

Cours de physiologie

Physiologie respiratoire

Table des matières

1 L'appareil respiratoire 3

1.1 Les voies aériennes 3

1.1.1 Les fosses nasales 3

1.1.2 Le pharynx 3

1.1.3 Le larynx 3

1.1.4 La trachée 4

1.1.5 Les bronches 4

1.2 Les poumons 5

1.2.1 Situation 5

1.2.2 Généralités 5

1.2.3 Volume 5

1.2.4 Constitution : scissures et lobes 6

1.2.5 Alvéoles 6

2 La plévre 8

2.1 La plèvre viscérale 8

2.2 La plèvre pariétale 8

3 La mécanique ventilatoire 9

3.1 Introduction 9

3.2 Facteurs thoraciques 9

3.2.1 Les éléments passifs 9

3.2.2 Les éléments actifs 10

3.3 Facteurs pulmonaires 10

3.4 Facteur pleuraux 10

3.5 Rôle des voies aériennes 11

4 La diffusion 11

4.1 Quantité d’air alvéolaire renouvelée 11

4.2 Pression des gaz alvéolaires 11

4.3 Pression des gaz sanguins 11

5 Le transport des gaz 12

5.1 Transport de l'O2 12

5.2 Transport du CO2 12

6 La régulation de la respiration 13

6.1 Le contrôle nerveux de la respiration 13

6.2 Les chémorécepteurs 13

# L'appareil respiratoire[[1]](#footnote-1)

Il comprend 2 parties :

* Les voies aériennes ou voies respiratoires
* Les poumons

## Les voies aériennes

Il s’agit de l’ensemble des voies que l’air emprunte afin d’arriver aux poumons

### Les fosses nasales

Creusées à la partie supérieure et médiane du massif [facial](http://imedecin.com/component/finder/search.html?q=facial&Itemid=101" \o "facial" \t "), les [fosses nasales](http://imedecin.com/Anatomie/fosses-nasales-description-anatomique.html%22%20%5Co%20%22fosses%20nasales%22%20%5Ct%20%22_parent) sont, deux cavités anfractueuses situées au-dessous de la partie moyenne de l'étage antérieur du crâne, au-dessus de la [cavité buccale](http://imedecin.com/Tube-digestif/anatomie-de-la-cavite-buccale.html%22%20%5Co%20%22cavit%C3%A9%20buccale%22%20%5Ct%20%22_parent) dont les sépare la voûte palatine; latéralement, elles répondent aux cavités or­bitaires en haut, aux sinus maxillaires en bas.

La partie antérieure forme le vestibule. Le vestibule nasal est revêtu par un épithélium de type cutané, et comporte des poils, les vibrisses, qui retiennent les grosses particules éventuellement présentes dans l’air inspiré.

Séparées par une mince cloison verticale, elles communiquent :

* en avant avec l'extérieur par l'orifice nasal antéri­eur,
* elles s'ouvrent en arrière dans une large excavation, la grande fosse pharyngo-buccale (choanes).
* Avec les sinus
* Avec les canaux lacrymaux

Elles comportent chacune 3 cornets, lames osseuses enroulées, qui rendent turbulent l’écoulement de l’air et le chassent vers le haut.

Dans la partie supérieure des fosses nasales, on retrouve l’épithélium olfactif.

### Le pharynx

Il est subdivisé en 3 parties :

* Le nasopharynx, où s’abouchent les trompes auditives (Eustache). On notera également la présence des tonsilles pharyngiennes.
* L’oropharynx où l’on retrouve les tonsilles palatines
* Le laryngopharynx situé au-dessus du larynx et limité en avant par l’épiglotte.

### Le larynx

Il est situé en arrière et en bas du pharynx. C’est un organe cartilagineux qui contient les cordes vocales. Il participe ainsi à la respiration et la phonation. Il ne laisse passer que l’air grâce à l’épiglotte.

### La trachée

Elle fait suite au larynx, au niveau de la 6e vertèbre cervicale (cou), et se termine en donnant 2 bronches au niveau de la 5e vertèbre thoracique (médiastin).

#### Trajet et forme

La trachée forme un tube cylindrique et aplati en arrière dont les dimensions sont d'environ 11 cm de long et 16 mm de diamètre. Elle se dirige en bas, légèrement en arrière et à droite.

La trachée s'allonge et descend légèrement durant l'inspiration profonde.

#### Constitution

La trachée comprend une tunique interne, muqueuse, et une tunique externe comprenant : les anneaux trachéaux, les ligaments interannulaires, la paroi membranacée et le muscle trachéal.

* Les anneaux trachéaux : la trachée comprend 16 à 20 anneaux trachéaux de 2 à 5 mm de hauteur chacun. Ces anneaux sont en forme de C ouvert postérieurement. Ils vont maintenir ouvert le tube trachéal en lui conférant une certaine rigidité permettant ainsi un échange permanent entre la cavité pulmonaire et l'air extérieur.
* Les ligaments interannulaires : Ils forment des lames fibro-élastique situées entre les anneaux trachéaux.
* Le muscle trachéal ferme le C des anneaux sur toute la longueur de la trachée. Il est composé de fibres musculaires lisses de 1 à 2 mm d'épaisseur.
* La paroi membranacée : Elle enveloppe toute la face externe de la trachée.
* la muqueuse comprend un épithélium stratifié et une sous-muqueuse riche en vaisseaux sanguins, en nerfs et en glandes trachéales.

En arrière, se trouve l'œsophage débordant légèrement à gauche.

### Les bronches

La trachée se divise en 2 bronches principales, droite et gauche, qui vont elles-mêmes se diviser en 2 bronches lobaires à gauche et 3 à droite. Elles naissent de la trachée en regard du corps de la 5e vertèbre ou du disque entre T5 et T6 en arrière et en regard du sternum au niveau de l'espace entre les 2 1ères côtes (présence éperon trachéal). Elle forme entre elles un angle de 70° chez l'adulte et de 50° chez l'enfant. Cet angle augmente à l'inspiration et diminue à l'expiration.

Elles sont composées d'une partie extra-pulmonaire dont la constitution ressemble à celle de la trachée et d'une partie intra-pulmonaire.

Le trajet des bronches n'est ni rectiligne ni symétrique. Elles se dirigent obliquement en bas et en dehors vers le hile. La bronche souche droite est plus rectiligne (20° contre 50° avec la verticale), plus courte (2 cm contre 5) et de plus gros calibres que la gauche (1,7 cm contre 1,5) ce qui explique la préférence des corps étrangers pour la BSD.

Les bronches souches se divisent en broches lobaires, qui se divisent en bronches segmentaires. Ces divisions se poursuivent jusqu'aux bronchioles terminales (après une 20ne de divisions) qui ne contiennent ni cartilage, ni glande, ni muscle lisse. En revanche leur épithélium, comme celui de tout l'arbre respiratoire, est recouvert de mucus mis en mouvement par les cellules ciliées. Il est ainsi protégé des particules solides inhalées et de la déshydratation. (quantité d'eau perdue environ 0,4l dépend du taux d'hydrométrie de l'air)

## Les poumons

Auscultation et repères des poumons p123 Dalley / p 316 Delmas

Ce sont les organes de la respiration. Ils vont permettre la distribution de l'air dans les alvéoles par l'arbre bronchique, et un échange gazeux entre l'air alvéolaire et le sang contenu dans les capillaires (la surface membranaire des alvéoles équivaut environ à 40 fois la surface du corps). Ils permettent l'hématose, à savoir la fixation de molécules d'oxygène sur l'hémoglobine et la libération du gaz carbonique.

### Situation

Ils sont pairs et asymétriques. Ils se situent dans le thorax dont ils occupent la plus grande partie, séparés des viscères abdominaux par le diaphragme sur lequel ils reposent. Ils sont séparés par le médiastin. Leur partie supérieure, apex, remonte jusqu'au niveau du creux sus-claviculaire.

### Généralités

Ils ont une forme de demi-cône d'environ 20cm de hauteur, 18cm d'épaisseur (axe antérieur-postérieur) et 10cm transversalement. Le poumon droit est plus court et plus large que le poumon gauche, la coupole diaphragmatique droite étant plus haute que la gauche (et également parce que le cœur est à gauche).

Le poumon droit pèse environ 700g, le gauche 600g.

Ils ont une consistance molle et élastique (le mou) et sont d'aspect lisse et brillant. Ils passent d'une couleur rosée chez l'enfant au bleuâtre et tacheté chez l'adulte (cet aspect est directement dépendant de la propreté de l'air inspiré).

### Volume

Le volume pulmonaire est très variable d'un sujet à l'autre. Le droit assure 55% de la ventilation et la ventilation alvéolaire est plus importante au niveau de la base des poumons qu'au niveau de l'apex en position debout ou assise (cela est dû à la pesanteur qui maintient ouverts les alvéoles de l'apex et ferme ceux de la base qui auront alors plus de facilité à s'ouvrir). Le volume moyen est d'environ 5l et il peut être subdivisé en 3 :

* Le volume courant, correspondant à l'air de la respiration, équivaut à 0,5l.
* Le volume de réserve, correspondant à l'air de réserve expiratoire c'est-à-dire l'air que l'on peut encore expirer après une expiration courante, équivaut à 1,3l.
* Le volume résiduel, correspondant à l'air qui ne peut être expulsé et qui correspond au volume d'air de l'arbre bronchique. On l'appelle également l'espace mort, car cette quantité d'air ne participe pas aux échanges gazeux. 1,2l

Il existe également un volume de réserve inspiratoire, correspondant à la quantité d'air maximal qui peut-être inhalé, d'environ 2l.

|  |  |
| --- | --- |
| VRI | 2 L |
| VC | 0,5 L |
| VRE | 1,3 L |
| VR | 1,2 |

Au total environ 5 L

### Constitution : scissures et lobes

Chaque poumon est divisé en lobes par des scissures.

#### Le poumon droit

Il possède 3 lobes (supérieur, moyen et inférieur). Le lobe inférieur et les lobes moyen et supérieur sont séparés par une scissure oblique en bas et avant allant du bord postérieur jusqu'à la base. Le lobe supérieur et le lobe moyen sont séparés par une scissure horizontale allant du milieu de la scissure oblique jusqu'au bord antérieur.

#### Le poumon gauche

Il est divisé en 2 lobes séparés par une fissure interlobaire oblique allant du bord postérieur à la base (comme poumon droit)

### Alvéoles[[2]](#footnote-2)

Les alvéoles se forment depuis la naissance jusqu'à 8 ans. On en compte à peu près 300 millions chez l'adulte ce qui mis à plat équivaut à une surface d'environ 100 m2. Elles composent l'unité fonctionnelle du poumon en permettant les échanges gazeux.

#### Pneumocytes

Elle est composée de :

* pneumocyte de type I, très fin, permettant les échanges gazeux avec le capillaire sanguin au travers d’une fine barrière correspondant à la membrane basale
* pneumocyte de type II permettant le renouvellement des cellules de type I et responsable de la production de surfactant.

#### Cellule à poussière

Dans les voies aériennes conductrices toutes les particules inspirées dont le diamètre excède 3 micromètres sont éliminées par l'appareil mucocilaire. Les plus petites particules arrivent aux alvéoles où elles sont phagocytées par les [cellules à poussières](http://www.isto.ucl.ac.be/safe/images/00010130.jpg%22%20%5Ct%20%22img). Elles proviennent des monocytes sanguins et sont peu nombreuses dans un poumon normal.

Normalement son efficacité est telle qu'elle assure la stérilité de la surface alvéolaire. Habituellement les cellules à poussières sont prises en charge par l'appareil mucociliaire des voies conductrices et sont expectorées.

#### Surfactant

Le surfactant est un matériel lipoprotéique complexe, comparable à un détergent. Il diminue la tension superficielle du film liquide qui tapisse les cavités alvéolaires ce qui empêche l'affaissement ou collapsus des alvéoles lors de l'expiration.

### Appareil muco-ciliaire[[3]](#footnote-3)

L’escalator muco-ciliaire est le système de clairance des conduits aériens. Il a pour but d’éviter l’empoussiérage des alvéoles pulmonaires dont l’épithélium est particulièrement fragile. Cet escalator est composé d’un tapis, le mucus, d’un moteur, les cils, et nécessite un couplage efficace de ces deux composants pour fonctionner correctement.

Le mucus : Il forme un revêtement continu tapissant toutes les voies de conduction. On en produit entre 15 et 20 ml par jour (production qui est donc normalement déglutie). Il provient essentiellement des glandes du chorion. Il a un triple rôle :

* + 1 – piège à particules : effet « papier tue-mouche »
	+ 2 – humidification de l’air inspiré : ceci provient d’une évaporation à partir de la couche superficielle du mucus qui, partiellement déshydratée, voit ainsi sa viscosité augmentée
	+ 3 – protection physique des cellules épithéliales : il constitue un enduit recouvrant l’épithélium

Le fonctionnement de système dépend de paramètre :

Intrinsèque 🡪

* Âge : L’efficacité du mouvement ciliaire diminue chez la personne âgée, ce qui participe à la sensibilité particulière de ces personnes aux infections broncho-pulmonaires.
* Rythme circadien : On observe un ralentissement du mouvement ciliaire durant le sommeil.

 Extrinsèque 🡪

* Hygrométrie : un air « trop sec » (faible hygrométrie), va extraire plus d’eau au mucus pour se saturer en vapeur d’eau. Il va donc rendre le mucus plus visqueux, ce qui normalement sera en partie compensé par une sécrétion accrue d’eau. Ce mucus plus visqueux ne peut plus être entraîné par les cils et va stagner. En résumé, les cils vont s’engluer dans ce mucus trop visqueux. A l’opposé, une hygrométrie trop forte, aura tendance à diminuer la viscosité du mucus (ce qui est normalement compensé par l’épithélium) : la transmission d’énergie des cils au mucus se fait alors moins bien, la résistance du gel aux cils étant moindre. Le mucus aura encore tendance à stagner. ƒ
* Température : le mouvement ciliaire est un phénomène biologique et se trouve, de ce fait, sensible à la température. La baisse de température va se traduire par une diminution de la fréquence des battements ciliaires.

# La plèvre

Elles forment l'enveloppe séreuse du poumon et, comme toute séreuse, se composent de 2 membranes distinctes ; la plèvre pariétale en rapport avec le gril costal et la plèvre viscérale ou pulmonaire, en rapport avec le poumon. Elles sont en continuité au niveau du hile. Entre elles, existe un espace virtuel contenant un liquide séreux et permettant le glissement de l'une sur l'autre lors de mouvement de respiration.

## La plèvre viscérale

Mince et transparente elle recouvre intimement la surface des poumons y compris dans les scissures (horizontal ou obliques) où elle s'insinue. Elle ne peut-être séparée du poumon lors d'une dissection.

## La plèvre pariétale

Elle tapisse les parois thoraciques contenant les poumons et dont elle peut-être séparée. Elle se décrit en quatre parties :

* La plèvre costale

Elle tapisse la face interne des côtes jusqu'à la face latérale des corps vertébraux en arrière et sous la partie latérale du sternum en avant.

* La plèvre diaphragmatique

Plus mince que la plèvre costale, elle tapisse la face supérieure du diaphragme (adhérente par le fascia phrénico-pleural continuité du fascia endothoracique).

* La plèvre médiastinale

Elle sépare la face interne du poumon du médiastin dont elle recouvre les organes.

* Le dôme pleural (ou plèvre apexienne)

Il coiffe le sommet du poumon et forme la partie la plus élevée de la plèvre pariétale.

## Physiologie pleurale

La cavité pleurale (cavité virtuelle) a pour principale fonction de distribuer de façon homogène les forces mécaniques à la surface du poumon. Elle transmet et répartit les pressions négatives intra thoraciques au cours de l’inspiration et s’oppose au collapsus alvéolaire et bronchiolaire.

A l'état physiologique, le liquide pleural (production de 5-20 cc/j) permet le glissement des deux feuillets pleuraux l’un sur l’autre. Il est essentiellement sécrété par la plèvre pariétale et il est en permanence résorbé par les vaisseaux lymphatiques situés entre les cellules mésothéliales de la plèvre pariétale et médiastinale.

# La mécanique ventilatoire

La respiration a pour but de permettre les échanges gazeux entre les milieux intérieur (les cellules de l'organisme) et extérieur, c’est-à-dire l’apport d'O2 et l’élimination du CO2.

L'oxygène est utilisé par la mitochondrie au cours du processus de la dégradation oxydative des nutriments (glucose) produisant ainsi du CO2, de l'eau et de l'énergie sous forme d'ATP. C'est la respiration cellulaire ou respiration interne. Associé à la mécanique ventilatoire, la diffusion (échange de l'O2 et CO2 entre l'air alvéolaire et le sang capillaire, puis entre le sang et les cellules) et le transport entre poumons et tissus cet ensemble compose la respiration.

La moitié de ces étapes implique l'appareil respiratoire proprement dit et l'autre moitié l'appareil circulatoire.

## Introduction

La ventilation est l'échange d'air entre l'air extérieur et l'air alvéolaire. Cet air entre et sort des poumons par différence de pression intra et extrapulmonaire. La pression intrapulmonaire est alternativement au-dessus et en dessous de la pression atmosphérique. Ce phénomène est permis par les structures anatomiques constituant le système respiratoire et par leurs propriétés mécaniques et physiques.

## Facteurs thoraciques

La paroi thoracique est composée d’éléments actifs de la respiration, les muscles et d’éléments dits passifs, les côtes et le rachis dorsal.

### Les éléments passifs

Lors de la respiration, la cage thoracique augmente tous ses diamètres à l’inspiration et les diminue à l’expiration.

A l’inspiration la colonne thoracique se redresse (délordose), les côtes de 1 à 4 s’élèvent en entraînant le manubrium (l’élévation est moins importante pour les suivantes). S’ajoute un déplacement transversal qui va croissant de la première à la 9e et une translation latérale pour les côtes de 7 à 10.

### Les éléments actifs

#### Les muscles inspirateurs

Le muscle inspirateur principal est le diaphragme dont la contraction permet jusqu'à 75% du volume courant. Son déplacement est d'alors de 1 à 2 cm alors qu'il peut atteindre 10 cm en cas d'inspiration/expiration forcée.

Les muscles intercostaux vont également permettre l'inspiration, mais jouent surtout un rôle dans la stabilisation de la cage thoracique afin d’optimiser l'action de l'ensemble des muscles inspirateurs. C'est-à-dire les muscles scalènes et le SCOM tout comme les muscles pectoraux (Pt et Gd) et le grand dentelé. Les muscles intercostaux vont maintenir constant l’écartement entre les côtes et s’opposer à leur déplacement exagéré lors de l’inspiration profonde.

#### Les muscles expirateurs

L'expiration est un temps passif de la respiration de repos. Les muscles inspirateurs se relâchent. La rétraction élastique des poumons et de la cage thoracique leur fait reprendre leur position de repos.

## Facteurs pulmonaires

L'élasticité du poumon, par l'élastine contenue dans son parenchyme, crée une force de rétraction. Il est responsable d’une partie de l'élastance du poumon, c'est-à-dire la capacité qu'a le poumon à revenir à son volume initial.

Il existe sur la surface des alvéoles et des bronches un film liquidien. Cette eau présente à la surface des alvéoles crée, par l'attirance des molécules d'eau entre elles, une force de tension qui tend à rétrécir la surface alvéolaire. Elle évite une surdistension des alvéoles et participe à l'expiration et donc à l’élastance pulmonaire.

Cette force est cependant atténuée par le surfactant pulmonaire. Le surfactant est un liquide composé de lipides et de protéines sécrétées par les pneumoncytes alvéolaires de type II. Il évite une fermeture des alvéoles et joue en faveur de la dilatation pulmonaire. Il participe ainsi à la compliance c'est-à-dire à la capacité qu'à le poumon à se laisser distendre (ex: syndrome de détresse respiratoire du nouveau-né chez le prématuré par manque de surfactant donc faible compliance, atélectasie, ou l'emphysème forte compliance faible élastance).

## Facteur pleuraux

Les poumons sont adhérents à la paroi thoracique, car la pression intra-pleurale est négative (- 4 mmHg, pour rappel la pression atmosphérique est de 760 mmHg qui est par convention = à 0). Cette pression est créée par la force de traction externe du feuillet pariétal (de la plèvre) lié au fascia endothoracique (donc aux côtes et au diaphragme) et à celle dû au feuillet viscéral lié à la rétraction élastique pulmonaire. Ces 2 feuillets étant accolé l'un à l'autre, séparé par un film liquidien, l'augmentation du volume de la cage thoracique entraîne une augmentation du volume pulmonaire. Cela entraîne une baisse de pression intrapulmonaire (- 1 mmHg maximum en milieu de phase) et donc une entrée d'air. C'est l'inspiration. La pression intrapleurale en fin d’inspiration est maximale, -6 mmHg.

Lorsque les muscles se relâchent, l'élastance des poumons va provoquer une diminution de leur le volume et créé une surpression (+ 1 mmHg maximum en milieu de phase) chassant l'air des poumons. C'est l'expiration.

## Rôle des voies aériennes

En plus de la ventilation les voies aériennes vont avoir 3 rôles principaux sur l’air inhalé :

* Réchauffer l’air à 37° afin que l’air inspiré ne diminue pas la température interne du corps et n’endommage pas les alvéoles.
* Saturation à 100% d’humidité afin de ne pas assécher l’épithélium respiratoire.
* Filtre les particules étrangères comme les bactéries, les virus ou les particules inorganiques pour qu’elles ne puissent pas atteindre les alvéoles.

# La diffusion

A l'inspiration, il y a un apport d'O2 au niveau des alvéoles et une dilution du CO2. En réalité, la composition du gaz alvéolaire reste relativement stable et les échanges gazeux se font par la différence de pression partielle.

## Quantité d’air alvéolaire renouvelée

La respiration courante est de 500 ml. Or sur ces 500 ml seulement 350 ml arrive aux alvéoles. Le reste est dans l’arbre bronchique et n’est donc pas utilisé. Ainsi seulement 12 % de l’air alvéolaire est renouvelé.

## Pression des gaz alvéolaires

L'air est composé d'environ 79% d'N2 et de 21% d'O2 (et d'un pourcentage négligeable de vapeur d'eau 0,03 % si 100% saturé à 25 °C et double à 37 °C et d'autres gaz, polluants, gaz rares, CO2 0.03%…). L'ensemble des pressions partielles des gaz d'un mélange forme la pression totale de ce mélange (loi de Dalton). Ainsi la pression partielle de l'O2 est de 21% de la pression de l'air. La pression atmosphérique de l’air est de 760 mm Hg. La pression d'O2 est donc de 160.

Mais au niveau alvéolaire la composition de l'air est modifiée. Il a été saturé en H2O (soit 6% de la pression totale) et comme l'air frais ne représente que 12 % de l'air alvéolaire, la pression d'O2 tombe à 100 mm Hg. Celle de CO2 y atteint 40 mm Hg.

Ex : sauna air chaud et saturé en H2O fait baisser la PO2. Comme l’altitude (600 mmHg à 2000m)

## Pression des gaz sanguins

Dans les capillaires pulmonaires, le sang veineux à une pression d'O2 de 40 mm Hg et de CO2 de 46 mmHg. Après la diffusion des gaz au travers des membranes alvéolaire et sanguine ces taux seront dans le sang artériel équivalent à la pression alvéolaire. O2 à 100 mmHg et CO2 à 40 mmHg

Il existe d'autres facteurs qui vont avoir une influence sur la diffusion des gaz comme l'épaisseur de la paroi alvéolaire (dans le cas de pathologie avec destruction du tissu alvéolaire comme dans l’emphysème, entraînant une augmentation de l’espace mort. Le tabac active les macrophages qui attirent les leucocytes. Ces derniers vont sécréter des protéases qui vont notamment détruire l’élastine contenant dans les parois alvéolaires. Ce processus augmente la compliance ou le débit sanguin.

# Le transport des gaz

Le transport des gaz est déterminé par leur gradient de pression.

## Transport de l'O2

La quantité d'O2 transporté par le sang dépend :

* De la quantité d'O2 dissous. O2 étant peu soluble dans l'eau le pourcentage d'O2 dissous dans le sang représente 1,5% de l'O2 transporté.
* De la quantité transportée par l’hémoglobine. En effet, l’O2 non dissoute dans le plasma sanguin est véhiculé par le sang lié à une protéine, l'hémoglobine, contenue dans l'hématie et l’ensemble forme alors l’oxyhémoglobine. Cette protéine possède 4 chaînes polypeptidiques (2 alpha et 2 béta) comprenant chacune un atome de fer qui fixe l'O2. Dans le sang artériel, l'Hg est saturé à 100%, et à 75% dans le sang veineux.

Mais l’affinité de l’Hg pour O2 peut-être contrecarrée :

* En cas d'intoxication au CO par exemple, qui a une affinité 200 fois plus grande avec Hg que l'O2.
* Une augmentation de la pression partielle alvéolaire de CO2, car CO2 à plus d’affinité pour l’HG que O2.
* Le Ph a également une influence sur l’affinité d’O2 pour l’Hg (normalement entre 7,38 et 7,42). En effet, l'acidose diminue la fixation de l’O2 et l’alcalose l’augmente. On retrouve des situations d’acidose dans le fonctionnement anaérobie des cellules notamment musculaires. Ce fonctionnement produit de l’acide lactique (faute d’O2 la synthèse d’ATP se fait à partir du glucose et s’arrête au 1er stade) qui va former des ions H+.

## Transport du CO2

Le CO2 est transporté de 3 manières différentes :

* La solubilité du CO2 est 20 fois supérieure à l'O2. 10% du CO2 est transporté sous cette forme dans le sang.
* 30% sont transportés par l'Hg en formant la carbhémoglobine qui forme un composé carbamino. C'est-à-dire qu'à la différence de l'O2 qui se lie à l'hème (fer) le CO2 se lie à la globine (avec l'atome d'N). Le CO2 a peu d'affinité avec l'oxyhémoglobine, mais beaucoup avec l'Hg.
* La plus grande partie du CO2, 60%, est transportée sous forme d’ions bicarbonates qui vont sortir des hématies (érythrocytes) et jouer un rôle tampon dans le sang. La molécule de CO2 se combine avec une molécule d'eau formant de l'acide carbonique d'où se détache un atome d'hydrogène donnant la molécule de bicarbonate. L’atome d’hydrogène va se fixer à l’Hg.

# La régulation de la respiration

Le mouvement respiratoire comme le battement cardiaque est un phénomène normalement inconscient. Cependant, les poumons à la différence du cœur n'ont d'innervation intrinsèque. Si l'on sectionne les nerfs arrivant par le hile, la respiration s'arrête.

## Le contrôle nerveux de la respiration

 L'inspiration-expiration est automatique. On en compte en moyenne 16/min la journée et 12/min la nuit. Elle est contrôlée par le centre respiratoire bulbaire situé dans le tronc cérébral. Celui-ci est divisé en 2 groupes de neurones, le groupe respiratoire dorsal et le groupe respiratoire ventral.

* Le groupe respiratoire dorsal est responsable de la respiration automatique. Ses neurones innervent des motoneurones de la moelle épinière qui vont via les nerfs phréniques et intercostaux innerver le diaphragme, les muscles inspiratoires et les intercostaux qui vont permettre l'inspiration. Quand l'innervation cesse, il y a expiration.
* Le groupe respiratoire ventral renforce son homologue dorsal en cas d'un besoin accru de ventilation. Les neurones inspiratoires vont amplifier l'inspiration et les neurones expiratoires vont alors innerver les muscles expiratoires.

Mais le rythme ventilatoire peut-être modulé par différents stimuli comme les réflexes à partir des chémorécepteurs, les émotions ou le contrôle conscient.

## Les chémorécepteurs

Ce sont des corpuscules situés à la bifurcation des carotides primitives et au niveau de la crosse de l'aorte. Ils sont sensibles à la pression partielle de l'O2 (une baisse de 40% est nécessaire pour les stimuler) et du CO2 et au pH (ions H+ libérés lors de la réaction CO2 + H2O -> HCO3- + H+).

Il existe également une sensibilité du système nerveux central par les neurones baignant dans le LEC cérébral, le CO2 comme l'O2 traversant la barrière hémato-encéphalique. En revanche l'ion H+ traverse mal cette barrière. C'est donc au H+ formé directement dans le LEC que seront sensibles les neurones.

Le SNC est sensible à une baisse de l'O2 (sauf celui contenu dans les hématies), et une augmentation du CO2 ou des ions H+. Mais une augmentation trop importante du CO2 ou des ions H+ déprime les centres respiratoires qui font alors diminuer la respiration.

1. http://www.med.univ-montp1.fr/enseignement/cycle\_2/MIA/Autres\_ressources/objectifs\_pneumologie\_20031.pdf [↑](#footnote-ref-1)
2. http://www.isto.ucl.ac.be/safe/resp2.htm [↑](#footnote-ref-2)
3. http://sofia.medicalistes.org/spip/IMG/pdf/Histologie\_de\_l\_appareil\_respiratoire-\_Voies\_aeriennes\_profondes.pdf [↑](#footnote-ref-3)