Chemical and biological reactor design

Titulaires
Frédéric DEBASTE (Coordonnateur) et David CANNELLA

Mnémonique du cours
CHIM-H413

Crédits ECTS
5 crédits

Langue(s) d'enseignement
Anglais

Période du cours
Premier quadrimestre

Campus
Solbosch et Plaine

Contenu du cours

Après une *introduction* (**chap.1**), le cours se divise en 3 parties correspondant chacune à une échelle caractéristique du réacteur. Une quatrième partie sur les bioréacteurs cloture le cours

Partie 1 : échelle de la réaction chimique et biologique

Après un *rappel sur les réacteurs idéaux* (**chap. 2**), l'impact des *schéma réactionnels composés* sur le choix des réacteurs est étudié avant d'être appliqué au cas des *réactions enzymatiques* (**chap. 3**).

Partie 2 : échelle de l'écoulement

Cette partie s'intéresse essentiellement aux réacteurs non-idéaux de par l'écart des écoulements qui y prennent place par rapport aux réacteurs idéaux. Après une mise en contexte, l'outil d'analyse des écoulements réels la *distribution de temps de séjour* (**chap. 4**) et le formalisme de la fonction de transfert est étudié. Ensuite, son *application aux réacteurs idéaux et réels* (**chap. 5**) est explicitée. La partie est cloturée en explicitant comment utiliser la distribution de temps de séjour pour *évaluer les performances d'un réacteur réel* (**chap. 6**).

Partie 3 : échelle du transfert de matière

Cette partie est focalisée sur les situations dans lesquelles le transfert de matière limite la vitesse globale de réaction. Après un *rappel sur le transfert de matière* (**chap. 7**), les *principes généraux du couplage entre transfert de matière et réaction* (**chap. 8**) sont explicités avant d'être appliqués à 3 cas majeurs : les *réactions avec catalyse solide* (**chap. 9**), les *réactions entre un fluide et un solide* (**chap. 10**) et les *réactions entre fluides non-miscibles* (**chap. 11**).

Les principales notions considérées par chapitre sont :

3 : réactions en série, en parrallèle, sélectivité, modèle de Michaelis-Menten, inhibition

4 : distribution de temps de séjour, courbe de percée, fonction de transfert

5 : modèle a compartiment, piston dispersif, CSTR en cascade, court-circuit, volume mort

6 : modèle des filets parrallèle, temps de mélange

9 : module de Thiele, efficacité d'un catalyseur

10 : modèle à coeur rétrécissant

11 : modèle des 2 films, nombre de Hatta, facteur d'accélération, kLa

Partie 4 : Bioréacteurs

Objectifs (et/ou acquis d'apprentissages spécifiques)

L'**objectif** de cette unité d'enseignement est d'amener les étudiant.e.s à appréhender les outils permettant le dimensionnement de réacteurs chimiques et biologiques non-idéaux au travers d'une stratégie basée sur l'identification et l'analyse, entre autre au travers de la modélisation mathématique, des phénomènes physico-chimiques prenant place dans le réacteur.

A l'issue de cette unité d'enseignement, l'étudiant.e sera capable :

- d'**identifier les phénomènes** (chimique/biologique et mécanismes de transport) prenant place dans un réacteur,
- de **développer des modèles** mathématiques décrivant et couplant ces différents phénomènes,
- de **proposer des critères** permettant de simplifier ces modèles,
- de **résoudre** (analytiquement ou numériquement *à l'aide d'un tableur)* les équations des modèles simplifiés,
- d'utiliser des données expérimentales pour **valider** ou non les simplifications proposées,
- d'**analyser** des **résultats expérimentaux** au regard des modèles développés,
- de proposer des voies de **dimensionnement** ou d'**optimisation** de réacteurs.

Pré-requis et co-requis

Connaissances et compétences pré-requises

- Phénomènes de transport (en particulier transport de matière)
- Thermodynamique d'équilibre
- Génie des réacteurs idéaux
- Résolutions d'équations différentielles
- Méthodes numériques de résolutions
- Cinétique chimique et bio-chimique

Méthodes d'enseignement et activités d'apprentissages

Le cours intègre quatre types d'activités présentielles intégrées pour chacune des parties du cours décris au point précédent :

[1] Lors de *cours magistraux*, la problématique est contextualisée, la stratégie de résolution est abordée, les équations de bases sont rappelées. Des outils théoriques sont décrit et les principaux critères de simplification sont présentés. Le cours magistral vise principalement à permettre aux étudiants de **reconnaître et comprendre** les concepts clés.

[2] Lors de *séminaires*, les étudiant.e.s sont amenés à redévelopper les modèles les plus classiques et à en analyser les principales caractéristiques. Ces séminaires sont réalisés **en groupes**. Chaque groupe s'intéresse à un modèle différent. Les résultats des différents groupes sont comparés et discutés collégialement en fin de séminaire. Les séminaires visent principalement à permettre aux étudiants de **comprendre et d'appliquer** les concepts clés.

[3] Lors d'*exercices dirigés*, les étudiant.e.s appliquent les différents modèles et outils vus au cours et développés aux séminaires. Les exercices augmente progressivement en difficulté et s'approchent de cas réels dans les domaines des biotechnologies, de l'agro-alimentaire ou de l'environnement. L'accent est mis sur l'analyse et la discussion des résultats des exercices. Les exercices dirigés visent principalement à permettre aux étudiants de **comprendre, d'appliquer** les concepts clés **et d'analyser** des cas pratiques simples.

[4] Lors de *travaux pratiques* **sur PC**, les étudiant.e.s sont confrontés à un problème intégré pratique issu des domaines des biotechnologies, de l'agro-alimentaire ou de l'environnement. Ce problème implique de coupler les outils développés dans la partie en cours avec les parties précédentes. Une **résolution numérique à l'aide du tableur Excel** est réalisée. Comme pour les exercices dirigés, l'analyse et la discussion des résultats fait l'objet d'une attention spécifique. Les travaux pratiques visent principalement à permettre aux étudiants **d'appliquer** les concepts clésainsi que **d'analyser, synthétiser et évaluer** des cas pratiques s'approchant de cas réels.

Contribution au profil d'enseignement

Pour tous les MA suivant cette UE :

- Opérations unitaires, génie des procédés, régulation et optimisation
- Adapter et dimensionner un dispositif d'observation ou d'expérience en fonction des objectifs poursuivis par l'étude.

Spécifiquement dans le MA Bioingénieur en Sciences et Technologies de l'Environnement :

- Appliquer des techniques d'analyse, d'échantillonnage et d'identification dans le cadre d'études scientifiques de pointe dans les domaines des sciences et techniques de l'environnement.
- Mettre en oeuvre des solutions scientifiques et technologiques de gestion et de préservation de l'environnement répondant aux objectifs et exigences des parties prenantes.

Spécifiquement dans le MA Bioingénieur en Chimie et Bio-industries :

- Cinétique chimique
- Appliquer des techniques d'analyse, d'échantillonnage et d'identification (faisant notamment appel aux techniques avancées d'imagerie) dans le cadre d'études scientifiques de pointe dans les domaines de la chimie et des bio-industries.
- Proposer des procédés de production (notamment en bioréacteurs) et de purification dans les domaines de la chimie, des biotechnologies, des bioressources, de la technologie des aliments et de l'industrie pharmaceutique, répondant aux objectifs et exigences des parties prenantes.

Références, bibliographie et lectures recommandées

Principaux ouvrages de référence : (disponibles à la Bibliothèque des sciences et techniques de l'ULB et/ou au service TIPs)

- O. Levenspiel, *Chemical Reaction Engineering*, 1998
- H. Fogler, *Elements of Chemical Reaction Engineering*, 2005
- R. Bird, W. Steward, E. *Lightfoot Transport phenomena*, 2006

Support(s) de cours

Université virtuelle

Autres renseignements

Lieu(x) d'enseignement

Solbosch et Plaine

Contact(s)

frederic.debaste@ulb.be (à privilégier)

Service Transferts, Interfaces et Procédés (CP.165/67)

Bureau : S.UB5.159

tel: +32-2-650.67.56

fax: +32-2-650.29.10

http://www.tips-ulb.be

Méthode(s) d'évaluation

Examen écrit, Présentation orale, Travail de groupe et Examen oral

Examen écrit

Question ouverte à développement long

Examen à livre ouvert

Examen oral

Question ouverte à développement long

Examen avec préparation

Méthode(s) d'évaluation (complément)

L'*évaluation certificative* est réalisée par la combinaison d'une évaluation continue et d'un exam final.

L'évaluation continue est réalisée au travers de 3 contributions des étudiants au cours de l'année (une présentation orale courte en binôme et deux rapports écrits en binômes) relatifs à des exercices sur la matière.

L'examen final est un examen écrit en janvier, portant sur l'ensemble de la matière. Les 3 premieres parties du cours font l'objet d'un problème global qui parcours les 3 parties du cours. Des questions de théorie complètent l'évaluation pour la partie 4.

En seconde session, un examen oral basé sur la même idée est réalisé.

Construction de la note (en ce compris, la pondération des notes partielles)

La note finale est composé à 7/20 d'une note d'année issue des 3 évaluations continues et à 13/20 de la note de l'examen écrit (9 points pour les parties 1 à 3, 4 points pour la partie 4).

La note d'année est reportée automatiquement à la seconde session. Elle n'est par contre pas reportée d'année en année.

Langue(s) d'évaluation principale(s)

Anglais

Autre(s) langue(s) d'évaluation éventuelle(s)

Français

Programmes

Programmes proposant ce cours à l'école polytechnique de Bruxelles

MA-IRBC | Master : bioingénieur en chimie et bioindustries | finalité Spécialisée/bloc 1 et MA-IRBE | Master : bioingénieur en sciences et technologies de l'environnement | finalité Spécialisée/bloc 1

Programmes proposant ce cours à la faculté des Sciences

MA-IRBC | Master : bioingénieur en chimie et bioindustries | finalité Spécialisée/bloc 1 et MA-IRBE | Master : bioingénieur en sciences et technologies de l'environnement | finalité Spécialisée/bloc 1