

## (12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 58714 A1** (51) Cl. internationale : **F03B 13/18; B63B 21/50**

(43) Date de publication :  
**31.01.2023**

---

(21) N° Dépôt :  
**58714**

(22) Date de Dépôt :  
**07.06.2021**

(30) Données de Priorité :  
**08.06.2020 EP 20178669.6**

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:  
**PCT/SE2021/050542 07.06.2021**

(71) Demandeur(s) :  
**SEABASED LIMITED, 46 Mount Street Upper, Dublin 2 D02 RX88 (IE)**

(72) Inventeur(s) :  
**KRONBERG Anders ; FRANCISCO, Francisco Gemo Albino**

(74) Mandataire :  
**ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**

---

(54) Titre : **RÉSEAU DE DISPOSITION D'HOULOMOTRICES DANS UNE CENTRALE HOULOMOTRICE**

(57) Abrégé : L'invention concerne un réseau (6', 6'') comprenant au moins dix houlomotrices (12, 12'') et au moins une sous-station marine (14), chaque houlomotrice (12, 12'') comprenant un corps flottant (18 18'), un fil (22), un carter (24) ancré dans le fond marin ou lacustre (32), ledit carter (24) comprenant un stator (26) et un translateur d'oscillation (28). Le translateur d'oscillation (28) est relié par l'intermédiaire du fil (22) au corps flottant (18, 18'), chacun des au moins dix houlomotrices (12, 12'') étant électriquement connectées à la sous-station marine (14). Les au moins dix houlomotrices (12, 12'') sont disposées sur une ligne symétrique, ouverte, concave (34a, 34a', 34b, 34b'), un axe de symétrie (A) étant au moins égal ou inférieur à une direction d'onde primaire (3) et la sous-station marine (14) étant disposée sur l'axe de symétrie (A).

**RÉSUMÉ**

L'invention concerne un réseau (6', 6'') comprenant au moins dix convertisseurs  
5 d'énergie houlomotrice (12, 12'') et au moins une sous-station marine (14), chaque  
convertisseur d'énergie houlomotrice (12, 12'') comprenant un corps flottant (18,  
18'), un fil d'acier (22), un carter (24) ancré dans le fond marin ou lacustre (32), ledit  
carter (24) comprenant un stator (26) et un translateur d'oscillation (28). Le  
10 translateur d'oscillation (28) est relié par le fil d'acier (22) au corps flottant (18, 18'),  
chacun des au moins dix convertisseurs d'énergie houlomotrice (12, 12'') est relié  
électriquement à la sous-station marine (14). Les au moins dix convertisseurs  
d'énergie houlomotrice (12, 12'') sont agencés sur une ligne symétrique, ouverte,  
concave (34a, 34a', 34b, 34B'), dans lesquels un axe de symétrie (A) est au moins  
15 plus ou moins parallèle à une direction primaire de la houle (3) et dans lesquels la  
sous-station marine (14) est agencée sur l'axe de symétrie (A).

---

(Fig. 5)

## **Réseau pour agencer des convertisseurs d'énergie houlomotrice dans un parc d'énergie houlomotrice**

### ***Domaine technique***

L'invention concerne le domaine des parcs d'énergie houlomotrice comprenant une pluralité de convertisseurs d'énergie houlomotrice agencés en plusieurs réseaux. Le concept inventif porte sur l'aspect spécifique de l'agencement des convertisseurs d'énergie houlomotrice dans un réseau pour optimiser la puissance de sortie, minimiser les fluctuations de puissance et optimiser l'équipement et l'espace maritime utilisés.

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

Lors de la conception de parcs d'énergie houlomotrice, des réseaux ou modèles circulaires ou en forme d'étoile ont été utilisés dans le passé pour agencer les convertisseurs d'énergie houlomotrice. Les modèles ou réseaux décrits ici sont toujours examinés dans une vue de dessus, du ciel vers la surface de l'océan et la surface du fond marin, respectivement.

Les figures 1 et 2 illustrent la technique antérieure sur la façon dont les convertisseurs d'énergie houlomotrice ont été agencés auparavant dans les parcs d'énergie houlomotrice.

20

La figure 1 illustre un groupe ou un réseau d'une pluralité de convertisseurs d'énergie houlomotrice et leurs bouées associées, en réseau selon la technique antérieure. Chacun des convertisseurs d'énergie houlomotrice comprenant un carter de fond marin (ou lacustre) ancré au fond marin, ledit carter de fond marin comprenant un générateur avec un stator et un translateur/oscillant, par lequel le corps oscillant est relié par un fil d'acier à la bouée à la surface de l'eau. Les générateurs sont reliés par des câbles à la sous-station marine, qui est généralement également agencée sur un fond marin et ancrée à celui-ci. À partir de la sous-station marine, un câble relie également la sous-station marine à un point de raccordement où plusieurs réseaux sont reliés (voir figure 2). La sous-station marine comprend un redresseur, un convertisseur CC/CC pour le passage du courant continu (CC) au courant alternatif (CA) et un transformateur. En variante, la sous-station marine comprend un redresseur actif, un inverseur

et un transformateur. Le réseau 6 comprend huit (8) convertisseurs d'énergie houlomotrice 12. Tout autre nombre est bien sûr possible, le nombre huit n'est choisi qu'à des fins d'illustration. Les bouées 18 sont toutes du même type et de la même taille. Les bouées 18 et avec elles les convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 sont

5 agencés en cercle et espacés à intervalles réguliers sur le cercle. Le cercle 13 est représenté par une ligne en pointillés à des fins d'illustration. Le numéro de référence 3 indique et illustre une direction primaire de la houle par rapport au réseau 6. L'extension des creux et des crêtes de chaque vague est au moins plus ou moins perpendiculaire à la direction primaire de la houle 3, certains de ces creux

10 et de ces crêtes sont indiqués dans la figure 1 avec des lignes en pointillé. Dans cet exemple particulier, une vague suivant et se déplaçant le long de la direction primaire de la houle 3 frappe d'abord la bouée 18 du convertisseur d'énergie houlomotrice 12 à la position a, ensuite, la vague se déplace plus loin et frappe deux convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 et leurs bouées associées 18 au moins

15 plus ou moins en même temps à la position b. Un problème avec un tel agencement est que quatre convertisseurs d'énergie houlomotrice 12, avec leur générateur respectif ont un pic de puissance en même temps, à savoir quand une crête ou un creux de vague frappe la position b. Cela entraîne des fluctuations de puissance dans le réseau 6, car au moins certains des convertisseurs d'énergie houlomotrice

20 12 ont un pic d'énergie en même temps, en particulier, si l'on considère que beaucoup plus de convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 sont généralement agencés dans un réseau 6 et, dans de nombreux cas, ils sont agencés sur des doubles cercles 13, plus ou moins la moitié de la quantité de convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 étant sur un cercle intérieur (non illustré) et plus ou moins

25 l'autre moitié étant sur un cercle extérieur (non illustré). En outre, dans l'exemple de la figure 1, le sillage de chaque vague est affecté par les bouées 18 qu'il a déjà dépassé et de ce fait, la collecte d'énergie des vagues n'est pas optimale. Le sillage est la traînée de la bouée 18 qui a été soulevée. En d'autres termes, chaque bouée 18 et chaque convertisseur d'énergie houlomotrice 12 agencés en amont de la

30 direction de la houle 3 et au moins plus ou moins sur le même trajet (ligne agencée perpendiculairement à la direction de la houle 3) comme une bouée 18 plus en aval laisse moins d'énergie à collecter pour la bouée 18 et le convertisseur d'énergie houlomotrice 12, respectivement, agencés plus en aval et sur la même ligne ou sur le même trajet le long de la direction de la houle 3. Des tests et des simulations ont

- montré qu'un grand nombre de convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 par réseau 6 et par parc d'énergie houlomotrice 1 présente des avantages et des inconvénients. Lorsque la quantité de convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 est supérieure à dix unités, l'ajout de convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 entraîne
- 5 une diminution de la fluctuation de puissance alors que la puissance moyenne générée par unité diminue. Il y a donc un équilibre à atteindre pour une production d'énergie optimale, une production d'énergie stable et une utilisation minimale des matériaux.
- 10 Par exemple, l'augmentation de la quantité de convertisseurs d'énergie houlomotrice de 30 % peut réduire les fluctuations de puissance d'environ 7 % (effet positif), mais elle réduit également la puissance moyenne générée par chaque groupe électrogène de 3 %. Cela peut être rentable pour des parcs ou des réseaux d'énergie houlomotrice à petites vagues, mais il n'est pas rentable pour les réseaux
- 15 de grande taille, car beaucoup de câbles et de matières premières sont nécessaires pour fournir une grande quantité de convertisseurs d'énergie houlomotrice. Cela n'est pas non plus avantageux du point de vue de la durabilité, car beaucoup de matériaux sont nécessaires.
- 20 La figure 2 illustre la façon dont les réseaux 6 qui composent les convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 et leurs bouées 18, respectivement, ont été agencés au préalable, par exemple dans un réseau comme indiqué à la figure 2, selon la technique antérieure. La direction primaire de la houle 3 est de nouveau indiquée, ainsi que l'extension des creux et des crêtes des vagues se déplaçant vers le parc
- 25 d'énergie houlomotrice 1 en lignes pointillées. Les lignes pointillées sont à nouveau orientées au moins plus ou moins perpendiculairement à la direction primaire de la houle. Les cinq réseaux 6 sont reliées à un point de raccordement 20 via les sous-stations marines 14 à l'aide des câbles 2, 16. Le point de raccordement 20 est ensuite relié à une station par un câble d'exportation. À partir de la figure 2, il devient
- 30 évident qu'il y a une certaine fluctuation de puissance dans le parc d'énergie houlomotrice 1, puisque les creux et les crêtes des vagues déplacent simultanément plusieurs des bouées 18, ce qui entraîne des crêtes de puissance et des vallées d'énergie ou des chutes de puissance, ainsi que des pics et des creux d'énergie. Les câbles 2, 16, les sous-stations marines 14 et le point de connexion 20 doivent

- tous être conçus pour pouvoir faire face à ces pics de puissance, ce qui conduit à une puissance de sortie instable, à la nécessité d'utiliser plus de ressources puisque l'équipement doit être adapté pour qu'il puisse faire face aux pics de puissance et donc à des coûts plus élevés. La conception du réseau illustré à la figure 2 n'est en
- 5 outre pas optimisée pour une utilisation optimale des câbles. De surcroît, il y a aussi le problème du sillage généré par les bouées 18 qui sont agencées en amont, contre les bouées 18 qui sont agencées en aval, comme nous l'avons vu dans la direction de la houle 3.
- 10 La géométrie des réseaux illustrée dans les figures 1 et 2 est supérieure aux réseaux rectangulaires, puisque les fluctuations de puissance sont beaucoup plus élevées avec les réseaux rectangulaires qu'avec les réseaux circulaires ou en étoile comme illustré dans les figures 1 et 2.
- 15 Un autre problème avec les réseaux en étoile de convertisseurs d'énergie houlomotrice est qu'il est difficile de stationner un navire de maintenance de manière appropriée afin de protéger les bouées et ainsi les convertisseurs d'énergie houlomotrice. De plus, l'accès à la sous-station marine n'est pas possible de manière aisée, puisque les convertisseurs d'énergie houlomotrice sont agencés
- 20 autour de la sous-station marine, comme illustré à la figure 1.

### ***Résumé de l'invention***

Un objet de la présente invention consiste à fournir un réseau optimisé pour des convertisseurs d'énergie houlomotrice qui permet de générer une production

25 d'énergie stable, d'optimiser la zone utilisée de l'espace maritime et de s'assurer également que les ressources matérielles sont utilisées avec minutie.

Un autre objet est de fournir un réseau qui permet de réduire les risques et d'optimiser les coûts.

30

Compte tenu des problèmes susmentionnés liés aux fluctuations de puissance, l'inventeur de la présente invention a découvert qu'avec un procédé spécifique d'agencement géométrique des convertisseurs d'énergie houlomotrice, il est

possible de réduire les fluctuations de puissance, d'optimiser l'utilisation de l'équipement, de réduire l'espace maritime utilisé et d'optimiser les coûts.

La présente invention concerne un réseau comprenant au moins dix convertisseurs  
5 d'énergie houlomotrice et au moins une sous-station marine. Chaque convertisseur  
d'énergie houlomotrice comprend un corps flottant, un fil d'acier, un carter ancré  
dans le fond marin ou lacustre, ledit carter comprenant un stator linéaire et un  
translateur d'oscillation, moyennant quoi le translateur d'oscillation est connecté par  
le fil d'acier au corps flottant. En outre, chacun des au moins dix convertisseurs  
10 d'énergie houlomotrice est connecté électriquement à la sous-station marine. Les  
au moins dix convertisseurs d'énergie houlomotrice sont agencés sur une ligne  
symétrique, ouverte et concave, dans lesquels un axe de symétrie est parallèle à  
une direction primaire de la houle et dans lesquels la sous-station marine est  
agencée sur l'axe de symétrie.

15

La ligne symétrique, ouverte, concave peut être une ligne symétrique, ouverte,  
concave.

Tout nombre de convertisseurs d'énergie houlomotrice est théoriquement possible,  
20 même un nombre inférieur à dix. Un nombre approprié peut être entre compris 15  
et 25 convertisseurs d'énergie houlomotrice, plus préférablement entre 18 et 22  
convertisseurs d'énergie houlomotrice, par exemple 20 convertisseurs d'énergie  
houlomotrice par réseau.

25 L'agencement des convertisseurs d'énergie houlomotrice sur une ligne symétrique,  
ouverte, concave présente l'avantage que les fluctuations de puissance sont  
réduites, puisque chaque vague déplace les bouées séquentiellement, en général  
pas plus de deux bouées à la fois.

30 Dans un mode de réalisation, une ouverture de la ligne symétrique, ouverte,  
concave, est ouverte vers la direction primaire de la houle.

L'ouverture de l'agencement symétrique, ouverte, concave ou du réseau ouvert vers la direction primaire de la houle permet de positionner un navire de maintenance de sorte qu'il bloque les vagues entrantes pour la maintenance.

- 5 Dans un mode de réalisation, la sous-station marine est agencée sur l'axe de symétrie et sur un même côté de la ligne symétrique, ouverte, concave que l'ouverture.

10 Cela réduit le nombre de câbles électriques nécessaires pour interconnecter les convertisseurs d'énergie houlomotrice avec la sous-station marine. Elle facilite également la maintenance du réseau.

La ligne symétrique, ouverte, concave peut être une ligne semi-circulaire, une ligne semi-elliptique, une forme de fer à cheval, une ligne en forme de V, une ligne en  
15 forme de U ou toute combinaison de ces lignes.

Dans ce cas, toutes les formes de ligne mentionnées ci-dessus sont considérées comme symétriques, ouvertes et concaves. Toutes les combinaisons de ces formes également. Ces formes de ligne ou ces conceptions de ligne offrent toutes les  
20 avantages mentionnés ci-dessus en termes de fluctuations de puissance, d'utilisation d'équipement et de câble électrique et de facilitation de la maintenance.

Les formes de ligne décrites ci-dessus peuvent même être agencées de manière inversée, lorsqu'on les observe le long de la direction primaire de la houle, de sorte  
25 que l'ouverture soit dirigée loin des vagues entrantes de la direction primaire de la houle.

Les convertisseurs d'énergie houlomotrice peuvent être agencés à des distances régulières l'un de l'autre sur la ligne symétrique, ouverte, concave. Les distances  
30 régulières peuvent être de 15 m à 40 m, de préférence de 20 m à 35 m et de manière encore plus préférée de 22 à 30 m.

La distance entre la sous-station marine et le convertisseur d'énergie houlomotrice le plus proche est d'environ 30 à 90 m.

La distance minimale entre les convertisseurs d'énergie houlomotrice peut être d'au moins 25 m.

- 5 La distance entre les réseaux dans les parcs d'énergie houlomotrice peut être d'au moins 45 m.

Les distances indiquées ci-dessus sont de préférence mesurées entre les entités les plus proches, les convertisseurs de puissance houlomotrice et les sous-stations  
10 ou réseaux marins.

Les distances indiquées ci-dessus améliorent la collecte d'énergie, réduisent les perturbations dans le modèle des vagues, les fluctuations de puissance et réduisent l'influence du sillage des bouées agencées en amont de la direction de la houle.

- 15 Les convertisseurs d'énergie houlomotrice peuvent être au moins plus ou moins, répartis également de chaque côté de l'axe de symétrie.

Cela peut réduire la quantité de câbles électriques utilisés pour la conception du  
20 réseau.

Dans un mode de réalisation, les au moins dix convertisseurs d'énergie houlomotrice peuvent être agencés, au moins plus ou moins également divisés sur au moins deux lignes symétriques, ouvertes, concaves, une première ligne  
25 symétrique, ouverte, concave et une seconde ligne symétrique, ouverte, concave, la première ligne symétrique, ouverte, concave étant agencée en amont de la seconde ligne symétrique, ouverte, concave quand on l'observe la long de la direction primaire de la houle, moyennant quoi la première et la seconde ligne symétrique, ouverte, concave sont agencées parallèlement l'une à l'autre et de sorte  
30 qu'elles partagent le même axe de symétrie.

Cela peut réduire l'espace maritime utilisé et améliorer également l'efficacité du réseau pour la production d'énergie.

Lorsqu'un réseau comprend une première ligne symétrique, ouverte, concave de convertisseurs d'énergie houlomotrice et une seconde ligne symétrique, ouverte, concave de convertisseurs d'énergie houlomotrice, il est alors préférable que la quantité de convertisseurs d'énergie houlomotrice soit d'environ vingt (20), dix sur  
5 chacune des première – et seconde lignes symétriques, ouvertes et concaves. Bien sûr, il est également concevable d'avoir plus de vingt convertisseurs d'énergie houlomotrice par réseau,

Dans un mode de réalisation, les convertisseurs d'énergie houlomotrice et leurs  
10 bouées, respectivement agencés sur la seconde ligne symétrique, ouverte, concave plus en aval de la direction primaire de la houle comprennent des corps flottants dotés d'une plus grande flottabilité que les convertisseurs d'énergie houlomotrice agencés sur la première ligne symétrique, ouverte, concave plus en amont de la direction primaire de la houle.

15

En cas d'utilisation de bouées métalliques ou composites creuses circulaires, le diamètre des bouées agencées sur la seconde ligne symétrique, ouverte, concave est de préférence d'environ 15 % à 30 % supérieur à celui de la première ligne symétrique, ouverte, concave. Dans de nombreux cas, la forme des bouées peut  
20 être toroïdale ou polyèdre, de ce fait au moins plus ou moins en forme de beignet.

En termes de flottabilité, il s'agit d'environ 50 % d'une flottaison plus importante de 100 % entre les bouées ou les corps flottants de la première ligne symétrique, ouverte concave et les bouées ou corps flottants de la seconde ligne symétrique,  
25 ouverte, concave.

L'invention concerne également un parc d'énergie houlomotrice comprenant une pluralité de réseaux du type décrit ici, au moyen desquels les sous-stations marines des réseaux sont agencées sur une ligne symétrique, ouverte, concave, la ligne  
30 symétrique, ouverte, concave comprenant une ouverture.

L'ouverture peut être dirigée loin des vagues entrantes et donc de la direction primaire de la houle ou vers les vagues entrantes et la direction primaire de la houle.

Dans un mode de réalisation, les réseaux du parc d'énergie houlomotrice peuvent être agencés de sorte que l'ouverture soit dirigée loin respectivement de la direction primaire de la houle et des vagues entrantes.

- 5 Une telle conception du parc d'énergie houlomotrice réduit l'utilisation de matériel et d'équipement, en particulier l'utilisation de câbles, et optimise la quantité d'espace maritime nécessaire pour installer un parc d'énergie houlomotrice.

10 La ligne symétrique, ouverte, concave peut être une ligne en forme de V, une ligne en forme de U, une ligne en arc ouverte, une ligne circulaire ouverte, une ligne elliptique ouverte ou une combinaison de ces lignes.

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

### Définitions

#### *Direction primaire de la houle*

20 Chaque zone côtière a une direction primaire de la houle. Dans certains cas, il peut y avoir deux ou trois directions principales de la houle, avec une rotation d'environ plus ou moins 30 degrés par rapport à l'autre. En particulier dans les zones du littoral, la direction primaire de la houle est toutefois plutôt stable et ne varie que de quelques degrés. Cela peut être utilisé lorsque des parcs d'énergie houlomotrice sont planifiés et installés, puisqu'ils sont généralement installés dans les zones

25 côtières près du rivage, par exemple à moins de 0 à 10 km du rivage. Il est important de déterminer la direction primaire de la houle pour la planification et le fonctionnement du parc d'énergie houlomotrice. Dans ce cas, la direction primaire de la houle est liée à la direction le long de laquelle les vagues se déplacent, de ce fait le long de laquelle les crêtes de vague et les creux de vagues se déplacent. La

30 direction primaire de la houle peut bien sûr varier d'une zone à l'autre, selon les vents primaires, la structure du littoral et la structure de la base marine.

#### *Front de houle*

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

#### *Convertisseur d'énergie houlomotrice*

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 d'oscillation, par lequel le translateur d'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 la 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 compris entre 10 et 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. Lorsque l'agencement géométrique d'un réseau est décrit ici, il est toujours décrit tel qu'observé depuis une vue à vol d'oiseau ou (d'un drone) soit de haut en bas; du ciel vers la surface de l'océan et le fond marin, respectivement.

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

Dans la présente invention, 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 ici, elle est toujours décrite tel qu'observée depuis une vue à vol d'oiseau (ou d'un drone) donc de haut en bas ; du ciel vers la surface de l'océan et du fond marin, respectivement.

5 ***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 dessins annexés, dans lesquels :

10 La figure 1 illustre schématiquement un réseau de convertisseurs d'énergie houlomotrice selon la technique antérieure ;

La figure 2 illustre schématiquement un parc d'énergie houlomotrice comprenant cinq réseaux selon la technique antérieure ;

La figure 3 illustre schématiquement un convertisseur d'énergie houlomotrice du type utilisé pour les réseaux décrits ici ;

15 La figure 4 illustre schématiquement un réseau selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

La figure 5 illustre schématiquement un réseau selon un second mode de réalisation de l'invention ; et

20 la figure 6 illustre schématiquement un mode de réalisation d'un parc d'énergie houlomotrice ayant une pluralité de réseaux selon le second mode de réalisation.

***Description détaillée***

25 La figure 3 illustre un convertisseur d'énergie houlomotrice 12 du type décrit et utilisé dans les réseaux décrits ici. Le convertisseur d'énergie houlomotrice 12 comprend une bouée 18, un fil d'acier 22, un carter 24, lequel carter 24 est représenté en coupe transversale à des fins d'illustration, un stator 26 et un translateur 28. Le carter 24 est ancré dans le fond marin 32. La bouée 18 est configurée pour glisser sur les vagues 30 qui dépassent le convertisseur d'énergie houlomotrice le long d'une direction primaire de la houle 3. Lorsque les vagues 30 passent, la bouée 18 est déplacée vers le haut et vers le bas, déplaçant ainsi le translateur 28 dans un mouvement de balancier, ce qui génère de l'énergie électrique lorsque le translateur 28 se déplace le long du stator 26 en raison d'un

processus électro-inductif. La taille de la bouée 28 peut être adaptée en fonction des besoins de génération d'un mouvement de balancier distinct du translateur 28, par exemple si le générateur d'énergie houlomotrice 12 est placé plus en aval, observé le long de la direction de la houle 3 comme un autre convertisseur d'énergie houlomotrice (non illustré) agencé en amont de celui illustré à la figure 3.

La figure 4 illustre un premier réseau 6' de convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 et leurs bouées 18, respectivement. Le réseau 6' comprend vingt convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 agencés sur deux lignes, une première ligne symétrique, ouverte, concave 34a et une seconde ligne symétrique, ouverte, concave 34b, sur lesquelles les convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 sont agencés. La première ligne symétrique, ouverte, concave 34a et la seconde ligne symétrique, ouverte, concave 34b sont indiquées en pointillés à des fins d'illustration. La première ligne 34a symétrique, ouverte, concave comprend sept convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 et la seconde ligne 34b symétrique, ouverte, concave comprend treize convertisseurs d'énergie houlomotrice 12. Les convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 agencés sur la première et la seconde lignes symétriques, ouvertes, concaves 34a, 34b, respectivement, sont espacées à intervalles réguliers sur leurs lignes symétriques, ouvertes, concaves respectives. La répartition des convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 sur la première ligne symétrique, ouverte, concave 34a et la seconde ligne symétrique, ouverte, concave 34b peut toutefois être de cinquante/cinquante, donc dix convertisseurs 12 sur chacune des première – et seconde lignes symétrique, ouverte, concave 34a, 34b, respectivement, ou tout nombre entre 7 et 13. Sur la figure 4, la direction primaire de la houle 3 est de nouveau indiquée, les creux et les crêtes de la vague étant représentés par des lignes en pointillé. Les première et seconde lignes symétriques, ouvertes, concaves 34a et 34b sont représentées par des cercles incomplets sur la figure 4. Toutes les autres formes de cercles incomplets, les formes elliptiques sont bien sûr concevables, tout comme les demi-cercles et les demi-ellipses. La première – et la seconde lignes symétriques, ouvertes, concaves 34a, 34b sont agencées parallèlement l'une à l'autre et de manière à ce qu'elles partagent le même axe de symétrie A. La forme de la première – et de la seconde lignes symétriques ouvertes, concaves 34a, 34b peut être décrit comme étant en forme de fer à cheval ou au moins semblable à une forme de fer à cheval. Les première et seconde lignes

symétriques, ouvertes, concaves 34a, 34b sont agencées à l'intérieur l'une de l'autre et de manière plutôt serrée. La distance la plus courte entre les deux lignes symétriques, ouvertes, concaves 34a, 34b est agencée avec une distance d'environ 15 à 40 m, de préférence de 20 à 30 m et de manière encore plus préférée  
5 d'environ 25 m. La première ligne symétrique, ouverte, concave 34a et la seconde ligne symétrique, ouverte, concave 34b décrivent toutes deux une ouverture 36 du réseau 6'. En variante, le réseau comme illustré à la figure 4, peut être agencé en rotation de 180 degrés avec l'ouverture 36 face aux vagues entrantes.

10 Sur la figure 4, la taille des bouées 18 est la même sur tous les convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 ; il est toutefois possible d'utiliser des bouées 18 plus grandes sur la seconde ligne symétrique, ouverte, concave 34b, puisque chaque vague entrante perd de l'énergie lorsque les bouées 18 de la première ligne symétrique, ouverte, concave 34a se soulèvent. La puissance moyenne par  
15 convertisseur d'énergie houlomotrice 12 augmente lorsque la bouée 18 est augmentée, en particulier si les bouées 18 sont augmentées le long de la direction primaire de la houle 3, donc à partir de la première ligne symétrique, ouverte, concave 34a et de la seconde ligne symétrique, ouverte, concave 34b et ainsi de suite, par exemple, si plus de deux lignes symétriques, ouvertes, concaves sont  
20 présentes (non illustrées).

Les convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 illustrés à la figure 4 sont également connectés électriquement à la sous-station marine 14 via des câbles 16. La sous-station marine 14 est ensuite reliée à un point de raccordement 20 via un autre câble  
25 électrique 2.

La figure 5 divulgue une autre forme possible de réseau 6'' selon un mode de réalisation de l'invention. Le réseau 6'' comprend vingt convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 et leurs bouées associées 18, 18'. Les convertisseurs d'énergie  
30 houlomotrice 12 sont agencés sur une première ligne symétrique, ouverte, concave 34a' et sur une seconde ligne symétrique, ouverte, concave 34b'. La première ligne symétrique, ouverte, concave 34a' et la seconde ligne symétrique, ouverte, concave 34b' sont cette fois représentées en forme de V. La première ligne symétrique, ouverte, concave 34a' et la seconde ligne symétrique, ouverte, concave 34b'

décrivent également une ouverture 36' où les vagues peuvent entrer dans le réseau 6". La seconde ligne symétrique, ouverte, concave 34b' agencée en aval la direction primaire de la houle 3 de la première ligne symétrique, ouverte, concave 34a' comprend dix convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 et leurs bouées associées 18' et la première ligne symétrique, ouverte, concave 34a' comprend neuf convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 et leurs bouées associées 18. Un convertisseur d'énergie houlomotrice 12" est agencé au centre, près d'un point focal de la première ligne symétrique, ouverte, concave 34a' et de la seconde ligne symétrique, ouverte, concave 34b', et sur l'axe de symétrie A et en amont de la sous-station marine 14. Ce convertisseur d'énergie houlomotrice 12" est utilisé comme référence pour mesurer la puissance générée et sa valeur peut être comparée aux autres convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 du réseau 6".

Chacun des convertisseurs d'énergie houlomotrice 12, 12" est connecté électriquement à la sous-station marine 14 via les câbles 16 et la sous-station marine est ensuite reliée par un câble électrique 2 au point de raccordement (voir figure 6). Encore une fois, la première ligne symétrique, ouverte, concave 34a' et la seconde ligne symétrique, ouverte, concave 34b' sont agencées parallèlement l'une par rapport à l'autre à une distance telle qu'indiqué lors de la description de la figure 4 et partagent le même axe de symétrie.

Toute autre forme possible de premières lignes symétriques, ouvertes, concaves 34a, 34a', 34b, 34b' est envisageable : Par exemple, la forme en U, une combinaison de formes en U et en V ou une forme semi-elliptique, une forme semi-circulaire ou toute combinaison de ces formes.

Sur la figure 5, les crêtes et les creux entrants des vagues sont de nouveau indiqués par des lignes en pointillés, comme dans la figure 4.

Les avantages avec ces modèles de réseau 6', 6" comme le montrent les figures 4 et 5 est que les fluctuations de puissance sont considérablement réduites puisque les vagues ne frappent pas toutes les bouées en même temps, la maintenance est facilitée, puisqu'un bateau ou un navire de maintenance peut être stationné près du convertisseur d'énergie houlomotrice 12" (dans la figure 4 quelque part près des

bouées 18 qui sont frappées en premier par les vagues entrantes) et protéger ainsi l'ensemble du réseau des vagues entrantes et aussi du vent en fermant l'ouverture 36, 36'.

5 Le réseau 6'' de la figure 5 est avantageux, puisqu'il réduit le sillage créé par chaque bouée 18 agencée en amont, observé dans la direction de la houle 3, une bouée 18' agencée en aval, observée dans la direction de la houle 3. Les bouées 18' des convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 agencées sur la seconde ligne symétrique, ouverte, concave 34b' sont également choisies pour avoir une  
10 flottabilité plus élevée que les bouées 18 des convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 agencés sur la première ligne symétrique, ouverte, concave 34a'. Dans le cas où des bouées rondes 18' sont utilisées, le rayon des bouées plus grandes 18' est d'environ 10 à 15 % supérieur. Cela améliore la récolte d'énergie des convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 agencés sur la seconde ligne  
15 symétrique, ouverte, concave 34b' et ainsi l'efficacité de l'ensemble du réseau 6'.

En plus de ce qui précède et afin de réduire davantage le sillage de chaque bouée 18 agencée en amont, observé le long de la direction primaire de la houle 3, pour une bouée 18' agencée plus en aval, observée le long de la direction primaire de la  
20 houle 3, il est possible de agencer les convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 sur la seconde ligne symétrique, ouverte, concave 34b' de manière décalée de sorte que deux bouées 18, 18' ne viennent jamais se poser sur une ligne droite parallèle à l'axe de symétrie A et à la direction primaire de la houle 3, respectivement, si l'on considère que l'axe de symétrie A est, au moins plus ou moins, parallèle à la  
25 direction primaire de la houle 3.

Les détails décrits concernant la figure 4 sont également valables pour la figure 5 mais, par souci de simplicité, tous les éléments décrits en rapport avec la figure 4 ne sont pas repris ci-après.

30

Les réseaux 6', 6'' décrits et illustrés aux figures 4 et 5 présentent en outre l'avantage d'optimiser l'utilisation des câbles en particulier. Dans les deux réseaux 6', 6'', l'axe de symétrie A est au moins plus ou moins parallèle à la direction primaire de la houle 3. Il est toutefois évident que la direction primaire de la houle 3 peut

varier de plus ou moins 10 degrés, car elle dépend de la nature, comme les vents, le régime des vagues et ainsi de suite.

La figure 6 divulgue un agencement d'un parc d'énergie houlomotrice 1' avec cinq  
5 réseaux 6'' selon la figure 5, par lequel les sous-stations marines 14 des réseaux 6'' sont agencées sur une ligne 40 inversée en forme de V, observée dans la direction primaire de la houle 3. Les sous-stations marines 14 sont également régulièrement espacées sur la ligne en forme de V 40 de sorte que les convertisseurs d'énergie houlomotrice 12 des réseaux voisins 6'' ne soient jamais  
10 plus proches que 40 m. Une ouverture de 36'' de la ligne en forme de V 40 est dirigée loin de la direction primaire de la houle 3. Là encore, les crêtes et les creux des vagues sont indiqués par des lignes en pointillés.

Les sous-stations marines 14 sont connectées électriquement à un point de  
15 raccordement 20 et le point de raccordement 20 est ensuite relié à une station terrestre via le câble 38. Le parc d'énergie houlomotrice 1', comme le montre la figure 6, optimise l'utilisation des câbles et utilise l'espace ou la zone du fond marin de manière efficace.

20 L'illustration de la figure 6 montre une ligne 40 en forme de V inversé, il est toutefois possible que cette ligne en forme de V ne soit pas inversée et que l'ouverture 36'' soit ouverte vers les vagues entrantes de la direction primaire de la houle 3. Ici aussi, d'autres formes telles que les formes en U, les formes en U inversées, les formes en demi-cercle ou les formes demi-elliptiques inversées et non inversées  
25 sont possibles.

Bien que le parc d'énergie houlomotrice 1' de la figure 6 soit représenté avec des réseaux 6'' comme illustré sur la figure 5, il est bien sûr envisageable de concevoir un parc d'énergie houlomotrice avec tout autre réseau décrit ici, en particulier celui  
30 illustré sur la figure 4.

En outre, même si les réseaux 6', 6'' comme illustré dans les figures 4 et 5 sont illustrés par une première ligne symétrique, ouverte, concave 34a, 34a' et une seconde ligne ouverte, concave 34b, 34b', il est possible d'avoir des réseaux (non

illustrés) avec une seule ligne symétrique, ouverte, concave (non illustrée). Les réseaux n'ont pas nécessairement besoin de comprendre deux lignes symétriques, ouvertes, concaves.

- 5 En variante, il est également envisageable d'avoir des réseaux avec plus de deux lignes symétriques, ouvertes, concaves, moyennant quoi les convertisseurs d'énergie houlomotrice sur chaque ligne symétrique, ouverte, concave plus en aval de la direction primaire de la houle ont des bouées dotées d'une plus grande flottabilité.

**REVENDEICATIONS**

1. Réseau (6', 6'') comprenant au moins dix convertisseurs d'énergie houlomotrice (12, 12'') et au moins une sous-station marine (14), chaque convertisseur d'énergie houlomotrice (12, 12'') comprenant un corps flottant (18, 18'), un fil d'acier (22), un carter (24) ancré dans le fond marin ou lacustre (32), ledit carter (24) comprenant un stator (26) et un translateur d'oscillation (28), par lequel le translateur d'oscillation (28) est relié par le fil d'acier (22) au corps flottant (18, 18'), chacun des au moins dix convertisseurs d'énergie houlomotrice (12, 12'') étant relié électriquement à la sous-station marine (14), **caractérisé en ce que** les au moins dix convertisseurs d'énergie houlomotrice (12, 12'') sont agencés sur une ligne symétrique, ouverte, concave (34a, 34a', 34b, 34b'), dans lequel un axe de symétrie (A) est au moins plus ou moins parallèle à une direction primaire de la houle (3) et dans lequel la sous-station marine (14) est agencée sur l'axe de symétrie (A).
2. Réseau selon la revendication 1, dans lequel une ouverture (36, 36') de la ligne symétrique, ouverte, concave (34a, 34a', 34b, 34b') est ouverte respectivement vers la direction primaire de la houle (3) et vers les vagues entrantes.
3. Réseau selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel la sous-station marine (14) est agencée sur l'axe de symétrie (A) et du même côté de la ligne symétrique, ouverte, concave (34a, 34a', 34b, 34b') que l'ouverture (36, 36').
4. Réseau selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 3, dans lequel la ligne symétrique, ouverte, concave (34a, 34a', 34b, 34b') est une ligne semi-circulaire, une ligne en arc symétrique, une ligne semi-elliptique, une ligne en forme de fer à cheval, une ligne en forme de V, une ligne en forme de U ou toute combinaison de ces lignes.
5. Réseau selon l'une des revendications précédentes 1 à 4, dans lequel les convertisseurs d'énergie houlomotrice (12, 12'') sont agencés à des distances régulières les uns des autres sur la ligne symétrique, ouverte, concave (34a, 34a', 34b, 34b').

6. Réseau selon la revendication 5, dans lequel les distances régulières sont de 15 m à 40 m, de préférence de 20 m à 35 m.
- 5 7. Réseau selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 6, dans lequel les convertisseurs d'énergie houlomotrice (12, 12'') sont, au moins plus ou moins, répartis de manière égale de chaque côté de l'axe de symétrie (A).
- 10 8. Réseau selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les au moins dix convertisseurs d'énergie houlomotrice (12, 12'') sont agencés, au moins plus ou moins divisés de manière égale sur au moins deux lignes symétriques, ouvertes et concaves (34a, 34a', 34b, 34b'), une première ligne symétrique, ouverte et concave (34a, 34a') et une seconde  
15 ligne symétrique, ouverte et concave (34b, 34b'), la première ligne symétrique, ouverte et concave (34a, 34a') étant agencée en amont de la seconde ligne symétrique, ouverte et concave (34b, 34b'), observée le long de la direction primaire de la houle (3) dans lequel la première ligne symétrique, ouverte, concave (34a, 34a') et la seconde ligne symétrique,  
20 ouverte, concave (34b, 34b') sont agencées parallèlement l'une à l'autre et de sorte qu'elles partagent le même axe de symétrie (A).
9. Réseau selon la revendication 8, dans lequel les convertisseurs d'énergie houlomotrice (12) qui sont agencés sur la seconde ligne symétrique, ouverte, concave (34b, 34b') plus en aval de la direction primaire de la houle (3)  
25 comprennent des corps flottants (18') avec une plus grande flottabilité que les convertisseurs d'énergie houlomotrice (12) agencés sur la première ligne symétrique, concave, ouverte (34a, 34a') plus en amont de la direction primaire de la houle (3).
- 30 10. Parc d'énergie houlomotrice (1') comprenant une pluralité de réseaux (6', 6'') selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel les sous-stations marines (14) des réseaux (6', 6'') sont agencées sur une ligne symétrique, ouverte, concave (40), la ligne symétrique, ouverte, concave  
35 (40) ayant une ouverture (36'').

11. Parc d'énergie houlomotrice selon la revendication 10, dans lequel l'ouverture (36'') est dirigée loin de la direction primaire de la houle (3) et des vagues entrantes, respectivement.

5

12. Parc d'énergie houlomotrice selon la revendication 10 ou 11, dans lequel la ligne symétrique, ouverte, concave (40) est une ligne en forme de V, une ligne en forme de U, une ligne en arc ouverte, une ligne circulaire ouverte, une ligne elliptique ouverte ou une combinaison de ces lignes.

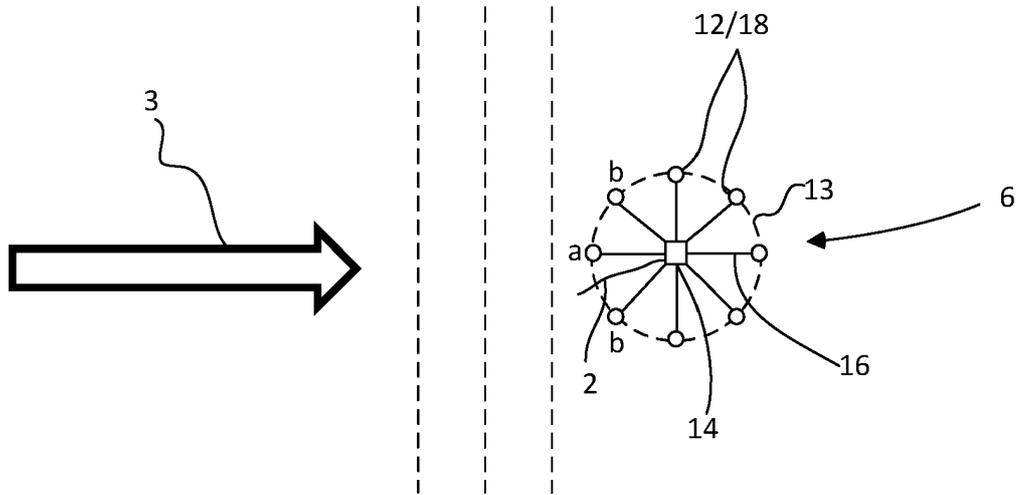


Fig. 1 technique antérieure

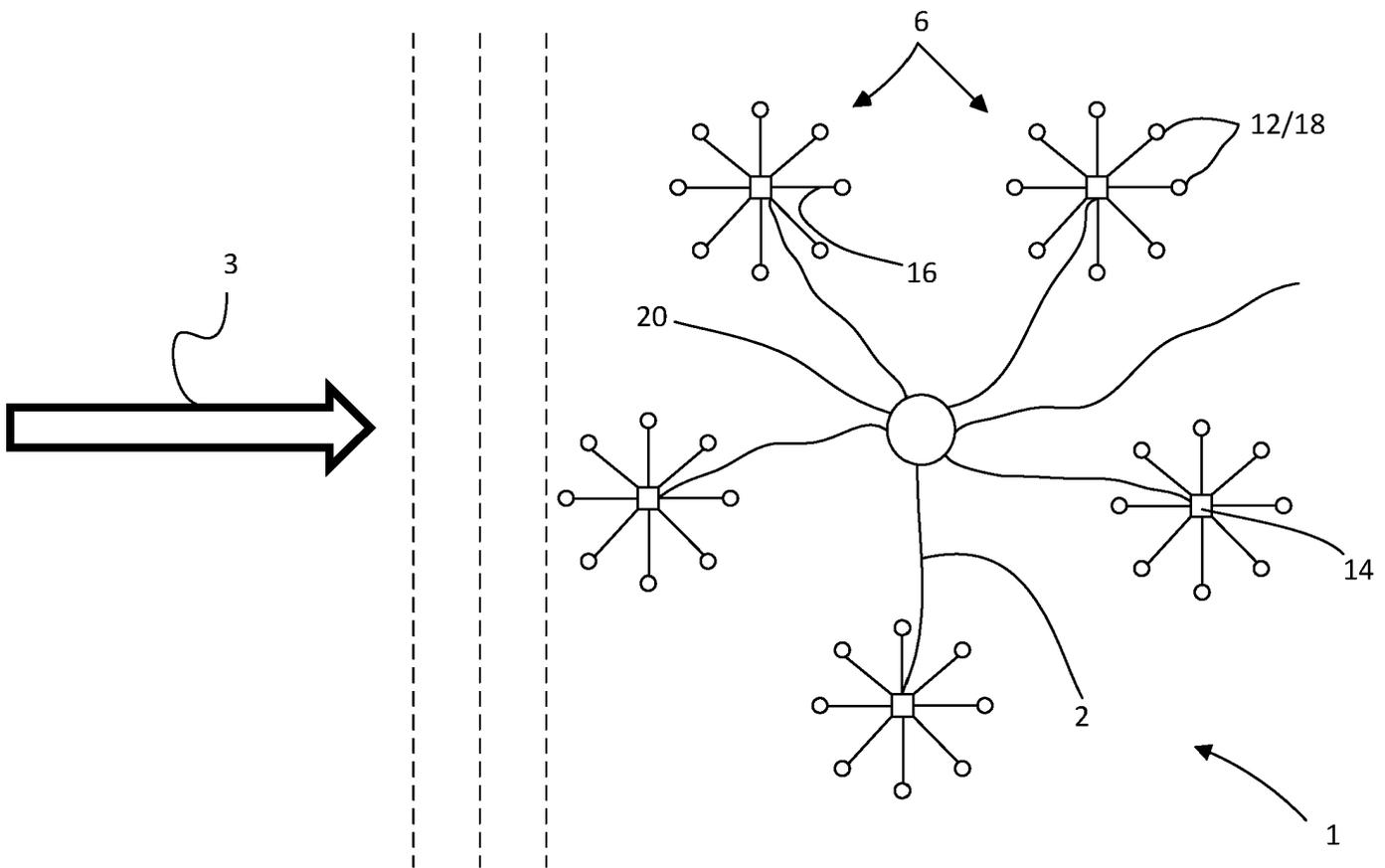


Fig. 2 technique antérieure

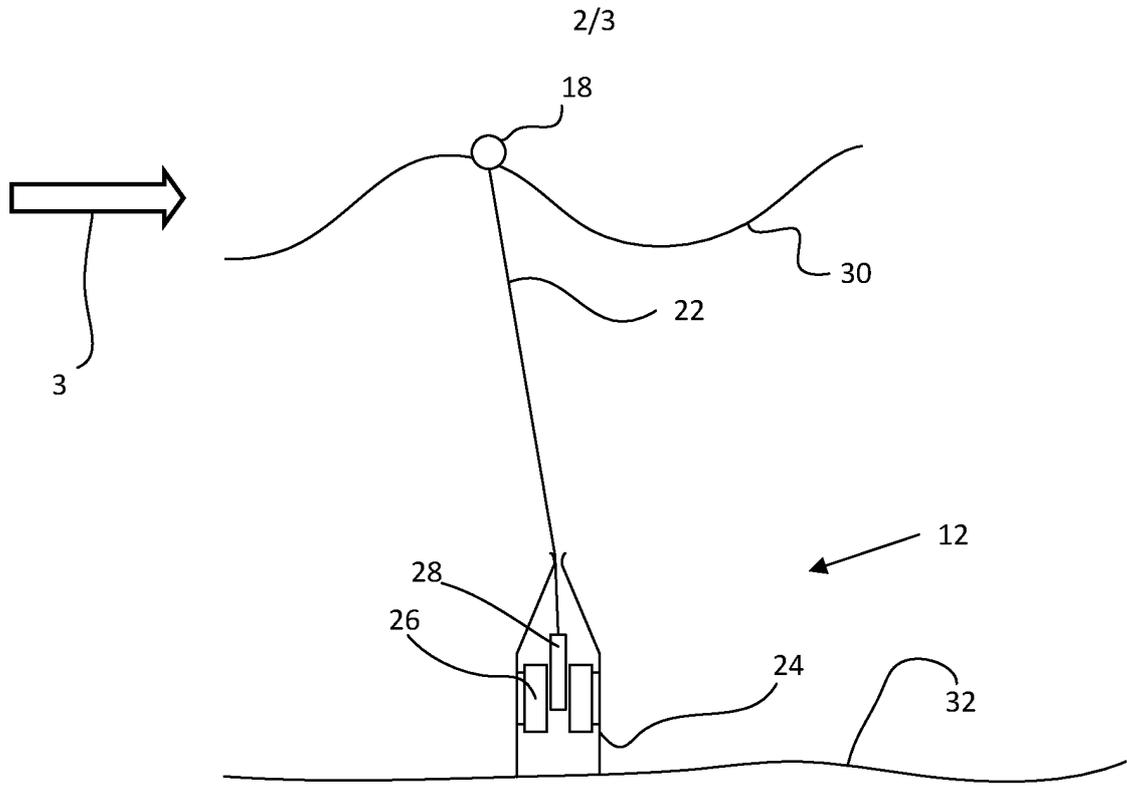


Fig.3

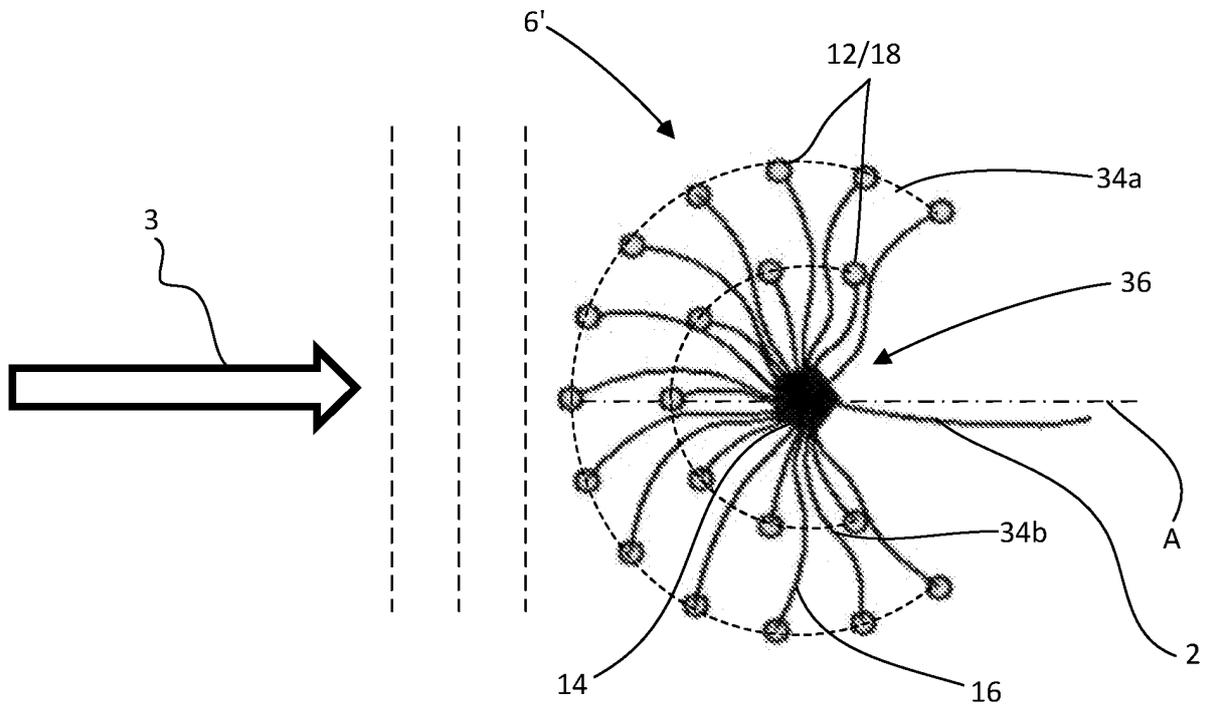


Fig. 4

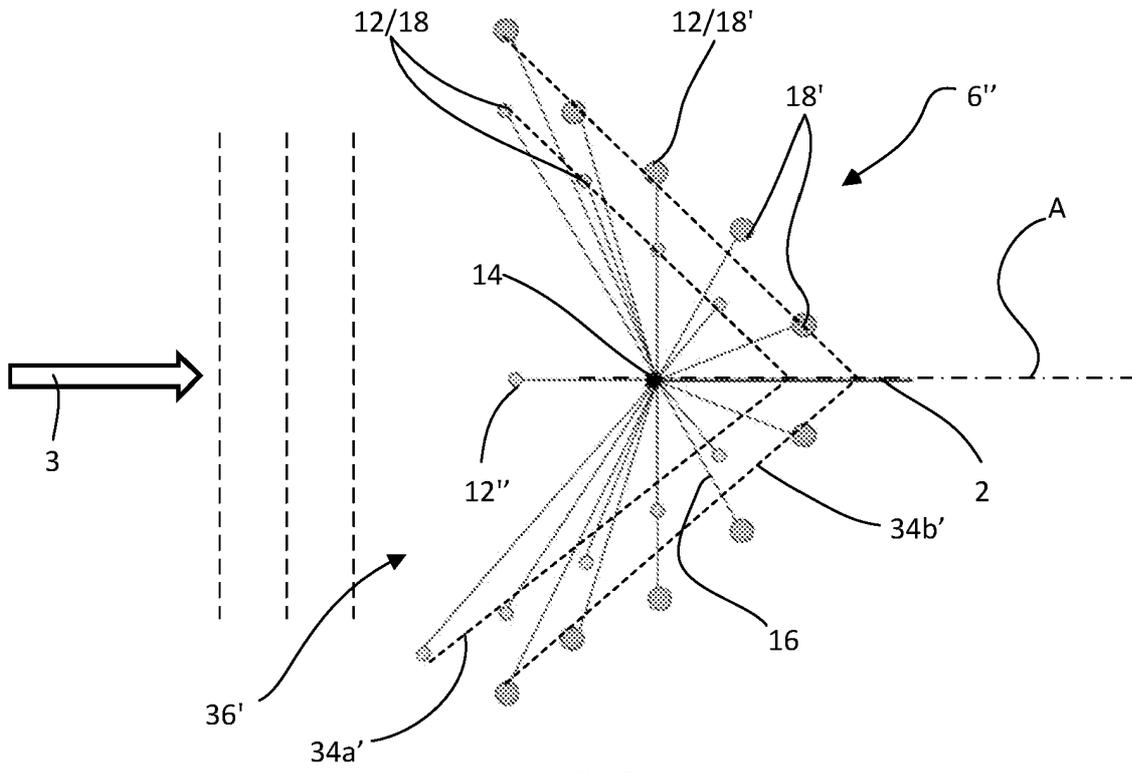


Fig. 5

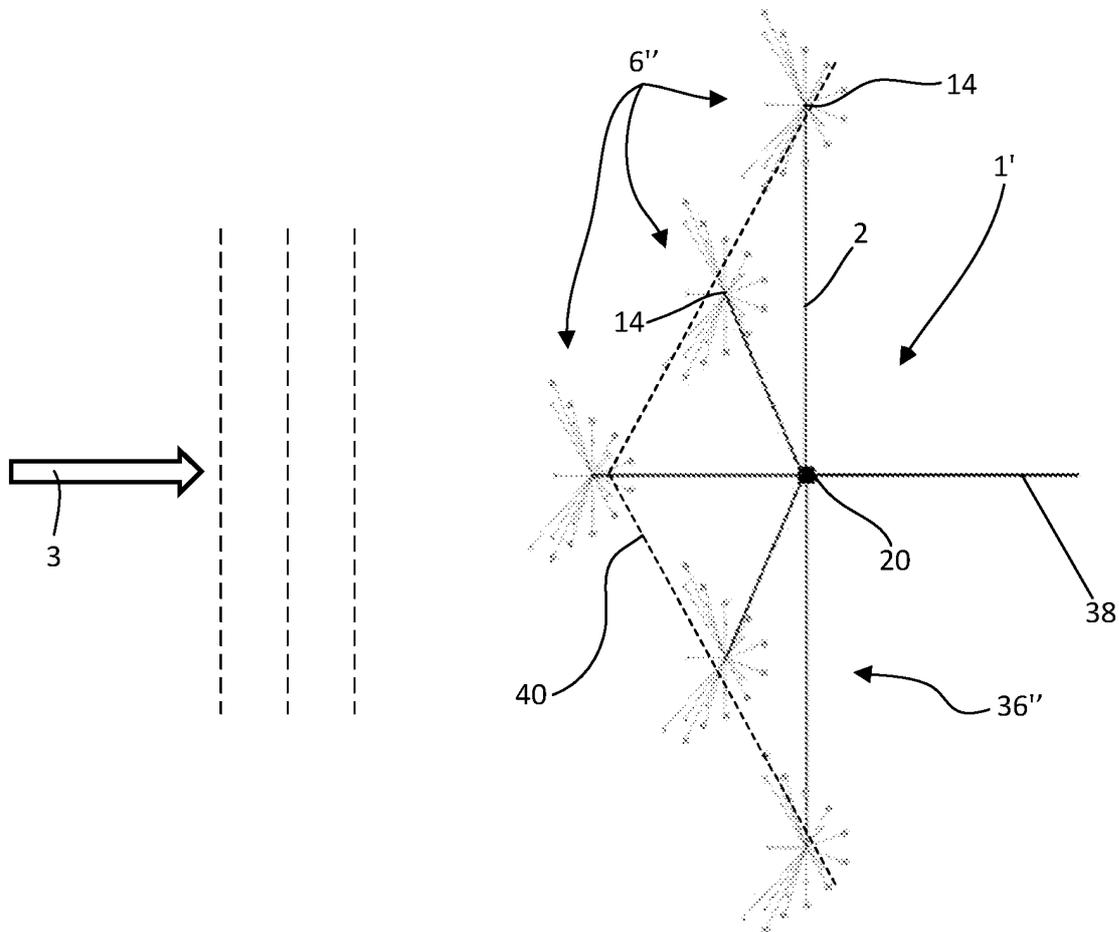


Fig. 6