

L'énergie due aux vagues

Le département d'Hydraulique et de Transport (Professeurs E. Eskenazi, A. Lejeune, J. Marchal et M. Pirotton) couvrent des activités de recherches dans les domaines de la mécanique des fluides, de l'hydraulique, de l'hydraulique appliquée, des constructions hydrauliques, de la gestion et de l'optimisation des ressources hydrauliques, de la construction navale et des transports.

Dans son laboratoire, il présentera deux sujets :

- L'énergie hydroélectrique et les barrages
- L'énergie due aux vagues
-

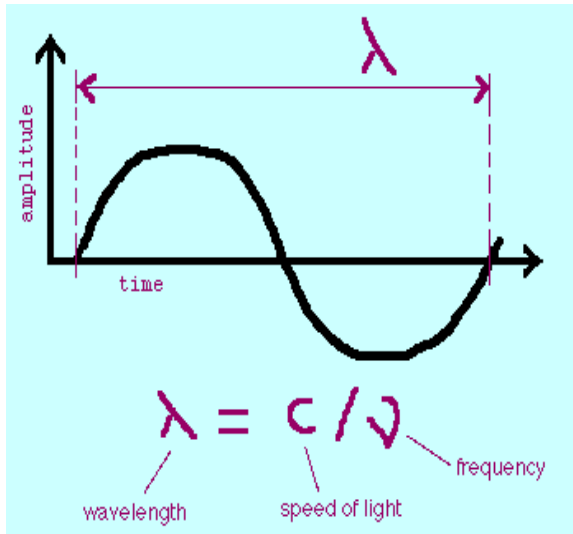
Cette partie traite de l'énergie due aux vagues.

Le vent soufflant sur l'océan lui transmet une partie de son énergie sous forme de houles ou de vagues. Cette énergie est très importante et l'on peut l'observer lors des dégâts provoqués par des tempêtes sur le rivage ou les bateaux.



1. Définitions

■ On peut donner les définitions suivantes lorsqu'il s'agit des vagues : Mouvements oscillatoires de l'eau faisant se succéder crêtes et creux. Ne se font plus sentir au-dessous de 100 m de profondeur. Caractérisées par : longueur d'onde : distance en mètres entre 2 crêtes (dépasse rarement 300 m) ; hauteur : distance en mètres entre crêtes et creux ; période : temps en secondes entre le passage de 2 crêtes successives en un point fixe (côte basque 14 s) ; célérité : vitesse de propagation en nœuds déduite de la longueur d'onde et de la période ; cambrure : rapport de la hauteur à la longueur d'onde.



■ Au-dessus d'une cambrure de 0,14, il y a déferlement et formation de rouleaux ou de moutons. Aux abords du rivage, lorsque le fond se relève, la vague brise ou déferle, c'est la barre : la base est freinée, mais la crête s'abat sur la côte ; le jet de rive est suivi du retrait de l'eau.

■ Dans un groupe de vagues de longueurs d'onde différentes, les vagues les plus longues rattrapent et dépassent les plus courtes. Une vague de 5 s de période a une longueur d'onde de 40 m et se déplace à 28 km/h. Une vague de 20 s de période a une longueur d'onde de 625 m et se déplace à 112 km/h.

2. Energie de la houle

L'énergie d'une houle est définie par la

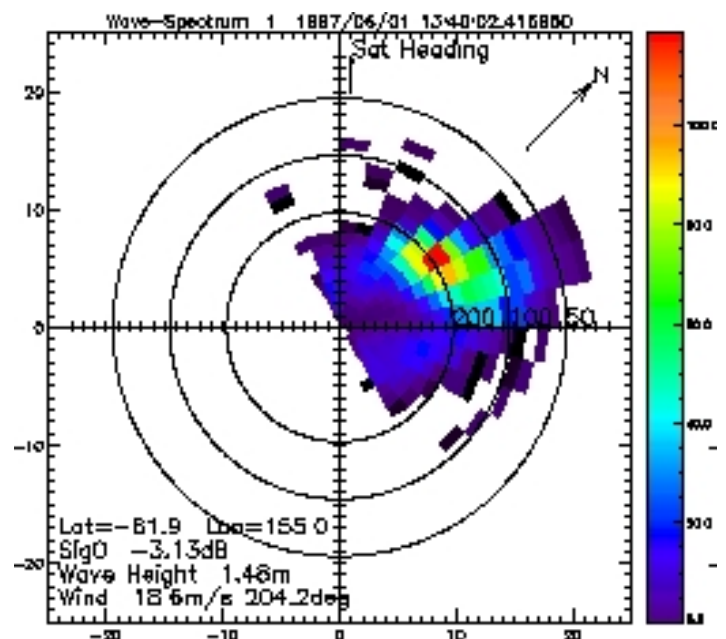
relation $E = \frac{1}{8} \rho g L H^2$

où ρ est la masse spécifique de l'eau

L la longueur d'onde

H la hauteur de la vague

Hauteur maximum



■ Hauteur maximale, observée au large, de vagues provoquées par le vent.

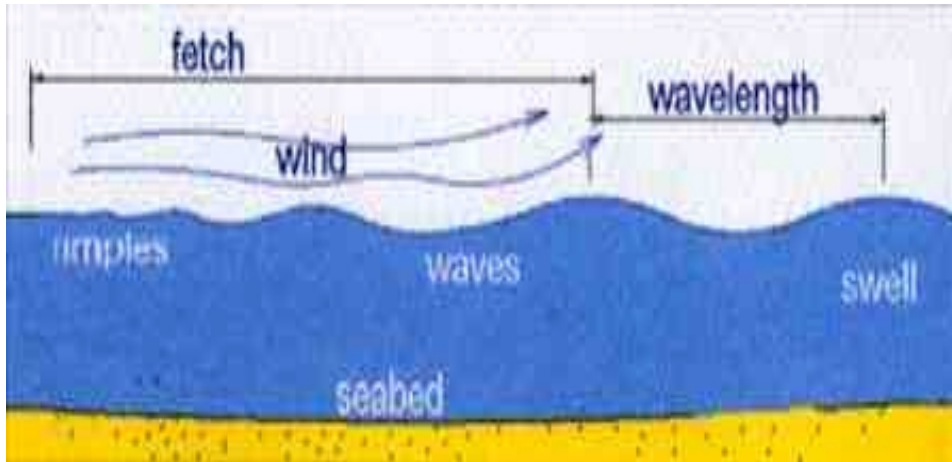
- Pacifique Nord (7-2-1933) 34 m.
- Sud (enregistrée scientifiquement 2-4-1956) 23,4 m.
- Atlantique de 14 à 18,5 m, maximum 26,20 m (30-12-1972).
- Océan Indien de 10 à 15 m.
- Méditerranée de 8 à 9 m.

dans le cadre du Printemps des Sciences 2002

<http://www.ulg.ac.be/sciences>

Université de Liège - Haute Ecole Charlemagne - Hemes

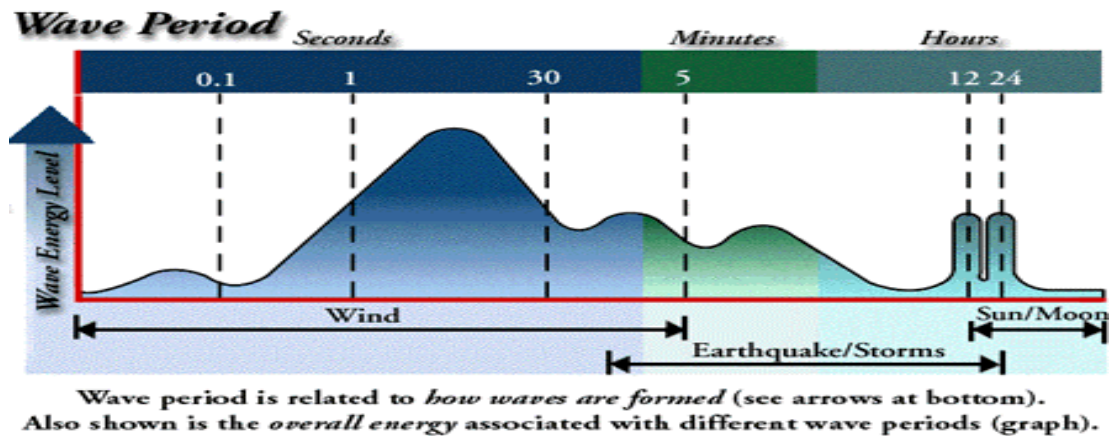
Les métiers de l'énergie - Ingénieurs de l'énergie



La taille des vagues est considérée comme fonction de la distance du fetch, c'est-à-dire de la distance sur laquelle s'exerce le vent sans rencontrer d'obstacle (côte). Très grandes vagues : hauteur 17 m, vent soufflant à plus de 110 km/h pendant 24 h sur une distance de 800 km. Si 2 houles de 2

directions différentes se rencontrent, crêtes et creux peuvent s'additionner provoquant des vagues isolées hautes de 25 m.

Distribution de l'énergie

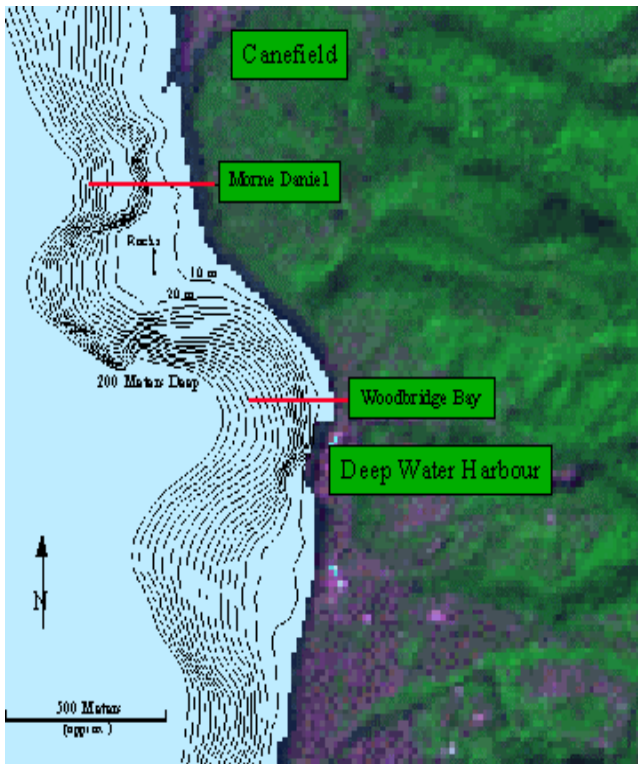


Distributions d'énergie selon les longueurs d'onde

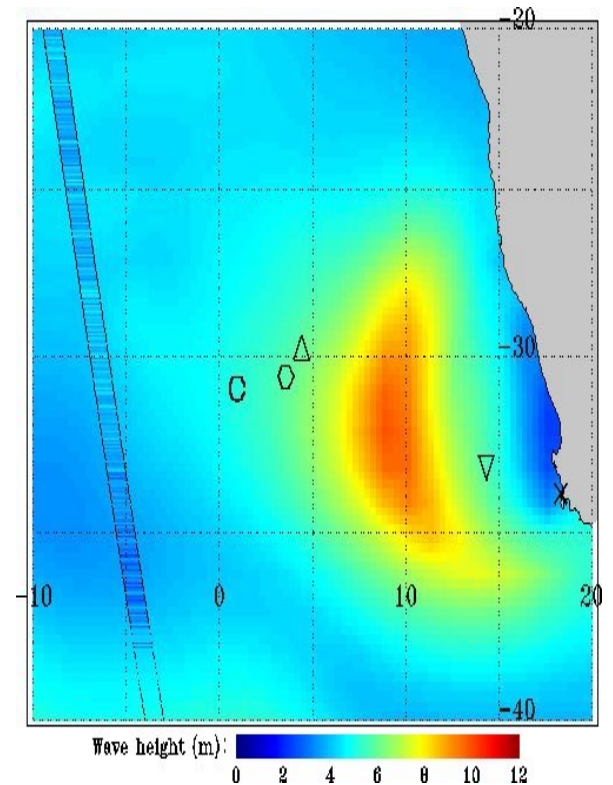




Distribution de l'énergie due aux vagues à travers le monde



Distributions des houles près des côtes



Modélisation mathématique de la propagation de la houle

dans le cadre du Printemps des Sciences 2002

<http://www.ulg.ac.be/sciences>

Université de Liège - Haute Ecole Charlemagne - Hemes

Les métiers de l'énergie - Ingénieurs de l'énergie

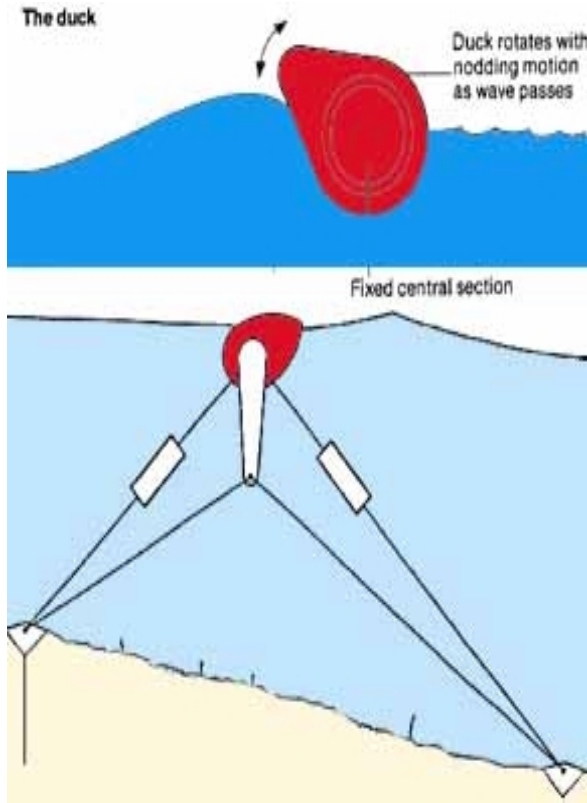
3. Récupération de l'énergie

■ Systèmes.

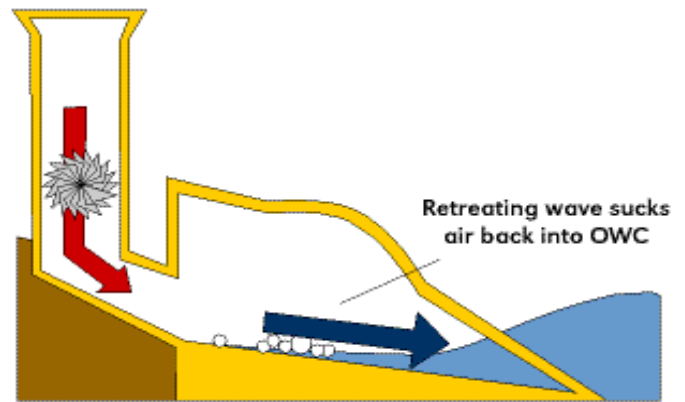
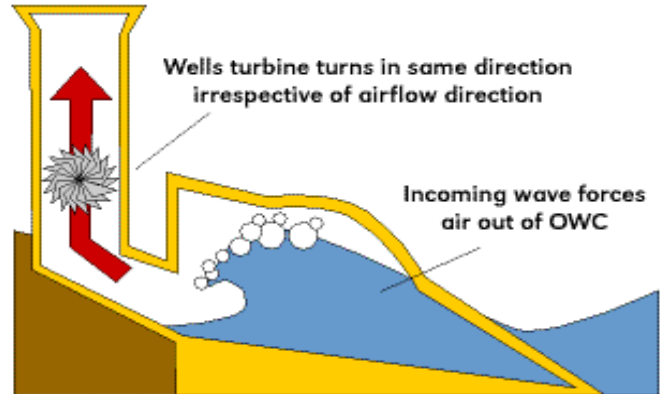
- ❖ Transformant l'énergie des vagues en variations de pression ou d'équilibre hydrostatique.
- ❖ Convertisseur de mouvement ondulatoire des vagues en mouvement de rotation ou de bascule d'éléments mécaniques.
- ❖ Puissance. Environ 50 à 80 kW par mètre linéaire de front de vague.
- ❖ Coût. Environ 20 fois trop élevé.

■ Réalisations.

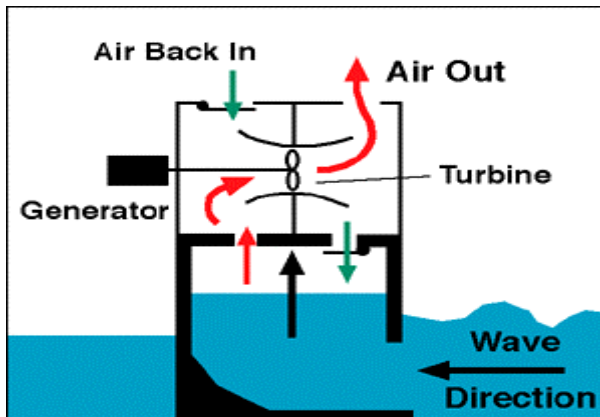
- 1) Batteurs ou canards de Stephen Salter : axe parallèle au front de la vague sur lequel on fixe une série de batteurs (arrondis vers l'arrière, effilés en bec de canard vers l'avant). Le bec est soulevé par la vague puis retombe. Un système interne de pompes utilise le mouvement pour comprimer un fluide qui actionne une turbine. Depuis 1977, une maquette au 1/10e est essayée sur le Loch Ness (amplitude des vagues 10 fois inférieure à celles de l'Atlantique) ; un axe de 50 cm de long porte 20 canards. Une station d'un km fournirait 45 MW. Inconvénients : installation flottante demandant un axe très résistant, reconversion difficile de l'énergie. Avantage : bonne récupération de l'énergie.
- 2) Radeaux articulés de sir Christopher Cockerell (inventeur de l'hovercraft) : radeaux de 120 m de long faits de 2 panneaux articulés et d'une partie centrale contenant les unités productrices. La vague soulève et abaisse les parties mobiles, le mouvement est récupéré dans l'articulation par des pompes pour produire de l'énergie. Maquette au 1/10e expérimentée dans le Solent (entre l'île de Wight et la G.-B.), radeaux de 100 m de long et 50 m de large devant produire 1 à 2 MW. Des radeaux sur 25 à 30 km fourniraient 500 MW, soit la moitié d'une centrale nucléaire.
- 3) Rectificateur de l'équipe de Robert Russel : caisse ouverte sur le large et divisée en 2 compartiments superposés. La vague remplit le haut du réservoir, puis tombe dans la partie inférieure en actionnant une turbine. L'ensemble est construit au fond de la mer.
- 4) Colonne d'eau oscillante : caisson à clapet où la montée de l'eau poussée par la vague joue comme un piston et comprime une bulle d'air qui fait tourner un turbogénérateur. Principe des bouées lumineuses japonaises. Une réalisation à Norway (Norvège) depuis nov. 1985, et 13 projets (dont Portugal 1 à 1,5 MW, Indonésie 1 à 1,5 MW, USA 2 MW). Centrale Osprey (Dounreay, Écosse). En service 2-8-1995, à 275 m sous la mer, hauteur 20 m, puissance (en MW) vagues 2, vent 1,5. Production prévue : 600 kW/an. Coût : 7 millions de £. Détruite 28-8-1995 par cyclone Félix. Monaco : la houle fait fonctionner la pompe qui alimente l'aquarium du Musée océanographique.



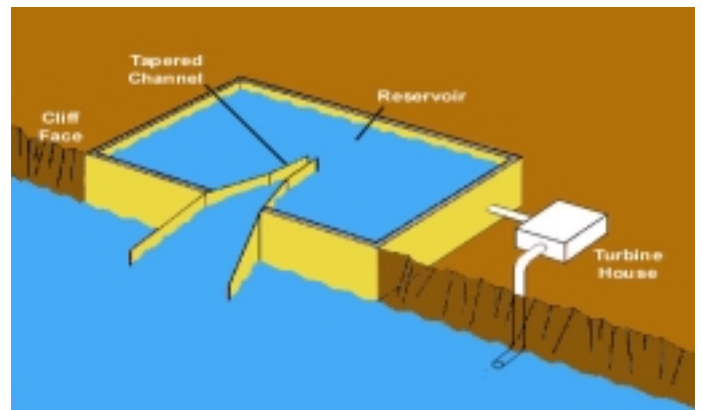
Batteur



Colonne d'eau



Rectificateur

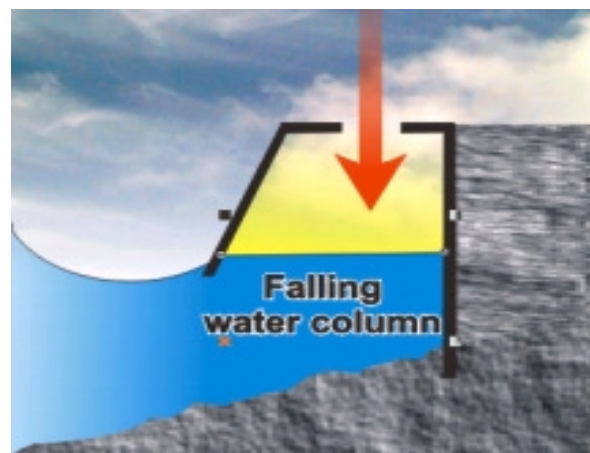
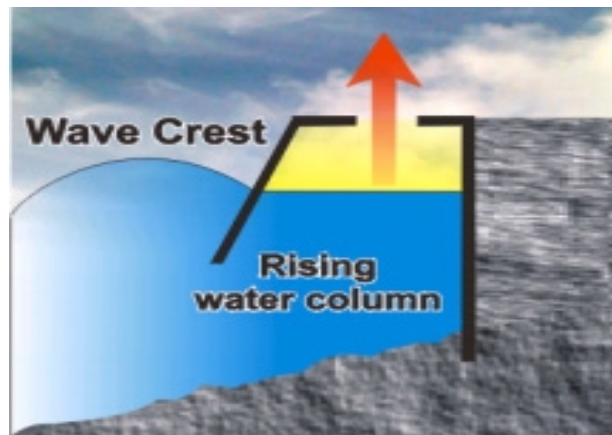
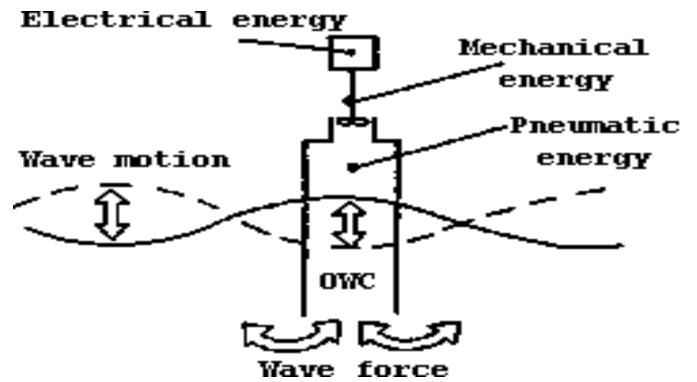
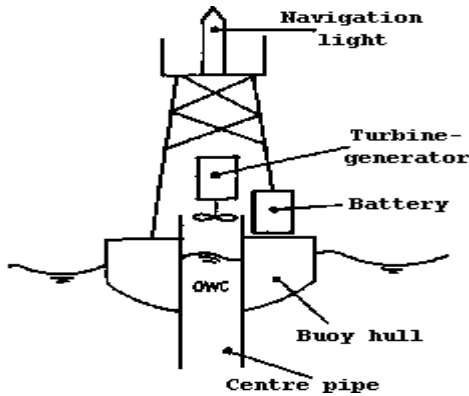


Bassin amplificateur

■ Afin de mieux encore estimer la valeur de la puissance des vagues, il faut savoir qu'une longueur de 100 m de crête de houle de 3 m de hauteur développe une puissance de 10 MW soit 1/100 de la puissance d'une unité nucléaire de 1000 MW.

Energie due aux vagues

Faculté des Sciences Appliquées, Département d'Hydraulique et de Transport
E.ESKENASY, A.LEJEUNE, J.MARCHAL et M. PIROTON

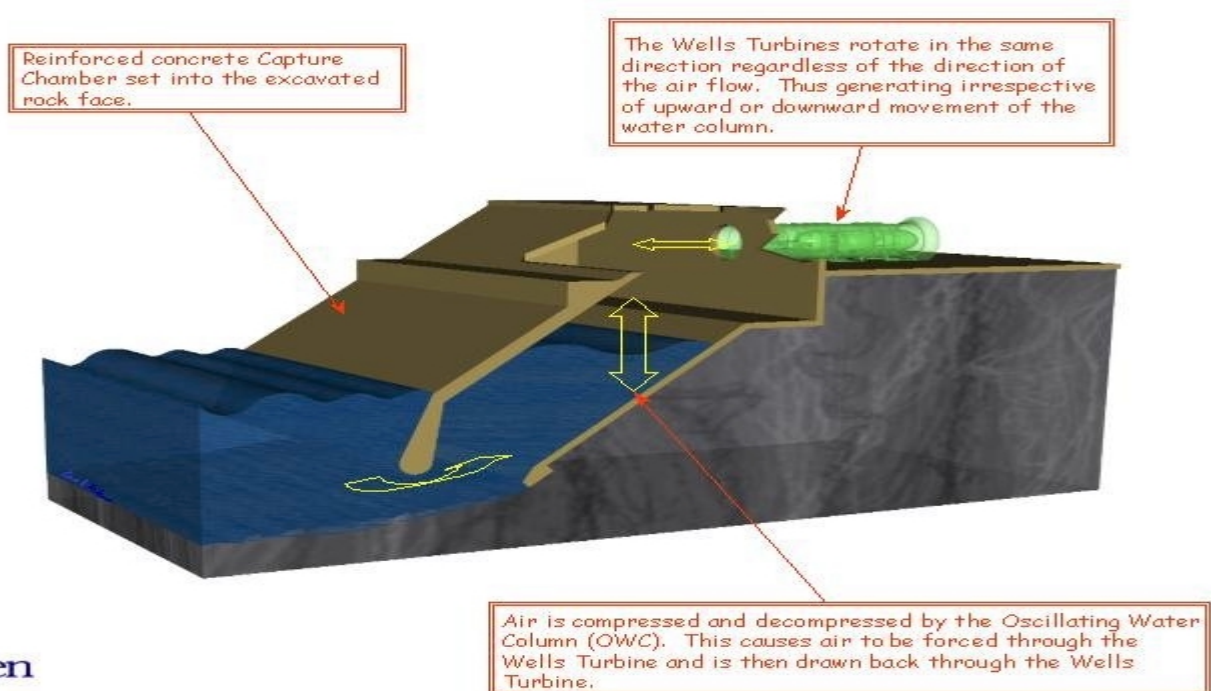


dans le cadre du Printemps des Sciences 2002

<http://www.ulg.ac.be/sciences>

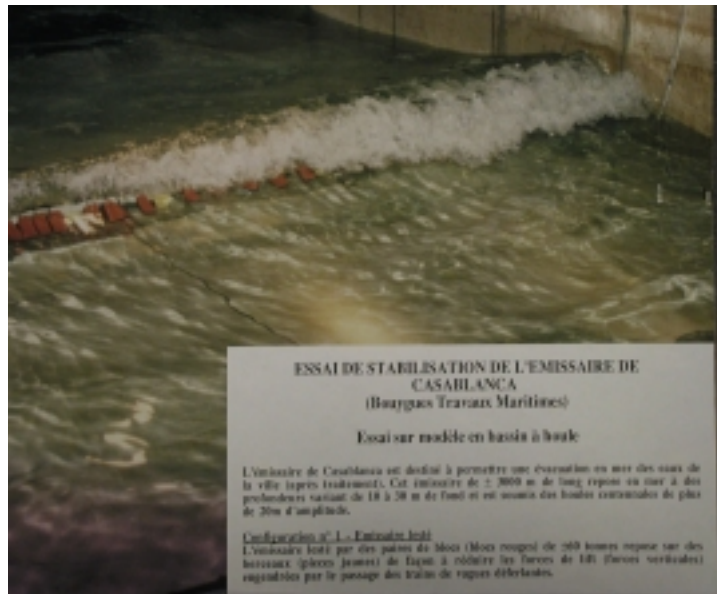
Université de Liège - Haute Ecole Charlemagne - Hemes

Les métiers de l'énergie - Ingénieurs de l'énergie

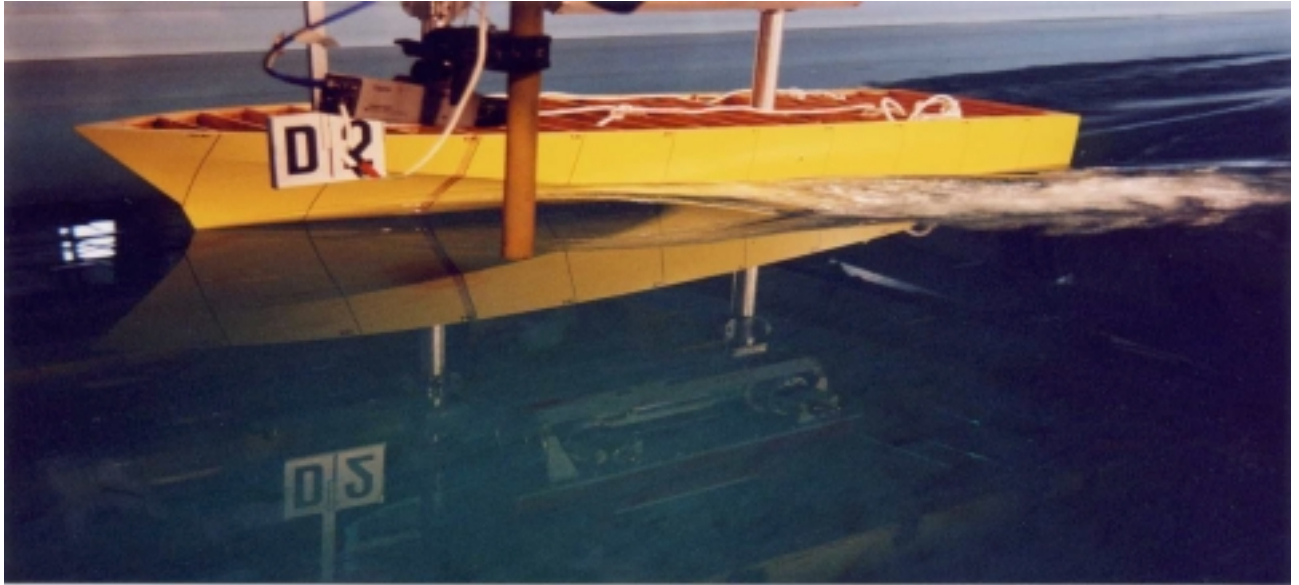




Bassin de carènes Ulg



Batteur de houle du laboratoire Ulg



Essai de bateau dans le bassin de carènes Ulg

■ Malgré cette importance considérable, cette énergie renouvelable n'a pas encore pu être captée d'une manière techniquement économique sur une large échelle. La porte est ouverte à de nouveau défi pour les ingénieurs.

Dans le canal à houle du département, les visiteurs pourront observer la génération de la houle, sa propagation et son action sur des structures.