



Ce document est la transcription révisée, chapitrée et illustrée d'une vidéo du MOOC UVED « Énergies renouvelables ». Ce n'est pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots et l'articulation des idées sont propres à l'intervention orale de l'auteur.

L'énergie houlomotrice

Jean-Frédéric CHARPENTIER

Maître de Conférences – Ecole Navale

Je vais parler de l'énergie houlomotrice ou énergie des vagues.

1. Contexte

Il s'agit d'extraire de l'énergie du mouvement de la surface de la mer qui est créé en général par des conditions ou par des phénomènes météorologiques, en général le vent. C'est un mouvement qui est alternatif et complexe, et extraire l'énergie de ce mouvement et la transformer en énergie mécanique qui est susceptible d'être transformée en électricité n'est pas une chose particulièrement évidente. L'imagination des ingénieurs a été particulièrement fertile au sujet de l'énergie houlomotrice. Si on regarde par exemple en 2006, on comptabilisait plus de 1000 brevets qui proposaient des systèmes pour extraire l'énergie de la houle. Je n'ai pas la prétention de décrire ces 1000 systèmes mais je vais me concentrer sur quelques-uns de manière à vous montrer un petit peu quelques principes pour extraire cette énergie.

2. Production par turbinage d'un fluide

Une première famille de solutions consiste à être capable de turbiner un fluide qui peut être de l'eau ou de l'air, qui est mis en mouvement de manière directe ou indirecte par les vagues. On a ainsi des systèmes qui sont dits à déferlement : donc on va construire sur une plage artificielle, sur cette plage artificielle les vagues vont déferler et vont remplir un bassin dont le niveau d'eau va être supérieur au niveau moyen de la mer. On va vidanger ce bassin et effectuer une opération de turbinage lors de cette vidange et ainsi récupérer l'énergie

électrique. Ce type de système à déferlement peut être installé au niveau de la côte, on en voit un exemple sur la figure ci-dessous avec le système SSG.



C'est un système danois qui est constitué de plusieurs plages superposées, avec plusieurs bassins superposés. L'eau va progressivement descendre à travers le dispositif en étant turbinée à chaque fois. On peut également installer ces dispositifs en mer, donc les ancrer. On voit un exemple de ce type de dispositif en mer avec le projet qu'on appelle Wave Dragon. C'est également projet danois. On voit les plages de déferlement en rouge et le bassin au centre. Une deuxième possibilité est de par exemple fabriquer ce que l'on appelle une colonne d'eau oscillante. On va fabriquer une cavité qui est semi immergée, donc le mouvement de la surface de la mer va créer une variation du niveau d'eau à l'intérieur de la cavité, une variation dynamique du niveau d'eau et ça va expulser et admettre de l'air à l'intérieur de la cavité à travers une turbine qui se trouve en général au sommet de la cavité. Là aussi, on peut avoir une installation à la côte.

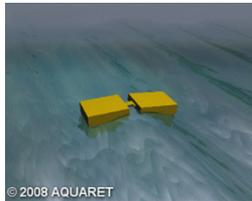
On voit sur la figure ci-dessous le projet LIMPET, par exemple, qui est un des premiers projets houlomoteurs construit. On voit la cavité qui est constituée en béton et on voit le tube qui est à droite de la cavité et dans ce tube sont situés la turbine et le générateur. On peut également placer ces colonnes d'eau oscillantes en mer. On les ancre de manière fixe. C'est le cas du projet Oceanlinx par exemple. On voit ici la cavité et au-dessus l'emplacement de la turbine.



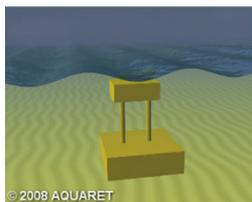
Les systèmes qui sont à la côte sont plus faciles à connecter au réseau électrique. Il est également plus facile d'intervenir dessus. On se trouve dans une situation qui assez proche par exemple de l'éolien terrestre. Mais ils sont sujets à plus de conflits puisqu'il y a beaucoup plus d'usagers sur la côte qu'en mer. Ils sont sujets à beaucoup plus de conflits que les systèmes en mer. Pour les systèmes en mer, se pose le problème du raccordement et de l'ancrage.

3. Production par mise en mouvement de corps solides

On peut également imaginer d'autres systèmes pour récupérer l'énergie de la houle. Dans cette deuxième famille de systèmes, le mouvement de la surface de la mer va mettre en mouvement des corps solides et on va exploiter les mouvements relatifs de ces corps solides (figure ci-dessous).



Atténuateur



Pompe/Absorbeur



Volets oscillants



On a par exemple des systèmes de type atténuateurs qui sont constitués de plusieurs flotteurs articulés. Le mouvement de la mer va donc mettre en mouvement les flotteurs et on va récupérer l'énergie aux articulations, soit par le biais d'un générateur direct dédié qui est très spécifique dans ce cas-là, soit par le biais d'un système hydraulique ou pneumatique, par exemple on va avoir une pompe qui va pressuriser un fluide que l'on va turbiner.

Un exemple de ce type d'atténuateur est l'un des projets houlomoteur les plus connus. On l'appelle le PELAMIS. C'est un projet anglais. Il s'agit d'une sorte de serpent de mer constitué de plusieurs flotteurs. Ce serpent va onduler en définitive à la surface de la mer avec les vagues.

On peut également avoir des systèmes que l'on appelle pompes ou absorbeurs. Dans ce cas, on va avoir un flotteur qui est soit à la surface de la mer, soit partiellement immergé et ce flotteur va osciller avec le mouvement des vagues. Il va transmettre cette oscillation à la base du dispositif et on va donc récupérer un petit peu de la même manière que pour les atténuateurs, ce mouvement et on va le transformer en énergie soit de manière directe soit de manière indirecte par un système hydraulique automatique. Un exemple de ce type de dispositif est le projet CETO, proposé par une compagnie australienne et qu'une compagnie française qui s'appelle DCNS a également choisi. Il propose un flotteur semi immergé qui oscille avec le mouvement des vagues.

4. Production par usage de volets oscillants

Une troisième solution est d'utiliser par exemple des systèmes de volets oscillants. La houle va pousser le volet de manière alternative et on va récupérer de l'énergie à la jonction avec la partie fixe, donc quelque part à la charnière du volet, si j'ose dire, de la même manière que pour une pompe ou un atténuateur.

5. Conclusion

Si on regarde ces différents systèmes, il faut comprendre que l'énergie houlomotrice est relativement diffuse. Les systèmes proposés ont des rendements relativement faibles. Pour obtenir des puissances significatives, on va avoir des systèmes qui sont particulièrement importants en termes de volume et de taille. À titre d'exemple, le Pelamis illustré plus haut a une longueur de plus de 150 mètres et un poids de plus de 1000 tonnes. Lors des conditions de mer extrêmes, par exemple lors de tempête, les vagues vont exercer des forces très importantes sur ces structures, donc la robustesse et l'ancrage est un véritable défi en termes d'ingénierie. Ces difficultés d'implantation et d'opération, cet environnement hostile, font que pour l'instant aucun des multiples systèmes proposés n'a atteint un niveau de maturité suffisant pour être développé à grande échelle à un stade commercial.