

Câble tracteur caréné

[0001] La présente invention concerne les câbles tracteurs carénés mis en œuvre sur un navire pour tracter un corps submersible largué en mer. Elle concerne plus particulièrement les câbles tracteurs carénés au moyen d'écaillés ou de tronçons articulés entre eux. L'invention peut être mise en œuvre pour tout type d'élément allongé caréné destiné à être au moins partiellement immergé.

[0002] Le contexte de l'invention est celui d'un navire destiné à tracter un objet submersible tel qu'une antenne sonar à immersion variable intégrée dans un corps remorqué. Dans un tel contexte, en phase non opérationnelle le corps submersible est stocké à bord du navire et le câble est enroulé autour du touret d'un treuil permettant d'enrouler et de dérouler le câble, afin de mettre à la mer et de récupérer l'objet submersible. En phase opérationnelle, le corps submersible est immergé derrière le navire et tracté par ce dernier au moyen du câble dont l'extrémité reliée au corps submersible est immergée. Le câble est enroulé/déroulé par le treuil au travers d'un dispositif de guidage du câble qui permet de guider le câble.

[0003] Pour obtenir une forte immersion à des vitesses de remorquage importantes, le câble de remorquage est caréné ce qui permet de réduire sa traînée hydrodynamique ainsi que les vibrations engendrées par l'écoulement hydrodynamique autour du câble. Le câble est revêtu d'un carénage segmenté composé de carènes présentant des formes destinées à réduire la traînée hydrodynamique du câble. Le rôle des carènes est de réduire les turbulences de sillage produites par le mouvement du câble dans l'eau, lorsque celui-ci est plongé dans l'eau et tracté par le navire. La rigidité des carènes est nécessaire pour de grandes immersions allant de pair avec de grandes vitesses de remorquage pouvant dépasser les 20 nœuds. On rappelle que le nœud est une unité de vitesse couramment utilisée dans les domaines maritime et aéronautique. Un nœud est égal à 1,852 km/h. Les carénages souples sont intéressants uniquement pour profiler économiquement des chaînes ou des câbles de bouées soumis à des courants marins ou tractés à des vitesses faibles, typiquement inférieures à 6 à 8 nœuds. Dans le cas de l'utilisation d'éléments de carénage rigides, la segmentation du carénage en carènes est nécessaire pour que le câble puisse être enroulé sur le touret d'un treuil et passer au travers des

éléments de guidage du type poulie, et de façon à pouvoir supporter un débattement latéral du câble en cas de changement de cap du navire.

[0004] En état de fonctionnement normal, les carènes sont mobiles en rotation autour de l'axe longitudinal du câble. Il est en effet nécessaire que les carènes puissent tourner librement autour du câble afin d'être correctement orientées par rapport au flux de l'eau. Hors carène d'extrémité, chaque carène est cependant liée à ses deux voisines axialement et en rotation autour du câble. Le lien est assuré par des pièces mécaniques intermédiaires appelées éclisses assemblées entre chacune des carènes. L'ensemble des carènes et des éclisses est appelé colonne de carène.

[0005] Un jeu fonctionnel est présent entre chaque éclisse et les carènes associées notamment afin de permettre au câble caréné de passer avec fluidité dans tous les éléments de guidage, comme des poulies ou des chaumards et de s'enrouler autour d'un touret pour le rangement du câble sur le pont du navire. La rotation d'une carène entraîne une rotation de ses voisines et de proche en proche celle de l'ensemble des carènes. Dès lors, aussi bien lorsque le câble est déployé dans l'eau que lorsqu'il est enroulé autour du touret, tout changement d'orientation d'une des carènes, affecte de proche en proche l'ensemble des carènes du câble. Ainsi lorsque le câble est déployé en mer les carènes s'orientent naturellement dans le sens du courant engendré par le mouvement du bâtiment. De la même façon, le dispositif de guidage est classiquement configuré pour orienter et guider les carènes qui le traversent de façon qu'elles présentent une orientation prédéfinie par rapport au touret du treuil. Toutes les carènes adoptent au fil de la remontée du câble une même orientation relativement au touret, orientation qui permet d'enrouler le câble en maintenant les carènes parallèles les unes aux autres.

[0006] La demanderesse s'est rendu compte de plusieurs difficultés lors de l'utilisation des câbles carénés.

[0007] Les câbles de remorquages carénés sont sujets à un phénomène aléatoire de torsion au niveau de leur partie aérienne, c'est-à-dire entre la surface de l'eau et le dispositif de remorquage disposé sur le pont du navire. Cette torsion n'est pas dangereuse immédiatement mais peut facilement le devenir si elle n'est pas

détectée à temps et résorbée. Le dommage minimal qui peut en résulter est le broyage d'une partie de la colonne de carène. Ce broyage peut conduire à des conséquences limitées mais il peut aussi dégénérer, déchirer la gaine du câble, bloquer le treuil ou l'endommager et conduire ainsi à l'indisponibilité de tout le système immergé.

[0008] Le phénomène de torsion peut aussi apparaître sur la partie immergée du câble. Ce phénomène couplé à la vitesse du câble dans l'eau provoque de très forts couples de torsion sur les carènes et sur leurs liens.

[0009] Comme les carènes sont souvent réalisées à base de matières plastiques et que les contraintes appliquées par le flux d'eau sont très importantes, une torsion peut entraîner des déformations permanentes des carènes apparentées au fluage. Peu à peu la torsion se resserre ce qui augmente d'autant les contraintes mécaniques entre les carènes. Avec le temps cela évolue inéluctablement vers la rupture de carènes ou de liens inter-carènes. Une fois cette rupture survenue, une discontinuité dans la colonne de carène peut bloquer le câble lors de son passage sur une poulie et lorsqu'il s'enroule sur son touret.

[0010] D'autres déformations s'apparentant à du fluage peuvent également intervenir lorsque le câble caréné est enroulé sur son touret. Plus précisément, les liens, leurs fixations aux carènes ou les carènes elles-mêmes peuvent se détendre du fait du rayon de courbure subi par le câble. Cette élongation permanente contrarie le libre mouvement de toute la colonne de carènes lors du déroulement du câble.

[0011] Toujours lors de l'enroulement du câble, sur le touret ou au passage d'une poulie, les parties formant les bords d'attaque des carènes se rapprochent les unes des autres et sont susceptibles de se toucher et même d'exercer des efforts les unes sur les autres, efforts pouvant entraîner des déformations ou des ruptures.

[0012] Le câble peut être équipé de bagues serties permettant de bloquer longitudinalement les carènes le long du câble. Les bagues reprennent les efforts subis par les carènes selon l'axe du câble. Ces bagues sont régulièrement réparties le long du câble avec un pas par exemple de plusieurs dizaines de carènes. Lors de la flexion longitudinale du câble, qui passe sur une poulie, la

colonne de carènes qui forme comme une gaine non liée au câble adopte naturellement une vitesse de défilement qui est nécessairement plus faible que celle du câble. La colonne de carènes est alors progressivement poussée contre les bagues serties sur le câble. Cette pression occasionnée par le passage sur poulie peut conduire à des pressions très importantes et venir endommager les faces des carènes en contact avec les bagues.

[0013] La demanderesse a également constaté des détériorations des carènes au niveau de leur bord de fuite formant la partie la plus mince de la carène et donc la partie la plus fragile. Malgré toutes les précautions prises dans les surfaces de guidages des poulies et du treuil, les bords de fuite sont souvent endommagés suite à des contacts violents ou même des coincements dans des fentes ou des interstices.

[0014] L'invention vise à pallier tout ou partie des problèmes cités plus haut en proposant un câble tracteur caréné destiné à tracter un corps submersible, le câble comprenant une âme et un carénage assemblé sur l'âme, le carénage étant profilé de manière à réduire la trainée hydrodynamique du câble, le carénage comprenant plusieurs bords d'attaque et plusieurs bords de fuite assemblés sur les bords d'attaque. Un bord de fuite est directement maintenu sur deux bords d'attaque voisins.

[0015] Avantageusement, l'âme s'étend principalement selon un axe et les bords de fuite sont disposés en quinconce par rapport aux bords d'attaques le long de l'axe.

[0016] Avantageusement, l'âme s'étend principalement selon un axe. Les bords d'attaque forment une coque repliée autour de l'âme. Les bords de fuite sont formés d'un profil assurant la fonction hydrodynamique du bord de fuite et de deux bras disposés chacun à l'intérieur d'un des deux bords d'attaque voisins. Chaque bras s'étend au moins selon une direction perpendiculaire à l'axe. Chaque bras est maintenu au bord d'attaque correspondant.

[0017] Avantageusement, chaque bras comprend deux extrémités dont une première est solidaire du profil et dont une seconde est libre. Chaque bras est maintenu au bord d'attaque correspondant au niveau de sa seconde.

- [0018] Avantageusement, chaque bras est maintenu au bord d'attaque par une liaison pivot.
- [0019] Avantageusement, la liaison pivot est disposée au niveau de la seconde extrémité libre du bras correspondant et chaque bord d'attaque comprend deux butées pouvant venir chacune au contact d'un des bras) correspondant de façon à limiter le mouvement relatif du bord de fuite et du bord d'attaque relié par la liaison pivot.
- [0020] Avantageusement, le bord de fuite comprend un bras intermédiaire reliant les deux bras.
- [0021] Avantageusement, l'âme s'étend principalement selon un axe et pour les différents bords d'attaque et bords de fuite, perpendiculairement à l'axe de l'âme, le carénage occupe une distance D par rapport à l'axe et en ce qu'une distance d occupée par les bords d'attaque est au moins égale à la moitié de la distance D .
- [0022] Avantageusement, dans un plan contenant l'axe, une projection du bord d'attaque est sensiblement rectangulaire dont un côté est limité par la distance d . Le bord de fuite comprend un profil assurant la fonction hydrodynamique du bord de fuite. Une projection du profil est sensiblement rectangulaire, dont un des côtés est limité par la distance d et dont un autre des cotés est limité par la distance D .
- [0023] Avantageusement, des extrémités du côté du bord d'attaque possèdent des coins arrondis et le profil est configuré pour suivre les coins arrondis.
- [0024] Avantageusement, les bords d'attaques et les bords de fuites sont monoblocs et constitués de matériaux homogènes et un module d'Young du matériau formant les bords d'attaque est plus grand qu'un module d'Young du matériau formant les bords de fuite.
- [0025] Avantageusement, des bagues fixées à l'âme sont réparties régulièrement le long de l'âme, les bords d'attaque pouvant s'appuyer sur les bagues. Les bagues sont disposées entre deux bords d'attaques voisins.
- [0026] Avantageusement, l'âme s'étend principalement selon un axe. Chaque bord d'attaque comprend un canal s'étendant essentiellement selon un axe et dans lequel l'âme est disposée. Le canal s'évase de part et d'autre d'une section

médiane du bord d'attaque, la section médiane étant perpendiculaire à l'axe du canal.

[0027]

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple, description illustrée par le dessin joint dans lequel :

- la figure 1 représente un navire tractant un objet remorqué au moyen d'un câble tracteur caréné selon l'invention ;
- la figure 2 représente une portion du câble caréné ;
- les figures 3a et 3b représentent en perspective deux variantes de câble caréné soumises à de la torsion ;
- les figures 4a et 4b représentent partiellement le câble suivant deux plans de coupe perpendiculaires ;
- la figure 5 représente le câble passant sur une poulie ;
- les figures 6a, 6b, 6c et 6d illustrent une variante d'un bord d'attaque du câble.

[0028] Par souci de clarté, les mêmes éléments porteront les mêmes repères dans les différentes figures.

[0029] La figure 1 représente un navire 10 remorquant un objet submersible 12 au moyen d'un câble tracteur 14. L'objet submersible 12 est par exemple une antenne sonar, souvent appelée poisson, dont la profondeur peut être variable. L'invention n'est pas limitée à une antenne sonar. Elle peut être mise en œuvre pour tout type d'objet submersible, comme des détecteurs sismiques ou des engins de pêche.

[0030] L'objet submersible 12 est arrimé au câble 14. La mise à l'eau et la sortie de l'eau de l'objet submersible 12 est réalisée au moyen d'un treuil 16 disposé sur un pont 18 du navire 10. Le treuil 16 comprend un touret 20 dimensionné pour permettre l'enroulement du câble 14. Le câble 14 peut être enroulé sur le touret 20 en passant par un dispositif de guidage 22, comme par exemple une poulie

ou un chaumard. Le touret 20 et le dispositif de guidage 22 sont dimensionnés de façon à limiter la courbure du câble 14. Le dispositif de guidage 22 permet également de limiter le débattement latéral du câble 14 en aval, c'est-à-dire côté mer, afin de permettre l'utilisation de l'objet submersible 12 en condition de mer formée. Le dispositif de guidage peut également être équipé d'un trancannage en amont, c'est-à-dire côté touret 20, permettant de ranger le câble 14 sur le touret 20.

[0031] Le câble 14 peut être uniquement un lien mécanique entre le navire 10 et l'objet submersible 12. Alternativement, le câble 14 peut transmettre de la puissance et des signaux entre le navire 10 et l'objet submersible 12. Le câble peut comprendre une gaine formée d'un toron de fils métalliques assurant une certaine souplesse notamment pour permettre au câble 14 de se courber. A l'intérieur de la gaine des conducteurs peuvent assurer la transmission des signaux et de l'alimentation. Ces conducteurs peuvent être de toute nature : électrique, optique, fluide... La gaine assure la protection mécanique des conducteurs internes.

[0032] La gaine extérieure du câble est généralement de section circulaire. La gaine et les éventuels conducteurs internes sont appelés âme 24 par la suite. Comme on l'a précisé dans l'introduction, l'âme 24 est avantageusement carénée, notamment pour limiter sa trainée hydrodynamique. Afin d'atteindre des vitesses de traction importantes, le carénage est au moins en partie rigide. Pour permettre la courbure du câble le carénage est segmenté.

[0033] La figure 2 représente une partie du câble 14. On y distingue l'âme 24 et son carénage. Selon l'invention, le carénage comprend plusieurs bords d'attaque 26 et plusieurs bords de fuite 28 assemblés sur les bords d'attaque 26.

[0034] On entend par bord d'attaque 26 une pièce mécanique entourant l'âme 24 et destinée à s'orienter face au courant régnant dans l'eau dans laquelle le câble 14 est immergé. De même, le bord de fuite est une pièce mécanique située en aval du bord d'attaque par rapport au courant. Les bords d'attaque 26 et les bords de fuite 28 comprennent des surfaces externes permettant de réduire la trainée du câble 14 lorsque celui-ci est soumis au courant.

[0035] Les différents bords d'attaque 26 et bords de fuite 28 sont avantageusement identiques pour faciliter leur réalisation. Les bords d'attaque 26 peuvent coulisser le long de l'âme 24 et comme évoqué plus haut, l'âme 24 peut être équipée de bagues serties non représentées sur la figure 2 et permettant de bloquer longitudinalement les bords d'attaque 26 le long de l'âme 24. Les bagues reprennent les efforts subis par les bords d'attaque 26 selon l'axe longitudinal 30 de l'âme 24. Les bords d'attaques 26 destinés à venir au contact des bagues peuvent être configurés différemment des autres bords d'attaques. Dans la configuration représentée sur la figure 2, un bord de fuite 28 est directement maintenu sur deux bords d'attaque 26 voisins sans pièce mécanique intermédiaire.

[0036] Le maintien des bords d'attaque 26 et des bords de fuite 28 entre eux permet d'assurer une continuité du profil hydrodynamique du carénage parallèlement à l'axe 30 permettant de limiter les effets de torsion du câble autour de l'axe 30. Le maintien direct d'un bord de fuite 28 sur deux bords d'attaque 26 voisins évite la mise en place de pièces de jonction intermédiaires souvent appelées éclisses.

[0037] Dans la segmentation du carénage, il est possible de disposer un bord de fuite 28 en regard de chaque bord d'attaque 26. Plus précisément, le long de l'axe 30, les surfaces extérieures d'un bord d'attaque 26 et d'un bord de fuite 28, assurant leur fonction hydrodynamique, occupent une même portion le long de l'axe 30. Le maintien d'un bord de fuite 28 sur deux bords d'attaque 26 voisins est alors assuré par des excroissances du bord de fuite liées à deux bords d'attaque voisins à l'intérieur de ceux-ci. Cependant, cette disposition en regard des bords d'attaque 26 et des bords de fuite 28 entraîne, en cas de torsion du câble 24, une disposition en « marche d'escalier » des différents bords de fuite. Plus précisément l'extrémité aval des bords de fuites 28 forme une ligne discontinue, ce qui nuit à l'hydrodynamisme du câble. Cette disposition en marche d'escalier est représentée sur la figure 3a.

[0038] De façon préférée, comme représenté sur la figure 2 et sur la figure 3b, les bords de fuite 28 sont disposés en quinconce par rapport aux bords d'attaques 26 le long de l'axe 30. Ainsi lors d'une torsion du câble 14, l'extrémité aval des bords de fuites 28 forment une ligne sensiblement continue comme représentée sur la figure 3b. Lors d'une torsion l'extrémité aval des bords de fuite 28 prend

une forme continue d'hélice. La ligne continue présente un avantage lors du passage du câble dans le dispositif de guidage 22. En effet, en cas de forte torsion du câble 14, les discontinuités apparaissant sur la figure 3a risquent d'échapper au dispositif de guidage 22 ou de heurter et accrocher quelques imperfections lorsque le treuil 16 est en action. Plus précisément, un bord de fuite 28 peut venir en appui correct dans le dispositif de guidage 22 et le suivant peut sortir du dispositif de guidage 22 du fait de la présence d'une discontinuité. En sortant du dispositif, le risque de rupture du carénage est très élevé. En revanche, l'absence de discontinuité, comme représenté sur la figure 3b permet aux différents bords de fuite 28 de venir en appui de façon continue contre le dispositif de guidage 22, notamment lors du passage d'un bord de fuite 28 au suivant. Le risque de sortie d'un bord de fuite 28 du dispositif de guidage 22 est alors beaucoup plus faible.

[0039] La figure 4a représente le câble 14 en coupe dans un plan perpendiculaire à l'axe 30 et la figure 4b représente une portion du câble 14 en coupe dans un plan contenant l'axe 30. Le bord d'attaque 26 est monobloc. Il est constitué d'un matériau homogène. Le bord d'attaque 26 entoure l'âme 24. Le bord d'attaque 26 comprend un canal 32 dans lequel l'âme 24 est disposée. Un jeu fonctionnel est présent entre l'âme 24 et le canal 32 afin de permettre au bord d'attaque 26 de tourner librement autour de l'âme 24. Le bord d'attaque 26 est mis en place autour de l'âme 24 en le repliant afin de refermer le canal 32. Autrement dit, le bord d'attaque 26 forme une coque repliée autour de l'âme 24.

[0040] Plus précisément, le bord d'attaque 26 comprend deux faces 26a et 26b et une partie de raccordement 26c joignant les deux faces 26a et 26b. Les faces 26a et 26b ainsi que la partie de raccordement 26c sont sensiblement dans le prolongement l'une de l'autre lors de la fabrication du bord d'attaque 26. Le bord d'attaque 26 est par exemple réalisé en matière plastique moulée. Tout autre procédé de fabrication est bien entendu possible, comme l'usinage ou l'impression 3D.

[0041] Après repliement du bord d'attaque 26 autour de l'âme 24, la partie de raccordement 26c forme la surface du canal 32 et les deux faces 26a et 26b viennent au contact l'une de l'autre. Les deux faces 26a et 26b sont fixées l'une à l'autre, par exemple au moyen de vis 34 ou de rivets.

- [0042] Les surfaces externes des faces 26a et 26b et de la partie de raccordement 26c assurent la fonction hydrodynamique du bord d'attaque 26. Lors de l'orientation de la carène dans le courant, la partie de raccordement 26c se positionne la plus en amont.
- [0043] Le bord de fuite 28 comprend un profil 28a assurant la fonction hydrodynamique du bord de fuite 28 et deux bras 28b et 28c disposés chacun à l'intérieur de deux bords d'attaque 26 voisins.
- [0044] Perpendiculairement à l'axe 30 de l'âme 24, le carénage formé par les bords d'attaque 26 et les bords de fuite 28 occupent une distance D par rapport à l'axe 30. La distance d occupée par le bord d'attaque est au moins égale à la moitié de la distance D.
- [0045] Dans un plan contenant l'axe 30 et formant un plan de symétrie du carénage, la projection du bord d'attaque 26 est sensiblement rectangulaire dont un coté 36 est limité par la distance d. La projection du profil 28a est également sensiblement rectangulaire. Pour le profil 28a, un des côtés 38 du rectangle est limité par la distance d et un autre coté 40 est limité par la distance D.
- [0046] Les extrémités du coté 36 peuvent posséder des coins arrondis 42, ayant la forme de chanfreins ou de congés de raccordement. Le profil 28a peut suivre les coins arrondis 42. Ces aménagements de forme permettant aux bords de fuite 28 de mieux suivre les mouvements relatifs des bords d'attaque 26 induits pas des courbures ou des torsions du câble 14.
- [0047] Le bord d'attaque 26 occupe la plus grande surface externe du carénage. Autrement dit, bord d'attaque 26 remplit la majeure partie de la fonction hydrodynamique du carénage.
- [0048] Le bord d'attaque 26 et le bord de fuite 28 peuvent être constitués du même matériau ce qui permet de standardiser la fabrication des différentes pièces mécaniques formant le carénage. Alternativement, il est possible d'aménager la souplesse relative du bord d'attaque 26 et du bord de fuite 28, notamment, en conservant une rigidité importante au bord d'attaque 26 et en donnant une plus grande souplesse au bord de fuite 28. Les différents bords d'attaques 26 et les différents bords de fuites 28 peuvent être monoblocs et constitués de matériaux

homogènes. Le module d'Young du matériau (encore appelé module d'élasticité longitudinal) formant les bords d'attaque 26 est alors plus grand que le module d'Young du matériau formant les bords de fuite 28. Cela permet au carénage de mieux suivre les mouvements du câble 14 dans l'eau, lors de courbures ou de torsions. De plus, les bords de fuite 28 ont une section plus faible que celle des bords d'attaque 26. Les bords de fuite 28 sont donc plus fragile que les bords d'attaque 26. En choisissant un matériau plus souple pour les bords de fuite 28, le risque de casse de ceux-ci est réduit. A titre d'exemple, des essais ont été réalisés en interne par le déposant avec des bords d'attaque 26 réalisés par moulage d'un matériau plastique formé d'un mélange de polycarbonate (PC) et de polybutylène téréphtalate (PBT) possédant un module d'Young de l'ordre de 2150 MPa. Les bords de fuite 28 ont été, quant à eux, réalisés par moulage d'un matériau à base de polyuréthane possédant un module d'Young de l'ordre de 548 MPa. De façon plus générale, dès que le module d'Young du matériau formant les bords d'attaque 26 est plus grand que celui du matériau formant les bords de fuite 28, le résultat est déjà intéressant. En effet, les bords d'attaque 26 ayant des épaisseurs, définies perpendiculairement au plan de la figure 4b, plus grandes que celles des bords de fuite 28, un léger écart entre les modules d'Young permet déjà une plus grande déformation d'un bord de fuite 28 par rapport à un bord d'attaque 26 sous un même effort. Avec un module d'Young du matériau formant les bords d'attaque 26 au moins deux fois plus grand que le module d'Young du matériau formant les bords de fuite 28, les résultats sont meilleurs et avec un module d'Young du matériau formant les bords d'attaque 26 au moins quatre fois plus grand que le module d'Young du matériau formant les bords de fuite 28, les résultats sont excellents.

[0049] Pour les matériaux plastiques, la détermination du module d'Young peut être faite en se référant à la norme ISO 178. En pratique, la caractérisation des modules d'Young des matériaux est relative. Il suffit donc de mettre en œuvre les mêmes conditions de mesures pour comparer les modules d'Young des matériaux formant les bords d'attaque 26 et les bords de fuite 28.

[0050] Les bras 28b et 28c s'étendent au moins selon une direction perpendiculaire à l'axe 30. Ainsi, le bord de fuite 28 possède une forme générale en U. Plus

précisément, le profil 28a forme la partie basse de la forme en U et les bras 28b et 28c forment les branches de la forme en U.

[0051] Les bras 28b et 28c permettent le maintien du bord de fuite 28 à deux bords d'attaque 26 voisins. Les bras 28b et 28c sont ancrés dans le profil 28a. Les bras 28b et 28c n'assurent aucune fonction hydrodynamique. Les bras 28b et 28c sont chacun entièrement disposés à l'intérieur d'un des bords d'attaque 26. Ainsi, la définition des bras 28b et 28c peut être beaucoup plus libre, notamment pour adapter leur déformation au besoin et notamment pour permettre au carénage de supporter les flexions et les torsions de l'âme 24. La définition des formes et des dimensions des bras 28b et 28c n'est pas soumise aux contraintes des fonctions hydrodynamiques du carénage.

[0052] Plus précisément, chacun des bras 28b et 28c comprend deux extrémités, 28b1, 28b2 pour le bras 28b et 28c1, 28c2 pour le bras 28c. Les extrémités 28b1 et 28c1 sont solidaires du profil 28a. Les extrémités 28b2 et 28c2 sont libres et maintenues chacune à un bord d'attaque 26. Le maintien d'un bras 28b ou 28c à un bord d'attaque 26 peut être réalisé au moyen d'une liaison complète. Les mouvements relatifs du bord de fuite 28 par rapport aux deux bords d'attaque 26 sur lesquels le bord de fuite 28 est fixé est assuré par l'élasticité des bras 28b et 28c.

[0053] Alternativement et comme représenté sur les figures 4a et 4b, les extrémités libres 28b2 et 28c2 sont chacune liée à un bord d'attaque 26 au moyen d'une liaison pivot 44. Cette liaison pivot 44 permet de moins solliciter l'élasticité des bras 28b ou 28c lors des mouvements relatifs du bord de fuite 28 par rapport aux bords d'attaque 26 auxquels le bord de fuite 28 est lié lors de torsions ou de courbures du câble 14.

[0054] Les bras 28b et 28c s'étendent au moins selon une direction perpendiculaire à l'axe 30. Plus précisément, entre leurs extrémités, les bras 28b et 28c peuvent s'étendre perpendiculairement à l'axe 30 ou être inclinés par rapport à une direction perpendiculaire à l'axe 30 comme représenté sur la figure 4b. Il est cependant important de conserver dans la projection d'une direction reliant les extrémités d'un bras, une composante perpendiculaire à l'axe 30. Cette composante, et plus généralement la forme en U du bord de fuite 28, permet une

meilleure souplesse du lien entre le bord de fuite 28 et les deux bords d'attaque 26 correspondants lors de courbures ou lors de torsions du câble 14. Plus précisément, dans l'art antérieur, les éclisses maintenant les carénages entre eux s'étendent parallèlement à l'axe 30 et sont donc soumises à de la traction ou de la compression lors de courbures et même lors de torsions de câble. En revanche, dans la variante proposée de l'invention, les bras 28b et 28c, du fait de leur orientation, subissent de la flexion qui permet une plus grande déformation que de la traction, d'où la meilleure souplesse des liens proposés. Par ailleurs, lors de torsions du câble 14, la base du U, c'est-à-dire le profil 28a, subit à la fois de la traction et de la flexion. Ainsi, la variante proposée améliore la souplesse du carénage lors de courbures du câble 14, ce qui permet de faciliter le passage du câble 14 par les moyens de guidage 22, tels qu'une poulie, passage qui tend à courber le câble 14. En revanche, la variante proposée conserve une grande raideur vis-à-vis de torsions du câble 14, ce qui permet de limiter ces torsions.

[0055] Les bras 28b ou 28c peuvent être indépendant l'un de l'autre. Alternativement, comme représenté sur la figure 4b, le bord de fuite 28 peut comprendre un bras intermédiaire 28d reliant les deux bras 28b ou 28c. Le bras intermédiaire 28d est essentiellement disposé à l'intérieur de deux bords d'attaque 26 voisins. Le bras intermédiaire 28d peut être solidaire de chacun des bras 28b ou 28c à mi-distance entre chacune des extrémités des bras 28b ou 28c. Le bras intermédiaire 28d forme avec les parties libres des bras, s'étendant jusqu'aux extrémités libres 28b2 et 28c2 une forme en U qui présente les mêmes avantages que ceux décrits plus haut. La présence du bras intermédiaire 28d permet de régler la souplesse du carénage, vis-à-vis des effets de courbures du câble 14 et sa raideur vis-à-vis de torsions du câble 14.

[0056] La figure 5 représente un tronçon de câble 14 dont la direction de l'axe 30 est déviée par une poulie 50 formant un exemple de dispositif de guidage 22. Sur la figure 5, le câble 14 est schématisé et seuls l'âme 24 et les bords d'attaque 26 sont représentés. Les bords de fuite 28 ne sont pas représentés. Le câble 14 se déplace selon le sens 52 porté par l'axe 30. En amont de la poulie 50, la vitesse du câble 14 est notée V_c . Plus précisément, lorsque le câble 14 est rectiligne, la vitesse de l'âme 24 et la vitesse des bords d'attaque 26 est la même, c'est-à-dire V_c . Par contre lorsque le câble 14 se courbe, notamment en passant autour de la

poulie 50, l'axe 30 de l'âme 24 continue de suivre cette même vitesse V_c mais les différentes zones du bord d'attaque 26 n'ont pas toutes la même vitesse linéaire qui est fonction de leur distance à l'axe de la poulie 50.

[0057] Plus précisément, on a vu précédemment, que le bord d'attaque 26 entoure l'âme 24. Lorsque le câble 14 est en contact avec la poulie 50, dans la zone où l'axe 30 suit une portion de cercle, la partie 26c du bord d'attaque 26, la plus proche du centre de la poulie, 50 et matérialisée par la flèche 54 possède une vitesse inférieure à V_c . Cette vitesse inférieure tend à faire glisser les bords d'attaque 26 en direction de l'amont du câble 14. Les bords d'attaque 26 sont ainsi mis en pression les uns contre les autres générant des contraintes dans le bord d'attaque 26 orientées selon l'axe 30. Cette pression est reprise par une bague 56 sertie sur l'âme 24.

[0058] Plusieurs bagues sont réparties le long de l'âme 24 afin de reprendre périodiquement les efforts axiaux des différents carénages. Il est possible de réaliser une saignée sur quelques bords d'attaque 26 au niveau de leur canaux respectifs, saignée perpendiculaire à l'axe 30. Ainsi un bord d'attaque englobe une bague. Ce bord d'attaque particulier peut alors s'appuyer soit d'un côté de la bague soit de l'autre. Autrement dit, un bord d'attaque reprend les efforts dans les deux sens portés par l'axe 30. Cependant, une telle configuration impose à un bord d'attaque de reprendre des efforts axiaux aussi bien en traction qu'en compression.

[0059] Il est également possible de supprimer la reprise d'effort en traction afin de limiter le risque de fluage des bords d'attaque 26. Pour ce faire, comme représenté sur la figure 5, les bagues 56 sont disposées entre deux bords d'attaques voisins.

[0060] Par ailleurs, la partie 26c, est mise en pression par l'âme 24 contre la poulie 50. Cette pression contre la poulie génère des contraintes dans le bord d'attaque 26 orientées radialement vers le centre de la poulie 50.

[0061] Les figures 6a et 6d représentent une forme particulière des bords d'attaque 26 permettant de limiter les effets de la réduction de vitesse de la partie 26c du bord d'attaque 26. La figure 6a représente un bord d'attaque 26 seul et la figure 6d représente un tronçon de câble enroulé sur une poulie 50. Le canal 32

s'étend principalement selon un axe 60 du bord d'attaque 26 et confondu avec l'axe 30 de l'âme 24 lorsque le câble 14 est rectiligne. Le canal 32 s'évase de part et d'autre d'une section médiane 62 du bord d'attaque 26, la section 62 étant perpendiculaire à l'axe 60. Cela permet de mieux répartir la pression qu'exerce l'âme 24 sur les parois du canal 32 lors de courbures du câble 14. En évasant le canal 32, la pression est réduite dans les sections les plus éloignées de la section 62. Les sections peuvent être définies de façon à ce que pour une courbure donnée du câble 14, notamment en fonction du diamètre de la poulie 50, l'âme 24 ne soit pas en contact avec les sections les plus éloignées de la section 62 mais seulement avec des sections les plus proches de la section 62. Cela permet de limiter les risques de fluage du matériau formant le bord d'attaque 26 lorsqu'il est mis en pression par l'âme 24.

[0062] Le canal 32 peut être formé de sections circulaires autour de l'axe 30. Alternativement, afin d'améliorer la rigidité du bord d'attaque 26, les sections du canal 32 sont définies de façon dissymétrique autour de l'axe 60 comme représenté sur les figures 6a et 6d. Plus précisément, dans la section 62, représentée en coupe sur la figure 6b, le canal 32 possède un contour circulaire et dans les sections 64 les plus éloignées de la section 62 et représentées en coupe sur la figure 6c, le canal 32 possède un contour oblong s'allongeant vers l'intérieur de la poulie 50. Entre les sections 62 et 64, les parois du canal 32 suivent par exemple une courbe circulaire de rayon r centré sur un point appartenant à la section médiane 62. Le rayon r est défini de façon à ce que $r-e$ soit inférieur au rayon R de la poulie 50, e étant l'épaisseur de la partie 26a au niveau de la section médiane 62. Ainsi, même si l'âme 24 écrase en partie la surface interne du canal 32, la longueur de l'appui de l'âme 24, noté I sur la figure 6d reste inférieur à la longueur L du bord d'attaque 26, les longueurs I et L étant définies selon l'axe 60 du canal 32.

[0063] Lors de courbures du câble tracteur 14 autour d'une poulie 50, les parties des bords d'attaque 26 les plus éloignées du centre de la poulie 50 tendent à s'écarter les uns des autres. Les bords de fuite 28 correspondants doivent suivre cet écartement. La présence de la liaison pivot 44 en extrémité libre 28b2 et 28c2 de chacun des bras 28b et 28c permet la rotation du bord de fuite 28 par rapport à chacun des bords d'attaque 26 auquel le bord de fuite 28 est articulé.

Les liaisons pivot 44 sont disposées au plus près possible de l'axe 30 afin de limiter l'écartement des liaisons pivot 44 entre elles. Pour le bord de fuite 28 cet écartement est absorbé par déformation élastique des bras 28b et 28c. Le module d'Young plus faible du bord de fuite 28 associé à la forme des bras 28b et 28c permet cette déformation. Au niveau des extrémités 28b1 et 28c1 des bras 28b et 28c, le mouvement relatif de deux bords d'attaque est plus important qu'au niveau des liaisons pivot 44. Sur la figure 4b, on a représenté en trait pointillé le mouvement possible du bord d'attaque 26 situé à droite sur la figure. En partie basse de la figure 4b, les deux bords d'attaque 26 viennent en butée et s'écartent en partie haute. Au niveau des extrémités 28b1 et 28c1, les bras 28b et 28c peuvent coulisser dans la plan de la figure 4b par rapport aux bords d'attaque 26 correspondant.

[0064] D'autres mouvements relatifs des bords d'attaque 26 et des bords de fuite 28 sont possibles, notamment une torsion telle que représentée sur la figure 3b. Une torsion peut entraîner un mouvement relatif plus important qu'une flexion telle représentée en pointillé sur la figure 4b, la mise en butée des bords d'attaque 26 étant alors inopérante. Il est cependant avantageux de prévoir une limitation du mouvement relatif entre un bord d'attaque 26 et un bord de fuite 28 lié par leur liaison pivot 44. Ce mouvement est essentiellement une rotation autour de l'axe de la liaison pivot 44 aux jeux fonctionnels et aux déformations près. A cet effet, le bord d'attaque peut comprendre deux butées en forme de bossage 70 destinées à venir en appui chacune contre un bras 28b ou 28c. Les bossages 70 peuvent être utilisés pour le passage des vis 34 comme visible sur la figure 4a. Les bossages 70 forment des excroissances reliant les faces 26a et 26b du bord d'attaque 26. Sur la figure 4b, un des bossages 70 est également représenté en pointillé lors d'une flexion de l'âme 24. Dans cette position, le bossage 70 se trouve encore à distance du bras 28c. Lors d'un mouvement relatif plus important, le bossage 70 vient en butée sur le bras 28c. Ceci est illustré par un point 72 du bossage 70 et un point 74 du bras 28c venant en contact l'un avec l'autre. Ces deux points 72 et 74 sont matérialisés par des flèches en trait fort sur la figure 4b. Il est bien entendu possible de se passer de butée entre deux bords d'attaque 26 et de ne conserver que la butée 70. La position de cette butée est notamment définie en fonction du diamètre de la

poulie 50 ou de celui d'un touret 20 et plus généralement de la déformation maximale autorisée pour le câble 14.

REVENDEICATIONS

1. Câble tracteur caréné destiné à tracter un corps submersible (12), le câble (14) comprenant une âme (24) et un carénage (26, 28) assemblé sur l'âme (24), le carénage (26, 28) étant profilé de manière à réduire la trainée hydrodynamique du câble (14), le carénage comprenant plusieurs bords d'attaque (26) et plusieurs bords de fuite (28) assemblés sur les bords d'attaque (26), caractérisé en ce qu'un bord de fuite (28) est directement maintenu sur deux bords d'attaque (26) voisins, en ce que les bords d'attaques (26) et les bords de fuites (28) sont monoblocs et constitués de matériaux homogènes et en ce qu'un module d'Young du matériau formant les bords d'attaque (26) est plus grand qu'un module d'Young du matériau formant les bords de fuite (28).
2. Câble selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'âme s'étend principalement selon un axe (30) et en ce que les bords de fuite (28) sont disposés en quinconce par rapport aux bords d'attaques (26) le long de l'axe (30).
3. Câble selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'âme (24) s'étend principalement selon un axe (30), en ce que les bords d'attaque (26) forment une coque repliée autour de l'âme (24), en ce que les bords de fuite (28) sont formés d'un profil (28a) assurant la fonction hydrodynamique du bord de fuite (28) et de deux bras (28b, 28c) disposés chacun à l'intérieur d'un des deux bords d'attaque (26) voisins, en ce que chaque bras (28b, 28c) s'étend au moins selon une direction perpendiculaire à l'axe (30) et en ce que chaque bras (28b, 28c) est maintenu au bord d'attaque (26) correspondant.
4. Câble selon la revendication 3, caractérisé en ce que chaque bras (28b, 28c) comprend deux extrémités (28b1, 28b2, 28c1, 28c2) dont une première (28b1, 28c1) est solidaire du profil (28a) et dont une seconde (28b2, 28c2) est libre, en ce que chaque bras (28b, 28c) est maintenu au bord d'attaque (26) correspondant au niveau de sa seconde (28b2, 28c2).
5. Câble selon la revendication 4, caractérisé en ce que chaque bras (28b, 28c) est maintenu au bord d'attaque (26) par une liaison pivot (44).
6. Câble selon la revendication 5, caractérisé en ce que la liaison pivot (44) est disposée au niveau de la seconde extrémité (28b2, 28c2) libre du bras (28b, 28c) correspondant et en ce que chaque bord d'attaque (26) comprend deux butées

(70) pouvant venir chacune au contact d'un des bras (28b, 28c) correspondant de façon à limiter le mouvement relatif du bord de fuite (28) et du bord d'attaque (26) relié par la liaison pivot (44).

7. Câble selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que le bord de fuite (28) comprend un bras intermédiaire (28d) reliant les deux bras (28b ou 28c).
8. Câble selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'âme (24) s'étend principalement selon un axe (30) et en ce que pour les différents bords d'attaque (26) et bords de fuite (28), perpendiculairement à l'axe (30) de l'âme (24), le carénage (26, 28) occupe une distance D par rapport à l'axe (30) et en ce qu'une distance d occupée par les bords d'attaque (26) est au moins égale à la moitié de la distance D.
9. Câble selon la revendication 7, caractérisé en ce que dans un plan contenant l'axe (30), une projection du bord d'attaque (26) est sensiblement rectangulaire dont un côté (36) est limité par la distance d, en ce que le bord de fuite (28) comprend un profil (28a) assurant la fonction hydrodynamique du bord de fuite (28) et en ce qu'une projection du profil (28a) est sensiblement rectangulaire, dont un des côtés (38) est limité par la distance d et dont un autre des cotés (40) est limité par la distance D.
10. Câble selon la revendication 8, caractérisé en ce que des extrémités du côté (36) du bord d'attaque (26) possèdent des coins arrondis (42) et en ce que le profil (28a) est configuré pour suivre les coins arrondis (42).
11. Câble selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que des bagues (56) fixées à l'âme (24) sont réparties régulièrement le long de l'âme (24), les bords d'attaque (26) pouvant s'appuyer sur les bagues, et en ce que les bagues (56) sont disposées entre deux bords d'attaques (24) voisins.
12. Câble selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'âme (24) s'étend principalement selon un axe (30), en ce que chaque bord d'attaque (26) comprend un canal (32) s'étendant essentiellement selon un axe (60) et dans lequel l'âme (24) est disposée et en ce que le canal (32) s'évase de part et d'autre d'une section médiane (62) du bord d'attaque (26), la section médiane (62) étant perpendiculaire à l'axe (60) du canal (32).