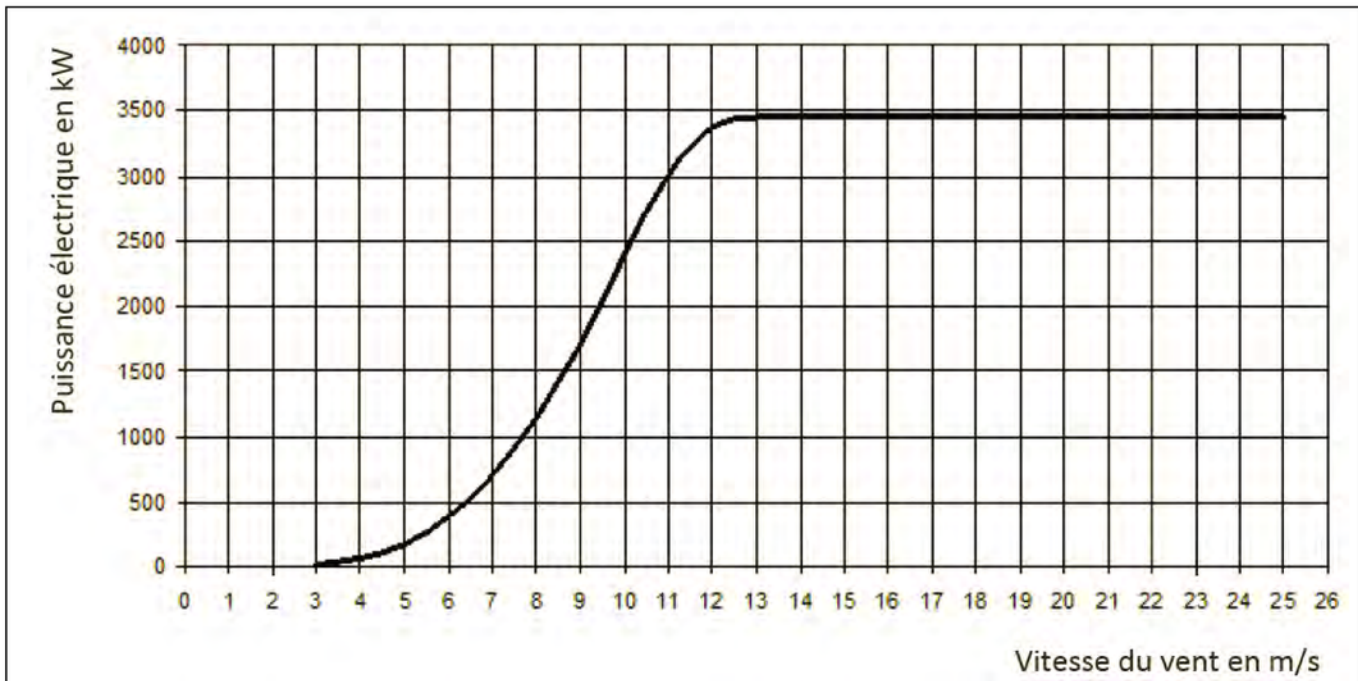


PARTIE A : puissance électrique d'une éolienne

Le graphique ci-dessous représente les variations de la **puissance électrique**, exprimée en kilowatt (kW) fournie par une certaine éolienne, en fonction de la **vitesse du vent**, exprimée en mètre par seconde (m/s).

La forme de la courbe dépend des caractéristiques mécaniques et électriques de l'éolienne.



Reproduit d'après la source : http://www.vestas.com/en/products/turbines/v112-3_3_mw

Répondre aux questions suivantes avec la précision permise par le graphique.

- 1) Quelle est la puissance électrique de l'éolienne quand la vitesse du vent est 11 m/s ?
- 2) À partir de quelle vitesse du vent la puissance électrique de l'éolienne est-elle supérieure à 500 kW ?
- 3) La puissance électrique de l'éolienne est-elle proportionnelle à la vitesse du vent ? Justifier.
- 4) Pour quelles vitesses du vent la puissance électrique de l'éolienne est-elle comprise entre 1 000 et 2 000 kW ?
- 5) Quelle est la puissance électrique maximale que peut fournir l'éolienne ?
- 6) À partir de quelle vitesse du vent, **en km/h**, la puissance électrique de l'éolienne est-elle supérieure à 3 000 kW ?

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

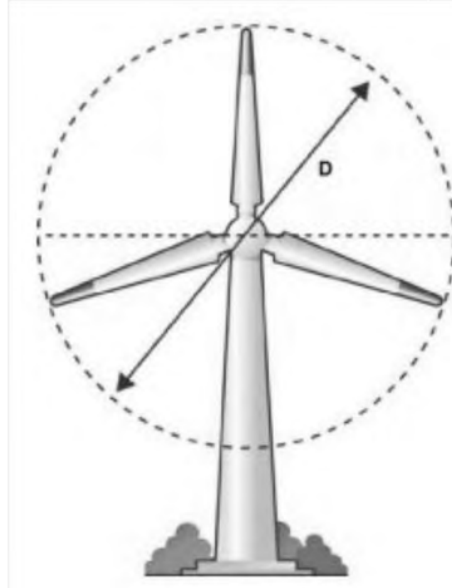
On dispose des informations suivantes sur les éoliennes :

La **puissance récupérable** d'une éolienne, exprimée en watt, notée $P_{\text{récupérable}}$, se calcule à l'aide de la formule :

$$P_{\text{récupérable}} = C_p \times P_{\text{disponible}}$$

où C_p est le **coefficient de performance** de l'éolienne et $P_{\text{disponible}}$ est la **puissance disponible** de l'éolienne, exprimée en watt, fournie par le vent.

Les puissances récupérables et disponibles fournissent des valeurs théoriques qui ne tiennent pas compte des contraintes mécaniques (minimum ou maximum de vitesse du vent).



La puissance disponible se calcule à l'aide la formule :

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

où

- ρ est la densité de l'air (l'industrie éolienne utilise la valeur $1,225 \text{ kg/m}^3$),
- S est l'aire de la surface balayée par les pales de l'éolienne (en m^2), c'est-à-dire l'aire d'un disque dont le diamètre D est celui de l'éolienne (en m),
- V la vitesse du vent (en m/s).

D'après les principes de la mécanique, la valeur maximale du coefficient de performance C_p est $\frac{16}{27}$.

1) Dans cette question, l'éolienne considérée a pour diamètre 112 m et pour coefficient de performance 0,52.

- a) Calculer l'aire de la surface balayée par les pales de cette éolienne.
- b) Montrer que la puissance récupérable de cette éolienne, exprimée en watt, est

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

- c) En déduire la puissance récupérable, exprimée en kilowatt, de cette éolienne pour un vent de 6 m/s. On arrondira le résultat au centième.
- d) Expliquer pourquoi la puissance récupérable est multipliée par 8 lorsque la vitesse du vent est multipliée par 2.
- e) La puissance récupérable de cette éolienne est-elle proportionnelle à la vitesse du vent ? Justifier.

2) Montrer que d'une manière générale, pour une éolienne de diamètre D , on a :

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

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

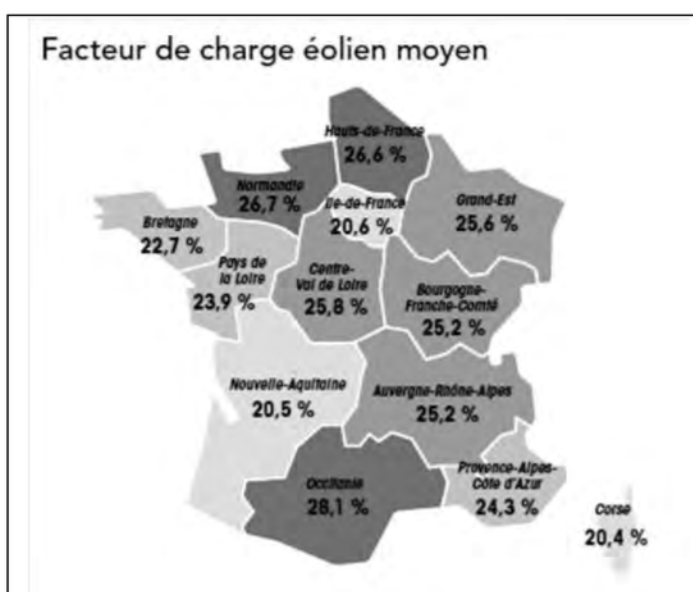
On appelle **puissance nominale** d'une éolienne la puissance électrique maximale qu'elle peut fournir.

L'énergie électrique produite par l'éolienne sur une durée t se calcule en multipliant la puissance nominale P de l'éolienne par la durée t considérée et un **facteur de charge** f qui dépend de la région. Cette énergie électrique est notée E .

Ainsi, $E = P \times t \times f$.

Si la puissance nominale est exprimée en watt (W) et le temps en heure (h), l'énergie électrique sera exprimée en Watt-heure (Wh).

- 1) La carte représentée ci-dessous donne, suivant les régions, le facteur de charge en 2015 pour la production éolienne :



- a) On considère une éolienne de puissance nominale 4 MW implantée en région Centre-Val de Loire. Calculer, en MWh, l'énergie électrique produite durant l'année 2015 par cette éolienne.
On rappelle que 1 mégawatt est égale à 1 million de watts ou encore que $1\text{MW} = 10^6\text{ W}$.
- b) L'énergie électrique totale produite en 2015 dans l'ensemble de la région Centre-Val de Loire par les parcs éoliens est de $1,98 \times 10^6$ MWh.
Calculer la puissance nominale totale des éoliennes installées dans cette région.
- 2) L'énergie électrique totale produite par l'éolien en France en 2015 est d'environ $21,9 \times 10^6$ MWh. Sachant que le taux moyen de couverture de la production d'énergie électrique en France en 2015 par la production éolienne est de 4,5%, calculer l'énergie électrique produite au total en France en 2015. Arrondir le résultat au million de MWh.