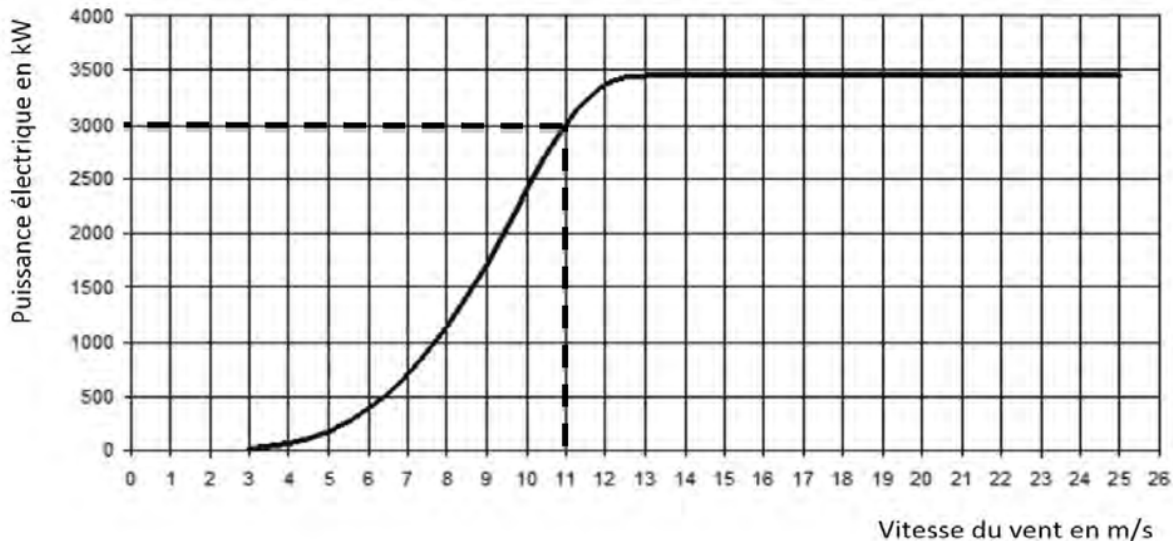


PARTIE A : puissance électrique d'une éolienne

Sur ce graphique, sur l'axe des abscisses on représente la vitesse du vent en m/s et sur l'axe des ordonnées la puissance électrique en kW.

1) Puissance électrique de l'éolienne quand la vitesse du vent est 11 m/s

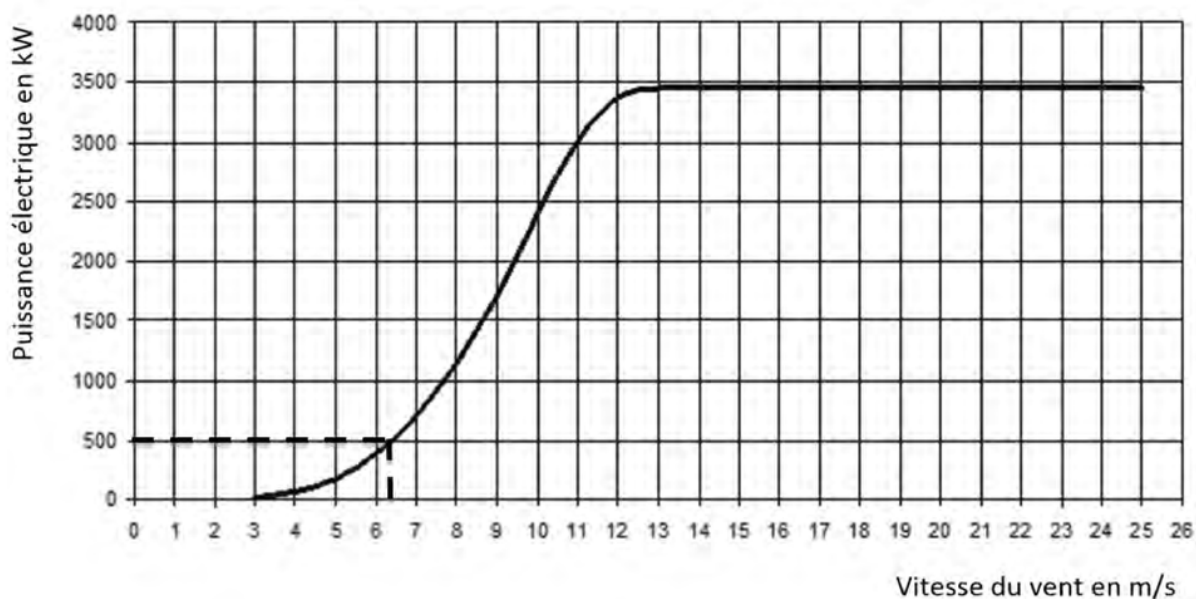
Pour trouver la puissance correspondant lorsque le vent a une vitesse de 11 m/s il suffit de repérer le point de la courbe d'abscisse 11 et de lire l'ordonnée correspondante : 3000.



Pour une vitesse du vent de 11 m/s, la puissance électrique de l'éolienne est 3000 kW.

2) Vitesse du vent pour obtenir une puissance électrique supérieure à 500 kW

De la même manière pour connaître la vitesse minimale il suffit de lire sur le graphique l'abscisse des points dont l'ordonnée est supérieure à 500 kW.



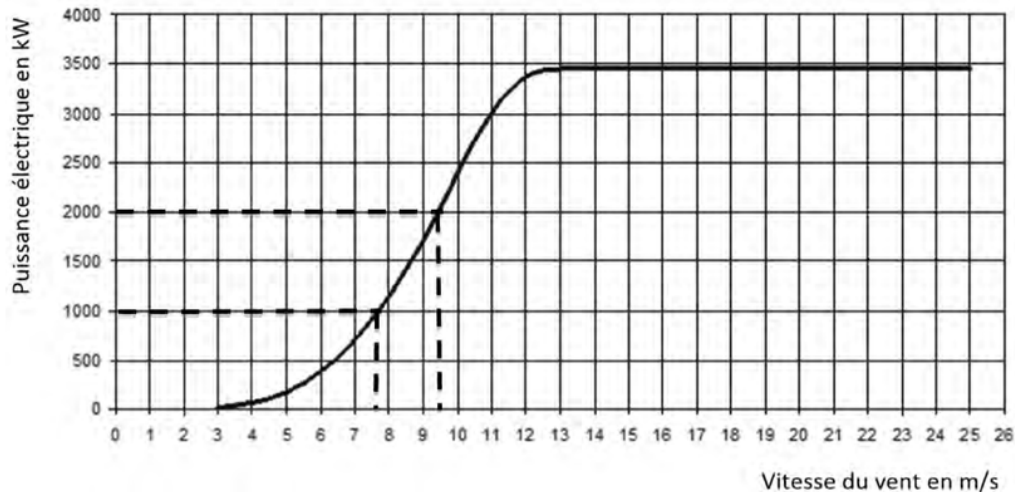
Par lecture graphique, le vent doit avoir une vitesse d'environ au moins 6,3 m/s pour obtenir une puissance électrique d'au moins 500 kW.

3) Proportionnalité ou non entre vitesse et puissance

Une situation de proportionnalité correspond à une fonction linéaire qui a pour représentation graphique une droite passant par l'origine, ce qui n'est pas le cas ici.

Il n'y a donc pas proportionnalité entre vitesse du vent et puissance électrique produite.

4) Vitesses du vent avec une puissance électrique comprise entre 1000 et 2000 kW



Par lecture graphique, la vitesse du vent doit être environ comprise entre 7,6 et 9,4 m/s pour que la puissance électrique obtenue soit comprise entre 1000 et 2000 kW.

5) Puissance maximale fournie par l'éolienne

L'ordonnée maximale des points de la courbe correspond à la puissance maximale obtenue qui est donc de 3500 kW.

6) Conversions de m/s en km/h

Comme précédemment on lit sur le graphique la vitesse du vent doit être supérieure à 11 m/s pour obtenir une puissance supérieure à 3000 kW.

$$11 \text{ m/s} = \frac{11 \text{ m}}{1 \text{ s}} = \frac{11 \times 3600 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{39600 \text{ m}}{1 \text{ h}} = \frac{39,6 \text{ km}}{1 \text{ h}} = 39,6 \text{ km/h}$$

La vitesse 11 m/s correspond à 39,6 km/h.

PARTIE B : calcul de la puissance récupérable d'une éolienne

Remarque préliminaire :

1) Les calculs effectués dans cette partie s'appuient sur la formule $P_{\text{disponible}} = \frac{1}{2} r \times S \times V^3$ donnée par l'énoncé, dans laquelle $P_{\text{disponible}}$ est la puissance disponible de l'éolienne, r est la densité de l'air, S l'aire de la surface balayée par les pales de l'éolienne et V la vitesse du vent.

Afin d'alléger les écritures, dans tout ce corrigé, $P_{\text{disponible}}$, r , D , S et V ne désigneront pas les grandeurs mais leurs mesures avec pour unités respectives le watt pour la puissance $P_{\text{disponible}}$, le kg/m^3 pour la densité r , le m pour le diamètre D , le m^2 pour l'aire S et m/s pour la vitesse V .

2) La question 1) b) demande d'établir la formule $P_{\text{récupérable}} = 998,816\pi \times V^3$. Si dans cette formule, P et V désignent des grandeurs et non leurs mesures comme le laisse entendre l'énoncé, on aboutit à une écriture incorrecte car la puissance n'est pas homogène au cube d'une vitesse comme pourrait le laisser croire l'écriture d'une telle égalité.

1) Éolienne de diamètre 112 m et ayant pour coefficient de performance 0,52

1) a) Aire de la surface balayée

L'aire d'un disque S se calcule à l'aide de la formule suivante, où D est le diamètre : $S = \pi \times \frac{D^2}{4}$.

On a donc pour les mesures :

$$S = \pi \times \frac{112^2}{4} = 3136\pi$$

L'aire de la surface balayée par les pales de l'éolienne est de $3136\pi \text{ m}^2$.

1) b) Puissance récupérable

A l'aide des formules : $P_{\text{récupérable}} = C_p \times P_{\text{disponible}}$ et $P_{\text{disponible}} = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times V^3$

on trouve : $P_{\text{récupérable}} = C_p \times P_{\text{disponible}} = C_p \times \frac{1}{2} \times \rho \times S \times V^3$

d'où le calcul

$$P_{\text{récupérable}} = 0,52 \times \frac{1}{2} \times 1,225 \times \pi \times 56^2 \times V^3 = 998,816\pi \times V^3$$

La mesure de la puissance récupérable de l'éolienne (mesurée en watt) est bien égale à $998,816\pi \times V^3$ avec V mesure de la vitesse du vent (mesurée en m/s).

1) c) Puissance récupérable en kW

La mesure en watt de la puissance récupérable est :

$$P_{\text{récupérable}} = 998,816\pi \times V^3 = 998,816 \times \pi \times 6^3 = 215744,256 \pi$$

soit $P_{\text{récupérable}} \approx 677780,57$.

$$1\,000 \text{ W} = 1 \text{ kW}$$

donc la puissance récupérable de l'éolienne est égale à environ 677,78 kW.

1) d) Si la vitesse du vent est multipliée par 2

La puissance récupérable est un multiple de V^3 donc lorsque V est multiplié par 2, V^3 est multiplié par 8 et donc la puissance récupérable aussi.

Si la vitesse du vent est multipliée par 2, alors la puissance récupérable est multipliée par 8.

1) e) Non proportionnalité entre la puissance récupérable et la vitesse du vent

La puissance récupérable est un multiple de V^3 et non de V .

La puissance récupérable n'est donc pas proportionnelle à la vitesse.

2) Valeur maximale de $P_{\text{récupérable}}$

D'après 1) b), on a : $P_{\text{récupérable}} = 0,52 \times P_{\text{disponible}} = C_p \times \frac{1}{2} \times \rho \times S \times V^3$.

D'après l'énoncé, la valeur maximale de C_p est $\frac{16}{27}$.

La valeur maximale de $P_{\text{récupérable}}$ est :

$$\frac{16}{27} \times \frac{1}{2} \times 1,225 \times \pi \times \frac{D^2}{4} \times V^3 = \frac{16 \times 1,225 \times \pi}{27 \times 2 \times 4} \times D^2 \times V^3.$$

Donc $P_{\text{récupérable}} < 0,29 \times D^2 \times V^3$.

PARTIE C : étude de la production éolienne en France en 2015

1) a) Énergie produite par une éolienne en Centre-Val de Loire

En Centre-Val de Loire, le facteur de charge éolien moyen est de 25,8%.

D'après l'énoncé on a : $E = P \times t \times f$.

On a donc dans cette région : $E = 4 \text{ MW} \times 365 \text{ j} \times 24 \text{ h/j} \times 0,258$.

$$E = 9\,040,320 \text{ MWh.}$$

1) b) Puissance éolienne en Centre-Val de Loire

On connaît l'énergie totale produite par l'ensemble de la région en 2015 :

$$E_{\text{totale}} = 1,98 \times 10^6 \text{ MWh} = P_{\text{totale}} \times 365 \text{ j} \times 24 \text{ h/j} \times 0,258 = P_{\text{totale}} \times 2\,260,08 \text{ h}$$

$$P_{\text{totale}} = \frac{1,98 \times 10^6 \text{ MWh}}{2\,260,08 \text{ h}}$$

$$P_{\text{totale}} \approx 876 \text{ MW.}$$

Remarque :

Cela correspond à environ 219 éoliennes de 4MW chacune.

2. Énergie électrique produite en France

Sachant que l'énergie produite par l'éolien en France correspond à 4,5% de la production énergétique

totale, cette dernière vaut environ $\frac{21,9 \times 10^6 \text{ MWh}}{0,045}$ ce qui correspond à environ 487 millions de MWh.

L'énergie électrique produite en France en 2015 est d'environ 487 millions de MWh.