

B 1.1 – 21-22

Ecole de Médecine

Module

Matière

Gouvernance du module

Responsable de 1^{re} année

François Bochud

Institut de radiophysique

Francois.bochud@chuv.ch
Tél. 021 314 8142**Responsable de module B1.1**

François Bochud

Institut de radiophysique

Francois.bochud@chuv.ch
Tél. 021 314 8142**Enseignants**Marinella Mazzanti
Rainer Beck
Jean-Luc MarendazEPFL
EPFL
EPFLmarinella.mazzanti@epfl.ch
rainer.beck@epfl.ch
jean-luc.marendaz@epfl.chFrançois Bochud
Matthias Stuber
Raphaël MoeckliUNIL/CHUV
UNIL/CHUV
UNIL/CHUVfrancois.bochud@chuv.ch
matthias.stuber@chuv.ch
raphael.moeckli@chuv.ch

Table des matières

<i>Gouvernance du module</i>	<i>i</i>
<i>Table des matières</i>	<i>ii</i>
1. Descriptif du module	1
Physique	1
Chimie générale	1
Chimie organique	1
2. Prérequis	1
Arithmétique/mathématique	1
Chimie	2
Physique	2
Divers	2
3. Objectifs d'apprentissage	3
3.1. Buts	3
3.2. Objectifs généraux	4
3.3. Structure du module	5
4. Déroulement du module	3
4.1. Organisation du calendrier horaire	3
4.2. Approches pédagogiques	3
5. Ressources d'apprentissage (littérature, multimédia)	4
Supports de cours	4
Physique	4
Chimie générale	4
Chimie organique	5

1. Descriptif du module

Ce premier module de sciences fondamentales établit les bases indispensables pour comprendre les processus de la vie au niveau de la molécule, de la cellule, de l'organe et de l'organisme qui seront enseignés dans les modules ultérieurs. En outre, il permet d'aborder les mécanismes qui régissent les échanges avec l'environnement.

Physique

Qu'il soit animé ou non, tout corps fait partie de l'Univers et ne peut se soustraire à ses lois fondamentales. Ainsi, la physique (avec la chimie) donne un cadre qui définit les lois microscopiques sous-jacentes de la biologie et sert de base à foule de spécialités médicales. Notre objectif n'est pas de couvrir les différents chapitres de manière exhaustive, mais de voir comment on peut expliquer de manière rationnelle et scientifique des phénomènes courants de la vie de tous les jours. Le savoir accumulé par l'humanité est vaste et pour savoir ce que l'on sait, il indispensable d'avoir une idée de ce qu'on ignore.

Chimie générale

Inculquer à l'étudiant·e les notions élémentaires de chimie qui lui seront nécessaires pour comprendre les phénomènes essentiels de la Vie et l'impact de la chimie sur les technologies modernes qui régissent l'activité humaine. Parmi les phénomènes dont la compréhension est visée, on peut mentionner la respiration, l'activité cellulaire, ainsi que les contraintes chimiques associées au développement de composés pour le diagnostic médical. Le cours insiste sur l'interdisciplinarité nécessaire entre physique, chimie et biologie, sous-tendue par une interprétation rigoureuse, donc mathématique, des phénomènes naturels. Les 7 séries d'exercices sous-tendent l'enseignement théorique et sont une préparation à l'examen.

Chimie organique

Comprendre les bases chimiques qui gouvernent le vivant comme la matière et dont résultent les réactions biochimiques et l'action des substances biologiquement actives dont les médicaments. Les aspects fondamentaux pour notre quotidien seront aussi abordés. Établir le lien entre une réactivité observée au laboratoire et celle mise en œuvre par la nature. Inculquer un langage scientifique commun entre scientifiques actifs dans le domaine du vivant illustrant l'interdisciplinarité du monde moléculaire. Le cours abordera également l'évolution de certains médicaments modernes.

2. Prérequis

Arithmétique/mathématique

- Règle de trois
- Fractions
- Puissances de deux et de dix, ordres de grandeur
- Résolution d'équations de 2^e degré

- Résolution de systèmes de n équations à n inconnues
- Calculs de droites de régression
- Logarithmes : en base dix, en base naturelle, changement de base
- Fonctions logarithmiques et exponentielles
- Fonctions trigonométriques simples (sin, cos, tg, arcsin, arccos, arctg)
- Analyse de fonctions (valeurs aux limites) ; asymptotes
- Notions d'algèbre
- Notion d'opérateur
- Dérivées premières ; dérivées secondes ; dérivées partielles ; valeur des dérivées simples ; dérivée d'une somme, dérivée d'un produit, dérivée d'une fraction
- Equations différentielles de premier ordre
- Intégrales simples (polynômes, exponentielles, logarithmes, etc.).

Chimie

- Notion d'atome
- Notion de molécule
- Notion de transformation chimique
- Équation chimique : notations (\rightleftharpoons , \downarrow , (s), (L), (g)), équilibrage des réactions chimiques simples, calculs de volumes de réactifs, applications de la loi des gaz parfaits (stœchiométrie).

Physique

- Système d'unités, conversion d'unités
- Force, énergie, puissance
- Quantité de mouvement, moment cinétique, moment angulaire
- Électricité : charges ponctuelles, champ électrique, potentiel électrique, courant électrique, forces d'attraction et de répulsion (loi de Coulomb), énergie électrique, moment dipolaire électrique ; résistance électrique (loi d'Ohm)
- Magnétisme : champ magnétique, moment magnétique, induction magnétique, force de Lorentz.

Divers

- Alphabet grec

3. Objectifs d'apprentissage

3.1. Buts

Physique

Dans ce cours, on abordera les principaux domaines de la physique en s'appuyant sur les connaissances acquises au gymnase et en essayant autant que possible de faire des liens avec les sciences médicales. Ainsi, les sujets suivants seront abordés :

- La métrologie et la psychophysique permettent de quantifier les phénomènes observés.
- Les notions de matière, énergie, onde et force sont un prérequis à la description de phénomènes complexes.
- La mécanique newtonienne est omniprésente dans la description des mouvements du corps humain.
- Les ondes, qu'elles se rapportent à des rayonnements ionisants ou non, sont omniprésentes en médecine diagnostique et thérapeutique.
- La thermodynamique permet de décrire les échanges de température du corps humain ainsi que de quantifier les bilans énergétiques.
- L'électricité et le magnétisme sont non seulement à la base des mécanismes neurologiques, mais ils sont indispensables à la compréhension de la plupart des instruments de mesure utilisés en médecine.

Chimie générale

La chimie générale est à la chimie ce que la grammaire est à une langue.

- Le cours présentera donc les principaux concepts et lois sous-tendant les phénomènes chimiques. En particulier, il se concentre sur les trois aspects fondamentaux d'une transformation chimique : le bilan massique (équation chimique, stœchiométrie, équilibre chimique), le bilan énergétique (thermodynamique, relation avec les phénomènes spontanés, effets sur l'équilibre), le déroulement temporel (cinétique, énergie d'activation).
- Il décrit en détail les trois grands types de réactions chimiques : les transferts de protons (acides et bases, le pH, solutions tampons), les transferts d'électrons (oxydation et réduction, cellule électrochimique, électrolyse), la fixation de ligands (complexes métalliques, stabilité, effets chélate et macrocyclique).
- La compréhension de cette matière nécessite quelques notions théoriques sur la structure électronique de l'atome et la nature de la liaison chimique pour laquelle des modèles simples sont présentés (liaisons ioniques, covalentes, covalentes polarisées, électronégativité). Les liaisons faibles, non-covalentes, essentielles en biologie sont aussi abordées.
- En application, le cours décrit quelques méthodes analytiques importantes pour la biologie.

Chimie organique

Le cours et ses objectifs représentent trois temps d'apprentissage :

- Les outils pour la compréhension de la chimie organique comprenant : la liaison covalente, la réactivité organique et la stéréochimie.
- Les classes principales de fonctions en chimie organique (alcane, alcène, aromatique, composé avec fonctions simples, composé avec fonctions complexes). Les structures, leur nomenclature, leurs propriétés physico-chimiques et les mécanismes réactionnels seront discutés.

- Les classes principales des molécules de la Vie (sucres, lipides, protéines et acides nucléiques) ainsi que des produits naturels (alcaloïdes, terpènes, stéroïdes, amino-acides) pourront alors être étudiées en mettant en lien structure moléculaire et propriétés chimiques.

3.2. Objectifs généraux

Au terme de ce module, l'étudiant·e doit :

Physique

- Contextualiser le rôle et l'importance des principes physiques présents dans les processus biomédicaux
- Prendre en considération les principes physiques en jeu lors de l'utilisation d'un instrument diagnostique ou thérapeutique
- Rapporter aux patients les principes physiques qui sous-tendent les actes médicaux.

Chimie générale

- Connaître les définitions et concepts de base (atomes, molécules, liaison chimique, réaction chimique, équilibres, acides et bases, oxydants et réducteurs, complexes, grandeurs thermodynamiques, vitesse de réaction, cinétique, absorption et émission de rayonnement électromagnétique).
- Être capable de calculer les concentrations des réactifs et produits à l'équilibre, de prédire le déplacement d'un équilibre chimique à la suite du changement des conditions de réaction.
- Être capable de calculer le pH d'une solution d'acide fort ou faible, ou d'une solution de base forte ou faible.
- Comprendre le fonctionnement d'une solution tampon et évaluer la variation du pH à la suite de l'ajout d'acide ou de base.
- Connaître la technique de titration acide/base et calculer le pH aux différentes étapes d'une titration.
- Calculer la force électromotrice d'une pile, la stabilité relative d'espèces en solution ainsi que la variation de concentration de réactifs et de produits, en fonction du temps pour une réaction chimique de premier ordre.
- Être capable d'identifier la nature d'une liaison chimique, déterminer le pourcentage de caractère ionique de la liaison et savoir le corréler à la différence d'électronégativité des éléments.
-
- Prédire la force des liaisons en relation avec leur polarité et déterminer le sens du déroulement d'une réaction chimique en relation avec les grandeurs thermodynamiques.
- Savoir calculer l'enthalpie, l'entropie et l'énergie libre de réaction.
- Comprendre l'interaction métal-ligand et ses effets, prédire la structure et stabilité des complexes métalliques.
- Comprendre et expliquer l'effet d'un catalyseur sur la cinétique d'une réaction chimique.

Chimie organique

- Connaître les caractéristiques de la liaison covalente, de l'isomérisation et de la nomenclature en chimie organique. Être capable de représenter une molécule d'après son nom ou vice-versa. Connaître les différents types de réactions organiques (addition, élimination, substitution, oxydation, réduction) et être capable de les appliquer pour les différentes familles de substances. Représenter dans l'espace une molécule et lui attribuer la bonne configuration. Connaître les particularités physico-chimiques et structurales des grandes classes de molécules de la vie.
- Une liste détaillée des molécules, propriétés et réactions à connaître est disponible sur la plateforme Moodle.

3.3. Structure du module

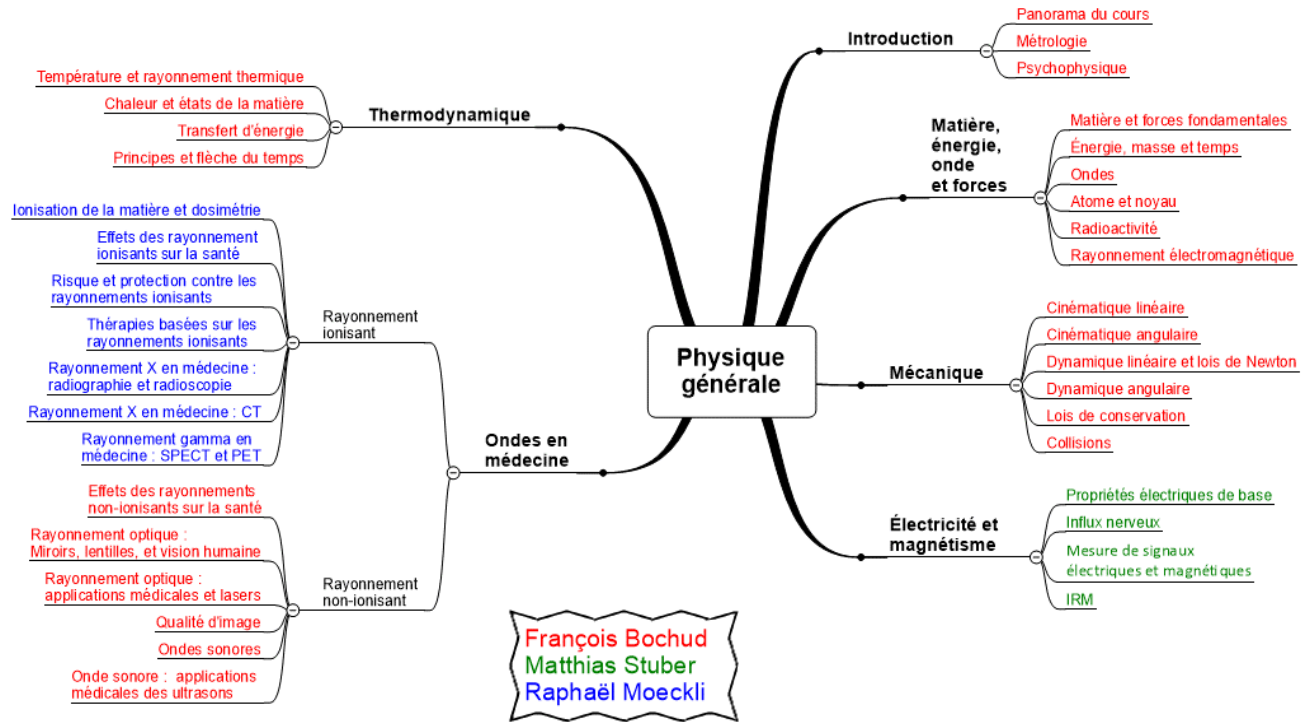
Le nombre de périodes et la distribution des intervenant.e.s par unité d'enseignement (UE) est indiqué ci-dessous.

Section	UE	Intervenant.e	# périodes
Physique	Introduction à la physique	Bochud François	3
	Matière, énergie, onde et force		6
	Mécanique		6
	Électromagnétisme	Stuber Matthias	4
	Rayonnement non-ionisant	Bochud François	6
	Rayonnement ionisant	Moeckli Raphaël	7
	Thermodynamique	Bochud François	4
	Exercices (plateforme web i-structures)	Bochud François Moeckli Raphaël Stuber Matthias	Travail personnel
Chimie générale	Introduction à la chimie générale	Mazzanti Marinella	2
	Structure de l'atome et liaison chimique		6
	Stoechiométrie de la réaction chimique		3
	Thermodynamique de la réaction chimique		5
	Réaction de fixation de ligands		3
	Réaction transfert de protons	Beck Rainer	4
	Réaction transfert d'électrons		4
	Solutions aqueuses		3
	Cinétique chimique		4
	Chimie analytique		2
	Exercices		Mazzanti M., Beck R.
Chimie organique	Principes généraux de chimie organique	Marendaz Jean-Luc	5
	Groupes fonctionnels en chimie organique		20
	Classes principales de substances biologiques		11
	Quelques classes de médicaments importants		1
	Exercices		9

3.4. Tables de matières

La Physique

Le cours de physique comprend 36 chapitres dont les thèmes sont présentés dans la figure ci-dessous. Chaque chapitre débute par les objectifs d'apprentissage qui le concernent.



La Chimie Générale

PREMIERE APPROCHE

1. La chimie et les sciences naturelles (La méthode scientifique).
2. Matière et chimie. Etats de la matière, atomes et molécules, moles et concentrations, liaisons chimiques, nature des composés chimiques.

ATOMES ET MOLÉCULES

3. Structure électronique de l'atome. Les orbitales, classification des éléments, spectres atomiques.
4. La liaison chimique. Liaison ionique, liaison covalente, électronégativité. Les liaisons non-covalentes.

LES ASPECTS QUANTITATIFS DE LA RÉACTION CHIMIQUE

5. La réaction chimique. Stœchiométrie, équilibre chimique, thermodynamique, relation énergie-constante d'équilibre.
6. Réactions de transfert de protons. Produit ionique et notion de pH, calcul du pH et pOH, effet tampon, titrages.
7. Réactions d'oxydation et de réduction. Notion d'oxydants et de réducteurs, couples redox, l'état d'oxydation, stœchiométrie des réactions rédox, la cellule électrochimique, le potentiel standard, la loi de Nernst, l'électrolyse.
8. Propriétés des solutions aqueuses. L'eau, produits de solubilité, solubilisation, propriétés colligatives.
9. Réactions de fixation de ligands. Complexation, dissociation électrolytique, sphères de coordination, classification des ligands, formation des complexes, effets chélate et macrocyclique, relation avec la thermodynamique.
10. Cinétique chimique. Mécanismes réactionnels, vitesse d'une transformation chimique, lois de vitesse de premier ordre, l'énergie d'activation, catalyseurs et inhibiteurs.

APPLICATIONS

11. Chimie analytique. Choix d'une méthode d'analyse, absorption de rayonnement électromagnétique, luminescence.

La chimie organique

A. Principes généraux de chimie organique

1. Liaison covalente
2. Réactivité
4. Stéréochimie

B. Groupes fonctionnels en chimie organique

3. Alcane
5. Alcènes (& alcynes)
6. Aromatiques
7. Halogénoalcane
8. Alcools, phénols, thiols
9. Éthers & thioéthers

- 10a Amines
- 11. Composés carbonylés (aldéhydes et cétones)
- 12. Acides carboxyliques
- 13a Esters
- 14a Amides

C. Classes principales de substances biologiques

- 10b Porphyrines & alcaloïdes
- 13b Lipides
- 14b Acides aminés & protéines
- 15. Glucides
- 16. Isoprène – terpènes – stéroïdes
- 17. Acides nucléiques

D. Quelques classes de médicaments importants

- 18. Quelques classes de médicament

4. Déroulement du module

4.1. Organisation du calendrier horaire

Le module B1.1 « Matière » dure neuf semaines.

La semaine type du module est organisée de la manière suivante :

- 4-5 matinées d'enseignement structuré sous forme de cours magistraux (volée entière)
- 2 demi-journées d'enseignement "pratique" sous forme d'exercices (par tiers de volée ou individuellement par informatique)
- 3 demi-journées de travail individuel

À la fin du module, une période par matière est dédiée à une révision permettant l'autoévaluation par l'étudiant·e de son niveau d'apprentissage. En outre, les étudiant·e·s peuvent poser des questions aux professeurs via la plateforme Moodle dont l'adresse est communiquée au début des cours.

4.2. Approches pédagogiques

L'ensemble des activités du module doivent vous aider à atteindre les objectifs formulés sous le chapitre 3 « Objectifs d'apprentissage ». Vous trouvez ci-après un descriptif de ces différentes approches pédagogiques.

Cours

Les cours magistraux exposent les principales connaissances pour atteindre les objectifs d'apprentissage du module. Ils n'ont pas pour but de couvrir tous les objectifs.

Les enseignants mettent à disposition leurs supports de cours (au format PowerPoint ou pdf) avant le cours. Ils sont téléchargeables depuis Moodle. Nous vous conseillons fortement de vous préparer avec ce contenu pour mieux profiter de l'enseignement et préparer des questions pour améliorer votre compréhension du sujet.

Pour le cours de physique générale, les étudiant·e·s sont encouragés à lire le manuscrit à l'avance en notant que chaque chapitre correspond approximativement à une heure de cours.

Exercices

Les exercices consistent en divers calculs de problèmes simples pour aider à la compréhension des sujets traités, et pour faciliter la résolution des QCM de l'examen.

Les exercices de chimie générale consistent en une vérification de la compréhension des concepts développés dans le cours, à des calculs de concentrations, d'équilibres, de pH, de forces électromotrices, de stabilité et d'énergie, ainsi qu'à un entraînement aux questions d'examen.

5. Ressources d'apprentissage (littérature, multimédia)

Supports de cours

L'[espace Moodle](#) du module héberge les documents mis en ligne dans le cadre de ce module.

Physique

Livre

Le polycopié de physique générale rédigé par les professeurs Bochud, Stuber et Moeckli couvre l'ensemble des objectifs du cours. Néanmoins, les personnes qui désireraient un éclairage complémentaire et de niveau similaire sont invitées à consulter l'ouvrage de Kane et Sternheim, *Physique*, 4^e Edition, Dunod (2018)

Chimie générale

Livre

Il est indispensable de se procurer un livre de chimie générale. Nous recommandons l'un des ouvrages suivants :

Chimie générale

Donald A. McQuarrie, Ethan B. Gallogly, Peter A. Rock, De Boeck Université,
3^{me} édition, 2012, ISBN-10 2804171272 , 1118 pages, env. Fr. 94.50.
http://superieur.deboeck.com/titres/127070_1/chimie-generale.html

Principes de Chimie

P.W. Atkins, L. Jones, 4^e édition, De Boeck 2017
ISBN-9782807306387, 1056 pages, env. Fr. 95 €.
<https://www.deboecksuperieur.com/ouvrage/9782807306387-principes-de-chimie>

Chimie organique

Livre

Il est indispensable de se procurer un livre de chimie organique. Nous recommandons l'ouvrage suivant :

Chimie organique

Paula Yurkanis Bruice, Pearson, 2^e édition, 2012

ISBN 9782761349949, env. 55.-.

NB : l'ouvrage plus édité ci-dessous convient aussi très bien :

Chimie organique : les grands principes

John McMurry, Eric Simanek, Dunod, 2^e édition, 2007