

DESCRIPTION

SYSTEME DE TRACTION A AILE CAPTIVE AVEC PLIAGE EN MANCHE A AIR

DOMAINE TECHNIQUE

L'invention concerne le domaine des systèmes de traction à aile captive qui sont adaptés
5 à déployer et replier une aile de traction par rapport à une plateforme de base, cette aile de traction étant adaptée à générer une force de traction sous l'effet du vent.

De tels systèmes de traction permettent le déploiement d'une aile de traction volante servant à la propulsion d'un véhicule, notamment un navire (en tant que mode de propulsion principal, ou à titre d'assistance), pour la production d'électricité, ou pour toute application
10 tirant profit d'une telle force de traction.

ART ANTÉRIEUR

La demande de brevet français FR3082184 décrit un système de traction à aile captive et un procédé de déploiement et de repli de l'aile de traction. L'aile de traction comporte des lignes de pliage fixées à son bord d'attaque, et le système comporte des moyens pour tirer au
15 moins trois lignes de pliage afin de ramener le bord d'attaque contre le mât à au moins deux hauteurs différentes le long de ce mât.

Ce système de traction bénéficie d'un procédé de déploiement et de repli plus efficient et plus sûr.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

20 L'invention a pour but d'améliorer les systèmes de traction à aile captive de l'art antérieur, ainsi que les procédés de déploiement associés.

À cet effet, l'invention vise un procédé de déploiement d'un système de traction à aile captive, comportant une aile de traction adaptée à générer une force de traction sous l'effet du vent, et adaptée à être déployée et repliée par rapport à une plateforme de base qui est
25 munie d'un mât d'arrimage, l'aile de traction présentant : un bord de fuite qui comporte deux portions latérales ; et un bord d'attaque qui comporte une zone médiane et deux portions latérales ; ce procédé comportant une étape d'envol de l'aile de traction par rapport au mât d'arrimage, ainsi qu'une étape de pliage en manche à air de l'aile de traction, avant l'étape d'envol.

30 Dans cette étape de pliage en manche à air de l'aile de traction :
– la zone médiane du bord d'attaque est maintenue par rapport au mât d'arrimage à une première hauteur sur le mât d'arrimage ;

- les portions latérales du bord d'attaque sont maintenues par rapport au mât d'arrimage au moins à une deuxième hauteur sur le mât d'arrimage, inférieure à ladite première hauteur ;
- le bord de fuite est refermé par un rapprochement mutuel des portions latérales du bord de fuite.

- 5 Selon un autre objet, l'invention vise un système de traction à aile captive, comportant :
- une aile de traction adaptée à générer une force de traction sous l'effet du vent, et adaptée à être déployée et repliée par rapport à une plateforme de base qui est munie d'un mât d'arrimage, l'aile de traction présentant : un bord de fuite qui comporte deux portions latérales ; et un bord d'attaque qui comporte une zone médiane et deux portions latérales ;
- 10 – plusieurs lignes de pliage ayant chacune une extrémité fixée au bord d'attaque en étant espacées les unes des autres le long de ce bord d'attaque.

Ce système de traction comporte de plus :

- une ligne reliée à la zone médiane du bord d'attaque ;
 - au moins une ligne de fermeture reliée au bord de fuite ;
- 15 – une unité de commande adaptée à commander une traction sur la ligne qui est reliée à la zone médiane, les lignes de pliage, et la ligne de fermeture, cette unité de commande comportant un mode de pliage en manche à air dans lequel : la zone médiane du bord d'attaque est maintenue par rapport au mât d'arrimage à une première hauteur sur le mât d'arrimage, par une traction de la ligne qui est reliée à la zone médiane ; les portions latérales
- 20 du bord d'attaque sont maintenues par rapport au mât d'arrimage à au moins une deuxième hauteur sur le mât d'arrimage, inférieure à ladite première hauteur, par une traction des lignes de pliage ; le bord de fuite est refermé par un rapprochement mutuel des portions latérales du bord de fuite, sous l'effet d'une traction de la ligne de fermeture.

- Un tel système de traction et un tel procédé de déploiement permettent de passer par
- 25 une phase intermédiaire de pliage en manche à air de l'aile de traction.

Cette étape de pliage en manche à air désigne ici précisément une conformation de l'aile de traction, propre à l'invention, dans laquelle le bord d'attaque forme une entrée d'air, tandis que le bord de fuite est suffisamment refermé pour que l'aile de traction ainsi pliée en manche à air se comporte comme une poche pouvant être remplie d'air.

- 30 Dans cette configuration de pliage en manche à air, l'aile de traction s'apparente à une manche à air avec une ouverture circulaire et un effet de tube convergent qui tend à stabiliser l'aile.

Cette conformation géométrique, qui peut être avantageusement pilotée dynamiquement en agissant conjointement sur la ligne guide, sur les lignes de repli et les

lignes de fermeture, permet de stabiliser l'aile de traction et d'éviter tout faseyement juste avant l'envol de l'aile de traction.

Cette étape de pliage en manche à air permet également de gonfler l'aile de traction et de lui donner de la puissance, juste avant son envol de sorte que ce dernier ait lieu sans phase
5 d'incertitude où l'aile de traction pourrait perdre sa trajectoire ou sa portance.

Le procédé de déploiement selon l'invention peut comporter les caractéristiques additionnelles suivantes, seules ou en combinaison :

– le maintien par rapport au mât d'arrimage de la zone médiane du bord d'attaque est réalisé par une traction d'une ligne qui est reliée à la zone médiane du bord d'attaque ;

10 – le maintien par rapport au mât d'arrimage des portions latérales du bord d'attaque est réalisée par une traction de lignes de pliage qui ont chacune une extrémité fixée au bord d'attaque en étant espacées les unes des autres le long de ce bord d'attaque ;

– les lignes de pliage sont disposées par paires symétriques, chaque ligne de pliage d'une paire reliant la zone médiane du bord d'attaque à une autre zone du bord d'attaque, et
15 la traction des lignes de pliage est réalisée en tirant conjointement sur les deux lignes de chaque paire de lignes pliage ;

– le maintien par rapport au mât d'arrimage des portions latérales du bord d'attaque est réalisée par une traction d'au moins trois paires de lignes de pliage symétriques, suivant au moins trois hauteurs le long du mât d'arrimage ;

20 – la fermeture du bord de fuite est réalisée par la traction d'au moins une ligne de fermeture reliée au bord de fuite ;

– durant l'étape de pliage en manche à air, la ligne de fermeture est saisie par un premier charriot coulissant le long du mât d'arrimage ;

– durant l'étape de pliage en manche à air, les lignes de pliage sont saisies chacune de
25 manière coulissante par un charriot situé sous le premier charriot ;

– ladite ligne qui est reliée à la zone médiane du bord d'attaque, est reliée à la zone médiane par un moyen de serrage, et est reliée à la ligne de fermeture, l'étape de pliage en manche à air comportant une opération de relâchement ou traction de la ligne de fermeture, cette opération comportant les tâches suivantes : ouverture du moyen de serrage ;
30 relâchement ou traction de ladite qui est reliée à la zone médiane du bord d'attaque, entraînant un relâchement ou une traction sur la ligne de fermeture ; fermeture du moyen de serrage.

Le système de traction selon l'invention peut comporter les caractéristiques additionnelles suivantes, seules ou en combinaison :

– les lignes de pliage sont disposées par paires symétriques, chaque ligne de pliage d'une paire reliant la zone médiane du bord d'attaque à une autre zone du bord d'attaque, et
5 la traction des lignes de pliage est réalisée en tirant conjointement sur les deux lignes de chaque paire de lignes pliage ;

– le système comporte des charriots coulissants le long du mât d'arrimage adaptés à saisir de manière coulissante la ligne qui est reliée à la zone médiane et les lignes de pliage, ces charriots étant espacés les uns des autres le long du mât d'arrimage lorsque l'unité de
10 commande est en mode de pliage en manche à air ;

– la ligne qui est reliée à la zone médiane est reliée à la zone médiane par un moyen de serrage, et est reliée à la ligne de fermeture, l'unité de commande étant adaptée à commander le moyen de serrage de sorte que, lorsqu'elle est dans son mode de pliage en manche à air, l'unité de commande est adaptée successivement à : ouvrir le moyen de serrage ; relâcher ou
15 tirer la ligne qui est reliée à la zone médiane, en entraînant un relâchement ou une traction sur la ligne de fermeture ; fermer le moyen de serrage.

– la ligne de fermeture chemine le long du bord de fuite en passant dans des anneaux ;

– la ligne de fermeture relie les deux portions latérales du bord de fuite ;

– la ligne de fermeture forme une boucle entre deux anneaux disposés chacun sur une
20 portion latérale du bord de fuite.

PRÉSENTATION DES FIGURES

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description non limitative qui suit, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

– la [Fig.1] représente en perspective un navire propulsé par un système de traction à
25 aile captive selon l'invention ;

– la [Fig.2] illustre schématiquement les éléments de la figure 1, vus de profil ;

– la [Fig.3] représente l'aile de traction du système de la figure 1, vue de face ;

– la [Fig.4] illustre une étape de repli du système de la figure 1 ;

– la [Fig.5] illustre une autre étape de repli du système de la figure 1 ;

– la [Fig.6] illustre l'aile de traction en position pliée le long du mât d'arrimage ;
30

– la [Fig.7] illustre une étape de rangement de l'aile de traction ;

- la [Fig.8] illustre une autre étape de rangement de l'aile de traction ;
 - la [Fig.9] illustre une étape de déploiement de l'aile de traction ;
 - la [Fig.10] illustre une autre étape du déploiement de l'aile de traction ;
 - la [Fig.11] illustre une étape de pliage en manche à air de l'aile de traction ;
- 5 – la [Fig.12] représente en perspective l'aile de traction de la figure 11 ;
- la [Fig.13] représente l'aile de traction de la figure 11, vue de face ;
 - la [Fig.14] illustre une autre étape du déploiement de l'aile de traction ;
 - la [Fig.15] représente en perspective l'aile de traction de la figure 14 ;
 - la [Fig.16] illustre une variante de réalisation du système de traction ;
- 10 – la [Fig.17] illustre une autre variante de réalisation du système de traction ;
- la [Fig.18] illustre un mode de réalisation pour le cheminement de la ligne de fermeture sur le bord de fuite de l'aile de traction ;
 - la [Fig.19] illustre un autre mode de réalisation pour le cheminement de la ligne de fermeture sur le bord de fuite de l'aile de traction.
- 15 Les éléments similaires et communs aux divers modes de réalisation portent les mêmes numéros de renvoi aux figures.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

La figure 1 illustre un système de traction 1 à aile captive, monté sur un navire 2 qui est, dans cet exemple, un navire de fret maritime (sur la figure 1, seul l'avant du navire a été
20 représenté).

Dans le présent exemple, le système de traction 1 est monté à la proue du navire 2 et est actionné comme un moyen complémentaire de propulsion du navire permettant une économie de carburant. Dans ce contexte, le système de traction 1 est dimensionné selon le tonnage du navire à tracter et est prévu pour être déployé et replié de manière automatique.

25 En variante, ce système de traction 1 peut être utilisé pour toute autre application où un tel système de traction déployable et repliable automatiquement est souhaité, par exemple comme moyen principal de propulsion d'un navire, pour la propulsion de tout autre véhicule, pour la production d'électricité, etc.

Le système de traction 1 comporte une plateforme de base 3 qui est ici fixée sur le pont du navire 2 et sur laquelle est monté un mât d'arrimage 4 prévu pour les opérations de déploiement et de repli automatiques du système.

Le système de traction 1 comporte de plus une aile de traction 5 qui est adaptée à 5
générer une force de traction sous l'effet du vent. Dans le présent exemple, l'aile de traction 5 est une voile de type parapente. Tout autre équipement volant adapté à générer une force de traction sous l'effet du vent peut alternativement être employé, tels que cerfs-volants, équipements de vol à voile, voiles de type « kite » (en anglais), etc. L'aile de traction 5 comporte, de manière classique, un bord d'attaque 16 destiné à être exposé au vent incident 10 et un bord opposé, dit bord de fuite 17.

L'aile de traction 5 est reliée par un ensemble de lignes de suspente 6 à un dispositif volant de commande de trajectoire 7 qui est adapté à agir sur les lignes de suspentes 6 pour piloter le vol de l'aile de traction 5.

Le système de traction 1 comporte de plus une ligne de traction 8 reliant le dispositif 15
volant de commande de trajectoire 7 à la plateforme de base 3. La force de traction générée par l'aile de traction 5 est transmise par la ligne de traction 8 au navire 2 pour sa propulsion, et la ligne de traction est dimensionnée en conséquence. Dans le cadre de la traction d'un navire de fret maritime, la ligne de traction peut être par exemple un câble textile dont le diamètre peut atteindre plusieurs centimètres.

20 Le dispositif volant de commande de trajectoire 7 permet de piloter le vol de l'aile de traction 5 afin d'orienter et de positionner l'aile de traction et éventuellement d'entraîner l'aile de traction 5 à décrire des figures de vol permettant d'augmenter la force de traction sur le navire. Le contrôle de la trajectoire de l'aile de traction 5 est ici obtenu en commandant la longueur de certaines lignes de suspente mobiles, de manière classique dans le domaine des 25
ailes volantes. L'ensemble des lignes de suspente 6 comporte en effet des lignes de suspente fixes (c'est-à-dire qui présente une longueur fixe entre leur rattachement à l'aile de traction 5 et leur rattachement au dispositif volant de commande de trajectoire 7), et des lignes de suspente mobiles dont la longueur est variable. Le dispositif volant de commande de trajectoire 7 est ainsi adapté à tirer sur certaines lignes de suspente mobiles et/ou à relâcher d'autres 30
lignes de suspente mobiles, de sorte que le profil aérodynamique de l'aile de traction 5 est modifié en vue de contrôler sa portance, sa trajectoire, etc. La modification du profil d'une aile de traction pour la commande de sa trajectoire est réalisée de manière classique et ne sera pas décrite plus en détail ici.

L'aile de traction 5 comporte de plus une ligne guide 9 et plusieurs lignes de pliage 10A,10B,10C qui sont toutes solidaires du bord d'attaque 16, par au moins l'une de leurs extrémités.

La figure 2 est une vue de profil du système de traction 1 en phase de traction du navire, comme sur la figure 1. La figure 2 illustre de plus schématiquement des éléments constitutifs du système de traction 1.

La ligne de traction 8 est reliée à la plateforme de base 3 par l'intermédiaire d'un treuil 11 commandé par un moteur, par exemple électrique ou hydraulique, adapté à dérouler la ligne de traction 8 pour permettre à l'aile de traction 5 de prendre de l'altitude, ou au contraire d'enrouler cette ligne de traction 8 pour ramener l'aile de traction 5 vers la plateforme de base 3.

Les figures 1 et 2 illustrent le système de traction 1 dans une configuration de traction, l'aile de traction 5 étant déployée et en vol, et le système participant à la propulsion du navire.

Le système de traction 1 comporte de plus des charriots 12A, 12B, 12C, 12D, qui sont au nombre de quatre dans le présent exemple. Ces charriots sont fixés de manière coulissante sur le mât d'arrimage 4 et sont motorisés chacun de sorte que la position de chaque charriot le long du mât d'arrimage 4 peut être pilotée. Ces charriots sont prévus pour saisir et guider la ligne guide 9, éventuellement par l'intermédiaire d'une ligne d'arrimage, voire d'une pièce intermédiaire, et les lignes de pliage 10A,10B,10C durant les phases de déploiement ou de repli décrites plus loin.

L'aile de traction 5 comporte de plus des lignes de fermeture 13 qui permettent de refermer le bord de fuite 17. Ces lignes de fermeture 13 s'étendent transversalement à l'aile de traction 5 et l'une de leurs extrémités est fixée au bord de fuite 17 tandis que l'autre extrémité est disposée à proximité du bord d'attaque 16. Les lignes de fermeture 13, qui sont représentées en pointillé sur la figure 2, cheminent de préférence sur le dessous de l'aile de traction 5, et peuvent en variante cheminer sur le dessus, ou par l'intérieur de l'aile de traction 5.

Les lignes de fermeture 13 peuvent être saisies ou manœuvrées depuis une zone à proximité du bord d'attaque 16 de sorte qu'une traction sur ces lignes de fermeture 13 entraîne une traction sur une ou plusieurs portions du bord de fuite 17.

Dans le présent exemple, les différentes lignes de fermeture 13 se regroupent en une ou plusieurs lignes principales qui sont saillantes depuis le bord d'attaque 16.

Les lignes de fermeture 13 sont de préférence saisies par un dispositif adéquat du mât d'arrimage 4. Chaque charriot 12A, 12B, 12C, 12D dispose de moyens d'accrochage, automatiques ou manuels, permettant de saisir sélectivement certaines lignes.

5 Le système de traction 1 comporte de plus une unité de commande 30 constituée par des moyens électroniques classiques pour la commande et l'asservissement des différents actionneurs du système. L'unité de commande 30 pilote ici notamment la position et le mouvement des charriots 12A, 12B, 12C, 12D motorisés, l'action du treuil 11, et tout autre actionneur participant au fonctionnement du système, ainsi qu'un éventuel groupe hydraulique et les actionneurs associés.

10 La figure 3 illustre l'aile de traction 5 seule, dans sa position des figures 1 et 2, vue de face. Cette figure 3 montre notamment : l'ensemble des lignes de suspentes 6 reliant l'aile de traction 5 au dispositif volant de commande de trajectoire 7 ; la ligne guide 9, et les lignes de pliage 10A, 10B, 10C.

Dans le présent exemple, les lignes de pliage sont réparties en trois paires de lignes de
15 pliage reliant de manière symétrique une portion médiane 15 du bord d'attaque 16 à d'autres point régulièrement répartis sur le bord d'attaque 16. Le bord d'attaque 16 comporte en effet :
– une zone médiane 15 qui est située sensiblement au milieu du bord d'attaque 16, c'est-à-dire sensiblement à distance égale, sur ce bord d'attaque 16, entre les deux extrémités latérales 18 de l'aile de traction 5 ;
20 – deux portions latérales situées chacune entre la zone médiane 15 et l'une des extrémités latérales 18.

Les lignes de pliage 10A, 10B, 10C sont ainsi fixées au bord d'attaque 16 en étant espacées les unes des autres le long de ce bord d'attaque.

25 La ligne guide 9 relie quant à elle la zone médiane 15 au dispositif volant de commande de trajectoire 7. Éventuellement, la ligne guide 9 est reliée à l'aile de traction 5 par une pièce intermédiaire.

Les lignes de fermeture 13 sont également accessibles depuis la zone médiane 15 du bord d'attaque 16, soit directement, soit en étant raccordées à la ligne guide 9 (voir exemples donnés en référence aux figures 16 et 17).

30 Ainsi, l'ensemble des lignes 9, 10A, 10B, 10C, et 13 sont accessibles ou actionnables depuis la zone médiane 15 du bord d'attaque 16.

Le système de traction 1 est adapté à être replié et déployé automatiquement. Le procédé de repli du système de traction 1 à partir de sa position de traction des figures 1 et 2, va maintenant être décrit en référence aux figures 4 à 8.

À partir des positions des figures 1 et 2 dans lesquelles l'aile de traction 5 est en phase de vol, le procédé de repli est initié en actionnant le treuil 11 pour ramener l'aile de traction 5 sur la plateforme de base 3, comme illustré à la figure 4. Cette étape immobilise le dispositif volant de commande de trajectoires 7 sur la plateforme de base 3, par exemple sur un support adapté (non représenté), tandis que l'aile de traction 5 reste gonflée par le vent. Cette étape a donc lieu de préférence en orientant le mât d'arrimage 4, et donc l'aile de traction 5, face au vent, de sorte que la direction du vent soit perpendiculaire au bord d'attaque 16.

À partir de cette position de la figure 4, plusieurs lignes sont saisies par les charriots 12A, 12B, 12C, 12D. Chaque charriot comporte par exemple des moyens d'accroche, tels que des crochets ou des mousquetons, permettant d'enserrer de manière coulissante une ligne. La mise en place de ces moyens d'accroche sur les lignes se fait de préférence automatiquement, par un actionneur commandé par l'unité de commande 30, mais peut également être réalisé manuellement. La translation des charriots 12A, 12B, 12C, 12D peut de plus servir à actionner les lignes saisies en exerçant une traction sur certaines lignes grâce à un mouvement d'écartement entre deux charriots.

Dans le présent exemple, la saisie des lignes par les charriots est réalisée comme suit :

- la ligne guide 9 est saisie par le premier charriot 12A, directement ou indirectement ;
- la première paire de lignes de pliage 10A est saisie par le deuxième charriot 12B, c'est-à-dire que le charriot 12B enserre de manière coulissante les deux lignes 10A ensemble ;
- la deuxième paire de lignes de pliage 10B est saisie par le troisième charriot 12C ;
- la troisième paire de lignes de pliage 10C est saisie par le quatrième charriot 12D.

Selon une variante illustrée à la figure 4, le charriot 12A saisit la ligne guide 9 par l'intermédiaire d'une ligne d'arrimage 20, issue d'un treuil 21 également piloté par l'unité de commande 30, et qui passe par une poulie ou un anneau du charriot 12A, et dont l'extrémité est accrochée de manière coulissante sur la ligne guide 9.

L'accrochage de la ligne d'arrimage 20 sur la ligne guide 9, et la traction exercée par le treuil 21, permettent d'immobiliser l'aile de traction 5 en maintenant la zone médiane 15 de son bord d'attaque 16 contre le charriot 12A et donc contre le mât d'arrimage 4.

De même, les autres charriots 12B, 12C, 12D saisissent chacun leur paire de lignes de pliage 10A, 10B, 10C au niveau de la zone médiane 15, là où les lignes de pliage de chaque paire symétrique se rejoignent.

À partir de la position de la figure 4, et après que les lignes 9, 10A, 10B, 10C aient été saisies, les charriots 12B, 12C, 12D qui ensèrent les lignes de pliage descendent ensuite le long de mât 4. Durant la descente des charriots 12B, 12C, 12D, ces derniers coulisent le long des lignes de pliage en tendant chacune des lignes verticalement depuis la zone médiane 15,

et en ramenant donc les portions latérales 19 vers le mât 4, jusqu'à obtenir le pliage de l'aile de traction 5 en deux. La figure 5 illustre une étape intermédiaire de cette descente des charriots, jusqu'à la position de pliage qui est représentée en perspective à la figure 6. Dans cette position, les portions latérales 19 du bord d'attaque 16 sont en vis-à-vis l'une de l'autre.

5 Dans cette position de pliage de la figure 6, l'aile de traction 5 peut être ferlée par tout moyen permettant de la comprimer dans la direction 23 et/ou dans la direction 24. Ce ferlage peut être réalisé par une traction sur des lignes de ferlage dédiées, ou alternativement sur les lignes de fermetures 13. Cette traction sur les lignes de fermeture 13 peut être réalisée par exemple par une traction de la ligne guide 9 (qui peut être reliée aux lignes de fermeture 13) et/ou par

10 des charriots de ferlage non représentés.

L'aile de traction 5 ainsi ferlée est prête pour être rangée.

Les figures schématiques 5 et suivantes illustrent simplement les éléments principaux montrant la coopération des charriots et de l'aile de traction 5, les autres éléments tels que le dispositif de commande de trajectoire 7 ou les suspentes 6 n'ayant pas été représentés pour

15 alléger les figures.

À partir de cette position des figures 6 et 7, et en référence aux figures 7 et 8, les quatre charriots 12A, 12B, 12C, 12D descendent ensuite en coulissant le long du mât d'arrimage 4 pour ranger l'aile de traction 5 dans un logement 22. Cette descente des charriots se fait en maintenant un écartement mutuel entre eux, ce qui permet le maintien d'une traction sur les

20 lignes de pliage 10A, 10B, 10C. L'aile de traction 5 est ainsi descendue le long du mât jusqu'à son stockage dans le logement 22.

La figure 8 illustre le système de traction 1 en position de repli, l'aile de traction 5 étant entièrement disposée à l'intérieur du logement 22.

À partir de cette position de repli de la figure 8, le procédé de déploiement du système

25 de traction 1 va maintenant être décrit. Les étapes du procédé de déploiement sont initiées à la position de repli de la figure 8 et se déroulent en sens inverse des étapes de repli décrites précédemment.

Les charriots 12A, 12B, 12C, 12D sont tout d'abord remontés par coulissement le long du mât d'arrimage 4 en passant par une position correspondant à celle de la figure 7, jusqu'à

30 la position de pliage de la figure 6 dans laquelle l'aile de traction 5 est maintenue pliée le long du mât d'arrimage 4, avec la zone médiane 15 du bord d'attaque 16 maintenue contre le mât d'arrimage 4.

Cette position de pliage de la figure 6 est également représentée vue de profil à la figure 9. Dans cette position, l'aile de traction 5 est encore ferlée par le maintien d'une traction sur

des lignes de ferlage et/ou sur les lignes de fermeture 13. L'aile de traction 5 passe ensuite à une étape de pliage en manche à air. Le ferlage de l'aile de traction 5 est relâché puis une certaine tension est exercée sur les lignes de fermeture 13. La figure 10 illustre schématiquement (avec un rebord arrière maximal représenté en pointillés) cette phase où le

5 ferlage de l'aile de traction 5 est relâché tandis que le bord de fuite 17 est refermé par l'action des lignes de fermeture 13.

Les charriots 12B, 12C, 12D sont ensuite remontés le long du mât d'arrimage 4 jusqu'à la position de pliage en manche à air illustrée aux figures 11 à 13. Dans cette position de pliage en manche à air :

- 10 – les lignes de pliage 10A, 10B, 10C sont partiellement relâchées, et l'aile de traction 5 est donc partiellement ouverte ;
- les lignes de fermeture 13 sont partiellement relâchées.

Cette étape de pliage en manche à air est illustrée de profil à la figure 11, en perspective à la figure 12, et de face à la figure 13.

- 15 De même que pour le bord d'attaque 16, le bord de fuite 17 comporte deux portions latérales 25 qui sont en vis-à-vis l'une de l'autre lorsque l'aile de traction 5 est en position de repli. Durant l'étape de pliage en manche à air, le bord de fuite 17 est refermé par un rapprochement mutuel des portions latérales 25 du bord de fuite 17. La notion de fermeture du bord de fuite se réfère au rapprochement partiel des portions latérales 25 de sorte que le
- 20 fond du réceptacle créé par l'aile de traction 5, ainsi pliée en manche à air, soit partiellement fermé. L'aile de traction 5 forme ainsi un réceptacle qui se gonfle d'air (l'aile de traction étant face au vent). Les portions latérales 19 du bord d'attaque 16 forment une ouverture pour ce réceptacle.

L'unité de commande 30 comporte un mode de pliage en manche à air dans lequel :

- 25 – la zone médiane 15 du bord d'attaque 16 est maintenue par rapport au mât d'arrimage 4 à une première hauteur sur le mât d'arrimage (celle du charriot 12A), par une traction de la ligne guide 9 ;
- les portions latérales 19 du bord d'attaque 16 sont maintenues par rapport au mât d'arrimage 4 par une traction des lignes de pliage 10A, 10B, 10C, selon trois hauteurs
- 30 différentes sur le mât d'arrimage 4, correspondant aux hauteurs des charriots 12B, 12C, 12D, ces hauteurs étant inférieures à ladite première hauteur ;
- le bord de fuite 17 est refermé par un rapprochement mutuel des portions latérales 25 du bord de fuite, par une traction des lignes de fermeture 13.

Le pliage en manche à air de l'aile de traction 5 correspond à une mise en forme de cette dernière lui permettant une certaine prise au vent de manière stable.

Comme représenté sur la vue de face de la figure 13, la traction partielle sur les lignes de fermeture 13 entraîne un rapprochement des portions latérales 25 l'une vers l'autre, de sorte que seule une ouverture interstitielle 26 est présente dans le fond du réceptacle formé par l'aile de traction 5 ainsi pliée en manche à air.

L'aile de traction 5 bénéficie d'un gonflement et d'un maintien stables même par conditions défavorables, telles qu'un vent faiblissant. Le pliage en manche à air de l'aile de traction 5 permet de jouer sur la forme de l'aile de traction 5 et donc sa trainée et sa portance résultante, afin de favoriser la stabilisation, l'ouverture, et le dépliage de l'aile de traction 5. L'aile de traction 5 est ainsi placée dans une position propice à son déploiement. En effet, c'est lors du déploiement de l'aile de traction 5 que les perturbations du vent incident risquent de perturber, voire d'empêcher le déploiement de l'aile de traction 5. Ce procédé de déploiement de l'aile de traction 5 peut ainsi être automatisé sans aléas à craindre lors de la phase de déploiement.

Durant la phase de pliage en manche à air, la portance du réceptacle gonflé qui est formé par l'aile de traction 5 dans cette position est de préférence dynamiquement contrôlée par l'unité de commande 30, en agissant aussi bien sur les lignes de fermeture 13 que sur les lignes de pliage 10A,10B,10C. La zone médiane 15 du bord d'attaque 16 est cependant maintenue contre le mât d'arrimage 4 durant toute la phase de pliage en manche à air. Dans un tel cas de pilotage dynamique de l'aile pliée en manche à air, les lignes de fermeture 13 sont commandées (tirées ou au contraire relâchées dynamiquement) de manière à obtenir une section d'ouverture interstitielle 16 adéquate pour des conditions de vent données. Par exemple, plus la vitesse du vent est faible, plus le bord de fuite 17 sera refermé pour donner de la puissance à l'aile de traction et lui permettre de se stabiliser.

De même, les lignes de pliage 10A,10B,10C peuvent être commandées dynamiquement par l'unité de commande 30 qui pilote le mouvement des charriots 12B, 12C, 12D pour ouvrir plus ou moins les portions latérales 19 du bord d'attaque 16, en fonction des conditions. La hauteur des charriots 12B, 12C, 12D peut être ajustée pour donner à l'aile de traction 5 la forme de manche à air souhaitée avec une ouverture plus ou moins large. Le bord d'attaque 16, forme une entrée dont la section peut être modulée.

Après cette phase de pliage en manche à air, lorsque l'aile de traction 5 est suffisamment stable et puissante, le système de traction passe à une étape d'ouverture de l'aile de traction 5 illustrée à la figure 14 dans laquelle les charriots 12B, 12C, 12D sont remontés suffisamment pour relâcher complètement les lignes de pliage 10A,10B,10C de sorte que l'aile de traction 5

soit complètement ouverte, bien que maintenue par la zone médiane 15 du bord d'attaque 16 contre le mât d'arrimage 4. La figure 15, illustre en perspective cette position d'ouverture de l'aile de traction 5.

L'aile de traction 5 est alors prête pour son envol et elle exerce déjà une force de traction, de sorte que l'étape suivante du déploiement consiste à actionner le treuil 11 pour relâcher la ligne de traction 8, et à relâcher la ligne guide 9, ce qui entraîne une montée de l'aile de traction 5 jusqu'à sa position de vol. Le procédé de déploiement est ainsi terminé.

Par ailleurs, les figures 16 et 17 sont des vues partielles de l'aile de traction 5 et concernent deux variantes illustratives pour la réalisation des lignes de fermeture 13.

Selon une première variante illustrée à la figure 16 :

- une extrémité de la ligne guide 9 est fixée (par exemple par couture) sur le bord de fuite 17 de l'aile de traction 5 ;
- les différentes lignes de fermeture 13A cheminent sur le dessous de l'aile de traction 5, depuis leur attache sur le bord de fuite, et se rejoignent en une ligne de fermeture unique 13B.

La ligne de fermeture unique 13B est saillante depuis le bord d'attaque 16. Dans cet exemple, cette ligne 13B sort par un anneau 27 qui est fixé à l'aile de traction.

La ligne guide 9 et la ligne de fermeture unique 13B peuvent être saisies indépendamment l'une de l'autre depuis des charriots sur le mât d'arrimage 4, et peuvent être commandées indépendamment l'une de l'autre. Durant l'étape de pliage en manche à air, la ligne guide 9 est ainsi saisie et tirée contre le mât d'arrimage 4, tandis que la ligne de fermeture unique 13B est tirée ou relâchée durant la commande dynamique de l'aile pliée en manche à air, pour enfin être relâchée complètement durant l'étape d'ouverture de l'aile de traction 5.

Pour cette variante, de même que pour tous les modes de réalisation, la ligne guide 9 peut-être reliée directement au bord d'attaque 16, comme illustré à la figure 16, ou peut être reliée à un élément intermédiaire, ce dernier étant lui-même relié par un lien au bord d'attaque (ce lien pouvant être un lien textile, une plaque de liaison telle qu'une nervure, ou tout autre moyen de relier un élément intermédiaire au bord d'attaque de l'aile de traction).

La figure 17 illustre une deuxième variante de l'agencement de la ligne guide 9 et des lignes de fermeture. Les lignes de fermeture 13A se rejoignent ici en un point unique sur lequel est rattaché la ligne guide 9. Autrement dit, la ligne guide 9 se prolonge en lignes de fermeture 13A. Avant son prolongement en lignes de fermeture 13A, la ligne guide 9 traverse un moyen de serrage 28 qui est rattaché à l'aile de traction 5 par un lien souple 31 (ou qui est directement fixé sur le tissu de l'aile de traction 5).

Les moyens de serrage 28 comportent ici des mâchoires 29 refermables sur la ligne guide 9 pour fixer cette dernière par rapport au bord d'attaque 16. Les mâchoires 29 peuvent à l'inverse être relâchées (par exemple par une commande électromécanique pilotée par l'unité de commande 30) et permettre ainsi le libre coulisement de la ligne guide 9 dans le
5 moyen de serrage 28, de sorte qu'une traction sur la ligne guide 9 entraîne une traction sur les lignes de fermeture 13.

Avant la phase de pliage en manche à air, l'aile de traction 5 est d'abord maintenue contre le mât d'arrimage 4 grâce à une traction sur la ligne guide 9 tandis que les mâchoires 29 sont refermées. Durant la phase de pliage en manche à air, un relâchement des lignes de
10 fermeture 13 peut avoir lieu en ouvrant les mâchoires 29 et en relâchant la ligne guide 9 jusqu'à obtenir le relâchement souhaité pour les lignes de fermeture 13, les mâchoires 29 sont ensuite refermées pour de nouveau assurer le maintien du bord d'attaque 16 contre le mât d'arrimage 4.

Les figures 18 et 19 illustrent deux modes de réalisation de l'agencement des lignes de
15 fermeture 13 sur le bord de fuite 17 de l'aile de traction 5.

En référence à la figure 18, les lignes de fermeture 13 peuvent cheminer par rapport au bord de fuite 17 grâce à des anneaux 33 fixés sur l'aile de traction. Les anneaux 33 peuvent être remplacés alternativement par des poulies, ou tout autre élément retenant de manière couissante les lignes de fermeture 13. Dans cet exemple, une ligne de fermeture unique passe
20 en double dans un anneau 33 central, et forme une boucle en vis-à-vis du bord de fuite. Une traction sur les deux brins des lignes de fermeture 13 entraîne une fermeture du bord de fuite 17, permettant le pliage en manche à air décrit précédemment.

La figure 19 donne un autre exemple d'agencement simplifié des lignes de fermeture 13. Une ligne de fermeture 13 unique chemine par trois anneaux 33 disposés sur le bord de fuite
25 17. L'extrémité de la ligne de fermeture 13 est solidaire d'un point fixe 32 sur l'aile de traction 5. De même, une traction sur la ligne de fermeture entraîne le pliage en manche à air.

La ligne de fermeture 13 relie ainsi les deux portions latérales 25 du bord de fuite 17, en formant une boucle entre deux anneaux 33 disposés chacun sur l'une de ces portions latérales 25. La ligne de fermeture 13 agit à la manière d'un lasso, grâce à une boucle qui est adaptée
30 à réduire le périmètre du bord de fuite 17, en le rendant circulaire, par une action similaire à celle d'un diaphragme.

Des variantes de réalisation du système de traction 1 et de son procédé de déploiement peuvent être envisagées. Notamment, la ligne guide et les lignes de pliage et de fermeture peuvent varier en agencement, en géométrie, et en nombre, pour assurer l'étape de pliage en
35 manche à air décrite.

Par ailleurs, la ligne guide 9 peut remplir sa fonction de traction sur le bord d'attaque de l'aile de traction de différentes manières. Elle peut par exemple être reliée directement à la plateforme de base, plutôt qu'au dispositif volant de commande de trajectoire. Elle peut également être reliée en permanence à une ligne d'arrimage 20 qui serait reliée de manière

5 coulissante sur cette ligne guide 9.

L'étape de pliage en manche à air peut de plus être mise en œuvre également durant la phase de repli de l'aile de traction, pour assurer une certaine stabilité à l'aile de traction avant pliage, et garantir un pliage plus soigné.

Le cheminement de la ligne de fermeture le long de l'aile de traction, entre son bord

10 d'attaque et son bord de fuite, peut être agencé différemment, tout en assurant la fermeture du bord de fuite lors de l'étape de pliage en manche à air. La ligne de fermeture peut par exemple comporter un brin disposé le long du bord de fuite, c'est-à-dire sur le pourtour constitué par le bord de fuite lors du pliage en manche à air.

REVENDICATIONS

1. Procédé de déploiement d'un système de traction à aile captive, ce système de traction à aile captive comportant une aile de traction (5) adaptée à générer une force de traction sous l'effet du vent, et adaptée à être déployée et repliée par rapport à une plateforme de base (3) qui est munie d'un mât d'arrimage (4), l'aile de traction (5) présentant : un bord de fuite (17) qui comporte deux portions latérales (25) ; et un bord d'attaque (16) qui comporte une zone médiane (15) et deux portions latérales (19) ; ce procédé comportant une étape d'envol de l'aile de traction (5) par rapport au mât d'arrimage (4), ce procédé étant caractérisé en ce qu'il comporte, avant l'étape d'envol, une étape de pliage en manche à air de l'aile de traction (5), dans laquelle :
 - la zone médiane (15) du bord d'attaque (16) est maintenue par rapport au mât d'arrimage (4) à une première hauteur sur le mât d'arrimage (4) ;
 - les portions latérales (19) du bord d'attaque (16) sont maintenues par rapport au mât d'arrimage (4) au moins à une deuxième hauteur sur le mât d'arrimage (4), inférieure à ladite première hauteur ;
 - le bord de fuite (17) est refermé par un rapprochement mutuel des portions latérales (19) du bord de fuite (17).
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le maintien par rapport au mât d'arrimage (4) de la zone médiane (15) du bord d'attaque (16) est réalisé par une traction d'une ligne qui est reliée à la zone médiane (15) du bord d'attaque (16).
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le maintien par rapport au mât d'arrimage (4) des portions latérales (19) du bord d'attaque (16) est réalisée par une traction de lignes de pliage (10A, 10B, 10C) qui ont chacune une extrémité fixée au bord d'attaque (16) en étant espacées les unes des autres le long de ce bord d'attaque (16).
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que les lignes de pliage (10A, 10B, 10C) sont disposées par paires symétriques, chaque ligne de pliage d'une paire reliant la zone médiane (15) du bord d'attaque (16) à une autre zone du bord d'attaque (16), et en ce que la traction des lignes de pliage (10A, 10B, 10C) est réalisée en tirant conjointement sur les deux lignes de chaque paire de lignes pliage.
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le maintien par rapport au mât d'arrimage (4) des portions latérales (19) du bord d'attaque (16) est réalisée par une traction d'au moins trois paires de lignes de pliage (10A, 10B, 10C) symétriques, suivant au moins trois hauteurs le long du mât d'arrimage (4).

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la fermeture du bord de fuite (17) est réalisée par la traction d'au moins une ligne de fermeture (13) reliée au bord de fuite (17).

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que, durant l'étape de
5 pliage en manche à air, la ligne de fermeture (13) est saisie par un premier charriot (12A) coulissant le long du mât d'arrimage (4).

8. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que, durant l'étape de pliage en manche à air, les lignes de pliage (10A,10B,10C) sont saisies chacune de manière coulissante par un charriot (12B,12C,12D) situé sous le premier charriot (12A).

10 9. Procédé selon l'une des revendications 2 à 8, caractérisé en ce que ladite ligne qui est reliée à la zone médiane (15) du bord d'attaque (16), est reliée à la zone médiane (15) par un moyen de serrage (28), et est reliée à la ligne de fermeture (13), l'étape de pliage en manche à air comportant une opération de relâchement ou traction de la ligne de fermeture (13), cette opération comportant les tâches suivantes :

15 – ouverture du moyen de serrage (28) ;
– relâchement ou traction de ladite qui est reliée à la zone médiane (15) du bord d'attaque (16), entraînant un relâchement ou une traction sur la ligne de fermeture (13) ;
– fermeture du moyen de serrage (28).

10. Système de traction à aile captive, comportant :
20 – une aile de traction (5) adaptée à générer une force de traction sous l'effet du vent, et adaptée à être déployée et repliée par rapport à une plateforme de base (3) qui est munie d'un mât d'arrimage (4), l'aile de traction (5) présentant : un bord de fuite (17) qui comporte deux portions latérales (25) ; et un bord d'attaque (16) qui comporte une zone médiane (15) et deux portions latérales (19) ;

25 – plusieurs lignes de pliage (10A,10B,10C) ayant chacune une extrémité fixée au bord d'attaque (16) en étant espacées les unes des autres le long de ce bord d'attaque (16) ;
ce système de traction étant caractérisé en ce qu'il comporte :

– une ligne reliée à la zone médiane (15) du bord d'attaque (16) ;
– au moins une ligne de fermeture (13) reliée au bord de fuite (17) ;
30 – une unité de commande (30) adaptée à commander une traction sur la ligne qui est reliée à la zone médiane (15), les lignes de pliage (10A,10B,10C), et la ligne de fermeture (13), cette unité de commande (30) comportant un mode de pliage en manche à air dans lequel : la zone médiane (15) du bord d'attaque (16) est maintenue par rapport au mât d'arrimage (4) à une première hauteur sur le mât d'arrimage (4), par une traction de la ligne
35 qui est reliée à la zone médiane (15) ; les portions latérales (19) du bord d'attaque (16) sont maintenues par rapport au mât d'arrimage (4) à au moins une deuxième hauteur sur le mât d'arrimage (4), inférieure à ladite première hauteur, par une traction des lignes de pliage

(10A,10B,10C) ; le bord de fuite (17) est refermé par un rapprochement mutuel des portions latérales (25) du bord de fuite (17), sous l'effet d'une traction de la ligne de fermeture (13).

11. Système de traction selon la revendication 10 caractérisé en ce que les lignes de pliage (10A,10B,10C) sont disposées par paires symétriques, chaque ligne de pliage d'une
5 paire reliant la zone médiane (15) du bord d'attaque (16) à une autre zone du bord d'attaque (16), et en ce que la traction des lignes de pliage (10A,10B,10C) est réalisée en tirant conjointement sur les deux lignes de chaque paire de lignes pliage.

12. Système de traction selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisé en ce qu'il comporte des charriots (12A,12B,12C,12D) coulissants le long du mât d'arrimage (4)
10 adaptés à saisir de manière coulissante la ligne qui est reliée à la zone médiane (15) et les lignes de pliage (10A,10B,10C), ces charriots (12A,12B,12C,12D) étant espacés les uns des autres le long du mât d'arrimage (4) lorsque l'unité de commande (30) est en mode de pliage en manche à air.

13. Système de traction selon l'une des revendications 10 à 12, caractérisé en ce
15 que la ligne qui est reliée à la zone médiane (15) est reliée à la zone médiane (15) par un moyen de serrage (28), et est reliée à la ligne de fermeture (13), l'unité de commande (30) étant adaptée à commander le moyen de serrage (28) de sorte que, lorsqu'elle est dans son mode de pliage en manche à air, l'unité de commande (30) est adaptée successivement à :

- ouvrir le moyen de serrage (28) ;
- 20 – relâcher ou tirer la ligne qui est reliée à la zone médiane (15), en entraînant un relâchement ou une traction sur la ligne de fermeture (13) ;
- fermer le moyen de serrage (28).

14. Système de traction selon l'une des revendications 10 à 13, caractérisé en ce
25 que la ligne de fermeture chemine le long du bord de fuite (17) en passant dans des anneaux (33).

15. Système de traction selon la revendication 14, caractérisé en ce que la ligne de fermeture (13) relie les deux portions latérales (25) du bord de fuite (17).

16. Système de traction selon la revendication 15, caractérisé en ce que la ligne de fermeture (13) forme une boucle entre deux anneaux (33) disposés chacun sur une portion
30 latérale (25) du bord de fuite (25).