

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
03 octobre 2019 (03.10.2019)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2019/186019 A1

(51) Classification internationale des brevets :
A01G 15/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2019/050578

(22) Date de dépôt international :

14 mars 2019 (14.03.2019)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

18 52265

16 mars 2018 (16.03.2018)

FR

(72) Inventeur; et

(71) Déposant : **PLUVIOSE, Michel** [FR/FR] ; 12 rue de la briqueterie, 31400 TOULOUSE (FR).

(74) Mandataire : **CABINET PLASSERAUD** ; 66 rue de la Chaussée d'Antin, 75440 PARIS CEDEX 09 (FR).

PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Publiée:

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,

(54) Title: MODULE FOR DEGRADING THE ENERGY OF A HURRICANE, AND CORRESPONDING METHOD

(54) Titre : MODULE DE DÉGRADATION DE L'ÉNERGIE D'UN OURAGAN ET PROCÉDÉ ASSOCIÉ

(57) Abstract: The invention proposes a submarine module for degrading the energy of a hurricane, said module comprising: - a motor (10) designed to ensure the propulsion of the module, and - a device for injecting cold water (30) comprising at least one pump, the injection device being designed to pump cold water from the bottom and injecting the pumped water into the base of the hurricane, wherein the motor (10) comprises an ocean thermal energy conversion (OTEC) plant (20) having a device for supplying cold water (21) designed to draw water from the deep, a device for supplying warm water (22) designed to draw water from the surface, a thermodynamic circuit (23) for circulating a working fluid, said circuit comprising a turbine (233) driven by the working fluid, the OTEC plant (20) being further designed to drive every pump of the device for injecting cold water (30), and the module comprises a main motor body (15) having a hydrodynamic shroud accommodating at least the thermodynamic circuit (23) and the device for supplying cold water (21) of the OTEC plant (20), and further at least one cooling module (16) mounted to the main motor body (15) and accommodating at least one water intake duct (161) of the device for injecting cold water (30).

(57) Abrégé : L'invention propose un module sous-marin de dégradation de l'énergie d'un ouragan, comprenant : - un moteur (10) adapté pour assurer la propulsion du module, et - un dispositif d'injection d'eau froide (30) comprenant au moins une pompe, le dispositif d'injection étant adapté pour pomper de l'eau froide en profondeur et pour injecter l'eau pompée à la base d'un ouragan, dans lequel le moteur (10) comprend une centrale d'énergie thermique des mers (ETM) (20), comprenant un dispositif d'alimentation d'eau froide (21) adapté pour prélever de l'eau en profondeur, un dispositif d'alimentation d'eau chaude (22) adapté pour prélever de l'eau en surface, un circuit thermodynamique (23) de circulation d'un fluide de travail, ledit circuit comprenant une turbine (233) entraînée par le fluide de travail, la centrale ETM (20) étant en outre adaptée pour entraîner chaque pompe du dispositif d'injection d'eau froide (30), et le module comprend un corps moteur principal (15), comprenant un carénage hydrodynamique logeant au moins le circuit thermodynamique (23) et le dispositif d'alimentation d'eau froide (21) de la centrale ETM (20), et en outre au moins un module de refroidissement (16) assemblé au corps moteur principal (15), logeant au moins une conduite de prise d'eau (161) du dispositif d'injection d'eau froide (30).



WO 2019/186019 A1

MODULE DE DEGRADATION DE L'ENERGIE D'UN OURAGAN ET PROCEDE
ASSOCIE

DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention concerne un module sous-marin pour la dégradation de l'énergie d'un ouragan afin de l'affaiblir, en supprimant l'ordre introduit lors de sa formation, pour le rétrograder en tempête tropicale, et un procédé de dégradation de l'énergie
5 d'un ouragan à l'aide d'un ou plusieurs modules.

ETAT DE LA TECHNIQUE

Un ouragan agit comme une soupape libérant la chaleur accumulée sous les tropiques pendant la saison chaude. Un aléa sur la surface de l'océan, durant cette
10 période, peut évoluer depuis une dépression tropicale puis une tempête tropicale vers un ouragan après passage par une bifurcation et des zones plus ou moins chaotiques ; l'ouragan muni d'ordre est une immense centrale thermique mobile sur la surface de l'océan.

La puissance motrice issue du cycle thermodynamique ouragan est utilisée par celui-ci pour pomper davantage de carburant à sa source chaude et enfler ainsi
15 dans des proportions inquiétantes. Une tempête tropicale ne possède pas, elle, la capacité de créer de l'énergie motrice. C'est l'ordre apparu lors de l'autoformation de l'ouragan qui engendre le moteur thermique (Figure 7). L'échelle de Saffir-Simpson classe ces divers phénomènes météorologiques observés sur l'océan
20 selon la vitesse des vents.

Ce phénomène météorologique est généralement appelé cyclone tropical, mais il porte des noms distincts en fonction de l'endroit où il se forme. Ainsi le terme d'ouragan est utilisé dans l'Atlantique nord et le Pacifique Nord-Est, tandis qu'on désigne la même perturbation par le mot typhon en Asie du Sud-Est, et par cyclone
25 dans les autres bassins océaniques. On utilisera par la suite le seul terme d'ouragan.

Les ouragans se forment à la surface des océans, à une latitude comprise entre 5 et 8°, quand les conditions suivantes sont remplies :

- une température de surface de l'océan supérieure à 26°C sur une
30 profondeur de l'ordre de 50 mètres,

- une quantité d'humidité suffisante dans la troposphère (zone de l'atmosphère terrestre s'étendant de la surface de la Terre à une altitude de 10 à 15 km),
- des vents réguliers ou absents à toutes les altitudes,
- 5 - la présence d'une dépression tropicale.

C'est dans les zones tropicales que ces conditions sont le plus souvent réunies. L'ouragan se forme alors par évaporation de l'eau de surface, créant une zone de dépression à la surface de l'océan et provoquant la formation d'une masse de nuages en altitude propice au développement d'orages.

- 10 L'effet Coriolis dévie les courants fluides en créant un vortex dont le sens de rotation dépend de la position de l'ouragan par rapport à l'équateur : un ouragan tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère nord, et dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère sud.

- 15 Selon l'article « *A Remarkable Use of Energetics by Nature : The Chaotic System of Tropical Cyclones, International Journal of Applied Environmental Sciences, Michel Pluviose, IJAES, Vol.13, N°8, 2018* », un ouragan se forme lorsqu'il existe un déséquilibre en température trop important entre la surface des océans et celle en altitude. Les développements récents en thermodynamique non linéaire et en physique du chaos montrent qu'une tempête tropicale peut alors
- 20 atteindre une bifurcation, franchir des zones chaotiques plus ou moins marquées avant de devenir une structure dissipative, c'est-à-dire un système muni d'ordre et de désordre.. Sous l'effet des contraintes imposées, le système s'est auto-organisé, comme on peut le voir sur la Figure 7 qui représente la chute d'entropie créée lors de l'émergence d'ordre à la formation de l'ouragan. L'ordre se manifeste
- 25 physiquement, d'une part par l'œil presque parfaitement circulaire et son mur, et d'autre part par l'émergence du moteur thermique ouragan, lequel puise son carburant dans le réservoir de chaleur formé par les premières couches de l'océan constituées d'eau chaude. Il restitue une quantité de chaleur à la source froide des hautes altitudes. Les ouragans, bien que moins meurtriers de nos jours grâce au
- 30 développement des systèmes de surveillance et d'alerte météorologique, causent chaque année des dégâts matériels très importants. Pour les seuls Etats-Unis d'Amérique, on estime à 35 milliards d'euros la moyenne annuelle des dégâts causés par les ouragans depuis le début du XXIème siècle. Et pour l'année 2017,

les ouragans ont causé des dommages particulièrement importants, estimés à environ 250 milliards d'euros.

Des travaux ont été entrepris pour lutter contre les ouragans, mais on peut
5 constater qu'aucun n'a abouti à ce jour, puisqu'aucun dispositif n'a jusqu'à présent été déployé pour empêcher ou limiter la formation d'un ouragan.

On connaît par exemple du document US 2005/0133612 un procédé consistant à pomper de l'eau froide des profondeurs à l'aide d'un sous-marin, pour rafraîchir l'eau chaude de surface où un ouragan est en train de se former.

10 On connaît également du document US 2007/0101921 un dispositif pour rafraîchir l'eau de surface, ce dispositif pompant l'eau chaude de surface pour l'injecter en profondeur et pour la remplacer par de l'eau froide.

Il est aussi connu du document US 2008/0277492 un dispositif flottant refroidissant une zone en surface de l'océan en amont du trajet potentiel d'un
15 ouragan à l'aide d'un système de pompage d'eau profonde entraîné par une centrale ETM.

On peut estimer qu'une des raisons pour lesquelles ces projets n'ont pas abouti est qu'un refroidissement insuffisant dans des zones trop imprécises de l'ouragan est incapable de modifier son comportement, sauf à refroidir de manière très
20 significative la surface de l'océan, ce qui d'une part est complexe à mettre en œuvre, et d'autre part pourrait avoir des conséquences délétères sur l'environnement. Une autre de ces raisons est que ces projets n'ont pas pu établir un rapport de puissance suffisant vis-à-vis de la puissance des ouragans pour être efficace.

25

Il existe donc un besoin pour une solution efficace permettant de d'affaiblir un ouragan déjà formé ou en cours de formation dans l'océan.

PRESENTATION DE L'INVENTION

30 Compte-tenu de ce qui précède, l'invention a pour but de proposer un dispositif et un procédé permettant de déstabiliser un ouragan déjà formé ou en cours de formation, afin de détruire son organisation et le rétrograder ainsi en tempête tropicale.

En particulier, un but de l'invention est de proposer un procédé permettant de dégrader en partie l'énergie d'un ouragan en y introduisant une perturbation de façon à détruire l'ordre introduit lors de sa formation.

Un autre but de l'invention est de proposer un dispositif présentant une
5 puissance suffisante pour pouvoir mettre en œuvre ce procédé.

A cet égard, l'invention a pour objet un module sous-marin de dégradation de l'énergie d'un ouragan, comprenant :

- un moteur adapté pour assurer la propulsion du module, et
- 10 - un dispositif d'injection d'eau froide comprenant au moins une pompe, le dispositif d'injection étant adapté pour pomper de l'eau froide en profondeur et pour injecter l'eau pompée à la base d'un ouragan, dans lequel le moteur comprend une centrale d'énergie thermique des mers (ETM), comprenant un dispositif d'alimentation d'eau froide adapté pour prélever de l'eau
15 en profondeur, un dispositif d'alimentation d'eau chaude adapté pour prélever de l'eau en surface, un circuit thermodynamique de circulation d'un fluide de travail, ledit circuit comprenant une turbine entraînée par le fluide de travail, la centrale ETM étant en outre adaptée pour entraîner chaque pompe du dispositif d'injection d'eau froide,
- 20 et le module comprend un corps moteur principal, comprenant un carénage hydrodynamique logeant au moins le circuit thermodynamique et le dispositif d'alimentation d'eau froide de la centrale ETM, et en outre au moins un module de refroidissement assemblé au corps moteur principal, logeant au moins une conduite de prise d'eau du dispositif d'injection
25 d'eau froide.

Avantageusement, mais facultativement, le module selon l'invention peut en outre comprendre au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- la centrale ETM peut être dimensionnée pour présenter une puissance supérieure à 50 MW, par exemple égale à 100 MW.
- 30 - le dispositif d'alimentation d'eau froide de la centrale ETM peut comprendre au moins une pompe et une conduite de prise d'eau, adaptée pour prélever de l'eau à une profondeur supérieure ou égale à 200 m, de préférence supérieure ou égale à 400 m.

- le dispositif d'injection d'eau froide comprend en outre au moins une conduite de prise d'eau adaptée pour prélever de l'eau à une profondeur supérieure ou égale à 250 m, de préférence comprise entre 270 et 320 m.
- 5 - L'au moins un module de refroidissement peut également comprendre un carénage hydrodynamique s'étendant sur une hauteur d'au moins 150 m et logeant au moins une conduite de prise d'eau du dispositif d'injection d'eau froide.
- 10 - Le module sous-marin peut comprendre une pluralité de modules de refroidissement, chaque module de refroidissement étant assemblé au corps moteur principal au niveau d'une première extrémité, et le module peut en outre comprendre un corps moteur secondaire, comprenant un dispositif de propulsion mécanique alimenté en énergie par le moteur ou par un système de propulsion anaérobie, chaque module de
15 refroidissement étant assemblé au corps moteur secondaire au niveau d'une deuxième extrémité opposée à la première.
- le moteur est avantageusement configuré pour pouvoir propulser le module à une vitesse au moins égale à 25km/h.
- 20 L'invention a également pour objet un système de dégradation de l'énergie d'un ouragan, comprenant au moins un module sous-marin selon la description qui précède, et un dispositif de pilotage à distance de chaque module, adapté pour piloter le déplacement de chaque module sous-marin avec l'ouragan de manière à maintenir fixe sa position par rapport à l'ouragan durant le déplacement de celui-ci.
- 25 Dans un mode de réalisation, chaque module sous-marin comprend un système de propulsion anaérobie, et le dispositif de pilotage à distance est adapté pour piloter, pour chaque module, le moteur de propulsion et le système de propulsion anaérobie du module.
- 30 L'invention a également pour objet un procédé de dégradation de l'énergie d'un ouragan, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- amener au moins un module de dégradation de l'énergie d'un ouragan sous le mur de l'œil d'un ouragan, d'un côté de l'œil situé dans la direction de déplacement de l'ouragan, le module comprenant :
 - 5 - un moteur adapté pour assurer la propulsion du module, et
 - un dispositif d'injection d'eau froide comprenant au moins une pompe, le dispositif d'injection étant adapté pour pomper de l'eau froide en profondeur et pour injecter l'eau pompée à la base d'un ouragan, dans lequel le moteur comprend une centrale d'énergie thermique des mers (ETM),
 - 10 comprenant un dispositif d'alimentation d'eau froide adapté pour prélever de l'eau en profondeur, un dispositif d'alimentation d'eau chaude adapté pour prélever de l'eau en surface, un circuit thermodynamique de circulation d'un fluide de travail, ledit circuit comprenant une turbine entraînée par le fluide de travail, la centrale ETM étant en outre adaptée pour entraîner chaque pompe du dispositif d'injection d'eau
 - 15 froide,
 - entraîner la centrale ETM du module pour pomper de l'eau froide à une profondeur d'au moins 250 m, et
 - injecter l'eau froide pompée sous le mur de l'œil de l'ouragan.
 - 20 Avantageusement, le procédé comprend en outre le déplacement de chaque module avec l'ouragan de manière à maintenir fixe sa position par rapport à l'ouragan durant le déplacement de celui-ci.
- Le procédé selon l'invention permet de dégrader en partie l'énergie d'un ouragan en
- 25 pompant de l'eau froide des profondeurs pour l'injecter sous le mur de l'œil d'un ouragan. Cette injection d'eau froide permet à la fois de baisser localement la température de l'ouragan en surface, à proximité du point d'injection, mais également d'introduire une perturbation au niveau de l'ensemble le plus ordonné de l'ouragan (le mur de l'œil) et ainsi déstabiliser la structure de l'ouragan.
- 30 L'eau de refroidissement étant injectée du côté amont du mur de l'œil par rapport à la direction de déplacement de l'ouragan, et avantageusement en étant légèrement décalée du côté de l'équateur par rapport à cet axe, elle permet de déstabiliser l'ouragan sur sa trajectoire et donc de modifier cette dernière, pour guider l'ouragan vers des zones moins chaudes afin qu'il se dissipe naturellement.

Le dispositif selon l'invention permet de mettre en œuvre ce procédé, car sa propulsion et l'entraînement des pompes de son dispositif d'injection d'eau froide sont assurés par une centrale d'énergie thermique des mers. Or ce type de centrale
5 tire sa puissance d'une différence de température entre l'eau froide des profondeurs et l'eau chaude de surface, que l'on est assuré de trouver en présence d'un ouragan.

En dimensionnant un module d'une puissance de l'ordre de 100 MW, on peut prévoir d'utiliser un ensemble de modules à la base d'un ouragan pour injecter de
10 l'eau froide en quantité suffisamment importante pour perturber l'ouragan.

DESCRIPTION DES FIGURES

D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue
15 en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique en vue de dessus d'un module sous-marin selon un mode de réalisation de l'invention.
- La figure 2 est une représentation schématique en vue de côté d'un module sous-marin selon un mode de réalisation de l'invention.
- 20 - La figure 3 est un schéma de principe d'une centrale ETM,
- La figure 4 représente l'évolution de la température de l'eau dans les mers tropicales.
- Les figures 5a à 5d représentent plusieurs exemples de profils de carénage.
- Les figures 6a et 6b représentent un principe de positionnement de deux
25 ensembles de modules sous-marin relativement à un ouragan de l'hémisphère nord.
- la figure 7 représente un diagramme de bifurcation lors du passage d'une tempête tropicale en ouragan, avec une chute d'entropie créée par l'émergence d'ordre.

DESCRIPTION DETAILLEE D'AU MOINS UN MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

En référence aux figures 1 à 3, on va maintenant décrire un module sous-marin de dégradation de l'énergie d'un ouragan selon un mode de réalisation de
5 l'invention.

Le module sous-marin 1 comporte un moteur 10 adapté pour assurer la propulsion du module 1, de manière à pouvoir amener celui-ci sur le site d'un ouragan, et à suivre l'ouragan dans son déplacement, et en particulier, comme décrit plus en détails ci-après, en amenant et en maintenant le module à proximité
10 du mur de l'œil de l'ouragan. A cet égard, le moteur 10 est adapté pour propulser le module 1 à une vitesse au moins égale à la vitesse typique de déplacement d'un ouragan, c'est-à-dire 25 km/h.

De plus, le module sous-marin 1 comprend également un dispositif d'injection d'eau froide 30, comprenant au moins une pompe (non représentée) pour
15 pomper de l'eau froide en profondeur et pour injecter l'eau pompée à la base de l'ouragan, et plus particulièrement sous le mur de l'œil de l'ouragan.

Le moteur 10 peut comprendre un organe de propulsion tel que par exemple une ou plusieurs hélices 11, ainsi qu'une source d'énergie pour la propulsion.

En référence à la figure 3, le moteur 10 comprend une centrale d'énergie thermique des mers 20, également connue sous la dénomination ETM (ou OTEC pour l'acronyme anglais « Ocean Thermal Energy Conversion »), formant la source d'énergie du moteur 10 pour la propulsion du module sous-marin, la centrale ETM étant également adaptée pour entraîner les pompes du dispositif d'injection d'eau
20 froide 30.

La centrale ETM 20 comporte un dispositif d'alimentation d'eau froide 21, qui est adapté pour prélever de l'eau froide en profondeur, un dispositif d'alimentation d'eau chaude 22, qui est adapté pour prélever de l'eau chaude à proximité de la surface, un circuit thermodynamique 23 dans lequel circule un fluide de travail, ce circuit thermodynamique 23 mettant en œuvre un cycle de Carnot, et comprenant
25 en particulier une turbine 233 adaptée pour fournir l'énergie du moteur 10. Dans un mode de réalisation, le moteur 10 comprend en outre un générateur électrique 12 ou une pompe adapté(e) pour recueillir l'énergie mécanique générée par la turbine 233, et pour la transmettre ensuite aux hélices via des moyens de transmission et de conversion d'énergie connus de l'Homme de l'Art.
30

Les termes « froid » et « chaud » sont utilisés dans leur sens relatif, à savoir que l'eau froide captée en profondeur présente une température strictement inférieure à l'eau chaude captée en surface.

- 5 Typiquement, l'eau froide présente une température inférieure à 10°C, par exemple comprise entre 4 et 10 °C, par exemple égale à 5 °C. L'eau chaude présente quant à elle une température supérieure à 15°C, de préférence supérieure à 20 °C, par exemple égale à 25 ou 26 °C.

Le dispositif d'alimentation d'eau froide 21 comprend avantageusement une
10 ou plusieurs pompes 210, ainsi qu'une conduite de prise d'eau 211 (figure 2) adaptée pour prélever de l'eau à une profondeur supérieure ou égale à 150 m, avantageusement supérieure ou égale à 200 m, et encore plus avantageusement supérieure ou égale à 400 m. En effet, en référence à la figure 4, on remarque que
15 qu'au-delà de 400 m elle est inférieure à 7 °C. Or, une machine de Carnot telle qu'une centrale ETM présente un rendement qui ne dépend que des températures de la source chaude et de la source froide, et qui est égale à :

$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

Ainsi, plus la différence de température est importante entre l'eau froide et l'eau chaude, et plus le rendement mais aussi la puissance de la machine sont élevés.

- 20 Le dispositif d'alimentation d'eau chaude 22 peut également comprendre une prise d'eau 221 et une pompe 222.

Le circuit thermodynamique 23 comporte deux transformations isothermes et deux transformations adiabatiques du fluide de travail. Le fluide de travail, qui peut être de l'eau mais plus avantageusement de l'ammoniac en raison de son volume
25 massique beaucoup moins important que celui de l'eau, parvient au point A en entrée d'une pompe 230 lui faisant subir une compression adiabatique AB. Le circuit 23 comporte ensuite évaporateur 231 dans lequel le fluide de travail subit, grâce à la chaleur apportée par l'eau chaude, une vaporisation partielle isobare-isotherme entre B et C. Le circuit 23 comprend un séparateur 232 adapté pour séparer la
30 partie liquide de travail afin qu'elle soit renvoyée en entrée de l'évaporateur.

La turbine à vapeur 233 permet de réaliser sur le fluide du travail une détente adiabatique entre une entrée D de la turbine et une sortie E, détente au

cours de laquelle on récupère l'énergie mécanique issue de ce cycle moteur. Enfin le circuit 23 comprend un condenseur 234 adapté pour faire subir au fluide de travail, grâce à l'eau froide amenée par le dispositif 21, une évolution isotherme-isobare le ramenant à l'état liquide.

- 5 L'eau de la source froide réchauffée par la centrale et l'eau de la source chaude refroidie sont évacuées au moyen des pompes respectivement des dispositifs de prélèvement d'eau froide et d'eau chaude.

En référence à la figure 1, selon un mode de réalisation avantageux, le
10 module sous-marin comprend un corps moteur principal 15 comprenant un carénage hydrodynamique sur lequel peuvent être montées les hélices 11, le corps moteur principal logeant au moins le circuit thermodynamique 23 de la centrale ETM. Dans toute la suite, par carénage, on entend une paroi externe ou coque externe de la pièce considérée, qui présente un profil hydrodynamique.
15 Avantageusement, le corps principal loge également la ou les pompes du dispositif d'alimentation d'eau froide 21 de la centrale ETM, et le cas échéant du dispositif d'alimentation d'eau chaude, ainsi que la ou les pompes (non représentées) du dispositif d'injection d'eau froide 30.

Dans un mode de réalisation, le dispositif d'alimentation d'eau chaude 22 de
20 la centrale ETM peut ne pas comprendre de pompe et comprendre une prise d'eau chaude agencée dans le carénage du corps moteur principal 15, par exemple à l'avant de celui-ci dans la direction de déplacement du dispositif sous-marin 1.

Le dispositif d'injection d'eau froide 30 comprend également au moins une conduite de prise d'eau froide 161 adaptée pour prélever de l'eau en grande
25 quantité à une profondeur supérieure ou égale à 250 m, de préférence comprise entre 270 et 320 m, par exemple égale à 300 m. La contrainte sur la profondeur à laquelle est pompée l'eau froide pour son injection sous le mur de l'œil de l'ouragan est moins rigoureuse que pour l'eau froide utilisée pour la centrale ETM, car l'effet d'une faible variation de température de l'eau froide est moins sensible sur l'ouragan
30 que sur le fonctionnement de la centrale ETM.

Sur la figure 2, toutes les zones hachurées représentent les sections des conduites ou des modules représentés.

En référence à la figure 2, le module sous-marin comprend avantageusement, en plus du corps moteur principal 15, un ensemble de modules

de refroidissement 16 assemblés chacun au corps moteur principal, chaque module de refroidissement 16 comprenant un carénage hydrodynamique 160 s'étendant sur une hauteur d'au moins 250 m, par exemple de 300 m comme représenté dans la figure 2, et ouvert à sa base, et logeant au moins une conduite de prise d'eau froide

5 161 du dispositif 30 d'injection d'eau froide, adaptée pour ramener l'eau froide prélevée à la base du carénage 160 au niveau du corps moteur principal pour l'injecter sous le mur de l'œil de l'ouragan. De plus, chaque module de refroidissement 16 comprend avantageusement une bouche d'injection d'eau 162

10 communiquant avec les conduites de prises d'eau froide, et adaptée pour injecter l'eau prélevée sous le mur de l'œil de l'ouragan. Avantageusement, cette bouche est orientée verticalement vers la surface pour diriger l'eau vers le mur de l'œil. En variante, elle peut être partiellement inclinée vers l'arrière par rapport à la direction de déplacement du module, pour que l'eau injectée contribue aussi à la poussée.

De préférence, comme représenté sur la figure 2, les modules de refroidissement 16 sont répartis régulièrement autour de la circonférence d'une

15 section transversale du corps moteur principal 15. De préférence, le module sous-marin comprend au moins deux modules de refroidissement, et avantageusement au moins quatre modules de refroidissement, le nombre de modules dépendant du dimensionnement du module sous-marin et en particulier de celui de la centrale

20 ETM. De plus, chaque module de refroidissement 16 peut comprendre plusieurs conduites 161, par exemple deux conduites 161, afin d'augmenter le débit d'eau froide injectée sous le mur de l'œil de l'ouragan.

Ces modules de refroidissement permettent à la fois de protéger les

25 conduites de prise d'eau et d'assurer l'hydrodynamisme du module sous-marin pour permettre le déplacement de celui-ci.

Compte-tenu de la hauteur des structures mécaniques formées par les modules de refroidissement 16, le module sous-marin 1 comprend

30 avantageusement un corps moteur secondaire 17, disposé à proximité de la base des modules de refroidissement, ce deuxième corps moteur comprenant avantageusement un moyen de propulsion mécanique 18 de type hélice, qui peut être alimenté en énergie soit par le moteur principal 10, via par exemple une transmission électrique, soit par un moteur secondaire (non représenté), par exemple un système de propulsion anaérobie, également connu sous l'acronyme

AIP pour le terme anglais « Air Independent Propulsion ». Ce type de propulsion est particulièrement adapté au corps moteur secondaire 17 car, étant de plus faibles dimensions, il supporte mieux la pression qui s'exercera sur le corps moteur secondaire 17 compte-tenu de sa profondeur.

5 Le corps moteur secondaire 17 comprend également un carénage hydrodynamique 170.

Avantageusement, chaque module de refroidissement 16 est donc fixé à une première extrémité (ou à proximité de celle-ci) au corps moteur principal 15, et à une second extrémité (ou à proximité de celle-ci) au corps moteur secondaire 17, la
10 hauteur séparant les deux corps moteur étant par exemple supérieure à 100 m, et par exemple supérieure à 80% de la hauteur de chaque module de refroidissement 16.

Le corps moteur secondaire 17 permet donc d'éviter le fléchissement des modules de refroidissement 16. Pour ce faire, les corps moteur principal 15 et
15 secondaire 17, et en particulier le moteur 10 et le système d'entraînement du moyen de propulsion mécanique 18 du corps moteur secondaire (c'est-à-dire soit le système de propulsion anaérobie, soit la transmission électrique entre le moteur principal 10 et le corps moteur secondaire 17), sont avantageusement pilotés de manière conjointe par un dispositif de pilotage à distance 40, typiquement une
20 station de contrôle installée sur le continent ou sur un navire ou une barge distante, représentée schématiquement sur la figure 6a. Compte-tenu de la distance importante pouvant exister entre le ou les modules 1 à proximité de l'œil, et le dispositif de pilotage à distance qui sera nécessairement à l'écart de l'ouragan (distance pouvant atteindre plus de 500 km), le dispositif de pilotage à distance 40
25 pourra être adapté pour communiquer avec le module 1 sous-marin par satellite.

De plus, le module sous-marin peut également comprendre un carénage supplémentaire 212, s'étendant sur toute ou partie de la longueur de la conduite de prise d'eau froide 211 de la centrale ETM, celle-ci devant atteindre une profondeur de préférence supérieure ou égale à 200 m, et de préférence supérieure ou égale à
30 400 m. Avantageusement le carénage 212 s'étend depuis le corps moteur principal pour relier la conduite 211 à la centrale ETM, et est également relié au corps moteur secondaire 17. De cette manière, on peut loger, dans le carénage 212, en plus de la conduite 211, une transmission électrique entre le moteur principal 10 et le corps moteur secondaire. Dans un mode de réalisation particulier représenté sur la figure

2, le corps moteur secondaire peut même être intégré au carénage 212 de la conduite 211.

Sur les figures 5a à 5d, on a représenté des exemples de formes de carénage pour les corps moteur, pour les modules de refroidissement, et pour le carénage 212 de la conduite de prise d'eau froide 211, avec leurs coefficients de traînée respectifs. Le coefficient de traînée associé à un cercle (fig. 5a) est de 0,4, celui associé à une ellipse (fig. 5b) telle que $e/l=1/3$ est de 0,11, où e désigne la longueur du petit axe, et l désigne la longueur du grand axe.

Le troisième exemple (fig. 5c) présente la forme d'une ellipse fuselée pour laquelle $e/l=1/3$ et $m/l=1/3$, où m est la distance entre une extrémité de l'ellipse selon le grand axe et le foyer le plus proche. Pour cette forme le coefficient de traînée est de 0,06.

D'autres profils peuvent présenter des coefficients de traînée encore inférieurs, comme par exemple certains profils NACA, dont le profil NACA65012 est représenté en figure 5d et dont le coefficient de traînée est de 0,02.

On va maintenant décrire un exemple de dimensionnement envisagé pour le module sous-marin de dégradation de l'énergie d'un ouragan décrit ci-avant.

On prend l'exemple de modules de refroidissement présentant une hauteur de 300 m, et comprenant une conduite de prise d'eau d'un diamètre de 4 m, ce qui représente une section de 12,6 m².

On évalue la vitesse moyenne de l'eau pompée à 2 m/s, soit un débit volumétrique de 25,1 m³/s, ce qui représente environ 90.000 m³/h, pour chaque conduite de prise d'eau.

Le Nombre de Reynolds de l'écoulement considéré est :

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{2.4}{10^{-6}} = 8.10^6$$

Avec ν la viscosité cinématique de l'eau de mer, considérée de l'ordre de 1.10^{-6} m².s⁻¹.

En estimant la rugosité du milieu marin k de l'ordre de 100 mm, alors $d/k=30$ et le coefficient de perte de charge λ , qui est calculé à partir de l'abaque de Moody ou de la formule de Colebrook, est de l'ordre de 0.06.

Ainsi les pertes de charges régulières peuvent être estimées comme suit :

$$\Delta h_r = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,053 \cdot \frac{300}{4} \cdot \frac{2^2}{2g} = 0,81m$$

Les pertes de charges singulières peuvent être estimées comme suit :

$$\Delta h_s = 4 \cdot \frac{v^2}{2g} = 4 \cdot \frac{2^2}{2g} = 0,8m$$

Soit des pertes de charges totales Δh_T de l'ordre de 1,61 m.

- En considérant le rendement de la pompe utilisée égal à 0,5, et la masse volumique de l'eau de mer égale à 1025kg/m³, on peut estimer ainsi la puissance absorbée pour extraire 90.000m³/h d'eau de mer prise à 300 m de profondeur :

$$W = \frac{\rho \cdot Q \cdot g \cdot \Delta h_T}{0.5} = \frac{1025 \cdot 25 \cdot 1,9,81 \cdot 1,61}{0.5} = 822.000 \text{ watts}$$

Par ailleurs, on peut également évaluer la puissance nécessaire pour vaincre la traînée d'un module de refroidissement.

Le coefficient de trainée s'écrit :

$$C_D = \frac{D}{1/2 \rho U^2 A}$$

- 10 Avec :

- $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ est la masse volumique de l'eau de mer,
- $U = 25 \text{ km/h} \approx 7 \text{ m/s}$ est la vitesse de déplacement de l'ouragan, donc également la vitesse du module sous-marin,
- $A = 4 \cdot 300 = 1200 \text{ m}^2$ pour une conduite de prise d'eau de diamètre 4m et de longueur 300m,
- C_D est le coefficient de trainée du module de refroidissement, avantageusement égal à 0.02 en utilisant pour le carénage un profil NACA65012.

On obtient ainsi une valeur de la trainée $D = 0,02 \cdot 1/2 \cdot 1025 \cdot 1200 \cdot 50 = 4.220.000 \text{ N}$.

- 20 La puissance nécessaire pour vaincre la trainée d'un module de refroidissement est fournie par $D \cdot U \approx 4,2 \text{ MW}$

On peut aussi évaluer la puissance nécessaire pour vaincre la traînée du corps moteur principal.

- 25 On choisit pour ce corps moteur un carénage présentant un profil en ellipse dont le coefficient de traînée est de 0,11.

D'après la même formule que précédemment, où A est la section du maître-couple du corps moteur principal (qu'on évalue de diamètre équivalent à 25m) :

$$A = \frac{\pi \cdot 25^2}{4} = 490m^2$$

La traînée du corps moteur principal est alors égale à $D=1,36 \cdot 10^6 N$,

Et la puissance nécessaire pour entraîner le corps principal à 25km/h est égale à :

$$D \cdot U \approx 9.5MW$$

5

Enfin il faut encore ajouter la puissance nécessaire pour entraîner la conduite de prise d'eau froide 211 pour l'alimentation de la centrale ETM et son carénage 212. D'après des calculs analogues, en considérant un carénage 212 permettant d'adopter un coefficient de traînée de 0.02, un diamètre de base de 8m et une longueur de 400 m pour ce carénage, la puissance pour entraîner la conduite de prise d'eau est de 11.26 MW.

10

Dans le mode de réalisation dans lequel le corps moteur secondaire est intégré dans ce carénage 212, cette puissance permet également d'assurer l'entraînement du corps moteur secondaire.

15

Ainsi dans un exemple de réalisation dans lequel le module sous-marin 1 comprend 7 modules de refroidissement (chaque module comprenant deux conduites 161 de prise d'eau pour le dispositif 30 d'injection d'eau froide) entraînés par un Corps moteur principal 15 propulsé par la centrale ETM 20 et un corps moteur secondaire 17, il vient :

20

- Puissance nécessaire au refroidissement de l'ouragan : $0,82 \cdot 7 \cdot 2 = 11,5$ MW
- Puissance nécessaire pour l'entraînement des modules : $4,22 \cdot 7 = 29,54$ MW
- Puissance nécessaire pour l'entraînement du corps moteur principal : 9,5 MW

25

- Puissance nécessaire pour l'entraînement de la conduite de prise d'eau froide 211 d'alimentation de l'ETM intégrant le corps moteur secondaire: 11,26 MW,

soit une puissance totale de 62 MW.

Pour une centrale ETM de base de 100 MW, des possibilités de refroidissement de l'ouragan restent disponibles tout en gardant une réserve de puissance pour

30

l'accélération du dispositif, ce qui nécessite une optimisation de l'ensemble du dispositif.

En référence à la figure 6a, un procédé de dissipation de l'énergie d'un ouragan
5 peut être mis en œuvre en utilisant plusieurs modules sous-marins décrits précédemment.

Ce procédé comprend une étape au cours de laquelle on amène au moins 1, et de préférence plusieurs modules, par exemple entre 1 et 100 modules sous-marins sous le mur de l'œil de l'ouragan, et de préférence à une profondeur telle que les
10 perturbations de surface causées par l'ouragan soient suffisamment atténuées et acceptables. On considère qu'à une profondeur égale à la moitié de la longueur d'onde des vagues, le mouvement de l'eau peut être considéré comme nul. Par conséquent on peut positionner les modules sous-marins à une profondeur par exemple de l'ordre de 5 à 20 mètres.

15 Comme représenté schématiquement sur la figure 6a, le mur de l'œil de l'ouragan présente une épaisseur de plusieurs dizaines de km, qui peut typiquement atteindre entre 20 et 30 km. Ainsi, des modules peuvent par exemple être positionnés à une distance comprise entre 0 et 20 km du bord interne du mur de l'œil.

20 De plus, comme visible sur la figure 6a, qui représente l'exemple non limitatif d'un ouragan se déplaçant dans l'Atlantique en hémisphère Nord, les modules de refroidissement sont de préférence disposés sous le mur, du côté amont de l'œil, par rapport à la direction de déplacement de l'ouragan. Avantageusement, les
25 modules sont légèrement écartés par rapport à la direction de déplacement de l'ouragan, du côté de l'équateur. Par exemple les modules peuvent se trouver à une position, du côté de l'équateur, formant un angle inférieur à 20° avec la direction de déplacement de l'ouragan, par rapport au centre de l'œil.

Les modules sous-marins se déplacent à la même vitesse que l'ouragan, dans une
30 position relative fixe par rapport au mur de l'œil. Sur la figure 6a, l'ensemble de modules est désigné par « armada 1 ».

Avantageusement, mais facultativement, un autre groupe de modules (« armada 2 ») peut également être positionné sous le mur de l'œil, latéralement par rapport à

la direction de déplacement de l'ouragan, et du côté de l'équateur. Sur l'exemple représenté dans la figure 6a, cela correspond à la partie sud du mur de l'œil. L'autre groupe de modules peut par exemple être positionné au niveau d'une tangente au bord intérieur du mur de l'œil parallèle à la direction de déplacement de l'ouragan,
5 du côté de l'équateur par rapport à cette direction.

Dans cet exemple les deux armadas de modules ne sont donc pas situées à la même distance du centre de l'œil de l'ouragan : la deuxième armada peut être disposée au niveau du bord intérieur du mur de l'œil pour injecter de l'eau contre ce
10 bord, tandis que la première peut être à une distance de l'ordre de 20 km du bord intérieur du mur de l'œil, comme représenté sur la figure 6b, pour injecter de l'eau dans le mur.

Le procédé comprend ensuite le pompage et l'injection massive d'eau froide sous le
15 mur de l'œil, cette eau étant pompée grâce à l'énergie fournie par la centrale ETM. Cette injection d'eau permet, outre un refroidissement local, d'introduire une perturbation dans la structure formée par le mur de l'œil, afin de le déstabiliser. Cela permet également d'introduire un cisaillement dans les vents tournoyants le long du mur de l'œil, afin d'affaiblir l'ouragan en le désorganisant.

20 L'emplacement des modules sous-marins, du côté de la direction de déplacement de l'ouragan, permet également de faire dévier l'ouragan de sa trajectoire afin de l'empêcher de progresser vers des eaux plus chaudes. Les emplacements des modules sont donc avantageusement positionnés entre l'ouragan et les zones chaudes, afin d'orienter l'ouragan vers des zones plus fraîches où il se dégradera
25 progressivement.

Typiquement dans le cas d'un ouragan se trouvant dans l'hémisphère Nord, l'ouragan est ainsi guidé vers des eaux plus froides au nord.

Enfin, l'effet Coriolis, qui dévie les vents vers l'est dans l'hémisphère nord, et vers
30 l'ouest dans l'hémisphère sud, croît depuis l'équateur vers les pôles, de sorte que le fait de guider un ouragan d'hémisphère nord vers le nord implique également d'accroître l'effet Coriolis s'appliquant sur l'ouragan. De ce fait, l'ouragan est davantage empêché de progresser vers les eaux chaudes du sud-ouest. La même chose s'applique de façon symétrique pour les ouragans dans l'hémisphère sud.

Ces effets sont donc cumulatifs et l'injection localisée d'eau froide permet d'amorcer une déstabilisation et un affaiblissement qui sont ensuite accrus par la déviation de la trajectoire de l'ouragan.

REVENDEICATIONS

1. Module sous-marin (1) de dégradation de l'énergie d'un ouragan, comprenant :
 - 5 - un moteur (10) adapté pour assurer la propulsion du module, et
 - un dispositif d'injection d'eau froide (30) comprenant au moins une pompe, le dispositif d'injection étant adapté pour pomper de l'eau froide en profondeur et pour injecter l'eau pompée à la base d'un ouragan,dans lequel le moteur (10) comprend une centrale d'énergie thermique des mers
10 (ETM) (20), comprenant un dispositif d'alimentation d'eau froide (21) adapté pour prélever de l'eau en profondeur, un dispositif d'alimentation d'eau chaude (22) adapté pour prélever de l'eau en surface, un circuit thermodynamique (23) de circulation d'un fluide de travail, ledit circuit comprenant une turbine (233) entraînée par le fluide de travail,
15 la centrale ETM (20) étant en outre adaptée pour entraîner chaque pompe du dispositif d'injection d'eau froide (30),
et le module comprend un corps moteur principal (15), comprenant un carénage hydrodynamique logeant au moins le circuit thermodynamique (23) et le dispositif d'alimentation d'eau froide (21) de la centrale ETM (20),
20 et en outre au moins un module de refroidissement (16) assemblé au corps moteur principal (15), logeant au moins une conduite de prise d'eau (161) du dispositif d'injection d'eau froide (30).
2. Module sous-marin (1) selon la revendication 1, dans lequel la centrale ETM
25 (20) est dimensionnée pour présenter une puissance supérieure à 50 MW, par exemple de 100 MW.
3. Module sous-marin (1) selon la revendication 1, dans lequel le dispositif d'alimentation d'eau froide (21) de la centrale ETM (20) comprend au moins une
30 pompe (210) et une conduite de prise d'eau (211), adaptée pour prélever de l'eau à une profondeur supérieure ou égale à 200 m, de préférence supérieure ou égale à 400 m.

4. Module sous-marin (1) selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le dispositif d'injection d'eau froide (30) comprend en outre au moins une conduite de prise d'eau (161) adaptée pour prélever de l'eau à une profondeur supérieure ou égale à 250 m, de préférence comprise entre 270 et 320 m.

5

5. Module sous-marin selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'au moins un module de refroidissement (16) comprend un carénage hydrodynamique (160) s'étendant sur une hauteur d'au moins 150 m et logeant au moins une conduite de prise d'eau (161) du dispositif d'injection d'eau froide (30).

10

6. Module sous-marin (1) selon la revendication précédente, comprenant une pluralité de modules de refroidissement (16), chaque module de refroidissement (16) étant assemblé au corps moteur principal (15) au niveau d'une première extrémité, et le module comprend en outre un corps moteur secondaire (17),
15 comprenant un dispositif de propulsion mécanique (11) alimenté en énergie par le moteur (10) ou par un système de propulsion anaérobie, chaque module de refroidissement (16) étant assemblé au corps moteur secondaire (17) au niveau d'une deuxième extrémité opposée à la première.

20

7. Module sous-marin (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le moteur est configuré pour pouvoir propulser le module à une vitesse au moins égale à 25km/h.

25

8. Système de dégradation de l'énergie d'un ouragan, comprenant au moins un module sous-marin (1) selon l'une des revendications précédentes, et un dispositif de pilotage à distance (40) de chaque module, adapté pour piloter le déplacement de chaque module sous-marin (1) avec l'ouragan de manière à maintenir fixe sa position par rapport à l'ouragan durant le déplacement de celui-ci.

30

9. Système de dégradation de l'énergie d'un ouragan selon la revendication précédente, dans lequel chaque module (1) est selon la revendication 7, et le dispositif de pilotage à distance (40) est adapté pour piloter, pour chaque module, le moteur de propulsion (10) et le système de propulsion anaérobie du module.

10. Procédé de dégradation de l'énergie d'un ouragan, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- amener au moins un module de dégradation de l'énergie d'un ouragan sous le mur de l'œil d'un ouragan, d'un côté de l'œil situé dans la direction de déplacement de l'ouragan,
5 le module comprenant :
 - un moteur (10) adapté pour assurer la propulsion du module, et
 - un dispositif d'injection d'eau froide (30) comprenant au moins une pompe, le dispositif d'injection étant adapté pour pomper de l'eau froide en profondeur et
10 pour injecter l'eau pompée à la base d'un ouragan, dans lequel le moteur (10) comprend une centrale d'énergie thermique des mers (ETM) (20), comprenant un dispositif d'alimentation d'eau froide (21) adapté pour prélever de l'eau en profondeur, un dispositif d'alimentation d'eau chaude (22) adapté pour prélever de l'eau en surface, un circuit thermodynamique (23) de
15 circulation d'un fluide de travail, ledit circuit comprenant une turbine (233) entraînée par le fluide de travail, la centrale ETM (20) étant en outre adaptée pour entraîner chaque pompe du dispositif d'injection d'eau froide (30),
 - entraîner la centrale ETM du module pour pomper de l'eau froide à une
20 profondeur d'au moins 270 m, et
 - injecter l'eau froide pompée sous le mur de l'œil de l'ouragan.

11. Procédé selon la revendication précédente, comprenant en outre le déplacement de chaque module avec l'ouragan de manière à maintenir fixe sa position par rapport à l'ouragan durant le déplacement de celui-ci.

1/5

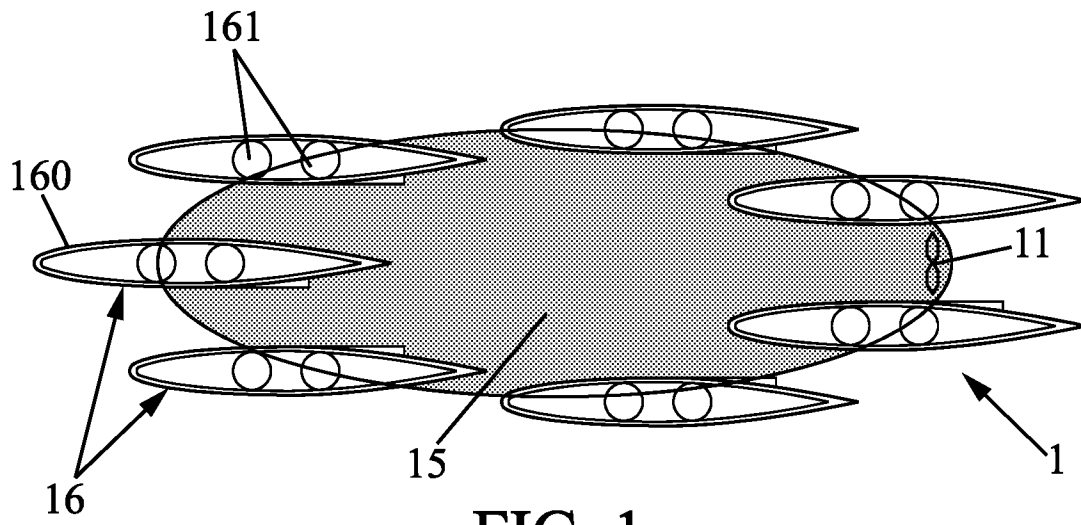


FIG. 1

2/5

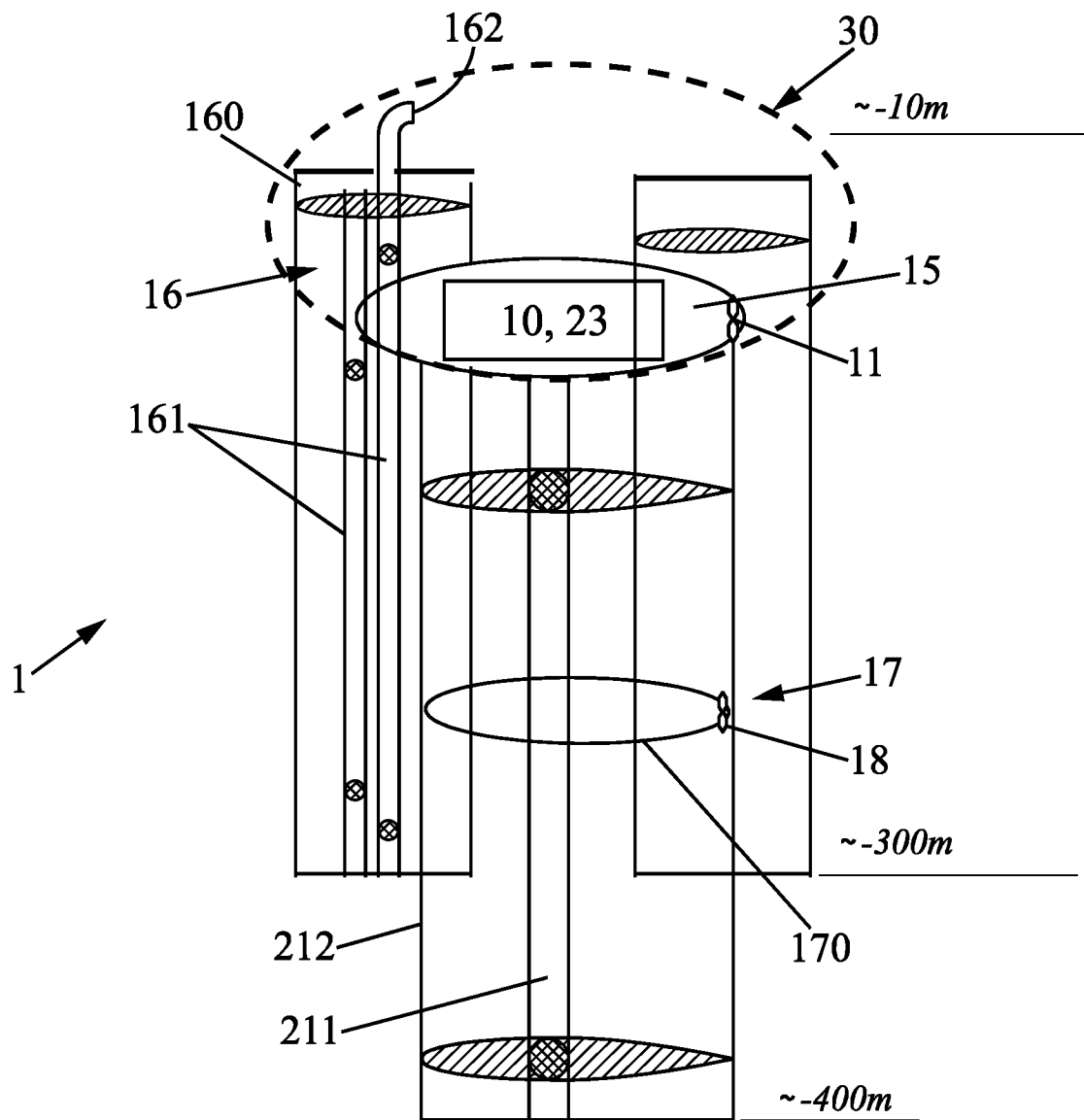


FIG. 2

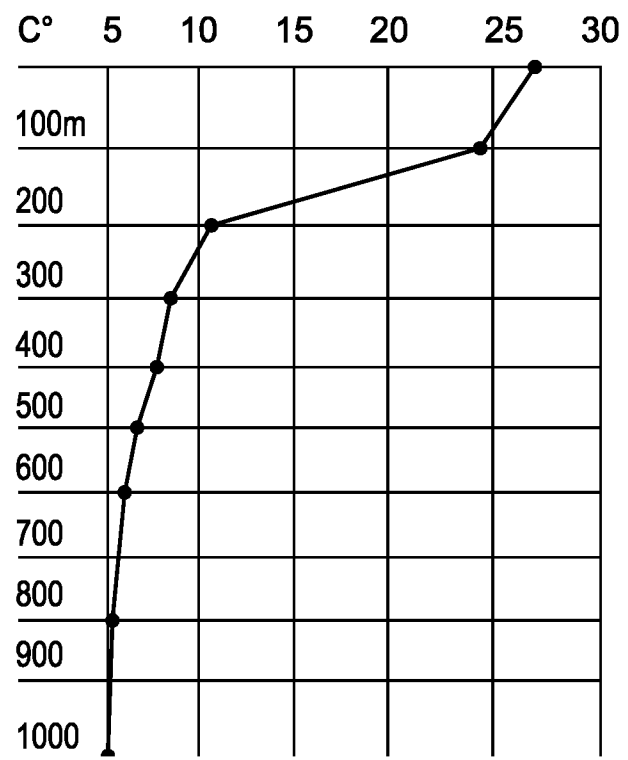
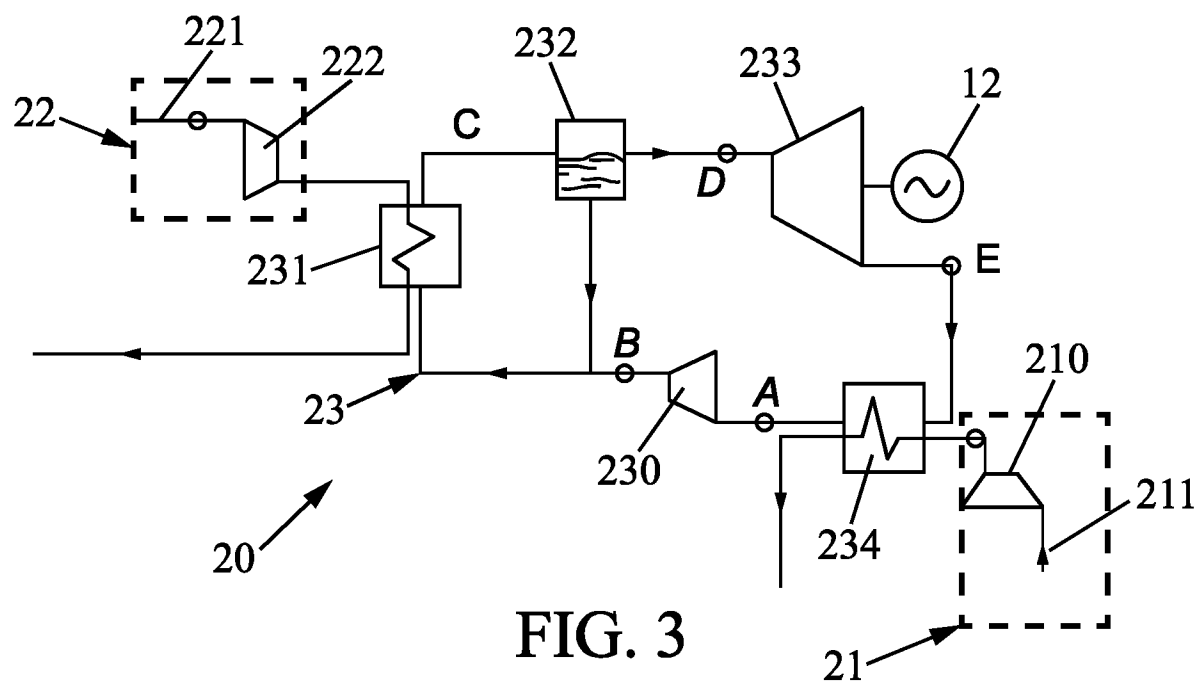


FIG. 4

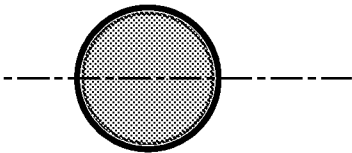


FIG. 5a

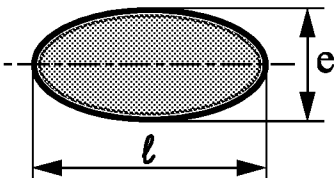


FIG. 5b

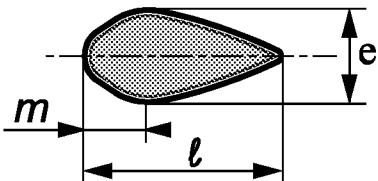


FIG. 5c



FIG. 5d

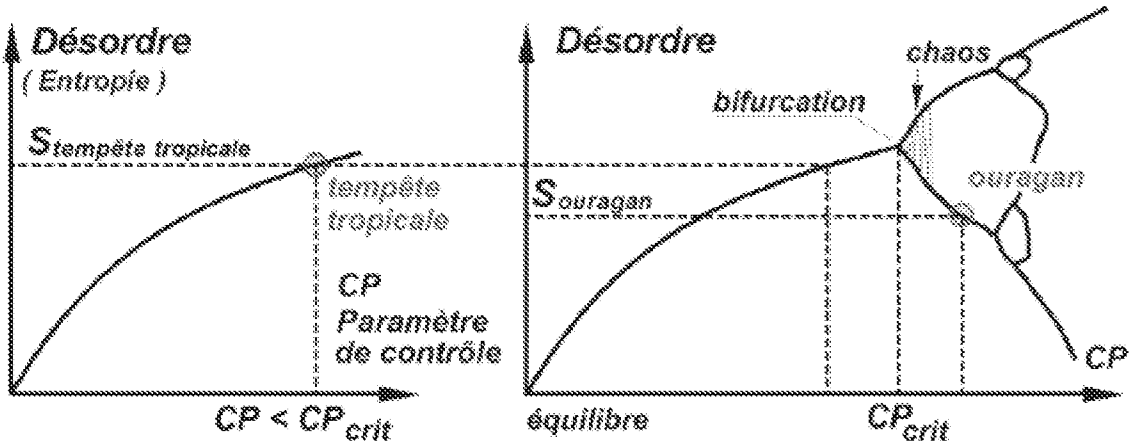


FIG. 7

5/5

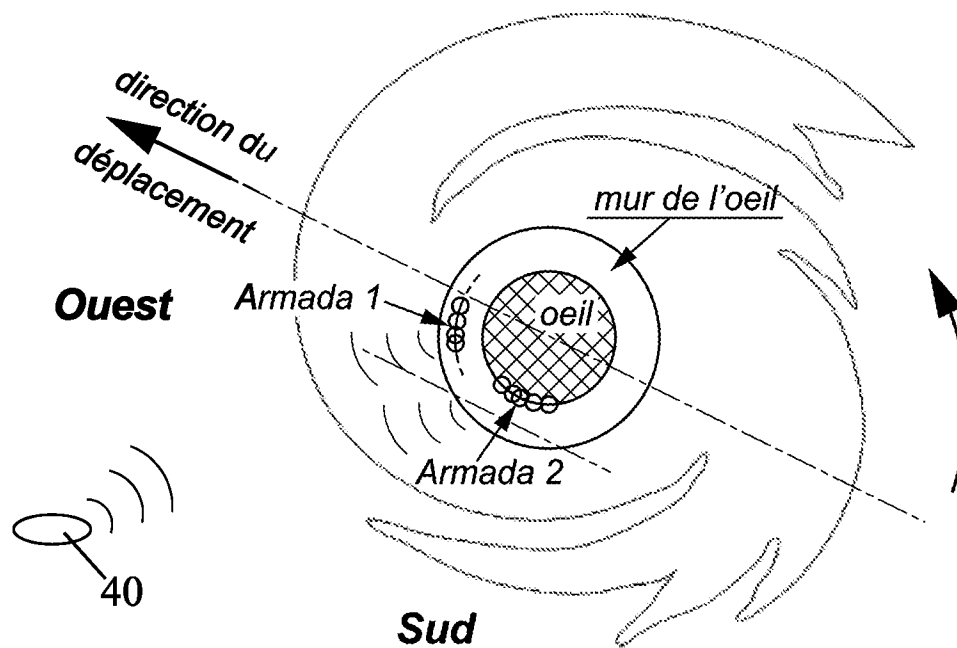


FIG. 6a

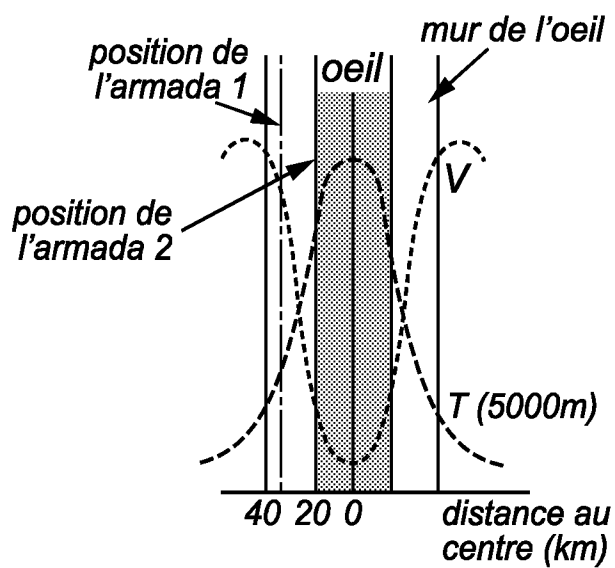


FIG. 6b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2019/050578

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A01G15/00
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A01G

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2008/277492 A1 (CANNON DAVID J [US]) 13 November 2008 (2008-11-13) paragraphs [0027], [0054], [0084]; figure 4	1,3-5,7, 8 2,6,9-11
A	----- US 2005/133612 A1 (URAM HERBERT [US]) 23 June 2005 (2005-06-23) cited in the application paragraphs [0035] - [0037]; figure 1	1-11
A	----- US 2009/272817 A1 (BLUM RONALD D [US] ET AL) 5 November 2009 (2009-11-05) paragraphs [0042], [0119], [0120]; claim 1	1-11
A	----- US 2010/082253 A1 (BUCHANAN WILLIAM E [US]) 1 April 2010 (2010-04-01) paragraph [0010]; claims 4-7	1-11
	----- -/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 August 2019

Date of mailing of the international search report

28/08/2019

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Dagnelies, Joëlle

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2019/050578

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2010/300560 A1 (BOWERS JEFFREY A [US] ET AL) 2 December 2010 (2010-12-02) paragraphs [0041] - [0045], [0051], [0052], [0055]; figures 1,4,6 -----	1-11
A	US 4 470 544 A (BRONICKI LUCIEN Y [IL] ET AL) 11 September 1984 (1984-09-11) column 5, lines 27-55; figures 1-4 -----	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2019/050578

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008277492 A1	13-11-2008	US 2008277492 A1 WO 2008154103 A2	13-11-2008 18-12-2008
US 2005133612 A1	23-06-2005	NONE	
US 2009272817 A1	05-11-2009	NONE	
US 2010082253 A1	01-04-2010	NONE	
US 2010300560 A1	02-12-2010	CN 102459764 A EP 2435633 A1 GB 2483035 A US 2010300560 A1 WO 2010138195 A1	16-05-2012 04-04-2012 22-02-2012 02-12-2010 02-12-2010
US 4470544 A	11-09-1984	AU 545470 B2 IL 62798 A MX 167551 B US 4470544 A	18-07-1985 30-06-1985 29-03-1993 11-09-1984

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2019/050578

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. A01G15/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) A01G		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X A A A A	US 2008/277492 A1 (CANNON DAVID J [US]) 13 novembre 2008 (2008-11-13) alinéas [0027], [0054], [0084]; figure 4 ----- US 2005/133612 A1 (URAM HERBERT [US]) 23 juin 2005 (2005-06-23) cité dans la demande alinéas [0035] - [0037]; figure 1 ----- US 2009/272817 A1 (BLUM RONALD D [US] ET AL) 5 novembre 2009 (2009-11-05) alinéas [0042], [0119], [0120]; revendication 1 ----- US 2010/082253 A1 (BUCHANAN WILLIAM E [US]) 1 avril 2010 (2010-04-01) alinéa [0010]; revendications 4-7 ----- -/-	1,3-5,7, 8 2,6,9-11 1-11 1-11 1-11
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 19 août 2019	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 28/08/2019	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Dagnelies, Joëlle

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2010/300560 A1 (BOWERS JEFFREY A [US] ET AL) 2 décembre 2010 (2010-12-02) alinéas [0041] - [0045], [0051], [0052], [0055]; figures 1,4,6 -----	1-11
A	US 4 470 544 A (BRONICKI LUCIEN Y [IL] ET AL) 11 septembre 1984 (1984-09-11) colonne 5, lignes 27-55; figures 1-4 -----	1-11

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2019/050578

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2008277492 A1	13-11-2008	US 2008277492 A1 WO 2008154103 A2	13-11-2008 18-12-2008
US 2005133612 A1	23-06-2005	AUCUN	
US 2009272817 A1	05-11-2009	AUCUN	
US 2010082253 A1	01-04-2010	AUCUN	
US 2010300560 A1	02-12-2010	CN 102459764 A EP 2435633 A1 GB 2483035 A US 2010300560 A1 WO 2010138195 A1	16-05-2012 04-04-2012 22-02-2012 02-12-2010 02-12-2010
US 4470544 A	11-09-1984	AU 545470 B2 IL 62798 A MX 167551 B US 4470544 A	18-07-1985 30-06-1985 29-03-1993 11-09-1984