ANATOMIE – PHYSIOLOGIE

Un minimum de notions d'anatomie et de physiologie est nécessaire au plongeur autonome, permettant une meilleure connaissance des mécanismes des accidents de la plongée sous-marine et par conséquence une meilleure connaissance des conduites à tenir face à ces accidents et surtout de la façon de les prévenir efficacement.

CIRCULATION – RESPIRATION

Ces deux appareils sont liés par un rôle commun : assurer l'apport d'oxygène (O2) à l'organisme et permettre l'évacuation du gaz carbonique (CO2)

A. L'APPAREIL CIRCULATOIRE

1. ROLE

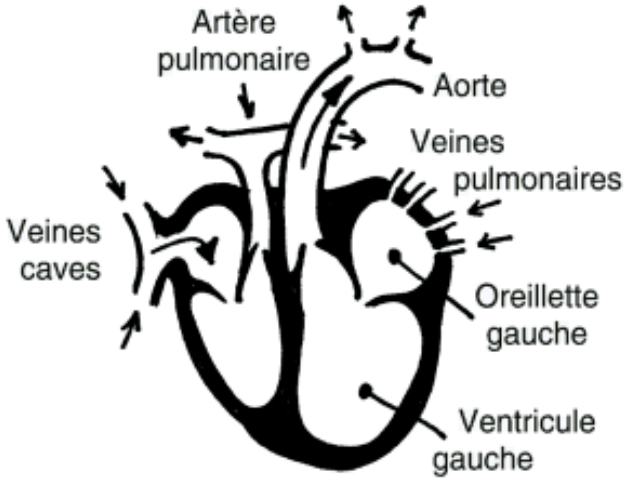
Il a pour rôle de véhiculer le sang riche en O2 depuis les poumons jusqu'aux organes et de ramener le sang enrichi en gaz carbonique des organes vers les poumons.

2. LE CŒUR

C'est un muscle creux, situé dans le thorax, entre les deux poumons. C'est une pompe qui permet la circulation du sang dans l'organisme

Le cœur est séparé en deux parties qui ne communiquent pas entre elles : le cœur droit et le cœur gauche.
Chaque cœur comporte :

- Une oreillette : rôle de réservoir
- Un ventricule : qui sert à propulser le sang.



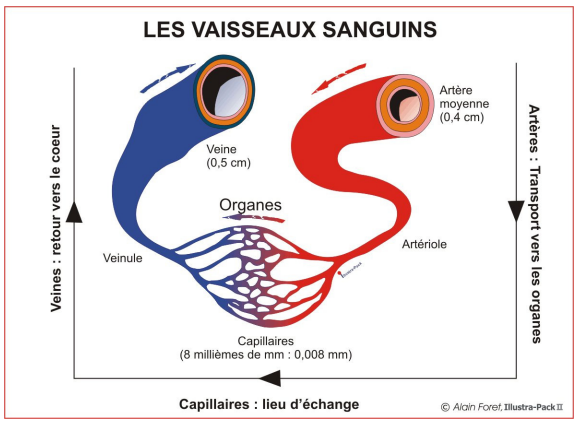
Nous avons donc :
-A droite une oreillette droite (OD) et un ventricule droit (VD)
-A gauche une oreillette gauche (OG) et un ventricule gauche (VG)

Le sang arrive au niveau des oreillettes par des veines : veines pulmonaires (4) à l'oreillette gauche, veines caves (2) à l'oreillette droite.
De l'oreillette il passe dans le ventricule correspondant.

Le ventricule est le véritable « corps de la pompe », sa contraction permet d'évacuer le sang dans une artère : Artère aorte au niveau du ventricule gauche, artère pulmonaire au niveau du ventricule droit

3. LES VAISSEAUX SANGUINS

On en distingue trois types :



-**les artères** : quittent les ventricules pour alimenter les organes.

Artères : Cœur ⟹ Organes

-**les veines** : ramènent le sang des organes vers le cœur.

Veines : Organes ⟹ Cœur

-**les capillaires** : vaisseaux minuscules, situés entre les branches ultimes des artères et des veines, à l'intérieur des organes. C'est à leur niveau qu'ont lieu les échanges gazeux.

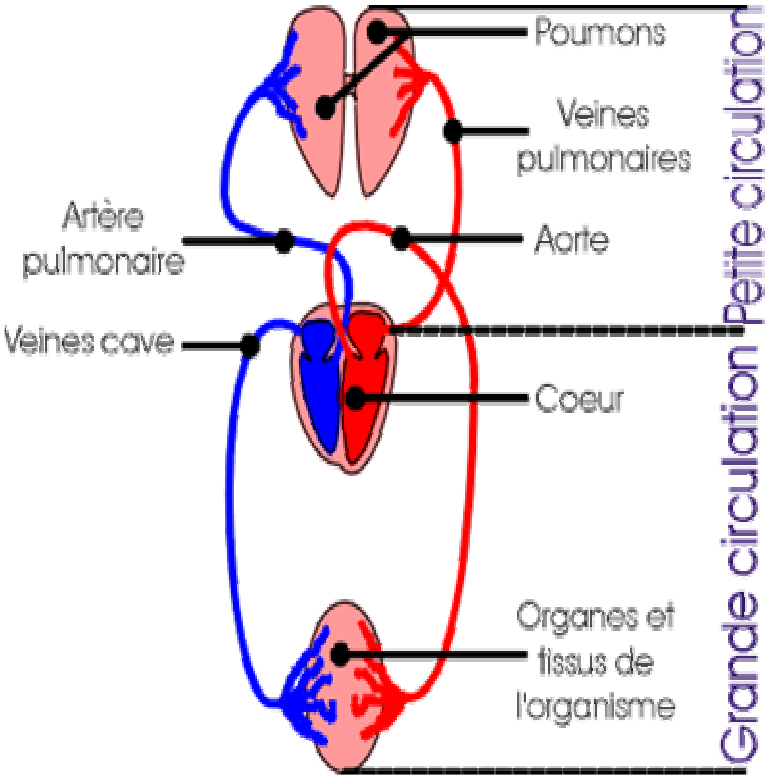
4. LA CIRCULATION SANGUINE

Il y a deux cœurs, il y a donc deux circulations : la grande et la petite circulation

- *LA GRANDE CIRCULATION*

Le sang oxygéné est éjecté du ventricule gauche dans l'aorte, puis dans les artères qui vont se distribuer aux différents organes.
A l'intérieur des organes les échanges gazeux se font au niveau des capillaires, puis le sang, pauvre en O2 est récupéré par les veines. Celles ci convergent pour donner les veines caves qui ramènent le sang au cœur au niveau de l'oreillette droite.

Un organe est particulièrement concerné en plongée : c'est le cerveau. Il est vascularisé par les carotides qui sont les premières bifurcations au niveau de la crosse aortique



- *LA PETITE CIRCULATION*

Le sang pauvre en O2 part du ventricule droit, pénètre dans l'artère pulmonaire, puis dans les poumons. A l'intérieur des poumons les échanges gazeux se font au niveau des capillaires. Puis le sang enrichi en O2 est récupéré par les veines pulmonaires qui vont se jeter au niveau de l'oreillette gauche.

REMARQUE

Au niveau de la grande circulation, les artères contiennent du sang riche en O2, de couleur rouge vif (représenté en rouge sur les schémas) et les veines du sang pauvre en O2, de couleur rouge sombre (représenté en bleu sur les schémas)
Au niveau de la petite circulation, c'est le contraire : l'artère pulmonaire contient du sang pauvre en O2 (bleu sur les schémas) et les veines pulmonaires du sang riche en O2 (rouge sur les schémas) : Ne pas confondre !!

5. LE SANG

Le sang circule dans les vaisseaux sanguins. Il est composé de :

- Le plasma : c'est le liquide dans lequel sont dissous les sels minéraux, les gaz, de nombreux cops chimiques (hormones par exemple) et qui transporte les éléments suivants :
- Les globules rouges : transport d'oxygène
- Les globules blancs : rôle de défense de l'organisme
- Les plaquettes : rôle très important dans la coagulation du sang : le caillot (croûte) qui se forme après une blessure est un amas de plaquettes

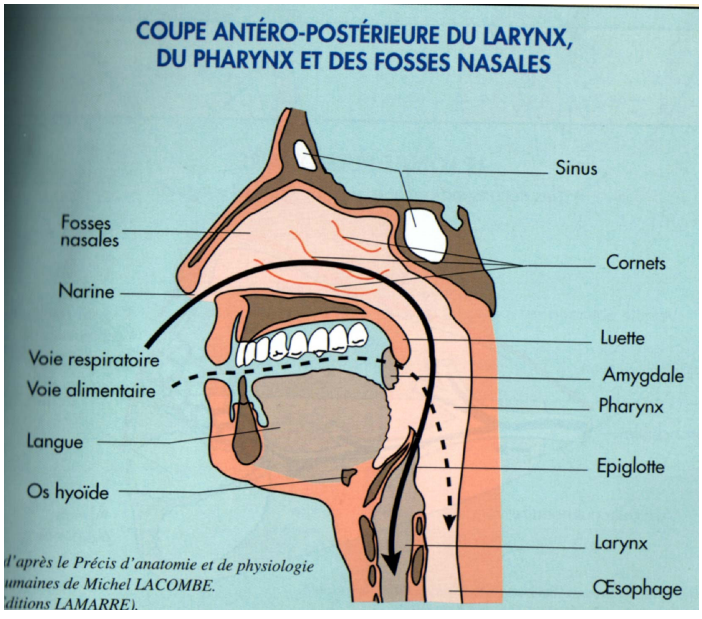
B. L'APPAREIL RESPIRATOIRE

1. ROLE

L'appareil respiratoire a pour rôle de permettre au sang de prélever l'O2 présent dans l'air ambiant et d'y rejeter le CO2.

2. ANATOMIE

On décrit :
-les voies aériennes qui amènent l'air au niveau des poumons.
-les poumons ou se déroulent les échanges gazeux.



- *LES VOIES AERIENNES* :

Les fosses nasales : l'air extérieur y est filtré, humidifié et réchauffé. En arrière se

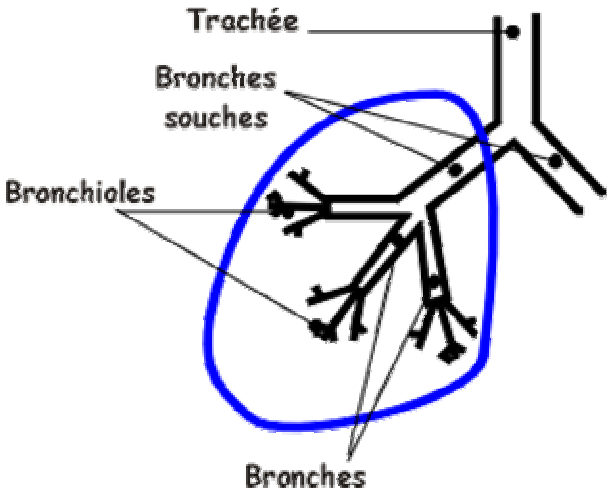
trouve l'abouchement des trompes d'Eustache.

Le pharynx : sert de « gare de triage » entre l'air et les aliments.

Le larynx : la pomme d'Adam, c'est l'organe de la voie, il contient les cordes vocales.

La trachée : C'est un tube cartilagineux qui part du larynx, descend dans le thorax et se divise en deux bronche souches, une pour chaque poumon.

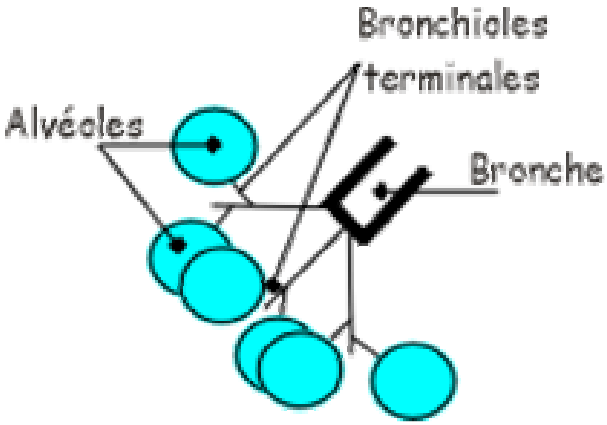
- *LES POUMONS*

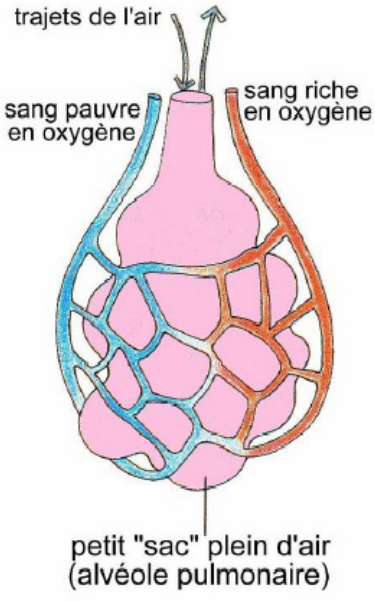


Au nombre de deux, ils sont situés dans la cage thoracique, de part et d'autre du cœur. Ce sont des organes spongieux, solidarisés à la cage thoracique par les deux feuillets pleuraux. Ce système permet aux poumons de suivre les mouvements de la cage thoracique.

A l'intérieur des poumons, les bronches continuent à se ramifier à l'image des branches d'un arbre.
Les ramifications ultimes sont appelées bronchioles terminales et se terminent par un petit sac : l'alvéole pulmonaire.

Cette alvéole est en contact étroit avec les capillaires pulmonaires. Les échanges gazeux se déroulent à ce niveau.



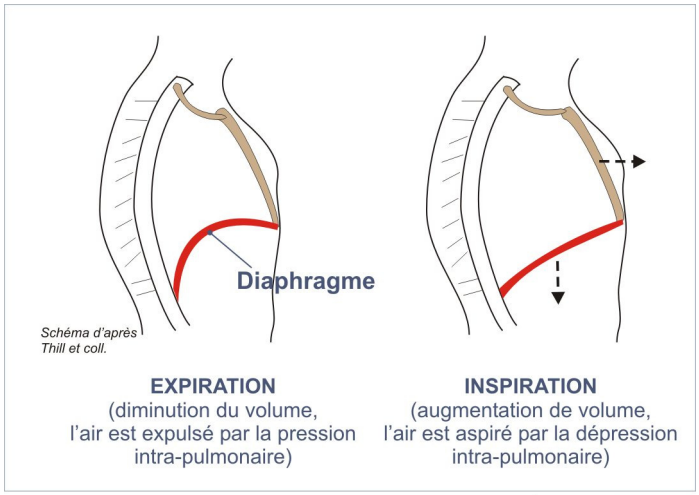


Remarque : les alvéoles pulmonaires sont de petits sacs à paroi élastique. Leur degré d'élasticité est cependant limité.

3. LA MECANIQUE VENTILATOIRE

La ventilation se fait par une alternance de mouvement de la cage thoracique à l'image des mouvements d'un soufflet. La cage thoracique qui contient les poumons est constituée des cotes et des muscles intercostaux. C'est un ensemble déformable dans une certaine limite.

L'inspiration : augmentation de volume de la cage thoracique qui entraîne un appel d'air dans les poumons jusqu'au niveau des alvéoles. L'inspiration est un phénomène **actif** lié à la contraction du diaphragme. L'inspiration permet l'apport d'air frais et donc **l'apport d'oxygène.**



© Alain Foret, Illustra-Pack II

L'expiration : diminution du volume de la cage thoracique, l'air contenu dans les poumons est chassé à l'extérieur. L'expiration est un phénomène purement **passif**, le simple relâchement du diaphragme permet à la cage thoracique de retrouver son volume de départ. L'expiration permet **l'évacuation du gaz carbonique**

4. LES VOLUMES VENTILATOIRES

Le volume courant (VC)

Au cours d'une ventilation calme, un volume d'air d'environ *0,5* litre est inspiré et expiré à chaque mouvement : c'est *le volume courant* suffisant pour assurer les besoins en O2 de l'organisme et évacuer le CO2 produit dans ces conditions.

Le volume de réserve inspiratoire (VRI)

Après une inspiration calme, c'est le volume de l'air inspiré en supplément grâce à une inspiration forcée. Il est de 2,5 litres en moyenne.
L'inspiration forcée est notamment pratiquée par l'apnéiste qui s'apprête à s'immerger et qui a besoin d'emmagasiner dans ses poumons une grande quantité d'air.

Le volume de réserve expiratoire (VRE)

C'est le volume d'air supplémentaire expiré après une expiration calme, grâce à une expiration forcée. Il est d'environ 1,5 litre

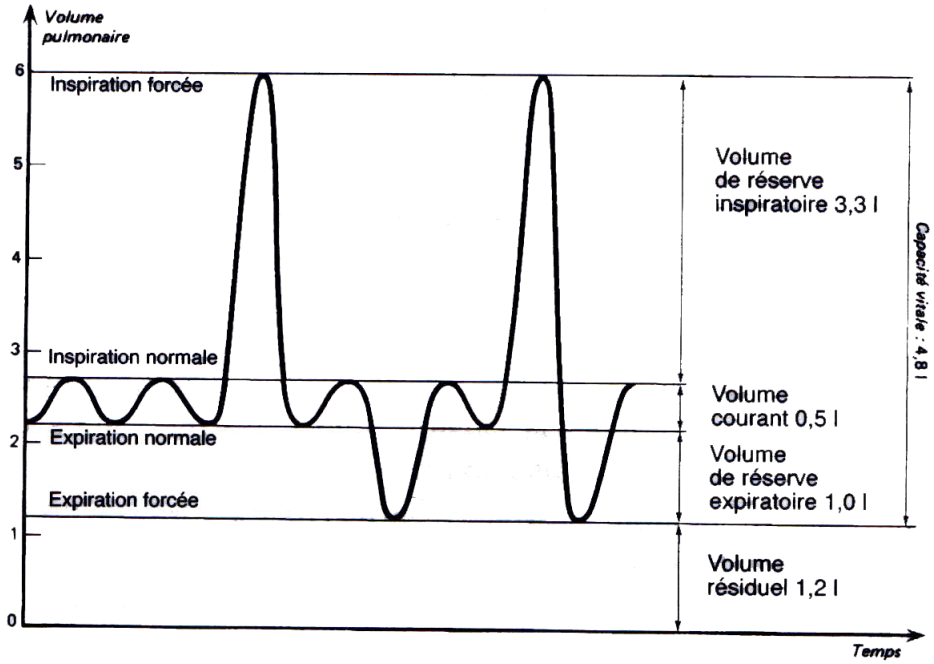
L'expiration forcée est notamment pratiquée par un sportif avant ou après un effort physique important. Elle est utile dès que l'on sent les premiers symptômes d'un essoufflement pendant une plongée. En effet, elle permet de diminuer le taux de gaz carbonique contenu dans l'air alvéolaire.

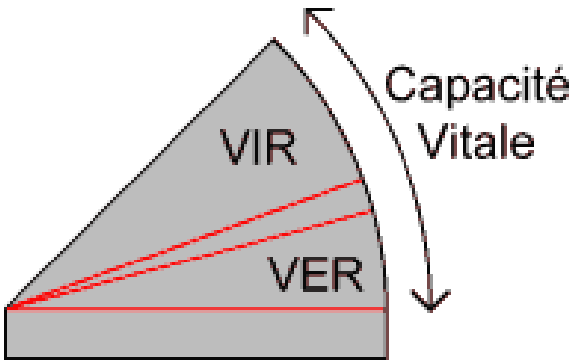
Le volume d'air résiduel (VR)

Après l'expiration forcée, il reste encore dans les poumons, les bronches, la trachée artère et les fosses nasales une certaine quantité de gaz que l'on ne peut expirer : c'est le volume résiduel. Il est d'environ 1,5 litre, lui aussi variable selon les individus.

La capacité vitale (CV)

C'est la somme du volume courant + volume de réserve inspiratoire + volume de réserve expiratoire. CV = 4.5 litres environ. En plongée c'est le volume dont dispose le plongeur pour faire varier sa flottabilité grâce au **poumon ballast**.





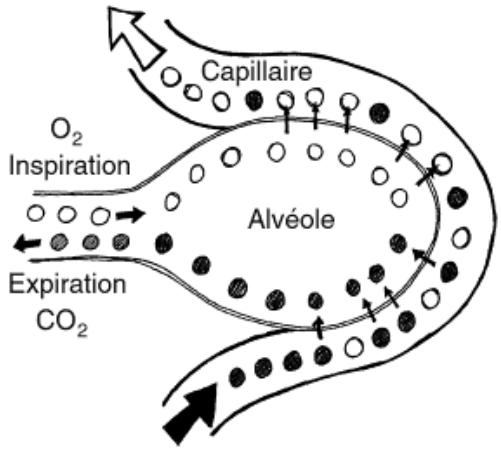
CAPACITE VITALE = AMPLITUDE DU POUMON BALLAST

5. LES ECHANGES GAZEUX

C'est le processus qui permet le transfert de l'O2 et du CO2 au niveau du sang. Ces échanges se déroulent à deux niveaux :

- *AU NIVEAU DES POUMONS* :

L'air alvéolaire est riche en O2, contient peu de CO2.Au contraire, le sang qui arrive de l'artère pulmonaire au niveau des capillaires pulmonaires est appauvri en O2 et chargé en CO2. Cette simple différence de concentration permet les échanges gazeux du milieu le plus concentré vers le milieu le moins concentré : transfert de l'O2 alvéolaire, amené par l'**inspiration**, vers les capillaires. Inversement, transfert du CO2 du sang capillaire vers l'alvéole d'où il sera évacué par **expiration**.



- *AU NIVEAU DES ORGANES*

Les échanges gazeux se font selon le même procédé de différence de concentration : transfert d'O2 des capillaires vers les organes, en échange du CO2 qui passe des organes dans les capillaires

C. MODIFICATIONS PHYSIOLOGIQUES EN PLONGEE

1. LA VENTILATION

- En plongée, les conditions de fonctionnement de l'appareil ventilatoire vont être modifiées:

  - l'expiration doit vaincre les résistances supplémentaires présentées par la soupape d'expiration du détendeur,
  - l'augmentation de densité de l'air respiré entraîne une résistance accrue à l'écoulement (inspiration et expiration).

Ceci nécessite un effort supplémentaire des muscles ventilatoires, aussi bien à l'inspiration mais également à l'expiration qui devient alors un phénomène **actif** même dans des conditions normales de plongée. Cet effort supplémentaire à l'expiration provoque une augmentation de la pression intra thoracique qui écrase légèrement les voies aériennes élastiques, augmentant encore la difficulté de l'écoulement de l'air.

- Toutes ces modifications fonctionnelles provoquent:

  - une augmentation du VC (volume courant) au dépend du VRI (volume de réserve inspiratoire),
  - une tendance à la rétention du C02 en raison des diverses difficultés expiratoires (risque supplémentaire d'essoufflement),
  - un risque supplémentaire en cas d'effort physique en immersion

- Le plongeur doit prendre conscience de sa respiration et la maîtriser.

  En dehors de tout effort, il doit adopter une respiration plus ample qu'en surface.

2. LES ECHANGES GAZEUX

L'oxygène est apporté par l'inspiration, le gaz carbonique évacué par l'expiration.

Un 3ème gaz entre en jeu en plongée : **l'azote.** (Il n'intervient pas en surface)

Au cours de la descente et de la plongée, en raison de l'augmentation de pression, l'azote passe la membrane alvéolaire **à l'inspiration** et va se dissoudre progressivement dans le sang et les divers tissus de l'organisme

Lors de la remontée, en raison de la diminution de pression, l'azote suit le chemin inverse et est évacué progressivement à chaque **expiration.**

3. L'AIR RESPIRE

L'air contenu dans les bouteilles et que nous respirons grâce au détendeur, a des caractéristiques bien particulières et différentes de l'air respiré en surface

- C'est un air filtré et asséché, qui est respiré par la bouche. Il n'est pas humidifié par les fosses nasales comme en surface. Ce phénomène se cumule avec les autres facteurs de déshydratation en plongée, ce qui favorise et aggrave les accidents de décompression.

- Le détendeur fournit un air froid qui sera réchauffé lors de son passage dans les voies respiratoires. Ceci majore les effets du froid lié à la plongée, en particulier dans l'espace lointain.

4. LA CIRCULATION

L'immersion crée une redistribution des masses sanguines vers le centre de l'organisme en raison de plusieurs facteurs : écrasement du réseau veineux superficiel, réaction au froid…Ce nouvel équilibre a plusieurs conséquences avec en particulier une tendance à la déshydratation ce qui va ralentir l'élimination de l'azote et favoriser l'accident de décompression.