

Au vu du contexte sanitaire lié à la propagation du coronavirus, les modalités d'organisation et d'évaluation des unités d'enseignement ont pu, dans différentes situations, être adaptées ; ces éventuelles nouvelles modalités ont été -ou seront- communiquées par les enseignant-es aux étudiant-es.

5 crédits	30.0 h + 22.5 h	Q1
-----------	-----------------	----

Enseignants	De Wilde Juray ;
Langue d'enseignement	Anglais
Lieu du cours	Louvain-la-Neuve
Préalables	<i>Le(s) prérequis de cette Unité d'enseignement (UE) sont précisés à la fin de cette fiche, en regard des programmes/formations qui proposent cette UE.</i>
Thèmes abordés	La production des produits chimiques de base est adressée. Dans une première partie du cours, une vue d'ensemble de l'industrie chimique est donnée. Une deuxième partie du cours adresse les différentes opérations unitaires typiquement rencontrées dans un procédé chimique. Des modèles de base pour la conception des réacteurs chimiques sont décrits dans une troisième partie du cours. Finalement, quelques procédés clés sont traités en détail, aussi bien les flow-sheets que des aspects cinétiques/catalytiques, conception de réacteurs, séparation et purification des réactifs et produits, besoins énergétiques et impact environnemental, et sécurité.
Acquis d'apprentissage	<p><b>Contribution du cours au référentiel du programme</b></p> <p><b>Faisant référence aux acquis d'apprentissage du diplôme KIMA, les AAs suivants sont visés: Axe 1: 1.1, 1.2; Axe 2: 2.2, 2.3, 2.4, 2.5; Axe 3: 3.1, 3.2, 3.3; Axe 4: 4.1, 4.2, 4.4; Axe 5: 5.3, 5.5, 5.6; Axe 6: 6.1, 6.2, 6.3.</b></p> <p><b>Acquis d'apprentissage spécifiques au cours</b></p> <p>A l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Donner un aperçu de l'industrie de chimie de base et la pétrochimie, les procédés les plus importants et leur intégration.</li> <li>• Donner des schémas typiques de raffinage et les procédés impliqués.</li> <li>• Donner un aperçu des différentes opérations unitaires utilisées dans les procédés chimiques:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Types d'opération unitaire (réaction, séparation, échange de chaleur, ...),</li> <li>• Technologie(s) utilisée(s) pour les différentes opérations unitaires.</li> </ul> </li> <li>• Réaliser ou interpréter un schéma de procédé intégrant différentes opérations unitaires.</li> <li>• Réaliser des bilans de masse/espèces et d'énergie pour un procédé chimique tenant compte des différentes opérations unitaires.</li> <li>• Modéliser et dimensionner des réacteurs chimiques             <ul style="list-style-type: none"> <li>• bien mélangés, à opération batch ou continue,</li> <li>• à écoulement piston.</li> </ul> </li> <li>• Prendre une variété de mesures visant à augmenter l'efficacité énergétique et à réduire l'impact environnemental d'un procédé chimique.</li> <li>• Pour les procédés de production suivants:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• craquage à vapeur: éthylène, propylène, butadiène;</li> <li>• reformage à vapeur: gaz de synthèse &amp; hydrogène, ammoniacque, méthanol;</li> <li>• reformage catalytique: benzène, toluène, xylène, carburants automobiles;</li> <li>• craquage catalytique: essence;</li> <li>• acide sulfurique;</li> <li>• acide nitrique;</li> <li>• anhydride maléique;</li> </ul> </li> </ul> <p>décrire en détail:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• le schéma de procédé et l'interaction avec d'autres procédés,</li> <li>• les aspects de sécurité du procédé,</li> <li>• les caractéristiques des matières premières et des produits,</li> <li>• les conditions d'opération,</li> <li>• la chimie et la thermodynamique et cinétique réactionnelle,</li> <li>• le catalyseur si utilisé,</li> <li>• le type de réacteur utilisé et sa modélisation,</li> <li>• les mesures prises pour augmenter l'efficacité énergétique et réduire l'impact environnemental du procédé.</li> </ul> <p><b>Résultats d'apprentissage transversaux</b></p> <p>A l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etudier de façon indépendante les différents aspects d'un procédé chimique.</li> <li>• Présenter et expliquer les différents aspects d'un procédé chimique à un public professionnel, par écrit et oralement.</li> <li>• Mobiliser des connaissances scientifiques et techniques provenant de diverses sources, y compris les livres de référence et le web.</li> <li>• Utiliser un corpus de connaissances en sciences fondamentales et polytechniques, permettant de résoudre des problématiques disciplinaires cadrées.</li> <li>• Analyser, organiser et mener à son terme une démarche d'ingénierie appliquée au développement d'un procédé répondant à un besoin ou à une problématique cadrée, à l'analyse d'un phénomène physique donné ou un système.</li> <li>• Contribuer, en équipe, à la réalisation d'un projet disciplinaire ou pluridisciplinaire en respectant une approche cadrée.</li> <li>• Communiquer efficacement oralement et par écrit, en français et en anglais, les résultats des missions qui lui sont confiées.</li> <li>• Faire preuve de rigueur et d'esprit critique dans ses démarches scientifiques et techniques en se souciant de l'éthique.</li> </ul> <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>
Modes d'évaluation des acquis des étudiants	<p><b>En raison de la crise du COVID-19, les informations de cette rubrique sont particulièrement susceptibles d'être modifiées.</b></p> <p>Les étudiants seront notés individuellement sur la base des objectifs indiqués ci-dessus. L'examen théorique est à préparation écrite suivi d'une défense orale et compte pour 70% de la note. Un exercice fait partie de l'examen.</p> <p><u>Evaluation des mini-projets</u></p> <p>Un ou deux mini-projets (définis dans la section sur les méthodes d'apprentissage) sont évalués. Ils comptent pour 15/30% de la note.</p>
Méthodes d'enseignement	<p><b>En raison de la crise du COVID-19, les informations de cette rubrique sont particulièrement susceptibles d'être modifiées.</b></p> <p>Ce cours combine l'ex-cathedra, des exercices et des projets de tutorat.</p> <p>Les cours sont ex-cathedra. Les étudiants sont encouragés à poser des questions. Dans le contexte du cours, un nombre de publications scientifiques sont lues &amp; analysées. Les exercices focalisent sur la réalisation des bilans de masse/espèces et d'énergie pour différents procédés, l'analyse de sécurité d'un procédé et la modélisation et simulation des réacteurs bien mélangés (batch et continu) et à écoulement piston. A part des sessions d'exercices, deux mini-projets sont prévus pour former les étudiants dans l'étude et la compréhension des différents aspects d'un procédé chimique de manière indépendante.</p> <p><u>Exemple Mini-Project 1:</u> "Simulation d'un réacteur commercial pour le craquage à vapeur d'éthane" permet aux étudiants d'appliquer les concepts de modélisation des réacteurs, notamment pour les réacteurs à écoulement piston, de la cinétique réactionnelle et des méthodes numériques à un cas pratique de grande importance industrielle. Avec le code de simulation développée, une étude de sensibilité doit être réalisée. Le couplage réacteur – four doit être considéré dans l'analyse des résultats.</p> <p><u>Exemple Mini-Project 2:</u> "Production d'acide sulfurique: conception du procédé globale et étude thermodynamique de l'oxydation de SO<sub>2</sub> en SO<sub>3</sub>" permet aux étudiants d'étudier les bilans de masse et d'énergie d'un procédé industriel et d'identifier des contraintes thermodynamiques de conversion.</p> <p>Outre le développement des compétences techniques des étudiants, les mini-projets visent également à apprendre aux étudiants comment rapporter une étude technique d'une manière scientifique et concise, à la fois par écrit et oralement devant un public.</p>
Contenu	<p>Thèmes abordés:</p> <p>La production des produits chimiques de base est abordée. Dans une première partie du cours, une vue d'ensemble de l'industrie chimique est donnée. Une deuxième partie du cours aborde les différentes opérations unitaires typiquement rencontrées dans un procédé chimique. Des modèles de base pour la conception des réacteurs chimiques sont décrits dans une troisième partie du cours. Finalement, quelques procédés clés sont traités en détail, aussi bien les flow-sheets que des aspects cinétiques/catalytiques, conception de réacteurs, séparation et purification des réactifs et produits, besoins énergétiques et impact environnemental, et sécurité.</p> <p>Contenu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le raffinage et l'industrie (pétro)chimique</li> <li>• Opérations unitaires</li> <li>• Bilans de matière et d'énergie</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse et dimensionnement des réacteurs chimiques             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réacteurs batch</li> <li>• Réacteurs à écoulement piston</li> <li>• Réacteurs bien mélangés</li> <li>• Introduction aux réacteurs catalytiques hétérogènes (lit fixe et lit fluidisé)</li> </ul> </li> <li>• Sécurité des procédés chimiques</li> <li>• Aspects environnementaux et efficacité énergétique</li> <li>• Procédés clés-I:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Craquage à vapeur: éthylène, propylène &amp; butadiène</li> <li>• Reformage à vapeur: hydrogène, ammoniac &amp; méthanol</li> <li>• Reformage catalytique: benzène, toluène &amp; xylène, essences haute-octane</li> <li>• Craquage catalytique: essence / oléfines C3-C4 &amp; isobutane</li> <li>• Anhydride maléique</li> </ul> </li> <li>• Procédés clés-II:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acide sulfurique</li> <li>• Acide nitrique</li> </ul> </li> </ul>
Ressources en ligne	<a href="https://moodleucl.uclouvain.be/course/view.php?id=10005">https://moodleucl.uclouvain.be/course/view.php?id=10005</a>
Bibliographie	<p>Les notes de cours (en français et en anglais) sont fournies aux étudiants et disponible sur Moodle.</p> <p>Text book: Chemical Reactor Analysis and Design, 3th edition, Gilbert F. Froment, Kenneth B. Bischoff, Juray De Wilde, Wiley, 2010.</p>

Autres infos	<p>Ce cours nécessite des connaissances de base en chimie et en génie chimique (thermodynamique, cinétique, phénomènes de transport).</p> <p><b>Acquis d'apprentissage:</b></p> <p><b>Contribution du cours au référentiel du programme</b></p> <p><b>Faisant référence aux acquis d'apprentissage du diplôme KIMA, les AAs suivants sont visés: Axe 1: 1.1, 1.2; Axe 2: 2.2, 2.3, 2.4, 2.5; Axe 3: 3.1, 3.2, 3.3; Axe 4: 4.1, 4.2, 4.4; Axe 5: 5.3, 5.5, 5.6; Axe 6: 6.1, 6.2, 6.3.</b></p> <p><b>Acquis d'apprentissage spécifiques au cours</b></p> <p>A l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Donner un aperçu de l'industrie de chimie de base et la pétrochimie, les procédés les plus importants et leur intégration.</li> <li>• Donner des schémas typiques de raffinage et les procédés impliqués.</li> <li>• Donner un aperçu des différentes opérations unitaires utilisées dans les procédés chimiques:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>• Types d'opération unitaire (réaction, séparation, échange de chaleur, ...),</li> <li>• Technologie(s) utilisée(s) pour les différentes opérations unitaires.</li> </ul> </li> <li>• Réaliser ou interpréter un schéma de procédé intégrant différentes opérations unitaires.</li> <li>• Réaliser des bilans de masse/espèces et d'énergie pour un procédé chimique tenant compte des différentes opérations unitaires.</li> <li>• Modéliser et dimensionner des réacteurs chimiques                         <ul style="list-style-type: none"> <li>• bien mélangés, à opération batch ou continue,</li> <li>• à écoulement piston.</li> </ul> </li> <li>• Prendre une variété de mesures visant à augmenter l'efficacité énergétique et à réduire l'impact environnemental d'un procédé chimique.</li> <li>• Pour les procédés de production suivants:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>• craquage à vapeur: éthylène, propylène, butadiène;</li> <li>• reformage à vapeur: gaz de synthèse &amp; hydrogène, ammoniaque, méthanol;</li> <li>• reformage catalytique: benzène, toluène, xylène, carburants automobiles;</li> <li>• craquage catalytique: essence;</li> <li>• acide sulfurique;</li> <li>• acide nitrique;</li> <li>• anhydride maléique;</li> </ul> </li> </ul> <p>décrire en détail:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• le schéma de procédé et l'interaction avec d'autres procédés,</li> <li>• les aspects de sécurité du procédé,</li> <li>• les caractéristiques des matières premières et des produits,</li> <li>• les conditions d'opération,</li> <li>• la chimie et la thermodynamique et cinétique réactionnelle,</li> <li>• le catalyseur si utilisé,</li> <li>• le type de réacteur utilisé et sa modélisation,</li> <li>• les mesures prises pour augmenter l'efficacité énergétique et réduire l'impact environnemental du procédé.</li> </ul> <p><b>Résultats d'apprentissage transversaux</b></p> <p>A l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etudier de façon indépendante les différents aspects d'un procédé chimique.</li> <li>• Présenter et expliquer les différents aspects d'un procédé chimique à un public professionnel, par écrit et oralement.</li> <li>• Mobiliser des connaissances scientifiques et techniques provenant de diverses sources, y compris les livres de référence et le web.</li> <li>• Utiliser un corpus de connaissances en sciences fondamentales et polytechniques, permettant de résoudre des problématiques disciplinaires cadrées.</li> <li>• Analyser, organiser et mener à son terme une démarche d'ingénierie appliquée au développement d'un procédé répondant à un besoin ou à une problématique cadrée, à l'analyse d'un phénomène physique donné ou un système.</li> <li>• Contribuer, en équipe, à la réalisation d'un projet disciplinaire ou pluridisciplinaire en respectant une approche cadrée.</li> <li>• Communiquer efficacement oralement et par écrit, en français et en anglais, les résultats des missions qui lui sont confiées.</li> <li>• Faire preuve de rigueur et d'esprit critique dans ses démarches scientifiques et techniques en se souciant de l'éthique.</li> </ul>
Faculté ou entité en charge:	FYKI

<b>Programmes / formations proposant cette unité d'enseignement (UE)</b>				
Intitulé du programme	Sigle	Crédits	Prérequis	Acquis d'apprentissage
Master [120] : ingénieur civil biomédical	GBIO2M	5		
Master [120] : bioingénieur en chimie et bioindustries	BIRC2M	5	LBIRC2105	
Master [120] : ingénieur civil en chimie et science des matériaux	KIMA2M	5		