

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

نموذج مطابقة و مواءمة

عرض تكوين
ماستر أكاديمي

2026 – 2025

التخصص	الشعبة	ميدان
كيمياء تحليلية	كيمياء	علوم المادة

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Canevas de mise en conformité et harmonisation

OFFRE DE FORMATION

L.M.D. MASTER ACADEMIQUE

2025 – 2026

Domaine	Filière	Spécialité
SCIENCES DE LA MATIERE	CHIMIE	Chimie Analytique

Master Chimie Analytique

Semestre 1 :

Unité d'Enseignement	Matières	VHS 15 semaines	V.H hebdomadaire			Autres*	Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	Intitulé		Cours	TD	TP				CC	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1 Crédits : 18 Coefficient : 09	Electrochimie Analytique	67h30	3h	1h30		82h30	3	6	33%	67%
	Techniques d'Analyses Chromatographiques	45h00	1h30	1h30		55h00	2	4	33%	67%
	Chimie-Physique des Surfaces et Interfaces	45h00	1h30	1h30		55h00	2	4	33%	67%
	Multi-équilibres en solution	45h00	1h30	1h30		55h00	2	4	33%	67%
UE Méthodologie Code : UEM 1 Crédits : 9 Coefficient : 5	Programmation en chimie analytique	22h30			1h30	27h30	1	2	50%	50%
	Méthodes d'analyses Chromatographiques	45h00			3h00	55h00	2	4	50%	50%
	Applications électrochimiques	22h30			1h30	27h30	1	2	50%	50%
	Intelligence artificielle et Machine Learning 1	15h00			1h00	10h00	1	1	50%	50 %
UE Découverte Code : UED 1 Crédits : 2 Coefficient : 2	Analyses liées à l'environnement	45h00	1h30	1h30		5h00	2	2	33%	67%
UE Transversale Code : UET 1 Crédits : 1 Coefficient : 1	Synthèse bibliographique et rédaction	22h30	1h30			2h30	1	1		100%
Total Semestre 1		375h00	10h30	7h30	7h00	375h00	17	30		

Master Chimie Analytique

Semestre 2 :

Unité d'Enseignement	Matières	VHS 15 semaines	V.H hebdomadaire			Autres	Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	Intitulé		Cours	TD	TP				CC	Examen
UE Fondamental Code : UEF 2 Crédits : 18 Coefficient : 9	Méthodes d'analyses spectroscopiques	67h30	3h00	1h30		82h30	3	6	33%	67%
	Cinétique chimique avancée	45h00	1h30	1h30		55h00	2	4	33%	67%
	Méthodes cristallographiques et microscopiques	45h00	1h30	1h30		55h00	2	4	33%	67%
	Méthodes séparatives avancées	45h00	1h30	1h30		55h00	2	4	33%	67%
UE Méthodologie Code : UEM2 Crédits : 9 Coefficient : 5	Qualifications et validations analytiques	45h00	1h30		1h30	55h00	2	4	50%	50%
	Analyses spectroscopiques	45h00			3h00	55h00	2	4	50%	50%
	Intelligence artificielle et Machine Learning 2	15h00			1h00	10h00	1	1	50%	50%
UE Découverte Code : UED2 Crédits : 2 Coefficient : 2	Nanomatériaux	22h30	1h30			2h30	1	1		100%
	Exploration de logiciels libre et open source de la spécialité	22h30			1h30	2h30	1	1	50%	50%
UE Transversal Code : UET2 Crédits : 1 Coefficient : 1	Management de la qualité et normalisation	22h30	1h30			2h30	1	1		100%
Total Semestre 2		375h00	12h00	6h00	7h00	375h00	17	30		

Master Chimie Analytique

Semestre 3 :

Unité d'Enseignement	Matières	VHS 15 semaines	V.H hebdomadaire			Autres	Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	Intitulé		Cours	TD	TP				CC	Examen
UE Fondamental Code : UEF 3 Crédits : 18 Coefficient : 9	Analyse d'échantillons complexes : Préparation et traitement	67h30	3h00	1h30		82h30	3	6	33%	67%
	Techniques de couplage analytique	45h00	1h30	1h30		55h00	2	4	33%	67%
	Chimométrie, analyse statistique des données et plans d'expériences	45h00	1h30	1h30		55h00	2	4	33%	67%
	Electrochimie appliquée	45h00	1h30	1h30		55h00	2	4	33%	67%
UE Méthodologie Code : UEM3 Crédits : 9 Coefficient : 5	Introduction à la formulation	45h00	1h30		1h30	55h00	2	4	50%	50%
	Préparation d'échantillons : Echantillonnage, extraction et analyse	45h00			3h00	55h00	2	4	50%	50%
	Plans d'expériences	15h00			1h00	10h00	1	1	50%	50%
UE Découverte Code : UED3 Crédits : 2 Coefficient : 2	Capteurs chimiques	45h00	1h30	1h30		05h00	2	2	33%	67%
UE Transversal Code : UET3 Crédits : 1 Coefficient : 1	Entrepreneuriat, Startup et Innovation	22h30	1h30			2h30	1	1		100%
Total Semestre3		375h00	12h00	7h30	5h30	375h00	17	30		

Les programmes des semestres

Adapter le programme des cours et travaux dirigés (TD) en fonction du volume horaire hebdomadaire présentiel (VHH présentiel) et du volume horaire hebdomadaire personnel (VHH personnel).

Semestre : 1

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Electrochimie Analytique

Objectifs de l'enseignement :

- ✚ Maîtriser les concepts fondamentaux de l'électrochimie
- ✚ Comprendre les principales techniques d'électrochimie analytique
- ✚ Développer et évaluer des méthodes d'analyse électrochimique
- ✚ Appliquer les techniques électrochimiques à des cas réels
- ✚ Connaître les capteurs électrochimiques et leurs applications
- ✚ Développer des compétences expérimentales et critiques

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Rappels et fondements de l'électrochimie (2 semaines)

- Systèmes électrochimiques : électrodes, cellules, potentiels
- Réactions rédox, demi-équations, électrons échangés
- Nernst, électrodes de référence, convention des potentiels
- Diagrammes d'Ellingham, prédiction de la spontanéité

Chapitre 2 : Techniques potentiométriques (2 semaines)

- Principe de la potentiométrie (sans passage de courant)
- Électrodes sélectives : pH, ions spécifiques
- Courbes de titrage potentiométrique
- Applications : dosage acido-basique, complexométrie, redox

Chapitre 3 : Techniques ampérométriques et voltampérométriques (3 semaines)

- Courant/temps/tension : loi de Faraday, courant de diffusion
- Polarographie, voltampérométrie linéaire, cyclique, différentielle
- Électrodes à goutte de mercure, électrodes solides
- Détection de métaux, d'antioxydants, d'espèces traces

Chapitre 4 : Techniques de conductimétrie (2 semaines)

- Conductivité des solutions électrolytiques
- Cellule de conductimétrie, constante de cellule
- Dosages conductimétriques : acide fort, base faible, précipitation

- Effets de la température, corrections

Chapitre 5 : Électrolyse et coulométrie (2 semaines)

- Électrolyse à courant constant ou à potentiel constant
- Dosage coulométrique primaire et secondaire
- Applications analytiques : titrage de Cl^- , SO_2
- Rendement de courant, surpotentiels

Chapitre 6 : Applications modernes de l'électrochimie analytique (2 semaines)

- Capteurs et biosenseurs électrochimiques
- Microélectrodes, électrochimie en flux, dispositifs portables
- Détection de polluants, électrochimie environnementale
- Couplage avec autres techniques (UV, HPLC, etc.)

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 33%, Examen 67%

Semestre : 1

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Techniques d'analyses Chromatographiques

Objectifs de l'enseignement :

- ✚ Comprendre les principes de séparation chromatographique en phase liquide et gazeuse.
- ✚ Identifier et comparer les différents modes chromatographiques avancés (HPLC, GC, UHPLC, SFC, etc.).
- ✚ Maîtriser les paramètres d'optimisation d'une séparation chromatographique.
- ✚ Interpréter les résultats chromatographiques et valider les méthodes.
- ✚ Utiliser les techniques de couplage chromatographie-détection (GC-MS, LC-MS, etc.).
- ✚ Appliquer les méthodes chromatographiques à des matrices complexes dans des contextes réels (environnement, pharmacie, agroalimentaire, etc.).

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Rappels de base et principes généraux de la chromatographie (2 semaines)

- Définition, historique et classification des techniques chromatographiques
- Équilibres de partition, mécanismes de séparation
- Notions de phase stationnaire/mobile, élution, rétention
- Paramètres chromatographiques de base : temps de rétention, résolution, efficacité

Chapitre 2 : Chromatographie liquide haute performance (CLHP ou HPLC) (3 semaines)

- Constitution d'un système HPLC : pompes, colonnes, détecteurs (UV, DAD, FL, MS)
- Phases stationnaires : colonnes C18, C8, échange d'ions, phases hydrophiles
- Modes d'élution : isocratique, gradient
- Méthodes de développement et validation
- HPLC analytique vs préparative

Chapitre 3 : Chromatographie en phase gazeuse (CPG) (3 semaines)

- Spécificités des analytes volatils ou dérivés
- Colonnes capillaires vs remplies, types de détecteurs (FID, ECD, MS)
- Dérivatisation : intérêt, méthodes
- Applications : solvants, alcools, polluants atmosphériques, arômes

Chapitre 4 : Techniques chromatographiques alternatives (2 semaines)

- Chromatographie sur couche mince (CCM-TLC)

- Chromatographie en fluide supercritique (SFC)
- Électrophorèse capillaire (CE)
- Chromatographie d'affinité et biochromatographie

Chapitre 5 : Développement, optimisation et validation d'une méthode chromatographique (2 semaines)

- Choix des phases, solvants, température, pH
- Étude de robustesse, spécificité, linéarité
- Calculs de validation : LOD, LOQ, précision, fidélité
- Normes ICH Q2, ISO/CEI 17025

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 33%, Examen 67%

Semestre : 1

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Chimie-physique des surfaces et Interfaces

Objectifs de l'enseignement :

- ✚ Comprendre les phénomènes physico-chimiques aux interfaces.
- ✚ Maîtriser les techniques de caractérisation des surfaces.
- ✚ Analyser les interactions entre matériaux et environnements.
- ✚ Appliquer les principes de la chimie des surfaces à des procédés industriels.
- ✚ Intégrer les connaissances pour concevoir des matériaux à propriétés de surface spécifiques.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 – Introduction à la Chimie des Surfaces (2 semaines)

- Définitions de surface, interface, et phase interfaciale
- Importance des phénomènes de surface en science des matériaux, catalyse, corrosion, adhésion, etc.
- Notions de tension superficielle, énergie de surface
- Différences entre surface solide, liquide et gazeuse

Chapitre 2 – Structure et propriétés des surfaces solides (3 semaines)

- Modèles cristallographiques de surface (surfaces idéales, reconstructions)
- Méthodes de préparation des surfaces (coupes, clivages, nettoyages)
- Réactivité chimique des surfaces
- États électroniques de surface

Chapitre 3 – Techniques expérimentales de caractérisation des surfaces (3 semaines)

- Microscopies (AFM, STM, MEB/SEM)
- Spectroscopies de surface : XPS, AES, SIMS
- Techniques de diffraction : LEED, RHEED
- Choix des techniques selon les informations recherchées

Chapitre 4 – Phénomènes d'adsorption (3 semaines)

- Adsorption physique vs adsorption chimique
- Isothermes d'adsorption (Langmuir, BET, etc.)
- Énergie d'adsorption et interactions adsorbat-substrat
- Applications : catalyse hétérogène, capteurs

Chapitre 5 – Interfaces solides/liquides et solides/gaz (3 semaines)

- Thermodynamique des interfaces
- Mouillage, angle de contact, hystérésis
- Interactions interfaciales : forces de Van der Waals, liaisons hydrogène, interactions électrostatiques
- Applications : revêtements, biomatériaux, nanotechnologies

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 33%, Examen 67%

Semestre : 1

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Multi-équilibres en solution

Objectifs de l'enseignement :

- ✚ Comprendre les principes des équilibres chimiques multiples en solution.
- ✚ Savoir formuler et résoudre les systèmes d'équilibres complexes.
- ✚ Maîtriser les notions de constantes d'équilibre et de diagrammes de distribution.
- ✚ Appliquer les concepts à des systèmes acido-basiques, complexes et de précipitation.
- ✚ Utiliser les outils de modélisation pour prédire le comportement des espèces en solution.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction aux Systèmes en Solution (2 semaines)

- Définition des solutions et des types de solutions (idéales et réelles)
- Propriétés colligatives des solutions
- Solubilité et diagrammes de solubilité
- La notion d'équilibre chimique en solution
- Introduction aux équilibres complexes en solution

Chapitre 2 : Théorie des Équilibres en Solution (3 semaines)

- Loi de Raoult et principes de la solution idéale
- Concept d'activités et de coefficients d'activité
- Développement des équations de Gibbs pour les solutions
- Application de la loi de Nernst à des solutions en équilibre
- Modélisation thermodynamique des équilibres en solution
- Prédiction du comportement des solutions réelles à partir de la théorie des activités

Chapitre 3 : Équilibres Acido-Basiques et Complexation (3 semaines)

- Équilibre acido-basique : constantes d'acidité (K_a , pK_a)
- Les courbes de titration acido-basique et leur interprétation
- Modèle de Bronsted-Lowry et Lewis
- Complexation : formation de complexes métalliques en solution
- Théorie de l'équilibre de complexation (constantes de stabilité)
- Application des équilibres acido-basiques et de complexation aux systèmes biologiques

Chapitre 4 : Équilibres de Précipitation et Solubilité (2 semaines)

- Principe de la solubilité et produit de solubilité (K_{sp})
- Diagrammes de solubilité et conditions d'équilibre de précipitation
- Effet des ions communs et des complexes sur la solubilité
- Précipitation sélective et applications analytiques
- La méthode du volume de précipitation pour déterminer la constante de solubilité

Chapitre 5 : Équilibres Redox en Solution (3 semaines)

- Équilibre redox : potentiel standard, équation de Nernst
- Réactions d'oxydoréduction en solution aqueuse
- Influence des facteurs thermodynamiques sur les équilibres redox
- Calcul du potentiel d'électrode et détermination de l'équilibre redox
- Applications des équilibres redox dans les batteries et les processus électrochimiques

Chapitre 6 : Applications Pratiques et Études de Cas (2 semaines)

- Études de cas réels : analyse des équilibres dans les procédés industriels (p. ex., métallurgie, traitement de l'eau, formulation pharmaceutique)
- Modélisation et simulations des équilibres multi-ions
- Applications des équilibres acido-basiques, de précipitation, et redox dans la conception de produits chimiques
- Résolution de problèmes pratiques : calculs et interprétation de données expérimentales

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 33%, Examen 67%

Semestre : 1

Intitulé de l'UE : Méthodologie

Intitulé de la matière : Programmation en chimie analytique

Objectifs de l'enseignement :

- ✚ Acquérir des bases solides en programmation avec Python.
- ✚ Automatiser des tâches de traitement de données en chimie analytique.
- ✚ Analyser, visualiser et interpréter des données expérimentales.
- ✚ Utiliser des bibliothèques spécialisées (NumPy, pandas, matplotlib, SciPy).
- ✚ Résoudre des problématiques analytiques par le codage.

Contenu de la matière : Travaux pratiques

TP 1 : Initiation aux Calculs mathématiques avec des logiciels informatiques (Excel, origine, matlab, python)

TP 2 : Statistiques descriptives de données analytiques (ANOVA) sous python

TP 3 : Modélisation mathématiques de données analytiques (utls statistiques, mathématique et graphique pour modéliser un phénomène chimique)

TP 4 : Etude comparative et modélisation de courbes d'étalonnages pour l'analyse de substances chimiques (SAA, UV, HPLC, CPG, CGMS...)

TP 5 : Programmation de l'analyse statistique multi variée sous python

TP 6 : Programmation de la résolution des problèmes d'analyses mathématiques (équations, systèmes d'équations, équations différentielles, systèmes d'équations différentielles, intégrales...) sous python

TP 7 : Utilisation des Librairies python pour l'analyse mathématique et graphique de données analytiques

TP 8 : Analyse intelligentes des spectres Infrarouge

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 50%, Examen 50%

Semestre : 1

Intitulé de l'UE : Méthodologie

Intitulé de la matière : Méthodes d'analyses Chromatographiques

Objectifs de l'enseignement :

L'étudiant sera capable de mettre en œuvre une méthode de séparation et d'analyse qualitative et quantitative de matrices liquides et solides.

Contenu de la matière : Travaux pratiques

TP 1 : Extraction et séparation des colorants du sirop de menthe : Chromatographie sur colonne et CCM.

TP 2 : Séparation des acides aminés par CCM

TP 3 : Séparation et identification d'agents anti bactériens par CCM

TP 4 : Identification et séparation des différents composants de l'huile de table par CCM

TP 5 : Séparation des médicaments vasodilatateurs : les nitrates aliphatiques, par CCM

TP 6 : Séparation de lectine du soja par chromatographie sur colonne

TP 7 : Isolation des triacylglycérols de l'huile de table par CCM

TP 8 : Identification des différents triacylglycérols de l'huile de table par CPG

TP 9 : Détermination de la composition d'essence sans plomb utilisant la CPG

TP 10 : Séparation et analyse quantitative des deux isomères du Crotamiton par CLHP à polarité de phase normale

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 50%, Examen 50%

Semestre : 1

Intitulé de l'UE : Méthodologie

Intitulé de la matière : Applications électrochimiques

Objectifs de l'enseignement :

Mettre en application les différentes notions liées à l'électrochimie acquises durant le cours.

Contenu de la matière : Travaux pratiques

TP1 : Mesure de Potentiel : Utilisation d'une électrode de référence et d'une électrode de travail pour

TP2 : mesurer le potentiel d'une solution étalon de référence.

TP3 : Réalisation et Étude d'une pile électrochimique Zn/Cu (pile Daniell)

TP4 : Dépôt électrochimique du cuivre sur une électrode

TP5 : Dosage d'oxydoréduction - Suivi potentiométrique

TP6 : Dosage d'oxydoréduction - Suivi par conductivité

TP7 : Courbe intensité de courant-potentiel

TP8 : Dosage potentiométrique

TP9 : Titration Potentiométrique

TP10 : Corrosion et protection cathodique du fer

TP11 : Mesure du pH par électrode électrochimique artisanale

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 50%, Examen 50%

Semestre : 1

Intitulé de l'UE : Méthodologie

Intitulé de la matière : Intelligence artificielle et Machine Learning 1

Objectifs de l'enseignement :

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 de la matière :

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, R^2 , 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.

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 50%, Examen 50%

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

Semestre : 1

Intitulé de l'UE : Découverte

Intitulé de la matière : Analyses liées à l'environnement

Objectifs de l'enseignement :

- ✚ Identifier les principaux polluants environnementaux et leurs sources.
- ✚ Maîtriser les techniques d'échantillonnage et de préparation des échantillons.
- ✚ Connaître et appliquer les méthodes d'analyse physico-chimique et spectroscopique.
- ✚ Interpréter les résultats analytiques en lien avec les normes environnementales.
- ✚ Proposer des stratégies de surveillance et de contrôle de la qualité de l'environnement.
- ✚ Contenu de la matière

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction aux analyses environnementales (3 semaines)

- Définitions et objectifs des analyses environnementales.
- Principales sources de pollution.
- Cadre réglementaire (UE, national).
- Typologie des analyses : qualitatives vs quantitatives, ponctuelles vs continues.

Chapitre 2 : Échantillonnage et préparation des échantillons (2 semaines)

- Plans d'échantillonnage : stratégies, fréquence, représentativité.
- Échantillonnage des sols, eaux, air et biote.
- Conservation, transport, et stockage des échantillons.
- Prétraitement : filtration, centrifugation, extraction, digestion.

Chapitre 3 : Techniques analytiques appliquées à l'environnement (4 semaines)

- Techniques de spectroscopie : UV-Visible, IR, AAS, ICP-OES, ICP-MS.
- Techniques chromatographiques : GC, HPLC, GC-MS.
- Méthodes électrochimiques : potentiométrie, voltammétrie.
- Biocapteurs et méthodes biologiques.
- Notions de validation des méthodes : sensibilité, répétabilité, justesse.

Chapitre 4 : Interprétation des données et incertitudes (3 semaines)

- Traitement statistique des données analytiques.
- Incertitude, exactitude, précision, limite de détection.
- Représentation graphique des résultats.
- Comparaison aux normes environnementales.

Chapitre 5 : Études de cas et applications (2 semaines)

- Analyse de cas concrets (données réelles) : pollution d'un cours d'eau, sols contaminés, qualité de l'air urbain. Travaux sur des rapports d'analyse.
- Visite virtuelle ou présentation d'un laboratoire d'analyse (de criminalistique par exemple).

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 33%, Examen 67%

Semestre : 1

Intitulé de l'UE : Transversale

Intitulé de la matière : Synthèse bibliographique et rédaction

Objectifs généraux :

- ✚ Maîtriser les techniques de recherche documentaire scientifique.
- ✚ Savoir sélectionner et synthétiser des informations issues de la littérature.
- ✚ Structurer un document scientifique (rapport, mémoire, article).
- ✚ Rédiger de façon claire, rigoureuse et académique.
- ✚ Appliquer les normes de citation et éviter le plagiat.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction à la recherche documentaire scientifique (2 semaines)

- Définition d'une synthèse bibliographique : types de documents (revue, rapport, mémoire...).
- Définition d'une problématique scientifique.
- Présentation des principales bases de données : Google Scholar, Scopus, Web of Science, PubMed, ScienceDirect, HAL, etc.
- Évaluation de la fiabilité des sources.

Chapitre 2 : Lecture et analyse des sources (2 semaines)

- Structure d'un article scientifique.
- Repérage des idées clés, hypothèses, méthodologies, résultats et limites.
- Fiches de lecture : résumé, positionnement, pertinence.
- Outils de gestion bibliographique : Zotero, Mendeley, EndNote.

Chapitre 3 : Méthodologie de la synthèse et construction du rapport (3 semaines)

- Techniques de synthèse : regroupement thématique, chronologique, méthodologique.
- Éviter la paraphrase ou l'énumération.
- Élaboration d'un plan : introduction, développement thématique, conclusion.
- Stratégie de structuration des paragraphes (idée directrice, argument, exemple, transition).

Chapitre 4 : Rédaction scientifique et normes de présentation (4 semaines)

- Style académique : clarté, objectivité, ton neutre.
- Éviter les fautes fréquentes : plagiat, paraphrase non référencée, citations excessives.
- Styles de citation : APA, Chicago, Vancouver, IEEE, etc.
- Bibliographie et citations automatiques avec Zotero.

- Mise en forme des documents (titres, intertitres, tableaux, figures, légendes).

Chapitre 5 : Projet final et évaluation (3 semaines)

Rédaction d'une mini-revue de littérature par choix sur un ensemble de sujets de recherche (jusqu'à 10 pages). Présentation orale synthétique. Discussion des difficultés rencontrées.

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Examen 100%

Semestre : 2

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Méthodes d'analyses spectroscopiques

Objectifs de l'enseignement :

- ✚ Comprendre les principes fondamentaux des différentes techniques spectroscopiques.
- ✚ Maîtriser l'utilisation des instruments de spectroscopie avancée.
- ✚ Interpréter les spectres pour l'identification et la caractérisation des composés.
- ✚ Appliquer les méthodes spectroscopiques à des systèmes complexes.
- ✚ Intégrer la spectroscopie dans une démarche analytique multidisciplinaire.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 – Notions fondamentales de spectroscopie (1 semaine)

- Interaction rayonnement-matière : mécanismes d'absorption, d'émission et de diffusion
- Transitions électroniques, vibrationnelles et rotationnelles
- Types de spectroscopie (absorption, émission, fluorescence, diffusion)
- Paramètres spectraux : longueur d'onde, intensité, résolution, largeur à mi-hauteur
- Spectre électromagnétique – Domaines spectraux (UV, visible, IR, etc.)

Chapitre 2 – Spectroscopie UV-Visible (1 semaine)

- Théorie des transitions électroniques : orbitales moléculaires ($\pi \rightarrow \pi^*$, $n \rightarrow \pi^*$)
- Loi de Beer-Lambert : équation, limites et conditions d'application
- Composants d'un spectrophotomètre : source, monochromateur, cellule, détecteur
- Analyse qualitative et quantitative (calcul de concentrations, détermination de constantes)
- Applications : dosages de composés organiques et inorganiques, suivi de réactions chimiques

Chapitre 3 – Spectroscopie d'Absorption/Emission atomique de flamme (1 semaine)

- Principe de l'absorption atomique : passage de l'atome à l'état excité
- Sources lumineuses spécifiques (lampes à cathode creuse)
- Nébulisation, atomisation dans la flamme, rôle du gaz combustible
- Analyse quantitative d'éléments métalliques (courbes d'étalonnage, limites de détection)
- Applications : analyse de métaux traces (eaux, sols, échantillons biologiques). Méthode des ajouts dosés

Chapitre 4 – Spectroscopie Infrarouge : Rotation/vibration et vibration pure (4 semaines)

1. Rotation-vibration des molécules diatomiques - Bases physiques :

- Modèle de l'oscillateur harmonique classique / Modèle de l'oscillateur harmonique en mécanique quantique.
 - Répartition des populations sur les niveaux d'énergie vibrationnels – Loi de Boltzmann.
 - Spectre de rotation/vibration (phase gazeuse) – Applications pour déterminer la géométrie moléculaire et les forces des liaisons - Effet isotopique.
2. Vibration pure (phase condensée).
 - Vibration des molécules poly-atomiques - Modes normaux de vibration
 - Allure d'un spectre IR – Exploitation.
 - Types de mouvements de vibration et notations.
 - Vibrations de groupes (fréquences) – Utilisation des Tables.
 3. Applications de la spectroscopie de vibration dans l'infrarouge (alcane, alcène, alcool, aldéhyde, acide...)

Chapitre 5 – Spectroscopie de Résonance Magnétique Nucléaire (du proton ^1H et du carbone ^{13}C) (4 semaines)

1. Histoire de la science et Objectifs de la RMN du Proton : $^1\text{HRMN}$.
2. Principe et Bases physiques de la $^1\text{HRMN}$. Conditions de résonance & répartition des populations.
3. Appareillage / Enregistrement d'un spectre de $^1\text{HRMN}$.
4. Déplacement chimique (notions de blindage / déblindage).
5. Couplage spin-spin.
6. Equivalences chimique et magnétique.
7. Applications de la $^1\text{HRMN}$: Analyse structurale, Imagerie médicale, analyses des interactions moléculaires, suivi des réactions chimiques.
8. RMN du carbone $^{13}\text{CRMN}$: Déplacement chimique, couplage C-C et H-C, Spectre $^{13}\text{CRMN}$.
9. Calcul et simulation de Spectres $^1\text{HRMN}$ & $^{13}\text{CRMN}$ en utilisant le logiciel libre **ACD Labs**.
10. Couplages : $^1\text{HRMN}$ / $^{13}\text{CRMN}$ & Spectroscopie Infrarouge / $^1\text{HRMN}$ / $^{13}\text{CRMN}$ pour la caractérisation moléculaire.

Chapitre 6 – Spectrométrie de Masse MS (3 semaines)

1. Histoire de la science & Objectifs de la MS.
2. Principe fondamentaux et Bases physiques de la MS :
 - Masse mono-isotopique et masse moyenne.
 - Ionisation (Douce et dure) / Fragmentation – Analyse – Détection M/Z.
3. Appareillage : Ionisateurs et analyseurs.
4. Mécanisme de fragmentation (tables MS).
5. Méthodologie d'analyse d'un spectre MS – Exemples.
6. Couplages MS / MS & Chromatographie / MS.
7. Applications de la MS.

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 33%, Examen 67%

Semestre : 2

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Cinétique chimique avancée

Objectifs de l'enseignement :

- ✚ Comprendre les mécanismes des réactions chimiques complexes.
- ✚ Maîtriser les méthodes d'étude expérimentale des vitesses de réaction.
- ✚ Analyser les lois de vitesse et les ordres de réaction.
- ✚ Modéliser les réactions chimiques à l'aide d'équations différentielles.
- ✚ Appliquer la cinétique à des systèmes réels en milieu homogène et hétérogène.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction à la Cinétique Chimique (3 semaines)

- Définition de la cinétique chimique – Histoire de la science.
- Facteurs cinétiques : concentration, température, pression, catalyseurs.
- Notions de réactivité, vitesse de réaction et loi de vitesse.
- Ordre des réactions & définition du coefficient de vitesse.

Chapitre 2 : Lois de Vitesse et Mécanismes de Réaction (3 semaines)

- Lois de vitesse pour les réactions simples : réactions du premier et du second ordre.
- Détermination de la loi de vitesse expérimentale.
- Mécanismes de réaction et théorie des collisions.
- Hypothèses de base du mécanisme réactionnel et le modèle de Langmuir-Hinshelwood.
- Application de la cinétique aux réactions complexes (réactions de plusieurs étapes).

Chapitre 3 : Température et Effet Arrhenius (2 semaines)

- Loi d'Arrhenius : relation entre la constante de vitesse et la température.
- Détermination de l'énergie d'activation à partir des données expérimentales.
- Influence de la température sur la vitesse de réaction (réactions endothermiques et exothermiques).
- Représentation graphique de l'effet de la température et calcul des paramètres de la loi d'Arrhenius.

Chapitre 4 : Théorie des Collisions et Modèle de Transition d'État (3 semaines)

- Théorie des collisions : pré-facteurs, fréquence des collisions, orientation des molécules.
- Modèle de transition d'état : état de transition et état activé, concept de l'énergie d'activation.
- Facteurs influençant la réactivité des molécules : température, pression, concentration.

- Comparaison des deux modèles de collision et de transition d'état.

Chapitre 5 : Applications et Techniques Expérimentales en Cinétique Chimique (3 semaines)

- Techniques expérimentales de mesure de la vitesse de réaction : suivi de la concentration (spectroscopie, conductimétrie, manométrie).
- Applications de la cinétique dans les processus industriels : réacteurs chimiques, catalyseurs.
- Modélisation cinétique et utilisation des logiciels pour la simulation de réactions : Outil développeur de Microsoft Excel et utilisation des macros & Logiciel libre Cinewin.
- Études de cas pratiques : réactions dans l'industrie pharmaceutique, pétrochimique et environnementale.
- Analyse des résultats expérimentaux et validation des modèles cinétiques.

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 33%, Examen 67%

Semestre : 2

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Méthodes cristallographiques et microscopiques

Objectifs de l'enseignement :

- ✚ Comprendre les principes de la cristallographie et de la diffraction des rayons X.
- ✚ Maîtriser les techniques de détermination des structures cristallines.
- ✚ Connaître les méthodes d'imagerie microscopique (optique, électronique, etc.).
- ✚ Interpréter les données cristallographiques et d'imagerie pour caractériser les matériaux.
- ✚ Appliquer ces méthodes à l'analyse structurale en sciences des matériaux et en chimie.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 – Introduction à la cristallographie et aux réseaux cristallins (2 semaines)

- Notions de réseau, maille, paramètres cristallins
- Systèmes cristallins et classes de symétrie
- Indices de Miller et plans cristallographiques
- Exemples de structures cristallines (NaCl, CsCl, diamant, graphite, etc.)

Chapitre 2 – Diffraction des rayons X (méthodes de Laue, poudre et monocristal) (3 semaines)

- Principe de la diffraction (loi de Bragg)
- Méthodes expérimentales : Laue, Debye-Scherrer (poudre), diffraction sur monocristal
- Analyse des diagrammes de diffraction
- Résolution de structures cristallines (notions de base)

Chapitre 3 – Techniques d'imagerie par microscopie optique (1 semaine)

- Composants d'un microscope optique
- Contraste, résolution, pouvoir séparateur
- Techniques avancées : contraste de phase, polarisation, fluorescence
- Application en biologie, science des matériaux

Chapitre 4 – Microscopie électronique à balayage (MEB / SEM) (2 semaines)

- Principe de fonctionnement et interactions électron-matière
- Image secondaire vs rétrodiffusée
- Préparation des échantillons
- Analyse élémentaire par EDS/EDX (spectroscopie X)

Chapitre 5 – Microscopie électronique en transmission (MET / TEM) (3 semaines)

- Principe de base et interactions des électrons transmis

- Conditions de préparation des échantillons
- Contraste de phase et contraste d'amplitude
- Applications : matériaux nanostructurés, cristallinité, défauts

Chapitre 6 – Techniques complémentaires et imagerie avancée (3 semaines)

- Diffraction d'électrons (SAED, TED)
- AFM (microscopie à force atomique) : principes et modes (contact, tapping)
- STEM, HRTEM, tomographie électronique
- Imagerie 3D, corrélation multi-techniques

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 33%, Examen 67%

Semestre : 2

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Méthodes séparatives avancées

Objectifs de l'enseignement :

- ✚ Comprendre les principes fondamentaux des techniques de séparation.
- ✚ Maîtriser l'utilisation des méthodes chromatographiques et électrophorétiques.
- ✚ Optimiser les conditions expérimentales pour une séparation efficace.
- ✚ Interpréter les résultats analytiques issus des méthodes séparatives.
- ✚ Appliquer ces techniques à des échantillons complexes en recherche ou en industrie.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 – Généralités sur les méthodes séparatives (2 semaines)

- Importance des méthodes séparatives en chimie analytique
- Critères de séparation : sélectivité, efficacité, résolution
- Types de séparation : extraction, chromatographie, électrophorèse
- Paramètres clés : facteur de rétention, temps de rétention, pic chromatographique, efficacité (nombre de plateaux)
- Choix d'une méthode en fonction de l'échantillon

Chapitre 2 – Chromatographie sur couche mince (CCM) et sur colonne (2 semaines)

- Principe de la CCM : support, éluant, migration, visualisation
- Calcul du rapport frontal (Rf)
- Chromatographie sur colonne classique : types de phases stationnaires, élution gravitationnelle ou sous pression
- Applications en purification, contrôle qualité

Chapitre 3 – Chromatographie liquide haute performance (HPLC) (3 semaines)

- Constitution d'un système HPLC : pompe, injecteur, colonne, détecteurs (UV, DAD, fluorescence, MS)
- Modes d'élution : isocratique, gradient
- Phases stationnaires : C18, C8, phases polaires
- Types de HPLC : en phase inverse, phase normale, échange d'ions, exclusion stérique
- Optimisation des conditions chromatographiques
- Applications : analyse de médicaments, pesticides, produits naturels

Chapitre 4 – Chromatographie en phase gazeuse (GC) (3 semaines)

- Principe de la GC : transporteur gazeux, colonne capillaire, injection
- Types de colonnes (remplies, capillaires), choix de la phase stationnaire
- Détecteurs : FID, TCD, ECD, MS
- Préparation des échantillons (dérivatisation)
- Applications : analyse des solvants, arômes, hydrocarbures

Chapitre 5 – Électrophorèse capillaire et autres techniques électromigratoires (2 semaines)

- Principes de l'électrophorèse : mobilité ionique, séparation selon la charge et taille
- Électrophorèse capillaire : configuration, injection, détection
- Applications : acides aminés, peptides, ADN
- Comparaison avec chromatographie liquide

Chapitre 6 – Autres techniques séparatives (2 semaines)

- Dialyse, Microfiltration, ultrafiltration, électrodialyse
- Extraction liquide-liquide et extraction en phase solide (SPE)
- Chromatographie de gaz supercritique (SFC)

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 33%, Examen 67%

Semestre : 2

Intitulé de l'UE : Méthodologie

Intitulé de la matière : Qualifications et validations analytiques

Objectifs de l'enseignement :

- ✚ Comprendre les concepts de qualification et de validation des méthodes analytiques.
- ✚ Maîtriser les paramètres de performance analytiques (exactitude, fidélité, linéarité, etc.).
- ✚ Appliquer les normes et directives réglementaires en validation analytique.
- ✚ Évaluer la fiabilité et la robustesse des méthodes utilisées.
- ✚ Rédiger un dossier de validation conforme aux exigences qualité.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Principes généraux de la qualification et de la validation (2 semaines)

- Définitions : qualification, validation, vérification, étalonnage.
- Importance dans l'assurance qualité et la traçabilité des résultats.
- Cadres réglementaires : ICH Q2(R1), ISO 17025, BPL.
- Différences entre méthode analytique, méthode de mesure, et appareil.

Chapitre 2 : Qualification des instruments de mesure et étalonnage (3 semaines)

- Étapes de qualification : IQ (Installation Qualification), OQ (Operational), PQ (Performance).
- Notion de traçabilité métrologique.
- Etalonnage : définition, objectifs, méthodes, intervalles.
- Exemple d'étalonnage : balance, spectrophotomètre, pH-mètre, conductimètre.
- Incertitude de mesure liée à l'étalonnage.

Chapitre 3 : Paramètres de validation d'une méthode analytique (3 semaines)

- Spécificité / Sélectivité.
- Linéarité, intervalle de linéarité.
- Justesse, fidélité (répétabilité et reproductibilité).
- LOD (limite de détection) et LOQ (limite de quantification).
- Robustesse et stabilité.

Chapitre 4 : Étalonnage et traitement des données analytiques (3 semaines)

- Modèles de calibration : linéaire, quadratique, logarithmique.
- Méthodes de calcul des concentrations : interpolation, régression.
- Statistiques appliquées : moyenne, écart-type, CV, test de Grubbs.

- Courbes d'étalonnage : construction, interprétation, critère d'acceptation.

Chapitre 5 : Dossier de validation et analyse critique des résultats (2 semaines)

- Contenu du protocole et du rapport de validation.
- Traitement des écarts, CAPA (Corrective and Preventive Actions).
- Exemples de validations industrielles : méthode HPLC, spectro UV.

Travaux pratiques :

TP1 : Qualification et étalonnage d'un pH-mètre ou conductimètre

TP2 : Étalonnage d'un spectrophotomètre UV-Vis (Vérification des longueurs d'onde, absorbance, linéarité)

TP3 : Construction d'une courbe d'étalonnage et détermination d'une concentration

TP4 : Validation d'une méthode de dosage par spectrophotométrie (Calcul de justesse, fidélité, LOD, LOQ).

TP5 : Traitement statistique des données expérimentales (Calcul de la moyenne, écart-type, CV, test de Grubbs sur des résultats réels ou simulés)

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 50%, Examen 50%

Semestre : 2

Intitulé de l'UE : Méthodologie

Intitulé de la matière : Analyses spectroscopiques

Objectifs de l'enseignement :

Les travaux pratiques (TP) d'analyses spectroscopiques en master de chimie analytique ont plusieurs objectifs pédagogiques. Ces TP permettent aux étudiants de mettre en pratique les notions théoriques vues en cours et de développer des compétences techniques, méthodologiques et critiques essentielles dans le domaine de l'analyse chimique. Ça leur permet de développer des compétences transversales : Rédiger un compte-rendu clair, structuré et argumenté.

Contenu de la matière : Travaux pratiques

TP1 : Étude d'un colorant alimentaire par spectroscopie UV-Visible

TP2 : Détermination du pKa d'un indicateur coloré (ex : bleu de bromothymol)

TP3 : Identification d'un composé à l'aide d'un spectre UV-Visible

TP4 : Suivi de la dégradation d'un colorant par la lumière (photodégradation)

TP5 : Spectroscopie infra-rouge : Application l'identification de principes actifs.

TP6 : Dosage de métaux dans un produit alimentaire conservé dans un emballage métallique

TP6 : Dosage du fer dans l'eau par spectrophotométrie UV-Visible

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 50%, Examen 50%

Semestre : 2

Intitulé de l'UE : Méthodologie

Intitulé de la matière : Intelligence artificielle et Machine Learning 2

Objectifs de l'enseignement :

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 de la matière :

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 : Prédiction des énergies de formation.

Chapitre 2 : Modèles génératifs pour la conception de matériaux

- Introduction aux réseaux adversariels 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

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 50%, Examen 50%

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)*

Semestre : 2

Intitulé de l'UE : Découverte

Intitulé de la matière : Nanomatériaux

Objectifs de l'enseignement :

- ✚ Comprendre les concepts fondamentaux des nanomatériaux et leur importance scientifique et technologique.
- ✚ Identifier et décrire les différentes méthodes de synthèse et de caractérisation des nanomatériaux.
- ✚ Analyser les propriétés spécifiques des nanomatériaux et leurs implications en sciences analytiques.
- ✚ Appliquer les connaissances acquises à des domaines d'application concrets (santé, environnement, capteurs, catalyse...).
- ✚ Évaluer les enjeux éthiques, réglementaires et environnementaux liés à la manipulation et à l'utilisation des nanomatériaux.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 – Introduction aux nanomatériaux (2 semaines)

- Définitions et terminologie (nano-objets, nanoparticules, nanocomposites...)
- Historique et évolution des nanosciences
- Propriétés spécifiques à l'échelle nanométrique : effet de taille, surface spécifique, propriétés électroniques, optiques et mécaniques modifiées
- Domaines d'application : santé, énergie, environnement, catalyse, analytique...

Chapitre 2 – Méthodes de synthèse des nanomatériaux (3 semaines)

- Approche top-down (broyage, lithographie, usinage)
- Approche bottom-up (auto-assemblage, précipitation, sol-gel, synthèse hydrothermale, CVD...)
- Contrôle de la taille, forme et structure cristalline
- Influence des conditions de synthèse (pH, température, solvants, agents stabilisants)
- Exemples de synthèses de nanoparticules métalliques, oxydes, polymères et nanostructures hybrides

Chapitre 3 – Techniques de caractérisation des nanomatériaux (3 semaines)

- Microscopies : TEM, SEM, AFM (résolution, préparation d'échantillons, interprétation des images)
- Diffraction et analyse structurale : DRX, SAXS
- Analyse chimique et spectroscopique : XPS, FTIR, UV-Vis, Raman, EDX
- Analyse granulométrique et de surface : DLS, BET, zêta potentiel

Chapitre 4 – Propriétés analytiques des nanomatériaux (2 semaines)

- Rôle des nanomatériaux dans l'amélioration de la sensibilité et de la sélectivité des capteurs chimiques et biosenseurs
- Propriétés catalytiques et applications en détection (SERS, électrochimie)
- Nanomatériaux comme supports d'immobilisation (enzymes, anticorps...)
- Cas d'étude : nanoparticules d'or, nanotubes de carbone, quantum dots

Chapitre 5 – Enjeux, sécurité et perspectives des nanomatériaux (2 semaines)

- Aspects toxicologiques et écotoxicologiques
- Normes de sécurité, réglementation REACH et manipulation en laboratoire
- Développement durable et impacts environnementaux
- Innovations en cours et perspectives d'avenir (nano-analytique, nano-médecine...)

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Examen 100%

Semestre 2

Intitulé de l'unité : Découverte

Intitulé de la matière : Exploration de logiciels libres et open source en Chimie Analytique

Objectifs de l'enseignement :

- Initier les étudiants à l'utilisation de logiciels libres pour l'analyse de données spectroscopiques, chromatographiques, électrochimiques et cristallographiques.
- Acquérir une autonomie dans le traitement de données analytiques complexes issues de diverses techniques instrumentales.
- Développer des compétences numériques pour la visualisation, l'interprétation et la validation des résultats expérimentaux.

Connaissances préalables recommandées :

- Bases en spectroscopie, chromatographie, électrochimie et cristallographie
- Notions fondamentales en statistiques et en traitement du signal
- Initiation à l'utilisation d'un ordinateur en environnement scientifique

Programme pédagogique détaillé :

Chapitre I. Introduction aux outils open source en chimie analytique

- Pourquoi les logiciels libres en chimie ?
- Tour d'horizon des logiciels : Octave, R, Python, OpenChrom, QtiPlot, Spectragryph, EChemAnalyzer, VESTA, FullProf
- Formats de données courants (JCAMP-DX, CSV, mzML, CIF)

Chapitre II. Traitement de données spectroscopiques

- Importation et affichage de spectres (UV-Vis, IR, Raman, Fluorescence)
- Corrections de base : bruit, ligne de base, normalisation
- Déconvolution, lissage (Savitzky-Golay), dérivées spectrales

Chapitre III. Analyse chromatographique

- Utilisation de OpenChrom et Chromatogram Explorer
- Détection de pics, intégration et calcul de surfaces
- Étalonnages et détermination de concentrations
- Identification de composés par comparaison de rétentions

Chapitre IV. Données électrochimiques et voltamétriques

- Visualisation de courbes CV (Cyclic Voltammetry)
- Extraction de paramètres : pic anodique/cathodique, surface active, échanges d'électrons
- Outils : EChemAnalyzer, Python (SciPy, Matplotlib)

Chapitre V. Analyse cristallographique avec VESTA et FullProf

- Visualisation de structures à partir de fichiers CIF

- Analyse de plans cristallographiques (hkl), calculs de distances et angles
- Interprétation de diffractogrammes RX simulés et expérimentaux
- Raffinement de structure par méthode de Rietveld (FullProf)
- Identification de phases inconnues par comparaison aux bases de données (COD, ICSD)

Chapitre VI. Traitement statistique et chimiométrie

- Analyse en composantes principales (ACP) avec R ou Orange
- Régression linéaire et multiple
- Classification (k-moyennes, clustering hiérarchique)
- Validation de modèles analytiques (RMSE, R^2)

Chapitre VII. Mini-projet d'application

- Traitement d'un jeu de données réels : spectre, chromatogramme, signal électrochimique ou diffractogramme
- Analyse, interprétation et rapport final avec figures, scripts et discussion critique

Références recommandées :

<https://openchrom.net/>

<https://www.spectragryph.com/>

<https://www.r-project.org/>

<https://octave.org/>

<https://www.python.org/> + bibliothèques : NumPy, SciPy, Pandas, Matplotlib

<https://orange.biolab.si/>

<https://www.crystallography.net/cod/>

<https://www.ill.eu/sites/fullprof/>

J. Workman, L. Weyer, Practical Guide to Interpretive Near-Infrared Spectroscopy, CRC Press

A. Braithwaite, J. F. Smith, Chromatographic Methods, Springer

Semestre : 2

Intitulé de l'UE : Transversale

Intitulé de la matière : Management de la qualité et normalisation

Objectifs de l'enseignement :

- ✚ Comprendre les principes fondamentaux du management de la qualité.
- ✚ Connaître les normes et référentiels applicables aux laboratoires analytiques.
- ✚ Mettre en place un système de management de la qualité en environnement de laboratoire.
- ✚ Intégrer les exigences d'accréditation, de traçabilité et de métrologie dans les pratiques analytiques.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction au management de la qualité (2 semaines)

- Concepts fondamentaux de la qualité
- Histoire et évolution du management de la qualité
- Enjeux de la qualité dans le domaine de la chimie analytique
- Approche processus et amélioration continue (PDCA)

Chapitre 2 : Normes et référentiels qualité (3 semaines)

- Présentation des normes ISO (ISO 9001, ISO 17025, ISO 15189)
- Normes spécifiques au domaine analytique et aux laboratoires
- Rôles des organismes de normalisation (AFNOR, ISO, COFRAC)
- Structure d'un référentiel qualité

Chapitre 3 : Système de management de la qualité en laboratoire (3 semaines)

- Politique qualité et documentation (manuel qualité, procédures, instructions)
- Gestion des non-conformités et actions correctives
- Suivi des indicateurs qualité
- Traçabilité et tenue des enregistrements

Chapitre 4 : Assurance qualité et contrôle qualité en chimie analytique (3 semaines)

- Différence entre assurance qualité (AQ) et contrôle qualité (CQ)
- Bonnes pratiques de laboratoire (BPL)
- Échantillonnage, validation de méthode, qualification des équipements
- Audits internes et revues qualité

Chapitre 5 : Métrologie et incertitudes de mesure (2 semaines)

- Rôle de la métrologie en laboratoire analytique
- Chaîne de traçabilité métrologique
- Calcul et estimation des incertitudes
- Étalonnage des instruments de mesure

Chapitre 6 : Accréditation des laboratoires et démarches qualité appliquées (2 semaines)

- Processus d'accréditation selon ISO/IEC 17025
- Étapes et exigences de l'accréditation
- Avantages et implications pour les laboratoires de chimie analytique
- Étude de cas : mise en place d'un SMQ dans un laboratoire type

Semestre : 3

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Analyse d'échantillons complexes : Préparation et traitement

Objectifs de l'enseignement :

- ✚ Identifier les caractéristiques et les défis analytiques des échantillons complexes.
- ✚ Maîtriser les techniques de prélèvement, de conservation et de préparation des échantillons.
- ✚ Appliquer des méthodes d'extraction adaptées aux différentes matrices.
- ✚ Traiter les interférences et purifier les analytes pour une analyse fiable.
- ✚ Exploiter les données analytiques en tenant compte des effets de matrice et des incertitudes.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction aux échantillons complexes et enjeux analytiques (2 semaines)

- Définition d'un échantillon complexe (matrices biologiques, environnementales, industrielles...)
- Difficultés liées à l'analyse (effets de matrice, interférences, faible concentration)
- Importance de la préparation d'échantillon dans la chaîne analytique
- Stratégies générales de traitement d'échantillon

Chapitre 2 : Techniques de prélèvement et conservation des échantillons(2 semaines)

- Méthodes de prélèvement (solides, liquides, gaz)
- Échantillonnage représentatif, erreurs et biais
- Conditions de conservation, stabilité des analytes
- Protocoles normalisés (NF, ISO, ASTM)

Chapitre 3 : Méthodes de préparation d'échantillons solides et liquides (3 semaines)

- Homogénéisation, broyage, filtration, centrifugation
- Lyophilisation, extraction par solvant (LLE, SLE)
- Préparation des échantillons biologiques et agroalimentaires
- Spécificités des échantillons environnementaux

Chapitre 4 : Techniques d'extraction avancées (3 semaines)

- Extraction sur phase solide (SPE)
- Microextraction en phase solide (SPME)
- Extraction assistée par ultrasons, micro-ondes, fluide supercritique
- Optimisation des protocoles et validation des extractions

Chapitre 5 : Traitement des interférences et purification des analytes (2 semaines)

- Déprotéinisation, dérivatisation
- Purification par précipitation, chromatographie préparative
- Techniques de filtration sélective (membranes, dialyse)
- Minimisation des effets de matrice

Chapitre 6 : Stratégies de traitement des données analytiques issues d'échantillons complexes (3 semaines)

- Correction des effets de matrice
- Analyse multivariée de données (PCA, PLS, ANOVA)
- Calcul d'incertitudes et validation de résultats
- Logiciels et outils statistiques adaptés à la chimie analytique

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 33%, Examen 67%

Semestre : 3

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Techniques de couplage analytique

Objectifs de l'enseignement :

- ✚ Comprendre les principes fondamentaux des couplages analytiques et leur intérêt en chimie analytique.
- ✚ Identifier les différentes combinaisons d'instruments de séparation et de détection.
- ✚ Maîtriser le fonctionnement et l'optimisation des couplages GC-MS, LC-MS, HPLC-ICP, etc.
- ✚ Interpréter les données issues de couplages analytiques complexes.
- ✚ Appliquer les techniques de couplage à des problématiques concrètes en environnement, santé, et industrie.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction aux techniques de couplage analytique (2 semaines)

- Définitions et concepts fondamentaux
- Intérêt du couplage pour l'analyse d'échantillons complexes
- Classification des couplages : séparation/détection, détection/détection, etc.
- Exemples d'applications en environnement, agroalimentaire, pharmaceutique

Chapitre 2 : Couplage Chromatographie-Lumière (GC/UV, HPLC/UV, etc.) (3 semaines)

- Rappels sur la chromatographie (GC, HPLC)
- Détecteurs UV-Vis : fonctionnement, avantages et limites
- Exemples d'analyses qualitatives et quantitatives
- Choix des colonnes, solvants, et paramètres de couplage

Chapitre 3 : Couplage Chromatographie-Masse (GC-MS, LC-MS) (3 semaines)

- Principe de la spectrométrie de masse
- Interface entre chromatographe et spectromètre (ex. ESI, APCI)
- Analyse structurale et détection de traces
- Interprétation des spectres de masse
- Problèmes de compatibilité mobile/ionisation

Chapitre 4 : Couplage Chromatographie-Spectrométrie Atomique (HPLC-ICP, GC-AAS) (2 semaines)

- Introduction à l'analyse élémentaire couplée
- ICP-MS, ICP-OES, AAS : principes de base
- Applications à l'analyse des métaux lourds et des traces minérales
- Aspects pratiques du couplage et préparation des échantillons

Chapitre 5 : Couplage Spectroscopie-Spectrométrie (IR-MS, NMR-MS) (3 semaines)

- Avantages du double couplage pour l'identification complète des molécules
- Exemples de couplage NMR-MS pour les substances naturelles

- Limitations techniques, traitement de données croisées
- Interprétation conjointe des spectres (structure, fragmentation)

Chapitre 6 : Optimisation, validation et applications industrielles des couplages (2 semaines)

- Optimisation des conditions de couplage
- Validation des méthodes (fidélité, justesse, sensibilité)
- Études de cas industriels (analyse de polluants, dopage, qualité pharmaceutique)
- Analyse coûts/avantages et choix de la bonne stratégie de couplage

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 33%, Examen 67%

Semestre : 3

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Chimiométrie, analyse statistique des données et plans d'expériences

Objectifs généraux :

- ✚ Comprendre les principes de la chimiométrie appliquée aux données expérimentales.
- ✚ Savoir utiliser les outils statistiques pour l'analyse, la modélisation et l'optimisation.
- ✚ Concevoir, planifier et analyser des plans d'expériences.

Cette unité d'enseignement est orientée principalement sur l'exploitation des plans d'expériences, à savoir : le choix du plan à adopter, le choix des paramètres pertinents de l'étude (criblage), l'analyse de leur influence sur des réponses cibles, la modélisation empirique de ces dernières, la simulation pour des situations inconnues et l'optimisation.

L'objectif principal est de former l'étudiant à la bonne conduite lors de l'approche d'un problème expérimental ; il lui permettra de tirer le maximum d'informations, voire des conclusions, pour un nombre minimal d'essais, et par conséquent en moins de temps et pour des coûts moindres. L'étudiant maîtrisera en outre les outils statistiques et mathématiques pour une exploitation optimale des résultats d'expériences chimiques.

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Introduction à la chimiométrie et à la Planification des expériences (Design of Experiments – DoE) (3 semaines)

- Définitions, Histoire de la science.
- Classification des plans d'expériences.
- Concepts fondamentaux : facteur, réponse, interaction, répétabilité.
- Introduction des Plans factoriels complets (2^k) et fractionnaires.

Chapitre 2 : Fondamentaux de la statistique appliquée à la chimie (3 semaines)

- Statistiques descriptives : moyenne, médiane, variance, écart-type, coefficient de variation.
- Loi normale, histogrammes, boxplots.
- Tests d'hypothèses : Student, χ^2 , ANOVA simple.
- Intervalle de confiance et niveau de signification (p-value).

Chapitre 3 : Plans factoriels complets à 2 niveaux 2^k (4 semaines)

- Construction : Matrice d'expériences.
- Traitement : Matrice de calcul des effets.
- Etude statistique : Régression linéaire, erreurs, tests des effets, analyse de variance (ANOVA) & construction de modèles empiriques.
- Optimisation & Validation.

- Exemples d'applications - Logiciels : JMP, Statgraphics, Modde,... : Procédés de polymérisation : synthèse & caractérisation ; Chimie macromoléculaire : Compoundage préalable à la mise en œuvre des polymères ; Procédés pharmaceutiques et cosmétiques ; Procédés environnementaux, etc.

Chapitre 4 : Plans centraux composites à 2 niveaux (3 semaines)

- Construction : Matrice d'expériences.
- Traitement : Matrice de calcul des effets.
- Etude statistique : Régression, erreurs, tests des effets, analyse de variance (ANOVA), modélisation empirique.
- Optimisation & Validation.
- Exemples d'applications - Logiciels : JMP, Statgraphics, Modde,... .

Chapitre 5 : Autres plans (2 semaines)

- Plan fractionnaire / Plan de criblage ; Exemples d'applications sur machine.
- Plan de mélange ; Exemples d'applications sur machine.

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 33%, Examen 67%

Références :

- Jacques Goupy, Les plans d'expériences, Optimisation du choix des essais et de l'interprétation des résultats, (2017). 5ème Edition Dunod.
- Sado, G., & Sado, M. C. (2000). Les plans d'expériences : de l'expérimentation à l'assurance qualité. Afnor.
- Tinsson, W. (2010). Plans d'expériences : constructions et analyses statistiques (Vol. 67). Springer Science & Business Media.
- Goupy, J., & Creighton, L. (2006). Introduction aux plans d'expériences-3ème édition-Livre+ CD-Rom. Hachette.
- Dreesbeke, J. J., Fine, J., & Saporta, G. (Eds.). (1997). Plans d'expériences : applications à l'entreprise. Editions technip.
- Linder, R. (2005). Les plans d'expériences : un outil indispensable à l'expérimentateur. Presses des Ponts.

Semestre : 3

Intitulé de l'UE : Fondamentale

Intitulé de la matière : Electrochimie appliquée

Objectifs de l'enseignement :

- ✚ Maîtriser les principes fondamentaux des techniques électrochimiques classiques et avancées.
- ✚ Utiliser les méthodes stationnaires et dynamiques pour l'analyse quantitative et qualitative.
- ✚ Concevoir et appliquer des capteurs électrochimiques adaptés à des échantillons complexes.
- ✚ Exploiter les techniques électroanalytiques pour la détection de traces et de polluants.
- ✚ Interpréter les données électrochimiques et adapter les dispositifs en fonction des contraintes analytiques.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Rappels fondamentaux en électrochimie (2 semaines)

- Potentiel électrochimique et électrode de référence
- Équations de Nernst et de Butler-Volmer
- Courants faradiques et non-faradiques
- Interfaces électrode/solution : double couche électrique

Chapitre 2 : Techniques d'électrochimie stationnaire (3 semaines)

- Potentiométrie : électrodes ioniques sélectives, pH-mètre
- Conductimétrie : principes, applications et limites
- Coulométrie : principes, méthodes à courant constant et potentiel constant
- Applications à l'analyse quantitative

Chapitre 3 : Techniques électrochimiques dynamiques (3 semaines)

- Voltamétrie cyclique : principe, forme des courbes, interprétation
- Voltamétrie à courant imposé et à balayage linéaire
- Chronoampérométrie et chronopotentiométrie
- Études de mécanismes réactionnels par voltamétrie

Chapitre 4 : Électrodes modifiées et capteurs électrochimiques (2 semaines)

- Fonctionnalisation des électrodes (nanomatériaux, polymères conducteurs)
- Capteurs électrochimiques enzymatiques, biomimétiques, sélectifs
- Notion de sensibilité, sélectivité et stabilité
- Applications environnementales, biologiques et pharmaceutiques

Chapitre 5 : Techniques électroanalytiques appliquées à la détection de traces (3 semaines)

- Stripping voltammetry (anodique, cathodique)
- Détection de métaux lourds, pesticides, médicaments
- Préconcentration électrochimique
- Exemples d'applications en conditions réelles

Chapitre 6 : Électrochimie en milieu non conventionnel et instrumentation (2 semaines)

- Électrochimie en milieux non aqueux, ioniques, ou à haute température
- Cellules électrochimiques, potentiostats, configuration à trois électrodes

- Maintenance, étalonnage et interférences instrumentales
- Études de cas pratiques avec équipements accessibles

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 33%, Examen 67%

Semestre : 3

Intitulé de l'UE : Méthodologie

Intitulé de la matière : Introduction à la formulation

Objectifs généraux :

- ✚ Comprendre les fondements théoriques de la formulation.
- ✚ Concevoir et caractériser des systèmes formulés (émulsions, suspensions, gels, poudres...).
- ✚ Maîtriser les aspects physico-chimiques, rhéologiques, et de stabilité des formulations.
- ✚ Savoir appliquer ces connaissances dans divers domaines industriels : cosmétique, pharmaceutique, agroalimentaire, peintures, etc.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Principes généraux de la formulation (3 semaines)

- Définitions et objectifs : produit formulé vs substance pure.
- Exemples de formulations : cosmétiques, médicaments, peintures, détergents.
- Composants des formulations : principe actif, excipients, agents structurants, additifs.
- Interactions physico-chimiques fondamentales : tension superficielle, polarité, miscibilité.
- Conduite de formulations : du cahier des charges à la mise en œuvre.

Chapitre 2 : Les grands types de formulations (2 semaines)

- Émulsions : H/E et E/H, agents tensioactifs, HLB, courbe de phase.
- Suspensions : forces interparticulaires, sédimentation, floculation.
- Gels et solutions colloïdales : réseaux polymériques, structuration.
- Poudres et formulations solides : granulométrie, écoulement, compactabilité.
- Mousses et aérosols.

Chapitre 3 : Aspects physico-chimiques et rhéologiques (2 semaines)

- Tension de surface, forces de Van der Waals, interactions électrostatiques.
- Stabilisation des systèmes dispersés : DLVO, agents épaississants, agents de charge.
- Rhéologie : viscosité, comportement newtonien / non newtonien, thixotropie.
- Influence des paramètres physiques (température, pH, force ionique).

Chapitre 4 : Méthodes de caractérisation et stabilité (3 semaines)

- Paramètres de stabilité : séparation de phases, précipitation, coalescence.
- Tests accélérés : centrifugation, cycles thermiques.
- Caractérisation physico-chimique : pH, conductivité, taille de particules (DLS), zêta potentiel.

- Caractérisation sensorielle (dans le cas des cosmétiques ou alimentaires).

Chapitre 5 : Planification d'expériences en formulation (4 semaines)

- Choix des ingrédients, prototype de formulation : Etude par plans d'expériences : Plan de criblage, plan fractionnaire et plan de mélanges.
- Justification technique des choix.
- Rédaction d'un rapport de formulation sur des données réelles et présentation orale.

Travaux pratiques :

TP 1 : Formulation d'un macérât huileux à base de plantes médicinales locales

Objectif : Extraire les principes actifs liposolubles d'une plante locale (ex. : neem, citronnelle, hibiscus).

Application : Usage cosmétique (huile de massage, soin capillaire) ou médicinal traditionnel.

TP 2 : Préparation d'un savon artisanal enrichi en extraits végétaux

Objectif : Réaliser un savon naturel enrichi avec un extrait ou une poudre de plante.

Application : Savon antiseptique, exfoliant, apaisant selon l'additif.

TP 3 : Formulation d'un baume ou onguent naturel

Objectif : Préparer un baume médicinal ou cosmétique à base de cire et de macérât huileux.

TP 4 : Préparation d'une lotion ou d'un hydrolat naturel

Objectif : Réaliser une lotion tonique à base de décoction ou d'hydrolat.

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 50%, Examen 50%

Semestre : 3

Intitulé de l'UE : Méthodologie

Intitulé de la matière : Préparation d'échantillons : Echantillonnage, extraction et analyse

Objectifs généraux :

- ✚ Maîtriser les principes et techniques d'échantillonnage en laboratoire et sur le terrain.
- ✚ Choisir et appliquer les méthodes d'extraction adaptées à chaque matrice.
- ✚ Comprendre les étapes critiques de la préparation avant analyse.
- ✚ Évaluer l'impact de la préparation sur la qualité des résultats analytiques.

Contenu de la matière : Travaux pratiques

TP1 – Échantillonnage et traitement d'un échantillon de sol

- **Objectif** : Réaliser un échantillonnage représentatif, homogénéiser et préparer un échantillon de sol pour analyse.
- **Techniques** : Séchage, broyage, tamisage, conservation.
- **Applications** : Analyse des métaux, nitrates ou matières organiques.

TP2 – Extraction liquide-liquide d'un composé organique dans une matrice aqueuse

- **Objectif** : Extraire un composé modèle (caféine, phénol, pesticide simulé) à partir d'une solution aqueuse.
- **Techniques** : Utilisation d'une ampoule à décanter, choix du solvant, séparation des phases.

TP3 – Extraction solide-liquide de colorants ou substances naturelles

- **Objectif** : Extraire des composés tels que les anthocyanes (chou rouge), la curcumine (curcuma), ou les flavonoïdes (thé).
- **Techniques** : Macération, infusion, décoction, filtration, évaporation partielle.

TP4 – Extraction sur phase solide (SPE) et purification d'un extrait

- **Objectif** : Concentrer et purifier un composé d'intérêt présent dans une matrice complexe.
- **Techniques** : Utilisation de cartouches SPE, conditionnement, élution, récupération.
- **Application** : Purification de médicaments ou colorants dans des solutions.

TP5 – Traitement d'un échantillon liquide pour l'analyse des métaux lourds

- **Objectif** : Préparer un échantillon aqueux pour dosage de métaux (ex. : plomb, cuivre, zinc).
- **Techniques** : Acidification, filtration, préconcentration éventuelle.
- **Analyse** : Spectrométrie d'absorption atomique (AAS) ou méthode colorimétrique.

TP6 – Analyse spectrophotométrique d'un extrait après traitement

- **Objectif** : Dosage d'un analyte (colorant, fer, nitrite, caféine) dans un extrait préparé.

- **Techniques** : Préparation d'une gamme étalon, mesure UV-Visible, calcul de concentration.

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 50%, Examen 50%

Semestre : 3

Intitulé de l'UE : Méthodologie

Intitulé de la matière : Plans d'expériences

Objectifs généraux :

- ✚ Application pratique, sur des données réelles, des notions théoriques vues en cours : chimiométrie, analyse de variance, modélisation et optimisation.
- ✚ Concevoir et analyser différents plans d'expériences.

Contenu de la matière : Travaux pratiques

TP1 – Introduction au plan d'expérience : Effet d'un facteur sur une réponse

- Objectif : Comprendre l'intérêt d'un plan d'expérience par comparaison avec la méthode un facteur à la fois (OFAT).
- Activité : Variation d'un seul facteur (ex. : température sur la solubilité d'un sel) et analyse graphique.

TP2 – Plan factoriel complet 2^2 : Étude de deux facteurs et leur interaction

- Objectif : Mettre en œuvre un plan factoriel complet à deux facteurs (ex. : pH et temps sur un rendement d'extraction).
- Activité : Réalisation de 4 expériences, construction de tableaux, calculs des effets, représentation des résultats.

TP3 – Analyse statistique des résultats expérimentaux

- Objectif : Apprendre à analyser la variance (ANOVA) et interpréter les effets significatifs dans un plan 2^2 ou 2^3 .
- Activité : Traitement des données du TP2 ou d'un jeu de données fourni avec Excel ou un logiciel libre (ex. : R, LibreOffice Calc).

TP4 – Plan factoriel 2^3 appliqué à une extraction ou un dosage

- Objectif : Étudier l'effet de 3 facteurs sur un rendement ou une intensité de signal analytique.
- Activité : Exemple : rendement d'extraction de caféine en fonction du pH, du solvant et du temps.
- Analyse : Effets principaux, interactions, surface de réponse simple.

TP5 – Plan central composite pour optimisation

- Objectif : Appliquer un plan central composite (PCC) pour modéliser une réponse analytique (ex. : absorbance maximale).
- Activité : Réalisation d'un plan avec points centraux et étoilés, ajustement d'un modèle quadratique, visualisation 3D (si possible).

TP6 – Choix optimal de conditions analytiques à partir du plan

- Objectif : Identifier la condition optimale d'un protocole (extraction, dosage, spectrophotométrie) à partir du modèle expérimental.
- Activité : Utilisation des résultats précédents pour optimiser la réponse (rendement, absorbance, etc.), validation par une expérience supplémentaire.

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 50%, Examen 50%

Semestre : 3

Intitulé de l'UE : Découverte

Intitulé de la matière : Capteurs chimiques

Objectifs pédagogiques :

- ✚ Comprendre les principes de fonctionnement des capteurs chimiques et leurs composants essentiels
- ✚ Classer les capteurs selon leur mode de détection (électrochimique, optique, massique, thermique, etc.) et connaître leurs spécificités analytiques.
- ✚ Maîtriser les paramètres analytiques fondamentaux : sensibilité, sélectivité, limite de détection (LOD), limite de quantification (LOQ), linéarité, reproductibilité.
- ✚ Identifier les domaines d'application des capteurs chimiques : surveillance environnementale, analyses biomédicales, sécurité alimentaire, procédés industriels.
- ✚ Analyser et critiquer un capteur existant en termes de performances, de pertinence pour une matrice donnée et de contraintes d'utilisation (coût, robustesse, interférences).
- ✚ Concevoir ou sélectionner un capteur adapté à un problème analytique concret, en intégrant les aspects techniques, analytiques et pratiques.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 – Introduction aux capteurs chimiques (2 semaines)

- Définitions
- Identification des éléments constitutifs : récepteur, transducteur, signal
- Classifications : capteurs électrochimiques, optiques, thermiques, etc.
- Applications en environnement, santé, industrie

Chapitre 2 – Principes fondamentaux de détection chimique (2 semaines)

- Notions de sensibilité, sélectivité, temps de réponse, linéarité, durée de vie
- Paramètres analytiques : limites de détection (LOD), de quantification (LOQ), réponse et bruit, ..
- Traitement et interprétation des signaux analytiques : Électronique de lecture, amplification, bruit, Numérisation et interface avec des systèmes d'acquisition
- Méthodes de calibration des capteurs

Chapitre 3 – Capteurs électrochimiques (2 semaines)

- Capteurs ampérométriques, potentiométriques, conductimétriques
- Électrodes de référence et électrodes sélectives d'ions
- Applications : analyse de pH, ions métalliques, glucose

Chapitre 4 – Capteurs optiques (2 semaine)

- Principe de détection optique : absorption, fluorescence, luminescence
- Fibres optiques et capteurs colorimétriques
- Exemples : capteurs de gaz, capteurs biomédicaux

Chapitre 5 – Applications avancés et innovations (3 semaines)

- Capteurs dans l'environnement (polluants, pesticides, métaux lourds)
- Capteurs portables et connectés (lab-on-a-chip, IoT)
- Biosenseurs : hybridation avec éléments biologiques (enzymes, anticorps)
- Perspectives : capteurs intelligents, diagnostics in situ, capteurs miniaturisés

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Continu 33%, Examen 67%

Semestre : 3

Intitulé de l'UE : Transversale

Intitulé de la matière : Entrepreneuriat, Startup & Innovation

A faire sous forme d'atelier/activité en groupe

Objectifs pédagogiques :

Ce module vise à former les apprenants aux fondamentaux de la gestion de projet et à les accompagner dans la création d'entreprises innovantes, en leur permettant :

- ✚ De maîtriser les méthodes et outils de gestion de projet (Gantt, Scrum, Business Model Canvas).
- ✚ De concevoir un plan d'affaires structuré et d'identifier les sources de financement (capital-risque, aides publiques).
- ✚ De développer un projet pratique (prototype ou startup) en équipe, avec une présentation orale et un pitch convaincant.
- ✚ De s'inscrire dans une démarche entrepreneuriale ou professionnelle en intégrant les enjeux de la gestion de projet et de l'innovation.

Contenu de la matière :

Semaines 1 à 2 : Chapitre 1 : Introduction à la gestion de projet

Définition et typologie des projets - Cycle de vie d'un projet
Acteurs du projet (commanditaire, chef de projet, équipe, parties prenantes) - Contraintes : coût, qualité, délais - Introduction aux outils de gestion de projet (Gantt, PERT, etc.)

Semaines 3 à 5 : Chapitre 2 : Méthodologies de gestion de projet

Méthodes classiques (cascade, cycle en V) - Méthodes agiles (Scrum, Kanban)
Outils numériques : Trello, Asana, MS Project - Études de cas pratiques

Semaines 6 à 7 : Chapitre 3 : Création d'une startup

De l'idée au projet entrepreneurial - Étude de marché et analyse des besoins
Business model (notamment le Business Model Canvas)
Définition de la proposition de valeur - Identification des segments de clientèle

Semaines 8 à 9 : Chapitre 4 : Plan d'affaires (Business Plan)

Objectifs et structure du Business Plan - Analyse financière de base (plan de financement, seuil de rentabilité) - Plan marketing et stratégie de communication
Éléments juridiques (forme juridique, propriété intellectuelle)

Semaines 10 à 11 : Chapitre 5 : Financement et accompagnement de projet

Sources de financement : capital risque, business angels, subventions
Incubateurs, accélérateurs, pépinières - Aides et dispositifs publics (ex. : en Algérie, ANSEJ, CNAC...)
Pitch et levée de fonds

Semaines 12 à 14 : Chapitre 6 : Projet pratique

Élaboration d'un mini-projet ou d'un prototype de startup

Constitution d'équipes, travail collaboratif

Présentation d'un pitch devant jury

Évaluation : rapport écrit + présentation orale

Semaines 15 : retour sur les acquis (méthodologies, business plan, pitch).

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

Examen 100%

Références

- 1) Claude Besner & Brian Hobbs, Management de projets, Presses de l'Université du Québec, 2012.
- 2) Jean-Michel Moutot & Jean-Noël Moutot, Management de projet : Principes et outils, Dunod, 2020.
- 3) Harold Kerzner, Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling, Wiley, 2022.
- 4) PMI (Project Management Institute), A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide), 7th Edition, PMI, 2021.
- 5) Olivier Ezratty, Guide des startups, édition annuelle gratuite
- 6) Steve Blank, The Startup Owner's Manual: The Step-by-Step Guide for Building a Great Company, K&S Ranch, 2012.

Avis et Visas des organes Administratifs

Intitulé de la Formation : Master Académique « Chimie Analytique »

Chef de Département + Responsable de domaine

Date et visa :

Date et visa :

Doyen de la Faculté (ou Directeur d'institut)

Date et visa :

Chef d'établissement universitaire

Date et visa :