

I. GENERALITES SUR L'ENERGIE

L'énergie nous paraît si normale que nous la remarquons à peine. Lorsque nous prenons la route vers le travail ou l'université chaque jour cela nécessite de l'énergie. Nos maisons qui sont construites de briques, de béton et les fenêtres de nos chambres ont été fabriquées en utilisant de l'énergie. Nos vêtements et nos chaussures ont également été fabriqués grâce à l'énergie.

Sans énergie, nos vies seraient beaucoup moins confortables. Imaginons-nous aller chercher du bois pour vous chauffer et faire la cuisine, aller chercher de l'eau au puits et ne devoir vous déplacer qu'à pied... Et bien entendu, il n'y aurait ni radio, ni téléviseurs, ni ordinateurs, ni téléphone. Notre société a besoin d'énergie pour fonctionner.

QU'EST-CE QUE L'ENERGIE ET POURQUOI EN AVONS-NOUS BESOIN ?

Le mot « ENERGIE », d'usage très répandu, vient du mot Grec « ENERGIA » qui signifie « FORCE EN ACTION ». Donc : « L'énergie caractérise la capacité à produire des actions », par exemple à engendrer du mouvement, modifier la température d'un corps ou à transformer la matière. L'énergie provient de différentes sources que l'on trouve dans la nature : le bois, le charbon, le pétrole, le gaz, le vent, le rayonnement solaire, les chutes d'eau, la chaleur interne de la terre, l'uranium.

PRESENTATION DE L'ENERGIE

L'énergie cinétique : Associée au mouvement d'un objet, elle est proportionnelle à la masse et au carré de la vitesse de celui-ci. Elle se transforme en électricité (centrales hydrauliques, éoliennes), en chaleur (frottements) et peut également provenir d'une autre forme d'énergie (chimique : poudre à canon, thermique : locomotive à vapeur, électrique : moteur électrique).

Exemple : L'énergie cinétique d'un objet de masse m :

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

L'énergie de gravitation : Cette force, dite de gravitation, caractérise l'attraction mutuelle de deux corps massifs. La loi de la gravitation a été formulée par le physicien anglais Isaac Newton. Ce principe est utilisé pour augmenter l'énergie de l'eau dans une centrale hydraulique.

Exemple : L'énergie potentielle dans le champ gravitationnel de la terre s'écrit :

$$E_p = m g h$$

- **L'énergie élastique** : Elle est associée aux déformations des objets élastiques (ressort, compression d'un gaz)

Exemple : k est la constante de raideur du ressort, qui donne le coefficient de proportionnalité entre force appliquée sur la masse et déplacement de la masse par rapport à sa position d'équilibre :

$$E = \frac{1}{2} k x^2$$

- **L'énergie électrique** : Elle provient du mouvement des électrons dans un milieu conducteur. Dans une pile électrique, l'énergie chimique est convertie en mouvement des électrons, donc en énergie électrique.
- **L'énergie électromagnétique** : elle provient d'une source électromagnétique ou magnétique
- **L'énergie nucléaire** : Localisée dans les noyaux des atomes, elle est associée à la liaison entre les protons et neutrons. Elle se transforme lors des réactions nucléaires de fission ou de fusion de noyaux atomiques. Ce mécanisme se produit au cœur du Soleil, par fusion des noyaux d'hydrogène en noyaux d'hélium, dans les centrales nucléaires, par fission des noyaux d'uranium.

LES SOURCES ET LES CYCLES D'ENERGIE

1. ENERGIES NON RENOUVELABLES :

Les énergies non renouvelables sont les énergies qui disparaissent quand on les utilise. Elles sont constituées de substances qui mettent des millions d'années à se reconstituer.

« Il existe deux familles d'énergies non renouvelables : les énergies fossiles et les énergie fissiles »

Energies fossiles : Ce sont des matières premières que l'on trouve sous terre issues de la décomposition de matières organiques (végétaux et organismes vivants), il y a des millions d'années. Ce sont des combustibles tels que le charbon, le gaz naturel et le pétrole. Ces ressources diminuent quand on les utilise car il leur faut des millions d'années pour se former.

Energies fissiles : Ce sont de très petits éléments dont on peut casser les atomes pour libérer de l'énergie et de la chaleur.

2. ENERGIE RENOUVELABLE :

La terre reçoit, à un rythme assez régulier, une grande quantité d'énergie principalement grâce au rayonnement du soleil mais également, dans une moindre mesure, de son noyau en fusion et de l'interaction gravitationnelle avec la lune. Une partie de cette énergie est "dégradée" à la surface de

la terre par les cycles naturels météorologiques, une autre partie –plus faible– est utilisée par les êtres vivants –flore et faune– dont les humains. Ces derniers ont, depuis quelques décennies, atteint un tel niveau d'activité qu'ils produisent de la chaleur à grande échelle par la combustion des carburants fossiles, de la biomasse mais aussi des combustibles nucléaires (la consommation totale d'énergie représente environ 1/6000ème de l'énergie rayonnée au sol par le soleil).

II. GRANDEURS PHYSIQUES

1. Le système d'unités international

Seulement cinq dimensions sont nécessaires et suffisantes pour caractériser toutes les grandeurs physiques de l'univers. La longueur (L), le temps (T), la masse (M), l'intensité électrique (I) et la température (θ).

Le comité international des poids et mesures a établi un système d'unité international (SI) qui permet de quantifier ces dimensions : le mètre (m) pour L, la seconde (s) pour T, le kilogramme (kg) pour M, l'ampère (A) pour I et le Kelvin (K) pour la température.

Exemples d'unités exprimées à partir des unités de base

Grandeur	Unité SI		Dimension
	Nom	Symbole	
superficie	mètre carré	m^2	L^2
volume	mètre cube	m^3	L^3
vitesse	mètre par seconde	$m\ s^{-1}$	LT^{-1}
accélération	mètre par seconde carrée	$m\ s^{-2}$	LT^{-2}
nombre d'ondes	1 par mètre	m^{-1}	L^{-1}
masse volumique	kilogramme par mètre cube	$kg\ m^{-3}$	$L^{-3} M$
champ magnétique	ampere par metre	$A\ m^{-1}$	$L^{-1} I$
volumique massique	mètre cube par kilogramme	$m^3\ kg^{-1}$	$L^3 M^{-1}$

Exemples d'unités ayant des noms spéciaux

Grandeur	Unité SI				Dimension
	Nom	Symbole	Expression en d'autres unités SI	Expression en unités SI de base	
fréquence	hertz	Hz		s^{-1}	T^{-1}
force	newton	N		$m\ kg\ s^{-2}$	LMT^{-2}
pression	pascal	Pa	$N\ m^{-2}$	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$	$L^{-1}MT^{-2}$
énergie, travail, quantité de chaleur	joule	J	$N\ m$	$m^2\ kg\ s^{-2}$	L^2MT^{-2}
puissance	watt	W	$J\ s^{-1}$	$m^2\ kg\ s^{-3}$	L^2MT^{-3}
quantité d'électricité, charge électrique	coulomb	C		$s\ A$	TI
potentiel électrique, tension électrique, force électromotrice	volt	V	WA^{-1}	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$	$L^2MT^{-3}I^{-1}$
capacité électrique	farad	F	CV^{-1}	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$
résistance ohmique	ohm	Ω	VA^{-1}	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-2}$	$L^2MT^{-3}I^{-2}$
flux d'induction magnétique	weber	Wb	$V\ s$	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-1}$	$L^2MT^{-2}I^{-1}$
induction magnétique	tesla	T	$Wb\ m^{-2}$	$kg\ s^{-2}\ A^{-1}$	$MT^{-2}I^{-1}$
inductance	henry	H	$Wb\ A^{-1}$	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$	$L^2MT^{-2}I^{-2}$
activité d'un radionuclide	becquerel	Bq		s^{-1}	T^{-1}
dose absorbée	gray	Gy	$J\ kg^{-1}$	$m^2\ s^{-2}$	L^2T^{-2}

Quelle est l'unité de mesure de l'énergie ?

Toutes les formes d'énergie ont en commun la capacité à accomplir un travail. Cette capacité à accomplir un travail peut être comparée à une situation pendant laquelle un travail est accompli, comme celui de soulever une certaine masse. C'est la raison pour laquelle l'énergie est mesurée en joules (J).

« 1 joule est la quantité d'énergie requise lorsqu'une force d'1 Newton est nécessaire sur une distance d'1 m

III. L'ÉNERGIE SOLAIRE THERMIQUE

Lorsque l'énergie lumineuse (photons) rencontre de la matière, celle-ci transforme une partie en chaleur. C'est ce qu'on appelle la conversion photo thermique, et c'est sur ce principe que sont basés les procédés de capteur plan solaire. L'énergie solaire pour son utilisation exige un système de captation solaire de deux types :

- ❖ Capteur solaire photo-thermique
- ❖ Capteur solaire photovoltaïque

1. Applications de l'énergie solaire thermique

- Production d'eau chaude sanitaire
- Chauffage des locaux
- Chauffage des piscines

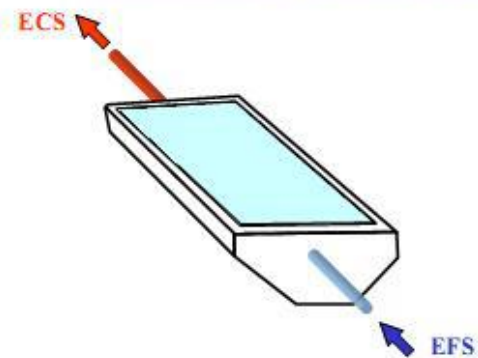
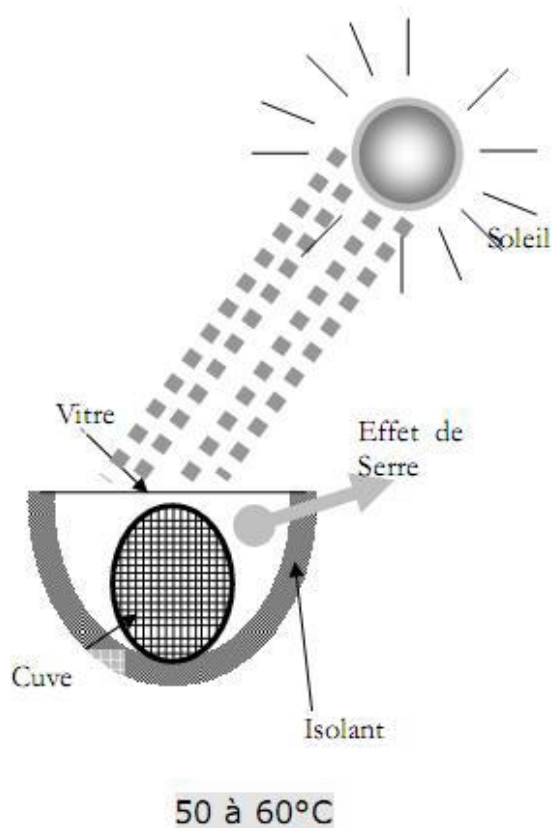
Génère de l'électricité.

2. Types de Capteurs

Il existe différents types de capteurs solaires thermiques selon le type d'application considéré.

Le chauffe-eau solaire auto-stockeur

Le soleil chauffe un ballon d'eau peint en noir dans une caisse isolante. Il se raccorde comme un chauffe-eau électrique : C'est de la plomberie classique

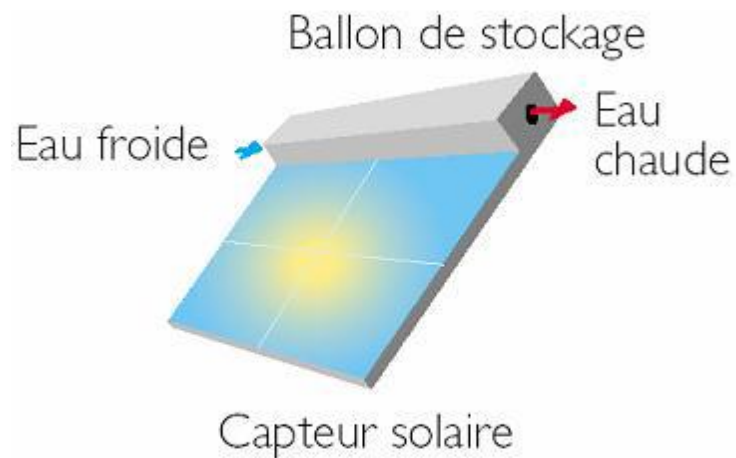


Le chauffe-eau solaire à thermosiphon

Le capteur et le ballon d'eau sont séparés. Le capteur solaire comprend une plaque et des tubes métalliques noirs, l'ensemble forme l'absorbeur. Il est placé dans un coffre rigide dont la partie supérieure est vitrée pour laisser pénétrer le soleil et retenir la chaleur. Le liquide caloporteur circule naturellement des tubes du capteur au ballon grâce à sa différence de densité avec l'eau contenue dans le ballon.

Tant que sa température est supérieure à celle de l'eau, donc moins dense, il s'élève vers le ballon qui doit être placé plus haut que le capteur.

Chauffe eau monobloc



60 à 90°C

Le solaire haute température

La concentration optique permet d'obtenir de très hautes températures (de 400°C à 1000 °C), pour produire de la vapeur qui, faisant tourner une turbine, génère de l'électricité.

	Concentration ponctuelle	Concentration linéaire
Fixes	Centrales à tour	Collecteurs Fresnel linéaires
Mobiles	Collecteurs paraboliques	Collecteurs cylindro-paraboliques

3. Les avantages

- Rendement élevé (jusqu'à 80%) ;
- Source d'énergie inépuisable et propre;
- La technologie solaire thermique est simple, peu onéreuse et facilement accessible sur le marché ;
- Il est facile de stocker temporairement la chaleur

4. Les inconvénients

- La production de chaleur dépend des saisons et des climats ;
- L'énergie solaire thermique reste une énergie coûteuse par rapport au chauffage par énergie fossile à cause d'investissements assez lourds ;
- Certains panneaux sont très sensibles et peuvent être endommagés par certaines conditions météorologiques (grêle, gel...).

IV. L'ÉNERGIE SOLAIRE photovoltaïque

Les panneaux photovoltaïques sont composés des cellules photovoltaïques (PV) à base de silicium, et qui ont la capacité de transformer les photons en électrons.

1. Principe de fonctionnement

Principe de l'énergie solaire photovoltaïque : transformer le rayonnement solaire en électricité à l'aide d'une cellule photovoltaïque.

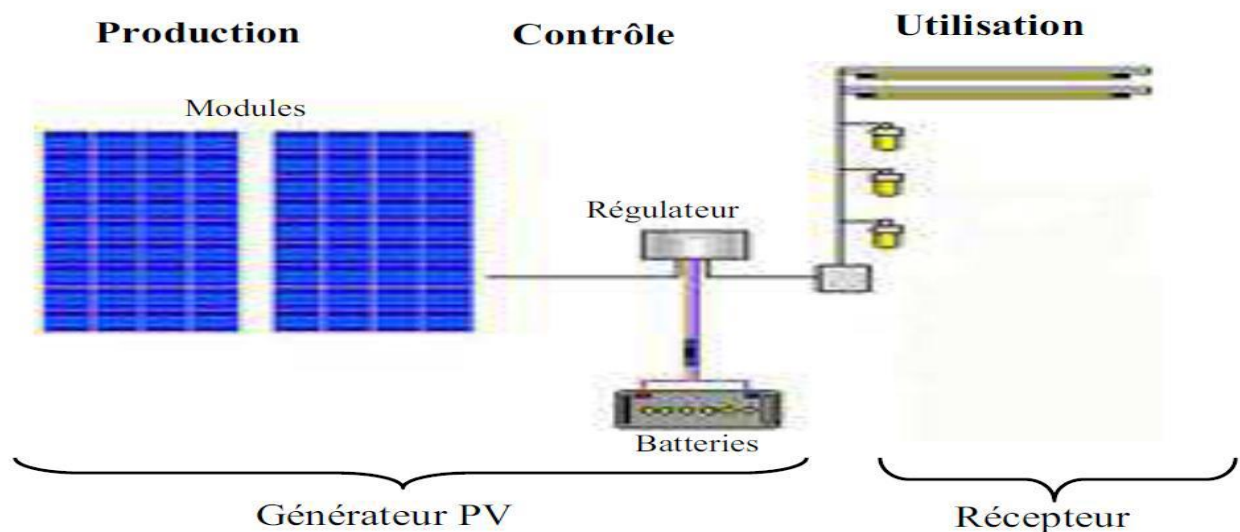
Lorsqu'une cellule solaire photovoltaïque est soumise au rayonnement solaire, les photons contenus dans le rayonnement absorbé apportent de l'énergie qui libère des électrons de la couche du semi-conducteur de la cellule. C'est le mouvement des électrons libérés qui produit le courant électrique. Ce processus de conversion de lumière en électricité est appelé l'effet photovoltaïque.



2. Système photovoltaïque

Tout système photovoltaïque peut se composer en trois parties :

- ❖ Une partie de production d'énergie.
- ❖ Une partie de contrôle de cette énergie.
- ❖ Une partie d'utilisation de l'énergie produite.



Les panneaux photovoltaïques produisent un courant électrique continu.

Le régulateur optimise la charge et la décharge de la batterie suivant sa capacité et assure sa protection.

L'onduleur transforme le courant continu en alternatif pour alimenter les récepteur AC.

Les batteries sont chargées de jour pour pouvoir alimenter la nuit ou les jours de mauvais temps.

3. Les avantages

- Energie électrique non polluante à l'utilisation et s'inscrit dans le principe de développement durable ;
- Source d'énergie renouvelable car inépuisable à l'échelle humaine ;

- Utilisables soit dans les pays en voie de développement sans réseau électrique important soit dans des sites isolés tels qu'en montagne où il n'est pas possible de se raccorder au réseau électrique national.

4. Inconvénients

- Coût du photovoltaïque élevé car il est issu de la haute technologie ;
- Le rendement actuel des cellules photovoltaïques reste assez faible (environ 10% pour le grand public) et donc ne délivre qu'une faible puissance ;
- Marché très limité mais en développement ;
- Production d'électricité ne se fait que le jour alors que la plus forte demande chez les particuliers se fait la nuit ;
- Le stockage de l'électricité est quelque chose de très difficile avec les technologies actuelles (coût écologique des batteries très élevé) ;
- ;

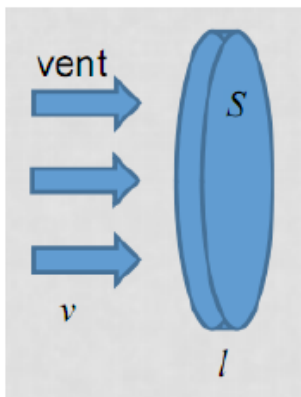
V. L'ÉNERGIES ÉOLIENNE

L'énergie éolienne est utilisée par l'homme depuis des millénaires : navigation, moulins, pompage. Elle a joué un rôle économique relativement important au cours des siècles avant d'être supplantée par les énergies fossiles à partir du début du 19ème siècle. Si quelques prototypes d'éoliennes génératrices d'électricité ont vu le jour dès le milieu du 20ème siècle, notamment en France, en Grande-Bretagne et au Danemark, ce n'est que dans les années 80 que l'éolien industriel commence vraiment à se développer et dans les années 90 qu'il connaît un véritable essor dans un certain nombre de pays.

Le développement de l'éolien s'inscrit dans le cadre de la promotion des énergies renouvelables, face aux dangers que représente à l'échelle planétaire le recours massif aux énergies fossiles.

1. Energie des vents

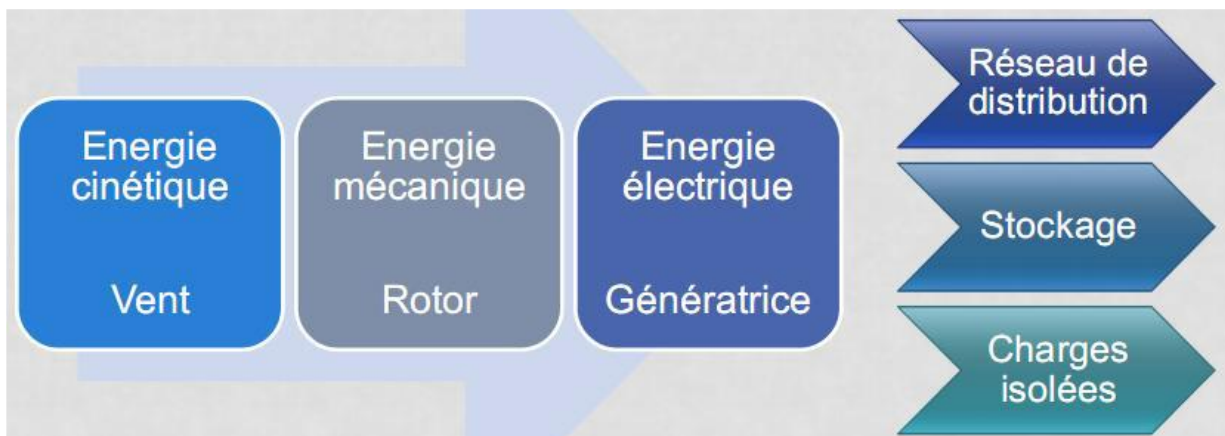
- Energie des vents = 25 à 30 fois la consommation d'énergie de l'humanité
- Avec $E_c = \frac{1}{2} m_{air} v^2$ avec $m_{air} = \rho v$



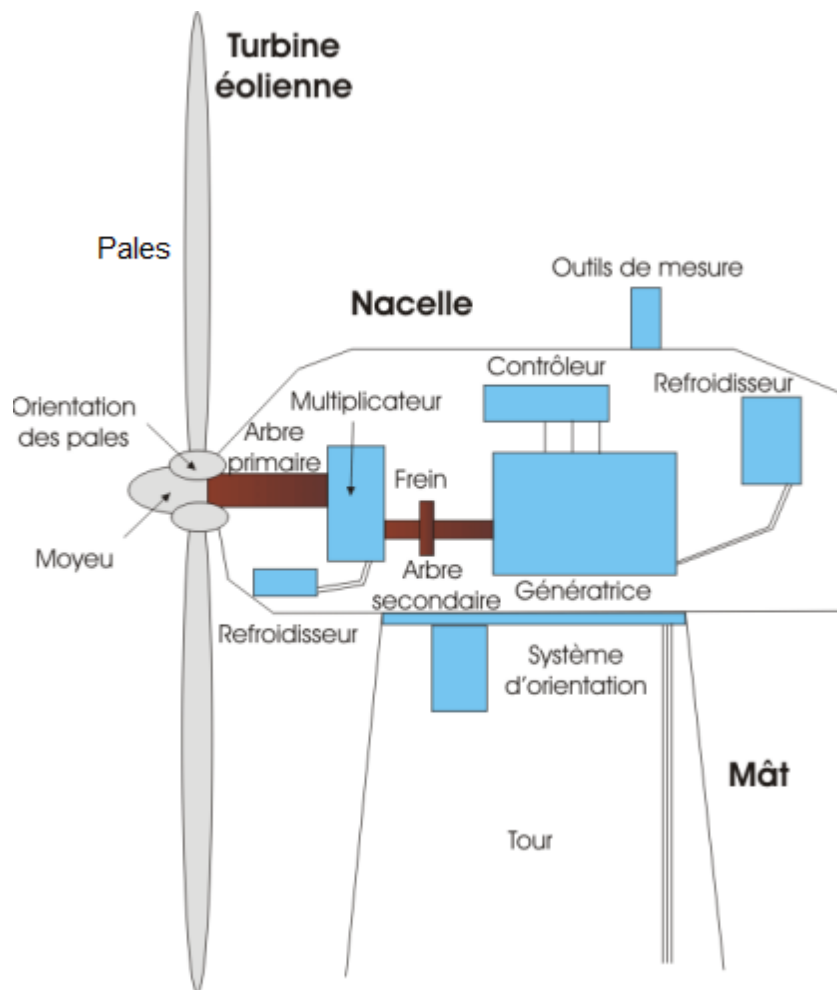
$$v = Sl \text{ et } l = vt \text{ d'où } E_c = \frac{1}{2} \rho v v^2 = \frac{1}{2} \rho S v^3 t$$

$$\text{Puissance du vent} = \frac{1}{2} \rho S v^3$$

2. Transformations énergétiques



3. Structure d'une éolienne :



Pales : sont fabriquées à base de fibre de verre et matériaux composites

☞ **Arbre primaire (arbre lent) :** arbre du rotor de la turbine éolienne. Vitesse de rotation = 20 à 40 tr/min.

Ce système est relié à l'arbre secondaire par l'intermédiaire du multiplicateur.

☞ **Le multiplicateur (boîte à vitesse) :** il permet de faire passer la fréquence de rotation de 20 à 40 tr/min à 1500 tr/min à l'aide d'engrenages.

☞ **Arbre rapide :** relie le multiplicateur à la génératrice. Ce système est équipé d'un frein à disque qui stoppe la rotation en cas de vent violent.

☞ **La génératrice :** jusqu'à une puissance de 7.5 MW (2010). Elle transforme donc cette énergie mécanique (de rotation) en énergie électrique.

Le contrôleur électronique : représente le cerveau de l'éolienne. Il contrôle le fonctionnement général de l'éolienne (100 à 500 opérations) : démarrage, freinage, orientation des pales et de la nacelle, refroidissement du générateur... il est en lien permanent avec :

☞ **le système de mesures :**

- Anémomètre : système qui calcul la vitesse du vent.
- Girouette : système qui donne la direction du vent.

☞ **Système de refroidissement :** se fait par ventilation et radiateurs à eau et à l'huile. Il permet le soulagement en température des équipements de l'éolienne tels :

- Génératrice

- Multiplicateur

☞ **Système d'orientation** : est composé de moteurs électriques qui font pivoter la nacelle (roue dentée ou crémaillère). Le rotor est placé face au vent.

4. Autres aspects environnementaux

☞ **Avantages**

☐ Une énergie renouvelable : Le vent est renouvelable, et ainsi les kWh produits à partir de l'énergie éolienne épargnent d'autant les ressources limitées de la Planète en pétrole, gaz, charbon, et uranium. En cela, l'éolien contribue incontestablement au développement durable.

☐ Rejets : Le vent est une énergie propre : elle n'engendre aucun rejet

☐ Effet de serre : L'éolien ne rejette aucun gaz à effet de serre autre que celui dû à la fabrication des matériaux employés (ciment, acier, etc.). C'est ce qui explique son engouement dans des pays comme le Danemark et l'Allemagne, deux gros producteurs européens de CO₂.

☞ **Inconvénients**

☐ Bruit : La technologie des éoliennes a fait de grands progrès en matière de bruit. Il demeure qu'avec l'accroissement de puissance unitaire des machines, le bruit engendré reste perceptible de loin (45 dBA à 300 m pour les machines de dernière génération), et la distance entre une installation éolienne et l'habitat n'est pas à ce jour fixée.

☐ Interférences hertziennes : La rotation des hélices interfère avec les ondes hertziennes, et une étude soignée et doit être faite pour vérifier que cela n'entraîne aucune gêne vis-à-vis des riverains.

☐ Oiseaux : Les côtes constituent des routes migratoires traditionnelles, et les pales en rotation des hélices constituent un danger pour les oiseaux migrateurs (la vitesse périphérique des pales)

☐ Effet stroboscopique : Plusieurs associations (allemandes notamment) se plaignent du fait que les pales d'hélice cachant le soleil à intervalles lents et réguliers et peut avoir à la longue des répercussions psychologiques graves sur les riverains.