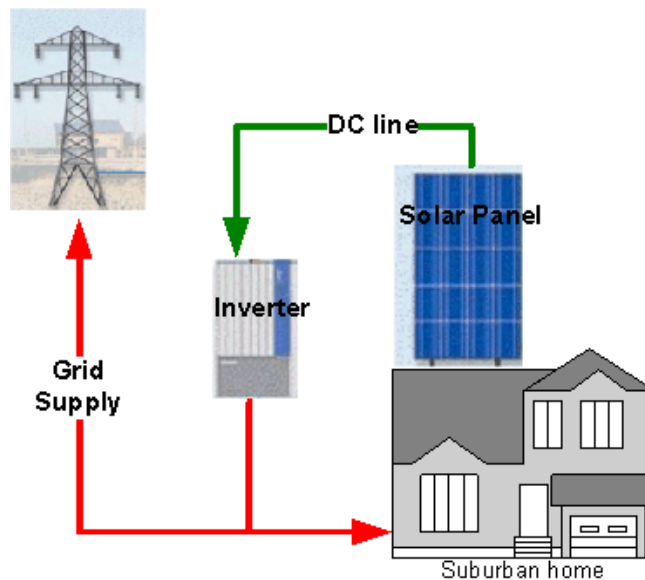




Réalisé par :
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Ecole normale supérieure de l'Enseignement technique



Introduction

Au Maroc, comme partout dans le monde, les besoins en électricité ne cessent d'augmenter tous les jours au rythme de l'amélioration du niveau de vie des populations. En face de cela, l'enjeu climatique implique une production d'électricité de plus en plus propre. Cependant, vu l'urgence, la solution ne peut plus passer uniquement par la production centralisée d'électricité. Elle doit aussi concerner les modes de consommation et la production d'énergie décentralisée et renouvelable. Parmi les sources d'énergies renouvelables, le photovoltaïque apparaît comme étant l'une des sources à plus fort potentiel du pays.

Compte-tenu des niveaux élevés d'irradiation et la baisse continue du prix du PV, et compte-tenu la récente augmentation (août 2014) et les prochaines hausses des tarifs de l'électricité prévues dans le contrat-programme entre l'Etat et l'ONEE, l'industrie photovoltaïque devrait ainsi représenter un terrain d'investissement de premier plan pour le pays, en particulier le PV raccordé à la MT et la BT.

Consciente des potentialités qu'offre ce secteur, les pouvoirs publics visent, en plus de la production d'électricité, aussi la constitution d'une expertise de haut niveau, le renforcement de la recherche



Réalisé par :
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Ecole normale supérieure de l'Enseignement technique



scientifique et la promotion d'une industrie solaire de manière à permettre au Maroc de maîtriser cette filière technologique qui présente un fort potentiel pour l'économie du pays.

Ce défi d'envergure internationale nécessite de former une nouvelle génération d'enseignants, de scientifiques, d'ingénieurs et de techniciens capables de mener cette stratégie jusqu'au bout avec succès. C'est exactement dans cette perspective que le Réseau Universitaire pour la Formation, la Recherche et l'Innovation en Energies Renouvelables et l'Efficacité Energétique (REUNET) organise, avec le soutien financier et technique de la coopération allemande pour le développement internationale « GIZ » à travers son projet de coopération maroco-allemande « l'initiative allemande pour les technologies favorables au climat, DKTI I », une nouvelle série de formation sur les Energies Renouvelables et l'Efficacité Energétique en 2014/2015.

Le premier de ces séminaires portera sur « **les systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique** ». Destinée aux Enseignants-Chercheurs marocains, cette formation a pour objectif de former des spécialistes de haut niveau qui seront chargés d'enseigner cette technologie aux élèves-ingénieurs, aux étudiants en Masters, étudiants en Licence Professionnelle et aux doctorants.

- **La formation est gratuite**
- Groupe cible : **Enseignants-Chercheurs de toutes les universités marocaines**
- Connaissances requises : **électrotechnique, électronique de puissance**
- Date : **8-12 décembre 2014**
- Lieu : **ENSET, Université Mohammed V- Rabat**
- Nombre de participants limité : **max. 37 personnes**
- La formation se déroulera en **français**
- **Les déjeuners seront pris en charge par la GIZ/DKTI**

PROGRAMME

Lundi 08 décembre

9h-9h30 : Mots de bienvenu

- Prof. Abdellah El Gharad, Directeur de Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique (ENSET – Rabat)
- M. Philippe Simonis, Conseiller Principal de la GIZ, Chef du projet DKTI
- Prof. Mustapha Ayaita, Président de REUNET

9h30-11h00 et 11h30-13h

1. Les réseaux électriques

Mohamed Mouchtakiri, ONEE -Casablanca

- 1.1 Réseau électrique marocain

Prof. Mohamed Cherkaoui, EMI -Rabat

- 1.2 Modélisation du réseau électrique
- 1.3 Fonctionnement du réseau électrique
- 1.4 Gestion et conduite des réseaux électriques



Réalisé par :
giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



جامعة محمد الخامس بالرباط
Université Mohammed V de Rabat
Ecole normale supérieure de l'Enseignement technique



14h30-16h :

Imène Khaled, Institut National de l'Énergie Solaire (INES)

2. Gisement solaire

- 2.1. Mouvement de la Terre autour du soleil
- 2.2. Repérage du soleil dans le ciel : longitude, latitude, déclinaison, angle horaire, temps solaire local, équation de temps
- 2.3. Hauteur angulaire, Azimut
- 2.4. Expression des composantes du rayonnement solaire sur un plan quelconque : rayonnements directs, diffus et d'albédo, Masse atmosphérique ou nombre d'air masse, rayonnement global reçu par une surface
- 2.5. Orientation et inclinaison des panneaux solaires en fonction de la position du soleil

16h30-18h :

Prof. Mimoun Zazoui, FST Mohammedia

3. Description rapide d'un système photovoltaïque

- 3.1. Générateur PV
- 3.2. Convertisseur
- 3.3. Câblage et boîte de jonction
- 3.4. Système de protection
- 3.5. Etudes des masques solaires
- 3.6. Les spécificités technologiques des différentes technologies de cellules PV et leur impact sur le rendement
- 3.7. Discussion de différentes configurations d'un générateur PV

Mardi 09 décembre

09-11h00:

Prof. Mohamed Cherkaoui, EMI -Rabat

4. Généralités sur les convertisseurs continu-alternatif (DC/AC)

- 4.1. Les interrupteurs statiques utilisés en électronique de puissance: transistors, thyristors, IGBT, MOSFET, GTO, cellules de commutation
- 4.2. Commande des onduleurs
- 4.3. Commande pleine onde ou adjacente
- 4.4. Commande simultanée et commande décalée
- 4.5. Commande MLI (Modulation de la largeur d'impulsion) dite aussi PWM (Pulse Width Modulation)
- 4.6. Onduleur monophasé, onduleur triphasé

11h30-13h00 et 14h30-16h

Imène Khaled, Institut National de l'Énergie Solaire (INES)

5. Typologies et types d'onduleurs solaires

- 5.1. Les trois fonctions principales d'un onduleur solaire
- 5.2. Caractéristiques électriques d'entrée
 - Puissance d'entrée maximale
 - Tension d'entrée maximale
 - Plage de tension du MPPT (Maximal Power Point Tracking)
 - Courant d'entrée maximal
- 5.3. Caractéristiques électriques de sortie
 - Puissance AC nominale



Réalisé par :
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Ecole normale supérieure de l'Enseignement technique



- Puissance AC maximale
- Courant de sortie max
- Facteur de puissance ($\cos \phi$)
- Raccordement AC
- Performances

16h30-18h :

Imène Khaled, Institut National de l'Énergie Solaire (INES)

Dimensionnement d'une installation photovoltaïque raccordée au réseau électrique

- 5.4. Calcul de la puissance crête nécessaire en fonction de la consommation
- 5.5. Choix de la configuration DC
- 5.6. Dimensionnement des onduleurs
- 5.7. Dimensionnement des câblages DC/AC
- 5.8. Détection et de localisation de défauts dans une installation PV

Mercredi 10 décembre

9h-10h30 :

Imène Khaled, Institut National de l'Énergie Solaire (INES)

6. Conception de grandes installations Photovoltaïques

- 6.1. Structure technique des onduleurs centraux
- 6.2. Fonctionnement des onduleurs centraux en combinaison avec différents types de panneaux
- 6.3. Fonctions de l'onduleur central répondant aux exigences de raccordement au réseau moyenne tension
- 6.4. Gestion du réseau / Gestion de la puissance réactive
- 6.5. Mesures de sécurité et protection du générateur PV, de l'onduleur et du réseau

11h00-12h30 :

Imène Khaled, Institut National de l'Énergie Solaire (INES)

7. Communication et surveillance d'installations PV/Analyse des données de l'installation

14h00-15h30 :

Imène Khaled, Institut National de l'Énergie Solaire (INES)

8. Dimensionnement d'une installation photovoltaïque avec le logiciel PVsyst

16h-18h30 :

Imène Khaled, Institut National de l'Énergie Solaire (INES)

9. Coût et rentabilité d'une installation photovoltaïque raccordée au réseau électrique

- 9.1. Coût total de l'installation
- 9.2. Le temps de retour sur investissement
- 9.3. Conception de projets photovoltaïques

Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et l'environnement

- 9.4. Le cadre réglementaire au Maroc et son impact sur le dimensionnement des systèmes PV dans les différents secteurs d'application



Réalisé par:
giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Ecole normale supérieure de l'Enseignement technique



Jeudi 11 décembre

9h-11h30 et 11h-12h30:

Markus Pöller, Moeller & Poeller Engineering GmbH

10. Etude de l'impact de l'injection de l'énergie électrique photovoltaïque sur la tension et le courant du réseau électrique MT/BT en terme

- 10.1. de fluctuations lentes de la tension
- 10.2. de fluctuations rapides de la tension,
- 10.3. d'harmoniques dans la bande 0-9 kHz
- 10.4. Gestion du réseau / Gestion de la puissance réactive
- 10.5. Installation photovoltaïque raccordée réseau en autoconsommation
- 10.6. Système de gestion intelligent pour optimiser l'autoconsommation

14h30-16h00 et 16h30-18h

Markus Pöller, Moeller & Poeller Engineering GmbH

11. Normes applicables aux installations photovoltaïques raccordées au réseau

- 11.1. La norme IEC 62615 (Panneaux PV)
- 11.2. La norme DIN VDE 0126-1-1
- 11.3. Le guide de l'UTE C15-712-1 pour la partie continue (partie CC)
- 11.4. La norme NF C15-100 pour la partie alternative (partie CA)

Vendredi 12 décembre

(REUNET)

12. Travaux pratiques sur une plateforme PV à raccordée au réseau

13. Visite de l'installation Photovoltaïque de l'ADEREE

(REUNET, GIZ-DKTI)

14. Table ronde sous forme de discussion

15. Evaluation du séminaire