



## SYLLABUS DE COURS

**Intitulé du parcours** : Master de Recherche Matériaux, Energies et Transferts

**Semestre d'évolution** : Harmattan 2

**Code et intitulé de l'enseignement** : 2ENR2220, Conversion Photovoltaïque de l'énergie solaire

**Nombre de crédits** : 2

**Enseignant responsable de l'UE** :

Dr LARE Yendoubé, MC, Matériaux et applications énergétiques, Tél : 90227989

**Public cible** : Cette UE est destinée aux apprenants inscrits au Semestre Harmattan 2 du Parcours Master de Recherche Matériaux, Energies et Transferts.

**Prérequis** : Pas de prérequis

### **Objectifs de l'UE**

#### **OBJECTIF GÉNÉRAL**

Le cours « 2ENR2220, Conversion Photovoltaïque de l'énergie solaire » vise à donner aux étudiants les bases physiques relatives à la production d'électricité à partir de la conversion photovoltaïque de l'énergie solaire. A la fin de cette UE, l'apprenant devra être capable d'expliquer les principes fondamentaux de l'effet photovoltaïque, les matériaux utilisés, les technologies existantes, les contraintes et limites ainsi que les perspectives.

#### **OBJECTIFS SPÉCIFIQUES**

A la fin de ce cours, les étudiants seront capables de :

- Comprendre le contexte énergétique mondiale et l'importance des énergies renouvelables;
- Connaître le gisement solaire, ses composantes et les grandeurs y relatives ;

- Connaître les bases physiques de la conversion photovoltaïque, les matériaux utilisés et les caractéristiques d'une cellule photovoltaïque ;
- Connaître les différentes technologies photovoltaïques, leurs avantages et inconvénients, les contraintes et les perspectives d'évolution.

**Langue d'enseignement** : Français

**Bref descriptif de l'enseignement** :

Ce cours donne aux étudiants les fondements de la physique qui permettent de comprendre l'effet photovoltaïque. Le cours commence d'abord par une introduction présentant le contexte énergétique mondial, pour permettre à l'étudiant d'avoir une vue holistique des questions énergétiques et de prendre conscience de certaines réalités. Ensuite, sont présentés les aspects importants du rayonnement solaire et de son exploitation. Les aspects fondamentaux de l'effet photovoltaïque sont alors présentés ainsi que les matériaux utilisés, les différentes technologies et leurs limites. Enfin, le cours se termine par une présentation des grandes perspectives dans le domaine énergétique en général et du photovoltaïque en particulier en lien avec les matériaux.

## Organisation de l'enseignement

Objectifs (étudiants)	Séance N°	Activités d'enseignement/apprentissage	Formules et techniques pédagogiques	Matériel/ Support pédagogique
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser le syllabus, les dispositifs de formation à l'UL</li> <li>- appliquer les consignes de travail concernant l'UE</li> <li>- Comprendre les enjeux liés aux énergies, comprendre certaines notions clés comme la transition énergétique et l'intérêt des énergies renouvelables en général et du solaire en particulier</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Présentation et discussion du syllabus avec les étudiants ;</b></li> <li>- <b>Explication du dispositif aux étudiants ;</b></li> <li>- <b>Explication des consignes de travail aux étudiants ;</b></li> <li>- <b>Explication des modalités et consignes d'échanges entre étudiants et enseignant.</b></li> </ul> <p><b>Chapitre 0 : Introduction : enjeux liés aux énergies, nécessité d'une transition énergétique</b></p> <p><b>Activités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cours magistral ;</li> <li>- Activités pratiques sur les outils de formation ;</li> <li>- Exercices et travaux dirigés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lecture et visionnement personnel des ressources</li> <li>-Cours magistral</li> <li>-Travaux dirigés</li> <li>-Approche interactive,</li> <li>-Approche par situation problème,</li> <li>-Démonstration</li> <li>-Recherche libre sur les thématiques sur internet</li> <li>-Résolution de problème/ exercices</li> <li>-Travail d'équipe</li> </ul>	Syllabus, Ordinateurs, Support de cours Vidéo projecteur
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprendre les différentes sortes d'énergies renouvelables, leurs avantages et leurs inconvénients</li> <li>- Comprendre l'énergie solaire en particulier, ses différents aspects</li> </ul>	2	<p><b>Chapitre 1 :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Energies renouvelables : typologie, avantages et inconvénients ;</b></li> <li>- <b>Energie solaire : différents aspects et exploitation</b></li> </ul> <p><b>Activités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cours magistral ;</li> <li>- Exercices et travaux dirigés sur les énergies renouvelables ;</li> <li>Démonstrations de certains faits pratiques liés aux énergies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lecture et visionnement personnel des ressources</li> <li>-Cours magistral</li> <li>-Travaux dirigés</li> <li>-Approche interactive,</li> <li>-Approche par situation problème,</li> <li>-Démonstration</li> <li>-Recherche libre sur les thématiques sur internet</li> <li>-Résolution de problème/ exercices</li> <li>-Travail d'équipe</li> </ul>	Ordinateurs, Support de cours Vidéo projecteur
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprendre les différentes sortes d'énergies renouvelables, leurs avantages et leurs inconvénients</li> <li>- Comprendre l'énergie solaire en particulier, ses différents aspects</li> </ul>	3	<p><b>Chapitre 1 :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Energies renouvelables : typologie, avantages et inconvénients ;</b></li> <li>- <b>Energie solaire : différents aspects et exploitation</b></li> </ul> <p><b>Activités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cours magistral ;</li> <li>- Exercices et travaux dirigés sur l'exploitation de l'énergie solaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lecture et visionnement personnel des ressources</li> <li>-Cours magistral</li> <li>-Travaux dirigés</li> <li>-Approche interactive,</li> <li>-Approche par situation problème,</li> </ul>	

		- Exercices et travaux dirigés sur le gisement solaire	-Démonstration -Recherche libre sur les thématiques sur internet -Résolution de problème/ exercices -Travail d'équipe	
- comprendre les aspects du rayonnement solaire, les différentes grandeurs, les outils de mesure et les moyens d'accès à certaines données	4	<b>Chapitre 2 : Le gisement solaire</b>  <b>Activités :</b> - Cours magistral ; - Exercices et travaux dirigés sur le gisement solaire	-Lecture et visionnement personnel des ressources -Cours magistral -Travaux dirigés -Approche interactive, -Approche par situation problème, -Démonstration -Recherche libre sur les thématiques sur internet -Résolution de problème/ exercices -Travail d'équipe	
- comprendre les aspects du rayonnement solaire, les différentes grandeurs, les outils de mesure et les moyens d'accès à certaines données	5	<b>Chapitre 2 (Suite) : Le gisement solaire</b>  <b>Activités :</b> - Cours magistral ; - Exercices et travaux dirigés sur le gisement solaire	-Lecture et visionnement personnel des ressources -Cours magistral -Travaux dirigés -Approche interactive, -Approche par situation problème, -Démonstration -Recherche libre sur les thématiques sur internet -Résolution de problème/ exercices -Travail d'équipe	
- Comprendre et les propriétés physiques fondamentales des semiconducteurs ; - comprendre et expliquer les applications des semiconducteurs	6	<b>Chapitre 3 : Rappels de Physique des semiconducteurs</b>  <b>Activités :</b> - Cours magistral ; - Exercices et travaux dirigés sur les propriétés des semiconducteurs	-Lecture et visionnement personnel des ressources -Cours magistral -Travaux dirigés -Approche interactive,	

			<ul style="list-style-type: none"> <li>-Approche par situation problème,</li> <li>-Démonstration</li> <li>-Recherche libre sur les thématiques sur internet</li> <li>-Résolution de problème/ exercices</li> <li>-Travail d'équipe</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprendre et les propriétés physiques fondamentales des semiconducteurs ;</li> <li>- comprendre et expliquer les applications des semiconducteurs</li> </ul>	7	<p><b>Chapitre 3 : Rappels de Physique des semiconducteurs</b></p> <p><b>Activités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cours magistral ;</li> <li>- Exercices et travaux dirigés sur les propriétés des semiconducteurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lecture et visionnement personnel des ressources</li> <li>-Cours magistral</li> <li>-Travaux dirigés</li> <li>-Approche interactive,</li> <li>-Approche par situation problème,</li> <li>-Démonstration</li> <li>-Recherche libre sur les thématiques sur internet</li> <li>-Résolution de problème/ exercices</li> <li>-Travail d'équipe</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- faire le bilan à mis parcours des enseignements, comprendre les parties à difficultés ;</li> <li>- comprendre le principe de base de l'effet photovoltaïque ;</li> <li>- connaître les différentes technologies, leurs avantages et leurs limites</li> </ul>	8	<p><b>Chapitre 4 : Effet Photovoltaïque : principe et technologies</b></p> <p><b>Activités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cours magistral ;</li> <li>- Exercices et travaux dirigés sur l'effet photovoltaïque et les technologies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lecture et visionnement personnel des ressources</li> <li>-Cours magistral</li> <li>-Travaux dirigés</li> <li>-Approche interactive,</li> <li>-Approche par situation problème,</li> <li>-Démonstration</li> <li>-Recherche libre sur les thématiques sur internet</li> <li>-Résolution de problème/ exercices</li> <li>-Travail d'équipe</li> </ul>	

<p>- comprendre le principe de base de l'effet photovoltaïque ;  - connaître les différentes technologies, leurs avantages et leurs limites - déterminer les paramètres caractéristiques</p>	9	<p><b>Chapitre 4 : Effet Photovoltaïque : principe et technologies</b></p> <p><b>Activités :</b>  - Cours magistral ;  - Exercices et travaux dirigés sur l'effet photovoltaïque et les technologies</p>	<p>-Lecture et visionnement personnel des ressources  -Cours magistral  -Travaux dirigés  -Approche interactive,  -Approche par situation problème,  -Démonstration  -Recherche libre sur les thématiques sur internet  -Résolution de problème/  exercices  -Travail d'équipe</p>	
<p>- comprendre le principe de base de l'effet photovoltaïque ;  - connaître les différentes technologies, leurs avantages et leurs limites - déterminer les paramètres caractéristiques</p>	10	<p><b>Chapitre 4 : Effet Photovoltaïque : principe et technologies</b></p> <p><b>Activités :</b>  - Cours magistral ;  - Exercices et travaux dirigés sur l'effet photovoltaïque et les technologies</p>	<p>-Lecture et visionnement personnel des ressources  -Cours magistral  -Travaux dirigés  -Approche interactive,  -Approche par situation problème,  -Démonstration  -Recherche libre sur les thématiques sur internet  -Résolution de problème/  exercices  -Travail d'équipe</p>	
<p>- connaître et comprendre les technologies d'avenir ;  - comprendre les goulots d'étranglement existants et les probables solutions</p>	11	<p><b>Chapitre 5 : Perspectives et technologies d'avenir du photovoltaïque</b></p> <p><b>Activités :</b>  - Cours magistral ;  - Exercices et travaux dirigés sur les technologies d'avenir</p>	<p>-Lecture et visionnement personnel des ressources  -Cours magistral  -Travaux dirigés  -Approche interactive,  -Approche par situation problème,  -Démonstration  -Recherche libre sur les thématiques sur internet  -Résolution de</p>	

			problème/ exercices -Travail d'équipe	
- Cerner l'enseignement par des précisions sur toutes les séances précédentes - faire une synthèse de l'essentiel du cours	12	<b>Récapitulatif de l'ensemble de l'enseignement</b> <b>Recadrage et Consolidation</b>  <b>Activités</b> Questions-Réponses, explications critiques sur les contenus des séances précédentes	-Démonstration -Recherche libre sur les thématiques sur internet -Résolution de problème/ exercices -Travail d'équipe	

## Évaluation

- **Évaluation en cours d'apprentissage :**

Contrôles continus : Exposés et Devoirs Sur Table : 40 %

- **Examen final :** Examen 60 %

**Épreuves écrites : Exercices normaux et QCM**

## Bibliographie

1- L'énergie en 2050, Nouveaux défis et faux espoirs, Bernard Wiesenfeld, EDP Sciences, Paris 2005.

2- Les convertisseurs photovoltaïques, Gisement solaire, cellules, modules et champs de modules . European Master in Renewable Energy, Alain Ricaud, 2012.

3- Cellules solaires, Les bases de l'énergie photovoltaïque. 5<sup>ème</sup> édition, 2010. ANNE LABOURET, PASCAL CUMUNEL, JEAN-PAUL BRAUN, BENJAMIN FARAGGI, EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES.

4- Solaire photovoltaïque : les technologies et leurs trajectoires. JOLY Jean-Pierre, Solaire %20photovoltaïque%20%20%20les%20technologies%20et%20leurs%20trajectoires %20%20%20Encyclopédie%20de%20l'énergie.html

5- Physique des semiconducteurs, 5<sup>ème</sup> édition, DUNOD, Christian NGO, Hélène NGO, 2012

6- Advances in Solution-Processed Multijunction Organic Solar Cells, Dario Di Carlo Rasi and René A. J. Janssen, Advanced in Materials, 2018.

7-Réalisation de nouvelles structures de cellules solaires photovoltaïques à partir de couches minces de silicium cristallin sur substrat de silicium préparé par frittage de poudres. Mailys Grau, Thèse, Université de Lyon, 2013.