



## SYLLABUS DE COURS

**Intitulé du parcours** : Master de Recherche en Chimie des Matériaux

**Semestre d'évolution** : Harmattan 2

**Code et intitulé de l'enseignement** : CHM 630 - Méthodes d'Elaboration des Matériaux en couches minces

**Nombre de crédits** : 3

**Enseignant responsable de l'UE** :

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

**Public cible** : Cette UE est destinée aux apprenants inscrits au Semestre Harmattan 2 du Parcours Master de recherche en Chimie des Matériaux

**Prérequis** : Pas de prérequis

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

#### **OBJECTIF GÉNÉRAL**

Le cours « CHM 630 - Méthodes d'Elaboration des Matériaux en couches minces » a pour objectif de faire connaître aux étudiants les différentes techniques d'élaboration des matériaux sous forme de couches minces. Il s'agit de présenter les techniques les plus usuelles d'élaboration de couches minces aussi bien physiques que chimiques. L'étudiant(e) devrait comprendre et maîtriser les concepts de base pour lui-même et être en mesure de concevoir et développer de nouvelles applications.

#### **OBJECTIFS SPÉCIFIQUES**

A la fin de ce cours, les étudiants devront être capables de :

- Connaître et comprendre les méthodes physiques d'élaboration des matériaux en couches minces telles que : l'évaporation sous vide, la pulvérisation cathodique, l'épitaxie par jet moléculaire ;

- Connaître et comprendre les méthodes chimiques d'élaboration des matériaux en couches minces telles que : les dépôts chimiques en phase vapeur en milieu gaz réactif (CVD thermique, OMCVD, CVD laser, PECVD) et en milieu liquide (spray pyrolyse, sol-gel, bain chimique).

**Langue d'enseignement** : Français

**Bref descriptif de l'enseignement** :

Ce cours confère aux étudiants des connaissances sur les grandes techniques d'élaboration des matériaux en couches minces. Le cours introduit d'abord la notion de couches minces et situe leur importance et leurs applications. Il présente tour à tour les techniques physiques et les techniques chimiques en mettant l'accent sur les principes de base, le procédé et la mise en œuvre, les avantages et inconvénients et les applications.

## Organisation de l'enseignement

Objectifs (Étudiants)	Séance N°	Activités d'enseignement/apprentissage	Formules et techniques pédagogiques	Matériel/ Support pédagogique
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser le syllabus,</li> <li>- appliquer les consignes de travail concernant l'UE ;</li> <li>- Connaître et comprendre les notions de couches minces, leurs caractéristiques et leurs applications générales</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Présentation et discussion du syllabus avec les étudiants ;</b></li> <li>- <b>Explication des consignes de travail aux étudiants ;</b></li> <li>- <b>Explication des modalités et consignes d'échanges entre étudiants et enseignant.</b></li> </ul> <p><b>Chapitre 0 : Introduction à l'élaboration des matériaux en couches minces (Définition des couches minces, importance et applications)</b></p> <p><b>Activités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cours magistral ;</li> <li>- Activités pratiques sur les outils de formation ;</li> <li>- Exercices et travaux dirigés sur les notions de couches minces et leurs applications</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lecture et visionnement personnel des ressources</li> <li>-Cours magistral</li> <li>-Travaux dirigés</li> <li>-Approche interactive,</li> <li>-Approche par situation problème,</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Démonstration</li> <li>-Recherche libre sur les thématiques sur internet</li> <li>-Résolution de problème/ exercices</li> <li>-Travail d'équipe</li> </ul>	Syllabus, Ordinateurs, Support de cours Vidéo projecteur
Comprendre les principes physiques, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients, les applications de l'évaporation thermique sous vide	2	<p><b>Chapitre 1 : Méthodes physiques d'élaboration des couches minces : l'évaporation thermique sous vide (Principes physiques, mise en œuvre, avantages, inconvénients et applications de l'évaporation thermique sous vide)</b></p> <p><b>Activités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cours magistral ;</li> <li>- Exercices et travaux dirigés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lecture et visionnement personnel des ressources</li> <li>-Cours magistral</li> <li>-Travaux dirigés</li> <li>-Approche interactive,</li> <li>-Approche par situation problème,</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Démonstration</li> <li>-Recherche libre sur les thématiques sur internet</li> <li>-Résolution de problème/ exercices</li> <li>-Travail d'équipe</li> </ul>	Ordinateurs, Support de cours Vidéo projecteur

		sur les principes physiques, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients et les applications de l'évaporation thermique sous vide		
Comprendre les principes physiques, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients, les applications de la pulvérisation cathodique	3	<p><b>Chapitre 2 : Méthodes physiques d'élaboration des couches minces : la pulvérisation cathodique (Principes physiques, mise en œuvre, avantages, inconvénients et applications de la pulvérisation cathodique)</b></p> <p><b>Activités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cours magistral ;</li> <li>- Exercices et travaux dirigés sur les principes physiques, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients et les applications de la pulvérisation cathodique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lecture et visionnement personnel des ressources</li> <li>-Cours magistral</li> <li>-Travaux dirigés</li> <li>-Approche interactive,</li> <li>-Approche par situation problème,</li> <li>-Démonstration</li> <li>-Recherche libre sur les thématiques sur internet</li> <li>-Résolution de problème/ exercices</li> <li>-Travail d'équipe</li> </ul>	Ordinateurs, Support de cours Vidéo projecteur
Comprendre les principes physiques, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients, les applications de l'épitaxie par jets moléculaires	4	<p><b>Chapitre 3 : Méthodes physiques d'élaboration des couches minces : l'épitaxie par jets moléculaires (Principes physiques, mise en œuvre, avantages, inconvénients et applications de l'épitaxie par jets moléculaires)</b></p> <p><b>Activités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cours magistral ;</li> <li>- Exercices et travaux dirigés sur les principes physiques, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients et les applications de l'épitaxie par jets moléculaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lecture et visionnement personnel des ressources</li> <li>-Cours magistral</li> <li>-Travaux dirigés</li> <li>-Approche interactive,</li> <li>-Approche par situation problème,</li> <li>-Démonstration</li> <li>-Recherche libre sur les thématiques sur internet</li> <li>-Résolution de problème/ exercices</li> <li>-Travail d'équipe</li> </ul>	Ordinateurs, Support de cours Vidéo projecteur
Comprendre les principes physiques, la	5	<b>Chapitre 3 (suite) : Méthodes physiques d'élaboration des couches minces : l'épitaxie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lecture et visionnement personnel des ressources</li> <li>-Cours magistral</li> </ul>	Ordinateurs, Support de cours

mise en œuvre, les avantages et inconvénients, les applications de l'épitaxie par jets moléculaires		<p><b>par jets moléculaires (Principes physiques, mise en œuvre, avantages, inconvénients et applications de l'épitaxie par jets moléculaires)</b></p> <p><b>Activités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cours magistral ;</li> <li>- Exercices et travaux dirigés sur les principes physiques, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients et les applications de l'épitaxie par jets moléculaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Travaux dirigés</li> <li>-Approche interactive,</li> <li>-Approche par situation problème,</li> <li>-Démonstration</li> <li>-Recherche libre sur les thématiques sur internet</li> <li>-Résolution de problème/ exercices</li> <li>-Travail d'équipe</li> </ul>	Vidéo projecteur
Comprendre les principes de base, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients, les applications du CVD thermique et de l'OMCVD	6	<p><b>Chapitre 4 : Méthodes chimiques d'élaboration des couches minces : le CVD thermique et l'OMCVD (Principes, mise en œuvre, avantages, inconvénients et applications du CVD thermique et de l'OMCVD)</b></p> <p><b>Activités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cours magistral ;</li> <li>- Exercices et travaux dirigés sur les principes physiques, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients et les applications du CVD thermique et de l'OMCVD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lecture et visionnement personnel des ressources</li> <li>-Cours magistral</li> <li>-Travaux dirigés</li> <li>-Approche interactive,</li> <li>-Approche par situation problème,</li> <li>-Démonstration</li> <li>-Recherche libre sur les thématiques sur internet</li> <li>-Résolution de problème/ exercices</li> <li>-Travail d'équipe</li> </ul>	Ordinateurs, Support de cours Vidéo projecteur
Comprendre les principes de base, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients, les applications du CVD laser et du PECVD	7	<p><b>Chapitre 5 : Méthodes chimiques d'élaboration des couches minces : le CVD laser et le PECVD (Principes, mise en œuvre, avantages, inconvénients et applications du CVD laser et du PECVD)</b></p> <p><b>Activités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cours magistral ;</li> <li>- Exercices et travaux dirigés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lecture et visionnement personnel des ressources</li> <li>-Cours magistral</li> <li>-Travaux dirigés</li> <li>-Approche interactive,</li> <li>-Approche par situation problème,</li> <li>-Démonstration</li> <li>-Recherche libre sur les thématiques sur internet</li> </ul>	Ordinateurs, Support de cours Vidéo projecteur

		sur les principes physiques, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients et les applications du CVD laser et du PECVD	-Résolution de problème/ exercices -Travail d'équipe	
Comprendre les principes de base, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients, les applications du sol-gel	8	<b>Chapitre 5 : Méthodes chimiques d'élaboration des couches minces : le Sol-gel (Principes, mise en œuvre, avantages, inconvénients et applications du sol-gel)</b>  <b>Activités :</b> - Cours magistral ; - Exercices et travaux dirigés sur les principes physiques, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients et les applications du sol-gel	-Lecture et visionnement personnel des ressources -Cours magistral -Travaux dirigés -Approche interactive, -Approche par situation problème,  -Démonstration -Recherche libre sur les thématiques sur internet -Résolution de problème/ exercices -Travail d'équipe	Ordinateurs, Support de cours Vidéo projecteur
Comprendre les principes de base, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients, les applications du sol-gel	9	<b>Chapitre 5 (suite): Méthodes chimiques d'élaboration des couches minces : le Sol-gel (Principes, mise en œuvre, avantages, inconvénients et applications du sol-gel)</b>  <b>Activités :</b> - Cours magistral ; - Exercices et travaux dirigés sur les principes physiques, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients et les applications du sol-gel	-Lecture et visionnement personnel des ressources -Cours magistral -Travaux dirigés -Approche interactive, -Approche par situation problème,  -Démonstration -Recherche libre sur les thématiques sur internet -Résolution de problème/ exercices -Travail d'équipe	Ordinateurs, Support de cours Vidéo projecteur
Comprendre les principes de base, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients, les applications du Spray pyrolyse	10	<b>Chapitre 7 : Méthodes chimiques d'élaboration des couches minces : le spray pyrolyse (Principes, mise en œuvre, avantages, inconvénients et applications du spray pyrolyse)</b>	-Lecture et visionnement personnel des ressources -Cours magistral -Travaux dirigés -Approche interactive, -Approche par situation problème,	Ordinateurs, Support de cours Vidéo projecteur

		<b>Activités :</b> - Cours magistral ; - Exercices et travaux dirigés sur les principes physiques, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients et les applications du spray pyrolyse	-Démonstration -Recherche libre sur les thématiques sur internet -Résolution de problème/ exercices -Travail d'équipe	
Comprendre les principes de base, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients, les applications du dépôt par bain chimique	11	<b>Chapitre 8 : Méthodes chimiques d'élaboration des couches minces : le dépôt par bain chimique</b> <b>(Principes, mise en œuvre, avantages, inconvénients et applications du spray pyrolyse)</b>  <b>Activités :</b> - Cours magistral ; - Exercices et travaux dirigés sur les principes physiques, la mise en œuvre, les avantages et inconvénients et les applications du dépôt par bain chimique	-Lecture et visionnement personnel des ressources -Cours magistral -Travaux dirigés -Approche interactive, -Approche par situation problème,  -Démonstration -Recherche libre sur les thématiques sur internet -Résolution de problème/ exercices -Travail d'équipe	Ordinateurs, Support de cours Vidéo projecteur
- Cerner l'enseignement par des précisions sur toutes les séances précédentes - faire une synthèse de l'essentiel du cours	12	<b>Récapitulatif de l'ensemble de l'enseignement</b> <b>Recadrage et Consolidation</b>  <b>Activités</b> Questions-Réponses, explications, critiques sur les contenus des séances précédentes, retour sur quelques exercices ou TDs essentiels	-Démonstration -Recherche libre sur les thématiques sur internet -Résolution de problème/ exercices -Travail d'équipe	Ordinateurs, Support de cours Vidéo projecteur

## **Évaluation**

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

Contrôles continus : Exposés et Devoirs Sur Table : 40 %

### **- Examen final : Examen 60 %**

**Épreuves écrites : Exercices normaux et QCM**

## **Bibliographie**

- 1- Traité des matériaux, 4. analyse et technologie des surfaces, couches minces et tribologie, presses polytechniques et universitaires romandes. Hans Jörg Mathieu, Erich Bergmann, René Gras. 2003 ;
- 2- Marie Buffière. Synthèse et caractérisation de couches minces de Zn(O,S) pour application au sein des cellules solaires à base de Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub>. Matériaux. Thèse, Université de Nantes, 2011. Français
- 3- BOUCHOUAREB Khireddine : Elaboration et caractérisation des couches minces CuInS<sub>2</sub>, mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de magister en physique, Université d'Oran des Sciences et de la Technologie (Mohamed Boudiaf), 2014-2015
- 4- BARIR Rafia : Etude de propriétés thermiques en phase gazeuse lors de la déposition dans les procédés LCV, mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master Académique. Université Kasdi Merbah Ouargla, 2013.
- 5- Dossier Technique : Le Procédé Sol-Gel. RESCOLL
- 6- Techniques de dépôts PVD et CVD : Centre d'Ingénierie en Traitements et Revêtements de surface Avancés (CITRA)