

# Optimisation du rendement d'hélices réceptrices

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

Les hélices réceptrices, pièces essentielles des éoliennes, présentent un enjeu primordial dans le contexte de réchauffement climatique actuel.

Le but du TIPE est d'optimiser le rendement d'une hélice, en tenant compte des conditions dues au milieu extérieur. J'étudie comment la modification de sa structure ( longueur des pales, nombre de pales, forme des pales ) permet l'amélioration du rendement, tout en m'adaptant aux contraintes imposées par le matériel utilisé lors de mes expériences.

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

**Liste des membres du groupe :**

- *RICHARD Tom*

### Positionnement thématique (étape 1)

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

### 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.

Les éoliennes sont des systèmes complexes qui demandent de nombreuses études avant leur éventuelle implantation. Pour cela 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. Les ingénieurs utilisent aussi des

sodars Doppler, appareils de télédétection en météorologie qui utilisent les ondes sonores pour mesurer la vitesse et la direction des vents en altitude ainsi que la structure thermodynamique et les turbulences des basses couches de l'atmosphère [6],[2]. Ainsi avec toutes ces mesures ils définissent de véritables atlas éoliens qui permettent de déterminer les meilleures régions pour implanter les champs éoliens tel que le nord de 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 « 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, plus l'énergie récupérée par l'éolienne sera importante. Toutefois il faut prendre en compte la difficulté de production des différentes pièces, 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 fabriquant doit 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  $C_p$  qui rapport de ces deux puissances, limité, d'après la théorie de Betz à  $C_{pmax}=16/27$  [2].

## **Problématique retenue**

Réaliser un modèle expérimental à échelle réduite pour reproduire les conditions d'écoulement théoriques de Betz et étudier au mieux différentes hélices. Il faut ensuite comparer les mesures effectuées sur ces dernières afin de déterminer les dimensions optimales à adopter pour avoir un rendement maximal.

## **Objectifs du TIPE**

Je me propose:

- 1- de décrire précisément le modèle théorique du modèle de Betz, de définir le coefficient de puissance et de calculer la limite de Betz.
- 2- de mettre en place un dispositif expérimental simulant un tube de champ dans lequel les

différents modèles d'hélices seront soumises à l'écoulement de l'air supposé incompressible.

3- de vérifier la validité du modèle de Betz en visualisant le tube de champ, d'effectuer les calculs de rendement pour les différentes hélices et de les comparer suivant les caractéristiques des pales.

## Abstract

Wind energy is now one of the most used sustainable energy by developed countries. The reason why poor countries don't use much this energy is because it requires qualified engineers and good production capacities. The first part the engineers have to improve are the rotors. This is why I found important to focus on which factors influence the efficiency of the rotors. I had to discuss about the optimum number of blades, I had to survey if the surface area of the different blades or the blades span impact on the efficiency of the rotor.

## Références bibliographiques

- [1] EDF : L'éolien en chiffre : <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 : Génie mécanique : *Eoliennes*
- [3] ENERGIE+ : Le rendement des éoliennes : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16657>
- [4] NICOLAS ANDREAU : 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] DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION : Association des industries Danoises du vent : <http://drømstørre.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/fr/tour/wtrb/blades.htm>
- [6] INCONNU : Sodar Doppler : <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Sodar>