

HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

« Eolienne flottante à turbines jumelles et à axe vertical »

La présente invention concerne une éolienne flottante comprenant une plateforme flottante sur laquelle repose une turbomachine comprenant deux turbines à axe vertical. Les turbines sont portées par un pylône médian vertical, monté rotatif par rapport à la plateforme flottante, et par des membres de liaison reliant et tenant à distance les arbres de rotation des turbines par rapport au pylône.

L'éolienne comprend :

- un dispositif de détection de la direction et du sens du vent, et
- un dispositif d'asservissement de commande active en lacet du pylône agissant sur l'arbre de pivotement du pylône, le dispositif d'asservissement étant agencé et configuré pour qu'en cas d'activation, celui-ci met en mouvement le pylône de façon à placer un plan contenant les axes de rotation des première et deuxième turbines sensiblement perpendiculairement à la direction du vent.

Le domaine de l'invention est en particulier celui des éoliennes en milieu marin.

Etat de la technique antérieure

La production d'électricité est de nos jours un enjeu crucial. Des technologies de production à partir d'énergies renouvelables ont été développées pour d'une part diversifier les sources d'approvisionnement en énergie et d'autre part produire de l'énergie électrique de manière écologique. Ainsi, des éoliennes ont été développées et installées en particulier sur des terres présentant pas ou très peu d'obstacles et présentant un réseau électrique facilement accessible. En outre, des installations d'éoliennes en milieu marin sont de plus en plus envisagées car le vent y est plus intense et plus constant, du fait de l'absence totale de reliefs. Sur une année, des vitesses moyennes de vent supérieures à 8m/s peuvent ainsi être assurées, permettant d'atteindre plus de 30% de la puissance nominale des éoliennes, valeurs qui sont difficilement atteignables pour les installations terrestres.

Dans le domaine des éoliennes en général, il est connu deux types d'installation : les éoliennes type à axe horizontal (dites HAWT abréviation

de "horizontal-axis wind turbine") et les éoliennes type à axe vertical (dites VAWT abréviation de "vertical-axis wind turbine").

En mer, les éoliennes actuellement en activité sont installées sur des profondeurs d'eau peu importantes, de l'ordre de quelques dizaines de mètres : ce sont des éoliennes dites « posées ». L'extrémité inférieure du mât de telles éoliennes est fixée au fond marin de manière rigide. Pour un ensemble de raisons liées à l'écologie, aux conflits d'usage (zones de pêches côtières, zones de servitudes sémaphores et radars), ou au tourisme (activités de plaisance et loisirs) certains projets fondés sur ce type d'éoliennes se trouvent bloqués. En outre le nombre de sites éoliens de faible pente et à faible fond, comme peut en offrir par exemple la mer du Nord, qui sont les seuls propices à l'installation de ce type d'éoliennes à ancrage rigide, est réduit. En revanche, pour la plupart des autres mers et océans, les pentes sont généralement bien supérieures, limitant sensiblement la mise en place de ce type d'éoliennes sur une bande côtière relativement étroite. En méditerranée, par exemple, cette bande correspond également à une zone de fort trafic maritime.

Or il est aujourd'hui envisagé de s'éloigner du rivage en concevant des éoliennes flottantes, qui sont encore au stade de projet voire d'étude papier. L'impact visuel quasi-nul de ces éoliennes permet notamment d'installer des machines plus puissantes et des parcs plus importants évitant le mitage. Aux raisons qui viennent d'être évoquées s'ajoutent des raisons économiques. La ressource en vent est en effet généralement maximale en des sites éloignés du rivage. Un optimum est à rechercher systématiquement entre le gain du à l'accroissement de cette ressource en de tels sites et les surcoûts évidents qu'entraîne l'éloignement du rivage : augmentation de la longueur des câbles électriques et augmentation des coûts de transport et de maintenance. Certains avancent enfin que la fabrication d'une éolienne flottante serait moins coûteuse (à cause des fondations posées au sol) que celle d'une éolienne posée mais cela demande encore des études.

De nouveaux défis techniques se manifestent en effet pour de telles éoliennes. Pour de grandes profondeurs d'eau, la littérature actuelle préconise l'utilisation de structures de maintien qui comportent au moins un flotteur et sont généralement fixées au fond marin par une ou plusieurs

lignes d'amarrage. Elles peuvent être stabilisées, le cas échéant par des lests immergés logés dans les fonds de la structure. Contrairement aux éoliennes à ancrage rigide, elles peuvent se déplacer par rapport au fond marin, et sont sensibles, notamment, aux forces horizontales du vent sur l'aérogénérateur (ensemble comprenant au moins les turbines et machines électriques), aux forces horizontales du courant sur la structure de maintien, aux forces alternatives horizontales et verticales des vagues, des courants, aux forces de rappel des lignes d'amarrage (horizontales et verticales), à la poussée d'Archimède sur les flotteurs, aux forces de la pesanteur sur tous les éléments. Le type d'amarrage utilisé représente une part significative de l'investissement total d'une éolienne marine et par ailleurs assure sa fiabilité.

Dans le domaine des éoliennes en milieu aquatique, il est également connu deux types d'installation pouvant être mise en place : les éoliennes type à axe horizontal et les éoliennes type à axe vertical.

Pour améliorer les écoulements de l'air, le brevet FR 3 048 740 décrit une éolienne composée de deux turbines verticales contrarotatives de maître couple rectangulaire, soutenues par des éléments transversaux supérieurs et inférieurs maintenus ensemble par un mât médian unique. Les interactions de turbines à pales droites suffisamment rapprochées accroissent en effet le rendement de chacune ; de plus il a été montré qu'avec de telles turbines jumelles, les parcs d'éoliennes peuvent être densifiés par suite de sillages aérauliques plus resserrés. Cette turbomachine est montée sur un pivot relativement au mât et pivote librement autour de l'axe vertical du mât. Cet axe est situé en amont du centre de poussée aérodynamique de manière que l'ensemble s'oriente naturellement face au vent.

Un but de l'invention est de réduire encore les coûts de fabrication et ou d'installation d'éolienne flottante, sans réduire les performances de celle-ci, par exemple aérodynamiques et/ou de performances énergétiques. Un autre but de l'invention est de faciliter la maintenance des éoliennes. Elle a encore pour but de proposer une éolienne améliorant les caractéristiques aérodynamiques et/ou de performances énergétiques des éoliennes.

Exposé de l'invention

Selon l'invention, on atteint au moins l'un des buts précités avec une éolienne flottante comprenant une plateforme flottante et une turbomachine reposant sur la plateforme, la turbomachine comprenant au moins :

- 5 - des première et deuxième turbines à axe vertical et flux transverse disposées de façon symétrique par rapport à un premier plan de symétrie vertical, chaque turbine comprenant des pales,
- une structure de maintien des turbines comprenant :
 - 10 ○ un pylône médian vertical, dont l'axe longitudinal est compris dans le premier plan de symétrie, monté rotatif selon un axe de pivotement par rapport à la plateforme flottante,
 - des membres de liaison haut et bas, qui maintiennent rigidement les turbines par leur axe de rotation et les tiennent à distance du pylône.
- 15 L'éolienne comprend :
 - un dispositif de détection ou de prise en compte de la direction et du sens du vent, et
 - un dispositif d'asservissement en commande active en lacet du pylône agissant sur l'arbre de pivotement du pylône en fonction de la
 - 20 direction du vent, par exemple d'un type connu.

Selon l'invention, le dispositif d'asservissement est agencé et configuré pour qu'en cas d'activation, celui-ci met en mouvement le pylône de façon à placer un deuxième plan contenant les axes de rotation des première et deuxième turbines sensiblement perpendiculairement à la direction du vent.

- 25 Il est possible par exemple de placer les turbines face au vent et de maintenir constamment le deuxième plan face au vent de façon plus précise et plus stable ce qui permet d'améliorer le rendement de l'éolienne. Cela permet aussi d'améliorer la stabilité de l'éolienne en minimisant les oscillations de l'ensemble aérogénérateur autour de l'axe de pivotement du
- 30 pylône, et de diminuer certaines instabilités de l'éolienne flottante qui peuvent se produire dans le cas d'une régulation passive en lacet telle que connue dans l'art antérieur.

L'éolienne flottante selon l'invention vise une meilleure stabilisation de manière à améliorer son positionnement et/ou son orientation par rapport au vent et ainsi améliorer son rendement.

La solution proposée apporte un compromis entre coûts de fabrication, d'installation et de maintenance, et puissance électrique restituée au réseau. En outre, en améliorant la stabilité (en particulier en diminuant le tangage), l'éolienne flottante peut alors accepter des vents plus forts et donc produire plus d'énergie par rapport aux éoliennes flottantes de l'art antérieur. La solution proposée permet d'obtenir une éolienne dont les turbines commencent à tourner dès que le vent souffle à une vitesse de 3 m/s (mètres par seconde) et continuent à tourner jusqu'à une vitesse de vent de 24 m/s (mètres par seconde), le deuxième plan contenant les axes de rotation des première et deuxième turbines étant face au vent ; la puissance nominale de l'éolienne étant obtenue lorsque le vent atteint 12 m/s (mètres par seconde).

On entend par turbines à flux transverse, des turbines agencées et configurées pour recevoir un flux d'air dans une direction sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation des turbines. Ici, les turbines utilisées présentent respectivement un axe de rotation sensiblement vertical.

Typiquement, chaque turbine comprend plusieurs pales rigides, réparties autour de son axe vertical et qui s'étendent entre le membre de liaison haut et le membre de liaison bas. Chaque pale présente par exemple une partie verticale éloignée de l'axe et reliée rigidement au centre de rotation par son extrémité.

Selon un mode de réalisation, chaque turbine comprend au moins deux pales. Les pales s'étendent selon une direction verticale. Chaque pale se prolonge à chacune de ses deux extrémités par un bras. Les pales s'étendent principalement dans une direction longitudinale et les bras s'étendent principalement dans une direction transversale. Les pales décrivent en rotation des cylindres. Les bras sont reliés à des éléments d'arbre par des liaisons pivotantes formant axe de rotation de pale. Selon un premier exemple, chaque turbine comprend deux pales. Selon un deuxième exemple, chaque turbine comprend trois pales.

De préférence, le dispositif d'asservissement en lacet est agencé et configuré pour, en cas d'activation, mettre en mouvement le pylône de façon à placer le deuxième plan contenant les axes de rotation des première et deuxième turbines sensiblement perpendiculairement à la direction du vent et disposer le deuxième plan face au vent.

Ce mode de réalisation a pour avantage de disposer les turbines face au vent et ainsi stabiliser l'éolienne.

De préférence, le dispositif d'asservissement en commande active en lacet est placé à l'extrémité inférieure de l'axe de pivotement du pylône. Il est placé par exemple sous les turbines et/ou près de la plateforme flottante. Selon un mode de réalisation, le dispositif d'asservissement en lacet comprend une portion cylindrique correspondant à une portion mâle d'une liaison pivot, ladite portion étant agencée et configurée pour pénétrer dans une ouverture cylindrique prévue dans le pied du pylône, l'ouverture cylindrique correspondant à la partie femelle de ladite liaison pivot dans le pied du pylône. Ce positionnement a pour avantage d'être facilement accessible, car au niveau de la plateforme, et de permettre un refroidissement et une stabilisation thermique naturelle du fait de la proximité avec l'eau.

20

De préférence, le dispositif d'asservissement en commande active en lacet est agencé et configuré pour que, en cas d'inactivation, le pylône soit libre en rotation.

De préférence, et en particulier dans les familles de modes de réalisation exposées ici, l'axe de rotation de la structure de maintien par rapport à la plateforme n'est pas disposé en amont du plan des axes des turbines, mais il est disposé dans ce plan ou en aval de ce plan par rapport au vent.

La structure de maintien, ensemble rigide qui contient les turbines, pivote par rapport à la plateforme flottante pour que les turbines, et leurs centres de poussée vélique, rencontrent le vent avant le pylône de pivotement.

Comme on le comprend, à la différence de l'art antérieur, les turbines dans l'invention ne sont pas "sous le vent" du mât. A la différence de l'art

antérieur, l'ensemble vélique de l'invention ne peut donc pas s'orienter naturellement sous l'appui du vent.

L'invention propose ainsi un fonctionnement qui ne présente pas la même stabilité naturelle vis-à-vis de l'orientation du vent. Dans l'invention, 5 cette orientation "face au vent" est maintenue de façon continue grâce à la commande d'orientation et sa régulation active.

Bien que cette configuration implique des contraintes spécifiques et une certaine complexité, elle permet cependant des avantages nouveaux et porteurs d'avenir.

10

Selon un premier mode de réalisation, les membres de liaison sont agencés et configurés pour que l'axe longitudinal de la structure de maintien soit distinct du deuxième plan contenant les axes de rotation des turbines. En outre, en cas d'activation, le dispositif d'asservissement en 15 commande active en lacet est agencé et configuré pour mettre en mouvement le pylône de façon à placer, par rapport à la plateforme flottante, l'axe longitudinal de la structure de maintien en aval du deuxième plan par rapport à la direction et au sens du vent.

De manière préférentielle, le dispositif d'asservissement en commande 20 active en lacet est agencé et configuré pour placer le deuxième plan contenant les axes de rotation des turbines, et/ou le centre de poussée aérodynamique de la turbomachine, sensiblement perpendiculairement à la direction du vent.

Dans cette configuration, on notera que le pivot du pylône est "sous le 25 vent" des turbines, c'est à dire en aval. Dans certaines circonstances, cette configuration est donc susceptible de présenter une instabilité de son orientation, contre laquelle devra alors lutter la commande d'orientation asservie.

De préférence, l'éolienne est agencée et configurée pour que la position 30 des éléments de la turbomachine sur la plateforme de telle façon que le centre de gravité de la turbomachine est décalé et en-dehors de l'axe de pivotement du pylône, et se situe en amont de cet axe de pivotement de pylône par rapport au vent. On entend par « éléments de la turbomachine » au moins les turbines, ou l'ensemble turbines, génératrices, équipement

électriques divers et structure de maintien, voire incluant le pylône lui-même.

Pour ce qui précède et pour la suite de la description, on entend par :

- 5 - « centre de poussée aérodynamique » le point d'application de la résultante des efforts appliqués par le vent sur la turbomachine ;
- « centre de gravité » le point d'application de la résultante des forces de gravité ou de pesanteur ;
- 10 - « centre de flottabilité » le point d'application de la résultante des forces de la poussée d'Archimède, et correspond aussi au centre géométrique du volume immergé (volume du fluide déplacé) ; en équilibre statique, le centre de flottabilité et le centre de gravité d'un objet flottant se situent dans la même direction verticale.

15 Le centre de gravité de la turbomachine est tel que, lorsque l'éolienne est disposée sur un sol horizontal, la direction verticale passant par le centre de gravité de la turbomachine est décalé de l'axe de symétrie longitudinal de la plateforme flottante. Il est considéré que le centre de gravité de la plateforme flottante est situé sur l'axe de symétrie longitudinal

20 de la plateforme flottante. Lorsque l'éolienne flottante est à poste, si l'on considère que la partie "avant" de l'éolienne flottante est celle qui fait face au vent, cet agencement créé un moment, dit moment « piqueur », s'exerçant sur l'éolienne.

 Lorsque les forces appliquées sur l'éolienne sont la poussée d'Archimède et la gravité (pas de vent), l'éolienne a tendance à être inclinée

25 du fait dudit décalage ; l'axe de symétrie longitudinal de la plateforme flottante forme un angle non nul, dit « angle piqueur », par rapport à la direction verticale (qui passe constamment par le centre de flottabilité). Lorsque les forces appliquées sur l'éolienne sont la poussée d'Archimède, la gravité et l'action du vent, l'action du vent créé un moment, dit moment

30 « cabreur » qui compense ledit moment piqueur. L'éolienne a tendance à se redresser vers ou dans une position sensiblement verticale du fait de l'action du vent sur les turbines ; l'axe de symétrie longitudinal de la plateforme flottante forme un angle, dit « angle redresseur », inférieur à

35 l'angle piqueur ou un angle nul par rapport à la direction verticale.

Ce moment piqueur par construction vient ainsi s'opposer aux effets des vents, et permet donc à la machine de supporter des forces de vents plus importantes que si elle était équilibrée pour être verticale par vent nul.

On notera que cette configuration de turbines, décalées vers l'amont
5 par rapport à l'axe de pivotement du pylône, est particulièrement favorable pour l'obtention d'un tel centre de gravité décalé, tout en conservant une architecture centrée et symétrique pour le flotteur, et donc simple et compacte et économique, par exemple en disposant simplement l'axe de pivotement de pylône au centre du flotteur.

10

Selon un deuxième mode de réalisation alternatif, les membres de liaison sont agencés et configurés pour que l'axe longitudinal du pylône est compris dans le deuxième plan contenant les axes de rotation des turbines. Ceci a pour avantages d'obtenir une structure plus simple, robuste,
15 compacte et économe en matière première, et d'obtenir une structure plus rigide ce qui permet d'augmenter le seuil des fréquences propres vibratoires et ainsi augmenter l'éloignement avec la fréquence maximale des pales.

Typiquement, selon le premier ou le deuxième mode de réalisation,
20 l'axe de pivotement du pylône est confondu avec l'axe longitudinal du pylône. De préférence, l'axe longitudinal du pylône est confondu avec l'axe de symétrie longitudinal voire central de la plateforme flottante. Ceci permet d'économiser de la matière, ainsi que simplicité, compacité et robustesse.

25 Selon un mode de réalisation, l'axe de pivotement du pylône s'étend dans la direction verticale passant par le centre de gravité de la plateforme flottante.

Selon un autre mode de réalisation, l'axe de pivotement du pylône s'étend dans une direction verticale qui ne passe pas par le centre de
30 gravité de la plateforme flottante.

Selon un troisième mode de réalisation, le pylône présente une forme en « baïonnette », de sorte que le pylône comprend une partie principale verticale et une partie de raccordement reliée à l'axe de pivotement, de

sorte que l'axe de pivotement du pylône est distinct de l'axe longitudinal du pylône.

5 Ce mode de réalisation permet par exemple de décaler davantage le centre de gravité de la turbomachine par rapport au centre de gravité de la plateforme flottante.

10 De préférence, la partie principale réalise une liaison rotative de la turbomachine par rapport à la partie de raccordement, autour d'un axe de pivotement de la turbomachine, lequel est vertical et situé en amont du vent par rapport à l'axe de pivotement du pylône. La partie principale est en liaison pivot par rapport à la partie de raccordement. La partie principale tourne librement par rapport à la partie de raccordement. Cette rotation fournit ainsi une orientation naturelle par rapport au pylône, par exemple pour les variations d'orientation du vent qui sont de courte durée et/ou de
15 faible ampleur. Dans ce mode de réalisation, le dispositif d'asservissement de commande active en lacet agit seulement sur la partie de raccordement relativement à la plateforme flottante. Il est ainsi possible de limiter le fonctionnement de la régulation asservie.

20 De manière préférentielle, le centre de poussée aérodynamique et/ou le deuxième plan de la turbomachine est placé sous le vent, en aval (de l'axe longitudinal de la partie principale verticale), par rapport à l'axe de pivotement de la turbomachine sur la partie de raccordement, et au vent, en amont, par rapport à l'axe de pivotement du pylône en baïonnette sur la base flottante.

25 Cet agencement permet d'obtenir à la fois un certain auto-alignement de la turbomachine par rapport au vent ainsi qu'un couple de rappel gravitaire (moment "piqueur") permettant une certaine compensation du moment de tangage (« moment cabreur ») appliqué par le vent à la plateforme flottante.

30 Selon les configurations, le décalage aval de l'axe de pivotement de la turbomachine par rapport à l'axe de pivotement du pylône peut être inférieur, égal, ou supérieur au décalage créé par la baïonnette.

35 Selon un mode de réalisation compatible avec tous les modes de réalisation déjà évoqués, les membres de liaison comprennent des membres

de liaison hauts et bas, chaque membre de liaison tenant une extrémité d'un axe de rotation d'une turbine. Les membres de liaison hauts et bas s'étendent de part et d'autre du pylône.

Les membres de liaison bas tiennent les extrémités inférieures des axes
5 de rotation des première et deuxième turbines. Les membres de liaison hauts tiennent les extrémités supérieures des axes de rotation des première et deuxième turbines.

Par exemple, un membre de liaison peut être une nervure ou un
longeron. Il s'étend sensiblement de manière transversale et/ou
10 horizontale.

Les membres de liaison permettent de maintenir chaque turbine par une liaison pivot. Ils permettent d'éliminer la nécessité d'un arbre central d'entraînement. Ils permettent de placer les pales droites des turbines suffisamment rapprochées l'une de l'autre de manière à accroître le
15 rendement de chacune des turbines.

De préférence, les membres de liaison hauts et bas s'étendent de part et d'autre du pylône de façon à présenter une forme en V dans un troisième plan perpendiculaire à l'axe du pylône.

La forme en V des membres de liaison permet de décaler les axes de
20 rotation des première et deuxième turbines. Ceci a pour avantage de placer les deux turbines et donc le centre de poussée aérodynamique en amont ou en aval de l'axe de pivotement du pylône par le dispositif d'asservissement en commande active en lacet de manière que le plan contenant les axes de rotation des turbines (deuxième plan géométrique) s'oriente par rapport au
25 vent.

Selon un mode de réalisation compatible avec tous les modes de réalisation déjà évoqués, le pylône présente une forme fine et profilée. Ceci permet de limiter au maximum la trainée de celui-ci, d'optimiser son
30 moment quadratique de flexion pour conserver une rigidité maximale et de minimiser la consommation de matière première. Selon une réalisation particulière, le pylône sera profilé soit avec une forme elliptique de rapport d'aspect proche de deux soit suivant un profil NACA symétrique à 4 chiffres plutôt épais (épaisseur relative supérieure à 20%).

Description des figures et des modes de réalisation

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée de mises en œuvre et de modes de réalisation nullement limitatifs, au regard de figures annexées sur lesquelles :

5 - les figures 1, 2a, 2b et 2c montrent un premier mode de réalisation d'une éolienne flottante selon l'invention dans lequel l'axe longitudinal du pylône est distinct d'un plan géométrique contenant les axes de rotation des deux turbines, et dans lequel l'axe de pivotement du pylône est confondu avec l'axe longitudinal dudit pylône ; la figure 1 étant une vue en perspective de l'éolienne , la figure 2a étant un schéma de la disposition des différents axes et plans conforme au premier mode de réalisation, l'éolienne étant vue de dessus, et les figure 2b et 2c étant des vues latérales selon un plan géométrique perpendiculaire au plan géométrique contenant les axes de rotation des turbines ; la figure 2b représentant l'éolienne flottante dans un état incliné sur un plan d'eau en l'absence de vent et, la figure 2c représentant l'éolienne de la figure 2b dans un état sensiblement horizontal en présence de vent ;

10 - les figures 3, 4a et 4b montrent un deuxième mode de réalisation d'une éolienne flottante selon l'invention dans lequel l'axe longitudinal du pylône est compris dans le plan géométrique contenant les axes de rotation des deux turbines, et dans lequel l'axe de pivotement du pylône est confondu avec l'axe longitudinal dudit pylône ; la figure 3 étant une vue en perspective de l'éolienne, la figure 4a étant un schéma de la disposition des différents axes et plans conforme au deuxième mode de réalisation, l'éolienne étant vue de dessus, et la figure 4b étant une vue latérale selon un plan géométrique perpendiculaire au plan géométrique contenant les axes de rotation des turbines ;

25 - la figure 5 montre un troisième mode de réalisation d'une éolienne flottante selon l'invention dans lequel l'axe longitudinal du pylône est distinct d'un plan géométrique contenant les axes de rotation des deux turbines, et dans lequel l'axe de pivotement du pylône est distinct de l'axe longitudinal dudit pylône ; la figure 5 étant une vue latérale selon un plan géométrique perpendiculaire au plan géométrique contenant les axes de rotation des turbines ;

30

35

- les figures 6a et 6b sont des schémas en vue de dessus de la disposition des différents axes et plans conformément au troisième mode de réalisation, l'éolienne étant vue de dessus, la figure 6a illustrant la rotation de la structure de maintien des turbines selon l'axe longitudinal du pylône, relativement à la partie principale verticale du pylône et à la partie de raccordement, et la figure 6b illustrant en outre la rotation de la partie de raccordement de la figure 6a relativement à la plateforme flottante selon l'axe de pivotement du pylône ;
- la figure 7 est une photo montrant un exemple de turbine à deux pales.

Description d'exemples de mode de réalisation

Les modes de réalisation qui seront décrits dans la suite ne sont nullement limitatifs ; on pourra notamment mettre en œuvre des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites par la suite isolées des autres caractéristiques décrites, si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieur. Cette sélection comprend au moins une caractéristique de préférence fonctionnelle sans détails structurels, ou avec seulement une partie des détails structurels si cette partie uniquement est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure.

En particulier toutes les variantes et tous les modes de réalisation décrits sont combinables entre eux si rien ne s'oppose à cette combinaison sur le plan technique.

Les figures 1, 3 et 5 illustrent respectivement une éolienne flottante selon trois modes de réalisation qui seront décrits individuellement ci-dessous. L'éolienne 10 est du type à axe vertical (dites VAWT abréviation de "vertical-axis wind turbine") et est agencée et configurée pour flotter sur un plan d'eau à grande profondeur, en particulier en mer loin du rivage. L'éolienne 10 comprend une plateforme flottante 14 assurant la flottabilité de l'ensemble du dispositif et servant de support. Des tirants ou des câbles (non représentés) sont utilisés pour maintenir en position l'éolienne sur le

plan d'eau et éviter qu'elle dérive. Pour la suite de la description, les figures 1, et 3 montrent des éoliennes hors d'eau.

L'éolienne flottante 10 comprend une turbomachine reposant sur la plateforme 14. En référence aux figures 1, 3 et 5, la turbomachine, appelée aussi aérogénérateur, comprend un pylône vertical 20 fixé à la plateforme flottante 14. Le pylône 20 est monté rotatif selon un axe de pivotement M de pylône (voir figures 2b, 2c, 4b et 5) par rapport à la plateforme flottante 14. Le pylône 20 est destiné à supporter des turbines.

En référence aux figures 1 et 3, l'éolienne flottante 10 comprend deux turbines 30 à axe vertical juxtaposées et contrarotatives à flux transverse. En référence aux figures 2a et 4a, les deux turbines 30 présentent des axes de rotation verticaux A et A' parallèles entre eux. Lesdits axes de rotation sont disposés de façon symétrique par rapport à un premier plan géométrique de symétrie P1. Lesdits axes de rotation A et A' sont parallèles à l'axe longitudinal L du pylône. Selon tous les modes de réalisation, l'axe longitudinal L du pylône s'étend dans le plan de symétrie P1 de sorte que l'axe longitudinal du pylône se situe entre les turbines 30. En outre, il est défini un plan géométrique P2 contenant les deux axes de rotation A et A' des turbines, voir figures 2a et 4a.

Dans cet exemple, chaque turbine 30 comprend deux pales 32 s'étendant verticalement et qui, en fonctionnement, sont soumises à l'action du vent afin de mettre en rotation la turbine. Les pales 32 s'étendent parallèlement à l'axe de rotation de la turbine A ou A' et sont disposées de manière diamétralement opposées par rapport auxdits axes de rotation A ou A'.

En référence aux figures 1, 3, 5 et 7, chaque pale 32 se prolonge à chacune de ses deux extrémités, une extrémité haute et une extrémité basse, par un bras. A l'extrémité haute, chaque pale 32 se prolonge par un bras supérieur 33. A l'extrémité basse, chaque pale 32 se prolonge par un bras inférieur 31. Les bras supérieur 33 et inférieur 31 sont raccordés respectivement à la pale 32 par un coude arrondi. Les pales de chaque turbine décrivent un cylindre dans leur rotation, voir figures 2a, 4a et 6a.

Les bras sont reliés à des éléments d'arbre par des liaisons pivotantes formant axe de rotation de pale. En référence à la figure 7, chaque turbine 30 comprend deux moyeux d'axe de turbine, un moyeu supérieur 36 et un

moyeu inférieur 34. Les moyeux 36 et 34 sont rotatifs autour d'éléments d'arbres de hauteur réduite d'axe A ou A'. Chaque bras supérieur 33 est fixé à un moyeu supérieur 36 et chaque bras inférieur 31 est fixé à un moyeu inférieur 34.

5

En référence aux figures 1, 2b, 2c, 3, 4b et 5, l'éolienne flottante 10 comprend des membres de liaison, des membres de liaison hauts 43 et des membres de liaison bas 41, reliés fixement au pylône et, portant et tenant à distance les arbres de rotation des turbines. Pour chaque turbine, il est
10 nécessaire d'un membre de liaison haut 43 et d'un membre de liaison bas 41 pour porter celle-ci. Les membres de liaison hauts 43 s'étendent à partir du sommet du pylône ; les membres de liaison bas 41 s'étendent à partir du pylône au voisinage de la plateforme flottante 14. Selon un mode de réalisation non représenté, les membres de liaison bas 41 s'étendent au
15 voisinage de la ligne de flottaison, à distance des vagues.

Ainsi les membres de liaison hauts 43 et bas 41 maintiennent chaque turbine par une liaison pivot, éliminant la nécessité d'un arbre central d'entraînement. Chaque membre de liaison relie le pylône 20 à un moyeu 34 ou 36.

20 L'éolienne comprend en outre des génératrices (non représentées) afin de transformer l'énergie mécanique de rotation des turbines en énergie électrique. Chaque génératrice est reliée de manière connue à une turbine. Les génératrices sont disposées sous les membres de liaison inférieurs et/ou près de la plateforme flottante.

25

L'éolienne flottante 10 comprend un dispositif de détection de la direction du vent (non représenté) et un dispositif d'asservissement en commande en lacet 50 de l'axe de pivotement M du pylône. En référence aux figures 2b, 2c, 4b et 5, le dispositif d'asservissement 50 est disposé
30 près de l'arbre de pivotement du pylône afin d'agir sur celui-ci. Il est en outre disposé près de la plateforme flottante 14 afin de faciliter l'installation et la maintenance éventuelle. Le dispositif d'asservissement en commande active en lacet 50 est agencé et configuré pour, qu'en cas d'activation dudit dispositif, mettre en mouvement le pylône 20 de façon à placer le deuxième
35 plan P2, contenant les axes de rotation A et A' des turbines 30,

sensiblement perpendiculairement à la direction du vent. La direction du vent est supposée être sensiblement horizontale ou parallèle au plan d'eau sur lequel se trouve l'éolienne flottante. En cas d'inactivation du dispositif d'asservissement, le pylône est laissé libre en rotation.

5

Il va maintenant être détaillé différents exemples de modes de réalisation.

Selon un premier mode de réalisation représenté par les figures 1, 2a, 2b et 2c, l'éolienne flottante est agencée et configurée pour disposer le pylône 20 en aval du deuxième plan P2 contenant les axes de rotation A et A' des turbines relativement au sens du vent. Les membres de liaison 41 et 43 sont agencés et configurés pour placer les turbines dans la position permettant d'obtenir un décalage de l'axe longitudinal L du pylône par rapport au plan P2 contenant les axes de rotation A et A' des turbines, de sorte que ledit axe longitudinal est en-dehors du plan P2, comme en figure 2a. En référence aux figures 2a et 2b, le décalage est représenté par la distance ou l'écartement « X ». En référence à la figure 1, les membres de liaison hauts 43 et bas 41 s'étendent de part et d'autres du pylône 20 de façon à présenter une forme en V.

Ce décalage a pour effet que le centre de gravité CT de la turbomachine se situe en dehors de l'axe longitudinal L du pylône qui est lui-même placé dans l'axe de symétrie de la plateforme flottante 14. On entend par le centre de gravité de la turbomachine, l'ensemble comprenant les turbines, les génératrices avec les équipements électriques (non représentés). Le centre de gravité CT de la turbomachine se situe sensiblement dans le plan P2.

Or le centre de gravité de la plateforme flottante se situe dans le prolongement de l'axe longitudinal L du pylône, de sorte que le centre de gravité, représenté par le point CT, de l'ensemble turbomachine est décalé et en dehors de la direction verticale passant par le centre de gravité de la plateforme flottante 14. En l'absence de vent, il en résulte qu'il existe un moment gravitaire, dit moment « piqueur », qui provoque, lorsque l'éolienne flottante 10 est placée sur un plan d'eau W comme sur la figure 2b, l'inclinaison de l'éolienne. L'éolienne 10 se maintient en équilibre dans cette position inclinée du fait d'une part de l'effet de pesanteur s'appliquant

à la fois sur la turbomachine et la plateforme flottante, et d'autre part de la poussée d'Archimède. Pour simplifier la lecture de la figure 2b, on considère que le centre de gravité de l'ensemble de l'éolienne se situe au point CT. L'éolienne se maintient donc en position du fait des forces opposées : d'une
5 part le poids P s'appliquant au centre de gravité CT de l'éolienne, et d'autre part la poussée d'Archimède B s'appliquant au centre de flottabilité, représenté par le point CP sur la figure 2b. Par exemple, la plateforme flottante est au moins dix fois plus lourde que la turbomachine.

En référence aux figures 2a et 2c, le sens du vent est représenté par
10 les flèches V orientées de la gauche vers la droite. Lorsque le vent souffle, le dispositif de détection de la direction et du sens du vent (non représenté) permet de renseigner le dispositif d'asservissement de commande active en lacet afin d'agir sur l'arbre de pivotement du pylône pour placer le plan P2 contenant les axes de rotation A et A' en amont de l'axe de pivotement M
15 du pylône relativement au sens du vent, voir figures 2a et 2c.

En référence à la figure 2a, il est illustré le pivotement de la turbomachine autour de l'axe de pivotement M du pylône, depuis une première position dans laquelle un plan P2a (correspondant au plan P2 avant réglage et représenté schématiquement en pointillés) n'est pas
20 perpendiculaire à la direction du vent jusqu'à une deuxième position dans laquelle le plan P2 (représenté schématiquement en trait plein) est perpendiculaire à la direction du vent.

La figure 2c représente les forces s'exerçant sur l'éolienne flottante lorsque le vent souffle et en fonction de la direction et du sens du vent. En
25 considérant le point d'appui du pylône sur la plateforme flottante (point O) indiqué sur la figure 2c, le centre de gravité de la turbomachine est situé en amont du pylône relativement au sens du vent, c'est-à-dire à gauche du pylône sur la figure 2c. Lorsque le vent souffle sur l'éolienne, une nouvelle action mécanique s'exerce sur l'éolienne due à la trainée. La résultante des
30 forces du vent (représentée par la flèche F_t) s'applique au point T ou « centre de poussée aérodynamique » sur le pylône 20. Le point T se situe sensiblement sur l'axe longitudinal L du pylône. Cette action entraîne un moment aérodynamique de tangage induit par la trainée, dit moment « cabreur ». Le moment « piqueur » (en raison du poids de l'ensemble
35 turbomachine) permet de compenser tout ou partie le moment

aérodynamique de tangage induit par la trainée des rotors en présence de vent, dit moment « cabreur », de sorte qu'en fonctionnement l'éolienne flottante 10 est sensiblement horizontale sur le plan d'eau W.

Cet effet est obtenu en considérant des vitesses moyennes de vent supérieures à 8m/s. Selon les caractéristiques dimensionnelles de la turbomachine, il est déterminé la force F_t , et ainsi le moment « cabreur » estimé. Il est ensuite déterminé le décalage du centre de gravité CT de la turbomachine qui créera un moment « piqueur » compensant le moment « cabreur » estimé. Enfin les membres de liaison 41 et 43 sont agencés et configurés pour placer les turbines dans la position permettant d'obtenir le décalage du centre de gravité CT escompté.

En tout état de cause, le moment de tangage transmis à la plateforme flottante par l'ensemble turbomachine se trouve ainsi réduit. En outre un gain non négligeable sur les dimensions du flotteur est obtenu. Ce point est important sachant le coût et la consommation de matières premières liée à la fabrication du flotteur (le coût du flotteur est estimé entre 15 et 20% du coût total d'une installation éolienne offshore flottante). Cet agencement permet en outre à l'éolienne d'accepter des vitesses de vent plus importantes que les éoliennes de l'art antérieur.

Le dispositif d'asservissement en commande active en lacet, placé au voisinage du point O, permet de faire pivoter l'ensemble turbomachine/aérogénérateur permettant d'une part de le placer face au vent et d'autre part d'équilibrer l'ensemble de l'éolienne lorsque le vent souffle, voir figures 2a et 2c.

25

Selon un second mode de réalisation représenté par les figures 3, 4a et 4b, décrit par ses différences avec le premier mode de réalisation, l'axe longitudinal du pylône L se situe ou est installé dans le deuxième plan P2 contenant les axes de rotation A et A' des turbines 30. La figure 4b représente les forces s'exerçant sur l'éolienne flottante lorsque le vent souffle et en fonction de la direction et du sens du vent. Dans ce mode de réalisation, le centre de gravité CT de l'ensemble turbomachine et le centre de gravité de plateforme de flottaison se situent dans la même direction verticale, de sorte que l'éolienne reste sensiblement verticale en l'absence de vent. L'avantage de cette variante par rapport au premier mode de

35

réalisation est d'obtenir une structure plus économe en matière première mais aussi beaucoup plus rigide ce qui permettra d'augmenter les fréquences propres vibratoires du système afin de les éloigner au maximum de celles des pales. Ces avantages sont obtenus au dépend d'une perte du moment gravitaire piqueur sur l'axe de tangage. Lors de vents faibles à modérés, l'éolienne flottante demeure sensiblement verticale, comme représentée sur la figure 4b.

Le dispositif d'asservissement de commande active en lacet 50, placé au voisinage du point O, permet de faire pivoter l'ensemble turbomachine/aérogénérateur permettant de le placer face au vent, voir figure 4a.

Dans le premier et le deuxième mode de réalisation, l'axe longitudinal L du pylône 20 est confondu avec l'axe de pivotement M dudit pylône, l'axe de pivotement M étant entendu comme l'axe de pivotement de la turbomachine par rapport à la plateforme.

Selon un troisième mode de réalisation représenté par les figures 5, 6a et 6b, décrit par ses différences avec le premier mode de réalisation, l'axe de pivotement du pylône M est distinct à la fois de l'axe longitudinal L du pylône 20 et du deuxième plan P2 contenant les axes de rotation A et A' des turbines. L'ensemble turbines 30 et membres de liaison hauts 43 et bas 41 est identique au premier mode de réalisation comme sa disposition par rapport au pylône.

Le pylône présente une forme en baïonnette ou en « L » et un axe de rotation libre N.

Le pylône 20 comprend :

- une partie principale verticale 22, dont l'axe longitudinal est l'axe longitudinal L défini auparavant, sur laquelle sont fixés les membres de liaison 43 et 41 comme précédemment, formant la structure de maintien pour les turbines, et
- une partie de raccordement 21, reliant l'extrémité inférieure de la partie principale 22 à la plateforme 14, s'étendant sensiblement horizontalement et perpendiculairement par rapport à la partie

principale, pour porter ladite partie principale 22 et se raccorder à la plateforme.

L'axe longitudinal L de la partie 22 du pylône est confondu avec l'axe de rotation libre N. La liaison mécanique entre la partie principale 22 et la
5 partie de raccordement 21 est une liaison pivot d'axe N. Aucun asservissement en pivotement de la partie principale 22 relativement à la partie de raccordement 21 n'est prévu. En référence aux figures 6a et 6b, les turbines 30 peuvent pivoter relativement autour de l'axe de rotation libre N. Le plan P2 n'est pas représenté sur les figures 6a et 6b pour faciliter
10 la lecture. En remplacement, il est représenté par deux traits formant un « V » les membres de liaison hauts 43 reliant les arbres de rotation des turbines au pylône.

L'axe de pivotement du pylône M est inchangé alors que l'axe longitudinal L du pylône est en porte-à-faux par rapport à la plateforme
15 flottante. On notera que les dimensions représentées ici pour la plateforme flottante ne sont pas nécessairement représentatives, et peuvent varier selon les réalisations.

Dans ce mode de réalisation, la partie principale 22 du pylône peut être positionnée en amont du plan P2 contenant les axes de rotation A et A' des
20 turbines du fait de la rotation libre. En fonctionnement, lorsque le vent souffle, l'ensemble s'oriente naturellement face au vent. Cet agencement permet d'obtenir à la fois un auto-alignement des turbines 30 ou du plan P2 face au vent grâce à l'axe de rotation libre N, ainsi qu'un couple de rappel gravitaire (moment « piqueur ») permettant une baisse du moment de tangage transmis à l'éolienne flottante grâce au dispositif d'asservissement
25 agissement autour de l'axe de pivotement M. En référence à la figure 6b, il est illustré le pivotement de la partie de raccordement 21 autour de l'axe de pivotement M du pylône. Le dispositif d'asservissement en commande active en lacet agit sur l'axe de pivotement M de manière à placer la partie
30 de raccordement 21, depuis une première position dans laquelle un plan P1a (le plan P1 avant réglage) n'est pas parallèle à la direction du vent, voir figure 6b, jusqu'à une deuxième position dans laquelle le plan P1 est parallèle à la direction du vent, voir figure 6a.

Revendications

1. Eolienne flottante (10) comprenant une plateforme flottante (14) et une
5 turbomachine reposant sur la plateforme flottante (14), la turbomachine comprenant au moins :

- des première et deuxième turbines (30) à axe vertical et flux transverse disposées de façon symétrique par rapport à un premier plan de symétrie vertical (P1), chaque turbine comprenant des pales
10 (32),
- une structure de maintien (40) des turbines comprenant :
 - un pylône médian vertical (20), dont l'axe longitudinal (L) est compris dans le premier plan de symétrie (P1), monté rotatif selon un axe de pivotement (M) de pylône par rapport à la
15 plateforme flottante (14),
 - des membres de liaison hauts (43) et bas (41), qui maintiennent rigidement les turbines par leur axe de rotation et les tiennent à distance du pylône (20),

caractérisé en ce qu'elle comprend :

- 20 - un dispositif de détection ou de prise en compte de la direction et du sens du vent et
- un dispositif d'asservissement en commande active en lacet (50) du pylône (20) agissant sur l'arbre de pivotement, le dispositif d'asservissement étant agencé et configuré pour qu'en cas d'activation,
25 celui-ci met en mouvement le pylône (20) de façon à placer un deuxième plan (P2) contenant les axes de rotation (A, A') des première et deuxième turbines (30) sensiblement perpendiculairement à la direction du vent.

2. Eolienne (10) selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif
30 d'asservissement en commande active en lacet (50) est agencé et configuré pour que, en cas d'inactivation dudit dispositif d'asservissement, le pylône (20) soit libre en rotation.

3. Eolienne (10) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'axe
35 de pivotement (M) est confondu avec l'axe longitudinal (L) du pylône (20).

4. Eolienne (10) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le pylône (20) présente une forme « en baïonnette », de sorte que le pylône (20) comprend une partie principale verticale (22) et une partie de
5 raccordement (21) reliée à l'axe de pivotement (M), de sorte que l'axe de pivotement (M) du pylône est distinct de l'axe longitudinal (L) du pylône (20).

5. Eolienne (10) selon la revendication 4, caractérisé en ce que la partie
10 principale verticale (22) réalise une liaison rotative de la turbomachine par rapport à la partie de raccordement (21), autour d'un axe de pivotement de la turbomachine, lequel est vertical et situé en amont du vent par rapport à l'axe de pivotement (M) du pylône.

6. Eolienne (10) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le
15 centre de poussée aérodynamique et/ou le deuxième plan (P2) de la turbomachine est placé sous le vent par rapport à l'axe de pivotement/longitudinal (L) de la turbomachine sur la partie de raccordement, et au vent par rapport à l'axe de pivotement (M) du pylône
20 en baïonnette sur la base flottante.

7. Eolienne (10) selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les membres de liaison (41, 43) sont agencés et configurés pour que l'axe longitudinal (L) de la structure de maintien soit distinct du deuxième plan
25 (P2) et, en cas d'activation dudit dispositif d'asservissement en lacet (50), celui-ci met en mouvement le pylône (20) de façon à placer, par rapport à la plateforme flottante (14), l'axe longitudinal (L) de la structure de maintien en aval du deuxième plan (P2) par rapport à la direction et au sens du vent.

8. Eolienne (10) selon la revendication 7, caractérisé en ce que la position
30 au moins des turbines de la turbomachine sur la plateforme (14) est telle que le centre de gravité de la turbomachine est décalé et en-dehors de l'axe de pivotement (M).

35

9. Eolienne (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les membres de liaison (41, 43) comprennent des membres de liaison hauts (43) et bas (41), chaque membre de liaison tenant une extrémité d'un axe de rotation d'une turbine, et en ce que les
- 5 membres de liaison hauts (43) et bas (41) s'étendent de part et d'autre du pylône (20) de façon à présenter une forme en V .

Fig. 1

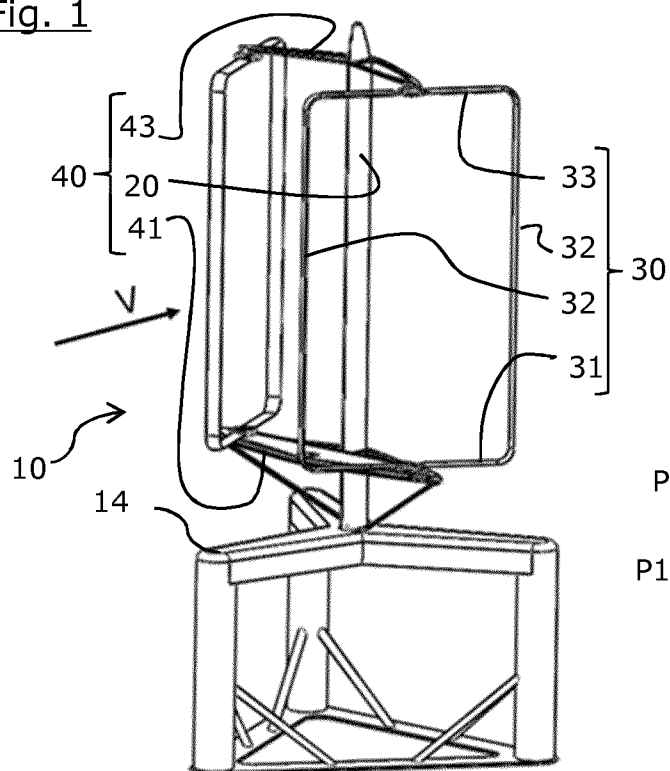


Fig. 2a

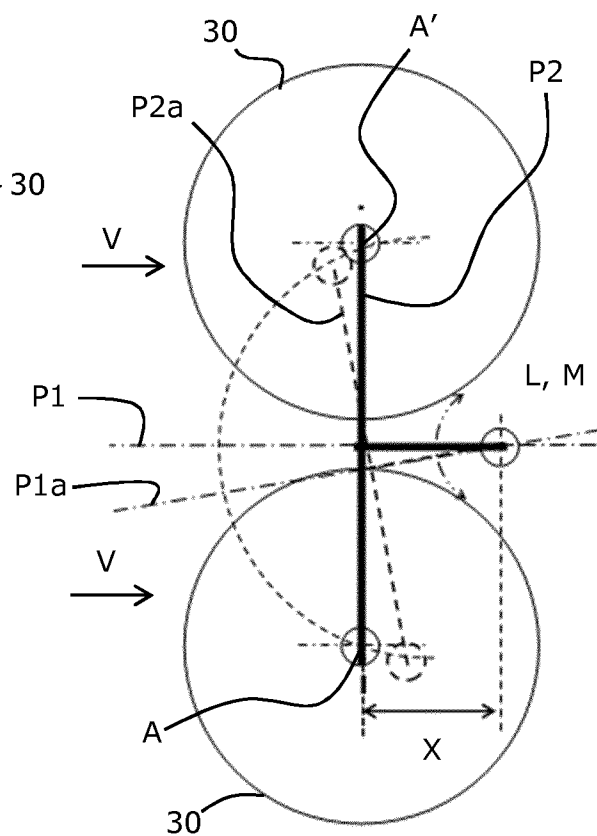


Fig. 2b

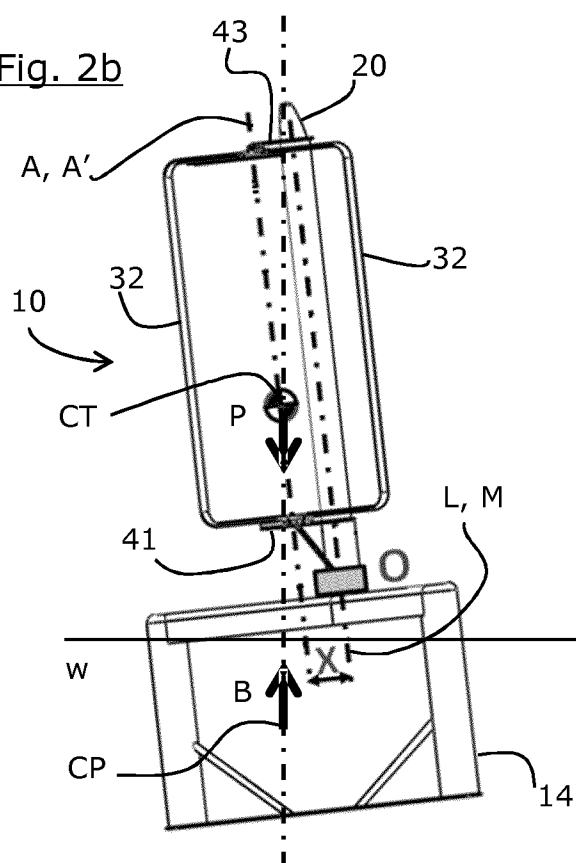


Fig. 2c

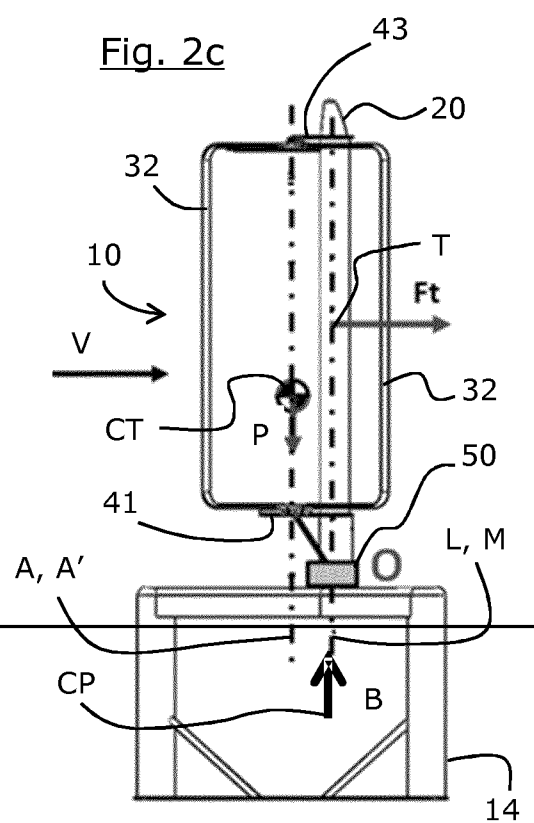


Fig. 3

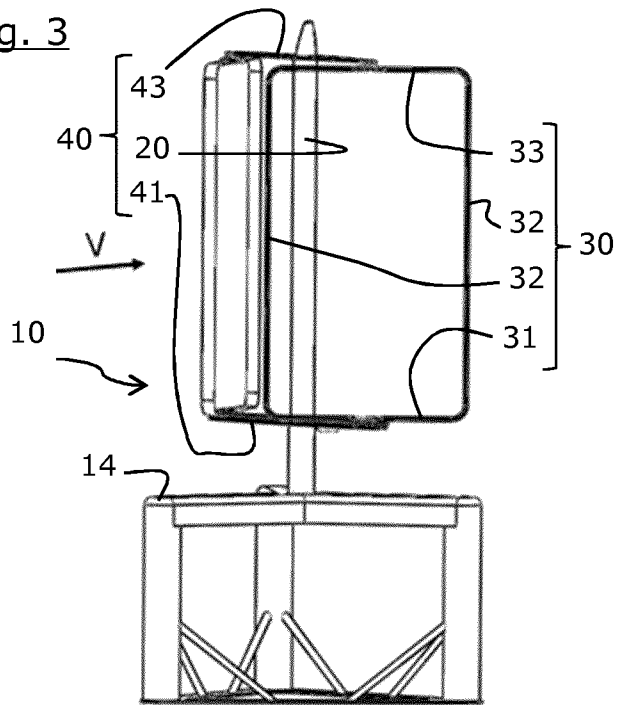


Fig. 7

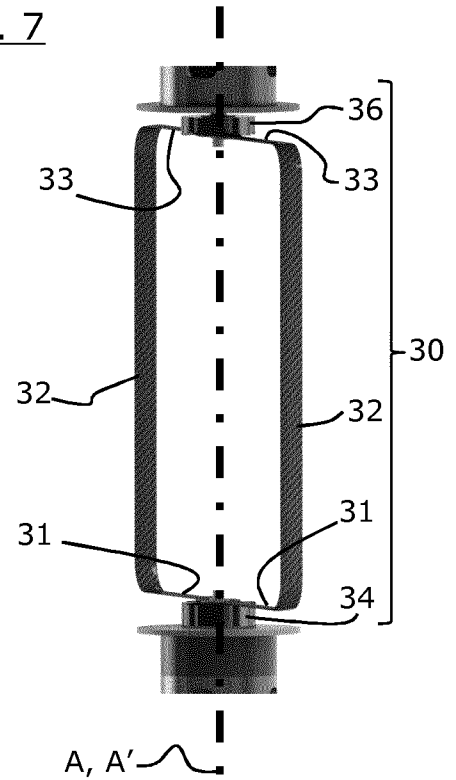


Fig. 4a

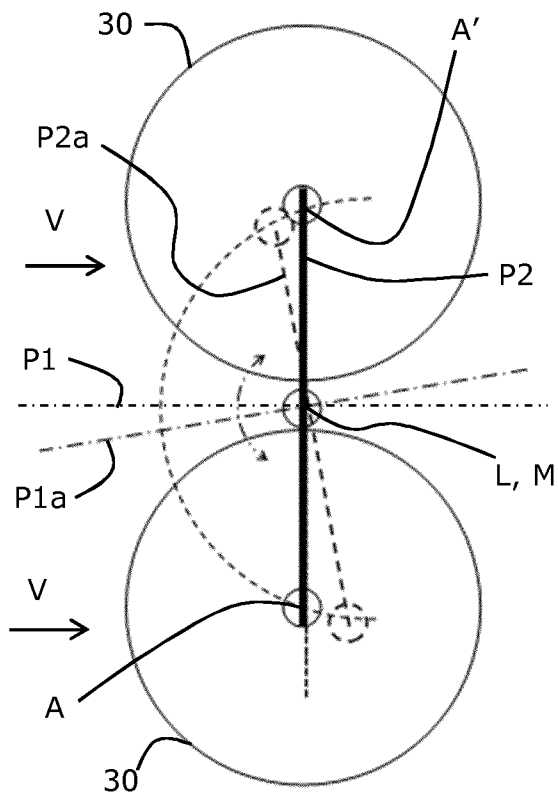


Fig. 4b

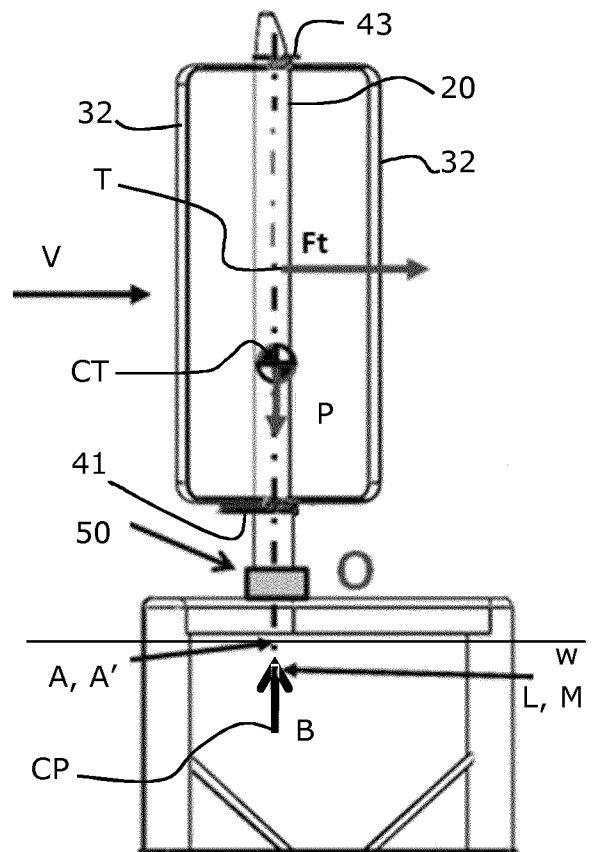


Fig. 5

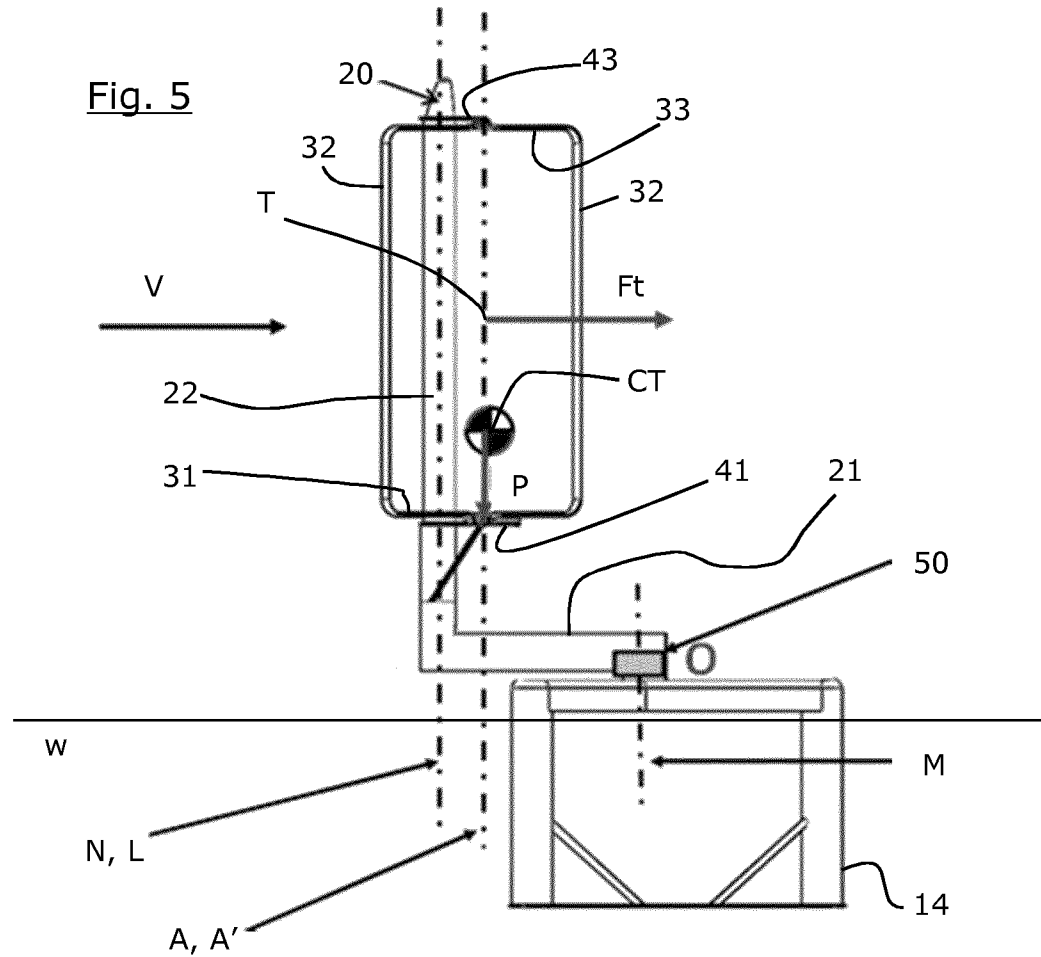


Fig. 6a

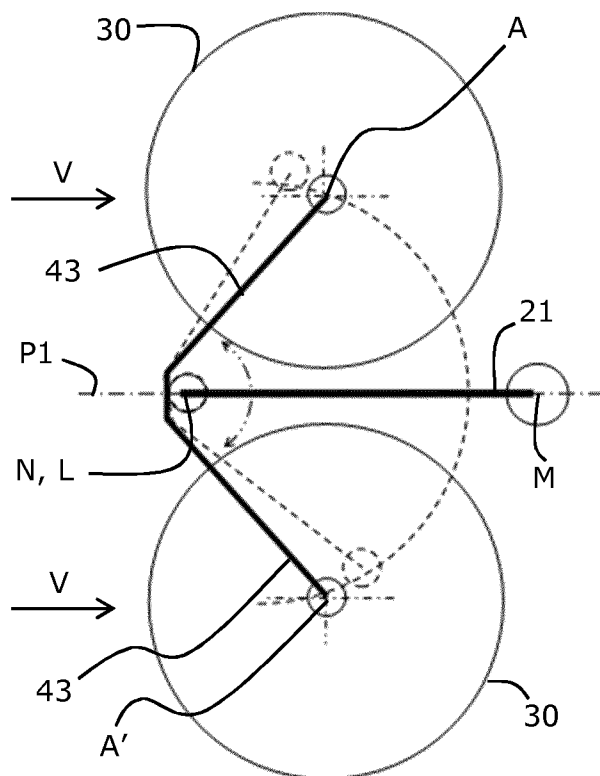
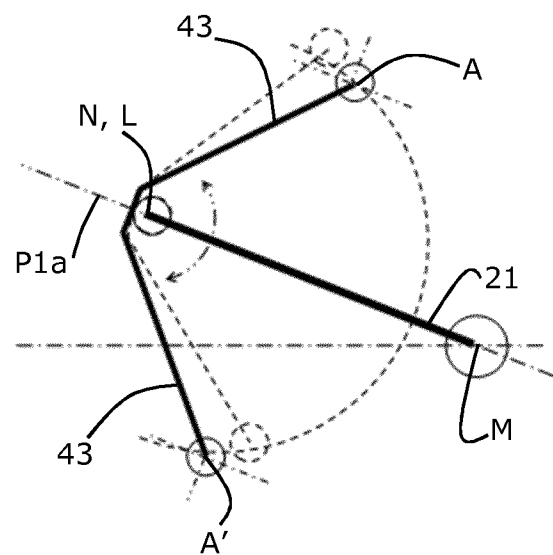


Fig. 6b



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/059086

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F03D 7/06**(2006.01)i; **F03D 13/25**(2016.01)i; **F03D 3/02**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F03D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2017153676 A1 (CENTRE NAT RECH SCIENT [FR]) 14 September 2017 (2017-09-14) page 10, line 1 - line 17; figure 1 page 13, line 9 - line 35 page 21, line 19 - line 34; figure 4	1-3,7-9 4-6
Y A	US 2015192107 A1 (KIRCHMAN KEVIN ALEXANDER PAUL [GB]) 09 July 2015 (2015-07-09) paragraph [0049] - paragraph [0050]	1-3,7-9 4-6
A	WO 2007045851 A1 (LAW JONATHAN ANDREW [GB]) 26 April 2007 (2007-04-26) page 12, last paragraph; figure 6b	1-9
A	WO 2013175124 A1 (CENTRE NAT RECH SCIENT [FR]) 28 November 2013 (2013-11-28) page 12, line 10 - line 33; figure 2 page 18, line 22 - page 19, line 15	1-9
A	WO 2017003355 A1 (SEATWIRL AB [SE]) 05 January 2017 (2017-01-05) page 10, line 5 - page 11, line 25; figure 1	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01 July 2019

Date of mailing of the international search report

08 July 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Tack, Gaël

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/059086

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2017153676	A1	14 September 2017	CA	3015708	A1	14 September 2017
				CL	2018002524	A1	01 February 2019
				CN	108779762	A	09 November 2018
				EP	3426917	A1	16 January 2019
				FR	3048740	A1	15 September 2017
				JP	2019507847	A	22 March 2019
				KR	20180121542	A	07 November 2018
				US	2019128241	A1	02 May 2019
				WO	2017153676	A1	14 September 2017
US	2015192107	A1	09 July 2015	NONE			
WO	2007045851	A1	26 April 2007	EP	1952016	A1	06 August 2008
				US	2010032954	A1	11 February 2010
				WO	2007045851	A1	26 April 2007
WO	2013175124	A1	28 November 2013	EP	2852759	A1	01 April 2015
				FR	2991006	A1	29 November 2013
				WO	2013175124	A1	28 November 2013
WO	2017003355	A1	05 January 2017	CN	107735570	A	23 February 2018
				EP	3317530	A1	09 May 2018
				JP	2018520297	A	26 July 2018
				SE	1550937	A1	03 January 2017
				US	2018171986	A1	21 June 2018
				WO	2017003355	A1	05 January 2017

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2019/059086

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F03D7/06 F03D13/25 F03D3/02 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F03D		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	WO 2017/153676 A1 (CENTRE NAT RECH SCIENT [FR]) 14 septembre 2017 (2017-09-14)	1-3,7-9
A	page 10, ligne 1 - ligne 17; figure 1 page 13, ligne 9 - ligne 35 page 21, ligne 19 - ligne 34; figure 4 -----	4-6
Y	US 2015/192107 A1 (KIRCHMAN KEVIN ALEXANDER PAUL [GB]) 9 juillet 2015 (2015-07-09)	1-3,7-9
A	alinéa [0049] - alinéa [0050] -----	4-6
A	WO 2007/045851 A1 (LAW JONATHAN ANDREW [GB]) 26 avril 2007 (2007-04-26) page 12, dernier alinéa; figure 6b -----	1-9
-/-		
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
1 juillet 2019	08/07/2019	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé Tack, Gaël	

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 2013/175124 A1 (CENTRE NAT RECH SCIENT [FR]) 28 novembre 2013 (2013-11-28) page 12, ligne 10 - ligne 33; figure 2 page 18, ligne 22 - page 19, ligne 15 -----	1-9
A	WO 2017/003355 A1 (SEATWIRL AB [SE]) 5 janvier 2017 (2017-01-05) page 10, ligne 5 - page 11, ligne 25; figure 1 -----	1-9

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2019/059086

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2017153676 A1	14-09-2017	CA 3015708 A1	14-09-2017
		CL 2018002524 A1	01-02-2019
		CN 108779762 A	09-11-2018
		EP 3426917 A1	16-01-2019
		FR 3048740 A1	15-09-2017
		JP 2019507847 A	22-03-2019
		KR 20180121542 A	07-11-2018
		US 2019128241 A1	02-05-2019
		WO 2017153676 A1	14-09-2017

US 2015192107 A1	09-07-2015	AUCUN	

WO 2007045851 A1	26-04-2007	EP 1952016 A1	06-08-2008
		US 2010032954 A1	11-02-2010
		WO 2007045851 A1	26-04-2007

WO 2013175124 A1	28-11-2013	EP 2852759 A1	01-04-2015
		FR 2991006 A1	29-11-2013
		WO 2013175124 A1	28-11-2013

WO 2017003355 A1	05-01-2017	CN 107735570 A	23-02-2018
		EP 3317530 A1	09-05-2018
		JP 2018520297 A	26-07-2018
		SE 1550937 A1	03-01-2017
		US 2018171986 A1	21-06-2018
		WO 2017003355 A1	05-01-2017
