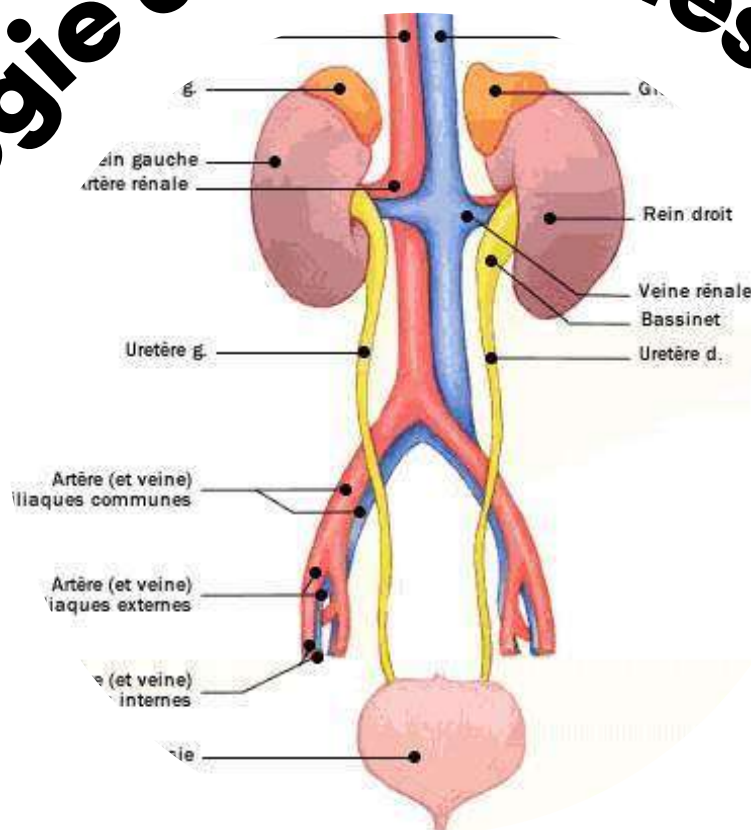


Physiologie des Grandes Fonctions



SCIENCES DE LA VIE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

UE 2.2 C4 L'APPAREIL RESPIRATOIRE

→ Fonction principale :

- ρ **apport** de l'O₂ à l'organisme,
- ρ **élimination** du CO₂ de l'organisme.

→ Elle dépend de 4 mécanismes :

(1) **Ventilation pulmonaire** :

- *circulation de l'air* dans les *poumons* ⇒ *renouvellement continu* des gaz présents dans les *alvéoles pulmonaires*.

(2) **Respiration externe** :

- *échange gazeux* entre le *sang des capillaires pulmonaires* et les *cavités aériennes pulmonaires* ⇒ **diffusion de l'O₂ vers le sang** ⇒ **diffusion du CO₂ vers les cavités aériennes**.

(3) **Transport des gaz respiratoires** :

- le **système cardiovasculaire** par l'intermédiaire du **sang** ⇒ **acheminement de l'O₂ vers les cellules** ⇒ **acheminement du CO₂ vers les poumons**.

(4) **Respiration interne** :

- *échange gazeux* entre le *sang des capillaires systémiques* et les *cellules* ⇒ **diffusion de l'O₂ vers les cellules** ⇒ **diffusion du CO₂ vers les capillaires**.

→ Conséquence : Le **système respiratoire** et le **système cardiovasculaire** fonctionnent donc en *étroite collaboration* ; si l'un des 2 défaille ⇒ carence d'O₂ ⇒ mort des cellules.

I. ANATOMIE FONCTIONNELLE

→ Les *organes du système respiratoire* sont :

- ρ le nez et les fosses nasales,
- ρ le pharynx,
- ρ le larynx,
- ρ la trachée,
- ρ les bronches et les bronchioles,
- ρ les poumons qui contiennent les alvéoles pulmonaires.

→ Sur le *plan fonctionnel*, le **système respiratoire** comprend :

- ρ une **zone de conduction** :
 - constituée des *voies respiratoires* : les fosses nasales, le pharynx, le larynx, la trachée, les bronches.
 - rôles de ces voies :
 - *acheminement de l'air à la zone respiratoire*,
 - *purification* (= élimination des poussières et des microorganismes aériens),
 - *humidification*,
 - *réchauffement*, de l'air inspiré.
- ρ une **zone respiratoire** :
 - constituée des *structures microscopiques* suivantes : les bronchioles, les conduits alvéolaires, les alvéoles pulmonaires.
 - rôle de ces structures : *siège des échanges gazeux*.

A. NEZ ET SINUS PARANASaux

1. NEZ

→ Fonctions du nez :

- (1) *Passage* pour les *gaz respiratoires*.
- (2) *Humidification* et *réchauffement* de l'*air inspiré*.
- (3) *Filtration* de l'*air inspiré* ⇒ *élimination des corps étrangers*.
- (4) Présence des *récepteurs olfactifs*.

→ Les **cavités nasales** sont séparées par le **septum nasal**.

→ L'arrière des **fosses nasales** communique avec le **naso-pharynx** (= **rhinopharynx**) par les **choanes** (= en forme d'entonnoirs).

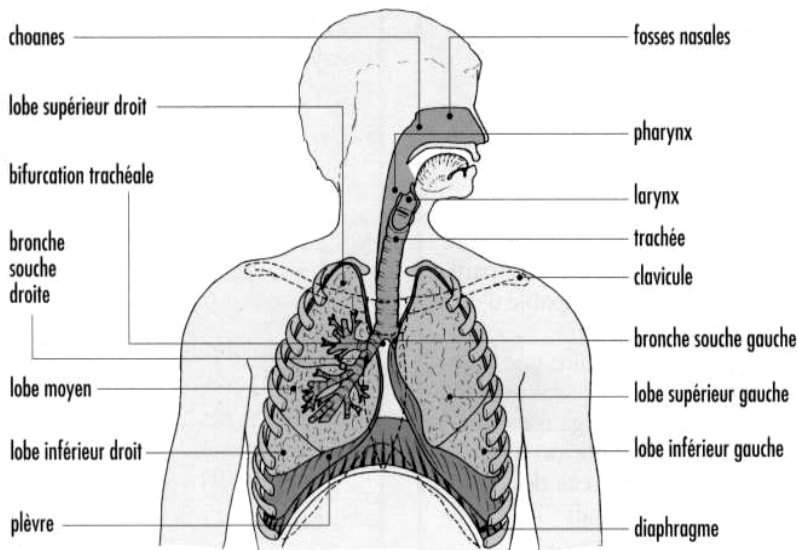
→ Les *parois latérales* des cavités nasales possèdent 3 *lames osseuses recourbées* et recouvertes de la **muqueuse nasale** : le **cornet nasal supérieur**, le **cornet nasal moyen** et le **cornet nasal inférieur**.

- ρ Chaque cornet délimite un sillon → le **méat**.

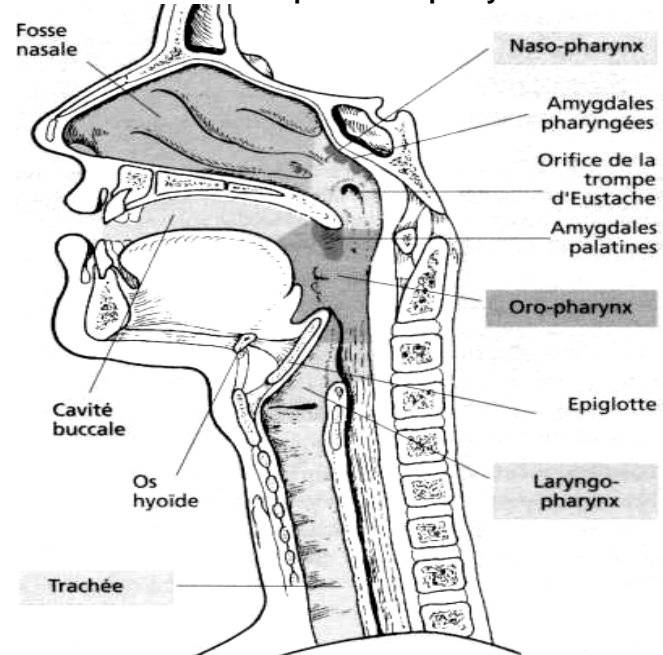
PHYSIOLOGIE HUMAINE

→ Les **vibrisses** (= poils) situés au niveau des *narines* **filtrent** les **grosses particules** (= fibres, poussières, pollen) en suspension dans l'air inspiré.

Schéma de l'appareil respiratoire



Différentes parties du pharynx



→ La **muqueuse nasale** présente 2 régions :

- ρ La **région olfactive** (= région supérieure des cavités nasales) :
 - contient les **récepteurs olfactifs**.
- ρ La **muqueuse respiratoire** (= le reste de la muqueuse nasale) :
 - contient des **glandes muqueuses** :
 - sécrétion de *mucus* ⇒ *piégeage* des *microorganismes*, de la *poussière* et des *débris*.
 - contient des **cellules ciliées** :
 - *création d'un courant d'air* ⇒ *acheminement* du *mucus contaminé* vers la *gorge* (= oropharynx) ⇒ *avalement*, puis *digestion* de ce *mucus* par les *sucs gastriques*.

2. SINUS PARANASaux

→ Les fosses nasales sont entourées de *cavités* → les **sinus paranasaux**, creusés dans les *os frontal*, *sphénoïde*, *ethmoïde* et *maxillaire*.

→ Fonctions des sinus paranasaux :

- ρ **allègement** de la *tête*;
- ρ **réchauffement** et **humidification** de l'*air* (= en association avec les fosses nasales);
- ρ **production** aussi d'un **mucus** → cavités nasales.

B. PHARYNX

→ Le **pharynx** (= **gorge**) relie les *cavités nasales* et *buccale* au *larynx* et à l'*œsophage* ⇒ passage de l'*air* (→ *larynx*) et des *aliments* (→ *œsophage*).

→ Il se divise en 3 parties :

- ρ le **nasopharynx** (= **rhinopharynx** : partie nasale du pharynx),
- ρ l'**oropharynx** (= partie buccale du pharynx),
- ρ le **laryngopharynx** (= partie laryngée du pharynx).

1. NASOPHARYNX

→ Il est situé à l'*arrière* des *fosses nasales*, au-dessus de la cavité buccale ⇒ *ne reçoit que de l'air*.

→ Il communique avec les fosses *nasales* par l'intermédiaire des **choanes**.

- ρ Les *cellules ciliées* de son *épithélium* ⇒ *propulsion* du *mucus* amorcée par la muqueuse nasale.
- ρ La partie supérieure de sa paroi contient les **tonsilles pharyngiennes** (= **végétations adénoïdes**) ⇒ *piégeage* et *destruction* des *agents pathogènes de l'air* (cf. le système lymphatique).

→ Durant la **déglutition**, le *palais mou* ↑ et la *luette* (= uvule palatine) ↑ ⇒ *fermeture* du *nasopharynx* ⇒ les *aliments* ne peuvent pas atteindre la cavité nasale.

→ Les **trompes d'Eustache** (= trompes auditives)

Rôles : *équilibrage* de la *pression de l'air* dans l'**oreille moyenne** avec la *pression de l'air* dans le **milieu extérieur**.

ρ s'ouvrent dans les parois latérales du nasopharynx.

2. OROPHARYNX

→ Il est situé à l'*arrière de la cavité orale*;

ρ communique avec elle par une ouverture → le **gosier**,

ρ s'étend du **palais mou à l'épiglotte** ;

→ au niveau de la cavité buccale ⇒ reçoit l'*air inspiré* et les *aliments avalés*.

→ Sa muqueuse contient **3 tonsilles** (= amygdales) :

ρ les **2 tonsilles palatines**,

ρ la **tonsille linguale**.

⇒ *piégeage* et *destruction* des *agents pathogènes de l'air* et d'*origine alimentaire* (cf. le système lymphatique).

3. LARYNGOPHARYNX

→ Il est situé *au-dessous de l'oropharynx*;

⇒ reçoit comme l'oropharynx l'*air inspiré* et les *aliments avalés*.

ρ s'étend de l'**épiglotte au larynx**.

ρ À ce niveau → *divergence* des *voies respiratoires* et des *voies digestives* : le laryngopharynx s'unit à la fois au **larynx** et à l'**œsophage**.

ρ Au cours de la **déglutition** ⇒ *priorité* des *aliments* ⇒ *interruption temporaire* du *passage de l'air*.

C. LARYNX

1. ANATOMIE

→ S'étend de la 4^{ème} à la 6^{ème} *vertèbre cervicale*.

ρ dans sa *partie supérieure*, relié à l'**os hyoïde** → s'ouvre dans le *laryngopharynx*,

ρ dans sa *partie inférieure* → communique avec la *trachée*.

→ Fonctions du larynx :

(1) **Conduction de l'air dans la trachée.**

(2) **Aiguillage des aliments dans l'œsophage.**

(3) **Phonation** (= présence des **cordes vocales**).

→ La charpente du larynx est composée de **9 cartilages** (= reliés par des membranes et des ligaments) :

ρ le **cartilage thyroïde** (= le plus grand → en fait, 2 *lames de cartilage* dont la fusion médiane constitue la **proéminence laryngée** ou **pomme d'Adam** : plus développée chez l'homme),

ρ le **cartilage cricoïde** (= en forme d'anneau),

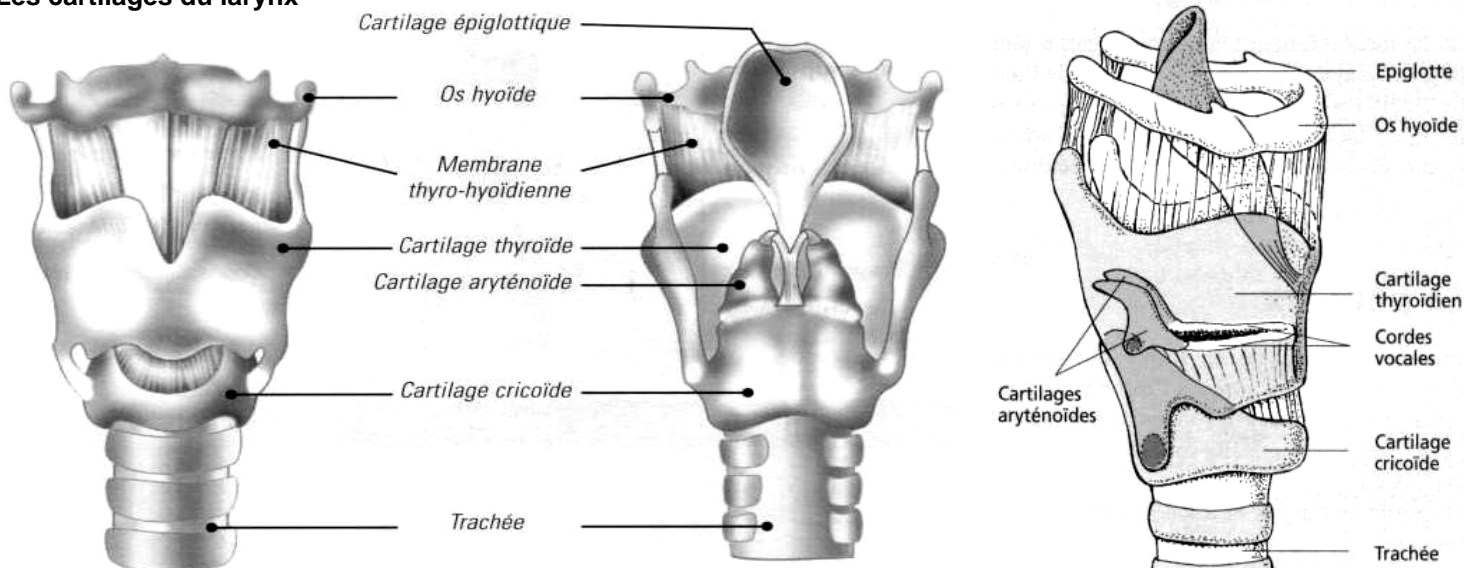
ρ la paire de **cartilages aryténoïdes**,

ρ la paire de **cartilages cunéiformes**,

ρ la paire de **cartilages corniculés**,

ρ l'**épiglotte** (= cartilage élastique → partie supérieure située à l'arrière de la langue → sa tige est attachée à la face antérieure du cartilage thyroïde).

Les cartilages du larynx



→ Fonctionnement de l'épiglotte :

ρ **Durant l'inspiration** :

⇒ *ouverture* de l'*entrée du larynx*,

⇒ *soulèvement de l'épiglotte.*

ρ **Durant la déglutition :**

⇒ *soulèvement du larynx,*

⇒ *abaissement de l'épiglotte,*

⇒ *fermeture du larynx,*

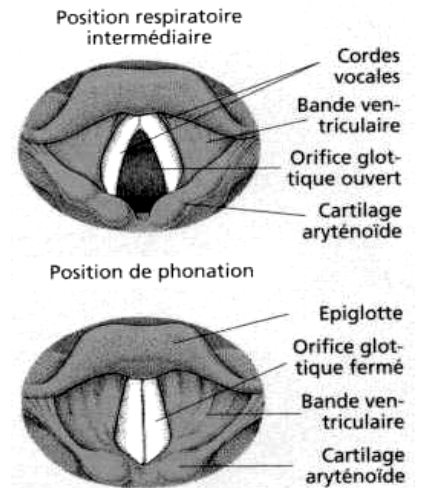
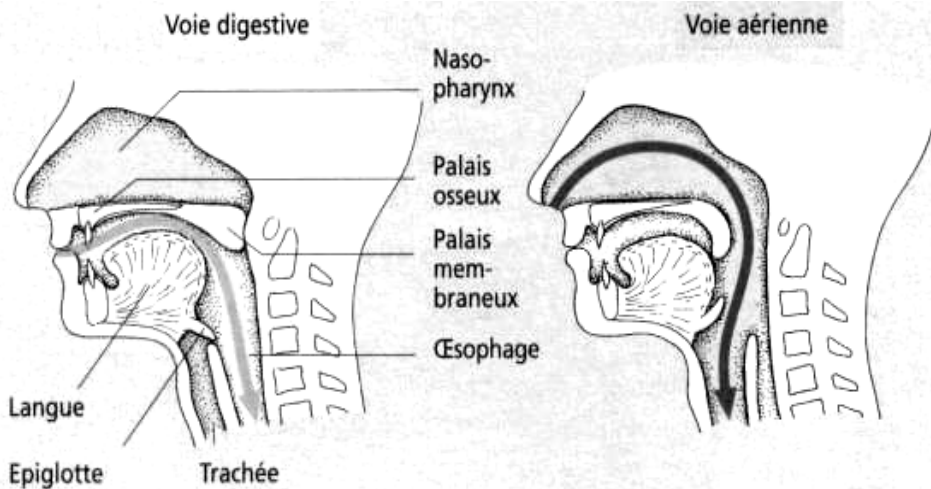
⇒ *aiguillage des aliments et des liquides dans l'œsophage.*

ρ **En cas de pénétration d'une substance autre que l'air dans le larynx** ⇒ *réflexe de toux (= réflexe tussigène)*

⇒ *expulsion de la substance.*

Carrefour des voies aérodigestives au niveau du pharynx

Orifice glottique en position ouverte et fermée



→ Présence des **ligaments vocaux** ⇒ liaison des *cartilages aryténoïdes* au *cartilage thyroïde*.

ρ soutiennent 2 *replis muqueux horizontaux* = les **cordes vocales**.

ρ Les **cordes vocales** *vibrent* et *émettent des sons* sous l'impulsion de l'*air provenant des poumons*.

ρ L'ouverture où passe l'air entre les cordes vocales est appelée **glotte**.

→ Les *cellules ciliées* (= présentes en dessous des cordes vocales) ⇒ *repoussent le mucus en direction opposée des poumons* (= sens opposé à la poussée des cils du nasopharynx).

2. PHONATION

→ C'est l'*expulsion intermittente d'air* accompagnée de l'*ouverture* et de la *fermeture* de la *glotte*.

ρ Les **variations de la longueur** et de la **tension des cordes vocales** ⇒ la **hauteur des sons** :

○ Plus les *cordes vocales* sont *tendues* (= *glotte faiblement ouverte*)

⇒ plus leurs *vibrations* sont *rapides*,

⇒ plus le **son** est **aigu**.

○ Plus la *glotte* est *largement ouverte* ⇒ plus le **son** est **grave**.

ρ La **force** avec laquelle l'*air est expulsé* ⇒ le **volume de la voix** :

○ Plus cette *force* est *grande* ⇒ plus les *vibrations* des cordes vocales sont *importantes* ⇒ plus le **son** est **intense**.

D. TRACHÉE

→ S'étend du *larynx* jusqu'au *médiastin* :

ρ Se termine au *milieu du thorax* → donne naissance aux 2 *bronches principales* (= bronches souches).

ρ Est *mobile* et très *flexible*.

→ L'*épithélium* de sa *muqueuse* est constitué de cellules recouvertes de **cils** ⇒ **propulsion continue** du **mucus chargé de poussières et de débris** en **direction du pharynx** ⇒ **protection des structures pulmonaires**.

→ La *périphérie* de la *trachée* est renforcée par **16 à 20 anneaux incomplets** de *cartilage hyalin* (= forme de fer à cheval).

E. ARBRE BRONCHIQUE

1. STRUCTURES DE LA ZONE DE CONDUCTION

→ Les **bronches principales droite et gauche** (= **bronches souches**) sont situées vers la *vertèbre T₅* :

ρ À l'*entrée dans les poumons*, elles se subdivisent en **bronches lobaires ou secondaires** (= 3 à droite et 2 à gauche ⇒ 1 pour chaque lobe pulmonaire).

ρ Les **bronches lobaires** donnent naissance aux **bronches segmentaires ou tertiaires**

⇒ émission de *bronches de plus en plus petites* : de 4^{ème} ordre, de 5^{ème} ordre, etc.

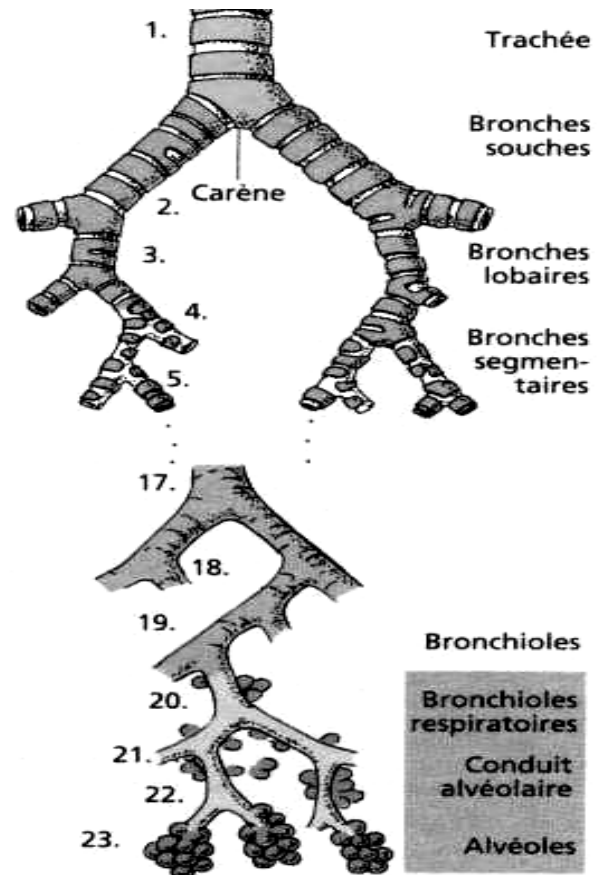
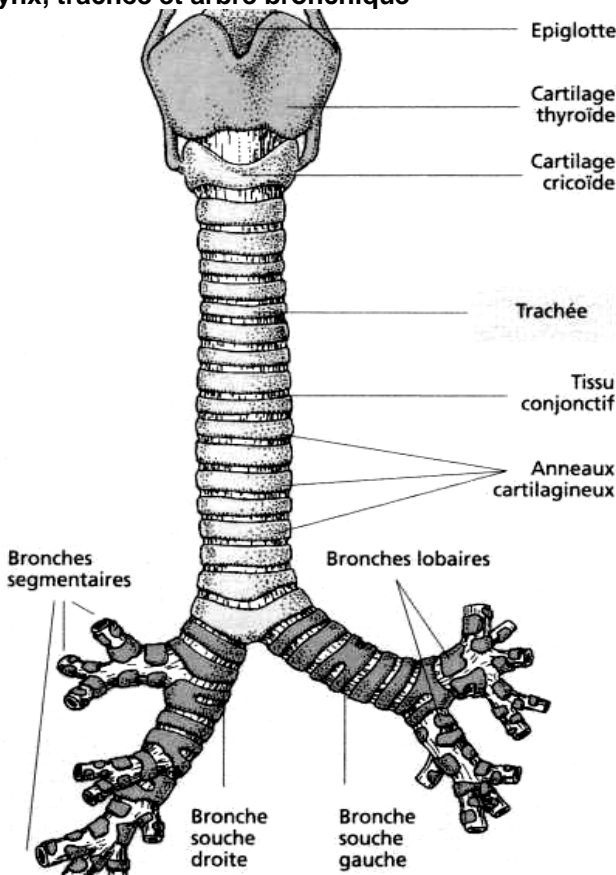
ρ Il existe **23 ordres** de *conduit aériens* dans les *poumons* ⇒ **arbre bronchique ou respiratoire**.

ρ Les **bronchioles** sont les *conduit aériens* de **diamètre < 1 mm**

PHYSIOLOGIE HUMAINE

- pénètrent dans les **lobules pulmonaires**,
- se subdivisent en **bronchioles terminales** (*diamètre < 0,5 mm*).

Larynx, trachée et arbre bronchique



➔ Les *parois des bronches se modifient au cours des ramifications* (= lors du passage d'un ordre de degré supérieur à un ordre de degré inférieur) :

(1) Modification du cartilage de soutien :

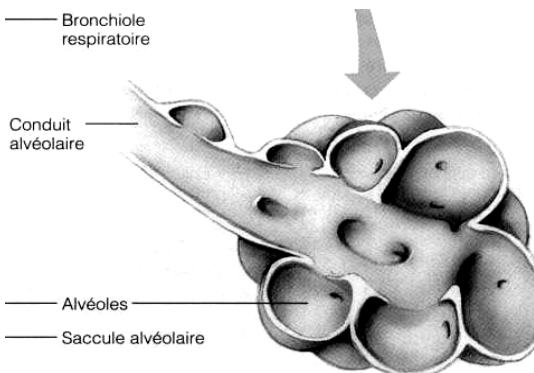
- Les anneaux cartilagineux sont remplacés progressivement par des *plaques irrégulières de cartilage*.

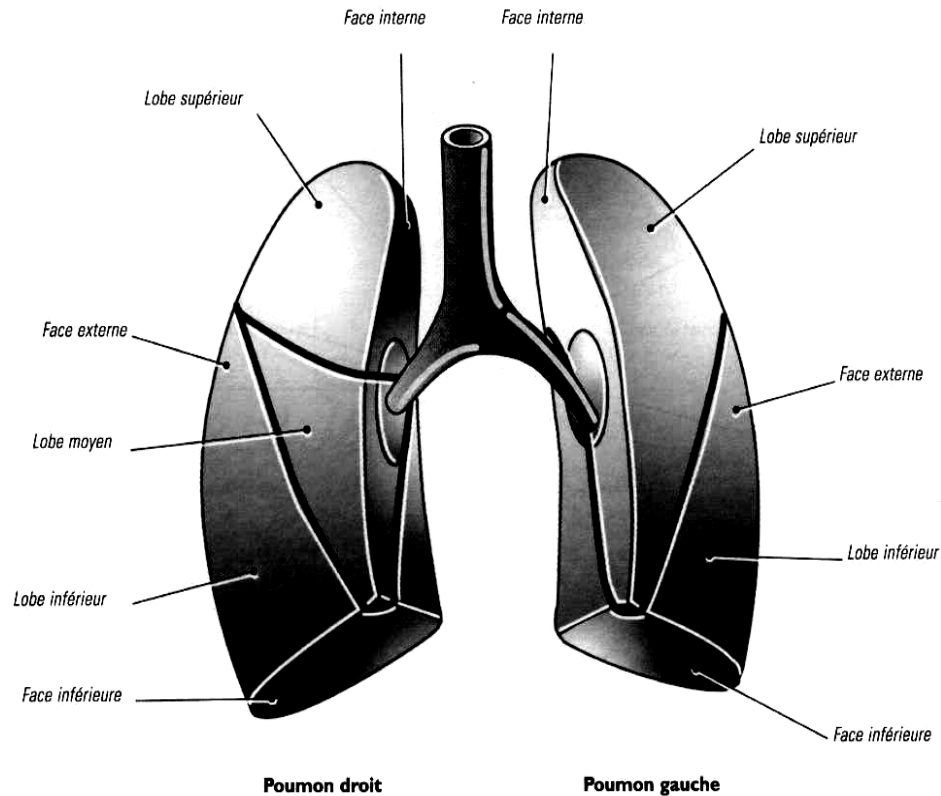
(2) Accroissement de la proportion du muscle lisse :

- Plus le *diamètre des bronches* ↓ ⇒ plus la *proportion relative des muscles lisses* dans les parois ↑ ⇒ les **bronchioles** sont entièrement *entourées de muscle lisse circulaire*.

Lobes pulmonaires

Zone respiratoire (sacculé alvéolaire)





2. STRUCTURES DE LA ZONE RESPIRATOIRE

→ La **zone respiratoire** commence à l'endroit où les *bronchioles terminales* se jettent dans les **bronchioles respiratoires** :

- ρ *bronchioles les plus fines*;
- ρ se prolongent par les **conduits alvéolaires**;
- ρ leurs parois sont constituées d'*anneaux de muscle lisse*, de *fibres élastiques* et de *fibres collagènes* ainsi que d'**alvéoles pulmonaires isolées** (= font saillie).
- ρ ces conduits se terminent par des **grappes d'alvéoles pulmonaires** → les **sacculés alvéolaires**;
- ρ chaque **sacculé** est composé de *plusieurs alvéoles pulmonaires*.
- ρ chaque *alvéole pulmonaire* est le **siège des échanges gazeux**.

a) Membrane alvéolo-capillaire

→ Les *parois des alvéoles pulmonaires* sont composées d'une couche unique de cellules appelées **épithéliocytes respiratoires** ou **pneumocytes de type I**.

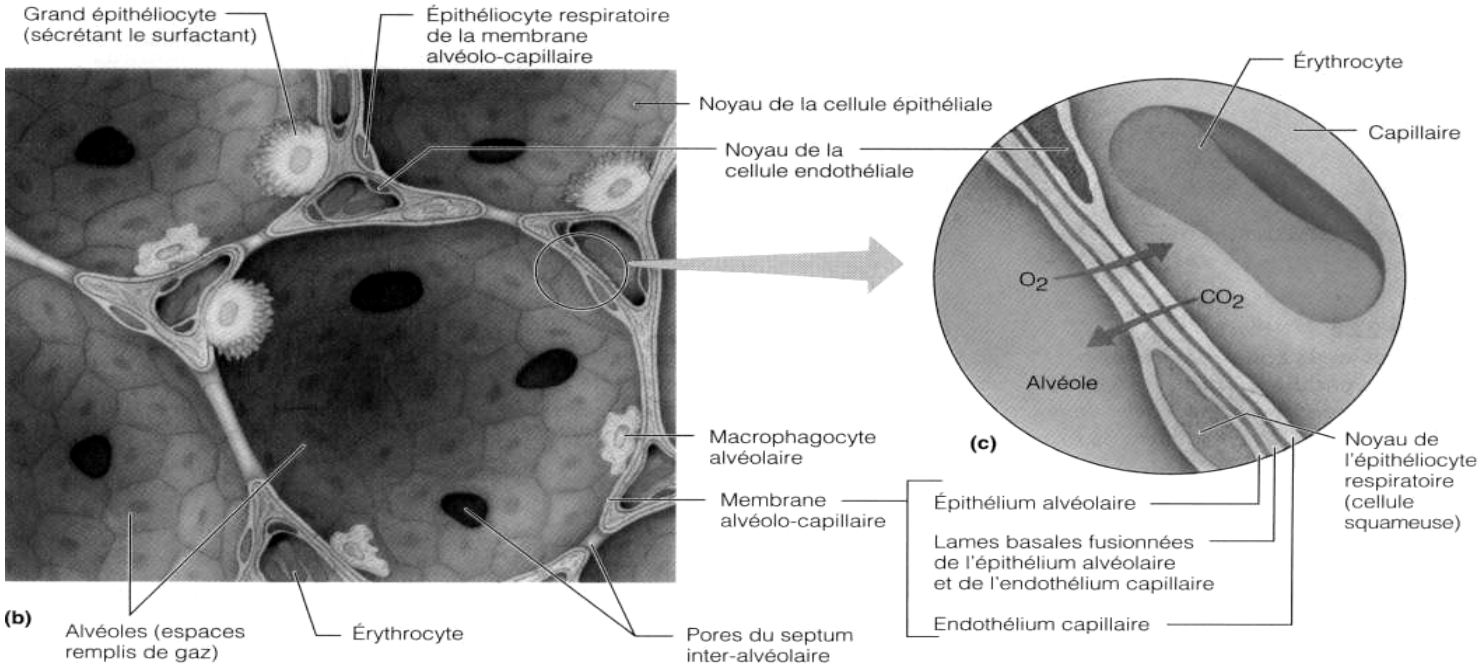
- ρ Une *trame dense de capillaires pulmonaires* recouvre les *alvéoles*.
- ρ Les *parois des alvéoles et des capillaires associées* forment la **membrane alvéolo-capillaire** → c'est la **barrière air-sang**.
- ρ Les *échanges gazeux* se produisent par *diffusion simple* à travers la *membrane alvéolo-capillaire* :
 - l'**O₂** passe des **alvéoles au sang**,
 - le **CO₂** diffuse du **sang aux alvéoles**.

→ Les autres types cellulaires présents dans le *parenchyme pulmonaire* sont :

- ρ Les **grands épithéliocytes** ou **pneumocytes de type II**.
 - disséminés entre les *épithéliocytes respiratoires*;
 - rôle : sécrétion d'un **surfactant liquide** tapissant la *surface interne de l'alvéole exposée à l'air alvéolaire* ⇒ **↑ l'efficacité des échanges gazeux**.
- ρ Les **macrophages alvéolaires**.
 - proviennent des *capillaires sanguins*;
 - rôle : sont des **phagocytes** très efficaces appelés **cellules à poussière** ⇒ les *surfaces alvéolaires* sont **stériles**.

Membrane alvéolo-capillaire

PHYSIOLOGIE HUMAINE



F. POUMONS ET PLÈVRE

1. ANATOMIE MACROSCOPIQUE

- Les **2 poumons** occupent la partie du thorax laissée libre par le médiastin (= espace abritant le cœur, les gros vaisseaux sanguins, les bronches, l'œsophage, etc.).
- Les *poumons* reposent sur le **diaphragme** (= muscle squelettique).
- Le **hile** des *poumons* correspond à une dépression (= sur la face interne des 2 poumons) où pénètrent :
 - ρ les **vaisseaux sanguins** :
 - de la **circulation pulmonaire**,
 - de la **circulation systémique**;
 - ρ des *vaisseaux lymphatiques*;
 - ρ des *nerfs*;
 - ρ les *bronches principales* (= *bronches souches*) : = les bronches des ordres inférieurs sont enfouies dans la masse des poumons.
- Du fait de la *position du cœur* (= *incliné vers la gauche*) ⇒ les 2 *poumons* ont :
 - une *forme un peu différente* : la *face interne du poumon gauche* est creusée d'une **concavité** correspondant à la forme du **cœur** (= **incisure cardiaque du poumon gauche**).
 - des *dimensions un peu différentes* : le **poumon gauche** est *plus petit, en largeur*, que le droit.
- Les 2 *poumons* présentent un **nombre de lobes différent** :
 - ρ Le **poumon gauche** est divisé en **2 lobes** (= **supérieur** et **inférieur**) par une *scissure oblique*.
 - ρ Le **poumon droit** est divisé en **3 lobes** (= **supérieur, moyen** et **inférieur**) par une *scissure oblique* et une *scissure horizontale*.
- Les *lobes pulmonaires* se subdivisent eux-mêmes en **segments pulmonaires** possédant chacun leur *artère*, leur *veine* et leur *bronche segmentaire* propres :
 - ρ **10 segments** dans le **poumon droit**,
 - ρ **8 segments** dans le **poumon gauche**.
- La *plus petite subdivision* du poumon est le **lobule pulmonaire** : *chaque lobule* est approvisionné par une **bronchiole terminale** de gros calibre et ses *ramifications*.

2. VASCULARISATION ET INNERVATION DES POUMONS

- Il existe **2 types** de **circulation sanguine** dans les **poumons** qui ont des **fonctions différentes** :

(1) Circulation pulmonaire :

- ρ Elle correspond à la **circulation fonctionnelle des poumons** (= liée à la *fonction des poumons*).
- ρ Le **sang pauvre en O_2 et riche en CO_2** (= sang "*veineux*" → du point de vue de la circulation systémique) est transporté par les **2 artères pulmonaires** :
 - cheminent *parallèlement aux bronches principales*;
 - à l'*intérieur des poumons*, se ramifient pour donner naissance aux **réseaux capillaires pulmonaires**.

PHYSIOLOGIE HUMAINE

- ρ Le **sang riche en O₂ et pauvre en CO₂** (= sang "artériel" → du point de vue de la circulation systémique) est ramené au cœur par les **4 veines pulmonaires**.

(2) Circulation bronchique :

- ρ Elle correspond à la **circulation nutritionnelle des poumons** (= apport d'O₂ aux cellules pulmonaires et élimination du CO₂ provenant du métabolisme de ces cellules).
 - ρ Les **artères bronchiques** acheminent le **sang riche en O₂ et pauvre en CO₂** en provenance de la circulation systémique aux **tissus pulmonaires**.
 - sortent de l'aorte et entrent dans les poumons au niveau du hile;
 - présentent un volume sanguin **bas** et une pression sanguine **élevée** (vs dans les artères pulmonaires).
 - ρ Les petites **veines bronchiques** drainent le **sang pauvre en O₂ et riche en CO₂ hors des poumons** (→ **circulation systémique**).
- Les poumons sont innervés par :
- ρ Des **neurofibres parasymphatiques** (= principalement) ⇒ **constriction** des conduits aériens.
 - ρ Des **neurofibres sympathiques** (= minoritairement) ⇒ **dilatation** des conduits aériens.

3. PLÈVRE

- C'est une **séreuse** composée de **2 feuillets** :
- ρ La **plèvre pariétale** tapisse la **paroi thoracique**.
 - ρ La **plèvre viscérale** adhère à la **surface externe des poumons**.
- Les **2 plèvres** délimitent une **mince cavité** → la **cavité pleurale**.
- ρ Contient le **liquide pleural** qui est **produit par les feuillets de la plèvre**.
 - ρ Rôles :
 - **réduction de la friction des poumons contre la paroi thoracique** pendant la respiration.
 - **prévention de la séparation des 2 feuillets pleuraux** : les feuillets de la plèvre glissent l'un contre l'autre, mais la **tension superficielle** du liquide pleural résiste fortement à leur séparation ⇒ adhésion forte de chaque poumon à la paroi thoracique : il se dilate et se rétracte suivant les **variations du volume** de la cage thoracique (→ ↑ durant l'inspiration et ↓ durant l'expiration).

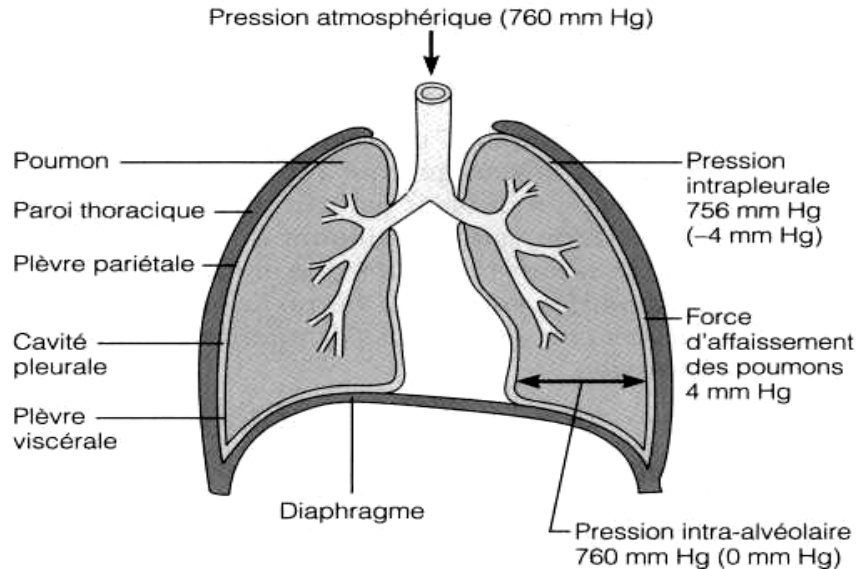
II. MÉCANIQUE DE LA RESPIRATION

- La **ventilation pulmonaire** ou **respiration** comprend **2 phases** :
- ρ L'**inspiration** durant laquelle l'**air entre dans les poumons**,
 - ρ L'**expiration** durant laquelle les **gaz sortent des poumons**.

A. PRESSION DANS LA CAVITÉ THORACIQUE

- Les **pressions respiratoires** sont exprimées par rapport à la **pression atmosphérique**.
- ρ La **pression atmosphérique** est la **pression exercée par l'air entourant l'organisme**.
 - ρ **Au niveau de la mer**, la **pression atmosphérique = 760 mm Hg** (= pression exercée par une colonne de mercure de 760 mm de hauteur).
 - ρ Conséquences :
 - **pression respiratoire de - 4 mm Hg** (→ **valeur relative** vis à vis de la pression atmosphérique) ⇒ < de **4 mm Hg** à la **pression atmosphérique** ⇒ correspond à $(760 - 4) \text{ mm Hg} = 756 \text{ mm Hg}$ (→ **valeur absolue** ou **réelle**).
 - **pression respiratoire > 0** ⇒ > à la **pression atmosphérique** ⇒ > **760 mm Hg**.

Pression intra-alvéolaire et pression intrapleurale



1. PRESSION INTRA ALVÉOLAIRE

→ La **pression intra-alvéolaire** ou **pression intra-pulmonaire** :

- ρ c'est la pression qui existe à l'**intérieur des alvéoles**;
- ρ monte et descend suivant les 2 phases de la respiration;
- ρ revient toujours à une valeur = **pression atmosphérique** (= 760 mm Hg en v. absolue, = 0 mm Hg en v. relative).

2. PRESSION INTRA PLEURALE

→ La **pression intra-pleurale** :

- ρ c'est la pression qui existe à l'**intérieur de la cavité pleurale**;
- ρ fluctue aussi en fonction des 2 phases de la respiration;
- ρ toujours < à la **pression intra-alvéolaire** d' ≈ 4 mm Hg \Rightarrow **pression intrapleurale = 756 mm Hg** (= - 4 mm Hg en valeur relative).

→ La **pression trans-pulmonaire** réalise la force nécessaire au **maintien des poumons contre la paroi thoracique**.

$$\text{Pression trans-pulmonaire} = \text{pression intra-pulmonaire} - \text{pression intrapleurale} = P_{\text{alv}} - P_{\text{ip}}$$

B. VENTILATION PULMONAIRE : INSPIRATION ET EXPIRATION

→ La **ventilation pulmonaire** ou **respiration** repose sur les **variations de volume se produisant dans la cavité thoracique**.

ρ Principe :

- variations de volume $\Delta V \Rightarrow$ variations de pression ΔP ,
- variations de pression $\Delta P \Rightarrow$ écoulement des gaz,
- l'**écoulement des gaz se fait de façon à égaliser la pression** :

$$\Delta V \Rightarrow \Delta P \Rightarrow E \text{ (= écoulement des gaz)}$$

→ La relation entre la **pression P** et le **volume des gaz V** s'exprime par la **loi des gaz parfaits** (= loi de Mariotte) :

À température T constante : $P_1 V_1 = P_2 V_2$ avec P = pression du gaz (= mm Hg),
 V = volume du gaz (= mm³), les indices 1 et 2 = les conditions initiales et finales, respectivement.

Plus volume V est \uparrow \Rightarrow plus les **molécules de gaz** sont éloignées les unes des autres,
 \Rightarrow plus pression P est \downarrow .

Plus volume V est \downarrow \Rightarrow plus les **molécules de gaz** sont comprimées,
 \Rightarrow plus pression P est \uparrow .

1. INSPIRATION

→ L'**inspiration calme normale** se fait sous l'action des **muscles inspiratoires** : le **diaphragme** et les **muscles intercostaux externes**.

→ Mécanisme de l'inspiration calme :

a) Action du diaphragme

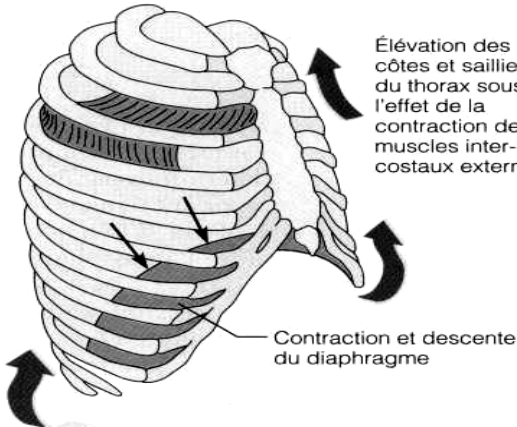
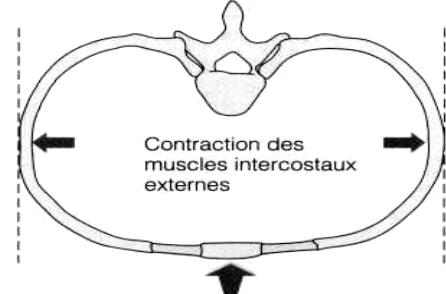
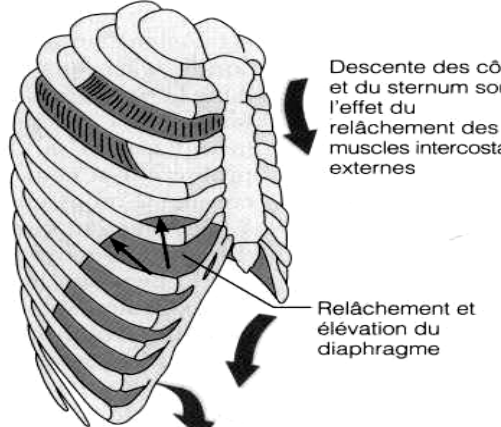
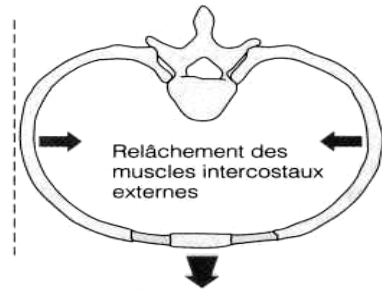
→ La **contraction** du **diaphragme** \Rightarrow son **abaissement** et son **aplatissement** $\Rightarrow \uparrow$ de la **hauteur** de la **cavité thoracique**.

b) Action des muscles intercostaux

→ La **contraction** des **muscles intercostaux externes** \Rightarrow **élévation de la cage thoracique** \Rightarrow poussée **vers l'avant** du **sternum** $\Rightarrow \uparrow$ du **diamètre** du **thorax**

→ L' \uparrow du **volume** de la **cavité du thorax** (= lors d'une inspiration calme normale) \approx **500 mL** = volume d'air entrant dans les **poumons** au cours d'une **inspiration normale**.

Variations du volume thoracique entraînant l'écoulement des gaz

	Chaînes des événements	Variations de la profondeur et de la hauteur	Variations de la largeur
Inspiration	<ol style="list-style-type: none"> 1 Contraction des muscles inspiratoires (descente du diaphragme ; élévation de la cage thoracique) 2 Augmentation du volume de la cavité thoracique 3 Dilatation des poumons ; augmentation du volume intra-alvéolaire 4 Diminution de la pression intra-alvéolaire (-1 mm Hg) 5 Écoulement des gaz dans les poumons dans le sens du gradient de pression jusqu'à l'atteinte d'une pression intra-alvéolaire de 0 (égale à la pression atmosphérique) 	 <p>Élévation des côtes et saillie du thorax sous l'effet de la contraction des muscles intercostaux externes</p> <p>Contraction et descente du diaphragme</p>	 <p>Contraction des muscles intercostaux externes</p>
Expiration	<ol style="list-style-type: none"> 1 Relâchement des muscles inspiratoires (élévation du diaphragme ; descente de la cage thoracique due à la gravité) 2 Diminution du volume de la cage thoracique 3 Rétraction passive des poumons ; diminution du volume intra-alvéolaire 4 Augmentation de la pression intra-alvéolaire (+1 mm Hg) 5 Écoulement des gaz hors des poumons dans le sens du gradient de pression jusqu'à l'atteinte d'une pression intra-alvéolaire de 0 	 <p>Descente des côtes et du sternum sous l'effet du relâchement des muscles intercostaux externes</p> <p>Relâchement et élévation du diaphragme</p>	 <p>Relâchement des muscles intercostaux externes</p>

- Les **inspirations profondes** ou **forcées** : dues à l'exercice intense ou à certaines *pneumopathies obstructives*,
 - ⇒ activation des **muscles accessoires de la respiration** (= les *scalènes*, les *sterno-cléïdo-mastoïdiens* et le *petit pectoral*),
 - ⇒ **élévation accrue** des côtes (= comparée à l'inspiration calme),
 - ⇒ ↑ de la **capacité du thorax**.

2. EXPIRATION

- L'**expiration** ou **exhalation normale calme** est un **mécanisme passif** reposant principalement, sur l'**élasticité naturelle des poumons**,
- L'**expiration forcée** est un **mécanisme actif** provoquée par la **contraction** des **muscles de la paroi abdominale** (= obliques externe et interne de l'abdomen, transverse de l'abdomen).
 Cette contraction ⇒ ↑ la **pression intra-abdominale**,
 ⇒ *poussée des organes abdominaux contre le diaphragme*,
 ⇒ *abaissement de la cage thoracique*.

C. INFLUENCE DE LA TENSION SUPERFICIELLE SUR LA VENTILATION PULMONAIRE

- La **tension superficielle** est un état qui se crée à la surface entre un gaz et un liquide
 - ⇒ attire davantage les *molécules du liquide les unes vers les autres*,
 - ⇒ résiste à toute force qui ↑ l'aire de la surface de séparation gaz-liquide.
- H₂O est le **principal composant** du liquide qui recouvre les parois internes des alvéoles :
 - ρ présente une très **forte tension superficielle**;
 - ρ ramène constamment les alvéoles à leurs plus petites dimensions possibles;

PHYSIOLOGIE HUMAINE

ρ si le liquide ne contenait que de l'H₂O pure ⇒ affaissement des alvéoles entre les respirations.

→ Présence de **surfactant** dans la *pellicule de liquide alvéolaire* :

ρ *complexe de lipides et de protéines* (= 90% phospholipides, 10% glycoprotéines);

ρ production par les *grands épithéliocytes*;

→ Mode d'action du **surfactant** :

ρ se dépose sur les cellules alvéolaires;

ρ forme une monocouche de molécules orientées comme les molécules de phospholipides dans une membrane plasmique;

ρ *même type d'action que celui d'un **détergent*** ⇒ *réduit la cohésion des molécules d'H₂O entre elles*, ⇒ ↓ de la **tension superficielle** du *liquide alvéolaire*, ⇒ *moins d'énergie nécessaire pour dilater les poumons* ⇒ **prévention de l'affaissement des alvéoles**.

D. VOLUMES RESPIRATOIRES ET ÉPREUVES FONCTIONNELLES RESPIRATOIRES

1. VOLUMES ET CAPACITÉS RESPIRATOIRES

→ Le **spiromètre** est un appareil qui permet de mesurer les différents **volumes respiratoires**.

→ Les *combinaisons* (= les sommes) des *volumes respiratoires* sont appelées **capacités respiratoires** : sont l'image de l'*état respiratoire* d'un individu.

a) Volumes respiratoires

(i) Volume courant (**VC**)

→ C'est le *volume d'air* qui *entre* et qui *sort des poumons à chaque respiration*, dans une situation de *repos*.

ρ **VC ≈ 500 mL d'air**.

(ii) Volume de réserve inspiratoire (**VRI**)

→ C'est le *volume d'air* qui peut être **en plus inspiré** avec un **effort**, après une inspiration courante.

ρ **VRI ≈ 2100 à 3200 mL d'air**.

(iii) Volume de réserve expiratoire (**VRE**)

→ C'est le *volume d'air* qui peut être **expiré** avec un **effort** après une expiration courante ⇒ *ne peut être expiré que grâce à une expiration forcée*.

ρ **VRE ≈ 1000 à 1200 mL d'air**.

(iv) Volume résiduel (**VR**)

→ C'est le *volume d'air **restant*** dans les poumons *après une expiration forcée* ⇒ *ne peut être évacué même lors d'une expiration forcée*.

ρ **VR ≈ 1200 mL d'air**.

ρ contribue à *maintenir les alvéoles ouvertes* ⇒ *prévention de l'affaissement des poumons*.

b) Capacités respiratoires

(i) Capacité inspiratoire (**CI = VC + VRI**)

→ C'est la *quantité totale* (= maximale) *d'air* pouvant être *inspirée après une expiration courante* (= normale).

ρ **CI ≈ 3600 mL**.

(ii) Capacité résiduelle fonctionnelle (**CRF = VRE + VR**)

→ C'est la *quantité d'air restant dans les poumons* après une *expiration courante*.

ρ **CRF ≈ 2400 mL**.

(iii) Capacité vitale (**CV = VC + VRI + VRE**)

→ C'est la *quantité totale d'air échangeable* ⇒ *quantité maximale d'air* pouvant être *expirée* après un *effort inspiratoire maximal*.

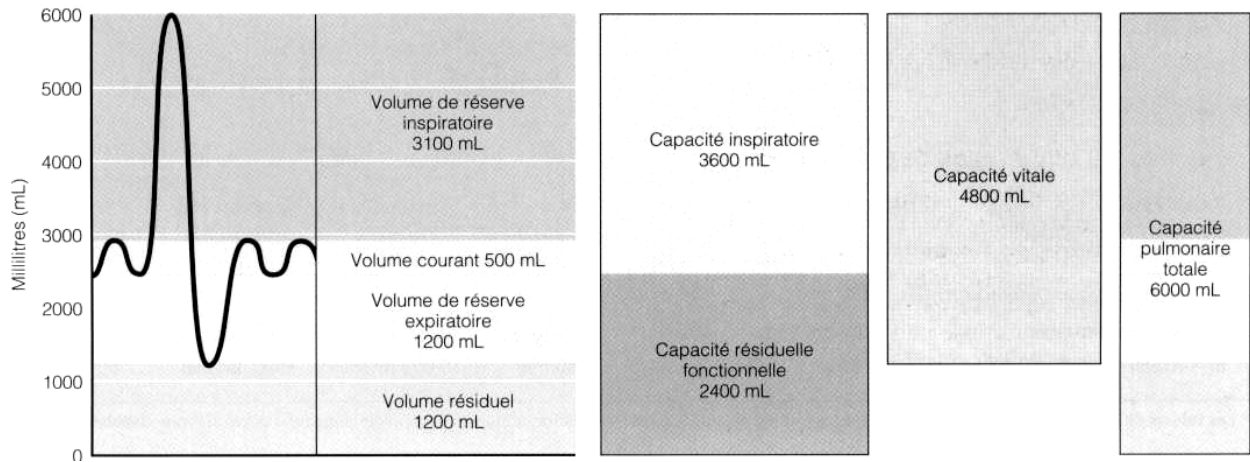
ρ **CV ≈ 4800 mL**.

ρ **CV ≈ 80% x CPT**.

(iv) Capacité pulmonaire totale (**CPT = VC + VRI + VRE + VR**)

→ C'est la *quantité maximale d'air* contenue dans les *poumons* après un *effort inspiratoire maximal* : **CPT ≈ 6000 mL**.

PHYSIOLOGIE HUMAINE



2. ESPACE MORT ANATOMIQUE

→ C'est la *partie du volume courant d'air VC* qui remplit les conduits de la zone de conduction (= les bronches) et qui ne participe jamais aux échanges gazeux dans les alvéoles (= situation normale).

Volume mort anatomique ≈ 150 mL d'air \Rightarrow $(VC - \text{volume mort anatomique}) \approx (500 \text{ mL} - 150 \text{ mL}) \approx 350 \text{ mL}$ d'air seulement *participent à la ventilation alvéolaire.*

3. VENTILATION ALVÉOLAIRE (VA) : FRÉQUENCE X (VC - VOLUME MORT)

→ La **ventilation alvéolaire (= VA)** est plus précise que la *ventilation -minute* dans l'évaluation de l'*efficacité respiratoire* :

- ρ C'est la **fraction du volume d'air inspiré qui participe aux échanges gazeux.**
- ρ Prend en compte le *volume d'air inutilisé dans les espaces morts.*
- ρ Indique la *concentration de gaz frais dans les alvéoles* à un moment donné.

Équation de la VA : **$VA = \text{fréquence respiratoire} \times (VC - \text{volume de l'espace mort})$**

(mL/mn) (respirations/mn) (mL/respiration)

ρ Chez les **sujets en bonne santé** : $VA = 12 \text{ respirations/mn} \times (500 - 150) \text{ mL/respiration} = 4200 \text{ mL/mn}$.

→ L'↑ du **volume de chaque inspiration (= VC)** est **plus efficace** que l'↑ de la *fréquence respiratoire* pour l'**amélioration de la ventilation alvéolaire** et de l'**échange gazeux** car l'*espace mort anatomique* est *constant* chez un *sujet donné*.

- ρ Quand la *respiration* est *rapide et superficielle* \Rightarrow ↓ forte de la **ventilation alvéolaire** car la *majeure partie de l'air inspiré n'atteint jamais les alvéoles pulmonaires.*
- ρ Plus le **VC** ↓ \Rightarrow plus la **ventilation réelle tend vers 0**, quelle que soit la rapidité de la respiration.

Sujet	Volume courant, ml/respiration	x	Fréquence, respirations/min	=	Ventilation minute, ml/min	Ventilation de l'espace mort anatomique, ml/min	Ventilation alvéolaire ml/min
A	150		40		6 000	$150 \times 40 = 6 000$	0
B	500		12		6 000	$150 \times 12 = 1 800$	4 200
C	1 000		6		6 000	$150 \times 6 = 900$	5 100

III. ÉCHANGES GAZEUX

A. PROPRIÉTÉS DES GAZ

1. PRESSIONS PARTIELLES (LOI DE DALTON)

→ Selon la **loi des pressions partielles de Dalton** :

- ρ **Pression totale** exercée par **un mélange de gaz = somme** des **pressions exercées** par chacun des **gaz constituants.**
- ρ **Pression partielle** d'un gaz donné (= pression exercée par le gaz considéré) \approx % du gaz dans le mélange.

→ $P_{atm} \approx 760 \text{ mm Hg}$ au niveau de la mer. L'air est un **mélange de plusieurs gaz** :

On a la relation suivante : **$\text{Pression partielle d'un gaz} = \% \text{ du gaz dans le mélange} \times P_{atm}$**

- ρ **Conséquence** :
 - pression partielle de l'**N₂** (= azote) $P_{N_2} \approx 78,6\% \times 760 \text{ mm Hg} \approx 597 \text{ mm Hg}$;
 - pression partielle de l'**O₂** (= oxygène) $P_{O_2} \approx 21\% \times 760 \text{ mm Hg} \approx 159 \text{ mm Hg}$;
 - celle du **CO₂** (= gaz carbonique) $P_{CO_2} \approx 0,04\% \times 760 \text{ mm Hg} \approx 0,3 \text{ mm Hg}$;
 - celle du **H₂O** (= vapeur d'eau) $P_{H_2O} \approx 0,46\% \times 760 \text{ mm Hg} \approx 3,7 \text{ mm Hg}$.

2. LOI DE HENRY

→ Selon cette loi :

- ρ Plus un gaz donné est **concentré dans le mélange gazeux** ⇒ **plus il se dissout en grande quantité dans le liquide.**
- ρ Au point d'équilibre, les pressions partielles d'un gaz sont les mêmes dans les 2 phases (= gazeuse et liquide).
- ρ Si pression partielle d'un gaz dans le liquide > celle du même gaz dans le mélange gazeux ⇒ une **partie des molécules de gaz dissoutes reviennent dans la phase gazeuse.**
- ρ Si pression partielle d'un gaz dans le liquide < celle du même gaz dans le mélange gazeux ⇒ des **molécules de gaz de la phase gazeuse se dissolvent dans la phase liquide.**

B. COMPOSITION DU GAZ ALVÉOLAIRE

→ Les **alvéoles** contiennent **plus** de CO_2 et de **vapeur d' H_2O** , et **moins d' O_2** que l'atmosphère. Ces **différences** s'expliquent par :

- (1) Les **échanges gazeux** se produisant dans les **poumons** :
 - diffusion de l' O_2 des alvéoles au sang pulmonaire,
 - diffusion de CO_2 du sang pulmonaire vers les alvéoles.
- (2) L'**humidification de l'air** qui s'effectue dans les zones de conduction ⇒ $\uparrow P_{\text{H}_2\text{O}}$.
- (3) Le **mélange des gaz alvéolaires** survenant à chaque respiration : entre le volume de gaz occupant l'espace mort anatomique et l'air qui entre dans les poumons.

C. ÉCHANGES GAZEUX ENTRE LE SANG, LES POUMONS ET LES TISSUS

→ On distingue 2 types de respiration :

- ρ **Respiration externe** :
 - dans les **poumons**, l' O_2 entre dans le sang et le CO_2 en sort.
- ρ **Respiration interne** :
 - au niveau des **tissus**, l' O_2 sort du sang pour pénétrer dans les cellules et le CO_2 entre dans le sang en provenance des mêmes cellules.

1. ÉCHANGES GAZEUX DANS LES POUMONS

→ Durant la **respiration externe** :

- ρ Le sang rouge **sombre** (= pauvre en O_2 et riche en CO_2) prend une **couleur écarlate** (= sang riche en O_2 et pauvre en CO_2) au moment des échanges gazeux. Ce changement de couleur est dû à la fixation d' O_2 à l'**hémoglobine** (= **Hb**) dans les **érythrocytes** (= **globules rouges GR** ou **hématies**).

→ Facteurs influençant le mouvement d' O_2 et de CO_2 à travers la membrane alvéolo-capillaire :

a) Gradients de pression partielle et solubilités des gaz

→ $P_{\text{O}_2} \approx 40 \text{ mm Hg}$ dans le sang désoxygéné des artères pulmonaires,
 $P_{\text{O}_2} \approx 104 \text{ mm Hg}$ dans les alvéoles,
 ⇒ le gradient de pression partielle est **élevé** (= 64 mm Hg),
 ⇒ diffusion **rapide** de l' O_2 des **alvéoles** au **sang des capillaires pulmonaires**,
 ⇒ établissement de l'équilibre à $P_{\text{O}_2} \approx 104 \text{ mm Hg}$ dans le **sang capillaire pulmonaire**.

→ $P_{\text{CO}_2} \approx 45 \text{ mm Hg}$ dans le sang désoxygéné des artères pulmonaires,
 $P_{\text{CO}_2} \approx 40 \text{ mm Hg}$ dans les alvéoles,
 ⇒ le gradient de pression partielle est **bas** (= 5 mm Hg),
 ⇒ diffusion du CO_2 du **sang des capillaires pulmonaires** aux **alvéoles**,
 ⇒ établissement de l'équilibre à $P_{\text{CO}_2} \approx 40 \text{ mm Hg}$ dans le sang capillaire pulmonaire.

→ CO_2 et O_2 sont échangés en **quantités égales** bien que le gradient de l' O_2 > gradient de CO_2 car la solubilité de l' O_2 ≈ **20 x plus petite** que la solubilité du CO_2 dans le plasma et dans le liquide alvéolaire.

b) Aire consacrée aux échanges gazeux

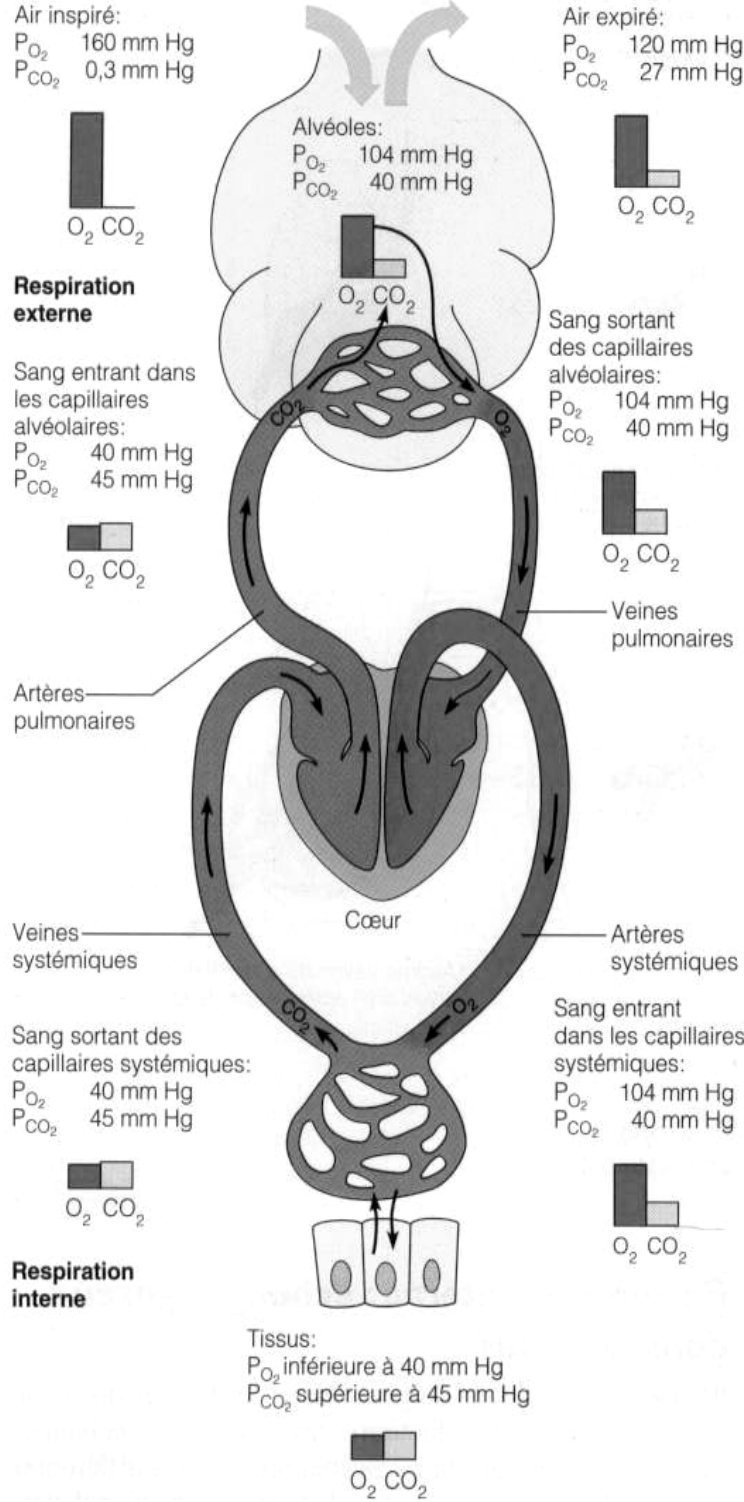
→ Plus l'aire de la membrane alvéolo-capillaire est \uparrow , plus la quantité de gaz pouvant diffuser à travers elle est \uparrow . La somme des aires de l'ensemble des alvéoles ≈ **140 m²** chez un homme en bonne santé.

2. ÉCHANGES GAZEUX DANS LES TISSUS

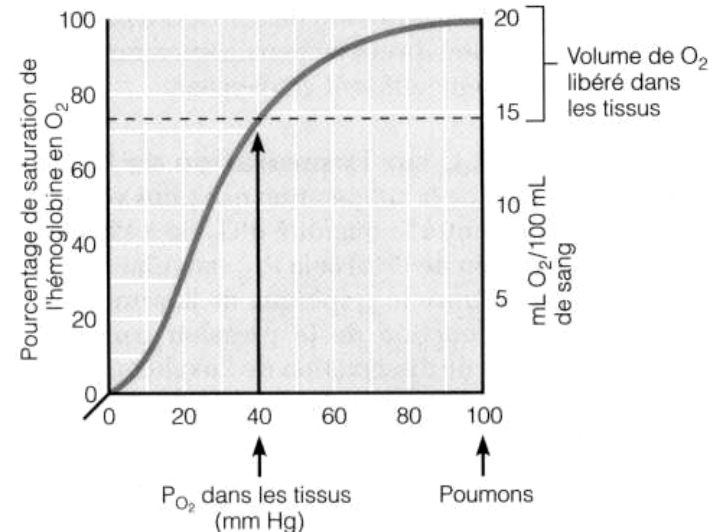
→ Les **gradients de pression partielle** sont **inversés par rapport** à ceux des poumons ⇒ **inversion du sens de diffusion** des gaz :

- ρ Le **métabolisme** des cellules consomme de l' O_2 et produit du CO_2 ⇒ passage de O_2 du sang artériel systémique ($P_{\text{O}_2} = 100 \text{ mm Hg}$) aux tissus ($P_{\text{O}_2} = 40 \text{ mm Hg}$) selon le **gradient de pression partielle**.
- ρ P_{CO_2} dans le liquide interstitiel ≈ 45 mm Hg ⇒ passage de CO_2 des **tissus** ($P_{\text{CO}_2} = 45 \text{ mm Hg}$) au sang des capillaires ($P_{\text{CO}_2} = 40 \text{ mm Hg}$) selon le **gradient de pression partielle**.
- ρ Conséquence : Le **sang veineux** étant issu des lits capillaires des tissus ⇒ P_{O_2} dans le sang veineux systémique ≈ **40 mm Hg** et ⇒ P_{CO_2} dans le sang veineux systémique ≈ **45 mm Hg**.

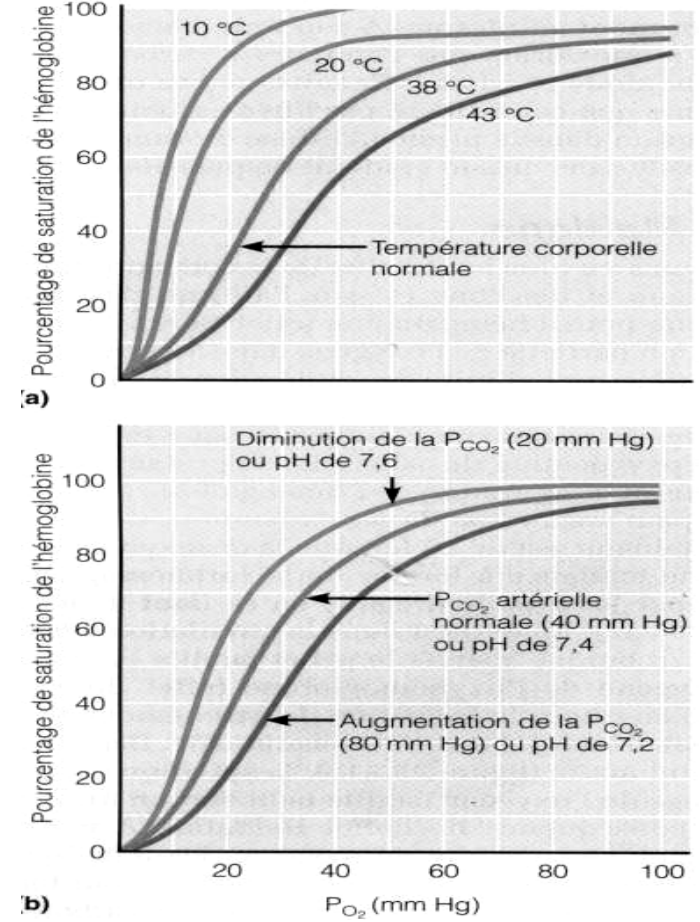
Mouvements des gaz dans l'organisme



Courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine



Effets de la température, de la P_{CO_2} et du pH sanguin sur la courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine



IV. TRANSPORT DES GAZ RESPIRATOIRES DANS LE SANG

A. TRANSPORT DE L'OXYGÈNE O_2

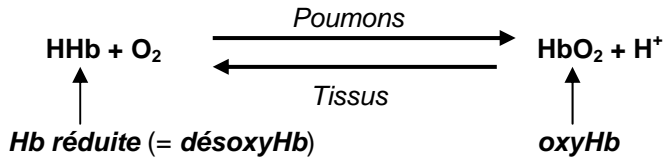
→ L' O_2 est transporté dans le sang (= des poumons aux tissus) de 2 façons :
 Sous forme d' O_2 dissous dans le plasma (= faible solubilité dans le plasma) : 1,5 % de l' O_2 total transporté dans le sang.
 Sous forme d'oxyhémoglobine HbO_2 (= lié à l'Hb) dans les hématies : 98,5 % de l' O_2 total transporté dans le sang.

1. ASSOCIATION ET DISSOCIATION DE L' O_2 ET DE L'HÉMOGLOBINE

→ L'Hb est composée de :

- ρ 4 chaînes polypeptidiques,
- ρ 4 hèmes (= chacun lié à 1 chaîne polypeptidique),
- ρ 4 atomes de fer (= chacun lié à 1 hème) sous forme d'ion ferreux Fe^{2+} (= Fe II).

- L'O₂ se lie aux atomes de **Fer** ⇒ **1 molécule d'Hb** peut donc se combiner à **4 molécules d'O₂**.
L'équation de la liaison/ dissociation de l'O₂ s'écrit :



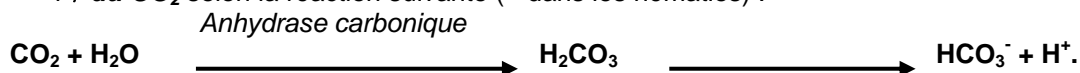
- ρ L'**oxyHb** est représentée sous la forme "**HbO₂**" qui est une *convention d'écriture* ⇒ dans la réalité l'Hb peut se lier à **1, 2, 3 ou 4 atomes d'O₂** → **HbO₂, HbO₄, HbO₆ ou HbO₈**.
ρ Dans les 3 premiers cas, l'Hb est *partiellement saturée* et dans le 4^{ème} cas, elle est *entièrement saturée*.
- La *vitesse à laquelle l'Hb capte ou libère l'O₂* dépend des facteurs suivants : la pression partielle d'O₂, la pression partielle de **CO₂**, la **température**, le **pH sanguin**, la concentration de **2,3-DPG** dans les *hématies*.

a) Influence de la P_{O₂} sur la saturation de l'Hémoglobine

- Le graphe de la **saturation de l'Hb en fonction de la P_{O₂}** présente une **allure en sigmoïde** (= en forme de S) :
- ρ La courbe de dissociation de l'HbO₂ :
- montre une *pente* ↑ entre 10 et 50 mm Hg,
 - forme un *plateau* entre 70 et 100 mm Hg.
- Dans des *conditions normales* (P_{O₂} = **100 mm Hg**, 104 mm Hg en théorie) :
- ρ le **sang artériel** est saturé à **98 %**,
ρ avec une *teneur en oxygène* ≈ **20 mL d'O₂ pour 100 mL de sang artériel** (= **20 % par volume**).
- Au niveau des *tissus* (= *consommation d'O₂*) ≈ **5 mL d'O₂ pour 100 mL de sang** sont libérés.
- ρ Dans le **sang veineux**,
⇒ *taux de saturation de l'Hb* passe à ≈ **75%**,
⇒ *teneur en O₂* passe à ≈ **15% par volume**.

b) Influence de la température, du pH, de la P_{CO₂} et du 2,3 DPG sur la saturation de l'hémoglobine

- Le **2,3-DPG** (= **2,3-diphosphoglycérate**) est un composé *spécifiquement* produit par les **hématies** :
- ρ à partir de la *glycolyse*,
ρ se lie de manière réversible à l'Hb.
- L'↑ de la **température**, de la **P_{CO₂}**, de la **concentration d'ions H⁺** (= ↓ du **pH**), de **2,3-DPG** dans le sang,
⇒ ↓ de l'**affinité de l'Hb pour l'O₂**,
⇒ **déplacement vers la droite** de la courbe de dissociation de l'HbO₂,
⇒ ↑ de la *dissociation de l'O₂* vis à vis de l'HbO₂.
- L'↑ de la **température**, de la **P_{CO₂}**, de la **concentration d'ions H⁺** (= ↓ du **pH**), de **2,3-DPG** dans le sang :
- ρ se produisent surtout dans les **capillaires systémiques**,
ρ au niveau desquels la **dissociation de l'O₂** a lieu.
- L'↑ *locale* de la **température** est produite par le **métabolisme cellulaire**.
 - L'↑ *locale* de la **P_{CO₂}** correspond à la **libération du CO₂** par le **métabolisme des cellules**.
 - La ↓ *locale* (= proximité immédiate des cellules) du **pH** est due à la **libération d'ions H⁺** qui a pour origine l'↑ **du CO₂** selon la réaction suivante (= dans les hématies) :



L'**effet Bohr** correspond à la ↓ de l'**affinité de l'Hb pour l'O₂** due à la ↓ **locale du pH**.

- Le **2,3-DPG** synthétisé par les hématies ⇒ la ↓ de l'**affinité de l'Hb pour l'O₂**, lorsqu'il se lie à celle-ci.

B. TRANSPORT DU GAZ CARBONIQUE CO₂

- Au repos, les cellules produisent ≈ **200 mL/ mn de CO₂** que les poumons éliminent durant la même période.
- Le **CO₂** est transporté dans le sang (= des tissus aux poumons) de **3 façons** :
- Sous forme de **CO₂ dissous** dans le **plasma**.
- ≈ **7 à 8%** du **CO₂ total**.
- Sous forme de **carbémoglobine HbCO₂** (= carbaminohémoglobine) dans les **hématies**.
- ≈ **20 à 30%** du **CO₂ total**.
 - **CO₂ + Hb** ↔ **HbCO₂** (carbémoglobine).
 - Le **CO₂ n'entre pas en compétition avec l'O₂** pour la liaison à l'hème : au contraire, il s'associe à la *globine*.
 - **2 facteurs** influencent la *liaison* et la *dissociation du CO₂* :

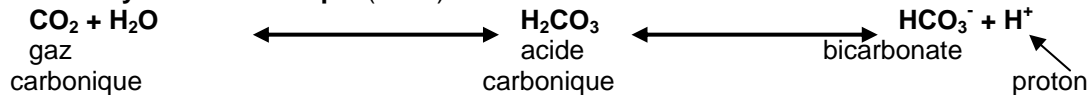
La P_{CO_2} :

- . le CO_2 se lie à l'Hb dans les tissus, où sa pression partielle est plus élevée que dans le sang,
- . le CO_2 se dissocie de l'Hb dans les poumons car sa pression partielle est plus faible dans l'air alvéolaire que dans le sang.

Le degré d'oxygénation de l'Hb : l'Hb réduite se combine plus facilement au CO_2 que l'HbO₂.

Sous forme d'ions bicarbonate HCO_3^- dans le plasma.

- o ≈ 60 à 70% du CO_2 total.
- o La réaction suivante se produit surtout dans les GR où elle est catalysée par une enzyme appelée **anhydrase carbonique (= AC)** :



- o Les ions H^+ libérés \downarrow le pH cytoplasmique des GR
 \Rightarrow **effet Bohr** : \downarrow de l'affinité de l'O₂ pour l'Hb,
 \Rightarrow libération de l'O₂ au niveau des **tissus**,
 \Rightarrow l'HbO₂ est alors transformée en **Hb réduite (= HbH)**.
- o Le CO_2 provenant du **plasma** (= origine : les **tissus**) est ainsi transformé en ions HCO_3^- dans les **GR**, puis les ions bicarbonate diffusent rapidement des **GR au plasma**, qui les transporte aux **poumons**.
- o Dans les **poumons**, les mécanismes sont inversés : la P_{CO_2} passe de 45 à 40 mm Hg
 \Rightarrow les ions HCO_3^- réintègrent les **GR**,
 \Rightarrow les ions HCO_3^- et H^+ s'unissent pour former du CO_2 (= sort des GR),
 \Rightarrow le CO_2 ainsi formé, celui libéré par HbCO₂ et celui présent dans le **plasma** diffuse du **sang aux alvéoles** selon le gradient de P_{CO_2} .

V. RÉGULATION DE LA RESPIRATION

A. MÉCANISMES NERVEUX DU RYTHME RESPIRATOIRE

1. CENTRES RESPIRATOIRES DU BULBE RACHIDIEN

→ La **respiration** dépend de l'activité de **2 noyaux** présents dans le **bulbe rachidien** :

(1) **GRD (= groupe respiratoire dorsal)** :

- o C'est le **centre inspiratoire** : il *régule le rythme respiratoire* en agissant essentiellement sur l'**inspiration**.
- o Les *influx nerveux* qu'il émet *stimulent* :
 - le **diaphragme** (= via les **nerfs phréniques**),
 - les **muscles intercostaux externes** (= via les **nerfs intercostaux**).

(2) **GRV (= groupe respiratoire ventral)** :

- o Comprend à la fois des *neurones* agissant sur :
 - l'**inspiration** (= comme pour le GRD),
 - l'**expiration** (vs le GRD).
- o Rôle : intervient surtout durant l'**expiration forcée**, quand des *mouvements respiratoires plus vigoureux* sont nécessaires.

→ Mécanisme d'action du GRD :

- o **Activité cyclique** des *neurones inspiratoires* est *permanente* et produit de **12 à 15 respirations/mn** = eupnée ou *fréquence respiratoire normale*.

B. FACTEURS INFLUANT SUR LA FRÉQUENCE ET L'AMPLITUDE RESPIRATOIRES

→ L'**amplitude respiratoire** dépend de la *fréquence des influx envoyés* (= nombre de PA / unité de temps) par le **centre respiratoire** aux **neurones moteurs** qui régissent les **muscles respiratoires** :

Plus les influx sont fréquents \Rightarrow plus les contractions des muscles respiratoires sont intenses.

→ La **fréquence respiratoire** dépend de la *durée de l'action du centre inspiratoire* (= GRD).

1. RÉFLEXES DECLENCHES PAR LES AGENTS IRRITANTS PULMONAIRES

→ Les poumons possèdent des *récepteurs réagissant à de nombreux agents irritants*.

- o Ces *récepteurs* communiquent avec les **centres respiratoires** via des *neurones afférents des nerfs vagues*.
- o Du mucus, de la poussière, de la fumée de cigarette et des vapeurs nocives \Rightarrow **constriction réflexe des bronchioles**.
- o Les mêmes agents présents dans la **trachée** et dans les **bronches** \Rightarrow la **toux**.
- o Les mêmes agents présents dans les **fosses nasales** \Rightarrow l'**éternuement**.

2. INFLUENCE DES CENTRES CÉRÉBRAUX SUPÉRIEURS

a) Mécanismes hypothalamiques

- Les *émotions fortes* et la *douleur* activent les **centres sympathiques de l'hypothalamus** ⇒ envoi de PA aux **centres respiratoires** ⇒ modulation de la fréquence et de l'amplitude respiratoires.
- Exemples :
- ρ le fait de retenir sa respiration dans un moment de colère ou d'effroi,
 - ρ ↑ de la *température corporelle* ⇒ ↑ de la *fréquence respiratoire*,
 - ρ ↓ de la *température corporelle* ⇒ ↓ de la *fréquence respiratoire* (= le refroidissement soudain du corps lors d'une baignade dans de l'eau froide peut causer un arrêt respiratoire).
- b) Mécanismes corticaux (volition)
- Bien que la **respiration** soit un **acte involontaire** contrôlée par les **centres respiratoires**, il est possible de *modifier la fréquence et l'amplitude de la respiration*, de **manière volontaire**.
Ex. : *choix* de retenir sa respiration, *choix* de prendre une profonde inspiration.

- Dans ces situations, les **centres respiratoires du bulbe rachidien** (= GRD et GRV) *n'interviennent pas* → les **centres moteurs du cortex cérébral** communiquent *directement* avec les **neurones moteurs contrôlant les muscles respiratoires**.

Remarque : la *capacité de retenir volontairement notre respiration* est *limitée*, car les **centres respiratoires du bulbe rachidien** la rétablissent dès que la concentration en CO₂ dans le sang atteint un niveau critique.

3. FACTEURS CHIMIQUES

- Les **stimulus chimiques** les plus importants pouvant modifier la fréquence et l'amplitude respiratoires sont la *variation des concentrations* de CO₂, d'O₂, et d'ions H⁺ dans le **sang artériel**.
- Il existe 2 types de chimiorécepteurs :
- ρ **chimiorécepteurs centraux** (= au niveau du **bulbe rachidien**),
 - ρ **chimiorécepteurs périphériques** (= au niveau de la **croisse de l'aorte** et des **artères carotides**).
- Effets des facteurs chimiques :
- (1) L' ↑ de la **P_{CO2} artérielle** est le *stimulus respiratoire le plus puissant*.
 - Les *ions H⁺ libérés* par la *dissociation de l'acide carbonique* stimulent directement les **chimiorécepteurs centraux** ⇒ ↑ réflexe de la **fréquence** et de l'**amplitude respiratoires**.
 - (2) Dans des conditions normales, la **P_{O2} artérielle** a *peu d'influence directe* sur la *respiration*.
 - En effet, le système respiratoire est "suréquipé" pour obtenir l'O₂, mais il parvient plus difficilement à éliminer le CO₂.
 - (3) Lorsque la **P_{O2} artérielle** *devient* < **60 mm Hg** (= **hypoxémie**) → P_{O2} devient le *principal stimulus* de la *respiration*, ⇒ **hyperventilation** via les réflexes déclenchés par les **chimiorécepteurs périphériques**.
 - (4) Les **variations du pH artériel** résultant de la *rétenion de CO₂* ou de la *production d'acides par le métabolisme cellulaire* modifient la ventilation via les **récepteurs périphériques**. Le **pH du sang artériel** n'a *pas d'effet direct* sur les **chimiorécepteurs centraux**.

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

