

Syllabus des Enseignements

Semestres S7 et S8

Table des matières

Introduction	3
Formation d'Ingénieurs ESPCI Paris	3
Formation du tronc commun (S7 à S8)	5
SEMESTRE 7	6
UE Ondes et Acoustique.....	7
Ondes et Acoustique.....	9
Travaux Pratiques d'Ondes et Acoustique	11
UE Matière Condensée	12
Matériaux Cristallisés	14
Physique du Solide	15
Préceptorats en Physique de la Matière Condensée	18
Ingénierie des Matériaux	19
UE Chimie III	20
Sciences Analytiques.....	22
Travaux Pratiques de Sciences Analytiques	23
UE Mathématiques et Méthodes Numériques III	24
Mathématiques II.....	26
Méthodes Numériques	28
Simulation Numérique	29
UE Sciences Humaines et Sociales – Culture Générale I	30
Projet Professionnel.....	31
Semaine PSL I	32
UE Gestion de Projets.....	33
Projet Scientifique en Équipe II.....	35
Gestion de Projet.....	37
Financement de l'Innovation	38
UE Anglais III	39
SEMESTRE 8	42
UE Optique.....	43
Optique et Images – Optique et Matière.....	45
Travaux Pratiques d'Optique	46
UE Science de l'Ingénieur en Mécanique II.....	48
Mécanique des Solides et des Matériaux II	50
Mécanique des Fluides	52
Travaux Pratiques d'Hydrodynamique et Mécanique Physique.....	54
UE Physique de la Matière Molle.....	56
Colloïdes.....	58
Introduction à la Physique des Polymères.....	59
UE Sciences du Vivant II	60
Physiologie	61
Travaux Pratiques de Physiologie.....	63

UE Chimie IV	64
Chimie et Matériaux Inorganiques	65
Travaux Pratiques de Chimie et Matériaux Inorganiques	67
UE Deep Learning.....	68
UE Sciences Humaines et Sociales -Culture Générale II.....	70
Histoire des Sciences et des Technologies en Société	71
Semaine PSL II	73
UE Communication II	74
Projet Scientifique en Équipe III.....	75
Communication Orale.....	76
UE Anglais IV	77
Langue Vivante II – Français Langue Etrangère.....	80
Langue Vivante II	80
Français Langue Étrangère.....	82

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.

Formation du tronc commun (S7 à S8)

La formation du tronc commun est présentée dans l'ordre chronologique des semestres.

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

Les fiches syllabus du semestre 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 7

SEMESTRE 7			432.75 h				30 ECTS			
SEMESTRE 7	Volume horaire (h)	ECTS pondération	Code UE	Code EC	Responsable	Cours (h)	TD (h)	Super TD (h)	Tutorats (h)	TP (séances)
UE Ondes et Acoustique	71	5								
Ondes et Acoustique	26	50%	OA	OA	A. Tourin	18	4		4	
Travaux Pratiques d'Ondes et Acoustique	45	50%		TPOA	A. Tourin					12
UE Matière Condensée	90.5	6								
Matériaux Cristallins	23	27.5%	MATC	MC	N. Lequeux	15	8			
Physique du Solide	20	27.5%		PS	D. Roditchev	20				
Précepteurs en Physique de la Matière Condensée	10	15%		PSP	D. Roditchev N. Lequeux				10	
Ingénierie des Matériaux	37.5	30%		IM	S. Ithurria					10
UE Chimie III	62	5								
Sciences Analytiques	17	40%	CH3	SAN	J. Dugay, J. Vial	8	6	3		
Travaux Pratiques de Sciences Analytiques	45	60%		TP SAN	J. Dugay, J. Vial					12
UE Mathématiques et Méthodes Numériques II	71.5	5								
Mathématiques II	34	30%	MMN3	MATH2	V. Demery	14	14		6	
Simulation Numérique	18.75	25%		SIMUL	A. Allauzen					5
Méthodes Numériques	18.75	25%		MENU	D. Cassereau					5
UE SHS et Culture Générale I	35.25	2								
Semaine PSL I	24	V								
Projet Professionnel	11.25	30%	SHSCG1	PSL1	A. Bah	24				
				PP	B. Beaussart E. Honikman					3
UE Gestion de Projets	76.5	5								
Financement de l'Innovation	3	V	GP	FI	F. Kalb	3				
Gestion de Projet	13.5	15%		GP	F. Vanhulle	6				2
Projet Scientifique en Equipe II	60	85%		PSE2	E. Fort, Y. Tran, M. André					16
UE Anglais III	26	2	ANG3	ANG3	D. Moreau		26			

Une séance de TP correspond à 3h45.

Le volume de travail personnel est estimé à 245h en appliquant les pondérations :

1h cours = 0,9h

1h TD = 0,7h

1h super TD/tutorat = 1,5h

1h TP = 0,3h

<p>UE Ondes et Acoustique <i>Waves and Acoustic</i></p>	<p>SEMESTRE 7</p>  <p>UE OA</p>
<p>71h - 5 ECTS</p>	

Présentation

L'objectif du cours Ondes et Acoustique (OA-OA) est de présenter un cadre conceptuel très général pour appréhender la propagation des différents types d'ondes dans les milieux les plus divers. Ce cadre d'étude repose sur l'idée que l'évolution d'une onde, quelle que soit sa nature, est toujours gouvernée par une équation différentielle présentant certaines propriétés de symétrie : invariance par translation dans le temps, réciprocity spatiale, invariance par renversement du temps.

A titre d'illustration, nous nous attachons à décrire la propagation d'ondes acoustiques dans des milieux fluides (homogènes, hétérogènes, présentant des frontières). Les travaux pratiques (OA-TPOA) donnent l'occasion d'aborder des sujets importants pour l'industrie (imagerie médicale, contrôle non destructif par ultrasons, sonar) et d'autres d'intérêt plus académique (ex. la sonoluminescence).

Semestre	Programme
S7	OA-OA Ondes et Acoustique OA-TPOA Travaux Pratiques d'Ondes et Acoustique

Pré-requis

Outils mathématiques : analyse de Fourier, opérateurs *gradient*, *divergence*, *rotationnel* et *laplacien*, équations aux **dérivées partielles non homogènes**, notation complexe d'un signal périodique.

Ondes électromagnétiques : **équations de Maxwell**, **équation d'onde**, **équation de Helmholtz**, ondes planes et sphériques, vecteur de Poynting, lois de Snell-Descartes, ondes guidées, cavité résonante.

Liens avec d'autres cours

Ondes électromagnétiques (S6-PG-OEM)

Méthodes mathématiques II (S7-MMN2-MATH2)

Optique (S8-OPT)

Ondes en milieux complexes (S10-OMC)

Validation de l'UE

Moyenne pondérée : OA-OA 50%, OA-TPOA 50%

Compétences visées par l'UE

OA-OA	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Ex, prec, QCM	II	II					II							
AA2.	Ex, QCM	II	II					II							
AA3.	Ex, QCM	II	II												
AA4.	Ex	III	III					III							
AA5.	Ex, QCM	III	III					III							
AA6.	Ex, prec, QCM	II	II												
AA7.	Ex, prec	III	III					III					III		
OA-TPOA	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Part, cahier		III	II									III	III	III
AA2.	Part				III	II					III				
AA3.	Part, cahier		III												
AA4.	Part		II						III						
AA5.	Part, cahier	III	III												
AA6.	Part, cahier		III							III					
AA7.	Part, cahier	III	III							III			III		
AA8.	Cahier	III	III							III					

Ex : Examen écrit, prec : Préceptorat, Part : Participation

Responsable : Arnaud Tourin

Équipe pédagogique: Fabrice Lemoult, Charlie Demene

|cours : 18h | TD : 4h | préceptorats : 4h | langue du cours : 

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. distinguer une équation d'ondes et une équation de la diffusion à partir de leurs propriétés respectives.
- AA2. construire l'équation qui gouverne la propagation d'une onde acoustique à partir d'une équation constitutive et de deux équations de conservation.
- AA3. interpréter les phénomènes intervenant lors de la propagation non-linéaire d'une onde acoustique dans un milieu fluide homogène.
- AA4. résoudre une équation d'ondes en utilisant le formalisme de Green.
- AA5. appliquer le théorème intégral de la diffraction en acoustique et en optique pour déterminer le rayonnement d'une ouverture de forme quelconque.
- AA6. Interpréter la diffraction comme un filtre pour les fréquences spatiales.
- AA7. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe de propagation d'ondes.

Contenu	Cours/TD
	1. Introduction <ul style="list-style-type: none"> • Comment « fabrique-t-on » une onde ? • Comparaison des propriétés de l'équation d'ondes et de l'équation de la diffusion
	2. Acoustique des fluides <ul style="list-style-type: none"> • Génération d'une onde acoustique dans un fluide • Équations de conservation et équation constitutive • Acoustique linéaire • Acoustique non-linéaire
	3. Théorie de la diffraction <ul style="list-style-type: none"> • Théorème d'unicité • La fonction de Green temporelle • La fonction de Green monochromatique • Théorème de réciprocité • Théorème intégral de la diffraction en régime monochromatique • Théorème intégral de la diffraction dans le domaine temporel • Du principe d'Huygens au théorème de Fermat
	4. Propagation d'ondes et théorie du signal <ul style="list-style-type: none"> • La diffraction vue comme un filtre pour les fréquences spatiales • Transformée de Fresnel et transformée de Fourier • La lentille vue comme un filtre adapté spatial • Radar et sonar à compression d'impulsion
	Préceptorats <ul style="list-style-type: none"> • La cohérence en physique des ondes • Manipulation des degrés de liberté spatio-temporels d'une onde

Travail en Autonomie	<p>Objectifs : utiliser les notions du cours pour aller au-delà des applications élémentaires</p> <p>Méthodes : Préparation de préceptorats</p>
Supports Bibliographie	<p>Polycopiés et supports de cours</p> <p>Énoncés de TD et préceptorats</p>
Évaluation	<p>Examen écrit final : partie A (QCM), partie B (résolution d'un problème)</p>

Responsable : Arnaud Tourin

Équipe pédagogique: Fabrice Lemoult, Charlie Demene

| TP : 45h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. organiser son travail en laboratoire.
- AA2. travailler en groupe.
- AA3. identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale.
- AA4. interfacer et utiliser des appareils de mesure dans les domaines de l'électronique, de l'acoustique et de l'optique.
- AA5. observer et interpréter les phénomènes ondulatoires dans l'espace direct (temps, position) et dans l'espace réciproque (fréquences temporelles, fréquences spatiales).
- AA6. exploiter des logiciels d'acquisition, de traitement du signal et d'analyse d'image avec un esprit critique.
- AA7. confronter les résultats expérimentaux à des résultats de simulation.
- AA8. restituer, interpréter et synthétiser ses résultats expérimentaux.

Contenu	Quatre thèmes sont abordés : <ul style="list-style-type: none"> • Focalisation acoustique • Imagerie ultrasonore • Ondes guidées et dispersion • Sonoluminescence
Fonctionnement	3 demi-journées de travaux pratiques par thème. Chaque étudiant fait tous les travaux pratiques.
Supports Bibliographie	Polycopié de travaux pratiques, polycopié de cours, sujets de travaux dirigés
Évaluation	Cahier de laboratoire (description, restitution et interprétation des résultats expérimentaux, synthèse) 50% Travail expérimental (organisation, manipulation, observation et interprétation) 50%

<p>UE Matière Condensée <i>Condensed Matter</i></p>	<p>SEMESTRE 7</p>  <p>UE MATC</p>
<p>90,5h - 6 ECTS</p>	

Présentation

Cette UE met en lumière la relation profonde entre la structure des matériaux et leurs propriétés physiques. Pourquoi certains matériaux, pourtant composés de mêmes atomes, sont conducteurs et d'autres isolants ? Que se derrière le mot "semi-conducteur" ? Quels sont processus microscopiques à l'origine des propriétés électroniques, mécaniques, optiques etc. que nous constatons et utilisons dans des applications diverses ?

Le cours de Matériaux Cristallisés (MATC-MC) pose des bases pour la compréhension de l'organisation de la matière condensée **à l'échelle atomique** : symétries cristallines, classification, structures des cristaux ioniques et covalents, écarts au cristal parfait... Il présente des méthodes d'investigation des cristaux et montre comment les symétries cristallines influencent les propriétés physiques des matériaux.

Le cours de Physique du Solide (MATC-PS) permet de découvrir la nature profondément quantique des matériaux. Il tisse le lien entre leur structure atomique et leurs propriétés électroniques, mécaniques et thermodynamiques. Il permet de comprendre pourquoi certains matériaux sont des isolants, tandis que d'autres sont des métaux, semi-conducteurs, ou même supraconducteurs.

Les cours MC et PS sont illustrés en préceptorats "Structure-Propriétés" (MATC-PSP) qui traitent quelques propriétés structurales et électroniques remarquables des matériaux. A chaque séance l'élève se trouve au centre d'une étude théorique qu'il mène, épaulé par un enseignant-chercheur.

Les cours MC et PS s'accompagnent également d'une partie pratique, l'**Ingénierie des Matériaux** (MATC-IM), portant sur plusieurs méthodes de synthèse des matériaux cristallins et de caractérisation de leurs propriétés physiques (diffraction des rayons X, microscopie électronique, BET, caractérisations électriques, magnétiques et optiques).

Semestre	Programme
S7	MATC-MC Matériaux Cristallisés MATC-PS Physique du Solide MATC-PSP Préceptorats en Physique de la Matière Condensée MATC-IM Ingénierie des Matériaux

Pré-requis

Théorie des groupes (S5-MMN1-TDG). Notions de transformée de Fourier et diffraction (S5-ES2-SLS). Bases de mécanique quantique (S6-PG-PQ).

Validation de l'UE

Moyenne pondérée : MATC-MC 27.5%, MATC-PS 27.5%, MATC-PSP 15%, MATC-IM 30%

Compétences visées par l'UE

MATC-MC	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Ex, OCM	III	I					II							
AA2.	Ex, OCM	III	I					III							
AA3.	Ex	III	II					III							
AA4.	Ex, OCM	III						III							
AA5.	Ex	II						II	III	II					
AA6.	Ex	II								III					
MATC-PS	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Ex, Exp	II	I	I				III						I	
AA2.	Ex, Exp	III						II			II				
AA3.	Ex, Exp	II						II							
AA4.	Ex	II						II							
AA5.	Ex	II						II							
AA6.	Ex	III		II				III						I	
AA7.	Ex	I	I	II				I		I				I	I
MATC-PSP	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Prep, Part	I	I				I	II							
AA2.	Prep, Part	II					I	III		II					
AA3.	Prep, Part	III					I	III		II					
AA4.	Prep, Part	I	I				I	I							
AA5.	Prep, Part	II	II	I				II		III			I	I	I
AA6.	Prep, Part	III					I	II		II		I	I	I	
MATC-IM	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	AE		II			I		II	III	III					
AA2.	AE, PO	II	III	I					III	III					I
AA3.	AE	II	II					III							
AA4.	AE	III	II							III			II	II	I
AA5.	AE, PO				I	II					III				
AA6.	AE				II	II									
AA7.	AE, PO				III					II	III				II

Ex : Examen final écrit, Exp : Examens partiels, Prep : Préparation écrite, Part : participation orale, AE : Aptitudes expérimentales, PO : Présentation orale

Responsable : Nicolas Lequeux

Équipe pédagogique : Sandrine Ithurria, Vanessa Pereira Pimenta

| cours : 15h | TD : 8h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. identifier les mailles, les symétries ponctuelles et d'orientation dans les cristaux.
- AA2. interpréter la notation des groupes d'espaces. Utiliser les Tables Internationales de Cristallographie.
- AA3. définir et argumenter les conditions de diffraction et calculer une intensité de diffractions.
- AA4. justifier les modèles cristallographiques des structures ioniques simples.
- AA5. identifier les défauts ponctuels et analyser leurs impacts sur les propriétés ioniques et électroniques des matériaux.
- AA6. relier les symétries entre l'échelle macroscopique et microscopique.

Contenu	<p>Cours/TD</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etude des symétries à l'échelle atomique et macroscopique et la classification des cristaux (réseaux périodiques - symétrie - groupes ponctuels et d'espace - tables internationales de Cristallographie). • Caractérisation des cristaux par diffraction des rayons X (réseau réciproque - facteur de structure - résolutions de structure - diffusion diffuse - méthodes expérimentales). • Classification des cristaux suivant le type de liaison et une description approfondie du modèle des cristaux ioniques. • Défauts ponctuels intra et extrinsèques et leurs conséquences sur les propriétés de transport (notation de Kröger-Vink, diffusion et conductivité ionique, application aux électrolytes solides et aux conducteurs mixtes). • Relation entre les symétries cristallines et les propriétés physiques (principe de Curie, applications aux matériaux ferroïques).
Travail en autonomie	<p>Objectifs : utiliser les notions du cours pour aller au-delà des applications élémentaires</p> <p>Méthodes : Préparation des exercices de TD à la maison</p>
Supports Bibliographie	<p>Polycopié de cours</p> <p>Énoncés de TD</p>
Évaluation	<p>QCM sans documents 40%</p> <p>Problème avec polycopié de cours 60%</p>

Responsable : Dimitri Roditchev

Équipe pédagogique : Sergio Vlaic

| cours : 20h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'IEC

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

- AA1. distinguer et classer les matériaux selon leurs propriétés électroniques.
- AA2. calculer la structure des bandes d'un matériau en fonction de sa structure, prédire les propriétés (métallique/isolant).
- AA3. construire les zones de Brillouin d'un matériau à partir de sa structure cristalline.
- AA4. identifier les modes de vibration d'un cristal.
- AA5. évaluer le comportement en chaleur spécifique d'un métal/semi-conducteur/isolant.
- AA6. concevoir les expériences de caractérisation visant à identifier et classer les matériaux par leurs principales propriétés.
- AA7. identifier un supraconducteur.

Contenu

Cours

1. Introduction (1h)
 - Physique des solides comme science qui s'intéresse aux propriétés et phénomènes de la matière solide à toute échelle. Lien avec les applications.
 - Exemple 1 : processeurs d'ordinateurs. « Loi » de Moore, transistors FET
 - Exemple 2 : mémoire d'ordinateurs. HDD, SSD et d'autres.
 - Histoire de la physique de la matière.
2. Modèle (classique) de Drude d'un métal (2h)
 - Phénomène de conduction électrique : connaissances de l'époque, hypothèses de Drude.
 - Formule de Drude. Ordres de grandeur.
 - Variations de la conductance avec la température.
 - Chaleur spécifique
 - Applications de l'approche de Drude
 - Réponse du gaz de Drude à haute fréquence (20 min.) : conductivité AC de Drude ; équations locales, propagation.
3. Effet Hall (1h)
 - Description du phénomène. Equation du mouvement.
 - Constante de Hall.
 - Applications
4. Electrons libres de Sommerfeld (2h)
 - Limitations et insuffisances du modèle Drude.
 - Equation de Schrödinger. Sens physique.
 - Conditions cycliques de Born von Karman. Quantification du vecteur d'onde et du spectre d'énergie.
 - Remplissage de l'espace. Energie de Fermi, sphère de Fermi.
 - Energie totale du système. Densité d'états électroniques

- Propriétés TD du gaz Sommerfeld. Points forts et points faibles du modèle : occupation d'états, chaleur spécifique du gaz quantique de Sommerfeld.
5. Vibrations du réseau cristallin, zones de Brillouin (2h)
 - Potentiel cristallin.
 - Approximation harmonique.
 - Vibrations harmoniques à 1D (une chaîne d'atomes).
 - Vibrations harmoniques d'une chaîne 1D avec 2 atomes par maille.
 - Zones de Brillouin : réseau de Bravais, cellule de Vigner-Seitz, construction des zones de Brillouin.
 6. Chaleur spécifique d'un cristal. Phonons (1h30)
 - Cas du cristal « classique » : loi de Dulong et Petit (1812)
 - Cas quantique. Phonons.
 - Chaleur spécifique du réseau cristallin. Modèle d'Einstein. Modèle de Debye.
 7. Electrons presque libres dans un solide : bandes interdites (3h)
 - Introduction. Contexte historique.
 - Théorème de Bloch.
 - Un électron dans un potentiel périodique. Equation centrale.
 - Ouverture des gaps (bandes interdites) aux bords des zones de Brillouin. Relation entre l'énergie de gap et le potentiel cristallin $V(r)$.
 - Zone réduite : translation des branches $E(k)$ dans la première zone de Brillouin.
 - Occupation des bandes. Métaux, isolants (semiconducteurs).
 8. Modélisation en liaisons fortes, loi de dispersion (2h)
 - Introduction. Idées générales.
 - Construction de la fonction d'onde.
 - Valeurs propres d'énergie.
 - Conséquence de l'existence des bandes électroniques pour les propriétés électroniques des matériaux. Vitesse de groupe, masse effective.
 9. Occupation de bandes, isolants, semi-conducteurs, métaux (2h30)
 - Semi-conducteurs intrinsèques. Niveau de Fermi. Loi d'action de masses. Applications.
 - Semi-conducteurs dopés. Modèle microscopique d'un dopant isolé.
 - Exemples d'applications.
 10. Introduction à la supraconductivité (2h)
 - Un peu d'histoire.
 - Diamagnétisme parfait.
 - Conséquences de l'effet Meissner-Ochsenfeld (1933). Considérations thermodynamiques.
 - Diagramme de phases d'un supraconducteur. Vortex.
 - Exemples d'applications
 11. Conclusions : problématiques actuelles et défis de la physique des solides (1h)
 - Nouveaux matériaux quantiques et nano-matériaux (exemple : hétérostructures semiconductrices à basse dimensionnalité, graphène, isolants topologiques, nouvelles propriétés à la surface et interface).
 - Applications (exemple : photovoltaïque).
 - Matériaux à fortes corrélations électroniques (exemple : cuprates HTSC).
 - Transition Mott.

Travail en autonomie	<p>Objectifs : découvrir la nature profondément quantique des matériaux. Acquérir les compétences permettant de comprendre, décrire et anticiper les propriétés physiques des matériaux en fonction de leur structure</p> <p>Méthodes : Travail en cours</p>
Supports Bibliographie	<p>N.W.Ashcroft et N.D.Mermin. Physique des solides, EDP Sciences, ISBN:2-86883-577-5 (Fr) et ISBN:0-03-083993-9 (En)</p> <p>C. Kittel. Physique de l'état solide. Ed. Dunod, ISBN-10: 2100497103 ISBN-13: 978-2100497102</p>
Évaluation	Examens partiels ; Examen final écrit

Responsable : Dimitri Roditchev & Nicolas Lequeux

Équipe pédagogique : S. Vlaic, C. Feuillet-Palma, S. Ithurria, V. Pereira Pimenta

| préceptorats : 12h dont 2h facultatives | langue du cours :   |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. calculer le spectre des vibrations d'un cristal simple.
- AA2. calculer la structure des bandes électroniques en approximation d'électrons presque libres.
- AA3. calculer la structure des bandes électroniques, la masse effective et la densité d'états électroniques des matériaux réels simples en approximation de liaisons fortes.
- AA4. comprendre et simuler le fonctionnement d'une diode ou d'un transistor.
- AA5. analyser différents types de matériaux et relier leurs propriétés à diverses applications.
- AA6. identifier les constituants d'un problème complexe et le résoudre.

Contenu	<p>Préceptorats (les sujets peuvent changer)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vibrations du réseau cristallin (phonons 2D). 2. Électrons presque libres dans un potentiel carré à 2D. 3. Propriétés électroniques du graphène. 4. Semi-conducteurs dopés (jonctions p-n). 5. (1 sujet par étudiant): <ol style="list-style-type: none"> 5.1. Structure, propriétés et synthèses des céramiques pérovskites 5.2. Structure atomique locale dans les verres d'oxydes 5.3. Électrolytes solides 5.4. Caractérisation des matériaux désordonnés par diffusion de RX 6. Facultatif (au choix) : <ol style="list-style-type: none"> 6.1. Transistor à effet de champ 6.2. Magnétisme 6.3. Effet Hall quantique 6.4. Corral quantique
Travail en autonomie	<p>Objectifs : découvrir la nature quantique des propriétés et phénomènes physiques des matériaux. Acquérir les compétences permettant de comprendre, décrire et modéliser les propriétés physiques des matériaux en fonction de leur structure</p> <p>Méthodes : Travail préparatif à la maison ; Participation en préceptorats</p>
Supports Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> • N.W.Ashcroft et N.D.Mermin. Physique des solides, EDP Sciences, ISBN:2-86883-577-5 (Fr) et ISBN:0-03-083993-9 (En) • C. Kittel. Physique de l'état solide. Ed. Dunod, ISBN-10: 2100497103 ISBN-13: 978-2100497102
Évaluation	<p>Pour chaque tutorat 1-4: Note combinée pour le travail de préparation et pour la participation en séance</p>

Responsable : Sandrine Ithurria

Équipe pédagogique : Nicolas Lequeux, Vanessa Pereira Pimenta

| TP : 37.5h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. préparer des matériaux dans le respect des normes HSE et règles d'éthiques de l'ingénieur (cahier de laboratoire, fiabilité des résultats).
- AA2. justifier des procédés de mise en forme et de caractérisation adaptées aux matériaux synthétisés.
- AA3. calculer, simuler et analyser des clichés de diffraction de poudres et de monocristaux en utilisant si nécessaire des logiciels dédiés.
- AA4. identifier et interpréter les phénomènes expérimentaux en mobilisant ses connaissances et en s'appuyant sur les ressources documentaires.
- AA5. discuter et développer un travail en groupe.
- AA6. organiser son travail en laboratoire.
- AA7. structurer, interpréter et expliquer ses résultats expérimentaux sous forme d'une présentation orale.

Contenu	<p>Travaux pratiques expérimentaux de synthèses de matériaux solides cristallins</p> <ul style="list-style-type: none"> • céramiques à base de BaTiO_3 • silice mésoporeuse par procédé sol-gel • zéolites • nanoparticules d'or plasmoniques et quantum dots <p>Caractérisations des matériaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> • diffraction des rayons X sur monocristal et poudre • adsorption d'azote (BET) • propriétés électriques, magnétiques et optiques.
Travail en autonomie	<p>Objectifs : synthétiser, interpréter et restituer ses résultats expérimentaux</p> <p>Méthodes : préparation et présentation d'un des sujets de TP</p>
Supports Bibliographie	Polycopié de cours
Évaluation	Oral sur une des thématiques abordées

UE Chimie III <i>Chemistry III</i>	SEMESTRE 7  UE CH3
62h - 5 ECTS	

Présentation

Le cours de Sciences Analytiques (CH3-SAN) est destiné à fournir aux élèves ingénieurs les connaissances de base nécessaires à la résolution d'un problème analytique, quelle que soit l'origine de la demande (sécurité alimentaire, environnement, fraudes et contrefaçons, dopage, patrimoine historique et archéologique...). Il vise également à fournir les concepts nécessaires au développement de nouvelles méthodologies, le plus souvent miniaturisées, secteur actuellement en plein essor, qui permettent des analyses plus rapides et consommant moins de réactifs et solvants pour le diagnostic rapide (laboratoires-sur-puces, technologies MEMS et microfluidique).

Il repose sur la connaissance et la compréhension des divers types d'interactions et modes de **transport aux interfaces, qui permettent de définir une stratégie analytique et la mise en œuvre** d'une méthode de séparation. Les aspects fondamentaux des méthodes séparatives sont présentés de manière synthétique et approfondis lors des séances de TD alors que leurs aspects pratiques sont abordés via les TP (CH3-TPSAN).

Semestre	Programme
S7	CH3-SAN Sciences Analytiques CH3-TPSAN Travaux Pratiques de Sciences Analytiques

Pré-requis

Fondamentaux de chimie analytique (chimie des solutions, pH et complexes, oxydo-réduction), synthèse chimique, cristallographie, spectroscopies (S6-CH2-ICO).

Validation de l'UE

Moyenne pondérée : CH3-SAN 40%, CH3-TPSAN 60%

Compétences visées par l'UE

CH3-SAN	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1	Ex	I						I							
AA2	Ex							I							
AA3	Ex							II							
AA4	Ex							II							
AA5	Ex							III		III					
AA6	Ex		III					III		III					
AA7	Ex		III												
AA8	Ex		III										II		
CH3-TPSAN	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1	cahier	I						I							
AA2	Part, cahier							II		II					
AA3	Part, cahier	III	III	II				III							
AA4	cahier	III	II						III						II
AA5	Part	III													
AA6	Part				II	II									
AA7	cahier							II	II	II					
AA8	cahier			II	II	II	II								

Ex : examen, prec : Préceptorats, Part : participation, pubA : Compte-rendu sous forme de publication en anglais, doc : utilisation des articles fournis

Responsables : Jérôme Vial, José Dugay

Équipe pédagogique : Audrey Combes

| cours : 8h | TD : 6h | superTD : 3h | langue du cours : 

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. identifier et décrire les interactions mises en jeu dans les différents processus de séparation analytique.
- AA2. énumérer et décrire les différentes techniques analytiques couramment utilisées pour **l'analyse moléculaire**.
- AA3. apprécier les possibilités et limitations des différents modes de séparation et de détection.
- AA4. appliquer les concepts théoriques pour calculer des indicateurs de performance de méthodes.
- AA5. justifier les comportements observés expérimentalement à partir des connaissances théoriques.
- AA6. à partir des caractéristiques des molécules recherchées et de la matrice ciblée, **concevoir l'approche la plus adaptée pour les analyser**.
- AA7. mobiliser ses connaissances pour interpréter les résultats d'une analyse.
- AA8. mobiliser ses connaissances analytiques pour résoudre un problème sociétal.

Contenu	<p>Cours</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction ; définition des caractéristiques de la chimie analytique actuelle par rapport aux besoins 2. Grandeurs fondamentales et cinétique des échanges 3. Chromatographie en phase gazeuse 4. Chromatographie de partage 5. Chromatographie d'échange d'ions 6. Chromatographie de paires d'ions et exclusion stérique 7. Instrumentation 8. Electrophorèse capillaire <p>Super TD</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Chromatographie en phase supercritique... 2. Miniaturisation et lab on chip... 3. Chromatographie bidimensionnelle....
Supports Bibliographie	<p>Polycopié de cours Énoncés de TD et STD</p>
Évaluation	<p>Examen final écrit, 30% partie A (cours, TD, TP), 70% partie B (cours, TD, TP, STD)</p>

Responsables : Jérôme Vial, José Dugay

Équipe pédagogique : Audrey Combes

| TP : 45h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. observer et interpréter les comportements **expérimentaux** en s'appuyant sur les connaissances théoriques.
- AA2. appliquer un protocole expérimental développé sur un appareillage similaire à celui **présent dans l'industrie**.
- AA3. **évaluer la pertinence d'une approche choisie** en fonction de la problématique physico chimique et du matériel disponible.
- AA4. **choisir la stratégie analytique adaptée à la résolution** d'une problématique complexe.
- AA5. concevoir le setup expérimental permettant de répondre à un cahier des charges donné
- AA6. travailler en groupe.
- AA7. **exploiter des logiciels d'acquisition et d'analyse de données avec un esprit critique** sur la validité des résultats.
- AA8. synthétiser, interpréter et restituer ses résultats expérimentaux.

Contenu

Douze manipulations différentes couvrant l'ensemble des approches séparatives (Chromatographie en phase gazeuse et en phase liquide, électrophorèse capillaire) et des domaines d'application (environnement, agro-alimentaire, industrie pharmaceutique, industrie pétrolière). Parmi ces manipulations, trois font appel à l'esprit créatif des élèves ingénieurs en leur demandant de concevoir et de réaliser leur propre protocole expérimental.

Fonctionnement

Il est important de noter que les élèves manipulent du matériel si possible de dernière génération (exemple du couplage de la chromatographie en phase gazeuse et liquide avec la spectrométrie de masse) de façon par la suite à être rapidement opérationnel aussi bien dans le milieu industriel que celui de la recherche.

Supports Bibliographie

Polycopié de cours et de TP

Évaluation

Travail/participation en séance 25%
cahier de laboratoire 75%

<p>UE Mathématiques et Méthodes Numériques III <i>Mathematics and Numerical Methods III</i></p>	<p>SEMESTRE 7</p>  <p>UE MMN3</p>
<p>71.5h - 5 ECTS</p>	

Présentation

Le cours Mathématiques II (MMN3-MATH2) est consacré aux équations aux dérivées partielles, au calcul variationnel, et aux probabilités.

Le cours de Méthodes Numériques (MMN3-MENU) consiste à analyser de près les difficultés liées à la précision numérique limitée utilisée par les calculateurs actuels.

Le cours de Simulation Numérique (MMN3-SIMUL) a pour objectif de développer en PYTHON les outils logiciel nécessaires à la dynamique moléculaire. Ce développement sera fait en équipe et **s'appuiera sur les bibliothèques PYTHON** ainsi que les outils de développement collaboratifs (ex. GIT). **La finalité du cours est de mettre en œuvre la chaine logicielle allant de la simulation à la génération et l'analyses des résultats expérimentaux.**

Semestre	Programme	
S7	MMN3-MATH2	Mathématiques II
	MMN3-MENU	Méthodes Numériques
	MMN3-SIMUL	Simulation Numérique

Pré-requis

Mathématiques I (S5-MMN1-MATH1)

Bases de la programmation (S5-MMNI-PYTHON).

Notions d'épreuve et d'événement aléatoire, d'algèbre d'événements, de probabilité d'un événement aléatoire. Notions de probabilité conditionnelle et d'indépendance d'événements, formules de Bayes. Notion de variable aléatoire.

Liens avec d'autres cours

TP Ondes et Acoustique (S7-OA-TPOA)

Validation de l'UE

Moyenne pondérée : MMN3-MATH2 50%, MMN3-MENU 25%, MMN3-SIMUL 25%

Compétences visées par l'UE

MMN3-MATH2	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Ex, CC	III	III					III				II			
AA2.	Ex, CC	III	III					III							
AA3.	Ex, CC	III	III					III							
AA4.	Ex, CC	III	III					III							
AA5.	Ex, CC	II	II					II							
MMN3-MENU	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Ex	II	II												
AA2.	Ex	II	II												
AA3.	Ex	II	II					II							
AA4.	Ex	II	II												
AA5.	Ex	II	III					II				II			
AA6.	Ex	II	III						II						
AA7.	Ex	II	II						II			II			
MMN3-SIMUL	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Part, CR	II	II						II						
AA2.	Part, CR	II	II								II				
AA3.	Part, CR	II	II												
AA4.	Part, CR	II	III								II				
AA5.	Part, CR	II	III								II				
AA6.	Part, CR	II	III						II						

Ex : examen, CC : Contrôle Continu, Part : participation, CR : Compte-rendu

Responsable : Vincent Démery

| cours : 14h | TD : 14h | préceptorats : 6h | 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. décrire une équation aux dérivées partielles (EDP) et ses conditions aux limites, et la résoudre.
- AA4. résoudre un problème sous la forme de fonctionnelle à minimiser.
- AA5. décrire et analyser un phénomène aléatoire.

Contenu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Équations aux dérivées partielles <ul style="list-style-type: none"> • Classification des Équations aux dérivées partielles (EDP) • EDP linéaires, fonction de Green • EDP à coefficients constants • EDP du 1^{er} ordre, méthode des caractéristiques • EDP du 2nd ordre <ul style="list-style-type: none"> ◦ Classification des EDP elliptiques, paraboliques et hyperboliques ◦ Résolution des équations de Poisson, de la chaleur et des ondes • Analyse spectrale des EDP 2. Calcul variationnel <ul style="list-style-type: none"> • Équation d'Euler-Lagrange, conditions au bord, • Minimisation sous contraintes • Invariances et Intégrales du mouvement 3. Probabilités <ul style="list-style-type: none"> • Événements et probabilités • Variables aléatoires • Suites de variables aléatoires, théorème de la limite centrale
Travail en autonomie	<p>Objectifs : Utiliser les notions issues du cours pour aller au-delà des simples applications élémentaires</p> <p>Méthodes : Préparation de préceptorats</p>
Supports Bibliographie	Notes du cours
Évaluation	<p>Contrôle continu (1/3 de la note finale) et examen écrit (2/3)</p> <p><u>Modalités du contrôle continu</u> (sur 20)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 contrôles de 15 mn en première partie de TD (sur 10). Les dates seront indiquées au préalable. • 3 tutorats (sur 10).

Chaque tutorat est noté sur 3, avec 2 points pour la copie et 1 point pour la participation. Les 2 points de la copie sont attribués de la façon suivante :

- ✓ 0 : pas de copie.
- ✓ 1 : copie bâclée, seules les premières questions sont traitées et **l'étudiant s'arrête dès la première question difficile alors qu'il est possible d'admettre des résultats pour continuer.**
- ✓ 2 : copie sérieuse, l'ensemble de l'énoncé a été parcouru même si toutes les questions n'ont pas été traitées.

Pour noter la copie conformément au travail réellement fourni, l'étudiant pourra passer au tableau pour refaire les questions traitées dans sa copie. Un point de bonus global est attribué à l'étudiant qui aurait résolu des questions difficiles.

Responsable : Didier Cassereau

| TP : 18.75h | langue du cours :  |

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

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

- AA1. analyser les problèmes liés à la précision numérique limitée.
- AA2. Analyser et comprendre les problèmes de complexité numérique
- AA3. Comprendre et implémenter des algorithmes standards appliqués à l'intégration numérique et à l'inversion matricielle
- AA4. Comprendre et mettre en œuvre les outils de l'analyse spectrale pour le traitement du signal
- AA5. Utiliser l'outil numérique pour résoudre des équations différentielles et aux dérivées partielles
- AA6. Identifier l'intérêt et la possibilité de paralléliser les algorithmes afin d'en réduire les temps de calcul
- AA7. Mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse

Contenu

L'enseignement est composé de 5 séances pratiques sur ordinateur. Au cours de ces séances les différents thèmes du cours sont abordés de manière pratique avec mise en œuvre directe sur machine. Le langage Python sera utilisé au cours de ces séances pratiques ; toutefois les étudiants qui le souhaitent pourront également implémenter tout ou partie en langage C. L'objectif de ce cours est d'aborder les problématiques de manière concrète et de voir comment les outils numériques à notre disposition permettent de contourner les difficultés classiques majeures. La dernière séance donnera lieu à l'introduction d'un sujet de projet à réaliser en binôme pendant les 2 semaines qui suivent la fin des travaux pratiques.

Liens avec d'autres cours

La partie projet fait le lien avec des phénomènes physiques, leur mise en équation et leur résolution numérique.

Supports Bibliographie

Polycopié

Évaluation

Rapport de projet en binôme

Responsable : Alexandre Allauzen

Équipe pédagogique :

| TP : 18,75h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. Concevoir les algorithmes nécessaires à la simulation de la dynamique moléculaire.
- AA2. Développer avec le langage de programmation PYTHON la solution logicielle efficace et adaptée à l'usage visé.
- AA3. Estimer la complexité (en temps et mémoire) de ses propositions, en fonction des paramètres du problème modélisé.
- AA4. Écrire en PYTHON du code réutilisable et partageable
- AA5. Construire et partager son code grâce à des systèmes de gestion de version décentralisé (par ex. git).
- AA6. Générer, synthétiser, interpréter et restituer ses résultats expérimentaux.

Contenu

La dynamique moléculaire est une technique de simulation numérique permettant de modéliser l'évolution d'un système de particules au cours du temps. Cette technique est appliquée dans de nombreux domaines de la physique et de la chimie.

Après une introduction des problématiques scientifiques, les séances de TP seront dédiées dans une première partie aux développements en PYTHON des outils logiciels de base, et à la mise en forme du code pour qu'il puisse être ré-utilisé et partagé par d'autre grâce à l'outil GIT. Lors de la dernière séance de TP, les élèves travailleront sur une extension personnelle qui donnera lieu à un rendu sous forme de rapport d'expériences et d'un dépôt GIT.

Liens avec d'autres cours Programmation en PYTHON (S5-MMN1-PYTHON)

Supports Bibliographie Support de cours et python-notebooks pour les TP

Évaluation Rapports de TP (1/3) et de projet (2/3)

<p>UE Sciences Humaines et Sociales - Culture Générale I <i>Humanities & Social Sciences - General Knowledge I</i></p>	<p>SEMESTRE 7</p>  <p>UE SHSCG1</p>
32,25h - 2 ECTS	

Présentation

Les objectifs principaux du module Projet Professionnel (PP) sont de savoir affirmer son projet professionnel en maîtrisant les techniques/processus de recrutement, de mieux comprendre les leviers individuels de motivation des collaborateurs en organisation, de comprendre certains mécanismes d'adhésion et d'entraînement d'une équipe autour d'un but commun, d'être sensibilisé à travailler en lien avec des personnalités et cultures différentes, de prendre du recul et réfléchir à sa manière de s'intégrer dans une équipe.

Pendant les Semaines PSL, plusieurs établissements de PSL se regroupent pour proposer une offre mutualisée de cours. Ces semaines permettent d'**acquérir** de nouvelles connaissances dans le domaine scientifique, de découvrir de nouvelles disciplines en lien avec les Sciences Humaines et sociales, l'entrepreneuriat ou l'économie.

Semestre	Programme
S7	SHSCG1-PP Projet Professionnel SHSCG1-PSL1 Semaine PSL I

Validation de l'UE

Moyenne pondérée : SHSCG1-PP 100%, SHSCG1-PSL1 : Validé /non validé

Compétences visées par l'UE

SHSCG1-PP	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Participation, bilan				II	II			II						II
AA2.	Entretien, bilan			II	II							II		II	
AA3.	Lettre motivation, entretien, bilan				II	II							II		
AA4.	CV, lettre motivation, entretien				III	II				II					II
AA5.	Entretien			II	II								II		

Responsable : Brigitte Beaussart, Esther Honikman

| Ateliers : 11,25h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. interpréter son bilan personnel.
- AA2. définir et concevoir l'approche de son projet professionnel.
- AA3. apprécier son futur environnement de travail.
- AA4. communiquer à l'oral et à l'écrit en s'adaptant au public concerné.
- AA5. argumenter sa candidature en entretien.

Contenu	<ul style="list-style-type: none"> Processus de recrutement : outils et stratégies de recherche de stage, rédaction de lettres de candidature, de motivation et de curriculum vitae (CV), processus de candidature on-line, etc. Bilan personnel, travail sur le projet professionnel et sur les compétences nécessaires à l'orientation choisie (savoir, savoir-faire, savoir-être, savoir-évoluer).
Fonctionnement	<p>Prérequis : S5-COMMI1-CRS</p> <p>Les séances comprennent des mises en situation et une participation active des étudiants. Il s'agit d'ateliers interactifs avec jeux de rôle et mises en situation.</p>
Supports Bibliographie	Fiches d'autoévaluation
Évaluation	<p>Présence obligatoire à l'atelier, Présence très fortement recommandée aux conférences des entreprises Implication dans l'atelier 50% Actions pour la recherche de stage et la qualité du suivi vis-à-vis des entreprises et de la DE 50%</p>

Coordination : Corinne Soulié-Ziakovic, Assiatou BAH

| cours : 24h | langue du cours :   |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

Cette semaine permet d'**acquérir** de nouvelles connaissances dans le domaine scientifique, de découvrir de nouvelles disciplines en lien avec les Sciences Humaines et sociales, **l'entrepreneuriat ou l'économie**.

Catalogue	<p>www.pslweek.fr</p> <ul style="list-style-type: none"> • Matière Molle et Vivante (Programme gradué ISAI) • Ethique et Intelligence Artificielle (ENS) • Anthropologie prospective : penser le futur de l'humanité (MINES) • Echo-conception (MINES) • Système de Production et de Logistique (MINES) • Efficacité Energétique des Systèmes (MINES) • Théorie du Contrôle (MINES) • Analyse d'images : de la théorie à la pratique (MINES) • Design de matériaux pour les nouveaux défis (MINES) • Fluides (MINES) • Éléments finis (MINES) • Génie atomique (MINES) • Le soin de l'eau (MINES) • Énergie et ordre de grandeur ou les énergies renouvelables suffiront-elles à combler nos besoins énergétiques ? (ESPCI) • La biologie, un beau terrain de jeu pour ingénieurs (ESPCI) • Biomimétisme – Matériaux bio-inspirés (ESPCI) • ...
Fonctionnement	Inscription obligatoire à l'un des modules
Supports Bibliographie	Selon module
Évaluation	Selon le module

UE Gestion de Projets <i>Project Management</i>	SEMESTRE 7  UE GP
76,5h - 5 ECTS	

Présentation

Les PSE sont un module d'enseignement interdisciplinaire développé sur les semestres 6, 7 et 8. Le but de ce module est de réaliser des projets expérimentaux. Le fonctionnement est proche de celui d'un "hacklab". Les projets portent sur l'ensemble des disciplines enseignées à l'école : la physique, la chimie et la biologie... Certains projets sont transdisciplinaires. Les projets sont tous différents et renouvelés chaque année. Une trentaine de projets sont développés chaque année par l'ensemble de la promotion.

Lors de ces projets les élèves apprennent à mener des projets en équipe et également à communiquer dessus sous plusieurs formats (présentation, affiche, vidéo). Cette dernière composante est essentielle dans le module. A ce titre ce module est lié au module Communication Orale (S6-COMMI2-COMOR) du semestre 6.

Les objectifs principaux du module Gestion de Projet (GP) sont de démontrer l'importance de la gestion de projet. Le vocabulaire, les facteurs clefs de succès de la gestion de projet et les outils de base sont présentés et mis en pratique pendant les TP. Une réflexion sur la base des projets menés en TPE est proposée.

Semestre	Programme	
S7	GP-PSE2	Projet Scientifique en Equipe II
	GP-GP	Gestion de Projet
	GP-FI	Financement de l'Innovation

Validation de l'UE

Moyenne pondérée : GP-PSE2 85%, GP-GP 15%

Compétences visées par l'UE

GP-PSE2	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Part	III	III						III		II	II		II	I
AA2.	Part				II		II				II				I
AA3.	Part				II				III	III			II		I
AA4.	Part	III	III					II			II	II	II		
AA5.	Part	III	III												
AA6.	Part	III	III						II				II		
AA7.	Part	III	III												
AA8.	Part	III	III						III						
AA9.	Part	III	III								II	II			
AA10.	Aff	II	II								II				I
GP-GP	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	dossier		I	I	I										
AA2.	dossier		I	I	I										
AA3.	dossier		I	I	I										
AA4.	dossier		I	I	I	I									
AA5.	dossier		I	I	I										
AA6.	dossier		II		II						II				
AA7.	dossier		II		II						II				
GP-FI	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.															
AA2.															
AA3.															
AA4.															

Part : participation, Aff : affiche/poster

Responsables : Emmanuel Fort, Maxime Ardré, Yvette Tran

Équipe pédagogique: Philippe Nghe, Pascale Dupuis-Williams, Antonin Eddi, José Bico, Lea-Laetitia Pontani, Emilie Verneuil, Raymond Even, Suzie Protière, Jean-Baptiste d'Espinose, Amandine Guérinot, Thomas Aubineau, Justine Laurent, Matthew Deyell

| TP : 60h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème expérimental complexe.
- AA2. travailler en groupe.
- AA3. organiser son travail afin d'atteindre l'objectif visé.
- AA4. identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale.
- AA5. utiliser des appareils et techniques de mesures performants dans le domaine du projet.
- AA6. exploiter et interpréter des données expérimentales pour envisager leur modélisation.
- AA7. exploiter des logiciels d'acquisition et d'analyse de données avec un esprit critique.
- AA8. identifier les sources d'erreurs pour calculer l'incertitude sur un résultat expérimental.
- AA9. manipuler les concepts scientifiques dans un contexte expérimental.
- AA10. communiquer vers un public de non spécialistes.

Contenu

Les grandes lignes de fonctionnement pour du module de PSE sont :

- Ce module expérimental aborde de façon transverse les différentes disciplines physique, chimie, biologie ou projets transdisciplinaires.
- Cet enseignement s'étend sur une trentaine de séances d'une demi-journée durant un an (1/3 en S6, S7 et S8 respectivement).
- Les sujets sont proposés soit par les enseignants, soit par les élèves eux-mêmes. Des groupes de trois élèves se forment par affinité et choisissent un des sujets proposés. Le groupe chargé d'un projet s'y attache pendant toute la durée du module.
- Les PSE se déroulent dans des locaux spécifiques afin de conserver les expériences montées. Les élèves ont accès à des équipements scientifiques pour leur permettre de réaliser leur projet ainsi qu'à un atelier service de mécanique. Un budget est alloué pour l'achat de fonctionnements spécifiques.
- Les projets sont renouvelés systématiquement chaque année et tous les projets sont différents.
- Les élèves doivent à chaque fin de semestre présenter à l'ensemble de la promotion leurs projets. Ils doivent également communiquer vers l'extérieur sous forme d'une vidéo (MOOC Expérimental) qui est diffusée en ligne.

Travail en autonomie	<p>Objectifs : Formation par la recherche expérimentale, réalisation de montage expérimentaux et de protocoles originaux, analyse critique des résultats, apprentissage de la gestion de projet, communication sur l'avancement et des résultats obtenus.</p> <p>Méthodes : Réalisations d'expériences et mise au point de protocoles et méthodes expérimentaux. Production de présentation, d'affiches et de vidéo.</p>
Supports Bibliographie	Documents fournis (articles, liens vers des sites internet,...) en début de PSE, recherche bibliographique autonome, discussions avec chercheurs et enseignants.
Évaluation	Présentation orale 30% (Aff) Participation et investissement personnel en séances 70% (Part)

Responsable : Faustine Vanhulle

| cours : 6h | TP : 7,5h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. définir ce qu'est un projet et les principaux termes de la gestion de projet (projet, cahier des charges, équipe...)
- AA2. expliquer ce qui caractérise un projet par rapport aux autres activités de l'entreprise
- AA3. décrire différents types de projets, énumérer les éléments essentiels d'un projet, expliquer le triangle Q-C-D, décrire différentes méthodologies de gestion de projet
- AA4. identifier les principales causes d'échec et facteurs clefs de succès d'un projet, les parties prenantes d'un projet, les différentes tâches et groupes de tâches d'un projet
- AA5. décrire les outils de suivi d'un projet
- AA6. effectuer le cadrage d'un projet
- AA7. construire une analyse de risques et le planning d'un projet simple

Contenu	<ul style="list-style-type: none"> • Définition d'un projet - sur la base d'illustrations fournies par les étudiants • Présentation de différents types de projets • Présentation des éléments clefs : <ul style="list-style-type: none"> Le cadrage d'un projet Le planning d'un projet L'équipe et le chef de projet Le suivi d'un projet et la gestion des risques La communication • Travaux en groupes : <ul style="list-style-type: none"> Sur la base des projets menés en PSE, réflexion et analyse sur les pratiques et les améliorations possibles Choix d'action concrètes à mettre en œuvre pour la poursuite des PSE par chaque groupe et chaque étudiant
Supports Bibliographie	Support de cours Bibliographie: Voir sources dans les supports de cours + lectures, TED talks et MOOC recommandés
Évaluation	Note sur la base d'un dossier à rendre à l'issue des TP

S7 – PG – FI

Financement de l'Innovation

Responsable : Frédérique Kalb

| cours : 3h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

Contenu

Travail en
autonomie

Supports
Bibliographie

Évaluation

Présence obligatoire

UE Anglais III <i>English III</i>	SEMESTRE 7  UE ANG3
26h - 2 ECTS	

Responsable : Daria Moreau

| TD : 26h | langue du cours :  |

Présentation

Les cours d'anglais ont pour objectif d'améliorer les compétences en anglais et d'enseigner l'autonomie linguistique afin de préparer les étudiants à utiliser l'anglais technique et scientifique dans un contexte professionnel international et interculturel. Il s'agit de cours thématiques qui ont pour but d'apprendre aux étudiants à travailler en anglais sur un sujet choisi et d'approfondir les connaissances interculturelles. 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
S7	Ang3 26h, 2 ECTS

Pré-requis

B2 de la grille du CECRL

Evaluation

Validation des 5 compétences (la grille du CECRL) au moins au niveau B2/C1 par :

- des examens à la fin de chaque semestre et des contrôles continus (EX, PO,CC)
- le travail personnel (P),
- la connaissance de la culture et la communication interculturelle et la médiation (CC),
- la motivation (Part),
- la participation aux cours (Part),
- l'assiduité (Part).

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.	CC				II		III								
AA3.	Ex, CC						III								
AA4.	CC						III					III	III		
AA5.	CC, PO						III						III		

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

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

- AA1. identifier rapidement des sources de stages ou d'emplois, analyser et synthétiser les attentes des employeurs et répondre en anglais aux offres de stages de son choix en rédigeant une lettre de motivation et / ou un CV vidéo, en tenant compte des particularités culturelles d'un pays anglophone.
- AA2. appliquer ses connaissances approfondies de la grammaire et du vocabulaire thématique et scientifique en communiquant parfaitement en anglais écrit et oral **dans une situation professionnelle au sein d'une entreprise multiculturelle.**
- AA3. analyser la structure du test TOEIC et développer sa stratégie personnelle pour **maximiser son score à l'examen.**,
- AA4. synthétiser un texte scientifique ou un document audio, identifier les informations pertinentes et les présenter à un public.
- AA5. argumenter son point de vu dans un débat, une discussion sur un sujet étudié et répondre à des questions factuelles sur le sujet donné.

Contenu	<ul style="list-style-type: none">• analyse des offres de stages dans les pays anglophones et les simulations d'entretiens d'embauche,• écriture de lettres de motivation,• exercices de préparation au TOEIC (un examen blanc du TOEIC aura lieu à la fin de chaque semestre),• connaissance du vocabulaire technique et scientifique,• rédaction de rapports, descriptions, résumés, consignes, descriptions de produits, procédés, analyses de graphiques. Ces rédactions porteront sur un large éventail de sujets,• synthèse et comparaison de véritables documents techniques,• débats approfondis sur les sujet culturel, économique, technique, scientifique, etc.) étudiés pendant les cours,• pratique de la compréhension orale et écrite,• travail collaborative en anglais.
Fonctionnement	Les cours d'anglais sont obligatoires pour tous. Ils se déroulent dans des groupes de niveau établis en début d'année sur la base du test de placement et des évaluations orales. Les cours en classe sont accompagnés d'un "e-learning" adapté et varié (les applications ont pour but de faciliter la lecture en VO ; les activités linguistiques multiples ; l'auto-apprentissage dans le laboratoire de langues).
Supports Bibliographie	Polycopié de cours, articles, journaux, documents audio et vidéo ; exemples des véritables documents.
Évaluation	La progression, les compétences et résultats de l'étudiant 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					

Fait à :

Nom de l'enseignant :

Total points :

SEMESTRE 8

SEMESTRE 8		453 h		30 ECTS						
SEMESTRE 8	Volume horaire (h)	ECTS pondération	Code UE	Code EC	Responsable	Cours (h)	TD (h)	Super TD (h)	Tutorats (h)	TP (séances)
UE Optique	77,25	5								
Optique et Images - Optique et Matière	36	50%	OPT	OPT	E. Fort	21	9		6	
Travaux Pratiques d'Optique	41,25	50%		TP OPT	F. Ramaz					11
UE Sciences de l'Ingénieur en Mécanique II	84,5	5								
Mécanique des Solides II	25	33%	SIM2	MSM2	M. Ciccotti	17	6		2	
Mécaniques des Fluides	22	33%		MF	M. Reyssat, J. Bico			22		
Travaux Pratiques d'Hydrodynamique et Mécanique Physique	37,5	33%		HMP	M. Reyssat					10
UE Physique de la Matière Molle	41	3								
Colloïdes	17	50%	PMM	COL	J. Bibette	17				
Introduction Physique des Polymères	24	50%		IPP	K. Dalnoki-Veress	18			6	
UE Sciences du Vivant II	50	4								
Physiologie	20	50%	SV2	PHYS	G. Vetere, T. Gallopin	14			6	
Travaux Pratiques de Physiologie	30	50%		TPPHYS	T. Gallopin					8
UE Chimie IV	76,25	5								
Chimie et Matériaux Inorganiques	35	50%	CH4	CMI	S. Norvez, C. Soulié-Ziakovic	23	4		8	
Travaux Pratiques de Chimie et Matériaux Inorganiques	41,25	50%		TP CMI	S. Norvez, C. Soulié-Ziakovic					11
UE Deep Learning	19,5	1	DL	DL	A. Allauzen	12				2
UE SHS et Culture Générale II	51	3								
Histoire des Sciences et Technologies en Société	27	100%	SHSCG2	HSTS	E. Bertrand	27				
Semaine PSL II	24	V		PSL2	A. Bah	24				
UE Communication II	25,5	2								
Projet Scientifique en Equipe III	22,5	100%	COMM2	PSE3	E. Fort, Y. Tran, M. André					6
Communication Orale	3	V		COMOR	C. Probst		3			
UE Anglais IV	28	2	ANG4	ANG4	D. Moreau	28				

Une séance de TP correspond à 3h45.

Le volume de travail personnel est estimé à 320h en appliquant les pondérations :

1h cours = 0,9h

1h TD = 0,7h

1h super TD/tutorat = 1,5h

1h TP = 0,3h

UE Optique <i>Optics</i>	SEMESTRE 8  UE OPT
77,25h - 5 ECTS	

Présentation

Ce module d'enseignement d'optique a pour objectif de fournir aux élèves un socle de connaissances et une maîtrise des phénomènes mettant en jeu de l'optique. Il aborde des aspects très variés de l'optique tant sur le plan fondamental qu'au travers de nombreux domaines d'applications. Ce module comprend un cours associé à des travaux dirigés et des préceptorats ainsi qu'une forte composante expérimentale de travaux pratiques.

Les ondes optiques sont d'abord abordées d'un point de vue de la vitesse de la lumière. Ceci permet de donner un éclairage historique sur le rôle fondamental joué par l'optique dans l'évolution des théories scientifiques (relativité, mécanique quantique) et également de comprendre des phénomènes comme l'effet Doppler ou l'invariance de la phase. L'optique est ensuite abordée de façon variationnelle dans l'approximation de l'optique géométrique (principe de Fermat, équation Eikonale,...). Les concepts de cohérence spatiale et temporelle sont ensuite étudiés avec comme applications les domaines de la spectroscopie et de l'imagerie corrélative. La propagation des ondes optiques est abordée avec notamment la formation des images et l'optique de Fourier. La connaissance des applications dans le domaine de la microscopie et de l'astrophysique est centrale. Une partie du cours est également consacré à la photométrie en incluant les propriétés des sources et des détecteurs. La polarisation de la lumière fait l'objet d'un chapitre dont le but est de comprendre comment cette dernière peut être contrôlée et modifiée lors de la propagation dans des matériaux biréfringents naturellement ou par un contrôle externe. L'interaction lumière matière est également étudiée d'un point de vue classique. Enfin, le fonctionnement et l'utilisation des LASER fait l'objet du dernier chapitre avec de nombreux exemples d'application.

Semestre	Programme
S8	OPT-OPT Optique et Images – Optique et Matière OPT-TPOPT Travaux Pratiques d'Optique

Pré-requis

Connaissance des équations de Maxwell (dans le vide et dans un milieu homogène), vecteurs de Poynting, équation de d'Alembert, optique géométrique, notion sur les ondes (longueur d'onde, nombre d'onde, fréquence, ...), vitesse de la lumière, indice de réfraction, transformée de Fourier, onde planes.

Validation de l'UE

Moyenne pondérée : OPT-OPT 50%, OPT-TPOPT 50%

Compétences visées par l'UE

OPT-OPT	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							
AA4.	Ex	III						III							
AA5.	Ex	III						III							
AA6.	Ex	III						III							
AA7.	Ex		III												
AA8.	Ex		III												
OPT-TPOPT	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	AE, CL	III	III												
AA2.	AE, PO						II								
AA3.	AE, CL								III	III			II		
AA4.	AE, CL	III	III										II		
AA5.	AE	III	III												
AA6.	AE, CL	III	III						II				II		
AA7.	AE	III	III												
AA8.	AE, CL	III	III						III						
AA9.	AE, PO	III	III												

Ex : Examen final écrit, AE : Aptitudes expérimentales, CL : cahier de laboratoire, PO : présentation orale

Responsables : Emmanuel Fort, François Ramaz

Équipe pédagogique : Arthur Goetschy, Igancio Izeddin, François Ramaz, Olivier Thouvenin

| cours : 21h | TD : 9h | préceptorats : 6h | langue du cours : 

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. identifier et utiliser les concepts fondamentaux qui mettent en jeu la propagation de la lumière et la réalisation d'images.
- AA2. identifier et utiliser les concepts fondamentaux qui entrent dans la conception d'un LASER.
- AA3. identifier et utiliser les concepts fondamentaux qui permettent un contrôle de la polarisation de la lumière dans des matériaux biréfringents.
- AA4. concevoir un système de détection et d'imagerie optique répondant à un cahier des charges.
- AA5. concevoir un spectromètre optique avec des caractéristiques données.
- AA6. relier les propriétés macroscopiques à la structure des complexes des métaux de transition et à celle des matériaux inorganiques.
- AA7. mobiliser ses connaissances pour analyser le fonctionnement de système optiques.
- AA8. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse.

Contenu	<p>Cours/TD</p> <p>Le cours est divisé en 8 chapitres :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vitesse de la lumière 2. Optique variationnelle 3. Cohérence – Interférences 4. Propagation – Optique de Fourier 5. Photométrie – Détecteurs 6. Polarisation – Anisotropie naturelle et induite 7. Interaction lumière-matière 8. Lasers <p>Préceptorats</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Microscopie 2. Imagerie Multi-ondes 3. Lasers
Travail en autonomie	<p>Objectifs : utiliser les notions du cours pour aller au-delà des applications élémentaires</p> <p>Méthodes : Préparation de préceptorats</p>
Supports Bibliographie	Notes de cours en ligne, photocopié du cours.
Évaluation	Examen écrit final

Responsables : Emmanuel Fort, François Ramaz

Équipe pédagogique : Arthur Goetschy, Igancio Izeddin, François Ramaz, Olivier Thouvenin

| TP : 41,25h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'IEC

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

- AA1. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème expérimental complexe.
- AA2. travailler en groupe.
- AA3. organiser son travail afin d'atteindre l'objectif visé dans le TP.
- AA4. identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale.
- AA5. utiliser des appareils et techniques de mesures performants dans le domaine de l'Optique.
- AA6. exploiter et interpréter des données expérimentales pour envisager leur modélisation.
- AA7. exploiter des logiciels d'acquisition et d'analyse de données avec un esprit critique.
- AA8. identifier les sources d'erreurs pour calculer et prédire l'incertitude sur un résultat expérimental.
- AA9. manipuler les concepts fondamentaux de l'Optique dans un contexte expérimental.

Contenu

Quatre thématiques sont proposées :

1. Spectroscopies interférentielles
 - Spectroscopie par transformée de Fourier (x2)
 - Etude d'une structure hyperfine. Interféromètre de Fabry-Perot
 - Spectroscopie en lumière polarisée. Mesure de biréfringence
 - Détection interférométrique hétérodyne
 - Interféromètre à fibres optiques
2. Lasers
 - Laser He-Ne. Etude des faisceaux gaussiens d'une cavité laser (x3)
 - Laser Nd:YAG. Doublage de fréquence intracavité
 - Laser à colorant accordable en longueur d'onde
3. Diffraction et filtrages des fréquences spatiales
 - Granularité laser (speckle)
 - Holographie numérique
 - Diffraction par les ultrasons
 - Manipulation de front d'onde avec un SLM (x2)
 - Effet photoréfractif - Mélange à deux ondes
4. Modulation de la lumière et détection du signal
 - Détection par effet mirage
 - Profilomètre différentiel
 - Mesure d'un pouvoir rotatoire magnétique (x2)
 - Imagerie infrarouge

Travail en autonomie	<p>Objectifs : manipuler, synthétiser, interpréter et restituer ses résultats expérimentaux</p> <p>Méthodes : cahier de laboratoire, préparation et présentation au tableau en 15mn d'une manipulation, avec comme support la notice de TP et cahier de laboratoire (dernière séance)</p>
Fonctionnement	4 manips/binôme (1 par thématique), une manipulation = 3 séances 22 montages, dont 17 différents
Supports Bibliographie	Notice de TP
Évaluation	Aptitudes Expérimentales (AE) 1/3 Cahier de Laboratoire (CL) 1/3 Présentation Orale (PO) 1/3

<p>UE Science de l'Ingénieur en Mécanique II <i>Mechanical Engineering II</i></p>	<p>SEMESTRE 8</p>  <p>UE SIM2</p>
<p>84,5h - 5 ECTS</p>	

Présentation

Le cours Mécanique des Solides et des Matériaux II (SIM2-MSM2) est orienté vers l'aspect propriétés mécaniques des matériaux. Il développe les principaux types de comportement en dégageant leur origine physique. Les caractéristiques viscoélastiques, plastiques et de rupture des grandes classes de matériaux sont abordées en parallèle avec l'étude des lois comportements correspondantes. Une étude des sollicitations simples dégage les idées directrices guidant le choix d'un matériau en fonction de l'application visée (structure et chargement). Une méthodologie à formalisme léger sera employée pour approcher la modélisation physique des situations plus complexes rencontrés dans la vie commune ou dans les applications modernes.

Le cours Mécanique des fluides (SIM2-MF) est une introduction générale à la mécanique des fluides pour les physiciens, chimistes et biologistes. Il vise à donner les notions fondamentales pour la compréhension de la dynamique des écoulements. L'accent est mis sur la détermination des ordres de grandeur pertinents, sur l'utilisation judicieuse des paramètres physiques sans dimension et le raisonnement en lois d'échelle.

Ce cours est complété en 3^e année par un cours sur le transfert de masse et de chaleur (S10-HT).

Semestre	Programme
S8	SIM2-MSM2 Mécanique des Solides et des Matériaux II SIM2-MF Mécanique des fluides SIM2-HMP Travaux Pratiques d'Hydrodynamique et Mécanique Physique

Pré-requis

Bases de mécanique des milieux continus et élasticité linéaire (S5-SIM1-MSM1)

Résolution d'équations différentielles ordinaires, approche en loi d'échelle.

Recommandé : Notions de base en mécanique des fluides (fluides visqueux, fluides parfaits, nombre de Reynolds).

Validation de l'UE

Moyenne pondérée : SIM2-MSM2 33%, SIM2-MF 33%, SIM2-HMP 33%

Compétences visées par l'UE

SIM2-MSM2	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Ex, Prec	III	II					III					II		
AA2.	Ex, Prec	II	II					II							
AA3.	Ex, Prec		II					III					II		
AA4.	Ex, Prec	III	III					III							
AA5.	Ex, Prec	III	III					III							
AA6.	Ex, Prec	III	III					III							
AA7.	Ex, Prec	III	III					III					II		II
AA8.	Ex, Prec		III					III					II		II
AA9.	Ex, Prec	III	III					III					II		II
SIM2-MF	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Ex, Prec	III	III					III							
AA2.	Ex, Prec	III	II					III							
AA3.	Ex, Prec		II					II							
AA4.	Ex, Prec		II					II							
AA5.	Ex, Prec	III						II							
AA6.	Ex		II										II		II
AA7.	Prec, POF		III												
AA8.	Prec, POF	III	III					III					II		II
SIM2-HMP	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Part		III						III						
AA2.	Part, Cahier		III						III						
AA3.	Part, Cahier, CR		III						III						
AA4.	Part		III						III						
AA5.	Part, Cahier, CR		III						II				II		II
AA6.	Cahier, CR		III						III				II		II
AA7.	Cahier, CR		III						II						
AA8.	Cahier, CR		III						III				II		II

Ex : examen, prec : Préceptorats, POF : Présentation orale en français, Part : participation, CR : Compte-rendu

Responsable : Matteo Ciccotti

Équipe pédagogique: Zorana Zeravcic, José Bico, Benoit Roman

| cours : 17h | TD : 6h | préceptorat : 2h + 2h facultatives | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. analyser un problème général de mécanique des solides de type "Comment un objet répond à une charge" (notions de matériau, structure et chargement).
- AA2. estimer des ordres de grandeurs par une résolution en loi d'échelle de l'équation générale de la dynamique couplée aux lois de comportement adéquates : élasticité, dynamique, viscoélasticité, élastoplasticité ou rupture.
- AA3. identifier les échelles physiques, exprimer les résultats dans une forme sans dimensions, préserver et interpréter la nature tensorielle quand nécessaire.
- AA4. représenter le comportement viscoélastique dans le domaine temporel ou fréquentiel, évaluer les régimes de réponse élastique ou dissipative pour l'application envisagée en termes de vitesse de chargement et température.
- AA5. calculer le chargement critique pour l'apparition d'un comportement plastique dans une structure, identifier les régions affectées par la plastification et évaluer le mécanisme de réponse d'une structure plastifiée.
- AA6. identifier le chargement critique pour l'initiation ou la propagation d'une fissure, évaluer l'équilibre de sa propagation et considérer l'effet de la loi de comportement du matériau sur sa propagation.
- AA7. évaluer les limites d'application des hypothèses de linéarité, quasi-staticité et isothermie pour le système étudié, et interpréter les conséquences d'une violation de ces hypothèses.
- AA8. choisir le matériau adapté et ses dimensions optimales pour obtenir la réponse nécessaire, en considérant les échelles typiques de chargement dans une application
- AA9. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse

Contenu

Cours/TD

- Généralités sur la résistance des matériaux
- Classes de matériaux et familles de comportement
- Rappels de mécanique du continu (tenseur de déformation et de contraintes, équation fondamentale de l'équilibre)
- **Rappels** d'élasticité linéaire 3D (loi de Young et de Lamé, modules élastiques, énergie élastique)
- Approfondissements sur le comportement élastique linéaire (théorèmes énergétiques, analyse de stabilité, solution de problèmes en loi d'échelle)
- Elastodynamique: Ondes et vibrations
- Le comportement visco-élastique : modèles rhéologiques, représentation en temps et en fréquence, équivalence temps-température
- Le comportement élasto-plastique : critères de plasticité, lois d'écoulement, modèles rhéologiques (plasticité parfaite, écrouissage, viscoplasticité)

- Le paradoxe de la résistance théorique à la rupture
- Mécanique linéaire élastique de la fracture (LEFM): Critère local (Irwin): le facteur d'intensité des contraintes. Critère énergétique (Griffith): le taux de restitution d'énergie
- Fragilité et ductilité : mécanismes et échelles physiques de dissipation
- Fracture lente et fracture rapide
- Matériaux hétérogènes : inclusions, composites
- Notions de contact, adhésion et frottement

Préceptorats

Des sujets renouvelés chaque année permettent d'appréhender la méthode de calcul en loi d'échelles, ainsi que d'approfondir des applications qui vont au-delà du cours.

Supports Bibliographie

Polycopiés et supports de cours
Enoncés de TD et préceptorats
Supports disponibles sur : <http://cours.espci.fr>

Évaluation

Examen final écrit : QCM 25%, **problèmes en loi d'échelle 75%**

Responsable : Mathilde Reyssat, José Bico, Laurent Duchemin

| Super TD : 22h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. distinguer les différents termes de l'équation de Navier & Stokes et identifier les différents régimes d'écoulement en fonction du nombre de Reynolds.
- AA2. évaluer les approximations de l'équation de Navier & Stokes en fonction de la géométrie d'un problème et du régime d'écoulement.
- AA3. estimer des ordres de grandeurs par une résolution en loi d'échelle de l'équation de Navier & Stokes.
- AA4. estimer les contraintes induites par un écoulement sur un solide.
- AA5. résoudre analytiquement les profils d'écoulement dans des situations simplifiées.
- AA6. concevoir et dimensionner un dispositif hydro ou aérodynamique (ex : dimensionner un foil).
- AA7. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse.
- AA8. observer et interpréter les phénomènes expérimentaux en mobilisant ses connaissances et en s'appuyant sur les ressources documentaires.

Contenu	Cours/TD
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction : l'équation de la mécanique des fluides <ul style="list-style-type: none"> • Des écoulements à différentes échelles: le nombre de Reynolds • Principe fondamental de la dynamique appliqué à un milieu continu • Contraintes visqueuses, analogie avec la loi de Hooke en mécanique • Équation de Navier & Stokes 2. Écoulements visqueux <ul style="list-style-type: none"> • Mesure de la viscosité d'un fluide • Écoulements de Poiseuille • Écoulements élongationnels 3. Interfaces <ul style="list-style-type: none"> • Énergie de surface • Loi de Laplace • Ménisques • Ascension capillaire • Dynamique d'imprégnation 4. Locomotion à bas nombre de Reynolds <ul style="list-style-type: none"> • Sédimentation dans un liquide visqueux • Chute d'une hélice • Propulsion en « tire-bouchon » 5. Approximation de lubrification <ul style="list-style-type: none"> • Écrasement d'une couche de liquide • Digitations visqueuses • Nivellement d'un film visqueux, instabilité de Rayleigh-Taylor 6. Couches limites <ul style="list-style-type: none"> • Plaque mise en mouvement dans un fluide

- Diffusion de la vorticité
- **Couche limite sur le bord d'attaque d'une plaque**
- Traînée de friction
- Couche limite sur un plan oscillant
- 7.  quation de Bernoulli
 - Effet Venturi, tube de Pitot
 -  quation de Bernoulli instationnaire
 - Cavitation
- 8. Tourbillons
 - Tourbillons et vorticité
 - Interaction entre tourbillons
 - Modèle de Lamb-Oseen
 - Tourbillons  tir s
- 9. Portance et traînée
 - Portance sur un cylindre tournant
 - Traînée de forme
- 10. Ailes & voiles
 - Circulation induite par couche limite
 - Tourbillons marginaux
 - Comment dimensionner un foil et régler une voile ?
- 11. Ondes de surface
 - Relation de dispersion
 - Vitesse de phase / vitesse de groupe
 - Des ronds dans l'eau
 - Déferlement
 - Vent sur la mer : instabilité de Kelvin-Helmoltz

Fonctionnement

Ce cours est basé sur une pédagogique par exercices qui, idéalement, permet une participation active des étudiants. Après une **introduction sur l'équation fondamentale** de la mécanique des fluides, nous illustrons progressivement **les différents régimes d'écoulement sous forme d'exercices**.

Supports Bibliographie

Les différents supports sont disponibles sur le blog suivant:
<https://blog.espci.fr/mecaflu/>

 valuation

Examen final écrit

Responsables : Mathilde Reyssat

Équipe pédagogique: Nicolas Brémond, Zorana Zervavcic, Matteo Ciccotti

| TP : 37.5h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale.
- AA2. réaliser des mesures mécaniques dans le respect des normes HSE et règles d'éthiques de l'ingénieur (cahier de laboratoire, fiabilité des résultats).
- AA3. utiliser les appareils et les techniques de mesure en laboratoire dans le domaine de la mécanique du solide et des fluides.
- AA4. exploiter des logiciels d'acquisition et d'analyse de données avec un esprit critique.
- AA5. interpréter des données expérimentales pour envisager leur modélisation.
- AA6. valider un modèle par comparaison de ses prévisions aux résultats expérimentaux et apprécier ses limites de validité.
- AA7. identifier les sources d'erreur pour calculer l'incertitude sur un résultat expérimental.
- AA8. synthétiser, interpréter et restituer ses résultats expérimentaux.

Contenu

5 expériences tirées au sort parmi les thèmes :

1. Sédimentation / fluidisation

- Lit fluidisé : fluidisation d'un lit de particules par un écoulement ascendant, puis sédimentation (petit nombre de Reynolds)
- Billes et bulles : ascension de bulles dans un bain en milieu libre ou confiné, bulles toriques; comparaison avec la chute de particules (grand nombre de Reynolds)

2. Champs de vitesse

- Panache thermique: mesure d'un champ de vitesse par PIV (Particle Image Velocimetry) dans un écoulement convectif.
- Vagues : étude de la propagation de vagues sur une cuve, visualisation du champ de vitesses.
- Feuilles dans le vent : mesure d'un champ de vitesses derrière un obstacle par anémométrie à fil chaud. Mesure du coefficient de traînée d'un objet déformé par l'écoulement.
- Sillage derrière un obstacle (expérience) : mesure d'un champ de vitesses par LDA (Laser Doppler Anemometry). Mesure du seuil d'instabilité de l'écoulement et de la fréquence des oscillations.
- Sillage derrière un obstacle (numérique) : simulation numérique par éléments finis (logiciel FreeFem++) de l'instabilité du sillage d'un écoulement derrière un obstacle. Taux de croissance, amplitude et fréquence des oscillations.

3. Mouillage, tensiométrie, physico-chimie

- Capillarité: Imprégnation capillaire, dépôt de film.
- Impacts : étude par vidéo rapide de l'impact de gouttes sur des surfaces de mouillabilités différentes.

Supports Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusion et viscosité: étude grâce à des dispositifs microfluidiques de la dispersion de colorant dans un écoulement, mesure d'une viscosité inconnue. <p>4. Matériaux granulaires Avalanches : Étude de l'écoulement d'un milieu granulaire sec sur un plan incliné. Débit de grains dans un silo.</p> <p>5. Mécanique du solide</p> <ul style="list-style-type: none"> • Scotch : Mise en évidence du comportement élastoviscoplastique d'un film de polymère (ruban de scotch) au moyen d'une machine de traction. • Fissures: Étude par photoélasticité des contraintes en tête d'une fissure. • Vibrations : modes de vibration d'une poutre encastree, fréquence de résonance au seuil de flambage, atténuation viscoélastique. • Radeaux de bulles : Étude de défauts cristallins sur des radeaux de bulles modèles.
---------------------------	--

Supports Bibliographie	Énoncés et supports pédagogiques disponibles sur : https://blog.espci.fr/mecaflu/travaux-pratiques/
---------------------------	--

Évaluation	Cahier de laboratoire (1/3) et 2 comptes-rendus par binôme tirés au sort (2/3)
------------	--

<p>UE Physique de la Matière Molle <i>Soft Matter Physics</i></p>	<p>SEMESTRE 8</p>  <p>UE PMM</p>
<p>41h - 3 ECTS</p>	

Présentation

L'objectif du cours **Colloïdes (PMM-COL)** est de présenter les principales classes de colloïdes, de discuter des différentes interactions structurants ces systèmes et d'étudier les principales stratégies de stabilisation et/ou de déstabilisation de ces "phases colloïdales". Les Colloïdes sont des. Les colloïdes correspondent à un état très divisé de la matière (objets de taille intermédiaire (mésoscopique), comprise entre 10^{-8} m et 10^{-6} m) où le rôle des interfaces est prédominant. De tels systèmes sont très courants dans la vie de tous les jours (aérosols liquides ou solides, mousses, mayonnaise, crèmes cosmétiques, peintures, boues de forage, précurseurs de catalyseurs ou de céramiques). Le champ d'application industriel de ces systèmes est extrêmement diversifié et se caractérise par un couplage étroit entre synthèse, formulation et fonctionnalisation du produit. Les systèmes colloïdaux sont en général des systèmes relativement instables ou l'on observe un équilibre précaire entre différentes forces antagonistes.

Le cours **d'Introduction à la Physique des Polymères (PMM-IPP)** traite de l'étude des propriétés **physiques des polymères par une approche de physique statistique qui s'appuie en grande partie sur une compréhension intuitive des phénomènes**. L'objectif est de donner aux étudiants une bonne intuition des propriétés physiques de ces systèmes, en insistant sur les échelles de longueur importantes et des échelles de temps impliquées dans les matériaux polymères.

Semestre	Programme
S8	PMM-COL Colloïdes PMM-IPP Initiation à la Physique des Polymères

Pré-requis

Relation contrainte- déformation des solides visco-élastiques ; définition de l'entropie, énergie interne ; description statistique d'une marche aléatoire ; interactions courte portée : VdW, H, etc.; conformation et configuration d'une chaîne polymère ; thermodynamique des mélanges binaires.

Validation de l'UE

Moyenne pondérée : PMM-COL 50%, PMM-IPP 50%

Compétences visées par l'UE

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

Responsable : Jérôme Bibette

| cours : 17h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

AA1. identifier et décrire les principales classes de colloïdes.

AA2. expliquer et justifier les interactions mises en jeu dans la structuration des colloïdes.

AA3. imaginer une ou des stratégies de stabilisation et/ou de déstabilisation.

AA4. sélectionner une stratégie adaptée au contexte de l'application.

Contenu

1. Systèmes à l'équilibre
 - Introduction générale à l'état condensé liquide
 - Les interactions moléculaires
 - Les liquides purs et diagramme de phases
 - Solution de molécules amphiphiles
 - Tension superficielle et interfaciales des solutions
 - Mouillage et détergence

2. États métastables
 - Dispersions
 - Emulsions
 - Gels

Liens avec d'autres cours

Ce cours s'appuie et utilise l'acquis d'autres enseignements de l'école dont il fournit des exemples d'application. Il permet d'introduire certains problèmes rencontrés dans les domaines des matériaux, de la chimie de spécialités, de la pharmacie, des cosmétiques, des peintures et revêtements, des liants hydrauliques.

Évaluation

Examen final écrit

Responsables : Kari Dalnoki-Veress, Hélène Montes

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

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. utiliser les concepts fondamentaux qui expliquent les propriétés structurales et dynamiques des polymères en solution et en masse.
- AA2. relier les propriétés mécaniques macroscopiques des matériaux polymères aux paramètres structuraux (longueur et conformation des chaînes polymères,) et physico chimiques (solvant, température).
- AA3. relier les mécanismes dynamiques fondamentaux à l'échelle microscopique aux propriétés rhéologiques macroscopiques des matériaux polymères.
- AA4. analyser le comportement mécanique d'un matériau polymère dans une situation expérimentale en relation avec les échelles de temps mises en jeu.
- AA5. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse.

Contenu	<p>Cours</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Entropie des chaînes polymères (en relation avec UE PSA, S6) <ul style="list-style-type: none"> • Dimensions intrinsèques d'une chaîne polymère (idéale, réelle, chaîne étirée/chaîne confinée, mesure de sa taille par diffusion de rayonnement) • Mélanges polymères et solutions de polymères (énergie libre d'un mélange binaire) • Elasticité caoutchoutique (modèle du réseau affine et ses limites, propriétés de gonflement) 2. Dynamique des changements conformationnels <ul style="list-style-type: none"> • Énergie thermique vs énergie des interactions faibles (Van der Waals, liaisons H...) • Temps d'observation versus temps des changements conformationnels • Echelles de longueurs : i) diffusion des chaînes ; ii) transition vitreuse; iii) temps caractéristiques de réarrangement d'une chaîne et sollicitation mécanique (module mécanique $E(T, t)$, viscoélasticité et équivalence temps-température (loi WLF)) <p>Préceptorats</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensions d'une chaîne : conformations et propriétés en solution • Transition vitreuse • Elasticité caoutchoutique
Liens avec d'autres cours	Physique statistique appliquée (S5-PSA-PSA), Mécanique des solides et des matériaux II (S8-SIM2-MSM2) et Matériaux cristallisés (S7-MATC-MC).
Supports Bibliographie	Polymer Physics (R.Colby. M. Rubinstein)
Évaluation	Examen final en anglais : Questions de cours (10) 50% Problèmes courts (5) 50%

UE Sciences du Vivant II <i>Life Sciences II</i>	SEMESTRE 8  UE SV2
50h - 4 ECTS	

Présentation

Le cours de Physiologie (SV2-PHY) et les travaux pratiques (SV2-TPPHY) présentent les notions fondamentales de physiologie centrée sur la neurophysiologie, en s'appuyant es notions de biologie moléculaire et cellulaire présentées en première année (S6-SV1). Différents systèmes physiologiques seront étudiés avec pour but d'introduire les applications actuelles et émergentes en bio-ingénierie.

Semestre	Programme	
S7	SV2-PHYS	Physiologie
	SV2-TPPHYS	Travaux Pratiques de Physiologie

Pré-requis

Connaissances de base en biologie.

Validation de l'UE

Moyenne pondérée : SV2-PHYS 50%, SV2-TPPHYS 50%

Compétences visées par l'UE

SV2-PHYS	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Ex	I	I					I							
AA2.	Ex	II						II							
AA3.	Ex	III	I						I				I		I
AA4.	Ex, prec	III											III		
AA5.	Ex, prec	III	III												
AA6.	Ex, prec	II													
AA7.	Ex, prec	III											II		
SV2-TPPHYS	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	CR, part.	III	III												
AA2.	CR, part.	III	III												
AA3.	CR, part.					I									
AA4.	CR, part.	III	III	I		I			III				I	I	
AA5.	CR, part.		II										II		
AA6.	CR, part.	II	II												
AA7.	CR, part.		II												
AA8.	CR, part.	III	III												
AA9.	CR, part.	III	III							I			II		

Ex : Examen écrit, prec : Préceptorat, CR : Compte-rendu, Part : Participation

Responsable : Gisella Vetere, Thierry Gallopin

| cours : 14h | préceptorats : 6h | langue du cours :   |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. décrire dans leurs grandes lignes les systèmes physiologiques étudiés (neuro-endocrinien et cardio-vasculaire, notamment), et leur intégration au sein de l'organisme.
- AA2. comprendre, reconnaître et appliquer le principe d'homéostasie, au niveau d'une cellule, d'un tissu ou de l'organisme.
- AA3. Appliquer les concepts de base de la physiologie pour l'ingénierie de produits destinés aux applications médicales ou scientifiques (à travers des exemples concrets) ; Comment développer de nouvelles applications en bioingénierie en utilisant les paramètres physiologiques développés dans le cours.
- AA4. analyser un article de biologie en anglais, avec un regard critique.
- 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. observer et interpréter les phénomènes expérimentaux en mobilisant ses connaissances et en s'appuyant sur les ressources documentaires.

Contenu

Cours/TD

Au niveau de l'organisme, nous nous intéresserons plus en détail à quatre grands systèmes ou fonctions : le système nerveux et le système endocrinien (et leurs interactions), le système cardio-vasculaire et le sommeil.

Plan général du cours :

1. La physiologie : de la molécule à l'organisme dans son environnement
2. Introduction à la communication intercellulaire
3. Introduction au système cardio-vasculaire
4. Introduction au système nerveux et ses fonctions cognitives
5. Les différents états de conscience : sommeil et état éveillé.
6. Mémoire et plasticité
7. **Développement d'applicatifs en bioingénierie** basées sur la neurophysiologie (interface cerveau-machine).

Préceptorats

Étude d'articles scientifiques sur les thèmes suivants :

1. Utilisation de techniques novatrices pour l'étude des Neurosciences (optogénétique, imagerie sensible au potentiel, imagerie ultrasonore hyper-rapide). Chaque tuteur choisit un de ces articles.
2. Etude des mécanismes à l'origine des alternances veille/sommeil par optogénétique.
3. Article de Neurosciences (portant sur les altérations cérébrales associées à la maladie d'Alzheimer) en transversalité avec la RMN

Travail en autonomie	<p>Objectifs : utiliser les notions issues du cours pour aller au-delà des simples applications élémentaires</p> <p>Méthodes : préparation des préceptorats</p>
Supports Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> • Polycopié et supports de cours • Gerard Tortora and Bryan Derrickson. <i>Principles of Anatomy and Physiology</i>, 14th edition. 2014: Wiley. Chapters 1, 3, 12, 14, 17,19, 20, 23 • Dale Purves and coll. <i>Neuroscience</i>, 5th edition. 2011: Sinauer Associates. French translation of the 4th edition (2007): <i>Neurosciences</i>. D. Purves and coll. 2011: Editions De Boeck. • Mark Bear, Barry Connors et al. <i>Neuroscience (Exploring the Brain)</i>.
Évaluation	<p>Examen écrit comprenant questions de cours (50%) et analyse de figures tirées d'un article scientifique (50%)</p> <p>Préceptorats : appréciation de la qualité de la copie rendue et de la participation pendant la séance.</p>

Responsable : Thierry Gallopin

Équipe pédagogique : Sophie Pezet, Thierry Gallopin, Gisella Vetere

| TP : 30h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. enregistrer et analyser un signal biologique (ECG, EEG, OEA, PEA).
- AA2. Initiation aux variabilités des données biologiques. Identifier les variantes de la normale ; repérer les anomalies/aberrations. Savoir optimiser le ratio signal sur bruit.
- AA3. **Sensibilisation à l'expérimentation animale.**
- AA4. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse
- AA5. travailler en groupe.
- AA6. utiliser les appareils et les techniques de mesure en laboratoire dans le domaine de...
- AA7. exploiter des logiciels d'acquisition et d'analyse de données avec un esprit critique.
- AA8. observer et interpréter les phénomènes expérimentaux en mobilisant ses connaissances et en s'appuyant sur les ressources documentaires.
- AA9. synthétiser, interpréter et restituer ses résultats expérimentaux.

Contenu	Thématiques proposées : <ol style="list-style-type: none"> 1. Etude de l'activité cardiaque chez l'homme par l'électrocardiogramme (ECG) 2. Etude de la régulation de la glycémie 3. Etude du système sensoriel auditif chez l'homme 4. Modélisation de l'activité électrique d'une cellule nerveuse 5. Analyse de signaux EEG chez la souris et l'homme éveillés/endormis. 6. A
Fonctionnement	Une demi-journée par thématique, 8 séances en tout.
Supports Bibliographie	<i>Neurosciences</i> (D. Purves et al., éditions De bock) <i>Introduction à la physiologie</i> (B. Calvino, éditions Belin Sup) Maitriser l'ECG : De la théorie à la clinique (A. Houghton. Editions Elsevier, Masson).
Évaluation	Compte-rendu (un par binôme) rédigé à la maison

UE Chimie IV <i>Chemistry IV</i>	SEMESTRE 8  UE CH4
76,25h - 5 ECTS	

Présentation

Le cours de Chimie et Matériaux Inorganiques (CH4-CMI) étudie des applications utilisant des matériaux ayant des propriétés optiques, magnétiques, électroniques ou catalytiques spécifiques. A travers ces exemples, les concepts fondamentaux de la chimie inorganique sont exposés. Les aspects moléculaires et collectifs sont traités parallèlement. Les progrès réalisés en chimie de synthèse et dans la compréhension des propriétés permettent le développement de nouveaux matériaux et de nouvelles applications. Les Travaux Pratiques de CMI (CH4-TPCMI) permettent d'approfondir les notions fondamentales tout en démontrant l'utilité de la chimie et des matériaux inorganiques dans des applications modernes et parfois quotidiennes.

Semestre	Programme
S8	CH4-CMI Chimie et Matériaux Inorganiques CH4-TPCMI Travaux Pratiques de Chimie et Matériaux Inorganiques

Pré-requis

Fondamentaux de chimie analytique (chimie des solutions, pH et complexes, oxydo-réduction), synthèse chimique, cristallographie, spectroscopies (S6-CH2-ICO).

Validation de l'UE

Moyenne pondérée : CH4-CMI 50%, CH4-TPCMI 50%

Compétences visées par l'UE

CH4-CMI	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1	Ex, prec, QCM	II	II					II							
AA2	Ex, prec	II	II					II							
AA3	Ex		II							II					
AA4	Ex, prec, QCM	II						II							
AA5	Ex	II	II					II							
AA6	Ex, prec, QCM		III												
AA7	Ex, prec		III										II		II
CH4-TPCMI	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1	Part, pubA, cahier		III			II			III						
AA2	Part, pubA		III						III						II
AA3	Part, pubA		III												II
AA4	Part, pubA, doc	III	III						III	III			II		II
AA5	Part, pubA				II	II									
AA6	part				II										
AA7	pubA, doc	II		II	II	II	II								

Ex : examen, prec : Préceptorats, Part : participation, pubA : Compte-rendu sous forme de publication en anglais, doc : utilisation des articles fournis

Responsables : Sophie Norvez, Corinne Soulié-Ziakovic

| cours : 23h | TD : 4h | préceptorats : 8h | langue du cours : 

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. identifier et utiliser les concepts fondamentaux qui expliquent la réactivité et les propriétés des complexes des métaux de transition (échelle moléculaire) et des matériaux inorganiques (échelle réseau cristallin).
- AA2. analyser les actes élémentaires de mécanismes réactionnels des complexes de métaux de transition et des complexes organométalliques.
- AA3. construire un cycle catalytique.
- AA4. relier les propriétés macroscopiques à la structure des complexes des métaux de transition et à celle des matériaux inorganiques.
- AA5. analyser et justifier les paramètres limitatifs des propriétés des matériaux inorganiques, proposer des solutions.
- AA6. mobiliser ses connaissances pour analyser les résultats d'une mesure.
- AA7. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème complexe et/ou transverse.

Contenu	<p>Cours/TD</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Propriétés optiques <ul style="list-style-type: none"> • Champ cristallin et pierres précieuses • Luminescence et lasers 2. Propriétés électroniques <ul style="list-style-type: none"> • Transfert de charge et diode électroluminescente • Défauts cristallins et photographie argentique • Semiconducteurs et jonctions p-n 3. Propriétés magnétiques <ul style="list-style-type: none"> • Magnétisme moléculaire et bleu de Prusse • Lanthanides 4. Synthèse et réactivité <ul style="list-style-type: none"> • Chimie douce et polymérisation inorganique • Chimie de substitution vs chimie de transfert électronique • Isoméries et caractérisations • Chimie organométallique et cycles catalytiques <p>Préceptorats</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Diagrammes de Tanabe-Sugano 2. Lanthanides et luminescence 3. Chimie organométallique et catalyse 4. Identification des Composés Inorganiques
---------	---

Travail en autonomie	<p>Objectifs : utiliser les notions issues du pour aller au-delà des simples applications élémentaires</p> <p>Méthodes : Préparation de préceptorats</p>
----------------------	--

Supports Bibliographie	<p>Polycopiés et supports de cours</p> <p>Énoncés de TD et préceptorats</p>
------------------------	---

Évaluation

Examen final écrit (partie B, résolution d'un problème complexe) 60%
Post-requis de TP (partie A, QCM) 40%

Responsables : Sophie Norvez, Corinne Soulié-Ziakovic

| TP : 41,25h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. adapter les techniques expérimentales de synthèse des complexes de métaux de transition et des matériaux inorganiques dans le respect des normes HSE et règles d'éthiques de l'ingénieur (cahier de laboratoire, fiabilité des résultats).
- AA2. choisir les techniques de caractérisation adaptées aux produits synthétisés (molécules ou matériaux) ou aux propriétés à mettre en évidence.
- AA3. adapter les méthodes de mise en forme au matériau utilisé et à l'application visée.
- AA4. observer et interpréter les phénomènes expérimentaux en mobilisant ses connaissances et en s'appuyant sur les ressources documentaires.
- AA5. travailler en groupe.
- AA6. être autonome et organiser son travail en laboratoire.
- AA7. synthétiser et restituer ses résultats expérimentaux sous forme d'une publication en anglais.

Contenu	<p>Quatre sujets sont proposés en relation directe avec le cours.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Théorie du champ de ligands : arc-en-ciel de cobalt ; alcooltest complexe; mordantage 2. Gel de V_2O_5 : chimie douce; cellule électrochrome; plaque semiconductrice 3. Photographie : cyanotype, bleu de Prusse, vitrage électrochrome 4. Luminescence : fabrication d'une diode électroluminescente avec $[Ru(bpy)_3]^{2+}$ (OLED) et synthèse d'un luminophore $Y_2O_3:Eu$ 								
Supports Bibliographie	<p>Énoncés de TP, photocopiés de cours, TD et préceptorats</p> <p>Sélection d'articles de recherche pour chaque thème</p>								
Évaluation	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Travail expérimental (manipulation, organisation, compréhension)</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">40%</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Cahier de laboratoire</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">10%</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Compte-rendu (article en anglais d'une manipulation)</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">30%</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Pré-requis (QCM)</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">20%</td> </tr> </table>	Travail expérimental (manipulation, organisation, compréhension)	40%	Cahier de laboratoire	10%	Compte-rendu (article en anglais d'une manipulation)	30%	Pré-requis (QCM)	20%
Travail expérimental (manipulation, organisation, compréhension)	40%								
Cahier de laboratoire	10%								
Compte-rendu (article en anglais d'une manipulation)	30%								
Pré-requis (QCM)	20%								

UE Deep Learning <i>Deep Learning</i>	SEMESTRE 8  UE DL
19.5h - 1 ECTS	

Responsables : Alexandre Allauzen

|cours : 12h | TP : 7.5h | langue du cours : ■ ■ |

Présentation

Ce cours est une introduction au Deep Learning ou plus précisément à l'apprentissage machine supervisé à l'aide de réseaux de neurones artificiels. L'apprentissage machine supervisé consiste à « apprendre » une fonction permettant d'associer à une entrée complexe (par ex. une image, un ensemble de signaux issus de différents capteurs, un son ou un texte) des connaissances (par ex. catégoriser le contenu de l'image, identifier une personne ou type d'objet, prédire une grandeur physique ou des caractéristiques de l'objet). La particularité de l'apprentissage machine est que cette fonction est « apprise » à partir des exemples d'entrées/sorties et non construite à partir de connaissance experte.

L'apprentissage machine est désormais omniprésent dans les métiers de l'ingénieur et dans nos vies quotidiennes. Les réseaux de neurones artificiels constituent une manière d'aborder l'apprentissage machine qui est aujourd'hui la plus utilisée et la plus efficace. L'objectif de ce cours est d'acquérir les connaissances et le savoir faire élémentaires pour intégrer ce type d'approche dans son futur métier et de maîtriser les bases théoriques afin de pouvoir suivre les évolutions rapides du domaines.

Semestre	Programme
S8	DL Deep Learning

Pré-requis

Bases de la programmation (S5-MMN1-PYTHON) et le cours de Statistique Appliquée (MMN2-STAP)

Liens avec d'autres cours

Statistique Appliquée (MMN2-STAP), Statistical Learning (3A)

Validation de l'UE

Moyenne pondérée : DL 100%

Compétences visées par l'UE

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

CR : Compte-rendu de TP

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

- AA1. Identifier les étapes indispensables à l'apprentissage et l'inférence des réseaux de neurones profonds.
- AA2. Concevoir une chaîne de traitement allant des données à l'apprentissage d'un réseau de neurones profond.
- AA3. Construire le cadre logiciel permettant la mise en place d'un cadre expérimental.
- AA4. Distinguer les difficultés liées à l'apprentissage machine.
- AA5. Évaluer les résultats obtenus, identifier les limites de l'approche.

Contenu	Partant des limites de la régression logistique, le cours introduit la modélisation non-linéaire de données au travers des réseaux de neurones artificiels. Le cours aborde les points suivants : Architecture « feed-forward » Algorithme d'apprentissage à partir de données Les bonnes pratiques en apprentissage machine Les outils logiciels nécessaires Les séances de TP se feront en PYTHON à l'aide de la bibliothèque pytorch
Supports Bibliographie	Support de cours et énoncés de TP
Évaluation	Rapport de TP (60%) et compte-rendu d'expérience (40%)

<p>UE Sciences Humaines et Sociales - Culture Générale II <i>Humanities & Social Sciences - General Knowledge II</i></p>	<p>SEMESTRE 8</p>  <p>UE SHSCG2</p>
51h - 3 ECTS	

Présentation

Le module Histoire des Sciences et Technologies en Société (SHSCG2-HSTS), à l'interface entre les sciences de la nature (dites « dures ») et les sciences humaines et sociales, a pour objectif de faire réfléchir les élèves ingénieurs sur la co-construction des sciences (et technologies) et du social.

Son objectif pédagogique est de contribuer à former des futurs diplômés qui n'aient pas une vision naïve des sciences et des technologies, et qui aient une conscience professionnelle (et personnelle) ouverte aux causes et aux conséquences des pratiques scientifiques et des innovations technologiques. Il s'agit donc, pour les enseignants de cette semaine, d'aider les élèves à prendre du recul sur les sciences et les technologies. A l'issue de ce module d'enseignement, nous attendons des élèves-ingénieurs qu'ils aient acquis des connaissances leur permettant de porter un regard plus lucide et plus riche sur la place des sciences et des technologies dans les sociétés passées et contemporaines.

Pendant les Semaines PSL (SHSCG2-PSL2), plusieurs établissements de PSL se regroupent pour **proposer une offre mutualisée de cours. Ces semaines permettent d'acquérir de nouvelles connaissances dans le domaine scientifique, de découvrir de nouvelles disciplines en lien avec les Sciences Humaines et sociales, l'entrepreneuriat ou l'économie.**

Semestre	Programme
S8	SHSCG2-HSTS Histoire des Sciences et des Technologies en Société SHSCG2-PSL2 Semaine PSL II

Validation de l'UE

Moyenne pondérée : SHSCG2-HSTS 100%, SHSCG2-PSL2 validé/non validé

Compétences visées par l'UE

SHSCG2-HSTS	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Ex, Part			II		II						II		II	II
AA2.	Ex, Part	II										II		II	II
AA3.	Ex	III		II		II						II		II	II
AA4.	Ex, Part	II		II		II						II		II	II
AA5.	Ex	III		II								II		II	III
AA6.	Ex	II		II								II		II	II

Ex : examen, Part : participation

Responsable : Emanuel Bertrand

| cours : 27h | langue du cours :  |

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

Au terme de cette semaine, l'étudiant sera capable de :

- AA1. identifier et analyser les enjeux sociaux, sociétaux et politiques liés aux innovations technologiques.
- AA2. **argumenter à propos de l'influence du contexte social et historique sur des découvertes scientifiques ou des innovations technologiques.**
- AA3. distinguer les enjeux scientifiques et les enjeux sociaux/politiques dans le cadre **d'une controverse sociotechnique.**
- AA4. évaluer la place des controverses scientifiques et sociotechniques dans les sociétés passées ou contemporaines.
- AA5. mobiliser ses connaissances pour analyser une situation complexe.
- AA6. mobiliser ses connaissances pour rédiger une note de synthèse.

Contenu

Liste (non exhaustive) des thématiques abordées :

- Qu'est-ce que « la science » ? Qu'est-ce qu'une « preuve » scientifique ? Qu'est-ce que la « vérité » scientifique ? Illustration avec le cas de Hertz et de la propagation des ondes électromagnétiques (Emanuel Bertrand, ESPCI Paris).
- Quelle est l'influence du contexte social et politique sur l'établissement d'un énoncé scientifique ? Un exemple de controverse scientifique en société : Pasteur contre Pouchet (Emanuel Bertrand, ESPCI Paris).
- Une histoire de l'anatomie, ou des constructions savantes du corps (de la Renaissance au XIXe siècle) (Rafael Mandressi, CNRS).
- Sciences et savoirs de la première modernité : les échelles du monde (Antonella Romano, EHESS).
- Histoire de la biodiversité et de la valorisation des ressources biologiques (Valérie Boisvert, Université de Lausanne).
- Sciences versus lettres : retour sur un inconscient d'école (Wolf Feuerhahn, CNRS).
- Publication scientifique, revue par les pairs et fraude académique (Charlotte Bigg, CNRS)
- **L'industrie nucléaire civile française et son gouvernement (Sezin Topçu, CNRS).**

Fonctionnement

Ce module se déroule pendant une semaine dédiée, et est constitué par des interventions de 3 heures chacune. Chaque intervention aborde une thématique fondamentale, et actuellement très présente dans les recherches contemporaines en histoire et sociologie des sciences et des technologies. Les intervenants sont des chercheurs et enseignants-chercheurs reconnus du domaine concerné.

Supports
Bibliographie

Bibliographie générale indicative :
Dominique Pestre, *Introduction aux Science Studies*, 2006, Paris, La Découverte.
Dominique Pestre (dir.), *Histoire des sciences et des savoirs* (3 tomes), 2015, Paris, Le Seuil.

Évaluation

Examen final écrit (1h30)

Responsable coordination : Corinne Soulié-Ziakovic

| cours : 24h | langue du cours :   |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

Cette semaine permet d'acquérir de nouvelles connaissances dans le domaine scientifique, de découvrir de nouvelles disciplines en lien avec les Sciences Humaines et sociales, l'entrepreneuriat ou l'économie.

Catalogue

www.pslweek.fr

- Le temps (ESPCI Paris)
- Nouvelles perspectives pour la transition environnementale (ESPCI Paris)
- « Introduction aux matériaux quantiques (ESPCI Paris)
- ...

Fonctionnement Inscription obligatoire à l'un des modules

Supports Selon module
Bibliographie

Évaluation Selon le module

UE Communication II <i>Communication II</i>	SEMESTRE 8  UE COMM2
25,5h - 2 ECTS	

Présentation

Les PSE sont un module d'enseignement interdisciplinaire développé sur les semestres 6, 7 et 8. Le but de ce module est de réaliser des projets expérimentaux. Le fonctionnement est proche de celui d'un "hacklab". Les projets portent sur l'ensemble des disciplines enseignées à l'école : la physique, la chimie et la biologie... Certains projets sont transdisciplinaires. Les projets sont tous différents et renouvelés chaque année. Une trentaine de projets sont développés chaque année par l'ensemble de la promotion.

Lors de ces projets les élèves apprennent à mener des projets en équipe et également à communiquer dessus sous plusieurs formats (présentation, affiche, vidéo). Cette dernière composante est essentielle dans le module. A ce titre ce module est lié au module Communication Orale (S8-COMM2-COMOR)

Semestre	Programme
S8	COMM2-PSE3 Projet Scientifique en Equipe III COMM2-COMOR Communication Orale

Pré-requis

Restitution des études réalisées dans les modules S6-INREC-PSE1 et S7-GP-PSE2.

Validation

COMM2-PSE3 100% - COMM2-COMOR validation

Compétences visées par l'UE

COMM-PSE3	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Part	III	III						III		II	II		II	I
AA2.	Part				II		II				II				I
AA3.	Part				II				III	III			II		I
AA4.	Part	III	III					II			II	II	II		
AA5.	Part	III	III												
AA6.	Part	III	III						II				II		
AA7.	Part	III	III												
AA8.	Part	III	III						III						
AA9.	Part	III	III								II	II			
AA10.	MOOC,Pres	II	II								II				I
COMM-COMOR	Eval	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
AA1.	Oral				III	II									III

Part : participation, Pres : présentation, MOOC : vidéo de présentation des résultats.

Responsables : Emmanuel Fort, Maxime Ardré, Yvette Tran

Équipe pédagogique : Philippe Nghe, Pascale Dupuis-Williams, Antonin Eddi, André Klarsfeld, Lea-Laetitia Pontani, Emilie Verneuil, Raymond Even, Suzie Protière, Jean-Baptiste d'Espinose, Amandine Guérinot, Thomas Aubineau, Justine Laurent, Matthew Deyell

| TP : 22,5h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

- AA1. mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème expérimental complexe.
- AA2. travailler en groupe.
- AA3. organiser son travail afin d'atteindre l'objectif visé.
- AA4. identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale.
- AA5. utiliser des appareils et techniques de mesures performants dans le domaine du projet.
- AA6. exploiter et interpréter des données expérimentales pour envisager leur modélisation.
- AA7. exploiter des logiciels d'acquisition et d'analyse de données avec un esprit critique.
- AA8. identifier les sources d'erreurs pour calculer l'incertitude sur un résultat expérimental.
- AA9. manipuler les concepts scientifiques dans un contexte expérimental.
- AA10. communiquer vers un public de non spécialistes.

Contenu

Les grandes lignes de fonctionnement pour du module de PSE sont :

- Ce module expérimental aborde de façon transverse les différentes disciplines physique, chimie, biologie ou projets transdisciplinaires.
- **Cet enseignement s'étend sur une trentaine de séances d'une demi-journée** durant un an (1/3 en S6, S7 et S8 respectivement).
- Les sujets sont proposés soit par les enseignants, soit par les élèves eux-mêmes. Des groupes de trois élèves se forment par affinité et choisissent **un des sujets proposés. Le groupe chargé d'un projet s'y attache pendant toute la durée du module.**
- Les PSE se déroulent dans des locaux spécifiques afin de conserver les expériences montées. Les élèves ont accès à des équipements scientifiques pour leur permettre de réaliser leur projet ainsi qu'à un atelier service de mécanique. Un budget est alloué pour l'achat de fonctionnements spécifiques.
- Les projets sont renouvelés systématiquement chaque année et tous les projets sont différents.
- Les élèves doivent à chaque fin de semestre présenter à l'ensemble de la promotion leurs projets. Ils doivent également communiquer vers l'extérieur sous forme d'une vidéo (MOOC Expérimental) qui est diffusée en ligne.

Travail en autonomie

Objectifs : Formation par la recherche expérimentale, réalisation de montage expérimentaux et de protocoles originaux, analyse

	critique des résultats, apprentissage de la gestion de projet, communication sur l'avancement et des résultats obtenus. Méthodes : Réalisations d'expériences et mise au point de protocoles et méthodes expérimentaux. Production de présentation, d'affiches et de vidéo.
Supports Bibliographie	Documents fournis (articles, liens vers des sites internet,...) en début de PSE , recherche bibliographique autonome, discussions avec chercheurs et enseignants.
Évaluation	Vidéo + Méthodes et Protocoles + Figures à mettre en ligne (MOOC) 35% Présentation (Prés) 15% Participation et investissement personnel en séances (Part) 50%

S8 – COMM2 – COMOR	Communication Orale
---------------------------	---------------------

Responsables : Clément Probst

| TD : 3h | langue du cours :  |

Objectifs / Compétences visées par l'EC

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

AA1. communiquer vers un public de non spécialistes son travail et résultats des PSE

UE Anglais IV <i>English IV</i>	SEMESTRE 8  UE ANG4
28h - 2 ECTS	

Responsable : Daria Moreau

| TD : 28h | langue du cours :  |

Présentation

Les cours d'anglais ont pour objectif d'améliorer les compétences en anglais et d'enseigner l'autonomie linguistique afin de préparer les étudiants à utiliser l'anglais technique et scientifique dans un contexte professionnel international et interculturel. Il s'agit de cours thématiques qui ont pour but d'apprendre aux étudiants à travailler en anglais sur un sujet choisi et d'approfondir les connaissances interculturelles. 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
S8	Ang4 28h, 2 ECTS

Pré-requis

B2 de la grille du CECRL

Evaluation

Validation des 5 compétences (la grille du CECRL) au moins au niveau B2/C1 par :

- des examens à la fin de chaque semestre et des contrôles continus (EX, PO,CC)
- le travail personnel (P),
- la connaissance de la culture et la communication interculturelle et la médiation (CC),
- la motivation (Part),
- la participation aux cours (Part),
- l'**assiduité** (Part).

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.	CC				II		III								
AA3.	Ex, CC						III								
AA4.	CC						III					III	III		
AA5.	CC, PO						III						III		

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

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

- AA6. identifier rapidement des sources de stages ou d'emplois, analyser et synthétiser les attentes des employeurs et répondre en anglais aux offres de stages de son choix en rédigeant une lettre de motivation et / ou un CV vidéo, en tenant compte des particularités culturelles d'un pays anglophone.
- AA7. appliquer ses connaissances approfondies de la grammaire et du vocabulaire thématique et scientifique en communiquant parfaitement en anglais écrit et oral dans une situation professionnelle au sein d'une entreprise multiculturelle.
- AA8. analyser la structure du test TOEIC et développer sa stratégie personnelle pour maximiser son score à l'examen.,
- AA9. synthétiser un texte scientifique ou un document audio, identifier les informations pertinentes et les présenter à un public.
- AA10. argumenter son point de vu dans un débat, une discussion sur un sujet étudié et répondre à des questions factuelles sur le sujet donné.

Contenu	<ul style="list-style-type: none">• analyse des offres de stages dans les pays anglophones et les simulations d'entretiens d'embauche,• écriture de lettres de motivation,• exercices de préparation au TOEIC (un examen blanc du TOEIC aura lieu à la fin de chaque semestre),• connaissance du vocabulaire technique et scientifique,• rédaction de rapports, descriptions, résumés, consignes, descriptions de produits, procédés, analyses de graphiques. Ces rédactions porteront sur un large éventail de sujets,• synthèse et comparaison de véritables documents techniques,• débats approfondis sur les sujet culturel, économique, technique, scientifique, etc.) étudiés pendant les cours,• pratique de la compréhension orale et écrite,• travail collaborative en anglais.
Fonctionnement	Les cours d'anglais sont obligatoires pour tous. Ils se déroulent dans des groupes de niveau établis en début d'année sur la base du test de placement et des évaluations orales. Les cours en classe sont accompagnés d'un "e-learning" adapté et varié (les applications ont pour but de faciliter la lecture en VO ; les activités linguistiques multiples ; l'auto-apprentissage dans le laboratoire de langues).
Supports Bibliographie	Polycopié de cours, articles, journaux, documents audio et vidéo ; exemples des véritables documents.
Évaluation	La progression, les compétences et résultats de l'étudiant 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					

Fait à :

Nom de l'enseignant :

Total points :

Langue Vivante II – Français Langue Etrangère

LV2

Langue Vivante II

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.

Ce cours donne 1 **ECTS/semestre et permet de valider l'UE S10-DEV à l'issue du cursus.**

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"> • l'expression orale en continu et en interaction sur une grande gamme de sujets de la vie quotidienne, professionnelle et sur des sujets relatifs au monde de la langue étudiée, • l'acquisition de la grammaire et du vocabulaire, • l'entraînement régulier à la compréhension orale et écrite au travers de sujets variés, • la rédaction de textes variés, • l'interaction avec un interlocuteur natif, • la compréhension des discours, • l'argumentation à travers l'actualité et les informations, des chansons, des extraits de film.
----------------	--

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'assiduité.</p>
-------------------	---

Compétences visées par l'UE

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								

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.

Ce cours donne 1 ECTS/semestre et permet de valider l'UE S10-DEV à l'issue du cursus.

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.

A l'ESPCI

- Cours de FLE

Pendant l'année scolaire, les étudiants suivent obligatoirement les cours de FLE hebdomadaires dans les groupes correspondant à leur niveau dans le cadre européen commun de référence pour les langues (CECRL).

- Ressources supplémentaires

Des sorties culturelles et gastronomiques sont aussi proposées par PSL Welcome Desk. Les étudiants ont aussi accès à de nombreuses ressources linguistiques et culturelles disponibles sur la plateforme Moodle de l'école.

- Ateliers de FLE

En plus des cours donnés par les enseignants qualifiés en FLE, des ateliers de conversations (1h1/semaine) animés par des étudiants francophones sont proposés pour tous les étudiants internationaux indépendamment de leurs niveaux en FLE. Les ateliers facultatifs composés de 3 étudiants internationaux et un/e étudiant(e) francophone créent un espace de pratique de la langue quotidienne et c'est également un moyen d'intégration.

Afin d'acquérir plus d'aisance à l'oral et de développer une capacité à travailler en groupe, les étudiants internationaux peuvent aussi participer à un groupe de théâtre animé par leurs camarades francophones.

Examen

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 diplômes d'ingénieur.

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

Compétences visées

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		