

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 02440

(54) Appareil pour la génération d'énergie à partir du mouvement de vagues.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). F 03 B 13/12.

(22) Date de dépôt..... 5 février 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 32 du 7-8-1981.

(71) Déposant : Société de droit britannique dite : SEA ENERGY ASSOCIATES LTD, résidant en
Grande-Bretagne.

(72) Invention de : Norman West Bellamy et Eric Wood.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Propi Conseils,
23, rue de Leningrad, 75008 Paris.

La présente invention concerne un appareil générateur d'énergie susceptible d'être mis en oeuvre pour convertir en une forme utilisable l'énergie de vagues d'un corps liquide, tel qu'une mer ou un océan.

- 5 Il existe de nombreuses propositions pour convertir l'énergie des vagues d'un liquide ; les principales de ces propositions mettent en jeu un composant primaire, qui est positionné de façon à subir l'influence des vagues, qui le déplacent vers l'arrière et vers l'avant. Ce mouvement de va-et-vient est
10 converti en une forme plus utilisable, par exemple en une énergie électrique, au moyen d'une transmission appropriée.

- Dans une méthode connue, le composant primaire est adapté pour pouvoir pivoter autour d'un axe et comporte une palette du côté des vagues qui est élevée et abaissée par celle-ci,
15 tandis que sous le vent il n'y a aucun déplacement. Bien entendu, une pluralité de tels dispositifs peuvent être montés en parallèle.

- Cependant, la mise au point et la fabrication de tels dispositifs connus, même à l'échelle d'un dixième, ont soulevé de
20 telles difficultés que l'on peut douter que ces dispositifs puissent être réellement utilisables.

Par ailleurs, il y a deux autres sortes de difficultés qui sont soulevées par ces dispositifs.

- D'abord, il est nécessaire de trouver un axe qui soit capable
25 de résister de façon satisfaisante au moment de flexion anticipée, alors qu'un tel arbre ne paraît pas disponible et ensuite, des problèmes apparaissent en ce qui concerne le prélèvement de la puissance primaire, l'accessibilité aux roulements et la robustesse de l'appareil pour résister aux
30 conditions de survie, par exemple aux conditions de tempête.

La présente invention a pour objet de remédier à ces inconvénients et elle concerne un appareil destiné à remplacer ces appareils connus, mentionnés ci-dessus.

A cette fin, selon l'invention, un appareil flottant pour

engendrer de l'énergie à partir du mouvement des vagues d'un corps liquide comporte un élément de réaction et un élément mobile en forme de plaque , relié de façon fonctionnelle à l'élément de réaction de façon à pouvoir se déplacer
5 vers l'arrière et vers l'avant pour réagir contre l'élément de réaction, lorsque l'élément en forme de plaque subit l'influence des vagues du corps liquide, et il comporte des moyens pour extraire l'énergie des vagues sous une autre forme plus utilisable grâce aux mouvements relatifs entre
10 l'élément de réaction et l'élément en forme de plaque.

De préférence, l'élément de réaction est une partie d'une ossature allongée et il y a une pluralité d'éléments en forme de plaque disposés le long d'au moins un côté de l'ossature, lorsque l'appareil est utilisé parallèlement au front des vagues dont
15 on doit extraire l'énergie ou en faisant un angle , de préférence un angle aigu, avec ledit front ; ou bien, lesdits éléments en forme de plaque peuvent être agencés côte à côte de part et d'autre de l'ossature, lorsque celle-ci est utilisée dans une position orthogonale au front des vagues.

20 Les moyens pour extraire l'énergie du mouvement de battement des éléments en forme de plaque peuvent être de n'importe quel type approprié tel qu'une pompe hydraulique avec une transmission appropriée, ou bien lesdits éléments en forme de plaque peuvent être agencés pour agir comme des pistons
25 pneumatiques pour pomper l'air qui peut être envoyé dans des conduits ou collecteurs disposés dans l'ossature , l'air comprimé étant utilisé comme moyen pour faire tourner une turbine qui , à son tour, entraîne par exemple une génératrice électrique.

30 Afin d'amortir le mouvement des éléments en forme de plaque, chacun de ceux-ci peut définir avec l'ossature une cavité dont le volume décroît et augmente lorsque l'élément mobile se déplace en direction et à l'opposé de l'ossature ladite cavité étant capable de contenir un liquide agissant comme
35 moyen amortisseur pour les mouvements de battement de l'élément mobile.

Lorsqu'il y a un liquide dans ladite cavité, le niveau de celui-ci augmente lorsque chaque élément en forme de plaque bascule en direction de l'ossature à cause du mouvement de soulèvement exercé par les vagues sur l'élément
5 mobile ; l'élévation du niveau signifie bien entendu l'augmentation de la colonne de liquide et donc l'augmentation de la force tendant à ramener l'élément mobile en direction opposée au longeron.

Les deux parties respectives de l'ossature et de l'élément mobile
10 qui se font face et qui viennent au contact et se séparent lorsque l'élément mobile oscille sont conformées de préférence de façon correspondante, de sorte que dans une position extrême de cet élément mobile, ladite cavité est réduite à zéro ou contient seulement une pellicule très mince dudit liquide.

15 De préférence, le liquide contenu dans ladite cavité est le même que celui dans lequel flotte l'appareil. Dans un tel agencement, il est préférable que la cavité soit prévue pour permettre un passage entre le liquide du corps liquide et celui contenu dans la cavité.

20 Selon un mode de réalisation préféré de la présente invention, lesdits éléments en forme de plaque disposés le long de l'ossature sont susceptibles de suivre les déplacements instantanés des vagues le long de celle-ci, de façon que les éléments en forme de plaque puissent se déplacer de façon déphasée,
25 et qu'il y ait des moyens de couplage interconnectant lesdits éléments en forme de plaque de sorte que lorsque les vagues touchent certains des éléments en direction de l'ossature, d'autres éléments en forme de plaque sur laquelle s'exerce également l'action des vagues, de façon déphasée, soient
30 éloignés de l'ossature.

Dans cet agencement, les éléments en forme de plaque peuvent être étanchéifiés par rapport à l'ossature afin d'éviter un courant liquide entre chaque élément en plaque et l'ossature, lorsque l'élément en plaque est écarté de l'ossature. En variante,
35 il peut y avoir des moyens de pompage pour pomper le liquide hors des espaces compris entre les éléments en plaque et le longeron.

Dans une autre variante de réalisation, des éléments en forme de plaque sont définis par une membrane souple continue supportée de place en place le long de l'ossature par des supports qui peuvent se déplacer vers l'arrière et vers l'avant avec
5 le mouvement d'éléments plats et qui définissent l'élément en forme de plaque.

Lesdits moyens de couplage peuvent être par exemple une corde tendue, un câble ou analogue, s'étendant longitudinalement à l'ossature et passant sur trois groupes de poulies, un groupe
10 pour chaque élément en plaque, deux poulies de chaque groupe étant portées par l'ossature et la troisième étant mobile en synchronisme avec l'élément en plaque associé .

En variante, les éléments en plaque peuvent chacun être reliés à une pompe hydraulique, les pompes étant reliées à
15 une alimentation commune de pression.

Lesdits moyens interconnectés sont de préférence reliés à des moyens de transmission pour transformer le mouvement des éléments en plaque en une autre forme d'énergie tel qu'un mouvement rotatif, une pression de fluide ou une énergie
20 électrique. Dans le cas où il y a une seule ossature portant les éléments en forme de plaque disposés côte à côte et en regard des vagues incidentes, et, pour extraire l'énergie des vagues, par des moyens appropriés et reliés aux éléments absorbants, le moyen le plus commun pour extraire l'énergie
25 comporte des pompes hydrauliques, tels que des dispositifs à piston et cylindre , qui convertissent les mouvements de l'élément en un fluide sous pression (de préférence le même que celui du corps de liquide) et ce fluide sous pression peut évidemment être utilisé pour entraîner un dispositif
30 mécanique tel qu'une turbine pour l'éventuelle production d'énergie électrique, qui est le but habituel de l'appareil du type auquel l'invention se rapporte.

On a trouvé qu'il était préférable de contrôler le déplacement de chacun des éléments absorbant de façon que les forces
35 d'inertie ne deviennent pas trop grandes, comme cela pourrait arriver dans les mers importantes, et bien entendu si les

éléments absorbants étaient laissés libre de battre en harmonie avec les vagues, l'appareil pourrait être auto-destructeur. Il est donc préférable que les mouvements de chacun des éléments absorbants soient amortis ou freinés en fonction de la vitesse instantanée de l'élément. On a trouvé de plus que l'amortissement des éléments en fonction de ladite vitesse procure également une efficacité de conversion maximum de l'énergie des vagues en énergie hydraulique.

Malheureusement, la majorité des dispositifs de pompage hydraulique sont des pompes à déplacement fixe et sont prévus pour fonctionner à l'encontre d'une pression hydraulique constante, et sans modification ne pourraient pas fonctionner de façon optimale avec un élément en forme de plaque animée d'un mouvement de va-et-vient, dont la vitesse change de façon cyclique. Des pompes à déplacement variable peuvent être utilisées en liaison avec de tels éléments en forme de plaque mais sont complexes, coûteuses et moins efficaces que les pompes à déplacement fixe et comme elles sont moins robustes que les pompes à déplacement fixe, elles auraient une durée de vie trop courte dans l'application de l'invention. De plus, les pompes à déplacement variable comportent des extracteurs mécaniques ou des engrenages à commande par vanne pour permettre la variation du déplacement et de tels engrenages ou tels extracteurs doivent être commandés par un servo-système hydraulique et/ou électrique à partir des signaux de commande de vitesse proportionnelle qu'il peut être difficile d'engendrer.

La présente invention permet, comme il sera expliqué ci-après, d'utiliser des pompes à déplacement fixe, pour amortir en fonction de la vitesse le mouvement des éléments absorbants.

Ainsi, selon une forme préférée de la présente invention, chacun des éléments en forme de plaque est relié à des moyens amortisseurs, dont l'amortissement varie en fonction du degré de déphasage par rapport à l'élément en forme de plaque adjacent.

Lorsque les vagues sont appliquées de façon cyclique et

- lorsque la force instantanée des vagues le long de l'ossature varie cycliquement, la différence de phase entre les éléments en forme de plaque adjacents est une mesure de la vitesse instantanée ou de la vitesse relative de l'élément ou des
- 5 éléments et des paires de plaques en forme d'éléments peuvent couplées hydrauliquement par des dispositifs hydrauliques semblables à déplacement fixe et à pistons et cylindres, couplés par des soupapes de commande de façon que lorsque deux éléments en forme de plaque de la paire sont en phase, les
- 10 dispositifs à pistons et cylindres soient déphasés de façon que l'un décharge son déplacement dans l'autre et qu'il n'y ait pas amortissement. Si les éléments en forme de plaque adjacents sont déphasés de 180° , l'amortissement est maximal et les dispositifs peuvent être agencés pour se décharger.
- 15 Lorsque le longeron est long, et qu'il y a beaucoup d'éléments en forme de plaque, il y a toujours au moins quelques uns des éléments qui se trouvent déphasés, parce que la force instantanée des vagues est différente le long dudit longeron.

- Au lieu de pompes hydrauliques à déplacement fixe, il est
- 20 possible d'utiliser d'autres moyens de conversion d'énergie.

- Dans un agencement particulièrement intéressant, lorsque les éléments en forme de plaque sont agencés pour fonctionner comme des pompes à air, l'ossature peut avoir deux collecteurs communs d'air, l'un étant un collecteur à haute pression et
- 25 l'autre un collecteur à basse pression. Chaque élément en forme de plaque est associé avec les deux collecteurs respectivement par deux clapets de façon que lorsque l'élément en forme de plaque bascule en direction de l'ossature il pompe l'air de la cavité comprise entre l'élément en forme de plaque et
- 30 l'ossature pour l'introduire dans le collecteur à haute pression à travers une soupape à haute pression, tandis que la soupape à basse pression est fermée. Lorsque l'élément en forme de plaque s'écarte de l'ossature, l'air s'écoule en direction de la cavité à travers la soupape à basse pression, tandis que
- 35 la soupape à pression élevée est fermée et le cycle se répète à chaque mouvement de va-et-vient de l'élément en forme de plaque.

Dans un agencement particulièrement avantageux de la présente invention, l'ossature est en réalité la coque d'un navire à moteur, du type tanker en ce qui concerne la dimension, les éléments en plaque étant montés sur les côtés du navire.

5 Un avantage d'un tel agencement consiste en ce que le navire peut être manoeuvré dans la meilleure position par rapport au front des vagues dont on doit extraire l'énergie. On peut prévoir des moyens pour ramener les éléments en forme de plaque en position vers l'extérieur après qu'elle ait été déplacée

10 vers l'intérieur par les vagues et de tels moyens peuvent par exemple être des ressorts ou analogues.

L'ossature peut de préférence comporter des ballasts pour lui permettre de flotter dans une position prédéterminée dans le liquide et il est préférable, pour sa stabilité que

15 l'ossature soit relativement massive par rapport à un élément en forme de plaque.

Les figures du dessin annexé feront bien comprendre comment l'invention peut être réalisée.

La figure 1 est une vue en coupe schématique illustrant un

20 appareil conforme à un premier mode de réalisation de l'invention.

La figure 2 illustre les positions relatives des éléments en forme de plaque en fonction de la propagation d'une vague.

La figure 3 montre un exemple de la conversion du mouvement

25 de l'élément en forme de plaque en mouvement de rotation.

La figure 4 montre comment l'élément mobile en forme de plaque peut être placé dans des conditions de survie.

La figure 5 illustre le déplacement de l'ossature en utilisation.

La figure 6 illustre comment les extrémités de la cavité peuvent être rendues étanches de façon limitée.

30

Les figures 7 et 8 montrent des variantes de réalisation de

sections pour le longeron et l'élément mobile.

La figure 9 illustre comment l'ossature peut être mise sous tension au moyen de câbles.

La figure 10 est une vue en plan illustrant le principe d'un
5 autre mode de réalisation conforme à la présente invention.

La figure 11 est une vue en coupe montrant deux agencements d'éléments en forme de plaque.

La figure 12 est une vue en plan d'un appareil selon un autre mode de réalisation de l'invention.

10 La figure 13 est une vue en plan d'un appareil selon une autre variante de réalisation de l'invention.

La figure 14 est une vue en plan d'un appareil selon une troisième forme de réalisation de l'invention.

La figure 15 est une vue en plan illustrant une portion d'os-
15 sature pourvue d'une pluralité d'éléments absorbeurs d'énergie.

La figure 16 montre comment une paire de dispositifs absorbeurs d'énergie montrés sur la figure 15 peuvent être couplés hydrauliquement selon une autre variante de réalisation.

20 La figure 17 montre un appareil pour expliquer d'autres modes de réalisation de l'invention.

Les figures 18 , 19 et 20 montrent respectivement le dispositif de la figure 17 en coupe, la coupe étant prise selon la ligne II-II de la figure 17 et les trois figures montrant respecti-
25 vement l'appareil dans des positions différentes.

Les figures 21, 22 et 23 montrent respectivement , de manière semblable à la figure 18, trois modes de réalisation de l'invention du type de la figure 17.

Les figures 24, 25 et 26 sont des vues semblables aux figures 21, 22 et 23 mais montrant des modes de conversion d'énergie différents.

5 La figure 27 montre comment un longeron et une plaque peuvent être agencés.

La figure 28 montre comment un navire flottant peut être pourvu d'éléments en forme de plaque pour former une variante de réalisation de l'invention.

10 La figure 29 est une vue à plus grande échelle illustrant l'utilisation d'un élément en forme de plaque comme pompe à air.

La figure 30 est une vue semblable à la figure 29, mais illustrant un mode de réalisation différent.

15 Le dispositif selon l'invention montré par la figure 1 comporte une ossature 10 présentant la forme d'un élément de réaction cylindrique. Sur cette ossature 10 sont articulés des éléments 12 en forme de plaque se présentant dans l'exemple sous la forme de volets articulés autour d'axes 14.

20 L'ossature 10 et les volets 12 sont des éléments flottants, l'ossature 10 ayant des ballasts 16 pour fixer sa position de flottaison en eau calme, le niveau de cette eau étant indiqué par la ligne W.L. La face interne 18 du volet 12 est courbe pour s'adapter à la courbure de l'ossature 10, mais, en eau calme, la position usuelle montrée par la figure 25 1 ménage une cavité 20 entre l'ossature 10 et le volet 12. La cavité 20 contient normalement une certaine quantité de liquide qui est le même que celui dans lequel flotte le dispositif selon l'invention, par exemple l'eau de mer.

30 Pour expliquer le principe fondamental du fonctionnement, on suppose que la cavité 20 entre le volet 12 et l'ossature 10 est partiellement remplie d'eau dans une position de mi-battement, la position neutre étant telle que celle représentée sur la figure 1, tout le poids et les moments de flottaison

étant équilibrés. Lorsque la hauteur de vague s'accroît le volet 12 tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et son mouvement est contrecarré par l'action élastique du niveau de l'eau s'élevant dans la cavité 20. Lorsque la
5 hauteur de la vague décroît ,le volet 12 tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, et est également contrecarré par l'action élastique du niveau d'eau décroissant dans la cavité.

Le niveau d'eau moyen dans la cavité 20 est déterminé par le déplacement du volet 12 par rapport à la position moyenne
10 dudit volet. Dans des conditions où il n'existe pas de vague, le niveau de l'eau dans la cavité sera le niveau moyen de la mer, l'angle du volet étant déterminé par la géométrie ossature-volet et par la distribution poids/flottaison. Lorsque la hauteur de vague croît , l'eau de la cavité est progressive-
15 ment expulsée de sorte que le niveau moyen de l'eau décroît dans la cavité. La figure 2 montre une pluralité de positions du volet en rapport avec un modèle de vague sinusoïdale.

L'état constant du niveau de l'eau dans la cavité pour des états de mer particuliers est déterminé par l'équilibre de
20 l'expulsion et de la fuite de l'eau, contrôlée ou non, vers et hors de la cavité. L'inertie et l'élasticité du volet 12 sont fonction de la géométrie structurelle et de la masse du volet et du rapport des volumes d'air et d'eau dans la cavité 20, qui peuvent en conséquence être accordés à la
25 bande de fréquence d'énergie de la vague.

Dans un exemple pratique, il est nécessaire qu'il y ait des moyens pour aménager les mouvements d'oscillation du volet 12. Un exemple est montré sur la figure 3.

En se reportant à la figure 3, un bras de puissance courbe 22
30 fixé au volet 12 tourne autour de l'articulation 14 et transmet un entraînement mécanique au dispositif 24 à la surface supérieure de l'ossature 12. Le bras 22 peut être pourvu d'une crémaillère pour entraîner des pompes hydrauliques couplées à ladite crémaillère ou d'une surface de roulement
35 pour un entraînement par galet de friction. Une pompe à eau de mer

et à action directe n'est pas exclue. Plusieurs bras 22, répartis le long du volet 12 peuvent être prévus, chacun coopérant avec un joint glissant ou à gaine au point d'entrée dans le dispositif de puissance 24.

- 5 Dans le cas de mer très haute ou en tempête, le mouvement angulaire du volet peut sortir du contrôle ou peut décroître le volume de la cavité vers zéro lors de pics de montée. Lorsque le volume de la cavité décroît, la vague agissant sur le volet est compensée par la pression due à l'expulsion d'eau hors de
- 10 la cavité. Cet amortissement non linéaire du mouvement du volet évite le contact direct de l'ossature et du volet 12 pendant le fonctionnement.

Dans le cas où le volet ne peut plus être contrôlé, il est avantageux de le bloquer en position (figure 4).

- 15 Si le volet est empêché de se déplacer à partir de sa position proche du contact, il est pratiquement rendu solidaire de l'ossature en ce qui concerne l'action des vagues. Les forces de celles-ci sont transmises à l'ossature par les contacts d'étanchéité et la pression hydrodynamique de l'eau entre le
- 20 volet et l'ossature. Les mouvements du volet 12 par rapport à l'ossature sont évités par verrouillage du bras 22 ou des sections d'extrémité du volet 12.

- Bien entendu, en fonctionnement, l'ossature tend également à rouler ou tourner. La rotation de l'ossature, qui est due
- 25 à sa flottabilité, peut être utilisée comme un avantage. Dans des conditions calmes, la distribution flottaison-ballast dans la section de l'ossature est telle que la cavité présente un volume minimum lorsqu'elle est pleine d'eau. Lors de l'augmentation de la hauteur de la vague, la rotation du volet augmente
 - 30 ce qui accroît le volume moyen de la cavité. Un volume de cavité moyen plus grand augmente la force de flottaison du côté de l'ossature dirigée vers la vague. La force agit sous la forme d'un couple entraînant la rotation de l'ossature. Ce mouvement de rotation de l'ossature déplace l'emplacement
 - 35 de l'articulation pour lever le volet et augmenter le volume de la capacité, avec augmentation concomitante de l'inertie du volet. Cet effet est illustré par la figure 5.

Il est préférable que la cavité 20 soit suffisamment mais non complètement étanche par rapport à l'eau environnante, de sorte que la cavité 20 peut elle-même être auto-pompante.

- Des taux de fuite jusqu'à 1/10ème du volume de la cavité opérationnelle par cycle de vagues peuvent être tolérés et même être nécessaires pour un fonctionnement efficace. Le joint à l'articulation 14 peut être obtenu par un simple équipement à tolérances ou par un volet souple parfaitement étanche. Les joints aux extrémités soulèvent des difficultés plus importantes.
- 5 10 15 20 25 30 35
- Un agencement d'étanchéité d'extrémité est montré sur la figure 6. Un joint coulissant à faible tolérance entre les extrémités du volet est obtenu par des plaques de séparation 26 soigneusement montées entre les extrémités adjacentes des volets. Avec un tel agencement, les fuites sont tolérables à condition que les fentes d'extrémité ne soient pas supérieures à 10 cm, ce qui serait suffisant pour faire face à des tolérances ajustables de construction et à des distorsions dues aux charges.

- L'adoption d'un volet comme composant primaire, par rapport aux dispositifs connus décrits ci-dessus, donne beaucoup plus de possibilités au dispositif selon l'invention. Une ossature cylindrique avait déjà été prévue pour ces dispositifs connus antérieurs mais avait soulevé de nombreux problèmes. Les considérations concernant les moments de flexion imposaient que la longueur maximale de l'ossature rigide ne soit pas supérieure à 250 m pour un élément mobile de 10 m. Les plus grandes longueurs d'ossature auraient dû comporter des articulations à deux degrés de liberté, ce qui aurait entraîné des coûts très importants. La présente invention permet d'utiliser des sections plus compatibles avec la configuration du volet et, en fonctionnement, les difficultés dues au moment de flexion peuvent être résolues.

- Il existe deux manières selon lesquelles une ossature de longueur infinie peut mal résister à l'action des vagues; soit la structure a une rigidité élevée avec la résistance nécessaire pour résister à l'effet des vagues, ou la structure a une faible rigidité avec la flexibilité nécessaire pour

fléchir et réduire l'action des vagues par réduction de la hauteur de vague efficace.

La figure 7 montre des sections pour ladite ossature.

Les deux sections représentées sont relativement résistantes
5 pour la houle et relativement souples pour les grosses lames
de houle. De plus, l'action des vagues est plus faible pour la
houle que pour les grosses lames. En conséquence, en houle, la
résistance à l'action des vagues est élevée donnant une ossature
rigide avec une flexion minimale, tandis que pour les grosses
10 lames la grande déformation réduit l'effet des vagues pour
donner une ossature souple avec une exigence minimale de
résistance.

Des ossatures à rigidité variable à deux dimensions peuvent
avoir toutes sections appropriées depuis les plaques d'acier
15 verticales jusqu'à des sections standards de pièce en acier.
Cependant, les sections ovales et rectangulaires de la
figure 7 présentent l'avantage d'utiliser efficacement l'acier,
être naturellement flottantes, de présenter une rigidité
raisonnable en couple et une forme permettant l'avancement aisé
20 des volets.

La figure 8 montre deux variantes de réalisation de l'invention.
Sur la figure 8(A), un simple volet 12 est articulé à la partie
inférieure d'une ossature à section rectangulaire. La face
extérieure du volet présente une section géométrique permettant
25 la flottaison. La figure 8 (B) comporte un volet 12 de forme
angulaire articulé en dessous de l'ossature, ce qui procure
un couple de rotation avantageux pour ledit volet.

La disposition verticale de l'ossature est maintenue par le
ballast 16, pour donner une réserve de flottabilité d'environ
30 1/10ème du déplacement. Pour limiter les distorsions de
l'ossature, des cloisons étanches et des renforts peuvent
être prévus à l'intérieur de l'ossature. Ces cloisons étanches
augmentent la stabilité du dispositif. Les techniques de
fabrication en acier sont appropriées à une telle construction,
35 quoique l'on puisse également utiliser les techniques de béton

armé.

L'objet de l'ossature est de fournir une surface de réaction pour des absorbeurs de vagues séparés. Les forces de long de cette surface de réaction doivent tendre à s'annuler le long de l'ossature et de préférence doivent être associées à la charge de puissance plutôt que directement à la charge des vagues. La réduction des sections réduit la charge des vagues mais réduit également le second moment de la surface qui détermine la résistance de la section. Cependant, quelques structures résolvent ce problème grâce à des haubans extérieurs, comme par exemple illustré sur la figure 9.

Dans le cas d'une ossature à section ovale ou rectangulaire, les déformations en flexion sur les grosses lames engendrent des vagues du côté sous le vent de l'appareil. Cette déformation est relativement petite par rapport au hauteur de vagues, particulièrement avec la réduction de l'effort des vagues dû à l'adaptation d'impédance du volet avec les vagues. De façon idéale, la rigidité pour les grandes lames devrait être élevée pour les conditions de fonctionnement et basse pour les conditions de survie.

La figure 9 montre en section et en plan une ossature haubanée, les haubans ayant une prétension contrôlée.

L'agencement comporte des pompes hydrauliques transversales 28, qui prétendent le système de haubans 30 pour accroître de façon appréciable la rigidité aux grandes lames et donc réduire les déformations par flexion. Dans des conditions de survie, la prétension peut être soit maintenue constante, sans tenir compte de la flexion, soit réduite au voisinage de zéro pour permettre une flexibilité totale. L'utilisation de cette technique dépend entièrement des coûts en terme d'efficacité de conversion d'énergie.

Des considérations peuvent également être données en ce qui concerne la rigidité en torsion de l'ossature. Le couple produit par les volets doit être équilibré le long de l'ossature afin de réduire les déplacements d'avance. Ce couple se trouve bien

dans les limites des efforts en torsion des sections mentionnées et donc le déplacement en torsion n'influence pas l'efficacité de l'absorption d'énergie.

5 Les différentes parties de l'appareil peuvent être fabriquées au sec dans un chantier naval, amenées par flottation in situ après quoi les volets sont montés et reliés au système de puissance. L'entretien est assuré par l'accès au compartiment de puissance ou par échange des volets pour leur reconditionnement dans les chantiers navals. L'appareil selon les modes
10 de réalisation décrits en référence aux figures 1 à 9 présente les avantages suivants :

1. Fonctionnement efficace dans une grande largeur de bande potentielle.
2. Caractéristique de survie dans des configurations non opérationnelles et non dynamique donnant une grande stabilité.
15
3. Entraînement mécanique direct dans un environnement clos.
4. Structure simple et relativement compacte compatible avec les méthodes de construction et d'assemblage.
5. Accès aisé à la machinerie pour l'agencement, l'inspection, l'entretien et les réparations.
20
6. Fermeture individuelle ou générale des volets si nécessaire.
7. Inertie inhérente ou contrôlée et élasticité pour donner l'adaptation optimale au spectre d'onde et à la charge du système de puissance.
8. Mouvement dynamique limité de toutes les parties mobiles
25 donnant une utilisation efficace du composant.
9. Faible coût potentiel avec un bon rendement puissance/capital.
10. Le dispositif nécessite un système d'ancrage relativement simple avec des forces de survie faibles.

Sur la figure 10, on a représenté une portion 35 d'ossature flottante, d'un côté de laquelle sont montés des éléments en forme de plaque constitués par une pluralité de volets individuels 36 qui peuvent se déplacer en direction et à
5 l'opposé de l'ossature 35 de la manière indiquée par les flèches 37. Les volets 36 sont en fait articulés à leur bord inférieur sur l'ossature comme montré par la figure 11 et sont séparés au moyen de plaques de séparation 38. Lorsque chaque volet 36 est déplacé en s'éloignant de l'ossature
10 comme représenté sur la figure 10, il se forme un espace 39 entre l'ossature et le volet.

Si l'appareil est considéré comme étant agencé perpendiculaire à la direction, indiquée par les flèches 40, du front de vagues du corps liquide dans lequel l'appareil flotte, les volets 36
15 sont déplacés vers l'arrière et vers l'avant en direction des flèches 40 par les vagues qui sont appliquées à l'appareil. Les forces exercées par ces vagues sont cycliques et sont perpendiculaires à la direction 40, les forces des vagues variant continuellement, par exemple selon la ligne de force 41.
20 En fait la nature du front de vague le long de l'ossature 35 en direction de la flèche 40 est telle que le déplacement moyen tend vers zéro pour une longueur d'ossature infinie. D'un point de vue pratique, ceci recommande des ossatures dont la longueur est de l'ordre de quelques longueurs de crête et le
25 volume de la cavité le long d'une longueur plus petite, si suffisante, tend à être constante quoique les volumes individuels des espaces 39 changent constamment avec le mouvement vers l'avant et vers l'arrière des volets individuels. En se référant à la figure 10, on voit que la forme définie par
30 les volets 36 s'approche de la forme d'ondes 41.

Dans ce mode de réalisation, les volets 36 qui sont déplacés en direction de l'ossature 35 transmettent des forces en retour à d'autres volets qui ne subissent les mêmes forces de déplacement, et ces autres volets se déphasent par rapport aux
35 volets qui se déplacent en direction de l'ossature 35.

Les moyens pour effectuer ceci peuvent être d'une part mécaniques ou d'autre part hydraulique et si on se reporte à la figure 12

dans l'agencement montré, les volets sont interconnectés par un câble et un système de poulies. Un câble 42 s'étend longitudinalement à l'ossature 35 et est maintenu sous tension. Pour chaque volet 36, il y a un groupe de trois poulies 43, 44 et 45, les poulies 43 et 45 étant supportées par l'ossature tandis que la poulie 44 est portée par un bras de support relié aux volets 36 et mobile avec lui. La tension du câble 42 est maintenue constante, par exemple par l'intermédiaire d'un treuil et dans cet agencement chaque volet 36 présente une élasticité constante avec une inertie nulle. Ainsi, le déplacement de l'un des volets par les efforts des vagues est contrebalancé par le déplacement déphasé de quelques uns des volets déphasés par rapport aux effets des vagues. Le mouvement peut être prélevé à l'une quelconque des poulies 43, 44 et 45 au moyen de pompes hydrauliques appropriées, qui présentent une impédance en accord avec les efforts des vagues. Chaque poulie 43, 44 et 45 tourne à une vitesse imposée par le taux de variation du volume de l'espace 19 du volet associé.

Dans l'agencement hydraulique montré sur la figure 13 et sur la partie de droite de la figure 11, le volume de la cavité est maintenu constant en connectant des pompes individuelles actionnées par les volets individuels vers des collecteurs communs. Sur la figure 13, les pompes individuelles portent la référence 46. Le déplacement de l'un des volets et de sa pompe associée sous l'action des vagues transfert le liquide hydraulique à un autre vérin déphasé et cause donc le déplacement du volet associé à l'opposé de l'ossature et qui subit l'effet de la vague à une phase différente. Le prélèvement de puissance peut être transféré par le fluide hydraulique entre les différentes unités et le prélèvement peut être adapté à l'impédance des vagues pour donner une absorption très efficace. Dans l'agencement de la figure 13, chaque vérin hydraulique 46 est relié à deux conduites hydrauliques 47 et 48 par des soupapes unidirectionnelles 49 et 50 et par de tels moyens on peut maintenir le long de l'obturateur un écoulement hydraulique constant avec pression différentielle. L'extraction de l'énergie peut être obtenue par une charge hydraulique, par exemple comme indiqué en 51 sur la

figure 13 pour fournir l'impédance nécessaire équilibrant l'effort des vagues.

En se reportant à la figure 11, on notera tout d'abord que l'ossature 35 est pourvue de ballasts 52 afin de se maintenir dans une position prédéterminée dans le liquide dans laquelle elle flotte et on notera également sur la figure 11 que les espaces individuels 39 comportent une faible quantité de liquide 53. Cette faible quantité de liquide 53 destinée à servir à l'amortisseur pendant la fermeture de l'espace 39.

Il est avantageux dans cet exemple que les volets individuels 36 soient étanchéifiés autrement par rapport à l'ossature pour éviter l'entrée du liquide d'environnement. Cette étanchéité peut être réalisée par l'utilisation de joints coulissants et des petites pompes peuvent être incorporées pour maintenir vides les espaces 39. En variante, des joints roulants peuvent être utilisés.

Pour surmonter le problème de l'étanchéité, on peut utiliser l'agencement de la figure 14. Dans cet agencement, une membrane continue 54 forme les volets et une pluralité de bras de support 53 qui sont mobiles individuellement définissent les sections de volets qui peuvent se déplacer de façon déphasée par rapport aux autres sections de sorte que le volet 54 peut prendre la forme ondulée sur la figure 14 qui peut constamment varier sous l'influence des forces appliquées par les vagues. Les éléments 55 sont mobiles individuellement et portent des poulies 44 comme représenté. La référence montrée sur la figure 14 comporte des moyens de compensation comme représenté sur la figure 12 mais ils pourraient être pourvus d'un système hydraulique comme décrit et illustré sur la figure 13. La membrane 54 est reliée à l'ossature à l'extrémité inférieure de celle-ci et les efforts des vagues le long de la membrane 54 sont absorbés par le système mécanique et hydraulique, comme décrit ci-dessus pour donner une impédance adaptée à une absorption d'énergie très efficace.

L'espacement des éléments 55 est déterminé par la résistance de la membrane et cette possibilité de déformation, ainsi que par les impératifs mentionnés ci-dessus. La déformation de la membrane entre les éléments de support 55 peut être utilisée
5 comme avantage pour permettre un contact local de la membrane avec l'ossature 35 pendant le fonctionnement par petites vagues ou par volume à petite cavité. Les détériorations locales à la membrane 54 peuvent être évitées soit en prévoyant des renforts de ladite membrane dans la cavité, soit en permettant
10 aux cavités adjacentes de se fermer de façon à isoler la zone affectée. L'appareil peut être agencé pour la fermeture de sûreté de la cavité par réduction de la pression hydraulique, en permettant à la membrane 54 de venir au contact de l'ossature suivie par les éléments de support 55 fermant finalement la
15 membrane lors d'une faible charge des vagues et un fort amortissement liquide. La surface horizontale de l'appareil peut être relativement faible et lorsque la membrane est fermée contre l'ossature cette surface horizontale est approximativement égale à celle de l'ossature seule. Ceci donne à l'appareil de bonnes
20 caractéristiques de survie. On remarquera que la membrane souple 54 n'est pas articulée à proprement dit sur l'ossature 35, mais y est attachée de façon à former en réalité un axe de pivotement.

Il est possible d'étanchéifier la partie supérieure de la
25 cavité à condition que l'air puisse se déplacer librement le long de l'ossature. Un élément d'étanchéité tel qu'un élément qui se replie dans la cavité peut être agencé pour aider à écarter le liquide environnant ou éjecté pendant le fonctionnement.

30 On notera que l'appareil est prévu pour donner une bonne énergie qui est convertie sous une forme plus utilisable par exemple en énergie électrique. Les moyens pour convertir l'énergie extraite par l'appareil peuvent être tous ceux de type approprié et peuvent être disposés soit sur l'ossature, soit à un
35 endroit éloigné. Dans le cas d'une liaison mécanique pour les volets ou les portions de membrane, l'énergie provenant des volets est, sous la forme d'énergie de rotation alternative prélevée sur une ou plusieurs des poulies tandis que dans le

cas d'un système hydraulique, l'énergie disponible est un fluide hydraulique sous pression.

Les modes de réalisation des figures 10 à 15 présentent de nombreux avantages dont les plus importants sont les suivants :

- 5 1.- Grande efficacité potentielle sur tout le spectre directionnel de fréquence de vagues.
- 2.- Structure continue et efficace le long du front d'énergie des vagues , donnant un système de puissance de grande capacité.
- 10 3.- Caractéristique de survie avec des particularités de non fonctionnement et d'arrêt donnant une bonne stabilité en cas de dommage.
- 4.- Dispositif moteur direct mécanique/hydraulique avec des caractéristiques naturelles inhérentes.
- 15 5.- Structure très compacte et simple susceptible d'être construite par les méthodes de construction ou d'assemblage usuelles.
- 6.- Accès facile à la machinerie en vue de l'inspection de l'installation, de l'entretien ou des réparations.
- 20 7.- Fermeture individuelle ou collective de toutes les sections pour tout motif désiré.
- 8.- Elimination des composants importants de façon à rendre minimaux les effets de charge et d'inertie.
- 9.- Mouvement dynamique limité de toutes les parties mobiles
- 25 donnant une utilisation efficace des composants.
- 10.- Souplesse inhérente de l'ossature et des composants d'absorption de vagues, ce qui élimine les problèmes de tolérance et d'effort.

11.- Le dispositif ne nécessite qu'un système d'ancrage
relativement simple avec des forces de survie faibles.

En se reportant maintenant à la figure 15, on y voit une partie
d'une ossature 60 d'une structure flottante qui comporte une
5 pluralité d'éléments absorbants de vagues 61, en forme de
plaque, disposés d'un côté de l'ossature 60. Les éléments
61 sont indiqués sur la figure 15, sous la forme de segments
de droite, mais en fait ils peuvent être de toute construction
désirée. Ces segments ont été représentés pour indiquer que les
10 éléments sont déphasés par rapport à l'ossature. En fonction-
nement, les éléments 61 sont déplacés par les vagues du corps
liquide dans lequel se trouve le dispositif, selon un mouve-
ment alternatif indiqué par la flèche 62. La position de
phase de chaque élément 61 peut être supposée représentée par
15 la distance à laquelle il est disposé à partir du bord infé-
rieur de l'ossature 60 indiquée sur la figure 15. La direction
principale des vagues est indiquée par la flèche 63. Des éléments
61 le long de l'ossature sont déphasés car dans les circonstances
normales, le front de vagues qui rencontre la structure comporte
20 des vagues qui par rapport à la direction longitudinale de
l'ossature sont déphasées. Si on suppose que les éléments 61
se déplacent vers l'arrière et vers l'avant comme indiqué
par la flèche 62, à la même fréquence, alors chaque élément
comporte deux points à vitesse instantanée nulle, lorsqu'il est
25 au plus proche de l'ossature 60 et lorsqu'il est plus éloigné
de celle-ci. Entre ces positions, l'élément 61 peut être
considéré comme passant par une vitesse maximum. Pour obtenir une
meilleure conversion d'énergie, le mouvement de chaque élément
61 peut être amorti en fonction de la vitesse instantanée. En
30 conséquence, chaque élément subit un amortissement maximum à
sa vitesse maximum entre les deux positions extrêmes et un
amortissement minimum à ces deux positions extrêmes.

On supposera qu'il n'y a pas deux éléments 61 qui sont exacte-
ment en phase, car le modèle de front d'ondes le long de l'ossa-
35 ture est cyclique, des éléments adjacents pouvant donc être
couplés hydrauliquement par des pompes à déplacement fixe
pour fournir un amortissement automatique en accord avec la
vitesse instantanée. Si l'on regarde maintenant la figure

16 en détail, en liaison avec une paire d'éléments adjacents
61 de la figure 15, le déplacement physique maximal entre chacun
desdits éléments et son voisin de la paire se produira lorsque
l'élément a la vitesse maximale ou, en d'autres termes, se
5 trouve entre ces deux positions extrêmes. Le système hydraulique
montré par la figure 16 est prévu pour assurer à ce moment
le maximum d'amortissement.

On notera que sur la figure 16, l'un des éléments 61 est relié
à l'arbre d'entraînement 64 tandis que l'autre élément est
10 relié à un arbre d'entraînement 65. Le mouvement de va-et-vient
de chaque élément 61 entraîne un mouvement de rotation des
arbres 64 et 65. L'arbre 64 est relié à un dispositif 66 à
cylindre et piston à simple action, tandis que l'arbre 65
est de même relié à un dispositif à piston et cylindre 67
15 qui est identique en déplacement au dispositif 66. Les dispo-
sitifs 66 et 67 déchargent dans une conduite 68 à basse pression
et dans une conduite 69 à pression élevée, respectivement. On
pourrait mentionner à ce stade, que le fluide à haute pression
provenant de la ligne 67 peut être utilisé pour entraîner
20 une turbine, afin d'engendrer éventuellement de l'électricité.

Les éléments 61 sont reliés aux arbres 64 et 65 de façon que
lorsque les deux éléments 61 sont en phase, les cylindres des
dispositifs 66 et 67 sont déphasés de 180° . Il en résulte que
lorsque les éléments 61 se déplacent en phase, les arbres 64
25 et 65 sont entraînés, mais la pompe 66 par exemple se décharge
complètement dans le cylindre de la pompe 67 et vice-versa
et le déplacement résultant de la paire de cylindre est donc
nul. Il n'y a pas de sortie de puissance, ni charge amortie
sur les éléments 67. Si il y a une différence de phase entre
30 les deux éléments de 180° , le déplacement résultant de chaque
paire de cylindre 66 et 67 est maximal et l'effet d'amortisse-
ment sur les éléments 61 est maximal. Pour des angles de
phase entre 0 et 180° , le déplacement total d'une paire de
pompes varie en accord avec la différence de phase précise.
35 On notera donc que chaque élément est automatiquement soumis
à un amortissement en fonction de la vitesse. Pour chaque
fonctionnement prédéterminé, la démultiplication entre la
pompe et l'élément absorbant des vagues est une fonction de

l'état de la mer, de la longueur de l'élément et de la structure de la pompe.

L'agencement décrit en regard des figures 15 et 16 donne seulement une forme d'un équipement de pompage, on notera que
5 le même principe est applicable aux pompes rotatives et aux pompes linéaires actionnées par une came ou un mécanisme, telsque les vérins et les soufflets.

L'agencement des figures 15 et 16 en mettant toujours en oeuvre un déplacement de phase relatif entre les éléments absorbants,
10 signifie que l'on peut réaliser une construction simple et robuste.

En se reportant maintenant aux figures 17 à 20, l'appareil illustré comporte une pièce d'équipement allongée et flottante disposée dans la direction des vagues. Ainsi, sur la figure 17
15 la structure porte la référence générale 70 tandis que la direction des vagues porte la référence 71. Plusieurs vagues sont indiquées par les références 72. On verra que l'appareil vu en plan, a une forme ressemblant à celle de la coque d'un navire étroit et long. La structure est constituée d'une
20 pluralité de panneaux 73 et 74, qui sont interconnectés de façon pivotante le long d'un axe commun 75. Les panneaux 73 et 74 sont de forme générale rectangulaire, excepté pour les panneaux frontaux 73A et 74A et pour les panneaux arrières 73B et 74B qui sont triangulaires afin que la structure soit profilée
25 à chaque extrémité à la manière de la proue ou de la poupe d'un navire. En variante, les paires de panneaux frontaux et arrières 73A, 74A et 73B et 74B pourraient être remplacés par une pièce d'extrémité solide ou par une simple plaque, si désiré.

30 Sur les figures 18, 19 et 20, chaque paire de plaques 73 et 74 est articulée le long de l'axe 75, et définit en coupe, une forme en V ouvert vers le haut, et les bords supérieurs de la paire de panneaux sont reliés par des dispositifs à piston et cylindre 76 et par des ressorts de compression 77. Des
35 conduites à haute et basse pression partent des dispositifs 76 et mènent dans une conduite 78 dans laquelle elles sont

contenues et qui courent longitudinalement par rapport à la structure. Pour des fins de simplification, cette conduite 78 n'est représentée que sur la figure 18. Ce conduit mène à un emplacement approprié pour la conversion ultime du fluide
5 à haute pression en une autre forme d'énergie, telle que l'énergie électrique.

Le fonctionnement de l'appareil est très simple ; lorsque la hauteur de vagues augmente à l'extérieur de chaque paire de panneaux 73, 74, par exemple comme indiqué sur la figure
10 19, le dispositif 76 est contracté et le ressort de compression 77 est comprimé comme montré sur la figure 19, le dispositif 76 effectuant une course de pompage fournissant un fluide sous pression dans la conduite 78. Lorsque la vague passe la
15 paire de panneaux 73, 74, le ressort de rappel 77 oblige les panneaux à se déplacer vers la position de la figure 18 et également de la figure 20 et le cycle se répète à chaque fois qu'une vague passe ladite paire de panneaux. Le fluide sous pression délivré par les dispositifs 76 est bien entendu intégré pour fournir une énergie de sortie.

20 L'espace en forme de V entre les panneaux 73 et 74 est représenté sur les figures 18 et 20 comme étant vide. En pratique, il peut y avoir un liquide dans cet espace, telle que de l'eau de mer, afin d'amortir la rotation des panneaux 73, et 74 d'une manière sensiblement identique à ce qui
25 est représenté sur la figure 1 et également pour faciliter le retour des panneaux dans leur position initiale. Si une certaine quantité d'eau est prévue entre les panneaux 73 et 74, il peut être possible de supprimer les ressorts de retour 77. L'appareil décrit en référence aux figures 17 à 20
30 nécessite des moyens de réaction contre lesquels les panneaux 73 et 74 puissent réagir.

Ainsi, en se reportant à la figure 21, on voit que les panneaux 73 et 74 pivotent par rapport à une ossature centrale 75A. Le mode de réalisation de la figure 22 est semblable à celui
35 représenté sur la figure 21, excepté que l'ossature centrale 75B est circulaire (ce qui est plus facile à fabriquer) mais dans chaque cas l'ossature est nécessaire pour fournir à l'appareil la rigidité évitant les flexions en synchronisme

avec les vagues.

Dans l'agencement de la figure 23, les panneaux 74 sont pourvus d'un seul côté d'un élément d'ossature robuste, mais le principe du fonctionnement est le même que celui décrit
5 en regard des figures 17 à 20.

L'appareil, tel que décrit présente l'avantage qu'il se trouve en direction pour glisser à travers les vagues. Ainsi, il n'y a pas d'ossature allongée qui se trouve transversalement à la direction des vagues et cette ossature n'est donc pas
10 soumise à d'importants moments de flexion.

L'appareil décrit en regard des figures 21, 22 ou 23 peut être tel que ses extrémités 78 et 79 soient ancrées par des filins, mais il est également possible que seule l'extrémité avant soit ancrée et que l'appareil puisse osciller autour
15 de son point d'ancrage, afin de s'aligner automatiquement dans la direction des vagues. Ceci peut être un avantage dans certains cas.

De plus, l'ossature peut être composée d'une pluralité de sections interconnectées de façon articulée de façon que
20 lesdites sections puissent subir des mouvements relatifs par rapport aux sections adjacentes afin de parer aux efforts de flexion trop importants.

Il peut être nécessaire de prévoir des étanchéités entre les paires de panneaux 73 et 74 respectives, comme décrit ci-dessus, et de tels agencements d'étanchéité peuvent être en
25 caoutchouc ou des gaines analogues.

Les figures 24, 25 et 26 montrent quelques variantes de réalisation du mode de réalisation des figures 21 à 23. Sur chacune des figures 24, 25, et 26 l'ossature porte la référence
30 90, tandis que les éléments portent les références 91. Les éléments en plaque sont prévus de chaque côté de l'ossature 90 et les différents axes portent les références 92. Sur chacune des figures 24 et 25 l'élément d'ossature présente la forme d'un fer de lance en section, avec une base tronquée et,

dans l'agencement de la figure 24, les éléments en plaque 91 sont solidaires l'un de l'autre, l'axe 92 se trouvant au sommet de l'ossature, tandis que sur les figures 25 et 26, les éléments séparés 91 sont articulés aux extrémités inférieures de l'ossature.

Les modes de réalisation des figures 24, 25 et 26 fonctionnent comme décrit en relation avec les figures 17 à 23, mais on notera que chacune des ossatures 90 est pourvue d'un collecteurs 93 de haute de pression et d'un collecteur 94 à basse pression. L'appareil dans le cas de chacune des figures 24 à 26 est adapté pour pomper de l'air d'une manière qui sera décrite plus en détail ci-après lorsque l'on décrira l'agencement de la figure 29 mais actuellement il suffit de savoir que pour chaque mouvement vers l'avant de l'élément en plaque en direction de l'ossature 90, l'air est pompé dans le collecteur à haute pression 93, tandis que pendant le mouvement de retour de l'élément en plaque 91 à une position extérieure, de l'air à basse pression est fourni au collecteur 94. L'air à haute pression est transmis à des moyens appropriés de conversion en énergie tels qu'une turbine à air, pour convertir l'énergie de l'air sous pression en un mouvement mécanique. L'air sortant du dispositif de conversion mécanique retourne au collecteur à basse pression.

La figure 27 montre un agencement d'une ossature allongée pointée dans la direction des vagues 95, l'ossature portant la référence 90. Une pluralité d'éléments en plaque 91 sont représentés agencés côte à côte longitudinalement par rapport à l'élément d'ossature 90. Les éléments en plaque 91 sont représentés comme étant écartés différemment de l'ossature 90, comme cela est le cas en réalité lorsque les vagues se déplacent le long des côtés de l'ossature. En d'autres termes, à un instant donné, certains des éléments en plaque 91 sont déplacés vers l'avant par rapport à l'ossature tandis que d'autres du même côté sont déplacés vers l'extérieur par rapport à l'ossature, en fonction de la longueur d'ondes des vagues se déplaçant par rapport à l'ossature. L'appareil tire de l'énergie des vagues lorsque celles-ci passent le long de l'ossature et le dispositif absorbe également de l'énergie

des vagues qui par réfraction tombent latéralement sur l'ossature. Comme exemple pratique, la longueur de l'ossature peut être de l'ordre de 200 à 500 m , quoique cet exemple ne signifie pas nécessairement que l'ossature ne puisse être plus longue ou plus courte. Il y a certains avantages à agencer l'ossature dans la direction des vagues comme illustré sur la figure 27 et parmi ceux-ci on peut mentionner le fait que l'effet des forces de forte houle est pratiquement éliminé sur l'ossature, alors que les forces de la houle sont faibles et que l'ancrage peut être plus simple.

Si on se réfère maintenant à la figure 28, on y voit un agencement dans lequel l'ossature 90 présente la forme d'une coque, des éléments en plaque 91 étant montés sur des axes de pivotement 92 de chaque côté de ladite coque. Celle-ci peut être autopropulsée et en conséquence peut s'adapter le mieux possible à l'extraction de l'énergie des vagues. Une suggestion pour convertir l'énergie extraite par les éléments en plaque serait de prévoir à bord des absorbeurs pour convertir l'énergie des vagues par l'intermédiaire d'électricité en vecteurs d'énergie, tel que l'hydrogène, au moyen d'électrolyse et de stocker le produit dans des récipients. Lorsque les récipients sont pleins ; le bateau peut retourner au port décharger son énergie emmagasinée et ensuite revenir au milieu des vagues.

Au lieu de ramener son énergie au port, le bateau pourrait être une installation flottante, l'énergie pour faire fonctionner l'installation étant extraite par les éléments en plaque 91. Comme exemple d'une telle installation flottante on peut citer une installation de la production d'ammoniac ou de chlore, l'ammoniac ou le chlore étant fourni au port en temps voulu .

Les moyens d'extraction d'énergie pourraient être tels que ceux décrits en regard de la figure 29.

Le dessin du navire doit bien entendu être approprié pour que les éléments en plaque soient à la profondeur requise. Il peut être nécessaire de lester le navire de manière variable de façon à l'abaisser à la profondeur adéquate pour l'absorption d'énergie et pour le lever lors de ses déplacements

ou de l'entretien desdits éléments en plaque. L'utilisation d'un navire pourvu d'éléments en plaque surmonte de nombreuses difficultés inhérentes aux dispositifs d'extraction d'énergie fixes en position. Ces problèmes sont les suivants:

5 (a) Direction des vagues .

Les vagues ne proviennent pas toujours de la même direction. Si les dispositifs sont fixes, ils ne recueillent 100 % de l'énergie que lorsque la direction moyenne des vagues leur est perpendiculaire. Lorsque la direction moyenne des vagues n'est pas perpendiculaire, la largeur de captation disponible est réduite . Des estimations actuelles indiquent que 35 % de l'énergie annuelle disponible est perdu à cause de la directionnalité des vagues.

(b) Quantité d'énergie et distribution.

15 Des résultats récents ont montré que l'énergie des vagues disponibles aux Nouvelles Hébrides est approximativement moitié de celle que l'on supposait à partir de mesures effectuées dans l'océan atlantique. De même, la distribution d'énergie dans les spectres des vagues en terme de hauteur ou de période est moins avantageuse dans les conceptions actuelles des dispositifs absorbants que cela avait été antérieurement supposé.

(c) Fiabilité des dispositifs.

Les dispositifs d'absorption de vagues doivent travailler dans un environnement extrêmement hostile et pendant de longues périodes, particulièrement en hiver, lorsque l'accès à ces dispositifs pour des réparations ou des réglages mineurs est impossible. Des périodes de faible production sont donc inévitables. Une analyse récente du problème indique une influence sérieuse sur le facteur total de charge due à ces périodes de faible production.

(d) Fiabilité du câble.

Les dispositifs flottants nécessitent des câbles souples pour

transmettre l'électricité engendrée. La présente invention pour une installation en Ecosse utilise des câbles souples de courant alternatif pour des dispositifs en direction d'une pluralité de plates-formes où la puissance de plusieurs
5 dispositifs serait concentrée, convertie en électricité continue et transmise à terre par des câbles sous-marins de courant continu.

La fiabilité des câbles sous-marins n'est pas idéale, les temps de réparation sont réduits à cause des changements de
10 temps et on doit donc introduire un facteur pour permettre de tenir compte de l'indisponibilité des câbles.

Les différents procédés de conversion en courant continu et de nouveau en courant alternatif conduisent également à des pertes d'énergie.

15 (e) Coûts de transmission.

Le coût du système de transmission décrit ci-dessus est élevé par rapport au système conventionnel. Quand un facteur de charge réduit dû aux influences mentionnées en (a) à (d) est appliqué, le coût de transmission seul excède les coûts
20 de production d'électricité du réseau national.

Le facteur de charge résultant de la combinaison des effets des influences mentionnées ci-dessus, s'élève approximativement à 20 % pour la plupart des dispositifs.

Les avantages d'utiliser un vaisseau autopropulsé avec
25 des éléments d'extraction à volets sont les suivants :

(a) le problème de la directionnalité est éliminé et le navire peut s'aligner de lui-même dans l'attitude optimale par rapport aux vagues.

(b) Le navire peut se déplacer pour trouver le régime de
30 vagues le plus favorable de sorte que la capacité d'absorption est utilisée au mieux :

(c) des réparations courantes peuvent être effectuées en mer

et la plupart de l'entretien peut être effectué au port.
Les périodes de faible production du navire dues aux conditions atmosphériques peuvent donc être réduites ou éliminées.

- (d) Des câbles et ancrages, des lignes de transmission et
5 des conversions d'énergie avec pertes et des processus de transformation peuvent être éliminés.

Quoiqu'un navire flottant présente des avantages particuliers, on doit noter que la présente invention a une application très large, même si en quelques circonstances le système
10 générateur d'énergie présente des désavantages non présents lorsque l'on utilise un navire autopropulsé.

L'utilisation de fluide a été décrite pour la conversion de l'énergie des vagues en une forme plus usuelle. Selon l'invention, on peut utiliser toutes formes de fluides, liquides
15 ou gaz et le travail initial qui a été effectué a été concentré sur l'utilisation d'un liquide, généralement de l'huile, de l'eau ou des mélanges d'huile et d'eau.

Pour plusieurs dispositifs connus un système hydraulique est la seule méthode pratique utilisable pour le dispositif.

- 20 On a trouvé que les systèmes hydrauliques pouvaient présenter des limites dans les dispositifs d'extraction d'énergie des vagues. Ce sont principalement :

(a) il est extrêmement difficile de construire à des coûts raisonnables les mécanismes pour entraîner les pompes ou vérins
25 hydrauliques primaires.

(b) Le fluide de transmission, s'il est constitué d'huile ou s'il en contient, est un polluant et en conséquence il est inacceptable à cause des risques de fuite.

(c) Un grand nombre de pompes, de soupapes, et de commandes
30 sont nécessaires puisqu'il n'est plus possible, en utilisant la technologie courante, de prévoir des composants uniques suffisamment grands pour engendrer la puissance requise. Ceci soulève des problèmes d'entretien et de fiabilité de la

totalité du système.

- (d) à moins d'utiliser des pressions très élevées, avec comme conséquence des tolérances étroites et des durées de vie courtes, les turbines et alternateurs entraînés par les systèmes hydrauliques sont à faible vitesse et sont donc importants, lourds et coûteux.

En opposition aux inconvénients mentionnés ci-dessus, l'utilisation d'air en particulier d'air à faible pression présente un certain nombre d'avantages.

- 10 (a) l'air n'est pas polluant.

(b) Il est disponible in situ,

(c) Etant très léger, il est possible de l'accélérer à des vitesses élevées. On peut utiliser des alternateurs ou des turbines plus petits et meilleur marché.

- 15 (d) Il y a moins de parties mobiles dans le système.

(e) Les pompes peuvent être importantes, relativement simples bon marché et en petits nombres.

- L'inconvénient des systèmes à air à basse pression est que le rendement des turbines est plus faible que celui des machines hydrauliques. Cependant, on pense que des perfectionnements importants peuvent être faits de façon relativement simple dans le domaine de la technologie. On peut aussi dire que la simplicité du système à air et sa stabilité font plus que compenser le rendement inférieur par rapport au système hydraulique.

La présente invention est particulièrement adaptable à un système pneumatique.

- Il est seulement nécessaire de créer et de maintenir une cavité de pompage d'air entre la plaque articulée et l'ossature.
- 30 Le mouvement de la plaque par rapport à l'ossature entraîne

l'action de pompage.

Différentes méthodes peuvent être utilisées pour commander et utiliser l'air sous pression. La figure 29 montre une telle méthode. En se reportant à la figure 29, deux conduits 101 et 102 sont prévus dans l'ossature 100, l'un étant à pression élevée et l'autre à basse pression. Le conduit 101 à pression élevée transmet l'air d'une pluralité d'éléments en plaque 103 jusqu'à une turbine centrale, la turbine recrache l'air utilisé dans la conduite à basse pression 102, qui le ramène pour repressurisation.

L'admission et l'échappement de l'air sont commandés par des soupapes 104 et 105. Dans le mode de fonctionnement le plus simple, la soupape 104 disposée entre la plaque 103 et le conduit à pression élevée 101 s'ouvre lorsque la pression de la vague sur la plaque 103 excède celle dans le conduit 107 et se ferme lorsque la pression dans le conduit 101 excède celle dans la cavité de pompe 106 entre l'ossature 100 et la plaque 103. De façon semblable, la soupape à basse pression 105 s'ouvre lorsque la pression dans le conduit à basse pression excède celle dans la cavité 105 et se ferme lorsque la pression dans la cavité excède la pression dans le conduit 102. Une commande plus complexe des soupapes est possible si nécessaire par exemple pour améliorer la réponse en vitesse de la plaque aux différentes vagues, pour réduire ou aplatir les mouvements extrêmes des grandes vagues ou pour étanchéifier les plaques individuelles dans le cas où les soufflets de pression 107 définissant la cavité 106 sont sérieusement percés.

Lorsque la mer est calme et qu'il n'y a pas de pression dans l'air contenu dans les conduits 101 et 102, la position naturelle des plaques est la position fermée, c'est-à-dire appliquée contre l'ossature 100. La première étape de l'actionnement de l'appareil est donc de préssuriser le système pour donner une pression ambiante de sorte que les plaques 103 s'ouvrent vers l'extérieur jusqu'à la position moyenne désirée de telle sorte que la pression d'air ambiant équilibre la pression externe de l'eau. Plus le soufflet 107 est petit par rapport au niveau extérieur de l'eau, plus la pression de-

l'air ambiant doit être élevée. Un avantage supplémentaire de l'agencement réside en ce que la pression ambiante de l'air et donc la densité de l'air utilisée peuvent être optimisées par le choix des dimensions correctes pour le soufflet.

Lorsque les plaques commencent à fonctionner en réponse aux vagues, des pressions différentielles sont créées dans les conduits d'air et la turbine est entraînée.

Un autre avantage du système est qu'il est sûr en cas de panne c'est-à-dire que dans l'éventualité d'une perte de pression d'air, les palettes se ferment automatiquement et sont maintenues contre l'ossature par la pression extérieure de l'eau.

La figure 30 montre en élévation une variante de réalisation des moyens de transformation d'énergie. Sur la figure 30, l'ossature porte la référence 110 et on remarquera qu'elle a la même configuration que sur la figure 29, excepté qu'elle ne comporte qu'un seul conduit d'air 112. Entre l'ossature 112 et chaque élément en plaque 114 est prévu un soufflet 116, qui communique avec le conduit 112 par l'intermédiaire d'un coude 116A. Dans le passage 116 est agencée une turbine 118 unidirectionnelle, dont l'arbre 120 est couplé à la génératrice électrique 122. La turbine entraîne l'arbre 120 dans un seul sens, que l'air soit expulsé du soufflet 116 lorsque le volet 114 se rapproche de l'ossature ou que l'air se déplace en sens opposé en étant aspiré du conduit 112 lorsque l'élément 114 s'éloigne de l'ossature 110. De telles turbines unidirectionnelles ne sont pas d'un usage commun mais sont actuellement en cours de développement. Une telle turbine autodirectionnelle a été dessinée par le professeur Wells de la Queens University à Belfast.

Lorsque l'élément en plaque 114 se déplace vers l'arrière et vers l'avant par rapport à l'ossature 110, l'air est alternativement entraîné dans le passage 116A lorsque le soufflet 116 est aplati par l'élément en forme de plaque se déplaçant vers l'ossature 110 et lorsque l'élément de

plaque s'éloigne de l'ossature 110, l'air est aspiré à travers le passage 116 correspondant.

Les méthodes de conversion de l'énergie des vagues présentent l'avantage qu'il fournit un amortissement proportionnel à la vitesse du mouvement de l'élément en plaque. L'entrée au générateur électrique est proportionnelle à la vitesse du rotor à condition qu'il y ait une charge résistive et lorsque chaque plaque est couplée à son propre générateur 122.

Dans des conditions d'eaux calmes, sans pression dans le conduit 112, la position naturelle de l'élément en plaque est la position fermée c'est-à-dire appuyée contre l'ossature. En conséquence, la première étape de mise en marche de l'appareil consiste à pressuriser le système pour donner une pression ambiante dans le soufflet, de sorte que l'élément en forme de plaque s'ouvre de l'extérieur à la position moyenne désirée la pression de l'air ambiant contrebalançant la pression d'eau externe. Lorsqu'une vague presse l'élément en forme de plaque, la pression dans le soufflet 116 s'accroît et l'air s'écoule à travers la turbine principale dans le conduit 118 et la turbine est entraînée. Lorsque la vague recule, l'élément en plaque se déplace de l'extérieur et l'air s'écoule dans la cavité et la turbine qui, à cause de son pouvoir autodirectionnel est également entraîné.

On notera que différentes particularités de quelques modes de réalisation décrits peuvent être utilisées dans d'autres modes de réalisation.

On attire l'attention sur la possibilité qu'afin de construire une forme particulière d'appareils selon l'invention, toute particularité de chaque mode de réalisation peut être choisie pour être utilisée dans un autre mode de réalisation, si il est approprié.

Il est à noter que la présente invention permet l'utilisation d'un appareil qui est supporté par flottaison par le corps liquide, en opposition aux appareils qui sont reliés de façon permanente au fond de la mer. Grâce à de tels moyens la

difficulté de pourvoir des structures de support substantiel et la limitation que l'appareil peut être utilisée seulement dans une eau relativement profonde sont éliminées.

R E V E N D I C A T I O N S

1.- Appareil destiné à engendrer de l'énergie à partir du mouvement des vagues d'un corps flottant dans lequel ou sur lequel il flotte, caractérisé en ce qu'il comporte un élément de réaction et un élément mobile en forme de plaque, relié
5 audit élément de réaction de façon à pouvoir effectuer des mouvements de va-et-vient pour réagir contre l'élément de réaction lorsque ledit élément en forme de plaque est soumis à l'influence des vagues, et en ce qu'il comporte de plus des moyens pour extraire l'énergie des vagues sous une forme
10 plus utilisable à partir du mouvement relatif entre l'élément de réaction et l'élément en forme de plaque.

2.- Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément en forme de plaque est de nature souple.

3.- Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2,
15 caractérisé en ce que l'élément en forme de plaque est relié de façon pivotante à l'élément de réaction.

4.- Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'élément de réaction fait partie d'une ossature allongée et en ce qu'il y a une pluralité de tels
20 éléments en forme de plaque, disposés le long d'au moins un côté de ladite ossature, lorsque l'appareil doit être utilisé dans une position parallèle ou faisant un angle aigu par rapport au front des vagues à partir desquelles l'énergie doit être extraite.

25 5.- Appareil selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte des éléments en plaque agencés côte à côte le long de chaque côté de l'ossature, de sorte que l'appareil peut être utilisé perpendiculairement au front des vagues dont on doit prélever l'énergie.

30 6.- Appareil selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que lesdits moyens d'extraction de l'énergie comportent des pompes à air, dont les pistons sont formés par lesdits éléments en forme de plaque, l'ossature comportant

un collecteur à pression élevée et un collecteur à basse pression dans lesquels l'air est pompé par le mouvement des éléments en forme de plaque et à partir desquels l'air est extrait par mouvement des éléments en forme de plaque, respectivement, l'énergie appropriée étant prélevée de l'expansion de l'air à pression élevée délivrée auxdits collecteurs.

7.- Appareil selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens définissant une cavité de pompage entre l'ossature et chaque élément en plaque, lesdits moyens présentant la forme d'éléments d'étanchéité souples.

8.- Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'entre l'élément en forme de plaque et l'élément de réaction, il y a une région qui contient une quantité de liquide qui agit comme moyen d'amortissement variable sur le mouvement de basculement en va-et-vient de l'élément en forme de plaque.

9.- Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les éléments en forme de plaque répartis le long de l'ossature sont tels qu'ils sont capables de s'adapter au déplacement instantané de la vague le long de la longueur de l'ossature, de sorte que des éléments en forme de plaque différents sont déphasés le long de l'ossature et qu'il y a des moyens de couplage interconnectant lesdits éléments en forme de plaque de sorte que lorsque les forces des vagues poussent quelques éléments en direction de l'ossature, d'autres éléments en forme de plaque déphasés se déplacent à l'opposé de l'ossature.

10.- Appareil selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens de couplage comportent une corde, un câble ou analogue sous tension, s'étendant longitudinalement par rapport à l'ossature et passant sur un groupe de trois poulies, un groupe pour chaque élément en forme de plaque, deux poulies de chaque groupe étant portées par l'ossature et la troisième étant mobile en synchronisme avec l'élément en forme de plaque associé.

11.- Appareil selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens de couplage comprennent, pour chaque élément en forme de plaque, une pompe hydraulique, les pompes étant reliées à des moyens de couplage communs à haute pression.

5 12.- Appareil selon l'une quelconque des revendications 4 à 11, caractérisé en ce que chacun desdits éléments en forme de plaque est relié à des moyens d'amortissement, l'effet d'amortissement variant en fonction du degré de déphasage d'un élément par rapport à l'élément adjacent.

10 13.- Appareil selon la revendication 12, caractérisé en ce que les paires des éléments en plaque sont couplées hydrauliquement par des dispositifs à cylindres et pistons hydrauliques semblables à déplacement fixe, couplés par l'intermédiaire de soupapes de sorte que lorsque deux éléments en forme de
15 plaque d'une paire sont en phase, les dispositifs à pistons et cylindres sont hors de phase de façon que l'un décharge dans l'autre et qu'il n'y a pas amortissement, mais si les éléments adjacents en forme de plaque deviennent déphasés de 180°, l'amortissement est maximal, lesdits dispositifs étant
20 agencés pour décharger leur contenu dans une conduite à haute pression.

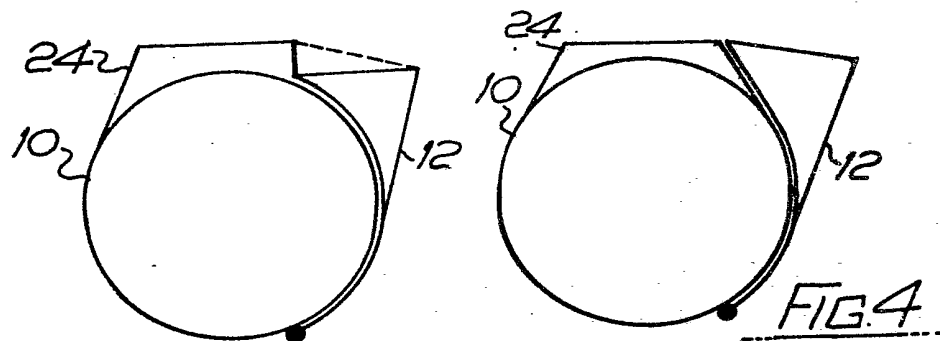
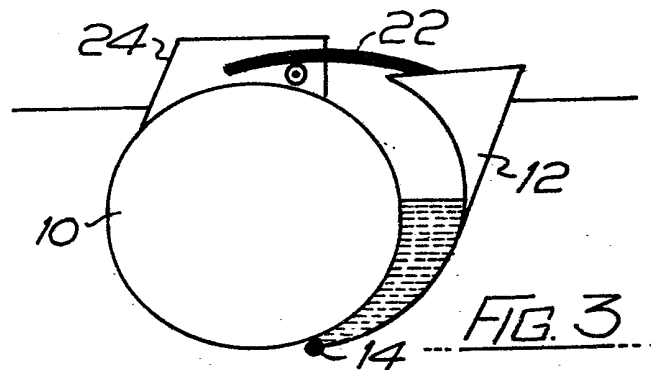
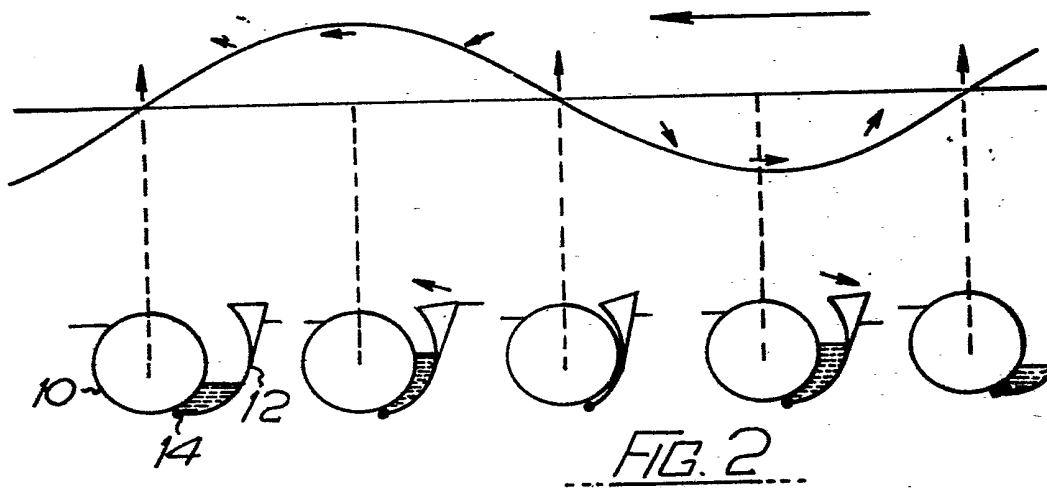
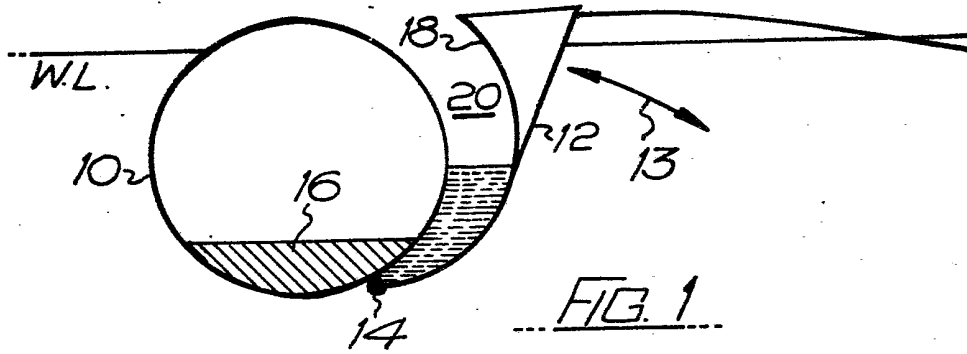
14.- Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'élément de réaction ou ossature est relativement massif pour présenter une inertie élevée
25 par rapport aux éléments individuels en forme de plaque.

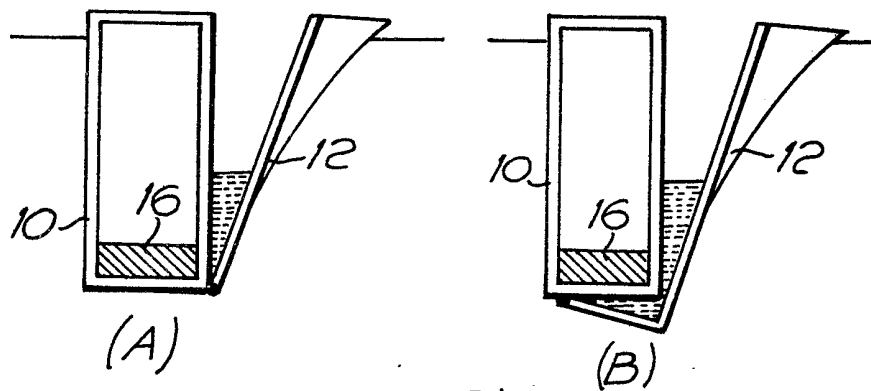
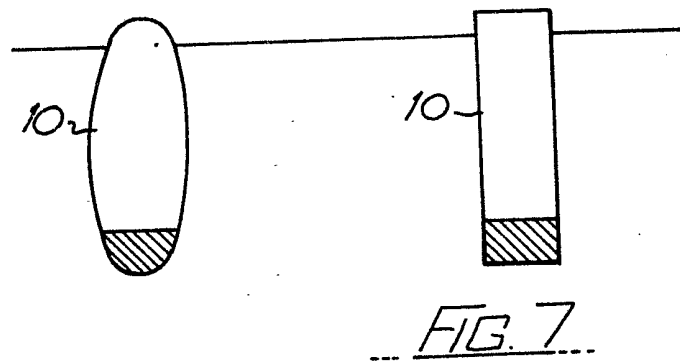
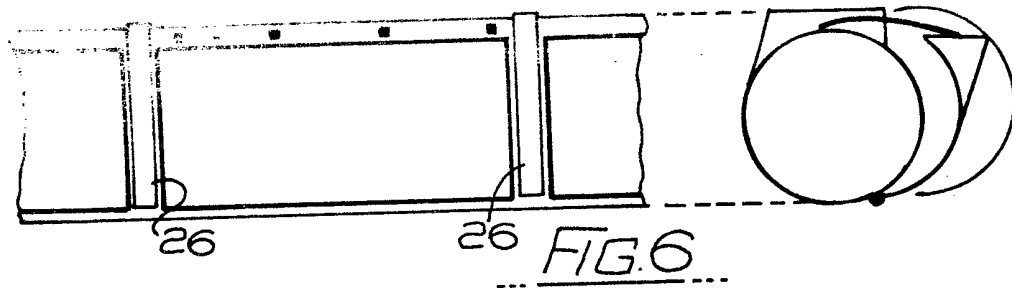
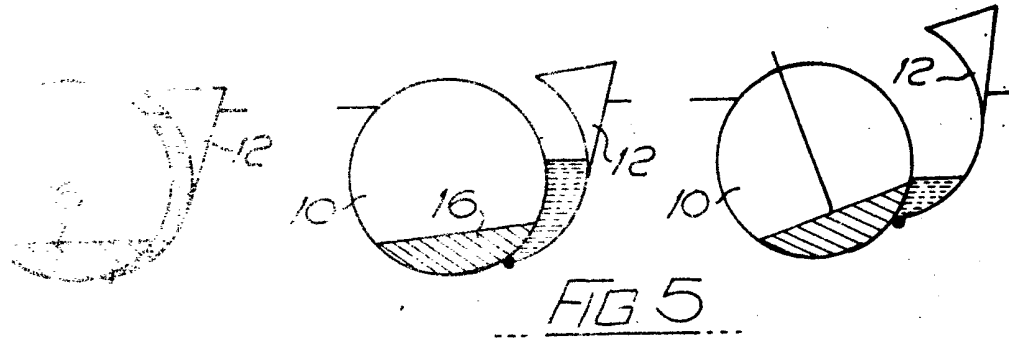
15.- Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'élément de réaction ou ossature est susceptible d'être lesté à sa partie inférieure, afin de prendre une attitude prédéterminée lorsqu'il est supporté
30 de façon flottante dans le corps liquide.

16.- Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'ossature présente une plus grande section dans une dimension que l'autre, et en ce qu'il est adapté pour prendre dans le corps liquide une position
35 telle que la dimension la plus longue est verticale.

17.- Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'élément de réaction ou ossature présente la forme de la coque d'un navire et en ce que l'appareil est autopropulsé.

PL.1/8





PL.3/8

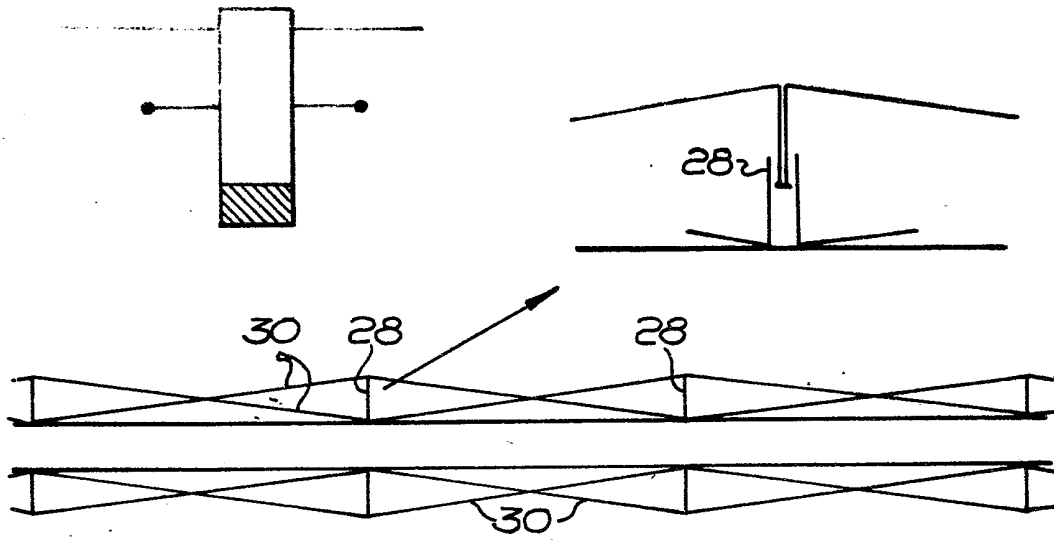


FIG. 9

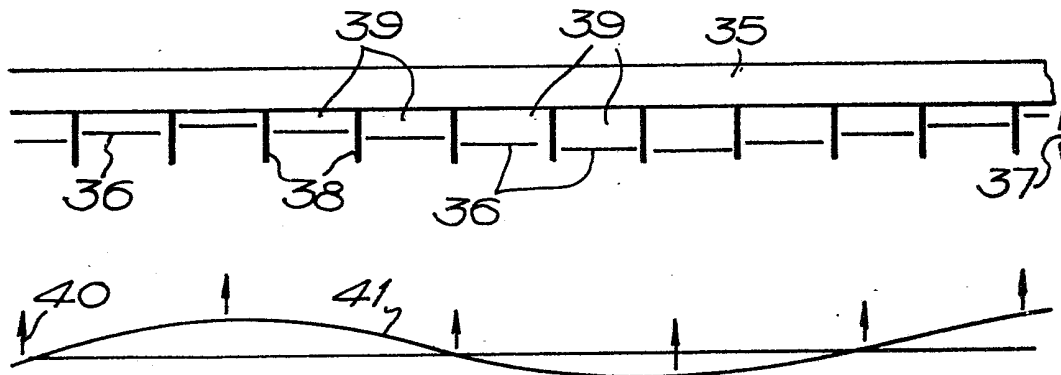


FIG. 10

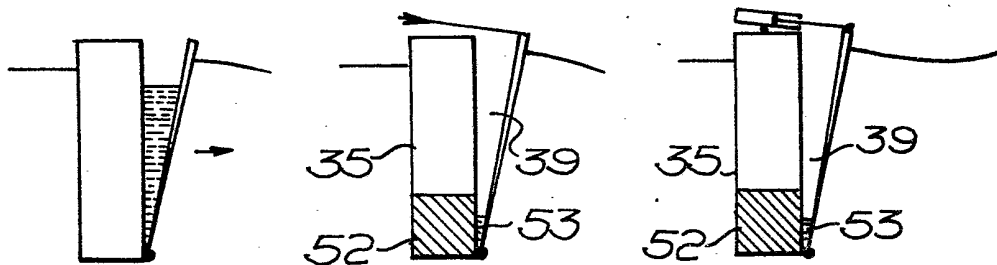


FIG. 11

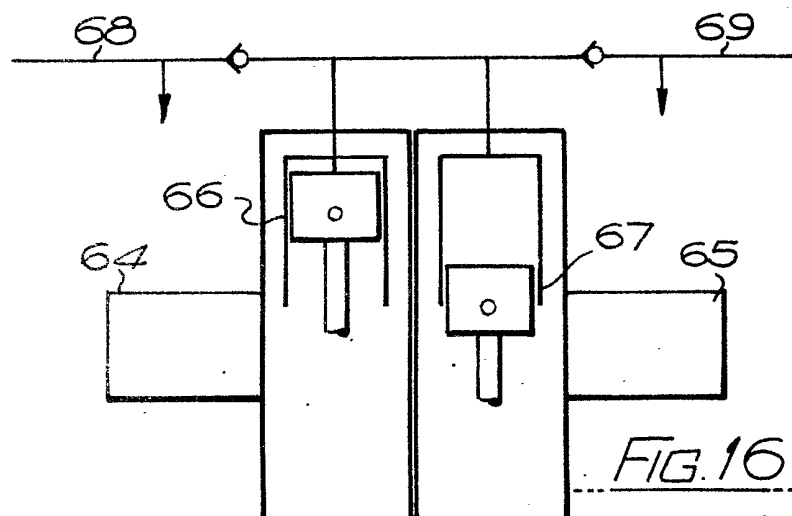
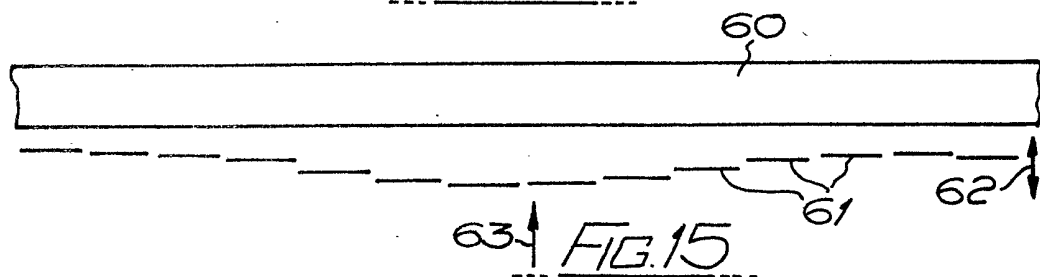
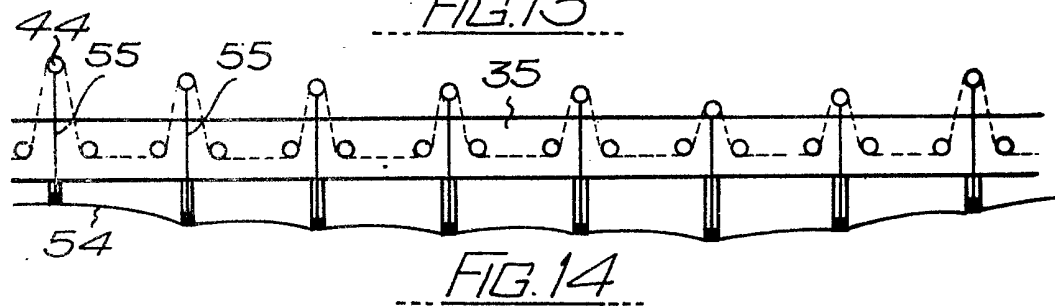
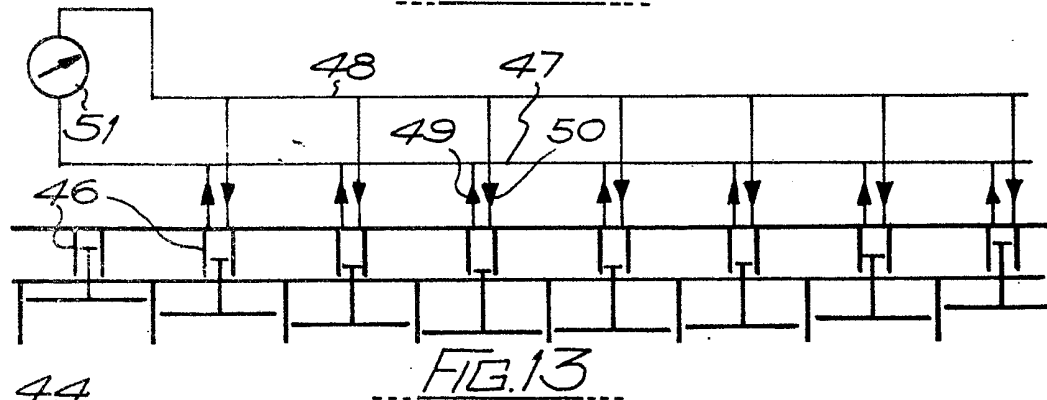
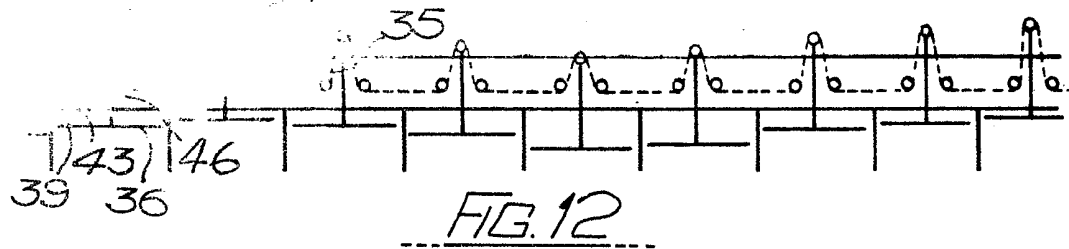
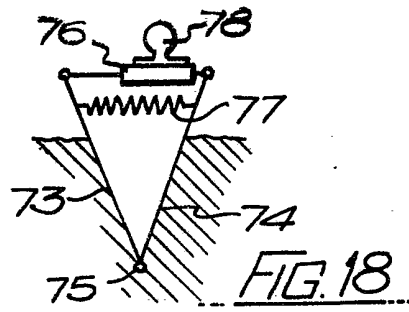
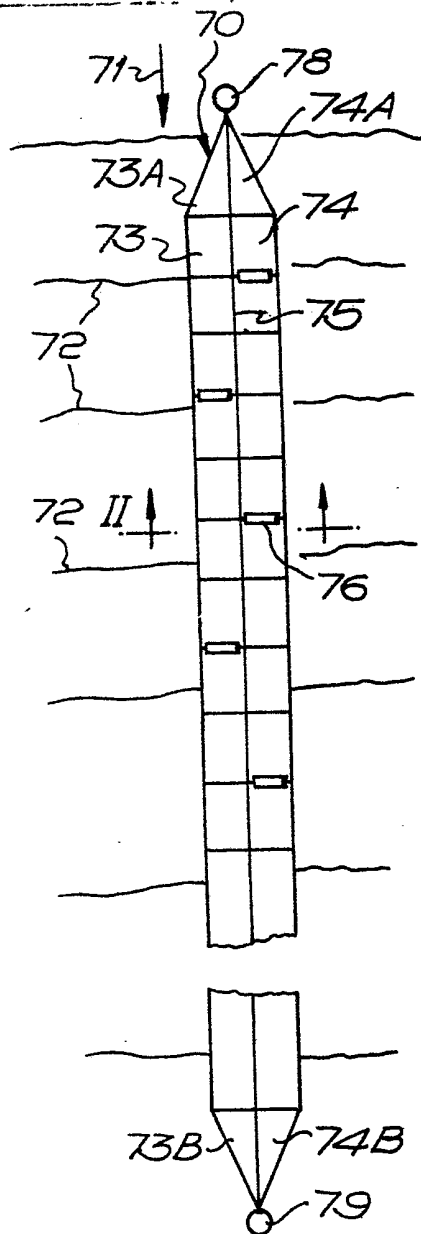
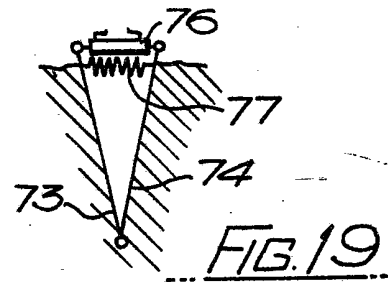
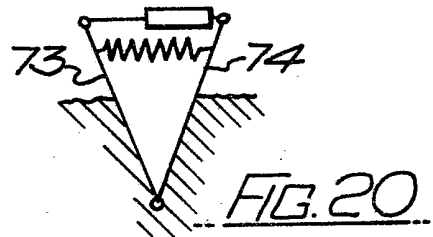
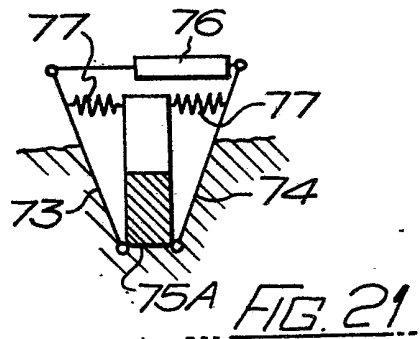
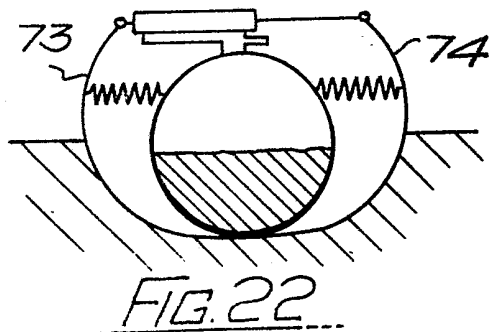
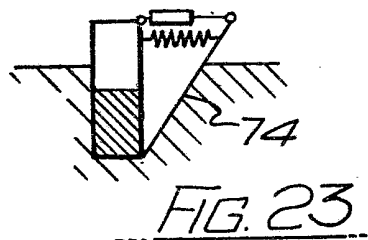


FIG. 17FIG. 18FIG. 19FIG. 20FIG. 21FIG. 22FIG. 23

PL.6/8

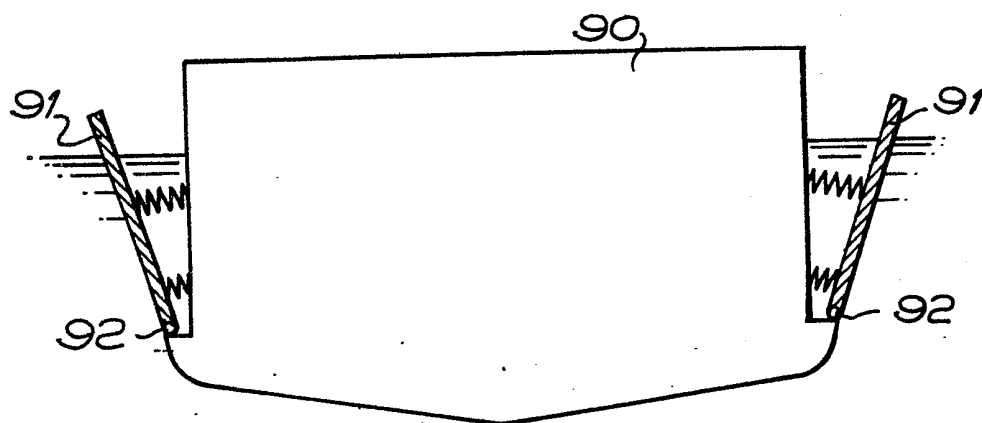
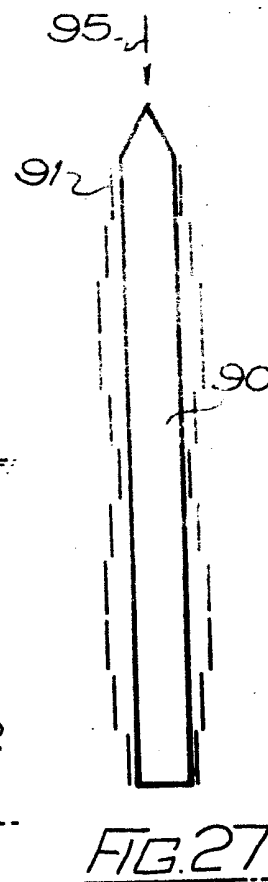
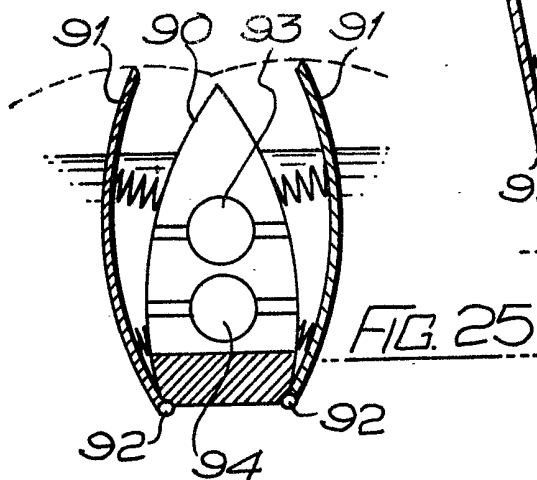
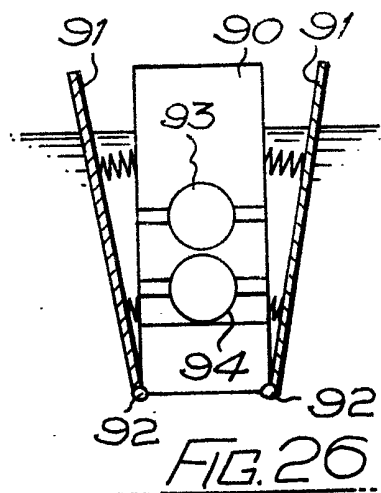
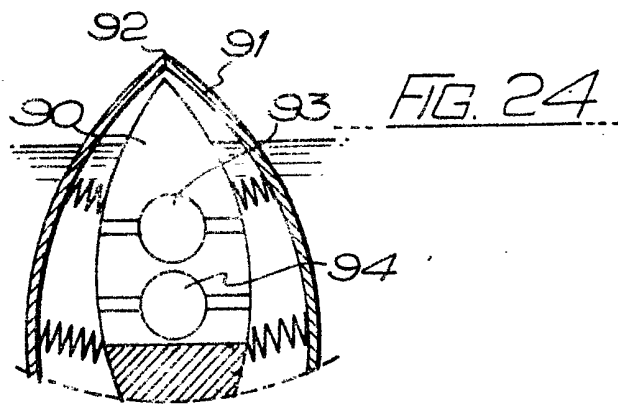
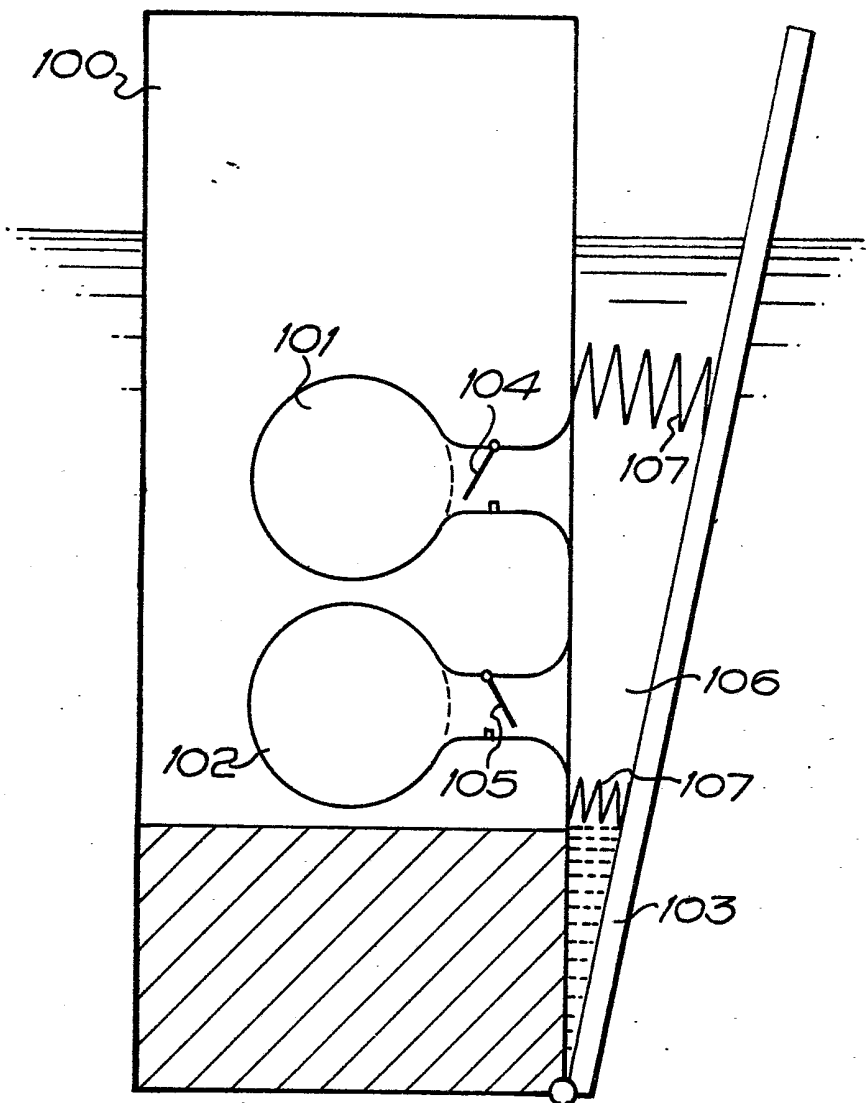


FIG. 28



PL.8/8

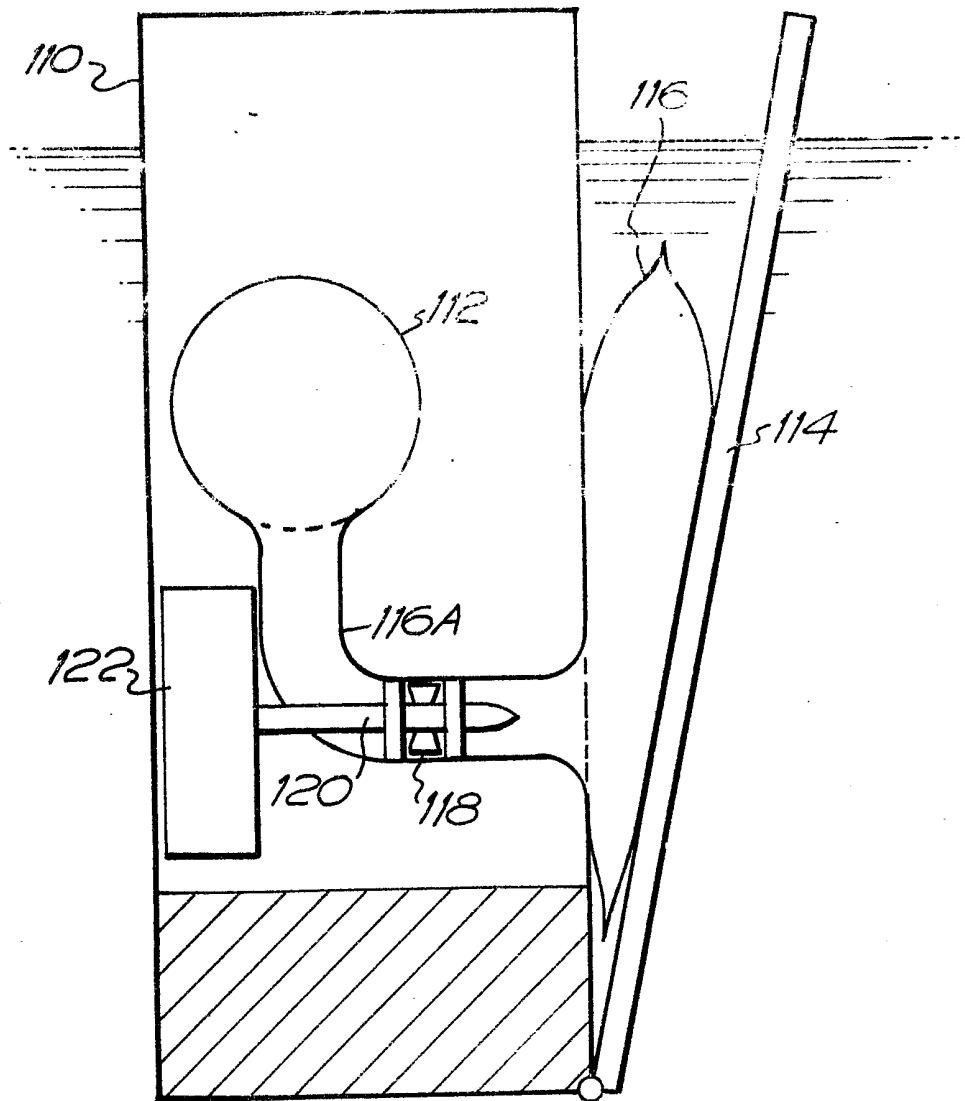


FIG. 30