Chimie analytique II

UE 32

Enseignant(s) responsable de l'UE : Thibaut D'HONDT
Autres enseignant·e·s de l'UE : Michel VAN KRIEKEN

Année d'études	Bloc 3
Acronyme	TLU33CHI
Nombre de crédits ECTS	10 (facteur de pondération)
Volume horaire	159 h (Q1 99 / Q2 60)
Période de l'année	Quadrimestre 1 & Quadrimestre 2
Niveau du cycle	1er cycle
Cadre européen de certification	Niveau 6
Caractère dans le programme	Cours obligatoire dans le programme
Langue(s) d'enseignement	Français
Coordonnées du service	Campus de Bruxelles, Avenue Émile Gryson 1 (bât. 4C), 1070 Bruxelles
Mode d'évaluation	Unité évaluée en épreuves spécifiques par activité d'apprentissage
UE prérequises	UE18 Statistiques ; UE21 Chimie analytique I
UE corequises	Néant

Liste des activités d'apprentissage

Activité d'apprentissage	Volume horaire	ECTS	Présence obligatoire
TL33CHI Chimie analytique 2	39	6	NON
TL33LAB Laboratoire de chimie analytique 2	120	4	OUI

Contribution de l'UE au profil d'enseignement du programme

- **HE01** HE. 1. rédige des rapports, des fiches techniques, des protocoles en les rendant accessibles et adaptés au public cible
- **HE03** HE. 3. seul ou en groupe, organise son temps, planifie son travail et respecte les échéances fixées en utilisant une méthode de travail adéquate et adaptée au contexte
- **HE04** HE. 4. s'intègre et collabore activement en binôme ou en équipe
- **HE05** HE. 5. mobilise et actualise ses connaissances et compétences en faisant preuve de réflexivité
- **HE06** HE. 6. recherche des ressources nécessaires, identifie, traite et synthétise les données pertinentes et transpose les résultats à la situation traitée
- **RE01** ARES. 1 Compétences disciplinaires
- **RE01.1** ARES. 1.1 Mobiliser des concepts des sciences fondamentales afin de résoudre des problèmes spécifiques aux sciences et techniques de l'ingénieur.
- **RE01.2** ARES. 1.2 Valider une théorie ou un modèle par la mise en place d'une démarche expérimentale.
- **RE01.8** ARES. 1.8 Transposer des savoirs scientifiques et technologiques afin de faire face à une situation professionnelle emblématique.
- **RE02** ARES. 2 Compétences transversales et linguistiques
- **RE02.1** ARES. 2.1 Agir de façon réflexive, autonome et responsable.
- **RE02.3** ARES. 2.3 Travailler en équipe au service d'un projet.
- **RE02.7** ARES. 2.7 Développer une argumentation avec esprit critique.

Autres connaissances ou compétences prérequises

Chimie analytique 2

- **Connaissance et maitrise en Chimie :**

    - des règles de nomenclature,
    - des réactions acide-base (calcul de pH, préparation de solution tampon,...),
    - des équations d'oxydoréduction (détermination du nombre d'oxydation, équilibre d'une réaction,...),
    - des constantes d'équilibres (constante d'acidité, constante de complexation, constante réactionnelle,...).
- **Maitrise en Mathématique :**
    - des règles de proportionnalité, système métrique, utilisation de machines à calculer,
    - de la construction et la lecture d'un graphique, résolution et mise en graphique d'équation du 1er degré,
    - de la résolution d'un système de 2 équations à 2 inconnues,
    - des propriétés des exposants, fonctions logarithme et exponentielle.
- **Maitrise en Informatique :**
    - de l'utilisation d'un logiciel de traitement de données (type "Excel" ; écart- type, régression linéaire et fonctions statistiques),
    - de l'utilisation d'un logiciel de traitement de texte (type "Word").

Laboratoire de chimie analytique 2

- **Connaissance et maitrise en Chimie :**
    - des règles de nomenclature,
    - des réactions acide-base (calcul de pH, préparation de solution tampon,...),
    - des équations d'oxydoréduction (détermination du nombre d'oxydation, équilibre d'une réaction,...),
    - des constantes d'équilibres (constante d'acidité, constante de complexation, constante réactionnelle,...),
    - des expressions d'incertitudes absolues et d'incertitudes relatives,
    - des règles d'arrondi et de chiffres significatifs.
- **Maitrise en Mathématique :**
    - des règles de proportionnalité, système métrique et utilisation de machines à calculer,
    - de la construction et de la lecture d'un graphique,
    - de la résolution et mise en graphique d'équation du 1^{er} degré,
    - des résolutions d'un système de 2 équations à 2 inconnues,
    - des propriétés des exposants, fonctions logarithme et exponentielle.
- **Maitrise en Informatique :**
    - d'un logiciel de traitement de données (type "Excel" ; écart- type, régression linéaire et fonctions statistiques),
    - d'un logiciel de traitement de texte (type "Word").
- **Connaissance et maitrise des méthodes analytiques non instrumentales (méthodes volumétrique et gravimétrique) :**
    - utilisation du matériel de laboratoire (burette, matras, balance analytique,...),
    - choix d'un indicateur,
    - calibration et utilisation d'un pH mètre,
    - réalisation de prises par double pesée,
    - réalisation de pesée à poids constant.

Descriptif des objectifs et des contenus de l'UE

Chimie analytique 2

Objectifs

- Savoir expliquer de manière rigoureuse le principe de la Spectroscopie, de l'électrochimie et de la chromatographie,
- Savoir détailler les différentes techniques vues en cours et développées au laboratoire (structure des appareils de mesures, phénomènes physiques et chimiques impliquées, limitations, conditions d'utilisation,...),
- Savoir appliquer les principes théoriques en utilisant les techniques analytiques étudiées au travers de différentes manipulations et pouvoir faire la connexion entre la théorie et la pratique.

Contenu

- **Chapitre d'introduction/de rappel :**
  - la classification des méthodes analytiques,
  - les étapes d'une analyse (choix de la méthode, échantillonnage, préparation, analyse et interprétation des résultats),
  - les calculs d'incertitudes,
  - l'évaluation des mérites d'une technique (Sensibilité, Spécificité - Sélectivité, Exactitude, Précision, Zone de linéarité, Limite de détection et de quantification, Domaine dynamique linéaire)
- **Chapitre de chromatographie :**
  - Principe de la chromatographie,
  - Grandeurs de rétention,
  - Equation de Van Deemter,
  - Isotherme/gradient de T° et isocratique/gradient d'élution,
  - système d'injection (manuel, automatique, boucle d'injection, split, splitless et on-column,
  - utilisation de standard interne,
  - détecteurs (FID et TCD).
- **Chapitre d'électrochimie :**
  - Électrodes indicatrice, électrode de référence et électrode auxiliaire,
  - Techniques potentiométriques,
  - Techniques électrogravimétriques et coulométriques,
  - Méthodes d’analyse électrogravimétriques,
  - Méthodes d’analyse coulométriques,
  - Techniques ampérométriques.
- **Chapitre de spectroscopie :**
  - loi de Beer-Lambert (démonstration + limitations chimique, physique et chimique),
  - Fluorescence, SAM, SAAF, SAEF (principe + sources lumineuses, matériel optique et détecteurs)
  - Effet du solvant (bathochrome, hypsochrome, hypochrome et hyperchrome)
  - Élargissement des raies (effet Doppler, Lorentz et Stark)

Laboratoire de chimie analytique 2

Objectifs

Objectif 1. Reconnaitre les différents constituants des appareils de mesures utilisés lors des laboratoires

Objectif 2. Expliquer les principes des techniques d’analyses utilisées lors des laboratoires.

Objectif 3. Manipuler en laboratoire des produits chimiques en respectant : a. L’utilisation de l’équipement de protection individuel (EPI), b. Les règles de sécurité, c. Les bonnes pratiques de laboratoire, d. Les règles de récupération des produits (pour l’évacuation et/ou le traitement).

Objectif 4. Établir un mode opératoire détaillé (incluant les volumes de prise, les masses de prise et les facteurs de dilution) permettant d’effectuer le dosage d’un analyte recevant l’entièreté des informations suivantes : a. Une estimation de la concentration de l’analyte dans l’échantillon, b. La technique d’analyse à utiliser, c. Les conditions expérimentales indispensables à l’obtention d’un résultat fiable (par exemple la nécessité de travailler en milieu acide, d’utiliser de l’eau distillée ou de l’eau ultra pure…), d. La gamme linéaire de la technique pour cet analyte, e. La méthode à utiliser pour le dosage (i.e. réalisation d’une droite d’étalonnage et/ou d’ajouts dosés).

Objectif 5. Calculer les incertitudes absolues liées à la préparation des solutions en recevant l’entièreté des informations suivantes : a. Les volumes de prise, b. Les masses de prise, c. Les volumes de matras, d. L’incertitude absolue liée à chacune des données précitées.

Objectif 6. Appliquer les formules permettant de calculer l’incertitude statistique liée à l’utilisation d’une droite d’étalonnage ou d’ajouts dosés.

Objectif 7. Savoir calculer la concentration d’un échantillon en recevant l’entièreté des informations suivantes : a. Les données permettant la mise en place d’une droite d’étalonnage ou d’un ajout dosé (i.e. la concentration des étalons et le signal mesuré pour chaque étalon) b. Le signal mesuré pour l’échantillon, c. Le facteur de dilution de l’échantillon.

Contenu

Manipulations détaillées dans le manuel de laboratoire (disponible sur le campus numérique):

Manipulation 1 : Dosage du cuivre par spectroscopie d'absorption moléculaire.

Manipulation 2 : Spectrophotométrie d'absorption moléculaire dans le visible(SAM): - a. Spectrophotométrie d'absorption moléculaire (visible) : dosage du manganèse(II) après oxydation en permanganate. - b. Dosage du fer par formation d'un complexe de chélation avec l'orthophénanthroline.

Manipulation 3 : Spectrophotométrie d'émission(SEA) ou d'absorption atomique de flamme(SAAF) : dosage du potassium.

Manipulation 4 : Détermination de la demande chimique en oxygène(DCO).

Manipulation 5 :: Fluorimétrie : - a. Dosage de l'aluminium. - b. Dosage de la quinine dans une boisson.

Manipulation 6 : Initiation à la chromatographie en phase gazeuse(GC).

Manipulation 7 : Dosage des parabènes par HPLC.

Manipulation 8 : Dosage de l'éthanol dans le vin ou la bière par « Headspace » statique et chromatographie en phase gazeuse.

Manipulation 9 : Dosage des ions chlorure. - a. Par chromatographie ionique - b. Par dosage potentiométrique

Manipulation 10 : Dosage de l'eau par la méthode de Karl Fischer.

Manipulation 11 : Électrodéposition (V contrôlé et V non contrôlé).

Manipulation 12 : Potentiométrie avec utilisation d'une électrode spécifique : dosage des fluorures.

Manipulation 13 : Dosage de l'azote protéique par la méthode de Kjeldahl.

Activités et méthodes d'apprentissage et d'enseignement

Chimie analytique 2

Cours théorique complétant le support écrit à disposition des étudiants (disponibles sur le campus numérique)

Laboratoire de chimie analytique 2

Activités et méthodes d'apprentissage

Les laboratoires permettent d'illustrer les concepts vus en cours. L'apprenant dispose (via le campus numérique), d'un manuel de laboratoire lui permettant, **avant son arrivée au laboratoire** , de préparer la manipulation prévue pour la journée ce qui implique :

- qu'il puisse citer les étapes clefs de la méthode d'analyse :
  - préparation des solutions stocks,
  - conditions de laboratoire décrites dans le manuel de laboratoire (utilisation de catalyseur, pH,...),
  - préparation de l'échantillon pour analyse (par droite d'étalonnage et/ou par ajouts dosés)
- qu'il puisse expliquer le principe théorique de technique utilisée (GC Headspace, CI, SAA, SAE, HPLC,SAM...)
- qu'il ait préparé son cahier de laboratoire avec les différentes étapes clefs de la manipulation avec les masses et volumes théorique qu'il a calculé,
- qu'il se soit renseigné sur les risques liés à la manipulation des réactifs et des produits.

Si l'étudiant n'a pas préparé son laboratoire, il ne sera pas en mesure d'assurer sa sécurité et celle des autres et ne sera donc pas autorisé à réaliser la manipulation (sanctionnée par un zéro).

Usage de l'IA pendant cette activités d'apprentissage :

L'utilisation de l'IA pendant l'évaluation des compétences (=séances de laboratoire) est interdit.

L'utilisation de l'IA élaborer une production partielle (**niveau 3**) ou complète (**niveau 4**) est **interdite**.

L'IA peut cependant être utilisée comme outil pendant la préparation des séances pratiques et pendant la

rédaction. Cette utilisation est restreinte et impose à l'étudiant de fournir un document annexe reprenant les échanges réalisés avec l'IA (niveau 1 et 2)

Les **tâches exhaustives** pouvant être prises en charge par l'IA sont les suivantes :

- Après avoir utilisé votre esprit critique et vos connaissances, vous pouvez utiliser l'IA comme assistante aux activités préalables à votre production (**niveau 1**) pour :
    - rechercher des informations permettant de favoriser l'inspiration, générer des idées et faciliter la démarche de recherche,
    - donner des idées de thématiques à aborder en lien avec le sujet.

L'étudiant fournira un document annexe reprenant :

1. son travail de réflexion personnel (avant utilisation de l'IA)
2. les questions posées à l'IA et les réponses qu'elle a fournie à ces questions
3. la nouvelle structure du travail produite par l'étudiant avec l'aide de l'IA

- Après avoir prévu votre plan de travail, vous pouvez utiliser l'IA comme assistant à l'organisation/la révision/la relecture d'une production (**niveau 2**) pour :
    - obtenir un retour critique sur votre production,
    - donner des pistes d'amélioration de la formulation et de la mise en forme,
    - mettre en évidence des fautes d'orthographe sans les corriger,
    - indiquer des éléments incorrects dans votre réflexion.

L'étudiant fournira un document annexe reprenant :

1. la production qu'il a soumis à l'IA,
2. les questions posées à l'IA pour obtenir ces retours,
3. un résumé des changements majeurs qu'il a appliqués sur sa production.

- L'utilisation de l'IA pour élaborer une production partielle (**niveau 3**) ou complète (**niveau 4**) est interdite.

Acquis d'apprentissage sanctionnés, spécifiques et contribuant à l'UE

Chimie analytique 2

Comprendre et expliquer les techniques vues en cours (chromatographie, spectroscopie et electrochimie).

Savoir les limites d'utilisations de ces techniques, l'impact des conditions expérimentales,...

Laboratoire de chimie analytique 2

L'étudiant est capable :

- D'expliquer/refaire les techniques analytiques vue en cours,
- D'établir le protocole d'une méthode analytique par le choix approprié des techniques,
- D'utiliser judicieusement les outils statistiques.

Description des supports de cours indispensables

Description	Accès à la source	URL
Laboratoire de chimie analytique 2 : Manuel de laboratoire	sur le campus numérique	Lien

Chimie analytique 2 : Support de cours reprenant la matière vue en cours	sur le campus numérique	Lien

Description des références et des supports complémentaires

Description	Accès à la source	URL
Chimie analytique 2 : « Basic concepts of analytical chemistry », S.M. Khopkar, New Age Science, 2009.	—	—
Chimie analytique 2 : « Analyse chimique », Rouessac et Dunod, 2004.	—	—
Laboratoire de chimie analytique 2 : « Analyse chimique quantitative de Vogel », Menham, Denney, Barnes et Thomas, Dunod, 2005	—	—
Laboratoire de chimie analytique 2 : « Chimie analytique », Skoog, West, Holler et Crouch, De Boeck, 2014.	—	—
Laboratoire de chimie analytique 2 : « Basic concepts of analytical chemistry », S.M. Khopkar, New Age Science, 2009.	—	—
Laboratoire de chimie analytique 2 : « Electrochimie : des concepts aux applications », Miomandre, Sadki, Audebert et Méallet-Renault, De boeck, 2006.	—	—
Chimie analytique 2 : « Principes d’analyse instrumentale », Skoog, Holler et Nieman, De Boeck, 2003.	—	—
Laboratoire de chimie analytique 2 : « Analyse chimique », Rouessac et Dunod, 2004.	—	—
Laboratoire de chimie analytique 2 : « Principes d’analyse instrumentale », Skoog, Holler et Nieman, De Boeck, 2003.	—	—
Chimie analytique 2 : « Electrochimie : des concepts aux applications », Miomandre, Sadki, Audebert et Méallet-Renault, De boeck, 2006.	—	—
Chimie analytique 2 : « Chimie analytique », Skoog, West, Holler et Crouch, De Boeck, 2014.	—	—
Chimie analytique 2 : « Analyse chimique quantitative de Vogel », Menham, Denney, Barnes et Thomas, Dunod, 2005	—	—

Mode d'évaluation et de pondération par activité au sein de l'UE

Cette unité d'enseignement est évaluée en épreuves spécifiques par activité d'apprentissage.

Méthode d'intégration :

- Si aucune des notes des différentes AA qui composent l'UE ne se situe en deçà de 8/20, c'est la technique de la moyenne arithmétique pondérée qui est appliquée.
- Si la note d'une ou plusieurs AA composant une UE se situe en deçà de 8/20, la note finale de l'UE correspondra à la plus mauvaise des notes reçues.

Janvier			
Chimie analytique 2 — méthode d'intégration : 60 %			
Évaluation continue	10 %	Type de questions : —	Examen à livre : —
Laboratoire de chimie analytique 2 — méthode d'intégration : 40 %			
Évaluation continue	42 %	Type de questions : Questionnaire mixte (combinaison de plusieurs types de questions différentes)	Examen à livre : Livre fermé

Cette activité d'apprentissage est **évaluée sur l'ensemble de l'année académique** :

- **la partie continue (80%) n'est pas remédiable.** Elle est répartie sur le Q1 et le Q2 au prorata des séances des travaux pratiques réalisées.
- **la partie examen (20%) est remédiable.** Elle est prévue au Q2 (après l'ensemble des séances de laboratoire) et en deuxième session (Q3).

L'évaluation continue reprend :

- les points obtenus aux interrogations d'entrée* des laboratoires, (10%)
- les points obtenus lors des contrôles du cahier de laboratoire que l'étudiant amène préparé en début de séance et rend complétè en fin de séance (10%)**
- une cote de comportement général (port des EPI, respect des consignes,...) (10%)
- les points obtenus en complétant les rapports de laboratoires (20%)
- les points obtenus en remettant la concentration des échantillons au terme de la journée de manipulation (30%)

*un étudiant n'ayant pas suffisamment préparé la théorie qui est illustrée pendant cette séance de laboratoire et/ou n'ayant pas la maitrise des pré-requis de l'UE, peut prendre jusqu'à une heure de la séance avant d'être évaluer oralement par l'enseignant. La note obtenue à l'oral ne remplace pas la note de l'écrit mais permet, à l'étudiant ayant démontré sa maitrise des règles de sécurité relative au sujet du jour, de réaliser la manipulation sans mettre en danger les autres et/ou les appareils mis à sa disposition.

**un étudiant doit avoir un cahier de laboratoire préparé pour avoir accès aux réactifs.

Juin			
Chimie analytique 2 — méthode d'intégration : 60 %			
Examen oral	90 %	Type de questions : Examen Oral	Examen à livre : Livre fermé
Examen oral : L'étudiant tire au hasard ses questions (une par chapitre) puis dispose d'un temps de préparation pour structurer ses réponses et préparer ses arguments avant l'évaluation orale (45min/étudiant).			
Laboratoire de chimie analytique 2 — méthode d'intégration : 40 %			
Évaluation continue	38 %	Type de questions : Questionnaire mixte (combinaison de plusieurs types de questions différentes)	Examen à livre : Livre fermé
Examen écrit	20 %	Type de questions : Questionnaire mixte (combinaison de plusieurs types de questions différentes)	Examen à livre : Livre fermé

Cette activité d'apprentissage est **évaluée sur l'ensemble de l'année académique** :

- **la partie continue (80%) n'est pas remédiable.** Elle est répartie sur le Q1 et le Q2 au prorata des séances des travaux pratiques réalisées.
- **la partie examen (20%) est remédiable.** Elle est prévue au Q2 (après l'ensemble des séances de laboratoire) et en deuxième session (Q3).

L'évaluation continue reprend :

- les points obtenus aux interrogations d'entrée* des laboratoires, (10%)
- les points obtenus lors des contrôles du cahier de laboratoire que l'étudiant amène préparé en début de séance et rend complétè en fin de séance (10%)**
- une cote de comportement général (port des EPI, respect des consignes,...) (10%)
- les points obtenus en complétant les rapports de laboratoires (20%)
- les points obtenus en remettant la concentration des échantillons au terme de la journée de manipulation (30%)

*un étudiant n'ayant pas suffisamment préparé la théorie qui est illustrée pendant cette séance de laboratoire et/ou n'ayant pas la maitrise des pré-requis de l'UE, peut prendre jusqu'à une heure de la séance avant d'être évaluer oralement par l'enseignant. La note obtenue à l'oral ne remplace pas la note de l'écrit mais permet, à l'étudiant ayant démontré sa maitrise des règles de sécurité relative au sujet du jour, de réaliser la manipulation sans mettre en danger les autres et/ou les appareils mis à sa disposition.

**un étudiant doit avoir un cahier de laboratoire préparé pour avoir accès aux réactifs.

Août			
Chimie analytique 2 — méthode d'intégration : 60 %			
Examen oral	100 %	Type de questions : Examen Oral	Examen à livre : Livre fermé
Déroulement de l'examen oral : L'étudiant tire au hasard ses questions (une par chapitre) puis dispose d'un temps de préparation pour structurer ses réponses et préparer ses arguments avant l'évaluation orale (45min/étudiant).			
Laboratoire de chimie analytique 2 — méthode d'intégration : 40 %			
Évaluation continue	80 %	Type de questions : Questionnaire mixte (combinaison de plusieurs types de questions différentes)	Examen à livre : Livre fermé
Examen écrit	20 %	Type de questions : Questionnaire mixte (combinaison de plusieurs types de questions différentes)	Examen à livre : Livre fermé

Cette activité d'apprentissage est **évaluée sur l'ensemble de l'année académique** :

- **la partie continue (80%) n'est pas remédiable.** Elle est répartie sur le Q1 et le Q2 au prorata des séances des travaux pratiques réalisées.
- **la partie examen (20%) est remédiable.** Elle est prévue au Q2 (après l'ensemble des séances de laboratoire) et en deuxième session (Q3).

L'évaluation continue reprend :

- les points obtenus aux interrogations d'entrée* des laboratoires, (10%)
- les points obtenus lors des contrôles du cahier de laboratoire que l'étudiant amène préparé en début de séance et rend complétè en fin de séance (10%)**
- une cote de comportement général (port des EPI, respect des consignes,...) (10%)
- les points obtenus en complétant les rapports de laboratoires (20%)
- les points obtenus en remettant la concentration des échantillons au terme de la journée de manipulation (30%)

*un étudiant n'ayant pas suffisamment préparé la théorie qui est illustrée pendant cette séance de laboratoire et/ou n'ayant pas la maitrise des pré-requis de l'UE, peut prendre jusqu'à une heure de la séance avant d'être évaluer oralement par l'enseignant. La note obtenue à l'oral ne remplace pas la note de l'écrit mais permet, à l'étudiant ayant démontré sa maitrise des règles de sécurité relative au sujet du jour, de réaliser la manipulation sans mettre en danger les autres et/ou les appareils mis à sa disposition.

**un étudiant doit avoir un cahier de laboratoire préparé pour avoir accès aux réactifs.