

littoral atlantique français), la puissance serait égale à cinq gigawatts, soit de l'ordre de grandeur de la puissance fournie par les éoliennes en France en 2010.

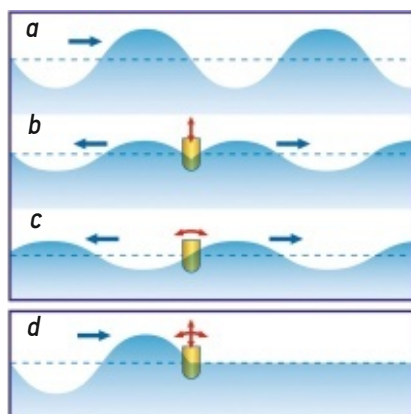
Comment récupérer cette puissance ? Généralement, l'idée est de profiter du va-et-vient des masses d'eau pour actionner un dispositif électromécanique. On a le choix entre des dispositifs étendus (projets *Pelamis* ou *Wave Dragon*) et des dispositifs plus simples qualifiés de « ponctuels », car petits par rapport à la longueur d'onde des vagues. Ils sont de conceptions très variées, comme l'attestent les unités *PowerBuoy* et *Archimedes* (voir la figure 3). Quelques principes physiques de base nous permettront cependant de déterminer la puissance maximale à attendre des dispositifs ponctuels.

Pour ce faire, déterminons l'énergie prélevée de la houle en analysant comment cette onde a été modifiée par la bouée. Utilisons un raisonnement analogue à celui qui permet, en optique, de déterminer l'énergie maximale absorbée par un atome dans un faisceau lumineux ; ce maximum correspond, à un coefficient numérique près, à l'énergie incidente sur une surface égale au carré de la longueur d'onde lumineuse.

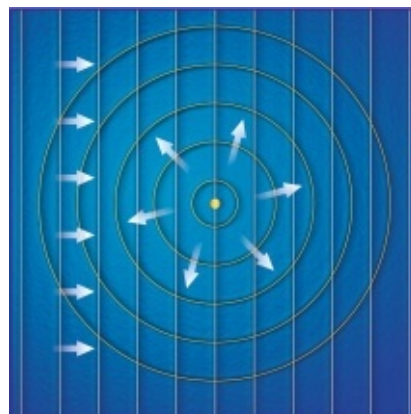
À grande distance du « capteur ponctuel », l'onde résultante est la superposition de l'onde incidente et d'une onde circulaire émise par le capteur (voir la figure 2). On observe alors deux effets : dans la direction de propagation de l'onde incidente, on a des interférences destructives entre l'onde incidente et celle émise par le capteur ; et dans toutes les autres directions, il y a émission d'énergie.

Les interférences se traduisent par le fait que, sur une certaine étendue, l'amplitude de la houle est plus faible qu'elle n'aurait été en l'absence du dispositif. Ainsi, la houle transporte moins d'énergie. L'énergie prélevée est proportionnelle au produit de l'amplitude initiale de la houle par l'amplitude de l'onde émise. Et pour un effet maximal, les oscillations du capteur doivent être en opposition de phase par rapport à la houle.

Ainsi, plus l'amplitude des oscillations est grande, plus l'énergie prélevée serait



2. UNE BOUÉE QUI OSCILLE de façon appropriée peut absorber l'énergie des vagues. Le schéma de la situation à une dimension aide à le comprendre (a, houle non perturbée). Une oscillation verticale sur une surface liquide plane crée une onde symétrique (b). Une oscillation horizontale crée une onde antisymétrique (c). La superposition des trois cas de figure (houle non perturbée, oscillations verticales et horizontales de la bouée avec des amplitudes adéquates) conduit à l'absorption de l'énergie incidente (d). Le schéma de droite représente la situation en deux dimensions, vue de dessus.



importante, mais c'est sans compter sur le second effet : l'onde émise par le capteur transporte une énergie proportionnelle au carré de son amplitude. La puissance réellement récupérée par le capteur est donc la différence entre l'énergie prélevée à la houle et l'énergie réémise.

Trouver le bon réglage

On doit ainsi ajuster l'amplitude des oscillations du capteur de façon à augmenter au maximum l'énergie prélevée à l'onde sans que l'énergie rayonnée ne vienne tout faire perdre. On montre que l'optimum est atteint quand la puissance récupérée est identique à la puissance émise.

Le calcul indique en outre que la puissance récupérée est alors égale à la puissance de la houle initiale qui arrive sur un segment dont l'extension est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde du rayonnement. Cela donnerait au plus 500 kilowatts pour une houle de deux mètres d'amplitude et ayant une longueur d'onde de 64 mètres.

Or les rendements actuels ne sont que de quelques pour cent... À cela s'ajoutent trois autres difficultés. La première est qu'en réalité, les mouvements de la surface des océans sont complexes et correspondent

LES AUTEURS



Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris. Leur blog : <http://blog.idphys.fr>

BIBLIOGRAPHIE

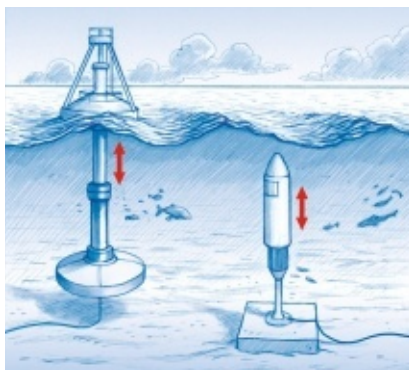
J. Falnes, A review of wave-energy extraction, *Marine Structures*, vol. 20(4), pp. 185-201, 2007.

K. Budar et J. Falnes, A resonant point absorber of ocean-wave power, *Nature*, vol. 256, pp. 478-479, 1975.



Retrouvez les articles de J.-M. Courty et E. Kierlik sur www.pourlascience.fr

3. PLUSIEURS DISPOSITIFS produisant de l'électricité à partir de l'énergie de la houle ont déjà été testés et sont sur le point d'être exploités commercialement. L'un d'eux est *PowerBuoy*, un dispositif à flotteur conçu par la Société américaine *Ocean Power Technologies*. Un autre est *Archimedes Waveswing*, dispositif immergé construit par la Société écossaise *AWS Ocean Energy*. Dans les deux cas, le va-et-vient d'un cylindre qui coulisse à l'intérieur d'un autre engendre de l'électricité par induction électromagnétique.



à la superposition d'ondes provenant de directions différentes et n'ayant pas la même longueur d'onde. À la lumière de ce qui précède, il est impossible d'avoir une récupération d'énergie maximale pour des longueurs d'onde très différentes : le processus d'optimisation sera donc au mieux

un compromis, adapté aux formes particulières de la houle du lieu d'installation.

La deuxième difficulté est que ces dispositifs doivent résister aux plus fortes des tempêtes, ce qui accroît notablement le coût de leur installation. Enfin, il reste techniquement délicat de convertir de l'énergie fournie irrégulièrement avec des temps caractéristiques de 10 secondes en énergie électrique régulée à 50 hertz (cycles de 0,02 seconde).

C'est pourquoi l'énergie de la houle, quoique propre et renouvelable, n'en est qu'au stade des expérimentations poussées. Le projet actuel le plus ambitieux, SEABASED, est la construction en Suède d'une ferme de 500 unités houlomotrices d'une puissance totale de dix mégawatts. Le projet français SEM-REV, visant à tester divers prototypes, sera quant à lui déployé en 2011 au large du Croisic. ■

Mardi 8 février 2011 à 18h30
au Palais de la Découverte
Avenue F.-D. Roosevelt • 75008 Paris

Raconte-moi un chercheur

Pour la Science, en partenariat avec le Palais de la Découverte, vous convie, chaque mois, à passer une heure avec un scientifique.

Comment est-il devenu chercheur ? Quelles sont les différentes facettes de son métier ? En quoi consiste son travail au quotidien ?

En vous faisant partager leur expérience et en rendant leur métier plus concret, ces chercheurs ont une ambition : vous faire partager leur passion pour la science !

Invité

Christophe Salomon

Directeur de recherche au CNRS, Christophe Salomon dirige le groupe « Gaz de Fermi ultrafroids » au sein du Laboratoire Kastler-Brossel de l'École normale supérieure, à Paris. Il étudie les gaz d'atomes ultrafroids. Son équipe est aussi engagée dans la mission spatiale ACES de l'Agence spatiale européenne, qui vise à envoyer en 2013, sur la Station spatiale internationale, l'horloge PHARAO à atomes froids.

Palais de la Découverte **POUR LA SCIENCE**