

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

# نموذج مطابقة و مواءمة

عرض تكوين ليسانس أكاديمي  
2026 – 2025

| التخصص        | الشعبة   | ميدان       |
|---------------|----------|-------------|
| كيمياء المواد | الكيمياء | علوم المادة |

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

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

**Canevas de mise en conformité et  
harmonisation**

**OFFRE DE FORMATION**

**L.M.D. LICENCE ACADEMIQUE**

**2025 – 2026**

| <b>Domaine</b>                    | <b>Filière</b> | <b>Spécialité</b>           |
|-----------------------------------|----------------|-----------------------------|
| <b>SCIENCES<br/>DE LA MATIERE</b> | <b>CHIMIE</b>  | <b>CHIMIE DES MATERIAUX</b> |

## **II – Fiche d'organisation semestrielle des enseignements (S5 et S6)**

## Semestre 5

**L3 Chimie des matériaux**

| Unité d'enseignement                                               | Matières                              | VHS<br>15 semaines | V.H hebdomadaire |       |       | Autre* | Coeffi | Crédits | Mode d'évaluation |        |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|------------------|-------|-------|--------|--------|---------|-------------------|--------|
|                                                                    | Intitulé                              |                    | Cours            | TD    | TP    |        |        |         | Continu           | Examen |
| UE Fondamentale<br>Code : UEF5<br>Crédits : 18<br>Coefficient : 09 | Electrochimie et corrosion            | 67h30              | 3h00             | 1h30  |       | 82h30  | 3      | 6       | 33%               | 67%    |
|                                                                    | Thermodynamique approfondie           | 45h00              | 1h30             | 1h30  |       | 55h00  | 2      | 4       | 33%               | 67%    |
|                                                                    | Méthodes physico- chimiques d'analyse | 45h00              | 1h30             | 1h30  |       | 55h00  | 2      | 4       | 33%               | 67%    |
|                                                                    | Chimie de l'état solide               | 45h00              | 1h30             | 1h30  |       | 55h00  | 2      | 4       | 33%               | 67%    |
| UE Méthodologie<br>Code : UEM5<br>Crédits : 09<br>Coefficient : 05 | TP synthèse des matériaux I           | 45h00              |                  |       | 3h00  | 55h00  | 2      | 4       | 50%               | 50%    |
|                                                                    | TP Techniques de caractérisation I    | 45h00              |                  |       | 3h00  | 55h00  | 2      | 4       | 50%               | 50%    |
|                                                                    | TP modélisation des matériaux I       | 15h00              |                  |       | 1h00  | 10h00  | 1      | 1       | 50%               | 50%    |
| UE Découverte<br>Code : UED5<br>Crédits : 02<br>Coefficient : 02   | Chimie des matériaux                  | 22h30              | 1h30             |       |       | 02h30  | 1      | 1       |                   | 100%   |
|                                                                    | Programmation Orientée Objet 2        | 22h30              |                  |       | 1h30  | 02h30  | 1      | 1       | 50%               | 50%    |
| UE Transversale<br>Code : UET5<br>Crédits : 01<br>Coefficient : 01 | Logiciels libres et open source       | 22h30              | 1h30             |       |       | 02h30  | 1      | 1       |                   | 100%   |
| Total Semestre 5                                                   |                                       | 375h               | 10h30            | 06h00 | 08h30 | 375h   | 17     | 30      |                   |        |

**Autre\* : travail complémentaire en consultation semestrielle**

**Semestre 6**
**L3 Chimie Matériaux**

| Unité d'enseignement                                               | Matières                              | VHS<br>15 semaines | V.H hebdomadaire |       |        | Autre* | Coeff | Crédits | Mode d'évaluation |        |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|------------------|-------|--------|--------|-------|---------|-------------------|--------|
|                                                                    | Intitulé                              |                    | Cours            | TD    | TP     |        |       |         | Continu           | Examen |
| UE Fondamentale<br>Code : UEF6<br>Crédits : 18<br>Coefficient : 9  | Matériaux I: métaux et céramiques     | 67h30              | 3h00             | 1h30  |        | 82h30  | 3     | 6       | 33%               | 67%    |
|                                                                    | Matériau II : polymères et composites | 45h00              | 1h30             | 1h30  |        | 55h00  | 2     | 4       | 33%               | 67%    |
|                                                                    | Chimie des Surfaces et catalyse       | 45h00              | 1h30             | 1h30  |        | 55h00  | 2     | 4       | 33%               | 67%    |
|                                                                    | Propriétés des Matériaux              | 45h00              | 1h30             | 1h30  |        | 55h00  | 2     | 4       | 33%               | 67%    |
| UE Méthodologie<br>Code : UEM6<br>Crédits : 09<br>Coefficient : 05 | TP synthèse des matériaux II          | 45h00              |                  |       | 3h00   | 55h00  | 2     | 4       | 50%               | 50%    |
|                                                                    | TP Techniques de caractérisation II   | 45h00              |                  |       | 3h00   | 55h00  | 2     | 4       | 50%               | 50%    |
|                                                                    | TP modélisation des matériaux II      | 15h00              |                  |       | 1h00   | 10h00  | 1     | 1       | 50%               | 50%    |
| UE Découverte<br>Code : UED6<br>Crédits : 02<br>Coefficient : 02   | Modélisation des matériaux            | 22h30              | 1h30             |       |        | 02h30  | 1     | 1       |                   | 100%   |
|                                                                    | Hygiène Sécurité Environnement        | 22h30              | 1h30             |       |        | 02h30  | 1     | 1       |                   | 100%   |
| UE Transversale<br>Code : UET6<br>Crédits : 01<br>Coefficient : 01 | Entreprenariat                        | 22h30              | 1h30             |       |        | 02h30  | 1     | 1       |                   | 100%   |
| Total Semestre 6                                                   |                                       | 375h               | 12h00            | 06h00 | 07h 00 | 375h   | 17    | 30      |                   |        |

**Autre\* : travail complémentaire en consultation semestriel**

## **Fiche d'organisation semestrielle des enseignements S5**

Adapter le programme des cours et travaux dirigés (TD) en fonction du volume horaire hebdomadaire présentiel (VHH présentiel) et du volume horaire hebdomadaire personnel (VHH personnel).

---

## **UE : Fondamentale**

### **Matière : Electrochimie et Corrosion**

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

À l'issue de cette unité, les étudiants seront capables de :

- 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.

#### **Connaissances préalables recommandées**

Cette unité d'enseignement s'adresse aux étudiants de Licence en chimie des matériaux. Une connaissance des réactions en solution ainsi que les calculs des concentrations est recommandée.

#### **Contenu de la matière**

##### **Chapitre I : L'oxydo-réduction (Semaines 1 à 2)**

- Oxydants, réducteurs et réactions rédox
- Cellule galvanique, pile
- Potentiel d'électrode ou potentiel d'oxydoréduction
- Formule de Nernst
- Exemples d'électrodes
- Prédiction des réactions d'oxydoréduction
- Etude quantitative de l'évolution d'un système
- Influence du milieu, potentiel apparent

##### **Travaux Dirigés**

- Calcul des nombres d'oxydation et équilibrage des réactions rédox
- Calcul du potentiel de Nernst, calcul des concentrations, calcul de la fem des piles galvaniques et de la constante d'équilibre.

##### **Chapitre II : Electrolyse (Semaines 3 à 4)**

- Réaction électrochimique
- Cellules électrolytiques
- Loi de Faraday
- Comparaison entre la pile galvanique et la pile électrolytiques.

##### **Travaux Dirigés**

- Présentation de la cellule d'électrolyse en donnant les réactions aux électrodes
- Calcul des masses électro-déposées et les volumes de gaz libérés par la loi de Faraday
- Détermination de la quantité de courant d'électrolyse

##### **Chapitre III : Construction des diagrammes E-pH (Semaines 5 à 7)**

- Construction du diagramme E-pH de l'eau
- Construction du diagramme E-pH du fer
- Exploitation du diagramme E-pH

##### **Travaux Dirigés**

- Construction des diagrammes E-pH de quelques éléments chimiques
- Détermination des droites des frontières et des potentiels standards de couples redox ainsi que des produits de solubilité des composés à partir de ces diagrammes.

##### **Chapitre IV : Cinétique électrochimique notion de processus limitant (loi de Tafel et**

**de Fick) (Semaines 8 à 10)**

- Vitesse de réaction électrochimique, courbes de polarisation, différents modes de transport.
- Transfert de charge : loi de Butler –Volmer et approximation de Tafel
- Transport de matière par diffusion : Loi de Fick

**Travaux Dirigés**

- Exercices sur la cinétique d'activation application de la loi de Tafel
- Détermination des paramètres cinétiques : densité de courant d'échange et coefficients de transfert cathodique et anodique.
- Exercices sur la cinétique de transport de matière par diffusion.

**Chapitre V : La corrosion (Semaines 11 à 15)**

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

**Travaux Dirigés**

- Exercices sur le tracé des diagrammes d'EVANS
- Exercices sur la corrosion des pièces métalliques lors d'un défaut de revêtement.
- Exercices sur la protection des métaux par anodes sacrificielles et par courant imposé.

**Références bibliographiques :**

- John Newman et Karen E. Thomas-Aleya, *Electrochemical Systems*, Wiley-Interscience, 2004.
- C.ROCHAIX, « Electrochimie, thermodynamique-cinétique », Nathan, 1996.
- J. ROBIN « Introduction aux méthodes électrochimiques », Masson et Cie, 1967.
- M. POURBAIX, « Leçons en corrosion électrochimique », CEBELCOR, 1975
- P. SOUCHAY, « chimie physique. Thermodynamique chimique », Masson, 1968.
- J. BESSON, « l'électrochimie », collection : que sais-je (PUB) 1996
- G.MILAZZO, « Electrochimie, tome 1, DUNOD, 1969.

## **UE : Fondamentale**

### **Matière : Thermodynamique Approfondie**

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

Le module de Thermodynamique Approfondie en Licence Chimie des Matériaux vise à fournir aux étudiants :

- Une compréhension approfondie des principes thermodynamiques régissant les comportements et les transformations de la matière, en particulier dans le contexte des matériaux.
- Les outils conceptuels et méthodologiques nécessaires pour analyser et prédire les propriétés thermodynamiques des solides, comprendre les mécanismes de transformation de phases,
- La capacité de maîtriser les concepts clés liés à la diffusion et à la cinétique de transformation propriétés.

#### **Connaissances préalables recommandées**

Cette unité d'enseignement destinée aux étudiants de troisième année de Licence en Chimie des Matériaux, ayant acquis des bases en structure de la matière, et ayant des connaissances de base sur les trois principes de la thermodynamique.

#### **Contenu de la matière**

##### **Chapitre I : Rappels de thermodynamique (3 Semaines)**

- Corps purs
- Introduction thermodynamique du théorème des phases.
- Le corps pur : cas du polymorphisme, énantiotropie, monotropie, dimorphisme à haute Pression.

##### **Travaux Dirigés**

- Exercices sur Les conditions de transition de phase (monotropie et énantiotropie) détermination des propriétés mécaniques à partir d'une courbe issue d'un essai de traction.
- Exercices sur la variance d'un corps pur (changement de phase solide liquide.
- Analyse d'un diagramme de phase d'un corps pur.

##### **Chapitre II : Transformations du 1er et du 2<sup>ème</sup> ordre. (4 Semaines)**

- Classification des transitions des phases
- Classification actuelle des transitions des phases
- La classification d'Ehrenfest
- Théorie de Landau
- Quelques exemples de paramètres d'ordre
- Transition 1er ordre
- La formule de Clapeyron :

##### **Travaux Dirigés**

- Exercice sur l'équation de Clapeyron et de Clausius Clapeyron

##### **Chapitre III : Les systèmes binaires et ternaires (4 Semaines)**

- 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.

#### **Travaux Dirigés**

- Étude des diagrammes de phase des systèmes binaire pour un changement de phase solide liquide.

#### **Chapitre IV : Diffusion dans les solides (2 Semaines)**

- Les processus atomistiques de diffusion dans les solides. (Mécanismes de diffusion substitutionnelle, lacunaire, interstitielle),
- Les lois de Fick et leur application à la résolution de problèmes de diffusion à l'état solide.
- L'influence de la température et de la microstructure (joints de grains, dislocations) sur les coefficients de diffusion.
- Aspect thermodynamique de la diffusion, (l'énergie d'activation de la diffusion et son impact sur la vitesse de diffusion).

#### **Travaux Dirigés**

- Exercice sur la première loi de Fick cas des solides.
- Exercice sur la deuxième loi de Fick cas des solides

#### **Chapitre V : Nucléation et croissance. (1 Semaines)**

- Les mécanismes de formation de nouvelles phases lors des transformations de phases à l'état solide.
- Concepts de surfusion,
- Nucléation homogène et hétérogène,
- Les mécanismes de croissance cristalline (diffusion, cinétique de surface)
- L'influence de la température et de la surfusion sur la taille et la morphologie des nouvelles phases.

#### **Chapitre VI : Etude des changements de phase (1 Semaines)**

- 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 thermiques.

#### **Références bibliographiques :**

- Jean-Noel Foussard, Thermodynamique : Applications aux systèmes physicochimiques : Cours et exercices corrigés, Sciences sup Dunod, Paris :2015.-
- Jean-Noel Foussard, Les bases de la thermodynamique : cours et exercices corrigés, Sciences sup 3e éd. Dunod, Paris : 2015.-
- Mohamed Yacine Debili, Physique des matériaux : transformation de phases et solidification Avec exercices et problèmes corrigés Editions Universitaires Europeennes , Paris : 2021.-
- Mounir Bennajah, Naoil Chaouni, Mohamed Ebn Touhami, Thermodynamique des équilibres entre phases : application au génie des procédés, Technip, Paris : 2015.

**UE : Fondamentale**

**Matière : Méthodes Physicochimiques d'analyse**

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

Ce cours est adressé aux étudiants de 3<sup>ème</sup> année Chimie des matériaux, son objectif est de maîtriser les techniques de caractérisation des matériaux.

### **Connaissances préalables recommandées**

Cette unité d'enseignement destinée aux étudiants de troisième année de Licence en Chimie des Matériaux, ayant acquis des bases en Analyse Physico-Chimique II, et chimie organique ainsi que des notions de base en physique et optique.

### **Contenu de la matière**

#### **Chapitre I : Introduction (1 Semaine)**

- Rappel des notions de base de UV-Visible, La spectroscopie Infra-Rouge et la spectroscopie RMN<sup>1</sup> H.

#### **Chapitre II : Introduction (une Semaine)**

#### **Chapitre II : Résonance Magnétique Nucléaire <sup>13</sup>C (2 Semaines 2 à 3)**

- RMN <sup>13</sup>C : différents types de spectres, gamme de déplacements chimiques.
- Introduction rapide à la RMN d'autres noyaux.
- Application à l'analyse structurale.

### **Travaux Dirigés**

Série des exercices sur l'interprétation des spectres de RMN <sup>13</sup>C.

#### **Chapitre III : Spectrométries (6 Semaines)**

- **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 tomographie.

### **Travaux Dirigés**

Série des exercices sur :

- L'interprétation des spectres de masse.
- L'analyse qualitative et quantitative des autres techniques de ce chapitre

#### **Chapitre IV : Technique thermale (1 Semaines)**

Techniques thermiques (ATD, ATG, DSC).

##### **Travaux Dirigés**

Série des exercices sur ce chapitre.

#### **Chapitre V : Techniques Microscopiques et de Caractérisation de Surface (3 Semaines)**

- Microscopies optiques,
- Microscopies à faisceau d'électrons (MET, MEB, ...)
- Spectrométrie de photo-électrons (ESCA ou XPS) et d'électrons Auger (Analyse élémentaire et chimique)
- Spectrométrie d'émission ionique secondaire (SIMS)

##### **Travaux Dirigés**

Série des exercices sur ces techniques d'analyses.

#### **Chapitre VI : Diffraction de rayons X ( 1 Semaines 14)**

- Diffraction des rayons Principes de base, performances et applications X.

##### **Travaux Dirigés**

Série des exercices sur les rayons X

#### **Chapitre VII : Mesure de surface Spécifique (1 Semaine)**

- Détermination de la surface spécifique (BET).

##### **Travaux Dirigés**

Série des exercices sur la surface spécifique

#### **Références bibliographiques :**

- Anne-Marie Levelut, Patrick Davidson et Alan Braslau, la diffraction des rayons X par les cristaux liquides - Tomes 1 & 2 (2023).
- Bernhard Blümich, NMR Spectroscopy: A Toolkit for Chemists (2017).
- François Brisset et Monique Repoux, Microscopie électronique à balayage et Microanalyses - Nouvelle édition , (2018).
- Jürgen H. Gross, Mass Spectrometry: A Textbook ,3<sup>ème</sup> édition ( 2021).
- Robert K. Boyd, Iain Stafford et Robert A. Bethem ,Practical Aspects of Modern Mass Spectrometry,2<sup>ème</sup> édition, (2012).
- P. Griffiths, Spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier, Wiley, New York,
- BJ Millard, Spectrométrie de masse quantitative, Heyden, Londres, 1978.
- JKM Sanders et BK Hunter, Spectroscopie RMN moderne, OUP, Oxford, 1987.
- K. Wüthrich, RMN des protéines et des acides nucléiques, Wiley, New York, 1986.

**UE : Fondamentale**

**Matière : Chimie de l'état Solide**

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

Ce cours permettra aux étudiants de :

- Comprendre comment la composition chimique des matériaux cristallins détermine leur structure et, par conséquent, leurs propriétés physiques.
- Comprendre et comparer les méthodes classiques et avancées de diffraction
- Analyser des données expérimentales issues de la diffraction des poudres, des monocristaux ou de cristaux tournants.
- Utiliser des outils numériques pour traiter, modéliser et interpréter les diffractogrammes.

### **Connaissances préalables recommandées**

Avant de suivre ce module, l'étudiant est préférable d'avoir une maîtrise des sujets abordés dans les cours de structure de la matière, chimie minérale et des notions élémentaires de chimie organique.

### **Contenu de la matière**

#### **Introduction**

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

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

**Chapitre III : Symétrie**

- 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.**

**Chapitre VI : Méthodes de diffraction de rayons X**

- **Diffraction des poudres** : Exploitation d'un diagramme de diffraction de poudre
- **Les méthodes du monocristal** : Méthode de Lauë et du cristal tournant

**Chapitre VII : Exemples de techniques modernes**

- Crystal Graph Convolutional Neural Networks (CGCNN). AlphaFold (biostructures) et analogues cristallographiques. Analyse assistée par IA des données de diffraction
- Extraction automatique des pics.
- Indexation et proposition automatique de structures.

**Chapitre VIII : Cristallographie et intelligence artificielle.**

- Machine Learning pour la découverte de nouveaux matériaux.
- Visualisation et simulation de structures cristallines.
- Prédiction des propriétés structurales et fonctionnelles

### **Travaux Dirigés**

Application de la loi de Bragg à différents types de réseaux (cubique, hexagonal, etc.). Calcul de l'espacement interréticulaire à partir des angles de diffraction.

Détermination du paramètre de maille à partir d'un diffractogramme simulé. Identification de structures simples à partir des pics.

Méthodes d'indexation des pics à partir de données expérimentales.

Identification de phases cristallines à partir de diagrammes de poudre.

Analyse d'un cas pratique de structure cristalline résolue par diffraction sur monocristal.

Détermination de la symétrie, du groupe d'espace, et de la maille cristalline. Préparation des données : normalisation, sélection des descripteurs, étiquetage. Analyse d'un diffractogramme avec approche traditionnelle (indexation manuelle, identification à partir de la base ASTM).

### **Travaux Pratiques**

Identifier le système cristallin et le groupe d'espace. Déterminer les paramètres cristallins à partir des données. Visualisation de la structure 3D.

### **Analyse de diffractogrammes**

Identifier les pics caractéristiques.

Calculer les paramètres de maille.

Identifier les phases à l'aide du fichier ASTM ou logiciel Match.

### **Références bibliographiques :**

- Christina Birkel et Niels Kubitz, Solid-State Chemistry, (2025).
- Elaine A. Moore et Neil Allan, Solid State Chemistry : An Introduction ,6<sup>ème</sup> édition, (2024).
- Bernadett Kent, Solid State Chemistry (2022).
- Cristallographie géométrique et radiocristallographie : cours et exercices corrigés licence 3 : master : écoles d'ingénieurs (Rousseau, Jean-Jacques, 2007).
- Rebbah, A, Cours de cristallographie : techniques de diffraction des rayons x et interprétation des diagrammes : fascicule 3. (1993).

## **UE : Méthodologie**

### **Matière : TP Synthèse des Matériaux 1**

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

À l'issue de cette unité, les étudiants seront capables de :

- Synthétiser un complexe métallique
- Connaître les propriétés des ions complexes
- Connaître les méthodes courantes de synthèse des céramiques ainsi leurs analyses.
- Connaître la composition et le procédé de fabrication des verres.
- Connaître un procédé innovant de fabrication des verres et des céramiques à basse température « sol-gel ».

#### **Connaissances préalables recommandées**

Cette unité d'enseignement s'adresse aux étudiants de licence en chimie des matériaux ayant acquis des bases en équilibres chimiques ainsi que les notions fondamentales de thermodynamique, des connaissances en science des matériaux et technologie de hautes températures sont fortement recommandées.

#### **Contenu de la matière**

##### **TP 1 : Synthèse complexes métalliques (2 Semaines) Cours**

- Rappel théoriques sur la structure des complexes.
- Rappel sur la nomenclature des complexes.
- Rappel sur les constantes de dissociation et constante de formation.
- Expérience sur les propriétés de l'ion simple et de l'ion complexe
- Préparation du sel complexe  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ .

##### **TP 2 : Méthodes de synthèse des solides et leurs analyses physico-chimiques : Voie sol-gel, synthèse hydrothermale. (2 Semaines)**

###### **Cours**

- Base théoriques synthèse par voie solide (céramiques PZT).
- Base théoriques synthèse par voie liquide (voie hydrothermale)
- Synthèse de sol-gel de silice
- Les précurseurs.
- La synthèse du "sol".
- La formation du "gel".

##### **TP 3 : Méthodes de synthèse des solides et leurs analyses physico-chimiques :**

###### **Synthèse par Co-précipitation**

###### **1) Bases théoriques sur la synthèse par Co-précipitation**

- Rappels théoriques sur la précipitation d'ions métalliques en solution
- Rappels théoriques sur les hydroxydes métalliques.
- Base théoriques Co-précipitation d'hydroxydes métalliques
- La famille des spinelles.
- Base théoriques Co-précipitation d'oxalates.
- Base théoriques Analyses physico-chimiques

###### **2) Préparation de la Ferrite spinelle $\text{CoFe}_2\text{O}_4$**

- Préparation du précurseur ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{CoCl}_2$ )
- Mélange des précurseurs en solution aqueuse
- Co-précipitation des précurseurs à pH contrôler par  $\text{NaOH}$ .

- Filtration du mélange
- Séchage du mélange des hydroxydes
- Calcination du mélange des hydroxydes à haute température pour la formation de la céramique technique (ferrite spinelle).
- Broyage de la céramique.

### 3) **Préparation de la Ferrite spinelle $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$**

- Préparation des précurseur ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{ZnCl}_2$ )
- Mélange des précurseurs en solution aqueuse
- Co-précipitation des précurseurs à pH contrôler par  $\text{NaOH}$ .
- Filtration du mélange
- Séchage du mélange des hydroxydes
- Calcination du mélange des hydroxydes à haute température pour la formation de la céramique technique (ferrite spinelle).
- Broyage de la céramique.

### **TP 4 : Élaboration des verres (Semaines 11 à 15)**

- Composition du verre
- Les réactions mises en jeu
- Les étapes de préparation du verre
- Préparation du mélange vitrifiable

## **UE : Méthodologie**

### **Matière : TP Techniques de caractérisation 1**

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

À l'issue de cette unité, les étudiants seront capables de :

- Mettre en œuvre des techniques de séparation et de caractérisation des substances et matériaux.
- Analyser et interpréter des résultats expérimentaux issus des techniques d'analyse thermique (ATD, ATG, DSC).

#### **Connaissances préalables recommandées**

Maîtriser des principes de séparation et de détection en chromatographie, ainsi que des phénomènes thermiques liés aux propriétés physico-chimiques, est recommandée.

#### **Contenu de la matière**

La liste des TP citée ci-dessous n'est pas exhaustive. Elle constitue une orientation d'ordre général et dépendra des ressources disponibles pour chaque établissement :

##### **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 des techniques de caractérisation thermiques**

- Analyse thermique différentielle ATD,
- Analyses thermiques gravimétriques ATG,
- Calorimétriques DSC.

## UE : Méthodologie

### Matière : TP Modélisation Moléculaire I

#### Objectifs de l'enseignement

À l'issue de cette unité, les étudiants seront capables de :

- Maîtriser des outils utilisés en recherche
- Acquérir des compétences en IA appliquée
- Travailler sur des problématiques réelles en science des matériaux

#### Connaissances préalables recommandées

Bases en Python (NumPy, RDKit, scikit-learn) et modélisation moléculaire

#### Contenu de la matière

- **Introduction (3h)**
- **Rappel Python scientifique** (NumPy, Matplotlib)
- Installation et prise en main :
- Environnement Conda/Jupyter Notebook
- Librairies clés : RDKit, scikit-learn
- **Notions de base :**
- Modélisation vs simulation
- **Rôle de l'IA en chimie** (exemples concrets)
- **Méthodes Classiques (9h)**
- **Visualisation moléculaire**
- Manipulation de fichiers .xyz/.pdb avec **RDKit**
- Plot 3D interactif (**Py3Dmol**)
- **Mécanique moléculaire**
- Champ de force simplifié (calcul d'énergie Lennard-Jones)
- Optimisation géométrique avec **SciPy**
- **Dynamique moléculaire basique**
- Intégration pas à pas (algorithme de Verlet).
- **IA et Science des Matériaux (6 h)**
- **Apprentissage automatique introductif**
- Prédiction de propriétés (ex : solubilité) avec **scikit-learn**
- Utilisation de **descripteurs simples** (poids moléculaire, logP).

**UE : Découverte**

**Matière : Chimie des Matériaux**

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

#### **Contenu de la matière**

##### **Chapitre I : Introduction aux matériaux**

1. Introduction
2. Les classes des matériaux
3. Propriétés des matériaux
4. Utilisation des matériaux

##### **Chapitre II : Structure des Matériaux**

1. Structure de l'atome
2. La liaison Chimique
3. Forces de cohésion interne

##### **Chapitre III : Structure des Matériaux Solides**

1. État physique des matériaux
2. Arrangement des atomes dans les solides
3. Description de l'état cristallin
4. Détermination de la structure cristalline
5. Structure des principaux matériaux

##### **Chapitre IV4 : Les Polymères**

1. Introduction
2. Structure des polymères
3. Caractérisation des polymères
4. Synthèse des polymères

##### **Chapitre V : Les Céramiques**

1. Introduction
2. Historique sur les Céramiques
3. Céramiques Traditionnelles
4. Céramiques Techniques
5. Conclusion

**UE : Découverte**

**Matière : Programmation Orientée Objet 2**

**Objectifs de l'enseignement :**

- Approfondir les concepts de la POO (héritage, polymorphisme, encapsulation).
- Introduire les structures de données arborescentes (arbres binaires).
- 

**Contenu du cours :**

**Chapitre I : Programmation avancée orientée objet en Python**

- Héritage : Classes mères et classes filles, super ().
- Polymorphisme.
- Encapsulation et gestion de la visibilité.

**Chapitre II : Structures de données arborescentes (en Python)**

- Arbres binaires : concepts et terminologie.
- Implémentation des arbres binaires.
- Parcours des arbres binaires (avant ordre, dans l'ordre, après ordre).

**Bibliographies:**

"Fluent Python" by Luciano Ramalho (covers advanced Python OOP concepts)

"Algorithms" by Robert Sedgewick and Kevin Wayne (for deeper insights into tree data structures)

## **UE : Transversale**

### **Matière : Logiciels libres et open source**

**Objectifs de l'enseignement :** Ce cours a pour objectif de doter les étudiants de compétences numériques avancées à travers la maîtrise des outils libres et open source, aujourd'hui indispensables dans les environnements professionnels et académiques. Il s'articule autour d'une approche pratique visant à former les futurs chercheurs et professionnels à l'utilisation efficace de ces solutions pour résoudre des problématiques complexes.

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

Une maîtrise des outils informatiques de base (suites bureautiques, logiciels de gestion de projet et plateformes collaboratives) est recommandée pour suivre ce cours dans les meilleures conditions. Ces compétences permettront d'aborder plus efficacement les concepts avancés des logiciels libres et open source.

#### **Contenu de la matière :**

##### **Chapitre I : Introduction aux Logiciels Libres**

- Définitions clés : libre, open source, propriétaire
- Historique (Stallman, GNU, Linux)
- Les 4 libertés fondamentales

##### **Chapitre II : Panorama des Licences**

- Principales familles (GPL, MIT, Apache)
- Cas pratiques : choisir une licence pour son projet

##### **Chapitre III : Outils Open Source Essentiels**

- Comparatif : alternatives libres aux logiciels propriétaires
- Découverte de Linux (Ubuntu) et des suites bureautiques libres

##### **Chapitre IV : Contribution aux Projets Libres**

- Fonctionnement des communautés open source
- Premiers pas sur GitHub/GitLab

##### **Chapitre V : Enjeux Contemporains**

- Sécurité et vie privée
- Logiciels libres en entreprise
- Tendances futures (IA open source, cloud)

#### **Références bibliographiques :**

- Williams, Sam. Free as in Freedom: Richard Stallman's Crusade for Free Software. O'Reilly, 2002.
- Stallman, Richard. Richard Stallman et la révolution du logiciel libre. Eyrolles, 2010.
- Mouël, Françoise. L'économie du logiciel libre. CNRS Éditions, 2021.
- APRIL. Guide du logiciel libre en entreprise. 2022, april.org.
- Open Source Initiative. The OSI Licenses Overview. 2023, [opensource.org/licenses](https://opensource.org/licenses).

## **Fiche d'organisation semestrielle des enseignements S6**

Adapter le programme des cours et travaux dirigés (TD) en fonction du volume horaire hebdomadaire présentiel (VHH présentiel) et du volume horaire hebdomadaire personnel (VHH personnel).

---

## **UE : Fondamentale**

### **Matière : Matériaux I : Métaux et céramiques**

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

À l'issue de cette unité, les étudiants seront capables de :

- Connaître les différents métaux et alliages métalliques, leur importance et leurs domaines d'utilisation.
- Maîtriser les méthodes de protections des alliages métalliques.
- Maîtriser les techniques de préparations des céramiques, leur importance et leurs domaines d'utilisation.

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

Cette unité d'enseignement s'adresse aux étudiants de Licence en chimie des matériaux ayant des bases en. Une connaissance en cristallographie et en oxydo- réduction est recommandée.

#### **Contenu de la matière :**

##### **Métaux et Alliages**

##### **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**

- 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 (Semaines 9 à 15)**

##### **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.

##### **Travaux Dirigés**

- Exercices sur les métaux et alliages
- Exercices sur la métallurgie du fer et les tests de traction
- Exercices sur la corrosion des métaux, sur la protection cathodique et anodique des structures métalliques

- Exercices sur la cristallographie des alliages métalliques
- Exercices sur les diagrammes de phase à miscibilité totale et à miscibilité partielle
- Exercices sur la préparation des céramiques

### **Références bibliographiques**

- J. BARRALIS, G. MAEDER, Précis de métallurgie : élaboration, structures-propriétés et normalisation. 6<sup>ème</sup> édition. AFNOR, NATHAN.
- C. Chaussin et G. Hilly, Métallurgie tome 1 : Alliages métalliques, éditions BORDAS 1976.
- J.M. Haussonne, C. Carry, P. Bowen, J. Barton, Traité des matériaux, volume 16 : céramiques et verres : principes et techniques d'élaboration, PPUR, 2005.
- C.A. Jouenne, Traité de céramiques et matériaux minéraux, Editions Septima. Paris, 1990.
- Albert de Sy, Julien Vidts, Métallurgie structurale théorique et appliquée, 2<sup>ème</sup> édition. NICI, DUNOD.

## **UE : Fondamentale**

### **Matière : Matériaux II : Polymères et Composites**

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

À l'issue de cette unité, les étudiants auront acquis :

- Les principes fondamentaux concernant les polymères et les matériaux composites.-
- La maîtrise des propriétés des polymères et matériaux composites
- Les méthodes de fabrication des matériaux composites.
- Les techniques de caractérisation et d'analyse des propriétés des matériaux composites.
- Le développement d'un esprit critique et scientifique lors de la conception et l'application des matériaux composites dans divers secteurs industriels.

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

Cette unité d'enseignement s'adresse aux étudiants de Licence en chimie des matériaux. En plus des connaissances en chimie générale, organique minérale et chimie de surface, l'étudiant doit avoir des notions de thermodynamique et cinétique chimique liés aux notions fondamentales de la synthèse organique des polymères.

#### **Contenu de la matière :**

##### **Chapitre 1 : Introduction (Semaines 1-2)**

- Présentation générale des polymères
- Définitions de base
- Nomenclature
- Architecture
- Propriétés principales
- Exemples d'applications

##### **Travaux Dirigés**

Série d'exercices sur les polymères : Nomenclature, architecture, applications

##### **Chapitre II : Chimie macromoléculaire (Semaines 3-4)**

- La polycondensation ou polymérisation en étapes
- La polymérisation en chaîne (radicalaire)
- La polymérisation en chaîne (anionique)
- La polymérisation en chaîne (cationique)
- La polymérisation en chaîne (par les métaux de transition).

##### **Travaux Dirigés**

Série d'exercices sur les principales méthodes de synthèse des polymères.

##### **Chapitre III : Relations structure-propriétés (Semaines 5-7)**

- Propriétés des polymères en solution
- Méthodes de caractérisations des polymères
- Propriétés thermiques des polymères
- Propriétés mécaniques des polymères.

##### **Travaux Dirigés**

Série d'exercices sur les propriétés des polymères en solution, les méthodes thermiques de caractérisations des polymères, propriétés thermiques des polymères ( $T_g$ ,  $T_m$ ), ainsi que les propriétés mécaniques des polymères.

##### **Chapitre IV : Mise en œuvre et mise en forme des polymères (Semaines 8-9)**

- Cinétique de polymérisation.

- Procédés de mise en œuvre de la polymérisation
- Procédés de mise en forme et transformation des polymères.
- Formulation des polymères
- Vieillessement des polymères.

#### **Travaux Dirigés**

Série d'exercices : Cinétique de polymérisation et procédés de mise en œuvre de la polymérisation.

Comparaison des différents procédés de mise en œuvre des polymères.

#### **Chapitre V : Matériaux composites (Semaines 10-11)**

- Introduction générale
- Composites particulière
- Composites fibreux
- Composites structuraux

#### **Travaux Dirigés**

Série d'exercices sur les différents types de matériaux composites.

#### **Chapitre VI : Mise en œuvre des matériaux composites (Semaines 12-13)**

- Procédés d'élaboration des composites
- Propriétés des composites
- Domaines d'applications des composites

#### **Travaux Dirigés**

Série d'exercices sur les différents procédés d'élaboration des matériaux composites.

#### **Chapitre VII : Nanostructures : Nanomatériaux et nanocomposites (Semaines 14-15)**

- Introduction aux systèmes nanométriques
- Effet de la taille sur les propriétés des matériaux
- Structure des systèmes nanométriques
- Procédés d'élaboration des nanostructures.
- Propriétés des nanostructures

#### **Travaux Dirigés**

Série d'exercices qui comprend des exercices, sur :

- La compréhension de l'échelle nanométrique.
- L'identification des propriétés des nanomatériaux.
- Exemples pratiques associés à l'utilisation des nanomatériaux.

#### **Bibliographie**

- Biron, M., Thermoplastics and thermoplastic composites. 2012: William Andrew.
- Lee, S.M., Reference Book for composites technology. Technology and Engineering. Vol. Volume 1. 1989 : CRC Press.
- Eckold, G., Design and manufacture of composite structures. 1994: Elsevier.
- Agnaou, R., Capelot M., Tence-Girault S., Tournilhac F., and Leibler L., Supramolecular Thermoplastic with 0.5 Pa center dot s Melt Viscosity. Journal of the American Chemical Society, 2014. 136(32): p. 11268-11271.
- Mallick, P.K., Fiber-reinforced composites: materials, manufacturing, and design. 1993: CRC press.
- Strong, A.B., Fundamentals of Composites manufacturing Materials, Methods and

Applications. Second ed. 2008: Society of Manufacturing Engineers. 620.

- Engineering Plastics, Engineering Materials Handbook. Vol. 2. 1988: ASM International. 883.

- Deterre R., Froyer G. : Introduction aux matériaux et polymères. Technique et documentations, 1997, Paris.

- Gaffet, Eric. (2008). " NanoMatériaux : Différentes voies de synthèse, propriétés, applications et marchés "" . ADSP : Actualité et Dossier en Santé Publique. 64. 18 – 23.

- Hornyak, G.L., Dutta, J., Tibbals, H.F., & Rao, A. (2008). Introduction to Nanoscience (1st ed.). CRC Press.

- Thomas, J., Thomas, S., Kalarikkal, N., & Jose, J. (Eds.). (2019). Nanoparticles in Polymer Systems for Biomedical Applications (1st ed.). Apple Academic Press.

## **UE : Fondamentale**

### **Matière : Chimie des surfaces et Catalyse**

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

À l'issue de cette unité, les étudiants auront acquis :

- Comprendre la nature de la tension superficielle permet à l'étudiant d'expliquer plusieurs phénomènes naturels que l'on observe dans la vie quotidienne
- Connaître les différentes méthodes de mesure de la tension superficielle.
- Maîtriser le principe physique des travaux d'adhésion et de cohésion et caractériser le pouvoir mouillant d'un liquide.
- Découvrir la relation entre la concentration superficielle et l'accumulation des espèces à la surface d'un liquide.
- Etudier les isothermes d'adsorption et à la description des modèles d'adsorption : Langmuir, Temkin, BET, Freundlich.

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

Ce cours requiert de l'étudiant qu'il :

- Distinguer les états de la matière (gaz, liquide, solide) et expliquer comment leurs propriétés physiques diffèrent en fonction de leurs états.
- Comprendre de la cinétique chimique.
- Démontrer une maîtrise de notions essentielles comme la force et le travail.....

#### **Contenu de la matière :**

##### **Chapitre I : Phénomènes de surface (Semaines 1 à 3)**

- Notion de la tension superficielle
- Influence de la température sur la tension superficielle
- Energie libre et tension superficielle
- Loi de Laplace
- Méthode de mesure de la tension superficielle

##### **Travaux Dirigés**

Série d'exercices sur :

- Calculer la tension superficielle, énergie libre et tension superficielle.
- La loi de Laplace et sur les méthodes de mesure de la tension superficielle.

##### **Chapitre II : Adsorption des liquides (Semaines 4 à 5)**

- L'adsorption positive et l'adsorption négative.
- La concentration superficielle (Etablissement de l'isotherme de Gibbs- Duhem).
- La loi de Traube.
- Mesure de l'aire moléculaire.
- Détermination du poids moléculaire.

##### **Travaux Dirigés**

La loi de l'établissement de Gibbs –Duhem et ses applications.

##### **Chapitre III: Physico-Chimie des surfaces (Semaines 6 à 7)**

- Phénomènes d'adhésion et phénomènes de cohésion
- L'angle de contact
- La formule de Young
- L'étalement
- Les tensioactifs

- Concentration micellaire critique CMC
- Température de Krafft
- La détertion

### **Travaux Dirigés**

Série d'exercices sur le travail d'adhésion et le travail cohésion, l'angle de contact et le mouillage.

### **Chapitre IV : Les membranes (Semaines 8 à 9)**

- Généralités
- Classification
- Microfiltration
- Nano filtration
- L'osmos-inverse

### **Travaux Dirigés**

Série d'exercices sur les membranes

### **Chapitre V : Adsorption à l'interface solide – gaz (Semaines 10 à 13)**

- Chimisorption et physisorption
- Les types d'adsorbants
- Les isothermes d'adsorptions
- Chaleur d'adsorption
- Théorie de Freundlich, Langmuir, Temkin et BET.
- Surface spécifique
- Porosité

### **Travaux Dirigés**

Série d'exercices sur la chaleur d'adsorption, surface spécifique, la théorie de Freundlich, Langmuir, Temkin et BET.

### **Bibliographie**

- Bretislav Smilauer et Werner Stenzel, Principles of Surface Chemistry, 2<sup>ème</sup> édition, (2022).
- John C. Vickerman, Surface Science: An Introduction, 2<sup>ème</sup> édition, (2020).
- C. E. Chitour, Physico-chimie des surfaces. 2<sup>ème</sup> édition augmentée. Office des publications universitaire, Alger. (2004).
- M. Borkovec, Surface analysis by surface tension measurements. Lab journal of analytical chemistry II, (2008).
- R.I. Masel, Principles of Adsorption and Reaction on Solid Surfaces. Wiley, New York, (1996).

**UE : Fondamentale**  
**Matière : Propriétés des Matériaux**

**Objectifs de l'enseignement :**

L'objectif principal de ce module est de permettre aux étudiants de prédire et d'interpréter le comportement des matériaux sous différentes sollicitations. Il vise à :

- Etablir une compréhension fondamentale des relations entre la structure atomique, la composition chimique et les propriétés macroscopiques des matériaux.
- Rendre les étudiants capables de sélectionner les matériaux adéquats pour des applications spécifiques, en fonction de leurs propriétés. Plus précisément.
- Permettre aux étudiants de comprendre et expliquer les mécanismes fondamentaux qui régissent les propriétés mécaniques, électriques et thermiques des matériaux.
- Evaluer et comparer les performances de différents matériaux en fonction de leurs propriétés.
- Identifier les facteurs influençant ces propriétés, tels que la composition, la microstructure et les traitements thermiques.
- 

**Connaissances préalables recommandées :**

Cette unité d'enseignement destinée aux étudiants de troisième année de Licence en Chimie des Matériaux, ayant acquis des bases en structure de la matière. Il repose sur une base solide acquise lors des années précédentes, notamment en chimie générale, chimie physique, et science des matériaux élémentaire. La maîtrise des notions de cristallographie, de thermodynamique, et des principes de liaisons chimiques est également essentielle.

**Contenu de la matière :**

**Chapitre I : Propriétés Mécaniques (Semaines 1 à 4) Co**

- Elasticité,
- Plasticité,
- Résistance à la traction,
- Dureté, fatigue,
- Module de Young
- Mécanismes de déformation et de rupture.
- Tenseur de déformation et de contrainte.

**Travaux Dirigés**

- Exercices sur la détermination des propriétés mécaniques à partir d'une courbe issue d'un essai de traction.
- Exercices sur le choix d'un matériau selon ses propriétés mécaniques.
- Exercices sur les tenseurs de contraintes et de déformation.
- Exercices sur la striction et la rupture.

**Chapitre II : Propriétés Thermiques (Semaines 5 à 8)**

- Capacité thermique,
- Conductivité thermique,
- Dilatation thermique,
- Transition de phase.
- Pouvoir calorifique
- Effusivité, diffusivité thermique

**Travaux Dirigés**

- Etude de l'effusivité et la diffusivité dans le bois.
- Calculs de gradient température et de densité de flux thermique dans différents matériaux.
- Etude du choix d'un matériau pour une isolation thermique.

### **Chapitre III : Propriétés Electriques : (Semaines 8 à 12) Cours**

- Conductivité,
- Résistivité,
- Propriétés diélectriques,
- Modèle de la Structure Électronique
- Bandes Énergétiques : Expliquer les concepts de bandes de valence et de bandes de conduction.
- Gap Électronique (Bandgap) : Discuter de l'importance du bandgap pour classer les matériaux (conducteurs, semi-conducteurs, isolants).
- Théories de la Structure Électronique
- Modèle de Drude : Présenter le modèle classique qui décrit la conduction dans les métaux.
- Modèle de Bloch : Expliquer comment les électrons dans un solide cristallin se comportent selon les fonctions d'onde de Bloch.
- Modèle de Sommerfeld
- Théorie des bandes : Comprendre comment la superposition des niveaux d'énergie atomiques forme des bandes dans les solides.
- Matériaux supraconducteurs.

#### **Travaux Dirigés**

- Étude de l'influence des impuretés sur la résistivité des matériaux
- Etude de la mobilité des électrons, vitesse de Fermi et la distribution de Fermi.

### **Chapitre IV : introduction aux outils d'Intelligence Artificielle (IA) (Semaines 12 à 15)**

- La prédiction des propriétés des matériaux.
- Approches computationnelles émergentes dans le domaine de la science des matériaux...
- Etude d'exemples concrets d'applications de l'apprentissage automatique dans la conception de nouveaux matériaux aux propriétés optimisées.

### **Bibliographie**

- Michel Dupeux, Aide-mémoire science des matériaux, 2<sup>ème</sup> édition Dunod, Paris, 2004.
- Michel Dupeux, Science et génie des matériaux, 4e édition Dunod, Paris, 2018.
- Gottfried W Ehrenstein, F. Montagne, Matériaux polymères : structure : propriétés et applications, Hermès science publication, Paris 2000.
- Mangin, Philippe ; Rémi Khan, Matériaux supraconducteurs : structures et propriétés physico-chimiques, EDP Sciences, Paris : 2017.
- Olivier Vanbésien, Propriétés physiques des matériaux pour l'électronique : cours et exercices corrigés, Ellipses Marketing, Paris : 2017.
- Habibou Maitournam, Matériaux et structures anélastiques, Ecole Polytechnique, Paris : 2016.

## **UE : Méthodologie**

### **Matière : TP Synthèse des Matériaux II**

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

- Consolidation des connaissances théoriques sur la synthèse des matériaux.
- Apprentissage et visualisation des phénomènes de synthèse des matériaux.

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

Il est fortement conseillé que les étudiants maîtrisent parfaitement les matières Chimie 1 et Chimie 2, ainsi que les travaux pratiques (TP) associés à ces cours.

Savoir les TP de Chimie minérale et organique en 2<sup>ème</sup> année sciences de la matière. En complément des travaux pratiques programmés au cinquième semestre en Chimie des matériaux L3.

#### **Contenu de la matière :**

Chaque université développera des Travaux pratiques en fonction des moyens existant. Les TP suggérés ici sont des orientations d'ordre général.

- TP1 : Des séances de TP sur l'élaboration des verres, compositions, fusion, affinage, fours de fusion, procédés continus, procédés discontinus.
- TP2 : 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.
- TP3 : Des séances de TP sur l'élaboration des polymères.

#### **Bibliographie**

- Caractérisation expérimentale des matériaux I : propriétés physiques, thermiques et mécaniques : tome 2 (Degallaix, Suzanne, 2007).
- Traité des matériaux : céramiques et verres : principes et techniques d'élaboration : tome 16, (Haussonne, Jean-Marie, 2005).
- Des Matériaux, (Dorlot, Jean Marie, 1986).

## **UE : Méthodologie**

### **Matière : TP Technique de caractérisation II**

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

À l'issue de cette unité, les étudiants seront capables de :

- Mesurer et analyser la densité, la porosité, et les propriétés physiques des matériaux.
- Utiliser des méthodes spectrométriques avancées pour caractériser la composition chimique et la structure des matériaux ;
- Appliquer des techniques de microscopie électronique et d'analyse de surface pour étudier les propriétés morphologiques et les structures superficielles des matériaux.

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

Cette unité d'enseignement s'adresse aux étudiants de troisième année (3<sup>ème</sup>) Licence en chimie des matériaux. La maîtrise des notions fondamentales de structure de la matière, de propriétés physico-chimiques, ainsi que les principes de l'interaction rayonnement-matière, est recommandée.

#### **Contenu de la matière :**

Les TP suggérés ici constituent des orientations d'ordre général ; chaque université développera ses travaux pratiques en fonction des moyens disponibles.

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

- Densité apparente, relative,
- Porosité, ouverte, fermée,

##### **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 des surfaces**

- Méthode BET, Porosimétrie Hg,..... etc.

**UE : Méthodologie****Matière : TP Modélisation des Matériaux II****Objectifs de l'enseignement :**

À l'issue de cette unité, les étudiants seront capables de :

- Approfondir les compétences Python du S1
- Ajouter l'IA légère pour la prédiction de propriétés
- Travailler sur des cas concrets en lien avec le S1

**Connaissances préalables recommandées :****Contenu de la matière :****Modélisation des Polymères (5h - 5 séances de 1h)**

- Construction d'un polymère simple (ex: polyéthylène) avec RDKit
- Simulation de flexibilité chaîne (calcul d'énergie de conformation)
- Prédiction du point de fusion (modèle empirique)

**Simulation de Défauts Cristallins (5h - 5 séances de 1h)**

- Génération d'une lacune dans un cristal NaCl
- Calcul de l'énergie de formation du défaut
- Impact sur la conductivité électronique

**IA pour la Découverte de Matériaux (5h - 5 séances de 1h)**

- Extraction de données (band gap, densité) depuis Materials Project
- Entraînement d'un modèle RandomForest
- Découverte d'un matériau prometteur pour le photovoltaïque

## **UE : Découverte**

### **Matière : Modélisation des Matériaux**

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

À l'issue de cette unité, les étudiants seront capables de :

- Une compréhension approfondie des techniques de modélisation moléculaire et à les préparer à leur utilisation dans des contextes de recherche et professionnels.
- Familiarité avec les principes Mathématiques et Informatique de la chimie computationnelle.
- Maîtrise des outils mathématiques nécessaires pour les calculs moléculaires.
- Connaissance des logiciels de modélisation moléculaire comme Gaussian ou autres outils similaires.
- Maîtrise des concepts avancés abordés dans le module, tels que la modélisation QSAR, QSPR, et le docking moléculaire

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

Les étudiants doivent avoir des bases solides dans la chimie théorique, la Chimie Organique et Physique ainsi qu'une compréhension des structures moléculaires, des interactions chimiques et des propriétés physico-chimiques est nécessaire. Une familiarisation avec les concepts fondamentaux tels que la mécanique moléculaire et quelques notions sur les outils mathématiques et informatiques est aussi utile.

#### **Contenu de la matière :**

##### **Chapitre I : Méthode de Huckel simple (Semaines 1-3)**

- Approximations et principes de base.
- Analyse des systèmes conjugués linéaires.
- Règle d'aromaticité

##### **Travaux Pratiques**

- Élaboration d'un modèle de la méthode de Huckel avec NumPy.
- Visualisation des résultats en utilisant Matplotlib.

##### **Chapitre II : Mécanique Moléculaire (Semaines 4-6)**

- Introduction aux champs de force.
- Exploration conformationnelle de molécules.

##### **Travaux Pratiques**

- Analyse des conformations et minimisation de l'énergie.

##### **Chapitre III : Modélisation QSPR (Semaines 7-10)**

- Régression linéaire.
- Modélisation des propriétés physico-chimiques

##### **Travaux Pratiques**

- Application d'un modèle de régression avec scikit-learn

##### **Chapitre IV : Modélisation QSAR (Semaines 11-13)**

- Modélisation des activités biologiques

##### **Travaux Pratiques**

- Développement d'un modèle QSAR avec des outils Python.
- Évaluation des performances des modèles à l'aide de méthodes de classification et d'apprentissage supervisé.

## **Chapitre V : Docking Moléculaire (Semaines 11-13)**

- Interactions ligand-récepteur

### **Travaux Pratiques**

- Application d'un programme pour exécuter des simulations de docking.
- Analyse des interactions à l'aide de techniques de scoring basées sur des réseaux de neurones.

### **Références bibliographiques**

- Andrew Leach, Molecular Modelling: Principles and Applications. 2ème édition, Pearson.Education, 2001.
- Attila Szabo et Neil S. Ostlund, Modern Quantum Chemistry: Introduction to Advanced. Electronic Structure Theory. Revised Edition, Dover Publications, 1996.
- Xin ZhangJingjing, LiChao Ma,Hongjie ZhangKai Liu, Biomimetic Structural Proteins: Modular Assembly and High Mechanical. Acc. Chem. Res. 2023, 56, 19, 2664-2675.

**UE : Découverte**

**Matières : Hygiène Sécurité Environnement**

**Objectifs de l'enseignement :**

Prendre conscience des risques liés à la santé au travail et de la sécurité des personnes et parvenir à identifier, évaluer, maîtriser et gérer les risques afin d'éviter les accidents.

**Connaissances préalables recommandées :**

Des connaissances dans les domaines du HSE sont appréciées.

**Contenu de la matière :**

**Chapitre I : Introduction**

Définitions et concepts relatifs aux aspects santé, sécurité et environnement

**Chapitre II : Structure HSE**

- Objectifs et mission du service HSE
- Exemple d'actions d'un service HSE
- Réglementation relative à l'hygiène et la sécurité

**Chapitre III. Phénomènes d'incendie et d'explosion**

- Mécanisme de la combustion
- Conditions de l'explosion

**VI. Gestion des risques chimiques**

- Classification des risques chimiques
- Gestion des produits : Signalisation des risques : étiquetage et fiche de sécurité

**Références bibliographiques**

B. Michel et C. Angelo. Accident du travail et maladie professionnelle. Procédure, indemnisation, contentieux, 2ème édition, DELMAS, paris, 2004

BERNARD Claude-Alain, introduction à l'hygiène du travail, édition TST, suisse, 2004

CORREARD Isabelle, sécurité hygiène et risque professionnelle. Dunod, paris, 2011

DAB William. Manager santé et sécurité au travail. Ed Dunod, paris, 2013

## **UE : Transversale**

### **Matière : Entrepreneuriat**

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

À l'issue de cette unité, les étudiants seront capables de :

- Comprendre l'esprit entrepreneurial et les compétences clés de l'entrepreneur.
- Identifier et évaluer des opportunités d'affaires.
- Élaborer un plan d'affaires structuré.
- Maîtriser les bases du marketing, de la gestion financière, et du management de projet entrepreneurial.
- Appliquer des méthodes agiles pour la gestion de projet.
- Comp-rendre les notions d'éthique, de propriété intellectuelle, et les formes juridiques d'entreprise.
- Découvrir les usages de l'IA dans la création et la gestion d'entreprise.
- S'initier à l'utilisation d'outils d'IA pour l'idéation, le marketing, l'analyse de marché, la gestion client, etc.
- Développer un esprit critique sur les enjeux éthiques et juridiques liés à l'IA.

#### **Connaissances préalables recommandées**

Cette unité d'enseignement s'adresse aux étudiants de Licence, sans prérequis obligatoires. Une connaissance de base en économie ou gestion est un atout.

#### **Contenu de la matière**

##### **Semestre 6**

##### **Intitulé de la matière : Entrepreneuriat**

##### **1. Introduction à l'entrepreneuriat**

1. Définitions et types d'entrepreneuriat (classique, social, technologique, vert...)
2. Le rôle de l'entrepreneuriat dans le développement économique algérien
3. Profil de l'entrepreneur : compétences clés et attitudes

##### **2. De l'idée au projet**

1. Génération d'idées et créativité
2. Identification des opportunités
3. Étude de marché : segmentation, analyse des besoins, concurrence
4. Étude de faisabilité

##### **3. Elaboration d'un Business Model**

1. Modèle économique : Business Model Canevas (outil visuel)
2. Proposition de valeur
3. Segments de clientèle
4. Canaux de distribution et de communication
5. Flux de revenus et structure des coûts

##### **4. Le Business Plan**

1. Structure du business plan (résumé exécutif, stratégie, analyse financière, plan marketing...)
2. Éléments financiers de base : budget prévisionnel, plan de financement, seuil de rentabilité
3. Outils numériques pour le montage de projet (Excel, Canva, Pitch Deck...)

##### **5. Création de l'entreprise en Algérie**

1. Statuts juridiques d'entreprise (SARL, SPA, auto-entrepreneur...)
2. Démarches administratives : registre de commerce, NIF, CNAS, CASNOS
3. Les structures d'aide à la création (ANADE, CNAC, incubateurs universitaires...)

##### **6. Financement de projet entrepreneurial**

1. Sources de financement : fonds propres, crédits bancaires, microcrédits, subventions
2. Programmes de soutien à l'entrepreneuriat en Algérie
3. Rédaction d'un dossier de financement

### **Références bibliographiques**

1. Claude Besner & Brian Hobbs, Management de projets, Presses de l'Université du Québec, 2012.
2. Jean-Michel Moutot & Jean-Noël Moutot, Management de projet : Principes et outils, Dunod, 2020.
3. Harold Kerzner, Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling, Wiley, 2022.
4. (Project Management Institute), A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide), 7th Edition, PMI, 2021.
5. Olivier Ezratty, Guide des startups, édition annuelle gratuite
6. Steve Blank, The Startup Owner's Manual: The Step-by-Step Guide for Building a Great Company, K&S Ranch, 2012.

### **Références bibliographiques**

#### **Ouvrages de référence sur l'entrepreneuriat**

- Hisrich, R.D., Peters, M.P., Shepherd, D.A. Entrepreneurship (dernière édition), McGraw-Hill.
- Osterwalder, A., Pigneur, Y. Business Model Generation, Wiley, 2010.
- Blank, S., Dorf, B. The Startup Owner's Manual: The Step-by-Step Guide for Building a Great Company, K&S Ranch, 2012.

#### **Intelligence artificielle et entrepreneuriat**

- Giuggioli, G. & Pellegrini, M. (2022). L'intelligence artificielle comme outil pour les entrepreneurs : une revue systématique de la littérature et un programme de recherche future. Journal international de recherche et de comportement entrepreneurial.
- Hisrich, R.D., Soltanifar, M. (2021). "Libérer la créativité des entrepreneurs grâce aux technologies numériques." In: Soltanifar, M., Hughes, M., Göcke, L. (eds) Entrepreneuriat numérique. L'avenir des affaires et de la finance. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-53914-6\_2
- Wilson, H.J. & Daugherty, P.R. (2018). Humain + Machine : réinventer le travail à l'ère de l'IA. Boston, MA : Harvard Business Review Press.
- MOOC "AI for Everyone" par Andrew Ng (Coursera).
- "Introduction à l'IA pour les entreprises" (ESG+ UQAM).