

L3 de la Licence de CHIMIE FONDAMENTALE

Semestre 5 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	15 sem	C	TD	TP	Autre			Continu	Examen
UE fondamentales									
UEF5.1									
Chimie Organique III	67h30	3h00	1h30		52h30	3	5	33%	67%
Chimie analytique II	67h30	3h00	1h30		52h30	3	5	33%	67%
UEF5.2									
Cristallographie	67h30	3h00	1h30		52h30	3	5	33%	67%
Chimie Quantique II	67h30	3h00	1h30		52h30	3	5	33%	67%
UE méthodologie									
UEM5.1									
TP synthèse organique TP chimie analytique	22h30			1h30	52h30	2	3	50%	50%
TP cristallographie TP modélisation moléculaire	22h30			1h30	52h30	2	3	50%	50%
UE transversales									
UET5.1									
Anglais Scientifique I	22h30	1h30			27h30	1	2	0%	100%
UE découvertes									
UED5.1									
Chimie des matériaux Chimie macromoléculaire Chimie de l'environnement Chimie thérapeutique Chimie bio-organique	22h30	1h30			27h30	1	2	0%	100%
Total Semestre 5	360h	15h	06h		370h		30		

- Choisir deux matières méthodologie parmi celles proposées.
- Choisir une matière découverte parmi celles proposées.

Semestre 6 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	15 sem	C	TD	TP	Autres			Continu	Examen
UE fondamentales									
UEF6.1									
Thermodynamique des solutions	67h30	3h00	1h30		52h30	3	5	33%	67%
Electrochimie	67h30	3h00	1h30		52h30	3	5	33%	67%
UEF6.2									
Spectroscopie moléculaire	67h30	3h00	1h30		52h30	3	5	33%	67%
Chimie des surfaces et catalyse	67h30	3h00	1h30		52h30	3	5	33%	67%
UE méthodologie									
UEM6.1									
TP thermodynamique des solutions	22h30			1h30	52h30	2	3	50%	50%
TP chimie des surfaces									
TP d'électrochimie	22h30			1h30	52h30	2	3	50%	50%
TP Méthodes physique d'analyses									
UE transversales									
UET6.1									
Anglais Scientifique II	22h30	1h30			27h30	1	2	0%	100%
UE découvertes									
UED6.1									
Ethique et déontologie	22h30	1h30			27h30	1	2	0%	100%
Total Semestre 6	360h	15h	06h		370h		30		

- Choisir deux matières méthodologie entre celles proposées.

Semestre 5
Programme des matières fondamentales

Unité d'Enseignement Fondamentale
(UEF5.1)

UEF5.1
Chimie Organique III
(3h Cours+1h30' TD/ semaine) ; 67h30'/Semestre

Chapitre 1 : Rappels de quelques notions de base en chimie organique.

- Notion de mécanisme réactionnel.
- Aspect cinétique et thermodynamique d'une réaction.
- Aspect électronique.
- Aspect stéréochimique.

Chapitre 2 : Réactivité des carbonyles

- Aspects généraux de la réactivité, stéréochimie et activation
- Description orbitale
- Action de nucléophiles (autres que les carbanions)
- Réactions d'addition : réactivité des aldéhydes et des cétones vis à vis de l'addition - Exemples de réactions - Cétènes et isocyanates - Composés carbonyles conjugués.
- Réactions de substitution : réactivité du substrat et du nucléophile - Exemples de réactions.

Chapitre 3 : Enolates

- Cinétique et thermodynamique.
- Alkylation d'énolates
- Condensation aldolique
- Réaction des énolates avec les esters et réactions apparentées
- Additions conjuguées (ou de Michaël).
- Addition de nucléophiles sur les accepteurs de Michaël.
- Annélation de Robinson et réactions apparentées.
- Additions de Michaël avec les énamines.
- Réaction de Darzens.

Chapitre 4 : Enols

- Réaction d'halogénéation.
- Réaction de Hell-Volhard-Zelinsky.
- Aldolisation.
- Réaction de Mannich.

Chapitre 5- Composés du soufre, du phosphore et le diazométhane

- Thioacétals (inversion de polarité du C=O).
- Ylures du soufre.
- Ylures du phosphore.
- Réaction de Wittig.
- Phosphonates.
- Le diazométhane : Réaction sur les cétones et les chlorures d'acides.

Chapitre 6 : Réactions péricycliques (règles de Woodward – Hoffmann)

- Réactions électrocycliques.
- Réarrangements sigmatropiques : transposition de Cope et de Claisen.

Chapitre 7 : Oxydation

- Les réactions d'oxydation en synthèse organique.
- Les réactions de réduction en synthèse organique.
- Les groupements protecteurs.
- Synthèses multi-étapes

UEF5.1

Chimie Analytique II

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

Chapitre 1 : Paramètres statistiques de base.

- Valeur centrale, justesse et fidélité d'un ensemble de mesures
- Variance et écart-type
- Erreur aléatoires ou indéterminées
- Intervalle de confiance de la moyenne
- Comparaison des résultats –Tests paramétriques
- Test de rejet- Quotient Q ou test de Dixon
- Courbes d'étalonnage
- Méthodes robustes ou tests non-paramétriques
- Optimisation par la méthode un seul facteur à la fois

Chapitre 2: Généralités sur les titrages volumétriques.

- Définitions des méthodes titrimétriques (volumétrie, gravimétrie et coulométrie)
- Considérations générales sur les titrages (substances étalons, solutions étalons, concentration des solutions, point d'équivalence et point de fin de titrage).

Chapitre 3: pH de solutions aqueuses et non aqueuses.

- Définitions et rappels (couples acido-basiques, K_{aH/A^-} , R.A.I. du solvant, opérateur p, force des acides et des bases en rapport avec le solvant, nivellement de la force des acides et des bases par le solvant, loi de dilution d'Ostwald ...)
- pH des solutions aqueuses et non aqueuses.
- Acides forts : résolution rigoureuse et discussion des limites d'utilisation de formule simplifiée
- Bases fortes : résolution rigoureuse et discussion des limites d'utilisation de formule simplifiée
- Acides faibles (équation du 3^{ème} degré, simplification au 2^{ème} degré....)
- Critère ka/f et acidité moyenne.
- Bases faibles et basicité moyenne.
- Solutions tampons : discussion des approximations.
- Substances amphotères : résolution générale.
- Mélanges d'espèces acido-basiques.
- Dosages acido-basique.
- Choix des indicateurs colorés.

Chapitre 4 : Dosage par précipitation

- Titration des ions halogénures par la méthode de MOHR.
- Titration des ions halogénures par la méthode de VOHLARD.
- Les indicateurs chimiques lors des titrages par précipitation.

Chapitre 5 : Dosage d'oxydo-réduction

- Réalisation pratique
- Exemples de courbes de titrage redox
- Effet de variables sur les courbes de titrage redox

- Indicateurs d'oxydo-réduction

Chapitre 6 : Dosage par complexométrie

- Réalisation pratique
- Indicateurs de complexométrie

Chapitre 7 : Gravimétrie

- Méthodes par précipitation
- Méthodes par volatilisation.
- Facteur gravimétrique
- Propriétés des précipités et des réactifs de précipitation
- Mécanismes de formation des précipités
- Traitement des précipités colloïdaux
- Séchage et calcination
- Réactifs organiques de précipitation

Unité d'Enseignement Fondamentale (UEF5.2)

UEF5.2

Cristallographie

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

Chapitre 1 : Cristallographie géométrique

1-La symétrie d'orientation.

Elément de symétrie, lois de groupes, groupes ponctuels et représentation, applications.

2-La symétrie de position.

Eléments de symétrie, groupes de translations (espaces 2D et 3D), symétrie moléculaire et symétrie cristalline, groupes spatiaux et représentations, applications.

3-Le réseau réciproque.

Réseau direct et réseau réciproque, définitions et propriétés.

Chapitre 2 : La diffraction des rayons X

1-Le rayonnement X et ses propriétés (absorption, fluorescences X, diffusion élastique et inélastique).

2-La diffraction X (éléments de symétrie et diffraction, facteur de diffusion, facteur de structure, sphère d'Ewald, diffraction et réseau réciproque).

Chapitre 3 : Les méthodes de radiocristallographie

1-La Méthode des poudres.

2- Les méthodes du monocristal.

UEF5.2

Chimie Quantique II

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

Chapitre 1 : Approximations de base.

- Ecriture de l'Hamiltonien d'une molécule,
- Séparation des mouvements nucléaires et les mouvements électroniques : approximation Born-Oppenheimer,
- Séparation entre les mouvements des électrons : approximation orbitale.
- Méthode LCAO.

Chapitre 2 : Structure électronique des molécules : Approche qualitative.

- Interaction de deux orbitales atomiques identiques : les molécules diatomiques homonucléaires,
- Interaction de deux orbitales atomiques différentes : les molécules diatomiques hétéronucléaires
- Interaction entre 3 orbitales : molécules AH
- Interactions entre 4 orbitales : molécules A₂
- Interactions entre 4 orbitales : molécule AB
- Propriétés électroniques de molécules diatomiques : (analyse de population, charge de Mulliken, moment dipolaire, indice de liaison ...)

Chapitre 3 : Structure électronique des molécules : Approche quantitative.

- La méthode de Huckel simple (principe et applications)
- La méthode de Huckel étendue (principe et application)

Chapitre 4 : Eléments de la théorie quantique de la réactivité chimique.

- Orbitales frontières : définition et identification
- Prédiction de sites réactifs : attaques nucléophile et électrophile et cyclisation.

Chapitre 5 : Interaction orbitale des complexes organométalliques

- Règles des dix-huit électrons
- Complexes ML_n (ML₆, ML₅,.....)

Semestre 6
Programme des matières fondamentales

Unité d'Enseignement Fondamentale
(UEF6.1)

UEF6.1

Thermodynamique des solutions

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

Chapitre 1 : Potentiel Chimique

- Définition.
- Potentiel Chimique d'un corps pur.

Chapitre 2 : Grandeurs Molaires Partielles (GMP)

- Propriétés des GMP.
- Détermination des GMP.
- Grandeurs de Mélange.

Chapitre 3 : Fugacité des Gaz Réels.

- Définition.
- Détermination des Fugacités (variation avec la Pression, fugacité en Coordonnées Réduites, Fugacité et Loi d'Action de Masse, variation avec la Température).

Chapitre 4 : Activité des Solutions Moléculaires.

- Définition.
- Solutions Idéales (définition, propriété des solutions idéales).
- Grandeurs d'Excès (définition, variation des Grandeurs d'Excès, expressions Empiriques des Grandeurs d'Excès, classification des Solutions par les Grandeurs d'Excès).
- Modèles empiriques (Vanlaar, Margules et Redlich-Kister).
- Modèle semis-empiriques (NRTL et Wilson).
- Modèles de contribution des groupements fonctionnels (Disquac, Unifac).
- Modèle des solutions régulières.
- Modèle des solutions athermiques.

Chapitre 5: Phénomènes critiques et diagrammes d'équilibre liquide-liquide

- Phénomènes critiques
- Diagrammes d'équilibre liquide-liquide des systèmes binaires.
- Diagrammes d'équilibre liquide-liquide des systèmes ternaires.

UEF6.1

Electrochimie

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

Chapitre 1 : Conduction de Courant

- Conducteurs électriques et conducteurs électrolytiques.
- Electrolyse et électrolyte.
- Loi de Faraday.
- Activité des électrolytes.

Chapitre 2 : Conductibilité des ions

- Vitesse des ions.
- Densité de courant qui traverse l'électrolyseur.
- Conductivité, Conductivité équivalente.
- Nombre de transport.
- Application de la conductimétrie.

Chapitre 3 : Tension d'électrode

- Généralité.
- Formule de NERNST, tension d'électrode.
- Formule de NERNST généralisée.
- Divers type d'électrode.
- Echelle de tension

Chapitre 4 : Piles électrochimiques

- Forces électromotrice.
- Exemple de piles.
- Piles et grandeurs thermodynamiques.
- Application.

Unité d'Enseignement Fondamentale (UEF6.2)

UEF6.2

Spectroscopie moléculaire

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

Chapitre 1 : Symétrie moléculaire et théorie des groupes.

Eléments de symétrie moléculaire, Représentation matricielle des éléments de symétrie, Groupes de symétrie moléculaire, Table de caractères d'un groupe de symétrie moléculaire.

Chapitre 2 : Introduction à la spectroscopie moléculaire

Généralités et aspect expérimental de la spectroscopie d'absorption

Chapitre 3 : Spectroscopie rotationnelle.

Le modèle du rotateur rigide, fonctions et énergies propres, les règles de sélections, le modèle du rotateur non-rigide et les effets de distorsion centrifuge, spectre de rotation d'une molécule diatomique, spectre de rotation d'une molécule polyatomique.

Chapitre 4 : Spectroscopie vibrationnelle.

Le modèle de l'oscillateur harmonique, fonctions et énergies propres, les règles de sélection, le modèle de l'oscillateur anharmonique, spectre de vibration d'une molécule diatomique, spectre de vibration d'une molécule polyatomique.

Chapitre 5 : Spectroscopie vibro-rotationnelle.

Le modèle de l'oscillateur tournant, spectre de vibro-rotation, interaction entre la vibration et la rotation, relation entre les constantes moléculaires, Effet isotopique.

Chapitre 6 : Spectroscopie RAMAN.

Diffusion de la lumière, observation expérimentale de l'effet RAMAN, théorie de l'effet RAMAN, spectre RAMAN.

UEF6.2

Chimie des surfaces et catalyse

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

Partie : Chimie des surfaces.

Chapitre 1 : Adsorption

- Adsorption En phase gazeuse (Adsorption en monocouche : Isotherme de Freundlich, Isotherme de langmuir / Adsorption en multicouche : Isotherme du BET, Différentes courbes d'isothermes / Surface spécifique, porosité, techniques de mesures).
- Adsorption en phase liquide (Modèle de Gibbs).

Chapitre 2 : Tensioactivité.

- Notion de tension superficielle.
- Tension de surface et réaction chimique.

Partie : Catalyse.

Chapitre 1 : Catalyse homogène

- Modèle de Mikailis.
- Exemple de la catalyse enzymatique.

Chapitre 2 : Catalyse hétérogène

- Physisorption, chimisorption.
- Cinétique de catalyse hétérogène (modèle de Langmuir-Hinshelwood, modèle d'Eley-Rideal).

Chapitre 3 : Aspects pratiques en catalyse

- Les supports de catalyseurs : alumines, silice, zéolithes USY, charbons actifs...
- Mise en forme des supports.
- Principales opérations de fabrication des catalyseurs.

Chapitre 4 : Principales techniques physiques de caractérisation des catalyseurs

Les unités d'enseignement Méthodologie et Découverte

Les unités d'enseignement méthodologie :

Le nombre de matières méthodologique est fixé à **2 par semestre**. Ces matières peuvent être choisies, en fonction des moyens de chaque université, à partir de la liste non-exhaustive suivante :

TP chimie des surfaces
TP chimie analytique
TP synthèse organique
TP Cristallographie
TP méthodes physiques d'analyses
TP électrochimie
TP Chimie Quantique
TP thermodynamique des solutions
Chimimétrie
Chimie des polymères
Stage ou mémoire
.....

Contenu des matières

TP de chimie organique:

- 1- Synthèse d'un alcène
- 2- Synthèse d'un dérivé halogéné
- 3- Étude de la réaction de Cannizzaro
- 4- Synthèse de l'acide hexane dioïque

TP de Méthodes physico-chimiques d'analyses:

- 1- Recherche des groupes fonctionnels
- 2- La chromatographie sur couche mince
- 3- Caractérisation par spectroscopies UV et IR
- 4- Caractérisation par diffraction des RX sur poudre

TP de thermodynamique des solutions :

- 1- Détermination d'un diagramme d'équilibre liquide solide d'un mélange binaire
- 2- Détermination diagramme d'équilibre liquide vapeur d'un mélange binaire

- 3- Mesure des enthalpies d'excès d'un mélange binaire
- 4- Détermination diagramme d'équilibre liquide liquide d'un mélange binaire
- 5- Détermination diagramme d'équilibre liquide liquide d'un mélange ternaire

TP de Chimie analytique :

1. Les erreurs dans les analyses chimiques : Erreurs dans les mesures de volume.
2. Titration acido-basique par potentiométrie. Effet des concentrations et des constantes d'acidité sur les courbes de titration
3. Titration potentiométrique d'un polyacide faible par une base forte. Comparaison avec le titration colorimétrique.
4. Dosage des chlorures dans une eau (eau de mer, eau de robinet et eaux minérales) par la méthode de Mohr.
5. Dosage complexométrique : détermination de la dureté d'une eau (eau de robinet, eau de source, eau minérale).
6. Dosage des ions sulfates dans une eau par gravimétrie.

TP d'électrochimie

- 1- Conductibilité des électrolytes et dosage conductimétrique
- 2- Détermination du PH de différents types de solutions
- 3- Électrolyse. Vérification de la loi de FARADAY
- 4- Préparation et étude d'une électrode de deuxième espèce.
- 5- Élaboration électrolytique de l'hypochlorite de Sodium ou « Eau de Javel »
- 6- Détermination du Potentiel normal d'une électrode

TP de chimie des surfaces :

- 1- Étude de l'adsorption de l'acide acétique par le charbon actif
- 2- Étude de la formation de micelles par conductimétrie
- 3- Mesure de la tension superficielle d'un liquide par la méthode d'arrachement
- 4- Mesure de la tension superficielle d'un liquide par la méthode de la goutte pendante

TP de modélisation moléculaire :

- 1- Initiation à l'utilisation d'un logiciel de modélisation moléculaire à interface graphique.
- 2- Représentation, visualisation et création de structures moléculaires à 2D et 3D.
- 3- Réalisation de calculs de structure électronique d'une molécule par la méthode de Huckel simple.
- 4- Réalisation de calculs de structure électronique d'une molécule par la méthode de Huckel étendue.
- 5- Détermination d'indices de réactivité.

TP de cristallographie :

- Étude des éléments de symétrie d'orientation.
- Étude des groupes ponctuels et des classes cristallines.
- Étude de la symétrie de position dans l'espace 2D.
- Étude du phénomène d'absorption : Application au calcul de l'épaisseur d'un filtre.
- Le phénomène de diffraction : Application à l'étude d'une structure.
- La méthode des poudres : Identification d'un matériau solide.
- La méthode des poudres : Indexation d'un diagramme de DRX de matériaux cubiques.
- Synthèse monocristalline.
- Le calcul cristallographique : Utilisation de logiciels d'indexation, d'affinement et de représentations de structures.

Chimiométrie

Chapitre I : La présentation des statistiques.

- Les termes de la statistique.
- Distribution et tableaux statistiques.
- Représentations graphiques.

Chapitre II : Résumé numérique d'une distribution statistique.

- Les caractéristiques de tendance centrale.
- Les caractéristiques de dispersion.
- Les caractéristiques de forme.
- Les caractéristiques de concentration.

Chapitre III : Les distributions statistiques à 2 dimensions.

- Les tableaux de contingence.
- Les caractéristiques marginales et conditionnelles.

Chapitre IV : La recherche et l'estimation des liaisons.

- La recherche de la forme de relation.
- L'ajustement affine ou linéaire (méthode de Meyer et des moindres carrés ordinaires).
- La corrélation.

Chapitre V : Analyse par régression.

- Régression linéaire simple.
- Régression linéaire multiple.

Chapitre VI : Introduction aux plans d'expérience.

- Structuration de l'expérience et définition.
- Modèles pour plans factoriels.
- Plans orthogonaux, analyse de variance.

Les unités d'enseignement Découverte :

Le nombre de matières de découverte est fixé à **1 par semestre**. Le choix de ces matières est laissé libre aux universités. **Ce choix doit être guidé par les spécialités enseignées en Master dans les universités en question.** Peuvent être choisies, des matières comme :

Ethique et déontologie
Chimie des matériaux
Chimie macromoléculaire
Chimie de l'environnement
Chimie thérapeutique
Chimie bio-organique

.....

Contenu des matières

Chimie des matériaux :

Chapitre 1 : Matériaux polymères

- Généralités sur les polymères : structure, de polymérisation, différents types de macromolécules.

- Propriétés physico- chimiques des polymères : mouvements moléculaires, transitions, structure amorphe et cristalline.
- Perméabilité et diffusion dans les polymères

Chapitre 2 : Matériaux à propriétés électriques et magnétiques

- Polarisation des diélectriques, Relations fondamentales
- Etude particulière des diélectriques parfaits
- Les matériaux diélectriques modernes : Ferroélectricité
- Aimantation des milieux matériels. Relations fondamentales
- Les milieux magnétiques parfaits
- Diamagnétisme, paramagnétisme
- Antiferromagnétisme, ferrimagnétisme, ferromagnétisme.

Chapitre 3 : Matériaux semi et supraconducteurs

- Propriétés physiques des semi-conducteurs intrinsèques et extrinsèques
- Aperçu des théories modernes de la supraconductivité.

Chapitre 4 : Matériaux céramiques pour l'électronique

- Méthodes de synthèse et propriétés des matériaux
- Céramiques : caractérisation des précurseurs, étude des poudres, frittage, compacité, propriétés particulières, cermets.
- Elaboration de revêtements céramiques

Chimie de l'environnement :

I- Sphères d'études environnementales :

- I.1- composition de la terre
- I.2- intérieur de la terre
- I.3- structure de l'atmosphère
- I.4- l'hydrosphère
 - cycle de l'eau

II- Cycles globaux des éléments :

- II.1- cycle de l'oxygène
- II.2- cycle de l'azote
- II.3- cycle du carbone

III- Pollution de l'atmosphère :

- III.1- propriétés de l'atmosphère
- III.2- composés urbiquitaires
- III.3- polluants dans la troposphère
 - III.3.1- émissions anthropiques et leur source
 - III.3.2- émissions naturelles et leur source
 - III.3.3- cas du CO₂ et du méthane
 - III.3.4- présence de pluie
 - III.3.5- transformations physicochimiques des polluants dans l'atmosphère
- III.4- la stratosphère
 - III.4.1- généralités
 - III.4.2- cycle de l'ozone stratosphérique
 - III.4.3- perturbation du cycle de Chapman
 - par les gaz naturels

- par les CFC

IV- Pollution des sols :

- IV.1- généralités
- IV.2- substances polluantes du sol
- IV.3- sources de pollution
- IV.4- comportement des polluants dans le sol
- IV.5- les métaux lourds

V- Pollution des eaux :

- V.1- les eaux naturelles
- V.2- les polluants de l'eau
- V.3- analyse des eaux

Chimie thérapeutique :

- Chapitre 1 : Découverte des médicaments.
- Chapitre 2 : Principales classes et mode d'action des médicaments.
- Chapitre 3 : Introduction à la pharmacologie.
- Chapitre 4 : Relations structure- activité.
- Chapitre 5 : Médicaments qui agissent sur l'ADN.
- Modes de vectorisation des principes actifs.

Chimie bio-organique :

- Chapitre 1 : Les acides aminés
- Chapitre 2 : Les peptides et protéines
- Chapitre 3 : Les glucides
- Chapitre 4 : Les nucléosides et nucléotides
- Chapitre 5 : Les acides nucléiques

Chimie macromoléculaire :

Chapitre 1 : Nomenclature et la classification de macromolécules :

- Structure des monomères et des polymères.
- Homochaines, hétérochaînes, polymères.
- Masse moléculaires de polymères.
- Comportement physico-chimique de macromolécules, géométrie.

Chapitre 2 : Polymérisation en chaîne :

- Polymérisation radicalaire.
- Polymérisation ionique :
- Polymérisation de polyènes.

Chapitre 3 : Polycondensation :

- Equilibre de la réaction de polycondensation et de la masse moléculaire.
- Dégradation lors de polycondensation.
- Méthodes de polycondensation.

Chapitre 4 : L'état physique des polymères.

- Transition de macromolécules d'un état à un autre : Vitreux, visqueux, cristallin.

Chapitre 5 : Transformations chimiques des polymères :

- Caractères spécifiques des réactions de macromolécules.
- Réactions des groupes fonctionnels de polymères.
- Dégradation des polymères.