

RAPPORT

Préambule :

Notre projet, basé sur un problème de mécanique des fluides, a été de comparer différentes hélices afin de déterminer celle qui possédait le meilleur coefficient de puissance.

Introduction :

Conformément à la problématique retenue, notre travail a consisté à réaliser des essais en soufflerie. En premier lieu, nous voulions pouvoir valider le modèle d'écoulement de Betz en mettant en évidence les lignes et le tube de champ de l'écoulement dans la soufflerie. En deuxième lieu nous avons mesuré la vitesse de l'écoulement d'air en amont et en aval de l'hélice afin de calculer le coefficient de puissance propre à chaque hélice. Enfin nous avons mesuré une vitesse de rotation limite pour les différentes hélices montrant qu'on atteint des régimes permanents.

Corps principal :

Nous considérons pour notre modèle une veine d'air à l'intérieur de la soufflerie qui contient l'hélice. L'écoulement de l'air est supposé incompressible et stationnaire.

On note :

- ρ la masse volumique de l'air
- v_1 la vitesse de l'air en amont de l'hélice
- v_2 la vitesse de l'air en aval de l'hélice
- S la section balayée par l'hélice

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.

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

Enfin on définit le coefficient de puissance $C_p = \frac{P}{Q}$ qui aboutit au rendement limite de Betz $C_{p_{\max}} = \frac{16}{27} \simeq 0,5930$

Un brumisateur d'eau par ultrason qui crée une fumée sèche froide et blanche nous a permis de réaliser des images du flux d'air autour de l'hélice et d'observer les lignes de courant. Ainsi nous avons pu visualiser la dilatation de la veine. Cette production de fumée est réalisée par cavitation de l'eau autour d'une pièce piézoélectrique en céramique oscillant à une fréquence $f \simeq 1\text{MHz}$.

Nous avons réalisé deux séries d'expériences, une où l'écoulement de l'air en amont est considéré comme rapide ($v_1 = 4\text{m.s}^{-1}$), l'autre où il est considéré comme lent ($v_1 = 2,2\text{m.s}^{-1}$) et nous avons, pour chacune de nos hélices, calculé C_p . Nous disposons de cinq hélices. Deux bipales (une grande et une petite) et une tripale achetées dans un magasin d'aéromodélisme ainsi qu'une bipale et une tripale fabriquées à l'aide d'une imprimante 3D. Les meilleurs rendements, obtenus avec une haute vitesse, sont les suivants :

- grande bipale industrielle $S = 124,7\text{cm}^2$ $C_{p1} = 0,4089$
- tripale industrielle $S = 69,4\text{cm}^2$ $C_{p2} = 0,3240$

s

Toutefois pour pouvoir comparer des hélices n'ayant pas les mêmes structures et les mêmes dimensions nous devons nous affranchir de certains facteurs pour n'en considérer qu'un. Nous voulions voir l'influence de trois facteurs : l'envergure des pales, la surface des pales et le nombre de pales. Ainsi pour les comparer nous divisons le C_p par la surface et l'envergure pour déterminer l'influence du nombre de pales, par le nombre de pales et la surface de celles-ci pour déterminer l'influence de l'envergure des pales, et par l'envergure et le nombre de pales pour déterminer l'influence de la surface de celles-ci.

De cette manière nous avons pu montrer que des surfaces de pales et des envergures de pales grandes permettaient d'avoir un meilleur rendement et enfin que le nombre de pales n'influait pas le rendement de l'hélice.

Enfin la mesure d'une vitesse de rotation limite pour les différentes hélices, pour un écoulement d'air à la vitesse de $2,2\text{m.s}^{-1}$ nous permet de conclure que la viscosité de l'air n'est pas négligeable et que les frottements causés par l'air peuvent parfois, causer des problèmes de cavitation lorsque la vitesse de l'écoulement de l'air est trop rapide, dont les scientifiques doivent prendre en compte.

Conclusion :

On peut donc en conclure que l'utilisation d'hélices avec des pales larges et grandes permet de récupérer plus d'énergie au vent. De plus le nombre de pales n'influence pas le rendement des hélices. L'utilisation majeure d'hélices tripale est due à une usure moindre du mat de l'éolienne. En effet le vent étant plus rapide avec l'altitude, les hélices bipales créent des couples de torsion sur le mat car le vent ne frappe pas les pales avec la même vitesse. Or ceux-ci sont moindre avec les hélices tripales.

Bibliographie supplémentaire :

- <http://www.connaissancedesenergies.org/pourquoi-la-plupart-des-eoliennes-ont-elles-trois-pales-140919>
- <http://www.iscience.ca/energieeo/ateliers/energieeoliennerotator.php>