

## PREMIERES S, OSE, L SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

### CHAPITRE : ENERGIES RENOUVELABLES

#### SOUS CHAPITRE : ENERGIE EOLIENNE (S et OSE)

##### PRINCIPE :

- Principe de précaution pour protéger l'environnement et prévenir sa dégradation
- La protection de l'environnement fait partie du processus de DD et l'élimination de la pauvreté et la réduction des différences de niveau de vie sont des conditions essentielles du développement durable
- Partage des connaissances et des technologies novatrices pour réaliser l'objectif de durabilité
- Assurer la pérennité du patrimoine naturel de la Terre pour les hommes

##### COMPETENCES :

- La pensée systémique : ils sont capables d'aborder une problématique de différents points de vue et d'y inclure les dimensions du DD
- La pensée critique : s'informer sur les énergies éoliennes et solaires, etc.
- La communication et le sens du travail en équipe (Travail de groupe lors des sorties, réalisation de compte rendu)
- **La compréhension des relations interdisciplinaires (HG et SVT)**
- Manipuler et exploiter les TIC pour les expériences
- Savoir exploiter des documents scientifiques

##### ATTITUDES :

- Avoir une curiosité scientifique
- Etre responsable face à la gestion des ressources énergétiques
- Etre respectueux des biens communs et de l'environnement
- Esprit d'analyse et de créativité

##### VALEURS :

- Persévérance, goût de l'effort et de l'excellence
- Respect de la vie, des biens communs
- Autonomie
- Responsabilité

##### APPRENTISSAGES :

- Apprendre à faire
- Apprendre à être
- Apprendre à se transformer soi-même et à transformer la société ensemble
- Apprendre à se représenter des perspectives d'avenir plus positives et plus durables

« L'émission des GES est la principale cause du Changement Climatique.

Pour limiter l'émission des GES, il est nécessaire de remplacer l'utilisation des énergies fossiles par l'utilisation des énergies renouvelables »

Connaissances	Activités/ Stratégies	Outil/Support pédagogique/apprentissages
- Principe de fonctionnement d'une centrale éolienne	Travaux sur le terrain et apprentissage en plein air si possible : <ul style="list-style-type: none"><li>- Rechercher l'endroit à visiter</li><li>- Organiser la sortie pédagogique</li><li>- Faire rédiger un compte</li></ul>	-Document sur l'éolienne

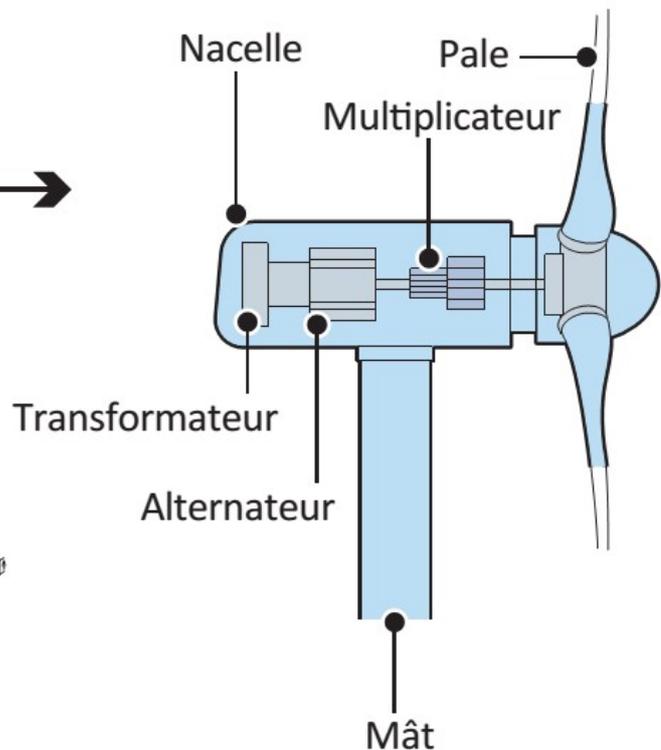
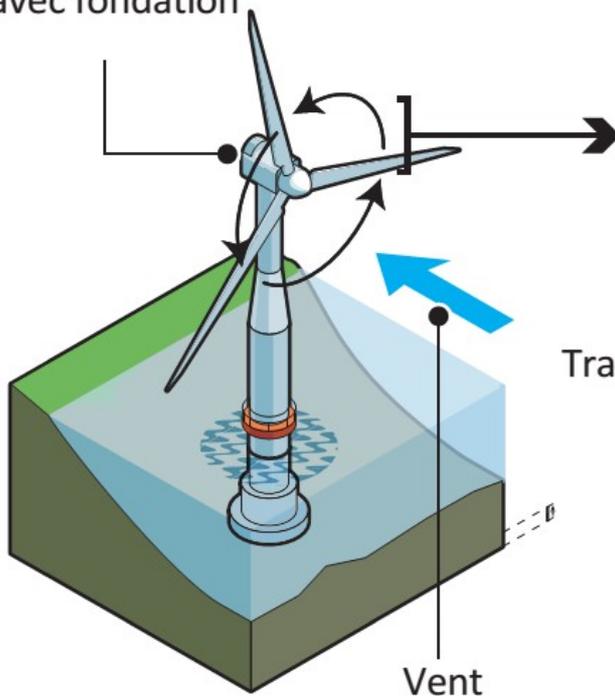
	<p>rendu de la sortie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en évidence le lien entre la théorie et la pratique</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transformation de l'énergie cinétique du vent en énergie électrique :</li> <li>- Puissance de l'éolienne</li> <li>- Puissance récupérable</li> <li>- Relation entre énergie et puissance électrique</li> </ul>	<p>Sinon, Faire des activités stimulantes sur l'éolienne :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- observation de vidéos</li> <li>- études de document, magazines, etc.</li> <li>- utilisation d'un simulateur d'éolienne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Document sur l'éolienne</li> <li>- Vidéos sur l'éolienne</li> <li>- Simulateur d'éolienne</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avantages et inconvénients de l'utilisation de l'éolienne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etude de cas : comparer les avantages des éoliennes (énergie renouvelable) par rapport à l'énergie fossile ex : le pétrole</li> <li>- Travaux de groupe ou exposé sur les avantages et des limites éoliennes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tableau : Comparaison entre le pétrole et l'éolienne</li> <li>- Document : Les intérêts et limites des éoliennes</li> </ul>

**REFERENCE :**

**Document : L'éolienne**

**1. Qu'est-ce que l'éolienne ?**

Eolienne classique avec fondation



L'éolienne est un dispositif capable de transformer l'énergie cinétique du vent en énergie électrique.

## 2. Les composantes d'une éolienne

Une éolienne est constituée de :

- Rotor, partie rotative de l'éolienne placée en hauteur afin de capter des vents forts et réguliers. Il est composé de pales (en générale 3) qui sont mises en mouvement par l'énergie cinétique du vent ;
- Mât, structure qui supporte la nacelle ;
- Nacelle, structure soutenue par le mât abritant les différents éléments mécaniques. On distingue les éoliennes à entraînement direct de celles équipées de train d'engrenages (multiplicateur/réducteur) selon le type d'alternateur et un transformateur.
- Alternateur, dispositif capable de produire un courant alternatif par l'effet de rotation.

## 3. Caractéristiques de l'éolienne

Les éoliennes sont généralement équipées d'un mât d'environ 85 à 110 mètres de haut. Elles sont surmontées de pales mesurant entre 40 et 120 mètres. Celles-ci tournent à une vitesse d'environ 10 à 25 tours minute.

Ces engins atteignent 120 à 145 mètres en bout de rotor. Leur durée de vie est d'environ 20 à 30 ans. Une éolienne peut fournir au maximum 43800 MWh par an alors qu'une centrale nucléaire produit entre 900 et 1450 MW.

## 4. Puissance théorique

Le vent est un déplacement d'air dans l'espace. Ce fluide a donc une énergie liée à son mouvement appelée énergie cinétique.

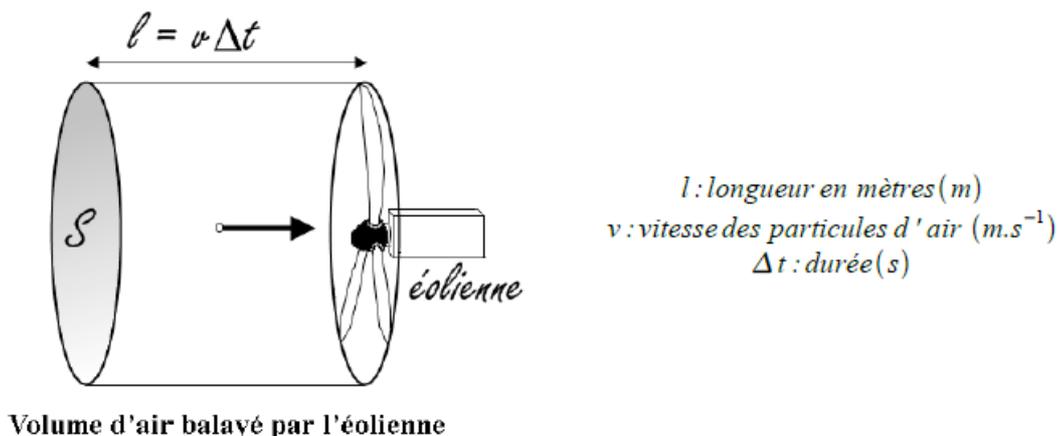
Essayons alors de calculer l'énergie contenue dans le vent. Pour cela, assimilons le volume d'air traversant les pales d'une éolienne au volume d'un cylindre de surface  $S$  et de longueur  $l$ . Rappelons la formule de l'énergie cinétique d'un corps en mouvement :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

$E_c$  : énergie cinétique en joules (J)

$m$  : masse du corps en kilogrammes (kg)

$v$  : vitesse en mètres par seconde ( $m.s^{-1}$ )



Il y a  $N$  particules d'air de masse  $m$ , dans ce cylindre, arrivant sur les pales de l'éolienne pendant une durée  $\Delta t$ . La masse volumique de ce cylindre est alors égal à :

$$\rho = \frac{N \cdot m}{V}$$

$\rho$  : masse volumique ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )

$N$  : nombre de particules

$M$  : masse d'une particule en kg

$V$  : volume du cylindre  $\text{m}^3$

Or  $V = S \cdot l = S \cdot v \cdot \Delta t$

$S$  : surface ( $\text{m}^2$ )

Donc nous obtenons:

$$V \cdot \rho = N \cdot m \Leftrightarrow S \cdot v \cdot \Delta t \cdot \rho = N \cdot m$$

$$\text{Donc: } N = \frac{S \cdot v \cdot \Delta t \cdot \rho}{m}$$

Puisque ces particules d'air sont en mouvement, on leur associe une énergie cinétique:

$$E_c = N \cdot \frac{1}{2} m v^2 = \frac{S \cdot v \cdot \Delta t \cdot \rho}{m} \cdot \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$\text{Donc } E_c = \frac{1}{2} \rho \cdot v^3 \cdot \Delta t$$

Maintenant nous pouvons aborder le calcul de la **puissance** liée à cette énergie. La puissance du vent est la quantité d'énergie fournie aux pales par unité de temps. C'est donc un débit d'énergie que nous recherchons.

La puissance **théorique** du vent :

$$P = \frac{\text{énergie reçue}}{\text{temps}}$$

$$P_{\text{théorique}} = \frac{E_c}{\Delta t} = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot v^3 \cdot \Delta t \times \frac{1}{\Delta t}$$

$$\text{Donc } P_{\text{théorique}} = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot v^3$$

## 1- Puissance récupérable, loi de Betz

Cette loi a été trouvée par l'allemand Albert Betz en 1919 et formulée dans son livre «Wind energy» publié en 1926. Elle démontre que les éoliennes possédant un rotor circulaire, ne peuvent convertir que 16/27 (ou 59%) de l'énergie mécanique produit en énergie électrique.

Cette loi est énoncée grâce à la formule suivante :

$$P_{recuperable} = \frac{16}{27} P_{theorique}$$

## 2- Relation entre énergie et puissance électrique

$$P_{recuperable} = P_{electrique} = U \cdot I$$

$$E = P \cdot t$$

### Document : LES INTERETS ET LIMITES DES ÉOLIENNES

Les intérêts de l'utilisation de l'éolienne par rapport aux énergies fossiles

L'énergie éolienne est gratuite et ne nécessite aucun carburant;

Elle exploite des énergies renouvelables c'est-à-dire inépuisables à l'échelle du temps humain;

La production d'énergie éolienne ne dégage pas des gaz de GES, ni de déchets toxiques ou radioactifs;

La surface en dessous des éoliennes reste exploitable;

Elle est rapide à construire;

Les limites de l'utilisation de l'éolienne:

L'éolienne est une source d'énergie intermittente;

Son coût d'investissement initial est élevé;

Son efficacité dépend de la topographie, de la météo et de l'environnement;

Le rendement en énergie est variable;

Elle entraine des problèmes de bruit et d'interférence électromagnétique.

### REMARQUE

Afin de pallier le problème d'intermittence, il est intéressant de coupler l'énergie éolienne avec d'autres sources d'énergies renouvelables et de l'installer en mer

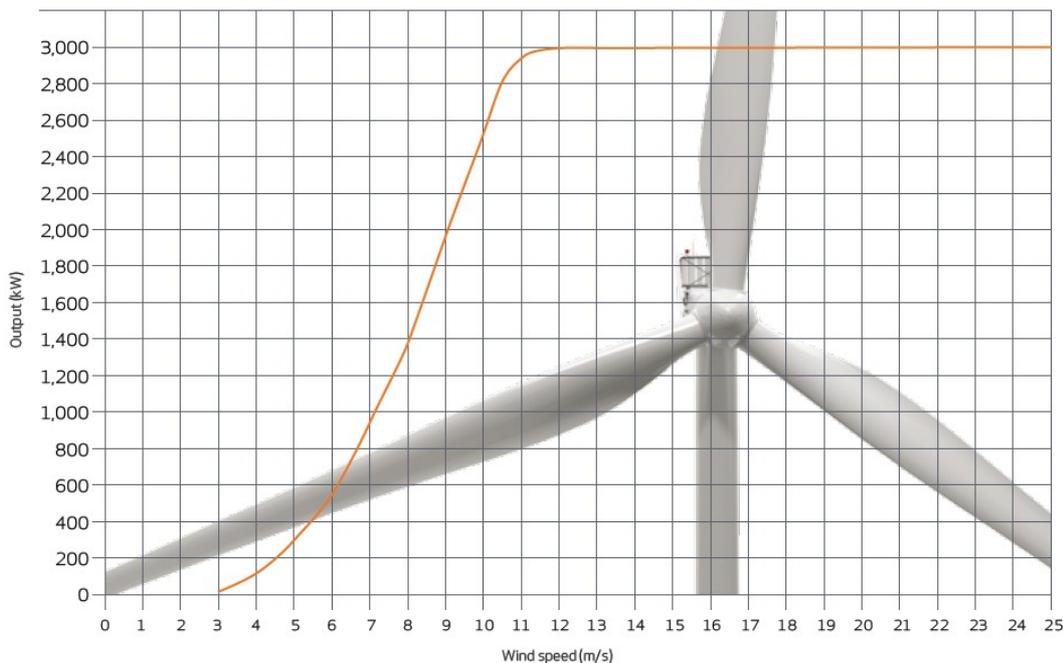
### COMPARAISON ENTRE LE PETROLE ET L'ENERGIE EOLIENNE :

	<b>Pétrole</b>	<b>Eolienne</b>
<b>Origine de l'énergie</b>	Décomposition de matières organiques	Energie cinétique du vent
<b>Type d'énergies</b>	Non renouvelable: épuisable à l'échelle humaine	Renouvelable: non épuisable à l'échelle humaine
<b>Impact sur l'environnement</b>	Emission de GES et des polluants,	Pas d'émission de GES ni de polluants
<b>Localisation</b>	Gisements localisés et éloignés de sites de consommation	Accès plus facile: mer, océan, en hauteur

<b>Risque lié au transport</b>	Pollution de l'eau et de l'air lors du transport fréquent	Un seul transport pour l'installation, impliquant peu de pollution
<b>Processus de renouvellement</b>	Des millions d'années	Renouvelable à tout moment
<b>Recyclage en fin de vie</b>	Non recyclable	La plupart des composantes sont recyclables à 90% (acier, fonte, cuivre et aluminium)

## Exemple d'évaluation

### Exercice 1:



### À partir de quelle vitesse du vent l'éolienne démarre-t-elle ?

- Quelle est la puissance électrique atteinte par l'éolienne quand le vent souffle à 10 m/s ?
- Quelle est la puissance maximale que peut fournir l'éolienne ?
- À partir de quelle vitesse du vent cette puissance maximale est-elle atteinte ?
- Que signifie la partie horizontale de la courbe ?

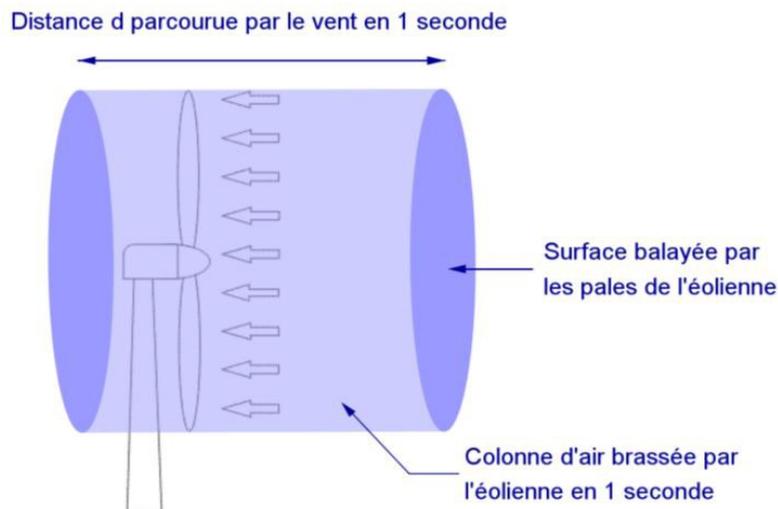
- La puissance électrique fournie est-elle proportionnelle à la vitesse du vent ?

Justifier.

- Comment expliquer que le graphique ne va pas au-delà d'une vitesse du vent de 25 m/s ? Que fait l'éolienne lorsque le vent atteint une telle vitesse ?

- Quelle est environ la puissance électrique fournie quand le vent souffle à 25 km/h ?

### Exercice 2:



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

- Calculer la distance  $d$  parcourue en une seconde par un vent faible dont la vitesse est de 18 km/h.
- Calculer la surface balayée par une éolienne dont le rotor a un diamètre de 90m.
- Dédire des réponses précédentes 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.

a) La densité de l'air est de  $1,225 \text{ kg/m}^3$ . En déduire alors la masse d'air brassée 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.

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

- 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.