

## **Chapitre VI : L'énergie éolienne**

### **VI.1 Introduction**

L'énergie éolienne est l'une des plus anciennes sources d'énergie. Cette énergie propre et renouvelable existe depuis toujours. La technologie des aéromoteurs (où capteurs éoliens) a connu une évolution fulgurante surtout ces dernières décennies. Notamment dans le domaine de la production d'énergie électrique. Plusieurs technologies sont utilisées pour capter l'énergie du vent et leurs structures sont de plus en plus performantes. Ainsi dans ce qui suit nous allons énoncer une étude sur l'énergie et les centrales éoliennes.

### **VI.2 Définition**

L'énergie éolienne est l'énergie cinétique des masses d'air en mouvement autour du globe. La racine étymologique du terme « éolien » provient du nom du personnage mythologique Éole, connu en Grèce antique comme le maître des Vents.



*Figure VI.1: Parc éolien Danemark.*

### **VI.3 Types des turbines éoliennes**

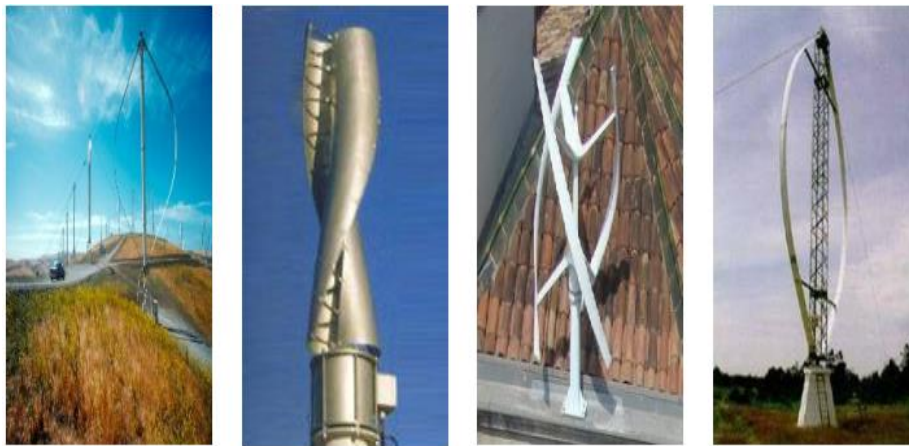
Il existe deux principaux types d'éoliennes qui diffèrent essentiellement dans leur organe capteur d'énergie à savoir l'aéro-turbine. En effet, selon sa position par rapport au sol on obtient.

- Éolienne à axe verticale
- Éolienne à axe horizontale

### VI.3.1 Eolienne à axe verticale

Ce type d'éoliennes est très peu répandu et assez mal connu. Elles ont été les premières structures développées pour produire de l'électricité, paradoxalement en contradiction avec le traditionnel moulin à vent à axe horizontal. Les éoliennes à axe vertical ressemblent un peu aux roues hydrauliques classiques qui sont construites de façon à laisser arriver l'eau perpendiculairement à l'axe de rotation de la roue. En fait, certaines éoliennes à axe vertical pourraient également fonctionner avec un axe horizontal, mais il est peu probable qu'elles soient aussi efficaces qu'une éolienne munie d'un rotor du type hélice.

Il existe trois structures de ce type d'éoliennes : les rotors Savonius, les rotors Darrieus et la structure en H. Elles présentent comme avantages : l'absence de la tour (la génératrice, le multiplicateur, etc., sont placés à terre) ; pas de mécanisme d'orientation pour diriger le rotor dans la direction du vent. Leurs inconvénients principaux sont : la vitesse du vent est très faible à proximité de la surface du sol, faible rendement aérodynamique, elles nécessitent un dispositif de démarrage ; enfin, la surface qu'elles occupent au sol est très importante pour des puissances élevées.



*Figure VI.2 Éolienne à axe verticale.*

### VI.3.2 Eolienne à axe horizontal

Aujourd'hui, la plus grande partie des éoliennes commerciales sont à axe horizontal. Ce type d'éolienne a pris le dessus sur celles à axe vertical car elles représentent un coût moins important, elles sont moins exposées aux contraintes mécaniques et la position du récepteur à plusieurs dizaines de mètres du sol privilégie l'efficacité. Elles sont construites avec un rotor du type hélice, monté sur un axe horizontal. Le nombre de pales utilisé pour la production d'électricité varie classiquement entre 1 et 3.



*FigureVI-3 Eolienne à axe horizontal.*

#### **VI.4 Composants d'une éolienne à axe horizontal**

Une éolienne est généralement composée de :

- ❖ Le mât : Généralement un tube d'acier ou éventuellement un treillis métallique qui supporte le rotor de la turbine. Il est important qu'il soit assez élevé (40 à 60 m de hauteur pour une éolienne de 500 kW). Il permet de placer le rotor à une hauteur suffisante pour permettre son mouvement (nécessaire pour les éoliennes à axe horizontal), ou à une hauteur où le vent souffle de façon plus forte et plus régulière qu'au niveau du sol. Le mât abrite généralement une partie des composants électriques et électroniques (modulateur, commande, multiplicateur, générateur, etc.). Les mâts sont généralement en acier, mais des mâts de béton sont de plus en plus utilisés par certains producteurs.

- ❖ Les pales : Pour les éoliennes destinées à la production d'électricité, le nombre de pales varie classiquement de 1 à 3, le rotor tripale (concept danois) étant de loin le plus répandu car il représente un bon compromis entre le coût, le comportement vibratoire, la pollution visuelle et le bruit.

- ❖ La nacelle : Elle rassemble tous les éléments mécaniques permettant de coupler le rotor éolien au générateur électrique : arbres, multiplicateur, roulement, le frein à disque qui permet d'arrêter le système en cas de surcharge, le générateur qui est généralement une machine synchrone ou asynchrone. La nacelle peut tourner pour orienter la machine dans la bonne direction.

---

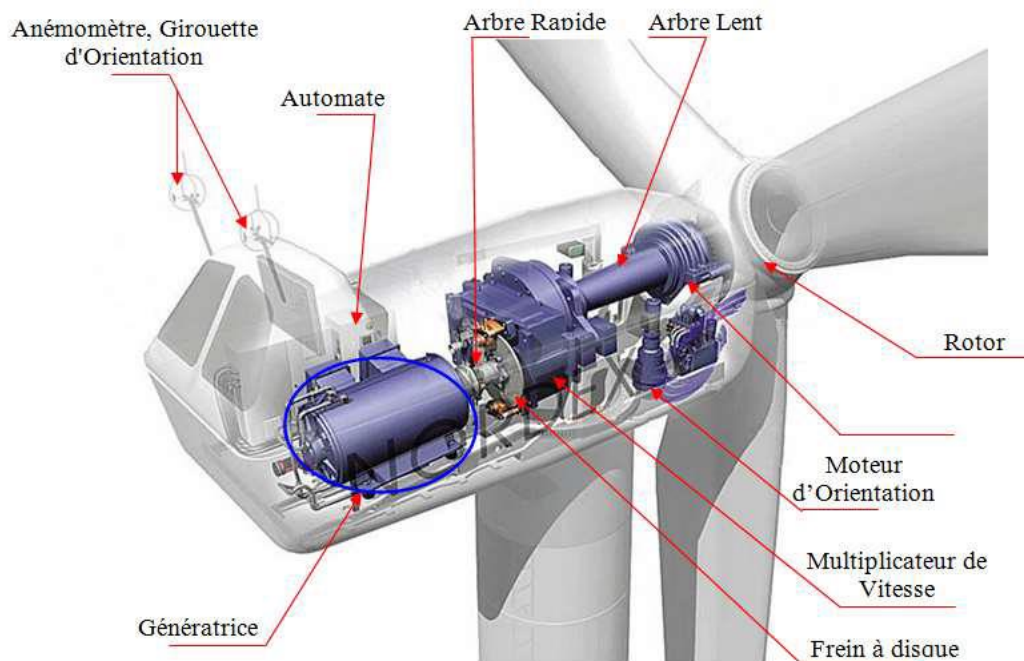


Figure VI-4 Composition d'une éolienne à axe horizontal.

---

## **VI.5 Classification des éoliennes à axe horizontal**

En général, on les classe en deux types : “sous le vent” et “face au vent” :

### **VI.5.1 Eolienne sous le vent**

Ce sont les plus simples car ici le positionnement du rotor est naturel et automatique en fonction de la direction du vent. Le rotor se situe derrière le pylône. Un grand avantage de ce montage réside dans le fait que les pales du rotor peuvent être flexibles, ce qui allège donc leur construction et diminue aussi la taille du pylône.

### **VI.5.2 Eolienne face au vent**

Ce sont les plus répandues. Le rotor est orienté dans la direction du vent en amont et n'est pas perturbé par le pylône.

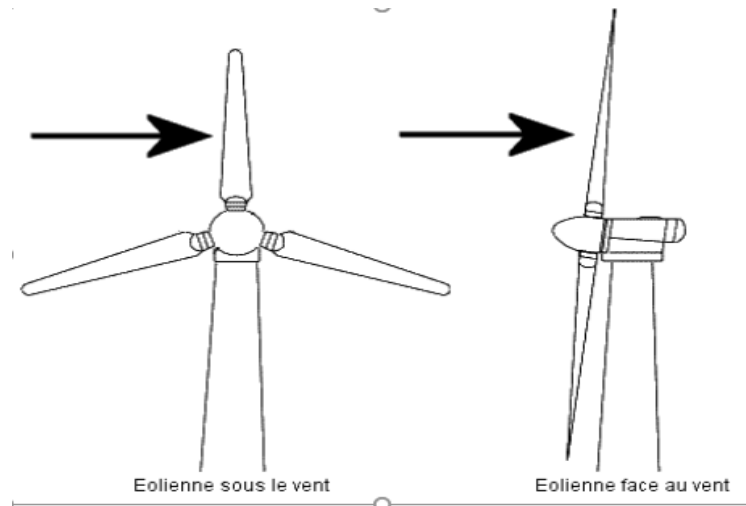


Figure VI-5 L'éolienne et la direction du vent.

## VI.6 Les modes d'exploitation de l'énergie éolienne

- On distingue deux types de modes d'exploitation de l'énergie éolienne :
  - Les éoliennes terrestres dites « onshore » sont installées sur la terre.
  - Les éoliennes dites « offshore » sont installées en mer.
- On distingue par ailleurs deux typologies d'installations :
  - Industrielles : les grands parcs éoliens (ou « fermes éoliennes ») raccordés au réseau électrique.
  - Domestiques : des petites éoliennes installées chez les particuliers.

### VI.6.1 Eoliennes Onshore

Une éolienne terrestre, ou onshore est par définition installée sur la terre ferme et se distingue des éoliennes offshore installées en mer, elle permet de convertir dans un premier temps l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, puis la conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique, cette conversion est proche de celui d'une dynamo alimentant les feux d'un vélo. Dans le cadre du petit éolien, les éoliennes terrestres sont de plus petite taille et peuvent répondre aux besoins de particuliers ou petits producteurs agricole, leur puissance varie entre 0,1 et 36 KW. Ces éoliennes peuvent alimenter des bâtiments isolés non reliés au réseau électrique ou bien être raccordées au réseau afin de vendre la production électrique. En citant l'exemple du plus grand parc éolien en Allemagne : Eoliennes Enercon avec une capacité de production atteint 26000 MW en 2011.



*Figure VI-6 Eolienne onshore.*

## **VI.6.2 Eoliennes Offshore**

### **VI.6.2.1 Définition**

Le « offshore » consiste à implanter les aérogénérateurs en mer, à proximité des côtes. Ainsi, l'impact sur le paysage est modéré et il n'y a plus de nuisance sonore. Cependant, l'installation d'éoliennes en mer est beaucoup plus coûteuse qu'à terre : les mâts doivent être étudiés pour résister à la force des vagues et du courant, la protection contre la corrosion (particulièrement importante du fait des embruns) doit être renforcée, l'implantation en mer nécessite des engins spécialisés, le raccordement électrique implique des câbles sous-marins coûteux et fragiles, et la moindre opération de maintenance peut nécessiter de gros moyens. En revanche, les éoliennes « offshore » bénéficient d'un vent plus fort et plus régulier. Leur puissance nominale est donc plus importante ainsi que leurs rendements. Les parcs éoliens en mer permettent de bénéficier de meilleures conditions de vent et d'un espace sans obstacle. L'installation et l'entretien sont toutefois plus complexes et coûteux, il s'agit donc d'un projet ambitieux dotés d'éoliennes plus grandes et puissantes que leurs cousines terrestres.

### **VI.6.2.2 Les caractéristiques de l'éolien « Offshore »**

- Puissance : peut dépasser 5 MW
- Dimensions :
  - \_ Les pales : jusqu'à 115m de diamètre

\_Le mât : jusqu'à 120m de hauteur



*Figure VI-7 Eolienne offshore.*

## **VI.7 Chaîne de conversion de l'énergie éolienne**

Pour obtenir de l'électricité à partir du vent, on retrouve dans les différentes configurations les mêmes éléments de base à savoir :

- Une turbine qui transforme l'énergie du vent en énergie mécanique.
- Une transmission mécanique.
- Une génératrice.
- Un système de liaison électrique.

Selon l'utilisation de l'éolienne, certaines de ces parties sont plus ou moins développées, on distingue deux grandes familles d'éoliennes:

- Les éoliennes raccordées au réseau.
- Les éoliennes autonomes.

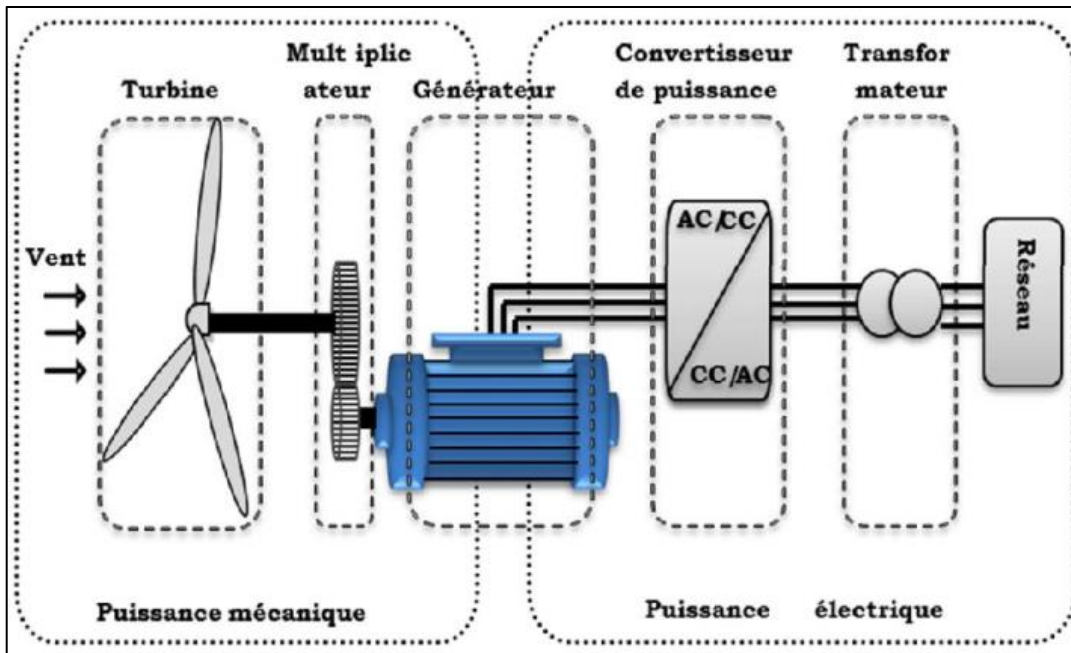


Figure VI-8 Conversion de puissance.

## VI.8 Principe de conversion de l'énergie éolienne

Sous l'effet du vent, le rotor tourne. Dans la nacelle, l'arbre principal entraîne un générateur qui produit de l'électricité. La vitesse de rotation du rotor doit être augmentée par un multiplicateur de vitesse jusqu'à environ 1500 tr/mn pour une machine à 2 parties de pôles. Des convertisseurs électroniques de vitesse nécessaire au bon fonctionnement du générateur. Des convertisseurs électroniques de puissance ajustent la fréquence du courant produit par l'éolienne à celle du réseau électrique auquel elle est raccordée, tout en permettant au rotor de l'éolienne de tourner à vitesse variable en fonction du vent [10]. La tension de l'électricité produite par générateur est ensuite élevée à travers un transformateur de puissance, situé dans la nacelle ou à l'intérieur du mat. Ce niveau de tension permet de véhiculer l'électricité produite par chacune des éoliennes d'une centrale éolienne jusqu'au point de raccordement au réseau électrique public.



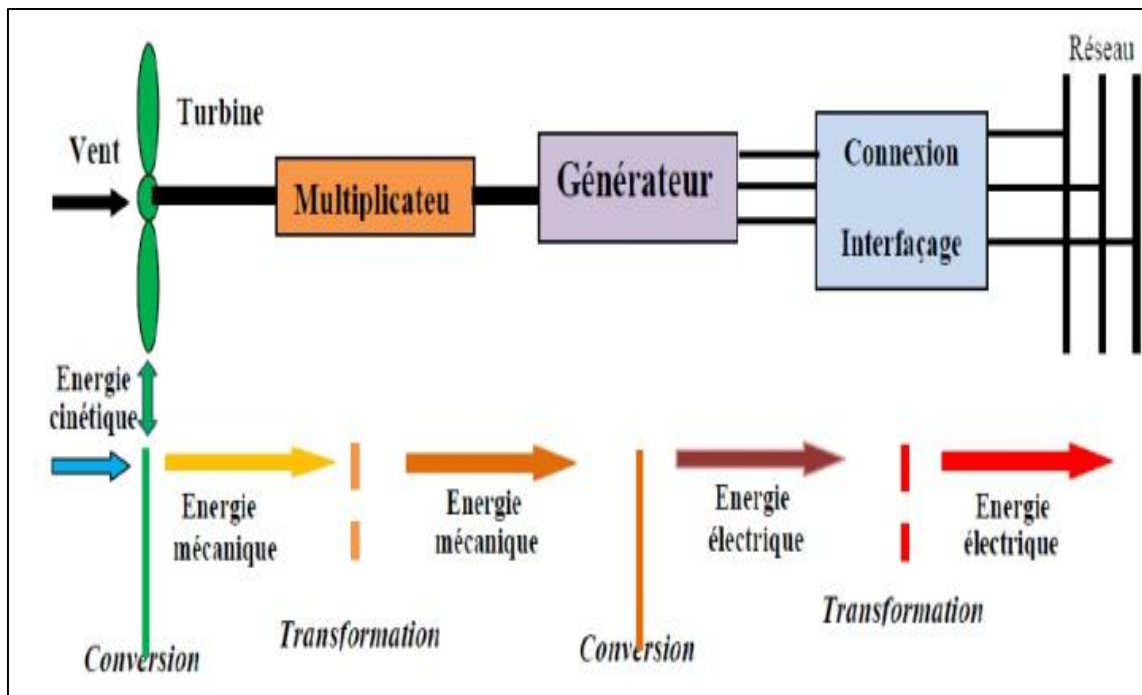


Figure VI-9 Principe de conversion d'énergie mécanique électrique.

## **VI.9 La centrale hybride photovoltaïque-éolienne**

On appelle « éolienne hybride » une éolienne domestique couplée à des capteurs solaires photovoltaïques, disposés sur le mat de l'éolienne ou, plus classiquement, sur une toiture. L'éolienne en elle-même n'a pas de caractéristique particulière. En revanche l'aspect « hybride » se trouve dans l'installation électrique, qui peut être alimentée par :

- L'éolienne ;
- Les panneaux solaires ;
- Les deux à la fois ;
- Ou aucun des deux (s'il n'y a ni vent, ni soleil).