

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①① N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**3 122 165**

②① N° d'enregistrement national : **21 04170**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **B 64 D 33/00 (2020.12)**

⑫

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ Ensemble propulsif, en particulier d'aéronef, pour la protection à l'encontre d'un effort de balourd et procédé de protection.

②② Date de dépôt : 21.04.21.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 28.10.22 Bulletin 22/43.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 12.07.24 Bulletin 24/28.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN NACELLES Société par  
actions simplifiée — FR.*

⑦② Inventeur(s) : *GONIDEC Patrick, CHAPELAIN Loïc,  
CARCENAC Xavier et LEFEUVRE Vincent.*

⑦③ Titulaire(s) : *SAFRAN NACELLES Société par  
actions simplifiée.*

⑦④ Mandataire(s) : *ARGYMA.*

**FR 3 122 165 - B1**



## Description

### **Titre de l'invention : Ensemble propulsif, en particulier d'aéronef, pour la protection à l'encontre d'un effort de balourd et procédé de protection**

#### **Domaine technique**

- [0001] La présente invention concerne le domaine des ensembles propulsifs, en particulier d'aéronef, et vise à protéger un mât de support d'un moteur à l'encontre d'un effort de balourd.
- [0002] De manière connue, en référence à la [Fig.1], un dirigeable D comprend une structure porteuse sur laquelle sont montés plusieurs ensembles propulsifs 9. Chaque ensemble propulsif 9 comprend un mât 5 et un dispositif de propulsion S, supporté par le mât 5, qui comprend un moteur et une nacelle enveloppant le moteur. Le moteur se présente classiquement sous la forme d'un turbopropulseur ou d'un moteur électrique et comprend une hélice, qui peut être carénée ou non. Le moteur permet d'entraîner en rotation l'hélice selon un axe de rotation, afin d'accélérer l'air et assurer la propulsion ou la stabilisation au point fixe du dirigeable D. Le mât 5 est quant à lui fixé sur la structure porteuse du dirigeable D pour transmettre la poussée fournie par l'hélice. Classiquement, le mât 5 se présente sous la forme d'une structure élancée, notamment tubulaire, s'étendant perpendiculairement à l'axe de rotation de l'hélice.
- [0003] En pratique, il est nécessaire de prévoir un mât 5 de grande longueur pour écarter l'hélice de la structure porteuse du dirigeable D. La circonférence du mât 5 doit de plus être faible pour limiter la traînée engendrée et la masse embarquée. Un tel mât 5 présente l'inconvénient d'être susceptible d'être fragilisé en cas de perte d'une des pales de l'hélice, par exemple lors d'un contact avec un oiseau. La perte de pale génère en effet un balourd qui engendre des oscillations de l'hélice autour de son axe de rotation. De telles oscillations peuvent, dans certains cas, fragiliser les extrémités du mât 5 et doivent être évitées.
- [0004] Pour éliminer cet inconvénient, dans le domaine des avions, il est connu d'intégrer plusieurs amortisseurs dans la nacelle afin d'amortir les oscillations entre l'hélice du moteur et le mât d'avion. Néanmoins, de tels amortisseurs nécessitent d'être installés sur un mât de section importante pour permettre le positionnement des amortisseurs à l'interface entre le mât et le turbomoteur. De plus, de tels amortisseurs sont efficaces pour un mât de faible longueur et de grande rigidité et ne sont donc pas adaptés pour être intégrés sur un mât 5 de dirigeable D.
- [0005] L'invention vise ainsi à protéger efficacement le mât d'un dirigeable, et plus généralement de tout aéronef, d'un effort de balourd sur le moteur, tout en préservant les

performances de l'aéronef.

## **PRESENTATION DE L'INVENTION**

- [0006] L'invention concerne un ensemble propulsif, en particulier d'aéronef, comprenant un mât et un dispositif de propulsion supporté par le mât, ledit dispositif de propulsion comprenant un moteur et une nacelle enveloppant le moteur, ledit moteur comprenant une hélice rotative selon un axe de rotation entraînée par le moteur.
- [0007] L'invention est remarquable en ce que l'ensemble propulsif comprend :
- Un dispositif de protection en attente comprenant un premier organe de liaison monté fixe sur le mât et un deuxième organe de liaison monté fixe sur le dispositif de propulsion, le deuxième organe de liaison étant articulé en rotation par rapport au premier organe de liaison selon au moins un degré de liberté, et
  - Au moins un organe de retenue maintenant le deuxième organe de liaison fixe par rapport au premier organe de liaison, ledit organe de retenue étant configuré, en présence d'un effort de balourd prédéterminé sur l'hélice, pour libérer le dispositif de protection en attente afin de protéger le mât.
- [0008] Grâce à l'invention, le mât de l'ensemble propulsif est protégé en présence d'un effort de balourd sur l'hélice, tout en préservant les performances de l'ensemble propulsif, notamment en termes d'aérodynamisme et de masse embarquée. Ceci permet d'améliorer la tenue mécanique du mât de manière à résister efficacement en cas de perte de pale sur l'hélice, engendrée notamment lors d'un contact avec un oiseau. Plus précisément, le dispositif de protection en attente permet, lorsqu'il est libéré, d'autoriser un ou plusieurs degrés de liberté en rotation entre le mât et le dispositif de propulsion. En présence d'un effort de balourd sur l'hélice, les oscillations générées au niveau du moteur et de la nacelle ne sont ainsi pas transmises au mât. En absence d'un effort de balourd, l'organe de retenue permet quant à lui de maintenir fixe le dispositif de protection en attente, de manière à former une liaison encastrement comme dans l'art antérieur. Un tel dispositif de protection en attente est particulièrement adapté pour un mât de grande longueur et de faible circonférence, sur lequel ne peuvent être montés des amortisseurs, tel que le mât d'un dirigeable.
- [0009] Selon un aspect de l'invention, le deuxième organe de liaison est monté fixe sur la nacelle du dispositif de propulsion pour une tenue mécanique optimale et un montage aisé.
- [0010] Selon un aspect de l'invention, le deuxième organe de liaison est articulé en rotation par rapport au premier organe de liaison selon au moins deux degrés de liberté, de préférence selon uniquement deux degrés de liberté. Cela permet d'empêcher efficacement la transmission des efforts entre le dispositif de propulsion et le mât lorsque

l'hélice est soumise à un effort de balourd.

- [0011] Selon un aspect de l'invention, le dispositif de protection en attente comprend un organe d'interface monté entre le premier organe de liaison et le deuxième organe de liaison, ledit organe d'interface étant monté pivotant par rapport au premier organe de liaison selon un des degrés de liberté, ledit deuxième organe de liaison étant monté pivotant par rapport à l'organe d'interface selon un autre des degrés de liberté. Un tel organe d'interface permet avantageusement un pivotement selon deux degrés de liberté différents, de manière simple et robuste.
- [0012] Selon un aspect de l'invention, un degré de liberté se présente sous la forme d'une rotation autour de l'axe longitudinal du mât. Un tel degré de liberté permet d'absorber une part importante des oscillations générées par un balourd sur l'hélice.
- [0013] Selon un aspect de l'invention, un degré de liberté se présente sous la forme d'une rotation autour d'un axe transversal, qui définit un repère orthogonal avec l'axe de rotation de l'hélice et l'axe longitudinal du mât. Un tel degré de liberté permet d'absorber une part importante des oscillations générées par un balourd sur l'hélice. Les deux degrés de liberté permettent ensemble de réduire efficacement les efforts induits par les oscillations générées par un balourd sur l'hélice lors d'une perte de pale.
- [0014] Selon un aspect préféré de l'invention, l'organe d'interface est monté pivotant par rapport au premier organe de liaison autour de l'axe longitudinal, de manière simple et robuste.
- [0015] Selon un aspect préféré de l'invention, le deuxième organe de liaison est monté pivotant par rapport à l'organe d'interface autour de l'axe transversal, de manière simple et robuste.
- [0016] Selon un aspect préféré de l'invention, l'organe de retenue est unique. Un seul organe de retenue permet ainsi de libérer le dispositif de protection en attente, de manière simple et rapide, dès que l'effort de balourd prédéterminé apparaît. L'organe de retenue permet notamment à lui seul de libérer simultanément les deux degrés de liberté du dispositif de protection en attente.
- [0017] Selon un aspect de l'invention, l'organe de retenue est configuré pour libérer de manière passive le dispositif de protection sous l'action de l'effort de balourd prédéterminé, de préférence par rupture. Aucune intervention humaine n'est nécessaire pour libérer le dispositif de protection en attente. L'organe de retenue permet ainsi de libérer le dispositif de protection en attente de manière rapide et simple dès que le balourd apparaît, en particulier par rupture en cisaillement. Ceci permet de protéger le mât sans délai durant lequel il pourrait être fragilisé.
- [0018] Selon un aspect préféré de l'invention, l'organe de retenue se présente sous la forme d'un pion. Un tel organe de retenue est simple, économique et adapté notamment pour une rupture par cisaillement afin de libérer le dispositif de protection en attente.

- [0019] Selon un aspect préféré, l'organe de retenue est configuré pour libérer le dispositif de protection par déplacement, de préférence de manière passive sous l'action de l'effort de balourd prédéterminé. L'organe de retenue permet ainsi de libérer le dispositif de protection en attente de manière rapide et simple dès que le balourd apparaît, en particulier par escamotage. Ceci permet de protéger le mât sans délai durant lequel il pourrait être fragilisé.
- [0020] Selon un aspect préféré de l'invention, l'organe de retenue comprend un poussoir à ressort et/ou un aimant permettant de déplacer une bille entre une position sortie et une position escamotée, son déplacement permet de bloquer ou libérer le dispositif de protection en attente.
- [0021] Selon un aspect de l'invention, le dispositif de protection en attente comprend un premier bras solidaire du mât et un deuxième bras solidaire du dispositif de propulsion, l'organe de retenue reliant le premier bras et le deuxième bras. Cela permet, d'une part, un montage aisé et pratique de l'organe de retenue, et d'autre part, un maintien efficace du dispositif de protection en attente en l'absence de balourd.
- [0022] Selon un aspect préféré de l'invention, le dispositif de protection en attente comprend des moyens de butée configurés pour limiter la rotation du deuxième organe de liaison par rapport au premier organe de liaison selon une plage angulaire réduite. Ceci permet d'éviter tout contact entre l'hélice et le mât.
- [0023] Selon un aspect de l'invention, le mât comporte un élancement supérieur à 5, de préférence supérieur à 10. On précise que l'élancement désigne le quotient de la longueur du mât sur sa corde, à savoir le segment reliant le bord d'attaque et le bord de fuite du mât dans un plan transversal à l'axe longitudinal du mât. Le dispositif de protection en attente est particulièrement adapté pour un mât de grand élancement, notamment de grande longueur et de faible circonférence, pour lequel des amortisseurs sont inefficaces et/ou leur intégration difficile. Selon un aspect de l'invention, le mât comporte une circonférence sensiblement inférieure à 1/5 de la longueur.
- [0024] Selon un aspect préféré de l'invention, le mât comporte une structure tubulaire rectiligne, de préférence exempte d'amortisseur.
- [0025] L'invention concerne également un aéronef comprenant un ensemble propulsif tel que décrit précédemment, ledit aéronef se présentant de préférence sous la forme d'un dirigeable. Un dirigeable comporte en effet un mât de grande longueur pour éloigner l'hélice de la structure porteuse, ainsi que de faible circonférence pour limiter la traînée et la masse. Le dispositif de protection en attente est ainsi particulièrement avantageux dans le cas d'un dirigeable.
- [0026] L'invention concerne de plus un procédé de protection du mât d'un ensemble propulsif tel que décrit précédemment, dans lequel le premier organe de liaison et le deuxième organe de liaison sont initialement maintenus fixes par l'organe de retenue,

procédé dans lequel, en présence d'un effort de balourd prédéterminé sur l'hélice, l'organe de retenue libère le dispositif de protection en attente afin de protéger le mât. Le procédé selon l'invention est avantageusement simple et rapide à mettre en œuvre, de préférence de manière passive, préférentiellement par rupture en cisaillement de l'organe de retenue lors de l'apparition de l'effort de balourd prédéterminé.

## **PRESENTATION DES FIGURES**

- [0027] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple, et se référant aux figures suivantes, données à titre d'exemples non limitatifs, dans lesquelles des références identiques sont données à des objets semblables.
- [0028] La [Fig.1] est une représentation schématique en perspective d'un dirigeable.
- [0029] La [Fig.2] est une représentation schématique en vue longitudinale d'un ensemble propulsif de dirigeable selon une forme de réalisation de l'invention.
- [0030] La [Fig.3] est une représentation schématique en coupe longitudinale du dispositif de protection du mât de l'ensemble propulsif d'aéronef de la [Fig.2].
- [0031] La [Fig.4] est une représentation schématique en vue de dessus du dispositif de protection du mât de la [Fig.3].
- [0032] La [Fig.5] est une représentation schématique en vue longitudinale de l'ensemble propulsif de la [Fig.2] lors de la mise en œuvre du procédé de protection selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0033] La [Fig.6] est une représentation schématique en coupe longitudinale du dispositif de protection après la mise en œuvre du procédé de protection de la [Fig.5].
- [0034] La [Fig.7] est une représentation schématique en vue de dessus du dispositif de protection après la mise en œuvre du procédé de protection de la [Fig.5].
- [0035] La [Fig.8A] est une représentation schématique en coupe longitudinale du dispositif de protection selon une autre forme de réalisation de l'invention.
- [0036] La [Fig.8B] est une représentation schématique en coupe longitudinale du dispositif de protection de la [Fig.8A] après la mise en œuvre du procédé de protection de la [Fig.5].
- [0037] La [Fig.9A] est une représentation schématique en coupe longitudinale du dispositif de protection selon une autre forme de réalisation de l'invention.
- [0038] La [Fig.9B] est une représentation schématique en coupe longitudinale du dispositif de protection de la [Fig.9A] après la mise en œuvre du procédé de protection de la [Fig.5].
- [0039] La [Fig.10A] est une représentation schématique en coupe longitudinale du dispositif de protection selon une forme de réalisation alternative de l'invention.
- [0040] La [Fig.10B] est une représentation schématique en vue de face du dispositif de

protection de la [Fig.10A].

[0041] La [Fig.10C] est une représentation schématique en coupe longitudinale du dispositif de protection de la [Fig.10A] après la mise en œuvre du procédé de protection de la [Fig.5].

[0042] Il faut noter que les figures exposent l'invention de manière détaillée pour mettre en œuvre l'invention, lesdites figures pouvant bien entendu servir à mieux définir l'invention le cas échéant.

### **DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION**

[0043] En référence aux figures 1 et 2 et comme décrit dans le préambule, un dirigeable D comprend une structure porteuse sur laquelle sont montés plusieurs ensembles propulsifs 9. Chaque ensemble propulsif 9 comprend un mât 5 et un dispositif de propulsion S, supporté par le mât 5, qui comprend un moteur 7 et une nacelle 6 enveloppant le moteur 7. Le moteur 7 se présente classiquement sous la forme d'un turbopropulseur ou d'un moteur électrique et comprend une hélice 8, qui peut être carénée ou non. Le moteur 7 permet d'entraîner en rotation l'hélice 8 selon un axe de rotation X, qui est de préférence parallèle à l'axe du dirigeable D, afin d'accélérer l'air et assurer la propulsion ou la stabilisation au point fixe du dirigeable D. Le mât 5 est quant à lui fixé sur la structure porteuse du dirigeable D pour transmettre la poussée fournie par l'hélice 8. Classiquement, le mât 5 se présente sous la forme d'une structure élancée, notamment tubulaire, s'étendant perpendiculairement à l'axe de rotation X de l'hélice 8. Par la suite, on note Z l'axe longitudinal du mât 5 qui forme, avec l'axe de rotation X et un axe transversal Y, un repère orthogonal X, Y, Z.

[0044] Selon l'invention et comme illustré sur la [Fig.2], l'ensemble propulsif 9 comprend en outre :

- un dispositif de protection en attente 1 comprenant un premier organe de liaison 10 monté fixe sur le mât 5 et un deuxième organe de liaison 11 monté fixe sur le dispositif de propulsion S, le deuxième organe de liaison 11 étant articulé en rotation par rapport au premier organe de liaison 10 selon un (ou plusieurs) degré(s) de liberté, et
- un organe de retenue 4 maintenant le deuxième organe de liaison 11 fixe par rapport au premier organe de liaison 10, ledit organe de retenue 4 étant configuré, en présence d'un effort de balourd prédéterminé sur l'hélice 8, pour libérer le dispositif de protection en attente 1 afin de protéger le mât 5.

[0045] L'invention permet avantageusement de protéger le mât 5 lors de l'apparition d'un balourd sur l'hélice 8, engendré notamment par la perte d'une pale 80 de l'hélice 8, lors d'un contact avec un oiseau par exemple. L'invention permet également de préserver les performances de l'ensemble propulsif 9, notamment en termes de traînée et de

masse. Un tel dispositif de protection en attente 1 est particulièrement adapté pour un mât 5 de dirigeable D, qui comporte une grande longueur pour écarter l'hélice 8 de la structure porteuse du dirigeable D ainsi qu'une faible circonférence pour limiter la traînée et la masse.

- [0046] L'invention est présentée ici dans le cadre d'un dirigeable D mais il va de soi qu'elle s'applique à un ensemble propulsif quelconque comportant un moteur et un mât de support du moteur. L'invention s'applique en particulier à un ensemble propulsif d'aéronef, notamment pour lequel le mât 5 comporte une grande longueur, une faible circonférence et l'axe longitudinal Z du mât est sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation X de l'hélice 8. De préférence, le mât 5 comporte un élancement supérieur à 5, de préférence supérieur à 10, l'élancement étant défini comme le quotient de la longueur L du mât 5 sur sa corde C (voir [Fig.2]). Pour rappel, comme illustré sur la [Fig.2], la corde C désigne la distance séparant le bord d'attaque BA et le bord de fuite BF du mât 5 dans un plan transversal à l'axe longitudinal Z du mât 5. En effet, pour de tels ensembles propulsifs, l'intégration d'amortisseurs n'est pas adaptée pour des raisons de place et d'efficacité.
- [0047] De préférence, comme décrit dans les formes de réalisation suivantes, le deuxième organe de liaison 11 est monté fixe sur la nacelle 6 pour une tenue mécanique optimale et pour faciliter le montage. De manière alternative, le deuxième organe de liaison 11 pourrait également être monté fixe sur le moteur 7 directement. De plus, on décrit par la suite un seul ensemble propulsif 9 de dirigeable D mais il va de soi qu'un nombre quelconque d'ensembles propulsifs 9 du dirigeable D peuvent être équipés d'un dispositif de protection en attente 1 et d'un organe de retenue 4, de préférence ceux susceptibles d'entrer en contact avec un oiseau, préférentiellement la totalité des ensembles propulsifs 9 du dirigeable D.
- [0048] On décrit par la suite plus précisément le dispositif de protection en attente 1 et l'organe de retenue 4.
- [0049] En référence aux figures 3 et 4 et comme décrit précédemment, le dispositif de protection en attente 1 comprend un premier organe de liaison 10 relié de manière fixe au mât 5 et un deuxième organe de liaison 11 relié de manière fixe à la nacelle 6. Dans cet exemple, le dispositif de protection en attente 1 comprend également un organe d'interface 12, qui est monté entre le premier organe de liaison 10 et le deuxième organe de liaison 11. L'organe d'interface 12 est monté pivotant selon l'axe longitudinal Z par rapport au premier organe de liaison 10. Le deuxième organe de liaison 11 est quant à lui monté pivotant selon l'axe transversal Y par rapport à l'organe d'interface 12. Ainsi, le premier organe de liaison 10 et le deuxième organe de liaison 11 sont doublement articulés l'un par rapport à l'autre.
- [0050] Le dispositif de protection en attente 1 offre ainsi deux degrés de liberté à la nacelle 6

par rapport au mât 5 monté fixe sur la structure porteuse du dirigeable D : une rotation autour de l'axe longitudinal Z formant un premier degré de liberté et une rotation autour de l'axe transversal Y formant un deuxième degré de liberté. En pratique, ces deux degrés de liberté permettent d'absorber une part importante des oscillations générées en présence d'un balourd sur l'hélice 8.

- [0051] De manière alternative, le dispositif de protection en attente 1 pourrait autoriser un nombre différent de degrés de liberté, en particulier un unique degré de liberté parmi ceux cités, à savoir une rotation autour de l'axe longitudinal Z ou une rotation autour de l'axe transversal Y. Une telle alternative permet notamment de se passer d'organe d'interface 12 en montant directement le deuxième organe de liaison 11 pivotant par rapport au premier organe de liaison 10 selon le degré de liberté choisi. Une telle alternative limite ainsi la masse mais confère une protection plus limitée pour le mât 5 avec une absorption réduite des efforts de balourd.
- [0052] Plus précisément, dans l'exemple des figures 3 et 4, l'organe d'interface 12 et le premier organe de liaison 10 forment respectivement la partie mâle et la partie femelle de la liaison. L'organe d'interface 12 comprend une tige 120 centrale en saillie selon l'axe longitudinal Z qui coopère avec une ouverture 100 centrale du premier organe de liaison 10, afin de pivoter selon l'axe longitudinal Z. Il va de soi que la coopération entre l'organe d'interface 12 et le premier organe de liaison 10 pourrait être différente sans sortir du cadre de l'invention. A titre d'exemple, l'organe d'interface 12 et le premier organe de liaison 10 pourraient alternativement former respectivement la partie femelle et la partie mâle de la liaison, comme ce sera vu par la suite.
- [0053] Toujours dans l'exemple en référence à la [Fig.3], le deuxième organe de liaison 11 se présente sous la forme d'une chape et comporte deux oreilles 111, s'étendant longitudinalement selon l'axe longitudinal Z, comportant chacune une ouverture traversante 110. L'organe d'interface 12 comprend un pivot 121 d'axe transversal Y dont chaque extrémité est montée dans une ouverture traversante 110 de manière à pivoter autour de ce dernier. Le deuxième organe de liaison 11 et l'organe d'interface 12 forment ainsi respectivement la partie femelle et la partie mâle de la liaison. Il va de soi que la coopération entre le deuxième organe de liaison 11 et l'organe d'interface 12 pourrait être différente sans sortir du cadre de l'invention. A titre d'exemple, le deuxième organe de liaison 11 et l'organe d'interface 12 pourraient alternativement former respectivement la partie mâle et la partie femelle de la liaison, comme ce sera vu par la suite.
- [0054] En référence aux figures 3 et 4 et comme décrit précédemment, l'organe de retenue 4 maintient le deuxième organe de liaison 11 fixe par rapport au premier organe de liaison 10. L'organe de retenue 4 retient ainsi en attente le dispositif de protection 1 de manière à former une liaison encastrement entre la nacelle 6 et le mât 5. Plus pré-

cisément, dans cet exemple, l'organe de retenue 4 relie un premier bras 13 et un deuxième bras 14 du dispositif de protection en attente 1. Le premier bras 13 est monté fixe sur le premier organe de liaison 10, de manière solidaire au mât 5, tandis que le deuxième bras 14 est monté fixe sur le deuxième organe de liaison 11, de manière solidaire à la nacelle 6. Toujours dans cet exemple, le premier bras 13 s'étend extérieurement au deuxième bras 14 et perpendiculairement à celui-ci. L'organe de retenue 4 se présente quant à lui sous la forme d'un pion traversant l'épaisseur du premier bras 13 et s'étendant dans le deuxième bras 14.

[0055] En référence à la [Fig.5] et comme décrit précédemment, l'organe de retenue 4 est configuré pour libérer le dispositif de protection en attente 1 en présence d'un effort de balourd prédéterminé. De préférence, l'organe de retenue 4 est configuré pour libérer le dispositif de protection en attente 1 de manière passive sous l'effet de la force du balourd, de préférence par rupture. Il est représenté sur la [Fig.5] le cas d'une perte de pale 80 au niveau de l'hélice 8 qui engendre un déséquilibre la répartition des masses sur l'hélice 8 et génère un balourd. Le balourd est à l'origine d'une force de balourd  $F$  qui tend à déplacer l'axe de rotation de l'hélice 8 et exerce un effort de cisaillement sur l'organe de retenue 4, à l'origine de sa rupture. De préférence, l'organe de retenue 4 comporte une zone de rupture privilégiée, se présentant à titre d'exemple sous la forme d'une fente, d'une rainure ou d'une section calibrée, afin de faciliter sa rupture et en choisir son emplacement. Dans l'exemple des figures 3 et 4, l'interface entre les bras 13, 14 est au moins partiellement sphérique au niveau de la zone de cisaillement de l'organe de retenue 4, de manière à être très proches, voire en contact, afin de favoriser le cisaillement de l'organe de retenue 4. Le jeu entre les bras 13, 14 peut être augmenté à distance de la zone de cisaillement.

[0056] Il va de soi que le dispositif de protection 1 pourrait être libéré de manière différente par l'organe de retenue 4, de manière active ou passive, sous l'effet de la force de balourd sans sortir du cadre de l'invention.

[0057] Les figures 6 et 7 illustrent le déplacement en rotation de la nacelle 6 par rapport au mât 5 une fois le dispositif de protection en attente 1 libéré. Comme illustré sur les figures 6 et 7, l'organe de retenue 4 est rompu de sorte que le premier bras 13 et le deuxième bras 14 ne sont plus solidaires. La nacelle 6 est ainsi autorisée à se déplacer en rotation par rapport au mât 5 sous l'effet de la force de balourd, dans cet exemple selon un degré de liberté  $\alpha$  en rotation autour de l'axe longitudinal  $Z$  et selon un degré de liberté  $\beta$  en rotation autour de l'axe transversal  $Y$ .

[0058] Comme illustré sur les figures 6 et 7, le dispositif de protection en attente 1 comprend de préférence des moyens de butée 15 de manière à limiter le déplacement du deuxième organe de liaison 11 par rapport au premier organe de liaison 10, et par suite de la nacelle 6 par rapport au mât 5. Dans cet exemple, les moyens de butée 15 se

présentent sous la forme d'éléments en saillie montés sur le premier bras 13 de part et d'autre du deuxième bras 14 afin de limiter le déplacement du deuxième bras 14. Il va cependant de soi que d'autres moyens de butée 15 pourraient être envisagés. De préférence, les moyens de butée 15 limitent le déplacement selon une plage angulaire réduite  $\Delta\alpha$  inférieure à  $90^\circ$  pour le degré de liberté  $\alpha$  en rotation autour de l'axe longitudinal Z et selon une plage angulaire réduite  $\Delta\beta$  pour le degré de liberté  $\beta$  en rotation autour de l'axe transversal Y, telle que les pales 80 de l'hélice 8 n'aient aucun contact avec le mât 5.

[0059] De manière préférée, pour éviter toute collision, l'angle formé par le degré de liberté  $\beta$  est strictement inférieur à un angle maximal  $\beta_{\max}$  déterminé par la formule suivante :

$$\beta_{\max} = 2 \cdot \text{Arctg} \left( \frac{-Lp + \sqrt{Lp^2 + Lh^2 - e^2}}{e + Lh} \right)$$

[0060] Dans laquelle

- $Lp$  est le rayon de l'hélice,
- $Lh$  la distance entre le plan de l'hélice et le point O déterminé à l'intersection des axes de rotation vertical et latéral de l'ensemble propulsif suite à sa libération,
- $e$  la distance entre le bord d'attaque et l'axe vertical passant par le point O.

[0061] De préférence encore, les angles des degrés de liberté  $\alpha$  et  $\beta$  sont supérieurs à un angle seuil prédéterminé  $\beta_0$  qui correspond à l'angle de la nacelle 6 déséquilibrée autour de son axe initial pour un balourd prédéterminé.

[0062] De préférence, le premier organe de liaison 10, le deuxième organe de liaison 11 et l'organe d'interface 12 sont chacun monoblocs, c'est-à-dire, issus d'une seule pièce.

[0063] On décrit par la suite en référence aux figures 8A et 8B une autre forme de réalisation de l'invention qui diffère de la précédente en ce que le premier bras 13' comporte une articulation 130. Comme illustré sur la [Fig.8A], le premier bras 13' comprend une partie proximale 131 fixée sur le premier organe de liaison 10 et une partie distale 132 sur laquelle est monté l'organe de retenue 4'. La partie distale 132 est de plus montée pivotante autour de l'axe transversal Y par rapport à la partie proximale 131 grâce à l'articulation 130. Comme illustré sur la [Fig.8B], de manière avantageuse, en présence d'un balourd, le premier bras 13', désolidarisé du deuxième bras, 14 pivote vers l'extérieur du dispositif de protection en attente 1 sous l'effet de la gravité. Ceci permet d'éloigner le premier bras 13' du deuxième bras 14 de manière à éviter toute gêne lors du déplacement de la nacelle 6 par rapport au mât 5 selon les degrés de liberté  $\alpha$ ,  $\beta$ .

[0064] Toujours en référence aux figures 8A et 8B, de manière indépendante au premier bras articulé 13', l'organe de retenue 4' se présente sous la forme d'une vis fixée à l'aide d'une goupille 16. En référence à la [Fig.8A], l'organe de retenue 4' comporte

quant à lui une tête reliée à une tige, filetée ou non, insérée extérieurement de manière traversante dans le premier bras 13' et s'étendant dans le deuxième bras 14. Une goupille 16 est de plus montée dans le premier bras 13' afin de permettre de retenir la portion de tête lorsque la portion de pied est filetée. Ainsi, on évite l'éjection d'éléments mécaniques suite à la rupture. Il va de soi que la vis pourrait être bloquée autrement que par goupille, par exemple grâce à son filetage.

- [0065] Les figures 9A et 9B illustrent une autre forme de réalisation de l'invention dans laquelle l'organe de retenue 4 comprend un poussoir à ressort avec une bille. En l'absence ou en deçà d'un effort de balourd prédéterminé, le ressort maintient la bille dans une position sortie dans un logement formé dans le deuxième bras 14. En présence d'un effort de balourd prédéterminé, la bille est déplacée dans une position escamotée dans le premier bras 13 par compression du ressort, ce qui libère le deuxième bras 14 et donc la nacelle 6.
- [0066] De manière alternative, le ressort mécanique de l'organe de retenue 4 pourrait être remplacé par un aimant permanent monté sur le deuxième bras 14 de manière à maintenir la bille en position sortie et à la libérer sous un niveau d'effort taré au préalable correspondant à l'effort de balourd prédéterminé.
- [0067] Il va de soi que les formes de réalisation décrites ne sont pas indépendantes mais peuvent être combinées pour tout ou partie des éléments décrits.
- [0068] Les figures 10A à 10C illustrent une autre forme de réalisation de l'invention qui diffère des précédentes en ce que l'organe d'interface 12' coopère avec le premier organe de liaison 10' et le deuxième organe de liaison 11' en formant pour chacun la partie femelle de la liaison. Dans cette forme de réalisation, le premier bras 13'' et le deuxième bras 14'' sont de plus respectivement fixés directement sur le mât 5 et la nacelle 6.
- [0069] Plus précisément, comme illustré sur les figures 10A et 10B, le premier organe de liaison 10' comprend une tige 101 s'étendant en saillie selon l'axe longitudinal Z et coopérant avec une ouverture 123 selon l'axe longitudinal Z de l'organe d'interface 12'. La tige 101 et l'ouverture 123 comprennent chacune une partie tronconique de manière à faciliter la coopération. De préférence, une bague de liaison (non représentée) est également insérée entre la tige 101 et l'ouverture 123 pour favoriser la coopération.
- [0070] Toujours en référence aux figures 10A et 10B, le deuxième organe de liaison 11' se présente quant à lui sous la forme d'un pivot d'axe transversal Y fixé au niveau de ses extrémités sur la nacelle 6. L'organe d'interface 12' se présente sous la forme d'une chape et comprend quant à lui deux oreilles 124 s'étendant selon l'axe longitudinal Z et comportant chacune une ouverture traversante 125 d'axe transversal Y. Le deuxième organe de liaison 11' s'étend dans les deux ouvertures traversantes 125 afin de

permettre une rotation autour de l'axe transversal Y.

- [0071] En référence à la [Fig.10A], le deuxième bras 14'' est fixé sur la nacelle 6 et comprend une interface sphérique de manière à coopérer avec le premier bras 13'. L'interface sphérique est de préférence montée de manière rapportée sur le deuxième bras 14'' pour faciliter l'usinage et l'intégration. De préférence, le premier bras 13' se présente quant à lui de préférence sous la forme d'une pièce rapportée montée sur le mât 5. La fixation du premier bras 13 directement sur le mât 5 et du deuxième bras 14 directement sur la nacelle 6 contribuent avantageusement à un maintien optimal.
- [0072] En référence à la [Fig.10C], en présence d'un balourd, le dispositif de protection en attente 1' une fois libéré autorise la nacelle 6 à se déplacer en rotation selon les mêmes degrés de liberté  $\alpha$ ,  $\beta$  que précédemment, à savoir en rotation autour de l'axe longitudinal Z et autour de l'axe transversal Y. Dans l'ensemble des formes de réalisation décrites, le degré de liberté  $\alpha$  est autorisé par la liaison entre le premier organe de liaison 10, 10' et l'organe d'interface 12, 12' tandis que le degré de liberté  $\beta$  est autorisé par la liaison entre le deuxième organe de liaison 11, 11' et l'organe d'interface 12, 12'. Il va cependant de soi que cela pourrait également être l'inverse. La configuration des formes de réalisation décrites précédemment permet avantageusement d'augmenter la robustesse et la tenue mécanique du mât 5.
- [0073] L'invention concerne également un procédé de protection du mât 5 d'un ensemble propulsif 9, tel que ceux décrits dans les formes de réalisation précédentes. Avant la mise en œuvre du procédé, comme illustré sur les figures 3, 4, 8A, 9A, 10A et 10B, l'organe de retenue 4, 4' maintient fixe le deuxième organe de liaison 11, 11' par rapport au premier organe de liaison 10, 10'. Autrement dit, le dispositif de protection 1, 1' est initialement monté en attente et forme une liaison encastrement entre le dispositif de propulsion S et le mât 5, dans les exemples précédents entre la nacelle 6 et le mât 5.
- [0074] Comme illustré sur la [Fig.5], le procédé est mis en œuvre lorsqu'un effort de balourd prédéterminé est appliqué sur l'hélice 8, tel qu'en cas de perte de pale suite à un contact avec un oiseau en vol par exemple. L'effort de balourd prédéterminé est choisi suffisamment élevé pour ne pas mettre en œuvre le procédé de protection de manière intempestive, et suffisamment faible pour mettre en œuvre le procédé de protection dès l'apparition du balourd, sans délai ou attente qui pourrait endommager le mât 5.
- [0075] Ainsi, comme illustré sur les figures 6, 7, 8B, 9B et 10C, en présence d'un tel effort de balourd, l'organe de retenue 4, 4' libère le dispositif de protection en attente 1, 1', par exemple par rupture par cisaillement d'un pion ou d'une vis ou encore par déplacement d'une bille par un ressort ou un aimant dans les formes de réalisation précédentes. Le dispositif de propulsion S est alors autorisé à se déplacer en rotation par

rapport au mât 5 selon les degrés de liberté  $\alpha$ ,  $\beta$  offerts par les liaisons du dispositif de protection 1, 1'. Ceci permet avantageusement d'absorber certains des efforts générés par le balourd sur l'ensemble propulsif 9, afin d'éviter de les transmettre au mât 5. Le mât 5 est ainsi avantageusement protégé en particulier contre les efforts ou moments de torsion très néfastes pour un mât élancé de faible section, ce qui augmente sa durée de vie et évite l'apparition de fragilités, notamment au niveau de ses extrémités. La propulsion est assurée tout en garantissant la sécurité. De manière avantageuse, les oscillations du moteur 7 sont en parties absorbées par le dispositif de protection en attente 1, 1' une fois libéré, ce qui évite la transmission d'efforts à la base du mât 5.

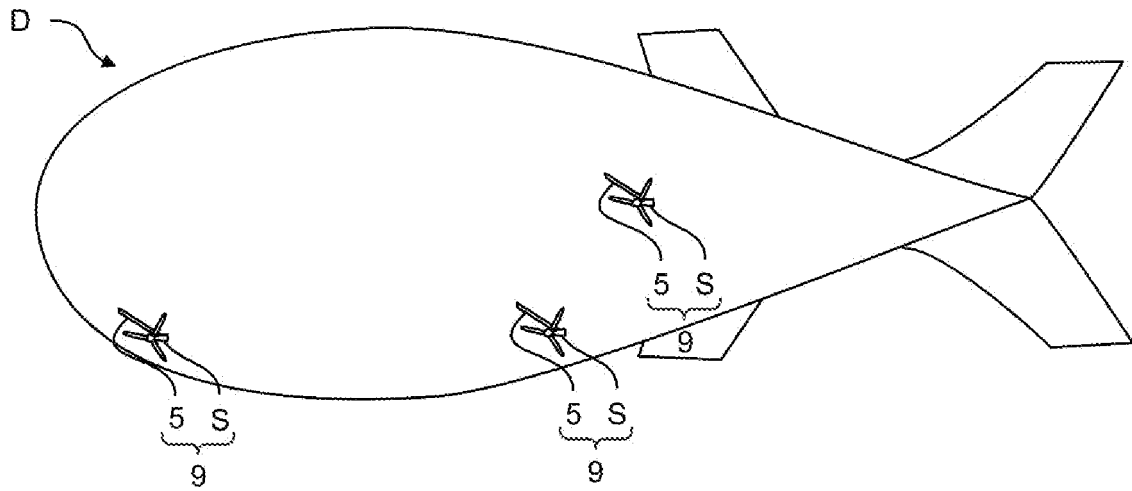
[0076] L'invention permet ainsi de renforcer la tenue mécanique du mât 5, en particulier de grand élancement, sans devoir modifier ses dimensions pour intégrer des amortisseurs et/ou faire un compromis sur les performances de l'ensemble propulsif 9. En effet, le dispositif de protection en attente 1, 1' comporte avantageusement un encombrement et une masse faibles ce qui le rend facilement intégrable. Un tel dispositif de protection en attente 1, 1' forme une sécurité qui peut être activée uniquement en cas de besoin grâce à l'organe de retenue 4, 4'. L'activation est de plus simple, rapide et sans intervention humaine pour une protection immédiate.

## Revendications

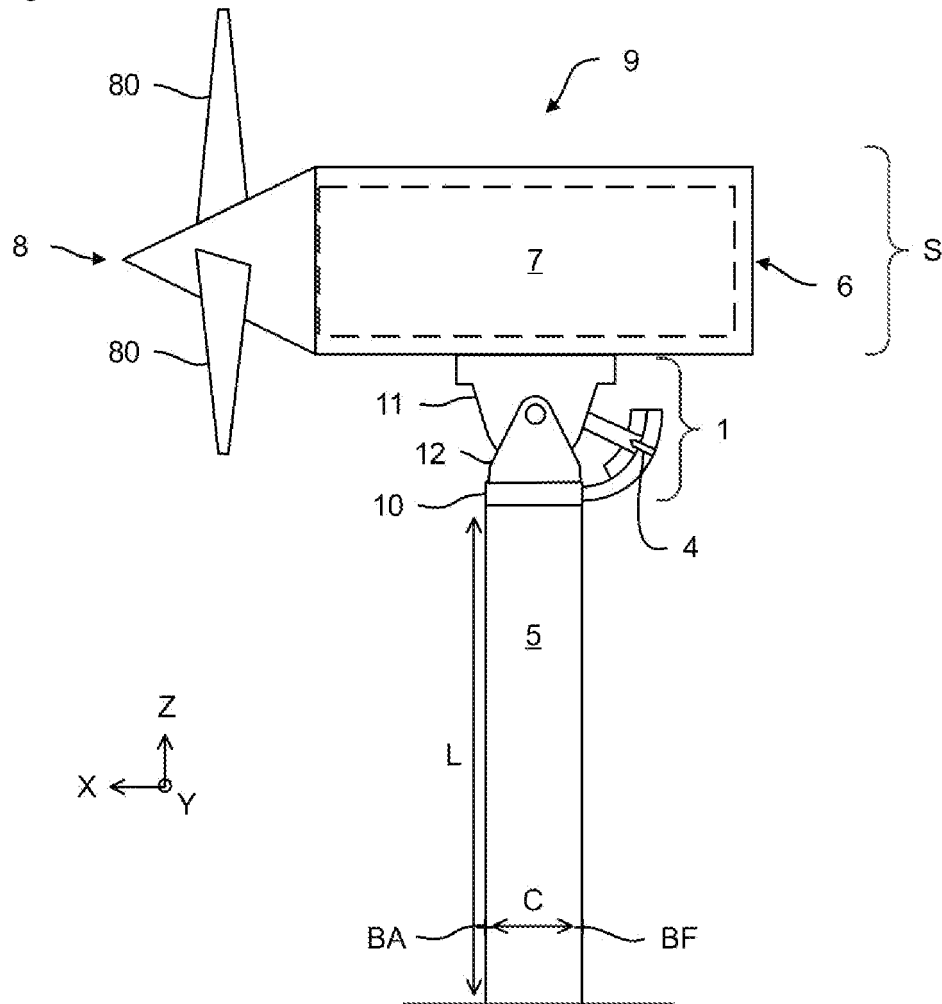
- [Revendication 1] Ensemble propulsif (9), en particulier d'aéronef, comprenant un mât (5) et un dispositif de propulsion (S) supporté par le mât (5), ledit dispositif de propulsion (S) comprenant un moteur (7) et une nacelle (6) enveloppant le moteur (7), ledit moteur (7) comprenant une hélice (8) rotative selon un axe de rotation (X) entraînée par le moteur (7), ensemble propulsif (9) **caractérisé par le fait qu'il comprend :**
- Un dispositif de protection en attente (1, 1') comprenant un premier organe de liaison (10, 10') monté fixe sur le mât (5) et un deuxième organe de liaison (11, 11') monté fixe sur le dispositif de propulsion (S), le deuxième organe de liaison (11, 11') étant articulé en rotation par rapport au premier organe de liaison (10, 10') selon au moins un degré de liberté ( $\alpha$ ,  $\beta$ ), et
  - Au moins un organe de retenue (4, 4') maintenant le deuxième organe de liaison (11, 11') fixe par rapport au premier organe de liaison (10, 10'), ledit organe de retenue (4, 4') étant configuré, en présence d'un effort de balourd prédéterminé (F) sur l'hélice (8), pour libérer le dispositif de protection en attente (1, 1') afin de protéger le mât (5).
- [Revendication 2] Ensemble propulsif (9) selon la revendication 1, dans lequel le deuxième organe de liaison (11, 11') est monté fixe sur la nacelle (6) du dispositif de propulsion (S).
- [Revendication 3] Ensemble propulsif (9) selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel le deuxième organe de liaison (11, 11') est articulé en rotation par rapport au premier organe de liaison (10, 10') selon au moins deux degrés de liberté ( $\alpha$ ,  $\beta$ ), de préférence selon uniquement deux degrés de liberté ( $\alpha$ ,  $\beta$ ).
- [Revendication 4] Ensemble propulsif (9) selon la revendication 3, dans lequel le dispositif de protection en attente (1, 1') comprend un organe d'interface (12, 12') monté entre le premier organe de liaison (10, 10') et le deuxième organe de liaison (11, 11'), ledit organe d'interface (12, 12') étant monté pivotant par rapport au premier organe de liaison (10, 10') selon un des degrés de liberté ( $\alpha$ ,  $\beta$ ), ledit deuxième organe de liaison (11, 11') étant monté pivotant par rapport à l'organe d'interface (12, 12') selon un autre des degrés de liberté ( $\alpha$ ,  $\beta$ ).

- [Revendication 5] Ensemble propulsif (9) selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel un degré de liberté ( $\alpha$ ) se présente sous la forme d'une rotation autour de l'axe longitudinal (Z) du mât (5).
- [Revendication 6] Ensemble propulsif (9) selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel un degré de liberté ( $\beta$ ) se présente sous la forme d'une rotation autour d'un axe transversal (Y), qui définit un repère orthogonal (X, Y, Z) avec l'axe de rotation (X) de l'hélice (8) et l'axe longitudinal (Z) du mât (5).
- [Revendication 7] Ensemble propulsif (9) selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel l'organe de retenue (4, 4') est configuré pour libérer de manière passive le dispositif de protection (1, 1') sous l'action de l'effort de balourd prédéterminé (F), de préférence par rupture.
- [Revendication 8] Ensemble propulsif (9) selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel le dispositif de protection en attente (1, 1') comprend un premier bras (13, 13', 13'') solidaire du mât (5) et un deuxième bras (14, 14', 14'') solidaire du dispositif de propulsion (S), l'organe de retenue (4, 4') reliant le premier bras (13, 13', 13'') et le deuxième bras (14, 14', 14'').
- [Revendication 9] Ensemble propulsif (9) selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel le mât (5) comporte un élancement, l'élancement désignant le quotient de la longueur du mât (5) sur sa corde, qui est supérieur à 5, de préférence supérieur à 10.
- [Revendication 10] Procédé de protection du mât (5) d'un ensemble propulsif (9) selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel le premier organe de liaison (10, 10') et le deuxième organe de liaison (11, 11') sont initialement maintenus fixes par l'organe de retenue (4, 4'), procédé dans lequel, en présence d'un effort de balourd prédéterminé (F) sur l'hélice (8), l'organe de retenue (4, 4') libère le dispositif de protection en attente (1, 1') afin de protéger le mât (5).

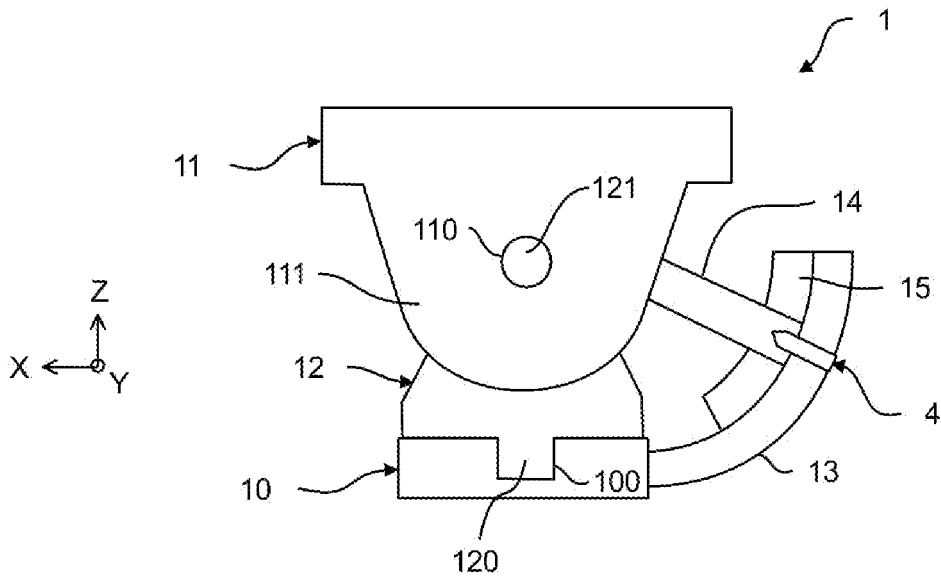
[Fig. 1]

**FIG. 1**

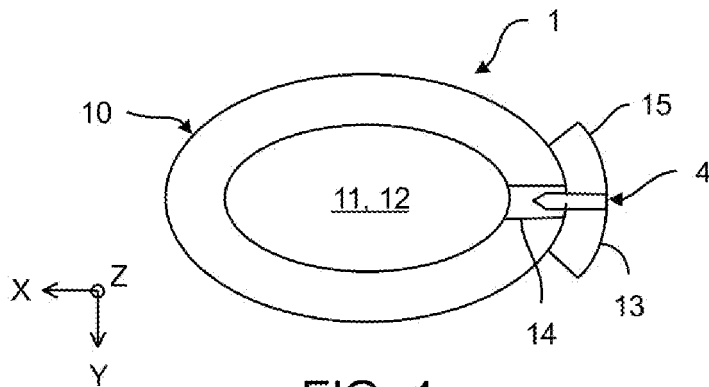
[Fig. 2]

**FIG. 2**

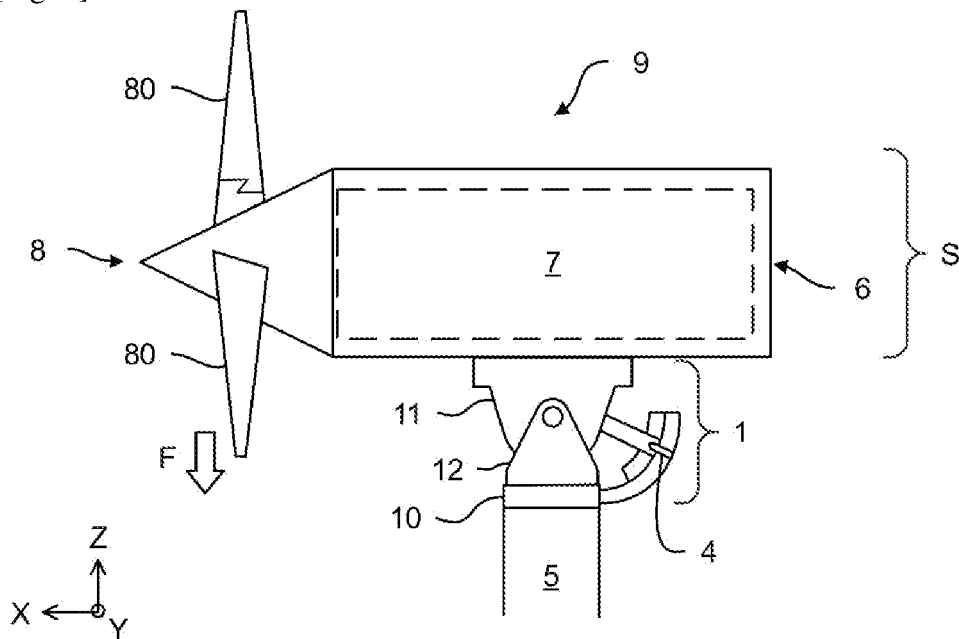
[Fig. 3]

**FIG. 3**

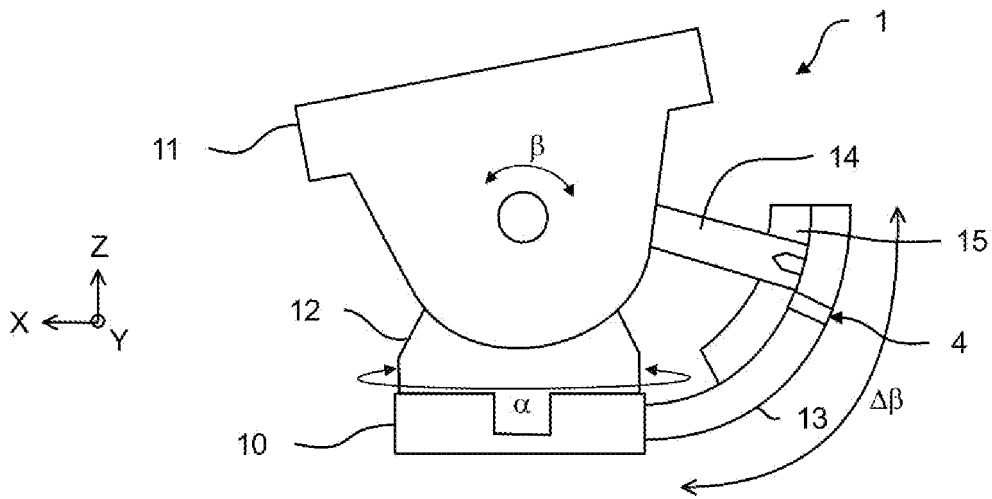
[Fig. 4]

**FIG. 4**

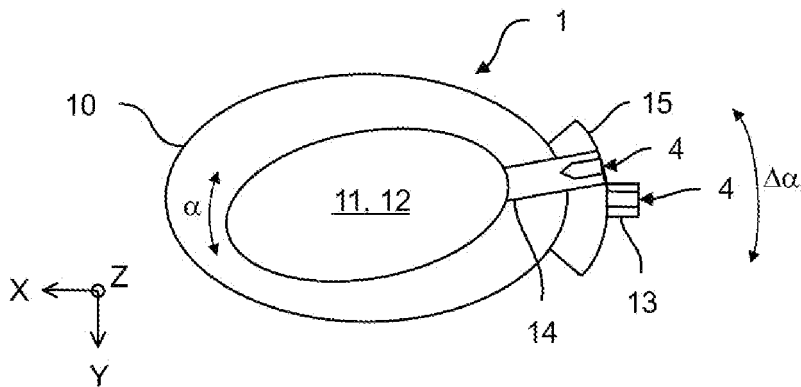
[Fig. 5]

**FIG. 5**

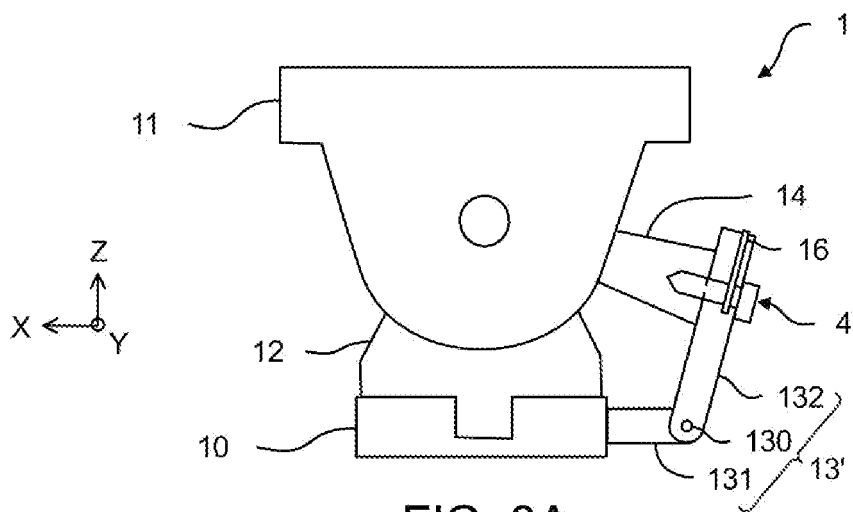
[Fig. 6]

**FIG. 6**

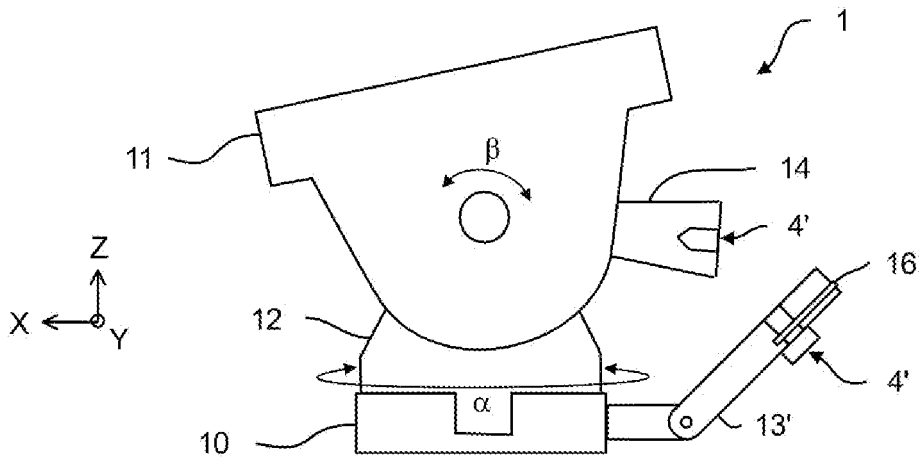
[Fig. 7]

**FIG. 7**

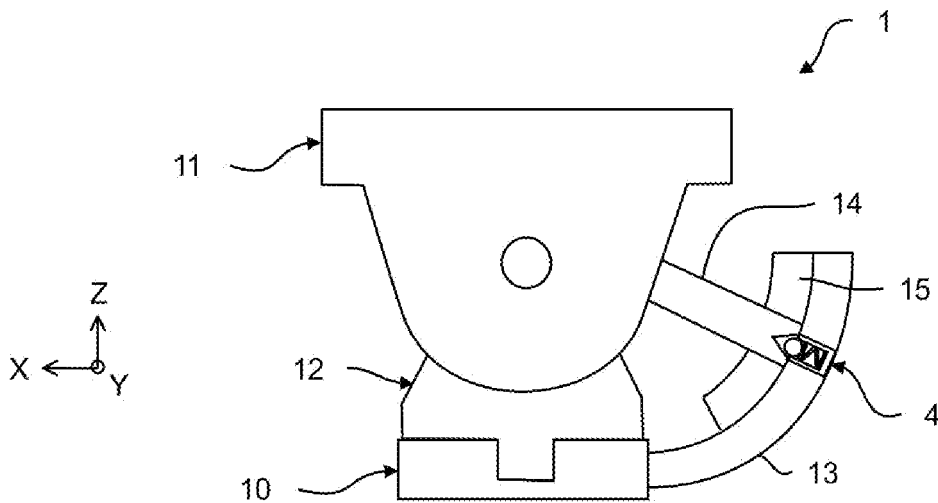
[Fig. 8A]

**FIG. 8A**

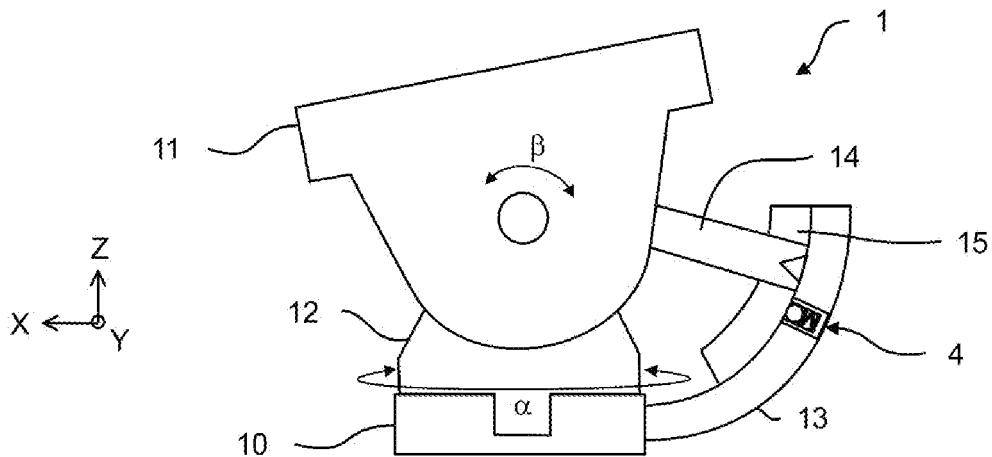
[Fig. 8B]

**FIG. 8B**

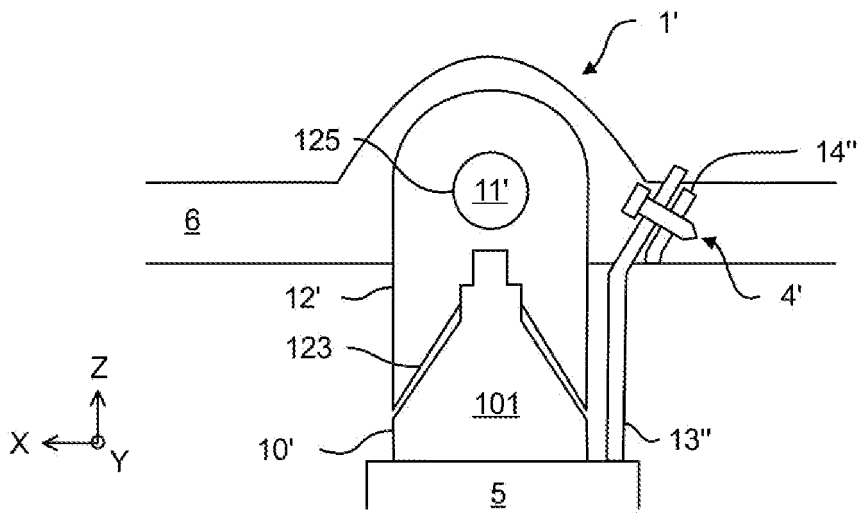
[Fig. 9A]

**FIG. 9A**

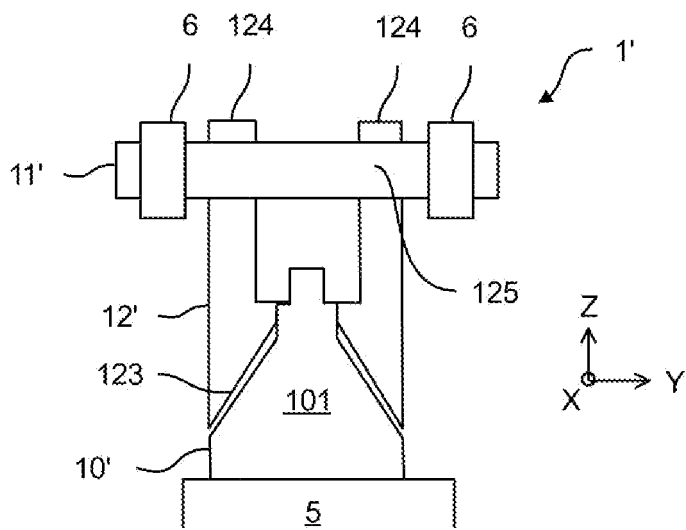
[Fig. 9B]

**FIG. 9B**

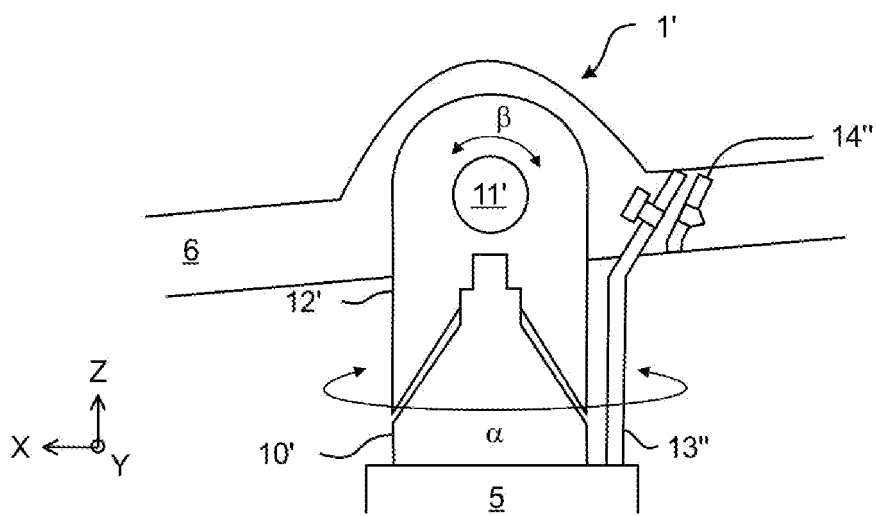
[Fig. 10A]

**FIG. 10A**

[Fig. 10B]

**FIG. 10B**

[Fig. 10C]

**FIG. 10C**

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN  
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 5 449 129 A (CARLILE DAVID E [US] ET  
AL) 12 septembre 1995 (1995-09-12)

US 1 842 125 A (AUGUST SCHWARZ)  
19 janvier 1932 (1932-01-19)

US 2018/327102 A1 (COUFFIGNAL JEAN PIERRE  
[FR] ET AL) 15 novembre 2018 (2018-11-15)

US 2020/130798 A1 (DESPINEUX FRANK [DE] ET  
AL) 30 avril 2020 (2020-04-30)

US 8 062 082 B1 (ANDERSON ARDEN A [US] ET  
AL) 22 novembre 2011 (2011-11-22)

EP 1 972 781 A2 (REPOWER SYSTEMS AG [DE])  
24 septembre 2008 (2008-09-24)

EP 0 948 441 A2 (INDUSTRIEANLAGEN  
BETRIEBSGES [DE]; KUENKLER HERMANN [DE])  
13 octobre 1999 (1999-10-13)

DE 10 2007 013147 A1 (UNIV CHEMNITZ TECH  
[DE]) 18 septembre 2008 (2008-09-18)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN  
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND  
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT