



**B 2.4 – 20-21**

Ecole de Médecine

Module

**Circulation,  
respiration**

---

## Gouvernance du module

---

### Coordinateur de la 2<sup>ème</sup> année

Romano Regazzi, Tél. 021 692 5280, [Romano.Regazzi@unil.ch](mailto:Romano.Regazzi@unil.ch)

### Responsable du module B2.4

Francesca Amati, Tél. 021 692 5552, [Francesca.Amati@unil.ch](mailto:Francesca.Amati@unil.ch)

### Enseignant·e·s

Amati	Francesca	<a href="mailto:Francesca.Amati@unil.ch">Francesca.Amati@unil.ch</a>
Bochud	François	<a href="mailto:Francois.Bochud@chuv.ch">Francois.Bochud@chuv.ch</a>
Cadas	Hugues	<a href="mailto:Hugues.Cadas@unil.ch">Hugues.Cadas@unil.ch</a>
Diviani	Dario	<a href="mailto:Dario.Diviani@unil.ch">Dario.Diviani@unil.ch</a>
Fournier	Stéphane	<a href="mailto:Stephane.Fournier@chuv.ch">Stephane.Fournier@chuv.ch</a>
Heinzer	Raphael	<a href="mailto:Raphael.Heinzer@chuv.ch">Raphael.Heinzer@chuv.ch</a>
Kasas	Sandor	<a href="mailto:Sandor.Kasas@epfl.ch">Sandor.Kasas@epfl.ch</a>
Liaudet	Lucas	<a href="mailto:Lucas.Liaudet@chuv.ch">Lucas.Liaudet@chuv.ch</a>
Lovis	Alban	<a href="mailto:Alban.Lovis@chuv.ch">Alban.Lovis@chuv.ch</a>
Mazzolai	Lucia	<a href="mailto:Lucia.Mazzolai@chuv.ch">Lucia.Mazzolai@chuv.ch</a>
Monney	Pierre	<a href="mailto:Pierre.Monney@chuv.ch">Pierre.Monney@chuv.ch</a>
Pascale	Patrizio	<a href="mailto:Patrizio.Pascale@chuv.ch">Patrizio.Pascale@chuv.ch</a>
Pedrazzini	Thierry	<a href="mailto:Thierry.Pedrazzini@chuv.ch">Thierry.Pedrazzini@chuv.ch</a>
Piquilloud	Lise	<a href="mailto:Lise.Piquilloud@chuv.ch">Lise.Piquilloud@chuv.ch</a>
Qanadli	Salah Dine	<a href="mailto:Salah-Dine.Qanadli@chuv.ch">Salah-Dine.Qanadli@chuv.ch</a>
Rutz	Tobias	<a href="mailto:Tobias.Rutz@chuv.ch">Tobias.Rutz@chuv.ch</a>
Sabatasso	Sara	<a href="mailto:Sara.Sabatasso@unil.ch">Sara.Sabatasso@unil.ch</a>
Sartori	Claudio	<a href="mailto:Claudio.Sartori@chuv.ch">Claudio.Sartori@chuv.ch</a>
Sekarski	Nicole	<a href="mailto:Nicole.Sekarski@chuv.ch">Nicole.Sekarski@chuv.ch</a>

---

**Table des matières**


---

<b>Gouvernance du module</b>	<b>2</b>
Coordinateur de la 2 <sup>ème</sup> année	2
Responsable du module B2.4	2
Enseignant·e·s	2
<b>1. Descriptif du module</b>	<b>4</b>
<b>2. Prérequis</b>	<b>4</b>
<b>3. Déroulement du module</b>	<b>5</b>
<b>3.1. Organisation du calendrier horaire</b>	<b>5</b>
<b>3.2. Approches pédagogiques</b>	<b>5</b>
A. Les cours	5
B. Organisation des enseignements en unités d'enseignement	5
<b>4. Objectifs d'apprentissage généraux par Unité d'enseignement</b>	<b>2</b>
<b>5. Objectifs d'apprentissage spécifiques</b>	<b>2</b>
<b>5.1. Coeur (système cardiaque)</b>	<b>2</b>
A. Cycle cardiaque	2
B. Régulation	2
C. Morphologie	4
<b>5.2. Vaisseaux (système vasculaire)</b>	<b>5</b>
A. Mécanique des fluides (Prof. F. Bochud)	5
B. Artères-veines-microcirculation (Prof. F. Amati)	6
<b>5.3. Poumons (système respiratoire)</b>	<b>7</b>
A. Ventilation (Dr. L. Piquilloud)	7
B. Echanges gazeux (Prof. L. Liaudet)	7
C. Régulation (Prof. L. Liaudet)	7
D. Morphologie	8
<b>5.4. Investigations</b>	<b>8</b>
A. Explorations fonctionnelles	8
B. Radiologie - thorax, cœur, poumon (Prof. S.-D. Qanadli)	9
<b>5.5. Intégration</b>	<b>9</b>
A. Pharmacologie (Prof. D. Diviani)	9
B. Physiopathologie (Prof. L. Liaudet)	10
C. Vignettes	10
<b>6. Ressources d'apprentissage (Supports cours, littérature, multimédia)</b>	<b>12</b>
<b>6.1. My UNIL et Moodle</b>	<b>12</b>
<b>6.2. Foire aux questions</b>	<b>12</b>
<b>6.3. Supports d'apprentissage</b>	<b>12</b>
Anatomie	12
Histologie et embryologie	12
Pharmacologie	13
Physique	13
Physiologie	13

---

## 1. Descriptif du module

---

L'ensemble des cellules qui constituent l'organisme nécessitent de l'énergie. Cette énergie est fournie par l'oxydation de substrats énergétiques au cours de la respiration cellulaire, laquelle consomme de l'énergie et de l'oxygène et libère du CO<sub>2</sub>. Chaque cellule a donc besoin d'un apport constant en substrats énergétiques et en oxygène. Par ailleurs, le CO<sub>2</sub> produit doit être éliminé pour éviter une accumulation dans l'organisme.

Le but de ce module est d'aborder les systèmes impliqués dans les échanges gazeux (et de substrats énergétiques). Les échanges font intervenir un « échangeur » de gaz avec le milieu ambiant (poumons), un système de transport des gaz (sang) et une pompe (cœur) permettant de mouvoir le sang des poumons aux organes (artères) et des artères aux poumons (veines). Les échanges gazeux varient en fonction de l'état physiologique (augmentation de la consommation d'oxygène pendant l'exercice ou lors de fièvre par exemple), ces différents intervenants font l'objet de régulations.

Au cours de ce module seront abordées successivement ou en parallèle :

- l'anatomie macro- et microscopique du cœur, des vaisseaux et de l'appareil respiratoire
- la physiologie de la circulation et de la respiration
- les régulations intervenant dans diverses situations physiologiques (exercice, altitude)
- les grandes lignes de certaines pathologies touchant les systèmes cardiovasculaire et respiratoire et de certains moyens pharmacologiques à disposition pour y remédier
- les bases de l'anamnèse, de l'examen physique et des explorations fonctionnelles de ces systèmes.

---

## 2. Prérequis

---

### Contenu du module B1.1, B1.2, B1.3, B1.4 et B2.1

et en particulier :

#### Biochimie

- Connaissances de base de la respiration cellulaire
- Compréhension de la loi de Nernst et des équilibres ioniques (B1.1, B1.3, B1.4)

#### Pharmacologie

- Fonctions de base du système nerveux autonome (B2.1, B2.3)

#### Physique

- Connaissances de base de physique générale sur l'influx nerveux (B1.1)

#### Physiologie

- Connaissance de base de la physiologie des membranes (B1.3)
- Compréhension des mécanismes d'excitabilité et potentiel d'action (B1.3 et B1.4)
- Fonctionnement de la contractilité (B1.4)

---

### 3. Déroulement du module

---

#### 3.1. Organisation du calendrier horaire

Le module « Systèmes cardiovasculaire et respiratoire » dure cinq semaines. Les « Compétences cliniques, SKILLS » (module B2.8) et les travaux pratiques (module B2.10) en lien au module B2.4 se déroulent en parallèle. Ce module héberge également des composantes du module longitudinal B2.7 « MSC - Médecine dans la communauté ».

Le calendrier horaire détaillé est disponible sur le site web de l'école de médecine (<https://www.unil.ch/ecoledemedecine/home/menuinst/bachelor---master/horaires-etcalendriers.html>). L'horaire personnalisé de chaque étudiant·e est consultable par son compte personnel MyUnil.

Chaque semaine, le programme inclut 1 à 2 demi-journées de travail individuel pour la préparation des cours, pour approfondir les notions apprises et étudier les objectifs d'apprentissages du module B2.4. Il est de la responsabilité de chaque étudiant·e d'organiser son travail individuel.

#### 3.2. Approches pédagogiques

L'ensemble des activités du module aident les étudiant·e·s à atteindre les objectifs formulés sous le chapitre 4 « Objectifs d'apprentissage généraux » et chapitre 5 « Objectifs d'apprentissage spécifiques ». Ci-dessous sont décrites les différentes approches pédagogiques utilisées au cours de ce module.

##### *A. Les 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 dispositions leurs supports de cours (au format pdf) avant le cours. Ils sont téléchargeables sur le site MyUNIL. Il est conseillé aux étudiant·e·s de se préparer avec ce contenu pour mieux profiter de l'enseignement et préparer des questions pour améliorer leur compréhension du sujet.

Le programme du module B2.10 en lien avec le module B2.4 prévoit des travaux pratiques dans les disciplines suivantes : anatomie, histologie, physiologie et biochimie. Leur déroulé ainsi que les objectifs d'apprentissage sont précisés dans le cahier du module B2.10 disponible le site web de l'école de médecine (<https://www.unil.ch/ecoledemedecine/home/menuinst/bachelor---master/horaires-etcalendriers.html>). Les travaux pratiques offrent à chaque étudiant·e une illustration des connaissances théoriques enseignées et/ou acquises, ainsi que la possibilité de pratiquer une manipulation essentielle dans la pratique de la médecine.

##### *B. Organisation des enseignements en unités d'enseignement*

Afin d'aider les étudiant·e·s à acquérir les objectifs d'enseignement spécifiques, les cours sont organisés en unités d'enseignement rassemblées en 5 sections: Coeur, Vaisseaux, Poumons, Investigations et Intégration. Chaque unité d'enseignement est un ensemble de plusieurs heures de cours qui traitent d'une problématique commune et qui partagent des objectifs

d'apprentissage. Chaque unité d'enseignement intègre les enseignements de plusieurs intervenant·e·s potentiellement issu·e·s de disciplines différentes.

L'organisation des unités d'apprentissage au sein du module permet la progression des acquisitions favorisant les capacités intégratives et réflexives. Il est conseillé aux étudiant·e·s d'approfondir les notions apprises et étudier les objectifs d'apprentissages au fur et à mesure de l'avancement du module afin de pouvoir profiter pleinement de cette progression et notamment des unités d'enseignements dites d' « intégration » en fin de module.

Liste des unités d'enseignements, leur contenu et les disciplines enseignées, ainsi que leur lien avec les enseignements des modules B2.8 et B2.10:

Unité d'enseignement	Disciplines enseignées	Enseignements en lien	
		B2.8	B2.10
Coeur - Cycle cardiaque	Physiologie	X	X
Coeur - Régulation	Physiologie		
Coeur - Morphologie	Anatomie, histologie, embryologie	X	X
Vaisseaux - Mécanique des fluides	Physique		
Vaisseaux – Artères, veines et microcirculation	Physiologie	X	
Poumons - Échanges gazeux	Physiologie		
Poumons - Ventilation	Physiologie	X	
Poumons - Régulation	Physiologie, biochimie		X
Poumons - Morphologie	Anatomie, histologie	X	X
Investigations - Explorations fonctionnelles	Physiologie		
Investigations - Radiologie	Radiologie		X
Intégration - Pharmacologie	Pharmacologie, anatomie		
Intégration - Physiopathologie	Physiopathologie		
Intégration - Vignettes	Physiologie, Physiopathologie		

Les objectifs d'enseignements pour chaque unité d'enseignement sont décrits au chapitre 4.

#### 4. Objectifs d'apprentissage généraux par Unité d'enseignement

Section	Unité d'enseignement	h	Objectif/s d'apprentissage par Unité d'enseignement
Cœur	Cycle cardiaque	5	– Expliquer la séquence détaillée des événements qui constituent le cycle cardiaque, ainsi que ses manifestations cliniques et électrocardiologiques
	Morphologie	16	– Expliquer l'origine embryologique du cœur et du système vasculaire, ainsi que les spécificités des circulations fœtales et post natales – Reconnaître les différentes structures histologiques du cœur et des vaisseaux – Décrire l'anatomie du cœur et faire le lien avec les fonctionnalités des différentes structures, ainsi que sa vascularisation et innervation – Identifier la topographie du médiastin, du cou, du larynx et du pharynx, y inclus leur vascularisation et innervation
	Régulation	9	– Expliquer les phénomènes régulant le débit cardiaque et sa répartition – Expliquer la perfusion coronarienne et le métabolisme cardiaque
Vaisseaux	Mécanique des fluides	4	– Utiliser les notions physiques de la mécanique des fluides pour interpréter les phénomènes physiologiques et physiopathologiques du système cardiovasculaire
	Artères, veines et microcirculation	4	– Comparer les propriétés fonctionnelles des différentes ramifications du système vasculaire
Poumons	Échanges gazeux	4	– Expliquer les phénomènes régissant les échanges gazeux et leurs conséquences sur les gaz du sang
	Ventilation	3	– Expliquer la séquence des événements constituant la respiration
	Morphologie	6	– Décrire le développement de la face et des voies aériennes – Reconnaître les différentes structures histologiques et anatomiques des voies aériennes et des poumons – Décrire la topographie des différentes composantes du thorax, leur vascularisation et innervation
	Régulation	3	– Formuler les facteurs influençant la ventilation et le transport des gaz dans le sang
Investigations	Exploration fonctionnelle	4	– Décrire les investigations fonctionnelles et expliquer leur utilité : l'oxymétrie, la spirométrie, l'échocardiographie et l'examen des artères et veines des membres inférieurs
	Radiologie	2	– Identifier les représentations et signes radiologiques des systèmes cardio-pulmonaire
Intégration	Pharmacologie	3	– Décrire les mécanismes d'action des principaux médicaments agissant sur les systèmes cardiovasculaire et pulmonaire
	Physiopathologie	8	– Intégrer les différentes notions acquises au cours du module pour expliquer les phénomènes physiopathologiques des systèmes cardiovasculaire et pulmonaire
	Vignettes	8	– Discuter des exemples de cas et de situations spécifiques à la lumière des connaissances acquises au cours du module

---

## 5. Objectifs d'apprentissage spécifiques

---

### 5.1. Coeur (système cardiaque)

#### A. Cycle cardiaque

##### **Activité électrique, ECG et couplage excitation-contraction (Prof. F. Amati)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de :

- Décrire les caractéristiques électrophysiologiques des cellules pacemaker.
- Expliquer les caractéristiques du potentiel d'action des cardiomyocytes. Décrire comment le potentiel d'action se propage d'une cellule à l'autre.
- Exposer le principe d'enregistrement d'un électrocardiogramme. Connaître les différentes dérivations possibles et le positionnement des électrodes.
- Désigner un ECG normal avec les différentes ondes et les segments importants.
- Apprécier l'axe électrique principal du cœur.
- Expliquer la relation excitation-contraction. Comprendre l'absence de téτανisation en relation avec la période réfractaire.

##### **Cycle cardiaque (Prof. F. Amati)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de :

- Définir les phases du cycle cardiaque, rappeler l'importance des volumes télédiastolique et télésystolique, décrire les changements de pression.
- Expliquer l'origine des bruits cardiaques.

#### B. Régulation

##### **Introduction à la régulation du débit cardiaque (Prof. F. Amati)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de :

- Apprécier les paramètres qui définissent le débit cardiaque.
- Démontrer la répartition du débit cardiaque vers les organes.
- Expliquer les effets sympathiques et parasympathiques sur la fréquence cardiaque.
- Décrire la relation de Frank-Starling dans le cadre de l'effet du retour veineux (précharge) sur le volume systolique.
- Expliquer l'impact de la pression artérielle (postcharge).
- Exposer les mécanismes agissant sur la contractilité et la combinaison avec l'effet sur l'étirement.
- Citer les substrats métaboliques utilisés par le myocarde et insister sur l'aérobic obligatoire.

##### **La loi de Starling (Prof. L. Liaudet)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Désigner, sur un diagramme pression-volume ventriculaire, les phases diastoliques et systoliques, les volumes et pressions télédiastoliques et télésystoliques, le volume d'éjection systolique, la fraction d'éjection et le travail ventriculaire éjectionnel externe.
- Décrire la notion de relation force-longueur du muscle strié appliqué au muscle cardiaque afin d'exposer la relation existant entre le volume télédiastolique et le volume d'éjection systolique.
- Expliquer la loi de Starling du cœur, en l'illustrant par un graphique, et saura nommer la contractilité myocardique (état inotrope) et la postcharge ventriculaire comme les 2 éléments capables d'influencer la position de la courbe de Starling.
- Exposer les principaux déterminants de la postcharge au niveau de l'aorte, à savoir la compliance aortique et les résistances artérielles.



- Définir la notion de postcharge comme la tension pariétale générée par le ventricule au cours de la phase isovolumique de la systole et illustrera ce concept en décrivant la loi de Laplace.
- Représenter sur une courbe de fonction ventriculaire la relation pression - volume télésystolique, et la définir en tant que droite d'élastance systolique maximale, dont la pente est indicative de la contractilité myocardique. Sur la base de ce diagramme, l'étudiant·e saura désigner les zones correspondant au travail ventriculaire interne et au travail éjectionnel externe, permettant d'illustrer le concept d'énergie totale nécessaire à la réalisation d'un cycle cardiaque.
- Grâce à l'intégration des concepts précités, l'étudiant·e pourra représenter simultanément, sur des digrammes pression-volume et de Starling, les conséquences d'une modification isolée de la précharge, de la postcharge, ou de la contractilité, sur le volume d'éjection systolique.

### **Physiologie du retour veineux et de la pression veineuse centrale (Prof. L. Liaudet)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Identifier le rôle de la pression veineuse centrale en tant que pression de remplissage du ventricule droit et comprendre le rôle de la pression veineuse centrale dans la performance cardiaque, en établissant une courbe de Starling pour le ventricule droit.
- Enumérer les différentes composantes de la pulsation veineuse sur un tracé de pression veineuse centrale.
- Reconnaître le rôle de la pression veineuse centrale dans la physiologie du retour veineux, et nommer les différents déterminants physiologiques du retour veineux.
- Décrire le concept de pression systémique moyenne, en définissant les déterminants de celle-ci, à savoir les volumes vasculaires stressé et non stressé, ainsi que la compliance du système veineux.
- Identifier une courbe de Guyton du retour veineux et désigner la pente de cette courbe comme le reflet des résistances veineuses.
- Restituer l'équation de Guyton du retour veineux, décrire la relation entre courbe de Starling et courbe de Guyton, et expliquer l'influence simultanée sur ces 2 courbes de la volémie, du tonus vasculaire et de la fonction ventriculaire.

### **Perfusion coronarienne et métabolisme cardiaque (Prof. L. Liaudet)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Expliquer que la perfusion coronarienne dépend d'un gradient de pression de perfusion entre la pression artérielle et la pression ventriculaire.
- Identifier que la perfusion coronarienne a lieu essentiellement pendant la diastole.
- Reconnaître l'importance que joue la durée de la diastole, et donc la fréquence cardiaque, sur la perfusion coronarienne et pourra esquisser un diagramme représentatif du concept d'indice pression-temps diastolique pour comprendre de quoi dépend la perfusion coronarienne.
- Exposer l'importance de l'autorégulation métabolique dans la régulation du débit coronarien et nommer l'adénosine comme médiateur essentiel de ce mécanisme.
- Rappporter la notion de régulation neuro-humorale ainsi que le rôle joué par l'endothélium, notamment via sa production de monoxyde d'azote (NO), dans la régulation du flux coronarien.
- Décrire les équations déterminantes du transport d'oxygène au myocarde, de la demande en oxygène du myocarde et de l'extraction myocardique d'oxygène.
- Reconnaître qu'il existe une relation directe entre demande en oxygène et transport d'oxygène au niveau du myocarde, et donc entre demande en oxygène et débit coronarien.
- Expliquer le rôle de la sténose coronarienne, réduisant le débit coronarien, dans la physiopathologie de l'ischémie myocardique, et pourra nommer les principes essentiels du traitement de cette affection : réduction de la demande par les bêta-bloquants et augmentation du transport par les vasodilatateurs coronariens ou les traitements mécaniques visant à lever la sténose coronarienne.

- Décrire les principaux mécanismes consommateurs d'oxygène au niveau du myocarde, et pourra représenter, sur un diagramme pression-volume ventriculaire, les zones correspondantes au travail ventriculaire interne et au travail éjectionnel externe, pouvant dès lors exposer la notion d'efficacité ventriculaire.
- Désigner les principales voies métaboliques de production d'énergie au niveau du myocarde et pourra expliquer le switch métabolique opérant au cours de l'ischémie myocardique.

### *C. Morphologie*

#### **Embryologie du cœur (Prof. T. Pedrazzini)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Décrire l'origine des différents tissus formant le cœur, notamment l'épicaire, le myocarde et l'endocarde
- Expliquer la formation des quatre chambres cardiaques à partir du tube cardiaque primitif (looping et septation)
- Développer les mécanismes de la trabéculatation et de la compaction du ventricule
- Représenter la séparation des circulations pulmonaire et aortique, et la formation de valves correspondantes
- Décrire les mécanismes fondamentaux contrôlant la formation du tissu de conduction

#### **Embryologie du système vasculaire (Prof. T. Pedrazzini)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Décrire l'origine des vaisseaux sanguins au cours du développement embryonnaire
- Expliquer la différence entre vasculogénèse et angiogénèse
- Expliquer le développement des grands vaisseaux dérivés des arcs aortiques
- Reconnaître les différences entre les circulations fœtale et postnatale

#### **Histologie du cœur et des vaisseaux (Prof. T. Pedrazzini)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Reconnaître les différentes cellules formant le tissu cardiaque
- Décrire la structure des vaisseaux
- Décrire la différence entre une veine et une artère sur des coupes histologiques
- Reconnaître les différentes sortes d'artères et de veines
- Expliquer la structure des vaisseaux lymphatiques

#### **Anatomie du cœur (Prof. S. Sabatasso)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Connaître la projection du cœur sur la paroi du thorax.
- Décrire la position et orientation du cœur dans le thorax et ses rapports topographiques.
- Définir les axes anatomiques du cœur.
- Connaître la structure du péricarde, ainsi que son innervation et sa vascularisation.
- Décrire les sinus péricardiques.
- Décrire l'anatomie externe du cœur et des gros vaisseaux, en vues antérieure et postérieure.
- Décrire les cavités cardiaques.
- Comprendre l'origine embryonnaire de la fosse ovale.
- Expliquer les différences structurelles entre les valves atrio-ventriculaires et les valves artérielles.
- Définir le squelette cardiaque.
- Connaître la projection des valves cardiaques et leurs foyers d'auscultation sur la paroi thoracique.
- Connaître l'origine et la distribution des vaisseaux coronaires.

- Définir la dominance coronarienne.
- Connaître la vascularisation veineuse du cœur.
- Définir le système cardionecteur et rappeler son rôle.
- Connaître l'innervation du cœur et expliquer la douleur référée.

### **Anatomie du cou, pharynx et larynx (Dr. H. Cadas)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Décrire les triangles du cou et leur contenu.
- Définir les branches du plexus cervical et leur territoire d'innervation, l'anse cervicale et son lien anastomotique avec le nerf hypoglosse (XII).
- Représenter la vascularisation de la région antérieure du cou.
- Désigner l'innervation assurée par le tronc sympathique et le nerf vague dans la région cervicale.
- Restituer la vascularisation et l'innervation des glandes thyroïdes et parathyroïdes.
- Reconnaître les aponévroses cervicales sur une coupe horizontale du cou, ainsi que les structures délimitées par ces aponévroses.
- Représenter la topographie du pharynx et du larynx, leur innervation et leur vascularisation.
- Décrire les fonctions du larynx.
- Définir le territoire d'innervation des nerfs IX et X.

### **Anatomie du médiastin (Dr. H. Cadas)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Définir le médiastin.
- Décrire les structures qui passent à travers le médiastin ainsi que leurs rapports topographiques.
- Restituer le trajet de l'œsophage dans le thorax et son passage à travers le diaphragme.
- Connaître la composition du système azygos.
- Décrire l'anastomose porto-cave au niveau de l'œsophage.
- Nommer les relations topographiques des gros vaisseaux et nerfs du médiastin supérieur et du médiastin postérieur.
- Expliquer l'innervation des organes du thorax.

## **5.2. Vaisseaux (système vasculaire)**

### *A. Mécanique des fluides (Prof. F. Bochud)*

Cette unité d'enseignement fait l'objet de quatre chapitres comportant chacun trois objectifs d'apprentissage.

#### **Hydrostatique**

- Expliquer la notion de pression atmosphérique et ses unités, et donner des ordres de grandeur dans le cas de l'air et de l'eau.
- Calculer la pression d'un fluide incompressible en fonction de hauteur et réciproquement (principe de Pascal).
- Expliquer comment on peut mesurer les pressions d'inspiration et d'expiration d'un être humain à l'aide d'un tube en U, d'un peu d'eau et d'une règle graduée.

#### **Objets interagissant avec un fluide**

- Expliquer l'origine physique de la poussée d'Archimède et citer des exemples dans lesquels elle s'applique dans les directions verticale et horizontale.
- Calculer la poussée d'Archimède pour un corps partiellement ou totalement immergé dans de l'eau.
- Citer les forces en jeu sur les interfaces d'un fluide mouillant ou non-mouillant.

**Écoulements non visqueux**

- Expliquer la différence entre des écoulements laminaire et turbulent.
- Expliquer l'origine des différents termes de l'équation de Bernoulli et en déduire le lien entre la pression et l'énergie.
- Résoudre des problèmes simples de fluides non-visqueux en mouvement dans une conduite à l'aide de l'équation de Bernoulli.

**Écoulements visqueux**

- Décrire la notion de viscosité.
- Appliquer la loi de Poiseuille dans un cas simple.
- Expliquer la notion de résistance à l'écoulement et son lien avec la circulation sanguine.

*B. Artères-veines-microcirculation (Prof. F. Amati)***Hémodynamique**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Apprécier les notions de pression, résistance et débit.
- Décrire l'équation de Poiseuille et ses conséquences pour l'hémodynamique.
- Démontrer comment la pression varie le long du parcours vasculaire.
- Définir la pression artérielle moyenne, interpréter son évolution avec l'âge.
- Expliquer le sphygmogramme et définir les pressions systolique et diastolique. Exposer la compliance artérielle.
- Décrire la mesure de pression artérielle à l'aide d'un sphygmomanomètre.
- Démontrer l'importance du diamètre artériolaire sur la résistance périphérique.
- Différencier le double rôle du tonus artériolaire (maintien de pression en amont, contrôle de perfusion en aval).
- Apprécier les régulations locales : autorégulation du débit et hyperémie fonctionnelle.
- Cerner les régulations extrinsèques : système sympathique, hormones.
- Citer les facteurs endothéliaux, tissulaires, hormonaux, neuronaux.
- Exposer le retour veineux.
- Représenter les pompes musculaire, abdominale et thoracique.
- Défendre que, grâce à sa grande compliance, le réseau veineux représente un réservoir de sang rapidement mobilisable (veinoconstriction).

**Microcirculation**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Différencier les transports transcapillaires: diffusion, pinocytose, ultrafiltration et diapédèse.
- Exposer la filtration: forces de Starling et la perméabilité capillaire.
- Rappeler les notions de pression hydrostatique et oncotique.
- Analyser le bilan de la filtration et de l'absorption.
- Démontrer l'importance de la circulation lymphatique.

**Régulation de la pression artérielle**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Expliquer le rôle des baroréflexes sur le maintien de la pression artérielle moyenne par le biais d'actions sur le débit cardiaque et la résistance périphérique totale.
- Décrire les propriétés des barorécepteurs cardio-pulmonaires et vasculaires.
- Rappeler les voies et structures anatomiques impliquées dans les réflexes cardio-vasculaires dont le centre cardiovasculaire médullaire.

### 5.3. Poumons (système respiratoire)

#### A. Ventilation (Dr. L. Piquilloud)

Au terme de cette unité d'enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Décrire la notion de spirométrie et énumérer les différents volumes pulmonaires mesurés au cours de cet examen.
- Enumérer les notions de ventilation totale, de ventilation alvéolaire, de ventilation d'espace mort, de pression pleurale, de pression des voies aériennes et de pression transpulmonaire.
- Expliquer les concepts de compliance thoraco-pulmonaire, de résistances des voies aériennes, et de travail respiratoire.
- Décrire les variations régionales de la distribution de la ventilation.
- Enumérer de manière simple, les principales perturbations de la mécanique ventilatoire occasionnées par des pathologies de type obstructive et restrictive

#### B. Echanges gazeux (Prof. L. Liaudet)

Au terme de cette unité d'enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Décrire l'équation de Fick de la diffusion alvéolo-capillaire ainsi que l'équation des gaz alvéolaires.
- Exposer la notion de capacité de diffusion au monoxyde de carbone (DLCO) pour l'évaluation de la diffusion alvéolo-capillaire et décrire la loi de Dalton pour expliquer l'évolution relative des pressions des différents gaz entre l'atmosphère, les voies respiratoires et les alvéoles, en identifiant le rôle du quotient respiratoire dans la détermination de la pression alvéolaire en oxygène.
- Verbaliser ce qu'est un espace mort, et restituer l'équation de Bohr de l'espace mort.
- Décrire le concept de rapport ventilation-perfusion (rapport VA/Q), son importance dans les échanges gazeux, et la notion de différence alvéolo-artérielle en oxygène.
- Désigner les différentes perturbations du rapport VA/Q sous la forme d'effet shunt, shunt vrai et effet espace-mort, et identifier les altérations typiques des échanges gazeux observés dans chacune de ces perturbations.
- Exposer le calcul du shunt ou admission veineuse, et décrire le rôle joué par le degré de shunt et la consommation périphérique d'oxygène sur l'oxygénation systémique en exposant un diagramme isoshunt de Nunn.
- Résumer les mécanismes contribuant au développement d'une hypercapnie en reconnaissant le rôle de l'hypoventilation alvéolaire et de l'espace mort alvéolaire dans la création de celle-ci.

#### C. Régulation (Prof. L. Liaudet)

##### Circulation pulmonaire

A la fin de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de :

- Reconnaître que la circulation pulmonaire est un système à basse pression et basse résistance, et pourra désigner les mécanismes affectant les résistances vasculaires pulmonaires, à savoir le phénomène de recrutement, de distension, le rôle des volumes pulmonaires et de la gravité -en identifiant les différentes zones de West- et de la vasoconstriction hypoxique.
- Décrire la distribution régionale de la perfusion pulmonaire.
- Exposer l'équation de Starling des mouvements de fluides au niveau des capillaires pulmonaires, lui permettant ainsi d'identifier les mécanismes possibles pouvant conduire à un œdème pulmonaire.

**Régulation de la ventilation**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Enumérer les différentes régions du cerveau impliquées dans le contrôle de la ventilation.
- Expliquer le rôle joué par différents senseurs périphériques sur la modulation de la ventilation en désignant les boucles de régulation entre senseurs et effecteurs.

**Transport des gaz dans le sang**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de :

- Expliquer les mécanismes de transport de l'oxygène et du gaz carbonique dans le sang.
- Expliquer le rôle respectif des formes liées et solubles des gaz dans leur transport.
- Illustrer une courbe de dissociation de l'hémoglobine.
- Restituer les concepts d'effets Bohr et d'effet Haldane.

*D. Morphologie***Histologie (Dr. K. Sandor)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de :

- Connaître les principaux dérivés des arcs branchiaux.
- Décrire le développement normal de la face et du palais.
- Énumérer les différentes étapes du développement pulmonaire.
- Restituer l'histologie des ailes du nez, des fosses nasales et des sinus, citer les types cellulaires présents dans les muqueuses de ces structures et les identifier sur une préparation histologique.
- Caractériser l'histologie du larynx et le mécanisme de la phonation.
- Décrire l'histologie normale des voies aériennes extra- et intra-pulmonaires, reconnaître ces structures sur des préparations histologiques et connaître les divers types cellulaires qui s'y trouvent.
- Définir la structure microscopique de la paroi alvéolaire et les mécanismes de la sécrétion du surfactant.
- Décrire la structure microscopique de la plèvre et l'identifier sur des préparations histologiques.

**Anatomie (Dr. H. Cadas)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de :

- Restituer l'anatomie des voies respiratoires supérieures.
- Nommer les rapports des poumons dans la cavité thoracique.
- Expliquer le rôle du diaphragme et des plèvres dans la mécanique ventilatoire.
- Caractériser l'anatomie des plèvres pariétale et viscérale et la notion "d'espace pleural".
- Défendre pourquoi la pression pleurale est "négative".
- Expliquer la genèse du pneumothorax par lésion externe ou interne.
- Décrire le contenu de la racine pulmonaire et l'anatomie des faces internes des poumons.
- Visualiser la projection des poumons sur la paroi thoracique.
- Décrire les subdivisions des poumons : lobes, segments et lobules.
- Analyser l'arbre bronchique : des bronches souches jusqu'aux alvéoles.
- Expliquer les circulations pulmonaire et bronchique.
- Décrire l'anatomie du système de drainage lymphatique des poumons.
- Exposer l'innervation des poumons et son rôle.

**5.4. Investigations***A. Explorations fonctionnelles*

**Examen des veines et des artères (Prof. L. Mazzolai)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de :

- Expliquer l'examen physique des artères et des veines
- Enoncer les principes des examens fonctionnels vasculaires non invasifs tels que le doppler, les ultrasons, l'index pression cheville/bras.
- Décrire des exemples d'application dans la pathologie artérielle et veineuse.

**Oxymétrie (Prof. R. Heinzer)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Identifier les manifestations de l'hypoxie.
- Expliquer les principes de l'oxymétrie de pouls.
- Décrire les avantages et les limites des limites de l'oxymétrie de pouls.
- Énumérer les utilisations pratiques de l'oxymétrie de pouls.

**Explorations fonctionnelles pulmonaires (Dr. A. Lovis)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de :

- Exposer les principales explorations fonctionnelles respiratoires.
- Décrire les principes des mesures et d'interprétation de la spirométrie et des volumes pulmonaires.

**Echocardiographie (Dr. P. Monney)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de :

- Reconnaître les vues échocardiographiques standard (parasternale long et court axe, apicale 2,3 et 4 cavités, sous-costale)
- Reconnaître les structures cardiaques principales (oreillettes, ventricules et valves) sur les vues échocardiographiques standard.
- Calculer la fraction d'éjection du ventricule gauche .
- Nommer les 3 modes Doppler utilisés en échocardiographie (couleur, pulsé et continu), et citer leurs applications principales.

**B. Radiologie - thorax, cœur, poumon (Prof. S.-D. Qanadli)**

Au terme de cette unité d'enseignement, l'étudiant·e sera capable de :

- Décrire les plans de coupe permettant d'analyser le médiastin et le poumon en CT et en IRM.
- Nommer les structures anatomiques du médiastin.
- Décrire les plans de coupe dédiés à l'analyse du cœur.
- Identifier les cavités cardiaques.
- Délimiter les parois du ventricule gauche sur des images radiologiques.
- Identifier les artères coronaires et leurs principales branches.
- Décrire les territoires des artères coronaires.

**5.5. Intégration****A. Pharmacologie (Prof. D. Diviani)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Citer les principaux médicaments ayant un effet inotrope, vasodilatateur, anti-hypertenseur et bronchodilatateur.
- Décrire leur mécanisme d'action ainsi que leur application thérapeutique.

## *B. Physiopathologie (Prof. L. Liaudet)*

### **Insuffisance respiratoire**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Expliquer la notion d'insuffisance respiratoire et identifier la différence entre insuffisance respiratoire de type 1 et de type 2.
- Enumérer les symptômes et signes cliniques et notamment reconnaître les éléments de gravité associés à une insuffisance respiratoire.
- Restituer les principales causes entraînant une insuffisance respiratoire.
- Désigner la dyspnée comme un symptôme essentiel de l'insuffisance respiratoire en expliquant les mécanismes et les éléments cliniques associés devant être recherchés.
- Désigner les principaux examens paracliniques pratiqués en présence d'une insuffisance respiratoire, à savoir l'analyse des gaz du sang par gazométrie artérielle et la radiographie du thorax.

### **Etats de choc**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Définir la notion de choc circulatoire, et reconnaître les différents types de choc (cardiogénique, hypovolémique, vasoplégique et obstructif) en décrivant les mécanismes physiopathologiques responsables, sur la base d'une intégration entre les concepts appris de fonction cardiaque (loi de Starling) et de retour veineux (loi de Guyton).
- Enumérer les mécanismes compensateurs physiologiques mis en jeu au cours du choc, incluant le système adrénargique, la voie rénine-angiotensine-aldostérone, la voie de l'hormone antidiurétique, ainsi que le rôle des mouvements de fluides capillaires dans la restauration du volume circulant.
- Enumérer les conséquences métaboliques du choc et notamment expliquer l'importance de l'acidose lactique dans les états de choc.
- Nommer les principales conséquences cliniques des états de choc.

### **Physiopathologie des échanges gazeux dans la pneumonie, l'œdème pulmonaire, l'asthme, la BPCO, la fibrose pulmonaire et l'embolie pulmonaire**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Décrire les principaux éléments cliniques, paracliniques et de traitements relatifs aux divers syndromes et maladies énumérés en titre.
- Expliquer les mécanismes d'altérations des échanges gazeux dans ces diverses pathologies en intégrant les concepts physiologiques relatifs à la diffusion alvéolo-capillaire (équation de Fick), la composition des gaz alvéolaires (loi des gaz alvéolaires) et le rapport ventilation-perfusion, en énumérant les notions d'effet shunt, de shunt et d'admission veineuse, ainsi que d'espace mort alvéolaire.

## *C. Vignettes*

### **Vignette sur l'instabilité respiratoire en altitude (Prof. R. Heinzer)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Décrire les modifications respiratoires aiguës et chroniques survenant en altitude ainsi que leurs mécanismes physiologiques
- Décrire l'impact de l'altitude sur la respiration nocturne et ses mécanismes physiologiques
- Énumérer les traitements existant pour atténuer les troubles respiratoires en altitude (diurnes et nocturnes)



**Vignette sur la physiopathologie de l'œdème pulmonaire d'altitude (Prof. C. Sartori)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de :

- Expliquer la physiopathologie spécifique de l'œdème pulmonaire en haute altitude
- Situer et différencier la situation spécifique en haute altitude de la physiopathologie de l'œdème pulmonaire en général
- Décrire les principes de la prise en charge de l'œdème pulmonaire en haute altitude

**Vignette sur l'interprétation de l'ECG (Dr. P. Pascale)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable:

- Connaître les critères de réalisation d'un enregistrement ECG standard et reconnaître une réalisation d'enregistrement ECG non conforme.
- Définir et reconnaître les troubles de conduction atrio-ventriculaires avec les différents blocs AV
- Être capable de comprendre et définir la traduction ECG des causes de bradycardie ou de tachycardie sur la base des liens entre le système cardionecteur et l'activité électrique cardiaque

**Vignette sur les conséquences physiopathologiques d'une valve cardiaque défectueuse (Dr. T. Rutz)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable:

- Discuter la fonction normale d'une valve cardiaque sur le plan hémodynamique physiologique
- Décrire la différence entre une sténose et une insuffisance valvulaire
- Différencier l'adaptation ventriculaire entre une insuffisance et sténose valvulaire

**Vignettes sur les cardiopathies congénitales (I et II) (Prof. N. Sekarski, Prof. S. Sabatasso, Prof. F. Amati)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Comprendre l'importance de l'embryologie cardiaque dans le développement des cardiopathies congénitales.
- Expliquer l'anatomie d'une cardiopathie congénitale non cyanogène et cyanogène à l'aide de deux exemples de telles cardiopathies fréquentes.
- Faire le lien entre l'évolution clinique d'un patient avec une cardiopathie congénitale et la physiopathologie sous-jacente.

**Vignette sur l'hémodynamique, de la théorie à la pratique chez des patients avec une maladie coronarienne (Dr. S. Fournier)**

Au terme de cet enseignement, l'étudiant·e sera capable de:

- Formuler les relations entre pression, débit et résistance dans le contexte d'une sténose coronarienne.
- Proposer un traitement approprié en fonction de l'évaluation hémodynamique d'une sténose coronarienne.

## 6. Ressources d'apprentissage (Supports cours, littérature, multimédia)

### 6.1. My UNIL et Moodle

Les supports de cours sont accessibles sur le site myUNIL.

Les enregistrements des cours sont disponibles sur le site Moodle.

### 6.2. Foire aux questions

Une foire aux questions commune pour tous les enseignements du module est ouverte pendant la durée du module et accessible sur le site Moodle.

Les étudiant·e·s qui désirent poser des questions sont les bienvenu·e·s à condition que les demandes soient précises, de qualité et reliées au cours et aux thématiques enseignées pendant le module B2.4. Il est important de lire les questions antérieures afin de s'assurer de ne pas faire de redondances.

### 6.3. Supports d'apprentissage

Les supports de cours déposés sur myUNIL sont les documents que les enseignant·e·s utilisent pour accompagner et illustrer leur cours. Les supports de cours ne suffisent pas en eux-mêmes à approfondir les objectifs d'apprentissage. Les supports d'apprentissage sont les documents sur lesquels l'étudiant·e travaille et qui facilite son apprentissage autonome. Ils sont reliés aux objectifs d'apprentissage ainsi qu'aux exigences de l'évaluation. Les supports d'apprentissage listés ci-dessous par discipline sont à utiliser en lien avec les informations données par les enseignant·e·s.

#### *Anatomie*

Livre:

*Gray's anatomie, le manuel pour les étudiants de L.D. Drake et al. , Ed. Elsevier Masson, 4<sup>ème</sup> édition, 2020.*

Cou	Ch. 8 : pp. 799-803, 807-816, 857-884, 951, 963-1032, 1070-1076
Thorax (paroi et organes)	Ch. 3
Muscles de la paroi abdominale	Ch. 4 : pp 267-289

#### *Histologie et embryologie*

Livres :

*Histology- A textbook and Atlas de Pawling et Ross, Ed. LWW, 8<sup>ème</sup> édition, 2020*

*Langman's Medical Embryology de T.W. Sadler, Ed. LWW, 14<sup>ème</sup> Edition, 2019*

*Embryologie humaine de Larsen, Ed. De Boeck, 4<sup>ème</sup> édition, 2017*

## Pharmacologie

### Livres:

*Basic & Clinical Pharmacology de Bertram G. Katzung, 13ème édition, Lange/Mc Graw Hill, 2015*

*Pharmacology de H. P. Rang, M. M. Dale, J. M. Ritter, R. Flower, 8ème édition, Churchill-Livingstone, 2016.*

## Physique

### Polycopié:

Introduction à la mécanique des fluides par le Pr. François Bochud

### Livre:

*Physique Kane/Sternheim: exercices et problèmes résolus, de Isabelle Derycke, Jean-Pol Vigneron,, Dunod, Paris, 2007*

### Internet:

Prof Walter H. G. Lewin, Massachusetts Institute of Technology

[http://videlectures.net/mit801f99\\_lewin\\_lec27/](http://videlectures.net/mit801f99_lewin_lec27/)

[http://videlectures.net/mit801f99\\_lewin\\_lec28/](http://videlectures.net/mit801f99_lewin_lec28/)

## Physiologie

### Livre:

*Medical Physiology de W.F. Boron et E.L. Boulpaep, 3<sup>rd</sup> ed, Saunders, 2017*

Organisation du système cardiovasculaire                      Chapitre 17

Artères et veines    Chapitre 18

Microcirculation    Chapitre 19

Excitabilité cardiaque et ECG    Chapitre 20

Physiologie cardiaque    Chapitre 21

### Livre pour la lecture de l'ECG:

*Dubin, D. Rapid interpretation of EKG, 6th Ed., 2007*

### Internet pour la lecture de l'ECG :

*Goy, J.J, Christeler, P., Schläpfer, J., Stauffer, J.C., Cours interactif et recueil de tracés électrocardiographiques 2016: <https://book.cardio-fr.com>*