

Pilotage automatique des voilures de traction

Franck Guigan
Octobre 2020

L'objectif poursuivi est d'automatiser le pilotage des voilures de traction, comme celles des « kites-surf »

Pour augmenter la puissance d'une telle voile, il est connu de provoquer - par tractions successives sur ses lignes de traction – le déplacement latéral du kite à l'intérieur de sa fenêtre de vol, alternativement dans une direction et dans une direction inverse, afin que la vitesse de son déplacement par rapport à l'air augmente. La force générée par le vent sur un kite étant proportionnelle au carré de sa vitesse par rapport au vent, on augmente ainsi sa force propulsive.

Le pilote d'un tel engin passe ainsi son temps à tirer alternativement sur deux lignes de traction du kite.

Pour adapter ce système à la propulsion des cargos et autres bateaux, il est connu de faire appel à l'intelligence artificielle afin de générer ces tractions successives par un ou plusieurs moteurs pilotés par ordinateur, en tenant compte de la position du kite, mais cela représente une dépense d'énergie qui peut s'avérer importante alors qu'il est possible d'obtenir le même résultat par un mécanisme simple et bon marché, qui ne nécessite aucune motorisation.

Dans une version de base, le dispositif de pilotage automatique est installé sur un bateau, qu'il tire par des lignes de traction :

- **deux d'entre elles commandent la direction de vol du kite, chacune relie un point du kite à un point de tire placé sur le bateau en passant par l'extrémité d'un mât qui peut pivoter autour de sa fixation au bateau,**
- **et une troisième, optionnelle, commande son incidence par rapport au vent**

L'innovation tient à ce que ces points de tire sont mobiles, et qu'ils ont au moins deux positions d'équilibre différentes séparées par une position d'équilibre instable.

Le dispositif provoque automatiquement un déplacement latéral des points de tire par le mouvement latéral du kite, ce mouvement latéral du kite provoquant à son tour en fin de course un mouvement latéral des points de tire, et ainsi de suite, ce qui a pour effet de déplacer le kite de façon cyclique et de lui faire accomplir des « 8 » dans le ciel.

Le mât, fixé au bateau par un cardan, s'aligne toujours avec les lignes de tire. En conséquence, il n'induit de couple ni de gîte ni de piqué. Cependant à l'arrêt, pour sortir la voile de son rangement le long du mât, il peut momentanément être bloqué dans une position permettant de déployer le kite et de gonfler son bord d'attaque s'il dispose d'un tel perfectionnement.

Les points de tire se déplacent sur un élément appelé « oscillateur », qui guide leur déplacement latéral. Cet oscillateur est guidé par une girouette pour se placer automatiquement dans le lit du vent. Le mécanisme s'adapte donc automatiquement à l'allure du bateau par rapport au vent.

La position du mât, qui dépend de l'allure du bateau et de la position du kite, commande la position des points de tire et détermine en fait tout le fonctionnement du dispositif.

Au vent arrière et au large, le kite parcourt toute sa fenêtre de vent par des mouvements sensiblement horizontaux, mais plus il se rapproche des allures de près, plus ces mouvements s'inclinent et diminuent. Au plus près, le kite s'immobilise au bord de sa fenêtre de vol pour favoriser le cap. Ceci est obtenu par une modification automatique selon l'allure de l'inclinaison de l'oscillateur et de la limitation du débattement possible des points de tire. Si l'utilisateur franchit la limite possible d'angle de près, et se retrouve bout au vent, le kite se met automatiquement au centre de sa fenêtre de vol, mais avec une incidence très faible par rapport au vent pour que la vitesse du bateau en marche arrière soit la plus faible possible.

Si le vent baisse de façon trop importante, le kite se met automatiquement au centre de sa fenêtre de vol, avec une incidence de plus en plus forte par rapport au vent pour qu'il ne descende pas jusqu'à toucher l'eau.

Si le vent ne revient pas, ou en fin de navigation, le pilote enroule les lignes de traction sur un tambour d'enroulement, jusqu'à ce que le kite soit suspendu en haut de son mât, lequel prend alors une orientation verticale pour permettre le rangement du kite dans une chaussette.

Plusieurs kites superposés, reliés l'un à l'autre par des lignes de traction de longueur fixe, peuvent être contrôlés par le même dispositif de pilotage.

Il est aussi possible de juxtaposer plusieurs dispositifs pilotant chacun un ou plusieurs kites, et de les synchroniser entre eux pour qu'ils ne se heurtent pas les uns aux autres.

Le dispositif de pilotage permet aussi de produire de l'énergie, aussi bien en utilisant le kite servant à la propulsion d'un bateau qu'en établissant des stations fixes, sur terre ou en mer.

On joue alors sur la variation de tension lors du mouvement du kite pour entraîner un alternateur. Le kite tire moins sur ses lignes de tension lorsqu'il fait demi-tour, et cette variation de tension est augmentée par une baisse automatique de l'incidence du kite par rapport au vent à cette étape du cycle.

Les avantages par rapport à une éolienne tournante sont nombreux :

- la simplicité du mécanisme placé en hauteur, puisque le dispositif de pilotage et l'alternateur peuvent être placés sur terre,
- la légèreté du mât qui ne travaille qu'à la tension et pas la flexion,
- le bénéfice de vents plus forts et plus réguliers en altitude, ainsi que d'un plus grand déplacement latéral et donc d'une plus grande vitesse latérale du kite,
- Le très faible coût de fabrication et de transport d'un kite et de son dispositif de pilotage, comparé à celui d'une éolienne,
- la suppression des nuisances qui affectent le développement de l'équipement d'un territoire en éoliennes.

On a utilisé ici le mot « kite », mais tous types de voilures peuvent être utilisés. De même, l'innovation s'applique aussi bien à la traction des véhicules terrestres et aquatiques de toutes tailles, des engins de plage aux cargos, qu'à la génération d'électricité par des éoliennes et des hydroliennes.

Ce projet est protégé par la demande de brevet FR2010011 qui bénéficie d'une priorité au 28 aout 2020 et qui sera étendu à l'international.