

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

نموذج مطابقة و مواءمة

عرض تكوين ماستر أكاديمي

2026 – 2025

الميدان	الشعبة	التخصص
علوم المادة	الكيمياء	الكيمياء الصيدلانية

DEMOCRATIC AND POPULAR ALGERIAN REPUBLIC

**MINISTRY OF HIGHER EDUCATION
AND SCIENTIFIC RESEARCH**

Framework for compliance and harmonization

TRAINING OFFER

L.M.D. MASTER IN ACADEMIA

2025 – 2026

Domain	Field	Specialty
SCIENCES OF THE MATTER	CHEMISTRY	PHARMACEUTICAL CHEMISTRY

– Semi-annual organization sheet of the teachings
(S1, S2)

Master's in Pharmaceutical Chemistry. Chemistry Field

Semester 1:

Teaching Units	Subjects	VHS	V.H weekly			Other	Coeff	Credits	Evaluation mode	
	Title	15 weeks	C	TD	TP				Continous	Review
UE Fondamentale Code: UEF 1 Credits: 18 Coefficient: 9	Organic heterocyclic chemistry	67h30	3h	1h30		82h30	3	6	33%	67%
	Spectroscopic methods of analysis	45h00	1h30	1h30		55h00	2	4	33%	67%
	Drug technology-Galenic pharmacy	45h00	1h30	1h30		55h00	2	4	33%	67%
	Bioactive molecules - Extraction methods	45h00	1h30	1h30		55h00	2	4	33%	67%
EU Methodology Code: UEM 1 Credits: 9 Coefficient: 5	Biochemistry - Microbiology	67h30	1h30	1h30	1h30	82h30	3	6	50%	50%
	Physico-chemical extraction and analysis methods	37h30			2h30	37h30	2	3	50%	50%
EU Discovery Code : UED 1 Credits: 2 Coefficient: 2	Chemical reactors and bioreactors	22:30	1h30			2h30	1	1		100%
	Pharmaceutical legislation and ethics	22:30	1h30			2h30	1	1		100%
Transversal EU Code: UET 1 Credits: 1 Coefficient: 1	Artificial intelligence and Machine Learning 1	22:30			1h30	2h30	1	1	50%	50%
Total Semester 1		375h	13:30	7:30	4h00	375h	17	30		

Semester 2:

Teaching Units	Subjects	VHS	V.H weekly			Other	Coeff	Credits	Evaluation mode	
	Title	15 weeks	C	TD	TP				Continuou s	Review
UE Fondamentale Code: UEF 2 Credits: 18 Coefficient: 9	Asymmetric synthesis	45h00	1h30	1h30		55h00	2	4	33%	67%
	Pharmacognosy and phytochemistry	45h00	3h00			55h00	2	4	33%	67%
	Chromatographic and electrophoretic separation methods	67h30	3h00	1h30		82h30	3	6	33%	67%
	Pharmaceutical inorganic chemistry	45h00	1h30	1h30		55h00	2	4	33%	67%
EU Methodology Code: UEM 2 Credits: 9 Coefficient: 5	Quality control of pharmaceutical forms and separation techniques	45h00	1h30		1h30	55h00	2	4	50%	50%
	Molecular modeling - Drug Design & AI	60h30	1h30	1h30	1h00	65h00	3	5	50%	50%
EU Discovery Code : UED 2 Credits: 2 Coefficient: 2	Organometallic catalysis	45h00	1h30	1h30		05h00	2	2	33%	67%
Transversal EU Code: UET 2 Credits: 1 Coefficient: 1	Artificial intelligence and Machine Learning 2	22:30			1h30	2h30	1	1	50%	50%
Total Semester 2		375h	13:30	7:30	4h00	375h	17	30		

CONTENUS PEDAGOGIQUES

Adapt the course and tutorial program (TD) based on the weekly in-person schedule volume (VHH in-person) and the weekly personal schedule volume (VHH personal).

Title of the Master's: Pharmaceutical Chemistry

Semester: 1

Title of the EU: Fundamental Teaching Unit

Title of the material: Organic heterocyclic chemistry

Objectives of teaching.

This module will be delivered as a course/TD. The teaching of heterocyclic organic chemistry will provide students with the essential elements for a good mastery of the nomenclature, synthesis and reactivity of biologically active heterocycles.

Recommended prior knowledge.

Notion of organic chemistry basics. Basic knowledge of atomic orbitals, the basics of organic chemistry and reaction mechanisms.

Content of the material:

Chapter I: Definition, classification and nomenclature of heterocycles

Chapter II: Non-aromatic heterocycles

- The tense cycles (aziridine, oxirane, thiirane, azetidine, oxetane, thietane).
- Low-voltage cycles (pyrrolidine, THF, tetrahydrothiophenyl, piperidine, pyran, thiocyclohexane).

Chapter III: The aromatic heterocycles with five chains

- Containing a single heteroatom: Furan, pyrrole, and thiophene. Special cases: benzopyrrole (indole) and its derivatives, benzofurans and benzothiopenes.
- Containing several heteroatoms: diazoles (1,3-Azoles), pyrazoles, imidazoles and benzimidazoles, oxazoles and benzoxazoles, isoxazoles, thiazoles and benzothiazoles, isothiazoles. triazoles, tetrazoles...

Chapter IV: The six-membered aromatic heterocycles

- Containing a single heteroatom: Pyridines and their derivatives (picolines, pyridoxal, vitamin PP...), pyrylium and pyrylium salts, Special case: benzopyridine and its derivatives (quinoline, isoquinoline, benzoquinoline). Pyran derivatives: pyranones and THP. Particular case: benzopyrans and derivatives (flavonoids, chromones, coumarins and isocoumarins, anthocyanidin....)
- Containing several heteroatoms: diazines and benzodiazines, pyridazine, pyrimidine, pyrazine, triazine, tetrazine, thiazine, quinoxaline.

Chapter V: Other condensed kernels

- Purine and its derivatives (caffeine, theobromine, theophiline, purine bases, nucleosides, nucleotides and nucleic acids)
- The pteridine
- Phenothiazine
- Benzodiazepines...

Chapter VI: Some alkaloid classes

References (Books and handouts, websites, etc).

- John A Joule, Keith Mills, Heterocyclic Chemistry 2014, Deboecksuperieur.
- René Milcent, Organic heterocyclic chemistry 2003, Edpsciences.
- David T. Davies, Chemistry of aromatic heterocycles 1997, Deboeck superieur.

Title of the Master's: Pharmaceutical Chemistry

Semester: 1

Title of the EU: Fundamental Teaching Unit

Title of the material: Spectroscopic methods of analysis

Objectives of teaching.

This course will allow students to acquire knowledge in spectroscopic analysis methods: atomic absorption and emission, UV-Visible spectroscopy, molecular fluorescence and IR and Raman spectroscopy.

Recommended prior knowledge.

Basics of organic chemistry. Preliminary notions in spectroscopy.

Content of the material:

Chapter I: General information on spectroscopic methods of analysis

- Nature and properties of light
- Light-matter interaction

Chapter II: Atomic absorption and emission spectroscopy

Part 1: Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)

- Introduction
- Instrumentation
- Determination of metals in pharmaceuticals
- Some examples of limit tests using the SAA

Part 2: Atomic Emission Spectroscopy (AES)

- Introduction
- Equipment
- Applications in pharmaceutical analysis:
 - Quantification of alkali metals in infusion and dialysis solutions.
 - Quantification of metal impurities in drugs.
- Inductively coupled plasma emission spectroscopy

Chapter III: Ultraviolet-visible spectroscopy (UV-Vis)/ molecular fluorescence.

Part 1: Ultraviolet and visible spectroscopy

- Introduction
- Instrumentation
- Practical aspect
- UV spectra of certain representative pharmaceutical molecules
- Differential spectrophotometry
- Derived spectrophotometry
- Main applications:
- Determination of pKa
- Applications in pre-formulation and drug formulation
- Dosage of drugs and their metabolites in biological matrices

- Spectrophotometric titrations

Part 2: Molecular fluorescence spectroscopy

- Introduction
- Fluorescence phenomenon
- Equipment
- Practical aspect
- Quantitative aspect of fluorescence
- Fluorescent species (fluorophores)
- Main factors influencing fluorescence
- Advantages of spectrofluorimetry
- Applications of fluorescence spectrophotometry in pharmaceutical analysis
 - Determination of fluorescent drugs in low-dose formulations.
 - Determination of fluorescent drugs in complex formulations.
 - Study of drug-protein interactions.

Chapter IV: Infrared spectroscopy

- Introduction
- Equipment
- Interpretation of infrared spectra
- Application of IR spectroscopy to drug structure elucidation
- Identification of raw materials
- Examples of IR spectra of representative pharmaceutical molecules
- Identification and characterization of polymorphic forms of pharmaceutical molecules
- Analysis in the near infrared (NIR) and its different applications

Chapter V: Raman spectroscopy

- Introduction
- Equipment
- Raman scattering/IR absorption
- Rapid identification of pharmaceutical molecules
- Raman-infrared complementarity

References (Books and handouts, websites, etc).

Title of the Master's: Pharmaceutical Chemistry

Semester: 1

EU Title: Teaching Unit

Title of the subject: Drug technology - Galenic pharmacy

Content of the material:

Chapter I: Introduction to Drug Technology

- 1-** Definition and importance of pharmaceutical technology.
- 2-** History and evolution of galenic pharmacy.
- 3-** Physico-chemical properties of the active ingredients and excipients.
- 4-** Bioavailability and factors influencing absorption.
- 5-** Route of administration and drug fate in the body.

Chapter II: Pharmaceutical operations

- 1-** Desiccation: definition and interest. Methods and materials used: free air, by heat, by cold, under vacuum, in thin layer, on cylinder, nebulization, lyophilization.
- 2-** Spraying: definition and interest. Methods and materials used: the different types of grinders (crushing, percussion, shear, other types of grinders). Granulometric control of powders (sieving, counting).
- 3-** Mixtures and dispersions: definition, interest, the different types of mixtures and dispersions. Methods and materials used: the different types of mixers (mobile tanks, fixed tanks). Control of homogeneity, physical and chemical incompatibilities.
- 4-** Dissolution: definition and interest. Methods and materials used: simple dissolution (solubility, rate of solubility, ...etc), extractive dissolution (maceration, infusion, decoction, digestion, leaching).
- 5-** Distillation: definition and interest. Methods and materials used: alembic, distillation columns.
- 6-** Sterilization: definition and interest. Methods and materials used: Sterilization by heat (dry and wet), by radiation (Beta and Gamma ionizers, ultra-violet), by gaseous antiseptic (formaldehyde, ethylene oxide, peracetic acid, ... etc), by filtration.
- 7-** Separation operations: definition and interest. Methods and materials used: filtration, decantation, centrifugation, expression, screening.

Chapter III: Galenic Formulation

- 1-** Galenic forms for oral use: solid and liquid.
- 2-** Galenic forms intended for the injectable route.
- 3-** Galenic forms for the cutaneous route.
- 4-** Galenic forms intended for the transmucosal pathway.

Chapter IV: Stability, packaging and storage of medicinal products

- 1-** Concepts of physico-chemical stability
 - Definition of Physico-Chemical Stability
 - Factors Affecting Stability
 - Stability Assessment
- 2-** Packaging of Medicines
 - Importance of Conditioning
 - Types of Packaging

- Packaging Materials
- Integrity and effectiveness testing of the packaging.

3- Storage and preservation conditions

References (Books and handouts, websites, etc).

Title of the Master's: Pharmaceutical Chemistry

Semester: 1

Title of the EU: Fundamental Teaching Unit

Material Title: Bioactive Molecules – Extraction Methods

Objectives of teaching.

Know the different extraction methods of bioactive molecules used as active ingredients in medicines

Recommended prior knowledge.

Notions on organic chemistry and physico-chemical methods of analysis

Content of the material:

Chapter I: General introduction to natural products: definition and biological roles, importance in pharmacology and pharmaceutical development, major chemical families of bioactive molecules of natural origin.

Chapter II: Classical and innovative extraction methods and their applications:

- 1- Classical and microwave-assisted hydrodistillation
- 2- Extraction by ultra sound
- 3- Dry distillation
- 4- Expression in cold
- 5- Percolation or hydrodiffusion
- 6- Extraction by _{supercritical} CO₂
- 7- Extraction by differential centrifugation
- 8- Turbodisllation
- 9- Pressurized hydrodistillation
- 10- Maceration
- 11- Extraction by organic solvent
- 12- Solid phase extraction
- 13- Solid phase extraction SPE
- 14- Solid Phase Microextraction (SPME)
- 15- Different solid phase micro extraction methods on different matrices
- 16- Liquid –liquid extraction (LLE) (principle –phenomena involved...)
- 17- Extraction by column chromatography
- 18- Filtration, decoction and iInfusion

Chapter III: Application of extraction methods on biological matrices (blood; urines, plants ...etc)

Chapter IV: Application of extraction methods on antioxidants from functional foods

- 1- Definition of antioxidants
- 2- Different classes of antioxidants and their roles in plant and human health
- 3- Different classic and innovative methods for extracting antioxidants
- 4- Antioxidant tests

References (Books and handouts, websites, etc).

Title of the Master's: Pharmaceutical Chemistry

Semester: 1

EU Title: Teaching Unit Methodology

Title of the subject: Biochemistry- Microbiology

Objectives of teaching.

This UE explores the realization of selective, even specific organic syntheses thanks to enzymatic catalysis. After reminders of stereochemistry (enantiomer, diastereomer, prochirality...), the enzymatic kinetics will be addressed.

Recommended prior knowledge.

Biochemistry, Stereochemistry, concepts of chromatography, principles of analytical chemistry and the basics of organic synthesis.

Content of the material:

Part 1: Biochemistry

Chapter 1: Carbohydrates. Series ribose and glucose. Definition, nomenclature and structural study. Reactivity of monosaccharides. Polysaccharides. Applications.

Chapter 2: Amino acids, peptides and proteins. Definition and structural study. Peptide synthesis. Characteristic identifications of peptides.

Chapter 3: Lipids: Fatty acids, glycerides, glycerophospholipids, steroids, sterols...

Chapter 4: Enzymology: Classification, influence of temperature and pH on enzyme activity, relative specificity and absolute specificity, activators and inhibitors.

Part 2: Microbiology

Chapter1: Introduction to Pharmaceutical Microbiology

- Microorganisms of pharmaceutical interest: bacteria, fungi, viruses, yeasts.
- Role of microbes in the production of drugs (antibiotics, vaccines, enzymes).
- Microbiology of the environment: control of contaminants in pharmaceutical plants.

Chapter 2: Fundamental Microbiology

- Microbial structure and physiology: Cell wall (Gram+/Gram), membranes, metabolism. Mechanisms of resistance to antibiotics.
- Microbial genetics: **Horizontal gene transfer (plasmids, transposons). Mechanisms of mutation and impact on resistance.**

Chapter3: Applied Pharmaceutical Microbiology

- **Antimicrobials:** (e.g. penicillin, cephalosporins).
- **Sterilization and preservation:**
- **Microbiological quality control**

Chapter 4: Microbial biotechnology

- Production of drugs by fermentation: **(e.g. production of insulin, monoclonal antibodies). Secondary metabolites (e.g. statins, immunosuppressants).**
- Metabolic engineering: **Modification of strains to improve yield (e.g. E. coli, Saccharomyces cerevisiae).**
- **Vaccines: Attenuated, subunit mRNA vaccines (role of viral vectors).**

Practical work:

- Introduction to microbiology and handling instructions in the microbiology laboratory
- Microscopic observation of microorganisms from different sources
- Single and double staining (Gram stain)
- Preparation of culture media (solid, liquid and empirical)
- Studies of anti-inflammatory, antimicrobial, antioxidant, antifungal activities ...

References (Books and handouts, websites, etc).

Title of the Master's: Pharmaceutical Chemistry

Semester: 1

EU Title: Teaching Unit Methodology

Title of the material: TP Physico-chemical extraction and analysis methods

Objectives of teaching.

Provide the student with appropriate knowledge to choose the most appropriate analytical method for the analysis of a drug (raw material, related substances, pharmaceutical specialties) according to pharmacopoeial methods.

Recommended prior knowledge.

Notions of organic chemistry and physico-chemical analysis techniques

Content of the subject: (According to the means made available to the teaching team)

Part 1: Extraction methods

TP1: Initiation to practical work on extraction methods

TP 2: Isolation and characterization of an alkaloid from a plant. Case of caffeine extraction from tea.

TP 3: Extraction of essential oils by a conventional method. Extraction by hydrodistillation of essential oil from fennel grains.

TP 4: Extraction of essential oils by an innovative method. Microwave-assisted extraction of essential oil from fennel grains.

TP 5: Interpretation of the results of analysis by GC MS of an essential oil from fennel seeds extracted by hydrodistillation.

Part 2: Physico-chemical analysis methods

TP1- Determination of folic acid by colorimetry.

Control of the active ingredient content of a drug by colorimetric assay

TP2- Potentiometric titration of an active ingredient in aqueous and non-aqueous media. Control of the substance content in the raw material by potentiometric determination in an aqueous medium. Determination of arginine aspartate in a non-aqueous medium.

TP3- Infrared spectroscopy: Application to the identification of active ingredients. Study of infrared spectra of known compounds, comparison of the IR spectrum of the studied substance with that of the reference substance (SCR).

TP4- Volumetric dosage of Resorcinol. Determination of resorcinol purity by back titration.

References (Books and handouts, websites, etc).

Title of the Master's: Pharmaceutical Chemistry

Semester: 1

Title of the EU: Discovery Teaching Unit

Title of the material: Chemical reactors and bioreactors

Objectives of teaching.

Provide the student with basic notions related to chemical, enzymatic and biochemical reactors

Recommended prior knowledge.

Basic knowledge of transfer phenomena and reaction rates

Content of the material:

Chapter I: General information on reactors

Chapter II: Chemical reactors

- Single-phase batch chemical reactor (Batch reactor/ Stirred Tank Reactor)
- Mixed flow reactor/ Continuous Stirred Tank Reactor
- Plug flow reactor

Chapter III: Enzyme reactors (Writing the material balance in the different modes of enzyme reactors (STR and CSTR), kinetics, type of inhibition ...)

Chapter IV: Biological reactors: fermenters or bioreactors

- Writing of the material balance in the different modes of fermenters
- Study of the performance of a fermentation culture for the industrial production of primary and secondary metabolites (antibiotics, toxins, hormones...)

References (Books and handouts, websites, etc).

Title of the Master's: Pharmaceutical Chemistry

Semester: 1

Title of the EU: Discovery Teaching Unit

Subject title: Pharmaceutical legislation and ethics

Objectives of teaching.

Acquire the legal and regulatory bases specific to the pharmaceutical sector; the registration and marketing of medicines; integrate the principles of ethics, deontology and responsibility into pharmaceutical practices.

Recommended prior knowledge.

General information on medicines

Content of the material:

Chapter I: Legal frameworks and pharmaceutical regulation

- Sources of pharmaceutical law
- Legal status of medicines: originals, generics
- Dénomination des médicaments
- Monopole pharmaceutique
- Cadre réglementaire algérien : lois et textes en vigueur
- Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) : dossier CTD, procédures d'enregistrement et de commercialisation

Chapitre II : Bonnes pratiques pharmaceutiques

- Généralités sur les bonnes pratiques de fabrication (BPF)
- Locaux et les équipements de production
- Méthodes et les procédures
- Assurance qualité et le contrôle qualité
- Validation et la qualification

Chapitre III : Éthique, déontologie et responsabilités professionnelles

- Fondements et distinctions : morale, éthique, déontologie et responsabilité professionnelle
- Cadre réglementaire et charte d'éthique dans le secteur pharmaceutique
- Responsabilités professionnelles : rôles du directeur technique, de production et du contrôle qualité
- Applications de l'éthique et de la déontologie dans le contexte pharmaceutique

Chapitre IV : Réglementations relatives à l'hygiène et à la sécurité dans l'industrie pharmaceutique

- Classification des risques professionnels dans l'industrie pharmaceutique
- Réglementation et normes en vigueur
- Déontologie professionnelle et prévention des risques
- Gestion des situations d'urgence et plans d'intervention

Références (Livres et polycopiés, sites internet, etc).

Intitulé du Master : Chimie Pharmaceutique**Semestre : 1****Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Transversale****Intitulé de la matière : Intelligence artificielle et Machine Learning 1****Objectifs du cours.**

Introduire les bases de l'IA et de l'apprentissage automatique (Machine Learning), en se concentrant sur leurs applications dans les sciences de la matière. Les étudiants comprendront les concepts fondamentaux de la modélisation basée sur les données et comment appliquer les techniques de l'apprentissage automatique pour résoudre des problèmes du monde réel.

Contenu du cours :

- **Chapitre 1 : Introduction à l'IA et à l'apprentissage automatique**
 - Aperçu de l'IA et de ses applications.
 - Importance des données dans l'IA et l'apprentissage automatique.
- **Chapitre 2 : Concepts de base de l'apprentissage automatique**
 - Apprentissage supervisé ou non supervisé.
 - Algorithmes clés de l'apprentissage automatique : régression, classification, regroupement.
 - Mesures d'évaluation (MAE, R², précision).
- **Chapitre 3 : Collecte et traitement des données**
 - Ingénierie des caractéristiques et techniques de prétraitement des données.
 - Traitement de l'ajustement excessif et de l'ajustement insuffisant.
 - Bases de données sur les matériaux : Materials Project, OQMD, AFLOW.
- **Chapitre 4 : Apprentissage automatique (Machine Learning) pratique en sciences de la matière**
 - Étude de cas : Prédiction des propriétés des matériaux (bande interdite, etc.).
 - Utilisation de modèles d'apprentissage automatique pour des tâches simples de classification et de régression.
- **Chapitre 5 : Fondements de l'apprentissage profond**
 - Introduction aux réseaux neuronaux.
 - Principaux cadres d'apprentissage profond : TensorFlow, Keras, PyTorch.
 - Application : Prédiction de la structure cristalline à l'aide de réseaux neuronaux.

Bibliographie :

- "*Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow*" by Aurélien Géron (focuses on practical applications of machine learning)
- "*Pattern Recognition and Machine Learning*" by Christopher M. Bishop (provides theoretical foundations of ML)

Outils et bibliothèques :

- Python, Jupyter Notebooks
- Scikit-learn, Pandas, Matplotlib
- Materials science tools: Matminer, Pymatgen

Intitulé du Master : Chimie Pharmaceutique**Semestre : 2****Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Fondamentale****Intitulé de la matière : Synthèse asymétrique****Objectifs de l'enseignement.**

Comprendre les principes fondamentaux de la stéréochimie et l'importance de la chiralité dans les systèmes biologiques et les médicaments. Maîtriser les différentes stratégies de synthèse asymétrique.

Connaissances préalables recommandées.

Bases de la chimie organique

Contenu de la matière :**Chapitre I : Concepts de stéréochimie**

Chiralité et éléments de symétrie, exemples de molécules chirales (allènes, spiranes, atropoisomères : biphenyles), détermination des configurations absolues, énantiomérie, diastéréoisomérie.

Chapitre II : Généralités, différents types de réactions (racémisation, épimérisation, stéréospécifique, régiosélective, stéreosélective).**Chapitre III : Obtention des composés optiquement purs.**

- 1- Dédoublement d'un racémique (résolution d'un racémique)
- 2- Dédoublement cinétique et thermodynamique
- 3- Utilisation des enzymes
- 4- Prochiralité, pureté optique, excès énantiomérique.

Chapitre IV : Synthèse asymétrique

Principe général, Auxiliaire chiral, réactif chiral, catalyseur chiral.

Chapitre V : Induction Asymétrique

- 1- Réaction énantiosélective et diastérosélective, Règles de Cram, de Prelog, de Cornforth.
- 2- Alkylation de cétones
- 3- Aldolisation de cétones
- 4- Réduction de cétones (catalyseur chiral)
- 5- Addition sur la double liaison

Chapitre VI : Transfert Asymétrique

- 1- Intermoléculaire
- 2- Intramoléculaire

Chapitre VII : Composés organophosphorés et composés organosilylés en synthèse asymétrique

Références (Livres et polycopiés, sites internet, etc).

Intitulé du Master : Chimie Pharmaceutique

Semestre : 2

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Fondamentale

Intitulé de la matière : Pharmacognosie - Phytochimie

Objectifs de l'enseignement.

Ce module permet d'acquérir les connaissances de base sur les substances naturelles thérapeutiques, leurs propriétés pharmacologiques et leurs utilisations.

Connaissances préalables recommandées.

Notions sur les molécules bioactives d'origine naturelle

Contenu de la matière :

Chapitre I : Introduction à la Pharmacognosie

Importance des substances naturelles en thérapeutique

Historique de l'usage des matières premières naturelles en tant que médicaments

Etat actuel de l'usage des substances naturelles et perspectives

Définition des termes : Pharmacognosie, Phytothérapie, plante médicinale, drogue végétale, transformations

Introduction aux métabolites primaires et secondaires

Définition des 2 types de métabolisme

Rôles des métabolites primaires et secondaires (ex. des végétaux)

Diversité structurale des métabolites secondaires

Utilisations/Applications des métabolites primaires et secondaires

Chapitre II : Polyphénols

Définition

Structures/Diversité

Principales voies de biogénèses : voie du shikimate / voie des polyacétates

Principales classes de polyphénols :

Composés dérivés de la voie du shikimate : acides phénols, coumarines, lignanes

Voies de biogénèse, propriétés pharmacologiques, principales drogues et emplois.

Composés dérivés de la voie des acétates : anthraquinones

Voies de biogénèse, propriétés pharmacologiques, principales drogues et utilisations en thérapeutique.

Composés dérivés de voies mixtes :

Polyphénols d'origine mixte shikimate / acétate (flavonoïdes, flavonolignanes)

Terpénophénols (furano/pyranocoumarines, naphtoquinones, cannabinoïdes)

Les flavonoïdes

Structures, Voies de biogénèse

Rôles et intérêts pour la plante et pour l'Homme

Exemples de plantes, emploi des drogues

Les tanins

Définition

Structures/Classification

Biogénèse

Distribution dans le règne végétal, propriétés biologiques, utilisations

Chapitre III : Terpénoïdes

Introduction

Etapes communes à la biosynthèse

Monoterpènes réguliers et sesquiterpènes : huiles essentielles

Définition, Répartition, Composition chimique, Propriétés pharmacologiques, Toxicité, Emploi

Principales drogues à HE

Diterpènes

Généralités, Biogénèse, Répartition, Intérêts

Plantes à diterpènes utilisées en pharmacie, plantes toxiques à diterpènes

Triterpènes et stéroïdes

Généralités, Biogénèse, Structure des hétérosides, Propriétés pharmacologiques, Intérêts des plantes à saponines

Emploi des drogues à triterpènes, plantes toxiques à triterpènes

Chapitre IV : Alcaloïdes

Caractères généraux des Alcaloïdes

Définition

Etat naturel, répartition, rôle dans la plante

Constitution chimique et classification

Biogénèse

Propriétés pharmacologiques

Exemple des alcaloïdes dérivés du tryptophane, de la phénylalanine, de l'ornithine...

Références (Livres et polycopiés, sites internet, etc).

Intitulé du Master : Chimie Pharmaceutique

Semestre : 2

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Fondamentale

Intitulé de la matière : Méthodes séparatives chromatographiques et électrophorétiques

Objectifs de l'enseignement.

Principe de base des méthodes chromatographiques et des différents types d'électrophorèses. Fournir à l'étudiant les connaissances appropriées pour choisir la méthode analytique la plus adéquate dans le cadre de l'analyse qualitative et quantitative d'un médicament (matière première, substances apparentées, spécialités pharmaceutiques) selon les méthodes pharmacopées ou autres.

Connaissances préalables recommandées.

Chimie organiques et méthodes spectroscopiques d'analyse.

Contenu de la matière :

Chapitre I : Généralités sur les techniques chromatographiques

Définitions, historique, principe, classification des méthodes chromatographiques, théorie de base et grandeurs fondamentales, théorie des plateaux théoriques, théorie cinétique...

Chapitre II : Chromatographie en phase gazeuse

Principe, appareillage, grandeurs spécifiques

Chapitre III : Chromatographie Liquide à Haute Performance

Principe, appareillage, dernières avancées en chromatographie liquide

Chapitre IV : Les différents types de chromatographie en phase liquide

Chromatographies d'adsorption, de partage, d'exclusion stérique, d'échange d'ions et d'affinité. (Principes, théories et applications pour chaque type)

Chapitre V : Chromatographie en phase supercritique

Principe, appareillage et exemples d'application

Chapitre VI : Méthodes d'analyse quantitative

Ajouts dosés, normalisation interne, étalonnage externe et étalonnage interne. (Théorie et applications)

Chapitre VII : Techniques électrophorétiques

1- Généralités, principe, instrumentation et différents types d'électrophorèse

2- Électrophorèse capillaire (principe, théorie et applications)

3- Electrochromatographie (instrumentation, théorie, applications)

Chapitre VIII : Techniques miniaturisées

Principe, instrumentation, applications (Micro-LC, Nano-LC....)

Chapitre IX : Électrophorèse capillaire et chromatographie chirales

(Généralités sur les séparations chirales, mise en œuvre et exemples d'application)

Références (Livres et polycopiés, sites internet, etc).

Intitulé du Master : Chimie Pharmaceutique

Semestre : 2

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Fondamentale

Intitulé de la matière : Chimie inorganique pharmaceutique

Objectifs de l'enseignement.

Ce module a pour but de présenter les éléments du tableau périodique et leurs rôles biologique et pharmacologique. Le programme est centré sur les oligoéléments présents dans l'organisme et l'importance de la chimie inorganique dans le domaine médical

Connaissances préalables recommandées.

Notions de chimie Inorganique acquise lors du cursus de la licence

Contenu de la matière :

Chapitre I : Éléments du bloc s et p

Etude générale des propriétés des éléments par groupe de la classification périodique

Rôle biologique et usages pharmaceutiques

-Alcalins : Lithium , Sodium, Potassium

-Alcalino-terreux : Calcium, Magnésium

-Groupe III : Bore, Aluminium

-Groupe IV : Carbone, Silicium, Géermanium.

-Groupe V : Azote, Phosphore, Arsenic, Bismuth

-Chalcogènes : Soufre, Sélénium

-Halogènes : Chlore, Iode

Chapitre II : Éléments du Bloc d

- Métaux de transition en milieu bioinorganique : Éléments essentiels, éléments toxiques

- Composés de coordination dans le domaine bioinorganique : *cis*-platine et cancer, Nickel et uréase, Cobalt et vitamine B₁₂, Manganèse et métalloprotéine, Zinc et métalloenzyme, Gadolinium et IRM.

- Étude particulière du Fer : distribution, rôle

- Composés de coordination dans le domaine pharmacologique

- Étude particulière du Platine : Structure des complexes de platine, propriétés antitumorales

Chapitre III : Radiopharmaceutique

Cette partie concerne la production de radioéléments utilisés en médecine et en biologie et la préparation de radiopharmaceutiques à usage diagnostique et thérapeutique

-Rappels des notions de radioactivité

-Méthodes de production des radioéléments

-Les radiopharmaceutiques à base de Technétium, Fluor et Iode

Références (Livres et polycopiés, sites internet, etc).

Intitulé du Master : Chimie Pharmaceutique**Semestre : 2****Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Méthodologie****Intitulé de la matière : Modélisation moléculaire - Drug Design & IA****Objectifs de l'enseignement.**

Cet enseignement a pour objectif une initiation à la modélisation moléculaire en utilisant les méthodes de la chimie quantique et de la mécanique moléculaire.

Initiation aux méthodes du Drug Design

Connaissances préalables recommandées.

Connaissance de bases en chimie quantique.

Maîtrise de l'outil informatique et base de l'intelligence artificielle

Contenu de la matière : Contenu enseigné en cours et appliqué en TD et TP

Chapitre I : Méthodes de mécanique moléculaire

- Définitions et concepts de base
- Énergies d'interaction moléculaires
- Types de champs de forces utilisés en mécanique moléculaire
- Avantages et limites des méthodes de mécanique moléculaire

Chapitre II : Méthodes de mécanique quantique

- Présentation générale des méthodes de mécanique quantique
- Méthodes de Hartree-Fock (HF) : avantages et limites
- Méthodes semi-empiriques : avantages et limites
- Énergie de corrélation et méthodes post-HF (IC et MP) : avantages et limites
- Méthodes de fonctionnelle de la densité (DFT) : théorèmes de Hohenberg et
- Kohn, formalisme de Kohn-Sham (KS), différents types d'approches (LDA, GGA, m-GGA), méthodes hybrides

Chapitre III : Modélisation moléculaire et optimisation des ligands

- Mécanique moléculaire et dynamique moléculaire
- Optimisation géométrique, champs de force
- Visualisation 3D (Avogadro, PyMOL, UCSF Chimera)
- Approches quantiques et semi-empiriques pour l'optimisation des ligands

Chapitre IV : Docking moléculaire et criblage virtuel

- Notions de récepteurs/ligands, poches actives
- Méthodes d'amarrage moléculaire (docking) pour l'étude des interactions ligand-récepteur
- Algorithmes et logiciels de docking (AutoDock, Glide, GOLD)
- Criblage virtuel de chimiothèques pour l'identification de nouveaux candidats-médicaments

Chapitre V : Relation structure-activité/propriété (QSAR/QSPR) classiques et assistés par IA

- Calcul de descripteurs
- QSAR linéaire (régression multiple, PLS)
- QSPR pour solubilité, toxicité, perméabilité

- Intelligence artificielle et apprentissage automatique appliqués au QSAR/QSPR

Chapitre VI : L'IA et Drug Design

- Supervised Learning : SVM, k-NN, régressions, arbres
- Évaluation : cross-validation, confusion matrix, ROC-AUC
- Traitement de jeux de données (ZINC, ChEMBL)

Chapitre VII : Deep Learning en Drug Design

- Réseaux de neurones (DNN) pour prédiction de bioactivité
- Apprentissage par transfert (Transfer learning)
- Initiation à PyTorch ou TensorFlow

Références (Livres et polycopiés, sites internet, etc).

- D. Roux, Bioinformatique : Méthodes et Applications, 3ème édition, Dunod, 2016.
- G. Zundel, Chimie théorique et ses applications en pharmacochimie, Éditions Tec & Doc, 2018.
- A. Leach, Molecular Modelling: Principles and Applications, 2nd Edition, Pearson, 2001.
- R. M. Silverman, The Organic Chemistry of Drug Design and Drug Action, 3rd Edition, Academic Press, 2014.

Intitulé du Master : Chimie Pharmaceutique

Semestre : 2

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Méthodologie

Intitulé de la matière : Contrôle qualité des formes pharmaceutiques et techniques séparatives

Objectifs de l'enseignement.

Maitrise des tests physico-chimiques, analytiques et mécaniques employés pour le contrôle des différentes formes galéniques selon les méthodes pharmacopées ou autres.

Connaissances préalables recommandées.

Chimie organiques et méthodes spectroscopiques d'analyse.

Contenu de la matière : Contrôle qualité des formes pharmaceutiques

Chapitre I : Contrôle qualité des médicaments - Pharmacopées : généralités et référentiels

Chapitre II : Procédés d'échantillonnage sur matières premières, produits intermédiaires et produits finis : Identification, caractères organoleptiques et essais (substances apparentées, cendres sulfuriques, métaux lourds, pouvoir rotatoire spécifique, perte à la dessiccation, propriétés rhéologiques ...).

Chapitre III : Méthodes de contrôle des formes parentérales (isotonicité, neutralité, apyrogénicité, stérilité, innocuité ...)

Chapitre IV : Tests pharmacotechniques

Chapitre V : Stabilité des médicaments - les tests de prédiction de la durée de validité des médicaments (notion des conditions de stress et loi d'Arrhenius). Interaction contenu-contenant

Chapitre VI : Profil de dissolution (étude comparative entre princeps et générique)

Chapitre VII : Analyse des monographies de quelques médicaments

Travaux pratiques : (Suivant les moyens mis à la disposition de l'équipe pédagogique)

Partie 1 : Contrôle qualité des formes pharmaceutiques

TP1 : Contrôle de matières premières à usage pharmaceutique (Caractères organoleptiques, identification, essais limites et dosage).

TP2 : Contrôle physico-chimique de quelques formes pharmaceutiques (dosage de principe (s) actif (s) et identification des excipients).

TP3 : Contrôle pharmaco-technique des formes pharmaceutiques solides.

TP4 : Etude d'équivalence in vitro : profil de dissolution d'un médicament générique et son princeps.

TP5 : Réalisation des principales formes pharmaceutiques : gélules, suspensions, pommades, suppositoires...

Partie 2 : Techniques séparatives

TP1 : Extraction et séparation par chromatographie sur colonne et CCM.

TP2 : Analyse d'esters méthyliques d'acides gras d'huiles comestibles par chromatographie en phase gazeuse capillaire.

TP3 : Dosage simultané du principe actif et des excipients d'une forme pharmaceutique par HPLC, interprétation des chromatogrammes obtenus.

TP4 : Séparation et analyse quantitative par HPLC à polarité de phase normale.

TP5 : Séparation et analyse quantitative par HPLC à polarité de phase inverse (appliquer une méthode de quantification différente de celle utilisée dans le TP n°4)

Références (Livres et polycopiés, sites internet, etc).

Intitulé du Master : Chimie Pharmaceutique

Semestre : 2

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Découverte

Intitulé de la matière : Catalyse organométallique

Objectifs de l'enseignement.

Maîtriser les principes de la chimie organométallique appliquée à la synthèse de médicaments, comprendre les mécanismes de la catalyse homogène et hétérogène, appliquer ces connaissances à des cas concrets de synthèse pharmaceutique

Connaissances préalables recommandées.

Chimie organique et chimie inorganique.

Contenu de la matière :

Chapitre I : Généralités sur les complexes organométalliques (Les complexes des métaux de transition, Le métal de transition, Les ligands, Classification des ligands)

Chapitre II : Nature de la liaison dans un complexe organométallique (Interactions σ et π , Orbitales du métal, Énergie des orbitales, Orbitales des ligands, Liaison métal-ligand : ligands σ -donneurs et π -accepteurs)

Chapitre III : Réactions de base en chimie organométallique (Substitution de ligands, Élimination non réductrice, Addition oxydante, Addition non oxydante, Élimination réductrice, Couplage oxydant et découplage réducteur, Insertion, Extrusion-désinsertion)

Chapitre IV : Familles de complexes organométalliques (Complexes d'hydrures et complexes de dihydrogène, Liaison σ métal-carbone, Complexes carbonylés des métaux, Complexes π métal-alcène et métal-alcyne, Complexes à liaisons métal-carbone multiples, Classification et modes de liaison)

Chapitre V : Application de catalyseurs organométalliques dans la synthèse de molécules d'intérêt pharmaceutique

Références (Livres et polycopiés, sites internet, etc).

Intitulé du Master : Chimie Pharmaceutique

Semestre : 2

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Transversale

Intitulé de la matière : Intelligence artificielle et Machine Learning 2

Objectifs du cours.

S'appuyer sur les techniques de base de l'apprentissage automatique (Machine Learning) pour introduire l'apprentissage profond, les réseaux neuronaux et les concepts avancés d'apprentissage automatique pour les applications en sciences de la matière. Les étudiants approfondiront leur compréhension de la découverte et de la conception de matériaux basées sur l'IA.

Contenu du cours :

- **Chapitre 1 : Modèles basés sur les graphes dans les sciences de la matière**
 - Les matériaux sont des graphes : atomes = nœuds, liaisons = arêtes.
 - Réseaux convolutionnels de graphes de cristaux (CGCNN).
 - Étude de cas : Prévision des énergies de formation.
- **Chapitre 2 : Modèles génératifs pour la conception de matériaux**
 - Introduction aux réseaux adversariaux génératifs (GAN) et aux auto-encodeurs variationnels (VAE).
 - Application : Conception de nouveaux matériaux et molécules.
- **Chapitre 3 : Évaluation des modèles et interprétabilité**
 - Techniques d'évaluation des modèles d'apprentissage profond : validation croisée, surajustement.
 - Interprétation des modèles avec SHAP et LIME.
- **Chapitre 4 : Techniques avancées de ML**
 - Modèles d'ensemble (Random Forests, XGBoost, LightGBM).
 - Modèles avancés de régression et de classification.
 - Réduction de la dimensionnalité : ACP, t-SNE, UMAP.
- **Chapitre 5 : Applications avancées en sciences de la matière**
 - Conception inverse pour la découverte de matériaux à l'aide de l'IA.
 - Prédiction des propriétés des matériaux (modules élastiques, supraconductivité, etc.).
 - Modélisation multi-échelle : combinaison de l'IA avec la dynamique moléculaire ou la théorie de la fonctionnelle de la densité (DFT).
- **Chapitre 6 : Mini-Projet de spécialisation (Capstone Project)**
Les étudiants réaliseront un projet dans lequel ils appliqueront l'IA/ML pour résoudre un problème en sciences de la matière, en utilisant les compétences acquises tout au long du semestre.

Outils et bibliothèques :

- Python, Jupyter Notebooks
- TensorFlow, PyTorch
- Matminer, Pymatgen

Bibliographie :

- "*Deep Learning*" by Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville (*a comprehensive introduction to deep learning*)
- "*Deep Learning with Python*" by François Chollet (*applies Keras for hands-on deep learning projects*)
- "*Machine Learning for Materials Science*" by Jha et al. (*directly relates to AI in materials science*)
- "*Data Science for Materials Discovery*" by K. A. Persson, et al. (*focused on machine learning applications in materials science*)
- "*Materials Informatics: Methods, Tools, and Applications*" by Rajiv S. Mishra (*further extends ML into material discovery*)