

4 ALBERT EMBANKMENT
LONDRES SE1 7SR
Téléphone : +44(0)20 7735 7611 Télécopieur : +44(0)20 7587 3210

MEPC.1/Circ.906
22 août 2023

DIRECTIVES RÉVISÉES VISANT À RÉDUIRE LE BRUIT RAYONNÉ SOUS L'EAU PAR LES NAVIRES POUR ATTÉNUER SES INCIDENCES NÉFASTES SUR LA VIE MARINE

- 1 À sa soixante-sixième session (31 mars - 4 avril 2014), afin de recommander des mesures destinées à réduire le bruit sous-marin produit par les navires de commerce, et sur la recommandation faite par le Sous-comité de la conception et de l'équipement du navire (Sous-comité DE) à sa cinquante-septième session, le Comité de la protection du milieu marin avait approuvé les Directives visant à réduire le bruit sous-marin produit par les navires de commerce pour atténuer leurs incidences néfastes sur la faune marine (les Directives).
- 2 À sa quatre-vingtième session (3-7 juillet 2023), par suite de la révision approfondie des Directives que le Sous-comité de la conception et de la construction du navire (Sous-comité SDC) avait effectuée, à sa neuvième session (23-27 janvier 2023), et afin de faire mieux connaître ces Directives et d'en favoriser l'adoption et la mise en œuvre, le Comité de la protection du milieu marin a approuvé les Directives révisées visant à réduire le bruit rayonné sous l'eau par les navires pour atténuer ses incidences néfastes sur la vie marine (les Directives révisées), dont le texte figure en annexe.
- 3 Les États Membres sont invités à utiliser les Directives révisées ci-jointes, en vue de réduire le bruit rayonné sous l'eau par les navires, et à les porter à l'attention de toutes les parties intéressées, en particulier les concepteurs de navires et de matériel d'armement, les constructeurs, propriétaires et exploitants de navires, les sociétés de classification, les fournisseurs, les fabricants et les autres parties intéressées.
- 4 Les États Membres et les organisations internationales sont invités également à soumettre au Comité de la protection du milieu marin, au titre du point de l'ordre du jour intitulé "Divers", des renseignements, observations, constatations et recommandations fondés sur l'expérience acquise dans le cadre de l'application des Directives révisées.
- 5 Les présentes Directives révisées prendront effet le 1^{er} octobre 2023.
- 6 La présente circulaire annule la circulaire MEPC.1/Circ.833.

ANNEXE

DIRECTIVES RÉVISÉES VISANT À RÉDUIRE LE BRUIT RAYONNÉ SOUS L'EAU PAR LES NAVIRES POUR ATTÉNUER SES INCIDENCES NÉFASTES SUR LA VIE MARINE

1 PRÉAMBULE

1.1 Les navires de commerce sont parmi les navires qui contribuent le plus au bruit rayonné sous l'eau, lequel a des incidences néfastes sur les fonctions vitales d'un large éventail d'espèces marines, y compris des espèces de mammifères marins, de poissons et d'invertébrés, dont dépendent de nombreuses communautés côtières et autochtones pour ce qui est de leur alimentation, de leur subsistance et de leur culture.

1.2 L'atténuation efficace des incidences sur la vie marine du bruit rayonné sous l'eau par les navires passe par une collaboration et une action internationale à divers niveaux, faisant intervenir plusieurs parties prenantes, y compris, mais pas seulement, les gens de mer, les concepteurs, les constructeurs, propriétaires et exploitants de navires, les autorités maritimes, les fournisseurs, les fabricants et les sociétés de classification. Les États Membres jouent également un rôle important dans la définition des attentes permettant de fixer des niveaux cibles de réduction du bruit et dans la mise en place des mécanismes et des programmes dans le cadre desquels les travaux peuvent être menés.

1.3 Le son est le principal mécanisme sensoriel utilisé par la faune aquatique aux fins de l'interaction sociale, de la reproduction, de la navigation et de la détection d'obstacles et de proies, de prédateurs ou d'autres menaces. Les principales sources de bruit provenant des navires interfèrent avec le champ auditif des différentes espèces et les sons qu'elles utilisent. En fonction des espèces, les incidences attestées du bruit rayonné sous l'eau sur les mammifères marins, les poissons et les invertébrés comprennent des troubles du développement, un mauvais état corporel, une prédation accrue, une diminution du taux de survie de la progéniture, une diminution de l'alimentation, une fragmentation de l'ADN, des changements de comportement, des problèmes de masquage et des réponses physiologiques. Si les incidences du bruit produit par les navires ont été évaluées en prenant en considération les caractéristiques liées à l'environnement des différentes régions et la sensibilité au bruit des différentes espèces, sur la base de constatations sur le terrain, d'expériences en laboratoire, de l'application de méthodes de modélisation et des connaissances autochtones, obtenir davantage de données sur les incidences du bruit sur les espèces écologiquement et commercialement les plus importantes aidera les parties prenantes à prendre des décisions éclairées.

1.4 Il est important de reconnaître que, aussi bien pour les navires neufs que pour les navires existants, la faisabilité technique et le rapport coût-efficacité des mesures de réduction du bruit rayonné sous l'eau, qu'elles soient envisagées séparément ou de façon combinée, seront fortement tributaires des paramètres de conception et d'exploitation, ainsi que des prescriptions auxquelles un navire donné doit satisfaire. Pour être couronnée de succès, une stratégie de réduction du bruit rayonné sous l'eau devrait consister en une suite d'étapes, comprenant, dans la mesure du possible, une phase de conception, l'établissement des données de référence pour les mesures du bruit rayonné sous l'eau (estimées ou réelles), la définition de niveaux cibles de bruit rayonné sous l'eau et la mise en œuvre, le suivi et l'évaluation de mesures techniques et opérationnelles visant à atteindre ces niveaux cibles. Il faudrait examiner attentivement l'influence et les effets réciproques qu'exercent les uns sur les autres les mesures de réduction du bruit rayonné sous l'eau et les autres objectifs, notamment,

mais pas seulement, le rendement énergétique, la réduction de l'encrassement biologique et la sécurité des navires.

2 APPLICATION

2.1 Les présentes Directives peuvent être appliquées à un navire quel qu'il soit, compte tenu de ses caractéristiques de conception et de construction, et des modifications qui lui sont apportées, ainsi que de son mode d'exploitation.

2.2 Les présentes Directives ne concernent pas le bruit induit par les navires de guerre ou les navires de guerre auxiliaires, ni le bruit induit de manière délibérée à d'autres fins, comme celui induit par les sonars ou les activités sismiques.

3 OBJET

3.1 Les présentes Directives ont pour objet :

- .1 de donner un aperçu général des techniques que les concepteurs, constructeurs et exploitants de navires peuvent appliquer pour réduire le bruit rayonné sous l'eau par un navire quel qu'il soit; et
- .2 d'aider les parties prenantes concernées à mettre en place des mécanismes et des programmes dans le cadre desquels peuvent être menés les efforts de réduction du bruit.

3.2 Compte tenu de la complexité de la conception et de la construction des navires, ainsi que des diverses stratégies de réduction du bruit rayonné sous l'eau, les présentes Directives portent principalement sur la définition des principaux facteurs de bruit rayonné sous l'eau par les navires et d'une stratégie générale que les concepteurs, constructeurs, propriétaires et exploitants de navires pourront mettre en œuvre. Les principaux facteurs de bruit sont liés aux hélices, à la forme de la coque, aux machines se trouvant à bord, à l'écoulement du sillage et aux aspects relatifs à l'exploitation et à l'entretien.

3.3 Les présentes Directives décrivent la planification de la gestion de la réduction du bruit rayonné sous l'eau comme un outil pouvant être appliqué aux stades de l'exploitation, de la conception, de la construction et de la modification des navires, dans la mesure du possible et du raisonnable.

3.4 En outre, les concepteurs de navires et de matériel d'armement, les constructeurs, propriétaires et exploitants de navires, les sociétés de classification, les fournisseurs, les fabricants et les autres parties intéressées sont invités à adopter les présentes Directives et à les appliquer aux activités particulières qu'ils mènent et à envisager d'adopter d'autres techniques et mesures opérationnelles qui ne sont pas visées par les présentes Directives, mais qui pourraient être plus appropriées pour certaines applications et dont il a été démontré qu'elles permettent de réduire efficacement le bruit rayonné sous l'eau.

3.5 Les moyens techniques permettant de réduire le bruit rayonné sous l'eau et les connaissances scientifiques concernant les incidences du bruit rayonné sous l'eau sur la vie marine continueront de progresser. Les présentes Directives seront régulièrement passées en revue et mises à jour afin d'intégrer les renseignements les plus fiables connus permettant aux parties concernées de prendre des mesures éclairées en matière de réduction du bruit rayonné sous l'eau et de prendre en compte les liens qui existent entre le bruit rayonné sous l'eau et les mesures de mise en conformité prises en matière de rendement énergétique. Les États Membres et les délégations observatrices sont invités à transmettre les retours

d'expérience et les renseignements qu'ils reçoivent de la part des concepteurs de navires et de matériel d'armement, des constructeurs et exploitants de navires, des organisations scientifiques, des organisations de la société civile, des détenteurs de savoirs autochtones et d'autres parties, afin d'améliorer et de mettre à jour les présentes Directives.

4 DÉFINITIONS

Aux fins des présentes Directives, les définitions ci-après sont applicables :

Bruit rayonné sous l'eau de référence : niveau à la source du navire (et profondeur à la source correspondante), dans des conditions d'exploitation types, établi sur la base d'estimations initiales et d'essais ou, de préférence, de mesures normalisées.

Cavitation : réduction de la pression ambiante sous l'effet d'un phénomène statique ou dynamique qui peut être causé par l'hélice ou d'autres appareils, et qui conduit à la formation de bulles dans le liquide. La "formation" désigne aussi bien la création d'une nouvelle cavité que l'agrandissement d'une cavité déjà existante. Lorsque ces bulles se déplacent vers des zones où la pression ambiante est plus élevée, elles implosent, ce qui constitue la principale source de bruit généré par les navires à hélices.

Vitesse déclenchant la cavitation : vitesse du navire à laquelle la cavitation devient détectable (visuellement ou acoustiquement).

Navire existant : navire qui n'est pas un navire neuf.

Champ auditif : gamme de fréquences que l'oreille ou tout autre organe sensoriel d'un animal peut détecter.

Savoir autochtone : mode de pensée systématique appliqué aux phénomènes rencontrés dans l'ensemble des systèmes biologiques, physiques, culturels et spirituels. Ce savoir comprend des connaissances qui sont fondées sur des éléments tangibles et qui ont été acquises grâce à une expérience pratique de longue date et aux multiples observations, enseignements et compétences accumulés depuis plusieurs générations. Il s'est enrichi au fil des millénaires et continue de s'enrichir dans le cadre d'un processus vivant qui prend en compte les connaissances acquises à l'heure actuelle et celles qui seront acquises à l'avenir et il se transmet de génération en génération. Selon cette définition, le savoir autochtone ne se limite pas aux observations et aux connaissances écologiques; il s'agit d'un "mode de connaissance" unique.

Masquage : interférence du bruit avec la détection et la perception d'autres sons importants pour la faune marine. Le masquage peut, entre autres, causer une réduction et une perte de la portée de communication des espèces marines.

Navire neuf : navire dont le contrat de construction est passé ou, en l'absence d'un contrat de construction, dont la quille est posée ou qui se trouve dans un état d'avancement équivalent, à la date d'entrée en vigueur des présentes Directives, ou après cette date.

Bruit de l'hélice : bruit causé par les phénomènes d'écoulement au niveau de l'hélice, quand cette dernière tourne dans le sillage de la coque du navire. Il englobe le bruit de l'hélice non lié à la cavitation et le bruit de la cavitation. Une fois que la cavitation se produit, elle devient généralement la source principale de bruit.

Niveau de bruit rayonné : niveau de pression acoustique, exprimé en décibels. Le niveau de bruit rayonné désigne un niveau à la source du navire, en partant du principe que ce dernier

peut être considéré comme une source acoustique ponctuelle. Il est calculé en multipliant la distance depuis un point de référence D à bord du navire par la moyenne quadratique de la pression acoustique en champ lointain, $PRMS(D)$, à cette distance pour une valeur de référence spécifiée.

Sur le plan mathématique,

$$RNL = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_{RMS}}{P_{REF}} \right) + 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{D}{D_{REF}} \right) \text{ dB}$$

La valeur de référence pour la pression (P_{REF}) est égale à 1 μPa . La valeur de référence pour la distance (D_{REF}) est égale à 1 mètre. Une définition technique complète est donnée dans la norme ISO 17208-1:2016 (Acoustique sous-marine — Grandeurs et modes de description et de mesurage de l'acoustique sous-marine des navires — Partie 1 : Exigences pour les mesurages en eau profonde utilisées pour des besoins de comparaison).

Niveau de pression acoustique : pour ce qui est du bruit sous-marin, 10 fois le logarithme décimal du carré du quotient de la moyenne quadratique de la pression acoustique sous l'eau (P) divisée par la pression acoustique de référence de 1 μPa , $SPL = 10 \cdot \log_{10}(P/P_{REF})^2$, P_{REF} étant égale à 1 micro-Pascal.

Bruit propagé par la structure : vibrations d'une surface de la structure du navire qui, par l'excitation du milieu environnant (fixations, tuyauterie, autres machines couplées ou appareils auxiliaires reliés) qu'elles provoquent, produisent du bruit. Le bruit propagé par la structure est généralement mesuré et quantifié au moyen d'indicateurs de vibration.

Niveau à la source : voir la norme ISO 18405:2017 (Acoustique sous-marine — Terminologie) au sujet des niveaux à la source. De manière générale, le niveau à la source est utilisé pour quantifier le bruit (ou la vibration) produit par un appareil (machines, ou autre entité, telle qu'un navire) à une distance de référence (habituellement à un mètre pour les sources acoustiques sous-marines).

Niveau de bruit rayonné sous l'eau : aux fins des présentes Directives, bruit provenant d'un navire quel qu'il soit. Le niveau de bruit rayonné sous l'eau doit être exprimé en décibels en tant que niveau de pression acoustique.

Supports antivibratoires : éléments vibro-élastiques (ressorts en acier, caoutchouc ou autres systèmes) utilisés pour isoler les vibrations des machines de la structure du navire en réduisant l'amplitude de l'énergie vibratoire. Les supports antivibratoires peuvent être utilisés pour protéger l'équipement des vibrations nuisibles provenant de l'extérieur du navire (par exemple, les chocs qui se produisent pendant les tempêtes).

5 PLANIFICATION DE LA GESTION DU BRUIT RAYONNÉ SOUS L'EAU

5.1 La planification de la gestion du bruit rayonné sous l'eau est une approche généralisée qui s'applique aux navires conformément aux dispositions de la section 2, et qui comprend des stratégies de réduction du bruit rayonné sous l'eau qui peuvent s'appliquer au stade de la conception, de la construction, de l'exploitation et/ou de la modification.

5.2 Compte tenu de la complexité de la conception et de la construction des navires, ainsi que des diverses stratégies permettant de réduire le bruit rayonné sous l'eau, les propriétaires et concepteurs de navires devraient planifier la gestion du bruit rayonné sous l'eau dès les

premiers stades de la conception. De la même manière, la gestion du bruit rayonné sous l'eau par les navires existants peut être planifiée dans la mesure du possible et du raisonnable.

5.3 La planification de la gestion du bruit rayonné sous l'eau devrait servir d'outil modulable pouvant être adapté aux besoins. La planification peut notamment servir à définir les valeurs de référence (estimées ou réelles) du bruit rayonné sous l'eau par un navire, à établir des niveaux cibles de bruit rayonné sous l'eau qui soient spécifiques et, si possible, quantitatifs, et à évaluer les diverses stratégies qu'il est possible de mettre en place, séparément et de façon combinée, sur le plan technique, de l'exploitation et de l'entretien, pour réduire le bruit rayonné sous l'eau. On trouvera à l'appendice 3 deux modèles types, l'un plus détaillé que l'autre, qui peuvent servir de guide pour les propriétaires et concepteurs de navires.

5.4 Diverses parties ont la possibilité de contribuer à une planification efficace de la gestion du bruit rayonné sous l'eau, en prenant notamment, mais pas exclusivement, les mesures suivantes :

- .1 Propriétaires de navires : élaborer et mettre en œuvre le plan de gestion du bruit rayonné sous l'eau, inclure des prescriptions relatives au bruit rayonné sous l'eau dans les spécifications de conception des navires et entretenir les navires en se conformant à ces spécifications.
- .2 Concepteurs : concevoir les navires d'une manière qui corresponde au plan d'exploitation du propriétaire de navire afin de satisfaire aux prescriptions relatives au bruit rayonné sous l'eau.
- .3 Constructeurs de navires : construire des navires conformes aux spécifications en matière de bruit rayonné sous l'eau.
- .4 Exploitants de navires : exploiter les navires de sorte qu'ils respectent les niveaux cibles de bruit rayonné sous l'eau ainsi que les éventuelles autres prescriptions régionales en vigueur dans la zone où les navires sont exploités.
- .5 Autorités maritimes : prendre des mesures d'appui visant à rendre possible et à promouvoir la planification de la gestion du bruit rayonné sous l'eau, par exemple, en appuyant la mise en œuvre d'outils permettant de mesurer les niveaux de bruit des navires, faciliter l'innovation et l'adoption de techniques de réduction du bruit et communiquer des renseignements sur le bruit rayonné sous l'eau.
- .6 Sociétés de classification : aider les propriétaires/constructeurs de navires, au moyen d'estimations, d'essais, de l'octroi de mentions appropriées en matière de bruit rayonné sous l'eau, de la délivrance de certificats, etc., dans la mesure du possible et du raisonnable.
- .7 Fournisseurs et fabricants : fournir aux constructeurs et propriétaires de navires du matériel permettant d'aider le navire à respecter les spécifications relatives au bruit rayonné sous l'eau.

6 STRATÉGIES DE RÉDUCTION DU BRUIT RAYONNÉ SOUS L'EAU

6.1 Les sources principales de bruit rayonné sous l'eau sont liées aux hélices, à la forme de la coque, aux machines se trouvant à bord, à l'écoulement du sillage et aux aspects relatifs

à l'exploitation et à l'entretien. Aux vitesses d'exploitation types, ou à une vitesse avoisinant la vitesse nominale du navire, le bruit rayonné sous l'eau est principalement dû à la cavitation de l'hélice; les machines se trouvant à bord et les aspects relatifs à l'exploitation sont toutefois d'autres sources de bruit importantes, en particulier à une vitesse inférieure à la vitesse déclenchant la cavitation. Le bruit de l'hélice à proprement parler peut être l'un des éléments qui contribuent le plus au bruit global rayonné sous l'eau. La stratégie optimale adoptée par un navire quelconque pour atténuer le bruit rayonné sous l'eau devrait au minimum prendre en compte toutes les sources de bruit pertinentes et toutes les stratégies d'atténuation, y compris les stratégies qui pourraient ne pas être visées par les présentes Directives mais qui pourraient être plus adaptées dans certains cas.

Stratégies de réduction du bruit fondées sur la conception et la technique

6.2 C'est aux stades de la conception initiale et de la construction du navire qu'existent les plus grandes possibilités de réduire le bruit rayonné sous l'eau. Dans la pratique, il est peu probable que les navires existants affichent la même performance que les nouvelles conceptions en matière de bruit rayonné sous l'eau, sauf, dans certains cas, grâce à la modification éventuelle des hélices. Les éléments de conception ci-après sont donc avant tout destinés à être envisagés pour les navires neufs. Il est néanmoins possible d'envisager la modification des navires existants, si cela est raisonnable et possible dans la pratique. Le tableau 1 résume les stratégies de réduction du bruit fondées sur la conception et la technique qui s'appliquent aux navires neufs et/ou aux navires existants.

Conception et modification de la coque

6.3 Le flux autour de la coque peut avoir un effet sur le bruit rayonné, car la forme de la coque agit sur le flux d'eau arrivant sur l'hélice. Les sillages irréguliers ou non homogènes ont tendance à accroître la cavitation de l'hélice. Par conséquent, il faudrait concevoir la forme de la coque et les appendices de cette dernière de manière que le sillage produit soit aussi homogène que possible, afin de réduire la cavitation. Il convient en outre de ne pas négliger l'excitation de la structure du navire induite par l'hélice.

6.4 Le bruit propagé par la structure devrait également être pris en considération lorsqu'il s'agit de réduire le bruit rayonné sous l'eau par la coque. Des mesures d'atténuation pourraient être prises, telles que l'optimisation de l'échantillonnage, l'application d'un revêtement de découplage et l'amortissement structural.

Conception et modification de l'hélice

6.5 Les hélices devraient être conçues et sélectionnées de manière à réduire au minimum la cavitation et à prendre en considération et optimiser les effets sur le rendement énergétique. La cavitation peut être la source principale de bruit rayonné sous l'eau et peut sensiblement amplifier le bruit rayonné sous l'eau. Aux vitesses d'exploitation types, il est possible de réduire la cavitation dans des conditions d'exploitation normales en rationalisant la conception, notamment en optimisant la charge de l'hélice, en concevant l'hélice de telle manière que l'eau s'écoule uniformément autour d'elle (sachant que la conception de la coque a une incidence à cet égard) et en choisissant soigneusement les caractéristiques de l'hélice, telles que le diamètre, le nombre de pales, la surface des pales, le pas, l'inclinaison des pales, le calage et le profil des pales. Procéder à l'analyse et à l'étude de l'interaction entre la coque et l'hélice peut permettre d'optimiser la conception de l'hélice, de la coque et du gouvernail, ainsi que la performance du navire.

6.6 Pour de nombreuses applications, il existe des solutions de conception permettant de réduire le bruit, qu'il faudrait prendre en compte. Il est toutefois admis qu'il n'est pas toujours

possible d'utiliser l'hélice optimale sur le plan de la réduction du bruit rayonné sous l'eau, en raison de contraintes techniques ou géométriques (par exemple, le renforcement de l'hélice pour la navigation dans les glaces et la masse). Il est admis également que certains principes de conception destinés à réduire la cavitation peuvent conduire à la diminution du rendement. De nouvelles conceptions et de nouveaux modèles d'hélice, à la pointe du progrès, ont été mis au point, y compris les hélices à pales fortement inclinées, les hélices à pales inclinées vers l'avant et les hélices contrarotatives.

6.7 Certaines techniques émergentes, telles que la propulsion éolienne ou la lubrification de la coque par injection d'air, permettent de réduire la puissance de propulsion nécessaire. Il peut être envisagé de recourir à ces techniques qui pourraient aider à réduire la charge de l'hélice et le bruit de cavitation. Il faudrait s'assurer que la réduction de la charge de propulsion n'ait pas d'effet préjudiciable sur le bruit rayonné sous l'eau, par exemple à cause de la formation d'une cavitation sur la face supérieure de la pale au même niveau de puissance utilisée. L'injection de bulles d'air au niveau de la poupe et de l'hélice est également utilisée aux fins de la réduction du bruit rayonné sous l'eau.

Amélioration de l'écoulement du sillage

6.8 Améliorer le comportement hydrodynamique grâce à l'optimisation de la conception de la forme de la coque et des appendices de la coque et de l'hélice (par exemple, au moyen de l'installation d'un appareil permettant d'améliorer la propulsion/de faire des économies d'énergie ou d'une poupe de conception asymétrique) peut permettre de renforcer la performance et d'augmenter le flux d'eau vers l'hélice et de réduire ainsi le bruit rayonné sous l'eau.

6.9 Bien que de nombreux dispositifs puissent être utilisés pour améliorer le flux d'eau vers l'hélice, ceux-ci peuvent entraîner une cavitation. Leur conception devrait donc être mûrement réfléchie de manière qu'ils puissent être utilisés soit à bord des navires neufs, soit à bord des navires existants. Le comportement de ces dispositifs sur le plan de la cavitation pourrait être évalué et faire l'objet d'essais sur modèle dans une installation d'essai de cavitation, en même temps que les essais de cavitation de l'hélice. Parmi ces dispositifs, figurent :

- .1 L'installation de dispositifs de modification du sillage et l'optimisation de la conception du gouvernail.
- .2 Des staturs à pales fixes qui, installés en amont de l'hélice, peuvent permettre de réduire le bruit causé par la fréquence de passage des pales de l'hélice et d'accroître le rendement de l'hélice.
- .3 Des aubes recouvertes d'une enveloppe. Les aubes et staturs installés en amont de l'hélice peuvent améliorer le comportement de cette dernière en matière de cavitation ainsi que son efficacité.
- .4 Un chapeau de moyeu muni d'ailettes, qui peut être utile pour améliorer le sillage de l'hélice. Il peut récupérer l'énergie du sillage de l'hélice et améliorer l'efficacité de cette dernière. Un chapeau de moyeu muni d'ailettes peut également permettre d'éviter la cavitation due au tourbillon du moyeu.

Conception et modification des machines

6.10 Il convient de prêter une attention particulière au choix du système de propulsion et des machines à bord ainsi qu'aux mesures qui sont susceptibles de réduire le bruit propagé

par la structure, au choix de l'emplacement convenable pour l'équipement dans la coque et à l'optimisation des structures de fixation qui peuvent contribuer à réduire le bruit rayonné sous l'eau ainsi que le bruit à bord affectant les passagers et l'équipage. L'agencement des machines/de l'équipement devrait être optimisé lorsque cela est nécessaire pour réduire le profil de bruit. Il est possible de réduire le bruit rayonné sous l'eau en arrimant l'équipement qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser à tout moment, ou même en l'arrimant pendant certaines parties du voyage. En outre, en fonction de la configuration de l'appareil propulsif principal, il est également possible de réduire le bruit rayonné sous l'eau en faisant fonctionner de façon sélective les moteurs et les groupes générateurs. Par exemple, les moteurs intérieurs pourraient produire moins de bruit rayonné sous l'eau que les moteurs extérieurs. Un "profil de navire silencieux" peut être élaboré en mesurant le bruit rayonné sous l'eau par divers équipements en vue de déterminer quelle part du bruit global du navire est imputable à chaque unité.

6.11 Le bruit se propageant dans l'air peut être la cause de bruit propagé par la structure qui est transmis dans l'eau. Les concepteurs, propriétaires et constructeurs de navires devraient demander aux fabricants de moteurs/machines de leur fournir des renseignements sur les niveaux de bruit des machines qui se propage dans l'air et sur les vibrations qu'elles produisent afin de pouvoir procéder à une analyse, à l'aide des méthodes décrites à l'appendice 2, et de leur recommander des méthodes d'installation qui contribuent à réduire le bruit rayonné sous l'eau.

6.12 Il faudrait envisager d'utiliser comme il convient des supports antivibratoires et d'améliorer l'équilibrage dynamique dans le cas des machines rotatives ou à mouvement alternatif, telles que les installations frigorifiques, les compresseurs d'air et les pompes. Pour certaines applications, il peut être utile d'isoler contre les vibrations d'autres composants de l'équipement, comme les circuits hydrauliques, les pompes électriques, les tuyautages, les ventilateurs de grandes dimensions et les conduits d'aération et de climatisation, en particulier s'il s'agit d'une mesure d'atténuation prise lorsque des techniques plus directes ne conviennent pas à l'application particulière considérée. Il peut aussi être envisagé de recourir au contrôle acoustique actif pour amortir les vibrations de ces sources qui sont propagées par la structure.

6.13 Les supports antivibratoires peuvent réduire les vibrations que les machines transmettent à la structure de support et réduire le bruit propagé par la structure. Compte tenu du mécanisme de transfert de la propulsion et de la poussée, il est possible d'installer des fixations élastiques principalement dans le cas des moteurs à quatre temps à réducteur, plutôt que dans le cas des moteurs à deux temps à entraînement direct. Il n'est pas possible d'utiliser des fixations élastiques dans les moteurs à deux temps, car la poussée de l'hélice est transmise par le moteur directement à la structure du navire par l'intermédiaire du carlingage de grandes dimensions. Un accouplement élastique entre le moteur et la boîte à engrenages peut réduire les vibrations dans un réducteur et réduire davantage le bruit propagé par la structure. Il est plus courant d'utiliser des antivibrateurs lorsque des générateurs diesel sont installés sur leur assise, en vue de réduire le bruit propagé par la structure. Dans certains cas, il faudrait envisager d'adopter un système diesel-électrique, qui peut permettre d'isoler efficacement les vibrations des générateurs diesel, ce qui n'est habituellement pas possible de faire avec des systèmes à entraînement direct de grandes dimensions.

6.14 D'autres systèmes d'alimentation en énergie et de propulsion peuvent aider à réduire le bruit rayonné sous l'eau. Il a été constaté que la propulsion électrique (par exemple, les systèmes de propulsion diesel-électrique, à pile à combustible et entièrement électriques ou à pile, les propulseurs en nacelle et les propulseurs azimuthaux) était une configuration prometteuse aux fins de la réduction du bruit sous-marin. Utiliser des moteurs et des installations électriques de bonne qualité contribuera aussi probablement à réduire les vibrations transmises à la coque par le moteur électrique.

Stratégies fondées sur l'entretien et l'exploitation

6.15 Bien que la conception du navire (c'est-à-dire, la forme de la coque, l'hélice, l'interaction entre la coque et l'hélice et la configuration des machines) soit à l'origine des principaux facteurs de bruit rayonné sous l'eau, il faudrait envisager, comme moyen de réduire le bruit, tant dans le cas des navires neufs que dans celui des navires existants, de prendre des mesures fondées sur l'exploitation et sur l'entretien des navires. Il pourrait être particulièrement important d'adopter une stratégie fondée sur l'exploitation dans le cas des navires n'étant pas dotés des caractéristiques de conception ou de la technologie qui leur permettraient de réduire le bruit, ou dans le cas de tous les navires qui sont exploités dans des zones maritimes vulnérables où des mesures supplémentaires doivent être prises pour réduire les incidences néfastes du bruit produit par les navires sur la vie sauvage marine. Le tableau 1 résume les stratégies fondées sur l'exploitation ou l'entretien qui s'appliquent aux navires neufs et/ou aux navires existants.

Stratégies fondées sur l'entretien

6.16 Entretenir la qualité/le fini de surface des hélices, par exemple effectuer le polissage de l'hélice correctement, est un moyen d'éliminer l'encrassement biologique en mer et de considérablement gommer les rugosités de surface, ce qui contribue à réduire la cavitation de l'hélice.

6.17 Réduire les irrégularités sur la coque et veiller à ce que la surface de la coque reste lisse sous l'eau, au moyen de revêtements appropriés, du nettoyage et de l'entretien préventif de la coque dans l'eau¹, pourrait aussi améliorer le rendement énergétique du navire en réduisant la résistance de la coque et la charge de l'hélice. Il convient toutefois de noter que les systèmes antisalissure à ultrasons émettent de l'énergie sonore haute fréquence à des gammes de fréquence et des amplitudes qui peuvent être nuisibles pour les espèces aquatiques. Il faudrait éviter, si possible, d'utiliser ce type de systèmes dans les zones protégées nationales et internationales désignées.

6.18 Les vibrations des machines induisent du bruit qui est propagé par la structure. L'entretien approprié des pièces mobiles et des machines et les supports antivibratoires sont des moyens de maintenir les vibrations et le bruit à un niveau réduit et de prévenir l'augmentation du bruit due à l'exploitation de ces machines.

Stratégies fondées sur l'exploitation

6.19 En optimisant l'assiette et le tirant d'eau du navire, il est possible de réduire la puissance nécessaire et donc le bruit de cavitation de l'hélice.

6.20 Les exploitants peuvent ajuster et optimiser l'itinéraire, la vitesse et le temps de navigation du navire afin de réduire le temps passé au mouillage et donc le bruit rayonné sous l'eau dans les ports et les zones côtières. Grâce à la planification du voyage, il est possible d'utiliser d'autres itinéraires afin d'éviter les zones protégées nationales et internationales désignées et de réduire la vitesse lorsque les navires passent dans ces zones, lorsqu'il est possible de le faire en toute sécurité, à des périodes charnières de l'année, afin de réduire les incidences du bruit rayonné sous l'eau sur la vie marine et sur les communautés qui en dépendent. Les services hydrographiques et les administrations maritimes devraient

¹ Swain, G., Erdogan, C., Foy, L., Gardner, H., Harper, M., Hearin, J., Hunsucker, K.Z., Hunsucker, J.T., Lieberman, K., Nanney, M. et Ralston, E., 2022. *Proactive In-Water Ship Hull Grooming as a Method to Reduce the Environmental Footprint of Ships*. *Frontiers in Marine Science*, p.2017. En anglais seulement.

envisager de signaler les zones protégées nationales et internationales désignées sur les cartes et de mettre à jour les informations correspondantes, pour que les gens de mer et les utilisateurs des ports puissent planifier les voyages de façon à réduire au minimum les incidences du bruit rayonné sous l'eau par les navires sur la vie marine.

6.21 Passer en revue les renseignements sur les zones protégées nationales et internationales désignées afin de vérifier si les navires doivent passer par des zones de ce type ou y mener des opérations fait partie des meilleures pratiques. Ces zones peuvent notamment comprendre, mais pas exclusivement : les régions couvertes de glace de mer, y compris l'Inuit Nunaat, les ports très fréquentés et les routes de navigation où se trouvent des habitats importants ou cruciaux pour des espèces en voie de disparition, menacées ou protégées, des aires importantes pour les mammifères marins, des zones marines protégées telles que définies par la Convention sur la diversité biologique et d'autres zones de protection établies au niveau national/régional.

6.22 Les incidences du bruit rayonné sous l'eau pourraient s'accroître dans l'Inuit Nunaat, étant donné les caractéristiques particulières de cette région et les activités qui y sont menées, notamment les éventuelles opérations brise-glace, la présence d'espèces sensibles au bruit et la possible interférence avec les droits de chasse des autochtones. Il conviendrait que les navires exploités dans ces zones prennent davantage de mesures visant à réduire les incidences sur la vie sauvage marine, y compris des mesures destinées spécifiquement à réduire les incidences acoustiques des opérations brise-glace et l'adoption de stratégies fondées sur l'exploitation et la surveillance.

Vitesse du navire

6.23 De manière générale, dans le cas des navires équipés d'hélices à pas fixe, réduire la vitesse du navire, le régime d'arbre et/ou la puissance du moteur peut être une mesure opérationnelle très efficace pour réduire le bruit sous-marin, essentiellement parce que cette mesure donne lieu à une diminution de la cavitation. Cela est notamment le cas lorsque les vitesses sont inférieures à la vitesse déclenchant la cavitation, sachant que même une réduction minime de la puissance peut permettre de diminuer considérablement la cavitation. Par conséquent, les systèmes de limitation de la puissance sur l'arbre pouvant être désactivés ou les systèmes de limitation de la puissance du moteur pouvant être désactivés (tels que ceux qui pourraient être adoptés en vue de satisfaire aux prescriptions de l'OMI relatives à l'EEXI) devraient permettre de réduire le bruit rayonné sous l'eau dans les situations dans lesquelles la puissance ainsi limitée est inférieure à la puissance d'exploitation normale du navire.

6.24 Il est recommandé de prendre des mesures, de déterminer la vitesse déclenchant la cavitation, puis d'exploiter le navire à une vitesse inférieure à cette dernière dans les zones protégées nationales et internationales désignées, dans la mesure du possible dans la pratique. Dans le cas des navires équipés d'hélices à pas réglable, la réduction de la vitesse pourrait ne pas entraîner de diminution du bruit. Il faudrait donc envisager de combiner au mieux la vitesse de l'arbre et le pas de l'hélice.

6.25 Il peut néanmoins exister d'autres facteurs primordiaux justifiant de conserver une vitesse particulière, comme la sécurité, l'exploitation et le rendement énergétique. Il faudrait, de manière générale, étudier les vitesses critiques d'un navire du point de vue de la cavitation et de l'augmentation du bruit rayonné sous l'eau qui en résulterait.

Tableau 1 Résumé des stratégies de réduction du bruit rayonné sous l'eau fondées sur la conception, la technique, l'exploitation et l'entretien qui s'appliquent aux navires neufs et/ou aux navires existants dans la

mesure du possible dans la pratique. Cette liste n'est pas exhaustive et ne devrait pas limiter les solutions fondées sur la conception qu'un propriétaire de navire pourrait envisager. Pour de plus amples renseignements, il convient de se reporter au rapport intitulé "Ship underwater radiated noise technical report and matrix"*

Stratégies de réduction du bruit rayonné sous l'eau	Navire neuf	Navire existant
Optimisation de la conception de la forme de la coque du navire (et des appendices de cette dernière) aux fins de la performance hydrodynamique et de l'homogénéité du sillage en vue de réduire la cavitation.	X	X
Optimisation de la conception de l'hélice afin de réduire la cavitation, optimisation de la charge, mesures visant à assurer un flux d'eau uniforme et l'interaction coque-hélice, et sélection soigneuse des caractéristiques de l'hélice, telles que le diamètre, le nombre de pales, la surface des pales, le pas, l'inclinaison des pales, le calage, le profil des pales et les sections et le matériel innovant.	X	X
Utilisation de techniques émergentes, telles que la technologie d'assistance éolienne, en vue de réduire la charge de l'hélice et le bruit de cavitation.	X	X
Injection d'air vers l'hélice.	X	X
Amélioration de l'écoulement du sillage	X	X
Sélection soigneuse des machines à bord et installation appropriée des machines ainsi qu'adoption de mesures susceptibles de réduire le bruit propagé par la structure, choix de l'emplacement convenable pour l'équipement situé dans la coque et optimisation des structures de fixation.	X	
Installation et isolation des machines, par exemple au moyen de fixations élastiques et d'accouplements élastiques dans les moteurs à quatre temps à réducteur, de supports antivibratoires et de l'amélioration de l'équilibre dynamique dans le cas des machines rotatives.	X	X
Optimisation de l'assiette du navire en vue de réduire la puissance nécessaire et donc le bruit de cavitation de l'hélice.	X	X
Amélioration de la planification du voyage (par exemple, itinéraire optimal, coordination dans l'ensemble de la flotte, prise en compte des zones protégées nationales et internationales désignées/régions couvertes de glace de mer, y compris les habitats ou voies de migration connus).	X	X
Réduction de la vitesse du navire, du régime d'arbre et/ou de la puissance du moteur des navires équipés d'hélices à pas fixe ²	X	X
Mise en place de mesures d'organisation du trafic visant à contourner les zones protégées nationales et internationales désignées, y compris les habitats ou les voies de migration connus ³	X	X
Entretien (et nettoyage/revêtement) de l'hélice	X	X
Entretien de la coque (revêtement et entretien et nettoyage de la coque dans l'eau, pas d'utilisation des systèmes antisalissure à ultrasons, dans la mesure du possible, dans les zones protégées nationales et internationales désignées)	X	X

* En anglais seulement.

- 2 Il est vital de maintenir une vitesse et une puissance suffisantes pour assurer la navigation en toute sécurité. Il convient de se reporter à la circulaire MEPC.1/Circ.850/Rev.3 contenant les Directives permettant de déterminer la puissance de propulsion minimale nécessaire pour que les navires conservent leur capacité de manœuvre dans des conditions défavorables.
- 3 "Mesures d'organisation du trafic" désigne le procédé consistant à déplacer les routes de navigation existantes reconnues en dehors des zones protégées nationales et internationales désignées, dans lesquelles peuvent se trouver d'importants habitats pour les mammifères marins ou des voies de migration. L'organisation du trafic maritime est reconnue comme étant une mesure efficace pour réduire l'exposition au bruit produit par les navires dans le milieu marin.

7 RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE ET RÉDUCTION DU BRUIT RAYONNÉ SOUS L'EAU

7.1 Il faudrait examiner attentivement les incidences réciproques qui existent entre le rendement énergétique, les émissions de GES et la réduction du bruit rayonné sous l'eau dans le cadre des mesures visant à s'acquitter des obligations réglementaires et à garantir que les niveaux cibles de bruit rayonné sous l'eau fixés dans le plan de gestion du bruit rayonné sous l'eau sont respectés. Un grand nombre des possibles moyens d'améliorer le rendement énergétique aux fins du respect des règles à cet égard (EEDI, EEXI et CII) pourraient également contribuer à réduire le niveau de bruit rayonné sous l'eau et créer des synergies positives avec les politiques climatiques. Lorsque les mesures de réduction du bruit rayonné sous l'eau ne sont pas propices à une amélioration du rendement énergétique, les obligations réglementaires relatives au rendement énergétique et aux émissions doivent prévaloir. Prendre des mesures en matière de bruit rayonné sous l'eau ne devrait pas signifier renoncer au respect des prescriptions de l'OMI relatives à la réduction des émissions de GES et au rendement énergétique ou d'autres prescriptions ayant une incidence sur la sécurité du navire, par exemple sur sa capacité de manœuvre.

7.2 Les concepteurs, constructeurs, propriétaires et exploitants de navires devraient étudier et prendre en compte le risque que la conception de navires axée sur l'obtention d'un EEDI, EEXI et/ou CII plus faible puisse conduire à l'augmentation du bruit rayonné sous l'eau.

7.3 Il conviendrait d'étudier de près la possibilité de concevoir en même temps la coque et l'hélice, en tant qu'unité, de telle manière que l'écoulement du sillage soit uniforme afin de réduire la cavitation de l'hélice, ce qui permettrait également d'accroître le rendement énergétique et de réduire les émissions.

7.4 La réduction de la cavitation de l'hélice est un moyen efficace de réduire le bruit rayonné sous l'eau. Les mesures visant à réduire la puissance de propulsion appliquée ou installée et la charge de la poussée de l'hélice, assorties de réserves de sécurité appropriées⁴, sont des solutions possibles pour améliorer le rendement énergétique et réduire les émissions, qui contribuent généralement à la réduction du bruit rayonné sous l'eau; par exemple, l'assistance éolienne, la conception optimisée de la coque et le nettoyage régulier de la coque en vue d'éviter l'encrassement et de réduire la résistance de la coque sont autant de mesures efficaces pour réduire les émissions et le bruit rayonné sous l'eau.

7.5 Les méthodes de calcul du bruit rayonné sous l'eau devraient inclure des méthodes d'optimisation afin de prendre en compte les paramètres ayant une incidence à la fois sur le rendement énergétique et les autres émissions et sur le bruit sous-marin. Cela permettra d'optimiser les mesures relatives au bruit rayonné sous l'eau, aux autres émissions et au rendement/à la performance.

8 ÉVALUATION ET CONTRÔLE

8.1 L'évaluation et le contrôle continu du bruit rayonné sous l'eau constituent une étape essentielle de l'analyse de l'efficacité des mesures de réduction du bruit dans les océans. Il est possible pour cela de s'appuyer sur les mesures réelles du bruit rayonné sous l'eau par le navire ou sur la modélisation du bruit rayonné sous l'eau par le navire, fondée sur ses caractéristiques et paramètres de conception, ainsi que sur les conditions environnementales.

4 Voir la circulaire MEPC.1/Circ.850/Rev.3.

8.2 La modélisation du bruit rayonné sous l'eau doit prendre en compte la perte de la propagation du son, sachant que cette dernière est influencée par plusieurs paramètres environnementaux (par exemple, l'état de la mer, la glace de mer, le profil de vitesse du son, la température de l'eau de mer, l'absorption du son, les courants, les données bathymétriques, les propriétés du fonds marin). Divers modèles de propagation du son sous l'eau permettent de répondre aux objectifs de l'application spécifique.

8.3 Il faudrait s'efforcer de mieux comprendre l'état et l'évolution du bruit rayonné sous l'eau. Il faudrait encourager, le long des routes de navigation, la mise en place d'une capacité de contrôle en partenariat avec les ports intéressés, laquelle pourrait être utilisée dans le cadre de programmes d'incitation, afin de compléter les autres programmes de contrôle du bruit rayonné sous l'eau, dans la mesure du possible.

8.4 Il faudrait s'attacher à appuyer les efforts déployés à l'échelle locale pour comprendre le bruit sous-marin provenant des transports maritimes et ses incidences sur les espèces marines et sur les populations côtières.

8.5 Les États Membres et les autres parties prenantes, y compris les sociétés de classification, les concepteurs, les constructeurs, propriétaires et exploitants de navires, les fournisseurs et les fabricants peuvent, lorsque cela est possible, mettre à disposition des données qui sont utiles à la compréhension générale des émissions sonores des navires, y compris au moyen de programmes établis de contrôle des niveaux à la source du navire et/ou du bruit ambiant.

8.6 Les données recueillies sur le bruit rayonné sous l'eau et les résultats des mesures appliquées peuvent être mis en commun par la soumission au Comité de la protection du milieu marin, au titre du point de l'ordre du jour intitulé "Divers", des renseignements, des constatations, des suggestions, des observations et des recommandations fondées sur l'expérience acquise dans le cadre de l'application des présentes directives. Les données peuvent être communiquées de façon anonyme afin d'appuyer la planification et l'élaboration de mesures de réduction du bruit rayonné sous l'eau par les États Membres et d'autres parties prenantes.

9 INCITATION

9.1 Les autorités maritimes, les organismes financiers et d'assurance et les autres entités sont encouragés à promouvoir la mise en place de mécanismes d'incitation visant à appuyer la mise en œuvre des programmes de contrôle du bruit rayonné sous l'eau et les efforts déployés par les fournisseurs, les concepteurs, les constructeurs, propriétaires et exploitants de navires pour réduire le bruit, selon qu'il convient. Les incitations peuvent aussi faciliter la collecte et la mise en commun des données sur le bruit rayonné sous l'eau par les navires en général.

9.2 Le programme d'incitation pourrait, par exemple, être fondé sur les mentions de classification assignées aux navires en ce qui concerne le bruit rayonné sous l'eau, la reconnaissance d'un plan de gestion du bruit rayonné sous l'eau, les niveaux cibles de réduction du bruit rayonné sous l'eau, les techniques utilisées dans le navire et le moteur et l'entretien de ces derniers, les programmes de réduction de la vitesse du navire, l'alimentation électrique à terre dans les ports et autres certificats volontaires de la durabilité, qui comprennent des éléments attestant la réduction du bruit rayonné sous l'eau ou d'autres effets bénéfiques sur le plan du rendement et de l'entretien (par exemple, prévenir l'encrassement biologique en nettoyant sous l'eau la coque et l'hélice du navire pourrait renforcer le rendement et réduire au minimum le transfert d'espèces envahissantes).

9.3 Les incitations peuvent, entre autres, prendre la forme de remises sur les droits portuaires ou de chenal, ou de services ou produits supplémentaires et de promotions.

9.4 Les fournisseurs, les concepteurs et les constructeurs, propriétaires et exploitants de navires devraient se tenir informés des mesures d'incitation qui existent aux fins de la réduction du bruit rayonné sous l'eau et s'efforcer d'en tirer avantage.

Appendice 1

NORMES ET RECOMMANDATIONS INTERNATIONALES ET RÈGLES APPLIQUÉES PAR LES SOCIÉTÉS DE CLASSIFICATION CONCERNANT LA MESURE DU BRUIT RAYONNÉ SOUS L'EAU

1 Les propriétaires de navires, concepteurs et exploitants et les autres parties prenantes peuvent appliquer la norme de mesure du bruit la plus appropriée et la plus à jour, selon leurs besoins, parmi celles qui sont énumérées dans les paragraphes qui suivent.

2 Les normes ANSI S12.64 et ISO-17208-1 sont deux versions de la même norme⁵. La première norme comprend trois niveaux, à savoir des méthodes de contrôle, d'expertise ou de précision, cette dernière étant la méthode la plus exacte. La norme ISO-17208-1 est tirée de la norme S12.64 et adaptée à une application internationale, la principale différence étant que les trois niveaux ont été supprimés. Ces deux normes concernent la mesure du niveau de bruit rayonné par un navire en eaux profondes. La norme ISO-17208-2⁶ établit une méthode permettant d'utiliser les données mesurées au moyen de la norme ISO-17208-1 et de convertir le niveau de bruit rayonné mesuré en niveau de source monopolaire. Ces deux normes seraient les plus pertinentes en matière de mesure du bruit provenant des navires. Elles seraient toutes les deux nécessaires en cas de recours au paramètre "niveau de source monopolaire".

Liste non exhaustive des normes de mesure du bruit rayonné sous l'eau

Norme ou Organisation	Date de publication	Champ d'application	Méthode	Profondeur minimale de l'eau
ICES-CRR-209 ⁷	Mai 1995	S'applique uniquement aux navires de recherche sur la pêche. Ce document énonce des recommandations concernant le bruit ambiant, l'ouïe des poissons, le bruit provenant des navires, la réaction des poissons au bruit provenant des navires, l'appareillage de mesure du bruit rayonné sous l'eau et l'atténuation du bruit produit par les navires de recherche.	La méthode prévue donne des résultats de niveau de pression acoustique à un mètre dans la bande de fréquence de 1 Hertz (bande étroite). Aucune méthode de correction de la distance n'est donnée.	Non précisée

⁵ **ISO 17208-1:2016** - Acoustique sous-marine — Grandeurs et modes de description et de mesurage de l'acoustique sous-marine des navires — Partie 1 : Exigences pour les mesurages en eau profonde utilisées pour des besoins de comparaison.

⁶ **ISO 17208-2:2019** - Acoustique sous-marine — Grandeurs et modes de description et de mesurage de l'acoustique sous-marine des navires — Partie 2 : Détermination des niveaux de source à partir des mesures par grands fonds.

⁷ Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM), Rapport des Recherches Collectives n° 209 (Underwater Noise of Research Vessels, Review and Recommendations), mai 1995.

Norme ou Organisation	Date de publication	Champ d'application	Méthode	Profondeur minimale de l'eau
ANSI/ASA S12.64 ⁸	Septembre 2009	S'applique à tout navire, de quelques dimensions qu'il soit, dont la vitesse ne dépasse pas 50 nœuds. (Il s'agit de la première norme qui s'applique à la mesure du bruit rayonné sous l'eau par les navires de commerce.)	Les résultats sont exprimés en niveau de pression acoustique à une distance de 1 mètre, en partant du principe que le navire est conçu sur le modèle d'une source ponctuelle utilisant une diffusion sphérique. Il y a trois niveaux de mesure : méthode de précision, d'expertise ou de contrôle. Trois hydrophones placés dans la colonne d'eau sont utilisés, le navire étant vu par le travers	Préc. : 300 m ou 3 x L Exp. : 150 m ou 1,5 x L Contrôle : 75 m ou 1 x L L étant la longueur hors tout du navire.
Bureau Veritas, DNV ⁹	Novembre 2015	S'applique aux navires de commerce, qui comprennent tous les navires qui participent à des échanges commerciaux ou qui transportent des passagers pour le compte d'autrui.	Les résultats sont exprimés en pression acoustique à une distance de 1 mètre, mesurée au moyen de la perte de propagation calculée, le navire étant conçu sur le modèle d'une source acoustique monopolaire.	Non précisée
ISO-17208 -1 ¹⁰	Mars 2016	Comme pour la norme S12.64 (ci-dessus)	La méthode et les résultats sont presque les mêmes que pour la norme S12.64 à la différence que cette norme ne prévoit qu'un niveau de mesure, situé entre	Supérieure à 150 m ou telle que définie dans la note 1.

⁸ Institut national américain de normalisation (ANSI)/Société américaine d'acoustique (ASA) S12.64-2009; *Quantities and Procedures for Description and Measurement of Underwater Sound from Ships – Part 1: General Requirements*, septembre 2009.

⁹ *Achieve Quieter Oceans by Shipping Noise Footprint Reduction (AQUO) and Suppression of UW Noise Induced by Cavitation (SONIC), Guidelines for Regulation on UW Noise from Commercial Shipping*.

¹⁰ Organisation internationale de normalisation (ISO), ISO-17208-1-2016 - Acoustique sous-marine — Grandeurs et modes de description et de mesurage de l'acoustique sous-marine des navires — Partie 1 : Exigences pour les mesurages en eau profonde utilisées pour des besoins de comparaison, mars 2016.

Norme ou Organisation	Date de publication	Champ d'application	Méthode	Profondeur minimale de l'eau
			le niveau de précision et le niveau d'expertise de la norme S12.64. Trois hydrophones placés dans la colonne d'eau sont utilisés, le navire étant vu par le travers	
ITTC Guidelines 7.5-04 ¹¹	Septembre 2017	S'applique à la mesure du bruit rayonné sous l'eau par les navires de surface.	Les résultats sont exprimés en niveau de pression acoustique à 1 mètre, en prenant pour hypothèse une diffusion sphérique, et sont ajustés au moyen d'une normalisation de la distance.	300 m ou trois fois la longueur du navire pour le niveau supérieur; 150 m ou 1,5 fois la longueur du navire pour le niveau moyen; 75 m ou une fois la longueur du navire pour le niveau inférieur.
Lloyds Register ¹²	Février 2018	S'applique à tout navire dont le bruit rayonné sous l'eau a été mesuré et certifié conformément à la mention "SHIPRIGHT" du Lloyd's Register.	Une correction pour tenir compte de la profondeur de l'eau est prévue, sous réserve que les mesures aient été effectuées conformément à la norme ISO-17208-1. Les mesures en eaux peu profondes doivent être effectuées conformément à la norme ISO-17208-1. Trois hydrophones placés dans la colonne d'eau sont utilisés, le navire étant vu par le travers.	Supérieure à 60 m ou telle que définie dans la note 2.
Bureau	Juillet 2018	S'applique à tout navire autopropulsé.	Les résultats sont exprimés en pression	Supérieure à 60 m ou telle que

¹¹ *International Towing Tank Conference (ITTC), Recommended Procedures and guidelines - Underwater Noise from Ships - Full scale measurements.*

¹² *Lloyd's Register (LR), Additional Design Procedures, Additional Design & Construction Procedure for the Determination of a Vessels Underwater Radiated Noise, février 2018.*

Norme ou Organisation	Date de publication	Champ d'application	Méthode	Profondeur minimale de l'eau
Veritas ¹³			acoustique à une distance de 1 mètre, mesurée au moyen de la perte de transmission calculée, le navire étant conçu sur le modèle d'une source acoustique monopolaire. Trois hydrophones placés dans la colonne d'eau sont utilisés, le navire étant vu par le travers.	définie dans la note 3.
China Classification Society ¹⁴	Octobre 2018	S'applique aux navires ayant demandé une mention de classe de la CCS.	Les résultats sont exprimés en niveau de pression acoustique à 1 mètre, en prenant pour hypothèse une diffusion sphérique et en utilisation la perte de transmission calculée.	Lorsqu'un seul hydrophone est utilisé, la hauteur d'eau sous la quille ne doit pas être inférieure à 40 m et elle ne doit pas être inférieure à 60 m lorsque l'on utilise plusieurs hydrophones.
ISO-17208- 2 ¹⁵	Juillet 2019	Ce document précise les méthodes permettant de calculer le niveau de source monopolaire équivalent en convertissant les valeurs du niveau de bruit rayonné obtenues en eaux profondes conformément à la norme ISO 17208-1.	Cette norme ne décrit pas les méthodes de mesure et il faut utiliser la norme ISO-17208-1 pour effectuer les mesures sur le terrain.	N/A
DNV ¹⁶	Juillet 2019	S'applique à tous les navires qui souhaitent que DNV-GL leur attribue la mention SILENT.	La méthode à utiliser en eaux profondes doit suivre la norme ISO-17208-1 (donnée ci-dessus).	150 m (dans le cas des essais en eaux profondes, quelle que soit la longueur du navire)

¹³ Bureau Veritas (BV), *Underwater Radiated Noise, Rule Note NR 614 DT R02 E*, juillet 2018.

¹⁴ China Classification Society, *Guidelines for underwater radiated noise of ships*, octobre 2018.

¹⁵ Organisation internationale de normalisation (ISO), ISO-17208-2-2019; Acoustique sous-marine — Grandeurs et modes de description et de mesurage de l'acoustique sous-marine des navires — Partie 2 : Détermination des niveaux de source à partir des mesures par grands fonds, juillet 2019.

¹⁶ Det Norske Veritas / Germanischer Lloyd (DNV/GL), Class Guideline DNVGL-CG-0313, *Measurement procedures for noise emission*, juillet 2019.

Norme ou Organisation	Date de publication	Champ d'application	Méthode	Profondeur minimale de l'eau
			Pour les eaux peu profondes, une méthode unique doit être utilisée, laquelle consiste à utiliser un seul hydrophone installé sur le fond et à appliquer une correction utilisant la perte de transmission réelle mesurée sur place ou le rapport $18 \times \text{Log}(r)$, dans lequel r est la distance entre le navire et l'hydrophone.	30 m (dans le cas des essais en eaux peu profondes)
DNV ¹⁷	Juillet 2020	S'applique à tous les navires qui souhaitent que DNV-GL leur attribue la mention SILENT.	Les résultats sont exprimés en niveau de pression acoustique à une distance de 1 mètre, en partant du principe que le navire est conçu sur le modèle d'une source ponctuelle ou linéaire, tel que défini pendant l'évaluation. Ce document établit les limites uniquement, et il convient d'effectuer les mesures conformément à la directive DNVGL-CG-0313 (voir ci-dessus).	N/A

¹⁷ Det Norske Veritas / Germanischer Lloyd (DNV/GL), Rules for Classification, Ships, Part 6, Additional class notations, Chapter 7 Environmental Protection and Pollution Control, juillet 2020.

Norme ou Organisation	Date de publication	Champ d'application	Méthode	Profondeur minimale de l'eau
ABS ¹⁸	Mai 2021	S'applique aux navires de commerce et de recherche autpropulsés	Les résultats sont exprimés en niveau de pression acoustique à une distance de 1 mètre, et utilisent la diffusion sphérique en eaux profonde et la perte de transmission calculée (au moyen de l'équation donnée) en eaux peu profondes. Trois hydrophones placés dans la colonne d'eau sont utilisés, le navire étant vu par le travers.	Supérieure à 60 m ou telle que définie dans la note 4.
RINA ¹⁹	2021	S'applique à tous les navires qui souhaitent que RINA leur attribue la mention DOLPHIN QUIET ou TRANSIT.	Les résultats sont exprimés en niveau de pression acoustique à une distance de 1 mètre, en partant du principe que le navire est conçu sur le modèle d'une source ponctuelle utilisant une diffusion sphérique. Trois hydrophones placés dans la colonne d'eau sont utilisés, le navire étant vu par le travers.	Supérieure à 150 m ou telle que définie dans la note 5.
Korean Register ²⁰	Juillet 2021	S'applique aux navires neufs et aux navires existants qui ont demandé la mention optionnelle URN (bruit rayonné sous l'eau) applicable au bruit rayonné sous l'eau par le navire	Les résultats sont exprimés en niveau de pression acoustique à une distance de 1 mètre.	60 mètres au moins

¹⁸ American Bureau of Shipping (ABS), *Underwater Noise and External Airborne Noise*, mai 2021.

¹⁹ Registro Italiano Navale (RINA), *Dolphin Quiet Ship et Dolphin Transit Ship*, 2021.

²⁰ *Korean Register: Guidance for Underwater Radiated Noise* (juillet 2021).

NOTES SUR LA PROFONDEUR MINIMALE DE L'EAU :

1. ISO-17208-1 : $1,5 \times$ longueur hors tout du navire, qui est la distance longitudinale entre le point le plus à l'avant et le point le plus à l'arrière d'un navire.
2. Lloyds Register : $0,3 \times v^2$, v étant la vitesse du navire en m/s, ou $3 \times (B \times Dt)^{1/2}$, B étant la largeur du navire et Dt le tirant d'eau du navire, ces deux valeurs étant exprimées en mètres.
3. Bureau Veritas : $0,3 \times v^2$, v étant la vitesse du navire en m/s. Les eaux profondes sont celles situées à une profondeur de 200 m ou $2 \times$ la longueur du navire, sauf si la longueur du navire est supérieure à 200 m, auquel cas il s'agit des eaux situées à une profondeur de $1,5 \times$ la longueur du navire.
4. ABS : $0,3 \times v^2$, v étant la vitesse du navire en m/s. Les eaux profondes sont celles situées à une profondeur de 150 m ou $1,5 \times$ la longueur du navire, la valeur la plus grande étant retenue.
5. RINA : les mesures peuvent être effectuées dans les eaux peu profondes tant que la procédure adéquate de calcul de perte réelle de transmission a été approuvée par RINA.

Appendice 2

TYPES DE MODÈLES DE CALCUL PERMETTANT D'OPTIMISER LA CONCEPTION DES NAVIRES ET LES STRATÉGIES TECHNIQUES DE RÉDUCTION DU BRUIT RAYONNÉ SOUS L'EAU

On trouvera ci-dessous les types de modèles de calcul permettant d'optimiser la conception des navires et les stratégies techniques de réduction du bruit rayonné sous l'eau :

- .1 **Caractéristiques du flux** : la mécanique des fluides numérique (CFD) peut être utilisée pour estimer et visualiser les caractéristiques du flux, la cavitation et les sources hydroacoustiques autour de la coque et des appendices, et le sillage dans lequel tourne l'hélice. Les méthodes d'analyse de l'hélice, telles que la théorie de la surface portante ou la CFD peuvent aussi être utilisées pour estimer et évaluer les effets de la cavitation sur la performance de l'hélice.
- .2 **Rayonnement du bruit** : l'analyse par la méthode des éléments finis (FEA), la méthode des éléments de frontière (BEM) et l'analyse statistique énergétique (SEA) peuvent être utilisées pour estimer les niveaux de bruit dus aux excitations induites par le champ d'écoulement, la cavitation et les machines. Il peut être tenu compte des données bathymétriques, du fond de la mer et des structures élastiques du navire. Il est aussi possible d'utiliser d'autres méthodes pour estimer le rayonnement, telles que des méthodes hybrides, des méthodes fondées sur la houle et la méthode du flux d'énergie (EFM). La plupart des méthodes peuvent s'appliquer aussi bien aux structures qu'aux fluides.
- .3 **Propagation du bruit** : la trajectoire du bruit de la source au récepteur dépend de l'environnement et de certaines caractéristiques acoustiques. Des méthodes telles que la théorie des rayons, la théorie des modes normaux, l'intégration du nombre d'onde ou les équations paraboliques peuvent être utilisées aux fins de la modélisation de la propagation du son à longue distance.

Des essais sur modèle normalisés du bruit rayonné sous l'eau par l'hélice accompagnés d'essais de cavitation donnent aux fabricants, aux fournisseurs, aux propriétaires de navires et aux constructeurs de navires la possibilité de juger si les spécifications contractuelles relatives à la part du bruit rayonné sous l'eau imputable à l'hélice sont respectées avant la construction du navire.

- .1 À l'heure actuelle, les essais de cavitation sur modèle²¹ pourraient donner les estimations et les évaluations les plus exactes des niveaux de bruit rayonné sous l'eau provenant des hélices soumises à la cavitation, et un niveau de correspondance entre bon et acceptable avec les essais réalisés en mer pour déterminer les niveaux de bruit rayonné sous l'eau à la source. Néanmoins, il faudrait prendre en considération les effets d'échelle et les effets des bruits de fond et de réverbération dépendant de l'installation; d'autres améliorations devraient intervenir à cet égard compte tenu des résultats des études en cours. En outre, sachant que ces essais sur modèle

²¹ ITTC – *Recommended Procedures and Guidelines, Model-Scale Propeller Cavitation Noise Measurements, 7.5–02–03–03.9.*

sont axés sur le bruit de cavitation uniquement, les incidences des mesures d'atténuation du bruit de cavitation peuvent être judicieusement évaluées. Pour connaître les incidences de ces mesures d'atténuation sur le bruit global induit par le navire, il faut connaître les autres sources de bruit, par exemple le bruit induit par les machines et le bruit propagé par la structure.

- .2 Le navire, son hélice et ses appendices spéciaux (tels que le support d'arbre, les ailerons antirouls, etc.) pourraient faire l'objet d'un essai sur modèle dans une installation d'essai de cavitation, telle qu'un tunnel de cavitation, afin de mesurer les aspects liés à la conception en ce qui concerne les ondes de pression, la vitesse déclenchant la cavitation et le bruit rayonné induits par la cavitation.

Les estimations et les évaluations sur modèle du bruit rayonné sous l'eau devraient être analysées, dans la mesure du possible, au moyen d'essais de validation sur modèle réduit ou modèle en vraie grandeur, de préférence dans des environnements contrôlés.

Appendice 3

MODÈLES DE PLAN DE GESTION DU BRUIT RAYONNÉ SOUS L'EAU

On trouvera ci-après deux modèles de plan de gestion du bruit rayonné sous l'eau, assortis d'exemples de contenu, sur lesquels les propriétaires de navires peuvent se fonder pour élaborer un plan adapté à leurs besoins. Ces modèles ne sont fournis qu'à titre d'orientations et peuvent être modifiés pour tenir compte des circonstances spécifiques de chaque propriétaire de navire.

Modèle #1 - Plan représentant un idéal, assorti des premières étapes

Plan de gestion du bruit rayonné sous l'eau

1. Objectifs

Cette section devrait décrire brièvement l'objectif de haut niveau en ce qui concerne la réduction du bruit rayonné sous l'eau par les navires. Par exemple, cet objectif pourrait être formulé de la façon suivante : "Au cours des cinq prochaines années, nous souhaitons atteindre les objectifs suivants [...], et recenser d'autres moyens de réduire le bruit provenant de nos navires".

2. Stratégie

Cette section devrait décrire les diverses mesures qui seront prises pour atteindre l'objectif global. Il est possible notamment d'investir dans la recherche, de s'efforcer de mesurer la signature sonore des navires et de recenser/mettre en œuvre des solutions opérationnelles ou techniques applicables au navire.

3. Méthodes de suivi/d'évaluation

Cette section devrait décrire brièvement la manière dont le propriétaire/l'exploitant du navire a l'intention de suivre, analyser et évaluer la progression du plan au fil du temps.

Modèle #2 - Plan détaillé qui suit plus explicitement le cycle planification/mise en œuvre, suivi, évaluation

Plan de gestion du bruit rayonné sous l'eau

1. Introduction

Cette section devrait décrire brièvement l'objectif de haut niveau en ce qui concerne la réduction du bruit rayonné sous l'eau par les navires et l'intention du plan. Par exemple, cet objectif pourrait être formulé de la façon suivante : "Au cours des cinq prochaines années, nous souhaitons atteindre les objectifs suivants [...], mettre en œuvre les mesures suivantes [...] et recenser d'autres moyens de réduire le bruit provenant de nos navires".

2. Bruit rayonné sous l'eau de référence

Cette section devrait décrire brièvement la manière dont les niveaux de référence du bruit rayonné sous l'eau pourraient être déterminés.

Dans la mesure du possible dans la pratique, il faudrait s'efforcer de déterminer les valeurs de référence du navire. La condition de référence en ce qui concerne le bruit rayonné sous l'eau

par le navire peut être estimée (calculs/données empiriques/essais sur modèles) ou, de préférence, mesurée. L'établissement de la condition de référence estimée et/ou mesurée en ce qui concerne le bruit rayonné sous l'eau devrait se faire dans les conditions d'exploitation normales du navire, y compris à la vitesse et aux tirants d'eau d'exploitation types, et en utilisant l'équipement/les machines d'exploitation types.

Le bruit rayonné sous l'eau devrait être mesuré selon un objectif normalisé. L'appendice 1 présente un aperçu des normes de mesure reconnues existantes qui ont été utilisées dans le cadre des travaux de recherche et à l'appui des programmes portuaires. L'appendice 2 contient des types de modèles de calcul permettant d'optimiser la conception des navires et les stratégies techniques de réduction du bruit rayonné sous l'eau.

3. Niveaux cibles de bruit rayonné sous l'eau

La présente section devrait exposer sommairement les niveaux cibles globaux de réduction du bruit provenant de la source que le plan vise à atteindre. Les renseignements qui figurent ci-après donnent des orientations sur la façon dont ces cibles pourraient être fixées.

Les travaux de recherche ont permis de réunir des données démontrant qu'il existe de grandes différences d'une région à l'autre en ce qui concerne les conditions de propagation du son sous l'eau, les contributions aux niveaux de bruit rayonné sous l'eau et la sensibilité au bruit des espèces marines et leurs réponses physiologiques et comportementales au bruit produit par les navires. Les limites fixées en fonction de critères biologiques sont donc susceptibles de rendre compte de cette variabilité, tandis que toute limite universelle qui serait établie serait fondée sur une synthèse des besoins en matière de réduction des incidences dans divers environnements. Toutefois, les niveaux cibles de bruit propres à chaque navire, fondés sur la classe, la jauge ou d'autres caractéristiques du navire, peuvent être établis au moyen de mesures de référence, réelles ou estimées. Ces niveaux cibles de réduction du bruit rayonné sous l'eau peuvent être renforcés graduellement au cours d'une période donnée devant être établie par le propriétaire du navire.

Les niveaux cibles de bruit rayonné sous l'eau applicables à un navire donné devraient prendre en compte les activités du navire, le type de navire, l'estimation du niveau de bruit rayonné sous l'eau par ce navire et la mesure de référence, ainsi que les éléments opérationnels à prendre en considération. Les niveaux cibles de réduction du bruit rayonné sous l'eau peuvent aussi être fixés à l'aide d'un ensemble de règles établi par l'une des sociétés de classification en matière de bruit rayonné sous l'eau. Les propriétaires peuvent aussi fixer des niveaux cibles de réduction du bruit rayonné sous l'eau qui peuvent, par exemple, consister à réduire les niveaux de bruit d'un certain pourcentage.

4. Stratégies de réduction du bruit rayonné sous l'eau et mesures connexes

Cette section pourrait décrire précisément les stratégies qui seront mises en œuvre pour réduire le bruit sous-marin. Il pourrait s'agir notamment d'une combinaison de stratégies techniques et opérationnelles, qui pourraient être adaptées au fil du temps. Il est possible également de recenser des initiatives de recherche et d'autres projets collaboratifs visant à faire mieux connaître et comprendre les mesures de réduction du bruit rayonné sous l'eau. Il convient de se reporter à la section 6 des directives pour consulter le type de stratégies qui peuvent être mises en œuvre.

5. Contrôle et évaluation

Cette section devrait décrire comment contrôler et évaluer les mesures de réduction du bruit produit par les navires.

Dans le cadre de la planification de la gestion du bruit rayonné sous l'eau, les propriétaires et exploitants de navires devraient élaborer une stratégie de contrôle afin d'évaluer régulièrement l'efficacité des mesures de réduction du bruit provenant du navire en utilisant comme élément de comparaison les mesures de référence et les niveaux cibles de bruit rayonné sous l'eau et d'orienter et renforcer les activités visant à réduire le bruit (section 8). Une telle évaluation peut être exécutée au moyen de mesures du bruit rayonné sous l'eau, de simulations, de modélisations ou d'autres méthodes scientifiques de rassemblement et d'évaluation des données.

Il faudrait envisager de mesurer le bruit rayonné sous l'eau par le navire provenant des sources de bruit recensées, dans les diverses conditions types d'exploitation prévues, afin de vérifier si les niveaux cibles de bruit rayonné sous l'eau par le navire sont atteints. Ces mesures devraient permettre aux exploitants de navires d'optimiser l'exploitation des navires et d'ajuster les niveaux cibles de bruit rayonné sous l'eau comme il convient le long d'une route (par exemple, en optimisant l'assiette du navire, ce qui permet de réduire la puissance requise, ou en réduisant la vitesse, lorsqu'il est possible de le faire en toute sécurité, ces deux mesures pouvant conduire à une réduction du bruit de cavitation de l'hélice). Il est possible de vérifier que les niveaux de bruit précédemment acceptables ont été maintenus au moyen de registres démontrant le maintien de l'état des machines, de la coque et de l'hélice.

Entre les activités de mesure, le bruit rayonné sous l'eau peut être contrôlé sur place. Les nouveaux outils d'optimisation dynamique en temps réel du voyage, qui fournissent des renseignements analytiques personnalisés permettant d'accroître le rendement, de faire des économies de combustible et d'argent et de réduire les émissions, semblent prometteurs en tant que solution d'optimisation de la gestion permettant de s'adapter à la situation. La réduction du bruit devrait être ajoutée en tant que mesure supplémentaire d'optimisation.
