

UNIVERSITE FERHAT ABBAS - SETIF

FACULTE DE MEDECINE

DEPARTEMENT DE MEDECINE

LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE CLINIQUE



MECANIQUE VENTILATOIRE

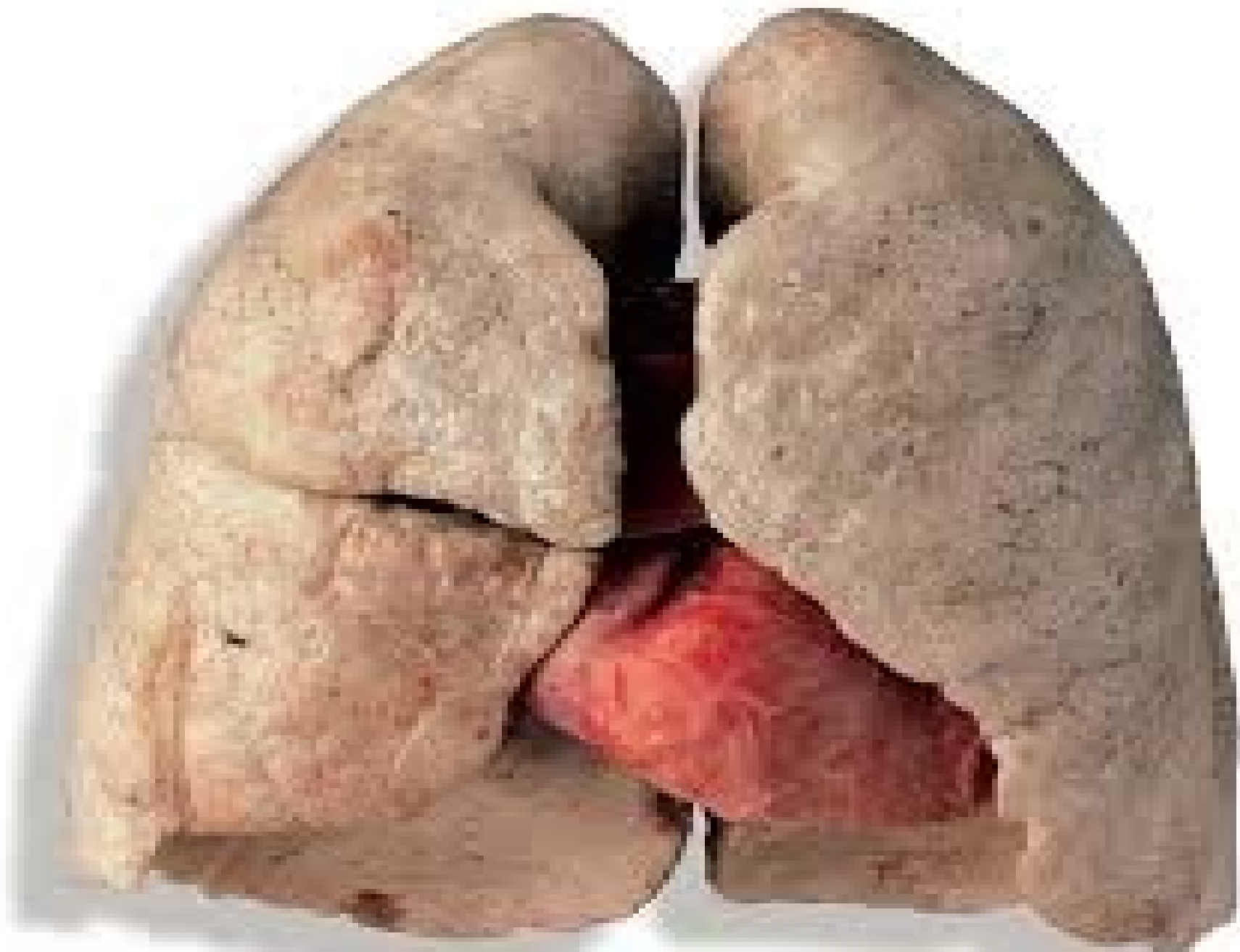
INTRODUCTION:

- L'objet de la fonction respiratoire est d'assurer les échanges gazeux entre l'air atmosphérique et la cellule, pour se faire; le poumon tel une pompe va puiser l'air donc son oxygène dans le milieu ambiant et l'amener vers les alvéoles

Le système respiratoire est formé de deux éléments fondamentaux:

- ✓ Le thorax et les poumons, reliés entre eux par une séreuse ,la plèvre
 - ✓ Le thorax est une cavité fermée comprenant outre les poumons, les organes médastinaux: c'est une paroi osseuse et musculaire
 - ✓ Le poumon est constitué par les voies aériennes, le parenchyme pulmonaire et la circulation pulmonaire
-



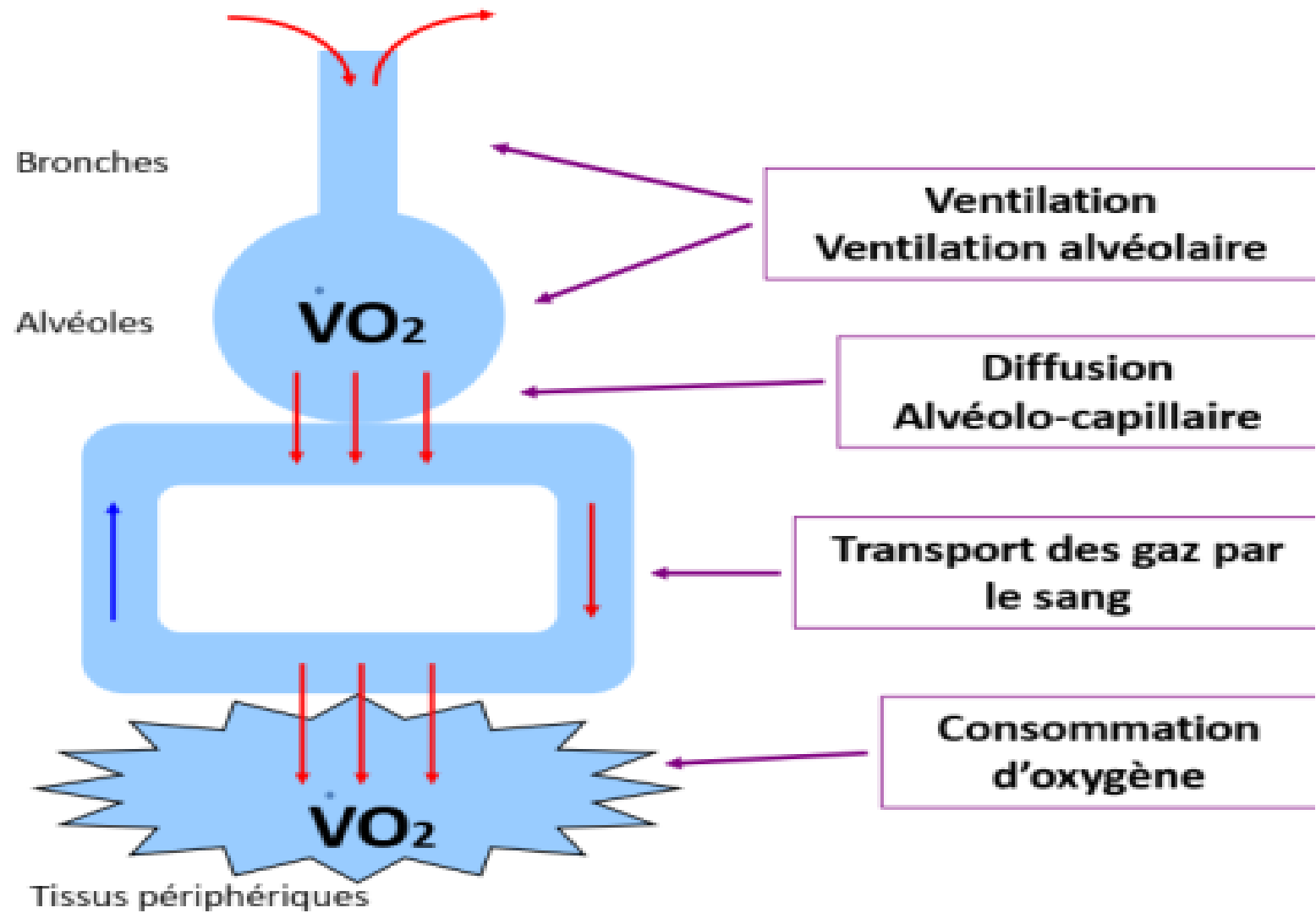


INTRODUCTION

- La respiration : Ensemble des mécanismes permettant le transport des gaz respiratoires :
 - O₂ de l'air ambiant vers les cellules
 - CO₂ en sens inverse

Les étapes de la respiration

- La respiration, 4 processus :
 - La ventilation pulmonaire
 - Respiration externe : **Hématose (EAC)**
 - Transport des gaz dans le sang
 - Respiration interne, tissulaire
- Régulation de la respiration +++



Relation structure/fonction

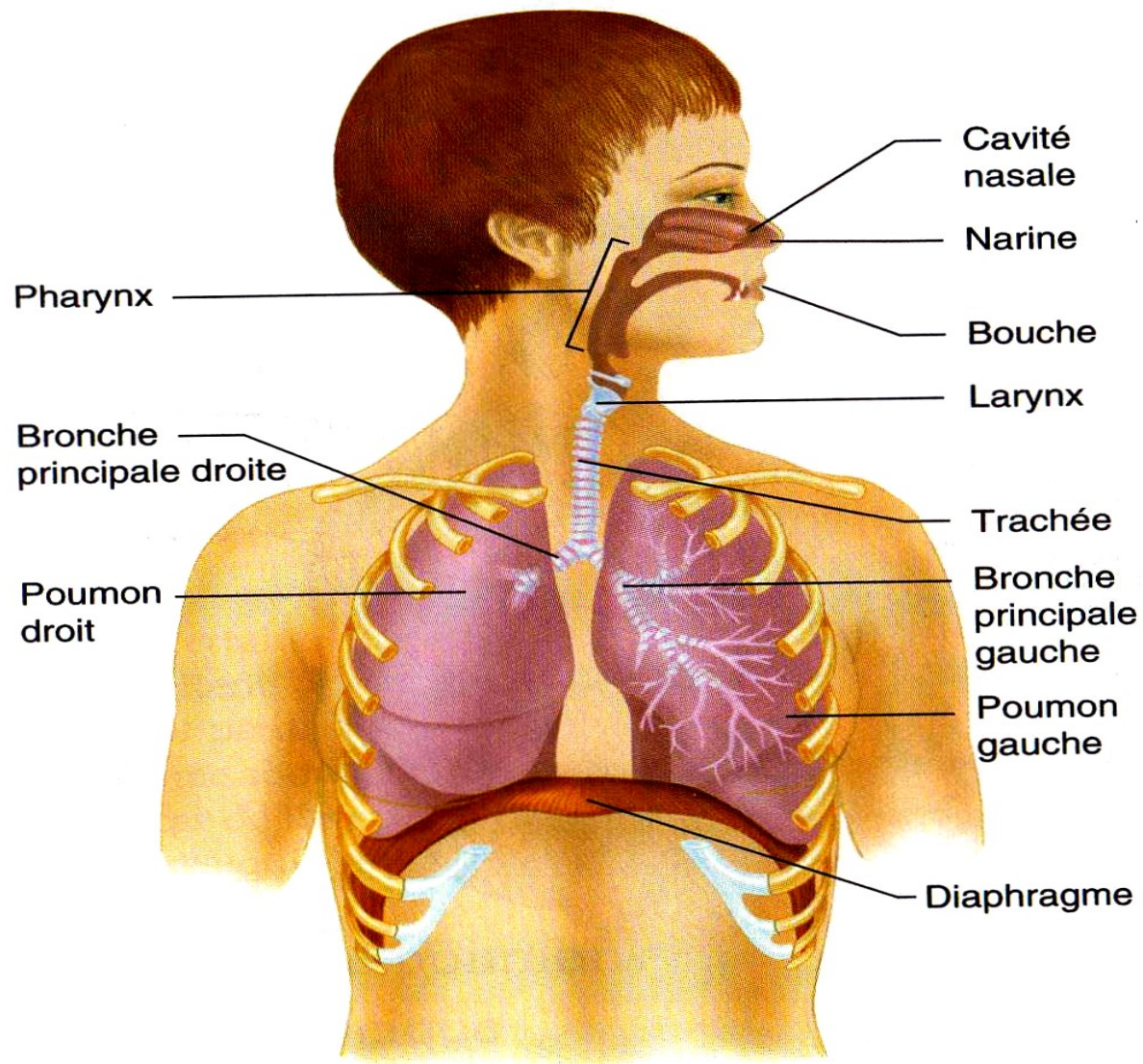
Appareil ventilatoire

- Structures passives :
poumon
voies aériennes
plèvre, côtes
- Structures actives :
Muscles ventilatoires

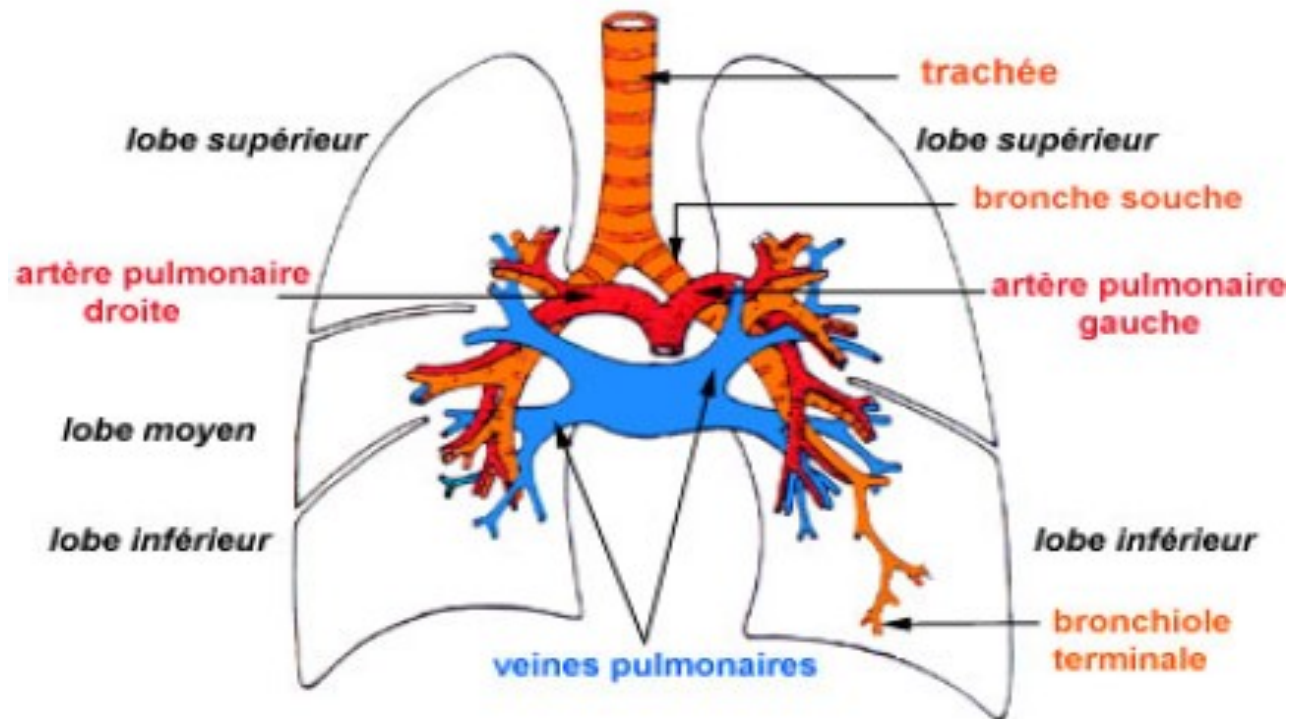
Voies aériennes supérieures

- **Voies aériennes extra thoracique :**
 - . **Muqueuse nasale** : conditionnement (réchauffement et humidification de l'air),
 - . **Pharynx** : carrefour aérodigestif
structure musculaire
 - . **Larynx** : anneaux cartilagineux
cordes vocales

Voies aériennes



Voies aériennes intra thoracique



Les voies aériennes:

- ❖ Les voies aériennes intra thoraciques succèdent aux voies extra thoraciques ou supérieures
- ❖ On compare les voies aériennes intra thoraciques à un arbre : arbre bronchique ,celui-ci constitué d'un nombre variable de générations bronchiques selon les individus mais qui oscille en moyenne autour de 25 que l'on divise en trois zones:

➤ Zone de convection:

trachée intra thoracique ou génération 0
⇒ 15^{ème} génération

➤ Zone de transition:

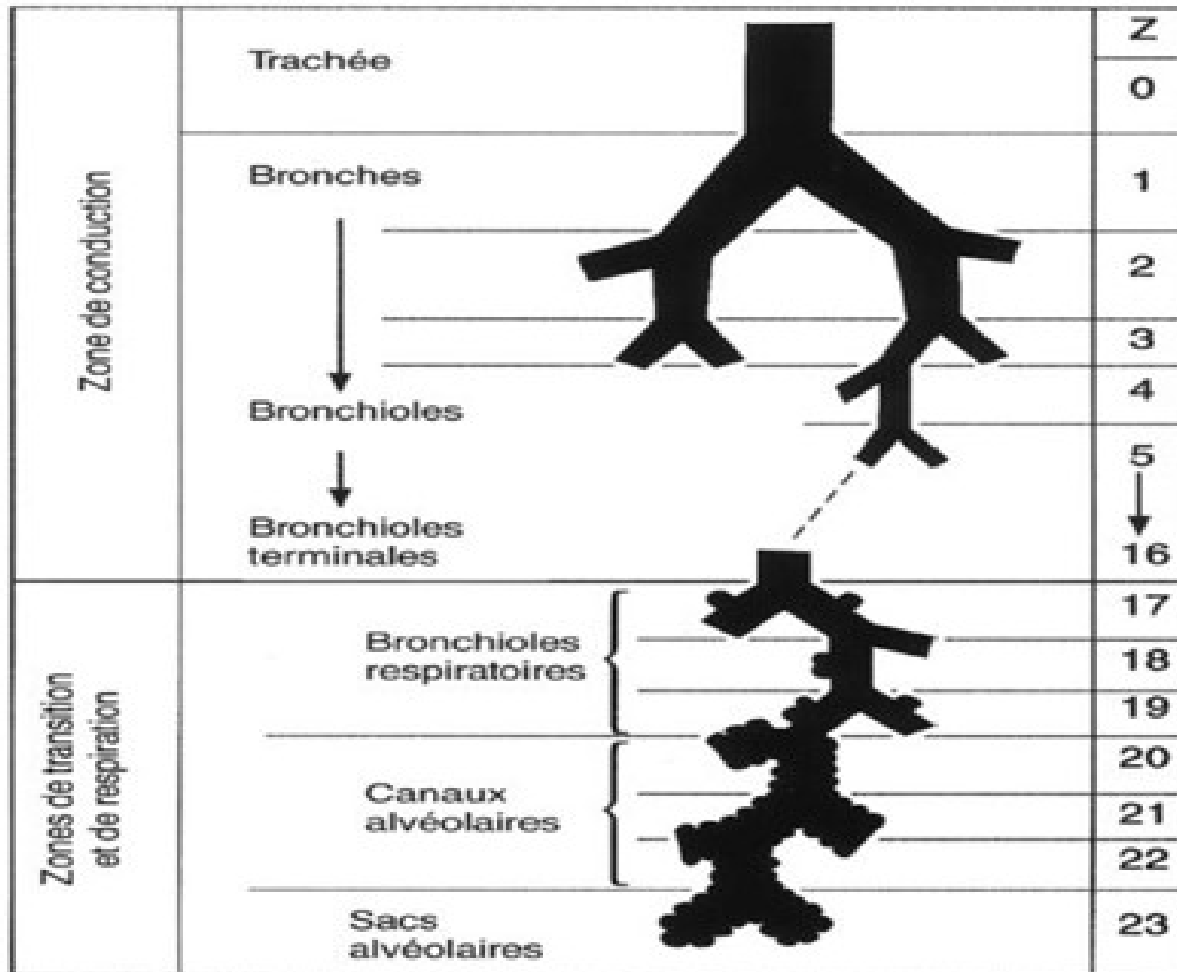
De la 16^{ème} ⇒ 20^{ème} génération

➤ Zone respiratoire:

De la 21^{ème} ⇒ 25^{ème} génération

Une particularité s'attache à l'arbre bronchique: l'espace mort anatomique, alvéolaire et physiologique

Voies aériennes : Classification



Modélisation des voies aériennes humaines d'après Weibel

La ventilation

Elle permet de renouveler les gaz respiratoires présents dans les alvéoles pulmonaires par les mécanismes d'inspiration et d'expiration.

• A l'inspiration:

- Le diaphragme et les muscles intercostaux se contractent.
L'inspiration est donc une phase active.
- Une augmentation du volume de la cage thoracique.
- Distension du système thoraco-pulmonaire provoquant ainsi une diminution de la pression intra-pulmonaire.
- Celle-ci devenant inférieure à la pression atmosphérique l'air entre dans les poumons.

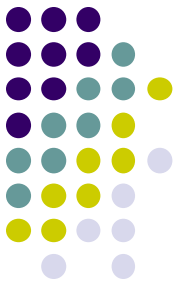
• A l'expiration:

- les muscles inspiratoires principaux se relâchent.
- L'expiration se fait grâce à la rétraction pulmonaire est donc une phase passive sauf lors d'un effort ou lors d'une expiration forcée où les muscles abdominaux se contractent rendant l'expiration active.
- Cela entraîne une diminution du volume de la cage thoracique.
- Augmentation de la pression intra-pulmonaire.
- Celle-ci devenant supérieure à la pression atmosphérique, l'air riche en dioxyde de carbone CO₂ contenu dans les alvéoles est rejetée vers le milieu extérieur.



CYCLE VENTILATOIRE:

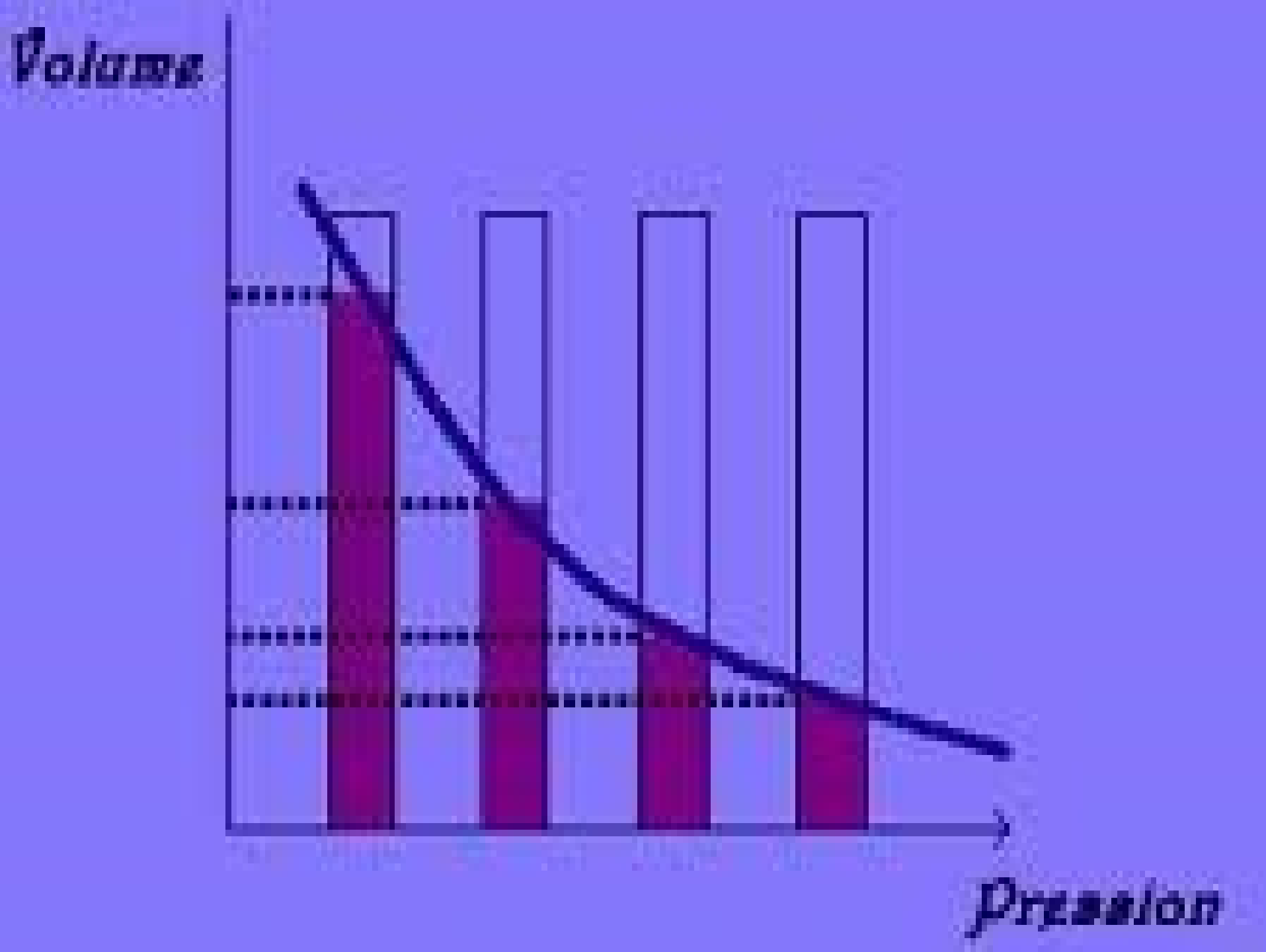
- Avant l'inspiration, l'appareil respiratoire est au repos, il est en apnée, les voies aériennes sont ouvertes en communication avec l'atmosphère, la pression dans les alvéoles (PA) est égale à la pression barométrique (PB)



L'inspiration et l'expiration se font
par application de la loi de:

BOYLE-MARIOTTE

volume X pression = constante



Inspiration



Expiration





Expiration forcée



Inspiration forcée

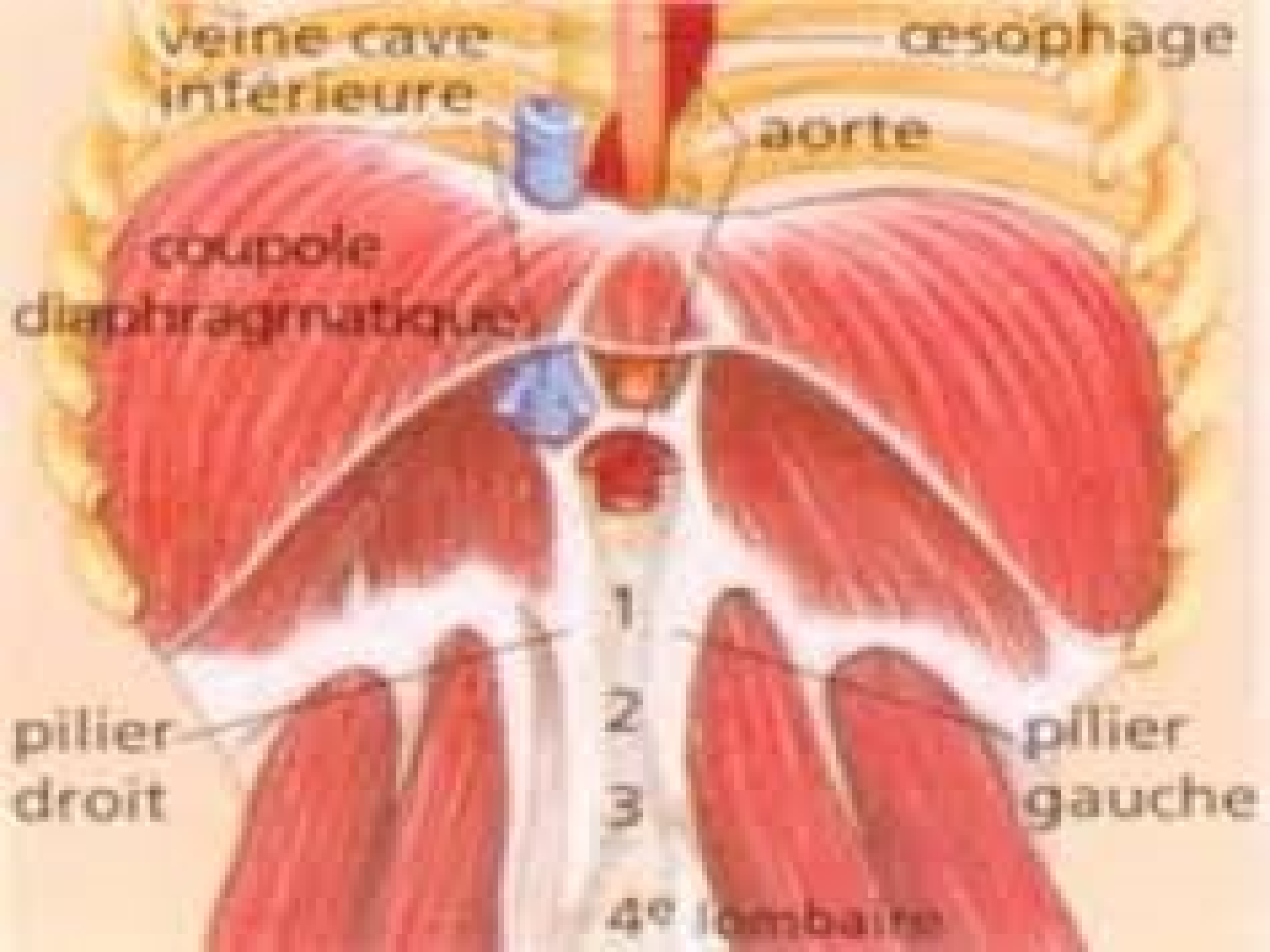
MUSCLES RESPIRATOIRES:

A - Muscles inspiratoires:

1 - Le diaphragme:

- *Principale muscle inspiratoire

- *Inséré de la 7^{ème} à la 12^{ème} paire de cote sur tout le pourtour de la cage thoracique



***Au repos ses coupes remontent jusqu'à la 4^{ème} à 5^{ème} paire de cote**

***La contraction diaphragmatique induit un abaissement de ce muscle ,ce qui produit une augmentation des diametres de la cage thoraciques,**

Le diaphragme est un muscle endurant:
2 types de fibres musculaires:

- Fibres blanches ou rapides: Pauvres en mitochondries
Métabolisme anaérobie
Contraction rapide
force
- Fibres rouges ou lentes : Riches en mitochondries
Métabolisme aérobie
Contraction lente
Endurance
- Composition déterminée génétiquement

2 - Les intercostaux:

***Les intercostaux externes sont en position postérieure et latérale par rapport à la cage thoracique**

***Leurs fibres sont dirigées en bas et en avant**

première
côte

IC externes

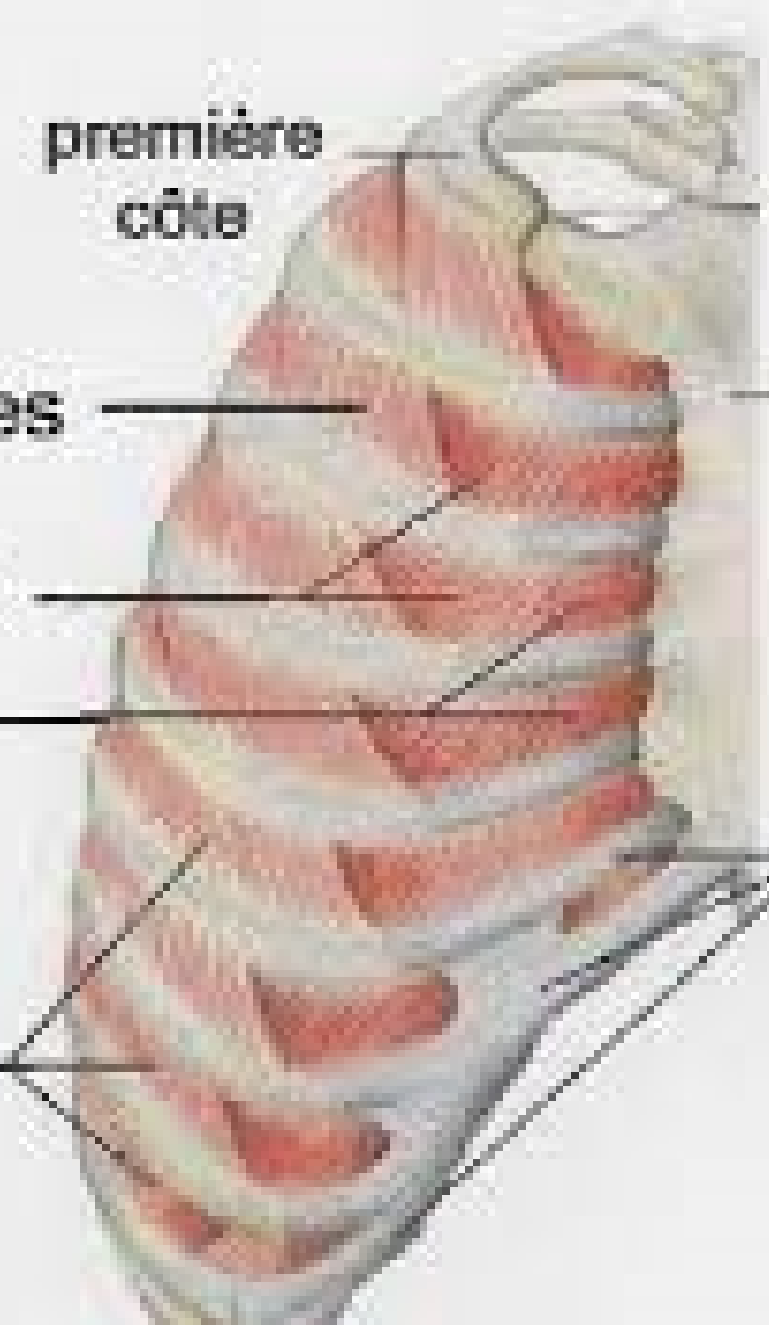
sternum

IC internes

IC internes

cartilages
costaux

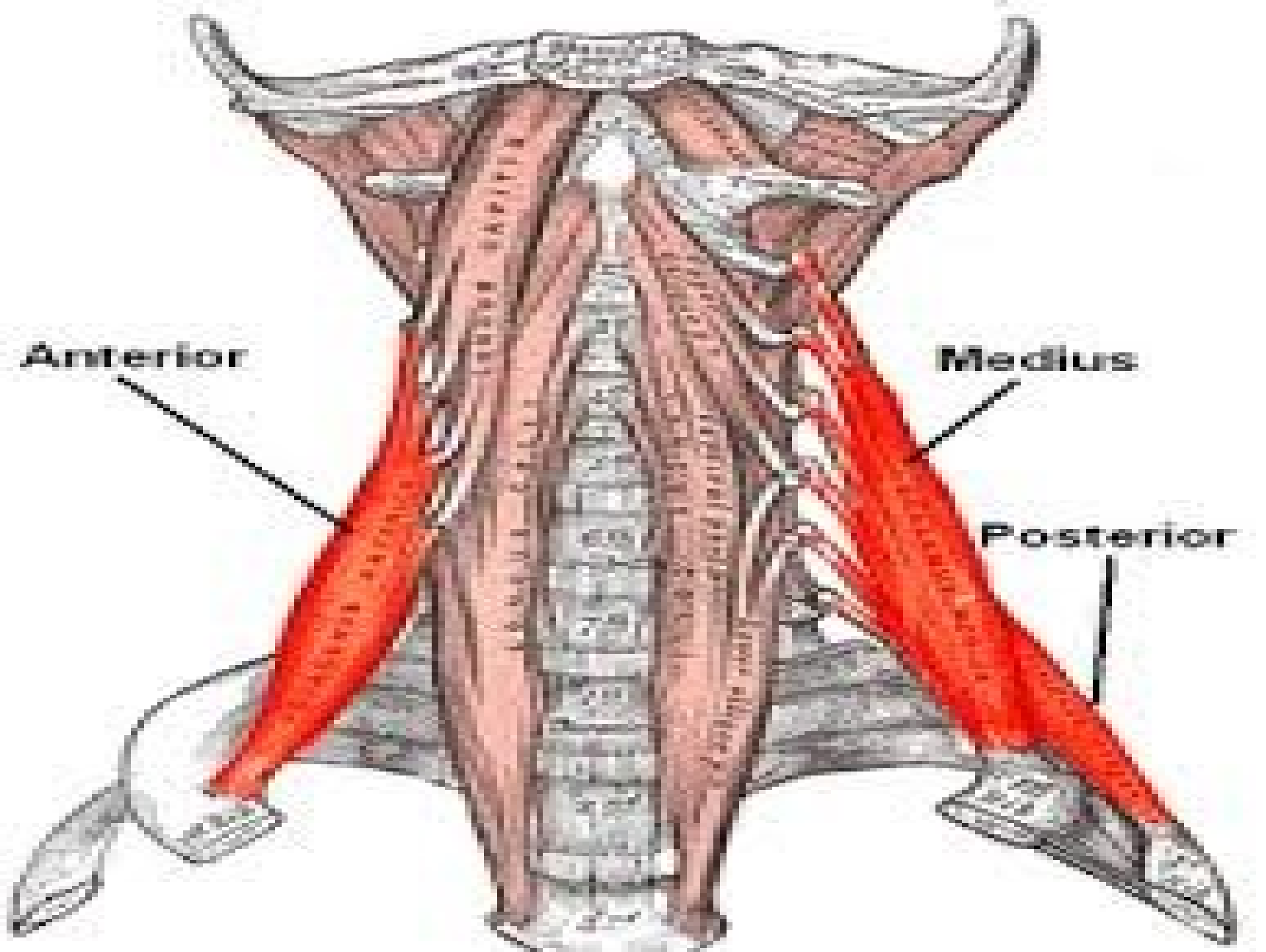
IC externes



3 - les scalènes:

***Ils s'insèrent sur les dernières vertèbres cervicales et sur les deux 1^{ère} cotes**

***Ils fixent la partie supérieure de la cage thoracique**



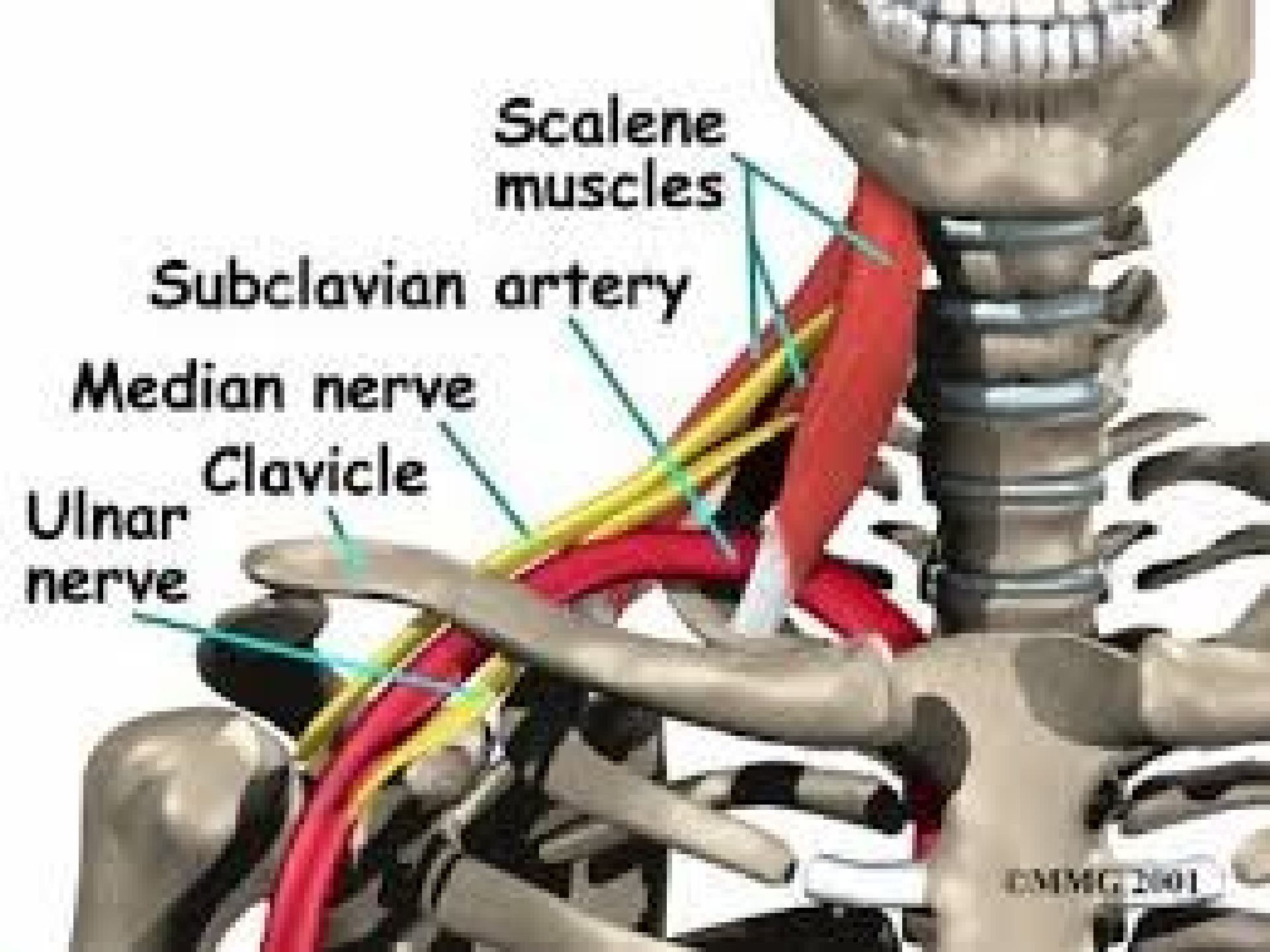
Scalene
muscles

Subclavian artery

Median nerve

Clavicle

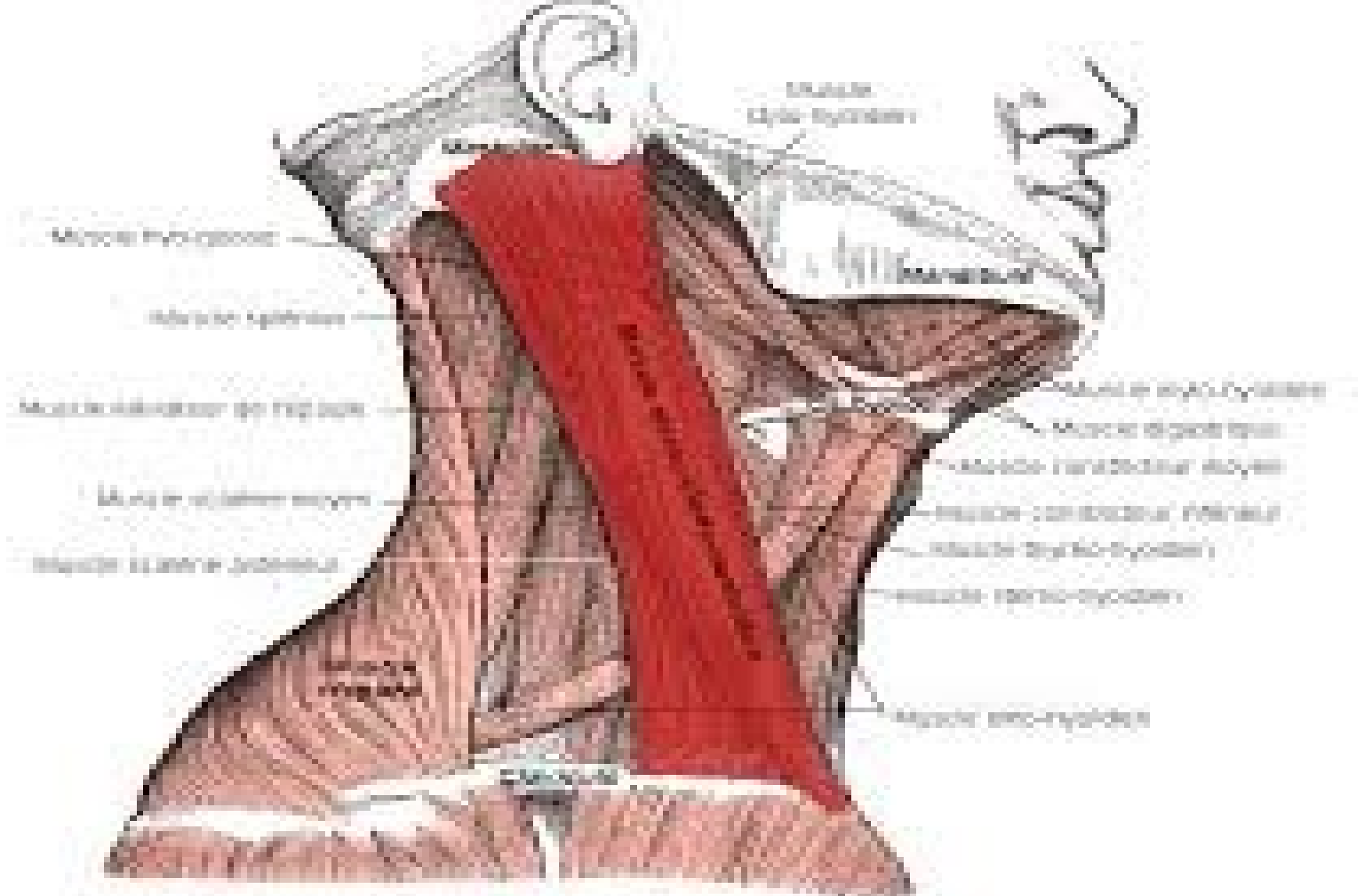
Ulnar
nerve



4 - muscles inspiratoires accessoires:

***Ils ne sont pas actifs lors de la respiration spontanée**

Exemple: le sterno-cléido-mastoïdien



Muscles du cou
(vue latérale droite)

B - Muscles expiratoires:

- *L'expiration spontanée est un phénomène passif**
- *Le système respiratoire étiré activement pendant l'inspiration revient passivement sur lui-même lorsque celui-ci s'interrompt**
- *Ce mouvement est freiné par une contraction post-inspiratoire du diaphragme**

1 - les intercostaux internes:

***Leurs fibres sont orientées en haut et en avant**

2 - les muscles abdominaux:

***Les grands droits, les obliques et les transverses**

première
côte

IC externes

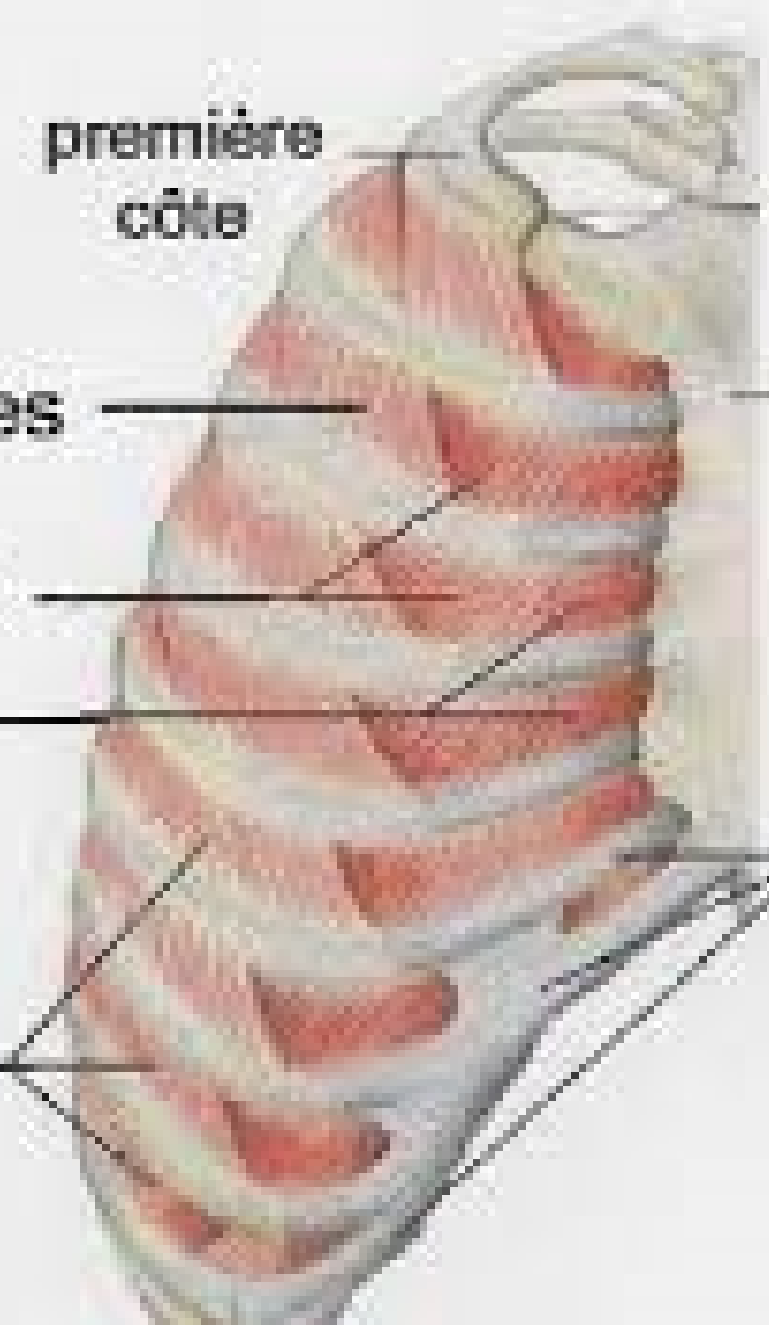
sternum

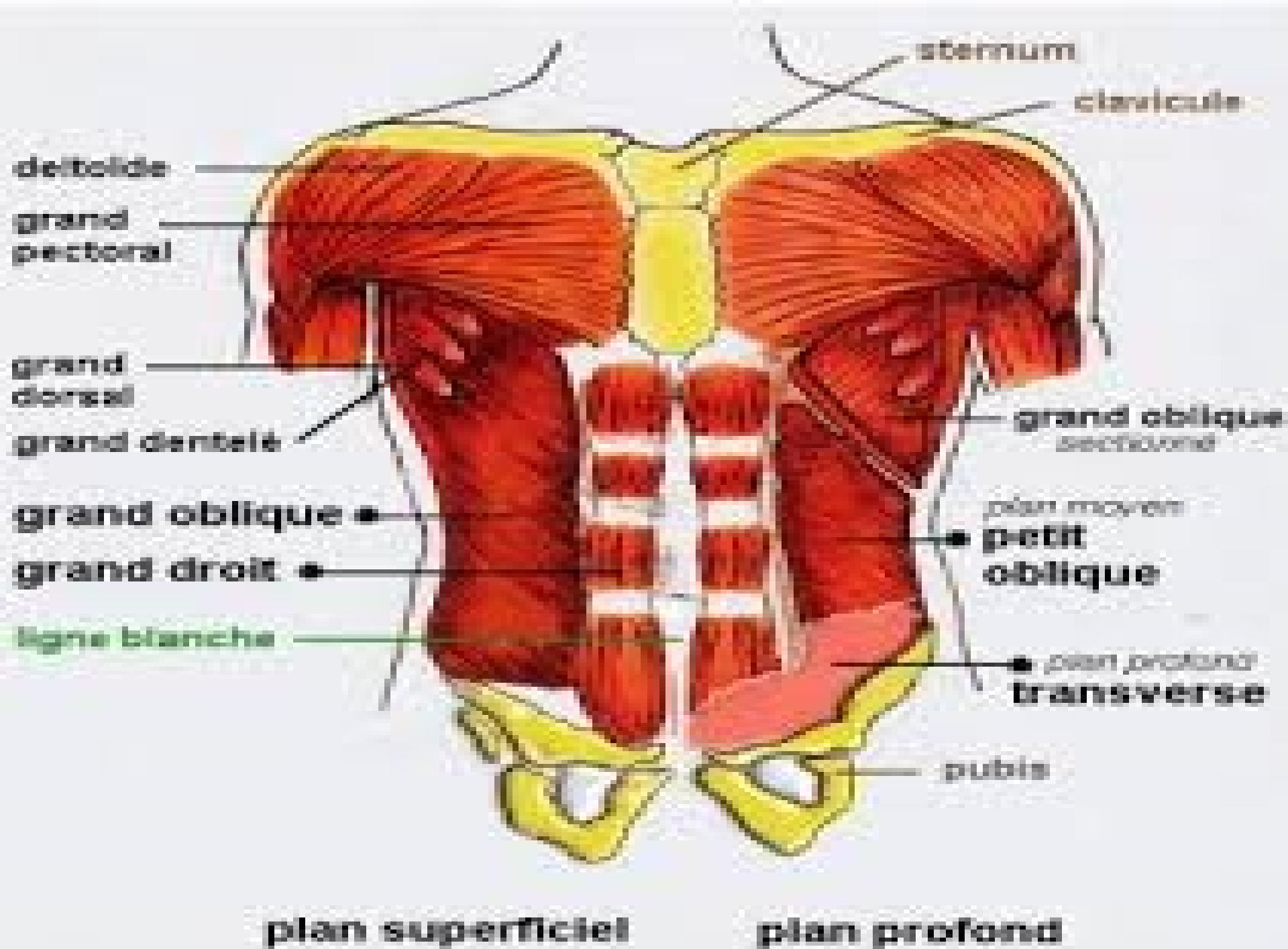
IC internes

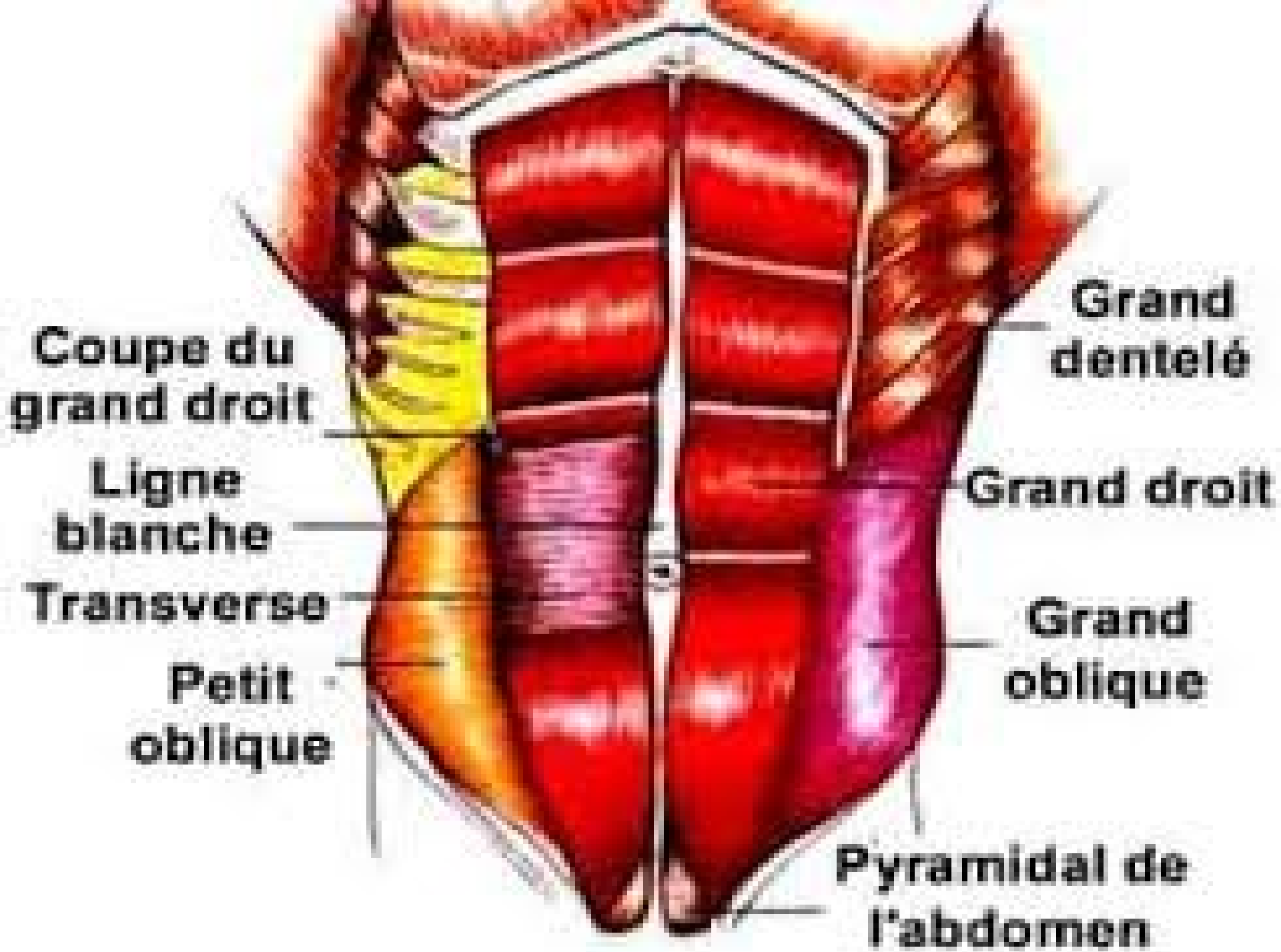
IC internes

cartilages
costaux

IC externes





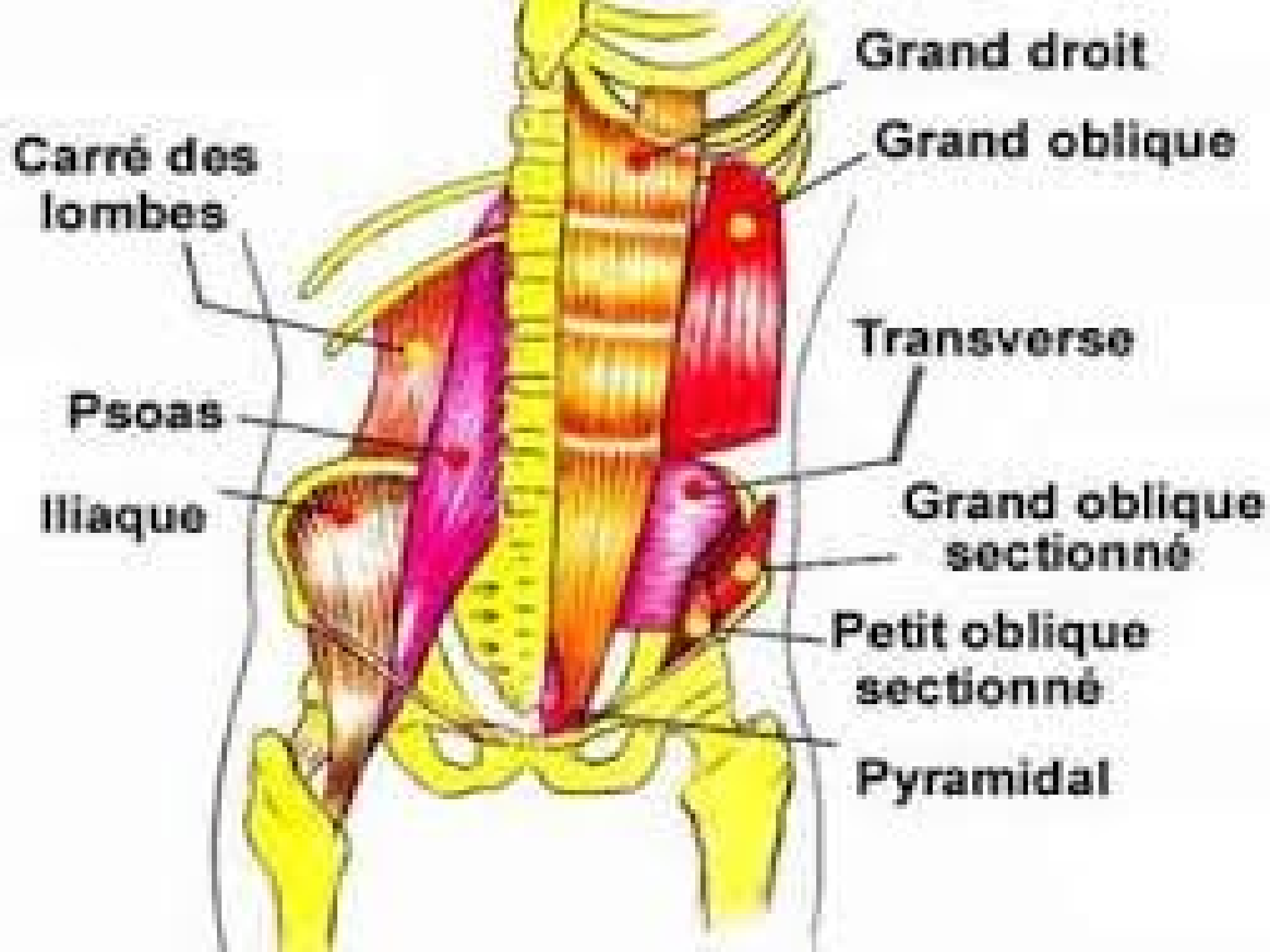




DROIT

OBLIQUES

TRANSVERSE



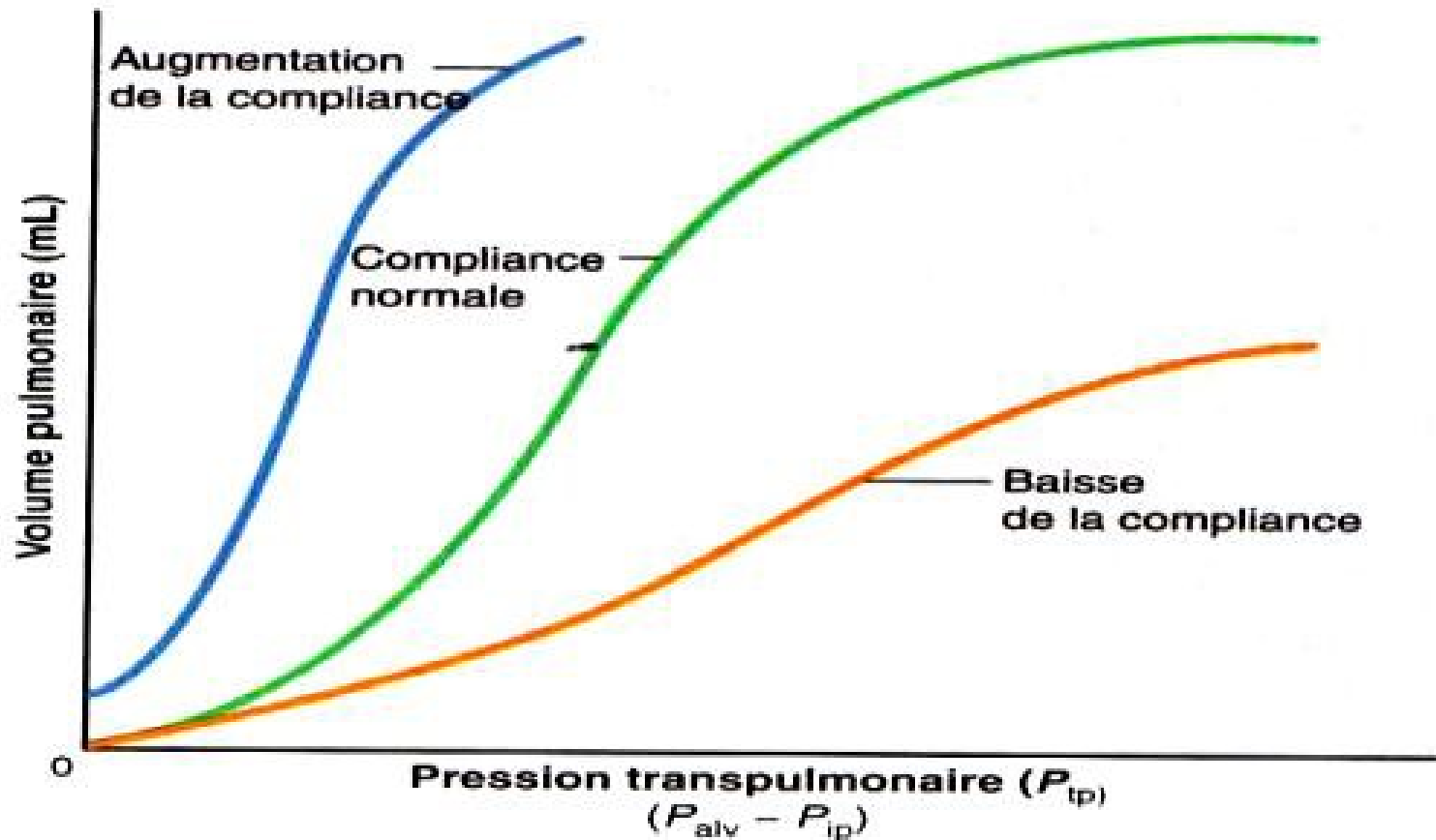
La compliance pulmonaire

La compliance est la mesure de la distensibilité du poumon,

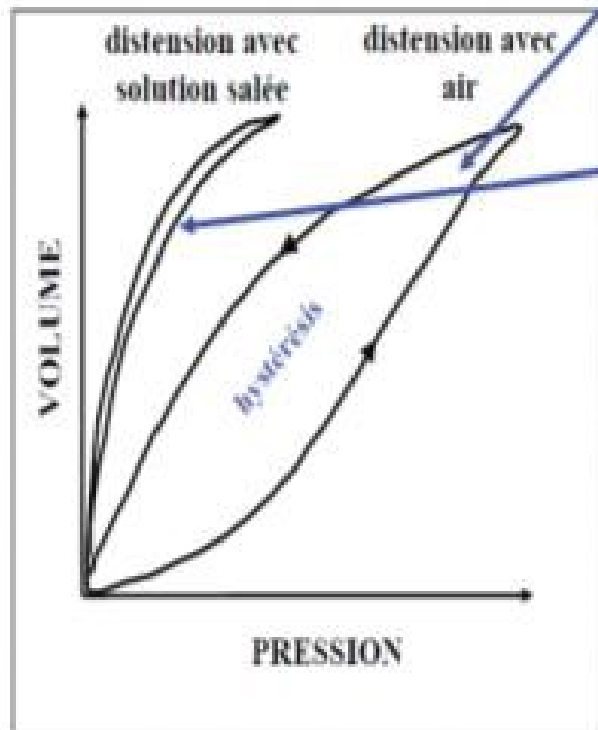
La mesure de la quantité d'air qui pénètre dans le poumon pour une variation de pression.

Compliance pulmonaire 1

$$\text{Compliance} = \frac{\Delta \text{ volume pulmonaire}}{\Delta (P_{\text{alv}} - P_{\text{tp}})} = \frac{\Delta V}{\Delta P_{\text{tp}}}$$



Déterminants de la compliance pulmonaire



*Travail inspiratoire >
travail expiratoire
(hysteresis)*

*Poumon plus compliant lors
de l'instillation de liquide*

*Instillation de liquide
supprime l'interface gaz-tissu*

Deux déterminants :

- tissu pulmonaire
- interface gaz - tissu

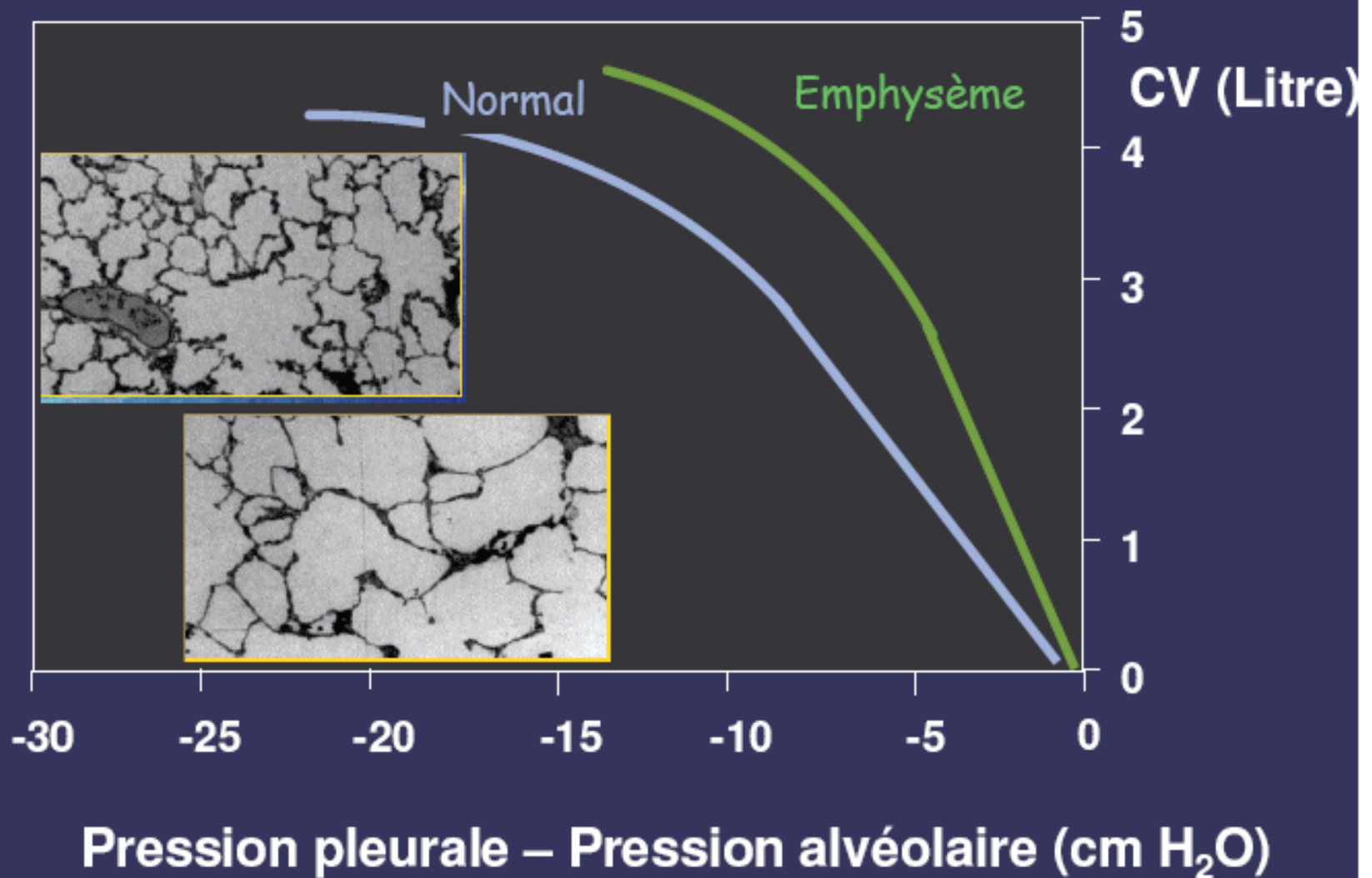
Tissu pulmonaire:

Dans le tissu pulmonaire on retrouve des éléments cellulaires, et une matrice extra-cellulaire qui comprend de l'élastine et du collagène fibrillaire,

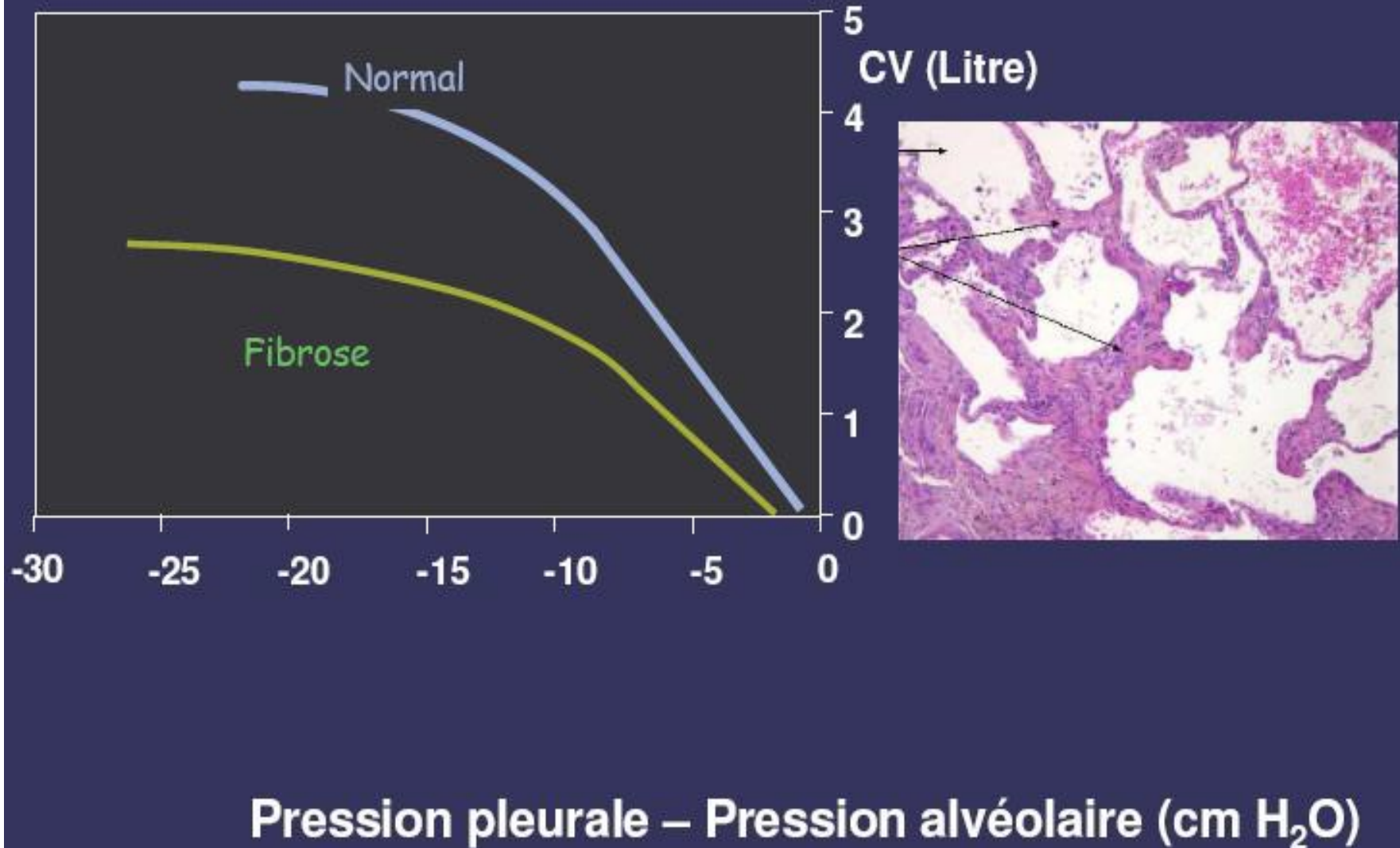
C'est cette matrice extra-cellulaire qui joue un rôle et non les cellules ! Il existe des maladies tel que l'emphysème qui détruit l'élastine, et tel que la fibrose qui donne une accumulation de collagène.

Ces deux maladies vont donc modifier la compliance du poumon.

Modifications de la compliance pulmonaire



Modifications de la compliance pulmonaire



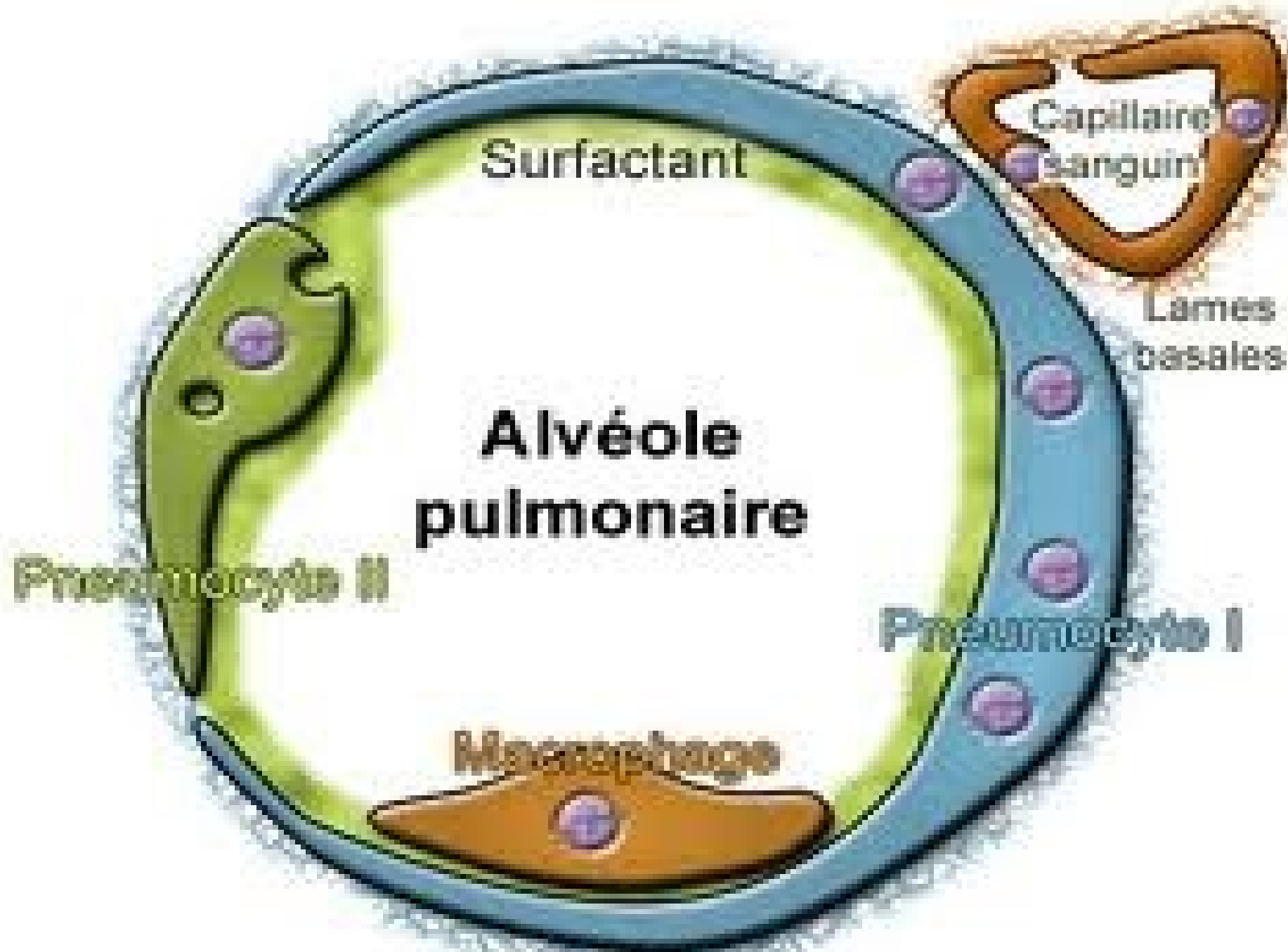
L'interface gaz-tissus

- A l'interface gaz-tissus, il existe une tension superficielle
- Dans le tissu respiratoire, l'eau du tissu est autour du gaz alvéolaire et donc cette interface va créer une pression à l'intérieur des alvéoles,

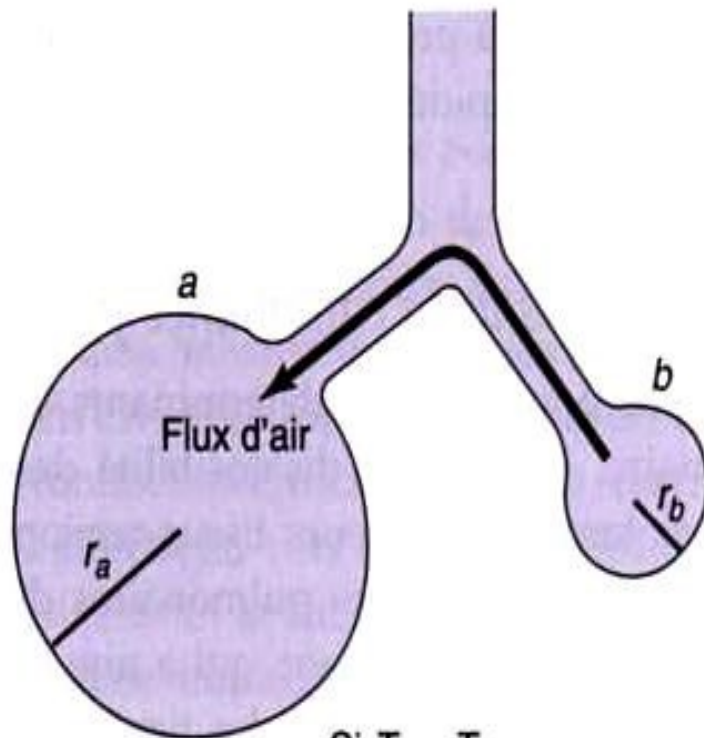
- Le tissu pulmonaire va sécréter du surfactant qui va se poser sur le bord de l'alvéole.

Il a un pôle hydrophile et un pôle hydrophobe et va permettre de diminuer la tension superficielle.

Le surfactant est constitué de phospholipides (85%) et de protéines (13%) ,



Pas de surfactant



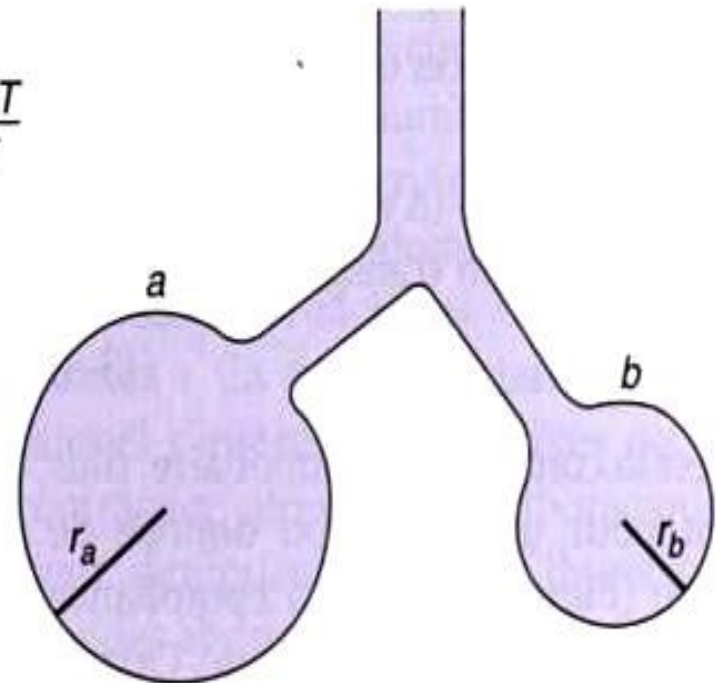
Si $T_a = T_b$

$$P_a < P_b$$

et l'air s'écoule de b vers a ;
b se vide dans a

Avec surfactant

$$P = \frac{2T}{r}$$

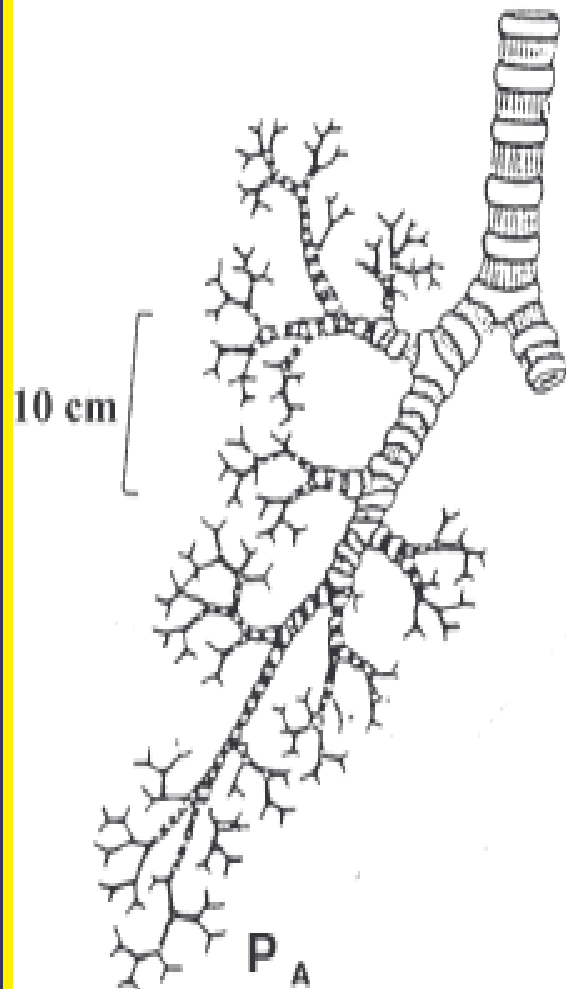


Si $T_a > T_b$ (du fait de la propriété
unique du surfactant)

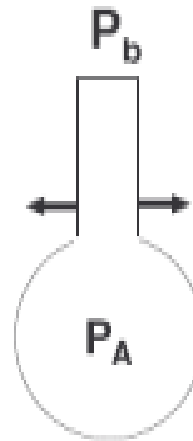
$$P_a = P_b$$

et il n'y a pas d'écoulement
d'air de b vers a ;
les petits alvéoles ne se vident pas

P_b



Résistances des Voies Aériennes



$$P_A - P_b = \text{Résistances} \times \text{Débit}$$

- Réduction du diamètre bronchique

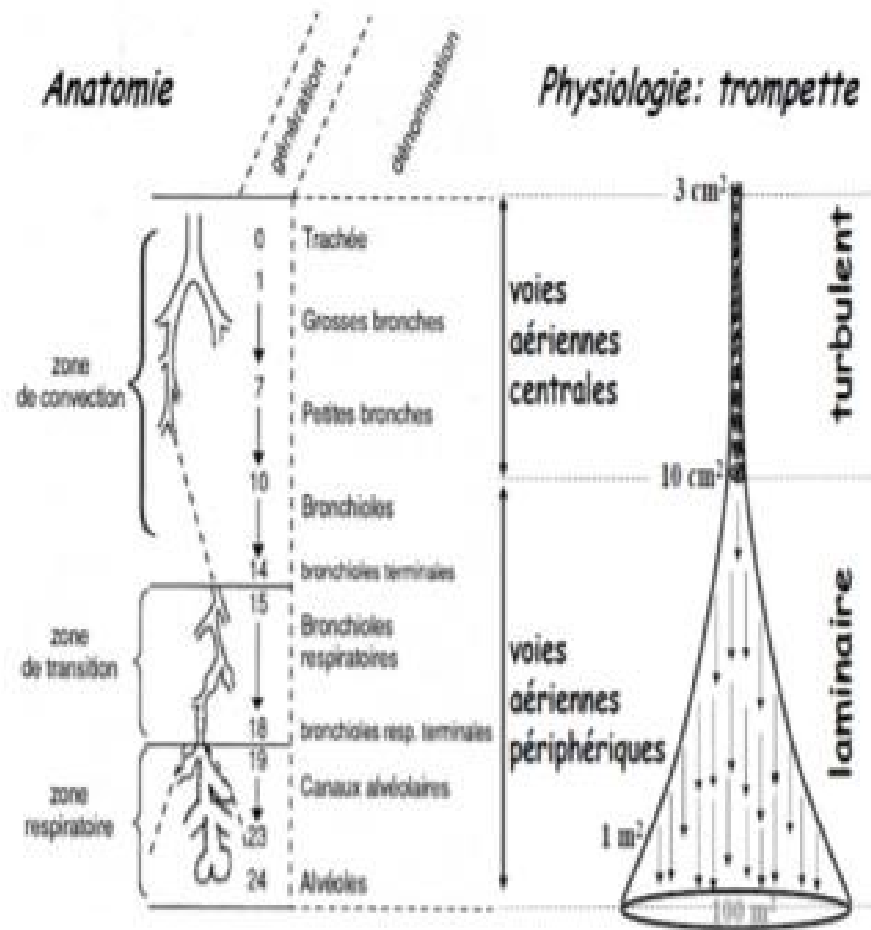
⇒ augmentation des résistances
diminution du débit

- Augmentation du diamètre bronchique

⇒ Diminution des résistances
augmentation du débit

A chaque génération bronchique donnée, on va additionner la section totale donc la résistance ne dépendra plus que d'une section mais de la somme des sections. Le système bronchique est ainsi très fin aux premières générations et va de plus en plus s'élargir. On parle d'une forme en « trompette ». Les bronches seront de plus en plus petites mais de plus en plus nombreuses donc la somme totale des calibres va augmenter.

L'arbre bronchique en physiologie



Résistance des voies aériennes centrales > Résistance des voies aériennes périphériques.

□ Résumé de la répartition des résistances dans les voies aériennes :

- Nez : 50% des résistances
- Voies aériennes centrales : 40% des résistances
- Voies aériennes périphérique : 10% des résistances

Facteurs modifiants les résistances des VA :

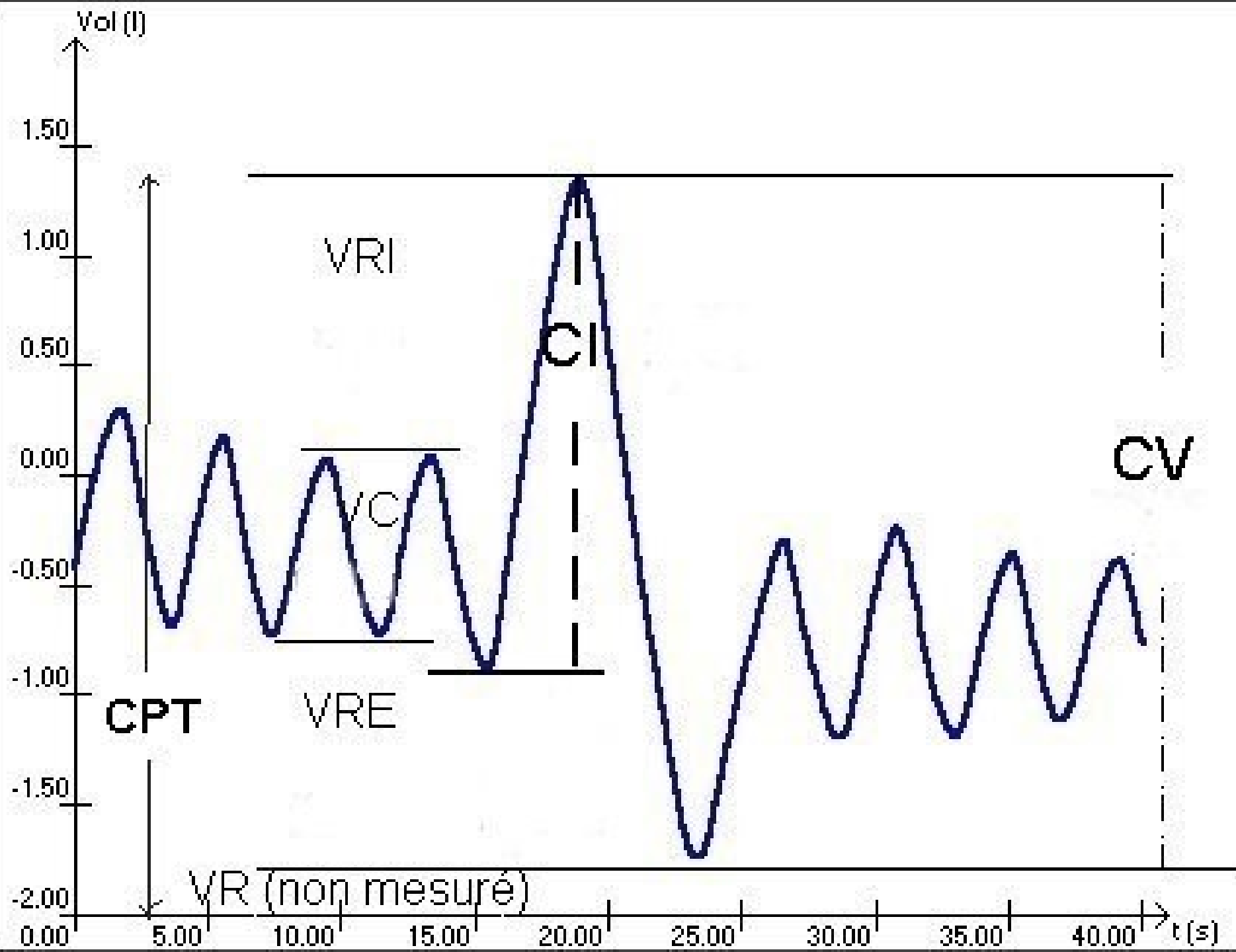
- Viscosité et densité des gaz
- Gaz plus visqueux
- Augmentation de la pression du gaz

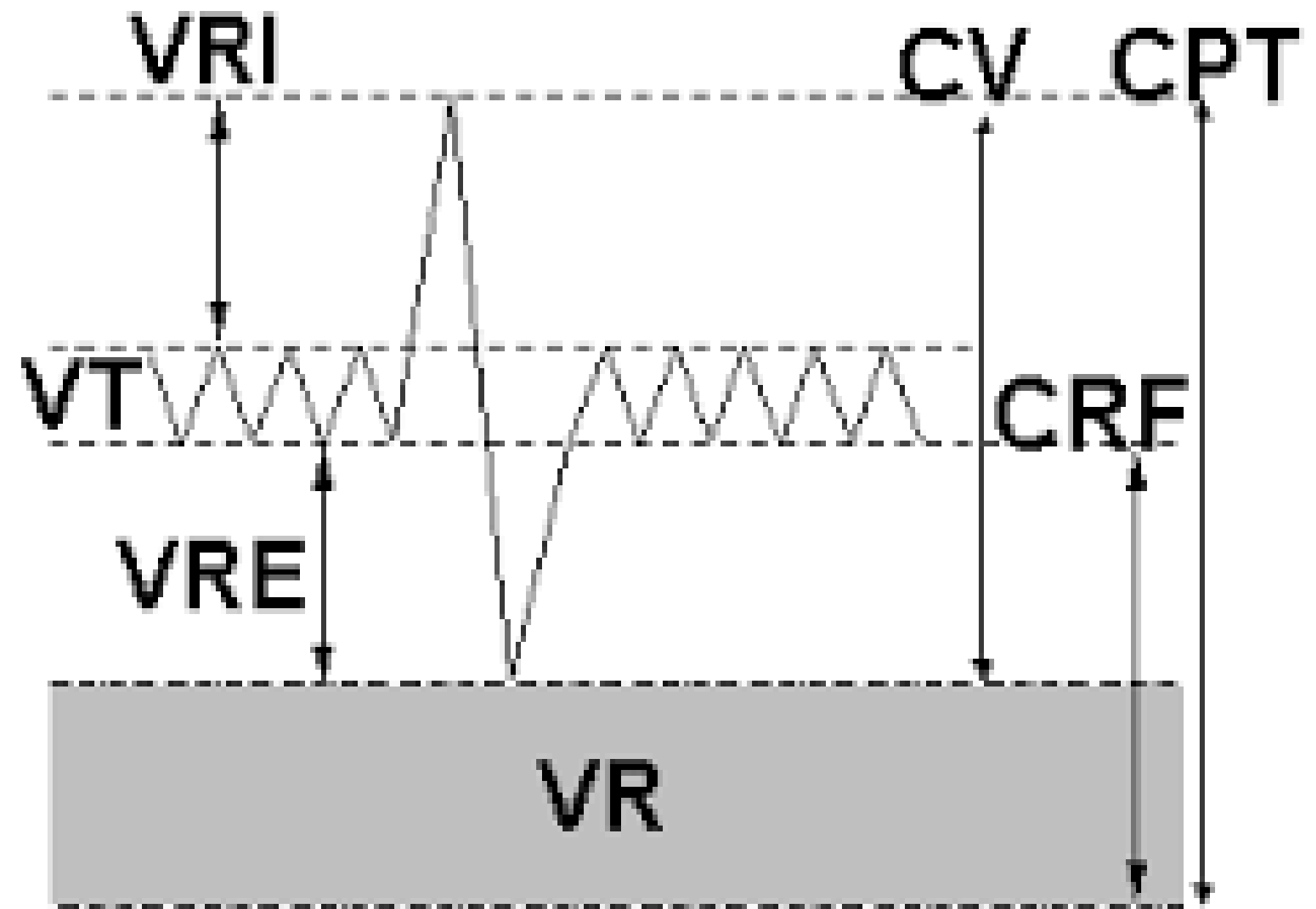
VARIABLES MESUREES:

■ A - volumes pulmonaires:

1 - volumes mobilisables:

- Volume courant: V_T ou $V_C \approx 500$ ml
- Volume de réserve inspiratoire: V_{RI}
Femme: 2L homme: 3,1L
- Volume de réserve expiratoire: V_{RE}
Femme et homme: 1,2L
- Ventilation maximale minute: V_{max} ou V_{mm}





Capacités pulmonaires:

1 - Capacité vitale:

$$CV = VT + VRI + VRE$$

2 - Capacité inspiratoire:

$$CI = VT + VRI$$

3 - Capacité expiratoire:

$$CE = VT + VRE$$

2 - volume non mobilisable:

Le volume résiduel:

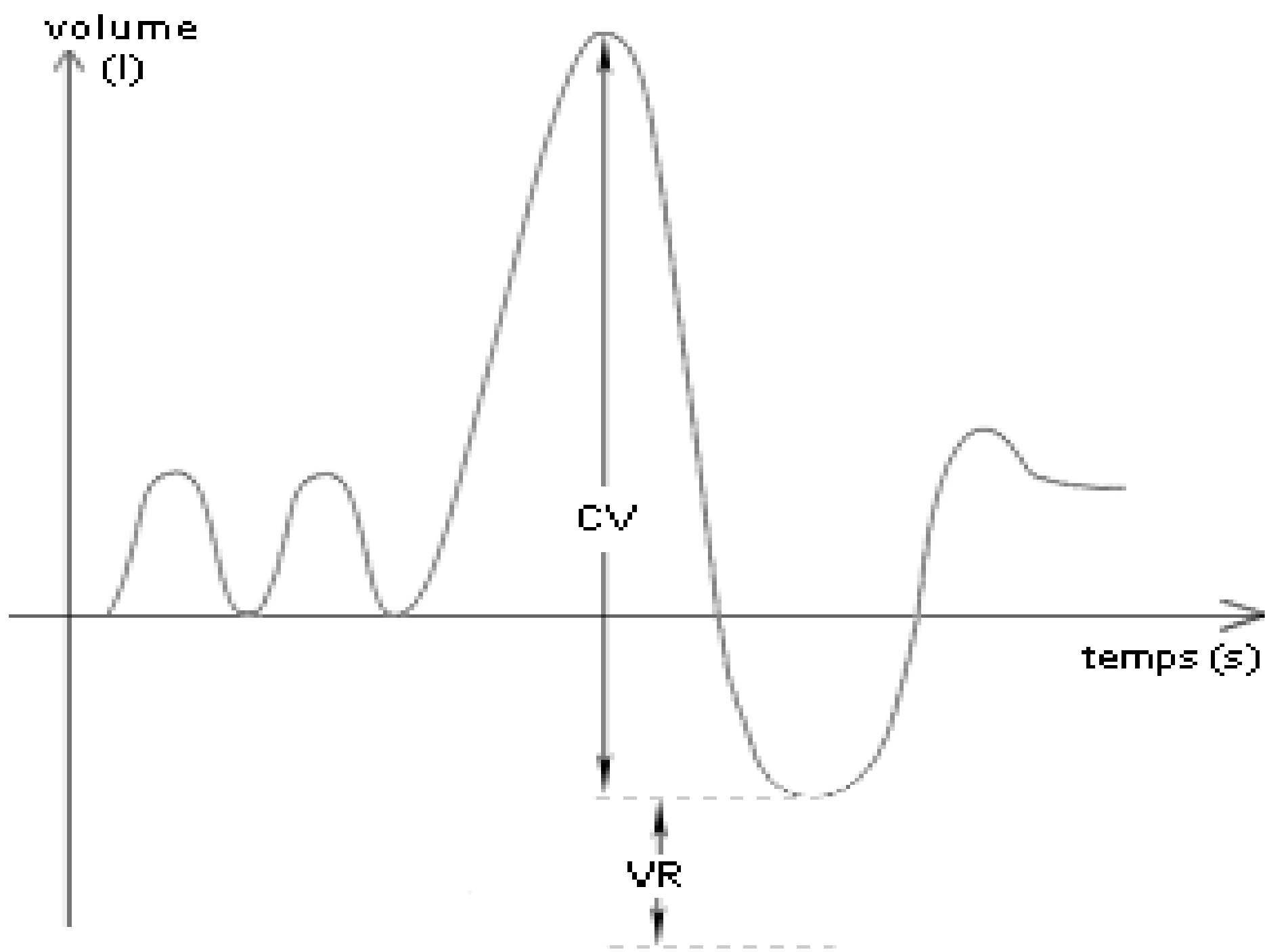
Mesuré par un spiromètre avec analyseur d'hélium ou plethysmographe

Capacité pulmonaire totale:

$$CPT = VR + CV$$

Capacité résiduelle fonctionnelle:

$$CRF = VR + VRE$$

















B - débits ventilatoires:

✓ VEMS: volume expiratoire maximal
seconde

✓ VEMS/CV: rapport de TIFFENAU =
0,75 = 75%

✓ DEP: débit expiratoire de pointe