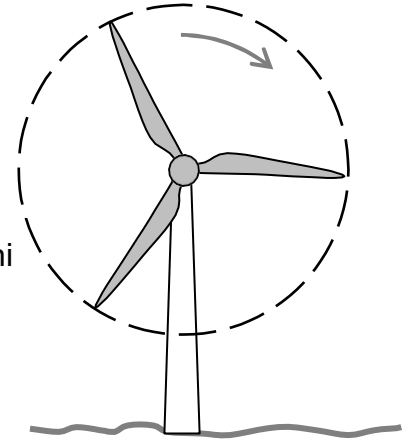


Energies renouvelables

Exercice n° 1 :

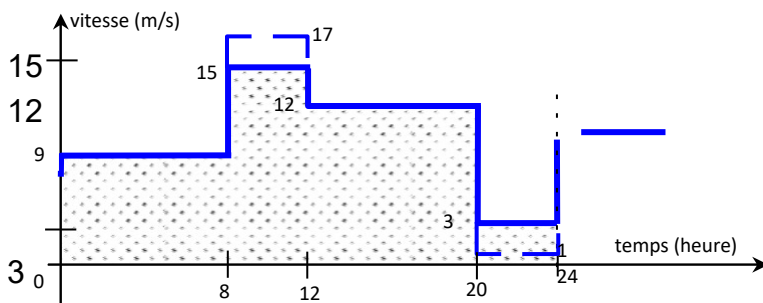
On s'intéresse à une éolienne moyenne, de diamètre $\Phi = 50$ m.
 Dans les conditions « normales » de température et de pression (15°C , 1013 hPa) la masse volumique de l'air sec est de $\rho = 1,225$ kg/m³.
 Elle est animée par un vent régulier qui souffle à une vitesse de $v = 11$ m/s (≈ 40 km/h)



- 1°) - Calculer la masse m_1 d'une tranche d'air de longueur $l = 1$ mètre se situant face l'éolienne. En déduire la masse m_s d'air qui franchi les pales chaque seconde.
- 2°) - Calculer l'énergie cinétique E_{cin} de cette masse, en déduire la puissance du vent P .
- 3°) - Reprendre le calcul en utilisant la loi $P = \frac{1}{2} \rho V^3 \pi r^2$, puis justifier cette formule.
- 4°) - Calculer la puissance maximum récupérable en considérant que la limite de **Betz** égale à $P_{\text{max}} = 16/27 P_{\text{vent}}$

Exercice n° 2 :

On considère un vent qui souffle pendant 24 heures suivant le chronogramme ci-dessous.



- 1°) - Calculer la vitesse moyenne du vent V_{moy}
 - 2°) - En tenant compte de la limite de Betz, calculer l'énergie maximum récupérable sur 1 m² de surface :
 - a) si le vent soufflait de façon régulière à la vitesse $V = V_{\text{moy}} = \text{cte}$
 - b) pour le profil ci-dessus,
 - c) pour un vent de même vitesse moyenne et même profil mais avec $V_{\text{min}} = 1$ m/s
- et $V_{\text{max}} = 17$ m/s

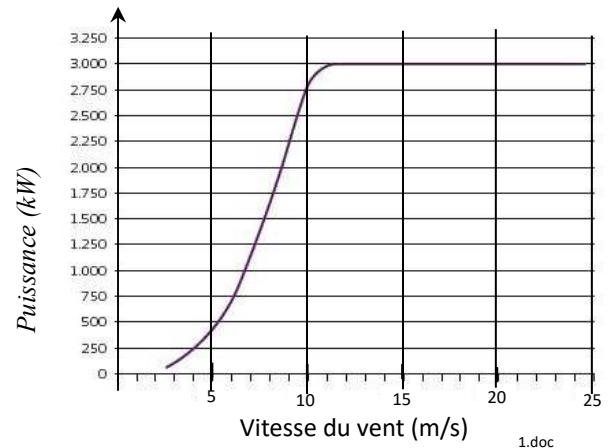
Exercice n° 3 :

- 1°) - Calculer la vitesse tangentielle V_{T1} de l'extrémité de la pale d'une éolienne de $\Phi = 100$ m de diamètre tournant à 12 tr/mn.
- 2°) - Calculer les vitesses V_{T2} et V_{T3} respectivement à $2/3$ et $1/3$ de la pale.
- 3°) - Calculer les vitesses apparentes du vent (V_{a1}, V_{a2}, V_{a3}) et les angles d'incidence ($\delta_1, \delta_2, \delta_3$) correspondants si le vent arrive face à l'éolienne à $V_V = 20$ m/s

Exercice n° 4 :

Le graphique ci-contre présente la courbe de puissance d'une éolienne

1. Quelle est la vitesse du vent à partir de laquelle l'éolienne devient opérationnelle ?
2. Quelle est la puissance électrique atteinte par l'éolienne quand le vent souffle à 10 m/s ?
3. Quelle est la puissance maximale que peut fournir l'éolienne ? A partir de quelle vitesse du vent est-elle atteinte ?
4. Quelle est environ la puissance électrique fournie (en Mw) quand le vent souffle à 25 km/h ?



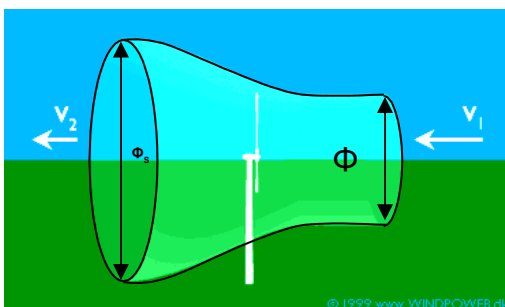
5. La puissance électrique fournie est-elle proportionnelle à la vitesse du vent ? Justifier.
6. Pourquoi le graphique ne va-t-il pas au-delà d'une vitesse du vent de 25 m/s ? Que fait l'éolienne lorsque le vent atteint une telle vitesse ?

Exercice n° 5 :

La puissance récupérable P (en Watt) par une éolienne est donnée par la formule $P = 0,14 \times D^2 \times V^3$ où D désigne le diamètre en m et V la vitesse du vent en m/s.

- 1 Justifier cette formule. Calculer dans ce cas, le coefficient de puissance de l'éolienne.
- 2 Calculer en MW la puissance récupérable par une éolienne off-shore de diamètre 125 m quand le vent souffle à 12 m/s.
- 3 Calculer la masse de l'air qui franchit l'éolienne en une seconde. Exprimer le résultat en « éléphant » (1 éléphant moyen a une masse approximative de 5 tonnes)
- 4 La première éolienne installée en France (à Port-la-Nouvelle dans l'Aude) en 1991 avait un diamètre de 25m. Par combien est multipliée la puissance en passant à un diamètre de 125 m ?
- 5 Pour un diamètre fixé, par combien est multipliée la puissance quand la vitesse du vent est doublée?

Exercice n° 6 :



Calculer le diamètre Φ_s du « tube d'air » de sortie d'une éolienne de diamètre Φ en fonction de la vitesse du vent V_1 quand la limite de Betz est atteinte

$$P_{max} = 16/27 P_{vent}$$

avec $V_2 = 1/3 V_1$