

LES ÉOLIENNES

Wind turbine or Windmill



Quelques principes régissent la conception d'une éolienne

La puissance que peut fournir une éolienne dépend de la vitesse du vent. Il convient donc de chercher un vent fort, en hauteur, afin d'éviter toute perturbation due aux obstacles naturels (relief, végétation) ou artificiels (bâtiments), et des espaces dégagés.

C'est pourquoi on construit des éoliennes de grande taille (parfois plus de 120 mètres de haut) et on recherche des espaces libres en pleine mer par exemple avec l'éolien offshore.

Une éolienne est constituée de trois éléments : **le mât, le rotor et la nacelle.**

- **Le mât** supporte les autres éléments.
- **Le rotor transforme l'énergie cinétique (mouvements) du vent en énergie mécanique.** Il se compose du nez de l'hélice, formée généralement de trois pales.
- **La nacelle, située en haut du mât, derrière le rotor, abrite le générateur produisant l'électricité à partir de la force mécanique du rotor en mouvement.**

1^{er} exercice : Surface balayée

1. Lorsqu'une éolienne atteint son plein régime, son rotor effectue 16 tours par minute. Si l'on considère une éolienne dont le rotor a un diamètre de 90 m, quelle est alors la vitesse en km/h à l'extrémité des pales ?

.....
.....
.....
.....
.....

2. Quelle est la superficie de la surface balayée par une éolienne dont le rotor a un diamètre de 90 m ?

.....
.....

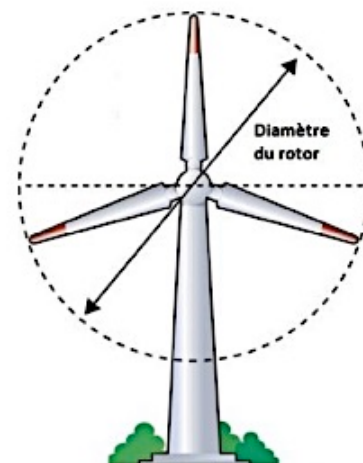
3. On remplace le rotor d'un diamètre de 90 m par un rotor de diamètre 112 m.

- a. Quel pourcentage d'augmentation du diamètre cela représente-t-il à peu près ?

.....

- b. Quel est environ le pourcentage d'augmentation de la surface balayée par les pales ?

.....



- c. Comparer la surface balayée par une éolienne dont le rotor a un diamètre de 112 m avec la surface d'un terrain de foot de dimensions 125 m par 90 m .

.....

.....

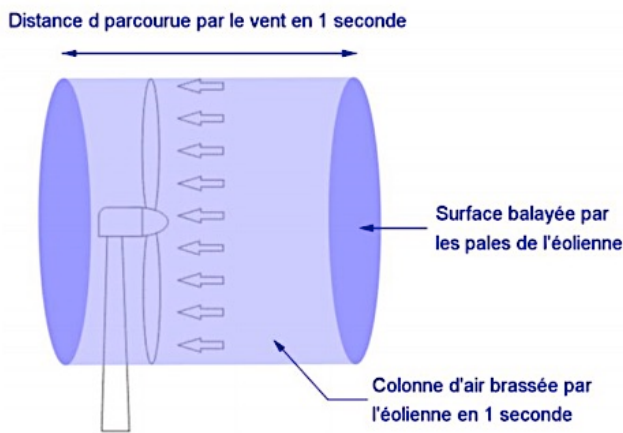
.....

.....

Remarque

Le diamètre d'un rotor d'une éolienne offshore peut dépasser les 150 m .

2^{ème} exercice : Air brassé



Le schéma ci-contre représente la colonne d'air brassée par une éolienne dans un temps donné. (ici on a choisi pour l'exemple une seconde).

1. Calculer la distance d parcourue en une seconde par un vent faible dont la vitesse est de 18 km/h .

.....

.....

.....

2. En déduire le volume d'air brassé en une seconde par une éolienne dont le rotor a un diamètre de 90 m quand le vent souffle à la vitesse de 18 km/h .

On pourra utiliser les résultats des exercices précédents sans le redémontrer.

.....

.....

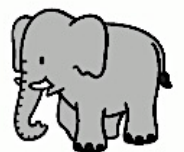
3. La densité de l'air est de $1,225\text{ kg/m}^3$, densité standard de l'air sec à la pression atmosphérique au niveau de la mer, à la température de 15°C .

- a. En déduire alors la masse d'air brassée en une seconde dans les conditions décrites précédemment.

.....

- b. En considérant que le poids d'un éléphant adulte est en moyenne 6 tonnes , calculer le nombre d'éléphants brassés en une seconde.

.....



4. Reprendre les questions précédentes pour une éolienne géante dont le rotor a un diamètre de 164 m (éolienne offshore) avec un vent fort de 45 km/h.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. **Question bonus** : Que peut-on dire de la vitesse du vent après le passage du rotor ? On attend une justification physique.

.....

.....

.....

3^{ème} exercice : Puissance

La puissance électrique récupérable par une éolienne est donnée par la formule :

$$P = 0,14 \times D^2 \times V^3$$

- où : P désigne la puissance en W (Watts),
 D désigne le diamètre du rotor en m (mètres),
 V désigne la vitesse du vent en m/s (mètres par seconde)

Quelques informations utiles

$$P_{absolue} = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times V^3$$

avec S surface balayée par le rotor, ρ densité de l'air en kg/m^3 , V vitesse du vent en m/s

Loi de Betz

En pratique, une éolienne sert à récupérer l'énergie du vent, en contrepartie celle-ci dévie le vent avant qu'il atteigne la surface balayée par le rotor. Une éolienne ne pourra donc pas récupérer l'énergie totale fournie par le vent. La limite est donnée par cette formule :

$$P_{maximale} = \frac{16}{27} \times P_{absolue}$$

$$P_{récupérable} = P_{maximale} \times 50 \text{ à } 55 \%$$

Perte due à la distribution sur le réseau en plusieurs étapes de conversion.

1. En utilisant toutes les informations disponibles retrouver la formule $P = 0,14 \times D^2 \times V^3$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....
.....

2. Calculer en MW (mégawatts) la puissance récupérable par une éolienne offshore de diamètre 125 m quand le vent souffle à la vitesse de 12 m/s .

.....
.....
.....

3. La première éolienne installée en France en 1991 avait un diamètre de 25 m . Pour une même vitesse du vent, par combien la puissance est-elle multipliée en passant à un diamètre de 125 m ?

.....
.....
.....
.....

4. Pour un diamètre fixé, par combien la puissance récupérable est-elle multipliée quand on passe d'un vent de 6 m/s à un vent de 12 m/s ?

.....
.....
.....
.....

4^{ème} exercice : Facteur de charge

Introduction : Différence entre Watt et Watt heure

Le watt est une unité de puissance. La puissance est la quantité d'énergie par unité de temps fournie par un système à un autre. Elle correspond donc à un débit d'énergie.

Le watt heure est une unité de mesure d'énergie correspondant à l'énergie consommée par un appareil de 1 watt de puissance pendant une durée d'une heure.

1. Supposons que le vent souffle assez fort pour qu'une éolienne fournisse sa puissance maximale de 2 MW pendant 3 heures. Elle fournira alors une énergie électrique de $6\text{ MW}\cdot\text{h}$ (mégawatts heures) car $2\text{ MW} \times 3\text{h} = 6\text{ MW}\cdot\text{h}$
- a. Supposons que le vent souffle suffisamment fort pendant 6 jours pour que cette éolienne fournisse toujours sa puissance maximale de 2 MW . Quelle serait alors l'énergie électrique fournie par cette éolienne pendant ces 6 jours complets ?

.....
.....
.....

