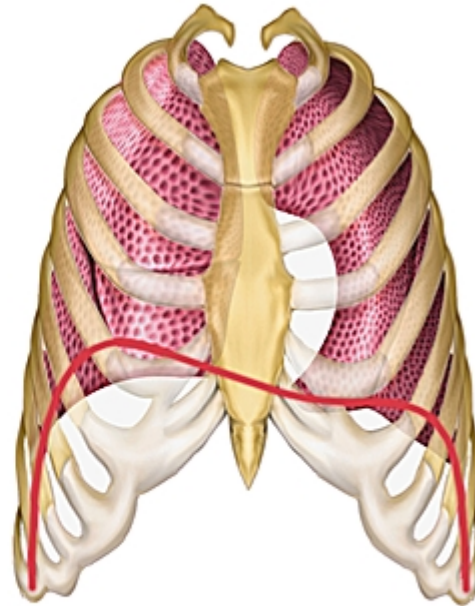
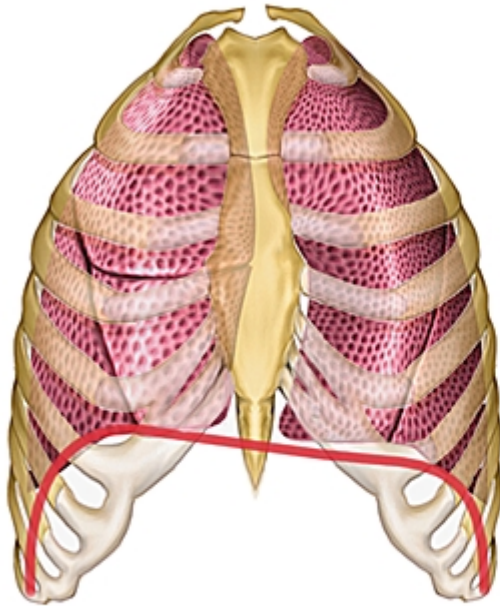
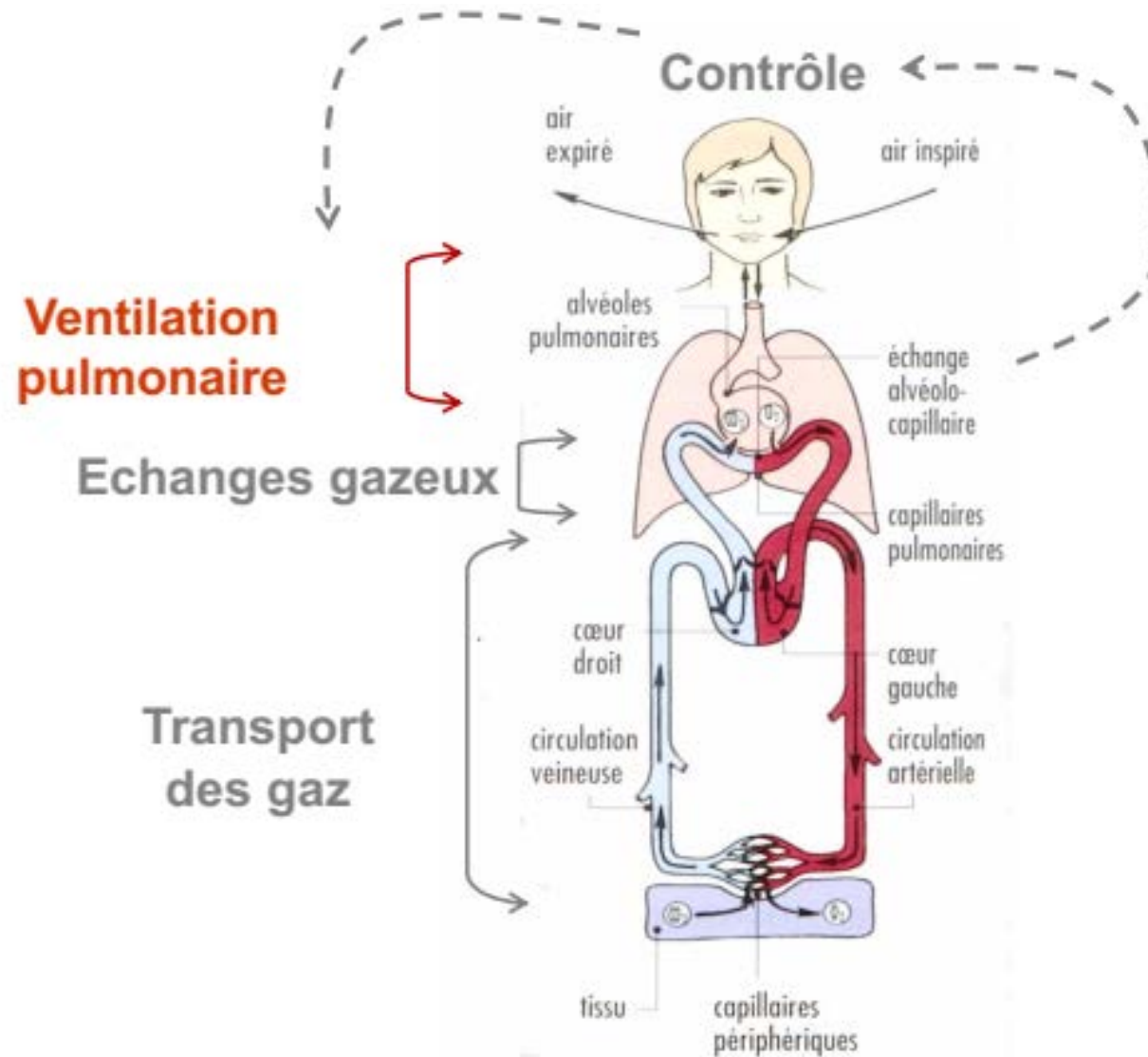


# Le cycle respiratoire



Dr.A.GUENDOZ  
Maitre assistant  
Physiologie clinique &  
explorations fonctionnelles

# Etapes de la respiration

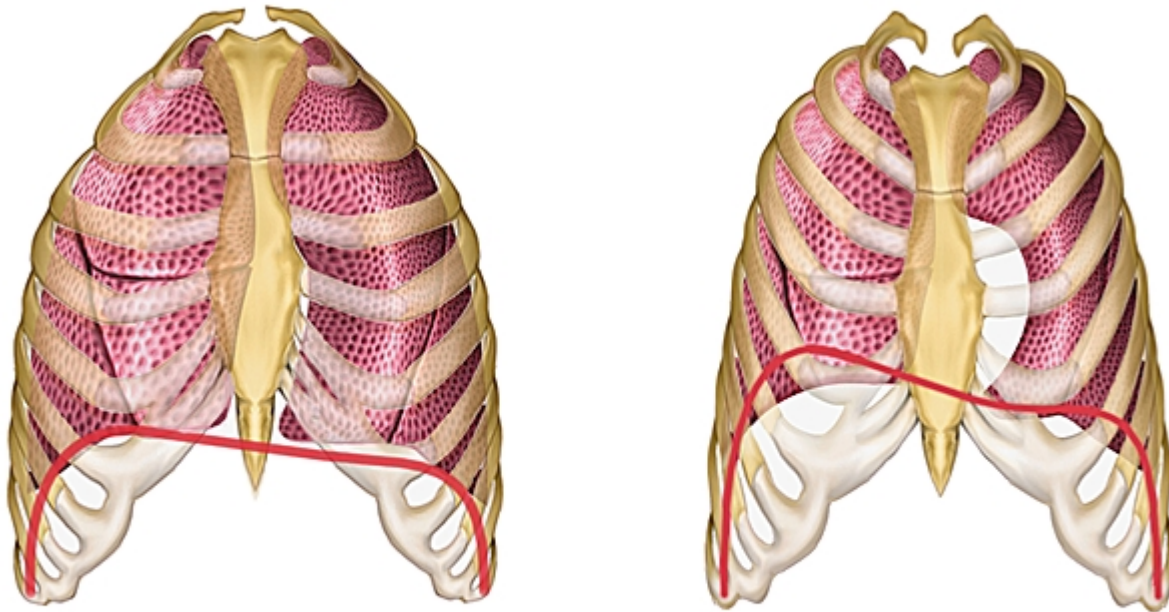


# **Le cycle respiratoire**

- ☐ **Généralités**
- ☐ **Mouvements respiratoires**
- ☐ **Production du débit aérien**
- ☐ **Volumes et capacités pulmonaires**

# Généralités

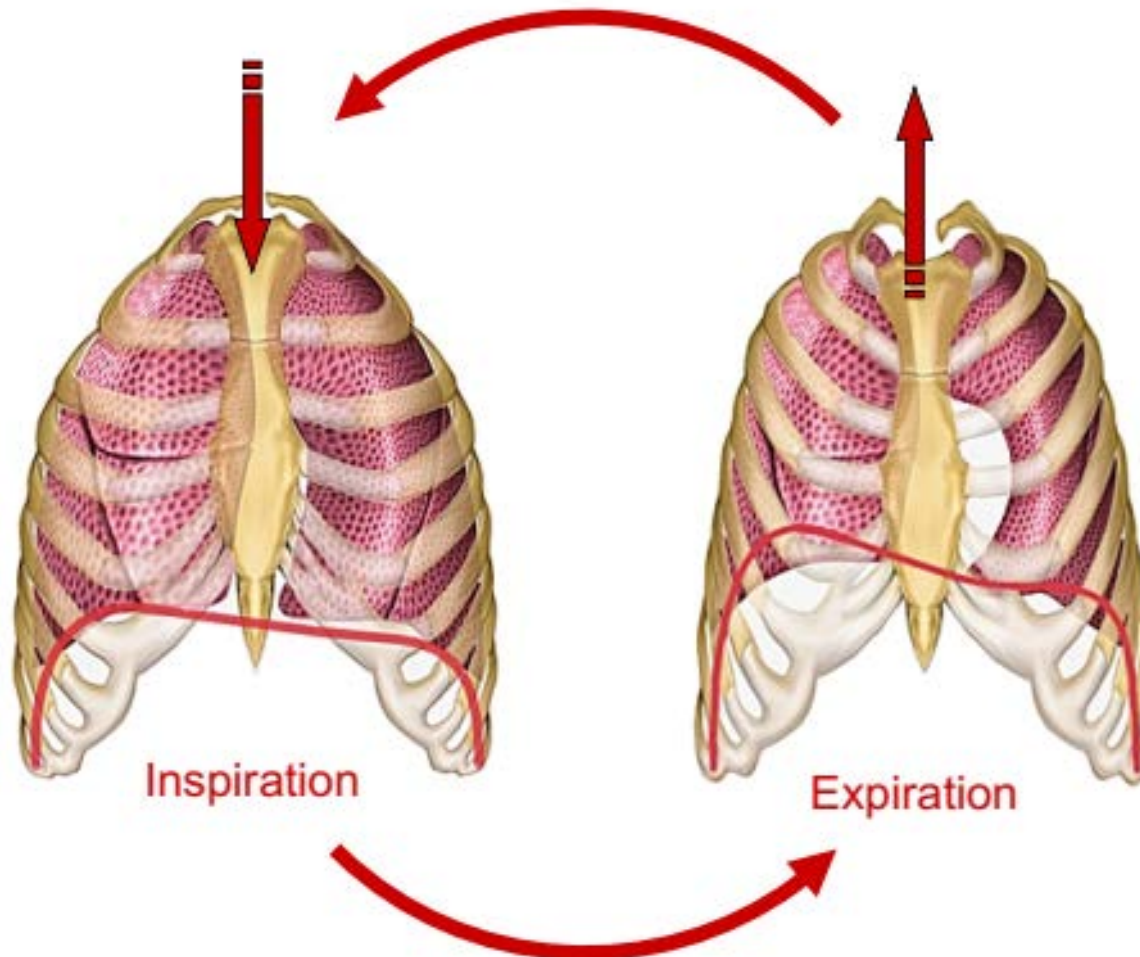
**Cycle respiratoire = inspiration + expiration**



Le phénomène de la respiration est un phénomène cyclique  
fait d'une inspiration suivie d'une expiration

# Généralités

Cycle respiratoire = inspiration + expiration

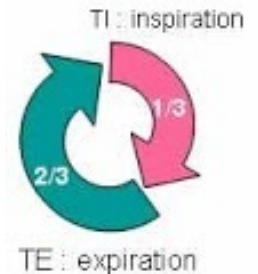


# Généralités

- Durée du cycle respiratoire = variable
  - 4 à 5 secondes chez l'adulte au repos
  - 1 à 1,5 secondes chez le nouveau-né au repos
- Fréquence respiratoire (FR) = nombre de cycles par minute
  - 15 -20 chez l'adulte éveillé au repos
  - 40-50 chez l'adulte pendant exercice
  - 40-60 chez le nouveau-né au repos

# Généralités

- Durée totale du cycle respiratoire =  $T_{TOT}$
- $FR = 1/T_{TOT} \times 60$
- Durée de l'inspiration =  $T_I$
- Durée de l'expiration =  $T_E$

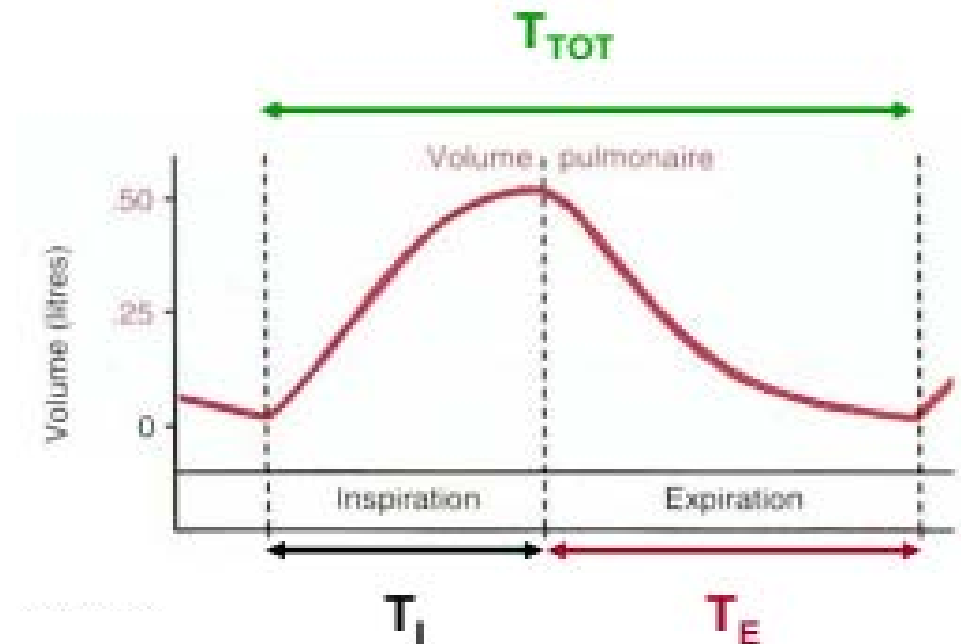


Au repos:

$$T_I / T_E = 1/2$$

soit

$$T_I / T_{TOT} = 1/3$$



# Le cycle respiratoire

- Généralités

- **Mouvements respiratoires**

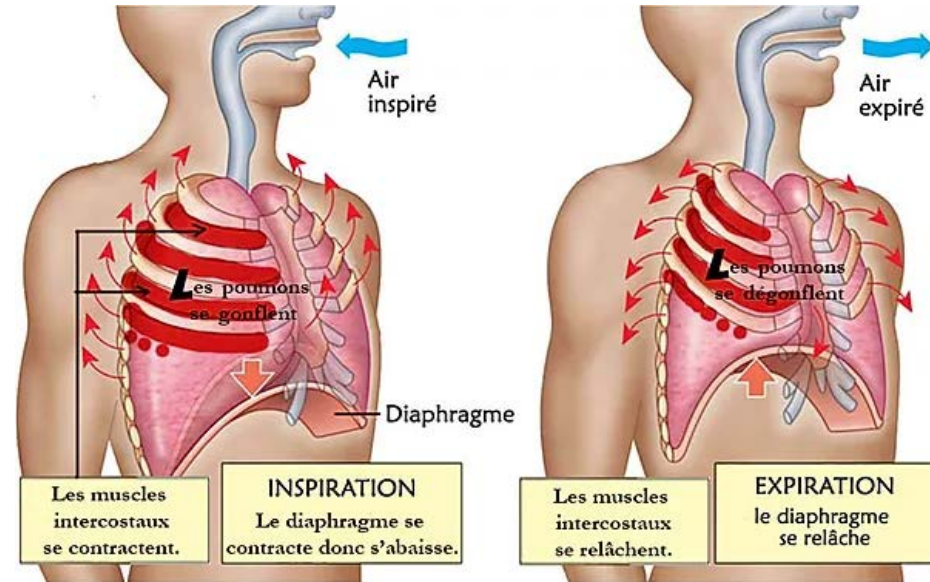
- Production du débit aérien

- Volumes et capacités pulmonaires



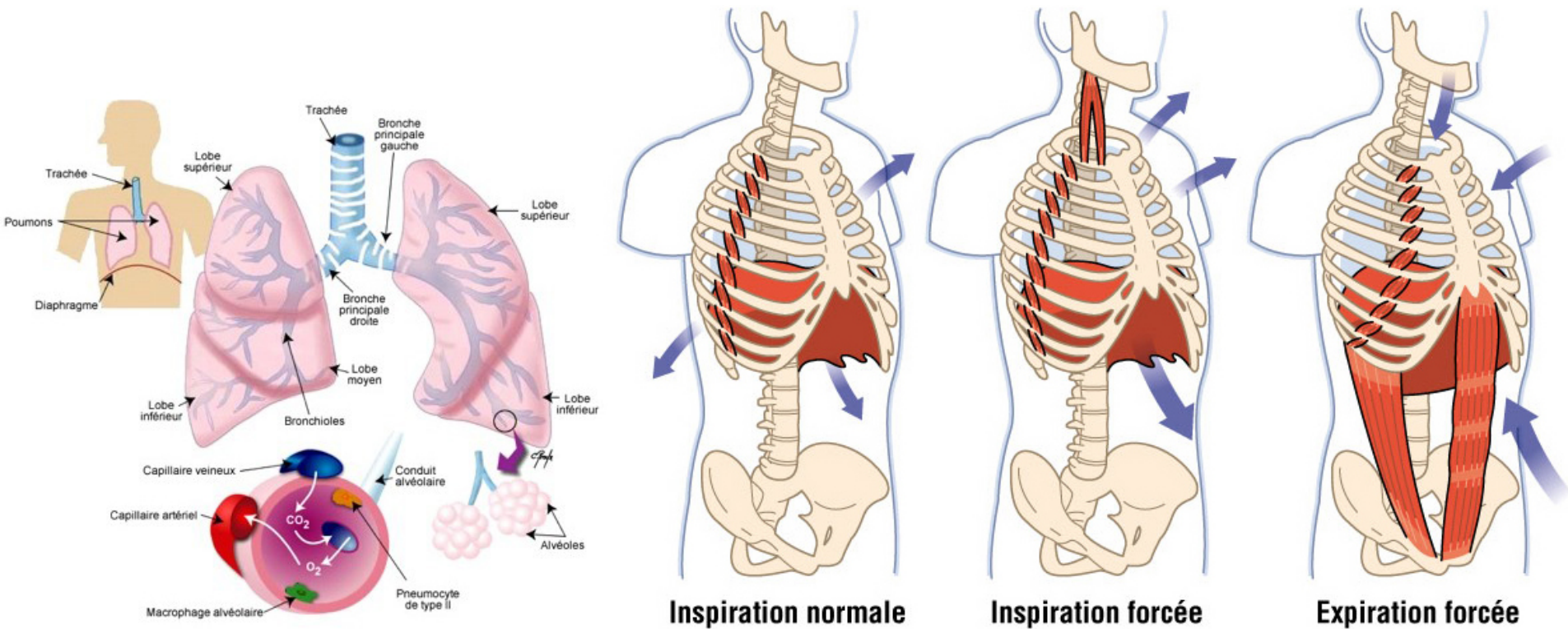
# Mouvements respiratoires

- **Respiration calme :**
  - Mouvements périodiques, réguliers
  - Inspiration
    - ✓ Augmentation de tous les diamètres thoraciques
    - ✓ Déplacement antérieur de la paroi abdominale
  - Expiration
    - ✓ Retour à la position de base



# Mouvements respiratoires

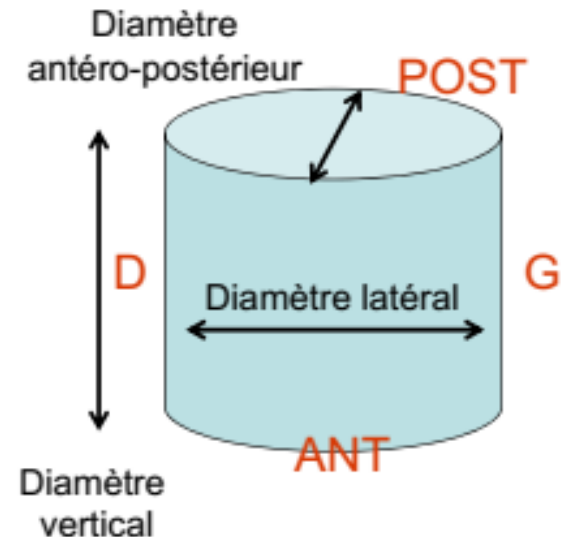
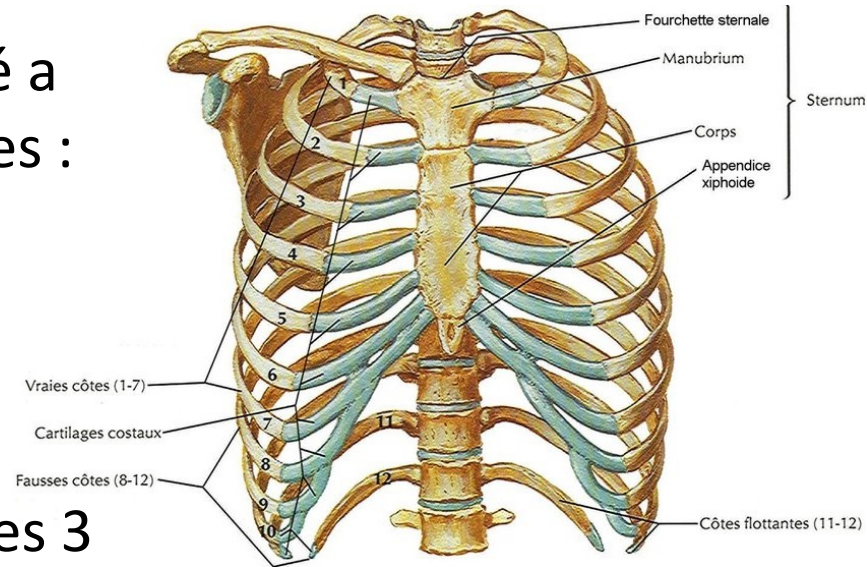
- **Hyperventilation :**
  - Amplification de ces mouvements



# Mouvements respiratoires

La cage thoracique peut être assimilée à un cylindre dont on décrit 3 diamètres :

- Le diamètre vertical, le diamètre latéral et le diamètre antéro-postérieur
- Au cours de l'inspiration ce sont ces 3 diamètres qui vont augmenter
- L'augmentation du diamètre latéral et anteropostérieur peuvent être observés en examinant le sujet qui respire
- L'augmentation du diamètre vertical ne se voit pas.



# Mouvements respiratoires

## Muscles of inspiration

### Accessory

Sternocleidomastoid  
(elevates sternum)

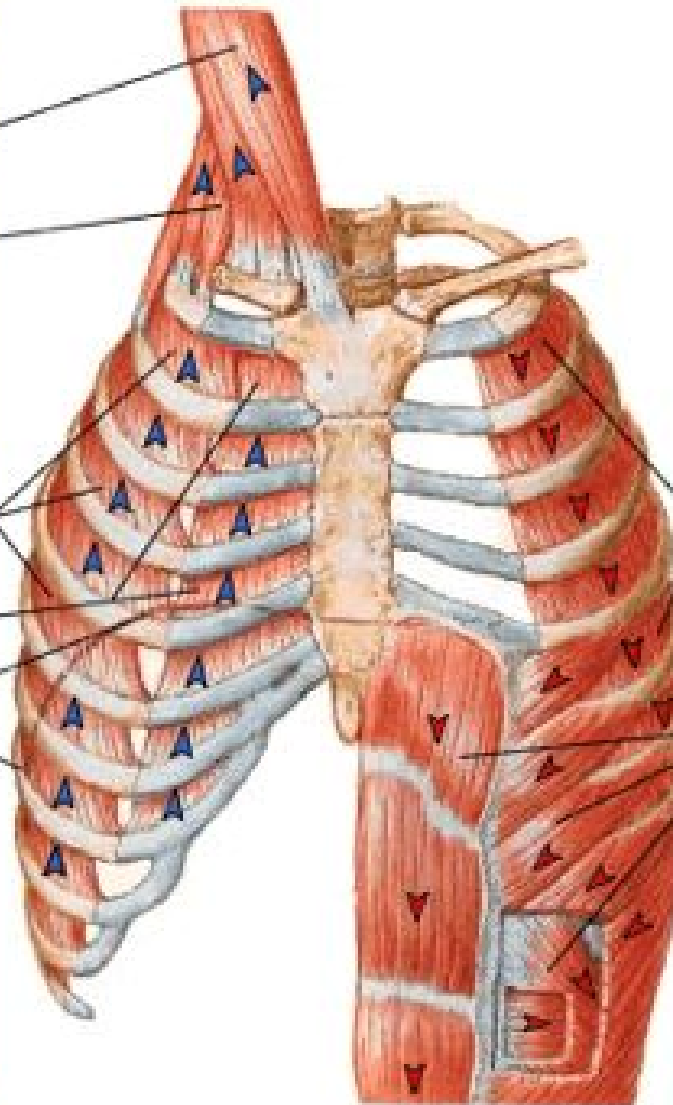
Scalenes Group  
(elevate upper ribs)

Not shown:  
Pectoralis minor

### Principal

External intercostals  
Interchondral part of  
internal intercostals  
(also elevates ribs)

Diaphragm  
(dome descends, thus  
increasing vertical  
dimension of thorac  
cavity; also elevates  
lower ribs)



## Muscles of expiration

### Quiet breathing

Expiration results from  
passive, elastic recoil  
of the lungs, rib cage  
and diaphragm

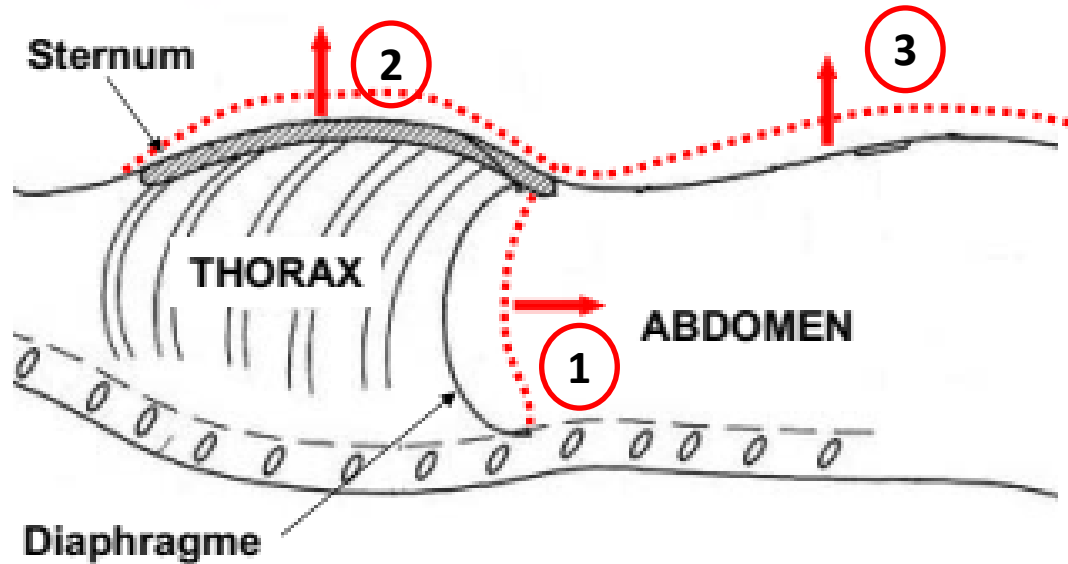
### Active breathing

Internal intercostals,  
except interchondral  
part (pull ribs down)

Abdominals  
(pull ribs down,  
compress abdominal  
contents thus pushing  
diaphragm up)

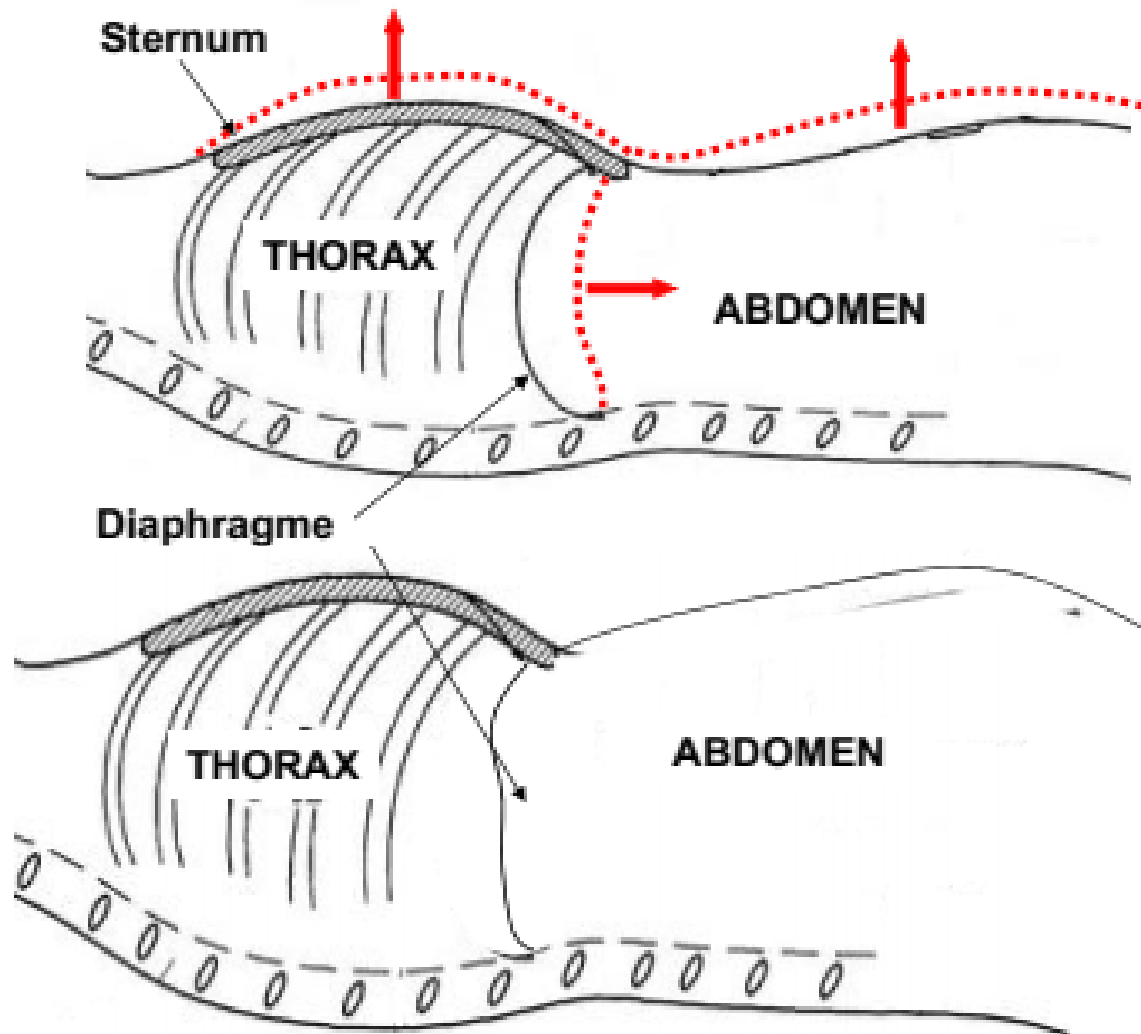
Note shown:  
Quadratus lumborum  
(pulls ribs down)

# Mouvements respiratoires



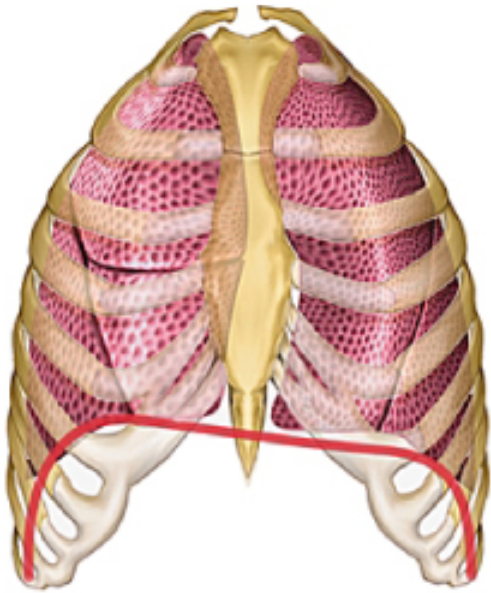
- Au cours de l'inspiration on a une **descente du diaphragme** (augmentation du diamètre verticale non observé chez le sujet a l'inspection du thorax et de l'abdomen) **(1)**
- La **contraction du diaphragme et des intercostaux externe** va augmenter le diamètre de la cage thoracique aussi dans le sens **antéropostérieur et latéral**, **(2)**
- Puis la poussé du diaphragme sur l'abdomen va faire que les viscères qui sont incompressible vont déplacer la **paroi abdominale vers l'extérieur**
- La pression a l'interieur de l'abdomen va augmenter sous l'effet de la poussé du diaphragme et la paroi abdominale va se déplacé vers l'avant **(3)**

# Mouvements respiratoires

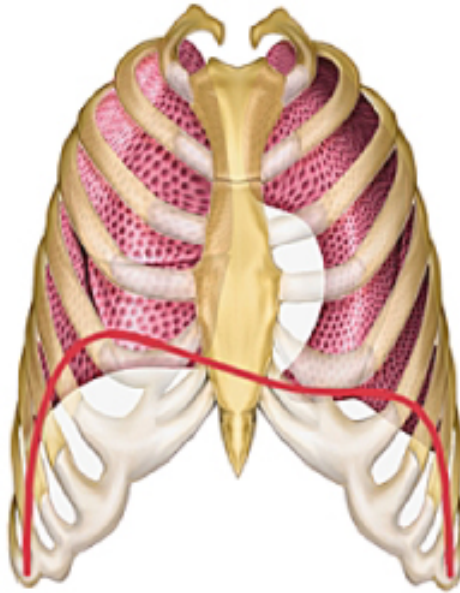




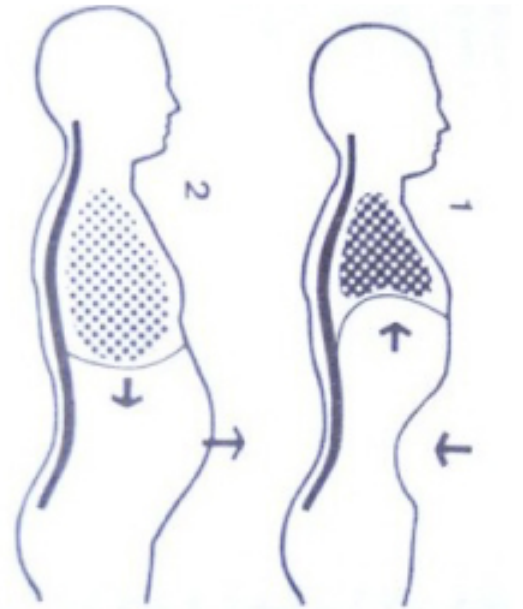
# Mouvements respiratoires



**Inspiration**



**Expiration**




**Inspiration    Expiration**

# Mouvements respiratoires

Amplitude **variable** des mouvements

- Ventilation de **repos**

- la circonférence au niveau de la xyphoïde augmente de  $\approx 1$  cm
- le centre du diaphragme s'abaisse de 1 à 2 cm



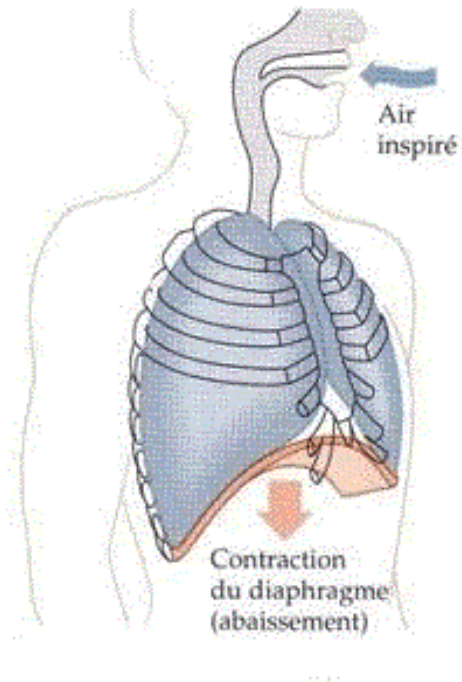
Ceci est suffisant pour augmenter le volume de la cage thoracique d'environ **500ml**

- Ventilation de repos vs **maximale**

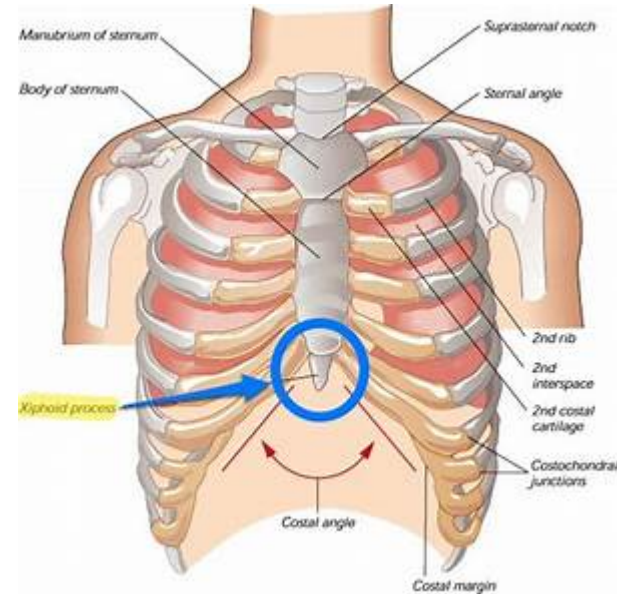
- le diaphragme s'abaisse de  $\approx 10$  cm

**Amplitude variable pour s'adapter aux  
besoin de l'organisme**





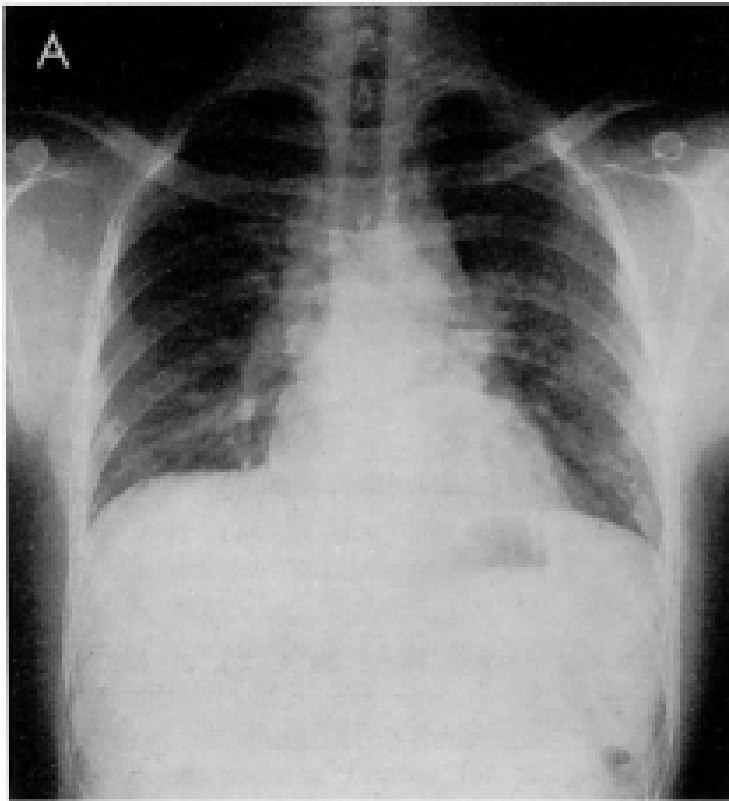
le centre du diaphragme  
s'abaisse de 1 à 2 cm



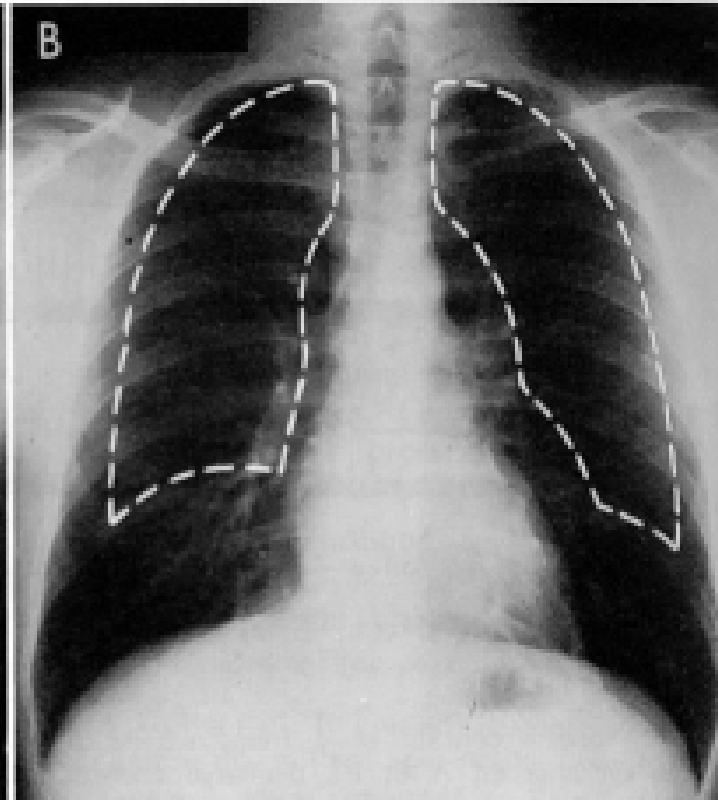
la circonférence au niveau de la  
xyphoïde augmente de  $\approx 1$  cm

# Mouvements respiratoires

**Expiration forcée**



**Inspiration forcée**



# Mouvements respiratoires

- **Direction**

- Normale, mouvements synchrones
- Mouvements paradoxaux : invagination du thorax ou de la paroi abdominale à l'inspiration

- **Fréquence**

- Normale, augmentée, ralentie

- **Amplitude**

- Normale, diminuée (= hypopnée), nulle (= apnée), augmentée (= hyperpnée)

- **Rythme**

- Normal, soupirs
- Respiration périodique et autres « patterns » anormaux
- Respiration irrégulière, anarchique

# Mouvements respiratoires

**A. Rythme normal (+ soupir)**



**B. Hyperventilation  
(exemple: exercice)**



**C. Apnée (exemple: syndrome  
d'apnées du sommeil)**



**D. Respiration périodique  
(exemple: en altitude)**



# Mouvements respiratoires

**A. Rythme normal (+ soupir)**



**B. Hyperventilation  
(exemple: exercice)**



**C. Apnée (exemple: syndrome  
d'apnées du sommeil)**



**D. Respiration périodique  
(exemple: en altitude)**



# Mouvements respiratoires

**A. Rythme normal (+ soupir)**



**B. Hyperventilation  
(exemple: exercice)**



**C. Apnée (exemple: syndrome  
d'apnées du sommeil)**



**D. Respiration périodique  
(exemple: en altitude)**



# Mouvements respiratoires

**A. Rythme normal (+ soupir)**



**B. Hyperventilation  
(exemple: exercice)**



**C. Apnée (exemple: syndrome  
d'apnées du sommeil)**



**D. Respiration périodique  
(exemple: en altitude)**



# Le cycle respiratoire

- ☐ Généralités

- ☐ Mouvements respiratoires

- ☐ **Production du débit aérien**

- ☐ Volumes et capacités pulmonaires



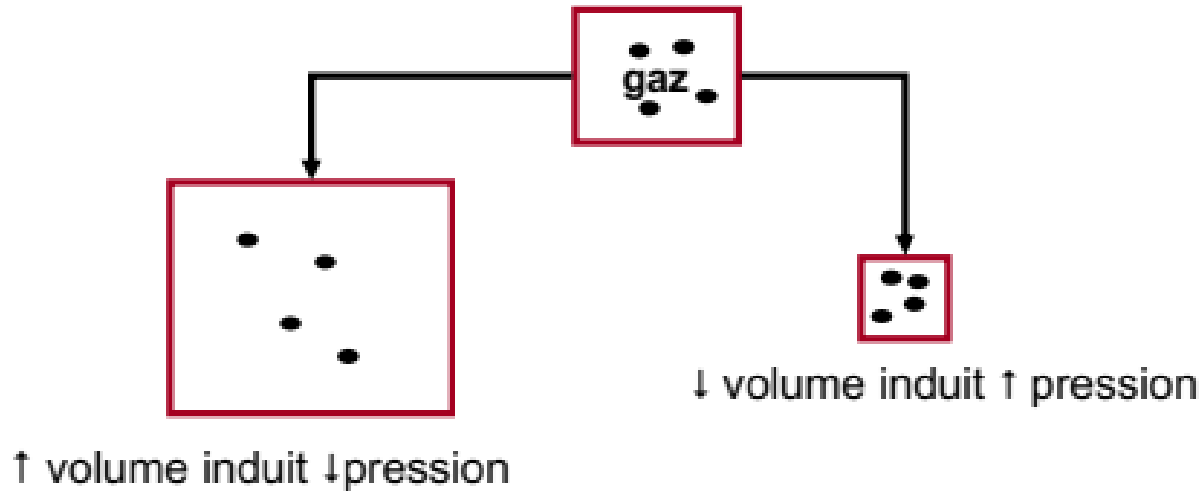
# Production du débit aérien

- L'air entre et sort des alvéoles de manière **passive**, en réponse à des **gradients de pression** (entre air extérieur et alvéoles)
- L'air se déplace d'une zone de **haute** pression vers une zone de **basse** pression.

# Production du débit aérien

- La **pression atmosphérique (barométrique)**
  - «**constante**»:  $\approx 760 \text{ mmHg} = 101,3 \text{ kPa}$
  - pression de référence du système respiratoire ( $P_{\text{ATM}} = 0$ )
  - $P_{\text{atm}}$ , PB
- La **pression alvéolaire**
  - **varie** au cours du cycle respiratoire
  - sous l'effet des variations de volume pulmonaire
  - $P_{\text{alv}}$ , PA

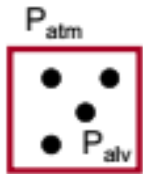
# Production du débit aérien



**Loi de Boyle-Mariotte: à température constante et dans un espace clos,  $P$  est inversement proportionnel à  $V$**

# Production du débit aérien

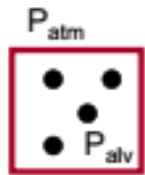
Repos (CRF)



$P_{atm} = P_{alv}$   
→ pas de débit

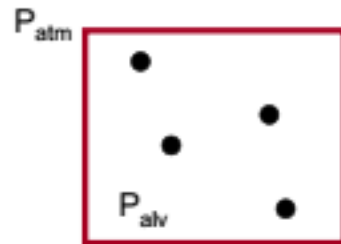
# Production du débit aérien

Repos (CRF)



$P_{atm} = P_{alv}$   
→ pas de débit

Contraction musculaire

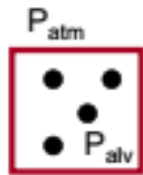


$\uparrow V_{pulm}$  induit  $\downarrow P_{alv}$

$P_{alv} < P_{atm}$   
→ débit d'air  
vers les alvéoles

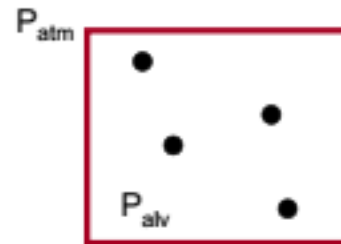
# Production du débit aérien

Repos (CRF)



$P_{atm} = P_{alv}$   
→ pas de débit

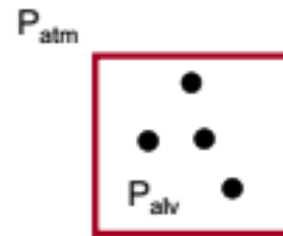
Contraction musculaire



↑V pulm induit ↓P alv

$P_{alv} < P_{atm}$   
→ débit d'air  
vers les alvéoles

Arrêt de la  
contraction musculaire

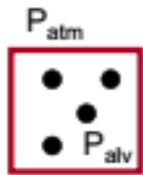


↓V pulm induit ↑P alv

$P_{alv} > P_{atm}$   
→ débit d'air  
vers l'extérieur

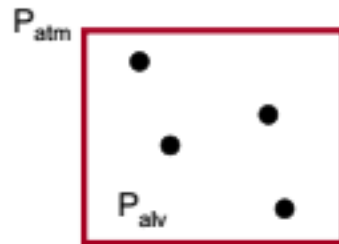
# Production du débit aérien

Repos (CRF)



$P_{atm} = P_{alv}$   
→ pas de débit

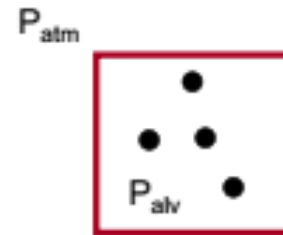
Contraction musculaire



$\uparrow V_{pulm}$  induit  $\downarrow P_{alv}$

$P_{alv} < P_{atm}$   
→ débit d'air  
vers les alvéoles

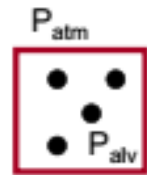
Arrêt de la  
contraction musculaire



$\downarrow V_{pulm}$  induit  $\uparrow P_{alv}$

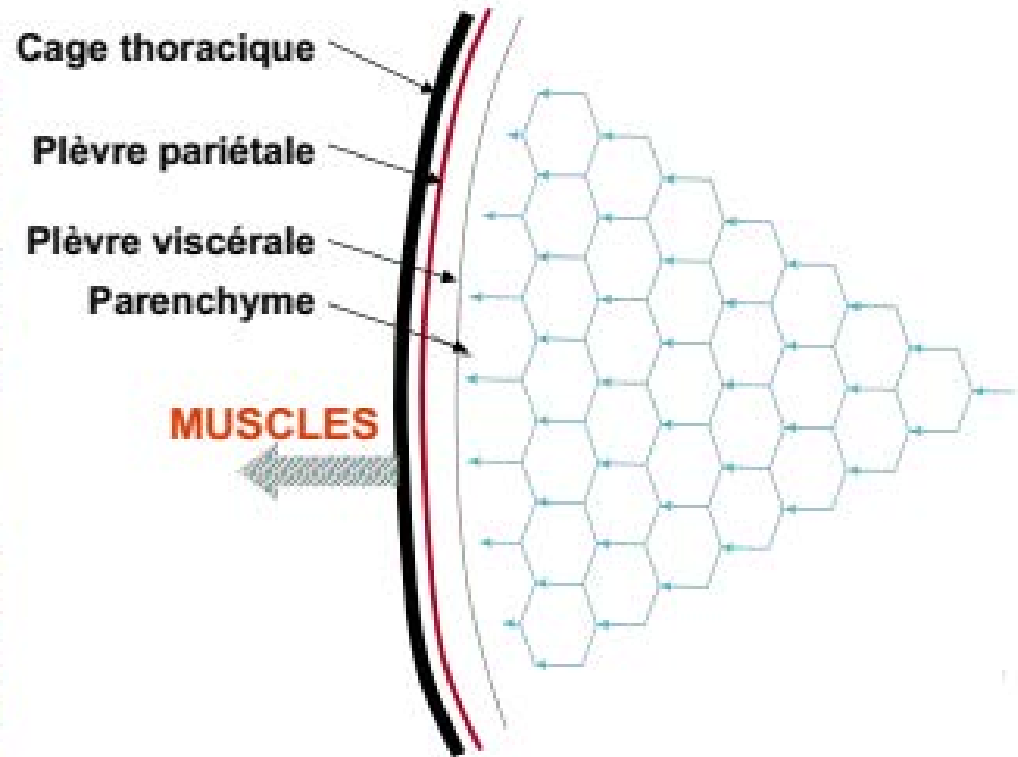
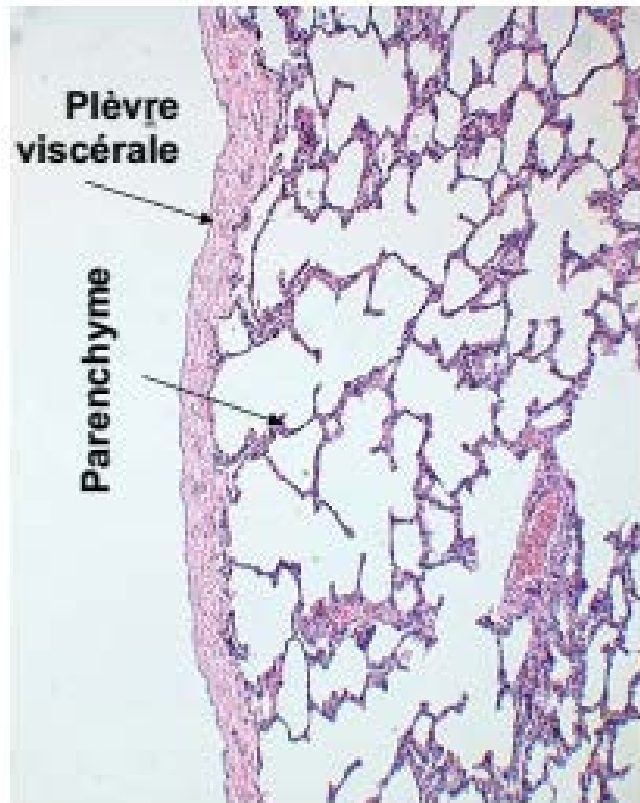
$P_{alv} > P_{atm}$   
→ débit d'air  
vers l'extérieur

Repos (CRF)



$P_{atm} = P_{alv}$   
→ pas de débit

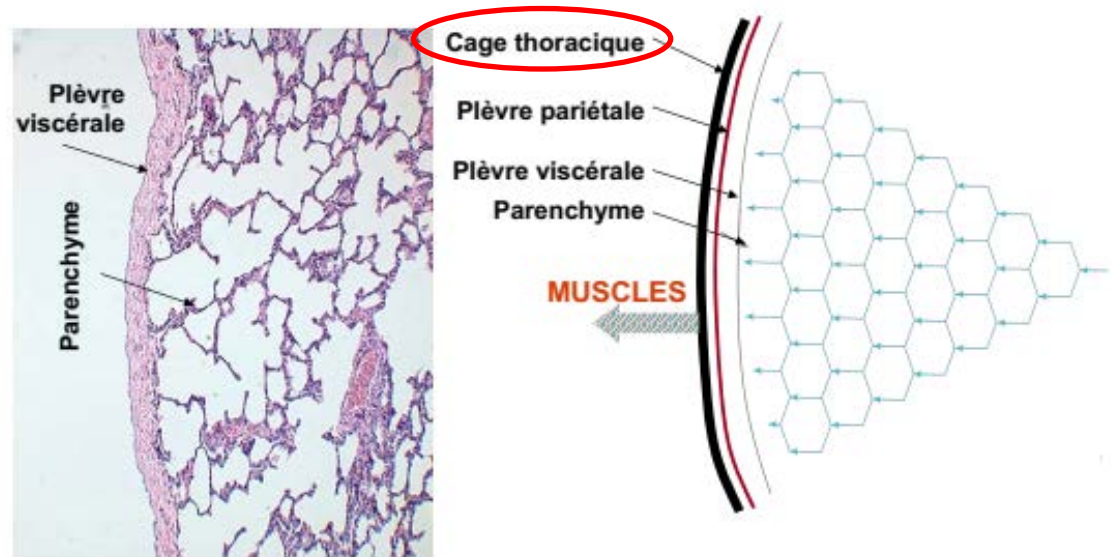
# Production du débit aérien



Lien entre la contraction des muscles inspiratoire et l'augmentation du V pul

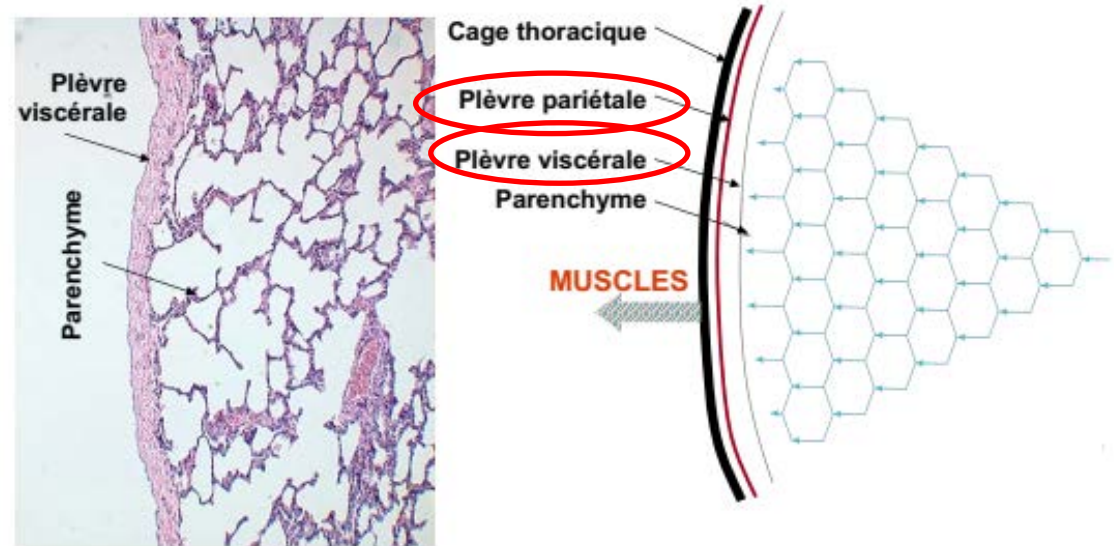


# Lien entre la contraction des muscles inspiratoire et l'augmentation du volume pulmonaire :



- Les muscles inspiratoires sont incérés sur la cage thoracique, lorsqu'ils se contractent ils entraînent une augmentation du volume de la cage thoracique et si cette augmentation du V de la cage thoracique induit une augmentation du  $V_{pul}$  c'est grâce à la **plèvre**.

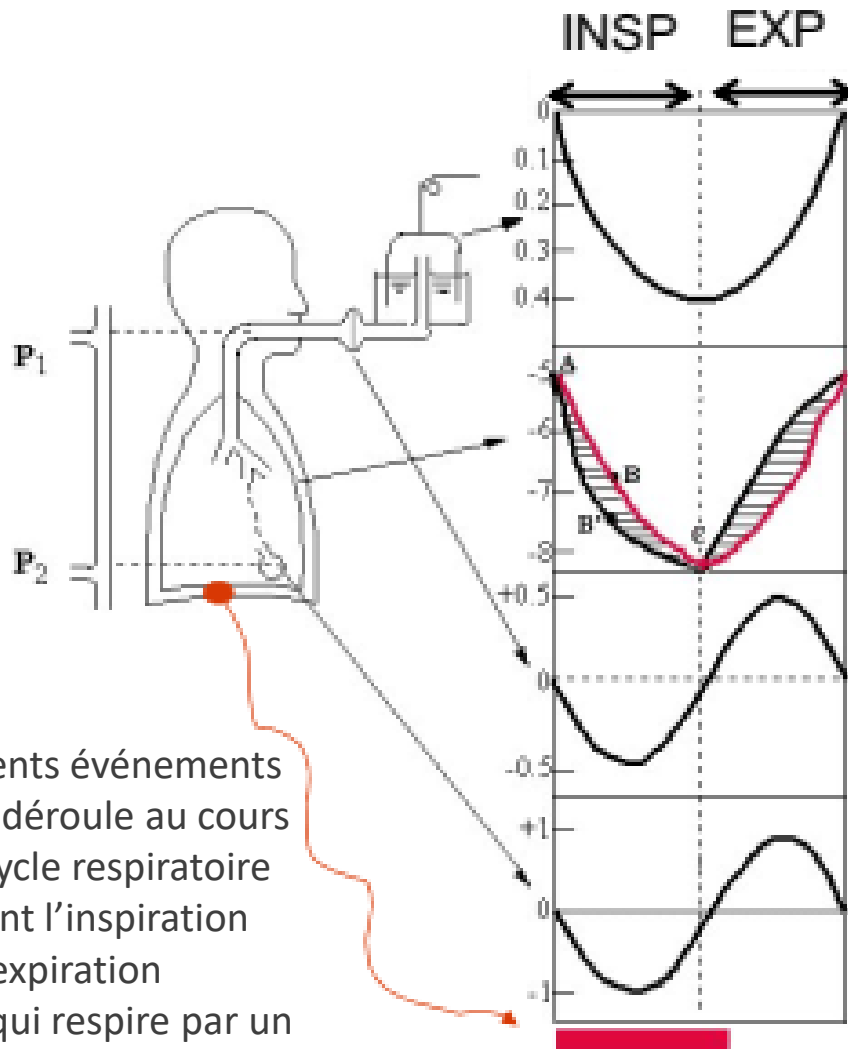
# Lien entre la contraction des muscles inspiratoire et l'augmentation du volume pulmonaire :



- La plèvre a 2 feuillets,
  - un feuillet pariétale accolé à la cage thoracique et
  - un feuillet viscérale intimement lié au parenchyme pulmonaire
- Il est impossible de décoller la plèvre viscérale du parenchyme et donc cette plèvre est tout à fait à côté des alvéoles

- Quand les muscles inspiratoires déplacent la cage thoracique, ils déplacent forcément la plèvre pariétale qui lui es accolée,
- Entre les 2 feuillets de la plèvre il règne une **P négatifs** qui maintient les deux feuillets pleuraux collé l'un a l'autre, donc le déplacement vers l'exterieur de la plèvre pariétale entraine un déplacement identique de la plèvre viscérale, cette dernière étant intimement liée aux alvéoles sous jacents cela va les attirées aussi vers l'exterieur et augmenter le volume pulmonaire.

# Le cycle respiratoire



**Volume pulmonaire (l)**

**Pression pleurale (cmH<sub>2</sub>O)**

**Débit aérien (l/min)**

**Pression alvéolaire (cmH<sub>2</sub>O)**

**Activation du diaphragme**

Différents événements  
qui se déroulent au cours  
d'un cycle respiratoire  
pendant l'inspiration  
puis l'expiration  
Sujet qui respire par un  
appareil (spiromètre)

## Inspiration

Contraction des muscles  
inspiratoires



Expansion thoracique



Pression pleurale ↓



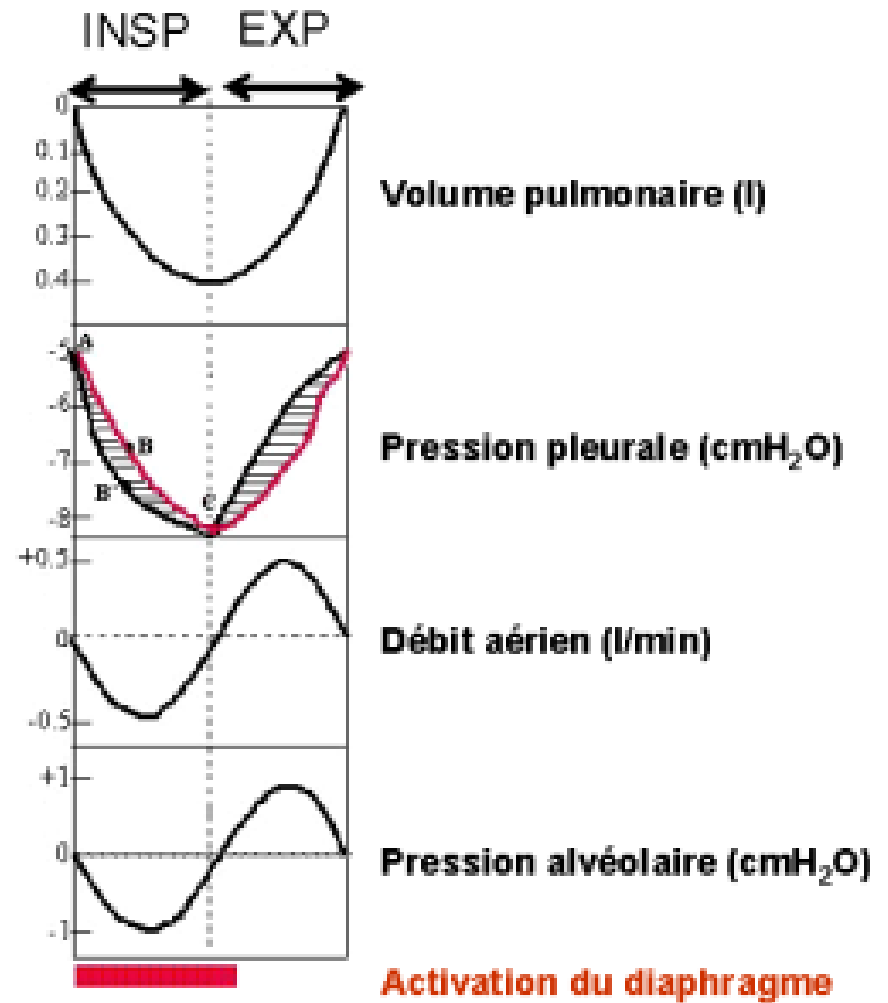
Expansion pulmonaire



Palv ↓  
Palv < Patm



Débit aérien vers les alvéoles



## Expiration

Relaxation des muscles  
inspiratoires

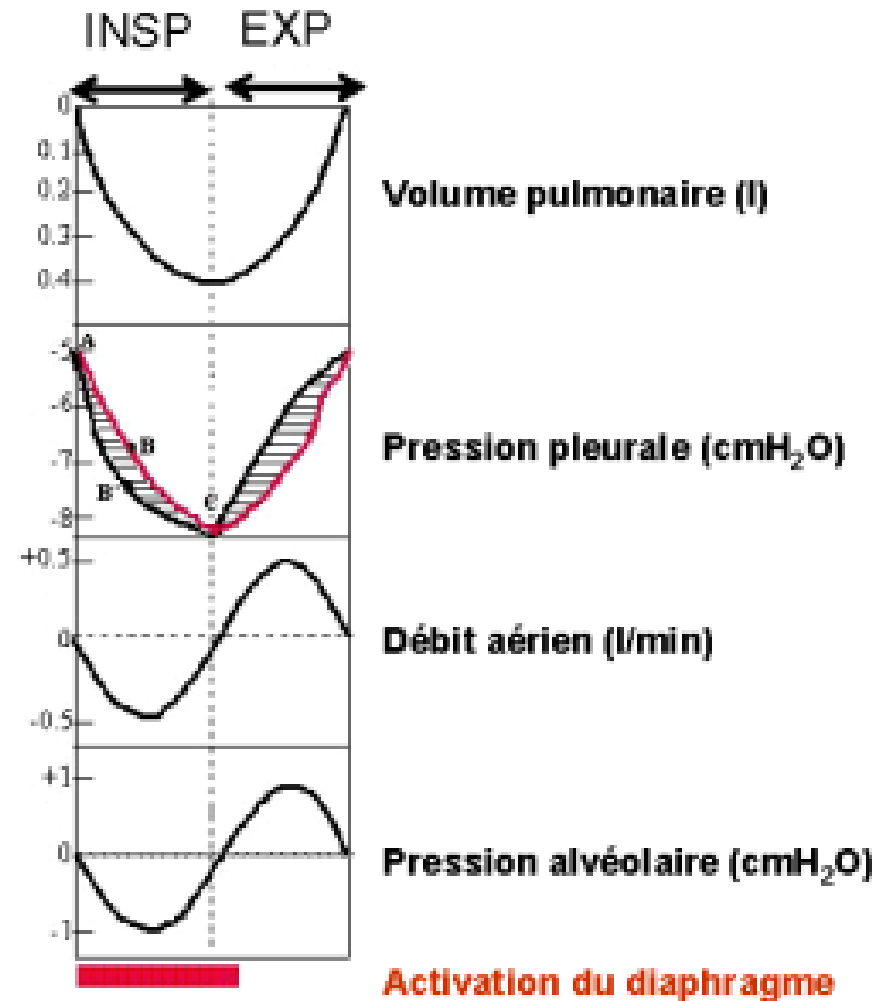
Diminution du volume thoracique

Pp se normalise

Diminution du volume pulmonaire

Palv ↑  
Palv > Patm

Débit aérien vers l'extérieur



# Le cycle respiratoire

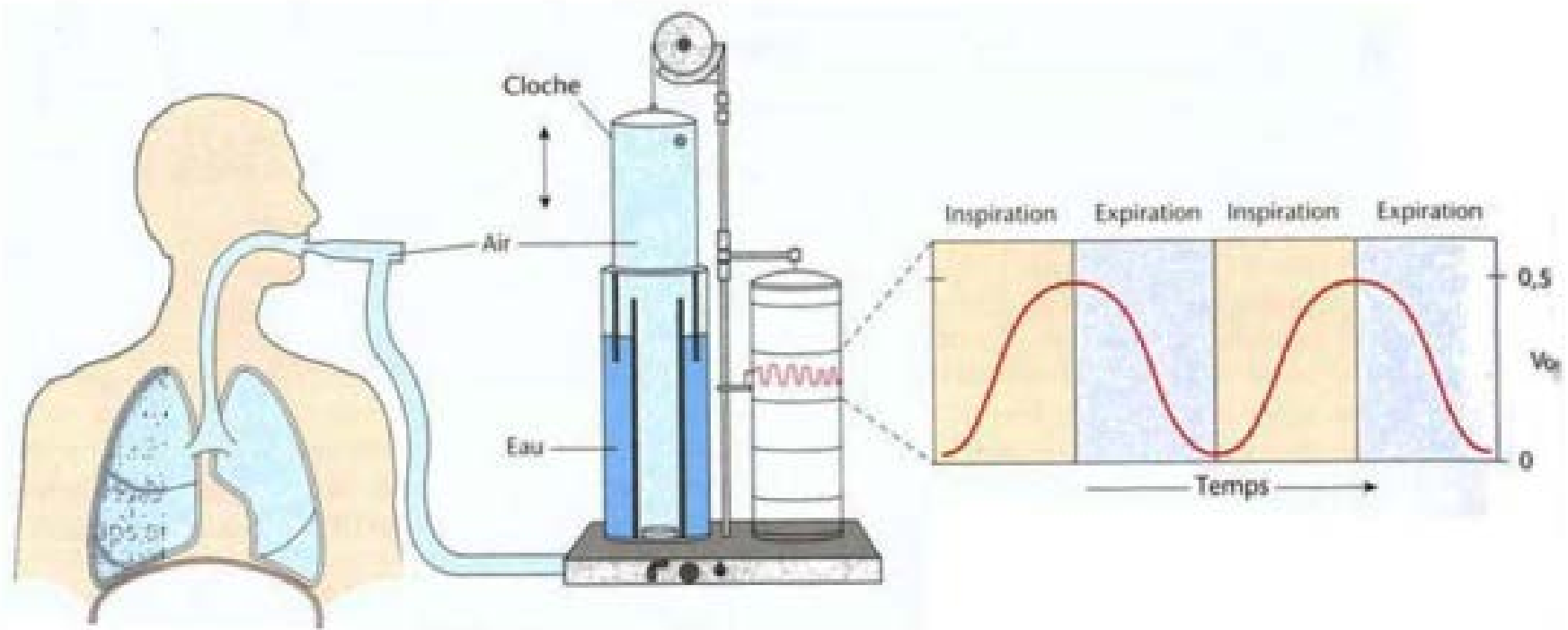
- ☐ Généralités
- ☐ Mouvements respiratoires
- ☐ Production du débit aérien
- ☐ **Volumes et capacités pulmonaires**

# Volumes et capacités pulmonaires

- Mouvements gazeux thoraciques inspiratoires et expiratoires = ventilation pulmonaire
  - Au repos, un certain volume est inspiré puis expiré
- L'amplitude des mouvements thoraciques est variable
  - En cas de besoin, un volume supplémentaire peut être inspiré et expiré
- La ventilation pulmonaire ne mobilise pas la totalité du volume contenu dans les poumons
  - volumes **mobilisables**
  - volume **non mobilisable**

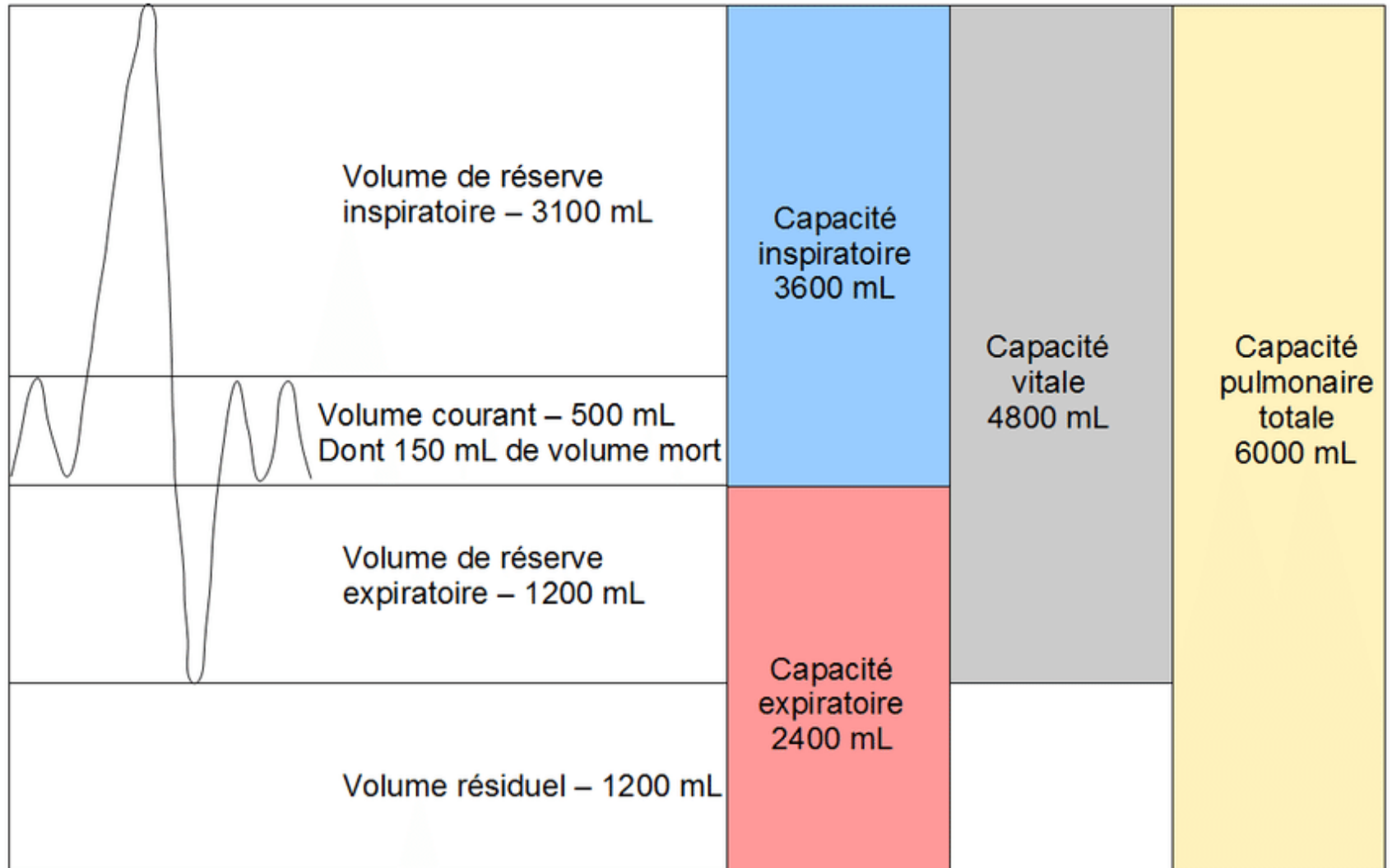


# Volumes et capacités pulmonaires



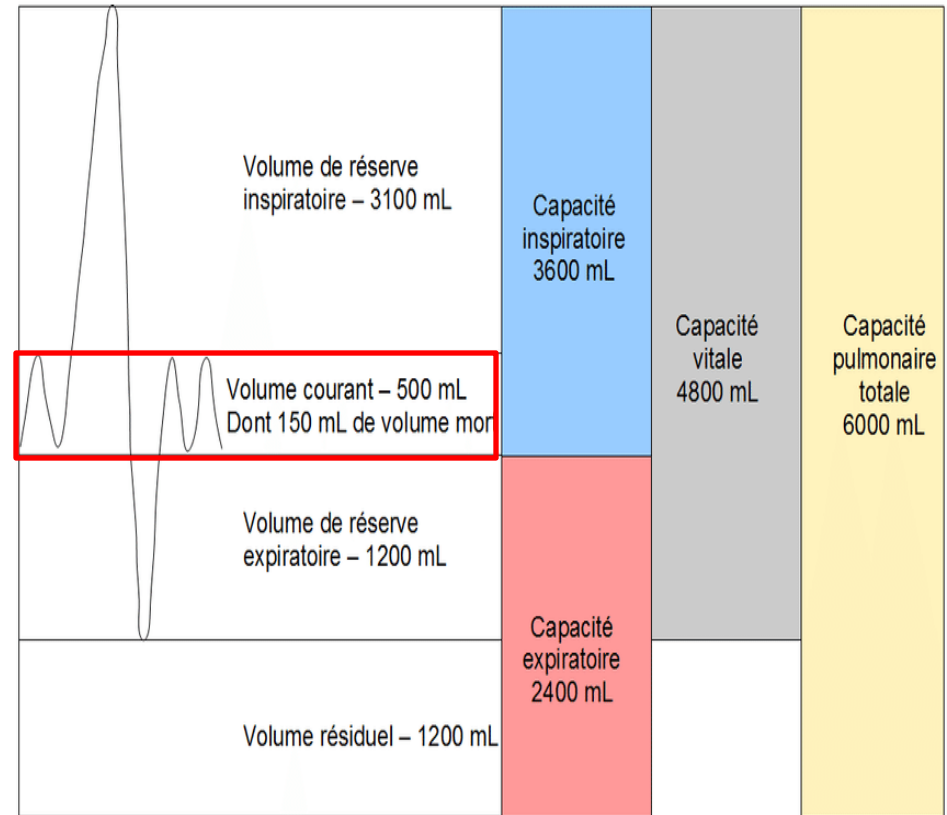
- Sujet relié à une cloche (respire que par la bouche) qui flotte sur de l'eau, cette cloche est reliée à une poulie qui va permettre à un petit stylé de monter et de descendre en fonction des mouvements de la cloche, le stylé étant en contact avec une bande de papier qui tourne, donc les mouvements respiratoires vont s'inscrire grâce à ce stylé
- **Quand le sujet inspire** la cloche va descendre, le stylé va augmenter et va nous donner un mouvement vers le haut
- **Quand le sujet expire** l'air revient dans la cloche, soulève la cloche, et le stylé va s'abaisser donnant un mouvement vers le bas

# Volumes et capacités pulmonaires



# Volumes et capacités pulmonaires

- **Volume courant (VC)** = volume mobilisé au cours d'un cycle respiratoire
- Directement mesurable
- **VC = VT = «Tidal Volume»**
- Adulte au repos  $\approx 500$  ml

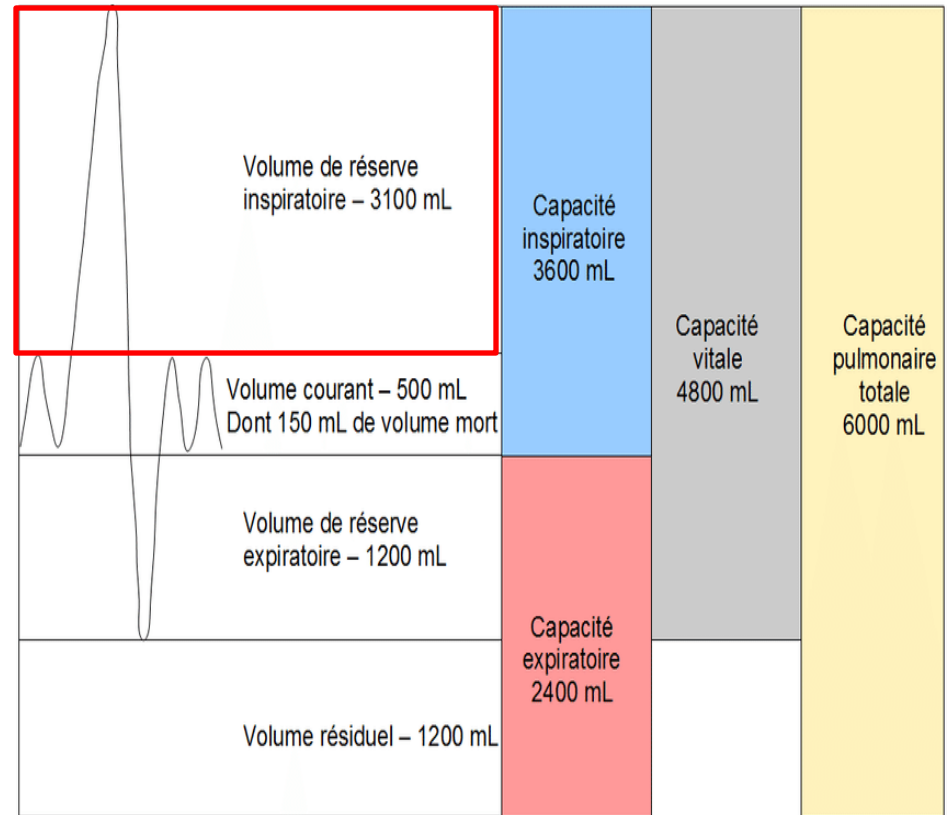


# Volumes et capacités pulmonaires

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

- Directement mesurable

- Adulte au repos  $\approx$  2500 à 3000 ml

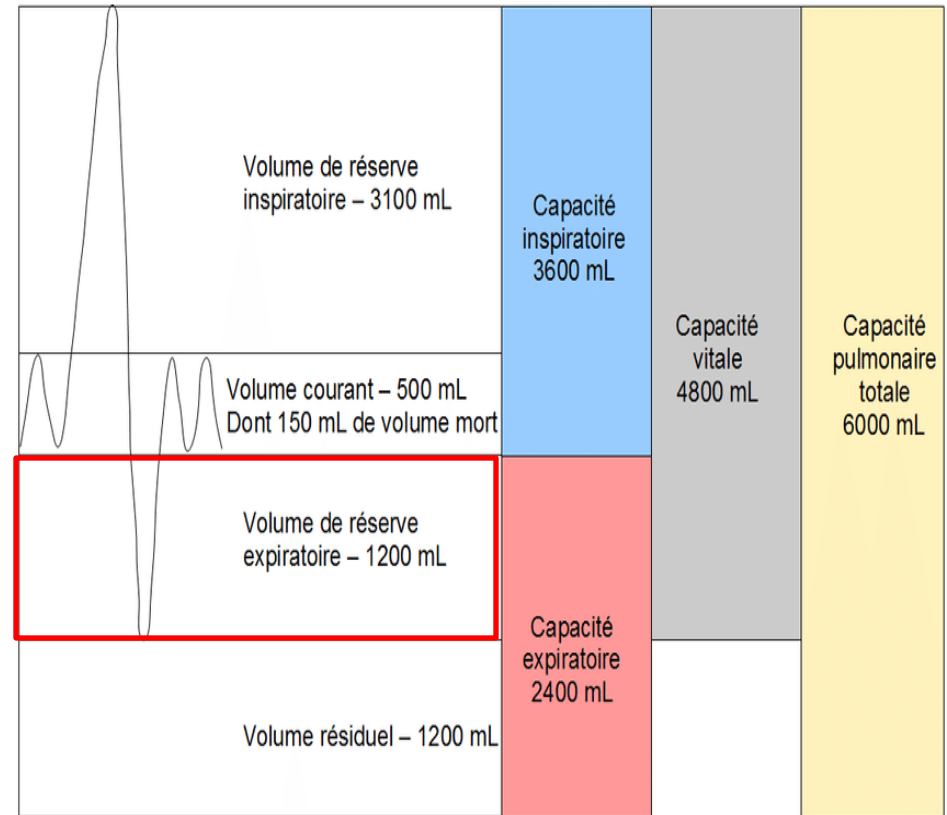


# Volumes et capacités pulmonaires

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

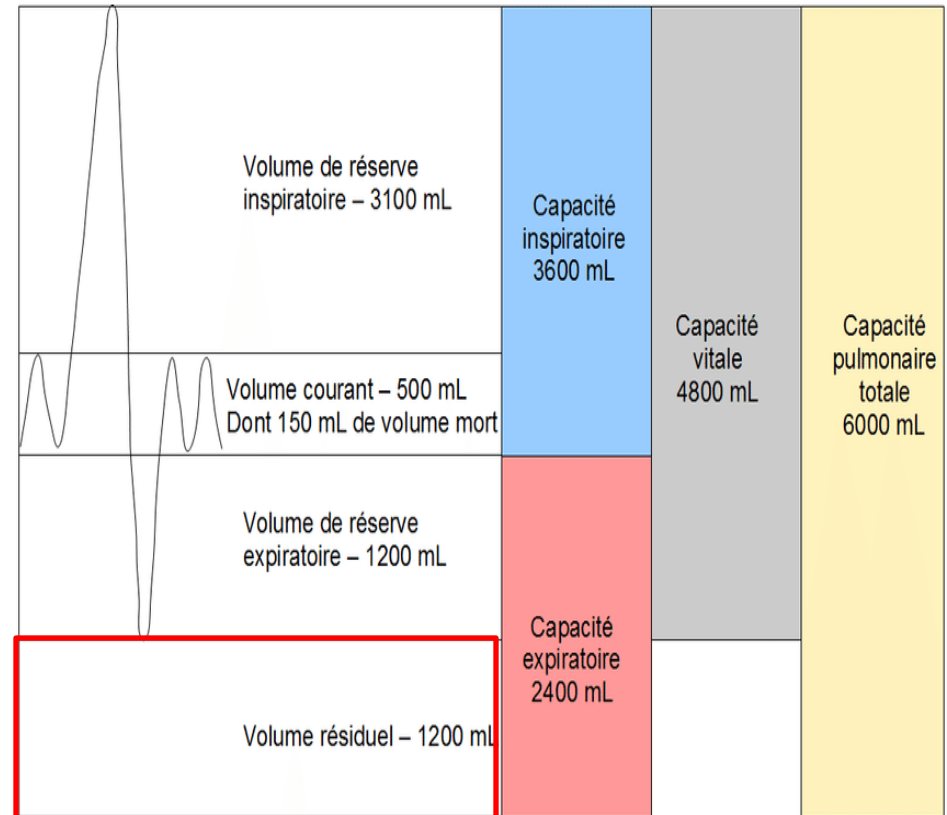
- Directement mesurable

- Adulte au repos  $\approx$  1000 mL

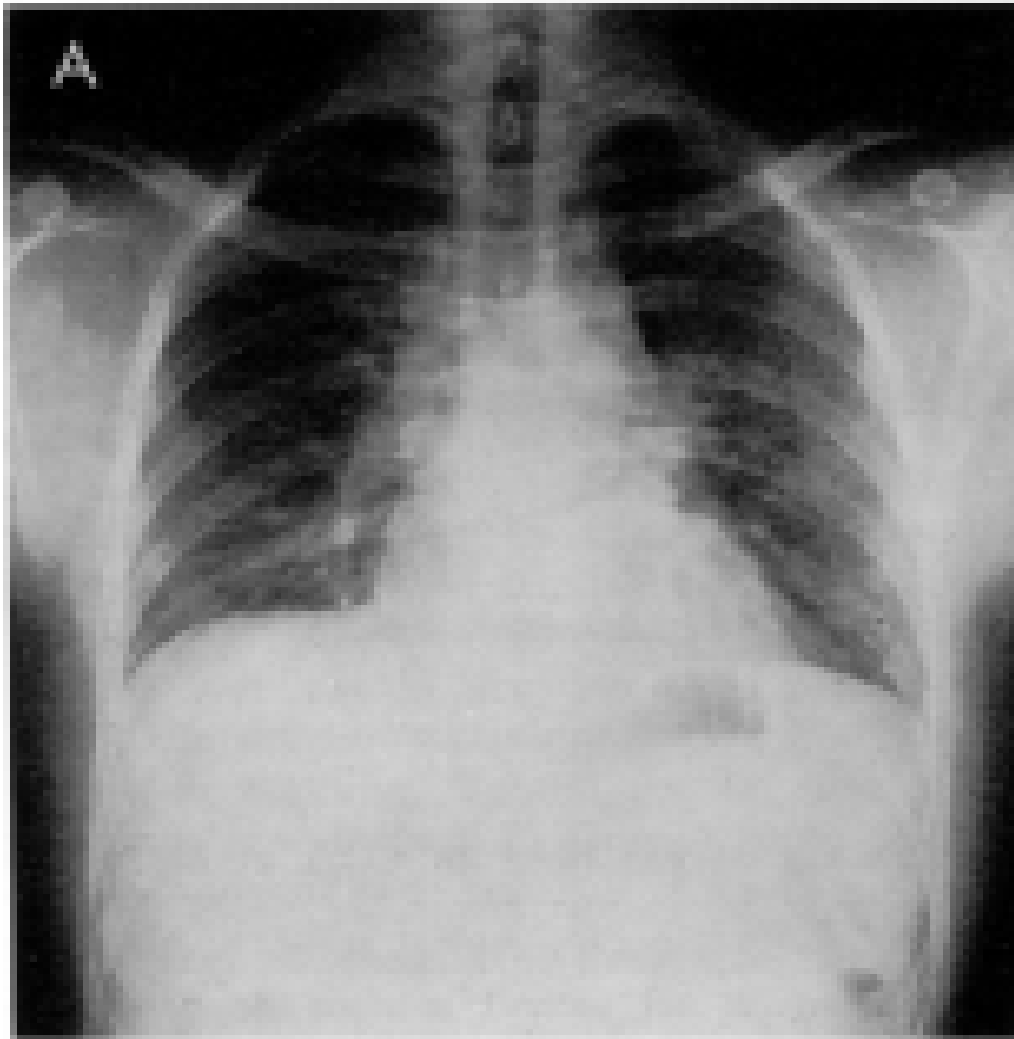


# Volumes et capacités pulmonaires

- **Volume (VR)** =  
volume pulmonaire à la fin  
d'une expiration forcée
- Non mobilisable
- Mesuré de façon indirecte
- Adulte au repos  $\approx 1000$  ml

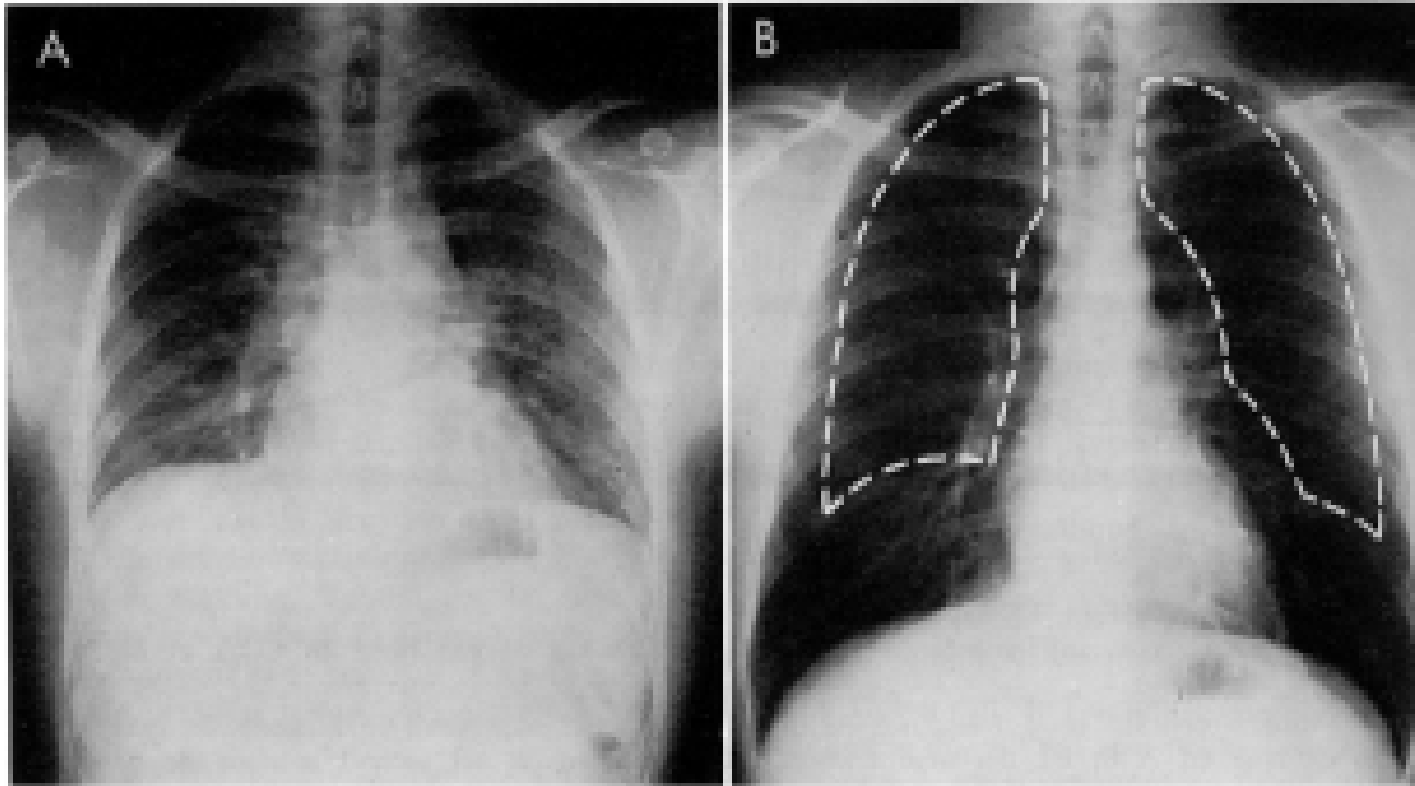


# Volumes et capacités pulmonaires



**Rx Pul normale en fin d'expiration forcée**

# Volumes et capacités pulmonaires

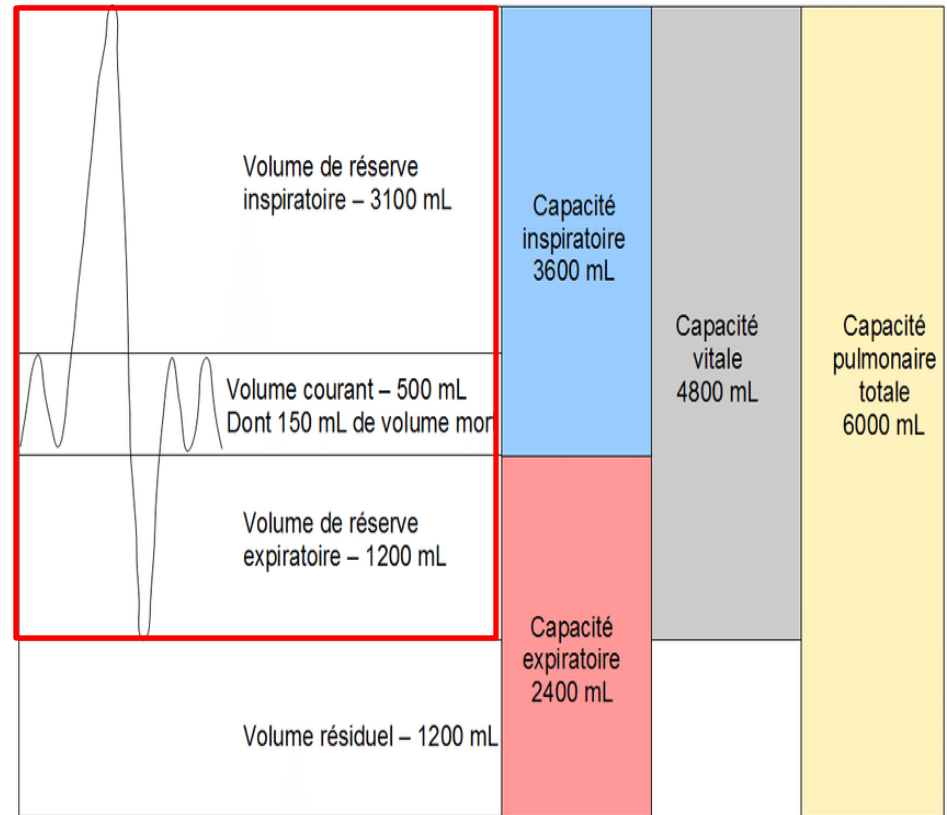


**RP normale en fin d'expiration forcée**



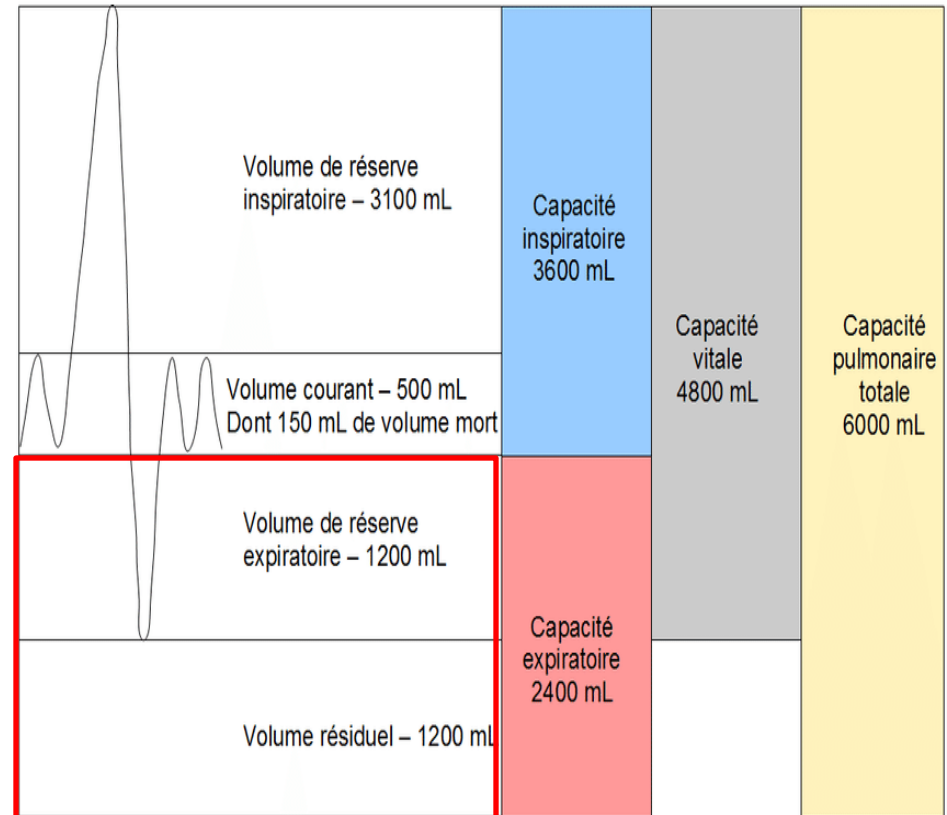
# Volumes et capacités pulmonaires

- **Capacité vitale (CV)** =  
totalité des volumes  
mobilisables
- Directement mesurable
- $CV = VRE + VC + VRI$
- Adulte au repos  $\approx$   
4 000 à 4500 ml



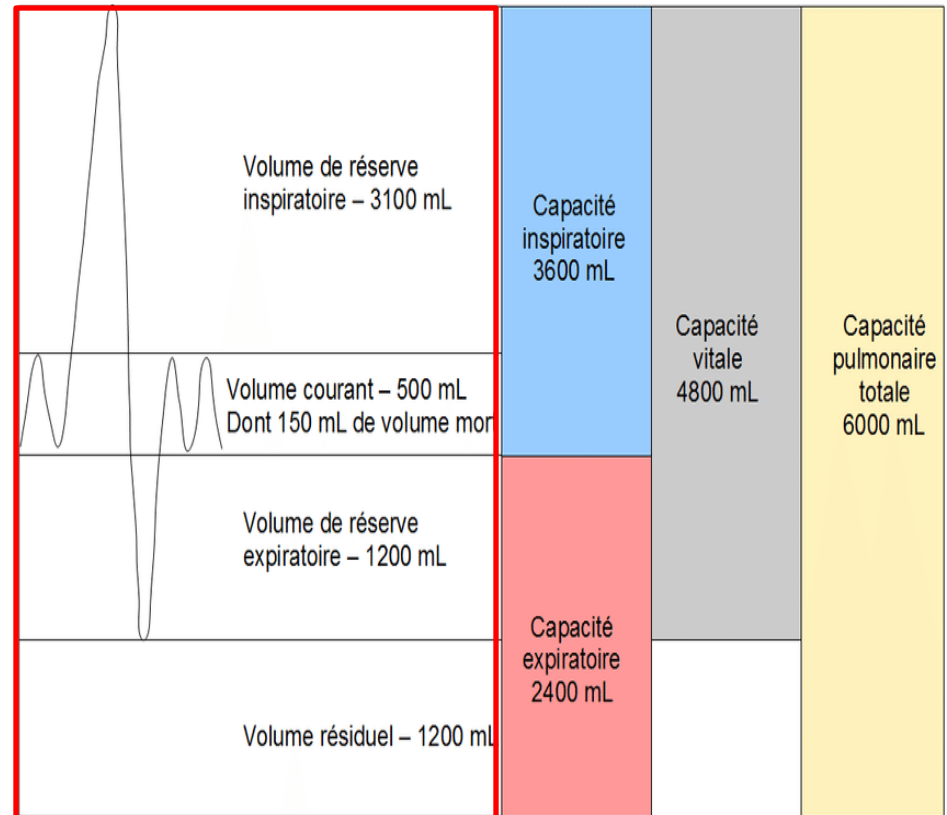
# Volumes et capacités pulmonaires

- **Capacité résiduelle fonctionnelle (CRF)** = volume pulmonaire en fin d'expiration normale = volume pulmonaire «de repos»
- $CRF = VR + VRE$
- Mesurée de façon indirecte
- Adulte au repos  $\approx 2\,000\text{ mL}$




# Volumes et capacités pulmonaires

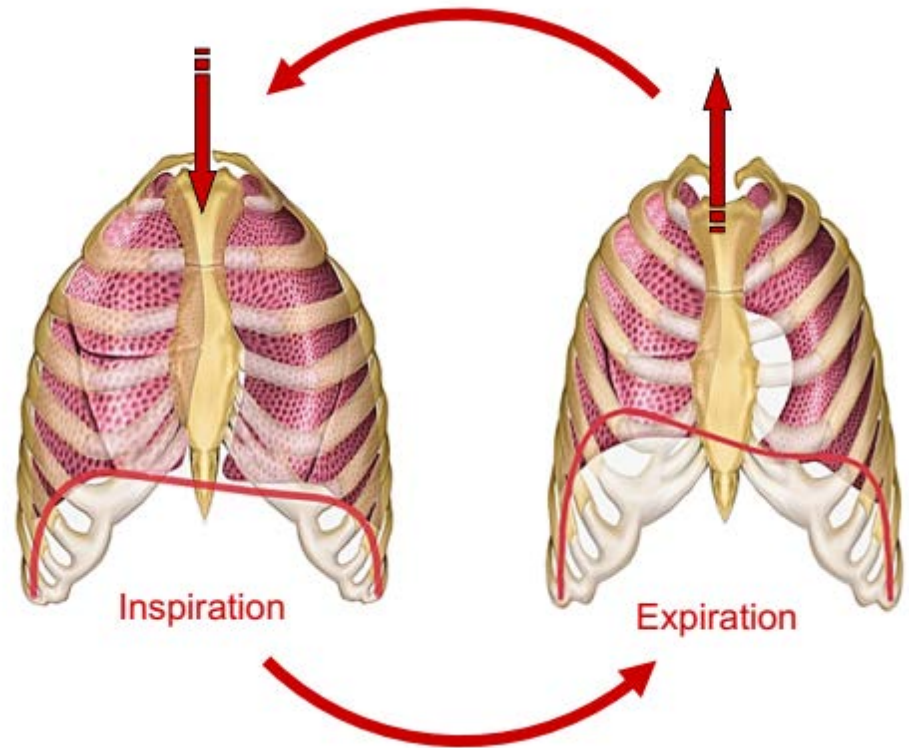
- **Capacité pulmonaire totale (CPT)** = somme de tous les volumes pulmonaires
- $CPT = VR + VRE + VC + VRI$   
 $= CV + VR$
- Adulte au repos  $\approx 5000$  mL



# Volumes et capacités pulmonaires

- Les volumes et capacité pulmonaires sont mesurés au laboratoire d'Explorations Fonctionnelles Respiratoires
- Leur valeur est variable en fonction de
  - âge
  - sexe
  - taille
  - origine ethnique → valeurs exprimées en % théorique
- Une mesure correcte des volumes pulmonaires nécessite la coopération du sujet

- Volumes pulmonaires et fréquence respiratoire variables en fonction des besoins
- Mouvements d'air grâce à des variations de pression alvéolaire



- La pression alvéolaire diminue à l'inspiration grâce à la contraction des muscles inspiratoires.
- La pression alvéolaire augmente à l'expiration passivement au repos, grâce à la contraction des muscles expiratoires en hyperventilation.

**Merci pour votre attention**