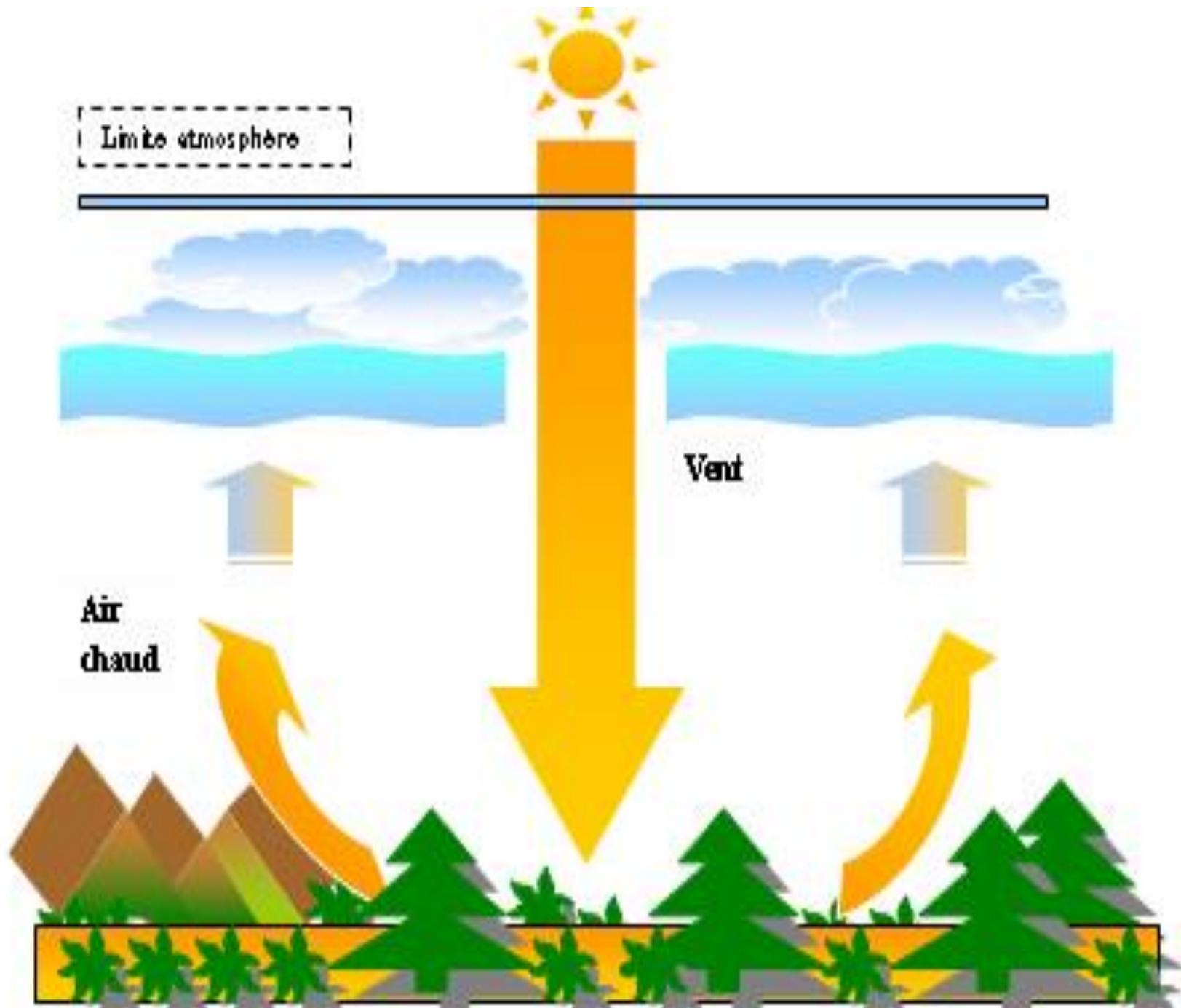


Environnement et énergies renouvelables



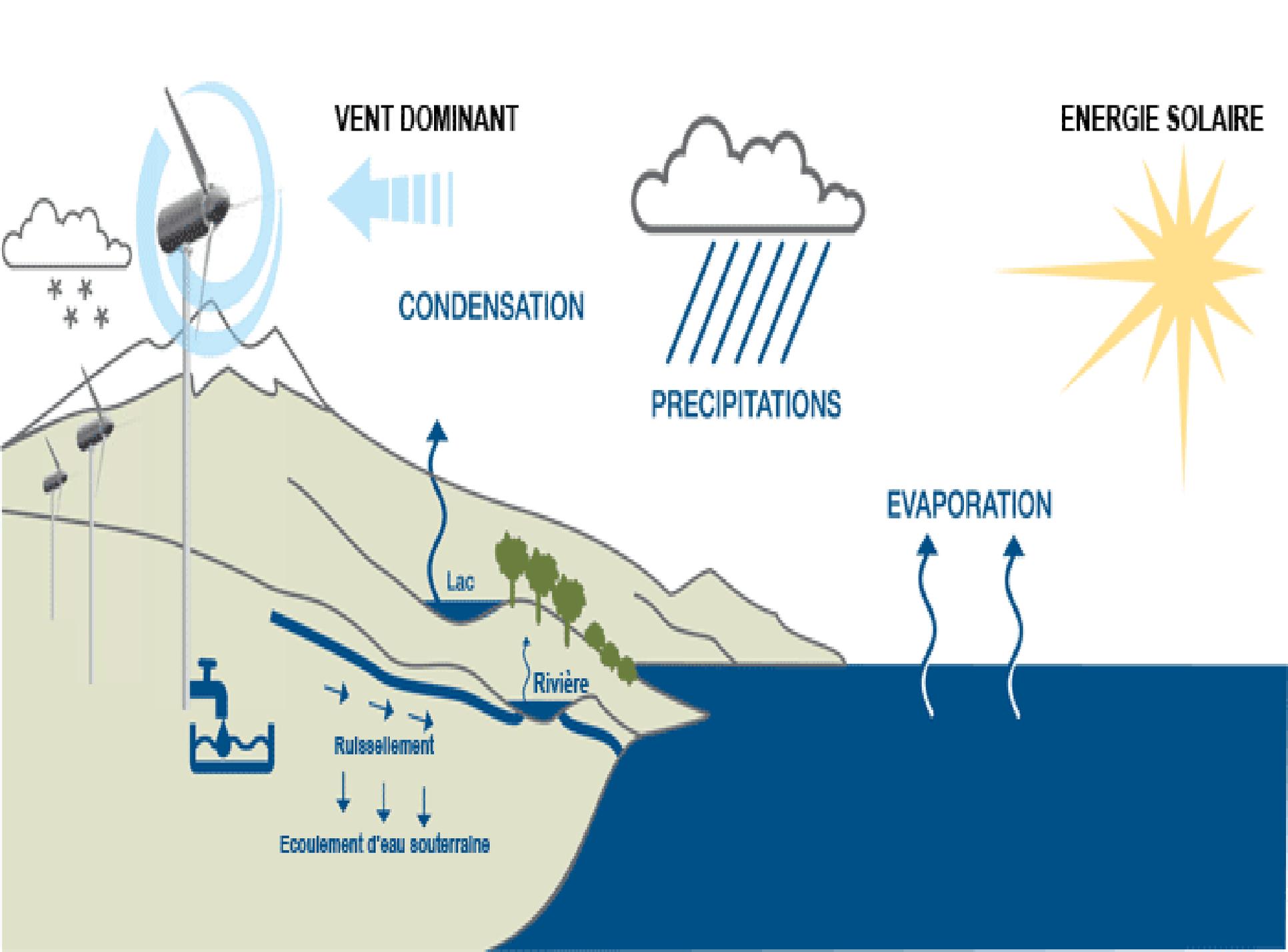
L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

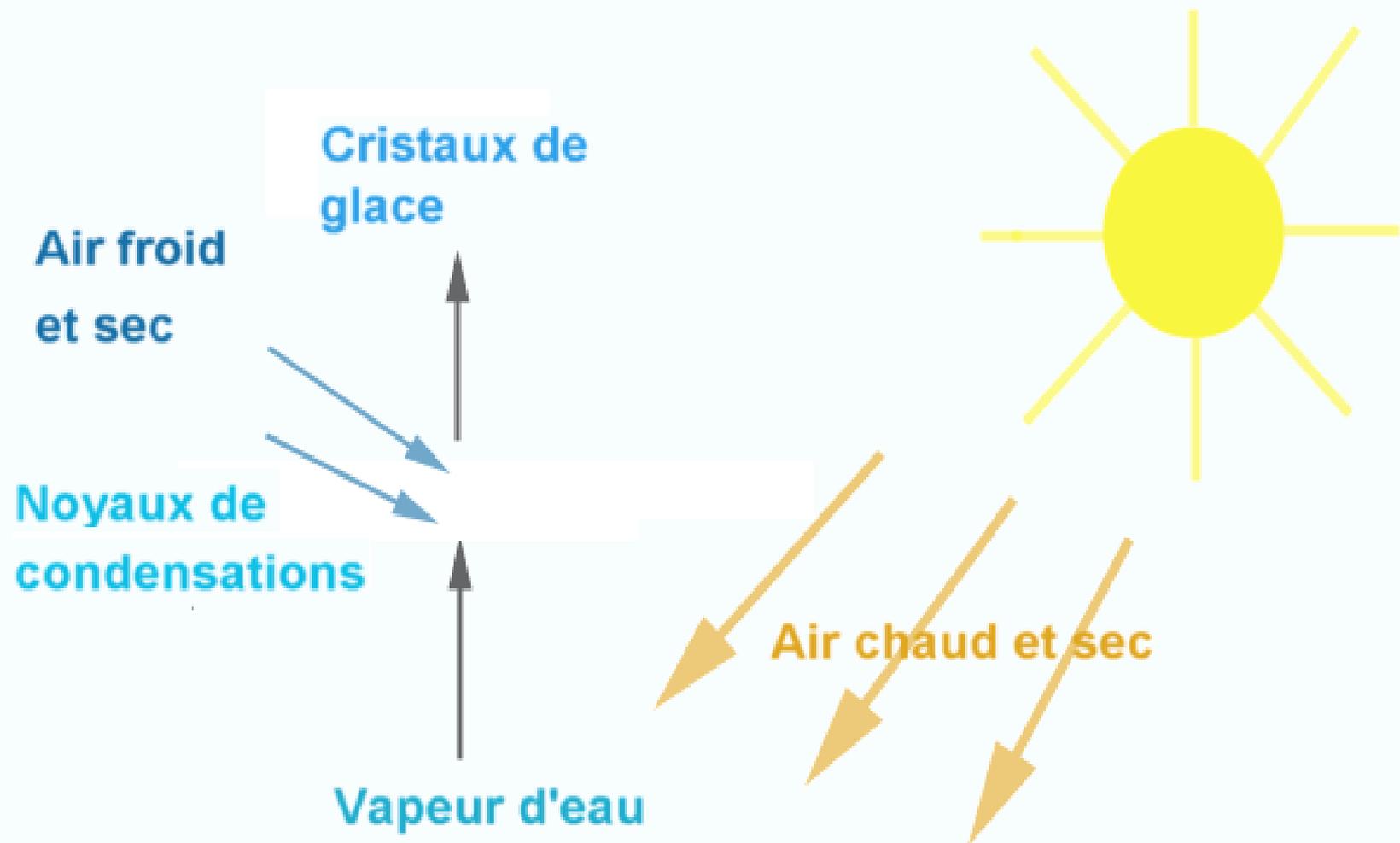


Limite atmosphère

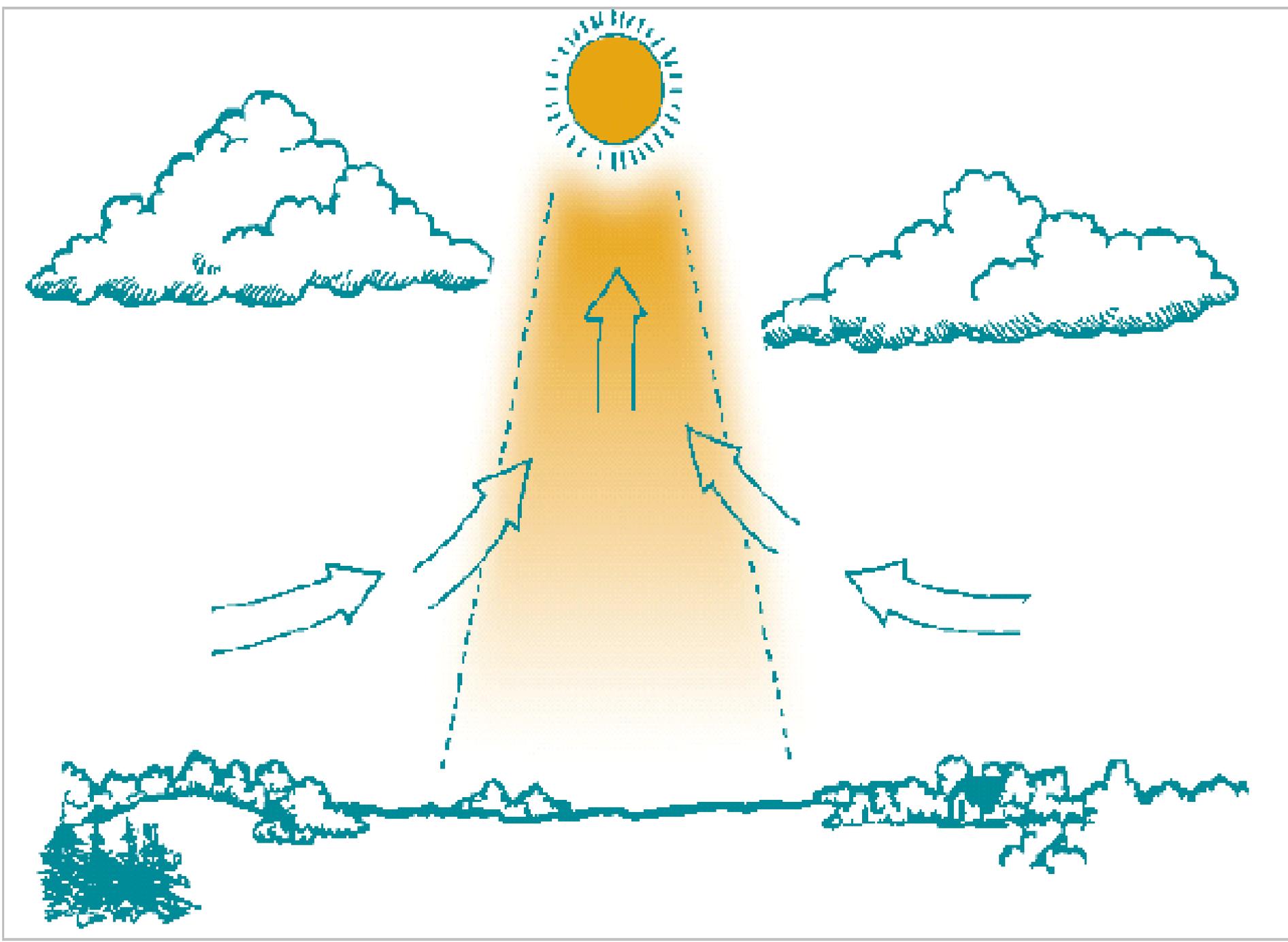
Vent

Air chaud





Surface de la Terre



Qu'est ce que l'énergie éolienne?

- L'énergie éolienne est l'énergie provoquée par le vent, en quelques mots, c'est tout simplement l'énergie tirée du vent par l'utilisation d'une éolienne (*Hélice soutenue par un mat vertical et d'un support horizontal*)
- Le vent est l'air en mouvement qui est produit par les différences de pressions atmosphérique causées principalement par des changements de température. Ces variations sont dues a l'inégale répartition de l'énergie solaire reçue à la surface de la Terre.



Principes de l'énergie éolienne

- L'éolienne est la machine qui permet de transformer l'énergie cinétique (énergie d'un corps en mouvement) du vent en énergie mécanique de type éolienne.
- Actuellement les éoliennes sont utilisées pour produire de l'électricité qui est après injectée sur un réseau électrique.
- Le fonctionnement est simple; le vent fait tourner les pales qui font tourner le générateur à leurs tour, ensuite le générateur transforme l'énergie mécanique en énergie électrique qui est postérieurement dirigée vers un réseau électrique ou stockée dans une batterie.
- Un élément important est le multiplicateur, situé entre l'hélice et le générateur, il fait tourner plus vite l'hélice pour qu'elle arrive a une vitesse de 1000 à 1500 tours/min car l'hélice toute seule n'arrive qu' à 60 tours/min

Energie éolienne

L'**énergie éolienne** est l'énergie du vent et, plus spécifiquement, l'énergie tirée du vent grâce à un dispositif comme une éolienne ou un moulin à vent.

Elle tire son nom d'Eole, le maître des Vents dans la Grèce antique.



Moulin à vent



Eoliennes en Californie

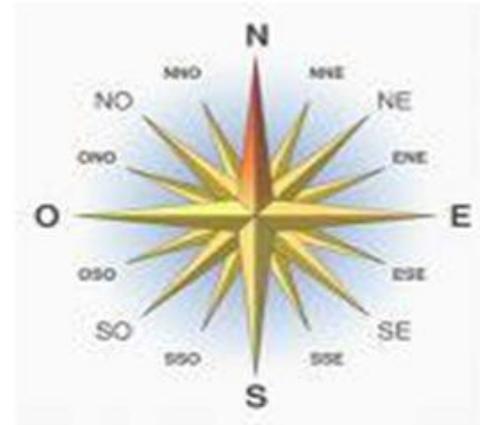


Parc éolien en Corse

Qu'est ce que l'énergie éolienne ?

L'énergie éolienne est une forme indirecte de l'énergie solaire puisque ce sont les différences de température et de pressions induites dans l'atmosphère par l'absorption du rayonnement solaire qui mettent les vents en mouvements.

Environ 1 à 2% de l'énergie émise par le soleil est convertie en énergie éolienne.



Introduction:

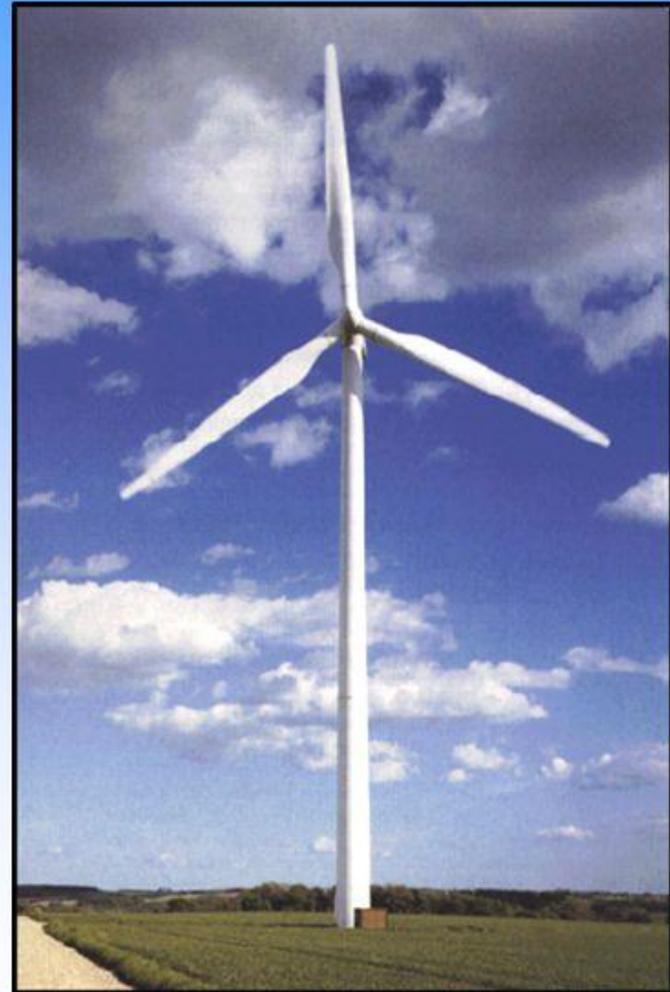
Qu'est-ce qu'une éolienne?

- Une éolienne est une machine qui convertit l'énergie cinétique du vent (déplacement d'une masse d'air) en énergie mécanique ou électrique.



Qu'est-ce que c'est ?

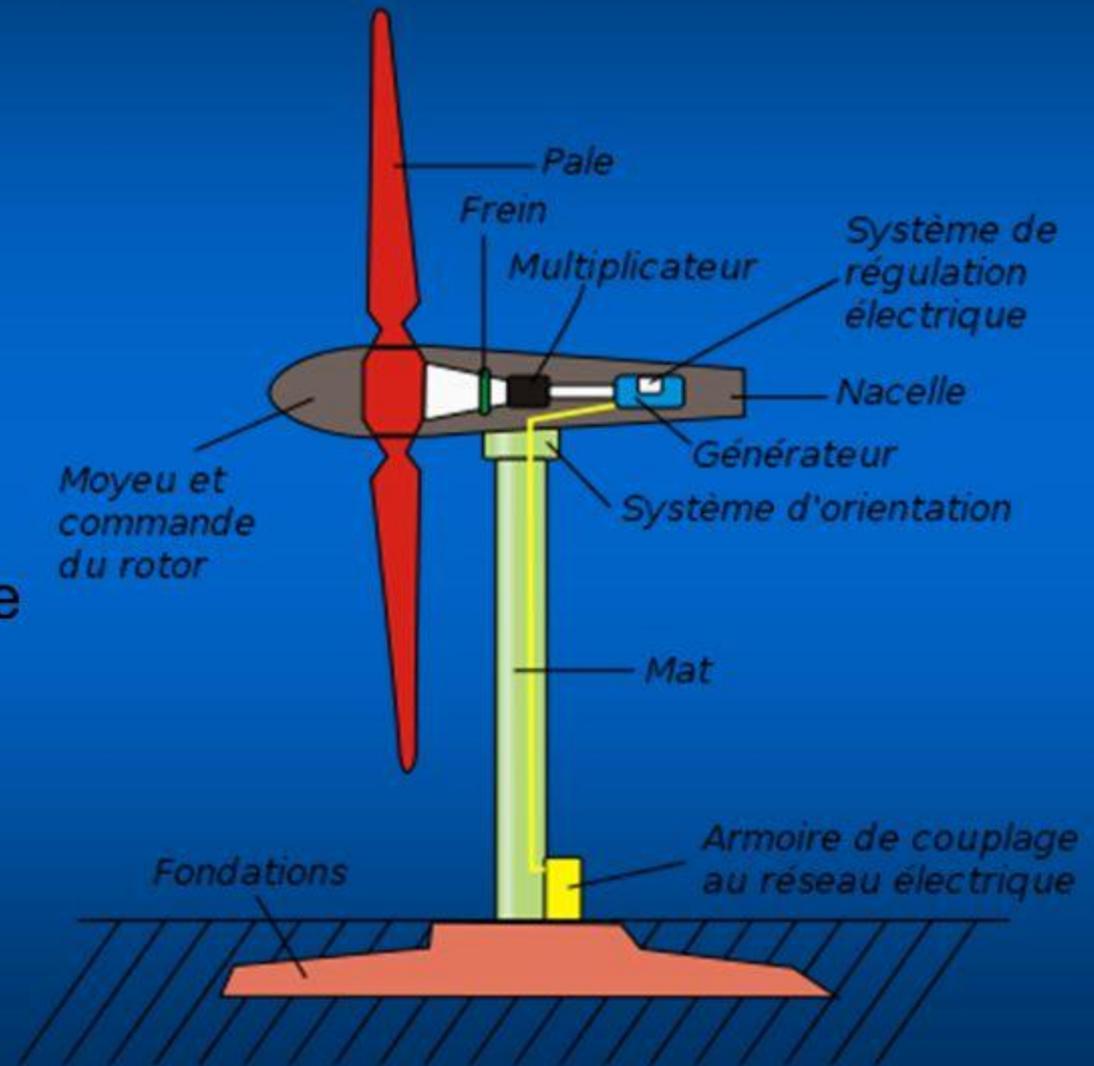
Une éolienne est une machine qui utilise la force du vent pour produire de l'énergie.

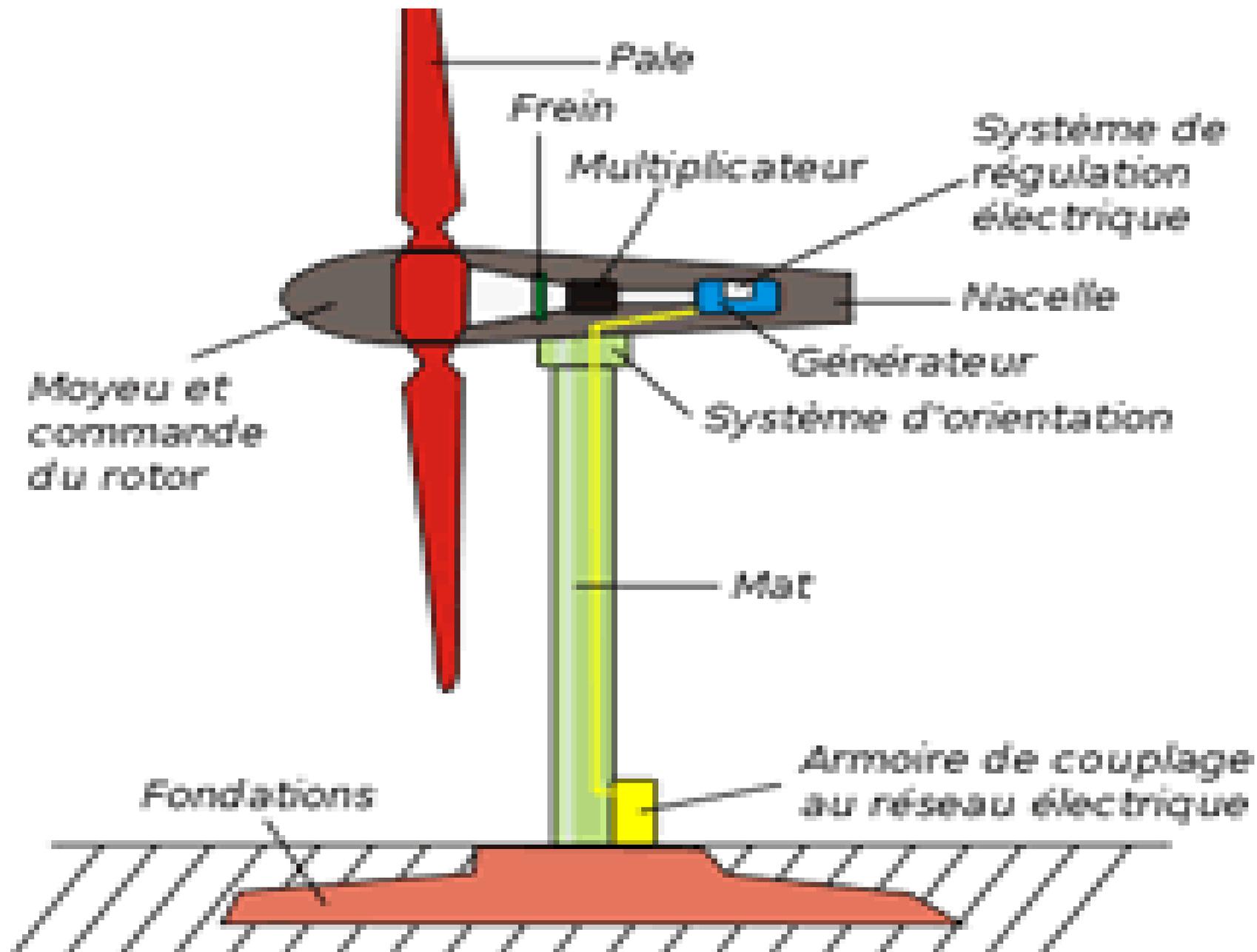


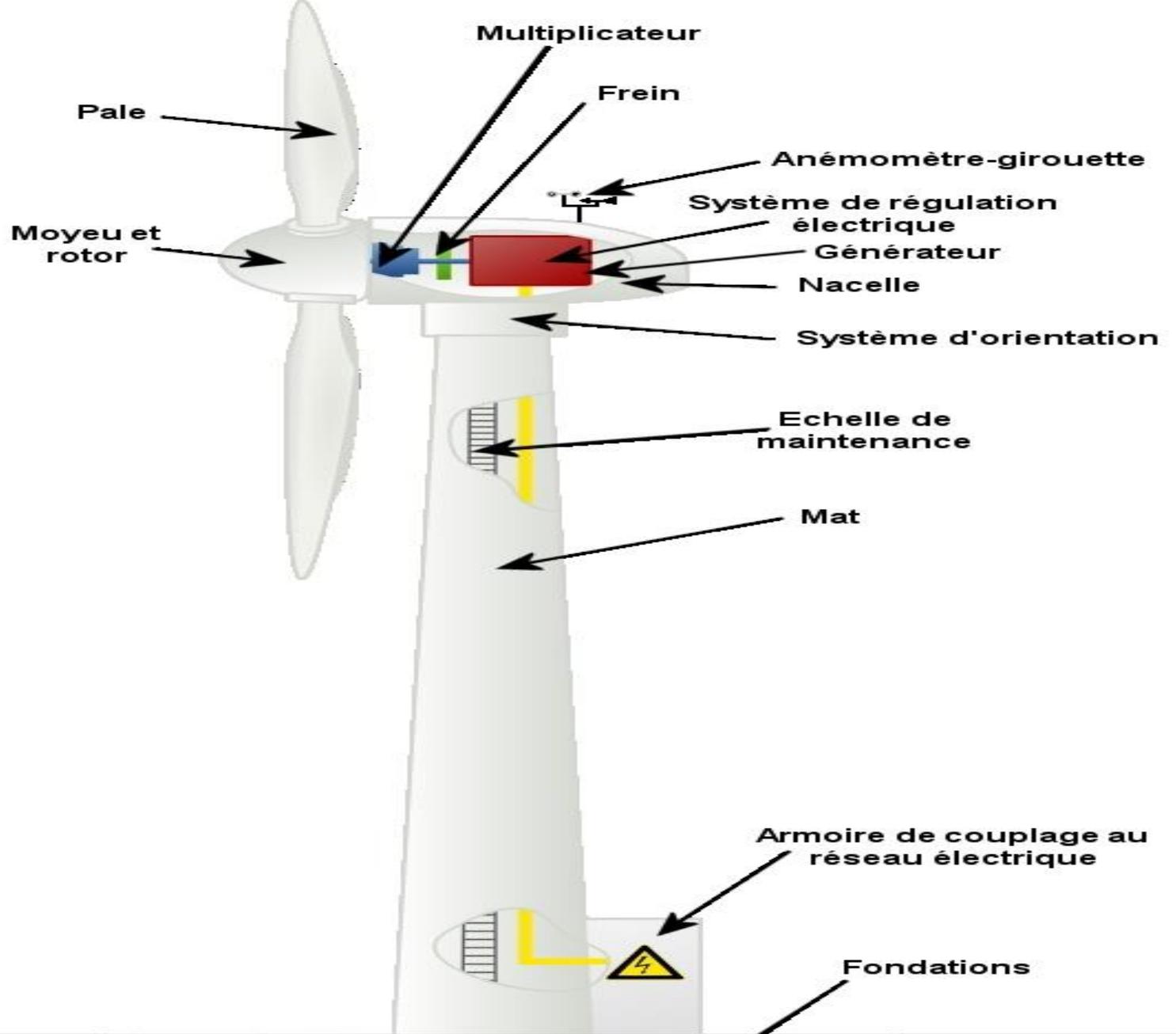
L'éolienne est aussi appelée aérogénérateur.

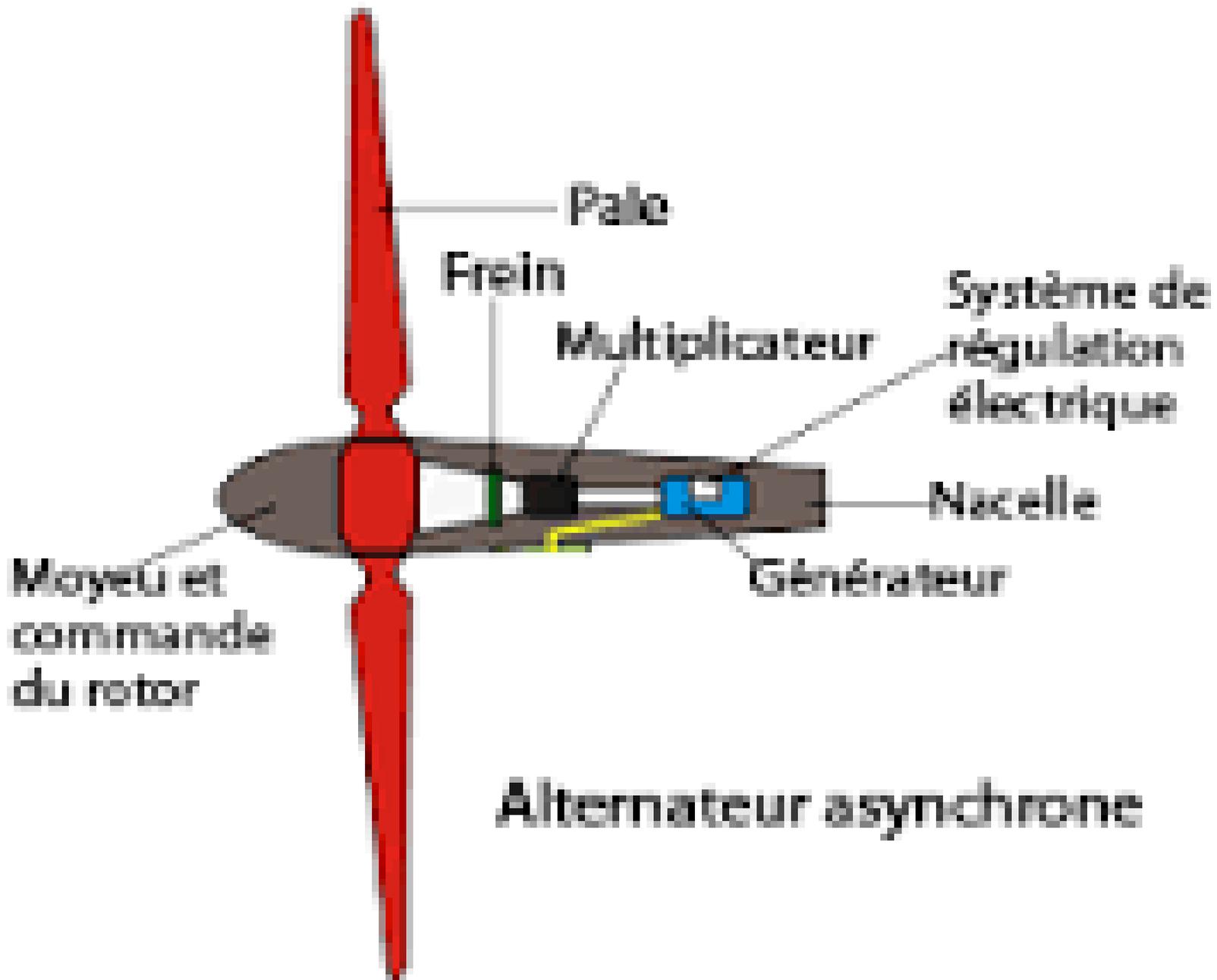
Qu'est ce qu'une éolienne ?

- Une éolienne est un dispositif qui utilise la force motrice du vent. Cette force peut être utilisée mécaniquement (dans le cas d'une éolienne de pompage), ou pour produire de l'électricité.









Alternateur asynchrone

Échelle du bruit
(en dB)

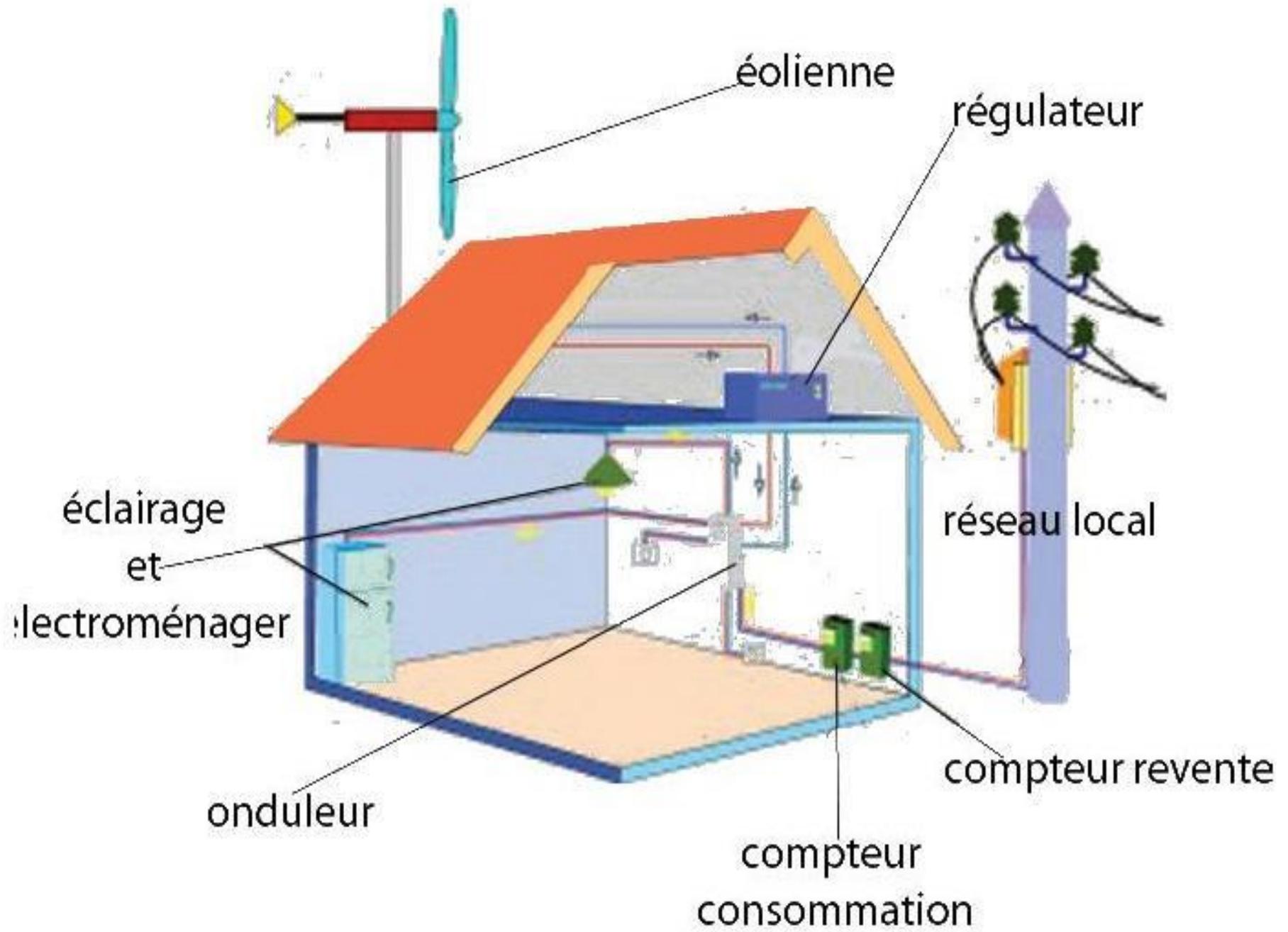
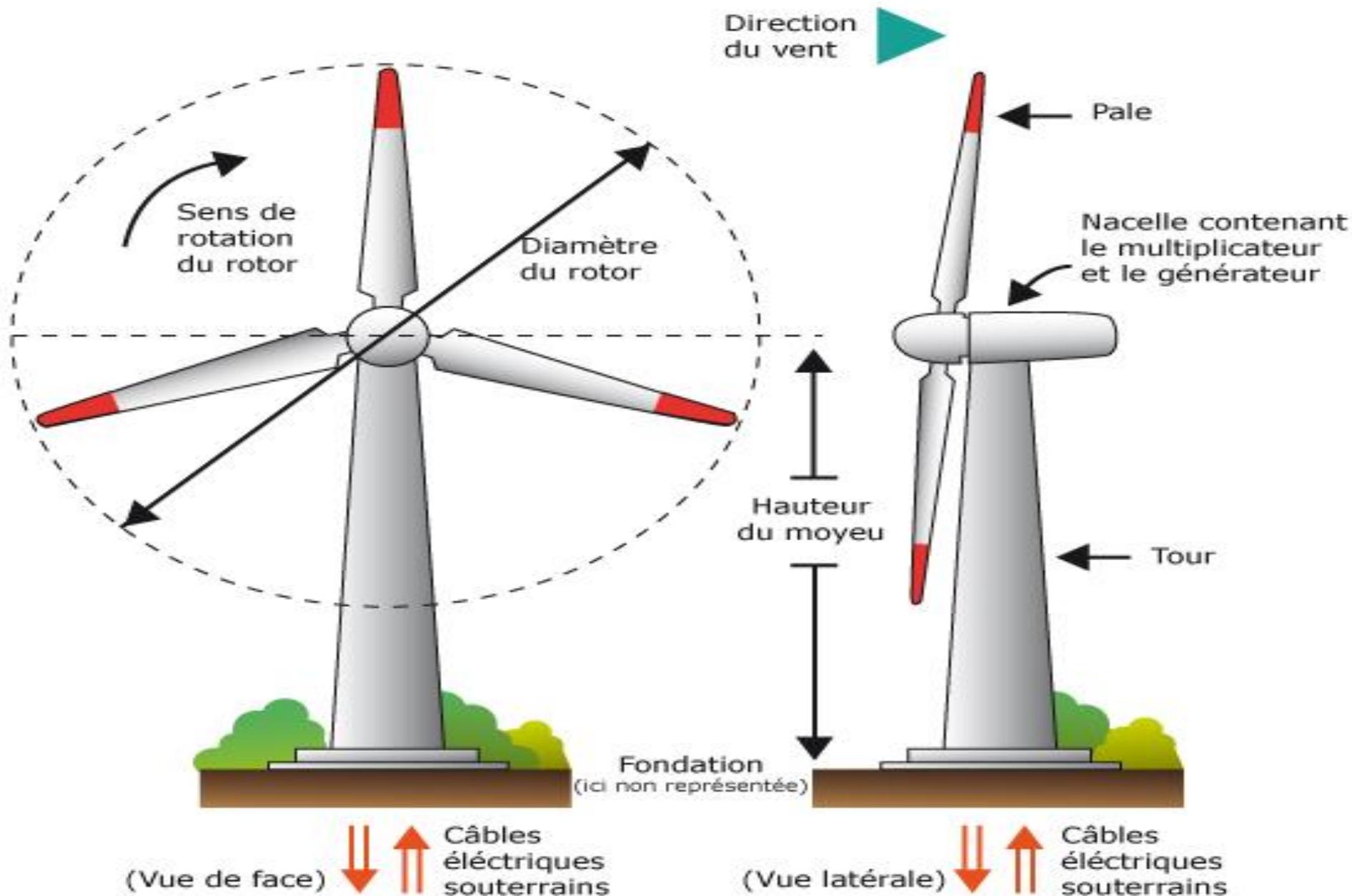
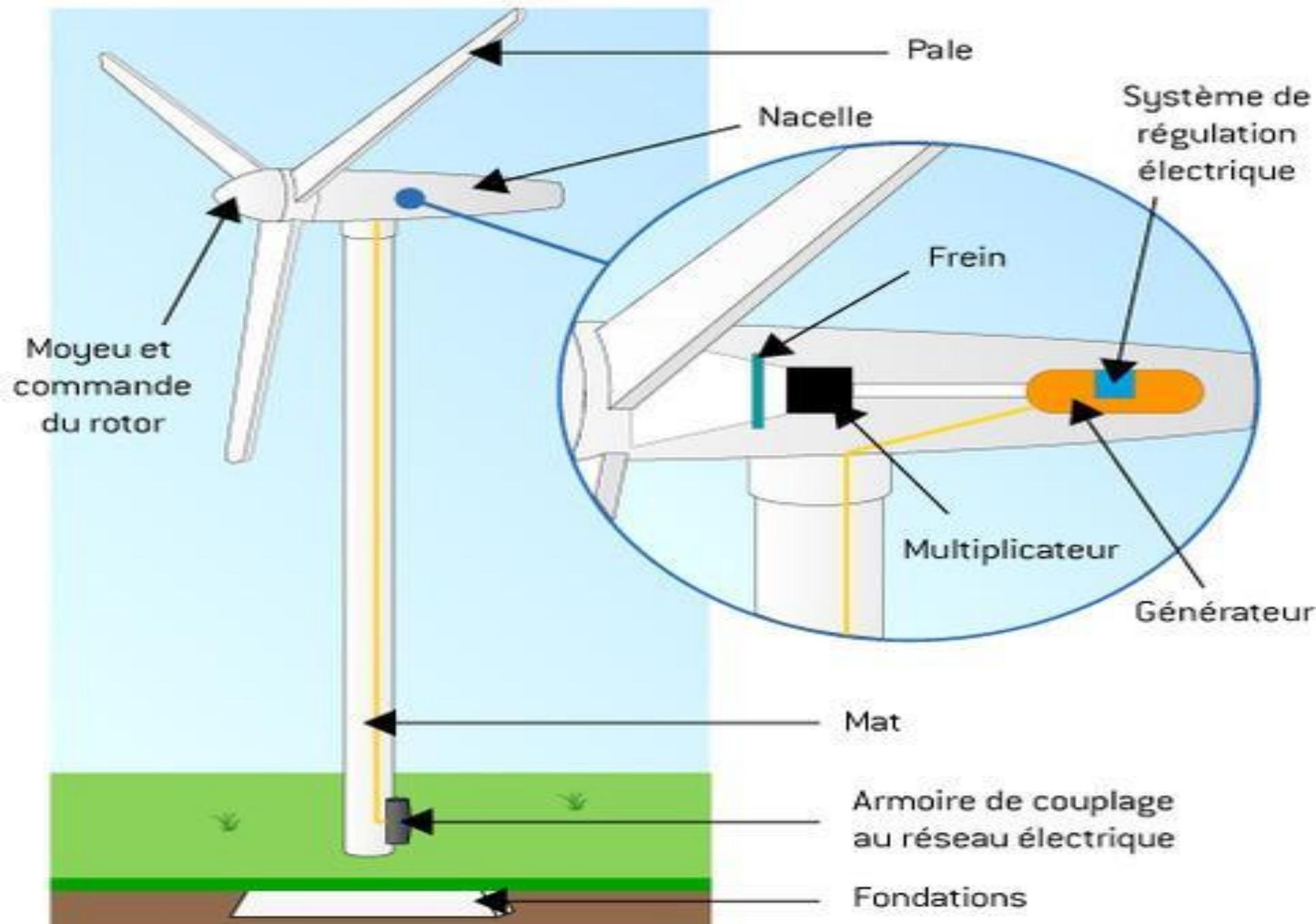
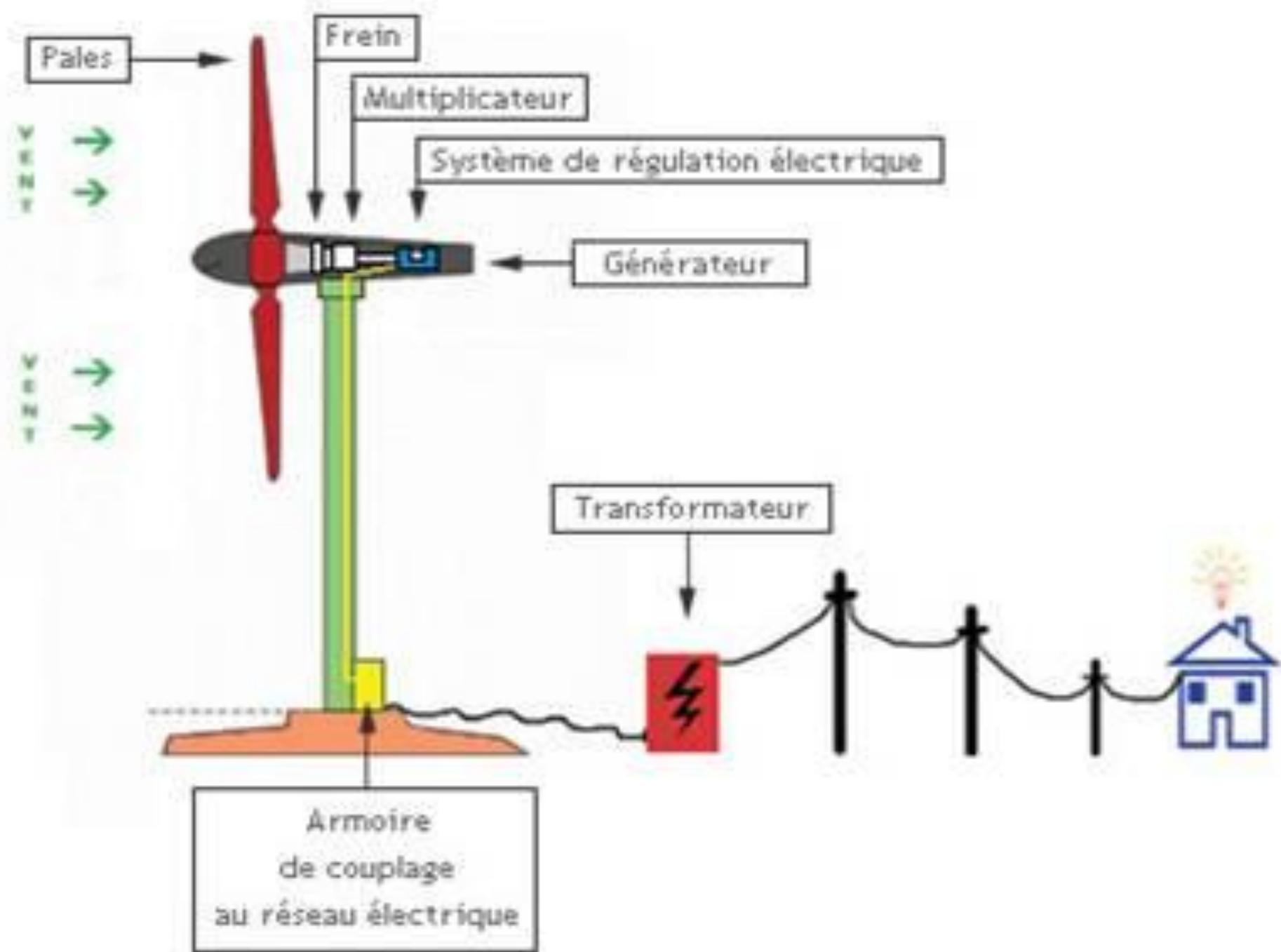


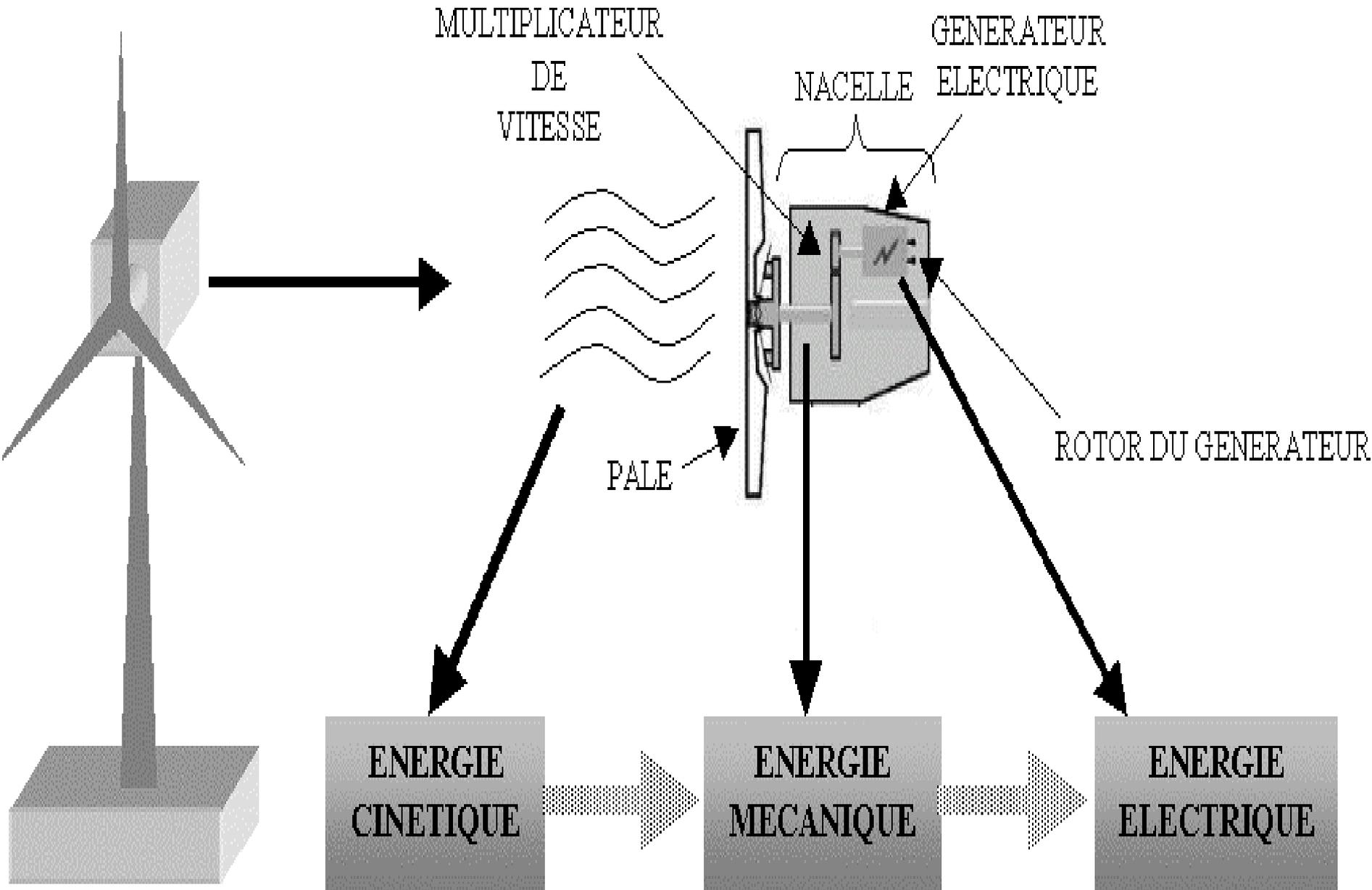
Schéma d'ensemble d'une éolienne



Les éléments d'une éolienne pour particulier







MULTIPLICATEUR
DE
VITESSE

GENERATEUR
NACELLE ELECTRIQUE

ROTOR DU GENERATEUR

PALE

ENERGIE
CINETIQUE

ENERGIE
MECANIQUE

ENERGIE
ELECTRIQUE

Anémomètre

Génératrice

Moteur
d'orientation

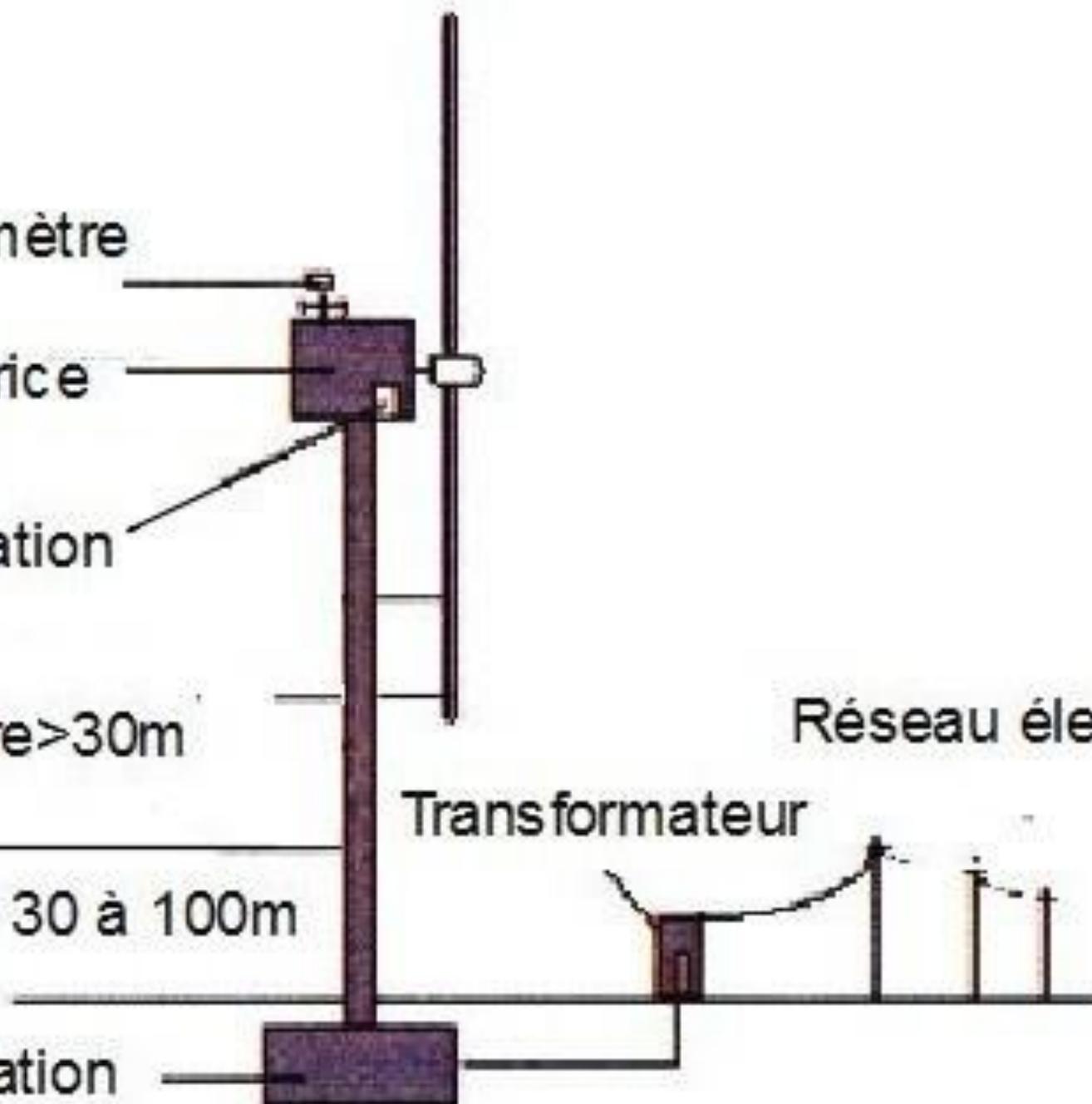
Pales
Diamètre > 30m

Mat
hauteur 30 à 100m

Réseau électrique

Transformateur

Fondation



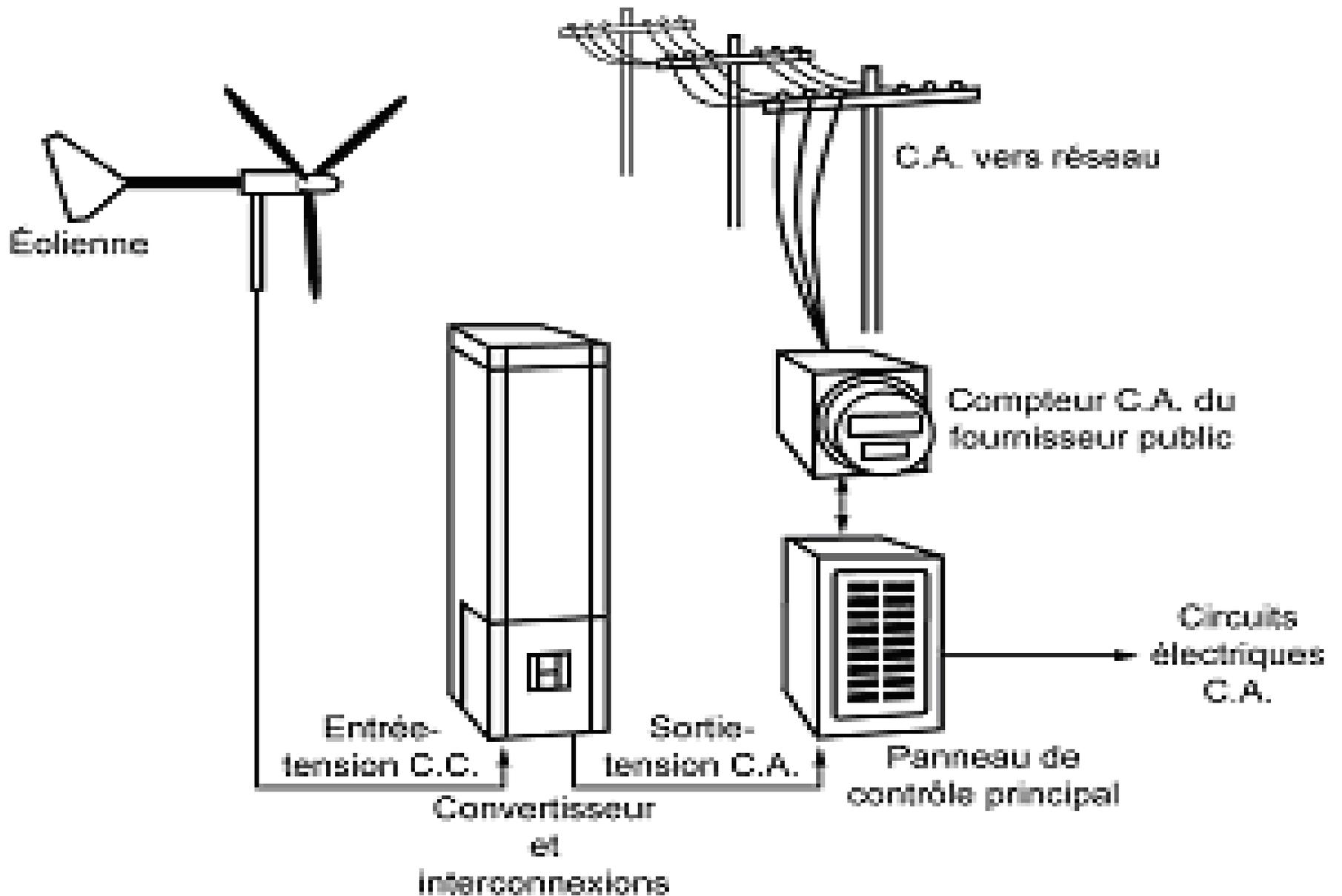
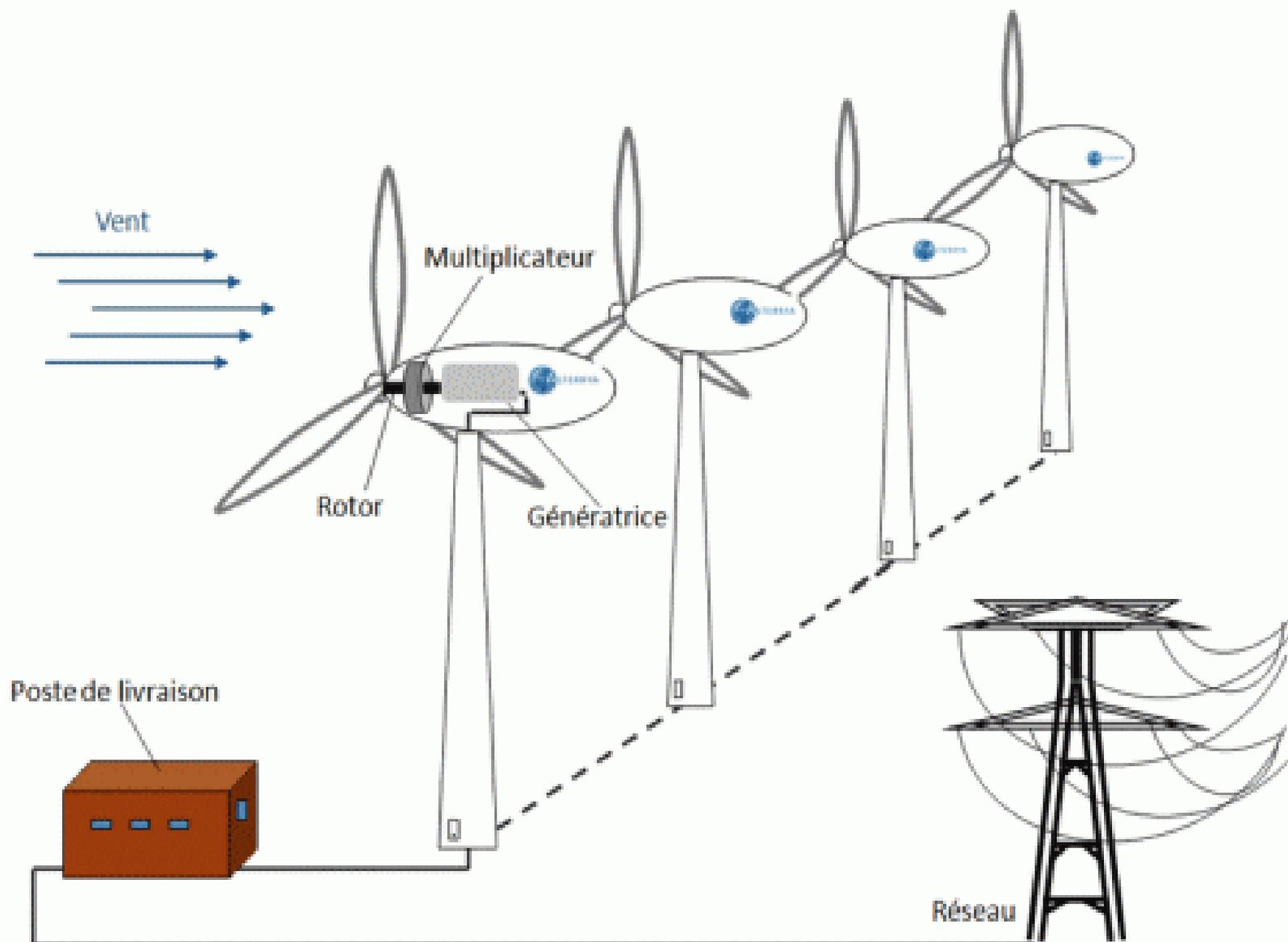


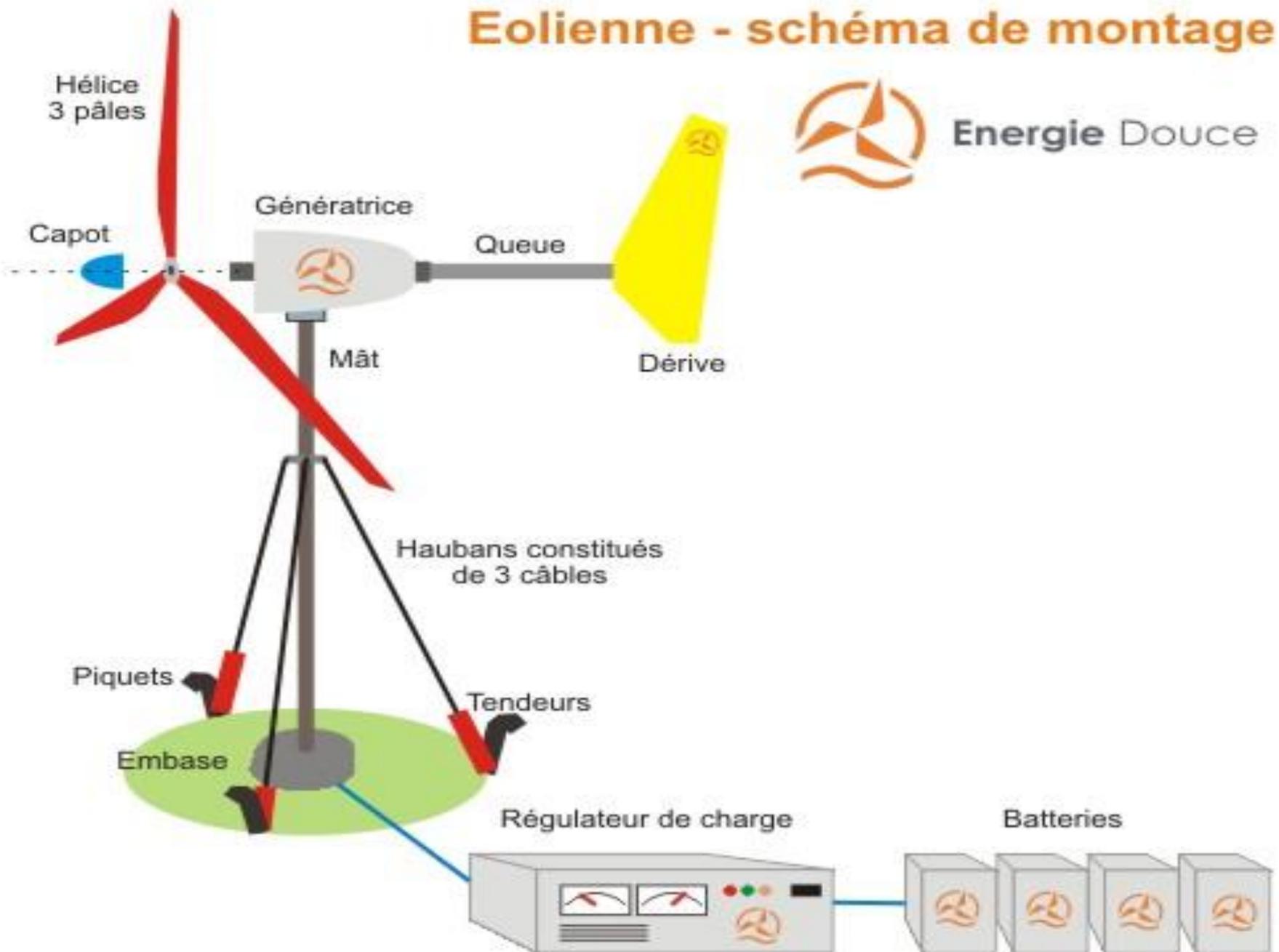
Schéma de principe d'une éolienne



Eolienne - schéma de montage



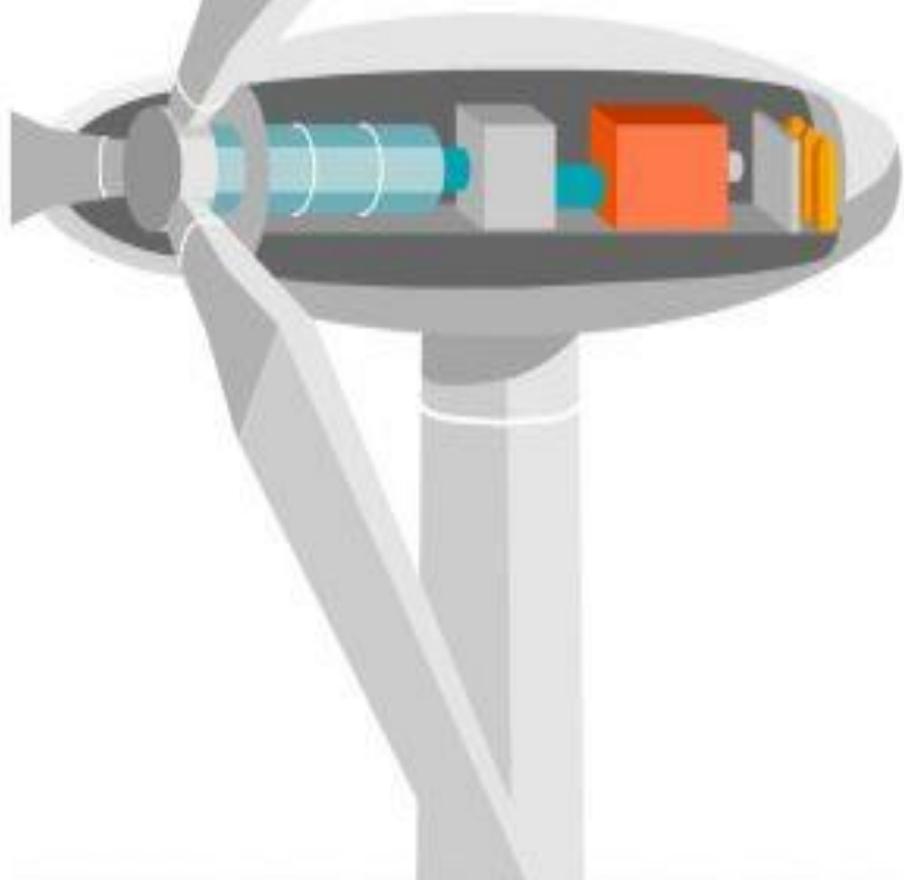
Energie Douce

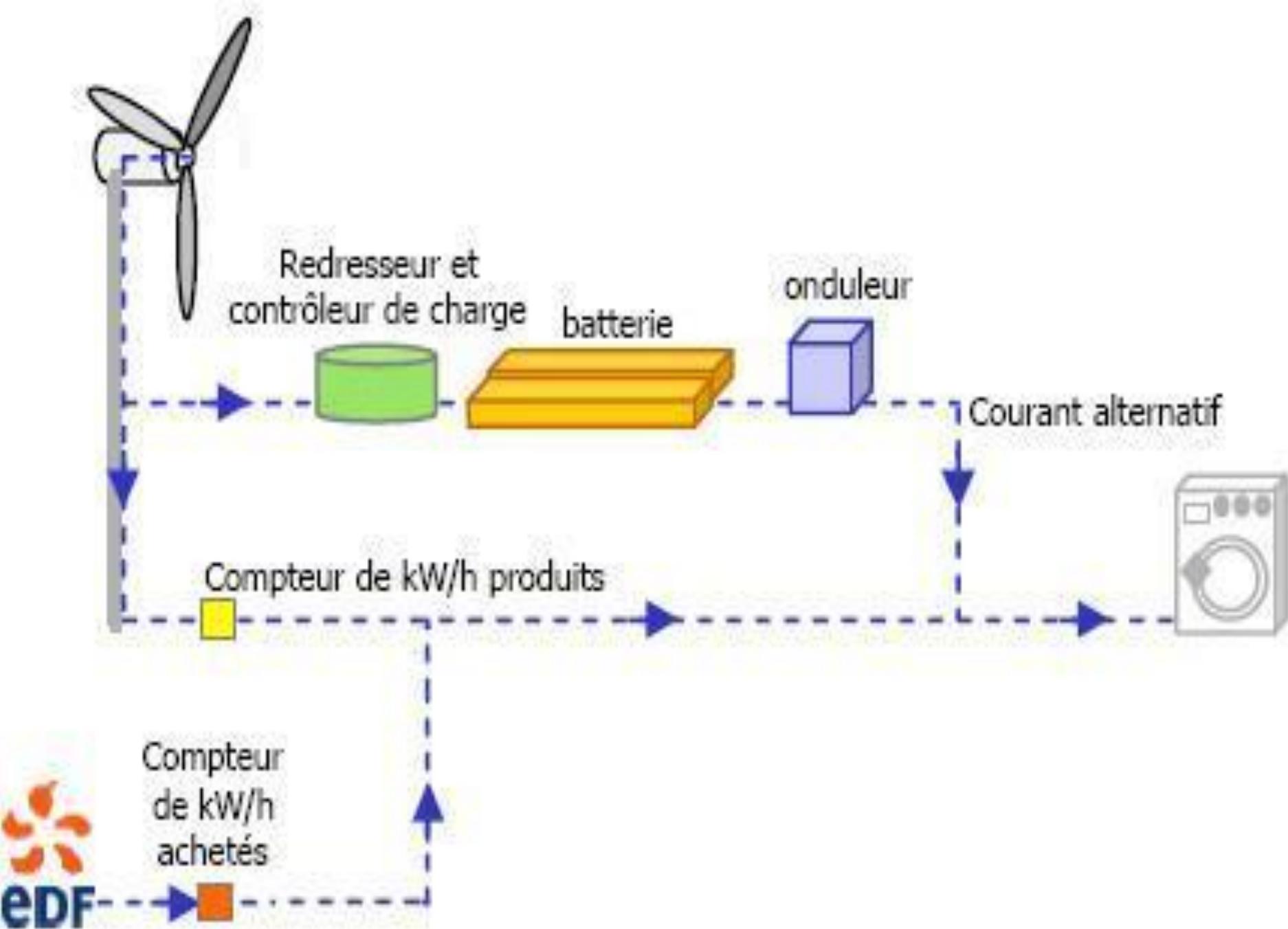




2/ La production d'électricité

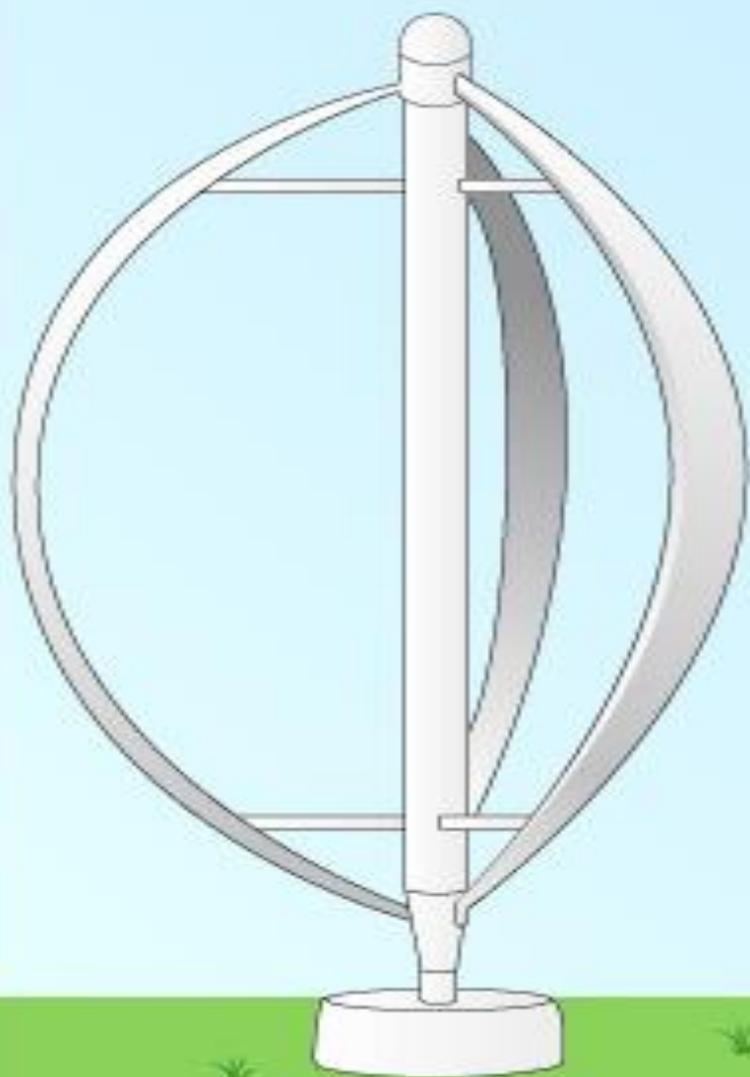
L'hélice entraîne un **axe** dans la **nacelle**, relié à un **alternateur**. L'alternateur produit de l'électricité.



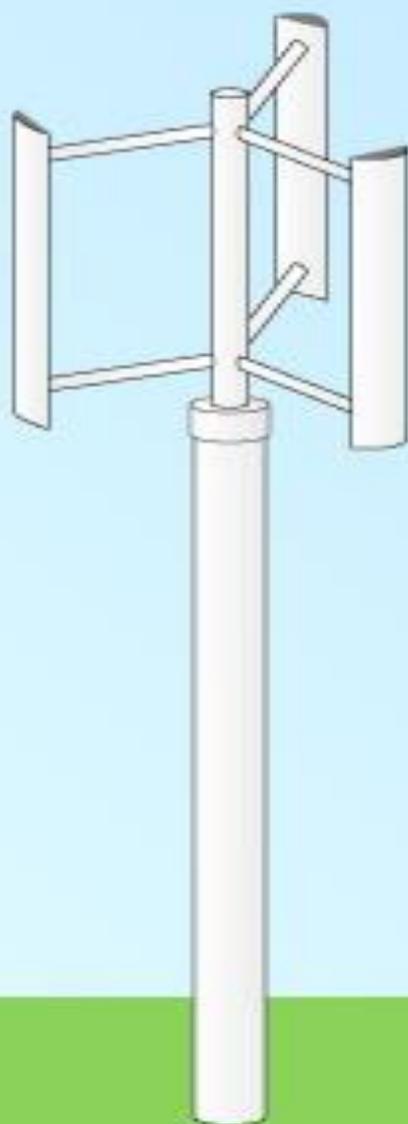


Eolienne Darrieus

Rotor Darrieus

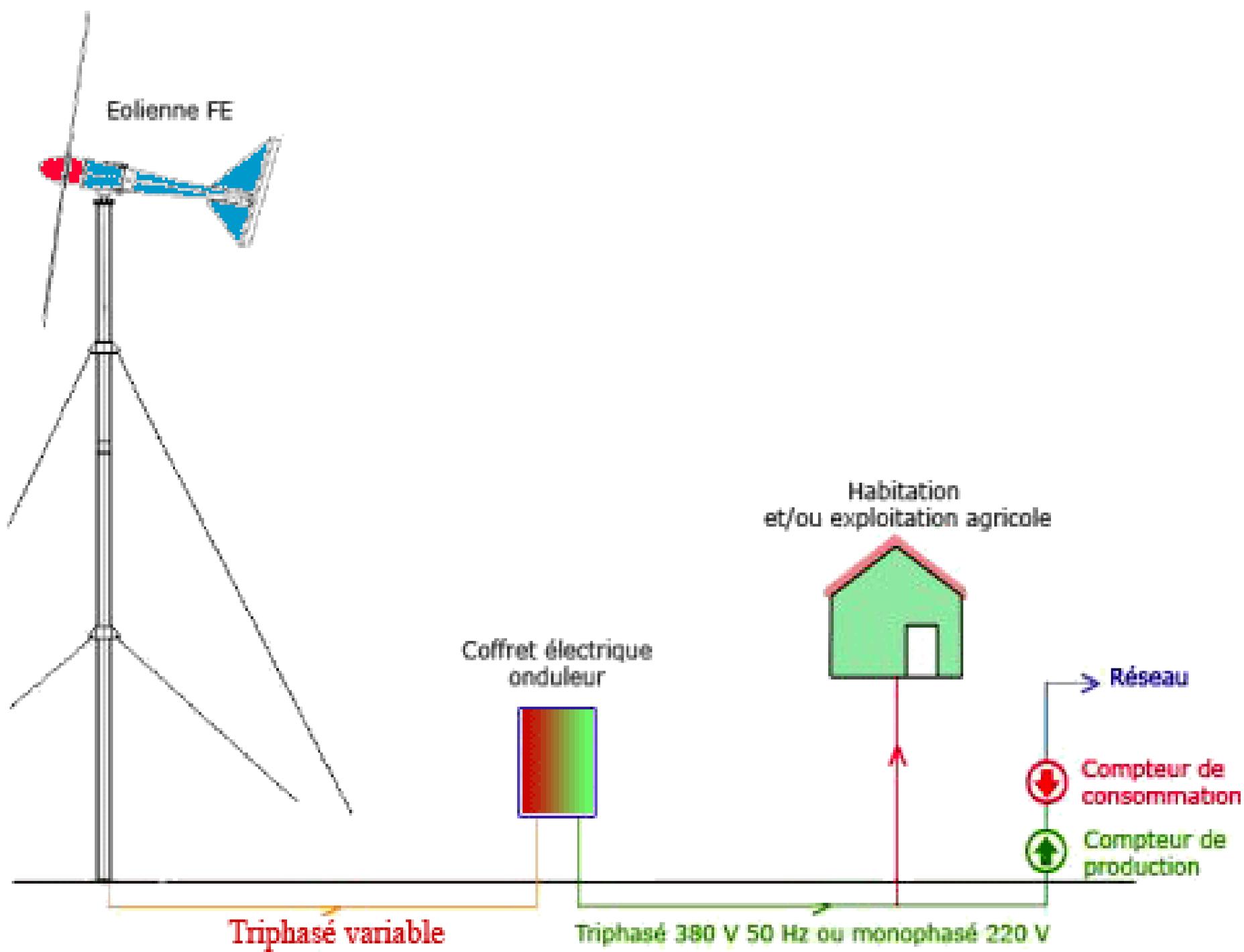


Rotor Darrieus H



Rotor Darrieus
Hélicoïdale





LA COUPE D'UNE EOLIENNE

Les **PALES**, entraînées par l'énergie du vent, font tourner un axe appelé **ARBRE LENT**

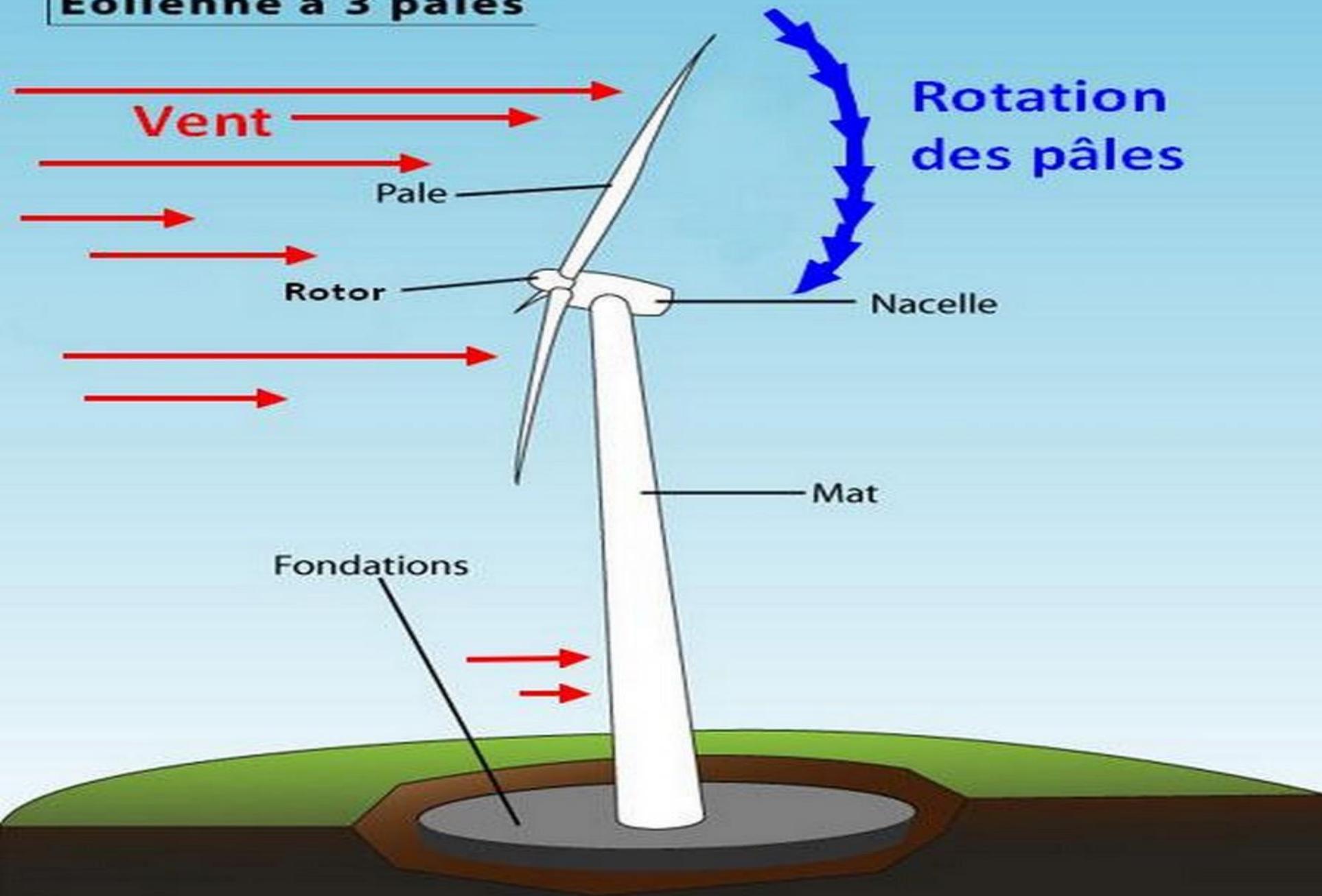
GRÂCE AU MULTIPLICATEUR QUAND LES PALES FONT 1 TOUR, L'ARBRE RAPIDE EN FAIT 77 À L'ENTRÉE DE LA GÉNÉRATRICE

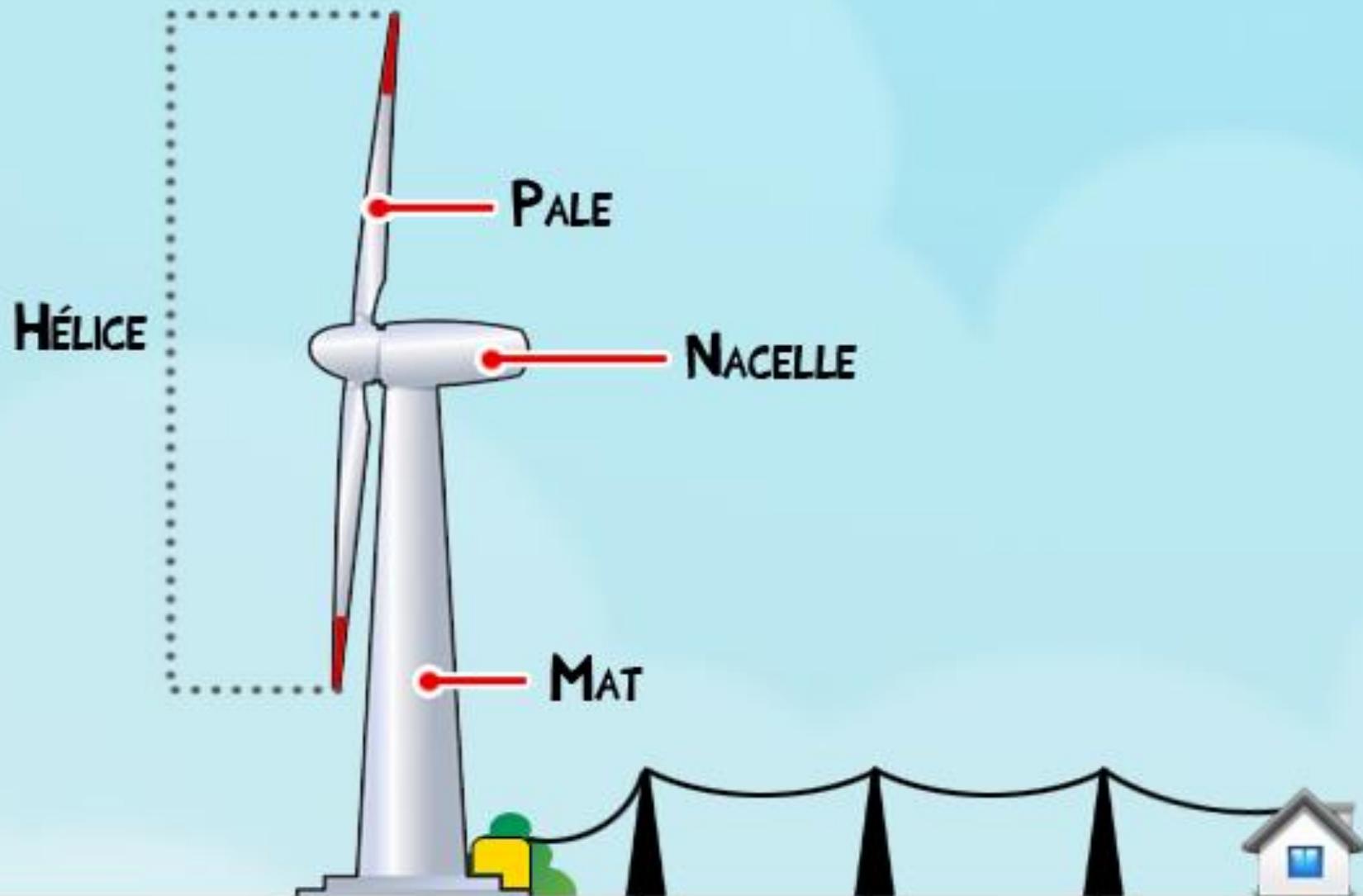


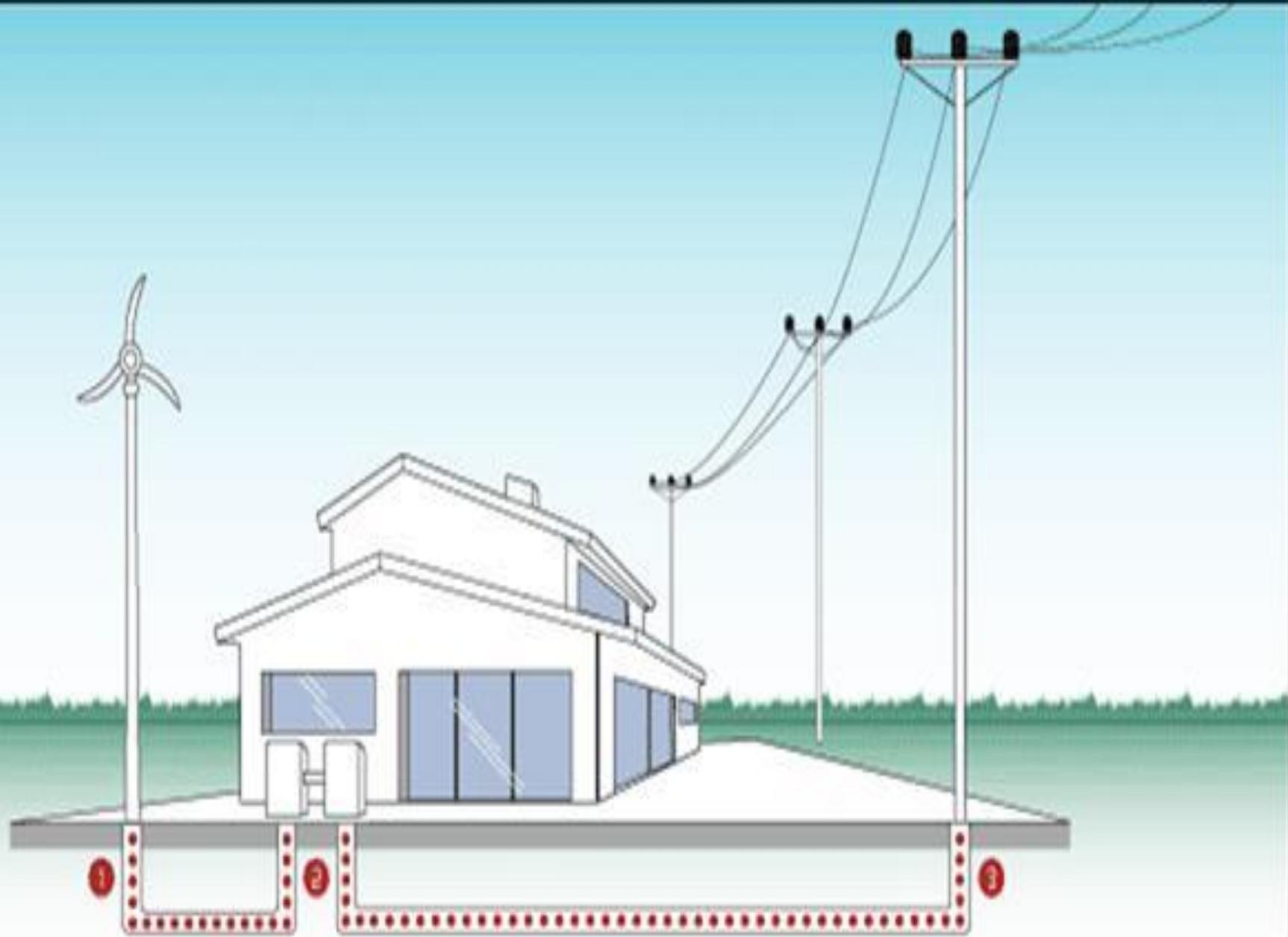
Un **MULTIPLICATEUR** permet d'augmenter la vitesse de rotation de cet arbre

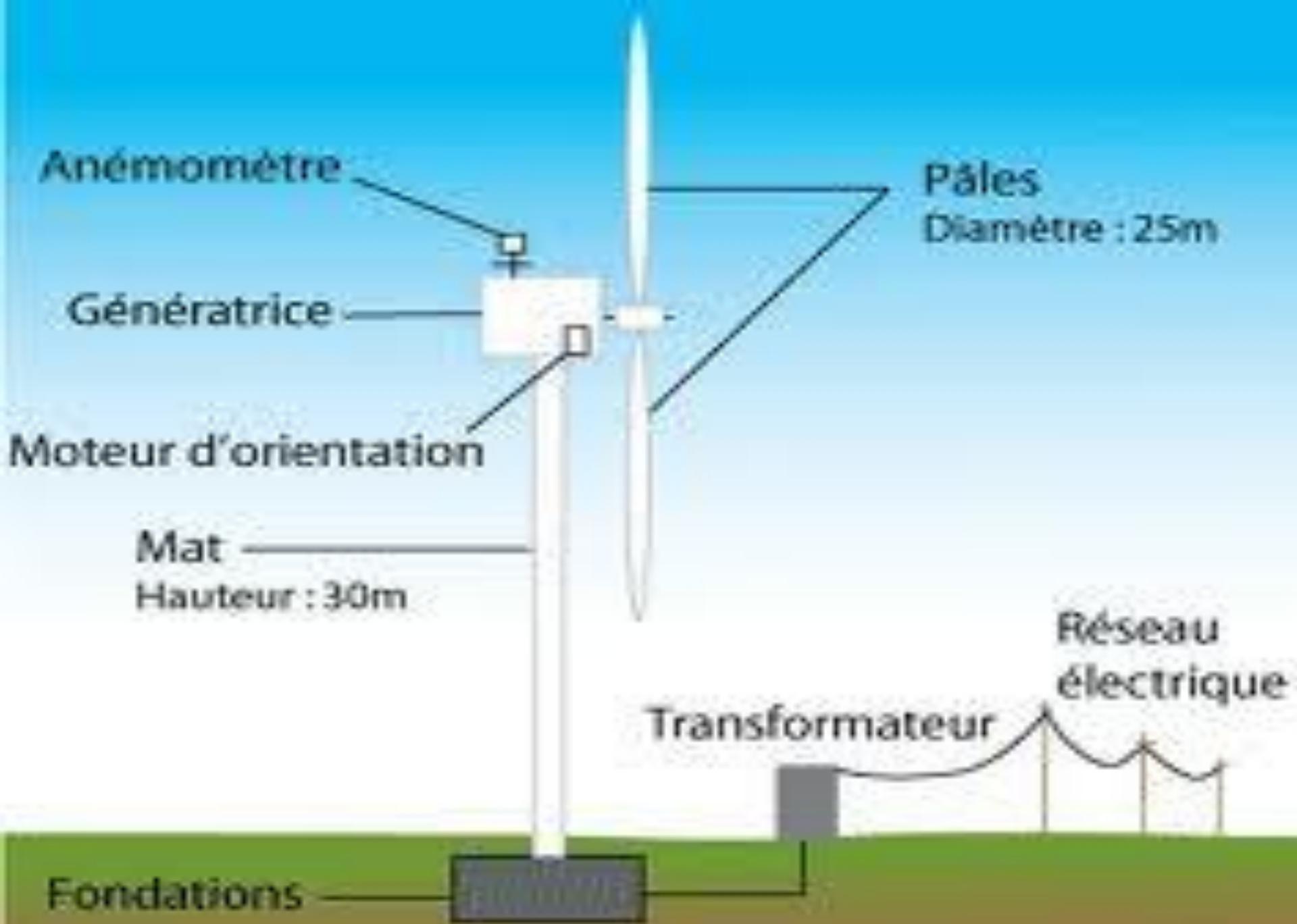
Une **GÉNÉRATRICE** transforme l'énergie mécanique en énergie électrique

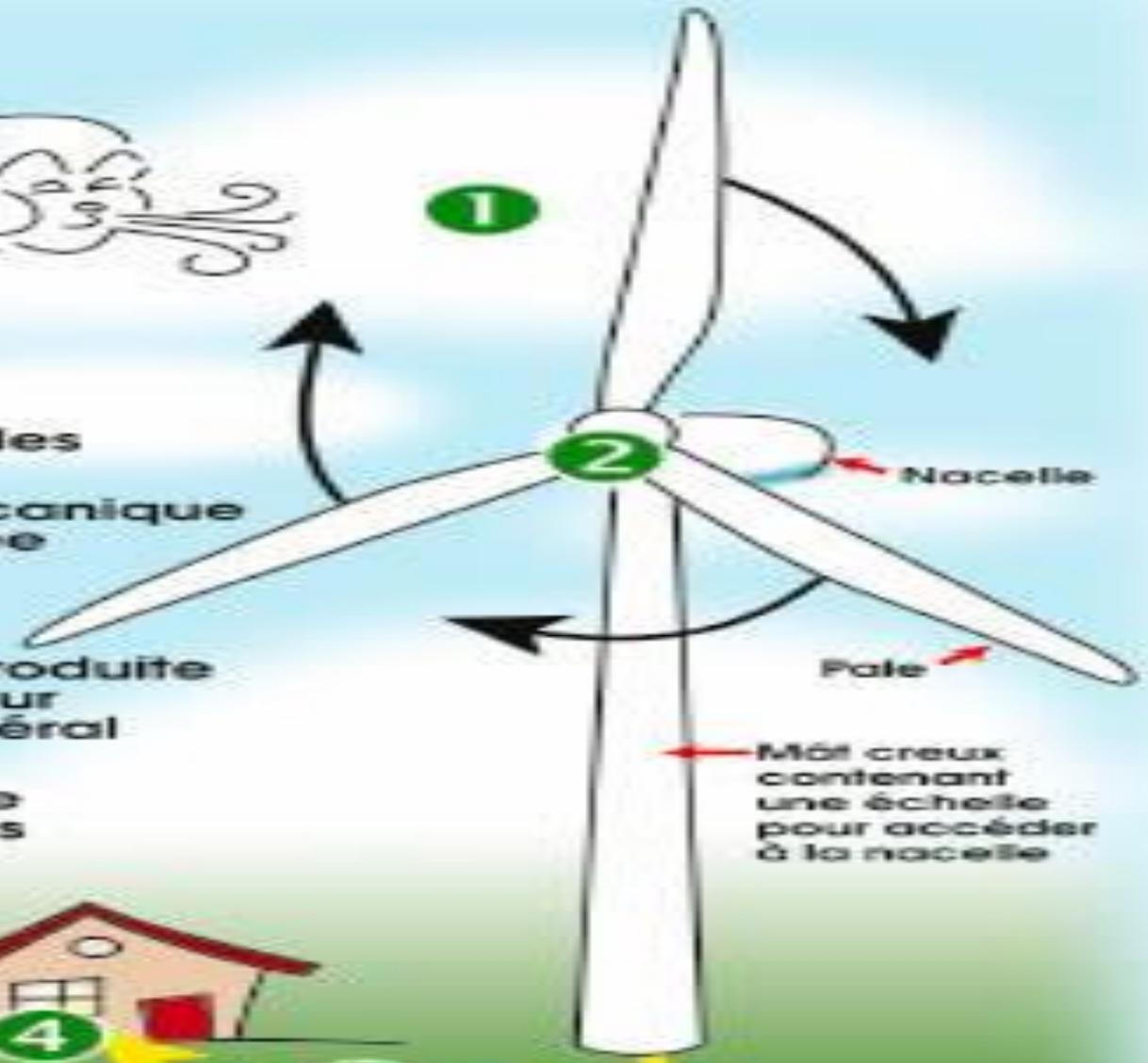
Eolienne à 3 pales











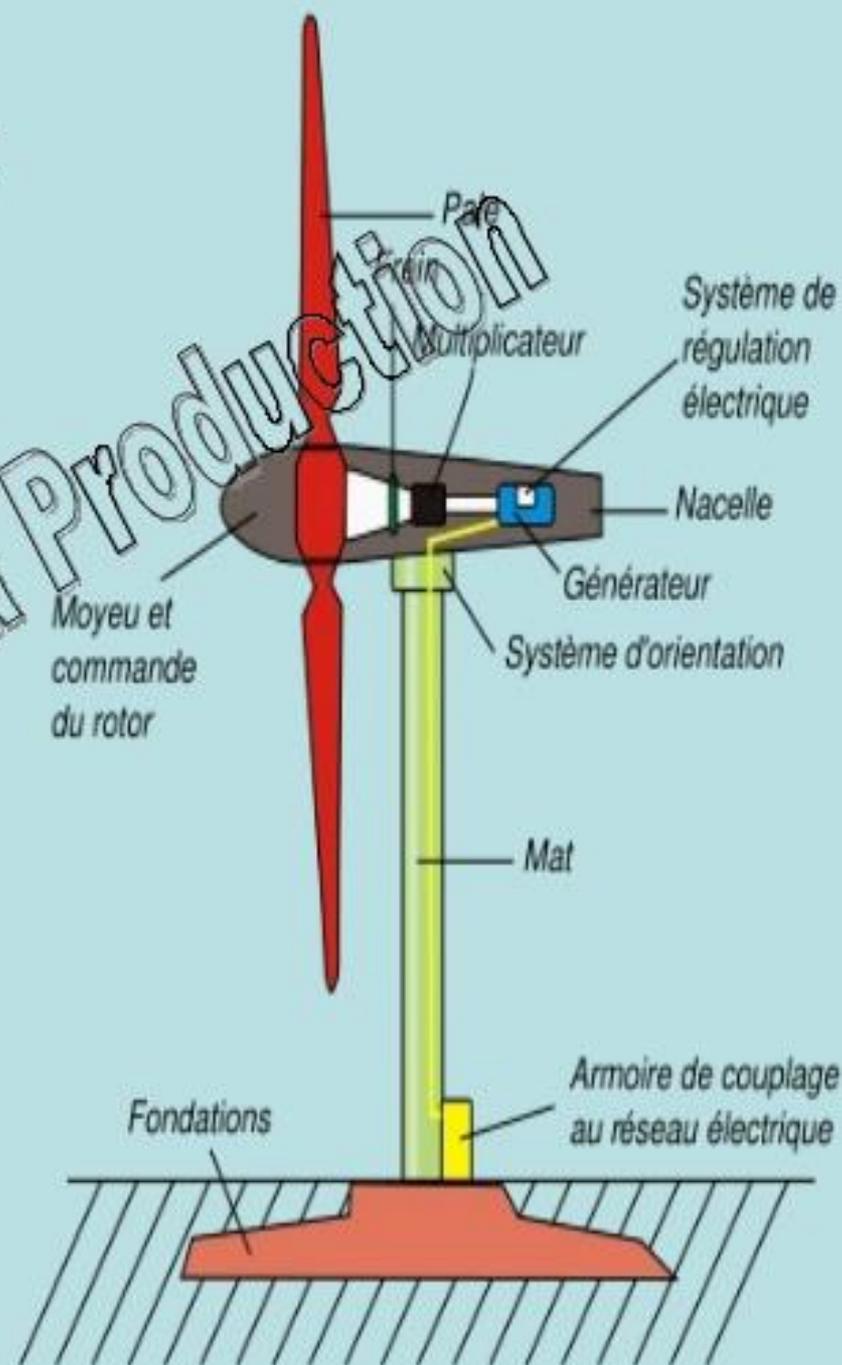
- 1- Le vent fait tourner les pales
- 2- L'énergie mécanique est transformée en énergie électrique
- 3- L'électricité produite est envoyée sur le réseau général
- 4- ... et distribuée aux utilisateurs



Le fonctionnement d'une éolienne

Le vent fait tourner les pales, qui produisent de l'énergie électrique grâce au multiplicateur.

Cette énergie va vers une centrale où elle se redistribue chez nous.



Réseau RTE
400kV

Poste de
transformation
existant à terre

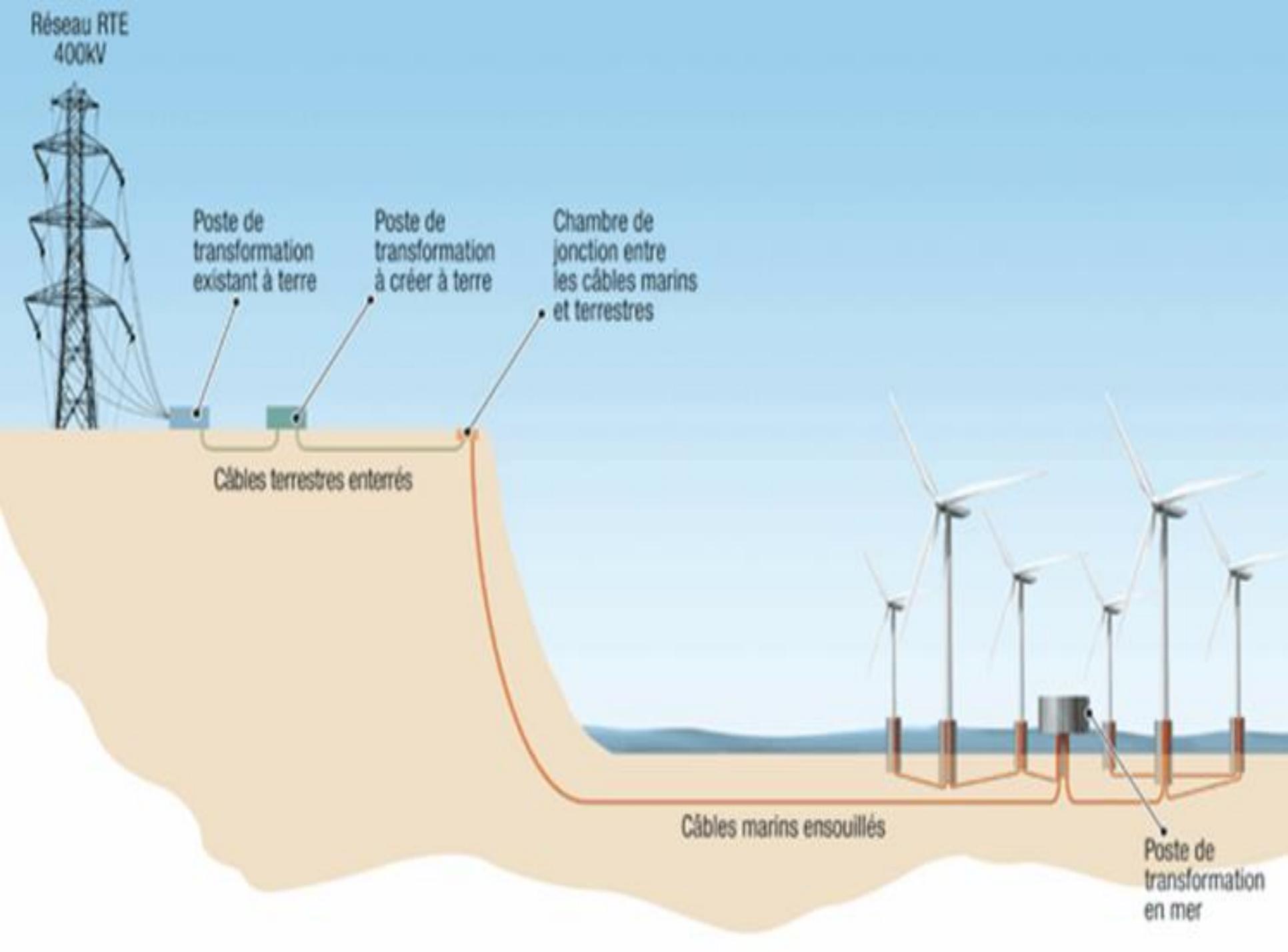
Poste de
transformation
à créer à terre

Chambre de
jonction entre
les câbles marins
et terrestres

Câbles terrestres enterrés

Câbles marins ensouillés

Poste de
transformation
en mer



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Avec ou sans convertisseur

1 Le vent est converti par Air Breeze en énergie.

Panneau



Régulateur



Batteries



Convertisseur 12v / 220v



12 v

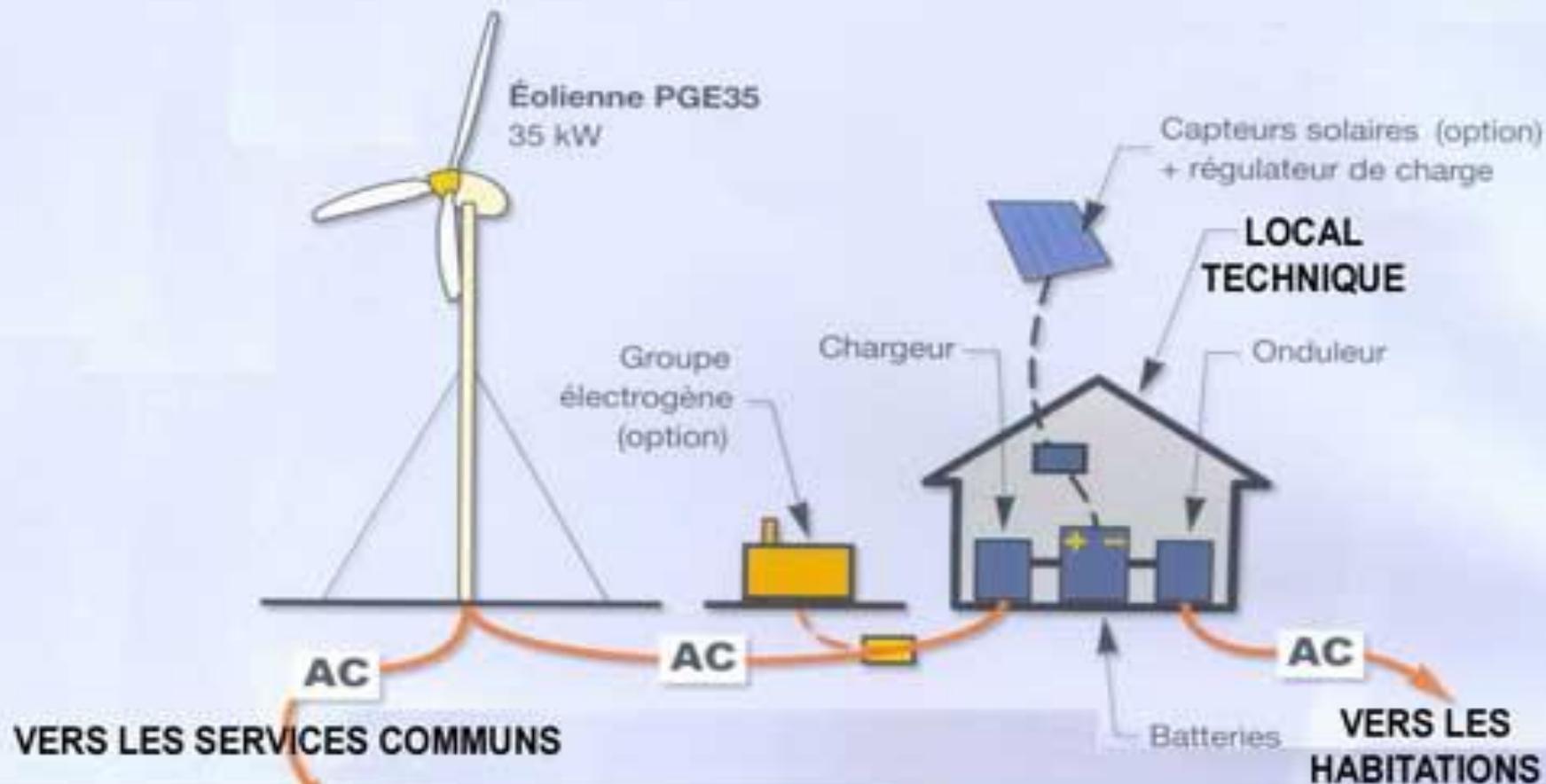
220 v

Régulateur

2 L'énergie produite peut être stockée par les mêmes batteries que celle utilisées pour les panneaux photovoltaïques.

100 %
PROPRE

SANS
PERMIS



Options possibles pour optimiser l'énergie de l'éolienne:

- Pompage de l'eau dans réservoir communautaire
- Chauffage, climatisation
- Chambre froide
- Congélateur communautaire
- Machine à glace
- Unité de charge pour batteries individuelles
- Chauffe-eau (réservoir communautaire)
- Moulin électrique communautaire
- Etc...

Options possibles pour périodes sans vent :

- Batteries supplémentaires pour allonger le temps d'autonomie
- Capteurs solaires pour alimenter les batteries
- Groupe électrogène d'appoint directement relié au réseau, au village ou autre application ou encore pour charger les batteries.

Les différents types d'éoliennes

En tout, il y a 11 types d'éoliennes, on vous en présente 6 d'entre elles:

Éolienne moderne classique à 3 pales
Axe horizontal
Nombre de pales : 3



Éolienne moderne classique à 2 pales
Axe horizontal
Nombre de pales : 2



Éolienne monopale
Axe horizontal
Nombre de pales : 1

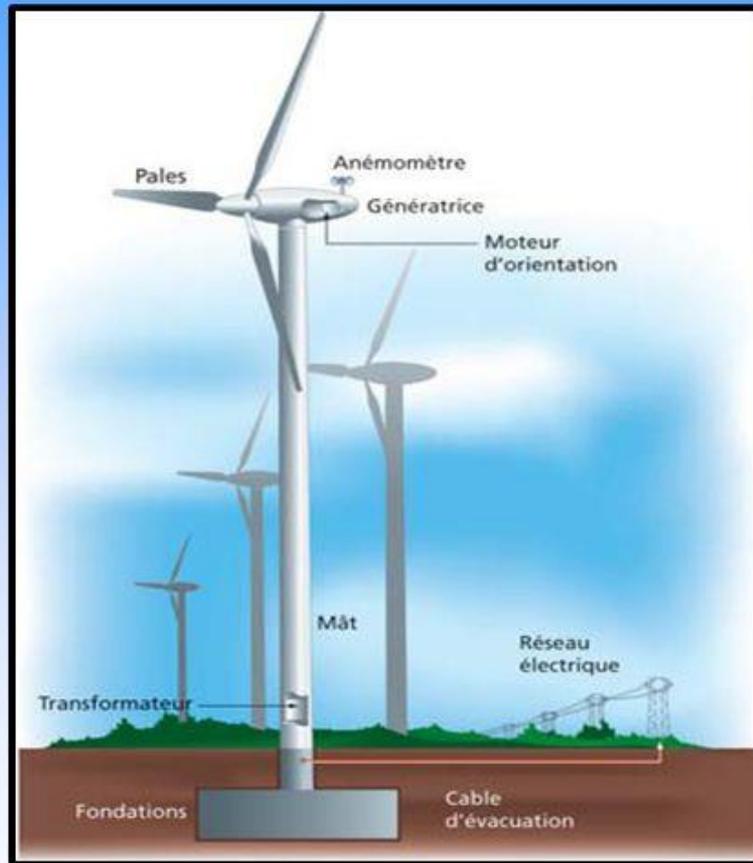


Éolienne de pompage
Axe horizontal
Nombre de pales : ≈ 20

Éolienne de Darrieus
Axe vertical
Nombre de pales : 2 ou 3

Éolienne en hélice
Axe vertical
Nombre de pales : 3

Le fonctionnement



L'éolienne est composée de trois parties:

- Un mât qui abrite généralement les composants électriques et électroniques (de 10 à 100 m de haut) ;
- Un rotor qui est composé de plusieurs pales (souvent trois). Il est entraîné par l'énergie du vent ;
- Une nacelle au sommet du mât qui abrite les composants mécanique comme le frein.

Grâce à la force du vent, le rotor tourne. Quand il tourne, il produit de l'énergie.

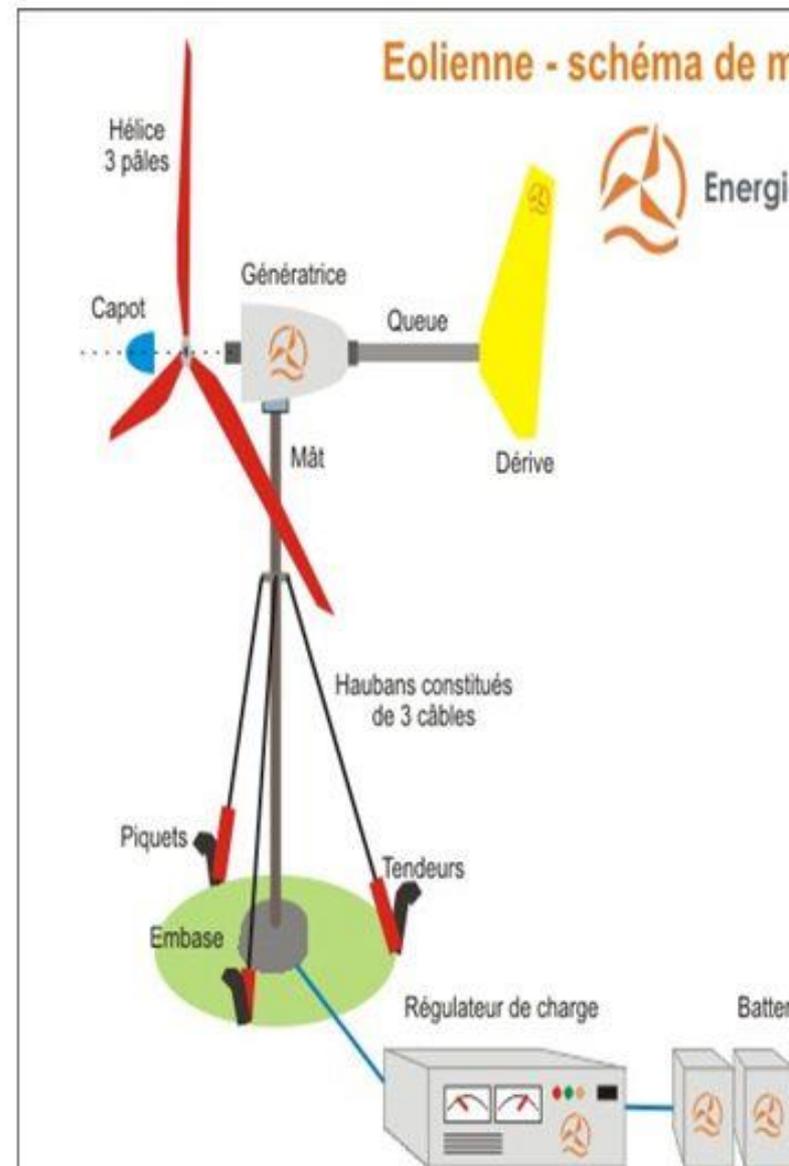
Fonctionnement :

Une éolienne est constituée des éléments suivants :

- **Un mât**, d'une hauteur comprise entre 60 et 100 mètres, à l'intérieur de laquelle se trouvent l'échelle d'accès et les câbles électriques de raccordement au réseau.
- **Une nacelle**, montée au sommet du mât, abritant les composants mécaniques, pneumatiques, certains composants électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de la machine.
- **Un rotor**, guidant une hélice à 3 pales en matériaux composites d'une longueur de 30 à 45 mètres.

2) Fonctionnement et les différentes utilisations

- ▶ Fonctionnement:
- ▶ Le principe de fonctionnement de l'énergie éolienne est relativement simple: le vent fait tourner les pales qui elles font tourner le générateur. A son tour le générateur transforme l'énergie mécanique du vent en énergie électrique. L'électricité est dirigée vers le réseau électrique ou vers des batteries de stockage. On utilise un aérogénérateur. La machine se compose de 3 pales (en général) portées par un rotor et installées au sommet d'un mât vertical. Cet ensemble est fixé par une nacelle qui abrite un générateur. Les pales permettent de transformer l'énergie cinétique (énergie que possède un corps du fait de son mouvement) du vent en énergie mécanique.
- ▶ Le vent fait tourner les pales entre 10 et 25 tours par minute. Le générateur transforme l'énergie mécanique en énergie électrique. La plupart des générateurs ont besoin de tourner à grande vitesse
- ▶ pour produire de l'électricité.
- ▶ On utilise donc une grande partie de l'énergie éolienne pour produire de l'électricité, c'est la vocation principale.
- ▶ L'énergie éolienne peut avoir d'autres types d'utilisations :
- ▶ - Les parcs éoliens sont des regroupements d'éoliennes. C'est la forme d'utilisation la plus répandue.
- ▶ - l'énergie éolienne est aussi utilisée pour fournir de l'énergie à des sites isolés, par exemple pour produire de l'électricité dans les îles, pour le pompage de l'eau dans des champs,



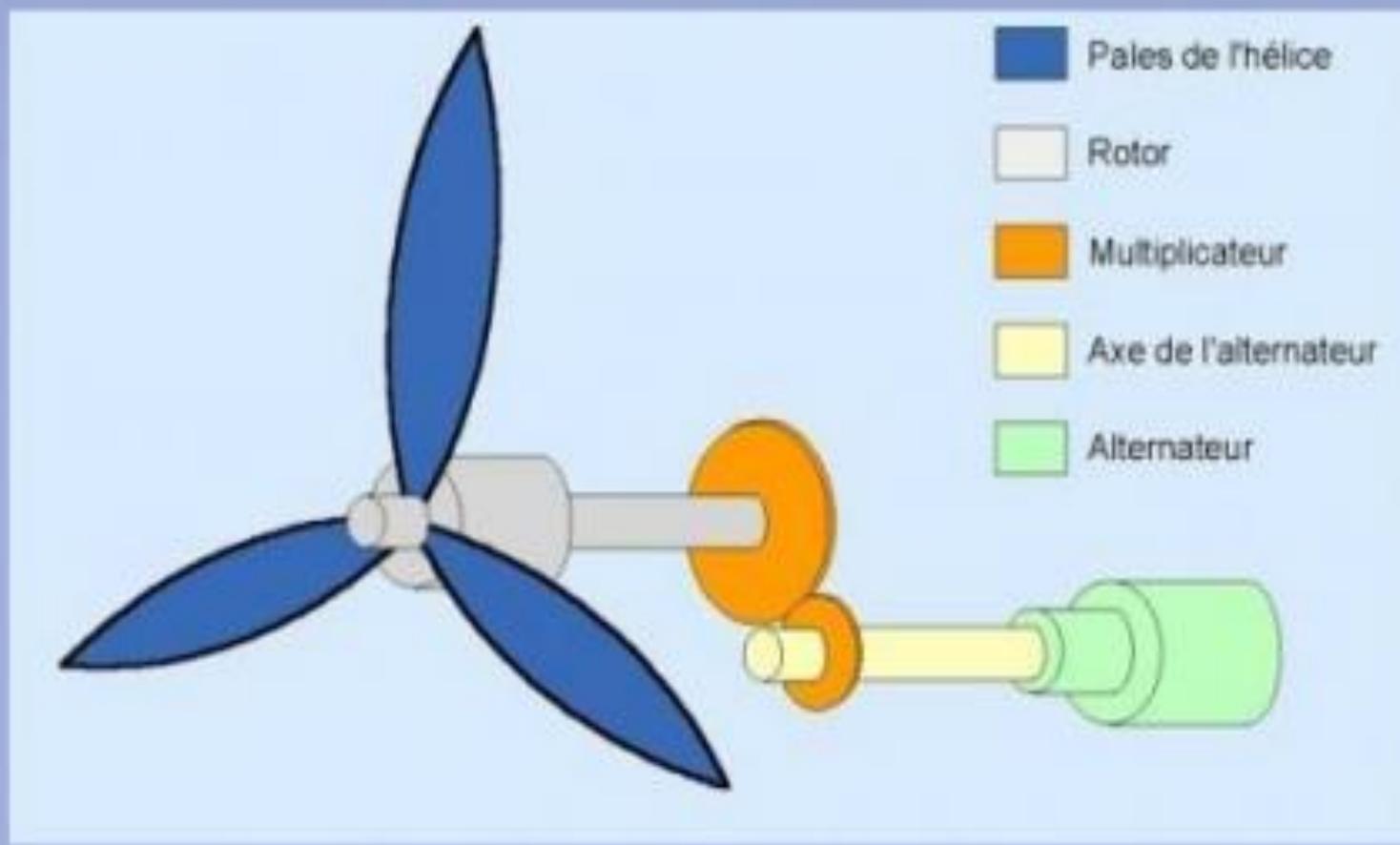
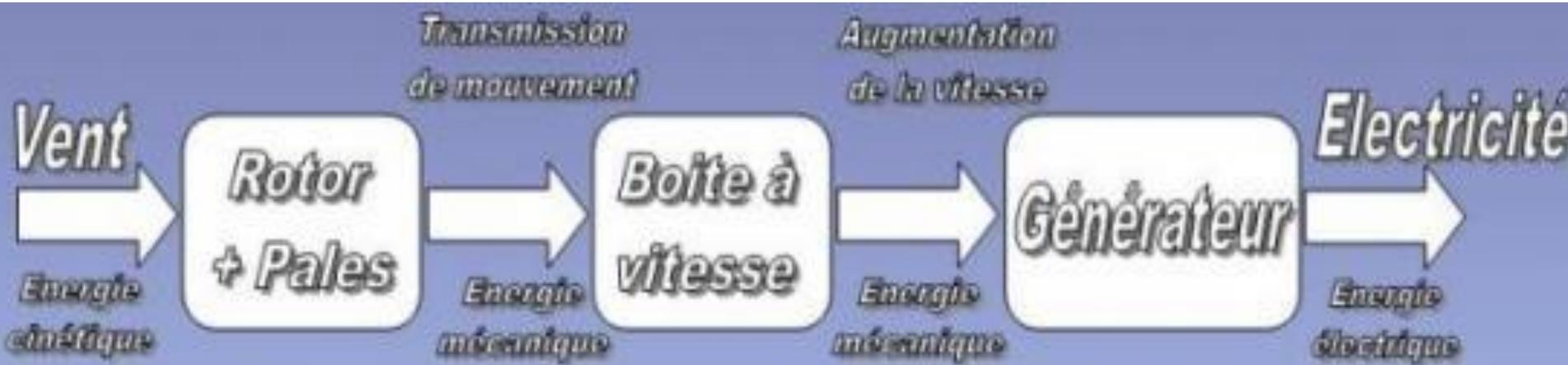
Les critères de placement d'une éolienne



Les éoliennes sont généralement placées en plaine, en campagne, et même en pleine mer !

Pour qu'une éolienne soit placée dans un endroit, il faut :

- Que l'endroit soit suffisamment venté (de 20 à 25 km/h au minimum)
- Qu'il n'y ait pas d'obstacle empêchant la propagation du vent (arbres, bâtiments...)
- Que l'éolienne ne soit pas dans un couloir migratoire, dans un endroit classé ou près d'un monument historique
- Que les habitations soient éloignées de 400 à 500 mètres minimum



L'ÉNERGIE ÉOLIENNE DANS LE MONDE EN 2010

Capacité d'éoliennes en mégawatts

44 733

40 180

27 215

20 676

13 065

5 797

5 660

5 283

4 008

3 734



Chine



États-Unis



Allemagne



Espagne



Inde



Italie



France



Royaume-Uni



Canada



Danemark







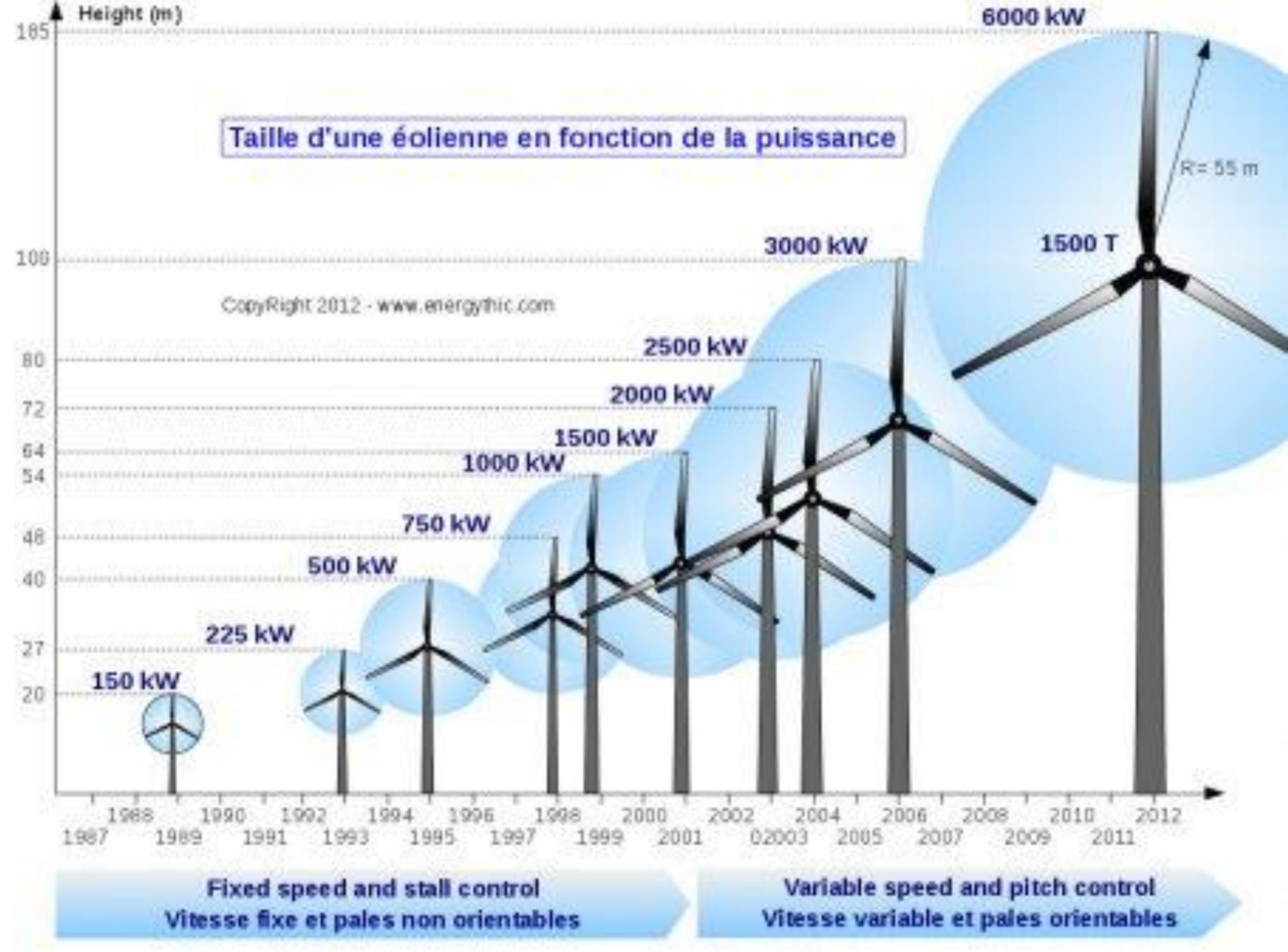












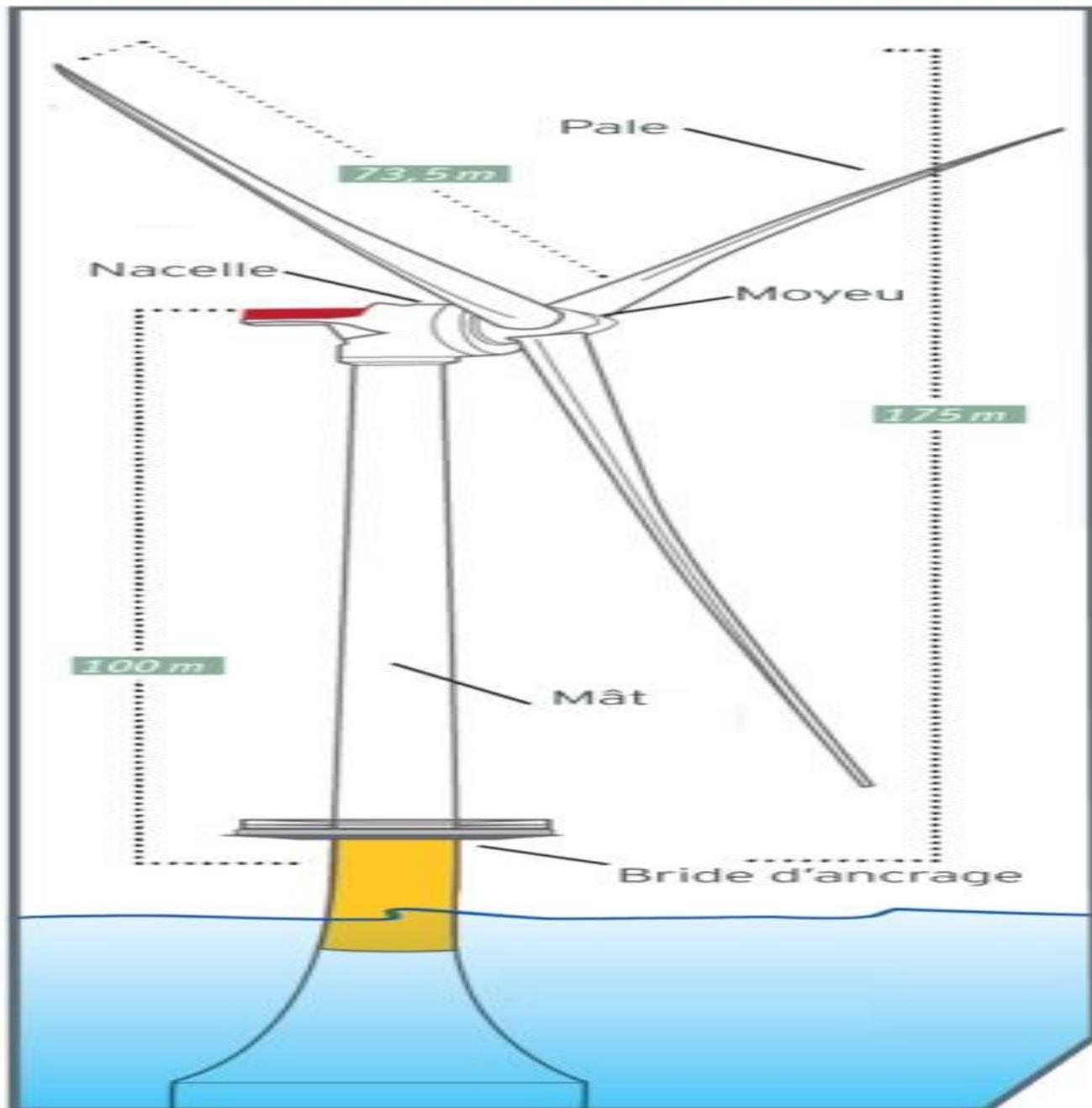


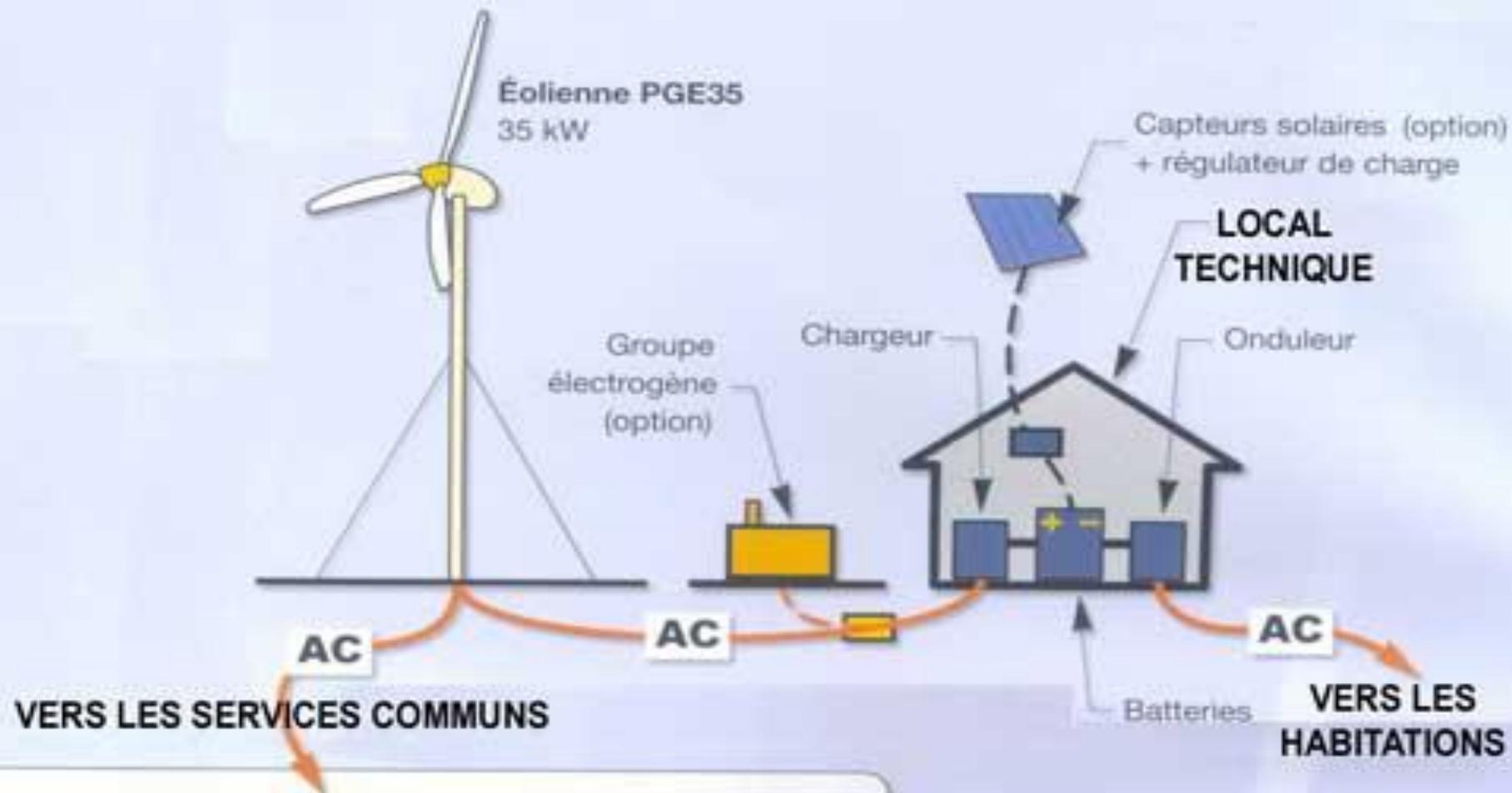












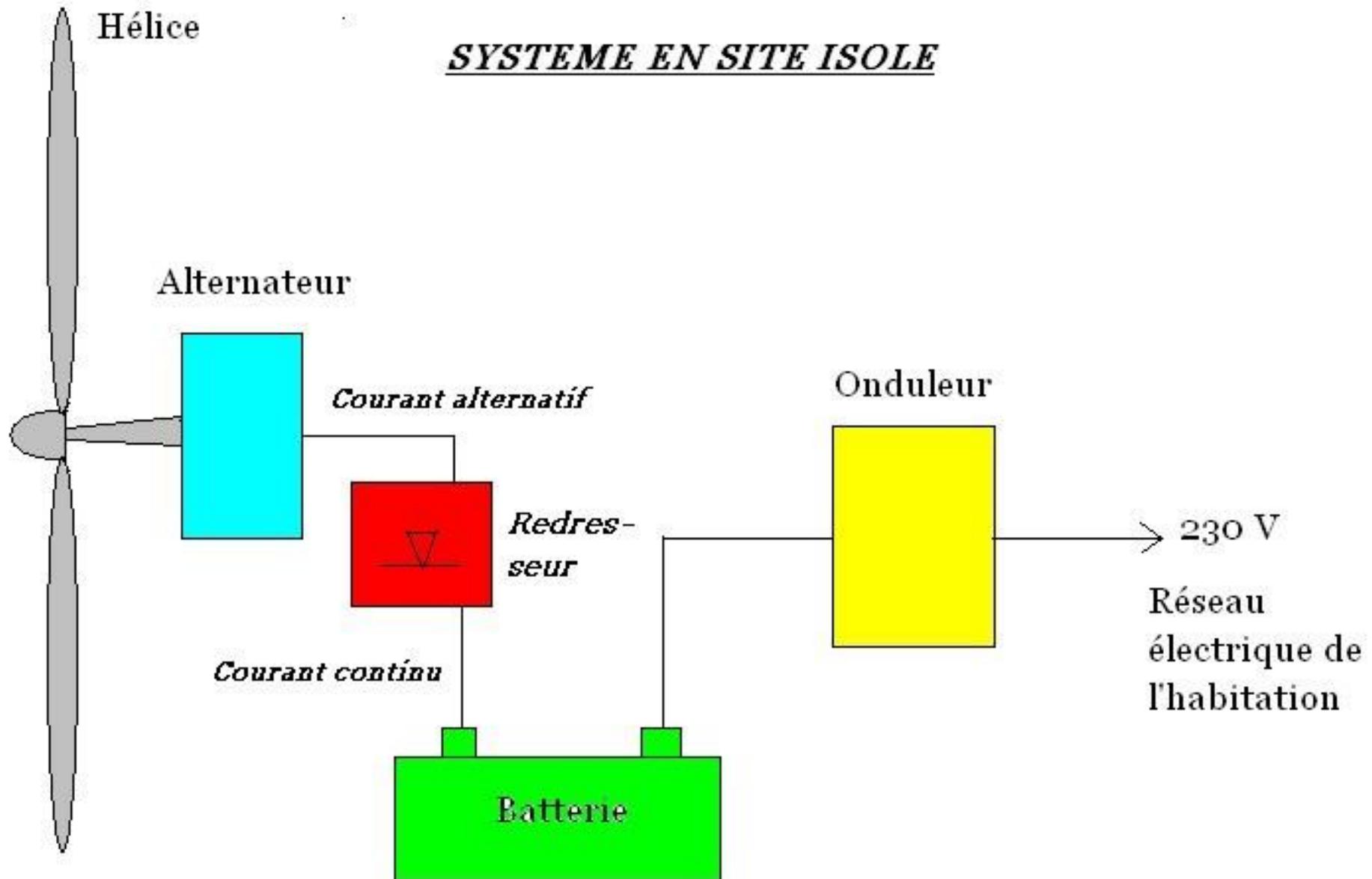
Options possibles pour optimiser l'énergie de l'éolienne:

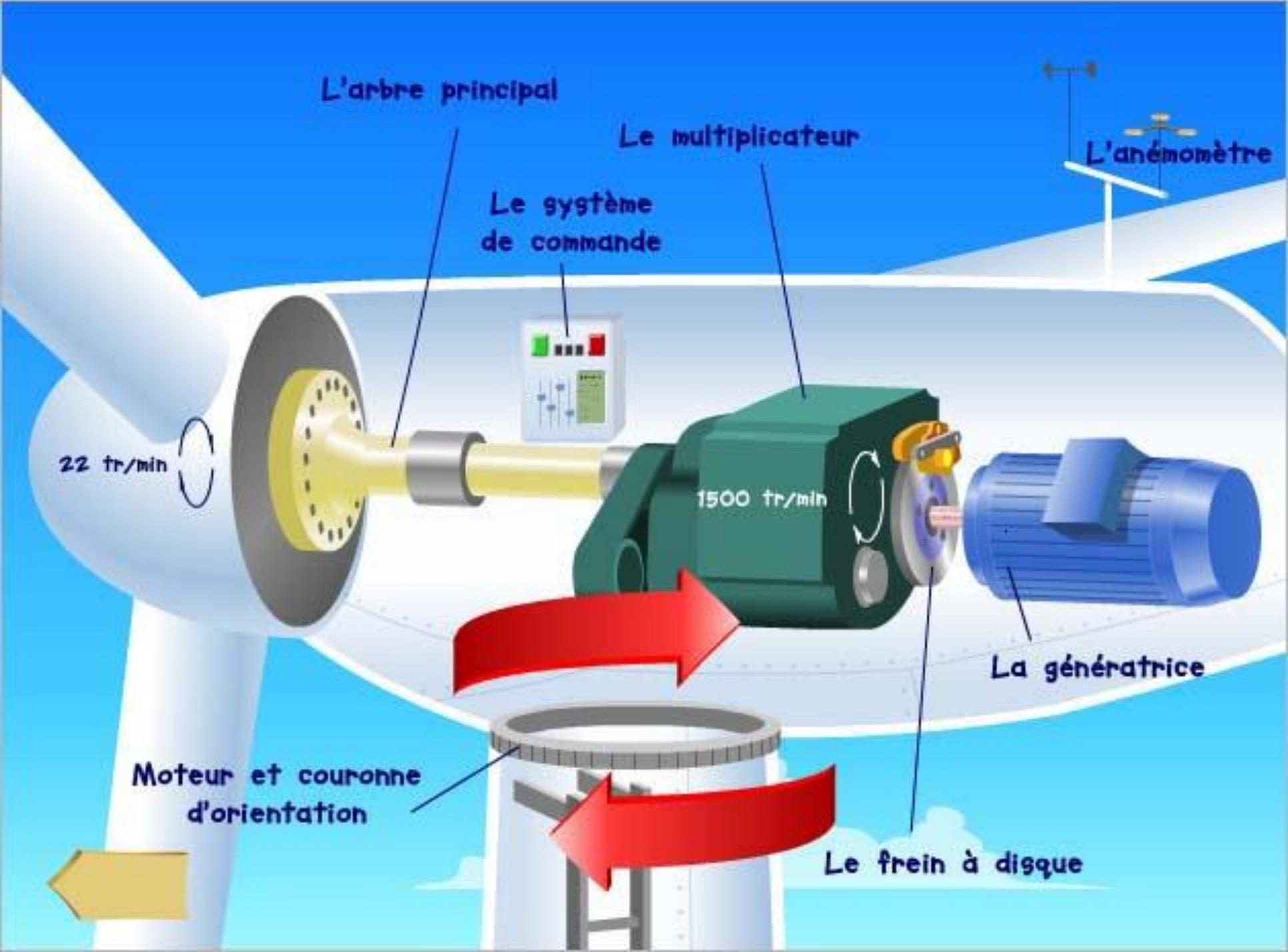
- Pompage de l'eau dans réservoir communautaire
- Chauffage, climatisation
- Chambre froide
- Congélateur communautaire
- Machine à glace
- Unité de charge pour batteries individuelles
- Chauffe-eau (réservoir communautaire)
- Moulin électrique communautaire
- Etc...

Options possibles pour périodes sans vent :

- Batteries supplémentaires pour allonger le temps d'autonomie
- Capteurs solaires pour alimenter les batteries
- Groupe électrogène d'appoint directement relié au réseau, au village ou autre application ou encore pour charger les batteries.

SYSTEME EN SITE ISOLE





L'arbre principal

Le multiplicateur

L'anémomètre

Le système de commande

22 tr/min

1500 tr/min

La génératrice

Moteur et couronne d'orientation

Le frein à disque

Les pales

Elles transfèrent la puissance du vent au moyeu du rotor.

Dimensions et tailles: jusqu'à 40m de longs et plus de 2,5 mètres de large.

Matériaux: **fibre de verre.**



Comment fonctionne un parc éolien en mer

Les éoliennes « offshore » profitent d'un vent plus fort et plus régulier. Elles fonctionnent ainsi à pleine puissance environ 45% du temps.

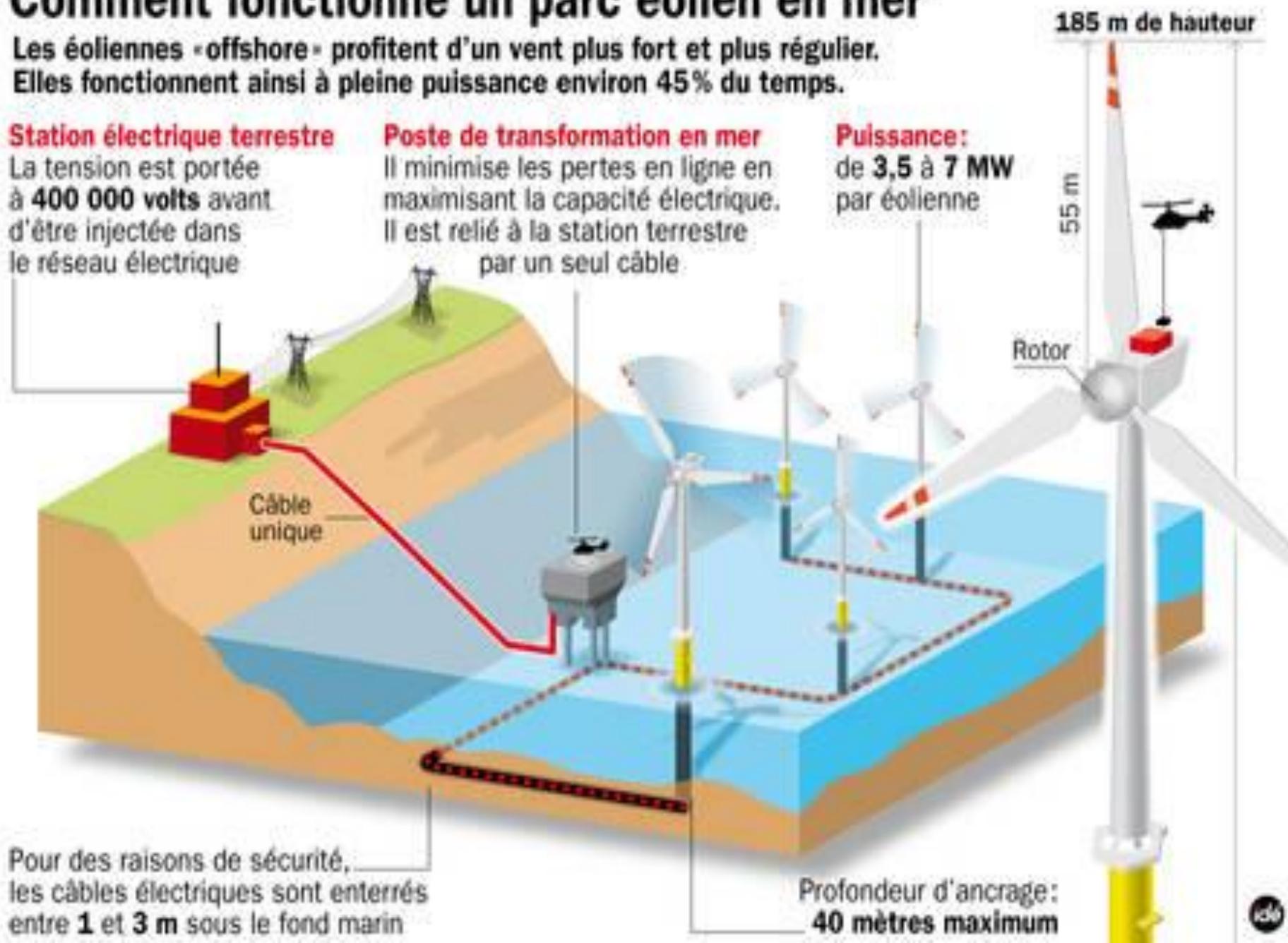
Station électrique terrestre

La tension est portée à **400 000 volts** avant d'être injectée dans le réseau électrique

Poste de transformation en mer

Il minimise les pertes en ligne en maximisant la capacité électrique. Il est relié à la station terrestre par un seul câble.

Puissance:
de **3,5 à 7 MW**
par éolienne

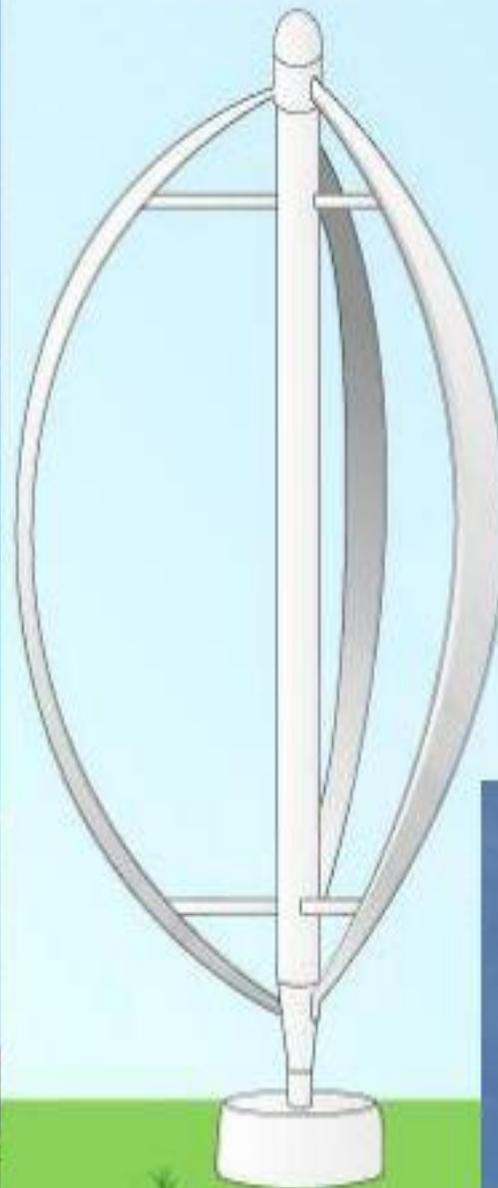


Pour des raisons de sécurité, les câbles électriques sont enterrés entre **1 et 3 m** sous le fond marin

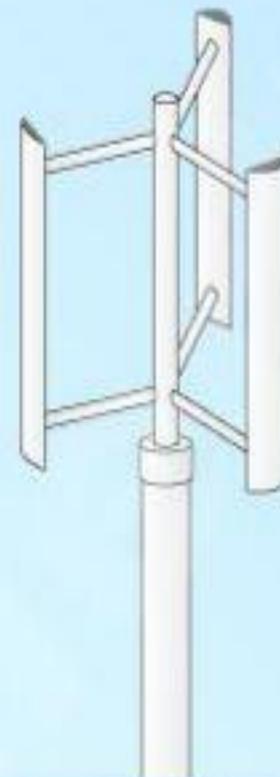
Profondeur d'ancrage :
40 mètres maximum



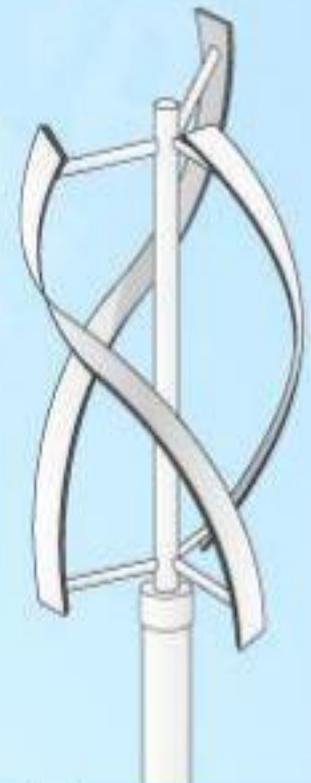
Rotor Darrieus



Rotor Darrieus H

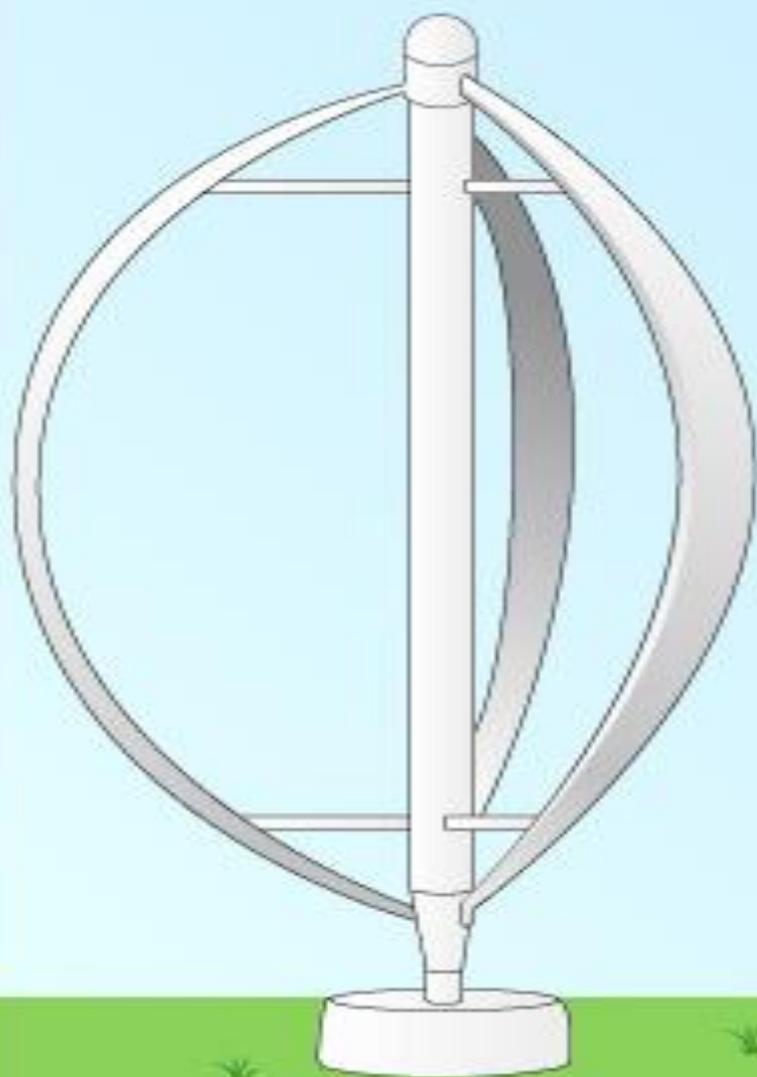


Rotor Darrieus Hélicoïdale

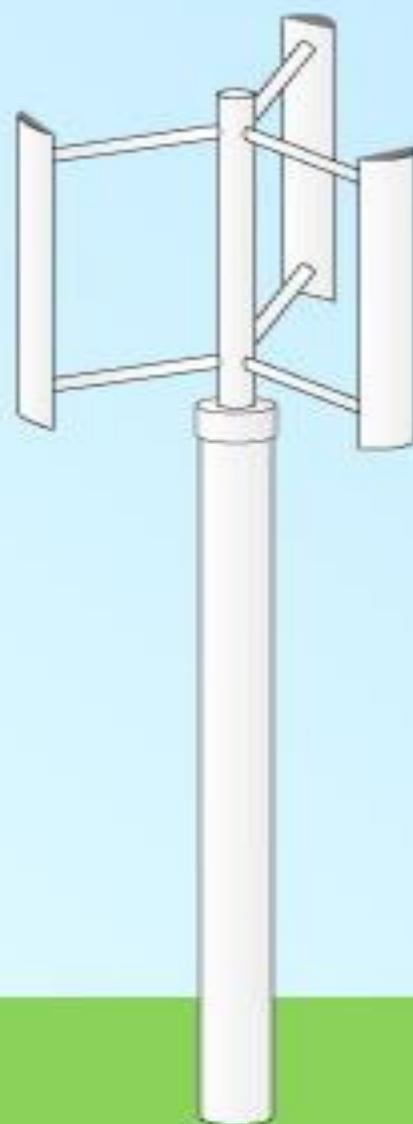


Eolienne Darrieus

Rotor Darrieus



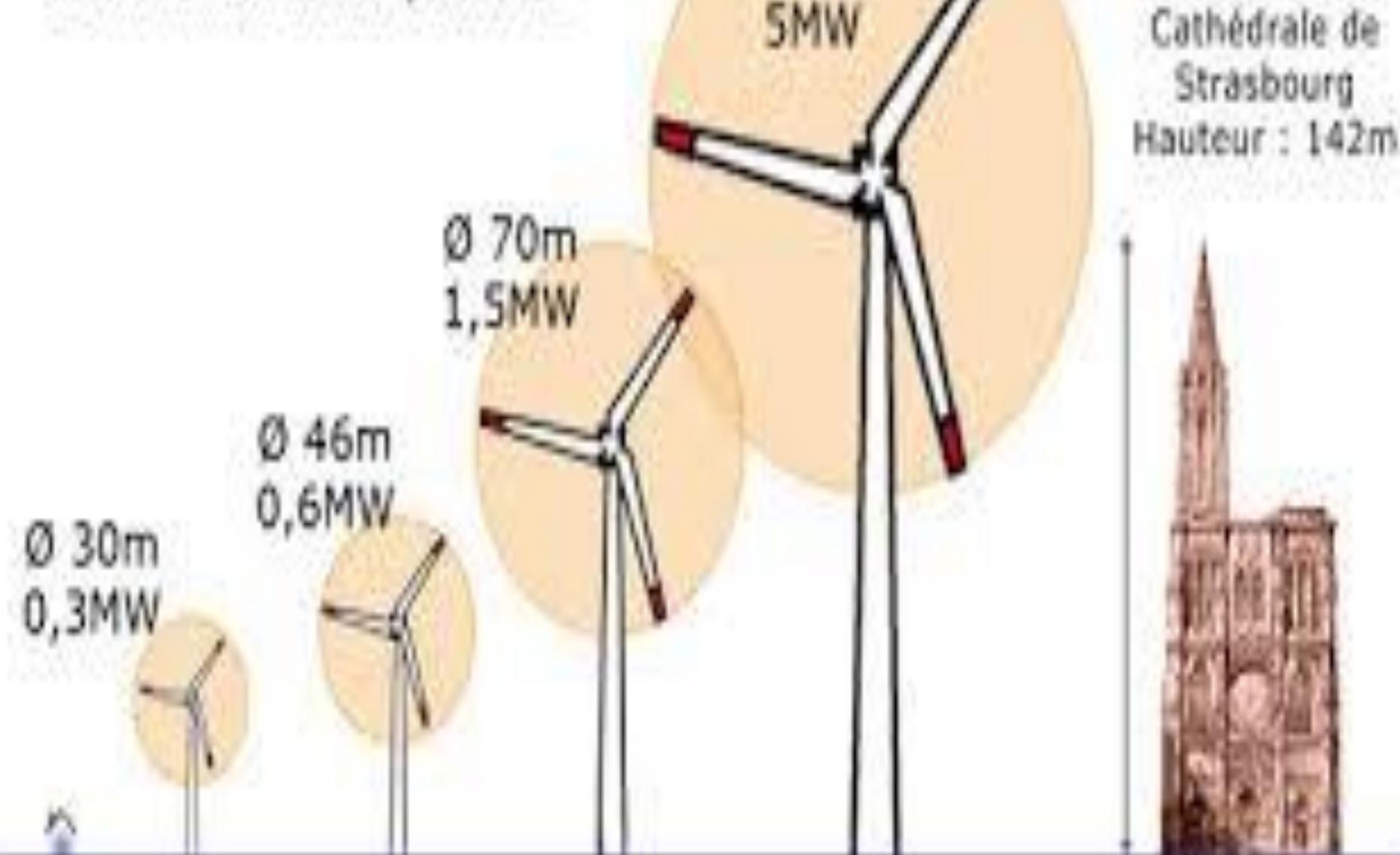
Rotor Darrieus H

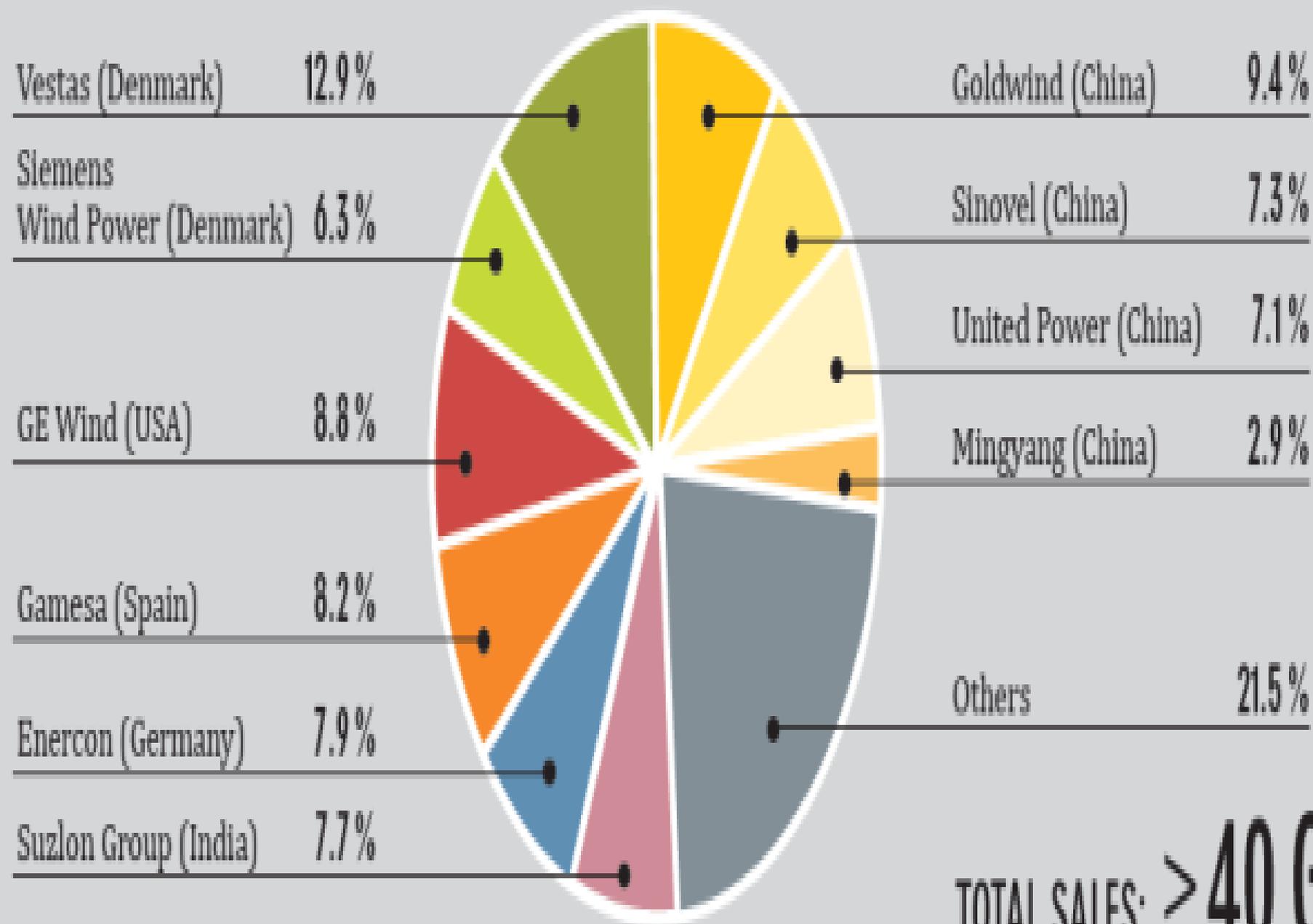


Rotor Darrieus
Hélicoïdale



Relation entre le diamètre du rotor
des éoliennes et leur puissance





TOTAL SALES: > 40 GW









Les éoliennes à axe vertical

- Insensible à la direction du vent
- Supporte de très forts vents
- Certains types d'éoliennes verticales nécessitent d'être lancées
- Coût d'achat beaucoup plus élevé qu'une éolienne à axe horizontal pour une puissance équivalente
- Solution connue depuis bientôt 100ans et pourtant peu utilisée: question de l'efficacité réelle de la technologie.

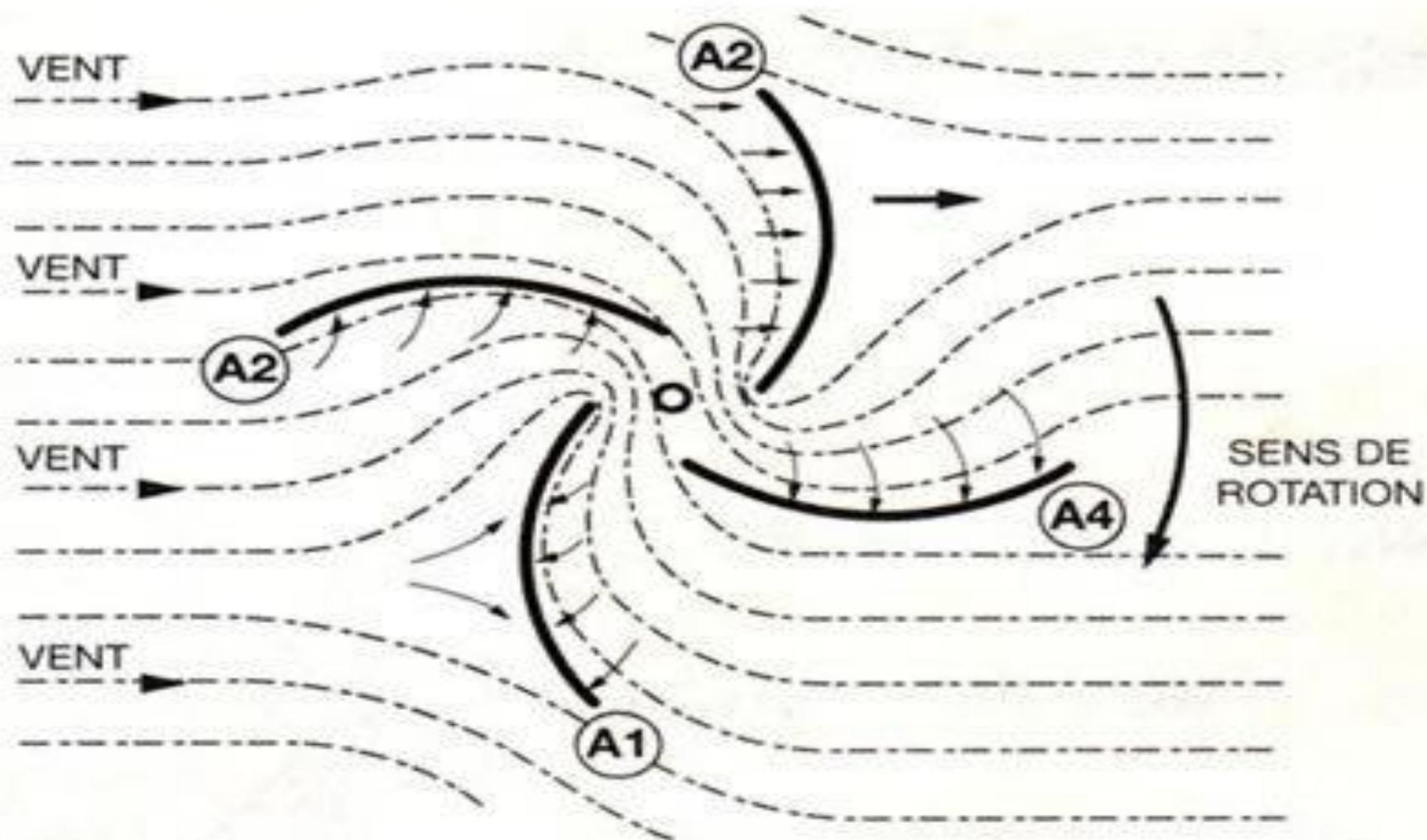
Rendements :

- Ainsi, une éolienne de 2 MW produira le plus souvent une puissance moyenne de 600 kW voire dans les cas les plus favorables 1400 kW. Cette puissance est donc la puissance électrique maximale que peut fournir l'éolienne sur le réseau.
- Les conditions optimales permettant d'atteindre sa puissance maximale correspondent notamment à une vitesse de vent de 90 km/h : au dessus, l'éolienne est mise à l'arrêt car les pales pourraient se briser



Fig. 10

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



LA PALE (A1) SUBIT DEUX PRESSIONS OPPOSEES QUI S'ANNULENT.
LES TROIS AUTRES PALES SONT MOTRICES

Une **éolienne** à vitesse constante





e^-



e^-



H2 (électrolyse)



H2



e^-

H2

CO2

H2

CH4 (biogaz)

Chaleur



Avantages et inconvénients

- Les avantages de l'énergie éolienne sont :
 - elle n'émet aucun gaz à effet de serre
 - le vent est disponible partout et gratuit.
 - une énergie renouvelable

Les inconvénients de l'énergie éolienne sont :

- la production de l'électricité n'est pas stable : cela dépend de la force du vent
- le bruit produit par les éoliennes peut être dérangeant ainsi que la modification du paysage .

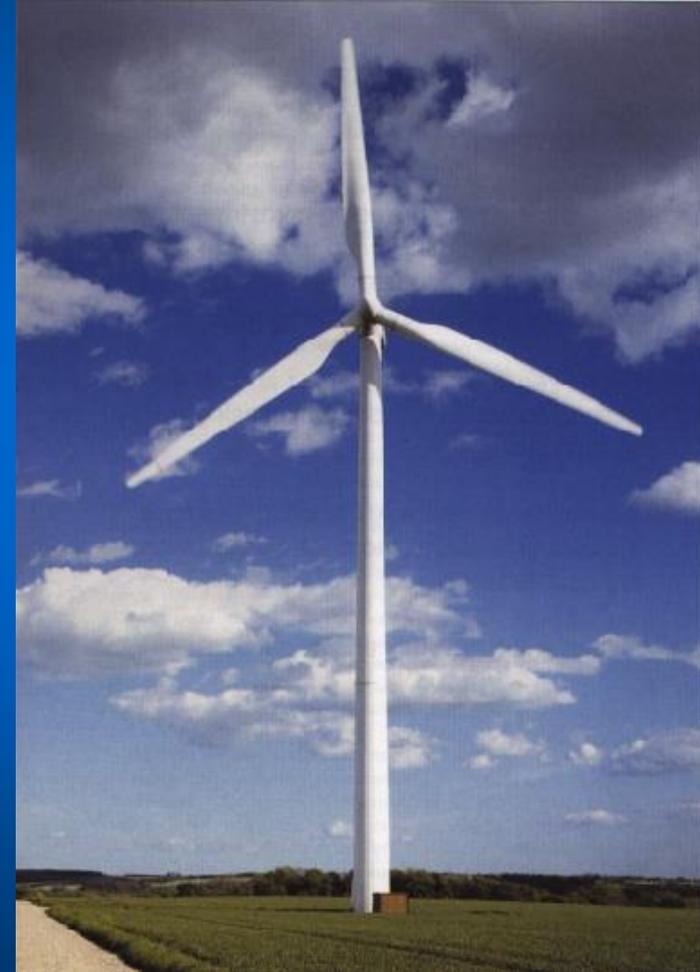
Avantages et Inconvénients :

- Avantages:

- Énergie Propre, pas de gaz à effet de serre.
- C'est l'énergie la moins chère de toutes les énergies renouvelables.
- Les coûts d'installation ne sont pas très élevés.

- Inconvénients:

- Elles tournent uniquement si il y a du vent, donc elles sont dépendantes de la météo et aussi de la nature du sol
- Impact sur le paysage
- Elles produisent beaucoup de bruit (55 Décibels)
- Dangereux pour les oiseaux, la vitesse des pales peuvent les surprendre.



Les avantages

- **L'éolienne produit une énergie indéfiniment durable et propre.**
- **Elle ne nécessite aucun carburant.**
- **Elle ne crée pas de gaz à effet de serre et aucun déchet toxique.**
- **Une éolienne est en grande partie recyclable (gains économiques) car construite en acier.**
- **Après son temps de fonctionnement (environ 20 ans) elle est entièrement démontable et ne laisse aucune trace.**

Inconvénients

- Les riverains craignent généralement une dégradation de l'aspect visuel des sites concernés.
- Elle dégage une nuisance sonore et lumineuse, provenant des flashes nécessaires à l'aviation civile.
- Elle perturbe les ondes hertziennes ce qui peut endommager les récepteurs de télévision.
- Elle représente un danger pour les migrations des oiseaux
- Elle représente une infime production d'électricité par rapport aux autres moyens tel que la central nucléaire

Implantation d'une éolienne :

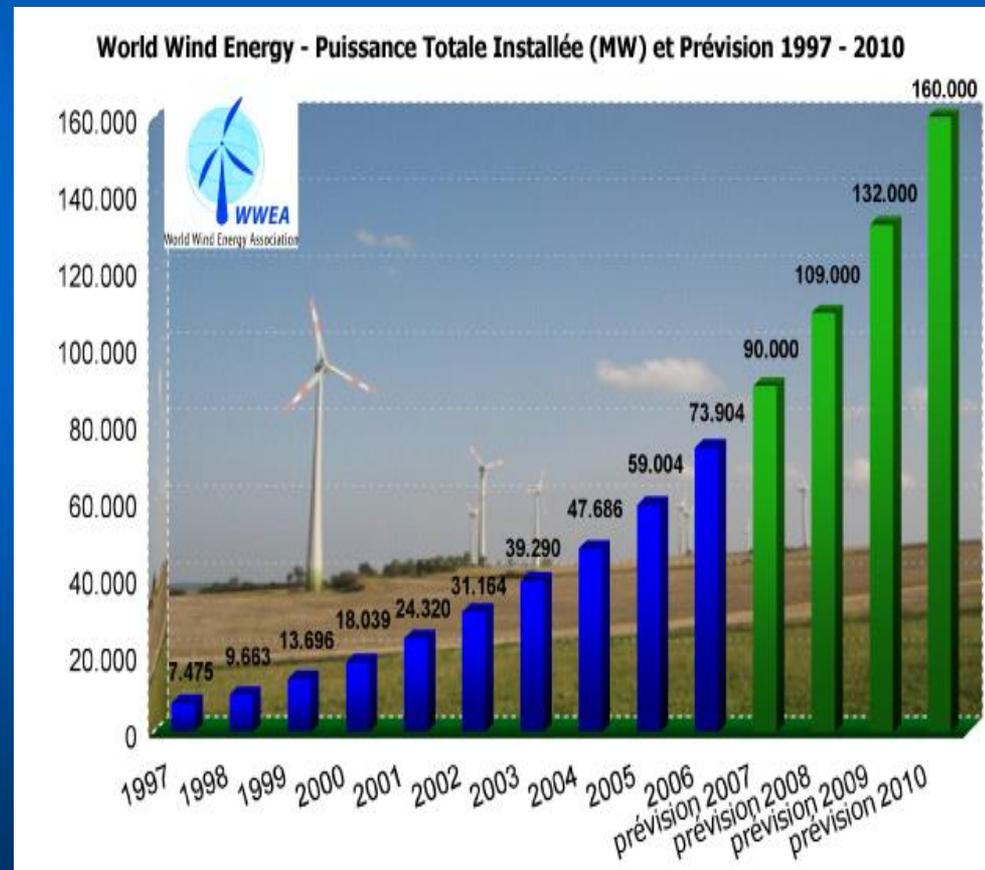
- Un étude d'implantation est nécessaire afin de localiser les zones suffisamment venteuse pour obtenir un rendement maximum.
- Le sol doit être suffisamment résistant pour supporter les fondations de l'éolienne.
- Dans une installation éolienne, il est préférable de placer la génératrice sur un mât à une hauteur de plus de 10 m jusqu'à environ 100 m, de façon à capter des vents plus forts. Dans les zones où le relief est très complexe, il est possible de doubler la quantité d'énergie produite en déplaçant l'installation de seulement quelques dizaines de mètres.



Production totale de Watts dans le Monde :

- Des milliers d'éoliennes fonctionnent à l'heure actuelle dans diverses régions du monde, avec une capacité totale de plus de 90 000 MW à fin 2007

- 1. Allemagne: 22 247 MW
- 2. Etat-Unis: 16 819 MW
- 3. Espagne: 15 145 MW
- 4. Inde: 7 850 MW
- 5. Chine: 5 899 MW
- 6. Danemark: 3 125 MW
- 7. Italie: 2 726 MW
- 8. France: 2 455 MW
- 9. Royaume Uni: 2 389 MW
- 10. Portugal: 2 130 MW



CONCLUSION

- Malgré les avantages écologiques d'une production électrique (par éolienne), et la généralisation de l'exploitation des sites éoliens modernes, leurs productivités restent tout de même inférieurs à celles des infrastructures nucléaires.



Ex : Un réacteur de 900 MW
produira environ 5.7 TWh par
an

Alors qu'un éolienne de 600 kW
produira 0.0000015 TWh par an

Conclusion :

- Les éoliennes produisent une énergie propre. Leurs implantations est en augmentation et deviendra une énergie de demain. Elles présentent certains inconvénients, mais leur rendement est efficace.

