

# Syllabus des Enseignements

Semestres S9 et S10

# Table des matières

<b>Introduction</b> .....	<b>3</b>
Formation d'Ingénieurs ESPCI Paris .....	3
Stages et spécialisation (S9 - S10).....	5
<b>Semestre 9</b> .....	<b>6</b>
UE Stage Industriel.....	6
<b>Semestre 10</b> .....	<b>9</b>
UE Projet de Recherche Académique .....	10
UE Développement Personnel .....	13
Ethique.....	15
Préparation à la Recherche d'Emploi .....	16
Présentation des Métiers.....	17
Gestion de Stress.....	18
Langue Vivante II .....	20
Français Langue Étrangère.....	22
Semaine ATHENS .....	24
Engagement Étudiant.....	25
UE Finance et Économie.....	26
Energie Climat et Economie .....	28
Finance d'Entreprise.....	29
Droit du Travail et Gestion .....	30
UE Anglais V.....	32
UE Ingénierie Quantique et Relativiste.....	36
Électromagnétisme et Relativité Restreinte.....	38
Ingénierie Quantique .....	39
UE Physique Avancée de la Matière Condensée.....	40
Sujets Actuels en Matière Condensée.....	42
Approche Numérique des États Électroniques .....	43
UE Ondes et Interactions Lumière-Matière .....	44
Ondes en Milieux Complexes.....	46
Interactions Lumière-Matière .....	47
UE Physique Statistique des Systèmes Complexes .....	48
Concepts clés en Physique Statistique.....	49
UE Physique du Signal .....	50
Physique de la Mesure.....	52
Physique des Télécommunications .....	54
UE Apprentissage Statistique .....	55
Statistique et Modélisation .....	56
Modélisation et Classification par Apprentissage Artificiel.....	57
<b>UE Introduction à l'Apprentissage Profond</b> .....	<b>58</b>
Introduction à l'Apprentissage Profond.....	59
UE Programmation Avancée .....	60
Programmation Avancée.....	61

UE Mécanique des Fluides Avancée .....	62
Microfluidique .....	64
Physique du Transport .....	65
Instabilités Hydrodynamiques .....	66
UE Magnétisme et Supraconductivité .....	67
Magnétisme : des concepts fondamentaux aux applications à l'échelle nanométrique .....	68
Supraconductivité : propriétés, concepts fondamentaux, applications .....	70
UE Chimie Analytique .....	73
Bioanalytique, Miniaturisation et couplage LC/MS .....	75
Chimométrie .....	77
<b>UE Chimie Inorganique pour la Catalyse et l'Énergie</b> .....	<b>78</b>
Electrochimie .....	80
Chimie Inorganique et Catalyses .....	81
UE Chimie Avancée .....	82
Synthèse de Matériaux Inorganiques et Hybrides .....	84
Outils Synthétiques pour la Science des Matériaux .....	85
Synthèse de Matériaux Fonctionnels .....	86
Synthèse Organique Sélective Avancée .....	90
UE Chimie de Synthèse et Applications .....	87
Chimie des Polymères et Applications .....	Erreur ! Signet non défini.
Méthodes de Synthèse en Chimie Moléculaire .....	89
UE Matière Molle .....	91
Matière Molle et Développement .....	93
Colloïdes et Biomolécules .....	94
UE Matériaux Avancés .....	Erreur ! Signet non défini.
Matériaux Avancés .....	Erreur ! Signet non défini.
UE Biologie et Neurobiologie des Systèmes .....	100
Biologiques et Neurobiologiques des Systèmes .....	101
UE Interface Physique Biologie .....	96
Biophysique .....	98
Imagerie Médicale .....	102
UE Biologie Chimique et Biotechnologie Moléculaire .....	104
Biologie Chimique et Biotechnologie Moléculaire .....	105
Travaux dirigés .....	106
UE Génie des Procédés .....	121
Flow Chemistry .....	122
Formation Expérimentale Option Procédés .....	123
Optimisation et Contrôle des Procédés .....	124
Simulation des Procédés .....	125

# Introduction

## Formation d'Ingénieurs ESPCI Paris

La mission principale de l'ESPCI est de former des ingénieurs d'innovation capables d'initier et d'accompagner des innovations de rupture dans les domaines impliquant la physique, la chimie et/ou la biologie, sans négliger une culture de base sérieuse dans les domaines socio-économiques pour l'ingénieur.

L'objectif prioritaire de l'école est de donner aux élèves ingénieurs les atouts qui leur permettront tout au long de leur carrière de s'adapter, d'anticiper et de répondre, en acteurs incontournables et responsables, aux demandes d'une société en perpétuelle évolution et dans un contexte de plus en plus international.

La pédagogie développée à l'ESPCI vise à favoriser l'apprentissage du travail collectif et à stimuler le développement d'une démarche scientifique imaginative chez les élèves.

L'ESPCI propose à ses étudiants un cursus original (3 ans + 1 année facultative).



Les deux premières années de scolarité forment un tronc commun obligatoire pour tous les étudiants, avec des enseignements fondamentaux en physique, chimie, biologie, mathématiques et informatique, complétés par des enseignements de langues étrangères et socio-économiques.

L'enseignement par l'expérimentation joue un rôle très important avec 15 heures de travail expérimental par semaine, dans le cadre des travaux pratiques de physique, chimie et biologie ou du projet scientifique par équipe. Ils visent à familiariser les élèves-ingénieurs avec un maximum de techniques expérimentales.

Les cours magistraux et travaux dirigés sont complétés par des séances de préceptorat qui permettent aux étudiants de participer activement à leur apprentissage en travaillant par petits groupes de 5 ou 6, avec un enseignant-chercheur ou un chercheur.

En deuxième année, deux semaines (l'une en novembre et l'autre en mars) labellisées « semaines PSL » permettent aux étudiants d'aller suivre un module d'enseignement de leur choix dans un autre établissement de PSL tel que l'École des Mines ParisTech, Chimie ParisTech, l'ENSAD ou encore La Fémis.

La spécialisation des élèves ingénieurs intervient en troisième année avec le choix de 4 UE (Unités d'Enseignement) parmi les disciplines suivantes : physique, chimie, physico-chimie ou biotechnologies.

Le diplôme d'ingénieur de l'ESPCI Paris labellisé par la commission des titres d'ingénieur est délivré à l'issue de la troisième année de scolarité et le diplôme de fin d'études de l'ESPCI (Advanced master in Sciences and Technology de l'ESPCI Paris) est attribué à l'issue de la quatrième année, facultative.

Les objectifs de la formation de l'ESPCI Paris pour ses élèves-ingénieurs sont exprimés dans un référentiel de compétences génériques associées au titre d'ingénieur et un référentiel de compétences plus spécifiques d'un ingénieur ESPCI Paris.

i) Référentiel des compétences communes à l'ensemble des titres d'ingénieur

- C1. Aptitude à mobiliser les ressources d'un large champ de sciences fondamentales.
- C2. Maîtrise des méthodes et des outils de l'ingénieur : identification et résolution de problèmes, même non familiers et non complètement définis, collecte et interprétation de données, utilisation des outils informatiques et de modélisation, analyse et conception de système complexes, expérimentation.
- C3. Prise en compte des enjeux industriels, économiques et professionnels : compétitivité et productivité, innovation, propriété intellectuelle et industrielle. Respect des procédures qualité, sécurité, analyse et maîtrise des risques.
- C4. Capacité à s'intégrer dans une organisation, à l'animer, à la faire évoluer et à la diriger : engagement et leadership, management de projets, maîtrise d'ouvrage, communication avec des spécialistes comme avec des non spécialistes.
- C5. Connaissance et respect des valeurs sociétales : connaissance des relations sociales, des enjeux environnementaux, engagement vis-à-vis de la société. Penser et agir en citoyen et professionnel, responsable et éthique.
- C6. Aptitude à travailler dans un environnement multiculturel et international, en français et en anglais. Capacité à proposer des solutions adaptées à cet environnement.

ii) Référentiel des compétences propres à l'ingénieur ESPCI Paris

- P1. Acquisition d'un socle de compétences solide en physique, chimie et biologie.
- P2. Maîtrise d'un savoir-faire expérimental très large.
- P3. Compétence avancée dans un ou plusieurs domaines de spécialités : instrumentation, physique pour la santé, matériaux, chimie fine, biotechnologies...
- P4. Capacité à définir, gérer en équipe et faire aboutir un projet scientifique inédit et innovant.
- P5. Capacité à travailler aux interfaces et à mener un projet transversal.
- P6. Capacité d'adaptation à des contextes scientifiques et techniques inédits.
- P7. Culture de la curiosité, de la créativité, de l'esprit d'innovation, de valorisation et d'entrepreneuriat.
- P8. Polyvalence originale entre savoirs, savoir-faire et questionnement scientifique, permettant flexibilité et réactivité pour apporter des solutions innovantes aux problématiques industrielles voire aux grands défis sociétaux.

## Stages et spécialisation (S9 – S10)

La spécialisation des élèves ingénieurs intervient en troisième année.

Le semestre 9 est consacré à un stage industriel de 5 mois minimum. Cette chronologie permet aux étudiants de concrétiser et de mettre en perspective tous les acquis de tronc commun en se confrontant à des problématiques industrielles concrètes. Elle leur permet aussi de réfléchir à leur orientation professionnelle et de faire des choix éclairés par une véritable expérience professionnelle.

**Le semestre 10 est constitué de 16 semaines d'enseignements de spécialisation et d'un projet de recherche en laboratoire académique de 8 semaines minimum.**

Pour les enseignements de spécialisation, les étudiants choisissent 4 UE dans les domaines physique, chimie, physico-chimie et biotechnologies. La large offre de cours scientifiques permet aux étudiants de personnaliser leur cursus. 3 UE obligatoires d'Anglais, de développement personnel, de finance et économie viennent compléter les 16 semaines d'enseignements du **semestre 10**. **Sur cette même période, les étudiants de l'ESPCI intéressés par le Génie des Procédés, peuvent suivre un programme de cours dédiés à Chimie ParisTech.**

**L'expérience longue à l'étranger est obligatoire et doit être effectuée soit dans le cadre du stage industriel (S9), soit dans le cadre du projet de recherche (S10).**

**La formation de l'année de spécialisation est présentée dans l'ordre chronologique des semestres : semestre 9 – stage industriel (UE PRO) ; semestre 10 – enseignements communs et enseignements électifs par domaine, projet de recherche académique (UE ARP).**


Un tableau regroupe les UE et leur découpage en éléments constitutifs (EC). Sont précisés dans ce tableau les noms des enseignants responsables, la ventilation des heures (cours, TD, TP), le nombre de crédits ECTS alloués à chaque UE. Le volume de travail personnel est donné à titre indicatif.

Les fiches syllabus **présentent les objectifs généraux et spécifiques de l'UE, les EC qui la composent, les pré-requis nécessaires, les liens éventuels avec d'autres UE de la formation, la pondération de chaque EC pour valider l'UE et les compétences visées par l'UE (matrice croisée compétences/acquis d'apprentissage).**

Les fiches syllabus de chaque EC précisent les détails de l'enseignement (équipe pédagogique, ventilation du volume horaire, contenu pédagogique, supports fournis, modalités et pondération des évaluations). Elles **indiquent également les acquis d'apprentissage de l'EC (AA)** qui permettent de vérifier que les compétences de la formation ESPCI Paris sont atteintes avec un niveau visé (I : connaissance/compréhension, II : application/analyse ; III : synthèse/conception).

# Semestre 9

Stage de 5 mois minimum – 30 ECTS

UE Stage Industriel <i>Industrial Internship</i>	SEMESTRE 9  UE IND
5 mois - 30 ECTS	

## Durée du stage

Le stage industriel est de 5 mois minimum (juillet à décembre - semestre 9) et obligatoirement dans une entreprise. De nombreux secteurs sont représentés et les tailles d'entreprises sont très variées allant de la start-up aux Grands Groupes.

## Objectifs du stage

Le stage industriel a pour objectif de permettre à l'étudiant de prendre connaissance du milieu industriel tout en effectuant un travail pour l'entreprise d'accueil. Ce stage permet de mettre en perspective les connaissances et compétences acquises à l'ESPCI Paris et les savoir-faire professionnels requis par l'entreprise. La découverte de l'entreprise (organisation, mode de fonctionnement, relations sociales, différents métiers d'ingénieurs) permet à l'élève ingénieur d'affiner son projet professionnel.

## Recherche de stage

La recherche de stage est organisée autour de plusieurs axes de contact avec les entreprises :

- ✓ les partenariats développés entre les entreprises et l'ESPCI Paris — Chaires industrielles, Parrainage de Promotion, Accords de partenariats avec des Laboratoires de l'ESPCI Paris,
- ✓ la participation au Forum Horizon Chimie, à l'XForum et au Forum TRIUM,
- ✓ la plateforme JobTeaser accessible sur l'intranet, entièrement personnalisable (sélection en fonction des choix de thématique scientifique ou de secteur d'activité).

## Suivi du stage

Durant toute la durée du stage industriel, l'élève ingénieur fait l'objet d'un triple encadrement.

1. Dans l'entreprise, il est placé sous la responsabilité directe d'un Tuteur de stage qui l'accompagne tout au long du stage.
2. A l'ESPCI Paris, il est suivi par un référent pédagogique de l'ESPCI Paris, enseignant-chercheur ou chercheur (Parrain de stage),
3. Par la Responsable des Relations Industrielles.

Le Parrain de stage est choisi préalablement en fonction de son domaine de compétences, en adéquation avec le sujet de stage. Une « Fiche de liaison Tuteur de Stage – Élève ingénieur – Parrain de Stage » est établie en début de stage pour aider l'élève ingénieur. C'est un outil de dialogue permettant d'échanger avec son Tuteur de stage afin d'affiner la compréhension des attentes de l'Entreprise.

## Évaluation du stage

Le stage industriel fait l'objet d'une évaluation basée sur un rapport technique, un rapport socio-économique, une soutenance orale et la fiche d'appréciation du Tuteur de stage.

Ces quatre évaluations sont réalisées à partir de grilles critériées qui permettent d'évaluer les acquis d'apprentissages/compétences visées par le stage industriel.

#### 1. Rapport technique (IND-RAPTECH)

L'élève-ingénieur doit fournir à l'école et à l'entreprise un rapport technique détaillé mettant en valeur son activité et les résultats de l'étude réalisée, pouvant être utilisé ultérieurement par l'Entreprise. Le Tuteur de stage porte un jugement sur la conduite de l'étude, les résultats obtenus et les capacités de l'élève-ingénieur, sur le contenu et la rédaction du rapport technique.

Le Parrain de stage évalue les acquis d'apprentissage suivants :

- AA1. Situer la problématique dans un contexte, par rapport à un état de l'Art
- AA2. Définir et analyser la problématique
- AA3. Mobiliser ses connaissances pour résoudre la problématique avec rigueur et logique
- AA4. Restituer ses résultats de façon synthétique et claire.

#### 2. Rapport socio-économique (IND-RAPSE)

L'un des objectifs importants du stage étant d'acquérir une connaissance du milieu industriel, l'élève-ingénieur doit s'attacher à recueillir des informations reflétant sa connaissance, sa perception et son analyse personnelle du milieu industriel dans lequel il aura effectué son stage. Dans ce rapport, il doit rendre compte du domaine d'activités de l'Entreprise, de son organisation, du financement de la R&D, du rôle de l'ingénieur, des modes de management, des relations dans l'entreprise, du rôle du comité d'entreprise et des syndicats, des mesures appliquées pour la qualité hygiène- sécurité-environnement). L'analyse personnelle des relations sociales au sein de l'Entreprise est un facteur important pour juger de la compréhension des enjeux humains dans l'Entreprise.

Le Parrain de stage évalue les acquis apprentissages suivants :

- AA1. Définir, expliquer et synthétiser le domaine d'activités, l'organisation, le financement de la R&D de l'Entreprise
- AA2. Définir, expliquer et évaluer le rôle de l'ingénieur dans l'Entreprise
- AA3. Distinguer et évaluer les modes de management, les relations sociales dans l'Entreprise
- AA4. Définir et analyser le rôle du comité d'entreprise et des syndicats
- AA5. Définir et appliquer les règles usuelles et spécifiques d'hygiène et de sécurité

#### 3. Soutenance orale (IND-SO)

Afin de favoriser l'expression orale et la communication, la partie technique fait l'objet d'une soutenance orale devant un jury composé de trois enseignants-chercheurs désignés par la Direction des Etudes. Le Parrain de stage et le Tuteur de stage peuvent, s'ils le souhaitent, assister à la présentation, mais ils n'interviennent pas dans l'évaluation faite par le jury.

Le jury évalue les acquis apprentissages suivants :

- AA1. Définir et analyser un contenu technique ou scientifique pour un public non spécialiste
- AA2. Expliquer la démarche scientifique suivie pour résoudre la problématique
- AA3. Produire des supports et s'exprimer de façon claire et pertinente
- AA4. Synthétiser ses résultats pour respecter le temps de la présentation
- AA5. Argumenter et débattre sur ses résultats

#### 4. Appréciation du Tuteur de stage (IND-ATS)

Le tuteur de stage évalue les acquis apprentissages suivants :

- AA1. Faire preuve d'initiative, d'autonomie, d'innovation, de pertinence



- AA2. Formaliser et résoudre des problèmes pluri-disciplinaire avec un esprit critique
- AA3. Intégrer les critiques pour remettre en question l'approche et l'améliorer
- AA4. S'adapter à son environnement, travailler en équipe en comprenant et respectant la hiérarchie et les usages
- AA5. Communiquer oralement et par écrit sur son projet, convaincre son auditoire

## Validation de l'UE

Moyenne pondérée : IND-RAPTECH 17%, IND-RAPSO 25%, IND-SO 25%, IND-ATS 33%

## Compétences visées par l'UE

IND-RAPTECH	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	rapport		II	III									II	II	
AA2.	rapport	III	III					III							
AA3.	rapport	III	III	II				III					III		II
AA4.	rapport				III		III*								
IND-RAPSE	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	rapport			III			III*								
AA2.	rapport		II	III			III*								
AA3.	rapport				II	III	III*				II				
AA4.	rapport				II	II	III*								
AA5.	rapport			III			III*								
IND-SO	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	PO		II		III										
AA2.	PO	III			III			III							II
AA3.	PO		III		III										
AA4.	PO		III		III										
AA5.	Questions	III			III			III							III
IND-ATS	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	stage			II		II	III*				III		II	II	III
AA2.	stage	III	III					III	III			III	III		III
AA3.	stage				III	III					II				II
AA4.	stage			III	III	III	III*				III				
AA5.	stage				III		III*								

\* Lorsque le stage est effectué à l'étranger, les AA valident la compétence C6 (Aptitude à travailler dans un environnement multiculturel et international) au niveau III

# Semestre 10

30 ECTS

8 semaines de Projet de Recherche

+ 218h cours

✓ 2 UE "SHS-SES"

✓ 1 UE Anglais

✓ 4 UE de spécialisation au choix dans les domaines de *physique, chimie, physico-chimie, biotechnologies*

UE SHS/SES/Anglais	86+	8			
UE Developpement Personnel	25	3			
Ethique	12	1 ECTS	DEV	ETH	M. Marcel
Préparation Recherche d'Emploi	8			PRE	B. Beaussart
Présentation des Métiers	5	ALUMNI		S. Norvez	
<i>Langue Vivante II (1 ECTS/semestre)*</i>	13	LV2		D. Moreau	
<i>FLE (1 ECTS/semestre)*</i>	9	FLE		D. Moreau	
<i>Gestion du Stress (1 ECTS)*</i>	9	SM		T. Gallopin	
<i>Semaine Athens (2 ECTS)*</i>	30	ATHENS		H. Ejja	
<i>Engagement Etudiant (1, 2 ECTS par an) *</i>				EE	N. Lequeux
*: modules optionnels. Un minimum de 2 ECTS pour ces modules est obligatoire pour valider l'UE					
UE Finance et Economie	40	3			
Modèles Economiques	15	33%	FE	ET	T. Bros
Finance d'Entreprise	15	33%		CF	V. Haan
Droit du Travail et Gestion	10	33%		DG	D. Bidoire
UE Anglais V	21	2	ENG	ANG5	D. Moreau
4 UE Sciences au choix	132	12			
UE1	33	3/UE	UE Sciences		
UE2	33				
UE3	33				
UE4	33				
UE Stage de Recherche Académique		10	ARP	ARP	J. Vial

Le volume de travail personnel est estimé à 278h en appliquant les pondérations :

UE DEV/FE : 1h cours = 0,9h

Engagement Etudiant, LV2 : 30h

UE ENG : 1h = 1,5h (préparation TOIC/TOEFL)

UE Sciences : 1h cours = 1,5h

<p>UE Projet de Recherche Académique <i>Academic Research Project</i></p>	<p>SEMESTRE 10</p>  <p>UE ARP</p>
<p>8 semaines - 10 ECTS</p>	

## Présentation

L'année de spécialisation se termine par un projet de recherche d'au moins huit semaines sur un sujet original dans un laboratoire de recherche de l'ESPCI Paris ou de PSL ou à l'étranger.

Ce stage a pour objectif de permettre à l'élève ingénieur de prendre connaissance du milieu académique, de mettre en perspective les connaissances et compétences acquises à l'ESPCI Paris et ainsi d'affiner son projet professionnel.

## Évaluation du stage

Le Projet de Recherche académique fait l'objet d'une évaluation basée sur un rapport écrit, une soutenance orale et la fiche d'appréciation du maître de stage.

Ces trois évaluations sont réalisées à partir de grilles critériées qui permettent d'évaluer les acquis d'apprentissages/compétences visées par le stage en milieu académique.

### 1. Rapport (ARP-RAP)

L'élève-ingénieur rédige un rapport technique détaillé mettant en valeur son activité et les résultats de l'étude réalisée, pouvant être utilisé ultérieurement par le laboratoire. Le maître de stage juge de la conduite de l'étude, des résultats obtenus et des capacités de l'élève-ingénieur à restituer sa recherche (contenu et rédaction).

Le maître de stage évalue les acquis apprentissages suivants :

- AA1. Situer la problématique dans un contexte, par rapport à un état de l'Art
- AA2. Définir et analyser la problématique
- AA3. Mobiliser ses connaissances pour résoudre la problématique avec rigueur et logique
- AA4. Restituer ses résultats de façon synthétique et claire.

### 2. Soutenance orale (ARP-SO)

Afin de favoriser l'expression orale et la communication, le projet fait l'objet d'une soutenance orale devant un jury composé de trois enseignants-chercheurs désignés par la Direction des Études.

Le jury évalue les acquis apprentissages suivants :

- AA1. Définir et analyser un contenu technique ou scientifique pour un public non spécialiste
- AA2. Expliquer la démarche scientifique suivie pour résoudre la problématique
- AA3. Produire des supports et s'exprimer de façon claire et pertinente
- AA4. Synthétiser ses résultats pour respecter le temps de la présentation
- AA5. Argumenter et débattre sur ses résultats

### 3. Appréciation du maître de stage (ARP-AMS)

Le maître de stage évalue les acquis apprentissages suivants :

- AA1. Faire preuve d'initiative, d'autonomie, d'innovation, de pertinence
- AA2. Formaliser et résoudre des problèmes pluri-disciplinaire avec un esprit critique
- AA3. Intégrer les critiques pour remettre en question l'approche et l'améliorer
- AA4. S'adapter à son environnement, travailler en équipe en comprenant et respectant la hiérarchie et les usages
- AA5. Communiquer oralement et par écrit sur son projet, convaincre son auditoire

## Validation de l'UE

Moyenne pondérée : ARP-RAP 30%, ARP-SO 30%, ARP-AMS 40%

### Compétences visées par l'UE

ARP-RAP	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	rapport		III	III									III	III	
AA2.	rapport	III	III					III							
AA3.	rapport	III	III	III				III	III				III		III
AA4.	rapport				III		III*								
ARP-SO	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	PO		III		III										
AA2.	PO	III			III			III	III						III
AA3.	PO		III		III										
AA4.	PO		III		III										
AA5.	Questions	III			III			III							III
ARP-AMS	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	stage			III		III	III*				III		III	III	III
AA2.	stage	III	III					III	III			III	III		III
AA3.	stage				III	III					III				III
AA4.	stage			III	III	III	III*				III				
AA5.	stage				III		III*								

\* Lorsque le stage est effectué à l'étranger, les AA valident la compétence C6 (Aptitude à travailler dans un environnement multiculturel et international) au niveau III


## UE SHS/SES/Langues

	Volume horaire	ECTS		Code	Responsable
UE SHS/SES/Anglais	86+	8			
UE Developpement Personnel	25	3			
Ethique	12	3	DEV	ETH	M. Marcel
Préparation Recherche d'Emploi	8			PRE	B. Beaussart
Présentation des Métiers	5			ALUMNI	S. Norvez
<i>Langue Vivante II (1 ECTS/semestre)*</i>	13			LV2	D. Moreau
<i>FLE (1 ECTS/semestre)*</i>	9			FLE	D. Moreau
<i>Gestion du Stress (1 ECTS)*</i>	9			SM	T. Gallopin
<i>Semaine Athens (2 ECTS)*</i>	30			ATHENS	H. Ejja
<i>Engagement Etudiant (1, 2 ECTS ou plus par an) *</i>				EE	N. Lequeux
<i>* : modules optionnels. Un minimum de 2 ECTS pour ces trois modules est obligatoire pour valider l'UE</i>					
UE Finance et Economie	40	3			
Modèles Economiques	15	3	FE	ET	T. Bros
Finance d'Entreprise	15			CF	V. Haan
Droit du Travail et Gestion	10			DG	D. Bidoire
UE Anglais V	21	2	ENG	ANG5	D. Moreau

Le volume de travail personnel est estimé à 197h en appliquant les pondérations suivantes :

UE DEV/FE : 1h cours = 0,9h

UE ENG : 1h TD = 1,5h (préparation TOEIC, TOEFL)

<b>UE Développement Personnel</b> <i>Personal Development</i>	SEMESTRE 10  UE DEV
25h - 3 ECTS	

## Présentation

Le module de communication professionnelle (DEV-PRE) vise à préparer les élèves à la recherche d'emploi et à s'approprier les processus de recrutement (master, doctorat, études complémentaires, emploi, etc).

Semestre	Programme	
S10	DEV-ETH	Éthique
	DEV-PRE	Préparation à la Recherche d'Emploi
	DEV-ALUMNI	Présentation des Métiers
	DEV-SM*	Gestion du stress
	DEV-LV2*	Langue Vivante II
	DEV-FLE*	Français Langue Etrangère
	DEV-EE-Days*	Semaine EE-Days
	DEV-EE*	Engagement Étudiant

## Validation de l'UE

Les modules DEV-ETH, DEV-PRE et DEV-ALUMNI sont obligatoires (1 ECTS).

\* **L'étudiant complètera cette UE** en choisissant des EC parmi DEV-SM (1 ECTS), DEV-LV2 (1 ECTS/semestre), DEV-FLE (1 ECTS/semestre), DEV-EE-Days (2 ECTS) et DEV-EE (2 maximum par année de formation ingénieur) de façon à obtenir au minimum 2 ECTS.

## Compétences visées par l'UE

DEV-ETH	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.				II		II									
AA2.				II		II									
AA3.				II		II									
AA4.				II		II									
DEV-PRE	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	entretien													III	
AA2.	entretien			III											
AA3.	entretien					III									
AA4.	entretien			III											
AA5.	entretien					II									
DEV-ALUMNI	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Présentiel			II		II									
AA2.	Présentiel			II		II									
AA3.	Présentiel			II		II									
AA4.	Présentiel			II		II									
DEV-SM	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Part	III													
AA2.	Part	II												II	
AA3.	Part	II										II	II		
AA4.	Part	II											II		
AA5.	Part	II			II								II		
AA6.	Part				II										
AA7.	Part				II							II	II		
DEV-LV2	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.							III								
AA2.					II		III								
AA3.					II		III					II	III		
AA4.					II		III						III		
AA5.					II		III					II			
AA6.					II		III								
AA7.					II		III						III		
AA8.						II	III							II	
AA9.							III								
DEV-FLE	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.							III								
AA2.					II	II	III								
AA3.					II		III						III		
AA4.					II		III					II			
AA5.					II		III								
AA6.					II		III						III		
AA7.					II		III						III		
AA8.					II		III						III		
DEV-EE-Days	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Var	III											II	II	
AA2.	Var				III		III						II	II	
AA3.	Var					III	III								

Part : participation, Var : variable suivant programme

Responsable : Mélanie Marcel

| cours : 12h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. définir les critères pour discuter des parties de responsabilité et d'impact d'un projet de recherche
- AA2. identifier les structures et paradigmes de recherche et de valorisation impliqués dans leurs projets de recherche/ingénierie
- AA3. produire une analyse critique des pratiques et des acteurs avec lesquels ils vont travailler
- AA4. naviguer dans le secteur de l'impact, tant économique que dans le domaine de la recherche.

Contenu	<p>Quel est le rôle de la science dans la crise sociale et environnementale à venir ? La science peut-elle collaborer avec la société pour résoudre nos défis sociaux et environnementaux les plus urgents, et si oui, selon quelles modalités ? Comment la valorisation de la recherche peut-elle ne plus être uniquement axée sur le rendement économique, mais également sur le rendement social et environnemental ? Un scientifique peut-il s'engager en tant que citoyen par le biais de la recherche ?</p> <p>Les étudiants exploreront ces questions et travailleront sur des outils pratiques pour évaluer leur propre responsabilité et les impacts du projet de recherche sur lequel ils travaillent. Une nouvelle vision de la recherche et de l'entrepreneuriat, ancrée dans des principes philosophiques spécifiques et nécessitant de nouvelles compétences, de nouveaux outils et de nouvelles valeurs, sera présentée, ainsi que son évolution actuelle aux niveaux local, national et international.</p>
---------	--

Supports Bibliographie	<p>ARENDR (Hannah), <b>Conditions de l'homme moderne.</b>          BENJAMIN (Ruha), Race after technology.          BIHOUIX (Philippe), <b>L'âge des low-tech.</b>          ELLUL (Jacques), Le bluff technologique.          GRAS (Alain), Le choix du feu: Aux origines de la crise climatique.          HORNBERG (Alf), La magie planétaire: technologies d'appropriation de la Rome Antique à Wall Street.          JARRIGE (François), Technocritiques.          JONAS (Hans), Le Principe responsabilité: une éthique pour la civilisation technologique.          MARCEL (Mélanie), Science et impact social, vers une innovation responsable.          MEADOWS (Dennis), Les limites à la croissance.          ROSA (Hartmut), Résonance.</p>
------------------------	---

Évaluation	présentiel
------------	------------



Responsables : Brigitte Beaussart, Esther Honikman

| cours : 8h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. considérer les différentes voies potentielles.
- AA2. expliquer et argumenter son projet professionnel.
- AA3. rédiger son profil « numérique » et considérer sa e-réputation.
- AA4. planifier ses contacts réseau.
- AA5. distinguer les différents processus de sélection.

Contenu	<p><u>Acquis de la formation</u> : il s'agit de développer des compétences de communication professionnelle adaptées au recrutement, au réseau et l'environnement socio-économique des entreprises.</p> <p>Le module se déroule en 2 étapes séparées :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Un cours : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bilan du stage industriel</li> <li>• Présentation " Co-Orientation "</li> <li>• Démarche réseau dans le processus de recrutement</li> <li>• Passation de test</li> </ul> </li> <li>2. Une mise en situation professionnelle individuelle : entretien individuel de 30 minutes, suivi d'un debriefing personnalisé avec l'animateur du groupe.</li> </ol>
Supports Bibliographie	Actualité socio-économique
Évaluation	Pas d'évaluation notée. Démarche d'accompagnement individualisée : entretien individuel de 30 minutes sur le projet professionnel, suivi d'un debriefing personnalisé. Validation par atteinte des objectifs des étudiants.

Responsable : Sophie Norvez

| cours : 5h | langue du cours :  |

## Présentation

Le cours donne aux élèves-ingénieurs un panorama des carrières de leurs aînés, afin de leur montrer le champ des possibles et de répondre à leurs interrogations. Il est préparé et présenté bénévolement par des membres du Conseil d'administration d'ESPCI Alumni et des alumni ayant une carrière exemplaire, qui interviennent en tant que "Grand Témoin".

## Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du module, l'étudiant sera capable de :

- AA1. recevoir l'expérience de leurs aînés.es
- AA2. observer le parcours emblématique de certains alumni
- AA3. définir pour soi-même une ébauche de carrière professionnelle
- AA4. identifier les ressources pour affiner son choix de carrière

### Contenu

Le cours consiste en un module (1h30) de présentation générale, suivi de 3 modules d'une heure dédiés aux carrières académiques, aux carrières industrielles et à celles de l'entrepreneuriat (start-up, propriété industrielle, capital-risque, etc.).

Chaque module commence par une présentation de données, rassemblées et analysées par l'association des alumni (enquête emploi, etc.), suivie par l'intervention d'un/e alumnus/a "Grand Témoin", conçue comme une séquence interactive de questions-réponses.

### Supports Bibliographie

Annuaire des alumni sur [www.espci.org](http://www.espci.org)  
Document "Alumni in Academia" visant à mettre en lien les alumni dans le domaine académique et les élèves-ingénieurs (recherche de masters, de thèse, etc.) : <http://bit.ly/ESPCI-alumni-in-academia>

### Évaluation

Validation par présentiel.

Responsable : Thierry Gallopin

| cours : 9h | langue du cours :  |

## Présentation

Savoir gérer son stress est devenu un atout crucial pour son épanouissement personnel et professionnel. Bien qu'il puisse être moteur, le stress peut aussi être un obstacle à la réalisation de ses objectifs. Les symptômes du stress sont nombreux : fatigue, troubles du sommeil, trouble de la concentration, baisse de la motivation, troubles de l'humeur, problème de santé. Apprendre à gérer son stress est devenu indispensable dans nos sociétés modernes. L'objectif de cet atelier est dans un premier temps de comprendre ce qu'est le stress, à quoi il sert et quels sont les facteurs qui le modulent. Dans un deuxième temps, cet atelier aura pour but d'apprendre à gérer ce stress au moyen de techniques de méditation et d'auto-hypnose.

## Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1 : décrire les différents facteurs qui génèrent et modulent le stress.
- AA2 : **définir clairement un objectif et l'atteindre.**
- AA3 : utiliser le mode de communication de son inconscient.
- AA4 : **utiliser l'auto-hypnose** de manière simple et progressive.
- AA5 : utiliser la méditation de manière simple et progressive.
- AA5 : gérer rapidement et durablement ses émotions et son stress.
- AA6 : augmenter sa confiance en soi et ses performances.
- AA7 : identifier et dépasser ses peurs/résistances au changement.

Contenu	<p><b>Plan de l'atelier :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction à la Physiologie du stress</li> <li>2. Conscient et Inconscient : les deux faces d'une même pièce</li> <li>3. Comment définir un objectif</li> <li>4. <b>Introduction aux techniques d'auto-hypnose</b> et de méditation</li> <li>5. Gestion des émotions par conditionnement</li> <li>6. Gérer ses comportements</li> <li>7. Apprendre à mieux gérer son sommeil</li> <li>8. Dépasser les résistances (peurs, limites)</li> <li>9. Identifier et changer ses croyances</li> </ol>
Fonctionnement	3 séances de 3h en petit groupe d'une dizaine d'étudiants (atelier avec mise en situation, et pratique
Supports Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polycopié et supports de cours</li> <li>• <i>Votre cerveau n'a pas fini de vous étonner</i>, de Boris Cyrulnik, Christophe André, Jean-Michel Oughourlian, Patrice Van Eersel, Pierre Bustany et Thierry Janssen, Clés-Albin Michel, 2012</li> <li>• <i>Psychobiologie - De la biologie du neurone aux neurosciences comportementales, cognitives et cliniques</i>, S. Marc Breedlove, Mark R. Rosenzweig, Neil Watson, Sylvain Bartolami, DE BOECK UNIVERSITE; Édition : 6e édition, 2015.</li> </ul>

- *Méditer, jour après jour*, de Christophe André, L'Iconoclaste, 2011.
- *Apprivoiser le changement avec l'auto-hypnose* de Kévin Finel, InterEditions

Évaluation

Comportement pendant l'atelier : participation, motivation, assiduité

Responsable : Daria Moreau

| cours : 13h | langue du cours : Espagnol, Allemand, Chinois, Japonais, Portugais, Italien, Russe, Arabe... |

### Présentation

La formation linguistique et culturelle fait partie intégrante du cursus des étudiants à l'ESPCI. Cette formation a pour but de les préparer aux stages ou séjours d'études à l'étranger et à une possible carrière professionnelle internationale ainsi que de les familiariser avec d'autres cultures. Les enseignants de langues LV2 organisent également une préparation qui permet aux élèves de passer des examens de langues reconnus internationalement.

Les cours de LV2 sont facultatifs à l'ESPCI.

Le choix d'une LV2 se fait au début d'année scolaire sur la plateforme Moodle. Le test de positionnement est obligatoire pour des cours d'allemand et d'espagnol.

Les étudiants peuvent choisir parmi les cours suivants :

- l'allemand (4 groupes de niveau A1-C1),
- l'espagnol (4 groupes de niveau A1-C1),
- le chinois (2 groupes de niveau A1-A2),
- le japonais (2 groupes de niveau A1-A2),
- l'italien (2 groupes de niveau A1-A2),
- le suédois ( 1 groupe de niveau A1).

Les étudiants peuvent également suivre des cours d'arabe, de portugais ou de russe proposés par PSL.

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. développer des compétences linguistiques et interculturelles,
- AA2. s'insérer à l'étranger dans les domaines professionnel, académique et social,
- AA3. travailler en collaboration en LV2,
- AA4. argumenter à l'oral sur un sujet de la vie courante, technique ou scientifique,
- AA5. répondre à des questions factuelles et argumenter sur le sujet donné,
- AA6. tenir une conversation et s'exprimer avec aisance sur une large gamme de sujets,
- AA7. synthétiser un texte scientifique ou général ou un document audio en dégagant l'information pertinente pour la restituer devant un public,
- AA8. confronter les particularités culturelles, sociales et historiques d'un pays étranger,
- AA9. comprendre la langue quotidienne à travers le cinéma, des émissions de radio ou de télévision.

Contenu	<p>Selon le niveau tel que décrit dans le CECR :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'<b>expression orale en continu et en interaction sur une grande gamme</b> de sujets de la vie quotidienne, professionnelle et sur des sujets relatifs au monde de la langue étudiée,</li> <li>• l'<b>acquisition de la grammaire et du vocabulaire</b>,</li> <li>• l'<b>entraînement régulier à la compréhension orale et écrite</b> au travers de sujets variés,</li> <li>• la rédaction de textes variés,</li> <li>• l'<b>interaction</b> avec un interlocuteur natif,</li> <li>• la compréhension des discours,</li> <li>• l'<b>argumentation à travers l'actualité et les informations, des chansons, des extraits de film.</b></li> </ul>
Fonctionnement	<p>Les cours se déroulent dans des groupes de niveau établis en début d'année sur la base des tests de placement et des évaluations orales. Des sorties culturelles seront proposées.</p>
Supports Bibliographie	<p>Documents audio et vidéo ; exemples des documents authentiques, factuels.</p>
Évaluation	<p>A la fin de chaque semestre la validation des 5 compétences de la grille du CECRL et du travail personnel, de la connaissance de la culture et la communication interculturelle, de la motivation, de la participation aux cours, de l'<b>assiduité</b>.</p>

Responsable : Daria Moreau

| cours : 9h | langue du cours :  |

## Présentation

Ces cours ont pour objectif que tous les étudiants atteignent au moins le niveau B2 en FLE.

L'accent est mis :

1. sur la capacité de suivre les cours de sciences et d'y participer : compréhension, production, interaction, médiation
2. sur la communication avec les étudiants français et la vie sociale en France, afin de faciliter l'intégration à l'Ecole et en France.

## Pré-requis

Niveau B1

## Objectifs / **Compétences visées par l'EC**

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. développer des compétences linguistiques et interculturelles,
- AA2. se préparer à l'insertion professionnelle, académique et sociale en France,
- AA3. être ouvert à la pratique du travail collaboratif en français,
- AA4. répondre à des questions factuelles sur le sujet donné,
- AA5. tenir une conversation et de s'exprimer avec aisance sur une large gamme de sujets,
- AA6. synthétiser un texte scientifique ou général ou un document audio, dégager l'information pertinente et la restituer devant un public,
- AA7. communiquer à l'écrit comme à l'oral sur un sujet de la vie courante, technique ou scientifique,
- AA8. faire un exposé clair sur un sujet à contenu culturel, civilisationnel, technique ou scientifique, préparé à l'avance.

## Contenu

### Avant l'arrivée en France

Avant l'arrivée à l'ESPCI, les étudiants internationaux passent un test de niveau en ligne et des entretiens oraux pour évaluer leurs compétences en français oral et écrit. Ceci permet de les accompagner en amont en leur proposant ensuite des outils linguistiques à distance quand ils sont encore dans leurs pays d'origine.

### Avant le début des études

#### • Stages d'été

Avant le début des études, des stages intensifs d'été (3 semaines/3h par jour) sont proposées à ceux qui n'ont pas le niveau C1 en français afin de mieux les intégrer dans le contexte francophone professionnel, administratif et quotidien.

#### • Séminaire de préparation aux études d'ingénieur en France

Tous les étudiants internationaux participent avant le début d'année scolaire à un séminaire de préparation aux études d'ingénieur en France.

	<p><u>Examen</u>  A la fin des études, le niveau en FLE est vérifié par un test de niveau externe TCF et par une évaluation interne. Le niveau B2 est demandé par la CTI afin de valider les <b>diplômes d'ingénieur</b>.</p>
Supports Bibliographie	Polycopiés de cours, articles, journaux, manuels, document audio et vidéo ; exemples des documents authentiques.
Évaluation	A la fin de chaque semestre la validation des 5 compétences de la grille du CECRL et de : le travail personnel (CC), la connaissance de la culture et la communication interculturelle (CC), la motivation (CC), la participation aux cours (CC), l'assiduité (P). L'examen TCF est obligatoire à la fin de troisième année (EX) avec le niveau minimum requis B2 pour tous les étudiants



## S10 – DEV – EE-DAYS | Semaine EE-Days

Responsable : Annie Colin

| conférences, visites de laboratoire, challenge DD : 30h | langue du cours :    |

### Présentation

La semaine enjeux écologiques comporte des conférences et des visites de laboratoires. Les conférences porteront sur les activités de recherche des différents laboratoires de l'ESPCI Paris PSL mais aussi de PSL.

Les thématiques abordées couvriront les nouvelles sources d'énergie, les techniques d'émissions négatives du CO<sub>2</sub>, les procédés propres en chimie, la chimie du CO<sub>2</sub>, la catalyse enzymatique.

Elles seront complétées par une conférence sur l'économie du climat et sur l'analyse du cycle de vie.

Le but est de montrer comment l'ingénieur du 21<sup>ème</sup> siècle peut, grâce à la technologie, agir pour conserver notre écosystème et répondre au grand défi climatique que nous devons affronter. La sobriété énergétique est nécessaire mais pas suffisante.

Les trois jours de conférences seront complétés par une journée de visite des laboratoires de l'école. Ceci permettra de renforcer les liens entre laboratoires de recherche de l'Ecole et étudiants et leur montrer des recherches en rupture sur ces thématiques.

Le dernier jour sera consacré aux exposés du Challenge Enjeux Ecologiques où les élèves des différentes écoles PSL présenteront devant un jury les projets effectués et les développements scientifiques sur ces sujets. En 2023, la thématique sera l'eau.

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme de cette semaine, l'étudiant aura pu :

- AA1. se confronter aux technologies de rupture ayant pour but la lutte contre le réchauffement climatique
- AA2. mesurer l'importance des analyses de vie et des analyses économiques.

#### Contenu

- Cycle du CO<sub>2</sub>
- Procédés verts en chimie de production : chimie en flux, catalyse enzymatique, ...
- Economie circulaire des polymères
- Télécommunications : procédés peu gourmands en énergie
- Visite des laboratoires

#### Fonctionnement

3 jours de conférence, 1 jour de visite de laboratoires, 1 jour Challenge DD

#### Évaluation

Présence

Responsable : Nicolas Lequeux

## Présentation

La valorisation de l'engagement associatif consiste à donner de la valeur aux compétences, aux connaissances et aux aptitudes qui découlent de cet engagement.


Le décret n°2017-962 du 10 mai 2017 prévoit les conditions de la reconnaissance de l'engagement des étudiants dans la vie associative, sociale ou professionnelle, à compter de l'année universitaire 2017-2018 : « Les établissements d'enseignement supérieur sont, dans ce cadre, responsables de la définition et de la mise en œuvre de ce dispositif. »

## Conditions de mise en place et validation

- Établissement chaque année, en concertation entre la DE et les élèves, d'une liste d'activités associatives reconnues pour validation. Validation finale de la liste par le Directeur Général de l'ESPCI Paris.
- Attribution d'ECTS, 2 au maximum par année scolaire soit 6 maximum.
- Chaque activité associative fait l'objet de la rédaction d'une fiche de synthèse décrivant précisément pour chaque poste (président, trésorier, secrétaire...), le rôle, le nombre de personnes concernées, le temps d'implication, les compétences acquises, le nombre de crédits ECTS à attribuer (1 ou 2 ECTS, l'année de validation et la méthode de validation.
- Validation finale par la Direction des Études.
- Toutes les activités « reconnues » des étudiants seront inscrites dans le supplément au diplôme avec les compétences correspondantes.

## Objectifs / Compétences visées par l'EC

Variables suivants l'engagement

<b>UE Finance et Économie</b> <i>Finance and Economy</i>	SEMESTRE 10  UE FE
40h - 3 ECTS	

## Présentation

L'objectif du cours de **Modèles Economiques (FE-ET)** est de donner un aperçu de toutes les sociétés du secteur de l'énergie. Au travers de discussions, les risques/avantages et les menaces de chaque modèle économique sont comparés.

L'objectif du cours **Finance d'Entreprise (FE-CF)** est de donner aux étudiants une compréhension globale du rôle de la finance dans l'entreprise. L'approche utilisée consiste à démystifier les différents concepts financiers : états comptables, flux de trésorerie, analyse financière...

Les étudiants seront en mesure de comprendre les principales informations financières des entreprises et d'avoir un regard critique sur celles-ci.

L'objectif du cours de **Droit et Gestion (FE-DG)** est de permettre aux élèves d'acquérir une culture minimale en terme de droit du travail et de présentation des comptes d'une entreprise afin qu'ils puissent comprendre les enjeux.

Semestre	Programme	
S10	FE-ET	Modèles Économiques
	FE-CF	Finance d'Entreprise
	FE-DG	Droit et Gestion

## Pré-requis

Aucun

## Validation de l'UE

Moyenne pondérée : FE-ET 1/3, FE-CF 1/3, FE-DG 1/3

## Compétences visées par l'UE

FE-ET	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	pitch/rapport	I		I											
AA2.	pitch/rapport	II	II	II											
AA3.	pitch/rapport	I		I											
AA4.	pitch/rapport	II		II											
AA5.	pitch/rapport						II								
FE-CF	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	supports + pitch	I		I		I									
AA2.	supports + pitch	I													
AA3.	supports + pitch	II		II			II								
AA4.	supports						II								
FE-DG	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	QCM	I		I		I									
AA2.	QCM	I				I									
AA3.	QCM	I													
AA4.	QCM	I				I									
AA5.	QCM	I		I											
AA6.	QCM	I													
AA7.	QCM	I		I											
AA8.	QCM	I		I											

Responsable : Thierry Bros

| cours : 15h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. interpréter l'historique d'une société industrielle
- AA2. identifier les différentes stratégies des groupes énergétiques
- AA3. expliquer l'objectif poursuivi
- AA4. évaluer **les risques potentiels dans la mise en œuvre de ces stratégies**
- AA5. utiliser le vocabulaire technique anglais

#### Contenu

À un moment où le changement climatique devient un problème majeur, ce cours fournit une analyse économique et stratégique approfondie des principales entreprises liées à l'énergie.

#### Fonctionnement

Cours pour la promo entière  
Etude de cas : présentations de sociétés

#### Supports Bibliographie

Rapports annuels et présentations trimestrielles des entreprises disponibles sur le Web

#### Évaluation

Brève présentation pour la plupart des étudiants par groupes de 2 - Rapport écrit pour les autres

## S10 – FE – CF Finance d'Entreprise

Responsable : Vincent Haan

| cours : 15h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. décrire la stratégie d'une entreprise et ses enjeux financiers.
- AA2. interpréter les informations financières.
- AA3. calculer et analyser les principaux ratios financiers d'une société.
- AA4. utiliser le vocabulaire technique anglais

Contenu	Finance en entreprise Bilan Perte de profit Libre circulation des capitaux Indicateurs financiers clés pour la prise de décision Projets - Décisions et gestion
Fonctionnement	Travail en groupe (cf évaluation)
Supports Bibliographie	Aucun
Évaluation	Devoir à la Maison par groupe de 3 à 5 étudiants (support et pitch en vidéo en anglais)

Responsable : Damien Bidoire

| cours : 10h | langue du cours :   |

## Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. définir les grandes notions du droits du travail en France.
- AA2. identifier les zones de risques dans les contrats et les ruptures de contrats.
- AA3. interpréter les documents courants relatifs à la paie, notamment les bulletins de salaires.
- AA4. identifier les points particuliers du droit du travail dans les relations normales avec un employeur.
- AA5. identifier les éléments importants des comptes d'une entreprise.
- AA6. définir les agrégats courants.
- AA7. interpréter les éléments financiers simples.
- AA8. répondre à des questions classiques d'ordre financier.

## Contenu

### Droit du travail

1. Contexte du droit du travail en France
  - Les différentes sources du droit du travail
  - Les institutions du travail
  - Les charges sociales
2. Le contrat de travail
  - Types de contrats (CDD, CDI)
  - Les clauses importantes
3. Les absences
  - Les congés
  - La maladie
  - Les absences injustifiées
4. Les frais professionnels
  - Les règles du droit du travail
  - Les règles des cotisations sociales et fiscales
  - Les avantages en nature
5. Les droits et les devoirs
  - Les obligations des salariés
  - Les droits des salariés
6. La fin de contrat
  - Le licenciement
  - La rupture conventionnelle
  - La démission

### Gestion

1. Les grands principes comptables
  - Description de l'environnement légal de la comptabilité
  - Description du circuit administratif (le contrôle interne)
  - Description de l'organisation comptable (journal, grand livre, ...)
2. **Le bilan et l'annexe**
  - Description de l'actif
  - Description du passif
  - L'annexe

3. Le compte de résultat et les soldes intermédiaires de gestion
  - Analyse des produits
  - Analyse des charges
  - Les charges calculées
  - Les différents agrégats
  - Les outils de gestion
4. Le financement des entreprises
  - Les équilibres financiers
  - Le tableau de financement
  - Préparer un prévisionnel
5. La fiscalité des entreprises
  - La TVA
  - **L'impôt sur les sociétés**
  - Les taxes locales

#### Fonctionnement

Droit du travail : Cours en petits groupes avec échanges possibles (30 élèves environ)  
Gestion : Cours magistral


#### Supports Bibliographie

*Gestion de la PME*, éditions Francis Lefebvre

#### Évaluation

2 QCM en fin de cours (15 questions)



UE Anglais V <i>English V</i>	SEMESTRE 10  UE ENG
21h - 2 ECTS	

Responsable : Daria Moreau

|TD : 21h | langue du cours :  |

## Présentation

Les cours visent à améliorer les compétences en anglais et à enseigner l'autonomie linguistique afin de préparer les étudiants à travailler avec l'anglais technique et scientifique dans un contexte international et interculturel. Ces cours visent également à aider les étudiants dans la préparation à l'examen TOEIC requis par la CTI pour l'obtention du diplôme d'ingénieur ESPCI.

Semestre	Programme
S10	Ang5 21h, 2 ECTS

## Pré-requis

C1 de la grille du CECRL

## Evaluation

Validation de 5 compétences (de la grille du CECRL) au moins au niveau C1 vérifiée par :

- un examen oral à la fin de la 3ème année (présentation du stage) (EX ; PO ; R).
- la réalisation d'une tâche écrite (R).
- la validation internationale externe pour répondre aux exigences de la CTI pour l'obtention du diplôme d'ingénieur par le TOEIC (plus de 800 points) (EX).
- le travail personnel (CC).
- la connaissance de la culture et la communication interculturelle et la médiation (R ; PO ; CC).
- la motivation (P).
- la participation aux cours (P).
- l'assiduité (P).

## Compétences visées par l'UE

	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	CC				II		III								
AA2.	EX, PO						III						II		
AA3.	EX, CC						III					II			
AA4.	CC, PO						III						III		

Ex : examen, CC : Contrôle Continu, PO : Présentation orale

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. appliquer parfaitement ses compétences linguistiques en anglais écrit et oral dans une situation professionnelle au sein d'une entreprise multiculturelle.
- AA2. donner une présentation de son stage international sans notes d'au moins 30 minutes (avec CV) et comparer les similitudes et les différences culturelles et évaluer lui-même sa capacité à s'adapter à des contextes internationaux.
- AA3. analyser la structure de l'examen TOEIC et élaborer une stratégie personnelle pour optimiser son score à l'examen.
- AA4. argumenter son point de vu dans un débat sur un sujet de la vie quotidienne, technique ou scientifique et répondre à des questions factuelles sur le sujet donné.

Contenu	<ul style="list-style-type: none"> <li>la communication orale à travers des présentations de stage suivies de questions, de simulations d'entretiens d'embauche et de débats,</li> <li>la connaissance culturelle d'au moins un pays anglophone et la bonne connaissance de l'environnement anglo-saxon afin de saisir les nuances psycholinguistiques de l'anglais (insinuations, allusions culturelles),</li> <li>analyse et pratique du test international d'anglais (TOEIC),</li> <li>la rédaction de textes techniques, professionnels ou scientifiques de haute qualité en anglais.</li> </ul>
---------	--

Fonctionnement	Les cours d'anglais sont obligatoires pour tous. Les cours en classe sont accompagnés d'un auto-apprentissage dans le laboratoire de langues.
----------------	---

Supports Bibliographie	Polycopié de cours, tests TOEIC, articles, journaux, documents audio et vidéo; exemples de véritables documents.
------------------------	--

Évaluation	<p>Contrôle continu 75%, examen 25%</p> <p>Les acquis de l'étudiant seront évalués à partir de la grille suivante :</p> <p><b>ELEMENTS OF INTERCULTURAL COMPETENCE – EVALUATION GRID</b> (adapted from Deardorf, 2006)  <small>Deardorf, D. K. (2006), The Identification and Assessment of Intercultural Competence as a Student Outcome of Internationalization at Institutions of Higher Education in the United States, Journal of Studies in International Education 10:241-266</small></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">KNOWLEDGE</th> </tr> <tr> <th>REACHED</th> <th>IN PROGRESS</th> <th>NOT REACHED</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Cultural self-awareness</b> <i>the ability to articulate how one's own culture has shaped one's identity and world view</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Culture-specific knowledge</b> <i>the ability to analyse and explain basic information about other cultures (history, values, politics, economics, communication styles, values, beliefs and practices)</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Sociolinguistic awareness</b> <i>basic local language skills, the use of different verbal/non-verbal communication, and adjusting one's speech to accommodate nationals from other cultures</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Grasp of global issues and trends</b> <i>explaining the meanings and implications of globalisation, and relating local issues to global forces</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Listening, observing, evaluating</b> <i>using patience and perseverance to identify and minimise ethnocentrism, seek out cultural clues and meaning</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th></th> <th colspan="3">SKILLS</th> </tr> <tr> <td><b>Analysing, interpreting and relating</b> <i>seeking out linkages, causality and relationships using comparative techniques of analysis</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Critical thinking</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		KNOWLEDGE			REACHED	IN PROGRESS	NOT REACHED	<b>Cultural self-awareness</b> <i>the ability to articulate how one's own culture has shaped one's identity and world view</i>				<b>Culture-specific knowledge</b> <i>the ability to analyse and explain basic information about other cultures (history, values, politics, economics, communication styles, values, beliefs and practices)</i>				<b>Sociolinguistic awareness</b> <i>basic local language skills, the use of different verbal/non-verbal communication, and adjusting one's speech to accommodate nationals from other cultures</i>				<b>Grasp of global issues and trends</b> <i>explaining the meanings and implications of globalisation, and relating local issues to global forces</i>				<b>Listening, observing, evaluating</b> <i>using patience and perseverance to identify and minimise ethnocentrism, seek out cultural clues and meaning</i>					SKILLS			<b>Analysing, interpreting and relating</b> <i>seeking out linkages, causality and relationships using comparative techniques of analysis</i>				<b>Critical thinking</b>			
	KNOWLEDGE																																							
	REACHED	IN PROGRESS	NOT REACHED																																					
<b>Cultural self-awareness</b> <i>the ability to articulate how one's own culture has shaped one's identity and world view</i>																																								
<b>Culture-specific knowledge</b> <i>the ability to analyse and explain basic information about other cultures (history, values, politics, economics, communication styles, values, beliefs and practices)</i>																																								
<b>Sociolinguistic awareness</b> <i>basic local language skills, the use of different verbal/non-verbal communication, and adjusting one's speech to accommodate nationals from other cultures</i>																																								
<b>Grasp of global issues and trends</b> <i>explaining the meanings and implications of globalisation, and relating local issues to global forces</i>																																								
<b>Listening, observing, evaluating</b> <i>using patience and perseverance to identify and minimise ethnocentrism, seek out cultural clues and meaning</i>																																								
	SKILLS																																							
<b>Analysing, interpreting and relating</b> <i>seeking out linkages, causality and relationships using comparative techniques of analysis</i>																																								
<b>Critical thinking</b>																																								

Sa progression, ses compétences et résultats seront synthétisés dans un rapport pédagogique personnalisé :

#### RAPPORT PEDAGOGIQUE

Nom et prénom de l'étudiant(e) :

L'année d'études :

**L'étudiant(e) se situe à ces niveaux (voir définition au verso)**

	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Compréhension orale						
Compréhension écrite						
Production orale						
Production écrite						
Niveau global						
Médiation						
Note globale						

**Attitude pendant la formation et connaissance de la culture**

	excellent	bon	satisfaisant	insuffisant	médiocre
Motivation					
Participation					
Travail personnel					
Assiduité					
Connaissance de la culture et communication interculturelle					
Note globale					

TOEIC blanc : date et résultat	
TOEIC exam : date et résultat	

Fait à :

Nom de l'enseignant :

Total points :

# UE de spécialisation " Physique "

## UE Sciences - spécialisation Physique

SEMESTRE 10	Volume horaire (h)	ECTS Ponderation	Code UE	Code EC	Responsables
UE Ingénierie Quantique et Relativiste	33	3			
Electromagnétisme et Relativité Restreinte	18	50%	QRE	ESR	J. Lesueur
Ingénierie Quantique	15	50%		OE	N. Bergeal
UE Physique Avancée de la Matière Condensée	33	3			
Sujets Actuels en Matière Condensée	10	30%	ACMP	MTCM	D. Roditchev
Approches Numériques des Etats Electronique	23	70%		NAES	L. De Medici
UE Magnétisme et Supraconductivité	30	3			
Magnétisme : des concepts fondamentaux aux applications à l'échelle nanométrique	15	50%	MS	MFN	S. Vlaic
Supraconductivité : propriétés, concepts fondamentaux, applications	15	50%		PFA	D. Roditchev
UE Ondes et Interactions Lumière-Matière	30	3			
Ondes en Milieux Complexes	15	50%	WLMI	WCM	R. Carminati
Interactions Lumière-Matière	15	50%		QLM	A. Goetschy
UE Physique Statistique des Systèmes Complexes	30	3			
Concepts clés en Physique Statistique	30	100%	SPCS	SPCS	O. Dauchot V. Démery
UE Physique du Signal	33	3			
Physique de la Mesure	18	50%	PS	PM	V. Croquette
Physique des Télécommunications	15	50%		PT	E. Geron
UE Apprentissage Statistique	30	3			
Statistique et Modélisation	15	50%	SL	SM	I. Rivals
Modélisation et Classification par Apprentissage Artificiel	15	50%		ML	Y Oussar
UE Introduction à l'Apprentissage Profond	30	3			
Introduction à l'Apprentissage Profond	30	100%	IDL	IDL	A. Allauzen
UE Mécanique des Fluides Avancée	30	3			
Microfluidique	8	30%	AFM	MIC	N. Brémond
Physique du Transport	12	40%		PT	M. Fermigier
Instabilités Hydrodynamiques	10	30%		HI	L. Duchemin
UE Programmation Avancée	30	3			
Programmation Avancée	30	100	PrA	PrA	D.Cassereau

Compte tenu des modes d'évaluation (rapport bibliographique, travail en temps libre, étude de cas et restitution orale, ...), le volume de travail personnel pour une UE est estimé à environ 45h en appliquant la pondération 1h cours = 1,5h

<p>UE Ingénierie Quantique et Relativiste <i>Quantum and Relativistic Engineering</i></p>	<p>SEMESTRE 10</p>  <p>UE QRE</p>
<p>33h - 3 ECTS</p>	

## Présentation

La mécanique quantique et la relativité restreinte sont deux piliers de la physique moderne. Mais elles sont aussi au cœur des Technologies de l'Information et de la Communication (ICTs) d'aujourd'hui, depuis le fonctionnement des micro-processeurs jusqu'aux systèmes GPS. Elles le seront encore d'avantage demain, avec la montée en puissance de l'information quantique. Se développe donc une véritable ingénierie qui fait appel aux concepts fondamentaux de la mécanique quantique et de la relativité, pour inventer et construire de nouveaux moyens de véhiculer et de traiter l'information. C'est l'esprit de l'UE *Ingénierie Quantique et Relativiste*.

La mécanique newtonienne montre ses limites quand on considère des situations où l'électromagnétisme entre en jeu. La relativité restreinte d'Einstein est le nouveau cadre mis en place au début du vingtième siècle pour décrire les décrire correctement. Le cours Electromagnétisme et Relativité Restreinte (QRE-ESR) présente les fondements de la mécanique relativiste, en se basant notamment sur la structure de l'espace-temps de Minkowski, et ses conséquences sur la cinématique et la dynamique des systèmes. Il aborde ensuite l'équivalence masse-énergie et ses conséquences pour les réactions nucléaires, avant de proposer une formulation relativiste du champ électromagnétique. Il se termine par l'étude relativiste et quantique de l'électron qui conduit à l'équation de Dirac. Le cours est illustré d'exemples issus de la physique nucléaire et de la physique des solides.

L'ingénierie quantique est un domaine en pleine croissance qui tire parti des lois de la physique quantique pour développer de nouvelles technologies sans équivalent classique. Le cours QRE-QE s'appuiera sur les concepts de base de la mécanique quantique abordés lors de la première année et introduira progressivement les notions importantes pour l'ingénierie quantique, notamment les bits quantiques et l'intrication quantique. Dans la deuxième partie du cours, nous apprendrons à exploiter ces nouveaux concepts pour construire des systèmes quantiques complexes utiles pour des applications dans le domaine du calcul quantique et des communications quantiques.

Semestre	Programme	
S10	QRE-ESR QRE-QE	Electromagnétisme et Relativité Spéciale Ingénierie Quantique

## Pré-requis

Mécanique classique (S5-SIM1, S8-SIM2), électromagnétisme (S6-PG-OEM), bases de physique quantique (S6-PG-PQ).

## Validation de l'UE

Moyenne pondérée : QRE-ESR 50%, QRE-QE 50%

## Compétences visées par l'UE

ORE-ESR	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	RB	II						II		II			II		
AA2.	Examen	III						III							
AA3.	RB	III	III					III		III			III		
AA4.	RB	III	II							III			III		
AA5.	Examen	III	III					III							
AA6.	RB	III	III					III		III			III		
AA7.	RB						II								
ORE-OE	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Examen	III	II					III							
AA2.	Examen	III	II					III							
AA3.	AA, Examen	II						III		III					
AA4.	Examen	II						III		III					
AA5.	AA	III	II	I				III		III			III		II
AA6.	AA	III	III					III		III			III		
AA7.	AA						II								

RB : Rapport Bibliographie, AA : Analyse d'articles

Responsable : Jérôme Lesueur

| cours : 18h | langue du cours :  |

### Objectifs / **Compétences visées par l'EC**

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. identifier les situations physiques qui relèvent de la mécanique relativité restreinte
- AA2. calculer les corrections relativistes en mécanique et en électromagnétisme
- AA3. argumenter sur la pertinence de prendre en compte les corrections relativistes dans **des problèmes de physique, de chimie ou d'ingénierie**
- AA4. rédiger une fiche synthétique sur les applications concrètes de la relativité restreinte.
- AA5. **manipuler les mécanismes fondamentaux à l'échelle** microscopique, modéliser les phénomènes macroscopiques, relier un phénomène macroscopique aux processus microscopiques
- AA6. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse
- AA7. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

Contenu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limites de la mécanique de Newton-Galilée</li> <li>Relativité restreinte</li> <li>Structure de l'espace-temps de Minkowski (quadrivecteurs, causalité)</li> <li>Cinématique relativiste</li> <li>Dynamique relativiste</li> <li>Electromagnétisme</li> <li>Equation de Dirac (spin de l'électron, antimatière)</li> </ul>
Supports Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Feynman Lectures on Physics: Mechanics 2</i>, Feynman/Leighton/Sands – InterEditions</li> <li><i>Feynman Lectures on Physics: Electromagnetism 2</i>, Feynman/ Leighton Sands – InterEditions.</li> <li><i>Special Relativity</i>, A. P. French – CRC Press</li> </ul>
Évaluation	<p>Rapport bibliographique (50%) Examen écrit (50%)</p>

Responsable : Nicolas Bergéal

| cours : 15h | langue du cours :  |

## Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. appliquer la mécanique quantique au traitement d'un bit quantique et à celui de deux bits quantiques couplés
- AA2. appliquer la mécanique quantique à l'interaction entre un système à deux niveaux et un mode de cavité optique
- AA3. expliquer le fonctionnement d'un circuit à plusieurs qubits permettant de réaliser une fonction de calcul logique.
- AA4. expliquer le fonctionnement d'un system de communication quantique
- AA5. proposer des solutions pratiques pour la réalisation des éléments de base des systèmes de calcul quantique et de communication quantique
- AA6. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse
- AA7. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

Contenu	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fondamentaux <ul style="list-style-type: none"> <li>• cohérence quantique et superposition</li> <li>• bit quantiques, sphère de Bloch</li> <li>• enchevêtrement de 2 bits quantiques et inégalité de Bell</li> <li>• modèle Jaynes-Cummings</li> </ul> </li> <li><b>2. Introduction à l'informatique quantique</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• implémentation différente de bits quantiques</li> <li>• bases de la supraconductivité des bits quantiques</li> <li>• contrôle des bits quantiques</li> <li>• portes multi-quantiques</li> <li>• algorithmes quantiques</li> <li>• technologies actuelles</li> </ul> </li> <li>3. Introduction à la communication quantique <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>théorie de l'information</b> (classique et quantique)</li> <li>• théorème de non clonage</li> <li>• cryptographie quantique</li> <li>• téléportation quantique</li> <li>• technologies actuelles</li> </ul> </li> </ol>
Supports Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Mécanique quantique Tome I et II</i> de Claude Cohen-Tannoudji, Bernard Diu, Franck Laloë</li> <li>• <i>Quantum computation and quantum information</i> de M. Nielsen et I. Chuang.</li> </ul>
Évaluation	<p>Analyse d'articles scientifiques (50%) Examen écrit (50%)</p>



<p>UE Physique Avancée de la Matière Condensée <i>Advanced Condensed Matter Physics</i></p>	<p>SEMESTRE 10</p>  <p>UE ACMP</p>
<p>33h - 3 ECTS</p>	

## Présentation

Lorsqu'on cherche à décrire le comportement électrique, magnétique, optique ou thermique des matériaux, il n'est pas possible, compte tenu du nombre élevé d'atomes par unité de volume, d'effectuer une analyse précise à partir du comportement de chaque atome. Les modèles traditionnels de la physique (électrons presque libres, liaisons fortes) donnent un aperçu représentatif des propriétés mais, étant trop éloignés de la complexité réelle de la matière, manquent cruellement de précision et sont rarement prédictifs. Pour autant, la recherche en a plus en plus besoin car elle découvre les phénomènes quantiques des plus en plus impressionnants et complexes - dont quelques exemples sont présentés dans cette EC.

Ce sont les approches modernes, souvent faisant appel aux calculs numériques poussés, qui permettent de tenir compte de la structure exacte de la matière en volume mais également en surfaces et interfaces. Dans beaucoup de cas, ces formalismes réalistes décrivent les phénomènes observés, sont prédictifs et donc ont de nombreuses applications. Des exemples seront donnés dans des domaines variés et parfois apparemment très éloignés de la physique du solide.

Semestre	Programme	
S10	ACMP-MTCM	Sujets Actuels en Matière Condensée
	ACMP-NAES	Approche Numérique des Etats Electroniques

## Pré-requis

Niveau M1 en physique

## Validation de l'UE

Moyenne pondérée : ACMP-MTCM 30%, ACMP-NAES 70%

## Compétences visées par l'UE

ACMP-MTCM	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Examen	III	III					III		II			II		II
AA2.	Examen	III						III	III	II					
AA3.	Examen	III						III		II					
AA4.	Examen	III	III					III	III	II			II		
AA6.	Examen						II								
ACMP-NAES	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Examen	III	III					III		II					
AA2.	Examen	III						III							
AA3.	Examen	III	II					III		II					
AA4.	Examen	III						III		III					
AA5.	Examen	III	II					III	II						
AA6.	Examen	III	III					III	III	III					
AA7.	Examen						II								

## S10 – ACMP – MTCM | Sujets Actuels en Matière Condensée

Responsable : Dimitri Roditchev

| cours : 16h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse
- AA2. justifier l'exploitation de méthodes de pointe très variées en Physique Quantique de la Matière Condensée
- AA3. relier un phénomène macroscopique aux processus microscopiques
- AA4. valider un modèle par comparaison de ses prévisions aux résultats expérimentaux et apprécier ses limites de validité
- AA5. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

Contenu	<p>Cette EC présente les tendances récentes et illustre les défis expérimentaux en physique quantique de la Matière Condensée. Le cours est divisé en 8 blocs de 2 heures.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Cours d'introduction "Trends in Condensed Matter" (1ère heure) Mesoscopic phenomena in superconductivity (2me heure) Proximity effect, Josephson effect</li><li>2. Supraconductivité à l'échelle nano Approche Ginzburg-Landau à des transitions de phase, quantification de flux magnétique, vortex, paires de Cooper</li><li>3. Conduction électrique des systèmes de basse dimension Transport électronique : balistique vs diffusif, transport de charges et de spin à 1D, quantum de résistance, phénomènes non-locaux</li><li>4. Photons et semiconducteurs Propriétés optiques quantiques des matériaux, règle d'or de Fermi, excitons, confinement quantique, de l'optique quantique au calculs quantique</li><li>5. Phénomènes quantiques collectifs à basses dimensions Ondes de densité de charge, supraconductivité, vortex matter Propriétés optiques des hétéro-structures</li><li>6. Effets thermoélectriques Modèles, phénomènes, applications</li><li>7. Magnétisme Description phénoménologique et microscopique, ferromagnétisme, paramagnétisme, magnétisme et dimension : de super-para à ferromagnétisme des nanoparticules, spintronics</li><li>8. Nanostructures à l'échelle atomique Structuration de la matière à l'échelle atomique, phénomènes en surfaces, spectroscopie d'états électroniques, ARPES, STS)</li></ol>
---------	--

Supports Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"><li>• N.W. Ashcroft et N. D. Mermin <i>Physique des Solides</i>, EDP Sciences</li><li>• Ch. Kittel <i>Introduction to Solid State Physics</i></li><li>• P.G. de Gennes <i>Superconductivity of Metals and Alloys</i></li><li>• A.V. Narlikar <i>Small Superconductors</i>, in The Oxford books series, OUP</li></ul>
------------------------	--

Évaluation	examen final commun avec ACMP-NAES (oral ou écrit 2-3 heures, selon le nombre d'élèves inscrits)
------------	--

Responsable : Luca De Medici

| cours : 17h | langue du cours :  |**Objectifs / Compétences visées par l'EC**

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. modéliser les phénomènes macroscopiques, comme les propriétés des solides telles que la métallicité ou le magnétisme d'un matériau, en les reliant aux processus quantiques microscopiques des particules (les électrons en particulier) qui les composent
- AA2. évaluer la complexité de la modélisation d'un système quantique à plusieurs particules
- AA3. tester les méthodes théoriques analytiques approchées de solution de l'équation de Schroedinger pour un système multi-électrons et en identifier les limites dans problèmes à complexité croissante
- AA4. justifier les approximations dites « de champ moyen » qui réduisent un problème multi-corps à un problème effectif à un corps
- AA5. utiliser un logiciel état-de-l'art pour le calcul de structures électroniques réalistes de matériaux simples
- AA6. valider un modèle par comparaison de ses prévisions aux résultats expérimentaux et apprécier ses limites de validité
- AA7. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

**Contenu**

Ce cours pose les bases de la modélisation réaliste des propriétés des molécules et des solides sur la base de leur composition chimique. En particulier seront illustrées les techniques numériques et les approximations nécessaires à résoudre de manière quantitative les équations de la mécanique quantique pour les systèmes à plusieurs électrons, à partir des **atomes et molécules polyélectroniques jusqu'au solides. Ceci est nécessaire** pour comprendre la plupart des propriétés électroniques des solides (et les prédire pour des nouveaux matériaux) comme leur tendance au magnétisme, leur capacité de transporter un courant électrique ou de la chaleur, et par exemple ce qui fait que le diamant est un isolant, le silicium un **sémi-conducteur et l'aluminium un métal.**

- Systèmes de particules identiques, fonction d'onde à plusieurs particules, déterminant de Slater
- Atome d'Helium et atomes multi-électrons en champ moyen. Méthode de Thomas-Fermi. Energie d'échange et règles de Hund. Méthode Hartree-Fock (HF)
- Théorie de la Fonctionnelle de la densité (DFT)
- Méthodes numériques pour la solution des équations HF et DFT.
- Techniques « beyond-Hartree-Fock »

**Supports  
Bibliographie**

- B.H. Bransden et C. J. Joachain, *Physics of Atoms and Molecules*
- N.W.Ashcroft et N. D. Mermin *Physique des Solides*, EDP Sciences
- R. M. Martin, *Electronic Structure*

**Évaluation**

examen final commun avec ACMP- MTCM (oral ou écrit 2-3 heures, selon le nombre d'élèves inscrits)

<p>UE Ondes et Interactions Lumière-Matière <i>Waves and Light-Matter Interactions</i></p>	<p>SEMESTRE 10</p>  <p>UE WLMI</p>
<p>30h - 3 ECTS</p>	

## Présentation

Le cours d'Ondes en Milieux Complexes (WLMI-WCM) présente les fondements physiques de la propagation des ondes dans les milieux désordonnés (ex : matière molle, tissus biologiques) et introduit les techniques d'imagerie utilisant des mesures d'intensité moyenne (transport diffusif) ou de speckle (interférences). Le fil conducteur du cours est la propagation et la diffusion de lumière, mais la généralité des concepts et des méthodes permet d'établir des liens directs avec l'acoustique et le transport électronique.

Le cours d'Interactions Lumière-Matière (WLMI-QLM) propose une introduction aux principes fondamentaux et applications contemporaines de l'optique quantique. En s'appuyant sur une description microscopique de l'interaction lumière-matière, le cours présentera les différents états semi-classiques ou quantiques du rayonnement, les processus d'interaction nécessaires à leur réalisation, ainsi que leurs applications en métrologie, imagerie, ou simulation quantique.

Semestre	Programme	
S10	WLMI-WCM WLMI-QLM	Ondes en Milieux Complexes Interactions Lumière-Matière

## Pré-requis

Propagation d'ondes et interaction lumière-matière (cours S6-PG-OEM, S7-OA, S8-OPT).

## Liens avec d'autres cours

Le cours WLMI-WCM est transversal par nature. Bien que le cours soit articulé autour de la propagation et de l'imagerie optique dans les milieux diffusants (S8-OPT), on établit en continu le lien avec la propagation électromagnétique dans d'autres domaines de fréquences (S6-PG-OEM), la propagation acoustique (S7-OA), et le transport électronique (S7-PS). L'approche statistique utilisée pour modéliser les ondes en milieux aléatoires établit un lien avec le cours de physique statistique appliquée (S6-PSA). Le cours ouvre naturellement sur les applications de caractérisation de matière molle (diffusion dynamique de la lumière) et d'imagerie biomédicale.

Le cours WLMI-QLM est complémentaire d'autres enseignements dispensés au S10. On établira en particulier des passerelles avec les thématiques abordées dans les cours d'ingénierie quantique (S10-QRE) et physique statistique des systèmes complexes (S10-SPCS).

## Validation de l'UE

Moyenne pondérée : WLMI-WCM 50%, WLMI-QLM 50%

## Compétences visées par l'UE

WLMI-WCM	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Exam	III						III							
AA2.	Exam	III						III							
AA3.	Exam	III	III					III							
AA4.	Exam	III	III					III							
AA5.	Exam	III										III			
AA6.	Exam	III								III		III	III		
AA7.	Exam						II								
WLMI-QLM	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Exam	III						III							
AA2.	Exam	III						III							
AA3.	Exam	III						III							
AA4.	Exam	III						III							
AA5.	Exam	III						III							
AA6.	Exam	III	III									III	III		
AA7.	Exam	III	III									III	III		
AA8.	Exam						II								

## Recommandé/Requis pour les Masters

UE recommandée pour les M2 LOM (Laser, Optique, Matière), LUMI (Lumière, Matière, Interactions) et ICFP (parcours Matière Condensée ou Physique Quantique).

Responsable : Rémi Carminati

| cours : 15h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. analyser les régimes de diffusion et identifier le modèle approprié pour décrire une problématique donnée.
- AA2. décrire et prédire le comportement des ondes dans des milieux complexes décrits statistiquement.
- AA3. appliquer les méthodes à la résolution de problèmes simples et au calcul d'ordres de grandeur.
- AA4. interpréter une observation et analyser quantitativement une mesure dans un cas réel.
- AA5. analyser un problème complexe connectant la physique des ondes à d'autres thématiques.
- AA6. concevoir dans les grandes lignes un système de détection ou d'imagerie optique à travers (ou dans) un milieu fortement diffusant.
- AA7. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

Contenu	<p>Diffusion de la lumière par des particules Diffusion, sections efficaces, théorème optique Cas particuliers (diffusion Rayleigh, diffusion de Mie)</p> <p>Diffusion multiple Approche statistique, champ moyen et champ fluctuant Intensité balistique et diffuse, échelles de longueur Homogénéisation (milieu finement divisé)</p> <p><b>Transport de l'intensité</b> Equation de transfert radiatif Approximation de la diffusion Comportements diffusifs (exemples d'applications)</p> <p>Speckle Statistique de l'intensité (Rayleigh) Diffusion dynamique de la lumière : diffusion simple et diffusion multiple Exemples d'application en imagerie (matière molle, vivant) Statistiques du second ordre. Corrélations spatiales ou angulaires</p>
---------	---

Supports Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polycopié de cours (en anglais)</li> <li>• C.F. Bohren and D.R. Huffman, <i>Absorption and Scattering of Light by Small Particles</i> (Wiley, 1983)</li> <li>• E. Akkermans and G. Montambaux, <i>Mesoscopic Physics of Electrons and Photons</i> (Cambridge University Press, 2007)</li> </ul>
---------------------------	--

Évaluation	<p>Travail en temps libre sur un extrait d'article scientifique (traitant d'un sujet d'application du cours) accompagné des questions de compréhension et de calculs d'ordres de grandeur. Rendu individuel d'une copie rédigée sous trois semaines à partir de la date de remise du sujet.</p>
------------	---

Responsable : Arthur Goetschy

| cours : 15h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. identifier les situations physiques qui requièrent une description quantique du rayonnement.
- AA2. analyser les sources de décohérence dans l'interaction lumière-matière et distinguer les leviers sur lesquels jouer pour y remédier.
- AA3. identifier les sources de non-linéarité dans l'interaction lumière-matière, et expliquer leur intérêt en optique quantique.
- AA4. manipuler les concepts fondamentaux impliqués dans la génération d'états comprimés, d'états de Fock, et d'états intriqués.
- AA5. justifier l'utilité des états quantiques du rayonnement en métrologie, imagerie, ou simulation quantique.
- AA6. mobiliser ses connaissances pour analyser le fonctionnement et les spécificités de dispositifs d'optique quantique.
- AA7. mobiliser ses connaissances pour analyser et résoudre un problème complexe et/ou transverse.
- AA8. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

Contenu	<p>Le cours contient 3 parties :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Interactions lumière-atome <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polarisabilité et section efficace</li> <li>• Atomes en cavité</li> <li>• Environnement et décohérence</li> <li>• Théorie microscopique des lasers</li> </ul> </li> <li>2) Optique quantique et applications <ul style="list-style-type: none"> <li>• Expériences fondatrices</li> <li>• Quantification du champ électromagnétique</li> <li>• Fluctuations du vide, émission spontanée, force de Casimir</li> <li>• Squeezing &amp; intrication</li> <li>• Simulateurs quantiques</li> </ul> </li> <li>3) Optique quantique et matière condensée <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interaction cohérente photon-phonon</li> <li>• Interaction photon-photon, lumière superfluide</li> </ul> </li> </ol>
---------	---

Supports Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• V. Wogel and D. G. Welsch, <i>Quantum Optics</i>, Wiley (2006)</li> <li>• S. Haroche and J.-M. Raimond, <i>Exploring the quantum</i>, Oxford University Press (2006)</li> </ul>
------------------------	--

Évaluation	Analyse d'articles scientifiques
------------	----------------------------------



<p>UE Physique Statistique des Systèmes Complexes  <i>Statistical Physics of Complex Systems</i></p> <p>30h - 3 ECTS</p>	<p>SEMESTRE 10</p>  <p>UE SPCS</p>
--	---

### Présentation

Ce module introduit les concepts fondamentaux de la physique statistique en équilibre et hors équilibre.

Semestre	Programme
S10	SPCS-SPCS    Physique Statistique des Systèmes Complexes

### Pré-requis

Physique et mathématiques niveau licence

### Validation de l'UE

Moyenne SPCS-SPCS

### Compétences visées par l'UE

SPCS-SPCS	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Ex	III	III					III		III		II			III
AA2.	Ex	III	III					III		III		II			II
AA3.	Ex	III	III					III		III		II			II
AA4.	Ex	III	III					III		III		II			II
AA5.	Ex	II	II					III		III		II			II
AA6.	Ex						II								

## S10 – SPCS – SPCS Concepts clés en Physique Statistique

Responsables : Olivier Dauchot, Vincent Démary


| cours : 30h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse
- AA2. **manipuler les mécanismes fondamentaux à l'échelle microscopique, modéliser les phénomènes macroscopiques, relier un phénomène macroscopique aux processus microscopiques**
- AA3. formuler un modèle de physique statistique et proposer des méthodes de résolution, en précisant les approximations sous-jacentes
- AA4. **analyser la phénoménologie d'une transition de phase d'équilibre, identifier le type de transition et en déduire les approches nécessaires à sa description plus quantitative.**
- AA5. décrire et analyser un processus stochastique hors équilibre avec une équation maîtresse ou une équation de Langevin.
- AA6. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

Contenu	<ul style="list-style-type: none"><li>• Physique Statistique à <b>l'équilibre</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Fondements, Distributions microcanonique et canonique, Transformée de Legendre</li><li>• Fonction de grande deviation d'une quantité conservée ou non</li><li>• Transitions de Phase : Landau / Widom/ Introduction to RG</li></ul></li><li>• Physique Statistique hors équilibre<ul style="list-style-type: none"><li>• Equation Maitresse</li><li>• Equation de Langevin</li><li>• Equation de Fokker Planck</li></ul></li><li>• Liquides à et hors d'équilibre<ul style="list-style-type: none"><li>• Liquides à l'équilibre</li><li>• Introduction aux verres</li><li>• Introduction aux Liquides Actifs</li></ul></li></ul>
Supports Bibliographie	Notes du cours
Évaluation	Examen sur table sans documents, évaluation de la compréhension des concepts.

<b>UE Physique du Signal</b> <i>Signal Physics</i>	SEMESTRE 10  UE PS
33h - 3 ECTS	

## Présentation

Les objectifs du cours de Physique de la Mesure (PS-PM) sont de montrer que pour un système non-linéaire simple, son comportement peut être chaotique et imprévisible. Par contre, pour les **systèmes linéaires, l'espace de Fourier est idéal. Nous rappellerons les bases des techniques de filtrage de signaux, et montrerons l'importance de la FFT. Nous discuterons les techniques dites de Super-Résolution avec lesquelles il est possible d'obtenir des images optiques dont la résolution est meilleure que ce que prédit la loi de Abbe. Nous présenterons les différents bruits qui viennent s'ajouter à un signal expérimental, nous montrerons comment les prédire et s'en servir pour compléter la mesure et nous discuterons comment les minimiser.**

Le cours de Physique des Télécommunications (PS-PT) a essentiellement pour but de fournir les éléments de base **indispensables au transport d'information par ondes électromagnétiques**, notamment par voie hertzienne. Sont ainsi présentées les notions de codages physiques, de modulation et démodulation, ainsi que la notion de bruit dans le canal de transmission et son influence sur le transport de l'information. Une première approche de la structure des systèmes d'émission et réception est également abordée.

Semestre	Programme	
S10	PS-PM PS-PT	Physique de la Mesure Physique des Télécommunications

## Pré-requis

Mécanique classique (S5-SIM1 et S8-SIM2), électromagnétisme (S6-PG-OEM), traitement du signal (S5-E2S-SLS).

## Validation de l'UE

Moyenne pondérée : PS-PM 50%, PS-PT 50%

## Compétences visées par l'UE

PS-PM	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	écrit	III	III					III		III			II		III
AA2.	écrit	III	III					III		III					
AA3.	écrit	III	III					III	III	III					
AA4.	écrit	III	III	III				III		III					
AA5.	écrit	III	III					III	III	III			II		III
AA6.	écrit	III	III	III				III	III	III			II		III
AA7.	écrit						II								
PS-PT	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	écrit	III	II	II				III		III					III
AA2.	écrit	III	II	II				III		III					III
AA3.	écrit	III	II	II				III		III			II		III
AA4.	écrit	III	II	II				III		III			II		III
AA5.	écrit	III	II	III				III		III	II	I	II	II	III
AA6.	écrit						II								

Responsable : Vincent Croquette

| cours : 18h | langue du cours :  |

## Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. prédire qu'un système non-linéaire peut devenir chaotique et donc imprédictible en analysant les conditions qui y conduisent.
- AA2. justifier que pour les systèmes linéaires la base de Fourier est idéale, les modes de Fourier étant les solutions des équations différentielles qui les régissent.
- AA3. exploiter l'outil FFT et discerner l'importance de la phase et des opérations possible en Fourier.
- AA4. choisir les conditions d'une bonne numérisation et identifier les artéfacts caractérisant l'aliasing.
- AA5. évaluer la limite de résolution optique d'un microscope et choisir les conditions qui permettent de la dépasser.
- AA6. discerner les différents bruits visibles dans un système, prédire le bruit thermodynamique du système et proposer comment les minimiser.
- AA7. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

## Contenu

1. Systèmes non-linéaires et introduction au chaos
  - Définition systèmes réguliers et chaotiques.
  - Conditions d'intégrabilité des systèmes non-linéaires.
  - Caractérisation de trajectoires régulières et chaotiques.
  - Comportement chaotique des systèmes dissipatifs.
  - Transition vers le chaos.
2. La transformée de Fourier 1D
  - Fourier, la base idéale pour les équations linéaires.
  - Transformée discrète. Principe de l'algorithme de la FFT 2N.
  - Les artéfacts de la FFT.
  - Filtrage, corrélation, convolution, applications.
  - Nécessité du filtrage avant numérisation, aliasing. (Exemple d'une caméra).
3. La transformée de Fourier 2D
  - Convolution et déconvolution, exemple rendre net une photo bougée.
  - Reconstitution d'une image en utilisant l'espace de Fourier. Cliché de rayon X. Principe de la tomographie
4. Les nouvelles microscopies optiques super-résolution
  - Comprendre ce qu'est la résolution d'un microscope
  - Les différentes techniques : STED, PALM/STORM et illumination structurée.
5. La physique du bruit
  - Les différents types de bruit et leurs origines physiques.
  - Bruit d'une résistance, Bruit de grenaille, effet de la température.
  - Discussion du théorème de fluctuation-dissipation.
  - Adaptation d'un amplificateur dans une chaîne de mesure.
  - Caractéristiques spectrales de ces bruits physiques. Densité spectrale de bruit. Existence du bruit en  $1/f$ .
  - Variation de ces bruits avec la température.
  - Adaptation d'un amplificateur dans une chaîne de mesure.

Supports  
Bibliographie

Le cours s'appuie sur un polycopié complet autosuffisant (en version française et anglaise)

Évaluation

examen écrit de 2h

Responsable : Emmanuel Géron

| cours : 15h | langue du cours :  |

## Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. passer d'une information analogique à son pendant numérique, et de la caractériser de façon pertinente.
- AA2. cerner clairement le rôle du codage logique et du codage physique vis à vis du transport d'une information numérique.
- AA3. adapter le codage physique d'une information au support de transport utilisé pour optimiser les performances en débit en présence de bruit.
- AA4. s'approprier les spécificités de tout système de communication en s'appuyant sur les notions de bases présentées en cours.
- AA5. analyser le schéma bloc fonctionnel d'un système de transmission de donnée quelconque et d'émettre un choix raisonnable pour son utilisation ou son acquisition à des fins professionnelles dans le cadre d'un travail d'ingénieur.
- AA6. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

### Contenu

- Le codage physique des données avec quelques rappels sur le **traitement numérique d'un signal initialement analogique**.
- Des modulations classiques analogiques aux modulations numériques.
- Les modulations numériques évoluées à étalement de spectre et haut débit.
- Les facteurs limitant le débit d'information dans un canal de propagation.
- Le rôle essentiel du filtrage du signal tant en émission qu'en réception
- Les techniques de multiplexage pour partager efficacement le milieu de transport entre plusieurs communications simultanées.
- L'architecture des systèmes d'émission et réception radiofréquence.

### Supports Bibliographie

Le cours s'appuie sur un polycopié complet autosuffisant (en version française et également anglaise)

### Évaluation

examen écrit de 2h

<h2 style="margin: 0;">UE Apprentissage Statistique</h2> <p style="margin: 0;"><i>Statistical Learning</i></p>	<p>SEMESTRE 10</p>  <p>UE SL</p>
<p>30h - 3 ECTS</p>	

### Présentation

L'objectif du cours Statistique et Modélisation (SL-SM) est de fournir aux étudiants les méthodes d'ajustement et de validation d'un modèle linéaire par rapport à ses paramètres, ainsi que celles adaptées aux modèles non linéaires, que ce soient des modèles physiques ou des modèles comportementaux comme les réseaux de neurones, auxquels ingénieurs et chercheurs sont fréquemment amenés à faire appel.

Le but du cours Apprentissage Automatique (SL-ML, *Machine learning*) est d'introduire des notions théoriques et algorithmiques pour être en mesure de comprendre l'enthousiasme actuel pour **l'apprentissage statistique à partir de données de grandes dimensions (big data)**. Le cours fera référence à des concepts du cours de Physique statistique appliquée (S6-PSA) et présentera des applications dans différents domaines, dont la biologie, sans requérir de connaissance particulière.

Semestre	Programme
S10	SL-SM Statistique et Modélisation SL-ML Apprentissage Automatique

### Pré-requis

Statistique (S7-MMN2-STAP), algèbre linéaire.

### Validation de l'UE

Moyenne pondérée : SL-SM 50%, SL-ML 50%

### Compétences visées par l'UE

SL-SM	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Ex, rapport	III	III						III			III			
AA2.	Ex, rapport	III	III	III					III			III			
AA3.	Ex, rapport	III	III						II			II			
AA4.	Ex, rapport	III	III						III			III			
AA5.	Ex, rapport	III	III						III			III			
AA6.	rapport						II								
SL-ML	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Ex, rapport	III	III						III						III
AA2.	Ex, rapport	III	III	II		II			III						III
AA3.	Ex, rapport	III	III						III			II	II		III
AA4.	Ex, rapport	III	III						III			III	II		III
AA5.	Ex, rapport	II	II					I	II			II	II	II	III
AA6.	rapport						II								



Responsable : Isabelle Rivals

| cours : 15h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. construire et caractériser statistiquement des modèles de régression linéaire simple et multiple, notamment pour des problèmes concrets qui se posent à l'ingénieur tels que l'étalonnage d'un capteur
- AA2. construire et analyser un plan d'expérience avec un simple tableur s'il est complet, avec un logiciel statistique s'il est complexe, de manière à conjuguer économie et qualité du modèle
- AA3. analyser des résultats concernant des modèles non linéaires par rapport aux paramètres tels que des modèles physiques non linéaires à quelques paramètres ou des réseaux de neurones à une couche de neurones cachés
- AA4. synthétiser, modéliser et interpréter des résultats expérimentaux
- AA5. exploiter des logiciels d'analyse de données et de modélisation avec un esprit critique
- AA6. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

Contenu	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modélisation linéaire <ul style="list-style-type: none"> <li>• régression linéaire et estimation des moindres carrés</li> <li>• estimation par intervalle et tests d'hypothèses</li> <li>• intervalles de confiance pour la régression et intervalles de prédiction</li> <li>• notions de planification d'expériences</li> <li>• construction et validation d'un modèle : régression pas-à-pas, mesures diagnostiques fondées sur les résidus et les leviers, test du biais, validation croisée</li> </ul> </li> <li>2. Modélisation non linéaire <ul style="list-style-type: none"> <li>• régression non linéaire et algorithmes de minimisation du coût des moindres carrés</li> <li>• linéarisation de l'estimateur des moindres carrés</li> <li>• généralisation au non linéaire de l'estimation par intervalle, des tests d'hypothèses, de la construction et de la validation d'un modèle</li> </ul> </li> </ol>
---------	--

Supports Bibliographie	Polycopié
---------------------------	-----------

Évaluation	examen écrit (1 heure, 75%), rapport de travaux pratiques (25%)
------------	---

Responsable : Yacine Oussar

| cours : 15h | langue du cours :  |

## Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. Maîtriser les fondements et la terminologie de l'apprentissage artificiel pour la modélisation dynamique et la classification
- AA2. Déterminer la pertinence de la mise en œuvre des méthodes par apprentissage pour un problème donné
- AA3. Distinguer les solutions fondées sur la régression et celles sur la classification.
- AA4. Savoir tirer profit d'une modélisation de connaissance existante pour l'intégrer dans un modèle conçu par apprentissage
- AA5. Savoir paramétrer une machine à vecteurs supports pour maximiser sa performance en classification
- AA6. Connaître et savoir mettre en œuvre les méthodes de classification pour des problèmes à plusieurs classes

### Contenu

#### 1-Modélisation dynamique par apprentissage

- Introduction à la modélisation dynamique à partir de données : modèles-hypothèses, représentation d'état, représentation entrée-sortie.
- Réseaux de neurones bouclés et non bouclés pour la modélisation dynamique de systèmes
- Algorithmes d'apprentissage pour les réseaux de neurones bouclés
- Application dans le domaine de l'automobile
- Introduction à la modélisation semi-physique ou boîte grise
- Application à un problème de physico-chimie.

#### 2-Classification avec Réseaux de Neurones et SVM

- Réseaux de neurones pour la classification
- Machines à Vecteurs Supports pour la classification (SVM)
- Application à la géolocalisation en intérieur
- Machines à vecteurs supports pour la régression (SVR)
- Les LS-SVM et leurs propriétés pour la validation de modèles.
- Application à la tomographie capacitive

### Supports Bibliographie

Polycopié

### Évaluation

examen écrit 1 heure.

<p><b>UE Introduction à l'Apprentissage Profond</b>  <i>Introduction to Deep Learning</i></p> <p>30h - 3 ECTS</p>	<p>SEMESTRE 10</p>  <p>UE IDL</p>
---	--

### Présentation

Le deep-learning a ces dernières années renouvelé les perspectives et les pratiques en sciences des données. Ce cours a pour objectif de d'enseigner les outils théoriques et pratiques pour que les étudiants ingénieurs puissent intégrer ce type d'approche dans leur pratique.

Semestre	Programme
S10	IDL-IDL Introduction à l'Apprentissage Profond

### Pré-requis

Méthodes Mathématiques 1 (S5-MMN1-MATH1)

### Lies avec d'autres cours

Cette UE complète les cours de l'UE Apprentissage Statistique (S10-SL)

### Validation de l'UE


Moyenne IDL-IDL

### Compétences visées par l'UE

IDL-IDL	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	R, POF	I								I					
AA2.	R, POF	I								I					
AA3.	R, POF		II									II			
AA4.	R, POF		II									II			
AA5.	R, POF		III	I									I		III
AA6.	R, POF		III	I											III
AA7.	R						II								

R : rapport ; POF : Présentation Orale en Français

Responsable : Alexandre Allauzen

| cours : 30h | langue du cours :  |

## Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. identifier les étapes indispensables à l'**apprentissage** et l'**inférence** avec des réseaux de neurones artificiels
- AA2. identifier les grands types d'**architecture** de réseau et définir les types de problèmes auxquels ils **s'appliquent**
- AA3. distinguer les difficultés liées à l'**apprentissage** profond et distinguer les méthodes pour les résoudre
- AA4. appliquer les grands types d'**architecture** de réseau et construire le cadre logiciel approprié
- AA5. concevoir un réseau de neurones profond adapté à des données et une tâche de prédiction
- AA6. évaluer les résultats obtenus
- AA7. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

### Contenu

Le cours abordera les thèmes suivants :

- bases des réseaux de neurones artificiels (de la régression logistique aux réseaux multi-couches)
- méthodes d'**apprentissage** supervisé des réseaux (fonctions objectifs et optimisation par descente de gradient stochastique)
- architectures permettant de modéliser des données complexes comme les séquences et les images (réseaux à convolution, récurrents, les transformers)
- mise en pratique sur des données et tâches réelles grâce à pytorch.

### Supports Bibliographie

*Deep Learning* by Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville, MIT Press, 2016.

### Évaluation

Rapport et Présentation Orale en Français

<p style="margin: 0;"><b>UE Programmation Avancée</b> <i>Advanced Programming</i></p>	<p>SEMESTRE 10</p>  <p>UE PrA</p>
<p>30h - 3 ECTS</p>	

### Présentation

L'objectif de cette formation est d'aborder plusieurs aspects de programmation avancée en langage C/C++ dans un environnement Unix.

L'ensemble de cet enseignement sera fait dans le cadre de travaux pratiques avec mise en application directe des concepts.

Semestre	Programme	
S10	PrA-PrA	Programmation Avancée

### Pré-requis

Bonne connaissance des techniques de programmation dans les environnements Unix, la connaissance du langage C ou au moins d'un langage de bas niveau sera un plus.

### Validation de l'UE

Travaux Pratiques

### Compétences visées par l'UE

AP-AP	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	TP	III	III					III	III	III					
AA2.	TP	III	III					III	III	III					
AA3.	TP	III	III					III	II	II					
AA4.	TP	III	III					III	II	II					
AA5.	TP	III	III					III	II	II					

Responsable : Didier Cassereau

| TP : 30h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme des TP, l'étudiant sera capable de :

- AA1. concevoir une architecture informatique pour répondre à un problème donné
- AA2. implémenter cette architecture informatique, la tester et la faire fonctionner conformément au cahier des charges initial
- AA3. faire appel aux outils de base et outils systèmes nécessaires pour la **mise en œuvre de l'architecture**
- AA4. utiliser les ressources multi-processeurs ou multi-cœurs des machines et gérer des tâches de manière parallèle
- AA5. mettre en application ces différents éléments pour développer un outil de simulation numérique


#### Contenu

Les points principaux abordés seront :

- la programmation multithread (threads POSIX)
- la programmation système, en particulier les sockets de communication entre processus
- quelques éléments de C++ : classes, constructeurs et destructeur, surcharge d'opérateur, héritage, ...
- mise en œuvre pratique avec implémentation d'une application client/serveur de chiffrement/déchiffrement à la volée
- mise en œuvre de différents codes de simulation numérique mettant en œuvre ces différents outils, en particulier le parallélisme

#### Évaluation

Travaux Pratiques

<b>UE Mécanique des Fluides Avancée</b> <i>Advanced Fluid Mechanics</i>	SEMESTRE 10  UE AFM
30h - 3 ECTS	

## Présentation

Le cours de Microfluidique (AFM-MIC) porte sur la mécanique des fluides à faible nombre de Reynolds dans des systèmes confinés où les interfaces jouent un rôle prépondérant. Les propriétés **d'écoulements** mono-phasiques, bi-phasiques, de dispersions, colloïdales ou non, sont présentées. La possibilité de modifier ces écoulements à **l'aide d'un** contrôle des champs de pression, de température ou bien électromagnétique est également abordée. Un des objectifs de ce cours est de faire le lien entre les capacités de microfabrication et les sciences fondamentales et appliquées qui, de concert, débouchent sur des innovations dans des domaines tels que les biotechnologies ou bien la chimie.

Le cours de Physique du Transport (AFM-PT) est une introduction à la physique du transport de masse et de chaleur. Il permettra de répondre à des questions très variées telles que : pourquoi mon café refroidit-il beaucoup plus vite que le sucre ne diffuse dans la tasse ? combien de temps puis-je rester au sommet de l'Everest sans gants ? comment concevoir une puce microfluidique pour capturer efficacement des biomolécules ? combien de douches puis-je prendre par jour avec un chauffe-eau solaire de 10 mètres carrés ? qu'est-ce que les cétacés et les échangeurs de chaleur ont en commun ? pourquoi le mélange dans les écoulements turbulents est-il si efficace ?

Le cours d'Instabilités Hydrodynamiques (AFM-HI) est une introduction à l'étude de la stabilité de certains écoulements. Après l'introduction des concepts généraux d'étude de stabilité, on s'intéressera aux instabilités naissant dans un fluide initialement au repos : en particulier, on traitera les instabilités dites de Rayleigh-Taylor liée à la gravité et celle de Rayleigh-Bénard observée dans un fluide chauffé par le bas. Ensuite, on décrira les instabilités des écoulements parallèles, desquelles peuvent émerger de grandes structures (Kelvin-Helmholtz). Finalement, on s'intéressera brièvement et de manière phénoménologique, à la turbulence homogène isotrope (Théorie de Kolmogorov).

Semestre	Programme	
S10	AFM-MIC	Microfluidique
	AFM-PT	Physique du Transport
	AFM-HI	Instabilités Hydrodynamiques

## Pré-requis

Notions de base de mécanique des fluides (S8-SMS2-MF)

Notions de base de thermodynamique (S6-PSA)

## Validation de l'UE

Moyenne pondérée : AFM-MIC 30%, AFM-PT 40%, AFM-HI 30%

## Compétences visées par l'UE

AFM-MIC	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Examen	III	III							III					
AA2.	Examen	II						II							
AA3.	Examen	II						II							
AA4.	Examen	II						II							
AA5.	Examen						II								
AFM-PT	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Examen	II	II					II							
AA2.	Examen	II	II					II							
AA3.	Examen	III						III							
AA4.	Examen	III						III							
AA5.	Examen	III						III							
AA6.	Examen						II								
AFM-HI	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Examen	II						II							
AA2.	Examen	III						III							
AA3.	Examen	II						II							
AA4.	Examen	III						III							
AA5.	Examen						II								



## S10 – AFM – MIC Microfluidique

Responsable : Nicolas Brémond

| cours : 8h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. identifier les différentes techniques de microfabrication et évaluer les plus pertinentes suivant l'application visée
- AA2. résoudre des problèmes à faible nombre de Reynolds
- AA3. résoudre des problèmes à faible nombre de Reynolds en présence d'interfaces fluides
- AA4. résoudre des problèmes d'électrohydrodynamique
- AA5. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

#### Contenu

- Techniques de microfabrication
- Écoulements monophasiques
- Écoulements multiphasiques
- Electrohydrodynamique
- Microfluidique et physicochimie
- Microfluidique pour la biologie

#### Supports Bibliographie

- Petit, L., Hulin, J. P., & Guyon, É. *Hydrodynamique physique*. EDP Sciences.
- Tabeling, P. *Introduction à la microfluidique*. Belin.
- Bruus, H. *Theoretical microfluidics*. Oxford University Press.

#### Évaluation

Examen écrit

## S10 – AFM – PT Physique du Transport

Responsable : Marc Fermigier

| cours : 12h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. identifier les mécanismes **d'échange** de chaleur et de masse dans les systèmes physiques naturels ou industriels et dans les systèmes biologiques
- AA2. comparer les différents modes de transport à **l'aide** de nombres sans dimension
- AA3. modéliser un problème de transport par diffusion
- AA4. modéliser un problème de transport radiatif
- AA5. modéliser un problème de transport par convection
- AA6. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

#### Contenu

- Equations de transport locales et bilans globaux
- Transport radiatif de la chaleur
- Transport de chaleur et de masse par diffusion moléculaire
- Transport avec écoulement laminaire. Couplage entre diffusion et advection. Couche limites de transport.
- Convection thermique

#### Travail en autonomie

Le cours est dispensé sous forme de classe inversée : les supports de cours sont communiqués en avance aux étudiants. Le temps avec les étudiants est consacré entièrement à la résolution de problèmes.

#### Supports Bibliographie

Notes de cours et descriptions des problèmes résolus en classe sont disponibles sur un site internet

Les ouvrages de référence sont :

- Bird, Stewart, Lightfoot, *Transport Phenomena*, Wiley (1960).
- F. Incropera, D. Dewitt, T. Bergman & A. Lavine, *Principles of heat and mass transfer*. Wiley (2013).
- H.S. Carslaw, J.C. Jaeger, *Conduction of heat in solids*, Oxford Clarendon Press (1959).
- B. Levich, *Physico-chemical hydrodynamics*, Prentice Hall (1962).

#### Évaluation

Examen écrit

## S10 – AFM – HI Instabilités Hydrodynamiques

Responsable : Laurent Duchemin

| cours : 10h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. identifier les mécanismes d'instabilité dans un fluide au repos, en écoulement
- AA2. formuler un problème de stabilité linéaire
- AA3. établir la relation de dispersion d'un problème de stabilité linéaire
- AA4. formuler un problème de stabilité linéaire avec surface libre
- AA5. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

#### Contenu


- Description phénoménologique des instabilités, lois d'échelles
- Instabilités de fluides au repos
- Relation de dispersion
- Instabilité non-visqueuse des écoulements parallèles
- Instabilité visqueuse des écoulements parallèles
- Lois d'échelles de la turbulence

#### Supports Bibliographie

- Petit, L., Hulin, J. P., & Guyon, É. *Hydrodynamique physique*. EDP Sciences.
- Charru, F. *Instabilités hydrodynamiques*, EDP Sciences.

#### Évaluation

Examen écrit

<h2 style="margin: 0;">UE Magnétisme et Supraconductivité</h2> <p style="margin: 0;">Magnetism and Superconductivity</p>	<p>SEMESTER 10</p>  <p>UE MS</p>
<p>30h - 3 ECTS</p>	

### Description

Le magnétisme et la supraconductivité sont les deux phénomènes quantiques macroscopiques les plus connus et fascinants. Portés par l'espoir d'applications en spintronique et en calcul quantique, les domaines de recherche correspondants sont actuellement en forte expansion. La connaissance des interactions quantiques qui opèrent dans la matière à l'échelle microscopique est cruciale pour comprendre et contrôler les propriétés macroscopiques magnétiques et supraconductrices des matériaux. Le but de cette UE est de fournir aux étudiants les outils nécessaires pour comprendre les origines microscopiques de ces phases ordonnées, d'étendre ces connaissances vers l'échelle nanométrique et macroscopique, et de leur apporter un aperçu de la recherche de pointe et des applications.

Semestre	Programme
S10	MS-MFN Magnétisme : des concepts fondamentaux aux applications à l'échelle nanométrique MS-PFA Supraconductivité : propriétés, concepts fondamentaux, applications

### Prérequis

Niveau M1 en physique

### Validation de l'UE

Moyenne pondérée : MS-MFN 50%, MS-PFA 50%

### Compétences visées

MS-HFA	Evaluation	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Examen	III	III					III		II			II		II
AA2.	Examen	III						III	III	II					
AA3.	Examen	III						III		II					
AA4.	Examen	III	III					III	III	II			II		
AA5.	Examen						II								
MS-MFN	Evaluation	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Examen	III	III					III		II					
AA2.	Examen	III	III					III		II			II		
AA3.	Examen	III	III					III	III	II			II		
AA4.	Examen	III	III					III	III	III			II		II
AA5.	Examen	III	III					III		II			II		II
AA6.	Examen						II								

Responsable : Sergio Vlaic

| Cour : 15 h | langue du cours :  |

## Objectifs / Compétences visées par l'EC

**Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :**

- AA1. Modéliser les phénomènes magnétiques en les reliant aux processus microscopiques des particules quantiques qui le composent
- AA2. Transférer les propriétés physiques des systèmes macroscopiques aux matériaux de basse dimension
- AA3. Valider un modèle en comparant les prédictions aux résultats expérimentaux et évaluer les limites de validité
- AA4. Identifier l'approche expérimentale la plus adaptée pour relever un défi technologique spécifique
- AA5. Utiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et / ou interdisciplinaire
- AA6. Utiliser le vocabulaire scientifique et technique en anglais

## Contents

Ce cours aborde la description du magnétisme, des systèmes solides macroscopiques aux nanostructures magnétiques, avec le formalisme de la mécanique quantique. Il commence par une description fondamentale des interactions magnétiques dans des systèmes simples, suivie de l'application d'une telle interaction à l'échelle micro et nanométrique. Enfin, ce cours présente un aperçu de certains des sujets de recherche contemporains les plus pertinents sur le plan technologique en magnétisme.

- Origine du moment magnétique, de la description classique à la description quantique
- Ordre magnétique dans la matière
- Interaction d'échange dans des systèmes simples
- Magnétisme itinérant et localisé
- Anisotropies magnétiques
- Techniques expérimentales pour les mesures magnétiques
- Superparamagnétisme
- Magnéto-résistance géante et tunnel
- Couple de transfert de spin
- Impuretés magnétiques dans les supraconducteurs pour l'informatique quantique

Bibliographic  
Resources

- Bransden, B.H. and Joachain, C. J. *Physics of Atoms and Molecules*
- N.W. Ashcroft and N. D. Mermin *Physique des Solides*, EDP Sciences
- Sthör, J. and Siegmann, H. C. *Magnetism, From Fundamentals to Nanoscale Dynamics*, Springer series in Solid-State Sciences

Evaluation

Examen conjoint MS-MFN / HFA (oral ou écrit, 2 à 3 heures, selon le nombre d'étudiants inscrits)

Responsable : Dimitri Roditchev

| Cour : 15 h | langue du cours :  |**Objectifs / Compétences visées par l'EC****Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :**

- AA8. Utiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et / ou interdisciplinaire
- AA9. Justifier l'utilisation d'un large éventail de méthodes avancées en physique quantique de la matière condensée
- AA10. Connecter un phénomène macroscopique à des processus microscopiques
- AA11. Valider un modèle en comparant les prédictions aux résultats d'expérimentation et évaluer les limites de validité
- AA12. Utiliser le vocabulaire scientifique et technique en anglais

**Contents**

Ce cours passe en revue les phénomènes essentiels liés à la supraconductivité, leur apporte des aperçus macroscopiques et microscopiques. Dans la dernière partie, les tendances récentes et les défis en recherche et applications sont discutés.

- Découverte de la supraconductivité. Résistivité nulle, effet Meissner-Ochsenfeld. Premières réalisations expérimentales, idées, applications. Considérations thermodynamiques (entropie, chaleur spécifique).
- **Equations de London décrivant l'électrodynamique locale des supraconducteurs.** Profondeur de pénétration. Généralisation quantique de la théorie de London. Quantification du flux.
- Théorie de Ginzburg-Landau (GL) des transitions de phase : considérations générales, deux équations GL.
- Longueur de cohérence et profondeur de pénétration de la supraconductivité. Effet de proximité à l'interface S-N. Deux types de supraconducteurs.
- Réseau de Vortex. Vortex dans les supraconducteurs nano-structurés.
- Supraconductivité faible : effet Josephson stationnaire et RF (SIS, SNS), dispositifs à effet Josephson (DC-SQUID).
- Approche microscopique à la supraconductivité. Instabilité de la mer de Fermi. Interaction électron-phonon. État fondamental et excitations élémentaires. Gap supraconducteur, effet tunnel.
- Supraconducteurs non conventionnels, multi-gap et magnétiques.

**Bibliographic Resources**

- V.V. Schmidt: *The Physics of Superconductors (Introduction to Fundamentals and Applications)*
- P.G. de Gennes: *Superconductivity of Metals and Alloys*
- James F. Annett : *Superconductivity, superfluids, and condensates*
- Ph. Mangin, R. Kahn: *Superconductivity, An introduction*
- Ch. Kittel: *Introduction to Solid State Physics*
- A.V. Narlikar: *Small Superconductors*


Evaluation

Examen conjoint MS-MFN / PFA (oral ou écrit, 2 à 3 heures, selon le nombre d'étudiants inscrits)



## UE de spécialisation " Chimie & Matériaux "

	Volume horaire	ECTS		Code	Responsable
UE Chimie Analytique	30	3			
Chimimétrie	12		ANC	CHE	J. Vial
Bioanalytique, Miniaturisation et Couplage LC/MS	18			BMMS	V. Pichon
UE Chimie Inorganique pour la Catalyse et l'Energie	30	3			
Electrochimie	15		ICCE	EC	F. Kanoufi
Chimie Inorganique et Catalyses	15			ICC	S. Norvez, C. Soulié-Ziakovic
UE Chimie Avancée	30	3			
Synthèse de Matériaux Inorganiques et Hybrides	14		AC	SIHM	V. Pimenta, S. Ithurria
Outils Synthétiques pour la Science des Matériaux	6			STMS	A. Guérinot, C. Meyer
Synthèse de Matériaux Fonctionnels	8			FMS	V. Pimenta, S. Ithurria
UE Chimie de Synthèse et Applications	30	3			
Synthèse Organique Sélective Avancée	15		SCA	ASOS	A. Guérinot, C. Meyer
Méthodes de Synthèse en Chimie Moléculaire	18			SMMC	A. Guérinot, C. Meyer
UE Matière Molle	33	3			
Matière Molle et Développement	23		SoM	SMD	M. Cloitre
Colloïdes et Biomolécules	10			CB	J. Bibette

<p>UE Chimie Analytique <i>Analytical Chemistry</i></p>	<p>SEMESTRE 10</p>  <p>UE ANC</p>
<p>30h - 3 ECTS</p>	

## Présentation

Cette UE vise à fournir aux étudiants des notions avancées en chimie analytique notamment dans le domaine de la chromatographie en phase liquide et de son couplage avec la spectrométrie de masse, de méthodes alternatives ou complémentaires utilisant des outils biologiques ou biomimétiques, de la miniaturisation des outils analytiques et de la chimiométrie.

La bioanalyse peut être définie comme l'analyse de composés (médicaments, agents dopants, polluants, ...) dans des échantillons biologiques (fluides biologiques, tissus, ...), soit un domaine pour lequel le couplage de la chromatographie en phase liquide avec la spectrométrie de masse (LC/MS) s'impose aujourd'hui comme un incontournable. La bioanalyse peut aussi décrire toute méthode analytique basée sur l'utilisation d'outils biologiques (anticorps, brins d'ADN, ...) afin d'améliorer le potentiel des approches analytiques conventionnelles. Le cours "Bioanalytique et Miniaturisation" (ANC-BMMS) porte sur la présentation des développements récents en chromatographie et techniques associées pour améliorer leur pouvoir de séparation et tendre vers des analyses ultra-rapides et à fort pouvoir séparatif. Seront donc abordées la chromatographie haute pression et en format multidimensionnel, le couplage LC/MS, les outils biologiques et biomimétiques sélectifs pour le traitement des échantillons ou les bioessais appliqués à l'analyse de composés à l'état de trace dans des échantillons complexes. On mettra également l'accent sur la miniaturisation de ces dispositifs analytiques pour le développement laboratoire sur puce.

Le cours de Chimiométrie (ANC-CHE) a pour objectif l'acquisition des outils mathématiques et statistiques nécessaires à la construction rationnelle d'expériences et permettant une exploitation optimale des résultats. Les étudiants seront également sensibilisés à la notion d'incertitude et formés aux outils permettant d'identifier et de quantifier les sources de variabilité d'un procédé ou d'une méthode. Les problématiques d'étalonnage seront, elles aussi, abordés du point de vue utilisateur. Une attention particulière est apportée aux relations entre les conclusions statistiques, leur interprétation physico-chimique et les conséquences pratiques qui en découlent.

Semestre	Programme
S10	ANC-BMMS Bioanalytique, Miniaturisation et couplage LC/MS ANC-CHE Chimiométrie

## Pré-requis

Statistique Appliquée (S7-MMN2-STAP), Sciences Analytiques (S8-CH2-SAN)

## Validation de l'UE

Moyenne pondérée : ANC-BMMS 50%, ANC-CHE 50%

## Compétences visées par l'UE

ANC-BMMS	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Examen	I						I							
AA2.	Examen	I						I							
AA3.	Examen	II	II					III		III					
AA4.	Examen	III	III												
AA5.	Examen	III	III												
AA6.	Examen	III						III		III					
AA7.	Examen	III	III					III		III					
AA8.	Examen						II								
ANC-CHE	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Examen		I					I							
AA2.	Examen		II					II							
AA3.	Examen		I					I							
AA4.	Examen	III	III					III		III					
AA5.	Examen	II	II					II							
AA6.	Examen	II	II					II							
AA7.	Examen	II	II	II				II							
AA8.	Examen		II					II							
AA9.	Examen	II													
AA10.	Examen		III												
AA11.	Examen		II												
AA12.	Examen		II												
AA13.	Examen						II								

Responsable : Valérie Pichon

Equipe pédagogique: Valérie Pichon et Christophe Chendo

| cours : 18h | langue du cours :  |

## Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. énumérer et décrire les différentes techniques analytiques et les différentes techniques de préparations de l'échantillon couramment utilisées en bioanalyse
- AA2. citer les différents éléments constitutifs d'un spectromètre de masse et leurs principales caractéristiques, limitations et applications
- AA3. argumenter les atouts et les contraintes liées à la miniaturisation des systèmes d'analyses et de traitement de l'échantillon et à leur intégration sur puce
- AA4. justifier les comportements observés expérimentalement lors de l'analyse de biomolécules à partir des connaissances théoriques.
- AA5. considérer les caractéristiques des biomolécules recherchées et/ou de la matrice ciblée, pour concevoir l'approche bioanalytique la plus adaptée pour les analyser
- AA6. mobiliser ses connaissances pour commenter de façon critique les résultats présentés dans une publication
- AA7. observer et interpréter les phénomènes expérimentaux en mobilisant ses connaissances et en s'appuyant sur les ressources documentaires.
- AA8. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

## Contenu

Dans ce cours seront abordées :

- (i) Des approches analytiques conduisant à de la haute résolution comme les techniques chromatographiques multidimensionnelles qui associent plusieurs systèmes séparatifs qu'il faut rendre compatible ou le couplage de la chromatographie en phase liquide avec la spectrométrie de masse.
- (ii) **Des approches très sélectives mettant en œuvre des outils biologiques** voir biomimétiques de reconnaissance moléculaire introduits à la fois dans des techniques de traitement de l'échantillon et de séparation mais aussi pour le développement de bioessais applicables à l'analyse de traces dans des échantillons complexes.
- (iii) La miniaturisation de ces dispositifs d'analyse notamment en présentant la réalisation de différents blocs fonctionnels sur puce conduisant au final au concept du lab-on chip (concept dit du  $\mu$  TAS, micro Total Analytical System).

Cours :

1. Choix de la matrice biologique
2. Méthodes analytiques
  - Rappel sur la chromatographie en phase liquide et en phase gazeuse
  - Nouvelles tendances : analyses chromatographiques rapides ou multidimensionnelles
3. Couplage de la chromatographie en phase liquide avec la spectrométrie de masse (LC/MS)

- Type de source (EI, ESI, APCI, APPI) et leurs utilisations
  - Type d'analyseurs (basse et haute résolution) et leurs applications
  - Contraintes liées à la mise en place du couplage
4. Préparation de l'échantillon pour **l'analyse** de composés à l'état de traces
    - Echantillons liquides: extraction en solvants, extraction sur phase solide, approches sélectives pour éliminer les macromolécules, adsorbants basés sur des mécanismes de reconnaissances moléculaires (immuno-, oligo-adsorbants, polymère à empreintes moléculaires)
    - Echantillons solides : extraction par liquide pressurisé, sous champs micro-ondes
    - méthodes de piégeages de composés volatils
  5. Bioessais
    - Basés sur la reconnaissance structurale
    - basés sur le mode d'action mettant en œuvre des récepteurs moléculaires ou des enzymes
  6. Miniaturization
    - Objectifs et concepts de base
    - Méthodes séparatives miniaturisées : nanoLC, CE et GC sur puce
    - Outils miniaturisés pour la préparation de l'échantillon, couplage avec les dispositifs de séparation
    - Bioessais sur puce

Supports  
Bibliographie

Polycopié du cours

Évaluation

Examen écrit (2 heures) : questions sur articles distribués 1 à 2 semaines avant l'examen

Responsable : Jérôme Vial

| cours : 12h | langue du cours :  |

## Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. identifier les facteurs introduisant une dispersion significative sur les résultats
- AA2. calculer cette contribution
- AA3. interpréter les résultats d'un plan d'expériences
- AA4. concevoir de manière optimale les essais à réaliser dans le cadre d'investigations expérimentales.
- AA5. établir le modèle d'étalonnage adapté à une problématique donnée et énumérer ses possibilités et limitations.
- AA6. évaluer par intervalle une teneur à partir d'un étalonnage
- AA7. utiliser à bon escient les notions de répétabilité et de reproductibilité
- AA8. construire une stratégie pour réduire l'impact de facteurs influents sur la qualité des résultats
- AA9. mobiliser ses connaissances pour évaluer les performances d'une méthode et la valider
- AA10. identifier et mener en autonomie les différentes étapes pour optimiser une méthode.
- AA11. exploiter des logiciels d'analyse de données avec un esprit critique
- AA12. identifier les sources d'erreur pour calculer l'incertitude sur un résultat expérimental.
- AA13. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

### Contenu


1. ANOVA (Analyse de la Variance) à un facteur contrôlé
  - Principe et utilité
  - Tests statistiques
  - Tableau d'ANOVA et interprétation
  - Etudes de cas
2. La régression linéaire
  - Principe et utilité
  - Statistiques de la régression
  - Hyperboles de confiance et de prédiction
  - Adéquation du modèle
  - Etudes de cas
3. Les plans d'expériences
  - Principe et utilité
  - Plans factoriels  $2^n$
  - Significativité des effets
  - Plans factoriels fractionnaires  $2^{n-p}$  et de criblage
  - Plans pour surface de réponse

### Supports Bibliographie

Polycopié du cours

### Évaluation

Examen écrit de 1h30

<p>UE Chimie Inorganique pour la  <b>Catalyse et l'Énergie</b>  <i>Inorganic Chemistry for Catalysis and Energy</i></p>	<p>SEMESTRE 10</p>  <p>UE ICCE</p>
<p>30h - 3 ECTS</p>	

## Présentation

L'électrochimie est au cœur de questions sociétales, comme les énergies nouvelles (pour la production et le stockage d'énergie électrique à partir de réactions chimiques), les nanosciences, la catalyse, la biologie. Elle permet de mesurer et gouverner les réactions de transferts de charges en faisant appel à des concepts variés parmi lesquels la thermodynamique, la cinétique, les processus de transport, l'électricité...

Au cours du module Electrochimie (ICCE-EC), en partant d'applications et de problématiques de recherches actuelles, les étudiants acquerront les bases théoriques et le savoir-faire leur permettant d'appréhender toute question ayant trait à l'électrochimie.

Plus de 80% des procédés de fabrication comprennent au moins une réaction catalysée. La catalyse permet généralement de diminuer les coûts (énergie, séparation, retraitement, ...) et de limiter l'emploi de matières toxiques ou dangereuses. L'enjeu économique et écologique est donc évident. Pour bien comprendre les phénomènes mis en jeu, le cours de Chimie Inorganique et Catalyses (ICCE-ICC) présente les différents types de catalyse à travers l'étude de grands procédés industriels et de cycles fondamentaux du vivant.

Les problèmes liés à la performance et à l'optimisation d'un système catalytique, à son coût, à son impact écologique, sont mis en avant et expliqués par une approche cinétique mécanistique.

Semestre	Programme
S10	ICCE-EC Electrochimie
	ICCE-ICC Chimie Inorganique et Catalyses

## Pré-requis

Equation de Nernst pour les systèmes rédox ; cinétique chimique ; concepts généraux de chimie analytique (S8-CH2-SAN), de physicochimie ; mathématiques (S5-MMN1-MATH1 et S7-MMN2-MATH2) et physique du transport de matière (diffusion, équations différentielles). Réactivité des complexes inorganiques et organométalliques (S8-CH2-CMI).

## Validation de l'UE

Moyenne pondérée : ICCE-EC 50%, ICCE-ICC 50%

## Compétences visées par l'UE

ICCE-EC	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	TD, Exam	II						II		II					
AA2.	TD, Exam	II						II		II					
AA3.	TD, Exam	III						III		III					
AA4.	TD, Exam	III						III		III					
AA5.	TD, Exam	II						II		II					
AA6.	TD, Exam	II						II		II					
AA7.	TD, Exam						II								
ICCE-ICC	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	AA	III						III		III					
AA2.	AA	III						III		III					
AA3.	AA	III						III		II					
AA4.	AA	III						III		II					
AA5.	AA	III		II		II		III		III					
AA7.	AA						II								

AA : Analyse d'articles



Responsable : Frédéric Kanoufi

| cours : 15h | langue du cours :  |

## Objectifs / **Compétences visées par l'EC**

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. appliquer l'équation de Nernst pour les systèmes électrochimiques et décrire la différence entre un système à l'équilibre et un système traversé par du courant électrique.
- AA2. définir les notions de surtension et de courant d'échange. Lire et comprendre un diagramme de Tafel.
- AA3. prédire l'allure de la courbe intensité-potentiel dans le cas de processus électrochimiques contrôlés par la cinétique du transfert de charge ou par le transport de matière. Décrire la courbe i-E dans différents cas de transport de matière.
- AA4. analyser les modifications d'allure de courbe i-E pour des mécanismes réactionnels simples, en particulier des réactions de catalyse hétérogène ou homogène.
- AA5. expliquer l'importance des microélectrodes en électrochimie analytique ou pour l'imagerie électrochimique.
- AA6. expliquer le fonctionnement et les propriétés de fonctionnement (charge, f.e.m., puissance, énergie) des batteries et des piles à combustible.
- AA7. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

### Contenu

- Rappels sur rédox et approche simplifiée de la courbe intensité-potentiel
- Stockage d'énergie : charge (loi de Faraday) ; force électromotrice (équation de Nernst) ; puissance vs énergie (diagramme de Ragone) ; application à l'étude des batteries, composition et prédiction de fonctionnement.
- Conversion d'énergie chimique en énergie électrique : cinétique électrochimique (Butler-Volmer, Marcus) et allure des courbes i-E ; courant d'échange (Représentation de Tafel) ; application aux (bio)piles à combustible, à l'électrocatalyse ; application à la corrosion ; supercondensateurs électrochimiques (couche double électrochimique) ;
- Electrochimie moléculaire et mécanismes réactionnels. Transport vs réaction (diffusion), formalisme et allures des courbes i-E ; mécanismes réactionnels (comment estimer la cinétique du transfert d'électron, de réaction chimiques, catalytiques partir des courbes i-E).
- Tendances actuelles en électrochimie analytique. Apport des micro/nanoélectrodes ; capteurs ampérométriques basés sur des réactions catalytiques ; sondes locales et imageries électrochimiques
- Analogie électrique : l'impédance électrochimique.

#### Travaux Dirigés

Fonctionnement de la batterie au plomb. Corrosion. Catalyse électrochimique de la réduction du CO<sub>2</sub>. Réactivité d'une cellule vivante par microscopie électrochimique

### Supports Bibliographie

Polycopié du cours

### Évaluation

1 TD au choix à rendre 40%  
Examen écrit (1h à 1h30) 60%

Responsables : Sophie Norvez, Corinne Soulié-Ziakovic


| cours : 15h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. analyser avec un esprit critique les cycles catalytiques et biocatalytiques
- AA2. proposer un cycle catalytique en détaillant les actes élémentaires de mécanismes réactionnels des complexes organométalliques.
- AA3. déterminer, analyser et justifier les grandeurs cinétiques de cycles catalytiques et biocatalytiques (catalyse homogène et hétérogène)
- AA4. proposer des méthodes permettant de déterminer les grandeurs cinétiques des cycles catalytiques et biocatalytiques
- AA5. analyser avec un esprit critique un processus industriel du point économique et environnemental
- AA6. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

Contenu	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Catalyses industrielles <ul style="list-style-type: none"> <li>• Catalyse : concepts fondamentaux</li> <li>• Catalyses et grands procédés industriels</li> <li>• Mécanismes et cinétique de catalyse hétérogène</li> <li>• Performances d'un système catalytique hétérogène</li> </ul> </li> <li>2. Biocatalyses <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eléments de la biosphère</li> <li>• Catalyse acide, enzyme à zinc</li> <li>• Catalyse redox</li> <li>• Procédés industriels utilisant des biocatalyseurs</li> </ul> </li> </ol>
Supports Bibliographie	Polycopié du cours, transparents
Évaluation	Analyse d'articles en catalyses homogène/hétérogène (50%) et biocatalyses (50%)

<b>UE Chimie Avancée</b> <i>Advanced Chemistry</i>	SEMESTRE 10  UE AC
30h - 3 ECTS	

## Présentation

L'UE Chimie Avancée comporte un tronc commun obligatoire (20h) :

- Le cours Synthèse de Matériaux Inorganiques et Hybrides (AC-SIHM, 14h) est dédié aux chimistes souhaitant développer une vision plus large sur la synthèse et caractérisation des matériaux inorganiques et hybrides fonctionnels.  
Le cours se déroule en deux parties : Matériaux Inorganiques Cristallisés et Matériaux Poreux Cristallisés (7h chacune). Pour les deux classes de matériaux les méthodes de synthèse et les défis liés à leur caractérisation seront abordés, ainsi que leurs applications potentielles dans divers domaines (santé, énergie, environnement, optoélectronique).
- Le cours Outils Synthétiques pour la Science des Matériaux (AC-STMS, 6h) qui s'intègre dans une formation en chimie moléculaire et a pour objectif de fournir des connaissances approfondies sur certaines classes de transformations incontournables en chimie des matériaux telles que les réactions click, les réactions réversibles pour la chimie covalente dynamique et quelques applications des couplages croisés catalysés par les métaux de transition

Les étudiants pourront ensuite choisir l'un des modules suivants :

- Le cours de Synthèse de Matériaux Fonctionnels (AC-FMS, 8h, 2 blocs de 4h de travaux pratiques) pour approfondir leurs connaissances en synthèse de matériaux fonctionnels et leurs propriétés, en particulier la synthèse de nano-cristaux semi-conducteurs et les réseaux hybrides poreux.
- Le cours de Synthèse Organique Sélective Avancée (AC-ASOS, 12h) pour approfondir, de manière plus spécifique, leurs connaissances en synthèse organique sélective et s'initier à la synthèse asymétrique (réactions diastéréo- et énantiosélectives) dont l'importance est essentielle, en particulier en chimie médicinale.

Semestre	Programme	
S10	AC-SIHM	Synthèse de Matériaux Inorganiques et Hybrides
	AC-STMS	Outils Synthétiques pour la Science des Matériaux
	AC-FMS*	Synthèse de Matériaux Fonctionnels

## Pré-requis

AC-SIHM : notions d'ordre structurale et de chimie du solide (S7-MATC), notions de chimie de coordination (S8-CH2-CMI)

AC-STMS : Bases de chimie organique (S5-CH1-CO)

AC-ASOS : profils de réactivité des groupes fonctionnels les plus importants, transformations classiques en synthèse organique (réactions d'oxydation, de réduction et d'interconversion de groupes fonctionnels), écriture des mécanismes réactionnels (S5-CH1-CO).

## Validation de l'UE

Moyenne pondérée : AC-SIHM 40% (20% poreux + 20% inorga cristallins), AC-STMS 20% et, selon le choix, AC-FMS 40% ou AC-ASOS 40%

## Compétences visées par l'UE

AC-SIHM	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	POF, QCM	I	I			II		I		I			I		II
AA2.	POF, QCM	II	II							II			I		
AA3.	POF, QCM	III	II							III					
AA4.	POF, QCM	III	III			I		I		III					
AA5.	POF, QCM	II	III	II		II		I	I	II					I
AA6.	POF, QCM	II	II		I	I	II	II	II	II	II	I	II		II
AA7.	POF, QCM	II						II	I	I	III	III	II	I	I
AA8.	Supports POF						II								
AC-STMS	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	AD	II	II					II							
AA2.	AD	II	II					II		II					
AA3.	AD									III		III			III
AA4.	AD		III									III			III
AA5.	AD		III									III			III
AA6.	AD		III									III			III
AA7.	AD						II								
AC-FMS	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	R	III	II			I		II	III	II	II	II	I		
AA2.	R	III	II					II	II	I	II	II	II	I	II
AA3.	R	III	III					III	III	III	II	II	III		
AA4.	R	III	III					III	II	III	II	II	III		
AA5.	R	III	III					III	II	III	II	II	III	I	II
AA6.	R	III	II			I		II	III	II	II	II	I		
AA7.	R						II								
AC-ASOS	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	AD	III	III					III							
AA2.	AD	III	III					III		III					
AA3.	AD	III	III					III		III					
AA4.	AD	III	III					III		III				III	
AA5.	AD	III	III							III			III		
AA6.	AD		III									III			III
AA7.	AD		III									III			III
AA8.	AD						II								

POF : Présentation Orale en Français, AD : Analyse de Documents, R : Rapport

## Recommandé/Requis pour les Masters

Master de Chimie Moléculaire de Paris Centre, parcours Chimie des Matériaux (STMS)

Master de Chimie Moléculaire de Paris Centre, parcours Chimie Moléculaire (STMS, ASOS)

Responsables : Sandrine Ithurria, Vanessa Pimenta

Equipe pédagogique : Sandrine Ithurria, Thomas Pons, Vanessa Pimenta, Christian Serre

| cours : 14h | langue du cours :  |

## Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. identifier les différentes classes de matériaux inorganiques et hybrides cristallins
- AA2. décrire les différents modes de synthèse de matériaux fonctionnels
- AA3. relier les caractéristiques structurales aux propriétés des matériaux
- AA4. discuter les méthodes de caractérisation abordés
- AA5. considérer les applications potentielles des matériaux fonctionnels cristallins
- AA6. analyser et identifier les résultats importants dans un ensemble de publications scientifiques
- AA7. expliquer des concepts et idées au cours d'une présentation courte
- AA8. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

### Contenu

1. Introduction aux solides poreux cristallins (zéolites, argiles, LDH, MOFs, cages hybrides)
2. Méthodes de synthèse et modulation de la porosité (exfoliation, composites..)
3. Les défis de la caractérisation des réseaux poreux (BET, IR in-situ, RMN solide, MET, Modélisation)
4. Applications potentielles des solides poreux (Environnement, Energie, Santé)
5. Perspectives - Mise à l'échelle, mise en forme et l'industrialisation (commercialisation, applications avérées)
6. Introduction aux matériaux inorganiques avancées
7. Méthodes de synthèse de matériaux inorganiques
8. Les méthodes de caractérisation
9. Applications de matériaux inorganiques avancés

### Supports Bibliographie

Diapositives du cours  
 Pour approfondir ses connaissances :  
 F. Schüth, K. S. W. Sing, J. Weitkamp, Handbook of Porous Solids, Wiley  
 Print ISBN:9783527302468 |Online ISBN:9783527618286  
 |DOI:10.1002/9783527618286

### Évaluation

Matériaux inorganiques cristallins : présentation (compris dans les 7h du cours, 50%)  
 Matériaux inorganiques et hybrides poreux : QCM (1h hors cours, 20%)

Responsables : Amandine Guérinot, Christophe Meyer

| cours : 6h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. identifier les différentes réactions intervenant dans un schéma de synthèse
- AA2. analyser le schéma de synthèse multi-étapes d'une architecture moléculaire complexe
- AA3. mobiliser et transférer les connaissances en chimie moléculaire à des applications en science des matériaux
- AA4. identifier le lien entre les propriétés à l'échelle macroscopique et les mécanismes opérant à l'échelle moléculaire
- AA5. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse
- AA6. manipuler les mécanismes fondamentaux à l'échelle microscopique, modéliser les phénomènes macroscopiques, relier un phénomène macroscopique aux processus microscopiques
- AA7. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

#### Contenu

1. Réactions "click" (réaction de Diels-Alder et d'hétéro-Diels-Alder, cycloaddition (3+2), réaction thiol-ène, réaction de Michael)
2. Réactions pour la chimie covalente dynamique
3. Applications des couplages croisés catalysés par les métaux de transition

#### Supports Bibliographie

Poly de cours, [cours.espci.fr](http://cours.espci.fr)

#### Évaluation

Examen avec questions de cours

## S10 – AC – FMS Synthèse de Matériaux Fonctionnels

Responsables : Sandrine Ithurria, Vanessa Pimenta

Equipe pédagogique : Sandrine Ithurria, Thomas Pons, Vanessa Pimenta, Christian Serre

| TP : 8h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. préparer des matériaux fonctionnels inorganiques et hybrides
- AA2. discuter les méthodes de synthèse utilisés
- AA3. déterminer les caractéristiques structurales à l'aide de techniques d'analyse
- AA4. interpréter des ensembles de données et justifier les résultats
- AA5. expliquer le rapport entre la structure des matériaux et leurs propriétés
- AA6. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

#### Contenu


1. Synthèse de nano-cristaux de semi-conducteurs
2. Control de la chimie de surface de nano-cristaux
3. Etude des propriétés optiques (UV-Vis)
4. Synthèse de réseaux hybrides poreux de type MOF
5. Etude des propriétés d'adsorption
6. Caractérisation structurale (DRX, IR)

#### Supports Bibliographie

Polycopié du cours

#### Évaluation

2 Compte rendu à rédiger (50/50)

<b>UE Chimie de Synthèse et Applications</b> <i>Synthetic Chemistry and Applications</i>	SEMESTRE 10  UE SCA
30h - 3 ECTS	

## Présentation

Le cours Chimie des Polymères et Applications (SCA-PCA) a pour objectif de présenter des domaines d'applications des polymères en abordant à la fois les aspects fondamentaux et applicatifs. Un accent particulier est mis sur la relation structure/propriété et sur la conception de systèmes macromoléculaires complexes en fonction des propriétés finales visées.

Les domaines présentés couvrent des champs très variés : les matériaux polymères poreux et **leurs applications, les matériaux moléculaire et macromoléculaire pour l'électronique organique**, la chimie covalente dynamique et son application pour la conception de matériaux polymères et de formulations, la conception et l'utilisation de nanoparticules de polymères pour des applications biomédicales, la polymérisation des oléfines et sa catalyse, la photopolymérisation, les biopolymères.

L'objectif du cours de Méthodes de Synthèse en Chimie Moléculaire (SCA-SMMC) est de montrer comment la compréhension de la réactivité des composés organiques à l'échelle moléculaire est essentielle pour l'élaboration d'architectures moléculaires de complexité diverse, qui peuvent trouver des applications dans des domaines variés (chimie médicinale, agrochimie, biologie, science des matériaux). Le cours sera consacré à l'étude d'importants outils synthétiques chimiosélectifs en chimie organique et à des transformations fondamentales telles que des réactions d'oxydation, de réduction, des réactions d'interconversion de groupes fonctionnels, des réactions permettant la formation de liaisons carbone-carbone ou carbone-hétéroatome. Des applications en chimie des polymères, en chimie médicinale ou chimie-biologie seront présentées.

Semestre	Programme	
S10	SCA-PCA	Chimie des Polymères et Applications
	SCA-SMMC	Méthodes de Synthèse en Chimie Moléculaire

## Pré-requis

Notions de base en chimie et physico-chimie des polymères (S5-CH1-CP), en chimie organique (S5-CH1-CO) et en chimie inorganique (S8-CH2-CMI).

L'étudiant devra connaître les profils de réactivité des groupes fonctionnels les plus importants (alcènes, alcynes, composés carbonylés, dérivés d'acides) et être capable d'écrire des mécanismes de réaction raisonnables.

## Validation de l'UE

Moyenne pondérée : SCA-PCA 50%, SCA-SMMC 50%



## Compétences visées par l'UE

SCA-PCA	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	P.R.	III	III					III		III					
AA2.	P.R.	III	III					III		III					
AA3.	P.R.	III	III					III		III		III			
AA4.	P.R.	III	III					III		III		III	III		III
AA5.	P.R.	III		III								III	III		III
AA6.	P.R.	III		III				III		III		III			III
AA7.	P.R.	III		III				III		III	III	III			III
AA8.	P.R.						II								
SCA-SMMC	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Ex	II	II					II							
AA2.	Ex	II	II					II							
AA3.	Ex	III	III					III		III				III	
AA4.	Ex	III	III					III		III			III		
AA5.	Ex									III		III			III
AA6.	Ex		III									III			III
AA7.	Ex		III									III			III
AA8.	Ex						II								

P.R. : Rédaction d'un projet de recherche en équipe ; Ex : examen

## Requis/recommandé pour les Masters

Master de Chimie Moléculaire de Paris Centre, parcours Chimie Moléculaire (SCA-SMMC)

Master de Chimie de Paris Sorbonne Université, parcours Matériaux (SCA-PCA)

Responsables : Amandine Guérinot, Christophe Meyer

| cours : 18h | langue du cours :  |

## Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. identifier des transformations chimiques classiques et la structure des produits formés
- AA2. écrire un mécanisme réactionnel d'une transformation chimique
- AA3. utiliser des outils de synthèse chimiosélectifs pour concevoir la synthèse d'une molécule cible
- AA4. analyser une synthèse multi-étapes d'une molécule complexe
- AA5. mobiliser et transférer les connaissances acquises en chimie moléculaire à des applications variées en chimie médicinale, chimie-biologie ou synthèse de matériaux
- AA6. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse
- AA7. manipuler les mécanismes fondamentaux à l'échelle microscopique, modéliser les phénomènes macroscopiques, relier un phénomène macroscopique aux processus microscopiques
- AA8. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

Contenu	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction</li> <li>2. Réactions d'oxydation <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxydation d'alcools</li> <li>• Epoxydation</li> <li>• Dihydroxylation, coupure oxydante</li> <li>• Réarrangement de Beckmann et de Baeyer-Villiger</li> </ul> </li> <li>3. Interconversion de groupes fonctionnels <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conversion d'alcools en sulfonates et halogénures</li> <li>• Substitutions nucléophiles</li> <li>• Réaction de Mitsunobu</li> <li>• Interconversion de dérivés d'acides (estérification, amidation)</li> </ul> </li> <li>4. Réactions de réduction <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réducteurs</li> <li>• Réduction de dérivés d'acides</li> <li>• Réduction d'aldéhydes et de cétones</li> <li>• Réduction de composés carbonylés alpha,beta-insaturés</li> <li>• Amination réductrice</li> <li>• Réduction de dérivés halogénés</li> <li>• Désoxygénation et décarboxylation radicalaire</li> <li>• Réduction d'alcènes et d'alcyne</li> </ul> </li> <li>5. Chimie organométallique <ul style="list-style-type: none"> <li>• Synthèse et réactivité des réactifs de Grignard et des organolithiens</li> <li>• Organométalliques dérivés du cuivre, du zinc, de l'étain et du bore</li> <li>• Couplages croisés catalysés par les complexes de palladium</li> </ul> </li> </ol>
---------	--

Supports Bibliographie	Poly de cours, <a href="http://cours.espci.fr">cours.espci.fr</a>
------------------------	---

Évaluation	Examen écrit comprenant des questions de cours et des problèmes de réflexion.
------------	---

## S10 – AC – ASOS Synthèse Organique Sélective Avancée

Responsables : Amandine Guérinot, Christophe Meyer

| cours : 12h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. identifier les différentes réactions intervenant un schéma de synthèse
- AA2. analyser le schéma de synthèse multi-étapes d'une architecture moléculaire complexe
- AA3. expliquer le contrôle de la stéréosélectivité intervenant dans les différentes étapes d'une synthèse
- AA4. concevoir le plan de synthèse d'une molécule cible
- AA5. analyser une publication décrivant la synthèse d'une molécule complexe et justifier les stratégies employées
- AA6. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse
- AA7. manipuler les mécanismes fondamentaux à l'échelle microscopique, modéliser les phénomènes macroscopiques, relier un phénomène macroscopique aux processus microscopiques
- AA8. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

#### Contenu

1. Principes de synthèse asymétrique
2. Alkylation en alpha du groupe carbonyle
3. Réactions d'aldolisation et d'allylation asymétriques
4. Oxydations énantiosélectives
5. Réductions énantiosélectives
6. Réactions péricycliques

#### Supports Bibliographie

Polycopié de cours, [cours.espci.fr](http://cours.espci.fr)

#### Évaluation

Devoir à la maison comprenant des problèmes de réflexion

<b>UE Matière Molle</b> <i>Soft Matter</i>	SEMESTRE 10  UE SoM
33h - 3 ECTS	

## Présentation

La Matière Molle désigne un ensemble de matériaux qui va des matières plastiques aux cristaux liquides en passant par les gels, les pâtes colloïdes, les solutions de tensio-actifs, les biopolymères, les mousses... Ces matériaux ont la faculté de se déformer facilement et de réagir à des sollicitations physiques ou chimiques faibles. Cette propriété découle de la nature des forces d'interaction dont l'amplitude est généralement comparable à celle des forces Browniennes. L'entropie joue aussi un rôle clé. La compétition entre forces enthalpiques et forces entropiques se trouve à l'origine des phénomènes d'auto-assemblage qui conduisent à des structures fascinantes impliquant toute une hiérarchie d'échelles de longueur et de temps.

Ces matériaux sont à la base d'une multitude de produits industriels techniques et de commodité. Les mélanges de polymères et les copolymères à blocs sont à l'origine de matières plastiques extrêmement performantes, d'élastomères recyclables, de films barrière pour l'emballage, d'adhésifs... Nos écrans et nos dispositifs d'affichage contiennent des cristaux liquides qui peuvent être orientés par la simple application d'un champ électrique. La formulation des peintures, des encres d'impression, des cosmétiques utilise des associations de molécules tensio-actives, de colloïdes et de polymères qui permettent d'atteindre les propriétés physico-chimiques requises avec de faibles concentrations.

Le cours Matière Molle et Développement (SoM-SMD), qui s'adresse à la fois aux physiciens, chimistes et physico-chimistes, illustre comment une bonne connaissance des concepts de base en Matière Molle, une approche résolument interdisciplinaire, ainsi que beaucoup d'imagination, permettent de concevoir et de développer à façon des matériaux et des procédés innovants.

Le cours Colloïdes et Biomolécules (SoM-CB) traite de la dynamique et du comportement microscopique des colloïdes et plus particulièrement des colloïdes bioactifs tels que les protéines, les enzymes et les anticorps. Les trois premières parties sont théoriques et fournissent des méthodes pour rationaliser et modéliser les systèmes en interactions, en prenant en compte spécificité et catalyse. La dernière partie décrit comment l'évolution de la science colloïdale a été exploitée pour concevoir de nouveaux dispositifs de diagnostic de la santé du 20ème siècle aux dernières découvertes et stratégies actuellement développées par les start-ups.

Semestre	Programme	
S10	SoM-SMD	Matière Molle et Développement
	SoM-CB	Colloïdes et Biomolécules

## Pré-requis

Diffusion, cinétique chimique

## Validation de l'UE

Moyenne pondérée : SoM-SMD 70%, SoM-CB 30%

## Compétences visées par l'UE

SoM-SMD	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.		III						III		III					III
AA2.		III	III					III		III			III		
AA3.		III	III					III		III					
AA4.		III						III		III					III
AA5.		III						III		III					III
AA6.							II								
SoM-CB	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.		III						III		III					
AA2.		III	III					III		III			III		
AA3.		III						III	III	III					
AA4.		III						III		III			III		III
AA5.							II								

Responsable : Michel Cloître

Equipe pédagogique : Sophie Norvez

| cours : 23h | langue du cours :  |

## Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe
- AA2. analyser avec sens critique un article scientifique
- AA3. interpréter des données expérimentales et les modéliser
- AA4. relier un comportement macroscopique à des phénomènes microscopiques
- AA5. établir des analogies entre différentes problématiques
- AA6. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

Contenu	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ingénierie macromoléculaire             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mélanges et alliages de polymères</li> <li>○ Copolymères à blocs</li> <li>○ Séparation de microphase dans les copolymères à blocs</li> <li>○ Elastomères thermoplastiques</li> <li>○ Matériaux nanostructurés</li> <li>○ Contrôle de la nanostructuration</li> <li>○ Analogie avec les phases de tensio-actifs</li> </ul> </li> <li>2. Ingénierie moléculaire             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nématiques, smectiques, phases chirales</li> <li>○ Défauts et textures</li> <li>○ Afficheurs à cristaux liquides et autres dispositifs d'écrans plats</li> </ul> </li> <li>3. Ingénierie colloïdale             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Suspensions de sphères dures</li> <li>○ Verres et cristaux colloïdaux</li> <li>○ Interactions attractives</li> <li>○ Interactions directionnelles</li> <li>○ Applications à la création de matériaux photoniques</li> <li>○ Colloïdes déformables : émulsions, microgels, micelles...</li> <li>○ Transition de jamming</li> </ul> </li> <li>4. Formulation en solution             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Polymères en solutions diluée et semi-diluée</li> <li>○ Gels physiques et chimiques</li> <li>○ Gels stimulables</li> <li>○ Gonflement de gels : équilibre et cinétique</li> <li>○ Gels et biomatériaux</li> <li>○ Polyélectrolytes</li> <li>○ Equation de Poisson Boltzmann, condensation de Manning ...</li> <li>○ Polyélectrolytes à squelette hydrophobe</li> </ul> </li> </ol>
---------	---

Supports Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Support de cours disponible à <a href="http://cours.espci.fr">cours.espci.fr</a></li> <li>• Richard A.L. Jones, <i>Soft Condensed Matter</i>, Oxford University Press</li> <li>• Masao Doi, <i>Soft Matter Physics</i>, Oxford University Press</li> </ul>
---------------------------	---

Évaluation	Analyse d'articles
------------	--------------------

Responsable : Jérôme Bibette

| cours : 10h | langue du cours :  |

### Objectifs / **Compétences visées par l'EC**

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. expliquer et prédire la diffusion des colloïdes dans un milieu complexe.
- AA2. expliquer et modéliser les interactions mises en jeu entre colloïdes et biomolécules.
- AA3. expliquer et prédire **les dynamiques d'association/dissociation**.
- AA4. relier les associations et leur dynamique aux propriétés des édifices macroscopiques.
- AA5. proposer **une stratégie adaptée au contexte de l'application** du diagnostic médical.
- AA6. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

### Contenu

Les questions clés qui sont abordées dans ce cours sont :

- Comment les colloïdes diffusent-ils dans leur environnement via le mouvement brownien ?
- Comment les biomolécules et les colloïdes réagissent-ils et s'associent-ils dans un milieu complexe ? Comment modéliser les interactions entre un ligand et un récepteur sur les membranes cellulaires ?
- Quelles sont les dynamiques de dissociation des bio-complexes et comment étudier les propriétés de ces associations ?
- Comment appliquer la science colloïdale au diagnostic médical ?

### Supports Bibliographie

polycopié

### Évaluation

Examen écrit

## UE de spécialisation "Biotechnologies"

	Volume horaire	ECTS		Code	Responsable
UE Interface Physique Biologie	30	3	IPB	IPB	M. Théry, D. Lacoste
UE Imagerie	30	3			
Bio-Imagerie	15		IMAG	BI	G. Vetere
Imagerie Médicale	15			MI	C. Demene
UE Biologie Chimique et Biotechnologie Moléculaire	33	3	CBMB	CBMB	A. Griffiths, R. Rodriguez



<b>UE Interface Physique Biologie</b> <i>Interface Physics Biology</i>	SEMESTRE 10  UE IPB
30h - 3 ECTS	

## Présentation

Le cours de Biophysique (IPB-BP) traite les bases physiques et les méthodes d'investigation physiques de la vie à l'échelle de la cellule biologique. Une sélection de techniques expérimentales et de concepts théoriques est considérée, pour illustrer l'apport de la physique aux études des objets, des assemblages et des processus biologiques et aux applications correspondantes, qui vont de la technologie au diagnostic médical.

Ce cours est aussi une introduction à un domaine de recherche importante en pleine expansion. **Il s'appuie sur** différents pré-acquis de l'élève, notamment en biologie moléculaire, physique expérimentale et physique statistique.

Le cours d'imagerie médicale (IPB-BP) propose aux étudiants-ingénieurs des outils pour comprendre les ressorts et enjeux de la recherche actuelle en imagerie médicale. En particulier il leur permet d'acquérir une compréhension **des mécanismes physiques à l'œuvre dans les** principales modalités d'imagerie clinique, de définir une théorie générale (problème direct - problème inverse) commune à ces modalités formalisant la notion de reconstruction d'image, d'implémenter par eux même certaines de ces reconstructions d'image sur des données expérimentales, et d'identifier les thématiques de recherches actuellement les plus en vue en imagerie.

Semestre	Programme	
S10	IPB-BP	Biophysique
	IPB-MI	Imagerie Médicale

## Pré-requis

Biologie moléculaire (S6-SV1), Physique statistique (S6-PSA, S10-SPCS), Physique expérimentale Transformée de Fourier (S5-E2S-SLS), **Fondamentaux d'ondes et acoustique** (S7-OA), d'optique (S8-OPT), RMN (S5-CH1-ICO), Programmation (S6-COMMI2-PROG).

## Validation de l'UE

Moyenne pondérée IPB-BP 2/3, IPB-MI 1/3

## Compétences visées par l'UE

IPB-BP	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.															
AA2.															
AA3.															
AA4.															
AA5.															
IPB-MI	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Exmat	II													
AA2.	Pres				III		III								
AA3.	Exmat		III												
AA4.	QCM, Prés	III	III										III		
AA5.	QCM, Prés	I						I							
AA6.	QCM, Exmat	I													
AA7.	QCM	I		I	I	I				I					
AA8.	QCM, Prés	I			I					I					
AA9.	QCM, Exmat		I		II					I					
AA10.	Exmat		II							II				II	
AA11.	Pres	III	III	III	III								III	III	
AA12.	Pres						II								

Exmat : exercice sous Matlab, Pres : Présentation vidéo

## S10 – IPB - BP Biophysique

Responsables : Manuel Théry, David Lacoste

| cours : 22h langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. mobiliser
- AA2. travailler
- AA3. exploiter
- AA4. interpréter
- AA5. modéliser
- AA6. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

#### Contenu

- Migration cellulaire
- Moteurs moléculaires, biofilaments du cytosquelette (actine, microtubules..)
- Processus stochastiques et applications à l'expression des gènes
- Chiralité des systèmes vivants
- Régulation de la taille des cellules biologiques.
- **Recherches sur les origines de la vie et sur l'élaboration d'une cellule artificielle**


#### Supports Bibliographie

- Physical biology of the cell, R. Philipps, J. Kondev, J. Thériot and H. Garcia
- Physics in Molecular Biology, K. Sneppen and G. Zocchi
- Biological Physics, energy, information, life, P. Nelson
- The origins of order, S. A. Kauffman
- The origin and nature of life on earth, E. Smith and H. J. Morowitz

#### Évaluation

Examen écrit basé sur un article scientifique



UE Imagerie <i>Imagery</i>	SEMESTRE 10  UE IMAG
30h - 3 ECTS	

## Présentation

La compréhension des systèmes biologiques nécessite d'intégrer de plus en plus de données entre différents niveaux d'organisation, et ce, de manière quantitative. L'objectif du module Biologie et Neurobiologie des Systèmes (SBN) est d'appréhender l'état de l'art de la recherche **et de mettre en œuvre des outils d'analyses et de modélisation de manière transversale, dans les domaines suivants :**

- approches inspirées de la physique statistique pour l'analyse de la complexité biologique, notamment l'auto-organisation de systèmes moléculaires et cellulaires.
- interactions à l'échelle de populations, comprenant les systèmes coopératifs, par exemple l'émergence de la multi-cellularité.
- comprendre la fonction du cerveau à un niveau systémique, en reliant le comportement et l'activité neuronale.

Ces différents domaines permettront d'aborder des techniques allant du séquençage ADN à la visualisation *in situ* de l'activité de neurones uniques, et de mobiliser des techniques avancées d'analyse de données biologiques. Ces connaissances seront appliquées lors de séances pratiques par des projets bibliographiques et d'analyse de données extraites des systèmes présentés.

Semestre	Programme
S10	BI Bio-imagerie MI Imagerie Médicale

## Pré-requis

Les éléments suivants sont recommandés mais seront réintroduits au début du cours :

- concepts de base de la biologie cellulaire et moléculaire (ex : réplication, transcription, traduction) (S5-SV1).
- anatomie du cerveau et fonctionnement des neurones (S6-SV2)
- notions de programmation en Matlab (S7-MMN2-ANUM)
- notions de base en statistiques : moyenne, erreur, corrélations (S7-MMN2-STAP)

## Validation de l'UE

Moyenne 10/20

## Compétences visées par l'UE

SBN	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	POA	III													
AA2.	POA						II				III				
AA3.	POA		II											III	
AA4.	POA												III		
AA5.	POA											II	III		I
AA6.	POA						II								

POA : Présentation Orale en Anglais

## S10 – SNB **Biologiques** et Neurobiologiques des Systèmes

Responsables : Philippe Nghe, Gisella Vetere

| cours : 18h | TP : 15h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse
- AA2. travailler en groupe
- AA3. exploiter des logiciels d'acquisition et d'analyse de données avec un esprit critique
- AA4. interpréter des données expérimentales pour envisager leur modélisation
- AA5. manipuler les mécanismes fondamentaux à l'échelle microscopique, modéliser les phénomènes macroscopiques, relier un phénomène macroscopique aux processus microscopiques
- AA6. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

#### Contenu

##### Travaux Pratiques

Les travaux pratiques permettront de se familiariser avec des techniques avancées d'analyse de données biologiques. Ils auront également pour but de guider des projets de bibliographie, analyse de données et modélisation à partir de données extraites des systèmes présentés dans le cours ou d'article de la littérature scientifique.

#### Supports Bibliographie

Les présentations de cours seront mises à la disposition des élèves en ligne, et les articles scientifiques liés aux projets proposés seront rendus accessibles en ligne également.

#### Évaluation

Soutenance orale par groupe sur un projet choisi en amont et développé durant les travaux pratiques.

Responsable : Charlie Demene

| cours : 15h langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème de reconstruction d'image à partir de données brutes (mesures physiques) (II)
- AA2. travailler en groupe pour produire un support vidéo pédagogique (III)
- AA3. identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une reconstruction d'image à partir de données expérimentales. (III)
- AA4. justifier des techniques d'imagerie adaptées aux tissus et organes étudiés (III)
- AA5. relier les observations d'une imagerie macroscopique au processus d'interactions microscopiques. (I)
- AA6. observer et interpréter les phénomènes expérimentaux en mobilisant ses **connaissances et en s'appuyant sur les ressources documentaires (I)**
- AA7. identifier les principales modalités d'imagerie médicale et leurs applications (I)
- AA8. décrire les mécanismes physiques mis en jeu par chaque modalité et leurs implications en termes de résolution, sensibilité, contraste. (I)
- AA9. définir un problème direct pour une situation d'imagerie donnée et identifier une technique d'inversion possible. (I)
- AA10. implémenter plusieurs techniques d'inversion en code matlab, et reconstruire des images à partir de données brutes. (II)
- AA11. synthétiser un article scientifique traitant d'imagerie, argumenter sur la pertinence de l'innovation décrite et concevoir un support vidéo original pour le présenter. (III)
- AA12. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

### Contenu

Le début du cours introduit les notions de reconstruction d'image à partir de mesures dans l'espace physique, en particulier le formalisme problème direct - problème inverse, très largement utilisé en recherche.

Le cours présente ensuite les grandes modalités d'imagerie cliniques existantes, à savoir (X-ray radiography, CT), ( SPECT, PET) (MRI) (Ultrasound), en insistant sur 3 aspects :

1. **l'identification des phénomènes physiques mis en œuvre et leurs implications** en termes de résolution, sensibilité, nature des contrastes et innocuité,
2. la description des méthodes de reconstruction d'image à partir de ces mesures physiques et leur implémentation sur des cas concrets,
3. l'intégration de ces modalités dans le paysage hospitalier : pour quels cas, à quel coûts, etc.

Chaque modalité d'imagerie fera l'objet d'une ouverture sur les thématiques actuelles de recherche avec une identification de quelques acteurs clés (académiques ou non) au niveau mondial.

Le but de ce cours est que les étudiants connaissent les grandes modalités d'imagerie et les champs de recherche qui y sont associés; maîtrisent les mécanismes physiques, algorithmiques et les applications derrière ces modalités afin de pouvoir communiquer avec des spécialistes du domaine.

### Supports

Les slides et notes de cours sont disponibles sur OASIS.

## Bibliographie

Pour aller plus loin :

*Medical Imaging* de Paul Suetens, disponible à la bibliothèque (en ligne).

## Évaluation

1. QCMs de 5 minutes (5 questions) à remplir en ligne au début du cours sur les thématiques abordées dans le cours précédent, avec correction immédiate pour évaluer le degré de compréhension des étudiants (25% note)
2. Exercices matlab pour implémenter des algorithmes simples de reconstruction d'image et concrétiser les notions théoriques vues en cours (de l'ordre de 20 minutes par exercice) (25% note)
3. Réalisation d'une vidéo de 8 minutes présentant un article scientifique relatant une avancée importante en imagerie (50% note)



<p style="margin: 0;"><b>UE Biologie Chimique et Biotechnologie Moléculaire</b></p> <p style="margin: 0;"><i>Chemical Biology and Molecular Biotechnology</i></p> <p style="margin: 0;">33h - 3 ECTS</p>	<p style="margin: 0;">SEMESTRE 10</p>  <p style="margin: 0; font-weight: bold;">UE CBMB</p>
--	---

## Présentation

La biologie chimique et la biologie moléculaire constituent un ensemble puissant de techniques pour étudier les systèmes biologiques au niveau moléculaire, cellulaire et de l'organisme. En outre, ce sont des outils puissants pour découvrir de nouvelles cibles de médicaments, développer de nouveaux médicaments (petites et molécules chimiques et grandes molécules biopharmaceutiques), créer des organismes et des biomolécules individuelles (protéines et acides nucléiques), traiter de l'information et concevoir des circuits chimiques pour des applications industrielles, diagnostiques et thérapeutiques. L'objectif de l'unité est d'appréhender l'état de l'art de la recherche et de la technologie dans le domaine, et ses applications. Un autre objectif est d'illustrer comment le développement de technologies qui changent de paradigme est souvent complexe et multidisciplinaire, combinant, par exemple, le séquençage de nouvelle génération, l'optique, la nanofabrication, la microfluidique, la chimie organique, la biologie moléculaire et la bioinformatique. Ces connaissances seront appliquées lors de séances pratiques par des projets bibliographiques.

Semestre	Programme
S10	CBMB-CBMB      Biologie Chimique et Biotechnologie Moléculaire

## Pré-requis

Les éléments suivants sont recommandés mais seront réintroduits succinctement au début du cours : biologie moléculaire (S5-SV1) et chimie organique (S5-CH1-CO)

## Validation de l'UE

Examen écrit (compte 70% de la note finale). Présentation orale des projets en équipe (compte 30% de la note finale).

## Compétences visées par l'UE

CBMB-CBMB	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	POA	III													
AA2.	POA						II				III				
AA3.	POA												III		
AA4.	POA											II	III		I
AA5.	POA						II								

POA : Présentation Orale en Anglais

## Recommandé/Requis pour les Masters

UE recommandée pour les M2 AIV, IMALYS, BME.

Responsables : Andrew Griffiths, Raphaël Rodriguez

| cours : 26h | TD : 7h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse
- AA2. travailler en groupe
- AA3. interpréter des données expérimentales pour envisager leur modélisation
- AA4. **manipuler les mécanismes fondamentaux à l'échelle microscopique, modéliser les phénomènes macroscopiques, relier un phénomène macroscopique aux processus microscopiques ...**
- AA5. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

### Contenu

#### Cours

Cette unité vise à fournir un aperçu des techniques de pointe en biologie chimique et en biologie moléculaire, ainsi que de leurs applications pour étudier les systèmes biologiques et développer de nouvelles applications diagnostiques, thérapeutiques et industrielles. Les objectifs principaux du cours de Biologie Chimique seront de se familiariser avec la complexité de la cellule Eukaryote, incluant les grands processus biologiques (par ex. endocytoses, signalisation, transcription, traductions, biologie de la chromatine et épigénétique, transition épithelio-mésenchymateuse, **vieillesse cellulaire et cancer**), et **l'utilisation de petites molécules de synthèse ou produits naturels permettant de réguler/moduler ces processus. Plusieurs cas concrets seront utilisés comme exemple ayant permis d'identifier de nouvelles cibles biologiques d'intérêt thérapeutique et d'utiliser ces molécules comme point de départ pour la conception de médicaments originaux.** Les cours de biologie moléculaire expliquent des techniques telles que l'amplification, le clonage, l'édition de gènes et la régulation de la transcription (y compris l'utilisation de CRISPR-Cas9), la synthèse et le séquençage (y compris le séquençage de prochaine génération) de l'ADN, la mutagenèse et la recombinaison, la surexpression de protéines recombinantes et les stratégies pour le criblage (y compris **l'utilisation de systèmes microfluidiques**), **la sélection et l'évolution dirigée.** Des applications en ingénierie métabolique (réingénierie des stratégies de métabolisme microbien pour reconfigurer le métabolisme microbien pour la bioproduction), la construction de biochimies synthétiques et la bio-informatique (utilisation de biomolécules pour le traitement de l'information et l'ingénierie de circuits chimiques) et l'ingénierie de protéines (par exemple d'anticorps thérapeutiques) seront explorées. L'unité a également pour objectif d'illustrer en quoi le développement de technologies qui engendre un changement de paradigme est souvent un projet complexe et multidisciplinaire, associant, par exemple, le séquençage de nouvelle génération, l'optique, la nanofabrication, la microfluidique, la chimie organique, la biologie et bioinformatique.

	<p>Travaux dirigés</p> <p>Les travaux dirigés permettront de se familiariser avec des techniques avancées de synthèses chimiques et de biologie moléculaire et leurs applications. Ils auront également pour but de guider des projets de bibliographie afin d'identifier les avancées les plus significatives. Les élèves travailleront dans des petites équipes, afin de préparer une présentation orale sur les développements récents dans le domaine.</p>
<p>Supports Bibliographie</p>	<p>Les présentations de cours seront mises à la disposition des élèves en ligne, et les articles scientifiques liés aux projets proposés seront rendus accessibles en ligne également.</p>
<p>Évaluation</p>	<p>Présentation orale des projets en équipe (100%)</p>

## UE de spécialisation "Enjeux Ecologiques"

	Volume horaire	ECTS		Code	Responsable
UE Enjeux Ecologiques - Chimie et Matériaux	30	3			
Polymères Avancés	15		EE-CM	AP	R. Nicolay
Matériaux avancés I	15			AM I	S. Ithurria
UE Enjeux Ecologiques - Energie	30	3			
Matériaux Avancés pour l'Energie	15		EE-ENER	AM II	S. Ithurria
Energies Alternatives	15			EA	A. Colin
UE Enjeux Ecologiques - Evolution et Environnement	30	3			
Dynamique de l'Evolution	12		EE- EVOL	DM	P. Nghe, P. Rainey
Couplages evolution-Environnement	12			CEE	P. Nghe
Innovation en Ingénierie Environnementale	6			IEE	P. Nghe

<p>UE Enjeux Ecologiques – Chimie et Matériaux <i>Ecological Issues – Chemistry &amp; Materials</i></p>	<p>SEMESTRE 10</p>  <p>UE EE - CM</p>
<p>30h - 3 ECTS</p>	

## Présentation

L'UE Matériaux Avancés, est un cours dans le cadre de la chaire Saint-Gobain et est dédié aux étudiants souhaitant développer une vision large des matériaux et de leurs applications. Ce cours sera composé de 8 à 9 conférences de 3h chacune effectuées par des conférenciers extérieurs à l'ESPCI, industriels (Saint-Gobain) ou académiques sur des matériaux pour la construction, l'optique, l'énergie, la biologie... Les méthodes de fabrication, les techniques de caractérisations et les propriétés de ces matériaux seront exposées.

En 2019, les étudiants ont suivi des conférences sur les céramiques (Eric Lintingre du CREE), les matériaux poreux (Christian Serre), les pérovskites donnée (Maksym Kovalenko), les supercapacités (Patric Simon), les ciments (Jean-Michel Torrenti), l'assemblage de peptides (Alvaro Mata), et les bio-polymères (Joris Spräkel).

En 2020, sont prévues des conférences sur les céramiques, le verre, les diodes, les matériaux pour le stockage d'énergie, les dichalcogénures de métaux de transition, les méta-matériaux, les métaux, les biomatériaux,...(A confirmer)

Le cycle de conférences se clôturera par la visite d'un ou de plusieurs sites de Saint-Gobain. En 2019, les étudiants ont visité le Domolab de Saint-Gobain Recherche Paris ainsi que l'usine Placoplatre de Vaujours. En 2018, les étudiants ont visité les hauts fourneaux de Pont-à-Mousson.

Le cours Chimie des Polymères et Applications (EE-MC-PCA) a pour objectif de présenter des domaines d'applications des polymères en abordant à la fois les aspects fondamentaux et applicatifs. Un accent particulier est mis sur la relation structure/propriété et sur la conception de systèmes macromoléculaires complexes en fonction des propriétés finales visées.

Les domaines présentés couvrent des champs très variés : les matériaux polymères poreux et leurs applications, les matériaux moléculaire et macromoléculaire pour l'électronique organique, la chimie covalente dynamique et son application pour la conception de matériaux polymères et de formulations, la conception et l'utilisation de nanoparticules de polymères pour des applications biomédicales, la polymérisation des oléfines et sa catalyse, la photopolymérisation, les biopolymères.

Semestre	Programme	
S10	EE-MC-AM	Matériaux Avancés
	EE-MC-PCA	Chimie des Polymères et Applications

## Validation de l'UE

Moyenne

## Compétences visées par l'UE

EE-MC-AM	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
----------	------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

AA1.	rapport	III		III		III		III		II					II
AA2.	rapport	III		III		III		III		II					II
AA3.	rapport	III	III					III	III						
AA4.	rapport	III	III	III				III	III				II		II
AA5.	rapport	III	III					III		II					
AA6.	rapport						II								
<b>EE-MC-PCA</b>	<b>Eval</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>
AA1.	P.R.	III	III					III		III					
AA2.	P.R.	III	III					III		III					
AA3.	P.R.	III	III					III		III		III			
AA4.	P.R.	III	III					III		III		III	III		III
AA5.	P.R.	III		III								III	III		III
AA6.	P.R.	III		III				III		III		III			III
AA7.	P.R.	III		III				III		III	III	III			III
AA8.	P.R.						II								

Responsable de coordination : Sandrine Ithurria

| cours : 15h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. choisir des matériaux pour un monde durable
- AA2. analyser avec un esprit critique les problématiques rencontrées par différents types de matériaux
- AA3. sélectionner les techniques de caractérisation pertinentes en fonction du matériau considéré
- AA4. résumer les propriétés d'un matériau et proposer une application industrielle
- AA5. produire un résumé de deux articles pertinents sur un matériau
- AA6. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

#### Contenu

8 à 9 conférences et une visite d'usine.

#### Supports Bibliographie

Supports des conférences

#### Évaluation

Rapport écrit en deux parties :

- **résumé de l'une des conférences**
- rapport bibliographique de 2 à 3 pages s'appuyant sur deux articles récents en rapport avec le matériau de la conférence choisie.

Responsable : Renaud Nicolaÿ

| cours : 15h | langue du cours :  |

## Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. utiliser des outils de synthèse macromoléculaire pour concevoir des polymères fonctionnels complexes
- AA2. mobiliser et transférer les connaissances acquises en chimie et physico-chimie moléculaire et macromoléculaire pour identifier les techniques de caractérisation pertinentes pour mettre en évidence la structure et les propriétés physico-chimique de polymères et matériaux polymères
- AA3. mobiliser et transférer les connaissances acquises en chimie des polymères et en chimie des matériaux pour corrélér la structure d'un polymère ou d'un système polymère complexe à ses propriétés physico-chimiques et thermomécaniques
- AA4. mobiliser et transférer les connaissances acquises en chimie des polymères et procédés de polymérisation pour concevoir des systèmes ou matériaux polymères présentant un ensemble de propriétés physico-chimiques et mécaniques prédéfini
- AA5. mobiliser et transférer les connaissances acquises en chimie macromoléculaires à des applications variées en électronique organique, matériaux poreux structurés, matériaux bio-sourcés et/ou recyclables, médecine et pharmacologie, revêtements intelligents
- AA6. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse en chimie et physico-chimie des polymères
- AA7. travailler en groupe pour élaborer un projet de recherche en chimie et physico-chimie des polymères
- AA8. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

### Contenu

- Matériaux polymères poreux
- Matériaux moléculaire et macromoléculaire pour l'électronique organique
- Chimie covalente dynamique
- Nanoparticules de polymères pour des applications biomédicales
- Polymérisation des oléfines et sa catalyse
- Photopolymérisation
- Biopolymères


### Supports Bibliographie

Polycopié

### Évaluation

Rédaction d'un projet de recherche en équipe (P.R.)



<b>UE Enjeux Ecologiques – Energie</b> <i>Ecological Issues – Energy</i>	SEMESTRE 10  UE EE - ENER
30h - 3 ECTS	

## Présentation

L'UE Matériaux Avancés, est un cours dans le cadre de la chaire Saint-Gobain et est dédié aux étudiants souhaitant développer une vision large des matériaux et de leurs applications. Ce cours sera composé de 8 à 9 conférences de 3h chacune effectuées par des conférenciers extérieurs à l'ESPCI, industriels (Saint-Gobain) ou académiques sur des matériaux pour la construction, l'optique, l'énergie, la biologie... Les méthodes de fabrication, les techniques de caractérisations et les propriétés de ces matériaux seront exposées.

En 2019, les étudiants ont suivi des conférences sur les céramiques (Eric Lintingre du CREE), les matériaux poreux (Christian Serre), les pérovskites donnée (Maksym Kovalenko), les supercapacités (Patric Simon), les ciments (Jean-Michel Torrenti), l'assemblage de peptides (Alvaro Mata), et les bio-polymères (Joris Spräkel).

En 2020, sont prévues des conférences sur les céramiques, le verre, les diodes, les matériaux pour le stockage d'énergie, les dichalcogénures de métaux de transition, les méta-matériaux, les métaux, les biomatériaux,...(A confirmer)

Le cycle de conférences se clôturera par la visite d'un ou de plusieurs sites de Saint-Gobain. En 2019, les étudiants ont visité le Domolab de Saint-Gobain Recherche Paris ainsi que l'usine Placoplatre de Vaujours. En 2018, les étudiants ont visité les hauts fourneaux de Pont-à-Mousson.

Le cours Chimie des Polymères et Applications (EE-MC-PCA) a pour objectif de présenter des domaines d'applications des polymères en abordant à la fois les aspects fondamentaux et applicatifs. Un accent particulier est mis sur la relation structure/propriété et sur la conception de systèmes macromoléculaires complexes en fonction des propriétés finales visées.

Les domaines présentés couvrent des champs très variés : les matériaux polymères poreux et leurs applications, les matériaux moléculaire et macromoléculaire pour l'électronique organique, la chimie covalente dynamique et son application pour la conception de matériaux polymères et de formulations, la conception et l'utilisation de nanoparticules de polymères pour des applications biomédicales, la polymérisation des oléfines et sa catalyse, la photopolymérisation, les biopolymères.

Semestre	Programme
S10	EE-ENER-ME      Matériaux pour l'Energie EE-ENER-?      Energies alternatives ?

## Validation de l'UE

Moyenne

## Compétences visées par l'UE

EE-ENER-ME	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
------------	------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

AA1.	rapport	III		III		III		III		II					II
AA2.	rapport	III		III		III		III		II					II
AA3.	rapport	III	III					III	III						
AA4.	rapport	III	III	III				III	III				II		II
AA5.	rapport	III	III					III		II					
AA6.	rapport						II								
EE-ENER- ?	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.															
AA2.															
AA3.															
AA4.															
AA5.															
AA6.															
AA7.															
AA8.															

Responsable de coordination : Sandrine Ithurria

| cours : 15h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA7. choisir des matériaux pour un monde durable
- AA8. analyser avec un esprit critique les problématiques rencontrées par différents types de matériaux
- AA9. sélectionner les techniques de caractérisation pertinentes en fonction du matériau considéré
- AA10. résumer les propriétés d'un matériau et proposer une application industrielle
- AA11. produire un résumé de deux articles pertinents sur un matériau
- AA12. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

#### Contenu

8 à 9 conférences et une visite d'usine.

#### Supports Bibliographie

Supports des conférences

#### Évaluation

Rapport écrit en deux parties :

- résumé de l'une des conférences
- rapport bibliographique de 2 à 3 pages s'appuyant sur deux articles récents en rapport avec le matériau de la conférence choisie.

S10 – EE-ENER – ?

Energies Alternatives

Responsable : Annie Colin

| cours : 15h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

AA9.

AA10.

AA11.

AA12. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

Contenu

Supports  
Bibliographie

Évaluation

<p><b>UE Enjeux Ecologiques – Evolution et Environnement</b>  <i>Ecological Issues – Evolution &amp; Environment</i></p> <p>30h - 3 ECTS</p>	<p>SEMESTRE 10</p>  <p>UE EE - EVOL</p>
--	--

Présentation

Semestre	Programme
S10	EE-EVOL-DE <b>Dynamique de l'Evolution</b> EE-EVOL- CEE    Couplages Evolution-Environnement EE-EVOL- IIE     Innovation en Ingénierie Environnementale

**Validation de l'UE**

Moyenne

**Compétences visées par l'UE**

EE- EVOL-DE	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.															
AA2.															
AA3.															
AA4.															
AA5.															
AA6.															
EE- EVOL- CEE	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.															
AA2.															
AA3.															
AA4.															
AA5.															
AA6.															
EE- EVOL-IEE	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.															
AA2.															
AA3.															
AA4.															
AA5.															
AA6.															

S10 – EE-EVOL-DE

## Dynamique de l'Evolution

Responsable : Philippe Nghe, Paul Rainey

| cours : 12h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

AA13.

AA14.

AA15.

AA16.

AA17. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

Contenu

Supports  
Bibliographie

Évaluation

Responsable : Philippe Nghe

| cours : 12h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

AA13.

AA14.

AA15.

AA16. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais

Contenu

Supports  
Bibliographie

Évaluation

## S10 – EE-EVOL-IEE Innovation en Ingénierie Environnementale

Responsable de coordination : Philippe Nghe

| cours : 6h | langue du cours :  |

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

AA1.

AA2.

AA3.

AA4. utiliser le vocabulaire scientifique et technique anglais


Contenu

Supports  
Bibliographie

Évaluation



## UE de spécialisation " Génie des Procédés "

	Volume horaire	ECTS		Code	Responsable
UE Génie des Procédés	99	6			
Flow Chemistry	21		MH24OP	FLC	S. Ognier
Formation Expérimentale	30			PRO	C. Guyon
Optimisation et Contrôle des Procédés	24			OPC	J. Pulpytel
Simulation des Procédés	24			SP	C. Guyon

Le choix de cette option implique un cursus intégral à Chimie ParisTech (2A, Semestre 4, 30 ECTS).

Syllabus 2A : <https://www.chimieparistech.psl.eu/wp-content/uploads/2019/05/chimie-paristech-formations-syllabus-2019-2a-fr.pdf>

En ligne : [https://www.chimieparistech.psl.eu/formations/syllabus/annee/2e-annee/?\\_sfm\\_syllabus\\_semestre=4](https://www.chimieparistech.psl.eu/formations/syllabus/annee/2e-annee/?_sfm_syllabus_semestre=4)

Tronc Commun (6 ECTS)

Option Procédés (6 ECTS)

Management, Ressources Humaines (6 ECTS)

Stage (12 ECTS)

UE du Tronc commun :


- Corrosion
- Inorganic chemistry : from molecules to materials
- Modélisation
- Conférences Energies
- Ingénieur numérique

UE Option Procédés :

- Simulation des procédés
- Optimisation et Contrôle des Procédés
- Flow Chemistry
- Formation expérimentale option procédés

UE Management :

- Management et Gestion des Ressources Humaines
- Anglais

<p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">UE Génie des Procédés</p> <p style="margin: 0;"><i>Chimie ParisTech</i></p>	<p style="font-weight: bold; margin: 0;">SEMESTRE 10</p>  <p style="font-weight: bold; margin: 0;">UE MH24OP</p>
<p>99h - 6 ECTS</p>	

Semestre	Programme	
S10	MH24OP.FLC	Flow Chemistry
	MH24OP.PRO	Formation expérimentale
	MH24OP.OCP	Optimisation et Contrôle des Procédés
	MH24OP.SP	Simulation des Procédés


### Validation de l'UE

Moyenne pondérée MH24OP.FLC 25%, MH24OP.PRO 25%, MH24OP.OCP 25%, MH24OP.SP 25%

### Compétences visées par l'UE

MH24OP.FLC	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Ex		II							II					
AA2.	Ex, TP	III	II					III		II					
AA3.	Ex, TP			II						II			II		
AA4.	Ex, TP		II							II			II		
AA5.	Ex		III							III					
MH24OP.PRO	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	TP		III						III	II					
AA2.	TP		III						III	II					
AA3.	TP		III						III	II					
AA4.	TP			III					III	III					
AA5.	TP								III	III					
AA6.	TP		III	III					III	III					
MH24OP.OCP	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Ex		III							III					
AA2.	Ex		III							III					
AA3.	Ex		III	III						III					
AA4.	Ex		III	III						III					
MH24OP.SP	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Ex, TP, Oral		III							III					
AA2.	Ex, TP, Oral		III	III						III					
AA3.	Ex, TP, Oral		III	III						III					

Responsable : S. Ognier

| cours : 15h | TD : 3h | TP : 3h | langue du cours :  |

### Descriptif du cours

L'intensification des procédés s'inscrit dans une démarche visant à améliorer la productivité et la sélectivité des réactions chimiques grâce notamment à l'utilisation de réacteurs milli/micro-structurés, du couplage réaction/séparation in-situ ou encore de l'utilisation de sources d'énergie alternatives (photochimie, ultrasons etc...). L'enseignement comportera une première partie théorique dont l'objectif est de montrer comment l'intensification des transferts au sein d'un réacteur chimique influence ses performances. Dans cette première partie des exemples concrets seront analysés en cours, en travaux dirigés et en travaux pratiques. La deuxième partie sera plus descriptive et fera intervenir des enseignants et des chercheurs issus d'autres disciplines que le génie des procédés (matériaux, chimie moléculaire). Ils partageront leur expériences en tant qu'utilisateurs des nouvelles technologies intensifiées.

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. analyser le contexte de l'intensification
- AA2. décrire les principes fondamentaux des transferts de matière, de chaleur et de quantité de mouvement, en particulier dans des canaux de faibles dimensions
- AA3. analyser des cas industriels référencés et des développements en génie chimique
- AA4. analyser des exemples académiques de « flow chemistry » dans les domaines de la synthèse moléculaire et de la synthèse de matériaux
- AA5. proposer des solutions d'intensification pertinentes dans le cas d'un procédé donné

Supports Bibliographie	transparents de cours, énoncés des travaux dirigés et des travaux pratiques
---------------------------	---

Évaluation	Examen écrit (70%) et évaluation de TP (30%)
------------	--

Responsable : C. Guyon

| TP : 30h | langue du cours :  |

### Descriptif du cours

Cette formation expérimentale est proposée dans le cadre de l'option Flow Chemistry en Génie des procédés. Elle prend forme des travaux pratiques réalisés au laboratoire.

L'enseignant présentera d'abord les différents réacteurs miniaturisés et le système de contrôle (contrôle de débit, contrôle de température, etc). Ensuite, les élèves doivent réaliser un montage de réaction avec des micro-réacteurs en verre, pour un système de réactions en parallèle. Les notions de « temps de séjour », « temps de mélange » seront présentées pendant le TP, et les avantages et les inconvénients du réacteur miniaturisé seront également discutés pendant ce TP.

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. réaliser un montage de chimie en flux continu (Flow chemistry)
- AA2. caractériser le temps de mélange/réaction dans un réacteur-miniaturisé
- AA3. établir les bilans de matière/énergie dans un système réactif
- AA4. comparer différents réacteurs (réacteur miniaturisé et réacteur en batch) pour un système de réactions parallèles
- AA5. citer des avantages et/ou les inconvénients du système de chimie en flux continu par rapport aux réacteurs traditionnels
- AA6. choisir un réacteur adapté pour un procédé donné

Supports  
Bibliographie

polycopié

Évaluation

TP

Responsable : J. Pulpytel

|cours : 6h | TD : 18h | langue du cours :  |

### Descriptif du cours

Cet enseignement est divisé en 2 grands volets. Le premier concerne les plans d'expériences. Cette approche statistique et mathématique vise à minimiser le nombre d'essais pour étudier et optimiser des systèmes multifactoriels. Les étudiants apprendront les plans « classiques » tels que les plans factoriels complets, fractionnaires et composites, ainsi que les outils statistiques nécessaires.

Dans le second volet, la régulation des procédés sera enseignée. Elle couvre l'ensemble des moyens matériels et techniques mis en œuvre pour mesurer et maintenir une grandeur physique et donc une production à qualité constante. Lors de perturbations ou changements de consigne, la régulation provoque une action correctrice sur des actionneurs du procédé (vannes...). Les différents types de régulation et les méthodes de réglages seront enseignés dans ce cours. Les TD seront faits sous Matlab et Nemrod.

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. mettre en place des plans d'expériences et à définir d'une stratégie expérimentale optimale
- AA2. calculer des modèles de régression multilinéaire et à interpréter statistiquement les résultats à l'aide de logiciels
- AA3. identifier et paramétrer le fonctionnement d'un régulateur permettant de contrôler le fonctionnement et la stabilité d'un procédé
- AA4. expliquer le principe de fonctionnement de différents capteurs utilisés dans l'industrie pour déterminer les grandeurs fondamentales d'un procédé chimique (débit, température...).

Supports Bibliographie	polycopiés
---------------------------	------------

Évaluation	Examen écrit
------------	--------------

Responsable : C. Guyon

| cours : 3h | TP : 21h | langue du cours :  |

### Descriptif du cours

L'objectif de cette formation est de réaliser la simulation d'un procédé industriel réel à l'aide d'un logiciel commercial de simulation des procédés (Aspen Hysys). Il s'agira d'effectuer le choix de certaines unités (réactions, séparation), d'optimiser les paramètres opératoires et d'évaluer les performances de l'unité (production, sélectivité, efficacité...) en fonction du cahier des charges fixé. Une fois ces paramètres établis, les élèves devront évaluer le potentiel économique du procédé étudié (Aspen Icarus et données bibliographiques).

### Objectifs / Compétences visées par l'EC

Au terme du cours, l'étudiant sera capable de :

- AA1. effectuer un bilan matière sur un procédé global
- AA2. simuler un procédé industriel sur un grand logiciel en régime statique (Aspen plus, Aspen Hysys) afin d'optimiser au mieux les paramètres de fonctionnements du procédé
- AA3. établir un bilan économique du procédé (Coûts énergétique, rejet CO<sub>2</sub>, recettes, dépenses, salaire, coûts d'installation, impôts sur les bénéfices...)

Supports

Pdf en anglais

Bibliographie

<https://coursenligne.chimie-paristech.fr/course/view.php?id=299>

Évaluation

Ecrit 30%

TP 10%

Oral 60%