

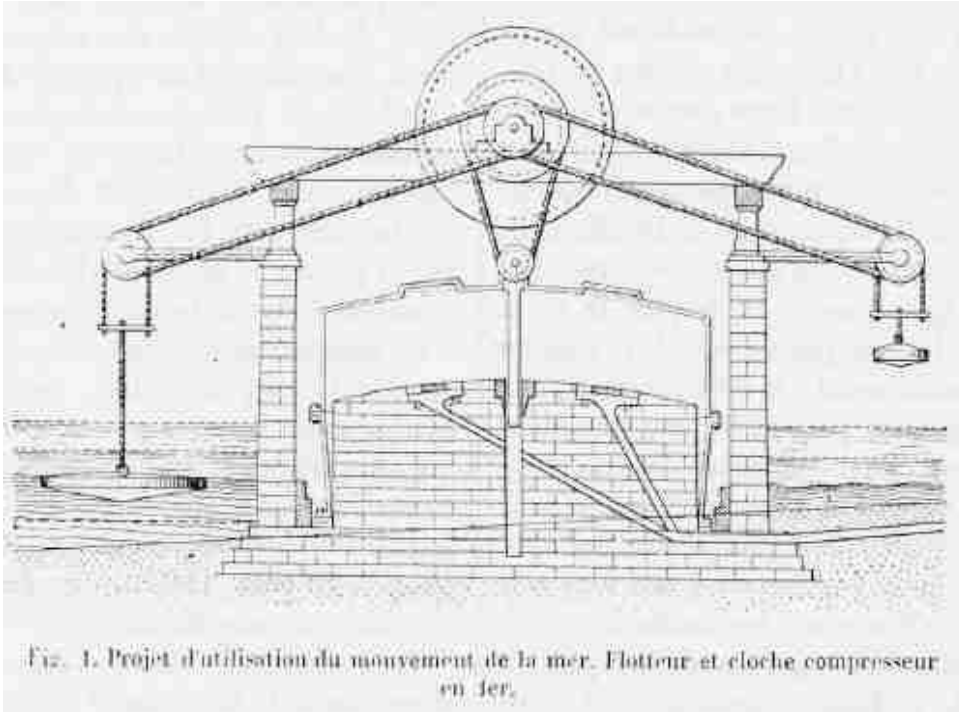
# □ 1) LA HOULE DES VAGUES

Sur la surface des mers des flotteurs spécifiquement conçus pour transformer les mouvements des vagues en forces mécaniques pour produire de l'énergie renouvelable.

- 1) FLOTTEURS RELIÉS À UNE PLATE-FORME FIXE
  - Tissandier -1882-
  - Wave Star Energy, Denmark
- 2) FLOTTEURS OSCILLANTS
  - SEM-REW
- 3) FLOTTEURS IMMERGÉS OSCILLANTS
  - Oyster – Aquamarine Power – United Kingdom–
  - Wave Roller - AW-Energy Oy - Finlande
  - CETO technologie de la société australienne Carnegie, basée à Perth
- 4) FLOTTEURS ARTICULÉS
  - Le Pelamis , Ecosse
- 5) FLOTTEUR VERTICAL
  - PowerBuoy
  - Archimedes Wave Swing (UK)
- 6) SYSTÈMES À COLONNE D'EAU OSCILLANTE
  - la Mighty Whale
  - Systèmes à colonne d'eau oscillante (OWC), LIMPET & PICO.
- 7) RAMPE DE FRANCHISSEMENT
  - Wave Dragon
- 8) DANS LA PRATIQUE

# 1) flotteurs reliés à une plate-forme fixe

## Tissandier de 1882



«Machine utilisant les mouvements de la mer pour élever de l'eau à une certaine hauteur». (Revue « La Nature » - Tissandier-volume 19-1882).

## Wave Star Energy, Denmark

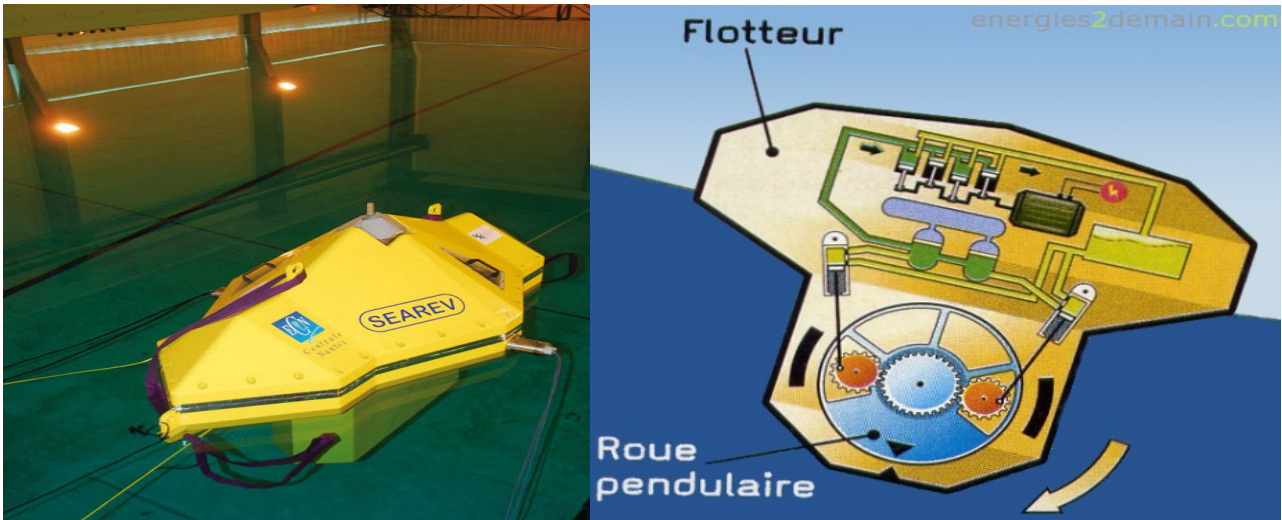


<http://www.wavestarenergy.com/>

## 2) flotteurs oscillants

### SEM-REV

Ce projet se situe au Croisic, en Loire Atlantique (44). il est mené par l'équipe d'Alain Clément, chercheur au laboratoire de mécanique des fluides de L'Ecole Centrale Nantes.



Source image : <http://energies2demain.com>

*"Enfermé dans une coque totalement étanche - capable de faire sans dommage par mer extrême un tour complet - le pendule reste vertical tandis que les vagues font tanguer le flotteur. Les mouvements relatifs du pendule et du flotteur entraînent des pompes hydrauliques, qui chargent les accumulateurs à haute pression. Ces derniers livrent leur énergie à des moteurs hydrauliques, qui entraînent des générateurs d'électricité. Le tout est contrôlé, en temps réel, par "un système intelligent qui devrait multiplier, au moins par trois, l'énergie récupérée", estime Alain Clément."*



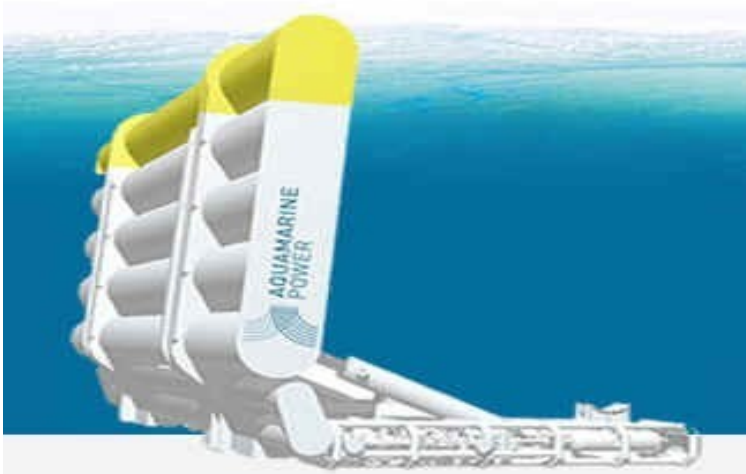
Ce prototype matérialisé par une bouée de 25 mètres de long et 15 de large verra ses premières expérimentations en 2010. Expérimentations très attendues par bon nombre de chercheurs Européens, ils fondent beaucoup d'espoirs sur cette filière: elle serait la seule parmi toutes les sources durables (hydraulique, marée-motrice, solaire, éolien) à n'être pas assujettie aux aléas météorologiques et donc à assurer une production continue d'énergie.

SEAREV pourrait produire 2500 Watts par mètre carré, contre 400 pour la production éolienne et 150 pour la production solaire...

<http://www.ec-nantes.fr/version-francaise/recherche/sem-rev/>

### 3) Flotteurs immergés oscillants

Oyster – Aquamarine Power – United Kingdom–



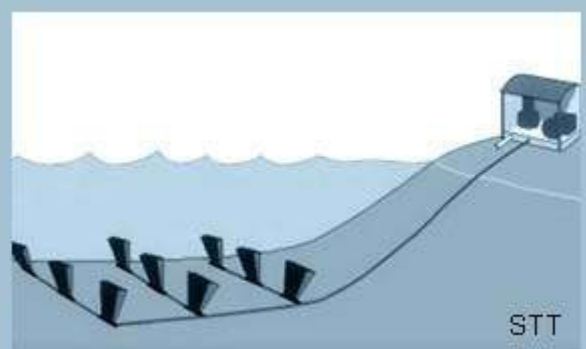
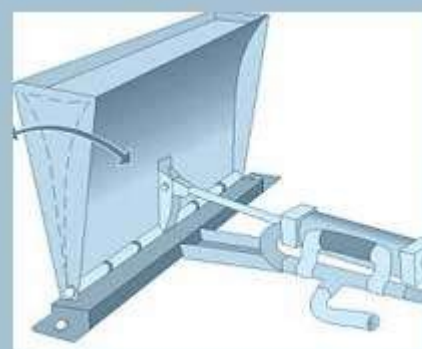
Le convertisseur de vagues "Oyster" se compose d'un flotteur et d'une pompe à double pistons, amarrés à une profondeur d'environ 10 à 12 mètres. Chaque vague déplace le flotteur et active la pompe, qui propulse de l'eau sous haute pression au travers d'un tube sous-marin relié directement à la côte. Cette eau sous haute pression est ensuite convertie en électricité grâce à des turbines hydro-électriques conventionnelles. Le premier prototype de l'Oyster doit être mis en service au Centre européen de l'énergie marine au large de l'archipel des Orcades dans le nord de l'Écosse en 2009.



[Aquamarine Power - Aquamarine Power's next-generation Oyster ...](#)

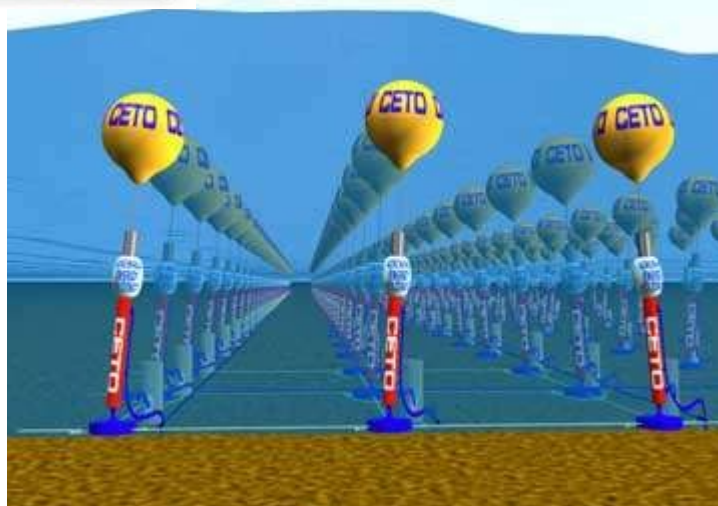
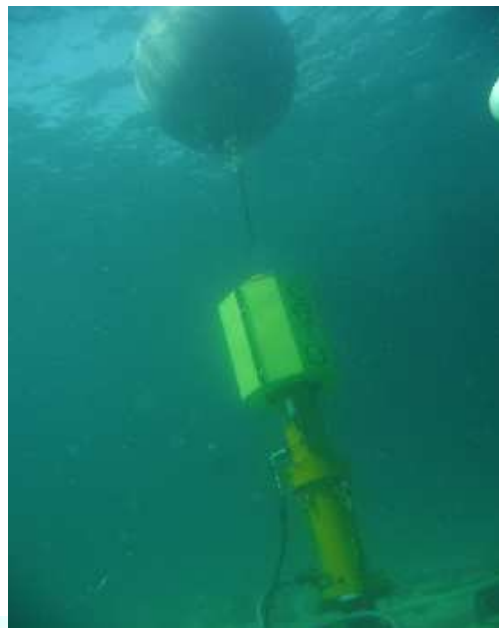


[Wave Roller - AW-Energy Oy - Finlande](#)

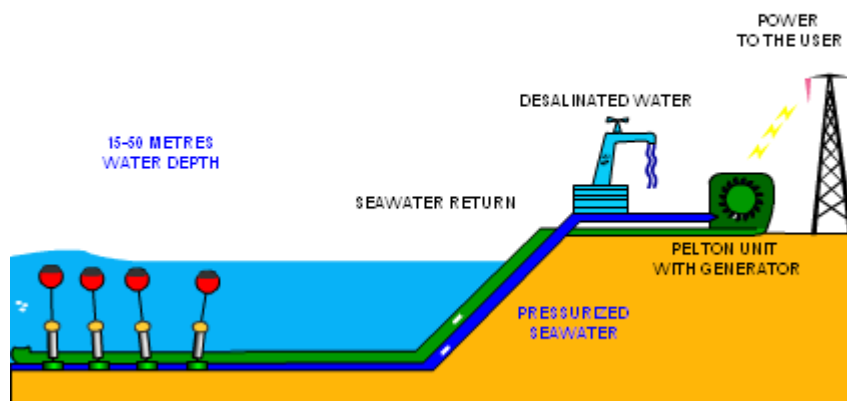




CETO technologie de la société australienne Carnegie, basée à Perth



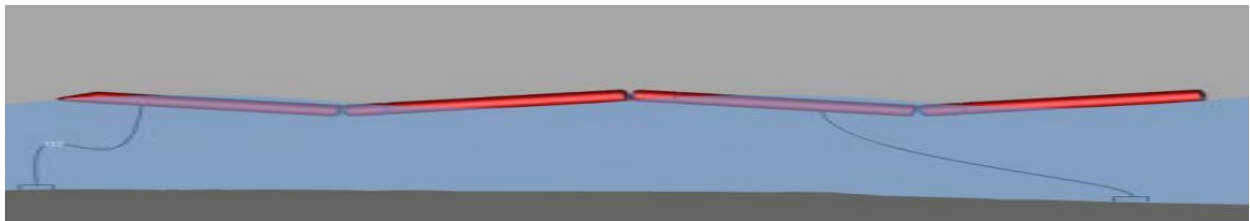
OVERALL POWER AND WATER SCHEMATIC



[Carnegie Corporation](#)

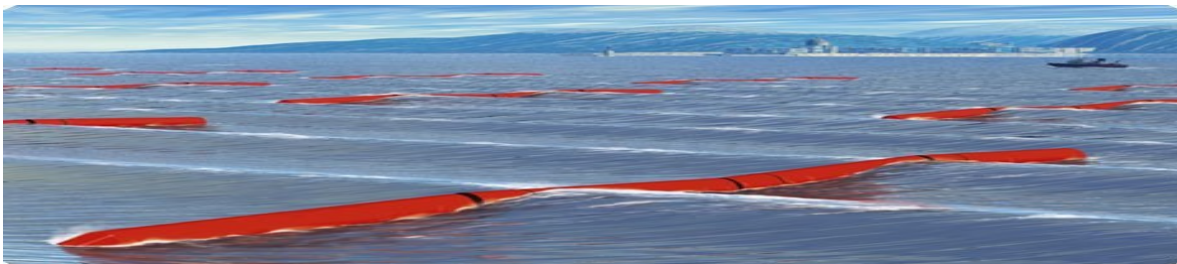
## 4) flotteurs articulés

Le Pelamis est un projet de la société écossaise Ocean Power Delivery . C'est en quelques sortes le projet le plus avancé. Un parc de Pelamis est installé au large de la côte portugaise. Pelamis vient du grec Pelagos, la mer et de Mionas, le muscle. Pelamis signifie donc Le Muscle de la Mer.



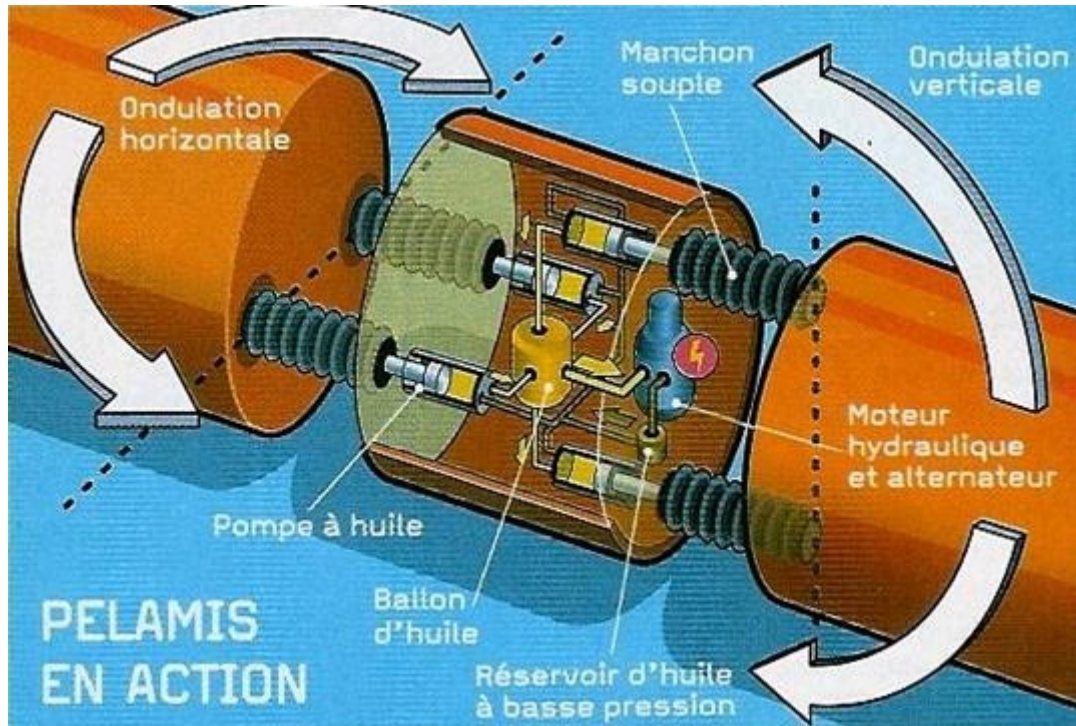
### Réalisations

Au mois de Septembre 2008, le Portugal a inauguré la première application commerciale du Pelamis. Ce 'serpent de mer' mécanique qui produit de l'électricité à partir des vagues, devrait prochainement voir sa population se multiplier au large des côtes portugaises.



La première phase du projet comprend 3 Pelamis qui offrent une puissance de 2,25 MW au large des côtes d'Aguçadoura, dans le nord du pays. Ils ont été déployés à près de 5 km des côtes. La deuxième phase du projet prévoit 25 machines supplémentaires, pour une puissance de 18,75 MW.

## Principe de fonctionnement



De loin, le Pelamis ressemble à un énorme serpent de mer. En effet, il tire son nom d'un serpent de mer de la mythologie grecque. Ce serpent métallique est positionné dans la direction de propagation de la vague, on distingue 4 tronçons principaux, énormes flotteurs reliés les uns aux autres par d'autres modules de petites tailles. Les liaisons placées entre ces différentes parties sont souples. C'est pourquoi, sous l'action des vagues et de la houle, le Pelamis ondule sur la surface de l'eau. Cette ondulation actionne des pompes à huile, qui envoient le fluide sous pression au niveau d'un moteur hydraulique, qui entraîne un alternateur. Ainsi, de l'électricité est produite. L'énergie produite est envoyée au continent par l'intermédiaire d'un câble en fibre optique sous-marin qui transmet le courant à la station de contrôle située sur la plage. La station commande la machine. «Nous pouvons la faire remuer davantage dans les petites vagues pour maximiser l'énergie et, à l'inverse, limiter ses mouvements dans les grosses pour limiter les risques de casse», explique Martin Shaw, responsable de ce projet chez OPD.

### Caractéristiques

- Longueur : 120 m
- Diamètre : 3,5 m
- Poids : 750 tonnes

#### Avantages & Inconvénients

Pas de fondation donc peu de frais d'installation, le Pelamis est remorqué et amarré en mer. Sa mobilité permet une maintenance aisée (remorquage à terre)

#### Potentiel

Un convertisseur Pelamis génère 750 kW, ce qui représente la consommation de 500 foyers et un parc machine d'une surface de 1 km<sup>2</sup> devrait délivrer assez d'énergie pour 20.000 foyers.

#### Coût

La première phase de développement au large du Portugal représente un investissement de 9 millions d'€

<http://www.pelamiswave.com/>



# 5) flotteur vertical

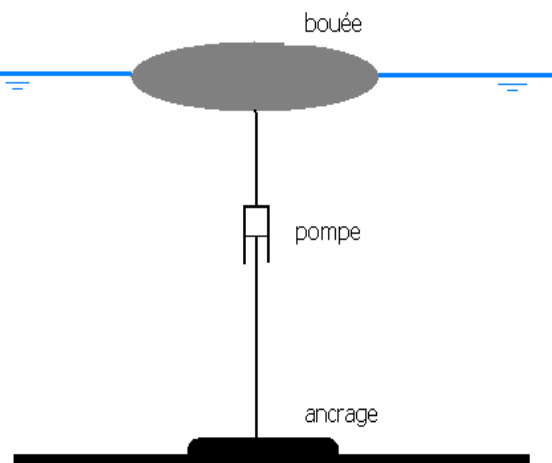
## PowerBuoy

La compagnie d'électricité espagnole Iberdrola en partenariat avec "Ocean Power Technologies" (OPT) est en train de construire une usine pilote pour capter l'énergie des vagues au large de Santoña en Espagne.

10 bouées OPT de 16m de long et 6m de diamètre transformeront la force des vagues en courant électrique. Le principe est basé sur la conversion du mouvement ondulatoire des vagues en mouvement de rotation d'éléments mécaniques.



Les bouées ancrées par 30m de fond, suivent le mouvement des vagues en se déplaçant verticalement le long d'une structure similaire à un piston. Lors de la phase montante, l'eau entre dans une pompe hydraulique. Elle est évacuée sous pression vers un alternateur lorsque la bouée redescend. Le courant est transformé dans des installations sous-marines et puis acheminé vers l'extérieur pour le raccordement au réseau électrique conventionnel. Cet ensemble expérimental devrait pouvoir générer entre 1,25 et 2 MW.



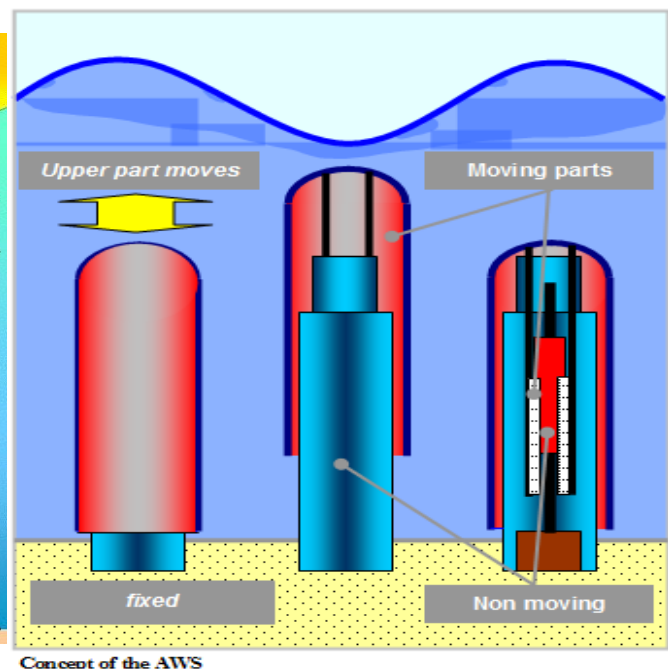
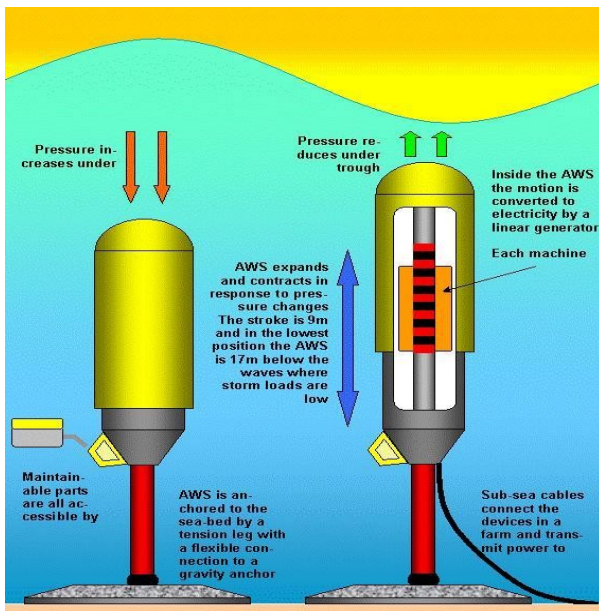
<http://www.oceanpowertechnologies.com/tech.htm>



[www.oceanpowertechnologies.com](http://www.oceanpowertechnologies.com)  
Port Kembla (Oceanlinx – ex Energetech),



# Archimedes Wave Swing (UK)



L'Archimedes Wave Swing de l'Ecosaise AWS Ocean Energy, utilise les mouvements des vagues pour déplacer verticalement une bouée obligeant un cylindre d'aimants à circuler le long d'une bobine pour produire de l'électricité.

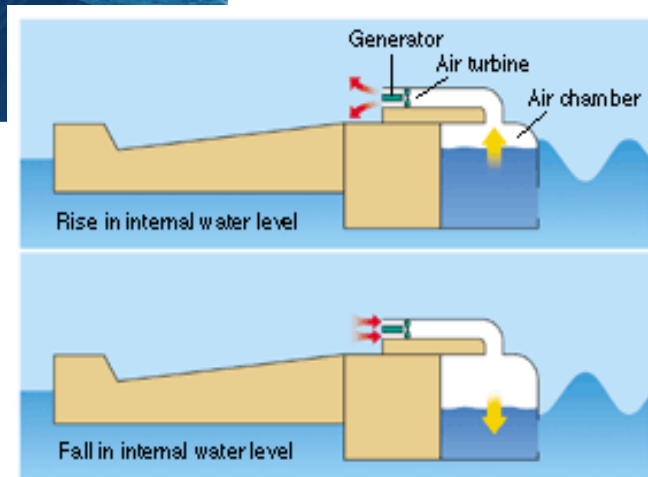
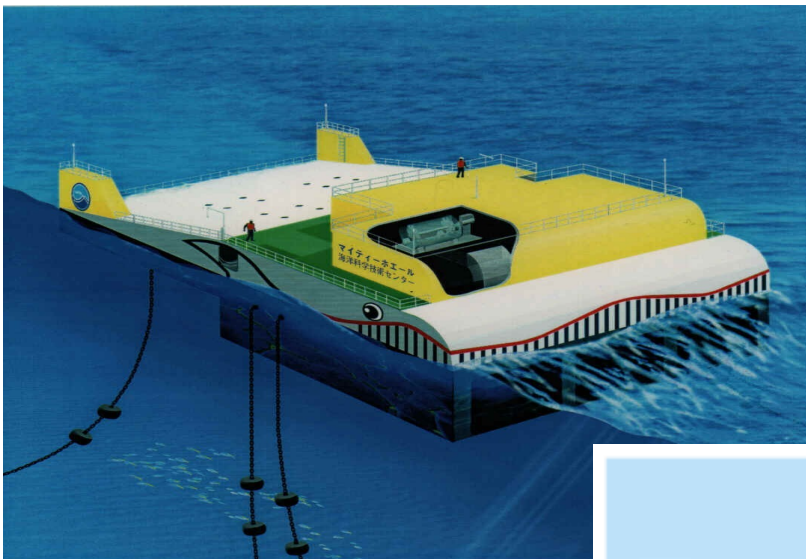
**Ocean Power :: AWS Ocean Energy :: Renewable Energy**

## 6) Systèmes à colonne d'eau oscillante

### la Mighty Whale

Depuis 1998, on croise dans la baie de Gokasho une grosse baleine artificielle - la Mighty Whale. Ce navire de 50 mètres de long et 30 mètres de large, est entièrement nourri au rythme des vagues. Celles-ci sont avalées par l'engin flottant et contenues à l'intérieur d'une cavité surplombée de turbines. Ce n'est pas la force des vagues qui génère l'électricité, mais les pressions et l'appels d'air

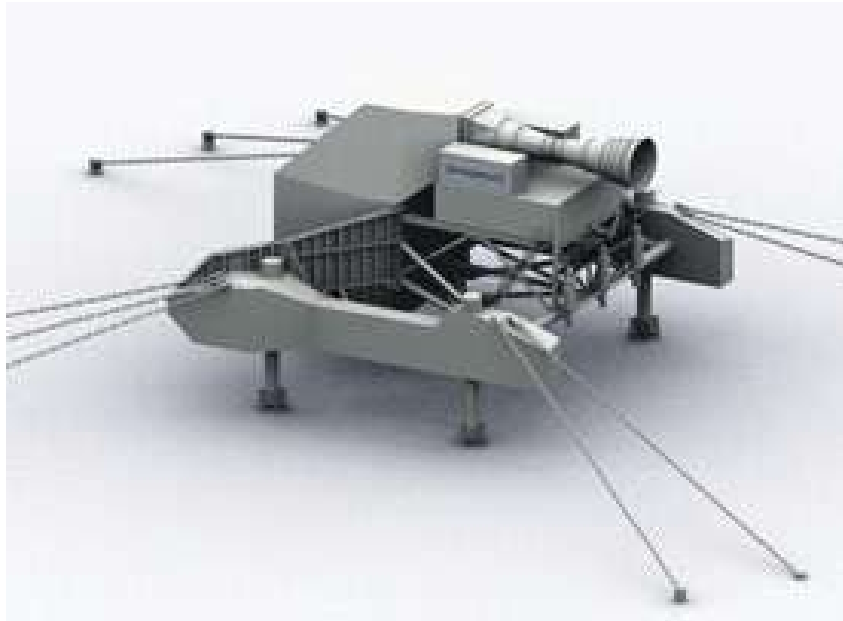
que leur agitation provoque. Depuis les premiers essais de l'agence japonaise des technologies marines, en 1978, ce système a été amélioré. Le taux de conversion de cette centrale à vagues à air comprimé est maintenant de 50 %. Autre avantage : une fois "digérées" par la Mighty Whale, les vagues s'estompent, laissant derrière elles une mer calme. Très zen.



<http://www.jamstec.go.jp/jamstec/MTD/Whale/>

Systèmes à colonne d'eau oscillante (OWC), LIMPET & PICO.

Australie 2005 – 200 kW (vagues 8 kW/ml)



Les vagues poussent l'air dans le conduit, le déplacement d'air des vagues entraine la turbine.



# 7) rampe de franchissement

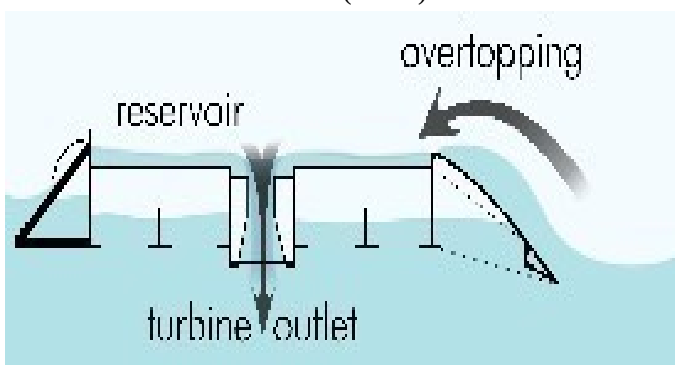
Déferlement sur le Wave Dragon, prototype 20kW.



Ce système financé conjointement par le Danemark et l'Union européenne, mis à l'eau depuis mai 2003, présente une embouchure légèrement surélevée, tournée vers le ciel mais continuellement balayée par les vagues. Le principe de cette centrale à vagues est directement tiré des retenues hydroélectriques utilisées dans les terres.

Pour une houle de 36kW/m

- 33000 tonnes
- 8000m<sup>3</sup> de réservoir
- 16 turbines Kaplan basse chutes
- 16 générateurs à aimants permanents de 440kW en entraînement direct
- Puissance maximale 7MW
- Production annuelle 20GWh (2800h)



Submergé par les flots, le Wave Dragon se remplit d'eau. Comme un entonnoir de plusieurs milliers de m<sup>3</sup>. La pression de cette colonne d'eau, entretenue et alimentée par les vagues qui s'y engouffrent, entraîne des turbines qui génèrent le courant. Le prototype actuel, ancré au nord du Danemark, dans des eaux modérément calmes, est cinq fois plus petit que sa version définitive, déployée pour 2006. Conçu pour la haute mer, ce modèle profitera de puissantes déferlantes, chiffrées à 36 kilowatts par mètre. Ce qui fera le Dragon à 7 mégawatts.

<http://www.wavedragon.net>

## 8) DANS LA PRATIQUE

Totalisant 11 millions de km<sup>2</sup> de zone marine, la France possède actuellement le second domaine maritime mondial, se plaçant derrière les États-Unis. Elle doit cette vaste superficie à ses nombreuses possessions d'outre-mer qui lui assure d'être présente sur l'ensemble des océans. Mais cela ne l'empêche pas de formuler des ambitions plus élevées. Depuis 2002, la France a mis en place le programme Extraplac (EXTension Raisonnée du PLAteau Continental), lequel étudie la possibilité d'étendre l'espace maritime français.

### **BIEN DES SYSTÈMES TRANSFORMANT LA HOULE DES VAGUES DE LA MER SONT RÉALISÉS ET FONCTIONNENT.**

Exemple avec le Pelamis aujourd'hui qui génère 0,108 TWH pour 1 km<sup>2</sup>.

Soit 4167 km<sup>2</sup> de zone marine fourniraient 450 TWH par an, avec la houle.

**0,04% de la zone marine française peuvent produire le besoin de la France en électricité de 450 TWH par an.**

### **LA SURFACE NÉCESSAIRE PEUT LARGEMENT ÊTRE DIMINUÉE EN ASSOCIANT PLUSIEURS TECHNOLOGIES SUR LE MÊME SITE:**

- Lorsque le mouvement des vagues entraîne un système (flotteurs articulés) et le souffle d'air des mêmes vagues entraîne un autre système (Systèmes à colonne d'eau oscillante).
- À la condition que le site choisi soit parcouru de courants marins, des hydroliennes.
- En ajoutant des éoliennes aux installations.
- Des capteurs solaires photovoltaïques ou thermoélectriques.
- l'énergie thermique des mers pour certaines régions des océans.

