

# Branche complémentaire CI 2016-2017

par Thierry Chappuis, Michal Dabros et Ennio Vanoli

## 1. Présentation

La branche complémentaire « Chimie industrielle » (BCo. CI) permet un approfondissement des connaissances dans le domaine de la production chimique industrielle. Cette branche propose, d'un point de vue théorique, quatre thématiques principales : le génie des procédés, le génie chimique et la régulation automatique. Le programme comporte également des travaux pratiques appuyant les différentes notions vues dans le cadre de la partie théorique.

## 2. Plan et dotation

La BCo. « Chimie industrielle » est composée de différentes unités d'enseignement :

- Deuxième année:
  - Génie chimique 1 (automne) & 2 (printemps) avec Prof. Michal Dabros
  - Génie des procédés 1 (automne) & 2 (printemps) avec Prof. Ennio Vanoli
  - Régulation 1 (automne) & 2 (printemps) avec Prof. Michal Dabros
  
- Troisième année:
  - Génie des procédés 3 (automne) & 4 (printemps) avec Prof. Ennio Vanoli
  - Génie chimique 3 (automne) & 4 (printemps) avec Prof. Thierry Chappuis
  - Laboratoire de chimie industrielle (toute l'année)

À la fin de la troisième année, l'étudiant-e passe un examen oral sur le contenu de tous les cours ci-dessus ainsi que sur les connaissances pratiques acquises durant le laboratoire. L'étudiant-e obtient **30 crédits ETCS** si sa participation aux cours et aux laboratoires est jugée satisfaisante et s'il/elle réussit l'examen.

## 3. Contenu des unités d'enseignement

Les descriptifs des cours et du laboratoire sont incluses sur les pages qui suivent.



## Descriptif de cours

### Génie chimique 1

<b>Pondération dans le module</b>	2	<b>Langue d'enseignement</b>	F
<b>Année de validité</b>	2016-2017	<b>Identifiant du cours</b>	B2C-CGC1-C
<b>Année du plan d'études</b>	2 <sup>e</sup> année	<b>Niveau</b>	intermédiaire
<b>Semestre</b>	automne	<b>Type de cours</b>	fondamental
<b>Filière(s)</b>	Chimie	<b>Type de formation</b>	bachelor

#### Objectifs

- Connaissance des concepts, définitions et propriétés qualitatives relatifs au domaine de génie chimique
- Calcul de grandeurs et de relations quantitatives, compréhension de l'idée de l'analyse dimensionnelle et de l'utilité des nombres adimensionnels

#### Contenu

1. Surface spécifique, coefficient de broyage et sphéricité
2. Unités généralisées, similitudes physiques, théorème de Buckingham, réduction des paramètres, nombres adimensionnels (Re, Ne, Eu, Fr, etc.)
3. Loi de broyage, puissance de brassage, temps de mélange, degré de ségrégation
4. Théorie de la vitesse de sédimentation d'une sphère isolée, d'un ensemble de particules et de particules avec une forme quelconque. Détermination du diamètre des particules et estimation de la viscosité à travers des mesures de sédimentation.

#### Forme d'enseignement et volume de travail

Forme d'enseignement	Dotation horaire	Travail personnel
<b>Module magistral et exercices</b>	24	36
<b>Travaux de laboratoire</b>		
<b>Projets</b>		
<b>Examen de révision</b>		
<b>Totaux partiels</b>	24	36
<b>Total du volume de travail</b>	<b>60 heures</b>	

#### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu: travaux écrits

#### Mode de calcul de la note de cours

La note du contrôle continu est la moyenne pondérée des évaluations du semestre. En cas d'examen de révision, la note finale du cours est la moyenne arithmétique de la note du contrôle continu et de celle de l'examen de révision.

#### Ouvrages de référence

- Nombreux ouvrages à disposition à la bibliothèque
- Polycopié du cours
- Notes de cours distribuées en classe

#### Enseignant(s) et/ou coordinateur(s)



Michal Dabros

**Date de validation**

23.08.2016

**Date de mise à jour**

15.07.2015



## Descriptif de cours

# Génie chimique 2

<b>Pondération dans le module</b>	2	<b>Langue d'enseignement</b>	F
<b>Année de validité</b>	2016-2017	<b>Identifiant du cours</b>	B2C-CGC2-C
<b>Année du plan d'études</b>	2 <sup>e</sup> année	<b>Niveau</b>	intermédiaire
<b>Semestre</b>	printemps	<b>Type de cours</b>	fondamental
<b>Filière(s)</b>	Chimie	<b>Type de formation</b>	bachelor

### Objectifs

- Calcul de grandeurs et de relations quantitatives relatives à la filtration
- Connaissance des concepts relatifs à la pression et aux pertes de charge: unités de pression, équation de Bernouilli, hauteur manométrique, puissance de pompage, diagramme de Moody, nombre de frottement, nombre de Reynolds

### Contenu

1. Perméabilité d'un gâteau de filtration, théorie de la filtration isobare, traitement des mesures provenant de tests de filtration, filtration à flux constant
2. Pression et unités de pression, flux volumiques et pertes de charge
3. Équation de Bernouilli (perte de charge dynamique, potentielle, statique, de frottement)
4. Paramétrisation des pertes de charges dans une conduite lisse, dans une conduite rugueuse, dans une armature de forme quelconque, écoulement dans une conduite non cylindrique, longueur équivalente et KVS
5. Analyse de la puissance de transport et mesure du débit

### Forme d'enseignement et volume de travail

Forme d'enseignement	Dotation horaire	Travail personnel
<b>Module magistral et exercices</b>	24	36
<b>Travaux de laboratoire</b>		
<b>Projets</b>		
<b>Examen de révision</b>		
<b>Totaux partiels</b>	24	36
<b>Total du volume de travail</b>	<b>60 heures</b>	

### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu: travaux écrits

### Mode de calcul de la note de cours

La note du contrôle continu est la moyenne pondérée des évaluations du semestre. En cas d'examen de révision, la note finale du cours est la moyenne arithmétique de la note du contrôle continu et de celle de l'examen de révision.

### Ouvrages de référence

- Nombreux ouvrages à disposition à la bibliothèque
- Polycopié du cours
- Notes de cours distribuées en classe



**Enseignant(s) et/ou coordinateur(s)**

Michal Dabros

**Date de validation**

23.08.2016

**Date de mise à jour**

15.07.2015



## Descriptif de cours

### Génie des procédés 1

<b>Pondération dans le module</b>	2	<b>Langue d'enseignement</b>	F
<b>Année de validité</b>	2016-2017	<b>Identifiant du cours</b>	B2C-GPR1-C
<b>Année du plan d'études</b>	2 <sup>e</sup> année	<b>Niveau</b>	intermédiaire
<b>Semestre</b>	automne	<b>Type de cours</b>	fondamental
<b>Filière(s)</b>	Chimie	<b>Type de formation</b>	bachelor

#### Objectifs

- Connaître les principes de base de la fragmentation et de l'agglomération des solides.
- Expliquer les différents types d'appareils pour réaliser la fragmentation et de l'agglomération des solides.
- Expliquer les différents types d'appareils pour réaliser l'accroissement des particules.
- Connaître les types de mélanges.
- Connaître les types essentiels des brasseurs et leurs emplois.
- Analyser l'appareillage pour un brassage optimal.
- Connaître les méthodes et les forces motrices de filtration.
- Choisir les systèmes de filtration adéquats pour les différents mélanges à filtrer.
- Connaître les principes et les types de clarification.
- Expliquer le fonctionnement des appareils à clarifier.

#### Contenu

- Principes de base pour arriver à la rupture d'un matériau (propriétés et mode de transfert d'énergie au matériau)
- Etude des différentes étapes de la réduction de la taille des particules (concassage, trituration, mouture)
- Description et fonctionnement du type d'appareils utilisés selon le matériau pour réaliser le concassage, la trituration ou la mouture
- Etude des mécanismes de liaison des agglomérats
- Description des différents types
- Mesures de sécurité pour un déroulement correct des toutes les opérations
- Discussion sur les mélanges (dispersion, émulsion, suspension, solution, solide, gaz, etc)
- Opérations, cuves de brassage et types de brasseur et disposition dans les appareillages
- Homogénéisation des mélanges par brassage
- Transfert de chaleur
- Suspension ou dissolution de solides
- Dispersion de mélanges liquide - liquide et gaz - liquide
- Mélange de produits visqueux et solide
- Principe, méthodes et forces motrice de la filtration
- Filtration gâteau, filtration en profondeur et filtration tangentielle
- Appareils de filtration (fonctionnement et application)
- Mesures de sécurité concernant le brassage et la filtration
- Discussion sur les mélanges (dispersion, émulsion, suspension, solution, solide, gaz, etc)

#### Forme d'enseignement et volume de travail

Forme d'enseignement	Dotation horaire	Travail personnel
<b>Module magistral et exercices</b>	24	36
<b>Travaux de laboratoire</b>		
<b>Projets</b>		
<b>Examen de révision</b>		
<b>Totaux partiels</b>	24	36



Forme d'enseignement	Dotation horaire	Travail personnel
<b>Total du volume de travail</b>	<b>60 heures</b>	

#### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu: travaux écrits

#### Mode de calcul de la note de cours

La note du contrôle continu est la moyenne pondérée des évaluations du semestre. En cas d'examen de révision, la note finale du cours est la moyenne arithmétique de la note du contrôle continu et de celle de l'examen de révision.

#### Ouvrages de référence

- Ullmann, Encyclopédie de la chimie technique, version anglaise, Bibliothèque de chimie Université de Fribourg
- Emilian Koller, Génie chimique, Dunod Paris , 2001, ISBN 2 10 005134 2
- Eckhard Ignatowiz, Chemietechnik, Verlag Europa-Lehrmittel, 1997, ISBN 3-8085-7046-6
- Divers ouvrages à disposition à la bibliothèque de l'EIA-FR

#### Enseignant(s) et/ou coordinateur(s)

Ennio Vanoli

#### Date de validation

23.08.2016

#### Date de mise à jour

06.07.2015



## Descriptif de cours

### Génie des procédés 2

<b>Pondération dans le module</b>	2	<b>Langue d'enseignement</b>	F
<b>Année de validité</b>	2016-2017	<b>Identifiant du cours</b>	B2C-GPR2-C
<b>Année du plan d'études</b>	2 <sup>e</sup> année	<b>Niveau</b>	intermédiaire
<b>Semestre</b>	printemps	<b>Type de cours</b>	fondamental
<b>Filière(s)</b>	Chimie	<b>Type de formation</b>	bachelor

#### Objectifs

- Connaître les principes de base de la fragmentation et de l'agglomération des solides.
- Expliquer les différents types d'appareils pour réaliser la fragmentation et de l'agglomération des solides.
- Expliquer les différents types d'appareils pour réaliser l'accroissement des particules.
- Connaître les types de mélanges.
- Connaître les types essentiels des brasseurs et leurs emplois.
- Analyser l'appareillage pour un brassage optimal.
- Connaître les méthodes et les forces motrices de filtration.
- Choisir les systèmes de filtration adéquats pour les différents mélanges à filtrer.
- Connaître les principes et les types de clarification.
- Expliquer le fonctionnement des appareils à clarifier.

#### Contenu

- Principes de base pour arriver à la rupture d'un matériau (propriétés et mode de transfert d'énergie au matériau)
- Etude des différentes étapes de la réduction de la taille des particules (concassage, trituration, mouture)
- Description et fonctionnement du type d'appareils utilisés selon le matériau pour réaliser le concassage, la trituration ou la mouture
- Etude des mécanismes de liaison des agglomérats
- Description des différents types
- Mesures de sécurité pour un déroulement correct des toutes les opérations
- Discussion sur les mélanges (dispersion, émulsion, suspension, solution, solide, gaz, etc)
- Opérations, cuves de brassage et types de brasseur et disposition dans les appareillages
- Homogénéisation des mélanges par brassage
- Transfert de chaleur
- Suspension ou dissolution de solides
- Dispersion de mélanges liquide - liquide et gaz - liquide
- Mélange de produits visqueux et solide
- Principe, méthodes et forces motrice de la filtration
- Filtration gâteau, filtration en profondeur et filtration tangentielle
- Appareils de filtration (fonctionnement et application)
- Mesures de sécurité concernant le brassage et la filtration
- Discussion sur les mélanges (dispersion, émulsion, suspension, solution, solide, gaz, etc)

#### Forme d'enseignement et volume de travail

Forme d'enseignement	Dotation horaire	Travail personnel
<b>Module magistral et exercices</b>	24	36
<b>Travaux de laboratoire</b>		
<b>Projets</b>		
<b>Examen de révision</b>		
<b>Totaux partiels</b>	24	36





Forme d'enseignement	Dotation horaire	Travail personnel
<b>Total du volume de travail</b>	<b>60 heures</b>	

#### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu: travaux écrits

#### Mode de calcul de la note de cours

La note du contrôle continu est la moyenne pondérée des évaluations du semestre. En cas d'examen de révision, la note finale du cours est la moyenne arithmétique de la note du contrôle continu et de celle de l'examen de révision.

#### Ouvrages de référence

- Ullmann, Encyclopédie de la chimie technique, version anglaise, Bibliothèque de chimie, Université de Fribourg
- Emilian Koller, Génie chimique, Dunod Paris, 2001, ISBN 2 10 005134 2
- Eckhard Ignatowiz, Chemietechnik, Verlag Europa-Lehrmittel, 1997, ISBN 3-8085-7046-6
- Divers ouvrages à disposition à la bibliothèque de l'EIA-FR

#### Enseignant(s) et/ou coordinateur(s)

Ennio Vanoli

#### Date de validation

23.08.2016

#### Date de mise à jour

06.07.2015



## Descriptif de cours

# Régulation 1

<b>Pondération dans le module</b>	2	<b>Langue d'enseignement</b>	F
<b>Année de validité</b>	2016-2017	<b>Identifiant du cours</b>	B2C-REG1-C
<b>Année du plan d'études</b>	2 <sup>e</sup> année	<b>Niveau</b>	intermédiaire
<b>Semestre</b>	automne	<b>Type de cours</b>	fondamental
<b>Filière(s)</b>	Chimie	<b>Type de formation</b>	bachelor

## Objectifs

L'étudiant-e doit être capable de comprendre ce qu'est un système dynamique avec des entrées (grandeurs de commande) et des sorties (grandeurs de mesure) et la façon de réaliser un système régulé en mode tout ou rien ou en mode proportionnel.

L'étudiant-e doit plus particulièrement être capable :

- de comprendre ce qu'est un système dynamique
- de connaître les signaux utilisés pour analyser la réponse d'un système dynamique (impulsion de Dirac, fonction de Heaviside, rampe saturée, fonction sinusoïdale, ...)
- de comprendre la fonction de transfert d'un système dynamique linéaire
- de simplifier des schémas blocs
- de savoir analyser la réponse d'un système dynamique à un signal d'entrée
- de savoir simuler le comportement d'un système dynamique à l'aide d'un outil informatique (LabVIEW ou Matlab).

## Contenu

Les chapitres sont :

- Introduction à la régulation
- Les systèmes dynamiques
- La transformée de Laplace
- Fonction de transfert
- Schémas blocs
- Réponse d'un système dynamique

## Forme d'enseignement et volume de travail

Forme d'enseignement	Dotation horaire	Travail personnel
<b>Module magistral et exercices</b>	24	36
<b>Travaux de laboratoire</b>		
<b>Projets</b>		
<b>Examen de révision</b>		
<b>Totaux partiels</b>	24	36
<b>Total du volume de travail</b>	<b>60 heures</b>	

## Modalités d'évaluation

- Contrôle continu: travaux écrits

## Mode de calcul de la note de cours

La note du contrôle continu est la moyenne pondérée des évaluations du semestre. En cas d'examen de révision, la note finale du cours est la moyenne arithmétique de la note du contrôle continu et de celle de l'examen de révision.

## Ouvrages de référence



- Polycopié du cours

**Enseignant(s) et/ou coordinateur(s)**

Michal Dabros

**Date de validation**

23.08.2016

**Date de mise à jour**

06.07.2015



## Descriptif de cours

# Régulation 2

<b>Pondération dans le module</b>	2	<b>Langue d'enseignement</b>	F
<b>Année de validité</b>	2016-2017	<b>Identifiant du cours</b>	B2C-REG2-C
<b>Année du plan d'études</b>	2 <sup>e</sup> année	<b>Niveau</b>	intermédiaire
<b>Semestre</b>	printemps	<b>Type de cours</b>	fondamental
<b>Filière(s)</b>	Chimie	<b>Type de formation</b>	bachelor

### Objectifs

L'étudiant-e doit être capable de réaliser la synthèse d'un régulateur tout-ou-rien et d'un régulateur analogique PID (proportionnel, dérivatif et intégral) pour des systèmes dynamiques linéaires comportant une entrée et une sortie (SISO).

L'étudiant-e doit plus particulièrement être capable :

- de comprendre le fonctionnement d'un régulateur tout-ou-rien sans et avec zone morte et hystérésis
- de comprendre le rôle des éléments correctifs d'un régulateur PID (partie proportionnelle, partie dérivative et partie intégrale)
- de comprendre les termes "stables" et "instables" au niveau de la régulation
- de savoir analyser la réponse d'un système dynamique afin d'identifier sa fonction de transfert
- de réaliser la synthèse d'un régulateur (détermination des paramètres du régulateur).

### Contenu

Les chapitres sont :

- Le régulateur tout-ou-rien
- Le régulateur PID
- Stabilité d'un système dynamique linéaire réglé
- Identification d'un système
- Synthèse et dimensionnement d'un régulateur PID

### Forme d'enseignement et volume de travail

Forme d'enseignement	Dotation horaire	Travail personnel
<b>Module magistral et exercices</b>	24	36
<b>Travaux de laboratoire</b>		
<b>Projets</b>		
<b>Examen de révision</b>		
<b>Totaux partiels</b>	24	36
<b>Total du volume de travail</b>	<b>60 heures</b>	

### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu: travaux écrits
- Examen: oral

### Mode de calcul de la note de cours

Note du contrôle continu x 0.5 + note de l'examen x 0.5

### Ouvrages de référence



- Polycopié du cours
- "Initiation à la régulation par une approche pratique" (lien au PDF en français & auf Deutsch donné sur la page Moodle du cours)

**Enseignant(s) et/ou coordinateur(s)**

Michal Dabros

**Date de validation**

23.08.2016

**Date de mise à jour**

06.07.2015



## Descriptif de cours

### Génie chimique 3

<b>Pondération dans le module</b>	2	<b>Langue d'enseignement</b>	F
<b>Année de validité</b>	2016-2017	<b>Identifiant du cours</b>	B3C-CGC3-C
<b>Année du plan d'études</b>	3 <sup>e</sup> année	<b>Niveau</b>	avancé
<b>Semestre</b>	automne	<b>Type de cours</b>	fondamental
<b>Filière(s)</b>	Chimie	<b>Type de formation</b>	bachelor

#### Objectifs

Au terme de ce cours, l'étudiant-e doit être capable de comprendre, de modéliser, de simuler et de dimensionner une installation de distillation fonctionnant en batch ou en continu. Les équations mises en jeu dans cette entreprise seront résolues à l'aide d'outils numériques avancés et les différentes variables de procédés (concentrations, débits, efficacités de séparation) pourront être visualisées pour des conditions opératoires variées.

L'étudiant-e doit être capable plus particulièrement:

- de déterminer le degré de liberté d'un procédé de séparation
- de comprendre et d'expliquer les équilibres de phase liquide-vapeur, et de savoir exploiter les diagrammes de phases les représentant dans un contexte de distillation
- de comprendre et d'expliquer le dimensionnement et les limitations d'une distillation flash multi-composants
- d'écrire et de résoudre les bilans de matière et les relations d'équilibre pour une rectification binaire continue à l'aide de la méthode de McCabe-Thiele
- de simuler un problème de distillation complexe avec le logiciel AspenTech ou ChemSep
- de comprendre les enjeux posés par la distillation batch et savoir modéliser quelques situations simples

#### Contenu

Ce cours de génie chimique 3 traite de différents aspects liés à la séparation des composés chimiques par des procédés de séparation thermiques. Le fil conducteur de ce module sera un procédé de séparation thermique de grande importance industrielle, la distillation. Différentes thématiques autour de la distillation seront abordées.

La structure du cours est la suivante:

- Procédés de séparation et calcul des degrés de liberté
- Thermodynamique des équilibres de phases liquide-vapeur
- La distillation flash d'un mélange complexe
- La rectification continue
- Introduction à la distillation batch et à ses enjeux

Le modèle didactique utilisé dans ce cours sera celui d'une classe inversée. L'étudiant-e devra visionner et/ou lire la documentation qui lui sera distribuée avant le cours afin de pouvoir travailler efficacement sur les différents projets et exercices résolus en classe. Pour une introduction préliminaire à ce qu'est une classe inversée, la vidéo ci-après en explique le principe: <https://www.youtube.com/watch?v=UNMx2p9aGAU>

#### Forme d'enseignement et volume de travail

Forme d'enseignement	Dotation horaire	Travail personnel
<b>Module magistral et exercices</b>	24	36
<b>Travaux de laboratoire</b>		
<b>Projets</b>		
<b>Examen de révision</b>		
<b>Totaux partiels</b>	24	36



Forme d'enseignement	Dotation horaire	Travail personnel
<b>Total du volume de travail</b>	<b>60 heures</b>	

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu: travaux écrits, Exercices
- Examen: oral

**Mode de calcul de la note de cours**

Note finale : moyenne semestre x 0.5 + note de l'examen x 0.5.

**Ouvrages de référence**

- Henley EJ, Seader, JD, & Roper, DK 2011, Separation process principles. Hoboken, N.J., Wiley

**Enseignant(s) et/ou coordinateur(s)**

Thierry Chappuis

**Date de validation**

23.08.2016

**Date de mise à jour**

12.08.2016



## Descriptif de cours

### Génie chimique 4

<b>Pondération dans le module</b>	1.5	<b>Langue d'enseignement</b>	F
<b>Année de validité</b>	2016-2017	<b>Identifiant du cours</b>	B3C-CGC4-C
<b>Année du plan d'études</b>	3 <sup>e</sup> année	<b>Niveau</b>	avancé
<b>Semestre</b>	printemps	<b>Type de cours</b>	fondamental
<b>Filière(s)</b>	Chimie	<b>Type de formation</b>	bachelor

#### Objectifs

Au terme de ce cours, l'étudiant-e doit être capable de comprendre et de dimensionner une installation d'extraction liquide-liquide à l'aide d'un diagramme de phases ternaire. Les équations de bilans et d'équilibres mises en jeu dans cette entreprise seront résolues à l'aide d'outils numériques avancés et les différentes variables de procédés (concentrations, débits, efficacités de séparation) pourront être visualisées pour des conditions opératoires variées. L'étudiant-e apprendra également dans ce module les bases du transfert d'énergie thermique et il sera capable de les appliquer au dimensionnement d'échangeurs de chaleur.

L'étudiant-e doit être capable plus spécifiquement:

- de comprendre et d'expliquer le fonctionnement d'un diagramme de phase ternaire et son utilisation dans le dimensionnement d'une colonne d'extraction liquide-liquide continue
- de simuler un problème d'extraction liquide-liquide complexe à l'aide du logiciel AspenTech
- de comprendre et d'expliquer les différents mécanismes de transfert d'énergie thermique
- d'écrire et de résoudre les bilans de chaleur pour différents designs d'échangeurs de chaleur et de dimensionner ces derniers pour répondre à un besoin spécifique

#### Contenu

Ce cours de génie chimique 4 commence par étendre les connaissances acquises lors de l'étude de la distillation au cas de l'extraction liquide-liquide. En particulier, l'utilisation d'un diagramme de phase ternaire sera discutée. La suite du module sera dédiée au problème du transfert d'énergie thermique et de son application au dimensionnement d'échangeurs de chaleur.

La structure du cours est la suivante:

- L'extraction liquide-liquide et les équilibres thermodynamiques ternaires
- Les mécanismes du transfert d'énergie thermique
- Modélisation de la diffusion et de la convection thermique
- Dimensionnement des échangeurs de chaleur

Le modèle didactique utilisé dans ce cours sera celui d'une classe inversée. L'étudiant-e devra visionner et/ou lire la documentation qui lui sera distribuée avant le cours afin de pouvoir travailler efficacement sur les différents projets et exercices résolus en classe. Pour une introduction préliminaire à ce qu'est une classe inversée, la vidéo ci-après en explique le principe: <https://www.youtube.com/watch?v=UNMx2p9aGAU>

#### Forme d'enseignement et volume de travail

Forme d'enseignement	Dotation horaire	Travail personnel
<b>Module magistral et exercices</b>	18	27
<b>Travaux de laboratoire</b>		
<b>Projets</b>		
<b>Examen de révision</b>		
<b>Totaux partiels</b>	18	27
<b>Total du volume de travail</b>	<b>45 heures</b>	





#### **Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu: travaux écrits

#### **Mode de calcul de la note de cours**

La note du contrôle continu est la moyenne pondérée des évaluations du semestre. En cas d'examen de révision, la note finale du cours est la moyenne arithmétique de la note du contrôle continu et de celle de l'examen de révision.

#### **Ouvrages de référence**

- Kurt Käser ' Chemische Verfahrenstechnik - Elemente der Theorie ' Kursunterlagen HTA-FR
- Nombreux ouvrages à disposition à la bibliothèque

#### **Enseignant(s) et/ou coordinateur(s)**

Thierry Chappuis

#### **Date de validation**

23.08.2016

#### **Date de mise à jour**

12.08.2016



## Descriptif de cours

### Génie des procédés 3

<b>Pondération dans le module</b>	2	<b>Langue d'enseignement</b>	F
<b>Année de validité</b>	2016-2017	<b>Identifiant du cours</b>	B3C-GPR3-C
<b>Année du plan d'études</b>	3 <sup>e</sup> année	<b>Niveau</b>	avancé
<b>Semestre</b>	automne	<b>Type de cours</b>	fondamental
<b>Filière(s)</b>	Chimie	<b>Type de formation</b>	bachelor

#### Objectifs

- Connaître et évaluer les dangers des produits chimiques
- Connaître les normes de sécurité pour travailler en zone-Ex
- Expliquer les différents types de transport (gaz, liquide, solide)
- Evaluer l'utilisation des appareils de pompage
- Connaître la structure d'un mode opératoire normalisé
- Connaître l'analyse de risque HAZOP (Hazard and Operability)
- Expliquer la démarche pour le calcul du prix de revient d'un produit (TPK)
- Connaître les armatures et les échangeurs de chaleur
- Connaître l'application
- Savoir intégrer dans une installation ces organes
- Connaître les principes de la distillation
- Connaître les appareillages utilisés pour distiller
- Connaître les différents types d'extraction industrielle

#### Contenu

- Danger d'incendie et d'explosion (caractéristiques spécifiques des produits : point éclair, etc)
- Risque pour la santé (classe de toxicité, DL50, etc)
- Mesures primaires de prévention des explosions (remplacement des produits inflammables, rendre inerte, etc)
- Mesures secondaires de prévention des accidents (zone-Ex, norme pour système électrique, décharge électrostatique, etc)
- Types de pompes (cinétiques, volumétriques, compresseurs, etc)
- Description de la construction, des caractéristiques et du fonctionnement des pompes cinétiques et volumétriques utilisées pour transporter des liquides et des suspensions.
- Calcul de la perte de charge des pompes dans un circuit
- Compression des gaz (compresseurs centrifuges et volumétriques)
- Pompes à vide
- Système de transport pour des substances solides
- Données nécessaires à l'élaboration d'un mode opératoire normalisé
- Evaluation et profil des risques
- Structure d'un MON
- Développement des points principaux d'un MON
- Etapes d'une analyse de risques
- Explication des principes de l'HAZOP
- Explication des éléments considérés pour le calcul du prix de revient produit (TPK)
- Résumé des coûts engendrés pour la production d'un produit
- Description des différents types d'armature
- Utilisation des armatures dans les installations
- Armature de sécurité (vannes, clapets)
- Types et applications des purgeurs
- Modes de transmission de la chaleur
- Principes des échangeurs de chaleur
- Différents types de bouilleurs et d'évaporateurs
- La distillation et la rectification
- L'extraction industrielle

#### Forme d'enseignement et volume de travail



Forme d'enseignement	Dotation horaire	Travail personnel
Module magistral et exercices	24	36
<b>Travaux de laboratoire</b>		
<b>Projets</b>		
<b>Examen de révision</b>		
<b>Totaux partiels</b>	24	36
<b>Total du volume de travail</b>	<b>60 heures</b>	

#### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu: travaux écrits
- Examen: oral

#### Mode de calcul de la note de cours

Moyenne des notes du contrôle continu x 0.5 + note de l'examen x 0.5

#### Ouvrages de référence

- Ullmann, Encyclopédie de la chimie technique, version anglaise, Bibliothèque de chimie, Université de Fribourg
- Emilian Koller, Génie chimique, Dunod Paris, 2001, ISBN 2 10 005134 2
- Eckhard Ignatowiz, Chemietechnik, Verlag Europa-Lehrmittel, 1997, ISBN 3-8085-7046-6
- Divers ouvrages à disposition à la bibliothèque de l'EIA-FR

#### Enseignant(s) et/ou coordinateur(s)

Ennio Vanoli

#### Date de validation

23.08.2016

#### Date de mise à jour

06.07.2015



## Descriptif de cours

### Génie des procédés 4

<b>Pondération dans le module</b>	1.5	<b>Langue d'enseignement</b>	F
<b>Année de validité</b>	2016-2017	<b>Identifiant du cours</b>	B3C-GPR4-C
<b>Année du plan d'études</b>	3 <sup>e</sup> année	<b>Niveau</b>	avancé
<b>Semestre</b>	printemps	<b>Type de cours</b>	fondamental
<b>Filière(s)</b>	Chimie	<b>Type de formation</b>	bachelor

#### Objectifs

- Connaître et évaluer les dangers des produits chimiques
- Connaître les normes de sécurité pour travailler en zone-Ex
- Expliquer les différents types de transport (gaz, liquide, solide)
- Evaluer l'utilisation des appareils de pompage
- Connaître la structure d'un mode opératoire normalisé
- Connaître l'analyse de risque HAZOP (Hazard and Operability)
- Expliquer la démarche pour le calcul du prix de revient d'un produit (TPK)
- Connaître les armatures et les échangeurs de chaleur
- Connaître l'application
- Savoir intégrer dans une installation ces organes
- Connaître les principes de la distillation
- Connaître les appareillages utilisés pour distiller
- Connaître les différents types d'extraction industrielle

#### Contenu

- Danger d'incendie et d'explosion (caractéristiques spécifiques des produits : point éclair, etc)
- Risque pour la santé (classe de toxicité, DL50, etc)
- Mesures primaires de prévention des explosions (remplacement des produits inflammables, rendre inerte, etc)
- Mesures secondaires de prévention des accidents (zone-Ex, norme pour système électrique, décharge électrostatique, etc)
- Types de pompes (cinétiques, volumétriques, compresseurs, etc)
- Description de la construction, des caractéristiques et du fonctionnement des pompes cinétiques et volumétriques utilisées pour transporter des liquides et des suspensions.
- Calcul de la perte de charge des pompes dans un circuit
- Compression des gaz (compresseurs centrifuges et volumétriques)
- Pompes à vide
- Système de transport pour des substances solides
- Données nécessaires à l'élaboration d'un mode opératoire normalisé
- Evaluation et profil des risques
- Structure d'un MON
- Développement des points principaux d'un MON
- Etapes d'une analyse de risques
- Explication des principes de l'HAZOP
- Explication des éléments considérés pour le calcul du prix de revient produit (TPK)
- Résumé des coûts engendrés pour la production d'un produit
- Description des différents types d'armature
- Utilisation des armatures dans les installations
- Armature de sécurité (vannes, clapets)
- Types et applications des purgeurs
- Modes de transmission de la chaleur
- Principes des échangeurs de chaleur
- Différents types de bouilleurs et d'évaporateurs
- La distillation et la rectification
- L'extraction industrielle

#### Forme d'enseignement et volume de travail



Forme d'enseignement	Dotation horaire	Travail personnel
Module magistral et exercices	18	27
Travaux de laboratoire		
Projets		
Examen de révision		
<b>Totaux partiels</b>	18	27
<b>Total du volume de travail</b>	<b>45 heures</b>	

#### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu: travaux écrits

#### Mode de calcul de la note de cours

La note du contrôle continu est la moyenne pondérée des évaluations du semestre. En cas d'examen de révision, la note finale du cours est la moyenne arithmétique de la note du contrôle continu et de celle de l'examen de révision.

#### Ouvrages de référence

- Ullmann, Encyclopédie de la chimie technique, version anglaise, Bibliothèque de chimie Université de Fribourg
- Emilian Koller, Génie chimique, Dunod Paris, 2001, ISBN 2 10 005134 2
- Eckhard Ignatowiz, Chemietechnik, Verlag Europa-Lehrmittel, 1997, ISBN 3-8085-7046-6
- Divers ouvrages à disposition à la bibliothèque de l'EIA-FR

#### Enseignant(s) et/ou coordinateur(s)

Ennio Vanoli

#### Date de validation

23.08.2016

#### Date de mise à jour

06.07.2015



## Descriptif de cours

### Laboratoire de chimie industrielle 1

<b>Pondération dans le module</b>	4.5	<b>Langue d'enseignement</b>	F
<b>Année de validité</b>	2016-2017	<b>Identifiant du cours</b>	B3C-LCI1-C
<b>Année du plan d'études</b>	3 <sup>e</sup> année	<b>Niveau</b>	avancé
<b>Semestre</b>	automne	<b>Type de cours</b>	fondamental
<b>Filière(s)</b>	Chimie	<b>Type de formation</b>	bachelor

#### Objectifs

L'étudiant-e doit être capable de comprendre et maîtriser les différents aspects intervenant dans une halle de production. Voici plus en détails ce qu'il faut connaître :

- connaître les différents critères de sécurité d'une zone de production chimique (bâtiment H);
- connaître et maîtriser les différentes installations de la zone de production (bâtiment H);
- être capable de gérer un projet de développement d'une production.

#### Contenu

Le laboratoire est un laboratoire commun entre la chimie industrielle et la chimie computationnelle. Il est subdivisé en 4 modules. Le premier module sert d'introduction dans une halle de production. Le deuxième module implique la réalisation d'opérations chimiques unitaires dans une zone de production. Les deux derniers modules permettent de réaliser 4 projets complets (seul ou en groupe).

##### Introduction à la production

- Le bâtiment H : la sécurité, le transport, les énergies, les installations
- La colonne de distillation
- La synthèse industrielle
- La régulation

##### Les opérations unitaires

- Mesures à l'aide d'une colonne de distillation
- Le calorimètre à flux de chaleur (RC1)
- Synthèse avec un réacteur automatisé
- Automatisation

Projets avancés dans le cadre de la chimie de production

Projets avancés dans le cadre de la chimie computationnelle

#### Forme d'enseignement et volume de travail

Forme d'enseignement	Dotation horaire	Travail personnel
<b>Module magistral et exercices</b>		
Travaux de laboratoire	96	39
<b>Projets</b>		
<b>Examen de révision</b>		
<b>Totaux partiels</b>	96	39
<b>Total du volume de travail</b>	<b>135 heures</b>	

#### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu: TP/évaluation de rapports, exposés



**Mode de calcul de la note de cours**

La note du contrôle continu est la moyenne pondérée des évaluations du semestre. En cas d'examen de révision, la note finale du cours est la moyenne arithmétique de la note du contrôle continu et de celle de l'examen de révision.

**Ouvrages de référence**

**Enseignant(s) et/ou coordinateur(s)**

Christophe Allemann, Thierry Chappuis, Olivier Vorlet, Ennio Vanoli

**Date de validation**

23.08.2016

**Date de mise à jour**

29.06.2015



## Descriptif de cours

### Laboratoire de chimie industrielle 2

<b>Pondération dans le module</b>	3.5	<b>Langue d'enseignement</b>	F
<b>Année de validité</b>	2016-2017	<b>Identifiant du cours</b>	B3C-LCI2-C
<b>Année du plan d'études</b>	3 <sup>e</sup> année	<b>Niveau</b>	avancé
<b>Semestre</b>	printemps	<b>Type de cours</b>	fondamental
<b>Filière(s)</b>	Chimie	<b>Type de formation</b>	bachelor

#### Objectifs

L'étudiant-e doit être capable de comprendre et maîtriser les différents aspects intervenant dans une halle de production. Voici plus en détails ce qu'il faut connaître :

- connaître les différents critères de sécurité d'une zone de production chimique (bâtiment H);
- connaître et maîtriser les différentes installations de la zone de production (bâtiment H);
- être capable de gérer un projet de développement d'une production.

#### Contenu

Le laboratoire est un laboratoire commun entre la chimie industrielle et la chimie computationnelle. Il est subdivisé en 4 modules. Le premier module sert d'introduction dans une halle de production. Le deuxième module implique la réalisation d'opérations chimiques unitaires dans une zone de production. Les deux derniers modules permettent de réaliser 4 projets complets (seul ou en groupe).

##### Introduction à la production

- Le bâtiment H : la sécurité, le transport, les énergies, les installations.
- La colonne de distillation
- La synthèse industrielle
- La régulation

##### Les opérations unitaires

- Mesures à l'aide d'une colonne de distillation
- Le calorimètre à flux de chaleur (RC1)
- Synthèse avec un réacteur automatisé
- Automatisation

Projets avancés dans le cadre de la chimie de production

Projets avancés dans le cadre de la chimie computationnelle

#### Forme d'enseignement et volume de travail

Forme d'enseignement	Dotation horaire	Travail personnel
<b>Module magistral et exercices</b>		
Travaux de laboratoire	72	33
<b>Projets</b>		
<b>Examen de révision</b>		
<b>Totaux partiels</b>	72	33
<b>Total du volume de travail</b>	<b>105 heures</b>	

#### Modalités d'évaluation





- Contrôle continu: TP/évaluation de rapports, exposés

**Mode de calcul de la note de cours**

La note du contrôle continu est la moyenne pondérée des évaluations du semestre. En cas d'examen de révision, la note finale du cours est la moyenne arithmétique de la note du contrôle continu et de celle de l'examen de révision.

**Ouvrages de référence**

**Enseignant(s) et/ou coordinateur(s)**

Christophe Allemann, Olivier Vorlet, Ennio Vanoli, Thierry Chappuis

**Date de validation**

23.08.2016

**Date de mise à jour**

15.09.2015