

RESEAU DES DOYENS DES FACULTES DES SCIENCES

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)**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 ?????*
- Potentiel apparent : *Potentiel d'oxydoréduction et pH*- *Potentiel d'oxydoréduction et réaction de précipitation*- *Potentiel d'oxydoréduction et réaction de complexassions*.

MODULE 12 : ALGEBRE 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

– 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

– 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'OXYDOREDUCTION

- 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 :

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- **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, rutil 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 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 ; Cétoisation ; 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 translatore- 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 d.
- 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-Isométrie-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