



Le phénomène du décrochage dynamique

BOUREKBA Fatih
Attaché de Recherche
Division Energie Eolienne, CDER
E-mail: f.bourekba@cder.dz

Les éoliennes sont soumises à un environnement toujours instable. Ces conditions de fonctionnement se traduisent par une aérodynamique instationnaire et des variations de l'angle d'incidence des pales qui conduisent au phénomène de décrochage dynamique.

Qu'est-ce que le phénomène de décrochage dynamique ?

Comme le montre la figure 1, ce phénomène se traduit par des variations cycliques des forces de portance et de traînée lorsqu'il y a une variation de l'angle d'incidence de la vitesse du vent qui agit sur les pales.

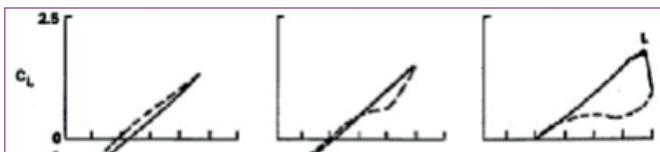


Figure 1. Régimes de décrochage dynamique sur un profil NACA0012, décrochage moyen, modéré, profond

Les régimes de décrochage dynamique

Ces régimes sont fonctions de l'amplitude du tangage, de l'angle d'incidence moyen et enfin de la fréquence du mouvement. On distinguera donc trois régimes :

• Décrochage faible

Lorsque l'angle d'incidence maximum est de l'ordre de l'angle de décrochage statique et la fréquence d'oscillation relativement faible, le profil décroche mais la variation des coefficients de portance et de traînée est petite.

• Décrochage modéré

Apparaît lorsque l'angle d'incidence maximum est légèrement supérieur à l'angle de décrochage statique. Dans ce cas, lors de la phase descendante du mouvement, le profil retrouvera rapidement une incidence permettant à l'écoulement de se recoller. Ce cas de décrochage dynamique est généralement assez facile à résoudre par simulation.

• Décrochage profond

Se produit lorsqu'il y a une combinaison d'angles d'incidence importants et d'une vitesse d'oscillation importante, soit à travers une forte amplitude d'oscillation, soit à travers une fréquence d'oscillation élevée. Une fois ces deux conditions remplies, la géométrie du profil et le nombre de Reynolds n'auront que peu d'incidence sur l'écoulement. La figure 2 montre le déroulement du décrochage profond avec l'évolution de l'écoulement autour du profil correspondant aux différentes étapes du phénomène.

Quand se produit le phénomène de décrochage dynamique ?

Lorsque l'éolienne est en fonctionnement, il y a variation de la vitesse du vent, variation de la vitesse de rotation donc variation de

la vitesse relative qui agit sur les pales et par conséquent, variation de l'angle d'incidence. Ce qui conduit au phénomène de décrochage dynamique.

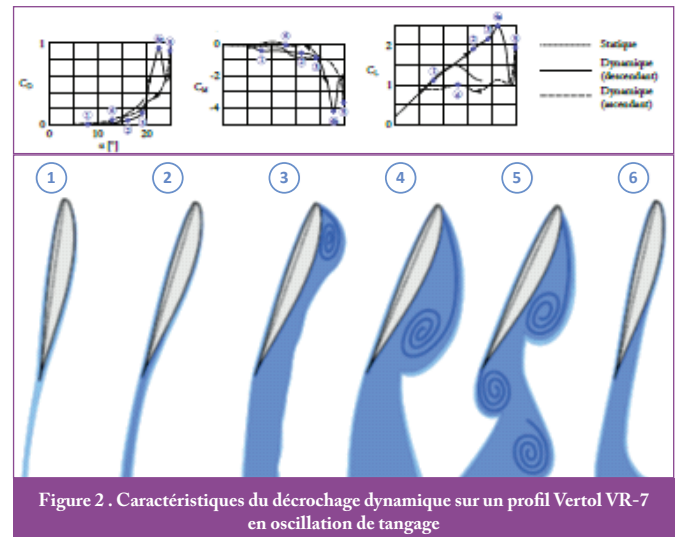


Figure 2. Caractéristiques du décrochage dynamique sur un profil Vertol VR-7 en oscillation de tangage

Quels sont ses effets ?

Si on résume l'effet sur la portance, et décrochage dynamique mène à l'alternance d'effets avantageux et inconvénient

Les effets positifs

Sur la courbe de variation de CL en fonction de l'angle d'incidence on voit la représentation des deux cas : l'écoulement autour d'un profil en incidence fixe et l'écoulement autour d'un profil en oscillation. On constate que le phénomène de décrochage dynamique comporte deux avantages : une portance plus élevée et un retard au décrochage par rapport au cas stationnaire.

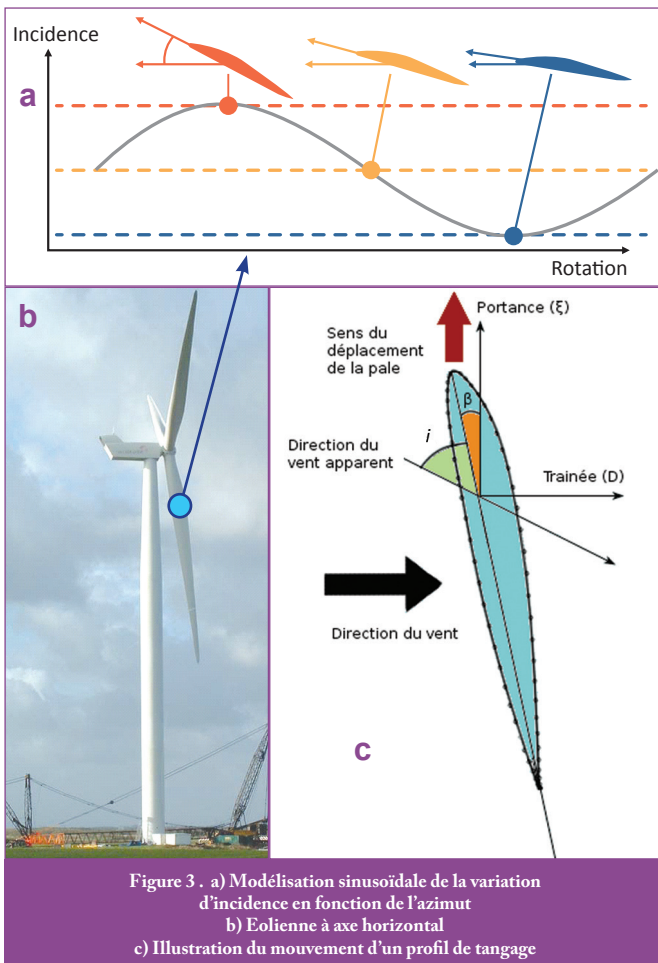
Les effets négatifs

Le phénomène de décrochage dynamique peut conduire à de violentes vibrations des pales avec des charges aérodynamiques trop élevées, ce qui entraîne une fatigue et des défaillances de la structure.

Comment étudier ce phénomène ?

Le décrochage dynamique a fait l'objet de nombreuses études qui ont permis une meilleure compréhension de ce phénomène. L'analogie est faite avec des configurations plus simples, comme un profil oscillant, pour lequel l'approximation d'un tangage sinusoïdal est justifiée.

Différentes approches ont été appliquées pour le résoudre : semi-empiriques – techniques CFD – techniques expérimentales.



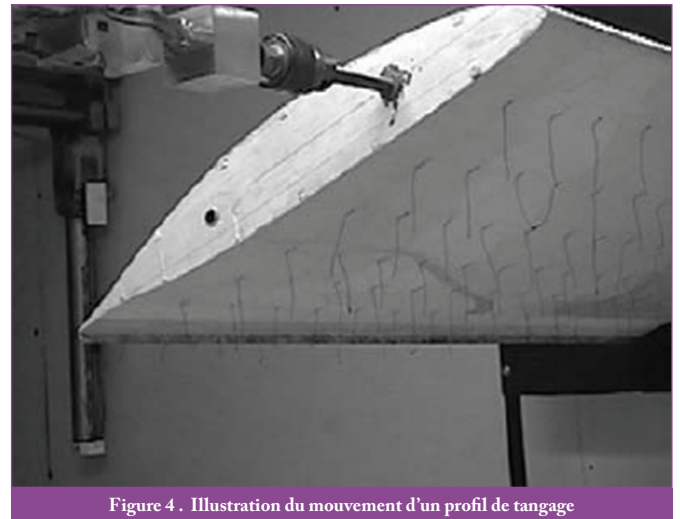
- Parmi les moyens expérimentaux utilisés pour l'étude du décrochage dynamique on a la technique de PIV (Particle Image Velocimetry). Cette technique est utilisée pour mesurer la vitesse d'un fluide et déterminer le champ de vorticité.
- Plusieurs modèles semi empiriques de décrochage dynamique ont été développés, on cite par exemple le modèle de Beddoes- leishman, le modèle de Gormont, le modèle de ONERA et le modèle de

Larsen. Ces modèles sont basés principalement sur des données aérodynamiques stationnaires. Le modèle de Larsen est spécifique aux éoliennes.

- Avec le développement des techniques numériques et moyens de calcul, les méthodes CFD basées sur la résolution des équations de Navier Stokes sont de plus en plus utilisées pour résoudre les problèmes de décrochage dynamique.

Au CDER

Cette dernière approche est développée au CDER. L'objectif de cette étude est de bien comprendre le comportement physique de l'écoulement autour des pales et donc à travers un rotor d' olieenne.



Références

1. Myung J. Rhee. A study of dynamic stall vortex development using two-dimensional data from the oscillating wing experiment. NASA report: NASA/TM-2003-211857, 2002.
2. McCroskey, W. J. The phenomenon of dynamic stall. Technical Memorandum NASA TM-81264, National Aeronautics and Space Administration (NASA), Ames Research Center, 1981.
3. <http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89olieenne>.

Division Energie Eolienne - CDER

La Division Energie Eolienne (DEE) est chargée de la mise en œuvre des projets de Recherche/Développement liés à l'exploitation et l'utilisation de l'énergie éolienne.

Missions

- Caractériser et identifier les sites favorables à l'implantation des éoliennes en Algérie,
- Optimiser l'implantation des éoliennes dans une ferme et l'aménagement des parcs éoliens,
- Etudier les impacts des éoliennes sur l'environnement,
- Prendre en charge les aspects aérodynamiques associés à la conception et au fonctionnement des aérogénérateurs (pales, silage, aéroacoustique, contrôle),
- Modéliser, dimensionner et optimiser les systèmes multi-sources,
- Maîtriser les techniques d'intégration des systèmes multi-sources dans les micros réseaux (petits systèmes - producteur privé),
- Maîtriser les techniques de commande et de contrôle des aérogénérateurs et systèmes multi-sources destinés à la connexion au réseau ou à l'alimentation en énergie électrique des sites isolés,
- Maîtriser les techniques d'intégration des aérogénérateurs au réseau interconnecté,

- Maîtriser la technologie des aérogénérateurs et éoliennes de pompage,
- Maîtriser l'engineering des systèmes éoliens.

Objectifs

- Contribuer à la réussite du programme éolien national et au développement des zones rurales ou difficiles d'accès,
- Elaborer des outils numériques destinés à la prédiction de la ressource éolienne et la production d'électricité,
- Développer des outils de contrôle et de pilotage de la production des systèmes connectés au réseau,
- Contribuer au développement de l'industrie des éoliennes en Algérie

Bancs d'essai

- Système hybride Eolien/Photovoltaïque avec stockage par batteries
- Pompage de l'eau par aérogénérateur
- Aérogénérateur autonome de petite puissance