LES ECHANGES GAZEUX

1 INTRODUCTION
-Objectifs
-Justification
-Rappels
2 PRÉSENTATION
-Anatomie
-Schéma
3 PRESSIONS D'AIR
-Air inspiré
-Air Expiré
-Air Alvéolaire
4 MECANISME et ÉTAPES
-Alvéolaire / Tissulaire
*Diffusion
*Hématose
5 APPLICATION à la PLONGEÉ
-Les risques

1 INTRODUCTION

- Objectifs:

L'organisme a besoin d'air pour vivre et plus particulièrement d'O^2

L'appareil ventilatoire assure cette fonction mais sans l'appareil circulatoire, l'air respiré ne pourrait pas être acheminé dans le corps.

Pour comprendre le mécanisme de la respiration, nous allons nous intéresser aux échanges effectués entre les 2 circuits (ventilatoire et circulatoire)

⇒Ce sont les échanges gazeux

- Justification:

En surface, comme en immersion, les échanges gazeux sont continus, de la compréhension du mécanisme, vous allez pouvoir en tant que futurs GP prévenir les facteurs qui favorisent les accidents de plongée, telles que:

Les ADD

Les essoufflements (hypercapnie)

Les accidents biochimiques (narcose, hyperoxie)

Cf.: voir les prochains cours sur les accidents

- Rappels:

Composition de l'air:

O^2 (Dioxygène): 21%

N^2 (Azote): 79% => *Ici dans ce cours, l'azote n'est pas métabolisé par l'organisme.*

CO^2 (Dioxyde de carbone): 0,03%

Pression Atmosphérique:

1bar = 1 Atmo = 760mmHg (mm de mercure)

Le mmHg est aussi l'unité de mesure de la pression sanguine.

Loi de Dalton:

Pp gaz= P. absolue x (% Gaz)

En surface c.à.d. à 1bar ou à 760mmHg

PpO^2= 1 x 21%= 0,21 b ou 760 x 21%= 160mmHg

PpN^2= 1 x 79%= 0,79 b ou 760 x 79%= 610mmHg

$PpCO^2$= 1 x 0,03%= 0,0003 b ou 760 x 0,03%= 0,23mmHg

Mots clés:

Loi de Dalton

Pression atmo:

1 bar ou

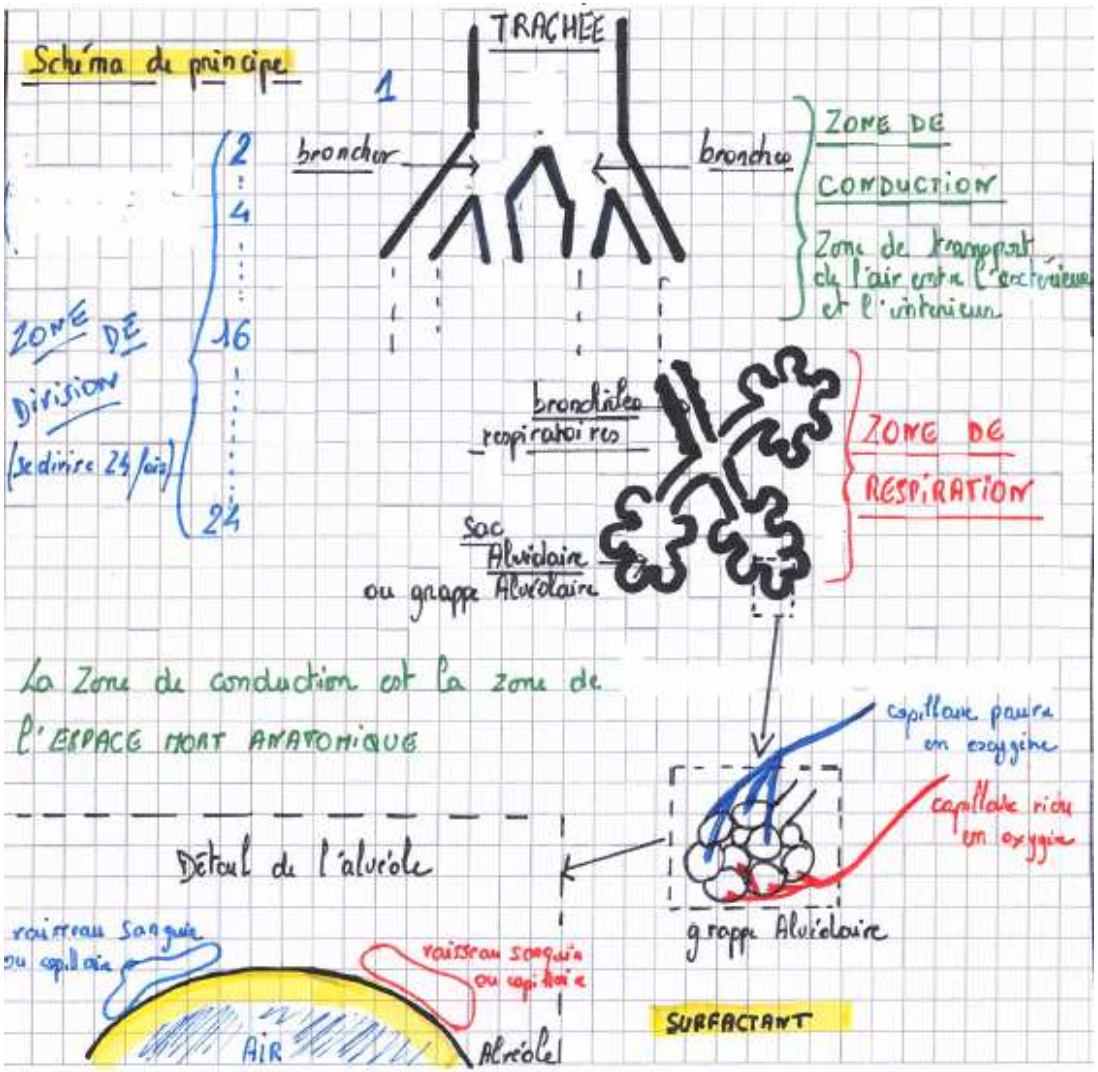
760mmHg

2 PRÉSENTATION

- Anatomie:

Les poumons jouent le rôle d'interface entre l'air et le sang (milieu aérien et milieu liquidien)

Les alvéoles pulmonaires sont des minuscules poches au nombre de 300 Millions
Et ayant une surface totale de ~100 m², soit un demi terrain de tennis
Leur paroi est plus mince que du papier de soie
Elles sont en contact direct avec les capillaires (petite circulation pulmonaire)



Espace mort anatomique = 150ml (qui ne participe pas aux échanges gazeux)

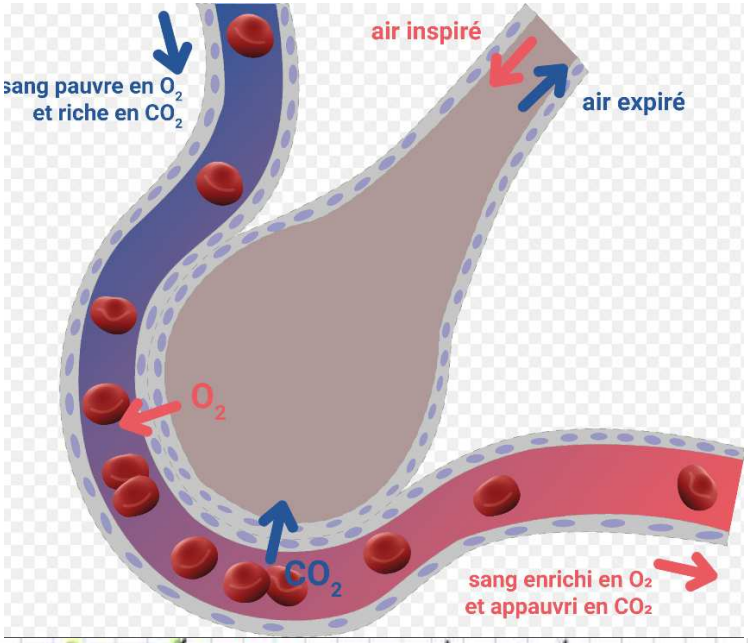
Volume courant= 500ml

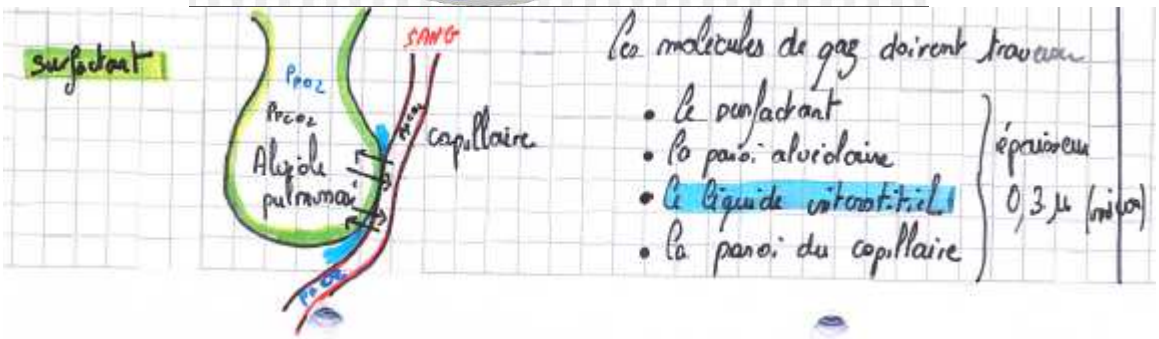
Les alvéoles pulmonaires sont tapissés à l'intérieur d'un film très mince:

Le SURFACTANT, celui est constitué d'une variété de lipides, son rôle est de:

Protéger les alvéoles, d'éviter l'effondrement de celles-ci (de s'affaisser les une contre les autres , ex: les plus petites contre les plus grosses), et de bien bouger lors des mouvements respiratoires.

Surfactant





3 PRESSIONS D'AIR

- Air inspiré avant la bouche (760mmHg)

  O^2 (Dioxygène): 21% et PpO^2=160mmHg

  N^2 (Azote): 79% et PPN^2=610mmH

  CO^2 (Dioxyde de carbone): 0,03% et $PpCO^2$=0,23mmHg

- Air inspiré au niveau de la trachée (713mmHg)

car chute de pression dû à la vapeur d'eau dégagé par la bouche, on passe d'un environnement sec à un environnement humide et chaud (37°c)

  O^2 (Dioxygène): 21% mais PpO^2=150mmHg

  N^2 (Azote): 79% mais PPN^2=570mmH

  CO^2 (Dioxyde de carbone): 0,03% mais $PpCO^2$=0,21mmHg

- Air Alvéolaire (713mmHg)

  O^2 (Dioxygène): 14,4% et PpO^2=100mmHg

  N^2 (Azote): 79% et PPN^2=570mmH

  CO^2 (Dioxyde de carbone): 5,6% et $PpCO^2$=40mmHg

Pour rappel, la pression Atmo. est la somme de toute les pressions des gaz qui la compose, donc si il y a moins d'O^2 au niveau alvéolaire, c'est parce qu''il y a plus de CO^2 au niveau de celle-ci

- Air Expiré (713mmHg)

  O^2 (Dioxygène): 16% et PpO^2=110mmHg

  N^2 (Azote): 79,7% et PPN^2=570mmH

  CO^2 (Dioxyde de carbone): 4,3% et $PpCO^2$=30mmHg

Espace mort anatomique représente 150ml sur les 500ml du volume courant (~30%)

=> donc chute d'O^2 au niveau de l'air expiré suite au mélange de l'air inspiré et de l'air non expiré

4 MÉCANISME et ÉTAPES

- Alvéolaire:

Etape poumons-sang-poumons

C'est l'étape primaire des échanges gazeux, ce sont dans les alvéoles qu'ont lieu les échanges respiratoires.

L'O^2 en plus forte concentration dans les alvéoles (100mmHg) passe dans les capillaires afin d'oxygéner le sang artériel (90mmHg) *(ou veineux pulmonaire)* Dans le même temps, le CO^2 du sang veineux (46mmHg) *(ou artériel pulmonaire),* passe dans les alvéoles pour être évacué lors de l'expiration

Elle se fait donc du milieu où la pression partielle des gaz est la plus forte vers celui où elle est la plus faible

➢ Diffusion:

Pour arriver aux capillaires sanguins, les gaz doivent traverser les parois alvéolaires par un processus physique appelé la DIFFUSION, différence de pression partielle des différents gaz. (henry et Dalton)
Le facteur déterminant pour l'échange de ces gaz est le GRADIENT de pression ou d e concentration

Les pressions partielles expriment les concentrations de gaz, et seront diffusés jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint. Ce qui signifie jusqu'à ce que les pressions partielles alvéolaires soient égales aux pressions partielles des capillaires pulmonaires.

Or, comme nous consommons les molécules de dioxygène qui arrivent à nos poumons, cette équilibre sera ne sera jamais atteint.

DIFFUSION:

Du gaz le + concentré au gaz le – concentré

GRADIENT:

Différence de pression ou de concentration

➢ Hématose:

Les alvéoles ont pour principales fonctions d'enrichir le sang en O^2 et d'éliminer le CO^2 du sang , celui-ci qui sera ensuite évacué par l'expiration.

Le transport du dioxygène se fait au niveau du sang, les molécules vont se dissoudre dans le plasma et se fixer à 98% à l'hémoglobine, les 2% restant seront totalement dissous.

Une fois combiné à l'hémoglobine, il formera l'oxyhémoglobine, c.à.d. une molécule d'hémoglobine avec 4 molécules d'hèmes (fer) et 4 molécules d'O^2 fixés sur celles-ci.(voir ci-dessous)

HÉMATOSE:

C'est la Réoxygénation du sang par les alvéoles pulmonaires

En terme médical, Il est donc normal d'avoir une saturation de 98% (car 2 % dissous)
En plongée et en immersion, la pression partielle d'O^2 augmente en fonction de la profondeur.
Et étant donné que l'hémoglobine est déjà saturé, on trouvera une quantité plus importante d'O^2 dissous dans le plasma

L'azote, lui sera totalement dissous à 100% dans le sang et sera transporté et diffusé à son tour dans l'organisme.

- Tissulaire:

Etape tissus-sang-tissus

L'échange se fait aussi par diffusion, cette fois c'est la différence de gradient entre la tension du gaz dissous dans le sang et la tension du gaz dissous dans les cellules qui provoque les échanges.

Elle se fait donc du milieu où la tension partielle des gaz est la plus forte vers celle où elle est la plus faible

L'O^2 transporté par le sang artérielle (G. Circulation) va se libérer dans les cellules/organes du corps humain, puis être consommé par les tissus qui en échange libèrerons du CO^2. (on considèrera le CO^2 comme un déchet)

Il sera transporté par le sang veineux (G. circulation) sous 2 formes:

Combinée:

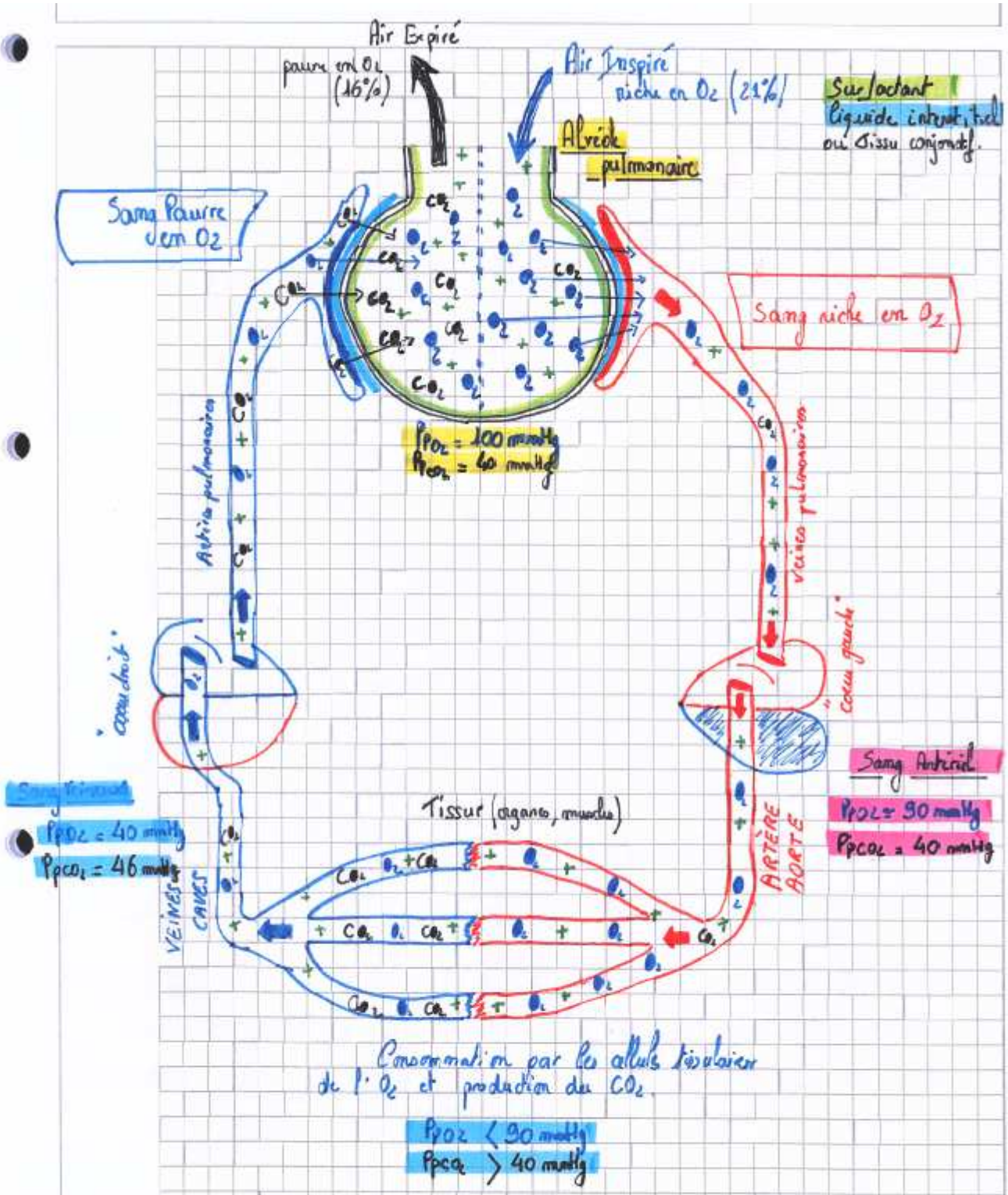
60 à 65% transporté sous forme de bicarbonates dans le plasma

30% combiné à l'hémoglobine dans les globules rouges

Dissoute:

5 à 10% sous forme dissoute dans le plasma

L'azote, lui va se dissoudre progressivement dans les cellules pendant la descente et tout au long de la plongée.



+ : Le N_2 est totalement dissous (570 mmHg) dans le plasma

TABLEAU DE LA CASCADE D'O^2 ET DE CO^2

A LA SURFACE (PRESSION ATMOSPHÉRIQUE)

	Tension du sang VEINEUX(mmHg)	Pression d'air ALVÉOLAIRE (mmHg)	Tension du sang ARTÉRIEL (mmHg)	Dans les TISSUS** (muscles/organes)
PpO^2	40	100 =>	>90* =>	<90
$PpCO^2$	46 =>	40	40	>40
PpN^2	570	570	570	570

- *Baisse de la pression d'O^2 dans le sang artériel par rapport à la pression alvéolaire. Cette baisse est dû à ventilation et la perfusion car certaines alvéoles ventilent mal et certains capillaires perfusent peu ou mal.(Espace mort alvéolaire)

- ** Consommation d'O^2 et production de CO^2 au niveau des tissus

5 APPLICATION A LA PLONGÉE

- Les risques:

Comme cité au début du cours, les pressions partielles augmentent avec la profondeur et par conséquent, les gaz qui sont respirés en plongée (O^2 et N^2) deviendront toxiques pour l'organisme dès lors que leur pression partielle franchira un certain seuil.

Chaque gaz individuellement soumis à des pressions partielles agira sur notre organisme, ainsi:

- L'azote, avec une augmentation de PpN^2 produira des effets narcotiques; la narcose.

Aussi du fait que ce gaz se dissous totalement dans l'organisme pendant la plongée, il reprendra son état gazeux lors de la remontée, l'élimination de l'azote se fera par la respiration (désaturation), d'où l'importance de respecter les vitesses de remonté et des paliers si il y a.

- Le dioxygène, soumis à une certaine PpO^2 entrainera des effets hyperoxiques, de même si une trop longue exposition en hyperbarie.

- Le gaz carbonique, avec une augmentation de la $PpCO^2$ dans le sang provoquera un risque d'essoufflement.

A noter que le CO^2 est uniquement produit par l'organisme, sa pression partielle est donc totalement indépendant de la profondeur, contrairement au N^2 et O^2 qui viennent de la bouteille.

- ✓ **Attention également au froid qui favorise une ventilation superficielle et jouera également un rôle dans la mauvaise qualité des échanges gazeux et une diminution des surfaces d'échanges**

- ✓ Les ADD, L'essoufflement, les accidents biochimiques et le froid seront traités en détail lors des prochains cours

Remarque concernait les modèles de décompression:

❖ HALDANE:

Il tient compte des pressions partielles de gaz inspirés et non des gaz alvéolaires, cela va dans le sens de la sécurité puisque la pression partielle d'azote est surestimée.

❖ BULHMANN:

Il tient compte des gaz alvéolaires

Merci de votre attention

Antony