

2023 - 2024

Syllabus

LICENCE PROFESSIONNELLE

ANALYSE DES MATÉRIAUX



Mathématiques

BLOC D'APPARTENANCE n°1 : Harmonisation des connaissances

CRÉDITS ECTS : 1,5

RÉPARTITION DES HEURES : 16h CMTD

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Vecteurs
2. Calcul différentiel
3. Développements limités
4. Dérivation / Intégration
5. Géométrie/trigonométrie

Physico-Chimie

BLOC D'APPARTENANCE n°1 : Harmonisation des connaissances

CRÉDITS ECTS : 1

RÉPARTITION DES HEURES : 10h CMTD

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Interactions moléculaires
2. Rappels de thermodynamique
3. Liquides purs
4. Solutions
5. Réactions acide-base
6. Réactions rédox

Méthodes Numériques

BLOC D'APPARTENANCE n°2 : Outils

CRÉDITS ECTS : 1,5

RÉPARTITION DES HEURES : 3h CM et 18h de TP

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Interpolation polynomiale : ordre de précision et phénomène d'instabilité
2. Equations aux dérivées partielles et méthode des différences finies, consistance et stabilité
3. Initiation au logiciel de programmation MATLAB : rédaction de codes de simulation d'équations aux dérivées partielles
4. Simulation numérique appliquée aux phénomènes d'advection et de diffusion 1D et 2D

Traitements d'images

BLOC D'APPARTENANCE n°2 : Outils

CRÉDITS ECTS : 1,5

RÉPARTITION DES HEURES : 15h de TP CM en groupes

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. La prise d'images numérique : les bases et introduction

- a. Introduction aux différents types d'imagerie : visible, IR, AFM, STM, SEM
- b. Une caméra « type » de prise de vues dans le visible numérique :
 - Caractéristiques : lecture de la fiche technique, choix de la caméra en fonction des conditions d'usage
 - Objectif « type » de prises de vue : notion d'ouverture, focale, zoom, macro, interfaçage de la caméra à l'ordinateur
 - Contrôles de paramètres acquisition
 - Prise de vues photo
 - Prise de vidéos
 - Exportation et formatage des images à partir d'une interface gestionnaire de la caméra

2. Traitement d'une image numérique

- a. Filtrage, convolutions, transformées
- b. Segmentation
 - Seuillage, binarisation
 - Seuillage automatique
- c. Transformations de morphologie
- d. Mesures
 - Taille, angle, surface, forme, centre de masse
 - Calculs avec valeurs de niveaux de gris
 - Granulométrie, histogrammes

3. Traitement des vidéos numériques

- a. Opérations sur les « stacks »
- b. Extraction de grandeurs dynamiques : trajectoire, vitesses, évolution de forme, etc...

Métrologie & Statistiques

BLOC D'APPARTENANCE n°2 : Outils

CRÉDITS ECTS : 1

RÉPARTITION DES HEURES : 10h CMTD

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Système international d'unités
2. Systèmes de mesure
3. Mesure, erreurs, incertitudes
4. Dispersion statistique
5. Méthode des moindres carrés

Travail en salle blanche

BLOC D'APPARTENANCE n°2 : Outils

CRÉDITS ECTS : 0,5

RÉPARTITION DES HEURES : 2h CM, 6h de TP

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Pourquoi travailler en salle blanche ?
2. Préparation des substrats
3. Techniques de dépôt
4. Introduction à la lithographie

Travaux pratiques :

- Nettoyage/Clivage de substrats (acétone/isopropanol/plasma O₂ et chauffage)
- Lithographie avec résine photosensible (dépôt de résine, exposition, développement)
- Dépôt métallique par évaporation : Ti/Au (5/50 nm)
- Lift off
- Mesure de l'épaisseur de métal (profilomètre mécanique), observation au MEB

ANGLAIS

BLOC D'APPARTENANCE n°3 : Savoirs Transverses

CRÉDITS ECTS : 3

RÉPARTITION DES HEURES : 22h CM en groupes

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

5. Mise à niveau en anglais général
6. Formation à l'anglais scientifique et technique. Compréhension d'un support audio et écrit.
7. Expression orale et écrite.

Communication

BLOC D'APPARTENANCE n°3 : Savoirs Transverses

CRÉDITS ECTS : 1

RÉPARTITION DES HEURES : 12h CM

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Créer un message efficace, choisir un support de communication adapté.
2. Contrôler la bonne compréhension du message reçu.
3. Mélanger efficacement mots et visuels, créer un ensemble captivant de messages.
4. Parler efficacement en public.

Qualité, Normalisation

BLOC D'APPARTENANCE n°3 : Savoirs Transverses

CRÉDITS ECTS : 1

RÉPARTITION DES HEURES : 10h CM

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Introduction (terminologie, contrôles et essais)
2. La qualité
 - a. Notions et méthodes d'assurance qualité
 - b. Notion et prévention de fiabilité
 - c. Maîtrise de la conformité du produit
3. Normes et certifications
 - a. Définition et valeur juridique des normes
 - b. Normalisation française, européenne et internationale
 - c. Assurance qualité externe : fournisseurs, clients
 - d. Assurance qualité interne
4. Les essais
 - a. Maîtrise des équipements d'essais
 - b. Contrôle statistique appliqué à la qualité
 - c. Certification et essais

Matériaux polymères et composites

BLOC D'APPARTENANCE n°4 : Spécialité

CRÉDITS ECTS : 1

RÉPARTITION DES HEURES : 10h CM

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Physique des polymères
 - a. Introduction et définitions
 - b. Différentes classes de polymères
 - c. Chaîne idéale : modèle gaussien
 - d. Élasticité entropique
 - e. Conformations d'une chaîne réelle : théorie de Flory
 - f. Polymères en solution : régimes de concentration
 - g. Polymères aux interfaces
2. Chimie des polymères
 - a. Polymérisation en chaîne
 - b. Polymérisation par étapes
 - c. Les bio polymères
3. Caractérisations des polymères
 - a. Chromatographie d'exclusion stérique
 - b. Osmométrie
 - c. Diffusion de la lumière
 - d. Viscosimétrie
4. Mise en œuvre des polymères
 - a. Formulation (charges, additifs, renforts, ...)
 - b. Notions d'extrusion, moulage
 - c. Exemples d'utilisation

Matériaux Céramiques, Verres et Béton

BLOC D'APPARTENANCE n°4 : Spécialité

CRÉDITS ECTS : 1

RÉPARTITION DES HEURES : 10h CM

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Généralités et définitions sur les céramiques, bétons et verres
 - a) Historique
 - b) Les différentes classes de matériaux
 - c) Les liaisons chimiques
 - d) Définition d'une céramique et fabrication
 - e) Les grandes classes de céramiques
 - f) Propriétés physiques
2. Céramiques
 - a) Les céramiques traditionnelles
 - b) Les céramiques techniques
 - c) Matières premières
 - d) Elaboration et fabrication des céramiques : diagrammes de phase, mise en forme (barbotine, coualge, pressage, extrusion...), cuisson (frittage...)
 - e) Influence de la microstructure (porosité, taille des grains...) sur les propriétés physiques
3. Ciments et Bétons
 - a) Synthèse d'un clinker et ciment ?
 - b) Hydratation du ciment et porosité
 - c) Le béton : synthèse, porosité et rupture, porosité et corrosion, enjeux stratégiques
4. Verres :
 - a) Composition chimique : matières premières, fabrication, diagrammes de phases
 - b) Elaboration
 - c) Propriétés / applications

Matériaux Métalliques

BLOC D'APPARTENANCE n°4 : Spécialité

CRÉDITS ECTS : 2

RÉPARTITION DES HEURES : 12h CM

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Introduction :

Présentation des grandes classes de métaux et alliages métalliques : alliages ferreux et non ferreux, aciers, fontes, superalliage, alliage intermétallique, alliages à haute entropie ...

2. Structure atomique des métaux et alliages :

- a. Rappels introductifs sur la liaison métallique
- b. Structure des solides cristallins
- c. Défauts dans les cristaux
- d. Introduction au réseau réciproque

3. Thermodynamique des matériaux métalliques :

- a. Diagramme de phase : définition, construction, et introduction des concepts basiques (phase, solubilité, microstructure...)
- b. Diagramme de phase de système unaire : exemple du fer
- c. Diagramme de phase de système binaire (à miscibilité complète/partielle, avec point eutectique/pallier péritectique)
- d. Analyse de diagrammes de phase

4. Introduction aux traitements thermiques des alliages : intérêts technique et économique, grandes familles de traitements thermiques industriels (recuits, trempes, revenus, traitements thermo-chimiques ...)

Mécanique des milieux continus

BLOC D'APPARTENANCE n°4 : Spécialité

CRÉDITS ECTS : 2

RÉPARTITION DES HEURES : 10h CM, 8h TD

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Déformations - Contraintes
 - a. Définition de l'allongement relatif
 - b. Définition des contraintes normale et de cisaillement
2. Courbes de déformation
 - a. Présentation de la courbe contrainte = f(allongement)
 - b. Définition des régimes élastique / plastique
3. Elasticité
 - a. Description de la partie linéaire de la courbe de traction
 - b. Définition des constantes élastiques : module d'Young E, coefficient de Poisson, Module de rigidité ou de cisaillement G, module de compression K...
4. Comportement élasto-plastique
 - a. Limite élastique ou limite d'écoulement
 - b. Variation en fonction de la température
5. Les essais mécaniques
 - a. Traction / Compression
 - b. Dureté
 - c. Résilience
6. Le comportement visco-plastique des métaux
 - a. Evolution de la déformation des métaux en fonction du temps
 - b. Fluage
 - c. Fatigue
7. Mécanique de la rupture
 - a. Striction
 - b. Rupture ductile / fragile

Analyse par diffraction des Rayons X

BLOC D'APPARTENANCE n°4 : Spécialité

CRÉDITS ECTS : 2

RÉPARTITION DES HEURES : 8 h CM, 9 h TP

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Introduction aux rayons X
 - a. Source de rayons X
 - b. Interaction rayons X-matière
 - c. Absorption

2. Diffraction
 - a. Rappel de cristallographie : le réseau direct
 - b. Introduction du réseau réciproque par la diffraction et ses propriétés fondamentales
 - c. Détermination des distances réticulaires des systèmes cristallins
 - d. Loi de Bragg
 - e. Facteurs de diffusion atomique, de structure et de forme

3. Méthodes expérimentales
 - a. Diffraction de poudre
 - b. Montage de Laue
 - c. Montage 4 cercles

Analyse structurale et élémentaire par microscopie électronique

BLOC D'APPARTENANCE n°4 : Spécialité

CRÉDITS ECTS : 2

RÉPARTITION DES HEURES : 8 h CM, 9 h TP

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Microscopie Electronique à Balayage (MEB)
 - a. Introduction
 - b. Architecture et modes de fonctionnement du MEB
 - i. Le vide et le groupe de pompage
 - ii. Les canons à émission thermoélectronique
 - iii. Optique électronique
 - iv. Balayage de la sonde
 - c. Interactions électrons - matière
 - d. Amplification du signal et obtention de l'image
 - e. Relations entre réglages et performances
 - f. Résolution
 - g. Profondeur de champ
 - h. Grandissement
 - i. Contraste
 - j. Optimisation des réglages en fonction du but recherché
2. Analyse par Energie Dispersive de rayons X (EDX)
 - a. Généralités
 - b. Emission X
 - c. Spectre caractéristique
 - d. Détection des RX - WDS et EDS
 - e. Spectroscopie par sélection en énergie
 - i. Le détecteur EDS
 - ii. Acquisition des spectres
 - iii. Cartographie chimique
 - iv. Analyse quantitative

Analyses de surface

BLOC D'APPARTENANCE n°4 : Spécialité

CRÉDITS ECTS : 2

RÉPARTITION DES HEURES : 8 h CM, 9 h TP

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Introduction : De la surface idéale à la surface réelle
2. Bases physiques de l'analyse des surfaces
 - a. Forces de cohésion (Coulomb, Van der Waals, covalente, métallique)
 - b. Energie et contrainte de surface
 - c. Interaction rayonnement - matière (photons, électrons, ions)
3. Quelques méthodes d'analyse
 - a. Morphologie et topologie (du millimètre au nanomètre : profilométrie, MEB, champ proche)
 - b. Caractérisation mécanique (nanoindentation, contraintes superficielles)
 - c. Structure fine des surfaces et films minces (diffraction X, ellipsométrie, imagerie haute résolution)
 - d. Analyses chimique et vibrationnelle (spectroscopies d'absorption, Auger, XPS, ions, Raman)
4. Spécificité de la topographie
 - a. Analyses de rugosité (normes, Ra)
 - b. Initiation à la tribologie (contact, frottements, usure et lubrification)
5. Travaux pratiques : mesures et analyse de la rugosité, spectroscopie Raman

Systèmes optiques d'imagerie

BLOC D'APPARTENANCE n°4 : Spécialité

CRÉDITS ECTS : 2

RÉPARTITION DES HEURES : 8 h CM, 3 h TD, 6 h de TP

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Aspect corpusculaire : optique géométrique
 - a. Principe de base
 - b. Lois fondamentales
 - c. Applications
 - i. Lentilles ; formation d'images
 - ii. Aberrations
 - iii. Résolution
 - d. Instruments d'optique
 - i. Description du modèle simple de l'œil et les défauts de vision
 - ii. La loupe et ensuite les instruments plus complexes tels que la lunette astronomique. Enfin, notions d'optique en relation avec l'appareil photographique
 - iii. Microscopie optique de base
2. Microscopie de Fluorescence :
 - a. Base de la fluorescence
 - b. Microscopie confocale
 - i. Principe
 - ii. Résolution axiale, exemples
 - iii. Avantages et inconvénients
 - c. Microscopie de Fluorescence sous excitation à deux photons
 - i. Principe
 - ii. Montages (sources de lumière utilisée)
 - iii. Résolution
 - iv. Avantages et inconvénients
 - v. Exemples

Analyses optiques

BLOC D'APPARTENANCE n°4 : Spécialité

CRÉDITS ECTS : 2

RÉPARTITION DES HEURES : 8 h CM, 9 h de TP

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Interaction lumière matière
 - a. Bases physiques de la lumière
 - b. Matière et énergie
2. Diffusion quasi-élastique de la lumière
3. Spectroscopie d'absorbance
 - a. Principes et lois générales
 - b. Construction d'un spectre et interprétation
4. Spectroscopie de fluorescence (spectrofluorimétrie)
 - a. Principes et lois générales
 - b. Spectre d'excitation et d'émission
 - c. Décalage de stocks
 - d. Propriétés de fluorophores
 - i. Rendement quantique
 - ii. Coefficient d'extinction molaire et Brillance
 - iii. Quenching et photoblanchiment
 - iv. Famille de marqueurs fluorescents (Molécules organiques ; Protéines chimériques ; Fluorophores endogènes ; Nanocristaux de semi-conducteur)
5. Durée de vie de fluorescence :
 - a. Principe de mesure
 - b. Montages
 - c. Imagerie de la durée de vie de fluorescence

Analyses thermiques

BLOC D'APPARTENANCE n°4 : Spécialité

CRÉDITS ECTS : 1

RÉPARTITION DES HEURES : 5 h CM, 4 h de TP

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Introduction à l'analyse thermique
2. Analyse thermogravimétrique
3. Analyse thermique différentielle
4. Dilatométrie
5. Analyse thermomécanique

Le principe de chaque méthode est abordé puis illustré par des applications variées relatives à différentes familles de matériaux couvertes par la formation (polymères naturels/synthétiques, métaux, argiles, ...).

Matière molle

BLOC D'APPARTENANCE n°5 : Spécialité

CRÉDITS ECTS : 4

RÉPARTITION DES HEURES : 15 h CM, 6h de TD, 9 h de TP

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Les objets mous
 - a. Introduction et ordres de grandeur
 - b. Echelle mésoscopique, limite colloïdale
 - c. Forces de Van der Waals
 - d. Interactions électrostatiques
2. Systèmes colloïdaux & Interfaces
 - a. Introduction, classification
 - b. Fabrication (colloïdes, émulsions, mousses)
 - c. Stabilité des systèmes colloïdaux
 - d. Capillarité et tension superficielle
 - e. Capillarité et pesanteur
 - f. Du mouillage à l'adhérence
3. Cristaux liquides - mésophases
 - a. Cristaux liquides, les différentes phases
 - b. Mésophases dans le cas des cristaux liquides thermotropes et des assemblages de tensioactifs.
4. Molécules tensioactives
 - a. Structure et classification
 - b. Agrégation dans l'eau
 - c. Stabilisation d'interfaces

Rhéologie

BLOC D'APPARTENANCE n°5 : Spécialité

CRÉDITS ECTS : 3

RÉPARTITION DES HEURES : 15 h CM, 9 h de TP

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

1. Notions de base
 - Déformation, vitesse de cisaillement, viscosité de cisaillement
 - Rhéologie de viscosité stationnaire, notion de viscoélasticité
2. Principaux comportements rhéologiques
 - Comportement newtonien, non newtonien, seuil d'écoulement
 - Comportement dépendant du temps, notion de thixotropie
3. Rhéométrie capillaire
 - Ecoulement de Poiseuille, application à la détermination de la viscosité intrinsèque des polymères, relation de Mark - Houwink
4. Rhéométrie
 - Mise en pratique d'un écoulement de cisaillement stationnaire, d'un cisaillement oscillatoire, transitoire
 - Les différentes géométries (cylindres coaxiaux, cône/plateau, plateau/plateau, agitateur)
 - Choix d'une géométrie
 - Effets perturbateurs
 - Interprétation et validité des mesures
5. Comportement rhéologique des milieux dispersés
 - Milieux dilués, semi-dilués, concentrés
 - Variation de la viscosité avec la fraction volumique
 - Exemples
6. Applications aux fluides et matériaux industriels
 - Matériaux polymères et transition vitreuse
 - Emulsions
 - Gels
 - Matériaux pâteux

Projet tuteuré

BLOC D'APPARTENANCE n°6 : Projet tuteuré et stage

CRÉDITS ECTS : 5

RÉPARTITION DES HEURES : 150 h

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

Dans ce projet l'étudiant doit répondre à une problématique industrielle en autonomie avec un échéancier temporel prédéfini.

L'objectif est de mener l'étudiant à développer une autonomie et une stratégie de travail pour répondre à un cahier des charges dans un temps imparti. L'étudiant planifie et organise les tâches à effectuer. Le projet est réalisé au sein de l'entreprise sur un sujet proposé par l'entreprise.

L'étudiant répond à une problématique industrielle qui peut être en stricte relation avec les missions d'apprentissage ou totalement découplée. Les thèmes recevables de sujet de projet sont par exemple : la mise en place d'une méthode qualité quant à l'utilisation d'une technique, la comparaison de plusieurs méthodes sur un type d'analyses, etc...

L'entreprise peut également demander, à l'occasion de ce projet, à tester un équipement universitaire pour une éventuelle application ou une étude pour acquisition future.

L'avancement du projet est suivi régulièrement par un tuteur universitaire et par le maître d'apprentissage pour répondre aux questions de l'étudiant(e).

In fine le projet tuteuré donne lieu à un rapport et une soutenance orale.

Mission en entreprise

BLOC D'APPARTENANCE n°6 : Projet tuteuré et stage

CRÉDITS ECTS : 23

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT :

Dans le cadre professionnel, l'apprenti(e) met en œuvre les techniques adéquates à l'analyse physique d'un ou de plusieurs matériaux.

Ainsi, ses principales missions sont typiquement :

- L'élaboration, la préparation et la transformation des échantillons pour leur caractérisation physique.
- La conduite d'analyse et de contrôle des caractéristiques structurales et/ou des propriétés d'un matériau :
 - Mise au point de protocoles expérimentaux pour l'analyse des échantillons
 - Suivi de la qualité, la fiabilité et la sécurité des essais conduits au laboratoire
 - Utilisation des techniques d'analyse adaptées
- La mise au point, le développement, l'évaluation et la validation d'une technique d'analyse ou d'un appareillage :
 - Mise en place de plateformes de mesures et de caractérisation
 - Maîtrise des outils experts
- Le traitement des résultats d'analyses et de mesures afin d'en valider la pertinence.
- Le compte rendu écrit et oral des méthodes mises en œuvre et des résultats obtenus.