



# Chimie ParisTech

## SYLLABUS

### 1<sup>ère</sup> ANNÉE DU CYCLE INGÉNIEUR

**La première année** est dévolue à la formation de tronc commun pluridisciplinaire, pour apporter à l'élève-ingénieur un niveau de connaissances scientifiques complet dans le domaine des sciences de la matière et de ses transformations.

L'enseignement comprend des cours de base en mathématiques, physique, informatique, des cours orientés vers les fondements théoriques de la chimie (physicochimie, structure de la matière) et des cours de chimie organique et de chimie analytique. Les cours sont complétés par des travaux pratiques sur une journée destinés à enseigner les gestes de base de la chimie à commencer prioritairement par les règles de sécurité et la gestion des risques.

Les métiers de l'ingénieur sont introduits au travers de cours de management axés sur la découverte du monde de l'entreprise et au second semestre un projet transdisciplinaire permettant aux étudiants d'apprendre à gérer un travail en équipe sur une durée de six mois en sachant rendre compte à un client. En fin d'année, après les derniers examens qui ont lieu début mai, les élèves gèrent des travaux pratiques longs ou des projets en laboratoire de recherche.

### **Semestre 1**

#### **Mathématiques et physique pour l'ingénieur (6 ECTS)**

Mathématiques appliquées pour l'ingénieur  
Physique I : Physique Quantique  
Informatique et programmation

#### **Chimie physique et analytique (6 ECTS)**

Chimie des solutions  
Méthodes séparatives  
Physico-chimie et interfaces  
Formation expérimentale en chimie-physique et analytique

#### **Chimie moléculaire 1 (6 ECTS)**

Groupes Fonctionnels : Synthèse et Réactivité  
Elément de Spectroscopie pour la Chimie Moléculaire  
Risque chimique

#### **Structure de la matière (6 ECTS)**

Chimie du solide  
Cristallographie

#### **Connaissance de l'entreprise, langues et culture 1 (6 ECTS)**

Management Sciences Economiques et Sociales  
Anglais général, scientifique et professionnel

#### **Cours optionnels**

Sport  
Projet de développement personnel  
Langue vivante 2

### **Semestre 2**

#### **Matière et interactions (6 ECTS)**

Liaison chimique  
Physique II : Interaction Rayonnement-Matière  
Formation Expérimentale Interaction Rayonnement Matière

#### **Chimie moléculaire 2 (6 ECTS)**

Groupes fonctionnels: synthèse et réactivité  
Formation expérimentale en chimie moléculaire

#### **Procédés (6 ECTS)**

Génie des procédés  
Formation Expérimentale en génie chimique  
Electrochimie

#### **Gestion de projets (6 ECTS)**

FE Chimie Physique et analytique  
Méthodes numériques  
TP Projets

**Connaissance de l'entreprise, langues et culture 2 (6 ECTS)**

Management et innovation

Anglais scientifique et professionnel

Projet transdisciplinaire

Stage de découverte de l'entreprise

**Cours optionnels**

Sport

Projet de développement personnel

Langue vivante 2

Possibilité de prendre une année césure

**SEMESTRE 1**

<b>1A S1</b>	<b>MH11ES.MAI Mathématiques appliquées pour l'ingénieur</b> <i>Mots clés : algèbre, transformée de Fourier, statistiques</i>				
Responsable : Frédéric Wiame Maître de conférences frederic.wiame@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i>	<i>TD</i> 24 h	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : Examen écrit</i>
<p><b>Descriptif :</b></p> <p>Le cours de mathématiques s'inscrit dans le parcours pédagogique de Chimie Paris en fournissant aux élèves les notions essentielles de mathématiques leur permettant d'appréhender les cours et TP de 1ère année (Physique I : mécanique quantique, Physique II : interaction rayonnement-matière, TP IRM et Matériaux, ...). Il s'agit donc d'un enseignement à but appliqué pour lequel la mise en pratique des notions introduites est primordiale.</p> <p>Le cours se divise en trois parties :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Mathématiques appliquées à la mécanique quantique où l'on introduit la notion d'espace de Hilbert, la notation de Dirac, le calcul des grandeurs dans un espace vectoriel complexe, et leur application dans le cadre de la théorie de la mesure en mécanique quantique.</li> <li>2) Mathématiques appliquées au traitement du signal où l'on discutera de l'utilisation des séries de Fourier et des transformées de Fourier comme outils de traitement et d'analyse.</li> <li>3) Mathématiques appliquées à l'analyse de données où l'on s'intéressera aux notions de probabilités, statistiques et distributions. Des concepts essentiels tels que la moyenne, l'écart-type et la méthode de régression linéaire seront introduits et appliqués aux calculs d'erreurs et à l'analyse de données.</li> </ol>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b></p> <p>A l'issue du cours les étudiants devront être capables :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'utiliser le formalisme de Dirac et le calcul dans un espace de Hilbert dans le cadre d'un problème de physique ou chimie quantique,</li> <li>- d'analyser un signal et de comprendre un procédé de traitement ou de production d'un signal en utilisant les propriétés de la transformation de Fourier et de la distribution de Dirac,</li> <li>- d'évaluer de manière pertinente les incertitudes sur une grandeur mesurée et de comprendre les principes qui sous-tendent les méthodes d'analyse de données.</li> </ul>					
<b>Pré-requis :</b>					
<p><b>Langue du cours :</b> français</p> <p><b>Documents, lien :</b> Poly, diapos, corrigés, questionnaires en ligne <a href="https://coursenligne.chimie-paristech.fr/course/view.php?id=29">https://coursenligne.chimie-paristech.fr/course/view.php?id=29</a></p>					

<b>1A S1</b>	<b>MH11ES.PH1 Physique I : Physique Quantique</b> <i>Mots clés : concepts fondamentaux de la physique quantique, systèmes quantiques modèles</i>				
Responsable : Didier Gourier Professeur, Chimie-ParisTech didier.gourier@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i> 12 h	<i>TD</i> 12 h	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : examen écrit</i>
<p><b>Descriptif :</b>                  Ce cours expose les concepts, postulats et outils de la mécanique quantique, en se concentrant sur ceux indispensables à l'interprétation des propriétés atomiques et moléculaires. Il ne s'agit pas de couvrir tout le champ de la physique quantique mais s'en tenir aux points essentiels aux applications en chimie et en sciences des matériaux. Il est aussi destiné à donner des bases solides pour d'autres enseignements et des approfondissements ultérieurs.</p>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b>                  L'étudiant devra être capable:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'expliciter les différences conceptuelles entre la physique classique et la physique quantique,</li> <li>- de comprendre et savoir le formalisme mathématique de la physique quantique,</li> <li>- d'appliquer les postulats de la physique quantique dans un problème de physique ou de chimie,</li> <li>- de définir les caractéristiques et les propriétés des systèmes modèles,</li> <li>- de ramener un système complexe à un système modèle par le biais d'approximations.</li> </ul>					
<p><b>Pré-requis :</b>                  Mécanique classique et mathématiques niveau Math. Spé. PC ou L2 physique</p>					
<p><b>Langue du cours :</b> français  <b>Documents, lien :</b> <a href="https://coursenligne.chimie-paristech.fr">https://coursenligne.chimie-paristech.fr</a></p>					

<b>1A S1</b>	<b>MH11ES.IP Informatique et programmation</b> <i>Mots clés : programmation, C</i>				
Responsable : Frédéric Labat Maître de Conférences frederic.labat@chimie-paristech.fr					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i>	<i>TD</i> 26 h	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : Evaluation sur ordinateur</i>
<p><b>Descriptif :</b> Ce module vise à former l'élève ingénieur aux concepts de base de la programmation, et de le rendre apte à construire de façon autonome une application en utilisant des algorithmes simples et connus. Le langage de programmation utilisé est le C, langage fondamental dans les domaines industriels et académiques. Celui-ci permet d'introduire des aspects fondamentaux en programmation tels que le choix de représentations appropriées des données en mémoire, les notions de précision numérique, l'exploitation à bon escient des résultats de calculs numériques ou encore la structure ou la logique d'un programme lors de la construction d'une application permettant de répondre à un problème donné. Une attention particulière est portée sur l'efficacité, la qualité et les limites des solutions informatiques, afin de rendre l'élève ingénieur apte à dialoguer avec les informaticiens de sa future entreprise ou de son futur laboratoire, et de lever l'aspect boîte noire généralement associé à l'informatique. La formation est basée sur des séances cours/TD, en s'appuyant sur des exemples majoritairement pris dans le domaine de la chimie en utilisant le logiciel libre Code::Blocks, facilement installable sur tout ordinateur personnel.</p>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b> L'étudiant devra être capable :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'analyser un problème et le traduire dans un langage de programmation généraliste</li> <li>- d'imaginer et de concevoir une application utilisant une structure modulaire et une représentation appropriée des données en mémoire</li> <li>- d'évaluer, de contrôler et de valider des algorithmes et des programmes</li> </ul>					
<p><b>Pré-requis :</b> Aucun</p>					
<p><b>Langue du cours :</b> français <b>Documents, lien :</b> photocopié, documents de TDs, documents supplémentaires</p>					

<b>1A S1</b>	<b>MH11ES.CS</b>	<b>Chimie des solutions</b> <i>Mots clés</i> : Chimie des solutions aqueuses et non aqueuses, séparations chimiques, complexation, solubilisation, précipitation, extraction			
Responsable : Varenne Anne Professeur anne.varenne@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS</i> :	<i>Cours</i> 7.5 h	<i>TD</i> 4.5 h	<i>TP</i> 0 h	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation</i> : Etude d'articles, QCM et examen terminal
<p><b>Descriptif :</b></p> <p>Solutions aqueuses :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solutions diluées, concentrées, complexes</li> <li>• Activité, coefficient d'activité (modèles de Debye et Hückel, Davies, Théorie des interactions spécifiques, modèle de Pitzer).</li> <li>• Complexation : constantes de formation successives ou globales, coefficient de complexation, digramme des répartitions, action de l'acidité sur les coefficients de complexation.</li> <li>• Types de ligand (H, OH, L), complexation multi-ligands, ....</li> </ul> <p>Séparations chimiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solubilisation / précipitation</li> <li>• Extraction liquide/liquide : principe, grandeurs, équilibres simples ou complexes</li> <li>• Phénomène d'extraction : co-extractions / échange d'ions</li> <li>• Synergisme, relargage</li> <li>• Extraction liquide/solide : résines échangeuses d'ions, équilibres de distribution, effet de complexation</li> </ul> <p>Milieux réactionnels non aqueux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Milieux micellaires (présentation, micelles pour les séparations, système à trois phases, point trouble, comparaison liposomes, microémulsions pour l'extraction)</li> <li>• Solvant moléculaires (solvatation, propriétés acido-basiques, paires d'ions...)</li> <li>• Milieux sels fondus : sels fondus à haute température (présentation, oxoacidité, applications à l'extraction) et liquides ioniques (présentation, quelques propriétés, applications à l'extraction)</li> <li>• Fluides supercritiques (présentation, quelques propriétés, applications à l'extraction)</li> </ul> <p>Des articles sont étudiés et critiqués.</p>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b></p> <p>Compréhension et maîtrise des interactions en solution dans l'objectif de séparations et de traitement d'échantillons dans des matrices complexes. Les applications présentées sont variées avec un accent sur le nucléaire et l'environnement.</p>					
<p><b>Pré-requis :</b></p> <p>Solvants, acidité en milieu aqueux, propriétés des ions, complexation simple, notions de bases en électrochimie</p>					
<p><b>Langue du cours :</b> français <b>Documents, lien :</b> poly en français, articles en anglais</p>					

<b>1A S1</b>	<b>MH11ES.MS      Méthodes séparatives</b> <i>Mots clés : chromatographie, électrophorèse capillaire, extraction sur phase solide, préparation de l'échantillon, séparation analytique</i>				
Responsable : Fanny d'Orlyé Maître de conférences fanny.dorlye@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i> 6 h	<i>TD</i> 6 h	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : Examen final écrit avec documents + contrôle continu sous forme de QCM</i>
<p><b>Descriptif :</b> Généralités sur les méthodes de séparation chromatographiques : principes (Interactions et séparations), finalités, classement des méthodes, mise en œuvre en couche mince et sur colonnes, aspects instrumentaux, domaines d'application Interactions chromatographiques et mécanismes physico-chimiques contrôlant les séparations: volatilité, interactions différentielles, choix des phases stationnaires et phases mobiles courantes Grandeurs fondamentales et paramètres d'optimisation : grandeurs de rétention, sélectivité, dispersion, résolution Détections chromatographique en ligne et couplées: caractéristiques des détecteurs, principaux modes de détection, application à l'analyse qualitative et quantitative (méthodes d'étalonnage) Comparaison des chromatographies en phases liquide et gazeuse et positionnement des méthodes chromatographiques par rapport aux autres méthodes séparatives. Ouverture à l'électrophorèse capillaire.</p>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b> L'objectif de ce cours est d'initier les étudiants de 1ère année aux méthodes chromatographiques analytiques, avant d'en aborder la pratique dans les laboratoires d'enseignement de l'école ou lors des stages. Cet enseignement permet de situer les différentes approches chromatographiques et leurs domaines d'applications, et vise à faire acquérir les éléments méthodologiques du chimiste analyste et ses critères de performance.</p>					
<p><b>Pré-requis :</b> Niveau de base en thermodynamique, chimie des solutions, spectroscopie, chimie analytique, chimie organique, hydrodynamique, mat</p>					
<p><b>Langue du cours :</b> français <b>Documents, lien :</b> polycopier, QCM d'autoévaluation, logiciel de simulation</p>					

<b>1A S1</b>	<b>MH11ES.PCI      PHYSICO-CHIMIE ET INTERFACES</b> <i>Mots clés : mélange, idéalité, non idéalité des systèmes physico-chimiques, interfaces et colloïdes</i>				
Responsable : Virginie LAIR virginie.lair@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i> 12 h	<i>TD</i> 12 h	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : contrôle terminal écrit</i>
<p><b>Descriptif :</b></p> <p>La première partie du cours de PCI rappelle les concepts nécessaires à l'étude des équilibres chimique en insistant sur la notion de potentiel chimique et de grandeurs molaires intensives particulièrement dérivées de la thermodynamique en termes d'enthalpie, d'enthalpie libre et d'entropie. Nous utiliserons la thermodynamique pour mettre en relation des propriétés a priori indépendantes et exprimer les effets de variables telles que la température et la pression. Nous appliquerons ces notions aux gaz et aux solutions ioniques et aux mélanges binaires en insistant sur la notion d'idéalité et de non idéalité. Nous verrons comment à partir de lois d'idéalité développer des modèles valables pour des comportements réels (modèles de van der Waals, Debye-Huckel, solutions régulières par exemple). La notion d'activité et de coefficients d'activité sera au cœur de cette partie tout en s'appuyant sur des applications concrètes de mesures et de détermination. Les propriétés colligatives seront aussi abordées.</p> <p>Ensuite, nous introduirons les phénomènes thermodynamiques au niveau des surfaces liquides en développant les notions de tension de surface, capillarité, angle de contact. Les bases thermodynamiques et cinétiques de la stabilité des colloïdes seront également présentées.</p> <p>Des test d'auto évaluation en ligne sont proposés régulièrement aux étudiants.</p>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b></p> <p>Donner au futur ingénieur une compétence de base, complémentaire à sa formation de physico-chimie, sur les bases acquises de thermodynamique.</p> <p>Il s'agira pour le futur ingénieur de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprendre et savoir décrire un système réel d'après les bases du système idéal, gazeux ou en solution.</li> <li>- Comprendre et assimiler les phénomènes aux interfaces.</li> <li>- Acquérir la notion de métastabilité (ex des émulsions et colloïdes).</li> </ul>					
<b>Pré-requis :</b>					
<p><b>Langue du cours :</b> français</p> <p><b>Documents, lien :</b> quelques supports en pdf et photocopiés d'exercices      <a href="https://coursenligne.chimie-paristech.fr/enrol/index.php?id=8">https://coursenligne.chimie-paristech.fr/enrol/index.php?id=8</a></p>					

<b>1A S1S2</b>	<b>MH11FECP et MH12FECP</b>					<b>Formation expérimentale en chimie-physique et analytique</b> <i>Mots clés : Chimie physique et analytique, électrochimie et méthodes séparatives</i>
Responsable : Fanny d'Orlyé Maître de conférences fanny.dorlye@chimieparistech.psl.eu						
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i>	<i>TD</i>	<i>TP</i> 67.5 h	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : Examen pratique, rapport bibliographique, compte-rendus expérimentaux, exposés oraux, investissement journalier</i>	
<b>Descriptif :</b> Les travaux pratiques de ce module sont en harmonie avec les cours d'électrochimie, de thermodynamique, chimie des milieux réactionnels, et méthodes séparatives. Ils permettent d'illustrer et de mettre en pratique les notions théoriques de cours ainsi que d'appréhender leurs domaines d'application dans l'industrie. Un premier volet concerne l'analyse de traces / ultratrace en lien avec les domaines du contrôle de qualité, du contrôle de procédés industriels et de la protection de l'environnement : méthodes d'extraction liquide/liquide de cations métalliques (aval du cycle nucléaire) ; méthodes séparatives (chromatographie ionique, chromatographie liquide haute performance, électrophorèse capillaire) pour la détermination et la quantification de polluants inorganiques ou organiques ; méthodes électrochimiques (polarographie de complexation ou impulsométrique, électrodes sélectives) pour la détermination et la quantification de polluants dans des matrices environnementales (eaux, sols) ainsi que pour la décontamination (ultrafiltration). Un deuxième volet concerne les études aux interfaces pour mieux appréhender la synthèse et la caractérisation de nouveaux matériaux et les procédés employant des interfaces : synthèse de matériaux par voie électrochimique (électrodépôt) ; étude de corrosion et des additifs permettant de contrôler ce phénomène ; caractérisation électrocinétique de membranes et application à l'électrodialyse (purification de l'eau) ; thermodynamique des surfaces (tension de surface, angle de contact) pour la caractérisation d'une formulation de détergents et de surfaces fonctionnalisées (design de pare-brises, par exemple) ; caractérisation de milieux complexes (électrode à hydrogène, densimètre, spectroscopie UV-visible, voltampérométrie cyclique) pour la compréhension et la prédiction des phénomènes dans les procédés industriels mettant en œuvre des milieux hydro-organiques et micellaires, des procédés catalytiques...						
<b>Objectifs d'apprentissage :</b> A l'issue de cette formation pratique, les étudiants seront capables de : - Suivre les règles d'hygiène et de sécurité - acquérir les bases pratiques en laboratoire - Tenir à jour un cahier de laboratoire - Analyser, exploiter et critiquer leurs résultats expérimentaux - Utiliser les notions de cours adéquates - Rédiger un compte-rendu expérimental - Faire un exposé oral de leurs résultats devant un auditoire initié - Chercher et trouver des données de la littérature						
<b>Pré-requis :</b> Thermodynamique des solutions et des interfaces						
<b>Langue du cours :</b> français <b>Documents, lien :</b> polycopier, QCM d'autoévaluation, tutoriaux pour la prise en main des appareils et de leurs logiciels de pilotage						

<b>1A S1</b>	<b>MH11ES.SR      Groupes Fonctionnels : Synthèse et Réactivité</b> <i>Mots clés :</i>				
Responsable : Sylvain Darses sylvain.darses@chimie-paristech.fr					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i> 12 h	<i>TD</i> 12 h	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation :</i> Examen écrit
<p><b>Descriptif :</b> Le module MH11ES.SR « Groupes fonctionnels : synthèse et réactivité » aborde la chimie des composés carbonés au travers de l'étude des réactions caractéristiques des principaux groupes fonctionnels. Dans cette première partie d'un enseignement dispensé sur deux semestres, seront principalement abordées la formation et la réactivité des liaisons carbone-carbone : liaison chimique, hybridation, dérivés halogénés (substitution, élimination, ...), alcènes et alcynes (addition, oxydation, ...), diènes (cycloaddition-[4+2], ...), aromatiques (substitution électrophile, réduction, réactivité en position benzylique, ...), alcools (activation, protection, oxydation,...), amines (formation, protection).</p>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b> A l'issue du module MH11ES.SR, les étudiants auront acquis quelques bases essentielles en chimie organique et pourront appréhender la réalisation de synthèse simples. Ils seront en possession des outils nécessaires à la compréhension et l'analyse des mécanismes et de la réactivité des molécules, leur permettant d'approfondir leurs connaissances avec le module MH12ER.SR.</p>					
<p><b>Pré-requis :</b> Notions de chimie organique</p>					
<p><b>Langue du cours :</b> français <b>Documents, lien :</b> Polycopié</p>					

<b>1A S1</b>	<b>ELEMENTS DE SPECTROSCOPIE POUR LA CHIMIE MOLECULAIRE</b> <i>Mots clés : RMN, spectrométrie de masse, spectroscopie moléculaire, UV-vis IR, résonance magnétique nucléaire</i>				
Responsable : Frédéric de Montigny Maître de Conférences frederic.de-montigny@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i> 9 h	<i>TD</i> 6 h	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : examen écrit</i>
<p><b>Descriptif :</b></p> <p>Le cours a pour objectif de présenter les méthodes d'analyse usuelles des molécules organiques, afin que l'élève-ingénieur comprenne les bases fondamentales de ces méthodes, et soit capable d'analyser différents types de molécules. Il est divisé en trois parties : RMN, spectrométrie de masse et spectroscopies moléculaires.</p> <p>* Spectroscopie de résonance magnétique nucléaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'analyse de spectres RMN 1H et 13C, la détermination de la structure covalente de molécules organiques, les principes de la RMN : notion de spin, effet Zeeman, déplacement chimique, couplage scalaire, les techniques d'enregistrement de spectres : RMN 1H : diastéréotopie, spectres au 1er ordre et 2nd ordre, ... RMN 13C : expériences 1D, découplage, ...</li> </ul> <p>* Spectrométrie de masse :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les principes de base de la spectrométrie de masse et les généralités de cette méthode de spectrométrie (Masse moléculaire, moyenne, isotopie, résolution, ...)</li> <li>- Les différents modes d'ionisation et d'analyseurs de masse et leur application dans l'étude de composés plus complexes.</li> <li>- Les règles de fragmentations générales permettant l'analyse de spectres de composés organiques variés présentant les principales fonctions rencontrées en chimie organique.</li> </ul> <p>* Spectroscopie moléculaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rappel des fondamentaux régissant IR, l'UV-vis avec une petite introduction sur le Raman, et l'activité optique</li> <li>...</li> </ul>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b></p> <p>Acquisition de connaissances théoriques et pratiques de la spectrométrie de masse (SM) et de la Résonance Magnétique Nucléaire (RMN). Dans ces cours sont présentés les concepts de base de la SM, de la spectroscopie et de la RMN permettant de comprendre les applications de ces techniques pour l'identification des composés organiques. Les séances d'exercices permettront de se familiariser à avec l'interprétation de spectres de petites molécules et macromolécules.</p>					
<b>Pré-requis :</b>					
<p><b>Langue du cours :</b> français</p> <p><b>Documents, lien :</b> <a href="https://coursenligne.chimie-paristech.fr/enrol/index.php?id=16">https://coursenligne.chimie-paristech.fr/enrol/index.php?id=16</a></p>					

<b>1A S1</b>	<b>MH11ES.RC      Risque Chimique</b> <i>Mots clés : toxicité, incendie, explosions, fiche de données sécurité</i>				
Responsable : Michael Tatoulian Professeur michael.tatoulian@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i> 16 h	<i>TD</i>	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : Examen écrit</i>
<p><b>Descriptif :</b>                  Cet enseignement vise tout d'abord à donner les éléments de base des risques chimiques afin de savoir décrypter une fiche de données de sécurité et de connaître l'ensemble des paramètres d'évaluation des risques toxicologiques et incendie. Une attention particulière sera portée sur les propriétés physico-chimiques (FDS) utiles pour appréhender les risques chimiques. Différents scénarii d'exposition seront présentés afin de permettre aux élèves d'évaluer les risques chimiques liés à une surexposition possible en produit chimique pouvant conduire à une intoxication ou un risque d'explosion/incendie ; démarche qui permettra notamment de définir les bonnes pratiques en laboratoire et d'assurer la mise en sécurité d'un poste opératoire. Les étudiants seront également formés aux dangers de l'électricité statique, et des explosions de poussières. Enfin, les étudiants seront initiés à la problématique de l'inertage dans les réacteurs chimiques et mettront en place des barrières de prévention/protection grâce à l'utilisation de la méthode What-if dans une démarche de mise en sécurité d'un procédé. L'enseignement sera ensuite complété par les aspects réglementaires liés à la mise en place de REACH et la réglementation relative aux atmosphères explosives (ATEX).</p>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b>                  A la fin du cours, les étudiants doivent pouvoir:                  Etre capable d'appréhender les risques chimiques (risques toxicologiques – risques incendie) à partir de propriétés physico-chimiques                  Etre capable de faire des scénarii d'exposition et d'en évaluer les risques                  Etre capable de définir les processus d'inertage des réacteurs chimiques                  Faire l'analyse d'un poste de travail</p>					
<p><b>Pré-requis :</b>                  Chimie générale</p>					
<p><b>Langue du cours :</b> français  <b>Documents, lien :</b> photocopiés <a href="https://coursenligne.chimie-paristech.fr">https://coursenligne.chimie-paristech.fr</a></p>					

<b>1A S1</b>	<b>MH12ES.CS Chimie du Solide</b> <i>Mots clés : modèle ionique, Energie réticulaire, rayon ionique, théorie du champ cristallin, défauts ponctuels, la non stoechiometrie</i>				
Responsable : Gerard AKA Professeur gerard.aka@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i> 13.50 h	<i>TD</i> 12 h	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation</i> : Examen écrit intégrant une approche documentaire
<p><b>Descriptif :</b>          L'objectif du présent enseignement est de permettre à l'étudiant d'acquérir des compétences sur la description structurale et les propriétés chimique et physique d'un solide cristallisé. une première partie de l'enseignement est consacrée à la description des caractères structuraux des différents solides ioniques. La thermodynamique de formation de ces solides est ensuite présentée. Des repères historiques, relatifs à la conception des différentes échelles de rayon ionique, sont mentionnés. Des modèles, justificatifs de l'écart au modèle ionique parfait, sont décrits, suivi de la théorie du champ cristallin ainsi que de ses conséquences thermodynamiques, structurales et magnétiques          Le modèle du solide cristallin parfait est complété par l'introduction des imperfections ou défauts existant dans tous les solides réels. C'est l'ensemble "cristal Parfait + défauts" qui constituera le modèle du solide réel. Les propriétés remarquables du cristal réel sont présentés et discuter dans la dernière partie de cet enseignement.</p>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b>          Au terme de cet enseignement l'étudiant sera capable d'acquérir les connaissances et compétences suivantes:          1 - S'approprier la description des principaux types structuraux caractérisant les solides          2 - Savoir calculer et interpréter l'énergie de réseau d'un solide          3 - Savoir utiliser l'échelle des rayons ioniques selon Shanon et Prewitt pour mieux comprendre la structure du solide          4 - s'approprier et analyser les conséquences thermodynamiques, structurales ou magnétiques liées à l'existence du champ cristallin dans un solide          5 - Savoir distinguer les différents types de défauts intrinsèques et extrinsèques dans un solide          6 - s'approprier le mécanisme de formation des défaut dans un solide non stœchiométrique et en déduire les propriétés remarquables (physico-chimique) associées à ces défauts</p>					
<p><b>Pré-requis :</b>          L3/M1</p>					
<p><b>Langue du cours :</b> français  <b>Documents, lien :</b> Cours polycopié et en version numérique, logiciel de visualisation de la structure de solides cristallins, diaporama du cours <a href="https://coursenligne.chimie-paristech.fr/">https://coursenligne.chimie-paristech.fr/</a></p>					

<b>1A S1</b>	<b>MH12ES.CDS Cristallographie</b> <i>Mots clés : Cristallographie géométrique, réseaux, symétries, diffraction X</i>				
Responsable : Gilles Wallez professeur gilles.wallez@upmc.fr					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i> 12 h	<i>TD</i> 12 h	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : examen final</i>
<p><b>Descriptif :</b>                  La Cristallographie Géométrique décrit le solide cristallin par la répétition d'un motif chimique aux noeuds d'un réseau, dont l'invariance par translation et symétrie est à la base des propriétés. Dans un second temps, la Radiocristallographie (diffraction des rayons X), est introduite comme l'outil d'analyse permettant de déterminer la structure du cristal à l'échelle atomique.</p>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b>                  Cette UE est destinée à rendre l'élève autonome dans son appréhension des symétries et de l'édifice atomique des structures cristallines. Ces aspects géométriques seront traités en lien étroit avec la diffraction X sur poudre qui lui permettra de résoudre des structures simples. Intégrée dans un ensemble plus vaste, cette UE fait notamment le lien avec les enseignements de Chimie du Solide et sert de base à la compréhension des propriétés des matériaux.</p>					
<p><b>Pré-requis :</b>                  géométrie, trigonométrie, produits scalaire et vectoriel, calcul matriciel, exponentielles complexes</p>					
<p><b>Langue du cours :</b> français  <b>Documents, lien :</b> Polys de cours et TD moodle</p>					

<b>1A S1</b>	<b>MH11TC.CE1 et MH11TC.CE2</b>					<b>MANAGEMENT SCIENCES ECONOMIQUES ET SOCIALES – CONNAISSANCE DE L'ENTREPRISE</b> <i>Mots clés : ingénieur, entreprise, management, organisation, responsabilité sociétale de l'entreprise-RSE, gouvernance, projet professionnel</i>
Responsable : Philippe Vernazobres et Delphine Bourland Maître de Conférence et enseignante à Chimie ParisTech philippe.vernazobres@chimieparistech.psl.eu						
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i> 40 h	<i>TD</i>	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation :</i> Note de synthèse sur une entreprise + Articulation avec le stage de 1A où ils seront en posture d'observation participante	
<p><b>Descriptif :</b>                  Cette UE vise à former et professionnaliser des ingénieurs capables d'avoir une vision globale et transdisciplinaire de leur environnement. Il s'agit de leur donner des outils pour les rendre capables de s'intégrer dans une organisation et d'appréhender les enjeux complexes de l'entreprise.</p> <p>Thèmes du cours – 12h</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les apports des SHS à la compréhension de l'entreprise et du management (économie, sociologie...)</li> <li>- Les ingénieurs et leurs métiers au sein de l'organisation.</li> <li>- Les grandes évolutions de la pensée managériale.</li> <li>- Les fondamentaux du management : compétences managériales et leadership.</li> </ul> <p>Thèmes des ateliers – 14h</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Projet professionnel : trajectoire, ambition, CV français-anglais, lettres de motivation</li> <li>- Approche économique de l'entreprise : définitions, acteurs, finalités, organisation, performance économique, sociétale et environnementale</li> <li>- Gouvernance : sensibilisation aux différents modes de gouvernance, identification des parties prenantes</li> </ul> <p>Thèmes des séminaires – 14h</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Team-building : séminaire inclusion-coopération (7h)</li> <li>- Responsabilité Sociétale de l'Entreprise-RSE : l'ingénieur responsable, échanges avec des professionnels (3,5h)</li> <li>- Tables rondes : les métiers de l'ingénieur, échanges avec des professionnels (3,5h)</li> </ul>						
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b>                  A l'issue des modules, l'étudiant sera capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprendre du vocabulaire et des concepts de base en entreprise</li> <li>- Appréhender la réalité et les enjeux complexes de l'entreprise : performance économique, sociale, sociétale et environnementale</li> <li>- Se situer dans une organisation</li> <li>- Commencer à se connaître, réfléchir à son projet professionnel, maîtriser des outils de recherche d'emploi</li> </ul>						
<p><b>Pré-requis :</b></p>						
<p><b>Langue du cours :</b> français  <b>Documents, lien :</b></p>						

<b>1A S1S2</b>	<b>MH11TC.ANG; ANGLAIS GÉNÉRAL, SCIENTIFIQUE ET PROFESSIONNEL</b> <b>MH12TC.ANG;</b> <i>Mots clés : Anglais, Général, Scientifique, Professionnel, Compétences Interculturel</i>				
Responsable : Daria Moreau Chargée de mission langues et management commercial daria.moreau@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i>	<i>TD</i> 79.5 h	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation :</i> Validation des 5 compétences (de la grille du CECRL) au moins au niveau B2
<p><b>Descriptif :</b></p> <p>Ces cours sont conçus pour renforcer les compétences et l'autonomie linguistique des étudiants et ainsi les préparer à travailler en anglais technique et scientifique dans un contexte international et interculturel. Chaque étudiant doit suivre les cours d'anglais général et d'anglais scientifique. Les cours se déroulent dans des groupes de niveau établis en début d'année sur la base du test de placement et des évaluations orales. Pour les élèves de niveau supérieur (bilingues ou C2 de la grille du CECRL), il est possible de remplacer le suivi de cours en présentiel par un travail de recherche encadré par un enseignant du Département. Des élèves de niveau faible peuvent avoir l'aide d'un tuteur.</p> <p>Les cours en présentiel sont complétés par un « e-learning » adapté et varié (l'application Yesmag qui a pour but de faciliter la lecture en VO ; les activités linguistiques multiples sur Moodle ; l'auto-apprentissage dans le laboratoire de langues).</p> <p>Les cours d'anglais général visent la maîtrise de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la prise de parole : exposés, débats, discussions sur des sujets culturels propres aux pays anglo-saxons,</li> <li>- la pratique de la compréhension orale à travers le suivi de nouvelles à la TV, radio,</li> <li>- la synthèse et la comparaison de documents authentiques de la presse courante,</li> <li>- la rédaction de CV,</li> <li>- les jeux de rôles du contexte professionnel (négociations, conversations téléphoniques, entretiens d'embauche, prise de minutes),</li> <li>- l'analyse des enjeux de l'entreprise à travers des documents authentiques.</li> </ul> <p>Les cours d'anglais scientifique visent la maîtrise de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la connaissance du vocabulaire technique et scientifique,</li> <li>- la rédaction de sujets variés sous forme de rapports, articles, essais,</li> <li>- la communication orale sur les sujets techniques, scientifiques, sociaux,</li> <li>- la discussion des articles scientifiques.</li> </ul> <p>Un travail individuel et en groupes sous la forme de projets sera proposé.</p>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b></p> <p>L'étudiant aura la connaissance approfondie de la grammaire et du vocabulaire thématique et scientifique pour pouvoir communiquer à l'écrit comme à l'oral dans une situation professionnelle au sein d'une entreprise multiculturelle / L'étudiant sera préparé à la recherche de stage et d'emploi dans un pays anglophone / L'étudiant rédigera son CV en anglais en prenant en compte les particularités culturelles d'un pays anglophone / L'étudiant sera ouvert à la pratique du travail collaboratif / L'étudiant développera la connaissance de la culture d'au moins un pays anglophone / L'étudiant apprendra à maîtriser un débat sur un sujet de la vie courante, technique ou scientifique / L'étudiant fera un exposé clair sur un sujet à contenu culturel, civilisationnel, technique ou scientifique, préparé à l'avance / L'étudiant répondra à des questions factuelles sur le sujet donné / L'étudiant tiendra une conversation et s'exprimera avec aisance sur une large gamme de sujets / L'étudiant synthétisera un texte scientifique ou général ou un document audio, il dégagera l'information pertinente et la restituera devant un public.</p>					
<b>Pré-requis :</b> B1					
<p><b>Langue du cours :</b> anglais</p> <p><b>Documents, lien :</b> documents audio et vidéo ; exemples des documents authentiques, factuels.  <a href="https://coursenligne.chimie-paristech.fr/course/view.php?id=76">https://coursenligne.chimie-paristech.fr/course/view.php?id=76</a></p>					

<b>1A</b> <b>S1/S2</b>	<b>Sport</b> <i>Mots clés : sport</i>				
Responsable :					
ECTS : 1	Cours	TD	TP	Tutorat	Modalités d'évaluation :
<p><b>Descriptif :</b></p> <p>Les élèves de l'école disposent d'une demi-journée libre le jeudi après-midi pour la pratique du sport.</p> <p>Des ECTS leur sont attribués lorsqu'une pratique régulière est validée par un enseignant ou un responsable du sport pratiqué.</p> <p>Les élèves de l'ENSCP forment des équipes masculines et féminines de handball et de volleyball.</p> <p>D'autres sports peuvent être pratiqués dans le cadre plus large de l'Université PSL.</p> <p><a href="https://www.psl.eu/vie-de-campus/sport">https://www.psl.eu/vie-de-campus/sport</a></p>					

<b>1A</b> <b>S1/S2</b>	<b>Langues étrangères optionnelles</b> <i>Mots clés :</i>				
Responsable : Daria Moreau daria.moreau@chimieparistech.psl.eu					
ECTS : 1	Cours	TD	TP 14 h	Tutorat	Modalités d'évaluation : examen écrit
<p><b>Descriptif :</b>            Français Langue Etrangère            Deux groupes de niveaux (B1 et B2) accueillent les élèves ingénieurs de ParisTech et de l'ESPCI, qui suivent ensemble les cours, une fois par semaine, selon leur niveau.            Objectif des cours : Pour tous les étudiants, il s'agit d'atteindre le niveau C1, mais le niveau B2 est accepté par l'école pour valider le cycle ingénieur. L'accent est mis 1) sur la capacité de suivre les cours de sciences et d'y participer : compréhension orale et écrite, production écrite et orale 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.            Méthodes : Compréhension de la langue quotidienne à travers le cinéma, des émissions de radio ou télévision (programmes de vulgarisation scientifiques tels que « C'est pas sorcier ». Amélioration de l'écrit à travers des ateliers d'écriture et de réécriture (les textes des étudiants sont projetés sur un écran et réécrits collectivement). La capacité d'écoute et d'expression est encouragée à travers des exercices de résumé des programmes audio-visuels, et des débats, la présentation de « powerpoints » culturels confiés aux étudiants en petits groupes.</p> <p>Note : Des sorties culturelles et gastronomiques sont proposées (musée du Louvre, de la Renaissance, visite d'un vignoble de la région champenoise...)</p> <p>Espagnol, Allemand, Chinois, Japonais, Russe, Portugais, Italien, Arabe.</p>					

**SEMESTRE 2**

<b>1A S2</b>	<b>MH12ES.LC      Liaison Chimique</b> <i>Mots clés : liaison chimique</i>				
Responsable : Carlo Adamo Professeur carlo.adamo@chimie-paristech.fr					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i> 12 h	<i>TD</i> 12 h	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : Examen écrit</i>
<p><b>Descriptif :</b> Ce module est une introduction aux principales notions de base rencontrées en chimie quantique pour la détermination de la structure électronique de systèmes allant de l'atome d'hydrogène à des molécules simples multiélectroniques. Les principales notions abordées sont : la théorie des orbitales moléculaires, la résolution de l'équation de Schrödinger, la corrélation électronique, les approches perturbatives ou variationnelles, les méthodes approchées pour le calcul de la structure électronique, l'étude de la réactivité via la théorie des orbitales frontières et par caractérisation d'un profil énergétique. La formation est basée sur des séances de cours et TD alternées.</p>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b> L'étudiant devra être capable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de comprendre les notions de base en chimie quantique</li> <li>- de savoir décrire un système multiélectronique atomique ou moléculaire</li> <li>- de choisir et d'utiliser les méthodes approchées pour le calcul de la structure électronique</li> <li>- de comprendre les concepts de base de la réactivité de systèmes moléculaires</li> </ul>					
<b>Pré-requis :</b>					
<p><b>Langue du cours :</b> français <b>Documents, lien :</b> polycopié, documents de TD</p>					

<b>1A S2</b>	<b>MH12ES.PH2 Physique II : Interaction Rayonnement-Matière</b> <i>Mots clés : physique atomique et moléculaire, processus d'interaction avec un rayonnement</i>				
Responsable : Didier Gourier Professeur, Chimie-ParisTech didier.gourier@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i> 15 h	<i>TD</i> 9 h	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : examen écrit</i>
<p><b>Descriptif :</b>                  Les processus d'interaction entre la matière et un rayonnement électromagnétique sont à la base des techniques spectroscopiques en chimie analytique ainsi que d'applications technologiques majeures (techniques d'imagerie, photovoltaïque, optoélectronique,...). L'objectif du cours est d'une part de faire une présentation générale de ces processus et d'autre part d'expliquer les propriétés spectroscopiques en relation avec les descriptions quantiques des atomes, des molécules, et de la matière en général.</p>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b>                  L'étudiant devra être capable:                  - de décrire les différents modes d'interaction entre un rayonnement et la matière,                  - de décrire les différentes interactions existant dans les atomes et molécules,                  - d'explicitier les différents niveaux d'approximation dans la description quantique des atomes et des molécules,                  - de prévoir les transitions possibles dans les atomes et les molécules simples et d'interpréter sur cette base des spectres d'absorption ou d'émission.</p>					
<p><b>Pré-requis :</b>                  Physique Quantique niveau L3, Electromagnétisme niveau Math. Spé. PC ou L2 physique</p>					
<p><b>Langue du cours :</b> français  <b>Documents, lien :</b> <a href="https://coursenligne.chimie-paristech.fr">https://coursenligne.chimie-paristech.fr</a></p>					

<b>1A S2</b>	<b>MH12FE.IRM Formation Expérimentale Interaction Rayonnement Matière</b> <i>Mots clés : mécanique quantique, spectroscopie, traitement du signal, cristallographie, diffraction des rayons X</i>				
Responsable : Loiseau Pascal Maître de Conférences pascal.loiseau@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i>	<i>TD</i> 0 h	<i>TP</i> 30 h	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : compte rendu</i>
<p><b>Descriptif :</b>          La formation expérimentale de première année en interaction rayonnement-matière est consacrée à l'apprentissage de techniques de caractérisation de la matière faisant appel d'une part à la cristallographie, essentielle à l'étude de tout solide cristallisé, et d'autre part aux interactions dipolaires électrique et magnétique, en couvrant un large spectre de fréquences allant du domaine micro-onde au domaine visible. Les techniques approfondies dans le cadre de ces TP sont : la diffraction des rayons X sur poudre, la résonance paramagnétique électronique, la spectroscopie infra-rouge à transformée de Fourier, l'émission moléculaire, l'absorption UV-visible, l'effet laser.</p>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b>          Les objectifs principaux de cet enseignement sont d'une part d'insister sur le principe de fonctionnement d'un appareil de mesure et d'appliquer les concepts vu en cours de cristallographie-diffraction des rayons, interaction rayonnement matière et mathématiques appliquées pour l'ingénieur.          A l'issue de cet enseignement, l'étudiant sera capable :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'optimiser des paramètres d'acquisition conciliant résolution et rapport signal sur bruit, en fonction de la technique de traitement du signal d'un appareil de mesure</li> <li>- d'appliquer une méthode systématique d'analyse de structure cristalline avec le logiciel Fullprof</li> <li>- d'identifier et de catégoriser la nature d'une transition électronique sur un spectre en fonction de l'énergie mise en jeu</li> <li>- de critiquer un modèle physique en fonction des approximations réalisées</li> </ul>					
<p><b>Pré-requis :</b>          cristallographie-diffraction des rayons, interaction rayonnement matière, mathématiques appliquées pour l'ingénieur</p>					
<p><b>Langue du cours :</b> français  <b>Documents, lien :</b> photocopié <a href="https://coursenligne.chimie-paristech.fr/course/view.php?id=22">https://coursenligne.chimie-paristech.fr/course/view.php?id=22</a></p>					

<b>1A S2</b>	<b>MH12ES.SR      Groupes fonctionnels: synthèse et réactivité</b> <i>Mots clés : Groupement fonctionnel, réactivité, mécanisme, synthèse multi-étapes</i>				
Responsable : Pierre HAQUETTE Maître de conférences pierre.haquette@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i> 12 h	<i>TD</i> 12 h	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : Examen écrit</i>
<p><b>Descriptif :</b> L'UE CMB.SR.1.2 est dans la continuité de l'UE CMB.SR.1.1 et aborde la réactivité des fonctions carbonylées (aldéhydes et cétones) et celle des acides carboxyliques et de leurs dérivés (additions, oxydation, réduction, énolisation, ...). Un accent particulier est mis sur l'étude des mécanismes en essayant de montrer les similitudes entre des réactions en apparence sans rapport.</p> <p>Programme du cours:</p> <p>1) Dérivés organométalliques: préparation, propriétés</p> <p>2) Dérivés carbonylés:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nomenclature et propriétés physico-chimiques, préparation</li> <li>Réactions d'addition (eau, alcools, amines, thiols, ...)</li> <li>Réactions d'addition des ylures (Wittig, ...)</li> <li>Réduction en alcool et en alcanes</li> <li>Formation et réactivité des énols, énolates, énamines, éthers d'énols silylés</li> <li>Aldolisation, alkylation, halogénéation</li> <li>Additions de Michael, annellation de Robinson</li> <li>Réactions de d'oxydation et de réduction</li> </ul> <p>3) Acides carboxyliques et dérivés:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nomenclature et propriétés physico-chimiques, préparation des acides et dérivés</li> <li>Réactions de Curtius, Arndt Eistert, Knoevenagel, Darzens</li> <li>Réarrangement de Wolff,</li> <li>Condensation de Claisen, Dieckman</li> <li>Réactions de réduction</li> </ul>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b> Au terme de l'UE CMB.SR.1.2, les élèves auront acquis les bases de la chimie organique comme outil pour le développement de procédés de synthèse. Ils seront en possession des connaissances nécessaires à la compréhension et l'analyse des mécanismes des principales réactions qui conduisent aux composés organiques. Ils seront capables d'appliquer ces notions à la résolution de problèmes simples de synthèse et rétrosynthèse.</p>					
<p><b>Pré-requis :</b> Cours de base en chimie organique (classe préparatoire, L2)</p>					
<p><b>Langue du cours :</b> français <b>Documents, lien :</b> Polycopié</p>					

<b>1A S2</b>	<b>MH12FE.CMB Formation expérimentale en chimie moléculaire</b> <i>Mots clés :</i>				
Responsable : Sylvain Darses sylvain.darses@chimie-paristech.fr					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i>	<i>TD</i>	<i>TP</i> 60 h	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : rapport et comportement en laboratoire</i>
<b>Descriptif :</b> Dans ce module de travail expérimental en laboratoire, au travers de synthèses multi-étapes en relation avec le cours et les TD, les élèves abordent les techniques classiques de synthèse et de purification et mettent en pratique les connaissances acquises dans le module de spectroscopie (IR, RMN, ...) pour analyser les composés préparés. Les élèves sont amenés progressivement à travailler de façon autonome, à déterminer eux-mêmes, par une recherche bibliographique, les voies de synthèse les mieux adaptées et à les mettre en œuvre. Ce travail fait l'objet d'une mise en situation professionnelle (respect des règles d'hygiène et sécurité et mise en place de mesures particulières, tenue d'un cahier de laboratoire, rédaction de rapports).					
<b>Objectifs d'apprentissage :</b> L'objectif de ces travaux pratiques est de former les élèves ingénieurs aux techniques de base de la synthèse organique (montages classiques, réactions à basse température, réactions sous atmosphère inerte, distillation, recristallisation, chromatographie sur colonne, ...), de l'analyse (CPG, FT-IR, RMN, ...) et de les sensibiliser aux questions d'hygiène et de sécurité.					
<b>Pré-requis :</b> aucun					
<b>Langue du cours :</b> français <b>Documents, lien :</b> Polycopié					

<b>1A S2</b>	<b>MH11ES.GC      Génie des procédés</b> <i>Mots clés : mécanique des fluides , transferts de matière et de chaleur , procédés de séparation et de purification des mélanges de fluides</i>				
Responsable : Frédéric ROUSSEAU Enseignant-Chercheur frederic.rousseau@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i> 19.5 h	<i>TD</i> 4.5 h	<i>TP</i> 30 h	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : examen écrit avec documents et calculatrices</i>
<p><b>Descriptif :</b></p> <p>Cette formation a pour objectif de présenter les démarches à suivre pour maîtriser le fonctionnement d'un procédé de transformation de la matière avec ou sans réactions chimiques .</p> <p>Un procédé chimique est constitué d'un réacteur dans lequel a lieu les réactions chimiques , et , en aval des dispositifs ( distillation , extraction ...) destinés à séparer et/ou purifier les produits obtenus . Selon l'application recherchée ces procédés fonctionnent en continu ou en discontinu.</p> <p>Face à cette complexité , il s'agit dans un premier temps de bien comprendre les processus de transfert à l'échelle locale : la mécanique des fluides en mouvement , les transferts d'énergie et en particulier les transferts de chaleur ( conduction , convection et rayonnement ) et enfin les transferts de matière dans les milieux mono phasiques et bi phasiques .</p> <p>Pour optimiser ces processus de transfert ,très souvent couplés , en régime permanent ou en régime transitoire des logiciels sont mis à la disposition des étudiants en TP . Pour simuler le fonctionnement du procédé , la mise en équation des processus est nécessaire et la résolution du système complexe d'équations est possible grâce à l'informatique . Ainsi , si l'utilisation des mathématiques est un moyen et non une fin , l'outil mathématique est incontournable . Il doit être compris et maîtrisé pour que ces logiciels ne soient pas des boîtes noires . Les séances de cours et de TD sont consacrées à la compréhension des concepts mis en jeu . Cette démarche est complétée par un enseignement expérimental au laboratoire sur des pilotes ce qui permet de confronter la théorie et la pratique .</p> <p>L 'ensemble de ces informations sont consignées dans 2 livres édités récemment par les intervenants et mis à la disposition de chaque étudiant .</p> <p>Ces savoirs et savoirs faire sont très utiles voire indispensables pour comprendre le fonctionnement d'un procédé en recherche , en développement ou en production dans un environnement académique ou industriel .</p>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b></p> <p>A l'issue de cette formation l'étudiant comprend que l'accès au bilan économique d'un procédé ou à l'optimisation d'une unité de fabrication il est nécessaire de connaître les bilans matière et énergie . L'étudiant a alors les compétences pour s'adapter aux contraintes économiques ( produire de la valeur ajoutée , respecter l'environnement , rechercher l'efficacité énergétique ...)</p> <p>Le réglage des paramètres d'un procédé , souvent dépendants , n'est pas empirique mais le résultat d'une analyse scientifique rigoureuse . Dans ces conditions le procédé est adaptable aux contraintes économiques .</p> <p>Ainsi l'analyse thermodynamique des transferts et des équilibres de phases informe sur ce qui est possible . L'analyse cinétique et les bilans permettent de vérifier si le choix est raisonnable . On accède ainsi au coût de fonctionnement</p> <p>Enfin , les données obtenues permettent de calculer le dimensionnement des unités ( réacteurs , distillation , extraction L-L , absorption ... ) pour chiffrer l'investissement .</p>					
<b>Pré-requis :</b> thermodynamique des solutions / dérivées partielles					
<b>Langue du cours :</b> français					
<b>Documents, lien :</b> 2 livres ( books ) - Power Points - <a href="http://www.editions-ellipses.fr">www.editions-ellipses.fr</a>					

<b>1A S2</b>	<b>MH12FE.GC      FORMATION EXPERIMENTALE EN GENIE CHIMIQUE</b> <i>Mots clés : transfert de chaleur, de matière, opération unitaire, simulation</i>				
Responsable : Virginie LAIR virginie.lair@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i>	<i>TD</i>	<i>TP</i> 30 h	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : Contrôle continu sous forme de rapports écrits et présentation orale</i>
<b>Descriptif :</b> Les TP suivis par chaque élève ingénieur doivent permettre de mettre en application les notions abordées en cours et en TD (opérations unitaires et transferts de chaleur) et de compléter sa formation expérimentale en mécanique des fluides. Le travail s'effectue en binôme et doit permettre de rendre compte des résultats et leurs interprétations à l'écrit comme à l'oral					
<b>Objectifs d'apprentissage :</b> Donner au futur ingénieur un socle de connaissances, complémentaire à sa formation de mécanique des fluides et de transfert de chaleur (loi de Fourier). Il s'agira pour le futur ingénieur de : - Savoir décrire et estimer les pertes de charges dans un réseau où s'écoule un fluide. - Définir, expliquer et déterminer les différents types de transfert de chaleur - Etre capable de décrire les phénomènes mis en jeu lors d'opérations unitaires et de dimensionner un tel système. - Acquérir des notions de simulation sur des logiciels de Génie Chimique					
<b>Pré-requis :</b>					
<b>Langue du cours :</b> français <b>Documents, lien :</b> Polycopié de TP + rappels <a href="https://coursenligne.chimie-paristech.fr/enrol/index.php?id=21">https://coursenligne.chimie-paristech.fr/enrol/index.php?id=21</a>					

<b>1A S2</b>	<b>MH12ES.EC Electrochimie analytique, des mécanismes aux applications</b> <i>Mots clés : Electrochimie, microélectrolyse, voltampérométrie, analyse, effet du milieu chimique, cinétique électrochimique, générateurs</i>				
Responsable : Michel Cassir Professeur michel.cassir@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i> 15 h	<i>TD</i> 9 h	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : Un examen final (80%) + un projet (20%)</i>
<b>Descriptif :</b> Ce cours est destiné à des élèves-ingénieurs qui ont déjà des notions sur les potentiels électrochimiques. Il s'agit dans un premier temps de décrire les principes fondamentaux de l'électrochimie à l'équilibre, notamment la microélectrolyse et les caractéristiques courant-potentiel $I=f(E)$ , qui sont à la base de l'approche en analyse et de la compréhension des phénomènes de transport et de transfert de charge aux électrodes. L'effet du milieu chimique sur les courbes $I=f(E)$ sera largement abordé. Nous développerons ensuite les notions de cinétique électrochimique et de réactions couplées au transfert de charge, à travers la mise de la voltampérométrie cyclique qui permet d'appréhender des processus électrochimiques de courte durée de vie. Nous donnerons pour terminer un bref panorama des applications de l'électrochimie à l'électrolyse et aux générateurs électrochimiques, tels que les piles à combustible et les batteries.					
<b>Objectifs d'apprentissage :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'étudiant sera capable de comprendre les aspects fondamentaux de l'électrochimie ;</li> <li>- Il comprendra l'intérêt et la mise en œuvre de la microélectrolyse ;</li> <li>- Il saura établir les équations des caractéristiques courant-potentiel dans des conditions d'équilibre ;</li> <li>- Il intégrera l'effet du milieu chimique (acidité, complexation, précipitation) dans l'établissement et le tracé des courbes <math>I=f(E)</math> ;</li> <li>- Il assimilera les équations de base de la cinétique électrochimique ;</li> <li>- Il saura interpréter les réactions couplées au transfert de charge à travers la voltampérométrie cyclique.</li> <li>- Il aura des connaissances de base et une bonne vision des applications de l'électrochimie à l'électrolyse et aux générateurs électrochimiques.</li> </ul>					
<b>Pré-requis :</b> Notions de potentiels et d'équilibres électrochimiques, bases en thermodynamique et chimie des solutions.					
<b>Langue du cours :</b> français <b>Documents, lien :</b> pdf du cours + document de référence					

<b>1A S2</b>	<b>MH12ES.MN      Méthodes numériques</b> <i>Mots clés : Algorithmique, programmation, C</i>				
Responsable : Frédéric Labat Maître de Conférences frederic.labat@chimie-paristech.fr					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i>	<i>TD</i> 26 h	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : Rapport écrit</i>
<p><b>Descriptif :</b> Ce module vise à former l'élève ingénieur aux techniques classiques de méthodes numériques couramment rencontrées dans divers domaines scientifiques, afin de le rendre apte à choisir un algorithme adapté à un problème donné et à le mettre en œuvre en réalisant une application en langage C. Les algorithmes introduits portent sur des problèmes régulièrement rencontrés dans divers domaines scientifiques, tels que la résolution d'équations linéaires et non linéaires, la dérivation et l'intégration numérique, le calcul de valeurs et vecteurs propres, la minimisation de fonctions, la résolution d'équations différentielles ou encore d'équations aux dérivées partielles. Une attention particulière est portée sur l'efficacité, la qualité et les limites des solutions informatiques utilisables. La formation est basée sur des séances cours/TD, en s'appuyant sur des exemples majoritairement pris dans le domaine de la chimie, en utilisant le logiciel libre Code::Blocks, facilement installable sur tout ordinateur personnel.</p>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b> L'étudiant devra être capable: - d'analyser un problème scientifique et de déterminer les méthodes numériques appropriées pour sa résolution - de mettre en œuvre les principaux algorithmes de résolution numérique - d'analyser avec un esprit critique les résultats obtenus, conscient des limites des méthodes employées</p>					
<p><b>Pré-requis :</b> Bases de la programmation en C</p>					
<p><b>Langue du cours :</b> français <b>Documents, lien :</b> photocopié, documents de TD</p>					

<b>1A S2</b>	<b>MH12TC.CE</b>	<b>MANAGEMENT SCIENCES ECONOMIQUES ET SOCIALES – CONNAISSANCE DE L'ENTREPRISE - Intro. à l'économie et management de l'innovation</b> <i>Mots clés : innovation, design thinking, entrepreneuriat, propr. intellectuelle, dvp durable, marché, circuit, rentabilité d'investissement</i>			
Responsable : Philippe Vernazobres Maître de Conférences Chimie ParisTech philippe.vernazobres@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i> 42 h	<i>TD</i>	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation :</i> Evaluation finale écrite pour l'économie et les conférences + Jury industriel pour la semaine de l'innovation
<p><b>Descriptif :</b>                  Cette UE vise à former des ingénieurs capables d'innover et d'appréhender l'environnement économique et les enjeux de l'entreprise.                  Thèmes du cours d'économie – 7,5 heures                  ☐ Objet de l'analyse économique et concepts fondamentaux : marchés, prix                  ☐ Introduction à l'analyse macroéconomique : circuits, concepts de base                  ☐ Introduction à l'analyse économique de la monnaie                  ☐ Introduction aux logiques de calcul de rentabilité d'investissement                  Thèmes des conférences managériales (exemples) + préparation au stage – 10,5 heures                  Economie du développement durable, transition énergétique et RSE                  Intelligence économique, Communication de crise                  Entreprendre                  Brevets et protection intellectuelle                  Semaine de l'innovation - 24,5h                  ☐ Séminaire créativité et innovation avec le design thinking (2 journées)                  ☐ Visite des laboratoires de recherche de Chimie ParisTech (1 journée)                  ☐ Conférences (1/2 journée)</p>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b>                  A l'issue des modules, l'étudiant sera capable de :                  ☐ Comprendre les mécanismes de base du fonctionnement de l'économie                  ☐ Appréhender les sujets managériaux indispensables à l'ingénieur                  ☐ S'impliquer dans une démarche d'innovation, cœur de métier des ingénieurs, modules prolongés en 2ème et 3ème année                  ☐ Expérimenter et comprendre une démarche de design thinking, coopérer dans une équipe                  ☐ Défendre un projet innovant en compétition face à un jury industriel</p>					
<p><b>Pré-requis :</b>                  Modules de management du 1er semestre</p>					
<p><b>Langue du cours :</b> français  <b>Documents, lien :</b> photocopiés</p>					

<b>1A S2</b>	<b>MH12TC.PTD      Projet transdisciplinaire</b> <i>Mots clés : Equipe, management de projet, chef de projet, planification, deadlines, cahier des charges, livrable, relation client.</i>		
Responsable : Philippe Vernazobres philippe.vernazobres@chimieparistech.psl.eu			
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i>	<i>Tutorat</i> 6 mois de travail encadré. ½ J. par semaine	<i>Modalités d'évaluation :</i> Rédaction d'un rapport sur le contenu du projet (livrables) et sur le processus de travail (dimensions managériales et éthiques, controverses...) et soutenance orale
<p><b>Descriptif :</b>                  Cet enseignement consiste à mettre les élèves en condition de travail d'équipe en mode projet pour leur faire acquérir les méthodes et postures du management de projet.                  Le travail est organisé par groupes de sept pendant un semestre (janvier-juin), à raison d'une demi-journée par semaine. Il porte sur des sujets réels proposés par des clients industriels et institutionnels. Ces sujets portent sur des thématiques transverses : dimensions technologiques et/ou sociales, sociétales et environnementales. Les groupes sont tutorés par des enseignants-chercheurs de l'école, et les élèves expérimentent de manière tournante la posture de chef de projet. Des conférences assurent des apports sur les outils et processus du management de projet</p>			
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b>                  Au terme du module, l'étudiant sera capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Travailler en équipe et s'ouvrir à la pratique du travail collaboratif.</li> <li>• Gérer la relation avec un client, de l'analyse de la demande à la livraison du projet.</li> <li>• Organiser, planifier un projet, respecter des deadlines et mettre au point un cahier des charges.</li> <li>• Assumer la fonction de chef de projet.</li> <li>• Identifier, modéliser et résoudre des problèmes non habituels et incomplètement définis.</li> <li>• Prendre en compte des enjeux transverses de l'entreprise et de la société (économiques, sociaux, éthiques, environnementaux...) et développer un esprit et une approche critiques de ces enjeux.</li> <li>• Prendre en compte les enjeux des relations au travail, d'éthique et de responsabilité sociale au travail.</li> <li>• Trouver les informations pertinentes pour répondre à la demande du client, les évaluer et les mettre en œuvre.</li> <li>• Rendre compte de cette expérience et produire un livrable, à l'écrit (rapport) et à l'oral (présentation devant les clients).</li> </ul>			
<p><b>Pré-requis :</b></p>			
<p><b>Langue du cours :</b> français  <b>Documents, lien :</b> Polycopié et fiches-outils de management de projets.</p>			

<b>1A S2</b>	<b>MH12ST.SDE STAGE DE DECOUVERTE DE L'ENTREPRISE</b> <i>Mots clés : entreprise, organisation du travail, organigramme, relations de travail, responsabilité sociétale de l'entreprise, sécurité</i>				
Responsable : Philippe Vernazobres Maître de Conférence à Chimie ParisTech philippe.vernazobres@chimieparistech.psl.eu					
<i>ECTS :</i>	<i>Cours</i>	<i>TD</i> 150 h	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation : Rapport de stage</i>
<p><b>Descriptif :</b>                  Stage d'un à deux mois, de première découverte de l'entreprise en tant qu'ouvrier ou technicien.                  Il s'agit de s'inscrire dans une logique d'observation participante pour, d'une part, effectuer un travail de terrain et, d'autre part, communiquer à l'écrit pour rendre compte de cette expérience de manière professionnelle.                  Le rapport de stage :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mobilise les cours de management de première année pour se situer dans l'entreprise et appréhender ses enjeux.</li> <li>- Invite à observer l'organisation des ressources humaines qui fera l'objet de cours de management en deuxième année.</li> </ul>					
<p><b>Objectifs d'apprentissage :</b>                  A l'issue de son stage, l'étudiant sera capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• S'intégrer et se situer dans une organisation</li> <li>• Etre acteur et responsable des tâches qui lui sont confiées</li> <li>• Observer et prendre du recul sur l'organisation, les relations de travail, la productivité, la qualité, la sécurité, le développement durable, l'environnement...</li> <li>• Rendre compte de cette expérience au regard :                         <ul style="list-style-type: none"> <li>o des enjeux de l'entreprise</li> <li>o des tâches effectuées</li> <li>o de la construction du projet professionnel : se connaître, opérer des choix</li> </ul> </li> </ul>					
<p><b>Pré-requis :</b>                  Modules de management du 1er et 2ème semestre</p>					
<p><b>Langue du cours :</b> français  <b>Documents, lien :</b> Grille de rédaction du rapport de stage</p>					

<b>1A</b> <b>S2</b>	<b>L'année de césure</b> <i>Mots clés : césure</i>				
<i>ECTS :</i>					
	<i>Cours</i>	<i>TD</i>	<i>TP</i>	<i>Tutorat</i>	<i>Modalités d'évaluation</i>
<p><b>Descriptif :</b></p> <p>Un élève-ingénieur peut, à titre exceptionnel, être autorisé à interrompre ses études en effectuant une année complète de césure (soit deux semestres). Cette césure est effectuée sur la base du volontariat.</p> <p>L'élève-ingénieur peut profiter de cette période pour faire un stage, ou du bénévolat, ou pour suivre une formation dans un autre domaine que la chimie.</p> <p>L'année de césure peut être effectuée uniquement à la fin de la première ou à la fin de la deuxième année.</p> <p>L'année de césure démarre en début d'année universitaire (septembre de l'année en cours).</p> <p>La césure ne peut avoir lieu qu'une seule fois dans la scolarité.</p> <p>A l'issue de l'année de césure, l'élève-ingénieur ré-intègre la scolarité normale.</p> <p>La circulaire MENESR 2015-122 du 22 juillet 2015 définit les modalités d'application de la césure ainsi que les types de césure (Césure en milieu professionnel, autre formation, étudiant-entrepreneur) qui peuvent être effectuées.</p>					