

**Fiche d'organisation semestrielle des enseignements de la spécialité  
(S5 et S6)**

## Semestre 05

Unité d'enseignement	VHS	V H hebdomadaire				coeff	crédits	Mode d'évaluation	
		C	TD	TP	Autres			Continu	Examen
<b>UE fondamentales</b>	1					12	20		
Cristallochimie (Chimie de l'état solide)	45h	1h30	1h30			3	5	33%	67 %
Méthodes physico-chimiques d'analyse	45h	1h30	1h30			3	5	33%	67 %
Thermodynamique approfondie	45h	1h30	1h30			3	5	33%	67 %
Electrochimie et corrosion	45h	1h30	1h30			3	5	33%	67 %
<b>UE Méthodologie UEM</b>									
TP synthèse des matériaux I	22h30			1h30		1	2	50%	50 %
TP Techniques de caractérisation I	22h30			1h30		1	2	50%	50 %
TP modélisation des matériaux I	22.30			1h30		1	2	50%	50 %
<b>UE Découverte</b>									
Ethique et déontologie		1h30				1	2		100 %
<b>UE transversale</b>									
Anglais Technique I	22h30	1h30				1	2		100 %
<b>Total semestre</b>						17	30		

## Semestre 06

Unité d'enseignement	VHS Semestriel	VHH Hebdomadaire				coef f	crédits	Mode d'évaluation	
		C	TD	TP	Travail personnel			Continu	Examen
	15 semaines								
<b>UE fondamentale UEF</b>									
Propriétés des Matériaux	45h	1h30	1h30			3	5	40%	60%
Chimie des Surfaces et catalyse	45h	1h30	1h30			3	5	40%	60%
Matériaux I: métaux et céramiques	67h30	03h	1h30			3	5	40%	60%
Matériau II : polymères et composites	67h30	03h	1h30			3	5	40%	60%
<b>UE méthodologie UEM</b>									
<b>TP synthèse des matériaux II</b>				1h30		1	2		
<b>TP Techniques de caractérisation II</b>				1h30		1	2		
<b>TP modélisation des matériaux II</b>				1h30		1	2		
<b>UE Découverte</b>									
<b>Nanotechnologies</b>	22h30	1h30				1	2		
<b>UE transversale</b>	22h30	1h30							
<b>Anglais technique II</b>	22h30	1h30				1	2		100 %
<b>Total semestre</b>						17	30		

## **Cristallographie (Chimie de l'état solide)**

Introduction à l'analyse structurale d'un matériau. Détermination des polyèdres de coordination. Enchaînement des polyèdres de coordination. Filiation structurale. Compréhension et connaissance des paramètres mis en jeu dans la détermination des structures par les techniques de diffraction des rayons X (extension possible aux neutrons).

**Chapitre I** : les structures de bandes, les densités d'états et les propriétés électroniques

**Chapitre II** : Classification des structures cristallines.

**Chapitre III**: Groupes ponctuels de symétrie. Opérateurs. Combinaison des opérateurs.

- Groupes d'espace.- Groupes de translation.- Les 32 classes de symétrie.

**Chapitre IV** : Réseau réciproque et construction d'Ewald.

Facteur de structure et calcul des intensités diffractées.

Cas de rayons X. Cas des neutrons.

**Chapitre V** : Application de la construction d'Ewald à la diffraction des électrons.

## **APPLICATIONS (TD OU TP)**

Etude des structures.

Polyèdres de coordination.

Groupe d'espace.

Identification de composés inconnus. Utilisation du fichier ASTM.

Détermination des paramètres cristallins à partir des diagrammes de poudre : méthodes manuelles et informatiques.

Résolution des structures sur poudres.

Diffraction électronique.

---

## Méthodes physico-chimiques d'analyse

---

Introduction, Interactions rayonnement /matière. Les différentes spectroscopies (échelle d'énergie & informations)

### **Chapitre I : Spectroscopie d'absorption UV-Visible:**

Les différents types de transitions. Principaux chromophores, absorptions caractéristiques des complexes inorganiques. Applications à la détection et à l'analyse quantitative.

### **Chapitre II : Spectroscopie Infra-Rouge :**

Différents types de vibration. Principaux vibrateurs, effet de masse, effets électroniques, influence des interactions intermoléculaires. Application à l'analyse fonctionnelle.

### **Chapitre III: Spectroscopie RMN :**

\* Principe : cas des noyaux de spin  $\neq 0$  ( $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ , ...) et autres noyaux de spin  $\neq 0$ , abondance naturelle et sensibilité. Déplacements chimiques. Couplage entre noyaux (règle des  $2nI + 1$  raies, constantes de couplage.

\* RMN  $^1\text{H}$  : gamme de déplacements chimiques, multiplicité, constantes de couplage, échange isotopique.

\* RMN  $^{13}\text{C}$ : différents types de spectres, gamme de déplacements chimiques.

\* Introduction rapide à la RMN d'autres noyaux.

\* Application à l'analyse structurale.

### **Chapitre IV : Spectrométries**

**Spectrométrie de masse**, Présentation rapide du principe. Application à la détermination de masse molaire et à la détermination de formule brute par croisement avec l'analyse élémentaire.

**Spectrométrie d'émission atomique** (plasma, flamme, arc, étincelle) : Principes de base, interférences, notions sur l'appareillage, performances et applications

**Spectrométrie d'absorption atomique** (flamme, four) : Principes de base, interférences, notions sur l'appareillage, performances et applications

**Spectrométrie de fluorescence de rayons X** : Principes de base, interprétation des spectres (analyses qualitative et quantitative), notions sur l'appareillage, performances et applications, absorptiométrie de rayons X et tomodensitométrie.

**Chapitre V** : Techniques thermiques (ATD, ATG, DSC),

**Chapitre VI** : Microscopie optique, électronique à balayage, en transmission. (M.O, MEB, MET), spectrométrie d'électrons (ESCA, AUGER), spectrométrie de masse à ionisation secondaire (SIMS).

**Chapitre VII** : Diffraction des rayons X, Principes de base, performances et applications

**Chapitre VIII** : Détermination de la surface spécifique (BET).

# **Thermodynamique approfondie**

## **Chapitre I** : Rappels de thermodynamique : corps purs

Introduction thermodynamique du théorème des phases.

Le corps pur: cas du polymorphisme, enantiotropie, monotropie, dimorphisme à haute pression.

## **Chapitre II** : Transformations du 1er et du 2ème ordre.

**Chapitre III** : Les systèmes binaires; diagrammes enthalpiques; réactions eutectiques, péritectiques, monotectiques ; réactions dans l'état solide; réactions syntectiques et métatectiques ; équilibre stable et métastable.

Les systèmes ternaires : réactions eutectiques et péritectiques du 1er et 2ème type ; phases intermédiaires. Fondements des théories cinétiques.

Equations empiriques.

## **Chapitre IV** : Diffusion dans les solides.

## **Chapitre V** : Nucléation et croissance.

**Chapitre VI** : Etude des changements de phase, Transformations diffusionnelles, spinodales, martensitiques. Mûrissement d'Ostwald,

Transformations de phases dans les matériaux,

Transitions de phases (aspects statistiques),

Méthodes expérimentales d'étude des transformations de phases : méthodes thermique.

## **Electrochimie et corrosion**

Acquérir les fondamentaux de thermodynamique et de cinétique électrochimique.

Etudier théoriquement et pratiquement la stabilité des matériaux métalliques et leur protection vis à vis de l'oxydation en milieu aqueux.

Connaître les utilisateurs industriels de l'électrochimie pour le traitement des surfaces métalliques, l'affinage ou l'obtention des métaux.

### **Chapitre I : Thermodynamique électrochimique : construction des diagrammes e-pH**

Cinétique électrochimique notion de processus limitant (loi de Tafel et de Fick)

### **Chapitre II : L'OXYDO-REDUCTION**

I.1- Oxydants, réducteurs et réactions rédox

I.2- Cellule galvanique, pile

I.3- Potentiel d'électrode ou potentiel d'oxydoréduction

I.4- Formule de Nernst

I.5- Exemples d'électrodes

I.6- Prévision des réactions d'oxydoréduction

I.7- Etude quantitative de l'évolution d'un système

I.8- Influence du milieu, potentiel apparent

### **Chapitre III : L'ELECTROLYSE**

II.1- Réaction électrochimique

II.2- Cellule électrolytiques

II.3- Loi de Faraday

II.4- Comparaison entre la pile galvanique et la pile électrolytiques

### **Chapitre IV: La corrosion**

Description des processus de corrosion des matériaux métalliques, Méthodes de protection contre la corrosion

# Propriétés des Matériaux

## Chapitre I : Propriétés mécaniques

- Milieu isotrope.
- Tenseur des déformations.
- Tenseur des contraintes.
- Loi de HOOKE.
- Constante d'élasticité.
- Module d'Young et coefficient de Poisson.
- comportement plastique
- Dureté et tenacité,

## Chapitre II : Propriétés thermiques

- Capacité calorifique.
- Dilatation thermique.
- Conduction thermique.

## Chapitre III : Propriétés électriques

- Modèle de l'électron libre
  - Introduction
  - Loi d'Ohm et temps de relaxation des électrons.
  - Temps de relaxation, temps de collision et libre parcours moyen.
  - Niveau d'énergie, fonction de distribution de Fermi-Dirac et densité électrique
  - Diffusion des électrons et résistivité des métaux.
  - Chaleur spécifique due aux électrons.
  - Conductivité thermique due aux électrons.
  - Emission électronique.
- Modèle du potentiel périodique.
  - .-Point de vue qualitatif sur l'origine des bandes d'énergie.
  - Relation énergie- vecteur d'onde, notion de masse effective.
- Isolants, métaux et semi-conducteur



## Chimie des Surfaces et catalyse

Les interfaces entre une phase solide et une phase fluide constituent un milieu hautement anisotrope où se déroule une chimie spécifique. Ce cours permettra à l'étudiant de comprendre certaines interactions des surfaces des solides avec d'autres phases dans un premier temps, ensuite, il sera initié à différents modes de traitement des surfaces.

Tension- activité,

Etude physico-chimique de la tension - activité,

Adsorption des liquides,

Adsorption des gaz, étude de l'adsorption physique et chimique,

Traitement de surface et contrôle des revêtements,

Préparation des surfaces,

Traitements de conversion chimiques,

Traitements de conversion électrochimique,

Traitements de diffusion.

Catalyse homogène,

Catalyse hétérogène,

# Matériaux I: métaux et céramiques

## Matériaux métalliques

**Chapitre I : Introduction :** Présentation des différents types d'alliages utilisés industriellement, par exemple en s'appuyant sur une vue « éclatée » d'un avion.

**Chapitre II : Les grandes familles de métaux et alliages :** Alliages ferreux, alliages légers, inox, superalliages, base cuivre, base titane, composites base métallique.

**Chapitre III : Relation structure propriétés :** Liaison métallique, dislocation, déformation des métaux, courbes de traction, antagonisme résistance / résilience.

**Chapitre IV : Corrosion :** Présentation des problèmes de corrosion aqueuse rencontrés dans les véhicules; comportements noble, passif ou corrodable, traitements de surface et couples galvaniques.

**Chapitre V : Structure des métaux et alliages (TD) :** Les structures de base des métaux, sites cristallographiques, alliages d'insertion/de substitution, défauts cristallins, intermétalliques.

**Chapitre VI : Diagrammes de phases (TD) :** Les diagrammes traités auront un aspect pratique : Pb-Sn (brasure) Al-Mg, Al-Ti (alliages légers), Ni-Al (superalliages), Cu-Ni (alliages cuivreux hautes performances), Cu-Zn ( bronzes).

## Matériaux céramiques

**Chapitre I : Introduction :** Des céramiques dans la vie courante aux grandes classes de céramiques et à leurs propriétés spécifiques, en relation avec leur structure et/ou leur microstructure.

**Chapitre II : Elaboration des céramiques :** Mise en forme des céramiques. Frittage en phase solide.

**Chapitre III : Céramiques pour l'électronique :** Cristaux semiconducteurs (intrinsèques et extrinsèques) et leur application aux composants électroniques actifs. Quelques céramiques à structure pérovskite et leurs applications dans les composants électroniques passifs.

**Chapitre IV : Céramiques thermomécaniques :** Propriétés thermiques (dilatation, conductivité thermique, résistance aux chocs thermiques), comparaison de leurs propriétés et leurs utilisations. Renforcement des céramiques (composites à matrice céramique).

## **Matériau II : Polymères et composites**

### **Matériaux polymères**

**Chapitre I : Introduction** : présentation générale des polymères (Définitions de base, exemples d'applications, nomenclature, architecture, propriétés principales).

**Chapitre II : Chimie macromoléculaire**: La polycondensation ou polymérisation en étapes. La polymérisation en chaîne (voie radicalaire, anionique, cationique et par les métaux de transition).

**Chapitre III : Relations structure-propriétés** : Propriétés des polymères en solution & méthodes de caractérisations. Propriétés thermiques des polymères. Propriétés mécaniques des polymères.

**Chapitre IV : Mise en œuvre et mise en forme des polymères** : Cinétique de polymérisation. Procédés de polymérisation (mise en œuvre). Procédés de transformation (mise en forme). Vieillessement et formulation des polymères.

**TP** : Détermination de la masse moléculaire et du degré de polymérisation à partir de la viscosité intrinsèque. Séparation et identification d'un plastifiant dans un échantillon de PVC. Détermination des masses molaires du Polystyrène par Chromatographie d'exclusion stérique (CES ou SEC).

### **Matériaux composites**

Introduction générale,  
Composites particulière,  
Composites fibreux,  
Composites structuraux,  
Procédés d'élaboration des composites,  
Propriétés des composites,  
Domaines d'applications, nanomatériaux, effet de la taille sur les propriétés,  
Procédés d'élaboration des nanostructures.

## **TP synthèse des matériaux I, II (S5 + S6)**

Chaque université développera des Travaux pratiques en fonction des moyens expérimentaux existant au sein de l'université. Les TP suggéré ici sont des orientations d'ordre général.

- Des séances de TP portant sur la synthèse complexes métalliques.
- Des séances de TP se rapportant à différentes méthodes de synthèse des solides (voie sol-gel, synthèse hydrothermale, synthèse par co-précipitation) et à leurs analyses physico-chimiques.
- Des séances de TP sur l'élaboration des verres, compositions, fusion, affinage, fours de fusion, procédés continus, procédés discontinus
- Des séances de TP sur l'élaboration des céramiques : Notions céramiques et réfractaires ; notions sur les plastifiants, les fondants, les matières premières non plastiques, préparation des pattes céramiques, façonnage et mise en forme des pattes céramiques, cuisson des produits céramiques argileux.
- Des séances de TP sur l'élaboration de liants : Définitions et classification des liants, fabrication du plâtre, fabrication de la chaux aérienne, fabrication des liants silico-calcaires, fabrication du ciment portland, préparation des ciments aux ajouts minéraux.
- Des séances de TP sur l'élaboration des polymères.

## **TP Techniques de caractérisation I, II (S5 + S6)**

Chaque université développera des Travaux pratiques en fonction des moyens expérimentaux existant au sein de l'université. Les TP suggéré ici sont des orientations d'ordre général. Chaque TP peut faire l'objet d'une partie théorique introductive suivie par les manipulations expérimentales.

### **TP sur les techniques de caractérisation physico-chimiques:**

Densité apparente, relative,  
Porosité, ouverte, fermée,

#### **- TP de chromatographie:**

- Chromatographie: Aspect généraux.  
- Chromatographie sur couche mince.  
- Chromatographie sur colonne  
- Chromatographie sur papier.  
- Chromatographie ionique.  
- Chromatographie d'exclusion.  
- Chromatographie d'adsorption.

**TP de diffraction des Rayons X :** Techniques de production et de mesures des rayonnements (*RX, synchrotrons, neutrons, détecteurs, méthodes expérimentales ; étude des matériaux monocristallins et polycristallins*)

**TP de Caractérisation des matériaux par spectrométries** (*fluorescence, spectrométrie des photoélectrons, électrons Auger, spectrométries d'absorption X type EXAFS*)

**TP des techniques de microscopie électronique:** microscopie électronique à transmission, à balayage, techniques d'analyse, microscopie à effet tunnel.

**TP des techniques de caractérisation thermiques:** Analyses thermiques différentielle ATD, Analyses thermiques gravimétrique ATG, calorimétriques DSC,

**TP des Techniques de caractérisation des surfaces:** Méthode BET, Porosimétrie Hg, etc.

## **TP modélisation des matériaux I, II (S5 + S6)**

Ce module s'adresse à pour but d'initier à un domaine de la chimie moderne actuellement en plein essor : la modélisation moléculaire. Le principe essentiel de la modélisation moléculaire est d'utiliser l'informatique comme moyen de compréhension, d'analyse et de simulation des différentes problématiques chimiques. Cette option s'articule autour d'une partie de cours directement illustré par différents travaux pratiques.

### **Programme :**

Introduction à la nécessité de modéliser ou de simuler en chimie des matériaux,  
Exploitation des données,  
Présentation des résultats,  
Graphisme moléculaire ; Mécanique moléculaire, le champ de force ; Surface d'énergie potentielle ;  
Applications : des molécules simples aux macromolécules, les macromolécules conjuguées.

Modélisation et Simulation Monté Carlo,  
Modélisation et Simulation multi-échelles,  
Modélisation et Simulation dynamique moléculaire,

## **Anglais Technique I, II (S5+S6)**

General introduction,

English text structure,

General chemistry glossary,

Laboratory description,

Scientific Experiment description,

Write a scientific experiment resume,

Materials classes' description and scientific references,

Materials science and engineering key words,

Reading a scientific paper,

Introducing a scientific subject,

Discussing a scientific result,

Scientific oral communication cases,

Writing a scientific paper,

Work group on paper writing