

Travaux Pratiques Energie éolienne

Étude de la puissance de l'éolienne en
fonction de la vitesse du vent

Préparé par Pr F.Bahraoui

TP1 : Manipulation 1

I-Étude de la puissance captée par l'éolienne en fonction de la vitesse du vent

1- Objectif.

Etudier l'influence de la vitesse sur la puissance d'une éolienne en utilisant le système de contrôle Scada (logiciel d'acquisition et de contrôle). On veut montrer comment la vitesse du vent influe sur le fonctionnement du rotor.

2- Matériels :

Soufflerie.

Rotor à 6 pales.

Anémomètre.

Capteur de vitesse

Appareil de contrôle de la tension.

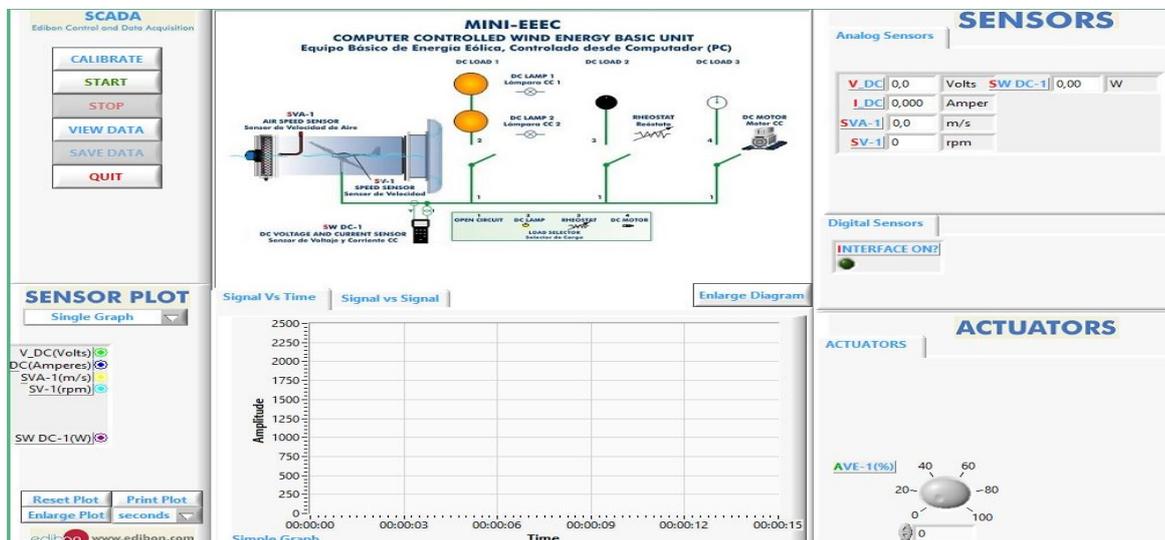
Appareil de contrôle du courant.

Module de charge.

Capteur de température thermocouple de type J.

Régulateur.

Système de contrôle (SCADA) logiciel d'acquisition et de contrôle.



Chargeur de batterie et régulateur de charge



Module de charge DC



Si le commutateur "Meas" est placé en position "BEFORE", les capteurs de mesure de charges DC sont connectés directement aux sorties de l'éolienne, avant le régulateur de charge des batteries. Dans cette position, il n'y a pas au régulateur-chargeur des batteries (sauf lorsque le sélecteur de charge DC est en position 4, déviation), de sorte que les batteries ne sont pas en charge.

Si le commutateur "Meas" est placé en position "AFTER", les capteurs de mesure de charges DC sont connectés à la sortie du chargeur-régulateur des batteries. Dans cette position, le chargeur-régulateur des batteries est sous tension, de sorte que les batteries sont en charge à tout moment.

1. En position 1, l'éolienne fonctionne en tension de circuit ouvert.
2. En position 2, le rhéostat et les lampes sont connectés directement à l'éolienne, en fonction de la sélection effectuée sur l'ordinateur.
3. En position 3, le moteur DC est raccordé directement à l'éolienne.
4. En position 4, mode de dérivation, pas de charges DC.

- **Inverseur monophasé (Module de charge AC en option)**



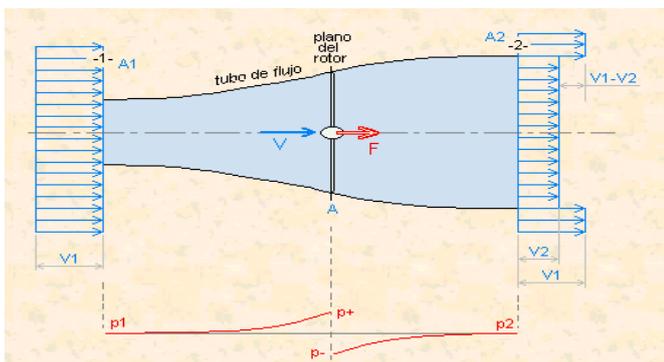
- **Module de charge AC**



- En position 1, l'inverseur fonctionne sans charge.
- En position 2, le moteur du ventilateur est connecté.
- En position 3, une lampe AC est connectée.
- En position 4, deux lampes AC sont connectées en parallèle.

3-Théorie (Rappel du cours).

Pour étudier la variation de la puissance en fonction de la vitesse du vent, on prendra la densité et la surface du rotor constantes.



L'énergie divisée par le temps mis pour parcourir le tube, nous donne :

$$P_{vent} = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3$$

A : section du rotor
V : vitesse du vent
 ρ : densité de l'air

Le coefficient de puissance C_p est déterminé par la relation entre l'énergie captée par le rotor et l'énergie totale du vent:

$$P_c = C_p * \frac{1}{2} * \rho * A * V^3$$

Cependant, tout au long du processus, certains facteurs mécaniques et électriques, ont lieu pour définir l'énergie totale capturée dans la turbine. Le rendement mécanique de la transmission de l'axe du rotor et le rendement électrique du générateur électrique sont :

$$P_c = \eta_{mec} * \eta_{elec} * C_p * \frac{1}{2} * \rho * A * V^3$$

D'après la loi de Betz ,le coefficient de puissance maximal est calculé :

$$C_{pmax} = \frac{P_{cmax}}{P_{disponible}} = \frac{\frac{8}{27} * \rho * A * V_1^3}{\frac{1}{2} * \rho * A * V_1^3} = 0.5926$$

L'énergie provenant du vent est : $P_{extrait} = C_p * P_{vent}$

4- Expérience :

Avant de commencer l'expérience, assurez-vous que la soufflerie est éteinte.

Ensuite, vous devez suivre les étapes décrites ci-dessous:

- 1) Connecter l'interface principale.
- 2) Placer le sélecteur du module DC en position 4.
- 3) Connecter le module DC.
- 4) Exécuter le SCADA d'EDIBON, EEEEC.exe. Assurez-vous que l'ordinateur est connecté à l'interface principale en utilisant le câble SCASI.
- 5) Placez le sélecteur Meas en Before.
- 6) Allumer le ventilateur.
- 7) Réglez une vitesse de ventilateur a une valeur faible puis augmenter progressivement.
- 8) Donnez les valeurs de la vitesse du vent et les valeurs de la tension, du courant et de la vitesse de rotation donnés par le logiciel.
- 9) Éteindre le ventilateur.

Résultats et tableaux

V_{vent} (m/s)	I_{dc} (A)	$V_{dc}(w)$	N (rpm)

Expliquez comment la vitesse du vent influe sur la puissance captée.

II. Détermination des paramètres typiques de la turbine d'éolienne.

1-Objectif.

Voir le fonctionnement d'éolienne, en déterminant la courbe I en fonction de V et les paramètres de fonctionnement, tels que le courant de court-circuit (I_{sc}), la tension en circuit ouvert (V_{oc}) et la puissance maximale (P_{max}).

2-Éléments nécessaires (composants).

Dispositif d'énergie éolienne

- 1) Branchez l'alimentation monophasée et mettre l'interface en service après avoir vérifié que tous les capteurs sont correctement connectés à ce dernier.
- 2) Connecter l'interface principale.
- 3) Connecter le module DC.
- 4) Exécuter le SCADA d'EDIBON, EEEEC.exe. Assurez-vous que l'ordinateur est connecté à l'interface principale en utilisant le câble SCASI.
- 5) Placez le sélecteur Meas en Before.
- 6) Allumer le ventilateur.
- 7) Vérifiez que la position du rhéostat de charge DC est à la résistance maximale (POSITION GAUCHE).
- 8) Placer le sélecteur de charge DC en position 2.
- 9) Débranchez les lampes DC qui sont connectées en parallèle avec le rhéostat (POSITION INFÉRIEURE DU COMMUTATEUR).
- 10) Tournez le commutateur MEAS After/Before vers Before.
- 11) Déplacer les contrôles AVE-1 à leur position maximale, de sorte à obtenir la vitesse d'air maximale. Prendre note des valeurs mesurées par le capteur de courant I_{DC} , la tension V_{DC} et la vitesse de l'air SVA-1.
- 12) Modifier la position du rhéostat de charge à 90% de R environ et notez les valeurs des paramètres obtenus.
- 13) Répétez le point 12 avec des augmentations ou des diminutions d'environ

10% de la valeur du rhéostat de charge pour atteindre 0% de R, qui est le point de court-circuit.

- 14) Pour obtenir la tension de circuit ouvert du panneau, réglez le sélecteur de charge DC en position 1.

4-Résultats et tableaux

Entrez les résultats selon le tableau suivant:

Position R(%)	I(Amp)	V(Voltes)	V _{vent} m/s
max			
<<<			
<<			
min			
0			

Isc =

Voc =

5- Représenter la courbe I en fonction de V.

III-Déterminer la puissance maximale à la sortie de l'éolienne.

1-Objectif.

Le but est d'avoir le point de rendement maximal ou P_{max} de l'éolienne à différents niveaux de vitesse de l'air.

2-Expérience :

- 1) Branchez l'alimentation monophasée et mettre l'interface et celui du module DC en service après avoir vérifié que tous les capteurs sont correctement connectés à ce dernier.
- 2) Connecter l'interface principale.
- 3) Placer le sélecteur du module DC en position 4.

- 4) Connecter le module DC.
- 5) Exécuter le SCADA d'EDIBON, EEEEC.exe. Assurez-vous que l'ordinateur est connecté à l'interface principale en utilisant le câble SCASI.
- 6) Placez le sélecteur Meas en Before.
- 7) Vérifiez que la position du rhéostat de charge DC est à la résistance maximale.
- 8) Placer le sélecteur de charge DC en position 2.
- 9) Débranchez les lampes DC qui sont connectées en parallèle avec le rhéostat
- 10) Déplacer le contrôle AVE-1 à sa position maximale, de sorte à obtenir la vitesse d'air maximale.
- 11) Changer la position du rhéostat de charge lentement du 100% à 0%, en cherchant le point approximative auquel on obtient la valeur de la puissance maximal V.I (tracez la courbe I en fonction de V, pour le point maximum). Prendre note des valeurs mesurées par les capteurs de courant I(DC), la tension V(DC) et la vitesse de l'air SVA-1.
- 12) Répétez 12 fois afin de pouvoir obtenir les 4 points de mesure entre les valeurs maximales et la vitesse de l'air.

3- Résultats.

Entrez les résultats selon le tableau suivant:

$$R = (0-100) \%$$

AVE-1	Pmax(W) (IxV)	SVA-1 (m/s)
max		
<<<<<		
<<<		
<<<		
<<		
min		
OFF		

Représenter la puissance maximal P_{max} en fonction de la vitesse de l'air.

IV-Étude de la puissance de l'éolienne en fonction de l'angle d'incidence.

1-Objectif.

Après avoir analysé le rendement de l'éolienne avec la vitesse du vent, il serait intéressant d'analyser l'influence de l'angle d'incidence de l'air sur la puissance recueillie par le rotor. Le rendement de la turbine d'éolienne dépend de l'air incident, ce qui provoque une vitesse de rotation différente dans le rotor.

2- Éléments nécessaires

- Ventilateur.
- Rotor à 6 pales.
- Anémomètre.
- Capteur de vitesse.
- Appareil de contrôle de la tension (Wattmètre).
- Appareil de contrôle du courant (Wattmètre).
- Module de charge.
- Capteur de température thermocouple de type J.
- Régulateur.
- Système de contrôle (SCADA).

3-Explication.

Pour effectuer cette expérience, il y a deux façons de procéder:

-La vitesse de la soufflerie est fixe et le rotor dans une position angulaire fixe par rapport à l'air incident (les mêmes données que dans la première manipulation). Ensuite, on peut représenter la puissance par rapport à la vitesse angulaire du rotor.

Répétez l'opération pour différentes vitesses de la soufflerie, à savoir pour des vitesses de vent différentes.

- On peut mesurer les données relatives à une position angulaire fixe du rotor en modifiant la vitesse de l'air. Vous pouvez obtenir la puissance en fonction de la vitesse de l'air pour une position angulaire fixe. Répétez le même processus pour des positions angulaires différentes.

Pour définir la position angulaire du rotor nous devons seulement le dévisser, le mettre dans la nouvelle position et resserrer.

3-Expérience.

Avant de commencer, assurez-vous que la soufflerie est éteint. Ensuite, vous devez suivre les étapes décrites ci-dessous:

- 1) Connecter l'interface principale.
- 2) Placer le sélecteur du module DC en position 4.
- 3) Connecter le module DC.
- 4) Exécuter le SCADA d'EDIBON, EEEC.exe. Assurez-vous que l'ordinateur est connecté à l'interface principale en utilisant le câble SCASI.
- 5) Placez le sélecteur Meas en Before.
- 6) Allumer le ventilateur.
- 7) Définir une faible vitesse du ventilateur d'environ 3m / s.
- 8) Déterminez une position angulaire du rotor.
- 9) Prenez note de la valeur de vitesse. Entrez dans le tableau de la tension, le courant et la vitesse rotative donnés par le logiciel.
- 10) Modifier la vitesse angulaire du rotor;
- 11) Répétez l'étape 9.
- 12) Éteindre la soufflerie.

Important: si vous voulez procéder comme dans le second cas, vous devez prendre des mesures différentes pour la même position angulaire à différentes vitesses de la soufflerie.

4- Résultats

Il faut analyser la relation entre la position et la position angulaire du rotor.

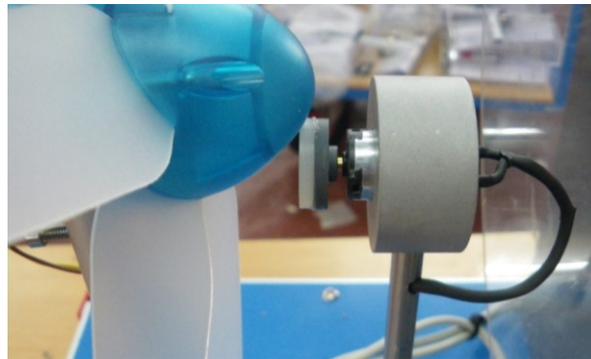
C'est positif si on étudiait aussi le changement de la vitesse du ventilateur, pour une position angulaire fixe.

V_{vent} (m/s)	I_{dc} (A)	V_{dc} (Voltes)	Positionangulaire (degrés)	N (rpm)

TP2 : MANIPULATION 2

INSTRUCTIONS PRINCIPALES

Pour assurer une lecture correcte du capteur de vitesse, vérifier que le moteur DC entre en contact avec la tête du rotor d'éolienne, comme le montre l'image suivante :



I-Puissance générée par la turbine d'éolienne en fonction de la vitesse du vent.

1-Objectif.

Un des facteurs ayant le plus d'influence sur la puissance éolienne est la vitesse. Par conséquent, nous allons étudier l'influence de ce facteur de façon pratique. Il est souhaitable de montrer comment la vitesse du vent varie sur le fonctionnement du rotor.

2-Éléments nécessaires

Unité de base d'énergie éolienne MINI-EEE.

- 1- Capteur de vitesse (élément séparé, non connecté à l'interface).



Il mesurer la vitesse du vent (jusqu'à 20m / s) et la température(°C).

3-Théorie

La puissance change avec la densité de l'air, la surface du rotor et le cube de la vitesse de l'air. Pour étudier la puissance en fonction de la vitesse du vent, nous essayerons de maintenir constante la densité et la surface du rotor. La puissance électrique théorique d'un générateur d'énergie éolienne est $P = 0,5 \cdot \rho \cdot \Pi \cdot r^2 \cdot v^3$

P: Puissance en watt (W);

ρ : Densité de l'air sec au niveau de la mer et 15°C (1,225 Kg/m³);

Π : Surface balayée par les pales de la turbine d'éolienne (m²);

r: Rayon du rotor (m);

v: la vitesse du vent en (m/s).

Une petite différence dans la vitesse du vent peut effectuer une grande différence dans l'énergie disponible ainsi l'électricité produite , par conséquent une grande différence dans le coût de l'électricité produite.

4-Expérience :

Avant de commencer la pratique, assurez-vous que le ventilateur est éteint. Ensuite, vous devez suivre les étapes décrites ci-dessous:

1-Allumez l'interface principale et exécutez le SCADA d'EDIBON (dans le cas de l'unité "MINI-EEEC") ou allumez la console de commande (dans le cas de l'unité "MINI-EEE").

2-Allumer le ventilateur.

3-Réglez une vitesse de ventilateur faible, puis augmenter progressivement.

4-Prenez note des valeurs de vitesse.

Notez dans le tableau, les données de tension, courant et vitesse rotative données par les affichages (dans le cas de l'unité "MINI-EEE").

5-Augmentez la vitesse du ventilateur.

6-Répétez les étapes 4 et 5 au moins 6 fois.

5- Résultats et tableaux

V_{vent} (m/s)	I_{dc} (A)	V_{dc} (V)	N (rpm)	P(w)	C_p

Tracez la courbe de puissance en fonction de la vitesse du vent

Expliquez comment la vitesse du vent influe sur la puissance capturée.

II- l'influence du rhéostat sur le courant et la puissance

1. Objectif.

L'objectif est de vérifier, de comprendre le fonctionnement de la turbine d'éolienne, en déterminant la variation du courant I en fonction de la tension V et les paramètres de fonctionnement, tels que le courant de court-circuit (I_{sc}), la tension en circuit ouvert (V_{oc}) et la puissance maximale (P_{max}).

2. Éléments nécessaires

Unité de base d'énergie éolienne MINI-EEEC.

Allumez la console de commande (dans le cas de l'unité "MINI-EEE").

- 1-Allumer le ventilateur.
- 2-Vérifiez que la position du rhéostat de charge DC est à la résistance maximale (POSITION GAUCHE).
- 3-Placer le sélecteur en position 3.
- 4-Déplacer les contrôles AVE-1 à leur position maximale, de sorte à obtenir la vitesse d'air maximale.
- 5-Prendre note des valeurs mesurées par le capteur de courant I_{DC} , la tension V_{DC} et la vitesse de l'air SVA-1.
- 6-Modifier la position du rhéostat de charge à 90% de R environ et notez les valeurs des paramètres obtenus.
- 7-Répétez les points 6 y 7 avec des augmentations ou des diminutions d'environ 10% de la valeur du rhéostat de charge pour atteindre 0% de R, qui est le point de court-circuit.
- 8-Pour obtenir la tension de circuit ouvert du panneau, réglez le sélecteur de charge DC en position 1

3-Résultat : Entrez les résultats selon le tableau suivant :

Rhéostat	I(mA)	V(Volt)	N(rpm)	P_{vent} (m/s)	P(w)	C_p
máx						
min						
0						

Représente la courbe I en fonction de V et donner I_{sc} , V_{oc} .

III- L'influence de la charge sur la puissance :

1- Objectif

L'objectif de cette manipulation est de voir l'influence d'une charge de plus (moteur) sur la variation du courant et de tension.

2- Résultats :

Entrez les résultats selon le tableau suivant :

V_{vent} (m/s)	I(mA)	V(volt)	N(rpm)	P(w)

Tracez I en fonction de V et conclure.