

RESEAU DES DOYENS DES FACULTES DES SCIENCES

**Filière Licence d'Etudes Fondamentales
Sciences de la Matière Physique
SMP 2014**

**Adoptée par le réseau des doyens des Facultés des Sciences
à Marrakech, le 16 novembre 2013**

Décembre 2013

**DESCRIPTIF
DU PROGRAMME DES ENSEIGNEMENTS**

**FILIERE SCIENCES DE LA MATIERE :
PHYSIQUE-CHIMIE (SMPC)**

LICENCE D'ETUDES FONDAMENTALES

Accréditation 2014

**DESCRIPTIF
DU PROGRAMME DES ENSEIGNEMENTS**

**FILIERE SCIENCES DE LA MATIERE :
PHYSIQUE (SMP)**

LICENCE D'ETUDES FONDAMENTALES

Accréditation 2014

Maquette de la FILIERE SMP

S1 SMPC	M1 Mécanique du point	M2 Thermodynamique 1	M3 Atomistique	M4 Thermochimie	M5 Analyse 1	M6 Algèbre 1	M7 LT I
S2 SMPC	M8 Electrostatique et Electrocinétique	M9 Optique géométrique	M10 Liaisons chimiques	M11 Chimie des solutions	M12 Analyse 2	M13 Algèbre 2	M14 LT II
S3 SMP	M15 Mécanique du solide	M16 Thermodynamique 2	M17 Electromagnétisme dans le vide	M18 Chimie organique générale	M19 Analyse 3	M20 Analyse numérique et algorithmique	
S4 SMP	M21 Electronique de base	M22 Optique physique	M23 Electricité 3	M24 Mécanique quantique	M25 Cristallographie géométrique et cristalochimie	M26 Informatique	
S5 SMP	M27 Electronique analogique	M28 Mécanique analytique et vibrations	M29 Physique nucléaire	M30 Physique des matériaux	M31 Physique quantique	M32 Physique statistique	
S6 SMP	M33 Module optionnel	M34 Module optionnel	M35 Module optionnel	M36 Module optionnel	M37 Projet tutoré	M38 Projet tutoré	

MODULES DE PHYSIQUE : S1

Module 1 : Mécanique du point (Cours : 21H, TD :21H)

- Rappels mathématiques (Opérations sur les vecteurs, Opérateurs différentiels.)
- Systèmes de coordonnées (Cartésiennes, cylindriques et sphériques)
- Cinématique du point matériel sans et avec changement de référentiel.
- Dynamique du point matériel.
- Travail, énergie, théorème de l'énergie cinétique.
- Les forces centrales : application à la mécanique céleste.
- Système de deux particules, les chocs.
- Les oscillateurs harmoniques.

Module 2 : Thermodynamique 1 (Cours : 21H, TD :21H)

- Outils mathématiques pour la thermodynamique.
- Définitions et concepts de bases (travail et chaleurs, thermométrie et calorimétrie, changements d'état).
- 1er principe et applications.
- 2ème principe et applications.
- Introduction aux cycles thermodynamiques et machines thermiques.
- Potentiels thermodynamiques.

Module 3 : Atomistique (Cours : 21H, TD :21H)

- **Structure des atomes**
 - Structures, numéro atomique, nombre de masse, isotope, masse atomique.
- **Modèle classique :**
 - Modèle de Rutherford - Modèle de Bohr – Spectre atomique d'émission.
- **Modèle quantique :**
 - Equation de Schrödinger(Résolution) : nombres quantiques, Configuration électronique d'un atome : Principe de Pauli, Règles de Klechkowski et de Hund.
- **Tableau périodique des éléments chimiques :** classification, périodes, groupes et familles, énergie d'ionisation, affinité électronique, électronégativité.
- **Constituants du noyau et radioactivité**
 - Radioactivité naturelle
 - Radioactivité artificielle
 - Applications

Module 4: Thermochimie (Cours : 21H, TD :21H)

- **Définitions préliminaires :** Description d'un système, Etat d'équilibre thermodynamique, Echange d'un système avec l'environnement, Echange thermique, Echange mécanique.
- **1^{er} Principe de la thermodynamique :** Enoncé du principe, Application aux transformations thermomécaniques.
- **Applications du 1^{er} Principe :** Système de constitution constante, Transformations physico-chimiques isothermes, Réactions chimiques non isothermes.
- **2^{ème} Principe de la Thermodynamique :** Fonction enthalpie et le 2^{ème} Principe, Entropie, Energie libre, Enthalpie libre.
 - Équilibres chimiques.
 - Équilibres de phases.

Module 5 : Analyse 1 (Cours : 21H, TD :21H)

1- Suites réelles

Convergence, limites, suites arithmétiques, suites géométriques, suites monotones, suites adjacentes, opérations sur les suites.

2- Fonctions numériques d'une variable réelle

Calcul des limites, continuité, théorème des valeurs intermédiaires.

3- Fonctions dérivables

Dérivée première, dérivées successives, sens de variation, Théorème de Rolle et théorème des accroissements finis

4- Fonctions convexes

Définition, fonction convexes dérivables, inégalité de convexité

5- Fonctions monotones

Définition, fonction réciproque, fonction réciproques des fonctions circulaires et des fonctions hyperboliques

6- Fonctions équivalentes et développements limités

Formule de Taylor, polynômes d'interpolation et calcul approché

7- Courbes paramétré planes

Définition, tangentes, points réguliers, points stationnaires, branches infinies, représentation en coordonnées polaires, exemples de courbes polaires.

Module 6 : Algèbre 1 (Cours : 21H, TD :21H)

- **Espace vectoriel euclidien**

- Famille libre, famille génératrice, base canonique, base orthonormée, changement de base, formes linéaires, automorphismes orthogonaux, symétries orthogonales

- **Espace affine de dimension finie**

- Repères, sous espaces affines, intersection de sous espaces affines, barycentres

- **Géométrie dans le plan \mathbb{R}^2**

- Coordonnées cartésiennes, coordonnées polaires, équation d'une droite, équation d'un cercle, équation d'une ellipse

- **Géométrie dans l'espace \mathbb{R}^3**

- Coordonnées cartésiennes, coordonnées cylindriques, coordonnées sphériques, équation d'une droite, équation d'un plan, équation d'une sphère

- **Applications affines dans le plan \mathbb{R}^2 et dans l'espace \mathbb{R}^3**

- Composition, isométrie, translations, homothéties, projections, symétries

- **Le corps \mathbb{C} des nombres complexes**

- Opérations arithmétiques, conjugaison et module, exponentielle complexe, racine nième de l'unité, similitudes complexes

- **Fonctions polynomiales**

- Racines, dérivation, factorisation, formule de Taylor pour les polynômes, polynômes irréductibles dans \mathbb{R} et \mathbb{C} ,

- **Fractions rationnelles dans \mathbb{R} et \mathbb{C}**

- Pôles et zéros, décomposition en éléments simples

M7: Langue et Terminologie I
Contenu en phase d'élaboration par la sous commission langue de la commission MT issue de la CPU.

MODULES DE PHYSIQUE : S2

Module 8 : Electrostatique et Electrocinétique (Cours : 21H, TD :21H)

- **Partie 1 : Electrostatique**

- Chapitre I: Charges électriques -loi de Coulomb
- Chapitre II : Champ électrostatique - potentiel électrostatique
- Théorème de Gauss - Conducteurs électriques en équilibre – Phénomène d'influence- Etude des condensateurs - Energie électrostatique- Energie d'un conducteur- Energie de systèmes de conducteurs - Energie des condensateurs

- **Partie 2: Electrocinétique**

- Chapitre I: Courant électrique - densité de courant - conductivité, mobilité et résistivité d'un conducteur - loi d'Ohm microscopique - résistance électrique -Loi d'ohm - générateurs et récepteurs
- Chapitre II: - Etude des réseaux électriques : loi de Pouillet - Lois de Kirchhoff- théorème de Thévenin - théorème de Norton - théorème de superposition - Transformation étoile triangle.

Module 9 : Optique géométrique (Cours : 21H, TD :21H)

Notions fondamentales de l'optique géométrique (postulats, indice d'un milieu, rayon lumineux, espace objet, espace image, principe de Fermat, lois de Snell-Descartes, stigmatisme, approximation de Gauss).

- Miroirs et Dioptrés (plans et sphériques, prisme).
- Fibres optiques.
- Systèmes centrés (éléments cardinaux, lentilles, ...).
- Associations des systèmes centrés.
- Etudes de quelques instruments d'optique (lunette astronomique, télescope, loupe, microscope...).

Module 10 : Liaisons chimiques (Cours : 21H, TD :21H)**I- Liaison covalente**

Lewis et règle de l'octet

II- Théorie des orbitales moléculaires (Approximation LCAO)

- i. Molécule diatomique mono électronique H_2^+
- ii. Molécule diatomique di électronique H_2
- iii. Molécule diatomique poly électronique de type A_2 (avec et sans interaction s-p)
- iv. Molécule diatomique poly électronique de type AB
- v. Molécule poly atomique AX_n
 - Théorie de l'hybridation
 - Hybridations sp sp^2 et sp^3
 - Théorie de la répulsion des paires électroniques des couches de valence (V.S.E.P.R.)
 - Règle de GILLESPIE
 - Autres types d'hybridation

III- Liaison ionique

- i. Rayon ionique (méthode de Pauling)
- ii. Théorie de la liaison ionique
- iii. Energie de la liaison ionique
- iv. Energie réticulaire d'un cristal ionique
- v. Détermination expérimentale de l'énergie réticulaire par le cycle de BORN-HABER (Cycle thermochimique)

IV- Liaison métallique

- i. les structures métalliques
- ii. le modèle des charges positives dans un nuage d'électron

V- Liaisons intermoléculaires (liaisons physiques)

- i. Liaisons de Van Der Waals
 - Force d'orientation (Keesom)
 - Force d'induction (Debye)
 - Force de dispersion (London)
- ii. Liaison hydrogène

Module 11 : Chimie des solutions (Cours : 21H, TD :21H)

I - LES REACTIONS ACIDO-BASIQUES

- Equilibres acido-basiques en milieu aqueux :
Couples *acide-base* :- Acides et bases selon Bronsted - Effet nivelant ou différenciant d'un solvant
- Relations quantitatives :
pH d'une solution aqueuse d'un acide (base) fort(e)- *pH d'une solution aqueuse d'un acide (base) faible*- *pH d'une solution aqueuse d'un sel*- *pH d'une solution d'ampholyte*- *pH d'une solution tampon*- *pH d'un mélange de deux acides*
- Titrage acido-basique

II- LES REACTIONS DE COMPLEXATION

- Généralités et définitions :- *Complexe*- *Constante de Stabilité ou de formation*- *Constante de dissociation*
- Complexes Successifs : - *Constantes de dissociation partielles et globales*- *Constantes de formation conditionnelles ou apparente*
- Domaine de prédominance
- Prévion Qualitative des réactions - *Cas d'un seul atome central (1 cation) et plusieurs ligands*- *Cas d'un ligand et de deux cations*

III- LES REACTIONS DE PRECIPITATION

- Définition- Exemples de calcul de K_s et de S .
- Précipitation - *Conditions thermodynamiques de précipitation* - *Composition d'une solution après précipitation* - *Effet de l'ion Commun*- *Effet d'un agent complexant*- *Effet du pH*

IV- LES REACTIONS D'OXYDO-REDUCTION

- Généralités - Définitions
- Réactions électrochimiques
- Conditions standard- Potentiel zéro
- Les piles électrochimiques : *Pile Daniell*- *Polarité des électrodes*- *Loi de faraday* - *Électrolyse*
- Prévion des Réactions d'Oxydoréduction
 - *Prévion quantitative : Relation entre la force électromotrice et la constante d'équilibre*
 - *Prévion qualitative : Règle ΔG*
- Potentiel apparent: *Potentiel d'oxydoréduction et pH*- *Potentiel d'oxydoréduction et réaction de précipitation*- *Potentiel d'oxydoréduction et réaction de complexassions*.

Module 12: Analyse2 (Cours : 21H, TD :21H)**1- Les séries**

Séries numériques, séries entières, série trigonométriques et série de Fourier, critères de convergence, rayon de convergence.

2- Calcul intégral

Notion d'intégrale, calcul des primitives, intégration par partie, intégration par changement de variables, intégration des fractions rationnelles, intégral dépendant d'un paramètre.

5- Intégrale généralisée

Intégrale généralisée, critères de convergence.

3- Equations différentielles

Equations différentielles linéaire du 1^{er} ordre, équations différentielles du 2^{ème} ordre

4- Elément de calcul différentiel

Fonctions à plusieurs variables, dérivées partielles du 1^{er} ordre, dérivées partielles d'ordre supérieur, fonction de classe C^1 , extremum, plan tangent à une surface dans \mathbf{R}^3

5- Intégrales doubles

Intégrale double d'une fonction continue bornée, propriétés de l'intégrale double, formules de Fubini, changement de variables, extension aux intégrales triples.

6- Suites et séries de fonctions

Suites de fonctions, série de fonctions, critères de convergence, série entières, rayon de convergence, dérivation, intégration, fonctions analytiques.

Module 13 : Algèbre 2 (Cours : 21H, TD :21H)**1- Espaces vectoriels**

Famille libre, famille génératrice, rang d'une famille de vecteurs, sous espaces engendrés, somme de deux sous espaces, intersection de deux sous espaces,

2- Applications linéaires et endomorphismes

Applications linéaires, noyau d'une application linéaire, rang d'une application linéaire, isomorphismes, formes linéaires et hyperplans, homothéties vectorielle, projections vectorielle, symétries vectorielle.

3- Calcul matriciel

Matrice d'une application linéaire, somme, produit, transposition, rang d'une matrice, matrices inversibles

4- Déterminants

Déterminant d'une base, déterminant d'un endomorphisme, formules de Cramer,

5- Changement de base

Matrice de passage

6- Diagonalisation et trigonalisation

Polynôme caractéristique, valeurs propres et vecteurs propres, diagonalisation et trigonalisation

7- Application aux systèmes linéaires**M14: Langue et Terminologie I**

Contenu en phase d'élaboration par la sous commission langue de la commission MT issue de la CPU.

MODULES DE PHYSIQUE : S₃

Module 15: Mécanique du solide (SMP/SMA/SMI) (Cours:18, TD:18; TP: 10)

- Champs de vecteurs et torseurs
- Cinématique du solide
- Cinétique du solide
- Liaison mécanique
- Dynamique du solide
- Théorèmes généraux
- Travaux pratiques

Module 16 : Thermodynamique 2 (Cours: 18, TD:18; TP: 10)

- Chapitre1: Principes de la thermodynamique,
- Chapitre 2: Système ouvert : Etude des Machines thermiques motrices et réceptrices (cycles théoriques : Carnot, Otto, Diesel, et Stirling, cycle frigorifique et Pompe à chaleur).
- Chapitre 3: Fonctions thermodynamique, (Énergie libre, Enthalpie libre), Relations de Maxwell, Applications aux systèmes bivariants.
- Chapitre 4: Changements d'états de première espèce, Isotherme d'Andrews, Equation du Viriel et de Van der Waals (relation de Clapeyron, formule du Dupré), Transition de phase de deuxième espèce, Relations d'Ehrenfest.
- Chapitre 5 : Théorie cinétique des gaz.

Module 17 : Electromagnétisme dans le vide (Cours: 18, TD:18; TP: 10)

- **Magnétostatique** : Champ d'induction, Propriétés de l'induction magnétique, Loi de Laplace, Théorème d'Ampère, potentiel vecteur, loi de Biot et Savard, application (étude des symétries et calcul de l'induction magnétique, Effet Hall).
- **Courant alternatif** : comportant des composants résistifs, capacitifs et inductifs-énergie des circuits.
- **Equations de Maxwell dans le vide** : Induction magnétique, potentiels scalaire et vectoriel « en jauge de Lorentz ».
- **Ondes électromagnétiques dans le vide**
Equations locales, Intégrales et relations de passage, énergie magnétique

Module 18 : Chimie organique générale (Cours : 21H, TD :21H)

- Eléments de nomenclature : nomenclature des hydrocarbures, nomenclature des composés fonctionnels.
- Isomérisation constitutionnelle
- Stéréo-isomérisation :
 - Représentations conventionnelles ;
 - Stéréo-isomérisation conformationnelle : *chaîne ouverte, conformations des cycles*
 - Stéréo-isomérisation configurationnelle : *chiralité, énantiomérisation ; diastéréoisomérisation*
 - *classification séquentielle de Cahn Ingold Prelog. Configurations absolues et configurations relatives.*
- Effets électroniques:
 - Effet inductif
 - Effet Mésonère - résonance
 - Aromaticité
- Généralités sur la réaction :
 - Les intermédiaires réactionnels: carbocations, carbanions, radicaux
 - Nucléophilie et électrophilie .

Module 19 : Analyse 3 (SMP) (Cours 21; TD 21)

- 1-Fonctions holomorphes
 - Fonction complexes,
 - Fonctions holomorphes,
 - Condition de Cauchy-Riemann,
 - Intégrale de Cauchy, Formule de Cauchy,
 - Théorème des résidus,
 - Etude et représentation d'exemples de fonctions holomorphes.
- 2- Calcul vectoriel et intégral
- 3-Transformée de Fourier et Transformée de Laplace
- 4- Produit de convolution et distribution de Dirac
- 5- Equations différentielles particulières
 - Equation de la chaleur
 - Equation des ondes

Module 20: Analyse Numérique & Algorithmique (Cours : 21h TD/TP : 24h)**I. Analyse Numérique**

- 1 Calculs numériques approchés.
- 2 Systèmes linéaires.
- 3 Zéros de fonctions non-linéaires.
- 4 Approximation polynômiale.
- 5 Intégration numérique.
- 6 Equations différentielles.

II. Algorithmique

Introduction à l'algorithmique

1. Les Variables :

A quoi servent les variables ?

Déclaration des variables

L'instruction d'affectation

Expressions et opérateurs

2. Lecture et Ecriture

3. Les Tests

4. Les Boucles

5. Les Tableaux

6. Fonctions Prédéfinies

7. Fichiers

8. Procédures et Fonctions

9. Notions Complémentaires :

Programmation structurée

Interprétation et compilation

La programmation récursive.

MODULES DE PHYSIQUE : S4

Module 21: Electronique de Base (Cours: 18, TD:18; TP: 10)

- Eléments de physique des semi- conducteurs
- Diodes et applications
- Caractéristiques, linéarisation et schémas équivalents
- Analyse de circuits à diodes
- Diodes spéciales
- Applications : limiteur, redresseur, élévateur de tension, stabilisation
- Les transistors bipolaires et les transistors à effet de champ en régime statique et dynamique.
 - Structure et fonctionnement
 - Caractéristiques
- Filtre passifs : diagramme de Bode de différents filtres
- Circuits de polarisation
- **Travaux pratiques**

Module 22: Optique physique (Cours: 18, TD:18; TP: 10)

- Chapitre1:Généralités sur les ondes électromagnétiques (surface d'onde, longueur d'onde, onde progressive plane monochromatique,).
- Chapitre 2: Interférences de deux ondes lumineuses (conditions d'interférences lumineuses, intensité résultante, interférences par division du front d'onde (trous d'Young, miroirs de Fresnel, bi-prisme de Fresnel, bi-lentilles de Billet), interférences par division d'amplitude (lame à faces parallèles, lame coin, dispositif de Newton)).
- Chapitre 3: Systèmes interférentiels (interféromètre de Michelson, interféromètre Pérot Fabry...).
- Chapitre 4:Diffraction par des fentes (principe de Huygens-Fresnel, diffraction par une ouverture rectangulaire, diffraction par une et deux fentes, diffraction par des réseaux en transmission et en réflexion.)
- Chapitre 5: Polarisation de la lumière: les différents états de polarisation, les lames biréfringences, les lames quart d'onde et demi onde, effet d'une lame biréfringente sur une lumière polarisée.
- **Travaux pratiques**

Module 23: Electricité 3 (Cours:18; TD:18; TP:10)

- Etudes des milieux :
 - Milieux diélectriques,
 - Milieux magnétiques
- Propagation des ondes électromagnétiques dans les milieux non magnétiques
- Energie électromagnétique :
 - Puissance fournie aux charges par le champ électromagnétique,
 - Loi de conservation de l'énergie,
 - Exemples, Energie d'un système de courants
- Ondes guidées :
 - Ondes électromagnétiques au voisinage d'un conducteur,
 - Réflexion métallique d'une onde électromagnétique,
 - Propagation guidée dans le câble coaxial et entre plans conducteurs, Guide d'onde
- **Travaux pratiques**

Module 24: Mécanique quantique 1 (Cours: 21; TD/TP:25)

- Introduction :
 - Dualité Ondes corpuscules ; Corps noir ; Effets photoélectrique et Compton ; Principe d'indétermination d'Heisenberg ; Grandeur de mesure en mécanique quantique
- Puits de potentiels et systèmes quantiques :
 - -Equation de Schrödinger ; Barrière de Potentiel ; Puits de Potentiel ;
- Outils mathématiques :
 - -Espace des fonctions d'ondes d'une particule ; Espace des états. Notations de Dirac ; Représentation dans l'espace des états ; Equation aux valeurs propres, observables ; Ensemble Complet d'Observables Commutables
- Les postulats de la mécanique quantique :
 - Introduction ; Enoncé des postulats ; Interprétation physique des postulats sur les observables et leur mesure ; Principe de superposition et prévisions physiques ; Oscillateur harmonique quantique à une dimension

Module 25 : Cristallographie et cristallographie (Cours : 18H, TD : 18H, TP : 12H)**I- Cristallographie géométrique**

- Notions de mailles
- Rangées, plans, Indices de Miller
- Réseaux de Bravais
- réseau réciproque
- symétries d'orientation et de position
- les 32 classes cristallines et les groupes espaces
- Introduction à la diffraction X (loi de Bragg).

II- Cristallographie I

- Empilements
- Empilements compacts (cubique faces centrées, hexagonal compact)
- Empilements semi-compacts
- Structures ioniques
- Structures ioniques de type MX(CsCl, NaCl,..)
- Structures de type MX₂ : fluorine CaF₂ et antifluorine, rutile TiO₂...
- structure en couche : type CdCl₂, CdI₂.

Travaux pratiques :

- Structure des cristaux covalents
- La symétrie cristalline (quatorze réseaux de Bravais)
- Modèles métalliques
- Modèles ioniques

Module 26: Informatique (Cours 18, TD 9, TP 15h)**Programmation C++**

- Introduction
 - L'environnement de programmation "code blocks"
 - Structure d'un programme C++
 - L'affichage.
 - Lire le clavier et afficher à l'écran.
 - Déclaration et affectation des objets
 - Les instructions de base
 - Les fichiers
 - Les tableaux
 - Les fonctions
 - Paramètres des fonctions par référence
 - La surcharge des fonctions.
 - Les pointeurs
 - Création d'une classe Graphisme
 - Ecrire des données en binaires sur un fichier
- TD : Résolution numérique de problèmes simples mathématiques et physiques et leur implémentation en C++
- TP : Saisie, compilation & exécution des programmes C++, sur des exemples physiques

MODULES DE PHYSIQUE : S5

Module 27 : Electronique Analogique : Cours 18H, 18H TD et 12H TP

- Rappel sur les transistors en régime dynamique : schéma équivalents en basse et hautes fréquences
- Amplificateurs de base à transistors bipolaires et à transistors à effet de champ
- La contre réaction
- Amplificateur différentiel
- Amplificateur opérationnel et ses applications
- Les multivibrateurs

Module 28 : Mécanique Analytique et vibrations : Cours 24H, TD 18H et 8H de TP

Partie 1 : Mécanique Analytique (Cours 12h, TD 9h)

- Fondements de la mécanique rationnelle
- Principe des puissances virtuelles
- Formulation Lagrangienne
- Principe de Hamilton

Partie 2 : Vibrations (Cours 12h, TD 9h)

- Oscillateur Harmonique libre, amorti, entrete nu à un degré de liberté
- Réponse à une excitation harmonique
- Oscillateurs libres, Couplage, Réponses à une excitation
- Phénomène de battements, Phénomène de résonance
- Propagation des ondes

Module 29 : Physique Nucléaire: Cours 18H, TD 18H et 12H TP

- Introduction à la relativité restreinte
- Structure du noyau
- Radioactivité et applications,
- Interaction rayonnement-matière
- Réactions Nucléaires et Applications

Module 30 : Physique des Matériaux: Cours 18H, TD 18H et 8H de TP

- Introduction à la physique des matériaux : Compléments de cristallographie, Réseau réciproque, diffraction X, Classification des matériaux
- Propriétés physiques des matériaux : propriétés électroniques, théorie des bandes, distribution des électrons dans les métaux, isolants et semi-conducteurs, conductivité électrique, propriétés thermiques, vibration du réseau (phonons), conductivité thermique, chaleur spécifique, propriétés électriques, ferroélectricité, piézoélectricité, diélectrique, Propriétés magnétiques, diamagnétisme, paramagnétisme, ferromagnétisme. Supraconducteurs.

Module 31 : Physique Quantique : Cours 24H, TD 24H

- Rappels et compléments
- L'oscillateur harmonique
- Le moment cinétique en mécanique quantique
- Composition de moments cinétiques
- Particules dans un potentiel central
- Méthode des perturbations stationnaires

Module 32 : Physique Statistique : Cours 24H, TD 24H

- Notions fondamentales de probabilités et statistiques
- Description statistique des systèmes de particules
- Entropie statistique
- Distribution de Boltzmann-Gibbs
- Applications à la thermodynamique.

Projet final

**Adopté par le réseau des doyens des Facultés des Sciences
à Marrakech, le 16 novembre 2013**

de la

**Filière Licence Fondamentale
Sciences de la Matière Chimie
SMC 2014**

Décembre 2013

DESCRIPTIF DU PROGRAMME DES ENSEIGNEMENTS

**FILIERE SCIENCES DE LA MATIERE :
CHIMIE (SMC)**

LICENCE D'ETUDES FONDAMENTALES

Accréditation 2014

Maquette de la filière SMC

Tronc commun national SMC (S1-S5) et S6 (2 modules)

S1 SMPC	<u>M1</u> Mécanique du point	<u>M2</u> Thermodynamique 1	<u>M3</u> Atomistique	<u>M4</u> Thermochimie	<u>M5</u> Analyse 1	<u>M6</u> Algèbre 1	<u>M7</u> LT I
S2 SMPC	<u>M8</u> Electrostatique et Electrocinétique	<u>M9</u> Optique géométrique	<u>M10</u> Liaisons chimiques	<u>M11</u> Chimie des solutions	<u>M12</u> Analyse 2	<u>M13</u> Algèbre 2	<u>M14</u> LT II
S3 SMC	<u>M15</u> Chimie organique générale	<u>M16</u> Chimie descriptive I Diagrammes de phases	<u>M17</u> Electromagnétisme	<u>M18</u> Chimie expérimentale (TP)	<u>M19</u> Chimie des électrolytes	<u>M20</u> Mathématiques pour la chimie	
S4 SMC	<u>M21</u> Hydrocarbures et fonctions monovalentes	<u>M22</u> Cristallographie géométrique et cristallochimie I	<u>M23</u> Thermodynamique chimique	<u>M24</u> Mécanique quantique	<u>M25</u> Informatique	<u>M26</u> Probabilités Statistiques	
S5 SMC	<u>M27</u> Chimie organique fonctionnelle	<u>M28</u> Radiocristallographie et cristallochimie II	<u>M29</u> Cinétique et catalyse	<u>M30</u> Chimie théorique	<u>M31</u> Electrochimie	<u>M32</u> Techniques spectroscopiques d'analyse (UV-IR ; RMN 1H, masse)	
S6 SMC	<u>M33</u> Les grandes classes des réactions organiques	<u>M34</u> Chimie descriptive II et chimie de coordination	<u>M35</u> Module optionnel	<u>M36</u> Module optionnel	<u>M37</u> PT	<u>M38</u> PT	

* M_x : Modules communs SMC/SMP

* Semestre 6 : semestre optionnel dont 2 modules communs

MODULES DU SEMESTRE 1

MODULE 1 : MECANIQUE DU POINT (Cours : 21H, TD : 21H)

- Rappels mathématiques (Opérations sur les vecteurs, Opérateurs différentiels.)
- Systèmes de coordonnées (Cartésiennes, cylindriques et sphériques)
- Cinématique du point matériel sans et avec changement de référentiel.
- Dynamique du point matériel.
- Travail, énergie, théorème de l'énergie cinétique.
- Les forces centrales : application à la mécanique céleste.
- Système de deux particules, les chocs.
- Les oscillateurs harmoniques.

MODULE 2 : THERMODYNAMIQUE 1 (Cours : 21H, TD : 21H)

- Outils mathématiques pour la thermodynamique.
- Définitions et concepts de bases (travail et chaleurs, thermométrie et calorimétrie, changements d'état).
- 1^{er} principe et applications.
- 2^{ème} principe et applications.
- Introduction aux cycles thermodynamiques et machines thermiques.
- Potentiels thermodynamiques.

MODULE 3 : ATOMISTIQUE (Cours : 21H, TD : 21H)

- **Structure des atomes**
Structures, numéro atomique, nombre de masse, isotope, masse atomique.
- **Modèle classique :**
Modèle de Rutherford - Modèle de Bohr – Spectre atomique d'émission.
- **Modèle quantique :**
Equation de Schrödinger (Résolution) : nombres quantiques, Configuration électronique d'un atome : Principe de Pauli, Règles de Klechkowski et de Hund.
- **Tableau périodique des éléments chimiques :** classification, périodes, groupes et familles, énergie d'ionisation, affinité électronique, électronégativité.
- **Constituants du noyau et radioactivité**
 - Radioactivité naturelle
 - Radioactivité artificielle
 - Applications

MODULE 4 : THERMOCHIMIE (21H Cours, 21H TD)

- **Définitions préliminaires** : Description d'un système, Etat d'équilibre thermodynamique, Echange d'un système avec l'environnement, Echange thermique, Echange mécanique.
- **1^{er} Principe de la thermodynamique** : Enoncé du principe, Application aux transformations thermomécaniques.
- **Applications du 1^{er} Principe** : Système de constitution constante, Transformations physico-chimiques isothermes, Réactions chimiques non isothermes.
- **2^{ème} Principe de la Thermodynamique** : Fonction enthalpie et le 2^{ème} Principe, Entropie, Energie libre, Enthalpie libre.
- **Équilibres chimiques.**
- **Équilibres de phases.**

MODULE 5 : ALGEBRE 1 (Cours : 21H , TD : 21H)

- **Espace vectoriel euclidien**
Famille libre, famille génératrice, base canonique, base orthonormée, changement de base, formes linéaires, automorphismes orthogonaux, symétries orthogonales
- **Espace affine de dimension finie**
Repères, sous espaces affines, intersection de sous espaces affines, barycentres
- **Géométrie dans le plan \mathbb{R}^2**
Coordonnées cartésiennes, coordonnées polaires, équation d'une droite, équation d'un cercle, équation d'une ellipse
- **Géométrie dans l'espace \mathbb{R}^3**
Coordonnées cartésiennes, coordonnées cylindriques, coordonnées sphériques, équation d'une droite, équation d'un plan, équation d'une sphère
- **Applications affines dans le plan \mathbb{R}^2 et dans l'espace \mathbb{R}^3**
Composition, isométrie, translations, homothéties, projections, symétries
- **Le corps \mathbb{C} des nombres complexes**
Opérations arithmétiques, conjugaison et module, exponentielle complexe, racine nième de l'unité, similitudes complexes
- **Fonctions polynomiales**
Racines, dérivation, factorisation, formule de Taylor pour les polynômes, polynômes irréductibles dans \mathbb{R} et \mathbb{C} ,
- **Fractions rationnelles dans \mathbb{R} et \mathbb{C}**
Pôles et zéros, décomposition en éléments simples

MODULE 6 : ANALYSE 1 (Cours : 21H , TD : 21H)

- **Suites réelles**
Convergence, limites, suites arithmétiques, suites géométriques, suites monotones, suites adjacentes, opérations sur les suites.
- **Fonctions numériques d'une variable réelle**
Calcul des limites, continuité, théorème des valeurs intermédiaires.
- **Fonctions dérivables**
Dérivée première, dérivées successives, sens de variation, Théorème de Rolle et théorème des accroissements finis
- **Fonctions convexes**
Définition, fonction convexes dérivables, inégalité de convexité
- **Fonctions monotones**
Définition, fonction réciproque, fonction réciproques des fonctions circulaires et des fonctions hyperboliques
- **Fonctions équivalentes et développements limités**
Formule de Taylor, polynômes d'interpolation et calcul approché
- **Courbes paramétré planes**
Définition, tangentes, points réguliers, points stationnaires, branches infinies, représentation en coordonnées polaires, exemples de courbes polaires.

M7: Langue et Terminologie I

Contenu en phase d'élaboration par la sous commission langue de la commission MT issue de la CPU.

MODULES DU SEMESTRE 2

MODULE 8 : Electrostatique et Electrocinétique (Cours : 21H , TD : 21H)

-Partie 1 : Electrostatique

Chapitre I: Charges électriques -loi de Coulomb

Chapitre II : Champ électrostatique - potentiel électrostatique

Théorème de Gauss - Conducteurs électriques en équilibre – Phénomène d'influence- Etude des condensateurs - Energie électrostatique- Energie d'un conducteur- Energie de systèmes de conducteurs - Energie des condensateurs

-Partie 2: Electrocinétique

Chapitre I: Courant électrique - densité de courant - conductivité, mobilité et résistivité d'un conducteur - loi d'Ohm microscopique - résistance électrique -Loi d'ohm - générateurs et récepteurs

Chapitre II: - Etude des réseaux électriques : loi de Pouillet - Lois de Kirchhoff- théorème de Thévenin - théorème de Norton - théorème de superposition - Transformation étoile triangle.

MODULE 9: OPTIQUE GEOMETRIQUE (Cours : 21H , TD : 21H)

- Notions fondamentales de l'optique géométrique (postulats, indice d'un milieu, rayon lumineux, espace objet, espace image, principe de Fermat, lois de Snell-Descartes, stigmatisme, approximation de Gauss).
- Miroirs et Dioptrés (plans et sphériques, prisme).
- Fibres optiques.
- Systèmes centrés (éléments cardinaux, lentilles, ...).
- Associations des systèmes centrés.
- Etudes de quelques instruments d'optique (lunette astronomique, télescope, loupe, microscope...).

MODULE 10 : LIAISONS CHIMIQUES (Cours : 21H , TD : 21H)**VI- Liaison covalente**

Lewis et règle de l'octet

VII- Théorie des orbitales moléculaires (Approximation LCAO)

- i. Molécule diatomique mono électronique H_2^+
- ii. Molécule diatomique di électronique H_2
- iii. Molécule diatomique poly électronique de type A_2 (avec et sans interaction s-p)
- iv. Molécule diatomique poly électronique de type AB
- v. Molécule poly atomique AX_n
 - Théorie de l'hybridation
 - Hybridations sp , sp^2 et sp^3
 - Théorie de la répulsion des paires électroniques des couches de valence (V.S.E.P.R.) – Règle de GILLESPIE
 - Autres types d'hybridation

VIII- Liaison ionique

- i. Rayon ionique (méthode de Pauling)
- ii. Théorie de la liaison ionique
- iii. Energie de la liaison ionique
- iv. Energie réticulaire d'un cristal ionique
- v. Détermination expérimentale de l'énergie réticulaire par le cycle de BORN-HABER (Cycle thermochimique)

IX- Liaison métallique

- i. les structures métalliques
- ii. le modèle des charges positives dans un nuage d'électron

X- Liaisons intermoléculaires (liaisons physiques)

- i. Liaisons de Van Der Waals
 - Force d'orientation (Keesom)
 - Force d'induction (Debye)
 - Force de dispersion (London)
- ii. Liaison hydrogène

MODULE 11 : CHIMIE DES SOLUTIONS (Cours : 21H , TD : 21H)

I - LES REACTIONS ACIDO-BASIQUES

- Equilibres acido-basiques en milieu aqueux :
Couples *acide-base* :- Acides et bases selon Bronsted - Effet nivelant ou différenciant d'un solvant
- Relations quantitatives :
pH d'une solution aqueuse d'un acide (base) fort(e)- *pH d'une solution aqueuse d'un acide (base) faible*- *pH d'une solution aqueuse d'un sel*- *pH d'une solution d'ampholyte*- *pH d'une solution tampon*- *pH d'un mélange de deux acides*
- Titration acido-basique

II- LES REACTIONS DE COMPLEXATION

- Généralités et définitions :- *Complexe*- *Constante de Stabilité* ou de formation- *Constante de dissociation*
- Complexes Successifs : - *Constantes de dissociation partielles et globales*- *Constantes de formation conditionnelles* ou *apparente*
- Domaine de prédominance
- Prédiction Qualitative des réactions - *Cas d'un seul atome central (1 cation) et plusieurs ligands*- *Cas d'un ligand et de deux cations*

III- LES REACTIONS DE PRECIPITATION

- Définition- Exemples de calcul de K_s et de S .
- Précipitation - *Conditions thermodynamiques de précipitation* - *Composition d'une solution après précipitation* - *Effet de l'ion Commun*- *Effet d'un agent complexant*- *Effet du pH*

IV- LES REACTIONS D'OXYDO-REDUCTION

- Généralités - Définitions
- Réactions électrochimiques
- Conditions standard- Potentiel zéro
- Les piles électrochimiques : *Pile Daniell*- *Polarité des électrodes*- *Loi de Faraday* - *Électrolyse*
- Prédiction des Réactions d'Oxydoréduction
 - *Prédiction quantitative : Relation entre la force électromotrice et la constante d'équilibre*
 - *Prédiction qualitative : Règle ΔG*
- Potentiel apparent : *Potentiel d'oxydoréduction et pH*- *Potentiel d'oxydoréduction et réaction de précipitation*- *Potentiel d'oxydoréduction et réaction de complexations*.

MODULE 12 : ALGÈBRE 2 (Cours : 21H , TD : 21H)

- **Espaces vectoriels**
Famille libre, famille génératrice, rang d'une famille de vecteurs, sous espaces engendrés, somme de deux sous espaces, intersection de deux sous espaces,
- **Applications linéaires et endomorphismes**
Applications linéaires, noyau d'une application linéaire, rang d'une application linéaire, isomorphismes, formes linéaires et hyperplans, homothéties vectorielle, projections vectorielle, symétries vectorielle.
- **Calcul matriciel**
Matrice d'une application linéaire, somme, produit, transposition, rang d'une matrice, matrices inversibles
- **Déterminants**
Déterminant d'une base, déterminant d'un endomorphisme, formules de Cramer,
- **Changement de base**
Matrice de passage
- **Diagonalisation et trigonalisation**
Polynôme caractéristique, valeurs propres et vecteurs propres, diagonalisation et trigonalisation
- **Application aux systèmes linéaires**

MODULE 13: ANALYSE 2 (Cours : 21H , TD : 21H)**– Les séries**

Séries numériques, séries entières, série trigonométriques et série de Fourier, critères de convergence, rayon de convergence.

– Calcul intégral

Notion d'intégrale, calcul des primitives, intégration par partie, intégration par changement de variables, intégration des fractions rationnelles, intégral dépendant d'un paramètre.

– Intégrale généralisée

Intégrale généralisée, critères de convergence.

– Equations différentielles

Equations différentielles linéaire du 1^{er} ordre, équations différentielles du 2^{ème} ordre

– Élément de calcul différentiel

Fonctions à plusieurs variables, dérivées partielles du 1^{er} ordre, dérivées partielles d'ordre supérieur, fonction de classe C^1 , extremum, plan tangent à une surface dans \mathbf{R}^3

– Intégrales doubles

Intégrale double d'une fonction continue bornée, propriétés de l'intégrale double, formules de Fubini, changement de variables, extension aux intégrales triples.

– Suites et séries de fonctions

Suites de fonctions, série de fonctions, critères de convergence, série entières, rayon de convergence, dérivation, intégration, fonctions analytiques.

M14: Langue et Terminologie II

Contenu en phase d'élaboration par la sous commission langue de la commission MT issue de la CPU.

MODULES DU SEMESTRE 3

MODULE 15 : CHIMIE ORGANIQUE GENERALE (Cours : 21H , TD : 21H)

- Eléments de nomenclature : nomenclature des hydrocarbures, nomenclature des composés fonctionnels.
- Isomérisation constitutionnelle
- Stéréo-isomérisation :
 - Représentations conventionnelles ;
 - Stéréo-isomérisation conformationnelle : *chaîne ouverte, conformations des cycles*
 - Stéréo-isomérisation configurationnelle : *chiralité, énantiomérisation ; diastéréoisomérisation ; classification séquentielle de Cahn Ingold Prelog. Configurations absolues et configurations relatives.*
- Effets électroniques:
 - Effet inductif
 - Effet Mésonère - résonance
 - Aromaticité
- Généralités sur la réaction :
 - Les intermédiaires réactionnels: carbocations, carbanions, radicaux
 - Nucléophilie et électrophilie .

MODULE 16 : CHIMIE DESCRIPTIVE I ET DIAGRAMME DE PHASES (Cours : 21H , TD : 21H)

I- Chimie descriptive I :

- Propriétés physico-chimiques des principaux éléments chimiques des blocs s et p de la classification périodique et leurs dérivées : *hydrogène - composés d'hydrogène (hydrures)*
- *oxygène - soufre - alcalins- halogènes - azote - phosphore - carbone.*

II- Diagrammes de phases

- Règle de phases
- Diagrammes unaires
- Equilibre solide - liquide, solubilité totale/partielle, insolubilité totale Existence et définition du mélange eutectique et péritectique.
- Analyse thermique, Analyse de pression
- Diagramme de Tamman
- Composés définis à point de fusion congruente et non congruente, point de transition
- Elaboration des diagrammes binaires (courbes de refroidissement)
- Notions préliminaires sur les diagrammes ternaires.

MODULE 17: ELECTROMAGNETISME DANS LE VIDE (Cours : 21H , TD : 21H)

- **Magnétostatique** : Champ d'induction, Propriétés de l'induction magnétiques, Loi de Laplace, Théorème d'Ampère, potentiel vecteur, loi de Biot et Savard, application (étude des symétries et calcul de l'induction magnétique, Effet Hall).
- **Courant alternatif** : comportant des composants résistifs, capacitifs et inductifs-énergie des circuits.
- **Equations de Maxwell dans le vide** : Induction magnétique, potentiels scalaire et vectoriel « en jauge de Lorentz ».
- **Ondes électromagnétiques dans le vide** : Equations locales, Intégrales et relations de passage, énergie magnétique

MODULE 18 : Chimie expérimentale : Travaux pratiques ; 48H

- **Chimie en solution (12H) :**
 - 1- *Manganimétrie*
 - 2- *Dosages acido-basiques*
 - 3- *pH-métrie .*
 - 4- *Oxydoréduction*
- **Chimie organique (12H) :**
 - 1- *Méthodes de purification*
 - 2- *Méthodes de séparation et d'extraction*
 - 3- *Modèle moléculaire*
- **Chimie minérale (12 H) :**
 - 1- *Gravimétrie*
 - 2- *Complexométrie*
 - 3- *Synthèse et analyse d'un composé minérale. ;*
 - 4- *Etalonnage d'un thermocouple et tracé d'un diagramme de phases*
- **Chimie des électrolytes (12H). :**
 - 1- *Conductimétrie (dosage d'une base forte par un acide fort, dosage d'une base faible par un acide et dosage d'un polyacide par une base forte)*
 - 2- *Vérification de la loi de Nernst et dosage potentiométrique*
 - 3- *Tracé d'un diagramme Potentiel-pH (exemple du E-pH de fer)*

MODULE 19: CHIMIE DES ELECTROLYTES (Cours : 21H , TD : 21H)

CHAPITRE I : CONDUCTIBILITE ELECTRIQUE DES ELECTROLYTES

- Résistivité électrolytique et conductivité
- Mobilité d'un ion
- Nombre de transport
- Conductivité : *Conductivité équivalente d'un ion - Conductivité équivalente limite d'un ion - Conductivité équivalente d'un électrolyte - Conductivité équivalente limite d'un électrolyte*
- *Effet de la température - Effet de la concentration.*
- Loi d'additivité de Kohlrausch
- Applications des mesures de conductivité
- Correction due à l'eau

CHAPITRE II- THEORIE DES ELECTROLYTES

- Solution idéale
- Electrolytes forts
- Electrolytes faibles
- Activité d'une solution électrolytique
- Calcul de Debye et Hückel : *électrolytes fort peu soluble en solution saturée - Electrolytes faibles - Cas d'électrolytes faibles dilués*

CHAPITRE III : EQUILIBRE AUX ELECTRODES

- Notions générales : *Définition d'une électrode - L'électrode normale à hydrogène - Mesure du potentiel d'électrode - Potentiel de jonction*
- Classification des électrodes : *Electrodes de première espèce - Electrode de seconde espèce - Electrodes de troisième espèce ou rédox - Electrodes spécifiques (électrode de verre (mesure de pH)...)*
- Cellules électrochimiques : *Cellules Galvaniques - Cellules d'électrolyse - Relations entre paramètres électriques et chimiques dans une cellule (Lois de Faraday ; Relation de Nernst)*

CHAPITRE IV : INFLUENCE DES REACTIONS CHIMIQUES SUR LES REACTIONS D'OXYDORÉDUCTION

- Prévisions des réactions d'oxydoréduction et présentation du Diagramme de Frost
- Oxydoréduction et Acidité
- Oxydoréduction et Complexation
- Oxydoréduction et Précipitation
- Diagramme E-pH (Pourbaix)
- Diagramme E-pL

CHAPITRE V : DIFFERENTS TYPES DE PILES

- Générateurs de première espèce (piles commerciales)
- Générateurs de deuxième espèce (accumulateurs)
- Générateurs de troisième espèce (piles à combustible)

MODULE 20: MATHEMATIQUES (Cours : 21H , TD : 21H)

- Arithmétique, division euclidienne
- Ecriture en base b, PGDC
- Calcul modulaire, génération de nombres aléatoires
- Théorie des groupes
- Régression : méthodes de moindres carrées
- Méthodes d'interpolation, extrapolation
- Calculs itératifs
- Intégrales généralisées
- Séries numériques-Suites et séries de fonctions - Séries entières - Séries de Fourier.

MODULES DU SEMESTRE 4

MODULE 21 : HYDROCARBURES ET FONCTIONS MONOVALENTES (Cours : 18H , TD : 18H, TP : 12H.)

I- Différents types de mécanismes réactionnels :

- Réaction de substitution, d'élimination et d'addition

II- Hydrocarbures

- **Alcane**s : Substitution radicalaire
- **Alcène**s : Addition électrophile ; Oxydations ; Substitution allylique
- **Alcynes** : Additions ; Propriétés des alcynes vrais
- **Composés aromatiques** (cas du benzène) : Substitution et poly-substitution électrophile ; Applications en synthèse organique

III- Fonctions monovalentes

- Dérivés halogénés :

- Substitution nucléophile
 - SN₂ - Influence des différents facteurs (substrat, nucléofuge, nucléophile, effet du solvant)
 - SN₁ - (même étude) – Réarrangement des carbocations, participation des groupes voisins
 - Compétition SN₁ - SN₂.
- Réaction d'élimination
 - E₂ (même étude pour SN₂)
 - E₁ (même étude pour SN₁)
 - Compétition SN₁/ E₁ et SN₂/ E₂

- **Organomagnésiens** : propriétés chimiques

- **Alcools** : caractère acide (alcoolate) ; caractère nucléophile ; oxydation chromique, Estérification, étherification, acétalisation ; déshydratation, halogénéation (SOCl₂).

- **Phénols** : caractère acide ; propriétés nucléophiles ,

- **Ethers-Epoxydes** : coupure des éthers ; ouverture des époxydes (en milieu acide et basique, stéréochimie)

Travaux pratiques :

- Oxydation de la chaîne latérale d'un noyau benzenique
- Deshydratation d'un alcool
- Oxydation d'un alcool
- Synthèse d'un organomagnésien

MODULE 22 : CRISTALLOGRAPHIE ET CRISTALLOCHIMIE I
18H ; TP : 12H)

(Cours : 18H , TD :

III- **Cristallographie géométrique**

- Notions de mailles
- Rangées, plans, Indices de Miller
- Réseaux de Bravais
- Réseau réciproque
- symétries d'orientation et de position
- les 32 classes cristallines et les groupes espaces
- Introduction à la diffraction X (loi de Bragg).

IV- **Cristallochimie I**

- Empilements
- Empilements compacts (cubique faces centrées, hexagonal compact)
- Empilements semi-compacts
- Structures ioniques
- Structures ioniques de type MX(CsCl, NaCl,.)
- Structures de type MX₂ : fluorine CaF₂ et antifluorine, rutile TiO₂....
- structure en couche : type CdCl₂, Cdl₂.

Travaux pratiques :

- Structure des cristaux covalents
- La symétrie cristalline (quatorze réseaux de Bravais)
- Modèles métalliques
- Modèles ioniques

MODULE 23 : THERMODYNAMIQUE CHIMIQUE (Cours : 18H , TD : 18H ; TP : 12H)

- **Corps pur** : variance, condition d'équilibre entre phases, équation de Clapeyron
- **Grandeurs molaires** partielles : principales relations, procédures de détermination, Grandeurs de mélange
- **Potentiel chimique** : définition et signification, Influence de la pression P et de la température
- **Fugacité des gaz réels** : définition, intérêt, détermination, Variation de la fugacité avec la température et la pression, la fugacité et la loi d'action de masse
- **Solutions idéales** : Équilibre liquide-vapeur, loi de Raoult, grandeurs de mélanges des solutions idéales, potentiel chimique d'un constituant dans un mélange idéal, diagramme de phases des systèmes binaires
- **Solutions réelles** : Déviations par rapport à l'idéalité, Loi des solutions diluées, activité et coefficient d'activité, états de référence, grandeurs de mélanges, grandeurs d'excès
- **Notions sur la distillation** : distillation d'un mélange binaire idéal, les colonnes à distiller, distillation d'un mélange avec azéotropie, miscibilité partielle ou nulle
- **Équilibre solide pur-solution** : Étude thermodynamique dans le cas générale, Cas des solutions idéales
- **Propriétés colligatives** : Cryoscopie, Ébullioscopie, Osmomètre.

MODULE 24: MECANIQUE QUANTIQUE (Cours : 21H , TD : 21H)

- **Introduction :**
Dualité ondes corpuscules ; Corps noir ; Effets photoélectrique et Compton ; Principe d'indétermination d'Heisenberg ; Grandeur de mesure en mécanique quantique
- **Puits de potentiels et systèmes quantiques :**
Equation de Schrödinger ; Barrière de Potentiel ; Puits de Potentiel ;
- **Outils mathématiques :**
Espace des fonctions d'ondes d'une particule ; Espace des états. Notations de Dirac ; Représentation dans l'espace des états ; Equation aux valeurs propres, observables ; Ensemble Complet d'Observables Commutables
- **Les postulats de la mécanique quantique :**
Introduction ; Enoncé des postulats ; Interprétation physique des postulats sur les observables et leur mesure ; Principe de superposition et prévisions physiques ; Oscillateur harmonique quantique à une dimension

MODULE 25: INFORMATIQUE : *Contenu non encore défini*

MODULE 26 : PROBABILITE ET STATISTIQUE (Cours : 21H , TD : 21H)

I- PROBABILITE

- Généralités sur les Probabilités
- Les Modèles Probabilistes Discrets
- Les Lois Probabilistes Continues
- L'échantillonnage.

II- STATISTIQUE

- **Statistique de la mesure :** rappels de métrologie (erreurs, propagation d'erreurs), estimation de composantes de variance par analyse de la variance (répétabilité, reproductibilité), estimation de droites d'étalonnage, cartes de contrôle.
- **Planification expérimentale dans le développement de produits et procédés :** Méthodologie, régression multiple et optimisation multi réponses, plans factoriels et dérivés, plans de criblage, plans pour l'estimation de surfaces de réponses, plans de mélange, plans optimaux.
- **Utilisation de méthodes statistiques multi variées en chimie :** analyse en composantes principales, moindres carrés partiels (PLS), clustering, analyse discriminante et application à la calibration multi variée en chimie analytique.

MODULES DU SEMESTRE 5

MODULE 27 : CHIMIE ORGANIQUE FONCTIONNELLE

(Cours: 18H, TD:18H, TP: 12H)

Chapitre I : LES COMPOSES AZOTES : AMINES, IMINES ET ENAMINES

I.- Généralités.

II.- Réactivité des amines aliphatiques

- Propriétés acides et basiques
- Propriétés nucléophiles :
 - Alkylation d'Hofmann ; Elimination d'Hofmann ; Acylation d'amines ; Sulfonylation (ou sulfonation) ; Nitrosation
 - Réactions avec les composés carbonylés : *synthèse des imines ; énamines ; et oximes*

III- Réactivité des amines aromatiques

- Diazotation de l'aniline
 - Réactions des sels de diazonium sans départ d'azote : *Réactions de couplage diazoïque*
 - Réactions avec départ d'azote : *Réactions de Sandmeyer*

IV- Exemples de méthodes de préparation des amines : *méthode de Gabriel*

Chapitre II : LES ALDEHYDES ET CETONES.

I- Généralités

II- Réactivité :

- **Additions nucléophiles.**
 - Réactions d'addition nucléophile en catalyse basique
 - Addition de carbanions : *organométalliques - ion cyanure - diazomethane*
 - Réactions d'addition nucléophile en catalyse acide
 - Addition d'alcools ; Addition d'amines primaires et de leurs dérivés : $Z-NH_2$
- **Réaction d'oxydoréduction**
 - Réaction d'oxydation
 - Réactions de réduction : $NaBH_4$; $LiAlH_4$; *Wolff-Kischner ; Clemmensen.*
- **Réactions liées à la mobilité des H en α du carbonyle**
 - En milieu basique : *aldolisation ; Cétolisation ; Crotonisation*
 - Réaction de Cannizzaro
 - Halogénéation sur le carbone en α du carbonyle en milieu acide et en milieu basique
- **Réactions des aldéhydes et cétones α,β -éthyléniques.**
 - Addition nucléophile 1,2 et 1,4 : *réaction de Michaël*

III- Exemples de méthodes de préparation des composés carbonylés

Chapitre III : LES ACIDES CARBOXYLIQUES ET DERIVES

I- Généralités

II- Réactivité :

- Décarboxylation ; Déshydratation
- Additions nucléophiles sur le carbonyle
- Réduction
- Réactions au voisinage du carbonyle

III- Exemples de méthodes de préparation des acides carboxyliques

Chapitre IV : LES DERIVES D'ACIDE

I- Généralités

II- Réactivité :

- Propriétés communes à tous composés RCOZ (Z=Cl, OR, OCOR, NR₂, SR)
- Propriétés particulières des dérivés d'acide :
 - **Chlorures d'acide** : Réaction avec le diazométhane
 - **Esters** : Réduction (LiAlH₄; diisobutylaluminium) - Réaction avec les organomagnésiens ; Saponification.- Réactions au voisinage du carbonyle (Claisen ; Dieckmann ; condensation malonique ; Doebner-Knoevenagel).
 - **Amides** : Réduction; Nitrosation
 - **Nitriles** : Hydrolyse ; réduction ; Réactions avec les organométalliques

III- Inter conversion entre dérivés d'acide.

Chapitre V : NOTIONS DE STEREOCHIMIE DYNAMIQUE-

Travaux pratiques :

- Réaction de Cannizzaro ; Préparation de l'acide benzoïque et de l'alcool benzylique
- Synthèse d'une oxime
- Synthèse de Reimer et Tiemann : préparation d'aldéhyde salicylique
- Réaction de nitrosation ; Préparation de la N-nitroso-diphénylamine
- Réaction de l'aniline sur du chlorure d'acétyle ; Synthèse d'un amide

MODULE M28 : RADIOCRISTALLOGRAPHIE ET CRISTALLOCHIMIE II (Cours : 18H , TD : 18H ; TP : 12H)

PARTIE I : Radiocristallographie

I- Les rayons X

- Introduction
- Généralités sur les Rayons X
- Production des Rayons X
- Absorption des Rayons X
- Interactions Rayons X / Matière
- Détection des Rayons X
- Méthodes d'investigation utilisant les Rayons X

II- Diffraction des rayons x par la matière cristallisée :

Conditions d'interférences constructives - loi de Bragg - remarques pratiques importantes sur la relation de Bragg : $2d_{hkl}\sin\theta = n\lambda$ - Amplitude diffractée - facteur de structure- Extinctions systématiques- Extinctions dues au mode de réseau- Extinctions dues aux éléments de symétrie translatrice- Interprétation géométrique dans l'espace réciproque - domaines de diffraction - Formule de l'intensité diffractée par les plans (hkl) d'un élément de cristal.

III- Diffractogrammes de poudres expérimentaux

- Poudres cristallines
- Identification de phases et autres applications
- Chambre de Debye-Scherrer
- Diffractomètre en géométrie Bragg-Brentano

III- Diffractogrammes sur cristaux expérimentaux

- Monocristaux
- Technique de résolution de structure
- Analyse chimique par fluorescence X

PARTIE II : CRISTALLOCHIMIE II

I- Structures complexes

- Composés de type MO_3
- Composés de type AMO_3 : Corindon M_2O_3 ; Pérovskite AMO_3
- Composés de type AM_2O_4 Spinelle

II- **Non stœchiométrie** : cristal parfait, cristal réel, défauts

III- **Solutions solides** : solution solides de substitution, solution solides d'insertion, loi de Vegard

Travaux pratiques :

- Diffraction des Rayons X sur poudre : Méthode de Debye Scherrer, Méthode du compteur (traitement de données par ordinateur)
- Etude de quelques solutions solides et d'une phase non stœchiométrique
- Identification de substances à l'aide des Fiches PDF
- Etude de transformation de phases

Partie I : CINETIQUE
CHAPITRE 1 : FACTEURS CINETIQUES
I- La vitesse d'une réaction chimique

- 1- La réaction chimique et son avancement
- 2- Obtention expérimentale des courbes cinétiques et définitions des vitesses
- 3- Facteurs cinétiques

II- Le facteur cinétique température, loi d'Arrhenius
III- Le facteur cinétique concentration, détermination expérimentale de l'ordre d'une réaction chimique

- 1- Deux situations initiales particulières
- 2- La méthode différentielle
- 3- La méthode intégrale
- 4- La méthode des temps de demi-réaction

CHAPITRE 2 : REACTIONS COMPOSEES
I- Écriture des équations différentielles

- 1- Cas général de réactions simultanées
- 2- Cas des mécanismes réactionnels : composition d'actes élémentaires

II- Réactions renversables

- 1- Écriture des équations différentielles et résolution
- 2- Représentation graphique
- 3- Établissement d'un équilibre chimique

III- Réactions successives

- 1- Écriture des équations différentielles et résolution
- 2- Représentation graphique
- 3- Étape cinétiquement déterminante (ecd)
- 4- Approximation de l'état quasi stationnaire (AEQS)

IV- Résolution de problèmes grâce à l'AEQS : l'exemple des réactions en chaîne

- 1- Caractéristiques d'une réaction en chaîne
- 2- Méthode de résolution d'un mécanisme

V- Réactions jumelles (ou parallèles)

- 1- Écriture des équations différentielles
- 2- Représentation graphique
- 3- Conclusions ; contrôle cinétique et contrôle thermodynamique

CHAPITRE 3- THEORIES CINETIQUES :

- théorie de collisions
- théorie du complexe activé
- Application à la prédiction des paramètres cinétique

PARTIE II : CATALYSE HOMOGENE

- I- Introduction et Généralités
- II- Catalyse acido-basique
- III- Catalyse enzymatique.
 - a- Enzymes, généralités
 - b- Classes de réaction
 - c- Applications en synthèse organique
- IV- Organocatalyse
 - a- Aldolisation
 - b- Réaction de Knoevenagel
- V- Hydrogénation catalytique
 - a- Palladium ou platine supporté
 - b- Hydrogénation asymétrique (Ru, Rh)
- VI- Applications industrielles
 - a- Synthèse de l'ammoniac
 - b- Réaction de Fischer – Tropsch
 - c- Hydroformylation/Hydrocarboxylation
- VII- Introduction à la Catalyse hétérogène

Travaux pratiques :

- *Suivi d'une réaction chimique d'ordre 1 par titrage*
- *Suivi d'une réaction par spectrofluorescence*
- *Réaction catalysée. Etude de la cinétique en solution tampon. Détermination d'ordre de réactions et de constantes de vitesses. Cette étude est menée par spectroscopie UV.*
- *Etude bibliographique d'une réaction de π -complexation.*
- *Détermination de constantes de vitesse et approche de l'aspect catalytique de cette réaction.*

MODULE M30 : CHIMIE THEORIQUE (Cours : 18H , TD : 18H ; TP : 12H)**I- Rappels sur les axiomes de la mécanique quantique**

Opérateurs et propriétés – Le moment cinétique.

II- L'atome hydrogénoïde

Orbitales atomiques - Equation de Schrödinger et son interprétation - Les méthodes d'approximation (variation et perturbation) – Spin électronique et effet Zeeman.

III- L'atome poly électronique

Principe de Pauli - Déterminant de Slater - Orbitales de Slater.

Termes spectraux - Modèle de Russell- Saunders - Interaction spin- orbite - Transitions optiques - Règles de sélection – Action d'un champ externe sur un atome - Effet Zeeman normal et normal –.

IV- La molécule

Les molécules et l'approximation orbitale – Les molécules et l'approximation LCAO - Liaison chimique - Méthode de Hückel généralisée – Méthode des fragments – Introduction aux théories de la réactivité chimique

V- Initiation à la symétrie moléculaire

Eléments de symétrie - opération de symétrie - classe d'opération de symétrie - groupe ponctuels de symétrie - Tableaux de caractères représentation réductible et irréductible en coordonnées cartésiennes - Dénombrement des modes normaux des molécules éthylène, cis et trans butadiène.

MODULE M31: ELECTROCHIMIE (Cours : 18H , TD : 18H ; TP : 12H.)**I- Thermodynamique électrochimique****– Piles et accumulateurs**

- Généralités : définitions, thermodynamique des piles
- Piles chimiques complexes
- Accumulateurs
- Piles de concentration
- Piles à combustibles

II- Cinétique électrochimique :**– Courbes de polarisation**

- Processus d'électrodes, vitesse de réaction électrochimique.
- Courbes de polarisation: systèmes rapide et lent, domaine d'électro activité, polarisation des électrodes, mécanismes des réactions électrochimiques, types de surtension.

– Lois fondamentales de la cinétique électrochimique

- Théorie de la surtension d'activation
- Expressions dérivées de l'équation courant –potentiel
- Cinétique sous contrôle de transfert de charge, loi de Tafel

– Transport de matière

- Modes de transport de masse
- Processus de migration, diffusion et convection

– Cinétique électrochimique en régime de diffusion et en régime mixte.

- Transport de masse à l'état stationnaire
- Régime pur de diffusion
- Surtension de diffusion
- Cinétique en régime mixte : Correction de la diffusion

III- Applications

Coulométrie - Titrages potentiométriques et ampérométriques - Notions de corrosion – Diagramme d'Evans - Piles et accumulateurs – Biocapteurs - Electrochimie en milieu non aqueux.

Travaux pratiques :

Polarisation des électrodes -- Etude de la formation d'hydrogène sur différents métaux
Potentiométrie: détermination de constantes d'équilibre - Etude de la surtension et détermination de vitesse de corrosion - Utilisation d'électrodes spécifiques

MODULE M32 : TECHNIQUES SPECTROSCOPIQUES D'ANALYSE (Cours : 21H , TD : 18H ; TP : 9H)**CHAPITRE 1 : SPECTROSCOPIE DE L'ULTRAVIOLET ET DU VISIBLE**

- Interaction de la lumière avec les molécules
- Spectres électroniques ; Origine des absorptions en relation avec les O.M.
- Etude des différents chromophores
- Loi de BEER – LAMBERT ; Validité de la loi de BEER – LAMBERT
- Spectrophotomètre UV – Visible et Applications

CHAPITRE 2 : SPECTROSCOPIE INFRA – ROUGE

- Domaine de longueur d'onde
- Origine de l'absorption dans le moyen infra – rouge
- Théorie classique des transitions vibrationnelles
- Théorie quantique des vibrations dans l'I. R. ; Spectre de raie et spectre de bande
- Absorptions caractéristiques des composés organiques
- Instrumentation en spectroscopie infra rouge

CHAPITRE 3 : RESONANCE MAGNETIQUE NUCLEAIRE DU PROTON

- Moment cinétique et moment magnétique. Etude du spin $1/2$
- Appareil de résonance magnétique nucléaire
- Théorie de la RMN du ^1H
- Champ magnétique haute fréquence, Champ radio fréquence. Signal RMN (FID)
- Influence de l'environnement d'un spin sur les conditions de résonance. Déplacement Chimique δ .
- Interaction spin-spin et couplage scalaire J
- Interprétation des spectres RMN ^1H
- Présentation d'un autre spin $1/2$: le ^{13}C . Spectres caractéristiques du ^{13}C

CHAPITRE 4 : SPECTROMETRIE DE MASSE

- Principe et théorie de la spectrométrie de masse
- Différentes méthodes d'ionisation (IE, IC...)
- Spectromètres de masse (magnétique, quadripôle, simple et double focalisation)
- Mécanismes de fragmentation
- Interprétation de spectres et applications.

MODULES DU SEMESTRE 6 (optionnel)

Modules du tronc commun :

- Module 33 : les grandes classes de réactions organiques
- Module 34 : chimie descriptive II et chimie de coordination

MODULE 33 : LES GRANDES CLASSES DE REACTIONS ORGANIQUES

(cours : 18, TD : 18H, TP : 12H)

- I- **Introduction : effets des solvants**
- II- **Réactions de condensation :**
 - a- Mécanisme général des réactions de condensation de composés carbonylés
 - b- Condensation aldolique en milieu acide et en milieu basique
 - c- Réaction aldolique mixte : *réaction de Claisen-Schmidt*.-*Influence du pH ; Stéréo sélectivité de la crotonisation*
 - d- Réactions aldoliques intramoléculaires : *Réaction de Michael, Annelation de Robinson*
 - e- Condensation sur des imines, des iminiums et des enamines : *Aminométhylation de Mannich ; Réaction de Storck*
 - f- Réactions analogues à la condensation aldolique: *Réaction de Knoevenagel, condensation malonique - Réaction de condensation de Claisen et Réaction de Claisen mixte - Condensation de Claisen intramoléculaire (Cyclisation de Dieckmann) - Benzoination des aldéhydes ; Réarrangement benzylique*
 - g- Réactions impliquant des ylures
 - Ylures au phosphore : *Réaction de Wittig ; Réaction de Wittig-Horner*
 - Ylures au soufre : *Réaction de Corey*
- III- **Réactions de catalyse par transfert de phase :** réaction d'alkylation (C, O, N, S).
- IV- **Réactions d'oxydation et de réduction**
 - Oxydation** : Généralités- *Elimination d'atomes d'hydrogène-Rupture d'une liaison (C-C) - Substitution d'un hydrogène par un oxygène-Addition d'un atome d'oxygène-Réactions de couplage oxydant*
 - **Réduction** : Généralités-*Substitution d'un oxygène (ou un halogène) par un hydrogène- Elimination d'atomes d'oxygène-Addition d'atomes d'hydrogène-Rupture de liaison- Couplages réducteurs*
- V- **Réactions pericycliques :**
 - **Les cycloadditions. :**
 - Cycloadditions [4+2] ; Cycloadditions dipolaires-1,3, Cycloadditions [2+2]*
 - **Les réarrangements (réactions) électrocycliques**
 - **Les réarrangements (migrations) sigmatropiques :**
 - Réarrangement [3,3] de Cope et de Claisen ; Réarrangement [2,3] d'ylures ; Réarrangement [5,5] benzidine.*

VI- Réarrangements moléculaires

Réarrangement Wagner-Meerwein.- Réarrangement pinacolique - Réarrangement Réarrangement semipinacolique - Réarrangement benzylique -Réarrangement de Wolf- Réarrangement de Schmidt des acides carboxyliques - Réarrangement de Beckman - Réarrangement de Schmidt modifié (d'aldéhydes et de cétones) - Réarrangement de Baeyer-Villiger

VII- Réactions radicalaires

Réactions de substitution radicalaire, Réactions d'addition radicalaire, Réactions de polymérisation.

Travaux pratiques

Condensation de CLAISEN SCHMIDT - Condensation de Knoevenagel - Synthèse de la dibenzylacétone - Réduction d'une cétone à un alcool par le Zinc ou par l'isopropylate d'aluminium - Réaction de Diels Alders -Transposition de Beckmann – Transposition Pinnacolique -.

MODULE 34: CHIMIE DESCRIPTIVE II ET CHIMIE DE COORDINATION (cours : 18, TD : 18H, TP : 12H)

Partie I : CHIMIE DESCRIPTIVE II

– **Chimie descriptive du bloc d et f**

- Rappels concernant la classification périodique des éléments.
- Propriétés générales des éléments de transition.
- Etudes des différents groupes des éléments de transition (états d'oxydation, obtention des éléments, propriétés générales et principales réactions).
 - Groupe de Scandium.-Groupe du Titane.
 - Groupe du Vanadium.
 - Groupe du Chrome.
 - Groupe du Manganèse.
 - Groupe du Fe, Co, Ni (1^{ère} Triade) .
 - Groupe du Platine (2^{ème} et 3^{ème} Triades).
 - Groupe du Cuivre.
 - Groupe du Zinc.
- Etudes de quelques éléments du bloc f
 - Groupe des Lanthanides.
 - Groupe des Actinides.

Partie II-CHIMIE DE COORDINATION

- I- **Les complexes des éléments de transition.**
 - Propriétés générales des éléments de transition- Complexes de coordination-
 - Nomenclature-Géométrie-Isomérisation-Stabilité-Application aux dosages
- II- **Théorie de la liaison de valence**
- III- **Théorie du champ cristallin**
 - Champ octaédrique ; Champ octaédrique déformé ; Champ tétraédrique ; plan carré
 - L'énergie de stabilisation du champ cristallin
 - Les facteurs qui influent sur la grandeur Δ
- IV- **Applications de la théorie du champ cristallin.**
 - Stabilité relative des structures
 - Effet Jahn-Teller
 - Couleurs et introduction aux propriétés optiques et magnétiques.
- V- **Théorie des orbitales moléculaires(LCAO).**
 - Théorie du champ des ligands pour quelques géométries (octaédrique etc.)
 - Influence des liaisons σ donneurs
 - Influence des liaisons, π donneurs et π accepteurs.

Travaux pratiques :

- Détermination de la formule d'un phosphate
- Préparation et analyse d'un alun de chrome
- Complexes - stabilité – couleur – dosages complexométriques.
- Synthèse et analyse du ferrite de zinc de structure spinelle