
Programme de formation **laboratoire-école**

LABORATOIRE-ECOLE APPRENTIS

ISIC

Le Laboratoire-Ecole Apprentis de l'Institut des sciences et ingénierie chimiques forme chaque année huit futur(e)s laborantin(e)s. Cette structure dynamique a pour mission de transmettre les connaissances théoriques et pratiques nécessaires à l'exercice de la profession de laborantin(e)s en chimie. La vaste formation qui y est dispensée permet aux apprenti(e)s de découvrir et de maîtriser en deux ans, différentes techniques de pointe comme par exemple les méthodes d'analyse et de mesures instrumentales (titrage, spectroscopie, chromatographie ...), les procédés relatifs à la synthèse organique moderne ou encore diverses méthodes d'isolation et de purification.

Cette formation de base est également complétée par un stage pratique d'un an réalisé au sein d'un des laboratoires de l'ISIC. Cette expérience supplémentaire offre aux apprenti(e)s la possibilité de se familiariser avec l'environnement du laboratoire de recherche et d'y acquérir le savoir-faire leur permettant de concrétiser leurs projets professionnels.

RESPONSABILITÉS

Le laboratoire-école et les apprentis laborantins en chimie sont rattachés à l'Institut des Sciences et Ingénierie Chimique (Gestion) de la Faculté des Sciences de Base.

Dr Henzelin Céline
Chimiste, PhD
Responsable du Laboratoire
021 693 79 88
celine.henzelin@epfl.ch

Luke Harris
Ing. Chimiste HES
Formateur
021 693 53 93
Luke.Harris@epfl.ch

PLAN DE FORMATION

	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	April	May	June	July
1^{ère} année	formation de base											
	CIE-INTRO.	1 ^{er} semestre					2 ^{ème} semestre					
2^{ème} année	formation spécialisée							stage pratique (SP)				
	3 ^{ème} semestre						4 ^{ème} semestre					
3^{ème} année	stage pratique (SP)										Révisions et	(SP)
	CIE-MIN.	5 ^{ème} semestre				CIE-ORG. /ANALYTIQUE	6 ^{ème} semestre				Examens finaux	

ORGANISATION HEBDOMADAIRE

1^{er} année	cours prof.	cours prof.	labo-école	labo-école	labo-école
2^{ème} année	labo-école	labo-école	cours prof.	cours prof.	labo-école
3^{ème} année	labo-école	labo-école	labo-école	cours prof.	cours prof.

FORMATION DE BASE

Objectifs généraux

L'apprenti(e) doit

- se familiariser avec les installations usuelles du laboratoire de chimie
- se comporter conformément aux mesures d'hygiène, de sécurité du travail et de la protection de l'environnement et de l'écologie
- appliquer les techniques de travail citées dans les objectifs particuliers avec les réflexions adéquates
- effectuer des essais chimiques et appliquer des méthodes de mesure simples en relation avec les connaissances théoriques
- développer son aptitude au travail en groupe et au dialogue
- développer et mettre en oeuvre des stratégies d'apprentissage
- appliquer les avantages du travail en groupe à la résolution de problèmes professionnels

Objectifs particuliers

Sécurité / Protection de l'environnement

- respecter les lois, directives et ordonnances sur la sécurité du travail, l'hygiène du travail et la protection de l'environnement selon les prescriptions en vigueur (SUVA, directives internes, renseignements sur les produits dangereux et mesures de sécurité à prendre pour les produits chimiques dangereux: codes H et P)
- définir les notions techniques spécialisées (classes de toxicité, valeur MAC, point éclair, température d'inflammation, limites d'explosivité)
- consulter les données techniques de sécurité dans la littérature
- prendre les mesures de sécurité correctes en cas d'incendie
- connaître l'organisation en cas d'alarme et s'y conformer
- connaître et appliquer les dispositifs et les mesures de protection personnelle
- collecter, recycler ou éliminer les produits chimiques liquides ou solides produits lors des travaux pratiques selon les indications ou les prescriptions en vigueur
- lors de l'emploi de produits chimiques agressifs, prévoir des mesures appropriées pour leur destruction et leur élimination
- sur la base de la littérature et des directives internes, prendre les mesures permettant un travail conforme à la sécurité et à la protection de l'environnement lors de la manipulation de produits chimiques et d'énergie

Laboratoire de chimie

- utiliser les équipements et les installations du laboratoire
- connaître l'utilisation, la désignation et les dangers des sources d'énergie
- entretenir et nettoyer le laboratoire, ses installations, les appareils et la verrerie
- manipuler les produits et les matériaux de manière adéquate en tenant compte de leurs propriétés
- rechercher des indications techniques et physiques dans des ouvrages de référence

Rédaction de procès-verbaux (protocoles)

- rapporter de manière reproductible les travaux exécutés sous forme de protocoles
- présenter les résultats de mesure sous forme de graphiques et de tables
- dessiner les appareillages
- interpréter les résultats et les bilans des travaux exécutés
- connaître différentes formes de rédaction d'un procès-verbal (BPL, journal de laboratoire)

Construction d'appareillages

- choisir la place de travail appropriée aux travaux à exécuter en tenant compte des aspects pratiques et de la sécurité
- connaître la nomenclature des appareils utilisés dans le cadre du travail
- construire les appareillages appropriés en fonction du problème posé, des conditions de réaction et des propriétés des substances et les mettre en fonction selon les instructions données

Pulvérisation / Mélange / Agitation

- pulvériser des substances solides au moyen d'un mortier ou d'un mixer
- connaître les dangers liés à la pulvérisation de substances solides (propriétés physiques et chimiques)
- définir et donner des exemples de mélanges homogènes et hétérogènes
- utiliser de manière adéquate les appareils de mélange et d'agitation (moteur d'agitation, agitateur magnétique et bain à ultrasons)

Dissolution

- expliquer les notions de: solubilité, solution, chaleur de dissolution, solvation et contraction de volume
- préparer des solutions ou des dilutions en tenant compte des paramètres suivants: miscibilité, température, polarité, densité, viscosité, grandeur et surface des particules et type d'agitation
- exécuter des calculs au moyen des unités de concentrations suivantes: fraction massique, concentration massique, fraction volumique, concentration volumique et solubilité

Chauffage / Refroidissement

- décrire les 3 modes de transmission de la chaleur
- connaître les principales sources d'énergie (vapeur, gaz naturel, électricité) ainsi que les conducteurs de chaleur les plus courants (air, eau, huiles) et les utiliser en fonction de leurs propriétés respectives
- utiliser les principaux agents réfrigérants (eau, glace, mélange glace/sel, glace carbonique, azote liquide)
- utiliser de manière adéquate et conforme à la sécurité les chauffages à gaz (brûleurs), les appareils de chauffage électriques (fœhn, plaques chauffantes, lampes IR, thermostats, bains chauffants) et les régulateurs de puissance ; en connaître les avantages et inconvénients

- connaître les dangers lors de l'utilisation de la glace carbonique et de l'azote liquide et en nommer les domaines d'utilisation
- prendre les mesures de précaution adéquates pour éviter les retards d'ébullition et en expliquer le mode d'action

Travail sous pression réduite

- introduire les instruments de mesure de pression et les régulateurs de vide
- connaître et convertir les unités de pression
- employer le vide de la trompe à eau et les installations de vide industriel ainsi que les pompes à membrane conformément aux prescriptions de sécurité et en connaître les domaines d'utilisation
- introduire les pompes rotatives à palettes conformément à la sécurité et connaître leur principe de fonctionnement
- mesurer la pression à l'aide de manomètres mécaniques ou électroniques; en expliquer les principes de fonctionnement respectifs
- décrire les avantages et les inconvénients de différents systèmes de vide

Travail avec les gaz

- rechercher dans la littérature les constantes physiques et les données de sécurité des gaz et en tenir compte dans la pratique
- appliquer la loi générale des gaz dans les travaux pratiques
- purger, capter, détecter et éliminer les gaz formés dans une réaction
- utiliser les liquides de barrage et d'absorption appropriés (installation d'absorption)
- manipuler correctement et reconnaître le contenu des cylindres de gaz comprimés
- choisir les détendeurs correspondants et les utiliser correctement
- doser, introduire ou capter des gaz dans des appareillages appropriés
- connaître les méthodes de détection des gaz (détecteurs, indicateurs)
- effectuer des essais sous gaz protecteur (ou inerte)

Pesage

- utiliser la balance appropriée (balances analytiques ou de précision) en fonction de la précision d'affichage (sensibilité) et de la capacité de pesage requise
- utiliser, contrôler et entretenir correctement les balances
- employer les accessoires de pesée adéquats
- connaître et convertir les unités de masse

Mesure de volume

- utiliser, en tenant compte de leur précision, les récipients volumétriques tels que burettes, ballons jaugés, cylindres gradués, pipettes jaugées et graduées
- utiliser les moyens auxiliaires d'aspiration
- connaître et convertir les unités volumes
- connaître les erreurs systématiques ou fortuites introduites lors de la mesure analytique de volume ou de la préparation de dilutions (précision et justesse)
- utiliser les appareils de dilution et de pipetage

Masse volumique (densité)

- mesurer la masse volumique de liquides
- définir la masse volumique et connaître les paramètres qui l'influencent
- employer la masse volumique dans des calculs

Mesure de la température

- mesurer des températures dans un domaine de -80°C à 250°C
- décrire brièvement les principes de fonctionnement des instruments de mesure de température tels que thermomètres à dilatation de liquide, thermomètres bimétalliques et à résistance; énumérer leurs possibilités d'erreur ainsi que leur champ d'application
- connaître et convertir les unités $^{\circ}\text{C}$ et $^{\circ}\text{K}$

Point de fusion / point d'ébullition

- définir les notions de point de fusion, domaine de fusion et point de solidification
- connaître l'influence des impuretés et de la pression sur le point de fusion et d'ébullition
- connaître le diagramme température/énergie et les changements d'état d'agrégation de la matière
- déterminer des points de fusion (en considérant la décomposition et la sublimation) et d'ébullition

Réfraction

- définir l'indice de réfraction et connaître les paramètres qui l'influencent (température, longueur d'onde)
- décrire le principe de fonctionnement du réfractomètre
- mesurer l'indice de réfraction de liquides

Mesures de pH

- expliquer les notions d'acide et base selon Brönsted, de tampon, de protolyse, d'indicateurs, de neutralisation et de valeur pH
- effectuer des mesures de pH à l'aide du papier indicateur
- nommer les domaines d'utilisation des indicateurs pH
- calibrer le pH-mètre et maintenir les électrodes en bon état (électrolyte, pente, nettoyage)
- mesurer le pH de solutions aqueuses au moyen du pH-mètre
- effectuer des calculs de pH

Filtration

- filtrer des suspensions dans un domaine de température de 0°C à 100°C à pression normale, à pression réduite ou sous pression
- laver les gâteaux (résidus) de filtration et contrôler le terme du lavage (p.ex. mise en évidence des ions sulfates, bromures et iodures, contrôle du pH)
- connaître et utiliser les appareils à filtrer, les filtres et les auxiliaires de filtration

Séchage

- décrire les différentes formes d'humidité (humidité superficielle, capillarité et eau de cristallisation)
- sécher des substances dans des appareils de dessiccation adéquats (étuve, dessiccateur et évaporateur rotatif) conformément aux règles de sécurité et en tenant compte de leurs propriétés chimiques et physiques
- connaître et employer les agents siccatifs usuels
- prendre en considération l'influence de l'humidité de l'air
- différencier les agents siccatifs physiques ou chimiques usuels selon leur mode d'action et leur possibilité de régénération

Extraction

- définir les notions: mélange à extraire, agent d'extraction, extrait et résidu d'extraction
- connaître l'influence du nombre et du volume des portions d'agent d'extraction
- extraire des solutions au moyen de l'ampoule à décanter (solvant de densité inférieure et supérieure) : extraction discontinue
- extraire des mélanges solides selon la méthode Soxhlet et décrire le principe: extraction continue
- expliquer le principe de répartition dans le procédé des 3 ampoules à décanter
- choisir la quantité adéquate de solvant d'extraction
- contrôler le point final d'une extraction
- séparer des mélanges de substances sur la base de leurs groupes fonctionnels (réactions acides/bases) par extraction selon le procédé des 3 ampoules à décanter: séparation physico-chimique

Recristallisation

- connaître les notions de: cristallisation, structures cristallines, forme du cristal, inclusions et cristaux mixtes
- décrire les méthodes de purification par recristallisation
- recristalliser des substances sur la base de prescriptions
- déterminer le solvant approprié, le rapport quantitatif entre la substance et le solvant ainsi que les conditions opératoires de la recristallisation à l'aide d'essais préliminaires
- interpréter l'influence des conditions d'une recristallisation sur son efficacité et si nécessaire prendre les mesures afin de l'améliorer
- tenir compte de l'influence de la polarité du solvant et de la substance à recristalliser
- déterminer la nécessité d'utiliser un agent adsorbant et exécuter des recristallisations avec clarification
- expliquer le mode d'action des agents adsorbants

Distillation

- expliquer les notions de pression atmosphérique, de pression de travail et de point d'ébullition ainsi que leurs relations et influences respectives
- décrire le principe physique d'une distillation dans le cas d'un mélange idéal
- choisir la méthode de distillation appropriée (à pression normale ou à pression réduite) sur la base des propriétés des substances
- distiller des substances sur la base de prescriptions
- évaporer des solutions au moyen de l'évaporateur rotatif
- mettre en évidence des peroxydes et connaître le moyen de les détruire selon les prescriptions en vigueur
- expliquer les relations entre température du bain, du liquide dans le ballon d'ébullition et du point d'ébullition à la tête de colonne
- expliquer le principe de fonctionnement d'une colonne de distillation
- connaître les comportements d'ébullition de mélanges idéaux et azéotropiques
- utiliser les colonnes de rectification et les distributeurs de reflux
- séparer des mélanges de liquides par rectification en considérant les paramètres importants
- contrôler la pureté des distillats selon des prescriptions et les interpréter
- distiller des liquides sous gaz inerte
- tester l'étanchéité d'un évaporateur rotatif et connaître le fonctionnement des systèmes de vide avec condensateur des vapeurs résiduelles (postréfrigérant)
- expliquer le principe physique de la distillation par entraînement à la vapeur
- utiliser des générateurs de vapeur selon les règles de sécurité et en décrire le fonctionnement
- séparer des mélanges par entraînement à la vapeur (solides et liquides)

Chromatographie

- expliquer le principe de séparation (adsorption, répartition)
- connaître les rapports entre mélange à séparer, agent adsorbant et éluant; décrire l'influence de la température et de la concentration

CCM :

- déterminer les paramètres appropriés pour une séparation par chromatographie sur couche mince à l'aide d'essais préliminaires
- déterminer les grandeurs caractéristiques de la CCM (valeur R_f , temps d'élution)
- effectuer des chromatographies sur couche mince selon les prescriptions, les évaluer qualitativement (valeur R_f) et les documenter
- séparer qualitativement des mélanges à l'aide de la chromatographie sur couche mince
- connaître les réactions de révélation en CCM et les mettre en pratique selon un mode opératoire

Chromatographie sur colonne :

- séparer des mélanges par chromatographie sur colonne et chromatographie sur colonne « flash » suivant un mode opératoire, isoler et évaluer le résultat

GC :

- connaître le principe de fonctionnement d'un chromatographe en phase gazeuse
- connaître les rapports entre phase stationnaire, température du four et mélange de substances
- expliquer le principe de fonctionnement des détecteurs FID et TCD
- effectuer des analyses qualitatives sur la base des temps de rétention
- effectuer des analyses quantitatives par normalisation interne
- effectuer des analyses quantitatives par calibrage interne (standards internes et facteur de réponse)

HPLC :

- utiliser un appareil HPLC et en expliquer le fonctionnement (système d'injection, pompe, détection)
- interpréter les constantes chromatographiques les plus importantes
- effectuer des séparations qualitatives et quantitatives et les évaluer
- expliquer et effectuer un test d'appareillage simple
- décrire l'influence des paramètres expérimentaux (colonne, type de substance, quantité de substance, flux, gradient)

Spectroscopie

- nommer les possibilités d'application de l'UV/VIS , IR, RMN

UV/VIS :

- expliquer les notions d'absorbance, de transmission et d'absorptivité
- définir les notions de longueur d'onde, de fréquence et de nombre d'onde
- appliquer dans la pratique la loi de Lambert-Beer (courbe d'étalonnage)
- utiliser un spectrophotomètre UV/VIS d'après un mode d'emploi
- déterminer les maxima d'absorption et évaluer qualitativement par comparaison de spectres
- déterminer des absorptivités spécifiques ou molaires
- effectuer des déterminations de concentrations de solutions par calcul et sur la base de courbes d'étalonnage
- déterminer des concentrations de substances actives après isolation, par exemple extraction, chromatographie

IR :

- utiliser un spectrophotomètre IR d'après un mode d'emploi
- enregistrer des spectres de solutions, de suspensions dans Nujol, de pastilles KBr ou de films
- évaluer des spectres qualitativement par comparaison
- identifier les bandes caractéristiques à l'aide de tables

RMN :

- utiliser une RMN d'après un mode d'emploi
- enregistrer des spectres RMN de ^1H , ^{13}C
- analyser les spectres qualitativement par comparaison et quantitativement
- identifier les composés à l'aide de tables

Titrages

Titrages acido-basiques :

- expliquer les notions de solution standard, substance étalon, titre, point d'équivalence, force des acides et des bases
- manipuler les solutions standard correctement en tenant compte des influences de l'air, de la température et de l'évaporation
- choisir, utiliser et entretenir les instruments de titrage
- choisir les indicateurs appropriés au titrage à exécuter
- exécuter des titrages (directs, indirects et en retour) par neutralisation et des déterminations de titre en milieu aqueux et en expliquer les relations chimiques
- déterminer à l'aide d'essais préliminaires, la grandeur de la prise d'essai correspondante, respectivement préparer les solutions-mères requises
- évaluer des titrages par calculs et graphiques
- utiliser les notions de: concentration massique, concentration en quantité de matière et équivalent

Titrages d'oxydo-réduction :

- expliquer le processus chimique lors de titrage d'oxydo-réduction
- déterminer les équivalents redox à l'aide des nombres d'oxydation
- utiliser correctement les solutions standard pour les titrages redox (détermination du titre, stockage, élimination)
- effectuer et évaluer des titrages permanganométriques et iodométriques indirects avec détermination visuelle ou potentiométrique du point final

Titrages par précipitation :

- effectuer et évaluer des titrages argentométriques avec détermination potentiométrique du point final
- expliquer la relation entre précipitation et solubilité

Titrages complexométriques :

- expliquer les principes chimiques fondamentaux du titrage complexométrique : ligands, chélation, complexonates, mesure du point d'équivalence
- exécuter des titrages complexométriques de métaux et déterminer la dureté de l'eau

Titrages en milieu non aqueux :

- effectuer des titrages acides-bases en milieu non aqueux (acide perchlorique, HTBA) et évaluer les résultats
- déterminer le titre des solutions standard correspondantes
- connaître les principes chimiques correspondants
- déterminer la quantité d'eau dans des solides ou des liquides selon Karl Fischer

PROGRAMME DE FORMATION AU LABORATOIRE-ÉCOLE APPRENTIS ISIC

Objectifs de la formation : Etude théorique et mise en pratique des méthodes et des techniques de travail en chimie préparative et en chimie analytique.

1. Formation de Base**1.1 Techniques générales de laboratoire**

- sécurité et travail au laboratoire – verrerie, matériel et instruments du laboratoire - pesage – volumétrie – mesure de température – mesure de pH – préparation de solutions – titrimétrie – réfractométrie - gravimétrie

1.2 Méthodes analytiques

- point de fusion – CCM – – indice de réfraction– GC – HPLC – Spectroscopie UV-Vis

1.3 Synthèses organiques

- réactions organiques classiques (Friedel-Crafts, Cannizzaro, diazotation ...) – isolation (extraction, séchage, filtration, concentration) – méthodes de purification (distillation, réprecipitation, recristallisation, chromatographie sur colonne)

2. Formation Spécialisée**2.1 Techniques de laboratoire avancées**

- manipulations spécifiques (Grignard, centrifugation, manipulation de produits sensibles à l'air ou à l'humidité) – optimisation du travail (planification, autonomie) – recherches bibliographiques - Synthèses multistades diverses-travail par projets

2.2 Analyse instrumentale (Module Dr P. Mieville; Dr C. Russel)

- H et ¹³C-RMN – GC – HPLC – spectroscopie UV-Vis et IR

2.3 Projets de synthèses

- préparation d'auxiliaires chiraux – synthèse peptidique – catalyse homogène et organométallique

Le laboratoire-école apprentis ISIC dispose d'infrastructures et d'équipements de laboratoire modernes et performants permettant la formation pratique simultanées de huit apprentis dans d'excellentes conditions. Les apprentis ont également accès au laboratoire de travaux pratiques d'Analyse instrumentale de la Section de chimie.