
Anatomie

Table des matières

1. Introduction	2
2. Cours	3
2.1. Anatomie des voies respiratoires	3
2.1.1. Les voies respiratoires supérieures.....	3
2.1.2. Les voies respiratoires inférieures.....	4
2.1.3. Les muscles respiratoires.....	6
2.1.4. Les échanges gazeux	6
2.1.5. Le mécanisme de la respiration	6
2.1.5.1. L'inspiration	6
2.1.5.2. L'expiration	7
2.1.6. Les volumes respiratoires	7
2.1.6.1. les capacités pulmonaires	7
2.1.6.2. Volume mort.....	7
2.2. Système nerveux et O.R.L.	9
2.2.1. Oreilles et trompes d'Eustache.	9
2.2.1.1. Anatomie	9
2.3. Système cardiovasculaire.....	11
2.3.1. Anatomie du cœur et des vaisseaux	11
2.3.2. Foramen ovale	14
2.3.3. Microcirculation	14
3. Conclusion	15
4. Références	16

1. Introduction

L'homme n'est pas fait pour vivre sous l'eau, mais l'homme est têtu. Heureusement pour lui, nombre de ses semblables sont également curieux, ce qui a amené au développement de la science, dont fait partie l'anatomie (vous me suivez ?). Et c'est tant mieux, car si l'homme sait qu'il n'est pas fait pour plonger, mais qu'il sait pourquoi, le rassure mais également lui permet d'éviter de se mettre dans certaines situations aussi désagréables que dangereuses.

Ces quelques feuilles tentent de rassembler un tant soit peu les notions d'anatomies (de base) que tout bon plongeur (un plongeur LIFRAS, quoi) se doit de connaître pour passer ses brevets, mais aussi pour s'assurer de terminer ses plongées au bar du port.

Bonne lecture !

2. Cours

2.1. Anatomie des voies respiratoires

2.1.1. Les voies respiratoires supérieures

× Fosses nasales :

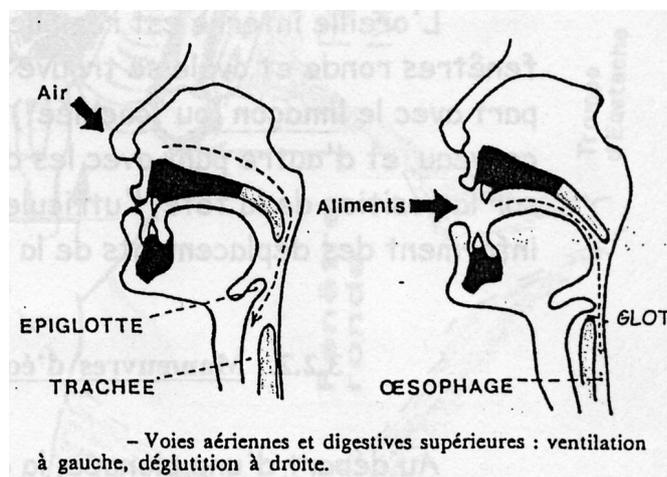
- Narines
- Cornets (préchauffent l'air inspiré et condensent la vapeur de l'air expiré)
- Orifice des sinus

× Bouche :

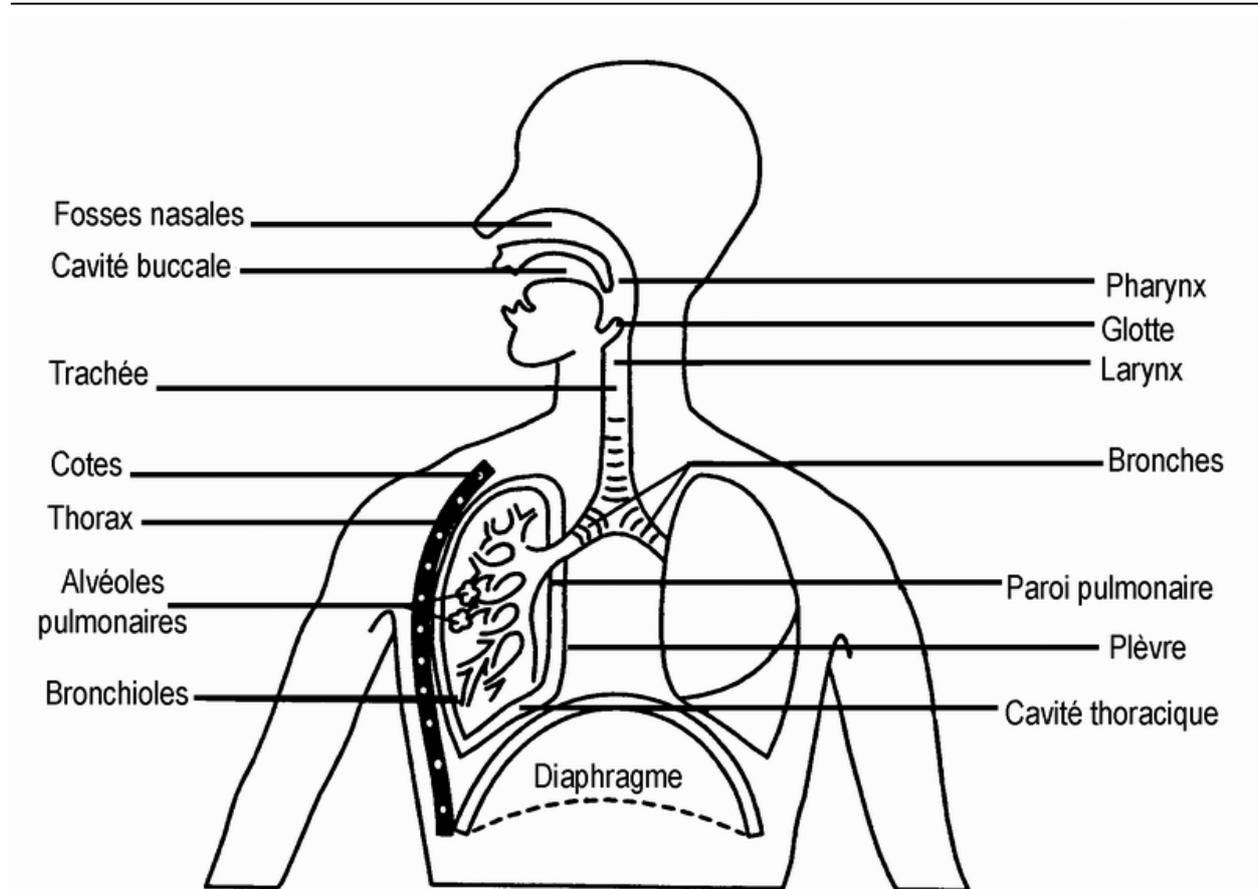
- Lèvres
- Dents (barotraumatisme des dents cariées)
- Langue
- Luette (« valve » entre les fosses nasales et la cavité buccale : permet de respirer sur un embout sans porter son masque)
- Pharynx (conduit commun à la nourriture et l'air respiré)
- Amygdales (pour ceux qui les ont encore)
- Epiglotte (ferme le « trou du dimanche » : dévie le bol alimentaire vers l'œsophage en occultant la trachée)

NB fermeture réflexe de la glotte par :

1. blocage volontaire de la respiration
2. l'émotion (peur)
3. l'effort physique
4. la défécation
5. réflexe en cas d'inhalation d'eau*



* ce qui peut provoquer une surpression pulmonaire à la remontée.

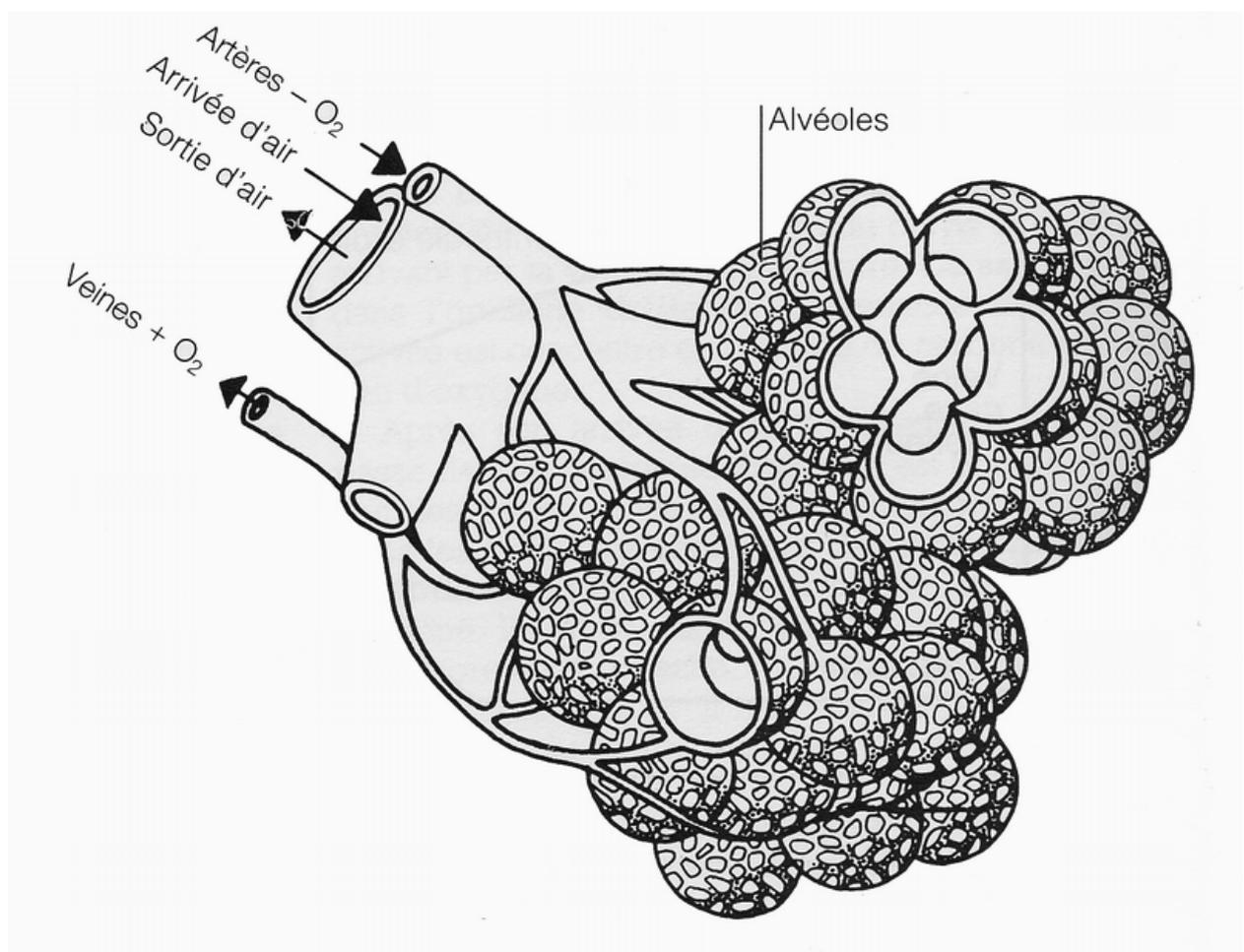
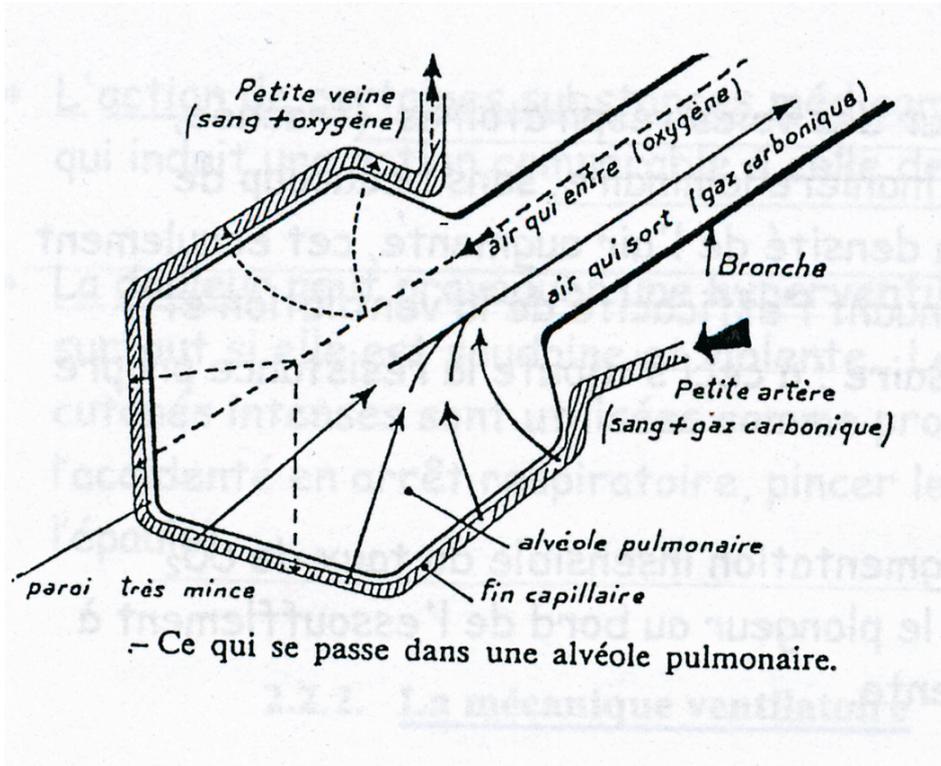


2.1.2. Les voies respiratoires inférieures

La **trachée** (tuyau de 15 cm constitué d'un empilement de disques cartilagineux creux) se divise dans le thorax en deux **bronches souches**. Dans les **poumons**, les bronches se divisent elles mêmes en **bronchioles** qui débouchent dans de petites cavités appelées **vésicules pulmonaires**

Les vésicules pulmonaires sont de petites poches, en forme de grappe de raisin, constituée d'**alvéoles pulmonaires**.

C'est au niveau de ces alvéoles pulmonaires que se déroulent les échanges gazeux de la respiration : captation de l' O_2 , et évacuation du CO_2 dissous dans le sang. Les alvéoles sont tapissées d'un produit tensioactif, le **surfactant**, qui leur permet de ne pas s'écraser sur elles-mêmes. Le surfactant peut être dégradé sous l'action du chlore de l'eau de piscine : l'inhalation d'eau chlorée peut avoir pour conséquence la noyade retardée par destruction du surfactant, écrasement des alvéoles et empêchement des échanges respiratoires.



Les poumons se trouvent dans la cavité thoracique. Ils sont reliés aux côtes par une double membrane, les **plèvres**, entre lesquelles existe un vide relatif (dépression). Ce vide confère aux poumons une certaine élasticité, et maintient la plèvre externe collée à la cage thoracique, et la plèvre interne collée aux poumons. Les plèvres solidarisent donc les poumons à la cage thoracique.

La circulation de l'air dans les poumons est divisée en deux phases : l'inspiration (active) et l'expiration (passive).

2.1.3. *Les muscles respiratoires*

Le diaphragme est un grand muscle plat, sous les poumons, pouvant s'abaisser vers les bas.

Les muscles intercostaux se trouvent entre les côtes, et leur contraction rapproche les côtes entre elles en les relevant à l'horizontale.

La contraction des muscles pectoraux et des muscles du cou soulève et ouvre la cage thoracique.

Au niveau du cerveau, c'est le bulbe rachidien qui contrôle la respiration. C'est l'augmentation de la concentration du CO₂ dans le sang qui va augmenter le rythme respiratoire ou entraîner un réflexe respiratoire (en apnée, par ex.)

2.1.4. *Les échanges gazeux*

Comme tous les animaux, l'homme tire son énergie de l'oxydation des sucres, pour produire du dioxyde de carbone (CO₂) et de l'eau

Pour mémoire : $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$

Le but de la respiration est de fournir aux cellules de l'organisme l'oxygène dont il a besoin, et d'éliminer le CO₂, considéré comme un déchet. Les échanges gazeux se font dans les poumons, au niveau des alvéoles pulmonaires. De très fins vaisseaux sanguins, les capillaires, apportent jusqu'aux alvéoles le sang chargé en CO₂ pour l'y décharger, et capter de l'oxygène pour l'amener aux cellules.

Remarquons que si le CO₂ est transporté sous forme dissoute dans le sang, l'oxygène est capté et transporté par l'hémoglobine, qui augmente considérablement la quantité d'oxygène transportée par le sang.

Trajet de l'O₂ : voies aériennes supérieures → trachée → bronches → bronchioles → alvéoles pulmonaires → sang → système circulatoire (via le cœur) → cellules

Le CO₂ suivra le chemin inverse.

2.1.5. *Le mécanisme de la respiration*

2.1.5.1. L'inspiration

Les muscles respiratoires soulèvent les côtes tandis que le diaphragme s'abaisse. La plèvre pariétale (externe) suit le mouvement des côtes en entraînant, par dépression, la plèvre viscérale (interne) La conjugaison de la contraction des différents muscles

respiratoires entraîne une augmentation du volume des poumons, et une entrée d'air dans le système respiratoire.

2.1.5.2. L'expiration

Elle est produite par le relâchement des muscles servant à l'inspiration, tandis que le diaphragme remonte. L'expiration est donc due à l'élasticité naturelle du thorax. Une expiration active peut être exercée par les muscles abdominaux, par exemple lorsque la fréquence et l'amplitude respiratoire augmentent (hyperventilation).

2.1.6. Les volumes respiratoires

En fonction des besoins, on peut mobiliser différents volumes :

1. **volume courant** : volume d'air inspiré et expiré pendant un cycle respiratoire normal (0,5 l en moyenne)
2. **volume de réserve inspiratoire** : volume maximal d'air pouvant être inspiré à partir de la fin de l'inspiration normale (2,5 l en moyenne)
3. **volume de réserve expiratoire** : volume maximal d'air pouvant être expiré à partir de la fin de l'expiration normale (1,5 l en moyenne).
4. **volume résiduel** : volume d'air restant dans les poumons à la fin d'une expiration maximale (1,5 l en moyenne).

2.1.6.1. les capacités pulmonaires

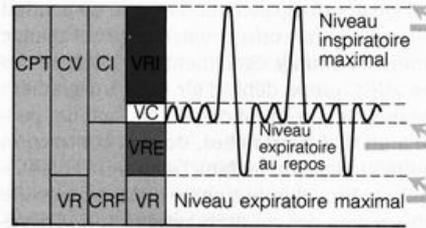
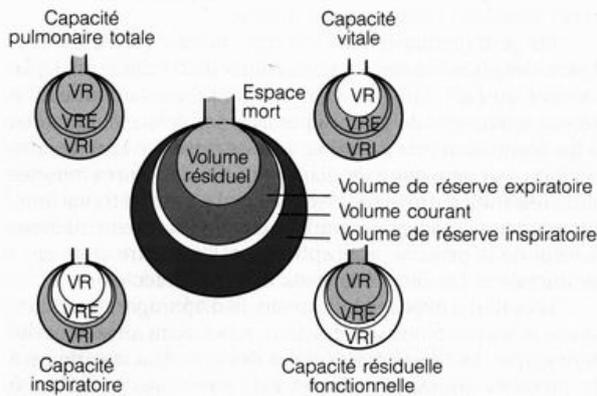
La combinaison de ces différents volumes permet de déterminer les capacités pulmonaires

1. **capacité pulmonaire totale** : quantité d'air contenue dans les poumons après une inspiration maximale.
2. **capacité vitale** : volume maximal d'air expiré après une inspiration maximale
3. **capacité inspiratoire** : volume maximal d'air inspiré après une expiration normale.
4. **capacité résiduelle fonctionnelle** : volume d'air restant dans les poumons après une expiration normale.

2.1.6.2. Volume mort

C'est le volume d'air qui ne participe pas aux échanges gazeux. C'est l'air qui reste dans les voies aériennes supérieures et dans la trachée (plus ou moins 1,5l). Ce volume peut être augmenté par l'utilisation d'un tuba. Une respiration superficielle, où seul l'air de l'espace mort est renouvelé, est un facteur aggravant de l'essoufflement car elle empêche l'élimination du CO₂ sanguin. Cette augmentation de la concentration de CO₂ dans le sang va stimuler le bulbe rachidien et augmenter encore la fréquence respiratoire sans en augmenter l'amplitude.

VOLUMES PULMONAIRES STATIQUES

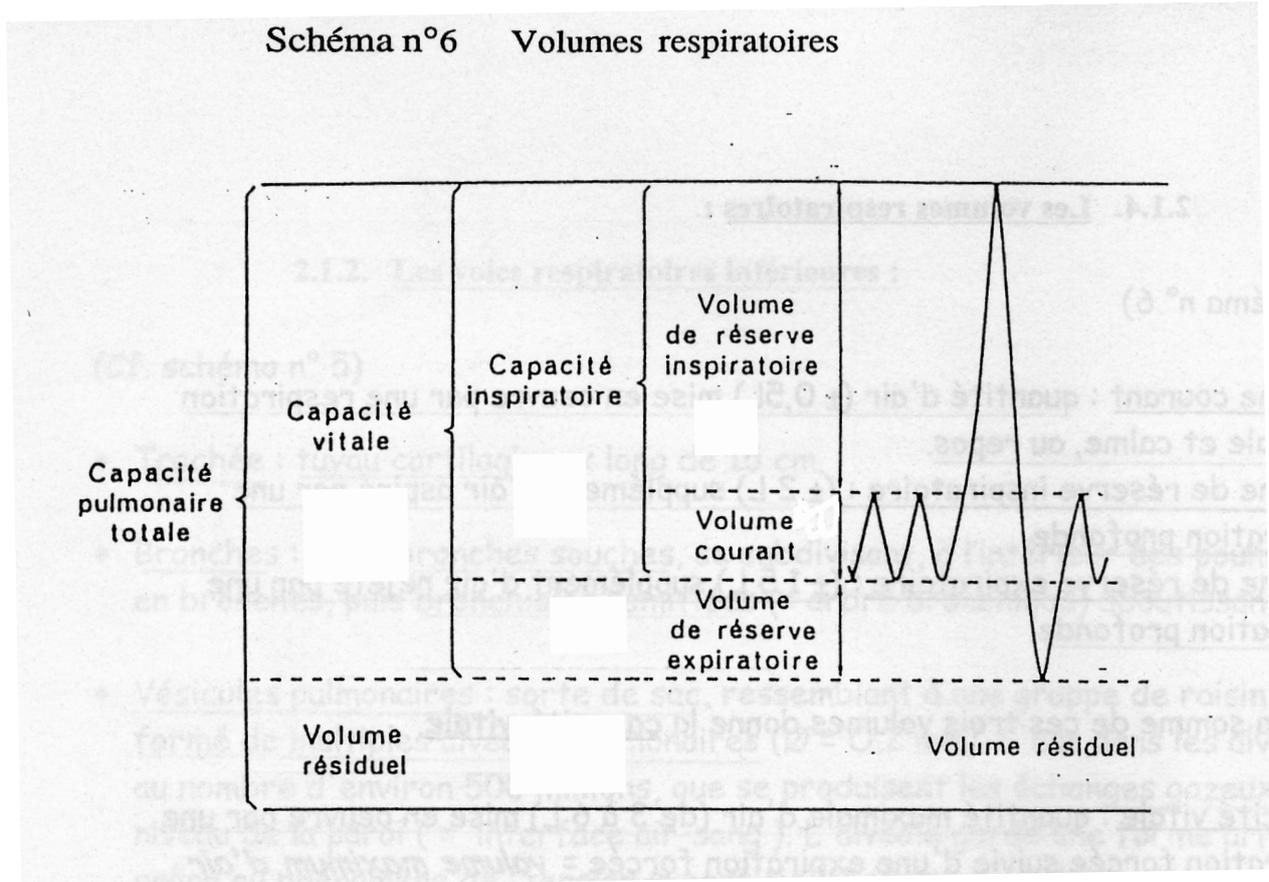


VOLUMES RESPIRATOIRES

Volume courant	VC ou V_T	Volume d'air inspiré et expiré à chaque respiration	Le volume courant peut ne pas varier, même en présence d'une maladie grave.
Volume de réserve inspiratoire	VRI	Volume maximal d'air qu'on peut encore inspirer après une inspiration normale	
Volume de réserve expiratoire	VRE	Volume maximal d'air qu'on peut encore expirer après une expiration normale	Le volume de réserve expiratoire diminue quand il y a restriction, comme dans l'obésité, la grossesse et l'ascite.
Volume résiduel	VR	Volume d'air qui reste dans les poumons après une expiration maximale	Le volume résiduel peut augmenter dans les maladies obstructives.

CAPACITÉS PULMONAIRES

Capacité vitale	CV	Volume maximal d'air pouvant être expiré après une inspiration maximale	On peut constater une diminution de la capacité vitale dans les troubles neuromusculaires, la fatigue corporelle, l'atélectasie, l'œdème pulmonaire et la bronchopneumopathie chronique obstructive.
Capacité inspiratoire	CI	Volume maximal d'air inspiré après une expiration normale	Une diminution de la capacité inspiratoire peut être le signe d'un trouble restrictif.
Capacité résiduelle fonctionnelle	CRF	Volume d'air qui reste dans les poumons après une expiration normale	La capacité résiduelle fonctionnelle peut augmenter dans les troubles obstructifs (bronchopneumopathie chronique obstructive) et diminuer dans le syndrome de détresse respiratoire de l'adulte.
Capacité pulmonaire totale	CPT	Volume d'air se trouvant dans les poumons après une inspiration maximale; correspond à la somme des quatre volumes (VC, VRI, VRE et VR)	La capacité pulmonaire totale peut diminuer dans les troubles restrictifs (atélectasie, pneumonie) et augmenter dans les troubles obstructifs (bronchopneumopathie chronique obstructive).



2.2. **Systeme nerveux et O.R.L.**

2.2.1. *Oreilles et trompes d'Eustache.*

2.2.1.1. Anatomie

L'oreille est l'organe de l'audition et de l'équilibre. Elle comporte trois parties :

1. *L'oreille externe*

- a. Pavillon
- b. Conduit auditif externe (cérumen, cils)
- c. Tympan

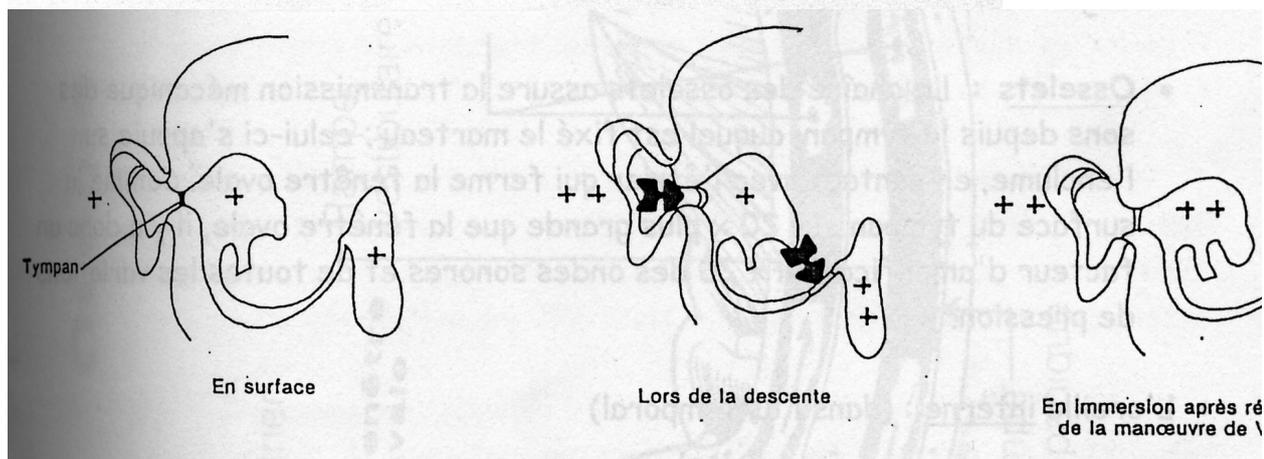
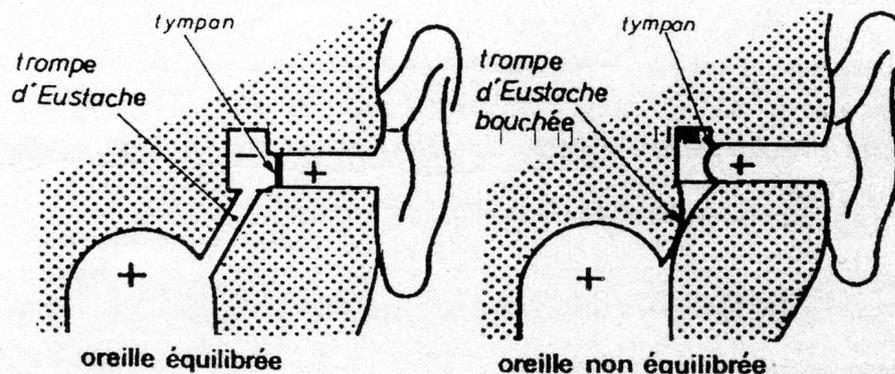
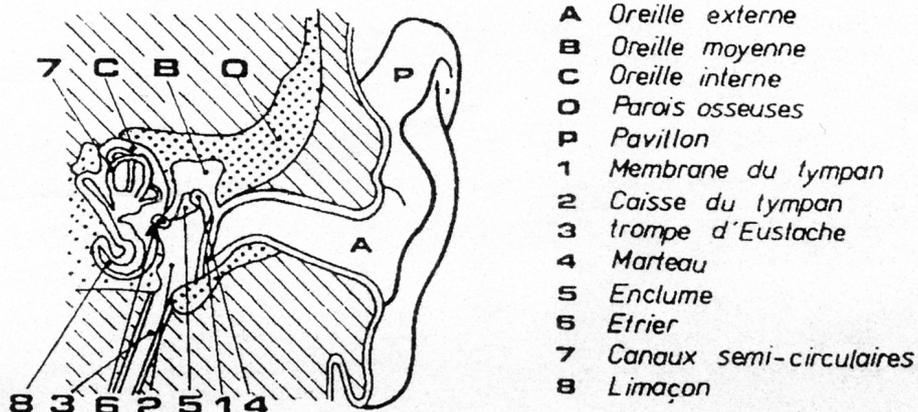
2. *L'oreille moyenne*

- a. **Caisse du tympan** : cavité remplie d'air séparée de l'oreille externe par le tympan, et de l'oreille interne par la fenêtre ronde. Elle communique avec le pharynx par la trompe d'Eustache (et permet donc l'équilibrage de sa pression par rapport à la pression externe par la manœuvre de Valsalva). Une infection ou l'intrusion d'un corps étranger peuvent boucher la trompe d'Eustache et empêcher la manœuvre d'équilibrage, ce qui peut conduire à un barotraumatisme de l'oreille moyenne (rupture du tympan) ou de l'oreille interne (acouphènes ou sifflements permanents). Un rhume peut donc être une contre-indication réelle de plonger.

b. **Osselets** : chaîne de trois petits os (marteau, enclume et étrier) qui transmettent mécaniquement les vibrations du tympan produites par les sons vers l'oreille interne.

3. L'oreille interne

Elle comprend le **limaçon**, qui transforme les vibrations sonores mécaniques en signaux électriques transmis au cerveau par le nerf auditif, et le système vestibulaire (centre de l'équilibre) constitué de la saccule, l'utricule et les **canaux semi-circulaires**.



2.3. **Système cardiovasculaire**

2.3.1. *Anatomie du cœur et des vaisseaux*

La circulation du sang est la condition fondamentale du fonctionnement de notre organisme. En effet, c'est elle qui permet aux cellules de s'approvisionner en oxygène et de se débarrasser des déchets de leur métabolisme, dont le CO₂.

Toute interruption de la circulation pendant plus de trois minutes a des conséquences graves sur l'organisme, car elle engendre des lésions irréversibles du cerveau.

Le cœur est un muscle creux, dont la fonction peut être assimilée à celle d'une pompe. C'est lui qui propulse le sang à travers le système circulatoire vers les différents organes et tissus du corps.

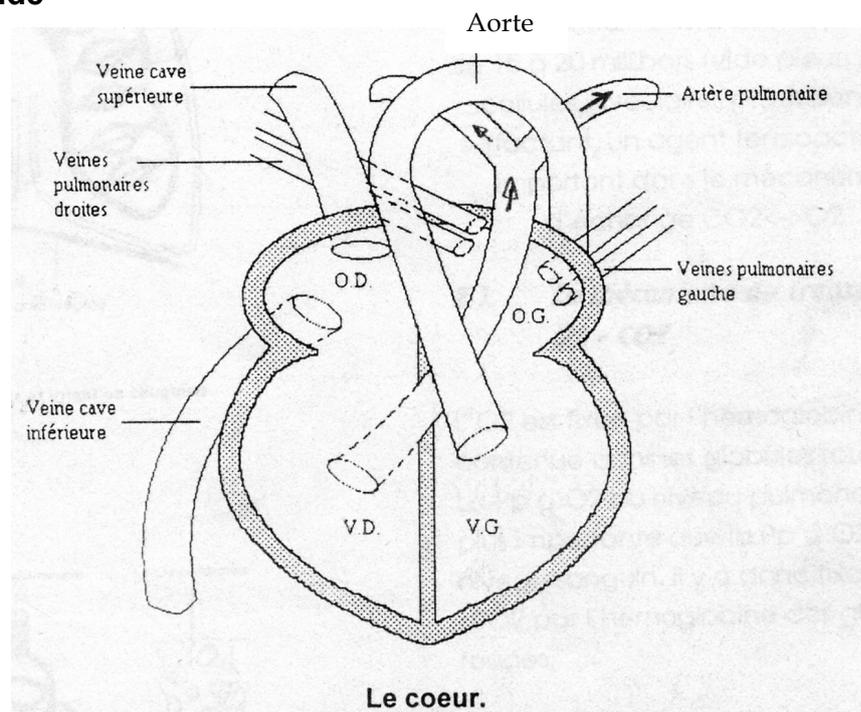
Le cœur est divisé en deux cavités : le cœur gauche et le cœur droit. Ces deux cavités sont divisées en deux autres cavités : les ventricules et les oreillettes. Le sens de circulation du sang est imposé par un système de soupapes antiretour : les valvules.

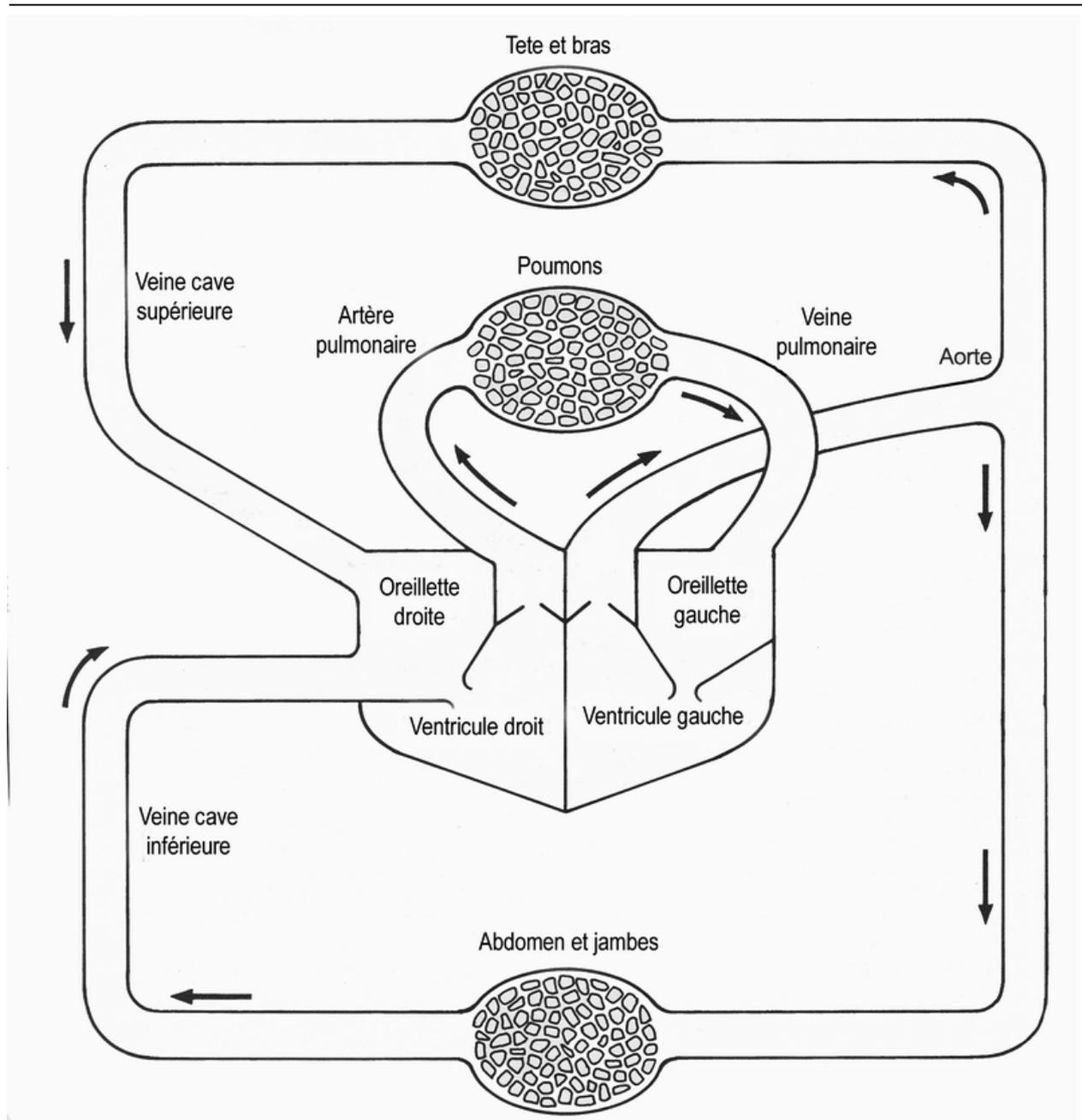
Le cœur droit reçoit le sang veineux amené par les deux **veines caves** , et le propulse vers les poumons via les artères pulmonaires.

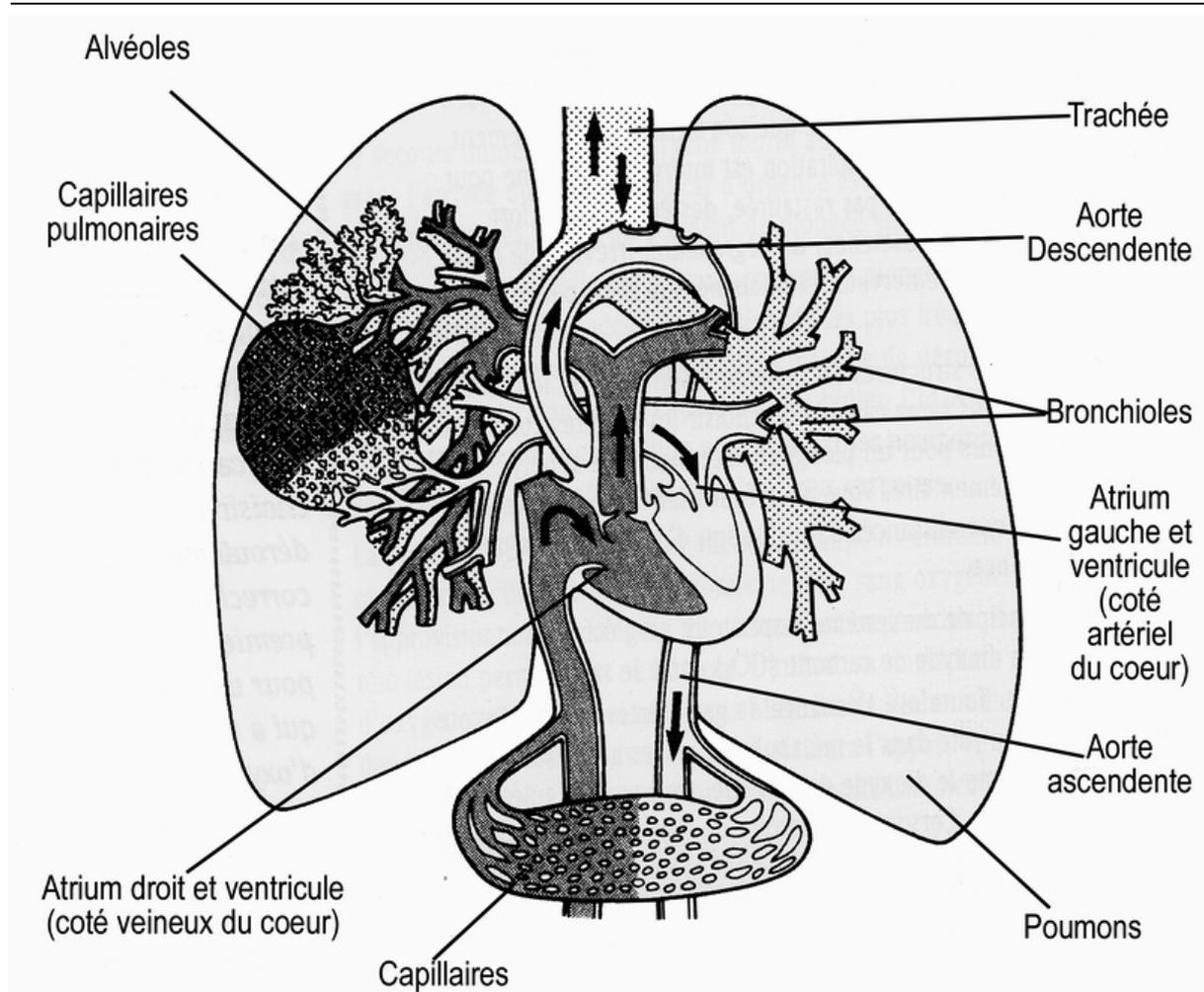
Dans les poumons, le sang veineux chargé en CO₂ va se décharger de celui-ci et capter de l'oxygène pour devenir du sang artériel. Il se dirige alors vers le **cœur gauche** par les veines pulmonaires. C'est la **petite circulation**.

De retour au cœur, il passe par l'oreillette gauche et le ventricule gauche pour être propulsé vers le reste du corps en passant par l'aorte. De l'aorte, le sang va passer par les artères qui se subdivisent en artérioles puis en capillaires au niveau des tissus qu'ils vont irriguer. C'est au niveau des capillaires, très fins vaisseaux sanguins, que vont se produire les échanges gazeux entre le sang et les cellules.

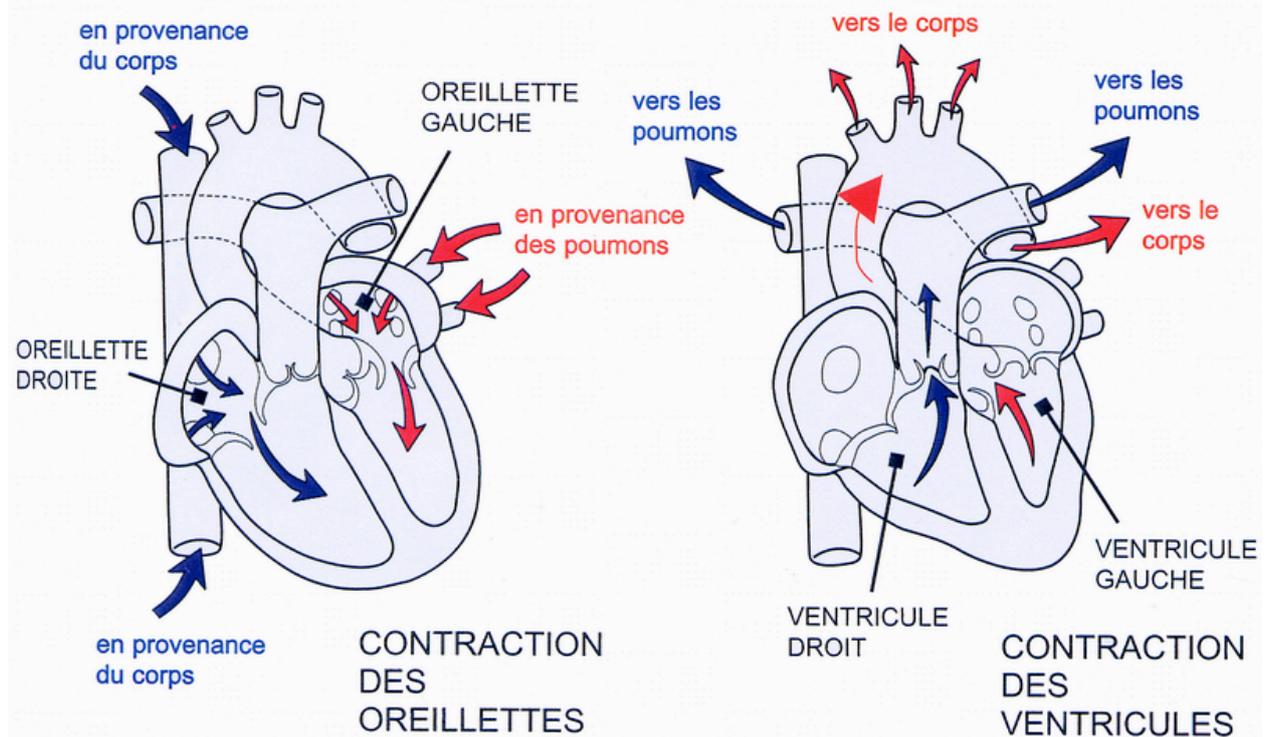
En retournant vers le cœur, les capillaires empruntés par le sang vont se regrouper en veinules, puis en veines pour aboutir dans les deux veines caves qui aboutissent dans l'oreillette droite. C'est la **grande circulation**.







Fonctionnement du coeur



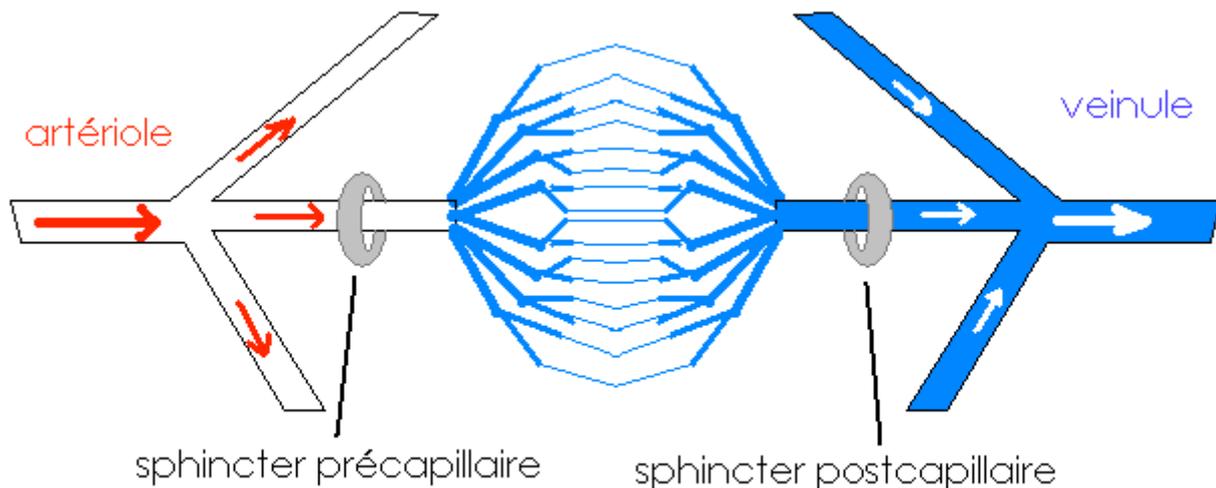
2.3.2. *Foramen ovale*

Chez l'adulte, les cœurs gauche et droit sont hermétiquement séparés. Il en va autrement chez le nouveau né où il existe une communication entre les cavités gauche et droite. C'est peu après la naissance que cette cavité va se boucher. Cependant, chez certaines personnes, un orifice entre les deux cœurs, **le foramen ovale**, ne se ferme qu'incomplètement. Ceci permet alors à une partie du sang ou à des corps étrangers (des bulles d'azote en particulier) de ne pas passer par la petite circulation, et de provoquer une embolie gazeuse dans le cas de l'azote, car celui-ci n'aura pas été éliminé au niveau des poumons. Le foramen ovale constitue dès lors un facteur de risque supplémentaire d'accident de décompression, et ce y compris en plongeant en respectant les tables (accidents « immérités »).

2.3.3. *Microcirculation*

Les réseaux de capillaires de notre organisme sont primordiaux. C'est en leur emplacement que se produisent les échanges gazeux. A l'entrée de certains réseaux de capillaires se trouvent des **sphincters précapillaires**, et à la sortie, des **sphincters postcapillaires** qui peuvent se fermer et s'ouvrir, coupant l'irrigation de certaines parties du corps : c'est la **vasomotricité** (ex : la peau : froid > vasoconstriction pour diminuer les pertes de chaleur (le sang répartit également la chaleur dans le corps) ; chaud → vasodilatation pour évacuer les calories excédentaires). Notons qu'au niveau des capillaires se produisent également, en plus de l'oxygène et du CO₂, des échanges de nutriments (sels minéraux, sucres...) et de déchets métaboliques.

Ce phénomène prend son importance dans les phénomènes de crampe, de frisson, d'hydrocution, de bloodshift et d'état de choc (voir cours de secourisme).



Microcirculation

3. Conclusion

Les notions rassemblées ici n'ont pas la prétention d'être exhaustives, mais ont pour objet de rassembler les bases nécessaires à la compréhension d'autres cours, notamment ceux concernant les différents accidents pouvant survenir lors de la pratique de la plongée.

Plonger, c'est bien, mais plonger en connaissant son anatomie, c'est mieux, fieu !

4. Références

La plongée – notes de cours destinées aux candidats des brevets élémentaires, moyens et supérieur, RCAE ULg, 3^e édition (1995)

Manuel de secourisme – préparation au brevet de Secouriste-plongeur, MMme Scmit, MM Balestra, Brasseur, de Broux, Duchateau, Eggermont, Janssens, Maernoudt, Van der Schueren Wautrechet, LIFRAS (2000)