

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 726 247

②1 N° d'enregistrement national : **94 12982**

⑤1 Int Cl⁶ : B 63 H 1/36, 21/30

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 28.10.94.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 03.05.96 Bulletin 96/18.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : OFFICE NATIONAL D'ETUDES ET DE RECHERCHES AEROSPATIALES
ETABLISSEMENT PUBLIC — FR.

⑦2 Inventeur(s) : FOURNIER GERARD.

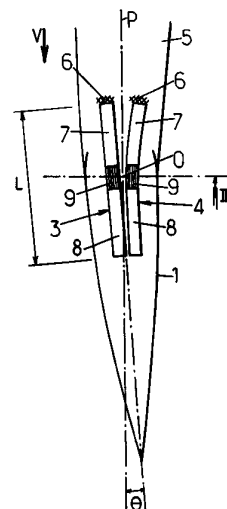
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : CABINET PLASSERAUD.

⑤4 PERFECTIONNEMENTS AUX PROPULSEURS A ELEMENTS PROPULSIFS NON ROTATIFS.

⑤7 Le dispositif de propulsion comprend au moins une surface battante (1) immergée dans un fluide, et déplacée en pivotement alternatif autour d'un axe (0) par au moins un actionneur (3, 4) comprenant au moins un élément moteur en un matériau à mémoire de forme, ainsi que des moyens de chauffage et de refroidissement qui portent les éléments moteurs à des températures alternativement supérieures à la température de transition, pour lesquelles l'élément moteur adopte une forme mémorisée, et inférieures à cette température de transition, pour qu'il puisse adopter une forme différente de sa forme mémorisée, afin de faire pivoter autour de son axe (0) d'oscillation la surface battante (1) alternativement entre deux positions.

Application à la propulsion de navires ainsi qu'au pompage.



FR 2 726 247 - A1



**"PERFECTIONNEMENT AUX PROPULSEURS A ELEMENTS
PROPULSIFS NON ROTATIFS"**

L'invention se rapporte au domaine de la propulsion,
5 et concerne plus particulièrement la propulsion des véhicu-
les se déplaçant sur ou dans un fluide, tels que les
navires, et en particulier les sous-marins.

En général, la force propulsive des navires est
obtenue grâce à la rotation d'au moins une hélice, carénée
10 ou non, et entraînée par un dispositif de propulsion mettant
en action de nombreux éléments tournants, qui sont des
sources de bruits et de vibrations. Les bons rendements de
propulsion obtenus résultent de la mise en oeuvre d'ensem-
bles propulsifs complexes, dont les coûts sont importants.

15 L'invention a pour but de proposer des dispositifs
de propulsion de structure simple, dont les coûts de
réalisation et de maintenance sont réduits, et discrets du
point de vue de la signature acoustique, quel que soit le
fluide dans lequel évolue l'engin équipé du dispositif de
20 propulsion selon l'invention.

Par les brevets français 2 430 351 et 2 594 787, il
a déjà été proposé des propulseurs à moyens de propulsion
non rotatifs, tels que des volets à mouvements oscillants ou
des éléments déformables à mouvements ondulants pour
25 remplacer les propulseurs à hélices, qui présentent les
inconvenients précités.

Dans les dispositifs de propulsion selon ces deux
brevets français, comportant respectivement une pale de
propulsion et au moins un élément propulsif allongé qui peut
30 latéralement pivoter selon un mouvement angulaire alternatif
autour d'au moins un axe, la force propulsive est obtenue
par des surfaces actives ou portantes, qui ne sont pas en
rotation, mais qui brassent le fluide à la manière d'une
nageoire de poisson. A la différence des pales d'hélices,
35 ces surfaces actives ont une vitesse relative, par rapport
au fluide dans lequel elles sont immergées, peu supérieure

à celle de leur support. Ce faible écart de vitesse est très favorable à la diminution de l'émission sonore.

Toutefois, ces surfaces actives sont entraînées par des moyens moteur classiques, comportant de nombreux organes rotatifs, même lorsque les surfaces actives sont manoeuvrées par des actionneurs tels que des vérins, qui doivent être hydrauliques, dès que les engins à déplacer ont une masse importante.

Il en résulte que les moyens moteur des surfaces actives oscillantes ou ondulantes présentent des signatures acoustiques et vibratoires d'un niveau élevé.

Par l'invention, on se propose de conserver les avantages attachés à l'usage de surfaces actives de propulsion oscillantes ou ondulantes, selon les deux brevets précités, sans avoir les inconvénients liés à l'utilisation de moyens moteur conventionnels.

A cet effet, l'invention propose un dispositif de propulsion pour véhicule se déplaçant dans ou sur un fluide, du type connu par les deux brevets précités et comprenant au moins un élément propulsif non rotatif, présentant au moins une surface battante, immergée dans le fluide, et déplacée selon des pivotements alternatifs autour d'un axe d'oscillation par au moins un actionneur, et qui se caractérise en ce que l'actionneur comprend au moins un élément moteur en un matériau à mémoire de forme, et le dispositif comprend également des moyens de chauffage et de refroidissement qui portent au moins une partie active dudit élément moteur à des températures alternativement supérieures à une température de transition, pour lesquelles ledit élément moteur adopte une forme mémorisée, et inférieures à ladite température de transition, et pour lesquelles il peut adopter une forme différente de sa forme mémorisée, de sorte que l'actionneur fait pivoter la surface battante alternativement entre deux positions autour de l'axe d'oscillation.

Ainsi, les oscillations ou ondulations de la ou des surfaces battantes sont obtenues par le changement de forme

de chaque élément moteur d'actionneur constitué en un matériau à mémoire de forme, tel que des alliages à base de nickel, connus depuis près de trente ans, décrits par exemple dans le brevet US-3,174,851, et qui présentent la propriété de reprendre une forme prédéterminée, dite forme mémorisée, lorsqu'ils sont portés à une température supérieure à une plage de température de transition ou de transformation propre à ce matériau, ou contenue dans cette plage de température.

10 Les moyens de chauffage et de refroidissement peuvent assurer la mise à température désirée du matériau à mémoire de forme de l'élément moteur d'actionneur par effet Joule ou Peltier, ou par une flamme, ou de manière générale par convection, conduction ou rayonnement à partir de
15 n'importe quelle source de chaleur, mais avantageusement ces moyens de chauffage et de refroidissement comprennent au moins un circuit d'au moins un fluide caloporteur, mis en relation d'échange thermique avec au moins une partie active d'au moins un élément moteur en matériau à mémoire de forme,
20 et alimenté en fluide(s) à une température alternativement supérieure et inférieure à ladite température de transition dudit matériau à mémoire de forme. Le circuit de fluide caloporteur peut comprendre un ou plusieurs ensembles de canalisations parcourus par un fluide caloporteur admis dans
25 le circuit alternativement à l'état chaud et froid, ou encore parcourus alternativement par un premier puis par un second fluide caloporteur, admis dans le circuit à des températures différentes. Mais le circuit peut également comporter au moins deux ensembles différents de canalisations, alternativement alimentés, le premier, avec un
30 premier fluide à une température inférieure à celle de transition du matériau à mémoire de forme, et le second avec un second fluide, éventuellement identique au premier, mais à une température supérieure à celle de transition.

35 Avantageusement, dans toutes les variantes de réalisation du circuit de fluide caloporteur, au moins la

partie active de l'élément moteur d'actionneur est traversée par une pluralité de canaux de ce circuit de fluide caloporteur.

5 Dans un mode avantageux de réalisation, au moins un élément moteur en matériau à mémoire de forme, mais de préférence chacun d'eux, est constitué d'une bande dudit matériau, dont une des extrémités est solidaire de la surface battante correspondante, dont l'autre extrémité est solidaire d'un support, et dont la partie intermédiaire
10 constitue une partie active, dont les déformations sous l'effet des changements de température sont transmises à la surface battante pour la faire pivoter. Cette forme de réalisation permet l'association de plusieurs éléments
15 moteur en un faisceau de bandes appliquées les unes contre les autres de façon à réaliser très simplement un actionneur d'une puissance suffisante pour la manoeuvre de la surface battante correspondante.

En variante, au moins un élément moteur d'actionneur peut renfermer au moins un corps magnétique et/ou électriquement conducteur, dont on commande des changements de
20 température par induction et/ou par effet Joule et/ou Peltier. Ainsi, ces moyens de chauffage et de refroidissement peuvent se combiner aux moyens de chauffage et de refroidissement précédents, afin par exemple de modifier la
25 fréquence et/ou la vitesse d'échauffement et/ou de refroidissement, de manière à obtenir une accélération ou un ralentissement des mouvements oscillants d'une surface battante.

Avantageusement une surface battante est manoeuvrée
30 par une paire d'actionneurs antagonistes, alternativement réchauffés et refroidis en opposition de phase, tels que chaque élément moteur de l'un des deux actionneurs perd sa forme mémorisée quand l'élément moteur analogue de l'autre actionneur adopte la sienne.

35 Dans un premier mode de réalisation de structure simple, une surface battante est définie par un volet,

rigide ou souple, à profil aéro ou hydrodynamique, monté pivotant sur un support autour dudit axe d'oscillation s'étendant sensiblement parallèlement à l'envergure du volet profilé, et de préférence transversalement à la direction de déplacement du véhicule.

Selon une autre forme de réalisation de structure simple, une surface battante est définie par un voile souple s'étendant entre des mâts support montés pivotant sur une carène du véhicule autour dudit axe d'oscillation s'étendant sensiblement le long d'un côté du voile souple, chacun des mâts support étant manoeuvré par au moins un actionneur à au moins un élément moteur en matériau à mémoire de forme, ledit actionneur étant solidarisé, d'une part, à un point fixe d'un massif de fixation dans la carène, et, d'autre part, à un point fixe dudit mât support, les mâts étant manoeuvrés par les actionneurs avec un déphasage tel que le voile souple effectue un mouvement ondulant.

Ce second mode de réalisation est particulièrement approprié à la propulsion silencieuse d'un sous-marin en plongée.

Dans les différents modes de réalisation, il peut être avantageux que le dispositif de propulsion comprenne au moins une paire de surfaces battantes déplacées en opposition de phase par leurs actionneurs respectifs, et de préférence sensiblement symétriques par rapport à un plan longitudinal du véhicule, de façon à lui conférer une bonne navigabilité.

En outre, afin d'améliorer le rendement propulsif le dispositif peut également comprendre des moyens de déplacements alternatifs de l'axe d'oscillation d'au moins une surface battante, parallèlement à lui-même et dans une direction sensiblement transversale à cet axe d'oscillation et à la direction de déplacement du véhicule.

Lorsque la ou les surfaces battantes d'un dispositif selon l'invention, et actionnée(s) au moins partiellement et/ou transitoirement par un ou des éléments moteur en

matériau à mémoire de forme, se trouve(nt) dans un conduit, on réalise une pompe, notamment de propulsion, et si le fluide à pomper est par exemple de l'eau chaude, cette eau chaude à mettre en mouvement peut simultanément constituer le fluide d'apport de chaleur, ce qui évite le recours à toute source d'énergie extérieure.

L'invention a donc également pour objet une pompe, comprenant un dispositif de propulsion tel que présenté ci-dessus, et situé dans un conduit de section adaptée, avec lequel il constitue ladite pompe. Les moyens moteur de cette dernière sont donc constitués du dispositif de propulsion.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront de la description donnée ci-dessous, à titre non limitatif, de plusieurs exemples de dispositif de propulsion selon l'invention, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement, en coupe transversale selon la corde, un volet à profil hydrodynamique entraîné en battement,

- la figure 2 représente schématiquement et partiellement un volet battant, tel que celui de la figure 1, monté pivotant sur un support par des actionneurs à éléments moteur en matériau à mémoire de forme qui le relie au support,

- la figure 3 est une vue schématique en coupe transversale d'un élément moteur d'un actionneur du dispositif de la figure 2,

- la figure 4 est une vue schématique partiellement en coupe et partiellement en élévation latérale d'un second exemple de dispositif de propulsion à éléments déformables à mouvement ondulant, du type nageoire de poisson,

- la figure 5 est une vue schématique, en coupe, d'un volet battant, tel que celui de la figure 2, dans un conduit de section rectangulaire, et

- la figure 6 est une vue schématique du dispositif de propulsion, tel que celui de la figure 4, dans un conduit

adapté.

Le premier exemple de surface battante, représenté sur la figure 1, est un volet rigide 1 à profil hydrodynamique ordinaire, issu par exemple du profil aérodynamique du type NACA 0012, qui oscille selon un mouvement angulaire alternatif autour d'un axe 0 parallèle à l'envergure du profil 1 et placé, par exemple, au quart avant de sa corde C. Le bord de fuite 2 de ce volet profilé 1 balaie transversalement une distance A, à laquelle correspond une amplitude angulaire θ telle que :

$$(1) \quad \sin \theta = \frac{A}{2} \times \frac{4}{3C}$$

Si V est la vitesse d'avancement du volet profilé 1 dans le fluide qui le baigne, par exemple de l'eau (V étant représenté sur la figure 1 par un vecteur du mouvement relatif de l'eau autour du volet 1) et si f est la fréquence de battement de ce volet 1, on tire des enseignements de l'article "Optimal thrust development in oscillating foils with application to fish propulsion" de G.S. Triantafyllou et al publié dans le "Journal of Fluids and Structures" (1993) (7,205-224), qu'un paramètre essentiel de l'écoulement est le nombre de Strouhal, $St = f \times A/V$. Lorsque ce nombre de Strouhal est voisin de 0,2, le coefficient de poussée C_F est, selon les enseignements de l'article précité, également voisin de 0,2, et la poussée moyenne F est donnée, toujours par l'article précité, par la formule (2) suivante :

$$(2) \quad F = C_F \times \rho \times V^2 \times C \times s$$

où ρ est la masse volumique du fluide et s l'envergure du volet profilé 1.

Pour un volet 1 d'envergure s égale à 5 m et de corde C aussi égale à 5 m, se déplaçant à une vitesse V de 5 m/s dans de l'eau, et oscillant avec une fréquence f de 1,9 Hz autour de l'axe 0 de sorte que son bord de fuite 2

balaise transversalement la distance $A = 0,52$ m (soit une amplitude angulaire $\theta = 0,07$ Rad), en adoptant un nombre de Strouhal St et un coefficient de poussée C_F égal chacun à

5 0,2, on obtient une poussée moyenne F de 125 kN, ce qui donne une puissance de 625 kW. Selon les enseignements de l'article précité, pour un rendement η de 0,2, le moment de la force de commande moyen, donné par la formule (3)

$$10 \quad (3) \quad \Gamma = \frac{FV}{\eta} \times \frac{\sqrt{2}}{4 f \theta} ,$$

est de 8,33 MN.m .

Pour assurer la commande en battement du volet profilé 1 autour de l'axe 0, on utilise, comme représenté sur la figure 2, deux actionneurs 3 et 4 antagonistes. Sur la figure 2, ce volet 1 pivote autour de l'axe d'oscillation 0, selon un mouvement angulaire alternatif d'amplitude θ , par rapport à un support fixe 5 solidaire du véhicule, par exemple à la partie arrière d'un navire. Chacun des deux actionneurs 3 et 4 comprend un faisceau d'éléments moteur constitués chacun d'une bande d'un alliage à mémoire de forme nickel-titane, tel que celui communément dénommé Nitinol et dont des compositions et propriétés sont décrites dans le brevet US-3,174,851.

25 Ces alliages à mémoire de forme ont fait l'objet de nombreuses applications, notamment comme moteurs ou convertisseurs thermomécaniques à bande sans fin d'un tel alliage tournant autour de poulies portées à des températures différentes, comme décrit dans le brevet US-4,275,561 et les nombreux autres brevets américains cités dans ce dernier, ainsi que des applications comme interrupteurs.

30 Dans l'exemple de réalisation, chaque bande 10 du faisceau a une largeur b de 1,6 m, une épaisseur h de 0,066 m et une longueur L , variable mais dirigée sensiblement selon la corde du volet profilé 1. Chaque actionneur 3 et 4 est constitué de douze bandes 10 identiques disposées

parallèlement les unes contre les autres selon leurs grandes faces et leurs chants. Trois bandes 10 côte-à-côte selon leur largeur b permettent d'obtenir un actionneur s'étendant sur sensiblement toute l'envergure du volet 1. La superposition de quatre ensembles ainsi constitués dans le sens de l'épaisseur du volet 1 permet d'obtenir la puissance motrice nécessaire. L'une des extrémités de chaque bande 10 selon la longueur L , s'étend sur environ 1 m à l'intérieur du support fixe 5 auquel elle est solidarisée par des moyens connus du type emboîtement, boulon, etc. L'autre extrémité, s'étend elle aussi sur environ 1 m à l'intérieur du volet 1 auquel elle est solidarisée par des moyens analogues.

Chaque bande d'alliage présente ainsi une partie intermédiaire, ici de 0,23 m de long, s'étendant entre ses parties d'extrémité fixées l'une sur le support fixe 5 et l'autre dans le volet oscillant 1. Sur la figure 2, on a repéré en 7 la partie de chaque actionneur 3 ou 4 constituée par des parties correspondantes des bandes d'alliage constitutives, et qui est fixée en 6 sur le support fixe 5, et on a repéré en 8 la partie de chaque actionneur 3 ou 4 fixée au volet oscillant 1. La partie intermédiaire 9 constitue la partie active de chaque actionneur 3 ou 4. La figure 3 présente la coupe partielle de cette partie intermédiaire 9 des bandes d'alliage 10. Elle est traversée par un grand nombre de tubes capillaires 11 de passage d'un fluide, qui peut être de l'air, de la vapeur d'eau, ou de préférence de l'eau, alternativement chaude et froide, pour déformer les bandes d'alliages à mémoire de forme, et donc les actionneurs 3 et 4, et faire ainsi pivoter le volet 1, comme décrit ci-dessous.

Pour chaque actionneur 3 ou 4, la forme mémorisée par l'alliage des bandes est dans l'exemple une forme plane, de sorte que selon une section longitudinale ces bandes sont rectilignes, et cette forme est adoptée, comme représenté sur la figure 2 pour l'actionneur 3, lorsque la partie active 9 correspondante est portée à une température

supérieure à la plage de température de transition ou de transformation de l'alliage à mémoire de forme constitutif des bandes. Ceci est assuré par le passage d'eau chaude dans les tubes capillaires 11 des portions centrales des bandes 10 formant la partie active 9 de l'actionneur 3. Simultanément, la partie active 9 de l'actionneur 4 antagoniste est telle que les tubes capillaires 11 des portions centrales des bandes 10 qui constituent l'actionneur 4 sont alimentés en eau froide, c'est-à-dire à une température inférieure à la température de transition ou de transformation de l'alliage à mémoire de forme. Les deux actionneurs 3 et 4 ont leur partie active 9 ainsi alternativement réchauffée et refroidie, et en opposition de phase l'une par rapport à l'autre, de sorte que lorsqu'un des actionneurs, tel que 3, prend la position rectiligne mémorisée des bandes qui le constituent, par le chauffage de sa partie active 9, l'autre actionneur, tel que 4, adopte une position fléchie (ou pliée) par le refroidissement de sa partie active 9, ce qui commande le pivotement alternatif du volet profilé 1 d'une amplitude angulaire θ de chaque côté du plan médian P du support fixe 5, de part et d'autre duquel les parties 7 d'actionneurs fixées au support 5 sont symétriquement disposées, en étant inclinées l'une vers l'autre et vers le volet 1. Les actionneurs 3 et 4 sont disposés de sorte que leurs parties actives 9 s'étendent de part et d'autre de l'axe O d'oscillation du volet 1 sur le support 5.

Ainsi, les changements rapides et alternés de température des bandes déformables en alliage de forme constituant les actionneurs 3 et 4 sont obtenus par une alimentation alternée en eau chaude et froide des tubes capillaires 11 implantés dans les zones actives limitées des bandes 10 d'alliage à mémoire de forme. Ces tubes capillaires 11 permettent d'obtenir une surface d'échanges thermiques importante entre le fluide qui circule dans ces tubes 11 et l'alliage à mémoire de forme des bandes. Ce dispositif permet d'actionner la surface battante définie par le volet

oscillant 1 par des paires de bandes d'alliage à mémoire de forme alternativement chauffées et refroidies en opposition de phase.

Dans cet exemple de réalisation, la section totale d'alliage d'un actionneur 3 ou 4 est de 1,27 m². Pour une déformation de bande d'alliage ϵ de 10C⁻² (ce qui correspond à un rayon de courbure au pliage de 3,3 m), la contrainte moyenne d'action peut être calculée à 700 MPa, et le moment fléchissant produit est alors de 0,81 MN.m par bande d'alliage, soit 9,76 MN.m pour l'ensemble des douze bandes d'un actionneur 3 ou 4. Dans sa section de travail 10, chaque bande d'alliage peut comporter par exemple 400.000 tubes capillaires 11 d'un diamètre D de 150 μ m. La surface d'échange S par bande est alors de 43,4 m², et le volume chauffer v est de 0,0243 m³. Si l'on estime le coefficient d'échange thermique α à 1 kW/m².K, et pour une chaleur massique c de 300 J/kg.K et une masse volumique ρ' de 7000 Kg/m³ de l'alliage, et une élévation de température de l'alliage ΔT_a de 40 K pour passer d'une température inférieure à une température supérieure à la température de transition de l'alliage, l'écart de température ΔT nécessaire entre l'eau et l'alliage pendant un temps t de 0,2 s est donné par :

$$(4) \quad \Delta T = \frac{c \times \rho' \times v \times \Delta T_a}{\alpha \times S \times t}$$

soit $\Delta T = 235$ K.

L'énergie totale consommée à chaque demi-cycle est de 2,04 MJ, ce qui correspond à un rendement global de 8 %. Ceci signifie que, le rendement hydrodynamique η étant pris égal à 0,2, le rendement thermodynamique de chaque actionneur 3 ou 4 est de 40 %, ce qui correspond au rendement thermodynamique d'autres moteurs à alliage à mémoire de forme connus.

Dans l'exemple décrit ci-dessus, le circuit de fluide caloporteur comprenant les tubes capillaires 11 est

mis directement en relation d'échange thermique avec la partie active 10 de chaque bande d'alliage à mémoire de forme par le fait que ces tubes 11 sont formés par des canaux percés directement dans cette partie 10.

5 En variante, au lieu d'être parcouru par un fluide alternativement chaud et froid, ou en plus des tubes capillaires 11 permettant la circulation de ce fluide, l'alliage à mémoire de forme des bandes constitutives des actionneurs 3 et 4 peut contenir, au moins dans la partie
10 active 10 de ces bandes, des composants ou corps magnétiques et/ou des conducteurs électriques permettant le chauffage et le refroidissement de l'alliage respectivement par induction, par effet Joule ou Peltier.

 En variante également, le volet oscillant 1 n'est
15 pas totalement rigide, mais présente une certaine souplesse, en particulier dans sa partie adjacente à son bord de fuite, de sorte que cette souplesse favorise son mouvement oscillant dans le fluide qui l'immerge.

 Que le volet 1 soit rigide ou souple, il peut être
20 monté pivotant autour de l'axe d'oscillation 0 de sorte que ce dernier oscille également, avec un déphasage constant par rapport aux oscillations du volet 1 autour de son axe 0, dans une direction perpendiculaire à la fois à l'envergure du volet 1 et à sa direction générale de déplacement dans le
25 fluide, pour améliorer le rendement de propulsion.

 De plus, le dispositif de propulsion comprend de préférence au moins une paire de volets profilés oscillants tels que 1, disposés symétriquement par rapport à un plan longitudinal du véhicule, tel qu'un navire, les deux volets
30 symétriques de chaque paire étant actionnés en opposition de phase par leurs actionneurs respectifs, notamment lorsque les axes d'oscillation sont sensiblement parallèles au plan de symétrie, de façon à ne pas provoquer de mouvements de lacets sur le navire.

35 Le second exemple de dispositif de propulsion, représenté schématiquement sur la figure 4, est un disposi-

tif dans lequel la surface battante est délimitée par un voile ondulant, entraîné selon un mouvement à ondes progressives, à la manière de la nageoire dorsale d'un poisson.

Dans cet exemple, un voile souple 12 s'étend entre des mâts support comprenant un mât 13 de bord d'attaque, un mât 14 de bord de fuite et des mâts intermédiaires 15, au nombre de cinq dans cet exemple. Tous les mâts 13, 14 et 15 sont oscillants autour d'un axe Z-Z commun s'étendant longitudinalement sur une carène 16 d'un sous-marin, et dans le plan vertical médian de ce dernier. L'élément propulsif constitué du voile souple 12 renforcé par les mâts rectilignes 13, 14 et 15 oscillant chacun d'un angle $\pm \theta$ dans un plan radial propre autour de son extrémité située sur l'axe Z-Z, est fixé à la carène 16 le long de cet axe Z-Z. A une distance donnée r de l'axe Z-Z, le voile 12 décrit une courbe proche d'une sinusoïde progressive d'équation :

$$(5) \quad r \theta = a \sin \omega \left(t - \frac{z}{U} \right)$$

U

où t est le temps, U la vitesse de phase, voisine de la vitesse V du fluide par rapport à la carène 16, a est l'amplitude du déplacement de la partie du voile 12 à la distance r de l'axe Z-Z, et ω la pulsation, z représentant l'abscisse du point considéré du voile 12 le long de l'axe Z-Z, à partir d'une origine choisie au niveau du mât 13 de bord d'attaque.

L'oscillation d'un mât 13, 14 et 15 est commandée par deux actionneurs antagonistes 17 et 18 constitués chacun d'un faisceau de bandes accolées, et présentant une zone centrale active 19 sur chacun. Chaque actionneur 17 ou 18 comporte une extrémité par laquelle il est ancré sur un massif de fixation 20 supporté, par des moyens non représentés, à l'intérieur de la carène 16, tandis que son extrémité opposée est solidarisée au pied du mât oscillant correspondant, côte-à-côte avec l'extrémité correspondante de l'autre actionneur 17 ou 18. Entre ces extrémités, la partie active 19 de chaque actionneur est traversée d'un grand nombre de

tubes capillaires de passage d'eau alternativement chaude et froide. Sur la figure 4, l'alimentation en eau chaude est schématiquement représentée en 21 et celle en eau froide en 22. On comprend que l'entraînement de chaque mât support 13, 14 ou 15 est réalisé de la même manière que celui du volet profilé oscillant 1 de l'exemple de la figure 2. Mais de plus, les mâts sont manoeuvrés par leurs actionneurs 17 et 18 respectifs avec un déphasage progressif du mât 13 vers le mât 14, de sorte que le voile souple 12 effectue un mouvement ondulant.

Une variante de réalisation particulièrement intéressante consiste à mettre en oeuvre les éléments propulsifs, précédemment décrits, dans un conduit solidaire du véhicule. La figure 5 représente une vue en coupe d'un volet battant 1, tel que celui de la figure 2, dont le support fixe 5 est solidaire d'un conduit 23 de section rectangulaire. Les deux parois planes, perpendiculaires à l'axe d'oscillation 0 sont séparées par une distance peu supérieure à l'envergure du volet 1. Une réalisation avec une surface battante à voile souple, telle que celle de la figure 4, est illustrée figure 6. Le rayon du conduit 24, de section transversale sensiblement en forme de secteur circulaire, est peu supérieur à la longueur des mâts 13 et 15. Les éléments propulsifs ainsi situés dans des conduits adaptés constituent des pompes.

En complément à la commande d'oscillation par la déformation d'éléments moteur en alliage à mémoire de forme des actionneurs, il peut être prévue une commande électromécanique ou à vérins à fluide de manoeuvre (vapeur, gaz ou huile) pour actionner le volet oscillant 1 de la figure 2 ou les mâts support 13, 14 et 15 de la figure 4. Ces moyens d'actionnement supplémentaires peuvent se substituer aux actionneurs à matériau à mémoire de forme pour assurer la propulsion, lorsque cette dernière ne doit pas impérativement être discrète.

Le dispositif de propulsion selon l'invention peut

s'utiliser en propulseur principal ou en propulseur auxiliaire.

Par rapport à un dispositif de propulsion classique, par hélices, carénées ou non, les dispositifs selon l'invention ne présentent aucun élément en rotation, et ne sont pas animés de vitesses locales nettement supérieures à celle du navire, d'où une grande discrétion de propulsion. Lorsque le véhicule ou le navire ainsi propulsé est équipé d'une chaudière, les dispositifs propulseurs selon l'invention peuvent utiliser directement la vapeur de la chaudière, ou de l'eau chaude obtenue après passage de la vapeur dans un échangeur, sans nécessiter ni conversion électrique ni réducteur mécanique.

Par rapport à une propulsion magnétohydrodynamique, les rendements de dispositifs de propulsion selon l'invention sont meilleurs, et leur mise en oeuvre ne nécessite ni mise en jeu d'énergie électrique, sauf lorsque la mise en température du matériau à mémoire de forme est assuré par effet Joule ou Peltier. Enfin, ils ne présentent aucun inconvénient sur le plan de la discrétion magnétique.

Les dispositifs de propulsion selon l'invention présentent donc les avantages de réductions de masse et de volume, de coût, de signature acoustique et, éventuellement, infrarouge lorsque le véhicule évolue dans l'air, par rapport aux dispositifs de propulsion conventionnels.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de propulsion pour véhicule se déplaçant dans ou sur un fluide, du type comprenant au moins un élément propulsif non rotatif, présentant au moins une surface battante (1 ; 12), immergée dans le fluide, et déplacée selon des pivotements alternatifs autour d'un axe d'oscillation (O ; Z-Z) par au moins un actionneur (3, 4 ; 17, 18), caractérisé en ce que ledit actionneur (3, 4 ; 17, 18) comprend au moins un élément moteur (10) en un matériau à mémoire de forme, et le dispositif comprend également des moyens de chauffage et de refroidissement (11 ; 21, 22) qui portent au moins une partie active dudit élément moteur (10) à des températures alternativement supérieures à une température de transition, pour lesquelles ledit élément moteur (10) adopte une forme mémorisée, et inférieures à ladite température de transition, et pour lesquelles il peut adopter une forme différente de sa forme mémorisée, de sorte que l'actionneur (3, 4 ; 17, 18) fait pivoter la surface battante (1, 12) alternativement entre deux positions autour de l'axe d'oscillation (O ; Z-Z).

2. Dispositif de propulsion selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de chauffage et de refroidissement comprennent au moins un circuit (11) d'au moins un fluide caloporteur, mis en relation d'échange thermique avec au moins une partie active (9, 19) d'au moins un élément moteur (10) en matériau à mémoire de forme, et alimenté en fluide(s) à une température alternativement supérieure et inférieure à ladite température de transition dudit matériau à mémoire de forme.

3. Dispositif de propulsion selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'au moins ladite partie active (9, 19) de l'élément moteur (10) est traversée par une pluralité de canaux (11) dudit circuit de fluide caloporteur.

4. Dispositif de propulsion selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'au moins un

élément moteur (10) est constitué d'une bande de matériau à mémoire de forme, dont une des extrémités (8) est solidaire de la surface battante (1) correspondante, dont l'autre extrémité (7) est solidaire d'un support (5) et dont la partie intermédiaire (9) constitue une partie active, dont les déformations sous l'effet des changements de température sont transmises à la surface battante (1) pour la faire pivoter.

5
10
15
20
25
30
35

5. Dispositif de propulsion selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'au moins un élément moteur (10) renferme au moins un corps magnétique et/ou électriquement conducteur, dont des changements de température sont commandés par induction et/ou par effet Joule et/ou Peltier.

15
20
25
30
35

6. Dispositif de propulsion selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'au moins une surface battante (1) est manoeuvrée par au moins une paire d'actionneurs antagonistes (3, 4), alternativement réchauffés et refroidis en opposition de phase, tels que chaque élément moteur (10) de l'un des deux actionneurs (3, 4) perd sa forme mémorisée quand l'élément moteur (10) analogue de l'autre actionneur adopte la sienne.

25
30
35

7. Dispositif de propulsion selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'au moins une surface battante est définie par un volet (1) à profil hydrodynamique, monté pivotant sur un support (5) autour dudit axe d'oscillation (0) s'étendant sensiblement parallèlement à l'envergure du volet profilé (1), et de préférence transversalement à la direction de déplacement (V) du véhicule.

35

8. Dispositif de propulsion selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'au moins une surface battante est définie par un voile souple (12) s'étendant entre des mâts support (13, 14, 15) montés pivotant sur une carène (16) du véhicule autour dudit axe d'oscillation (Z-Z) s'étendant sensiblement le long d'un

côté du voile souple (12), chacun des mâts support (13, 14, 15) étant manoeuvré par au moins un actionneur (17, 18) à au moins un élément moteur en matériau à mémoire de forme, ledit actionneur étant solidarisé, d'une part, à un point fixe d'un massif (20) de fixation dans la carène (16), et, d'autre part, à un point fixe dudit mât support (13, 14, 15), les mâts (13, 14, 15) étant manoeuvrés par les actionneurs (17, 18) avec un déphasage tel que le voile souple (12) effectue un mouvement ondulant.

10 9. Dispositif de propulsion selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une paire de surfaces battantes (1) déplacées en opposition de phase par leurs actionneurs (3, 4) respectifs, et de préférence sensiblement symétriques par rapport à un plan longitudinal du véhicule.

15 10. Dispositif de propulsion selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend de plus des moyens de déplacement alternatif dudit axe d'oscillation (0) d'au moins une surface battante (1), parallèlement à lui-même et dans une direction sensiblement transversale audit axe d'oscillation (0) et à la direction de déplacement (V) du véhicule.

20 11. Dispositif de propulsion selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'il est situé dans un conduit (23, 24) de section adaptée et qu'il constitue avec lui une pompe.

25

FIG. 1.

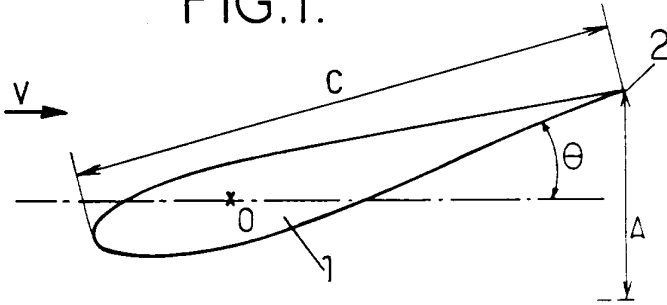


FIG. 2.

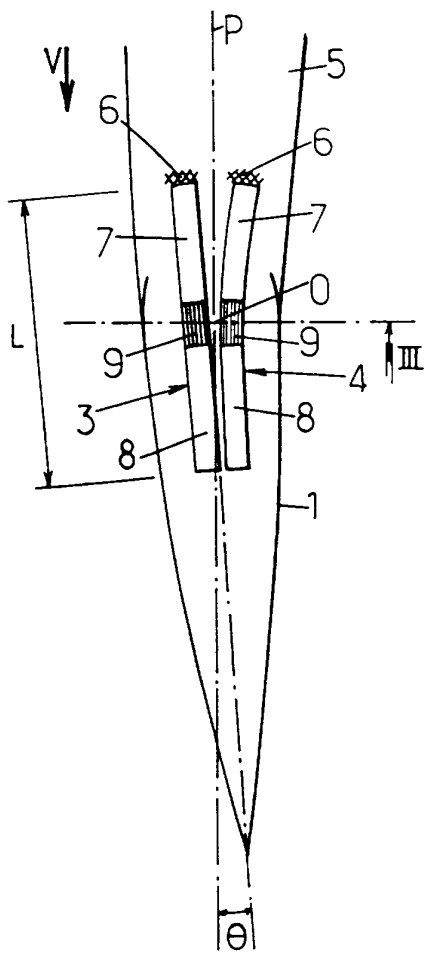


FIG. 3.

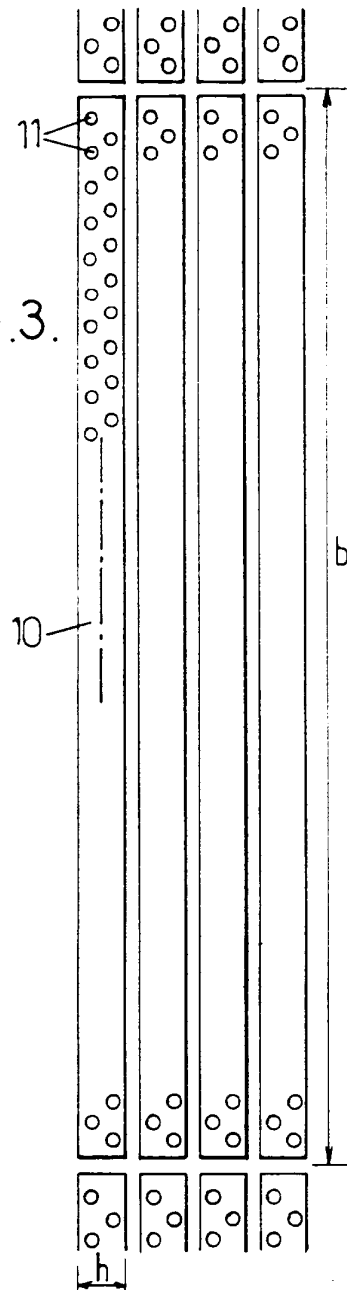
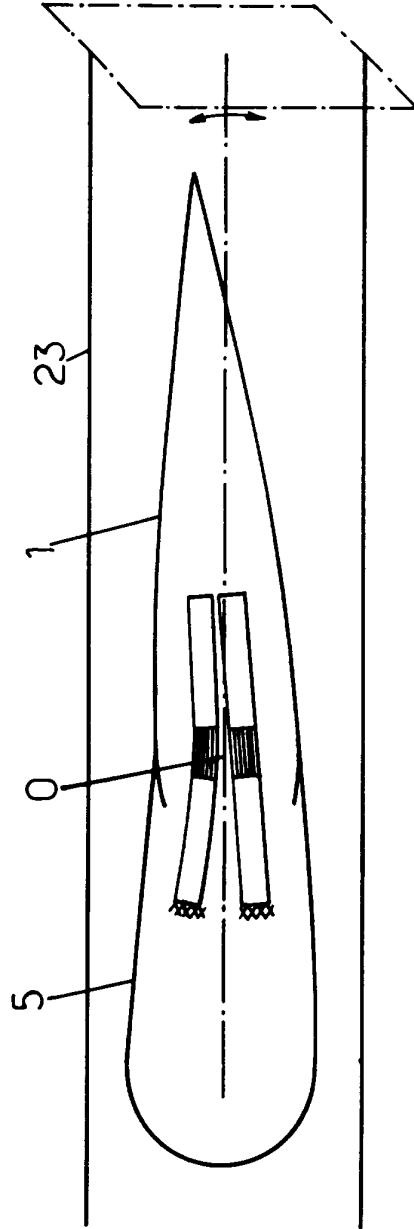


FIG. 5.



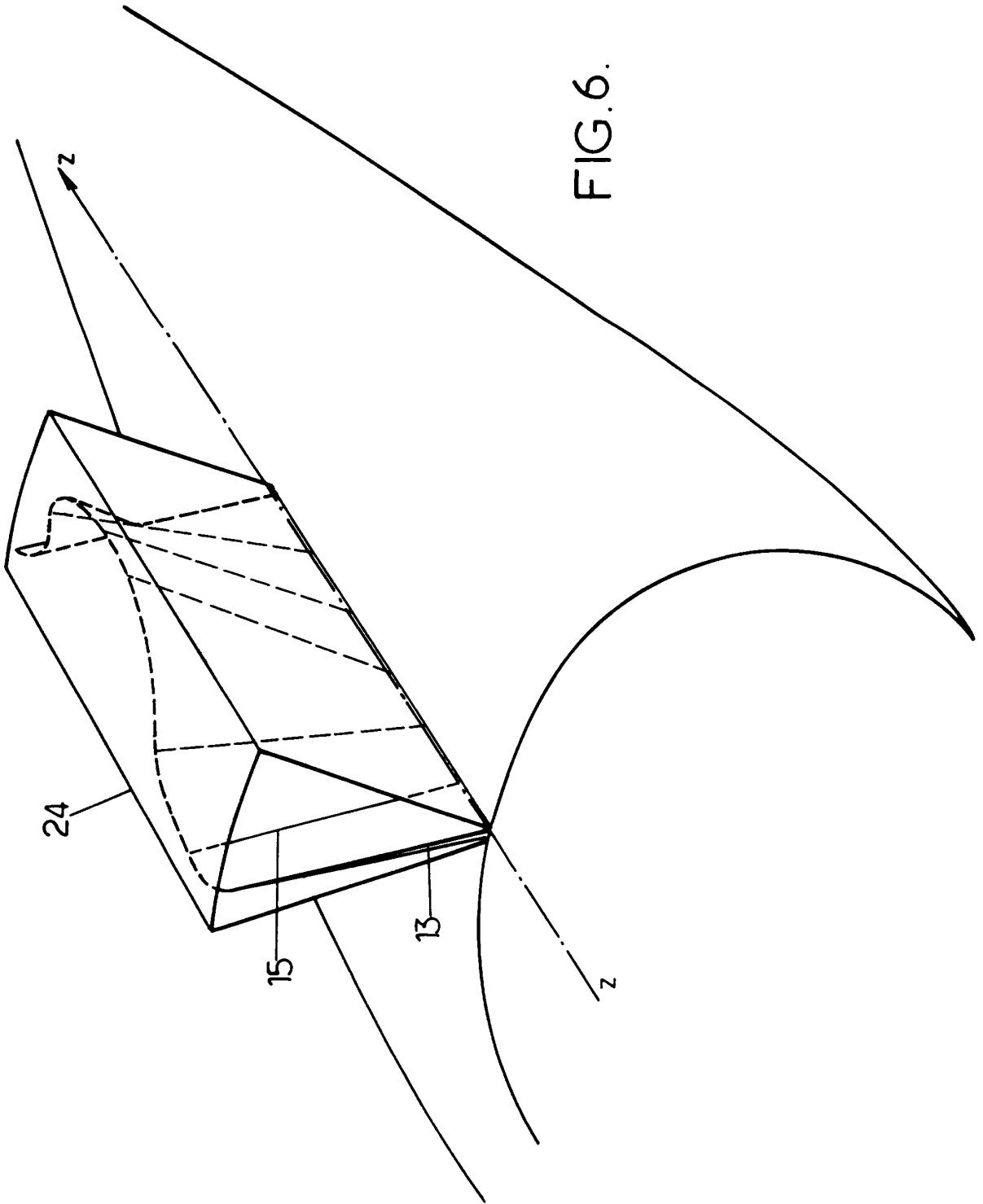


FIG.6.

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	US-A-3 118 639 (T.KICENIUK) * colonne 2, ligne 67 - colonne 3, ligne 43; figures * ---	1,7
A	DE-C-98 999 (M.SHANN) * figures * ---	1,8,9
A	NL-A-7 707 271 (SOCIÉTÉ D'ÉTUDE ET DE GESTION DES BREVETS DE LA ROCHE KERANDRAON) * figures * -----	1,10,11
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		B63H B63G
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
27 Juin 1995		Stierman, E
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1