

L'Énergie en mer a-t-elle le vent en poupe ?

Face aux éoliennes titanesques qui révolutionnent nos paysages et aux panneaux solaires qui abondent sur nos toits, on en oublierait presque que d'autres formes d'énergies renouvelables émergent. En particulier, l'énergie marine, forte de son énorme potentiel, semble en plein essor, notamment l'énergie houlomotrice (énergie des vagues), dont un des projets phares français, SEAREV, est développé par la start-up Ocean Swing.

Un large éventail de technologies pour exploiter tous les potentiels

Barrage de la Rance, près de Dinard en Bretagne. Cette installation a longtemps été la plus puissante usine marémotrice du monde. Son principe : transformer l'énergie potentielle des marées en électricité. Pour cela, on retient l'eau à son niveau haut du côté amont de l'estuaire par un barrage avant de la libérer à travers des turbines, une fois la mer basse. Le procédé fonctionne, puisque depuis 1967, cette centrale produit 540 GWh/an, soit l'équivalent de la consommation annuelle de la ville de Rennes (200 000 habitants). Cette technique ancestrale a fait ses preuves, mais souffre d'une contrainte forte : elle ne peut être installée que dans des régions où le marnage^[1] est supérieur à 5 mètres, ce qui restreint drastiquement la ressource mondiale exploitable. Cette dernière est toutefois estimée à 320 TWh/an.

Une autre forme d'énergie, proche de celle des marées, a été très médiatisée ces dernières années : il s'agit de l'énergie hydrocinétique, ou énergie du courant. Les courants sont extrêmement prédictibles, et on estime pouvoir retirer 450 TWh/an, dont 3% en France. Sur le principe des éoliennes pour le vent, il a été développé des hydroliennes, hélices capables de produire de l'électricité lorsqu'elles sont mises en rotation par les courants. Parmi les différentes techniques développées à travers le monde, on peut citer Open Hydro, dont une ferme-test a été mise en place et raccordée au réseau en 2013 par EDF à Paimpol. Là encore, la production ne peut être que très localisée puisqu'elle n'est rentable aujourd'hui qu'à partir de vitesses de courant de 2,5 m/s.

Le potentiel de la mer ne réside pas que dans les marées et les courants : il existe aussi de l'énergie thermique marine (ETM). Une différence de température de 20°C entre la surface chauffée par le soleil et les eaux profondes suffirait à produire 80 000 TWh/an dans le monde. De la puissance mécanique est récupérée sur le principe d'un cycle thermodynamique dont la source froide est l'eau en profondeur et la source chaude, l'eau de surface. Dans les faits, la technologie n'est pas encore viable : corrosion, résistance mécanique des matériaux, lieu d'implantation des centrales sont autant de paramètres à traiter avant de pouvoir commencer une exploitation rentable. Des zones isolées comme les plateformes offshore ou les îles pourraient constituer un marché de niche.

Une exploitation moins conventionnelle de la mer consiste à s'intéresser à l'énergie osmotique. Elle vient de la différence de salinité entre eau douce et eau de mer, à l'embouchure d'un fleuve par

[1] différence de hauteur d'eau mesurée entre les niveaux d'une pleine mer et d'une basse mer consécutives

exemple. Concrètement, une membrane semi-perméable bloque les « gros » ions (Na^+ et Cl^-) et laisse passer les « petites » molécules de H_2O . La pression augmente donc dans le réservoir d'eau salée, et le débit est utilisé pour faire tourner une turbine qui produit de l'électricité. Avec l'énergie osmotique, et contrairement aux autres énergies marines, il n'y a pas d'intermittence. C'est un avantage comparatif énorme : 8 000 h de fonctionnement, c'est 3 à 4 fois plus longtemps que les éoliennes ! Cependant, le défi technologique reste entier puisque les membranes actuelles ne sont pas assez performantes. La toute première ferme Statkraft en Norvège produit seulement 4 kW pour 2 000 m^2 de membrane installée. Tout juste de quoi faire vivre 4 personnes. Les coûts de production sont élevés, et c'est sans compter les frais de nettoyage des membranes, prohibitifs. Aujourd'hui, des ruptures technologiques sont attendues pour atteindre la rentabilité, car le potentiel de l'énergie osmotique existe bel et bien, 1 700 TWh/an dans le monde, ce serait 3 fois et demie la production électrique annuelle française.

Et si l'avenir de l'énergie marine passait par l'énergie houlomotrice ?

On estime que la houle, à l'origine de l'énergie houlomotrice, représente un potentiel de 80 000 TWh/an, dont une partie est récupérable (environ 1 400 TWh/an soit plus de 10% de la demande mondiale en électricité). Aussi prometteuse que l'énergie thermique marine, la récupération d'énergie houlomotrice en est aussi à un stade supérieur d'avancées technologiques. On distingue 3 grandes techniques pour récupérer cette énergie.

La première, les flotteurs actionnés par la houle, exploite le mouvement relatif entre deux systèmes dont au moins l'un est entraîné par les vagues. Dans l'exemple ci-contre, le mouvement relatif a lieu entre un pendule (masse) et une bouée.

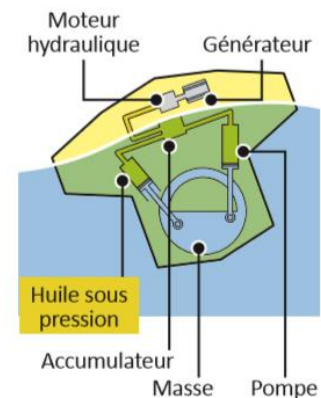


Figure 1 : Flotteur

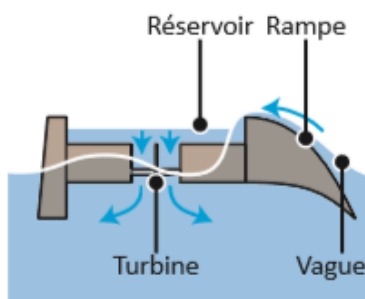


Figure 2 : Colonne d'eau oscillante

La deuxième, la colonne d'eau oscillante, exploite la pression des vagues qui comprime une colonne d'air actionnant une éolienne.

Pour la dernière, le déferlement, les vagues envoient de l'eau dans un réservoir au-dessus du niveau de la mer ; la redescente du niveau d'eau actionne une turbine.

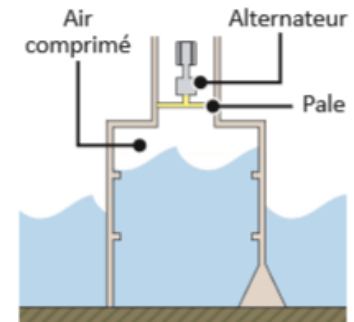


Figure 3 : Principe du déferlement

Différents prototypes existent déjà, mettant en œuvre ces méthodes. Pour chacune, de nombreuses optimisations empiriques, en bassin et en mer, sont requises pour atteindre un prix de revient du kWh suffisamment compétitif, ce qui se fait en augmentant la durée de vie et le rendement des prototypes.

SEAREV, un projet porté par les vagues

Ces objectifs sont notamment ceux du projet SEAREV, dont le développement a été repris par une start-up de l'incubateur de Centrale Nantes : Ocean Swing. SEAREV est né en 2002 de la collaboration de deux laboratoires de l'École Centrale de Nantes, celui d'hydrodynamique et celui d'automatique, et du SATIE de l'ENS Cachan. L'état de l'art de l'époque leur a permis de définir des contraintes à respecter pour créer une première génération de machines. Le point critique était la survie et la robustesse du produit. L'idée d'un flotteur type coque fermée protégeant du milieu marin et contenant une masse pendulaire s'est alors imposée (cf. figure 1). Ce concept restera la base du projet SEAREV tout au long de son développement et constitue encore sa force aujourd'hui.

L'implication d'industriels dans le projet a permis d'optimiser la forme du flotteur et de réaliser des tests en bassin. Ces tests ont mis en évidence la chute de rendement du système due au caractère non linéaire et aléatoire de la houle, et donc le besoin d'algorithmes de contrôle destinés à amplifier l'amplitude du mouvement pendulaire. En effet, pour l'instant le coût du MWh est estimé à 400€, alors qu'il devrait être de 200€ pour être économiquement acceptable.

Après avoir été testé en échelle réduite, le contrôle par latching, c'est-à-dire le blocage du pendule et son relâchement au moment opportun, a été abandonné car difficilement réalisable à l'échelle réelle : 26m de long, 10m de large, 1000 tonnes, dont 400 pour le pendule. Deux pistes sont actuellement étudiées, le contrôle réactif et le contrôle résistif. Le premier utilise l'énergie de la génératrice pour la redonner au pendule, alors que le second opère en modifiant son coefficient de frottement. Dans les deux cas, le but est de profiter au maximum de chaque vague. Cependant, chacun des contrôles est pour l'instant confronté au même problème : ils ont besoin de prédire la houle, ce qui n'est pas possible avec les modélisations actuelles.

Depuis le lancement du projet en 2002, SEAREV a connu beaucoup d'évolutions grâce aux efforts conjoints de chercheurs, d'industriels et d'entrepreneurs, et s'approche d'un projet industrialisable, mais il lui manque encore des étapes à franchir.

Bibliographie

Interview de Joseph CORDONNIER, Directeur des Opérations d'Ocean Swing, diplômé de l'ECP

MOUSLIM Hakim, BABARIT Aurélien, Récupération de l'énergie des vagues Technique de l'Ingénieur, Laboratoire de Mécanique des Fluides, UMR 6598, CNRS/ECN, Nantes, 10 janvier 2013

SYNDICAT DES ENERGIES RENOUVELABLES, Les énergies marines renouvelables : la planète bleue, décembre 2012

BABARIT Aurélien, Le système électrique autonome de récupération de l'énergie des vagues, Laboratoire de Mécanique des Fluides, UMR 6598, CNRS/ECN, Nantes, 10 août 2008