

DOMAINE SCIENCES, TECHNOLOGIES, SANTE
PROGRAMME PEDAGOGIQUE MASTER 2

MASTER CHIMIE

Parcours Catalyse et procédés



Objectifs de la formation

Le parcours « catalyse et procédés » a pour objectif de fournir aux étudiants une double compétence en catalyse et en génie de la réaction. Les enseignements permettront notamment aux étudiants d'acquérir les connaissances nécessaires à la compréhension de l'acte catalytique.

Les aspects liés au réacteur et notamment à la modélisation des phénomènes qui s'y produisent sont également abordés. Par ailleurs, la formation par la recherche est une caractéristique essentielle du parcours : elle s'effectue sous forme d'un stage de 4 mois minimum au sein d'une équipe de recherche, en laboratoire universitaire ou en entreprise. Ce stage permet à l'étudiant d'avoir une première approche d'un véritable travail de recherche.

Organisation de la formation

Enseignements (**septembre – fin février**)
Stage à caractère recherche, d'une durée de 4 mois minimum (mars -)

Validation de la formation

Validation de chaque Unité d'Enseignement
Pas de compensation entre les Unités d'Enseignement
Chaque épreuve peut donner lieu à un rattrapage.

Débouchés de la formation

La formation peut déboucher sur la préparation d'une thèse de Doctorat.
Elle a également vocation à permettre aux étudiants ne désirant pas préparer une thèse de s'insérer dans le milieu industriel pour exercer le métier de chercheur, d'ingénieur de recherche ou de chef de projet.

Présentation générale des Unités d'Enseignement

Unité d'enseignement « **Catalyse** » CP1 : 5 ECTS

Titre de l'enseignement	Nombre d'heures	Intervenant(s)	Mode d'évaluation	Coefficient
Catalyse Environnementale et Biogaz			examen écrit	0.5
Introduction à la catalyse	4	Pascal Granger (UDL)		
Catalyse hétérogène	4	Pascal Granger (UDL)		
Biogaz	4	Mirella Virginie (ENSCL)		
Catalyse enzymatique	6	Renato Froidevaux (UDL)		
Catalyse hétérogène	4	Sébastien PAUL (EC-Lille)		
Catalyse Homogène			examen écrit	0.5
Catalyse homogène	20	Francine Agbossou (CNRS)		
Catalyse homogène	6	Damien DELCROIX (IFPEN)		

Unité d'enseignement « **Préparation et caractérisation de catalyseurs** » CP2 : 5 ECTS

Titre de l'enseignement	Nombre d'heures	Intervenant(s)	Mode d'évaluation	Coefficient
Supports de catalyseurs	8	Patrick Euzen (Axens)	examen écrit	0.25
Préparation et mise au point du catalyseur industriel	12	Gerhard Pirngruber (IFPEN)	examen écrit	0.25
Analyse physico-chimique des catalyseurs	12	Loïc Sorbier (IFPEN)	examen écrit	0.25
Caractérisation physicochimique des catalyseurs hétérogènes	12	Christophe Dujardin (ENSCL)	examen écrit	0.25

Unité d'enseignement « **Cinétique réactionnelle et Thermodynamique** » CP3 : 6 ECTS

Titre de l'enseignement	Nombre d'heures	Intervenant(s)	Mode d'évaluation	Coefficient
Harmonisation Cinétique	8	Benjamin Katryniok (EC-Lille)	examen écrit	0.2
Cinétique réactionnelle avancée	28	Jan Verstraete (IFPEN)	examen écrit	0.4
Thermodynamique appliquée	18	Jean-Charles de Hemptinne (IFP School)	examen écrit	0.4

Unité d'enseignement « Réacteurs Catalytiques et Opération Unitaires » CP4 : 5 ECTS

Titre de l'enseignement	Nombre d'heures	Intervenant(s)	Mode d'évaluation	Coefficient
Introduction aux calculs de Réacteurs	8	Marcia Araque Marin (EC-Lille)	examen écrit	0.17
Réacteurs hétérogènes	24	Benjamin Katryniok (EC-Lille)	examen écrit	0.5
Opération Unitaires				0.33
Agitation	10	Guillaume Delaplace (INRA)	examen écrit	
Distillation	10	Véronique Le Courtois (EC-Lille)	examen écrit	

Unité d'enseignement « Energie fossile et biomasse » CP5 : 4 ECTS

Titre de l'enseignement	Nombre d'heures	Intervenant(s)	Mode d'évaluation	Coefficient
Raffinage et procédés pétrochimiques	6	Gerhard Pirngruber (IFPEN)	examen écrit	0.33
Procédés de Pétrochimie			examen écrit	
Procédés de Pétrochimie – I	6	Patrick Bourges (AXENS)		0.33
Procédés de Pétrochimie – II	6	Vincent Coupard (IFPEN)		
Biomasse	8	Benjamin Katryniok (EC-Lille) Robert Wojcieszak (CNRS)	examen écrit	0.34

Unité d'enseignement « Projet et Expérimentation » CP6 : 5 ECTS

Titre de l'enseignement	Nombre d'heures	Intervenant(s)	Mode d'évaluation	Coefficient
Simulation de procédés			Présentation orale + Ecrit	0.5
Simulation de procédés	20	Jérémy Gazarian (IFPEN)		
Simulation de procédés	12	Véronique Le Courtois (EC-Lille)		
TP - Réacteurs	8	Marcia Araque Marin (EC-Lille)	Compte rendu	0.25
Travaux pratiques	7	Rafah Bechara (ENSCL)	Compte rendu	0.25

Unité d'enseignement « Anglais et Gestion de projet » CP7: 5 ECTS

Titre de l'enseignement	Nombre d'heures	Intervenant(s)	Mode d'évaluation	Coefficient
Anglais	24		Oral	0.5
Gestion de projet	24	Rémi Bachelet (EC-Lille)	MOOC	0.5

Unité d'enseignement « **Projet bibliographique** » CP8 : 5 ECTS

Titre de l'enseignement	Nombre d'heures	Mode d'évaluation	Coefficient
Etude bibliographique	80		
		Evaluation par l'encadrant	0.5
		Rapport	0.25
		Soutenance	0.25

Unité d'enseignement « **Stage de Recherche** » CP9 : 20 ECTS

Titre de l'enseignement	Nombre d'heures	Mode d'évaluation	Coefficient
Etude bibliographique	4 à 6 mois		
		Evaluation par l'encadrant	0.5
		Rapport	0.25
		Soutenance	0.25

Détail des unités d'enseignement

Nom code UE : CP1	Titre de l'UE : Catalyses
Responsable : Francine Agbossou CNRS, UCCS – Université de Lille 1 Sciences et Technologies, Bât. C7 59655 Villeneuve d'Ascq cedex	
Descriptif des objectifs	<p>Détails des objectifs</p> <p>Bonne connaissance des différents catalyses et catalyseurs Compréhension des phénomènes mis en jeu en catalyse hétérogène. Connaître les principaux types de réactions en chimie organométallique et les applications en catalyse homogène industrielle Compréhension des notions théoriques en catalyse enzymatique et des applications</p>
Descriptif du Contenu	<p>Détails des contenus couverts par l'UE – Notions principales</p> <p><u>Introduction à la Catalyse</u> Qu'est-ce que la catalyse ? Brève histoire de la catalyse. Présentation des catalyses. Procédés catalytiques et enjeux économiques. Notions fondamentales en catalyse : le cycle catalytique, origine du caractère accélérateur du catalyseur, site actif pour les différentes catalyses et orientation des sélectivités. Les différentes opérations unitaires pour fabriquer un catalyseur hétérogène</p> <p><u>Catalyse hétérogène</u> post-traitement de l'air : cas des sources industrielles, sources mobiles et sources diffuses (oxydation de composés volatiles, réduction catalytique des oxydes d'azote) catalyse pour l'énergie : combustion catalytique, piles à combustibles, conversion du gaz naturel. catalyse pour la valorisation de la biomasse : Oxydation partielle de produits issus de la biomasse, formation de synthons pour la chimie de base</p> <p><u>Catalyse homogène</u> Généralités sur la catalyse et ses applications Introduction à la chimie des complexes de métaux de transition, leur réactivité et les mécanismes élémentaires associés Éléments de cinétique et de sélectivité et cycles catalytiques Carbonylation : Synthèse de l'acide acétique, Synthèse de l'anhydride acétique, Carbonylation des alcynes, Autres carbonylations Hydroformylation : Synthèse OXO, Autres procédés d'hydroformylation Oxydation : Procédé Wacker, Autres procédés industriels d'oxydation Oligomérisation et métathèse : Procédés SHOP, Polymérisation par métathèse Polymérisation : Catalyseurs Ziegler Natta, Catalyseurs homogènes Hydrocyanation des diènes : Synthèse de l'adiponitrile Chimie fine : Couplages C-C palladocatalysés, Isomérisation - Synthèse du menthol, Hydrogénation</p>

	<p><u>Catalyse enzymatique</u> Nomenclature des enzymes Structure d'une enzyme Site actif La catalyse enzymatique Généralités Spécificité de la catalyse enzymatique Cinétique en Catalyse enzymatique Exemples en catalyse enzymatique</p>
Organisation pédagogique	<p><u>Introduction à la Catalyse</u> 4h Cours (Pascal Granger)</p> <p><u>Catalyse hétérogène</u> Energie 4h Cours (Mirella Virginie) Environnement : 4h Cours (Pascal Granger) HT : Sébastien PAUL</p> <p><u>Catalyse homogène</u> 20h Cours (Francine Agbossou) 6h Cours (Damien Delcroix)</p> <p><u>Catalyse enzymatique</u> 6h Cours (Renato Froidevaux)</p>
Connaissances et compétences acquises	<p>Détails de ce que les étudiants auront acquis par les enseignements de l'UE</p> <p><u>Connaissances :</u> Avoir une connaissance des grands procédés industriels de catalyses homogène et de catalyse hétérogène Avoir une connaissance des applications en catalyse enzymatique</p> <p><u>Compétences (1 à n):</u> A l'issue de l'enseignement, l'étudiant est capable de :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Développer des compétences en chimie des complexes de métaux de transition en relation avec la catalyse homogène. 2- Avoir des compétences en synthèse de produits incluant une ou plusieurs étapes de catalyse.
Type d'activité auquel cette UE prépare et secteur d'activité	Connaissance des différents secteurs d'application de la catalyse
Modalités d'évaluation	<p>Détails de la façon dont sont évaluées les compétences</p> <p>Examen de 4h, dont 2h pour la partie Catalyse homogène et 1h pour la partie Catalyse Hétérogène et 1h pour la partie Catalyse enzymatique</p>
Acquis et Pré-requis conseillés	Connaissances niveau L3 en chimie Organométallique UE Valorisation chimique de la biomasse végétale et bioénergie (CPI 3)
Langue de l'enseignement	Les cours sont dispensés en français.
ECTS	5

Nom code UE : CP2	Titre de l'UE : Préparation et Caractérisation de catalyseurs
Responsable : Christophe Dujardin ENSCL, UCCS Bât C3, Cité scientifique, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex- France	
Descriptif des objectifs	<p>Détails des objectifs</p> <p>Préparations :</p> <ul style="list-style-type: none"> o Connaissances sur les diverses méthodes de préparation des supports o Connaissances des bases théoriques et pratiques de la préparation des phases actives des catalyseurs hétérogènes (massiques et supportées) en insistant sur les points délicats afin que l'étudiant soit capable de proposer et de réaliser seul un mode opératoire de fabrication de catalyseur. o Sensibiliser l'étudiant à l'extrapolation de l'échelle laboratoire à l'échelle industrielle <p>Caractéristiques texturales et structurales des matériaux catalytiques</p> <ul style="list-style-type: none"> o Compréhension des propriétés des supports de catalyseurs et des catalyseurs o Interpréter les informations déduites des diverses caractérisations physiques des solides divisés à propriétés catalytiques o Connaître les conditions d'application et les limites d'applicabilité de chacune de ces techniques
Descriptif du Contenu	<p>Détails des contenus couverts par l'UE – Notions principales</p> <p><u>Préparation et mise au point du catalyseur industriel</u></p> <ul style="list-style-type: none"> I - Rappel sur le catalyseur hétérogène II - Les différents types de catalyse III - Développement du catalyseur industriel IV - Principaux supports (voir cours P. Euzen) V - Préparation des catalyseurs hétérogènes supportés <ul style="list-style-type: none"> 1. Les différentes étapes unitaires 2. Etape d'imprégnation de la phase active <ul style="list-style-type: none"> - imprégnation capillaire - échange ionique 3. Etapes de traitements thermiques VI - Détermination des propriétés catalytiques <ul style="list-style-type: none"> 1. Les propriétés fondamentales d'un catalyseur industriel 2. Les tests mis en œuvre 3. Causes de désactivation <ul style="list-style-type: none"> - le cokage - l'empoisonnement 4. La mise en œuvre industrielle du catalyseur 5. Méthodes de chargement industriel <p><u>Les supports de catalyseurs</u></p> <ul style="list-style-type: none"> I) Introduction aux supports de catalyseurs II) Propriétés physico-chimiques du support (structurales, interfaciales) : Structurales Phase, Teneur en impuretés, Interface : Nature des hydroxyles, Acidité Bronsted/Lewis III) Propriétés texturales des supports Densité de remplissage tassée, Surface spécifique, Volume poreux, Distribution poreuse IV) Propriétés mécaniques des supports Attrition (AIF) , Ecrasement grain à grain (EGG), Ecrasement Shell (ESH) V) Préparation du support : Synthèse coprécipitation, sol-gel, synthèse hydrothermale, activation physique et chimique, supports pyrogénés VI) Préparation du support : Mise en forme Pastillage, Atomisation (Spray-drying), Dragéification (Granulation), Malaxage/Extrusion (kneading-extrusion), Oil-Drop (ou coagulation en goutte), Enduction de monolithes

<p>VII) Préparation du support : séchage/Calcination</p> <p>VII) L'alumine</p> <p>Synthèse, mise en forme, propriétés physicochimiques (structurales, interfaciales), propriétés texturales</p> <p>VIII) Exemples d'application des alumines en raffinage et post-combustion</p> <p>HDT, reforming, isomérisation, hydrogénations sélectives, Fischer-Tropsch, hydroconversion des résidus en lit fixe et lit bouillonnant, post-combustion</p> <p>IX) La silice</p> <p>Synthèse, mise en forme, propriétés physicochimiques (structurales, interfaciales), propriétés texturales</p> <p>X) Les silices-alumines amorphes</p> <p>Synthèse, mise en forme, propriétés physicochimiques (structurales, interfaciales), propriétés texturales), application en hydrocraquage</p> <p>XI) Les zéolithes A et USY</p> <p>Synthèse, mise en forme, propriétés physicochimiques (structurales, interfaciales), application en hydrocraquage pour USY</p> <p>Comparaison Zeolithes USY et silice-alumine amorphe</p> <p>XII) Le titane</p> <p>Synthèse et applications</p> <p>XIII) Les résines</p> <p>Synthèse et applications</p> <p>XIV) Les charbons actifs et SiC</p> <p>Synthèse et applications</p> <p>XI) MgCl₂</p> <p>Synthèse, application en catalyse Ziegler-Natta</p> <p><u>Analyse physicochimie des catalyseurs</u></p> <p>1. Introduction</p> <p>Pourquoi caractériser les catalyseurs ? Quelques rappels de mécanique quantique et de structure de l'atome. Interaction des particules avec la matière (molécules, ions, électron, photons).</p> <p>2. analyse chimique globale</p> <ul style="list-style-type: none">• CHONS, XRF, OES, AAS <p>3. Analyses de Surface</p> <ul style="list-style-type: none">• XPS, LEIS, SIMS <p>4. Analyses des structures et des phases</p> <ul style="list-style-type: none">• TGA, XRD <p>5. Analyses texturales</p> <ul style="list-style-type: none">• Adsorption/désorption d'azote, Mercure intrusion, He pycnomètre <p>6. Microscopie Electronique et Microanalyses (2h)</p> <ul style="list-style-type: none">• SEM, EPMA, TEM, Diffraction Electronique, STEM <p>7. Spectroscopie Moléculaire</p> <ul style="list-style-type: none">• NMR liquide, NMR solide, <p>8. Rayonnement sur Synchrotron</p> <ul style="list-style-type: none">• XANES, EXAFS, AXRD, μCT <p>9. Tutoriels</p> <ul style="list-style-type: none">• tests des années précédentes avec les corrections <p><u>Caractérisation physicochimique des catalyseurs hétérogènes par spectroscopie vibrationnelle</u></p> <p>I – Principe et mise en œuvre</p> <p>II – Mise en évidence des vibrations de structure</p> <p>III – Partie expérimentale – description des cellules utilisées</p> <p>IV – Etude des propriétés Acidité/Basicité</p> <p>V – Etude des sites métalliques et des alliages</p> <p>VI – Etude de phases complexes sulfures</p>
--

	<p>VII – Suivi de préparation de catalyseur par spectroscopie Raman VIII – Effets de résonance en Raman, effet SERS IX – Influence des longueurs d’onde d’excitation en spectroscopie Raman X – Effets isotopiques en spectroscopie XI- Etudes de cas : Analyse de plusieurs publications relatives à la spectroscopie in-situ et spectroscopie operando en Infrarouge et Raman</p>
Organisation pédagogique	<p><u>Préparation et mise au point du catalyseur industriel</u> 12h Cours (Gerhard Pirngruber)</p> <p><u>Les supports de catalyseurs</u> 8h Cours (Patrick Euzen)</p> <p><u>Analyse physicochimie des catalyseurs</u> 12h Cours (Loïc Sorbier)</p> <p><u>Caractérisation physicochimique des catalyseurs hétérogènes par spectroscopie vibrationnelle</u> 12h Cours (Christophe Dujardin)</p>
Connaissances et compétences acquises	<p><u>Détails de ce que les étudiants auront acquis par les enseignements de l’UE</u> <u>Connaissances :</u></p> <p><u>Compétences (1 à n):</u> A l’issue du cours, l’étudiant est capable de :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- décrire les principales méthodes de synthèse des supports et de leur mise en forme 2- décrire et sélectionner les différentes méthodes de préparation des catalyseurs hétérogènes et leur activation. 3- décrire les grands procédés catalytiques industriels et justifier les choix technologiques en termes de réacteur et catalyseur pour les procédés en cours actuellement. 4- faire le choix des techniques selon la propriété ou caractéristique du catalyseur que l’on désire connaître, 5- donner les limites d’applicabilité de chacune de ces techniques
Type d’activité auquel cette UE prépare et secteur d’activité	<p>Contribue à former un Ingénieur en préparation de catalyseur</p> <p>Connaissances théoriques et pratiques pour comprendre les résultats d’analyses physicochimiques</p>
Modalités d’évaluation	<p><u>Détails de la façon dont sont évaluées les compétences</u> Examen de 4h, dont 2h pour la partie Préparation et mise au point et Supports de catalyseurs 1h30 pour la partie Analyse physicochimique 1h15 pour la partie Caractérisation physicochimique des catalyseurs</p>
Acquis et Pré-requis conseillés	<p>Connaissances niveau L3 en Spectroscopie, Chimie Minérale Bases de chimie inorganique et chimie du solide, Bases sur les spectroscopies vibrationnelles, atomiques et électroniques</p>
Langue de l’enseignement	<p>Les cours sont dispensés en français.</p>
ECTS	<p>5</p>

Nom code UE : CP3	Titre de l'UE : Cinétique réactionnelle et Thermodynamique
Responsable : Jean-Charles de Hemptinne IFP School, 228-232, avenue Napoléon Bonaparte, 92852 Rueil-Malmaison Cedex - France	
Descriptif des objectifs	Détails des objectifs <i>L'objectif de l'UE Cinétique réactionnelle et Thermodynamique est de donner aux étudiants les connaissances pour développer et analyser les modèles cinétiques en particulier pour les applications catalytiques. L'étudiant devra également être capable de comprendre et de sélectionner des modèles thermodynamiques adaptés aux différents problèmes rencontrés lors de la simulation de procédés.</i>
Descriptif du Contenu	Détails des contenus couverts par l'UE – Notions principales <u>Harmonisation cinétique</u> <i>Chapitre 1 : rappels et définitions</i> <ul style="list-style-type: none"> • Définitions : cinétiques homogène et hétérogène, vitesse de réaction, conversion, sélectivité... • Rappels : expression des bilans de matière, loi d'Arrhénius, théorie des collisions, énergie d'activation <i>Chapitre 2 : cinétique formelle</i> <ul style="list-style-type: none"> • Réactions d'ordre simple • Réactions réversibles • Réactions successives • Réactions parallèles • Réactions jumelles • Exercices d'application : réactions à volume constant <i>Chapitre 3 : cinétique catalytique</i> <ul style="list-style-type: none"> • Réactions en chaîne : polymérisation • Catalyse hétérogène : <ul style="list-style-type: none"> o Modèle de Langmuir – Hinshelwood : réaction monomoléculaire, bimoléculaire (sites identiques ou distincts), adsorption dissociative. o Modèle de Eley – Rideal o Modèle de Mars et van Krevelen o Exercices d'application : réactions à volume variable <u>Cinétique réactionnelle avancée</u> <i>Chapitre 4 : cinétique avancée</i> <ul style="list-style-type: none"> • Mécanismes réactionnels en cinétique homogène <ul style="list-style-type: none"> o Classification des réactions homogènes o Principes cinétiques o Réactions en séquence ouverte (par stades) o Réactions en séquence fermée • Mécanismes réactionnels en cinétique hétérogène <ul style="list-style-type: none"> o Classification des réactions hétérogènes o Réactions sur catalyseur solide o Exercices <i>Chapitre 5 : modélisation avancée</i> <ul style="list-style-type: none"> • Réseaux cinétiques <ul style="list-style-type: none"> o Filiation des constituants o Approches par regroupement o Méthodes avancées • Modélisation avancée <ul style="list-style-type: none"> o Description informatique de molécules et de réactions o Génération de réseaux réactionnels o Définition de paramètres cinétiques fondamentaux o Utilisation de contraintes thermodynamiques o Résolution des équations (algèbro-) différentielles

	<ul style="list-style-type: none"> o Estimation des paramètres o Application au reformage catalytique <p>Chapitre 6 : analyse cinétique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse cinétique de résultats expérimentaux <ul style="list-style-type: none"> o Méthode différentielle o Méthode intégrale • Estimation de paramètres <ul style="list-style-type: none"> o Principes o Analyse des résultats : tests physicochimiques, tests statistiques, ... • Discrimination de modèles en compétition <ul style="list-style-type: none"> o Utilisation de vitesses initiales o Utilisation de l'analyse statistique o Extraction séquentielle de conditions expérimentales optimales <p><u>Thermodynamique appliquée</u></p> <p>Session 1: Etre capable de calculer les propriétés de corps purs à partir de leurs paramètres caractéristiques (méthode de Lee Kesler)</p> <p>Session 2: Etre capable de calculer un équilibre de phase à l'aide de la méthode de Rachford-Rice</p> <p>Session 3: Etre capable de calculer un équilibre en utilisant la fugacité</p> <p>Session 4: Etre capable d'identifier le rôle des paramètres dans une équation d'état</p> <p>Session 5: Etre capable de distinguer les déviations enthalpiques et entropiques à l'idéalité</p> <p>Session 6: Etre capable de reconnaître et de construire un diagramme de phase comprenant des azéotropes et des démixtions</p> <p>Session 7: Etre capable de calculer un diagramme de phase complexe à l'aide d'un modèle à coefficient d'activité, et de régresser les paramètres</p> <p>Session 8: Etre capable d'identifier les avantages et inconvénients des équations d'état complexes (règles de mélange de type Huron-Vidal; équations issus de la statistique)</p> <p>Session 9: Etre capable de choisir le modèle en fonction du système</p>
<p>Organisation pédagogique</p>	<p><u>Harmonisation cinétique</u> 8h Cours (Benjamin Katryniok)</p> <p><u>Cinétique réactionnelle avancée</u> 28h Cours (Jan Verstraete)</p> <p><u>Thermodynamique appliquée</u> 18h Cours (Jean-Charles de Hemptinne)</p>
<p>Connaissances et compétences acquises</p>	<p>Détails de ce que les étudiants auront acquis par les enseignements de l'UE</p> <p><u>Connaissances :</u></p> <p>Connaissance du comportement des fluides (diagrammes thermodynamiques, diagrammes de phase)</p> <p><u>Compétences (1 à n):</u></p> <p>A l'issue de ce cours, l'étudiant doit être capable de :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- sélectionner un modèle cinétique parmi plusieurs modèles à partir de données expérimentales et pour une réaction ou un ensemble de réactions donné 2- Avoir une vision critique de ces données expérimentales ainsi que de la façon dont elles ont été obtenues. 3- La compréhension des équilibres de phases 4- La connaissance des méthodes prédictives couramment utilisées dans le domaine du Génie des Procédés et notamment les grandes familles de modèles de calcul d'équilibres (équations d'état cubiques, règles de mélange, modèles de coefficient d'activité)

	<p>5- <i>La mise en œuvre de ces modèles (algorithme de flash)</i></p> <p>6- <i>La capacité à choisir un modèle thermodynamique en fonction des constituants d'un mélange</i></p>
Type d'activité auquel cette UE prépare et secteur d'activité	Métiers de la recherche et du procédé.
Modalités d'évaluation	<p>Détails de la façon dont sont évaluées les compétences</p> <p><i>Présentation orale pour Harmonisation cinétique</i></p> <p><i>Examen de 3h pour la partie Thermodynamique appliquée</i></p> <p><i>Examen de 3h pour la partie Cinétique réactionnelle avancée</i></p>
Acquis et Pré-requis conseillés	<p><i>Connaissances niveau M1 en cinétique réactionnelle (UE TC7) et en Physicochimie des mélanges (Lic S6)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>o UE Cinétique réactionnelle du Master 1ère année</i> <i>o Etablissement et calcul de vitesse de réaction, conversion, sélectivité</i> <i>o Etablissement de bilans de matière</i> <i>o Thermodynamique : grandeurs thermodynamiques (U, A, F et G), établissement et interprétation des diagrammes des phases, comportement des corps purs et mélanges</i> <i>o Résolution d'équations différentielles de premier ordre</i>
Langue de l'enseignement	<i>Les cours sont dispensés en français.</i>
ECTS	6

Nom code UE : CP4	Titre de l'UE : Réacteurs Catalytiques et Opération Unitaires
Responsable : Benjamin Katryniok EC-Lille, Cité Scientifique – CS 20048, 59651 Villeneuve d'Ascq Cedex- France	
Descriptif des objectifs	<p>Détails des objectifs</p> <p>Les objectifs de l'UE Réacteurs catalytiques sont d'apporter les connaissances pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> o mesure, identification et modélisation des écarts à l'idéalité de l'écoulement dans un réacteur réel o optimisation de réacteurs réels en fonction d'un objectif donné o modélisation des réacteurs catalytiques hétérogènes
Descriptif du Contenu	<p>Détails des contenus couverts par l'UE – Notions principales</p> <p><u>Analyse de l'opération d'agitation</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction: les difficultés liées à l'analyse d'un procédé de mélange 2. Rappel : Classification des fluides selon leur comportement rhéologique 3. Principaux objectifs visés par l'opération d'agitation selon la nature des milieux en présence 4. Bonne pratique- Classification des mobiles et critère de choix d'un mélangeur 5. Analyse fine d'une opération unitaire : Théorie de similitude et analyse dimensionnelle: Principes de base 6. Exemple d'analyse fine : Obtention des caractéristiques d'un système d'agitation: puissance, temps de mélange, transfert de chaleur pour fluides monophasiques newtonien 7. Autres outils pour obtenir des informations fines sur opération de mélange: CFD et mesure du champ des vitesses 8. Extrapolation 9. Incidence du comportement rhéologique sur le procédé de mélange 10. Analyse fine de procédés de mélange mettant en jeu des systèmes dispersés (S/L, L/L, G/L) <p><u>Introduction au calcul de réacteurs</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Introduction <ol style="list-style-type: none"> a) Généralités <p>Cadre du cours : réacteurs isothermes Définition d'un réacteur, données nécessaires à son calcul. Différents types de réactions, de réacteurs.</p> b) Rappels de cinétique <p>Réaction irréversible et réversible. Loi aux puissances. Coefficient stœchiométrique algébrique.</p> 2) Bilans-matière sur les réacteurs idéaux <ol style="list-style-type: none"> a) Equation générale b) Application à un Réacteur Fermé Uniforme (RFU) <p>Equation caractéristique. Définition de la conversion et du temps de séjour.</p> c) Application à un Réacteur à Ecoulement Piston (REP) <p>Equation caractéristique. Définition du temps de passage.</p> d) Application à un Réacteur Ouvert Parfaitement Agité (ROPA) <p>Equation caractéristique. Définition du temps de passage moyen.</p> 3) Calcul du volume du réacteur et du temps de séjour (ou de passage) <ol style="list-style-type: none"> a) RFU <ol style="list-style-type: none"> i. A V constant ii. A P constante <p>Relation entre V et X.</p> b) REP c) ROPA

	<p>d) <i>Comparaison graphique REP-ROPA</i> <i>Point et courbe de fonctionnement.</i></p> <p>e) <i>Association de réacteurs en série</i> <i>Méthode graphique.</i> i. <i>Cascade de ROPA de même volume</i> ii. <i>Cascade de ROPA de volumes différents</i> iii. <i>Cascade de ROPA à volume total optimisé</i> iv. <i>REP et ROPA en série</i></p> <p>4) <i>Réaction à stœchiométrie multiple</i> <i>Notion de sélectivité locale et globale, de rendement. Optimisation de ces paramètres.</i></p> <p>a) <i>Réactions en parallèle de même ordre cinétique</i> i. <i>RFU et REP</i> ii. <i>ROPA</i></p> <p>b) <i>Réactions en parallèle d'ordres cinétiques différents</i> i. <i>2 réactions</i> ii. <i>3 réactions et plus</i></p> <p>c) <i>Réactions en série</i> i. <i>RFU et REP</i> ii. <i>ROPA</i></p> <p><u>Réacteurs hétérogènes (pré-acquis : Bilans de matière sur les réacteurs isothermes, dimensionnement de réacteurs idéaux, cinétique)</u></p> <p>a) <i>Notions d'âge, de temps de séjour, de distribution de temps de séjour (DTS), identification des réacteurs, modèles simples : réacteur piston à dispersion axiale, cascade de réacteurs parfaitement agité</i></p> <p>b) <i>Transfert de matière et de chaleur dans les lits catalytiques, couplage transfert - réaction, impact sur la cinétique apparente (falsification de la cinétique intrinsèque), notion de sélectivité et impact des limitations diffusionnelles sur ce dernier, impacts économiques</i></p> <p>c) <i>Transfert de chaleur dans les lits catalytiques, light-off, emballement thermique, explosivité et aspects thermiques</i></p> <p>d) <i>Modèles pour la perte de charge, impacts économiques</i></p> <p>e) <i>dimensionnement de réacteurs réels basé sur l'utilisation de modèles simples, optimisation du fonctionnement d'un réacteur, intensification</i></p> <p>f) <i>étude d'un cas : le réacteur à lit fluidisé ; microréacteur, trickle-bed</i></p> <p>g) <i>modèles de réacteurs catalytiques fluide - solide à lit fixe : modèles pseudo-homogène, hétérogène.</i></p>
<p>Organisation pédagogique</p>	<p><u>Introduction au calcul de réacteurs</u> 8h Cours (Marcia Araque Marin)</p> <p><u>Réacteurs hétérogènes</u> 24 h Cours (Benjamin Katryniok)</p> <p><u>Analyse de l'opération d'agitation</u> 10 h Cours (Guillaume Delaplace)</p> <p><u>Séparations thermodynamiques - Distillation</u> 10 h (Véronique Le Courtois)</p>
<p>Connaissances et compétences acquises</p>	<p><u>Détails de ce que les étudiants auront acquis par les enseignements de l'UE</u></p> <p><u>Connaissances :</u></p> <p>1- <i>Connaître la différence entre réacteur idéal et réel</i></p> <p>2- <i>Connaître les méthodes pour modéliser réacteur idéal et réel</i></p>

	<p>3- Connaître les facteurs permettant d'optimiser un réacteur catalytique réel (paramètres du catalyseur, du réacteur et conditions opératoires)</p> <p>4- Connaître les sources responsables pour une falsification des données cinétiques</p> <p><u>Compétences (1 à n):</u> A l'issue de ce cours, un étudiant doit être capable de :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Identifier le comportement hydrodynamique d'un réacteur quelconque et de proposer une modélisation de ce comportement. 2- Dimensionner un réacteur pour un objectif donné 3- Optimiser le fonctionnement d'un réacteur idéal pour une cinétique donnée 4- Analyser le comportement d'un réacteur réel et de le modéliser 5- Avoir des connaissances de base sur l'analyse de l'opération unitaire d'agitation / mélange : dimensionnement - conduite raisonnée – scale-up
Type d'activité auquel cette UE prépare et secteur d'activité	Sensibilisation à la mise en œuvre des réacteurs catalytiques pour les métiers d'Ingénieur de recherche en catalyse
Modalités d'évaluation	<p>Détails de la façon dont sont évaluées les compétences</p> <p>Examen de 2h pour la partie Réacteurs Hétérogènes</p> <p>Examen de 2h pour la partie Séparations Thermodynamiques - Distillation</p> <p>Examen de 2h pour la partie Opération unitaire d'agitation</p>
Acquis et Pré-requis conseillés	<p>o Etablissement des bilans de matière et d'énergie</p> <p>o Connaissance de base en cinétiques réactionnelles</p> <p>o Equations différentielles du premier ordre</p> <p>o TC7 : UE Cinétique Chimique et Catalyse du Master 1ère année</p> <p>o TC9 : UE Génie des Procédés et Réactivité du Master 1ère année</p>
Langue de l'enseignement	Les cours sont dispensés en français.
ECTS	5

Nom code UE : CP5	Titre de l'UE : Energie fossile et Biomasse
Responsable : Benjamin Katryniok EC-Lille, Cité Scientifique – CS 20048, 59651 Villeneuve d'Ascq Cedex- France	
Descriptif des objectifs	Détails des objectifs <i>L'objectif général du cours est de permettre aux étudiants d'avoir une vue synthétique des différents procédés de pétrochimie, de comprendre les raisons de l'existence de ces différents procédés ainsi que les conditions opératoires sur lesquels ils ont été construits.</i>
Descriptif du Contenu	<p><i>Détails des contenus couverts par l'UE – Notions principales</i></p> <p><u>Raffinage et procédés pétrochimiques – Partie 1</u></p> <p><i>I Futur de l'industrie pétrolière – Les Défis</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>L'industrie pétrolière a-t-elle un futur ?</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>équilibre offre – demande</i> • <i>prix du brut</i> • <i>"peak oil"</i> 2. <i>Les développements du futur</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Amont pétrolier</i> <ul style="list-style-type: none"> o <i>repousser les limites</i> o <i>captage et stockage du CO₂</i> • <i>Aval pétrolier</i> <ul style="list-style-type: none"> o <i>transformer le pétrole brut en énergie</i> o <i>diversifier les sources d'approvisionnement :</i> <ul style="list-style-type: none"> o <i>biomasse, gaz, charbon</i> <p><i>II Introduction au raffinage</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Le pétrole brut</i> 2. <i>Les produits pétroliers</i> 3. <i>Les objectifs du raffinage</i> 4. <i>La pétrochimie</i> 5. <i>Optimisation économique, synergie entre le raffinage et la pétrochimie</i> <p><i>III Quelques grands procédés du raffinage</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Le reformage catalytique</i> 2. <i>L'isomérisation des paraffines légères</i> 3. <i>L'Hydrotraitement</i> 4. <i>L'Hydrocraquage</i> 5. <i>Le Craquage catalytique (FCC)</i> <p><u>Raffinage et procédés pétrochimiques – Partie 2</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Introduction sur la Pétrochimie</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Définition</i> • <i>Historique</i> • <i>Facteurs favorables à l'essor de la Pétrochimie</i> • <i>Intermédiaires de 1ère et 2ème générations</i> • <i>Comparaison Raffinage / Pétrochimie</i> 2. <i>Production du gaz de synthèse et de l'hydrogène</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Oxydation partielle (POX) et gazéification</i> • <i>Vaporeformage</i> • <i>Shift réaction</i> • <i>Réformeur Auto-Thermique (ATR)</i> 3. <i>Production d'Aromatiques et d'Oléfines</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Réformage Catalytique</i> • <i>Vapocraquage (Steam cracker)</i> • <i>Craquage catalytique (FCC)</i> 4. <i>Procédés de séparation</i>

	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction • Extraction liquide/liquide • Séparation des xylènes sur tamis • Procédés de transformation des aromatiques • Transalkylation – Disproportionation – Hydrodéalkylation – Isomérisation des xylènes • Complexes Aromatiques <p>5. Hydrogénations Sélectives</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction • Hydrogénation de la coupe C2 • Hydrogénation de la coupe C3 • Hydrogénation de la coupe C4 • Hydrogénation de la coupe essence <p>6. Oligomérisation des oléfines</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction • Réactions • Procédés <p><u>Bioraffinage</u></p> <p>1. Introduction :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ressources carbonées fossiles et renouvelables • Énergie en chiffre • Carburant et produits chimiques. <p>2. Biomasse :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définition • Compositions : nature moléculaire • Provenance approvisionnement <p>3. Bioraffineries « constatées » :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exemples historiques (Quarker Oats) • Bio-éthanol 1 ère génération <p>4. Bioraffinerie « intégrée »</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concepts • Bioraffinage vs. Raffinage pétrolier <p>5. Prétraitement de la biomasse :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Physiques • Chimique • Mixtes <p>6. Molécules plateformes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nature • Obtention • Transformation <p>7. Procédés thermochimiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gazéification • Fischer-Tropsch • GTL <p>8. Développements actuels</p>
<p>Organisation pédagogique</p>	<p><u>Raffinage et procédés pétrochimiques</u> 6h Cours (Gerhard Pirngruber) 6h Cours (Patrick Bourges) 6h Cours (Vincent Coupard)</p> <p><u>Bioraffinage</u> 10 h Cours (Benjamin Katryniok/Robert Wojcieszak)</p>

<p>Connaissances et compétences acquises</p>	<p><i>Détails de ce que les étudiants auront acquis par les enseignements de l'UE</i></p> <p><u>Connaissances :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1- connaître le rôle et les caractéristiques techniques et économiques des principaux procédés de raffinage, de fabrication des molécules de base pour la pétrochimie et de valorisation de la biomasse 2- avoir une idée claire de la fabrication et de l'utilisation des biocarburants, <p><u>Compétences (1 à n):</u></p> <p>A l'issue de cette unité d'enseignement les étudiants devront:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- être capables d'intégrer chaque unité dans un schéma de raffinage cohérent, 2- appréhender les enjeux liés à l'utilisation des énergies fossiles et des biocarburants ainsi que l'importance technique et économique de la synergie entre les activités de raffinage et la pétrochimie
<p>Type d'activité auquel cette UE prépare et secteur d'activité</p>	<p>Métiers liés à la pétrochimie et la valorisation de la biomasse</p>
<p>Modalités d'évaluation</p>	<p><i>Détails de la façon dont sont évaluées les compétences</i></p> <p>Examen de 2h pour la partie Raffinage et procédés pétrochimiques Examen de 2h pour la partie Bioraffinage</p>
<p>Acquis et Pré-requis conseillés</p>	<p>Notions de génie des procédés et de chimie UE Valorisation chimique de la biomasse végétale et bioénergie (CPI 3)</p>
<p>Langue de l'enseignement</p>	<p>Les cours sont dispensés en français.</p>
<p>ECTS</p>	<p>4</p>

Nom code UE : CP6	Titre de l'UE : Projet et expérimentation
Responsable : Marcia ARAQUE MARIN Ecole Centrale de Lille, Cité Scientifique – CS 20048, 59651 Villeneuve d'Ascq Cedex	
Descriptif des objectifs	Détails des objectifs Cette Unité d'enseignement permet aux étudiants de réaliser un projet de simulation d'un procédé pour faire découvrir par la pratique un logiciel de simulation de procédés. L'initiation et la prise en main du logiciel sont abordées dans cette UE. Les travaux pratiques illustrent quant à eux les notions théoriques vues dans les autres UE.
Descriptif du Contenu	Détails des contenus couverts par l'UE – Notions principales <ul style="list-style-type: none"> ○ Initiation à l'utilisation d'un simulateur commercial (HYSYS) ○ Notions de base essentielles à la simulation de procédés continus ○ Projet de simulation d'un procédé continu ○ Propriétés texturales ○ Réacteurs
Organisation pédagogique	<u>Initiation à l'utilisation d'un simulateur commercial (HYSYS)</u> 12 h TD (Véronique Le Courtois) <u>Notions de base essentielles à la simulation de procédés continus</u> 4h Cours (Jérémy Gazarian) <u>Projet de simulation d'un procédé continu</u> 16 h Projet (Jérémy Gazarian) <u>Propriétés texturales</u> 7 h TP (Rafeh Bechara) <u>Réacteurs</u> 8 h TP (Benjamin Katryniok, Marcia Araque Marin)
Connaissances et compétences acquises	Détails de ce que les étudiants auront acquis par les enseignements de l'UE <u>Connaissances :</u> <ol style="list-style-type: none"> 1- La connaissance des principales opérations unitaires 2- La connaissance des notions de base essentielles à la modélisation et à la simulation de procédés continus, ainsi que les principes de conception des simulations, <u>Compétences (1 à n):</u> Les connaissances et compétences visées sont : <ol style="list-style-type: none"> 1- La compréhension des équilibres de phases 2- L'utilisation d'un simulateur commercial 3- Compréhension et interprétation des isothermes d'adsorption selon le type de porosité étudié
Type d'activité auquel cette UE prépare et secteur d'activité	Métiers liés à la simulation de procédés Métiers liés à la préparation de catalyseurs
Modalités d'évaluation	Détails de la façon dont sont évaluées les compétences Présentation orale et rapport pour le projet de simulation Rapport écrit pour TP Propriétés texturales

	<i>Rapport écrit pour TP réacteurs</i>
Acquis et Pré-requis conseillés	<i>o Connaissance des principales opérations unitaires (distillation extraction liquide-liquide, etc...) o TC7 : UE Cinétique chimique et Catalyse du Master 1ère année o TC9 : UE Génie des Procédés et Réactivité du Master 1ère année o CPI6 : UE Génie des Procédés thermiques et physicochimiques du Master 1ère année</i>
Langue de l'enseignement	<i>Les cours sont dispensés en français.</i>
ECTS	5

Nom code UE : CP7	Titre de l'UE : Anglais et Gestion de projet
Responsable : Simon Davis EC-Lille, Cité Scientifique – CS 20048, 59651 Villeneuve d'Ascq Cedex- France	
Descriptif des objectifs	Détails des objectifs <i>L'anglais occupe une place très importante dans le milieu de la recherche académique et privé. La partie Anglais de l'UE aborde les aspects spécifiques liés au domaine scientifique. La partie Gestion de projet permettra aux étudiants de mieux structurer leur organisation pour mener à bien leurs projets.</i>
Descriptif du Contenu	Détails des contenus couverts par l'UE – Notions principales Anglais
Organisation pédagogique	<u>Anglais</u> 24 h Laboratoire (Simon Davis) <u>Gestion de projet</u> e-learning MOOC EC-Lille (Rémi Bachelet) Semaine 1 : notions fondamentales Semaine 2 : outils info. et évaluation financière Semaine 3 : organisation des projets Semaine 4 : analyse fonctionnelle Semaine 5 : pilotage et planification
Connaissances et compétences acquises	Détails de ce que les étudiants auront acquis par les enseignements de l'UE <u>Connaissances :</u> <u>Anglais</u> <i>Approche de l'anglais scientifique</i> <i>Présentation d'un projet en anglais</i> <u>Gestion de projet</u> e-learning MOOC EC-Lille (Rémi Bachelet) Semaine 1 : notions fondamentales Semaine 2 : outils info. et évaluation financière Semaine 3 : organisation des projets Semaine 4 : analyse fonctionnelle Semaine 5 : pilotage et planification <u>Compétences (1 à n):</u> 1. <i>Savoir faire un exposé en anglais et le présenter</i> 2. <i>Communication en anglais</i> <i>Le MOOC Gestion de Projet (GdP) introduit les apprenants à la gestion de projet :</i> 3. <i>Dans ses fondamentaux : A quoi cela sert-il ? Quels en sont les principaux "points durs" ?</i> 4. <i>Dans ses outils : savoir monter un projet, animer une équipe, négocier un objectif, mettre en œuvre la collaboration d'une équipe sur le net....</i>
Type d'activité auquel cette UE prépare et secteur d'activité	Gestion de projet Communication en Anglais

Modalités d'évaluation	<i>Détails de la façon dont sont évaluées les compétences</i> <i>examen surveillé débouchant sur un certificat authentifié pour MOOC</i>
Acquis et Pré-requis conseillés	
Langue de l'enseignement	<i>Les cours d'Anglais sont dispensés en anglais.</i> <i>Les cours de Gestion de Projet sont dispensés en français.</i>
ECTS	5

Nom code UE : CP8	Titre de l'UE : Projet bibliographique
Responsable : Christophe Dujardin ENSCL, UCCS Bât C3, Cité scientifique, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex- France	
Descriptif des objectifs	Détails des objectifs <i>L'objectif de l'UE Projet bibliographique est de faire un point sur la bibliographie sur un sujet précis, d'en écrire une synthèse et de la présenter oralement devant un jury. L'objectif est de former les étudiants à la recherche bibliographique et à l'analyse de la littérature scientifique.</i>
Descriptif du Contenu	Détails des contenus couverts par l'UE – Notions principales <i>Recherche bibliographique</i> <i>Analyse de données bibliographiques</i> <i>Rédaction d'un rapport</i> <i>Présentation de la synthèse bibliographique</i>
Organisation pédagogique	<i>Projet bibliographique tuteuré</i>
Connaissances et compétences acquises	Détails de ce que les étudiants auront acquis par les enseignements de l'UE <u>Connaissances :</u> <ol style="list-style-type: none"> 1- Consulter des moteurs de recherches pour les articles scientifiques 2- Enrichir la connaissance sur un sujet précis de la littérature <u>Compétences (1 à n):</u> <i>A l'issue de l'enseignement, l'étudiant est capable de :</i> <ol style="list-style-type: none"> 1- Faire une recherche d'articles de la littérature sur un sujet précis 2- Identifier les articles et analyser les données contenues dans les articles 3- Rédiger une synthèse bibliographique 4- Proposer des perspectives suite à l'analyse de la littérature
Type d'activité auquel cette UE prépare et secteur d'activité	<i>Rédaction de notes de synthèse</i>
Modalités d'évaluation	Détails de la façon dont sont évaluées les compétences <i>Rédaction d'un rapport bibliographique</i> <i>Présentation à l'oral devant un jury</i>
Acquis et Pré-requis conseillés	
Langue de l'enseignement	<i>Le rapport et la présentation sont généralement faits en Français et plus rarement en anglais.</i>
ECTS	5

Nom code UE : CP9	Titre de l'UE : Stage de Recherche
Responsable : Marcia ARAQUE MARIN Ecole Centrale de Lille, Cité Scientifique – CS 20048, 59651 Villeneuve d'Ascq Cedex	
Descriptif des objectifs	<p>Détails des objectifs</p> <p><i>Le stage de recherche est un stage d'initiation aux méthodes de la recherche scientifique dans le domaine de la Catalyse ou des Procédés.</i></p> <p><i>Le stage s'effectue dans un centre de recherches, universitaire ou industriel, en France ou à l'étranger. Le sujet de stage fait l'objet d'une validation par le directeur des études. Une convention de stage entre l'étudiant, l'organisme d'accueil et l'établissement d'enseignement est obligatoirement signée préalablement.</i></p>
Descriptif du Contenu	<p>Détails des contenus couverts par l'UE – Notions principales</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Recherche bibliographique ○ Expérimentation ○ Rédaction d'un rapport ○ Présentation de la synthèse bibliographique
Organisation pédagogique	Stage tuteuré
Connaissances et compétences acquises	<p>Détails de ce que les étudiants auront acquis par les enseignements de l'UE</p> <p><u>Connaissances :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Acquisition de connaissances dans un domaine de recherche 2- Utilisation de techniques expérimentales <p><u>Compétences (1 à n):</u></p> <p><i>A l'issue de l'enseignement, l'étudiant est capable de :</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Faire une recherche bibliographique 2- Mettre en œuvre des expérimentations 3- Interpréter les résultats expérimentaux et les comparer par rapport aux données de la littérature 4- Proposer des perspectives à un sujet de recherche 5- Présentation synthétique des travaux de recherche devant un jury
Type d'activité auquel cette UE prépare et secteur d'activité	Métiers de la Recherche
Modalités d'évaluation	<p>Détails de la façon dont sont évaluées les compétences</p> <p><i>Travail au cours du stage</i></p> <p><i>Rédaction d'un rapport bibliographique</i></p> <p><i>Présentation à l'oral devant un jury</i></p>
Acquis et Pré-requis conseillés	Rédaction de projet bibliographique
Langue de l'enseignement	Le rapport et la présentation sont généralement faits en Français et plus rarement en anglais.
ECTS	20