LBIRC2109

2015-2016

Génie des procédés : Opérations unitaires

6.0 crédits	60.0 h + 15.0 h	2q

Enseignants:	Debecker Damien ;
Langue d'enseignement:	Français
Lieu du cours	Louvain-la-Neuve
Ressources en ligne:	Icampus
Préalables :	Phénomènes de transfert (pour partim A) Chimie physique I. Mécanique des fluides (pour partim B)
Thèmes abordés :	Partim A (pour tous les étudiants BIR21) - Particules dans les fluides - Etude de l'écoulement liquide à travers les milieux poreux et membranes - Procédés mécaniques de séparation physique : sédimentation, décantation, centrifugation, filtration, cyclonage, séparation membranaire - Procédés de séchage : séchage, lyophilisation, atomisation Partim B (pour les étudiants BIRC21 et certaines spécialisations BIRE21) - Diffusion et transfert de matière et d'énergie entre phases (théorie de la diffusion, coefficients de transfert de masse, théorie de film). - Equilibre des phases - Procédés de séparation fluide/fluide et fluide/solide avec transfert de matière : Distillation, extraction liquide-liquide, absorption, adsorption, cristallisation
Acquis d'apprentissage	a. Contribution de l'activité au référentiel AA (AA du programme) 1.1, 1.2 2.1, 2.2, 2.4 4.2, 4.5 7.1, 7.3 b. Formulation spécifique pour cette activité des AA du programme Au terme de cette activité, l'étudiant est capable de : - lister, définir et catégoriser les principales opérations unitaires et les appareillages de séparation et de purification utilisées dans l'industrie, en ce compris la sédimentation, la décantation, la centrifugation, la filtration, le cyclonage, les séparations membranaires, le séchage, la lyophilisation, l'atomisation, le séchage supercritique (pour le Partim A) et la distillation, l'extraction liquide-liquide, l'absorption, l'adsorption et la cristallisation (pour le Partim B). - citer plusieurs exemples précis d'applications industrielles pour chacune de ces opérations unitaires - décrire précisément le principe de fonctionnement des opérations susmentionnées à la fois sur le plan macroscopique (flux entrants, flux sortants) et au niveau microscopique (particule, interface, molécule) en identifiant les phénomènes physico-chimiques, les contraintes thermodynamiques et les limites cinétiques qui dictent la séparation - repérer les paramètres opératoires qui dictent l'efficacité des procédés de séparation et purification susmentionnés - établir et calculerdes bilans de masse et des bilans énergétiques à la fois pour des procédés discontinus (batch), semi-continus et continus et dimensionner des installations permettant de réaliser des opérations unitaires - restituer, interpréter et adapter les principaux développements mathématiques menant aux équations utiles pour dimensionner des opérations unitaires de séparation et de purification, et préciser les hypothèses sous-tendues par les modèles simplificateurs éventuellement utilisés - appliquer les méthodes empiriques, analytiques et graphiques classiquement utilisées pour dimensionner des opérations unitaires - documenter (observations de terrain, interviews, littérature) et élaborer l'analyse critique d'une opération unitaire incluse dans un procédé industriel existant, en détaillant son articulation avec les autres étapes (amont et aval) du procédé, en évaluant le caractère optimal ou non de son fonctionnement, et en émettant des recommandations en vue d'améliorer l'opération, en tenant compte ' en plus des critères techniques et économiques ' des critères du développement durable. *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) ».*

Modes d'évaluation des acquis des étudiants :	Examen écrit couvrant systématiquement l'ensemble des AA annoncés pour le cours (théorie et exercices). L'évaluation du rapport de visite d'entreprise intervient pour 20% de la note globale.
Méthodes d'enseignement :	Cours magistral avec usage d'un powerpoint mis à disposition sur iCampus en début d'enseignement. Les diapositives sont utilisées comme support à l'exposé magistral mais une grande partie de l'information (explications, exemples, développements mathématiques, etc.) est donnée oralement et au tableau pendant le cours. Des experts issues de l'industrie (et parfois de la recherche académique) interviennent régulièrement pour illustrer certains chapitres du cours dans une optique appliquée et concrète. Des séances dirigées de résolution d'exercices sont organisées (TP). Les étudiants effectuent une visite d'installation pilote, avec prise de mesure et résolution d'exercices. La lecture d'articles scientifiques est proposée aux étudiants comme sources d'informations complémentaires et plus spécialisées pour certaines parties du cours. Les étudiants sont amenés à effectuer une visite dans une entreprise de leur choix afin d'étudier en pratique une opération unitaire de leur choix. Un rapport écrit concis et critique leur est demandé.
Contenu :	Introduction Objectif du cours ' consignes ' définitions du génie des procédés et des opérations unitaires ' principe des opérations de séparation - modes opératoires de base ' contexte ' classification des opérations Partim A Procédés mécaniques de séparation Particules dans les fluides (Contexte ' Description d'un solide divisé ' Particule isolée ' Lot de particules ' Caractérisation d'un lit de particules) / Sédimentation et Centrifugation (Définitions ' Interactions fluide/particule unique ' Régime d'écoulement ' Vitesse de sédimentation) / Ecoulement en milieux poreux (Loi de Darcy ' Modèle de Kozeny Carman ' Régime turbulent ' Relation d'Ergun) / Filtration (Contexte ' Filtration sur support ' Couplage entre variables ' Rapport d'humidité ' Dimension du gâteau ' Résistance à l'écoulement ' Modes opératoires ' Technologies de filtration) / Séparations membranaires (Description ' Applications ' Principe de diffusion ' Matériaux ' Transfert de masse ' Dialyse ' Electrodialyse ' Osmose inverse ' Perméation de gaz ' Pervaporation ' Les membranes dans les bioprocédés Procédés de séchage Motivation / Définitions et concepts (solide humide ' équilibre gaz-liquide-solide ' enthalpie de mouillage ' isothermes de sorption ' diagrammes d'équilibre) / Techniques et appareillages (classification ' appareillage les plus répandus dans l'industrie ' séchage par ébullition ' séchage par entrainement ' lyophilisation ' séchage de bio-produits) / Principes théoriques du séchage (cinétique de séchage ' hygrométrie ' diagramme de l'air humide ' cas pratique : le séchage du grain en silo) / Modes alternatifs d'apport d'énergie / séchage supercritique Partim B Séparations fluide/fluide et fluide/solide avec transfert de matière Equilibre liquide-gaz des systèmes binaires (Rappels ' Loi de Raoult ' Déviation par rapport à l'idéalité ' Influence de la pression ' Systèmes à plus de deux constituants) / Distillation (Principe de la distillation' Distillationsimple discontinu (batch)' Distillation continue(flash distillation)' Distillationfractionnée :Principe, Colonne à plateaux, Méthode de Sorel,Méthode de Lewis, Méthode de Mc Cabe & mp; Thiele, Etude du fonctionnement de la colonne au moyen du diagramme d'équilibre, Chauffage par injection de vapeur vive, Méthode de Ponchonet Savarit, Etude du fonctionnement de la colonne au moyen du diagramme enthalpique, Rectification des systèmes formant un mélange azéotropique, Rectification des mélanges à plus de deux constituants, Efficacité d'une colonne de distillation) / Extraction liquide-liquide (Rappels sur les diagrammes ternaires ' Extraction dans un seul étage de contact ' Extraction à contacts multiples ' Extraction à contre-courant et à contacts discontinus ' Extraction à contre-courant et à contact continu ' Extraction à contre-courant avec reflux) / Absorption des gaz par les liquides (Condition d'équilibre ' Représentation graphique ' Calcul du nombre de plateaux théoriques ' Transfert continu ' Absorption de plusieurs constituants ' Absorption avec réaction chimique) / Adsorption (Adsorption sur un solide ' Equilibre d'adsorption d'un corps pur gazeux ' Equilibre d'adsorption d'un mélange gazeux binaire ' Equilibre d'adsorption d'un mélange liquide binaire ' Adsorption en étages séparés ' Adsorption en lit fixe) / Cristallisation (Définitions ' L'état cristallin ' Courbe de solubilité ' Courbes de sursaturation ' Principe de la cristallisation en solution ' Procédés de cristallisation ' Contrôle de la pureté et du faciès des cristaux
Bibliographie :	Aucun support payant n'est obligatoire. Une impression des diapositives (powerpoint) utilisées au cours et préalablement mises à disposition sur iCampus est vivement recommandée. Comme supports de cours facultatifs et disponibles en bibliothèque : Introduction au génie des procédés de D. Ronze (Editions Tec et Doc, 2008), ISBN : 978-2-7430-1066-9 Separation process principles de E.J. Henley, J.D. Seader, D.K. Roper (Wiley, 2011) ISBN : 978-0-470-64611-3 Le pétrole - Rafinage et genie chimique I de P. Wuithier (Editions Technip, 1972) ISBN : 2-7108-0198-1 Procédés de séparation de J.P. Wauquier ((Editions Technip, 1998) ISBN : 2-7108-0671-1
Faculté ou entité en charge:	AGRO

Programmes / formations proposant cette unité d'enseignement (UE)

Intitulé du programme	Sigle	Crédits	Prérequis	Acquis d'apprentissage
Master [120] bioingénieur : chimie et bioindustries	BIRC2M	6	-	
Master [120] bioingénieur : sciences et technologies de l'environnement	BIRE2M	6	-	