

Evolutions des profils de vitesse à l'aval d'un rotor Savonius. Velocity profiles downstream a Savonius rotor.

Auteurs : A. Chauvin (1), B. Kamoun (2) et N. Belouaggadia (3).

(1) : *Laboratoire IUSTI. UMR 7343. Aix-Marseille Université. France.*

(2) : *Laboratoire de Physique. Faculté des Sciences de Sfax. Tunisie.*

(3) : *Université Hassan II. Mohammedia. Casablanca. Maroc.*

Alain.chauvin@polytech.univ-mrs.fr

Badre.kamoun@gmail.com

n.belouaggadia@gmail.com

Résumé : Dans ce travail on présente les relevés expérimentaux des profils de vitesses moyennes longitudinales, effectués à l'aval d'un rotor de type Savonius. Ces déterminations ont été réalisées dans une première partie en configuration statique, la machine étant alors calée à différentes incidences, puis en rotation libre. Dans une seconde partie, les mesures sont effectuées en situation dynamique, dans différentes sections aval, la machine pouvant tourner librement. Ces expériences ont été conduites pour deux valeurs du nombre de Reynolds. On peut mettre en évidence l'effet de dissymétrie de l'écoulement aval avec une forte déviation du côté de l'aube résistante. Enfin on étudie l'influence du nombre de Reynolds sur les profils de vitesse moyenne longitudinale. Ces analyses soulignent la présence de l'effet Magnus et elles sont en conformité avec les calculs des coefficients de traînée et de portance.

Mots clés : Eolienne Savonius, champ des vitesses

1. Introduction.

Le rotor de Savonius est une éolienne à axe vertical qui a fait l'objet de nombreuses études essentiellement de nature expérimentale. Ces travaux ont permis d'étudier les influences de l'écartement réduit ainsi que du rapport de forme sur le rendement de cette machine [1], [2], [3]. Ils ont été complétés par des visualisations de l'écoulement au voisinage de l'éolienne ainsi que du sillage [4], [5], [6]. La forme de la structure tourbillonnaire suivant deux lignes d'émission a été décrite [7]. On s'intéresse dans cette étude au champ des vitesses moyennes à l'aval de la machine, dans différentes sections droites.

2. Montage expérimental.

On a disposé, dans la veine d'une soufflerie subsonique, une maquette de rotor Savonius. Celui-ci est constitué de deux aubes semi-cylindriques de 44 cm de hauteur et de 5cm de diamètre chacune. Le décalage central permet d'obtenir un écartement réduit égal à $\frac{1}{4}$. Des disques de 10cm de diamètre ont été placés à chaque extrémité afin de limiter les effets de bouts. A une de ces extrémités on a disposé un frein constitué par un patin annulaire en téflon. Ce dispositif permet de faire varier le régime de rotation de la machine.

L'étude du champ des vitesses dans le sillage est réalisée par anémométrie à fils chauds. Les sondes sont positionnées sur un support mobile qui peut se déplacer avec une précision de l'ordre du millimètre dans une section droite grâce à un système de type vis sans fin motorisé. Le support de sonde des fils peut tourner autour d'un axe perpendiculaire au plan des fils. La rotation est mesurée par un rapporteur.

Les mesures des vitesses moyennes et de leurs fluctuations ont été réalisées à l'aide de sonde à fil droit pour les mesures de vitesses longitudinales et de sonde à deux fils croisés pour les mesures simultanées des composantes longitudinales et transversales de la vitesse. Ces sondes à fils chauds sont montées à l'extrémité d'un tube profilé. Elles sont constituées, pour le fil droit, d'un fil de platine rhodié de 5 μ de diamètre et de 1, 16 mm de longueur. La sonde à fils croisés est composée de deux fils identiques de 5 μ de diamètre, de 1,24 mm de

longueur et l'écartement entre les plans des fils est de 1mm. Le fil fonctionne à température constante, avec un coefficient de surchauffe de 0,8.

3. Résultats expérimentaux.

3.1. Influence de la rotation sur les profils de vitesse moyenne longitudinale à l'aval du rotor.

Pour un nombre de Reynolds donné ($Re = 43100$), on a relevé les différents profils de vitesse moyenne longitudinale dans une section droite de l'écoulement à l'aval de la machine. Ces mesures ont été effectuées dans deux situations : Une configuration statique, le rotor étant calé à différentes incidences et une configuration dynamique dans laquelle la machine est en rotation libre.

Sur la figure (1), on observe que ces différents profils de vitesse présentent tous des formes analogues, cependant on distingue très nettement les cas relatifs à la machine à l'arrêt à diverses incidences de celui qui se rapporte à la rotation libre. Tous les minimums obtenus, machine arrêtée, sont situés sur l'axe de symétrie de la veine ; par contre ce défaut maximum de vitesse se creuse et se déplace sur l'axe transversal dans le sens naturel de la rotation, quand la machine est en rotation libre. On remarque de plus que la position $\alpha = 30^\circ$ permet d'obtenir le plus petit défaut de vitesse. Cette constatation est à corrélérer à un minimum de la valeur de la traînée [8]. Un effet de survitesse sur les bords est observé pour une incidence de 90° . Le maître couple est maximum et de même pour la traînée.

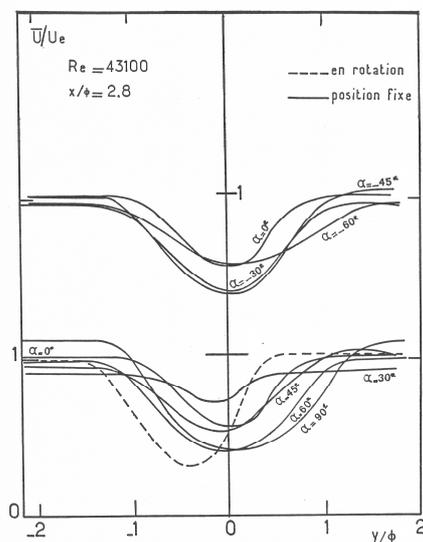


Figure 1 : Influence de la rotation de l'éolienne sur les profils de vitesse moyenne longitudinale aval.

3.2. Profils de vitesse moyenne longitudinale, dans différentes sections aval, pour 2 valeurs de Re.

Sur les figures (2) et (3) on présente l'évolution des relevés de vitesse moyenne longitudinale, quand on déplace le plan de mesure vers l'aval du rotor. Ces mesures sont effectuées pour des valeurs de Re égales respectivement à 29600 et 43100. La machine tourne librement. Dans les deux cas on peut observer un effet de déviation de l'écoulement du côté de l'aube avançante, qualifiée aussi de résistante, en suivant la rotation de la machine. Ce décalage par rapport à l'axe de symétrie augmente avec l'éloignement dans le sillage. Cette observation est tout à fait conforme à l'analyse résultant de la prise en compte de l'effet Magnus.

Loin dans le sillage, on constate une tendance à un retour vers des profils de type amont comportant un léger minimum décalé. L'effet de dissymétrie persiste.

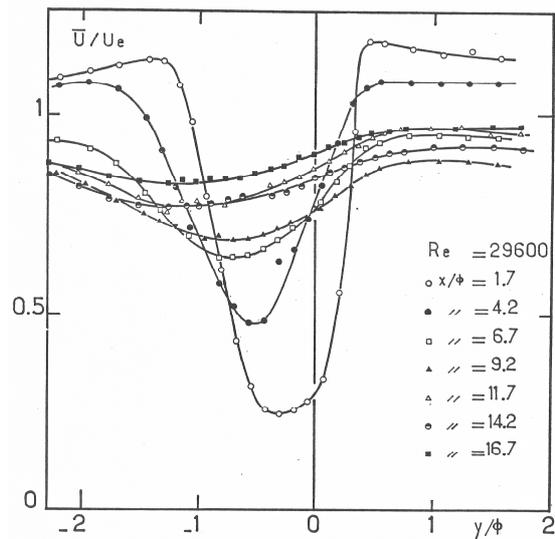


Figure 2 : Profils de vitesse moyenne longitudinale, dans différentes sections aval. $Re=29600$.

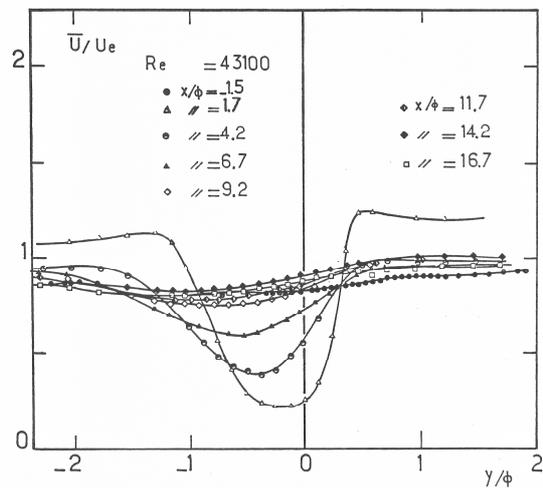


Figure 3: Profils de vitesse moyenne longitudinale, dans différentes sections aval. $Re=43100$.

3.3. Influence du nombre de Reynolds sur les profils de vitesse moyenne longitudinale, dans une section aval fixée.

Le plan de mesure est positionné à $x/\phi = 1.2$. On a fait varier la vitesse de l'écoulement incident et on a relevé les différents profils de vitesse moyenne longitudinale. Les nombres de Reynolds sont respectivement égaux à : 15200, 22400, 29600 et 43100. La machine est en rotation libre. On observe sur la figure 4, que le défaut maximum de vitesse augmente avec le nombre de Reynolds. Ce phénomène est à associer à un accroissement de l'activité tourbillonnaire au voisinage immédiat des aubes ainsi que dans le sillage de l'aube résistante [7].

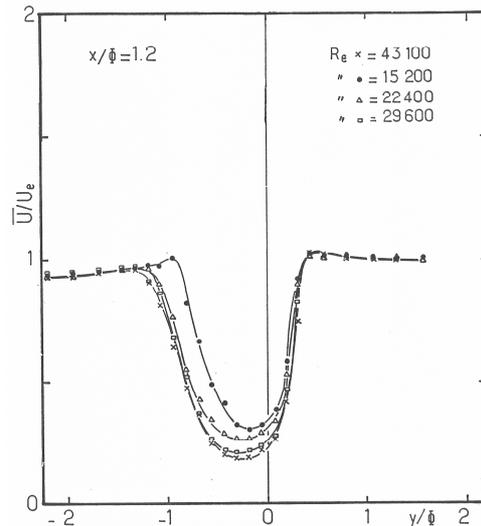


Figure 4 : Influence du nombre de Reynolds sur les profils de vitesse moyenne longitudinale, dans une section aval fixée.

Conclusion

Les profils obtenus en situation dynamique, à l'aide des mesures du champ longitudinal moyen, sont dissymétriques par rapport à l'axe médian d'écoulement. Le déplacement des extrémums est toujours observé du coté de l'aube résistante. Ce phénomène est corrélé à la déviation des lignes de courant, générateur de portance et donc associé à l'effet Magnus. Ces mesures de vitesse moyenne longitudinale confirment la description du sillage proche et lointain de la machine réalisée précédemment. On a pu établir, dans la configuration statique, que le minimum de défaut de vitesse est associé à une valeur minimum du coefficient de traînée de la machine. Dans une prochaine étude on s'intéressera à étudier, en configuration dynamique, les corrélations entre le champ moyen et le coefficient de traînée.

Références

- [1] : S. Savonius. « The S-Rotor and its Applications ». Mechanical Engineering, vol. 53, pp 333- 338. May 1931.
- [2] : M. H. Simmonds, A. Bodek. « Performance test of a Savonius Rotor ». Brace Research Institute. Ste Anne de Bellevue. Technical Report T 10. Québec. Canada. Janvier 1964.
- [3] : B.G. Newman. « Measurements on a Savonius Rotor with variable gap ». Conference on Wind Energy. Proc. University of Sherbrooke. May 1974. Québec. Canada.
- [4] : M. Botrini, A. H. Chauvin and C. Béguier. « Expérimental study of the Savonius Rotor ». Communication: Euromech Congress n° 153. Poitiers. France. Avril 1982.
- [5] : T. Ogawa. « Theoretical Study on the flow about Savonius Rotor ». Journal of Fluids Engineering. Vol 106, pp 85- 91. March 1984.
- [6] : J. N. Fugisawa and F Gotoh. « Visualization study of the flow in and around a Savonius rotor ». Experiments in Fluids. Vol 12, pp 407-412. August 1992.
- [7] : M. Botrini, A. H. Chauvin and C. Béguier. « Système tourbillonnaire engendré par une éolienne Savonius ». CRAS. Acad Sciences Paris. t. 298. Série II. n° 20. pp 861-864. Mai 1983.
- [8] : A. Chauvin, B. Kamoun : « Evolution des coefficients aérodynamiques d'un rotor Savonius ». VII Congrès CERE. 19-21 mars 2013. Sousse. Tunisie.

