

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 144 600

②1 N° d'enregistrement national : **22 14696**

⑤1 Int Cl⁸ : **B 63 B 1/04 (2023.01)**

⑫

DEMANDE DE CERTIFICAT D'UTILITE

A3

②2 Date de dépôt : 30.12.22.

③0 Priorité : 28.12.22 ES 202232177U.

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 05.07.24 Bulletin 24/27.

⑤6 Les certificats d'utilité ne sont pas soumis à la procédure de rapport de recherche.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *ECOEficiencia E Ingenieria, S.L. Sté de droit espagnol — ES.*

⑦2 Inventeur(s) : Fernández Marmiesse Claudio et Campos-Ansó Fernández Pablo.

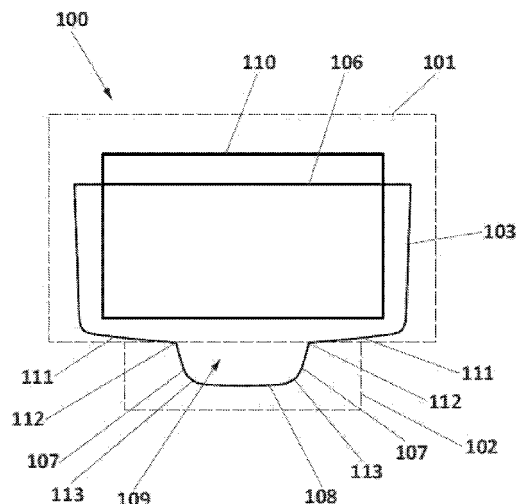
⑦3 Titulaire(s) : *ECOEficiencia E Ingenieria, S.L. Sté de droit espagnol.*

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet VIÈL.

⑤4 Navire de charge sans ballast.

⑤7 Les exemples se réfèrent à un navire de charge (100) sans ballast qui comprend une coque ayant un corps supérieur (101) et un corps inférieur (102) situé sous le corps supérieur (101). Les corps supérieur (101) et inférieur (102) ont une section transversale rectangulaire sur la longueur de la coque, le corps inférieur (102) étant de plus petites dimensions que le corps supérieur (101). Le navire comprend en outre des espaces de cargaison (110) disposés à l'intérieur du corps supérieur (101) et des espaces vides (109) à l'intérieur du corps inférieur (102). Avec un paramètre prédéfini sélectionné parmi un tirant d'eau maximal, un tirant d'eau minimal et une largeur de flottaison maximale du navire, la géométrie du navire est définie par : un rapport entre une largeur d'une paroi de fond plat du navire et une largeur de flottaison maximale à l'aire de flottaison du navire compris entre 0-0,7, un rapport entre un tirant d'eau immergé du corps supérieur et un tirant d'eau maximal du navire compris entre 0-0,8, et un coefficient de coupe au maître compris entre 0,65-0,85.

Figure pour l'abrégié : Figure 2



FR 3 144 600 - A3



Description

Titre de l'invention : Navire de charge sans ballast

Domaine technique

[0001] En général, la présente invention concerne les navires, et plus préférentiellement les navires de charge, sans système de ballast et ayant une forme constituée de deux corps distincts, supérieur et inférieur.

ÉTAT DE L'ART

[0002] Un navire, en particulier un navire de charge, est conçu en tenant compte du poids du navire lui-même et du poids de la cargaison qui doit être transportée à bord. Par conséquent, lorsque le navire n'a pas de cargaison ou qu'il est partiellement chargé, il flotte plus haut par rapport à la surface de l'eau et peut devenir instable pour traverser les vagues et le vent latéral, et peut être susceptible d'avoir de l'assiette ou de la gîte. En outre, les hélices du navire s'approchent de la surface de l'eau, ce qui peut les endommager par cavitation et les faire fonctionner à un régime inférieur à celui qui est recommandé, ce qui augmente l'usure de l'hélice et le besoin de maintenance. Pour éviter ces problèmes, les navires intègrent normalement un système de ballast comprenant des réservoirs contenant de l'eau de mer qui maintient le tirant d'eau nécessaire pour assurer l'efficacité de l'hélice, la sécurité de la navigation et l'équilibre du navire. L'eau de ballast est normalement chargée et déchargée dans différents ports qui peuvent se trouver dans différents pays ou continents. En raison de l'amélioration de la vitesse des navires, ces derniers sont capables de voyager d'un pays à l'autre en peu de temps avec des espèces aquatiques vivantes, en particulier des espèces marines envahissantes, contenues dans l'eau de ballast, de sorte que lorsque cette eau de ballast est déchargée dans un endroit éloigné de celui où elle a été chargée, la libération de ces espèces aquatiques vivantes peut causer des problèmes environnementaux en perturbant les écosystèmes à l'échelle mondiale.

[0003] Afin d'empêcher certaines espèces de pénétrer dans les citernes de ballast, certains navires intègrent des systèmes de filtration bloquant lesdites espèces. D'autres navires intègrent des systèmes de traitement des eaux de ballast qui comprennent des systèmes de chauffage, des systèmes de lumière ultraviolette, des systèmes de désoxygénation, etc. afin de tuer ou au moins de réduire la quantité d'espèces aquatiques vivantes contenues dans l'eau de ballast. Cependant, toutes ces solutions sont inefficaces et présentent des coûts d'installation et de maintenance élevés. En outre, ces solutions requièrent de grandes quantités d'énergie pour fonctionner et nécessitent donc de brûler plus de fioul, ce qui entraîne des émissions plus importantes.

[0004] Certains navires, connus sous le nom de "navires à ballast libre", intègrent un groupe de coffres structurels s'étendant sur toute la longueur du navire. Lors des opérations de

ballastage, ces coffres peuvent être ouverts à la mer avec une ouverture d'admission à la proue et une ouverture de décharge à la poupe, en étant soumis à un flux d'eau de l'ouverture d'admission à l'ouverture de décharge. De cette manière, ces coffres peuvent être inondés, ce qui réduit la flottabilité de la coque et permet au navire de s'enfoncer jusqu'à son tirant d'eau de ballast souhaité. Un exemple de ce type de navire est divulgué dans le document US2003019413A1 (Parsons). Cependant, cette solution est techniquement complexe et ajoute une grande traînée à la coque du navire lorsqu'il se déplace dans l'eau.

[0005] En outre, on connaît dans l'état de la technique des navires multicoques sans système de ballast. Ce type de navire n'a pas besoin de transporter de l'eau de ballast. Cependant, les coûts de fabrication et de maintenance de ce type de navires sont significativement plus élevés que ceux d'un navire monocoque. De plus, en raison de la conception particulière de ces navires, l'intégration d'une cale suffisamment grande et d'un seul tenant est difficile, et la largeur de flottaison est significativement plus importante que dans les navires monocoques. Un autre inconvénient de ces navires est que lorsque les navires multicoques transportent de lourdes charges à faible vitesse, la surface mouillée et la traînée dans la voie maritime augmentent de manière significative.

[0006] Les navires ayant un relevé de varangues en forme de V et munis d'une grande largeur de flottaison sont connus dans l'état de l'art. Dans ce type de navire, l'eau de ballast peut ne pas être nécessaire pour obtenir un contrôle approprié du centre de gravité du navire dans différentes conditions de chargement. Cependant, ces solutions ne peuvent pas être appliquées au transport de cargaisons, par exemple des objets, des matériaux solides, etc., qui nécessitent des géométries, des dimensions ou des formes de coque spécifiques.

[0007] Il serait donc souhaitable de trouver une solution alternative aux systèmes de ballast à eau, qui évite tous les inconvénients mentionnés ci-dessus et qui assure une navigation sûre et efficace des navires de charge.

DESCRIPTION DE L'INVENTION

[0008] L'objet de l'invention est un navire sans ballast, en particulier un navire de charge sans ballast, qui comprend une coque ayant un corps supérieur longitudinal, qui sert de cale de cargaison, et un corps inférieur longitudinal, qui sert de volume de correction de flottabilité, le corps inférieur étant situé sous le corps supérieur. Le corps supérieur et le corps inférieur ont une section transversale sensiblement rectangulaire le long de la longueur de la coque, mais le corps inférieur présente des dimensions plus petites (il est plus étroit et moins profond) que le corps supérieur. Ainsi, la coupe au maître présente deux puisards de cales par côté, au lieu d'un. Le concept de l'effet de ballast sur la conception conventionnelle (avec ballast) est remplacé par la réduction pratique

du volume de flottaison de la coque. Plus particulièrement, le corps supérieur et le corps inférieur peuvent avoir une section transversale sensiblement rectangulaire le long de la longueur de l'espace de cargaison du navire, par exemple la cale, tandis que la section de proue et la section de poupe du navire peuvent avoir une section transversale sensiblement similaire ou différente. Par exemple, la section de proue du navire peut être une proue à bulbe, une proue clipper, une proue incurvée ou tout autre type de proue. Ladite section de proue peut être conçue pour réduire la résistance de la coque qui coupe l'eau. D'autre part, la section de poupe du navire peut être une poupe carrée ou à tableau, une poupe ronde, une poupe en éventail, une poupe marchande ou tout autre type de poupe.

- [0009] Le corps inférieur est relié à la paroi inférieure du corps supérieur dans la partie centrale du navire (sous la cale). La partie inférieure des deux corps peut présenter un relevé de varangue. Ce relevé de varangue peut varier le long de la longueur du navire. La liaison entre le corps supérieur et les corps inférieurs à la proue et à la poupe peut devenir tangente continue et se produire au niveau des parois latérales. Par conséquent, les volumes supérieur et inférieur peuvent ne faire qu'un à l'avant et à l'extrémité du navire.
- [0010] Le corps supérieur et le corps inférieur peuvent être reliés en outre l'un à l'autre au moyen de cadres structurels internes, de piliers ou autres. Le corps inférieur donne à la section transversale des zones concaves marquées sur ses bords. La hauteur du corps supérieur par rapport à la hauteur du corps inférieur peut dépendre de la différence entre le déplacement maximal et le déplacement minimal du navire. Par exemple, plus la différence entre le déplacement maximal et le déplacement minimal du navire est grande, plus la hauteur du corps inférieur est grande par rapport à la hauteur du corps supérieur. Dans certains exemples, la hauteur du corps supérieur par rapport au creux sur quille du navire peut être comprise entre 45 % et 85 %. Ainsi, dans de tels exemples, la hauteur du corps inférieur par rapport au creux sur quille du navire peut être comprise entre 55 % et 15 %. Pour compenser cette différence entre le déplacement maximal et le déplacement minimal du navire, la largeur de flottaison maximale (largeur de flottaison au niveau du corps supérieur) du navire peut être encore modifiée, de sorte que plus cette différence est grande, plus la largeur de flottaison maximale du navire est grande. À titre de variante, la largeur de flottaison et le tirant d'eau du navire peuvent être modifiés ensemble pour compenser cette différence.
- [0011] La répartition du volume du corps inférieur modifie la répartition verticale de la flottabilité de la coque, ce qui entraîne un tirant d'eau du navire plus important en condition légère (déchargée) que celui d'autres navires connus ayant des géométries différentes.

- [0012] Le navire de charge sans ballast comprend en outre au moins un espace de cargaison, en d'autres termes, au moins un volume pour le transport de la cargaison, tel que la cale à cargaison, disposé au moins en correspondance avec le corps supérieur pour au moins stocker la cargaison. Cette cale peut occuper totalement l'espace défini par le corps supérieur, ou peut occuper totalement ou partiellement l'espace défini par le corps supérieur et également occuper partiellement l'espace défini par le corps inférieur du navire. L'espace de cargaison peut également dépasser du corps supérieur de manière à occuper partiellement le pont du navire.
- [0013] Le navire de charge sans ballast comprend également des espaces vides au moins partiellement en correspondance avec le corps inférieur. Ces espaces vides servent de réservoirs de flottaison pour le navire. Une partie de ces espaces vides peut en outre être utilisée pour stocker des réservoirs de carburant, des systèmes de tuyauterie ou un système de compensation d'assiette tel que décrit ci-après, parmi d'autres systèmes ou éléments du navire. À titre d'exemple, le rapport entre le volume des espaces vides et le déplacement volumétrique maximal du navire peut aller de 0,1 à 0,45, bien que d'autres rapports puissent être atteints en fonction de la conception particulière du navire.
- [0014] La section transversale du corps inférieur peut comprendre des parois latérales inclinées qui peuvent se rejoindre et être reliées à la paroi inférieure ou aux parois latérales du corps supérieur. Ces parois latérales inclinées peuvent être sensiblement planes (les parois latérales inclinées peuvent former un angle sensiblement constant par rapport au plan de flottaison) ou peuvent être incurvées (les parois latérales inclinées peuvent former un angle variable par rapport au plan de flottaison). Dans tous les cas, la pente moyenne équivalente des parois latérales inclinées (obtenue pour un volume équivalent du corps inférieur ayant des parois latérales inclinées complètement planes) peut être comprise entre $0,5^\circ$ et 85° par rapport à l'horizontale. Dans certains modes de réalisation, le corps inférieur comprend en outre un fond plat (également connu sous le nom de paroi de fond plat) situé au niveau d'une partie centrale du fond de la coque et le long de la longueur de la coque, et plus préférablement le long de la longueur des espaces de cargaison, de manière que les parois latérales inclinées sont formées des deux côtés du fond plat de sorte que le corps inférieur présente une section transversale sensiblement en forme de V tronqué. Cette section transversale en forme de V tronqué du corps inférieur est sensiblement similaire à une section transversale trapézoïdale inversée. Le corps inférieur peut également comprendre des parties de paroi inclinées formées au niveau d'un sommet des deux parois latérales pour rejoindre la paroi inférieure du corps supérieur.
- [0015] La forme de la section transversale dans la longueur essentiellement prismatique du navire ainsi définie forme quatre puisards de cale distincts au lieu de deux dans d'autres

navires connus présentant des géométries de navire différentes. Ces puisards de cale peuvent être arrondis ou les parois latérales et de fond qui les forment peuvent se rejoindre en formant un angle.

[0016] Le navire de charge sans ballast est défini de telle sorte que, pour un paramètre prédéfini, le paramètre étant sélectionné dans un groupe comprenant un tirant d'eau maximal (T_{max}), un tirant d'eau minimal (T_{min}) et une largeur de flottaison maximale (B_{max}) du navire, la géométrie du navire est définie par :

- i. un rapport ($\%B_{max}$) entre la largeur de la paroi de fond plat du navire et la largeur de flottaison maximale à l'aire de flottaison du navire qui est compris entre 0 et 0,7,
- ii. un rapport ($\%T_{max}$) entre le tirant d'eau immergé du corps supérieur (en d'autres termes, la distance verticale correspondant à la partie immergée des parois verticales du corps supérieur) et le tirant d'eau maximal du navire qui est compris entre 0 et 0,8, et
- iii. un coefficient de coupe au maître (C_m) du navire défini comme suit :

$$\begin{aligned} \%T_{max} + (1 - \%T_{max}) \cdot \%B_{max} + \frac{(1 - \%T_{max}) \cdot (1 - \%B_{max})}{2} = \\ = \frac{1 + \%T_{max} + \%B_{max} - \%T_{max} \cdot \%B_{max}}{2} = 1 - \frac{(1 - \%T_{max}) \cdot (1 - \%B_{max})}{2} \end{aligned}$$

qui est compris entre 0,65 et 0,85.

[0017] Dans le présent document, le coefficient de coupe au maître d'un navire désigne le rapport entre la surface de la coupe au maître du navire, pour un tirant d'eau défini, et la surface du rectangle qui contient ladite surface de la coupe au maître du navire, la largeur du rectangle correspondant à la largeur hors membre du navire et la hauteur du rectangle correspondant au tirant d'eau précédemment défini.

[0018] Ensuite, le coefficient $\%B_{max}$ qui a été défini comme étant le rapport entre la largeur (b) du fond plat du navire et la largeur de flottaison maximale (B_{max}) du navire au niveau de l'aire de flottaison du navire est le suivant :

$$\%B_{max} = \frac{b}{B_{max}}$$

[0019] De même, le coefficient $\%T_{max}$ qui a été défini comme étant le rapport entre le tirant d'eau immergé (t) du corps supérieur et le tirant d'eau maximal du navire (T_{max}) est le suivant :

$$\%T_{max} = \frac{t}{T_{max}}$$

[0020] La section transversale du corps inférieur maintient un tirant d'eau et une stabilité suffisants dans des conditions légères et évite les dommages dans l'hélice dus à la cavitation sans qu'il soit nécessaire d'avoir un système de ballast. Elle réduit également la résistance de la coque et améliore l'efficacité de la propulsion. La présence de deux puisards de cale supplémentaires augmente l'amortissement du roulis de Foucault. Le

volume des espaces vides dans le corps inférieur permet de ne pas dépasser le tirant d'eau maximal du navire (les espaces vides agissent comme un flotteur lorsque le navire est chargé). Le corps inférieur peut en outre avoir une forme qui change le long de la longueur dudit corps, devenant plus pointue à la proue. Cette répartition longitudinale du volume du corps inférieur modifie la position du centre de flottaison de la coque en fonction des changements de tirant d'eau.

[0021] En outre, en ayant un corps supérieur avec une section transversale sensiblement rectangulaire le long de toute la longueur du navire et en évitant d'utiliser des réservoirs de ballast latéraux, l'espace occupé par l'espace de cargaison peut être maximisé dans ledit corps supérieur (l'espace de cargaison peut avoir une largeur qui correspond sensiblement à la largeur de flottaison du navire), compensant toute perte spatiale dans le corps inférieur.

[0022] Le coefficient de bloc d'un navire est défini comme étant le rapport entre le volume sous l'eau du navire et le volume d'un bloc parallélépipédique défini par la longueur entre perpendiculaires, la largeur (largeur de flottaison) et la profondeur (tirant d'eau) du navire. Dans certains modes de réalisation, ce coefficient de bloc du navire dépend d'une valeur de l'angle des parois latérales du corps inférieur, qui peuvent être inclinées, par rapport à la ligne de base.

[0023] Par exemple, pour un B_{\max} et un T_{\max} prédéfinis et des valeurs constantes de t et $\%T_{\max}$ (seuls b et $\%B_{\max}$ sont modifiés), un angle plus important des parois latérales inclinées par rapport au fond plat implique un coefficient de bloc plus élevé et vice versa. Dans d'autres exemples, pour des valeurs prédéfinies de B_{\max} et T_{\max} et des valeurs constantes de b et $\%B_{\max}$ (seuls t et $\%T_{\max}$ sont modifiés), un angle plus important des parois latérales inclinées par rapport au fond plat implique un coefficient de bloc plus faible et vice versa. En outre, le coefficient de coupe au maître et le coefficient de bloc d'un navire sont liés l'un à l'autre. Autrement dit, plus le coefficient de coupe au maître est faible, plus le coefficient de bloc est faible, et vice versa.

[0024] Dans certains cas, le coefficient de bloc (C_b) est défini comme suit :

$$\begin{aligned} & \%T_{\max} + (1 - \%T_{\max}) \cdot \%A_{floatmax} + \frac{(1 - \%T_{\max}) \cdot (1 - \%A_{floatmax})}{2} \\ &= \frac{1 + \%T_{\max} + \%A_{floatmax} - \%T_{\max} \cdot \%B_{\max}}{2} = 1 - \frac{(1 - \%T_{\max}) \cdot (1 - \%A_{floatmax})}{2} \end{aligned}$$

et est compris entre 0,52 et 0,72, où $\%A_{floatmax}$ est le rapport entre la surface du fond plat ($A_{flatbottom}$) du corps inférieur du navire et la surface de la ligne de flottaison maximale ($A_{floatmax}$) du navire. Le coefficient de bloc résultant (C_b) du navire dépend de la différence entre le déplacement maximal et le déplacement minimal du navire.

[0025] Ensuite, le coefficient $\%A_{floatmax}$ qui a été défini comme étant le rapport entre la surface du fond plat ($A_{flatbottom}$) du corps inférieur du navire (si le navire n'a pas de fond plat, ce rapport sera nul) et la surface de la ligne de flottaison maximale ($A_{floatmax}$) du

navire est défini comme suit :

$$\%C_{A_{floatmax}} = \frac{A_{floatbottom}}{A_{floatmax}}$$

- [0026] Dans certains modes de réalisation, lorsque le navire est à son tirant d'eau minimal (poids minimal), le corps inférieur est au moins partiellement immergé et, lorsque le navire est à son tirant d'eau maximal (poids maximal), le corps inférieur est totalement immergé et le corps supérieur est partiellement immergé.
- [0027] Dans certains modes de réalisation, ledit au moins un espace de cargaison est une cale, et plus particulièrement une cale de type caisson. Dans ces modes de réalisation, en raison de l'absence de réservoirs de ballast latéraux dans le navire, la cale peut avoir une largeur qui correspond sensiblement à la largeur de flottaison du navire le long de la longueur du navire. Par conséquent, la cale peut maximiser l'occupation de l'espace à l'intérieur du navire. Ensuite, une réduction du creux sur quille de la cale due à la présence du corps inférieur peut être compensée par l'augmentation de la largeur de la cale.
- [0028] Pour les cales de type caisson, l'influence sur les paramètres hydrodynamiques du navire de la transition entre le fond plat du corps inférieur et les parois latérales du corps supérieur est particulièrement importante puisqu'il est intéressant d'atteindre la valeur maximale (largeur hors membre) avec le plus petit tirant d'eau possible, étant donné que la cale de type caisson doit être placée aussi bas que possible dans le navire pour des raisons de stabilité et pour contribuer à ce que le tirant d'eau maximal ne soit pas excessif. Par conséquent, pour ces cales particulières de type caisson, les parois latérales du corps inférieur peuvent avoir un angle par rapport au fond plat qui est plus petit que celui d'autres types de cales connus. Par exemple, pour les cales de type caisson, les parois latérales inclinées peuvent former un angle par rapport au fond plat compris entre 0,5° et 85°.
- [0029] Dans certains modes de réalisation, le tirant d'eau minimal du navire dépend du système de propulsion du navire. En d'autres termes, le tirant d'eau minimal peut être le tirant d'eau requis pour une immersion correcte des hélices du système de propulsion du navire. Le tirant d'eau minimal du navire peut également dépendre des exigences de stabilité et de tenue à la mer du navire.
- [0030] Dans certains modes de réalisation, le navire de charge sans ballast comprend deux hélices. Dans ces modes de réalisation, le navire de charge sans ballast peut en outre comprendre deux moteurs de propulsion de telle sorte que, lorsque le navire navigue avec son tirant d'eau minimal, seul l'un des deux moteurs de propulsion est configuré pour entraîner les deux hélices, et que, lorsque le navire navigue avec un tirant d'eau supérieur au tirant d'eau minimal, chaque moteur de propulsion entraîne une hélice correspondante parmi les deux hélices. Il existe principalement deux conditions extrêmes

de chargement clairement différenciées : à vide et à pleine charge. Lorsque les navires de charge sont vides (pas de cargaison), le déplacement et le tirant d'eau sont faibles, de même que la traînée du navire lors de son déplacement sur l'eau (économie d'énergie). Lorsqu'il navigue à pleine charge (tonnage de port en lourd maximal), la traînée du navire de charge sans ballast sera très similaire à la traînée en mer du navire de charge conventionnel. Cela peut impliquer que la différence de puissance requise pour la propulsion du navire dans les deux conditions soit importante. En condition sans cargaison, le tirant d'eau ayant été réduit au minimum nécessaire au bon fonctionnement du navire, un seul moteur de propulsion est utilisé pour entraîner les deux hélices. Pour tout autre tirant d'eau supérieur au tirant d'eau minimal, chacun des deux moteurs de propulsion est utilisé pour entraîner l'une des deux hélices. Dans certains exemples, les moteurs de propulsion peuvent être des moteurs de propulsion diesels-électriques, tels que des moteurs de propulsion de type ASD (propulseur azimutal) à transmission mécanique (transmission en L, transmission en Z) ou électriques, qui permettent un meilleur contrôle de la puissance délivrée à chacune des hélices. Ces moteurs de propulsion diesels-électriques peuvent être alimentés par une pluralité de groupes électrogènes qui peuvent fonctionner en fonction de la puissance requise par les moteurs de propulsion.

- [0031] Dans certains modes de réalisation, la coque comprend en outre un système de compensation d'assiette comportant au moins deux réservoirs reliés l'un à l'autre par une liaison fluïdique, un fluïde, par exemple de l'eau douce, stocké dans les au moins deux réservoirs étant transporté (transfert de poids à bord) entre lesdits au moins deux réservoirs pour maintenir la stabilité du navire. Ce système de compensation d'assiette est capable de corriger la gîte et l'assiette. La taille des réservoirs et leur emplacement à l'intérieur du navire de charge sans ballast peuvent être optimisés pour fournir un couple suffisant avec le moins d'eau possible. Dans certains exemples, il peut y avoir au moins un réservoir situé à proximité de chacune des murailles latérales (bâbord et tribord) de la coque, reliés l'un à l'autre par une liaison fluïdique pour corriger la gîte du navire, et il peut y avoir au moins un réservoir situé à proximité de la proue et un autre réservoir situé à proximité de la poupe, reliés l'un à l'autre par une liaison fluïdique, pour corriger l'assiette du navire.
- [0032] Dans certains modes de réalisation, la largeur du corps inférieur varie le long de la longueur de la coque, étant de préférence plus large à proximité d'une partie de poupe du navire et plus étroite à proximité d'une partie de proue du navire.
- [0033] Le navire de charge décrit ici évite d'utiliser des systèmes d'eau de ballast et élimine ainsi le transport d'eau de mer contenant des espèces marines invasives. Cette solution est donc plus efficace que les méthodes de traitement actuelles pour réduire le potentiel d'introduction desdites espèces marines invasives dans d'autres écosystèmes étrangers.

En outre, en évitant de traiter les eaux de ballast, des économies d'énergie significatives sont réalisées. De plus, on évite l'installation de réservoirs, de pompes, de tuyaux, de canalisations et d'autres éléments du système de ballastage à l'eau, avec les économies correspondantes en termes d'installation et de maintenance. Un autre avantage est que le navire décrit ici est plus efficace, car il réduit significativement sa traînée lorsqu'il se déplace dans l'eau à l'état vide (moins de déplacement, moins de surface mouillée et moins de puissance requise).

Brève description des dessins

[0034] Un ensemble de dessins est fourni pour compléter la description et afin de permettre une meilleure compréhension de l'invention. Ces dessins font partie intégrante de la description et illustrent un mode de réalisation de l'invention qui ne doit pas être interprété comme limitant la portée de l'invention, mais seulement comme un exemple de réalisation de l'invention.

[0035] Les dessins comprennent les figures suivantes :

La [Fig.1A], la [Fig.1B] et la [Fig.1C] montrent différentes vues d'un navire de charge sans ballast, selon un mode de réalisation particulier de l'invention.

La [Fig.2] montre une vue en coupe transversale du navire de charge sans ballast de la figure 1 le long de la ligne A-A.

La [Fig.3A] montre une vue en coupe transversale du navire de charge sans ballast, selon un mode de réalisation particulier de l'invention, avec les paramètres qui définissent le navire de charge sans ballast en deux dimensions.

La [Fig.3B] montre une vue en coupe transversale du navire de charge sans ballast de la [Fig.3A], avec les paramètres qui définissent le navire de charge sans ballast en trois dimensions.

Description détaillée de l'invention

[0036] Les figures 1A-C montrent différentes vues d'un navire de charge sans ballast 100, selon un mode de réalisation particulier de l'invention.

[0037] La [Fig.1A] montre une vue en perspective du bas du navire de charge sans ballast 100. Le navire de charge sans ballast 100 comprend un corps supérieur 101 et un corps inférieur 102 le long de toute la longueur du navire 100. Les figures 1B et 1C montrent respectivement une vue de dessous et une vue de côté du navire 100. Le corps supérieur 101 et le corps inférieur 102 du navire 100 ont une section transversale sensiblement rectangulaire le long de leur partie centrale, en particulier, le long de l'espace occupé par la cale (non représentée sur cette figure). Le corps inférieur 102 est plus étroit et moins profond que le corps supérieur 101.

[0038] Dans la partie de proue 103 du navire 100, la forme du corps inférieur 102 se rétrécit jusqu'à un point tandis que ledit corps inférieur 102 peut être élargi au niveau de la

partie de poupe 104 (le corps inférieur 102, au niveau de la partie de poupe 104 est la partie du navire 100 dans laquelle se trouve une plus grande concentration de poids, tels que des machines, etc.) Cela permet au navire 100 d'éviter de s'incliner et de diminuer la traînée dans la voie maritime. La géométrie de la partie de proue 103 du corps supérieur 101 a été choisie pour s'adapter à la géométrie de la partie de proue 103 du corps inférieur 102 et ainsi éviter entre le corps supérieur 101 et le corps inférieur 102 les très grandes surfaces "horizontales" qui augmentent la traînée et réduisent l'efficacité. Ces géométries, qui deviennent plus pointues dans la direction longitudinale, minimisent le tossage. À un certain point, le corps inférieur 102 définit une surface de transition entre le fond du navire 100 et le corps supérieur 101 laissant un espace pour placer des hélices.

[0039] Bien que le navire de charge sans ballast 100 des figures 1A-C montre une partie de proue 103 et une partie de poupe 104 ayant une géométrie particulière, lesdites parties de proue et de poupe peuvent avoir une tout autre géométrie en fonction de la conception particulière du navire.

[0040] La [Fig.2] montre une vue en coupe transversale du navire de charge sans ballast 100 de la figure 1 le long de la ligne A-A. Le corps supérieur 101 du navire 100 a une section transversale sensiblement rectangulaire qui est définie par les murailles latérales 105 et la paroi inférieure 111 de la coque et du pont 106 du navire 100. Les murailles latérales 105 du corps supérieur 101 sont reliées par leurs extrémités inférieures à la paroi inférieure 111 qui est elle-même reliée aux parois latérales 107 du corps inférieur 102 avec interposition de parois inclinées ou incurvées 112 qui génèrent des surfaces concaves sur la surface extérieure de la coque. Ces parois inclinées ou incurvées 112 définissent la zone de transition entre la paroi inférieure 111 du corps supérieur 101 et le corps inférieur 102. Dans ce mode de réalisation, les parois latérales 107 du corps inférieur 102 présentent une certaine inclinaison par rapport au fond plat 108. Le corps inférieur 102 présente également des bords inférieurs arrondis 113 pour améliorer les conditions hydrodynamiques de la coque.

[0041] Le corps inférieur 102 comprend des espaces vides 109 qui font office de flotteurs pour le navire 100. Ces espaces vides 109 sont dimensionnés de telle sorte que le volume d'air dans les espaces vides immergés 109 est équivalent au volume d'air dans les ballasts immergés, totalement ou partiellement vides, dans l'état chargé d'un navire conventionnel. Par exemple, le rapport entre le volume des espaces vides 109 et le déplacement volumétrique maximal du navire 100 peut être compris entre 0,1 et 0,45. Le navire 100 comprend en outre une cale de type caisson 110 disposée à l'intérieur du corps supérieur 101 et qui saille légèrement au-dessus du pont 106 pour stocker la cargaison. Cette cale 110 a une largeur qui correspond sensiblement à la largeur de flottaison du navire 100, et une longueur qui correspond sensiblement à la longueur du

navire 100. En particulier, la longueur de la cale 110 peut correspondre sensiblement à la longueur de la partie centrale du navire 100, c'est-à-dire à l'exclusion de la partie de proue 103 et de la partie de poupe 104.

[0042] Bien que le navire de charge sans ballast 100 de la [Fig.2] montre une cale 110 disposée en correspondance avec le corps supérieur 101 du navire 100, la cale 110 peut également occuper partiellement l'espace contenu dans le corps inférieur 101 et/ou peut saillir au-dessus de la ligne de pont du navire 100. En outre, bien que le navire de charge sans ballast 100 montre une seule cale, dans certains autres modes de réalisation, il peut y avoir plus d'une cale disposée longitudinalement le long de la longueur du navire, plus d'une cale disposée transversalement à la longueur du navire ou toute combinaison de celles-ci.

[0043] La [Fig.3A] montre une vue en coupe transversale d'un navire de charge sans ballast 200, selon un mode de réalisation particulier de l'invention, y compris les paramètres qui définissent la géométrie du navire 200 en deux dimensions (2D). La [Fig.3B] montre une vue en coupe transversale du navire de charge sans ballast 200 de la [Fig.3A], y compris les paramètres qui définissent le navire 200 en trois dimensions (3D). La vue en coupe transversale du navire de charge sans ballast 200 illustrée sur les figures 3A-B est similaire à la vue en coupe transversale du navire 100 de la [Fig.2].

[0044] Les navires de charge sans ballast 200 décrits ici ont été conçus avec une géométrie, une forme et une répartition de la flottabilité de la coque telles que, dans toute condition de charge, le tirant d'eau du navire est toujours compris entre le tirant d'eau minimal et le tirant d'eau maximal de la coque du navire. Tel qu'il est utilisé dans le présent document, le tirant d'eau de la coque du navire ou du bateau désigne la distance verticale entre la ligne de flottaison et le fond de la coque, y compris l'épaisseur de la coque. Le tirant d'eau minimal correspond à la profondeur d'eau minimale à laquelle un navire peut naviguer en toute sécurité tout en respectant la réglementation maritime applicable. Le tirant d'eau minimal est normalement atteint lorsqu'aucune cargaison n'est transportée à bord. De même, le tirant d'eau maximal du navire correspond à la profondeur d'eau maximale à laquelle un navire peut naviguer en toute sécurité tout en respectant les réglementations maritimes applicables, et il est normalement atteint avec le port en lourd maximal autorisé du navire, c'est-à-dire lorsqu'il est entièrement chargé.

[0045] L'état de cargaison du navire qui correspond au tirant d'eau minimal est celui dans lequel le poids total du navire est le plus faible possible (W_{\min}), également connu sous le nom de déplacement minimal. Dans cet état, le poids total est la somme des poids suivants :

- Déplacement léger (LTD),
- Constantes (K)= approvisionnements et consommables + équipage et effets +

huiles et pièces de rechange + effets dans les réserves + divers), et

- 10 % de consommation (carburants et huiles dans les réservoirs), de sorte que,

$$W_{\min} = LTD + K + 10 \% \text{ Cons.}$$

[0046] Par conséquent, pour le tirant d'eau minimal, le navire doit avoir un volume (V_{\min}) du dessous de la coque qui équilibre ce poids minimal (W_{\min}) :

$$V_{\min} = W_{\min} / d ; (d= 1,025 \text{ t/m}^3 ; \text{ poids spécifique de l'eau de mer})$$

[0047] D'autre part, l'état de cargaison du navire qui correspond au tirant d'eau maximal est celui dans lequel le poids total du navire est le plus grand possible (W_{\max}). Dans cet état, le poids du navire, également connu sous le nom de déplacement en charge (ou maximal), sera la somme des poids suivants :

- Déplacement lège (LTD), et

- Port en lourd (DWT) = Cargaison + K + 100 % Consommation, de sorte que,

$$W_{\max} = LTD + DWT = D \text{ (déplacement de la cargaison complète ; poids maximal du navire)}$$

[0048] Par conséquent, pour le tirant d'eau maximal, le navire doit avoir un volume (V_{\max}) du dessous de la coque qui équilibre ce poids (W_{\max}) :

$$V_{\max} = W_{\max} / d ; (d= 1,025 \text{ t/m}^3)$$

[0049] La transition entre le V_{\max} et le V_{\min} doit se faire en réalisant un taux de croissance du volume du dessous directement lié à la variation de l'aire de flottaison du navire, en d'autres termes, le taux de croissance du volume du dessous augmente avec le taux de croissance de la largeur de flottaison ($B(T)$) pour le tirant d'eau considéré. Dans le présent document, la largeur de flottaison (Beam) désigne la largeur d'un navire au point le plus large mesurée à la ligne de flottaison nominale du navire. Ce taux de croissance de la largeur de flottaison peut être limité par certaines restrictions de conception telles qu'un tirant d'eau maximal prédéfini, un tirant d'eau minimal et une largeur de flottaison maximale du navire, entre autres.

[0050] La relation entre le tirant d'eau (T) du bateau et le volume du dessous de la coque qui équilibre le poids (W) correspondant peut également être exprimée en fonction de l'aire de flottaison ($A_{float}(T)$) du bateau pour le tirant d'eau considéré. Ensuite, la condition pour le tirant d'eau minimal (poids minimal) du navire peut être exprimée en fonction de l'aire de flottaison ou en fonction de la largeur de flottaison comme suit :

$$\int_0^{T_{\min}} A_{float}(T) dT = V_{\min} = W_{\min} / d$$

$$\int_0^{T_{\min}} B(T) dT = AM_{\min}$$

où AM_{\min} est la surface de la section définie par la partie immergée de la coupe au maître dans la condition de tirant d'eau minimal.

[0051] La condition de tirant d'eau maximal (poids maximal) du navire peut être exprimée

en fonction de l'aire de flottaison ou en fonction de la largeur de flottaison comme suit :

$$\int_0^{T_{max}} Afloat(T) dT = Vmax = Wmax / d$$

$$\int_0^{T_{max}} B(T) dT = AM_{max}$$

où AM_{max} est la surface de la section définie par la partie immergée de la coupe au maître dans la condition de tirant d'eau maximal.

[0052] Il est donc nécessaire de définir les fonctions $Afloat(T)$ et $B(T)$. Ces fonctions peuvent être définies sur des intervalles. Dans l'intervalle des fonctions correspondant au corps inférieur de la coque, l'aire de flottaison et la largeur de flottaison augmentent de façon constante.

[0053] Selon la [Fig.3A], les données initiales qui définissent le navire de charge sans ballast (en considérant que la largeur de flottaison du navire croît linéairement) sont les suivantes : le tirant d'eau maximal (T_{max}), le tirant d'eau minimal (T_{min}), le rapport ($\%B_{max}$) entre la largeur (b) du fond plat du corps inférieur du navire et la largeur de flottaison maximale (B_{max}), le rapport ($\%T_{max}$) entre le tirant d'eau immergé (t) du corps supérieur du navire (c'est-à-dire la dimension latérale verticale du corps supérieur du navire) et le tirant d'eau maximal (T_{max}), et la largeur de flottaison maximale (B_{max}). Pour ce mode de réalisation particulier, T_{max} a été considéré comme le paramètre prédéfini, c'est-à-dire que le T_{max} du navire est utilisé comme une restriction pour obtenir le coefficient de coupe au maître (C_m), le rapport $\%B_{max}$ et le rapport $\%T_{max}$. À titre de variante, le coefficient de coupe au maître, le rapport $\%B_{max}$ et le rapport $\%T_{max}$ peuvent être obtenus en utilisant la largeur de flottaison maximale (B_{max}) ou le tirant d'eau minimal (T_{min}) comme paramètres prédéfinis (restriction) puisque toutes ces dimensions (tirant d'eau maximal, tirant d'eau minimal et largeur de flottaison maximale) sont liées les unes aux autres.

[0054] Connaissant le déplacement maximal et minimal du navire et un tirant d'eau maximal donné (restriction), faisant varier les valeurs de $\%B_{max}$ et de $\%T_{max}$ entre 0 et 0,7, respectivement, et établissant que

$$1 - \frac{(1-\%T_{max})^2(1-\%B_{max})}{2} = Cm = (0.65, 0.85)$$

toutes les solutions possibles peuvent être trouvées pour concevoir le navire de charge sans ballast. Chaque solution obtenue aura un tirant d'eau minimal et une largeur de flottaison maximale. Ensuite, plus le $\%B_{max}$ est faible et plus le $\%T_{max}$ est élevé, plus le coefficient de coupe au maître et le coefficient de bloc du navire sont faibles. En outre, et par conséquent, le coefficient de coupe au maître, ainsi que le coefficient de bloc, seront d'autant plus faibles que les parois latérales du corps inférieur seront inclinées. Le coefficient de coupe au maître et le coefficient de bloc d'un navire

sont liés l'un à l'autre. Autrement dit, plus le coefficient de coupe au maître est faible, plus le coefficient de bloc est faible et vice versa.

[0055] D'après la [Fig.3B], les données initiales qui définissent le navire de charge sans ballast (en considérant que l'aire de flottaison du navire croît linéairement et que la variation de l'aire de flottaison est due uniquement à une variation de la largeur de flottaison) sont les suivantes : le tirant d'eau maximal (T_{max}), le tirant d'eau minimal (T_{min}), le rapport ($\%A_{floatmax}$) entre la surface du fond plat ($A_{flatbottom}$) du corps inférieur du navire et la surface définie par la ligne de flottaison maximale du navire ($A_{floatmax}$), le rapport ($\%T_{max}$) entre la dimension latérale verticale (t) du corps supérieur du navire et le tirant d'eau maximal (T_{max}), et la largeur de flottaison maximale (B_{max}). Pour ce mode de réalisation particulier, T_{max} a été considéré comme le paramètre prédéfini, c'est-à-dire que le T_{max} du navire est utilisé comme restriction pour obtenir le coefficient de bloc (C_b) (et également le coefficient de coupe au maître (C_m)), le rapport entre la surface du fond plat et la surface maximale de l'aire de flottaison du navire, et le rapport entre le tirant d'eau immergé du corps supérieur et le tirant d'eau maximal du navire. À titre de variante, le rapport ($\%A_{floatmax}$) et le rapport ($\%T_{max}$) du navire peuvent être obtenus en utilisant la largeur de flottaison maximale ou le tirant d'eau minimal comme paramètres prédéfinis (restriction) puisque toutes ces dimensions (tirant d'eau maximal, tirant d'eau minimal et largeur de flottaison maximale) sont liées les unes aux autres.

[0056] Connaissant le déplacement maximal et minimal du navire et un tirant d'eau maximal donné (restriction), faisant varier les valeurs de $\%B_{max}$ et de $\%A_{floatmax}$ entre 0 et 0,7, respectivement, et établissant que

$$1 - \frac{(1-\%T_{max}) * (1-\%A_{floatmax})}{2} = Cb = (0.52, 0.72)$$

toutes les solutions possibles peuvent être trouvées pour concevoir le navire de charge sans ballast. Chaque solution obtenue aura un tirant d'eau minimal et une largeur de flottaison maximale. Ensuite, plus le $\%B_{max}$ est faible et plus le $\%T_{max}$ est élevé, plus le coefficient de bloc et le coefficient de coupe au maître du navire sont faibles. En outre, et par conséquent, le coefficient de bloc, ainsi que le coefficient de coupe au maître, seront d'autant plus faibles que les parois latérales du corps inférieur seront inclinées. Le coefficient de bloc et le coefficient de coupe au maître d'un navire sont liés l'un à l'autre. Autrement dit, plus le coefficient de bloc est faible, plus le coefficient de coupe au maître est faible et vice versa.

[0057] La conception du corps inférieur jusqu'à la hauteur du tirant d'eau minimal (T_{min}) du navire permet d'obtenir un taux de croissance du volume du dessous qui est directement lié à la variation de l'aire de flottaison du navire. En d'autres termes, le taux de croissance du volume du dessous augmente avec le taux de croissance de la largeur

de flottaison pour le tirant d'eau considéré. Ainsi, le coefficient de bloc (C_{bm}) pour le tirant d'eau minimal (T_{min}), équivalent au coefficient de bloc du corps inférieur jusqu'à la hauteur correspondant au tirant d'eau minimal, peut être défini comme suit :

$$C_{bm} = \frac{D - W_{load} - 0,9 * W_{cons}}{d * L * B * T_{min}}$$

où D est le déplacement à cargaison complète (poids maximal du navire), W_{load} est le poids de la cargaison transportée dans le navire, W_{cons} est le poids des consommations du navire, $d=1,025$ t/m³ (poids spécifique de l'eau de mer), L est la longueur du navire entre des perpendiculaires et B est la largeur hors membre.

[0058] Ainsi, le coefficient de bloc du corps inférieur pour le tirant d'eau minimal est déterminé en fonction des principales dimensions du navire, du tirant d'eau minimal nécessaire et du port en lourd (DWT) et des consommations du navire (autonomie). On obtient alors une valeur du coefficient de bloc du corps inférieur qui dépend du tirant d'eau minimal du navire et que la conception du navire ne peut dépasser, conditionnant la valeur maximale du coefficient de bloc du navire et donc la valeur minimale de son tirant d'eau maximal.

[0059] La différence entre le volume maximal (V_{max}) et le volume minimal (V_{min}) du navire est la suivante :

$$V_{max} - V_{min} = L * B * (T_{max} - T_{min}) * C'_b$$

où C'_b est le coefficient de bloc du corps supérieur dans la zone comprise entre le tirant d'eau maximal (T_{max}) et le tirant d'eau minimal (T_{min}) du navire.

$$C'_b = \frac{(C_b * T_{max} - C_{bm} * T_{min})}{(T_{max} - T_{min})} \quad (1)$$

[0060] Puisque $V = W/d$, alors :

$$V_{max} - V_{min} = \frac{(D - W_{min})}{d} = L * B * (T_{max} - T_{min}) * C'_b$$

et alors,

$$T_{max} = \frac{(D - W_{min})}{d * L * B * C'_b} + T_{min}$$

$$(D - W_{min}) = W_{load} + 0,9 * W_{cons}$$

$$T_{max} = \frac{(W_{load} + 0,9 * W_{cons})}{d * L * B * C'_b} + T_{min} \quad (2)$$

[0061] Cela signifie donc que le tirant d'eau maximal du navire peut être déterminé sur la base des principales dimensions du navire, du tirant d'eau minimal nécessaire et du port en lourd (DWT) et des consommations du navire (autonomie).

[0062] À partir des formules (1) et (2), on peut obtenir :

$$C_b = \frac{V_{max} * C'_b}{V_{max} + L * B * T_{min} * (C'_b - C_{bm})} \quad (3)$$

qui fournit le coefficient de bloc du navire en fonction du coefficient de bloc du

corps inférieur jusqu'à son tirant d'eau minimal et du coefficient de bloc du corps supérieur entre son tirant d'eau minimal et son tirant d'eau maximal.

- [0063] Si l'on considère que le coefficient de coupe au maître du corps supérieur (C'_m) du navire est égal à 1 (cette simplification permet de maximiser la valeur du coefficient de bloc du navire et donc d'obtenir un T_{max} minimal, ce qui signifie que la largeur de flottaison maximale est atteinte au tirant d'eau minimal ou même à un tirant d'eau inférieur au tirant d'eau minimal), le coefficient de bloc du corps supérieur est égal au coefficient prismatique du corps supérieur (C'_p),

$$C'_b = C'_p * C'_m = C'_p$$

- [0064] Avec le coefficient prismatique du navire (C_p) et le coefficient prismatique du corps inférieur (C_{pm}), on peut obtenir le coefficient prismatique du corps supérieur (C'_p) :

$$C'_p * (AM - AM_{min}) = C_p * AM - C_{pm} * AM_{min}$$

$$AM_{min} * C_{pm} = AM * C_p * \frac{V_{min}}{V_{max}}$$

$$C'_p = \frac{C_p * \left(1 - \frac{V_{min}}{V_{max}}\right)}{1 - \frac{C_{pm} * V_{min}}{C_p * V_{max}}}$$

où AM est la surface de la coupe au maître du navire dans la condition de tirant d'eau maximal (T_{max}) et AM_{min} est la surface de la coupe au maître du navire jusqu'au tirant d'eau minimal (T_{min}). En appliquant la simplification $C'_b = C'_p$, on peut obtenir le coefficient de bloc du navire sur la base du coefficient prismatique du navire et du coefficient prismatique du corps inférieur :

$$C_b = \frac{V_{max}}{\frac{V_{max}}{C_p} - \frac{V_{min}}{C_{pm}} + L * B * T_{min}}$$

On peut alors déduire le tirant d'eau maximal :

$$T_{max} = \frac{V_{max}}{L * B * C_b} = \frac{V_{max}}{L * B * C_p} - \frac{V_{min}}{L * B * C_{pm}} + T_{min}$$

- [0065] Le reste des paramètres du navire peut être dérivé, avec les restrictions prédéfinies, à partir de ce coefficient de bloc et du tirant d'eau maximal.

- [0066] Le coefficient prismatique du corps inférieur C_{pm} est limité et ne peut être inférieur à $1 - AM * (1 - C_p) / AM_{min}$ puisque C'_p est inférieur à 1.

$$C'_p < 1 \rightarrow C_{pm} > 1 - \frac{AM * (1 - C_p)}{AM_{min}} = \frac{1}{1 + \frac{V_{max}}{V_{min}} * \left(1 / C_p - 1\right)}$$

$$C_{pm}(min) = \frac{1}{1 + \frac{V_{max}}{V_{min}} * \left(1 / C_p - 1\right)}$$

- [0067] Étant donné que C_{pm} a une valeur minimale qui ne peut être réduite, et que le coefficient de bloc C_b diminue avec l'augmentation de C_{pm} , la valeur de C_{pm} doit être aussi proche que possible (en tenant compte de la valeur de C'_p) de sa valeur minimale (il faut un coefficient de bloc aussi élevé que possible pour obtenir un tirant d'eau maximal aussi faible que possible).

[0068] Par conséquent, la valeur du coefficient de bloc a une limite supérieure qui ne peut être atteinte. Cette valeur maximale correspond à une valeur du coefficient prismatique du corps inférieur égale à la valeur minimale qu'il peut avoir, soit ,

$C_{pm} = C_{pm}(\min)$ qui fait que la valeur du coefficient prismatique du corps supérieur est égale à 1,

$$C'_p = 1.$$

$$C_b(\max) = \frac{V_{max}}{V_{max} - V_{min} + L \cdot B \cdot T_{min}} = \frac{D}{W_{load} + 0,9 \cdot W_{cons} + d \cdot L \cdot B \cdot T_{min}}$$

[0069] Ainsi, le tirant d'eau maximal du navire a une limite inférieure qui ne peut être atteinte et dont la valeur est :

$$T_{max}(\min) = \frac{(V_{max} - V_{min})}{L \cdot B} + T_{min} = \frac{(W_{load} + 0,9 \cdot W_{cons})}{d \cdot L \cdot B} + T_{min}$$

[0070] Les caractéristiques principales du navire se situeront dans les valeurs limites décrites ci-dessus.

[0071] À titre d'exemple, un tableau présentant différents paramètres d'un navire de charge sans ballast, selon un mode de réalisation particulier de l'invention, d'un navire de charge conventionnel à navigation lente et d'un navire de charge standard (tous deux incorporant des systèmes de ballast), est fourni.

	Fourchettes de navires de charge sans ballast	Navire de charge à navigation lente	Navire standard	Navire de charge sans ballast	Navire de charge sans ballast maximal
B/T	1,35-3	2,1-2,3	2,3	1,9	1,4
C_b	0,52-0,72	0,65-0,73	0,74	0,69	0,54
C_m	0,65-0,85	0,97-0,995	0,94	0,79	0,67

[0072] Les paramètres comparés dans ce tableau sont le rapport (B/T) entre la largeur de flottaison (B) et le tirant d'eau (T), le coefficient de bloc (C_b) et le coefficient de coupe au maître (C_m) des navires. Les valeurs du rapport (B/T), du coefficient de coupe au maître (C_m) et du coefficient de bloc (C_b) ont été obtenues sur la base des formules décrites ci-dessus. Pour la définition des dimensions et des proportions indiquées dans le tableau, il a été considéré que la longueur et la largeur de flottaison restaient sensiblement constantes pour le navire de charge sans ballast. Ainsi, les dimensions les plus importantes à définir sont le tirant d'eau et le creux sur quille du navire de charge sans ballast.

[0073] La colonne "Fourchettes de navires de charge sans ballast" fait référence aux valeurs entre lesquelles se situe le navire de charge sans ballast décrit dans le présent document. La colonne "Navire de charge à navigation lente" fait référence aux valeurs

entre lesquelles se situe un navire de charge conventionnel à navigation lente avec système de ballast. La colonne "Navire standard" fait référence aux valeurs d'un navire de charge conventionnel particulier avec système de ballast. Les valeurs des colonnes "Navire de charge à navigation lente" et "Navire standard" sont connues de l'art antérieur (Ship design : Methodologies of Preliminary Design, Papanikolaou 2014). La colonne "Navire de charge sans ballast" fait référence aux valeurs d'un navire de charge sans ballast particulier, tel que décrit dans le présent document, dans lequel, afin d'obtenir les paramètres indiqués, le creux sur quille du navire a été modifié. Les valeurs de la colonne "Navire de charge sans ballast maximal" ont été obtenues pour un tirant d'eau maximal (restriction) de 150 % du tirant d'eau maximal d'un navire de charge conventionnel. En particulier, la colonne "Navire de charge sans ballast maximal" montre des valeurs de navire de charge sans ballast dans lequel seul le creux sur quille du navire a été modifié et le corps inférieur a un relevé de varangue en forme de V (en d'autres termes, il n'y a pas de fond plat dans le corps inférieur et le corps inférieur a une section transversale triangulaire).

[0074] Le rapport (B/T) du navire de charge sans ballast tel que décrit ici est compris entre 1,35 et 3 lorsque le creux sur quille du navire est sensiblement modifié au lieu de la largeur de flottaison, c'est-à-dire que le tirant d'eau maximal du navire est augmenté. Lorsque la largeur de flottaison est sensiblement modifiée et non le creux sur quille (pour atteindre un tirant d'eau maximal similaire à celui d'un navire conventionnel, c'est-à-dire un navire avec un système de ballast), le rapport (B/T) est compris entre 2 et 3. La valeur particulière du rapport (B/T) dépendra de la différence de déplacement du navire due aux différentes conditions de chargement et à la géométrie particulière du navire. Étant donné que seuls le creux sur quille, ou la largeur de flottaison, ou les deux peuvent être modifiés, on obtient une large fourchette [1,35-3] pour le rapport (B/T). Ensuite, la conception du navire de charge sans ballast peut être définie pour atteindre une solution dans laquelle le rapport (B/T) serait sensiblement égal aux valeurs de ce rapport pour le navire conventionnel (par exemple, le navire de charge standard ou le navire de charge à navigation lente), le creux sur quille et la largeur de flottaison du navire de charge sans ballast étant supérieures aux valeurs normales d'un navire conventionnel ayant des caractéristiques similaires. Les valeurs de C_b et C_m ne sont pas affectées par la valeur du rapport (B/T) puisqu'elles sont affectées par la valeur du produit (BxT).

[0075] Si l'on compare les valeurs obtenues pour le navire de charge sans ballast avec les valeurs obtenues pour les navires conventionnels ou standard, on constate que le tirant d'eau et/ou la largeur de flottaison du navire de charge sans ballast sont plus élevés. Ainsi, la multiplication de la largeur de flottaison et du tirant d'eau est plus élevée que dans les navires conventionnels (ayant des systèmes de ballast). Le coefficient de bloc,

et donc le coefficient de coupe au maître, est inférieur que dans les navires conventionnels.

[0076] Dans le présent texte, le terme "comprend" et ses dérivés (tels que "comprenant", etc.) ne doivent pas être compris dans un sens excluant, c'est-à-dire que ces termes ne doivent pas être interprétés comme excluant la possibilité que ce qui est décrit et défini puisse comprendre d'autres éléments, étapes, etc. Le terme "autre", tel qu'il est utilisé ici, est défini comme étant au moins un deuxième ou plus. Le terme "couplé", tel qu'il est utilisé dans le présent document, est défini comme étant relié, que ce soit directement sans aucun élément intermédiaire ou indirectement avec au moins un élément intermédiaire, sauf indication contraire. Deux éléments peuvent être couplés mécaniquement, électriquement, ou reliés de manière communicative par un canal, une voie, un réseau ou un système de communication.

[0077] L'invention n'est évidemment pas limitée aux modes de réalisation spécifiques décrits ici, mais englobe également toutes les variations qui peuvent être envisagées par tout homme du métier (par exemple, en ce qui concerne le choix des matériaux, des dimensions, des composants, de la configuration, etc.), dans le cadre de la portée générale de l'invention telle que définie dans les revendications.

Revendications

[Revendication 1]

Un navire de charge sans ballast (100), **caractérisé en ce que** le navire (100) comprend :

une coque comprenant un corps supérieur longitudinal (101) et un corps inférieur longitudinal (102), le corps inférieur (102) étant situé sous le corps supérieur (101), le corps supérieur (101) et le corps inférieur (102) ayant une section transversale sensiblement rectangulaire le long d'une longueur de la coque, le corps inférieur (102) étant de plus petites dimensions que le corps supérieur (101) ; et

au moins un espace de cargaison (110) disposé au moins en correspondance avec le corps supérieur (101) pour au moins stocker la cargaison, et des espaces vides (109) au moins partiellement en correspondance avec le corps inférieur (102) ;

le corps inférieur (102) comprenant des parois latérales (107) respectives qui sont reliées à une paroi inférieure (111) du corps supérieur (101) ; et

pour un paramètre prédéfini, le paramètre étant sélectionné dans un groupe comprenant un tirant d'eau maximal (T_{max}), un tirant d'eau minimal (T_{min}) et une largeur de flottaison maximale (B_{max}) du navire, une géométrie du navire est définie par : i) un rapport ($\%B_{max}$) entre une largeur d'une paroi de fond plat du navire et une largeur de flottaison maximale à l'aire de flottaison du navire qui est compris entre 0 et 0,7, ii) un rapport ($\%T_{max}$) entre un tirant d'eau immergé du corps supérieur et un tirant d'eau maximal du navire qui est compris entre 0 et 0,8, et iii) un coefficient de coupe au maître (C_m) du navire défini comme suit :

$$1 - \frac{(1 - \%T_{max}) * (1 - \%B_{max})}{2}$$

qui est compris entre 0,65 et 0,85.

[Revendication 2]

Navire (100) selon la revendication 1, dans lequel le corps inférieur (102) comprend la paroi de fond plat (108) située au niveau d'une partie centrale d'un fond de la coque et le long de la longueur de la coque, et des parties de paroi inclinées (112) formées au niveau d'un sommet des deux parois latérales (107) pour rejoindre la paroi inférieure (111) du corps supérieur (101).

[Revendication 3]

Navire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel un coefficient de bloc (C_b) du navire est défini comme suit :

$$1 - \frac{(1 - \%T_{max}) * (1 - \%A_{floatmax})}{2}$$

et est compris entre 0,52 et 0,72, où $\%A_{\text{floatmax}}$ est le rapport entre une surface de la paroi de fond plat (108) du corps inférieur (102) et une surface définie par une ligne de flottaison maximale du navire.

- [Revendication 4] Navire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, lorsque le navire est à son poids minimal, le corps inférieur (102) est au moins partiellement immergé et, lorsque le navire est à son poids maximal, le corps inférieur (102) est totalement immergé et le corps supérieur (101) est partiellement immergé.
- [Revendication 5] Navire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit au moins un espace de cargaison (110) est une cale, et plus préférentiellement une cale de type caisson.
- [Revendication 6] Navire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit au moins un espace de cargaison (110) a une largeur qui correspond sensiblement à la largeur de flottaison du navire le long de la longueur du navire.
- [Revendication 7] Navire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le tirant d'eau minimal du navire dépend d'un système de propulsion du navire.
- [Revendication 8] Navire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant deux hélices.
- [Revendication 9] Navire (100) selon la revendication 8, comprenant deux moteurs de propulsion de telle sorte que lorsque le navire se déplace avec le tirant d'eau minimal, seul l'un des deux moteurs de propulsion est configuré pour entraîner les deux hélices, et lorsque le navire se déplace avec un tirant d'eau supérieur au tirant d'eau minimal, chaque moteur de propulsion entraîne une hélice correspondante des deux hélices.
- [Revendication 10] Navire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la coque comprend un système de compensation d'assiette ayant au moins deux réservoirs reliés l'un à l'autre par une liaison fluide, un fluide stocké dans les au moins deux réservoirs étant transporté entre lesdits au moins deux réservoirs pour maintenir la stabilité du navire.
- [Revendication 11] Navire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le corps supérieur (101) et le corps inférieur (102) ont une section transversale sensiblement rectangulaire le long d'une longueur dudit au moins un espace de cargaison (110) du navire.
- [Revendication 12] Navire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le corps inférieur (102) comprend des bords inférieurs

- arrondis (113).
- [Revendication 13] Navire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la largeur du corps inférieur (102) varie le long de la longueur de la coque, étant de préférence plus large à proximité d'une partie de poupe (104) du navire et plus étroite à proximité d'une partie de proue (103) du navire.
- [Revendication 14] Navire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel une coupe au maître du navire comprend deux puisards de cale par côté.
- [Revendication 15] Navire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les parois latérales (107) du corps inférieur (102) sont inclinées par rapport à la paroi de fond plat (108) du corps inférieur (102).

[Fig. 1A]

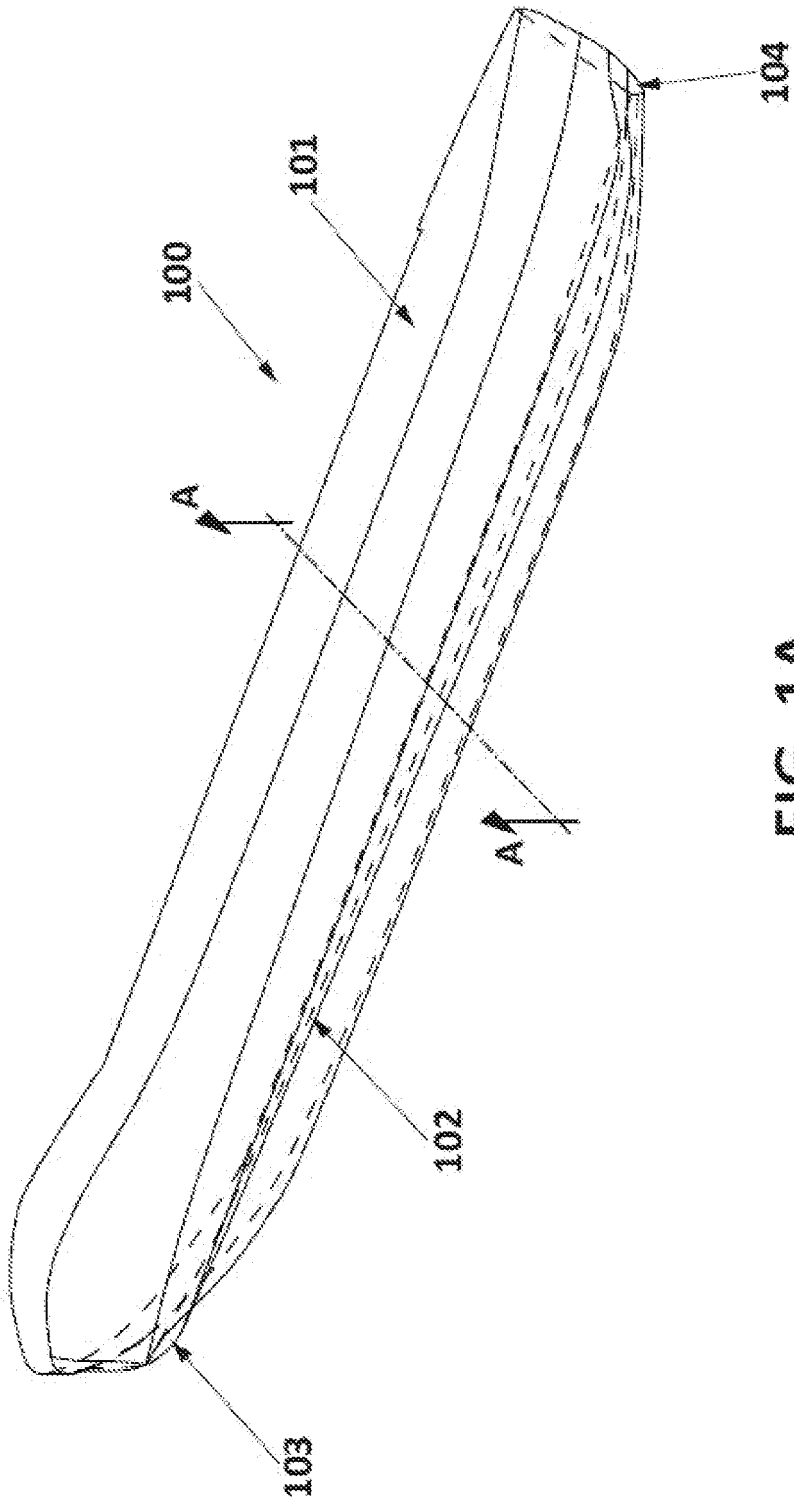
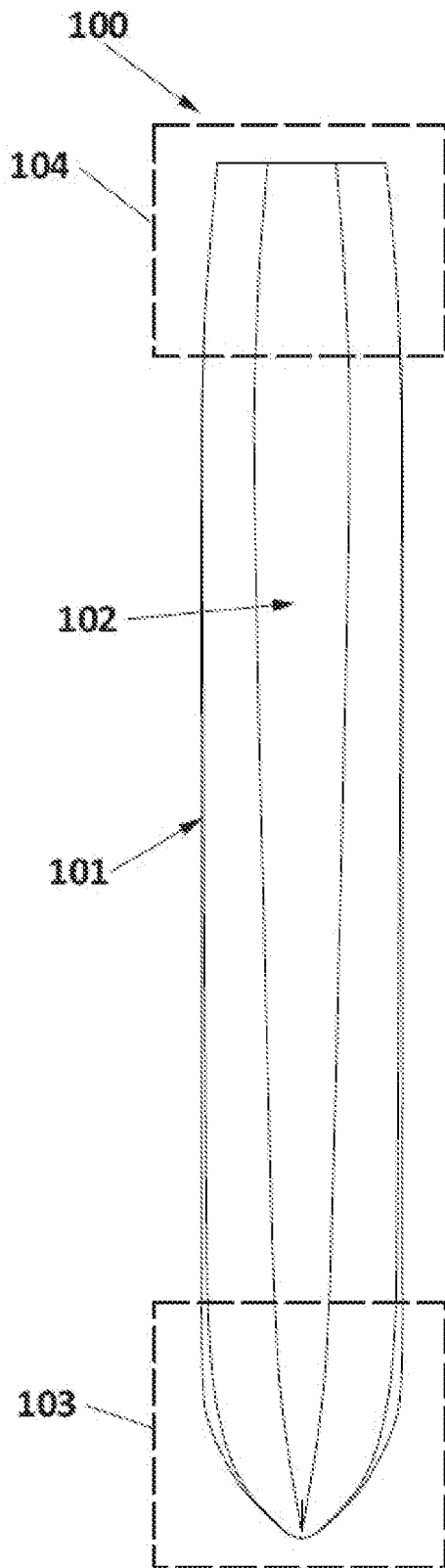


FIG. 1A

[Fig. 1B]

**FIG. 1B**

[Fig. 1C]

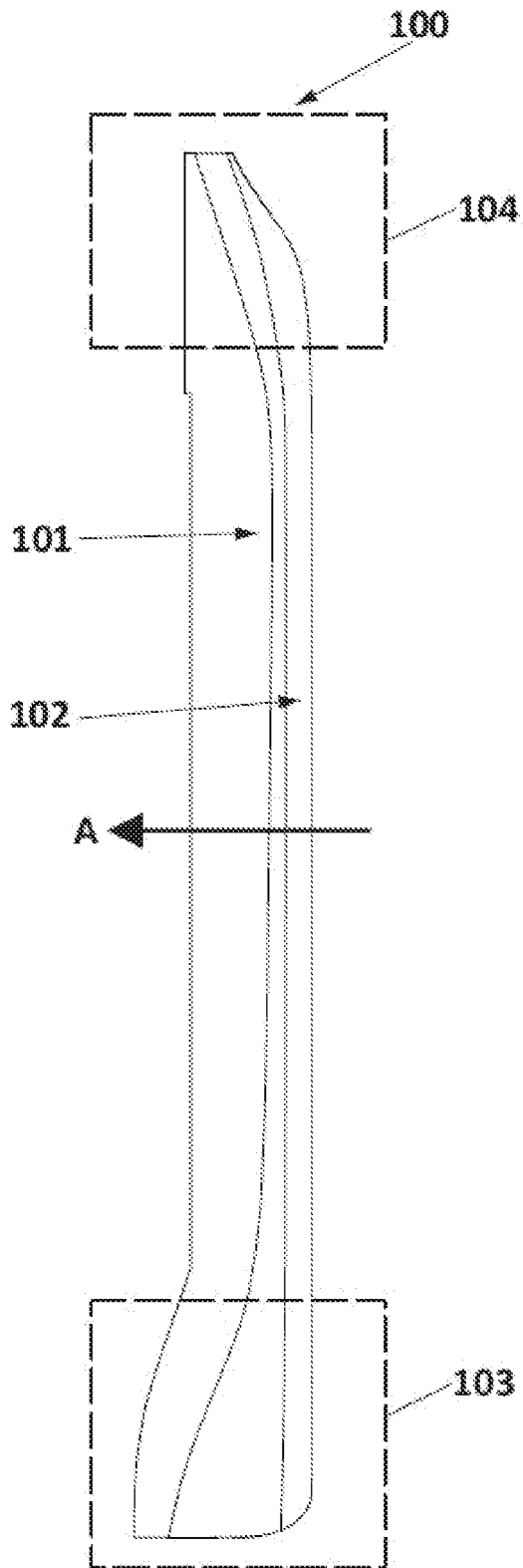


FIG. 1C

[Fig. 2]

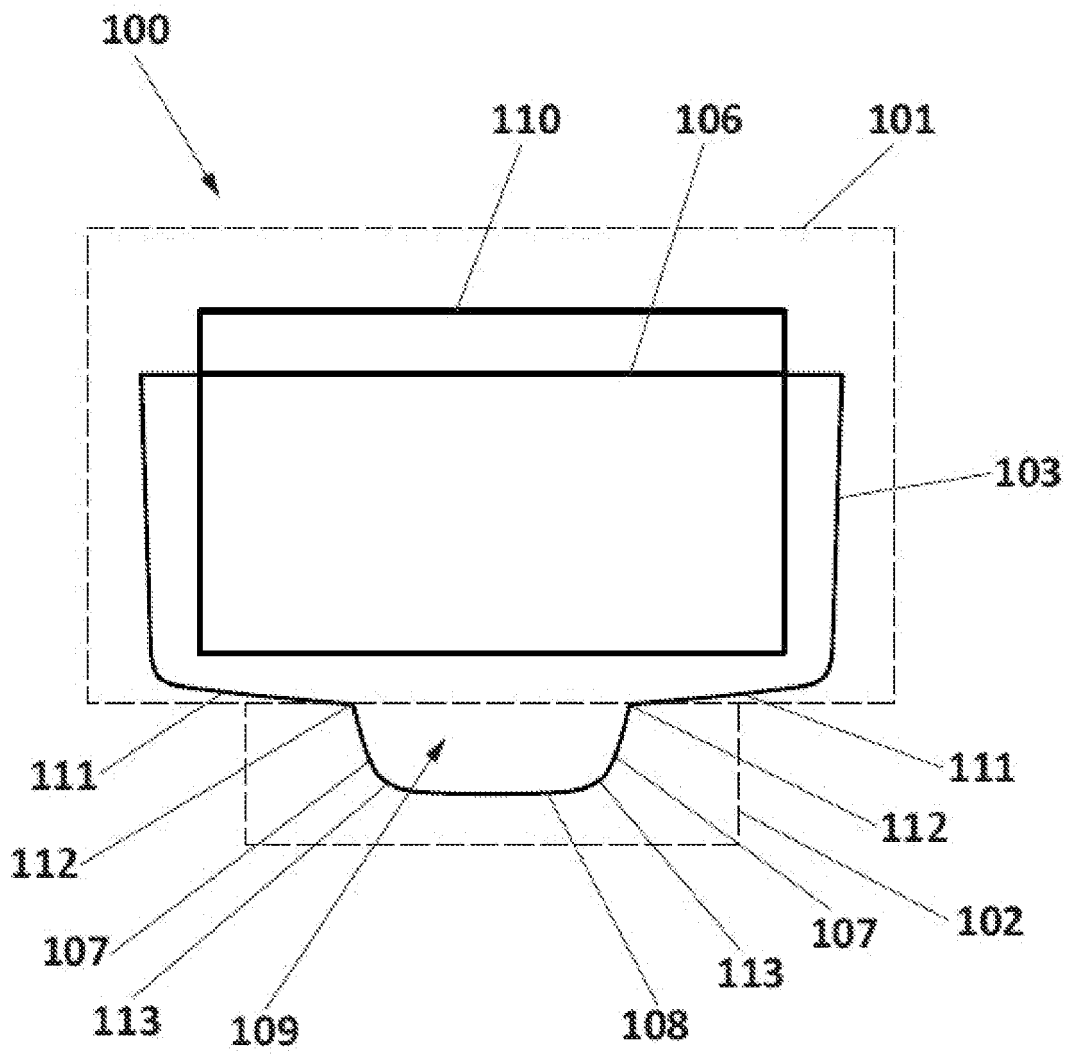
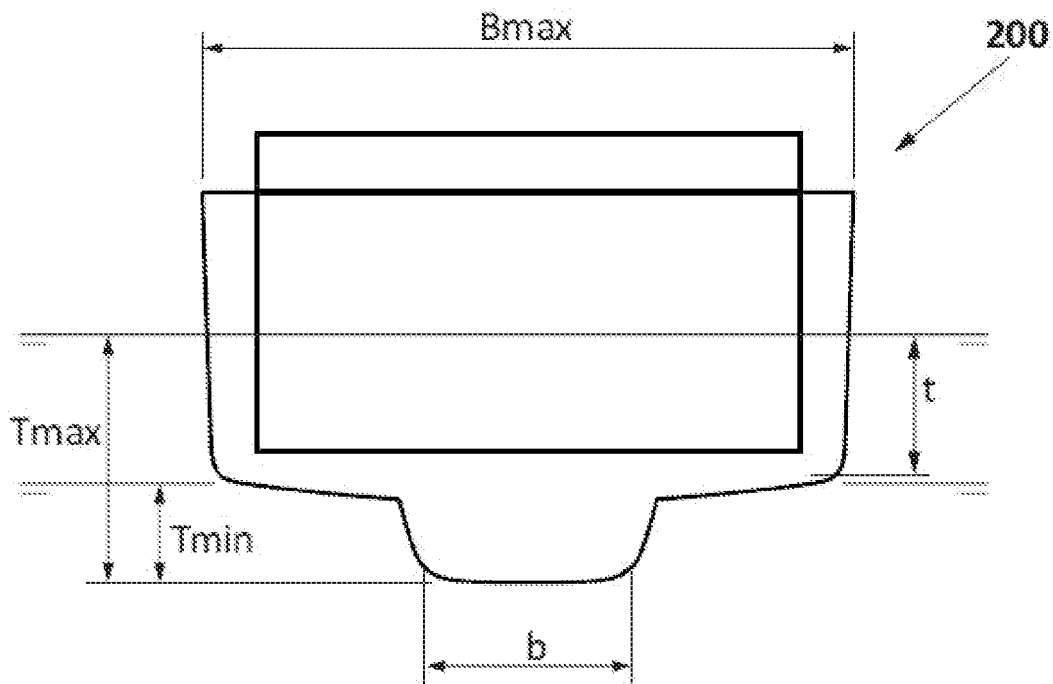
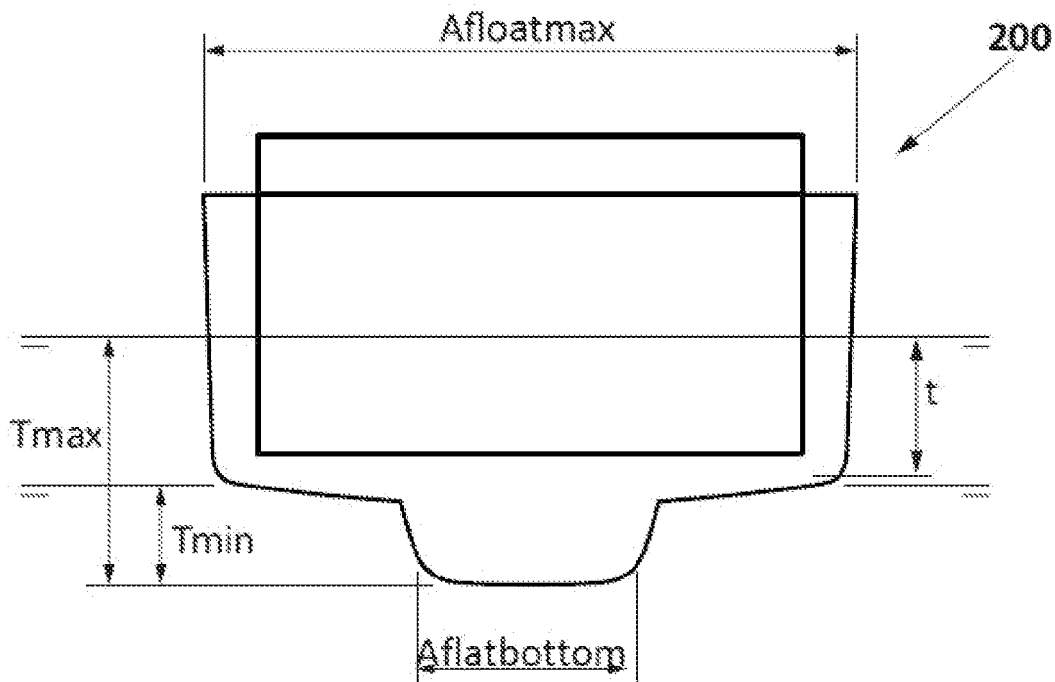


FIG. 2

[Fig. 3A]

**FIG. 3A**

[Fig. 3B]

**FIG. 3B**