

# Plan

- I. Généralités et définition
- II. Rappels anatomo-fonctionnels
- III. Ventilation et mécanique ventilatoire
- IV. Diffusion alvéolo-capillaire
- V. Circulation pulmonaire
- VI. Inégalités ventilation/perfusion
- VII. Transport de l'O<sub>2</sub> et du CO<sub>2</sub>
- VIII. La régulation de la ventilation

## I- GÉNÉRALITÉS ET DÉFINITIONS:

- **Physiologie respiratoire** : étude des échanges gazeux entre l'air et les tissus: tous les phénomènes qui concourent à assurer les échanges gazeux entre le milieu ambiant et la cellule vivante

But de la respiration : délivrer aux tissus la quantité d'oxygène ( $O_2$ ) nécessaire et éliminer le gaz carbonique ( $CO_2$ ) produit

- La respiration est un phénomène automatique, présent même lorsque l'on est inconscient
- Elle se déroule en cinq étapes:

## Les 5 phénomènes essentiels

- *La ventilation pulmonaire* (respiration) : c'est le processus qui implique l'entrée et la sortie de l'air des poumons.
- L'hématose: désigne l'échange gazeux qui se produit entre les capillaires des poumons et les alvéoles pulmonaires.
- *Le transport des gaz respiratoires* : C'est ce qui désigne l'entrée de l'oxygène et du gaz carbonique dans les poumons et les tissus, et leur sortie par la circulation sanguine.
- La diffusion cellulaire
- *La respiration interne* (respiration cellulaire) : c'est l'échange entre les cellules et le sang.

Respiration

externe

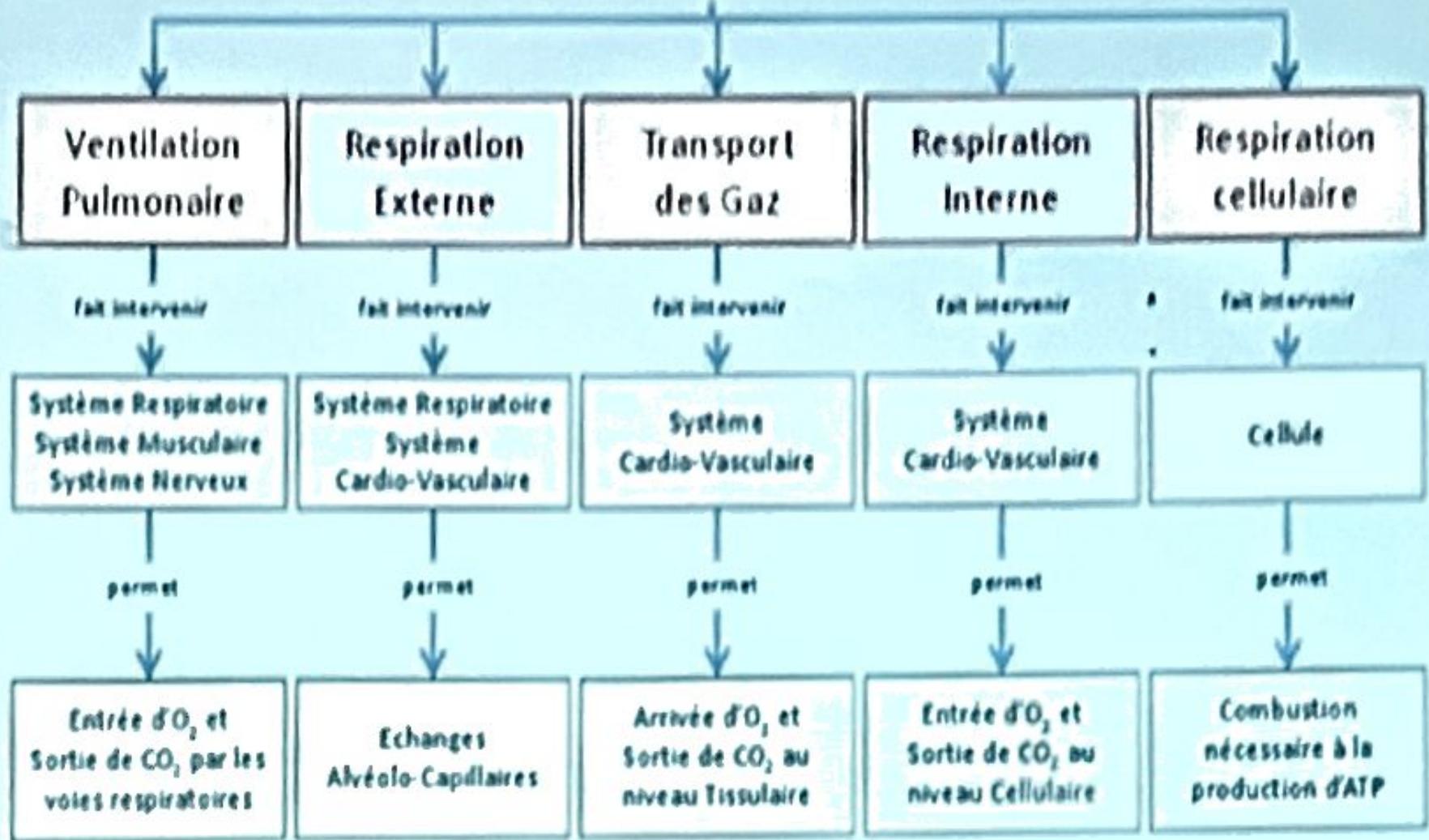
Ou

respiration

Respiration interne

# La Fonction respiratoire

comprend



- ❖ Donc pour délivrer l'oxygène à tous les organes, Le processus de respiration nécessite 2 pompes:
  - Celle qui renouvelle l'air dans les poumons (c'est la cage thoracique, mobilisée par les muscles respiratoires)
  - celle qui permet de transporter le sang (c'est le cœur).
- ❖ L'appareil respiratoire a pour rôle de fournir de l'oxygène au sang et d'expulser du corps les déchets gazeux : donc assurer l'hématose  
L'hématose est l'oxygénation du sang au niveau des poumons. C'est la transformation du sang veineux riche en CO<sub>2</sub>, en un sang artériel riche en O<sub>2</sub>.

*3 conditions :*

Ventilation : circulation d'air dans les alvéoles.

Perfusion : circulation du sang au niveau des capillaires.

Diffusion : échange gazeux au travers de la paroi alvéolo-capillaire.

- ❖ L'oxygène sert de carburant au corps humain, c'est-à-dire qu'il permet de brûler les nutriments contenus dans l'alimentation. Le corps produit ainsi l'énergie nécessaire pour combler ses besoins.

## II-RAPPELS D 'ANATOMIE FONCTIONNELLE

- Le système respiratoire est un ensemble d'organes qui a pour principale fonction d'assurer les échanges gazeux entre l'air atmosphérique et le sang. :
- Il assure toutefois d'autres fonctions : fonctions d'épuration, immunitaire, métabolique ,la phonation...

# A-L'appareil respiratoire

## Les organes des voies respiratoires supérieures

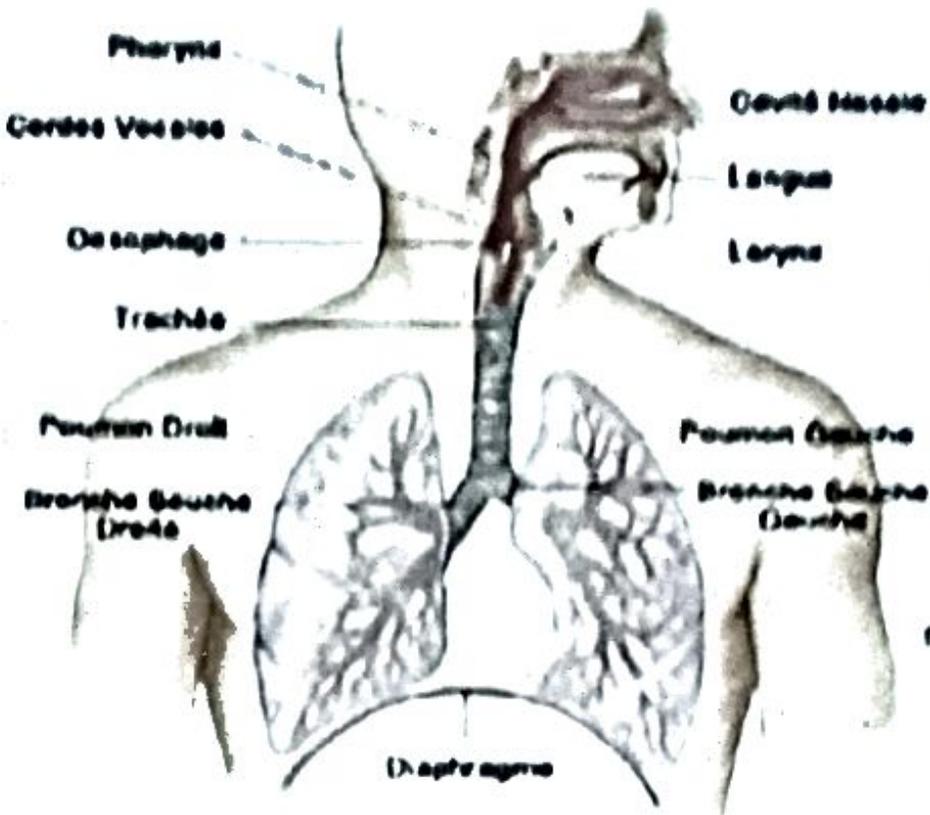
- Le nez
- Le pharynx
- Le larynx

## Les organes des voies respiratoires inférieures

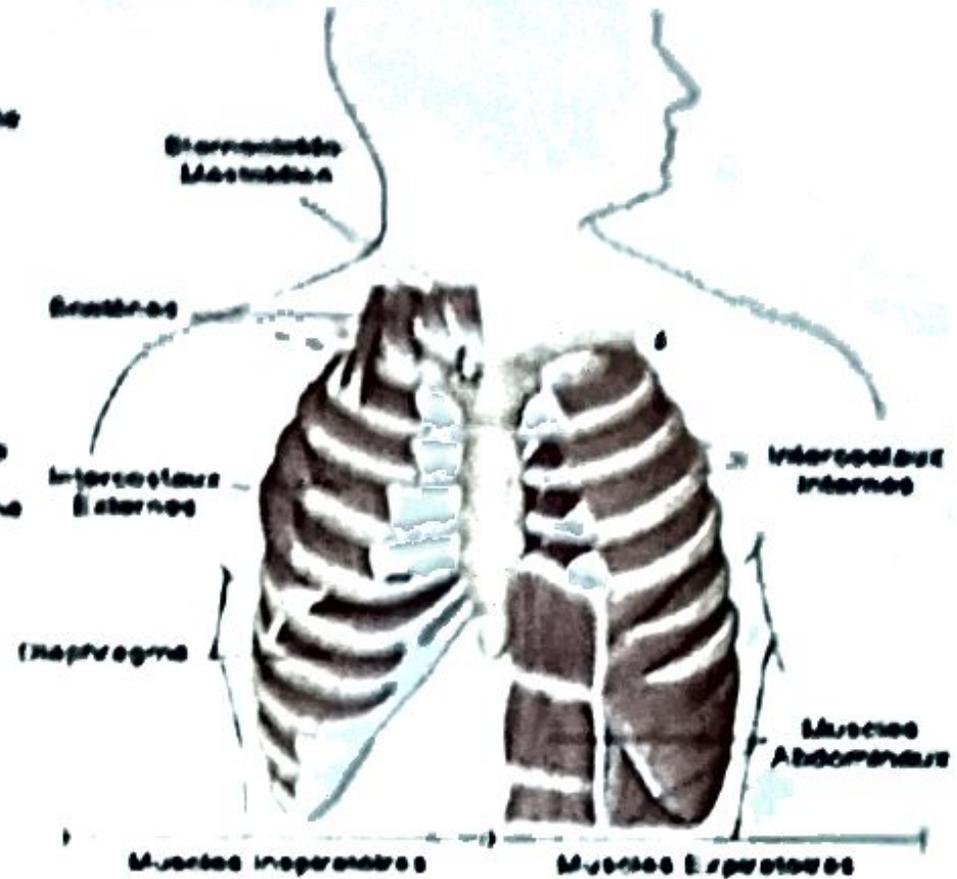
- 
- La trachée
- Les bronches
- Les poumons (Les alvéoles pulmonaires)
- La plèvre

# Anatomie Fonctionnelle

## Le Système Ventilatoire



## Muscles de la Ventilation



Cage thoracique: Squelette, muscles, tendons, ligaments, tissu adipeux

*Rôle dans la ventilation*

# Les voies aériennes

## Le rôle des voies aériennes:

✓ La conduction de l'air

Conduire l'air chargé d'O<sub>2</sub> de l'extérieur au fond des alvéoles

Conduire l'air chargé de CO<sub>2</sub> du fond des alvéoles à l'extérieur

✓ Le réchauffement et l'humidification de l'air

Mettre l'air à 37°C

Saturer l'air en vapeur d'eau

✓ Filtration et purification de l'air

a. nez, poils

b. tapis muco-ciliaire:

La sécrétion de mucus

Les cils

c. Cellules à poussière:

lymphocytes et macrophages

d. Toux:

mécanisme réflexe (définition)

purifie l'air des particules les plus grosses

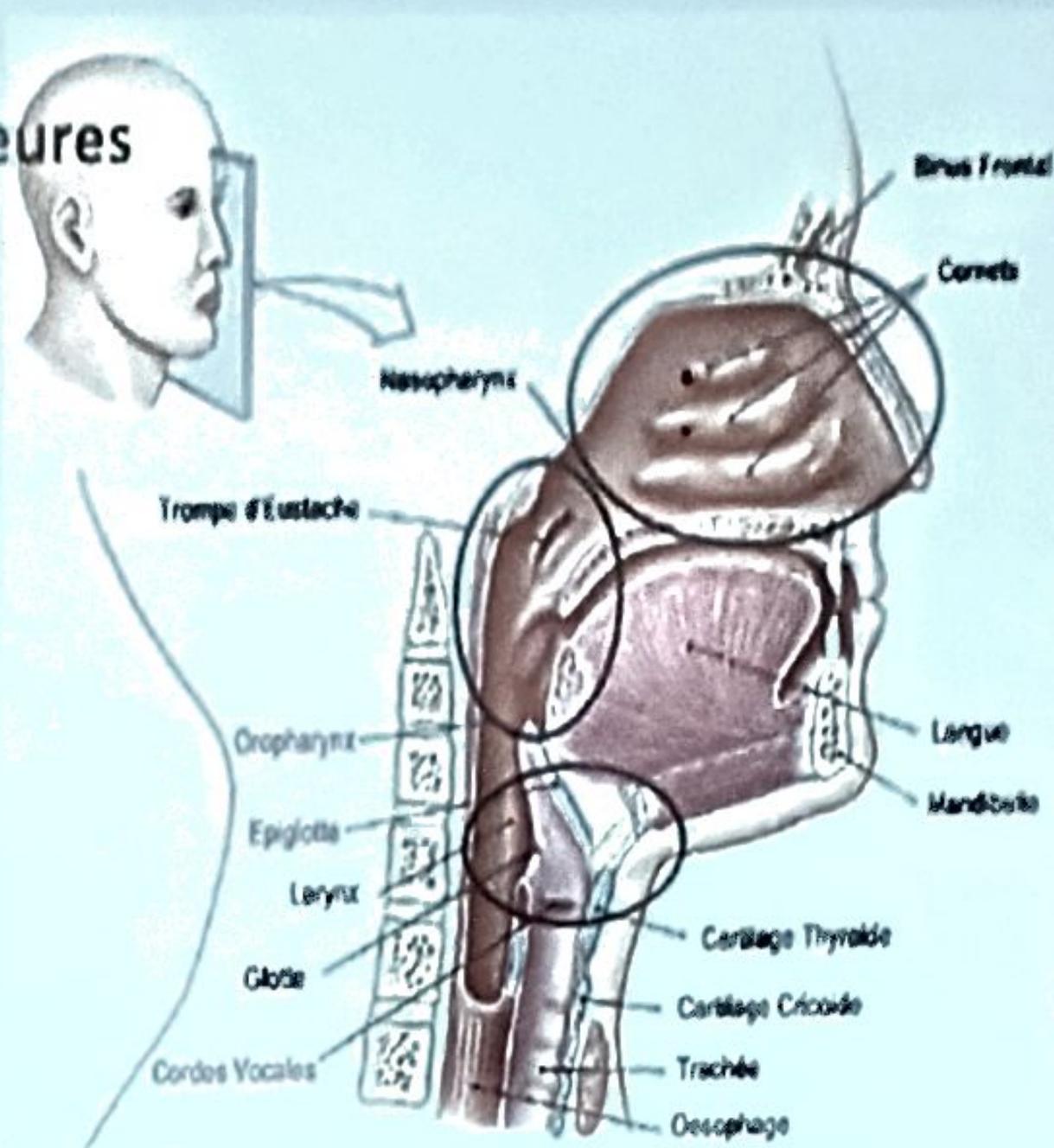
# Voies Aériennes Supérieures

## Voies Aériennes Supérieures

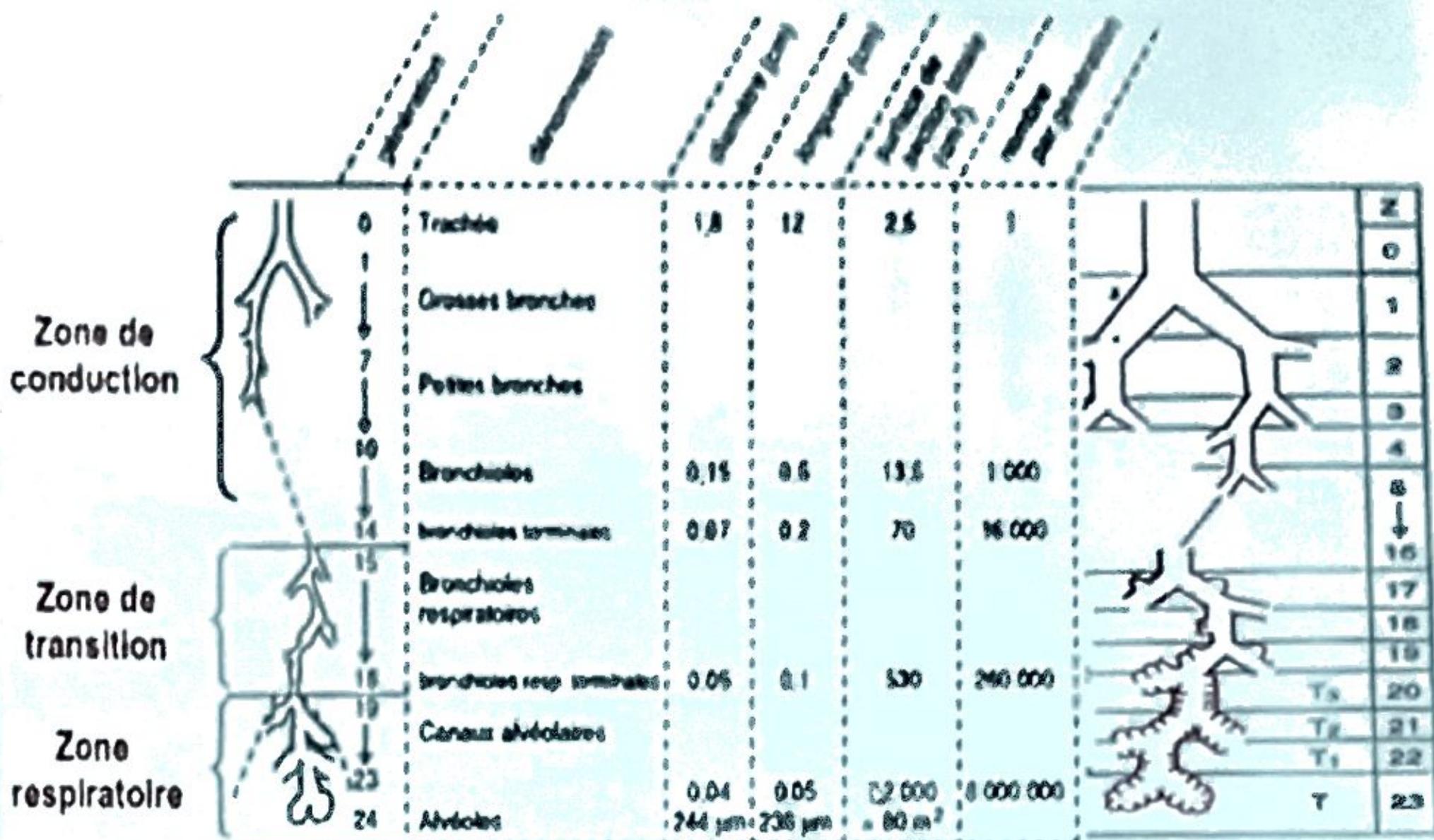
- Fosses Nasales
- Pharynx
- Larynx

## Fonction :

- Respiration
- Défense
- Déglutition
- Phonation
- Olfaction, goût

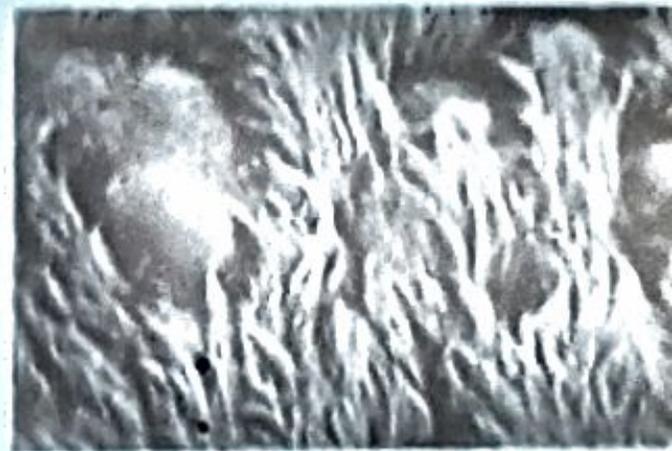


# Voies Aériennes inférieures

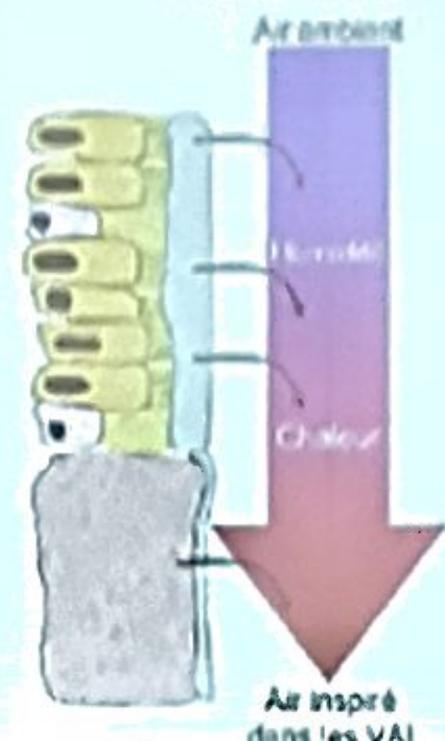


# Fonctions des Voies Aériennes

- ✓ Fonctions non respiratoires +++
- ✓ Fonctions respiratoires :
  - Ventilation pulmonaire
    - conduction aérienne
    - contrôle de résistance
  - Défense (clairance muco-ciliaire)
  - Conditionnement de l'air inspiré



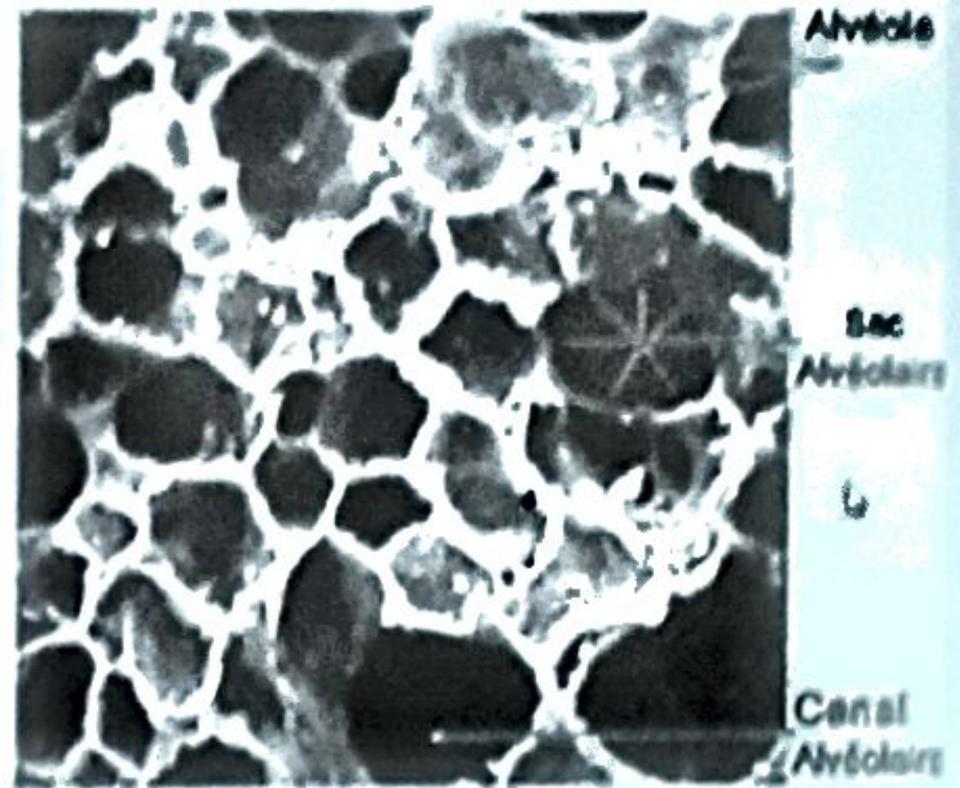
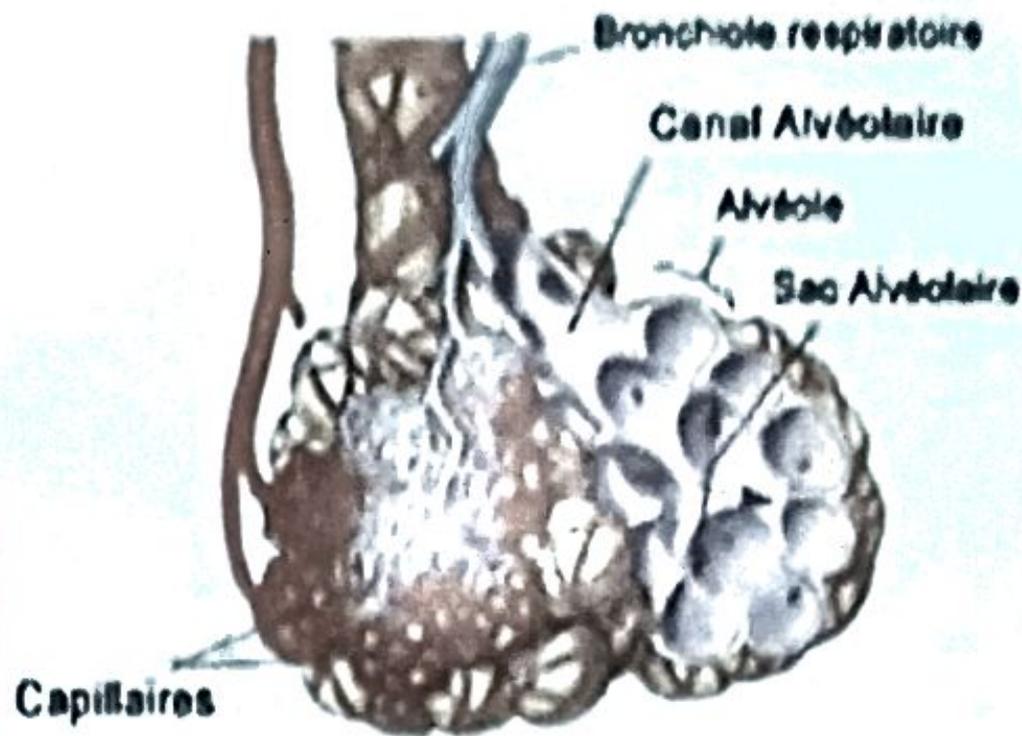
Epithélium Bronchiolaire



# Les poumons

- ✓ Les poumons sont séparés par le médiastin dans la cage thoracique.
- ✓ ce sont des organes spongieux, volumineux de forme conique.
- ✓ Le poumon droit a 3 lobes, tandis que le gauche 2 et dispose d'un emplacement pour le cœur. Les poumons
- ✓ le poumon présente 3 faces :
  - En regard du gril costal.
  - Face médiastinale.
  - Face diaphragmatique

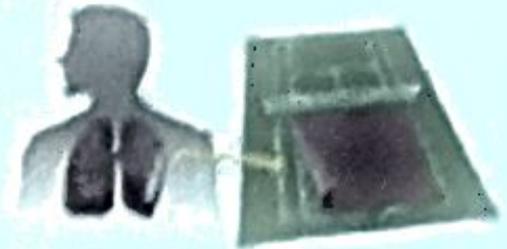
# Alvéoles = Zone d'échange



Canaux alvéolaires et alvéoles (SEM x 270)

Canaux alvéolaires → Sacs alvéolaires → Alvéoles

- 300 à 500 millions d'alvéoles
- $\varnothing$  env. 300  $\mu\text{m}$
- surface : 80 à 100  $\text{m}^2$



# Plan

- I. Généralités et définition
- II. Rappels anatomo-fonctionnels
- III. Ventilation et mécanique ventilatoire**
- IV. Circulation pulmonaire
- V. Inégalités ventilation/perfusion
- VI. Diffusion alvéolocapillaire
- VII. Transport de l' $O_2$  et du  $CO_2$
- VIII. La régulation de la ventilation

# III-Ventilation et mécanique ventilatoire

## 1- définition

- ❖ La ventilation est l'ensemble des processus mécaniques de déplacement d'air à l'intérieur des poumons
- ❖ La mécanique ventilatoire est l'étude de l'ensemble de ces forces qui déplacent les poumons et la cage thoracique ainsi que les résistances opposées à ces forces.

Celle ci a pour **but** d'assurer le renouvellement cyclique (12-16 cycle/Mn à l'état normale) sans pause, de l'air dans l'espace alvéolaire et par conséquent contribue à l'hématose.

Ainsi cette activité périodique détermine un volume courant et une fréquence définissant un débit ventilatoire ( $\dot{V}$ ) qui dépendra des propriétés physiques statiques ( $\Delta V^3$ ) et dynamiques ( $\Delta \dot{V}$  et  $\dot{V}$ ) des structures thoraco-abdominales, pulmonaires et de l'air.

# Mécanique respiratoire<sub>2</sub>

Ce renouvellement de l'air alvéolaire nécessite :

- ◆ **Un phénomène actif:** Mécanique active des muscles respiratoires
  - ✓ qui nécessite la contraction des muscles respiratoires
  - ✓ dont le rôle est de mobiliser la cage thoracique
  - ✓ Surtout muscles inspiratoires : diaphragme, intercostaux externes, ± scalènes, SCM
- ◆ **Un phénomène passif:** Mécanique ventilatoire passive
  - résistances pulmonaire et thoracique (statique)
  - résistances dynamiques des voies aériennes (forces de frottement tissulaire)
  - expiration : passive; ± abdominaux, intercostaux internes

La ventilation est finement régulée

# A-Mécanique ventilatoire

## ❖ Le système ventilatoire

1. La cage thoracique
2. Les voies aériennes
3. Les poumons
4. Les muscles respiratoires
  - a. Les muscles inspiratoires
    1. Diaphragme
    2. Intercostaux externes
    3. Inspiratoires accessoires
  - b. Les muscles participant à l'expiration forcée
    1. Intercostaux internes
    2. Muscles abdominaux
    3. La ventilation pulmonaire

# Mécanique Ventilatoire

Contraction musculaire

$\Delta P$  alvéolaire

Forces de rétraction élastique

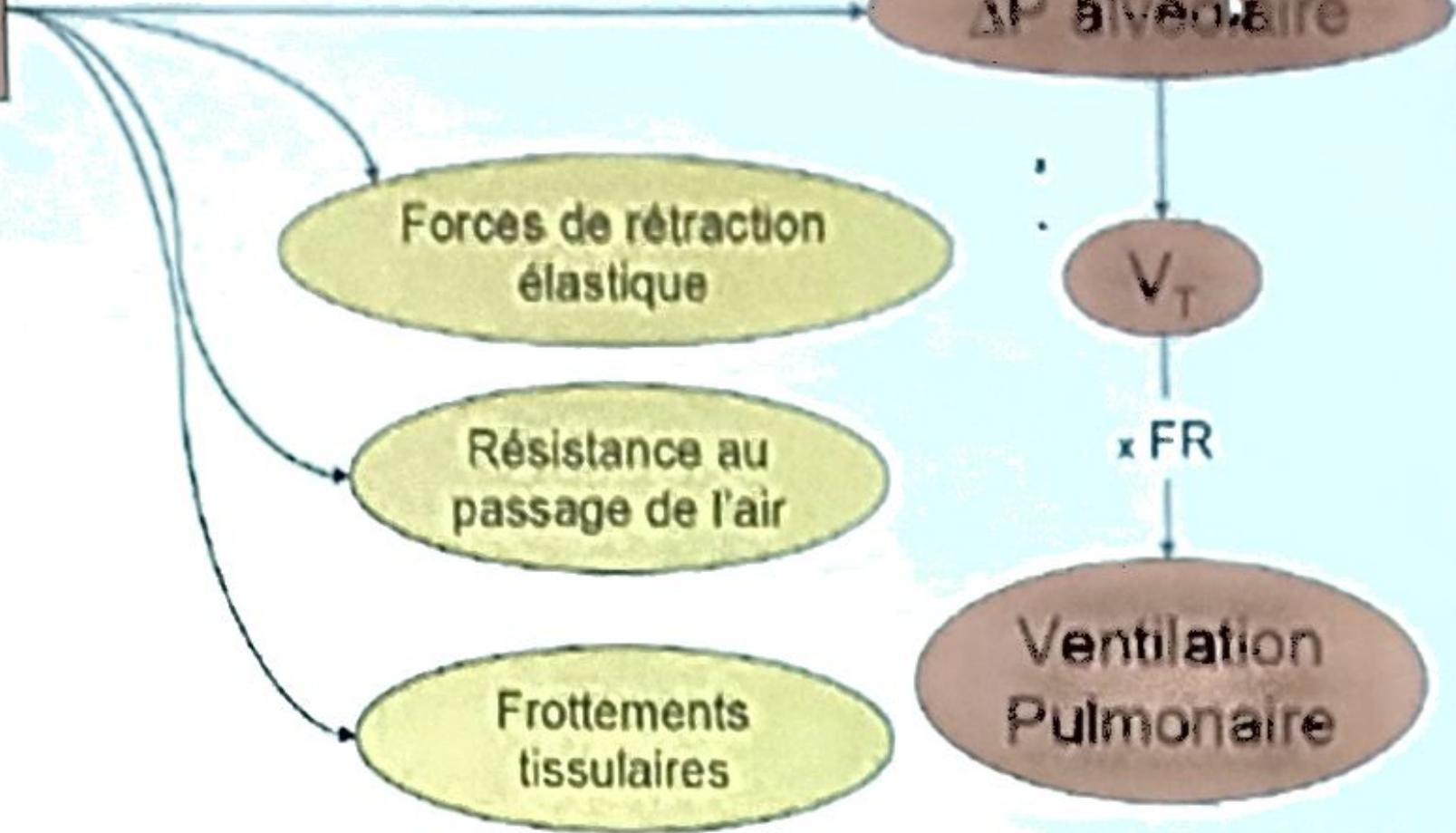
Résistance au passage de l'air

Frottements tissulaires

$V_T$

$\times FR$

Ventilation Pulmonaire

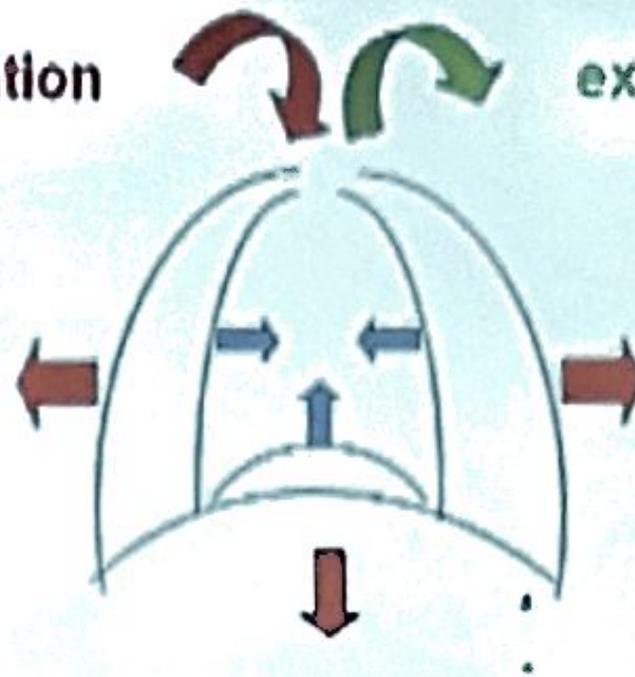


Repos :

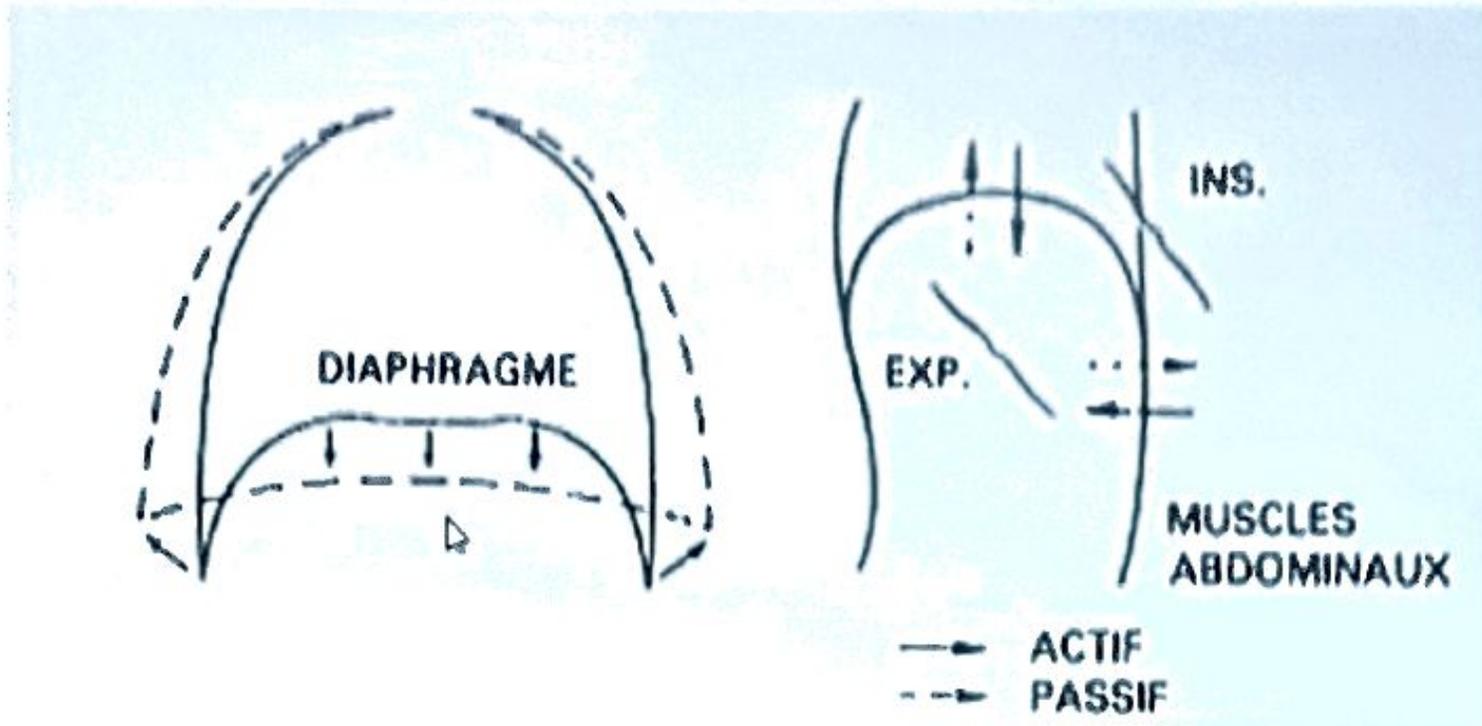
• inspiration =  
phénomène actif

• expiration =  
phénomène passif

Inspiration



expiration



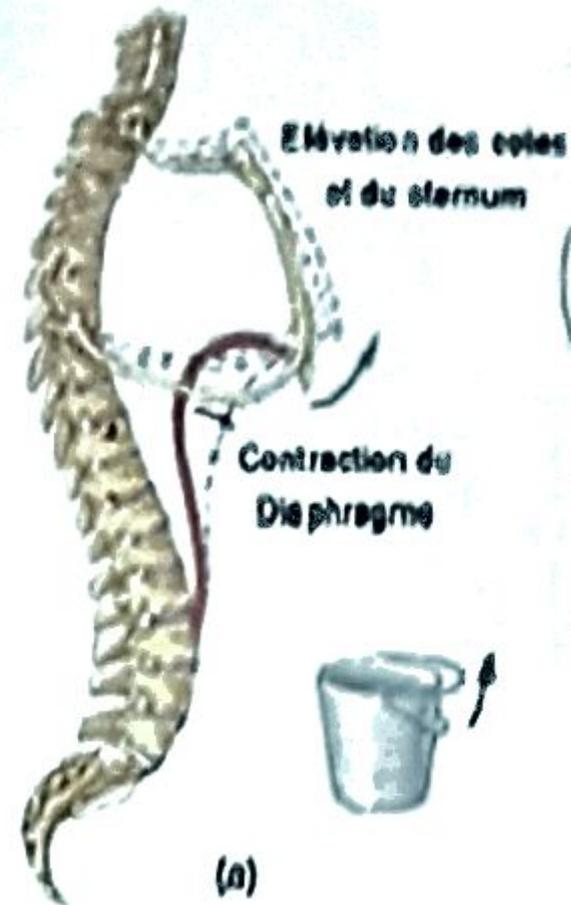
# Muscles mis en jeu : Diaphragme

## Diaphragme :

- 2 héli-coupoles
- musculo-aponévrotique
- Innervé par le nerf phrénique  
(C3,C4,C5)

## Contraction :

- Abaisse les coupoles
  - Augmente le diamètre vertical
- Refoule les côtes inférieures en haut et en dehors
  - Augmente les diamètres horizontaux

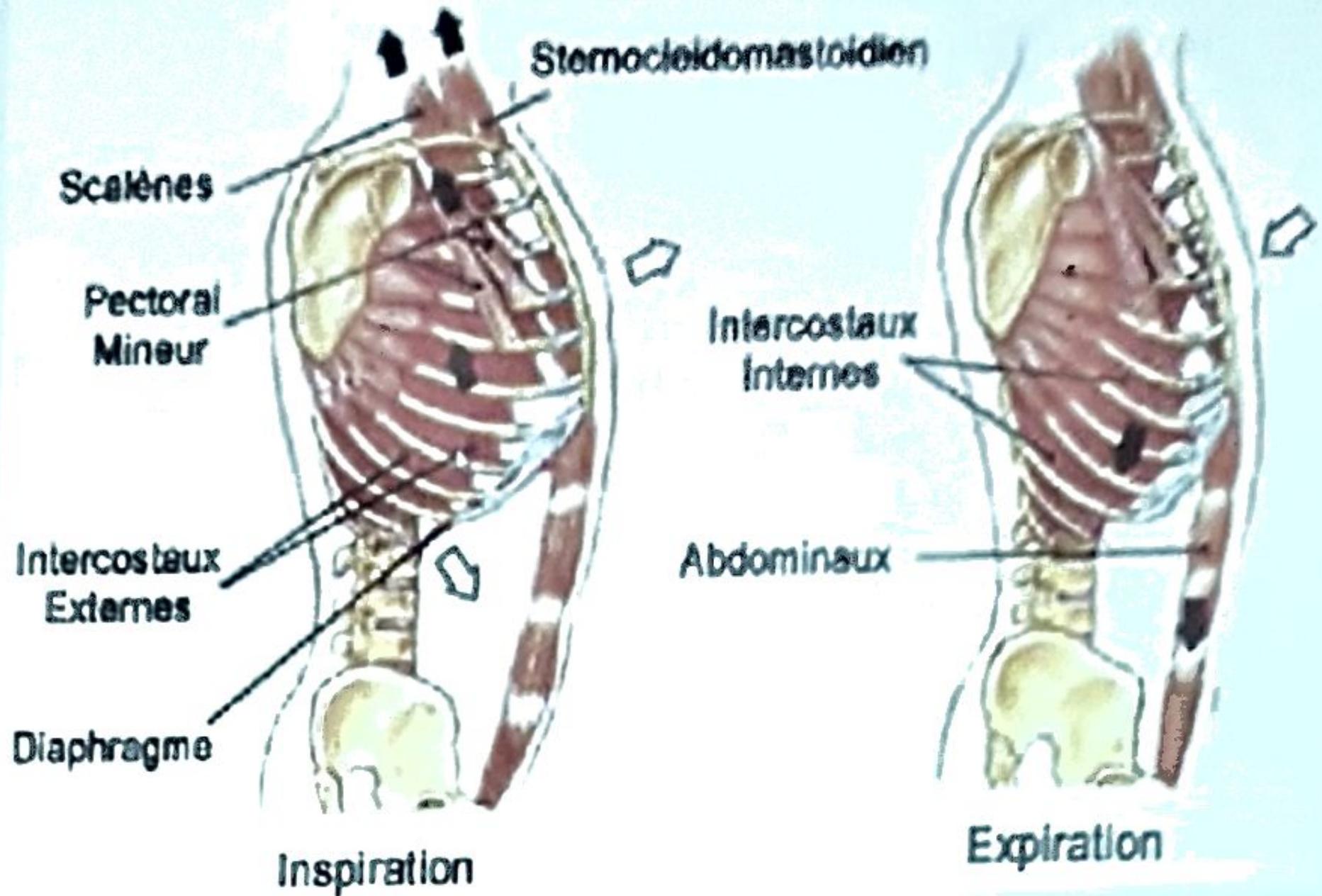


## B – MUSCLE EXPIRATOIRE

L'expiration est passive grâce au retour élastique de la paroi et des poumons vers la position d'équilibre.

- muscles abdominaux : expiratoires principaux, interviennent lors de l'expiration forcée.
- Muscles intercostaux internes : fibres orientées en haut et en avant → effet expiratoire

# Muscles respiratoires accessoires



# Modes de Ventilation

- **Ventilation calme**

- **Inspiration active**

- **Contraction Diaphragmatique (75%), muscles intercostaux externes(25%)**

- **Expiration passive**

- **Recul du poumon par traction élastique**

- **Ventilation forcée (effort)**

- **Inspiration**

- **Mise en jeu des muscle respiratoires accessoires (sternocleïdo-mastoïdien, scalènes)**

- **Expiration**

- **Muscles Intercostaux internes, abdominaux**

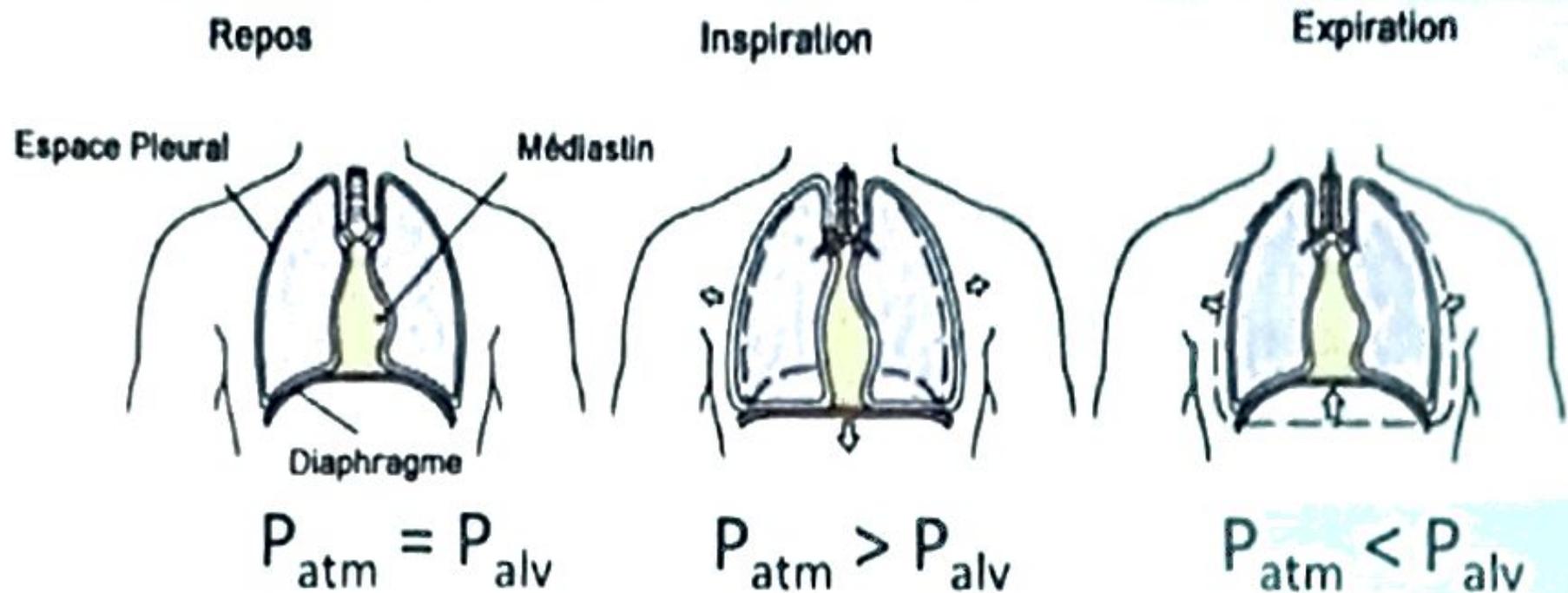
# Plèvre :

- Séreuse qui unit le poumon à la cage thoracique
- Feuillet pariétal.
- Feuillet viscéral
- Espace virtuel : 1 à 2 ml
- Pression pl. < à la pression atm
- Gradient entre sommet et base : 7 cmH<sub>2</sub>O
- Effet : cage thoracique et poumon

# Rôle des Pressions dans la ventilation pulmonaire

L'air pénètre et sort des poumons par le biais de variations de pression :

- l'air se déplace des hautes  $P^\circ$   $\rightarrow$  basses  $P^\circ$
- Inspiration :  $P^\circ$  intrapulmonaire  $<$   $P^\circ$  Ambiante
- Expiration :  $P^\circ$  Intrapulmonaire  $>$   $P^\circ$  Ambiante



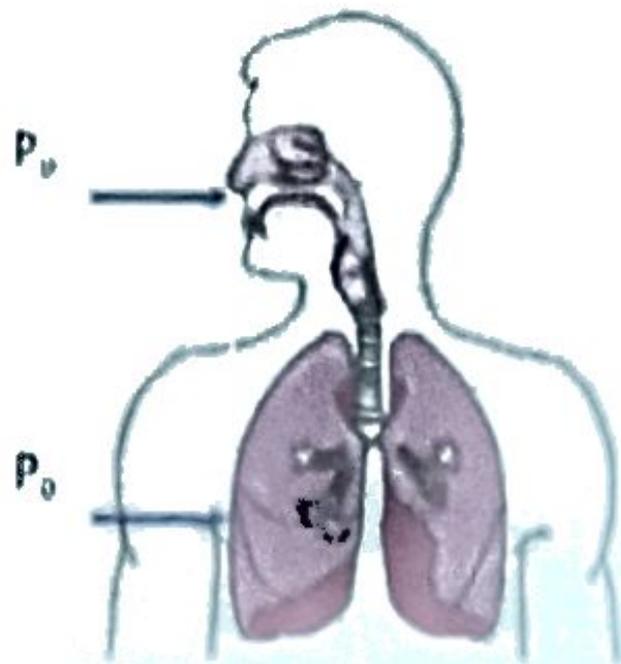
# Mécanique inspiratoire

- L'équation des gaz parfaits:

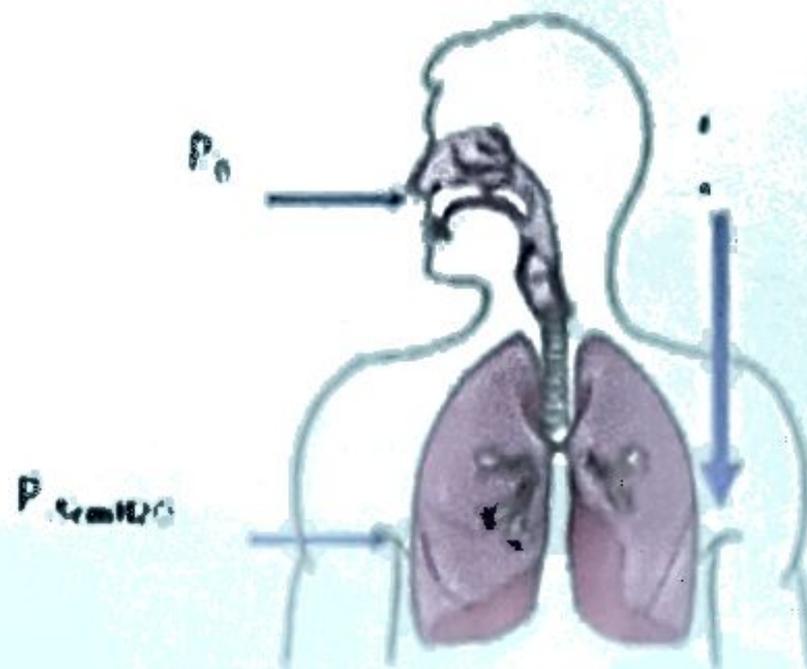
$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{constante} \quad :$$

Si  $V_2 \uparrow$  alors  $P_2 \downarrow$

# Mécanique inspiratoire



$$\Delta p = 0$$

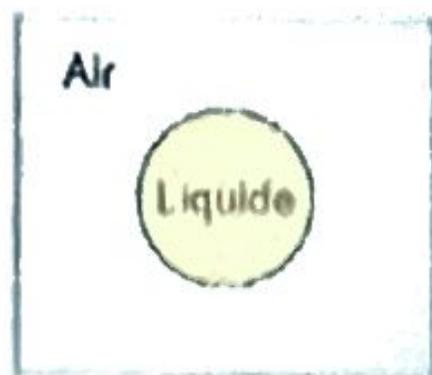


$$\Delta p = -5\text{cmH}_2\text{O}$$

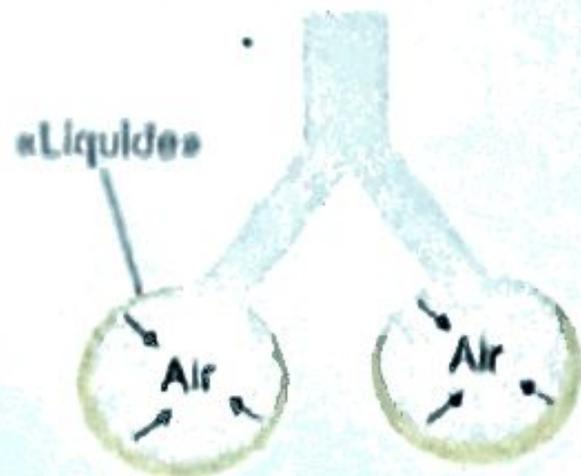
# Facteurs influençant la Compliance pulmonaire

## 2. Tension de surface Alvéolaire

- due à l'attraction des molécules de surface entre elles ( $H_2O$ )
- crée une force qui a tendance à collaber les alvéoles et à résister à leur expansion.



Goutte d'eau



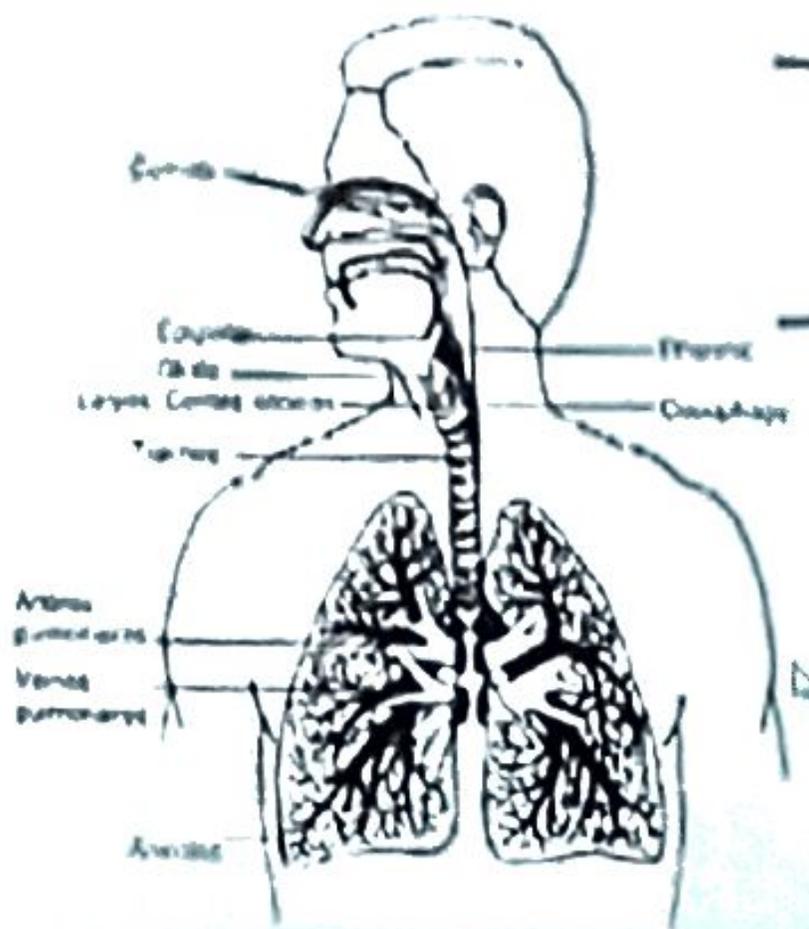
Alvéoles

- dans les alvéoles il existe un stabilisant des alvéole :

**Le Surfactant**

# Résistances des Voies Aériennes

En respiration nasale



VA extra-thoraciques (nez +++)  
50% .

Trachée et grosses bronches  
40%

$G_7$  à  $G_{23}$   
10%

# Résistances des Voies Aériennes

## Calibre des VA Inférieures sous contrôle de

### – Facteurs mécaniques

- Traction latérale par le tissu conjonctif

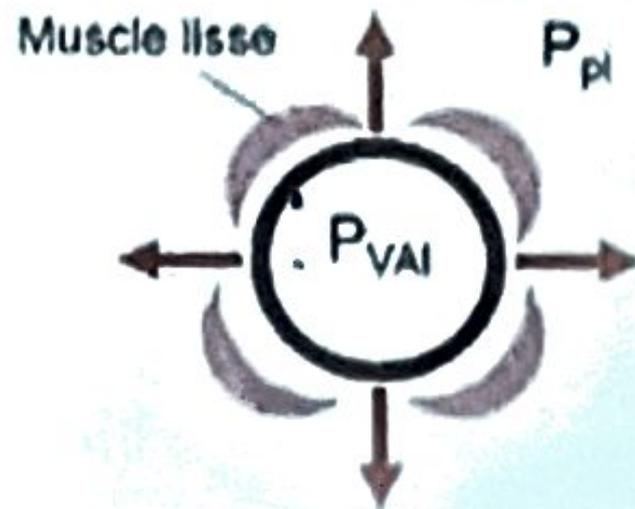
↳

### – Facteurs nerveux et chimiques

- SN sympathique: bronchodilatation
- SN parasympathique: bronchoconstriction
- Leucotriènes, histamine, irritants ( $\text{SO}_2$ , poussières, fumées...)

### – Facteurs anatomiques

- Obstruction de la lumière bronchique



# PROPRIETES STATIQUE DE L'APPAREIL RESPIRATOIRE

## A-TECHNIQUE DE MESURE

### 1- MESURE DE LA PRESSION

\*pression alvéolaire par la mesure de la pression œsophagienne.

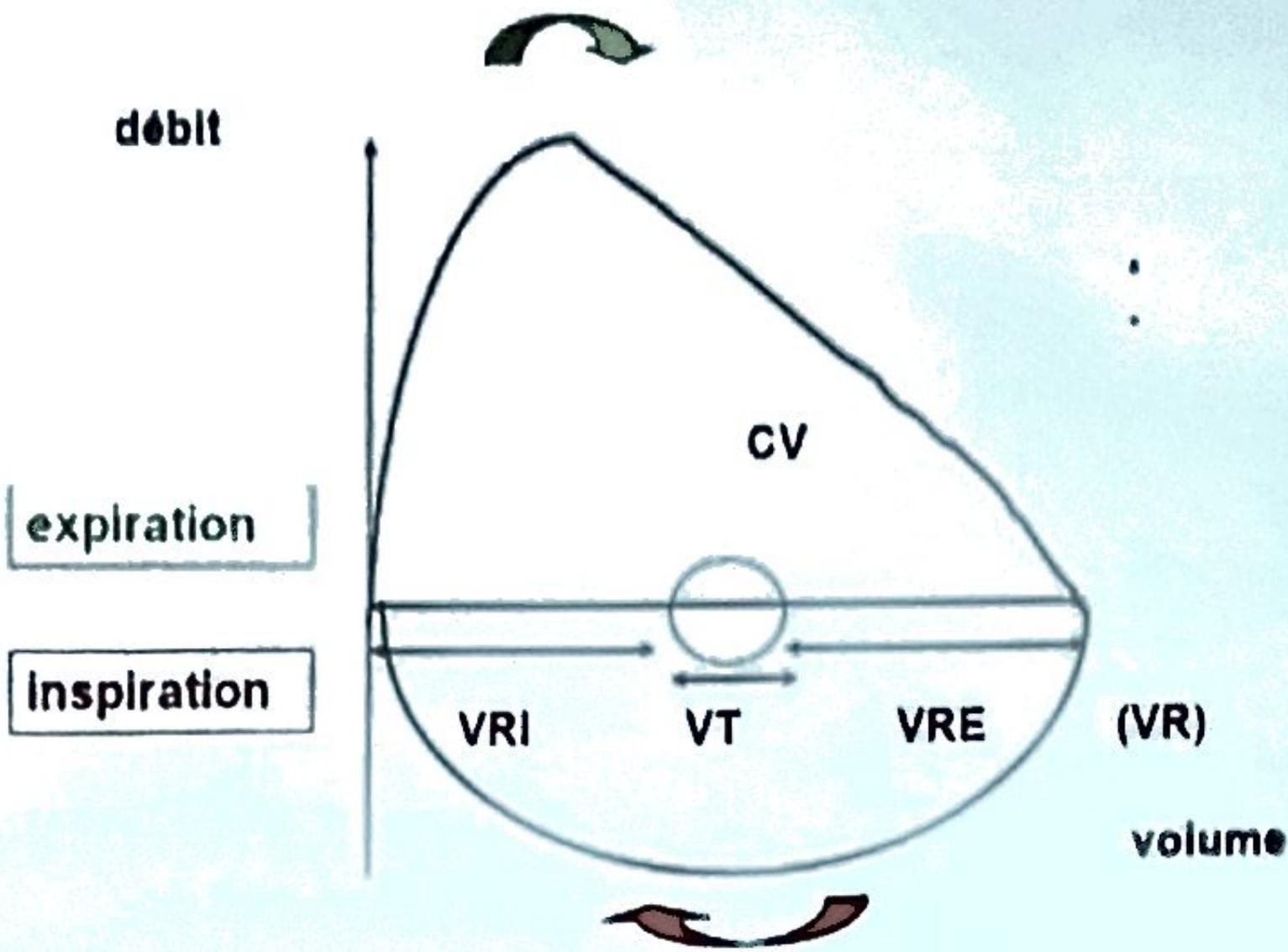
\*pression pleurale : direct : aiguille

indirect : pression œsophagienne.

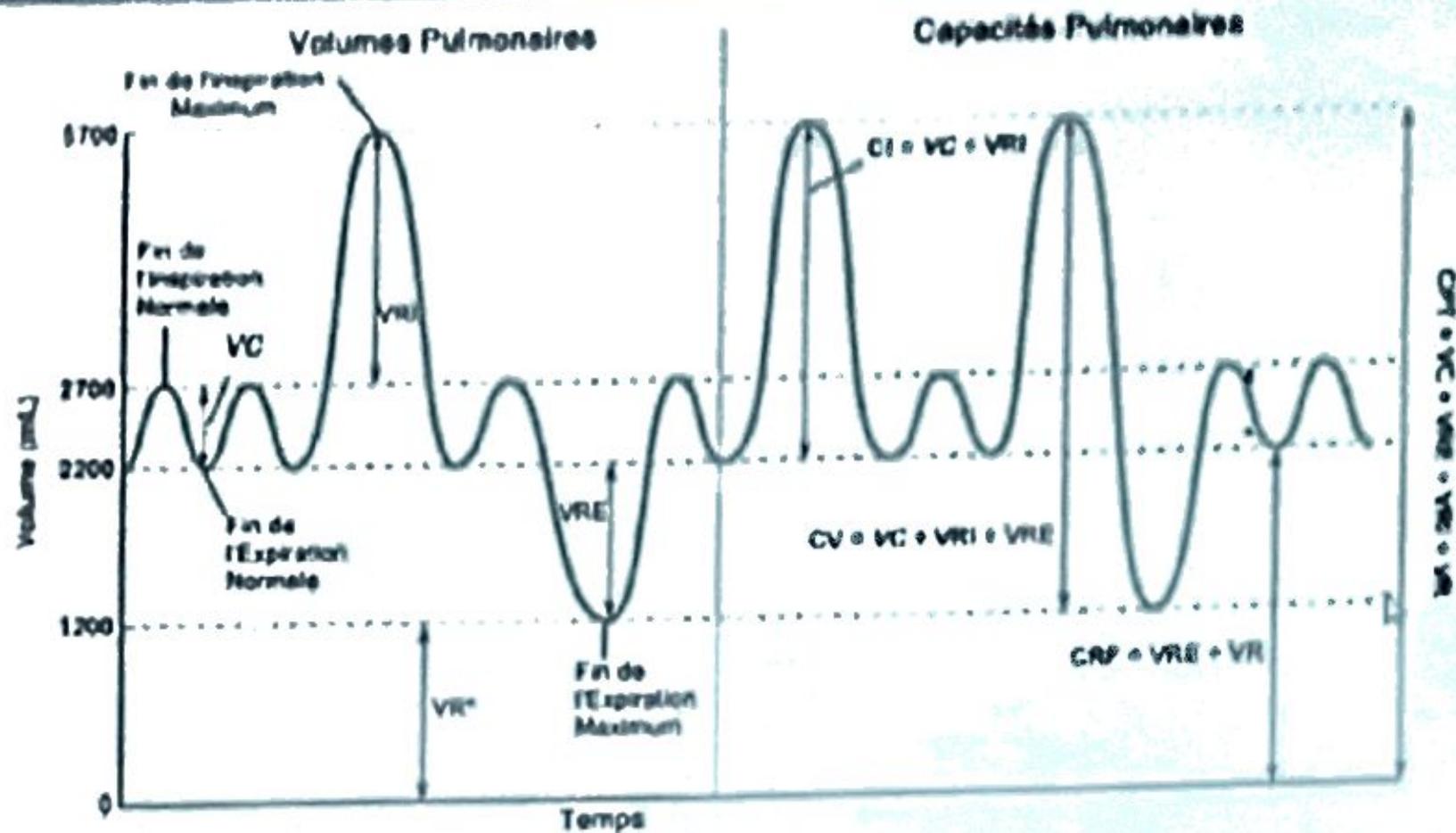
### 2- DEBITTS INSTANTANES

\*PNT : différence de pression entre l'entre et la sortie

# La courbe débit-volume



# Spirométrie : mesures standards



Volumes et Capacités pour un homme sain de 70 kg

## Volumes Pulmonaires

- VC = Volume Courant = 800 mL
- VRI = Volume de Réserve Inspiratoire = 3000 mL
- VRE = Volume de Réserve Expiratoire = 1000 mL
- VR = Volume de Réserve = 1200 mL

\* ne peut être mesuré en spirométrie

## Capacités Pulmonaires

- CI = Capacité Inspiratoire = VC + VRI = 3800 mL
- CV = Capacité Vitale = VC + VRI + VRE = 4600 mL
- CRF = Capacité Résiduelle Fonctionnelle = 2200 mL
- CPT = Capacité Pulmonaire Totale = VRI + VC + VRE + VR = 5700 mL

## 3-VOLUME

- Volume courant (VT):** volume mobilisé à chaque cycle inspiratoire pendant une respiration calme: **0.5l**
- a. Volume de réserve inspiratoire (VRI):** volume maximal qui peut être inspiré en plus du volume courant en inspiration profonde maximale. **2.5l**
- b. Volume de réserve expiratoire (VRE):** volume maximal pouvant être expiré en plus du volume courant en expiration profonde maximale: **1.5l**
- c. Volume résiduel (VR):** volume d'air restant dans les poumons après une expiration profonde maximale.
- d. Capacité vitale :** plus grand volume mobilisable =  $VT + VRI + VRE$ .
- e. Capacité pulmonaire totale (VPT) =** capacité vitale + volume résiduel: **5.5l**.
- f. Capacité résiduelle fonctionnelle =** volume de réserve expiratoire + volume résiduel.