



Caractéristiques de fonctionnement des éoliennes

Ouahiba GUERRI

E-mail : o_guerri@cder.dz

Division Energie Eolienne

Les éoliennes sont soumises à un environnement naturel toujours instable. Les facteurs tels que la turbulence atmosphérique, la couche limite terrestre, les variations de la vitesse du vent, influent de manière significative sur l'écoulement qui agit sur les pales. Ces dernières sont alors soumises à des variations cycliques de l'angle d'attaque α (voir Fig. 1 pour la définition de α), ce qui conduit à un écoulement instationnaire (Hansen et al., 2006).

Cette aérodynamique instationnaire peut se traduire par des oscillations et déformations des pales appelées phénomène d'aéroélasticité ou d'Interaction Fluide Structure (IFS). Le phénomène d'IFS se produit lorsque les déformations de la structure induisent des forces aérodynamiques additionnelles qui provoquent à leur tour de nouvelles déformations. D'autres forces aéro-dynamiques sont générées, etc. Ces interactions peuvent aller en s'atténuant jusqu'à atteindre un état stable ou au contraire augmenter jusqu'à divergence et destruction de la structure. On parle alors d'instabilités aéroélastiques, un problème particulièrement important pour les nouveaux aérogénérateurs dont les dimensions sont de plus en plus grandes. Les études de stabilité aéroélastique sont donc nécessaires pour l'homologation des éoliennes.

Pour comprendre l'origine de ce phénomène, il faut revenir au principe de fonctionnement des éoliennes. L'action de l'air sur les pales, qui constituent leur élément moteur principal, se traduit par une force aérodynamique \vec{F} . Cette force \vec{F} est décomposée suivant les directions normale et parallèle à celle de la vitesse du vent local U (Fig. 1).

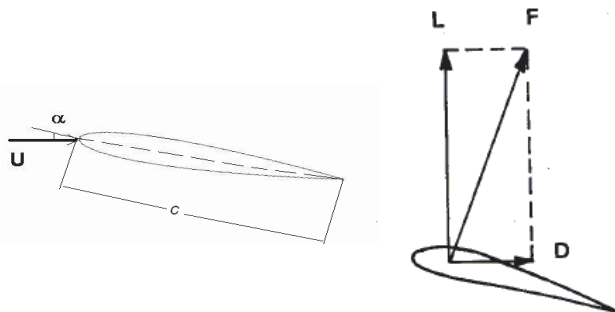


Figure 1. Forces et vitesse agissant sur un profil de pale

Les 2 composantes \vec{F} de, que l'on appelle portance L et traînée D respectivement, sont définies par les relations suivantes :

$$L = \frac{1}{2} \rho \cdot C_L \cdot c \cdot l \cdot U^2$$

$$D = \frac{1}{2} \rho \cdot C_D \cdot c \cdot l \cdot U^2$$

où ρ est la densité de l'air, c est la corde du profil de pale, l est l'envergure, C_L et C_D sont les coefficients aérodynamiques de portance et de traînée respectivement.

Les coefficients C_L et C_D sont des caractéristiques de la section de pale utilisée et varient avec l'angle d'incidence local α . Lorsque α varie de manière cyclique, le coefficient de portance varie également mais en suivant une boucle d'hystérésis (Fig. 2). C'est le décrochage dynamique qui peut conduire au phénomène d'IFS, un problème lié à la structure des pales.

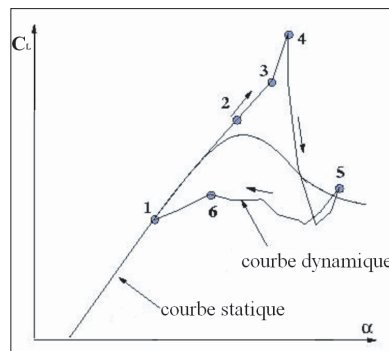


Fig. 2. Variation de C_L avec l'angle d'incidence (extrait de www.aeroyn.org)

Pour l'étude en IFS du comportement d'une éolienne, un programme de 0. résolution des équations de la dynamique du rotor est couplé à un programme de calcul des forces aérodynamiques exercées par le vent sur les pales. Dans les

techniques dites de couplage fort, les calculs sont effectués en temps réel : la réponse de la structure est déterminée pas à pas et les efforts aérodynamiques sont obtenus avec la résolution des équations de Navier-Stokes en maillage mobile. Cette approche nécessite de grands moyens de calculs mais elle est de plus en plus utilisée. Ainsi, dans le cadre de travaux effectués au LEPTAB de l'Université de La Rochelle (France), le problème du flutter classique (ou oscillations combinées en torsion et flexion) a été simulé pour une section de pale d'éolienne avec une technique IFS basée sur un couplage fort. Les résultats obtenus montraient bien l'influence des paramètres structurels de la pale sur les mouvements oscillatoires du profil.

Références

Hansen et al. (2006), State of the art in wind turbines aerodynamics and aeroelasticity, Progress in Aerospace Sciences, vol. 42, 285-330.