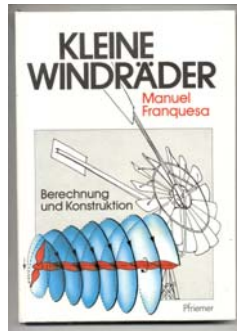


LA VERITAT

(www.amics21.com)



Brève introduction aux éoliennes Darrieus

par Manuel Franquesa Voneschen¹

Éoliennes Darrieus

Ces éoliennes à axe vertical sont des machines assez sophistiquées, donc ici nous allons seulement faire une brève présentation de ces turbines. Leur vitesse spécifique nominale est $\lambda_d = \text{env. } 5 \dots 7$.

Le rotor Darrieus est construit avec des pales d' haute performance avec des profils symétriques, par exemple le profil NACA 0012. La forme et la polaire de ce profil est illustré à la Fig. 2.

Elles ont généralement de deux à trois pales, qui peuvent être verticales, inclinées ou "pliés" en demi-cercle ou parabole (Fig. 1).

Ces rotors sont généralement utilisés pour des éoliennes Darrieus raccordées au réseau électrique, car ils ne peuvent pas démarrer par eux-mêmes.

Pour nos lecteurs qui souhaitent approfondir un peu sur l'aérodynamique du rotor Darrieus, nous avons ajouté deux figures: La Fig. 3 montre les forces aérodynamiques agissant sur un élément de pale à une position aléatoire (φ est l'angle de rotation), tandis que la Fig. 4 montre le comportement des trois vecteurs v' , u' et c des vitesses d'attaque des pales pendant une rotation complète autour de l'axe vertical, où

v' = vitesse du ven à l'hauteur du rotor

¹ Auteur du livre "Kleine Windräder : Berechnung u. Konstruktion" - Wiesbaden ; Berlin : Bauverlag, 1989. ISBN 3-7625-2700-8. Pour cette traduction; © Manuel Franquesa Voneschen 2010.

L'auteur peut être contacté via Facebook.

- u' = vitesse relative de l'air par rapport au élément de pale (vitesse tangentielle de l'élément de pale, perpendiculaire au rayon du rotor)
- c = vitesse absolue de l'élément de pale (resultante des vecteurs v' et u')

Entre la vitesse c , la vitesse du vent v' , l'angle de rotation φ et la vitesse spécifique du rotor λ il y a la relation suivante:

$$c = v' \cdot [(\lambda + \cos \varphi)^2 + (\sin \varphi)^2]^{1/2}$$

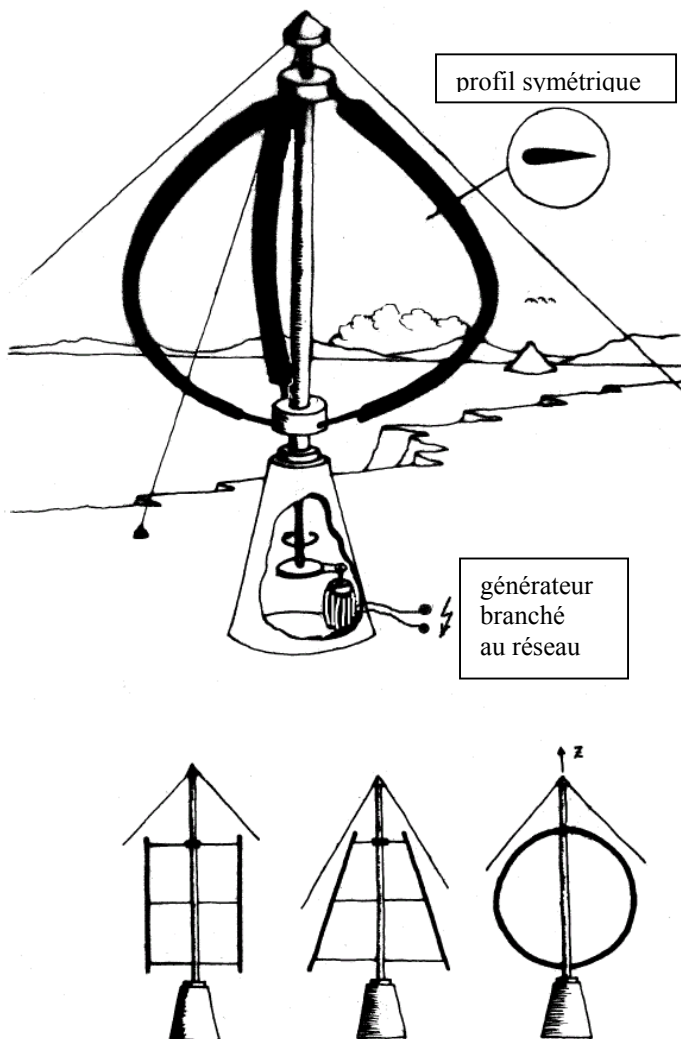


Fig. 1 Différents types de turbines Darrieus

Observez que l'angle d'attaque α varie au cours de la rotation des pales autour de l'axe. A chaque point (angle φ), la force tangentielle K_T agissant sur les pales est la résultante des projections des vecteurs de sustentation (portance) (A) et de résistance (W) sur la tangente:

$$K_T = A \cdot \sin \alpha - W \cdot \cos \alpha = [c_a \cdot \sin \alpha - c_w \cdot \cos \alpha] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot f \cdot c^2 \quad [\text{N}]$$

où

c_a = coefficient de portance du profil symétrique choisi

c_w = coefficient de résistance du profil symétrique choisi (par exemple Fig. 2)

ρ = densité moyenne de l'air (environ 1,25 kg/m³)

f = surface de la pale [m²]

NB: Pour obtenir K_T en newtons [N], la vitesse c doit s'introduire en [m/s]

Entre l'angle d'incidence α , l'angle de rotation φ et la vitesse spécifique λ du rotor il y a la relation suivante:

$$\alpha = \arctan [\sin \varphi / (\lambda + \cos \varphi)]$$

Dans les points 1 et 3 (Fig. 4), α est égal à zéro: les pales n'ont pas de force de sustentation et par conséquent elles ne produisent pas d'énergie.

Note: Quand un aérogénérateur Darrieus est branché au réseau électrique, la vitesse u' est une constante, puisque le générateur tourne de façon synchronisée avec la fréquence fixe du réseau (50 Hz en Europe, 60 Hz en USA).

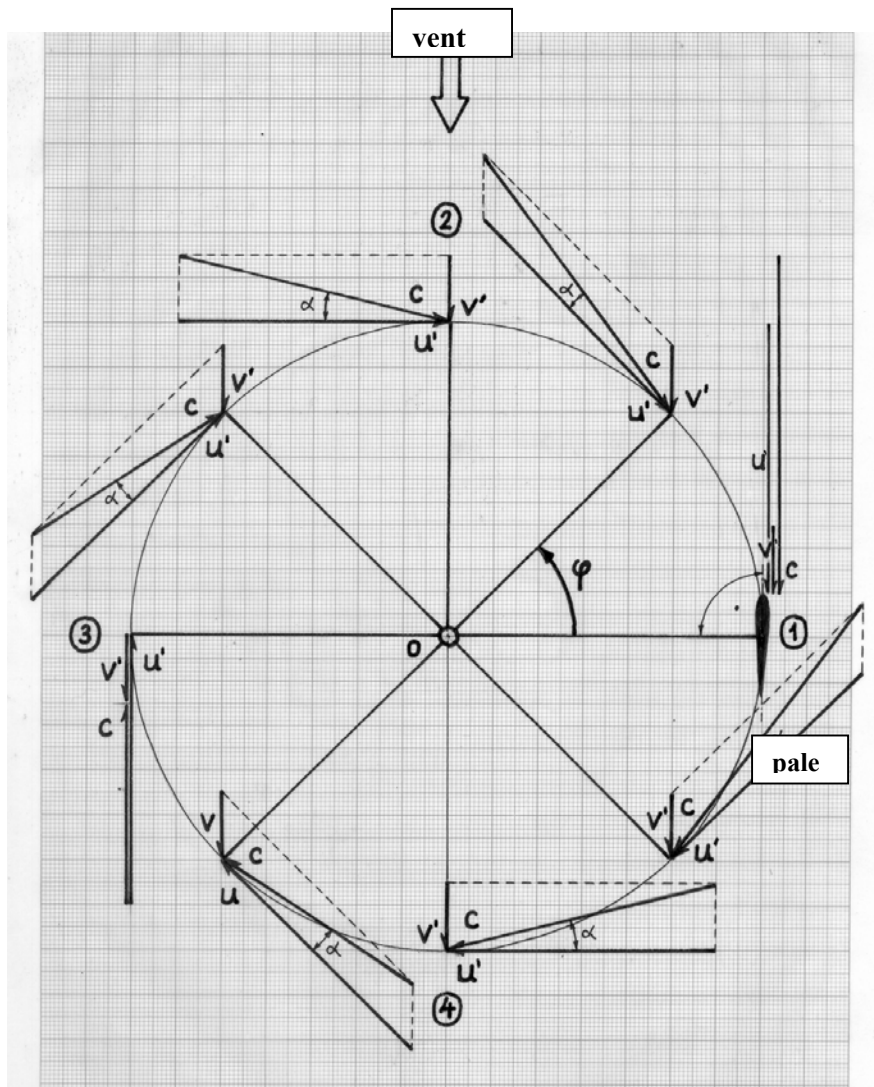


Fig. 4
Comportement des vitesses v' , u' et c qui attaquent des pales du rotor Darrieus pendant une rotation complète autour de l'axe vertical.

La **Fig. 5** montre la variation de l'angle d'incidence α du profil en fonction de l'angle de rotation φ du rotor, étant α positif pour $0^\circ < \varphi < 180^\circ$ et négatif pour $180^\circ < \varphi < 360^\circ$. Cependant, même si l'angle d'incidence est négatif, la pale continue à avoir une traction (tangentielle) positive, c'est à dire, pour $180^\circ < \varphi < 360^\circ$ le rotor produit de l'énergie.

Les **figures 6 et 7** montrent les coefficients de portance et de résistance d'un profil symétrique NACA.

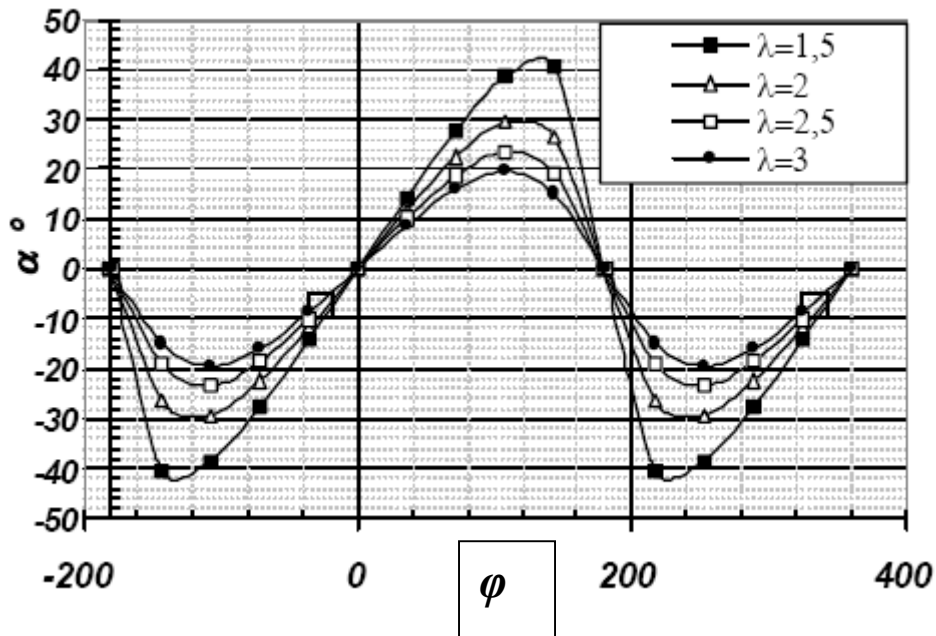


Fig. 5 Angle d'incidence α du profil en fonction de l'angle de rotation φ du rotor [Source: "Flow Modelling in a Darrieus Turbine for Moderate Reynoldsnumber – C. Ploestenu, D. Tarziu et T. Maitre"]

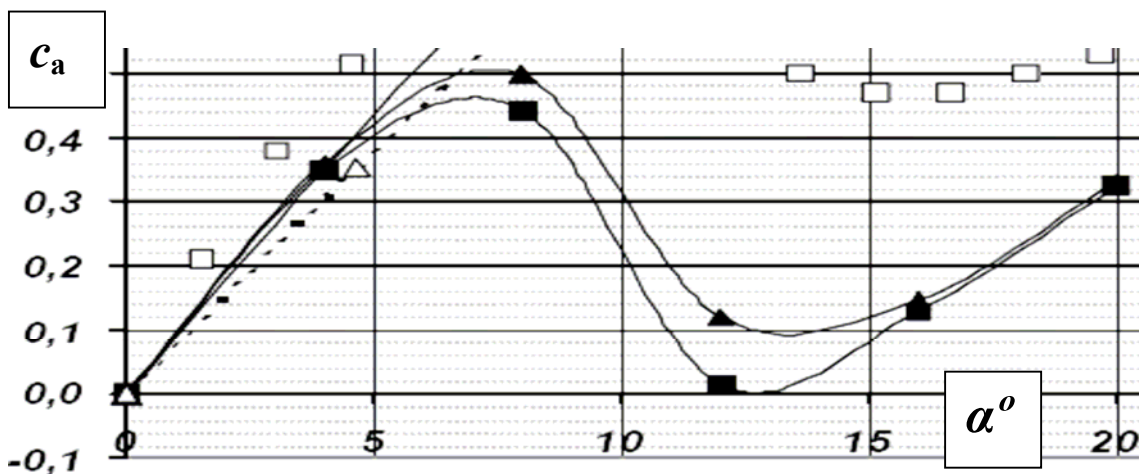


Fig. 6 Coefficient de portance c_a en fonction de l'angle d'incidence α d'un profil symétrique NACA [Source: "Flow Modelling in a Darrieus Turbine for Moderate Reynoldsnumber – C. Ploestenu, D. Tarziu et T. Maitre"]

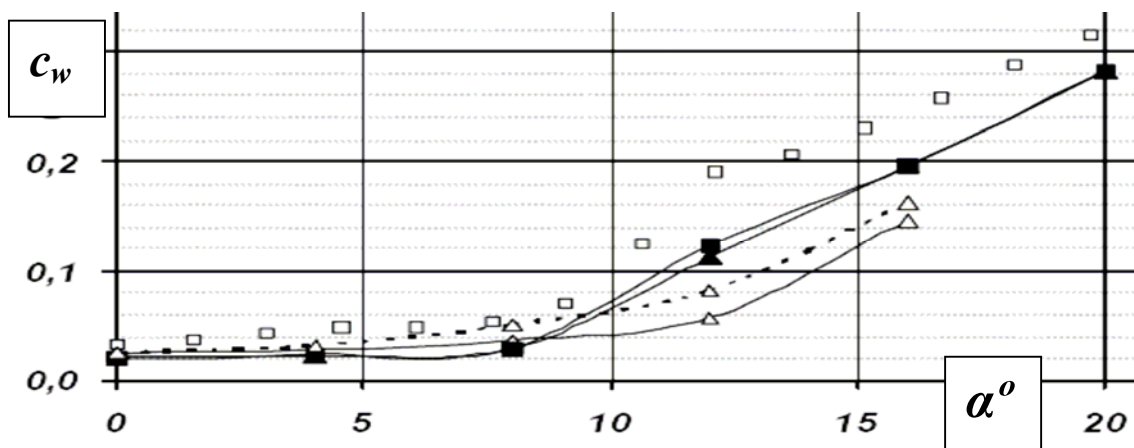


Fig. 7 Coefficient de résistance c_w en fonction de l'angle d'incidence α d'un profil symétrique NACA [Source: "Flow Modelling in a Darrieus Turbine for Moderate Reynoldsnumber – C. Ploestenu, D. Tarziu et T. Maitre"]

Puissance d'une turbine Darrieus

Si dans l'équation [2], pour la vitesse c nous introduisons l'expression fournie par l'équation [1], nous obtendrions:

$$K_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot f \cdot v^2 \cdot [c_a \cdot \sin \alpha - c_w \cdot \cos \alpha] \cdot [(\lambda + \cos \varphi)^2 + (\sin \varphi)^2] \quad [4]$$

(f = surface de la pale)

Pour une vitesse du vent v donnée, le produit $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot f \cdot v^2$ est une constante k , donc nous pouvons écrire:

$$f(K_T) = k \cdot f(\lambda, c_a, c_w, \alpha, \varphi)$$

Avec l'aide des figures 5, 6 et 7, maintenant on peut calculer la fonction

$$f(\lambda, c_a, c_w, \alpha, \varphi) = [c_a \cdot \sin \alpha - c_w \cdot \cos \alpha] \cdot [(\lambda + \cos \varphi)^2 + (\sin \varphi)^2]$$

Le résultat est une courbe $f(K_T) = f(\varphi)$ avec la forme représentée dans la Fig. 8.

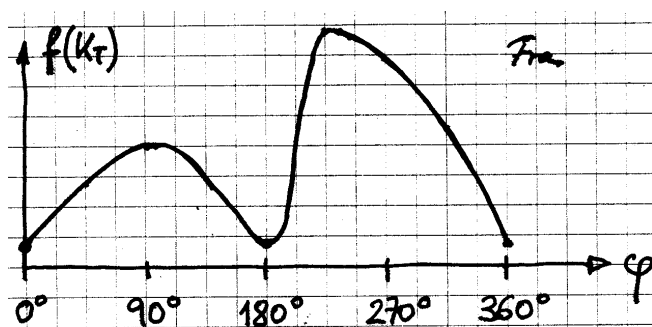


Fig. 8

Par conséquent, le couple, et avec lui la puissance, d'un rotor Darrieus varie d'une façon similaire.

La Fig. 9 montre le coefficient de couple c_m d'une turbine Darrieus à 3 pales.

Avec ce coefficient on peut calculer le couple d'une turbine Darrieus à pales verticales (Fig. 1 à gauche):

$$M = \frac{1}{4} \cdot c_m \cdot \rho \cdot H \cdot D^2 \cdot v^2 \quad [\text{Nm}]$$

et la puissance fournie par celle-ci:

$$P = [(2 \cdot \pi \cdot n) / 60] \cdot M \quad [\text{W}]$$

où

v = vitesse du vent [m/s]

D = diamètre de la turbine Darrieus (à pales verticales) [m]

H = hauteur de la turbine Darrieus (= longueur des pales) [m]

n = vitesse de rotation de la turbine Darrieus [r.p.m.]

(NB: Dans les aérogénérateurs Darrieus branchés au réseau électrique n est une constante)

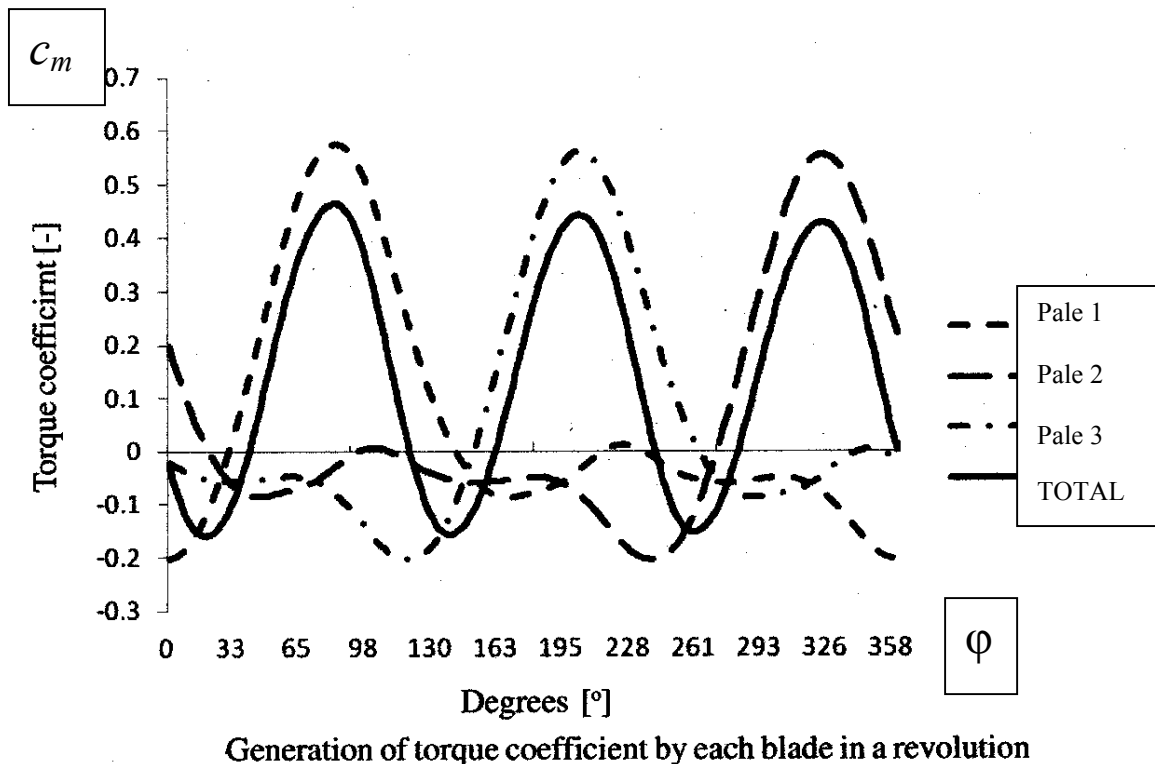


Fig. 9 Coefficient de couple c_m d'une turbine Darrieus à 3 pales pendant un tour autour de son axe [Source: Lain & Osorio: Simulation of a straight-bladed Darrieus-type cross flow turbine]

Conclusión:

La puissance d'une turbine Darrieus varie de la façon représentée à la Fig. 9. Pour certains angles de rotation φ , la puissance devient négative. Pour un aérogénérateur Darrieus branché au réseau, cela signifie que par des moments le rotor éolien absorbe énergie du réseau, c'est à dire, dans ces moments le générateur électrique entraîné par le rotor travaille comme moteur.

Pour finir, dire que l'étude de l'aérodynamique d'une turbine Darrieus est assez fascinant.

Pour savoir plus sur la théorie générale des éoliennes, voir aussi (en espagnol):
www.amics21.com/laveritat/introduccion_teorias_turbinas_eolicas.pdf

Dans la page Web www.amics21.com/laveritat.htm vous trouverez deux manuels pour la construction d'un générateur Savonius avec les deux moitiés d'un baril de pétrole de 200 litres ou d'une éolienne à axe horizontal avec un alternateur de voiture.