

PLONGÉE NIVEAU 2

THEORIE - Partie II



Saison 2007 - 2008

Sommaire

1ère Partie : Un peu de Physique

1- Les Pressions	Page 5
2- Le théorème d'Archimède	Page 7
3- La loi de Mariotte	Page 8
4- La loi de Dalton	Page 10
5- La loi de Henry	Page 11
6- Optique	Page 13
7- Acoustique	Page 15

2^{ème} Partie : Anatomie/Physiologie

1- L'oreille	Page 17
2- Le système cardio-vasculaire	Page 19
3- Les échanges gazeux	Page 21

3^{ème} Partie : Les accidents de plongée

1- Les barotraumatismes	Page 24
2- Les accidents de décompression	Page 28
3- L'essoufflement	Page 32
4- La noyade	Page 34
5- Le froid	Page 36
6- Les accidents liés au milieu	Page 38

4^{ème} Partie : La Désaturation

1- Les Tables	Page 41
---------------	---------

5^{ème} Partie : Matériel et Réglementation

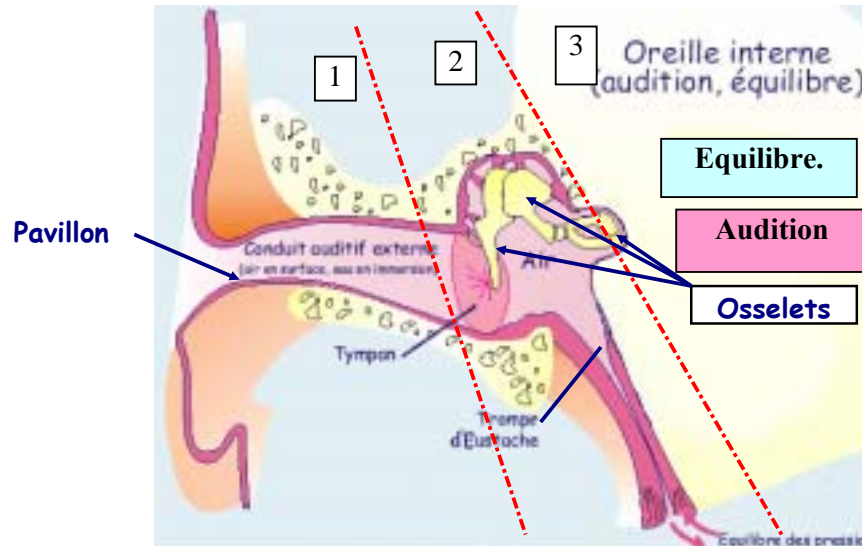
1- Matériel	Page 49
2- Réglementation	Page 53

2^{ème} partie : Anatomie / Physiologie

1- L'OREILLE

1. Rôle de l'oreille :

Les rôles remplis par l'oreille sont au nombre de 2 : **l'audition** et **l'équilibre**
Plusieurs organes bien distincts participent à ces fonctions.



2. L'audition et le parcours du son :

Le son est une vibration. Vitesse du son dans l'air = 330m/s ; dans l'eau = 1500m/s.

- **L'oreille externe - notée 1 :**

Il s'agit de la partie en contact avec le milieu extérieur (air, eau...). Le son est captée et guidée par le pavillon, jouant le rôle d'une parabole, vers le conduit auditif. A son extrémité, se trouve une membrane mobile très fine, qui, excitée par le son, entre en vibration ; le tympan. Lorsque nous sommes en plongée, le tympan est au contact de l'eau donc soumis à sa pression.

- **L'oreille moyenne - notée 2 :**

Le tympan est en appui sur une chaîne d'osselets (3 au total : le marteau, l'enclume et l'étrier). Ces osselets jouent le rôle d'amplificateur en propageant et en multipliant par 20 les vibrations. De plus, l'oreille moyenne est reliée à l'arrière de notre gorge via les trompes d'Eustache en forme de « bec de canard ». Elles sont actionnées toutes les 2 ou 3 minutes environ par des muscles afin de créer un état d'équilibre de pression entre l'oreille moyenne et notre gorge.

- **L'oreille interne - notée 3 :**

La sortie de la chaîne d'osselet est reliée à un mécanisme dans l'oreille interne qui traite l'information puis l'envoie au cerveau permettant la compréhension de notre par du son entendu.

La différenciation droite/gauche de la provenance du son est faite par la différence de temps qu'il met pour arriver jusqu'à nos 2 oreilles, dans l'air. Le son est capté avec un intervalle ; notre cerveau sait dire quelle est l'oreille à avoir reçu l'information en premier ; cela permet de le localiser.

Dans l'eau, le son est toujours perçu par les oreilles, mais aussi par la boîte crânienne (os creux et cavités), mais le cerveau ne sait pas d'où vient le son. Dans l'eau, un son est mieux perçu que dans l'air, mais la direction d'où il provient est plus difficile à déterminer.

La sensation sonore s'affaiblit avec la distance, entre la source et l'oreille. L'absorption s'accroît avec la fréquence et le son aigu s'affaiblit plus que le son grave

Toute atteinte de l'un de ses organes nuit à l'audition...

3. L'équilibre :

La fonction « équilibre » se fait seulement dans l'oreille interne. Notre espace en 3 dimensions est représenté par 3 canaux semi-circulaires dans lesquels circulent des petits cristaux. Le déplacement de ces cristaux est traité par notre cerveau indiquant alors toute rotation de notre tête. Un deuxième système couplé au premier renseigne notre position par rapport au sol.

Comme pour l'audition, toute atteinte de l'un de ses organes nuit à l'équilibre...

4. En plongée, manœuvre d'équilibrage des pressions :

Notre oreille est soumise à des risques d'accidents du à l'évolution de la pression et à la rupture d'équilibre entre l'oreille externe, moyenne voire interne.

Lors de la descente, il a été indiqué qu'une manœuvre était pratiquée pour atteindre cet état d'équilibre. A la remontée, celle-ci se fait toute seule.

Il existe différentes façons de « passer les oreilles ».

- **VALSALVA** : C'est la plus connue, la plus simple mais aussi la plus traumatisante pour le tympan. En effet, l'influe d'air par les trompes d'Eustache est bien souvent fait trop tard à la descente, et souvent bien trop fort. On dit toujours de le pratiquer dès l'immersion, progressivement... conseil à suivre ! Retenez bien, comme expliqué par le cours sur l'appareil cardio-vasculaire puis les échanges gazeux que **toutes utilisations de Valsalva à la remontée est INTERDITE !**

Attention : une manœuvre trop brutale peut entraîner des lésions de l'oreille interne.

- **BTV** : comprendre Béance Tubulaire Volontaire. Plus « souple » donc moins traumatisante, c'est une méthode à essayer. Il s'agit de bloquer la respiration, d'ouvrir grand la gorge puis remonter la langue. L'air sera alors comprimé et envoyé par le seul échappatoire possible, les trompes d'Eustache.
- **Méthode passive** : Pour certaines personnes, une simple déglutition est suffisante pour créer l'équilibre entre l'oreille moyenne et le milieu. Cette méthode est favorisée par une forme des trompes rectilignes.

2- LE SYSTEME CARDIO-VASCULAIRE

1. Introduction :

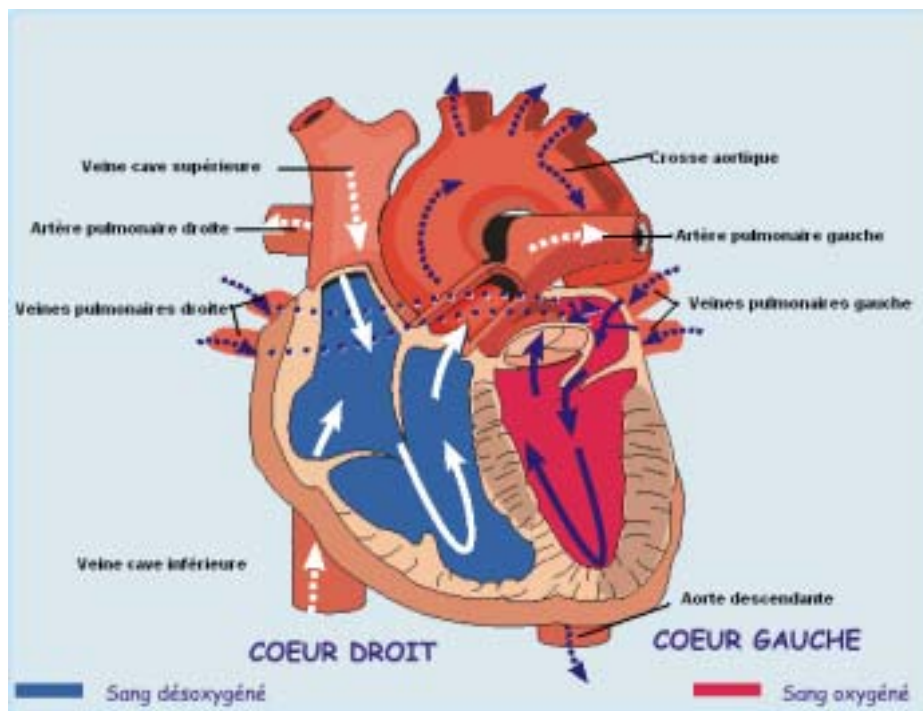
Le système cardio-vasculaire est constitué du cœur et des vaisseaux sanguins. Il permet, par le sang, d'apporter les nutriments et l'O₂ aux organes et muscles et de transporter les déchets et le CO₂ pour qu'ils soient éliminés par le filtre pulmonaire.

Il communique avec le système ventilatoire au niveau des alvéoles pulmonaires où ont lieu les échanges gazeux.

2. Le cœur :

Le cœur est un muscle situé entre les 2 poumons (dans l'espace du médiastin). Il est composé de 2 pompes :

- **Le cœur droit** qui envoie le sang venant des organes vers les poumons
- **Le cœur gauche** qui récupère le sang riche en O₂ pour le renvoyer aux organes.



3. Les vaisseaux sanguins :

On appelle « **Veines** », les vaisseaux qui arrivent au cœur et « **Artères** » les vaisseaux qui partent du cœur vers les organes.

Au niveau des organes et muscles, le diamètre des vaisseaux diminue pour finir en un réseau très fin formé de capillaires.

Remarques : En cas d'accident, on peut distinguer l'artère d'une veine sectionnée en observant le flux et la couleur du sang (pour une artère : flux important et saccadé, sang rouge vif).

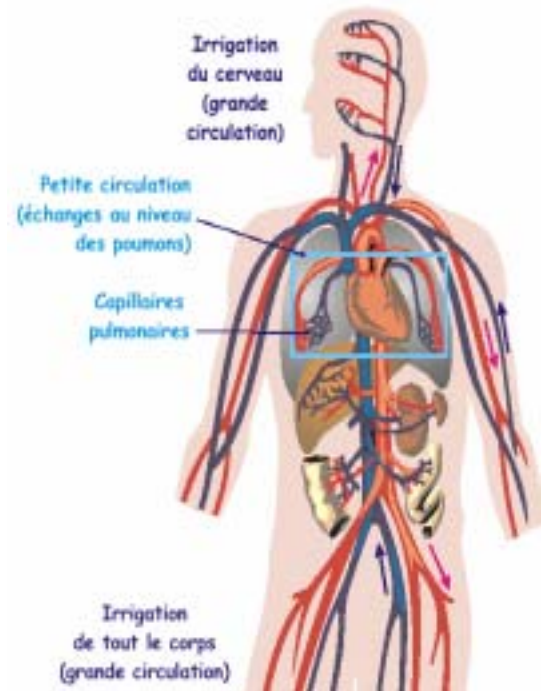
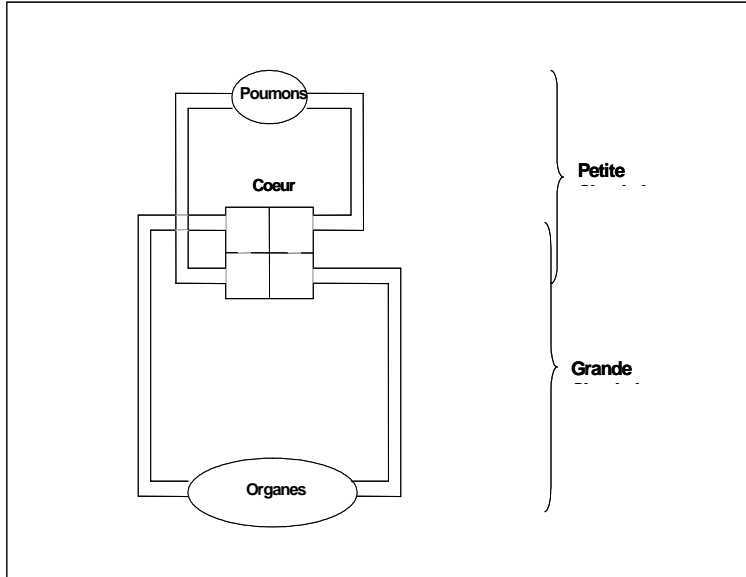
On prendra le pouls sur une artère (échos des contractions du ventricule gauche).

4. La circulation :

Il y a 2 circulations :

La petite circulation part du cœur droit pour traverser le filtre pulmonaire et revenir au cœur gauche.

La grande circulation part du cœur gauche pour alimenter les organes en O² et nutriments et revenir au cœur droit.



5. En plongée :

5.1. Débit cardiaque :

Soumis à un effort, au froid ou à un essoufflement, le cœur bat plus rapidement augmentant le débit cardiaque. Ceci n'est pas sans incidence sur la quantité d'Azote dissous dans l'organisme. Il faudra donc adapter nos procédures de décompression en fonction du déroulement de la plongée.

5.2. Foramen Ovale perméable (FOP) :

A l'état embryonnaire, l'oxygénation du sang se fait par le placenta. Les cœurs droit et gauche sont en communication au niveau de la paroi inter ventriculaire. Cet orifice se « soude » à la naissance. Chez 30% des adultes (40% des enfants à 8 ans), ce passage est perméable.

Lors de la décompression des bulles d'azote peuvent passer dans la grande circulation sans passer par le filtre pulmonaire avec les conséquences que cela engendre.

3- LES ECHANGES GAZEUX

Nous allons voir comment et dans quels buts le système cardio-vasculaire et le système respiratoire cohabitent et sont interdépendant l'un de l'autre.

Rappel :

- Le cœur joue un rôle de pompe et gère le parcours du sang dans notre corps.
- Les poumons, par le mécanisme d'inspiration et d'expiration, régulent l'apport et l'évacuation de l'air.

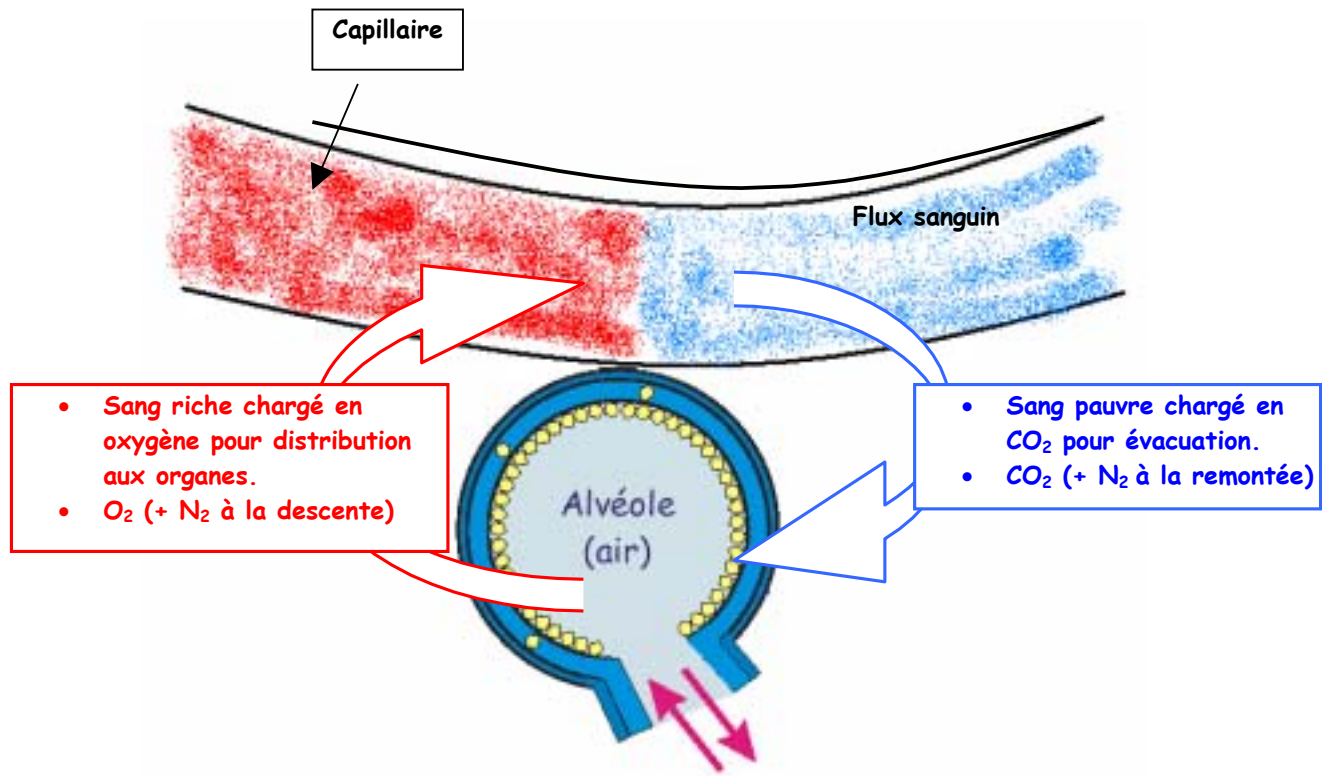
1. Notre combustible :

Pour fonctionner, nos organes ont besoin de combustible. L'oxygène (O_2) contenu dans l'air et apporté par l'inspiration joue ce rôle. Les autres gaz composant l'air sont dit « neutres » car non utilisés, exemple : l'azote (N_2). Utilisés ou non dans certains cas, ces gaz arrivent à nos organes par le biais des échanges gazeux.

2. Comment les gaz arrivent à nos organes ?

A chaque inspiration, nous apportons à nos poumons une quantité d'air. Cet air, à l'état gazeux emplit alors les alvéoles pulmonaires. La concentration en O_2 étant plus importante dans les alvéoles que dans le réseau sanguin, ce gaz passe alors par *diffusion* dans les capillaires sanguins. A son arrivée dans le sang le mélange gazeux est *dissout*. Il est ensuite pompé par le cœur gauche et transporté par le sang dans la grande circulation en direction des organes (muscles, cerveau...)

Par un réseau de capillaires, l'oxygène est distribué et consommé par ceux-ci et rejeté sous forme de CO_2 . Concernant l'azote, étant donné qu'il n'y a pas de différence de concentration entre les alvéoles et les capillaires, il n'intervient pas dans la diffusion.



3. Comment les gaz sont expulsés ?

Le CO₂ est pompé par le cœur droit et renvoyé dans les poumons via la petite circulation. A ce stade, il y a de nouveau *diffusion* mais cette fois-ci des capillaires sanguins vers l'alvéole. Le CO₂ est au stade gazeux ; l'expulsion prend fin par l'expiration.

4. En plongée :

L'influence de l'évolution en profondeur, donc de la variation de pression, fait intervenir l'AZOTE dans la diffusion. Quel rôle joue t-il ? Aucun !

L'azote ne contribue pas au fonctionnement de notre organisme.

- **A la descente :**

La pression de l'air respirée est supérieure à la tension de l'air présent dans l'organisme. L'oxygène et l'**AZOTE** passent de nos alvéoles **VERS** les capillaires par diffusion. L'oxygène est expulsé à l'expiration **mais pas l'azote**. Le plongeur sature en azote.

- **A la remontée :**

C'est l'inverse, l'azote présent dans l'organisme a une tension supérieure à la pression ambiante. La diffusion se fait dans le sens capillaire-alvéole pour une évacuation par expiration. Le plongeur est alors en sursaturation.

L'azote étant le gaz à l'origine des accidents de décompression, son élimination par une décompression stricte est importante. Il est impératif de la respecter et de garder un rythme respiratoire normale.