

---

**CONCOURS GENERAL DES LYCEES**  
SESSION 2002

---

**SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES**  
**GENIE ELECTRIQUE**  
(Classe de terminale STI)

---

**ELECTROTECHNIQUE**

---

**EPREUVES D'ADMISSION**



***13, 14 et 15 mai 2002***  
***Paris***

# EOLIENNE TWINPOWER 1.5

## 1/. PRESENTATION GENERALE.

Comme toutes les éoliennes, la **TwinPower 1.5** capte l'énergie cinétique du vent et la convertit en un couple qui fait tourner les pales d'un rotor. Trois facteurs essentiels déterminent le rapport entre l'énergie du vent et l'énergie mécanique récupérée par le rotor : la densité de l'air, la surface balayée par le rotor et la vitesse du vent.

De part sa conception générale, qui met en œuvre les développements technologiques les plus récents, La **TwinPower 1.5** s'avère particulièrement adaptée à une utilisation dans les domaines suivants :

- Alimentation électrique de secours à usage domestique,
- Source d'alimentation autonome pour :
  - Refuge,
  - Bouée,
  - Balise de position,
  - Phare,
  - Relais radio et télécommunication,
  - Station de chargement de batteries
- Complément d'installation solaire,
- Alimentation d'installation de chauffage ou de climatisation,
- Alimentation en énergie d'électro-pompe ou de station de dessalement d'eau,

En fonction de l'utilisation, l'installation éolienne peut fonctionner selon deux modes distincts. On distingue la **marche en îlot** et la **marche avec alimentation du réseau**.

- Dans la **marche en îlot**, l'installation est totalement indépendante du réseau EDF. L'énergie électrique produite est stockée dans des batteries d'accumulateurs par l'intermédiaire d'un régulateur de charge. Les récepteurs sont alimentés directement par les batteries ou par l'intermédiaire d'un « onduleur îlot sinusoïdal » pour les appareils qui fonctionnent en 230 V AC.
- Dans la **marche avec alimentation réseau**, le couplage de l'éolienne est assuré par l'intermédiaire d'un redresseur « amont-vent » et d'un onduleur (convertisseur électronique de type AC/DC/AC).

## 2/. LE ROTOR.



La **TwinPower 1.5** fait partie de la famille des éoliennes à axe horizontal. Son rotor est constitué de deux pâles de forme sinusoïdale, profilées sur une sphère virtuelle.

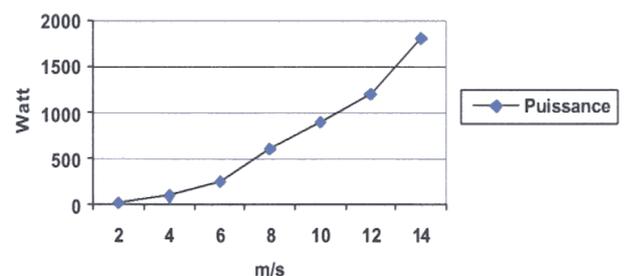
Grâce à leur forme très particulière les pales conservent une relativement grande longueur étirée et donc une « surface de fonctionnement » appréciable dans un volume réduit (la surface du disque éolien utile peut-être estimé aux 2/3 de la surface sphérique imaginaire).

Parmi les autres avantages liés à cette conception de l'aéromoteur, on peut citer :

- L'absence de zones d'ombre aérodynamique,
- Un développement acoustique extrêmement faible, lié principalement à l'absence d'extrémité de pale (pas de phénomène de « déchirement d'air »),
- La génération d'un effet de sustentation, favorable à la rotation de l'ensemble
- Un poids total relativement faible, obtenu principalement grâce à l'utilisation des matériaux composites pour la réalisation des pales,
- Un profil de rotor qui autorise le fonctionnement aussi bien dans les zones à forte ou à faible vitesse de vent, sur le littoral ou à l'intérieur des terres.
- Une relative insensibilité de la puissance mécanique produite aux écarts d'alignement entre la nacelle et la direction du vent.

Ces éléments combinés permettent d'obtenir une mise en rotation dès les plus basses vitesses de vent, des variations limitées du couple de rotation et une courbe de puissance mécanique très linéaire.

**Diagramme de Puissance en Watt**



### 3/. LE GENERATEUR.

Le générateur électrique de la **TwinPower 1.5** est de type discoïde à aimants permanents. Il s'agit d'une technologie innovante qui permet d'obtenir des machines relativement compactes et performantes.

Le générateur sans fer, particulièrement adapté à ce type d'application, possède un rendement effectif supérieur à 92%. Conçu comme un induit à disque, il est construit de telle manière que, par une association de « galettes », la caractéristique de puissance puisse être adaptée au besoin de l'utilisateur.

- Chaque « galette » comporte huit bobines couplées en série.
- Le générateur est constitué de cinq galettes couplées en parallèle.
- L'utilisation d'aimants en forme de disque permet de garantir la permanence et la continuité des lignes de champs.

Dans le cas d'un fonctionnement avec le réseau, la machine est connectée par l'intermédiaire d'un convertisseur électronique de type AC / DC / AC. Cette solution présente notamment l'avantage d'autoriser un fonctionnement à vitesse variable de l'éolienne et donc l'optimisation du rendement de la machine en fonction de la vitesse du vent.

Parmi les autres avantages de ce type de générateur, on peut citer :

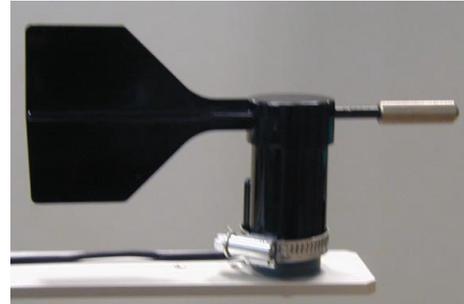


- L'évacuation de la chaleur dégagée par simple circulation d'air,
- La possibilité d'adaptation continue de la puissance utile grâce à la conception « modulaire »,
- La forte densité de puissance, obtenue grâce à une construction sans fer,
- L'absence de multiplicateur (montage « en bout d'arbre ») et des pertes mécaniques afférentes,
- La faible inertie au démarrage,
- L'absence de pertes magnétiques,
- L'absence de pièces d'usures (balais, collecteur, etc.) et de frottements
- Un entretien quasi inexistant.

#### **4/. AUTOMATISME DE POSITIONNEMENT DE LA NACELLE**

Pour obtenir un rendement énergétique satisfaisant, il est indispensable que le « disque éolien » soit correctement positionné par rapport au vent. A défaut, la puissance disponible en sortie du générateur diminue. Pour maintenir le rendement à une valeur optimale la **TwinPower 1.5** est équipée d'une nacelle orientable, dotée d'un dispositif de régulation automatique dont la fonction est de maintenir en permanence le « disque éolien » face au vent.

L'information relative à la direction du vent est délivrée « en continu » au dispositif de régulation par une girouette.

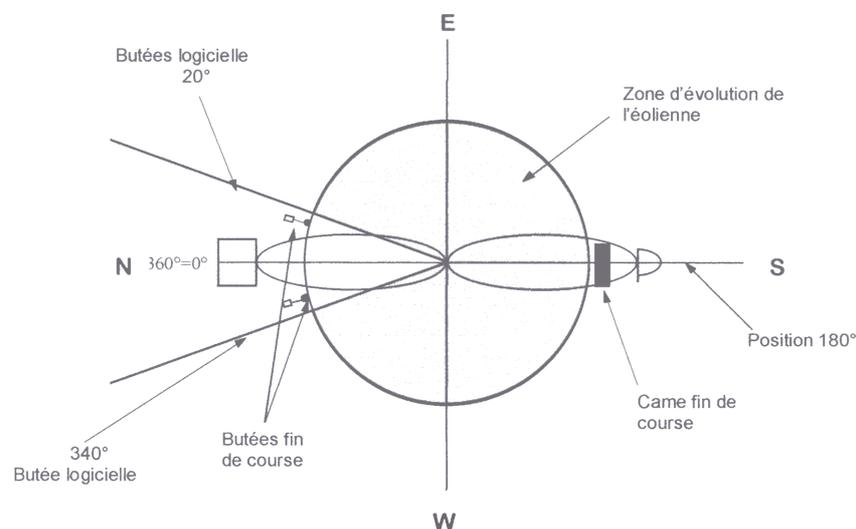


L'unité centrale stocke ces informations puis calcule, toutes les 5 secondes, l'angle de décalage moyen entre l'axe du rotor et la direction du vent.

La décision de régulation est alors élaborée par l'unité centrale qui pilote le moteur chargé d'aligner l'axe de la nacelle avec la direction moyenne du vent.

N.B. Lors du fonctionnement de l'éolienne, la nacelle, en s'alignant sur la direction du vent, pourrait éventuellement effectuer plusieurs tours sur elle-même. Pour éviter le phénomène de vrillage des câbles et le sectionnement qui en résulterait, des butées logicielles et des capteurs de proximité détectent les positions extrêmes de la nacelle.

Quand la nacelle atteint une de ces positions en fonctionnement normal l'automatisme de pilotage détermine le sens de la rotation de la nacelle qui permet à l'éolienne de continuer à « suivre le vent » en évitant le phénomène cité ci-dessus (rotation en sens horaire ou anti-horaire).



## 5/. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.

Quand le vent se lève, le calculateur, grâce à la girouette située au pied de la nacelle, commande au moteur d'orientation de placer l'éolienne face au vent. Dès que la vitesse du vent atteint  $2 \text{ m.s}^{-1}$ , les pales se mettent en mouvement. Elles entraînent avec elles le générateur discoïde.

C'est l'unité de commande qui gère le fonctionnement, principalement à partir du contrôle de la tension à la sortie du redresseur :

- Dès que le seuil de 28 volts est atteint, l'éolienne est connectée au réseau électrique. Le générateur discoïde débite alors dans le circuit d'utilisation à travers le redresseur électronique.
- Si la tension dépasse 38 volts, l'unité de commande détourne la nacelle de  $5^\circ$  par rapport à la direction du vent afin de diminuer la vitesse de rotation de l'éolienne et faire baisser la tension de sortie du générateur. Trois cas peuvent alors se présenter.
  - La tension descend sous le seuil de 35 volts : L'éolienne est repositionnée face au vent.
  - La tension est comprise entre 35 et 38 volts : L'éolienne est maintenue en position « décalée ».
  - La tension n'est pas descendue sous le seuil de 38 volts, l'éolienne est décalée de  $5^\circ$  supplémentaires. L'opération est répétée autant de fois que nécessaire, jusqu'à ce que l'éolienne soit perpendiculaire à la direction du vent (position drapeau).
- Si la tension de sortie reste supérieure à 40 volts alors que l'éolienne a atteint la « position drapeau », l'unité de commande active le frein, bloque l'éolienne en position et déconnecte le générateur du réseau. Une intervention de l'opérateur est alors nécessaire pour remettre l'éolienne en fonctionnement.

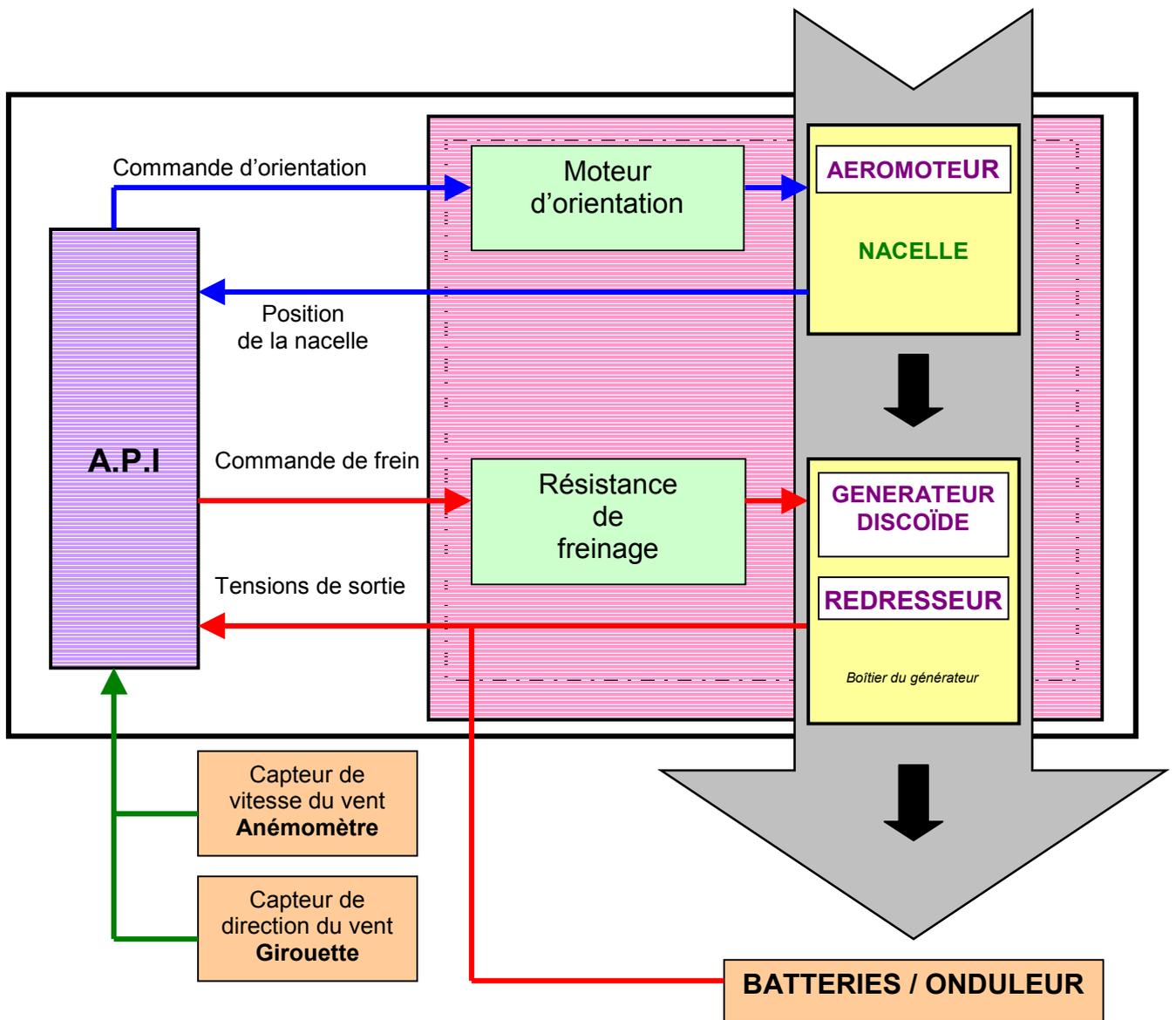
Tant que la vitesse du vent reste inférieure à  $12 \text{ m.s}^{-1}$ , le fonctionnement de l'éolienne est autorisé. Dès que la vitesse du vent dépasse les  $12 \text{ m.s}^{-1}$ , l'unité de commande détourne l'installation du vent et active le frein. Le fonctionnement sera de nouveau autorisé dès que la vitesse du vent aura suffisamment chuté.

La mesure de la vitesse du vent est réalisée par un anémomètre. La qualité et la fiabilité de cette mesure sont essentielles puisque la vitesse du vent est à l'origine du déclenchement des procédures d'arrêt de fonctionnement de l'éolienne. Pour éviter tout risque d'arrêt intempestif, l'information vitesse est moyennée pendant quelques secondes. Avant d'être traitée par le calculateur

## 6/ SCHEMA SYNOPTIQUE.

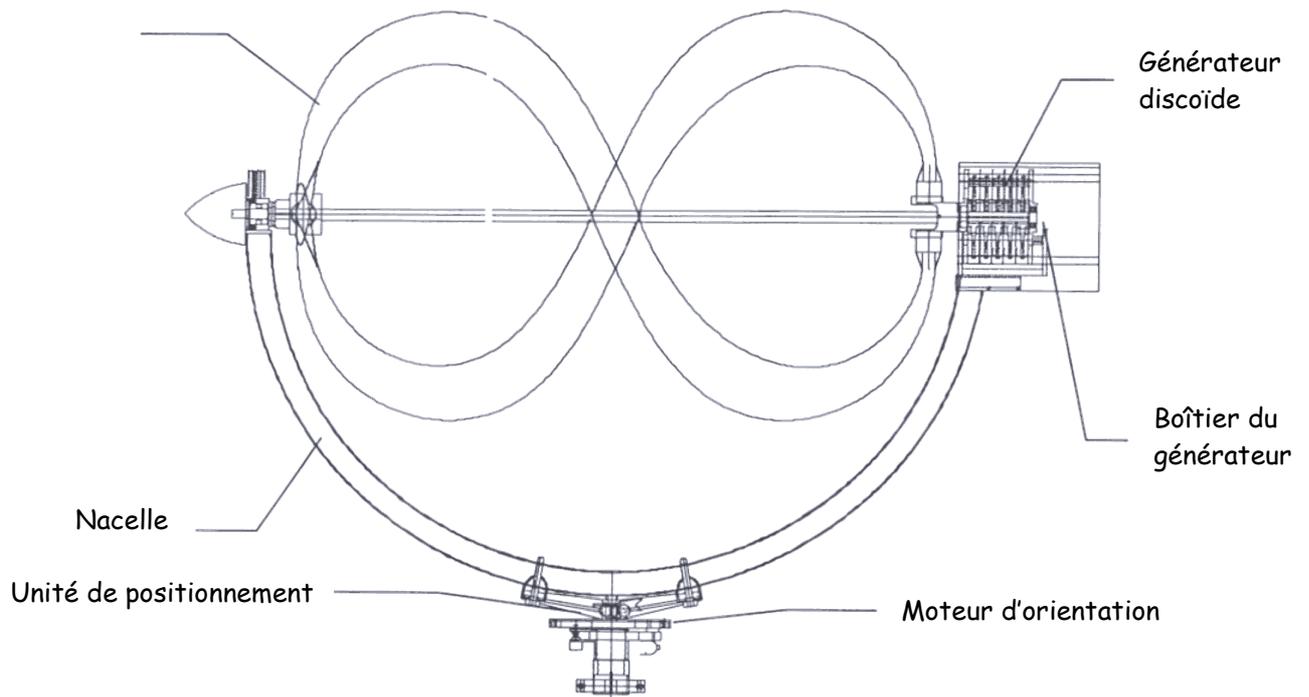


## Energie éolienne

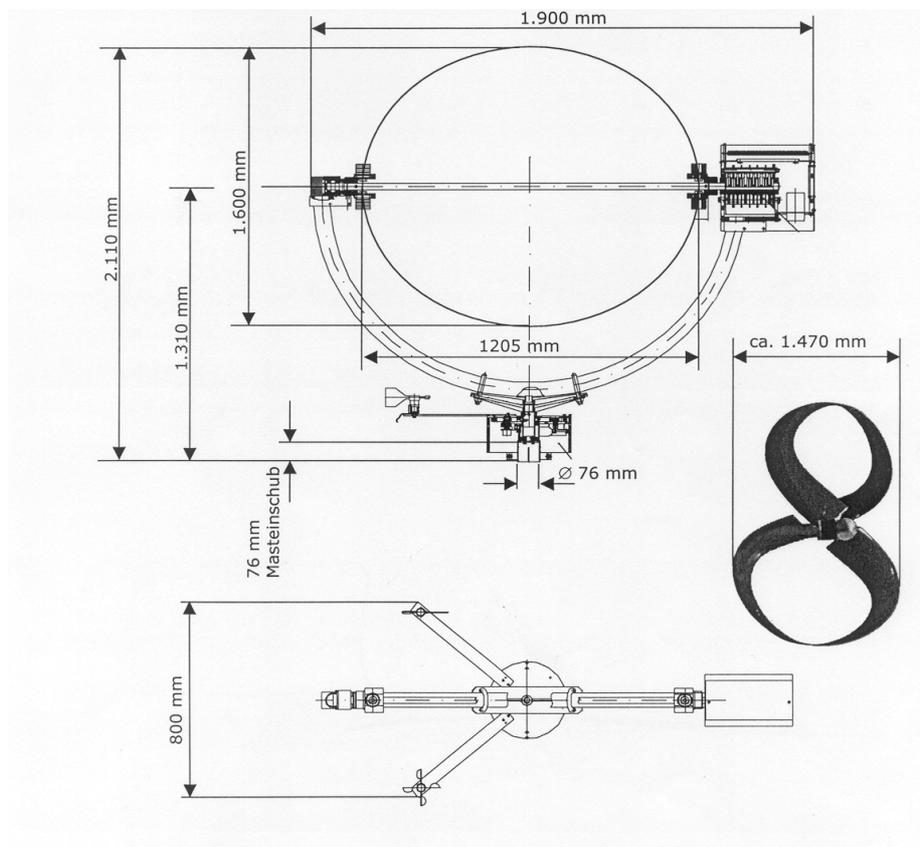


### 7/ DESCRIPTION.

Rotor



## 8/ DIMENSIONS.



## 9/ CARACTERISTIQUES TECHNIQUES.

Diamètre du rotor :	1,45 m
Hauteur :	1,70 m
Diamètre du mât :	76 mm
Hauteur minimale du mât :	5 m
Poids total sans onduleur :	50 kg
Températures de fonctionnement :	- 30° C à + 45° C
Mode de fonctionnement :	Synchronisé avec onduleur. Point mort limité à 40V
Emissions phoniques :	54-56 dB à puissance nominale
Pales :	Fibre de carbone
Générateur :	Discoïde à aimants permanents / 1.2 kW à 12 m.s <sup>-1</sup>
Sécurité en cas de tempête :	Par mise en drapeau de l'éolienne (orientation à 90° / direction du vent) Par la charge des générateurs