

# Etude des hélices aéromotrices: optimisation du rendement

## Modélisation de l'écoulement de Betz et rendement d'hélices réceptrices

Dans le domaine de l'énergie, l'utilisation d'hélices est devenue courante (éoliennes, centrales hydrauliques,...) pour remplacer les énergies fossiles.

Notre motivation est de réfléchir à l'élaboration d'une stratégie pour rendre une hélice la plus performante possible tout en tenant compte des contraintes d'utilisation.

Dans le cadre du thème optimalité, nous étudions alors les différentes façons d'optimiser le rendement d'une hélice aéromotrice en modifiant ses caractéristiques. Nous calculons ensuite son rendement grâce au modèle d'écoulement de Betz.

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- MARTINEZ Thomas

### Positionnement thématique (étape 1)

*PHYSIQUE (Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Energétique).*

### Mots-clés (étape 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Modélisation</i>	<i>Modeling</i>
<i>Limite de Betz</i>	<i>Betz limit</i>
<i>Incompressible</i>	<i>Incompressible</i>
<i>Coefficient de puissance</i>	<i>Power coefficient</i>
<i>Pales</i>	<i>Blades</i>

### Bibliographie commentée

Aujourd'hui même si les énergies fossiles représentent la majorité de la consommation mondiale, l'énergie renouvelable et en particulier éolienne peut proposer une alternative intéressante, de plus en plus compétitive. Dans l'ensemble des continents l'Europe est le leader de la production d'énergie éolienne avec une part de 37,2%, suivie par l'Amérique et le continent Asiatique [1]. Cependant, malgré son développement grandissant, l'éolien nécessite un haut niveau technologique et se concentre dans les pays les plus développés.

Ainsi, les éoliennes sont des systèmes complexes demandant de nombreuses études avant leur éventuelle implantation. Les ingénieurs doivent prendre connaissance des caractéristiques du vent dans les différentes régions où les éoliennes peuvent être implantées. Ils effectuent leurs mesures à l'aide de plusieurs anémomètres et de girouettes fixés sur différentes hauteurs de mâts qui permettent de fournir l'intensité et la direction des vents [2]. Ainsi à l'aide de ces différentes

mesures ils définissent de véritables atlas éoliens qui permettent de déterminer les meilleures régions pour implanter les champs éoliens. Par exemple, le nord de la France où ceux ci permettent de développer une puissance de 1164 MW [1].

L'élément principal responsable du rendement d'une éolienne est son hélice. Elle a pour but de récupérer la puissance du vent d'où son nom d' « hélice réceptrice ». Dans le cas où elle fait tourner un moteur comme dans une éolienne, cette hélice est « aéromotrice ». Avant de fabriquer les hélices, les ingénieurs doivent modéliser et étudier celles-ci en laboratoire. Les éoliennes sont des structures hautes et peuvent être soumises à des foudroiements, c'est pourquoi les matériaux utilisés doivent isoler l'hélice et ses pales. De plus pour les machines implantées dans les régions froides telles que l'Alaska, l'Europe du Nord ou le Canada les pales doivent être munies de systèmes dégivrants afin d'éviter de dégrader le rendement aérodynamique [2]. Enfin l'élément clef sur lequel doivent discuter les ingénieurs est le nombre de pales, leur taille ou encore leur largeur afin de pouvoir récupérer un maximum d'énergie du vent. En effet plus la surface balayée par le rotor est grande et plus l'énergie récupérée par l'éolienne sera importante. Toutefois il faut prendre en compte la difficulté de production, d'implantation et de raccordement au réseau. De plus dans les zones habitées, de trop grandes éoliennes peuvent être gênantes, alors qu'elles seront très appropriées pour l'installation en mer. Enfin le nombre de pales est important car selon celui-ci l'orientation doit être modifiée, et le rotor doit parfois pouvoir pivoter; sur les grandes éoliennes un nombre impair de pales offre une plus grande stabilité [5].

Le fabricant doit aussi faire certifier la courbe caractéristique des performances de son modèle par un laboratoire indépendant, qui se basera pour ses études sur la théorie de Betz [3]. Ce modèle est basé sur des hypothèses simplificatrices tel que l'écoulement de l'air supposé incompressible et en régime permanent. Ces études permettent de calculer théoriquement la puissance absorbée par le rotor, la puissance cinétique du vent et enfin le rendement du rotor appelé coefficient de puissance  $C_p$ , rapport des deux puissances. Enfin en définissant ce coefficient, la théorie aboutit à la limite de Betz qui correspond à  $C_{pmax}=16/27$  [2].

## **Problématique retenue**

Réaliser un modèle expérimental à échelle réduite pour reproduire les conditions d'écoulement théorique de Betz et étudier au mieux différentes hélices. Comparer les mesures effectuées sur ces dernières et déterminer la forme optimale pour avoir un rendement maximal.

## **Objectifs du TIPE**

En premier lieu, je compte décrire le modèle théorique de Betz, les conditions nécessaires à son application et définir le coefficient de puissance.

Ensuite mon objectif est de mettre en place un système expérimental simulant au mieux un tube de champ. Cela me permet d'étudier différents modèles d'hélices qui seront soumises à l'écoulement de l'air supposé incompressible.

Enfin grâce aux mesures expérimentales, je me propose de calculer les rendements des différentes hélices pour pouvoir les comparer et définir la forme optimale, et tenter de valider le modèle

expérimental en visualisant la forme des lignes de champ.

## Abstract

Nowadays, the main part of the energy in the world is produced thanks to fossil combustible or nuclear one. With 5,2% of the worldwide production in 2014, wind energy is one of the most sustainable energies used but it is still a minority. To become an interesting alternative, it has to be both powerful and profitable. It still requires a lot of studies and the first point that engineers have to improve is the rotor. Indeed, I wanted to focus on which factors influence the rotor's efficiency and so I studied the blade number, their surface, and their length.

## Références bibliographiques

- [1] EDF : L'éolien en chiffres : <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/l-eolien-en-chiffres>
- [2] TECHNIQUES DE L'INGENIEUR : La physique des éoliennes : <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/energies-th4/energies-renouvelables-42594210/physique-des-eoliennes-be8584/>
- [3] UNKNOWN : Le rendement des éoliennes : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16657>
- [4] NICOLAS ANDREAU : La théorie de Betz : [http://www.eolienne-a-depression.fr/images/stories/documents/Theorie\\_de\\_Betz.pdf](http://www.eolienne-a-depression.fr/images/stories/documents/Theorie_de_Betz.pdf)
- [5] ASSOCIATION DES INDUSTRIES DANOISES DU VENT : Association des industries Danoises du vent : <http://drømstørre.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/fr/tour/wtrb/blades.htm>