

## Université de printemps sur l'énergie éolienne (UPeol-2018)



UPeol<sub>2018</sub>

destinée aux Doctorants

organisée par

Renewable Energy University Network (REUNET) et l'Ecole  
Normale Supérieure de Tétouan (ENS-Tétouan)

- ✓ Date : 5-7 avril 2018
- ✓ Lieu : Ecole Normale Supérieure de Martil –Tétouan

$$P_{max} = \frac{16}{27} \cdot P_{cinétique} = \frac{8}{27} \rho \cdot S \cdot V^3$$

avec :  $\rho$  la masse volumique de l'air  
 $S$  la surface balayée par les pâles en  $m^2$   
 $V$  la vitesse du vent en  $m/s$

### Calculated power curve



L'université de printemps sur l'énergie éolienne a pour objectif de répondre aux nouveaux besoins liés à la formation et la recherche au service du développement des énergies renouvelables au Maroc.

**Contexte**



Le Maroc, pays qui jouit d'un soleil illuminant et d'une vitesse de vents des plus considérables, a placé l'énergie éolienne au cœur de sa stratégie de développement des énergies renouvelables, en tant que gisement inépuisable en perpétuelle évolution. En effet, le Pays dispose d'un important potentiel éolien, en particulier au Nord et au Sud :

- Tanger et Tétouan avec des vitesses moyennes annuelles entre 9,5 et 11 m/s à 40 mètres.
- Dakhla, Laâyoune, Tarfaya, Taza et Essaouira avec des vitesses moyennes annuelles de l'ordre de 7 à 8,5 m/s à 40 mètres.
  
- Plus de 1 000 MW sont déjà opérationnels
- Programme Eolien Intégré: 1000 MW en service entre 2017 et 2020
- A l'horizon 2030, les programmes marocains de production d'électricité de sources renouvelables porteront sur une capacité additionnelle d'environ 10100 MW dont 4560 MW de source solaire, 4200 MW de source éolienne, et 1330 MW de source hydrique. Ceci permettra de réduire la dépendance énergétique du pays de plus de 97% en 2009, à moins de 82% en 2030.

Ce défi d'envergure internationale nécessite de former une nouvelle génération de Chercheurs, de Scientifiques, d'Ingénieurs et de Techniciens capables de mener cette stratégie jusqu'au bout avec succès. Ceci requiert une participation significative des Universités, des Ecoles d'Ingénieurs et des Centres de Recherches ainsi qu'une collaboration fructueuse entre les acteurs des milieux académiques, économiques et institutionnels nationaux et internationaux.

## **Programme préliminaire**

### **Module 1 : De l'histoire au principe de l'éolienne**

- Origine du vent, carte des vents
- L'éolien dans le monde
- L'éolien au Maroc
- Avantages et inconvénients de l'éolien
- Eolienne Offshore
- Les entreprises du secteur éolien

### **Module 2 : Technologie des éoliennes de grande puissance**

- Structure d'une grande éolienne
- Conversion Energie cinétique en Energie électrique
- Topologie des génératrices éoliennes : synchrone, asynchrone
- Éoliennes à vitesse constante
- Éoliennes à vitesse variable
- Machine Asynchrone à Double Alimentation (MADA)

### **Module 3 : Mécanique des fluides**

- l'équation d'Euler qui traduit le bilan des quantités de mouvement du fluide
- la relation de Bernoulli qui traduit le bilan énergétique du fluide

### **Module 4 : Aérodynamique et éco-conception des pales d'éoliennes**

- Action du vent sur l'élément de pale
- Géométriques et formes des profils



- Portance, traînée, angle de calage, angle d'incidence, Vitesse spécifique, vrillage
- Limite de Betz
- Coefficient de puissance (power coefficient)  $C_p$
- Rendement d'une éolienne
- Effet de décrochage aérodynamique "stall"
- Effet de sillage
- Optimisation de la conception des pales d'une éolienne
- Outils de simulation numérique "codes CFD"

### **Module 5 : Systèmes de régulation dédiés aux éoliennes**

- Courbes caractéristiques des turbines éoliennes
- Extraction d'énergie et régulation de puissance
- Systèmes de régulation de la vitesse de rotation de l'éolienne
  - Système à décrochage aérodynamique "stall"
  - Système d'orientation des pales "pitch"

### **Module 6 : Structure d'électronique de puissance et de commande**

- la partie puissance : convertisseurs de puissance (hacheurs, onduleur, redresseur), les composants de mesures (tensions, courants, etc.)
- la partie commande : Commande des éléments de la carte de puissance (microcontrôleurs, Hacheurs, Onduleur, Switch commandé)
- stratégie des systèmes de commande de la puissance active, de la puissance réactive, de la tension et de la fréquence
- Commande et contrôle des dispositifs de conversion de l'énergie électrique.
- Contrôle de la tension et de la fréquence. Commande et contrôle des ensembles convertisseurs-machines :
- principe de variation de vitesse des machines à courant continu et à courant alternatif, autopilotage, commande scalaire, commande vectorielle, réglage du couple et de la vitesse, alimentation électronique des machines.

### **Module 7 : Raccordement des centrales éoliennes au réseau électrique**

- Régulation de la tension du réseau
- Gestion de la puissance thermique/active
- Gestion de la qualité de l'énergie du réseau
- Performance du système en régime transitoire
- Problèmes de niveau de défaut
- Protection

### **Module 8 : Impact de l'éolien sur le réseau électrique**

### **Module 9 : Estimation de l'énergie produite par une centrale éolienne**

- Distribution de fréquence de Weibull
- Loi de puissance
- L'énergie disponible et l'estimation de la production énergétique annuelle

### **Chapitre 10 : Étude technico-économique des parcs éoliens**

### **Chapitre 11 : Montage de projets éoliens**



- Choix du site et mesure de ses caractéristiques
- Réglementations
- Aspects juridiques
- Aspects environnementaux
- Aspect financier

### **Conditions d'éligibilité :**

- Etre inscrit en Doctorat en énergies renouvelables au titre de l'année universitaire 2017-2018;
- Avoir des connaissances solides en électrotechnique, électromécanique et mécanique des fluides.

### **N.B.**

- La participation est gratuite, mais l'inscription est obligatoire (lien de téléchargement du formulaire d'inscription : [www.reunet.ma](http://www.reunet.ma))
- La date limite des inscriptions est fixée au mercredi 28 février 2018 à minuit
- Le nombre de participants est limité (40 max)
- L'hébergement et les repas sont à la charge des participants

### **Information & contact**

Pour tout renseignement complémentaire, veuillez envoyer un mail aux adresses suivantes:

- [enr.ayaita@gmail.com](mailto:enr.ayaita@gmail.com), [aziz\\_mimet@hotmail.com](mailto:aziz_mimet@hotmail.com)