

# ÉLÉMENTS D'ANATOMIE ET D'HISTOLOGIE DU SYSTÈME RESPIRATOIRE (Part 1)

## INTRODUCTION

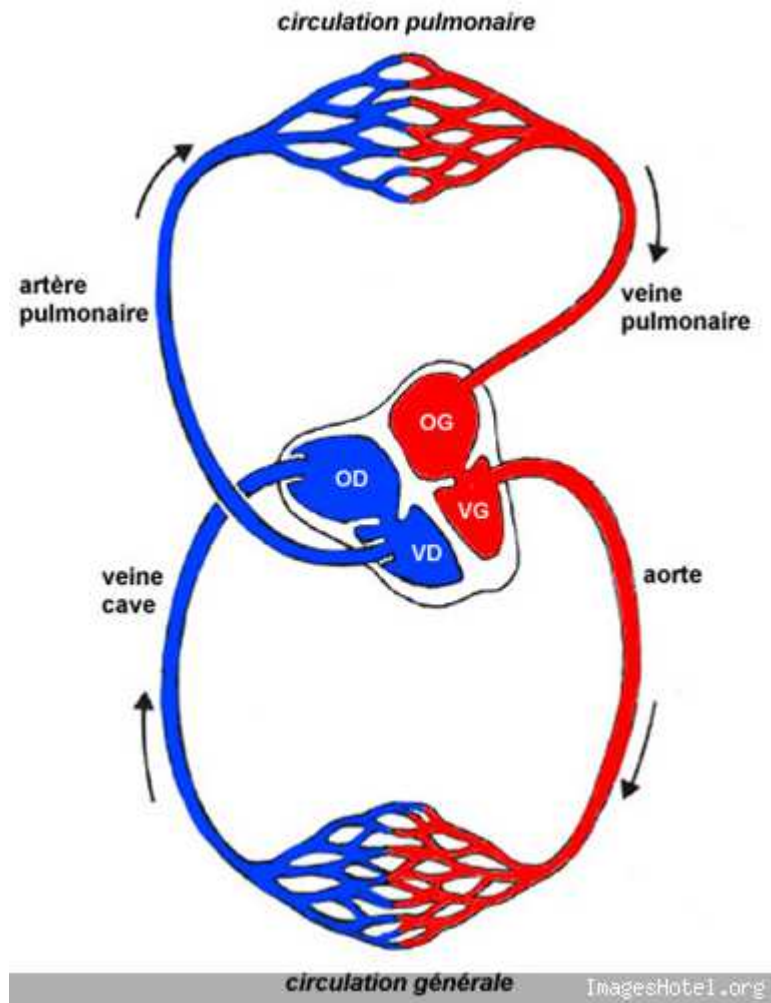
L'appareil respiratoire a un rôle essentiel dans l'hématose :

il apporte l'oxygène au sang qui le distribue dans tout l'organisme et rejette le gaz carbonique.

il existe deux systèmes circulatoires sanguins

La grande circulation ou circulation générale où le sang oxygéné part du ventricule gauche du cœur par l'aorte et irrigue tous les tissus de l'organisme dont il revient, chargé de gaz carbonique, par la veine cave jusqu'à l'oreillette droite;

la petite circulation ou circulation pulmonaire où le sang chargé de gaz carbonique part du ventricule droit par l'artère pulmonaire, se libère du gaz carbonique et s'enrichit en oxygène dans le parenchyme pulmonaire, et retourne à l'oreillette gauche par la veine respiratoire.



L'appareil respiratoire remplit deux autres fonctions essentielles :

il participe à la défense de l'organisme par la présence de follicules et de tissu lymphoïde diffus disséminés dans ses muqueuses => il appartient au Tissu Lymphoïde Associé aux Muqueuses ( MALT )

il contient des cellules endocrines sécrétant des amines et des polypeptides ayant une activité hormonale ou de neurotransmetteur (sérotonine, bombésine, calcitonine, enképhaline); il fait partie du Système Endocrinien Diffus (SED) au même titre que le tractus gastro-intestinal et le tractus génito-urinaire.

## LE SYSTÈME RESPIRATOIRE

Le système respiratoire comprend :

- le nez,
- le pharynx (la gorge),

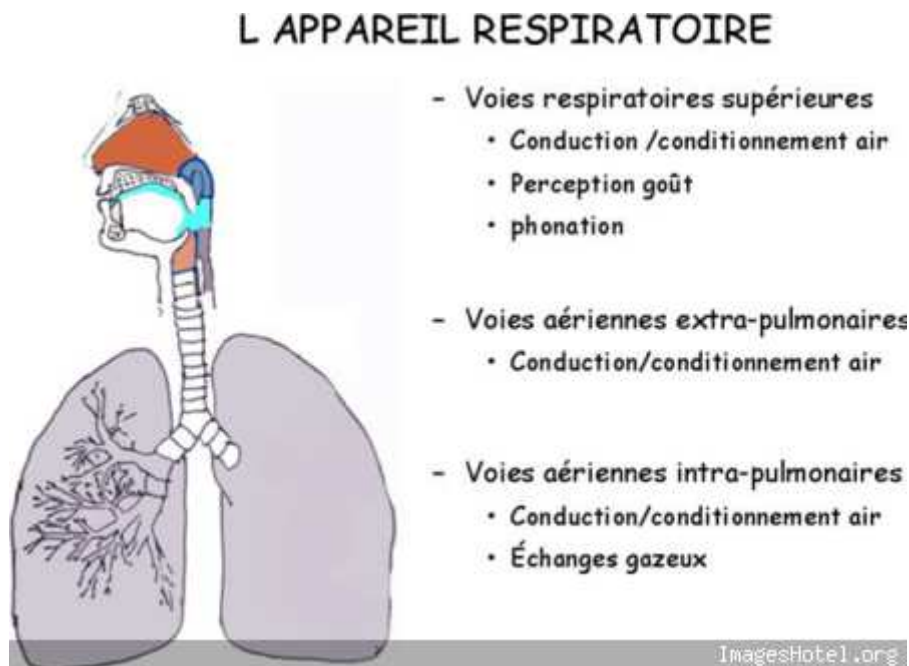
- le larynx (boîte vocale),
- la trachée,
- les bronches
- et les poumons .

Les voies respiratoires supérieures comprennent:

- le nez,
- le pharynx
- et les structures associées à ces parties du corps.

Les voies respiratoires inférieures comprennent:

- le larynx,
- la trachée,
- les bronches
- et les poumons



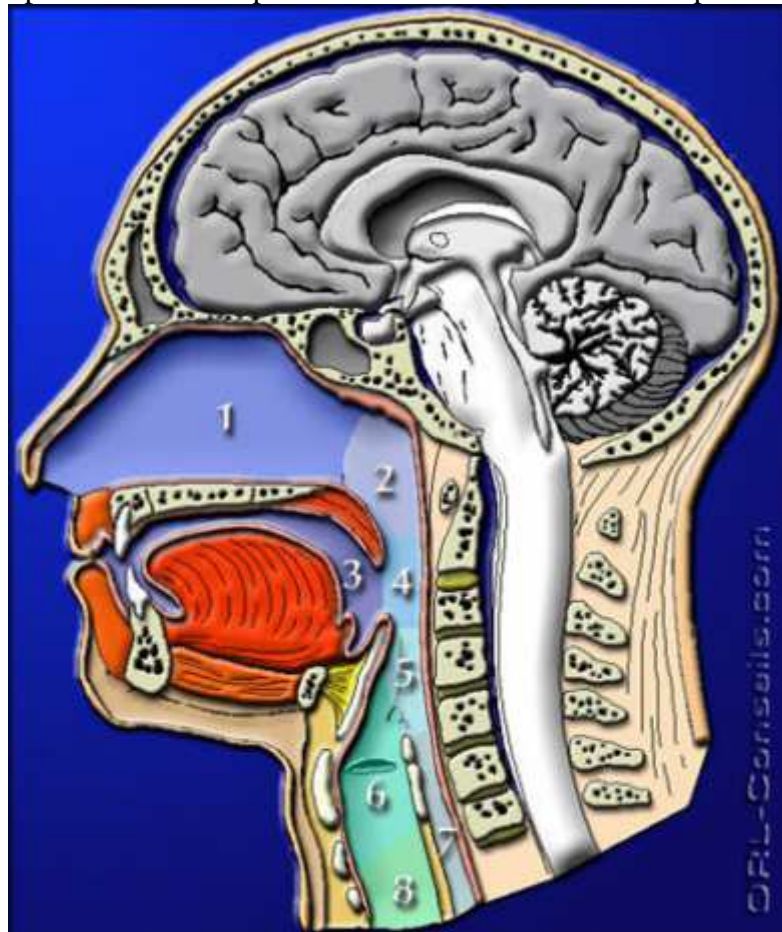
Sur le plan fonctionnel, le système respiratoire se divise en deux grandes zones :

- La Zone de conductrice consiste en un système de cavités et de tubes interreliés (nez, pharynx, larynx, trachée, bronches et bronchioles) qui conduisent l'air dans les poumons.

- La Zone respiratoire est constituée des parties du système respiratoire où s'effectuent les échanges gazeux (bronchioles respiratoires, canaux alvéolaires et alvéoles).

## LES VOIES AÉRIENNES SUPÉRIEURES

les voies aérohores extra pulmonaires transportant l'air des narines au hile du poumon; ce



- 1 - Fosse nasale
- 2 - Rhinopharynx ("cavum")
- 3 - Cavité buccale
- 4 - Oropharynx
- 5 - Hypopharynx
- 6 - Larynx
- 7 - Oesophage
- 8 - Trachée

sont successivement

- les fosses nasales,
- le nasopharynx,
- le larynx,
- la trachée et le début des deux bronches souches

les voies aérohores intrapulmonaires transportant l'air dans le parenchyme pulmonaire depuis les bronches souches jusqu'aux bronchioles terminales

L'appareil respiratoire comprend

le parenchyme respiratoire, assurant l'hématose, débutant par les bronchioles respiratoires et s'achevant au niveau de millions d'alvéoles pulmonaires.

# **ÉLÉMENTS D'ANATOMIE ET DE PHYSIOLOGIE DU SYSTÈME RESPIRATOIRE (Part 2)**

## **LE SYSTÈME RESPIRATOIRE**

In: "PRINCIPES D'ANATOMIE ET DE PHYSIOLOGIE" TORTORA-  
GRABOWSKI DEUXIÈME ÉDITION FRANÇAISE DeBoeck université

Marc Beaumont /Loïc Péran/ Philippe Daniellou Service de réhabilitation  
respiratoire CH des Pays de Morlaix

## **INTRODUCTION**

### **RÔLES**

- Apport d'O<sub>2</sub> et rejet de CO<sub>2</sub>
- Régulation du Ph

### **Mise en jeu de structure anatomiques précises :**

- Système respiratoire
- Système circulatoire

### **2 zones à distinguer :**

- Zone de conduction
- Zone respiratoire

## **Zone de conduction**

### **Du nez aux bronchioles**

- Nez, cavité nasale
- Pharynx, Larynx
- Trachée
- Bronches → Bronchioles

### **Fonctions:**

- Acheminer l'air
- Filtrer l'air
- Réchauffer l'air
- Humidifier l'air

## Zone respiratoire

### Fonctions:

- Echanges gazeux
  - Bronchioles terminales
  - Alvéoles et sacs alvéolaires
  - Membrane alvéolo-capillaire :
    - 3 couches constituent la MAC:
  
- La membrane alvéolaire
- Paroi capillaire
- Lamelle basale

## MÉCANIQUE VENTILATOIRE

Le moteur des échanges gazeux entre les alvéoles et l'air ambiant (moteur de la ventilation), est constitué par les différences de pression qui existent entre ces deux milieux.

Lors de l'inspiration, la pression dans les alvéoles (pression intrapulmonaire) doit être inférieure à la pression (atmosphérique) de l'air ambiant ;

lors de l'expiration, c'est l'inverse qui doit se produire.

Si l'on suppose que...

**la pression atmosphérique est égale à zéro.**

il s'ensuit que....

**pendant l'inspiration, la pression pulmonaire est négative**

**et que, pendant l'expiration, elle est positive.**

Pour atteindre ces pressions...

le volume pulmonaire doit augmenter lors de l'inspiration

et diminuer lors de l'expiration.

Ceci est assuré...

d'une part, directement

grâce aux mouvements du diaphragme.

et, d'autre part, indirectement

grâce aux autres muscles respiratoires qui agissent sur la cage thoracique (thorax).

### *Un peu de Physique*

## Mécanique Ventilatoire

Les mécanismes intervenant au cours de l'inspiration sont :

- la contraction (aplatissement) du diaphragme :
- le soulèvement (augmentation) de la cage thoracique par contraction des muscles scalènes et des muscles intercostaux externes et
- le soulèvement de la cage thoracique par d'autres muscles accessoires.

Les mécanismes intervenant au cours de l'expiration sont :

- les mouvements des muscles de la paroi abdominale qui poussent le diaphragme vers le haut ;
- l'abaissement (diminution) de la cage thoracique, mouvement passif dû à la pesanteur et à l'élasticité
- la contraction des muscles intercostaux internes.

## **Poumon et Plèvre**

Chaque poumon est recouvert de la plèvre

- Feuillelet viscéral
- Feuillelet pariétal
- Cavité pleurale

## **LES MUSCLES ET MOUVEMENTS RESPIRATOIRES**

Les muscles intercostaux externes, tout comme les muscles intercostaux internes, s'insèrent sur deux côtes successives.

Leur action antagoniste s'explique essentiellement par la différence de longueur du levier sur la côte supérieure ou inférieure : la distance entre le

point d'insertion des muscles intercostaux externes sur la côte supérieure (B) et l'axe de rotation de cette côte (A) est inférieure à la distance entre le point

d'insertion de ces muscles sur la côte inférieure (C') et son axe de rotation (A'). Cette dernière longueur de levier C'-A' est donc supérieure à la longueur de levier

A-B, de sorte que la contraction de ces muscles entraîne un soulèvement des côtes.

Les muscles intercostaux internes ont une action antagoniste, ce qui conduit à un abaissement de la cage thoracique lors de leur contraction.

Pour que les mouvements du diaphragme et de la cage thoracique puissent être utilisés pour la ventilation, il faut que les poumons puissent suivre ces

mouvements, mais sans être fixés entièrement à la cage thoracique et au diaphragme.

Ceci est réalisé grâce à l'existence d'un film très mince de liquide se trouvant entre les deux feuillets de la plèvre qui recouvrent les poumons (plèvre pulmonaire)

d'une part, et les organes avoisinants (plèvre pariétale) d'autre part.

Dans sa position naturelle, le poumon a tendance à s'affaisser sur lui-même du fait de sa propre élasticité.



Mais comme le liquide contenu dans la cavité pleurale est incompressible, le poumon reste solidaire de la face interne de la cage thoracique, ce qui conduit à une

attraction, donc une pression négative par rapport à la pression environnante (pression intrapleurale, également appelée pression intrathoracique [Ppl] ; B).

Durant l'inspiration, lorsque la cage thoracique augmente de volume l'attraction augmente; par contre au moment de l'expiration elle devient plus faible (B).

Ce n'est qu'en cas d'expiration forcée faisant intervenir les muscles expiratoires (cf. ci-dessus) que Ppl, peut devenir positive.

### Cotes en respiration

*envoyé par [AMAR CONSTANTINE](#). - [Regardez plus de vidéos de science](#).*

La respiration c'est l'alternance :

- d'inspiration (entrée de l'air)
- d'expiration (sortie de l'air)

## **L'INSPIRATION**

### **DIAPHRAGME**

c'est le muscle inspiratoire **PRINCIPAL**

Le diaphragme, le muscle inspiratoire le plus important, est un muscle squelettique en forme de dôme qui forme le plancher de la cavité thoracique.

Il est innervé par les fibres des nerfs phréniques, qui émergent des deux côtés de la moelle épinière aux niveaux des troisième, quatrième et cinquième segments cervicaux.

La loi de Boyle s'applique au fonctionnement d'une pompe de bicyclette et au gonflement d'un ballon.

Les différences de pression forcent l'air à entrer dans nos poumons lorsque nous inspirons, et l'expulsent hors des poumons lorsque nous expirons.

Pour que nous puissions inspirer, les poumons doivent augmenter de volume.

L'expansion des poumons entraîne une augmentation du volume pulmonaire et, par conséquent, une réduction de la pression dans les poumons, laquelle devient inférieure à la pression atmosphérique.

La première étape conduisant à l'expansion des poumons nécessite la contraction des principaux muscles inspiratoires : le diaphragme et les muscles intercostaux externes

Lorsque le diaphragme se contracte, il s'aplatit, abaissant ainsi son dôme.

Ceci augmente le diamètre vertical de la cavité thoracique et est responsable du déplacement de 75 % de l'air qui pénètre dans les poumons durant l'inspiration. Durant la respiration calme et normale, le diaphragme se déplace de 1 cm, et jusqu'à près de 10 cm durant une respiration profonde.

La grossesse avancée, l'obésité ou le port de vêtements qui compriment l'abdomen peuvent empêcher la descente complète du diaphragme.

Pendant que le diaphragme se contracte, les muscles intercostaux externes se contractent également.

Ces muscles squelettiques sont disposés obliquement vers le bas et vers l'avant entre les côtes adjacentes.

Quand ils se contractent, ils entraînent le soulèvement des côtes, ce qui a pour effet de pousser le sternum vers l'avant et d'augmenter le diamètre antéro-postérieur de la cavité thoracique.

Durant la respiration normale, la pression intra-pleurale, c'est-à-dire la pression entre les deux plèvres, est toujours inférieure à la pression atmosphérique.

(Elle ne peut devenir temporairement positive que durant un mouvement respiratoire modifié, comme pendant la toux ou un effort de défécation.)

Juste avant l'inspiration, cette pression est inférieure d'environ **4 mm Hg** à la pression atmosphérique, c'est-à-dire qu'elle s'élève à **756 mm Hg**, si la pression atmosphérique est de **760 mm Hg**.

La contraction du diaphragme et l'augmentation totale du volume de la cavité thoracique font baisser la pression intrapleurale à **754 mm Hg** environ. Par conséquent, les parois des poumons sont tirées vers l'extérieur.

Normalement, les plèvres pariétale et viscérale sont fermement attachées l'une à l'autre à cause de la pression inférieure à la pression atmosphérique qu'il y a entre elles et de la tension superficielle créée par leurs surfaces adjacentes humides.

Lorsque la cavité thoracique se dilate, la plèvre pariétale qui tapisse la cavité est tirée vers l'extérieur dans toutes les directions, et la plèvre viscérale et les poumons suivent le mouvement.

Lorsque le volume des poumons augmente, la pression qui se trouve à l'intérieur des poumons, appelée pression intra-alvéolaire (intra-pulmonaire), passe de **760 mm Hg** à **758 mm Hg**.

Un gradient de pression est donc établi entre l'atmosphère et les alvéoles pulmonaires.

L'air passe de l'atmosphère dans les poumons en raison d'une différence de pression gazeuse, et l'inspiration a lieu.

L'air poursuit son mouvement dans les poumons, tant qu'il existe une différence de pression.

## **LES MUSCLES INSPIRATOIRES ACCESSOIRES**

les muscles inspiratoires accessoires contribuent également à l'augmentation du volume de la cavité thoracique.

Ils comprennent les muscles sterno-cléido-mastoïdiens, qui soulèvent le sternum; les muscles scalènes, qui soulèvent les deux côtes supérieures ; et le muscle petit pectoral, qui soulève les troisième, quatrième et cinquième côtes.

L'inspiration est considérée comme un processus actif, parce qu'elle est déclenchée par une contraction musculaire.

## **L' EXPIRATION**

### **Processus passif**

L'expiration passive est le mouvement de l'air qui sort des poumons ; elle fait également appel à un gradient de pression, mais, ici, le gradient est inversé : la pression intra-alvéolaire est supérieure à la pression atmosphérique.

Contrairement à l'inspiration, une expiration normale durant une respiration tranquille est un processus passif, puisqu'elle n'exige pas de contractions musculaires.

Elle dépend de deux facteurs :

1. la rétraction des fibres élastiques qui ont été étirées durant l'inspiration,
2. la traction vers l'intérieur de la tension superficielle due à la pellicule de liquide alvéolaire

L'expiration débute par le relâchement des muscles inspiratoires.

Lorsque les muscles intercostaux externes se relâchent, les côtes s'abaissent et, lorsque le diaphragme se relâche, son dôme s'élève en raison de son élasticité.

Ces mouvements entraînent une réduction des diamètres vertical et antéro-postérieur de la cavité thoracique.

De plus, la tension superficielle exerce une traction vers l'intérieur et les membranes basales élastiques des alvéoles et les fibres élastiques dans les bronchioles et les canaux alvéolaires se rétractent.

Par conséquent, le volume pulmonaire décroît et la pression intra-alvéolaire augmente, s'élevant à **762** mm Hg.

L'air circule alors de la région de haute pression dans les alvéoles vers la région de basse pression dans l'atmosphère

### **Processus actif**

L'expiration devient un processus actif durant la respiration laborieuse et lorsque le mouvement de l'air hors des poumons est empêché.

Dans ces cas, les muscles de l'expiration -les muscles abdominaux et intercostaux internes- se contractent.

La contraction des muscles abdominaux déplace les côtes inférieures vers le bas et comprime les viscères abdominaux, ce qui entraîne l'élévation du diaphragme.

La contraction des muscles intercostaux internes, qui s'étendent vers le bas et vers l'arrière entre les côtes adjacentes, tire les côtes vers le bas.

### ***Remarque:***

#### **L'atélectasie (affaissement des poumons)**

***Il est vital de maintenir une pression intrapleurale peu élevée pour le fonctionnement des poumons.***

***En fin d'expiration, les alvéoles ont tendance à se rétracter et à s'affaisser sur eux-mêmes, comme les parois d'un ballon dégonflé.***

***L'atélectasie (ateles: incomplet; ektasis: dilatation) est l'affaissement d'un poumon ou d'une portion de poumon.***

***La présence de surfactant alvéolaire empêche l'affaissement des alvéoles.***

***Il tend à réduire la tension superficielle dans les poumons.***

***Donc, lorsque le volume des alvéoles décroît (après une expiration, par exemple), la tendance des alvéoles à s'affaisser est réduite par le fait que la tension superficielle n'augmente pas.***

### La compliance pulmonaire

*La compliance pulmonaire correspond à la facilité avec laquelle les poumons et la paroi thoracique peuvent être étirés.*

*Une compliance élevée signifie que les poumons et la paroi thoracique se dilatent facilement, alors qu'une compliance peu élevée indique qu'ils résistent à la dilatation.*

*La compliance est liée à 2 facteurs principaux :*

- *l'élasticité et la tension superficielle.*
- *La présence de fibres élastiques dans le tissu pulmonaire et de surfactant dans le liquide alvéolaire permet une compliance élevée.*

## Les volumes et capacités pulmonaires

L'adulte en bonne santé respire environ 12 fois par minute, et 6 litres d'air environ entrent et sortent des poumons en période de repos.

Un volume d'échange d'air inférieur à la normale indique généralement un dysfonctionnement pulmonaire.

Le **spirographe** (spiro: respirer) est l'appareil habituellement utilisé pour mesurer le volume des échanges d'air durant la respiration, ainsi que le taux de la ventilation.

L'enregistrement obtenu est un **spirogramme**.

L'inspiration est enregistrée sous forme d'une déflexion vers le haut et l'expiration est enregistrée sous forme d'une déflexion vers le bas.

### Les volumes pulmonaires

Lors de la respiration normale,  $\approx 500$  ml d'air pénètrent dans les voies respiratoires à chaque inspiration (même volume lors de l'expiration)

*= volume courant (VT)*

Sur les 500 ml,  $\approx 350$  ml du volume courant atteignent les alvéoles.

150 ml se trouvent dans les cavités du nez, du pharynx, du larynx, de la trachée, des bronches, et des bronchioles

*= espace mort anatomique.*

le volume total d'air qui pénètre dans les poumons / minute

$$= \text{La ventilation mn} = Vc \times Fr/mn$$

500 ml fois 12 respirations par mn, ou 6 000 ml/mn.

$$= \text{Le volume moyen}$$

profonde inspiration, nous aspirons un volume d'air bien supérieur à 500 ml (3100 ml au-dessus des 500 ml du volume courant).

$$= \text{volume de réserve inspiratoire (VRI)}.$$

inspiration normale, puis expirons forcée, nous devrions pouvoir exhaler 1 200 ml d'air, en plus des 500 ml du volume courant.

$$= \text{volume de réserve expiratoire (VRE)}.$$

Même après l'expulsion du VRE, il reste un volume assez important d'air dans les poumons, (parce que la pression intrapleurale plus faible permet aux alvéoles de retenir un certain volume d'air); il reste également un certain volume d'air dans les voies respiratoires qui ne peuvent s'affaisser.

$$= \text{volume résiduel} \approx 1\ 200\ \text{ml (VR)}.$$

## Les capacités pulmonaires

Les capacités pulmonaires sont des combinaisons de différents volumes pulmonaires .

$$VT + VRI = CI \text{ (capacité inspiratoire) } = 3\ 600\ \text{ml}$$

$$VR + VRE = CRF \text{ (capacité résiduelle fonctionnelle) } = 2\ 400\ \text{ml}.$$

$$VRI + VT + VRE = CV \text{ (la capacité vitale) } = 4800\ \text{ml}$$

$$(CT) \text{ la somme de tous les volumes } = \text{la capacité pulmonaire totale} = 6\ 000\ \text{ml}.$$

# LES ECHANGES GAZEUX

## LES LOIS PHYSIQUES

### loi de Boyle

Suivant la loi de Boyle, le volume d'un gaz varie inversement à la pression,

### Loi de Charles

Selon la loi de Charles, le volume d'un gaz est directement proportionnel à la température, en supposant que la pression reste constante.

Lorsque le gaz est chauffé, les molécules gazeuses se déplacent plus vite et le nombre de collisions dans le cylindre augmente.

la force des molécules qui frappent le piston le font se déplacer vers le haut.

Alors que le gaz se dilate, le mouvement du piston donne une mesure de l'augmentation de volume.

À mesure que l'espace dans le cylindre augmente, les molécules doivent se déplacer plus loin, si bien que le nombre de collisions diminue à mesure que l'espace augmente.

La pression initiale est maintenue, et le volume augmente proportionnellement à l'augmentation de la température.

Lorsque les gaz entrent dans les poumons réchauffés, ils se dilatent, entraînant l'augmentation du volume pulmonaire.

### La loi de Dalton

Selon la loi de Dalton, chaque gaz présent dans un mélange de gaz exerce sa propre pression, indépendamment des autres gaz.

On appelle pression partielle la pression d'un gaz spécifique dans un mélange ; elle correspond à  $p$ .

la somme des pressions partielles = **pression totale**

L'air atmosphérique est un mélange de plusieurs gaz (oxygène, gaz carbonique, azote, vapeur d'eau, ainsi qu'un certain nombre d'autres gaz présents en quantités minimales et négligeables).

Nous pouvons déterminer la  $p$  exercée par chaque gaz du mélange en multipliant le pourcentage du gaz dans le mélange par la pression totale du mélange.

Par exemple, pour connaître la  $p$  de l' $O_2$  dans l'atmosphère, on multiplie le pourcentage d'air atmosphérique composé d'oxygène (21 %) par la pression atmosphérique totale (760 mm Hg) :  $p_{O_2}$  atmosphérique = 21 % x 760 mm Hg

$$= 159,60 \text{ ou } 160 \text{ mm Hg}$$

Comme le pourcentage de  $CO_2$  dans l'atmosphère est égal à 0,04,  $p_{CO_2}$  atmosphérique = 0,04 % x 760 mm Hg

$$= 0,3 \text{ mm Hg}$$

## La loi de Henry

La capacité d'un gaz de se maintenir en solution dépend de sa pression partielle et de son coefficient de solubilité, c'est-à-dire de son attraction physique ou chimique pour l'eau.

Le coefficient de solubilité du gaz carbonique est élevé (0,57), celui de l'oxygène l'est moins (0,024), et celui de l'azote encore moins (0,012).

Plus la pression partielle exercée par un gaz sur un liquide est élevée et plus le coefficient de solubilité est élevé, plus le gaz aura tendance à rester en solution.

*la loi de Henry : la quantité de gaz qui se dissout dans un liquide est proportionnelle à la pression partielle exercée par ce gaz et à son coefficient de solubilité, sous une température constante.*

La loi de Henry explique deux conditions dues aux changements de la solubilité de l'azote dans les liquides corporels.

Même si l'air que nous respirons contient environ 79 % d'azote, ce gaz n'a aucun effet connu sur les fonctions corporelles, puisque, à cause du coefficient peu élevé de solubilité de ce gaz à la pression du niveau de la mer, seule une très petite quantité d'azote se dissout dans le plasma sanguin.

## LES ECHANGES GAZEUX

Les échanges gazeux s'effectuent à 2 niveaux :

1. Pulmonaire ( $O_2$  entre poumons sang /  $CO_2$  sort sang poumons)
2. Les échanges gazeux se font par diffusion :

Le passage des gaz à travers les membranes perméables au gaz suit le gradient de pression : on dit que les gaz diffusent du milieu où la pression est la plus élevée vers le milieu où la pression est plus faible.



## **1. La physiologie de la respiration pulmonaire**

La respiration externe (pulmonaire) est l'échange d'oxygène et de gaz carbonique entre les alvéoles et les capillaires pulmonaires.

Elle entraîne la conversion du sang désoxygéné (pauvre en  $O_2$ ) en provenance du cœur en sang oxygéné (saturé en  $O_2$ ) retournant au cœur.

La  $pO_2$  de l'air alvéolaire est de 105 mm Hg.

La  $pO_2$  du sang désoxygéné qui pénètre dans les capillaires pulmonaires n'est que de 40 mm Hg en période de repos.

A cause de cette différence dans les  $pO_2$ , l'oxygène diffuse des alvéoles vers le sang désoxygéné, jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint, et la  $pO_2$  du sang maintenant oxygéné est de 105 mm.

En arrivant dans les poumons, la  $pCO_2$  du sang pulmonaire désoxygéné est de 45 mm Hg, alors que celle des alvéoles est de 40 mm Hg.

À cause de cette différence dans la  $pCO_2$ , le gaz carbonique diffuse du sang désoxygéné vers les alvéoles jusqu'à ce que la  $pCO_2$  du sang soit réduite à 40 mm Hg.

Le taux de la respiration externe dépend de plusieurs facteurs.

- Différence de pression partielle.
- Surface d'échange gazeux disponible.
- Distance de diffusion.
- La fréquence et l'amplitude respiratoires.

### **Différence de pression partielle.**

Aussi longtemps que la  $pO_2$  des alvéoles est supérieure à celle du sang veineux, l'oxygène diffuse des alvéoles au sang (altitude).

### **Surface d'échange gazeux disponible.**

La surface totale disponible pour les échanges Oxygène gaz carbonique est importante  $\approx 70$  m<sup>2</sup> (emphysème)

### **Distance de diffusion.**

L'épaisseur totale des membranes alvéolo-capillaires n'est que de 0,5  $\mu$ m.

Les capillaires sont tellement étroits que les globules rouges doivent y circuler l'un derrière l'autre.

L'accumulation de liquide, comme dans le cas de l'œdème pulmonaire, réduit le taux des échanges gazeux, parce qu'elle entraîne l'augmentation de la distance de diffusion.

### **La fréquence et l'amplitude respiratoires.**

(la morphine ralentit la fréquence respiratoire)

### **La physiologie de la respiration tissulaire**

La respiration interne (tissulaire) est l'échange d'oxygène et de gaz carbonique entre les capillaires sanguins des tissus et les cellules des tissus.

Elle entraîne la conversion du sang oxygéné en sang désoxygéné.

## **L'O<sub>2</sub>**

La  $pO_2$  du sang oxygéné qui entre dans les capillaires tissulaires est de 105 mm Hg, alors que celle des cellules des tissus est de 40 mm Hg.

A cause de cette différence, l'O<sub>2</sub> diffuse dans le liquide interstitiel et les cellules des tissus, jusqu'à ce que la  $pO_2$  du sang soit réduite à 40 mm Hg, ce qui correspond à la  $pO_2$  du sang désoxygéné des capillaires tissulaires en période de repos.

Au repos, environ 25 % de l'O<sub>2</sub> disponible dans le sang oxygéné pénètre dans les cellules des tissus.

Ce volume est suffisant pour répondre à leurs besoins en situation de repos.

## **LE CO<sub>2</sub>**

La  $pCO_2$  moyenne des cellules des tissus est de 45 mm Hg, alors que celle du sang oxygéné des capillaires est de 40 mm Hg.

Par conséquent, le gaz carbonique des cellules diffuse dans le liquide interstitiel et le sang oxygéné, jusqu'à ce que la  $pCO_2$  du sang soit de 45 mm Hg, ce qui correspond à la  $pCO_2$  du sang désoxygéné des capillaires tissulaires.

Le sang désoxygéné retourne ensuite au cœur.

De là, il est propulsé vers les poumons, et un autre cycle de respiration externe commence.



# LE CO<sub>2</sub>

Dans des conditions normales de repos, chaque volume de 100 ml de sang désoxygéné contient 5 ml de gaz carbonique.

Le CO<sub>2</sub> est transporté par le sang sous 3 formes principales.

1. Le CO<sub>2</sub> dissous.
2. La carbhémoglobine.
3. Les ions bicarbonate.

## Oxygen Transport

envoyé par [AMAR CONSTANTINE](#). - [Vidéos des dernières découvertes technologiques](#).

### **1. Le CO<sub>2</sub> dissous.**

Le plus petit pourcentage, environ 7 %, est dissous dans le plasma. En atteignant les poumons, il diffuse dans les alvéoles pulmonaires.

### **2. La carbhémoglobine.**

Une partie plus importante, équivalant à environ 23 %, se combine à la globine contenue dans l'hémoglobine pour former

la carbhémoglobine sous l'influence de la  $p\text{CO}_2$ .

Ainsi, dans les capillaires tissulaires, la  $p\text{CO}_2$  est relativement élevée, ce qui favorise la formation de la carbHb.

Toutefois, dans les capillaires pulmonaires, la  $p\text{CO}_2$  est relativement basse, et le CO<sub>2</sub> se sépare facilement de la globine et pénètre dans les alvéoles par diffusion.

### **3. Les ions bicarbonate.**

70 % du CO<sub>2</sub> est transporté dans le plasma sous forme d'ions bicarbonate.

À mesure que le CO<sub>2</sub> diffuse dans les capillaires tissulaires et pénètre dans les globules rouges, il réagit avec l'eau, en présence de l'enzyme anhydrase carbonique, pour former de l'acide carbonique.

Celui-ci se dissocie en ions  $H^+$  et en ions  $HCO_3^-$ .

Les ions  $H^+$  se combinent principalement à l'hémoglobine ou à d'autres tampons.

A mesure que les ions  $HCO_3^-$  s'accumulent dans les globules rouges, certains d'entre eux diffusent et pénètrent dans le plasma, suivant leur gradient de concentration.

En échange, les ions chlorure ( $Cl^-$ ) diffusent du plasma vers les globules rouges.

Cet échange d'ions négatifs maintient l'équilibre ionique entre le plasma et les globules rouges ; c'est ce que l'on appelle le phénomène de **Hamburger**.

L'effet net de ces réactions est que le  $CO_2$  des cellules est transporté dans le plasma sous forme d'ions bicarbonate.

## **FACTEURS INFLUENÇANT LES ECHANGES GAZEUX**

1. La  $pO_2$  (courbe de Barcroft)
2. La  $pCO_2$
3. La température ( $T^\circ C$ )
4. Le pH
5. Le BPG.

**1.  $pO_2$  :** Caractéristiques de la courbe de % de saturation de l'Hb en  $O_2$  :

La courbe a une allure sigmoïde ce qui montre que la fixation de l' $O_2$  sur l'Hb dépend de la  $pO_2$

Le % de saturation de l'Hb augmente avec l'augmentation de la  $pO_2$  mais pas de manière proportionnelle (ce n'est pas une droite)

Les autres facteurs chimiques qui influencent la formation et la dissociation de l'oxyhb

**2. La  $pCO_2$**

**3. La température ( $T^\circ C$ )**

**4. Le pH**

**5. Le BPG.**

Le BPG. Une substance présente dans les GR, appelées 2,3-biphosphoglycérate (BPG), appelé auparavant diphosphoglycérate, réduit l'affinité de l'Hb pour l' $O_2$  et aide donc à libérer l' $O_2$  de l'Hb.

Il s'agit d'un composé intermédiaire formé dans les Gr lorsqu'ils dégradent le glucose en énergie durant la glycolyse.

Le BPG. Une substance présente dans les GR, appelées 2,3-biphosphoglycérate (BPG), appelé auparavant diphosphoglycérate, réduit l'affinité de l'Hb pour l'O<sub>2</sub> et aide donc à libérer l'O<sub>2</sub> de l'Hb.

Il s'agit d'un composé intermédiaire formé dans les Gr lorsqu'ils dégradent le glucose en énergie durant la glycolyse.

Pour une pO<sub>2</sub> élevée de 14kPa :

- C'est le cas au niveau des poumons
  - Le % d'oxyHb est voisin de 100% : l'Hb est donc saturée.
  - On peut donc dire que l'affinité de l'Hb pour l'O<sub>2</sub> ne dépend pas des facteurs pCO<sub>2</sub>, pH et T°.

Pour une pO<sub>2</sub> faible de 4kPa :

- C'est le cas au niveau des tissus
  - Le % de saturation de l'Hb dépend des 3 facteurs étudiés.

**Exemple:**

**Cas n°1 :**

1. La pCO<sub>2</sub> augmente = hypercapnie (activité cellulaire importante)
2. Le pH diminue (plus acide a cause de la libération d'ions H<sup>+</sup> par les muscles en activite)
3. La T° augmente (tissus actifs ou fièvre)

→ Les courbes de saturation de l'Hb en oxygène sont décalées vers la droite.

**Signification :** Pour une même pO<sub>2</sub>, le % de saturation de l'Hb en oxygène diminue,

Donc l'affinité de l'Hb pour l'O<sub>2</sub> diminue

Donc la dissociation de l'oxyHb augmente et la libération d'O<sub>2</sub> augmente.

**Conclusion :** L'O<sub>2</sub> est fourni aux tissus (HbO<sub>2</sub> → Hb + O<sub>2</sub>)

L'ensemble des facteurs qui facilitent la libération de l'O<sub>2</sub> par l'Hb constitue l'**effet Bohr**.

**Cas n°2 :**

1. La  $p\text{CO}_2$  diminue = hypocapnie (activité cellulaire faible)

2. Le pH augmente (plus basique)

3. La  $T^\circ$  diminue

→ Les courbes de saturation de l'Hb en oxygène sont décalées vers la gauche.

**Signification** : Pour une même  $p\text{O}_2$ , le % de saturation de l'Hb en oxygène augmente,

Donc l'affinité de l'Hb pour l' $\text{O}_2$  augmente

Donc la dissociation de l'oxyHb diminue et la libération d' $\text{O}_2$  diminue.

**Conclusion** : Les tissus moins actifs ont moins besoin d' $\text{O}_2$ .

## LA REGULATION DE LA RESPIRATION

Au repos consommation → 200 ml d' $\text{O}_2$  /mn

Effort → x 30 .

→ Existence des mécanismes pour adapter l'effort respiratoire aux besoins métaboliques.

→ Le rythme de base de la respiration est réglé par certaines parties du système nerveux situées dans le bulbe rachidien et la protubérance.

### La régulation nerveuse

Changement des dimensions du thorax par l'action des muscles respiratoires.

Ces muscles se contractent et se relâchent sous l'effet d'influx nerveux qui leur sont transmis par des centres nerveux de l'encéphale.

La région d'où partent ces influx nerveux est située en position bilatérale dans la formation réticulée du tronc cérébral ; on l'appelle le centre respiratoire.

Ce centre est formé d'un groupe de neurones dispersés, divisé, sur le plan fonctionnel, en trois régions :

- le centre de rythmicité bulbaire ;
- le centre pneumotaxique, situé dans la protubérance;
- le centre apneustique, également situé dans la protubérance.

### **Le centre de rythmicité bulbaire**

Le rôle du centre de rythmicité bulbaire est de régler le rythme de base de la respiration.

### **le centre pneumotaxique**

Aide à coordonner la transition entre l'inspiration et l'expiration.

L'influx nerveux favorise l'inhibition de l'activité du centre inspiratoire avant que les poumons ne contiennent un volume d'air excessif.

Autrement dit, les influx limitent l'inspiration et facilitent ainsi l'expiration.

Lorsque le centre pneumotaxique est plus actif, le rythme de la respiration est plus rapide.

### **Le centre apneustique**

coordonne la transition entre l'inspiration et l'expiration.

Ce centre envoie des influx stimulateurs au centre inspiratoire pour activer et prolonger l'inspiration, inhibant ainsi l'expiration.

Cette situation survient lorsque le centre pneumotaxique est inactif.

Lorsque le centre pneumotaxique est actif, il domine le centre apneustique.

### **La régulation de l'activité du centre respiratoire**

Bien que le rythme de base de la respiration soit établi et coordonné par le centre respiratoire, ce rythme peut être modifié selon les besoins métaboliques de l'organisme par des influx nerveux dirigés vers ce centre.

### **Les influences corticales**

Le cortex cérébral étant relié au centre respiratoire, nous pouvons donc modifier volontairement notre respiration (mesure de protection)



## Le réflexe de Hering-Breuer

Par l'étirement des mécanorécepteurs due au gonflement de la cage thoracique

## La régulation chimique

Rôle des chémorécepteurs (centraux et périphériques)

## Les propriocepteurs

Récepteurs qui surveillent les mouvements articulaires et les contractions musculaires.

Variables régulées	capteurs	effecteurs
PCO2 pH	chémorécepteurs centraux	ventilation
PO2 [O2] PCO2	chémorécepteurs périphériques	ventilation débit sanguin résistances vasculaires
PO2	capteurs rénaux	érythropoïèse

## Les autres influences

- La température: Une élévation augmente la fréquence respiratoire, un refroidissement soudain la réduit.
- La douleur soudaine et intense entraîne une apnée, mais une douleur prolongée augmente la respiration.
- L'étirement des sphincters de l'anus augmente la fréquence
- L'irritation des voies respiratoires (mécanique ou chimique du pharynx ou du larynx), entraîne une interruption immédiate de la respiration, suivie d'une toux ou d'un éternuement.