

Moulin à humidité : principe, modélisation et apport énergétique

Soucieuse de l'environnement, la découverte du moulin à humidité, qui est capable de produire de l'énergie grâce à une utilisation nouvelle et originale de l'évaporation de l'eau, m'a beaucoup intriguée. Ainsi j'ai voulu en savoir plus sur le principe et les caractéristiques physiques d'un tel dispositif.

Étudier les paramètres d'un mécanisme utilisant un phénomène naturel pour fournir de l'énergie, permet de comprendre comment les optimiser afin d'obtenir un maximum d'énergie. Ainsi, ce dispositif pourrait faire partie des solutions à un des enjeux sociétaux les plus importants : la production d'énergie renouvelable.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>évaporation / hydratation</i>	<i>evaporation / hydration</i>
<i>éponge</i>	<i>sponge</i>
<i>théorème du moment cinétique</i>	<i>Kinetic moment theorem</i>
<i>méthode d'euler</i>	<i>Euler method</i>
<i>puissance</i>	<i>power</i>

Bibliographie commentée

L'évaporation de l'eau est un mécanisme naturel qui traduit le passage de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux lorsque la pression de vapeur est inférieure à la pression de vapeur saturante. [1]

Historiquement, la première utilisation du chauffage de l'eau jusqu'à sa vaporisation pour produire de l'énergie mécanique, a été possible grâce à la création en 1712 de la machines à vapeur par Thomas Newcomen. Suite aux améliorations apportées, notamment par James Watt, ce dispositif s'est avéré être un moyen efficace d'utiliser la vapeur d'eau pour produire de l'énergie puisque son utilisation permet actuellement de fournir 65% de l'électricité mondiale. [2]

Mais alors pourquoi ne pas utiliser la vapeur qui s'échappe des grandes étendues d'eau tels que les lacs ? Pourrait-on imaginer un dispositif qui permettrait de **produire de l'énergie à partir de l'évaporation naturelle de l'eau** ? Et bien, d'après le travail d'une équipe de 8 chercheurs américains de l'université de Colombie dirigée par Ozghur Zahin [3], il semblerait bien que oui [4].

En 2015, ces scientifiques découvrent qu'une bactérie, appelée bacillus subtilis, possède **des spores capables de gonfler jusqu'à augmenter leur volume de 40 % dans un environnement humide et se rétractent dans un milieu sec en 3 secondes**[3]. La rigidité de ces spores

pouvant changer de forme en réponse à une variation d'humidité suscite leur intérêt car pour un matériau solide, cette modification de forme demanderait beaucoup d'énergie [5]. Ils décident alors d'utiliser les propriétés de cette bactérie pour créer deux dispositifs, le moteur à évaporation (*evaporation engine*) et le moulin à humidité (*moisture mill*) [4], qui se servent de la variation d'humidité d'un milieu, pour produire de l'énergie [3]. En vue d'expériences à réaliser, notre TIPE portera uniquement sur le moulin à humidité qu'on qualifiera de moteur rotatif.

Le moteur rotatif est constitué de bandelettes sur lesquelles ont été déposés des spores de bactéries[4]. Ces bandes ont ensuite été disposées sur un rotor composé de 4 à 5 anneaux. La roue ainsi créée est incorporée dans un système lui permettant d'être soumise d'un côté à un environnement humide et de l'autre côté à un milieu sec [3]. De ce fait, quand les bandelettes arrivent dans le côté humide, leur masse augmente pendant que de l'autre côté, dans l'environnement sec, elle diminue. Ainsi, **la somme des moments des forces dans le côté où a lieu l'évaporation de l'eau est plus importante que celle dans le côté sec ce qui entraîne la rotation du rotor**. Enfin, par l'intermédiaire d'une courroie élastique leur dispositif, basé sur l'évaporation de l'eau, est transformé en moteur d'une petite voiture, qu'ils nomment Éva [6].

Ozghur Sahin, a reçu en 2015 un prix au forum économique mondial pour la création du moteur à évaporation et du moulin à humidité [7]. Néanmoins, bien que ces dispositifs soient prometteurs pour le devenir des énergies renouvelables, **aucune application sur des appareils plus importants n'a pour le moment vu le jour**. En 2017, une partie des chercheurs ayant contribué à la création de ces deux dispositifs ont fait des recherches plus théoriques sur l'énergie que ces appareils pourraient produire s'ils étaient appliqués à de plus grandes structures. Ainsi ils affirment qu'aux États-Unis, **l'utilisation de l'évaporation de l'eau permettrait de récupérer 325 GW soit 69% de la production annuelle d'énergie électrique en 2015** [8].

Pour conclure, utiliser un matériel qui change de forme, et donc de masse, suite à une variation d'humidité et l'inclure sur un rotor soumis d'un côté à un environnement humide et de l'autre côté à un milieu sec permet d'obtenir une rotation grâce à une différence de moments des forces. Ce procédé serait capable de produire de l'énergie. C'est ce que nous allons étudier grâce à la création d'un modèle simplifié.

Problématique retenue

La mise en place d'un dispositif rotatif utilisant l'évaporation de l'eau est-elle la promesse d'un nouveau moyen efficace de produire de l'énergie verte ?

Objectifs du TIPE

-**Comprendre** le fonctionnement du moulin à humidité.

-**Créer** notre propre système à partir d'un matériau possédant des propriétés similaires à celui des spores de bacillus subtilis.

-**Faire des expériences** pour avoir accès aux caractéristiques physiques de notre dispositif (exemple : temps caractéristique d'hydratation...).

-**Utiliser une simulation numérique** pour avoir accès à des données importantes telle que la puissance que pourrait fournir notre modèle.

-**Comparer** les paramètres physiques de notre modèle à ceux du moulin à humidité.

-**Conclure** quant à l'utilisation d'un tel dispositif

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] OLIVIER DEQUINCEY : Vapeur d'eau à la surface de la Terre et des planètes : <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/eau-liquide-vapeur-atmosphere.xml>
- [2] SCIENCE & VIE : 300 ans après l'invention de Newcomen : les nouveaux défis de la machine à vapeur : <https://www.science-et-vie.com/archives/300-ans-apres-l-invention-de-newcomen-les-nouveaux-defis-de-la-machine-a-vapeur-22139?uid=Mzk5MDIz>
- [3] XI CHEN, DAVIS GOODNIGHT, ZHENGHAN GAO, AHMET H.CAVUSOGLU, NINA SABHARWAL, MICHAEL DELAY, ADAM DRIKS, OZGUR SAHIN : Scaling up nanoscale water-driven energy conversion into evaporation-driven engines and generators : *Nature Communications*, vol.6 (2015), article n°7346
- [4] EXTREMEBIO : Renewable Energy from Evaporating Water : <https://www.youtube.com/watch?v=Vj2kuZm-aCA&t=189s>
- [5] WORLD ECONOMIC FORUM : Microbe-powered machines | Ozgur Sahin : <https://www.youtube.com/watch?v=5zmcItrWJOM>
- [6] COLUMBIA UNIVERSITY : Evaporation Powered Engines and Generators : <https://www.youtube.com/watch?v=rMKHYB0Uv9k>
- [7] COLUMBIA UNIVERSITY : Ozgur Sahin recognized at World Economic Forum : <https://www.biology.columbia.edu/news/ozgur-sahin-recognized-world-economic-forum>
- [8] AHMET HAMDİ CAVUSOĞLU, XI CHEN, PIERRE GRENTINE, OZGUR SAHIN : Potential for natural evaporation as a reliable renewable energy resource : *Nature Communications*, vol.8 (2017), article n°617

DOT

- [1] Septembre / Octobre: recherche d'un sujet reliant énergie et environnement. Découverte du moulin à humidité grâce à la lecture de plusieurs articles scientifiques. Choix fin octobre de travailler sur le moulin à humidité et notamment sur l'apport énergétique qu'on pourrait obtenir d'un modèle simplifié.
- [2] Novembre: Réflexion sur la manière la plus simple de créer notre propre dispositif. Création 'd'une roue' composée de deux cd reliés en leur périmètre par des bouts d'éponge. Inclusion de roulements à billes au centre des disques pour y faire passer une tige et permettre la rotation.
- [3] Décembre: remplacement des roulements à billes par une liaison pivot pour diminuer les

coefficients de frottements. Modélisation théorique de notre modèle par une roue composée de deux bouts d'éponge, un dans le coté humide et l'autre dans le coté sec.

[4] *Janvier: Obtention d'une équation à 4 inconnues grâce au théorème du moment cinétique. Réflexion sur les expériences à mener pour déterminer ces inconnues afin d'avoir accès aux valeurs de θ en vue de connaître la puissance que notre modèle pourrait fournir.*

[5] *Février: Réalisation de deux expériences nous permettant de connaître la loi suivie par la masse d'un bout d'éponge lorsque celui-ci est dans le milieu humide et sec.*

[6] *Mars: Réalisation de deux expériences nous permettant de connaître le moment d'inertie de notre système et son temps caractéristique.*

[7] *Avril: détermination des temps caractéristiques d'évaporation et d'hydratation de nos bouts d'éponge. Utilisation d'une méthode d'Euler pour connaître les valeurs de θ .*

[8] *Mai: Détermination de la puissance que notre dispositif pourrait fournir. Simulation numérique pour comprendre comment augmenter l'efficacité de notre roue. Comparaison de nos résultats avec ceux mentionnés dans la thèse.*