



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



Formation complémentaire sur les

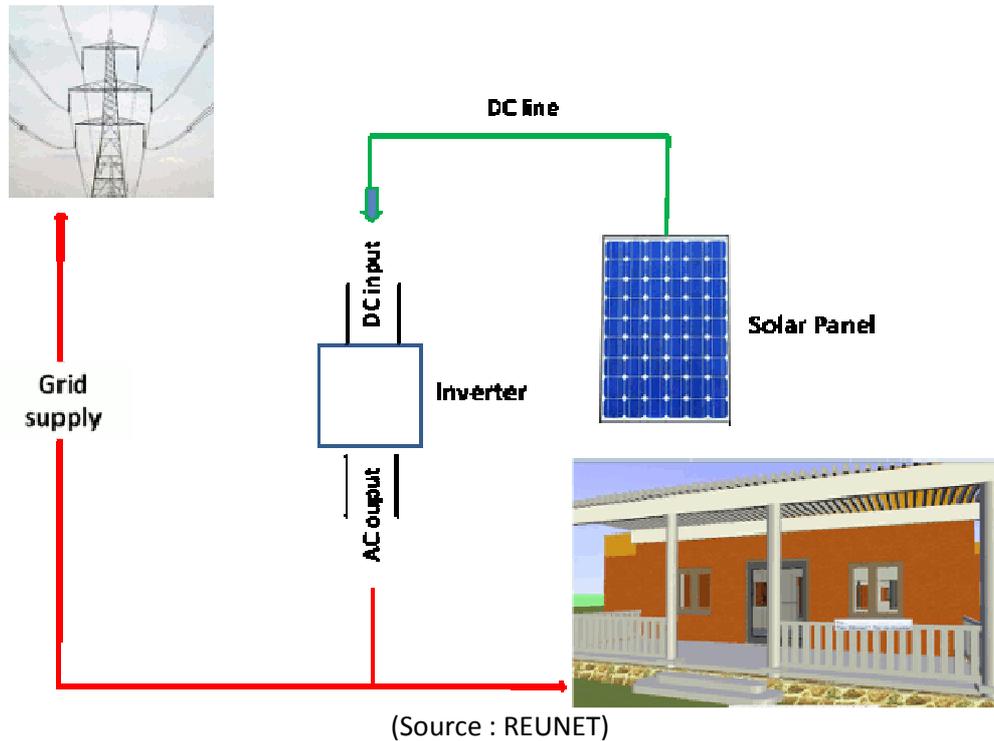
Systèmes Photovoltaïques raccordés au réseau électrique

destinée aux Doctorants Marocains des filières photovoltaïques

05-08 Octobre 2015

Ecole Supérieure de Technologie de Salé

Université Mohammed V -Rabat



Objectifs :

Cette formation a pour objectif de contribuer à former des spécialistes de haut niveau capables d'appréhender et de gérer des projets photovoltaïques complexes, d'augmenter leurs performances et réduire leurs coûts de productions.



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



Introduction

Au Maroc, comme partout dans le monde, les besoins en électricité ne cessent d'augmenter tous les jours au rythme de l'industrialisation et 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 ayant le plus fort potentiel au pays.

Compte-tenu des niveaux élevés d'irradiation solaire et de la baisse continue du prix du PV, et compte-tenu de la hausse continue des tarifs d'électricité au Maroc, 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.

Conscients 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 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 2015/2016. Une de ces formations porte sur « **les systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique** » et sera destinée aux Doctorants marocains des filières photovoltaïques.

- **La formation est gratuite**
- Groupe cible : **Doctorants marocains des filières photovoltaïques**
- Nombre de participants limité: max. 30 personnes
- Connaissances requises : électricité, électrotechnique, électronique de puissance
- Date : 05-08 octobre 2015
- Lieu : Ecole Supérieure de Technologie (EST –Salé), Avenue le Prince Héritier, Salé
- Nombre de participants limité : max. 30 personnes
- Les déjeuners seront pris en charge par le Projet GIZ/DKTI
- **L'hébergement est à la charge des participants**



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



PROGRAMME

Lundi 05 octobre

8h30-09h00 : Réception et inscription des participants

9h00-9h30 : Mots de bienvenu

- M. Mohamed Khalfaoui, Directeur de l'Ecole Supérieure de Technologie de Salé
- M. Philippe Simonis, Conseiller Principal de la GIZ, Chef du projet DKT1
- M. Mustapha Ayaita, Président de REUNET

9h30-10h00 : *Pause café en l'honneur des participants*

10h30-11h30 :

1. Recherche & Innovation en matière d'énergie photovoltaïque : Etat des lieux et perspectives

11h30-12h30

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

12h30-14h00 : *déjeuner*

14h00-15h30 :

3. Description rapide des technologies photovoltaïques

- 3.1. Généralités sur les cellules photovoltaïques
- 3.2. Cellule solaire et principe de conversion photovoltaïque
- 3.3. Cellule au silicium mono-cristallin
- 3.4. Cellule au silicium poly-cristallin
- 3.5. Cellule au silicium amorphe
- 3.6. Cellules solaires à couches minces
- 3.7. Cellules solaires organiques
- 3.8. Générateur PV
- 3.9. Câblage et boîte de jonction
- 3.10. Système de protection
- 3.11. Etudes des masques solaires
- 3.12. Discussion de différentes configurations d'un générateur PV



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



16h00-18h00:

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

Mardi 06 octobre

9h00-10h30

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

11h00-12h30 :

6. Dimensionnement d'une installation photovoltaïque raccordée au réseau électrique

- 6.1. Calcul de la puissance crête nécessaire en fonction de la consommation
- 6.2. Choix de la configuration DC
- 6.3. Choix des onduleurs
- 6.4. Dimensionnement des câblages DC/AC
- 6.5. Détection et de localisation de défauts dans une installation PV
- 6.6. Conception de grandes installations Photovoltaïques
- 6.7. Installation photovoltaïque raccordée réseau en autoconsommation

12h30-14h00 : déjeuner

14h00-15h30 :

7. Dimensionnement d'installations photovoltaïques avec les logiciels PVsyst et Sunny Design



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



16h00-17h30 :

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

- 8.1. Coût total de l'installation
- 8.2. Le temps de retour sur investissement
- 8.3. Conception de projets photovoltaïques
- 8.4. Le cadre réglementaire au Maroc et son impact sur le dimensionnement des systèmes PV dans les différents secteurs d'application

Mercredi 07 octobre

9h00-10h30 et 11h00-12h30:

9. Réseau électrique, power quality et étude de l'impact de l'injection de l'énergie électrique photovoltaïque sur le réseau électrique MT/BT

- 9.1. Fluctuations lentes de la tension
- 9.2. Fluctuations rapides de la tension,
- 9.3. harmoniques
- 9.4. Solutions pour compenser les harmoniques
- 9.5. Gestion du réseau / Gestion de la puissance réactive

12h30-14h00 : déjeuner

14h00-15h30

10. Normes applicables aux installations photovoltaïques raccordées au réseau

- 10.1. La norme IEC 62615 (Panneaux PV)
- 10.2. La norme DIN VDE 0126-1-1
- 10.3. Le guide de l'UTE C15-712-1 pour la partie continue (partie CC)
- 10.4. La norme NF C15-100 pour la partie alternative (partie CA)

16h00-17h30

11. Etude de cas réel d'une installation photovoltaïque raccordée au réseau avec des TD

Jeudi 08 octobre

9h00-10h30

12. Communication et surveillance d'installations PV/Analyse des données d'une installation PV

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

11h00-11h30 : Evaluation du séminaire

11h30-12h30 : Table ronde sous forme de discussion

12h30-14h00 : déjeuner

14h30 : Visite de l'installation Photovoltaïque de l'UIR