

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Université Ferhat ABBAS - SETIF

Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingéniorat

Département Génie des Procédés

Cahier des charges
Offre de formation

Licence académique en
Génie Electrochimique

Année Universitaire

2007/2008

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ FERHAT ABBAS – SETIF

**PRESENTATION
DE
Nouvelle Formation dans le cadre du système LMD**

Etablissement : UNIVERSITÉ FERHAT ABBAS DE SETIF

Intitulé proposé de la Formation : Licence en Génie Electrochimique

Filière : Génie des Procédés

Option : - Génie Electrochimique

RATTACHEMENT ADMINISTRATIF :

Faculté : Sciences de l'Ingénieur

Département : Génie des Procédés

Responsable Associés :

- 1 – Laboratoire de génie des procédés chimiques.
- 2 – Laboratoire d'électrochimie des matériaux moléculaires complexes.
- 3 – Laboratoire d'électrochimie, d'ingénierie moléculaire et catalyse redox.
- 4 – Laboratoire d'énergétique et d'électrochimie des solides.
- 5 – Laboratoire des Matériaux polymériques multiphasiques.
- 6 – Laboratoire des hauts polymères.

Date d'examen et Avis du Conseil de la Faculté :

Date d'examen et Avis du Conseil de l'Université :

Visa du chef d'établissement :

A- EXPOSE DES MOTIFS :

Le département de génie des procédés est l'un des plus importants départements de l'université Ferhat Abbas de Sétif. Il a toujours assuré les différents enseignements en chimie industrielle appliqués aussi bien pour le cycle court que le cycle long dans les spécialités suivantes :Ingéniorat en Génie des polymères, - en Génie chimique, - en Génie électrochimique, - en Génie des procédés pharmaceutiques et pour le cycle court, un DEUA en analyse et instrumentation.

La première ainsi que la deuxième post-graduation sont également dispensées.

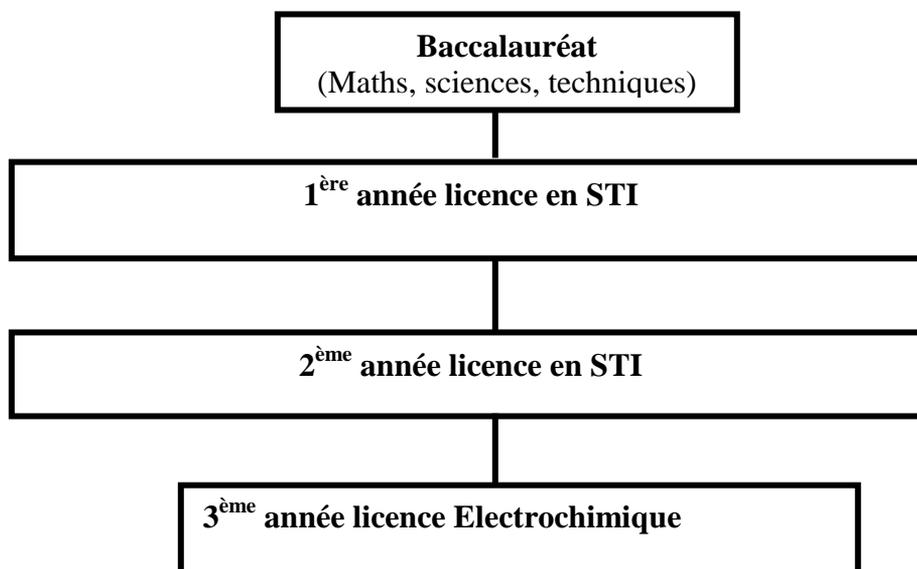
L'expérience capitalisée ainsi que les capacités humaines et matérielles déjà disponibles permettent l'ouverture d'une licence attractive en génie électrochimique dès la rentrée universitaire 2007/2008. Cette offre de formation, conforme aux objectifs du système LMD.

Nature de la formation :

- Licence académique

Objectifs visés (qualification) :

- Adaptation de la formation à la conjoncture socio-économique régionale et nationale
- Insertion professionnelle
- L'option proposée cible les métiers de prestation
- Innovation et création de micro-entreprises
- Création d'un partenariat avec l'industrie afin de faciliter l'insertion des étudiants stagiaires

Contenu pédagogique :**Les objectifs visés à travers cette formation sont :**

- Polyvalence de la spécialité
- Assurer une bonne base en chimie et en chimie industrielle pour les étudiants qui vont continuer leurs études en master et en doctorat.
- Domaine de la technologie et de la recherche
- Technologie de pointe

B- DOMAINES D'ACTIVITES VISES:

La formation proposée, licence en génie electrochimique, vise les domaines d'activité suivants :

- procédés industriels de fabrication et de transformation
- Conception et fabrication assistées par ordinateur.
- analyse
- Elaboration et caractérisation des matériaux de pointe

C- PASSERELLES ET POURSUITES DES ETUDES :

Les passerelles offertes sont de deux types : locales et nationales. Les passerelles spécifiques aux différentes options (licences en génie des procédés) 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 établissements supérieurs, 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 licence académique seront appelés à effectuer la formation de master. Cette formation fera l'objet d'un programme ultérieur.

D- DESCRIPTION ET ORGANISATION DU DIPLOME :

1- Licence en génie électrochimique:

♦ S1 + S2 :

- Familiarisation avec les études universitaires
- Acquisition de connaissances de bases (sciences fondamentales)
- Prise de connaissance avec la chimie de base

♦ S3 + S4 :

- Approfondissement des connaissances en chimie industrielle (génie des procédés)
- Familiarisation avec les langues vivantes (anglais)
- Prendre connaissance avec l'outil informatique
- Début de spécialisation selon les programmes
- Initiation au travail personnel (stages, rapport...)

♦ S5 +S6 :

- Spécialisation poussée des unités d'enseignement
- Stages dans l'industrie
- Etude et rédaction d'un mémoire (ou rapport) de fin d'études

Le parcours type de l'étudiant inscrit en licence de génie des procédés est résumé dans le tableau suivant :

MENTION/FILIERE	Sciences de l'ingénieur
SPECIALITE/OPTION	Spécialité en génie des procédés
AUTRES COMPOSANTES ASSOCIEES	Néant
AUTRES ETABLISSEMENTS ASSOCIES/CO-HABILITE	Néant
PARTENARIAT AVEC LES SECTEURS SOCIO-ECONOMIQUES	Néant
RESPONSABLE DU PROJET DE DIPLOME	Pr Belkacem Nessark

ÉQUIPE PÉDAGOGIQUE ASSURANT LA FORMATION

N°	Nom et prénom	Grade	Ets de rattachement	Forme taux de participation (*)
1	BENACHOUR DJAFER	Prof.	Dépt. génie des procédés	100%
2	BENCHEIKH Lahcène	Prof.	Dépt. génie des procédés	100%
3	CHAFAA Salah	Prof.	Dépt. génie des procédés	100%
4	DJELLOULI Brahim	Prof	Dépt. génie des procédés	100%
5	DOUADI Tahar	Prof	Dépt. génie des procédés	100%
6	HADDAOUI N.EDDINE	Prof	Dépt. génie des procédés	100%
7	KAHOUL Abdelkrim	Prof	Dépt. génie des procédés	100%
8	NAAMOUNE Farid	Prof	Dépt. génie des procédés	100%
9	NESSARK Belkacem	Prof	Dépt. génie des procédés	100%
10	OURARI Ali	Prof	Dépt. génie des procédés	100%
11	SEKKI Abdelkrim	Prof	Dépt. génie des procédés	100%
12	ZAROUAL LARBI	Prof	Dépt. génie des procédés	100%
13	ABDI Djamila	M. Conf.	Dépt. génie des procédés	100%
14	BENANIBA MED TAHAR	M. Conf.	Dépt. génie des procédés	100%
15	BENGHANEM Fatiha	M. Conf	Dépt. génie des procédés	100%
16	BOUNEKHEL Mahmoud	M. Conf	Dépt. génie des procédés	100%
17	BOUTAHALA Mokhtar	M. Conf	Dépt. génie des procédés	100%
18	BOUZERAFA Brahim	M. Conf	Dépt. génie des procédés	100%
19	CHOUDER Dalila	M. Conf	Dépt. génie des procédés	100%
20	DOUFNOUNE Rachida	M. Conf	Dépt. génie des procédés	100%
21	EL KOLLI née Merbah Meriem	M. Conf	Dépt. génie des procédés	100%
22	KRACHE Rachida	M. Conf	Dépt. génie des procédés	100%
23	MEROUANI Saida	M. Conf	Dépt. génie des procédés	100%
24	MERZOUKI Abdelhafid	M. Conf	Dépt. génie des procédés	100%
25	NACEF Saci	M. Conf	Dépt. génie des procédés	100%
26	RIAHI Farid	M. Conf	Dépt. génie des procédés	100%
27	SIBOUS Lahkdar	M. Conf	Dépt. génie des procédés	100%
28	ADDALA Abderrezak	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
29	BAITICHE Milad	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
30	BARTIL Tahar	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
31	BELAIB Fouzia	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
32	BENAICHA Mohamed	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
33	BENAOUDA Abdelhafid	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%

34	BENGUERBA Yacine	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
35	BOUDEMAGH Djalila	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
36	BOUHELAL Said	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
37	CHAHMANA Nadia	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
38	CHEBIRA Fakhri	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
39	CHEBLI Derradji	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
40	CHIBANE Lemnaouer	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
41	DIB Zoubida	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
42	DJEDOUANI Amel	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
43	DOUBI ABDELMALEK	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
44	FOUDIA Malika	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
45	GUESSOUM Melia	M.A. C.C	Dépt. génie des procédés	100%
46	HACHEMI Abdelbaki	M.A. C.C	Dépt. génie des procédés	100%
47	HAFFAR Djahida	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
48	KEROUANI Noureddine	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
49	NEKAA Soraya	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
50	OUARI Kamel	M.A. C.C	Dépt. génie des procédés	100%
51	REGOUI Fadila	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
52	ROUINA Fayçal	M.A C.C	Dépt. génie des procédés	100%
53	ABDESSAMI	M.A.	Dépt. génie des procédés	100%
54	ALLOUCHE Lynda	M.A.	Dépt. génie des procédés	100%
55	AMARI Fatima	M.A.	Dépt. génie des procédés	100%
56	AMEUR Hanane	M.A.	Dépt. génie des procédés	100%
57	BAZID Sihem	M.A.	Dépt. génie des procédés	100%
58	BELKHIRI Abdelhamid	M.A.	Dépt. génie des procédés	100%
59	BENABID Fatima Zohra	M.C	Dépt. génie des procédés	100%
60	DJAHNIT Leila	M.A	Dépt. génie des procédés	100%
61	DJERBOUA Ferhat	M.A	Dépt. génie des procédés	100%
62	GUENFOUD Fatiha	M.A	Dépt. génie des procédés	100%
63	KHALOUA Cheraz	M.A	Dépt. génie des procédés	100%
64	MEKROUD Anissa	M.A	Dépt. génie des procédés	100%
65	TOUKAL Lynda	M.A	Dépt. génie des procédés	100%
66	ZAHER Karima	M.A	Dépt. génie des procédés	100%
67	ZOUAI Fouad	M.A	Dépt. génie des procédés	100%
68	LAMIRI Mohand Ouramdane	A	Dépt. génie des procédés	100%
69	GCHARZOULI Nora	Prof. Ing	Dépt. génie des procédés	100%

(*) L'ensemble de l'effectif enseignant du département est appelé à assurer la formation (cours, TD, TP, tutorat, direction des stages et projets,.....).

APPUI LOGISTIQUES A LA FORMATION

Type de logistique	Description
Locaux pédagogiques	<ul style="list-style-type: none"> - 4 salles de TD appartement au département - Différents locaux communs de l'université
Laboratoires pédagogiques	<ul style="list-style-type: none"> 1- Laboratoires de chimie organique 2- Laboratoire de chimie analytique 3- Laboratoire de chimie minérale 4- Laboratoire des polymères 5- Laboratoire d'analyse et de spectroscopie 6- Laboratoire de génie chimique
Laboratoires de recherche	<ul style="list-style-type: none"> 1- Laboratoire de génie des procédés chimiques 2- Laboratoire d'électrochimie des matériaux moléculaires complexes 3- Laboratoire d'électrochimie, d'ingénierie moléculaire et catalyse redox. 4- Laboratoire d'énergétique et d'électrochimie des solides. 5- Laboratoire des Matériaux polymériques multiphasiques 6- Laboratoire des hauts polymères.
Bibliothèque	<ul style="list-style-type: none"> Une bibliothèque du département Une bibliothèque de la faculté Une bibliothèque centrale de l'université
Equipements informatiques	<ul style="list-style-type: none"> - Une Salle d'informatique pour les étudiants en graduation et en post graduation - Une Salle des enseignants équipée de microordinateurs.
Autres logistiques (laboratoires et équipements industriels)	Les moyens des autres départements de l'université

DESCRIPTION ET ORGANISATION GÉNÉRALE DU DIPLÔME

Le cursus de la licence en Génie des Procédés comprend à l'instar des autres licences LMD six (06) semestres. L'architecture des quatre (04) premiers semestres a été établie par la Commission Nationale pour toutes les spécialités de la mention des Sciences de l'Ingénieur. Par conséquent, nous rappelons ci-après les V.H.T. (*Volume Horaire Total*) et surtout les modules de découverte en option.

Semestre 01 : V.H.T. = 345 h

Module de découverte en option :

- (a)- *Environnement*: Ressources Naturels, Organiques et minérales et traitement des eaux
- (b)- *Sciences de l'univers* : Différents types d'énergie.

Semestre 02 : V.H.T. = 345 h

Semestre 03 : V.H.T. = 360 h

Module de découverte :

A. Génie des Procédés :

- ◆ Chimie générale.
- ◆ Chimie analytique.
- ◆ Chimie Minérale.
- ◆ Chimie organique.

B. Matériaux Organiques et Inorganiques :

- ◆ Polymères.
- ◆ Electrochimie.
- ◆ Initiation aux méthodes d'analyse spectroscopiques et Chromatographie.

Semestre 04 : V.H.T. = 330 h

FICHE SEMESTRE**Mention** : Génie des Procédés**Spécialité** : Génie Electrochimique**Parcours type** : Académique

NB : *On se limite uniquement à l'année de spécialité (S05 et S06) étant donné que les deux premières années constituent un Tronc Commun qui a été fixé par la Commission Nationale.*

Semestre 05:

(UE) Intitulé de l'Unité d'Enseignement	UEF5Electro1 Electrochimie Fondamentale	UEF5 Electro2 Thermodyn Electrochimique	UEF5 Electro3 Cinétique Electrochimique	UEF5Electro4 Travaux Pratiques	UECG5 Culture Générale	
Type						
Obligatoire						
Optionnelle						
Majeur / Mineur (Fondamentale / Transversale)	Fondamentale	Fondamentale	Fondamentale	Méthodologie	Méthodologie	
Répartition (Heure/Semestre)	Cours	62.50	62..5	40	-	40
	TD	45	22.5	-	-	22.5
	TP	-	-	-	90	-
	Travail Personnel	05	05	05	05	05
	Autre	-	-	-	-	-
Crédits	8	7	4	6	5	
Effectifs Estudiantins	90	90	90	90	90	
Nombre de groupes	03	03	03	03	03	

Semestre 06:

(UE) Intitulé de l'Unité d'Enseignement		UEF6Electro1 Corrosion Appliquée	UEF6 Electro2 Protection des Métaux	UEF6 Electro3 Travaux	UEF6Electro4 Génie Electrochimiqu	UEF6Electro5 Méthodes Electrochimie D'analyse	UEF6Electr2 Projet Individuel
Type							
Obligatoire							
Optionnelle							
Majeur/Mineur (Fondamental / Transversale		Fondamentale	Fondamentale	Méthodologi e	Fondamentale	Méthodolog	Méthodolog
Répartition (Heure/ Semestre)	Cours	72	40	-	22.5	40	-
	TD	45	22.5	-	-	22.5	-
	TP	-	-	45	48	-	-
	Travail Personne	05	05	-	-	05	45
	Autre	-	-	-	-	-	3
Crédits		8	5	3	3	8	
Effectifs		90	90	90	90	90	90
Nombre de groupes		03	03	03	03	03	03

Programme L3 : Option Génie Electrochimique

Semestre 5 : VHT : 360 heures

Les enseignements proposés :

Semestre 5	Unité d'étude fondamentale	Unité d'enseignement	VHH	VHG	Crédit
UEF5GElectro1 Fondamentale 8 Crédits	Electrochimie Fondamentale	Systemes Electrochimique	3	45	3
		Electrolyse et générateurs electrochimiques	1.5	22.50	2
		Corrosion	3	45	3
		Total U.E.	7,5	112,5	8
UEF5GElectro2 Fondamentale 7 Crédits	Thermodynamique Electrochimique	physico-chimique des electrolytes	1,5	22,5	2
		Double couche Electrochimique	3	45	3
		Thermodynamique des cellules electrochimiques	1,5	22,5	2
		Total U.E.	6	90	7
UEF5GElectro3 Fondamentale 4 Crédits	Cinétique Electrochimique	Notion fondamentale de la cinétique	1.5	22.5	2
		Cinétique des chaînes electrochimiques	1,5	22,5	2
		Total U.E.	3	45	4
UEM5GElectro4 Methodologie 6 Crédits	Travaux Pratiques	TP de Corrosion	3	45	3
		TP de cinétique, electrolyse et générateurs	3	45	3
		Total U.E.	6	90	6
UEMGP5 Methodologie 5 Crédits	Mathématiques Et Informatiques	Conception assistée par ordinateur (CAO)	3	45	3
		Mathématiques Appliquées	1.5	22.50	2
		Total U.E.	4,5	67,50	5
TOTAL Semestre			24.00	360.0	30

Semestre 6 : VHT= 375 heures

Semestre 6	Unité d'étude fondamentale	Unité d'enseignement	VHH	VHG	Crédits
UEF6GElectro1 8 Crédits	Corrosion Appliquée	Aspect Thermodynamique de la corrosion	3	45	3
		Aspect Cinétique de la corrosion	3	45	3
		Corrosion dans la pratique Industrielle	1.5	22.5	2
		Total U.E.	7.5	112.5	8
UEF6GElectro2 5 Crédits	Protection des métaux	Aspect électrochimique des métaux	3	45	3
		Inhibiteurs de corrosion	1.5	22.5	2
		Total U.E.	4.5	67.5	5
UEF6GElectro3 Méthodologie 4 Crédits	Travaux Pratiques	TP de protection	3	45	4
		Total U.E.	3	45	4
UEF6GElectro4 3 Crédits	Génie Electrochimique	Production électrochimique	1.5	22.50	3
		Total U.E.	1.5	22.50	3
UEM6GP Méthodologie 5 Crédits	Méthodes électrochimiques d'analyses	Méthodes électrochimiques d'analyses	1.5	22.50	2
		TP de Méthodes électrochimiques d'analyses	3	45	3
		Total U.E.	4.5	67.50	5
UFM Méthodologie 5 Crédits	Projet Individuel	Projet Individuel (Projet de Fin d'études)	3	45	5
		Total U.E.	3	45	5
TOTAL Semestre			24.00	360.00	30

ELECTROCHIMIE... ?.....(ex C018)
V.H.H = 5 h: Cours: 2 h, T.D: 1 h, T.P: 2 h
Coefficient = 2

Chapite I: Introduction

- 1- Notions générales sur l'électrochimie
- 2- Rappels de thermodynamique chimique
 - 2.1 - Conditions d'équilibre d'un système chimique
 - 2.2- Propriétés thermodynamiques et fonctions d'états
 - 2.3- L'affinité
 - 2.4 Potentiel chimique
 - 2.5- Potentiel idéal

Chapitre II: Equilibre d'un système électrochimique

- 1- Définitions et caractéristiques d'un système électrochimique
- 2- Fonctions d'états et potentiel chimique
- 3- Fonctions d'états d'un système électrochimique
- 4- Equilibre d'un système électrochimique

Chapitre III: Théorie de la dissociation électrolytique

- 1- Principes fondamentaux de la dissociation électrolytique
- 2- Application de la théorie de la dissociation électrolytique
- 3- Introduction des notions d'activité et de coefficient
- 4- Force ionique de la solution
- 5- Théorie électrostatique des électrolytes forts: théorie de Debye-Hückel

Chapitre IV: Interprétation de la conductibilité de électrolytes

- 1- Propriétés électriques des solutions d'électrolytes
- 2- La conductivité
- 3- La conductivité équivalente
- 4- La conductivité équivalente limite: Loi de Kohlrauch
- 5- La mobilité
- 6- Phénomène de transport

Chapitre V: L'électrolyse, les lois de Faraday

- 1- Notion sur les électrolyses
- 2- Les lois de Faraday

Chapitre VI: Formule Nernst et ses applications

- 1- La formule de Nernst, démonstration
- 2- L'électrode normale à hydrogène
- 3- Les différents types d'électrodes
- 4- Détermination expérimentale des potentiels rédox standards
- 5- Application de la formule de Nernst
 - 5.1- Etude thermodynamique des piles
 - 5.2- Prévisions du sens d'une réaction d'oxydo-réduction
 - 5.3- Détermination du produit de solubilité et des constantes de formation de complexes par la mesure de la f.e.m.

Chapitre VII: Bases chimiques et électrochimiques de la Corrosion

- 1- La corrosion électrochimique
- 2- Les différents types de corrosion
- 3- Etude et établissement des diagrammes tension-pH

- 4- Aspect thermodynamique de la corrosion
- 5- Protection contre la corrosion

ELECTROCHIMIE THEORIQUE
V.H.T.M: 60 h (Cours: h, TD: h, TP: h)
Coefficient: 3

Ce module est composé de deux parties avec un rappel sur les électrolytes:

- 1-Thermodynamique électrochimique
- 2-Cinétique électrochimique

Introduction et rappels sur la physico-chimie des électrolytes

- 1-Lois de DEBYE-HÜCKEL
- 2-Lois de la conductivité
- 3-Nombre de transport

1-Thermodynamique électrochimique

Chapitre I: Rappels de thermodynamique:

1-Definitions préliminaires

2-Variables et propriétés thermodynamique. Théorème d'Euler

3-Equation d'Etat

4-Fonction d'Etat d'un système

5-Grandeurs molaires partielles

6-Potentiels thermodynamiques

6-1 Définition

6-2 Transformation à T et V constants

6-3 Transformation à T et P constants

6-4 Transformation à S et V ou S et P constants

6-5 Transformations adiabatiques

6-6 Autres groupes de variables

6-7 Variation des fonctions thermodynamiques d'un système non purement chimique au cours d'une transformation réversible.

7-L'Affinité

7-1 Définition

7-2 Expression des potentiels thermodynamiques en fonction de l'affinité.

8-Potentiel chimique et activité d'un constituant dans un mélange homogène

8-1 Potentiel chimique d'un constituant

8-2 Formules de Gibbs-Helmoltz

8-3 Expression de l'affinité et des potentiels thermodynamiques en fonction des potentiels chimiques.

8-4 Relation de Gibbs-Helmoltz

8-5 Système isolé

8-6 Activité et fugacité d'un constituant dans une phase.

9- Equilibre Thermodynamique d'un système chimique

9-1 Condition fondamentale d'équilibre

9-2 Loi d'action de masse

9-3 Loi des phases de Gibbs et théorème de Duhem.

Chapitre II: Processus aux électrodes. La double couche électrochimique

1-Définitions

2- La notion de double couche électrochimique

2-1 Métal isolé

2-2 Electrode parcourue par un courant

3-Electrodes attaquables et inattaquables

4-La structure réelle de la double couche5-Tension d'électrode6-Capacité intégrale et capacité différentielle

6-1 Définitions

6-2 Contribution respective des différentes zones de l'interphase à la capacité différentielle de l'électrode.

6-3 Circuit équivalent d'une électrode

6-4 Capacité d'une chaîne électrochimique

7-Variations du potentiel électrique dans la double couche

7-1 Condensateur de surface

7-2 Condensateur de Helmotz

7-3 Condensateur de Gouy-Chapman

Chapitre III: Equilibre d'un système électrochimique. Formule de Nernst.1-Définitions et caractéristiques d'un système électrochimique2- Fonctions d'états et potentiels électrochimiques

2-1 Définitions

2-2 Fonctions d'états chimiques d'un système électrochimique

2-3 Potentiels thermodynamiques électrochimiques

3-Equilibre d'un système électrochimique

3-1 Condition généralme d'équilibre

3-2 Equibre d'un système électrochimique monophasé

3-3 Equilibre de deux phases métalliques en contact

3-4 Equilibre d'une électrode. Tension absolue

3-5 Tension relative d'une électrode

4-Enthalpie libre chmique et électrochimique de la réaction d'électrode5-Equilibre de deux conducteurs ioniques en contact**Chapitre IV: Les phénomènes électrocapillaires et l'étude expérimentale de la double couche**1-Le phénomène électrocapillaire fondamental2- Formule de LIPPMAN-GIBBS3- Application de la formule de LIPPMAN-GIBBS4-Les courbes electrocapillaires reelles et la capacité de la double couche**Chapitre V: Conséquences et applications de la formule de NERNST**1- Différents types d'électrodes2- Electrodes redox3- Electrodes métalliques

3-1 Electrode de première espèce

3-2 Electrode de deuxième espèce

3-3 Electrode de troisième espèce

4- Electrodes à gaz5- Influence du pH sur la tension d'un système6- Applications à l'étude de diverses réactions:

Prévision des réactions rédox. Dismutation et anti dismutation

7- Relation entre les tensions redox des différents systèmes d'un même élément

7-1 Formule de LUTHER

7-2 Diagramme de FROST

8- rH et rO d'un système redox

8-1 Définitions

8-2 Expression du rH et du rO d'un système rédox

8-3 Emploi et intérêt du rH et du rO. Potentiel d'acidité

Chapitre VI: Les diagrammes tension-pH1- Equilibres acide-base et équilibre rédox

2- Etude préliminaire de quelques cas simples

- 2-1 Diagramme e-pH de l'eau
- 2-2 Diagramme e-pH du peroxyde d'hydrogène
- 2-3 Diagramme e-pH des degrés 2, 3, et 5 de l'azote

3- Disposition et forme des courbes au voisinage des points triples4- Relation entre les diagrammes e-pH des formes stables et instables5- Exemple de tracé de diagramme. Le diagramme e-pH du cuivre6- Immunité, corrosion, passivation7- Diagramme e-pH d'un élément en présence d'un autre constituant8- Diagramme e-pX**Chapitre VII: Thermodynamiques des cellules galvaniques**1- Définitions2- Tension électrique d'une cellule galvanique3- Réaction de cellule4- Relation entre tension de cellule et activité des corps dissous5- cellules de concentration et cellules de gravité6- Diagramme e-pH d'une cellule galvanique7- Variation de E avec T. Formule de GIBBS-HELMOLTZ8- Cellules à combustibles**Chapitre VIII: Détermination expérimentale des potentiels chimiques standards**1- Convention de LATIMER

- 1-1 Potentiel chimique standard d'un corps pur
- 1-2 Potentiel chimique standard d'un corps dissos non ionisé
- 1-3 Potentiel chimique standard d'un corps dissous

2- Détermination pratique des Δ° 2-1 Mesures électrochimiques

- 2-1-1 L'ion participe directement à une réaction d'électrode réalisable.
Méthode d'extrapolation de LEWIS.

2-1-2 L'ion considéré intervient dans des réactions d'électrodes non réalisables matériellement

2-2 Mesures enthalpiques3- Anciennes méthodes de calcul de e° . Les deux premières conventions de LATIMER

- 3-1 La première méthode de LATIMER
- 3-2 La deuxième méthode de LATIMER

2-Cinétique électrochimique**Chapite I: Généralités sur la cinétique électrochimique**1- Polarisation et surtension d'une électrode

- 1-1 Définition
- 1-2 Vitesse d'une réaction électrochimique
- 1-3 Surtension et affinité électrochimique. La relation de DEDONDER-POURBAIX

2- Courbes de polarisation

- 2-1 Définition
- 2-2 Tracé des courbes de polarisation
- 2-3 Allure des courbes de polarisation

3- Loi de TAFEL**Chapitre II: Relations fondamentales de la cinétique électrochimique.****La loi de BUTLER-VOLMER.**1- Théorie ancienne de la surtension d'hydrogène2- Théorie actuelle de la surtension d'activation

- 2-1 Formule de BUTLER-VOLMER

2-2 Courbe de polarisation

3- Lois limites de la surtension

3-1 Cas des fortes surtensions. Approximation de TAFEL

3-2 Cas des faibles surtensions. Approximation à l'origine

3-3 Circuit équivalent d'une électrode

4- Facteurs influant sur la densité de courant d'échange. Variation de i_0 avec les concentrations

5- Cas des réactions d'ordre différent de 1

6-Réactions à étapes multiples

Chapitre III: Cinétique électrochimique en régimes de diffusion ou de cristallisation

1- Régime mixte de diffusion-transfert

1-1 Profils de concentration

1-2 Equation de la surtension

1-3 Forme des courbes de polarisation. Courants partiels

2- Régime pur de diffusion

3- Régime mixte de transfert-cristallisation

3-1 Processus élémentaires

3-2 Equation de la surtension

3-3 Résistance de polarisation de cristallisation

3-4 Régime pur de cristallisation

4- Remarque sur la cinétique d'un régime pur en cinétique. Diagramme de zones

Chapitre IV: Cinétique des chaînes électrochimiques

1- Courbes caractéristiques d'une chaîne électrochimique

2- Caractéristique de polarisation d'une chaîne

3- Les piles

4- Les accumulateurs

5- Les électrolyseurs

Mots Clés:

Electrode - Double couche Electrochimique - Potentiel électrochimique - Surtension - Polarisation - Courant d'échange.

Bibliographie:

1) J.BESSON, "Précis de thermodynamique et cinétique électrochimique " Editions Ellipses 1984

2) G. MILAZZO, " Electrochimie Tome 1 et 2 ", Editions: Dunod-Paris 1969

3) M. FOULETIER, J.-B. MATHIEU et P. NOUAL, " Les Applications de l'Electrochimie à l'Hydrométallurgie", Editions Pluralis , 1980

4) V. KIREEV, " Cours de Chimie Physique ", Editions Mir - Moscou

5) J. BESSON et J. GUIITTON, " Manipulations d'Electrochimie ", Editions: Masson et Cie - Paris (1972)

6) F. COEURET et STORCK, " Elements de Génie Electrochimique " Editions Lavoisier TEC et DOC

"CORROSION ET PROTECTION DES METAUX"
Volume horaire Total: 60 h (Cours: h, TD: h, TP: h)
Coefficient: 3

CHAP.I GENERALITES - ELEMENTS DE CRISTALLOGRAPHIE

- 1- Phénomène de la corrosion des métaux
- 2- Diagramme de phase fer-carbone
- 3- Eléments de cristallographie
 - 1- les groupes ponctuels des 7 réseaux de Bravais
 - 2- Les structures métalliques: la liaison métallique, les alliages primaires, phases de laves, solutions interstitielles

CHAP.II: ASPECT THERMODYNAMIQUE ET CINETIQUE DE LA CORROSION

I- ASPECT THERMODYNAMIQUE DE LA CORROSION

- 1) Bases électrochimiques de la corrosion
- 2) Les moteurs de corrosion: les principaux oxydants
- 3) Diagramme de stabilité thermodynamique de l'eau: potentiels d'équilibre thermodynamique de la réaction d'oxydation et de réduction de l'eau.
- 4) Diagramme de Pourbaix, exemple: diagramme du fer (Domaine d'immunité, de passivation, de corrosion)
- 5) Convention thermodynamique de la corrosion
- 6) Conclusions.

II- ASPECT CINETIQUE DE LA CORROSION

1-Electrode simple en déséquilibre (Traversée par un courant)

- 1.1) Anode - Cathode - Courbe de polarisation d'un même couple
- 1.2) Différentes modes de polarisation ou de surtension (surtension d'activation, de diffusion, de résistance)

2- Corrosion électrochimique - Couplage galvanique

- 2.1) Corrosion idiomorphique - Corrosion exomorphique
- 2.2) Electrodes multiples
- 2.3) Comportement d'un métal en cours de corrosion (cas d'une électrode double): détermination du potentiel et courant de corrosion, du courant d'échange, de la résistance de polarisation à partir de la courbe de Tafel, $\log i = f(\eta)$
exemple: électrode de Fe plongée dans une solution d'acide sulfurique désaérée
- 2.4) Condition nécessaire pour qu'un métal se corrode
- 2.5) Différentes réactions cathodiques possibles: formation de l'hydrogène, réduction de l'oxygène, réduction d'ions métallique, etc.....
- 2.6) Sites des réactions anodique et cathodique.
- 2.7) Role de l'oxygène dans la corrosion aqueuse de fer: la rouille
- 2.8) Corrosion exomorphique: ensemble de matériaux en court-circuit plongés dans un même électrolyte, méthode de détermination de la vitesse de corrosion
- 2.9) Contrôle de corrosion: Contrôle cathodique par réaction de transfert de l'oxygène, par diffusion de l'oxygène, contrôle cathodique par l'hydrogène, contrôle mixte (anodique et cathodique).

CHAP.III: LA CORROSION DANS LA PRATIQUE INDUSTRIELLE ET LES MODES DE CORROSION

I- LES DIFFERENTS TYPES DE CORROSION

1) Introduction:

Corrosion électrochimique - corrosion sèche - Corrosion par les métaux liquides.

2) Corrosion électrochimique

2.1) Corrosion généralisé (uniforme)

2.2) Corrosion localisée

2.2.1) Corrosion macroscopique

- a) Corrosion galvanique (ou bimétallique)
- b) Corrosion érosion
- c) Corrosion-frottement (usure)
- d) Corrosion par crevasse (sous joint).
- e) Corrosion par piqure
- f) Exfoliation
- g) Dissolution sélective: exemple corrosion du laiton

2.2.2) Corrosion microscopique

- a) corrosion intergranulaire
 - Définition de la corrosion intergranulaire
 - Mécanismes et causes
 - Lutte contre la corrosion intergranulaire
 - Exemples:
 - *) Corrosion intergranulaire des aciers inoxydables austénitiques, ferritiques, austéno-ferritiques.
 - *) Corrosion intergranulaire des alliages d'aluminium
- b) Corrosion sous contrainte mécanique.
 - Caractères généraux de la fissuration par corrosion sous contrainte
 - Modélisation des phénomènes de corrosion sous contrainte
 - Prévention contre la corrosion sous contrainte
- c) Corrosion-fatigue
 - Définition
 - Différents stades du processus: Amorçage et propagation des fissures en fatigue corrosion
 - Remèdes contre ce type de corrosion: choix du matériau, protection cathodique, emploi d'inhibiteurs, dépôts métalliques ou organiques

II- COUT DE LA CORROSION

1) Les dégâts et pertes provoqués par la corrosion:

- 1.1) Les pertes directes
- 1.2) Les pertes indirectes
- 1.3) Pertes (épuiement) des ressources naturelles en minerais
- 1.4) Perte en temps, en travail et moyens financiers
- 1.5) Pertes humaines

2) Coût de la corrosion = f(temps)

CHAP.IV PROTECTION CONTRE LA CORROSION

- 1) Condition de protection
- 2) Principe de protection
- 3) Protection cathodique avec anode sacrificielle (réactive)
 - a) Schéma de fonctionnement
 - b) Propriétés thermodynamique et cinétique de l'anode sacrificielle
 - c) Réalisation des anodes sacrificielles
- 4) Protection par courant (ou tension) imposé
 - a) Schéma du principe
 - b) Courbe de polarisation pour courant imposé
 - c) Electrodes de références utilisées pour les mesures terrestre et marine lors de la protection par courant imposé
 - d) Les différentes sortes d'anodes utilisées
- 5) Protection par revêtements métalliques:

Immersion dans un métal fondu, pulvérisation

 - Revêtements anodiques
 - Revêtements cathodiques
- 6) Autres types de protection
 - 6.1) Enrobages, peintures
 - 6.2) Action sur le milieu corrosif
 - 6.3) Traitements de conversion
 - 6.3.1) Oxydation anodique
 - 6.3.2) Traitement Chimique
 - Phosphatation de l'acier
 - Chromatisation
- 7) Les inhibiteurs de Corrosion
 - Les inhibiteurs oxydants
 - Les inhibiteurs d'adsorption
 - Les inhibiteurs volatils

Mots clés:

Corrosion électrochimique - immunité - passivation - protection cathodique - anode réactive - courbe de polarisation - surtension - potentiel et courant de corrosion - courant d'échange - corrosion chimique à haute température - corrosion par les métaux liquides.

Bibliographie:

- 1) M. FOULETIER, J.-B. MATHIEU et P. NOUAL, " Les Applications de l'Electrochimie à l'Hydrometallurgie ", Editions Pluralis (1980)
- 2) M. POURBAIX, " Atlas d'Equilibres Electrochimiques ", Gauthier Villars et Cie, Paris, 1963 .
- 3) H.MAZILLE, J. ROBIN, "Les propriétés chimiques des métaux et Corrosion des métaux et alliages ", polycope INSA - Lyon (1981/82)
- 4) J.BESSON, " Précis de Thermodynamique et Cinétique Electrochimiques " édition Ellipses (1984)
- 5) C. CHAUSSIN, G. HILLY, " Métallurgie- Alliages Métalliques (Tome I) " Edition Dunod (1976)
- 6) (a) J. SANNIER et G. SANTARINI, J. Nucl. Mater 107. (1982) 196,
(b) J.SANNIER, O. KONOVALTSCHIKOFF, D. LECLERCQ et R. DARRAS, " Chemical Aspects of Corrosion and Mass Transfert in Liquid Sodium" AIME Detroit 1971.
- 7) N.J. HOFFMANN et MINKOFF, " Corrosion by liquid Metals ", Plenum Press 1970
- 8) F.HABASHI, "Principes of Extractive Metallurgy" , Vol. 2, Gordon and Breach Science Publ., Paris, 1970.

GENIE ELECTROCHIMIQUE
Volume Horaire Total = 60 h (cours: h, TD: h, TP: h)
Coefficient = 3

PARTIE A: GENIE DES REACTEURS ELECTROCHIMIQUES

But:

- Les étudiants doivent à l'issue de cette 1er partie du module être capables de:
- Mettre en équations un problème impliquant un ou plusieurs transferts aux électrodes.
 - Choisir les expressions de corrélation d'une manière adéquate.
 - Résoudre numériquement un problème déjà formulé.
 - Calculer les performances et les dimensions d'un réacteur électrochimique

1) Rappels (Concepts Fondamentaux)

- Processus aux électrodes
- Relation courant - tension
- Rendement et efficacité dans les réactions électrochimiques

2) Réacteurs Electrochimiques

- a- Réacteur électrochimique à écoulement
 - avec différentes configurations d'électrodes
 - avec et sans recyclage
- b- Réacteur électrochimique continuellement agitée
 - de type continu
 - de type semi-continu
 - avec recyclage
- c- Avec réactions chimiques et électrochimiques
 - simultanées
 - consécutives

3) Transfert de masse dans un réacteur électrochimique

- Transfert de matière aux électrodes
 - avec convection forcée
 - avec convection naturelle

4) Comportement thermique d'un réacteur électrochimique

5) Distribution du potentiel et du courant dans un réacteur électrochimique

6) Dynamique des processus dans un réacteur électrochimique

7) Optimisation des réacteurs électrochimiques

8) Méthodes d'analyse numériques et réacteurs électrochimiques

PARTIE B: PRODUCTION ELECTROCHIMIQUE

1) Electrolyse de l'eau

Bases théoriques de l'électrolyse de l'eau. Choix des conditions de l'électrolyse

Les potentiels d'équilibre thermodynamique des réactions d'oxydation et de réduction

- Analyse des différents composants du bilan des tensions d'un point de vue cinétique et des phénomènes de remplissage gazeux.
- Méthode d'amélioration des conditions technologiques de l'électrolyse de l'eau. Bilan thermique de l'électrolyseur.
- Différents types d'électrolyseurs. particularités de l'électrolyse de l'eau sous pression. Obtention de l'eau lourde

- 2) Production électrochimique du chlore et de la soude
- Généralités. Propriétés et utilisation du chlore, de la soude et de l'hydrogène.
Matière premières
 - Bases théoriques de l'électrolyse des chlorures
 - Processus aux électrodes et dans la solution
 - Electrolyse des chlorures avec diaphragme et avec une électrode solide .
Principes de l'électrolyse avec contre-courant.
Influence de la vitesse du contre-courant sur le rendement en courant du chlore et de la soude. Conditions optimales de l'électrolyse.
 - Nouveaux matériaux anodiques. Méthodes d'amélioration du travail des diaphragmes à résines échangeuses d'ions.
 - Méthode de diminution de la consommation d'énergie électrique.
Construction des électrolyseurs.
 - Electrolyse des chlorures avec cathode de mercure
 - Mécanisme de formation de l'amalgame au cours de l'électrolyse.
Conditions optimales de l'électrolyse .
 - Mécanisme et cinétique de décomposition de l'amalgame.
Diminution de la tension de l'électrolyseur. Construction des électrolyseurs et des décomposeurs. Méthodes d'intensification de l'électrolyse et de la décomposition de l'amalgame.
Electrolyse de l'acide chlorhydrique.
- 3) Production électrochimique de l'hypochlorite.
- Mécanisme du processus. Conditions optimales de l'électrolyse. Construction des électrolyseurs.
- 4) Production de chlorates et perchlorates
- Mécanisme du processus. Conditions optimales de l'électrolyse. Construction des électrolyseurs.
- 5) Production de l'acide persulfurique et de l'eau oxygénée
- 6) Production de perborates, perphosphates, percarbonates.
- 7) Production du permanganates de potassium.
- Oxydation des manganates
 - Dissolution anodique du ferromanganèse.
- 8) Production de bioxyde de manganèse

Travaux pratiques (Génie électrochimique-I)

Partie-A

- Transfert de masse dans un réacteur électrochimique avec électrodes verticales planes.
- Distribution de la densité de courant aux électrodes planes et tridimensionnelles
- Distribution du potentiel dans une électrode volumique
- Bilan thermique dans un électrolyseur
- Utilisation d'une méthode de calcul numérique pour un cas bien précis du génie électrochimique

Partie-B

- Obtention électrochimique du chlore et de la soude par la méthode du diaphragme
- Obtention électrochimique de l'hypochlorite et du chlorate de soude.
- Obtention électrochimique du perchlorate de potassium.
- Obtention électrochimique de l'acide persulfurique et de ses sels.
- Electrodeposition du bioxyde de plomb.
- Obtention électrochimique du bioxyde de manganèse

Travaux dirigés

Les travaux dirigés seront laissés à l'appréciation de l'enseignant tout en ayant pour base de travail les chapitres du cours.

Ils porteront sur l'ensemble des productions électrochimiques vue en cours et applications numériques des différents grandeurs de la technologie électrochimique

- Détermination des bilans : matière, électrochimique, thermique.
- Discussion des réactions d'électrode
- Discussion économique
- Equipement électrique

METHODES ELECTROCHIMIQUES D'ANALYSE

Volume horaire total = 60 heures (cours 40, TP:20)

Coefficient = 3

Chap.1: Introduction et Rappels sur les processus aux électrodes

- Introduction
- Processus faradique et processus non faradique
- Différents modes de transport de matière dans l'électrolyte
- Lois de Fick, conditions aux limites, profil de concentration au voisinage de l'électrode.

Chap.2: Régimes d'étude de la cinétique électrochimique

- Régime transitoire: courbes $i = f(t)$ et $e = f(t)$
- Régime stationnaire: courbe de polarisation $i = f(e)$
- Régimes et lois cinétiques: activation, diffusion, activation-diffusion

Chap.3: Matériel et Montages électriques en électrochimie

- Définitions
- Préparation des électrodes et de l'électrolyte
- Appareils utilisés en électrochimie
- Montages électriques: à deux et à trois électrodes

Chap.4: Conductimétrie

- Différentes classes de conducteurs
- Techniques de mesure de la conductivité: méthode à deux électrodes, méthodes à 4 électrodes, méthode du pont de Whetstone, méthode d'impédance

Chap.5: Potentiométrie - Ionométrie

- Principes
- Particularités de chaque méthode

Chap.6: Voltampérométrie sur électrode immobile

- Principe
- Matériel et montage électrique
- Résultats théoriques
- Voltampérométrie en présence du seul électrolyte support

Chap.7: Chronopotentiométrie

- Principe
- Calcul de la variation des concentrations au niveau de l'électrode
- Courbe chronopotentiométrique et détermination du temps de transition

Chap.8: Chronoampérométrie

- Principe
- Relation: courant = $f(\text{temps})$

- Chronoampérométrie à double échelon de potentiel

Chap.9: Chronocoulométrie

- Principe
- Courbe chronocoulométrique et composantes non faradiques

Chap.10: Electrode tournante à disque

- Principes
- Lois régissant la cinétique électrochimique
- Courbe de polarisation

Chap.11: Electrode tournante à disque et à anneau

- Principe
- Facteur géométrique du système disque-anneau
- Mise en oeuvre de la méthode

Chap.12: Polarographie

- Principes théoriques et cellule polarographique
- Loi d'Ilkovic et courbe polarographique
- Utilisation de la polarographie

Chap.13: Spectroscopie d'impédance

- Impédances de circuits électriques
- Bases théoriques des impédances électrochimiques
- Méthodes de mesure
- utilisation

Travaux pratiques (TEC. 787):

- 1- Présentation du matériel et démonstrations
- 2- chronopotentiométrie
- 3- Chronoampérométrie
- 4- Voltampérométrie sur électrode immobile
- 5- Electrode à disque tournant
- 6- Polarographie
- 7- Coulométrie

Mots Clés:

Equilibre Electrochimique-Cinétique Electrochimique- Régime stationnaire -Régime Transitoire- Electrode- Electrolyte- Instruments Electrochimiques- Conductimétrie - Potentiométrie- Ionométrie- Voltampérométrie linéaire/Cyclique- Chronopotentiométrie- Chronoampérométrie- Chronocoulométrie- Electrode tournante à Disque- Electrode Tournante à Disque et à Anneau- Polarographie- Spectroscopie d'Impédance.

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)
- 3) J. BRENET, " Introduction à l'Electrochimie de l'Equilibre et du Non-Equilibre " Edition Masson - Paris (1980)
- 4) L. ANTROPOV, " Electrochimie Théorique ", Edition Mir - Moscou (1980)
- 5) M. FOULETIER, J- B. MATHIEU, P. NOUAL, " Les Applications de l'Electrochimie à l'hydrométallurgie", Edition Pluralis (1980)
- 6) G. MILAZZO, " Electrochimie Tome 1 et 2 ", Edition Dunod - Paris (1969)
- 7) J. O'M. BOCKRIS, A. K. N. REDDY, " Modern Electrochemistry - An Introduction to an Interdisciplinary Area " , Vol.2, Plenum Press - New York
- 8) " Réactions Electrochimiques - Applications "Ecole d'Electrochimie du CNRS, Les Houches - France (1978)

9) G. CHARLOT, M. MACHTINGER, R. ROSSET, " Cours de Chimie Analytique Générale (IV) ", Edition Masson - Paris (1976)