

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET  
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**Comité Pédagogique National du  
Domaine  
Sciences de la Matière (CPND-SM)**

**Version définitive des référentiels L2  
pour les filières Physique & Chimie**

-----

*13 Mars 2014*

A l'issue de la réunion du CPNDSM du 11 Février 2014, qui s'est tenue à l'UConstantine1, et qui avait pour objet essentiel l'élaboration et la finalisation du référentiel L2, les responsables du domaine présents ont abouti à la production des référentiels types pour les deux filières : physique et chimie. Un PV de cette réunion a été transmis à tous les concernés.

Œuvrant selon le principe de la concertation, les responsables de domaine ont préféré, avant de clôturer ce dossier, de revenir aux équipes de formation pédagogiques et même aux responsables pédagogiques aux niveaux de leurs établissements respectifs, pour faire part des résultats des travaux du CPNDSM et des référentiels élaborés.

En mettant à la disposition des responsables de domaine le temps nécessaire pour l'établissement des programmes par matière pour les référentiels physique et chimie ainsi que pour l'enrichissement de ces référentiels par d'éventuelles propositions d'améliorations, le président du CPNDSM, en tenant compte de toutes ces données et en accord avec l'ensemble des responsables de domaine SM, finalise ce dossier par l'établissement des référentiels L2 définitifs (ci-après) pour la filière physique et la filière chimie. L'architecture de ces référentiels est conforme à celle utilisée dans le référentiel L1, agréé par le MESRS, et fonctionnel à partir de l'année en cours. Les objectifs et les caractéristiques de ces référentiels L2 sont les suivants :

## **I. OBJECTIFS DES ENSEIGNEMENTS DU NIVEAU L2**

Satisfaisant au concept de la spécialisation progressive, ces référentiels L2 consacreront les deux filières du domaine SM, la filière physique et la filière chimie. Tout en sachant que le niveau L1 est un socle commun au domaine SM, les deux référentiels L2 pour la physique et la chimie sont des socles communs pour les deux filières séparément. Il y va de soit que le palier L3 sera réservé uniquement à la spécialité. L'étudiant, tout au long de son parcours de licence, se spécialisera progressivement.

Il est important de préciser que l'adoption de ce référentiel L2 par filière nécessitera inévitablement le choix de la filière à l'issue du L1. Le choix actuel qui se fait à l'issue du Semestre 3 disparaîtra. Les fiches de vœux devront être remises au courant du Semestre 2 du palier L1 dans lesquelles les étudiants exprimeront le choix de la filière voulue. Pour le domaine SM, l'étudiant choisira soit la filière physique ou la filière chimie.

Les objectifs de ces référentiels L2 sont essentiellement :

- La transmission des savoirs académiques spécifiques aux domaines de la physique et de la chimie débouchant sur la maîtrise de connaissances fondamentales pour ces filières permettant d'envisager aisément une spécialisation.
- L'acquisition de solides bases théoriques et pratiques, diversifiées, en physique et en chimie ainsi qu'en mathématiques.
- Une meilleure compréhension des techniques numériques utilisant l'outil informatique par le biais de langage scientifique évolué, accompagnée d'un meilleur apprentissage de l'anglais et aux sciences nouvelles.
- La préparation de l'étudiant pour disposer d'arguments scientifiques lui permettant un choix personnel de sa spécialité pour la suite de sa formation à l'issue du L2, sur la base des compétences acquises.

## **II. ELEMENTS CARACTERISTIQUES DES REFERENTIELS L2 POUR LES FILIERES PHYSIQUE & CHIMIE**

1. Ils obéissent au concept de la spécialisation progressive en assurant un enseignement touchant aux filières physique et chimie séparément.
2. Le principe de la mobilité des étudiants est déjà permis à l'issue du L1.
3. Ils introduisent plus de matières spécifiques aux filières, physique et chimie, dans les unités fondamentale, méthodologie et de découverte.
4. De part ses programmes, l'enseignement de l'anglais sur les deux semestres sera orienté vers chaque filière, ce qui permettra une meilleure préparation de l'étudiant dans la compréhension des articles scientifiques pour le mémoire de Master.
5. Adoption d'une codification conforme à celle utilisée pour le référentiel L1 par le MESRS (voir arrêté N°495 du 28 Juillet 2013):

Exemples : Pour le S3 ou le premier semestre du L2

- l'unité fondamentale aura comme code **UEF12** qui signifie :

\* **UEF**= unité d'enseignement fondamental

\* le **1** = le semestre 1

\* le **2** = le niveau L2

- la matière Chimie Minérale en S3, par exemple, aura comme code **F121** :

\* **F**= fondamental

\* **1**= le semestre 1

\* **2**= le niveau L2

\* **1**=le numéro de la matière dans l'unité (qui est ici la 1<sup>ère</sup> matière)

*Remarque : Mêmes définitions pour l'ensemble des codes des UE et matières.*

## 6. Crédit

Dans les deux référentiels, le crédit, qui est un quantificateur numérique d'une charge de travail fournie, pour l'assimilation d'une matière, autant en présentiel qu'en personnel, a été établi conformément à sa définition ECTS qui correspond à 25h de travail. Etant donné que les unités d'enseignement diffèrent entre-elles, ainsi que les matières elles-mêmes diffèrent au sein des unités, que ce soit d'un point de vue charge horaire ou d'un point de vue importance de l'une par rapport à l'autre, l'affectation des crédits a été judicieusement élaborée, comme suit :

\* *Pour l'UEF : 1 séance d'1h30 /semaine correspond à 2 crédits ;*

\* *Pour l'UEM : 1 séance d'1h30 /semaine correspond à 1.5 crédits ;*

\* *Pour l'UED : 1 séance d'1h30 /semaine correspond à 1 crédit ;*

\* *Pour l'UET : 1 séance d'1h/semaine sera également quantifiée par 1 crédit.*

## 7. Coefficient

Calculé sur la base d' 1 coefficient pour une séance d'1h30' pour les deux référentiels, cette façon de faire permet de prévenir les faux pas qui peuvent être commis par l'apprenant dans les acquis des matières à charge horaire élevée. Ils sont donc calculés automatiquement.

### **Remarque:**

*La programmation est faite sur les durées suivantes :*

- *Durée du semestre d'enseignement effectif : 15 semaines ;*

- *Durée d'une séance de cours : 1h30mn ;*

- *Durée d'une séance de travaux dirigés (TD) : 1h30mn ;*

- *Durée d'une séance de travaux pratiques (TP)/15j : 3h.*

**Domaine « Sciences de la Matière » ; Filière « Chimie »**

**Semestre 3**

Unité d'enseignement	Matières		Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			VHS (15 semaines)	Autre*	Mode d'évaluation	
	Code	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
<b>UE Fondamental</b> Code : UEF12 Crédits : 20 Coefficient : 10	F121	Chimie Minérale	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	33%	67%
	F122	Chimie Organique 1	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	33%	67%
	F123	Mathématiques Appliquées	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	33%	67%
	F124	Vibrations, Ondes & Optique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	33%	67%
<b>UE Méthodologie</b> Code : UEM12 Crédits : 7 Coefficient : 4	M121	TP Chimie Minérale	2	1			1h30	22h30	27h30	50%	50%
	M122	TP Chimie Organique 1	2	1			1h30	22h30	27h30	50%	50%
	M123	Méthodes Numériques et Programmation	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	50%	50%
<b>UE Découverte</b> Code : UED12 Crédits : 2 Coefficient : 2	D121	Techniques d'Analyse Physico-Chimique I	2	2	1h30	1h30		45h00	05h00		100%
<b>UE Transversal</b> Code : UET12 Crédits : 1 Coefficient : 1	T121	Anglais 3	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
<b>Total Semestre 3</b>			<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h00</b>	<b>07h30</b>	<b>04h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h</b>		

Autre\* : travail complémentaire en consultation semestrielle

**Domaine « Sciences de la Matière » ; Filière « Chimie »**

**Semestre 4**

Unité d'enseignement	Matières		Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			VHS (15 semaines)	Autre*	Mode d'évaluation	
	Code	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
<b>UE Fondamental</b> Code : UEF22 Crédits : 20 Coefficient : 10	F221	Chimie Organique 2	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	33%	67%
	F222	Thermodynamique & Cinétique Chimique	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	33%	67%
	F223	Chimie Analytique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	33%	67%
	F224	Chimie Quantique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	33%	67%
<b>UE Méthodologie</b> Code : UEM22 Crédits : 7 Coefficient : 4	M221	TP Chimie Analytique	2	1			1h30	22h30	27h30	50%	50%
	M222	TP Thermodynamique & Cinétique Chimique	2	1			1h30	22h30	27h30	50%	50%
	M223	Chimie Inorganique	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	50%	50%
<b>UE Découverte</b> Code : UED22 Crédits : 2 Coefficient : 2	D221	Techniques d'Analyse Physico-chimique II	2	2	1h30	1h30		45h00	05h00		100%
<b>UE Transversal</b> Code : UET22 Crédits : 1 Coefficient : 1	T221	Anglais 4	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
<b>Total Semestre 4</b>			<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h00</b>	<b>07h30</b>	<b>04h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h</b>		

Autre\* : travail complémentaire en consultation semestrielle

**Domaine « Sciences de la Matière » ; Filière « Physique »**

**Semestre 3**

Unité d'enseignement	Matières		Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			VHS (15 semaines)	Autre*	Mode d'évaluation	
	Code	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
<b>UE Fondamental</b> Code : UEF12 Crédits : 20 Coefficient : 10	F121	Séries & Equations Différentielles	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	33%	67%
	F122	Mécanique Analytique	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	33%	67%
	F123	Vibrations & Ondes	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	33%	67%
	F124	Optique Géométrique & Physique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	33%	67%
<b>UE Méthodologie</b> Code : UEM12 Crédits : 7 Coefficient : 4	M121	TP Vibrations & Ondes	2	1			1h30	22h30	27h30	50%	50%
	M122	TP Optique Géométrique & Physique	2	1			1h30	22h30	27h30	50%	50%
	M123	Méthodes Numériques et Programmation	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	50%	50%
<b>UE Découverte</b> Code : UED12 Crédits : 2 Coefficient : 2	<i>Une matière à choisir parmi :</i>		2	2	1h30	1h30		45h00	05h00		100%
	D121	Probabilités & Statistiques									
	D122	Cristallographie physique									
	D123	Histoire de la Physique									
	D124	Chimie Minérale									
<b>UE Transversal</b> Code : UET12 Crédits : 1 Coefficient : 1	T121	Anglais 3	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
<b>Total Semestre 3</b>			<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h00</b>	<b>07h30</b>	<b>04h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h</b>		

Autre\* : travail complémentaire en consultation semestrielle

**Domaine « Sciences de la Matière » ; Filière « Physique »**

**Semestre 4**

Unité d'enseignement	Matières		Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			VHS (15 semaines)	Autre*	Mode d'évaluation	
	Code	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
<b>UE Fondamental</b> Code : UEF22 Crédits : 18 Coefficient : 9	F221	Thermodynamique	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	33%	67%
	F222	Fonction de la Variable Complexe	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	33%	67%
	F223	Mécanique Quantique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	33%	67%
	F224	Electromagnétisme	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	33%	67%
<b>UE Méthodologie</b> Code : UEM22 Crédits : 8 Coefficient : 5	M221	TP Thermodynamique	2	1			1h30	22h30	27h30	50%	50%
	M222	Mécanique des Fluides	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	50%	50%
	M223	Electronique Générale	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	50%	50%
<b>UE Découverte</b> Code : UED22 Crédits : 3 Coefficient : 2	<i>Une matière à choisir parmi :</i>		3	2	1h30	1h30		45h00	30h00		100%
	D221	Physique Atomique & Nucléaire									
	D222	Notion d'Astronomie et d'Astrophysique									
	D223	Spectroscopie									
	D224	Techniques d'Analyse Physico-chimique									
<b>UE Transversal</b> Code : UET22 Crédits : 1 Coefficient : 1	T221	Anglais 4	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
<b>Total Semestre 4</b>			<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h00</b>	<b>07h30</b>	<b>04h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h</b>		

Autre\* : travail complémentaire en consultation semestrielle

# CONTENUS PEDAGOGIQUES DU L2 CHIMIE/S3 & S4

## Programmes des matières, Semestre 3

### Unité d'Enseignement Fondamentale (UEF12)

**UEF12 / F121**

**Chimie Minérale**

(3h Cours+1h30' TD/ semaine) ; 67h30'/Semestre

#### Chapitre 1 : Tableau Périodique

- 1) Les éléments dans le tableau périodique (groupes, périodes, périodicité des propriétés)
- 2) Les familles d'éléments (alcalins, alcalinoterreux, métaux de transition, halogènes, le carbone et les éléments du groupe IV<sub>A</sub>, l'azote et les éléments du groupe V<sub>A</sub>, L'oxygène et les éléments du groupe VI<sub>A</sub>.)
- 3) La liaison chimique :
  - La liaison covalente
  - La liaison ionique
  - La liaison métallique
  - La liaison de Van der Waals et la liaison hydrogène
- 4) diagramme énergétique des orbitales moléculaires
- 5) hybridation
- 6) Polarisation d'une liaison.

#### Chapitre 2 : Les complexes

- 1- Notions de complexe (ligands, agents complexants)
- 2- Etude de la liaison chimique dans les complexes, hybridations dans les complexes
- 3- Structures des complexes de coordination
- 4- Propriétés des complexes
- 5- Théorie du champ cristallin
- 6- Réactivités des complexes, applications.
- 7- Nomenclature

#### Chapitre 3 : L'hydrogène

Etat naturel, propriétés physico-chimiques, préparation de l'hydrogène, les composés de l'hydrogène (hydrures, halogénures d'hydrogène)

#### Chapitre 4 : L'oxygène

Etat naturel, propriétés physico-chimiques, préparation, utilisation, composés à base d'oxygène, réactivité de l'oxygène.

#### Chapitre 5 : Les halogènes ( F, Cl, Br, I)

Dans tous les cas on étudiera l'état naturel, les propriétés physico-chimiques, l'obtention et l'utilisation.

#### Chapitre 6 : Le soufre

Etat naturel, propriétés, obtention, composés du soufre, le sulfure d'hydrogène, fabrication de l'acide sulfurique et son utilisation.

#### Chapitre 7 : L'azote

Etat naturel, propriétés physico-chimiques, obtention, l'ammoniac et ses propriétés, les oxydes et les oxacides de l'azote. Préparation de l'acide nitrique et son utilisation.

#### Chapitre 8 : Le phosphore, l'arsenic et l'antimoine

Etats naturels de ces éléments, leur obtention, leur utilisation

## Chapitre 9 : Le silicium

Propriétés physico-chimiques, obtention, les oxydes et les oxacides du silicium, les silicates, le gel de silice, les silicones.

## Chapitre 10 : Les métaux

- Les métaux alcalins: groupe I du tableau périodique : généralités, propriétés. Le sodium : fabrication, les dérivés du sodium.
- L'aluminium : propriétés, état naturel, obtention, utilisation,
- Le fer : état naturel, propriétés, obtention et utilisation

### Quelques références bibliographiques :

- P. W. ATKINS, D.F. SHRIVER, *Chimie inorganique*, Ed. De Boek, (2001)
- C. E. HOUSECROFT, A. G. SHARPE, *Chimie inorganique*, Tr. A. Pousse, Ed. De Boek, (2010)
- R. DIDIER, P. GRECIAS, *Chimie Générale, cours et exercices résolus*, Tec & Doc,(2004).
- S. S. ZUMDAHL, *Chimie générale*, De Boeck, (1999)
- C. E. HOUSECROFT, A. G. SHARPE, *Inorganic chemistry*, 2<sup>nd</sup> Ed. De Boek, (2005)

**UEF12 / F122**

**Chimie Organique 1**

(3h Cours+1h30' TD/ semaine) ; 67h30'/Semestre

## Chapitre 1 : La Liaison Chimique

Rappels sur les orbitales atomiques. Liaisons intramoléculaires, liaison covalente, hybridation du carbone ( $sp^3$ ,  $sp^2$ ,  $sp$ ), méthode VSEPR, liaison ionique. Liaisons intermoléculaires (la liaison d'hydrogène)

## Chapitre 2 : Composés organiques

Classification des principales fonctions chimiques. Nomenclature. Initiation au logiciel « ChemDraw »

## Chapitre 3 : Les Effets Structuraux

Les effets électroniques, Polarisation des liaisons sigma , Effet inductif, Délocalisation des électrons pi (étude de la molécule de 1.3-butadiène et de Benzène), Conséquence du phénomène de délocalisation des électrons pi, Mésonérie et résonance. Les effets stériques. Conséquence des effets structuraux sur l'acidité et la basicité d'un composé organique.

## Chapitre 4 : Isomérisation

Isomérisation plane (ou de constitution), Isomérisation de fonction, Isomérisation de position, Isomérisation de chaîne, Tautomérie. Stéréochimie, Représentation perspective ou cavalière, Représentation projective (convention de Cram), Projection de Fischer, Projection de Newman. Stéréoisomérisation, Isomères de conformations(ou conformères), éthane, cyclohexane, Isomères de configuration (Notion de chiralité, Activité optique, Nomenclature R,S, Règles séquentielles CIP (Cahn, Ingold et Prelog, Nomenclature D, L de Fischer Nomenclature érythro-thréo).

## Chapitre 5 : Diastéréoisomérisation

Diastéréoisomères sigma dues aux carbones asymétriques, Diastéréoisomères Pi (isomérisation géométrique, Z/E, Cis/trans)

## Chapitre 6: Etude Des Mécanismes Réactionnels

Les intermédiaires réactionnels, Rôle du solvant (polaire, apolaire), Rupture des liaisons (formation des radicaux, carbocations carboanions), Réactifs électrophiles, nucléophiles. Aspect cinétique et énergétique des réactions. Etude des principaux mécanismes réactionnels, Réactions d'additions: Addition électrophile, addition radicalaire, addition nucléophile), Réactions de substitutions: Substitution nucléophile  $SN_1$  et  $SN_2$  ; substitution radicalaire ; substitution électrophile, Réaction d'élimination  $E_1$ ,  $E_2$ .

### Quelques références bibliographiques :

- P. ARNAUD. *Cours : Chimie organique*, 18<sup>ème</sup> éd. Dunod, (2009).
- P. ARNAUD. *Exercices de chimie organique*, 4<sup>ème</sup> éd. Dunod, (2010).
- K.P.C. VOLLHARDT, N. E. SCHORE, C. ESKENAZI. *Traité de chimie organique*, 5<sup>ème</sup> éd. De Boeck Université, (2009).
- J. McMURRY, E. SIMANEK. *Chimie organique Les grands principes -Cours et exercices corrigés*. 2<sup>ème</sup> éd., DUNOD, (2007).

## UEF12 / F123

### Mathématiques Appliquées

(1h30' Cours+1h30' TD/ semaine) ; 45h00/Semestre

#### Chapitre 1 : Intégrales simples et multiples : (2 semaines)

Rappels sur l'intégrale de Riemann et sur le calcul de primitives.

Intégrales doubles et triples.

Application au calcul d'aires, de volumes...

#### Chapitre 2 : Intégrale impropres : (2 semaines)

Intégrales de fonctions définies sur un intervalle non borné.

Intégrales de fonctions définies sur un intervalle borné, infinies à l'une des extrémités.

#### Chapitre 3 : Equations différentielles : (2 semaines)

Equations différentielles ordinaires du 1<sup>er</sup> et du 2<sup>ème</sup> ordre.

Eléments d'équations aux dérivées partielles.

#### Chapitre 4 : Séries : (3 semaines)

Séries numériques.

Suites et séries de fonctions

Séries entières, séries de Fourier

#### Chapitre 5 : Transformation de Laplace : (3 semaines)

Définition et propriétés.

Application à la résolution d'équations différentielles.

#### Chapitre 6 : Transformation de Fourier : (3 semaines)

Définition et propriétés.

Application à la résolution d'équations différentielles.

### Quelques références bibliographiques :

- J. M. RAKOSOTON, J. E. RAKOSOTON, *Analyse fonctionnelle appliquée aux équations aux dérivées partielles*, Ed. PUF, (1999).
- S. NICAISE, *Analyse numérique et équations aux dérivées partielles : cours et problèmes résolus*, Dunod, (2000).

## UEF12 / F124

### Vibrations, Ondes & Optique

(1h30' Cours+1h30' TD/ semaine) ; 45h00/Semestre

### **PARTIE I : VIBRATIONS**

#### Chapitre 1 : Oscillateur libre.

Définition d'un mouvement vibratoire, Condition d'oscillations, exemples de systèmes oscillants.

Définition d'un oscillateur libre, établissement de l'équation du mouvement (PFD), équation horaire, étude énergétique.

### **Chapitre 2 : Oscillateur amorti.**

Les types de frottement, définition d'un oscillateur amorti, établissement de l'équation du mouvement (PFD), équation horaire, étude énergétique.

### **Chapitre 3 : Oscillateur forcé.**

Définition d'un oscillateur forcé, établissement de l'équation du mouvement, équation horaire (PFD), la résonnance. Analogie oscillateur mécanique/électrique.

### **Chapitre 4 : méthode de Lagrange et systèmes à 2 degrés de liberté.**

Définition du Lagrangien d'un système. Présentation des équations de Lagrange. Définition du nombre du degré de liberté. Application à un système à un degré de liberté. Application à un système à deux degrés de liberté.

## **PARTIE II : ONDES**

### **Chapitre 5 : Les ondes progressives.**

Définition d'une onde progressive. Conditions pour l'existence d'une onde. Caractéristiques d'une onde. Etablissement de l'équation de propagation des ondes (corde vibrante). Energie transportée par une onde progressive.

### **Chapitre 6 : Les ondes stationnaires.**

Définition d'une onde stationnaire et conditions aux limites fixes. Energie contenue dans une onde stationnaire.

## **PARTIE III : OPTIQUE**

### **Chapitre 7 : Réflexion et réfraction de la lumière.**

Approximation du rayon lumineux. Loi de la réflexion (Snell-Descartes). Loi de la réfraction. Le prisme.

### **Chapitre 8 : Formation des images.**

Stigmatisme. Approximation de Gauss. Dioptries plans et sphériques. Miroirs plans et sphériques. Les lentilles minces.

### **Quelques références bibliographiques :**

- T. BECHERRAWY, *Vibrations et Ondes*, Tomes 1-4, (Ed. Hermes-Lavoisier - 2010).
- H. DJELOUAH, *Vibrations et Ondes Mécaniques*, Offices des Publications Universitaires (OPU-2011).
- J. BRUNEAUX, *Vibrations et Ondes*, (Ed. Marketing- 2010).

---

## **Unité d'Enseignement Méthodologie (UEM12)**

**UEM12 / M121**

**TP Chimie Minérale**

(1h30' TP/ sem. ou 3h TP/15j) ; 22h30/Semestre

### **Faire 5 manipulations au choix.**

1. Notion de sels en solution
2. Solubilité-complexe
3. Réaction d'oxydo-réduction
4. Formation des complexes
5. Le produit de solubilité du chlorure de Pb
6. La précipitation sélective des sulfates de Ba<sup>++</sup> et de Ca<sup>++</sup>

## UEM12 / M122

### TP Chimie Organique 1

(1h30' TP/ sem. ou 3h TP/15j) ; 22h30/Semestre

**Faire 5 ou 6 manipulations au choix (selon moyens disponibles).**

#### **PREMIERE PARTIE**

- Construction de molécules dans l'espace en représentation compacte ou éclatée à l'aide d'un modèle moléculaire, ou à défaut, dessiner les molécules en 3D à l'aide d'un logiciel.

#### **Méthodes de purification des matières organiques :**

- Méthodes mécaniques de séparation (filtration, décantation, filtration sous vide, ....etc.)
- Extraction liquide -liquide
- Réfractométrie
- Préparation d'un savon
- Recristallisation d'un produit organique (acide benzoïque ou un autre produit).
- Séparation d'un mélange benzène- toluène par distillation fractionnée

#### **DEUXIEME PARTIE : Synthèse des composés organiques**

- Préparation du bromure d'éthyle ; Préparation de l'iodure de méthyle
- Préparation du phénétol  $C_6H_5OC_2H_5$  à partir du bromure d'éthyle et du phénol
- Synthèse de l'aspirine (acide acétylsalicylique)
- Préparation de l'acide benzoïque à partir du toluène.
- Synthèse de l'Ortho et Para - Nitrophénol ;
- Synthèse du Nitrobenzène
- Synthèse de l'aniline
- Synthèse du Phénol à partir de l'aniline
- Synthèse de l'Anisol  $C_6H_5OCH_3$
- Synthèse de l'hélianthine (méthylorange).
- Synthèse de la benzophénone
- Synthèse de l'acétate d'éthyle.

## UEM12 / M123

### Méthodes Numériques et Programmation

(1h30' Cours +1h30' TP/ sem. ou 3h TP/15j) ; 45h00/Semestre

#### **Chapitre 1. Rappels sur les langages informatiques**

MATLAB, MATHEMATICA, FORTRAN, C ou C++, .....

#### **Chapitre 2. Intégration numérique**

2. 1 Méthode des Trapèzes

2. 2 Méthode de Simpson

#### **Chapitre 3. Résolution numérique des équations non-linéaires**

3. 1 Méthode de Bissection

3. 2 Méthode de Newton

#### **Chapitre 4. Résolution numérique des équations différentielles ordinaires**

4. 1 Méthode d'Euler

4. 2 Méthode de Runge-Kutta

#### **Chapitre 5. Résolution numérique des systèmes d'équations linéaires**

5. 1 Méthode de Gauss

5. 2 Méthode de Gauss-Seidel

#### **Quelques références bibliographiques :**

- F. JEDRZEJEWSKI, *Introduction aux méthodes numériques*, 2<sup>ème</sup> Ed., Springer-Verlag, France, (2005).

- E. HAIRER, *Introduction à l'analyse numérique*, université de Genève, (2001).
- J. HOFFMAN, *Numerical methods for engineers and scientists*, 2<sup>nd</sup> Ed, Marcel Dekker, USA, (2001).
- A. QUARTERONI, *Méthodes numériques, algorithmes, analyse et applications*, Springer-Verlag, Italie, (2004).

-----

**Unité d'Enseignement de Découverte  
(UED12)**

**UED12 / D121**

**Techniques d'Analyse Physico-Chimique I**  
(1h30' Cours+1h30' TD/ semaine) ; 45h00/Semestre

**1. Généralités sur les méthodes de séparations**

Séparation de constituants d'un mélange hétérogène

- Cas d'un mélange solide - liquide (filtration, centrifugation)
- Cas d'un mélange de deux liquides non miscibles

Traitement d'une phase homogène

**2. Séparation par rupture de phase**

Cas d'une solution liquide, Elimination, Relargage

**3- Osmose & dialyse**

**4. extraction par voie chimique**

**5. extraction par un solvant non miscible**

Généralités, expression du partage, coefficient de partage, taux de distribution, expression du rendement

Extraction simple : définition, étude quantitative, mise en œuvre pratique d'une extraction

**6. Séparation par changement d'état**

Rappel de notions générales, sublimation, distillation simple, rectification (distillation fractionnée), distillation d'un mélange de liquides non miscibles

**7. Méthode chromatographiques**

Généralités, principes généraux de la chromatographie (classification), représentation schématique d'un chromatogramme, étude théorique de la chromatographie : théorie des plateaux symétrie des pics phénomènes d'adsorption, Théorie cinétique (H.E.P.T équation de Van Deemter).

Mise en œuvre des méthodes chromatographiques : CCM, HPLC, CPG,...etc.

**8- Méthodes électrophorétiques**

**Quelques références bibliographiques :**

- G. MAHUZIER, M. HAMON, *Abrégé de chimie analytique : Méthodes de séparation, tome 2* ; Ed. Masson, Paris, New York, Barcelone, Milan, (1978).
  - M.CHAVANE ; G.J. BEAUDOIN A. JULLIEN; E. FLAMMAND, *Chimie organique expérimentale*, Modulo Editeur, (1986).
  - G.GUICHON, C. POMMIER, *La chromatographie en phase gazeuse*, Ed. Gauthier-Villars (1971).
  - J. TRANCHANT, *Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse* ; 3<sup>ème</sup> Ed. MASSON ; Paris, New York, Barcelone, Milan, (1982).
-

## Unité d'Enseignement Transversal (UET12)

**UET12 / T121**

**Anglais 3**

(1h00 Cours/ semaine) ; 15h00/Semestre

### ***Expression orale et écrite, communication et méthodologie en langue anglaise***

*Objectifs de l'enseignement : cette formation en anglais est dispensée en groupes de niveau. Deux buts sont poursuivis :*

- l'acquisition d'une culture de langue scientifique et des bases de langage courant*
- une capacité aux techniques de l'exposé oral.*

### ***Contenu de la matière :***

*Entraînement à la compréhension de documents écrits relatifs au domaine de la physique. On tentera le plus possible d'associer l'enseignement des langues à la formation scientifique. Tous les supports seront utilisés :*

- Traduction de notices et publications.*
- Rédaction de résumés.*
- Bibliographie et exposés de projet.*

---

## Programmes des matières, Semestre 4

---

### Unité d'Enseignement Fondamentale (UEF22)

UEF22 / F221

**Chimie Organique 2 : Chimie organique descriptive**  
(3h Cours+1h30' TD/ semaine) ; 67h30/Semestre

#### Chapitre 1-

- 1.1 Propriétés physiques des molécules organiques,
- 1.2 Polarisation et moments dipolaires,
- 1.3 Polarisabilité.

#### Chapitre 2- Effets électroniques :

- 2.1 Inducteur
- 2.2 inductomère,
- 2.3 Mésoforme,
- 2.4 Electromère,
- 2.5 Conjugaison et hyper conjugaison.

#### Chapitre 3- Résonance et aromaticité.

#### Chapitre 4- Classification et études des réactions :

- 4.1 Réactions homolytiques et hétérolytiques.
- 4.2 Intermédiaires réactionnels.

#### 5- Mécanisme réactionnel.

- 5.1 Substitution nucléophile : SN2, SN1, SNi.
- 5.2 Elimination : E1, E2 (cis et trans élimination).
- 5.3 Addition : A1, A2 (cis et trans addition).
- 5.4 Substitution électrophile.
- 5.4 Réactions radicalaires.
- 5.5 Exemples de réactions de transpositions : Wagner-Meerwein, pinacolique, Beckman.

**Chapitre 6** : Alcanes, cycloalcanes, alcènes, alcynes.

**Chapitre 7** : Arènes.

**Chapitre 8** : Dérivés halogénés et organomagnésiens.

**Chapitre 9** : Alcools, phénols, éthers.

**Chapitre 10** : Amines.

**Chapitre 11** : Aldéhydes, cétones, acides carboxyliques.

**Chapitre 12** : Les organométalliques.

*Les Travaux pratiques porteront sur l'apprentissage des méthodes de synthèse et de purification des composés organiques.*

#### Quelques références bibliographiques :

- P. ARNAUD. *Cours : Chimie organique*, 18<sup>ème</sup> édition, Dunod, (2009).
- P. ARNAUD. *Exercices de chimie organique*, 4<sup>ème</sup> édition, Dunod, (2010).
- K.P.C. VOLLHARDT, N. E. SCHORE, C. ESKENAZI. *Traité de chimie organique*, 5<sup>ème</sup> édition. De Boeck - Université, (2009).
- J. McMURRY, E. SIMANEK. *Chimie organique Les grands principes : cours et exercices corrigés*. 2<sup>ème</sup> édition, DUNOD, (2007).

**Thermodynamique & Cinétique Chimique**  
(3h Cours+1h30' TD/ semaine) ; 67h30'/Semestre

**PARTIE THERMODYNAMIQUE**

**Chapitre I : Thermodynamique des systèmes ouverts :** Les fonctions caractéristiques des systèmes ouverts, Notion de potentiel chimique, Application à la réaction chimique.

**Chapitre II : Les équilibres chimiques :** Equilibres homogènes, Equilibres hétérogènes.

**Chapitre III : Le corps pur :** Le corps pur sous une phase : Le gaz parfait ( $\Delta H$ ,  $\Delta S$  et  $\Delta G$  du gaz parfait), Le gaz réel (Enthalpie libre et notion de fugacité), L'écart au gaz parfait, Traitement de quelques équations d'états (Equation de Van Der Waals, éq. de Viriel), Le corps pur à l'état condensé ( $\Delta H$ ,  $\Delta S$  et  $\Delta G$ ), Le corps pur sous plusieurs phases, Lois générales d'équilibre (Lois de Clapeyron, Clausius - Clapeyron), Règle des phases, Vaporisation, sublimation, fusion et la transition du corps pur

**Chapitre IV : Les solutions :** Les solutions sous une phase, Grandeurs molaires partielles, grandeurs de mélange, Les solutions idéales, Les solutions réelles, activité et grandeurs d'excès, et les grandeurs de mélange. Les solutions sous plusieurs phases, Diagrammes d'équilibre liquide - vapeur ; Diagrammes d'équilibre liquide - solide

**PARTIE CINETIQUE CHIMIQUE**

**I- Réactions Chimiques Homogènes**

**Chapitre 1- Vitesse des réactions :** Mesure, expressions, ordre expérimental, moléculaire, réactions composées influence de température.

**Chapitre 2- Réactions d'ordre simple :** Détermination de l'ordre global et des ordres partiels, méthode d'intégration, méthode différentielle, méthode d'isolement, ordre en fonction du temps et en fonction des concentrations initiales.

**Chapitre 3 Réactions composées :** Réactions opposées (inverses), parallèles et successives, réactions complexes, combinaisons des réactions composées, Réactions complexes avec état stationnaire des composées intermédiaires, réactions par stade, réactions en chaînes.

**Chapitre 4 Théorie de l'acte élémentaire :** théorie des collisions, réaction pseudo mono moléculaire, théorie du complexe activé, énergie d'activation, sa mesure ; activation photochimique.

**II – Réactions Chimiques Hétérogènes**

**Chapitre 5. Catalyse hétérogène :** adsorption physique et chimisorption, Etudes physico-chimiques des catalyseurs, mécanismes d'action, cinétique de catalyse ; Influence de la température.

**Chapitre 6 Réactions hétérogènes :** méthodes d'étude, Loi de la nucléation, Phénomène de diffusion, Cinétique d'une réaction d'ordre 2, Cinétique d'une réaction par polarimétrie, détermination d'une énergie d'activation, Caractérisation physique des catalyseurs par adsorption, Adsorption d'un soluté sur solide, Cinétique d'une réaction.

**Quelques références bibliographiques :**

- M. CHABANEL et B. ILLIEN, *Thermodynamique chimique*, Ed. Ellipses, Paris, (2011).
- J. M. SMITH, H. C. van NESS, A. M. ABBOTT, *Introduction to chemical Engineering thermodynamics*, 2<sup>nd</sup> ed., McGraw-Hill, (1989).
- A. GRUGER, *Thermodynamique et équilibres chimiques, Cours et exercices corrigés*, 2<sup>nd</sup> éd., Dunod, (2004).

**Partie cinétique chimique :**

- J-C. DECHAUX, L. DELFOSSE, A. PERCHE, *Problèmes de cinétique chimique*, Ed. Masson & Armand Colin, Scientifique Interéditions
- R. BEN-AIME, M. DESTRIAU, *Introduction à la Cinétique Chimique*, Ed.. Dunod, Paris
- B. FREMAUX, *Éléments de cinétique et de catalyse*, Éd. Tec. & Doc
- G. SCACCHI, M. BOUCHY, J.-F. FOUCAUT, O. ZAHRAA, *Cinétique et Catalyse*, Ed. Tec & Doc.

## UEF22 / F223

### Chimie Analytique

(1h30 Cours+1h30' TD/ semaine) ; 45h00/Semestre

#### Chapitre 1. Equilibres en solution :

- 1.1. Equilibre homogène et équilibre hétérogène.
- 1.2. La constante d'équilibre.
- 1.3. Les facteurs d'équilibre.
- 1.4. Principe de Le CHATELIER.

#### Chapitre 2. Oxydo-réduction :

- 2.1 Les notions d'oxydo-réduction et réduction.
- 2.2 Nombre d'oxydation d'un élément.
- 2.3 Détermination des coefficients des réactions d'oxydo-réduction.

#### Chapitre 3. Les solutions ioniques. Acides et Bases :

- 3.1 La dissociation ionique (L'équilibre de dissociation (L'auto - ionisation de l'eau.)
- 3.2 Produit ionique de l'eau.
- 3.3 Généralités sur les acides et les bases (Définitions. Conséquences de la définition de BRONSTED).
- 3.4 Forces des acides et des bases).

#### Chapitre 4. Le pH des acides et des bases :

- 4.1 La notion de pH.
- 4.2 Calcul du pH d'un acide ou d'une base.
- 4.3 Mesure du pH. Neutralisation d'un acide par une base.

#### Chapitre 5. Les sels en solution.

- 5.1 Etude des sels peu solubles (Définitions. Solubilité de sels. Produits de solubilité).
- 5.2 Déplacement de l'équilibre de solubilité

#### Quelques références bibliographiques :

- J. L. BRISSET, A. ADDOU, M. DRAOUI, D. MOUSSA, F. ABDELMALEK, *Chimie analytique en solution (2<sup>ème</sup> Ed.) : Principes et Applications*, Ed. Lavoisier, (2011).
- J.-L. BURGOT, *Chimie analytique et équilibres ioniques, (2<sup>ème</sup> Ed.)*, Ed. Lavoisier, (2011).

## UEF22 / F224

### Chimie Quantique

(1h30 Cours+1h30' TD/ semaine) ; 45h00/Semestre

#### Chapitre 1 : Principes généraux de la mécanique quantique. 9h00

Introduction aux idées de base de la théorie quantique. L'état quantique : la fonction d'onde. Propriétés observables et opérateurs quantiques. L'évolution temporelle d'un système quantique : équation de Schrödinger dépendante du temps, système conservateur de l'énergie, équation de Schrödinger indépendante du temps, état fondamental et états excités. Mesure d'une propriété et valeur moyenne. Principe d'incertitude

#### Chapitre 2 : Modèle de la particule libre dans une boîte. 6H00

Boîte de potentiel à une dimension. Boîte de potentiel à 2 et 3 dimensions. Application : modélisation de la structure des électrons  $\pi$  des polyènes

#### Chapitre 3 : Les atomes hydrogénéoïdes. 9h

Hamiltonien, équations de Schrödinger dépendante et indépendante du temps. Résolution de l'équation de Schrödinger. Analyse et interprétation des solutions. Introduction du spin : spinorbitale

#### Chapitre 4 : Les méthodes d'approximation en mécanique quantique 3h

Méthode des perturbations. Méthode des variations

## Chapitre 5 : Les atomes à plusieurs électrons. 9h

Hamiltonien et équation de Schrödinger. Approximation orbitélaire. Principe de Pauli. Modèle de Slater. Structure électronique des atomes

## Chapitre 6 : Les molécules diatomiques. 9h

L'ion moléculaire  $H_2^+$ , approximation CLOA. Interaction de deux orbitales atomiques identique : les molécules diatomiques homonucléaires, Interaction de deux orbitales atomiques différentes : les molécules diatomiques hétéronucléaires.

### Quelques références bibliographiques :

- B. VIDAL, *Chimie Quantique*, Ed. Masson, (1992).
- D. Mac QUARRIE, J. D. SIMON, *Chimie physique: approche moléculaire*, Ed. Dunod, (2000).

## Unité d'Enseignement Méthodologie (UEM22)

UEM22 / M221

TP Chimie Analytique

(1h30' TP/ sem. ou 3h TP/15j) ; 22h30'/Semestre

Dans l'ensemble, les TP devront portés sur les dosages acido-basiques, sur l'oxydoréduction et sur la précipitation. On peut les organiser comme suit :

### 1- Préparation de solutions

### 2- Analyse volumétrique et réactions acido-basique : Titrages acido-basique

- Dosage d'une base forte par un acide faible (exemple NaOH- HCl)
- Dosage de l'acide faible par une base forte (exemple  $CH_3COOH$  par NaOH)
- Double titrage d'une solution (2 points d'équivalence) (exemple  $Na_2CO_3$ )

### 3- Détermination expérimentale de la solubilité (exemple NaCl)

### 4- Analyse volumétrique par oxyde- réduction

- Dosage des ions ferreux par les ions permanganate
- Dosage d'une solution d' $I_2$  par le thiosulfate de sodium.

UEM22 / M222

TP Thermodynamique & Cinétique Chimique

(1h30' TP/ sem. ou 3h TP/15j) ; 22h30'/Semestre

### Partie : TP Thermodynamique (Faire 3 TP au choix)

1. Equilibre Liquide-Vapeur
2. Propriétés colligatives : détermination de la masse molaire par cryoscopie
3. Détermination des volumes molaires partiels par pycnométrie
4. Mesure du volume molaire de mélange
5. Mesure du volume molaire d'excès

6. Mesure de la chaleur de mélange
7. Mesure de la chaleur d'excès

**Partie : TP Cinétique Chimique (Faire 3 TP au choix)**

1. Cinétique de la réaction d'hydratation de l'éthylacétate
2. Détermination de la vitesse de réaction (2<sup>o</sup>ordre)
3. Adsorption d'un soluté sur solide
4. Etude de la réaction persulfate-iodure
5. Etude cinétique par conductimétrie de la saponification de l'acétate d'éthyle
6. Détermination de l'énergie d'activation
7. Hydrolyse du sacharose

**UEM22 / M223**

**Chimie Inorganique**

(1h30' Cours+1h30' TD/semaine) ; 45h00/Semestre

**Chapitre 1 Structure des matériaux solides :** Notions générales : Etat amorphe/cristallisé, poly/monocristaux, cristal parfait/réel (défauts, joints de grain, surface...). Structure des édifices métalliques. Liaison métallique : modèle de bandes. Application à la conductivité des métaux et des semi-conducteurs. Alliages. Structure des édifices atomiques et moléculaires. Structure et géométrie des édifices ioniques. Modèle de la liaison ionique. Energie réticulaire (solutions solides : d'insertion, de substitution. Cristal réel et défauts : Défauts électroniques, défauts ponctuels, défauts linéaires et défauts plans.

**Chapitre 2 Chimie des éléments de transition :** Structures des complexes de coordination. Propriétés optiques et magnétiques. Modèle du champ cristallin et modèle des orbitales moléculaires. Réactivité des complexes. Composés organométalliques.

**Chapitre 3 Introduction à la cristallographie :** Notion de maille. Réseaux cristallins Multiplicité d'une maille. Rangées. Plans réticulaires. Les sept systèmes cristallins. Les quatorze réseaux de Bravais. La symétrie dans les cristaux. Réseaux réciproques des réseaux non primitifs.

**Chapitre 4 Les structures métalliques :** Notion de maille. Disposition carrée : Structure semi compacte cubique centrée CC. Disposition triangulaire : Symétrie hexagonale compacte HC, Symétrie cubique à faces centrées CFC. Sites interstitiels : dans le CC, dans le HC, dans le CFC.

**Chapitre 5 Structures ioniques :** Structures du type AB : CsCl, NaCl, ZnS blende, ZnS wurtzite. Structure du type AB<sub>2</sub>: Fluorine CaF<sub>2</sub>, Rutile TiO<sub>2</sub>

**Chapitre 6 Structures covalentes**

**Quelques références bibliographiques :**

- M. SHRAVER, ATKINS, EARSON, *Mass spectrometry*, Ed. J. Wiley, (1992).
  - R. KEITER, J. HUHEEY, E. KEITER, *Chimie Inorganique*, Ed. De Boeck, (2000).
  - J.-F. LAMBERT, T. GEORGELIN, M. JABER, *Mini manuel de Chimie inorganique*, Ed.
-

## Unité d'Enseignement de Découverte (UED22)

UED22 / D221

Techniques d'Analyse Physico-Chimique II  
(1h30' Cours+1h30' TD/ semaine) ; 45h00/Semestre

**Chapitre 1. Introduction aux méthodes spectrales :** définition et généralités sur les spectres électromagnétiques.

**Chapitre 2. Les lois d'absorption et application de la loi de BEER LAMBERT à la spectrophotométrie UV-Visible :** principe. Différents domaines d'absorption. Différents chromophores. Application en analyse quantitative.

**Chapitre 3. Spectrophotométrie d'absorption atomique :** Principe et théorie. Instrumentation. Caractéristiques d'une flamme. Four d'atomisation. Interférences. applications.

**Chapitre 4. Spectrométrie infrarouge :** Présentation du spectre du moyen infrarouge. Origine des absorptions dans le moyen infrarouge. Bandes de vibration-rotation du moyen infrarouge. Modèle simplifié des interactions vibrationnelles. Bandes caractéristiques des composés organiques. Instrumentation. Comparaison des spectres.

**Chapitre 5. Spectroscopie de Résonance Magnétique Nucléaire :** Généralités. Interaction spin/champ magnétique pour un noyau. Les noyaux qui peuvent être étudiés par RMN. Théorie de Bloch pour un noyau dont  $I=1/2$ . Le principe de l'obtention du spectre par R.M.N. La R.M.N. de l'hydrogène. Le déplacement chimique. Noyaux blindés et déblindés. Structure hyperfine. Couplage spin-spin.

**Chapitre 6. Spectrométrie de masse :**

Principe de la méthode. Déviation des ions – spectre de Bainbridge. Performance des spectromètres de masse. Les différents analyseurs

### Quelques références bibliographiques :

- M. PINTA, *Spectrométrie d'absorption atomique*, Tomes I et II, Ed. Masson, (1979).
- R. DAVIS, M. FREARSON, *Mass spectrometry*, Ed. J. Wiley, (1992).
- B.C. SMITH, *Fundamentals of Fourier Transformed Infrared*, C.R.C Press Inc. (1996).
- E. CONSTANTIN, *Spectrométrie de masse, principe et application*, Ed. Tec-Doc, 2<sup>ème</sup> éd., Paris (1996).
- M. Mc MASTER, *GC / MS Practical User's Guide*, Ed. WILEY- VCH (1998).
- F. ROUESSAC, A. ROUESSAC, *Analyse Chimique. Méthodes et Techniques instrumentales modernes. Cours et exercices résolus*, 5<sup>ème</sup> édition. Dunod, Paris, (2000).

-----

**Unité d'Enseignement Transversal  
(UET22)**

**UET22 / T221**

**Anglais 4**

(1h00 Cours/ semaine) ; 15h00/Semestre

*Cette unité est une continuité de l'unité : **Expression orale et écrite, communication et méthodologie en langue anglaise du Semestre 3.***

*Les objectifs sont :*

- Participation active de l'étudiant à sa propre formation.*
- Initiation aux techniques de communications.*
- Initiation aux techniques de recherche bibliographique.*
- Apprendre à rédiger et exposer une étude donnée de culture générale.*
- Initiation aux techniques de recherche sur internet.*

# CONTENUS PEDAGOGIQUES DU L2 Physique/S3 & S4

## Programmes des matières, Semestre 3

### Unité d'Enseignement Fondamentale (UEF12)

#### UEF12 / F121

**Séries & Equations Différentielles**  
(3h Cours+1h30' TD/ semaine) ; 67h30'/Semestre

#### **Chapitre 1 : Intégrales simples et multiples : (2 semaines)**

Rappels sur l'intégrale de Riemann et sur le calcul de primitives.

Intégrales doubles et triples.

Application au calcul d'aires, de volumes...

#### **Chapitre 2 : Intégrale impropres : (2 semaines)**

Intégrales de fonctions définies sur un intervalle non borné.

Intégrales de fonctions définies sur un intervalle borné, infinies à l'une des extrémités.

#### **Chapitre 3 : Equations différentielles : (2 semaines)**

Equations différentielles ordinaires du 1<sup>er</sup> et du 2<sup>ème</sup> ordre.

Eléments d'équations aux dérivées partielles.

#### **Chapitre 4 : Séries : (3 semaines)**

Séries numériques.

Suites et séries de fonctions

Séries entières, séries de Fourier

#### **Chapitre 5 : Transformation de Laplace : (3 semaines)**

Définition et propriétés.

Application à la résolution d'équations différentielles.

#### **Chapitre 6 : Transformation de Fourier : (3 semaines)**

Définition et propriétés.

Application à la résolution d'équations différentielles.

#### **Quelques références bibliographiques :**

- Elie BELORIZKY, *Outils mathématiques à l'usage des scientifiques et des ingénieurs*, EDP Sciences, Paris, (2007).
- Walter APPEL, *Mathématiques pour la physique et les physiciens!*, 4<sup>ème</sup> Ed., H&K Edition, Paris, (2008).
- C. ASLANGUL, *Des mathématiques pour les sciences, Concepts, méthodes et techniques pour la modélisation*, De Boeck, Bruxelles (2011).
- C. ASLANGUL, *Des mathématiques pour les sciences2*, Corrigés détaillés et commentés des exercices et problèmes, De Boeck, Bruxelles (2013).

**UEF12 / F122**

**Mécanique Analytique**

(3h Cours+1h30' TD/ semaine) ; 67h30'/Semestre

**Chapitre 1 : Rappels de mécanique classique**

Cinématique d'une particule. Dynamique d'une particule. Travail et énergie. Systèmes à N particules et forces extérieures. Degrés de liberté.

**Chapitre 2 : Formalisme de Lagrange**

Coordonnées généralisées. Variation fonctionnelle. Le Lagrangien. Coordonnées curvilignes. Contraintes holonomes et non holonomes.

Applications : Particule dans un champ gravitationnel, Particule liée à un ressort, problème à deux corps, le potentiel central.

**Chapitre 3 : Formalisme de Hamilton**

Transformation de Legendre. L'Hamiltonien. Variables canoniques et crochets de Poisson. Moments généralisés. Transformations canoniques. La méthode de Hamilton-Jacobi. L'espace des phases. Variables angle-action et fonction génératrice. Systèmes intégrables.

**Chapitre 4 : Mouvement d'un solide indéformable**

Degrés de liberté d'un solide. Energie cinétique. Axes principaux et tenseur d'inertie. Moment cinétique d'un solide. Approche vectorielle et équations d'Euler. Approche Lagrangienne et angles d'Euler. Toupie symétrique

**Chapitre 5 : Mécanique Lagrangienne des milieux continus**

Le passage à la limite continue. Théorie classique des champs. Equations d'Euler-Lagrange du champ.

**Chapitre 6 : Théorème de Liouville. Equation de Hamilton-Jacobi.**

**Quelques références bibliographiques**

- A. CHARLIER, A. BERARD, M. CHARLIER, *Mécanique Analytique - Du cours aux travaux dirigés*, Ed. Ellipses, (1989).
- LANDAU et LIFCHITZ, *Mécanique*, Editions Mir (Moscou) et Ellipses (Paris)
- BOUCIF, *Introduction à la mécanique analytique*, De Boeck, Bruxelles, (2012)
- TAYLOR, *Mécanique classique*, Ellipses, Paris, (2007)
- MARTIN-ROBINE, *Histoire du principe de moindre action*, Vuibert, Paris, (2006)
- GOLDSTEIN et al, *Classical mechanics*, 3<sup>rd</sup> Ed, Addison-Wesley (USA), (2001).

**UEF12 / F123**

**Vibrations & Ondes**

(1h30' Cours+1h30' TD/ semaine) ; 45h00/Semestre

***PARTIE I : VIBRATIONS***

**Chapitre 1: Généralités sur les vibrations.**

Définition d'un mouvement vibratoire. Exemples de systèmes vibratoires. Mouvements périodiques

**Chapitre 2: Systèmes linéaires à un degré de liberté**

2.1. Les oscillations libres. L'oscillateur harmonique. Pulsation propre d'un oscillateur harmonique. L'énergie d'un oscillateur harmonique

2.2 Les oscillations libres amorties. Forces d'amortissement. Equation des mouvements. Oscillations pseudopériodiques (décrément logarithmique, facteur de qualité)

2.3 Les oscillations libres forcées. Définition. Cas d'une excitation sinusoïdale (résonance, déphasage). Cas d'une excitation périodique quelconque.

2.4 Les oscillations amorties forcées. Equation des mouvements. Régime transitoire, régime permanent. Bande passante. Facteur de qualité

2.5 Analogie entre systèmes oscillants mécaniques et électriques

### **Chapitre 3 : Systèmes linéaires à plusieurs degrés de liberté**

3.1 Systèmes à 2 degrés de liberté (Cas libres - pulsations propres), amortis et amortis forcés.

3.2 Systèmes à N degrés de liberté (comportement général)

## **PARTIE II : LES ONDES MECANIQUES**

### **Chapitre 4 : Généralités sur les ondes mécaniques**

4.1 Classification des ondes

4.2 Intégrale générale de l'équation générale d'ondes progressives.

4.3 Vitesse de phase, vitesse de groupe

4.4 Notion de front d'onde. Exemple des ondes planes, ondes sphériques

4.5 Réflexion et transmission des ondes

4.6 Relation entre les différentes grandeurs représentant l'onde

### **Chapitre 5 : Ondes transversales sur une corde**

5.1 Equation de propagation. Impédance caractéristique. Energie d'une onde progressive. Réflexion et transmission des ondes. Ondes stationnaires

### **Chapitre 6 : Ondes longitudinales dans les fluides**

6.1 Ondes planes dans un tuyau cylindrique. Equation d'ondes dans un gaz. Equation d'ondes dans un liquide. Impédance acoustique. Impédance caractéristique. Energie transportée par une onde. Coefficients de réflexion et de transmission d'ondes (conditions aux limites)

6.2 Effet Doppler

### **Chapitre 7 : Ondes élastiques dans les solides**

#### **Quelques références bibliographiques :**

- T. BECHERRAWY, *Vibrations et Ondes*, Tomes 1-4, Ed. Hermes-Lavoisier, (2010).
- H. DJELOUAH, *Vibrations et Ondes Mécaniques*, Offices des Publications Universitaires OPU, (2011).
- J. BRUNEAUX, *Vibrations et Ondes*, Ed. Marketing, (2010).

**UEF12 / F124**

**Optique Géométrique & Physique**

(1h30' Cours+1h30' TD/ semaine) ; 45h00/Semestre

### **Chapitre 1 : Optique géométrique**

1.1- Principes et lois de l'optique géométrique

1.2- Notions de réfringence

1.3- Lois de Snell-Descartes, principe de Fermat et construction de Huygens

1.4- Miroirs sphériques et miroirs plans: formule de position et construction d'images

1.5- Dioptré plan et dioptré sphérique: formule de conjugaison, grandissement, notions de stigmatisme et construction d'images

1.6- Prisme : formules, déviation et dispersion

1.7- Lentilles minces : formules de position et construction d'images

1.8- Instruments optiques : œil, loupe, microscope, ...

### **Chapitre 2 : Optique ondulatoire**

2.1- Généralités

2.2- Principe de superposition de deux ondes monochromatiques de même fréquence

2.3- Conditions d'interférence : Notion de cohérence

- 2.4- Interférences de deux ondes cohérentes
- 2.5- Interférences à ondes multiples : Interféromètres de Michelson et de Pérot-Fabry
- 2.6- Interférences en lumière polychromatique

### **Chapitre3 : Diffraction et ses Applications**

- 3.1- Diffraction de Fresnel et diffraction de Fraunhofer
- 3.2- Diffraction par une ouverture rectangulaire et diffraction par une ouverture circulaire

### **Chapitre 4 : Polarisation**

- 4.1- Transversalité des ondes
- 4.2- Structure d'une onde polarisée rectilignement
- 4.3- Réflexion et réfraction par les corps isotropes transparents

### **Chapitre 5 : Lasers et ses applications**

#### **Quelques références bibliographiques :**

- D. FIEL & P. COLIN, *Optique - Cours et exercices corrigés*, Ed. Ellipses, (1999)
- J-P. PEREZ, *Optique - Fondements et Applications avec 250 exercices et problèmes résolus*, Ed. Dunod, (2004)
- F. WELL, *Optique Physique - Cours : Propagation de la lumière*, Ed. Ellipses, (2005)
- T. BECHERRAWY, *Optique Géométrique - Cours et exercices corrigés*, Ed. Deboeck, (2006)
- E. AMZALLAG, *La Physique en Fac - Optique - Cours et exercices corrigés*, Ed. Dunod, (2006)
- R. TAILLET, *Optique Physique - Interférences, Diffraction, Holographie - Cours et exercices corrigés*, Ed. Deboeck, (2006).
- H.GAGNAIRE, *Optique géométrique et physique*, Ed. Casteilla, (2011).

---

## **Unité d'Enseignement Méthodologie (UEM12)**

### **UEM12 / M121**

#### **TP Vibrations & Ondes**

(1h30' TP/ sem. ou 3h TP/15j) ; 22h30'/Semestre

- 1- Oscillations transversales des cordes vibrantes.
- 2- Systèmes électromécaniques (le haut-parleur électrodynamique).
- 3- Oscillations amorties (circuit RLC en oscillations libres et forcées).
- 4- Oscillations couplées: étude des battements.
- 5- Oscillations couplées: étude des fréquences propres.
- 6- Propagation d'ondes longitudinale dans un fluide.
- 7- Cuve rhéographique
- 8- Tube de KUNDT.
- 9- Phénomènes d'induction

## UEM12 / M122

### TP Optique Géométrique & Physique (1h30' TP/ sem. ou 3h TP/15j) ; 22h30'/Semestre

- 1- Introduction: les différentes sources et détecteurs de lumière.
- 2- Réflexion (miroir plan, miroir sphérique) et réfraction (air/verre, verre/air).
- 3- Etude du prisme: déviation.
- 4- Etude du prisme: dispersion.
- 5- Etude du réseau: dispersion.
- 6- Spectroscopie à prisme, spectroscopie à réseau.
- 7- Focométrie (détermination de la focale d'une lentille).
- 8- Microscope.
- 9- Polarisation de la lumière (rectiligne, circulaire, elliptique).
- 10- Réflexion sur une lame d'une O.E.M. plane.
- 11- Spectrophotométrie (transmission de différents filtres optiques).
- 12- Interférométrie (détermination de la longueur d'onde, de l'indice d'une lame à face parallèle, de la vitesse).
- 13- Diffraction (fentes et réseaux: loi de Bragg, monochromateur).

## UEM12 / M123

### Méthodes Numériques et Programmation (1h30' Cours/1h30'TP/semaine) ; 45h00/Semestre

#### Chapitre 1. Initiation (ou rappel) de langages de programmation informatique

MATLAB et/ou MATHEMATICA et/ou FORTRAN et/ou C++, ...

#### Chapitre 2. Intégration numérique

2. 1 Méthode des Trapèzes
2. 2 Méthode de Simpson

#### Chapitre 3. Résolution numérique des équations non-linéaires

3. 1 Méthode de Bissection
3. 2 Méthode de Newton

#### Chapitre 4. Résolution numérique des équations différentielles ordinaires

4. 1 Méthode d'Euler
4. 2 Méthode de Runge-Kutta

#### Chapitre 5. Résolution numérique des systèmes d'équations linéaires

5. 1 Méthode de Gauss
5. 2 Méthode de Gauss-Seidel

#### Quelques références bibliographiques :

##### Pour MATLAB

- M. DJEBLI & H. DJELOUAH, *Initiation à MATLAB*, Office des Publications Universitaires OPU, (2013).
- R. DUKKIPATI, *MATLAB, an introduction with applications*, New Age International Publishers, India, (2010).
- B. HAHN and D. VALENTINE, *Essential MATLAB for engineers and scientist*, 3<sup>rd</sup> Ed., Elsevier Ltd, (2007)
- C. WOODFORD and C. Phillips, *Numerical methods with worked examples: MATLAB edition*, 2<sup>nd</sup> Ed. Springer Ltd, (2013).

##### Pour C et C++

- C. DELANNOY, *"C++ pour les programmeurs C"*, 6<sup>ème</sup> Ed., Eyrolles, Paris, (2004).
- C. CASTEYDE, *"Cours de C/C++"*, Copyright, (2005).

##### Pour FORTRAN

- B. HAHN, "Introduction to Fortran 90 for scientists and engineers", Capetown University, South Africa, (1993).
- Ph. D'Anfray, "Fortran 77", Université Paris XIII, (1998).
- P. CORDE et A. FOUILLOUX, *Langage Fortran, Support de cours*, IDRIS, (2010).

#### **Pour les méthodes numériques**

- F. JEDRZEJEWSKI, *Introduction aux méthodes numériques*, 2<sup>ème</sup> Ed., Springer-Verlag, France, (2005).
- E. HAIRER, *Introduction à l'analyse numérique*, université de Genève, (2001).
- J. HOFFMAN, *Numerical methods for engineers and scientists*, 2<sup>nd</sup> Ed, Marcel Dekker, USA, (2001).
- A. QUARTERONI, *Méthodes numériques, algorithmes, analyse et applications*, Springer-Verlag, Italie, (2004).

## Unité d'Enseignement de Découverte (UED12)

### UED12 (1 Matière au choix)

D121 : **Probabilités & Statistiques**

D122 : **Cristallographie physique**

D123 : **Histoire de la Physique**

D124 : **Chimie Minérale**

(1h30' Cours/ semaine) ; 22h30'/Semestre

### **Probabilités & Statistiques (D121)**

#### **Chapitre 1: Eléments de base en théorie des probabilités (2 semaines)**

I. Historique et motivations (utilité des probabilités en physique)

II. Axiomatique de base.

1. Espace probabilisé. Univers, tribu, probabilités, probabilités conditionnelles.

2. Variables aléatoires. Définitions. Lois usuelles. Entropie. Fonctions de variables aléatoires.

3. Systèmes de variables aléatoires. Espérance conditionnelle.

#### **Chapitre 2: Convergences et théorèmes limites (2 semaines)**

1. Un exemple : "Variations autour du tirage à pile ou face".

2. Convergences. Loi des grands nombres (forte et faible). Théorème central limite.

3. Inégalités fondamentales. Tchebychev, Jensen, Hölder.

4. Grandes déviations. Liens avec la limite thermodynamique en physique statistique.

#### **Chapitre 3: Analyse des séries statistiques (3 semaines)**

1. Séries simples. Séries doubles.

2. Analyse de régression et corrélation: Régressions linéaire simple et multiple. Régression non-linéaire (Exponentielle, logarithmique, polynomiale).

#### **Chapitre 4: Statistique inférentielle (4 semaines)**

1- Estimation paramétrique

2- Tests statistiques (tests de corrélation, tests d'indépendance, tests d'ajustement, test de student, ANOVA).

#### **Chapitre 5: Analyse des données (3 semaines)**

1-Analyse en composantes principales (ACP).

2- Analyse factorielle discriminante (AFD).

3-Analyse de classification (hiérarchique, automatique).

## Quelques références bibliographiques

- FEMENIAS: *Probabilités et statistiques pour les sciences physiques : Cours et exercices corrigés*, Dunod, Paris, (2003).
- SAPORTA, *Probabilités, Analyse des Données et Statistique*, 3<sup>ème</sup> Ed, Technip, Paris, (2011).
- ESCOUBES, *Probabilités et statistiques à l'usage des physiciens*, Ed. Ellipses, Paris, (1998).
- W. APPEL, *Probabilités pour les non probabilistes*, H&K Edition, Paris, (2013).

## Histoire de la Physique (D122)

### 1- La physique ancienne

- 1.1 Origine de la physique
- 1.2 La physique avant Aristote: Thales, Pythagore, Empédocle
- 1.3 Les atomistes : Leucippe, Démocrite...
- 1.4 La physique à l'époque d'Aristote : Théophraste, Straton, Épicure, Zénon
- 1.5 Ecole d'Alexandrie & la Physique : Euclide, Archimède, Eratosthène, Ptolémée

### 2- La contribution de la civilisation islamique à l'évolution de la physique

- 2.1 Contribution aux progrès de l'astronomie (al-Khawarizmi, Habash al Hasib, al-Battani, les frères Banou Moussa, al-Sufi, ibn Yunus et al-Biruni, al-Zarqali)
- 2.2 Contribution aux progrès de l'optique : al-Kindi, ibn Sahl, al Hazen
- 2.3 Contribution aux progrès de la mécanique : (al Fārābī,, al-Khāzinī, al-Jāzāri, al-Baghādāī, al-Rāzī, al-Ṭūsī)
- 2.4 Contribution aux progrès sur la constitution de la matière.
- 2.5 Contribution aux progrès du magnétisme.

### 3- La mécanique newtonienne et la théorie électromagnétique

- 3.1 Copernic, Kepler, Galilée, Newton
- 3.2 Le XVIIIe siècle : le triomphe de la mécanique : Christiaan Huygens, les frères Jacques et Jean Bernoulli, Leonhard Euler, Jean Le Rond d'Alembert, Louis de Lagrange
- 3.3 Le XIXe siècle: l'électromagnétisme : François Arago, Hans Christian Oersted, Michael Faraday, James Clerk Maxwell
- 3.4 L'optique : d'une vision corpusculaire à une vision ondulatoire.
- 3.5 La crise autour de 1900.

### 4- La mécanique quantique

- 4.1 La constante de Planck
- 4.2 Schrödinger et son équation
- 4.3 Heisenberg et la relation d'incertitude
- 4.4 Pauli et le principe d'exclusion
- 4.5 L'atome de Bohr
- 4.6 Dirac et ses contributions à la physique quantique

### 5- La théorie de la relativité

- 5.1 La théorie de la relativité restreinte
- 5.2 L'équivalence masse-énergie
- 5.3 Application : énergie nucléaire (fission, fusion)
- 5.4 La théorie de la relativité générale
- 5.5 La courbure de l'espace-temps
- 5.6 Application : Expansion de l'univers, modèle standard de la cosmologie

## Quelques références bibliographiques

- J. ROSMORDUC, *Une histoire de la physique et de la chimie*, Le Seuil, coll. « Points Sciences », (1985).
- A. DJEBBAR et J. ROSMORDUC, *Une histoire de la science arabe : Introduction à la connaissance du patrimoine scientifique des pays d'islam*, Le Seuil, coll. « Points Sciences », (2001).
- G. E.R. LLOYD, *Une histoire de la science grecque*, La Découverte, coll. « Points Science », 1990 (1974)
- R. TATON, *Histoire générale des sciences*, PUF Quadrige, (1983).

- M. BIEZUNSKI, *Histoire de la physique moderne*, la Découverte. (1993)
- R. LOCQUENEUX, *Histoire de la physique*, P.U.F. Que sais-je? n°421, (1987)
- M. PATY, *La physique du XXe siècle*, Vuibert, (1996).

## **Cristallographie physique (D123)**

### **I – GENERALITES**

Définition de l'état cristallin.

Réseaux : définitions : Rangée et plan réticulaire. Mailles représentatives. Motif. Indices de Miller.

Réseau réciproque : Définition : Quelques propriétés et relations avec grandeur du réseau direct. Distance inter réticulaire

### **II – SYMETRIE DES FIGURES FINIES**

Opérations de symétrie : Inversion, Rotation, Réflexion, Inversion rotatoire, Réflexion rotatoire. Notions de points équivalents

### **III – SYMETRIE DES RESEAUX – RESEAUX DE BRAVAIS**

Systèmes cristallins. Les différents modes de réseaux. Les quatorze réseaux de Bravais. Incompatibilité de certains ordres d'axes de rotation avec les réseaux. Quelques relations géométriques dans les réseaux

### **IV – METHODES EXPERIMENTALES DE LA DIFFRACTION**

Conditions de diffraction. Loi de Bragg. Equation de Von Laue. Construction d'Ewald. Différentes méthode de diffraction : Méthode de Laue. Méthode de Debye-Scherrer. Méthode du cristal tournant. Méthode de Weissenberg. Diffractomètres automatiques

### **V – LIAISONS CHIMIQUES**

Généralités sur les liaisons chimiques. Structures stables et énergie interne. Les différentes liaisons dans les cristaux : Forces d'attraction, i) Liaisons fortes – liaisons de valence, Liaison ionique. Liaison de covalence. Liaison métallique. Interaction ion-dipôle

ii) Liaisons faibles- Liaison de Van der Waals. Liaison par transfert de charge. Liaison hydrogène. Forces de répulsion

## **CHIMIE MINERALE (D124)**

- Propriétés périodiques: blocs, périodes, groupes – Périodicité des propriétés physiques et chimiques, caractères des métaux, des non-métaux et des métalloïdes. Compléments sur l'état solide.

- Les métaux alcalins et alcalino-terreux, les métaux des groupes III a et IVa, les halogènes, l'oxygène et le soufre, l'azote et le phosphore.

- Les métaux de transition : propriétés, les composés de coordination, nomenclature, isométrie, théories des orbitales hybrides, théorie du champ cristallin, théorie des orbitales moléculaires, propriétés magnétiques et couleurs. Les éléments des groupes IB, IIB, IIIB, VIIIB, les terres rares.

- Equilibres en solution : Equilibres homogène et hétérogène. La constante d'équilibre. Les facteurs d'équilibre. Principe de Le CHATELIER. Notions générales sur les solutions.

- La solubilité. Paramètres influençant la solubilité. Aspect thermochimique de la solubilité. La dissociation ionique et la solvatation.

- Les solutions ioniques. Acides et Bases : La dissociation ionique (L'équilibre de dissociation (L'auto - ionisation de l'eau.) Produit ionique de l'eau. Généralité sur les acides et les bases (Définitions. Conséquences de la définition de BRONSTED. Forces des acides et des bases). Le pH des acides et des bases. La notion de pH. Calcul du pH d'un acide ou d'une base. Mesure du pH. Neutralisation d'un acide par une base. Force des acides et des bases. Propriété AcidoBasiques - Notion de pH

- Les sels en solution. Etude des sels peu solubles (Définitions. Solubilité de sels. Produits de solubilité. Déplacement de l'équilibre de solubilité).

- Oxydoréduction : Notion de degré d'oxydations –Réactions.

-----

## Unité d'Enseignement Transversal (UET12)

**UET12 / T121**  
**Anglais 3**  
(1h00 Cours/ semaine) ; 15h00/Semestre

### ***Expression orale et écrite, communication et méthodologie en langue anglaise***

*Objectifs de l'enseignement : cette formation en anglais est dispensée en groupes de niveau. Deux buts sont poursuivis :*

- l'acquisition d'une culture de langue scientifique et des bases de langage courant*
- une capacité aux techniques de l'exposé oral.*

### ***Contenu de la matière :***

*Entraînement à la compréhension de documents écrits relatifs au domaine de la physique.*

*On tentera le plus possible d'associer l'enseignement des langues à la formation scientifique. Tous les supports seront utilisés*

- Traduction de notices et publications ; Rédaction de résumés ; Bibliographie et exposés de projet.*

---

## Programmes des matières, Semestre 4

---

### Unité d'Enseignement Fondamentale (UEF22)

UEF22 / F221

#### Thermodynamique

(3h Cours+1h30' TD/ semaine) ; 67h30'/Semestre

#### Chapitre 1- Rappel des principes de la thermodynamique:

Rappel des notions de base: descriptions microscopique et macroscopique; travail, chaleur, énergie interne; principe de conservation de l'énergie ; définition de l'équilibre thermique.

Rappel des principes de la thermodynamique.

#### Chapitre 2- Notions sur les modes de transferts thermiques:

Conduction, convection, rayonnement thermique.

#### Chapitre 3- Principe du maximum d'entropie:

Contraintes internes ; principe du maximum d'entropie ; variables thermodynamiques: température, pression, potentiel chimique, ... transformations quasi-statiques et réversibles ; travail maximum et machines thermiques.

#### Chapitre 4- Eléments de théorie cinétique et phénomènes irréversibles

section efficace, temps de vol, libre parcours moyen ; température, pression ; exemples de lois physiques irréversibles ; approximation du libre parcours moyen, conductibilité thermique, coefficient de diffusion.

#### Chapitre 5- Fonctions thermodynamiques

Choix des variables thermodynamiques ; potentiels thermodynamiques ; capacités calorifiques ; relation de Gibbs-Duhem.

#### Chapitre 6- Potentiel chimique

Relations fondamentales; coexistence de phases ; conditions d'équilibre à pression constante ; équilibre et stabilité à potentiel chimique fixé ; réactions chimiques.

#### Chapitre 7- Applications:

Machines thermiques: machines thermiques idéales; machines thermiques réelles; liquéfaction des gaz; techniques d'obtention des basses températures.

Transitions de phase d'une substance pure; transitions de phase d'un mélange; solutions diluées; équilibre chimique.

Thermodynamique des matériaux magnétiques: approche macroscopique; modèle microscopique et solution analytique.

#### Quelques références bibliographiques

- B. DIU et al, *Thermodynamique*, Editions Hermann, Paris, (2007).
- B. DIU et al, *Exercices et problèmes de thermodynamique*, Editions Hermann, Paris, (2010).
- J.P. PEREZ, *Thermodynamique: Fondements et applications, Exercices et problèmes*, Dunod, Paris, (2001).
- M. LE BELLAC et al, *Thermodynamique statistique*, Dunod, Paris, (2001).
- W. GREINER et al, *Thermodynamique et mécanique statistique*, Springer, Paris, (1999).

## UEF22 / F222

### Fonction de la Variable Complexe (1h30' Cours+1h30' TD/ semaine) ; 45h00'/Semestre

#### Chapitre 1 : Fonctions holomorphes

Le plan complexe - Fonction d'une variable complexe à valeurs complexes - Fonctions holomorphes et harmoniques - transformations holomorphiques - Primitive d'une fonction holomorphe.

#### Chapitre 2 : Fonctions élémentaires

Fonction homographique - Fonctions exponentielles, trigonométriques et hyperboliques - Fonction logarithme - Fonctions puissances - Fonctions trigonométriques et hyperboliques inverses.

#### Chapitre 3 : Théorèmes fondamentaux sur les fonctions holomorphes

Intégrale le long d'un chemin, d'un arc de courbe - Théorème de Cauchy - Primitives - Intégrale de Cauchy - Séries de Taylor- Etude des zéros - Prolongement analytique - Développement de Laurent - Points singuliers isolés.

#### Chapitre 4 : Théorèmes des résidus et applications au calcul d'intégrales

Théorème des Résidus - Intégrales de fractions rationnelles - Intégrales trigonométriques - Fonctions multiformes, formule des compléments - Résidu à l'infini.

#### Chapitre 5 : Applications

Equivalence entre holomorphie et Analyticité. Théorème du Maximum. Théorème de Liouville. Théorème de Rouché. Théorème des Résidus. Calcul d'intégrales par la méthode des Résidus.

#### Quelques références bibliographiques

- SPIEGEL, *Variables complexes, Cours et problèmes*, Séries Schaum, Mac Graw Hill, (2000).
- Elie BELORIZKY, *Outils mathématiques à l'usage des scientifiques et des ingénieurs*, EDP Sciences, Paris, (2007).
- Walter APPEL, *Mathématiques pour la physique et les physiciens!*, 4<sup>ème</sup> Ed., H&K Edition, Paris, (2008).
- C. ASLANGUL, *Des mathématiques pour les sciences, Concepts, méthodes et techniques pour la modélisation*, De Boeck, Bruxelles (2011).
- C. ASLANGUL, *Des mathématiques pour les sciences2*, Corrigés détaillés et commentés des exercices et problèmes, De Boeck, Bruxelles (2013).

## UEF22 / F223

### Mécanique Quantique (1h30' Cours+1h30' TD/ semaine) ; 45h00'/Semestre

#### Chapitre 1. Introduction aux phénomènes quantiques

Le rayonnement du corps noir et l'hypothèse de Planck. L'effet photoélectrique. L'effet Compton. L'hypothèse de de Broglie et la dualité onde-corpuscule. L'expérience de Franck & Hertz et la quantification de l'énergie.

#### Chapitre 2. La description des particules en mécanique quantique

La notion de fonction d'onde et la description probabiliste des systèmes physiques. Densité de probabilité de présence et condition de normalisation. Valeur moyenne et écart quadratique

moyen de la position et de l'impulsion. Mesure et incertitude sur la mesure de la position et de l'impulsion. Le principe d'incertitude d'Heisenberg.

### **Chapitre 3. L'équation de Schrödinger et étude de potentiels élémentaires à une dimension**

L'équation de Schrödinger et ses propriétés. Forme des solutions stationnaires. Etude du cas de la particule libre enfermée dans une boîte de volume fini. Etude du puits de potentiel de profondeur infinie. Etude de la marche et de la barrière carrée de potentiel. Coefficients de réflexion et de transmission, effet tunnel.

### **Chapitre 4. Le formalisme mathématique de la mécanique quantique**

Espace de Hilbert, espaces des fonctions d'onde, espace des états. Notation de Dirac, opérateurs linéaires, opérateurs hermétiques. Equations aux valeurs propres, observables, Ecco. Représentation  $x$  et  $p$  produit tensoriel d'espaces et d'opérateurs

### **Chapitre 5. Les postulats de la mécanique quantique**

Description de l'état d'un système et des grandeurs physiques. Mesures des grandeurs physiques. Evolution temporelle des systèmes. Valeur moyenne d'une observable, écart quadratique moyen. Evolution de la valeur moyenne d'une observable, théorème d'Ernest. Systèmes conservatifs, fréquence de Bohr. Relation d'incertitude temps-énergie

### **Chapitre 6. Une petite introduction à l'étude de l'oscillateur harmonique**

#### **Quelques références bibliographiques**

- C. COHEN-TANNOUJJI, B. Diu et F. Laloë, *Mécanique quantique*, Hermann, (1997).
- C. PIRON; *Mécanique Quantique: Bases et Applications*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, (1998).
- L. LANDAU et E. LIFCHITZ, *Physique théorique, tome 3 : Mécanique quantique*, éd. MIR, Moscou, (1975).
- A. TELLEZ-ARENAS, *Mécanique quantique : Travaux dirigées*, Masson, (1976).
- R. OMNES; *Les indispensables de la mécanique quantique*, Collection Sciences, Odile Jacob, (2006).

**UEF22 / F224**

**Electromagnétisme**

(1h30' Cours+1h30' TD/ semaine) ; 45h00/Semestre

#### **Chapitre 1 : Outils mathématiques**

**1.1** Relations d'analyse vectorielle (Gradient, divergence, Rotationnel et Laplacien) en coordonnées cartésiennes, polaires, cylindriques et sphériques.

**1.2** Définition et Propriétés de la distribution Delta de Dirac.

#### **Chapitre 2 : Equations de Maxwell**

**2.1** Rappel des notions de base: Champ électrique, Champ magnétique, Potentiel scalaire  $V$  et Potentiel vecteur  $A$ , Conditions de Lorentz. Force de Lorentz.

**2.2** Equations de Maxwell

#### **Chapitre 3 : Propagation des ondes électromagnétiques**

**3.2** Ondes planes en milieu infini : Ondes planes dans le vide. Propagation des ondes planes électromagnétiques dans les isolants, dans un milieu conducteur, dans les gaz ionisés à basse pression.

**3.3** Réflexion et réfraction : Lois de réflexion et de réfraction. Equations de Fresnel. Angle de Brewster. Réflexion totale sur une interface entre deux isolants magnétiques. Réflexion et réfraction à la surface d'un bon conducteur. Réflexion d'une onde électromagnétique par un gaz ionisé.

**3.4** Ondes guidées: Propagation en ligne droite, ligne coaxiale, guide d'ondes rectangulaires et creux.

#### **Chapitre 4: Rayonnement d'ondes électromagnétiques**

**4.1** Rayonnement d'un dipôle électrique.

- 4.2 Rayonnement d'une antenne, alignement d'antennes.
- 4.3 Rayonnement d'un quadripôle électrique.
- 4.4 Rayonnement d'un dipôle magnétique.
- 4.5 Rayonnement d'un quadripôle magnétique.
- 4.6 Théorème de réciprocité.

**Quelques références bibliographiques :**

- J.-P. PEREZ, R. CARLES, R. FLECKINGER, *Electromagnétisme Fondements et Applications*, Ed. Dunod, (2011).
- H. DJELOUAH, *Electromagnétisme*, Offices des Publications Universitaires OPU, (2011).

**Unité d'Enseignement Méthodologie  
(UEM22)**

**UEM22 / M221**

**TP Thermodynamique**

(1h30' TP/ sem. ou 3h TP/15j) ; 22h30/Semestre

**(Choisir 5 TP selon disponibilité de matériel)**

- 1- **Loi des gaz parfaits : vérification de la de Boyle-Mariotte**  
**Matériels(\*)** : Tubes en verre gradués ( $\varnothing = 1.5$  cm env.) avec robinet, tuyau souple, grande règle, mercure et supports.
- 2- **Mesure du coefficient  $\gamma = C_p/C_v$  : détermination par la méthode de Clément - Désormés**  
**Matériels** : bonbonne avec robinet, tubes en verre ( $\varnothing = 3-5$ mm), tubes souples, pompes à air, tubes en verre en U, chronomètre, mercure, grande règle graduée, robinets et supports.
- 3- **Dilatation thermiques des solides**  
**Matériels** : Tubes (acier, laiton, cuivre, verre,...)  $L=65$ cm et  $\varnothing = 7$ mm, pyromètre à cadran, comparateur, thermomètres numériques, tuyau souple et thermostat de circulation de 30 à 100°C
- 4- **Calorimétrie : Mesurer les quantités de chaleur ou les transferts thermiques entre des corps différents en utilisant plusieurs types de calorimétrie (à glace, à résistance ...)**  
**Matériels** : Vase Dewar avec couvercle, grenaille cuivre, plomb, verre ... (env. 100 g de chaque), thermomètres, balance, générateur de vapeur 220V/550W, bécher, calorimètre, ensemble chauffant avec couvercle et accessoires, bécher en aluminium, bec Bunsen, glace et supports.
- 5- **Détermination de la chaleur latente de vaporisation**  
**Matériels** : Appareils pour déterminer les pressions de la vapeur d'eau (chaudière), un manomètre 60 atm, un thermomètre 0-250°C et un bruleur à gaz (bec Bunsen)
- 6- **Etalonnage d'un thermocouple (mesure de son pouvoir thermoélectrique)**  
**Matériels** : Fils (cuivre et constantin, deux béchers, thermomètres (0-100°C) Microvoltmètre numérique, un bruleur à gaz, de la glace et une bougie.
- 7- **Propagation de la chaleur dans une barre cylindrique en métal**

**Matériels** : Tubes en métal  $l = 1,5$  m et  $\varnothing = 2$  cm, Thermomètres numériques, chronomètre, four tubulaire et supports.

**8- Transport de la chaleur : convection thermique**

**Matériels** : Thermosiphon, Bec Bunsen, colorant en poudre et supports.

**9- Isolation thermique**

**Matériels** : Chambre calorifique avec accessoires.

**10- Théorie cinétique des gaz** : variation du volume des gaz en fonction de la pression à température constante (loi de Boyle-Mariotte).

(\*) A titre indicatif.

UEM22 / M222

Mécanique des Fluides

(1h30' Cours+1h30' TP/ semaine) ; 45h00/Semestre

**Chapitre 1 : Généralités**

Définition du milieu continu, caractéristique du milieu fluide, notion de particule fluide. Forces de volume et force des surfaces appliqués à un domaine fluide. Fluide parfait, fluide visqueux.

**Chapitre 2 : Statique des fluides**

Equation générale de la statique des fluides. Cas particulier de l'hydrostatique. Forces de poussée d'Archimède. Statique des gaz.

**Chapitre 3 : Cinématique des fluides**

Repérage d'une particule fluide. Point de vue de Lagrange, point de vue d'Euler, dérivée particulaire. Lignes de courant, ligne d'émission, trajectoire. Tenseur des déformations lois de comportement. Cas d'un fluide newtonien. Ecoulements rotationnels et irrotationnels. Ecoulements plans à potentiel des vitesses : exemple classique.

**Chapitre 4 : Dynamique des fluides parfaits**

Théorèmes généraux. Equations fondamentales pour un fluide parfait. Equation de Bernoulli : applications. Etude des débitmètres (venture, tube de Pitot...).

**Chapitre 5 : Dynamique des fluides visqueux**

Equation intégrale du mouvement. Equation locale, équation de Navier-Stokes, applications Résolution de quelques problèmes classiques instationnaires.

**Chapitre 6 : introduction à la dynamique des gaz**

Equation de barré de St-Venant. Ecoulement dans un convergent-divergent. Ecoulement supersonique, ondes de chocs.

**Liste des T.P. MDF (Faire 5 TP selon matériel disponible)**

1. Mise en évidence et mesure de la tension superficielle.
2. Poussée d'Archimède
3. Mesure de viscosité
4. Débitmétrie
5. Mesure de pression et de vitesse (tube de Pitot). Précision des manomètres
6. Ecoulement de Hagen-Poiseuille et Vidange d'un réservoir (Torricelli)
7. Pertes de charges régulières et vérification du théorème de Bernoulli
8. Pertes de charges singulières dans un élargissement et un rétrécissement coniques
9. Etude d'un rotamètre et déduction de la force de frottement sur le ludion (trainée)
10. Action d'un jet sur un obstacle plan (théorème de quantité de mouvement).

**Quelques références bibliographiques**

- S. CANDEL, *Mécanique des Fluides (tomes 1 et 2 cours et problèmes résolus*, Dunod, (1995).

- R.K. ZEYTOUNIAN, *Mécanique des fluides fondamentale*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, (1991)
- R. BENHAMOUDA, *Mécanique des fluides- (Cours et exercices corrigés)*, OPU, (2008)
- R.V. GILES, J.B. EVETT, C. LIU. *Mécanique des fluides et hydraulique*, McGraw-Hill, Paris, (1995)
- H. BROCHI, *Mécanique des fluides*, Ed. Université Nice Sophia-Antipolis, (2006).
- J. COIRIER, *Mécanique des milieux continus. Concepts de base*, Dunod, Paris, (1997).
- , *Mécanique des fluides et hydraulique (cours et problèmes)*, Série SCHAUM

**UEM22 / M223**

**Electronique Générale**

(1h30' Cours+1h30' TD/semaine) ; 45h00/Semestre

### **I – RÉSEAUX ÉLECTRIQUES (5 semaines)**

**1. Courant continu** : Définition, générateurs de tension et de courant (idéal, réel), relations tensions –courant (R, L, C), lois de Kirchhoff. Méthodes d'analyse des réseaux linéaires : méthode des mailles et des nœuds, application à la notation matricielle. Théorèmes fondamentaux (superposition, théorèmes de Thevenin et Norton, réciprocity), équivalence entre Thevenin et Norton.

**2. Régime variable** : Circuits et signaux en régime variable, application du calcul variationnel (transformée de Laplace, exemple : impédance symbolique et circuits à un signal échelon ou à signal impulsion).

**3. Régime sinusoïdal** : représentation des signaux, notations complexes, impédance électriques, adaptation d'un générateur sinusoïdal. Méthodes d'analyse des réseaux en régime sinusoïdal et théorèmes fondamentaux, application aux circuits RC, RL.

**4. Étude des circuits résonnants série et parallèle, régime forcé** : réponses en fréquence, coefficients de qualité, bande passante, sélectivité, unités logarithmiques.

**5. Étude des circuits RLC en régime libre** : les différents régimes, conditions initiales. Circuits RC et RL (énergie maximale dans C et L).

### **II – QUADRIPÔLES PASSIFS (6 semaines)**

**1. Représentation d'un réseau passif par un quadripôle** : Les matrices d'un quadripôle, association de quadripôle. Grandeurs caractérisant le comportement d'un quadripôle dans un montage (impédance d'entrée et de sortie, gain en courant et en tension), application à l'adaptation.

**2. Quadripôles particuliers passifs** : En  $\Gamma$ , T,  $\Pi$ , etc. équivalence étoile – triangle. Filtres électriques passifs : Impédances images et caractéristiques, étude du gain (en atténuation) d'un filtre chargé par son impédance itérative. Cas particulier du filtre idéal symétrique (bande passante). Représentation des fonctions de transfert (courbes de Bode).

Transformateurs, circuits à couplage magnétique : Régime libre (battement) régime forcé (différents coulage et réponses en fréquence, bande passante).

### **III – DIODES (4 semaines)**

Notions élémentaires de la physique des semi-conducteurs : semi-conducteurs intrinsèque et extrinsèque. Conduction, dopage, jonction pn, diagramme d'énergie.

Constitution et fonctionnement d'une diode : Polarisation, caractéristique  $I(V)$ , droite de charge statique, régime variable.

Circuits à diodes : Redressement simple et double alternance, application à la stabilité de tension par la diode Zener, écrêtage. Autres types de diodes : varicap, DEL, photodiode.

### **Liste des T.P. Electronique 1 (Faire 5 TP selon matériel disponible)**

- 1- Théorèmes fondamentaux (superposition, Thévenin, Norton).
- 2- Circuits en régime libre : Intégrateur et dérivateur
- 3- Quadripôles résistifs.

- 4- Filtres passifs: filtres en T, double T, influence de la charge, tracé de la courbe de réponse, diagramme de Bode pour les circuits du second ordre.
- 5- Filtres actifs.
- 6- Diode I (caractéristiques des diodes, redressement et filtrage).
- 7- Diode II (Diode Zeener, Stabilisation par diode Zeener, redressement double alternances par pont, écrêtage).

---

## Unité d'Enseignement de Découverte (UED22)

### UED22 (1 Matière au choix)

- D221 : **Physique Atomique & Nucléaire**  
D222 : **Notion d'Astronomie et d'Astrophysique**  
D223 : **Spectroscopie**  
D224 : **Techniques d'Analyse Physico-Chimique**  
(1h30' Cours+1h30'TD/ semaine) ; 45h00/Semestre

### Physique Atomique & Nucléaire (D221)

#### A- Physique atomique

##### Introduction

##### Chapitre 1. Dualité ondes - corpuscule

Propriétés ondulatoires de la matière. Fonction d'onde. Relations d'incertitude d'Heisenberg.

##### Chapitre 2. Introduction à la spectroscopie atomique

Spectres. Niveaux d'énergie

##### Chapitre 3. Atome d'hydrogène et atomes hydrogénéoides

Théorie de Bohr. Théorie de Sommerfeld. Etude quantique

##### Chapitre 4. Atomes à plusieurs électrons

##### Chapitre 5. Spectroscopie atomique

Transitions radiatives. Emission spontanée. Emission induite

##### Chapitre 6. Rayons X

Loi de Mosley. Spectres

#### B- Physique nucléaire :

##### Chapitre 7. Concepts de base

##### Chapitre 8. Structure du noyau

##### Chapitre 9. Désintégration radioactive

##### Chapitre 10. Réactions nucléaires

### Notion d'Astronomie et d'Astrophysique (D222)

#### Chapitre 1. Observation et mesure

Unités de mesure en astronomie. Evolution des instruments de mesure et d'observation.

#### Chapitre 2. Le système solaire

Systèmes géocentrique de Ptolémée et héliocentrique de Copernic. Mesures de la masse, dimension et âge du soleil et des planètes. Atmosphères, champs magnétiques et compositions des planètes.

### **Chapitre 3. Les étoiles**

Caractéristiques optiques: éclat, couleur, spectre. Evolution des étoiles : naissance, vie, mort et nucléosynthèse. Caractéristiques de notre galaxie : la voie lactée. Novae, supernova, pulsar et trous noirs.

### **Chapitre 4. La cosmologie**

Les grandes structures de l'univers. Le fond diffus cosmologique et la théorie de l'expansion de l'univers. Le modèle cosmologique du Big-Bang.

### **Quelques références bibliographiques**

- A. Acker, *Astronomie*, Masson, (1992)
- L. Botinelli et al. *La Terre et l'Univers*, Synapses, Hachette, (1993)
- J.Y. Daniel et coll., *Sciences de la Terre et de l'Univers*, Vuibert, (2000)
- T. Encrenaz et J.P. Bibring, *Le système solaire*, Interéditions CNRS, (1987)
- M. Lachièze-Rey, *Initiation à la cosmologie*, Dunod, (2000)
- E. Schatzman et F. Praderie, *Les étoiles*, Interéditions CNRS, (1990)
- D. Benest, *Les planètes*, Points Sciences Le Seuil, (1996)
- T. Encrenaz, *Le système solaire*, Dominos Flammarion, (1994)
- A. Blanchard, *Histoire et géographie de l'univers*, Belin (2000)
- M. Mayor et P.Y. Frei, *Les nouveaux mondes du cosmos*, Le Seuil, (2000)
- D. Proust et J. Breysacher, *Les étoiles*, Points Sciences, Le Seuil, (1996)
- D. Proust et C. Vanderriest, *Les galaxies*, Points Sciences, Le Seuil, (1997)

## **Spectroscopie (D223)**

### **Chapitre 1 Dualité onde - corpuscule**

Corps noir. Effet photoélectrique. Effet Compton. Ondes de de Broglie.

### **Chapitre 2 Le modèle planétaire**

Atome d'Hydrogène (Bohr- Sommerfeld)

### **Chapitre 3 La spectroscopie atomique**

Potentiel d'ionisation. Potentiel d'excitation. Etat excité de l'atome. Spectres atomiques. Principe de combinaison de Ritz. Largeurs de raie. Déplacement. Principe d'incertitude d'Heisenberg. Durée de vie.

### **Chapitre 4. Atomes à plusieurs électrons**

Moments angulaires et remplissage des couches. Cas de l'atome d'Hélium. Cas de l'atome alcalin.

### **Chapitre 5. Absorption et émission induites**

Effet Laser

### **Chapitre 6. Introduction à la physique moléculaire**

Molécules diatomiques A-B. Rotation. Vibration. Couplage rotation-vibration.

## **Techniques d'Analyse Physico-chimique (D224)**

**Chapitre 1. Introduction aux méthodes spectrales :** définition et généralités sur les spectres électromagnétiques.

**Chapitre 2. Les lois d'absorption et application de la loi de BEER LAMBERT à la spectrophotométrie UV-Visible :** principe. Différents domaines d'absorption. Différents chromophores. Application en analyse quantitative.

**Chapitre 3. Spectrophotométrie d'absorption atomique :** Principe et théorie. Instrumentation. Caractéristiques d'une flamme. Four d'atomisation. Interférences. applications.

**Chapitre 4. Spectrométrie infrarouge :** Présentation du spectre du moyen infrarouge. Origine des absorptions dans le moyen infrarouge. Bandes de vibration-rotation du moyen

infrarouge. Modèle simplifié des interactions vibrationnelles. Bandes caractéristiques des composés organiques. Instrumentation. Comparaison des spectres.

**Chapitre 5. Spectroscopie de Résonance Magnétique Nucléaire :** Généralités. Interaction spin/champ magnétique pour un noyau. Les noyaux qui peuvent être étudiés par RMN. Théorie de Bloch pour un noyau dont  $I=1/2$ . Le principe de l'obtention du spectre par R.M.N. La R.M.N. de l'hydrogène. Le déplacement chimique. Noyaux blindés et déblindés. Structure hyperfine. Couplage spin-spin.

**Chapitre 6. Spectrométrie de masse :**

Principe de la méthode. Déviation des ions – spectre de Bainbridge. Performance des spectromètres de masse. Les différents analyseurs

---

**Unité d'Enseignement Transversal  
(UET22)**

**UET22 / T221**

**Anglais 4**

(1h00 Cours/ semaine) ; 15h00/Semestre

*Cette unité est une continuité de l'unité : Expression orale et écrite, communication et méthodologie en langue anglaise du Semestre 3.*

*Les objectifs sont :*

- Participation active de l'étudiant à sa propre formation.*
  - Initiation aux techniques de communications.*
  - Initiation aux techniques de recherche bibliographique.*
  - Apprendre à rédiger et exposer une étude donnée de culture générale.*
  - Initiation aux techniques de recherche sur internet.*
-