

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université Abderrahmane Mira de Bejaïa

Faculté Des Sciences Humaines Et Sociales

Département Des Sciences Et Techniques Des Activités Physiques Et Sportives

MODULE : PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE

Niveau : Licence 1

Volume Horaire : 42 heures

Volume Horaire Hebdomadaire : Cours .1h30 / Travaux dirigés.1h30

Coefficients : 02

Crédits : 03

Mode d'évaluation : Continue/Examen

Présenté par : Dr. DJENNAD DJAMAL

Email : djamal.djennad@univ-bejaia.dz

Année Universitaire : 2024/2025

السداسي: الثاني
المادة: علم وظائف الأعضاء

أهداف التعليم:

القواعد الأساسية والمعارف النظرية والتطبيقية المرتبطة بالتخصص وطبيعة نظم الطاقة الملائمة.
الرفع من المستوى المعرفي والتقني للطالب في التخصص.
الربط بين الفيزيولوجيا وعلاقته بعلم الرياضيات.

المعارف المسبقة المطلوبة :

معرفة القواعد الأساسية للتخصص من خلال التوجيهات والمفاهيم ذات الصلة.
الاطلاع على أهم المعارف الأساسية المتعلقة بمكونات جسم الإنسان ووظائفه.

محتوى المادة:

- مدخل للفيزيولوجيا
- فزيولوجية الخلية
- نظام الجهاز الدوري الدموي
- الجهاز التنفسي
- الجهاز الهضمي.
- نظام الجهاز العصبي العضلي
- الجهاز الغدي.

طريقة التقييم: المتابعة الدائمة والامتحانات.

المراجع باللغة العربية:

- بهاء الدين إبراهيم سلامة: في علم وظائف الأعضاء، 1992.
- خالد الكبيسي: علم وظائف الأعضاء، دار الفكر العربي، 2002.
- عائد قضل ملح: الطب الرياضي الفسيولوجي، دار الفكر العربي، 2010.
- سميحة خليل: مبادئ الفسيولوجيا الرياضية، شركة ناس، دار الفكر العربي، 2008.
- أبو العلا عبد الفتاح: كمال الأجسام - أسرار وبرامج، دار الفكر العربي، 2008.
- أبو العلا عبد الفتاح و محمد صبحي: فسيولوجية ومورفولوجية الرياضي وطرق قياس للتقويم، 1997.
- أحمد نصر الدين سيد: فسيولوجيا الرياضة - نظريات وتطبيقات، دار الفكر العربي، 2003.
- أبو العلا عبد الفتاح و ابراهيم شعلان: فسيولوجية التدريب في كرة القدم، دار الفكر العربي، 1994.

المراجع باللغات الأجنبية:

-A. N de Wolf ; l'appareil locomoteur examen et diagnostic cliniques, doi éditeurs, 1997.

-Patrick laure ; activités physiques et santé, maloine, 2004.

-l.marin&f.danion ; neurosciences control et apprentissage moteur, ellipses, 2005.

-Jean-Marc Dupuis et gilles Daudet ; médecine du sport de l'enfant et de l'adolescent, 2001.

- Jean Claude Chartin, biomechanics and medicine in swimming, university of saint-France 2003.

2- Deuxième Semestre :

Unités	Volume Horaire 14-16 Semaines	Volume horaire hebdomadaire				Coefficients	Crédits	Mode d'évaluations	
		Conférences	Travaux dirigés	Travaux pratiques*	Autres travaux			Continue	Examen
Unité d'enseignement fondamentale 1	168					09	12		
Athlétisme 02	56	/	/	04	/	03	04	*	*
Natation	56	/	/	04	/	03	04	*	*
Volley-ball	56	/	/	04	/	03	04	*	*
Unité d'enseignement fondamentale 2	84					04	06		
Physiologie générale	42	01:30	01:30	/	/	02	03	*	*
Morphologie	42	01:30	01:30	/	/	02	03	*	*
Unité d'enseignement méthodologique	84					04	09		
Techniques et outils de la recherche scientifique	42	01:30	01:30	/	/	02	05	*	*
Statistique descriptive	42	01:30	01:30	/	/	02	04	/	*
Unité d'enseignement découverte	42					02	02		
Introduction au domaine des STAPS 02	21	01:30	/	/	/	01	01	/	*
Sociologie du sport	21	01:30	/	/	/	01	01	/	*
Unité d'enseignement transversale	21					01	01		
Informatique	21	/	/	01:30	/	01	01	*	
Total du semestre	399	09	06	13.5	20	20	30		

*Observation : les quatre heures hebdomadaires des modules pratiques doivent être dispensés en deux séances distinctes en (02 h/séance)



Table des matières

Introduction à la physiologie	1
La cellule	12
Le système nerveux	36
Appareil Digestif	68
Système cardio vasculaire	81
Le système endocrinien108
Le système respiratoire	120

Introduction à la physiologie

1 Introduction. Les êtres humains, (homo sapiens) sont des organismes vivants. Comme pour tous les organismes vivants, les besoins physiques de base des êtres humains sont l'eau, pour assurer l'ensemble des processus métabolismes ; la nourriture, pour fournir de l'énergie : les matériaux de base pour construire la matière vivante, et des composés chimiques nécessaires aux réactions vitales : l'oxygène pour produire de l'énergie à partir des nutriments : la chaleur pour favoriser les réactions chimiques ; et la pression pour permettre la respiration.

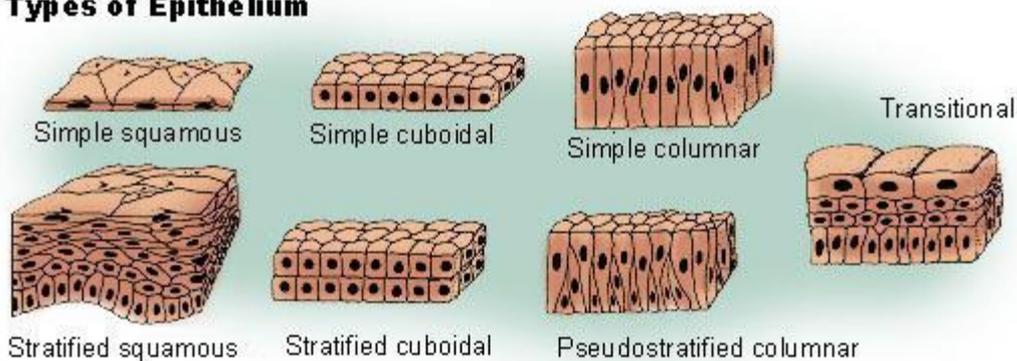
2 Les niveaux d'organisation du corps humain.

Les niveaux d'organisation du corps humain sont, du plus simple au plus complexe : chimique, cellulaire, tissulaire, organique, systémique et enfin le niveau de l'organisme. Chaque niveau représente l'association d'unités du niveau inférieur. Les niveaux chimique et cellulaire sont les niveaux de base. Un tissu est un groupe de cellules semblables qui assurent la même fonction spécialisée. L'organisme humain comporte quatre types de tissus.

3 Les différents types de tissus.

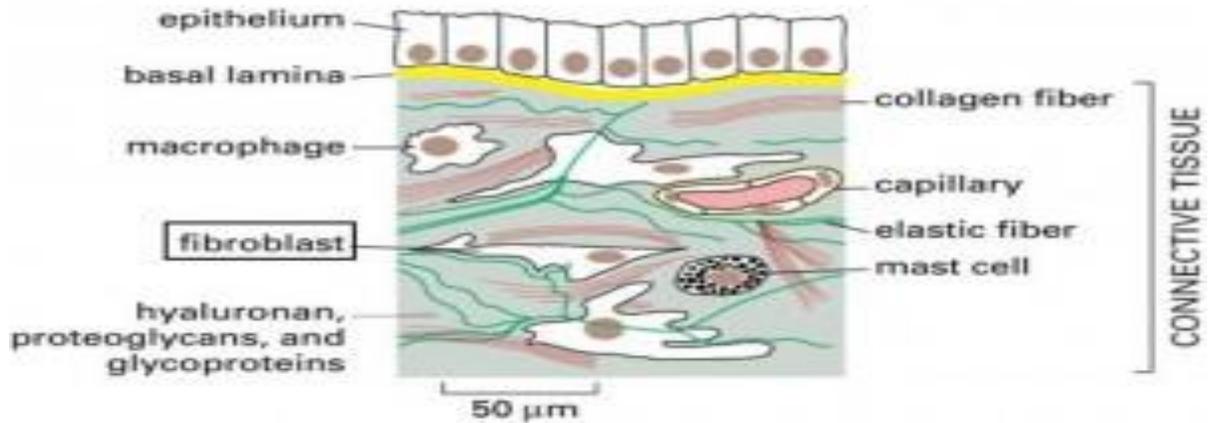
3.1 Le tissu épithélial : couvre le corps et la surface des organes, tapisse les cavités du corps et participe à la formation des glandes. Rôle de protection, d'absorption, d'excrétion, de sécrétion de diffusion et de filtration.

Types of Epithelium



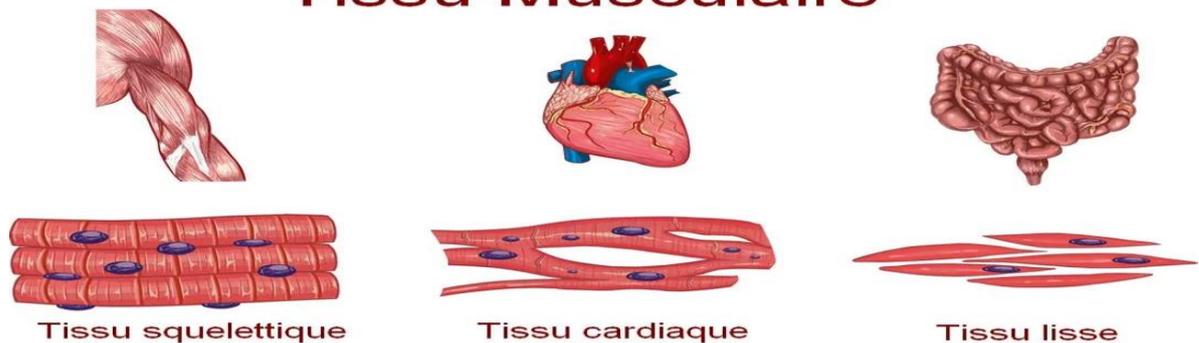
3.2 Le tissu conjonctif : relie, soutient et protège les différentes parties du corps, stocke l'énergie et les sels minéraux.

• **Tissu conjonctif sous-jacent à un épithélium**

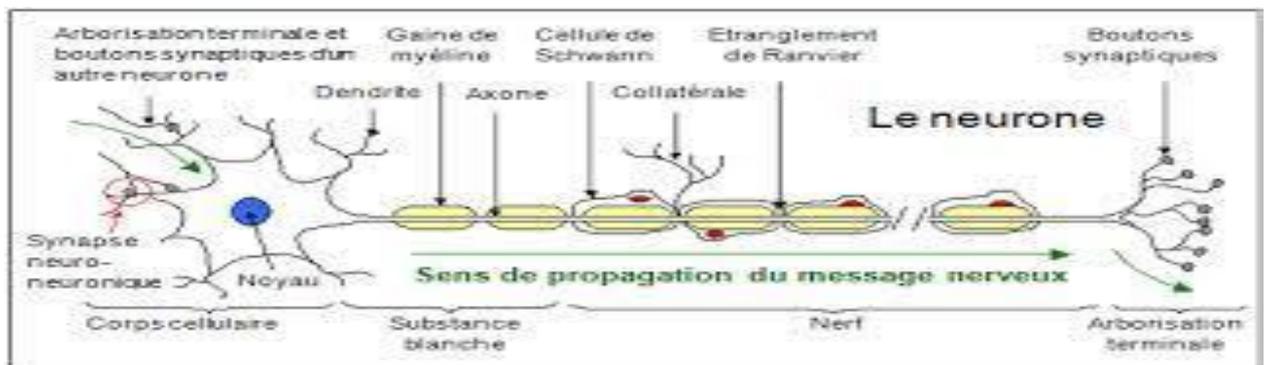


3.3 Le tissu musculaire : contractile, pour produire le mouvement.

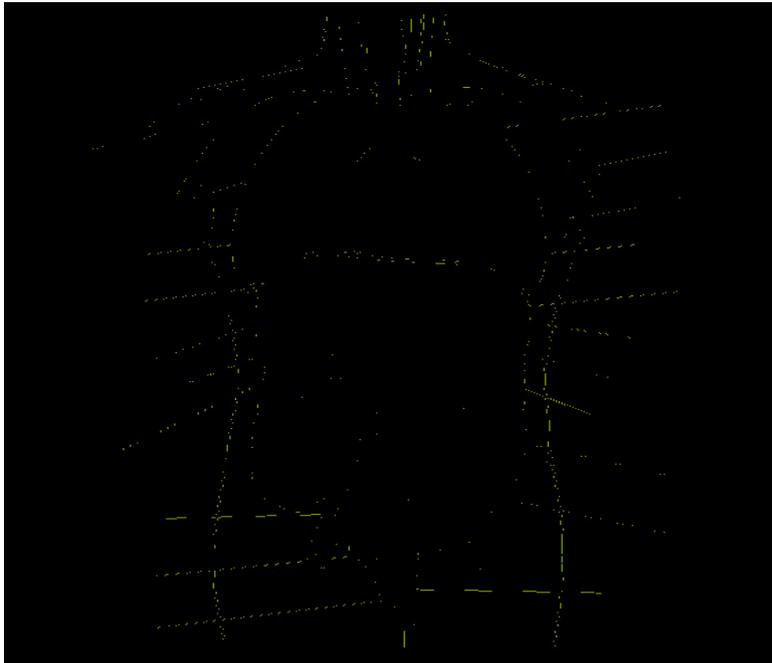
Tissu Musculaire



3.4 Le tissu nerveux : produit et transmet les influx nerveux qui coordonnent les activités du corps

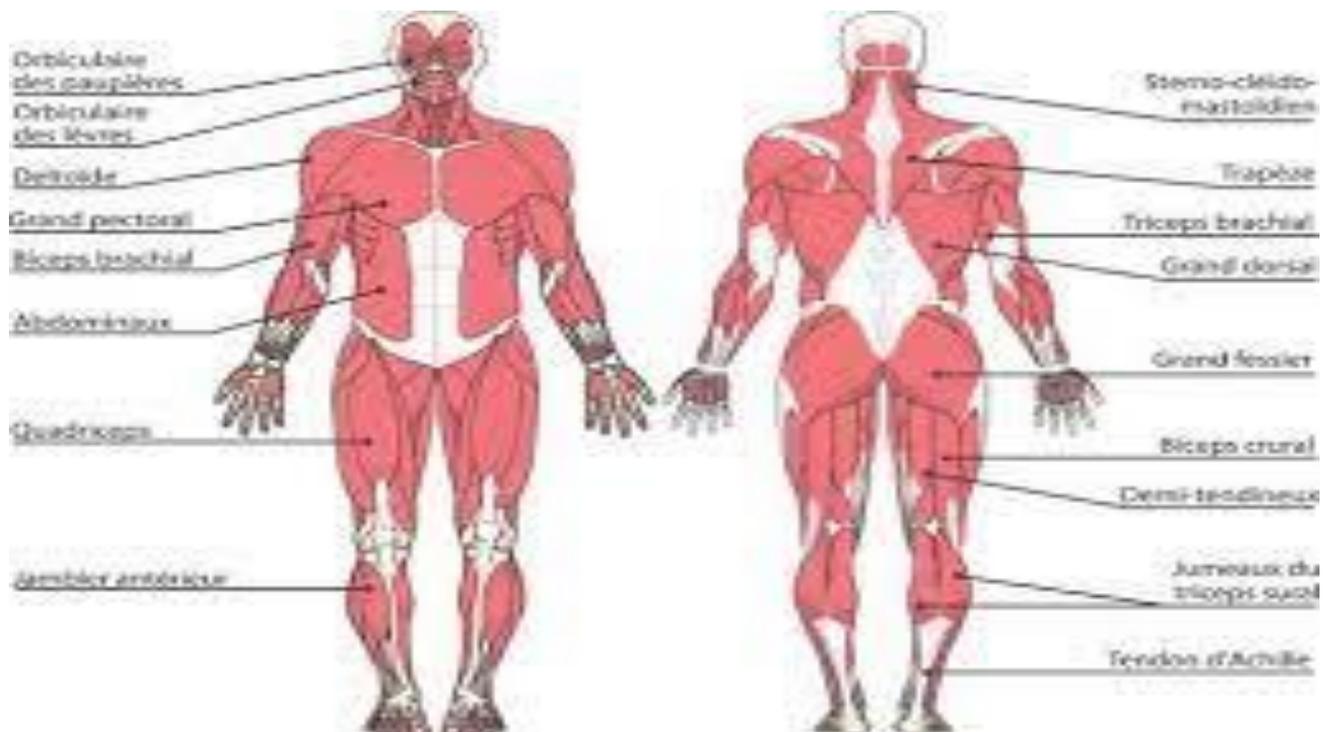


4 Un organe est composé de plusieurs types de tissus qui assurent, de façon coordonnée, une fonction déterminée.

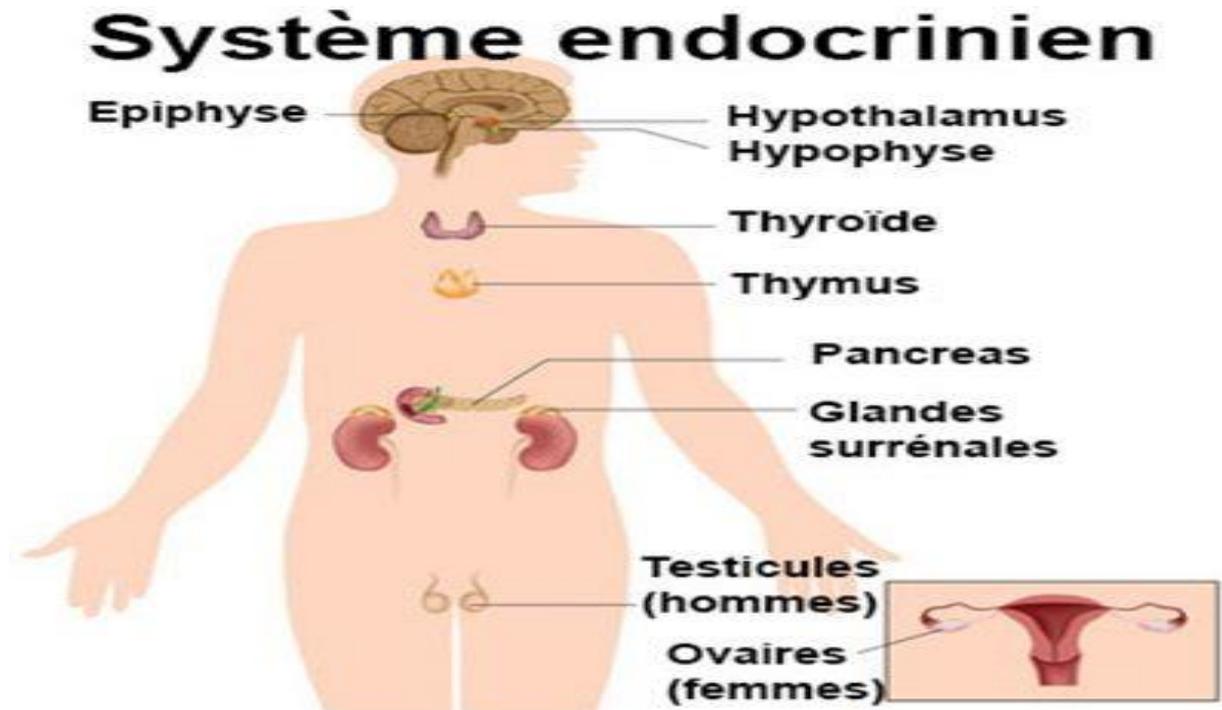


5 Un système est composé de 2 organes ou plus et de tissus, qui constituent une unité assurant la même fonction ou un ensemble de fonctions. Les systèmes du corps sont :

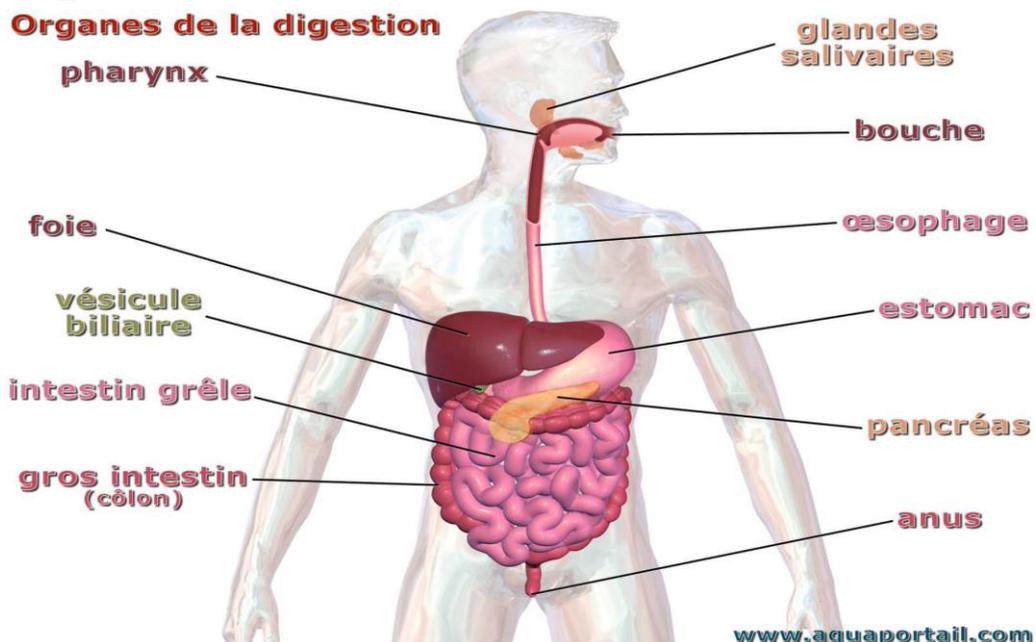
5.1 Le système musculaire et squelettique, qui assure le soutien du corps et la locomotion.



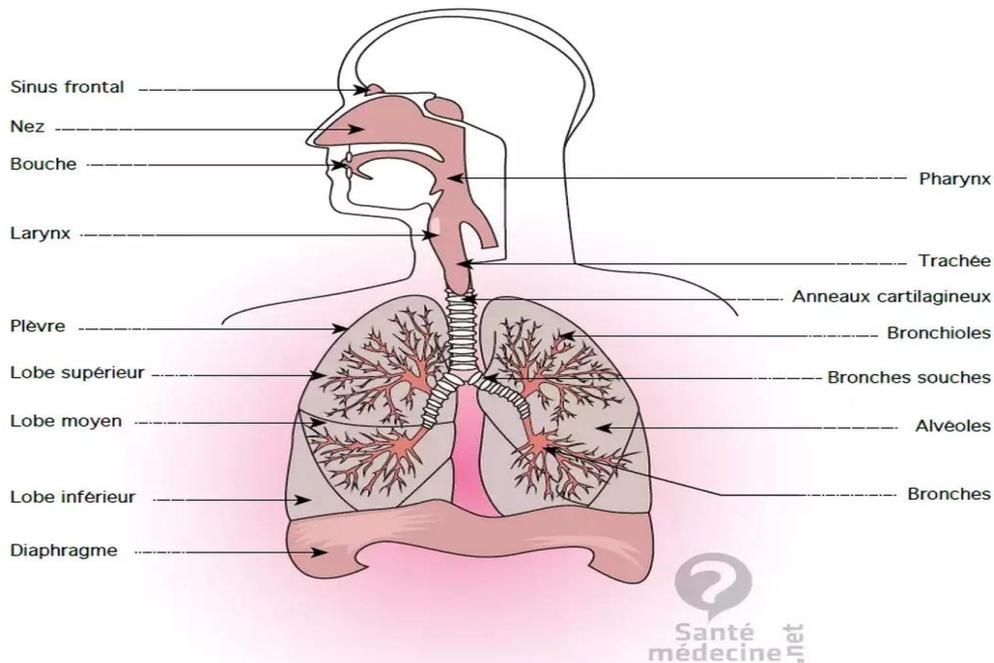
5.2 Le système endocrinien, et neveux qui ont des fonctions d'intégration et de coordination, pour assurer un fonctionnement cohérent du corps.



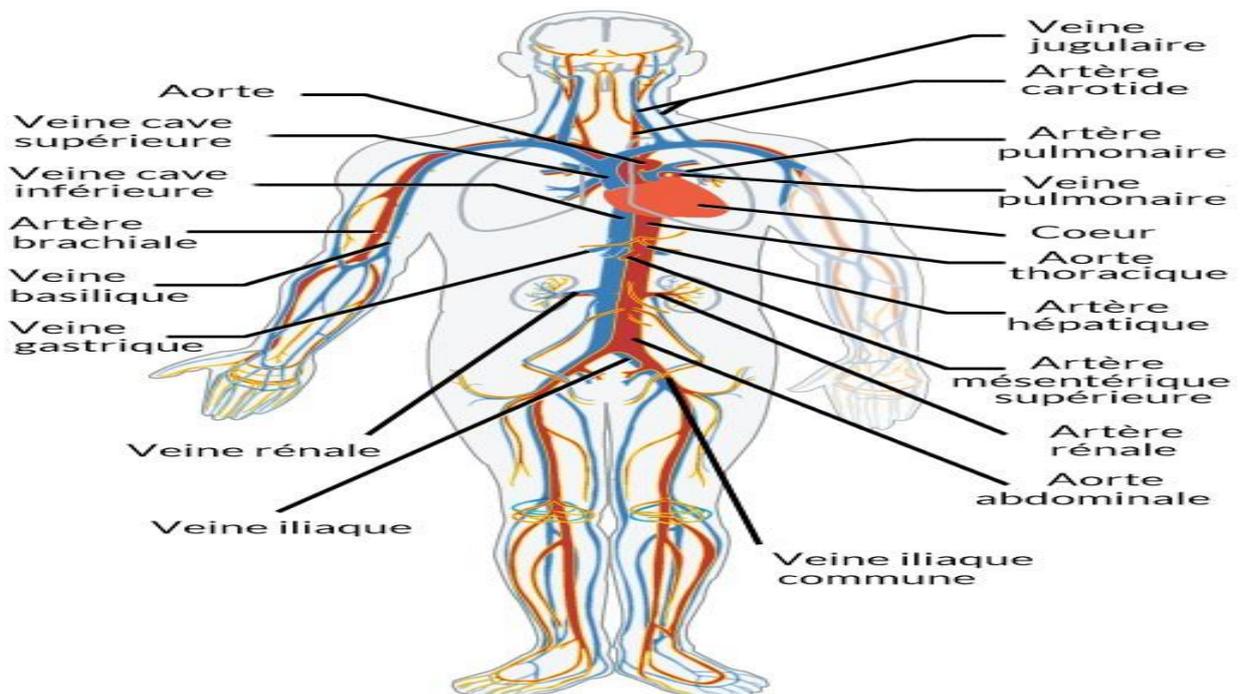
5.3 Le système digestif assure la dégradation mécanique et chimique des aliments pour qu'ils puissent être utilisés par les cellules et élimine les déchets.



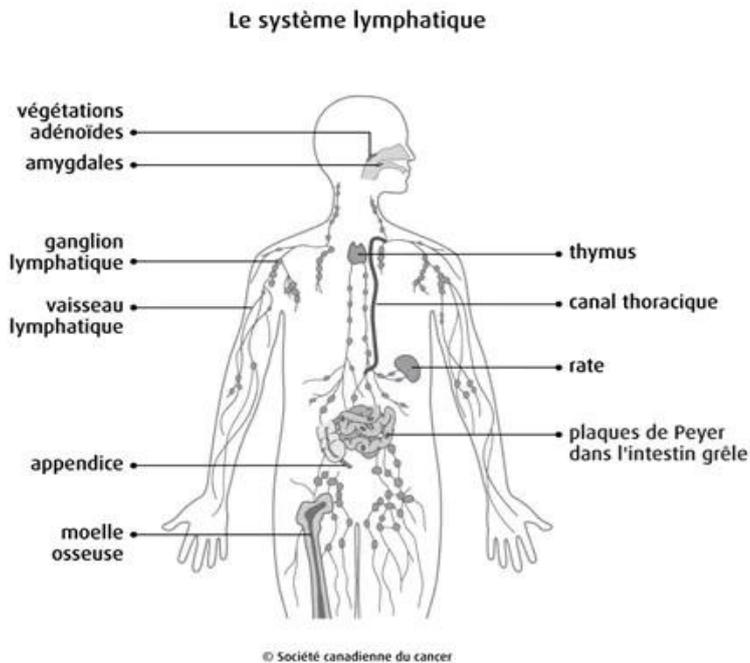
5.4 Le système respiratoire assure l'oxygénation du sang, élimine le dioxyde d carbone, et participe à la régulation de la balance acido-basique.



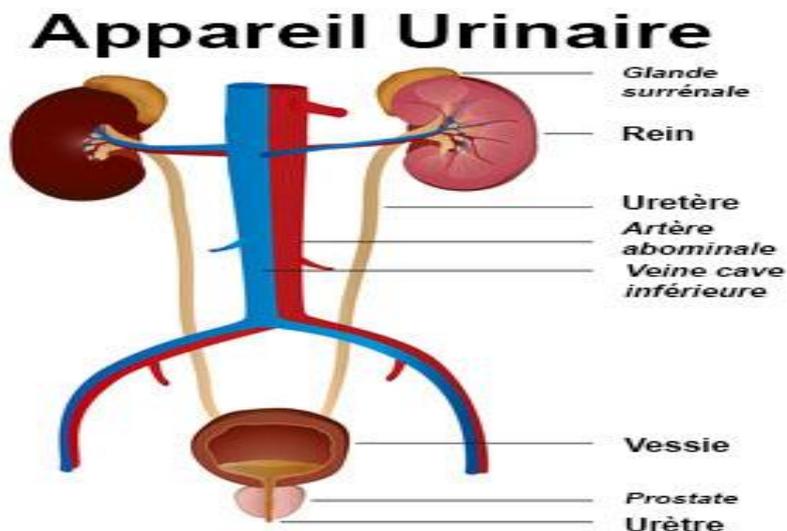
5.5 Le système circulatoire transporte les gaz respiratoires, les nutriments, les déchets et les hormones : il participe à la régulation de la température du corps et de l'équilibre acido-basique, et protège l'organisme des pertes d'eau et des maladies.



5.6 Le système lymphatique transporte la lymphe en provenance des tissus jusqu'au courant sanguin, participe à la défense contre les infections et à l'absorption des graisses.



5.7 Le système urinaire élimine les déchets transportés par le sang : régule la composition chimique, le volume, et la balance électrolytique du sang, et participe au maintien de l'équilibre acido-basique de l'organisme.



5.8 Le système tégumentaire à un rôle de protection du corps, de régulation de la température corporelle, d'élimination des déchets, de réception des stimuli sensoriels.

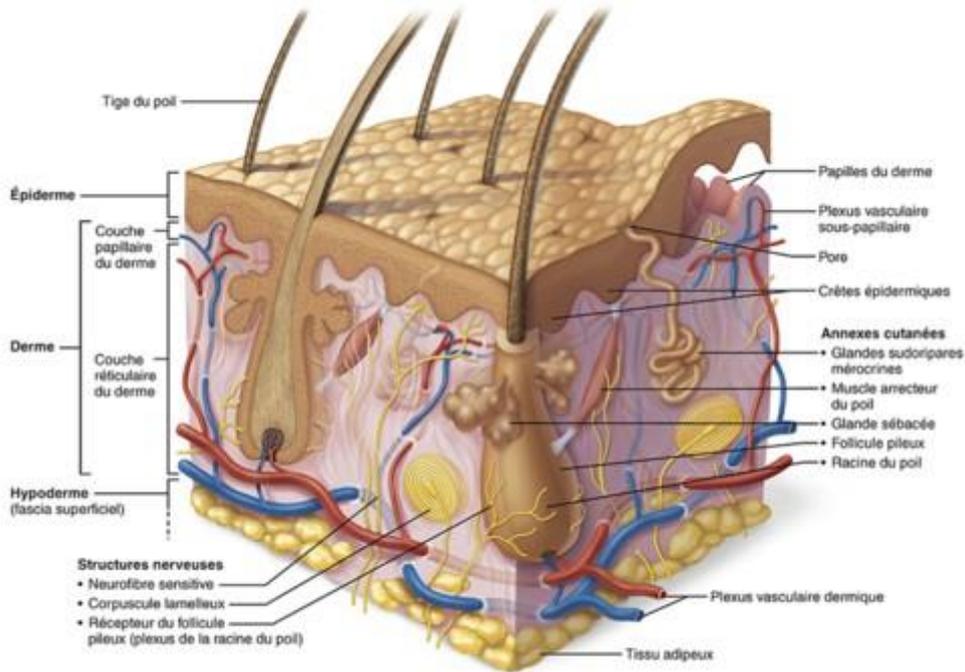
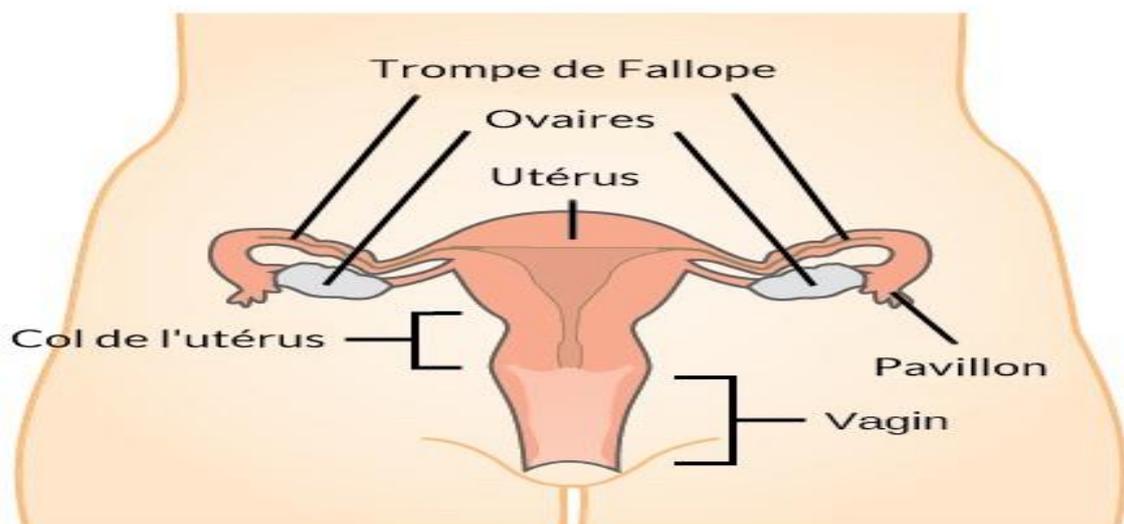


Figure 5.1 Structure de la peau. Vue tridimensionnelle de la peau et des tissus sous-cutanés. L'épiderme a été soulevé dans le coin supérieur droit pour montrer les papilles du derme.

5.9 Le système reproducteur ou génital assure la production des hormones sexuelles et des gamètes, pour la reproduction.



6 L'homéostasie

L'homéostasie est le processus par lequel une stabilité relative du milieu intérieur du corps est maintenue, de façon à ce que les fonctions métaboliques cellulaires se déroulent avec le maximum d'efficacité. L'homéostasie est assurée par les muscles et les glandes, dont le fonctionnement est régulé par les informations sensorielles provenant du milieu intérieur.

7 Position anatomique et terminologie.

Tous les termes permettant de décrire la position d'une partie du corps par rapport à une autre, sont définis par rapport à une position anatomique de référence.

Dans cette position, le sujet est debout, les pieds sont parallèles et maintenus à plat sur le sol, le regard dirigé vers l'avant, et les bras sont tendus le long du corps, la paume des mains est tournée vers l'avant et les doigts pointent vers le sol. Des termes anatomiques relatifs à l'orientation permettent de décrire la position des structures, des surfaces et des régions du corps selon la position anatomique. Les termes anatomiques les plus courants sont regroupés et définis dans le tableau 1.1. En plus de ce terme notés dans le tableau 1.2, trois plans de référence sont utilisés pour décrire l'orientation des structures du corps. Le plan sagittal médian est le plan de symétrie qui divise le corps en ses parties droite et gauche. Le plan frontal ou coronal, divise le corps en ses parties antérieure et postérieure, et le plan transverse (horizontale ou en coupe transversale) divise le corps en ses parties supérieure et inférieure.

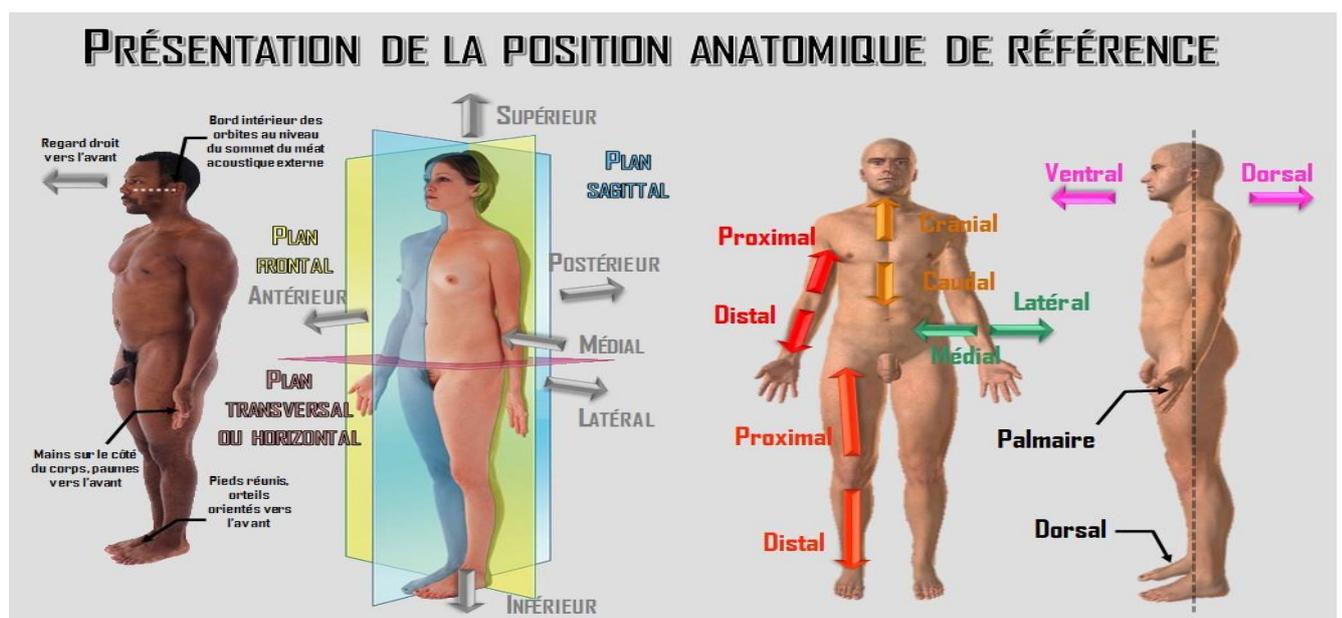


Tableau1.1. Les termes anatomiques et d'orientation les plus courants.

Terme	Définition
Supérieur (crânien))	Vers la tête. Réfère aux parois du corps
Inférieur (caudal)	Vers le bas à l'opposé de la tête.
Ventral (antérieur	Vers l'avant (devant)
Dorsal (postérieur)	Vers le dos (derrière)
Médian ou médial	Vers ou sur le plan médian du corps
Latéral	Opposé au plan médian du corps
Interne (profond)	, Eloigné de la surface du corps
Externe (superficiel)	Vers ou à la surface du corps
Proximal	Le plus près de l'origine d'une structure
Distal	Le plus éloigné de l'origine d'une structure
Viscéral	Réfère aux organes internes
Pariétal	Réfère aux parois du corps

8 Les régions du corps et cavités

Les principales régions du corps sont : la tête, le cou, le tronc (thorax et abdomen), les deux membres supérieurs et les deux membres inférieurs.

Les cavités du corps sont des espaces confinés dans lesquels les organes sont protégés, séparés et maintenus par des membranes. .

La cavité dorsale ou postérieure, est composée de la cavité crânienne qui contient l'encéphale et de la cavité vertébrale qui contient la moelle épinière.

La cavité ventrale, ou antérieure, comprend les cavités thoracique, abdominale et pelvienne, qui contiennent les organes viscéraux.

On regroupe les cavités abdominale et pelvienne sous le nom de cavité abdomino-pelvienne, parce qu'il n'y a pas de barrière physique entre elles Les organes viscéraux de la cavité thoracique sont le cœur et les poumons.

La cavité thoracique est divisée en deux cavités pleurales, chacune entourant un poumon, et une cavité péricardique entourant le cœur. Le médiastin est la région située

Physiologie licence 1

entre les deux poumons. Les viscères de la cavité abdominale sont l'estomac, le gros intestin, l'intestin grêles, la rate, le foie, la vésicule biliaire.

Les cavités du corps permettent la séparation fonctionnelle des organes et des systèmes, la plus grande partie du système nerveux occupe la cavité supérieure ; les principaux organes de des systèmes respiratoire et circulatoire se trouvent dans la cavité thoracique ; les principaux organes de la digestion sont situés dans la cavité abdominale, et les organes reproducteurs se trouvent dans la cavité pelvienne. Les membranes du corps, composés de fines couches de tissus épithélial et de tissu conjonctif, permettent de recouvrir, protéger, lubrifier séparer ou maintenir les organes viscéraux et de tapisser les cavités du corps. Les deux principaux types de membranes sont les membranes muqueuses et les membranes séreuses.

Les membranes muqueuses secrètent une substance épaisse et visqueuse appelée mucus qui libère et protège les organes.

Les membranes épithéliales qui tapissent la cavité nasale, la trachée et la cavité buccale sont des exemples de membranes muqueuses.

Les membranes muqueuses tapissent les parois internes de nombreux organes. Les membranes séreuses tapissent les cavités thoraciques et abdomino-pelvienne et recouvrent les organes viscéraux (décrits ci-dessus). Elles sont constituées de fines couches de tissu épithélial qui lubrifient, maintiennent et compartimentent les organes viscéraux.

Elles secrètent un lubrifiant aqueux, la séreuse. Le feuillet pariétal et le feuillet viscéral de la plèvre sont des membranes séreuses de la cavité thoracique qui tapissent les parois thoraciques, le diaphragme et la surface externe des poumons. Les feuillets pariétal et viscéral du péricarde sont des membranes séreuses qui entourent le cœur. Le péritoine pariétal qui tapisse la paroi abdominale et le péritoine viscéral qui recouvre les viscères abdominaux, sont les membranes séreuses de la cavité abdomino-pelvienne. Le mésentère un double feuillet ou péritoine, maintient les viscères et permet leur ancrage souple à la paroi abdominale.

9 Les fonctions vitales du corps humain

Elles sont au nombre de six.

9.1 Le métabolisme correspond à l'ensemble de toutes les réactions chimiques qui ont lieu dans le corps humain. Il se découpe en deux parties :

o **Anabolisme** : formation de molécules complexes à partir de molécules simples.

o **Catabolisme** : dégradation de molécules complexes en molécules plus petites.

9.2 La réactivité (ou excitabilité) qui est la capacité à percevoir les changements tant du milieu intérieur que du milieu extérieur, et d'apporter une réaction. Par exemple, quand vous posez la main sur une plaque chaude, vous la retirez immédiatement, sans réfléchir...

9.3 Le mouvement qui correspond au mouvement général du corps (marche par exemple...) mais également aux mouvements des systèmes, des organes, des cellules... (La circulation des aliments dans le tube digestif par exemple...).

9.4 La croissance qui est l'augmentation de volume d'une partie du corps, ou de l'organisme entier, par différents procédés : multiplication cellulaire, grossissement cellulaire, par l'augmentation de la matière entourant les cellules. Pour qu'il y ait croissance, il faut un anabolisme > catabolisme.

9.5 La différenciation : il s'agit de la spécialisation d'une cellule indifférenciée en une cellule spécialisée. Cette cellule aura une fonction différente de celle des cellules dont elle est issue.

9.6 La reproduction : soit par la multiplication cellulaire, soit par la formation d'un nouvel individu avec la rencontre d'une gamète mâle et d'une gamète femelle.

La cellule

1 Introduction

Les cellules sont des éléments essentiels pour notre organisme. Elles constituent tous les organes et tissus de celui-ci et assurent son bon fonctionnement. De taille variable, chacune des cellules possède toutefois la même structure et communique entre elles.

L'homme possède environ un million de milliards de cellules dans son organisme.

La cellule est une unité fondamentale, structurale et fonctionnelle des organismes vivants. Elle peut remplir toutes les fonctions de l'organisme, à savoir le métabolisme, le mouvement, la croissance, la reproduction ou encore la transmission de gènes. C'est une entité vivante qui fonctionne de manière autonome, tout en restant coordonnée avec les autres. On en distingue deux types :

Les cellules eucaryotes : elles possèdent un noyau contenant le matériel génétique (exemple : l'homme, la levure).

Les cellules procaryotes : elles sont dépourvues de noyau, leur matériel génétique est donc libre dans la cellule (exemple : les bactéries).

2 Structure de la cellule

2.1 La membrane cellulaire ou plasmique

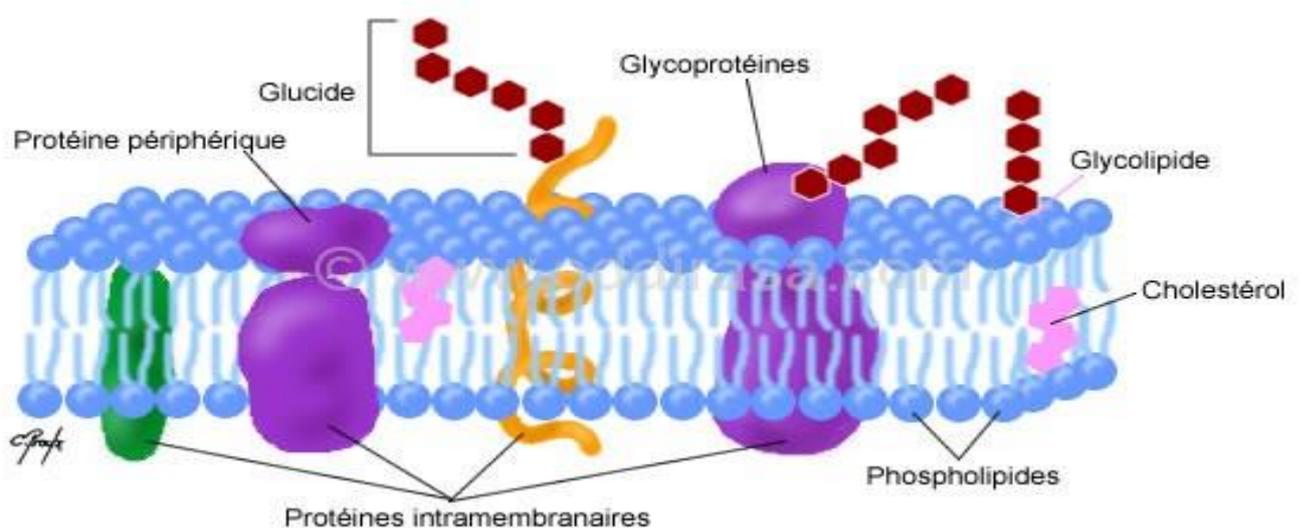
La cellule est entourée par une membrane plasmique délimitant un espace intérieur, contenant le cytoplasme et différents organites, d'un espace extérieur.

2.1.1 Structure de la membrane plasmique

La membrane plasmique ou cellulaire est composée de phospholipides qui lui confèrent sa structure de base, auxquels s'ajoutent des molécules de cholestérol

qui augmentent l'imperméabilité et la rigidité de la membrane. Les phospholipides sont amphiphiles, c'est-à-dire qu'ils possèdent un pôle hydrophile (qui aime l'eau, la tête) et un pôle hydrophobe (qui n'aime pas l'eau, la queue), formant ainsi une bicouche phospholipidique.

La membrane cellulaire est également composée de protéines qui assurent la plupart de ses fonctions spécifiques. On distingue différentes formes d'associations protéiques à la membrane : les protéines intrinsèques (une partie ou la totalité de la protéine est intégrée dans la membrane) et extrinsèques (la protéine se trouve à l'extérieur de la membrane).



Cette membrane est ainsi dotée de plusieurs fonctions :

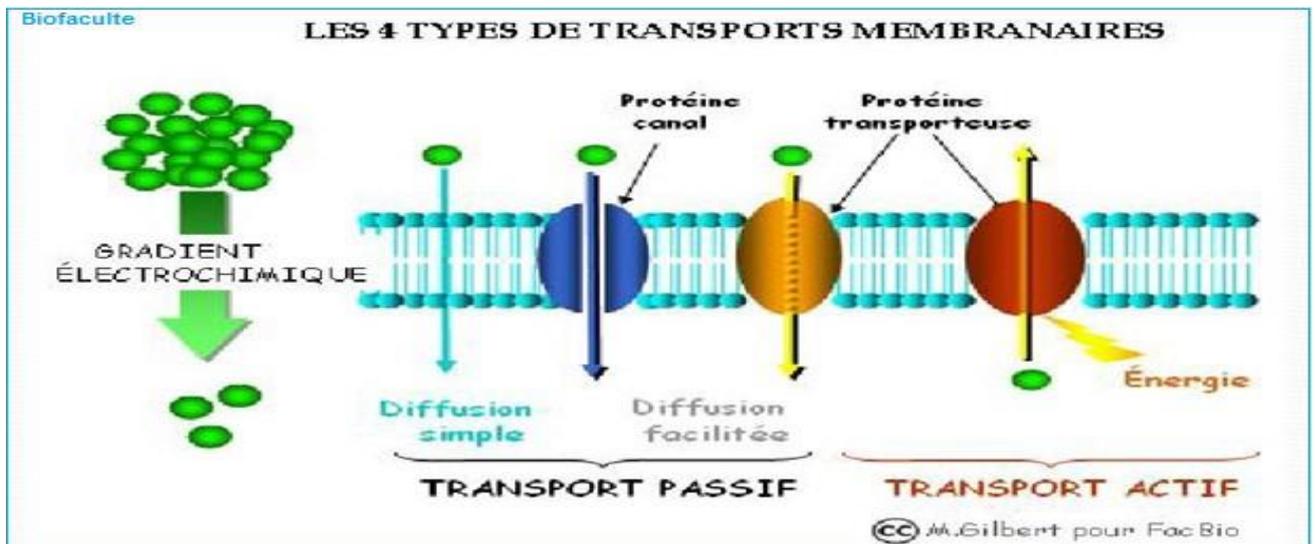
- protection de la cellule du milieu extérieur ;
- individualité de la cellule (la membrane qui entoure la cellule forme des compartiments fermés la séparant des autres cellules) ;
- échanges de molécules entre le milieu extracellulaire et intracellulaire (la membrane contrôle ainsi l'entrée des substances nutritives et le rejet des déchets.
- reconnaissance de certains produits par le biais de récepteurs présents dans la membrane, et auxquels elle va réagir (elle est donc une sorte de capteur de

signaux externes permettant à la cellule de se modifier en réponse aux modifications de l'environnement) ;

- identification de la cellule par la présence de d'antigènes spécifiques tels que les protéines du système HLA, des groupes sanguins et rhésus.

2.1.2 Les transports membranaires

La cellule est une unité vivante. Elle se nourrit en puisant dans le milieu extracellulaire les nutriments nécessaires au maintien de son activité et de sa croissance. Elle rejette dans ce même milieu les produits de dégradation inutiles ou toxiques. Par le caractère hydrophobe de sa couche lipidique, la membrane plasmique de la cellule ne permet pas le passage de molécules polaires (électrolytes) et de macromolécules. Celle-ci est cependant semi-perméable, car la cellule doit réguler ses concentrations ioniques. L'ensemble des échanges vont ainsi se faire à travers la membrane plasmique ou à l'aide de protéines transmembranaires. Il existe deux modes de transport moléculaires : le transport passif et le transport actif.



2.1.2.1 Le transport passif

Les molécules peuvent traverser la double couche lipidique par un mouvement spontané vers l'équilibre, sans apport d'énergie, dans le sens du gradient de concentration.

- ❖ par diffusion : la diffusion est le mouvement des molécules d'une zone où elles sont en concentration élevée vers une zone où elles sont en faible concentration
 - diffusion simple lorsque qu'une molécule de petite taille (souvent liposolubles) traverse directement la bicouche phospholipidique (exemples : oxygène, dioxyde de carbone, urée, graisses...).
 - diffusion facilitée lorsque la molécule doit utiliser une protéine transmembranaire pour être transportée (souvent hydrosolubles).
- ❖ par osmose : c'est le processus de la diffusion de l'eau dans différents milieux. Lorsqu'il y a une différence de concentration entre le milieu intracellulaire et extracellulaire, les molécules d'eau se déplacent pour diluer le milieu le plus concentré en soluté jusqu'à ce qu'il y ait éventuellement équilibre des concentrations (pression osmotique) :
 - Si le milieu extracellulaire et intracellulaire sont de même concentration, on dit que la solution est isotonique.
 - Si le liquide extracellulaire est moins concentré que la cellule, on dit que le milieu est hypotonique. La cellule se gorge alors d'eau (phénomène de turgescence) et gonfle.
 - Si le liquide extracellulaire est plus concentré que la cellule, on dit que le milieu est hypertonique. De l'eau diffuse hors de la cellule (phénomène de plasmolyse) et rétrécit.

Ces trois notions sont fondamentales dans notre pratique quotidienne, notamment dans l'administration des solutions intra veineuses au patient.

2.1.2.2 Le transport actif

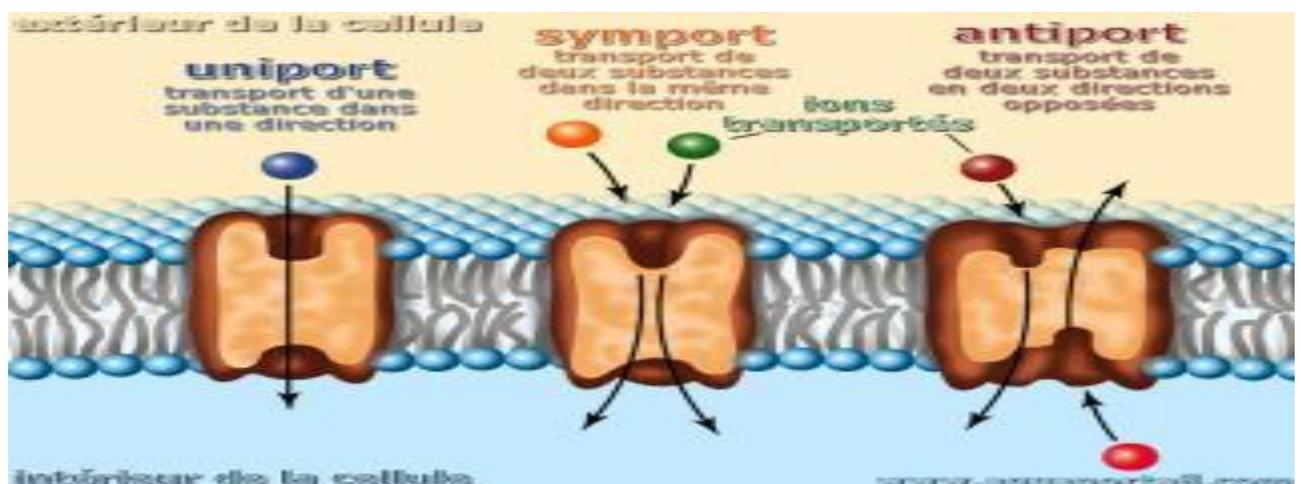
Le transport actif exige de l'énergie (ATP) pour rendre la structure transporteuse capable de fonctionner contre un gradient de concentration. Il est utilisé principalement pour le transport des macromolécules (ex : glucose , acides aminés ,...) ou des électrolytes (ex : sodium, potassium...). Ce transport nécessite un transporteur protéique, souvent dénommé pompe, situé au niveau de la membrane plasmique et qui assure le rôle d'un passeur.

Ainsi, à l'échelle cellulaire, on parle d'endocytose lorsque la cellule capture des éléments, par invagination de sa membrane plasmique, pour former des vacuoles dans son cytoplasme. A l'inverse, on parle d'exocytose quand la cellule déverse des substances emprisonnés dans des vacuoles dans le milieu extracellulaire. Il y a alors fusion de la membrane de la vacuole avec la membrane plasmique.

2.1.3 Les protéines de transport

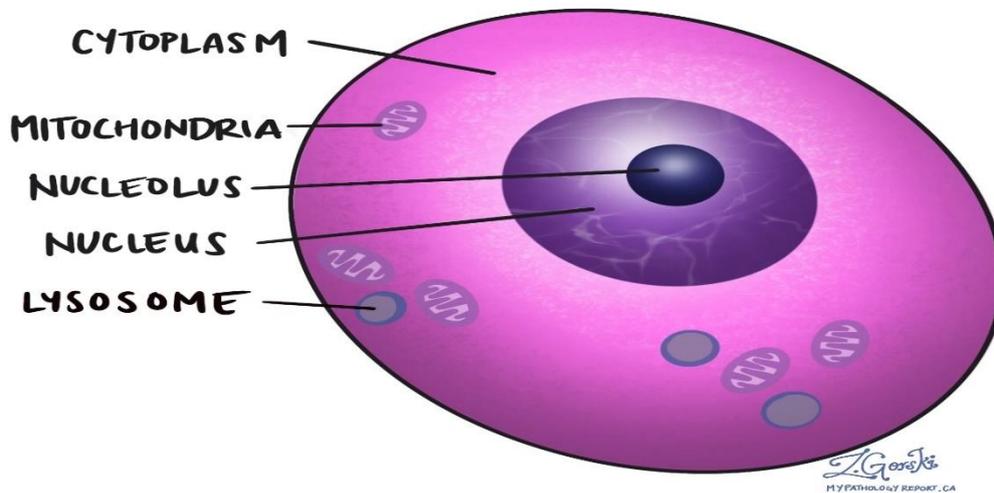
Certains transports nécessitent l'intervention de protéines présentes dans la membrane cellulaire. Ces protéines transpercent la membrane de part en part et fonctionnent comme des portes. Il y en existe trois types différents :

- ❖ uniport : transport d'une seule substance dans une direction ;
- ❖ symport : transport de 2 molécules différentes dans la même direction ;
- ❖ antiport : transport de 2 molécules différentes dans des directions opposées.



2.2 Le cytoplasme

Le cytoplasme désigne le contenu d'une cellule vivante. Plus exactement, il s'agit de la totalité du matériel cellulaire délimité par la membrane plasmique.



2.3 Le cytosol

Le milieu intracellulaire se compose d'un liquide appelé cytosol. Il est constitué en moyenne de 85 % d'eau et son pH est neutre. C'est dans ce milieu que l'ensemble des organites de la cellule baigne et que les principales activités cellulaires se déroulent.

2.4 Le cytosquelette

Ce réseau fibreux de nature protéique constitue à la fois un squelette et une musculature pour les cellules. Il sert à maintenir leur forme et intervient dans les mouvements internes, les déplacements, ainsi qu'au cours de la division cellulaire.

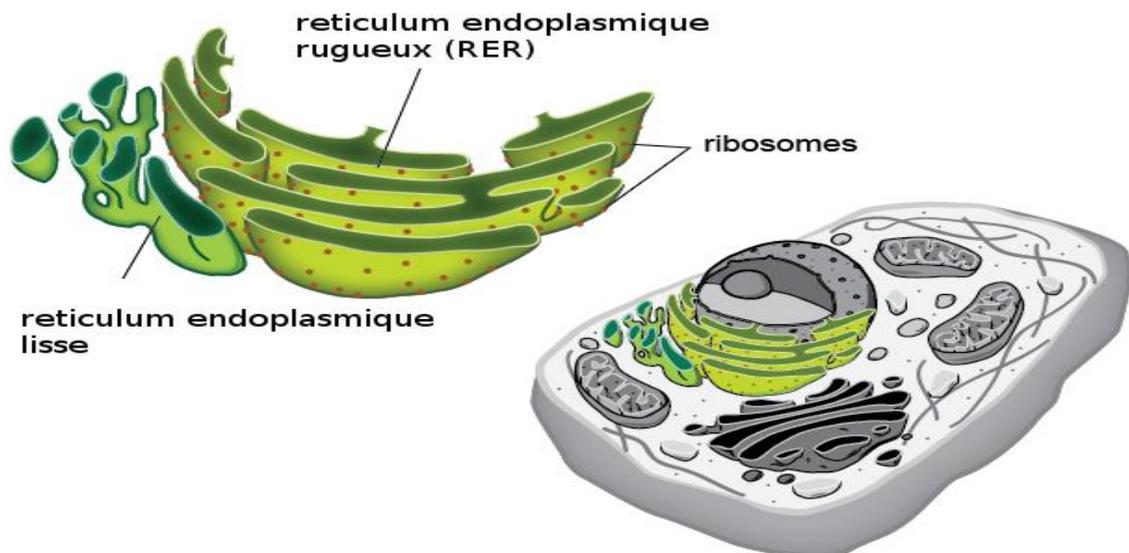
Le cytosquelette contient les centrosomes, des éléments tubulaires intervenant dans la division cellulaire. Chaque centrosome est composé de deux centrioles, ce sont des structures cellulaires intra-cytoplasmiques constituées de 9 triplets de 3 tubules. Chaque cellule contient donc deux centrioles (perpendiculaires et ne

se touchant pas) et l'ensemble forme le centrosome qui est toujours à proximité du noyau. Leur fonction est de diriger, tels des aimants, le sens de la division cellulaire.

3 Les organites

3.1 Le réticulum endoplasmique

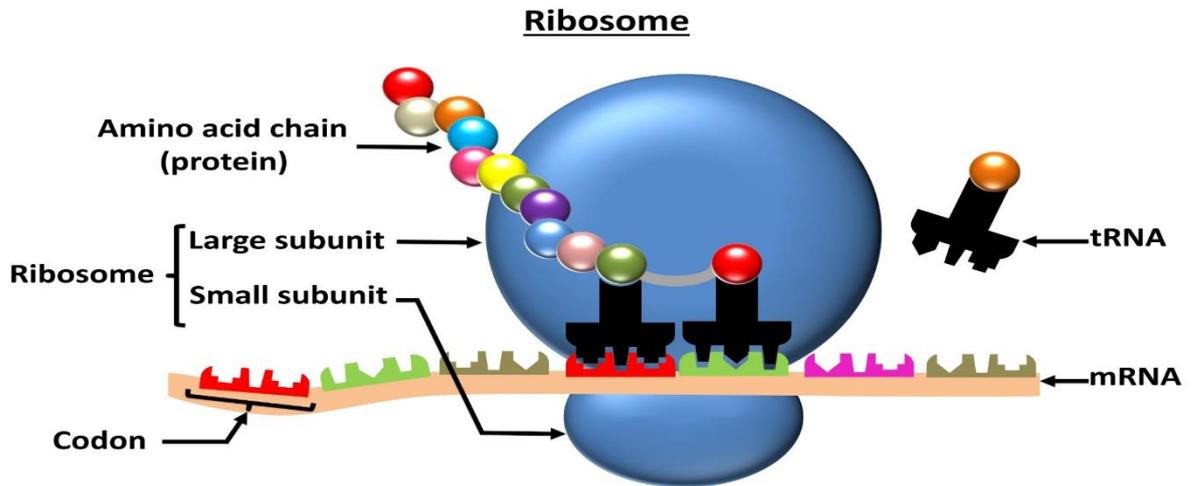
Les réticulum endoplasmiques (RE) sont des organites avec une double membrane intracellulaire et ressemblent à un amas de replis formant des cavités, appelées "citernes". Ils sont en continuité avec la membrane du noyau. Le réticulum endoplasmique granuleux (REG) ou réticulum endoplasmique rugueux (RER) a sa surface recouverte de ribosomes qui assemblent les acides aminés en protéines suivant l'information venue du noyau. Le réticulum endoplasmique lisse (REL), lui, n'en porte pas. Il intervient dans la synthèse de lipides, la détoxification des cellules (transformation de molécules toxiques en molécules atoxiques) et le stockage du calcium.



3.2 Les ribosomes

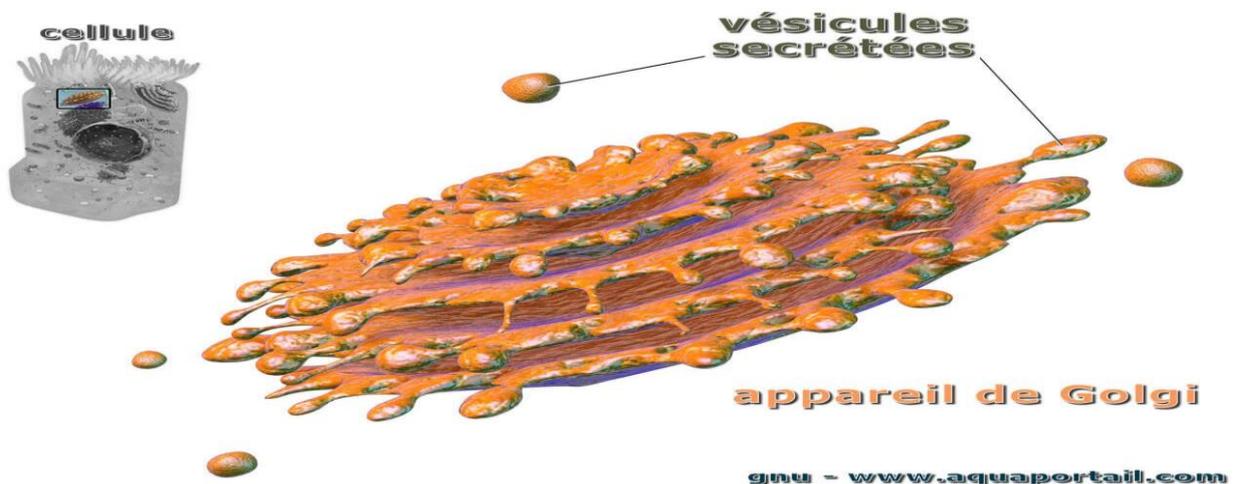
Ces sphères, libres ou associées au REG, participent à la synthèse protéique à partir d'ARN (traduction). Leur fonction est de synthétiser les

molécules de protéines à partir des acides aminés . Ils utilisent les ordres donnés par le noyau



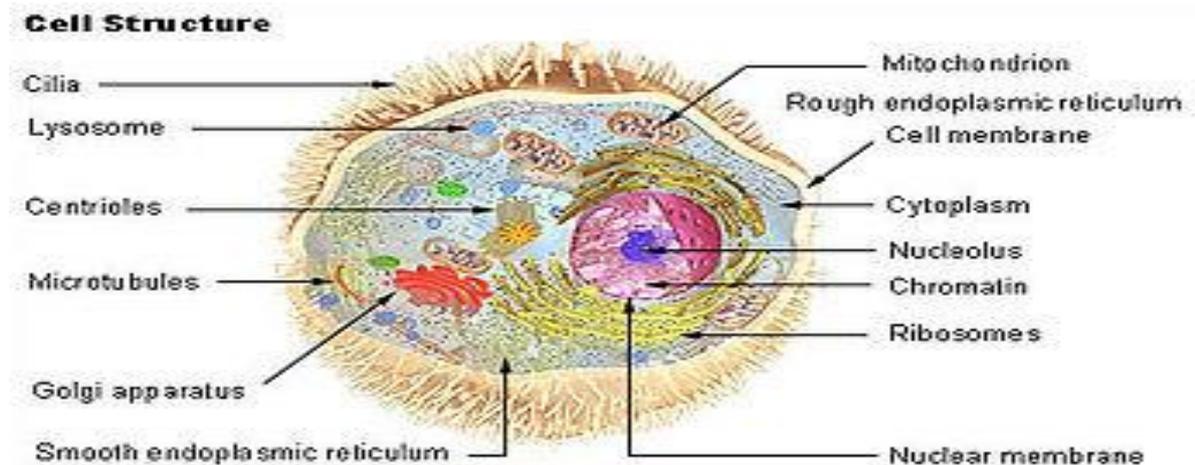
3.3 L'appareil de Golgi

Il est formé de sacs aplatis les uns sur les autres. Son rôle est de stocker les protéines issues du REG, d'achever leur maturation, de vérifier leur qualité et de les sécréter. Les protéines à sécréter sont alors concentrées dans des vésicules issues des extrémités de l'appareil de Golgi. Ces vésicules sont déversées dans le milieu extracellulaire par exocytose.



3.4 Les lysosomes

Ce sont des vésicules contenant des enzymes hydrolytiques qui proviennent du RE ou de l'appareil de Golgi. Ces enzymes servent à digérer les macromolécules inutilisables telles que les organites détruits ou abimés, les substances toxiques... C'est la digestion cellulaire.

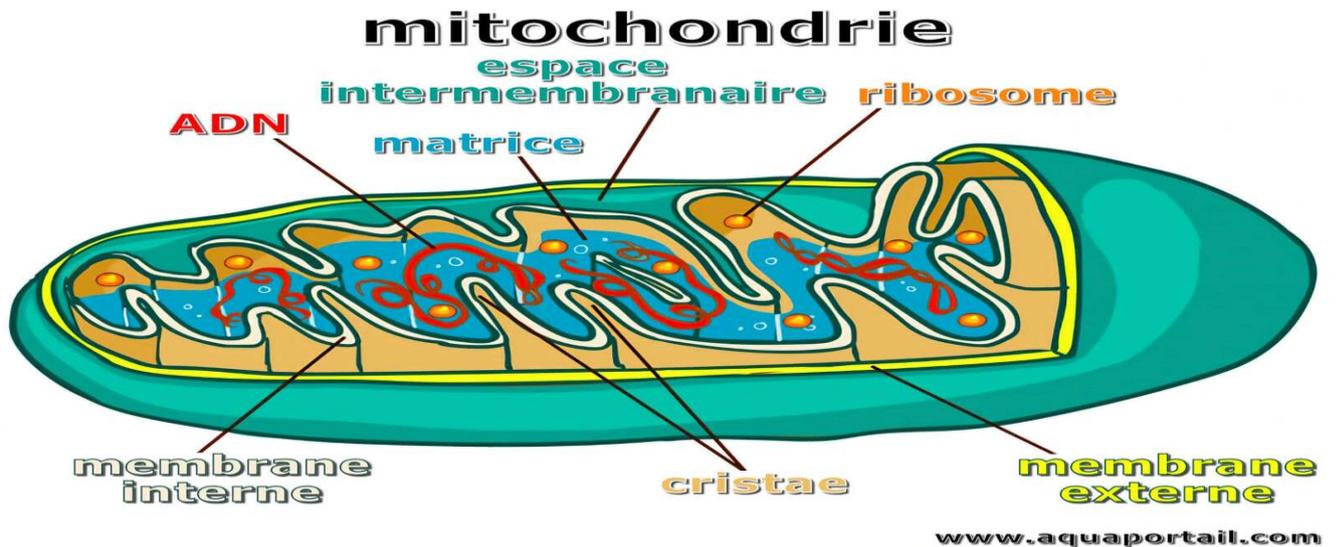


3.5 Les mitochondries

Les mitochondries sont des organites en forme de haricot de très petite taille. Ils ressemblent à de petits bâtonnets et possédant une double membrane intracellulaire. La membrane interne forme des replis appelés crêtes, qui s'imbriquent dans une substance appelée matrice. On y trouve de nombreuses enzymes responsables de la dégradation des nutriments sous forme simple, tel le glucose. Ces dégradations se déroulent en présence d'oxygène et portent le nom de respiration cellulaire. Elles permettent aux mitochondries de former de l'ATP, source d'énergie de la cellule. L'ATP est utilisée pour l'ensemble des activités de synthèse de la cellule ainsi que pour le transport actif.

Le nombre de mitochondries d'une cellule dépend de l'intensité de son activité : une cellule musculaire, par exemple, en possède beaucoup. Ces organites possèdent leur propre matériel génétique, l'ADN mitochondrial, hérité par la

mère. Ils peuvent synthétiser environ 10 % de leurs propres protéines grâce à la dizaine de gènes de leur ADN, les autres protéines mitochondriales provenant du travail de synthèse exécuté par les ribosomes.



3.6 Les vacuoles

Ce sont des cavités sphériques et mobiles qui contiennent des substances stockées par les cellules ou bien des déchets à éliminer.



3.7 Le noyau

- Il est visible dans la cellule lorsqu'elle ne se divise pas (interphase). Il est limité par l'enveloppe nucléaire et contient :

la chromatine qui est constituée d'ADN décondensé, le support génétique de la cellule ;

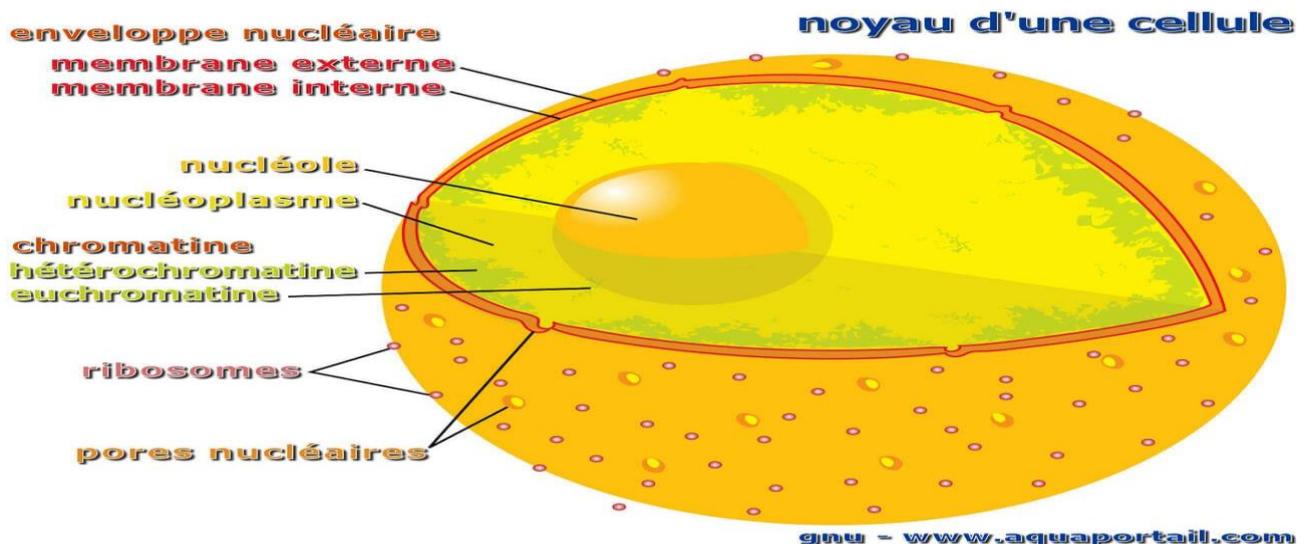
- le nucléole, constitué d'ARN qui, associé à des protéines, synthétisera des ribosomes.

Le noyau possède un diamètre variant de 10 à 20 μm (le plus gros des organites) et est entouré par une double membrane :

la membrane nucléaire. Cette membrane nucléaire contient des pores permettant les échanges nucléo-cytoplasmiques dans les deux sens.

Le nucléoplasme est le liquide dans lequel baignent les éléments contenus dans le noyau. Il a deux fonctions principales :

- contrôler les réactions chimiques du cytoplasme
- stocker les informations nécessaires à la division cellulaire.



4 Les communications intercellulaires

Ce sont l'ensemble des interactions qui existent entre les cellules elles-mêmes ainsi qu'avec le milieu extracellulaire. Il existe deux types d'interaction selon la proximité des cellules :

4.1 les cellules éloignées : interaction utilisant un messenger :

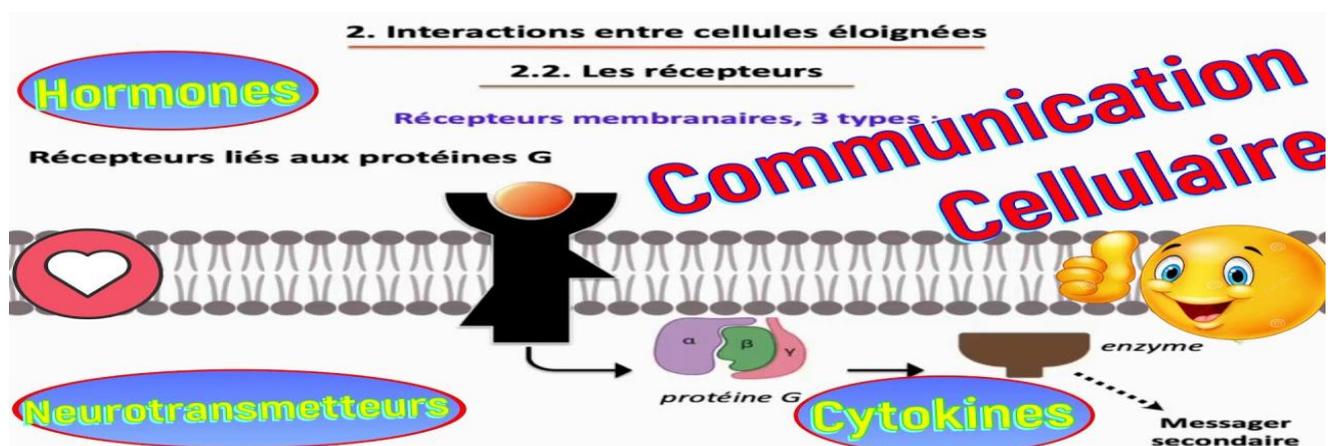
- autocrine : le messenger agit sur les cellules qui l'ont libéré ;
- paracrine : le messenger agit sur les cellules voisines de celles qui l'ont libéré
- endocrine : le messenger libéré par une cellule agit à distance sur une autre cellule après avoir été véhiculé par le sang ;

Pour communiquer entre elles, les cellules éloignées synthétisent des messagers (enzymes , médiateurs, hormones...) ainsi que des récepteurs. Ces deux éléments vont alors permettre aux cellules de communiquer au moyen de plusieurs étapes :

- synthèse et libération d'un messenger par la cellule A ;
interaction entre le messenger libéré par la cellule A et le récepteur de la cellule B transmission à la cellule A du signal capté par le récepteur, souvent accompagnée de réactions enzymatiques ;
- transformation du signal reçu par le récepteur de la cellule B en un ou plusieurs effets biologiques (exemples : contraction ou relâchement d'une fibre musculaire, ouverture ou fermeture d'un canal...).

4.2 Les cellules proches : interaction se faisant directement par contact :

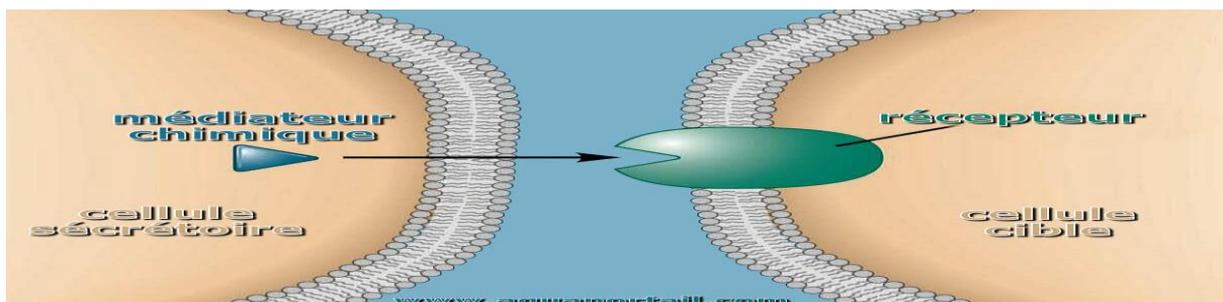
- juxtacrine : interaction qui comporte un contact entre 2 cellules et s'accompagne d'adhésion intercellulaire.



5 Les messagers

Une molécule libérée par une cellule A est informative lorsqu'elle interagit spécifiquement avec une structure appelée récepteur d'une cellule B pour y initier des réactions conduisant à des effets spécifiques. Les messagers sont de nature chimique diverse : dérivés d'acides aminés (noradrénaline, angiotensine...), des dérivés d'acides gras (prostaglandines...) ou des dérivés de cholestérol (cortisol, stéroïdes...). Leur classification repose sur la distance qui sépare leur site de libération de leur site d'action. On retrouve alors :

- **les hormones** : véhiculées par le sang depuis la glande qui les libère jusqu'à l'organe où elles exercent leurs effets. Exemple : la corticotrophine est libérée par l'hypophyse et stimule la glande cortico-surrénale ;
- **les médiateurs** : libérés à l'extrémité d'un nerf, ils transmettent une information à une structure qui peut être un nerf ou un muscle. Exemples : la catécholamine, l'acétylcholine ;
- **les cytokines** : elles peuvent agir sur la même population de cellules que celles qui les fabriquent ou sur une population différente (mode paracrine), elles peuvent agir sur les cellules qui les synthétisent (mode autocrine), elles peuvent agir à distance, transportées par le flux sanguin sur d'autres tissus comme la moelle osseuse, les os, le foie, le système nerveux central (mode endocrine) ;
- **les molécules d'adhésion** : elles agissent en établissant des liens passifs ou impliquent des réactions par mise en jeu de signalisation intracellulaire.



6 Les récepteurs

Un récepteur est une structure moléculaire de nature polypeptidique interagissant avec un messenger. Cette interaction crée alors une modification du récepteur induisant un effet biologique. Les récepteurs peuvent être membranaires (absence de pénétration du médiateur dans la cellule) ou intranucléaires (pénétration du médiateur dans la cellule). Une même cellule comporte généralement plusieurs types de récepteurs.

6.1 Les récepteurs membranaires

Un récepteur membranaire comporte une partie extracellulaire, où se trouve le site de reconnaissance de la molécule informative, une partie transmembranaire et une partie intracellulaire. L'activation du récepteur membranaire ne nécessite pas la pénétration de la molécule informative dans la cellule. Cette activation va induire des modifications qui vont soit être localisées à la membrane, soit s'étendre au cytoplasme ou bien atteindre le noyau. L'ensemble des réactions entre activation du récepteur membranaire et effet cytoplasmique ou nucléaire est appelé transduction du signal.

Il existe trois types de récepteurs membranaires :

- **les récepteurs canaux** : ils comportent un canal faisant communiquer le cytoplasme avec le milieu extracellulaire. Le messenger module l'ouverture du canal et régule l'entrée dans la cellule des ions (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- ;..). La réponse est instantanée et de courte durée ;
- **les récepteurs liés aux protéines G** : leur activité nécessite la présence de GDP (guanosine di phosphate). Les protéines G entrent en contact avec le récepteur et transmettent le signal à des enzymes (adénylcyclase, phospholipase C....) ;

- **les récepteurs enzymes** : le récepteur possède sa propre activité enzymatique. La fixation du messenger sur le récepteur active son site enzymatique.

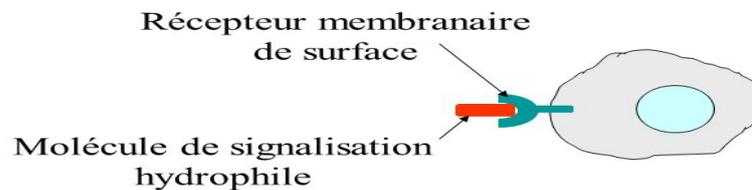
6.2 Les récepteurs intracellulaires

Le messenger lipophile traverse la membrane plasmique et se lie :

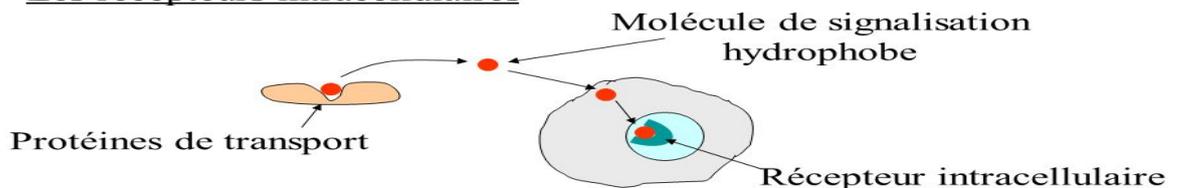
- soit avec le récepteur présent dans le cytoplasme, c'est le complexe messenger-récepteur qui pénètre dans le noyau et interagit avec l'ADN (le messenger a un effet indirect) ;
- soit à une protéine intracellulaire qu'il modifie pour qu'elle puisse interagir au niveau du noyau avec l'ADN (le messenger a un effet direct).

Les différents types de récepteurs

- Les récepteurs membranaires



- Les récepteurs intracellulaires



7 Les cellules proches

Les cellules proches interagissent directement par contact. Elles vont pouvoir échanger des informations en adhérant l'une à l'autre à l'aide de jonctions cellulaires. Il en existe trois types :

- **les jonctions serrées** : cette jonction étanche se compose de deux membranes collées, soutenues par des protéines (occludine et claudine) ;

- **les jonctions d'ancrage** : cette jonction permet aux cellules de s'accrocher entre elles, notamment pour former les tissus ;
- **les desmosomes** : les desmosomes sont composés de plaques circulaires cytoplasmiques denses, situées à l'intérieur de chaque cellule. Sur ces desmosomes sont abouchés des cadhérines (niveau extracellulaire), qui adhèrent entre elles à l'aide d'ions calcium, ainsi que des filaments intermédiaires (niveau intracellulaire) qui assurent la cohésion entre les cellules ;
- **les jonctions adhérentes** : ces jonctions se composent de cadhérines comme la jonction précédente, mais elles sont reliées par des caténines dans le cytoplasme des cellules à des filaments d'actine qui assurent la cohésion entre les cellules ;
- **les jonctions communicantes** : ces jonctions sont formées de connexines, des protéines membranaires qui, lorsqu'elles s'associent, forment une connexon. Les connexons sont des canaux intercellulaires qui traversent les membranes plasmiques des deux cellules.

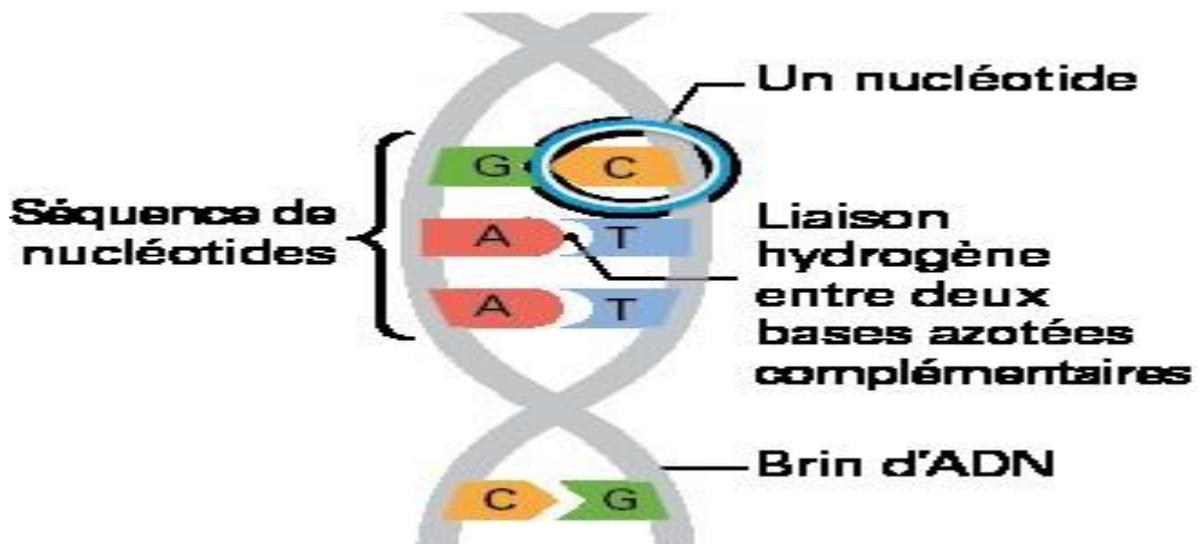
7.1 Cellules ADN

Dans notre organisme, toute cellule provient d'une autre cellule. De ce fait, chacune d'entre elles contient dans son noyau le même matériel génétique, plus communément appelé ADN.

Deux mètres, c'est la taille de l'ADN déroulé contenu dans chaque cellule. L'ADN est une longue molécule contenant l'information génétique de la cellule et de l'organisme. Chaque cellule contient les mêmes molécules d'ADN (sauf en cas de maladie ou de mutation) dans leur noyau. On retrouve également de l'ADN dans les mitochondries (ADN mitochondrial).

L'unité de base de l'ADN est le nucléotide. Il est composé de trois éléments :

- un élément phosphate ;
- un sucre qui est du désoxyribose ;
- une base azotée : adénine (A), guanine (G) (bases puriques), thymine (T) et cytosine (C) (bases pyrimidiques).



L'ADN est donc le support de l'information génétique. A chaque information génétique correspond un gène (portion d'ADN). Chaque gène détermine la structure (code) d'une protéine, elle-même composée de plusieurs acides aminés (AA). La synthèse des protéines se déroule dans le cytoplasme au niveau des ribosomes. Or l'information génétique de l'ADN est située dans le noyau de la cellule et ne peut en sortir. L'intervention d'acide ribonucléique (ARN) est alors nécessaire.

7.2 L'acide ribonucléique (ARN)

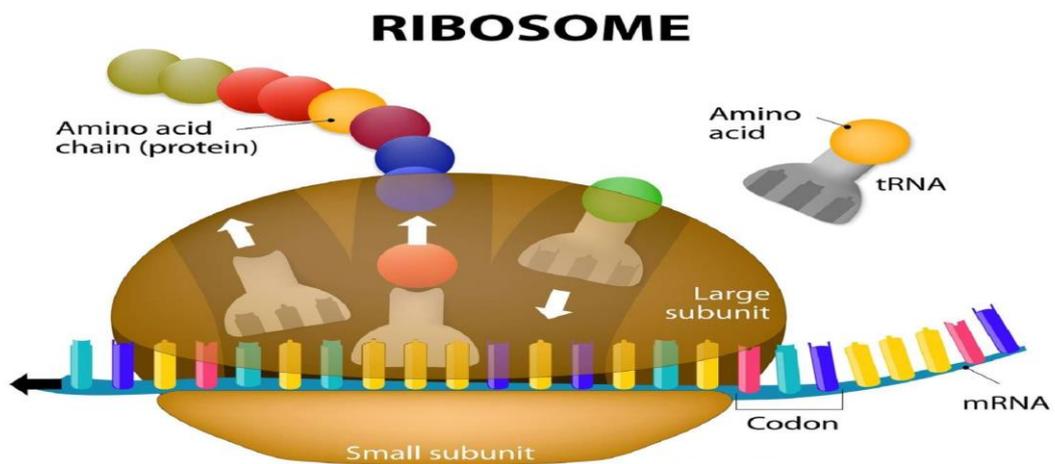
L'ARN est l'intermédiaire nécessaire dans la fabrication des protéines . Comme l'ADN, l'unité de base est le nucléotide, mais certains éléments différents :

- le sucre est du ribose ;
- la base "T" est remplacée par de l'uracile "U" ;

- l'ARN ne possède qu'une seule chaîne de nucléotides.

Il existe deux types d'ARN principaux utilisés lors de la synthèse protéique :

- l'ARN messager (ARNm) : c'est une copie transitoire d'un brin d'ADN qui va pouvoir se déplacer dans le cytoplasme de la cellule pour être traduit en protéine.
- l'ARN de transfert (ARNt) : c'est l'ARN chargé de traduire des codons (séquence de trois nucléotides) en acide aminé. Il existe un ARNt spécifique pour chaque AA.



8 Le cycle cellulaire

Le cycle cellulaire correspond à l'ensemble des modifications qu'une cellule subit lors de sa formation. Il se compose de l'interphase et de la mitose pour

Les cellules somatiques (asexuées), et de l'interphase et la méiose les cellules germinales.

La plus grande partie du cycle est occupée par l'interphase, période comprise entre la fin d'une division et le début de la suivante. Lors de cette période, le noyau est mécaniquement inactif, c'est-à-dire qu'il ne se divise pas.

8.1 L'interphase

L'interphase est composée de trois phases successives : la phase G1, la phase S et la phase G2. Lors de cette période du cycle, les chromosomes ne sont pas individualisés et le matériel génétique est sous la forme de chromatine.

8.2 La phase G1

Cette phase de préparation dure de quelques heures à quelques jours selon les types de cellules (environ la moitié du temps du cycle cellulaire). Elle correspond à l'intervalle de temps qui s'écoule entre la fin de la mitose et le début de la phase de synthèse. C'est pendant la phase G1 que la cellule contrôle sa taille et son environnement. Cependant, elle n'a pas encore commencé à répliquer son ADN et peut entrer dans un état de quiescence G0 (la cellule sort du cycle cellulaire), qui peut durer de quelques jours à plusieurs années. De plus, il faut savoir qu'une cellule qui ne se divise plus reste en phase G1 jusqu'à sa mort.

8.3 La phase S

La phase S est la phase de synthèse où l'ADN de la cellule est répliqué dans le noyau, elle dure environ 10 à 12h heures. Cette étape permet à la cellule de dupliquer à l'identique son matériel génétique, les chromosomes passent alors d'une chromatide à deux chromatides.

8.4 La phase G2

En phase G2, la cellule se prépare à l'entrée en mitose. Pendant cette période, la cellule va vérifier que son ADN a été correctement répliqué. Elle dure environ 3 heures.

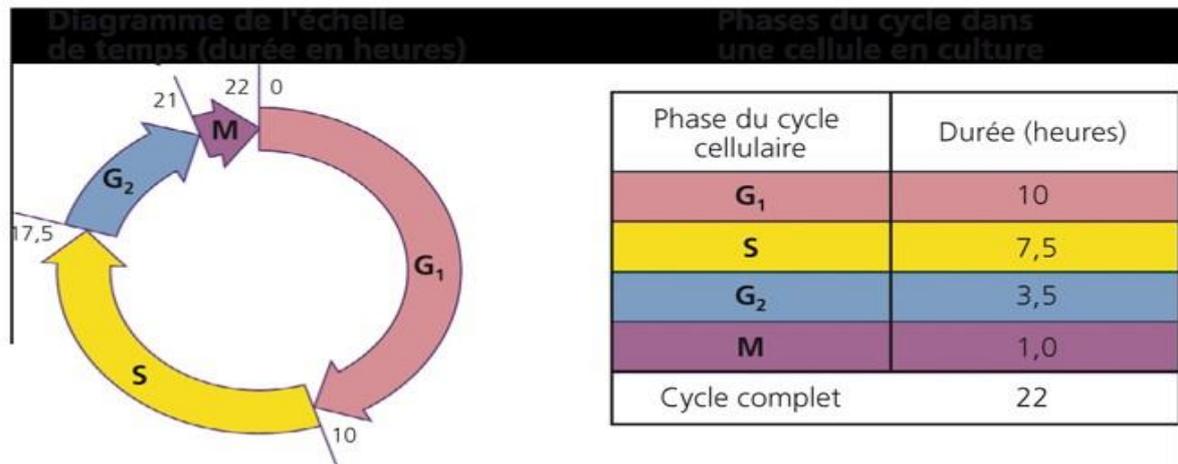


Diagramme de l'échelle de temps

phase du cycle dans une cellule

9 La mitose (ou phase M)

A l'exception des hématies, des cellules nerveuses et des fibres musculaires squelettiques, toutes les cellules sont susceptibles de se diviser. La division cellulaire permet aux cellules de se reproduire et de se multiplier, car chaque jour nombreuses d'entre elles meurent (exemple : croissance, cicatrisation...). Elle dure environ 1 heure.

Grâce au processus de mitose, une cellule mère va former deux cellules filles ayant les mêmes caractéristiques morphologiques et physiologiques qu'elle. Les chromosomes, le matériel nucléaire et cytoplasmique de la cellule mère vont alors être divisés entre deux cellules filles, mais le processus de répartition est complexe. Il se réalise en 6 étapes qui sont la prophase, la prométaphase, la métaphase, l'anaphase, la télophase et la cytotélophase.

9.1 La prophase

Les filaments de chromatine se condensent en chromatide pour former des chromosomes dans le noyau. Les centrioles de la cellule se répliquent en deux paires et se répartissent à chaque pôle du noyau. Des microtubules se

développent en forme de fuseau, sortes de rails sur lesquels vont se déplacer les chromosomes. La membrane nucléaire se désagrège.

9.2 La prométaphase

La membrane nucléaire se rompt en vésicules. Les chromosomes sont très condensés et se lient aux kinétochores (assemblage de protéines au niveau des centromères des chromosomes).

9.3 la métaphase

Les microtubules capturent les chromosomes au niveau des kinétochores. Lorsque la capture est réalisée des deux côtés, le jeu coordonné des microtubules place les chromosomes à égale distance des pôles (à l'équateur), formant la plaque équatoriale. Tant que le dernier chromosome n'est pas en place,

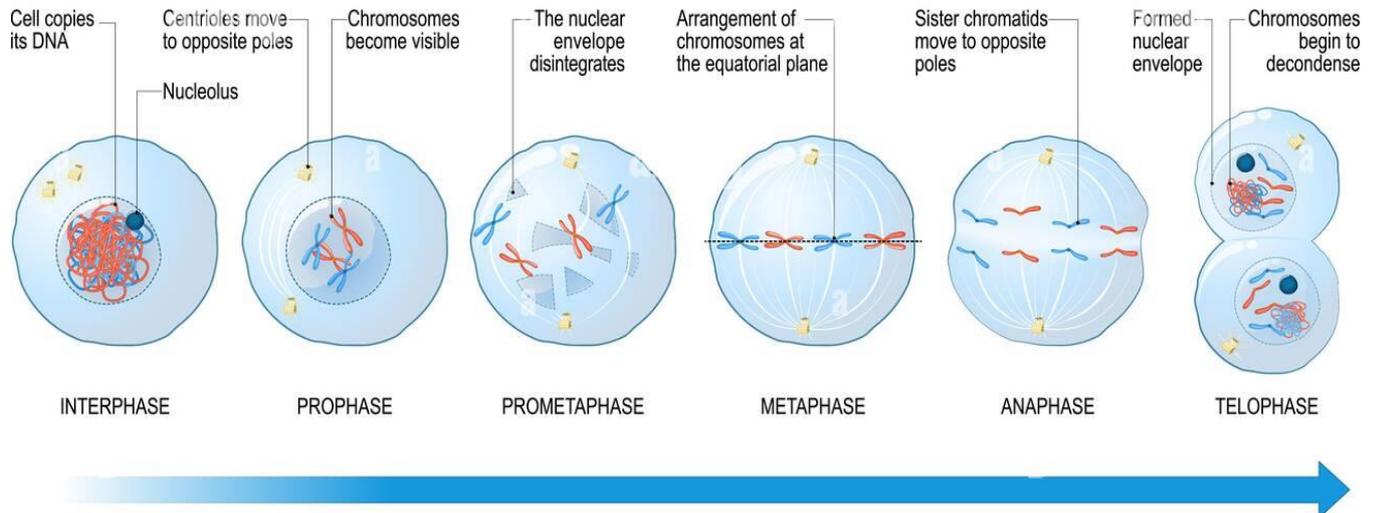
9.4 L'anaphase

Les chromosomes sont tous disposés à l'équateur de la cellule. Les chromatides de chaque chromosome se séparent par le centromère qui se clive. Les moteurs des kinétochores font monter les chromatides vers les pôles opposés de la cellule (un lot de 46 chromosomes avec une chromatide à chaque pôle).

9.5 La télophase

Une membrane nucléaire se forme, le fuseau s'estompe. Une cloison entre les cellules filles se crée. Tous les chromosomes fils sont aux pôles. Les microtubules kinétochoriens ont disparu.

Mitotic phases



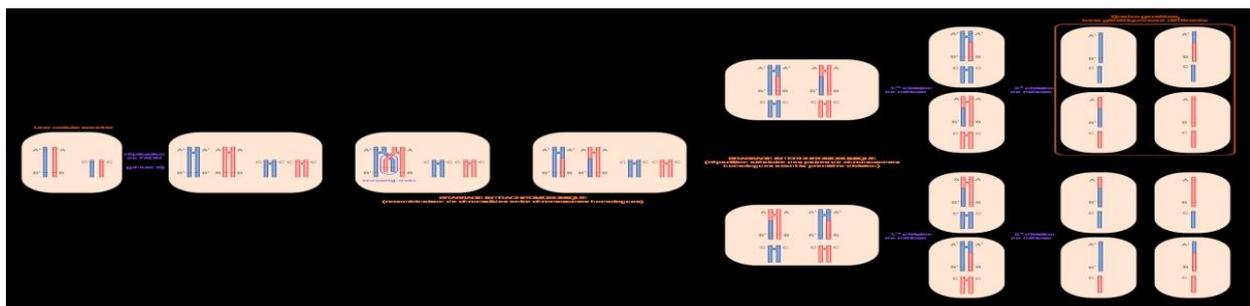
alamy

Image ID: 2DHY2K4
www.alamy.com

10 La méiose

Lors du développement des cellules germinales immatures vers des formes matures (gamètes), le patrimoine génétique ne se duplique pas (il n'y a pas de cellule mère qui donne naissance à deux cellules filles identiques).

En effet, les cellules normales diploïdes ($2n$, soit 46 chromosomes) sont réduites à des cellules haploïdes (n , soit 23 chromosomes). Pour arriver à ce résultat, la cellule procède à deux divisions : la division réductionnelle et la division équationnelle. Ainsi, à la fin de la méiose, on aboutit à quatre cellules haploïdes à partir de chaque cellule qui entre en méiose.



11 Division réductionnelle

Elle fait passer la cellule diploïde ($2n$) à 2 chromatides à deux cellules haploïdes (n) à deux chromatides. Elle se compose de quatre étapes fondamentales :

- la prophase I : la chromatine se condense en chromatides pour former les chromosomes et l'enveloppe nucléaire disparaît. Les chromosomes homologues, préalablement répliqués lors de l'interphase, vont s'apparier aux niveaux de zones appelées chiasmata. A ce moment-là, un processus de brassage intrachromosomique peut survenir, on l'appelle le crossing-over ou enjambement chromosomique. Il consiste en l'échange de deux segments d'ADN entre deux chromosomes homologues, ce qui donne naissance à des chromosomes recombinés. Ce phénomène contribue à la diversité génétique, puisque à la fin de la méiose, chaque gamète possèdera des combinaisons génétiques différentes.
- la métaphase I : les microtubules capturent les chromosomes au niveau du kinétochore et les alignent au niveau de la plaque équatoriale. Chaque paire de chromosomes homologues a la possibilité de migrer vers deux pôles différents selon leur agencement sur la plaque équatoriale. Il existe alors 223 combinaisons possibles pour les cellules filles. C'est ce qu'on appelle le brassage interchromosomique.
- l'anaphase I : chaque chromosome s'éloigne de son homologue. Ils sont alors tirés au niveau de leur kinétochores par les microtubules vers les pôles opposés de la cellule (1 lot de 46 chromosomes avec 2 chromatides à chaque pôle).
- la télophase I : les enveloppes nucléaires de chaque cellule se reforment et les kinétochores disparaissent. La cellule se clive en deux (cytodierèse) grâce à un anneau contractile au niveau du plan équatorial. S'en suit une courte période d'interphase avant d'entamer le deuxième processus de division.

12 La mort cellulaire

Il existe deux types de mort cellulaires : l'apoptose (mort cellulaire programmée) et la nécrose.

L'apoptose est la mort cellulaire naturelle (ou physiologique). Elle survient à une étape précise du développement de la cellule. Indispensable au bon fonctionnement de notre organisme, l'apoptose survient à la suite de signaux extracellulaires ou intracellulaires. Ce processus fragmente les cellules pour qu'elles soient éliminées de l'organisme par phagocytose sans laisser de cicatrice.

La nécrose, quant à elle, est une mort cellulaire accidentelle. Ce processus intervient lorsque les apports nécessaires au maintien de la cellule sont insuffisants (ex : nutriments, oxygène).

Le Système nerveux

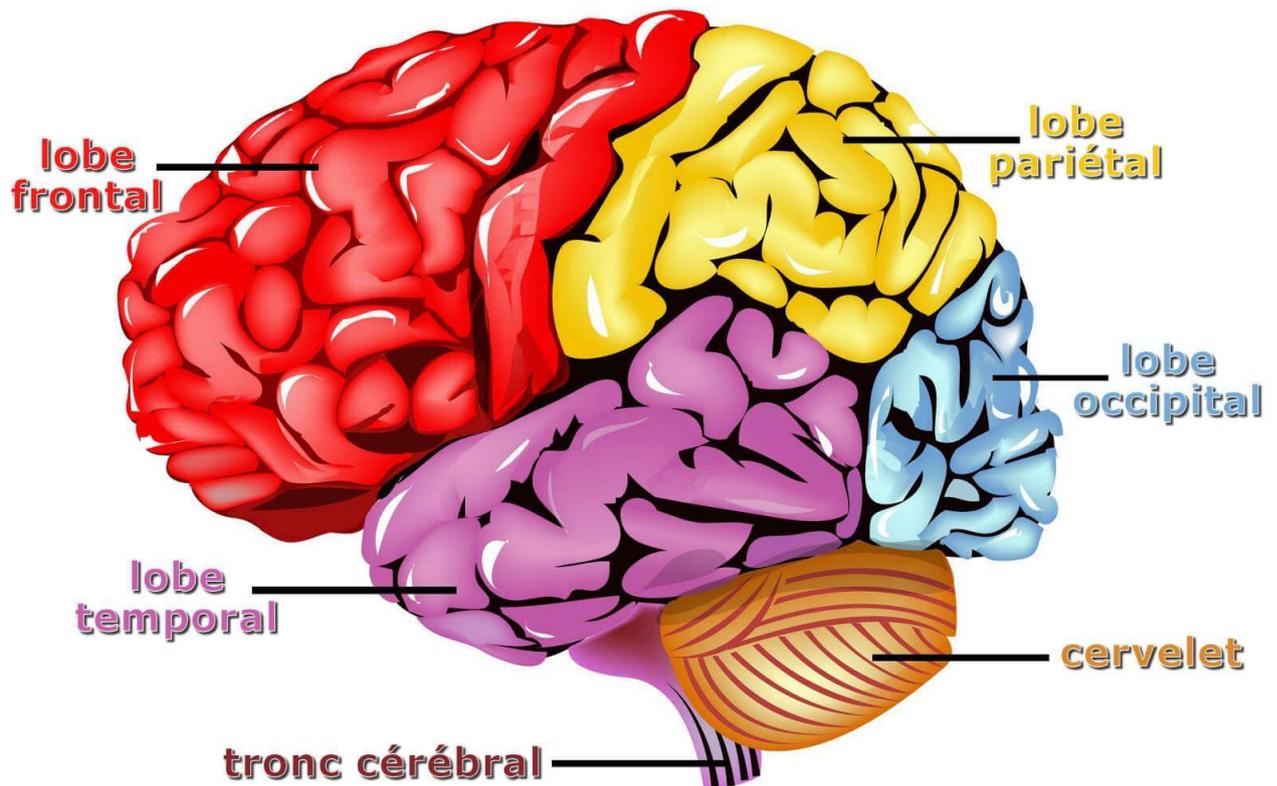
1 Introduction

Ensemble des structures, des éléments de tissu nerveux qui commandent les fonctions vitales (sensibilité, motricité, nutrition, respiration, etc.) et, chez les mammifères supérieurs, notamment l'homme, les facultés intellectuelles et affectives.

Ensemble composé du cerveau, de la moelle épinière et d'un réseau de nerfs parcourant tout l'organisme. Le système nerveux commande et contrôle l'ensemble du corps.

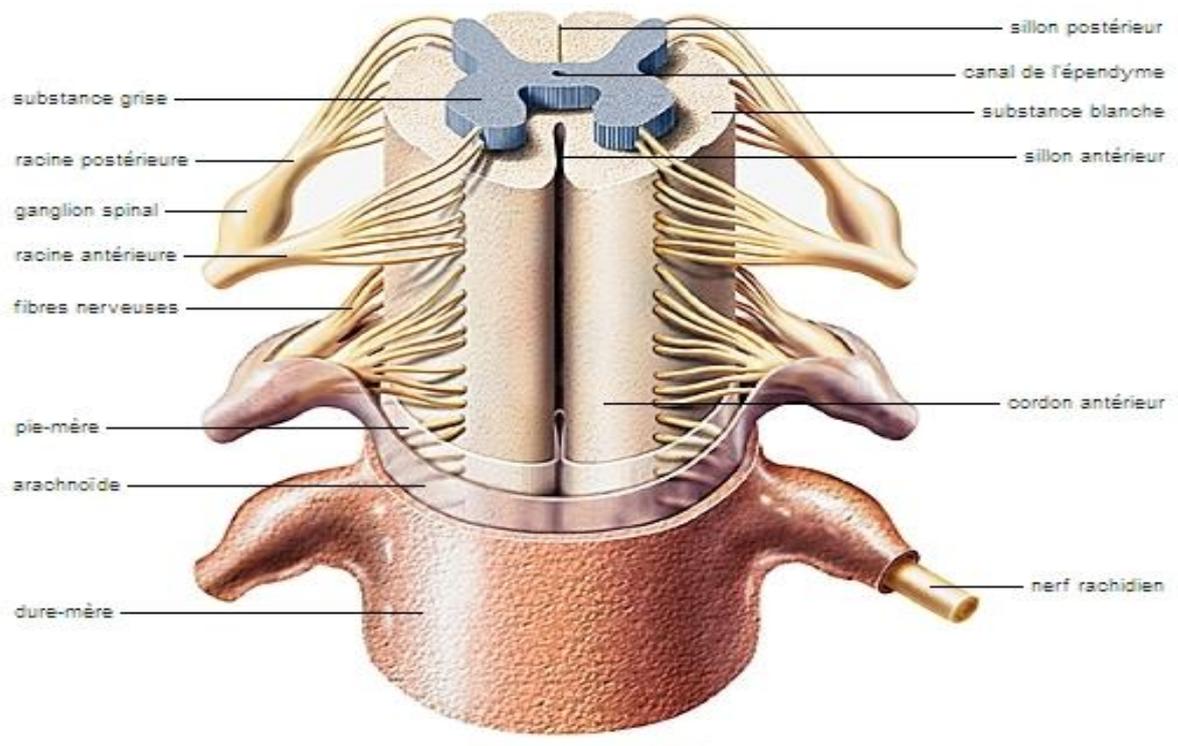
Le cerveau

Cerveau humain et ses principales parties

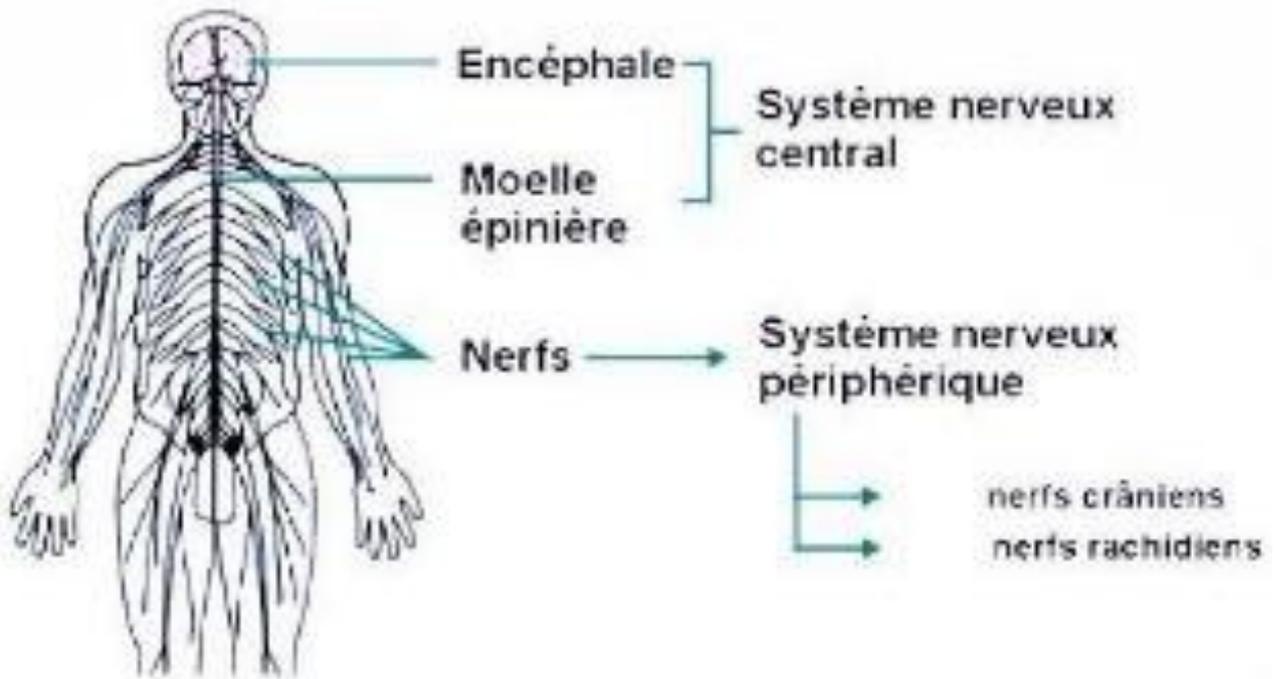


gnu - www.aquaportail.com

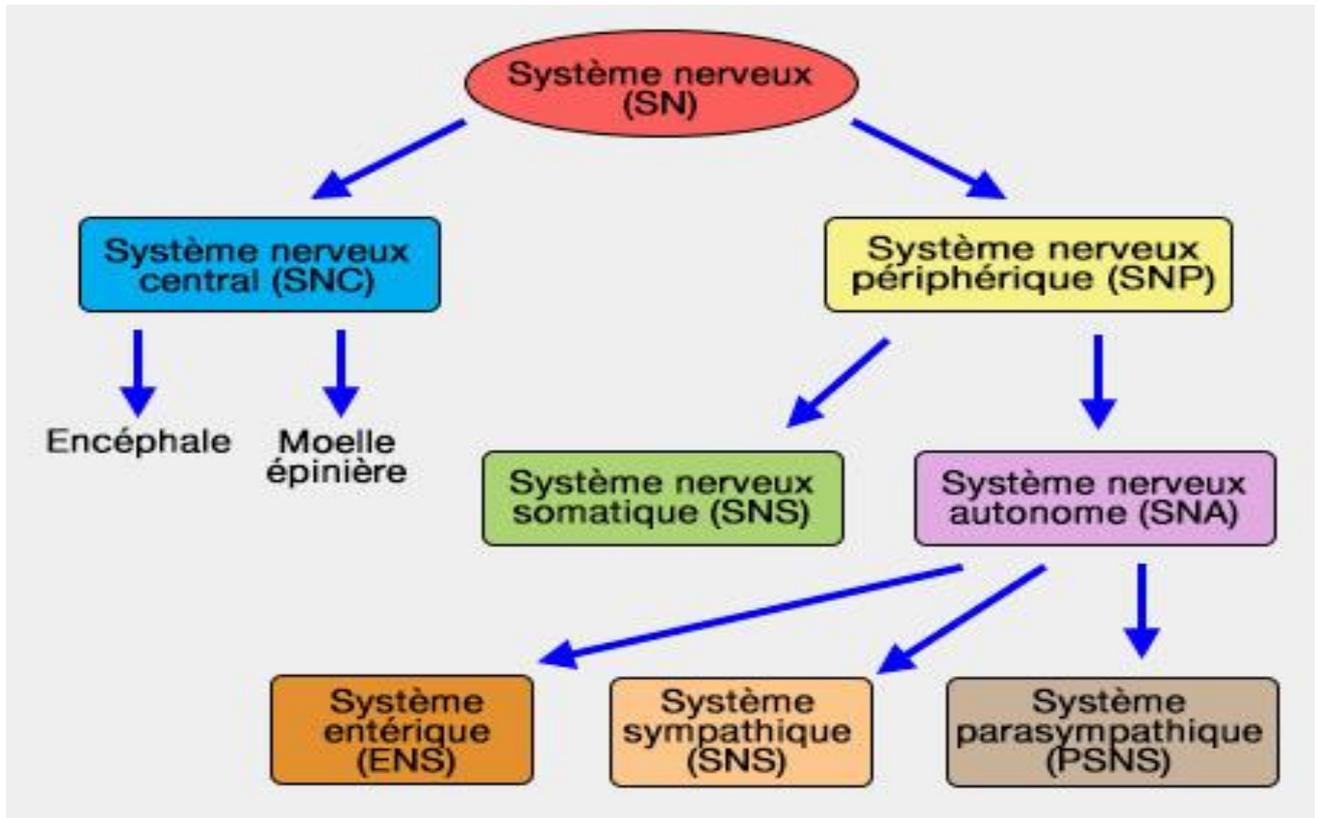
La moelle épinière



Nerfs crâniens et Nerfs rachidiens



Le **système nerveux** se développe dans l'ensemble du corps humain et comprend des éléments très différents dans leurs formes et leurs fonctions. Il est divisé en deux systèmes complémentaires, le système nerveux périphérique (SNP) et le système nerveux central (SNC).



2 L'encéphale

L'*encéphale* représente la partie majeure du cerveau humain et est associé à des fonctions supérieures comme le contrôle des comportements volontaires. Penser, percevoir, planifier, et comprendre un langage, toutes ces fonctions sont sous le contrôle des hémisphères cérébraux.

L'encéphale correspond aux structures localisées au sein de la boîte crânienne qui constituent le système nerveux central avec la moelle épinière.

2.1 Anatomie de l'encéphale

Position. L'encéphale est situé au sein de la boîte crânienne, structure osseuse le protégeant.

Structure. L'encéphale constitue la partie intracrânienne du système nerveux central et regroupe plusieurs parties distinctes.

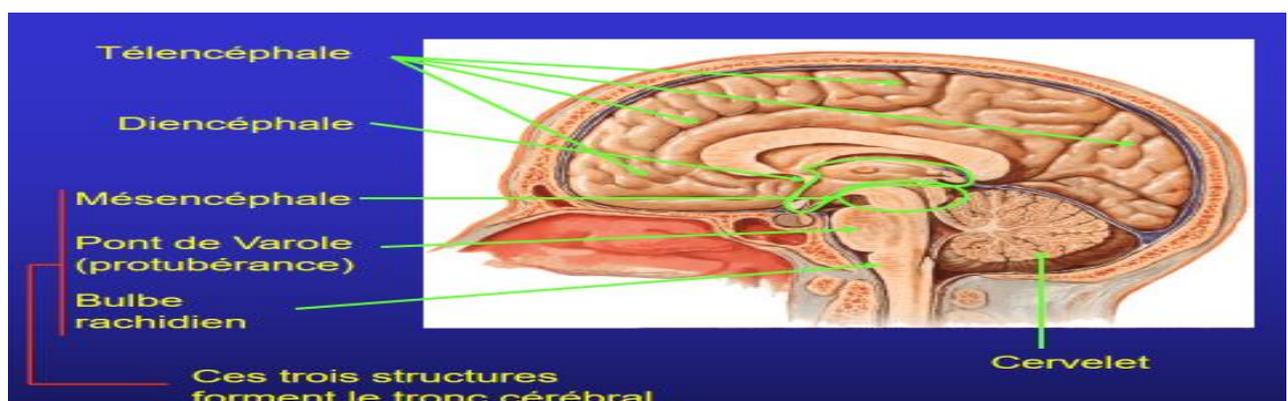
2.1.1 Le télencéphale

Occupe la majeure partie de l'encéphale et correspond au cerveau. Il est notamment constitué des deux hémisphères, gauche et droit, ainsi que des structures associées comme par exemple le corps calleux, reliant les deux hémisphères. Le **télencéphale** est divisé en deux hémisphères : l'hémisphère droit et l'hémisphère gauche. Ces derniers communiquent entre eux par un faisceau de fibres nerveuses appelé *corps calleux*.

Le télencéphale désigne, en neuroanatomie des chordés, l'ensemble constitué par les hémisphères cérébraux (cortex cérébral, substance blanche et structures sous-corticales) et des structures associées. Chez l'humain, il pèse entre 1 200 et 2 000 g, ce qui en fait la structure la plus développée de son encéphale. Il se compose de deux hémisphères reliés par des ponts de substances blanches appelés commissures inter-hémisphériques, tel le corps calleux.

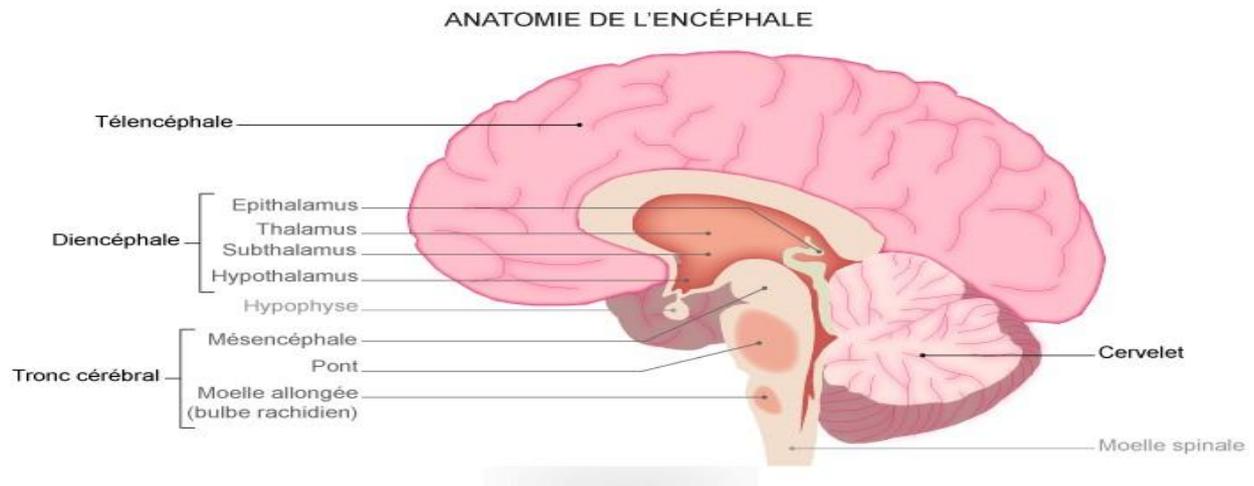
Le télencéphale apparaît au stade à 5 vésicules du neuro développement embryonnaire, lorsque le prosencéphale se divise en deux, la partie rostrale formant le télencéphale et la partie caudale donnant le diencephale.

Sur le plan phylogénétique, il s'agit de la structure nerveuse la plus récente et elle se trouve particulièrement développée chez les mammifères et en particulier les primates dont l'humain.



2.1.2 Le diencephale

Est situé au centre sous le corps calleux et est prolongé par le tronc cérébral. Il est composé du thalamus, de l'hypothalamus et de l'épithalamus.



2.1.2.1 Thalamus

Situé à la partie la plus profonde de l'hémisphère cérébral, de chaque côté du 3^e ventricule.

C'est le plus volumineux des noyaux gris centraux, en nombre de deux, de forme ovale à grosse extrémité postérieure. Il mesure 4cm de longueur, 2cm de largeur et 2,5cm de hauteur ; son grand axe est orienté en avant, en dedans et en haut et forme avec l'axe du thalamus controlatéral un angle de 60° ouvert en arrière. On lui décrit quatre faces et deux extrémités :

- Les faces, supérieure et interne sont ventriculaires ;
- Les faces, externe et inférieure sont soudées aux structures voisines.

1-La face supérieure ou dorsale, limitée en dehors par le sillon thalamo-strié et en dedans par le pédoncule antérieur de l'épiphyse (habénula), la toile choroïdienne du troisième ventricule tendue entre les deux habénula ; cette face répond au plancher du ventricule latéral.

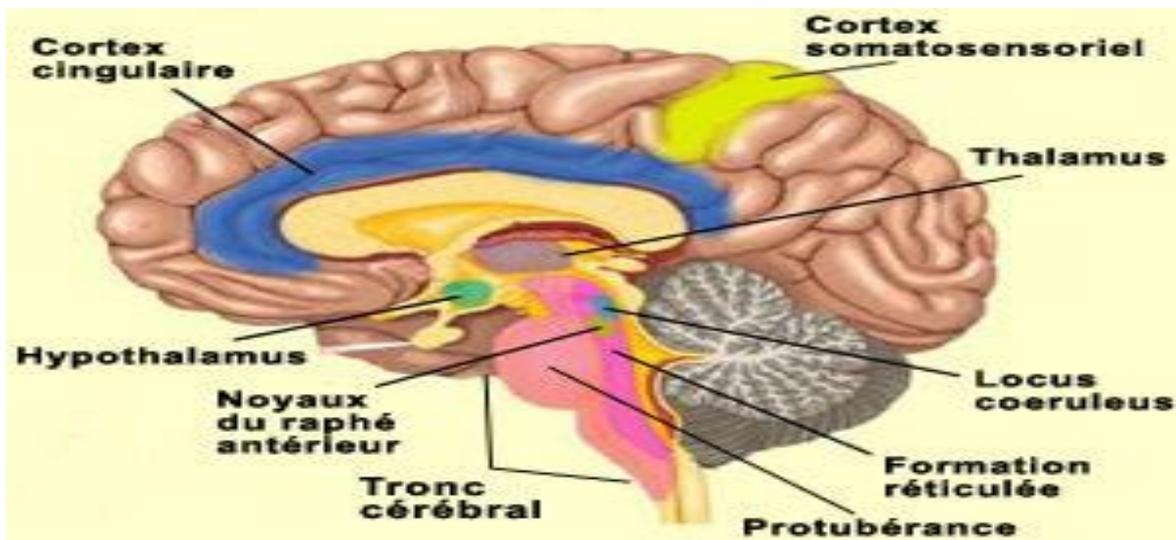
2- La face inférieure ou ventrale, répond à l'hypothalamus, au sub thalamus et au tegmentum du mésencéphale. DIENCEP

3-La face interne ou médiale, répond à la paroi latérale du troisième ventricule. Elle présente l'adhérence inter thalamique (la commissure grise qui relie les deux thalamus).

4- La face externe ou latérale, répond à la capsule interne.

5-L'extrémité antérieure, limite avec le pilier antérieur du trigone le trou de Monro, qui fait communiquer le 3e ventricule avec les ventricules latéraux.

6- L'extrémité postérieure ou pulvinar, surplombe les corps géniculés.



2.1.2.2 Hypothalamus

C'est un ensemble de noyaux hautement spécialisés, constituant l'étage le plus élevé du système nerveux végétatif. Il joue un rôle neuroendocrinien capital. C'est le centre régulateur des fonctions métaboliques et instinctives. Ses dimensions peu importantes contrastent avec son rôle capital.

Il est situé à la base du diencephale et présente :

Une face médiale, formant la partie rostro-ventrale de la paroi latérale du 3e ventricule

Une face inférieure constituée par le chiasma optique, le tuber cinereum et les corps mamillaires

Une face supérieure représentée par le sillon hypothalamique ; Une face rostrale ou paroi rostrale du 3^e ventricule

Une limite postérieure correspondant à la limite antérieure de la région subthalamique

et Une face latérale définie caudo-rostralement par le subthalamus, la capsule interne et le tractus optique.

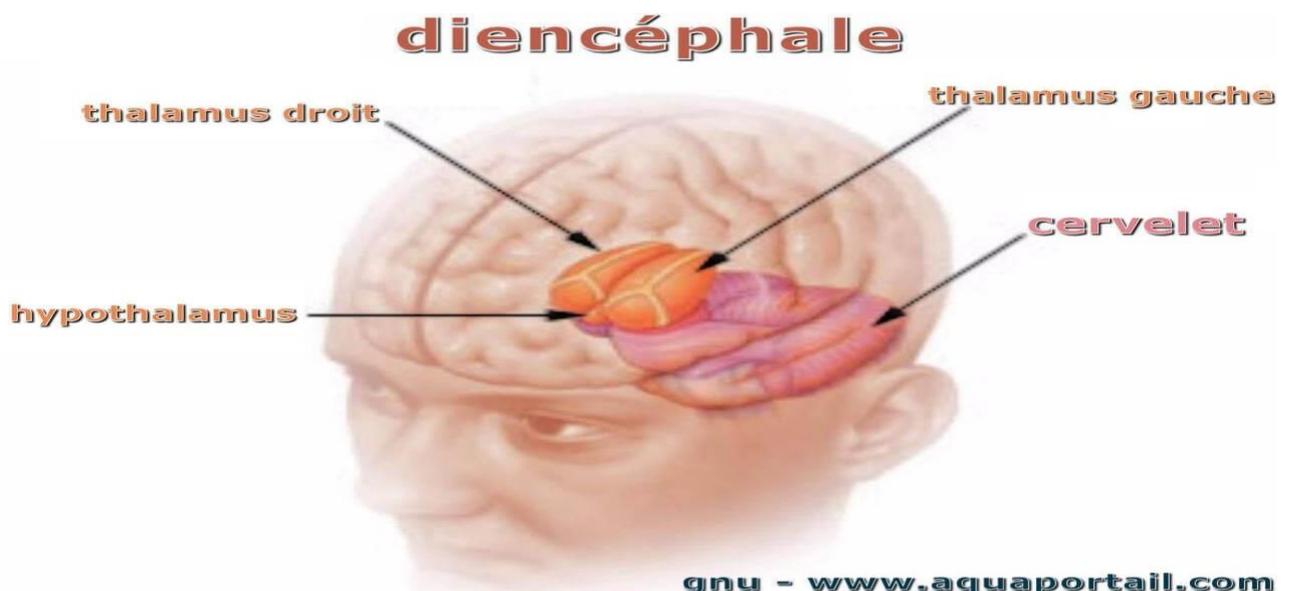
Il est divisé en trois parties fonctionnellement différentes :

- **L'hypothalamus antérieur** ou rostral (région pré et supra optique) où se trouvent les noyaux préoptiques médial et latéral, les noyaux paraventriculaires, supra-optique, ----

- **hypothalamique antérieur** et supra-chiasma optique ; il a surtout une fonction endocrine.

- **L'hypothalamus intermédiaire** ou moyen (région infundibulo-tuberienne), en relation directe avec l'hypophyse et comprend les noyaux du tuber (noyaux latéraux et arqué) et les noyaux dorso-médiaux et ventro-médiaux ; cette partie de l'hypothalamus a une fonction sécrétoire.

- **L'hypothalamus postérieur** ou caudal (région mamillaire), formé par les corps mamillaires et par les noyaux hypothalamiques postérieurs. Il appartient au système limbique (olfaction, mémorisation et régulation du comportement émotionnel).



2.1.2.3 Le Sub Thalamus

C'est une zone de transition comprise entre le thalamus dorsalement, l'hypothalamus rostralement, le métathalamus caudalement, le mésencéphale ventralement et la capsule interne latéralement.

- IL est constitué de noyau sub thalamique (le corps de Luys), de la zona incerta et des extrémités supérieures du noyau rouge et du locus niger

2.1.2.4 L'épiphise,

Ou glande pinéale, organe neuroglandulaire de la taille d'un noyau de cerise, appendue à la partie postérieure de la voûte du 3^e ventricule. Elle possède trois paires de pédoncules, antérieur, moyen et inférieur.

2.1.3 Mésencéphale.

Mésencéphale n.m. Partie supérieure du tronc cérébral constituant le cerveau moyen. En haut, le mésencéphale est séparé du diencéphale par les bandelettes optiques, qui contournent les pédoncules cérébraux pour gagner, en arrière d'eux, les tubercules quadrijumeaux antérieurs.

Le mésencéphale, ou cerveau moyen, est situé dans la boîte crânienne. Il correspond à la partie supérieure du tronc cérébral qui est composé de deux autres structures : une protubérance, appelée le pont, placée sous le mésencéphale, et le myélocéphale, ou bulbe rachidien.

Au-dessus du mésencéphale, on reconnaît le diencéphale et surtout le cerveau qui paraît posé sur le mésencéphale – tel Atlas portant le monde. A ceci près que le mésencéphale a une forme de trapèze.

Le mésencéphale est lui-même constitué de trois structures principales :

- Les pédoncules cérébraux qui forment deux renflements ;
- Le tegmentum, siège de la *substantia nigra pars compacta* (ou *locus niger*), soit la substance noire, d'un certain nombre de noyaux cérébraux et de nerfs crâniens et d'une partie de la formation réticulaire ;

Physiologie licence 1

- Le tectum, la partie supérieure, comme son nom ("toit") le laisse supposer.

Le mésencéphale – tout comme le diencéphale – est une structure phylogénétiquement très ancienne que l'on retrouve chez tous les animaux. Le mésencéphale occupe un rôle majeur dans la régulation :

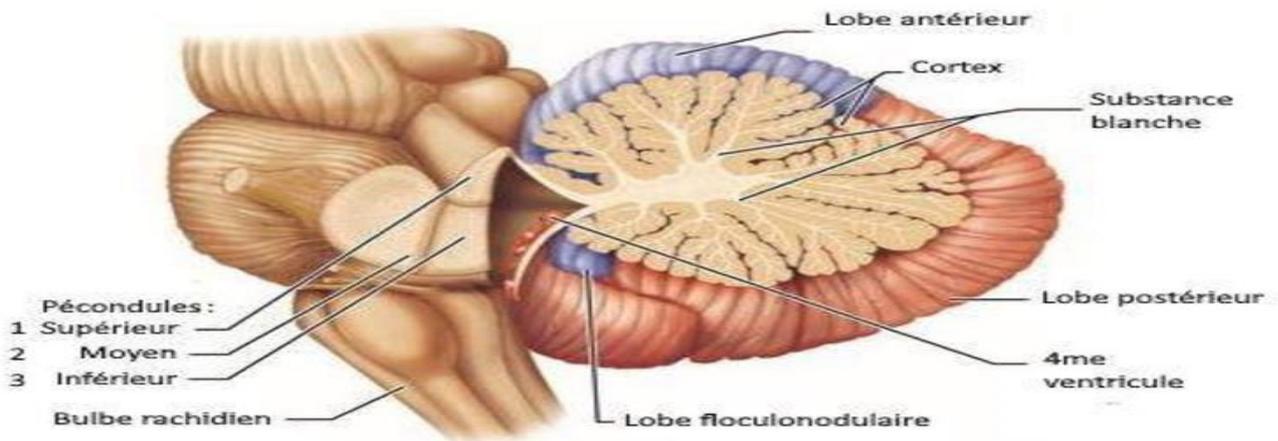
- De la motricité automatique, réflexe ou stéréotypée (parler, rire, marcher...)
- De la stabilité et du tonus posturaux ;
- Des centres cardiovasculaires ;
- Des centres respiratoires ;
- De la vigilance et des cycles veille-sommeil
- la formation réticulaire, présente sur toute la longueur du tronc cérébral, est singulièrement impliquée dans ces fonctions vitales, surtout dans sa composante ascendante. Des lésions la formation réticulaire peuvent entraîner un coma ;
- Des voies d'échanges avec le cervelet, que le Pr Devos assimile à « *un chef de chantier* », en particulier en ce qui concerne la locomotion et le tonus musculaire
- Des voies visuelles, et notamment de l'oculomotricité.

3 Le Cervelet.

Volumineuse formation médiane située en arrière du tronc cérébral, le cervelet dérive du métencéphale (comme le pont). Il est relié aux trois étages du tronc cérébral par trois paires de pédoncules cérébelleux (supérieur, moyen et inférieur). Il est placé en dérivation sur les grandes voies du système nerveux central. Il a une fonction de régulation automatique sur la motricité. Il est en effet le centre de l'équilibre, du tonus musculaire et de la coordination des mouvements volontaires

Le cervelet mesure 10 cm dans le sens transversal, 5 cm dans le sens antéropostérieur, 5 cm dans le sens vertical. Il pèse en moyenne 143 grammes.

Le cervelet est situé à la face postérieure du tronc cérébral. Il lui est relié par trois paquets de fibres : les pédoncules cérébelleux inférieurs, moyens et supérieurs.



Coupe sagittale du Cervelet

3.1 Configuration

3.1.1 Configuration externe

.On décrit au cervelet trois faces : Une supérieure, Une inférieure et une ventrale. Il est constitué par 2 lobes latéraux : hémisphères cérébelleux et une formation médiane, étroite qu'on appelle : le vermis. Sa surface, formée par le cortex cérébelleux, est parcourue par des fissures plus ou moins profondes qui déterminent des lobes, des lobules et des lamelles.

3.1.2 Configuration Interne

Une coupe horizontale. Montre que le cervelet est constitué d'une substance grise et d'une substance blanche.

➤ **La substance grise** : Elle se répartit en deux parties :

- Un territoire périphérique qui constitue le cortex cérébelleux. C'est une enveloppe très plissée et contenant des cellules multipolaires de Purkinje.
- Un territoire central constitué par quatre noyaux centraux. Ce sont le noyau fastigial, le noyau denté, le noyau emboliforme et le noyau globuleux

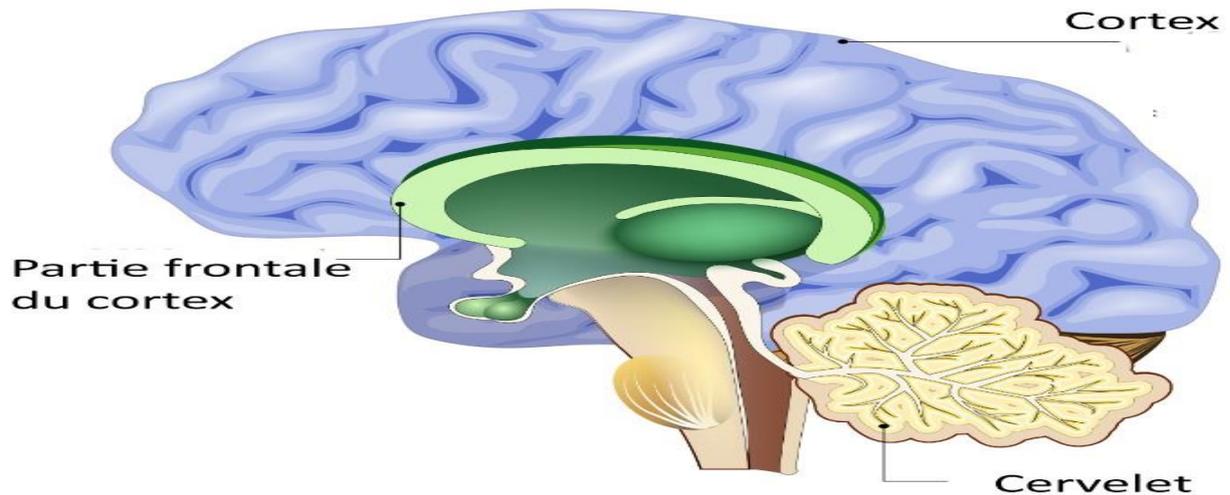
➤ **La substance blanche** Elle se situe entre les différentes parties de substance grise. C'est une masse irrégulière formée par l'ensemble de fibres myélinisées qui arrivent au cortex cérébelleux ou qui en partent

3.2 Fonctions du cervelet

Le cervelet reçoit des afférences du cortex moteur, des récepteurs cutanés proprioceptifs, tactiles, visuels et auditifs et même des récepteurs viscéraux, ce qui lui donne un rôle important dans la cognition rôle du cervelet, nous avons donc gardé la division classique en 3 zones du cervelet:

- **L'archéocervelet** (lobe flocculo-nodulaire) reçoit des afférences vestibulaires, mais aussi proprioceptives et cutanées; son action s'exerce sur les noyaux vestibulaires et sur la substance réticulée bulbo-pontine. Il contrôle les mécanismes de la station érigée.
- **Le paléocervelet** (vermis) reçoit des afférences proprioceptives (voies spino-cérébelleuses, organisation somatotopique) mais aussi de nombreuses afférences somesthésiques, des afférences vestibulaires et sensorielles variées. Son action s'exerce sur les noyaux du toit, sur le noyau rouge, sur le noyau ventro-latéral du thalamus; il contrôle les réflexes de redressement et d'adaptation posturale.
- **Le néocervelet** (lobes latéraux) reçoit outre les afférences proprioceptives, somesthésiques et sensorielles, des afférences corticales par l'intermédiaire des noyaux du pont et du pédoncule cérébelleux moyen; il agit sur le noyau ventro-latéral du thalamus et par là sur le cortex moteur; il intervient dans la régulation du geste.
- **Les noyaux du cervelet** sont le point de départ des voies efférentes. Ils exercent de façon tonique une action facilitatrice sur les dispositifs qui contrôlent la mobilité extrapyramidale (noyaux vestibulaires, noyau rouge, réticulée du tronc cérébral). Le cortex cérébelleux exerce une action inhibitrice sur les noyaux du cervelet. De cette façon il assure une modulation de l'action excitatrice permanente exercée par ces noyaux.

Très schématiquement, on peut donc dire que, l'archéocervelet intervient sur les mécanismes réflexes du redressement et de l'équilibration, le paléocervelet contrôle la motilité axiale et la motilité d'attitude et le néocervelet règle le déroulement du mouvement propositionnel.



4 Le tronc cérébral

Situé dans la boîte crânienne, le tronc cérébral, fait partie du système nerveux central et joue un rôle essentiel dans les fonctions de survie. Il peut être le siège de pathologies d'origine dégénérative, vasculaire ou tumorale.

Le tronc cérébral prend naissance sous le cerveau au sein de la boîte crânienne et passe à travers le trou occipital. Il rejoint ensuite la partie supérieure du canal vertébral où il est prolongé par la moelle épinière.

Le tronc cérébral est constitué d'une substance grise entourée par une substance blanche. Au sein de cette substance blanche, on retrouve également des noyaux de substance grise dont vont émerger 10 des 12 nerfs crâniens, du III^e au XII^e nerf crânien.

4.1 Structure

Le tronc cérébral est composé de trois structures :

4.1.1 Le mésencéphale,

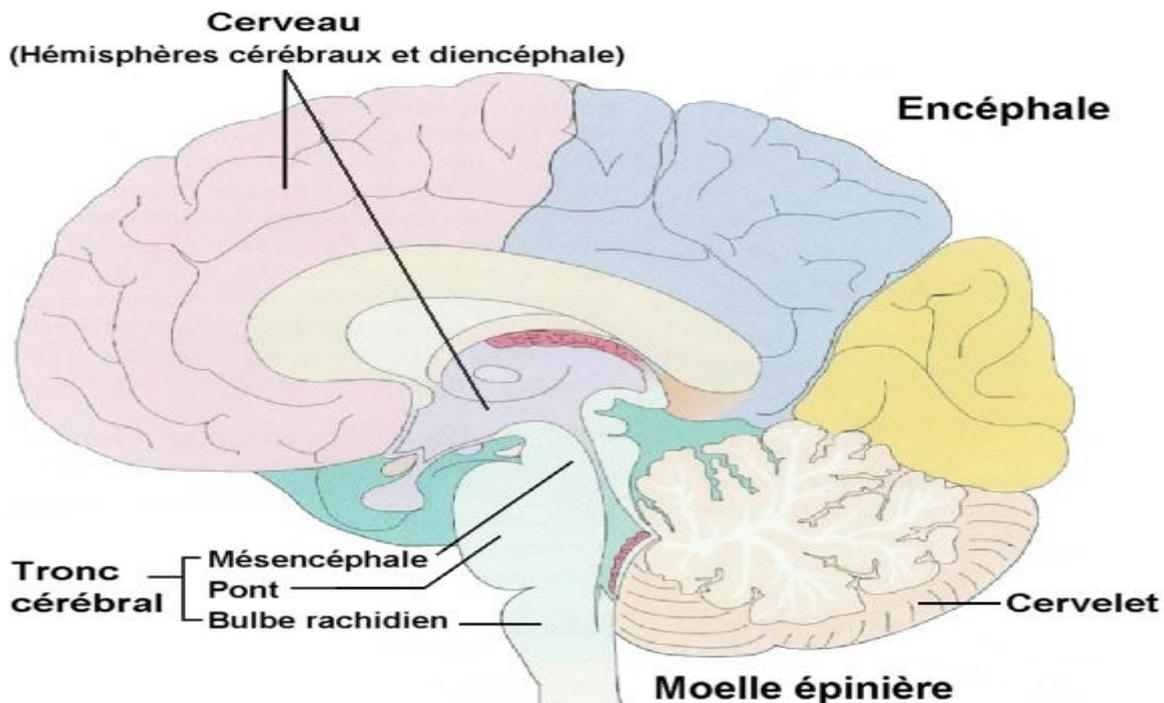
Situé en dessous du diencéphale, est prolongé par le pont. Il est constitué de deux renflements, les pédoncules cérébraux ;

4.1.2 Le pont

Est situé entre le mésencéphale et le bulbe rachidien. Sur sa face postérieure, il est séparé du cervelet par le quatrième ventricule, cavité où circule le liquide céphalorachidien ;

4.1.3 Le bulbe rachidien

qui prend naissance sous le cerveau au sein de la boîte crânienne et passe à travers le foramen magnum pour rejoindre la partie supérieure du canal vertébral, où il sera prolongé par la moelle épinière.



4.2 Fonctions du tronc cérébral

- **Passage des voies motrices et sensibles** Le tronc cérébral constitue la zone de passage de nombreuses voies motrices et sensibles.
- **Centre cardiovasculaire** Le tronc cérébral, et plus particulièrement le bulbe rachidien, joue un rôle essentiel dans la régulation cardiaque. Il module la fréquence et la force des contractions du cœur. Il module également la pression artérielle en impactant sur le diamètre des vaisseaux sanguins.
- **Le tronc cérébral**, dont notamment le bulbe rachidien et le pont, amorce et module le rythme et l'amplitude respiratoires.

D'autres rôles sont associés au tronc cérébral, et plus particulièrement au bulbe rachidien, tels que :

- la déglutition ;
- la salivation ;
- le hoquet ;
- le vomissement ;
- la toux ;
- l'éternuement.

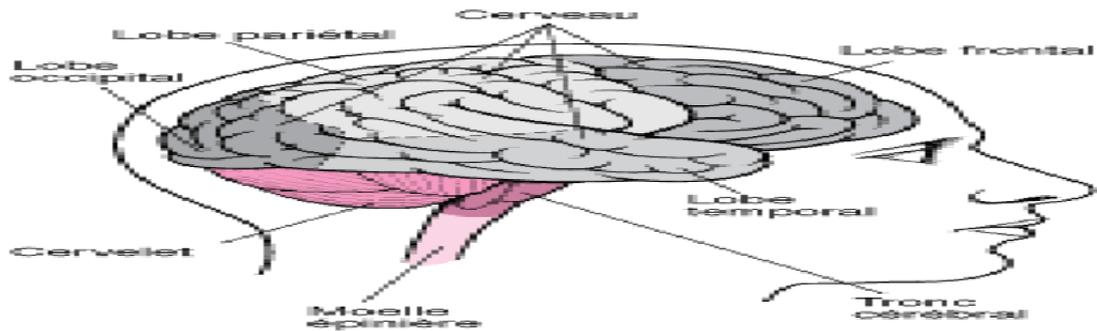
5 Le Cerveau

Le cerveau constitue le centre de contrôle du corps humain, il gère tout ce que nous faisons. Que l'on soit en train de penser, de rêver, de faire du sport, ou même de dormir, le cerveau y prend part d'une façon ou d'une autre.

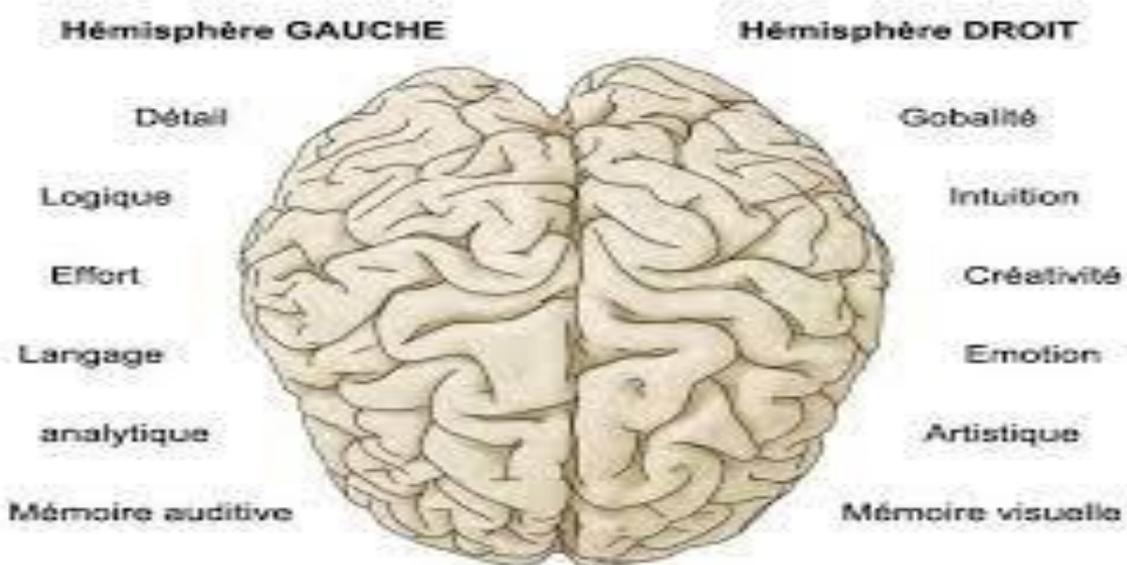
C'est un exemple d'ingénierie organisée en différentes parties connectées entre elles de façon très spécifique. Chaque partie du cerveau a des tâches particulières à réaliser, ce qui fait de lui un processeur ultime. Travaillant en tandem avec le reste du système nerveux, le cerveau reçoit et envoie des messages, permettant une communication ininterrompue entre le monde extérieur et le soi.

Le cerveau avec la moelle épinière constitue le système nerveux central, capable d'intégrer les informations, de contrôler la motricité et d'assurer les fonctions cognitives.

Il pèse environ 1,3 kg dont (75% d'eau) et est l'organe le mieux protégé, d'une part parce qu'il baigne dans le liquide céphalo-rachidien, réduisant les effets des chocs et d'autre part car il est recouvert par 3 enveloppes : les méninges. Il consomme 15 à 20% de l'énergie produite par l'organisme, essentiellement du glucose, sucre simple fourni par l'alimentation. Il est parcouru par un grand nombre de vaisseaux sanguins permettant un apport important en oxygène.



Le cerveau est constitué de 2 hémisphères (droit et gauche) réunis par le corps calleux. Chaque hémisphère cérébral est formé du lobe frontal, lieu du raisonnement, fonctions du langage, coordination motrice volontaire ; du lobe pariétal, siège de la conscience du corps et de l'espace environnant ; du lobe occipital, permettant l'intégration des messages ; du lobe temporal, centre de l'audition, de la mémoire et des émotions ; du lobe limbique pour traiter les informations concernant les émotions, les affects et la mémoire ; et du lobe de l'insula permettant de traiter la douleur, les odeurs et le goût.



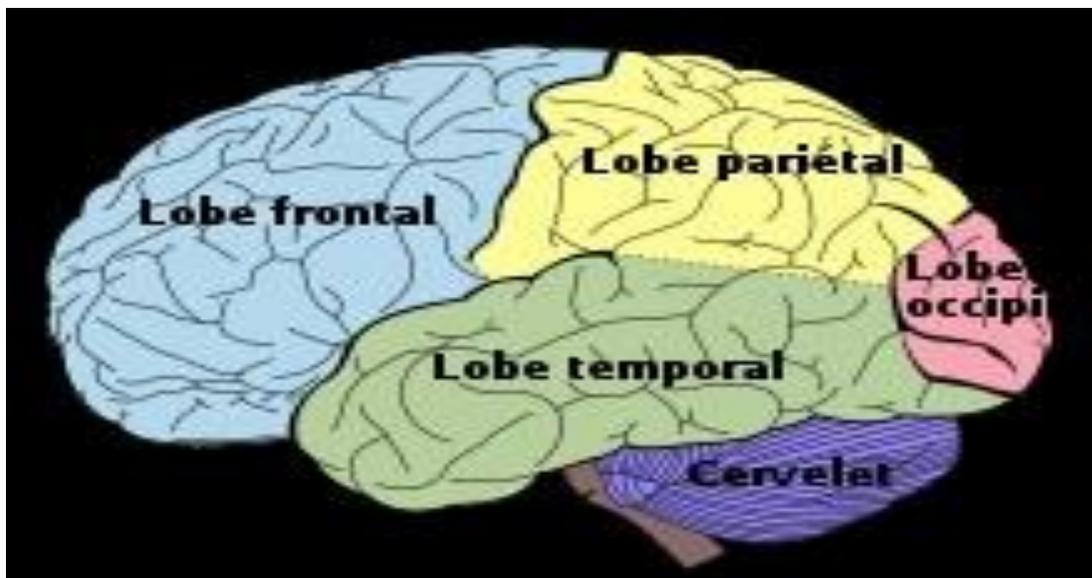
Le lobe frontal est impliqué dans l'**initiation et la coordination des mouvements**, dans les tâches cognitives supérieures comme la résolution de problèmes, la pensée, la planification, bien d'autres aspects de la personnalité et de la formation des émotions.

Le lobe pariétal intervient dans les **processus sensoriels, l'attention et le langage**. Une lésion du côté droit du lobe pariétal peut entraîner des troubles de l'orientation

spatiale, même dans des lieux familiers. Si le côté gauche est lésé, les capacités à comprendre le langage parlé ou écrit peuvent être altérées.

Le lobe occipital prend part dans l'**information visuelle** y compris dans la **reconnaissance des formes et des couleurs**.

Le lobe temporal joue un rôle dans l'**encodage des informations auditives** et dans l'**intégration des informations** provenant des autres modalités sensorielles. Les neurobiologistes pensent également que le lobe temporal intervient dans la mémoire à court terme grâce à l'**hippocampe** et dans la mémoire des réponses émotionnelles via l'**amygdale**.



6 La moelle épinière

Partie du système nerveux central située dans la colonne vertébrale, jouant d'une part un rôle de centre nerveux responsable de certains réflexes, et d'autre part un rôle de conduction des messages entre les nerfs qui lui sont rattachés et l'encéphale.

La moelle épinière démarre à partir du bulbe rachidien, situé au niveau du tronc cérébral, se prolonge dans le canal vertébral et se termine avec le cône médullaire au niveau des vertèbres lombaires.

6.1 Structure interne de la moelle épinière

De forme cylindrique et aplatie sur les faces postérieures et antérieures, la moelle épinière est constituée de deux substances :

Une substance grise, au centre, constituée des corps cellulaires des neurones ;

Une substance blanche, à l'extérieur, constituée d'axones, c'est-à-dire les prolongements des neurones.

Le long de la moelle épinière, des nerfs mixtes émergent. Ils sont constitués de fibres provenant des neurones sensoriels de la périphérie et des neurones moteurs provenant du tronc cérébral ou de la moelle épinière. Ces nerfs mixtes forment les 31 paires de nerfs spinaux et qui se définissent ainsi :

- 8 paires de nerfs cervicaux ;
- 12 paires de nerfs thoraciques ;
- 5 paires de nerfs lombaires ;
- 5 paires de nerfs sacrales ;
- une paire de nerfs coccygiens.

La moelle épinière s'élargit en deux zones :

- le renflement cervical, d'où sont issus les nerfs destinés aux membres supérieurs
- le renflement lombo-sacral, d'où sont issus les nerfs destinés aux membres inférieurs.

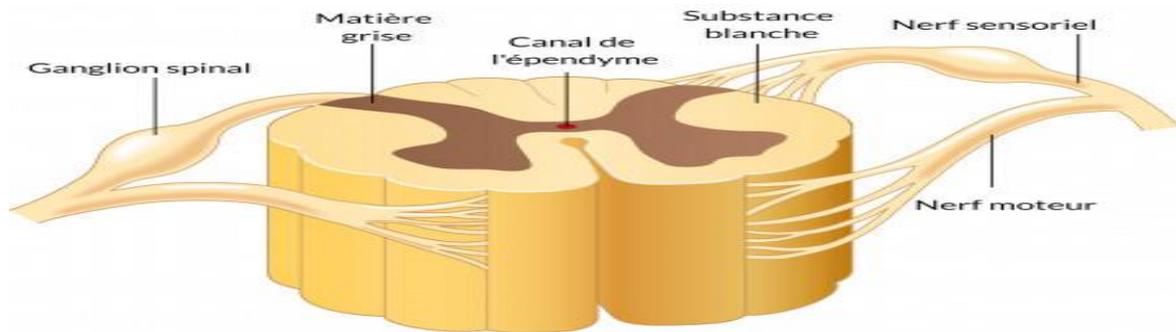
6.2 Structure externe de la moelle épinière

La moelle épinière est entourée de trois membranes, de l'extérieur vers l'intérieur :

- la dure-mère ;
- l'arachnoïde ;
- la pie-mère.

Ces derniers forment les méninges spinales. Les méninges spinales ainsi que les vertèbres, les muscles, les ligaments et le liquide céphalo-rachidien assurent la protection de la moelle épinière.

6.2.1 Schéma de la moelle épinière



6.3 À quoi sert la moelle épinière ?

Le rôle de la moelle épinière est la transmission d'informations nerveuses :

Transmission d'informations sensorielles Les voies nerveuses ascendantes, qui correspondent aux neurones sensoriels, transmettent les informations sensibles vers le cerveau.

Transmission d'informations motrices Les voies nerveuses descendantes, qui correspondent aux neurones moteurs, transmettent les influx moteurs vers les différentes régions du corps.

6.4 Les principales pathologies pouvant affecter la moelle épinière :

- **Lésion de la moelle épinière**

Certains traumatismes peuvent entraîner une section de la moelle épinière, pouvant se traduire par une paralysie irréversible :

- **la paraplégie** : elle correspond à une paralysie des membres inférieurs et peut être due à une lésion de la moelle épinière au niveau des vertèbres dorsales ;

- **la tétraplégie** : elle correspond à une paralysie des quatre membres et peut être due à une lésion de la moelle épinière au niveau des vertèbres cervicales.
- **Sclérose en plaques**

La sclérose en plaques est une maladie auto-immune du système nerveux central. Le système immunitaire attaque la myéline, gaine entourant les axones, ce qui provoque des réactions inflammatoires. Les symptômes peuvent être nombreux comme notamment des troubles moteurs ou sensitifs.

- **Cancer de la moelle épinière**

Le cancer de la moelle épinière est un cancer rare du système nerveux central.

7 Les nerfs crâniens et rachidiens

Les nerfs crâniens transmettent les informations sensorielles, notamment le toucher, la vision, le goût, l'odorat et l'ouïe. Les nerfs qui relient la moelle épinière aux autres parties de l'organisme sont appelés les nerfs rachidiens.

Les nerfs rachidiens se caractérisent par leur disposition régulière, sur le versant latéral de la moelle épinière, et par leur constitution identique. Chacun se greffe sur la moelle par deux racines, puis quitte le canal rachidien (→ rachis) par le trou de conjugaison situé entre deux vertèbres.

➤ **Il existe douze paires de nerfs crâniens (un de chaque côté) :**

- I - Le **nerf** olfactif (I)
- II - Le **nerf** optique (II)
- III - Les **nerfs** oculomoteurs (III, IV, VI)
- IV - Le **nerf** trijumeau (V)
- V - Le **nerf** facial (VII)
- VI - Le **nerf** cochléovestibulaire (VIII)
- VII - Les **nerfs** mixtes : Glosso-Pharyngien (IX), Vague (X), Spinal (XI)

➤ **Il existe 31 paires de nerfs rachidiens :**

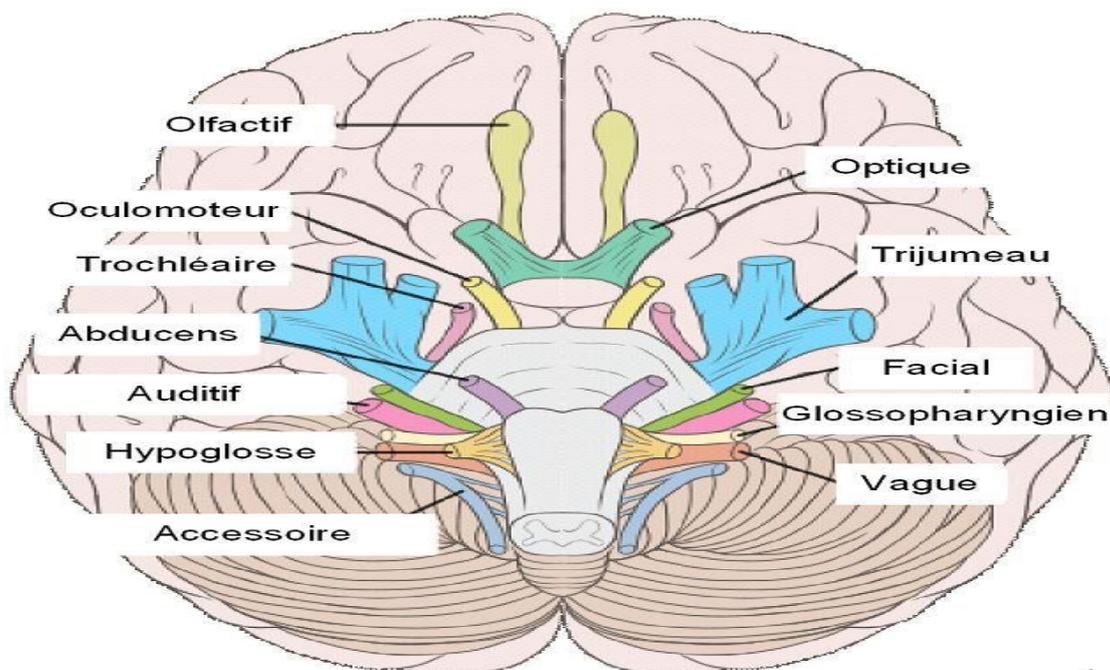
- 8 paires de **nerfs** cervicaux (C1-C8) ;
- 12 paires de **nerfs** dorsaux, ou thoraciques (T1-T12) ;
- 5 paires de **nerfs** lombaires (L1-L5) ;
- 5 paires de **nerfs** sacrés (S1-S5) ;
- 1 paire de **nerfs** coccygiens.

7.1 Les nerfs et leur fonction

Le type de nerf varie en fonction du type de neurone qui le constitue. Les **nerfs sensitifs** permettent le passage de l'influx des organes des sens vers la moelle épinière ou l'encéphale. On retrouve aussi des **nerfs moteurs** qui acheminent l'influx nerveux du SNC aux muscles ou aux glandes. Parfois, des nerfs sensitifs et moteurs peuvent être regroupés dans de plus gros nerfs que l'on appelle alors **nerfs mixtes**.

7.1.1 Les nerfs crâniens

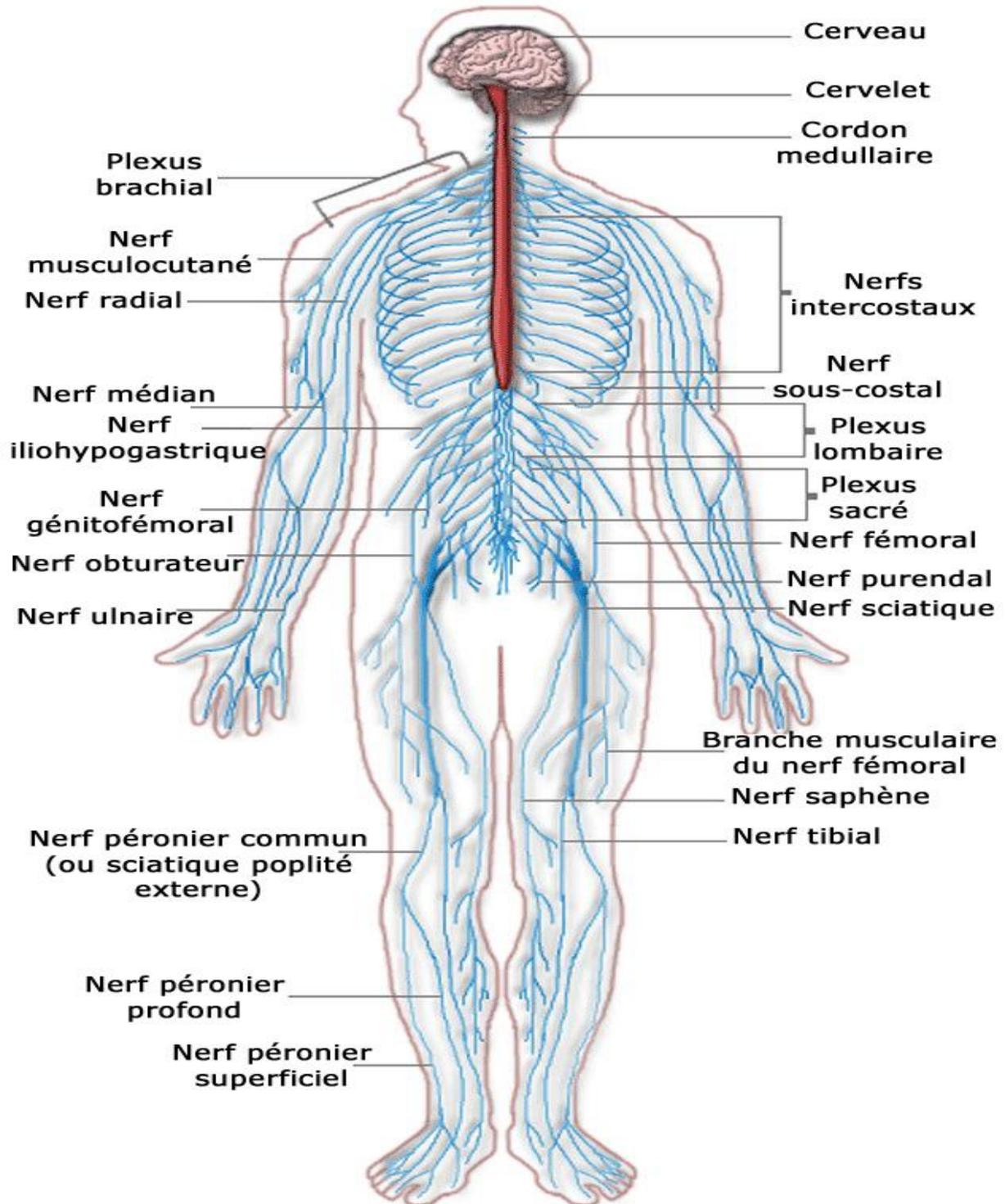
Il y a 12 paires de nerfs crâniens qui sont directement liés à l'encéphale. Ces nerfs sont responsables, entre autres, de la vue, des mouvements oculaires, de l'audition, de l'odorat et du mouvement de plusieurs muscles faciaux.



Disposition des nerfs crâniens à leur émergence

7.1.2 Les nerfs rachidiens

Il y a 31 paires de nerfs rachidiens, tous liés à la moelle épinière. Ils peuvent être regroupés selon leur position : nerfs de la région cervicale, nerfs de la région dorsale, nerfs de la région lombaire et nerfs de la région sacrée.



En bleu, la position de différents nerfs rachidiens

8 Le système nerveux périphérique

Le SNP comprend toutes les structures nerveuses autres que l'encéphale et la moelle épinière. Il est constitué de nerfs qui assurent le transport des informations et de ganglions.

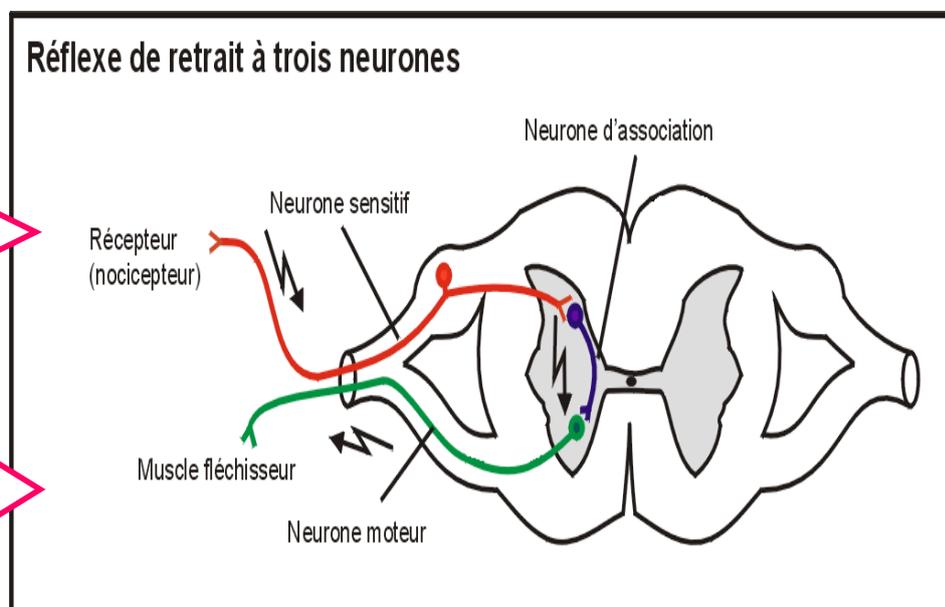
8.1 Le SNP comprend 2 types de voies :

- **Les voies afférentes ou sensitives** : elles contiennent des neurofibres qui acheminent les informations perçues au niveau des récepteurs sensitifs (peau, organes des sens, viscères...) vers le SNC.

Voies afférentes : voies nerveuses venant de la périphérie vers le cerveau

- **Les voies efférentes ou motrices** qui transmettent les influx provenant du SNC vers les organes effecteurs permettant une réponse motrice ou sensitive adaptée.

Voies efférentes : du cerveau vers la périphérie



8.2 Le Système nerveux périphérique se décompose en 2 grands types suivant les voies motrices

8.2.1 Le Système nerveux somatique :

Portion du système nerveux assurant le transport des influx du SN vers les muscles squelettiques

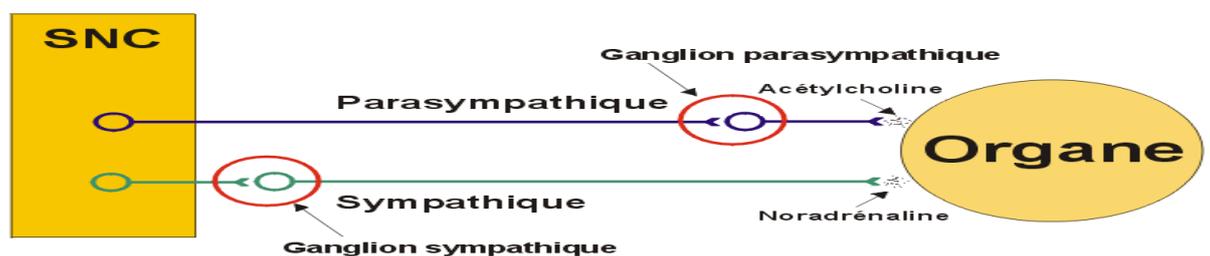
8.2.2 Le Système nerveux autonome ou végétatif ou involontaire :

Portion du système nerveux assurant la régulation du milieu interne (contrôle des organes végétatifs : muscle cardiaque et des glandes)

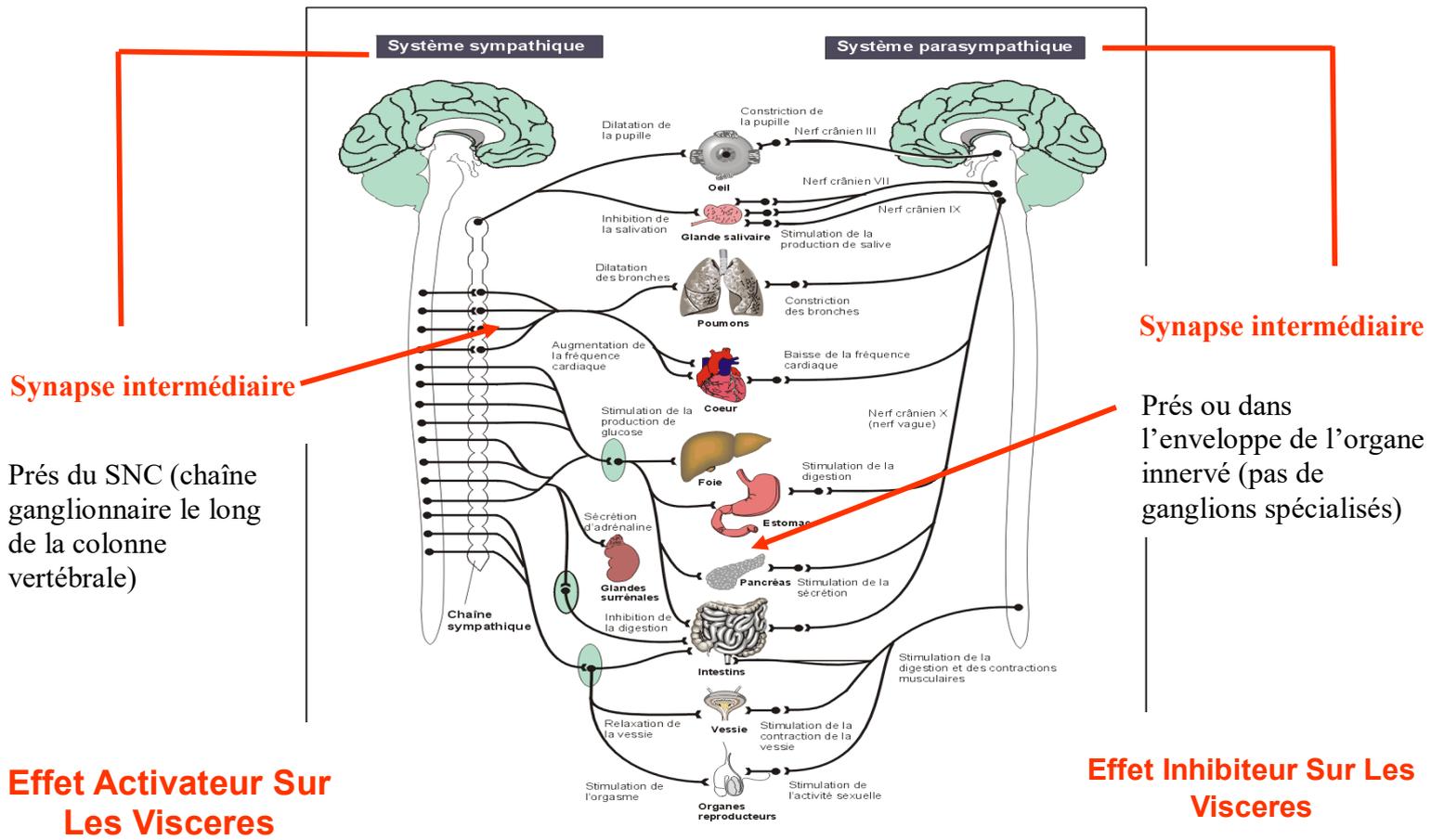
Le **Système nerveux autonome** est formé de deux ensembles de fibres nerveuses :

- **Système sympathique** : constitué de Neurofibres sympathiques qui ont un effet activateur sur les viscères.
- **Système parasympathique** : constitué de Neurofibres parasympathiques qui ont un effet inhibiteur sur les viscères

Le système nerveux autonome



	Système orthosympathique	Système para sympathique
Neurotransmetteur libéré sur l'organe	noradrénaline	acétylcholine
Localisation de la synapse intermédiaire	Prés du SNC (chaîne ganglionnaire le long de la colonne vertébrale)	Prés ou dans l'enveloppe de l'organe innervé (pas de ganglions spécialisés)
Fibres préganglionnaires	Courtes	Longues
Fibres postganglionnaires	Longues	courtes
Relations avec le SNC	Niveau thoracique et lombaire	Nerfs crâniens (III, VII, IX et X) et région sacré de la moelle épinière



8.2.2.1 Rôles du système nerveux autonome

- Régule les fonctions végétatives (inconscientes) :
- participe à l'homéostasie

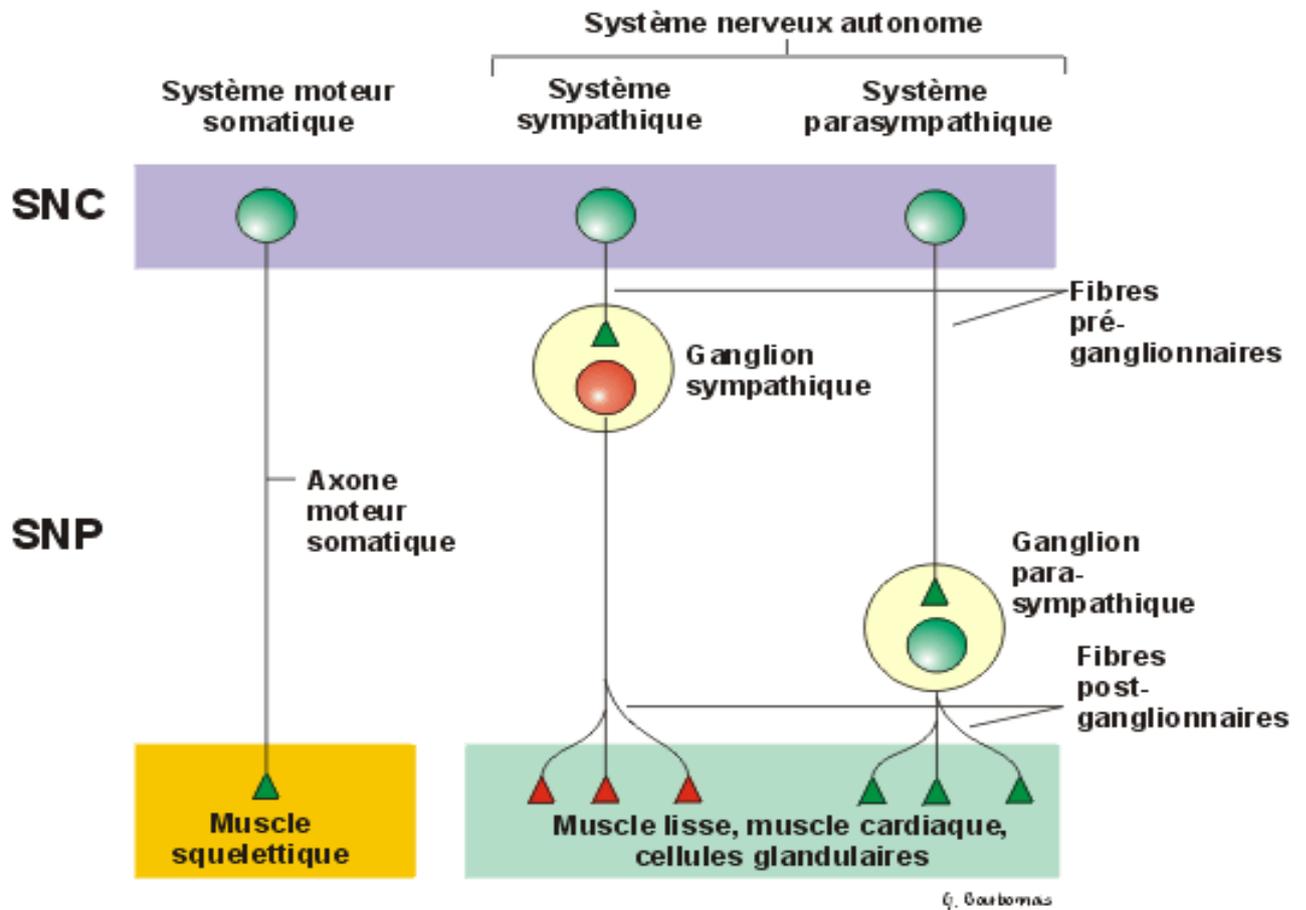
En pratique, les deux systèmes sont toujours actifs, mais ils ont un effet antagoniste (annulent leurs effets respectifs).

Système sympathique:

- Actif en cas d'urgence.
- Prépare l'organisme à affronter un danger : attaque ou fuite.

Système parasympathique:

- Actif au repos.



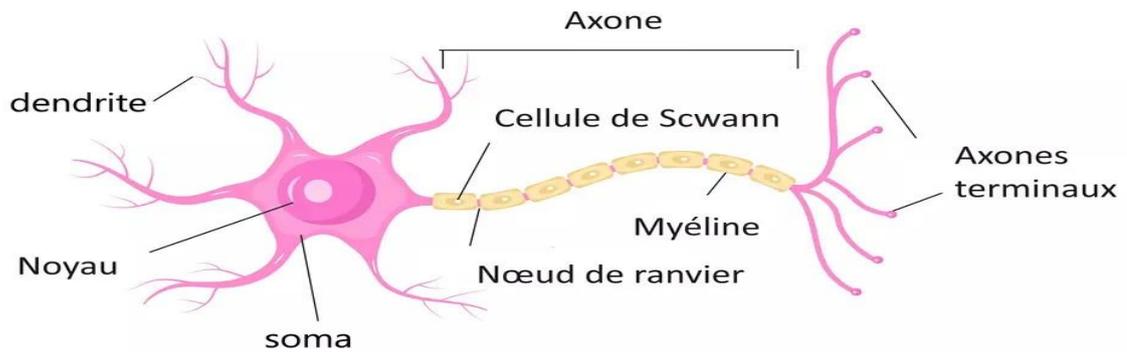
9 Neurophysiologie

. Physiologie neuronale Le tissu nerveux est essentiellement formé de deux types de cellules, les neurones et les cellules gliales.

9.1 . Le neurone

Est l'unité structurale et fonctionnelle du système nerveux. C'est une cellule hautement différenciée et spécialisée dans la conduction de l'influx nerveux. Le neurone est constitué d'un corps cellulaire d'où partent des prolongements de deux types : les dendrites et l'axone qui constituent les fibres nerveuses entourées ou non d'une gaine de protection qu'on appelle la gaine de myéline (substance blanchâtre grasseuse). On estime que le système nerveux humain compte environ 100 milliards de neurones !

NEURONE



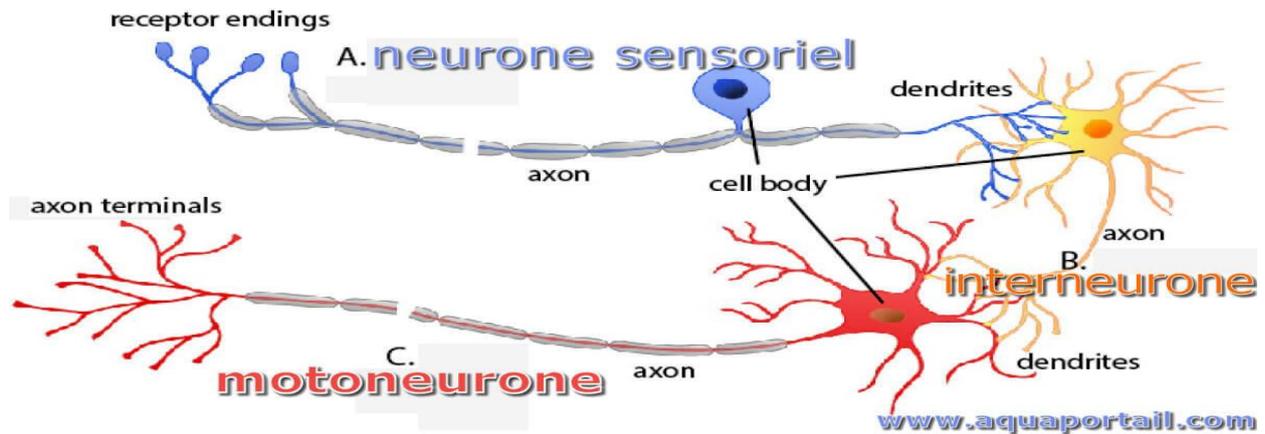
9.1.1 Types de neurones

➤ Classification structurale

- Multipolaire : plusieurs prolongements (dans l'encéphale)
- Bipolaire : un corps cellulaire, une dendrite et un axone (rétine et oreille interne)
- Unipolaire : la dendrite et l'axone sont dans le prolongement l'un de l'autre (moelle épinière)

➤ Classification fonctionnelle

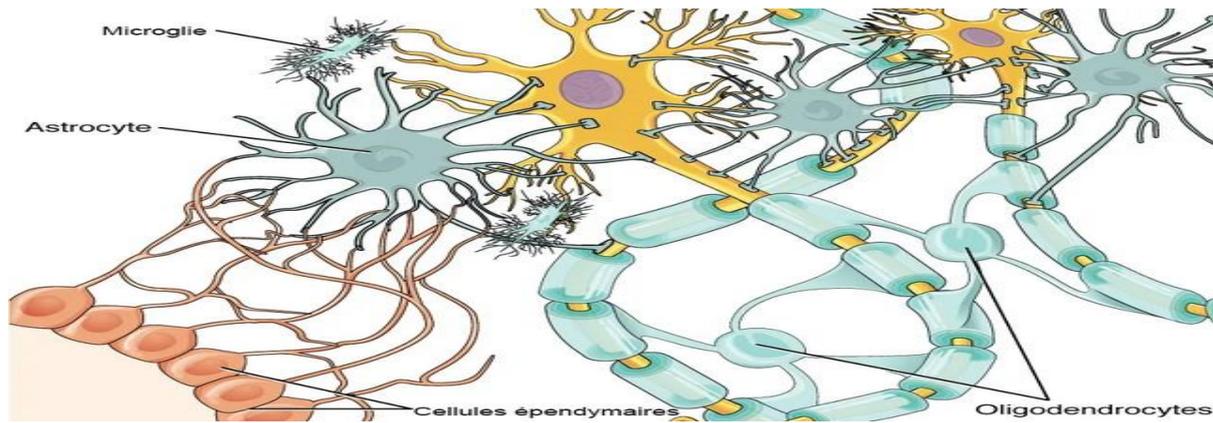
- Les neurones sensitifs : conduisent les influx nerveux jusqu'au SNC.
- Sensitifs somatiques : conduisent les influx qui proviennent des récepteurs de la peau, des os, des muscles et des articulations.
- Sensitifs viscéraux : conduisent les influx qui proviennent des viscères.
- Les neurones moteurs : conduisent les influx en provenance du SNC.
- Somatiques moteurs : innervent les muscles squelettiques.
- Viscéraux moteurs : innervent le muscle cardiaque, les muscles lisses vasculaires et les glandes.
- Les neurones d'association (inter neurones) : conduisent les influx des neurones sensoriels aux neurones moteurs.



9.2 Cellules gliales

Les cellules gliales forment un tissu étroitement associé aux neurones. Ce sont des cellules de soutien et d'enveloppement du système nerveux central. Elles assurent les fonctions d'un tissu conjonctif (soutien, échange et nutrition). Dans le système nerveux central, on distingue quatre types de cellules gliales :

- **Les astrocytes** : ont un rôle de nutrition et possèdent de nombreux dendrites qui partent dans tous les sens. Ils envoient des prolongements vers les vaisseaux sanguins afin de permettre les échanges.
- **Les oligodendrocytes** : on les trouve dans le système nerveux central. Ils fabriquent la myéline et sont animés d'un mouvement rythmique.
- **Les microgliocytes** : ce sont les macrophages du tissu nerveux, ils détruisent les déchets. Ils se déplacent selon leurs besoins pour se rendre là où les débris cellulaires sont à éliminer.
- **Les épendymocytes** : cellules épithéliales qui forment le revêtement des ventricules cérébraux et du canal de l'épendyme. Dans le Système Nerveux Périphérique, on rencontre deux types de cellules gliales :
 - **Les cellules de Schwann** (ou neurolemmocytes)
 - **Les cellules satellites**



9.3 Propriétés physiologiques des neurones

- Excitabilité : c'est la capacité de réagir à un stimulus et de le convertir en signal nerveux
- Conductibilité : c'est la capacité de propager et de transmettre cet influx nerveux à d'autres neurones, à un muscle ou à une glande

10 Transmission de l'influx nerveux

Comme dans toutes les cellules de l'organisme, la membrane du neurone est polarisée, positivement à l'extérieur et négativement à l'intérieur. Cette polarisation est due à l'existence d'un gradient de concentration de sodium et de potassium de part et d'autre de la membrane plasmique. Au repos, ce gradient de concentration est maintenu grâce à la pompe Na-K-ATPase et crée un potentiel de repos de -70 mV. Les modifications momentanées de la perméabilité de la membrane neuronale à certains ions, va permettre les échanges entre les deux côtés de la membrane et engendrer donc une dépolarisation. Si la dépolarisation est suffisamment importante, pour se propager le long de l'axone, on parle ainsi d'un potentiel d'action : vague de dépolarisation qui se propage. La dépolarisation qui se transmet le long de l'axone est appelée influx nerveux.

10.1 Potentiel d'action

C'est une propriété des cellules excitables qui consiste en une dépolarisation rapide suivie d'une repolarisation de la membrane. Le potentiel d'action se décrit en quatre phases :

10.1.1 Dépolarisation

(Montée du PA) Suite à une stimulation, les canaux sodium voltage dépendant s'ouvrent rapidement aboutissant à un courant entrant de Sodium. Le potentiel de la membrane tend vers le potentiel de l'équilibre du Na (+65 mV) mais ne l'atteint pas.

10.1.2 Repolarisation

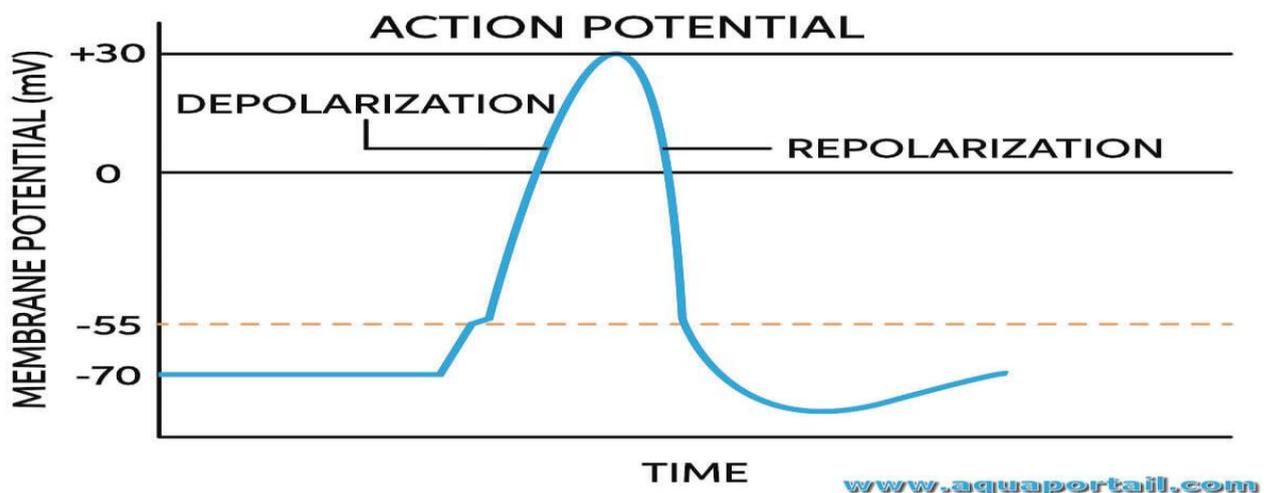
Les canaux Na se referment et canaux potassium voltage dépendants s'ouvrent à leur tour, aboutissant à un courant sortant de K. Le potentiel de membrane se rétablit.

10.1.3 Hyperpolarisation

La conductance du K reste élevée un certain temps, ce qui donne une hyperpositivité de la MP à l'extérieur et une hypernégativité à l'intérieur, le potentiel de membrane passe en dessous de la valeur de base (-75mV).

10.1.4 Potentiel de repos

La pompe Na-K-ATPase intervient pour rétablir la situation en rejetant le Na à l'extérieur et en faisant entrer le Na⁺. Le potentiel d'action se propage et atteint d'autres canaux voltage dépendants, l'onde de dépolarisation se déplace donc le long du neurone. Cette dépolarisation est le support matériel de l'influx nerveux.



10.1.4.1 Lois du potentiel d'action

- **Seuil** : c'est la valeur minimale ou liminaire de la stimulation en dessous de laquelle aucun potentiel d'action ne peut être démarré.
- **Loi de tout ou rien** : dès que le seuil est atteint, la réponse est complète et maximale quel que soit l'intensité de la stimulation

○ **Sommation :**

-**Temporelle** : une stimulation inférieure au seuil (infraliminaire) peut provoquer une réponse si elle intervient immédiatement après une autre stimulation infraliminaire

-**Spatiale** : deux stimulations infraliminaires appliquées en même temps à proximité l'une de l'autre peuvent provoquer une réponse.

10.1.4.2 Périodes réfractaires

- **Période réfractaire absolue** C'est la période pendant laquelle aucun autre potentiel d'action ne peut démarrer quelque soit l'intensité de la stimulation. Elle correspond au moment où les canaux sodium sont fermés et coïncide avec presque la totalité du PA
- **Période réfractaire relative** Elle commence à la fin de la période réfractaire absolue et continue jusqu'à ce que le potentiel de membrane retourne à son niveau de repos. C'est la période pendant laquelle les potentiels d'action peuvent démarrer mais nécessitent une stimulation plus importante qu'habituellement.

Remarque : ce sont ces périodes réfractaires qui expliquent le sens de la propagation de l'influx nerveux, la dépolarisation ne peut pas revenir en arrière puisque car la membrane cellulaire n'est plus excitable au niveau de la zone traversée.

10.2 Propagation de l'influx nerveux

- **Conduction de proche en proche** Dans les fibres non myélinisées, la dépolarisation est progressive, chaque canal sodique atteint par le PA s'ouvre et contribue à la propagation de l'influx nerveux.
- **Conduction saltatoire** Dans les fibres myélinisées, la propagation de l'influx nerveux se fait par la génération de PA à chaque nœud de Ranvier (par saut). Le PA au niveau de chaque nœud crée une dépolarisation qui atteint le nœud suivant. La conduction est alors beaucoup plus rapide et elle est dite saltatoire.

10.3 Transmission neuromusculaire et synaptique

La transmission de l'influx nerveux véhiculé par un neurone jusqu'à un autre neurone, ou une cellule effectrice (muscle, glande, viscère) a lieu au niveau de structures spécialisées appelées synapses. Ces dernière correspondent à la mise en contact d'une part d'une terminaison axonale d'un neurone et d'autre part d'une zone dite « active » de la cellule cible. Pour les neurones, la zone active est située sur leur soma et leurs dendrites.

10.3.1 Les synapses

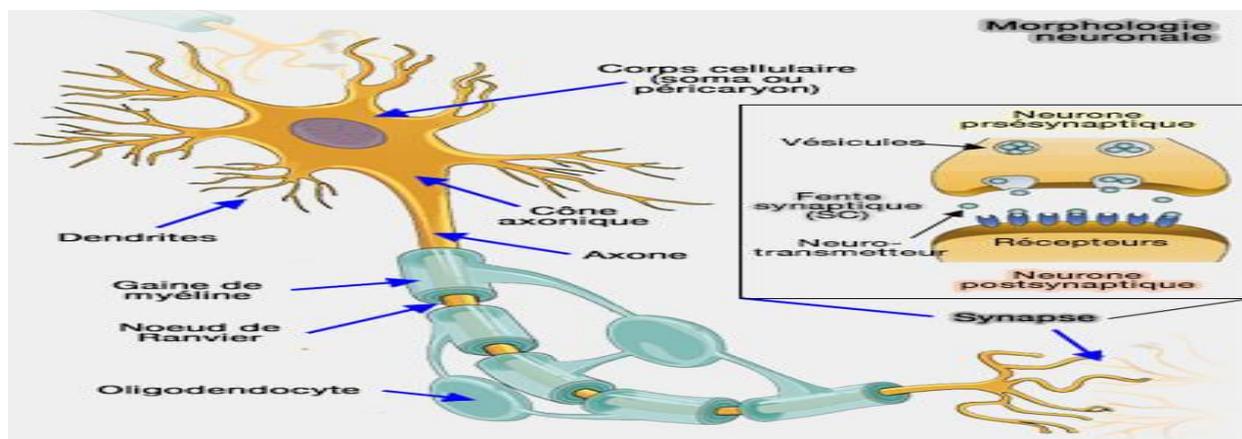
Il existe deux types de synapses :

- **Synapse électrique** correspond à l'accolement de deux neurones par des jonctions Gap. L'influx nerveux passe directement d'un neurone à l'autre. Ce type de synapse n'existe pas chez les mammifères.
- **Synapse chimique** Elle est constituée de trois éléments :

Membrane présynaptique, très riche en vésicules contenant le neurotransmetteur.

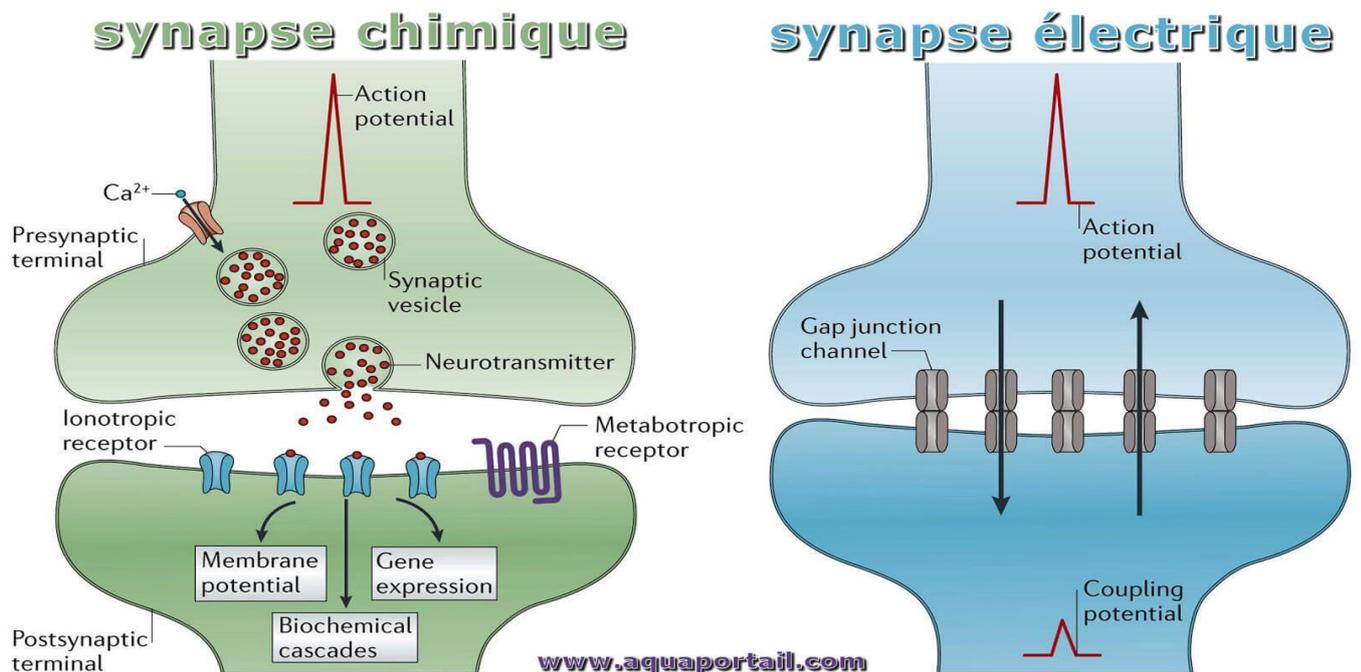
Fente synaptique, est l'espace entre les deux MP des deux cellules connectées

Membrane postsynaptique, possédant des protéines réceptrices des neurotransmetteurs. Les synapses chimiques sont unidirectionnelles, l'influx nerveux passe toujours de l'élément présynaptique à l'élément post synaptique. Elles sont fatigables, c'est-à-dire que les stimulations répétées entraînent la diminution progressive de la réponse postsynaptique.



10.3.1.1.1 Fonctionnement d'une synapse chimique

L'arrivée du PA au niveau de la terminaison axonale provoque l'ouverture des canaux calcium voltage dépendants présents à ce niveau. Les ions Calcium pénètrent alors à l'intérieur du neurone présynaptique et provoquent l'exocytose du contenu des vésicules contenant le neurotransmetteur dans la fente synaptique. Ce sont donc les canaux calcium qui transforment le signal électrique en signal chimique. Le neurotransmetteur diffuse à travers la fente synaptique et se combine avec le récepteur de la membrane cellulaire post-synaptique, provoquant une modification de sa perméabilité à certains ions et de son potentiel de membrane. Les neurotransmetteurs inhibiteurs provoquent l'ouverture des canaux Cl. Les ions Cl pénètrent à l'intérieur de la cellule et hyperpolarisent la membrane post-synaptique. Les neurotransmetteurs stimulateurs provoquent l'ouverture des canaux Na aboutissant à un courant entrant de Na dépolarisant la membrane post-synaptique et créant ainsi un PA et une réponse cellulaire (contraction musculaire, sécrétion hormonale ...). Enfin le neurotransmetteur subit une dégradation ou une recapture.



Appareil digestif

1 Introduction

L'éducateur sportif, lorsqu'il est entraîneur, doit sans s'immiscer dans la vie privée de l'athlète, s'intéresser à son hygiène de vie, comme composante de la performance. La digestion fait partie de l'hygiène de vie du sportif. Plusieurs sportifs de haut niveau ont eu des contre-performances à cause des problèmes de digestion.

Pour prévenir ces éventuels problèmes, l'éducateur sportif doit connaître les différentes phases de la digestion, ainsi qu'un minimum de règles d'hygiène digestive. Mais pour cela, il devra, en un premier temps, acquérir des connaissances de base sur l'anatomie du tube digestif.

2 Le tube digestif

Le tube digestif est composé de la cavité orale, le pharynx, l'œsophage, l'estomac, l'intestin grêle, le côlon (gros intestin) et le rectum.

2.1 La cavité buccale :

La bouche est une cavité limitée :

- en avant par les lèvres et les dents incisives
- en haut par la voûte du palais
- en bas par un plancher sur lequel repose la langue
- sur les côtés par les joues et les autres dents
- en arrière par le voile du palais

La bouche comprend normalement 32 dents :

- 8 incisives
- 4 canines
- Prémolaires
- 12 molaires, dont 4 "dents de sagesse"

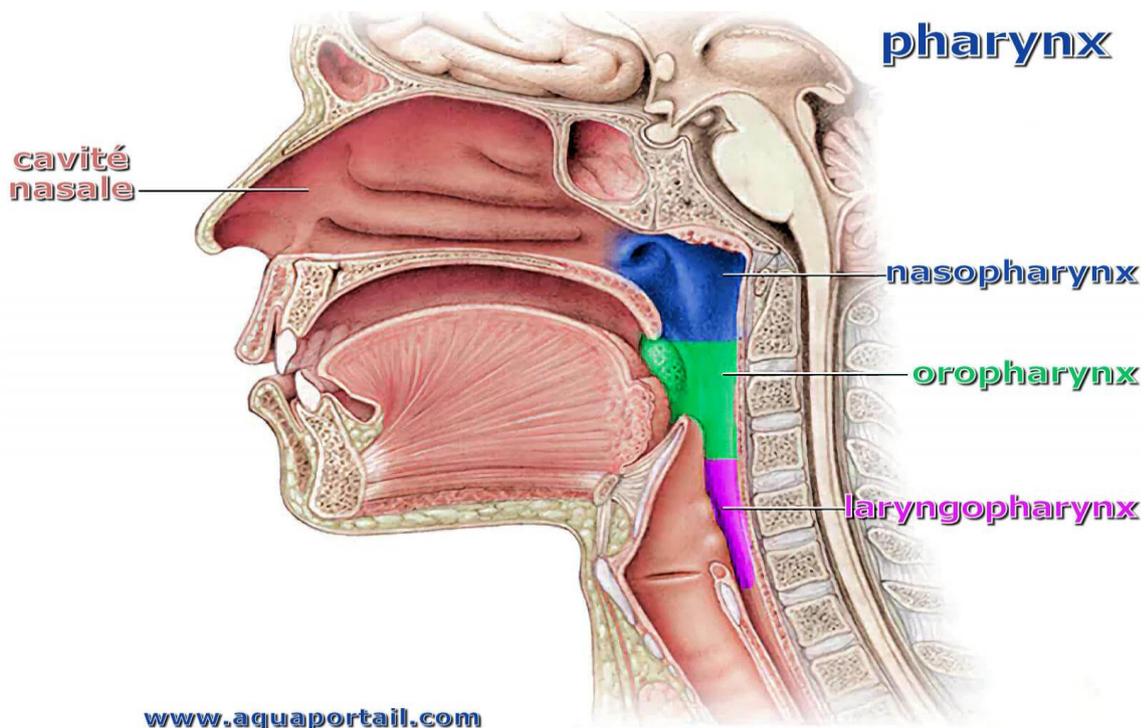
La langue comprend normalement 35 muscles dont un central.

On trouve également dans la bouche les glandes salivaires.

La bouche communique avec le pharynx par l'itinéraire de la gorge {l'isthme du gosier}.

2.2 La cavité buccale ou bouche, constitue la partie initiale du tube digestif, où se font l'insalivation, la mastication et la gustation des aliments. Elle s'ouvre en avant au niveau des lèvres par la fente orale. Elle est en continuité en arrière avec la paroi orale du pharynx au niveau d'une large ouverture appelée isthme du gosier. Elle est irrégulière, divisée par les arcades dentaires en deux parties : le vestibule oral et la cavité orale propre. La cavité orale propre est irrégulière à six parois. La paroi supérieure constitue le palais La paroi inférieure constitue le plancher buccale dont la partie moyenne est occupée par la langue. Les parois latérales constituent les joues. La paroi antérieure c'est les lèvres La paroi postérieure c'est l'isthme de gosier.

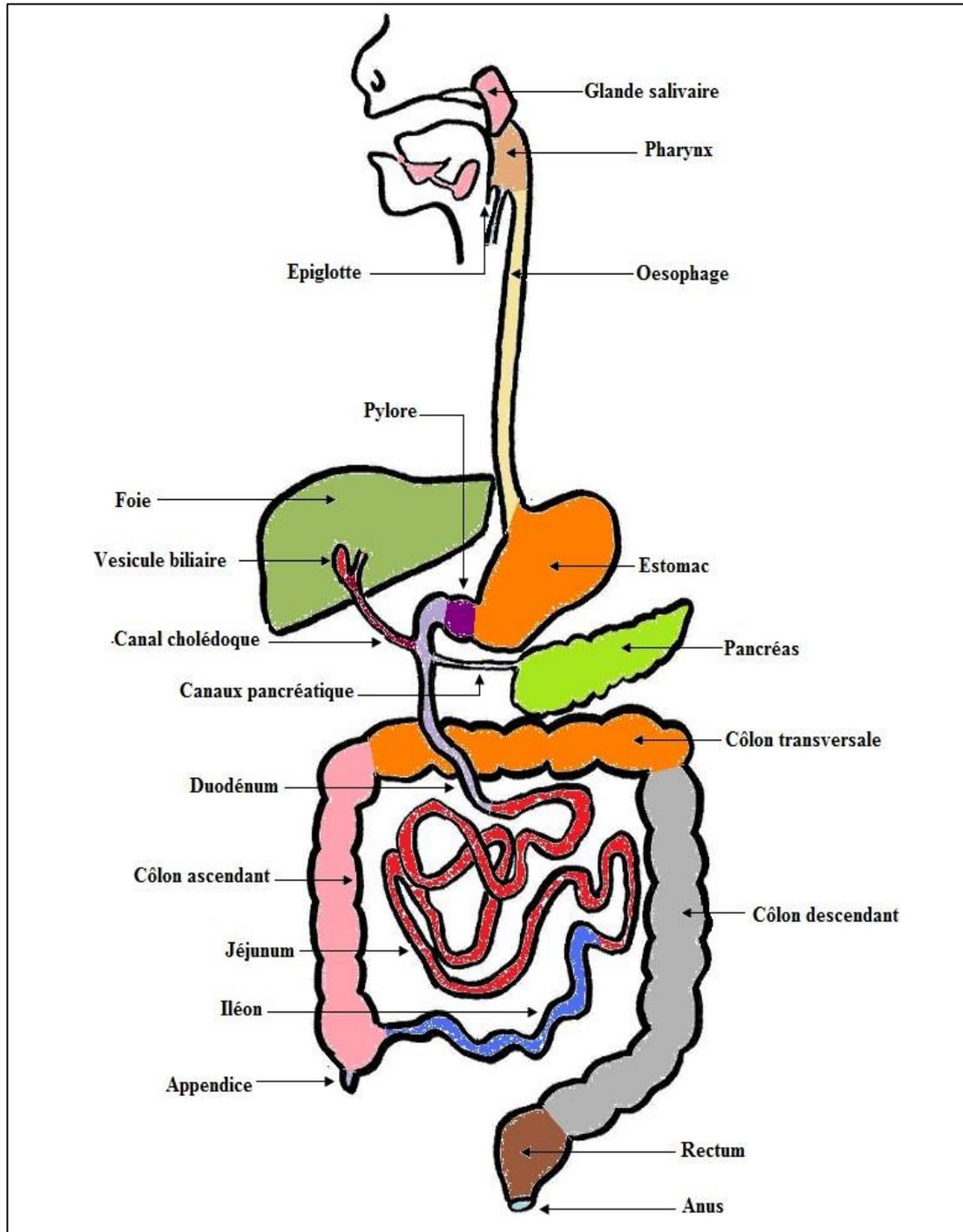
2.3 L'Oropharynx C'est un conduit musculo-membraneux, carrefour aéro-digestif, l'oropharynx est situé derrière la bouche et communique avec elle par l'isthme de gosier, la contraction de ses muscles permet la progression du bol alimentaire du pharynx vers l'œsophage



2.4 L'œsophage

Conduit musculo-membraneux long de 25 à 30 cm reliant le pharynx à l'estomac et animé de contractions péristaltiques. Il est formé de trois portions : cervicale derrière la trachée, thoracique dans le médiastin postérieur, traverse l'orifice œsophagien du diaphragme et une courte portion abdominale.

Il s'ouvre dans l'estomac par un orifice : le cardia.



2.5 L'estomac

C'est un segment dilaté du tube digestif, intermédiaire entre l'œsophage et le duodénum, il est situé dans l'étage sus-mésocolique de l'abdomen, dans la loge sous-phrénique gauche. Il a la forme d'un J majuscule possédant deux portions :

- une verticale répondant au corps de l'estomac et à la grosse tubérosité

- une horizontale répondant à l'antra gastrique qui se termine par le pylore (orifice inférieure de l'estomac).

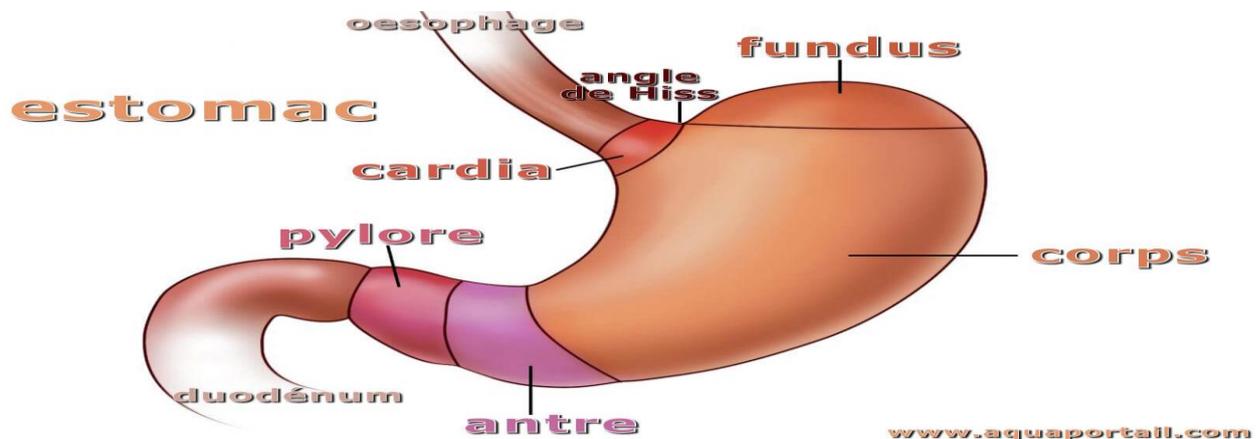
Il présente deux faces antérieure et postérieure convexes et deux bords, droit ou petite courbure et bord gauche ou grande courbure.

Elle présente de l'extérieur vers l'intérieur plusieurs couches : une séreuse c'est le péritoine viscéral, une musculeuse, formée de fibres musculaires lisses disposées en trois couches.

Une sous-muqueuse riche en vaisseaux sanguins et nerfs. Une muqueuse qui présente des plis qui suivent la direction de l'estomac et des glandes gastriques.

Vascularisation Très riche formant deux cercles : de la petite courbure et de la grande courbure, ces artères sont branches de l'aorte abdominale.

Rôle est de transformer les aliments en un produit semi-liquide appelé le chyme gastrique et cela grâce au malaxage (action mécanique du muscle lisse de l'estomac) et au mixage (action chimique grâce au suc gastrique).



2.6 L'intestin grêle

Il est long de 6 à 8 mètres, il est formé de deux parties a- le duodénum
C'est le segment initial de l'intestin grêle, il fait suite à l'estomac au niveau du pylore et se termine au niveau de l'angle duodéno-jéjunal. Il est en grande partie rétro-péritonéal contre la paroi abdominale postérieure sauf sa partie initiale. Il est à cheval sur l'étage sus et sousmésocolique. Il a la forme d'un C ou U, formé de quatre portions

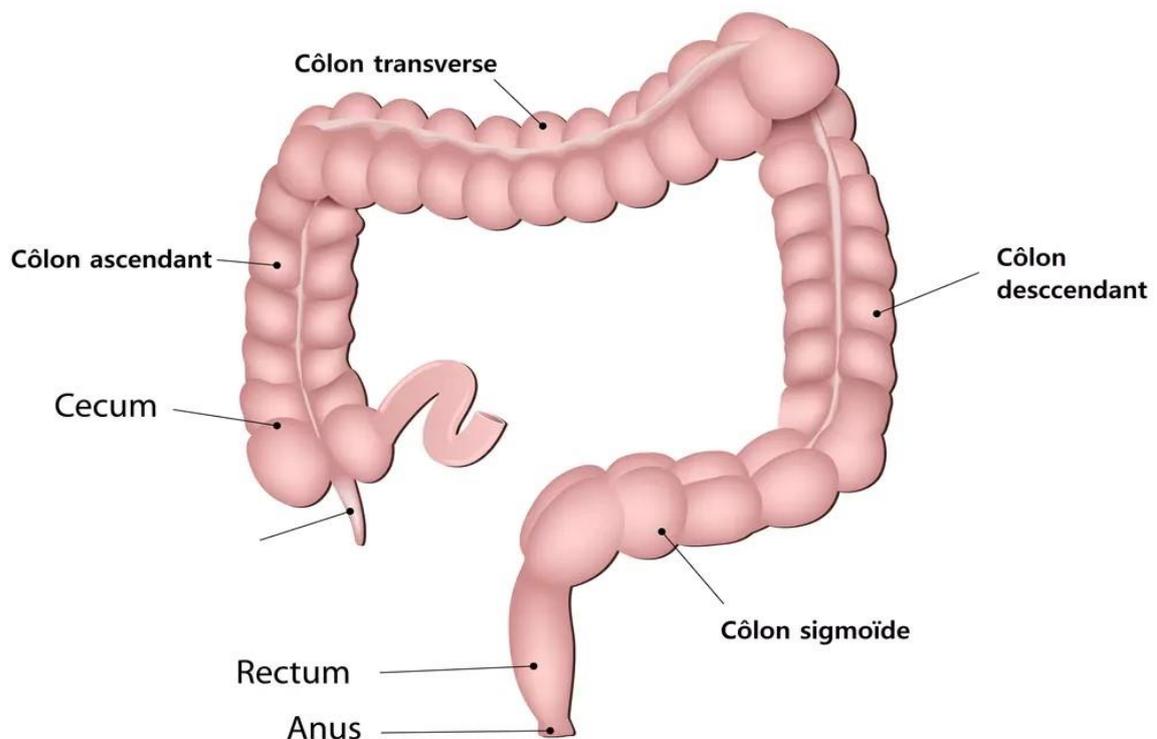
D1 fait suite à l'estomac,

D2 : portion verticale descendante.

D3 : portion horizontale et

D4 verticale ascendante se termine par l'angle duodéno-jéjunal.

Anatomie du gros intestin



2.7 le jéjuno-iléon Le jéjuno-iléon constitue la portion mobile de l'intestin grêle, il fait suite au duodénum au niveau de l'angle duodéno-jéjunal, il se termine au niveau du colon droit par l'orifice iléo-caecale muni de la valvule iléo-caecale.

Sa fonction essentielle est l'absorption des aliments.

Il est situé dans l'étage sousmésocôlique, il est formé en moyenne de 15 à 16 anses intestinales disposées en deux groupes :

- Groupe supérieur : formé d'anses disposées horizontalement les une au-dessous des autres c'est le jéjunum
- Groupe inférieur : formé d'anses disposées verticalement les unes à côté des autres c'est l'iléon.

L'iléon se termine au niveau du côlon droit par l'orifice iléo-caecale muni d'une valvule iléo-caecale.

Le jéjuno-iléon est relié au péritoine pariétal postérieur grâce à un méso c'est le mésentère.

Il véhicule les vaisseaux, les nerfs et les lymphatiques. Sa vascularisation est assurée par les artères branches de l'artère mésentérique supérieure branche de l'aorte abdominale. Les veines sont satellites des artères.

2.8 Le côlon Encore appelé gros intestin, il s'étend de l'orifice iléo-caecale, jusqu'à la jonction recto-sigmoïdienne

Il comprend :

Une partie vascularisée par l'artère mésentérique supérieure appelée côlon droit et qui comprend le caecum, le côlon ascendant, l'angle colique droit et les deux tiers droits du côlon transverse.

Une partie vascularisée par l'artère mésentérique inférieure appelée côlon gauche et qui correspond au tiers gauche du côlon transverse, à l'angle colique gauche, au côlon descendant ; au côlon iliaque et au côlon sigmoïde. Il se dispose tel un cadre entourant le jéjuno-iléon, il mesurant 1,5 mètre, son diamètre est de 7 à 8 cm à sa partie initiale à 3 cm à sa terminaison.

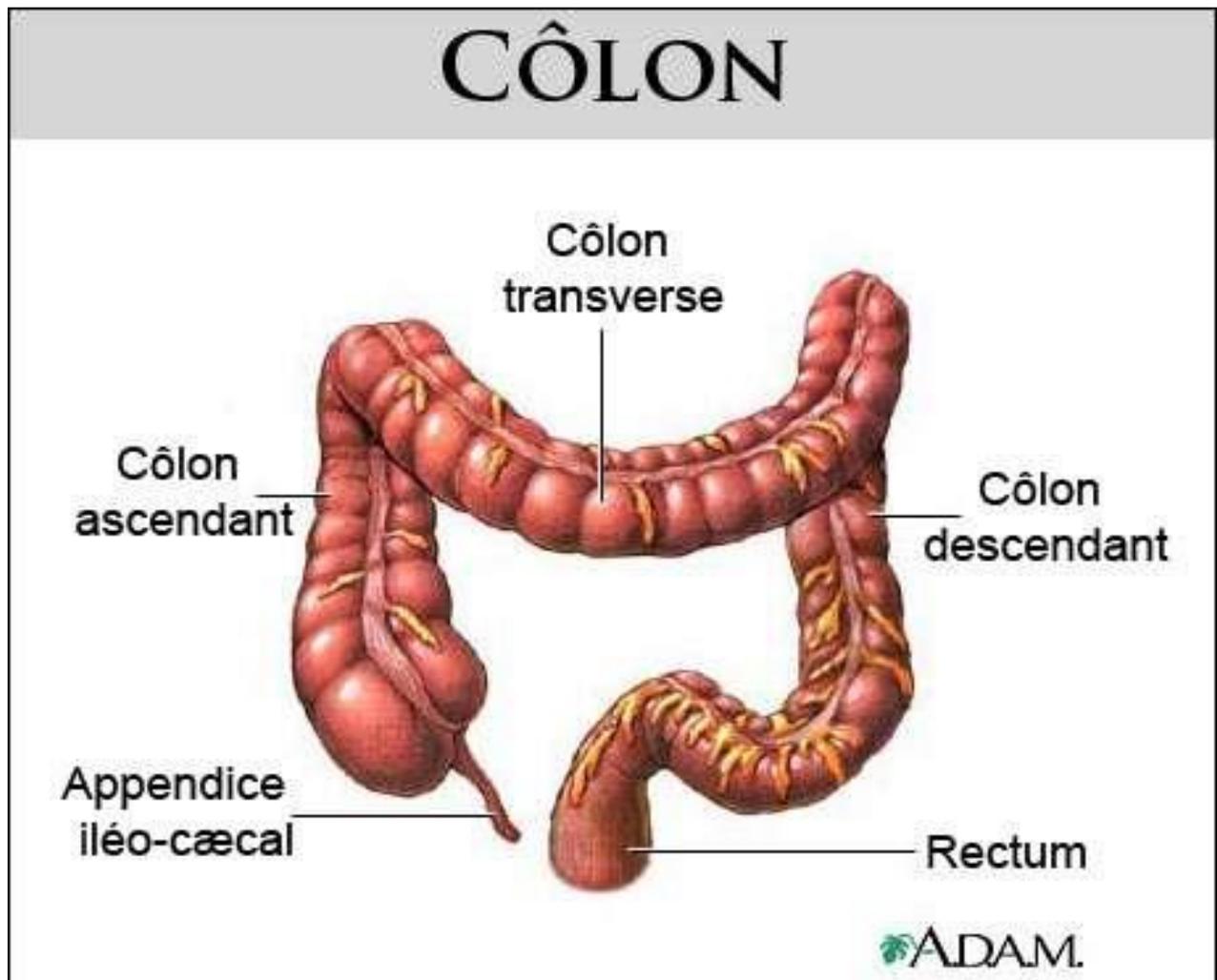
La surface externe du côlon présente :

- des haustrations coliques (ce sont des bosselures transversales séparées par des sillons),
- des bandelettes longitudinales ou ténias coliques (épaississement de la couche longitudinale de musculature).

Ces ténias coliques sont au nombre de trois au niveau de tout le côlon, sauf le côlon sigmoïde qui présente deux.

- Les appendices omentaux ou épiploïques (formations séro-graisseuses appendues le long de certaines bandelettes).

Le côlon absorbe l'eau associée aux résidus jusqu'à obtenir des selles.



2.9 Le rectum Le rectum constitue le segment terminal du tube digestif. Il fait suite au côlon sigmoïde au niveau de la jonction recto-sigmoïdienne à hauteur de la 3^{ème} vertèbre sacrale et se termine par l'anus.

Le rectum est situé dans le petit bassin en avant du sacrum et du coccyx. Il est formé de deux segments : le rectum pelvien ou ampoule rectale, situé au-dessus du planché pelvien, il forme un réservoir contractile. Le segment périnéal est le canal anal situé au-dessous du plancher pelvien.

Il est muni d'un double sphincter, ce dernier est fait de muscle lisse donc involontaire et de muscles striés, donc à commande volontaire ce dispositif assurant la continence anale.

Les deux segments sont séparés par une angulation : le cap du rectum

2.10 Les glandes annexes

Les glandes salivaires

Les glandes salivaires sont des glandes exocrines, qui excrètent la salive. Cette dernière aide à la mastication, à la digestion et à la protection de la muqueuse orale. Elles comprennent les glandes salivaires mineures et majeures.

Les glandes salivaires majeures

- la glande parotide : Elle est la plus volumineuse des glandes salivaires (25 à 30 g). Elle est superficielle, située en avant et au-dessous du méat acoustique externe. Le conduit parotidien (canal de Sténon) émerge du bord antérieur de la parotide, et s'ouvre dans le vestibule orle en regard de deuxième molaire supérieure.

- la glande submandibulaire (sous-maxillaire) : située dans la loge submandibulaire, sous la mandibule (7 à 10g). Le canal excréteur de la glande : canal de Wharton s'ouvre de part et d'autre du frein de la langue.

- la glande sublinguale : Elle est la plus petite des glandes salivaires majeures, elle pèse 2 à 3 g, située entre la langue et la mandibule. Le conduit sublingual majeur s'ouvre en dehors de celui de la glande submandibulaire.

les glandes salivaires mineures

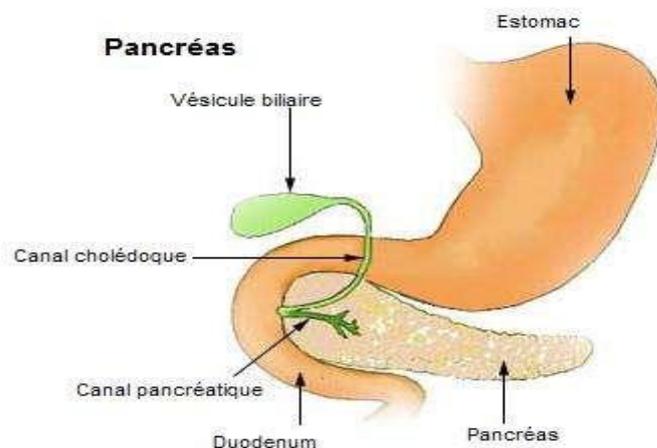
Elles sont des petites glandes dispersées dans la muqueuse et la sous-muqueuse de la cavité orale. Elles s'ouvrent directement par de courts conduits dans la cavité orale.

2.11 Le pancréas

Le pancréas est une volumineuse glande impaire annexe du tube digestif, il est solidaire du duodénum, il est profondément situé dans la région épigastrique, en avant de la première et la deuxième vertèbre lombaire, entre le duodénum et la rate, derrière l'estomac.

C'est une glande exocrine dont la sécrétion est riche en enzymes digestives, et une glande endocrine assurant principalement la régulation de la glycémie. Il est allongé transversalement et présente : une tête, un col ou isthme un corps et une queue. De la tête se détache le processus unciné ou crochet du pancréas ou petit pancréas de Winslow qui délimite avec le reste de la tête : l'incisure pancréatique.

Le canal pancréatique principal (Wirsung) s'ouvre avec celui du cholédoque au niveau de la face interne du deuxième duodénum (grande caroncule). Le canal pancréatique accessoire s'ouvre au niveau de la face interne du deuxième duodénum au-dessus du précédent (petite caroncule).



2.12 Le foie

Le foie est une volumineuse glande qui assure de nombreuses fonctions, de stockage (transforme les glucides en glycogène et les stocke), d'épuration (élimine les toxines), de synthèse (Le foie synthétise la bile et aussi de nombreuses protéines impliquées notamment dans la coagulation du sang). Il est situé dans la loge sous phrénique droite, la débordant en dedans et occupe la partie supérieure de la région cœliaque ainsi qu'une partie de la loge sousphrénique gauche.

Il a la forme d'un demi- ovoïde horizontal à grosse extrémité droite, allongé transversalement sous le diaphragme. Il présente à décrire trois faces et trois bords.

Une face antéro-supérieure diaphragmatique, une face postérieure s'adapte à la saillie de la colonne vertébrale et à la veine cave inférieure.

Une face inférieure viscérale, elle porte le hile du foie par où entre l'artère hépatique propre et la veine porte. Et par où sort le canal biliaire.

Le canal biliaire s'unit à celui de la vésicule biliaire (canal cystique) au-dessous du hile formant le canal cholédoque.

Le foie est divisé en huit segments fonctionnels. Le foie est drainé par les trois veines hépatiques

3 Physiologie de la digestion

La plupart de nutriments présents dans l'alimentation sont de grandes molécules qui ne peuvent pas être absorbées directement dans l'intestin du fait de leur taille ou de leurs caractères hydrophobes .

L'appareil digestif est responsable de la réduction de la taille de ces molécules en unités plus petites pour faciliter l'absorption.

3.1 Temps buccal : création du bol alimentaire

Action mécanique : mastication et humidification du bol alimentaire par la langue et les dents.

Action chimique : commence la digestion par l'action de l'amylase salivaire avec la dégradation de glucides.

3.2 Temps pharyngien phénomène reflexe déclenché par le contact des aliments dans l'arrière gorge, appelé déglutition et propulsant le bol dans l'œsophage après fermeture des voies aériennes.

3.3 Temps œsophagien : C'est le temps qui permet la progression du bol alimentaire par des mouvements péristaltiques.

3.4 Temps gastrique :

Arrivés dans l'estomac, les aliments vont s'accumuler dans le corps et l'antrum où grâce aux mouvements de l'estomac, ils vont être dirigés vers le pylorus qui ne s'ouvrira que lorsque le contenu gastrique aura atteint un degré d'acidité suffisant. Pendant cette période d'attente, ils vont être brassés et imprégnés par les sucs gastriques (durée : 6 heures).

Le suc gastrique.

C'est un liquide incolore (2 à 2,5 L/j) qui contient : De l'acide chlorhydrique (HCl) qui va lui conférer son acidité (pH : 1). Du mucus dont le rôle est de protéger la muqueuse gastrique contre l'acidité de ses propres ferments et de l'acide chlorhydrique. Des enzymes protéolytiques qui dégradent les protéines (pepsinogène). Un facteur intrinsèque nécessaire à l'absorption de la vitamine B12.

Action du suc gastrique. Il détruit les microbes et empêche la prolifération de ces derniers dans l'estomac

Acide chlorhydrique: (sauf le bacille de Koch).

- Il transforme le pepsinogène inactif en pepsinogène actif.
- Il déclenche aussi le fonctionnement du pylorus.
- Il stimule la sécrétion du pancréas.

Pepsinogène. Grâce à l'acide chlorhydrique, il va être transformé en pepsine qui va pouvoir transformer les protéines en plus petites molécules (polypeptides).

Facteur intrinsèque. Action antihistaminique, c'est-à-dire que le facteur intrinsèque va se combiner avec la vitamine B12 ce qui va permettre à celle-ci d'être absorbée par l'intestin grêle.

3.5 Temps duodénal et jéjunal :

Action chimique essentiellement :

- perte d'acidité du chyme
- pour suite du phénomène de digestion des éléments du chyme par la bile et le suc pancréatique et les enzymes
- absorption +++++

- Action mécanique par la motricité des villosités et les mouvements pendulaires segmentaires.

3.6 Temps pancréatique et biliaire :

Action chimique :

- le suc pancréatique diminue l'acidité du chyme et ses enzymes fragmentent les protéines les glucides et les lipides.
- La bile intervient dans la digestion et l'absorption des lipides

3.7 Temps colique :

Favorisée par les contractions haustrales, et les mouvements péristaltiques (sont des contractions musculaires involontaires du côlon).

- Réabsorption de l'eau ;ce que concentre et desséché la matière fécale
- Fermentation détruisent les résidus de protéines et de glucides non digérés
- Réabsorption des électrolytes Na , K et des bicarbonates

3.8 Temps rectal ou défécation :

Action mécanique

- distension de l'ampoule rectale par l'arrivée de matière fécale déclenche le reflexe de défécation avec relâchement de deux sphincters anaux (interne involontaire , et externe volontaire); contraction du rectum .

4 Les différents éléments participent à la régulation de la sécrétion gastriques

Système nerveux centrale, hypothalamus, nerf vague Les plexus nerveuse de l'estomac

Les hormones sécrétées dans l'estomac (gastrines, histamines, somatostatine), et dans le duodénum (secretine, cholecystokinine cck, vaso activé intestinal vip, gastrine inhibitory polypeptide GIP)

Les plexus nerveux de l'estomac sont intrinsèque et vont communiquer avec le nerf vague

Le système cardio vasculaire

1 Introduction.

Le système circulatoire est l'ensemble des structures anatomiques destinées à véhiculer le sang et la lymphe.

Le système circulatoire est composé de l'association de deux systèmes :

- **Le système cardiovasculaire** : constitué d'un réseau de vaisseaux sanguins et du cœur, jouant le rôle d'une pompe, qui propulse le sang dans tout l'organisme.

- **Le système lymphatique** : composé de vaisseaux et de ganglions lymphatiques mais dépourvus d'organe propulseur, qui drainent la lymphe canalisée.

Chaque minute, le cœur bat en moyenne 60 à 100 fois pour approvisionner le corps en oxygène et pour débarrasser les cellules des déchets. C'est un acte involontaire contrôlé par le système nerveux central. Ce mécanisme permet au système circulatoire de bien remplir ses fonctions. Ce système, que plusieurs appellent aussi système cardiovasculaire, est composé du cœur, d'un réseau de vaisseaux sanguins et du sang. Il est étroitement lié au système respiratoire et les deux travaillent ensemble afin de fournir aux cellules du corps tout l'oxygène dont elles ont besoin pour bien fonctionner.

2 Constitution.

Le système circulatoire comprend.

- Une pompe : Le cœur
- Des conduits : les vaisseaux.
- Artères, artérioles.
- Veines, veinules.
- Capillaires sanguins.
- Vaisseaux lymphatiques.
- Liquide : Sang & Lymphe.

3 Les fonctions du système circulatoire

Le système circulatoire assume deux fonctions principales.

A- La première est de transporter les gaz respiratoires, soit l'oxygène et le dioxyde de carbone, les nutriments et les déchets métaboliques.

B - La deuxième est de participer à l'échange de ces éléments, c'est-à-dire de faire passer l'oxygène et les nutriments du sang vers cellules et les déchets métaboliques des cellules vers le sang

4 Le cœur.

4.1 Fonction

C'est une pompe placée au point de raccordement entre la petite et la grande circulation. Il a pour fonction de chasser le sang dans les artères. Il a un rôle de pompe refulante, aspirante (favoriser le retour du sang).

4.2 Structure

Le cœur est un muscle creux. A l'intérieure de ce dernier il y a 4 cavités, *2 oreillettes et 2 ventricules.*

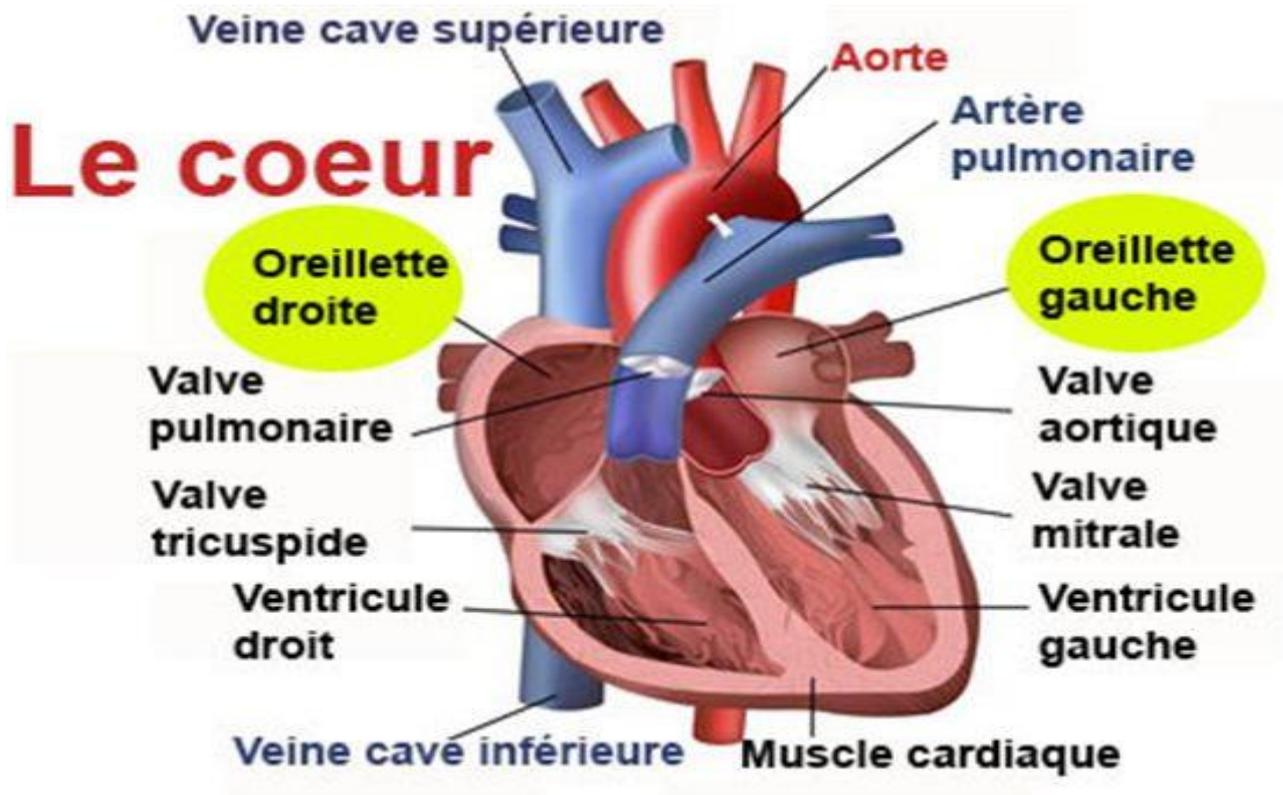
Ces 4 cavités vont former deux cœurs : le droit et le gauche.

Ils sont séparés en haut par la cloison inter-auriculaire (entre les deux oreillettes) et en bas séparé par la cloison inter ventriculaire. Pas de communication entre le cœur gauche et le droit. En revanche il y a communication entre le ventricule et l'oreillette correspondante.

Ce sont les veines caves qui arrivent à l'oreillette droite (va vers le cœur).

Partant du cœur droit on a une artère pulmonaire qui est le départ de la petite circulation

Le ventricule gauche pompe pour la grande circulation. L'artère qui part du cœur gauche est appelée l'aorte. Les veines qui pénètrent dans l'oreillette gauche forme la majeure partie de la base du cœur. Ces veines ramènent le sang des poumons vers le cœur.

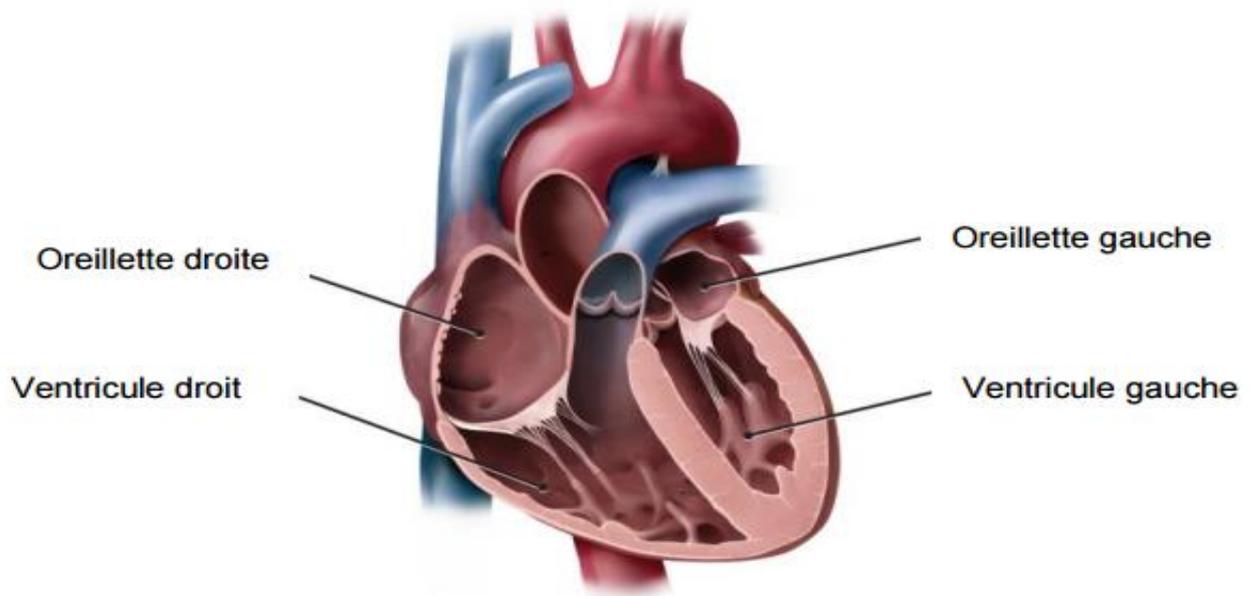


Rappel : dans l'oreillette droite, le sang revient vers le cœur à travers les veines caves. Dans le ventricule droit on trouve l'artère pulmonaire qui éjecte le sang vers la petite circulation.

Dans l'oreillette gauche, le sang arrive au cœur par les veines pulmonaires. Dans le ventricule gauche on trouve l'aorte, qui éjecte le sang vers la grande circulation.

4.2.1 Les oreillettes :

Les oreillettes constituent le point d'arrivée du sang en provenance de la circulation. Les oreillettes sont de petites tailles et leurs parois sont relativement minces car leur pression est moins importante. Elles ont une contenance d'une centaine de mL. Les oreillettes pompent vers les ventricules.



4.2.2 Les ventricules :

Les ventricules constituent presque toute la masse du cœur. Ils ont une forme conique, leur capacité est plus importante que les oreillettes entre 150 et 225 ml. Le volume va dépendre du remplissage. Le VD s'enroule autour du VG. Ils n'ont pas exactement la même forme.

Ils sont le point de départ de la circulation du sang. En se contractant les ventricules projettent le sang hors du cœur, dans les vaisseaux.

Le VD éjecte le sang dans le tronc pulmonaire, qui achemine le sang dans les poumons en vue des échanges gazeux.

Le VG propulse le sang dans l'aorte qui est la plus grosse des artères dont les ramifications successives alimentent tous les organes.

Le VG a une paroi plus épaisse que celle du VD car la pression est plus importante du fait que le sang est envoyé plus loin.

4.2.3 Les orifices et les valvules

Les valvules se situent entre l'oreillette et les ventricules. Elles empêchent le reflux du sang dans les oreillettes quand les ventricules se contractent.

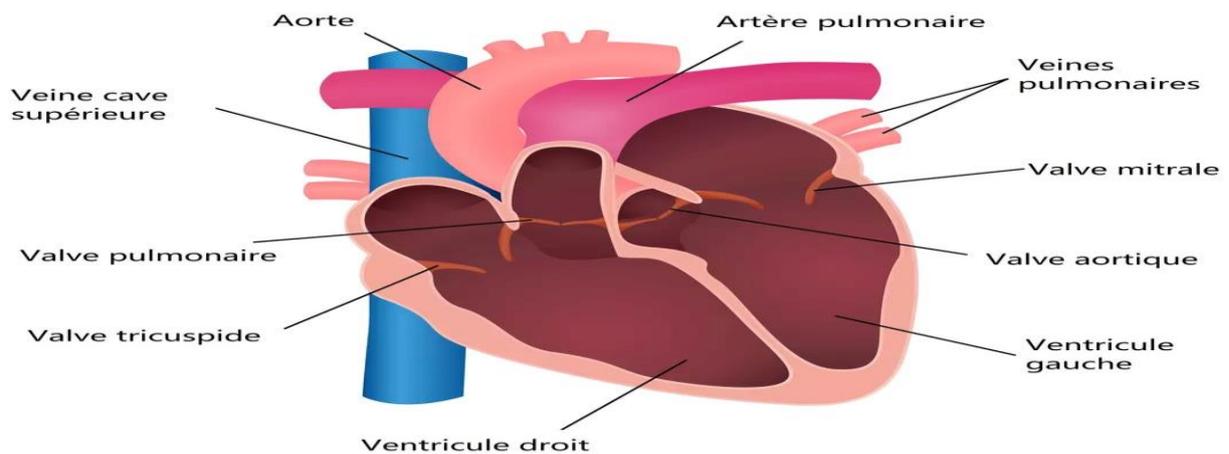
La valve auriculo-ventriculaire droite ou valve tricuspide est composée de trois

clapets,

les valves mitrales ou gauche est composé de deux clapets.

Quand le cœur est relâché, le sang s'écoule dans les oreillettes, traverse passivement les valves ouvertes et entrent dans les ventricules.

Il n'y a pas de valvules aux orifices des veines.



4.2.4 La paroi cardiaque

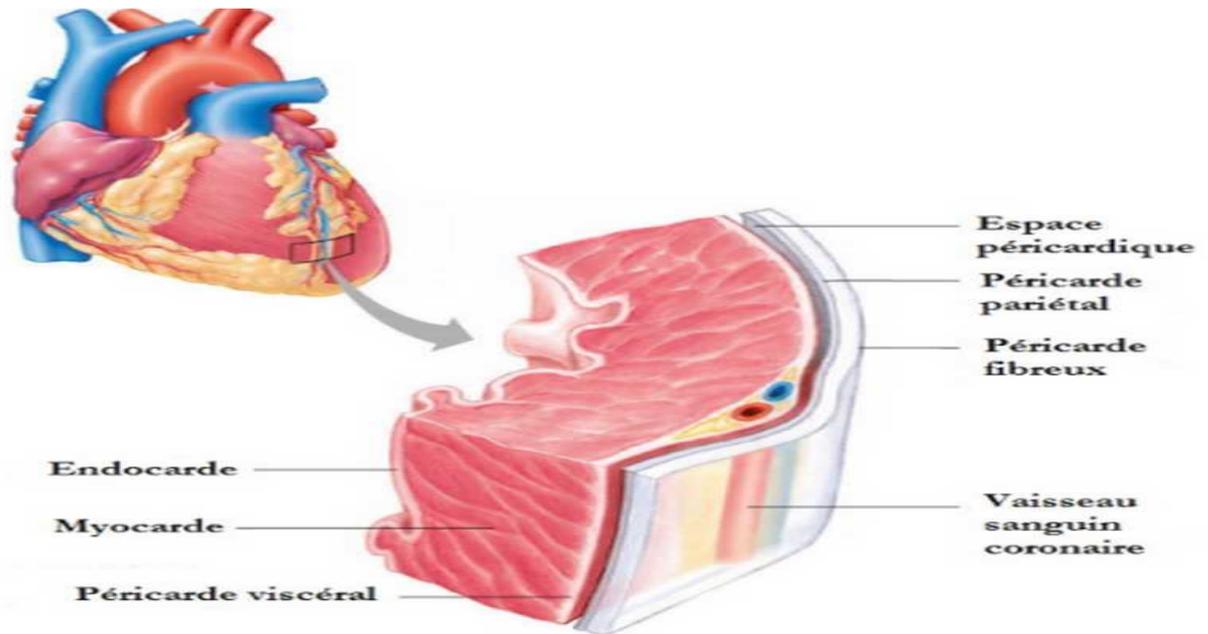
Le cœur est composé de plusieurs couches :

L'endocarde : tapisse l'intérieur de la cavité cardiaque.

Le myocarde : muscle cardiaque proprement dit. Composé de cellules musculaires cardiaques.

Le péricarde séreux : il a deux feuillets, un viscéral et un pariétal.

Le péricarde fibreux : couche superficielle du péricarde composé de tissus conjonctif dense. Il protège le cœur l'amarre (attache) au diaphragme et aux gros vaisseaux et lui évite toute accumulation excessive de sang.



5 Le myocarde ou tissu musculaire cardiaque

Les **fibres musculaires** du myocarde sont **striées** mais elles vont se distinguer des autres car elles **sont plus épaisses**. Les cellules du muscle cardiaque sont rattachées par des fibres de tissu conjonctif qui forment des faisceaux spiralés ou circulaires. Ces faisceaux relient toutes les parties du cœur. Les fibres du tissu conjonctif tissent un réseau dense, le squelette fibreux de cœur qui renforce le myocarde. Il y a aussi des capillaires.

Les fibres musculaires cardiaques sont rattachées les unes aux autres aux disques intercalaires ce qui constitue deux éléments.

Les cellules musculaires cardiaques, ou cardiomyocytes, sont des cellules contractiles composant le muscle cardiaque.

Il existe plusieurs types de cardiomyocytes :

- les **cardiomyocytes contractiles**, riches en myofibrilles. Ils représentent la majeure partie des cardiomyocytes et assurent la **contraction** du muscle cardiaque ;

- les **cellules cardionectrices**, pauvres en myofibrilles. Elles permettent **l'initiation et la conduction** de la contraction musculaire à travers le tissu cardiaque ;
- les **cellules myoendocrines**, pauvres en myofibrilles. Elles **sécrètent un peptide**, appelé facteur natriurétique auriculaire, qui provoque l'augmentation de la natriurèse (concentration de sodium dans les urines), qui permet de baisser la pression artérielle.

5.1 Structure

Les cardiomyocytes contractiles sont des cellules mesurant 120 µm de long et 20 à 30 µm de diamètre chez l'adulte. Ces cellules contiennent un noyau central (voire deux au plus), de nombreuses mitochondries (25 à 35% du volume cellulaire), conférant à ces cellules une grande résistance à la fatigue, et surtout des **myofibrilles** agencées de manière linéaire et qui constituent la majeure partie de ces cellules. A l'instar des fibres musculaires striées, leur aspect strié est dû à l'alignement organisé de leurs myofilaments d'actine et de myosine pour former des unités contractiles répétitives sur toute la longueur des myofibrilles : les **sarcomères**.

Les extrémités des cardiomyocytes sont divisées en plusieurs branches anastomosées avec plusieurs autres cellules, ce qui forme un réseau complexe de cardiomyocytes en continuité.

Le sarcolemme des cardiomyocytes se différencie de celui des fibres musculaires striées par l'absence de plaques motrices et par la présence de **contacts intercellulaires** visualisables en microscopie optique sous forme de stries appelées « **stries scalariformes** » (ou disques intercalaires). Ces contacts intercellulaires localisés au niveau des stries scalariformes sont constitués de 3 éléments :

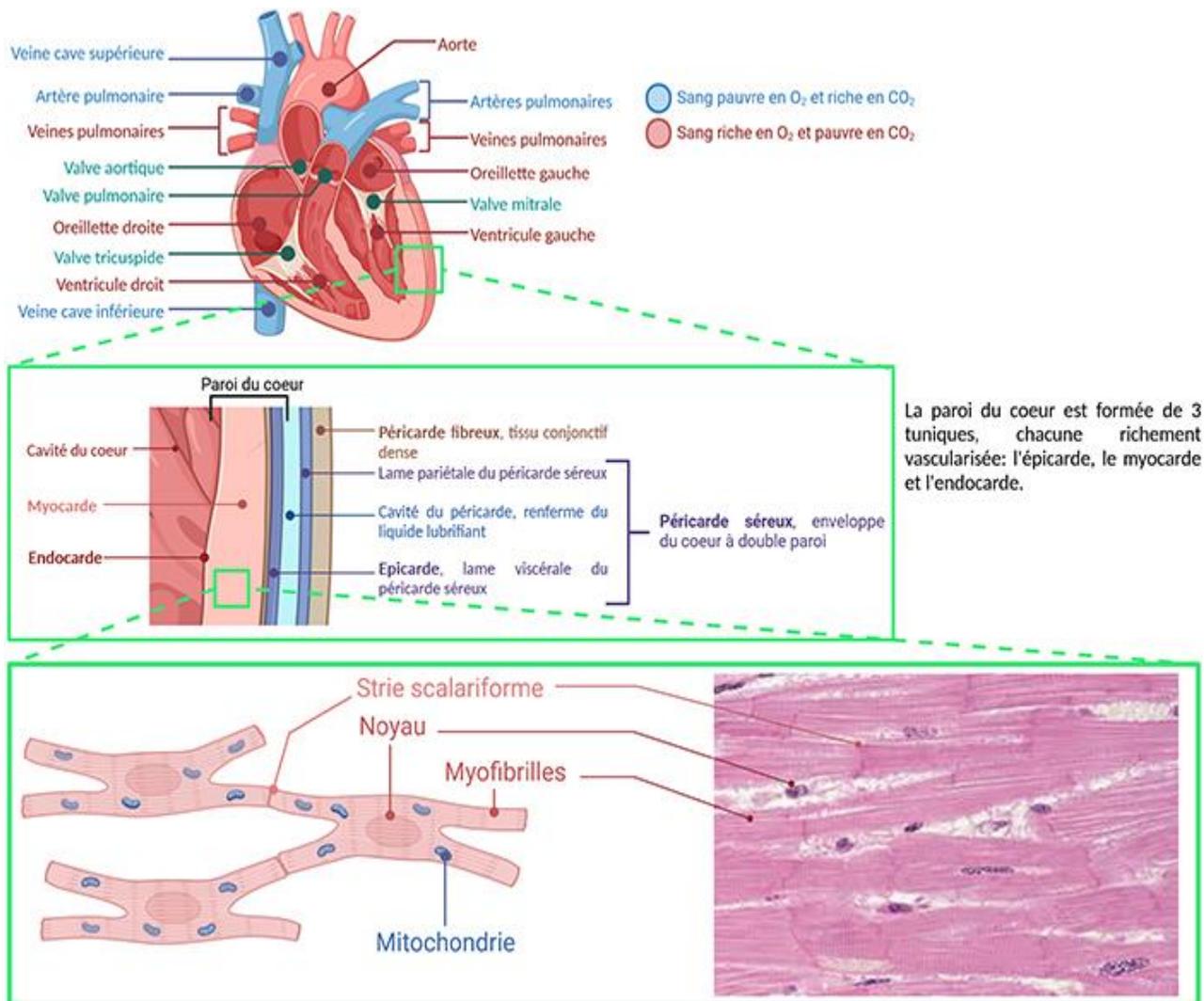
- Des desmosomes reliés aux filaments intermédiaires de desmine ;

Physiologie licence 1

- Des jonctions adhérentes reliées aux filaments d'actine ;
- Des jonctions communicantes ou nexuses ;

Ces systèmes de jonctions intercellulaires permettent la transmission des forces contractiles et la diffusion de l'excitation musculaire d'une cellule à l'autre.

Les cardiomyocytes sont entourés d'une trame de tissu conjonctif lâche qui renferme de nombreux capillaires, l'**endomysium**, et sont regroupés en travées également entourées de tissu conjonctif, l'**épimysium**.



5.2 Fonction : mécanismes et caractéristiques de la contraction

Dans le muscle cardiaque, l'organe tout entier se contracte d'un bloc ou ne se contracte pas du tout, alors que dans le muscle squelettique, seules les fibres

musculaires individuellement stimulées par des fibres nerveuses se contractent. Cette action coordonnée dans le muscle cardiaque est possible parce que tous les myocytes cardiaques constituent une seule unité contractile grâce aux systèmes de jonctions intercellulaires au niveau des stries scalariformes.

L'enchaînement des phénomènes moléculaires conduisant à la contraction est semblable à celui se déroulant dans les fibres musculaires striées.

Cependant, dans les cellules musculaires cardiaques, le système du transport des ions Ca^{2+} est moins complexe : les tubules T (invaginations du sarcolemme) sont plus larges et moins nombreux, le réticulum sarcoplasmique est moins développé et est dépourvu de citernes terminales ; par conséquent, il n'y a pas de triades dans les cellules musculaires cardiaques.

La production d'ATP nécessaire à la contraction (glissement des myofilaments de myosine sur les myofilaments d'actine) est assurée par les très nombreuses mitochondries et repose presque exclusivement sur la respiration aérobie ; le muscle cardiaque ne peut donc fonctionner efficacement sans oxygène, contrairement aux muscles squelettiques.

6 La circulation périphérique.

6.1 Caractéristique des différents types de vaisseaux.

Les artères accueillent le sang à la sortie des ventricules, ensuite le sang passe par des artères à gros calibre vers des artères à plus petit calibre. Il emprunte ensuite les artérioles pour aller jusqu'au réseau capillaire.

Le sang revient au cœur par le réseau veineux : il passe au niveau des vénules puis emprunte des veines de plus en plus importantes jusqu'à la veine cave pour aller vers l'oreillette droite.

♠ La paroi des capillaires est suffisamment fine pour qu'il puisse y avoir échange entre le sang et le liquide interstitiel dans lequel baignent les cellules.

6.2 Structure des parois

Les vaisseaux sanguins (artères, veines) sont composés de trois tuniques :

- **Interne** : app l'intima. Cette tunique est fermée d'un endothélium ce qui permet à la paroi qu'elle est une surface lisse. Ceci permettra de réduire le plus possible la résistance du sang avec la paroi. Par conséquent il s'écoulera plus facilement.
- **Moyenne** : situé entre l'intérieure et l'extérieure. Appelé aussi la média. Cette paroi comprend principalement des fibres musculaires lisse et élastique. Elle joue un rôle très important dans les artères du fait de ces fibres. Ces parois ont un rôle régulateur car les fibres lisses le permettent : vasoconstriction et vasodilatation.
- **Externe** : app adventis. Comme toutes les parois externes elles permettent de protéger les vaisseaux. Composé de fibres de collagènes, parcourut de fibres nerveuses et de petit vaisseau et de vaisseau lymphatique.

6.3 Artères élastiques :

Structure des gros troncs artériels : exemple l'aorte.

Les parois sont très épaisses et ont une très grande élasticité du à la présence d'élastine dans les trois tuniques.

Fonction : plus le calibre est gros plus ça diminue la résistance.

L'abondance d'élastine permet de compenser les fluctuations de pression qui ce produisent dans ces vaisseaux. Si on n'avait pas d'élastine dans c tronc le sang circulera par giclée. Ces troncs s'étirent à la diastole ce qui permet l'écoulement par la suite.

Systole augmentation de la pression, alors que lors de la diastole il y a une diminution de la pression. Cela amortit la pression.

Le pouls artériel : le pouls correspond à des ondes de pression par la dilatation et le resserrement des artères se produisant à chaque systole des ventricules. Il permet donc de mesurer la fréquence cardiaque.

6.4 Artères et artérioles :

Les artères ont un moyen calibre d'une taille d'environ un petit doigt à une mine de crayon. Elles sont également appelées artères distributives, permettant d'acheminer le sang aux organes.

Artérioles : inférieur à 0,3 mm (diamètre). Composée d'une tunique moyenne qui est la plus épaisse. Au fur et à mesure de l'avancement diminution du diamètre. La quantité de fibre élastique diminue alors qu'on va avoir de plus en plus de fibres musculaires. Les plus terminales seront constituées quasiment de fibre musculaire lisse et d'endothélium. Ces artères à la différence des gros troncs sont moins extensibles, moins élastiques. En revanche elles ont le rôle le plus important et actif dans la vasodilatation et la vasoconstriction (notamment dans les artérioles). Ces phénomènes vont être l'influence de stimuli nerveux ou bien chimique.

6.5 Les capillaires

Les capillaires constituent les lits capillaires.

- Se sont les plus petits vaisseaux sanguins. Font environ 1 mm de long, calibre de 8 à 10 micro – mètres.

Ils ont une paroi très fine. Tellement fine qu'elle est constituée de cellule endothélium.

Beaucoup de capillaire dans les tissus en générale (mais pas dans les tendons, les ligaments, le cartilage, l'épithélium).

- Les lits capillaires sont généralement regroupés en réseau de capillaire.

Constitué de 10 à 100 capillaires en moyenne. Composés de capillaires vrais

avec au centre une métarteriole. C'est au niveau des capillaires vrais que va se faire l'échange entre le sang et le liquide interstitiel. La métarteriole relie en amont l'artériole terminale (d'où arrive le sang) à l'artériole post capillaire en aval.

On a des manchons de fibres musculaires lisses : si se contracte le sang ne passe plus dans les capillaires vrais.

Etat post – prandial : besoin de sang dans le système digestif et donc le sang ne perd pas de temps dans les capillaires vrais (c'est le balancement circulatoire).

6.6 Les veines

Ramènent le sang des lits capillaires vers le sang. Le diamètre va en augmentant. On distingue les vénules et ensuite les veines.

Les veinules ont un diamètre de 8 mm, elles sont composées d'endothélium elles sont donc extrêmement poreuse de façon à permettre des échanges.

On a ensuite des grosses vénules qui ont deux couches.

Les veines sont composées de trois tuniques, on les compare donc aux artères.

La paroi va être plus mince et la lumière sera donc plus grande que pour les artères avec un niveau équivalent (même diamètre, taille...).

La tunique moyenne des veines va être plus mince que celle des artères, elle contient peu de muscle lisse et d'élastine par elles ont une tunique externe plus épaisse. La structure des vaisseaux sanguins est adaptée à leurs fonctions.

Les veines sont des réservoirs de sang, elles contiennent environ 65 % du volume sanguin.

Le but c'est d'avoir le moins possible de résistance à l'écoulement c'est pour ça que les parois sont fines.

7 Les déterminants du débit sanguin

7.1 Définition

C'est le volume de sang qui s'écoule en un temps donné dans les vaisseaux ou dans un organe.

DS (débit sanguin) : différence de pression entre deux points par les résistances périphériques.

Plus ces résistances seront importantes, plus ça va affecter le Debit Sanguin.

↔ Plus le delta de pression sera important plus le Debit Sanguin le sera aussi.

7.2 Répartition générale du débit sanguin (repos)

- **Débit sanguin du cerveau** : il doit être constant, les neurones supportent mal la diminution de l'irrigation sanguine (ischémie). Il y a un mécanisme d'auto régulation avec des fibres musculaires qui sont sensibles aux variations de pression.
- **Débit sanguin coronarien** : va irriguer le cœur. Les vaisseaux vont aller approvisionner le cœur. Quand se contracte ça chasse le sang.

Les vaisseaux coronaires peuvent alimenter le cœur que pendant la diastole.

Si la systole est trop longue il y a une diminution de la diastole donc moins de temps pour irriguer.

A l'exercice les coronaires sont vasodilatés, le cœur travail donc la diastole est plus courte.

- **Débit sanguin musculaire** : variable selon l'activité. Au repos : le débit est de 1 L / min, seulement 25 % des réseaux capillaires sont sollicités. Par contre à l'exercice beaucoup plus sont sollicités car augmentation du débit cardiaque. Très exigeant d'un point de vu cardio vasculaire. Vasodilatation des artérioles musculaires qui permet une arrivée plus grande en nutriment et en O₂.

Le sang doit revenir au cœur, c'est dur à cause de la pesanteur, par conséquent les valvules viennent aider les veines. Ces **valvules sont situées dans la tunique interne**. Lorsque ces valvules ne sont plus trop fonctionnelles il y a apparition de varices. Ces valvules facilitent le retour du sang et évitent le reflux du sang.

7.3 Résistances périphériques

7.3.1 Facteur influant sur les résistances périphériques

- La viscosité du sang. Plus il est visqueux moins il s'écoule. C'est le cas lors d'un effort de longue durée sous une grande chaleur il y a déshydratation, c'est aussi le cas lors de la concentration d'Hémoglobine.
- La longueur des vaisseaux : plus il sera long plus la somme des résistances sera importante ce qui ralentira le débit sanguin.
- Le diamètre des vaisseaux : $r * 2$ donne somme de résistances / par 16 (2^4)
c a d quand on multiplie le rayon par deux on divise les résistances par 16.

7.3.1.1 La pression artérielle

L'écoulement du sang dans les vaisseaux va se faire selon un gradient de pression.

Résistances et gradients sont lié. Plus les résistances vont être importante plus la pression va chuter entre deux points.

La pression artérielle systémique : c'est la tension.

La pression maximale est représentée par la pression artérielle systolique et la pression minimale est représentée par la pression artérielle diastolique.

- Cette pression maximale est liée à la systole du ventricule gauche.
- Pression artérielle systolique : on a 12 cm de mercure soit 120 mm
- Pression artérielle diastolique : on a 8 cm de mercure soit 70 à 80 mm.

La plasticité des artères donne l'énergie cinétique lors de la systole, il y a une différence entre les deux pressions, ça donne le gradient de pression, pression différentiel, cette pression permet de pousser le sang dans les artères.

Si la pression n'augmente pas les artères ne pourraient pas se dilater.

La pression systémique diminue tout au long de la circulation pour atteindre un niveau nul au niveau des veines caves.

Diminution du gradient de pression entre la pression systolique et la pression diastolique. Plus les résistances à l'avancement sont importantes moins le sang avance donc augmentation de la pression.

7.3.1.1.1 Facteurs influant sur la pression artérielle :

Rappel : le débit sanguin = $\Delta P/R$ R : Résistance ΔP : débit sanguin * R. Delta correspond à une différence.

L'exercice physique fait augmenter le débit sanguin soit du fait de l'augmentation fréquence cardiaque ou de VES.

Lorsque les résistances augmentent la pression augmentent aussi. Quand les artérioles vont contracter les fibres musculaires lisses il y a réduction du diamètre et donc augmentation des résistances.

Le volume sanguin joue aussi sur la pression. Par exemple : cas d'hémorragie, la pression systémique diminue.

7.3.1.2 Mesure de la pression artérielle

Prise de tension : on comprime l'artère brachiale.

Trop comprimé, plus de pouls car le sang ne passe plus. On commence à dégonfler, on va avoir un 1^{er} pouls avec un souffle : ça correspond à la pression systolique.

Continue à dégonfler, dès qu'il n'y a plus de souffle on a la pression diastolique.

Pression systolique : 110 à 140 mmHg

Pression diastolique : 70 à 80 mmHg.

Avec le vieillissement les veines sont moins souples, on aura donc une augmentation de la pression systolique.

La pression varie selon le sexe (plus importante chez les hommes), la position (debout moins important), les stress (hypertension), l'exercice physique.

7.3.2 Facteurs favorisant le retour veineux

- La pompe respiratoire : à l'inspiration le diaphragme s'aplatit et comprime les organes du thorax ce qui comprime les veines locales. Ça va chasser le sang vers le cœur. A l'expiration il y a diminution de la pression ceci permet de mieux chasser le sang.
- La pompe musculaire : les muscles se contractent et compressent les veines. Les valvules bloquent le retour du sang vers l'arrière donc le sang est chassé.

8 Circulation Sanguine

La circulation sanguine peut être subdivisée en deux circulations :

Petite circulation.

Grande circulation.

8.1 La petite circulation ou circulation pulmonaire

Elle est destinée à oxygéner le sang.

- Elle part du cœur vers les poumons, puis elle revient au cœur. Elle emprunte la voie suivante :

→ Ventricule droit (V.D)

→ Artère pulmonaire.

→ Poumons.

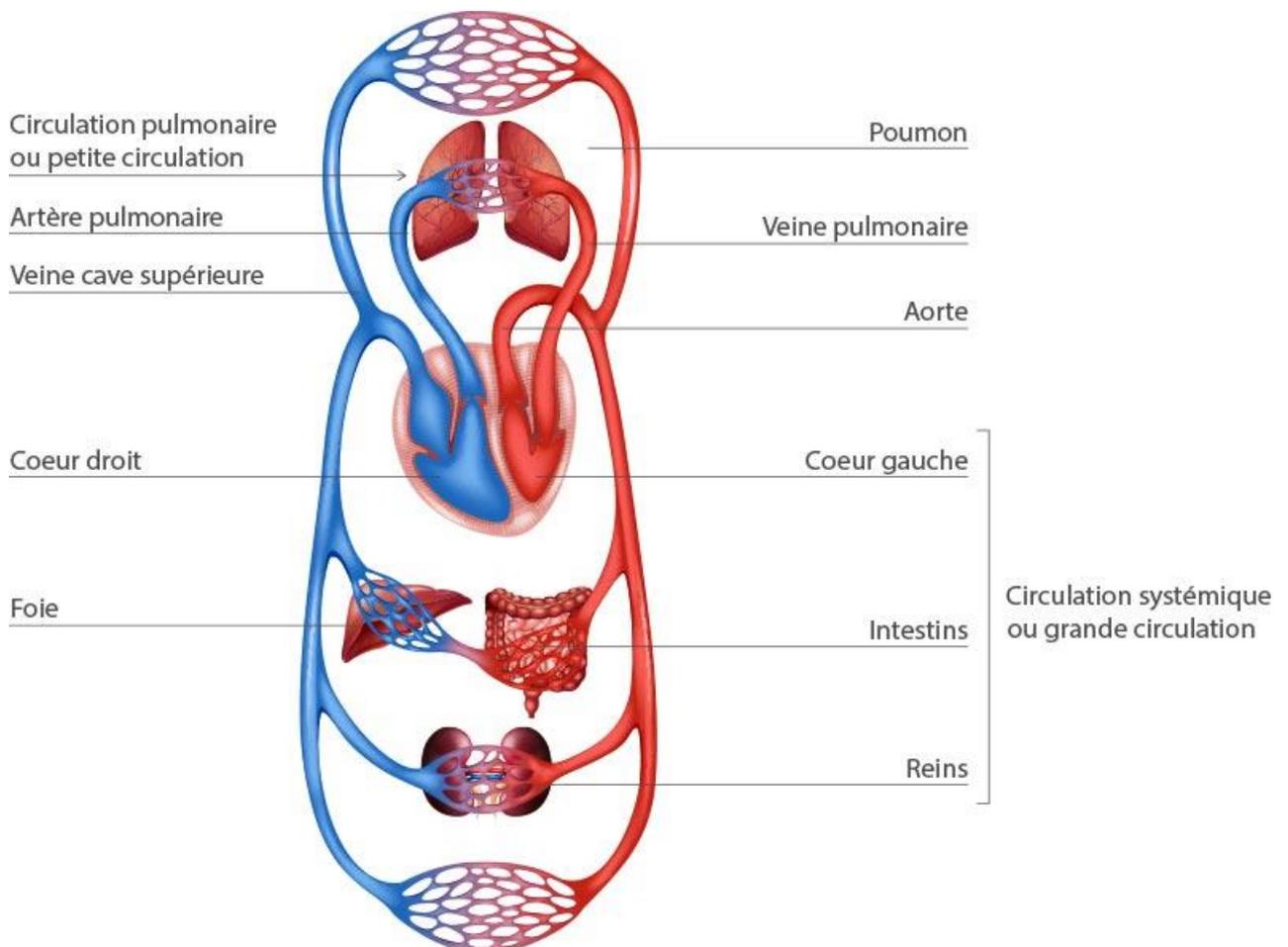
→ Capillaires pulmonaires.

- Veines pulmonaires.
- Atrium gauche (A.G).

8.2 La grande circulation ou circulation systémique

Elle est destinée à transporter de l'oxygène et des nutriments aux tissus et d'éliminer de ces mêmes tissus le dioxyde de carbone et d'autres déchets. Toutes les artères de cette voie partent de l'aorte qui émerge du ventricule gauche. Elle emprunte la voie suivante :

- Ventricule gauche (V.G).
- Aorte et ses branches.
- Capillaires de la grande circulation
- Veines caves supérieur et inférieure.
- Atrium droit (A.D)



9 Le débit cardiaque.

9.1 Définition.

C'est le volume de sang expulsé par un ventricule au cours d'un systole en une minute :

$$Q = \text{VES} * Fc$$

Le débit cardiaque est égal au volume de sang expulsé par unité de temps.

Fc : fréquence cardiaque.

VES : volume d'évacuation systolique. Volume de sang éjecté par un ventricule par battement.

9.2 Valeur de débit cardiaque.

Au repos à chaque systole le VES est = à 60 / 80 ml. Si on prend une fréquence cardiaque de 70 bpm on aura $Q = 5$ à 6 litres par minute.

Le DC est proportionnel au volume systolique et à la FC, c a d qu'il s'élève lorsque le VES augmente et / ou la FC augmentent et baisse lorsque ces paramètres diminuent.

A l'exercice il y aura une augmentation du débit cardiaque. DC maximal est 4 à 5 fois plus grand que le DC au repos. Chez l'athlète (haut niveau) il peut se multiplier par 7.

En revanche le sommeil va diminuer ce débit cardiaque. Il y aura variation entre la position debout / couché.

Augmentation de Q en fonction de la posture, de l'ingestion de liquide, de la digestion, de la chaleur, du travail musculaire.

9.3 Le volume d'éjection systolique.

$$\text{VES} = \text{VTD} - \text{VTS} = 120 - 50 = 70 \text{ ml / bat.}$$

- **VTD : volume télédiastolique** : c'est le volume de sang présent dans un ventriculaire à la fin de la diastole ventriculaire. Déterminé par la durée de la diastole ventriculaire et la pression veineuse, environ égal à 120 mL. Le VTD augmente quand s'opère une augmentation de remplissage, et une augmentation de la pression artérielle.
- **VTS : volume télésystolique** : c'est le volume de sang qui reste dans un ventricule à la fin de sa contraction. Il est déterminé par la force de la contraction ventriculaire, environ égal à 50 mL. Il augmente quand la force de contraction ventriculaire augmente.

Il y a toujours du sang dans les ventricules. Plus la diastole est longue plus le ventricule peut se remplir. Par contre lors de l'exercice physique la diastole est plus courte, par conséquent le ventricule se remplit à plus faible quantité. Plus la pression veineuse est importante plus elle éjectera de sang.

Plus la contraction ventriculaire est important plus le VES sera important

9.4 Loi de starling

C'est le degré déterminent des cellules myocardique juste avant leur contraction. C'est le facteur déterminant du VES. Plus les fibres musculaires sont étirés plus la contraction sera ensuite forte. Le facteur principal d'étirement du muscle cardiaque correspond à la quantité de sang qui va y retourné c'est donc le VTD.

VES augmente grâce au système nerveux sympathique. Plus la force de contraction cardiaque augmente plus le VTD diminue.

Lors de l'exercice physique il y a augmentation du retour sanguin veineux donc du VTD et de la force de contraction. Mais diminution du VTS. En cas

d'hémorragie diminution du retour veineux, il y a un étirement plus faible des fibres musculaires il y a donc une diminution de la force de contraction cardiaque le VTS augmente et le VTD diminue donc VES diminue.

10 La révolution cardiaque

10.1 Définition et généralité

La révolution cardiaque c'est le cycle de phénomène qui se reproduit au niveau du cœur qui est animé de phase de contraction appelé systole et de phase de repos appelé diastole.

Pendant une systole auriculaire et ventriculaire il y a contraction des oreillettes et des ventricules ce qui leur permet d'éjecter le sang. L'oreillette éjecte dans le ventricule, et le ventricule dans les artères. Pendant les diastoles, l'oreillette et le ventricule sont relâchés ce qui permet aux cavités de se remplir de sang.

10.2 La révolution cardiaque

Systole et diastole auriculaire ajoutée à une systole et diastole ventriculaire.

Il y a synchronisation des phases dans le sens transversal (horizontal), les deux oreillettes se contractent en même temps. Par contre phase d'activité et de repos sont successives dans le sens longitudinal (vertical).

Systole auriculaire en première car permet de remplir les ventricules.

La circulation du cœur est régie par des variations de pression qui sont elles même dues à l'alternance contraction - relâchement.

Cette pression provoque l'ouverture et la fermeture des valves qui vont orienter la circulation.

10.2.1 Diastole ventriculaire.

La pression dans le ventricule gauche est = à 0. Le sang qui arrive par les veines pulmonaires va remplir l'oreillette qui va ensuite la distribuer aux ventricules.

2^{ème} temps : les valves auriculo – ventriculaires commencent à monter vers la position fermée. Tout est prêt pour la systole auriculaire. Les oreillettes se contractent donc elles éjectent le sang qui reste (30 % manquant) et finissent de remplir le ventricule. Puis les oreillettes vont à leur tour se relâcher et commence leur diastole.

La propagation de l'influx nerveux entraîne par la suite la contraction du ventricule.

10.2.2 Systole ventriculaire

Au moment où les oreillettes se relâchent les ventricules commencent à se contracter. Leurs parois compriment le sang qu'ils renferment, la pression ventriculaire augmente. Fermeture des valves auriculo – ventriculaires. Les valves de l'aorte et du tronc pulmonaire s'ouvrent.

Le volume ne varie pas et il y a augmentation de la pression ventriculaire. Elle va atteindre la pression d'ouverture de la valvule aortique, ainsi le ventricule va se vider, le sang est expulsé dans l'aorte et le tronc pulmonaire (diminution progressive du volume ventriculaire). Le ventricule n'éjecte que 50 % du volume sanguin qu'il contient. Le volume qui reste en fin de systole est appelé le volume télé systolique. Il constitue une réserve qui permettra d'augmenter le débit cardiaque pendant l'exercice.

En fin de systole le ventricule se relâche.

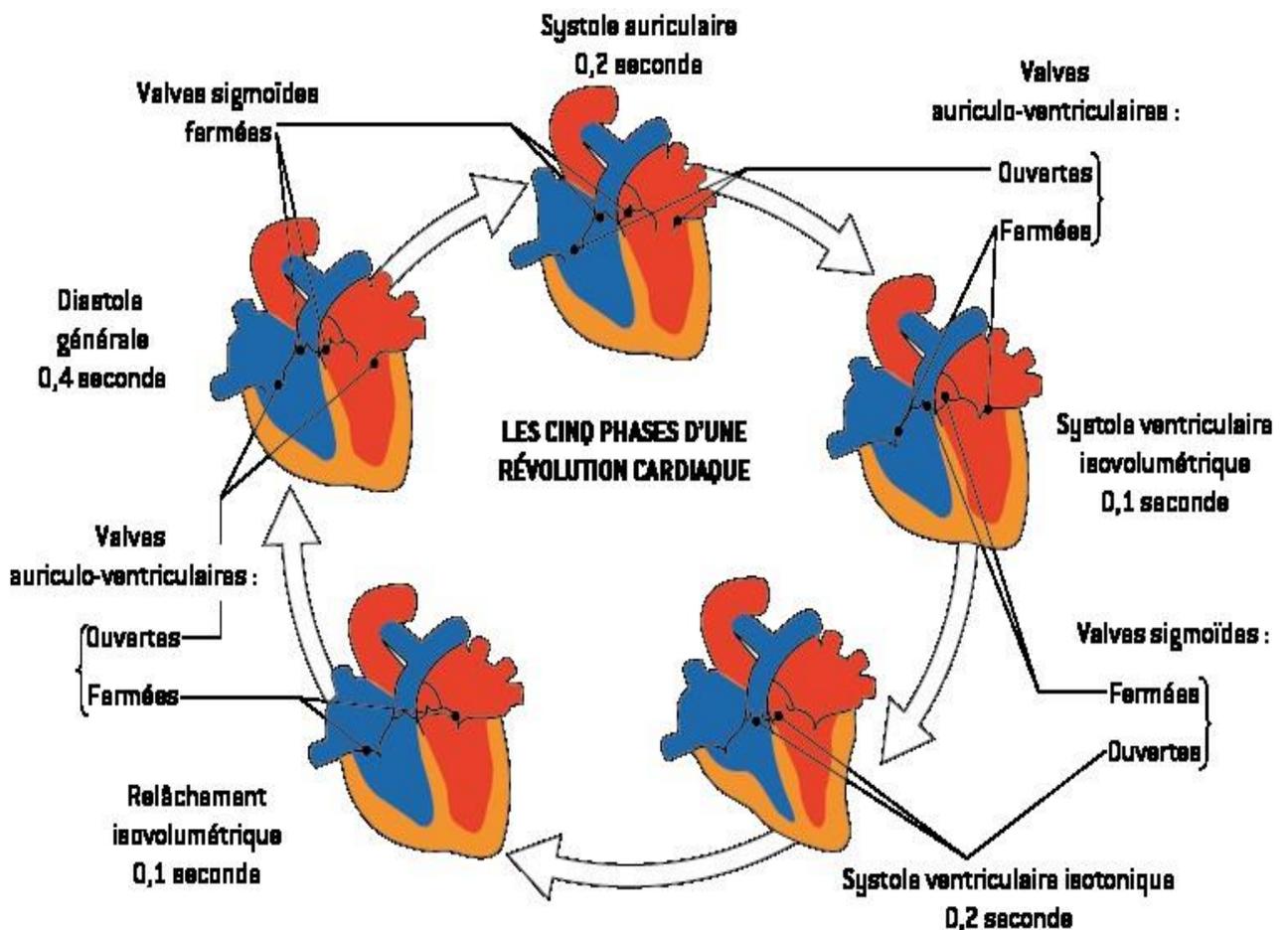
Pendant toute la systole ventriculaire, les oreillettes sont en diastole.

10.2.3 Phase de relaxation

Après la systole ventriculaire, les ventricules se relâchent et la pression diminue c'est la période réfractaire. Au niveau réfractaire on a un reflux du sang qui permet la fermeture des valvules sigmoïdes.

- Lors de la systole auriculaire les oreillettes se contractent et achèvent le remplissage des ventricules, ensuite elle se relâche et les ventricules se dépolarisent.

- Diastole auriculaire correspond à une phase de remplissage. Elles se remplissent de sang et la pression s'y élève. Comme la pression dans les oreillettes est supérieure à la pression des ventricules, il y a ouverture des valves auriculo – ventriculaires et le remplissage des ventricules commence.



10.2.4 Valeurs des pressions intra cavitaires.

Pour les ventricules on observe une pression de repos égale à zéro. De plus lors de la systole la pression est plus importante dans le ventricule gauche (110 à 140 contre 25 à 30). Cela s'explique par le fait que ce dernier pompe pour la grande circulation. Si la pression est trop importante dans l'artère pulmonaire (relié au ventricule droit), cela peut entraîner des œdèmes.

Pour les oreillettes on observe une pression diastolique négative dans l'oreillette droite, cela s'explique par le fait que cette oreillette accueille le sang de la grande circulation et cela permet un pompage plus facile. De plus, dans cette oreillette la pression systolique est plus faible car elle pompe pour la petite circulation.

10.2.5 La durée des différentes phases.

La révolution cardiaque dure environ 0,8 seconde. Systole auriculaire environ 0,1 seconde, systole ventriculaire environ 0,3 seconde. La diastole générale (période de relaxation complète) environ 0,4 seconde.

10.2.6 Manifestation électrique de la révolution cardiaque.

Entre deux diastoles générales on va avoir des variations de potentiel électrique. Pour enregistrer l'électrocardiogramme on va poser deux électrodes, qui permettent de définir des dérivations qui donnent un tableau global des activités du cœur.

C'est l'enregistrement à la surface du corps en des points standardisés des augmentations de potentiels qui vont être induites par l'activité électrique cardiaque. L'ECG va traduire le processus d'excitation du cœur qui précède sa contraction.

L'intervalle de temps entre le P et le R correspond au temps que l'influx nerveux met pour aller des oreillettes aux ventricules.

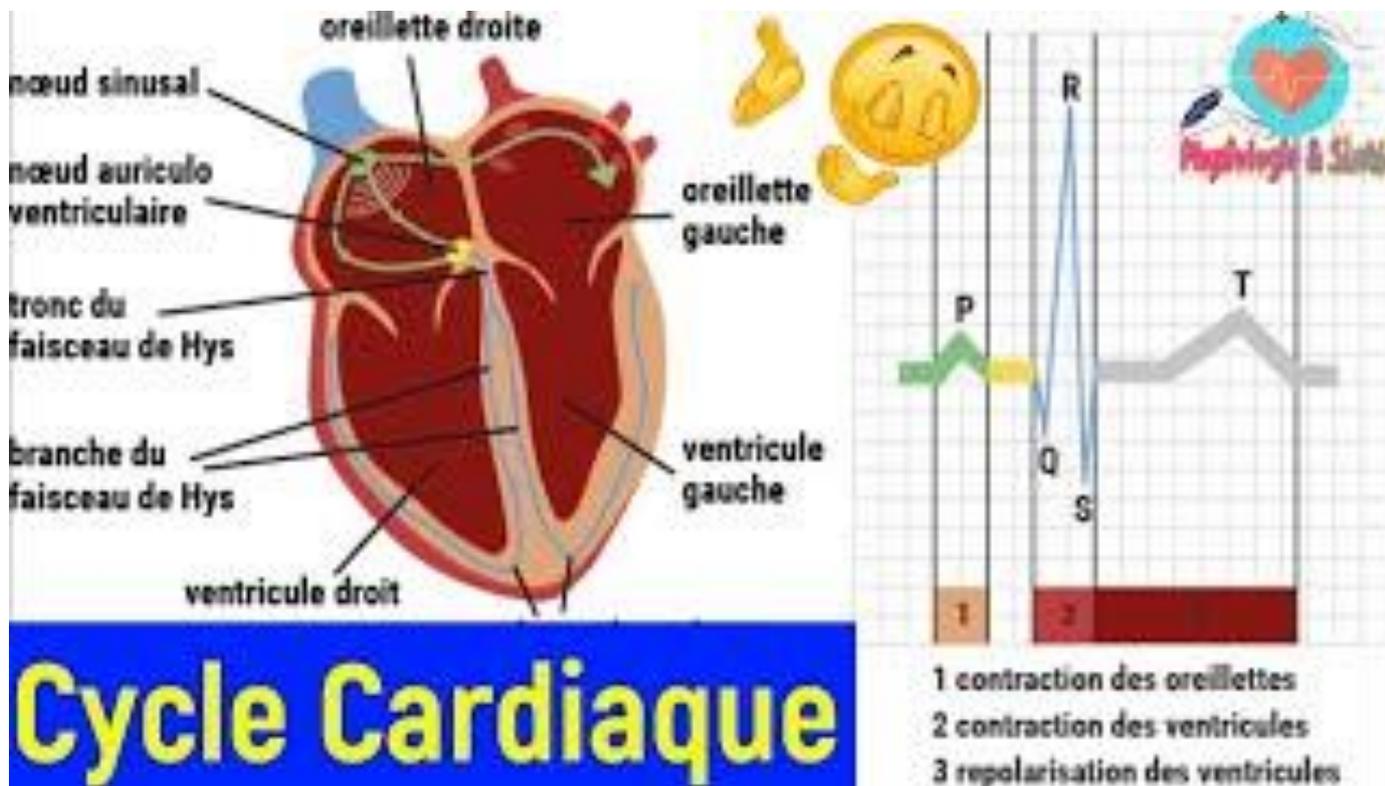
La dépolarisation se produit environ à 1/10 de secondes avant la contraction. La repolarisation est contemporaine avec l'évacuation ventriculaire.

P : excitation des oreillettes.

QRS : excitation des ventricules qui va masquer la repolarisation des oreillettes.

T : retour à l'état de repos des ventricules.

Les répétitions de R correspondent à la fréquence cardiaque.



11 Le tissu nodal.

Dans le cœur il y a d'autres cellules musculaires différentes, se sont des cellules cardionectrices, elles sont plus minces que les précédente, elles sont plus petites, fusiformes et elles ont une moindre proportion de myofibrilles. La

fonction de ces cellules consiste à produire des potentiels d'action et à les propager dans le cœur afin que les cellules musculaires se dépolarisent et se contractent des oreillettes aux ventricules.

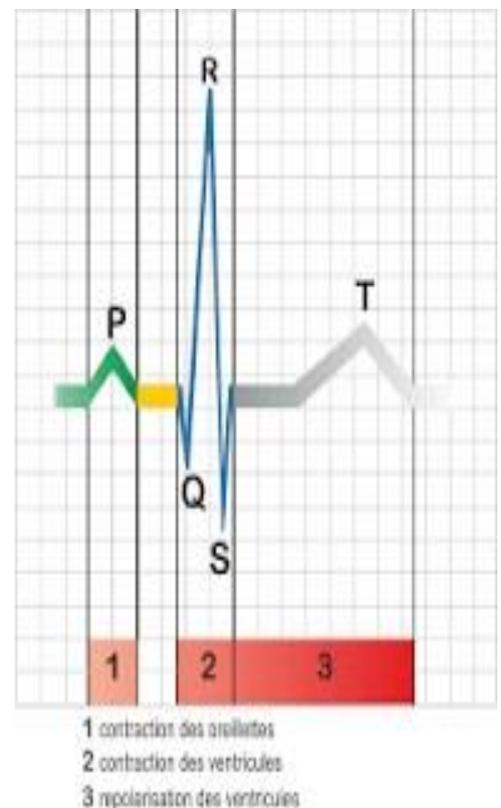
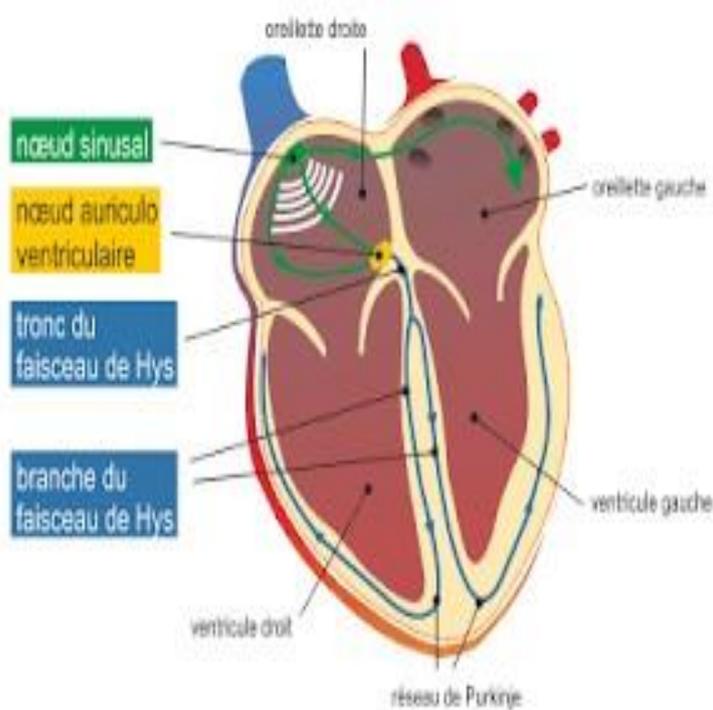
Le **nœud sinusal** se trouve dans l'**oreillette droite** au-dessous de la veine cave supérieure c a d dans la partie du nœud de Keith Flack. C'est un centre rythmogène ou « pace maker ».

Le nœud auriculo ventriculaire : situé dans la partie inférieure du septum intraauriculaire de l'oreille droite.

Ces deux nœuds sont dans le déroulement de l'excitation, du potentiel d'action.

Il n'y a pas de tissu nodal dans l'oreillette gauche. Ce tissu nodal innerve le myocarde.

C'est l'influx nerveux qui passe par les jonctions ouvertes dans l'oreillette gauche.



12 L'excitabilité cardiaque.

12.1 Caractéristique de la contraction cardiaque.

Mécanisme et déroulement de la contraction.

Caractéristique de la contraction cardiaque :

- Loi du tout ou rien : le cœur se contracte en bloc. Toutes les cellules se contractent ensemble. La contraction s'applique au cœur entier. Le potentiel d'action va être transmis par le passage d'ions dans les jonctions ouvertes qui rassemblent toutes les cellules en une seule entité contractile.

-La période réfractaire (période de réfraction) : suit la période de contraction. Période d'inexcitabilité au cours de laquelle les canaux sodium sont encore ouverts. Cette période dure aussi longtemps que la contraction environ 250 ms.

Se sont les cellules cardionectrices qui vont propager le PA dans le cœur pour que toutes les cellules musculaires se développent et se contractent.

12.1.1 L'automatisme cardiaque.

Le fonctionnement du cœur se fait grâce à l'automatisme cardiaque, c a d la propriété qu'a le cœur d'engendrer spontanément (sans innervation) une excitation qui va aboutir à une contraction. L'automatisme cardiaque est assuré par le tissu nodal.

On dit que le cœur fonctionne de façon intrinsèque.

12.1.2 Déroulement de l'excitation.

Le nœud sinusal a une fonction de rythmogène. Il se dépolarise spontanément de 70 à 90 fois par minute. C'est lui qui donne le rythme au cœur. Chaque partie se dépolarise spontanément mais pas à la même fréquence, le nœud sinusal est le premier à se dépolariser. Il envoie un signal électrique à une fréquence d'environ 60 à 80 bpm, c'est le rythme sinusal. Ce signal est envoyé à

l'ensemble du cœur grâce à d'autres tissus. L'ensemble de ces systèmes est appelé système de conduction.

12.2 Chemin de l'influx nerveux

L'influx nerveux passe par les oreillettes (pas de tissu nodal donc se propage par les jonctions ouvertes) pour ensuite arriver au **nœud atrio-ventriculaire** (c'est le chemin du tractus nodal). L'oreillette va donc se contracter pour ensuite aller au niveau de la **basse cloison inter ventriculaire** (faisceau auriculo ventriculaire) puis dans **la branche du faisceau ventriculaire** et au niveau des myofibres de conduction (qui se divise en fibre de Purkinje) pour aller au bout **du cœur**. Les branches remontent ensuite vers les muscles papillaires. Il faut $\frac{1}{4}$ de seconde pour que le PA passe du nœud sinusal jusqu'au myofibrille de conduction.

13 la coordination.

Le nœud auriculo ventriculaire se contracte 50 fois par minute.

Le faisceau auriculo ventriculaire se contracte 35 fois par minute.

Les fibres de conduction cardiaque se contractent 30 fois par minute.

Plus on avance dans le cœur plus les fréquences diminuent. Si le nœud sinusal ne fonctionne plus les autres systèmes peuvent prendre le relais. Cependant on a pu remarquer que si l'influx nerveux part du faisceau, les oreillettes et les ventricules vont se contracter en même temps ce qui va engendrer un dysfonctionnement. Le PA chemine dans le cœur mais pas partout en même temps. Le centre rythmogène permet le relais.

Le système endocrinien et ses hormones

Le système endocrinien est un ensemble de Glandes et de cellules qui fabriquent des hormones et qui les libèrent dans le sang. Les hormones sont des substances naturelles qui agissent comme des messagers chimiques entre différentes parties du corps. Elles contrôlent de nombreuses fonctions dont la croissance, la reproduction, la fonction sexuelle, le sommeil, la faim, l'humeur et le Métabolisme. Certaines cellules du corps sont composées de protéines appelées récepteurs qui réagissent à une hormone. La façon dont une cellule réagit dépend de l'hormone à laquelle elle réagit.

Systeme endocrinien



1 Définition d'une hormone

Une hormone est un messager chimique sécrété par une glande endocrine.

En fonction de sa nature chimique elle agit sur les récepteurs spécifiques de la cellule cible provoquant une séquence d'événements biochimique conduisant à une réponse spécifique.

Ces hormones sont véhiculées par le sang, elles agissent à distance de l'endroit où elles sont sécrétées

Les hormones agissent plutôt lentement et elles ont une durée d'action longue.

Seules les cellules cibles qui contiennent des récepteurs sont sensibles aux hormones.

2 Définition d'une glande endocrine

Une glande endocrine est une structure spécialisée dans la sécrétion d'hormones, produits qui sont déversés dans le sang et qui agissent sur le fonctionnement ou le développement des autres organes.

On parle de véritables glandes endocrines quand il s'agit d'une structure spécialisée uniquement dans la sécrétion d'hormones.

Parmi les véritables glandes endocrines, on peut citer la thyroïde, les surrénales, l'hypophyse.

D'autres organes sont capables à la fois d'une sécrétion endocrine et d'un autre rôle physiologique, par exemple l'hypothalamus, les gonades.

Une même glande endocrine peut sécréter plusieurs types d'hormones.

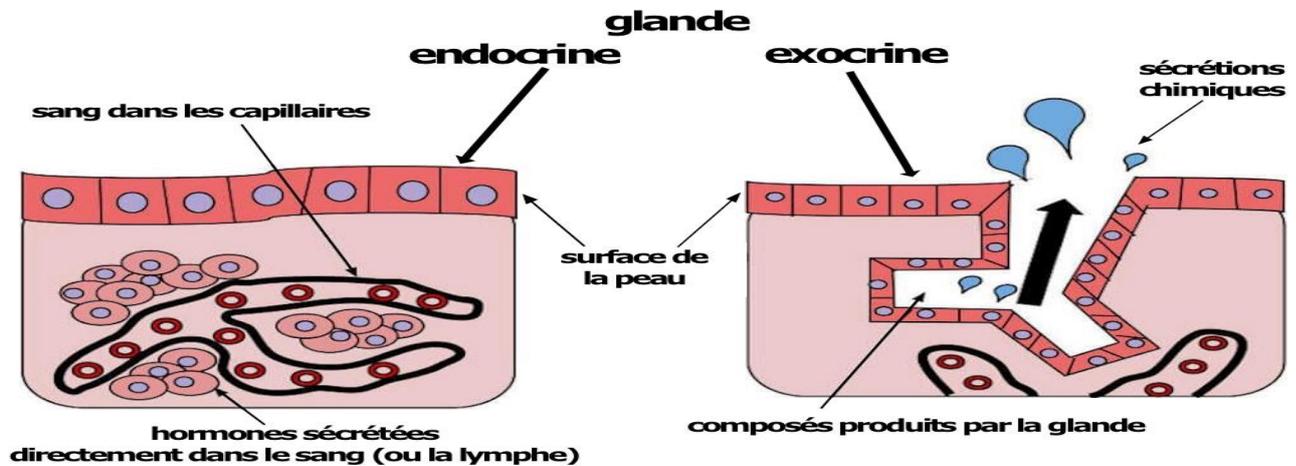
3 Différence glande endocrine glande exocrine

Quand on parle de glande exocrine, il s'agit d'une glande dont la sécrétion n'est plus libérée dans le milieu intérieur dans le sang mais qui est libérée dans le milieu extérieur.

Exemple :

- le pancréas qui fabrique des enzymes digestives, libérées dans le

duodénum - le testicule avec les spermatozoïdes, Ces 2 glandes sont à la fois endocrines et exocrines



4 Les différentes catégories des hormones

les hormones sont chimiquement divisées en trois groupes :

- le groupe phénolique, en ce qui concerne l'adrénaline et la thyroxine;
- le groupe stéroïde : tel que avec les hormones surrénaliennes et celles fabriquées par l'appareil génital ;
- le groupe protéique : tel que avec les hormones du pancréas, les hormones sécrétées par la glande hypophyse et les hormones parathyroïdiennes.

4.1 On peut également diviser les hormones selon leur structure

les hormones polypeptidiques, c'est-à-dire formées de plusieurs acides aminés (éléments de base entrant dans la constitution d'une protéine) :c'est le cas de l'insuline ;

-les hormones stéroïdes, déjà évoquées, provenant du cholestérol : c'est le cas du cortisol et de ses dérivés cortisone);

-les hormones issues d'un seul acide aminé comme les hormones thyroïdiennes (T3 et T4)

4.2 Selon leur type de fonction

Sur un plan plus général, il existe dans l'organisme un grand nombre d'hormones. Certaines ont des actions très spécifiques ou très temporaires,

comme pour les hormones commandant respectivement la lactation ou les contractions de l'utérus, fonctionnant uniquement pendant la grossesse. D'autres n'ont qu'un rôle indirect, en ordonnant elle-même la sécrétion d'une autre hormone ; il s'agit de toutes les hormones de commande sécrétées par la glande hypophyse, et tenant sous leur contrôle le cortisol, les hormones génitales, les hormones thyroïdiennes, et

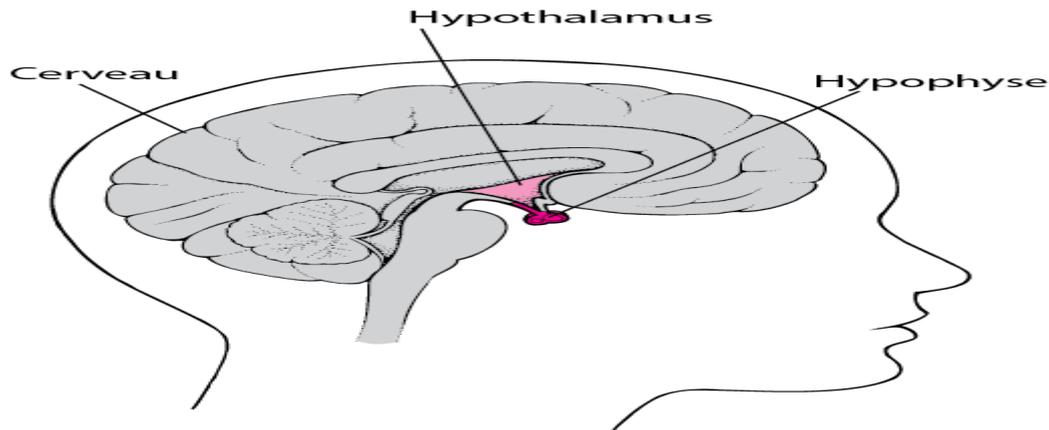
5 Les différentes glandes

5.1 Hypophyse

L'hypophyse est la glande principale du système endocrinien. Elle est située à la base du cerveau et fabrique et entrepose de nombreuses hormones qui contrôlent

- la croissance ;
- le métabolisme ;
- la production du lait maternel après une naissance ;
- les menstruations, la maturation des ovules et la production de l'œstrogène par les ovaires chez la femme ;
- la production de spermatozoïdes et de testostérone par les testicules chez l'homme ;
- le taux de stéroïdes dans le corps.

Les hormones fabriquées par l'hypophyse déclenchent aussi la production ou l'arrêt de production d'hormones par d'autres glandes endocrines. Ensemble, l'hypophyse et l'hypothalamus contrôlent le système endocrinien et les taux d'hormones.

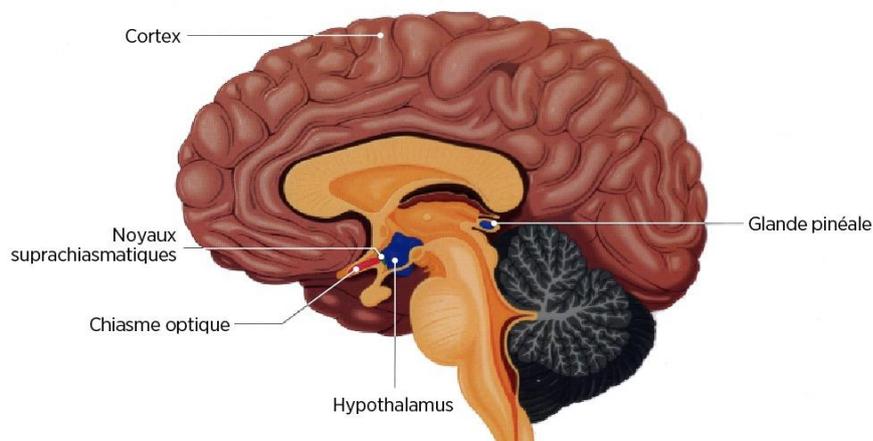


5.2 Hypothalamus

L'hypothalamus est une partie importante du cerveau et il porte plusieurs chapeaux en contrôlant différentes parties du corps. L'une des fonctions de l'hypothalamus est de fabriquer des hormones, dont celles qui contrôlent l'hypophyse et celles qui contrôlent la pression artérielle. L'hypothalamus réagit aux changements qui affectent les taux d'hormones.

5.3 Corps pinéal

Le corps pinéal est une glande minuscule située en profondeur dans le cerveau qui fabrique une hormone appelée mélatonine, qui contrôle les habitudes de sommeil.



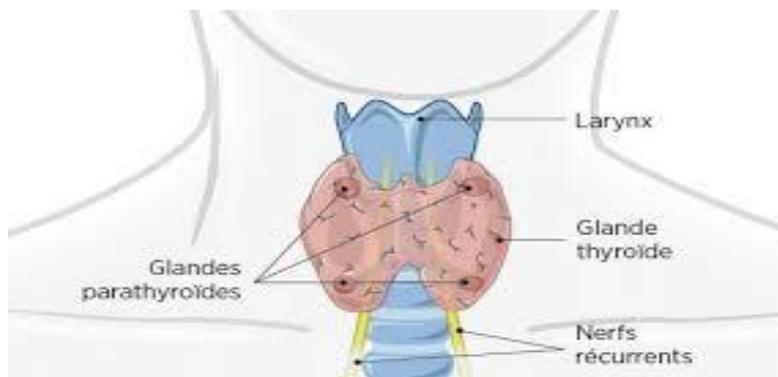
▲ La position de la glande pinéale dans le cerveau.

5.4 Thyroïde

La thyroïde est une glande en forme de papillon située dans le cou, devant la partie supérieure de la trachée. La thyroïde fabrique des hormones qui contrôlent de nombreuses fonctions du corps dont la croissance et le métabolisme. Elle fabrique également une hormone qui contrôle la quantité de calcium dans le corps.

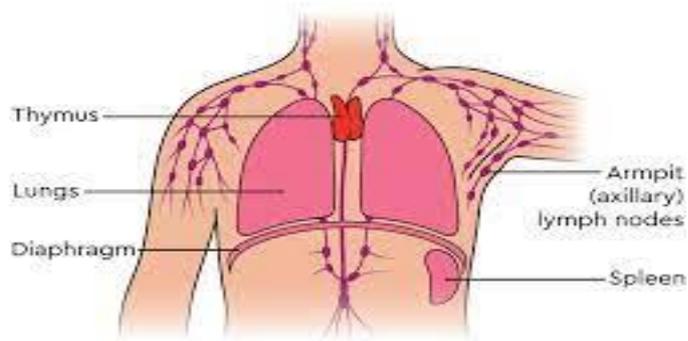
5.5 Parathyroïde

Les parathyroïdes sont 4 petites glandes fixées à l'arrière de la thyroïde. Elles fabriquent et libèrent la parathormone (PTH). La parathormone aide à contrôler le taux de calcium dans le sang. La plus grande partie du calcium est emmagasinée dans les os. Quand le taux de calcium sanguin est bas, les parathyroïdes sécrètent de la PTH pour inciter les os à libérer du calcium dans le sang. Quand le taux de calcium sanguin est élevé, les parathyroïdes sécrètent moins de PTH, et le taux de calcium dans le sang diminue.



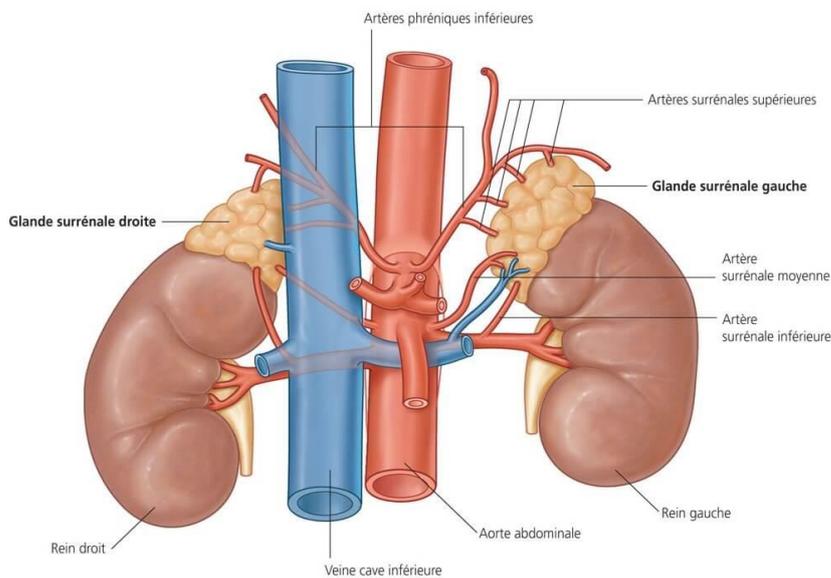
5.6 Thymus

Le thymus est une glande située dans la partie supérieure du thorax, juste derrière le sternum et entre les poumons. Le thymus fait partie du système endocrinien, du système lymphatique et du système immunitaire. Le thymus fabrique des hormones qui aident les lymphocytes T, un type de globule blanc, à devenir matures et à fonctionner.



5.7 Glande surrénale

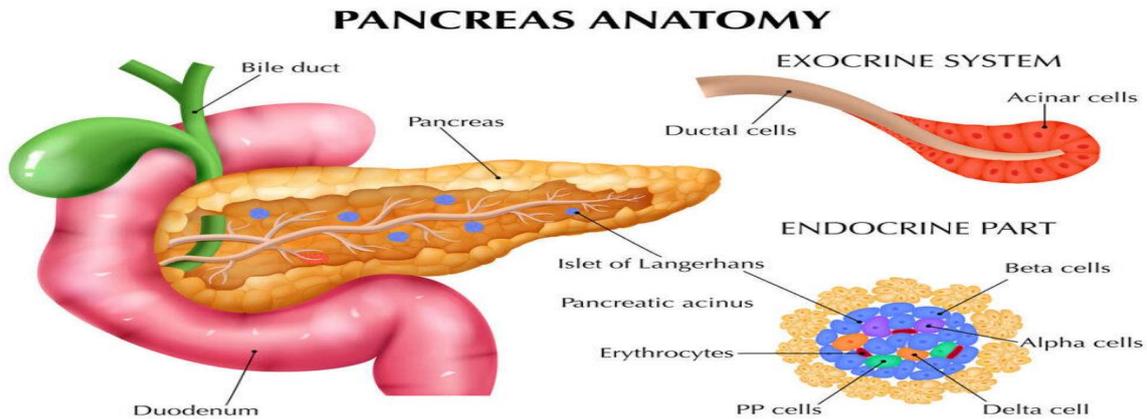
On a 2 glandes surrénales, une au-dessus de chaque rein. Les glandes surrénales sécrètent plusieurs hormones qui contrôlent différentes fonctions corporelles, dont le métabolisme, la fréquence cardiaque, la pression artérielle, l'équilibre hydrique (eau) et l'équilibre sodique (sel). Elles fabriquent aussi une petite quantité d'œstrogène et de testostérone, deux hormones sexuelles.



5.8 Pancréas

Le pancréas est un organe long et mince situé dans la partie supérieure gauche de l'abdomen. Il se trouve sous l'estomac, entre le foie et la rate. Le pancréas fait partie de l'appareil digestif et du système endocrinien. Le pancréas fabrique des Enzymes qui sont libérées directement dans l'intestin grêle afin d'aider à

digérer la nourriture. Il fabrique aussi des hormones qui aident à la digestion et qui contrôlent les taux sanguins du sucre (glucose), comme l'insuline. Les hormones sont fabriquées dans de petits groupes de cellules spécialisées appelés îlots pancréatiques. Cette partie du pancréas qui fabrique des hormones est appelée pancréas endocrine.

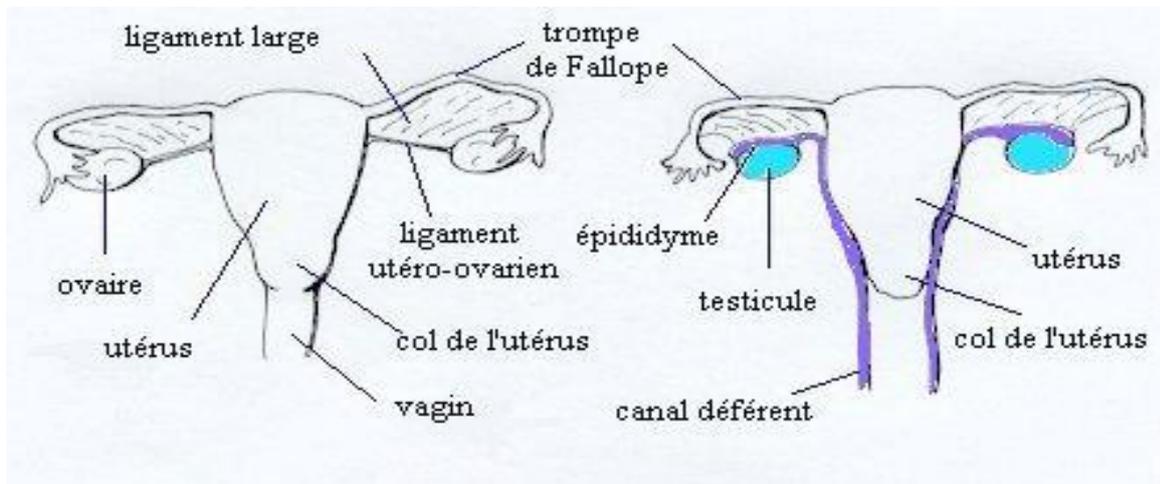


5.9 Ovaires

Les ovaires font partie de l'appareil reproducteur de la femme (appareil reproducteur féminin). La femme a 2 ovaires où les ovules immatures deviennent des ovules matures. Les ovaires fabriquent deux hormones appelées œstrogène et progestérone. Les ovaires sont situés en profondeur dans le bassin de la femme, des deux côtés de l'utérus, près des extrémités des trompes de Fallope.

5.10 Testicules

Les testicules font partie de l'appareil reproducteur de l'homme (appareil reproducteur masculin). L'homme a 2 testicules. Les testicules fabriquent les spermatozoïdes et l'hormone sexuelle mâle appelée testostérone.



6 Système neuroendocrinien et cellules neuroendocrines

Le système neuroendocrinien est fait de cellules spéciales appelées cellules neuroendocrines. Elles sont dispersées dans tout le corps. Les cellules neuroendocrines agissent comme des cellules nerveuses (neurones) et elles fabriquent des hormones comme les cellules du système endocrinien (cellules endocrines). Les cellules neuroendocrines reçoivent des messages (signaux) du système nerveux et y répondent en fabriquant et en libérant des hormones.

Les cellules neuroendocrines sont dispersées le long du tube digestif (tractus gastro-intestinal, GI) et on les trouve dans la vésicule biliaire, les poumons, l'hypothalamus, l'hypophyse, la thyroïde, les parathyroïdes, le pancréas et la couche interne des glandes surrénales (médullosurrénale).

7 Cœur et reins

Le cœur et les reins jouent également un rôle dans le système endocrinien. Ils fabriquent des hormones qui aident à contrôler la pression artérielle et la quantité de sang dans le corps, soit le volume sanguin. Les reins fabriquent eux aussi une hormone qui fait que le corps absorbe le calcium de la nourriture que nous mangeons.

8 Hormones et cancer

Certaines hormones peuvent faire croître le cancer et certains cancers fabriquent des hormones qui causent des problèmes dans le corps.

8.1 Récepteurs hormonaux

L'œstrogène et la progestérone sont des hormones sexuelles femelles. Elles peuvent favoriser la croissance des cellules du cancer du sein. On trouve des récepteurs d'œstrogène (ER) et des récepteurs de progestérone (PR) à la surface ou à l'intérieur de certains types de cellules du cancer du sein. Quand les hormones se fixent à ces récepteurs, elles peuvent inciter les cellules cancéreuses à se développer et à se diviser.

On fait une analyse du statut des récepteurs hormonaux aux femmes qui reçoivent un diagnostic de cancer du sein afin de savoir si elles peuvent bénéficier d'une hormonothérapie.

8.2 Hormonothérapie

Certains types de cancer utilisent les hormones pour croître, comme les cancers du sein et de la prostate. Les médecins ont donc parfois recours à l'hormonothérapie pour traiter le cancer. L'hormonothérapie est un traitement qui ajoute, bloque ou supprime des hormones dans le but d'interrompre ou de ralentir la croissance des cellules cancéreuses qui ont besoin d'hormones pour se développer.

8.3 Syndrome paranéoplasique

Certaines personnes atteintes de cancer finissent par avoir un syndrome paranéoplasique, c'est-à-dire un ensemble de symptômes qui apparaissent quand les cellules cancéreuses libèrent des substances chimiques susceptibles de modifier la façon dont d'autres organes et tissus fonctionnent. Certains types de cancer du poumon, par exemple, fabriquent des hormones qui empêchent les

reins de fonctionner correctement, soit d'évacuer le surplus de calcium du sang, ce qui fait grimper le taux de calcium sanguin (hypercalcémie).

9 Hormones synthétiques

Vous pourriez être exposés à des hormones synthétiques provenant de sources extérieures, comme des médicaments ou des substances chimiques présentes dans l'environnement. Les hormones de sources extérieures risquent de faire augmenter ou diminuer vos taux d'hormones. Il arrive que des taux d'hormones modifiés fassent augmenter ou diminuer le risque de cancer. Les hormones synthétiques sont entre autres celles-ci :

- contraceptifs oraux et autres contraceptifs hormonaux
- hormonothérapie substitutive
- stéroïdes anabolisants
- perturbateurs endocriniens (bisphénol A présent dans certains plastiques par exemple)

10 Cancers du système endocrinien

Le cancer peut prendre naissance dans n'importe quelle partie du corps, et certains types de cancer apparaissent dans des organes et des cellules du système endocrinien. Ces cancers peuvent faire augmenter les taux d'hormones, ce qui risque de causer des problèmes. Les cancers du système endocrinien sont entre autres ceux-ci :

- les tumeurs neuroendocrines (TNE)
- certaines tumeurs au cerveau et de l'hypophyse
- le cancer de la thyroïde
- le cancer de la parathyroïde
- le cancer du thymus
- le cancer de la glande surrénale

Physiologie licence 1

- le cancer des îlots pancréatiques
- certains cancers de l'ovaire
- certains cancers du testicule

LE SYSTEME RESPIRATOIRE

1 **INTRODUCTION.** Le système respiratoire et le système cardiaque vont de pair ; la respiration a un rôle essentiel. Sa fonction principale est de :

- apporter de l'oxygène : O_2 aux cellules de l'organisme.
- Débarrasser l'organisme des déchets : CO_2 (gaz carbonique en excès).
- Maintenir à un niveau normal les paramètres sanguins (mesure par les gazes du sang : paO_2 , $paCO_2$, SaO_2 et pH)
- quelles soient les demandes de l'organisme : repos, sommeil, effort de la vie courante, marche, montée d'escalier, effort intense de type sportif.

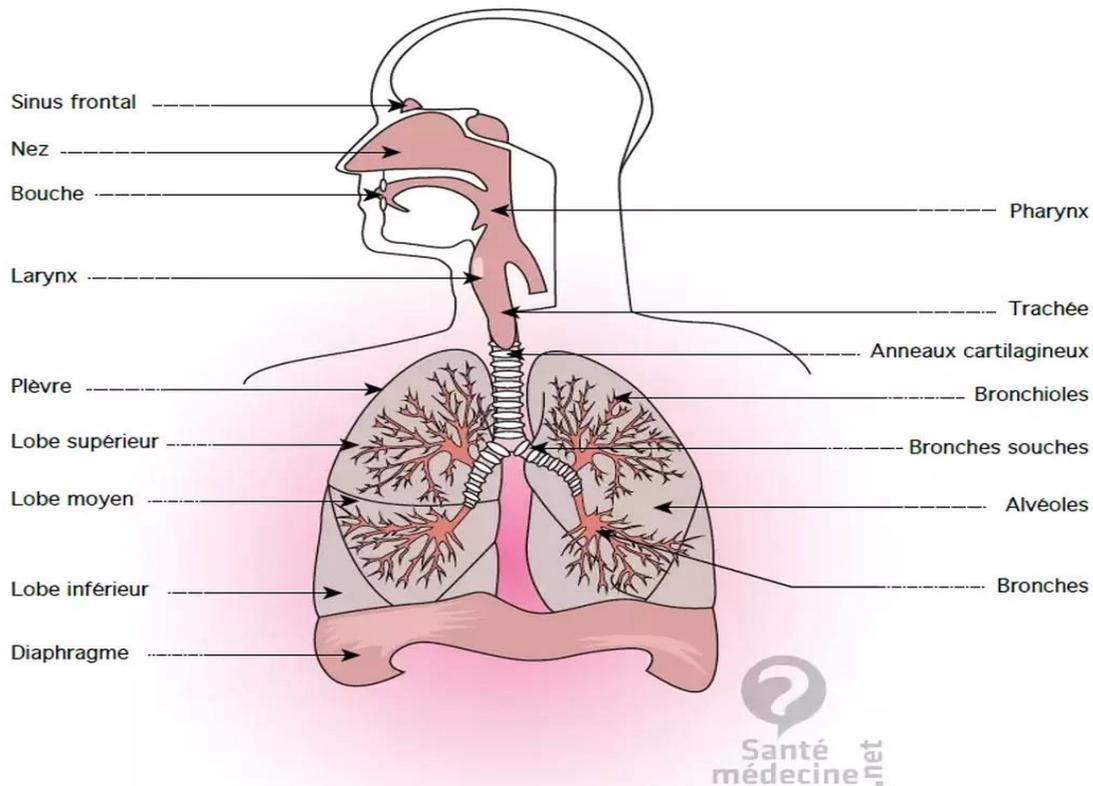
Le transport de l' O_2 et du CO_2 dépendent de 4 processus distincts :

- la ventilation pulmonaire (mouvement des gazes dans et hors des poumons)
 - la diffusion alvéolo-capillaire
 - le transport de l' O_2 et du CO_2 par le sang
 - le passage des gaz des capillaires vers les tissus respirations cellulaires

2 **Structure du système respiratoire** il est composé de

- du nez (narines)
- de la bouche
- du pharynx
- du larynx
- de la trachée
- des deux branches primaires
- des bronchioles
- des conduits puis des sacs alvéolaires.

Ce système est donc un ensemble de passages qui filtre l'air et qui le transporte à l'intérieur du poumon où les échanges gazeux vont s'opérer.



2.1 Les poumons

Le poumon droit présente 3 lobes séparés par 2 scissures. Le poumon gauche présente 2 lobes séparés par une scissure.

Les poumons sont entourés par une séreuse qui le protège. Cette séreuse est appelée la plèvre. Elle est constituée de deux feuillets

- Un feuillet pariétal qui enveloppe la cavité thoracique
- Un feuillet viscéral qui enveloppe le poumon

Entre ces deux feuillets, il y a la cavité pleurale qui est tapissée par un film liquidien (liquide pleural) qui va permettre le glissement et donc les mouvements des poumons vers le haut et vers le bas.

Il y a deux systèmes circulatoires :

- un système nutritif pulmonaire
- un système fonctionnel : participe à l'oxygénation du sang et l'évacuation du CO₂

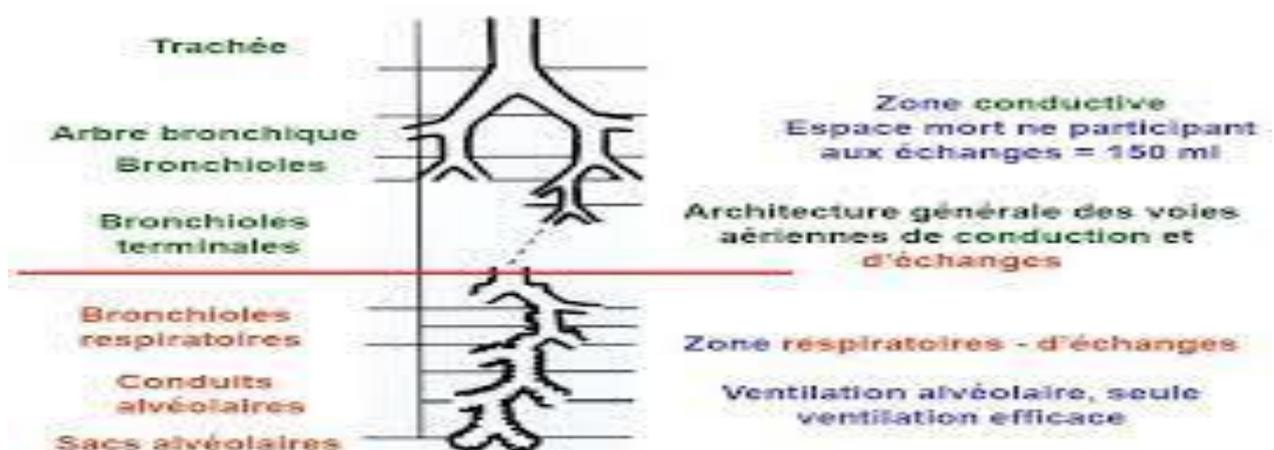
La plèvre permet :

- le glissement des 2 feuillets pleuraux grâce au liquide pleural.
- de maintenir la pression négative ($< P_{atm}$) dans le poumon de sorte que les alvéoles et les bronches restent ouvertes.
- Participe à la défense des poumons contre l'inflammation et les infections

2.2 Deux zones Fonctionnelles

Il y a 2 zones fonctionnelles :

- une zone conductive qui sert de passage de l'air mais surtout de filtre pour l'air inspiré : inclus la bouche, le nez, la trachée, les bronches et les bronchioles
- Une zone respiratoire qui permet les échanges gazeux grâce à 300 millions d'alvéoles : inclus les bronchioles, les conduits alvéolaires et les sacs alvéolaires. Cette zone représente une grande surface d'échange pour la diffusion de l'air



L'air qui va atteindre les poumons est réchauffé et saturé en vapeur d'eau. Ces deux phénomènes (réchauffement et humidification) permettent de maintenir la température corporelle.

A l'inspiration de repos on inhale en moyenne 500 ml d'air. Seulement 350 ml parviennent aux alvéoles. En effet, 150 ml ne participe pas aux échanges alvéolo-capillaires. On dit alors qu'il existe un espace mort (ou volume mort) qui ne participe pas aux échanges.

3 Le débit ventilatoire

au repos le débit se traduit par la formule suivante

$VE = \text{débit ventilatoire de repos}$

$VC = \text{Volume courant (500 ml)}$ $VE = VC \times Fr$

$Fr = \text{fréquence respiratoire environ } 12 \text{ à } 16 \text{ cycle /mn}$

Ce qui sert aux échanges et qui va donc apporter l'O₂, ce n'est pas tout ce volume mais c'est ce que l'on appelle la ventilation alvéolaire

La ventilation alvéolaire se calcule suivant la formule suivante :

$VA = \text{Ventilation alvéolaire}$ $VC = \text{Volume courant 500ml ou volume Tidal}$ VD
 $= \text{Volume mort 150ml}$ $Fr = \text{fréquence respiratoire environ } 12 \text{ à } 16 \text{ cycle /mn}$
 $VA = (VC - VD) \times Fr$

La ventilation alvéolaire est la seule qui est efficace dans les échanges alvéolo-capillaires.

Le volume courant (il est parfois appelé volume tidal : V_T) représente l'amplitude de respiration.

La fréquence respiratoire représente la rapidité de respiration.

A l'exercice c'est la même chose. Lors de l'effort il est alors préférable d'adopter une respiration ample et lente pour avoir un apport d'oxygène plus important que si l'on respire rapidement, de manière superficielle. En effet le volume mort (ou espace mort) étant constant, si l'on augmente le volume

courant c'est la ventilation alvéolaire qui va beaucoup augmenter et qui va donc permettre un apport efficace (puisque c'est la ventilation alvéolaire qui est la seule efficace dans les échanges alvéolo-capillaires).

Il faut donc augmenter l'amplitude des mouvements respiratoires et non la fréquence respiratoire pour augmenter l'efficacité de la ventilation alvéolaire.

4 La Mécanique ventilatoire

La ventilation est un phénomène périodique qui consiste en une succession de mouvements d'inspiration au cours desquels un volume d'air est inspiré et de phénomènes d'expiration au cours desquels un certain volume d'air est rejeté ou expiré. Ce sont donc des processus qui président à l'entrée et à la sortie d'air des poumons.

Les courants gazeux s'établissent toujours d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression. Toute variation de volume entraîne une variation de pression. Le produit : $P \times V = \text{constante}$.

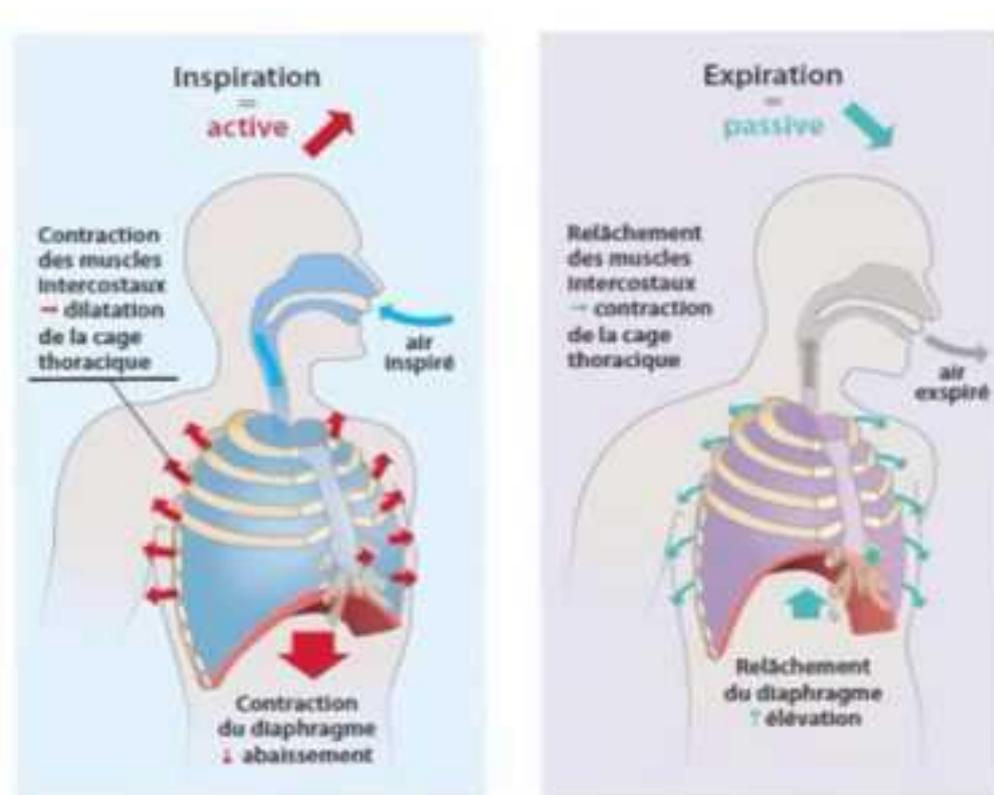
Le volume d'un gaz est donc inversement proportionnel à la pression qu'il subit.

4.1 L'inspiration un phénomène actif

L'inspiration est un phénomène actif au cours duquel le volume thoracique augmente. En revanche la pression alvéolaire (ou la pression des poumons) diminue. Cette pression devient alors inférieure à la pression atmosphérique. Ce phénomène va donc permettre l'entrée de l'air (environ 21% d'oxygène, 78% d'azote et une toute petite partie de CO_2) de la bouche vers les alvéoles. On dit que ce phénomène agit selon un gradient de pression (c'est-à-dire par différence entre les pressions à l'intérieur et à l'extérieur du poumon).

L'augmentation du volume pulmonaire se produit par la contraction des muscles inspiratoires. Ces muscles augmentent la dimension de la cage thoracique dans

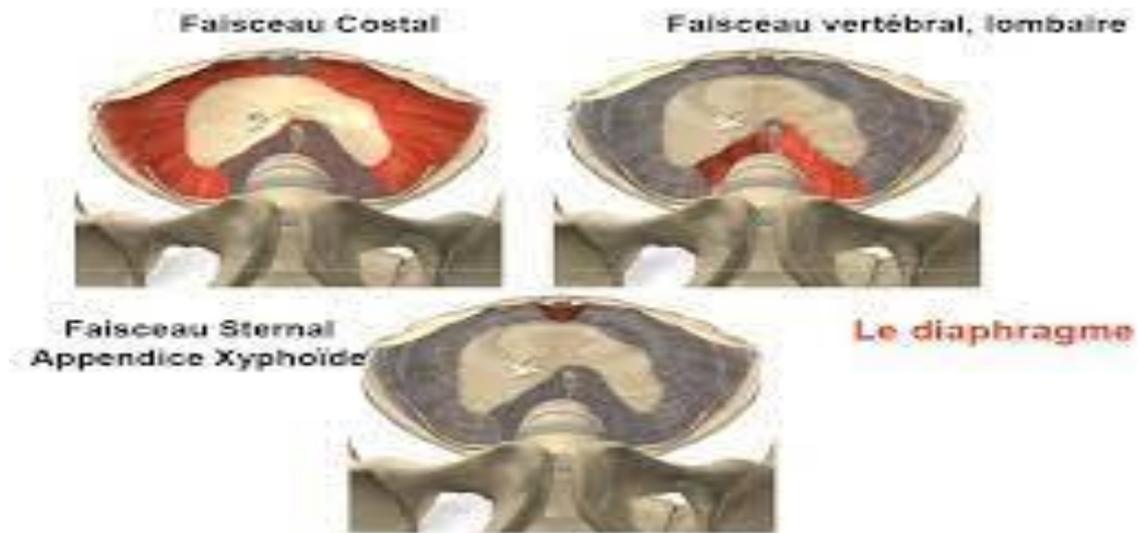
toutes les directions (augmentation du diamètre dans le sens vertical, dans le sens transversale et dans le sens antéro-postérieur)



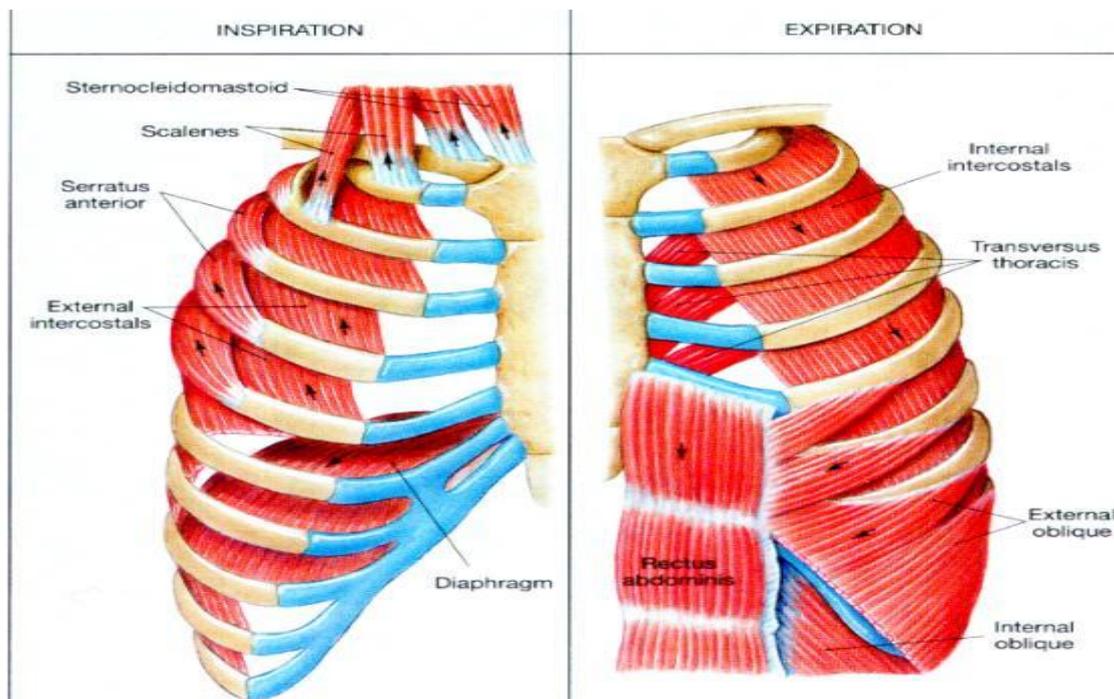
Le muscle principal de l'inspiration est le diaphragme. Lors de l'inspiration il va s'abaisser et pousser le volume de la cage thoracique vers le bas. C'est un muscle plat, dit rayonné et qui s'étend entre le thorax et l'abdomen. Il possède trois faisceaux :

- Un faisceau costal : dont les fibres prennent leur origine de la 7^{ème} à la 12^{ème} côte.
- Un faisceau vertébral : qui prend son origine sur les vertèbres lombaires.
- Un faisceau sternal : qui prend son origine au niveau de l'apophyse xiphoïde.

Ce muscle est percé par des orifices qui laissent passer des vaisseaux dont l'aorte et la veine cave et laisse passer l'œsophage. Ce muscle est donc inspirateur principal.

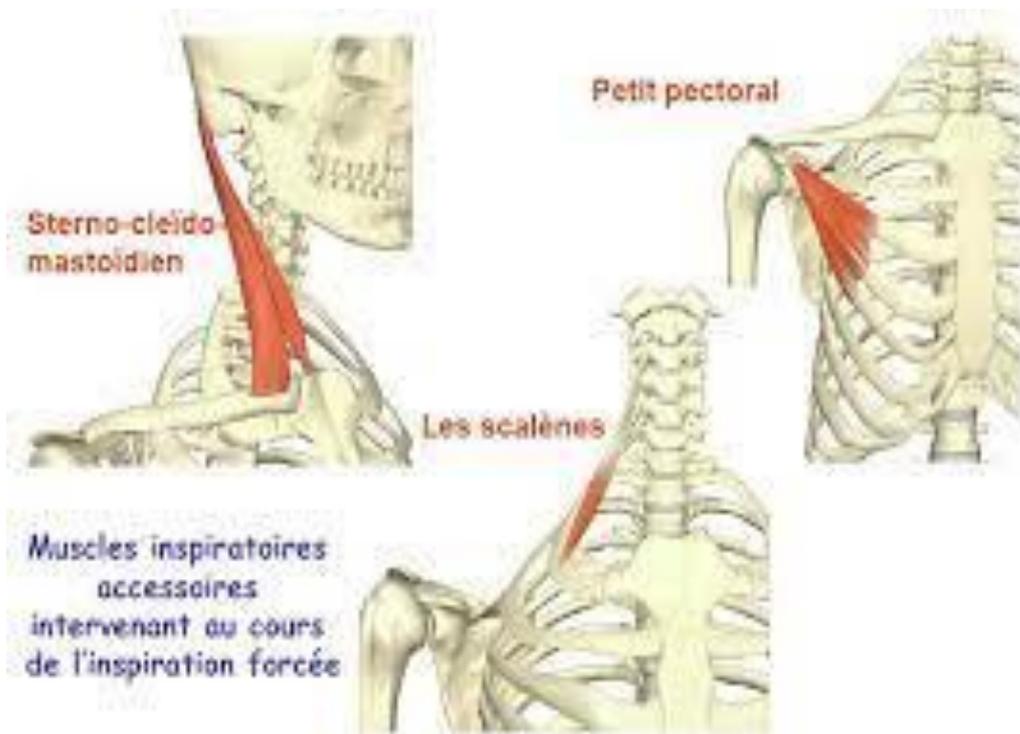


Les intercostaux externes : ce sont des muscles situés entre les côtes. Ils sont donc responsables de l'élévation des côtes vers l'extérieur et de l'élévation de sternum vers l'avant



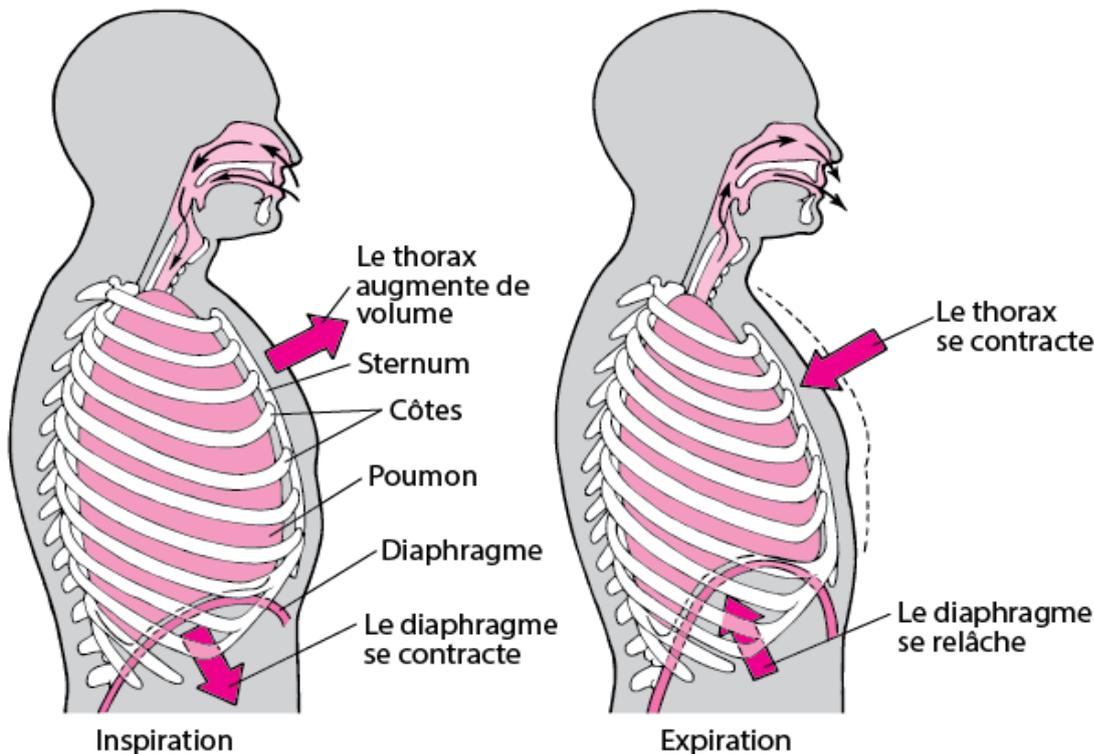
Au cours de l'inspiration forcée, trois autres muscles sont sollicités :

- Le petit pectoral : qui prend son origine sur les 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} côtes et se termine sur l'apophyse coracoïde de l'ulna.
- Le sterno-cléido-mastoïdien : se muscle prend son origine au niveau de la ligne occipitale et du mastoïdien et se termine au niveau du sternum et sur la partie médiale de la clavicule.
- Les scalènes : au nombre de trois. Ils sont tendus des vertèbres cervicales aux deux premières côtes.
 - Le scalène antérieur : prend son origine au niveau de C3 à C6 et se termine sur la première côte.
 - Le scalène moyen : prend son origine de C2 à C7 et se termine en arrière du précédent.
 - Le scalène postérieur : prend son origine de C4 à C6 et se termine sur la deuxième côte.



4.2 L'expiration un phénomène passif

L'expiration est un phénomène passif qui résulte de la relaxation des muscles inspiratoires et du retour élastique du tissu pulmonaire. Étiré lors de l'inspiration, le poumon revient ensuite à sa position de base.

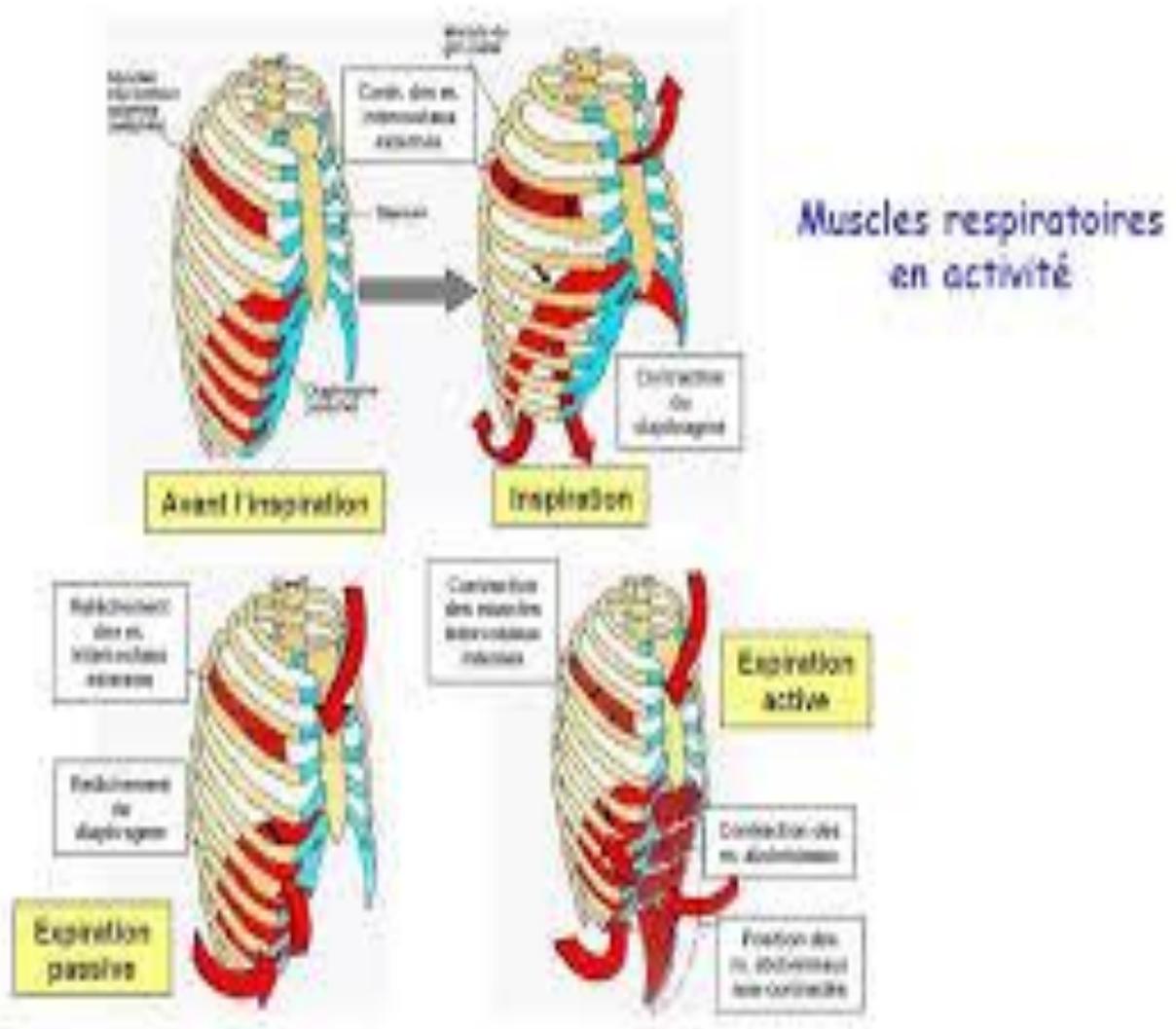


A l'expiration de repos on observe donc, grâce au relâchement des muscles inspiratoires, une diminution du volume à l'intérieur du poumon et donc une augmentation de la pression alvéolaire. Cela entraîne une diminution du diamètre des poumons et des bronches.

La pression intra alvéolaire va devenir supérieure à la pression atmosphérique. Cela va donc entraîner la sortie de l'air des poumons vers l'extérieur par gradient de pression.

L'expiration forcée est un phénomène actif. Elle met en jeu des muscles de la paroi abdominale notamment le grand droit de l'abdomen et les obliques internes. Lorsque ces muscles se contractent, ils poussent le diaphragme vers le haut alors que les côtes sont poussées vers l'intérieur et vers le bas. Cela va donc augmenter

la pression intra- pulmonaire et diminuer le volume



5 Les volumes respiratoires

les volumes respiratoires inspiration et expiration peuvent être mesurés au repos grâce à ce que l'on appelle l'exploration fonctionnelle respiratoire EFR

L'EFR se fait par spirométrie (mesure des volumes).

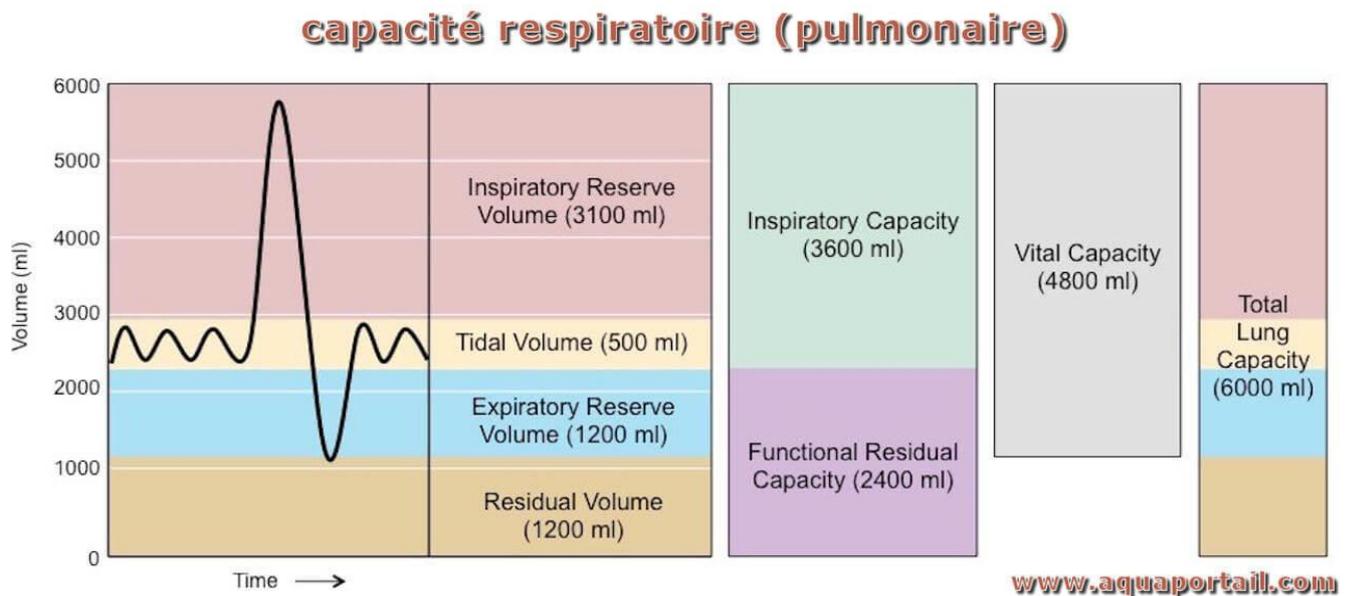
On peut aussi définir ce que l'on appelle des volumes dynamiques. Parmi les volumes dynamiques on mesure en général le volume expiré maximal par seconde (VEMS).

Ce volume a peu d'intérêt tout seul. Il est rapporté à la capacité vitale et le

rapport VEMS / CV (capacité vitale) représente l'indice de TIFFENEAU. Cet indice chez tous les sujets qui ont des poumons en bon état avec les bronches ouvertes doit représenter 80% (ca veut dire qu'à l'expiration on doit être capable d'expirer à la première seconde d'expiration 80% de notre capacité vitale).

La capacité vitale représente la somme de trois volumes :

- le volume de repos appelé volume courant ou volume tidal.
- Le volume de réserve inspiratoire (VRI)
- Le volume de réserve expiratoire (VRE)



Ces volumes dépendent de l'âge, du sexe et de la taille.

Valeurs moyennes des différents volumes :

- VC \approx 500 ml
- VRI \approx 2,5 l
- VRE \approx 1,5 l
- CV \approx 4,5 l
- VR \approx 1 l
- CPT \approx 5,5 l
- VEMS \approx 3,4 l

Avec le spiromètre on ne peut mesurer que des volumes mobilisables (VC, VRE, VRI).

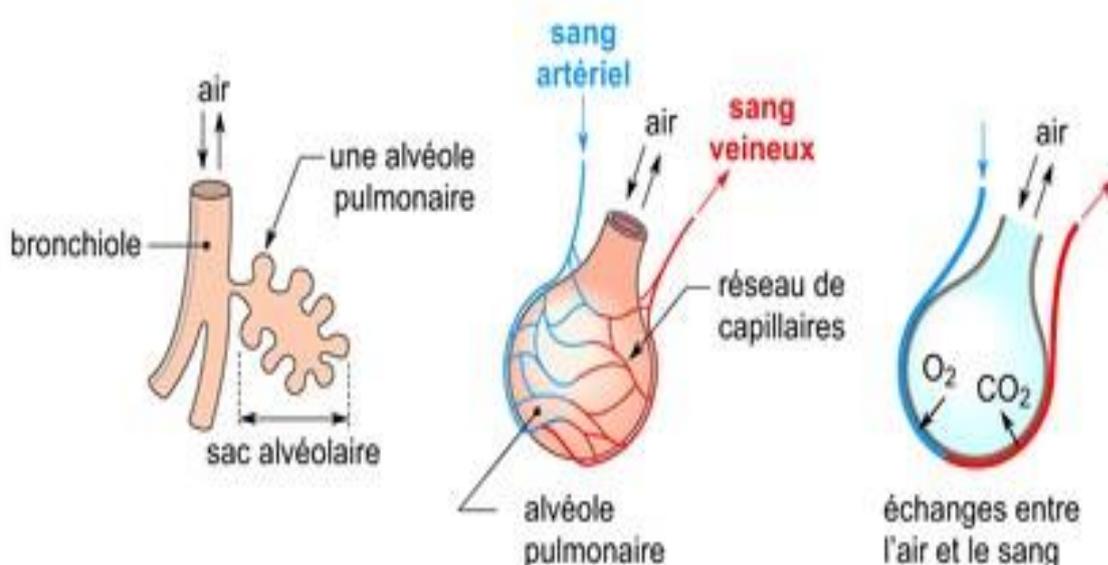
6 Echange Gazeux

La diffusion des gaz se fait à travers la membrane alvéolo-capillaire. Cette membrane se trouve entre les alvéoles et les capillaires. On parle de diffusion alvéolo-capillaire.

Cette membrane alvéolo-capillaire a une surface très importante et fine, ce qui permet à l'O₂ de passer facilement. Sa surface augmente avec l'effort. Elle est de l'ordre de 70 m² au repos et d'environ 120m² à l'exercice. L'O₂ traverse par gradient de pression (c'est-à-dire d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression) la membrane alvéolo-capillaire. Cette membrane possède plusieurs parois :

- La paroi capillaire
- La paroi alvéolaire
- La barrière alvéolo-capillaire

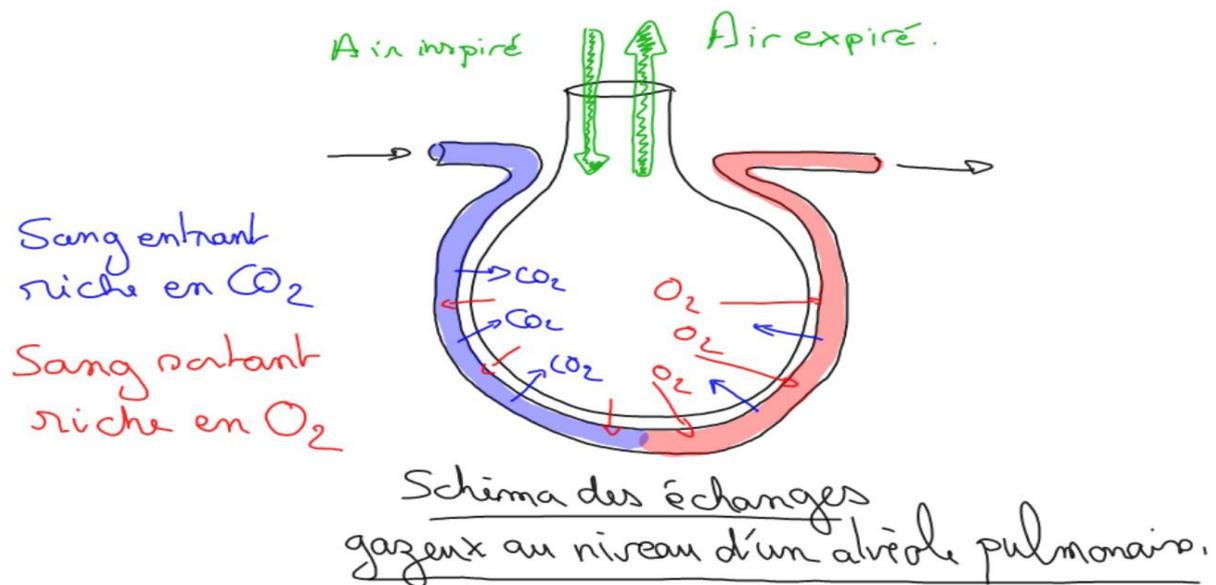
Le sens de diffusion des gaz se fait par différence de pression



Sur ce schéma on voit les différentes pressions dans l'alvéole et le capillaire. Ce sont ces pressions qui organisent le mouvement des gaz (sortie du CO₂ et

entrée de l' O_2).

Le sang désoxygéné qui arrive dans le capillaire présente une pression en CO_2 supérieure à la pression alvéolaire ce qui entraîne la sortie du CO_2 et une pression en O_2 plus faible que la pression alvéolaire ce qui favorise son entrée dans le capillaire. C'est ces différentes pressions PO_2 , PCO_2 , PaO_2 , $PaCO_2$, qui permettent les échanges alvéolo-capillaires.



6.1 Au niveau des cellules

Les échanges aux niveaux des tissus fonctionnent suivant le même principe de gradient de pression que pour les échanges alvéolo-capillaires. Cette fois c'est l' O_2 qui sort en direction des cellules et le CO_2 produit par le tissu qui rentre

6.2 Transport de l' O_2 et du CO_2 dans le sang.

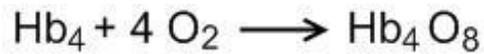
6.2.1 Le transport de l' O_2

Le transport de l'oxygène se trouve sous deux formes :

- 2% de l' O_2 est transporté sous forme dissoute ce qui représente :
0,3ml / 100ml de sang soit 9 à 15 ml d' O_2 pour 5l de sang.
- 98% de l' O_2 est lié à l'hémoglobine des globules rouges (sous forme

combiné). L'hémoglobine est composée de :

- globine
- 4 hèmes : 2 chaînes α et 2 chaînes β . Chaque hème contient un atome de fer pouvant fixer un O_2



Donc chaque molécule de Hb peut fixer 4 O_2 .

La réaction de l'hémoglobine avec l' O_2 va donner de l'oxyhémoglobine.

Cela signifie que lorsque l'on est en carence de fer, on a une diminution du transport d' O_2 donc une moins bonne oxygénation et donc les oxydations ne se font pas correctement. Donc on a une fatigue musculaire due à ce manque de fer ce qui fait que l'hémoglobine n'arrive plus à capter l' O_2



Les sportifs utilisent beaucoup d'oxygène et donc le fer peut venir à manquer en cas de déséquilibre alimentaire. Il faut donc prêter attention à l'alimentation du sportif.

Dans le cas d'une anémie (diminution de la quantité sanguine), on peut aussi avoir une diminution du transport d' O_2 . Chez les filles, lors de la période des règles, il peut y avoir une baisse des performances car il y a une perte de sang. Si cette perte de sang est importante, il peut en effet apparaître une oxydation perturbée, diminuée.

Dans les muscles, l'oxygène est transporté par une molécule très semblable à l'hémoglobine. Cette molécule c'est la myoglobine

6.2.2 Capacité de fixation de l'hémoglobine

On a une concentration d'hémoglobine dans le sang qui équivaut environ à 15g pour 100ml de sang (environ 13g chez la femme) et une molécule d'hémoglobine est capable de fixer l'équivalent de 1,34 ml d' O_2 .

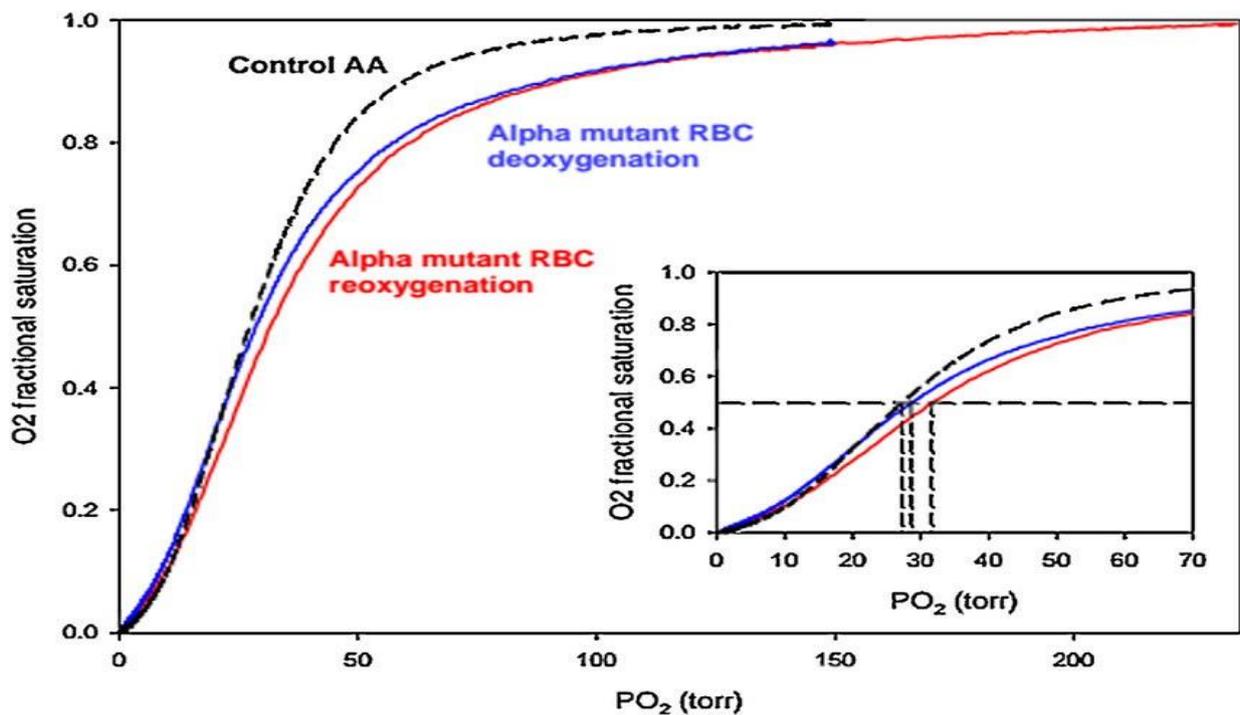
La capacité maximale de fixation de l' O_2 pour l'hémoglobine est alors de

20,1ml pour 100ml de sang. Cette capacité de 100 ml correspond à ce que l'on appelle le pouvoir oxyphorique du sang.

On définit alors la saturation en O₂. Cette saturation correspond à un pourcentage. Lorsque l'on a 98% de l'O₂ qui est transporté par l'Hb on a une saturation en O₂ qui est maximale. Cette saturation en O₂ correspond donc au rapport :

$$\text{Saturation en O}_2 = \frac{\text{contenu réel de l'O}_2 \text{ sous forme HbO}_2}{\text{capacité maximale de fixation}} \times 100$$

Cette saturation en O₂ est maximal (98%) à la sortie du capillaire mais n'est plus que de 75% dans le sang veineux.



Cette courbe représente la saturation en O₂ (SaO₂) par rapport aux pressions en O₂. Deux pressions importantes à retenir :

- La pression à la sortie du capillaire pulmonaire (ou pression artérielle) : PaO₂ maximale donc SaO₂ max. (98%)

- La pression à la sortie du tissu (ou pression veineuse) : la pression étant plus faible, il n'y a plus que 75% de l'O₂ qui se fixe à l'Hb

Le premier facteur qui modifie la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine c'est donc la pression partielle en oxygène. Donc au niveau des tissus où la pression est plus faible, il se produit une désaturation de l'oxyhémoglobine. L'O₂ est donc cédé aux tissus musculaires et l'hémoglobine va alors s'associer au CO₂ puisque, au niveau tissulaire, il y a production de CO₂ et donc une augmentation de PCO₂.

6.2.3 Modification de la courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine.

Certaines situations physiopathologiques ou physiologiques peuvent modifier cette courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine (modification de l'affinité de l'oxyhémoglobine). Ces situations c'est la variation du pH et la variation de la température. C'est ce que l'on appelle l'effet de BOHR (1904).

Lorsque cette courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine se rapproche d'un modèle linéaire (déviations de la courbe vers la droite et vers le bas), il y a diminution de l'affinité de l'Hb pour l'O₂ pour une même pression (% SaO₂ plus faible).

Lorsque cette courbe s'éloigne d'un modèle linéaire (déviations à gauche), il y a une augmentation de l'affinité de l'Hb pour l'O₂ pour une même pression (% SaO₂ plus élevée).

6.3 Le Transport du CO₂

Le CO₂ est lui aussi transporté sous deux formes :

- Sous forme dissoute : 5% à 10% du CO₂ = 3ml / 100ml de sang soit 90 à 150 ml de CO₂ pour 5L de sang.
- Sous forme combinée :
 - 60% à 70% sous forme d'ions bicarbonate qui résulte de l'eau produite et du CO₂. En effet dans le sang ce CO₂ va être métabolisé grâce à une enzyme

appelé anhydrase carbonique. Cette enzyme va être à l'origine de la formation d'acide carbonique qui va se dissocier en ions H^+ et en bicarbonate.

- 25% à 30% sous forme de carbamino-hémoglobine (lié à l'hémoglobine) : $HbCO_2$. L'hémoglobine provient de la dissociation de l'oxyhémoglobine.

Au niveau des capillaires pulmonaires, le bicarbonate va donner par l'acide carbonique du CO_2 et il y a une dissociation du carbamino-hémoglobine pour libérer le CO_2 . L'hémoglobine retrouve alors l' O_2 et le CO_2 traverse la paroi alvéolo-capillaire pour être rejeté dans l'air ambiant.

7 Régulation de la respiration

La fonction principale du poumon consiste à nous fournir de l' O_2 et à rejeter le CO_2 en fonction des demandes de l'organisme pour maintenir à un niveau normal PaO_2 , $PaCO_2$ et le pH. On va donc avoir une variation, une modification de la respiration qui va varier l'amplitude et son rythme en fonction des demandes.

Au repos, on ventile peu mais à l'exercice on ventile d'avantage. On dit alors qu'on hyper-ventile. Cette hyperventilation est due à trois éléments de base qui entre en jeu dans la régulation de la respiration :

- les récepteurs : ils recueillent l'information (=stimuli) et transmet l'information.
- les centres respiratoires : ils coordonnent les informations reçues par les récepteurs et envoient des impulsions aux muscles respiratoires.
- Les effecteurs : ce sont les muscles respiratoires (contraction – décontraction – respiration).

Il existe un contrôle nerveux de la respiration. Ce contrôle nerveux provient des centres respiratoires. Il existe trois centres respiratoires (au niveau du tronc cérébral) :

- Le centre bulbaire
- Le centre apneustique
- Le centre pneumo taxique

Ces trois centres définissent le rythme et l'amplitude de la respiration en envoyant des impulsions nerveuses aux muscles respiratoires. Ces muscles respiratoires vont donc se contracter ou se décontracter grâce à des stimuli qui sont centraux et humoraux (provient de la modification chimique). Il existe effectivement plusieurs modifications qui peuvent être à l'origine d'hyperventilation

Les modifications chimiques Toute augmentation du CO_2 , toute augmentation des ions H^+ donc toute baisse du pH va entrainer de la part des chémorécepteurs centraux une commande vers les centres respiratoires pour augmenter la ventilation (permet d'éliminer le CO_2 en excès et rétablir le pH).

Les chémorécepteurs périphériques qui sont situés au niveau de la crosse de l'aorte et au niveau de l'artère carotide sont sensibles aux variations de la PO_2 , de la PCO_2 et du pH. Par ailleurs, ses fibres sensibles issues de ces chémorécepteurs vont donc transmettre l'information au centre inspiratoire qui va augmenter la contraction musculaire diaphragmatique et des intercostaux (muscles principaux de la respiration) pour rétablir la PCO_2 et le pH.

En plus de ces chémorécepteurs centraux et périphériques, il existe des récepteurs mécaniques qui sont sensibles à l'étirement. Ils sont situés au niveau de la plèvre, au niveau des bronchioles et au niveau des alvéoles pulmonaires. Ces récepteurs sensibles à l'étirement vont stimuler les centres expiratoires et vont être à l'origine d'une augmentation de la respiration. Ils vont donc stimuler les muscles expiratoires qui sont les abdos et les muscles intercostaux externes.

8 La régulation de la respiration à l'exercice

La respiration peut être mesurée lors d'exercice grâce à un masque qui est relié à des analyseurs d'oxygène et de gaz carbonique. On mesure alors ce

qui se passe lors de la respiration.

Au cours d'un exercice progressivement croissant en intensité on observe que la ventilation évolue d'abord de manière linéaire puis à partir d'une certaine intensité, la ventilation décroche (c'est le premier seuil d'adaptation de la respiration) jusqu'à atteindre un deuxième seuil (le seuil de désadaptation de la ventilation) où on observe un nouveau décrochage de la ventilation. Pendant la première période d'effort, la ventilation augmente de manière linéaire en fonction des besoins. L'oxygénation est suffisante et parvient jusqu'aux muscles.

Mais à partir du premier décrochage, on observe une première augmentation des déchets acides dans le sang, on observe une première augmentation du CO_2 produit et à partir de SV1 on constate que l'intensité est telle qu'il y a une première observation des lactates sanguins (on entre dans le métabolisme anaérobique). A cette intensité la quantité des déchets acides (ions H^+) est peu importante et ils sont donc tamponnés par l'arrivée des bicarbonates dans le sang.

Au niveau de SV2, l'augmentation des déchets acides et de l'intensité de l'effort est telle que les bicarbonates ne suffisent plus pour tamponner les lactates et les déchets acides. Il y a donc une forte augmentation des ions H^+ et donc une baisse du pH, ce qui va stimuler les centres nerveux qui vont entraîner une hyperventilation très importante.

8.1 Comment évolue le volume courant de la fréquence cardiaque

Au repos le débit ventilatoire est de l'ordre de 6l par minute. En effet le volume courant est de 500 ml et la fréquence respiratoire est de l'ordre de 12 à 16 cycles respiratoires par minute. A l'effort, le débit ventilatoire va augmenter grâce à une augmentation tout d'abord du volume courant. Ce volume courant empiète sur le VRI et sur le VRE puis, lorsque le volume courant ne peut plus augmenter, c'est la fréquence respiratoire qui s'accélère. Le deuxième seuil

(SV2) apparait quand le volume courant n'augmente plus. Le volume courant n'augmente que jusqu'à 50% de la capacité vitale (VRI + VRE + VC).

L'entraînement est donc un facteur important qui améliore la respiration en qualité et en quantité. L'entraînement améliore le nombre d'alvéoles fonctionnelles. Plus on s'entraîne, plus la surface d'échange alvéolo- capillaire est grande. La ventilation est alors plus efficace, plus rentable et plus économique. On repousse donc le seuil d'essoufflement

Références

- Cabrol, R. Vialle, H. Guérin-Surville. Anatomie du cœur humain : 2003,
- Collet. Mouvement et Cerveau. Edition De BOECK Université, (2002).
- Chantal Beauchamp. Le sang et l'imaginaire médical : Histoire de la saignée aux XVIIIe et XIX siècles, Desclée de Brouwer, coll. "Esculape", 2000.
- Claude Jacquillat. Le Sang, PUF, coll. "Que sais-je?", 1989.
- Curzio Malaparte. Sang et autres nouvelles, Editions du Rocher, 1989, GF, 2013.
- Chapouthier, J.J. Matras. Introduction au fonctionnement du système nerveux (codage et traitement de l'information), Editions MEDSI, Paris, 1982.
- Dassier. Anatomie du cœur et des vaisseaux. HEGP paris
- Elaine Marieb, traduit par Jean-Pierre Artigau, France Bondreault, Annie Desbiens, Marie-Claude Désorcy. Anatomie et physiologie humaines, 1999, chapitre 23 « Le système respiratoire »
- Elaine N. Marieb. Anatomie et Physiologie. 8e Édition en français,
- . E.N. Marieb. Anatomie et Physiologie humaines (6ème édition). Edition Pearson Education (2005).
- Franck Netter. Atlas d'anatomie humaine, Elsevier Masson, 2015, 624 p.
- François Boustani. La Circulation du sang: entre Orient et Occident : l'histoire d'une découverte, Philippe Rey, 2007.
- Gerard J. Tortora et Bryan Derrickson. Principes d'anatomie et de physiologie, Édition de boeck, 4 e édition, 2007
- Godaux. Les neurones, les synapses et les fibres musculaires. Edition MASSON,1994.
- Grignon. Cours d'Histologie, Edition Ellipses, 1996.
- G. Tobelem. Histoires du sang, Perrin, 2013.
- . Jacques Poirier. Le système nerveux central et périphérique : formation, fonction et rôle. fondation arsep PARiVRy, 20 pages.
- Jean-Louis Binet. Le sang et les hommes, 1988, coll. Découvertes, Gallimard, 2001.
- Jean-Paul Roux. Le Sang : Mythes, symboles et réalités, Fayard, 1988.
- J.Poirier, J.L. Ribadeau Dumas, M. Catala, J.M. Andre, R.K. Gherardi, J.F, Bernaudin. Histologie moléculaire, Edition Masson, 1999.

- Kamina P. Anatomie clinique (Tome 4) organes urinaires et génitaux, pelvis, coupes du tronc. Éditions Maloine. 2008.
- Kohler. Les cellules sanguines. Collège universitaire et hospitalier des histologistes, embryologistes, cytologistes et cytogénéticiens (CHEC), 2011
- .. Manuel d'anatomie et de physiologie humaine. Tortora, Edition de Boeck, 2009.
- M. Hitier, M. Loäec, V. Patron, E. Edy et S. Moreau. « Trachée : anatomie, physiologie, endoscopie et imagerie », EMC - Oto-rhino-laryngologie, Elsevier BV, vol. 8, n o 2.
- M.L. Latash. Bases neurophysiologiques du mouvement (2002), Edition De BOECK Université.
- Nguyen S.H. « manuel d'anatomie et de physiologie », Ed. Lamarre, coll. Les Fondamentaux, 2003, 348 p.
- Philippe Dehaene. La grossesse et l'alcool, Presses universitaires de France, 1995, 127 p.
- Poirier, J.L. Ribadeau Dumas. Histologie, Editions Masson 4e édition, 1993.
- Pierre Flourens. Histoire de la découverte de la circulation du sang, 1857.
- R. Coujard, J. Poirier, J.Racadot. Précis d'Histologie humaine, Ed Masson, 1980.
- Richard, D. Orsal. Neurophysiologie, Motricité et grandes fonctions du système nerveux central (1994), Edition DUNOD.
- Spicher CJ, Buchet (Desfoux) N, Sprumont P. Atlas des territoires cutanés du corps humain; Esthésiologie de 240 branches, préface S.W. Carmichael (Mayo Clinic), (2e édition) Sauramps. Médical, 2013.
- W.D Mc Ardle, F.I. Katch, V.L. Katch. Essential of exercise physiology (2ème édition) ,Lippincott William & Wilkins, 2000.
- W. Kuhnel traduit par J.Roos. Atlas de poche d'Histologie, Flammarion Médecine Sciences, 1991.