REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L’ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

HARMONISATION

OFFRE DE FORMATION MASTER

ACADEMIQUE

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Etablissement | Faculté / Institut | Département |
| Université Med Khider Biskra | Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie | Sciences de la matière |

Domaine : Sciences de la matière

Filière : Physique

Spécialité : Physique Energétique et Energies Renouvelables

Année universitaire : 2016-2017

**الجمهورية الجزائرية الـديمقراطيـة الـشعبيــة**

وزارة التعليــم العالــي والبحــث العلمــي

**مواءمة**

**عرض تكوين ماستر**

**أكاديمي**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **المؤسسة** | **الكلية/ المعهد** | **القسم** |
| جامعة محمد خيضر بسكرة | العلوم الدقيقة و علوم الطبيعة و الحياة | علوم المادة |

**الميدان : علوم المادة**

**الشعبة : فيزياء**

**التخصص :فيزياء طاقوية و طاقات متجددة**

**السنة الجامعية: 2016/2017**

SOMMAIRE

I - Fiche d’identité du Master ------------------------------------------------------------------

1 - Localisation de la formation ------------------------------------------------------------------

2 - Partenaires de la formation---------------------------------------------------------------

3 - Contexte et objectifs de la formation ----------------------------------------------------------

A - Conditions d’accès ------------------------------------------------------------------

B - Objectifs de la formation ---------------------------------------------------------

C - Profils et compétences visées ------------------------------------------------

D - Potentialités régionales et nationales d’employabilité ----------------------

E - Passerelles vers les autres spécialités ---------------------------------------

F - Indicateurs de suivi de la formation ------------------------------------------------

G – Capacités d’encadrement-------------------------------------------------------------

4 - Moyens humains disponibles -------------------------------------------------------------------

A - Enseignants intervenant dans la spécialité---------------------------------------

B - Encadrement Externe -----------------------------------------------------------------

5 - Moyens matériels spécifiques disponibles---------------------------------------------------

A - Laboratoires Pédagogiques et Equipements -------------------------------

B- Terrains de stage et formations en entreprise -------------------------------

C - Laboratoires de recherche de soutien au master--------------------------------

D - Projets de recherche de soutien au master----------------------------------------

E - Espaces de travaux personnels et TIC ----------------------------------------

**II - Fiche d’organisation semestrielle des enseignement**---------------------------

1- Semestre 1 -----------------------------------------------------------------------------------

2- Semestre 2 -----------------------------------------------------------------------------------

3- Semestre 3 -----------------------------------------------------------------------------------

4- Semestre 4 -----------------------------------------------------------------------------------

5- Récapitulatif global de la formation --------------------------------------------------------

**III - Programme détaillé par matière** --------------------------------------------------------

**IV – Accords / conventions** ------------------------------------------------------------------

**I – Fiche d’identité du Master**

(Tous les champs doivent être obligatoirement remplis)

**1 - Localisation de la formation :Université Med Khider de Biskra**

**Faculté (ou Institut) : Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie**

**Département : Sciences de la Matière**

**Filière: Physique**

**2- Partenaires de la formation \*:**

- autres établissements universitaires :

- entreprises et autres partenaires socio économiques :

- Partenaires internationaux :

\* = Présenter les conventions en annexe de la formation

**3 – Contexte et objectifs de la formation**

**A–Conditions d’accès** *(indiquer les spécialités de licence qui peuvent donner accès au Master)*

**Licence Physique des Matériaux**

**Licence Physique Fondamentale**

**Licence Physique Energétique**

**B - Objectifs de la formation***(compétences visées, connaissances pédagogiques acquises à l’issue de la formation- maximum 20 lignes)*

Le développement du solaire photovoltaïque a eu pour origine l’électrification des sites isolés, mais également l'alimentation de matériel mobile. Cette nécessité a permis à la filière naissante de faire année après année des progrès considérables. La motivation actuelle est due à l’épuisement prévisible des énergies non renouvelables comme le pétrole, le gaz, le charbon, ou l’énergie nucléaire. Le photovoltaïque raccordé au réseau apparaît comme l'une des solutions.

L'énergie solaire photovoltaïque est une forme d'énergie renouvelable permettant de produire de l'électricité par transformation d'une partie du rayonnement solaire grâce à une cellule photovoltaïque. Plusieurs cellules sont reliées entre-elles sur un module solaire photovoltaïque. Plusieurs modules sont regroupés pour former centrale solaire photovoltaïque. La production d'électricité solaire n'est pas régulière. Les périodes de production ne coïncident pas avec les périodes de consommation et la nuit, la production est nulle mais pas les besoins. Dans les sites isolés, on stocke l'énergie dans des batteries. Le terme photovoltaïque désigne indifféremment le phénomène physique - l'effet photovoltaïque - et/ou la technologie associée.

Cette formation consiste en une introduction aux énergies renouvelables et un approfondissement en énergie solaire. Un intérêt particulier est apporté aux dispositifs qui permettent la conversion de l’énergie solaire en énergie solaire ainsi que le stockage de cette énergie.

**C – Profils et compétences métiers visés***(en matière d’insertion professionnelle - maximum 20 lignes) :*

Cette formation a pour profils d’initier les étudiants à la recherche théorique et expérimentale de haut niveau et de les préparer à une éventuelle formation doctorale dans la physique des matériaux et dispositifs pour la conversion photovoltaïque.

**D- Potentialités régionales et nationales d’employabilité des diplômés**

La contribution de laboratoires de recherche à ce master va permettre à nos étudiants d’acquérir un ensemble d’éléments scientifiques de base à l’initiation à la recherche pour une éventuelle formation doctorale future. La filière photovoltaïque est en plein expansion ce qui donne des chance réelles pour l’emploi.

**E – Passerelles vers d’autres spécialités**

Possibilité de passage aux parcours existants au niveau national mais dans la discipline de physique.

**F – Indicateurs de suivi de la formation**

* Stage de recherche effectué dans un laboratoire ou mémoire de recherche
* Évaluation d’un rapport écrit et soutenance orale devant le jury du master après validation par le comité scientifique.

**G – Capacité d’encadrement** (donner le nombre d’étudiants qu’il est possible de prendre en charge)

**-50**

**4 – Moyens humains disponibles**

**A : Enseignants de l’établissement intervenant dans la spécialité :**

| **Nom, prénom** | **Diplôme graduation**  **+ Spécialité** | **Diplôme Post graduation**  **+ Spécialité** | **Grade** | **Type d’intervention \*** | **Emargement** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SENGOUGA Nouredine | DES Physique électronique | PhD-Physique des SC | Prof | Cours+TP+TD+Encadrement |  |
| ZERARKA Abdelouahab | DES Physique Théorique | Doctorat d'Etat- Physique Théorique | Prof | Cours+TP+TD+Encadrement |  |
| ChalaAbdelouahed | DES-Physique du Solide | Docteur d'Etat-Physique des Couches Minces | Prof | Encadrement |  |
| ATTAF Abdallah | DES-Physique du Solide | Docteur d'Etat-Physique des Couches Minces | Prof | Encadrement |  |
| Soltani Mohamed Toufik | DES- Physique du Solide | Docteur d'Etat-Verre et Céramique | Prof | Cours+TP+TD+Encadrement |  |
| Meftahamjad | DES-Physique du Solide | Doctorat-Habilitation-Physique des SC | Prof | Cours+TP+TD+Encadrement |  |
| MEFTAH Afak | DES-Physique du Solide | Doctorat-Habilitation-Physique des SC | Prof | Cours+TP+TD+Encadrement |  |
| Mohammedi Farhat |  |  | Prof | Cours+TP+TD+Encadrement |  |
| Rahmane Saad | DES-Physique du Solide | Doctorat-Habilitation-Physique des Couches Minces | Prof | Encadrement |  |
| Lakel Said | DES-Physique du Solide | Doctorat-Habilitation-Physique des Matériaux | Prof | Cours+TP+TD+Encadrement |  |
| OUAHEB Abdelouahab | DES-Physique du Solide | Doctorat-Habilitation-Physique des Matériaux | Prof | Cours+TP+TD+Encadrement |  |
| Moumni Mustapha | DES-Physique Théorique | Doctorat-Habilitation-Physique Théorique | MCA | Cours+TP+TD+Encadrement |  |
| Nouadji malika | DES-Physique du Solide | Doctorat-Habilitation-Verre et Céramique | MCA | Encadrement |  |
| SaIad Chahinez | DES-Physique du Solide | Doctorat-Habilitation-Physique des Matériaux | MCA | Encadrement |  |
| SAIDI Hanan | DES-Physique du Solide | Doctorat-Habilitation-Physique Théorique | MCA | Encadrement |  |
| HAMZAOUI Majda | DES-Physique du Solide | Doctorat-Habilitation-Verre&Céramique | MCA | Encadrement |  |
| FALEK Mokhtar | DES-Physique du Solide | Doctorat-Habilitation-Phys Théorique | MCA | Encadrement |  |
| TIBERMACINE Toufik | DES-Optique de précision | Doctorat-Physique des SC | MCB | Cours+TP+TD+Encadrement |  |
| ARAB Louiza | DES-Physique du Solide | Doctorat | MCB | Cours+TP+TD+Encadrement |  |
| ABDESSALAM Nora Amal | DES-Physique du Solide | Doctorat | MCB | Cours+TP+TD+Encadrement |  |
| Belamri Djamel | DES-Physique du Solide | Doctorat-Phys du Solide | MCB | Encadrement |  |
| BENYAHIA Naouel | DES-Physique du Solide | Doctorat-Phys du Solide | MCB | Encadrement |  |
| OUHBEB Nouredine | DES-Physique Electronique | Magister | MAA | Cours+TP+TD+Encadrement |  |
| BOUMARAF Rami | Master-Physique des Matériaux | Doctorat- Physique des SC | MAB | TP+TD+Encadrement |  |

**\* = Cours, TD, TP, Encadrement de stage, Encadrement de mémoire, autre ( à préciser)**

**B : Encadrement Externe :**

**Etablissement de rattachement :**

| **Nom, prénom** | **Diplôme graduation**  **+ Spécialité** | **Diplôme Post graduation**  **+ Spécialité** | **Grade** | **Type d’intervention \*** | **Emargement** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

**\* = Cours, TD, TP, Encadrement de stage, Encadrement de mémoire, autre ( à préciser)**

**5 – Moyens matériels spécifiques disponibles**

**A-Laboratoires Pédagogiques et Equipements :** Fiche des équipements pédagogiques existants pour les TP de la formation envisagée(1 fiche par laboratoire)

* **Intitulé du laboratoire : électricité 2**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Intitulé de l’équipement** | **Nombre** | **Observations** |
| **01** | Quadripôles résistifs. | **16** | Manipulation opérationnelle |
| **02** | Théorèmesfondamentaux | **16** | Manipulation opérationnelle |
| **03** | Diode I | **16** | Manipulation opérationnelle |
| **04** | Diode II | **16** | Manipulation opérationnelle |
| **05** | Le transistor bipolaire I (caractéristiques statiques, point de fonctionnement…etc. | **16** | Manipulation opérationnelle |
| **06** | Le transistor bipolaire II (régime dynamique, amplification…etc. | **16** | Manipulation opérationnelle |
| **07** | L'amplificateur Opérationnel | **16** | Manipulation opérationnelle |
| **08** | L'oscillateur B.F. | **16** | Manipulation opérationnelle |

* **Intitulé du laboratoire : ondes, vibrations et optique**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Intitulé de l’équipement** | **Nombre** | **Observations** |
| **01** | Introduction: Différentes sources…etc. | **04** | Manipulation opérationnelle |
| **02** | les lentilles minces | **02** | Manipulation opérationnelle |
| **03** | Etude du prisme: déviation | **02** | Manipulation opérationnelle |
| **04** | Etude du prisme: dispersion | **02** | Manipulation opérationnelle |
| **05** | miroir de Fresnel | **02** | Manipulation opérationnelle |
| **06** | appareil Michelson | **02** | Manipulation opérationnelle |
| **07** | Circuit électrique oscillant en régime libre à un degré de liberté | **04** | Manipulation opérationnelle |
| **08** | Circuit électrique oscillant  mécanique en régime forcé à un degré de liberté | **01** | Manipulation opérationnelle |
| **09** | Circuit électrique oscillant en régime libre à un degré de liberté | **04** | Manipulation opérationnelle |
| **10** | Circuit électrique oscillant en régime libre à deux degrés de liberté | **04** | Manipulation opérationnelle |
| **11** | Circuit électrique oscillant en régime forcé à deux degrés de liberté | **04** | Manipulation opérationnelle |
| **12** | Tube de Kundt | **01** | Manipulation opérationnelle |
| **13** | Vibrations des cordes | **02** | Manipulation opérationnelle |

* **Intitulé du laboratoire : Thermodynamique et Physique statistique**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Intitulé de l’équipement** | **Nombre** | **observations** |
| **01** | Equation d’état des gaz parfaits :  Loi de Boyle Mariotte | **01** | Manipulation opérationnelle |
| **02** | Equation d’état des gaz parfaits :  Loi de Gay-Lussac | **01** | Manipulation opérationnelle |
| **03** | Equation d’état des gaz parfaits :  Loi d’Amontons | **01** | Manipulation opérationnelle |
| **04** | Capacité calorifique des métaux | **01** | Manipulation opérationnelle |
| **05** | Expansion thermique des liquides | **01** | Manipulation opérationnelle |

* **Intitulé du laboratoire : Physique des matériaux**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Intitulé de l’équipement** | **Nombre** | **Observations** |
| **01** | Empilements | **08** | Manipulation opérationnelle |
| **02** | Absorption des rayons X | **03** | Manipulation opérationnelle |
| **03** | Diffraction des rayons X | **03** | Manipulation opérationnelle |
| **04** | Filtres à rayons X | **03** | Manipulation opérationnelle |
| **05** | Effet Hall | **01** | Manipulation opérationnelle |
| **06** | Module d’élasticité |  | Manipulation opérationnelle |

* **Intitulé du laboratoire : Physique Moderne (atomique et nucléaire)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Intitulé de l’équipement** | **Nombre** | **Observations** |
| **01** | Spectres atomiques et moléculaires : Méthode à vision directe avec différents réseaux | **02** | Manipulation opérationnelle |
| **02** | Spectres atomiques et moléculaires : Utilisation du spectromètre à réseau | **02** | Manipulation opérationnelle |
| **03** | Spectres atomiques et moléculaires : Utilisation du spectromètre à prisme | **04** | Manipulation opérationnelle |
| **04** | Expérience de Franck-Hertz | **01** | En cours de montage |
| **05** | Effet Zeeman | **01** | En cours de préparation |
| **06** | Effet photoélectrique | **04** | Manipulation opérationnelle |
| **07** | Etude des rayonnements BETA :  absorption d'électron, spectroscopie BETA | **01** | Manque de sources |
| **08** | Etude de la spectroscopie GAMMA : dépendance énergétique du coefficient d'absorption gamma, conversion interne L, section efficace de l'effet photoélectrique et de l'effet Compton, loi de Moseley et fluorescence | **01** | Manque de sources |

* **Intitulé du laboratoire : Préparation et Caractérisation**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Intitulé de l’équipement** | **Nombre** | **Observations** |
| **01** | Polisseuse mécanique | **01** | vitesse variable |
| **02** | Four 1600° c | **01** |  |
| **03** | Four 1200°c | **01** |  |
| **04** | Microscope métallographique | **01** |  |
| **05** | Balances de précision | **02** |  |

* **Intitulé du laboratoire : Salle de Calcul et Informatique**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Intitulé de l’équipement** | **Nombre** | **Observations** |
| **01** | **Micro-ordinateurs** | **30** | **Département** |
| **02** | **Internet** | **30** | **Département** |
| **03** | **Internet** | **40** | **Faculté** |

**B- Terrains de stage et formation en entreprise:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Lieu du stage** | **Nombre d’étudiants** | **Durée du stage** |
|  |  |  |
|  |  |  |

**C- Laboratoire(s) de recherche de soutien au master :**

|  |
| --- |
| **Chef du laboratoire: SENGOUGA Nouredine** |
| **N° Agrément du laboratoire:**Arrêté No. 42 du 5 Février 2001 |
| Date : 04/03/2016  Avis du chef de laboratoire :  Favorable |

|  |
| --- |
| **Chef du laboratoire: SOLTANI Mohammed Toufik** |
| **N° Agrément du laboratoire:** Arrêté No. 84 du 14 Avril 2013 |
| Date : 04/03/2016  Avis du chef de laboratoire: Favorable |

|  |
| --- |
| **Chef du laboratoire: CHALA Abdelouahed** |
| **N° Agrément du laboratoire:** Arrêté No. 84 du 14 Avril 2013 |
| Date : 04/03/2016  Avis du chef de laboratoire: Favorable |

**D- Projet(s) de recherche de soutien au master :**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Intitulé du projet de recherche** | **Code du projet** | **Date du début du projet** | **Date de fin du projet** |
| Etude et caractérisation des diodes Schottky en GaAs dopé de type "p" par Si sur substrat GaAs d'orientation non conventionnelle. | D01420140053 | 2015 | 2017 |
| Modélisation numérique des cellules solaires à hétérojonctions cristallines et amorphes. | D01420140054 | 2015 | 2017 |
| Simulation et élaboration des composants semiconducteurs à base du IGZO . | D01420140055 | 2015 | 2017 |

**E- Espaces de travaux personnels et TIC :**

* 03 salles d'enseignements appartenant au département de physique.
* 08 laboratoires pour les différentes manipulations répartie en :
  1. Thermodynamique
  2. Matière condensée
  3. Physique atomique et Nucléaire
  4. Optique
  5. Electronique
  6. Vibrations et ondes
  7. Métallurgie
  8. Préparation des échantillons
  9. Salle d’informatique du département.

**II – Fiche d’organisation semestrielle des enseignements**

(Prière de présenter les fiches des 4 semestres)

**1- Semestre 1 :**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Unité d’Enseignement** | **VHS** | **V.H hebdomadaire** | | | **Autres** | **Coeff** | **Crédits** | **Mode d'évaluation** | |
| **14-16 sem** | **C** | **TD** | **TP** | **Continu** | **Examen** |
| **UE fondamentales** |  | | | | | **9** | **18** |  |  |
| **UEF1(O/P)** | **112H30** | **3H00** | **3H00** | **1H30** | **137H30** | **5** | **10** |  |  |
| Physique des Semi-Conducteurs 1 | **67H30** | **1H30** | **1H30** | **1H30** | **82H30** | **3** | **6** | **33%** | **67%** |
| Physique du solide avancée | **45H00** | **1H30** | **1H30** |  | **55H00** | **2** | **4** | **33%** | **67%** |
| **UEF2(O/P)** | **90H00** | **3H00** | **3H00** |  | **110H00** | **4** | **8** |  |  |
| Physique Statistique avancée | **45H00** | **1H30** | **1H30** |  | **55H00** | **2** | **4** | **33%** | **67%** |
| Interaction Rayonnement Matière | **45H00** | **1H30** | **1H30** |  | **55H00** | **2** | **4** | **33%** | **67%** |
| **UE méthodologie** |  | | | | | **5** | **9** |  |  |
| **UEM1(O/P)** | **105H30** | **3H00** | **1H30** | **2H30** | **120H00** | **5** | **9** |  |  |
| Méthodes Mathématiques et Algorithme pour la Physique | **60H00** | **1H30** |  | **2H30** | **65H00** | **3** | **5** | **33%** | **67%** |
| Défauts Ponctuels, Linéaires et Diffusion | **45H00** | **1H30** | **1H30** |  | **55H00** | **2** | **4** | **33%** | **67%** |
| **UE découverte** |  | | | | | **2** | **2** |  |  |
| **UED1(O/P)** | **45H00** | **1H30** | **1H30** |  | **5H00** | **2** | **2** |  |  |
| Calculs Tensoriels pour les Cristaux | **45H00** | **1H30** | **1H30** |  | **5H00** | **2** | **2** | **33%** | **67%** |
| **UE transversales** |  | | | | | **1** | **1** |  |  |
| **UET1(O/P)** | **45H00** | **1H30** |  |  | **2H30** | **1** | **1** |  |  |
| **Technical English** | **22H30** | **1H30** |  |  | **2H30** | **1** | **1** |  | **100%** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Total Semestre 1** |  |  |  |  |  | **17** | **30** |  |  |

**2- Semestre 2 :**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Unité d’Enseignement** | **VHS** | **V.H hebdomadaire** | | |  | **Coeff** | **Crédits** | **Mode d'évaluation** | |
| **14-16 sem** | **C** | **TD** | **TP** | **Autres** | **Continu** | **Examen** |
| **UE fondamentales** |  | | | | | **9** | **18** |  |  |
| **UEF1(O/P)** | **112H30** | **4H30** | **3H00** |  | **137H30** | **5** | **10** |  |  |
| Physique des Semi-Conducteurs 2 | **67H30** | **3H00** | **1H30** |  | **82H30** | **3** | **6** | **33%** | **67%** |
| Composants Photoniques | **45H00** | **1H30** | **1H30** |  | **55H00** | **2** | **4** | **33%** | **67%** |
| **UEF2(O/P)** | **90H00** | **4H30** |  |  | **110H00** | **4** | **8** |  |  |
| Conversion Photovoltaïque | **45H00** | **3H00** |  |  | **55H00** | **2** | **4** | **33%** | **67%** |
| Technologie des Semiconducteurs | **45H00** | **3H00** |  |  | **55H00** | **2** | **4** | **33%** | **67%** |
| **Etc.** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **UE méthodologie** |  | | | | | **5** | **9** |  |  |
| **UEM1(O/P)** | **105H00** | **3H00** |  | **4H00** | **120H00** | **5** | **9** |  |  |
| Caractérisation des Semiconducteurs | **60H00** | **1H30** |  | **2H30** | **65H00** | **3** | **5** | **33%** | **67%** |
| Programmation Informatique | **45H00** | **1H30** |  | **1H30** | **55H00** | **2** | **4** | **33%** | **67%** |
| **UE découverte** |  | | | | | **2** | **2** |  |  |
| **UED1(O/P)** | **45H30** | **3H00** |  |  | **5H00** | **2** | **2** |  |  |
| Energies Renouvelables | **45H30** | **3H00** |  |  | **5H00** | **2** | **2** | **33%** | **67%** |
| **UE transversales** |  | | | | | **1** | **1** |  |  |
| **UET1(O/P)** | **22H30** | **1H30** |  |  | **2H30** | **1** | **1** |  |  |
| Couches Minces | **22H30** | **1H30** |  |  | **2H30** | **1** | **1** |  | **100%** |
| **Total Semestre 2** |  |  |  |  |  | **17** | **30** |  |  |

**3- Semestre 3 :**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Unité d’Enseignement** | **VHS** | **V.H hebdomadaire** | | |  | **Coeff** | **Crédits** | **Mode d'évaluation** | |
| **14-16 sem** | **C** | **TD** | **TP** | **Autres** | **Continu** | **Examen** |
| **UE fondamentales** |  | | | | | **9** | **18** |  |  |
| **UEF1(O/P)** | **112H30** | **4H30** | **1H30** | **1H30** | **137H30** | **5** | **10** |  |  |
| Modélisation numérique des dispositifs à semiconducteurs | **67H30** | **3H00** |  | **1H30** | **82H30** | **3** | **6** | **33%** | **67%** |
| Cellules solaires 1 | **45H00** | **1H30** | **1H30** |  | **55H00** | **2** | **4** | **33%** | **67%** |
| **UEF2(O/P)** | **90H00** | **6H00** |  |  | **110H00** | **4** | **8** |  |  |
| Cellules solaires 2 | **45H00** | **3H00** |  |  | **55H00** | **2** | **4** | **33%** | **67%** |
| Physique et technologie des verres | **45H00** | **3H00** |  |  | **55H00** | **2** | **4** | **33%** | **67%** |
| **UE méthodologie** |  | | | | | **5** | **9** |  |  |
| **UEM1(O/P)** | **105H00** | **3H00** |  | **4H00** | **120H00** | **5** | **9** |  |  |
| Logiciels de simulation des cellules solaires | **60H00** | **1H30** |  | **2H30** | **65H00** | **3** | **5** | **33%** | **67%** |
| Méthodologie et déontologie de recherche | **45H00** | **1H30** |  | **1H30** | **55H00** | **2** | **4** | **33%** | **67%** |
| **UE découverte** |  | | | | | **2** | **2** |  |  |
| **UED1(O/P)** | **45H00** | **3H** |  |  | **5H00** | **2** | **2** |  |  |
| Lasers et fibres optiques | **45H00** | **3H00** |  |  | **5H00** | **2** | **2** | **33%** | **67%** |
| **UE transversales** |  | | | | | **1** | **1** |  |  |
| **UET1(O/P)** | **22H30** | **1H30** |  |  | **2H30** | **1** | **1** |  |  |
| Didactique des sciences | **22H30** | **1H30** |  |  | **2H30** | **1** | **1** |  | **100%** |
| **Total Semestre 3** |  |  |  |  |  | **17** | **30** |  |  |

**4- Semestre 4 :**

**Domaine  : Sciences de la Matière**

**Filière :** Physique

**Spécialité :** Physique Energétique et Energies Renouvelables

Stage en entreprise sanctionné par un mémoire et une soutenance.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **VHS** | **Coeff** | **Crédits** |
| **Travail Personnel (UEM)** | 105H00 | 5 | 9 |
| **Stage en entreprise (UET)** | 22H30 | 1 | 1 |
| **Séminaires(UED)** | 45H00 | 2 | 2 |
| **Autre (préciser)(UEF)**  Mémoire de recherche | 202H30 | 9 | 18 |
| **Total Semestre 4** | 375H00 | 17 | 30 |

**5- Récapitulatif global de la formation :**(indiquer le VH global séparé en cours, TD, pour les 04 semestres d’enseignement, pour les différents types d’UE)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **UE**  **VH** | **UEF** | **UEM** | **UED** | **UET** | **Total** |
| **Cours** | 405H00 | 135H00 | 112H30 | 67H30 | 720H00 |
| **TD** | 157H30 | 22H30 | 22H30 | 00H00 | 202H30 |
| **TP** | 45H00 | 157H30 | 00H00 | 00H00 | 202H30 |
| **Travail personnel** | 742H30 | 360H00 | 15H00 | 7H50 | 1125H00 |
| **Autre (projet)** | 202H30 | 105H00 | 45H00 | 22H30 | 375H00 |
| **Total** | 1552H30 | 780H00 | 195H00 | 97H30 | **2625H00** |
| **Crédits** | 72 | 36 | 8 | 4 | **120** |
| **% en crédits pour chaque UE** | 60 | 30 | 6.67 | 3.33 | 100 |

**III - Programme détaillé par matière**

(1 fiche détaillée par matière)

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 1***

**Intitulé de l’UE : UEF1**

**Intitulé de la matière : Physique des Semi-Conducteurs 1**

**Crédits : 6**

**Coefficients : 3**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

Acquérir des connaissances sur les propriétés des semiconducteurs à l’équilibre thermodynamique, les phénomènes de transport des porteurs de charge, et les porteurs de charge excédentaires dans les semiconducteurs hors d’équilibre.

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

*Notions de base sur la physique du solide : Structure cristalline et théorie des bandes , et sur la mécanique quantique : Théorie quantique des solides.*

**Contenu de la matière** *(indiquer obligatoirement le contenu détaillé du programme en présentiel et du travail personnel)*

**Programme présentiel :**

**- Rappel sur la structure cristalline des solides :** Type des solides, Matériaux semiconducteurs, Structure du Diamant et liaisons covalentes, Imperfections et Impuretés dans les solides, Croissance des matériaux semiconducteurs

- **Rappel sur la théorie quantique des solides :**.Les bandes d’énergie, conduction électrique dans les solides, Fonction de la densité des états, Mécanique statistique , Energie et fonction de Fermi.

- **Semiconducteurs à l’équilibre thermodynamique :**Porteurs de charge dans les semi-conducteurs, Semiconducteurs intrinsèques , Atomes dopants et leurs niveaux d’énergie, Semiconducteurs extrinsèques, Statistiques des donneurs et accepteurs, Neutralité de charge, Position du niveau de Fermi.

- **Phénomènes de transport des porteurs de charge :** Conduction des porteurs de charge, Diffusion des porteurs de charge, Distribution graduelle des impuretés dopantes, Effet Hall.

- **Porteurs de charge excédentaires dans les semiconducteurs hors d’équilibre :** Génération des porteurs de charge et Recombinaison, Equation de continuité des porteurs de charge excédentaires, Quasi-niveaux de Fermi, Théorie de Shockley – Read-Hall de la recombinaison.

- **Effets de surface :** Etats de surface, Vitesse de recombinaison surfacique.

**Travail personnel:**

- Description des semiconducteurs groupe II-VI et III-V

- Les semiconducteurs dégénérés et non-dégénérés

- Variation du niveau de Fermi avec le dopage et la température

- Résolution de l’équation de continuité des porteurs de charge dépendante à la fois du temps et de l’espace

**Mode d’évaluation :***Contrôle continu, examen, etc…(La pondération est laissée à l’appréciation de l’équipe de formation)*

*Contrôle continu, examen*

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

1. Physics of semiconductor devices S.M. Sze, 3th Edition, Wiley 2007
2. Semiconductor Physics And Devices: Basic Principles, Donald A. Neamen, 4th Edition, McGraw-Hill, 2011
3. Principles of Electronic Materials and Devices , Safa O. Kasap, 3rd Edition, McGraw-Hill, 2006
4. Physics of semiconductor devices, Colinge, J.-P., Colinge, C.A., KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, 2002
5. Principles ofsemiconductor devices, SimaDimitrijev, 2 nd edition, oxford university press, 2012

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 1***

**Intitulé de l’UE : UEF1**

**Intitulé de la matière : Physique du Solide Avancée**

**Crédits : 4**

**Coefficients :2**

**Objectifs de l’enseignement**

*Etude des propriétés du transport électrique et propriétés thermiques des Solides - Structures des bandes d'énergie et surface de Fermi-Théorie Semi-classique de la conduction*

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

*Physique du solide-Notions de base: Structure cristalline, Diffraction des RX et Réseau réciproque, Propriétés thermiques et Phonons.*

**Contenu de la matière** *(indiquer obligatoirement le contenu détaillé du programme en présentiel et du travail personnel)*

**Programme présentiel :**

-Rappel sur la théorie de Sommerfeld des métaux

- Les électrons dans un potentiel périodique- Théorie de Bloch

-L'approximation des électrons libres

-L'approximation des électrons fortement liés

-Le modèle semi-classique de la dynamique des électrons

-La théorie semi-classique de la conduction dans les métaux

-Les effets de surface

**Travail personnel:**

- Autre méthodes de calcul des structures de bande

- Structure de bande de certains métaux

- Mesure des surfaces de Fermi

- Approximation de Hartree-Fock

**Mode d’évaluation :***Contrôle continu, examen, etc…(La pondération est laissée à l’appréciation de l’équipe de formation)*

*Contrôle continu, examen*

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

1. Physique des solides, N.W. Ashcroft, N.D Mermin, traduit par F. Biet, H. Kachkachi, EDP Sciences, 2002

2. Introduction to solid state physics, C. Kittel, 5th , Wiley .1983.

3. H.E Hall, Solid state physics, Wiley ELBS ed ,1979

4. Solid State Physics, Hilary D. Brewster, Oxford Book Company, 2009

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 1***

**Intitulé de l’UE : UEF2**

**Intitulé de la matière : Physique Statistique Avancée**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

*Approfondir les connaissances dans la physique statistique quantique et ses appliactions dans l’étude de la matière condensée.*

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

*Physique statistique et Physique du solide*

**Contenu de la matière** *(indiquer obligatoirement le contenu détaillé du programme en présentiel et du travail personnel)*

**Programme présentiel :**

* Théorie du transport
* Théorie de Boltzmann et application aux systèmes de particules sans interaction
* Ensembles statistiques
* Application des théorèmes de l'équipartition de l'énergie et du Viriel aux systèmes concrets.
* Mécanique statistique quantique
* Applications : Théorie élémentaire du solide: Modèle d'Einstein, modèle de Debye, modèle des phonons. Théorie des solutions diluées, théorie des solutions d'électrolytes (Debye-Hückel). Rayonnement du corps noir. Condensation du gaz parfait de Bose-Einstein. thermoïonique. Paramagnétisme.

**Travail personnel:**

* Mouvement brownien. Equation de Langevin.
* Equation de Fokker-Planck. Méthodes de résolution et application au cas de l’équation de la diffusion et au cas d’une particule dans un potentiel périodique.
* illustrations : le conducteur super ionique ; la rotation des dipôles dans un champ constant.

**Mode d’évaluation :***Contrôle continu, examen, etc… (La pondération est laissée à l’appréciation de l’équipe de formation)*

*Contrôle continu, examen*

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc.).*

1[Statistical Mechanics of Particles:](http://ocw.mit.edu/courses/physics/8-333-statistical-mechanics-i-statistical-mechanics-of-particles-fall-2007/index.htm)   Mehran Kardar's lectures from MIT.

2[Statistical Mechanics of Fields:](http://ocw.mit.edu/courses/physics/8-334-statistical-mechanics-ii-statistical-physics-of-fields-spring-2008/index.htm)   The second instalment of Mehran Kardar's lectures.

3[Thermodynamics and Statistical Mechanics](http://www-physics.ucsd.edu/students/courses/spring2010/physics210a/LECTURES/210_COURSE.pdf)   Lecture Notes by Daniel Arovas (links directly to pdf file)

4[Statistical Physics](http://www.pmaweb.caltech.edu/%7Emcc/Ph127/index.html)   A three semester course from Caltech by Michael Cross

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 1***

**Intitulé de l’UE : UEF2**

**Intitulé de la matière : Interaction rayonnement-matière**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

L’étudiant aura une maîtrise de la physique de l’interaction des photons, électrons et particules lourdes chargées. Cette maîtrise est nécessaire pour la caractérisation expérimentale des matériaux (caractérisation morphologique, chimique, structurelle et fonctionnelle)

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

Physique des matériaux cristallins.

Physique de la matière condensée

Physique approfondie des matériaux

**Programme présentiel :**

**I- Notions générales sur les rayonnements et la matière**

I-1- Définitions et nature des rayonnements

I-2- Unités et grandeurs caractérisant les rayonnements

I-3 Dualité onde-corpuscule. Réseau de diffraction

I-4 Classification des rayonnements

I-4-1 Classification selon la nature

I-4-1-1 Rayonnements électromagnétiques

I-4-1-2 Rayonnements particulaires

I-4-2 Classification selon leur effet sur la matière

I-5 Rappels sur la théorie atomique de la matière

I-5-1 Le principe d'incertitude de HEISENBERG

I-5-1-1 Mécanique classique et mécanique ondulatoire

I-5-1-2 L'énoncé du principe d'incertitude

I-5-1-3 Ondes associée à une particule: fonction d'onde Ψ

I-5-1-3-1 Cas d'un corpuscule libre

I-5-1-3-2 Généralisation

I-5-1-3-3 Conditions à remplir par la fonction d'onde Ψ

I-5-2 L'équation de SCHRÖDINGER

I-5-2-1 Équation d’onde et équation de SCHRÖDINGER

I-5-2-2 L'opérateur Hamiltonien

I-5-2-3 Fonctions propres et valeurs propres

I-5-2-4 Dégénérescence

I-5-2-5 L'équation de SCHRÖDINGER d'un système atomique

**II- Notions fondamentales sur les interactions des rayonnements sur la matière**

II-1 Lois de conservation dans les interactions

II-2 Section efficace

II-2- 1 Les projectiles peuvent être considérés comme ponctuels

II-2- 2 Généralisation : décomposition de l’onde en ondes partielles

II-3 Libre parcours moyen

**III- Interaction des rayons X avec la matière**

III- 1 Processus principaux d’interaction des photons

III- 1- 1 L’effet THOMSON

III- 1- 2 L’effet Compton

III- 1- 3 L’effet photoélectrique

III- 1- 4 Production de paires

III- 1- 5 Comparaison de ces divers processus

III- 2 Absorption

III- 2- 1 Loi d’absorption photoélectrique

III- 2- 2 Variation du coefficient d’absorption massique avec Z et λ

III- 2- 3 Facteur d’absorption

**IV- Interaction des électrons avec la matière**

IV- 1 Perte d’énergie par ionisations

IV- 2 Perte d’énergie par émission de rayonnement de freinage

IV- 3 Le transfert linéique d’énergie (TEL)

IV- 4 Parcours

IV- 5 Cas particulier des électrons de très hautes énergies

**V- Interaction des particules lourdes chargées avec la matière**

V-1 Passage des particules lourdes chargées dans la matière

V-1-1 Généralités

V-1-2 Principaux processus d'interaction des particules lourdes chargées avec la matière

V-1-3 Pouvoir d'arrêt d'un matériau pour les particules lourdes chargées

V-2 Ionisation par les particules lourdes chargées

V 2-1 énergies moyenne d'ionisation

V-2-2 Aspect théorique de l'ionisation par les particules chargées

V-2-3 Application à la fluorescence X

V-3- Interaction des particules lourdes chargées avec la matière condensée

V-3-1 Généralités

V-3-2 sputtering

**Travail personnel:**

**Notions fondamentales sur les interactions des rayonnements sur la matière**

Classification des rayonnements

Lois de conservation dans les interactions

Section efficace

Libre parcours moyen

**Interaction des rayons X et γ avec la matière**

Loi d’absorption des photons

Variation du coefficient d’absorption massique avec Z et λ

Processus principaux d’interaction des photons : Effet THOMSON

Processus principaux d’interaction des photons : Effet photoélectrique

Processus principaux d’interaction des photons : Effet Compton

Processus principaux d’interaction des photons : Production de paires

Comparaison de ces divers processus

**Interaction des électrons avec la matière**

Perte d’énergie par ionisations

Perte d’énergie par émission de rayonnement de freinage

Transfert linéique d’énergie (TEL)

Parcours

Cas particulier des électrons de très hautes énergies

**Interaction des particules lourdes chargées avec la matière**

Principaux processus d'interaction des particules lourdes chargées avec la matière

Pouvoir d'arrêt d'un matériau pour les particules lourdes chargées

Ionisation par les particules lourdes chargées

Interaction des particules lourdes chargées avec la matière condensée

**Interaction des neutrons avec la matière**

Interaction des neutrons lents avec la matière

Interaction des neutrons rapides avec la matière

**Mode d’évaluation :**examens + interrogations écrites

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

1. R. Ouahes et B. Devallez, chimie générale, OPU, Alger, 1988
2. Daniel Blanc, les rayonnements ionisants, Masson, Paris, 1990-1997
3. J. Michel Hollas, Spectroscopie, Dunod, Paris, 1998
4. SekkalZohir, atomes et liaisons chimiques, OPU, Alger, 1988
5. Kadi-HanafiMouhyddine, Electricité Rayonnement et Radioactivité, OPU, Alger, 1982
6. Alonso-Finn, Physique générale, Champs et Ondes,InterEdition, Paris, 1977
7. Pierre CHEVALIER, Interaction du rayonnement avec la matière, technique de l'ingénieur

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 1***

**Intitulé de l’UE : UEM1**

**Intitulé de la matière : Méthodes Mathématiques et Algorithme pour la Physique**

**Crédits : 5**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

*Se familiariser avec les différentes méthodes numériques de résolution des équations différentielles de la physique et principalement celles concernant les polynomes orthogonaux*

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

*Physique quantique – Equations aux dérivées partielles - Algorithmique*

**Contenu de la matière** *(indiquer obligatoirement le contenu détaillé du programme en présentiel et du travail personnel)*

**Programme présentiel :**

1 INTRODUCTION A LA SIMULATION

2 LES ESPACES PHYSIQUES

- Les polynômes orthogonaux et leurs connections aux opérateurs physiques.

- Introduction des équations différentielles ordinaires et partielles linéaires et non linéaires dans un environnement quantique.

- Etude de plusieurs approches d’actualité pour résoudre certains systèmes non linéaires.

- Fonctions de Green et applications

3 LES METHODES D’APPROXIMATION

4 QUELQUES APPLICATIONS EN MECANIQUE QUANTIQUE

5 LES NOUVELLES METHODES EN MATHEMATIQUE APPLIQUEES A LA PHYSIQUE QUANTIQUE

**Travail personnel:**

- APPLICATIONS DIRECTES DE CES METHODES

**Mode d’évaluation :***Contrôle continu, examen, etc… (La pondération est laissée à l’appréciation de l’équipe de formation)*

*Contrôle continu, examen*

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc.).*

*Méthodes mathématiques pour les sciences physiques Ed Broché – 21 octobre 1997de* [*Laurent Schwartz*](http://www.amazon.fr/s/ref=dp_byline_sr_book_1?ie=UTF8&text=Laurent+Schwartz&search-alias=books-fr&field-author=Laurent+Schwartz&sort=relevancerank) *(Auteur)*

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: S1***

**Intitulé de l’UE : UEM**

**Intitulé de la matière : Défauts Ponctuels, Linéaires et Diffusion**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

L’étudiant doit être capable de maitriser la théorie des défauts ponctuels, les dislocations et les joints de grains, et être capable de connaître les différentes méthodes de caractérisations des défauts dans les solides.

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

L’étudiant doit avoir des connaissances en physique de l'état solide et la physique statistique.

**Contenu de la matière** *(indiquer obligatoirement le contenu détaillé du programme en présentiel et du travail personnel)*

**Programme présentiel :**

**I. Les défauts dans les solides Cristallins:** Avantages et inconvénients

1. Les différents types de défauts dans les solides cristallins
2. Les avantages et les inconvénients des défauts dans les solides .

**II. Les défauts Ponctuels**

1. Classifications des défauts ponctuels
2. Thermodynamiqu**e** des défauts ponctuels
3. Etude expérimentale des défauts ponctuels

**III. La diffusion**

1. Introduction
2. Mécanismes élémentaires de la diffusion
3. Autodiffusion par lacunes
4. Diffusion dans les alliages et inter-diffusion
5. Courts-circuits de diffusion
6. Méthodes expérimentales

**IV. Dislocation et Défauts d’Empilement**

1. Origine du concept de dislocation
2. La notion de dislocation
3. Propriétés géométriques des dislocations (Topologie)
4. Propriétés élastiques des dislocations
5. Mouvements des dislocations
6. Interactions élastiques entre les dislocations
7. Croisement des dislocations
8. Méthodes d’observation des dislocations
9. Défauts d’Empilement et dislocations imparfaites
10. Les Joints de grains

**Travail personnel:**

- Les centres colorés.

- Les défauts intrinsèques et extrinsèques dans les isolants : la conductivité ionique.

- Les défauts dans les semi-conducteurs.

- Dislocation et relaxation des contraintes aux interfaces dans les couches épitaxies.

- Les joints de grains - De la théorie à l'ingénierie.

**Mode d’évaluation :***Contrôle continu + examen final ............*

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc.....).*

1. Microscopie des Défauts Cristallins, ecole thématique du CNRS, St Pierre d’Oléron, mai 2001.
2. J. Philibert et J. Talbot, J. Benard , A. Michel, Métallurgie Générale, Masson, 1991
3. Jean Philibert, Yves Bréchet, Alain Vignes, Pierre Combrade, Métallurgie du minerai au matériau, Masson, Paris 1998
4. Yves Quéré, Physique des matériaux, Edition Marketing (ellipses) 1988
5. Wiliam D. Callister, Jr, Science et Génie des Matériaux, 5e Edition, Dunod, Modulo Editeur 2001
6. Derek Hull, Introduction to Dislocations, Pergamon Press, Second Edition 1975, Reprinted 1979

5. Méthodes usuelles de caractérisation des surfaces, Eyrolles, Paris, 1988.

8. les joints de grains de la théorie à l’ingénierie PRIESTER L., EDP Sciences 2006.

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 1***

**Intitulé de l’UE : UED**

**Intitulé de la matière :** Calculs Tensoriels pour les Cristaux

**Crédits : 2**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

Etude des propriétés physiques des cristaux : Susceptibilité, tenseur des contraintes, tenseurs des déformations, élasticité, conductivité thermique et électrique, thermoélectricité.

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

Connaissances de base en :

Physique des matériaux cristallins.

Physique de la matière condensée

Physique approfondie des matériaux

**Programme présentiel :**

I. Principes généraux

II. Susceptibilités paramagnétique et diamagnétique

III. Tenseur de contraintes

IV. Tenseur des déformations

V. Elasticité, tenseur de rang 4

VI. Conductivité thermique et électrique

VII. Thermoélectricité

**Travail personnel:**

Application directe de certains problèmes liés aux différents usages.

**Mode d’évaluation :***Contrôle continu, examen, etc… (La pondération est laissée à l’appréciation de l’équipe de formation)*

*Contrôle continu, examen*

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc.).*

* Symétrie et propriétés physiques des cristaux [EDP Sciences](http://laboutique.edpsciences.fr/en/publisher/1/EDP%20Sciences) - Collection: [Savoirs Actuels](http://laboutique.edpsciences.fr/en/collection/4/Savoirs%20Actuels) - June 2011 Auteurs : [Cécile Malgrange](http://laboutique.edpsciences.fr/en/author/707/Cecile%20Malgrange), [Christian Ricolleau](http://laboutique.edpsciences.fr/en/author/708/Christian%20Ricolleau) et [Françoise Lefaucheux](http://laboutique.edpsciences.fr/en/author/709/Francoise%20Lefaucheux)
* Propriétés physiques des cristaux: leur représentation par des tenseurs et des matrices [Physical properties of crystals], par J. F. Nye,... Traduit par Daniel Blanc,... Théophile Pujol,...Dunod (impr. Jouve), 1961
* Proprietes physiques des cristaux: theorie des dislocations [Suzanne Offret](https://www.google.dz/search?hl=fr&tbo=p&tbm=bks&q=inauthor:%22Suzanne+Offret%22) ENSM, 1980

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 2***

**Intitulé de l’UE : UEF1**

**Intitulé de la matière : Physique des Semi conducteurs 2**

**Crédits : 6**

**Coefficients : 3**

**Objectifs de l’enseignement**

Décrire les composants bipolaires et unipolaires, rappeler leurs propriétés particulières, comprendre l’influence d’une tension appliquée pour calculer la caractéristique courant -tension et explorer leurs applications dans le domaine technologique.

**Connaissances préalables recommandées**

Connaissances de base en :Physique des semiconducteurs

**Programme présentiel**

**Chapitre I Physique et propriétés des semiconducteurs- un rappel**

I.1 Bandes d’énergie

I.2 Semiconducteurs en équilibre

I.3 Equations du transport électrique

**Chapitre II Jonction p-n**

II.1 Jonction p-n en équilibre

II. 1.1 La zone de charge d’espace

II. 1. 2 Le champ électrique

II. 1. 3 Le potentiel de diffusion

II. 1. 4 L’épaisseur de la zone de charge d’espace

II. 2 Jonction p-n polarisée

II. 2.1 La zone de charge d’espace

II. 2.2 Le champ électrique

II. 2. 3 Le potentiel de diffusion

II. 2. 4 L’épaisseur de la zone de charge d’espace

II.3 La caractéristique courant-tension d’une jonction idéale

II.4 La caractéristique courant-tension d’une jonction réelle

II.5 La caractéristique capacité-tension d’une jonction idéale

II.5.1 Capacité de transition

II.5.1 Capacité de diffusion

**Chapitre IIITransistor bipolaire**

III.1 Définitions

III.1 Fonctionnement du transistor bipolaire

III.2 La caractéristique courant-tension idéale du transistor bipolaire

III.3 La caractéristique courant-tension réelle du transistor bipolaire

III.4 Le transistor bipolaire à hétérojonctio

**Chapitre IV. Transistor à effet de champ**

IV.1 Transistor à effet de champ à jonction

IV.1 .1 Définitions

IV.1 .2 Fonctionnement du transistor à effet de champ à jonction

IV.1. 3 La caractéristique courant-tension idéale du transistor à effet de champ à jonction

IV.1.4 Conductance du transistor à effet de champ à jonction

IV.1.5 TrancConductance du transistor à effet de champ à jonction

IV.1.6 La caractéristique courant-tension réelle du transistor à effet de champ à jonction

IV.2 Transistor à effet de champ à contact Schottky

IV.2 .1 Définition

IV.2.2 Contact metal-semiconducteur

IV.2 .3 Fonctionnement du transistor à effet de champ à contact Schottky

IV.2 .4 La caractéristique courant-tension idéale du transistor à effet de champ contact Schottky

IV.2.5 Conductance du transistor à effet de champ contact Schottky

IV.2.6 TrancConductance du transistor à effet de champ contact Schottky

IV.2.7 La caractéristique courant-tension réelle du transistor à effet de champ contact Schottky

**Chapitre V Transistor à effet de champ à grille isolée**

V.1 Définition

V.2 Contact metal-isolant-semiconducteur

V.3 Fonctionnement du transistor à effet de champ à grille isolée

V.4 La caractéristique courant-tension idéale du transistor à grille isolée

V.5 Conductance du transistor à grille isolée

V.6 Transconductance du transistor à grille isolée

V.7 La caractéristique courant-tension réelle du transistor à grille isolée

**Travail personnel**

**Composants à effet tunnel**

- Hétérojonction

- Diode tunnel

-.Diode tunnel MIS

- Transistor a effet tunnel

**Composants de puissance**

VII.1 Diac

VII.2 Triac

VII.3 Thyristor

**Travaux pratiques**

Caractéristique courant-tension d’une jonction p-n

Caractéristique capacité-tension d’une jonction p-n

Caractéristiques courant-tension d’un transistor bipolaire

Caractéristique courant-tension d’un transistor à effet de champ

Caractéristique courant-tension d’un transistor à grille isolée

**Mode d’évaluation :**Examen + contrôle continu

**Références**

1. Physics of semiconductor devices S.M. Sze, 2ed, Wiley.1981
2. Semiconductor physics and devices, Basic principles , A. Neamen , 3 ed Donald.2003
3. Wave mechanics applied to semiconductor heterostructure, G. Bastard , les editions de physique.1990
4. Theory of modern electronic semiconductor devices, K.F. Brennan, A.S. Brown, Wiley 2002.

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 2***

**Intitulé de l’UE : UEF1**

**Intitulé de la matière :** Composants Photoniques

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

Acquérir des connaissances élémentaires liées au rayonnement solaire et l’interaction rayonnement-semiconducteur. Etude physique et technologique des composants électroniques destinés aux applications photoniques, optoélectroniques, et photovoltaïques.

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

*Notions de base sur la physique du solide , la mécanique quantique , la physique des semi-conducteurs , l’interaction rayonnement- matière et l’effet laser.*

**Contenu de la matière** *(indiquer obligatoirement le contenu détaillé du programme en présentiel et du travail personnel)*

**Programme présentiel :**

**I- Rappel sur la jonction p-n semi-conductrice :**

**I.1**.Jonction à l’équilibre thermodynamique,

**I.2** Jonction polarisée en inverse et en direct – Etude physique

**I.3**.Caractéristiques courant-tension de la diode idéale et réelle à l’obscurité,

**I.4**. Caractéristiques de l’homojonction et de l’hétérojonction.

**II- Notions générales sur le Rayonnement solaire :**

**II.1**. Notions liées au spectre électromagnétique : Le Spectre électromagnétique, La dualité onde corpuscule de la lumière et notion de photon.

**II.2** Rayonnement solaire hors de l’atmosphère terrestre :Le soleil, Constante solaire et rayonnement solaire hors de l’atmosphère terrestre,

**II.3**Rayonnement solaire à travers l’atmosphère terrestre : Composition de l’atmosphère terrestre,Rayonnement solaire à travers l’atmosphère terrestre, Notion de trajet optique ou masse d’air**,** Rayonnement solaire au sol.

**III- Interaction rayonnement-semiconducteur :**

**III.1**Photons et phonons- Transitions radiatives et non radiatives**,**

**III.2** Absorption, émission spontanée et émission stimulée**,**

**III.3** Génération etRecombinaison des porteurs de charge en excès- Durée de vieradiative et non radiative,

**III.4**.Semiconducteurs pour l’optoélectronique.

**IV. Composants Photoniques :**

**IV.1** Photoluminescence et électroluminescence et les matériaux semiconducteurs destinés aux dispositifs optiques.

**IV.2** Diode électroluminescente (LED) à homojonction p-n et principe de fonctionnement. **IV.3** Différents dispositifs LED à hétérojonction,

**IV.4** Caractéristiques optiques et électriques des dispositifs LED

**IV.5** Diodes laser et principe de fonctionnement : émission stimulée, inversion de population et cavité optique,

**IV.6** Diodes laser à hétérojonction.

**IV.7** Caractéristiques optiques et électriques des diodes laser et le courant de seuil.

**IV.8** Absorption optique uniforme et non uniforme à travers un milieu semiconducteur

**IV.8.1** Coefficient d’absorption optique

**IV.8.2**. Taux de génération des paires électron-trou.

**IV.9** Cellules solaires

**IV.9.1** Cellule solaire à jonction p-n

**IV.9.2** Caractéristique courant – tension de la cellule solaire idéale et réelle , et rendement de conversion photovoltaïque.

**IV.9.3** Cellule solaire à hétérojonction

**IV.9.4** Cellule solaire en silicium amorphe

**IV.9.5** Les différentes générations des cellules solaires.

**IV.10**Photodétecteurs

**IV.10.1** Photoconducteur

**IV.10.2** Photodiode à jonction p-n

**IV.10.3** Photodiode à jonction p-i-n

**IV.10.4** Photodiode à avalanche,

**IV.10.5** Phototransistor.

**Travail personnel:**

- Etude du rayonnement du corps noir.

- Etude des différents détecteurs du rayonnement spatial.

- Explorer les instruments de mesure du rayonnement solaire au sol.

- Etudier les différentes sources gazeuses, liquides et solides du laser.

- Présenter les différentes générations des cellules solaires et les panneaux solaires à concentration.

**Mode d’évaluation :***Contrôle continu, examen, etc…(La pondération est laissée à l’appréciation de l’équipe de formation)*

*Contrôle continu, examen*

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

1. Semiconductor Physics And Devices: Basic Principles, Donald A. Neamen, 4th Edition, McGraw-Hill, 2011
2. Electronic and Optoelectronic Properties of Semiconductor Structures, Jasprit Singh, 1 st Edition Cambridge University Press, 2003
3. Principles of Electronic Materials and Devices , Safa O. Kasap, 3rd Edition, McGraw-Hill, 2006
4. Lasers andoptoelectronics, Fundamentals, Devicesand Applications, Anil K. Maini, 1 st Edition, John Wiley and Sons Ltd 2013.
5. Principles of Solar Cells, LEDs and Diodes, The role of the PN junction, Adrian Kitai, 1st Edition, John Wiley and Sons Ltd 2011.
6. Principles of semiconductor devices, SimaDimitrijev, 2 nd edition, oxford university press, 2012

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 2***

**Intitulé de l’UE : UEF2**

**Intitulé de la matière : Conversion Photovoltaïque**

**Crédits : 4**

**Coefficients :2**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

*Les fondements de l'énergie solaire et des modules photovoltaïques.*

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

*Physique des semi-conducteurs et le spectre électromagnétique .*

**Contenu de la matière** *(indiquer obligatoirement le contenu détaillé du programme en présentiel et du travail personnel)*

**Programme présentiel :**

1. L'effet de serre et les changements climatiques

2. Le solaire comme source d'énergie propre

3. Le spectre solaire -Notions de base

4. Angles et coordonnées solaires

5. Appareils de mesure du spectre solaire

6. Rappel sur les semiconducteurs et la jonction p-n.

7. Transport des charges dans la jonction p-n

8. Cellules solaires - Principe de fonctionnement- Paramètres électriques

9. Conception des cellules solaires classiques en silicium cristallin

10. Modules solaires- Effet de l'ombre

11. Systèmes photovoltaïques autonome et lié au réseau

**Travail personnel:**

- Rentabilité et coût des différentes sourcesdes énergies renouvelables

- Coordonnées solaire-Les parallèles et les méridiens

- Appareils de mesure de la lumière du soleil

- Installation des panneaux solaire à domicile

**Mode d’évaluation :***Contrôle continu, examen, etc…(La pondération est laissée à l’appréciation de l’équipe de formation)*

*Contrôle continu, examen*

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

1. Physics of solar cells, from principles to new concepts,P. Würfel, WILEY-VCH, 2005.
2. Energie solaire photovoltaique, Tome 1: Physique et technologie de la conversion photovoltaique, B. Equer, Ellipses, UNESCO, Paris, 1993.
3. Thin Film Solar Cells: fabrication, Characterisation and Applications, J. Poortmans and V Arkhipov (Editors), J. Wiley, New York 2006.
4. Design and Analysis of a grid connected photovoltaic generation system with active filtering function, G. Leonard and Jr. Leslie, Master of science thesis, 2003, Blacksburg, Virginia

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 2***

**Intitulé de l’UE : UEF2**

**Intitulé de la matière :** Technologie des Semiconducteurs

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

Acquérir des connaissances élémentaires sur les méthodes d’élaboration et de purification des matériaux semi-conducteurs destinées aux applications électroniques et photovoltaïques, et les procédés fondamentaux de fabrication des dispositifs à semiconducteurs.

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

*Notions élémentaires de la chimie générale et la métallurgie, Connaissance préalable des propriétés physiques des semiconducteurs, et des dispositifs électroniques.*

**Contenu de la matière** *(indiquer obligatoirement le contenu détaillé du programme en présentiel et du travail personnel)*

**Programme présentiel :**

**I. Rappel sur les types des défauts dans un cristal :**

I.1. Défauts ponctuels : Lacunes ponctuelles, Atomes interstitiels, Atomes de substitution, Défauts ponctuels complexes.

I.2. Défauts étendus :

I.2.1 Défauts linéaires ou dislocations (dislocation coin, dislocation vis et dislocation mixte : coin + vis).

1.2.2 Défauts bidimensionnels (joints de grains , fautes d’empilement et macles).

**II. Techniques de purification des semi-conducteurs appliquées à l’exemple de silicium**

II.1 Les impureté dans le silicium et les différentes qualités du silicium : Silicium qualité alliage, silicium qualité métallurgique, Silicium qualité solaire, silicium qualité semiconducteur et silicium qualité détecteur.

II.2 Production du silicium qualité métallurgique : Réduction carbothermique de la silice et purification ultérieure du silicium métallurgique.

II.3 Production du silicium poly-cristallin destiné aux applications solaires et électroniques : II.3.1 Procédé chimique de Siemens : Synthèse et purification du Chlorosilane,

et déposition du silicium polycristallin par décomposition thermique du Chlorosilane.

II.3.2 Procédé chimique de l’Union Carbide et Komatsu : Synthèse et purification du Chlorosilane et du monosilane et déposition du silicium polycristallin par décomposition thermique du monosilane.

II.3.3 Procédé chimique de l’Ethyl Corporation : Synthèse du monosilane par hydrogénation du tétrafluorure de silicium , purification du monosilane et déposition du silicium polycristallin par décomposition thermique du monosilane dans un réacteur fluidifié .

II.4 Méthodes physiques de purification du silicium poly-cristallin

II.4.1 Diagramme de phase liquide – solide d’un alliage binaire et coefficient de ségrégation des impuretés.

II.4.1 Méthode de purification par solidification progressive dirigée.

II.4.2. Méthode de purification par zone fondue.

**III. Techniques de croissance d’un monocristal**

III.1 Technique de Bridgman verticale et horizontale.

III.2 Technique de zone fondue dans un creuset et sans creuset (méthode de zone flottante- float zone :FZ).

III.3 Technique de Czochralski (CZ).

III.4 Techniques de croissance d’un monocristal en couches minces : Technique d’évaporation sous vide, technique d’épitaxie par jet moléculaire (MBE), technique de pulvérisation cathodique, méthode chimique de déposition à partie d’une phase gazeuse (CVD), méthodes chimiques de déposition à partir d’une phase liquide.

**IV. Procédés de fabrication de dispositif à semiconducteur – La jonction p-n .**

IV.1. Jonction par alliage

IV.2. Jonction par diffusion

IV.3. Jonction par diffusion planar (ou sélective).

IV.4. Méthode d’implantation ionique.

**V. Technologies de fabrication des circuits intégrés**

V.1 Circuits intégrés monolithiques et hybrides

V.2. Les éléments des circuits intégrés : diodes, transistors, résistances, capacités, inductances.

V.3 Structures pnp et npn dans un circuit intégré monolithique.

V.4 Etapes de fabrication d’un circuit intégré monolithique en technologie transistor bipolaire.

V.5 Etapes de fabrication d’un circuit intégré monolithique en technologie transistor MOS.

**Travail personnel:**

- Calcul du coefficient de ségrégation de l’élément B dans l’alliage binaire AB où A est le solvant et B est le soluté.

- Calcul de la concentration des impuretés (le soluté) dans un lingot semiconducteur après le passage de la zone fondue.

- Décrire la méthode de monocristallisation par épitaxie en phase liquide.

- Résoudre l'équation de diffusion des impuretés présentée par la 2ème loi de Fick.

- Calcul de la profondeur de diffusion des impuretés dopantes de type accepteur dans un substrat semiconducteur de type N en cas de source de dopage constante.

- Calcul de la quantité d’ions introduits dans un substrat de silicium type P suite d’une implantation ionique d’ions de phosphore.

.

**Mode d’évaluation :***Contrôle continu, examen, etc…(La pondération est laissée à l’appréciation de l’équipe de formation)*

*Contrôle continu, examen*

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

1. Handbook of Semiconductor Manufacturing Technology, Robert Doering and Yoshio Nishi, 2nd Edition, CRC Press, Taylor& Francis Group 2008.
2. Handbook of Thin- Film deposition processes and Techniques, Principles, Methods, Equipment and Applications, Krishna Seshan , 2 nd Edition, Noyes Publications, William Andrew Publishing, U.S.A, 2002.
3. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, Antonio Luque and Steven Hegedus, 2 nd Edition, John Wiley & Sons, 2011.
4. Technologie des Semiconducteurs, Ahmed BenSaada, OPU, 1986.
5. Physique des Semiconducteurs, Tome II, La physique des composants électroniques de base, A. Saidane, OPU, 1993.

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 2***

**Intitulé de l’UE : UEM1**

**Intitulé de la matière : Caractérisation des semi conducteurs**

**Crédits : 5**

**Coefficients : 3**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

Méthodes et techniques de caractérisation des semiconducteurs

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

Electricité , Physique des semi-conducteurs

**Programme présentiel :**

1. **Densité de dopage et porteurs libres**
   1. Capacité-Tension
   2. Courant-Tension
   3. Mesures d’erreurs
   4. Effet Hall
   5. Techniques optiques
2. **Résistances de contacts et Barrières Schottky**

2.1 Contacts Métal-Semiconducteurs

2.2 Résistance de contact

2.3 Techniques de mesures

2.4 Hauteur de la barrière Schottky

1. **Résistances séries**

3.1 Jonction p-n

3.2 Barrière Schottky

3.3 Cellules solaires

3.4 Transistor Bipolaire

3.5 MOSFET

1. **Défauts et défauts d’interfaces**

4.1 Mesures de la capacité

4.2 Mesures du courant

4.3 Mesures de la charge

4.4 Spectroscopie transitoire des défauts profonds

4.5 Autres méthodes

1. **Durées de vie**

5.1 Durée de vie de la recombinaison, vitesse de recombinaison en surface

5.2 Durée de vie de la génération, vitesse de génération en surface

5.3 Mesures optiques de la durée de vie de la recombinaison

5.4 Mesures électriques de la durée de vie de la recombinaison

5.5 Mesures électriques de la durée de vie de la génération

1. **Mobilité**

6.1 Mobilité de conductivité

6.2 Effet Hall et mobilité

6.3 Mesure de la Mobilité d’entraînement par temps de vol

**Travail personnel:**

***Caractérisation électrique***

*Mesure de la conductivité et la résistivité des semi-conducteurs*

* *Technique de quatre pointes*
* *Effet Hall*

*Mesure la caractéristique I-V*

* *Diode p-n*
* *Diode Schottky*
* *Cellule solaire*
* *Transistor*

*Mesure de la caractéristique C-V stationnaire*

* *Diode p-n*
* *Diode Schottky*
* *Cellule solaire*
* *Transistor*

*Mesure de la caractéristique C-V transitoire : DLTS (Deep L evelTransientSpectroscopy)*

* *Diode p-n*
* *Diode Schottky*
* *Cellule solaire*
* *Transistor*

***Caractérisation optique***

*Transmittance optique,réfelectance optique*

*Réponse spectrale*

*Photoconductivité stationnaire SSPC, DC-CPM*

*Photoconductivité modulée MPC, AC-CPM*

*Photoconductivité transitoire TPC*

**Mode d’évaluation :**examens + interrogations écrites

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

1. Semiconductor Material and Device Characterization, D. K. SCHRODER, Third Edition, J. Willey & Sons Publication, 2006.
2. Thin Film Solar Cells: fabrication, Characterisation and Applications, J. Poortmans and V Arkhipov (Editors), J. Wiley, New York 2006.

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 2***

**Intitulé de l’UE : UEM1**

**Intitulé de la matière : Programmation Informatique**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

Algorithme et langage de programmation.

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

*Méthodes Numériques*

**Contenu de la matière** *(indiquer obligatoirement le contenu détaillé du programme en présentiel et du travail personnel)*

**Programme présentiel :**

* Matlab
* Fortran
* MATHEMATICA

**Travail personnel:**

- Applications avec des équivalents open source.

**Mode d’évaluation :***Contrôle continu, examen, etc… (La pondération est laissée à l’appréciation de l’équipe de formation)*

*Contrôle continu, examen*

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc.).*

* CD Matlab
* CD Fortran

CD MATHEMATICA

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 2***

**Intitulé de l’UE : UED**

**Intitulé de la matière : Couches minces**

**Crédits : 1**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

*Cette matière est une introduction aux couches minces : leurs propriétés, caractérisation et applications*

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

**Mode d’évaluation :**Examen + contrôle continu

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

**Programme présentiel :**

1. **Formation d’une couche mince.**
2. Synthèse des espèces à déposer.
3. Transport des espèces de la source vers le substrat.
4. Dépôt sur le substrat et croissance de la couche.
5. Préparation des surfaces et adhérence des couches.
6. Préparation des surfaces et adhérence des substrats : Notion d’adhérence.
7. **Propriétés des couches minces.**
8. **Classification des techniques de Dépôt.**
9. Les méthodes physiques.
10. Les méthodes chimiques.
11. **Choix d’une technique de dépôt de couches minces.**
12. **Caractéristiques des techniques de dépôt.**
13. **Application des couches minces.**
14. Fonctions optiques.
15. Fonctions électroniques.
16. Fonctions mécaniques.
17. Fonctions chimiques.
18. Fonctions biomédicale.

**Travail personnel : Caractérisation des couches minces**

1. Les techniques recommandées en fonction du type d’échantillons.
2. Principes des différentes techniques d’analyse.
3. Les informations acquérir de chaque techniques de caractérisation.

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 2***

**Intitulé de l’UE : UET**

**Intitulé de la matière : Energies renouvelables**

**Crédits : 2**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

Différents types des sources d’énergie renouvelables.

**Connaissances préalables recommandées**

**Mode d’évaluation :**examen + contrôle continu

**Contenu de la matière :**

1- 1-Généralités et rappels sur les différentes formes d’énergie classiques

1-Sources d’énergie non-renouvelables.

2-Energies renouvelables: Energie solaire

2-Gisement solaire :

1-soleil: structure et composition

2-rayonnement hors atmosphère

3-rayonnement au sol

4- calcul du rayonnement solaire au niveau du sol pour un endroit donné. 'sous forme de projet'

3- Energie solaire thermique :

1- capteurs plans

2- concentrateurs cylindro-paraboliques

3- // paraboloides

4 Energie solaire photovoltaïque : Ce sous chapitre n'est pas couvert pour ne pas confondre avec celui pris par le module

"conversion photovoltaique"

4. Energie éolienne :

3.1 Différents types d’éolienne

3.2 Caractéristique d’une éolienne

3.3 Application : production d’électricité

5. Energie géothermique :

1 Origine de la chaleur du sous –sol

2 Gradient de température et flux de chaleur

3 Géothermie à basse et moyenne enthalpie

4 Géothermie à haute enthalpie

5 Application : pompage, agriculture et industrie.

6 Energie hydraulique :

1 Centrales hydroélectriques

2 Centrales marémotrices

3 Turbines

6. Energie de biomasse :

1 Biocarburant liquides

2 Biogaz

Références

1. Energies renouvelables, Paul Mathis Ed Eyrolles

2. Energies renouvelables, Marek Wilisiwicz Ed Eyrolles

3. Energies renouvelables, Jean Christian Lhome Ed Eyrolles

4. Revues des Energies Renouvelables (Algérie)

5-Different sites web sur le net

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 3***

**Intitulé de l’UE : UEF1**

**Intitulé de la matière :** Modélisation numérique des dispositifs à semiconducteurs

**Crédits : 6**

**Coefficients : 3**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

Compréhension de la physique et du fonctionnement des dispositifs à semi-conducteurs à travers l’étude des approches analytiques et numériques développées pour présenter leurs caractéristiques physiques et électriques.

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

*Notions de base sur la physique du solide , la physique des semi-conducteurs , les modèles physiques de transport dans les dispositifs à semiconducteurs, et l’analyse numérique .*

**Contenu de la matière** *(indiquer obligatoirement le contenu détaillé du programme en présentiel et du travail personnel)*

**Programme présentiel :**

**I. La modélisation et son parcours historique**

I.1 Définition de la modélisation.

I.2 Développement historique de la modélisation des dispositifs à semiconducteurs.

**II. Equations de transport des porteurs de charge dans un semiconducteur**

II.1 Equation de transport de Boltzmann

II.2 Les équations de Maxwell.

II.3 Les équations de transport classiques des porteurs de charge

II.4 Conditions aux limites.

II.5 Génération et recombinaison des porteurs de charge.

**III. Résolution des équations de transport dans un semi-conducteur par des modèles d’approche analytique**

III.1 Approche analytique appliquée à l’étude d’une diode de jonction p-n.

III.2 Approche analytique appliquée à l’étude d’un transistor à effet de champ (FET).

III.3 Approche analytique appliquée à l’étude d’un transistor MOSFET.

III.4 Les limitations des approches analytiques.

**IV. Résolution numérique des équations de transport par la méthode des différences finies.**

IV.1. Schéma de la méthode des différences finies.

IV.2. Discrétisation spatiale des équations de transport.

IV.3 Méthodes de résolutions des équations de transport.

IV.4 Conditions aux limites.

IV.5. Exemples de simulation basés sur la méthode des différences finies.

**V. Résolution numérique des équations de transport par les méthodes des éléments finis.**

V.1 La méthode des éléments finis et son application dans la simulation des dispositifs à semiconducteurs.

V.2 La méthode de Galerkin.

V.3 Résolution des équations de transport par la méthode des éléments finis.

V.4. Exemples de simulation basés sur la méthode des éléments finis.

**Travail personnel:**

- Résolution de l’équation de transport de Boltzmann par approches analytique et numérique.

- Dérivation des équations de transport des porteurs de charge dans la forme classique.

- Résolution numérique de l’équation de continuité des électrons photogénérés dans une plaquette semiconductrice mince de Silicium type n soumise à une excitation optique transitoire.

- Développer un programme au langage Matlab permettant de tracer la photoconductivité transitoire de la plaquette au cour du temps.

- Manipuler un logiciel de simulation numérique unidimensionnel (AMPS- 1D / SCAPS) pour générer les caractéristiques courant-tension d’une cellule solaire de jonction p-n à l’obscurité et sous l’éclairement solaire, et visualiser les distributions des paramètres internes le long de la cellule, tels que le champ électrique et les concentrations de porteurs de charge.

- Initiation à la modélisation d’une hétérojonction à base de silicium.

**Mode d’évaluation :***Contrôle continu, examen, etc…(La pondération est laissée à l’appréciation de l’équipe de formation)*

*Contrôle continu, examen*

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

1. Introduction to Semiconductor Device Modelling, Christopher M Snowden, World Scientific Publishing, 1998.
2. Semiconductor Device Modelling, Christopher M Snowden, Springer-Verlag, 1989
3. Compound Semiconductor Device Modelling, C.M. Snowden and R.E. Miles, Springer-Verlag, 2011.
4. Measurement and Modeling Of Silicon Heterostructure Devices, John D. Cressler, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008
5. Modeling of Photonic Devices, Vittorio M. N. Passaro, Nova Science Publishers, 2009

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 3***

**Intitulé de l’UE : UEF1**

**Intitulé de la matière : Cellules solaires 1**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement**

Principe de fonctionnement des cellules solaires en silicium, en arséniure de gallium et autres semiconducteurs cristallins.

**Connaissances préalables recommandées**

Physique des semi-conducteurs

**Mode d’évaluation :**examens + interrogations écrites

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

1. Physics of solar cells, from principles to new concepts,P. Würfel, WILEY-VCH, 2005
2. Energie solaire photovoltaique, Tome 1: Physique et technologie de la conversion photovoltaique, B. Equer, Ellipses, UNESCO, Paris, 1993.
3. Thin Film Solar Cells: fabrication, Characterisation and Applications, J. Poortmans and V Arkhipov (Editors), J. Wiley, New York 2006.

**Programme présentiel**

1. **Cellules solaires en Silicium cristallin**
   1. Préparation du Silicium monocristallin et polycristallin
   2. Elaboration des cellules solaires en silicium cristallin
   3. Défauts dans le silicium cristallin
   4. Méthodes de purification
   5. Caractéristiques électriques des cellules solaires en silicium cristallin
2. **Cellules solaires en Arsenic de Gallium**
   1. Elaboration des cellules solaires à base d’Arsenic de Gallium
   2. Défauts dans l’Arsenic de Gallium
   3. Méthodes de purification
   4. Caractéristiques électriques des cellules solaires en Arsenic de Gallium
3. **Cellules solaires en autres matériaux** 
   1. Cellules solaires CIGS (Cuivre Indium Gallium Sélénium)
   2. Cellules solaires Tellurure de Cadmium (CdTe)
   3. Cellules solaires CZTS (Cuivre Zinc Etain Souffre)
   4. Cellules solaires à puits quantiques
4. **Dégradation des cellules solaires**

Dégradation par l’ambiant

* 1. Dégradation par des particules énergétiques
  2. Dégradation par des protons énergétiques
  3. Dégradation par des neutrons énergétiques

**Travail personnel**

Préparation du Silicium pour les cellules solaires

Préparation du GaAs pour les cellules solaires

Préparation des contacts pour les cellules solaires

Préparation des couches antireflets pour les cellules solaires

Mesure des caractéristiques électriques des cellules solaires

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 3***

**Intitulé de l’UE : UEF2**

**Intitulé de la matière : Cellules solaire 2**

**Crédits : 4**

**Coefficients :2**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

*Les différents types des cellules solaires non cristallines; amorphes et organiques .*

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

*Physique des semi-conducteurs.*

*Cellules solaires classiques., Notions de chimie organiques.*

**Contenu de la matière** *(indiquer obligatoirement le contenu détaillé du programme en présentiel et du travail personnel)*

**Programme présentiel :**

1. Cellules solaires couches minces amorphes.

2. Cellules solaires organiques

3. Cellules solaires hybrides

4.Cellules solaires à colorant

5. Cellules solaires pérovskite

6. Cellules solaires transparente

**Travail personnel:**

- Dégradation par la lumière dans les cellules solaires à base du silicium amorphe

- Cellules solaires multi-jonctions à base du silicium amorphe

- Matériaux organiques

- Cellules solaires organiques de type Schottky

- Cellules solaires organiques interpénétrées

- Cellules solaires de Gratzel

- Cellules solaires hybrides organiques/non organiques

- Cellules solaires Pérovskite

**Mode d’évaluation :**

*Contrôle continu, examen*

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

1. Physics of solar cells, from principles to new concepts,P. Würfel, WILEY-VCH, 2005
2. Thin Film Solar Cells: fabrication, Characterisation and Applications, J. Poortmans and V Arkhipov (Editors), J. Wiley, New York 2006.
3. Organic and Hybrid Solar Cells , Hui Huang, Jinsong Huang, Springer International Publishing, 2014

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 3***

**Intitulé de l’UE : UEF2**

**Intitulé de la matière : Physique et technologie de verres**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

*Acquérir des connaissances sur les grandes familles des verres, les processus physiques caractérisant la formation de l’état vitreux, les procédés d’élaboration, ainsi que les méthodes spectroscopiques et structurales pour caractériser les matériaux photoniques.*

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

*Notions de base sur la thermodynamique, la théorie et la physique des matériaux cristallins et non cristallins.*

**Contenu de la matière :**

**Programme présentiel**

**1. Définition de l’état vitreux**

**1.1.** Définition phénoménologique

**1.1.2.** Refroidissement d'un liquide

**1.1.2.** Relaxation structurale

**1.1.3.** Transition vitreuse

**2. Grandes familles de verres**

**2.1.** Verres oxygénés

**2.1.1.** Verre de silice

**2.1.2.** Verre sodo-calcique

**2.1.3**. Verres borosilicatés

**2.1.4.** Verres de phosphates et de borates

**2.2.** Verres chalcogènes

**2.3.** Verres halogènes

**2.4.** Verres métalliques

**2.5.** Autres verres minéraux

**2.6.** Verres organiques

**3. Formation d’un verre**

**3.1.** Condition de la formation vitreuse

**3.2.** Approche thermodynamique

**3.3.** Conditions structurales

**3.4.** Formateurs et modificateurs de réseau

**4. La transition vitreuse**

**4.1. Caractérisation de la transition vitreuse**

**4.1.1.** Analyse thermique

**4.2.2.**Dilatométrie

**5. Préparation des verres**

**6. Recristallisation des verres**

**6.1.** Mécanisme de la recristallisation

**6.2.** Mise en évidence

**6.3. Vitrocéramiques**

**7. Propriétés optiques des verres**

**7.1.** Transparence

**7.2.** Indice de réfraction

**7.3.** Dispersion

**7.4.** Fibres optiques

**7.5.** Verres laser

**Travail personnel:**

- Verres traditionnels (nouvelles applications dans les énergies renouvelables).

- Verres pour le laser.

-Verres pour l’amplification optique.

- Nouveaux verres non traditionnels et applications.

**Mode d’évaluation :**examens + interrogations écrites

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

[1] J.-C. Lehmann, Verre et produits verriers d’aujourd’hui et de demain, Bulletin de la S.F.P.

(150), juillet-août 2005.

[2] R.W. Douglas & S. Frank, “A History of Glassmaking”, Foulis& Co (Londres), (1972).

[3] G. Tammann, “Der Glaszustand”, Voss (Leipzig), (1933).

[4] J. Zarzycki, “Les Verres et l’Etat Vitreux”, Edition Masson (Paris), (1982).

[5] C. Maurel, Thèse de doctorat, de l’Université de Bordeaux1, 2009.

[6] R.H. Doremus, Glass Science, Ed. Wiley, New York, p.1-2, (1994).

[7] G.W. Morey ‘the properties of Glass’ 2nd edition, Reinhold, New York, (1954).

[8] S.R. Elliott ‘Physics of Amorphous Materials’, Longman Scientific &Technical, Essex 74,

(1990).

[9] D Turnbull, Contemp. Phys. 10,473, (1969).

[10] W. Kauzmann. Chem. Rev., 43(2), 219–256 (1948).

[11] C. A. Angell. J. Phys. Chem. Sol., 49(8), 863–871 (1988).

[12] H. Scholze, Le Verre. Nature, structure et propriétés, Institut du Verre, PARIS, (1980).

[13] W.H. Zachariasen, The atomic arrangement in glass, J. Am. Chem. Soc., 54, 3841-3851

(1932).

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 3***

**Intitulé de l’UE : UEM1**

**Intitulé de la matière :** Logiciels de simulation des cellules solaires

**Crédits : 5**

**Coefficients : 3**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

Logiciels commerciales de simulation des cellules solaires

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

Physique des semi-conducteurs

Cellules solaires

**Programme présentiel :**

Le logiciel SILVACO

Le logiciel AMPS

Le logiciel PC 1-D

Le logiciel SCAPS

**Travail personnel**

Simulation des cellules solaires particulières

**Mode d’évaluation :**examens + interrogations écrites

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

1. Manuel d’utilisation deslogicielc

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 3***

**Intitulé de l’UE : UEM1**

**Intitulé de la matière : Méthodologie et déontologie de recherche**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

L’étudiant va apprendre l’art de la rédaction scientifique, en particulier une méthodologie de présentation du mémoire de fin d’étude

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

*Néant.*

**Mode d’évaluation :**examens + contrôle continu de connaîssances

**Contenu de la matière :**

**Programme présentiel**

Chapitre I

Composantes d’une thèse

Table des matières (Sommaire)

Dédicace

Remerciement

Liste des symboles

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Table de matière

Introduction

Chapitre II : Organisation de la thèse

Introduction du chapitre

Parties obligatoires (indispensables)

Page de garde

Résumé

Introduction générale

Etat de l’art

Méthodes et matériels

Résultats et discussion

Conclusion générale

Bibliographie

American Psychological Association (APA ) style

Vancouver Style

Chapitre Rédaction

Un plan

Organisation

Un horaire

Comment débuter

Solution itérative

Qu'est-ce qu'une thèse? Pour qui l'écrit-on? Comment devrait-elle être écrite

Combien de détails

Indiquez clairement ce qui est à vous

Style

Présentation

La fin

Combien d'exemplaires

Une structure suggérée

Les chapitres du milieu

Travail personnel

2. Planification de la recherche

3. Approches de la recherche

4. Tenue de registres et notes

5. Revue de la littérature

6. L'éthique de la recherche

7. Collecte des données

8. L'interprétation et la présentation des données

9. Structure et rédaction d'un mémoire

10. Recherche rédaction de propositions

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 3***

**Intitulé de l’UE : UET1**

**Intitulé de la matière :** Didactiques des Sciences

**Crédits : 1**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

Familiarisation avec des concepts qui sortent du contexte purement scientifique, vers d’autres axes permettant d’élargir le sens de compréhension et d’analyse à travers l’initiation à une discipline qui tient en considération égale l’importance de chaque pôle (enseigné – enseignant- savoir) dans le processus d’enseignement.

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

*Notions générales de la pédagogie et de la philosophie des sciences.*

**Contenu de la matière** *(indiquer obligatoirement le contenu détaillé du programme en présentiel et du travail personnel)*

**I. Didactique des Sciences - Introduction**

I.1. Historique et essai de définition

I.2 Notions liées à la didactique

I.3 Epistémologie- Théorie de connaissance

**II. Didactique selon les littératures francophones**

II.1 Triangle didactique ou pédagogique.

II.2 Axe cognitif (Enseigné – Savoir)

II.3 Axe formatif (Enseignant – Enseigné)

II.4 Axe sommatif (Enseignant - Savoir )

**III. Didactique selon les littératures anglo-saxonnes**

III.1. La différence entre la didactique et la pédagogie

III.2 L'Intérêt porté au contenu à enseigner

III.3 L’intérêt porté aux méthodes d’enseignement

III. 4. Activité enseignement/Apprentissage

III. 5 Objectifs didactiques

**IV. Situations didactiques**

IV. 1 Situation d’action

IV.2 Situation de formulation

IV.3 Situation de validation

**V. Contrat didactique**

V.1 Définitions

V.2 Les effets de contrat didactique.

**VI Transposition didactique**

VI.1 Définitions

VI.2 Transposition didactique externe

VI.3 Transposition didactique interne

VI.4 Mécanismes de transposition didactique

**VII. Représentations/Conceptions**

**VII.1** Définitions

VII.2 Fonction des représentations

VII.3 Processus de formation des représentations

VII.4 Situation didactique des représentations

**VIII Obstacles**

VIII.1 Définitions

VIII.2 Sources des obstacles

VIII. 3 Obstacle épistémologique, obstacle didactique, objectif-obstacle

**IX. Théories d’apprentissage**

IX.1 Introduction

IX.2 Modèle d'enseignement direct, ou modèle transmissif

IX.3 Behaviorisme

IX.4 Constructivisme

IX.5 Socioconstructivisme

**Travail personnel:**

**-** Invoquerl’intérêt porté à la psychologie des apprentissages.

- Analyse des différences entre la pédagogie et la didactique des sciences

- Envisager les relations entre enseignement et apprentissage.

- Citer des exemples de conceptions en sciences physiques.

- Etude des différents types d’obstacles.

**Mode d’évaluation :***Contrôle continu, examen, etc…(La pondération est laissée à l’appréciation de l’équipe de formation)*

*Contrôle continu, examen*

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

1 Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques, Jean-Jacques Dupin et Samuel Johsua, Presses Universitaires de France - PUF 2003,

2 La didactique des sciences physiques, Jalel SAADI, Institut Supérieur de l’Éducation et de la Formation Continue, Université de Tunis 2004/2005

3 De l'apprentissage à l'enseignement, DEVELAY M. Paris, éd. ESF. 1992

4 La didactique des sciences, ASTOLFI J.P. et Develay M. Que sais-je. PUF. n° 2448. Paris. 1989.

5 Théories d’apprentissage, Mustapha Nacef, Conseil national de la culture , des arts et des lettres , Koweït 1983

6 Introduction à la science d’enseignement, Analyse du processus éducatif, Derrij Mohammed, Al Ain : UNIVERSITY BOOK HOUSE 2003

**Intitulé du Master : Physique Energétique et Energies Renouvelables**

**Semestre *: 3***

**Intitulé de l’UE : UED1**

**Intitulé de la matière : Laser et fibres optiques**

**Crédits : 2**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement** (*Décrire ce que l’étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*

Acquérir des connaissances sur les différents types de laser, les processus physiques caractérisant l’effet laser, la transmission lumineuse via les fibres optiques, ainsi que des applications dans les domaines technologiques tels que l’optoélectronique.

**Connaissances préalables recommandées (***descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

Notions de base sur l’optique, la physique des semi-conducteurs ; les matériaux et dispositifs photoniques

**Contenu présentiel :**

I-Résonances optiques

II-Oscillateurs LASER

III- Différents types de LASER

IV-LASER à semi-conducteurs

V- Modulation optique

VI-Transmission guidée.

* Fibre otique
* Propagation d'impulsion LASER dans les fibres otiques

VII-Détecteurs optoélectroniques

VIII- Applications :

**Travail personnel :**

Régulation

Mesure,

Automatisme,

Télécommunications

**Mode d’évaluation :**examens + interrogations écrites

**Références** *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

1. Electronic and Optoelectronic Properties of semiconductor structures, J Singh, Cambridge University Press, Cambridge 2003.

**V- Accords ou conventions**

**Oui**

**NON**

(Si oui, transmettre les accords et/ou les conventions dans le dossier papier de la formation)

**LETTRE D’INTENTION TYPE**

**(En cas de master coparrainé par un autre établissement universitaire)**

**(Papier officiel à l’entête de l’établissement universitaire concerné)**

Objet : Approbation du coparrainage du master intitulé :

Par la présente, l’université (ou le centre universitaire) déclare coparrainer le master ci-dessus mentionné durant toute la période d’habilitation de ce master.

A cet effet, l’université (ou le centre universitaire) assistera ce projet en :

- Donnant son point de vue dans l’élaboration et à la mise à jour des programmes d’enseignement,

- Participant à des séminaires organisés à cet effet,

- En participant aux jurys de soutenance,

- En œuvrant à la mutualisation des moyens humains et matériels.

SIGNATURE de la personne légalement autorisée :

FONCTION :

Date :

**LETTRE D’INTENTION TYPE**

**(En cas de master en collaboration avec une entreprise du secteur utilisateur)**

**(Papier officiel à l’entête de l’entreprise)**

**OBJET :** Approbation du projet de lancement d’une formation de master intitulé :

Dispensé à :

Par la présente, l’entreprise déclare sa volonté de manifester son accompagnement à cette formation en qualité d’utilisateur potentiel du produit.

A cet effet, nous confirmons notre adhésion à ce projet et notre rôle consistera à :

* Donner notre point de vue dans l’élaboration et à la mise à jour des programmes d’enseignement,
* Participer à des séminaires organisés à cet effet,
* Participer aux jurys de soutenance,
* Faciliter autant que possible l’accueil de stagiaires soit dans le cadre de mémoires de fin d’études, soit dans le cadre de projets tuteurés.

Les moyens nécessaires à l’exécution des tâches qui nous incombent pour la réalisation de ces objectifs seront mis en œuvre sur le plan matériel et humain.

Monsieur (ou Madame)…………………….est désigné(e) comme coordonateur externe de ce projet.

SIGNATURE de la personne légalement autorisée :

**FONCTION :**

**Date :**

**CACHET OFFICIEL ou SCEAU DE L’ENTREPRISE**