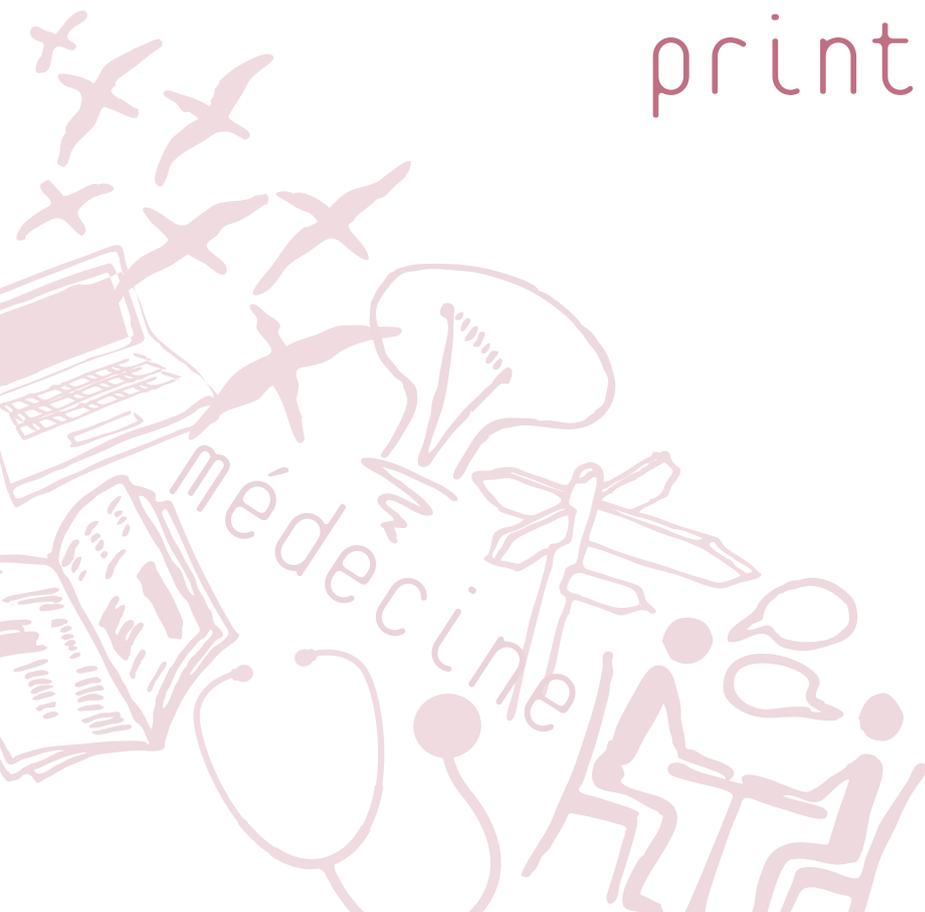


cahier de module

B2.4  
circulation  
respiration

printemps 2023



# Table des matières

<b>TABLE DES MATIÈRES</b> .....	<b>2</b>
<b>GOVERNANCE DU MODULE B2.4</b> .....	<b>3</b>
<b>DESCRIPTIF DU MODULE</b> .....	<b>4</b>
<b>INTÉGRATION DU MODULE DANS LE CURSUS</b> .....	<b>5</b>
<b>ORGANISATION DU MODULE ET OBJECTIFS PAR UE</b> .....	<b>6</b>
<b>ENSEIGNEMENT PRATIQUE (MODULES B2.8 ET B2.10)</b> .....	<b>8</b>
<b>ORGANISATION DU CALENDRIER HORAIRE</b> .....	<b>9</b>
<b>OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE SPECIFIQUES</b> .....	<b>9</b>
CŒUR (SYSTEME CARDIAQUE) .....	9
VAISSEAUX (SYSTEME VASCULAIRE) .....	13
POUMONS (SYSTEME RESPIRATOIRE) .....	15
INVESTIGATIONS .....	17
INTEGRATION .....	18
<b>ÉVALUATION DES APPRENTISSAGES</b> .....	<b>21</b>
<b>RESSOURCES D'APPRENTISSAGE</b> .....	<b>21</b>

# Gouvernance du module B2.4

## Responsable du module

Amati Francesca      021/692.55.52      [Francesca.Amati@unil.ch](mailto:Francesca.Amati@unil.ch)

## Enseignant·e·s

Amati Francesca      [Francesca.Amati@unil.ch](mailto:Francesca.Amati@unil.ch)  
Bochud François      [Francois.Bochud@chuv.ch](mailto:Francois.Bochud@chuv.ch)  
Cadas Hugues      [Hugues.Cadas@unil.ch](mailto:Hugues.Cadas@unil.ch)  
Diviani Dario      [Dario.Diviani@unil.ch](mailto:Dario.Diviani@unil.ch)  
Fournier Stéphane      [Stephane.Fournier@chuv.ch](mailto:Stephane.Fournier@chuv.ch)  
Heinzer Raphaël      [Raphael.Heinzer@chuv.ch](mailto:Raphael.Heinzer@chuv.ch)  
Hewer Ekkehard      [Ekkehard.Hewer@chuv.ch](mailto:Ekkehard.Hewer@chuv.ch)  
Kasas Sandor      [Sandor.Kasas@epfl.ch](mailto:Sandor.Kasas@epfl.ch)  
Liaudet Lucas      [Lucas.Liaudet@chuv.ch](mailto:Lucas.Liaudet@chuv.ch)  
Lovis Alban      [Alban.Lovis@chuv.ch](mailto:Alban.Lovis@chuv.ch)  
Mazzolai Lucia      [Lucia.Mazzolai@chuv.ch](mailto:Lucia.Mazzolai@chuv.ch)  
Monney Pierre      [Pierre.Monney@chuv.ch](mailto:Pierre.Monney@chuv.ch)  
Pascale Patrizio      [Patrizio.Pascale@chuv.ch](mailto:Patrizio.Pascale@chuv.ch)  
Piquilloud Lise      [Lise.Piquilloud@chuv.ch](mailto:Lise.Piquilloud@chuv.ch)  
Qanadli Salah Dine      [Salah-Dine.Qanadli@chuv.ch](mailto:Salah-Dine.Qanadli@chuv.ch)  
Rutz Tobias      [Tobias.Rutz@chuv.ch](mailto:Tobias.Rutz@chuv.ch)  
Sabatasso Sara      [Sara.Sabatasso@unil.ch](mailto:Sara.Sabatasso@unil.ch)  
Sartori Claudio      [Claudio.Sartori@chuv.ch](mailto:Claudio.Sartori@chuv.ch)  
Sekarski Nicole      [Nicole.Sekarski@chuv.ch](mailto:Nicole.Sekarski@chuv.ch)

# Descriptif du module

Le module **B2.4 Circulation, respiration** dure 5 semaines ; il est composé de 5 sections (cœur, vaisseaux, poumons, investigations et intégration) et 14 unités d'enseignement (UE), dans lesquelles interviennent 9 disciplines ([cf. tableau 1](#)).

\* \* \*

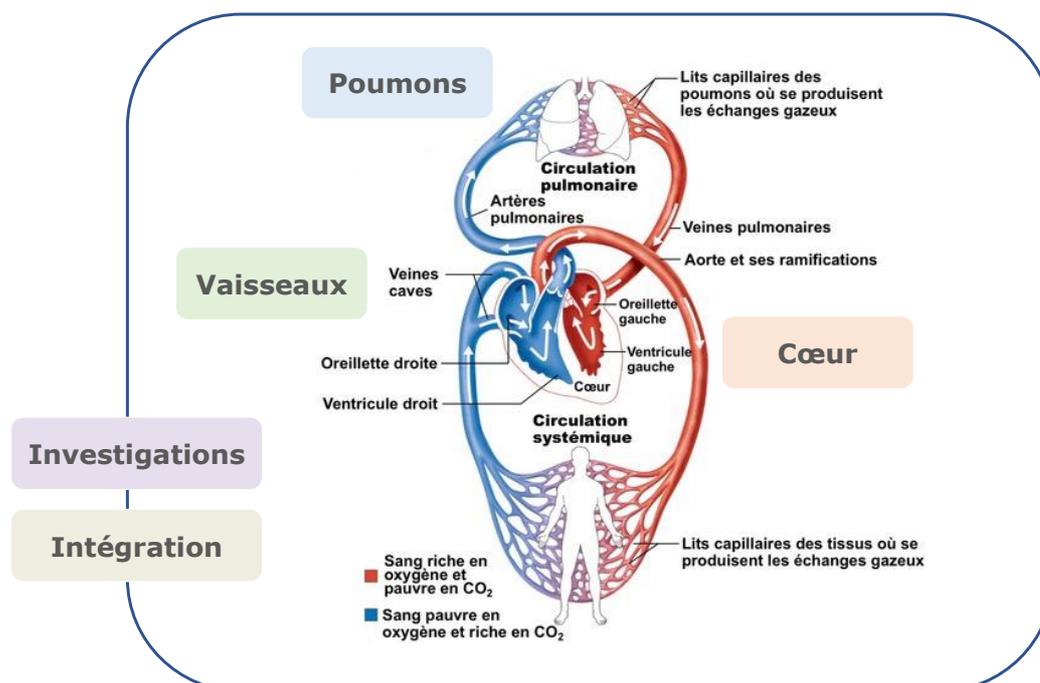
L'ensemble des cellules qui constituent l'organisme nécessitent de **l'énergie**. Cette énergie est fournie par l'oxydation de substrats énergétiques au cours de la respiration cellulaire, laquelle consomme de l'énergie et de l'oxygène et libère du CO<sub>2</sub>. Chaque cellule a donc besoin d'un apport 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 abordés successivement ou en parallèle :

- La morphologie (anatomie, histologie et embryologie) 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
- Les bases de l'anamnèse, de l'examen physique et des explorations fonctionnelles de ces systèmes.

**Figure 1 : Vue globale des 5 sections du module B2.4**

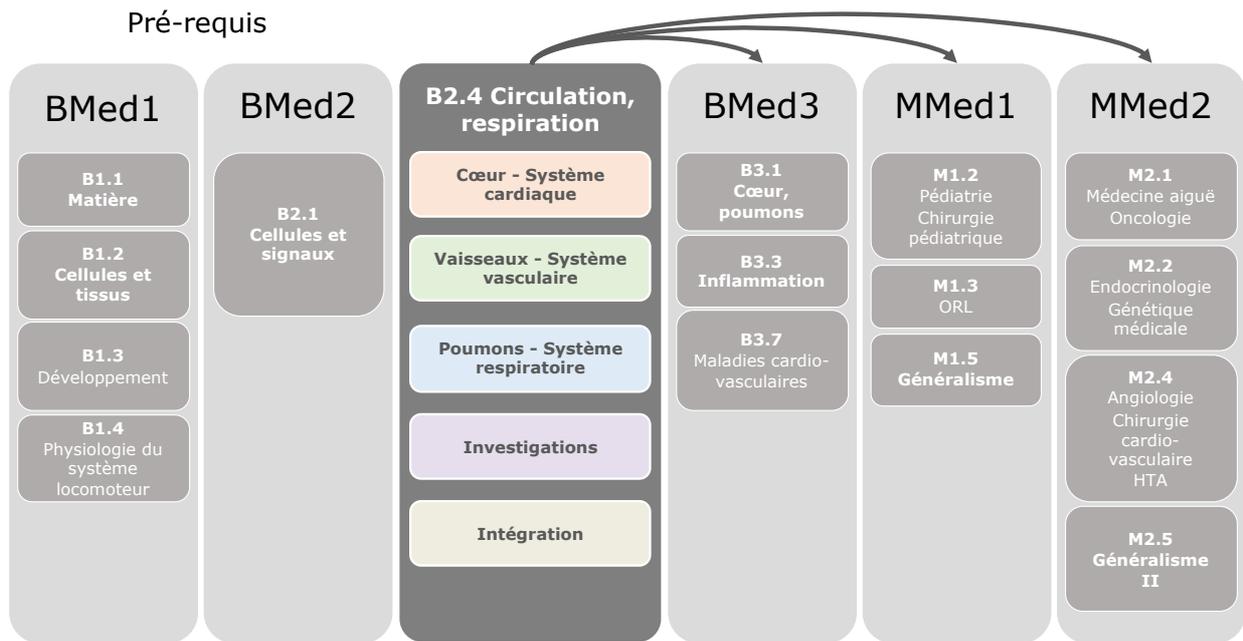


Adapté de Marieb, 2005

# Intégration du module dans le cursus

Le schéma ci-dessous indique comment le module B2.4 s'intègre avec les modules qui le précèdent (et forment les prérequis) ainsi qu'avec les modules suivants qui se servent des connaissances acquises dans ce module.

**Figure 2 : Intégration du module B2.4 dans le cursus de médecine**



# Organisation du module et objectifs par UE

**Tableau 1 : nombre de périodes (P), enseignant-e-s, disciplines et objectifs généraux par unité d'enseignement**

Sections	UE	P	Enseignant-e-s	Disciplines	Objectifs d'apprentissage par UE
Cœur	<a href="#">Cycle cardiaque</a>	7	– F. Amati	Physiologie	– Expliquer la séquence détaillée des événements qui constituent le cycle cardiaque, ainsi que ses manifestations cliniques et électro-cardiologiques
	<a href="#">Morphologie</a>	12	– H. Cadas – S. Sabatasso	Anatomie Histologie Embryologie	– Expliquer l'origine embryologique du cœur et du système vasculaire, ainsi que les spécificités des circulations fœtale et post natale – 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
	<a href="#">Régulation</a>	8	– F. Amati – L. Liaudet	Physiologie	– Expliquer les phénomènes régulant le débit cardiaque et sa répartition – Expliquer la perfusion coronarienne et le métabolisme cardiaque
Vaisseaux	<a href="#">Mécanique des fluides</a>	4	– F. Bochud	Physique	– Utiliser les notions physiques de la mécanique des fluides pour interpréter les phénomènes physiologiques et physiopathologiques du système cardiovasculaire
	<a href="#">Artères, veines et microcirculation</a>	6	– F. Amati – E. Hewer	Physiologie Pathologie	– Comparer les propriétés fonctionnelles des différentes ramifications du système vasculaire – Expliquer les spécificités morphologiques et physiopathologiques des pathologies vasculaires
Poumons	<a href="#">Échanges gazeux</a>	4	– L. Liaudet	Physiologie	– Expliquer les phénomènes régissant les échanges gazeux et leurs conséquences sur les gaz du sang
	<a href="#">Ventilation</a>	4	– L. Piquilloud	Physiologie	– Expliquer la séquence des événements constituant la respiration
	<a href="#">Morphologie</a>	11	– H. Cadas – S. Kasas	Anatomie Histologie	– 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
	<a href="#">Régulation</a>	3	– L. Liaudet	Physiologie Biochimie	– Formuler les facteurs influençant la ventilation et le transport des gaz dans le sang

Sections	UE	P	Enseignant·e·s	Disciplines	Objectifs d'apprentissage par UE
<b>Investigations</b>	<a href="#">Exploration fonctionnelle</a>	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- R. Heinzer</li> <li>- A. Lovis</li> <li>- L. Mazzolai</li> <li>- P. Monney</li> </ul>	Physiologie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire les investigations fonctionnelles et expliquer leur utilité : l'oxymétrie, la spirométrie, l'échocardiographie et l'examen des artères et veines des membres inférieurs</li> </ul>
	<a href="#">Radiologie</a>	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S.-D. Qanadli</li> </ul>	Radiologie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier les représentations et signes radiologiques des systèmes cardio-pulmonaire</li> </ul>
<b>Intégration</b>	<a href="#">Pharmacologie</a>	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- D. Diviani</li> </ul>	Pharmacologie Anatomie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire les mécanismes d'action des principaux médicaments agissant sur les systèmes cardiovasculaire et pulmonaire</li> </ul>
	<a href="#">Physiopathologie</a>	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>- C. Sartori</li> <li>- L. Liaudet</li> </ul>	Physiopathologie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intégrer les différentes notions acquises au cours du module pour expliquer les phénomènes physiopathologiques des systèmes cardiovasculaire et pulmonaire</li> </ul>
	<a href="#">Vignettes</a>	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- F. Amati</li> <li>- S. Fournier</li> <li>- R. Heinzer</li> <li>- P. Pascale</li> <li>- T. Rutz</li> <li>- S. Sabatasso</li> <li>- N. Sekarski</li> </ul>	Physiologie Physiopathologie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Discuter des exemples de cas et de situations spécifiques à la lumière des connaissances acquises au cours du module</li> </ul>
	<b>TOTAL</b>	<b>84</b>			

# Enseignement pratique (modules B2.8 et B2.10)

Le module B2.4 est complété par des enseignements pratiques donnés dans le cadre des modules **B2.8** (skills) et **B2.10** (TP). Leur déroulement, ainsi que leurs objectifs spécifiques sont précisés dans leurs cahiers de module respectifs.

Ces enseignements offrent à chaque étudiant·e une **illustration** des connaissances théoriques enseignées et/ou acquises, ainsi que la possibilité d'effectuer des **manipulations** essentielles dans la pratique de la médecine.

**Tableau 2 : enseignements pratiques et disciplines liés aux UE**

Sections	UE	Enseignements liés	
		B2.8	B2.10
Cœur	Cycle cardiaque	<b>Systèmes cardiovasculaire et respiratoire :</b> Status cardiovasculaire (sans PS) Status thoracique (avec PS)	<b>Système cardiovasculaire – Physiologie :</b> ECG
	Morphologie		<b>Système cardiovasculaire – Anatomie :</b> Cœur, poumons Topographie et contenu du médiastin <b>Système cardiovasculaire – Histologie :</b> Cœur et vaisseaux
	Régulation		
Vaisseaux	Mécanique des fluides		
	Artères, veines et microcirculation	<b>Systèmes cardiovasculaire et respiratoire :</b> Status cardiovasculaire (sans PS)	<b>Prévention et diagnostique - Pathologie :</b> Bases et lésions fondamentales en histologie pathologique
Poumons	Échanges gazeux		
	Ventilation		
	Morphologie	<b>Systèmes cardiovasculaire et respiratoire :</b> Status respiratoire (sans PS) Status thoracique (avec PS)	<b>Système cardiovasculaire – Anatomie :</b> Topographique du cou, du thorax et de la paroi abdominale <b>Système cardiovasculaire – Histologie :</b> Poumons
	Régulation		<b>Techniques de laboratoire – Biochimie :</b> Hémoglobine, variations avec conditions physiologiques
Investigations	Exploration fonctionnelle		
	Radiologie		<b>Système cardiovasculaire – Radiologie</b> Thorax, cœur, poumon
Intégration	Pharmacologie		
	Physiopathologie		
	Vignettes		

# Organisation du calendrier horaire

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.

## Objectifs d'apprentissage spécifiques

Ci-dessous figure la liste des connaissances et compétences que les étudiant·e·s doivent maîtriser au terme de l'enseignement.

### Cœur (système cardiaque)

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

##### **Electrophysiologie cardiaque (Activité électrique, ECG et couplage excitation-contraction) (5h)**

- 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 (2h)**

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

#### **UE Morphologie**

##### **Morphologie du cœur (H. Cadas, 2h)**

- 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.

### **Topographie du cou (H. Cadas, 2h)**

- 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.

### **Cœur et vaisseaux : Histologie (S. Sabatasso, 2h)**

- 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

### **Cœur et vaisseaux : Embryologie (S. Sabatasso, 4h)**

- Décrire l'origine des différents tissus formant le cœur, notamment l'épicarde, le myocarde et l'endocarde
- Expliquer la formation des quatre chambres cardiaques à partir du tube cardiaque primitif (looping et septation)
- Représenter la séparation des circulations pulmonaire et aortique, et la formation de valves correspondantes
- Décrire la formation du tissu de conduction
- 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
- Expliquer l'origine des principales malformations cardiaques

## **Topographie du médiastin (H. Cadas, 2h)**

- 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.

## **UE Régulation**

### **Régulation du débit cardiaque (F. Amati, 2h)**

- 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.
- Discuter les différents mécanismes d'adaptation du débit cardiaque lors d'exercice physique.
- Citer les substrats métaboliques utilisés par le myocarde et insister sur l'aérobic obligatoire.

### **Loi de Starling (L. Liaudet, 2h)**

- 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 existante 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 téléstolique, 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 (L. Liaudet, 2h)**

- 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.
- Énumérer 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.

### **La perfusion coronarienne et métabolisme cardiaque (L. Liaudet, 2h)**

- 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 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.
- Rapporter 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.

## Vaisseaux (système vasculaire)

### UE Mécanique des fluides (F. Bochud)

#### Hydrostatique (1h)

- 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 (1h)

- 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 (1h)

- 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 (1h)

- 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.

## **UE Artères, veines et microcirculation**

### **« Les artères et les artérioles », « Les veines, retour veineux, stase et œdème » et « Microcirculation » (F.Amati, 4h)**

- Apprécier les notions de pression, résistance et débit.
- Décrire l'équation de Poiseuille et ses conséquences pour l'hémodynamique.
- Démontrer comment le volume sanguin et la pression varient le long du parcours vasculaire.
- Exposer la compliance artérielle.
- Décrire la mesure de pression artérielle à l'aide d'un sphygmomanomètre.
- Expliquer le sphygmogramme et définir les pressions systolique et diastolique. Exposer la compliance artérielle.
- Définir la pression artérielle moyenne, interpréter son évolution avec l'âge.
- 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).
- 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.
- 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.

### **Pathologie vaisseaux (E. Hewer, 2h)**

- Décrire les modifications morphologiques et la terminologie de l'artériosclérose, athérosclérose, anévrismes, dissections et vascularites.
- Expliquer leurs conséquences physiopathologiques.

# Poumons (système respiratoire)

## UE Échanges gazeux (L. Liaudet, 4h)

- 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.

## UE Ventilation (L. Piquilloud, 4h)

- Décrire la notion de spirométrie et énumérer les différents volumes pulmonaires mesurés au cours de cet examen.
- Énumérer 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.
- Énumérer de manière simple, les principales perturbations de la mécanique ventilatoire occasionnées par des pathologies de type obstructive et restrictive

## UE Morphologie

### Morphologie des poumons (H. Cadas, 3h)

- 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.

### **Embryologie des voies aériennes (S. Kasas, 1h)**

- Connaître les principaux dérivés des arcs branchiaux.
- Décrire le développement normal de la face et du palais.
- Énumérer les différentes étapes du développement pulmonaire.

### **Histologie des voies aériennes (S. Kasas, 3h)**

- 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 identifier les divers types cellulaires qui s'y trouvent.

### **Histologie des poumons (S. Kasas, 2h)**

- 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.

### **Morphologie du pharynx et larynx (H. Cadas, 2h)**

- Restituer l'anatomie des voies respiratoires supérieures, leur innervation et leur fonction.

## **UE Régulation (L. Liaudet)**

### **Circulation pulmonaire (1h)**

- 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.

### **Transport des gaz dans le sang (1h)**

- 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.

## Régulation de la ventilation (1h)

- Énumérer 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.

## Investigations

### UE Explorations fonctionnelles

#### Échocardiographie (P. Monney, 1h)

- 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.

#### Examen des veines et des artères (L. Mazzolai, 1h)

- Expliquer l'examen physique des artères et des veines
- Énoncer 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 (R. Heinzer, 1h)

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

#### Explorations fonctionnelle pulmonaire (A. Lovis, 1h)

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

### UE Radiologie (S.-D. Qanadli)

#### Radiologie Cœur et médiastin (2h)

- 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.

# Intégration

## UE Pharmacologie (D. Diviani)

### Ionotropes et vasodilatateurs (2h)

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

### Bronchodilatateurs (1h)

- Citer les principaux médicaments ayant un effet bronchodilatateur.
- Décrire leur mécanisme d'action ainsi que leur application thérapeutique.

## UE Physiopathologie

### Physiopathologie de l'œdème pulmonaire d'altitude (C. Sartori, 1h)

- 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.

### Insuffisance respiratoire (L. Liaudet, 2h)

- Expliquer la notion d'insuffisance respiratoire et identifier la différence entre insuffisance respiratoire de type 1 et de type 2.
- Énumérer 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.

### États de choc (L. Liaudet, 2h)

- 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).
- Énumérer 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.
- Énumérer 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 (L. Liaudet, 4h)**

- 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.

## **UE Vignettes**

### **Conséquences physiopathologiques d'une valve cardiaque défectueuse (T. Rutz, 1h)**

- 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

### **Cardiopathies congénitales (I et II) (N. Sekarski, S. Sabatasso, F. Amati, 2h)**

- 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.

### **Respiration en altitude (R. Heinzer, 1h)**

- 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)

### **Hémodynamique de la théorie à la pratique chez des patients avec une maladie coronarienne (S. Fournier, 1h)**

- 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.

### **Interprétation de l'ECG (P. Pascale, 2h)**

- 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

# Évaluation des apprentissages

L'atteinte des objectifs d'apprentissage sera évaluée par le biais d'un examen au format QCM.

Trouvez toutes les informations concernant les examens sur le site de l'École de médecine « [Examens et évaluations](#)>Dates, infos pratiques ».

## Ressources d'apprentissage

### Anatomie

#### Livre

- Gray's Anatomie: le manuel pour les étudiants. 4e édition. Elsevier Masson; 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  
*Pharynx et larynx* Ch. 8 :pp 1003-1031

### Histologie et embryologie

#### Livres

- Ross M. Histology: a text and atlas. 8th edition. Wolters Kluwer; 2020.
- Langman's Medical embryology. 14th edition. Wolters Kluwer; 2019.
- Larsen W. Embryologie humaine de Larsen. 4e édition. De Boeck Supérieur; 2017.  
Existe en Ebook -> [Accès](#)

### Pathologie

#### Livre

- Robbins Basic pathology. 10th edition. Elsevier/Saunders; 2018.  
Existe en Ebook (3 accès simultanés uniquement) -> [Accès](#)

### Pharmacologie

#### Livres

- Katzung B. Basic & clinical pharmacology. 15th edition. McGraw-Hill; 2021.  
Existe en Ebook -> [Accès](#)
- Rang and Dale's Pharmacology. 9th edition. Elsevier; 2020.  
Existe en Ebook (8th edition) -> [Accès](#)

## Physique

### Support d'apprentissage (polycopié)

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

### Livre

- Physique Kane/Sternheim (solutions des exercices de la 4e édition de cours). 3e édition. Dunod ; 2018.

### Internet

- Prof Walter H. G. Lewin, Massachusetts Institute of Technology  
[http://videlectures.net/mit801f99\\_lewin\\_lec28/](http://videlectures.net/mit801f99_lewin_lec28/)

## Physiologie

### Livres

- Boron W. Medical physiology. 3rd edition. Elsevier; 2017.  
Ebook -> [Accès](#)  

<i>Organisation du système cardiovasculaire</i>	<i>Ch. 17</i>
<i>Artères et veines</i>	<i>Ch. 18</i>
<i>Microcirculation</i>	<i>Ch. 19</i>
<i>Excitabilité cardiaque et ECG</i>	<i>Ch. 20</i>
<i>Physiologie cardiaque</i>	<i>Ch. 21</i>
- Pour les cours de physiologie respiratoire (L. Liaudet, L. Piquilloud, A. Lovis): West's Respiratory physiology. 11th edition. Wolters Kluwer; 2022.
- Pour la vignette sur la respiration en altitude (R.Heinzer): Nunn and Lumb's Applied respiratory physiology. 9th edition. Elsevier; 2021.  
Ebook -> [Accès](#)

### 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>

**Retrouvez l'ensemble des titres du module *B2.4 Circulation, Respiration* ici > [Lien](#)**