

5 crédits	30.0 h + 15.0 h	Q1
-----------	-----------------	----

Enseignants	De Wilde Juray ;Luis Alconero Patricia ;Mignon Denis ;
Langue d'enseignement	Anglais
Lieu du cours	Louvain-la-Neuve
Thèmes abordés	<p>a) Produits (petro)chimiques et polymères:</p> <p>Raffinage et pétrochimie: Après une introduction et un aperçu de l'industrie (pétro) chimique et du raffinage, trois procédés spécifiques sont étudiés en détail, avec l'analyse des schémas opératoires (flow-sheets), des aspects catalytiques thermodynamiques et cinétiques éventuels, des concepts de réacteurs, des aspects liés à la séparation et la purification des réactifs et des produits, des besoins en énergie et de l'impact sur l'environnement et la sécurité du processus. Dans le cadre de l'intensification des procédés, les technologies avancées de réacteurs et leur modélisation sont également traitées.</p> <p>Procédés de polymérisation: après une introduction générale aux procédés de polymérisation, les différents types de procédés sont passés en revue et illustrés par des exemples industriels. Un accent particulier est mis sur la fabrication de polymères produits en grandes quantités dans le monde entier, tels que le polyéthylène (HDPE, LDPE), le polypropylène (PP), le polystyrène (GPPS, HIPS), le PVC. Certains problèmes spécifiques, tels que le contrôle des réacteurs de polymérisation, sont également abordés.</p> <p>b) Techniques avancées de séparation:</p> <p>Les technologies de séparation sont la pierre angulaire de l'industrie, car elles contribuent à environ 75% du coût de production. Au-delà des techniques de base de distillation, d'absorption ou d'extraction, des techniques plus complexes sont nécessaires pour les séparations difficiles. Les techniques de séparation avancées suivantes seront abordées au cours de la deuxième partie du cours :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• distillation modifiée (extractive; avec sels; avec oscillation de pression; azéotropique homogène ou hétérogène; réactive).</li> <li>• distillation batch (différentielle; rectification batch binaire; stripping batch et distillation batch complexe)</li> <li>• séparations par membranes (perméation du gaz; pervaporation; contacteurs membranaires).</li> </ul>
Acquis d'apprentissage	<p><b>Contribution du cours aux objectifs du programme</b></p> <p>Se référant aux AA du diplôme KIMA, les AA suivants sont concernés:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Axe 1: 1.1, 1.2;</li> <li>• Axe 2: 2.2, 2.3, 2.4, 2.5;</li> <li>• Axe 3: 3.1, 3.2, 3.3;</li> <li>• Axe 4: 4.1, 4.2, 4.4;</li> <li>• Axe 5: 5.3, 5.5, 5.6;</li> <li>• Axe 6: 6.1, 6.2, 6.3.</li> </ul> <p><b>Les résultats d'apprentissage spécifiques du cours</b></p> <p>Les résultats d'apprentissage disciplinaires :</p> <p>A la fin de ce cours, l'étudiant sera en mesure de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Donner un aperçu de l'industrie (pétro) chimique.</li> <li>- Donner un aperçu des principaux processus utilisant le gaz naturel, le pétrole, le charbon ou la biomasse comme matière première.</li> <li>- Décrire en détail:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• le schéma opératoire (flowsheet) de procédés (espèces chimiques et énergie) et l'interaction avec d'autres procédés,</li> <li>• la sécurité des procédés,</li> <li>• les spécifications des matières premières et des produits,</li> <li>• les conditions du procédé,</li> <li>• la chimie ainsi que la thermodynamique et la cinétique des réactions,</li> <li>• le catalyseur, selon le cas</li> <li>• le type de réacteur utilisé, et le(s) modèle(s) de réacteur approprié(s),</li> <li>• les mesures prises pour accroître l'efficacité énergétique et réduire l'impact environnemental,</li> </ul> </li> </ul> <p>pour trois procédés développés en détail, par exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• hydrocraquage,</li> <li>• anhydride d'acide phtalique,</li> <li>• Fischer-Tropsch.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interpréter les flow-sheets des procédés dans leur globalité.</li> <li>- Identifier les différentes mesures visant à accroître l'efficacité énergétique et de réduire l'impact environnemental des procédés.</li> <li>- Expliquer le fonctionnement et la modélisation des technologies de réacteurs avancés.</li> <li>- Expliquer les questions clés de contrôle de la masse molaire de polymères produits par polymérisation radicalaire ou par étapes via des procédés batch idéaux, non idéaux ou continus.</li> <li>- Expliquer l'influence des paramètres thermodynamiques et physiques sur le contrôle de la masse molaire de polymères produits par polymérisation radicalaire ou par étapes</li> <li>- Décrire les principaux types de procédés de polymérisation industriels, les grandes tendances de l'industrie et expliquer l'applicabilité, les avantages et les inconvénients des différentes options</li> <li>- Donner des exemples de procédés de polymérisation industriels majeurs: les polyoléfines, les styréniques, le PVC, les polyesters, les polyamides et expliquer les principaux défis dans tous les cas</li> <li>- Comprendre les différentes techniques de séparation avancées, quand elles sont nécessaires et les implications (besoins énergétiques, les aspects environnementaux, le coût global) de leur utilisation.</li> <li>- Décrire mathématiquement les transferts de masse et d'énergie dans les unités étudiées.</li> <li>- Concevoir les unités.</li> <li>- Appliquer la technologie des membranes comme remplacement de technologies conventionnelles (distillation, absorption, extraction, etc.).</li> </ul> <p>Les acquis d'apprentissage transverses:</p> <p>A la fin de ce cours, l'étudiant sera en mesure de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Étudier de manière autonome les différents aspects d'un procédé (pétro) chimique ou de polymérisation ainsi que les techniques de séparation impliqués.</li> <li>- Présenter et expliquer les différents aspects d'un procédé (pétro) chimique à un public professionnel, par écrit et oralement.</li> <li>- Lire, analyser et remettre en question un article scientifique.</li> <li>- Mobiliser les connaissances scientifiques et techniques provenant de diverses sources, y compris les manuels de référence et le web pour expliquer des exemples industriels de la vie réelle de procédés de raffinage, de pétrochimie et de polymérisation, et des procédés de séparation avancés.</li> <li>- Utiliser un corpus de connaissances scientifiques et techniques, permettant de résoudre des problèmes donnés dans la discipline étudiée.</li> <li>- Analyser, organiser et développer une approche d'ingénierie pour le développement de procédés répondant à des besoins spécifiques ou à un problème donné, l'analyse d'un phénomène physique donné ou d'un système.</li> <li>- Contribuer, en tant que membre de l'équipe, à la réalisation d'un projet dans une discipline donnée et dans plusieurs disciplines selon une approche bien décrite.</li> <li>- Communiquer efficacement par écrit et oralement, en anglais ou en français, les résultats d'un projet bien défini.</li> <li>- Afficher un comportement rigoureux et une pensée critique dans l'exécution des tâches scientifiques ou techniques, tout en respectant les questions éthiques.</li> </ul> <p>La contribution de cette unité d'enseignement au développement et à la maîtrise des compétences et des résultats d'apprentissage du programme (s) peut être consulté à la fin de cette feuille, dans la section intitulée « Programmes / cours offrant cette unité d'enseignement ».</p> <p>-----</p> <p><i>La contribution de cette UE au développement et à la maîtrise des compétences et acquis du (des) programme(s) est accessible à la fin de cette fiche, dans la partie « Programmes/formations proposant cette unité d'enseignement (UE) ».</i></p>
<p><b>Modes d'évaluation des acquis des étudiants</b></p>	<p>Les étudiants seront évalués individuellement en fonction des objectifs indiqués ci-dessus. L'examen consiste en une préparation écrite et une défense / discussion orale. Il compte pour 100% de la note.</p>
<p><b>Méthodes d'enseignement</b></p>	<p>Ce cours combine des enseignements magistraux et des projets / exercices avec le tutorat. Procédés de production de produits (pétro) chimiques et technologies avancées de réacteurs: Les cours théoriques sont ex-cathedra. Les élèves sont encouragés à poser des questions. Pendant le cours, les étudiants sont invités à lire, analyser et remettre en question un certain nombre de documents scientifiques. Les sessions pratiques sont données sous la forme de séances d'exercices.</p> <p>Processus de séparation avancés :</p> <p>Les cours théoriques sont complétés par des séances d'exercices.</p> <p>Une séance pratique sera réalisée dans la salle informatique afin que l'étudiant puisse contrôler une colonne de distillation (usine pilote) située à Toulouse. L'étudiant sera en mesure de modifier les conditions opératoires de la colonne et de regarder en direct via plusieurs web-cams. Après la session, l'élève fera l'interprétation des résultats. Cette session est réalisée en collaboration avec l'ENSIACET.</p>
<p><b>Contenu</b></p>	<p>Partie A:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction et aperçu du raffinage et de l'industrie (pétro) chimique. Trois exemples de processus sont étudiés en détail, par exemple:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydrocraquage;</li> <li>• Anhydride d'acide phtalique;</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fischer-Tropsch.</li> </ul> <p>Technologies avancées de réacteurs pour l'intensification des processus et leur modélisation.</p> <p>- Introduction aux procédés de polymérisation:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polymérisation en suspension</li> <li>• Polymérisation en émulsion</li> <li>• Polymérisation par étapes</li> <li>• Polymérisation de coordination</li> <li>• Polymérisation radicalaire: systèmes homogènes</li> <li>• Polymérisation radicalaire: systèmes hétérogènes</li> <li>• Contrôle des réacteurs de polymérisation</li> </ul> <p>Partie B:</p> <p>- Techniques avancées de séparation:</p> <p>Distillation améliorée:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distillation extractive;</li> <li>• Distillation modifiées par des sels;</li> <li>• Distillation sous pression;</li> <li>• Distillation azéotropique homogène;</li> <li>• Distillation azéotropique hétérogène;</li> <li>• Distillation réactive</li> </ul> <p>Distillation discontinue:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distillation différentielle;</li> <li>• Rectification binaire en batch;</li> <li>• Stripping discontinu et distillation batch complexe</li> </ul> <p>Séparations membranaires:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perméation de gaz et pervaporation;</li> <li>• Contacteurs membranaires (absorption, distillation and cristallisation avec des membranes)</li> </ul>
Ressources en ligne	<p><a href="https://moodleucl.uclouvain.be/course/view.php?id=10010">https://moodleucl.uclouvain.be/course/view.php?id=10010</a></p>
Bibliographie	<p>Les notes de cours sont fournies aux étudiants ou disponibles via Moodle.</p>
Autres infos	<p>Ce cours nécessite des connaissances de base en chimie organique et en génie chimique (chimie, thermodynamique, cinétique, conception et transport de réacteurs, chimie des polymères, séparation fluide-fluide).</p>
Faculté ou entité en charge:	<p>FYKI</p>

<b>Programmes / formations proposant cette unité d'enseignement (UE)</b>				
Intitulé du programme	Sigle	Crédits	Prérequis	Acquis d'apprentissage
Master [120] : ingénieur civil en chimie et science des matériaux	KIMA2M	5		