre dans l'écluse ou la cale sèche, l'impact avec la défense type roue peut se produire au niveau de la proue. La ligne d'accostage effective est tangentielle à la proue.

Pour calculer l'énergie, la composante de la vitesse perpendiculaire à la ligne d'accostage est nécessaire:

$$V_B = V \times \sin \Theta$$

$\alpha$  = Angle de dérive du navire (route vraie)

De telles manœuvres sont difficiles et la vitesse d'avancée du navire est assez lente. Les valeurs de conception types sont les suivantes:

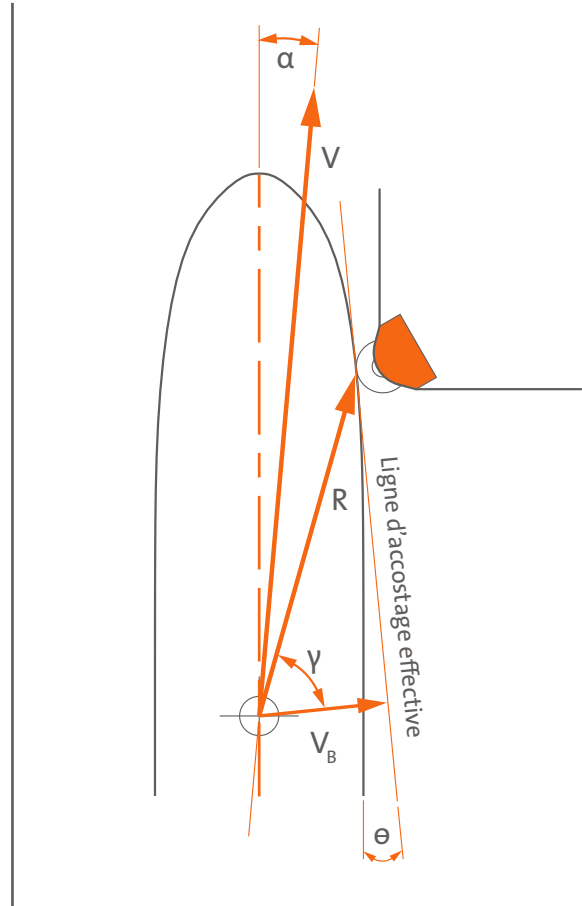
$$V \leq 1 \text{ m/s}$$

$$\alpha \leq 10^\circ$$

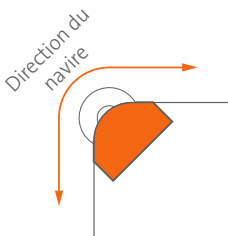
$$\Theta \leq 5^\circ$$

$$V_B < 1.0 \times \sin (5^\circ + 10^\circ) = 0.26 \text{ m/s}$$

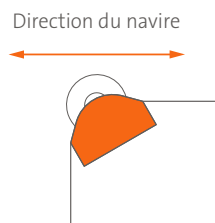
L'angle de la ligne d'accostage effective est supérieur pour les impacts plus proches de la proue mais la distance entre le centre de masse et le point d'impact (R) augmente également. La valeur du coefficient d'excentricité ( $C_e$ ) doit être considérée avec attention. Demandez conseil à ShibataFenderTeam.



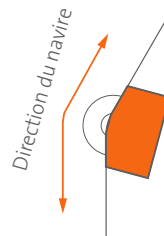
Pour une performance optimale, les défenses type roue doivent être orientées en fonction de l'angle prévu du navire.



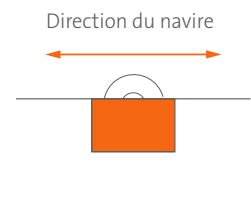
45° avec chaque point d'accostage



0–30° à partir de la ligne d'accostage principale



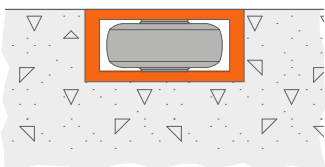
Même décalage par rapport à chaque point d'accostage



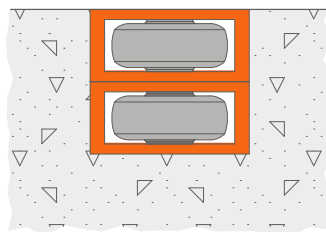
Parallèle à la direction

Les défenses à roue unique sont utilisées en cas de faible variation du niveau d'eau. Les défenses à roues multiples ou empilées sont utilisées pour de fortes marées ou de fortes variations du niveau d'eau.

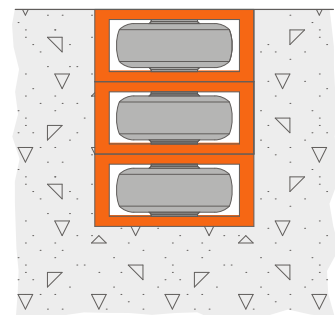
#### ROUE UNIQUE



#### ROUE DOUBLE



#### ROUE TRIPLE





## CONCEPTION DE DÉFENSES EN MOUSSE

Les défenses en mousse sont disponibles dans de nombreuses configurations. Les Défenses Ocean Guard et Ocean Cushion peuvent être utilisées en version flottante ou suspendues au quai. Les Défenses Donut sont soutenues par un pieu, montent et descendent avec la marée. Les Défenses en Mousse sont dotées d'un certain nombre de caractéristiques uniques à prendre en compte lors de la conception. Parmi ces caractéristiques, on trouve la température ambiante, l'angle de compression et le nombre de cycles.

## QUALITÉ DE MOUSSE ET CYCLES

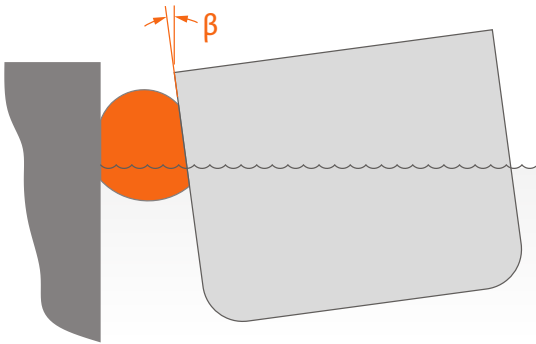
Le noyau de mousse se compose de polyéthylène réticulé à cellules fermées comprenant plusieurs millions de petites poches d'air. Des mousses plus souples présenteront de plus grandes poches d'air et une plus faible densité. Des mousses plus rigides présenteront de plus petites poches d'air et une plus forte densité. Au bout de multiples compressions, la raideur de la mousse s'atténuera en raison de la relaxation de contrainte. La performance de référence des défenses en mousse est jugée atteinte au bout du troisième cycle de compression.

QUALITÉ DE MOUSSE		NOMBRE DE CYCLES DE COMPRESSION (n)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	100
Faible réaction	LR	1.30	1.07	<b>1.00</b>	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.91	0.88
<b>Standard</b>	<b>STD</b>	<b>1.31</b>	<b>1.07</b>	<b>1.00</b>	<b>0.97</b>	<b>0.95</b>	<b>0.94</b>	<b>0.93</b>	<b>0.92</b>	<b>0.92</b>	<b>0.91</b>	<b>0.88</b>
Haute capacité	HC	1.40	1.09	<b>1.00</b>	0.96	0.94	0.92	0.91	0.90	0.89	0.89	0.85
Très haute capacité	EHC	1.45	1.10	<b>1.00</b>	0.95	0.93	0.91	0.90	0.89	0.88	0.88	0.83
Ultra haute capacité	SHC	1.54	1.11	<b>1.00</b>	0.95	0.92	0.90	0.88	0.87	0.87	0.86	0.81

La rigidité réduite de la défense après de multiples compressions est généralement compensée par une performance supérieure à des taux de compression plus élevés due à une évaluation prudente de la performance de la défense dans le cadre d'une compression de 60%. Cela est démontré par des essais indépendants effectués en laboratoire sur nos Défenses en Mousse au cours desquels la performance évaluée atteinte était nettement inférieure à la déflection évaluée. Par conséquent, la conception des défenses en mousse doit avoir lieu sur base des valeurs issues du 3ème cycle de compression, soit les valeurs de performance indiquées dans le catalogue.

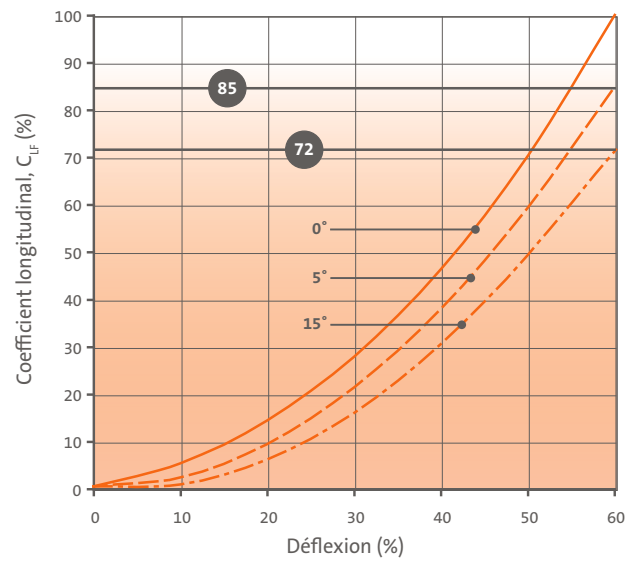
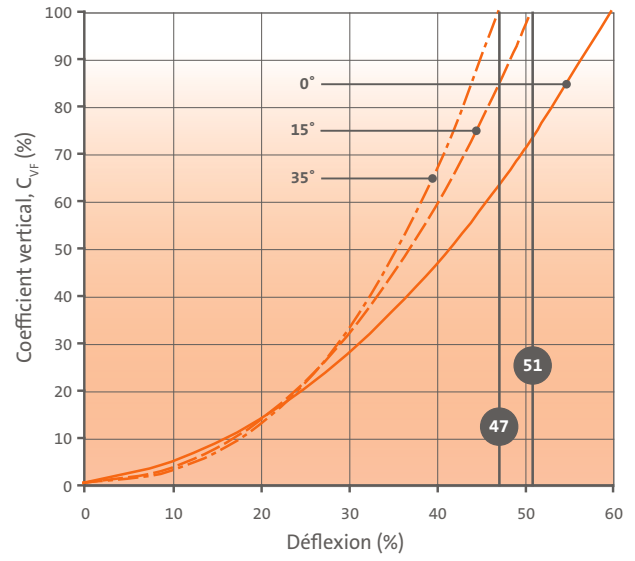
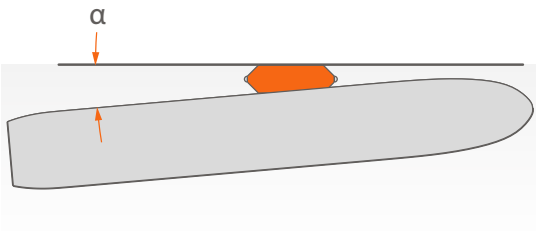
### COMPRESSION VERTICALE

Un angle de compression vertical peut se produire en raison du dévers d'étrave ou du roulis du navire.



### COMPRESSION LONGITUDINALE

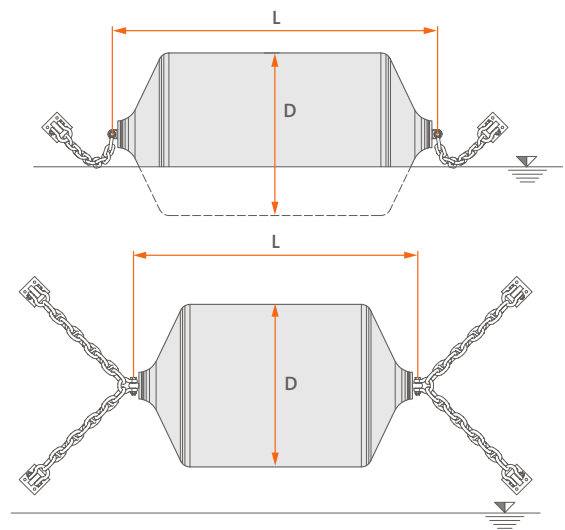
Un angle de compression longitudinal peut se produire en raison de l'accostage angulaire ou de la courbure de l'étrave.



## INSTALLATION DE DÉFENSES EN MOUSSE

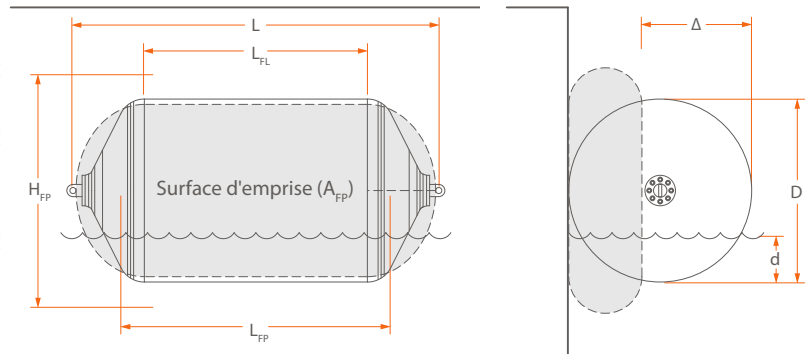
Les Défenses en Mousse peuvent flotter avec la marée ou être fixées au-dessus du niveau de l'eau. Le choix du procédé d'amarrage dépend de plusieurs facteurs:

- ▶ Marnage du site
- ▶ Angles de compression probables
- ▶ Mouvement longitudinal ou vertical des navires accostant et amarrés
- ▶ Surface d'emprise disponible sur la structure
- ▶ Abrasivité de la face de la structure
- ▶ Planéité de la face de la structure (à savoir des palplanches)
- ▶ Hauteur importante des vagues par rapport à la taille de la défense
- ▶ Accessibilité pour la maintenance



## SURFACE D'EMPRISE DE LA DÉFENSE

La hauteur et la largeur de la structure doivent être suffisantes pour permettre à la Défense Ocean Guard de s'étirer librement lorsqu'elle est comprimée. Les dimensions totales de la zone de montage doivent tenir compte de la montée et descente de la défense ainsi que de tout mouvement autorisé par le mou des chaînes.



## TIRANT D'EAU

Le tirant d'eau de l'Ocean Guard varie en fonction de la densité de mousse utilisée, de l'épaisseur du revêtement, de la taille et de la longueur des chaînes et de tout facteur pouvant réduire ou augmenter le poids de la défense. Le tableau fournit des valeurs types pour les nuances LR,STD et HC. Consultez ShibataFenderTeam pour d'autres cas de conception.

DIAMÈTRE (D) x LONGUEUR (L)	REVÊTE- MENT	PLAT	SURFACE D'EMPRISE		POIDS	TRACTION FINALE	TIRANT D'EAU (d)			
			LONGUEUR	HAUTEUR			LR	STD	HC	
[mm]	[mm]	$L_{FL}$ [mm]	$H_{FP}$ [mm]	$L_{FP}$ [mm]	$A_{FP}$ [m <sup>2</sup> ]	STD [kg]	SWL [kN]	[mm]	[mm]	[mm]
700 x 1,500	19	880	660	1,460	0.87	109	42	210	250	290
1,000 x 1,500	19	700	940	1,460	1.19	147	42	250	310	370
1,000 x 2,000	19	1,190	940	1,950	1.66	200	42	200	270	330
1,200 x 2,000	19	980	1,130	1,940	1.93	299	76	310	380	450
1,500 x 3,000	25	1,830	1,410	2,950	3.77	653	107	280	380	470
1,700 x 3,000	25	1,710	1,600	2,930	4.18	748	107	310	420	520
2,000 x 3,500	25	2,070	1,880	3,430	5.78	1,161	151	330	470	590
2,000 x 4,000	29	2,560	1,880	3,920	6.70	1,397	151	320	460	580
2,000 x 4,500	29	3,050	1,880	4,430	7.66	1,571	222	300	440	560
2,500 x 4,000	32	2,230	2,360	3,910	8.14	1,925	311	400	580	730
2,500 x 5,500	38	3,660	2,360	5,400	11.64	3,095	311	390	570	720
3,000 x 4,900	38	2,770	2,830	4,790	12.00	3,295	311	460	670	850
3,000 x 6,000	38	3,900	2,830	5,900	15.15	4,370	489	430	640	830
3,300 x 4,500	38	2,230	3,110	4,390	11.82	3,531	489	560	790	990
3,300 x 6,500	41	4,240	3,110	6,380	18.02	5,485	489	440	680	890

## INSTALLATION DE DÉFENSES EN MOUSSE

### A) AMARRAGE SUSPENDU

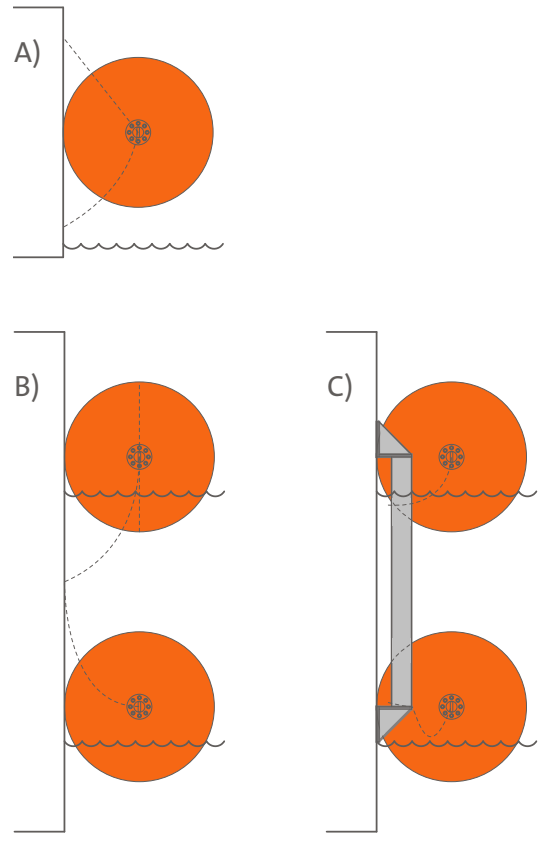
En cas de suspension totale au-dessus de l'eau, la hauteur du quai doit être supérieure à la surface d'empise de la défense plus tout mouvement autorisé par les chaînes. Une chaîne de levage est prévue pour empêcher la défense d'être soulevée ou de rouler sur le haut du quai lorsque la marée ou le tirant d'eau du navire varie.

### B) AMARRAGE FLOTTANT SIMPLE

Un amarrage flottant simple nécessite des chaînes assez longues aux marées les plus hautes et les plus basses ainsi qu'un mou supplémentaire pour empêcher un accrochage dans les chaînes et fixations de la défense. Le mouvement latéral de la défense à mi-marée doit être pris en compte dans la conception.

### C) RAIL DE GUIDAGE FLOTTANT

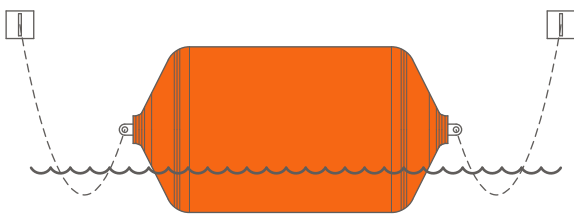
Pour un amarrage plus robuste dans des zones à fortes marées, un rail de guidage est utilisé. La chaîne est reliée à un anneau d'amarrage ou à un rouleau autour du rail. Ce dispositif permet d'uniformiser les charges des chaînes, de limiter le mouvement latéral et reste la meilleure solution pour les zones de marées.



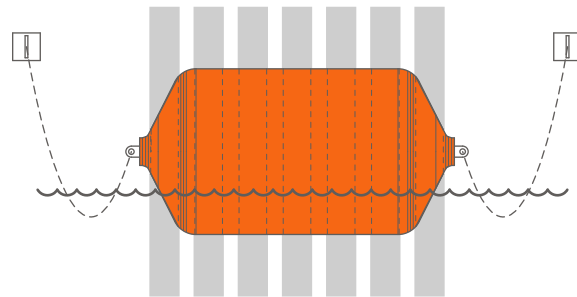
## RÉDUCTION DE L'ABRASION

Une abrasion du revêtement peut se produire si la Défense Ocean Guard est montée directement contre un quai en béton ou toute autre surface rugueuse. Le taux d'usure peut être supérieur en présence de vagues ou courants causant un mouvement continu de la défense. L'usure peut être réduite voire supprimée en plaçant une série de bandes en PE-UHMW dans la zone de réaction. D'autres matériaux comme le bois peuvent également être utilisés mais exigeront une maintenance supplémentaire.

Une fixation directe sur le béton favorise l'usure



Des bandes en PE-UHMW allongeront la durée de vie

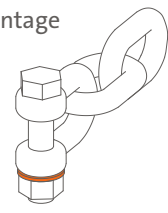


Les défenses flottantes bougeront continuellement en raison du vent, des vagues, de la marée et des courants. Au fil du temps, les manilles peuvent se desserrer par vibration (même avec une goupille). Un contrôle régulier de l'amarrage est conseillé mais pour réduire les risques de détachement des défenses, les manilles doivent utiliser un écrou de verrouillage ou bien l'écrou doit être soudé par pointage sur le corps de la manille.

Manille avec écrou de verrouillage



Manille avec soudure de pointage

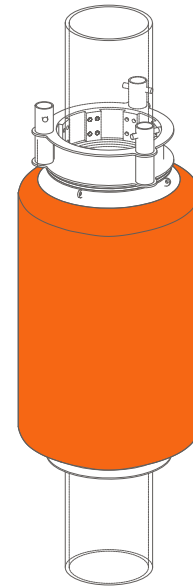
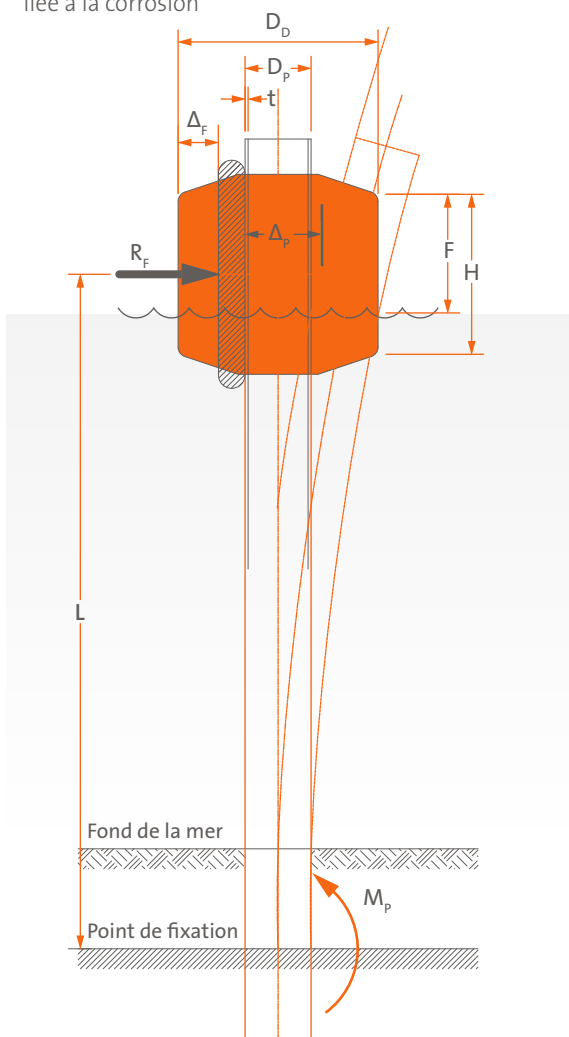


## DÉFENSES DONUT

Les Défenses Donut absorbent l'énergie par compression d'un anneau en mousse et dans la plupart des cas, par la déflexion élastique du pieu en acier. Elles sont généralement utilisées dans des zones à fortes marées, afin de servir de mur d'embecktage pour les écluses et de protéger les angles vifs des quais.

Les Défenses Donut montent et descendent le long du pieu en fonction de la marée. Par conséquent, la conception doit envisager plusieurs cas afin d'atteindre à tout moment les performances souhaitées. Chacune des variables listées ci-dessous influera sur les performances des défenses:

- ▶ Densité de la mousse (qualité)
- ▶ Diamètres intérieur et extérieur du Donut
- ▶ Hauteur du Donut
- ▶ Marnage
- ▶ Diamètre et épaisseur de paroi du pieu
- ▶ Longueur libre du pieu à partir du point de fixation
- ▶ Perte d'épaisseur du pieu au fil du temps liée à la corrosion



## FRANC-BORD

Le franc-bord (en millimètres) peut être estimé pour des tailles courantes de Donut et une mousse STD:

$$H = 0.75 \times D_D \rightarrow F = 0.963 \times H - 720$$

$$H = 1.00 \times D_D \rightarrow F = 0.946 \times H - 810$$

$$H = 1.25 \times D_D \rightarrow F = 0.938 \times H - 910$$

$$H = 1.50 \times D_D \rightarrow F = 0.929 \times H - 990$$

Pour d'autres tailles et densités de mousse, consultez ShibataFenderTeam

## DÉFLEXIONS DU PIEU

A mesure que la paroi du Donut est comprimée, la force de réaction ( $R_f$ ) entraînera une déflexion du pieu. En supposant une fixation encastree, la déflexion, la rigidité et l'énergie du pieu peuvent être estimées:

Moment du pieu:  $M_p = R_f \times L$

2ème moment de la zone:  $I_{xx} = [D_p^4 - (D_p - 2t)^4]$

Module d'élasticité de Young:  $E = 200 \times 10^9 \text{ N/mm}^2$

Déflexion du pieu:  $\Delta_p = \frac{R_f \times L^3}{3 \times E \times I_{xx}}$

Contrainte maximale du pieu:  $\sigma = \frac{M_p}{Z_{xx}}$

Énergie du pieu:  $E_p = 0.5 \times R_f \times \Delta_p$

## ÉNERGIE DU DONUT ET DU PIEU

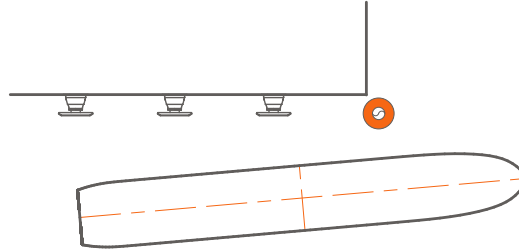
L'énergie totale absorbée par le pieu et le Donut est estimée comme suit:

Énergie totale:  $\Sigma E = E_f + E_p$

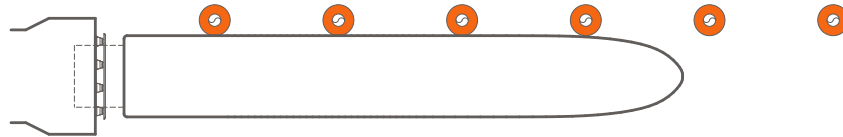
## APPLICATIONS DES DÉFENSES DONUT

Les Défenses Donut servent généralement à protéger les angles vifs ou à guider les navires vers les points d'accostage et à l'entrée des écluses.

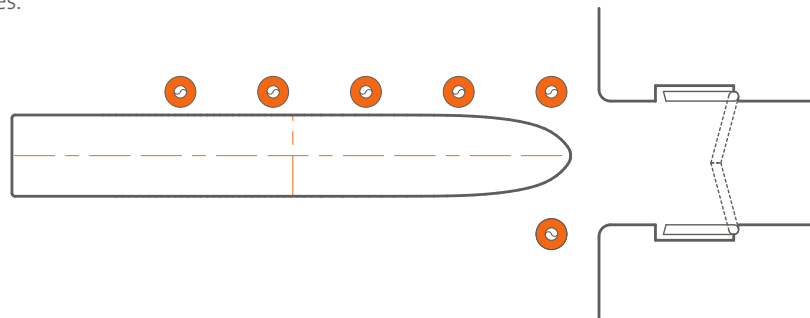
Des Défenses Donut simples ou multiples sont généralement utilisées pour protéger les angles vifs exposés des points d'accostage.



Si le navire avance ou recule en butée contre des défenses, une Défense Donut réduira les forces de frottement et de cisaillement. Elles peuvent s'avérer une solution économique pour les points d'accostage RoRo.



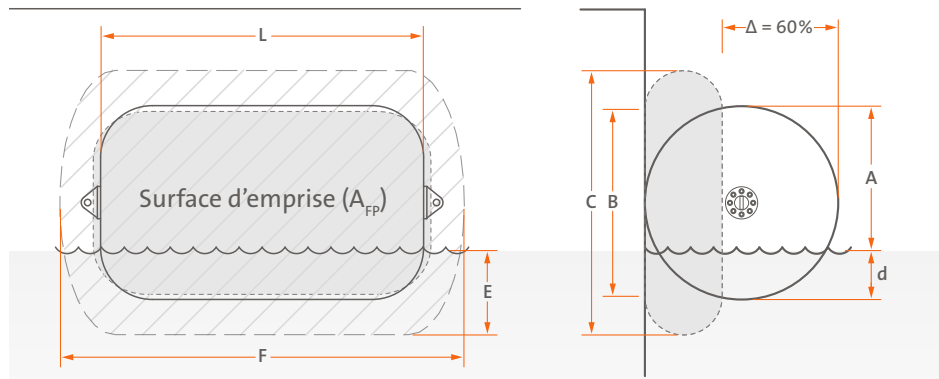
Les navires à l'approche d'une écluse ou d'une cale sèche doivent s'entraîner pour être alignés. Les Défenses Donut aident à guider les navires aux entrées étroites.



## INSTALLATION DE DÉFENSES PNEUMATIQUES

Les Défenses Pneumatiques peuvent normalement flotter, monter et descendre avec la marée. Il est important de laisser une surface suffisante au niveau du quai ou du duc d'albe pour que la défense pneumatique puisse être comprimée correctement sans risquer de monter sur le quai ou de s'écarter de la structure.

Il est également important d'utiliser une chaîne de taille, longueur et qualité adaptées avec des manilles et émerillons appropriés. Les manilles doivent être verrouillées ou soudées par pointage pour éviter tout desserrage. Il est possible de suspendre des défenses pneumatiques à la paroi du quai mais tous les types et tailles de défenses ne conviennent pas à cette utilisation et les extrémités de la défense exigent dans ce cas un renfort spécial. ShibataFenderTeam peut vous conseiller sur toutes les applications possibles.



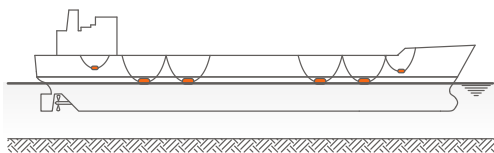
TAILLE (D X L)	A	B	C	d	E	F	CHAÎNE [mm]
φ 1,000 x 1,500 L	769	942	1,342	231	431	1,575	16
φ 1,200 x 2,000 L	949	1,130	1,610	251	491	2,100	18
φ 1,500 x 2,500 L	1,194	1,413	2,013	306	606	2,625	22
φ 2,000 x 3,500 L	1,639	1,884	2,684	361	761	3,675	28
φ 2,500 x 4,000 L	2,111	2,355	3,355	389	889	4,200	32
φ 3,300 x 6,500 L	2,698	3,109	4,429	602	1,262	6,825	44
φ 4,500 x 9,000 L	3,670	4,239	6,039	830	1,730	9,450	50

Les dimensions indiquées concernent les défenses à filet de chaînes et pneus, avec une pression initiale de 50 kPa. Pour tous les autres cas, demandez conseil à ShibataFenderTeam.

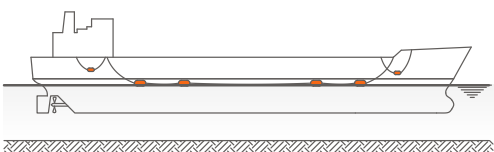
## ACCOSTAGE BATEAU CONTRE BATEAU

L'accostage bateau contre bateau (allègement) exige dans tous les cas une organisation spéciale. Il convient de veiller tout particulièrement à l'énergie d'impact et aux angles d'approche ainsi qu'aux mouvements relatifs des navires, notamment au roulis qui peut rapprocher les coques. La taille des défenses doit être choisie pour garantir une distance de sécurité entre les navires qui ne soit pas trop grande sinon les défenses peuvent rouler sur le pont d'un navire plus petit avec peu de franc-bord.

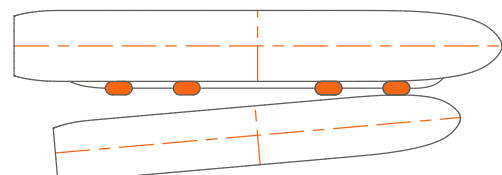
Défenses amarrées séparément



Défenses reliées sur une même chaîne



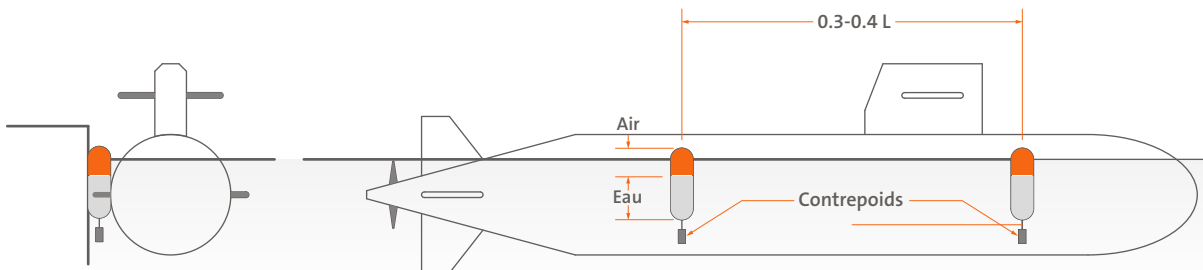
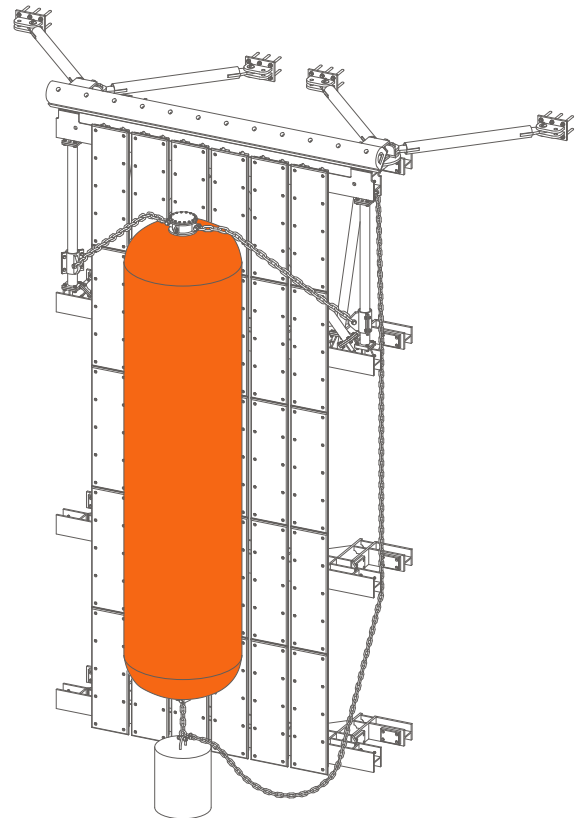
Les tailles des navires et la disposition des défenses doivent être planifiées avec soin au préalable en vue d'un accostage bateau contre bateau.



## DÉFENSES HYDROPNEUMATIQUES

Il existe plusieurs types de navires dont une grande partie de la coque se trouve sous la ligne d'eau, dont les sous-marins et plateformes pétrolières semi-submersibles. Les sous-marins en particulier présentent des coques très sensibles avec des tuiles anéchoïques et exigent donc une défense modérée et adaptée.

Les Défenses Hydropneumatiques sont remplies en partie d'eau et équipées d'un contrepoids pour rester à la verticale dans l'eau. Un châssis support ou une structure de quai plate est nécessaire pour maintenir la défense ainsi que des lignes d'amarrage pour l'empêcher de s'éloigner de sa position.



La performance des Défenses Hydropneumatiques peut être ajustée en fonction des différentes classes de navire. Pour cela, il suffit de modifier le rapport air/eau et d'ajuster la pression interne. Le tirant de la défense peut être modifié en utilisant différents contrepoids pour garantir le contact de la défense avec la plus grande largeur du navire. Pour les sous-marins, il est également important d'éviter tout hydroplanage.

## ENVIRONNEMENT

La rudesse du milieu marin impose de nombreuses exigences aux systèmes de défense. La priorité doit être donnée à la fiabilité, à la durabilité et à la résistance à la dégradation en fonction des conditions locales.

EFFET	COMMENTAIRES	TROPICAL/ SUBTROPICAL	TEMPÉRÉ	ARCTIQUE/ SUBARCTIQUE
Corrosivité	De fortes températures peuvent accélérer la corrosion tout comme de fortes concentrations de sel dans certaines zones tropicales/subtropicales. La conception doit faire appel à des peintures appropriées et à des fixations en acier inoxydable si nécessaire. Elle doit également étudier les différents surépaisseurs de corrosion pour l'épaisseur des plaques et les diamètres des maillons de chaîne afin de minimiser la maintenance.	Élevée	Modérée	Modérée
Ozone et rayons Ultra Violet (UV)	Au fil du temps, l'ozone peut entraîner une fragilisation du caoutchouc à la surface et les UV peuvent provoquer des craquelures. Les effets sont atténués par de bons matériaux et composants mais ne peuvent être supprimés.	Élevée	Modérés	Élevée
Fatigue	La fatigue peut survenir en tout lieu et doit être envisagée dans les conceptions. Toutefois, à de faibles températures, les effets des charges de fatigue peuvent être plus graves si les matériaux sélectionnés se fragilisent.	Varie	Varie	Élevée
Effets thermiques	Des températures élevées peuvent rendre le caoutchouc plus souple, réduisant ainsi l'absorption de l'énergie. De faibles températures produisent l'effet inverse et augmentent les forces de réaction. Les nuances d'acier et qualités de plastique pour de très faibles températures doivent être étudiées afin d'éviter toute fragilisation.	Élevée	Modérés	Élevée
Mouvement et vibration	Des vibrations et mouvements de navire importants peuvent se produire dans toute zone mais généralement sur des structures d'accostage exposées et terminaux en eaux profondes. La conception doit tenir compte des effets des vibrations et mouvements sur l'abrasion des plaques frontales, le desserrage des fixations et l'usure des assemblages de chaîne.	Varié	Varié	Varié

## PRÉVENTION DE LA CORROSION

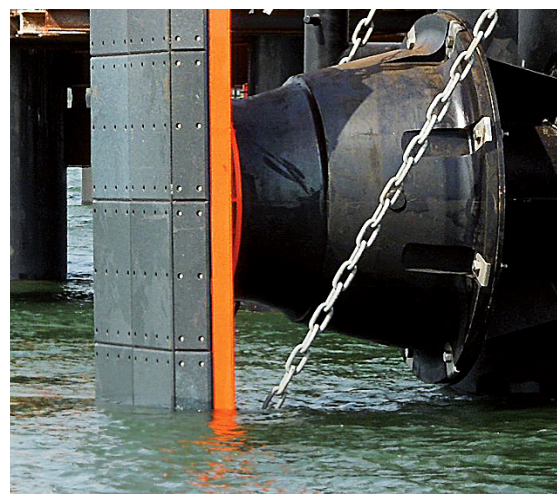
Il existe plusieurs moyens efficaces de prévenir ou réduire la corrosion des boucliers et accessoires des défenses.

### GALVANISATION

La galvanisation est l'application d'une couche de zinc sur de l'acier afin de le protéger et d'empêcher l'apparition de rouille puisque la couche de zinc va s'oxyder à la place de l'acier. Des revêtements plus épais dureront plus longtemps (dans la mesure du possible) mais une fois le zinc totalement attaqué, l'acier se trouvant en-dessous commencera à s'oxyder. La norme ISO 1461 est largement utilisée pour définir les revêtements galvanisés.

L'épaisseur de la galvanisation peut être augmentée par grenailage, décapage (attaque à l'acide) et dans certains cas par double immersion. L'épaisseur du revêtement sur les boulons doit être contrôlée afin d'éviter d'obstruer les filetages avec du zinc – la solution consiste à placer la pièce dans une centrifugeuse immédiatement après revêtement (procédé appelé «galvanisation par centrifugation»). Les épaisseurs généralement spécifiées des revêtements sont les suivantes:

Composant	Épaisseur nominale (moyenne)	Épaisseur minimum (ISO 1461)
Éléments galvanisés à chaud par immersion ( $t \geq 6$ mm)	85 $\mu\text{m}$ (610 g/m <sup>2</sup> )	70 $\mu\text{m}$ (505 g/m <sup>2</sup> )
Boulons galvanisés par centrifugation (Dia $\geq 6$ mm)	50 $\mu\text{m}$ (360 g/m <sup>2</sup> )	40 $\mu\text{m}$ (285 g/m <sup>2</sup> )



Les axes des manilles standard sont zingués mais pas galvanisés à chaud par immersion ou par centrifugation.

## ANODES SACRIFICIELLES

Les anodes sacrificielles fonctionnent de la même manière que la galvanisation mais offrent une plus grande réserve de zinc qui permet ainsi de protéger l'acier et les chaînes plus longtemps. Il est important que l'anode soit en permanence immergée afin d'éviter la formation d'une couche superficielle d'oxyde empêchant l'anode de jouer son rôle.

Les anodes généralement utilisées pour les défenses font environ 4 kg et doivent être remplacées tous les 2 à 5 ans pour une protection optimale.



Le poids de l'anode est choisi en fonction de la zone protégée et de la durée de vie de la défense. Veuillez contacter ShibataFenderTeam.

## PEINTURES

La norme ISO 12944 est largement adoptée comme norme internationale pour les peintures des boucliers. Ce code est divisé en deux catégories, les zones environnementales et les classes de durabilité. Pour une durée de service maximale en eau de mer, en zone d'embruns et intertidale, la classe C5M(H) est recommandée et offre une durée de vie type d'au moins 15 ans en supposant une inspection adéquate et une maintenance préventive.

PEINTURE	Surface	Couche(s) de base				Couche(s) de base			Total	Durée de vie
	ISO 8501	BASE	TYPE	COUCHES	ÉPAISSEUR SÈCHE	BASE	NB DE COUCHES	ÉPAISSEUR SÈCHE	ÉPAISSEUR SÈCHE	ANS
Générique	SA2.5	Epoxy/PUR	Zinc rich	1	40 µm	Epoxy/PUR	3-4	280 µm	320 µm	> 15 ans
Jotun	SA2.5	Jotacoat Epoxy		2	140 µm	TDS Hardtop PU	1	45 µm	325 µm	> 15 ans

## ACIER INOXYDABLE

Dans des milieux très corrosifs, il est recommandé d'utiliser des fixations et boulons en acier inoxydable. Les nuances d'acier inoxydable ne conviennent pas toutes au milieu marin mais les nuances les plus connues sont:

Nuance SS 316/316L	Acier inoxydable austénitique convenant à la plupart des applications de défense. Également disponible en 316S33 avec une concentration supérieure de molybdène pour une plus grande durabilité.
Duplex / Super Duplex	Les aciers inox Duplex et Super Duplex sont utilisés pour des durées de vie très longues et en cas d'accès difficile pour la maintenance.
Nuance SS 304	Cette nuance n'est pas recommandée pour un milieu marin et subit une corrosion par piqûres (fissures) une fois attaquée par le sel.



### Soudage à froid (grippage)

Le soudage à froid (également connu sous le nom de «grippage») est un phénomène pouvant affecter les fixations en acier inoxydable. Au fur et à mesure que le boulon est serré, le frottement exercé sur les filets provoque de fortes températures locales soudant les filets entre eux et rendant impossible le serrage ou desserrage de la fixation. Il est recommandé d'appliquer un produit anti-grippage (lubrifiant) adapté sur les filets avant l'assemblage.

La durabilité de l'acier inoxydable pour le milieu marin est définie par son PREN (Pitting Resistance Equivalent Number). Un PREN élevé indique une plus grande résistance mais implique généralement un surcoût.

Nom courant	EN10088 ASTM	Type	Cr (%)	Mo (%)	N (%)	PREN Cr+3.3Mo+16N
Zeron 100	1.4501	Super Duplex	24.0-26.0	3.0-4.0	0.20-0.30	<b>37.1-44.0</b>
	S32760		24.0-26.0	3.0-4.0	0.30-0.30	<b>37.1-44.0</b>
Duplex	1.4462	Duplex	21.0-23.0	2.5-3.5	0.10-0.22	<b>30.9-38.1</b>
	S31803		21.0-23.0	2.5-3.5	0.08-0.20	<b>30.5-37.8</b>
316/316L	1.4401	Austénitique	16.5-18.5	≤ 2.00	≤ 0.11	<b>24.9-26.9</b>
	316/316L		16.0-18.0	≤ 2.00	≤ 0.10	<b>24.2-26.2</b>

## PROCÉDURE D'ESSAI

Les procédures d'essai standards de ShibataFenderTeam pour défenses «techniques»<sup>1</sup> en caoutchouc solide sont menées conformément aux directives AIPCN sur la conception de systèmes de défense : 2002 : Annexe A : Section 6 : Validation/ Assurance-Qualité.

## ÉQUIPEMENT D'ESSAI ET INSTRUMENTS DE MESURE

L'équipement d'essai est doté de capteurs de charge calibrés ou de transducteurs de pression et linéaires pour mesurer un déplacement permettant une surveillance continue de la performance de la défense. L'ensemble de l'équipement d'essai est calibré et les certificats de calibrage sont fréquemment revalidés pour être à tout moment dans la période de validité d'un an.

## PROCÉDURE D'ESSAI – MÉTHODE CV

Les essais sur les défenses moulées<sup>2</sup> et les défenses cylindriques<sup>3</sup> enroulées sont réalisés en usine, sous le contrôle éventuel d'une tierce partie, et sont appliqués sur les défenses réelles conformément à la configuration d'essai suivante répondant aux directives AIPCN (Annexe A: 4.1) :

- ▶ Chaque défense possède un numéro de série unique permettant de remonter aux informations concernant la fabrication et les résultats d'essais.
- ▶ Les défenses sont testées sous compression directe (verticale).
- ▶ La défense doit être comprimée 3 fois jusqu'à sa déflexion évaluée suite à une période de récupération d'au moins une heure.
- ▶ La température d'essai est de  $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ <sup>4</sup>.
- ▶ Les valeurs réelles de performance sont enregistrées à partir de la 4ème compression.
- ▶ La vitesse de compression est de 2 – 8 cm / min.
- ▶ Pendant l'essai, la charge doit être enregistrée avec une précision de  $\pm 1.0 \text{ kN}$  ( $\pm 0.1 \text{ t}$ ) et la déflexion de  $\pm 0.5 \text{ mm}$ , sauf autrement spécifié.
- ▶ L'énergie absorbée<sup>5</sup> est calculée en déterminant l'intégrale de la courbe de réaction en fonction de la déflexion, en utilisant la méthode de Simpson.
- ▶ La compression doit être arrêtée dans trois cas : la force de réaction atteint 110%, la force de réaction maximale spécifiée est atteinte, une déflexion nominale maximale de la défense est atteinte.
- ▶ Si l'un des échantillons n'est pas conforme aux spécifications, l'échantillonnage sera augmenté à 20% des défenses (arrondi à l'unité supérieure) en excluant les unités non-conformes.
- ▶ Si un autre échantillon n'est pas conforme aux spécifications, la totalité des échantillons restants sera testée. Seuls les éléments satisfaisant aux spécifications sont admis pour le transport. Les défenses non-conformes seront rejetées.

<sup>1</sup> Comme défini dans AIPCN Annexe A : Section 1.2, les petits amortisseurs sont exclus.

<sup>2</sup> Les défenses moulées comprennent les défenses SPC, CSS, FE, SX, SX-P et SH. Les défenses SPC, CSS, SX, SX-P et SH sont testées seules, les défenses FE sont testées par paire.

<sup>3</sup> A l'exclusion des défenses cylindriques pour remorqueurs.

<sup>4</sup> Lorsque la température ambiante se trouve en dehors de ces limites, les défenses doivent être placées dans un local conditionné pendant une période appropriée (selon la taille de la défense) afin que leur température revienne dans les limites. Sinon les valeurs de performances recueillies sont corrigées d'après les tableaux de facteurs de correction des températures à sa seule appréciation. La durée de stabilisation ne devrait pas être inférieure à  $20x^{1.5}$  jours, arrondi à la journée complète suivante ( $x$  = dimension de la plus grande épaisseur de caoutchouc, en mètres).

<sup>5</sup> La force de réaction (et l'absorption d'énergie correspondante calculée) est corrigée pour la vitesse d'amarrage initiale et, le cas échéant, la température.



Essai défense en caoutchouc

## CRITÈRE DE RÉUSSITE

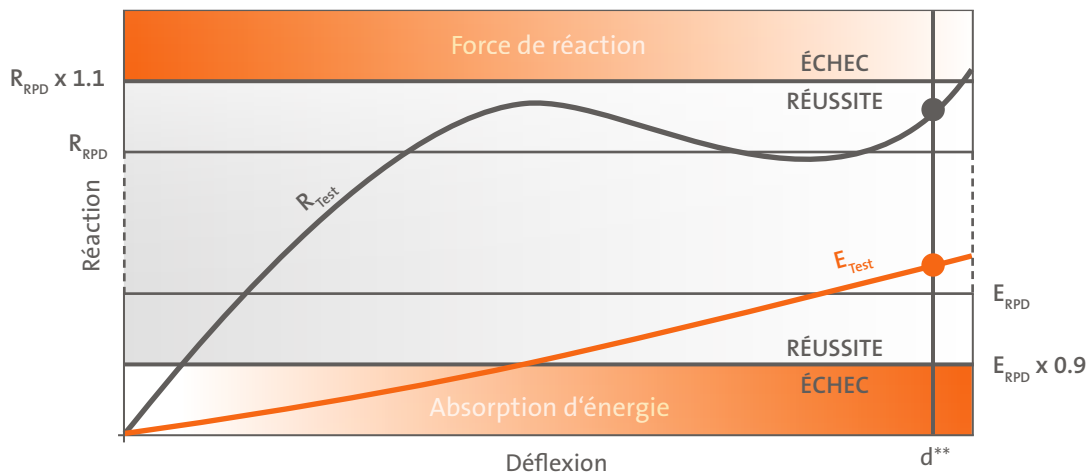
Les essais de vérification (ou contrôles qualité) sont réalisés pour démontrer la performance des défenses conformément au RPD dans le catalogue ou aux valeurs demandées par client. Des échantillons des défenses actuelles du projet sont testés. Les résultats obtenus sont adaptés, si nécessaire, en utilisant les tableaux de facteurs de correction pour la vitesse d'impact et la température initiale. La défense passe l'essai de vérification si elle répond aux conditions suivantes :

### 1. Visuel

Il n'existe aucune trace visuelle de défauts telle que des erreurs de collage ou des fissures sur la surface de la défense.

### 2. Performance

La défense fournit la performance requise (énergie et réaction requises) dans les limites des tolérances de fabrication, dans la mesure où elle répond aux exigences suivantes simultanément et à tout moment durant l'essai.\*



#### CRITÈRE DE RÉUSSITE FORCE DE RÉACTION

$R_{\text{Test}}$  La réaction adaptée à la vitesse et à la température est inférieure ou égale à la réaction requise multipliée par la tolérance de réaction nominale\* (limite supérieure) spécifiée dans le catalogue.

$$R_{\text{Test}} \leq R_{\text{RPD}} \times 1.1$$

#### CRITÈRE DE RÉUSSITE ABSORPTION D'ÉNERGIE

$E_{\text{Test}}$  L'énergie absorbée adaptée à la vitesse et à la température est supérieure ou égale à l'énergie requise multipliée par la tolérance d'énergie nominale\* (limite inférieure) spécifiée dans le catalogue.

$$E_{\text{Test}} \geq E_{\text{RPD}} \times 0.9$$

$R_{\text{Test}}$  = Force de réaction adaptée à la vitesse et à la température sur base d'essais de vérification

$R_{\text{RPD}}$  = RPD données de performance, réaction

$E_{\text{Test}}$  = Énergie absorbée adaptée à la vitesse et à la température sur base d'essais de vérification

$E_{\text{RPD}}$  = RPD données de performance, énergie

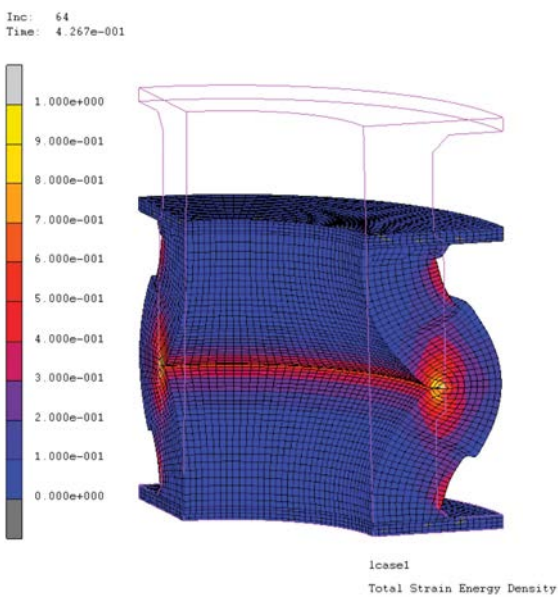
\* Tolérances standards de fabrication, cf. catalogue ShibataFenderTeam p. 124

\*\* La déflexion n'est pas un critère de réussite/d'échec, veuillez consulter AIPCN2002 page 54 (version française) point 6.1.2

## NOTES

- ▶ Les essais de vérification standards AIPCN sont pris en compte pour 10% des défenses d'une taille et d'un type, fabriquées dans le même moule pour la commande respective (arrondi à une unité entière).
- ▶ Une déflexion préparatoire unique est obligatoire pour les défenses ayant une force de réaction de 100 t ou plus, qui sont à installer sur des structures sensibles à la charge (confère AIPCN 6.2.1).
- ▶ Tous les instruments de mesure doivent être calibrés et certifiés pour obtenir une précision à  $\pm 1\%$  conformément à ISO, exigences JIS ou ASTM équivalentes. Le calibrage doit être conforme à des normes nationales/internationales et doit être effectué une fois par an par un organisme indépendant accrédité.
- ▶ Les essais standards AIPCN sont compris dans le prix de la défense. Les coûts engendrés par des tests supplémentaires, la présence d'une tierce partie et le conditionnement en température sont à la charge de l'acheteur.

## ANALYSE FE



Essai de compression angulaire défense SPC avec chaînes de retenue



Chambre climatique



Essai en cisaillement défense CSS avec panneau et plaques frontales en PE-UHMW

CERTIFICATS DE QUALITÉ



- ▶ ISO 14001:2015 – Site de production certifié (Shibata Industrial Co. Ltd.)
- ▶ ISO 9001:2015 – Chaîne d’approvisionnement certifiée (Shibata Industrial Co. Ltd.)
- ▶ ISO 9001:2008 – Chaîne d’approvisionnement certifiée (ShibataFenderTeam AG)
- ▶ EN 1090-2:2008+A1:2011 – EXC3 Ateliers certifiés (ShibataFenderTeam AG)

TYPE EXAMINATION CERTIFICATE	TYPE EXAMINATION CERTIFICATE	TYPE EXAMINATION CERTIFICATE	TYPE EXAMINATION CERTIFICATE	TYPE EXAMINATION CERTIFICATE	TYPE EXAMINATION CERTIFICATE	TYPE EXAMINATION CERTIFICATE
<p><b>This is to certify:</b> That the Fender with type designation(s) <b>SPC Cone Fender</b> issued to <b>ShibataFenderTeam AG Hamburg, Germany</b></p> <p>is found to comply with <b>Guidelines for the Design of Fender Systems</b></p> <p>Application : <b>Moulded rubber fender for marine applica</b></p> <p>Issued at <b>Hamburg</b> on <b>2018-09-03</b></p> <p>Approval Engineer: <b>Joachim Rehhahn</b></p>	<p><b>This is to certify:</b> That the Fender with type designation(s) <b>CSS Call Fender</b> issued to <b>ShibataFenderTeam AG Hamburg, Germany</b></p> <p>is found to comply with <b>Guidelines for the Design of Fender Systems</b></p> <p>Application : <b>Moulded rubber fender for marine applica</b></p> <p>Issued at <b>Hamburg</b> on <b>2018-09-03</b></p> <p>Approval Engineer: <b>Joachim Rehhahn</b></p>	<p><b>This is to certify:</b> That the Fender with type designation(s) <b>FE Flament Fender</b> issued to <b>ShibataFenderTeam AG Hamburg, Germany</b></p> <p>is found to comply with <b>Guidelines for the Design of Fender Systems</b></p> <p>Application : <b>Moulded rubber fender for marine applica</b></p> <p>Issued at <b>Hamburg</b> on <b>2018-09-06</b></p> <p>Approval Engineer: <b>Joachim Rehhahn</b></p>	<p><b>This is to certify:</b> That the Fender with type designation(s) <b>Cylindrical Fender</b> issued to <b>ShibataFenderTeam AG Hamburg, Germany</b></p> <p>is found to comply with <b>Guidelines for the Design of Fender Systems</b></p> <p>Application : <b>Moulded rubber fender for marine applica</b></p> <p>Issued at <b>Hamburg</b> on <b>2018-09-06</b></p> <p>Approval Engineer: <b>Joachim Rehhahn</b></p>	<p><b>This is to certify:</b> That the Fender with type designation(s) <b>V Fender (Type SK, SK-P, SH)</b> issued to <b>ShibataFenderTeam AG Hamburg, Germany</b></p> <p>is found to comply with <b>Guidelines for the Design of Fender Systems : 2</b></p> <p>Application : <b>Moulded rubber fender for marine applica</b></p> <p>Issued at <b>Hamburg</b> on <b>2018-09-06</b></p> <p>Approval Engineer: <b>Joachim Rehhahn</b></p>	<p><b>This is to certify:</b> That the Fender with type designation(s) <b>Ocean Guard</b> issued to <b>ShibataFenderTeam AG Hamburg, Germany</b></p> <p>is found to comply with <b>Guidelines for the Design of Fender Systems</b></p> <p>Application : <b>Foam filled floating fender for marine app</b></p> <p>Issued at <b>Hamburg</b> on <b>2018-09-05</b></p> <p>Approval Engineer: <b>Joachim Rehhahn</b></p>	<p><b>This is to certify:</b> That the Fender with type designation(s) <b>Donut Fender</b> issued to <b>ShibataFenderTeam AG Hamburg, Germany</b></p> <p>is found to comply with <b>Guidelines for the Design of Fender Systems : 2002 (FANAC 2002)</b></p> <p>Application : <b>Foam filled floating fender for marine applica</b></p> <p>Issued at <b>Hamburg</b> on <b>2018-03-06</b></p> <p>This Certificate is valid until <b>2023-03-05</b>. DNV GL local station: <b>Hamburg</b> Approval Engineer: <b>Joachim Rehhahn</b></p> <p>For DNV GL Signed by: <b>Thomas Lehmann</b> DNV GL local station: <b>Hamburg</b> Holding Date: <b>2018-03-05</b> <b>Thomas Lehmann</b> Head of Section</p>

Certificats d’homologation de type conformément à AIPCN 2002.  
Pour vérification, merci de consulter <https://approvalfinder.dnvgl.com>

- ▶ Défenses SPC tronconiques
- ▶ Défenses CSS axiales-cylindriques
- ▶ Défenses FE à jambage
- ▶ Défenses cylindriques
- ▶ Défenses Trapézoïdale
- ▶ Défenses flottantes Ocean Guard
- ▶ Défenses Donut

## SPÉCIFICATION PROJET

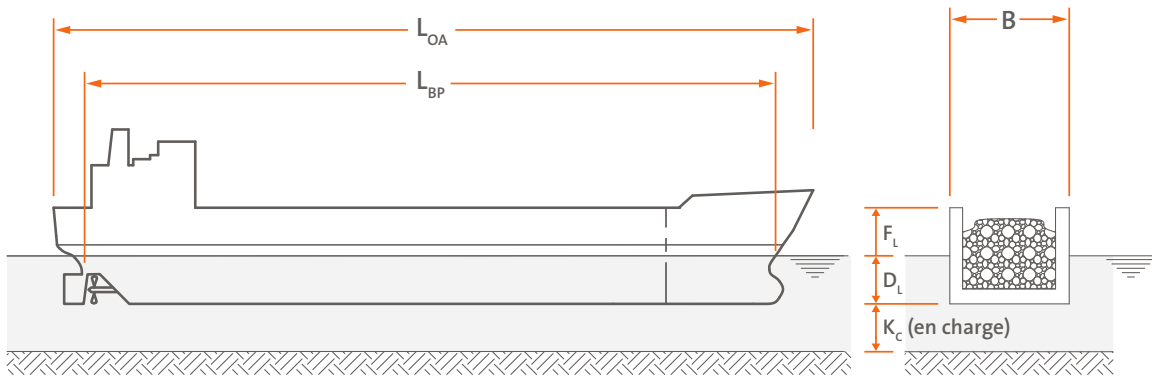
Port: .....  
 Structure d'accostage: .....  
 Client: .....  
 Concepteur: .....  
 Entrepreneur: .....

Des informations précises sur le projet sont nécessaires pour proposer les défenses les mieux adaptées.  
 Veuillez utiliser le tableau ci-dessous pour décrire avec un maximum de précision les exigences de fonctionnement.

Projet:  Nouvelle construction  Mise à niveau

Etat:  Préliminaire  Détail  Appel d'offres

## INFORMATIONS SUR LES NAVIRES



### NAVIRES LES PLUS GRANDS

Type/Classe .....  
 Port en lourd ..... TPL  
 Déplacement ..... t  
 Longueur hors tout ..... m  
 Largeur ..... m  
 Tirant d'eau ..... m  
 Pression sur la coque ..... kN/m<sup>2</sup> (kPa)  
 Ceinture  Oui  Non ..... Taille  
 Dévers d'étrave ..... deg.  
 Rayon d'étrave ..... m

### NAVIRES LES PLUS PETITS

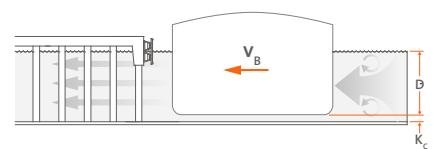
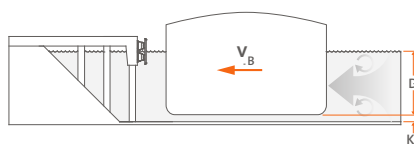
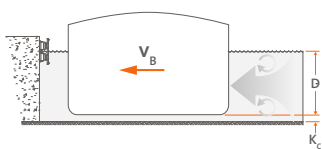
Type/Classe .....  
 Port en lourd ..... TPL  
 Déplacement ..... t  
 Longueur hors tout ..... m  
 Largeur ..... m  
 Tirant d'eau ..... m  
 Pression sur la coque ..... kN/m<sup>2</sup> (kPa)  
 Ceinture  Oui  Non ..... Taille  
 Dévers d'étrave ..... deg.  
 Rayon d'étrave ..... m

## INFORMATIONS SUR LES NAVIRES

STRUCTURE D'ACCOSTAGE FERMÉE

STRUCTURE D'ACCOSTAGE SEMI FERMÉE

STRUCTURE OUVERTE



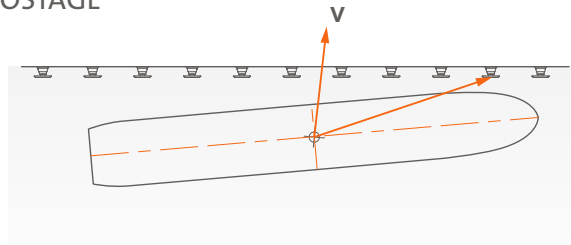
Type de point d'accostage  Quai linéaire  Ducs d'albe  Ponton  Ecluse ou cale sèche  Autre  
 Espacement des défenses ..... m Réaction maximale ..... kN  
 Niveau du pont ..... m (au-dessus du niveau de référence) Niveau de soffite ..... m (au-dessus du niveau de référence)  
 Marée la plus haute (HHW) ..... m (au-dessus du niveau de référence) Marée la plus basse (LLW) ..... m (au-dessus du niveau de référence)  
 Sous quille ..... m (min) ..... m (max) Vitesse du vent ..... m/s  
 Import/Export  Import  Export  Les deux Vitesse de courant ..... m/s

LIEU D'IMPLANTATION

- Climat**       Modérés     Tropical     Désert     Méditerranéen     Polaire  
**Température**    .....°C (min)    .....°C (max)    **Corrosivité**     Haute     Moyenne     Faible  
**Type d'eau**       Mer     Eau douce    SG = ..... t/m<sup>3</sup>    **Glace hivernale**     Jamais     Parfois     Tous les ans

INFORMATIONS D'ACCOSTAGE

Accostage latéral

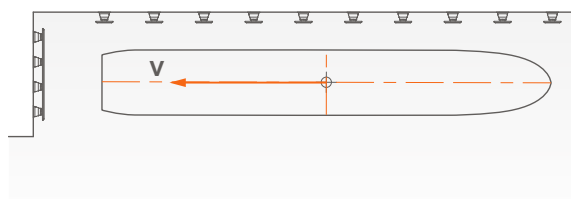


Vitesse d'approche.....m/s

Angle d'accostage ..... deg.

Coefficient de sécurité.....

Accostage proue/poupe

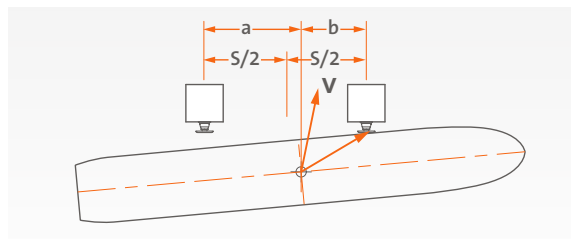


Vitesse d'approche.....m/s

Angle d'accostage ..... deg.

Coefficient de sécurité.....

Accostage sur duc d'albe

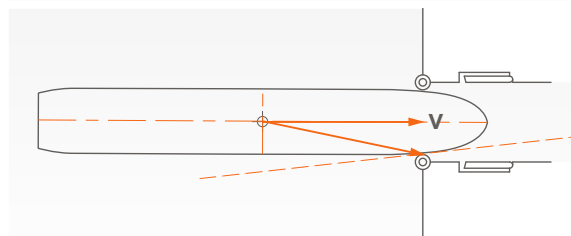


Vitesse d'approche.....m/s

Angle d'accostage ..... deg.

Coefficient de sécurité.....

Entrée d'écluse

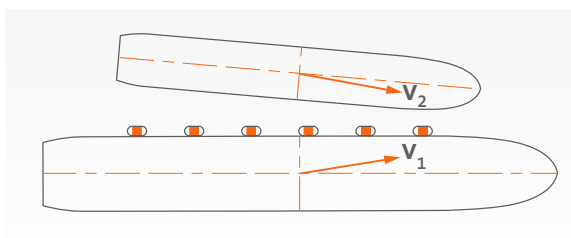


Vitesse d'approche.....m/s

Angle d'accostage ..... deg.

Coefficient de sécurité.....

Allégement  
(bateau contre bateau)



Vitesse d'approche.....m/s

Angle d'accostage ..... deg.

Coefficient de sécurité.....

AUTRES INFORMATIONS

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Code de conception:

- AIPCN  
 BS6349  
 EAU-2004  
 ROM 2.0-11  
 ROSA 2000  
 ASNZ 4997  
 UFC 4-152-01  
 Autre

## FACTEURS DE CONVERSION

ANGLE	Degrés	Minutes	Secondes	Radian
1 RADIAN	57.3	3,438	$2.063 \times 10^5$	1
1 degré	1	60	3,600	$1.745 \times 10^{-2}$
DISTANCE	m	in	ft	Mille marin
1 METRE	1	39.37	3.281	$5.4 \times 10^{-4}$
1 pouce	$2.54 \times 10^{-2}$	1	$8.333 \times 10^{-2}$	$1.371 \times 10^{-5}$
1 pied	0.3048	12	1	$1.646 \times 10^{-4}$
1 mille marin	1,852	$7,291 \times 10$	6,076.1	1
SURFACE	m <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	in <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>
1 METRE CARRE	1	10 <sup>4</sup>	1,550	10.76
1 centimètre carré	10 <sup>-4</sup>	1	0.155	$1.076 \times 10^{-3}$
1 pouce carré	$6.452 \times 10^{-4}$	6.452	1	$6.944 \times 10^{-3}$
1 pied carré	$9.290 \times 10^{-2}$	929	144	1
VOLUME	m <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	litres	ft <sup>3</sup>
1 METRE CUBE	1	10 <sup>6</sup>	1,000	35.31
1 centimètre cube	10 <sup>-6</sup>	1	10 <sup>-3</sup>	$3.531 \times 10^{-8}$
1 litre	10 <sup>-3</sup>	1,000	1	$3.531 \times 10^{-2}$
1 pied cube	$2.832 \times 10^{-2}$	$2.832 \times 10^4$	28.32	1
POIDS	kg	t	lb	
1 KILOGRAMME	1	10 <sup>-3</sup>	2.205	
1 tonne	10 <sup>3</sup>	1	2,205	
1 livre	0.454	$4.536 \times 10^{-4}$	1	
DENSITE	kg/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/in <sup>3</sup>
1 KILOGRAMME/MÈTRE <sup>3</sup>	1	10 <sup>-3</sup>	$6.243 \times 10^{-2}$	$3.613 \times 10^{-5}$
1 tonne/mètre <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	1	62.428	$3.613 \times 10^{-2}$
1 livre/pied <sup>3</sup>	16.018	$1.602 \times 10^{-2}$	1	$5.787 \times 10^{-4}$
1 livre/pouce <sup>3</sup>	27,680	27.68	1,728	1
VITESSE	m/s	mph	kph	kt
1 METRE/SECONDE	1	2.237	3.600	1.944
1 mile par heure	0.447	1	1.609	0.869
1 kilomètre par heure	0.278	0.621	1	0.54
1 nœud	0.514	1.151	1.852	1
FORCE	kN	tf	lbf	kip
1 KILONEWTON	1	0.102	224.8	0.225
1 tonne force	9.807	1	2,204	2.205
1 kip	4.448	0.454	10 <sup>3</sup>	1
ÉNERGIE	kNm (kJ)	tm	kip-ft	
1 KILONEWTON-METRE	1	0.102	0.738	
1 tonne-mètre	9.807	1	7.233	
1 kip-pied	1.356	0.138	1	
PRESSION, CONTRAINTE	kN/m <sup>2</sup> (kPa)	N/mm <sup>2</sup> (MPa)	tf/m <sup>2</sup>	lbf/in <sup>2</sup> (psi)
1 NEWTON/METRE <sup>2</sup>	0.001	10 <sup>-6</sup>	$1.02 \times 10^{-4}$	$1.450 \times 10^{-4}$
1 kilopascal	1	10 <sup>-3</sup>	0.102	0.145
1 mégapascal	10 <sup>3</sup>	1	102	145
1 tonne force/mètre <sup>2</sup>	9.807	$9.807 \times 10^{-3}$	1	1.422
1 livre force/pouce <sup>2</sup> (psi)	6.895	$6.895 \times 10^{-3}$	0.703	1
GRAVITÉ	m/s <sup>2</sup>	cm/s <sup>2</sup>	in/s <sup>2</sup>	ft/s <sup>2</sup>
1 g	9.807	980.7	386.1	32.174



## APRÈS-VENTE ET GARANTIE

ShibataFenderTeam s'engage à fournir aide et assistance pendant la mise en service et sur le long terme. Grâce à notre propre équipe d'installation et de maintenance établie en Allemagne, nous sommes en mesure d'offrir notre support durant les travaux d'installation et/ou de maintenance. Nous assistons nos clients pour ce qui est des révisions et mises à niveau générales ou dans le cadre d'une réparation rapide en cas de dommages accidentels. Nous offrons des garanties standards et étendues ainsi que des conseils sur les programmes d'inspection et de maintenance afin que nos systèmes de défense offrent toujours des performances et une protection optimales.

La période de garantie standard est de 12 mois à compter de l'installation et d'au maximum 18 mois à compter de la date d'expédition. Des garanties plus longues sont disponibles sur demande. Des garanties sur les performances sont disponibles si l'option de test des performances de la défense est assurée. Des garanties étendues sur les peintures peuvent également être fournies. Dans tous les cas, les garanties indiquées par ShibataFenderTeam sont fournies sous réserve du respect par les exploitants des structures d'accostage du programme d'inspection périodique conformément à nos recommandations et de la soumission en temps voulu des rapports et photos. Cette condition permet de détecter au plus tôt tout problème, de le corriger et d'en assurer le suivi.

Les garanties ne couvrent pas les dommages accidentels, l'usure normale, l'aspect visuel ou les effets d'une dégradation environnementale avec le temps. Dans le cas peu probable d'une réclamation portant sur un défaut de matière et/ou de fabrication, ShibataFenderTeam procédera à la réparation ou au remplacement des composants défectueux à son appréciation. La compensation ne peut pas dépasser le coût des matières fournies, déduction faite de toute réduction pour usure normale. Les frais de retrait ou de réinstallation ou tous les frais ou pertes indirect(e)s ne peuvent en aucun cas être acceptés. ShibataFenderTeam recommande aux utilisateurs d'adopter un système de gestion des actifs reposant sur la norme ISO 55000 (ou PAS-55).

## CLAUSE DE NON-RESPONSABILITÉ

Tout est mis en œuvre pour que les spécifications techniques, les descriptions produits et les méthodes de conception mentionnées dans le présent manuel soient correctes et représentent les meilleures pratiques actuelles. ShibataFenderTeam AG, ses filiales, agents et associés déclinent toute responsabilité en cas d'erreur et d'omission dues à quelque raison que ce soit. Lors de l'utilisation de ce manuel technique à des fins de conception, il est fortement recommandé aux clients de demander une spécification détaillée, des calculs et des schémas certifiés auprès des spécialistes ShibataFenderTeam avant la construction et/ou la fabrication. ShibataFenderTeam s'efforce constamment d'améliorer la qualité et la performance des produits et systèmes. Nous nous réservons le droit de modifier les spécifications sans avertissement préalable. Toutes les dimensions, propriétés des matériaux et valeurs de performance sont soumises à des tolérances normales de production. Ce manuel remplace les informations fournies dans toutes les éditions précédentes. Il doit également être utilisé conjointement avec les catalogues produits actuels de ShibataFenderTeam. En cas de doute, contacter ShibataFenderTeam.

## MENTIONS LÉGALES

© 2026 ShibataFenderTeam AG, Allemagne

Tous droits réservés par ShibataFenderTeam AG. Toute reproduction, copie ou distribution du présent document à des tiers est strictement interdite sans autorisation préalable de ShibataFenderTeam.

ShibataFenderTeam® est une marque déposée de ShibataFenderTeam AG.

Date: 05/2026



---

# BUREAUX.

## **ShibataFenderTeam AG**

Tarpen 40, Haus 1b  
22419 Hamburg, Germany  
Tel. +49 (0)40 63 86 10 - 170  
Fax +49 (0)40 63 86 10 - 180  
info@shibata-fender.team

## **ShibataFenderTeam Inc.**

44084 Riverside Parkway, Suite 170  
Lansdowne, VA 20176, USA  
Tel. +1 (571) 281-3770  
Fax +1 (571) 223-3267  
contact-americas@shibata-fender.team

## **ShibataFenderTeam S.A.S.**

Parc d'Activité du Tremblay  
7 rue Roland Martin, Bâtiment B  
94500 Champigny-sur-Marne, France  
Tel. +33 (0)1 48 73 00 96  
Fax +33 (0)1 48 77 55 40  
contact-france@shibata-fender.team

## **ShibataFenderTeam Sdn. Bhd.**

Level 11, Top Glove Tower  
Lot 11-H, No.16, Persiaran Setia Dagang  
Bandar Setia Alam, 40170 Shah Alam  
Selangor, Malaysia  
Tel. +60 (0)3 5545 9215  
Fax +60 (0)3 3362 6365  
contact-malaysia@shibata-fender.team

## **ShibataFenderTeam Spain SLU**

Av/ Amado Granell Mesado no. 75  
3ª Planta, oficina 3C  
46013 Valencia, Spain  
Tel. +34 960 913 108  
contact-spain@shibata-fender.team

## **ShibataFenderTeam B.V.**

Meerheide 58A  
5521 DZ Eersel, The Netherlands  
contact-netherlands@shibata-fender.team

[www.shibata-fender.team](http://www.shibata-fender.team)

Présenté par: