

(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).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17(iv))*

Publiée:

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

— *avec revendications modifiées (art. 19(1))*

(57) **Abrége :** L'invention concerne un dispositif exploitant l'énergie de la houle pour la convertir en énergie électrique passant par l'énergie hydraulique. Ce dispositif est installé sur les ouvrages maritimes à parois verticales et comprend : un flotteur libre (1) qui exploite la variation du niveau de mer verticale due à la houle, guidé par un système de canalisation de mouvement latéral à triple rails (2) installés sur des parois verticales; un support reliant le flotteur (1) à un système hydraulique de vérins (5) permet de convertir l'énergie mécanique en énergie hydraulique dans les deux sens de mouvement, ascendant et descendant; un système d'amplification d'énergie (4) pour optimiser le rendement du dispositif; une centrale hydraulique; des accumulateurs de pression (7); un bac à huile (8) et une turbine hydro-électrique (9) qui permettent la conversion de l'énergie hydraulique en énergie électrique.

DISPOSITIF EXPLOITANT L'ÉNERGIE DE LA HOULE POUR PRODUIRE DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE AVEC SYSTEME D'AMPLIFICATION

Domaine

L'invention objet de la présente description est un dispositif conçu pour être adossé aux digues verticales de protection maritimes ou portuaires, permettant la production d'énergie, et plus précisément au domaine de la production d'énergie électrique à partir de l'énergie de la houle.

Le domaine de l'invention est l'exploitation de l'énergie houlomotrice ou l'énergie des vagues, contenue dans le mouvement de la houle, c'est-à-dire à partir de vagues successives nées de l'effet du vent à la surface de la mer et parfois propagées sur de très longues distances. Il existe différents dispositifs pour exploiter cette énergie. De nombreux systèmes sont actuellement à l'étude, certains sont déjà commercialisés.

Contexte

L'exploitation de l'énergie de la houle pour création d'énergie électrique verte est un domaine en pleine recherche dans le monde.

Pour les technologies basées sur un flotteur, les plus comparables à la présente invention varient entre :

- Celles à articulation, qui présente un inconvénient de limitation d'énergie captée en passant par la conversion d'une rotation à une translation, ce qui pénalise le rendement de la solution, on prend l'exemple de la solution commercialisée sous le nom d'Eco wave power, N° WO2013054326A8 ou aussi la plateforme semi-immersibles N° WO2014162096A1.
- Celles à piston centrale, qui nécessite un investissement important pour la fixation du piston en fond marin ainsi que le raccordement au réseau électrique.

Les problématiques qui seront comblées par notre invention sont :

- La limitation du fonctionnement due aux faibles charges et aux conditions de tempête ;
- Le raccordement électrique en mer pour les systèmes qui envisagent une exploitation en offshore lointain ;
- L'ancrage, l'installation et l'accessibilité en milieu marin ;
- La configuration du dispositif atténuant l'absorption de toute l'énergie incidente, en passant par différentes formes de mouvement ;
- Le coût important de l'investissement et de maintenance ;

Les objectifs de la présente invention sont :

- Optimiser le rendement de transformation de l'énergie de la houle en énergie électrique ;
- Minimiser la chaîne de transformation d'énergie en restant dans la même forme de mouvement (translation) ;
- Minimiser les coûts d'investissement et d'exploitation ;
- Elargir le champ de fonctionnement du dispositif dépendant des conditions de houle ;
- Maitriser la fluctuation de l'énergie sortante ;
- Assurer une alimentation en énergie verte la plus proche des aménagements portuaires et maritimes ;

Identification

Le dispositif objet de l'invention a la particularité de capter directement, à travers un flotteur libre, la variation du niveau de mer verticale due à la houle, c'est à dire, il exploite directement les mouvements de translation. En dotant les digues verticales de protection maritimes ou portuaires de ce dispositif, on profite des avantages de l'on-shore (accessibilité, raccordement, abris, à faible investissement et cout de maintenance) tout en étant offshore (houle non amortie – pleine énergie aux alentours des digues de protection verticales). En maîtrisant les interactions avec les éléments de fixation, grâce à un système de canalisation à triple rails installés sur paroi de la digue, le dispositif permet d'élargir le champ d'exploitation de l'énergie de houle en allant vers des amplitudes de houle plus importantes.

Le dispositif est doté d'un système d'amplification en permettant de canaliser les houles incidentes et d'amplifier l'énergie incidente au dispositif ce qui va optimiser son rendement et élargir les périodes de fonctionnement.

Le dispositif est doté d'un système d'auto-équilibrage basé sur répartition de densité de flotteur pour limiter les mouvements parasites, ainsi qu'un système de ballastage pour immersion totale en cas de forte tempête.

La figure 1 présente une vue en haut du dispositif installé sur une digue verticale de protection avec amplification.

La figure 2 présente une vue latérale côté mer du dispositif installé sur une digue verticale de protection avec amplification.

Le dispositif est composé d'un flotteur (1) libre permettant d'exploiter directement la variation de la mer captant l'énergie de la houle sous forme d'énergie potentielle. Le flotteur a une densité moyenne minimale de 0,8 avec une densité après ballastage allant jusqu'à 1,05. Ce flotteur comprend :

- un système d'auto-équilibrage (1-a) grâce à des vannes qui maîtrisent le remplissage des chambres à l'intérieur du flotteur pour assurer une répartition du poids qui équilibre les surpressions variables de la variation du niveau de mer sous le flotteur due au système d'amplification (4) de la houle.
- un système de ballastage automatique (1-b) permettant de noyer le flotteur en cas de tempête ou de faire monter le flotteur après la fin de tempête

Le flotteur (1) est guidé par un système de canalisation de mouvement latéral (2), avec 3 rails profitant du support et de la verticalité des parois de caissons, pour assurer l'horizontalité et le suivi du mouvement ascendant/descendant. La course du système de canalisation du mouvement est conçue afin de balayer tous les cas à énergie de houle exploitable. L'exploitation des parois permet d'étendre l'intervalle de fonctionnement du dispositif aux amplitudes importantes de la houle. Aucun contact entre paroi des digues verticales et flotteur (1) n'est permis grâce au système de canalisation de mouvement (2).

Un support rigide (3) reliant le flotteur à un système hydraulique de vérins (5) permettant de convertir l'énergie mécanique en hydraulique dans les deux sens de mouvement, ascendant et descendant, le support permet de convertir une translation verticale à une translation horizontale des pistons des vérins (5).

Un système d'amplification d'énergie (4) pour optimiser le rendement du dispositif permettant de canaliser l'énergie de la houle grâce à des structures gonflables supportées sur caissons à paroi plane verticale, le flotteur est placé en pleine zone de convergence d'énergie, pour les digues verticales qui

présente cette forme d'amplification, que ce soit oblique ou triangulaire, le dispositif va profiter directement de cette amplification sans recours au système d'amplification (4).

Des vérins (5) qui transforment l'énergie mécanique en énergie hydraulique, en exploitant les deux sens de mouvement, ascendant et descendant.

Une centrale hydraulique (6) pour gestion des jonctions et flux entre les différents vérins.

Des accumulateurs de pression (7) à débit contrôlé qui reçoivent une énergie hydraulique variable et transmet en sortie un flux continu et uniforme avec une capacité qui atteint 20 cycles de mouvement ascendant descendant (10 min maximum).

Un bac à huile (8) pour assurer la continuité de chaîne de fluide, huile à haute pression – huile basse pression qui sort de la turbine (9).

Une turbine hydro-électrique (9) permettant de transformer le flux d'énergie hydraulique en énergie électrique.

Une interface de gestion (10) de courant de sortie et d'injection dans le réseau électrique permettant une harmonisation de tension et de fréquence.

Les composantes sensibles sont abritées dans les conditions de durabilité optimale.

Cette invention est exploitable dans :

- Aménagements portuaires : Les digues de protection en caissons ou en parois verticales
- Aménagements touristiques exposés à la mer : Les murs de protection verticaux
- Aménagements maritimes avec une liaison à paroi vertical avec la mer

A noter que la forme de la paroi verticale peut être plane ou autre.

L'objectif est de révolutionner le rôle des aménagements portuaires ou maritimes de protection, en passant de la chasse de la houle à son exploitation pour produire une énergie verte.

Revendications

1. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** qui comprend : un flotteur (1) libre qui exploite la variation du niveau de mer verticale due à la houle, guidé par un système de canalisation de mouvement latéral à triple rails (2) installés sur des parois verticales ; un support (3) reliant le flotteur à un système hydraulique de vérins (5) permet de convertir l'énergie mécanique en énergie hydraulique dans les deux sens de mouvement, ascendant et descendant ; un système d'amplification d'énergie (4) pour optimiser le rendement du dispositif ; une centrale hydraulique (6) ; des accumulateurs de pression (7) ; un bac à huile (8) et une turbine hydro-électrique (9) qui permettent la conversion de l'énergie hydraulique en énergie électrique.
2. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon la revendication 1, dans lequel le flotteur (1) libre permet d'exploiter directement les mouvements de translation verticale (variation du plan d'eau) captant l'énergie de la houle sous forme d'énergie potentielle (lors de son mouvement descendant) et cinétique (lors de son mouvement ascendant).
3. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le système d'auto-équilibrage (1-a) utilise des vannes qui adaptent le remplissage des chambres à l'intérieur du flotteur pour assurer une répartition du poids qui équilibre les surpressions variables de la variation du niveau de mer sous le flotteur due au système d'amplification (4) de la houle.
4. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de ballastage automatique (1-b) permet de noyer le flotteur en cas de tempête (grâce au ballastage) ou de faire monter le flotteur après la fin de tempête (grâce au vidange ou déballastage).
5. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de canalisation de mouvement latéral (2), avec 3 rails profitant du support et de la verticalité des parois de caissons, pour assurer l'horizontalité et le suivi du mouvement ascendant/descendant et permet un degré de liberté de rotation sur l'axe orthogonale à la direction de la houle amplifiée en plan horizontal pour éviter le blocage.
6. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la position de l'extrémité du support (3) attachée au flotteur (1) varie instantanément suivant le centre d'application des efforts sur le flotteur (1).
7. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon l'une des revendications précédentes, dispose d'un système d'amplification d'énergie (4) par convergence de la houle incidente via sa forme géométrique.

8. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon l'une des revendications précédentes, qui exploite les systèmes d'amplification de la houle prédisposés dans les ouvrages à parois verticales pour création de l'énergie électrique.
9. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de vérins (5) transforme l'énergie mécanique en énergie hydraulique, en exploitant les deux sens de mouvement, ascendant et descendant.
10. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'effort nominal dû aux vérins (5) et l'énergie nominale absorbée par les vérins (5) sont asservis en fonction de l'amplitude de la houle amplifiée.

REVENDECATIONS MODIFIÉES
reçues par le Bureau international le 07 juin 2021 (07.06.21)

Revendications

1. **Dispositif valorisant l'énergie de la houle pour produire une énergie exploitable à la sortie, à travers une chaîne de convertisseur mécanique-hydraulique et éventuellement électrique, caractérisé par :** un flotteur (1) libre qui exploite la variation du niveau de mer verticale due à la houle, guidé par trois rails latéraux pour garantir le mouvement vertical tout en permettant un degré de liberté en rotation du flotteur autour de l'axe horizontale perpendiculaire à la direction de la houle (2) installés sur des parois verticales, le flotteur permet un ballastage (1-b) pour protéger le système en cas de tempête, et une répartition variable de densité par remplissage de chambres à l'intérieur (1-a); un support (3) reliant le flotteur à un système hydraulique de vérins (5) permet de convertir l'énergie mécanique en énergie hydraulique dans les deux sens de mouvement, ascendant et descendant ; un système d'amplification d'énergie (4) de la houle incidente; une centrale hydraulique (6) ; des accumulateurs de pression (7) ; un bac à huile (8) et une turbine hydro-électrique (9) qui permettent la conversion de l'énergie hydraulique en énergie électrique.
2. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon la revendication 1, dans lequel le flotteur (1) libre permet d'exploiter directement les mouvements de translation verticale (variation du plan d'eau) captant l'énergie de la houle sous forme d'énergie potentielle (lors de son mouvement descendant) et cinétique (lors de son mouvement ascendant).
3. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le flotteur (1) dispose d'un système dit d'« auto-équilibrage » (1-a) basé sur le contrôle de remplissage de chambres à l'intérieur par des vannes contrôlés, et qui permet de varier la répartition de densité du flotteur, afin d'adapter la répartition de son poids pour équilibrer les surpressions variables de la variation du niveau de mer sous le flotteur due au système d'amplification (4) de la houle.
4. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de ballastage automatique (1-b) permet de noyer le flotteur en cas de tempête (grâce au ballastage) ou de faire monter le flotteur après la fin de tempête (grâce au vidange ou déballastage).
5. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de canalisation de mouvement latéral (2), avec 3 rails profitant du support et de la verticalité des parois de caissons, pour assurer l'horizontalité et le suivi du mouvement ascendant/descendant et permet un degré de liberté de rotation sur l'axe orthogonale à la direction de la houle amplifiée en plan horizontal pour éviter le blocage.
6. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la position de l'extrémité du support (3) attachée au flotteur (1) varie instantanément suivant le centre d'application des efforts sur le flotteur (1).

7. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon l'une des revendications précédentes, dispose d'un système d'amplification d'énergie (4), exploitant des corps amovibles ou la configuration existante de l'infrastructure, qui permettent, via leur forme géométrique, la convergence de la houle incidente de l'embouchure côté mer vers le flotteur (1) pour avoir une amplitude amplifiée de la houle au niveau du flotteur.
8. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon l'une des revendications précédentes, qui exploite les systèmes d'amplification de la houle prédisposés dans les ouvrages à parois verticales pour création de l'énergie électrique.
9. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de vérins (5) transforme l'énergie de houle, à travers le flotteur (1), en énergie hydraulique, en exploitant tout le cycle, les deux sens de mouvement, ascendant, à travers les efforts hydrostatiques et hydrodynamiques, et descendant à travers la récupération de l'énergie potentielle résiduelle du flotteur (1).
10. **Dispositif exploitant l'énergie de la houle** selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la pression emmagasinée dans les accumulateurs de pression (7), identique à celle à l'intérieur des vérins (5), est asservie en fonction de l'amplitude de la houle incidente amplifiée, pour contrôler l'effort résistant générés par la pression dans les vérins (5), et donc l'énergie absorbée par les vérins (5).

Figure 1

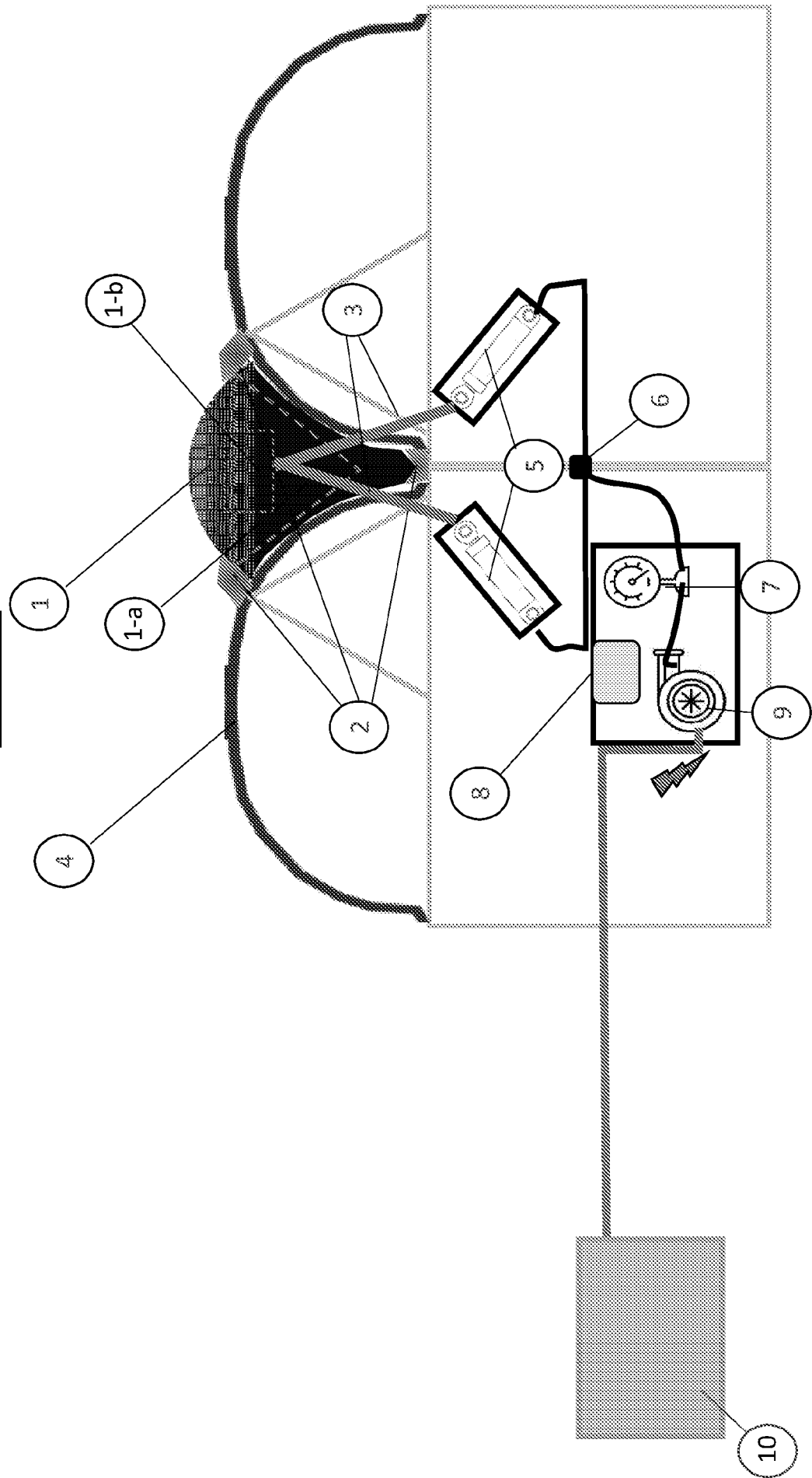
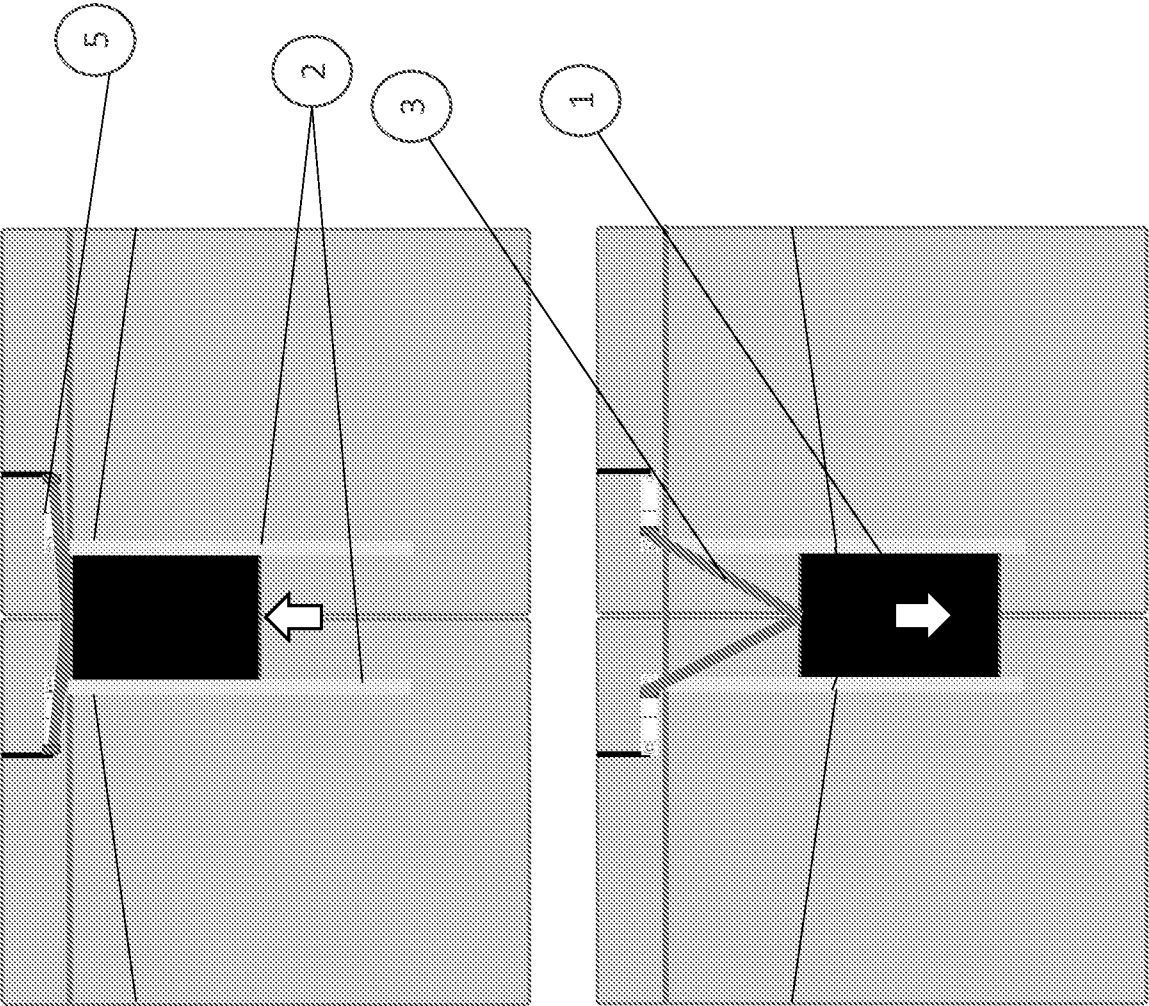


Figure 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/MA2021/000001

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F03B 13/18**(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F03B

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	US 4453894 A (FERONE GABRIEL [FR] ET AL) 12 June 1984 (1984-06-12) column 3, line 22 - column 5, line 57 figures 7,9,10	1-10
Y	EP 1036274 A1 (DICK WILLIAM [IE]) 20 September 2000 (2000-09-20) abstract; figures 8,9	1-3,7,9,10
Y	US 2010109329 A1 (BRANTINGHAM JEREMY [US]) 06 May 2010 (2010-05-06) paragraphs [0001], [0038] figure 1A	1-3,7,9,10



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 March 2021

Date of mailing of the international search report

30 March 2021

Name and mailing address of the ISA/EP

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

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

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

Authorized officer

Lux, Ralph

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/MA2021/000001

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	4453894	A	12 June 1984	EP	0001730	A1	02 May 1979
				JP	S5489142	A	14 July 1979
				US	4453894	A	12 June 1984
EP	1036274	A1	20 September 2000	AU	749472	B2	27 June 2002
				EP	1036274	A1	20 September 2000
				ES	2205582	T3	01 May 2004
				NO	322768	B1	04 December 2006
				NZ	505410	A	01 February 2002
				PT	1036274	E	30 January 2004
				US	6392314	B1	21 May 2002
				WO	9928623	A1	10 June 1999
US	2010109329	A1	06 May 2010	NONE			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/MA2021/000001

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. F03B13/18

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)

F03B

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	US 4 453 894 A (FERONE GABRIEL [FR] ET AL) 12 juin 1984 (1984-06-12) colonne 3, ligne 22 - colonne 5, ligne 57 figures 7,9,10	1-10
Y	EP 1 036 274 A1 (DICK WILLIAM [IE]) 20 septembre 2000 (2000-09-20) abrégé; figures 8,9	1-3,7,9, 10
Y	US 2010/109329 A1 (BRANTINGHAM JEREMY [US]) 6 mai 2010 (2010-05-06) alinéas [0001], [0038] figure 1A	1-3,7,9, 10



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 mars 2021

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

30/03/2021

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

Lux, Ralph

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/MA2021/000001

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4453894	A	12-06-1984	EP 0001730 A1	02-05-1979
			JP S5489142 A	14-07-1979
			US 4453894 A	12-06-1984

EP 1036274	A1	20-09-2000	AU 749472 B2	27-06-2002
			EP 1036274 A1	20-09-2000
			ES 2205582 T3	01-05-2004
			NO 322768 B1	04-12-2006
			NZ 505410 A	01-02-2002
			PT 1036274 E	30-01-2004
			US 6392314 B1	21-05-2002
			WO 9928623 A1	10-06-1999

US 2010109329	A1	06-05-2010	AUCUN	
