

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**HARMONISATION**

**OFFRE DE FORMATION MASTER**

**ACADEMIQUE/PROFESSIONNALISANT**

<b>Etablissement</b>	<b>Faculté / Institut</b>	<b>Département</b>
<b>Université Mohamed BOUDIAF de M'SILA</b>	<b>Faculté des Sciences</b>	<b>Chimie</b>

**Domaine : Sciences de la Matière**

**Filière : Chimie**

**Spécialité : MATERIAUX POUR L'ELECTROCHIMIE**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

مواصفة عرض تكوين

ماستر أكاديمي

القسم	الكلية/ المعهد	المؤسسة
الكيمياء	كلية العلوم	جامعة المسيلة

الميدان : علوم المادة

الشعبة : الكيمياء

التخصص : المواد من أجل الكهروكيمياء

# SOMMAIRE

I - Fiche d'identité du Master	4
1 - Localisation de la formation	5
2 - Partenaires de la formation	5
3 - Contexte et objectifs de la formation	6
A - Conditions d'accès	6
B - Objectifs de la formation	6
C - Profils et compétences visées	6
D - Potentialités régionales et nationales d'employabilité	7
E - Passerelles vers les autres spécialités	8
F - Indicateurs de suivi de la formation	8
G - Capacités d'encadrement	9
4 - Moyens humains disponibles	10
A - Enseignants intervenant dans la spécialité	10
B - Encadrement Externe	12
5 - Moyens matériels spécifiques disponibles	13
A - Laboratoires Pédagogiques et Equipements	13
B- Terrains de stage et formations en entreprise	14
C - Laboratoires de recherche de soutien au master	14
D - Projets de recherche de soutien au master	15
E - Espaces de travaux personnels et TIC	15
II - Fiche d'organisation semestrielle des enseignements	16
1- Semestre 1	17
2- Semestre 2	18
3- Semestre 3	19
4- Semestre 4	20
5- Récapitulatif global de la formation	20
III - Programme détaillé par matière	21
IV – Accords / conventions	

**I – Fiche d'identité du Master**  
**(Tous les champs doivent être obligatoirement remplis)**

## **1 - Localisation de la formation :**

**Faculté (ou Institut) : Faculté des Sciences**  
**Département : Chimie**

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

- autres établissements universitaires :

- entreprises et autres partenaires socio économiques :

- Partenaires internationaux :

\* = Présenter les conventions

### 3 – Contexte et objectifs de la formation

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

Cette formation est accessible sur étude de dossier à tous les étudiants ayant une licence (académique) dans le domaine de :

- La chimie analytique,
- La chimie physique,
- Science des matériaux.

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

Les **nanosciences** représentent l'un des développements les plus promoteurs des sciences de la matière. Dans l'état actuel, les matériaux ayant fait l'objet d'études sont essentiellement : (i) Les **matériaux nanocomposites**, (ii) Les **matériaux nanostructurés** sont obtenus par des méthodes d'assemblage permettant de lier les unités des nano-objets les unes aux autres mais aussi à la matrice par des liaisons chimiques fortes telles que les liaisons covalentes.

De leurs parts, les domaines d'application de l'**électrochimie** sont nombreux :

- Le stockage et la conversion de l'énergie (générateurs électrochimiques, électrolyseurs),
- L'électrosynthèse de matériaux minéraux ou organiques et de métaux (Al, Ti, Ni, Cd, Zn),
- Les traitements de surface (anodisation de l'aluminium, fabrication de composants électroniques)
- La corrosion des métaux et alliages (lutte contre la corrosion),
- La chimie analytique (électrodes sélectives, capteurs à gaz, conductimétrie, pH-mètre..).

Le master de "Matériaux Pour l'Electrochimie" est une formation spécialisée de type académique de graduation. A ce titre, elle s'effectue sous la supervision directe du département de chimie de l'Université M. Boudiaf de M'sila. Ce master possède comme support indispensable le Laboratoire des Matériaux Inorganiques (LMI). L'objectif de cette spécialité est de faire acquérir aux étudiants une maîtrise conceptuelle et expérimentale en électrochimie et en sciences des matériaux. La diversité thématique des équipes impliquées dans la formation ainsi que l'éventail des approches et des outils devraient permettre de former les étudiants dans un esprit d'interdisciplinarité. La formation, tant théorique que pratique, a pour objectif de créer chez l'étudiant une réelle capacité à initier et à conduire une réflexion, voire un projet de recherche, de manière autonome et créative.

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

Devant l'extrême mouvance des marchés, devant l'évolution de plus en plus rapide des technologies, il est nécessaire de donner au diplômé (Master) chimiste une formation qui lui permette de s'intégrer dans ce mode de mutation. Au-delà de la formation générale classique

nécessaire au bagage scientifique du diplômé (Master), notre département vise les profils et les compétences suivants :

- la polyvalence de la formation dans les diverses branches de la chimie (matériaux nanocomposites, hybrides, nanostructurés, électrochimie, chimie analytique, sciences des polymères, ...);
- une large diversité dans le choix des travaux de fin d'études réalisés en laboratoire de recherche ou en collaboration avec l'industrie (04 équipes de recherche);
- une responsabilisation croissante insufflée aux étudiants, plus particulièrement dans le cadre des travaux pratiques ou dans le cadre de réalisation des projets de fin d'études;
- de nombreuses interactions avec le monde industriel (visites organisées par le département).

## D- Potentialités régionales et nationales d'employabilité

L'activité industrielle et de recherche en électrochimie et en matériaux a continué à connaître, depuis une décennie, une augmentation appréciable. La chimie reste, à l'heure d'aujourd'hui, le second secteur industriel du pays et plus particulièrement dans notre région. De nombreux secteurs relèvent de l'industrie chimique, citons entre autres : Métanof (Anodisation d'aluminium, M'sila), Tindal (colorants, M'sila), Hodna lait (Laiterie Hodna, M'sila), ENPEC (Générateurs électrochimique, Sétif), BCR (Electrodéposition des métaux, Cu-Ni-Cr, Sétif), l'entreprise Cimenterie ACC (ORASCOM, M'sila), les firmes d'électroniques (Lotus (M'sila), Matrix (M'sila), Samsung et Condor (BBA)), etc

La spécialité **recherche** du Master « **Matériaux pour l'électrochimie** » a pour ambition :

- Adaptation de la formation à la conjoncture socio-économique régionale et nationale
- D'irriguer les laboratoires universitaires et de recherche-développement des grands groupes industriels.
- Cette formation s'adresse aussi aux secteurs privé et public (PME-PMI, collectivités territoriales, Etat,...) ayant besoin de scientifiques compétents possédant une formation poussée et interdisciplinaire de l'électrochimie, des interfaces, des surfaces, et des nouveaux matériaux fonctionnels, dans le cadre plus général du développement des nano-sciences. Elle est donc en mesure de fournir des cadres formés par la recherche pour de nombreuses structures des dans des domaines pour lesquels la demande d'expertise scientifique est également très forte.

## E – Passerelles vers d'autres spécialités

Les passerelles spécifiques aux différentes options licences indiquées ci-dessus sont possibles entre-elles, à condition que l'étudiant s'acquitte des unités d'enseignement (crédits) qui diffèrent de ceux de sa formation de base. Pour les étudiants issus des autres licences, les concernés doivent présenter une formation équivalente et seront soumis aux mêmes conditions que les étudiants du département (s'acquitter des modules différents des leurs). Pour la poursuite des études, les diplômés en Master académique seront appelés à effectuer la formation de Doctorat.

## F – Indicateurs de suivi de la formation

Les enseignements débutent début de septembre et sont organisés sous formes de cours, TD et TP. Ils donnent lieu à un examen dont la première session se déroule fin janvier (14 semaines d'enseignement). Le deuxième semestre commence au mois de Février et une série d'examen sera organisé vers mi-juin (14 semaines).

**A la lumière de la circulaire ministérielle n° 6 du 17 septembre 2007**

### 1- Epreuves et contrôle continu :

- A la fin de chaque semestre, chaque module sera évalué sur la base d'une seule note. Cette dernière sera constituée pour 2/3 de la note de l'examen final (EF), et pour 1/3 de la note du contrôle continu (CC).

$$\text{Moyenne du module} = (2EF + CC)/3$$

- Le contrôle continu est constitué des travaux pratiques ainsi que des épreuves de contrôle et d'évaluation proposées par chaque enseignant de module au cours du semestre.

- Les modalités du contrôle continu sont laissées à l'appréciation de chaque enseignant. Quel que soit le nombre des épreuves effectuées au cours de ce contrôle continu, une seule note représentera la moyenne de ce contrôle.

- L'assiduité aux activités du master est obligatoire, à cet effet, l'équipe pédagogique a décidé de ne pas réserver des périodes bloquées pour le contrôle continu. Elle recommande aux étudiants de maintenir un rythme régulier dans l'apprentissage de chaque matière figurant au programme.

- Pour les étudiants qui seront obligés de passer une épreuve de rattrapage (ER), la note de l'épreuve remplace celle de l'examen final et compte pour 2/3 ; les notes inchangées du contrôle continu interviendront pour le 1/3 restant dans le calcul de la nouvelle moyenne.

$$\text{Moyenne du rattrapage} = (2ER + CC)/3$$

Il sera tenu compte de la meilleure moyenne pour l'évaluation globale de l'étudiant.

- A l'issue de toutes les épreuves et si nécessaire, une compensation interne à chaque UE est prévue en tenant compte des coefficients des modules. Il en sera de même pour la compensation entre UE où, cette fois-ci, il sera tenu compte des coefficients des différentes UE.

- S'il le souhaite, un étudiant ayant acquis ses UE par compensation, peut repasser une épreuve de rattrapage afin d'améliorer sa moyenne dans une matière compensée, où la note était inférieure à 10/20.

- Durant toute la durée du master, un étudiant ne peut redoubler qu'une seule et unique fois.

### 2- Conformément au descriptif du master, l'équipe pédagogique rappelle les conditions d'accès au master en Matériaux pour l'Electrochimie :

- Un diplôme de licence LMD sciences de la matière : Electrochimie, chimie analytique, chimie physique et sciences des matériaux (option chimie).
  - autres diplômes de licence des sciences de la matière (*après étude du dossier et avis de l'équipe pédagogique*).
- 3- Une liste des enseignants intervenant en master sera mise à la disposition des étudiants pour qu'ils puissent les consulter en cas de besoin. L'équipe pédagogique encourage les étudiants à consulter le plus normalement et le plus souvent possible tout enseignant de cette équipe.

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

20 étudiants

## 4 – Moyens humains disponibles

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

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

Nom, prénom	Diplôme graduation + Spécialité	Diplôme Post graduation + Spécialité	Grade	Type d'intervention *	Emargement
ZEGHOUGH Djidel		Doctorat d'Etat	Pr.	C+ TD+TP	
SAADI Hocine		Doctorat d'Etat	Pr.	C+ TD+TP	
OUALI Dehimi		Doctorat d'Etat	Pr.	C+ TD+TP	
TELLI Laid		Doctorat d'Etat	Pr.	C+ TD+TP	
MEROUCH Abdallah		Doctorat d'Etat	Pr.	C+ TD+TP	
KHALDOUN Mohamed		Doctorat d'Etat	MC(A)	C+ TD+TP	
MOUKRANI Cheikh		Doctorat d'Etat	MC(A)	C+ TD+TP	
Latelli nadjia		Doctorat sciences	MC(A)	C+ TD+TP	
DAKHOUCHE Achour		Doctorat d'Etat	MC(A)	C+ TD+TP	
ZIDELKHEIR Belgacem		Doctorat d'Etat	MC(A)	C+ TD+TP	
Bouacha Samir		Doctorat sciences	MC(B)	C+ TD+TP	
BENMEKHBI Lotfi		Doctorat sciences	MC(B)	C+ TD+TP	
RAFFESS Abdelbaki		Doctorat d'Etat	MC(B)	C+ TD+TP	
HACHELAF Ahlem		Magister	MA(A)	C+ TD+TP	
BENYAHIAAzzedine		Magister	MA(A)	C+ TD+TP	
LAIB Nouri		Magister	MA(A)	C+ TD+TP	
KHANNICHE A/Hakim		Magister	MA(A)	C+ TD+TP	
HADROUG Algia		Magister	MA(A)	C+ TD+TP	
MELOUKI Azzedinne		Magister	MA(A)	C+ TD+TP	
Saghouani Houria		Magister	MA(A)	C+ TD+TP	
Deghfel Nadir		Magister	MA(A)	C+ TD+TP	
Zidane Salima		Magister	MA(A)	C+ TD+TP	
Boulegghem Hocine		Magister	MA(A)	C+ TD+TP	

**B : Encadrement Externe :**

**Etablissement de rattachement :**

Nom, prénom	Diplôme graduation + Spécialité	Diplôme Post graduation + Spécialité	Grade	Type d'intervention *	Emargement

**Etablissement de rattachement :**

Nom, prénom	Diplôme graduation + Spécialité	Diplôme Post graduation + Spécialité	Grade	Type d'intervention *	Emargement

**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 : Laboratoire d'électrochimie**

N°	Intitulé de l'équipement	Nombre	observations
01	Chaînes électrochimiques	05	Fonctionnels
02	Electrode à disque tournant	01	Fonctionnel
03	Générateur de courant	03	Fonctionnels
04	Ampèremètre/Voltmètre	02	Fonctionnels
05	Electrodes de références	11	Fonctionnels
06	Contre électrode en platine	07	Fonctionnels
07	Bain thermostaté	03	Fonctionnels
08	Agitateur magnétique	05	Fonctionnels
09	Fours (30 – 3000°C)	01	Fonctionnels
10	Balance analytique	01	Fonctionnels
11	pH-mètre	02	Fonctionnels
12	Conductimètre	02	Fonctionnels

**Intitulé du laboratoire : Laboratoire d'analyse thermique**

N°	Intitulé de l'équipement	Nombre	observations
01	Analyse thermique différentielle (ATD)	01	Fonctionnels
02	Analyse thermique gravimétrique (ATG)	01	Fonctionnel
03	Fours électrique	01	Fonctionnels
04	Balance analytique	01	Fonctionnels

**Intitulé du laboratoire : Laboratoire d'analyse spectrale**

N°	Intitulé de l'équipement	Nombre	observations
01	Spectrophotomètre (UV-Vis.),	01	Fonctionnels
02	Spectrophotomètre IR-TF	01	Fonctionnel
03	Chromatographie en phase gazeuse	01	Fonctionnel
04	Absorption atomique	01	Fonctionnel

**Intitulé du laboratoire : Laboratoire de cristallographie et de matériaux**

N°	Intitulé de l'équipement	Nombre	observations
01	Diffractomètre Rayon X	01	Fonctionnels
02	Porosimètre	01	Fonctionnel
03	Potentiel zeta	01	Fonctionnel
04	Microscopie métallographique	01	Fonctionnel

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

Lieu du stage	Nombre d'étudiants	Durée du stage
ENPEC (Sétif) :	05	15 jours
BCR (Ain El Kébira, Sétif)	05	15 jours
Algal + (M'sila) :	05	15 jours
Tindal (M'sila) :	05	15 jours

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

<b>Chef du laboratoire : Pr. Merrouche Abdellah</b>
<b>N° Agrément du laboratoire : décrit N°27 du 07 juillet 1999</b>
Date :
Avis du chef de laboratoire :

<b>Chef du laboratoire :</b>
<b>N° Agrément du laboratoire :</b>
Date :
Avis du chef de laboratoire:

## 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

## E- Espaces de travaux personnels et TIC :

L'université de M'sila dispose d'espace suffisant pour les travaux personnel des étudiants.

Lieu	Type de salle	Nature du travail
Locaux pédagogiques	- 02 Amphis - 8 salles TD appartenant au département - 6 salles TP appartenant au département - Différents locaux communs de l'université	Cours, TD, TP
Equipements informatiques	- Une Salle d'informatique pour les étudiants en graduation et en post graduation - Une Salle des enseignants équipés de microordinateurs	Travail personnel
Département	Salle de réunion	Tutorat
Autres logistiques	Les moyens des autres départements de l'université (laboratoires et équipements industriels)	Travail personnel

## **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				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	15 sem	C	TD	TP	Travail Personnel			Continu	Examen
<b>UE fondamentales</b>									
<b>UEF1(O/P)</b>									
Thermodynamique appliquée à la chimie	45 h	1,5 h	1,5 h	-	55h	2	4	1/3	2/3
<b>UEF2(O/P)</b>									
Principes d'électrochimie	67.5 h	3,0 h	1,5 h	-	82.5	3	6	1/3	2/3
<b>UEF3(O/P)</b>									
Méthodes de caractérisation des matériaux	45 h	1.5 h	1,5 h	-	55	2	4	1/3	2/3
<b>UEF4(O/P)</b>									
Matériaux et réactions d'électrodes des générateurs électrochimiques	45 h	1,5 h	1,5 h	-	55	2	4	1/3	1/3
<b>UE méthodologie</b>									
<b>UEM1(O/P)</b>									
Techniques de caractérisation texturale et structurale	45 h	-	-	3.0h	10h	3	3	1/3	2/3
<b>UEM2(O/P)</b>									
Générateurs électrochimiques et système électrochimiques	60 h	-	-	4.0h	10h	4	4	1/3	2/3
<b>UE découverte</b>									
<b>UED1(O/P)</b>									
Histoire de la chimie	45 h	3h	-	-	5h	3	3	1/3	2/3
<b>UE transversales</b>									
<b>UET1(O/P)</b>									
Anglais scientifique 1	22.5 h	1,5 h	-	-	2.30h	2	2	1/3	2/3
<b>Total Semestre 1</b>	<b>375 h</b>	<b>12.0 h</b>	<b>6 h</b>	<b>7,0 h</b>	<b>275h</b>	<b>22</b>	<b>30</b>		

## 2- Semestre 2 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	15 sem	C	TD	TP	Travail Personnel			Continu	Examen
<b>UE fondamentales</b>									
<b>UEF5(O/P)</b>									
Cinétique électrochimique	45 h	1,5h	1,5h	-	55h-	2	4	1/3	2/3
<b>UEF6(O/P)</b>									
Revêtements électrolytiques et Corrosion	67.5 h	3,0h	1,5h	-	82.5h	3	6	1/3	2/3
<b>UEF7(O/P)</b>									
Méthodologie d'analyse électrochimique	45 h	1,5h	1,5h	-	55h	2	4	1/3	2/3
<b>UEF8(O/P)</b>									
Méthodes de préparation des Matériaux inorganiques solides	45 h	1.5 h	1,5 h	-	55h	2	4	1/3	2/3
<b>UE méthodologie</b>									
<b>UEM3(O/P)</b>									
Techniques d'analyse électrochimiques	60 h	-	-	4.0h	10h	4	4	1/3	2/3
<b>UEM4(O/P)</b>									
Corrosion des métaux	45 h	-	-	3.0h	10h	3	3	1/3	2/3
<b>UE découverte</b>									
<b>UED2(O/P)</b>									
Les biotechnologies	45 h	3h	-	-	5h	3	3	1/3	2/3
<b>UE transversales</b>									
<b>UET2(O/P)</b>									
Anglais scientifique 2	22.5 h	1,5 h	-	-	2.5h	2	2	1/3	2/3
<b>Total Semestre 2</b>	<b>375 h</b>	<b>12.0 h</b>	<b>6.0 h</b>	<b>7,0 h</b>	<b>275h</b>	<b>22</b>	<b>30</b>		

### 3- Semestre 3 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	15 sem	C	TD	TP	Travail Personnel			Continu	Examen
<b>UE fondamentales</b>									
<b>UEF9(O/P)</b>									
Electrochimie du solide : électrolytes et matériaux d'électrodes	45 h	1,5 h	1,5 h	-	55h	2	4	1/3	2/3
<b>UEF10(O/P)</b>									
Matériaux nanostructurés	67.5 h	3,0 h	1,5 h	-	82.5h	3	6	1/3	2/3
<b>UEF11(O/P)</b>									
Electrochimie analytique	45 h	1,5 h	1,5 h	-	55h	2	4	1/3	2/3
<b>UEF12(O/P)</b>									
Electrochimie préparatif	45 h	1.5 h	1,5 h	-	55h	2	4	1/3	2/3
<b>UE méthodologie</b>									
<b>UEM5(O/P)</b>									
Electrochimie préparative. Production électrochimique	45 h	-	-	3.0h	10h	3	3	1/3	2/3
<b>UEM6(O/P)</b>									
Electrodéposition et protection des métaux	60 h	-	-	4.0h	10h	4	4	1/3	2/3
<b>UE découverte</b>									
<b>UED3(O/P)</b>									
Gestion de projets scientifiques	45 h	3h	-	-	5h	3	3	1/3	2/3
<b>UE transversales</b>									
<b>UET3(O/P)</b>									
Anglais scientifique 3	22.5 h	1,5 h	-	-	2.5h	2	2	1/3	2/3
<b>Total Semestre 3</b>	<b>375h</b>	<b>12.0 h</b>	<b>6.0 h</b>	<b>7,0 h</b>	<b>375</b>	<b>21</b>	<b>30</b>		

#### 4- Semestre 4 :

**Domaine** : Sciences de la matière  
**Filière** : Chimie  
**Spécialité** : Corrosion et électrochimie

- 15 semaines par semestre

- V.H.H. : 22 h

-Stage de formation ou mémoire débutant à partir du S3, en relation avec le sujet bibliographique

Le travail de fin d'études est une synthèse originale méthodique personnelle réalisée sous la direction d'un enseignant du département. Il lui sera confié le développement d'un sujet d'actualité pour le laboratoire d'accueil.

L'étudiant(e) doit y apporter la preuve de sa maîtrise de l'ensemble des connaissances acquises pendant ses études et son stage dans le laboratoire de recherche.

Ce travail conduira à la rédaction d'un mémoire de fin d'études.

Stage en entreprise sanctionné par un mémoire et une soutenance.

	VHS	Coeff	Crédits
Travail Personnel	330h	15	30
Stage en entreprise	-		
Séminaires	-		
Autre (préciser)	-		
<b>Total Semestre 4</b>	330h	15	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)

VH \ UE	UEF	UEM	UED	UET	Total
Cours	337.5h	-	135	67.5h	540h
TD	270	-	-	-	270h
TP	-	690h	-	-	690h
Travail personnel	1500h	60h	15h	7.5h	1852.5h
Autre (préciser)					
<b>Total</b>	2107.5h	750h	150h	75h	3082.5h
<b>Crédits</b>	54	51	9	6	<b>120</b>
<b>% en crédits pour chaque UE</b>	45	42.5	7.5	5	100%

### **III - Programme détaillé par matière** (1 fiche détaillée par matière)

# **Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 01**

**Intitulé de l'UE : Unité fondamentale**

**Intitulé de la matière : Thermodynamique appliquée à la chimie**

**Crédits : 04**

**Coefficients : 02**

## **Objectifs de l'enseignement :**

La thermodynamique est pour le chimiste un outil indispensable : pour évaluer l'énergie mise en jeu dans une réaction chimique, pour connaître les conditions indispensables à la réalisation d'une réaction donnée et, en dehors de toute considération de mécanismes réactionnels et de la cinétique, pour distinguer ce qui est possible de ce qui ne l'est pas, c'est-à-dire pour *prévoir l'évolution des systèmes chimiques*.

## **Connaissances préalables recommandées :**

- Une bonne base en structure de la matière et notion d'énergie et de travail.

## **Contenu de la matière :**

### **Chapitre I. Les caractéristiques d'un système**

- I.1. Unités et Grandeurs Thermiques
- I.2. Définition du système
- I.3. Etat du système
- I.4. Etat d'équilibre
- I.5. Echanges de travail avec l'extérieur
- I.6. Equations d'état du système et fonction d'état

### **Chapitre II. Le principe de la thermodynamique**

- II.1. Energie interne d'un système U
- II.2. La notion d'énergie calorifique
- II.3. Expression mathématique du premier principe
- II.4. Application :
  - II.4.1. Transformation réversible
  - II.4.2. Transformation irréversible

### **Chapitre III. Application du principe aux systèmes chimiques**

- III.1. Chaleur de réaction
  - III.1.1. A température donnée
  - III.1.2. A volume constant
  - III.1.3. A pression constante. Fonction d'enthalpie
- III.2. Détermination des chaleurs de réaction
- III.3. Enthalpie de formation- Loi de Hess
- III.4. Variation des chaleurs de réaction avec la température (Loi de Kirchhoff)
- III.5. Détermination des énergies de liaison
  - III.5.1. Composés covalents
  - III.5.2. Cristal ionique : énergie réticulaire

### **Chapitre IV. Le deuxième principe de la thermodynamique**

- IV.1. Nécessité d'un deuxième principe
- IV.2. Enoncé du deuxième principe
- IV.3. Enoncé mathématique du deuxième principe. Notion d'entropie S
- IV.4. Application du deuxième principe aux transformations réelles
- IV.5. Interprétation statistique du deuxième principe

## Chapitre V. Cycles Thermodynamiques

- V.1. Travail utile d'un cycle
- V.2. Cycles thermodynamiques usuels
  - V.2.1. Cycle de Carnot
  - V.2.2. Cycle de Rankine
  - V.2.3. Cycle de Stirling
  - V.2.4. Cycle de Joule de la turbine à gaz

## Chapitre VI. Fonctions Gibbs ou enthalpie libre

- VI.1. Définition de l'enthalpie libre. Intérêt de cette notion
- VI.2. Enthalpie libre de formation
- VI.3. Variation de l'enthalpie libre avec la température et la pression
  - VI.3.1. Relation de Gibbs-Helmholtz
  - VI.3.2. cas des gaz parfaits
- VI.4. Notion de potentiel chimique
  - VI.4.1. Système homogène
  - VI.4.2. Système hétérogène

## Chapitre VII. Applications aux réactions chimiques

- VII.1. Variation d'enthalpie libre au cours d'une transformation chimique
  - VII.1.1. Equilibre chimique en phase homogène.
    - VII.1.1.1. Détermination de la constante d'équilibre
    - VII.1.1.2. Calcul de l'enthalpie de dissolution
  - VII.2. Les diagrammes de phases d'un corps pur.

## Références

- 1- H .B . Gray et G. P. Haight, "Principes de chimie", Interédition, Paris 1982.
- 2- M . M. Abbott et H. C. Van Ness, "Théorie et applications de la thermodynamique", Série Schaum, Mc Graw-Hill, Paris 1978.
- 3- P. Atkins et J. de Paula, "Physical Chemistry", Oxford University Press, 2001.

---

## Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie

**Semestre : 01**

**Intitulé de l'UE : Unité fondamentale**

**Intitulé de la matière : Principes d'électrochimie**

**Crédits : 06**

**Coefficients : 03**

### **Objectifs de l'enseignement :**

L'objectif d'enseignement de cette unité est de comprendre les phénomènes physiques d'équilibre dans les électrolytes, de maîtriser la notion de la conductivité et cellules électrochimiques, de saisir l'importance de l'interface électrode /électrolyte (ou la double couche électrique) et d'étudier les modes de transport dans les solutions d'électrolyte.

### **Connaissances préalables recommandées :**

- Des connaissances sur la chimie des solutions.

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre I. Equilibre dans les solutions d'électrolytes**

- I.1. Théorie de la dissociation électrolytique
  - I.1.1. Principes fondamentaux de la théorie de la dissociation électrolytique
  - I.1.2. Applications de la théorie de la dissociation électrolytique
  - I.1.3. Défauts inhérents à la théorie de la dissociation électrolytique
- I.2. Théorie de l'interaction interionique
  - I.2.1. Introduction des notions d'activité et de coefficient d'activité
  - I.2.2. Détermination des coefficients d'activité dans l'expérience. Force ionique de la solution
  - I.2.3. Fondements thermodynamiques de la théorie de l'interaction interionique
- I.3. Solvatation et hydratation des ions
  - I.3.1. Chaleurs empiriques d'hydratations des électrolytes
  - I.3.2. chaleurs d'hydratation de certains ions
  - I.3.3. Influence de la solvatation sur les coefficients d'activité

#### **Chapitre II. Conductibilité électrique des solutions d'électrolytes**

- II.1. Notion fondamentale
- II.2. Principes de la détermination expérimentale de la conductibilité électrique des solutions d'électrolytes
  - II.2.1. Mesure de la conductibilité électrique des solutions
  - II.2.2. Méthodes de détermination des nombres de transport et de mobilités ioniques
- II.3. Données expérimentales relatives à la conductibilité électrique des solutions d'électrolytes
- II.4. Conductimétrie

#### **Chapitre III. Les cellules électrochimiques : propriétés thermodynamique et potentiel d'électrode**

- III.1. Thermodynamique électrochimique élémentaire
  - III.1.1. Réversibilité
    - III.1.1.1. Réversibilité Chimique
    - III.1.1.2. Réversibilité thermodynamique
    - III.1.1.3. Réversibilité pratique
  - III.1.2. Réversibilité et énergie libre
  - III.1.3. Energie libre et force électromotrice des piles
  - III.1.4. Réaction électrochimique et potentiels de réduction
  - III.1.5. Force électromotrice (fém) et concentration
  - III.1.6. Potentiels apparents
  - III.1.7. Electrodes de référence
- III.2. Etude approfondie des différences de potentiels interfaciales
  - III.2.1. Aspect physique des potentiels de phase
  - III.2.2. Interactions entre phases conductrices

- III.2.3. Mesures des différences de potentiel
- III.2.4. Potentiel électrochimique
- III.3. Potentiel de jonction liquide
  - III.3.1. Différences de potentiel à une interface entre deux électrolytes
  - III.3.2. Différents types de jonctions liquides
  - III.3.3. Calcul du potentiel de jonction liquide
- III.4. Electrodes sélectives
  - III.4.1. Interfaces sélectives
  - III.4.2. Les électrodes de verre
  - III.4.3. Autres membranes sélectives
  - III.4.4. Electrodes indicatrices de gaz

#### **Chapitre IV. Interface électrochimique**

- IV.1. Introduction
- IV.2. Double couche d'électrolyte : tension superficielle, densité de charge et capacité
- IV.3. Modèles de la double couche électrique :
  - IV.3.1. Les premiers modèles : Helmholtz, Guy-Chapman, Stern et Graham
  - IV.3.2. Modèle de Bockris, Denvanathan, et Muller
  - IV.3.3. Modèles chimiques
- IV.4. Adsorption spécifique
  - IV.4.1. Electrode métallique solide : remarques générales
  - IV.4.2. Electrode de semi-conducteur.

#### **Chapitre V. Transport de masse par migration et diffusion**

- V.1 Introduction
- V.2. Etablissement de l'équation générale du transfert de masse
- V.3. Migration
- V.4. Diffusion

#### **Références :**

- 1- L. Antropov, "Electrochimie théorique", Mir-Moscou, 1979.
- 2- A. J. Bard, L. R. Faulkner, "Electrochimie : Principes, méthodes et application", Dunod, 1980.
- 3- J. Besson, "Précis de thermodynamique et cinétique électrochimiques", ellipses, 1984.

## **Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 01**

**Intitulé de l'UE : Unité fondamentale**

**Intitulé de la matière : Méthodes de caractérisation des matériaux**

**Crédits : 04**

**Coefficients : 02**

**Objectifs de l'enseignement :**

L'objectif principal de cette unité fondamentale est formé l'étudiant dans plusieurs techniques de caractérisation de structures ou de surfaces des matériaux. Les compétences acquises de module sont : familiariser les étudiants avec les différentes méthodes de caractérisations des matériaux, reconnaître les bases théoriques de différentes techniques,.

**Connaissances préalables recommandées :**

- Une bonne base en cristallographie et notion de base en spectroscopie.

### Contenu de la matière :

**Partie A : Méthodes d'analyse des structures des matériaux**

**Chapitre I – Diffraction des rayons X**

- I.1. Préparation des échantillons et implications
- I.2. Principes de la technique
- I.3. Applications de la diffraction par les poudres
- I.4. Calculs cristallographiques
  - I.4.1. Distance inter-réticulaire,  $d_{hkl}$ .
  - I.4.2. Angle entre deux plans  $(h_1k_1l_1)$  et  $(h_2k_2l_2)$ .

**Chapitre II – Spectroscopies Infrarouge et Raman**

- II.1. Applications en recherche fondamentale et industrielle en IR
- II.2. Applications en recherche fondamentale et industrielle en Raman
- II.3. Réalisation d'un projet d'étude par spectroscopie vibrationnelle

**Chapitre III – Analyse thermique**

- III.1. Analyse thermique différentielle; Calorimétrie différentielle à balayage
- III.2. Fonctionnement
- III.3. Applications
- III.4. Paramètres cinétiques

**Chapitre IV. Analyse texturale par adsorption physique de gaz**

**Partie A : Méthodes d'analyse de surface des matériaux**

**Chapitre V. Etat géométrique et morphologie des matériaux**

- V.1. Rugosité.
  - V-1. Définitions. Exemples.
  - V.2. Méthodes d'étude de la rugosité
- V. 2. Porosité.
  - V.2.1. Principe de la méthode
  - V.2.2. Détermination de la porosité et du volume poreux

**Chapitre VI – Utilisation des faisceaux d'électrons**

- VI.1. Microscopie électronique à balayage
- VI.2 Microscopie électronique à transmission
- VI.3 Diffraction électronique

**Chapitre VII – Spectroscopies d'électrons**

- VII.1 Principe de l'émission d'électrons
- VII.2 Spectroscopie d'électrons induits par rayonnement X (XPS)

VII.3 Spectroscopie Auger

**Chapitre VIII – Microscopies à champ proche**

VIII.1 Principe quantique de l'effet tunnel

VIII.2 Exemple d'application : interprétation des images

**Références :**

- 1- Guinier G., Dunod, "Théorie et technique de la radiocristallographie", Ed. Masson, Paris, 1964.
- 2- B. Cullity, "Elements of X-Ray Diffraction", Addison-Wesley, 1956.
- 3- A. P. Rollet et R. Bouazziz, "L'analyse thermique", Tome 1, Editions Gauthier Villars, 1972.
- 4- A. D. Cross, "Introduction pratique de la spectroscopie infrarouge ", Ed. Azouley, Paris 1967.

**Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 01**

**Intitulé de l'UE : Unité Méthodologie**

**Intitulé de la matière : Techniques de caractérisation texturale et structurale**

**Crédits : 03**

**Coefficients : 03**

**Objectifs de l'enseignement :**

L'objectif de l'enseignement est de permettre aux étudiants de comprendre les phénomènes qui interviennent lors des interactions entre la matière et les rayonnements. Les compétences requises sont :

Présenter la technique de diffraction des rayons X pour la caractérisation structurale microstructurale de solides cristallins, microcristallins et nanocristallins, avec des applications en chimie de l'état solide et en science des matériaux.

**Connaissances préalables recommandées :**

- Notion de base en cristallographie et en spectroscopie

**Contenu de la matière :**

TP01- Synthèse d'un nanocomposite organique/inorganique

TP02- caractérisation structurale de nanocomposite synthétisé.

1- Diffraction des rayons X

TP03. Détermination du paramètre de maille et des (hkl) de : Cu, Zn,

TP04. Caractérisation par diffraction des rayons X des échantillons d'argile et d'argiles pontées

TP05. Détermination du paramètre de maille et des phases de l'alliage Cu-Zn

2- Fluorescence des rayons X :

TP06. Détermination de composition chimique d'un alliage d'aluminium.

TP07. Détermination de la composition de ciment : exemple ciment de l'ACC (M'sila)

2- Spectroscopie

TP08. Préparation d'un matériaux composite organique/inorganique et analyse des spectres obtenus d'IR.

TP09. Couplage de l'UV-Vis et de l'électrochimie. Analyse de changements de concentrations des solutions d'électrolyte lors d'une réaction électrochimique

4- Analyse thermique

TP10. Caractérisation par ATD et ATG des échantillons d'argile et d'argiles pontées

TP11. Détermination de la porosité des matériaux nanocomposites à matrice minérale

**Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 01**

**Intitulé de l'UE : Unité Méthodologie**

**Intitulé de la matière : Générateurs électrochimiques et système électrochimiques**

**Crédits : 04**

**Coefficients : 04**

**Objectifs de l'enseignement :**

L'objectif de l'enseignement est de permettre aux étudiants de comprendre les phénomènes qui interviennent dans les générateurs électrochimiques.

**Connaissances préalables recommandées :**

- Notion de base en Electrochimie

## Contenu de la matière :

- TP01- Pile de première espèce
- TP02- Pile de deuxième espèce
- TP03. Pile de troisième espèce
- TP04. Conception d'une pile
- TP05. Décharge de générateur électrochimique

**Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 01**

**Intitulé de l'UE : Unité fondamentale**

**Intitulé de la matière : Méthodes de préparation des Matériaux inorganiques solides**

**Crédits : 04**

**Coefficients : 02**

### **Objectifs de l'enseignement :**

L'objectif de cette unité d'enseignement est d'initier l'étudiant aux concepts d'élaboration des matériaux par les différentes techniques. Les compétences acquises sont : Initiation aux nanomatériaux et nanotechnologie, maîtrise des techniques de synthèse des matériaux en particulier ceux d'intérêt électrochimique.

### **Connaissances préalables recommandées :**

- Notion de base en chimie des solutions et de structure de la matière.

## Contenu de la matière :

### Chapitre I - Réactions chimiques en chimie minérale

- I.1. Les réactions de précipitation des solides
  - I.1.1. Composés de type AB.
  - I.1.2. Composés de type AB<sub>2</sub>.
  - I.1.3. Composés de type AB<sub>3</sub>.
  - I.1.4. Composés de type A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>.
- I.2. Cristallisation des solutions
  - I.2.1. Cristallisations des mélanges fondus
  - I.2.1. Les Verres
- I.3. Les réactions dans l'état solide
  - I.3.1. Principes généraux
  - I.3.2. Cinétique des réactions dans l'état soldes
  - I.3.2. Exemples
- I.4. Les réactions sol-gel. Chimie douce
  - I.4.1. Mise en solution
  - I.4.2. Formation d'un gel
  - I.4.3. Traitement du gel
  - I.4.2. traitement thermique
- I.5. Les réactions d'intercalation
  - I.5.1. Définition
  - I.5.2. Conditions
- I.6. Les réactions électrochimiques
  - I.6.1. Intercalation électrochimique du lithium dans TiS<sub>2</sub>
  - I.6.2. Insertion dans le graphite
  - I.6.3. Dépôt mince

### Chapitre II - Les méthodes d'élaboration des matériaux

- II.1. Les méthodes de flux
  - II.1.1. Les méthodes dites de flux nécessitant une connaissance approfondie des diagrammes de phases
  - II.1.2. Définition
  - II.1.3. Critères d'utilisation d'un bon flux
- II.2. Transport en phase vapeur
  - II.2.1. Réactions de transport par un gaz additionnel
  - II.2.2. Réactions de transport par un gaz intrinsèque
  - II.2.3. Purification d'un matériau
  - II.2.4. Monocristallisation
- II.3. Croissance des monocristaux
  - II.3.1. Principes
  - II.3.2. Méthode de Vernewl
  - II.3.3. Techniques de Bridgman et dérivées
  - II.3.4. Techniques de Czrokalski
- II.4. Préparation des couches minces
  - II.4.1. Principes de base
  - II.4.2. Problèmes posés par les hétérostructures
  - II.4.3. techniques de dépôts
- II.5. Synthèse hydrothermale
  - II.5.1. Préparation du gel
  - II.5.2. Mûrissement
  - II.5.3. Cristallisation
  - II.5.4. Traitement post synthèse
- II.6. Autres méthodes
  - II.6.1. Méthodes sous hautes pressions
  - II.6.2. Réactions de combustion
  - II.6.3. Broyage des réactifs et mécanochemie
  - II.6.4. Synthèse sous micro-ondes

### Chapitre III - Hétérostructures et multimatériaux

- III.1. Les multimatériaux
- III.2. Les hétérostructures
- III.3. Couches et revêtements

#### **Chapitre IV. Chimie des matériaux et nanotechnologie**

- IV.1. Définition des nanomatériaux et de nanostructuration
- IV.2. Principes de base
- IV.3. Méthodes

#### **Références :**

1. Brian S. Mitchell, "An introduction to materials engineering and science for chemical and materials engineers", Wiley, New Jersey, 2004.
2. D. William, Jr. Callister, "Fundamentals of materials science and engineering", Wiley, New York, 2001.
3. J. N. Lalem, D.A. Cleary, E.E. Carpenter, N.F. Dean, "Inorganic materials synthesis and fabrication", Wiley, New Jersey, 2008.

### **Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 01**

**Intitulé de l'UE : Unité découverte**

**Intitulé de la matière : Histoire de la chimie**

**Crédits : 03**

**Coefficients : 03**

#### **Objectifs de l'enseignement :**

L'objectif de cette unité d'enseignement est de permettre à l'étudiant de suivre l'évolution des concepts et des théories de la "chimie" de l'époque de la préhistoire et d'antiquité jusqu'au la fin du 20<sup>e</sup> siècle.

#### **Connaissances préalables recommandées :**

- Notion de base sur la science

#### **Contenu de la matière :**

## **Chapitre I. Les connaissances de matière dans la préhistoire et l'antiquité.**

- I.1. Les traditions de chimie pratique
- I.2. Les conceptions théoriques des philosophes grecs

## **Chapitre II. L'alchimie : une philosophie chimique expérimentale.**

- II.1. Origines de l'alchimie occidentale
- II.2. Caractères de l'Alchimie
- II.3. La matière chez les alchimistes
- II.4. L'expérimentation alchimique : la protochimie
- II.5. Bilan et devenir de l'alchimie

## **Chapitre III. De la renaissance au XVII<sup>e</sup> siècle aux premières théories scientifiques de la chimie au XVIII<sup>e</sup> siècle :**

- III.1. Emergence de la chimie
- III.2. Le phlogistique et la théorie d'oxydation.

## **Chapitre IV. Rapport entre l'atomisme et les équivalents au XIX<sup>e</sup> siècle.**

- IV.1. La théorie atomique de Dalton,
- IV.2. Atomes et molécules : les lois volumiques
- IV.3. Les lois pondérales
- IV.4 Retour à l'atomisme
- IV.5. Opposition de l'atomisme au XIX<sup>e</sup> siècle.

## **Chapitre V. Emergence de la chimie organique.**

- V.1. Retards dans le développement de la chimie organique
- V.2. Des radicaux à la notion de valence
- V.3. La représentation de la molécule organique
- V.4. La chimie organique pratique

## **Chapitre VI. Structuration de la chimie minérale et naissance de la chimie physique.**

- VI.1. Le classement des éléments : la structuration de la chimie minérale
- VI.2. Naissance de la chimie physique
- VI.3. L'industrie chimique inorganique

## **Chapitre VII. La liaison chimique**

- VII.1. La structure physique de la matière
- VII.2. Les modèles de liaisons

## **Chapitre VIII. Quelques aspects de la chimie contemporaine**

- VIII.1. Les nouvelles techniques d'études
- VIII.2. Les matériaux et produits nouveaux
- VIII.3. la chimie en question

## **Références :**

- 1. J. Rosomorduc, "Histoire de la physique et de la chimie", Etudes vivantes, Paris, 1979.
- 2. B. Vidal, "Histoire de la chimie", Ed. Bouchene, Alger 1993.

**Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 01**

**Intitulé de l'UE : Unité transversale**

**Intitulé de la matière : Anglais scientifique 1**

**Crédits : 02**

**Coefficients : 02**

**Objectifs de l'enseignement :**

L'objectif de cette unité d'enseignement est de permettre à l'étudiant d'améliorer ces connaissances an anglais.

**Connaissances préalables recommandées :**

- Notion de base sur la science

**Contenu de la matière :**

- Résoudre des exercices en anglais.
- Rédiger un rapport de travaux pratiques en anglais.
- 

# Master 1

# Matériaux pour l'Electrochimie

## Semestre 02

**Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 02**

**Intitulé de l'UE : Unité fondamentale**

**Intitulé de la matière : Cinétique électrochimique**

**Crédits : 04**

**Coefficients : 02**

### **Objectifs de l'enseignement :**

L'objectif de cette unité fondamentale est d'établir une théorie qui rende compte quantitativement de la cinétique des réactions aux électrodes en fonction du potentiel ou des concentrations. Inversement, une fois établie, cette théorie nous sera une aide précieuse pour la compréhension des effets dus à la cinétique dans l'étude de problème nouveaux

### **Connaissances préalables recommandées :**

- Une bonne base en cinétique chimique et en électrochimie.

## Contenu de la matière :

### Chapitre I. Rappels de cinétique homogène

- I.1. Notion d'équilibre dynamique
- I.2. L'équation d'Arrhenius et les surfaces d'énergie potentielle
- I.3. Théorie du complexe activé
- I.4. Notion d'équilibre dynamique

### Chapitre II. Eléments de la cinétique électrochimique

- II.1. Polarisation et surtension d'une électrode
  - II.1.1. Définition
  - II.1.2. Vitesse d'une réaction électrochimique
  - II.1.3. Surtension et affinité électrochimique. La relation de DEDONDER-POURBAIX
- II.2. Courbes de polarisation
  - II.2.1. Définition
  - II.2.2. Tracé des courbes de polarisation
  - II.2.3. Allure des courbes de polarisation
- II.3. Modèle basé sur les courbes d'énergie libre
- II.3. Modèle cinétique basé sur les potentiels électrochimiques

### Chapitre III. Régime stationnaire

- III.1. Définition d'un régime stationnaire
- III.2. Profils de concentration
  - III.2.1. Electrode immobile dans un fluide en mouvement
  - III.2.2. Electrode tournante dans un électrolyte au repos
- III.3. Equation cinétiques en régime stationnaire
- III.4. Etat stationnaire d'équilibre

### Chapitre IV. La relation courant-tension et ses conséquences

- IV.1. Conditions d'équilibre, courant d'échange
- IV.2. La relation courant-surtension
- IV.3. Formes simples de l'équation
  - IV.3.1. Le transfert de masse est sans effet
  - IV.3.2. Cas des faibles valeurs de la surtension (Résistance de transfert de charge)
  - IV.3.3. Cas des grandes valeurs de surtension (Relation de Tafel)
- IV.4. Courbes de courant d'échange
- IV.5. Cinétiques très rapides : comportement réversible
- IV.6. Effet de transfert de masse

### Chapitre V : Cinétique électrochimique en régimes de diffusion ou de cristallisation

- V.1. Régime mixte de diffusion-transfert
  - V.1.1. Profils de concentration
  - V.1.2. Equation de la surtension
  - V.1.3. Forme des courbes de polarisation. Courants partiels
- V.2. Régime pur de diffusion
- V.3. Régime mixte de transfert-cristallisation
  - V.3.1. Processus élémentaires
  - V.3.2. Equation de la surtension
  - V.3.3. Résistance de polarisation de cristallisation
  - V.3.4. Régime pur de cristallisation
- V.4. Remarque sur la cinétique d'un régime pur en cinétique. Diagramme de zones

### Chapitre VI : Cinétique des chaînes électrochimiques

- VI.1. Courbes caractéristiques d'une chaîne électrochimique
- VI.2. Caractéristique de polarisation d'une chaîne
- VI.3. Les piles
- VI.4. Les accumulateurs
- VI.5. Les électrolyseurs

## Références :

- 1- J.BESSON, "Précis de thermodynamique et cinétique électrochimique " Editions Ellipes 1984
- 2- A. J. Bard, L. R. Faulkner, "Electrochimie : Principes, méthodes et application", Dunod, 1980.
- 3- H. H. Girault, "Electrochimie physique et analytique", Presses polytechniques et universitaires Romandes, Lausanne 2001.
- 4- J. -P. Diard, B. Le Gorrec et C. Montella, "Cinétique électrochimique", Hermann, Paris 1996

## **Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 02**

**Intitulé de l'UE : Unité fondamentale**

**Intitulé de la matière : Revêtements électrolytiques et Corrosion**

**Crédits : 06**

**Coefficients : 03**

### **Objectifs de l'enseignement :**

L'objectif de cette unité est de comprendre les phénomènes électrochimiques des processus de préparation des surfaces, d'anodisation d'aluminium, de formation de dépôts électrolytiques, de corrosion et protection des métaux contre la corrosion.

### **Connaissances préalables recommandées :**

- Une bonne base en structure de la matière

### **Contenu de la matière :**

**Partie A- Revêtements des matériaux par voie électrochimique**

**Chapitre I. Préparation des surfaces**

- IV.1. Généralités
- IV.2. Etat d'une surface
- IV.3. Aspects technique et pratique de la préparation des surfaces
- IV.4. Dégraissage Chimique
- IV.5. Dégraissage électrolytique
- IV.6. Décapage chimique

## Chapitre II. Anodisation des métaux : exemple anodisation d'aluminium

## Chapitre III. Revêtements métalliques par voie électrolytique

- VI.1. Introduction
- VI.2. Mécanisme de formation des dépôts électrolytiques
  - VI.3.1. Transport de masse
  - VI.3.2. Transfert de charge et intégration au réseau cristallin
- VI.3. Influence des conditions de travail (tension d'électrolyse, métal de base, température, )
- VI.4. Solution électrolytique
  - VI.4.1. Composition du bain
  - VI.4.2. Conductibilité
  - VI.4.3. Agents d'addition
- VI.5. Pouvoir de répartition
- VI. 6 Applications : cuivrage, zingage, nickelage.

## Partie B- Corrosion et protection contre la corrosion

### Chapitre IV. Les différentes formes de corrosion

- IV.1.Introduction
- IV.2. Corrosion atmosphérique
- IV.3. Corrosion électrochimique
  - IV.3.1. Corrosion généralisé (uniforme)
  - IV.3.2. Corrosion localisée
    - IV.3.2.1. Corrosion macroscopique : Corrosion galvanique ; Corrosion par érosion ; Corrosion par frottement (usure) ; Corrosion par crevasse (sous joint) ; Corrosion par piqûre ; Exfoliation ; Dissolution sélective : exemple corrosion du laiton
    - IV.3.2.2. Corrosion microscopique : corrosion intergranulaire ; Corrosion sous contrainte mécanique ; Corrosion-fatigue

### Chapitre IV. Aspect thermodynamique et cinétique de la corrosion

- IV.1. Aspect thermodynamique de la corrosion
  - IV.1.1. Bases électrochimiques de la corrosion
  - IV.1.2. Les moteurs de corrosion : les principaux oxydants
  - IV.1.3. Diagramme d'équilibre tension-pH. Exemple du Fer.
- IV.2. Aspect cinétique de la corrosion
  - IV.2.1. Introduction
  - IV.2.2. Méthodes de polarisation
    - IV.2.2.1. Polarisation linéaire
    - IV.2.2.2. Exploration des droites de Tafel
  - IV.2.3. Vitesse de corrosion
- IV.3. Mécanisme de dissolution des métaux
- IV.4. Mécanisme de réactions de compensation
- IV.5. Corrosion et passivité
  - IV.5.1. Film passif
  - IV.5.2. Cinétique de passivation
  - IV.5.3. Mécanisme de passivation
- IV.6. Applications : Fer et acier, Cuivre, Zinc, alliage cuivre-zinc

### Chapitre V- Coût de la corrosion

- V.1. Les dégâts et pertes provoqués par la corrosion :
  - V.1.1. Les pertes directes
  - V.1.2. Les pertes indirectes
  - V.1.3. Pertes (épuisement) des ressources naturelles en minerais
  - V.1.4. Perte en temps et pertes humaines en travail et moyens financiers

V.2. Coût de la corrosion = f(temps)

## Chapitre VI. Protection contre la corrosion

- VI.1. Conditions et principes de la protection contre la corrosion
- VI.2. Protection cathodique avec anode sacrificielle
  - VI.2.1. Schéma de fonctionnement
  - VI.2.2. Propriétés thermodynamique et cinétique de l'anode sacrificielle
  - VI.2.3. Réalisation des anodes sacrificielles
- VI.3. Protection par courant (ou tension) imposé
  - VI.3.1. Courbe de polarisation pour courant imposé
  - VI.3.2. Les différentes sortes d'anodes utilisées
- VI.4. Protection par revêtements métalliques : Immersion dans un métal fondu
  - VI.4.1. Revêtements anodiques
  - VI.4.2. Revêtements cathodiques
- VI.5. Autres types de protection
  - VI.5.1. Enrobages, peintures
  - VI.5.2. Action sur le milieu corrosif
  - VI.5.3. Traitements de conversion
    - VI.5.3.1. Oxydation anodique
    - VI.5.3.2. Traitement Chimique : Phosphatation, Chromatation
- VI.6. Les inhibiteurs de Corrosion
  - VI.6.1. Les inhibiteurs oxydants
  - VI.6.2. Les inhibiteurs d'adsorption
  - VI.6.3. Les inhibiteurs mixtes

### Références :

- 1- J. Salauze, "Traité de galvanoplastie", Ed. Dunod, 1961.
- 2- Technique de l'ingénieur : Articles sur les revêtements par voie électrolytique : L. Lacourcelle (M 1591) ; Y. Badé (M 1605) ; P. Piessen (M 1600); Y. Badé (M 1610) ;
- 3- M. Pourbaix, "Atlas d'Equilibres Electrochimiques", Gauthier Villars et Cie, Paris, 1963 .
- 4- J.BESSON, " Précis de Thermodynamique et Cinétique Electrochimiques" Ed. Ellipes, Paris 1984.
- 5- N. Perez, "Electrochemistry and corrosion science", Kluwer Academic Publishers, 2004

## **Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 02**

**Intitulé de l'UE : Unité fondamentale**

**Intitulé de la matière : Méthodologie électrochimique**

**Crédits : 04**

**Coefficients : 02**

### **Objectifs de l'enseignement :**

L'objectif de cette unité est de former l'étudiant dans les différentes techniques d'analyse électrochimique : à échelon de potentiel de courant, voltampérométrie cyclique ou les impédances.

### **Connaissances préalables recommandées :**

- Une bonne base en cinétique électrochimique

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre I. Méthode à échelon de potentiel**

- I.1. Généralités sur les méthodes incrémentales
- I.2. Echelon de potentiel avec limitation par la diffusion

- I.3. courant limite à l'électrode à goutte de mercure
- I.4. Voltampérométrie à courant échantillonné pour des réaction électrochimiques réversibles et irréversible
- I.5. Systèmes à plusieurs constituants et réactions électrochimiques successives
- I.6. Chronoampérométrie avec inversion de sens de courant
- I.7. Méthodes polarographiques impulsionnelles
- I.8. Chronocoumétrerie

## **Chapitre II. Méthodes indicatrices à potentiel contrôlé : voltampérométrie à balayage**

- II.1. Introduction
- II.2. Système réversibles et nerstiens
- II.3. systèmes totalement irréversibles
- II.4. Systèmes quasi-réversibles
- II.5. Méthodes avec inversion du sens de balayage de potentiel
- II.6. Systèmes à plusieurs constituants et transferts électroniques successives

## **Chapitre III. Méthodes indicatrices à courant imposé**

- III.1. Introduction
- III.2. Théorie générale des méthodes à courant imposé
- III.3. Courbes potentiel-temps dans le cas d'une électrolyse à intensité constante
- III.4. Techniques avec inversion de sens du courant
- III.5. Systèmes à plusieurs constituants et réactions électrochimiques
- III.6. Méthodes dérivées

## **Chapitre IV. Méthodes à convection forcée : méthodes hydrodynamiques**

- IV.1. Introduction
- IV.2. Traitement théorique des systèmes convectifs
- IV.3. Electrode tournante à disque (ETD)
- IV.4. Electrode tournante à disque et à anneau (ETDA)
- IV.5. Phénomènes transitoires à l'électrode tournante à disque et l'électrode tournante à disque et à anneau
- IV.6. Electrode tournante à disque à vitesse modulée

## **Chapitre V. Méthodes basées sur le concept d'impédance**

- V.1. Introduction
- V.2. Interprétation de l'impédance faradique
- V.3. Paramètres cinétiques déduits des mesures d'impédance
- V.4. Voltampérométrie en courant alternatif
- V.5. Analyse chimique par voltampérométrie

## **Bibliographie:**

- 1.) A. J. BARD, L. R. FAULKNER, " Electrochimie: Principes, Méthodes et Applications "Edition Masson - Paris (1983)
2. J. BESSON, J. GUITTON, " Manipulations d'Electrochimie "Edition Masson - Paris (1972)
9. G. CHARLOT, M. MACHTINGER, R. ROSSET, " Cours de Chimie Analytique Générale (IV) ", Edition Masson - Paris (1976)

**Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 02**

**Intitulé de l'UE : Unité méthodologie**

**Intitulé de la matière : Techniques d'analyse électrochimiques**

**Crédits : 04**

**Coefficients : 04**

**Objectifs de l'enseignement :**

Les travaux pratiques des méthodes d'analyse électrochimique sont une illustration, un prolongement des cours de cinétique électrochimique et méthodes d'analyse électrochimique. L'objectif est donc de permettre à l'étudiant d'appliquer ses connaissances théoriques sur terrain à travers plusieurs séances de travaux pratiques.

**Connaissances préalables recommandées :**

- Une bonne base en cinétique électrochimique et méthodologie d'analyse électrochimique.

**Contenu de la matière :**

Un ou des TP sur chaque technique d'analyse électrochimique.

TP01. Présentation du matériel et démonstrations

TP02. chronopotentiométrie

TP03. Chronoampérométrie

TP04. Voltampérométrie sur électrode immobile

TP05. Electrode à disque tournant

TP06. Polarographie

TP07. Coulométrie

## **Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 02**

**Intitulé de l'UE : Unité méthodologie**

**Intitulé de la matière : Corrosion des métaux**

**Crédits : 03**

**Coefficients : 03**

### **Objectifs de l'enseignement :**

Les travaux pratiques des méthodes d'analyse électrochimique sont une illustration, un prolongement des cours de revêtements et protection contre la corrosion. L'objectif est donc de permettre à l'étudiant d'appliquer ses connaissances théoriques sur terrain à travers plusieurs séances de travaux pratiques.

### **Connaissances préalables recommandées :**

- Une bonne base en cinétique électrochimique et méthodologie d'analyse électrochimique.

### **Contenu de la matière :**

Un ou des TP sur chaque technique d'analyse électrochimique.

TP01. Mesure du potentiel à l'abandon

- TP02. Traçage des courbes de polarisation
- TP02. Mesure de la résistance de polarisation
- TP03. Mesure de la vitesse de corrosion (droites de Tafel)
- TP04. Corrosion galvanique Cu-Fe
- TP05. Corrosion par piqûre
- TP06. Corrosion sèche

## **Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 02**

**Intitulé de l'UE : Unité fondamentale**

**Intitulé de la matière : Matériaux et réactions d'électrodes des générateurs électrochimiques**

**Crédits : 04**

**Coefficients : 02**

### **Objectifs de l'enseignement :**

Présenter les bases de cinétique électrochimique pour comprendre le fonctionnement des générateurs électrochimiques (GE).

### **Connaissances préalables recommandées :**

- Une bonne base solide sur les principes d'électrochimie et la cinétique électrochimique.

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre I. Quelques notions élémentaires d'électricité**

- I.1. Thermodynamique : Tension de la pile
- I.2. Cinétique et rendement
  - I.2.1. Rendement faradique
  - I.2.2. Rendement en matière

#### **Chapitre II. Les grandes catégories :**

- II.1. Batteries primaires et secondaires,
- II.2. Super-condensateurs
- II.3. Principes de fonctionnement et différents systèmes

### Chapitre III. Les performances des générateurs :

- III.1. Force électromotrice, coefficient de température, résistance interne, densité d'énergie, capacité, densité de puissance,
- III.2. Régimes de décharge, rechargeabilité,
- III.3. Montages série/parallèle,...

### Chapitre IV. Les matériaux pour générateurs (matériaux d'électrodes et électrolytes) :

- IV.1. Relations entre la structure et les propriétés électriques et électrochimiques
- IV.2. Stabilité - sécurité
- IV.3. Disponibilité des matériaux

### Chapitre V. Dynamique des générateurs :

- V.1. Principes généraux des électrodes (à insertion, à gaz, à déplacement ...)
- V.2. Fonctionnement à faible et à fort courant, surtensions, rendement, régime permanent des PAC, influence de la température, chute ohmique
- V.3. Stockage et autodécharge

### Chapitre VI. Piles et accumulateurs courants

- VI.1. Accumulateurs au plomb
  - VI.1.1. Principe et historique
  - VI.1.2. Batteries de démarrage
  - VI.1.3. Batteries de traction
- VI.2. Les générateurs alcalins
  - VI.2.1. L'accumulateur nickel-cadmium
  - VI.2.2. Les hydrures métalliques
  - VI.2.3. Les accumulateurs au zinc
- VI.3. Les piles "grand public"
  - VI.3.1. Présentation
  - VI.3.2. Le couplage Zn/MnO<sub>2</sub>
  - VI.3.3. Pile Leclanché
  - VI.3.4. La pile alcaline
  - VI.3.5. piles aluminium ou magnésium (bioxyde de manganèse)
  - VI.3.6. Piles Zinc-air
- VI.4. Les générateurs spéciaux
  - VI.4.1. Piles et accumulateurs au lithium
    - VI.4.1.1. L'intérêt de lithium
    - VI.4.1.2. Les piles à cathode liquide
    - VI.4.1.3. Les piles à électrolyte organique
    - VI.4.1.4. Les accumulateurs au lithium
      - VI.4.1.4.1. Accumulateur lithium-composé d'intercalation
      - VI.4.1.4.2. Accumulateurs à électrolyte solide polymère
      - VI.4.1.4.3. Accumulateurs à cathode en polymères conducteurs
  - VI.4.2. Les accumulateurs spatiaux

### Références :

- 1- C. A. Vincent, "Modern Batteries, an introduction to electrochemical power sources", Edward Arnold Publ. Londres, 1986.
- 2- T. R. Crompton, "Battery reference book", Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford 1995.
- 3- D. Linden, T. B. Reddy, "Handbook of batteries", McGraw-Hill, New-York 2002.

## **Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 02**

**Intitulé de l'UE : Unité découverte**

**Intitulé de la matière : Les biotechnologies**

**Crédits : 03**

**Coefficients : 03**

### **Objectifs de l'enseignement :**

Ce cours apportera une compétence de base permettant de mieux appréhender le rôle des atomes métalliques dans les sites actifs de systèmes biologiques majeurs en insistant sur la relation structure-état électronique-réactivité.

### **Connaissances préalables recommandées :**

- Une bonne base en structure de la matière

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre I. Les bases fondamentales des biotechnologies**

- I.1. Les bases méthodologiques
- I.2. Les progrès du savoir fondamental

#### **Chapitre II. Génie microbiologique**

- II.1. Les vitesses de réactions
- II.2. Réaction biologiques et transfert de matière
- II.3. Rendement

#### **Chapitre III. Le génie enzymatique**

- III.1. Les enzymes isolées
- III.2. L'enzymologie

#### **Chapitre IV. Les applications industrielles des biotechnologies**

- IV.1. Les caractéristiques générales des procédés industriels utilisant les biotechnologies
- IV.2. la place des biotechnologies dans la réalité industrielle présente et future.

#### **Références**

1. G. Durand et P. Monsan, "Les enzymes, production et utilisations industrielles", Gauthier-Villars, 1982.
2. J. -C. Pilissolo, "Les biotechnologies demain ? " La documentation Française, 1980.
3. J. Pelmont, "Enzymes", OPU, 1993.

### **Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 01**

**Intitulé de l'UE : Unité transversale**

**Intitulé de la matière : Anglais scientifique 2**

**Crédits : 02**

**Coefficients : 02**

#### **Objectifs de l'enseignement :**

L'objectif de cette unité d'enseignement est de permettre à l'étudiant d'améliorer ces connaissances en anglais.

#### **Connaissances préalables recommandées :**

- Notion de base sur la science

#### **Contenu de la matière :**

- Résoudre des exercices rédigés en anglais.
- Rédiger un rapport de travaux pratiques en anglais

**Master 2**  
**Matériaux pour l'Electrochimie**  
**Semestre 03**

## **Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 03**

**Intitulé de l'UE : Unité fondamentale**

**Intitulé de la matière : Electrochimie du solide : électrolytes et matériaux d'électrodes**

**Crédits : 04**

**Coefficients : 02**

### **Objectifs de l'enseignement :**

Comprendre les phénomènes physiques à l'origine de la conduction ionique dans les solides et répondre aux questions suivantes : comment obtenir des conducteurs ioniques, quels sont les mécanismes de transport de charges dans ces solides, quelles sont les techniques utilisées pour mesurer cette conduction ionique, quelles sont les applications possibles de ces matériaux.

### **Connaissances préalables recommandées :**

- Une bonne base en structure de la matière

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre I. Electrolyte solide**

- I.1. Définition d'un électrolyte solide
- I.2. Les différents types d'électrolyte solide
  - I.2.1. Electrolytes solides cristallisés
    - I.2.1.1. Conducteur ionique intrinsèque
    - I.2.1.2. Conducteur ionique extrinsèque
  - I.2.2. Electrolyte solides minéraux amorphes
    - I.2.2.1. Composés solides à base de  $\text{SiO}_2$
    - I.2.2.2. Composés amorphes polymères organo-métallique

## Chapitre II. Défauts ponctuels dans les solides

- II.1. Défauts intrinsèques (défauts physiques)
  - II.1.1. Défauts non localisés
    - II.1.1.1. Phonons
    - II.1.1.2. Défauts électroniques
  - II.1.2. Défauts localisés
    - II.1.2.1. Défauts ponctuels (Lacunes, interstitiels, désordre de répartition)
    - II.1.2.2. Défauts linéaires (dislocations)
  - II.1.3. Mécanisme de formation des défauts
    - II.1.3.1. Défauts de Schottky-Wagner. Lacunes
    - II.1.3.2. Défauts de Frenkel. Interstitiels
    - II.1.3.3. Défauts d'anti-sites (anti-structure)
    - II.1.3.4. Défauts électroniques
- II.2. Défauts extrinsèques (défauts chimiques)

## Chapitre III. La conduction dans les solutions solides

- III.1. Solution solide conducteur ionique
- III.2. Solution solide conducteur mixte ionique-électronique
  - III.2.1. Conducteur métallique mixte
  - III.2.2. Oxydes conducteurs mixtes
  - III.2.3. Jonctions pn dans les conducteurs mixtes
- III.3. Réactions électrochimiques à l'interface avec un électrolyte solide
  - III.3.1. Réaction d'hydrogène
  - III.3.2. Réaction d'oxygène
- III.4. Nature et concentrations des porteurs de charges dans les solides
  - III.4.1. Conditions générales d'existence de porteurs de charges dans les matériaux
  - III.4.2. Les solides conducteurs ioniques :

## Chapitre IV. Réactions à l'état solide

- IV.1. Réactions hétérogènes à l'état solide
  - IV.1.1. Réactions via la phase solution
  - IV.1.2. Réactions topochimiques
- IV.2. Intercalation électrochimique

## Chapitre V. Etude thermodynamique des électrolytes solides et des matériaux d'électrodes

- VI.1. Méthodes de diagramme de Brouwer. Exemple composé AX à désordre de Schottky
- V.2. Rôle de dopage des matériaux d'électrodes
  - V.2.1. Dopage d'un alcalin (exemple KCl) par un halogénure ( $\text{CaCl}_2$ )
  - V.2.2. Composé d'intercalation (matériau cathodique)

## Chapitre VI. Approche microscopique de la conduction électrique des solutions ioniques

- VI.1. Aspect microscopique de transport ionique (relation propriété - structure)
- VI.2. Mesure de la conduction totale par spectroscopie d'impédance (fréquence < 10 MHz)
- VI.3. Mesure de conduction partielles (ionique et électronique)
- VI.4. Apport de la spectroscopie diélectrique (fréquence > 10MHz).

## Références:

- 1- Smart, L., and E. Moore, Eds., Solid State Chemistry: An Introduction, 2nd ed., Chapman and Hall, London, 1996.
- 2- West, A. R., Ed., Basic Solid State Chemistry, 2nd ed., Wiley, Chichester, West Sussex, England, 1999.

## **Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 03**

**Intitulé de l'UE : Unité méthodologie**

**Intitulé de la matière : T.P. Electrochimie préparative. Production électrochimique**

**Crédits :04**

**Coefficients : 04**

### **Objectifs de l'enseignement :**

Cette représente l'aspect pratique de l'unité électrochimie préparatif, l'électrochimie analytique et environnemental. Ces TP donnent des exemples concrets et une démonstration pratique des connaissances requises dans les différentes unités d'enseignements citées ci-dessus.

### **Connaissances préalables recommandées :**

- Une bonne base en structure de la matière

### **Contenu de la matière :**

**TP01-** Obtention électrochimique du chlore et de la soude par la méthode du diaphragme

**TP02-** Obtention électrochimique de l'hypochlorite et du chlorate de soude.

**TP03-** Obtention électrochimique du perchlorate de potassium.

**TP04-** Obtention électrochimique de l'acide persulfurique et de ses sels.

**TP05-** Electrodeposition du bioxyde de plomb.

**TP06-** Obtention électrochimique du bioxyde de manganèse

**TP07-** Formation de H<sub>2</sub> sur différents métaux

## **Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 03**

**Intitulé de l'UE : Unité méthodologie**

**Intitulé de la matière : T.P. Electrodeposition et protection des métaux**

**Crédits :04**

**Coefficients : 04**

### **Objectifs de l'enseignement :**

Cette représente l'aspect pratique des unités de revêtements électrolytes et corrosion et l'électrochimie préparatif, l'électrochimie analytique et environnemental. Ces TP donnent des exemples concrets et une démonstration pratique des connaissances requises dans les différentes unités d'enseignements citées ci-dessus.

### **Connaissances préalables recommandées :**

- Une bonne base en structure de la matière

### **Contenu de la matière :**

**TP01-** Dépôts métalliques : exemples des dépôts cathodiques de Cu

**TP02-** Dépôts métalliques : exemples des dépôts cathodiques de Ni. Effet de brillanteur

**TP02-** Corrosion électrochimique uniforme : exemple de la corrosion de Cu par Fe<sup>III</sup>

**TP3-** Corrosion galvanique : exemple des couples Fe-Cu, Zn-Fe et Fe-Cr.

**TP4-** Anodisation d'aluminium dans une solution d'acide sulfurique

**TP5-** Etude de la corrosion de Fe par impédancemétrie.

**TP6-** Protection de la corrosion du cuivre et nickel par inhibiteur organique

## **Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 03**

**Intitulé de l'UE : Unité fondamentale**

**Intitulé de la matière : Matériaux nanostructurés**

**Crédits : 06**

**Coefficients : 03**

### **Objectifs de l'enseignement :**

Cette unité correspond à la découverte des méthodes très récentes d'assemblage et d'auto-assemblage pour accéder aux nanomatériaux, ainsi qu'aux méthodes d'organisation qui permettront à l'étudiant en diplôme d'aboutir à plus long terme des nanomatériaux interactifs.

### **Connaissances préalables recommandées :**

- Une bonne base des liaisons chimiques et de thermodynamique chimique

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre I. Introduction**

#### **Chapitre II. Matériaux auto-assemblés : principes**

- II.1. Interactions macroscopie et microscopique
  - II.1.1. Energie d'interaction moléculaire
  - II.1.2. Energie d'interaction macroscopique
  - II.1.3. Liaison hydrogène, Interactions hydrophobic et hydrophlique
- II.2. surfactants et molécules amphiphiles
- II.3. Transition de l'état dispersé à l'état condensé : début de l'auto-assemblage
- II.4. Géométrie d'emballage : Attaining the Desired Self-Assembled Structures
  - II.4.1. Effet de la concentration de surfactants
  - II.4.1. Effet de la longueur de la chaîne
  - II.4.3. Effet de co-solvants
  - II.4.4. Effet des sels et espèces ioniques
- II.5. Matériaux inorganiques
- II.6. Interactions entre surfactants cationiques et silicates anioniques
- II.7. Interactions entre autres surfactants, polymères et céramiques
- II.8. Matériaux nanométriques intelligent
- II.9. Reconnaissance moléculaire

#### **Chapitre III. Monocouches à une interface liquide**

- III.1. La pression interfaciale
- III.2. Monocouches de Gibbs et Langmuir. Equations d'état
- III.3. Formation de la monocouche
- III.4. Isothermes pression-aire de la monocouche de Langmuir. Phase bi dimensionnel
- III.5. Transfert de la monocouche sur surfaces solides. Films de Langmuir-Blodgett et Langmuir-Schaefer.

## Chapitre IV. Adsorption

- IV.1 Interactions adsorbant-adsorbé
- IV.2. Cinétique d'adsorption
- IV.3. Equilibre d'adsorption : approche thermodynamique
- IV.4 Application de l'adsorption

## Chapitre V. Les monocouches auto-assemblées (SAMs)

- V.1. Introduction
- V.2. Préparation des SAMs
  - V.2.1. Types de substrats
  - V.2.2. Protocoles de préparation des SAMs à partir d'un précurseur organosulfure
- V.3. Caractérisation des SAMs
  - V.3.1. Nature de l'interface métal-SAM
  - V.3.2. Organisation des couches organiques
  - V.3.3. Mécanismes d'assemblage
  - V.3.4. défauts dans SAMs
- V.6. Les SAMs comme couche sur la surface des nanoparticules 1128
  - V.6.1. Formation des clusters protégés par monocouche (MPCs)
  - V.6.2. Stratégies de fonctionnalisation des nanoparticules par Ligands
  - V.6.3. Structure des SAMs sur surfaces courbées

## Chapitre VI. Les films en multicouche de polyélectrolytes

- 1. Les chaînes polymères en solution
- 2. Les polymères aux interfaces
  - 2.1. Brosses de polymères
  - 2.2. Adsorption des polymères
- 3. Les polyélectrolytes
  - 3.1. Origine, physico-chimie et applications des polyélectrolytes
    - 3.1.1. Polyélectrolytes naturels et polyélectrolytes artificiels
    - 3.1.2. Physico-chimie des polyélectrolytes artificiels
  - 3.2. Définitions, principes et physique des polyélectrolytes en solution
    - 3.2.1. Les classes de polyélectrolytes
    - 3.2.2. Electrostatique en solution aqueuse
    - 3.2.3. Physique des polyélectrolytes hydrophiles en solution aqueuse
- 4 : Aspects physico-chimiques des films en multicouche
  - 4.1.1. Principe du dépôt couche par couche
  - 4.1.2. Nature du substrat
  - 4.1.3. Croissance du film en multicouches

## Chapitre VII. Adsorption des protéines

- VII.1. Protéines
  - VII.1.1. Structure des protéines
  - VII.1.2. Stabilisation de la structure tridimensionnelle
- VII.2. Adsorption des protéines
  - VII.2.1. Transfert vers l'interface
  - VII.2.2. Réorganisation à l'interface
  - VII.2.3 Interactions protéine-protéine

## Chapitre VIII. Bio-adhésion

- VIII.1. Description qualitative de formation des biofilms
- VIII.2. Surfaces biologiques
- VIII.3. Modèles physico-chimiques de déposition et d'adhésion des cellules

## Références :

- 1. J. Christopher Love, Lara A. Estroff, Jennah K. Kriebel, Ralph G. Nuzzo, et George M. Whitesides, *Chem. Rev.* **2005**, 105, 1103.
- 2. Decher, G.; *Science* **1997**, 277, 1232.

## **Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 03**

**Intitulé de l'UE : Unité fondamentale**

**Intitulé de la matière : Electrochimie analytique**

**Crédits : 04**

**Coefficients : 02**

### **Objectifs de l'enseignement :**

Cette unité correspond à la découverte des méthodes très récentes d'application des matériaux nanocomposites et des nanostructurés à la conception des électrodes modifiées, des capteurs ou biocapteurs. Cette unité permet à l'étudiant en diplôme d'appliquer les matériaux obtenus aux domaines d'électrochimie en forte évolution.

### **Connaissances préalables recommandées :**

- Une bonne base en électrochimie.

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre I. Concepts fondamentaux**

#### **Chapitre II. Diverses géométries d'électrode**

##### **II.1. Electrodes de travail**

II.1.1. Electrode à goutte de mercure

II.1.2. Electrode solide

II.1.3. Ultramicroélectrodes

II.1.3.1. Réalisation d'ultramicroélectrodes au laboratoire

II.1.3.2. Données fondamentales

II.1.3.3 Voltampérométrie aux ultramicroélectrodes

II.1.3.4. Applications des ultramicroélectrodes

II.1.3.5. Instrumentation

II.1.4. Électrode à pâte de graphite à composé électroactif incorporé

II.1.4.1 Différentes configurations d'électrode à pâte de graphite

II.1.4.2 Allure des courbes voltampérométriques

#### **Chapitre III. Electrodes modifiées**

III.1. Généralités

III.2. Electrodes modifiées par fixation de polycouches d'espèces électroactives

III.3. Electrodes modifiées par fixation de polycouches d'espèces électroactives

III.4. Electrodes modifiées par une monocouche auto-assemblée

III.5. Electrodes modifiées par un film polymère

III.6. Electrodes modifiées par un film inorganique

- III.6.1. Oxydes métalliques
- III.6.2. Argile et zéolithe
- III.7. Electrodes modifiées électrocatalytique
- III.8. Electrodes modifiées par des nano-tube de carbone

## Chapitre IV. Capteur et biocapteur

- V.1. Capteur
  - V.1.1. Définition
    - V.1.1.1. Constitution d'un capteur
    - V.1.1.2. Qualités des capteurs
    - V.1.1.3. Classification des capteurs
      - V.1.1.3.1. Capteur passif
      - V.1.1.3.2. Capteur actif
- V.2. Principaux types de biocapteurs
  - V.2.1 Biocapteurs électrochimiques
    - V.2.1.1. Biocapteurs ampérométriques
    - V.2.1.2. Biocapteurs potentiométriques
  - V.2.2. Biocapteurs manométriques
  - V.2.3. Biocapteurs piézoélectriques
  - V.2.4. Biocapteurs thermiques
  - V.2.5. Biocapteurs optiques
    - V.2.5.1. Biocapteurs mesurant l'absorbance
    - V.2.5.2. Biocapteurs mesurant la fluorescence
    - V.2.5.3. Biocapteurs utilisant le principe de l'onde évanescente

### Références :

1. R. W. Murray, *Accts. Chem. Res.*, **13**, 135 (1980).
2. R. W. Murray, *Electroanal Chem.*, **13**, 1 (1983).
3. A. J. Bard, *J. Chem. Educ.*, **60**, 302 (1983).
4. L. R. Faulkner, *Chem. Engr. News*, **62** (9), 28(1984).
5. M. S. Wrighton, *Inorg. Chem.*, **4**, 269 (1985).
6. C. E. D. Chidsey and R. W. Murray, *Science*, **231**, 25 (1986).
7. M. S. Wrighton, *Science*, **231**, 32 (1986).
8. M. Fujihira in "Topics in Organic Electrochemistry," A. J. Fry and W. E. Britton, Eds., Plenum, New York, 1986.

## **Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 03**

**Intitulé de l'UE : Unité fondamentale**

**Intitulé de la matière : Electrochimie préparatif**

**Crédits : 04**

**Coefficients : 02**

### **Objectifs de l'enseignement :**

Les étudiants doivent à l'issue de cette unité d'enseignement être capables de :

- Mettre en équations un problème impliquant un ou plusieurs transferts aux électrodes.
- Choisir les conditions opératoires de production électrochimique.

### **Connaissances préalables recommandées :**

- Une bonne base en électrochimie.

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre I. Concepts Fondamentaux**

- I.1. Processus aux électrodes
- I.2. Relation courant - tension
- I.3. Rendement et efficacité dans les réactions électrochimiques

#### **Chapitre II. Réacteurs Electrochimiques**

- II.1. Réacteur électrochimique à écoulement
  - II.1.1. avec différentes configurations d'électrodes
  - II.1.2. avec et sans recyclage
- II.2. Réacteur électrochimique continuellement agitée
  - II.2.1. de type continu
  - II.2.2. de type semi-continu
  - II.2.2. avec recyclage
- II.3. Avec réactions chimiques et électrochimiques
  - II.3.1. simultanées
  - II.3.2. consécutives

#### **Chapitre III. Transfert de masse dans un réacteur électrochimique**

- III.1. avec convection forcée
- III.2. avec convection naturelle

#### **Chapitre IV. Electrolyse de l'eau**

- IV.1. Bases théoriques de l'électrolyse de l'eau.
- IV.2. Choix des conditions de l'électrolyse
- IV.3. Les potentiels d'équilibre thermodynamique des réactions d'oxydation et de réduction
- IV.4. Analyse des différents composants du bilan des tensions d'un point de vue cinétique et des phénomènes de remplissage gazeux.
- IV.5. Méthode d'amélioration des conditions technologiques de l'électrolyse de l'eau. Bilan thermique de l'électrolyseur.
- IV.6. Différents types d'électrolyseurs. Particularités de l'électrolyse de l'eau sous pression. Obtention de l'eau lourde

## **Chapitre V. Production électrochimique du chlore et de la soude**

- V.1. Généralités. Propriétés et utilisation du chlore, de la soude et de l'hydrogène. Matière première
- V.2. Bases théoriques de l'électrolyse des chlorures
- V.3. Processus aux électrodes et dans la solution
- V.4. Electrolyse des chlorures avec diaphragme et avec une électrode solide.
  - V.4.1. Principes de l'électrolyse avec contre-courant.
  - V.4.2. Influence de la vitesse du contre-courant sur le rendement en courant du chlore et de la soude. Conditions optimales de l'électrolyse.
- V.5. Nouveaux matériaux anodiques. Méthodes d'amélioration du travail des diaphragmes à résines échangeuses d'ions.
- V.6 Méthode de diminution de la consommation d'énergie électrique. Construction des électrolyseurs.
- V.7 Electrolyse des chlorures avec cathode de mercure
- V.8. Mécanisme de formation de l'amalgame au cours de l'électrolyse. Conditions optimales de l'électrolyse.

## **Chapitre VI. Production électrochimique de l'hypochlorite.**

- VI.1. Mécanisme du processus.
- VI.2. Conditions optimales de l'électrolyse.
- VI.3. Construction des électrolyseurs.

## **Chapitre VII. Production de chlorates et perchlorates**

- VII.1.Mécanisme du processus. Conditions optimales de l'électrolyse.
- VII.2. Construction des électrolyseurs.
- VII.3. Productions industrielles et perspectives

## **Références :**

1. M. Foltier, J.-B. Mathieu; P. Noual, "Les Applications de l'Electrochimie à l'Hydrométallurgie", Ed. Pluralis, 1980
2. F. Coeuret et Storck, "Eléments de Génie Electrochimique" Editions Lavoisier , 1988.

## **Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 03**

**Intitulé de l'UE : Unité découverte**

**Intitulé de la matière : Gestion de projets scientifiques**

**Crédits : 03**

**Coefficients : 03**

### **Objectifs :**

La recherche bibliographique est une étape très importante dans le cadre de la formation académique. Elle permet à l'étudiant d'entreprendre son sujet de recherche de fin d'études. Cette unité a pour objectif d'initier l'étudiant à capitaliser ses connaissances, à rédiger son mémoire et à utiliser l'outil informatique pour le dépouillement des résultats.

### **Connaissances préalables recommandées :**

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre I. Capitalisation des connaissances**

- I.1. Définir une stratégie dans le domaine de l'élaboration et de la caractérisation.
- I.2. Conduire et optimiser un protocole expérimental
- I.3. Maîtrise des instruments et des techniques modernes d'élaboration et de caractérisation.

#### **Chapitre II. Contrôle et validation de la mesure**

- II.1. Présentation des outils statistiques : Utilisation d'un logiciel de statistique
- II.2. Caractéristiques d'une méthode de mesure physico-chimique :
- II.3. Détermination ou amélioration des conditions opératoires optimales
- II.4. Exemples et applications dans les laboratoires de routine

#### **Chapitre III. Techniques documentaires**

- III.1. Compréhension des documents utilisés en science de matériaux et d'électrochimie,
- III.2. Compréhension d'articles scientifiques,
- III.3. Différentes étapes de rédaction d'un mémoire de fin d'études,
- III.3. Rédaction de résumé d'articles.

#### **Chapitre IV. Traitement informatique des données**

- IV.1. Utilisation du programme EXCEL,
- IV.2. Initiation aux logiciels de traitement numérique et de présentation des données

**Intitulé du Master : Matériaux Pour l'Electrochimie**

**Semestre : 01**

**Intitulé de l'UE : Unité transversale**

**Intitulé de la matière : Anglais scientifique 1**

**Crédits : 02**

**Coefficients : 02**

**Objectifs de l'enseignement :**

L'objectif de cette unité d'enseignement est de permettre à l'étudiant d'améliorer ces connaissances en anglais.

**Connaissances préalables recommandées :**

- Notion de base sur la science

**Contenu de la matière :**

- Rédiger un rapport de travaux pratiques en anglais,
- Rédiger un article scientifique en anglais.
- Présentation orale d'un travail réalisé en laboratoire (TP)

## **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**

