

## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 58656 B1** (51) Cl. internationale : **E02B 9/08; F03B 13/12; H02J 3/38; F03B 13/18**
- (43) Date de publication : **27.09.2023**

- 
- (21) N° Dépôt : **58656**
- (22) Date de Dépôt : **07.06.2021**
- (30) Données de Priorité : **08.06.2020 EP 20178668.8**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/SE2021/050543 07.06.2021**
- (71) Demandeur(s) : **SEABASED LIMITED, 46 Mount Street Upper, Dublin 2 D02 RX88 (IE)**
- (72) Inventeur(s) : **FRANCISCO Francisco Gemo Albino ; KRONBERG Anders**
- (74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**

---

(54) Titre : **PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION DE LA DISPOSITION D'HOULOMOTRICES**

- (57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de détermination de la disposition d'houlomotrices (1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e) dans une centrale d'énergie houlomotrice situé dans une zone marine ou lacustre. Ledit procédé comprend les étapes consistant à : mesurer la longueur d'onde et la direction de propagation sur une période de temps ; collecter toutes les valeurs mesurées pour la longueur d'onde et la direction de propagation dans une matrice ; déterminer statistiquement, à partir de la matrice, une longueur d'onde prédominante (PWL) et une direction de propagation prédominante (12) ; disposer un nombre X d'houlomotrices (1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e) à des intervalles réguliers sur une distance qui correspond à la moitié de la longueur de la longueur d'onde prédominante (PWL) ou un multiple de celle-ci, la distance étant mesurée dans une direction au moins plus ou moins parallèle à la direction de propagation prédominante (12)

**ABRÉGÉ**

La présente invention concerne un procédé permettant de déterminer l'agencement de convertisseurs d'énergie houlomotrice (1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e) dans un parc d'énergie houlomotrice dans une zone maritime ou lacustre comprenant les étapes

5 suivantes :

- Mesure de la longueur d'onde et de la direction de la houle sur une période donnée ;
- Collecte de toutes les valeurs mesurées pour la longueur d'onde et la direction de la houle dans une matrice ;
- 10 - Détermination statistique, à partir de la matrice, d'une longueur d'onde prédominante (PWL) et d'une direction prédominante de la houle (12);
- Agencement d'une quantité X de convertisseurs d'énergie houlomotrice (1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e) à intervalles réguliers sur une distance qui correspond à la moitié de la longueur de la longueur d'onde
- 15 prédominante, (PWL), ou à un multiple de celle-ci, dans lequel la distance est mesurée dans une direction au moins plus ou moins parallèle à la direction prédominante de la houle (12).

---

(Fig. 3)

## **Procédé de détermination de l'agencement de convertisseurs d'énergie houlomotrice**

### ***Domaine technique***

L'invention concerne un procédé permettant de déterminer la disposition optimale  
5 des convertisseurs d'énergie houlomotrice dans des parcs d'énergie houlomotrice  
comprenant plusieurs convertisseurs d'énergie houlomotrice.

### ***Contexte de l'invention***

Lors de la conception de parcs d'énergie houlomotrice de nombreux paramètres  
doivent être pris en compte. La liste comprend la direction dominante ou primaire  
10 de la houle, la direction dominante et primaire du vent, la longueur d'onde  
dominante ou primaire ainsi que la période dominante ou primaire de la houle.  
Chaque régime de houle, en particulier dans les zones côtières, donc à environ  
0 à 10 km de la côte, a une condition prédominante de la houle, ce qui signifie que  
la direction prédominante des vagues à l'endroit où proviennent les vagues, la  
15 longueur prédominante de la houle, l'amplitude prédominante de la houle et la  
fréquence prédominante de la houle.

Les recherches ont montré qu'il est important de connaître ces paramètres et de  
savoir qu'ils sont aussi bons et aussi exacts que possible avant la planification  
20 réelle et en particulier avant l'installation du parc d'énergie des vagues.

Dans les cas où ces paramètres ne sont pas connus, ne font pas l'objet de  
recherches et/ou ne sont pas pris en compte lors de la planification et de la  
construction d'un parc d'énergie houlomotrice, problème qui en résulte peut  
25 nécessiter alors des mesures coûteuses, comme l'installation d'un équipement qui  
tolère une puissance électrique beaucoup plus élevée (tension et intensité de  
courant) ou des fluctuations de puissance que ce qui est réellement nécessaire si  
des recherches et une planification appropriées ont lieu. Cela entraîne une  
utilisation accrue de ressources et à un coût plus élevé. En outre, une planification  
30 inappropriée peut entraîner une alimentation instable, ce qui pose des problèmes  
pour l'opérateur, puisque le réseau nécessite généralement une entrée  
d'alimentation assez stable avec une charge de base relativement élevée.

Dans le passé, un stockage d'énergie sous une certaine forme, par exemple sous forme de condensateurs ou de batteries, a été proposé pour aplanir les fluctuations de puissance et éviter d'endommager l'équipement. Jusqu'à présent, il s'est avéré techniquement difficile d'utiliser le stockage d'énergie (batteries) ou trop cher  
5 (condensateurs). Il est toutefois envisageable que l'option de stockage de l'énergie pour gérer les fluctuations de l'énergie à court terme puisse être utilisée à l'avenir. En particulier, les condensateurs pourraient présenter un intérêt une fois que des solutions économiques et fiables seront disponibles.

### ***Résumé de l'invention***

10 L'inventeur de la présente invention s'est rendu compte qu'avec une planification appropriée et des recherches minutieuses sur le régime prédominant de la houle dans une région côtière ou littorale d'intérêt, il est possible d'optimiser sensiblement la production d'électricité, la quantité de ressources utilisées et aussi d'optimiser l'utilisation des ressources financières. L'inventeur a en outre découvert que deux  
15 paramètres sont d'une importance particulière, à savoir la direction prédominante de la houle des vagues entrantes et la longueur d'onde prédominante des vagues entrantes. L'inventeur a finalement découvert que chaque convertisseur d'énergie houlomotrice a deux pics d'énergie par cycle de vague, ce qui détermine l'agencement des convertisseurs d'énergie houlomotrice le long d'une direction  
20 primaire de la houle à une certaine distance l'une de l'autre pour une puissance de sortie optimale et des fluctuations de puissance minimisées.

La présente invention concerne un procédé permettant de déterminer l'agencement de convertisseurs d'énergie houlomotrice dans un parc d'énergie houlomotrice dans  
25 une zone maritime ou lacustre comprenant les étapes suivantes :

- Mesure de la longueur d'onde et de la direction de la houle sur une période donnée ;
- Collecte de toutes les valeurs mesurées pour la longueur d'onde et la direction de la houle dans une matrice ;
- 30 - Détermination statistique, à partir de la matrice, d'une longueur d'onde prédominante et d'une direction prédominante de la houle ;
- Agencement d'une quantité X de convertisseurs d'énergie houlomotrice à intervalles réguliers sur une distance qui correspond à la moitié de la

longueur de la longueur d'onde prédominante (PWL) ou à un multiple de celle-ci, dans laquelle la distance est mesurée dans une direction au moins plus ou moins parallèle à la direction prédominante de la houle.

- 5 Agencement des convertisseurs d'énergie houlomotrice à intervalles réguliers sur une distance qui correspond au moins à la moitié de la longueur de la longueur d'onde permet d'obtenir une puissance de sortie stable, puisque le pic de puissance de chaque convertisseur d'énergie houlomotrice ne se produit pas en même temps que le convertisseur d'énergie houlomotrice voisin adjacent. Cela réduit les pics et
- 10 les fluctuations de puissance et stabilise la puissance de sortie de la pluralité des convertisseurs d'énergie houlomotrice.

Il est également expliqué ci-après qu'un multiple signifie  $\frac{1}{2}$ , 1,  $1\frac{1}{2}$ , 2,  $2\frac{1}{2}$  ou 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 et ainsi de suite de la longueur d'onde prédominante. Il est donc possible,

15 en particulier, de répartir également la quantité de convertisseurs d'énergie houlomotrice X sur toute la longueur de la longueur d'onde prédominante, mesurée dans une direction au moins plus ou moins parallèle à la direction prédominante de la houle.

- 20 Dans un mode de réalisation de l'invention, X est un nombre entier, dans lequel l'intervalle (IL) entre deux convertisseurs d'énergie houlomotrice adjacent est calculé par  $IL = K * \frac{1}{X} * \frac{1}{2} PWL$ , où K est un nombre de 1 à 10 ou supérieur, tel que 1 à 100.

25 Le mode de réalisation ci-dessus fournit une base pour le calcul de l'intervalle entre des convertisseurs d'énergie houlomotrice immédiatement adjacents. Le résultat sera une distance/un intervalle en mètres le long de laquelle/duquel les convertisseurs d'énergie houlomotrice sont ensuite espacés.

- 30 Le procédé peut en outre comprendre l'étape de l'agencement de la pluralité de convertisseurs d'énergie houlomotrice de sorte qu'au moins des convertisseurs d'énergie houlomotrice voisins adjacents soient agencés en décalé, lorsqu'ils sont observés dans une direction le long de la direction prédominante de la houle.

On peut comprendre ce qui précède comme le fait d'agencer la pluralité des convertisseurs d'énergie houlomotrice sur une ligne qui est agencée perpendiculairement ou inclinée par rapport à la direction prédominante de la

5 houle. Même un agencement circulaire ou elliptique est possible tant que les convertisseurs d'énergie houlomotrice immédiats voisins sont agencés en décalé, lorsqu'ils sont observés dans une direction le long de la direction prédominante de la houle. Cela signifie que les convertisseurs d'énergie houlomotrice voisins immédiats ou adjacents ne sont pas agencés sur une ligne droite orientée

10 parallèlement à la direction prédominante de la houle, mais plutôt en décalé comme on le voit le long d'une direction parallèle ou correspondant à la direction prédominante de la houle.

Cela réduit l'effet du sillage des corps flottants ou des flotteurs disposés en amont

15 de la direction prédominante de la houle sur les corps flottants ou les bouées agencées en aval de la direction prédominante de la houle.

Le procédé peut également inclure l'étape consistant à agencer la pluralité des convertisseurs d'énergie houlomotrice sur une ligne en forme de V, une ligne en

20 forme de U, une ligne en fer à cheval, une ligne semi-elliptique ou une ligne semi-circulaire.

Les formes de ligne décrites ci-dessus décrivent des lignes sur lesquelles les convertisseurs d'énergie houlomotrice sont agencés vus du ciel vers l'océan – ou le

25 fond du lac.

Les formes de ligne décrites améliorent la récolte d'énergie, la gestion de la maintenance et, en même temps, cela prend en compte l'espacement optimal entre les intervalles, compte tenu de la longueur d'onde et du décalage prédominants,

30 compte tenu de la direction prédominante de la houle entre les convertisseurs d'énergie houlomotrice voisins immédiats.

Les convertisseurs d'énergie houlomotrice peuvent comprendre un corps flottant, un fil d'acier, un carter ancré dans le fond marin - ou lacustre, ledit carter

comprenant un stator et un translateur à oscillation, par lequel le translateur à oscillation est connecté par le fil d'acier au corps flottant.

La pluralité de convertisseurs d'énergie houlomotrice peut être répartie de manière  
5 égale dans plusieurs réseaux, chaque réseau comprenant une ou plusieurs lignes en forme de V, lignes en forme de U, lignes en fer à cheval, lignes semi-elliptiques ou lignes semi-circulaires, vues vers le fond du lac ou de l'océan et dans lesquels les convertisseurs d'énergie houlomotrice sont agencés, espacées au moins plus ou moins régulièrement sur les lignes en forme de V, les lignes en forme de U, les  
10 lignes en fer à cheval, les lignes semi-elliptiques ou les lignes semi-circulaires. Les lignes décrites ci-dessus peuvent être résumées par le terme Ligne ou Géométrie symétrique, ouverte et concave. Chaque réseau peut comprendre deux lignes ou géométries symétriques, ouvertes et concaves, agencées parallèlement à une autre et avec un axe de symétrie orienté parallèlement à la direction prédominante de la  
15 houle.

Le procédé peut également comprendre l'étape de connexion de la quantité de convertisseurs d'énergie houlomotrice X à un inverseur dans lequel X est un nombre choisi dans la plage de convertisseurs d'énergie houlomotrice de 4 à 8, et dans  
20 lequel la distance entre deux convertisseurs d'énergie houlomotrice adjacents connectés à l'inverseur est calculée selon la formule ci-dessus.

X peut être n'importe quelle quantité choisie de convertisseurs d'énergie houlomotrice de 5 à 7, comme par exemple 5 convertisseurs d'énergie  
25 houlomotrice.

Cela conduit à une puissance de sortie stable et, par là, à une charge/contrainte stable et à une exposition des convertisseurs ou des systèmes d'inverseur correspondants. Il peut y avoir une pluralité de systèmes de convertisseur ou de  
30 système d'inverseur intégrés dans une sous-station marine, chaque système de convertisseur/inverseur gérant environ 4 à 8 convertisseurs d'énergie houlomotrice, de préférence 5 à 7 convertisseurs d'énergie houlomotrice et de manière plus préférée 5 convertisseurs d'énergie houlomotrice.

En plus de ce qui précède, les définitions suivantes sont utilisées pour expliquer et décrire l'invention.

### Définitions

5

#### *Direction prédominante de la houle des vagues entrantes*

Chaque zone côtière a une direction primaire ou prédominante de la houle. Dans certains cas, il peut y avoir deux directions principales de la houle, l'une tournée d'environ 180 degrés vers l'autre. En particulier dans les zones littorales, la direction primaire de la houle est toutefois assez stable et varie seulement de quelques degrés. Elle peut être utilisée lorsque les parcs d'énergie houlomotrice sont prévus et installés, puisqu'ils sont généralement installés dans les zones côtières près du rivage, par exemple à moins de 0 à 10 km du rivage. Il est important de déterminer la direction primaire ou prédominante de la houle pour la planification et le fonctionnement du parc d'énergie houlomotrice. Dans ce cas, la direction prédominante de la houle est liée à la direction le long de laquelle les vagues se déplacent, par conséquent le long de laquelle les crêtes et les creux de la vague se déplacent. La direction prédominante de la houle peut bien sûr varier d'une zone à l'autre en fonction des vents, des courants, de la structure du littoral et de la structure de la base maritime.

20

#### *Longueur d'onde prédominante des vagues entrantes*

À l'instar de la direction prédominante de la houle décrite ci-dessus, il est possible de déterminer la longueur d'onde prédominante des vagues entrantes. Cela peut être mesuré par exemple à l'aide de bouées et de capteurs. La longueur d'onde prédominante peut être déterminée en mesurant la période de la houle, par conséquent la durée nécessaire d'une crête à l'autre ou d'un creux à l'autre, puis en déterminant la vitesse des vagues entrantes.

25

#### *30 Convertisseurs d'énergie houlomotrice voisins*

Dans le présent document, le terme convertisseurs d'énergie voisins ou convertisseurs d'énergie houlomotrice voisins immédiats décrit deux convertisseurs d'énergie qui sont immédiatement adjacents l'une à l'autre sans aucun autre convertisseur d'énergie houlomotrice entre eux. Si un groupe de convertisseurs



d'énergie houlomotrice est connecté à un inverseur, les convertisseurs d'énergie houlomotrice de ce groupe sont alors espacés d'un quart de la longueur d'onde prédominante à la suivante et ainsi de suite afin de réduire les fluctuations de puissance et de stabiliser la sortie d'énergie électrique de ce convertisseur.

5

### ***Front de houle***

Le front de houle est une direction le long de laquelle les creux des vagues et les crêtes des vagues s'étendent. Le front de houle est généralement orienté perpendiculairement à la direction (primaire) de la houle. Comme la direction  
10 primaire de la houle, le front de houle peut également changer de direction en fonction des vents, de la structure du littoral et ainsi de suite.

### *Longueur d'onde*

Le terme longueur d'onde utilisé ici décrit la longueur d'une houle océanique  
15 entrante, d'une crête à l'autre ou d'un creux à l'autre, d'où une longueur mesurée en centimètres ou en mètres (ou d'ailleurs toute autre dimension de longueur) d'un cycle entier de la houle océanique.

### *Convertisseurs d'énergie houlomotrice*

20 Les réseaux et les agencements décrits ici se réfèrent principalement à des convertisseurs d'énergie houlomotrice du type décrit dans le brevet EP2318697 B1. Un tel convertisseur d'énergie houlomotrice comprend généralement un corps flottant, un fil d'acier et un carter ancré dans le fond marin ou lacustre. Le carter comprenant un stator linéaire et un translateur à oscillation, par lequel le translateur  
25 à oscillation est connecté via le fil d'acier au corps flottant. Lorsque les vagues déplacent le corps flottant vers le haut et vers le bas, le fil d'acier tire le translateur vers le haut et vers le bas dans un mouvement de balancier. Cela produit de l'énergie puisque le translateur se déplace le long du stator, ce qui crée de l'énergie inductive. Il s'agit d'un type de convertisseur d'énergie houlomotrice pour lequel le  
30 réseau décrit est adapté. Il peut toutefois y avoir d'autres types de convertisseurs d'énergie houlomotrice qui peuvent être agencés dans un réseau comme cela a été décrit.

### *Un groupe ou un réseau de convertisseurs d'énergie houlomotrice*

Le terme groupe ou réseau de convertisseurs d'énergie houlomotrice utilisé ici décrit un agencement de convertisseurs comprenant de 10 à 30 convertisseurs d'énergie houlomotrice agencés dans un réseau et connectés à une sous-station marine. Un parc d'énergie houlomotrice peut être constitué de plusieurs réseaux de ce type.

- 5 Lorsque l'agencement géométrique d'un réseau est décrit ici, il est toujours décrit tel qu'observé à partir d'une vue à vol d'oiseau (ou d'un drone) donc de haut en bas ; du ciel vers la surface de l'océan et le fond marin, respectivement.

*Ligne ou géométrie symétrique, ouverte et concave (vue de dessus)*

- 10 Dans le présent document, une ligne ou une géométrie symétrique, ouverte, concave décrit une ligne en forme de V, en forme de U, au moins plus ou moins en demi-ellipse, en forme de Y, au moins plus ou moins en demi-cercles, concave ou toute combinaison de ces lignes. Lorsque la géométrie de la ligne symétrique, ouverte, concave est décrite dans le présent document, elle est toujours décrite tel
- 15 qu'observé à partir d'une vue à vol d'oiseau (ou d'un drone) donc de haut en bas ; du ciel vers la surface de l'océan et le fond marin, respectivement.

**Brève description des dessins**

- La présente invention va maintenant être décrite, à des fins d'illustration, plus en détail au moyen d'un ou de plusieurs modes de réalisation et en référence aux
- 20 dessins annexés, dans lesquels :

La figure 1 illustre schématiquement un convertisseur d'énergie houlomotrice pour le type duquel l'invention décrite ici peut être appliquée ;

- 25 La figure 2 illustre schématiquement un agencement théorique de convertisseurs d'énergie houlomotrice sur le plancher maritime ;

La figure 3 illustre schématiquement une forme d'une houle océanique par rapport à la puissance de sortie correspondante d'un convertisseur d'énergie houlomotrice, comme illustré et décrit à la figure 1 ;

- 30 La figure 4 illustre schématiquement sur un côté gauche la puissance provenant de 5 convertisseurs d'énergie houlomotrice uniquement et sur le côté droit la courbe synthétique lorsque toutes les courbes sur le côté gauche sont combinées ; et

la figure 5 illustre schématiquement un procédé selon l'invention.

La figure 1 illustre un convertisseur d'énergie houlomotrice 1 du type décrit et utilisé dans le procédé décrit ici. Le convertisseur d'énergie houlomotrice 1 comprend une bouée 2 (corps flottant), un fil d'acier 4, un carter 6, lequel carter 6 est représenté dans une coupe transversale à des fins d'illustration, un stator 10 et un translateur 8. Le carter 6 est ancré sur le fond marin 16. La bouée 2 est configurée pour glisser ou flotter sur les vagues 14 qui dépassent le convertisseur d'énergie houlomotrice 1 le long d'une direction primaire de la houle 12. Lorsque les vagues 14 passent, la bouée 2 est déplacée vers le haut et vers le bas, déplaçant ainsi le translateur 8 dans un mouvement de balancier, ce qui génère de l'énergie électrique lorsque le translateur 8 se déplace le long du stator 10 en raison d'un processus électro-inductif. La taille de la bouée 2 peut être adaptée en fonction des besoins de génération d'un mouvement de balancier distinct du translateur 8, par exemple si le convertisseur d'énergie houlomotrice 1 est placé plus en aval, tel qu'observé le long de la direction de la houle 12 comme un autre convertisseur d'énergie houlomotrice (non illustré) agencé en amont de celui illustré à la figure 1.

La figure 2 illustre la puissance produite en kilowatts dans le temps, illustrée dans la partie supérieure de la figure 2, et la forme de houle correspondante de la houle océanique en hauteur de vague et en temps, illustrée dans la partie inférieure de la figure 2. Comme on peut le voir sur la figure 2, la durée d'une vague océanique est d'environ cinq (5) secondes. Lorsque l'on compare ces cinq secondes avec la partie supérieure de la figure 2, on peut voir que chaque convertisseur d'énergie houlomotrice 1 (WEC) a deux pics de puissance de sortie par période de houle et donc par cycle entier de vague, ce qui équivaut à la longueur d'onde ou à la longueur d'onde prédominante (PWL). Ceci peut être utilisé pour la planification de parcs d'énergie houlomotrice, lors de la détermination de l'agencement optimal des convertisseurs d'énergie houlomotrice 1 dans un tel parc, comme cela est expliqué en rapport avec la figure 3. Les deux pics de la puissance de sortie déterminent la longueur la plus courte le long de laquelle une pluralité de convertisseurs d'énergie houlomotrice 1 peuvent être positionnés à intervalles réguliers et cette longueur est égale à la moitié de la longueur d'onde prédominante. Tout multiple de cette moitié de la longueur d'onde prédominante fonctionne bien sûr aussi. La répartition de la pluralité des convertisseurs d'énergie houlomotrice 1 à intervalles réguliers sur une

telle distance se traduira par une puissance de sortie régulière et équilibrée comme le montrent les figures 3 et en particulier la figure 4.

La figure 3 illustre schématiquement le principe de la présente invention, illustrant les cinq convertisseurs d'énergie houlomotrice 1a, 1b, 1c, 1d, 1e agencés sur un fond océanique et espacés selon et en fonction de la direction prédominante de la houle entrante 12. À des fins d'illustration, les convertisseurs d'énergie houlomotrice 1a, 1b, 1c, 1d, 1e sont représentés régulièrement espacés sur une longueur d'onde entière de  $1/5e$  d'une longueur d'onde comme indiqué et comme mesuré dans une direction parallèle à la direction prédominante de la houle 12. Comme le montre la figure 3, il est possible d'agencer les convertisseurs d'énergie houlomotrice 1a, 1b, 1c, 1d, 1e sur une ligne inclinée par rapport à la direction prédominante de la houle tant que la distance mesurée parallèlement à la direction prédominante de la houle correspond à  $1/5e$  de la longueur d'onde. Une autre forme de la ligne inclinée peut être une ligne circulaire, une ligne elliptique ou une ligne en forme de U, une ligne en forme de V ou toute combinaison de ces lignes. Si, par exemple, une ligne en forme de V est utilisée, une branche de la ligne en forme de V peut comprendre cinq convertisseurs d'énergie houlomotrice 1a, 1b, 1c, 1d, 1e et l'autre branche également cinq convertisseurs d'énergie houlomotrice (non représentés), par lesquels les convertisseurs d'énergie houlomotrice 1a, 1b, 1c, 1d, 1e d'une branche sont connectés à un système d'inverseur et les convertisseurs d'énergie houlomotrice de l'autre branche à un autre inverseur afin d'équilibrer la puissance de sortie. Ainsi, les cinq convertisseurs d'énergie houlomotrice 1a, 1b, 1c, 1d, 1e comme illustré à la figure 2 sont connectés à un seul inverseur afin d'éviter les pics de puissance sur un système à un seul inverseur. Le système d'inverseur peut comprendre un redresseur, un convertisseur CC/CC, un inverseur et un transformateur. En option, le système d'inverseur peut comprendre un redresseur actif, un inverseur et un transformateur.

Les trois lignes pointillées de la figure 3 illustrent la direction d'extension des crêtes (ou creux) des vagues entrantes. Ces crêtes de vague se déplacent le long de la direction prédominante de la houle 12 et déterminent la longueur prédominante de la houle (PWL), comme illustré.

La figure 4 illustre un graphique de la puissance de sortie de cinq convertisseurs d'énergie houlomotrice 1a, 1b, 1c, 1d, 1e positionnés le long de la moitié de la longueur d'onde prédominante PWL à intervalles réguliers, sur le côté gauche de la figure 4. Le côté droit de la figure 4 illustre le chevauchement/la superposition des graphiques de puissance de sortie du côté droit de la figure 4 et on peut très bien voir que la puissance de sortie est équilibrée et stable. Si l'espacement n'est pas effectué sur un multiple de  $\frac{1}{2}$  de la longueur d'onde prédominante ou si les intervalles ne sont pas réguliers, la puissance de sortie de la superposition aura alors des pics, ce qui présente un risque, en particulier pour le système inverseur, qui est généralement intégré dans une sous-station marine.

Passons maintenant à la figure 5, qui illustre schématiquement un procédé selon la présente invention. Le procédé comprend plusieurs étapes pour déterminer l'agencement optimal des convertisseurs d'énergie houlomotrice 1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e dans une zone extra-côtière. Les étapes peuvent comprendre les éléments suivants :

- Mesure de la longueur d'onde S01 et de la direction de la houle sur une période donnée ;
- Collecte de toutes les valeurs S02 mesurées pour la longueur d'onde et la direction de la houle dans une matrice ;
- Détermination statistique de S03, à partir de la matrice, d'une longueur d'onde prédominante (PWL) et d'une direction prédominante de la houle ;
- Agencement S05 d'une quantité X de convertisseurs d'énergie houlomotrice à intervalles réguliers sur une distance qui correspond à la moitié de la longueur de la longueur d'onde prédominante (PWL) ou à un multiple de celle-ci, dans lequel la distance est mesurée dans une direction au moins plus ou moins parallèle à la direction prédominante de la houle.

La période peut être de plusieurs mois ou de quelques années, elle devrait au moins inclure des données de toutes les saisons, donc l'été, l'automne, l'hiver et le printemps. En outre, au moins deux à quatre mesures doivent être effectuées chaque jour, comme le matin, le soir et la nuit.

La détermination statistique de la direction prédominante de la houle et de la longueur d'onde prédominante est déterminée par une fréquence d'occurrence et/ou une fonction de densité de probabilité de valeurs caractéristiques et peut être effectuée à l'aide d'outils disponibles tels que Microsoft Excel ou des programmes  
5 spécialisés, tels que des langages de programmation de haut niveau.

Le procédé peut également comprendre l'étape de calcul S04 de l'intervalle régulier entre deux convertisseurs d'énergie houlomotrice adjacents à l'aide de la formule suivante :  $IL = K * \frac{1}{X} * \frac{1}{2} * PWL$ , où  $K$  est un nombre entier choisi de 1 à 10.

10

L'espacement des convertisseurs d'énergie houlomotrice en fonction de la valeur de l'intervalle  $IL$  aplanit les fluctuations de la puissance de sortie de la quantité  $X$  des convertisseurs d'énergie houlomotrice.

15 Les convertisseurs d'énergie houlomotrice 1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e peuvent également être espacés selon un autre calcul, il est seulement exigé que l'intervalle entre deux convertisseurs d'énergie houlomotrice immédiatement adjacents soit régulier comme mesuré dans une direction le long de la direction prédominante de la houle  $PWL$ .

20

Dans un mode de réalisation, la quantité  $X$  de convertisseurs d'énergie houlomotrice 1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e peut également être agencée S06 sur une ligne en forme de  $V$ , une ligne en forme de  $U$ , une ligne en fer à cheval, une ligne semi-elliptique ou une ligne semi-circulaire.

25

Une autre étape peut comprendre la connexion S07 de la quantité  $X$  des convertisseurs d'énergie houlomotrice 1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e à un seul système d'inverseur. Cela entraîne une charge de puissance stable sur le système d'inverseur.

30

Le système d'inverseur est généralement intégré dans une sous-station marine. La sous-station marine peut comprendre plus d'un système d'inverseur. Les composants des différents systèmes d'inverseur peuvent également être partagés

au sein de la sous-station marine. Dans un exemple, la sous-station marine peut comprendre quatre systèmes d'inverseur, chaque système d'inverseur étant connecté à cinq convertisseurs d'énergie houlomotrice 1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, lesquels cinq convertisseurs d'énergie houlomotrice 1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e sont  
5 régulièrement espacés sur la moitié de la longueur d'onde prédominante et l'intervalle IL entre deux convertisseurs d'énergie houlomotrice adjacents est donc de 1/10 de la longueur d'onde prédominante (PWL).

Un parc d'énergie houlomotrice comprend généralement plusieurs réseaux de  
10 convertisseurs d'énergie houlomotrice (non illustrés) et ces réseaux sont orientés de manière à prendre en compte la direction prédominante de la houle et la longueur d'onde prédominante. Le procédé décrit ici permet d'agencer et de positionner les convertisseurs d'énergie houlomotrice de manière optimale pour obtenir une puissance de sortie stable, augmenter l'efficacité et augmenter l'applicabilité de  
15 l'ensemble du système.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'agencement de convertisseurs d'énergie houlomotrice (1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e) dans un parc d'énergie houlomotrice dans une zone maritime ou lacustre, chacun des convertisseurs d'énergie houlomotrice (1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e) comprenant un corps flottant (2), un fil (4), un boîtier (6) agencé sur le fond marin ou lacustre (16), ledit boîtier comprenant un stator (10) et un translateur oscillant (8), moyennant quoi le translateur oscillant est connecté via le fil au corps flottant (2), le procédé comprenant les étapes suivantes :

- Mesure de la longueur d'onde et de la direction de la houle sur une période donnée ;
- Collecte de toutes les valeurs mesurées pour la longueur d'onde et la direction de la houle dans une matrice ;
- Détermination statistique, à partir de la matrice, d'une longueur d'onde prédominante PWL et d'une direction prédominante de la houle (12) ;
- Agencement d'un nombre de X convertisseurs d'énergie houlomotrice (1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e) à intervalles réguliers sur une distance qui correspond à la moitié de la longueur de la longueur d'onde prédominante, PWL, ou à un multiple de celle-ci, dans lequel la distance est mesurée dans une direction au moins plus ou moins parallèle à la direction prédominante de la houle (12).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel X est un nombre entier, et dans lequel l'intervalle, IL, entre deux convertisseurs d'énergie houlomotrice adjacents (1a, 1b, 1c, 1d, 1e) est calculé par  $IL = K * \frac{1}{X} * \frac{1}{2} * PWL$ , où K est un nombre entier choisi entre 1 et 10.



1a, 1b, 1c, 1d, 1e) à un système d'inverseur dans lequel X est un nombre choisi dans la plage de 4 à 8 convertisseurs d'énergie houlomotrice, et dans lequel la distance entre deux convertisseurs d'énergie houlomotrice adjacents connectés au système d'inverseur est calculée selon la revendication 2.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, comprenant en outre l'étape de l'agencement de la pluralité des convertisseurs d'énergie houlomotrice (1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e) de sorte qu'au moins deux convertisseurs d'énergie houlomotrice voisins adjacents soient agencés en décalé, tel qu'observé dans une direction parallèle à la direction prédominante de la houle (12).
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre l'étape consistant à agencer la quantité X de convertisseurs d'énergie houlomotrice (1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e) sur une ligne en forme de V, une ligne en forme de U, une ligne en fer à cheval, une ligne semi-elliptique ou une ligne semi-circulaire.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant l'étape de répartition de manière égale de la pluralité de convertisseurs d'énergie houlomotrice (1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e) dans plusieurs réseaux, chaque réseau comprenant une ou plusieurs lignes en forme de V, lignes en forme de U, lignes en fer à cheval, lignes semi-elliptiques ou lignes semi-circulaires, tel qu'observé vers le plancher lacustre ou océanique et dans lequel les convertisseurs d'énergie houlomotrice sont agencés, espacés au moins plus ou moins régulièrement sur les lignes en forme de V, les lignes en forme de U, les lignes en fer à cheval, les lignes semi-elliptiques ou les lignes semi-circulaires, mesurées le long de la direction prédominante de la houle (12).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre l'étape de connexion de la quantité de convertisseurs d'énergie houlomotrice X (1,

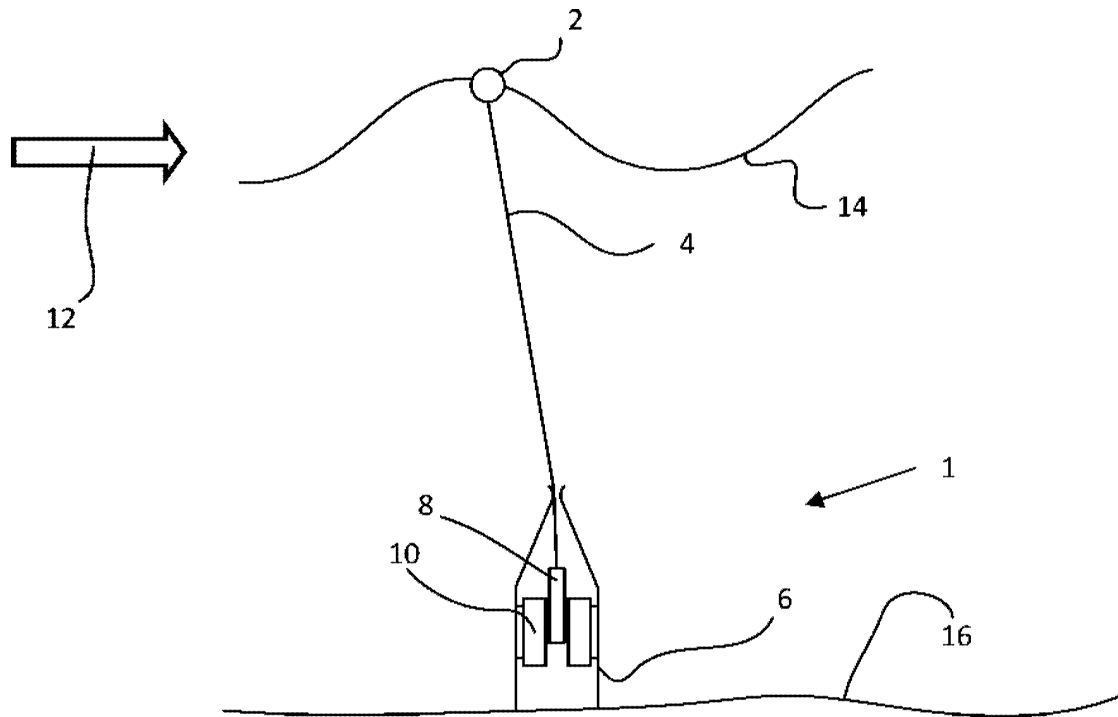


Fig. 1

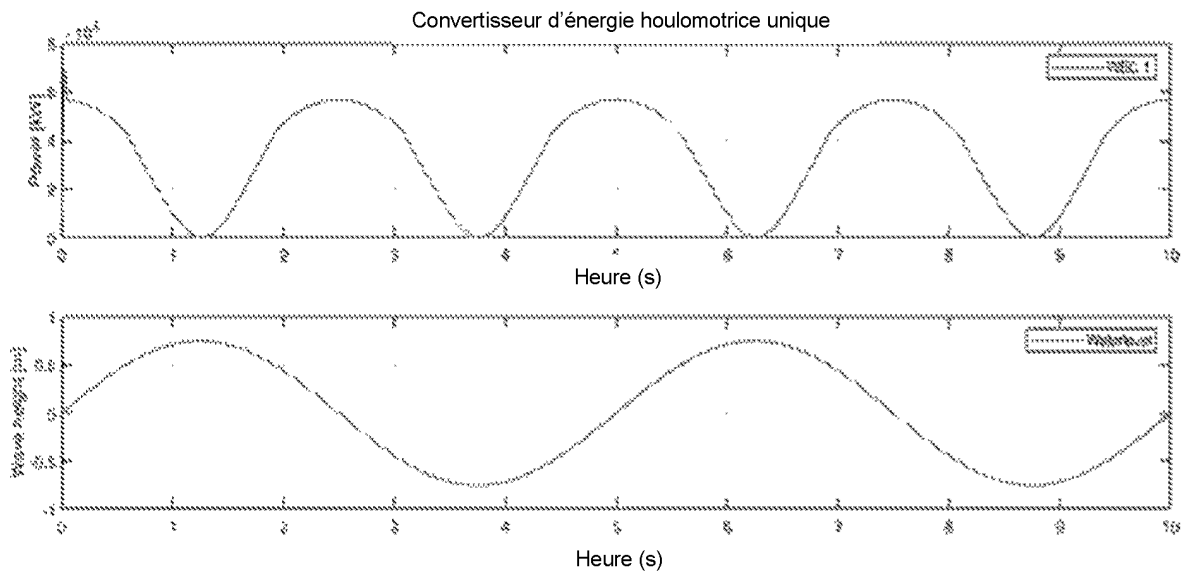


Fig. 2

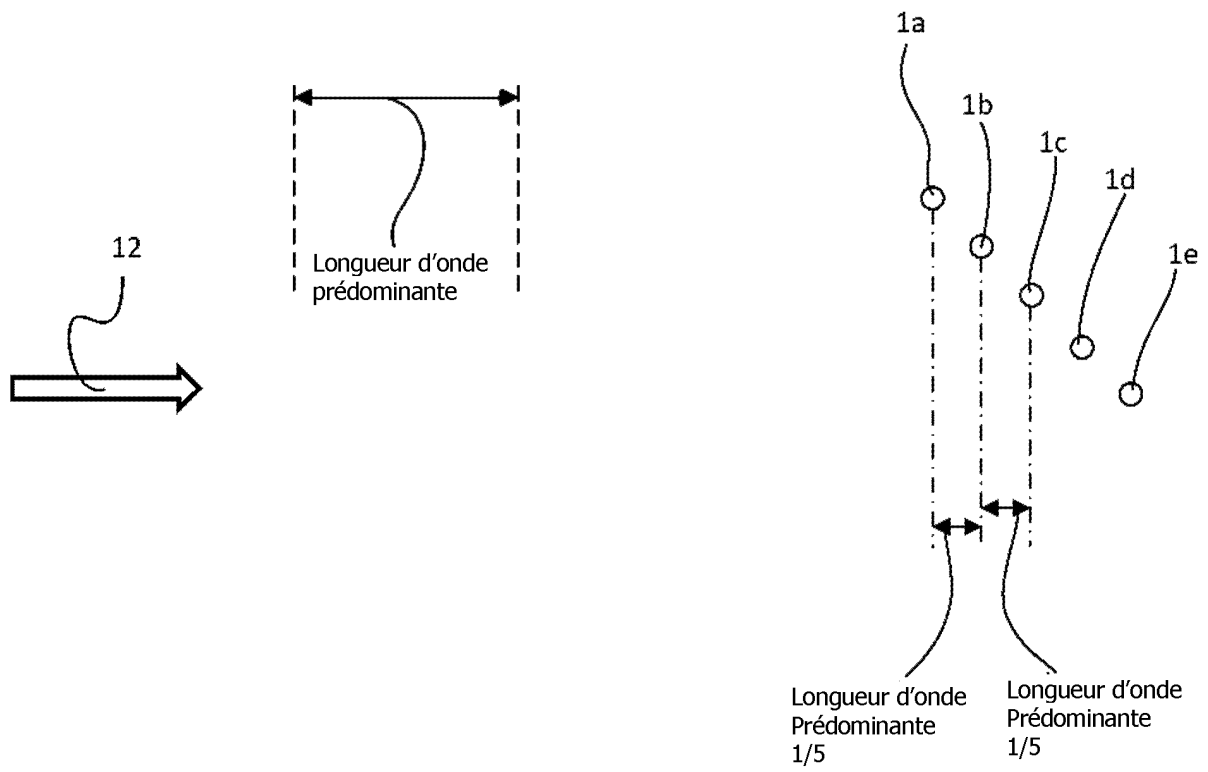


Fig.3

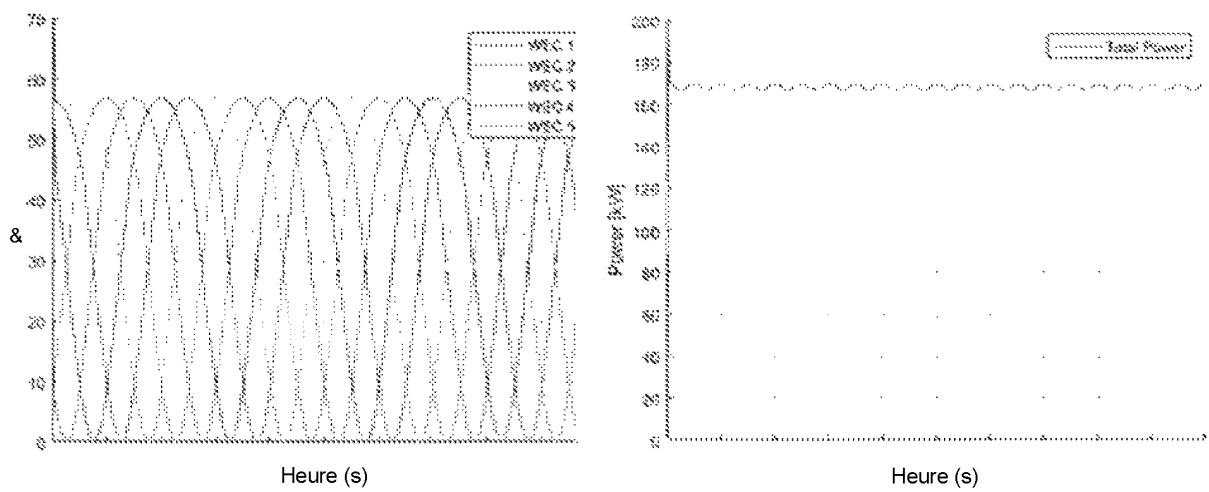


Fig. 4

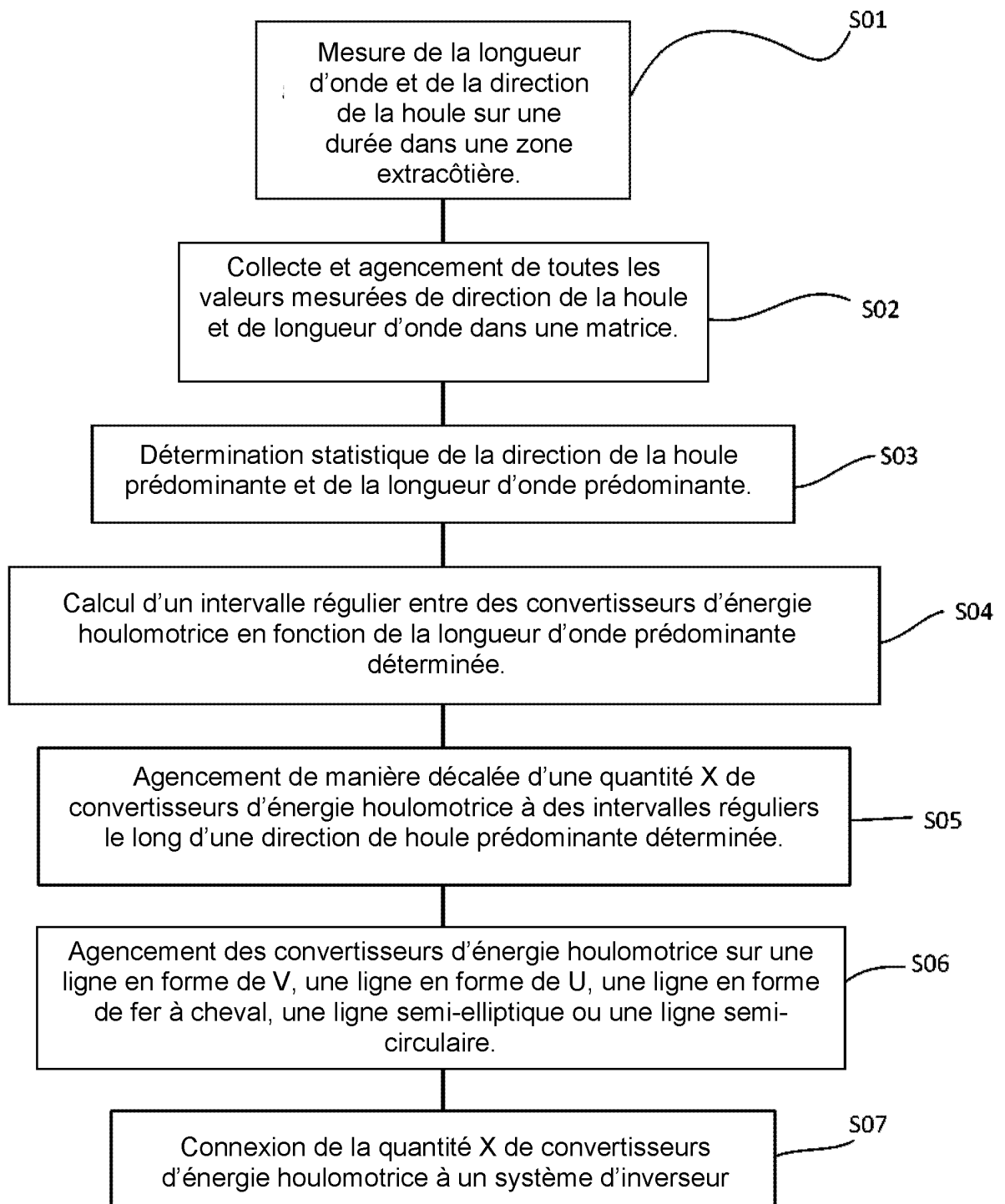


Fig. 5

**RAPPORT DE RECHERCHE DEFINITIF AVEC OPINION SUR  
LA BREVETABILITE**

*Établi conformément à l'article 43.2 de la loi 17-97 relative à la  
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée  
par la loi 23-13*

<b>Renseignements relatifs à la demande</b>	
N° de la demande : 58656	Date de dépôt : 07/06/2021
	Date d'entrée en phase nationale : 02/12/2022
Déposant : SEABASED LIMITED	Date de priorité: 08/06/2020
Intitulé de l'invention : PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION DE LA DISPOSITION D'HOULOMOTRICES	
<b>Classement de l'objet de la demande :</b>	
CIB: E02B 9/08, F03B 13/18, F03B 13/12	
CPC : F03B13/1855 ; F03B13/1885 ; H02J3/38	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Remarques de clarté <input type="checkbox"/> Cadre 4 : Observations à propos de revendications modifiées qui s'étendent au-delà du contenu de la demande telle qu'initialement déposée <input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: EL KINANI Mohamed	 Date d'établissement du rapport : 04/08/2023
Téléphone: (+212) 5 22 58 64 14	

**Partie 1 : Considérations générales****Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Demande telle qu'initialement déposée
- Demande modifiée suite à la notification du rapport de recherche préliminaire :
- Revendications  
1-6
- Observations à l'appui des revendications maintenues
- Observations des tiers suite à la publication de la demande
- Réponses du déposant aux observations des tiers
- Nouveaux documents constituant des antériorités :
- Suite à la recherche complémentaire (Couvrant les documents de l'état de la technique qui n'étaient pas disponibles à la date de la recherche préliminaire)
  - Suite à la recherche additionnelle (couvrant les éléments n'ayant pas fait l'objet de la recherche préliminaire)
- Observations à l'encontre de la décision de rejet

**Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité****Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté	Revendications 1-6 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive	Revendications 1-6 Revendications aucune	Oui Non
Application Industrielle	Revendications 1-6 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants :  
D1 : US7886680B2

**1. Nouveauté**

Aucun document de l'état de la technique ne divulgue un procédé d'agencement de convertisseurs d'énergie houlomotrice dans un parc d'énergie houlomotrice dans une zone maritime ou lacustre tel que décrit dans la revendication 1 de la présente demande.

D'où l'objet de la revendication 1 est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. Par conséquent, l'objet des revendications dépendantes 2-6 est également nouveau.

## **2. Activité inventive (AI) :**

Le document D1 considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 divulgue un procédé (description, fig. 3) d'agencement de convertisseurs d'énergie houlomotrice dans un parc d'énergie houlomotrice dans une zone maritime ou lacustre, comprenant l'étape consistant à l'agencement d'une quantité X de convertisseurs (10, fig. 3) d'énergie houlomotrice à intervalles réguliers sur une distance qui correspond à la longueur d'onde prédominante, PWL, ou à un multiple de celle-ci  $((n+1/3) \lambda)$ , dans lequel la distance est mesurée dans une direction au moins plus ou moins parallèle à la direction prédominante de la houle (colonne 2, ligne 48-ligne 68).

L'objet de la revendication 1 diffère donc de cette invention connue par les étapes :

- Mesure de la longueur d'onde et de la direction de la houle sur une période donnée ;
- Collecte de toutes les valeurs mesurées pour la longueur d'onde et la direction de la houle dans une matrice ;
- Détermination statistique, à partir de la matrice, d'une longueur d'onde prédominante PWL et d'une direction prédominante de la houle ;
- Agencement d'un nombre de X de convertisseurs d'énergie houlomotrice à intervalles réguliers sur une distance qui correspond à la moitié de la longueur de la longueur d'onde prédominante, PWL, ou à un multiple de celle-ci.

Le problème technique objectif que la présente demande tente de résoudre peut-être considéré comme modifier la méthode connue afin de fournir un agencement optimisé des convertisseurs d'énergie.

Aucun document de l'état de la technique ne décrit ou suggère la combinaison de ces caractéristiques distinctives.

D'où l'objet de la revendication indépendante 1 peut être considéré comme impliquant une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Par conséquent, l'objet des revendications dépendantes 2-6 peut également être considéré comme impliquant une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

## **3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :**

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.