

ELEMENT DE PROPULSION VELIQUE, VEHICULE A PROPULSION VELIQUE

[0001] L'invention concerne une voile gonflable et se situe dans le domaine de la propulsion vélique ou celui de la propulsion vélique hybride.

- 5 [0002] On rappelle ci-après quelques définitions utilisées dans ce qui suit. :
- **Prise de ris** : consiste à réduire la surface d'une voile en le repliant en partie par le bas, afin d'adapter la surface de la voile à la force du vent. La prise de ris peut se faire manuellement ou automatiquement.
 - **Bandes de ris** : zones horizontales en parties renforcées permettant de fixer
10 les renvois pour la prise de ris, avec par exemple des œillets ou des poulies. Ces bandes de ris sont disposées sur la voile au niveau de la nervure à chaque hauteur où une prise de ris est prévue. Il y a autant de bandes de ris que de possibilités de réduire la surface de la voile.
 - **Vérins paresseux (en anglais lazy jack)** : dispositif permettant de guider la
15 voile pour effectuer les manœuvres de prises de ris et d'affalage de la voile.
 - **Bôme** : espar horizontal, articulé proche de la base du mât, et qui permet de maintenir et d'orienter certaine voile. La bôme peut également recevoir la voile lorsque celle-ci est affalée.
 - **Faseyer** : une voile qui faseye est une voile insuffisamment bordée qui se
20 dégonfle en partie. Une voile bien réglée doit être à la limite du faseyement. Avec une voile gonflée, il n'y a pas de faseyement, ce qui permet de rester face au vent.
 - **Bord d'attaque** : partie avant d'un profil dynamique (aile, hélice, etc) où un fluide va se séparer en deux.
 - **Bord de fuite** : partie caractéristique de tout profilé (aile, quille, safran, etc)
25 soumis à un écoulement d'un fluide (air, eau, etc) de part et d'autre. Il désigne la partie opposée au sens de la direction, ou en d'autres termes, la partie arrière considérée dans le sens de l'écoulement.
 - **Tête** : extrémité supérieure de la voile qui épouse le contour supérieur de la
30 voile gonflable.

- **Affalage** : consiste à descendre la voile.
- **Hissage** : consiste à monter la voile.
- **Gréement** : ensemble des pièces fixes et mobiles d'un bateau, type voilier, permettant sa propulsion et ses manœuvres par la force du vent.
- 5 - **Réceptacle de voile** : en plus de recevoir la voile affalée, il peut intégrer d'autres fonctions, telles que reprendre les efforts de tension fournis par la voile, ou bien loger d'autres actionneurs, capteurs stockage d'énergie et module de commande utilisée pour opérer la voile.
- **Traînée hydrodynamique** : force de frottement entre le bateau et l'eau. Plus la
10 traînée est élevée, plus le bateau est freiné.
- **Traînée aérodynamique** : composante de la force subie par un corps en mouvement dans un fluide qui s'exerce dans le sens opposé à la direction du mouvement. Selon l'invention, la voile génère une traînée aérodynamique.
- **Portance aérodynamique** : composante de la force subie par un corps en
15 mouvement dans un fluide qui s'exerce perpendiculairement à la direction du mouvement. Selon l'invention, la voile génère une portance aérodynamique
- **Vent relatif ou vent apparent** : somme vectorielle du vent créé par la vitesse propre du bateau et la vitesse réelle du vent.
- **Résultante aérodynamique** : somme vectorielle de la portance
20 aérodynamique et de la traînée aérodynamique.
- **Angle d'incidence de la voile** : angle entre le plan du profil de la voile et la direction du vent relatif.
- **Angle de la voile** : angle entre le plan du profil de la voile et l'axe du bateau.

Art antérieur

- 25 [0003] Il est déjà connu du document WO 2017/221117A1 un élément de propulsion vélique comprenant une voile gonflable à profil symétrique. Cet élément de propulsion comprend une voile gonflable constituée essentiellement de deux surfaces adjacentes, sensiblement étanches et reliées entre elles sur leur pourtour, formant ainsi au moins une cavité fermée. L'élément comprend en outre un conduit disposé entre l'intérieur et
30 l'extérieur de la cavité et des moyens pour injecter de l'air dans la cavité. Cette voile

une fois gonflée présente un profil qui reste en permanence symétrique, indépendamment de déplacement de l'élément, de la direction ou de l'intensité du vent. La voile de ce document est constamment gonflée lors de son utilisation en navigation.

- 5 [0004] Malheureusement une telle voile souple présente l'inconvénient de ne pas présenter un gonflement adapté aux différentes étapes de son utilisation, et notamment lors des phases d'affalage et de hissage. En effet, contrairement à une voile rigide, une voile souple ne présente pas une position bien définie lors de ces étapes de manipulation (hissage et affalage). Durant ces étapes il est important de
- 10 conserver la voile proche de l'axe de symétrie du profil de la voile, de manière à éviter que la voile tombe à l'eau ou ne s'accroche à un élément proche d'elle, ou ne s'empile pas de manière convenable pour pouvoir la ranger de manière compacte. Par ailleurs, il est important de conserver une faible pression à l'intérieur de la voile durant la phase d'affalage ou de prise de ris, pour éviter qu'elle ne faseye, ce qui pourrait diminuer sa
- 15 durée de vie.

[0005] En outre, la voile décrite dans ce document ne peut pas être correctement sécurisée lors de l'arrivée d'une panne électronique ou électrique du dispositif d'automatisation de gestion de la voile, à savoir la partie commandes, capteurs, actionneurs ou alimentation en énergie électrique.

- 20 [0006] Il est encore connu du document CN107878720A un dispositif de régulation hydraulique de voile de bateau rétractables. La voile est constituée de deux parties, une partie inférieure et une partie supérieure, qui peuvent tourner indépendamment l'une de l'autre autour du mât, en fonction des conditions de navigation ou de la direction du vent. Ce dispositif ajuste de manière automatique l'angle d'attaque de
- 25 chacune des deux parties de la voile en fonction du vent. La rétractabilité des voiles assure la sécurité du bateau en cas de mauvaises conditions de navigation.

Cependant la rétractibilité de la voile nécessite le bon fonctionnement des dispositifs électroniques d'automatisation. Aucune alternative n'est proposée en cas de panne.

Résumé de l'invention

- 30 [0007] Aussi il subsiste le besoin de disposer d'une voile gonflable en continu ou non, ou bien d'une voile non gonflable, ou bien d'une voile tendue, ou bien d'une voile rigide avec profil asymétrique, qui, lors d'une panne électronique de son dispositif de gestion

automatique, puisse rester en position de sécurité, tant pour la voile que pour les navigateurs à bord, tout en minimisant les efforts générés par la portance de cette voile gonflable. Pour cela, la voile doit pouvoir se positionner elle-même face au vent (et/ou par un mode manuel), de manière à très fortement diminuer la création de portance
5 aérodynamique mais n'avoir que de la traînée aérodynamique. Ceci permet de diminuer les efforts au niveau du gréement et au niveau du bateau, mais aussi d'intervenir en toute sécurité.

[0008] L'invention a pour objet un élément de propulsion vélique comprenant un mât, une voile gonflable ou non constituée essentiellement de deux surfaces adjacentes
10 sensiblement étanche et reliées entre elles sur leur pourtour, formant de la sorte entre elles au moins une cavité fermée, ladite voile comprenant une partie supérieure, une partie inférieure, un bord d'attaque et un bord de fuite, la voile comprenant différents galbes formant des renflements sur toute la longueur, un conduit d'air disposé entre l'intérieur et l'extérieur de la cavité de la voile, au moins un moyen pour injecter de l'air
15 dans ladite cavité, la voile une fois gonflée présentant un profil qui reste en permanence symétrique, indépendamment du déplacement dudit élément de propulsion, de la direction ou de l'intensité du vent, une têtère disposée sur la partie supérieure de la voile, un réceptacle de voile disposé entre le bord d'attaque et le bord de fuite sur la partie inférieure de la voile.

20 [0009] L'élément de propulsion selon l'invention se caractérise en ce que le mât est disposé devant le centre de poussée aérodynamique de la voile, en ce que le mât est libre ou non de rotation à 360°, et en ce que la voile comprend au moins un moyen permettant de maintenir une pression faible dans la voile.

[0010] Préférentiellement selon l'invention, le mât est entraîné en rotation par un
25 système de réglage de l'angle d'incidence de la voile et il est apte à être libre en rotation en cas d'arrêt d'entraînement du mât par ledit système. Ainsi, on entraîne le mât en rotation à l'aide d'un système de gestion automatique qui agit sur le système de réglage de l'angle d'incidence de la voile et, en cas de panne ou d'incident ou encore d'arrêt volontaire du pilotage de la gestion automatique, le mât est laissé libre
30 en rotation. Le mât peut ainsi effectuer plusieurs rotations sur lui-même. Par incident ou panne on entend par exemple la perte de l'alimentation électrique du moteur d'entraînement du mât ou celle des composants électroniques du système de gestion automatique, voire l'atteinte d'une valeur limite préétablie du couple de rotation du mât.

Dans ces cas, on laisse libre en rotation le mât, ce qui permet de positionner la voile face au vent et de diminuer les efforts au niveau du gréement et du bateau.

- [0011] L'élément de propulsion vélique selon l'invention présente les différents avantages suivants. Le centre de poussée aérodynamique est bien distinct du mât, et
- 5 en est suffisamment éloigné vers l'arrière du bateau. La position de mât devant le centre de poussée aérodynamique de la voile permet à ce que la résultante des forces aérodynamiques sur la voile amène la voile, dans tous les cas, face au vent relatif, sauf lorsque le vent relatif est nul. En outre, le maintien en position suffisamment gonflée de la voile grâce aux entrées d'air passive situées, par exemple, sur le bord
- 10 d'attaque permet de conserver son profil, et ainsi d'éviter qu'elle ne faseye même sans alimentation active. Dans la situation où le vent relatif est nul (empêchant ainsi de gonfler la voile), la voile ne faseyera pas. Dans une telle situation de panne électronique, le faseyement de la voile entraînerait un claquement de la voile, et par conséquence la création d'efforts importants risquant de détruire la voile ou le mât.
- 15 Enfin en cas de panne électronique, la possibilité d'utiliser la voile très facilement et rapidement en mode manuelle renforce sa mise en sécurité, et par conséquent celle du bateau et de son équipage.

[0012] De préférence, le centre de poussée aérodynamique de la voile est éloigné du mât d'une longueur allant de 0 à 10m.

- 20 [0013] De préférence, le moyen de maintien de pression est une ouverture de prise d'air disposée face au vent relatif. Cette entrée d'air permet de conserver une pression interne dans la voile maintenue par le vent relatif.

[0014] De préférence, lors de ladite rotation du mât la transmission de l'énergie et des commandes est effectuée avec un dispositif qui n'entrave pas ladite rotation.

- 25 [0015] De préférence, le dispositif qui n'entrave pas la rotation est choisi parmi le joint tournant ou la chaîne porte câble si on accepte de ne pas avoir une liberté de rotation infinie mais limitée à quelques tours.

[0016] De préférence, l'ouverture de prise d'air comprend un clapet de fermeture mobile.

- 30 [0017] De préférence, au moins une ligne de guidage constituée en une ou plusieurs parties est disposée dans la cavité fermée de ladite voile, pour les manœuvres de

hissage et d'affalage de la voile, ladite ligne de guidage s'étendant du bord d'attaque au bord de fuite de ladite voile, en passant par la tête et le réceptacle de voile.

[0018] De préférence, lorsqu'une ligne de guidage est présente, elle est constituée en une partie, et est fixée de manière fixe au réceptacle de voile sur le bord de fuite et
5 mobile par enrouleur sur le bord d'attaque, ou bien, mobile par enrouleur au réceptacle de voile sur le bord de fuite et fixe sur le bord d'attaque et la ligne de guidage est disposée le long de la tête de manière mobile sur au moins une poulie entre le bord de fuite et le bord d'attaque.

[0019] De préférence, lorsqu'une ligne de guidage est présente, elle est constituée en
10 deux parties, la première partie côté bord de fuite est fixée ou bien mobile avec une poulie sur la tête et mobile par enrouleur sur le réceptacle, la seconde partie côté bord d'attaque, est fixée ou bien mobile avec une poulie sur la tête et mobile par enrouleur sur le réceptacle.

[0020] Un autre objet de la présente invention est véhicule à propulsion vélique ou
15 hybride comprenant au moins un élément de propulsion vélique tel que cité précédemment, une coque et un mât rendu solidaire de ladite coque, mais toujours libre en rotation. Ce véhicule se caractérise en ce que le mât est disposé à l'intérieur de la cavité de voile gonflable citée ci-dessus.

[0021] Par véhicule, on entend tout engin comprenant des roues ou non, se déplaçant
20 sur terre, sur l'eau, la glace, la neige, la boue.

[0022] De préférence, la voile est orientée en fonction de la direction du vent, et la direction de marche du véhicule de manière manuelle ou automatique, permettant d'optimiser la poussée dans l'axe du bateau ou atteindre la poussée souhaitée, tout en limitant les efforts, les pressions et la gêne à des valeurs acceptables.

25 [0023] Lorsque le mât n'est pas libre en rotation de manière infinie, il peut simplement, par exemple, effectuer deux tours sur lui-même, dans un sens, sans blocage avec une chaîne porte câble. Dans un tel cas, il devra alors ensuite tourner dans le sens inverse pour le remettre dans une position correcte de navigation.

[0024] Par véhicule à propulsion hybride selon l'invention, on entend la propulsion
30 vélique couplée à une autre source de propulsion comme par exemple une propulsion par une hélice, entraînée par un moteur électrique ou à combustion, avec comme

stockage d'énergie des batteries, de l'hydrogène (avec une pile à combustible), du gaz naturel ou du fuel.

Description des dessins

5 [0025] L'invention va être décrite à l'aide des figures suivantes, schématiques et non nécessairement à l'échelle, et dans lesquelles :

- La figure 1 représente un rappel des différentes forces physiques qui s'appliquent sur un navire, par exemple du type voilier avec un moteur, et notamment la projection de la force aérodynamique résultante ;
- 10 - La figure 2 représente une vue schématique en coupe de l'élément de propulsion vélique selon l'invention, disposé sur une coque de bateau ;
- Les figures 3A, 3B et 3C représentent chacune une vue schématique de dessus de la position de l'élément de propulsion selon l'invention, en fonction de différents angles de vent relatif.

15 [0026] Avant d'expliquer plus en détail l'élément de propulsion vélique, objet de la présente invention, à l'aide des figures citées, un rappel de quelques définitions d'hydrodynamique et d'aérodynamique est exposé ci-après.

[0027] Un véhicule à propulsion vélique, dénommé ci-après voilier ou navire, est en contact avec l'air et avec l'eau. Sur le plan de la physique, les facteurs prépondérants
20 sont les forces hydrodynamiques et aérodynamiques qui s'exercent sur la coque, les voiles et les appendices (dérives, quille, gouvernail), hélice.

[0028] Comme le montre **la figure 1**, la force **aérodynamique** (ou poussée vélique) résulte de la déviation de l'air par au moins une voile. La force aérodynamique est relative à la voile et, à la position et la force du vent relatif. La force de traînée est dans
25 la direction du vent relatif, la force de portance est dans la direction perpendiculaire du vent relatif, elle n'est pas toujours perpendiculaire à la voile. Par exemple, à 0°, un profil symétrique n'a pas de portance de par le fait que l'air parcourt strictement la même distance sur l'extrados et l'intrados. Il ne génère à ce moment que de la traînée.

[0029] La force aérodynamique générée par la voile peut aussi être décomposée dans
30 le référentiel du bateau, et non pas dans celui de la voile, pour être composée de la force propulsive vélique (qui est dans l'axe de marche du bateau) et en une force de

dérive (perpendiculaire à l'axe du bateau) qui peut induire de la gîte (inclinaison transversale d'un bateau causée par un phénomène extérieur tel que le vent).

[0030] La force **hydrodynamique** résulte du frottement de l'eau sur la coque et la dérive ou quille et les différents appendices immergés. Sa direction dépend de la force aérodynamique à laquelle elle s'oppose, de la force propulsive en mode hybride, de l'état de la mer et des courants marins. La composante longitudinale est appelée traînée hydrodynamique, et la composante transversale est appelée portance de la dérive ou force anti-dérive ou portance hydrodynamique. La direction et l'intensité de la force hydrodynamique ne dépend pas que de la force aérodynamique. Pour un bâtiment (bateau) fonctionnant en mode hybride (vent et autre énergie), la force hydrodynamique va dépendre fortement de la vitesse du bâtiment générée par la propulsion thermique ou électrique par exemple, de l'état de la mer et des courants marins.

[0031] Lorsque la force vélique est supérieure à la force hydrodynamique le bateau accélère. Lorsque la force vélique est inférieure à la force hydrodynamique le bateau ralentit. En outre, si la force aérodynamique est plus grande mais dirigée vers l'arrière du bateau ce dernier va ralentir. Si la force hydrodynamique est dans le sens de marche du bateau (car il y a un fort courant), le bateau (voilier) va accélérer.

[0032] C'est en optimisant le réglage de la voile que le bateau (voilier) atteindra sa performance maximale en termes de poussée vélique dans le sens de marche. En effet, c'est l'optimisation de l'angle de la voile par rapport au vent relatif, à la direction du bateau et le réglage de la surface de la voile qui permettra au bateau d'atteindre le maximum de sa propulsion vélique dans l'axe du bateau. Il peut y avoir un réglage supplémentaire en jouant sur la pression interne de la voile. Ceci permet ainsi d'augmenter la vitesse du bateau ou au contraire de conserver la même vitesse tout en diminuant la consommation d'autres énergies, par la faveur de la propulsion vélique.

[0033] La figure 1 reprend chacune des dénominations précédentes avec une référence qui lui est propre listées ci-après :

a : Force de portance

b : Force de traînée

c : Force résultante aérodynamique

- d : Force poussée aérodynamique (dans l'axe du navire)
- e : Force de dérive aérodynamique
- f : Vent relatif
- g : Angle relatif aile – axe bateau (ex : 15°)
- 5 h : Angle vent relatif et axe bateau (ex : 30°)
- i : Force propulsive hélice
- j : Coque
- k : Voile
- l : Mât
- 10 m : Centre de poussée aérodynamique
- n : Hélice
- o : capteur sur partie fixe (référentiel coque)
- p : capteur sur partie mobile (référentiel voile)

Les informations données par la figure 1 permettent de passer des capteurs de données provenant du référentiel de la coque, aux capteurs de données provenant du référentiel de la voile, et inversement.

[0034] La figure 2 représente l'élément de propulsion vélique selon l'invention, monté sur un bateau, type voilier, en position de fonctionnement. Cet élément comprend une voile de référence général 1 monté sur la coque 2 d'un bateau. L'élément comprend un mât 3 dont la base 4 est fixée à la coque 2, tout en permettant le mouvement de rotation du mât 3. Le mât 3 est autoporté. La liaison du mât 3 avec la coque 2 est effectuée à l'aide d'un support (non représenté) destiné à récupérer les efforts de force physiques et laisser le degré de liberté en rotation. Les efforts sont mesurés au niveau du ou des support(s). La voile 1 comprend deux surfaces adjacentes 5 (une seule est visualisée sur la figure) reliées entre elles de manière à former une cavité fermée. Le matériau utilisé pour les deux surfaces adjacentes 5 doit limiter la perméation de manière à diminuer la consommation d'air, et ainsi permettre la reprise et la transmission des différents efforts en présence. Dans certains cas, il peut être nécessaire d'ajouter différents traitements au matériau de manière à garantir par

exemple une certaine résistance au feu, aux UV, ou alors d'appliquer un traitement antistatique.

[0035] La voile 1 comprend plusieurs galbes (non représentée) régulièrement répartis sur la hauteur (les galbes sont plus grands en partie basse de la voile, et plus petits en partie haute). La hauteur du galbe est souvent liée à la longueur de la corde du profil.

[0036] Les galbes lui donnent l'aspect extérieur d'un soufflet. La voile 1 comprend une partie supérieure 6, une partie inférieure 7, un bord d'attaque 8 et un bord de fuite 9. Au moins une entrée d'air 18 est disposée, par exemple, au niveau de la partie inférieure 7 de la voile 1. D'autres entrées d'air 30 peuvent être également disposées sur la surface du bord d'attaque 8. Au moins un moyen actif pour injecter de l'air 7a au sein de la cavité de la voile est disposé dans le prolongement du conduit d'air de manière à pouvoir injecter de l'air dans la cavité de la voile. La voile comprend en outre une têtière 10 disposée sur sa partie supérieure 6, et un réceptacle 11 de voile disposé sur sa partie inférieure 7 entre le bord d'attaque 8 et le bord de fuite 9. Ce réceptacle 11 est destiné à recevoir tout ou partie de la voile lorsqu'elle est affalée. Ce réceptacle 11 peut comprendre différents actionneurs et capteurs facilitant la manœuvre manuelle ou automatique lors du hissage ou de l'affalage de la voile 1.

[0037] L'élément de propulsion vélique selon l'invention comprend une lige de guidage 12 disposée dans la cavité de la voile 1. Cette ligne de guidage est destinée au guidage de la voile pendant les manœuvres de hissage et d'affalage et de prise de ris de la voile 1. Cette ligne 12 s'étend sensiblement sur le périmètre de la voile 1. La ligne de guidage 12 est fixée de manière amovible ou non, mais non mobile, à une extrémité 13 située proche de l'intersection du bord de fuite 9 et du réceptacle de voile 11. Elle s'étend ensuite vers la partie supérieure 6 de la voile 1, pour longer la têtière 10 entre le bord de fuite 9 et le bord d'attaque 8. La ligne de guidage 12 est mobile le long de la têtière 10 à l'aide d'au moins deux poulies ou autres systèmes de renvoi possibles (non représentées) chacune disposée de part et d'autre du mât 3. Cette ligne de guidage 12 est adjacente au bord d'attaque 8, vers le réceptacle de voile 11, pour ensuite être fixée à l'aide d'un enrouleur 19 sur le réceptacle de voile 11 sensiblement au niveau du bord d'attaque 8. La ligne de guidage 12 peut être montée vers un taquet de blocage si elle est actionnée de manière manuelle. Elle est par contre enroulée sur un enrouleur automatique pour la version automatisée.

[0038] La ligne de guidage 12 présente une longueur d'environ 50 mètres pour une voile ayant une surface totale d'environ 100m², et une tension comprise entre environ 50 et 250N selon les utilisations qui en sont faites lors des différentes manœuvres d'affalage ou hissage.

- 5 [0039] Le mât 3 peut être télescopique ou fixe. Lorsque le mât 3 est télescopique, la tête 10 est solidaire du dernier élément du mât 3 télescopique, pouvant conserver un degré de liberté en rotation, soit par rapport au mât, soit avec le dernier élément du mât qui tourne. Lorsque le mât 3 est télescopique, il est constitué de différents éléments qui coulissent successivement les uns par rapport aux autres pour se
- 10 déployer ou se rétracter. Si on n'a pas de prise de ris (cas des navires de transport) il est possible de déployer un élément après l'autre constituant le mât télescopique, ou tous les éléments en même temps.

- [0040] Lorsque le mât 3 est fixe, seule la tête 10 est mobile le long du mât 3. La voile 1, étant fixée à la tête 10, descend ou monte avec cette dernière. La tête peut
- 15 être en libre rotation, bloquée en rotation ou bloquée en rotation jusqu'à une certaine valeur d'effort. Il est aussi possible d'avoir un asservissement de la position angulaire de la tête de manière à contrôler le vrillage de la voile. En effet, la vitesse du vent n'étant pas la même à toutes les altitudes, il peut être intéressant d'adapter l'angle d'incidence de la voile aux différentes altitudes pour s'adapter aux différentes
- 20 variations de vent relatif.

[0041] Il est possible aussi de combiner un mât 3 télescopique et une tête 10 qui coulisse le long du mât 3.

- [0042] La tête 10 comprend une rigidité suffisante afin de communiquer les forces physiques existant entre les différents cordages et le mât 3, mais aussi pour supporter
- 25 le poids de la voile lorsqu'elle n'est pas gonflée. Selon les différents mode de réalisation selon l'invention, la tête 10 peut être, au choix, en rotation libre autour du mât 3, bloquée en rotation autour du mât 3, bloquée en rotation autour du mât 3 jusqu'à une valeur limite de couple pour limiter les efforts à une valeur acceptable (la valeur maximale acceptable va dépendre de la construction du système et des parties que
- 30 l'on souhaite protéger avec ce système de sécurité) ou encore asservie de manière à contrôler le vrillage de la voile.

[0043] Le mât 3 est relié, fixé à la coque 2 à l'aide d'un support de mât 14 dont le rôle est de reprendre les différentes forces physiques existant entre la voile et le bateau tout en laissant au mât un degré de liberté en rotation de manière à pouvoir se positionner au bon angle par rapport au vent relatif.

5 [0044] A la base du mât 3, au niveau de la coque 2, existe un système 15 de réglage de l'angle d'incidence qui permet de commander la rotation de la voile 1 en faisant tourner le mât 3 et toutes les pièces de manœuvre fixées sur ledit mât 3. Ce système 15 peut être constitué, entre autres, d'un moteur. Ce système 15 permet à la voile 1 de pouvoir effectuer des rotations autour de l'axe de rotation du mât 3, et par
10 conséquent de commander l'angle d'incidence souhaité de la voile 1. Ce système de réglage de l'angle d'incidence peut aussi être monté de manière solidaire par rapport au mât 3, par exemple sur le « nest » (ou réceptacle de voile) avec un moteur entraînant via un pignon une couronne solidaire de la coque.

[0045] On rappelle que la mesure de l'angle d'incidence permet de connaître le
15 positionnement angulaire de la voile 1 par rapport à l'axe du bateau. Un tel dispositif permet de mettre dans un même référentiel la voile 1, la coque 2 et le vent relatif, quel que soit l'endroit où la mesure du vent est effectuée sur la voile 1 ou sur la coque 2. Un tel système embarqué simplifie la navigation, en mode automatique.

[0046] L'élément de propulsion vélique selon l'invention disposé sur la coque d'un
20 bateau peut en outre être combiné à un limiteur de couple, disposé à la base du mât 3, et connu pour limiter le couple maximum transmissible par la voile 1 vers la coque 2.

[0047] L'élément de propulsion selon l'invention disposé sur la coque d'un bateau peut en outre comprendre un système électronique de commande 16 disposé dans le
25 réceptacle 11 de voile. Un joint tournant électrique 17 peut être ajouté dans la coque à la base inférieure du mât 3. Ce joint 17 permet de transmettre la puissance électrique et les commandes électriques entre la coque 2 et la partie inférieure 7 de la voile 1, sans limitation du nombre de tours de rotation autour du mât 3 réalisable avec la voile. Le joint 17 peut aussi être remplacé par une chaîne porte câble classique adaptée.
30 Lorsque l'énergie utilisée pour actionner l'élément selon l'invention, est, par exemple hydraulique ou pneumatique, on peut utiliser un joint tournant hydraulique ou pneumatique.

[0048] Parmi les différents capteurs de mesure, on peut trouver les capteurs de mesure de l'effort transmis de la voile 1 vers la coque 2, les capteurs de mesure de l'effort dans l'axe transversal de la coque 2, les capteurs de mesure de l'effort dans l'axe longitudinale de la coque 2, le capteur de pression dans la cavité interne de la voile 1, et le capteur de mesure de la vitesse et de l'angle du vent relatif. Cette dernière mesure peut aussi bien être effectuée sur la voile 1 comme sur la coque 2. Dans le cas où les capteurs sont disposés sur la partie solidaire du mât 3, ils mesurent les efforts dans l'axe longitudinal et l'axe transversal de la voile 1.

[0049] La voile 1 peut comprendre en outre un neutralisateur de voile (non représenté) qui serait stocké dans le réceptacle de voile 11 ou dans la têtère 10. Un tel neutralisateur permettrait, lorsqu'il serait déployé du bas vers le haut de la voile, ou du haut vers le bas de la voile, d'encapsuler la voile, ainsi d'en diminuer le volume en supprimant l'air intérieur, et donc de l'empêcher de fasser, et diminuer sa prise au vent.

[0050] Les figures 3A, B et C se distinguent les unes des autres par un angle d'incidence de la voile différent.

[0051] Sur la figure 3A, le vent relatif est dans l'axe de la voile. Sur la figure 3B, l'axe de la voile présente un angle sensiblement égal à 15° par rapport à la direction du vent relatif, et sur la figure 3C, l'axe de la voile présente un angle symétrique et égal à celui représenté sur la figure 3B par rapport à la direction du vent relatif.

[0052] Sur les figures 3A, 3B et 3C, la voile 1 présente un profil sensiblement symétrique. Le mât 3 est symbolisé par un cercle. Le vent relatif est symbolisé par la flèche 23.

[0053] La figure 3A représente une voile 1 dans un état stabilisé, face au vent 23. Les différents efforts sont équilibrés. La portance aérodynamique est nulle (car identique des deux côtés de la voile du fait de son profil symétrique), seule la traînée 24 existe et maintient la voile 1 selon un axe parallèle à l'axe du vent relatif.

[0054] La figure 3B représente une voile 1 dont l'axe présente un angle d'environ 15° par rapport à la direction du vent relatif. L'axe de rotation du mât 3 est décalé vers l'avant du profil par rapport au centre de poussée 25 des forces aérodynamiques le long de l'axe de symétrie du profil. La figure 3B montre que le couple généré par l'effort aérodynamique à une certaine distance du centre de rotation du mât 3 a

tendance à ramener la voile vers sa position face au vent relatif, où elle peut rester de manière stable grâce au profil symétrique de la voile.

[0055] Le décalage existant entre le point de rotation du mât 3 et le centre de poussée 25 permet à l'élément de propulsion de l'invention de garantir un maintien de la voile 1 autant dans les situations de grand écart d'angle avec la direction du vent que celles de petit écart. Un tel décalage entre ce point de rotation du mât 3 et le centre 25 permet d'effectuer les rappels de la voile 1 vers la position neutre de la voile, c'est-à-dire face au vent lorsqu'elle s'en écarte. Un tel décalage permet de renforcer la sécurité de la navigation puisque la voile revient d'elle-même dans une position adaptée et optimale par rapport au sens du vent relatif, ce qui minimise les efforts et maintient la voile dans une position face au vent. Cette distance doit cependant être minimisée de manière à ne pas augmenter exagérément les efforts nécessaires pour la rotation de la voile.

[0056] La figure 3C est la figure symétrique à celle de la figure 3B par rapport à l'axe du vent relatif. Les mêmes remarques que celles de la figure 3B s'appliquent.

15

[0057] Exemple

L'exemple qui suit, est donné uniquement à titre d'illustration, et n'est nullement limitatif. Le tableau suivant regroupe différentes situations possibles.

20

	Voilier	Cargo
Longueur du bateau (mètre)	2	100
Nombre de voiles	1	4
Couche interne de la voile polyester (g/m ²)	220	240
Couche externe de la voile polyester enduit (g/m ²)	110	160
Hauteur de la voile (mètre)	17	40
Plus grande longueur de voile (mètre)	8	17

Plus grande largeur de voile (mètre)	1,8	3,5
Surface de la voile (m²)	100	500
Nombre de cloisons	30	35

5 [0058] La couche externe de la voile, appelée aussi carrosserie, est constituée d'un tissu comprenant une partie externe en contact avec l'air extérieur, et une partie interne. Ce tissu peut être réalisé en un tissé polyester enduit de polyuréthane. Le grammage de ce tissu peut être de 110g/m² pour une voilure d'environ 100m².

10 [0059] L'accrochage de la partie supérieure de la voile peut être effectuée grâce à des bandes auto agrippantes, de type VELCRO. Les liaisons entre les parties extérieures de la voile et les nervures (liaisons internes) ainsi que les liaisons entre les constituants de la partie extérieure, peuvent être effectuées par soudure ou collage ou tous autres moyens de liaison (fermeture éclair par exemple) permettant de garantir à la fois un niveau de perméation suffisamment faible compatible avec le système de gonflage existant et aussi garantir le passages des efforts.

Revendications

1. Élément de propulsion vélique comprenant :

- 5 a. un mât (3),
- b. une voile (1) gonflable constituée essentiellement de deux surfaces adjacentes (5) sensiblement étanche et reliées entre elles sur leur pourtour, formant de la sorte entre elles au moins une cavité fermée, ladite voile comprenant une partie supérieure (6), une partie inférieure
- 10 (7), un bord d'attaque (8) et un bord de fuite (9), la voile comprenant différents galbes formant des renflements sur toute la longueur, ladite voile ayant un centre de poussée aérodynamique,
- c. un conduit d'air disposé entre l'intérieur et l'extérieur de la cavité de la voile,
- 15 d. au moins un moyen pour injecter de l'air dans ladite cavité, la voile une fois gonflée présentant un profil qui reste en permanence symétrique, indépendamment du déplacement dudit élément de propulsion, de la direction ou de l'intensité du vent,
- e. une têtière (10) disposée sur la partie supérieure (6) de la voile (1),
- 20 f. un réceptacle (11) de voile disposé entre le bord d'attaque (8) et le bord de fuite (9) sur la partie inférieure (7) de la voile,
- caractérisé en ce que** le mât est disposé devant le centre de poussée aérodynamique de la voile, **en ce que** le mât est libre ou non de rotation à 360°, **et en ce que** la voile comprend au moins un moyen maintenant une
- 25 pression faible dans la voile.

2. Élément selon la revendication 1, **dans lequel** le centre de poussée aérodynamique de la voile (1) est éloigné du mât (3) d'une longueur allant de 0 à 10 m.

- 30 3. Élément selon la revendication 1, **dans lequel** le moyen de maintien de pression est une ouverture de prise d'air disposée face au vent relatif.

4. Elément selon la revendication 1, **dans lequel** lors de ladite rotation du mât une transmission d'énergie et de commandes est effectuée avec un dispositif qui n'entrave pas ladite rotation.
5. Elément selon la revendication 4, **dans lequel** le dispositif qui n'entrave pas la rotation est choisi parmi le joint tournant ou la chaîne porte câble.
6. Elément selon la revendication 3, **dans lequel** l'ouverture de prise d'air comprend un clapet de fermeture mobile.
7. Elément selon l'une des revendications précédentes, **dans lequel** au moins une ligne de guidage constituée en une ou plusieurs parties est disposée dans la cavité fermée de ladite voile, pour les manœuvres de hissage et d'affalage de la voile, ladite ligne de guidage s'étendant du bord d'attaque au bord de fuite de ladite voile, en passant par la tête et le réceptacle de voile.
8. Véhicule à propulsion vélique ou hybride comprenant au moins un élément selon l'une des revendications précédentes, une coque et un mât (3) rendu solidaire de ladite coque mais toujours libre en rotation, **caractérisé en ce que** le mât (3) est disposé à l'intérieur de la cavité de ladite voile gonflable.
9. Véhicule selon la revendication 7, **dans lequel** la voile est orientée en fonction de la direction du vent, et la direction de marche du véhicule de manière manuelle ou automatique.