



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
10.08.2011 Bulletin 2011/32

(51) Int Cl.:
B63B 1/24 (2006.01) **B63B 1/28** (2006.01)
B63B 1/30 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11152401.3**

(22) Date de dépôt: **27.01.2011**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME

• **Sournat, André**
78500 Sartrouville (FR)

(72) Inventeurs:
• **Perrier, Philippe**
78760 Saint Nom la Breteche (FR)
• **Sournat, André**
78500 Sartrouville (FR)

(30) Priorité: **05.02.2010 FR 1050846**

(71) Demandeurs:
• **Hydroptere**
75005 Paris (FR)
• **Perrier, Philippe**
78760 Saint Nom la Breteche (FR)

(74) Mandataire: **Cabinet Plasseraud**
52, rue de la Victoire
75440 Paris Cedex 09 (FR)

(54) **Véhicule à hydrofoil**

(57) Véhicule comprenant un hydrofoil mobile (6) relié à une structure porteuse (2) par un dispositif limiteur d'effort (8) adapté pour appliquer une précontrainte permanente à l'hydrofoil pour le maintenir en position nominale tant qu'il ne subit pas un effort supérieur à une limite prédéterminée non nulle supérieure à un effort de sus-

tentation moyen nécessaire pour sustenter la structure porteuse, et permettre à l'hydrofoil de se déplacer vers une position effacée lorsqu'il subit un effort supérieur à cette limite prédéterminée, tout en sollicitant l'hydrofoil vers sa position nominale avec une force comprise entre 1 et 2 fois la limite prédéterminée.

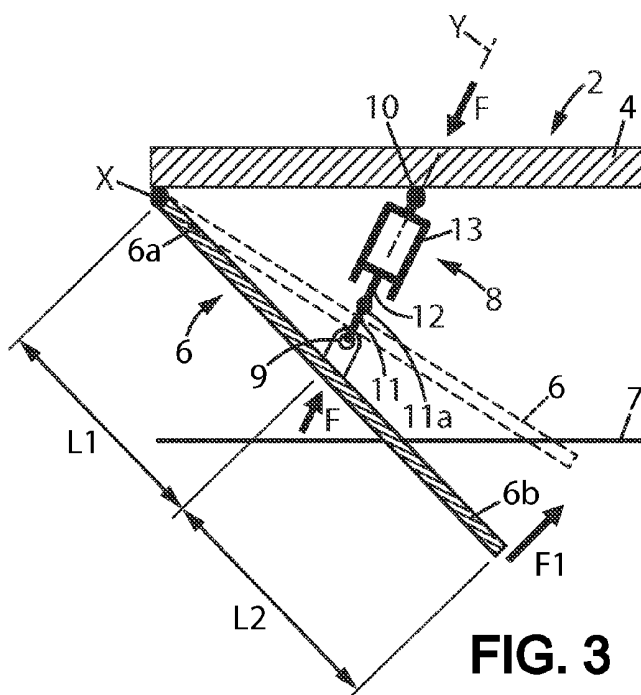


FIG. 3

Description

[0001] La présente invention est relative aux véhicules à hydrofoils.

[0002] Plus particulièrement, l'invention concerne un véhicule à hydrofoil adapté pour naviguer à la surface de l'eau et comprenant au moins :

- une structure porteuse,
- au moins un hydrofoil disposé sous la structure porteuse et adapté pour prendre appui sur l'eau de façon à sustenter ladite structure porteuse lorsque le véhicule se déplace sur l'eau, l'hydrofoil étant monté mobile sur la structure porteuse entre d'une part, une position nominale où ledit hydrofoil est abaissé au maximum et d'autre part, une position relevée où ledit hydrofoil est plus proche de la structure porteuse, et ledit hydrofoil étant sollicité vers sa position nominale.

[0003] Le document FR-A-2 652 056 décrit un véhicule de ce type, dans lequel les hydrofoils sont montés sur la structure porteuse au moyen d'amortisseurs qui permettent des mouvements permanents des hydrofoils. De tels amortisseurs permettent de filtrer les mouvements verticaux appliqués à la structure porteuse, mais non les efforts verticaux appliqués à cette structure. L'amortissement produit par de tels amortisseurs entraîne l'application d'une force réactive très importante lorsque l'hydrofoil se déplace vers le haut sous l'effet d'un pic d'effort vertical, de sorte que la structure porteuse d'un véhicule à hydrofoils doté de tels amortisseurs doit être dimensionnée de la même façon que s'il n'y avait pas d'amortisseurs, en fonction des pics d'efforts verticaux subis par les hydrofoils. Il en résulte une structure porteuse nécessairement très renforcée et très lourde par rapport aux efforts moyens que subissent les hydrofoils.

[0004] On notera par ailleurs que l'ajout de tels amortisseurs présente peu d'intérêt, l'eau sur laquelle s'appuie l'hydrofoil constituant déjà un très bon amortisseur.

[0005] La présente invention a notamment pour but de pallier cet inconvénient.

[0006] A cet effet, selon l'invention, un véhicule du genre en question est **caractérisé en ce qu'il** comporte un dispositif limiteur d'effort adapté pour :

- appliquer une précontrainte permanente à l'hydrofoil pour maintenir ledit hydrofoil en position nominale tant qu'il ne subit pas un effort supérieur à une limite prédéterminée non nulle,
- et permettre à l'hydrofoil de se déplacer vers la position effacée lorsqu'il subit un effort supérieur à ladite limite prédéterminée, tout en sollicitant ledit hydrofoil vers la position nominale avec une force au moins égale à ladite limite prédéterminée mais inférieure à deux fois ladite limite prédéterminée, l'hydrofoil étant adapté pour appliquer à ladite structure porteuse un effort vers le haut supérieur à un effort

de sustentation moyen nécessaire pour sustenter la structure porteuse lorsque le véhicule se déplace sur l'eau, et ladite limite prédéterminée est supérieure à cet effort de sustentation moyen.

[0007] Grâce à ces dispositions, l'hydrofoil remplit au mieux sa fonction de sustentation du véhicule, du fait qu'il est maintenu dans sa position nominale tant qu'il ne subit pas un effort vers le haut supérieur à ladite limite prédéterminée. Comme cette limite est supérieure à l'effort de sustentation moyen, l'hydrofoil reste la majeure partie du temps en position nominale et exerce donc sa fonction de sustentation de façon optimale la majeure partie du temps.

[0008] Lorsque l'hydrofoil subit ponctuellement un effort très important, par exemple du fait d'une vague plus forte que la moyenne, le dispositif limiteur d'effort permet à l'hydrofoil de remonter, éventuellement jusqu'à la position effacée. Au cours de ce mouvement de montée de l'hydrofoil, l'angle d'incidence apparent de l'hydrofoil par rapport à l'eau diminue du fait de la vitesse de remontée de l'hydrofoil, ce qui limite efficacement l'effort subi par l'hydrofoil, de sorte que la force de réaction transmise à la structure porteuse est limitée. On écrête ainsi les efforts transmis à la structure porteuse au cours de la navigation du véhicule. Cet écrêtement ne dure qu'un temps très bref et ne gêne pas la sustentation optimale susmentionnée du véhicule.

[0009] Par conséquent, la structure porteuse peut être largement sous-dimensionnée par rapport aux structures porteuses de l'art antérieur, sans pour autant risquer un endommagement de ladite structure porteuse, et dans le même temps cette structure porteuse assure une sustentation optimale du véhicule contrairement aux systèmes à vérins amortisseurs permettant un mouvement permanent ou quasipermanent des hydrofoils.

[0010] Dans des modes de réalisation préférés du véhicule selon l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

- le dispositif limiteur d'effort est adapté pour solliciter l'hydrofoil vers la position nominale avec une force comprise entre 100 % et 150 % de ladite limite prédéterminée lorsqu'il permet à l'hydrofoil de se déplacer vers la position effacée ;
- l'hydrofoil est articulé à la structure porteuse autour d'un axe de rotation sensiblement parallèle à une direction de déplacement du véhicule, et le dispositif limiteur d'effort relie l'hydrofoil à la structure porteuse selon une direction d'application d'effort sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation ;
- le dispositif limiteur d'effort comporte un vérin comprenant des première et deuxième parties coulissantes l'une par rapport à l'autre selon ladite direction d'application d'effort et articulées respectivement à l'hydrofoil et à la structure porteuse, lesdites première et deuxième parties du vérin étant sollicitées élas-

tiquement à l'écartement mutuel vers une position d'écartement maximum correspondant à la position nominale de l'hydrofoil ;

- le vérin comporte un piston et un cylindre, solidaires, l'un de la première partie du vérin et l'autre de la deuxième partie du vérin, le piston couissant dans le cylindre en délimitant avec celui-ci une chambre pneumatique remplie d'un gaz sous pression qui exerce sur le piston un effort permanent dans le sens d'un écartement mutuel des première et deuxième parties du vérin, ledit effort permanent étant dimensionné pour équilibrer un effort subi par l'hydrofoil et correspondant à ladite limite prédéterminée lorsque l'hydrofoil est en position nominale ;
- la chambre pneumatique communique en permanence avec au moins un réservoir externe rempli de gaz à même pression que la chambre pneumatique ;
- ledit réservoir externe est solidaire de la structure porteuse ;
- le véhicule comporte en outre un dispositif amortisseur adapté pour ne pas interférer sensiblement avec un mouvement de l'hydrofoil vers la position effacée et pour ralentir un mouvement de l'hydrofoil vers la position nominale, au moins lorsque ledit hydrofoil est proche de la position nominale ;
- le dispositif amortisseur comporte des première et deuxième chambres hydrauliques remplies de liquide et communiquant entre elles par l'intermédiaire d'un clapet, les première et deuxième chambres hydrauliques étant disposées pour qu'un déplacement de l'hydrofoil vers la position effacée entraîne un écoulement de liquide de la première chambre hydraulique vers la deuxième chambre hydraulique et pour qu'un déplacement de l'hydrofoil vers la position nominale entraîne un écoulement de liquide de la deuxième chambre hydraulique vers la première chambre hydraulique, le clapet étant adapté pour s'ouvrir lorsque le liquide s'écoule de la première chambre hydraulique vers la deuxième chambre hydraulique et pour se fermer lorsque le liquide s'écoule de la deuxième chambre hydraulique vers la première chambre hydraulique, ledit clapet laissant au liquide une première section de passage lorsqu'il est ouvert et une deuxième section de passage lorsqu'il est fermé, ladite deuxième section de passage étant inférieure à la première section de passage ;
- le dispositif amortisseur comporte en outre un obturateur qui est disposé pour obturer progressivement ladite deuxième section de passage lorsque l'hydrofoil arrive en position nominale, de façon à freiner progressivement l'hydrofoil lorsque ledit hydrofoil revient en position nominale ;
- la première chambre hydraulique est solidaire du piston et la deuxième chambre hydraulique est partiellement délimitée par le piston, à l'opposé de la chambre pneumatique, de façon qu'une compression de la chambre pneumatique se traduise par une aug-

mentation de volume de la deuxième chambre hydraulique ;

- le piston est solidaire de deux garnitures étanches annulaires qui sont séparées par un espace intermédiaire et qui sont en contact l'une, avec la chambre pneumatique et l'autre, avec la deuxième chambre hydraulique, et le vérin comporte en outre une chambre hydraulique auxiliaire remplie de liquide à une pression supérieure à la pression du gaz, ladite chambre hydraulique auxiliaire communiquant avec ledit espace intermédiaire ;
- la chambre hydraulique auxiliaire est mise en pression par un piston auxiliaire différentiel soumis à la pression de la chambre pneumatique ;
- le vérin comporte un ressort mécanique sollicitant les première et deuxième parties de vérin à l'écartement mutuel ;
- le dispositif limiteur d'effort comprend une contrefiche s'étendant entre une première extrémité articulée à l'hydrofoil et une deuxième extrémité articulée à un support monté couissant sur la structure porteuse selon une direction sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation de l'hydrofoil, ledit support étant sollicité élastiquement vers l'axe de rotation de l'hydrofoil en sollicitant l'hydrofoil vers la position nominale ;
- le dispositif limiteur d'effort comprend une contrefiche s'étendant entre deux extrémités solidaires respectivement de l'hydrofoil et de la structure porteuse, ladite contrefiche ayant une limite de flambage en compression correspondant à un effort égal à ladite limite prédéterminée appliqué audit hydrofoil, et ladite contrefiche ayant une limite élastique permettant un rapprochement maximum souhaité desdites extrémités ;
- le dispositif limiteur d'effort comprend une contrefiche s'étendant entre deux extrémités articulées respectivement à l'hydrofoil et à la structure porteuse, ladite contrefiche comportant en outre une articulation intermédiaire permettant de relever volontairement l'hydrofoil.

[0011] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description suivante de plusieurs de ses formes de réalisation, données à titre d'exemples non limitatifs, en regard des dessins joints.

[0012] Sur les dessins :

- la figure 1 est une vue en perspective montrant un exemple de véhicule selon une forme de réalisation de l'invention,
- la figure 2 est une de détail du véhicule de la figure 1, montrant un hydrofoil appartenant à ce véhicule relié à la structure porteuse dudit véhicule par un dispositif limiteur d'efforts,
- la figure 3 est une vue schématique illustrant le fonctionnement du limiteur d'effort de la figure 2,
- la figure 4 est un graphe illustrant une variation ty-

pique, en fonction du temps t , de l'effort de compression F subi par la contrefiche d'un hydrofoil lorsque l'hydrofoil est relié rigidement à la structure porteuse sans dispositif limiteur d'effort, l'effort F étant ici représenté en pourcentage d'un effort maximum ;

- la figure 5 est une vue en coupe longitudinale du limiteur d'effort de la figure 2, la coupe étant prise selon la ligne V-V de la figure 7,
- la figure 6 est une vue agrandie du détail VI de la figure 5,
- la figure 7 est une vue en coupe selon la ligne VII-VII de la figure V, montrant le dispositif limiteur d'effort pendant que l'hydrofoil est en train de se relever,
- la figure 8 est une vue agrandie montrant le détail VIII de la figure 7,
- la figure 9 est une vue similaire à la figure 8, montrant la position d'un clapet appartenant au dispositif limiteur d'effort pendant que l'hydrofoil est en train de redescendre vers sa position nominale,
- les figures 10 à 12 sont des vues schématiques similaires à la figure 3, montrant des dispositifs limiteurs d'effort respectivement selon des deuxième, troisième et quatrième formes de réalisation de l'invention,
- et la figure 13 est un graphe illustrant un exemple de variation au cours du temps :
 - de l'effort transmis à la structure porteuse du véhicule en l'absence de dispositif limiteur (en trait plein),
 - de l'effort transmis à la structure porteuse du véhicule avec le dispositif limiteur (en trait mixte),
 - et du rapprochement des extrémités du dispositif limiteur (en pointillés).

[0013] Sur les différentes figures, les mêmes références désignent des éléments identiques ou similaires.

[0014] La figure 1 montre un véhicule selon une première forme de réalisation de l'invention, en l'occurrence un hydroptère 1 qui se présente sous la forme d'un trimaran à voile. L'invention n'est bien entendu pas limitée à cet exemple particulier et inclut notamment des véhicules à moteur et des véhicules à voile ne se présentant pas sous la forme de trimarans.

[0015] Le véhicule 1 comporte ici une structure porteuse 2 qui inclut notamment :

- une coque principale 3,
- une poutre transversale 4 solidarisée avec la coque principale et s'étendant entre deux extrémités,
- des flotteurs 5 fixés aux extrémités de la poutre transversale 4,
- et des hydrofoils 6 également fixés aux extrémités de la partie transversale 4.

[0016] Comme représenté plus en détail sur les figures 2 et 3, les hydrofoils 6 s'étendent chacun, en biais vers

le bas et vers la coque principale 3, depuis une extrémité supérieure 6a jusqu'à une extrémité inférieure 6b. L'extrémité supérieure 6a est montée pivotante à une extrémité de la poutre transversale 4 autour d'un axe de rotation longitudinal X, sensiblement parallèle à la direction de déplacement de l'hydroptère 1. L'extrémité inférieure 6b est adaptée pour pénétrer dans l'eau 7, l'hydrofoil 6 étant incliné de façon que son extrémité inférieure 6b prenne appui sur l'eau en générant un effort F_1 orienté sensiblement perpendiculairement au plan de l'hydrofoil et vers le haut. Cet effort F_1 permet la sustentation de la structure porteuse 2 au dessus du niveau de l'eau 7 lorsque l'hydroptère 1 se déplace avec une vitesse suffisante.

[0017] Chaque hydrofoil 6 est en outre relié à la structure porteuse 4 par un limiteur d'effort 8 qui est adapté pour maintenir normalement l'hydrofoil 6 dans une position nominale basse, reprenant un effort de compression F selon une direction d'application d'effort Y sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation X susmentionné.

[0018] Le limiteur d'effort 8 forme ici une contrefiche et est fixé à l'hydrofoil 6 en un premier point de fixation 9 et à la poutre transversale 4 en un deuxième point de fixation 10, ces deux points de fixation pouvant par exemple consister en des articulations ayant des axes de rotation parallèles à l'axe X susmentionné.

[0019] Le premier point de fixation 9 peut éventuellement être séparé de la première extrémité 6a de l'hydrofoil par une première distance L_1 et de l'extrémité inférieure 6b de l'hydrofoil par une deuxième distance L_2 sensiblement égale à la première distance, l'écart entre lesdites distances L_1 et L_2 étant par exemple inférieur à 25% de la première distance L_1 .

[0020] Comme représenté sur la figure 4, si l'hydrofoil 6 était fixé sans possibilité de mouvement à la poutre transversale 4, au moyen d'une contrefiche rigide remplaçant le dispositif limiteur d'effort 8, la valeur de l'effort de compression F subi par cette contrefiche rigide présenterait des pics de valeur très importants (plus de cinq fois supérieurs à la valeur moyenne de l'effort F) mais de très courte durée, correspondant par exemple à des vagues plus hautes que la moyenne ou à des vagues rencontrées par l'hydrofoil dans une configuration particulièrement défavorable. Ces pics de valeur de l'effort F impliqueraient normalement de dimensionner la structure porteuse 2 de l'hydroptère pour pouvoir y résister, ce qui serait particulièrement pénalisant en terme de masse totale de l'hydroptère, d'autant qu'il est nécessaire de prendre des marges de sécurité importantes compte tenu du caractère aléatoire de ces pics d'effort.

[0021] Selon l'invention, ces pics sont écrêtés grâce à la présence des dispositifs limiteur d'effort 8, qui sont adaptés pour :

- appliquer une précontrainte permanente à l'hydrofoil 6 pour le maintenir dans une position nominale basse tant que ledit hydrofoil ne subit pas un effort vers le haut supérieur à une valeur limite prédéterminée,

correspondant à une valeur seuil F0 de l'effort de compression F appliqué au dispositif limiteur d'effort 8,

- et permettre à l'hydrofoil de se déplacer vers sa position effacée tout en sollicitant ledit hydrofoil, vers la position nominale avec une force au moins égale à ladite limite prédéterminée correspondant au seuil F0, lorsque l'effort subi par l'hydrofoil est supérieur à cette limite prédéterminée.

[0022] Ainsi, lorsque l'hydrofoil 6 subit un pic d'effort, ce pic est écrêté par le fait que cette remontée diminue l'angle d'incidence apparent de l'hydrofoil par rapport à l'eau, en raison de la vitesse de remontée de l'hydrofoil.

[0023] L'effort de compression F appliqué au dispositif limiteur d'effort 8 et transmis par ce dispositif limiteur d'effort à la poutre transversale 4, est ainsi limité à la valeur de la force exercée par le dispositif limiteur d'effort sur l'hydrofoil pendant ce mouvement.

[0024] Lorsque le dispositif limiteur d'effort 8 autorise un mouvement de l'hydrofoil 6 vers le haut, celui-ci peut remonter au maximum jusqu'à une certaine position effacée représentée en pointillés sur la figure 3. De plus, du fait que le dispositif limiteur d'effort 8 exerce sur l'hydrofoil 6 une force de rappel, cet hydrofoil revient à sa position nominale dès que le pic d'effort est passé. L'hydrofoil 6 se trouve donc la majeure partie du temps dans sa position nominale, ce qui garantit une efficacité maximale de cet hydrofoil.

[0025] La limite prédéterminée de l'effort subi par l'hydrofoil pour que le dispositif limiteur d'effort 8 autorise un déplacement de l'hydrofoil (correspondant au seuil F0 d'effort de compression du dispositif limiteur), est généralement supérieure à l'effort de sustentation moyen nécessaire pour sustenter la structure porteuse 2 pendant que l'hydroptère 1 se déplace sur l'eau.

[0026] Comme représenté plus en détail sur la figure 5, le dispositif limiteur d'effort 8 peut comporter un vérin comprenant des première et deuxième parties de vérin 12, 13 montées coulissantes l'une par rapport à l'autre dans la direction d'application d'effort Y susmentionnée et articulées respectivement aux points de fixation susmentionnés 9, 10. De plus, comme représenté sur les figures 2 et 3, la première partie de vérin 12 peut le cas échéant être articulée à un bras intermédiaire 11 rigide, relié à l'hydrofoil 6 par l'articulation 9 susmentionnée. La première partie de vérin 12 est reliée au bras intermédiaire 11 par une articulation 11a qui peut être sélectivement :

- bloquée en rendant la première partie de vérin 12 solidaire du bras intermédiaire 11, notamment pendant l'utilisation du véhicule 1,
- débloquée en permettant une rotation relative entre la première partie de vérin 12 et le bras intermédiaire 11 autour d'un axe parallèle à l'axe X susmentionné, de façon à permettre de relever volontairement l'hydrofoil 6, soit lorsque le véhicule 1 n'est pas en cours

d'utilisation, soit lorsque le véhicule 1 est en cours d'utilisation (par exemple si l'on souhaite diminuer volontairement la surface mouillée d'un ou plusieurs hydrofoils, notamment par petit temps).

[0027] L'articulation 11a peut être sélectivement bloquée ou débloquée par tout moyen connu.

[0028] Plus généralement, dans les différentes formes de réalisation envisagées ici, le dispositif limiteur d'effort 8 peut comprendre une contrefiche s'étendant entre deux extrémités articulées respectivement à l'hydrofoil 6 et à la structure porteuse 2, ladite contrefiche comportant en outre une articulation intermédiaire 11a pouvant être soit bloquée, soit débloquée pour permettre de relever l'hydrofoil 6 lorsqu'il ne sert pas.

[0029] Comme représenté sur la figure 5, la première partie 12 du vérin comporte une tige de piston 14 métallique rigide qui s'étend selon la direction Y depuis le premier point de fixation 9 et qui porte un piston 15.

[0030] La deuxième partie 13 du vérin, quand à elle, comporte un cylindre 16 qui s'étend selon la direction Y entre une extrémité ouverte et un fond 18 solidaire du deuxième point de fixation susmentionné 10. Le piston 15 coulisse avec étanchéité dans le cylindre 16 selon la direction Y.

[0031] Le piston 15 et le cylindre 16 délimitent ensemble, du côté du fond 18, une chambre pneumatique P qui, dans l'exemple considéré ici, communique en permanence, par une conduite 19 (voir la figure 7) avec un réservoir extérieur R qui peut être fixé par exemple à l'intérieur de la structure porteuse 2.

[0032] La chambre pneumatique P et le réservoir extérieur R sont remplis de gaz sous pression, par exemple de l'air ou de l'azote, à une pression qui peut notamment être de l'ordre de 5 bars ou plus.

[0033] Ce gaz sous pression exerce sur le piston 15 un effort permanent dans le sens d'un écartement mutuel des première et deuxième parties 12, 13 du vérin, correspondant à une précontrainte de valeur F0.

[0034] La chambre pneumatique P et le réservoir R peuvent être avantageusement dimensionnés pour que le gaz subisse une diminution de volume de moins de 25% lorsque l'hydrofoil 6 se déplace de la position nominale à la position effacée, de sorte que la force F exercée par le piston 15 sur l'hydrofoil et par le cylindre 16 sur la structure porteuse 2, ne dépasse pas sensiblement 133% de la valeur de précontrainte F0.

[0035] Par ailleurs, dans tous les modes de réalisation envisagés, le dispositif limiteur d'effort 8 peut être doté d'un dispositif amortisseur adapté pour ne pas interférer sensiblement avec un mouvement de l'hydrofoil 6 de sa position nominale vers sa position effacée, et pour ralentir un mouvement de l'hydrofoil 6 de sa position effacée vers sa position nominale, de façon que ce mouvement de retour de l'hydrofoil ne se produise pas trop brutalement, ce qui risquerait d'endommager la structure porteuse 2 lorsque l'hydrofoil 6 arrive en buté dans sa position nominale.

[0036] Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 5, le dispositif amortisseur 20 comporte des première et deuxième chambres hydrauliques H1, H2 communiquant entre elles par l'intermédiaire d'un clapet 20. Les première et deuxième chambres hydrauliques sont remplies de liquide, par exemple de l'huile, et sont disposées pour qu'un rapprochement mutuel des première et deuxième parties de vérin 12, 13 entraîne un écoulement de liquide de la première chambre hydraulique H1 vers la deuxième chambre hydraulique H2 et pour qu'un écartement mutuel des première et deuxième parties de vérin 12, 13 entraîne un écoulement de liquide de la deuxième chambre hydraulique H2 vers la première chambre hydraulique H1.

[0037] Le clapet 20 est adapté pour s'ouvrir lorsque le liquide s'écoule de la première chambre hydraulique H1 vers la deuxième chambre H2 et pour se fermer lorsque le liquide s'écoule de la deuxième chambre hydraulique H2 vers la première chambre hydraulique H1. Lorsque le clapet 20 est ouvert, il laisse au liquide une première section de passage et lorsqu'il est fermé il laisse au liquide une deuxième section de passage inférieure à la première section de passage.

[0038] Ainsi, lorsque le vérin revient à sa position de repos sous l'effet de la pression du gaz dans la chambre pneumatique P, ce mouvement de retour est freiné par l'étranglement procuré par le clapet 20 entre les chambres hydrauliques H1, H2.

[0039] Dans l'exemple considéré ici, la première chambre hydraulique H1 est solidaire du piston 15, et peut par exemple être formée dans une cavité cylindrique ménagée à l'intérieur de la tige 14 de piston. Dans cet exemple, la première chambre hydraulique H1 est déformable et est partiellement délimitée par un piston secondaire 21 monté librement coulissant à l'intérieur de la tige de piston selon la direction Y.

[0040] Avantagusement, la tige de piston 14 délimite également une chambre pneumatique secondaire 22 étanche qui est séparée de la première chambre hydraulique H1 par le piston secondaire 21 et qui peut par exemple être remplie de gaz sous pression, par exemple à une pression voisine de la pression du gaz contenu dans la chambre pneumatique P susmentionnée. Par ailleurs, la deuxième chambre hydraulique H2 est ici une chambre annulaire délimitée entre la tige de piston 14 et un manchon métallique rigide 16a de forme cylindrique, qui est solidarisé à l'extrémité ouverte 17 du cylindre 16. Le manchon 16a peut être solidaire d'une garniture 16b dans laquelle la tige de piston 14 coulisse avec étanchéité selon la direction Y.

[0041] Dans l'exemple représenté sur les figures 5 et 6, le clapet 20 comporte un organe de clapet annulaire 23 qui est monté coulissant selon la direction Y à l'extérieur de la tige de piston 14. Dans la position nominale de l'hydrofoil et du dispositif limiteur d'effort, cet organe de clapet 23 est entouré par une virole 24 qui, elle-même, coulisse à mouvement perdu à l'extérieur de la tige de piston 14. Un ressort 25 est interposé axialement, selon

la direction Y, entre un épaulement intérieur 26 de la virole 24 et l'organe de clapet 23 de façon à solliciter l'organe de clapet 23 vers une position fermée où ledit organe de clapet vient obturer un passage annulaire 26 ménagé entre le piston 15 et la tige de piston 14, ce passage annulaire 26 communiquant avec la première chambre hydraulique H1 par des trous axiaux 28 ménagés dans la paroi d'extrémité 29 de la tige de piston qui délimite la première chambre hydraulique H1 vers le piston 15.

[0042] L'organe de clapet 23, même en position fermé, n'interrompt pas totalement à lui seul la communication entre les première et deuxième chambres hydrauliques H1, H2, puisque ledit organe de clapet comporte un ou plusieurs passages étranglés 30 qui débouchent radialement vers l'extérieur et qui communiquent avec le passage annulaire 27 susmentionné.

[0043] Dans la position nominale de l'hydrofoil et du dispositif limiteur d'effort, ces passages étranglés 30 sont toutefois recouverts radialement vers l'extérieur, par la virole 24, de sorte que la communication entre les chambres hydrauliques H1, H2 est alors interrompue. Dans cette position nominale, on notera que l'extrémité de la virole 24 qui est éloignée de l'organe de clapet 23, prend appui axialement contre la garniture intérieure 16b du manchon 16a, ce qui maintient en position la virole 24 contre la sollicitation élastique du ressort 25.

[0044] Dans l'exemple représenté sur les dessins la virole 24 est elle-même entourée par une virole additionnelle extérieure 31 contre laquelle le piston 15 prend appui axialement et qui vient en appui contre la garniture 16b susmentionnée en comprimant une butée annulaire élastique 32, réalisée en caoutchouc ou autre élastomère.

[0045] Comme on peut le voir sur la figure 6, le piston 15 est solidaire de deux garnitures étanches annulaires 33, 34 qui sont séparées par un espace intermédiaire 35 et qui sont en contact, l'une avec la chambre pneumatique P et l'autre, avec la deuxième chambre hydraulique H2. Le piston 15 comporte en outre une chambre hydraulique auxiliaire H3 remplie de liquide, par exemple de l'huile, à une pression supérieure à la pression du gaz dans la chambre pneumatique P. Cette chambre hydraulique auxiliaire communique avec l'espace intermédiaire 35 susmentionné par l'intermédiaire d'un conduit 36.

[0046] La chambre hydraulique auxiliaire H3 est délimitée par une cavité cylindrique 37 qui s'étend axialement selon la direction Y, depuis la paroi d'extrémité 29 de la tige de piston 14 jusqu'à une extrémité libre ouverte vers la chambre pneumatique P.

[0047] Dans la cavité cylindrique 37 coulisse un piston différentiel 38 qui est en contact avec le gaz de la chambre pneumatique P sur une première section S1 correspondant à toute la section de la cavité cylindrique 37. Le piston différentiel 38 ferme la chambre hydraulique auxiliaire H3 et se prolonge, à l'intérieur de ladite chambre hydraulique auxiliaire, par une paroi annulaire 39 coulissant de façon étanche, dans la direction Y, sur une bro-

che creuse 40 fixée à la paroi d'extrémité 29 de la tige de piston. La paroi annulaire 39 délimite, avec la broche 40, un espace intérieur qui est isolé de la chambre hydraulique H3 et qui est rempli par exemple d'air à pression atmosphérique. Le piston différentiel 38 agit donc sur le liquide contenu dans la chambre hydraulique auxiliaire H3 par une deuxième section annulaire S2, dont l'aire est inférieure à la première section S1 susmentionnée, de sorte que le liquide contenu dans la chambre hydraulique auxiliaire H3 est soumis par le piston différentiel 38 à une pression supérieure à la pression de gaz dans la chambre pneumatique P.

[0048] Ces dispositions garantissent l'absence d'entrée de gaz sous pression dans les chambres hydrauliques principales H1, H2, puisque le liquide qui remplit l'espace intermédiaire 35 entre les garnitures étanches 33, 34, est à une pression supérieure à la pression du gaz et forme donc barrière contre toute pénétration du gaz.

[0049] Le dispositif qui vient d'être décrit fonctionne comme suit.

[0050] Comme représenté sur les figures 7 et 8, lorsque l'hydrofoil 6 applique aux première et deuxième parties de vérin 12, 13, un effort de compression F supérieur au seuil F0 susmentionné, le piston 15 se déplace vers l'intérieur de la chambre pneumatique P, dans le sens de la flèche 42. Par conséquent, le volume de la deuxième chambre hydraulique H2 augmente, de sorte qu'une dépression est créée dans cette deuxième chambre hydraulique, ce qui éloigne l'organe de clapet 23 du piston 15. Ledit organe de clapet 23 agit par l'intermédiaire du ressort 25 sur la virole 24 pour placer également cette virole dans une position de butée éloignée du piston 15. Ainsi, le passage annulaire 27 susmentionné est dégagé et une première section de passage relativement importante est offerte au liquide pour s'écouler de la première chambre hydraulique H1 vers la deuxième chambre hydraulique H2, sensiblement sans interférer avec le mouvement de coulissement du piston 15. L'écoulement de liquide depuis la première chambre hydraulique H1 vers la deuxième chambre hydraulique H2 est compensé par un coulissement du piston secondaire 21 dans le sens de la flèche 42 à l'intérieur de la tige de piston 14.

[0051] Lorsque l'hydrofoil 6 cesse de subir un effort exceptionnellement élevé, le piston 15 cesse de se déplacer dans le sens de la flèche 42 et est rappelé en sens inverse par la pression du gaz contenu dans la chambre pneumatique P. Le piston 15 se déplace alors dans le sens de la flèche 44 visible sur la figure 9 pour ramener l'hydrofoil dans sa position nominale. Au cours de ce mouvement, la deuxième chambre hydraulique H2 est mise en compression, de sorte que l'organe de clapet 23 est ramené vers sa position de fermeture par le ressort 25. Le liquide s'écoule alors de la deuxième chambre hydraulique H2 vers la première chambre hydraulique H1 dans le sens de la flèche 44, au travers des passages étranglés 30, du passage annulaire 27 et des trous axiaux 28 susmentionnés. Le liquide transite ainsi par une

deuxième section de passage, constituée par les passages étranglés 30, laquelle deuxième section de passage est nettement plus faible que la première section de passage susmentionnée. Le retour du piston 15 vers sa position de repos et de l'hydrofoil 6 vers sa position nominale s'en trouve ainsi freiné, ce qui évite un retour trop brutal en position de butée.

[0052] Lorsque le piston retourne dans sa position initiale représentée sur la figure 5, la virole 24 reprend appui sur la garniture 16b et vient ainsi progressivement recouvrir les passages étranglés 30, puis le piston 15 prend lui-même appui contre la virole extérieure 31 en venant comprimer la butée élastique 32, ce qui assure une mise en butée progressive du piston en fin de course.

[0053] La figure 13 montre l'effet du dispositif limiteur d'effort selon l'invention dans un exemple concret. Dans cet exemple particulier, le véhicule 1 rencontre une vague qui, en l'absence du dispositif limiteur d'effort 8, générerait sur la structure porteuse 2 un effort vers le haut culminant à 30 tonnes (courbe d'efforts en trait plein). Dans cet exemple, la valeur seuil F0 de déclenchement du dispositif limiteur d'effort est égale à environ 15 tonnes, de sorte que lorsque l'effort appliqué par la vague atteint ce seuil, le dispositif limiteur d'effort permet à l'hydrofoil de remonter vers sa position effacée. Pendant le mouvement de remontée de l'hydrofoil, l'incidence apparente de l'hydrofoil 6 dans l'eau diminue du fait de la vitesse de remontée, comme expliqué ci-dessus, et l'effort transmis à la structure porteuse est imposé par le dispositif limiteur d'effort (voir la courbe en trait mixte). Dans l'exemple de la figure 13, où le dispositif limiteur d'effort comporte le vérin décrit ci-dessus, l'effort transmis à la structure porteuse 2 augmente légèrement au fur et à mesure que l'hydrofoil remonte (jusqu'à environ 20 tonnes dans cet exemple, pour une course de remontée de l'hydrofoil d'environ 30 cm, durant environ 0,4 s). L'effet du dispositif limiteur d'effort est similaire à celui visible sur la figure 13 dans toutes les formes de réalisation de l'invention.

[0054] D'une façon générale, dans toutes les formes de réalisation de l'invention, la course permise entre la position nominale et la position effacée de l'hydrofoil 6 doit être suffisante pour absorber les pics d'efforts, dont la durée est typiquement de quelques dixièmes de secondes et généralement inférieure à 2 secondes. Cette course permise entre position nominale et position effacée peut typiquement être de quelques cm à quelques dizaines de cm, suivant les dimensions du véhicule et les conditions de navigation. Par exemple, pour un véhicule à voile de 20m d'envergure navigant en haute mer elle peut être comprise entre 10 et 50cm.

[0055] Ces valeurs ne sont bien entendu pas limitatives et plus généralement, la course en question peut être dimensionnée par exemple en fonction de la durée de la sollicitation dépassant le seuil d'effort de déclenchement et de l'effet de la vitesse d'enfoncement sur l'effort, par l'intermédiaire de la variation d'incidence induite sur le foil. Par exemple, si on veut pouvoir limiter

un effort qui, en l'absence de dispositif, dépasserait le seuil choisi de la quantité dF pendant une durée dt et que la vitesse d'enfoncement v permet d'induire une diminution d'incidence du foil qui diminue l'effort d'une quantité dF , alors il faudra que cette vitesse v puisse s'appliquer pendant toute la durée dt , ce qui correspond à un enfoncement $dx = v \cdot dt$. Si le dépassement d'effort a un profil variable en fonction du temps, par exemple de type sinusoïdal, et que l'enfoncement du dispositif augmente l'effort appliqué, le même principe permet de calculer l'enfoncement correspondant à une sollicitation dimensionnante. On notera que, lorsque la vitesse du véhicule 1 augmente, la durée des sollicitations en efforts imposées par les vagues diminue mais leur intensité augmente de sorte que le produit $dF \cdot dt$ reste sensiblement constant, ce qui est un avantage important de la présente invention. Les lois de la mécanique des fluides font que, pour une même vitesse d'enfoncement, la variation d'effort induite sur le foil est proportionnelle à la vitesse V du véhicule 1. La vitesse v est donc de la forme $v = k \cdot dF / V$. On peut donc en déduire $dx = v \cdot dt = k \cdot (dF \cdot dt) / V$. Ceci illustre le fait que la course nécessaire est inversement proportionnelle à la vitesse du véhicule 1. Donc la vitesse du véhicule 1 n'est absolument pas limitée par le dispositif, ce ne serait pas le cas d'un amortisseur classique qui développe un effort croissant avec la vitesse d'enfoncement.

[0056] Sur la figure 13, le freinage progressif final du mouvement de retour de l'hydrofoil en position nominale est bien visible sur la courbe de déplacement des extrémités du dispositif limiteur (en pointillés), puisque la pente de cette courbe diminue lorsqu'elle revient vers sa valeur initiale.

[0057] Dans la deuxième forme de réalisation de l'invention, représentée sur la figure 10, le dispositif limiteur d'effort 8 est encore constitué par un vérin comprenant des première et deuxième parties du vérin 12, 13 articulées respectivement sur l'hydrofoil et sur la poutre transversale 4 par les points de fixation 9, 10 susmentionnés, mais ces deux parties de vérin 12, 13 sont ici sollicitées à l'écartement mutuel par un ressort mécanique 45 représenté de façon très schématique sur la figure 10, qui exerce une précontrainte d'écartement mutuel F_0 comme dans l'exemple décrit précédemment. Le principe de fonctionnement de cette deuxième forme de réalisation de l'invention est le même que le principe de fonctionnement de la première forme de réalisation décrite précédemment.

[0058] Dans la troisième forme de réalisation de l'invention, le dispositif limiteur d'effort 8 comporte une contrefiche 46 rigide qui s'étend entre une première extrémité articulée à l'hydrofoil 6 par le point de fixation 9 susmentionné, et une deuxième extrémité articulée en un point de fixation 10 sur un support 47 monté coulissant sur la poutre transversale 4, dans une direction Y' perpendiculaire à l'axe de rotation X de l'hydrofoil et parallèle à ladite poutre transversale 4. Le support coulissant 47 est sollicité élastiquement vers l'axe de rotation X , contre

une butée 47a, par des moyens élastiques tels qu'un ressort 48 ou autre. Dans cette troisième forme de réalisation de l'invention, les efforts de compression F subis par la contrefiche 46 se traduisent par des efforts de compression F' appliqués au ressort 48. Le ressort 48 applique en permanence au support 47, une précontrainte F'_0 qui est telle que le support 47 reste en position d'appui contre la butée 47a tant que l'effort de compression F appliqué à la contrefiche 46 ne dépasse pas le seuil F_0 susmentionné, correspondant à la précontrainte F'_0 du ressort 48. Lorsque l'effort F_1 subi par l'hydrofoil 6 est tel que l'effort de compression F appliqué à la contrefiche 46 dépasse le seuil F_0 , alors le support 47 commence à coulisser en s'éloignant de l'axe de rotation X contre la sollicitation du ressort 48 ce qui permet à l'hydrofoil 6 de pivoter vers le haut en limitant l'effort transmis à la structure porteuse 2.

[0059] Dans la quatrième forme de réalisation de l'invention, représentée sur la figure 12, le limiteur d'effort 8 comprend une contrefiche 49 rigide s'étendant entre deux extrémités solidaires respectivement de l'hydrofoil 6 et de la poutre transversale 4, lesdites extrémités de la contrefiche 49 pouvant par exemple être montées pivotantes au niveau des points de fixation 9, 10 susmentionnés. La contrefiche 49 présente une limite de flambage en compression qui est égale au seuil F_0 susmentionné de sorte que, lorsqu'un effort vers le haut F_1 qui se traduit par un effort de compression F supérieur à F_0 sur la contrefiche 49, alors ladite contrefiche 49 commence à flamber. La partie médiane de la contrefiche 49 se déplace alors par exemple, dans le sens de la flèche 50 et au cours de ce flambage, la contrefiche 49 continue à exercer sur ses extrémités une réaction sensiblement égale à la limite de flambage F_0 . On permet ainsi à l'hydrofoil 6 de pivoter vers le haut en limitant les efforts transmis à la structure porteuse 2.

Revendications

1. Véhicule à hydrofoil adapté pour naviguer à la surface de l'eau et comprenant au moins :

- une structure porteuse (2),
- au moins un hydrofoil (6) disposé sous la structure porteuse (2) et adapté pour prendre appui sur l'eau de façon à sustenter ladite structure porteuse (2) lorsque le véhicule se déplace sur l'eau, l'hydrofoil (6) étant monté mobile sur la structure porteuse (2) entre d'une part, une position nominale où ledit hydrofoil est abaissé au maximum et d'autre part, une position relevée où ledit hydrofoil est plus proche de la structure porteuse, et ledit hydrofoil étant sollicité vers sa position nominale,

caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif limiteur d'effort (8) adapté pour :

- appliquer une précontrainte permanente à l'hy-

- drofoil (6) pour maintenir ledit hydrofoil en position nominale tant qu'il ne subit pas un effort supérieur à une limite prédéterminée non nulle, - et permettre à l'hydrofoil (6) de se déplacer vers la position effacée lorsqu'il subit un effort supérieur à ladite limite prédéterminée, tout en sollicitant ledit hydrofoil vers la position nominale avec une force au moins égale à ladite limite prédéterminée mais inférieure à deux fois ladite limite prédéterminée, l'hydrofoil (6) étant adapté pour appliquer à ladite structure porteuse un effort vers le haut supérieur à un effort de sustentation moyen nécessaire pour sustenter la structure porteuse lorsque le véhicule se déplace sur l'eau, et ladite limite prédéterminée est supérieure à cet effort de sustentation moyen.
2. Véhicule selon la revendication 1, dans lequel le dispositif limiteur d'effort (8) est adapté pour solliciter l'hydrofoil (6) vers la position nominale avec une force comprise entre 100 % et 150 % de ladite limite prédéterminée lorsqu'il permet à l'hydrofoil de se déplacer vers la position effacée.
 3. Véhicule selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'hydrofoil (6) est articulé à la structure porteuse (2) autour d'un axe de rotation (X) sensiblement parallèle à une direction de déplacement du véhicule, et le dispositif limiteur d'effort (8) relie l'hydrofoil (6) à la structure porteuse (2) selon une direction d'application d'effort (Y) sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation (X).
 4. Véhicule selon la revendication 3, dans lequel le dispositif limiteur d'effort (8) comporte un vérin comprenant des première et deuxième parties (12, 13) coulissantes l'une par rapport à l'autre selon ladite direction d'application d'effort (Y) et articulées respectivement à l'hydrofoil (6) et à la structure porteuse (2), lesdites première et deuxième parties (12, 13) du vérin étant sollicitées élastiquement à l'écartement mutuel vers une position d'écartement maximum correspondant à la position nominale de l'hydrofoil (6).
 5. Véhicule selon la revendication 4, dans lequel le vérin comporte un piston (15) et un cylindre (16), solidaires l'un de la première partie (12) du vérin et l'autre de la deuxième partie (13) du vérin, le piston (15) coulissant dans le cylindre (16) en délimitant avec celui-ci une chambre pneumatique (P) remplie d'un gaz sous pression qui exerce sur le piston (15) un effort permanent dans le sens d'un écartement mutuel des première et deuxième parties (12, 13) du vérin, ledit effort permanent étant dimensionné pour équilibrer un effort subi par l'hydrofoil (6) et correspondant à ladite limite prédéterminée lorsque l'hydrofoil est en position nominale.
 6. Véhicule selon la revendication 5, dans lequel la chambre pneumatique (P) communique en permanence avec au moins un réservoir externe (R) rempli de gaz à même pression que la chambre pneumatique.
 7. Véhicule selon la revendication 6, dans lequel ledit réservoir externe (R) est solidaire de la structure porteuse (2).
 8. Véhicule selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant en outre un dispositif amortisseur (H1, H2, 20) adapté pour ne pas interférer sensiblement avec un mouvement de l'hydrofoil (6) vers la position effacée et pour ralentir un mouvement de l'hydrofoil (6) vers la position nominale, au moins lorsque ledit hydrofoil est proche de la position nominale.
 9. Véhicule selon la revendication 8, dans lequel le dispositif amortisseur comporte des première et deuxième chambres hydrauliques (H1, H2) remplies de liquide et communiquant entre elles par l'intermédiaire d'un clapet (20), les première et deuxième chambres hydrauliques (H1, H2) étant disposées pour qu'un déplacement de l'hydrofoil (6) vers la position effacée entraîne un écoulement de liquide de la première chambre hydraulique (H1) vers la deuxième chambre hydraulique (H2) et pour qu'un déplacement de l'hydrofoil vers la position nominale entraîne un écoulement de liquide de la deuxième chambre hydraulique (H2) vers la première chambre hydraulique (H1), le clapet (20) étant adapté pour s'ouvrir lorsque le liquide s'écoule de la première chambre hydraulique vers la deuxième chambre hydraulique et pour se fermer lorsque le liquide s'écoule de la deuxième chambre hydraulique vers la première chambre hydraulique, ledit clapet (20) laissant au liquide une première section de passage lorsqu'il est ouvert et une deuxième section de passage lorsqu'il est fermé, ladite deuxième section de passage étant inférieure à la première section de passage.
 10. Véhicule selon la revendication 9, dans lequel le dispositif amortisseur comporte en outre un obturateur (24) qui est disposé pour obturer progressivement ladite deuxième section de passage lorsque l'hydrofoil arrive en position nominale, de façon à freiner progressivement l'hydrofoil (6) lorsque ledit hydrofoil revient en position nominale.
 11. Véhicule selon la revendication 5 et la revendication 9, dans lequel la première chambre hydraulique (H1) est solidaire du piston (15) et la deuxième chambre hydraulique (H2) est partiellement délimitée par le piston, à l'opposé de la chambre pneumatique (P), de façon qu'une compression de la chambre pneumatique (P) se traduise par une augmentation de

volume de la deuxième chambre hydraulique (H2).

12. Véhicule selon la revendication 11, dans lequel le piston (15) est solidaire de deux garnitures étanches annulaires (33, 34) qui sont séparées par un espace intermédiaire (35) et qui sont en contact l'une, avec la chambre pneumatique (P) et l'autre, avec la deuxième chambre hydraulique (H2), et le vérin comporte en outre une chambre hydraulique auxiliaire (H3) remplie de liquide à une pression supérieure à la pression du gaz, ladite chambre hydraulique auxiliaire (H3) communiquant avec ledit espace intermédiaire (35). 5 10
13. Véhicule selon la revendication 12, dans lequel la chambre hydraulique auxiliaire (H3) est mise en pression par un piston auxiliaire différentiel (38) soumis à la pression de la chambre pneumatique (P). 15
14. Véhicule selon la revendication 4, dans lequel le vérin comporte un ressort mécanique (45) sollicitant les première et deuxième parties (12, 13) de vérin à l'écartement mutuel. 20
15. Véhicule selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le dispositif limiteur d'effort (8) comprend une contrefiche (46) s'étendant entre une première extrémité articulée à l'hydrofoil (6) et une deuxième extrémité articulée à un support (47) monté coulissant sur la structure porteuse (2) selon une direction (Y') sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation (X) de l'hydrofoil, ledit support (47) étant sollicité élastiquement vers l'axe de rotation (X) de l'hydrofoil en sollicitant l'hydrofoil (6) vers la position nominale. 25 30 35
16. Véhicule selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le dispositif limiteur d'effort (8) comprend une contrefiche (49) s'étendant entre deux extrémités solidaires respectivement de l'hydrofoil (6) et de la structure porteuse (2), ladite contrefiche (49) ayant une limite de flambage en compression correspondant à un effort égal à ladite limite prédéterminée appliqué audit hydrofoil, et ladite contrefiche ayant une limite élastique permettant un rapprochement maximum souhaité desdites extrémités. 40 45
17. Véhicule selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif limiteur d'effort comprend une contrefiche s'étendant entre deux extrémités (9, 10) articulées respectivement à l'hydrofoil (6) et à la structure porteuse (2), ladite contrefiche comportant en outre une articulation intermédiaire (11b) permettant de relever volontairement l'hydrofoil (6). 50 55

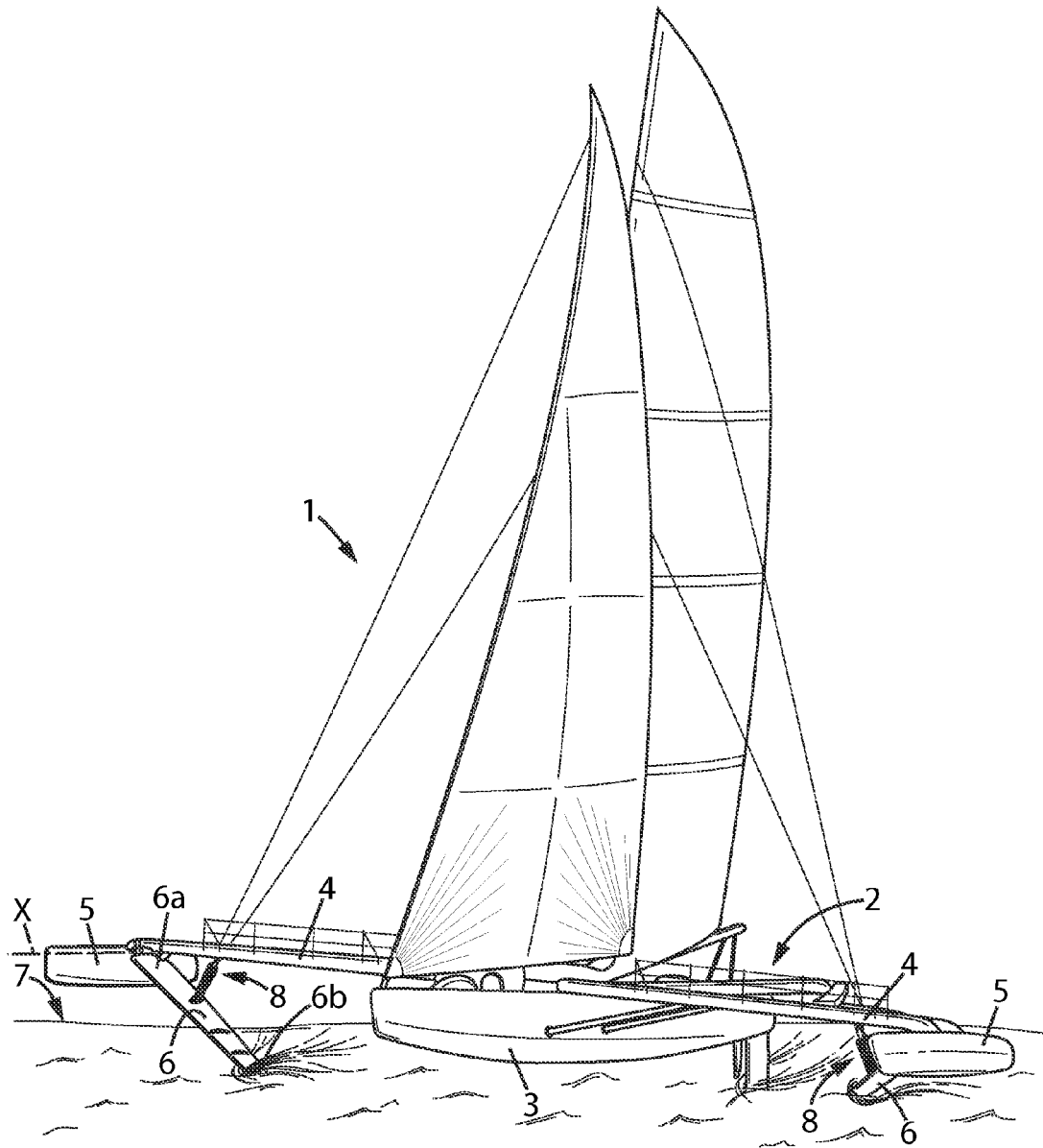
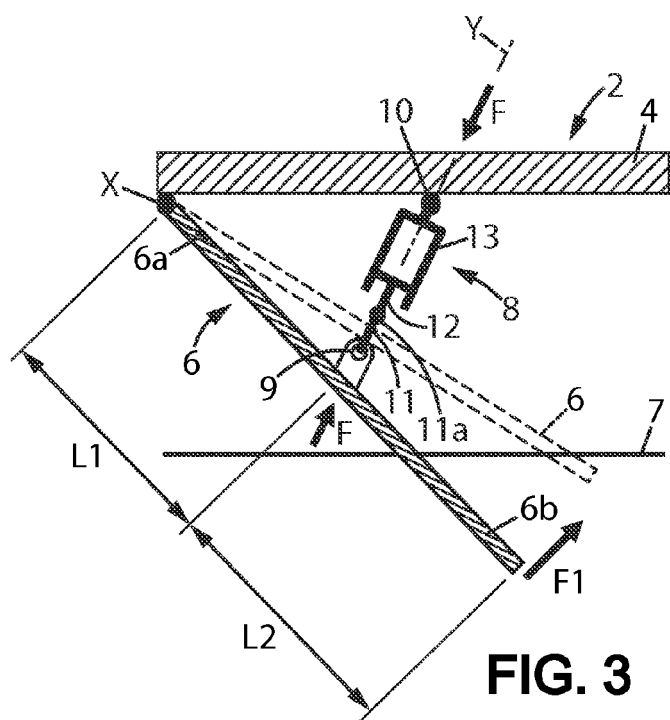
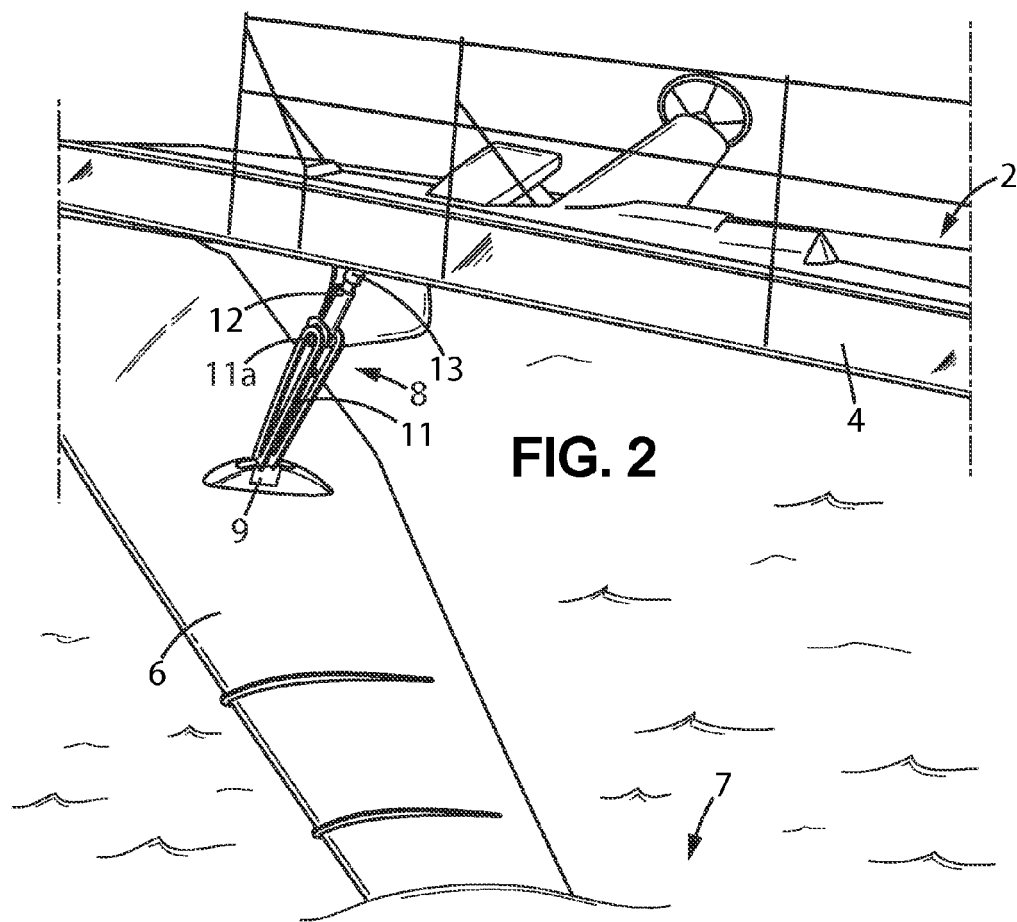


FIG. 1



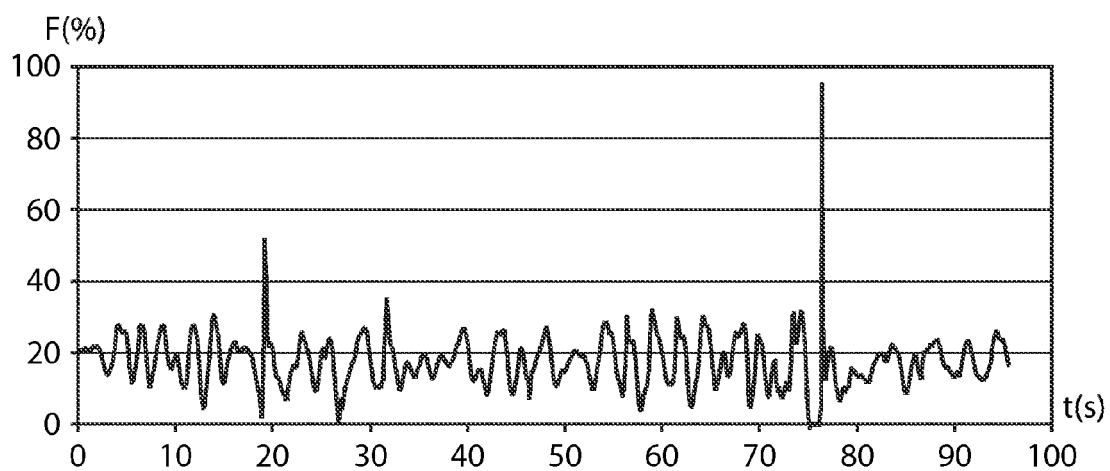


FIG. 4

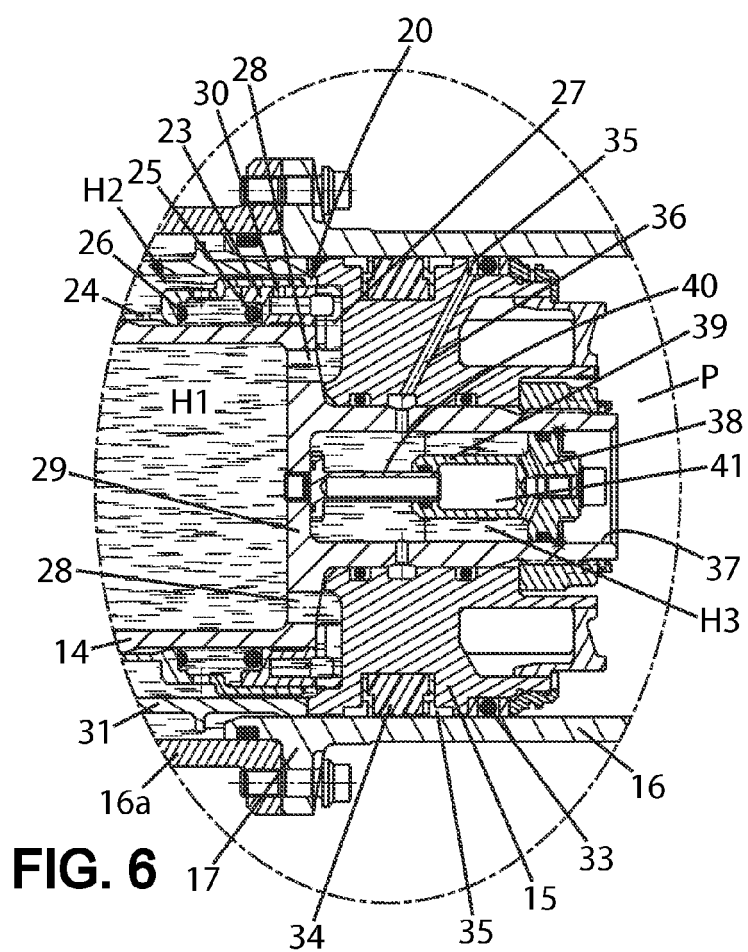


FIG. 6

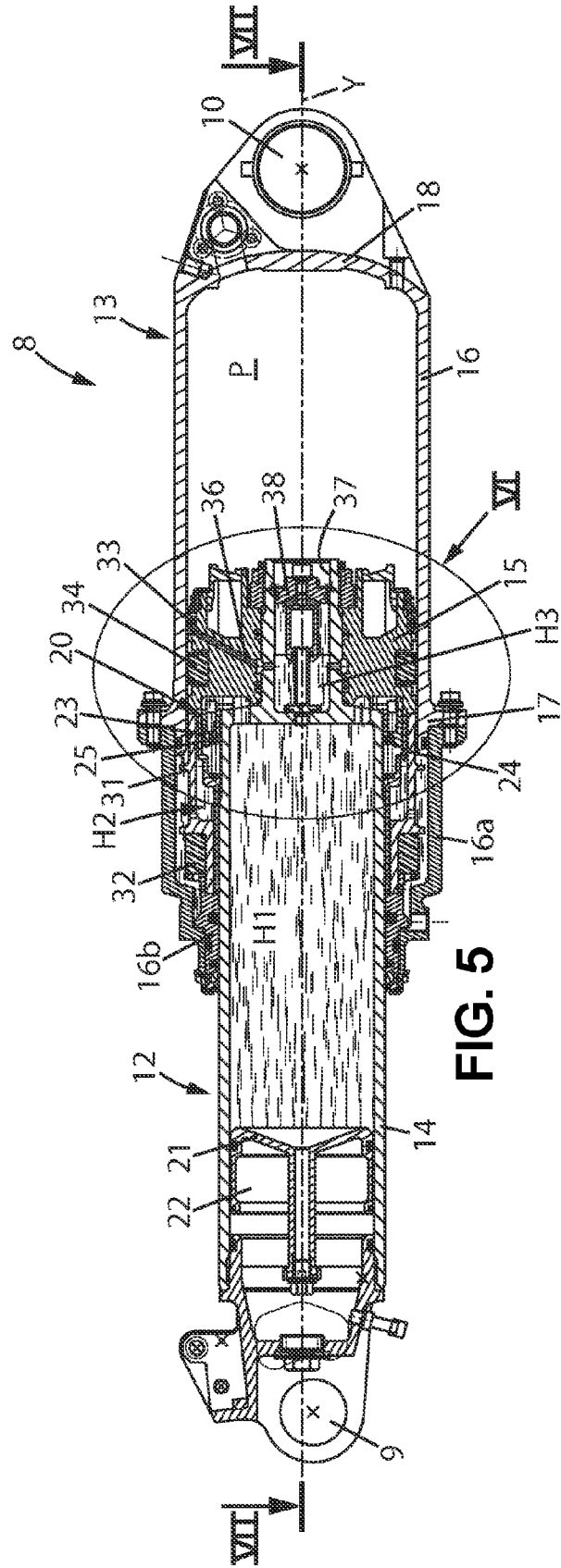


FIG. 5

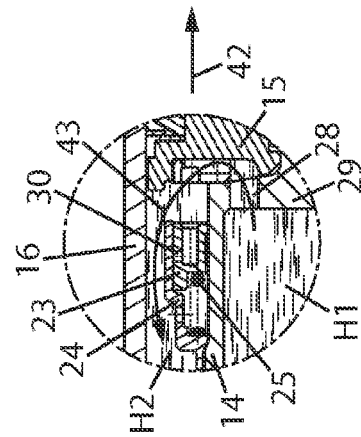
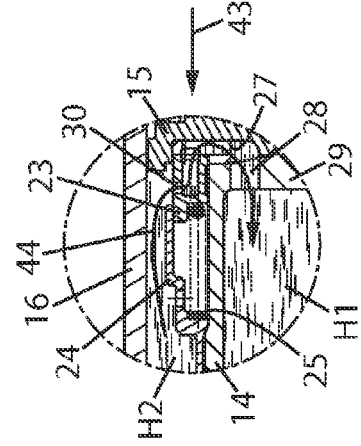
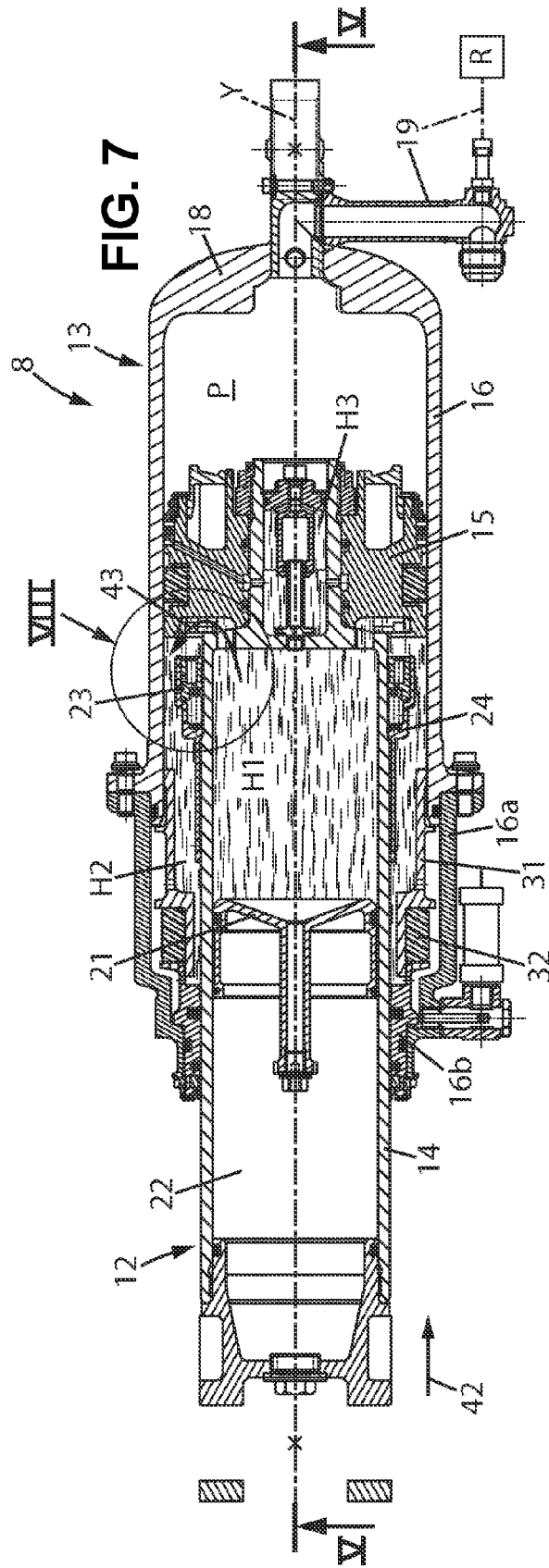


FIG. 10

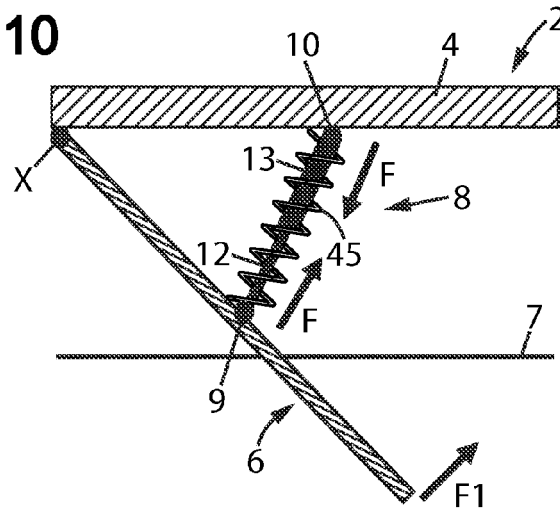


FIG. 11

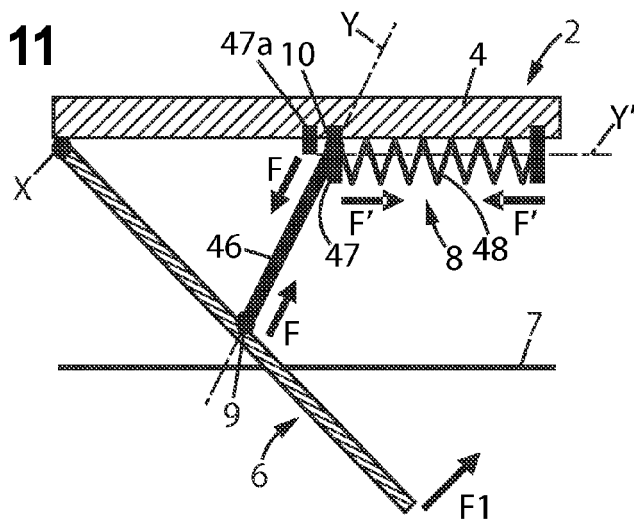
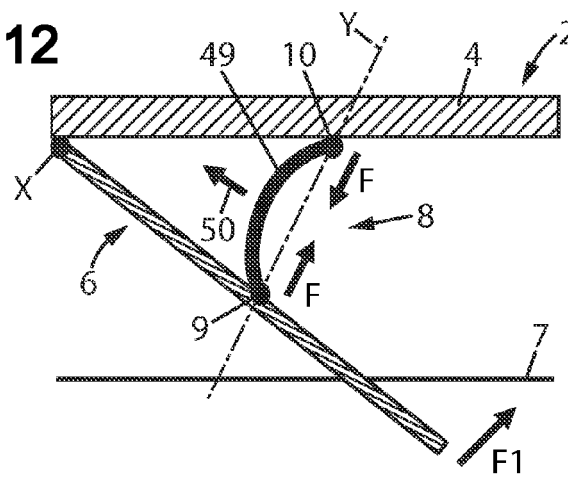
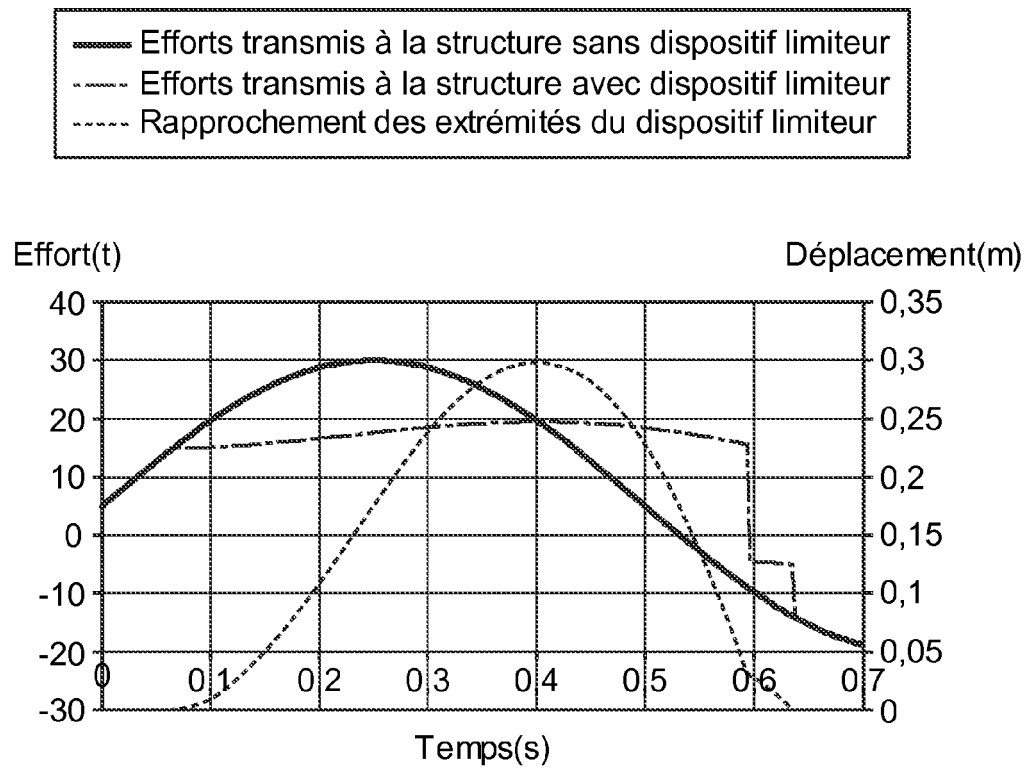


FIG. 12



**FIG. 13**

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2652056 A [0003]