

Rapport TIPE

Préambule

Aujourd'hui, pour représenter une alternative intéressante et compétitive face aux énergies fossiles, les énergies renouvelables doivent être à la fois performantes et accessibles. Ainsi, lors d'un travail à deux étudiants nous avons choisi d'étudier les caractéristiques des hélices réceptrices qui permettent d'obtenir un rendement optimal en comparant différentes formes en soufflerie.

Introduction

Pour répondre à la problématique retenue, on a commencé par utiliser un système expérimental reproduisant au mieux les conditions d'écoulement de Betz. Pour vérifier que notre modèle respectait la théorie de Betz qui prévoit un élargissement des lignes de champ au niveau de l'hélice, on a observé leur forme grâce à l'écoulement d'un fluide opaque (vapeur, fumée) dans la soufflerie. On a ensuite mesuré les vitesses d'écoulement en amont et en aval pour calculer les rendements des hélices et les comparer entre elles. Finalement, on s'est intéressé à la vitesse de rotation de notre hélice.

Corps principal

Contexte théorique :

On considère un écoulement d'air cylindrique infini en aval et en amont de l'hélice supposé incompressible et stationnaire. On néglige l'interaction du vent environnant. Le flux d'air cylindrique est ralenti et élargi à la traversée des pales de l'hélice.

On note:

v_1 et v_2 la vitesse de l'air respectivement en amont et en aval de l'hélice; S la section balayée par l'hélice et ρ la masse volumique de l'air.

Les théorèmes de la mécanique des fluides permettent d'obtenir l'expression de la puissance P absorbée par le rotor et Q la puissance cinétique du vent.

$$P = \frac{1}{4} \rho S (v_1 + v_2)^2 (v_1 - v_2), \quad Q = \frac{1}{2} \rho S v_1^3.$$

En faisant le rapport des deux grandeurs on en déduit le coefficient de puissance $C_p = \frac{P}{Q}$ (rendement) utilisé pour comparer les hélices entre elles.

1) Modalités d'action et restitution des résultats :

Les 3 temps de notre démarche expérimentale :

1. Vérifier que notre modèle expérimental corrobore le modèle d'écoulement de Betz : ralentissement et élargissement du flux d'air après le passage de l'hélice.

Résultats: on obtient des vitesses en aval inférieures à celles en amont ainsi qu'un élargissement du flux d'air. Notre montage expérimental est validé.

2. Mesure des vitesses d'écoulement et calcul du rendement (C_p) des hélices grâce à la formule ci-dessus.

Résultats : On obtient un rendement maximal pour une hélice bipale détenant la plus grande envergure de notre échantillon (6,3cm) ainsi que la plus grande surface de pale. A partir de ces résultats, on a étudié l'influence de différents paramètres pouvant influencer le rendement.

3. Mesure de la vitesse de rotation et calcul du couple exercé sur l'axe de rotation

Résultats : On obtient une vitesse de rotation limite ainsi que des plus petites vitesses de rotation pour les grandes hélices.

2) Analyse des résultats :

Nous avons analysé les résultats des calculs de rendement en se basant sur trois paramètres pouvant l'influencer (taille des pales, nombre de pales, surface des pales). On obtient finalement que seule la surface des pales influencent le coefficient de puissance de nos hélice : une augmentation de surface de pale entraîne un rendement optimal.

Cependant, lorsqu'on cherche à augmenter la surface des pales, l'envergure de ces dernières augmente aussi et ceci favorise les phénomènes de cisaillement qui sont problématiques pour l'usure de l'éolienne. Ainsi, pour augmenter la surface sans augmenter l'envergure, il est favorable d'augmenter le nombre de pales. Enfin, certaines hélices ont des valeurs de rendements aberrantes dus à des imperfections de conception.

Quant à la vitesse de rotation, on observe une valeur limite ce qui confirme la présence de frottements et réfute l'hypothèse d'un fluide parfait. Aussi, les grandes hélices ont une vitesse de rotation plus petite et un couple supérieur. Elles transmettent donc plus d'énergie au réseau.

Conclusion

Nous avons proposé une étude à échelle réduite relevant la façon de concevoir une hélice avec un rendement optimal en dehors de ses propriétés aérodynamiques. Nos résultats correspondent aux moyens utilisés par les ingénieurs pour optimiser le rendement des hélices.

En réalité, les concepteurs doivent tenir compte des nuisances, du coût et de l'usure pour qu'une éolienne soit rentable. Ainsi, il n'y a pas de recette « miracle » et les concepteurs adoptent généralement un compromis entre rendement et contraintes évoquées précédemment.

Bibliographie additionnelle :

[1]<http://www.connaissancedesenergies.org/pourquoi-la-plupart-des-eoliennes-ont-elles-trois-pales-140919>, consulté le 13/05/17

[2]<http://www.iscience.ca/energieeo/ateliers/energieeoliennerotor.php>, consulté le 22/05/17

[3] <https://www.hbm.com/fr/3108/mesure-de-couple-dans-les-eoliennes/>, consulté le 05/06 /17

[4]<http://www.mecaflux.com/suite/redacteurs%20partenaires/Didacticiel%20influence%20parametres%20eolienne.htm> , consulté le 08/06/17