

**Evaluation de la mécanique  
ventilatoire à travers  
l'exploration fonctionnelle  
respiratoire et l'examen  
clinique**

*Dominique DELPLANQUE*

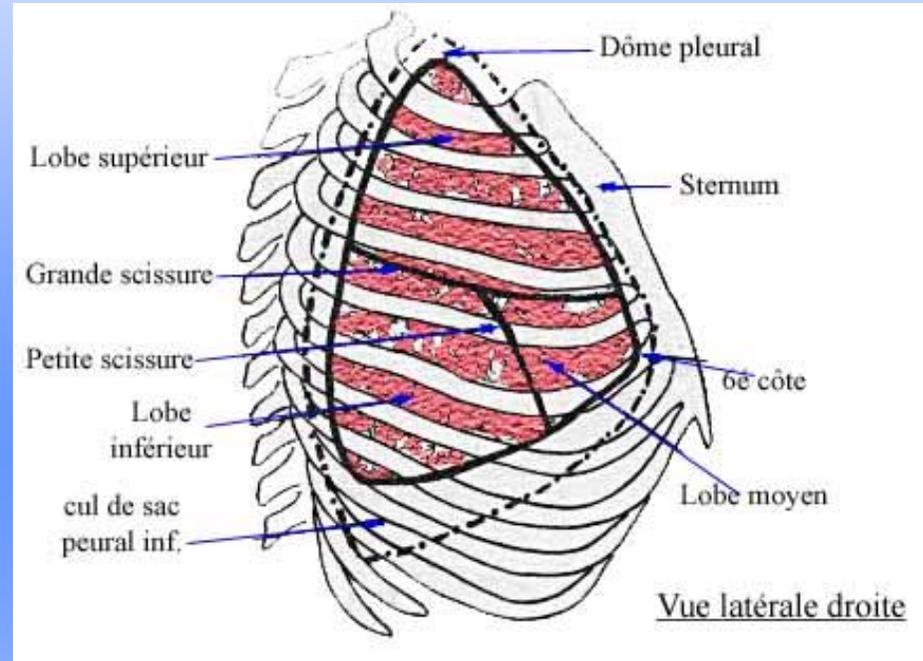
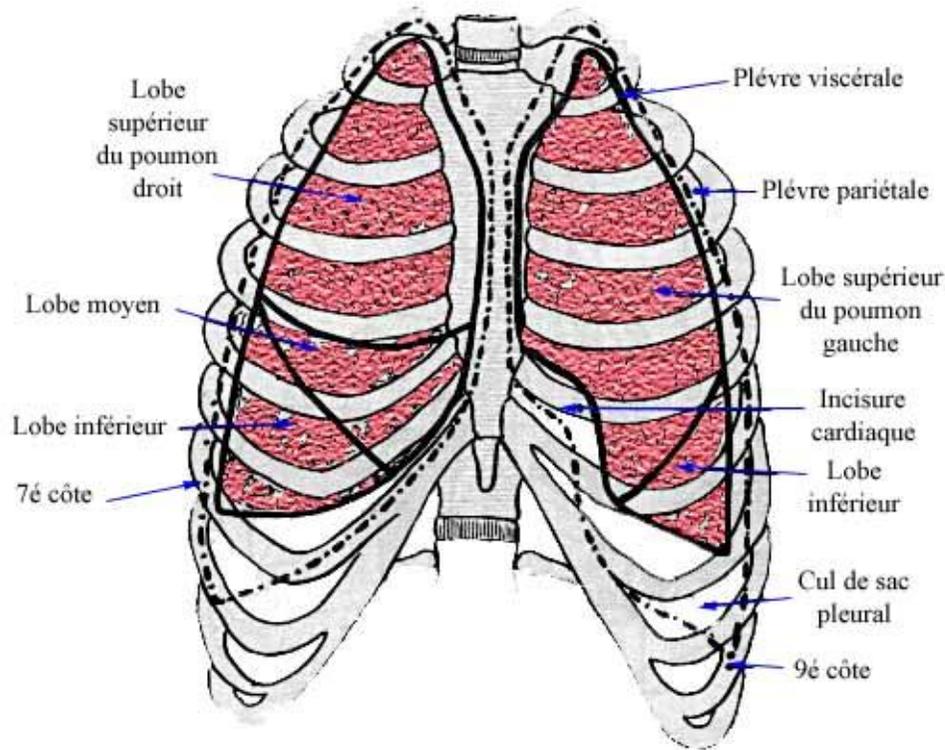
**L'appareil thoracopulmonaire peut être assimilé à un soufflet déformable, constitué:**

- du thorax**
- du poumon**
- de la plèvre**
- des voies aériennes**

**permettant l'entrée et la sortie de flux gazeux.**

# Vues d'ensemble

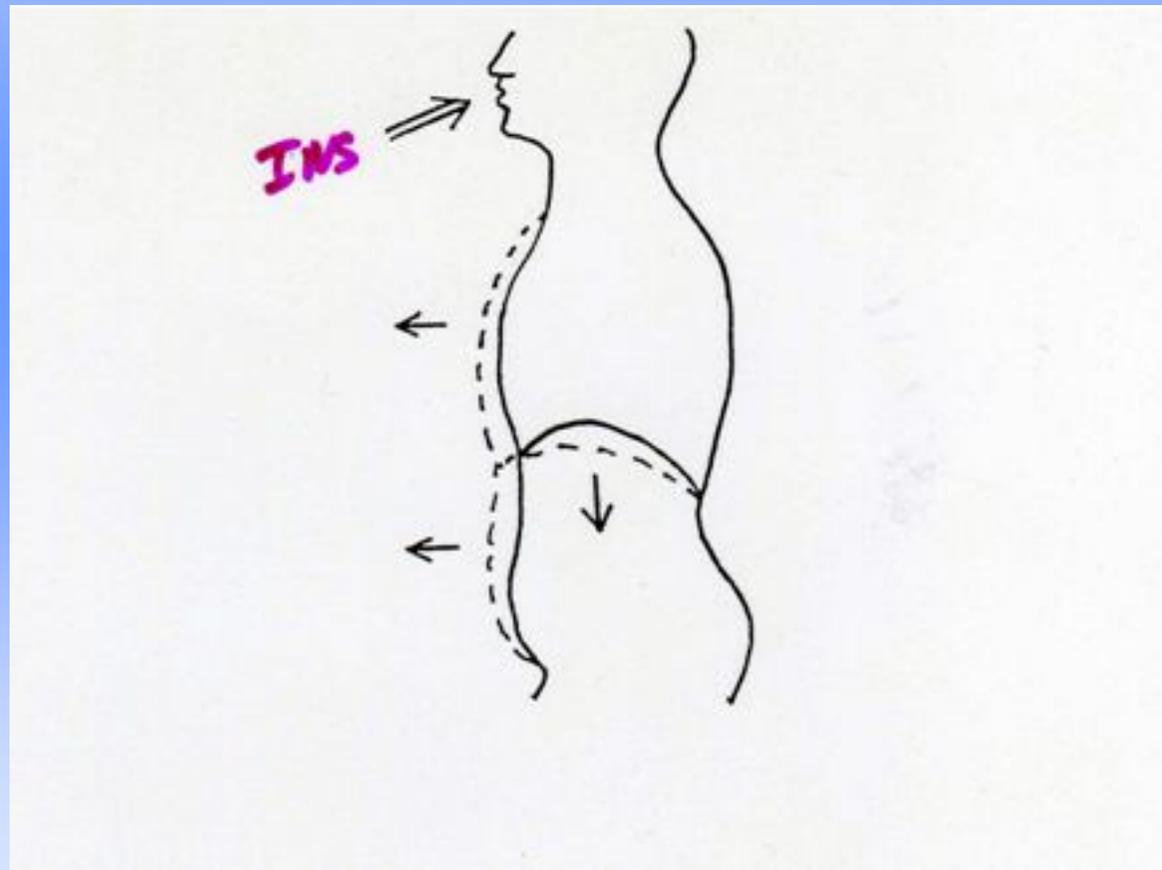
Cage thoracique - Vue antérieure

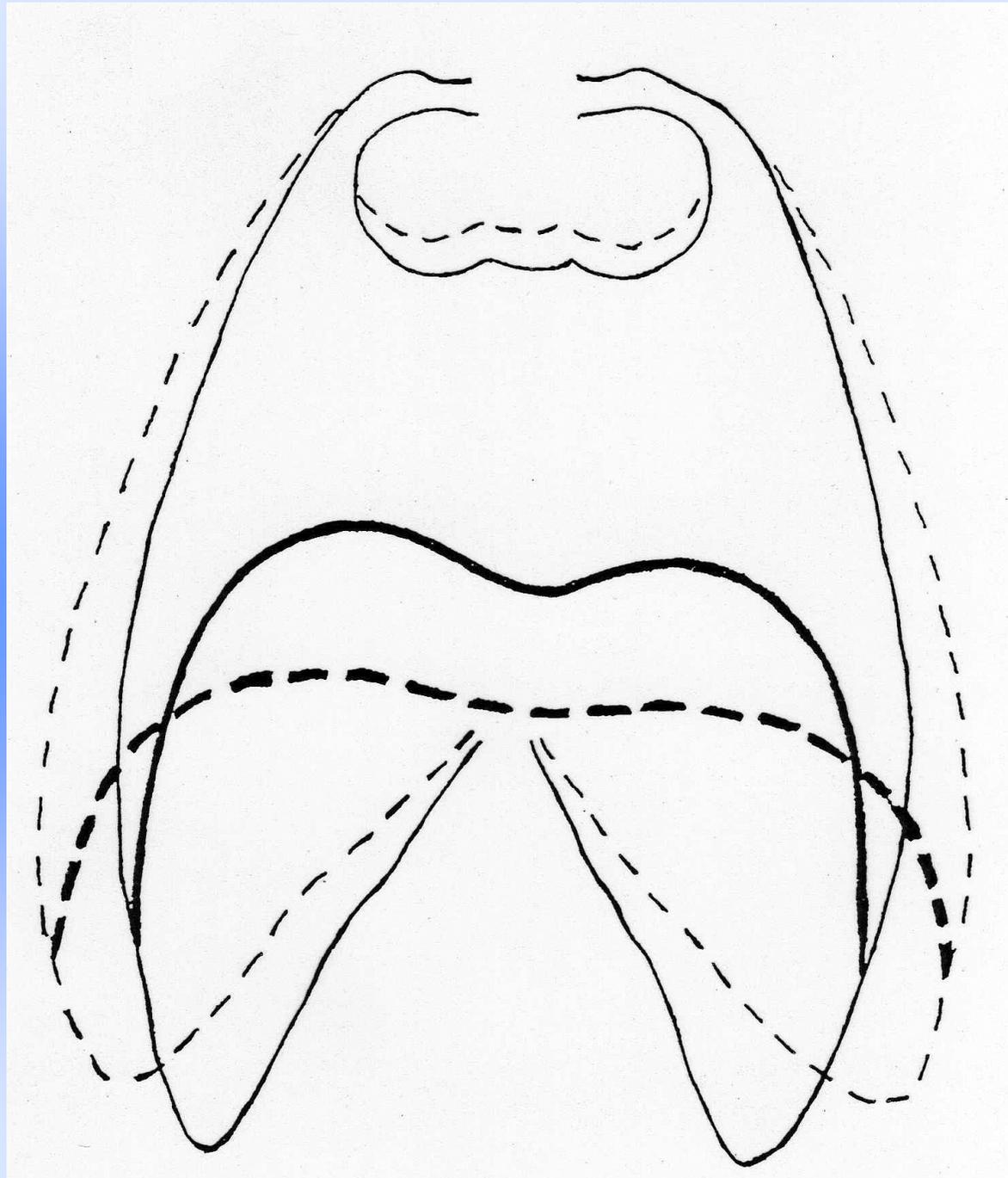


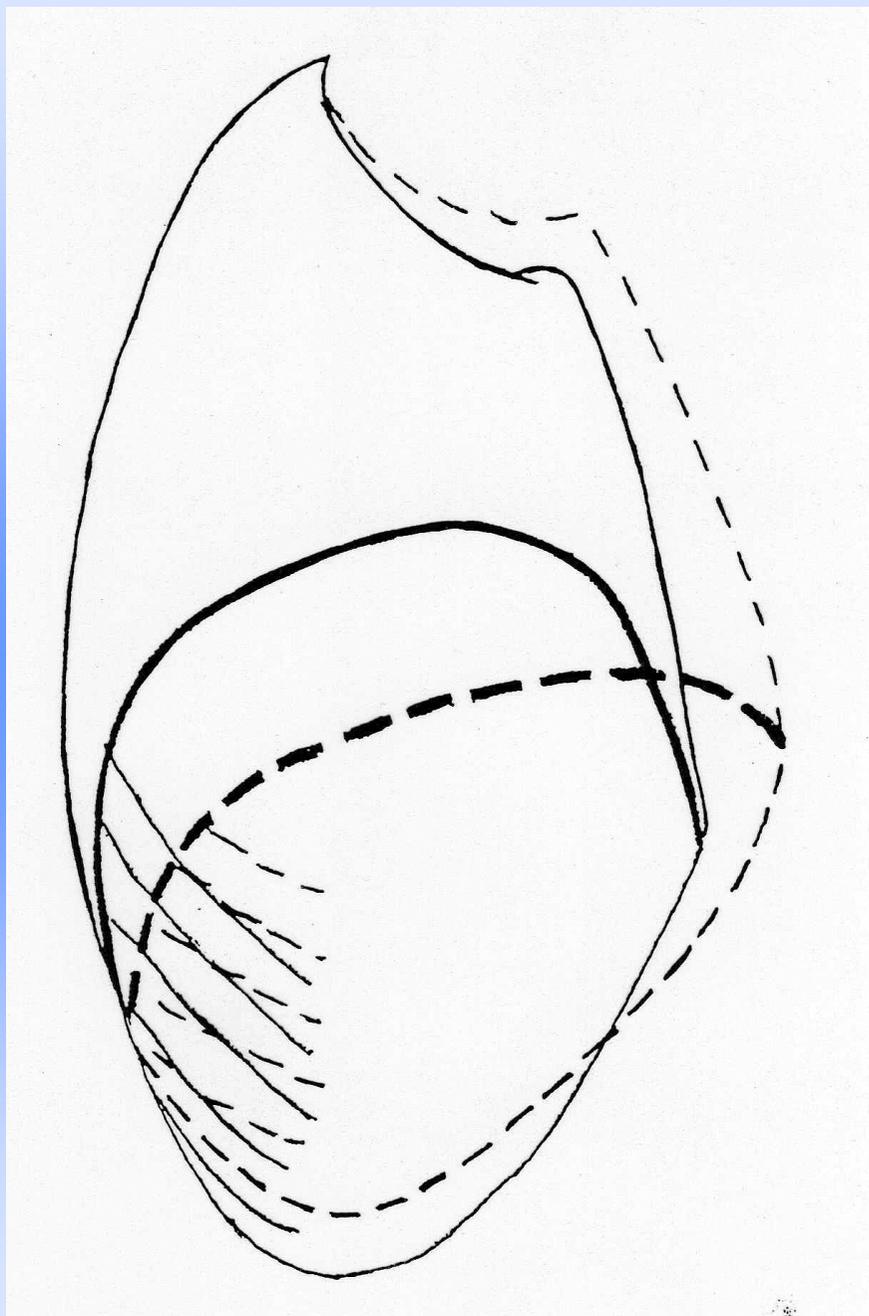
**Subdivision du poumon en 3 lobes à droite et 2 à gauche. Les lobes sont individualisés par les scissures dans lesquelles s'insinuent le feuillet viscéral de la plèvre. Chaque lobe est divisé en segments, puis en lobules et acinus.**

**Un organe en perpétuel  
mouvement !**

# Mouvements ventilatoires







# Mouvements respiratoires

## Mouvements maximaux

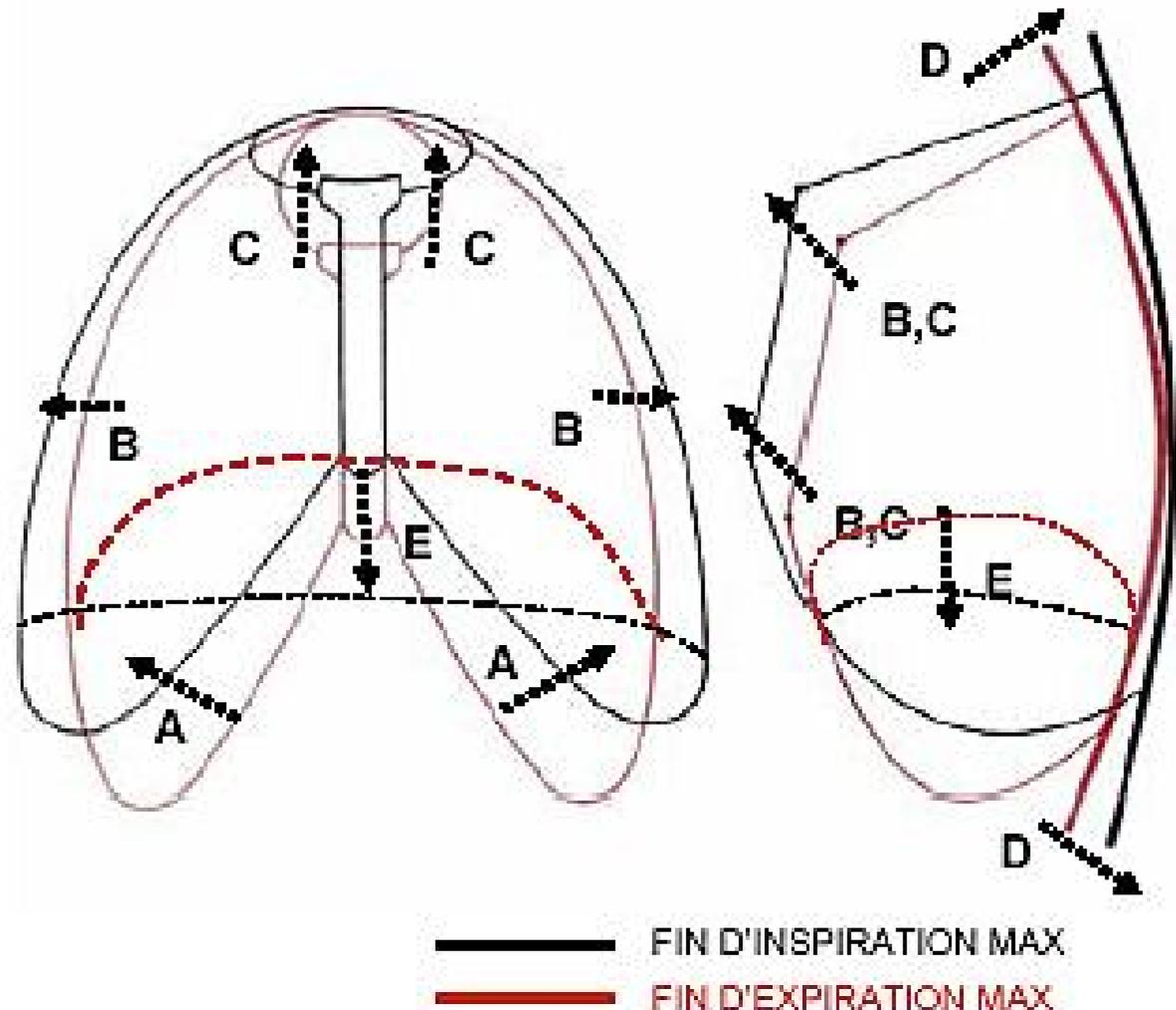
A: élargissement de la base de la cage thoracique

B: augmentation du diamètre latéral

C: déplacement crânial du thorax

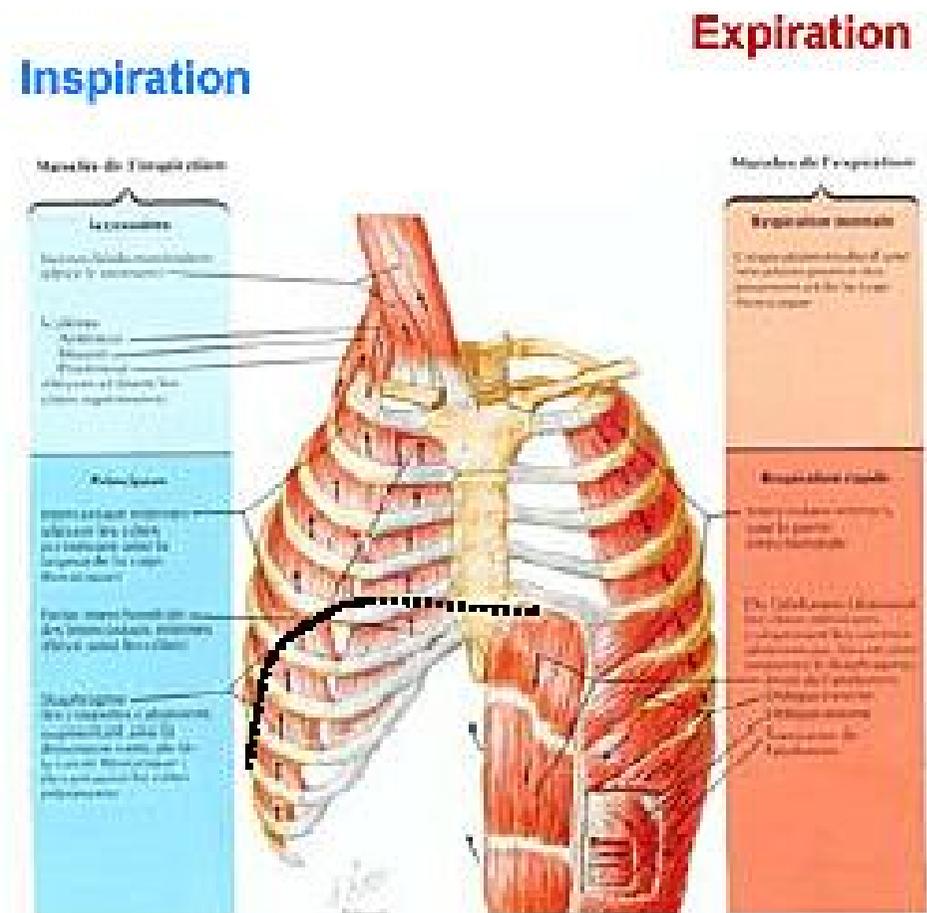
D: extension de la colonne vertébrale

E: augmentation du diamètre vertical

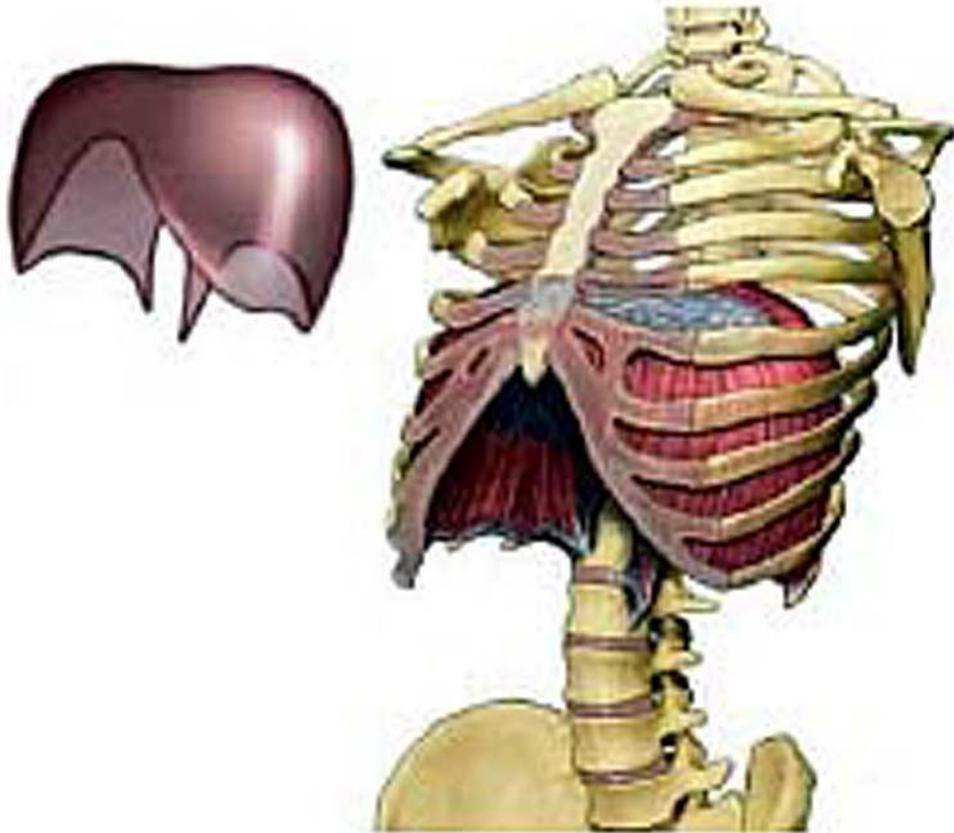


# Les muscles respiratoires

- Inspiration
  - normale
    - diaphragme
    - intercostaux externes
  - forcée
    - scalènes
    - sternocléïdomastoïdiens
    - pectoraux
    - sous clavier
    - grand dentelé
- Expiration
  - normale
    - phénomène passif
  - forcée
    - IC internes
    - transverse, obliques internes et externes, grand droit



# Le diaphragme



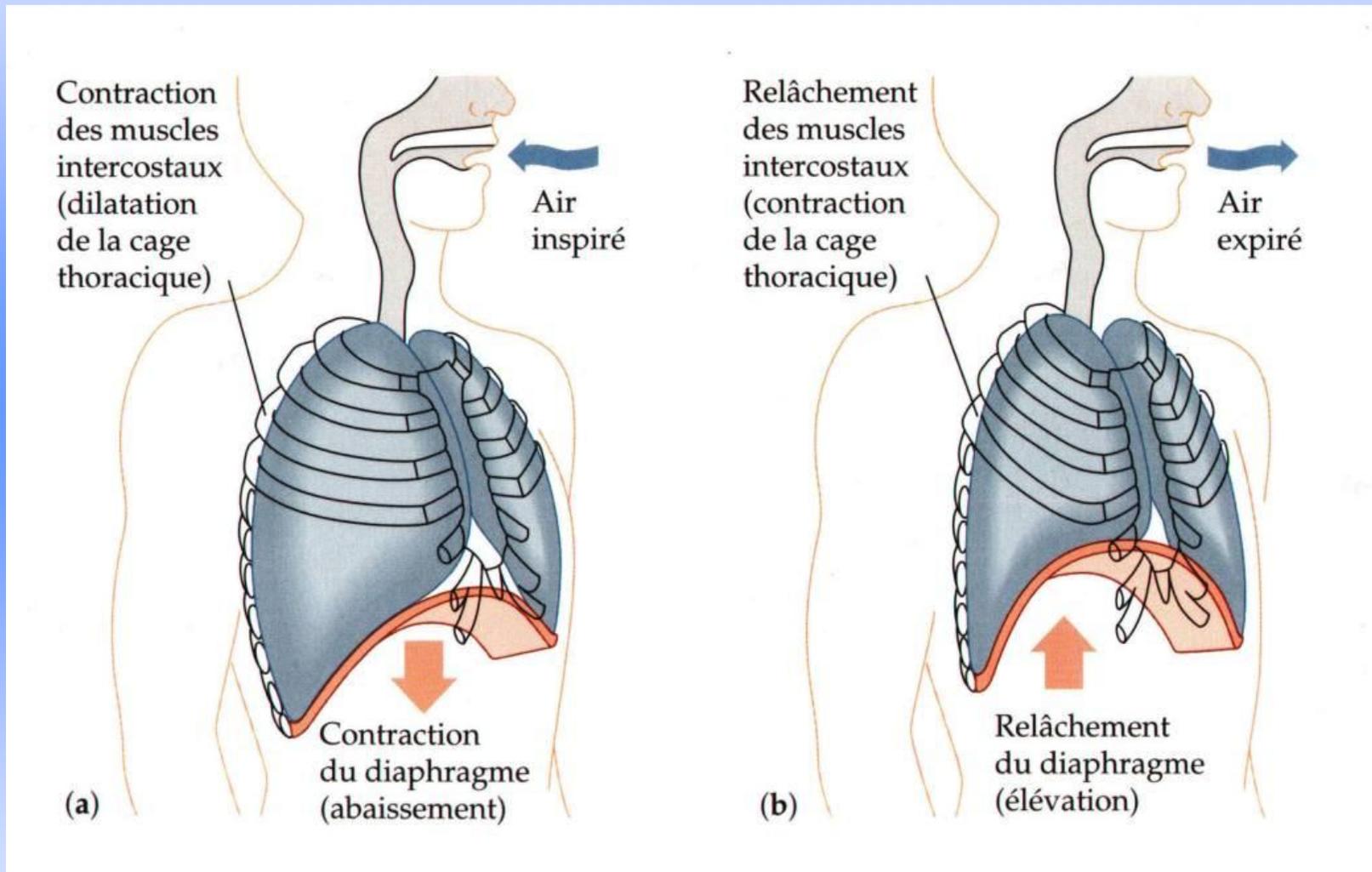
**Muscle inspiratoire principal**

**Muscle plat et rayonné**

**Cloison musculo-aponévrotique séparant le thorax de l'abdomen**

**S'implante au pourtour inférieur du thorax**

# La ventilation de repos



**Inspiration active**

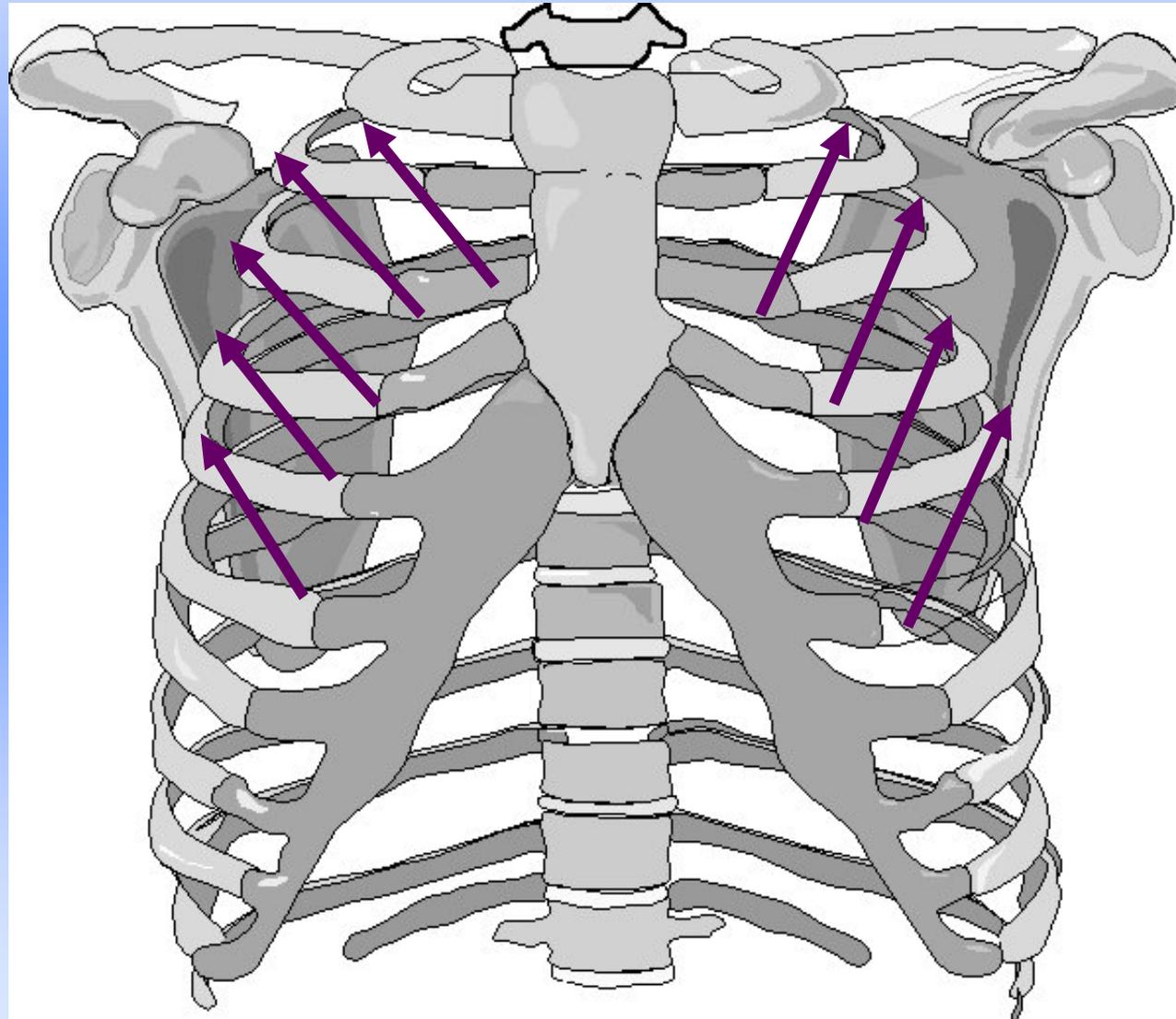
**Expiration passive**

# Examen clinique de la ventilation

- **Examen morphostatique**
  - Recherche de déformations thoraco-rachidiennes
    - Cause ou conséquence d'un éventuel dysfonctionnement
- **Examen morphodynamique**
  - Signes traduisant un dysfonctionnement dynamique de la ventilation au repos ou à l'effort
    - Symétrie de la ventilation
    - Synchronisme et amplitude du déplacement des compartiments
    - Fréquence respiratoire
    - Respiration lèvres pincées
    - Activité diaphragmatique, force des abdominaux

**Comment poumons et cage  
thoracique s'articulent t-ils?**

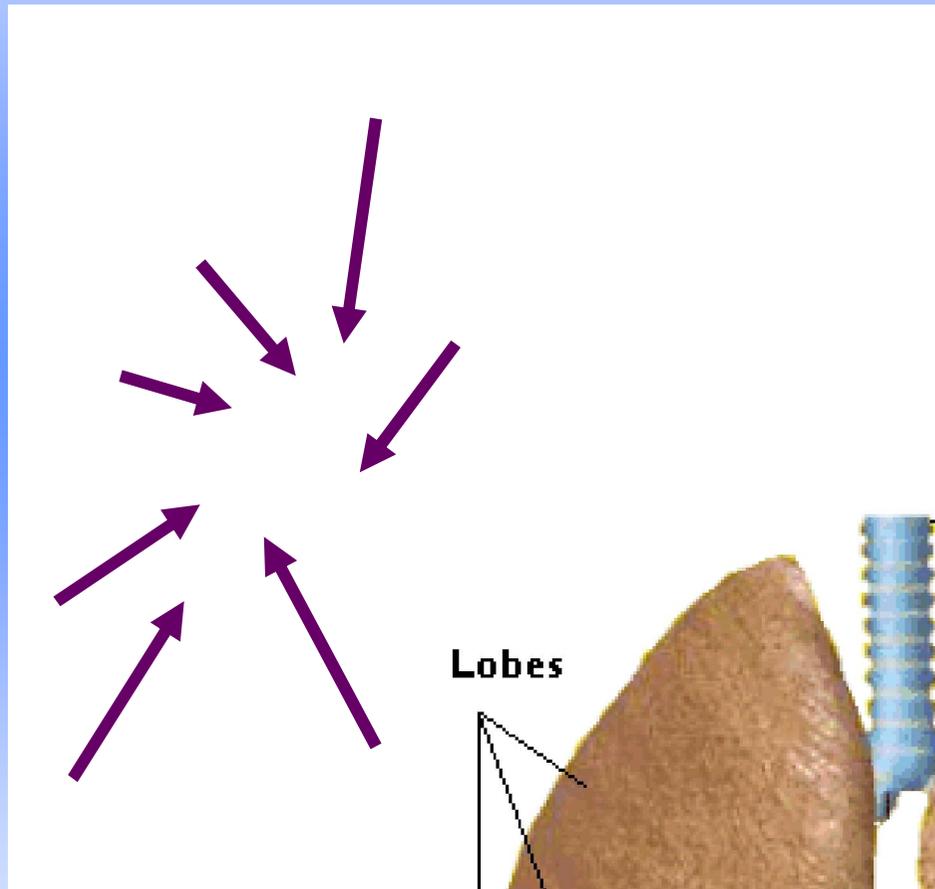
# Le thorax



**Tendance  
naturelle à la  
distension**

- Disposition  
géométrique
- Cartilage

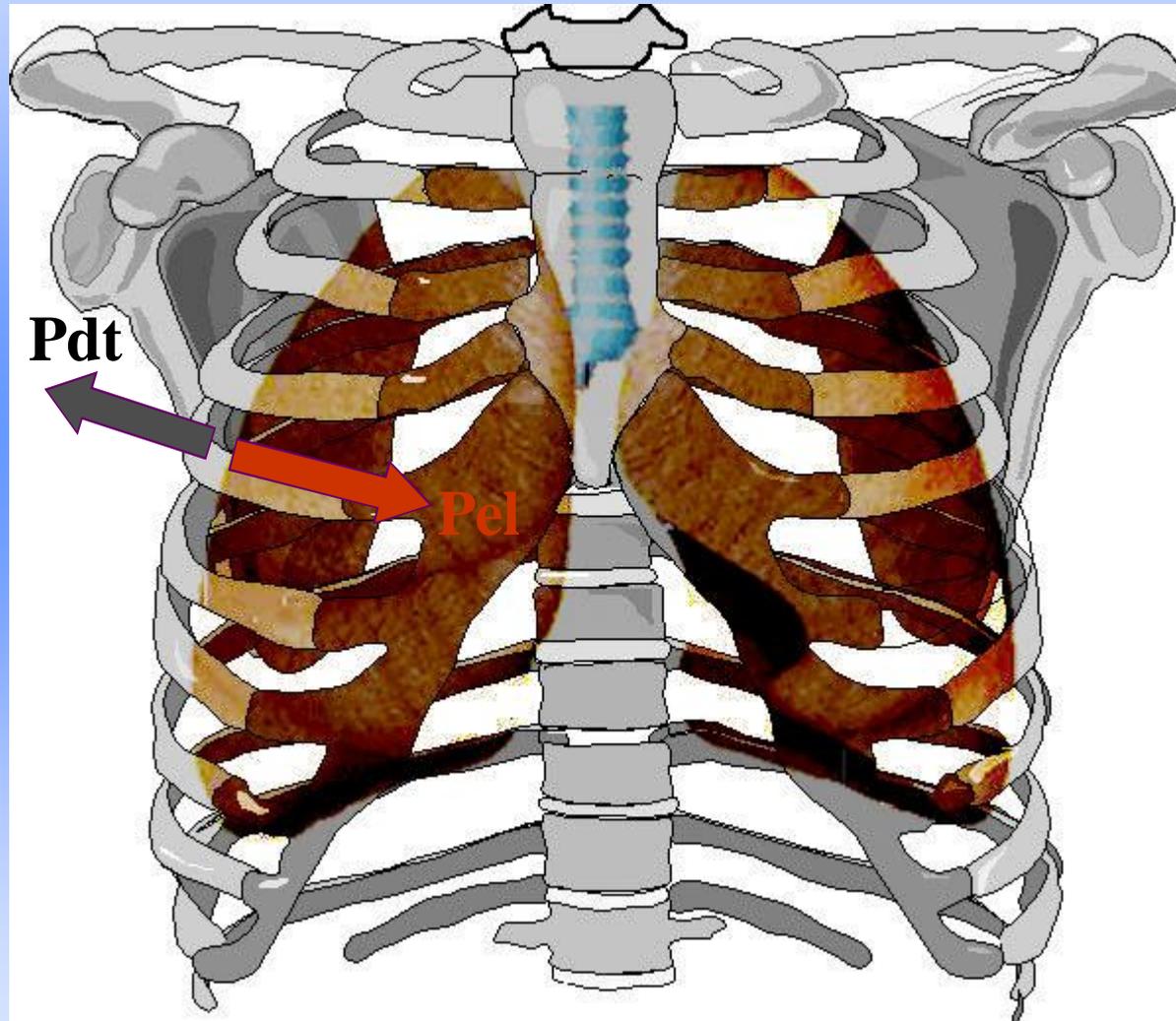
# Le poumon



**Tendance naturelle à la rétraction.**

- **Fibres élastiques**
- **Fibres collagènes**
- **Tension de surface**
- **Tonus des muscles bronchiques**

# Thorax et Poumon

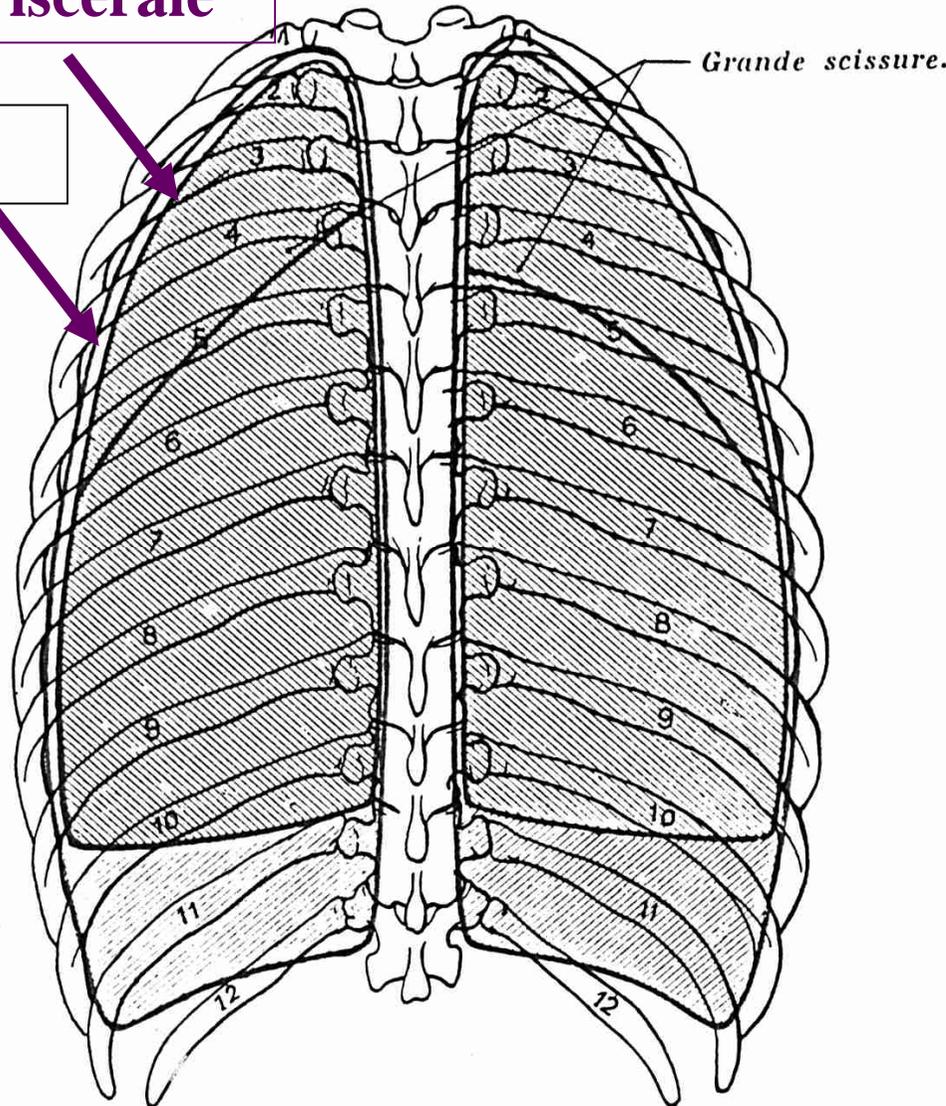


**Thorax  
et  
Poumon  
exercent  
des forces  
de sens  
opposées**

# L'espace pleural

Pl Viscérale

Pl Pariétale



**Poumon et  
thorax sont  
solidarisés par  
la plèvre**

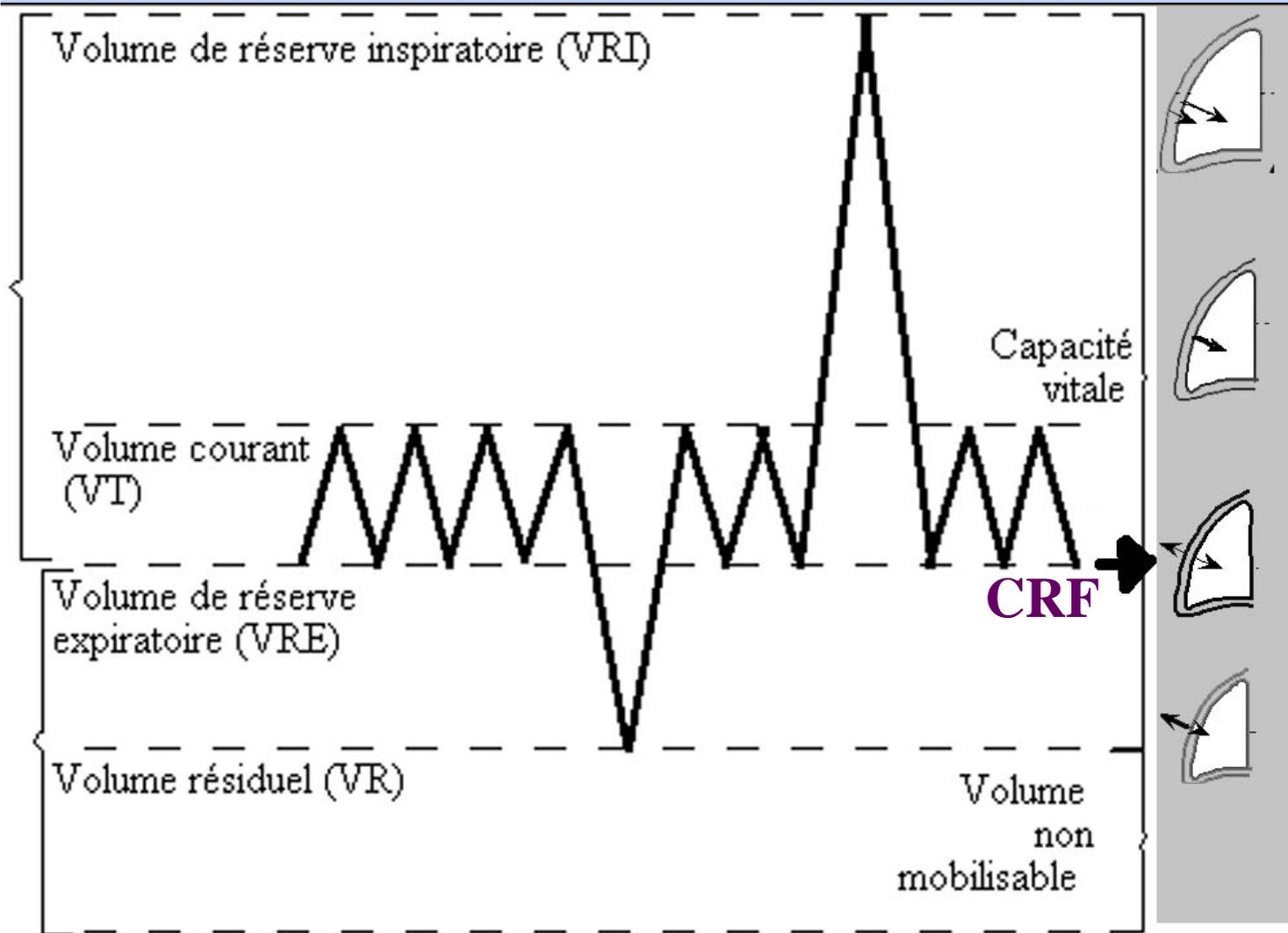
# L'espace pleural

Espace clos subissant les forces thoracique et pulmonaire et dans lequel règne une pression infra-atmosphérique

En pneumologie, la pression atmosphérique est  
la  
référence:  $P_{atm} = 0$

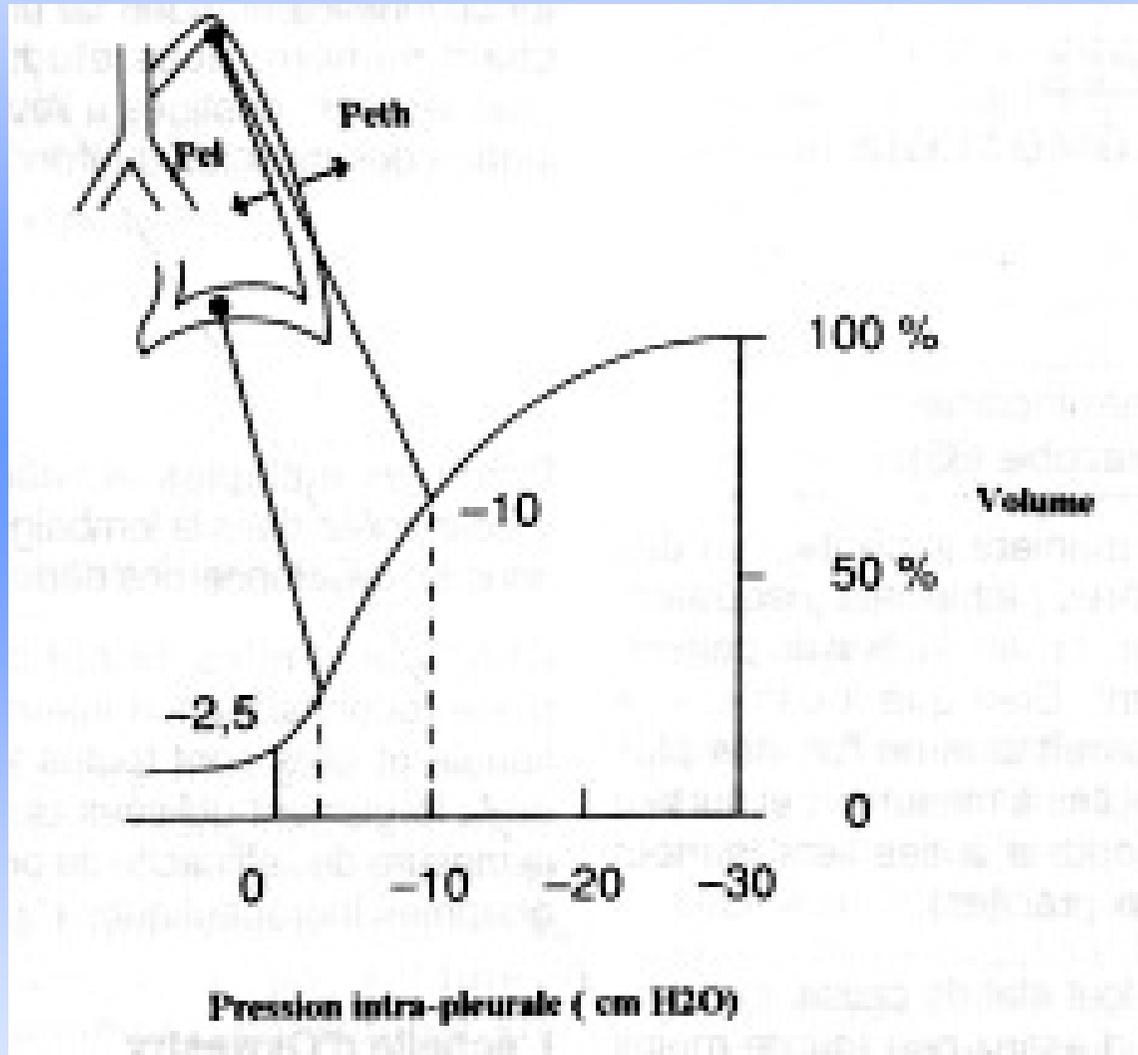
Dans l'espace pleural, la pression est dite négative

# L'espace pleural



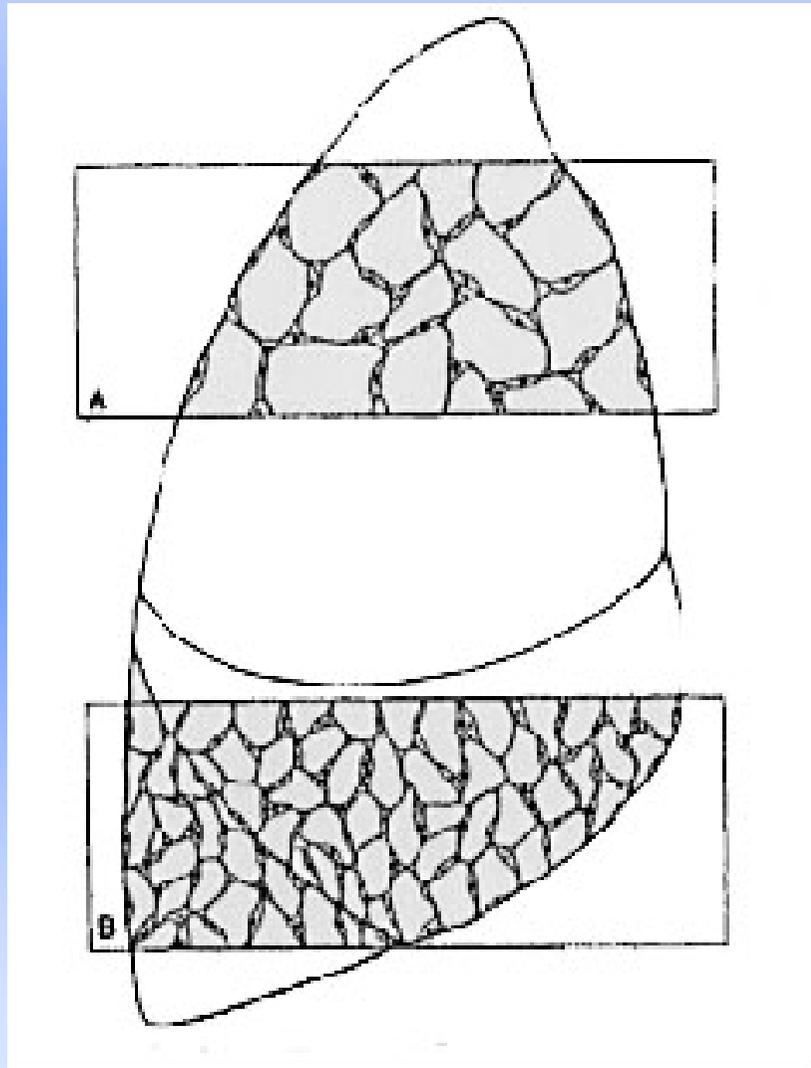
**L'espace pleural permet de solidariser thorax et poumon**

# La pression intrapleurale



**En position debout, sous l'action de la pesanteur, le poids du poumon majore la pression pleurale aux bases pulmonaires**

# Pression pleurale et expansion pulmonaire

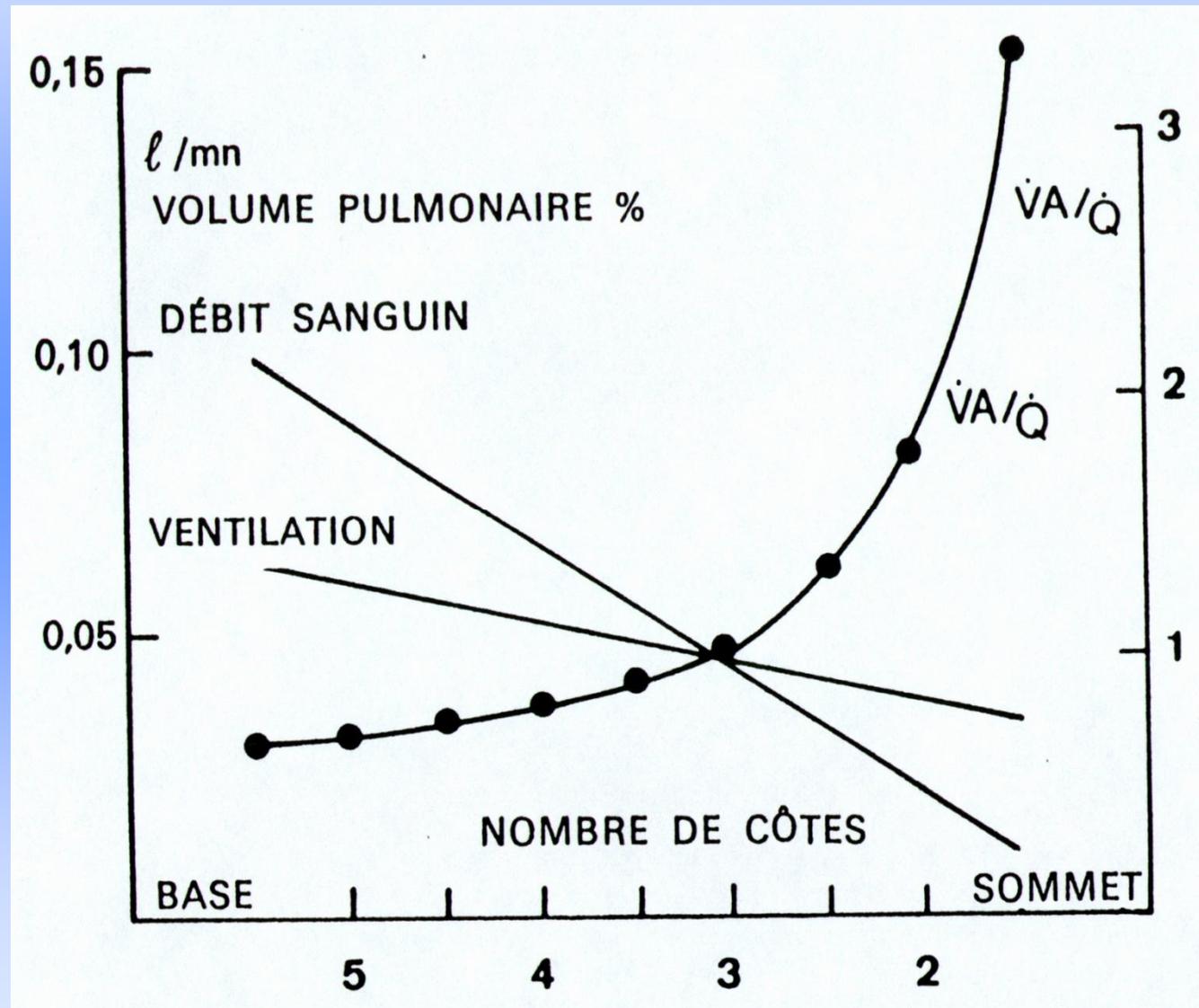


**Au sommet, le volume de repos est plus élevé car la pression intrapleurale est plus négative ( pression d'expansion plus élevée).**

## **Position debout**

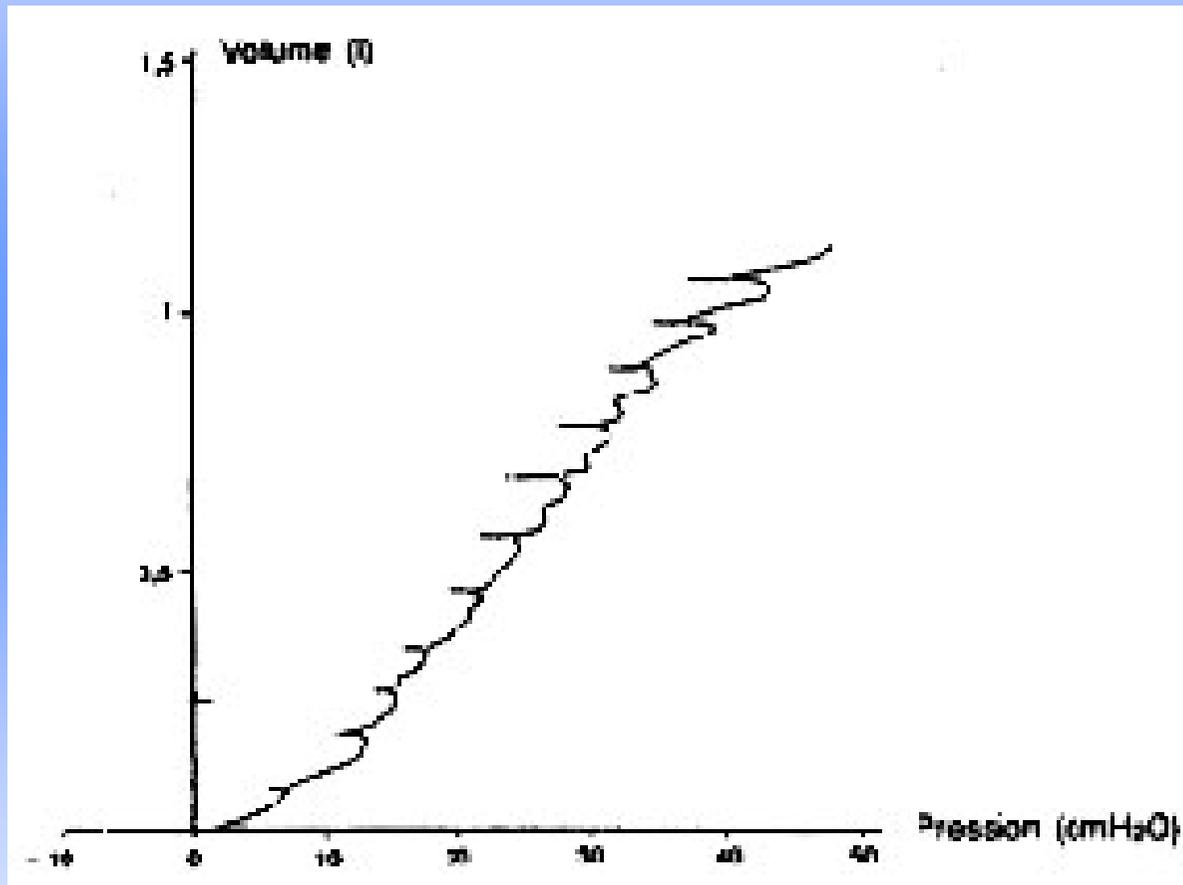
**La pression d'expansion est plus faible à la base du poumon (pression pleurale majorée): faible volume de repos**

# Distribution de la ventilation



**Comment étudier les capacités  
de déformation de l'appareil  
respiratoire?**

# Compliance



- Capacité à se laisser déformer

- Rapport de la variation de volume obtenue sur la variation de pression développée

$$C = \Delta V / \Delta P$$

# Elastance

- **L'élastance, inverse de la compliance,  $E = 1/C$ , correspond à la capacité du système thoracopulmonaire ( poumon et thorax) de revenir à l'état initial après avoir subi une déformation.**
- **C'est une constante qui mesure le retour élastique.**

**Comment l'air circule t-il?**

# Divisions bronchiques

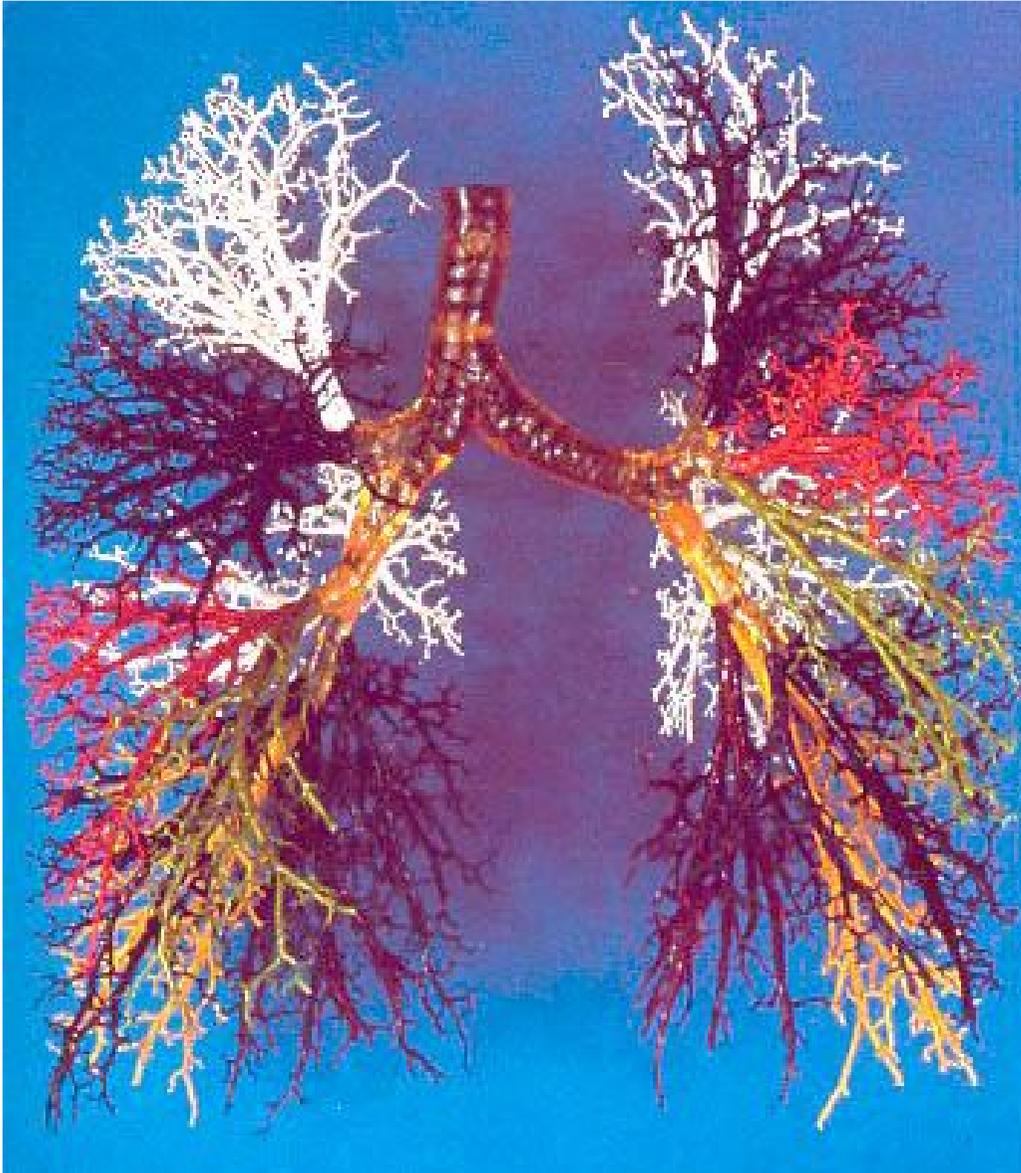
ZONE DE CONDUCTION	Trachée	0
		1
	arbre bronchique	2
	bronchioles	3
	bronchioles terminales	4
TRANS.	bronchioles respiratoires	17
		18
		19
ZONE RESP.	conduits alvéolaires	20
		21
		22
	sacs alvéolaires	23



# Les conduits aériens

- **Division dichotomique**
- **Somme des sections des 2 bronches filles supérieure à la section de la bronche mère**
- **23 générations de division**
- **Bronches: pourvues de cartilage. Elles vont jusqu'à la 7 – 8<sup>ème</sup> génération**
- **Bronchioles: dépourvues de cartilages. Situées au-delà des bronches.**

# Resistance à l'écoulement gazeux

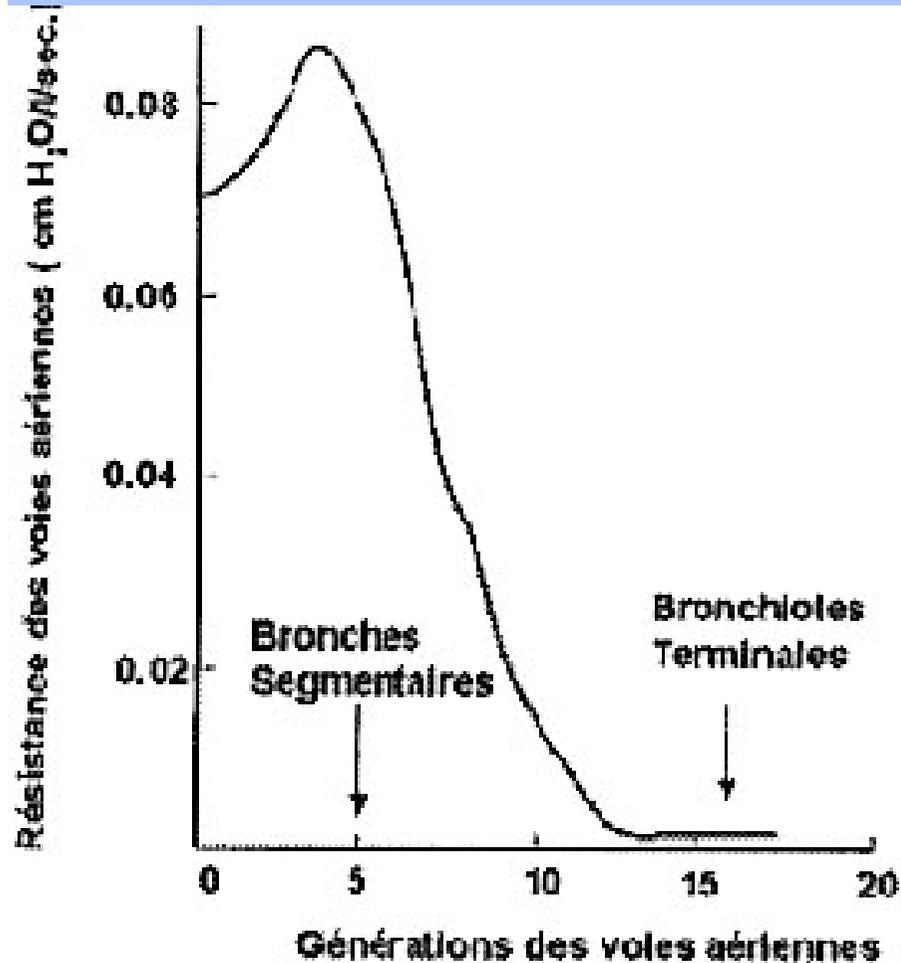


Rapport de la variation  
de pression exercée sur  
la variation de débit  
obtenue:

$$R_{aw} = \Delta P / \Delta V$$

•

# Variation de la résistance en fonction des générations bronchiques



**Composante majeur:  
résistance de frottement.**

## Répartition:

- **Nez: 50%**
- **Trachée, bronches lobaires et segmentaires: 80%**
- **voies aériennes de petit calibre: 20%**

# L'écoulement de l'air

- Le débit d'un gaz dans un tube est fonction de la pression motrice et de la résistance:

$$\dot{V} = P/R \quad (R = 8nl / \pi r^4)$$

La pression motrice  $P = P_A - P_{atm}$ . Or, la  $P_{atm}$  étant égale à 0:  $P = P_A$

- et du type d'écoulement:

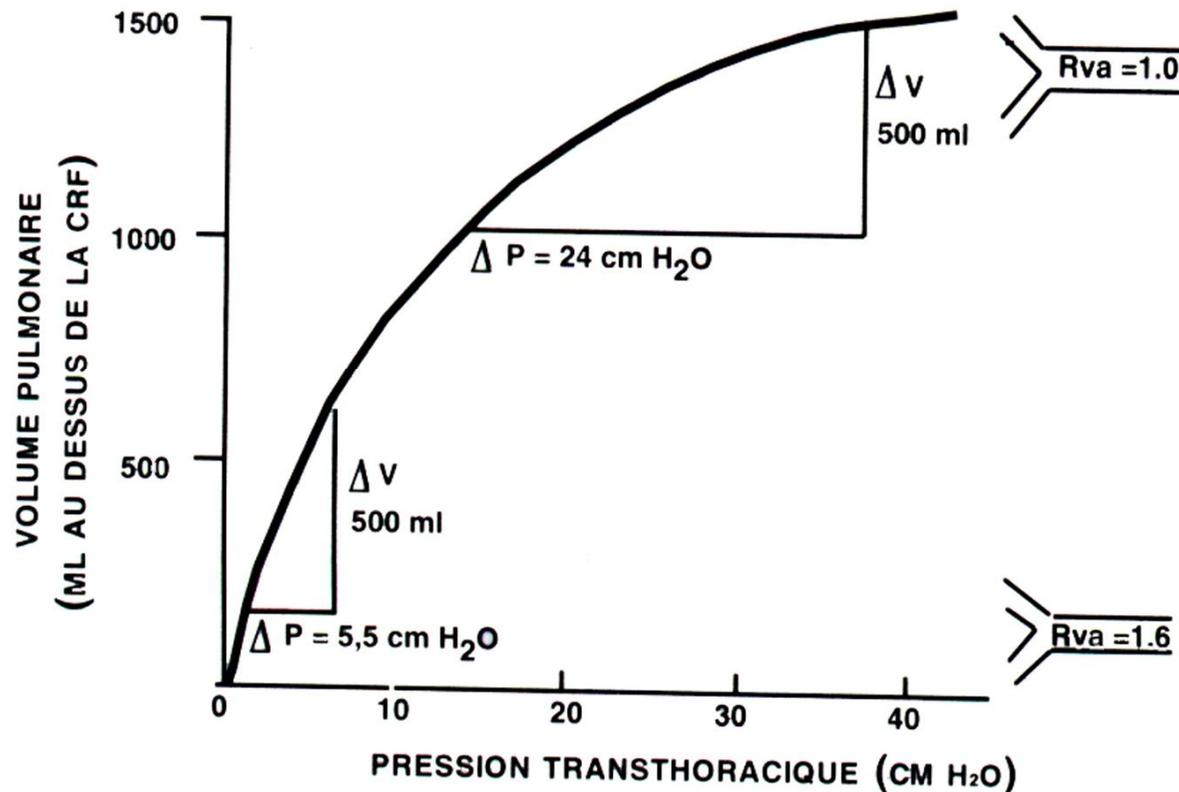
- Laminaire  $P = R \cdot \dot{V}$

- Turbulent

- Intermédiaire  $P = R \cdot \dot{V}^2$

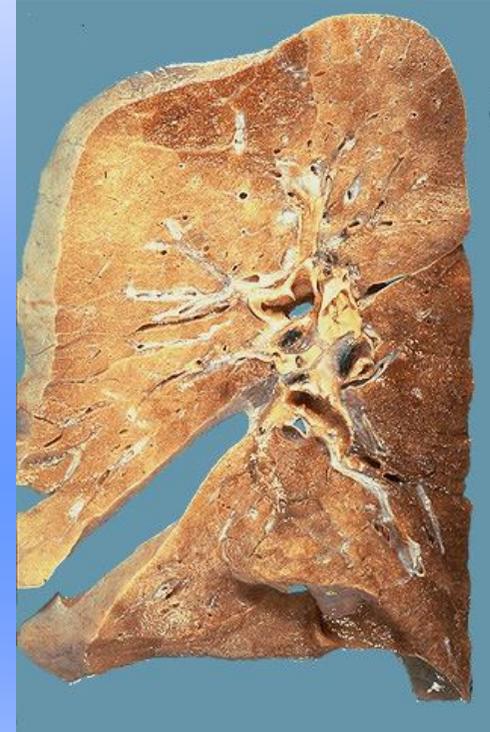
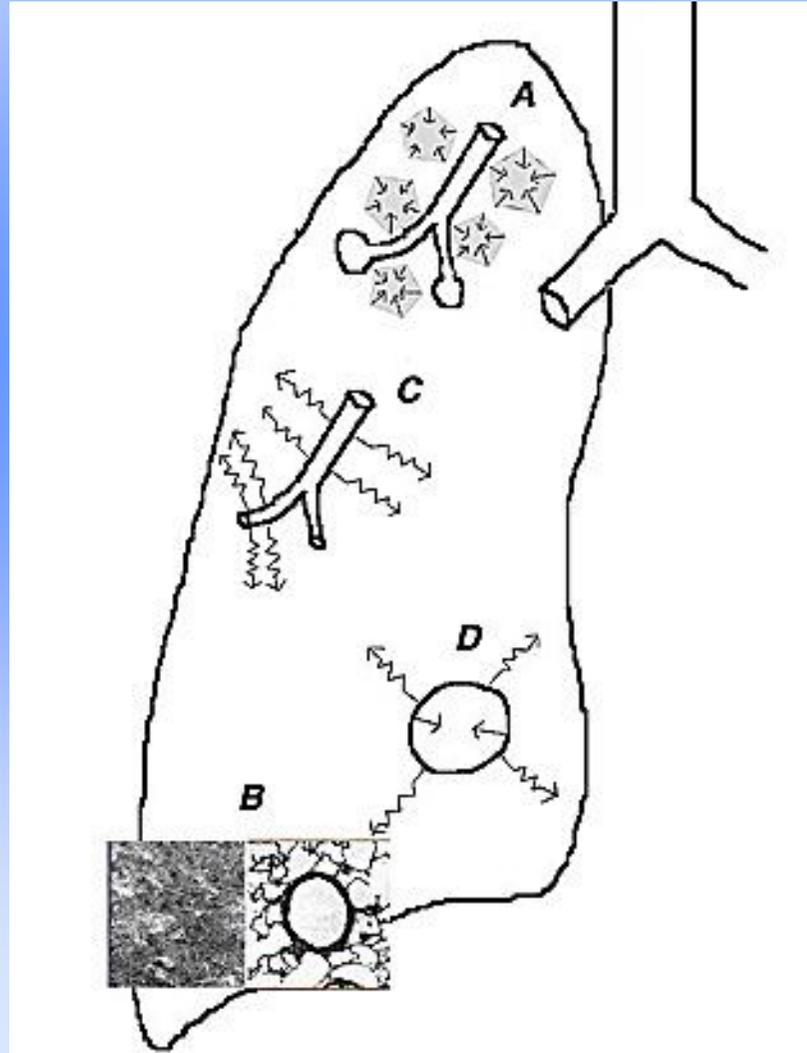
# Résistances et volume pulmonaire

Courbe pression / volume du système respiratoire et résistances bronchiques en fonction du volume pulmonaire



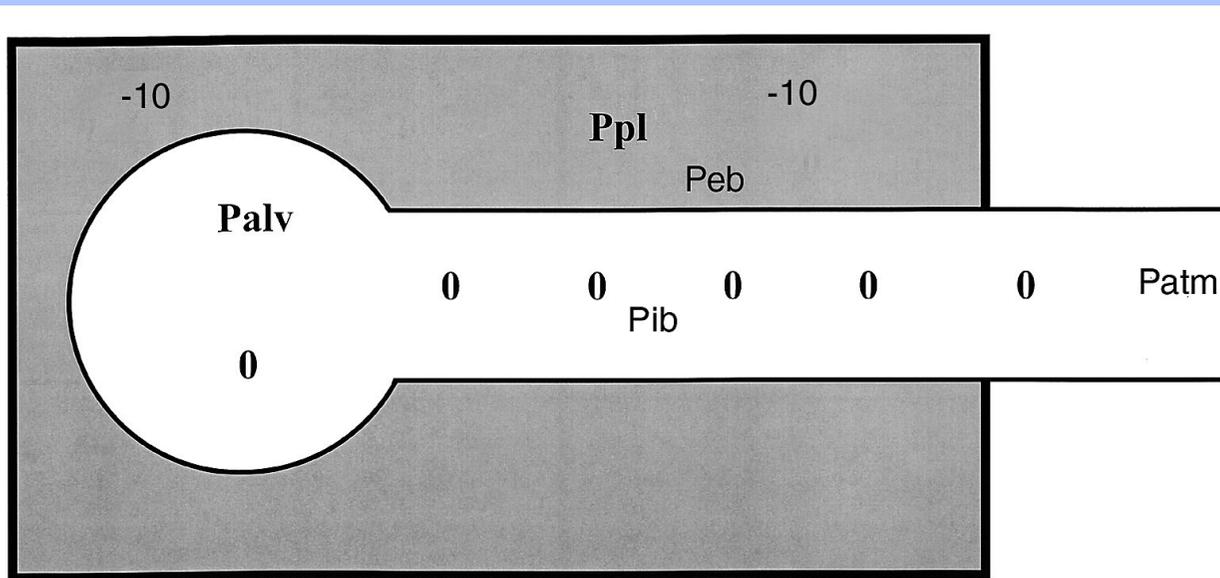
Pour un volume pulmonaire élevé, l'effet d'ancrage du parenchyme aux voies aériennes se traduit par une augmentation de la section bronchique donc une résistance moindre

# Interactions entre pression de rétraction élastique pulmonaire et calibre des bronches



**Les fibres élastiques pulmonaires agissent sur les bronches par un effet d'ancrage qui tend à dilater la lumière bronchique**

# Mécanique bronchique en l'absence de débit ventilatoire



**Pib**

$$PA=Pib=Patm=0$$

**Peb**

aux sommets:

$$Peb=Ppl= -10\text{cm H}_2\text{O}$$

aux bases:

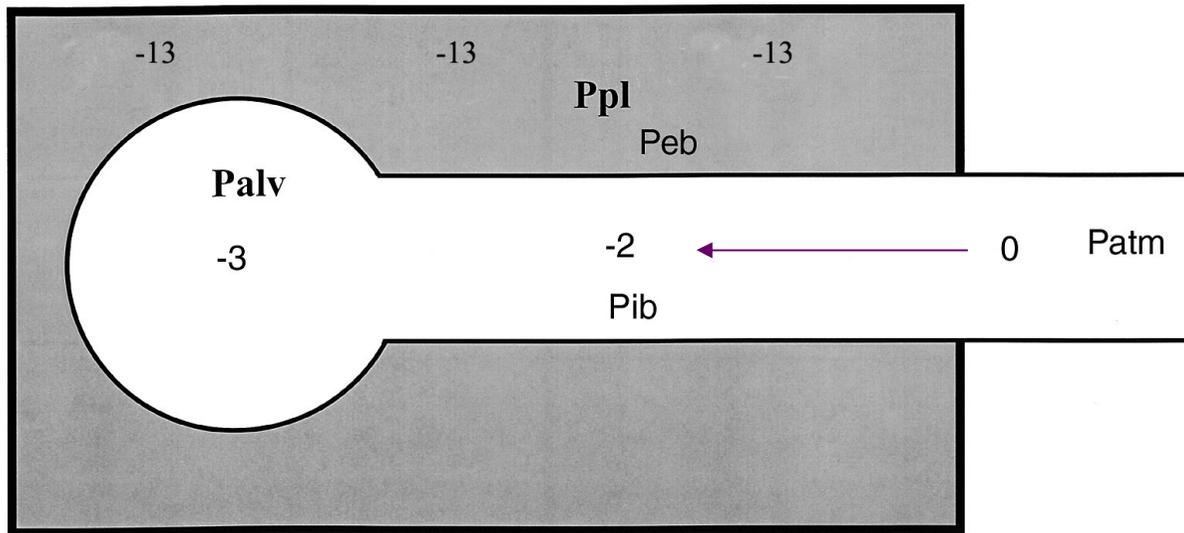
$$Peb=Ppl= -2,5\text{cm H}_2\text{O}$$

$$Ptb=Pib-Peb$$

aux sommets: + 10cm H<sub>2</sub>O

aux bases: +2,5 cm H<sub>2</sub>O

# Mécanique bronchique à l'inspiration



$$P_A = P_{el} + P_{pl}$$

$$P_{el} = P_A - P_{pl}$$

$$P_{tb} = +10$$

**Contraction musculaire**

**Augmentation du volume**

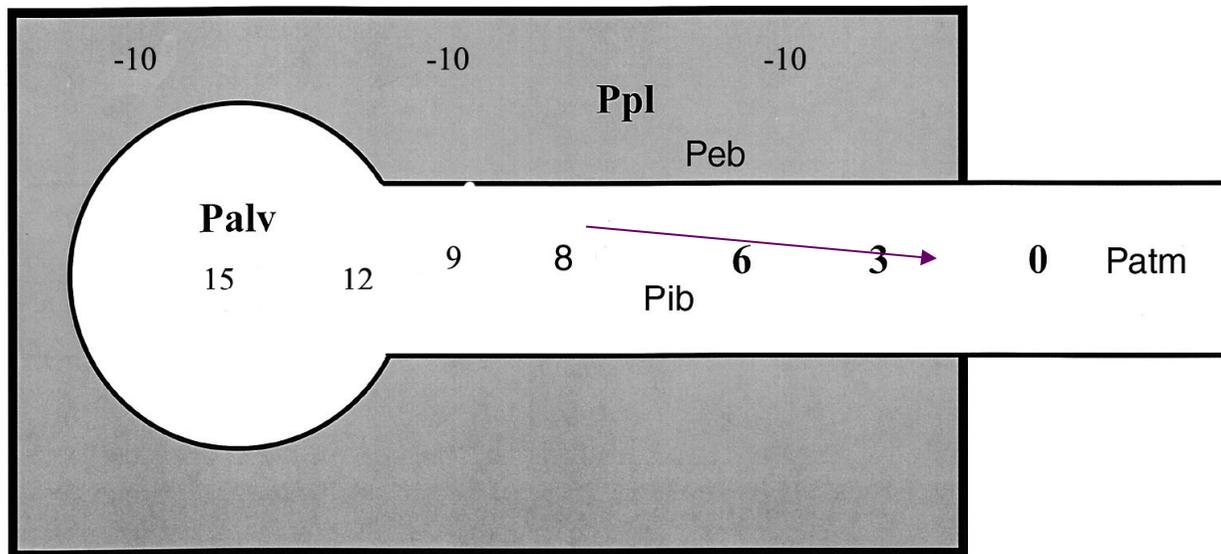
**Diminution  $P_{pl}$  (  $\rightarrow P_{el}$  )  
diminution  $P_A$**

**Gradient de pression  
 $P_A < P_{atm}$**

**Débit inspiratoire**

**Variations de volume  
plus importantes aux  
bases**

# Mécanique bronchique à l'expiration de repos



**Pression alvéolaire augmentée**  
↓  
**Inversion du gradient de pression  $P_A > P_{atm}$**   
↓  
**Débit expiratoire**

$$P_{tb} = + 25$$

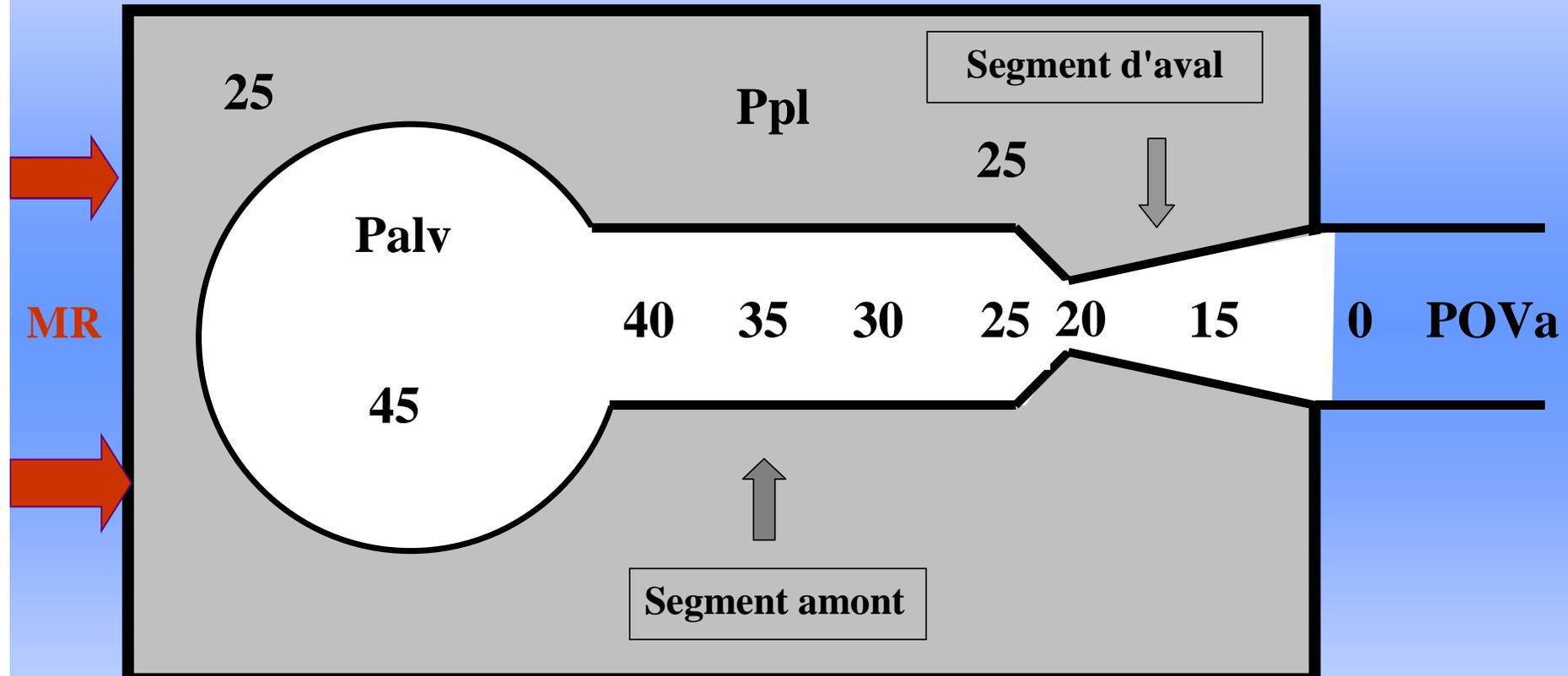
**La  $P_{ib}$ , positive, décroît de l'alvéole vers la bouche en raison d'une perte de charge due aux résistances bronchiques. La  $P_{tb}$  reste positive, la bronche reste ouverte.**

# L'expiration

- Le débit expiratoire:  $\dot{V} = P/R$  (cf supra)
- La notion de débit implique aussi la notion de vitesse de déplacement d'un front gazeux.
- $\dot{V} = V/t$
- $V = s.l$
- $\dot{V} = s.l/t$
- $l/t = v$
- $v = \dot{V}/s$

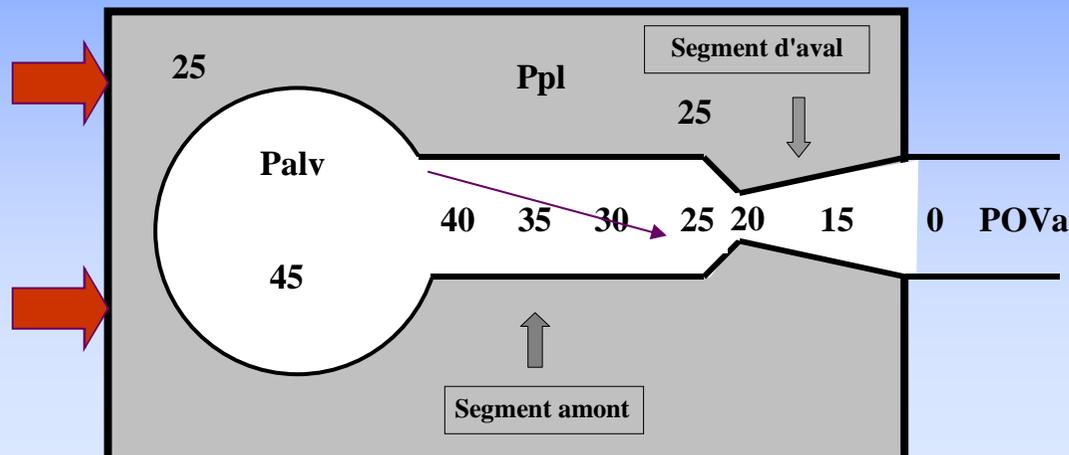
La vitesse est proportionnelle  
au débit et inversement  
proportionnelle au calibre  
bronchique

# Mécanique bronchique à l'expiration forcée



# L'expiration forcée

- $P_{\text{musc}} + P_{\text{esr}} \longrightarrow$  augmentation de la PA et  $P_{\text{pl}}$
- $PA \nearrow \longrightarrow$  augmentation du débit expiratoire
- $P_{\text{pl}} \nearrow \longrightarrow$  augmentation  $P_{\text{eb}}$  et diminution  $P_{\text{tb}}$
- $P_{\text{tb}} \searrow \longrightarrow$  compression dynamique:  $\searrow \emptyset$  bronche
- $\searrow \emptyset$  bronche  $\longrightarrow$  augmentation des résistances
- $\nearrow R \longrightarrow$  diminution du  $\dot{V}$  et augmentation  $v$



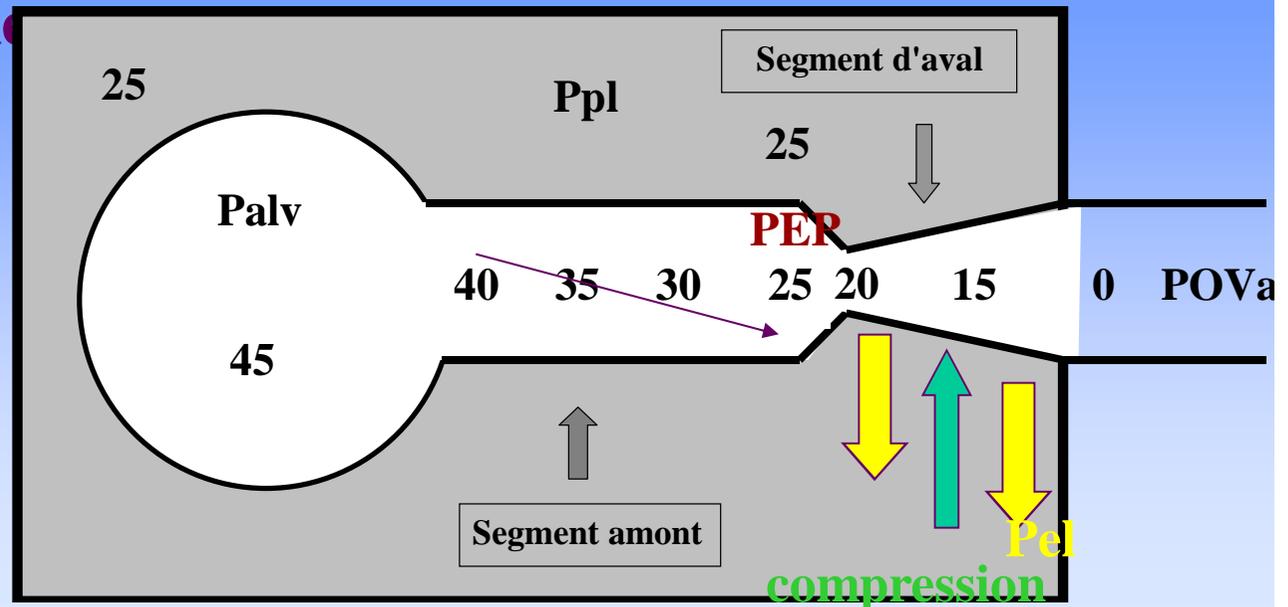
# Le point d'égal pression

- La  $P_{ib}$  décroît davantage car résistances augmentées avec sur le trajet un point dit d'égal pression:  $P_{tb}=0 \rightarrow 2$  secteurs
- Secteur d'amont  $\rightarrow$  secteur bronchique non comprimé
- Secteur d'aval  $\rightarrow$  secteur bronchique comprimé avec diminution du calibre et débit limité quelle que soit la force musculaire.
- A l'état physiologique, la  $P_{ib}$  reste supérieure à la  $P_{eb}$  grâce à l'apport de la pression élastique pulmonaire qui s'exerce en tout point du parenchyme

$$P_{tb \text{ amont}} = +20$$

$$P_{tb \text{ aval}} = -10$$

$$P_{el} = P_A - P_{pl} = +20$$



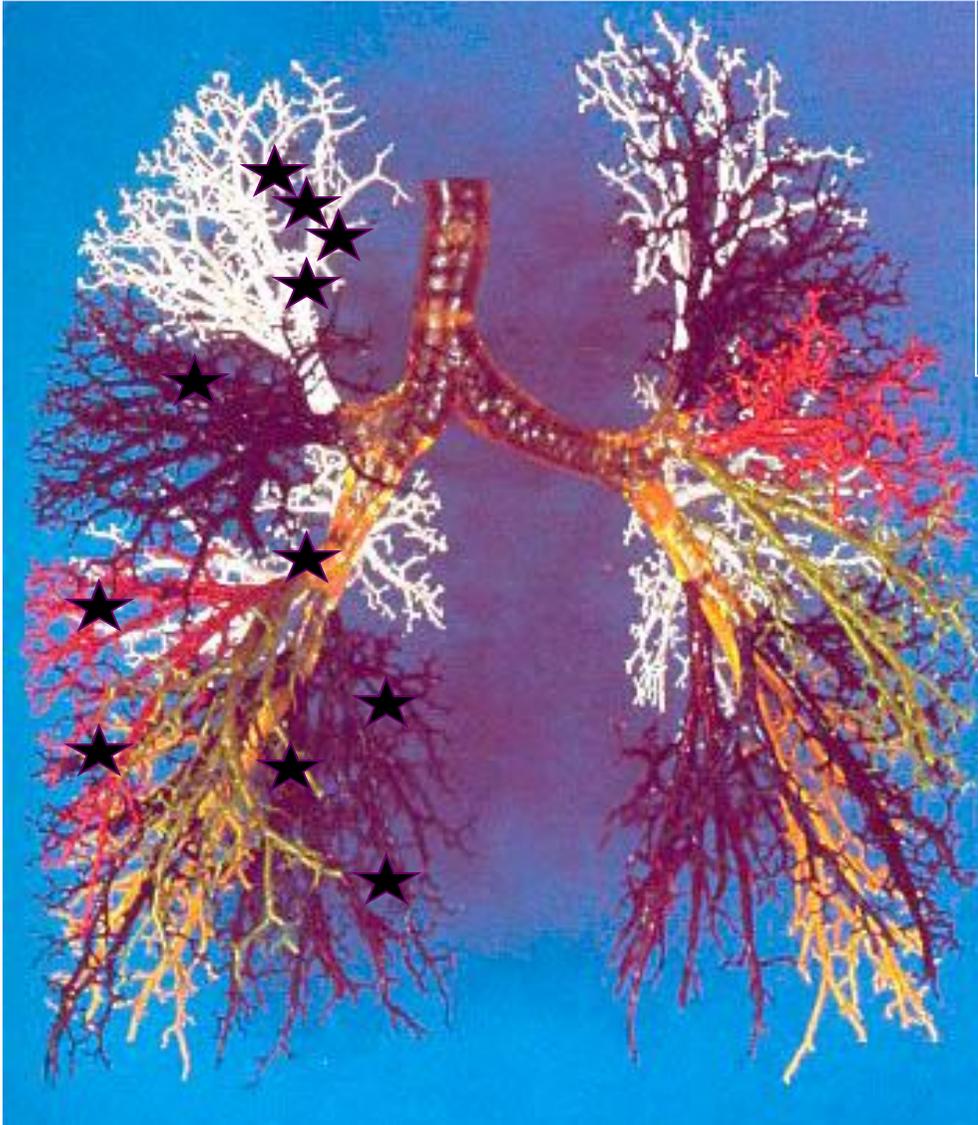
# Déplacement du PEP

**$P_{el} \searrow$  et  $R \nearrow \implies$  déplacement du PEP vers l'alvéole**  
**ex: emphysème, bronchospasme**

**La diminution du volume pulmonaire au cours du cycle ventilatoire, avec diminution concomitante de la  $P_{el}$ , entraîne un déplacement du PEP vers l'alvéole**

**Les bronches situées dans les zones dépendantes, à  $P_{el}$  moindre, tendent à se collaber plus précocement: volume de fermeture.**

# Le point d'égale pression, un point « virtuel »



« Virtuel » car en déplacement permanent sur toute la durée de l'expiration

## Les variables:

- le niveau de volume pulmonaire
- la Pel
- la pression motrice (force musculaire, pression thoracique)
- les résistances des voies aériennes

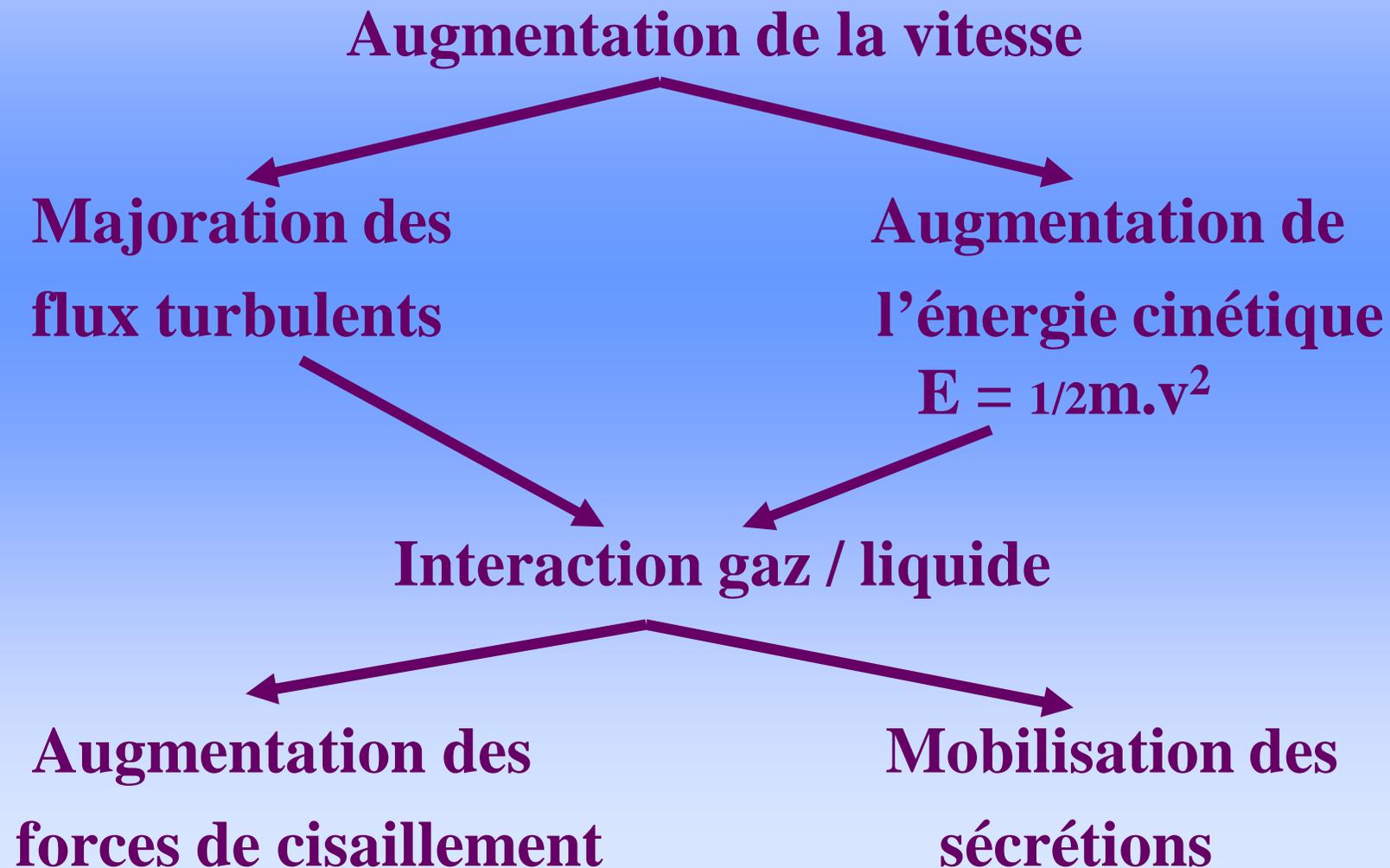
# La compression dynamique

- S'installe après l'expiration des premiers 15 à 20% de la CV.
- Jusqu'au DEP, les débits sont efforts dépendants car le PEP apparaît au niveau des grosses bronches avec armatures cartilagineuses
- Ensuite, les débits sont indépendants de l'effort car le PEP se déplace sur des bronches susceptibles de se collaber ( résistance de Starling).
- Au fur et à mesure de l'expiration, la Pib diminue avec le volume pulmonaire, majorant la compression.
- De même, avec la diminution du volume, la Pel diminue

# Expiration forcée et vitesse du flux gazeux

- La vitesse est proportionnelle à la pression motrice et inversement proportionnelle au calibre bronchique  $v = \dot{V}/s$
- C'est à dire que la vitesse augmente avec la pression motrice et la réduction du calibre bronchique, tout en sachant que la réduction de ce calibre augmente les résistances bronchiques et donc modère l'augmentation de la pression motrice et du débit expiratoire.

# Interaction vitesse du flux expiratoire et sécrétions bronchiques



# Le collapsus bronchique

- **Survient quand  $P_{eb} > P_{ib}$  avec:**
  - **augmentation importantes des résistances bronchiques non équilibrée par la  $P_{el}$**
  - **diminution notable de la  $P_{el}$  ( emphysème ou bas volume pulmonaire).**
  - **Ajout d'une force extérieure sur la cage thoracique (pressions manuelles), majorant  $P_A$  mais aussi  $P_{pl.}$ , chez des personnes dont les résistances sont augmentées et/ou une  $P_{el}$  diminuée.**

# Conséquences du collapsus lors de l'expiration

- Interruption du débit expiratoire avec exclusion broncho-alvéolaire: volume de fermeture.
- Rééquilibration des pressions bronchiques en amont du collapsus avec la pression alvéolaire, entraînant une augmentation de la  $P_{ib}$  qui peut redevenir supérieure à la  $P_{eb}$  → réouverture bronchique. Phénomène possible avec une  $P_{el}$  efficace pouvant entraîner un effet de vibration susceptible de mobiliser les sécrétions bronchiques.

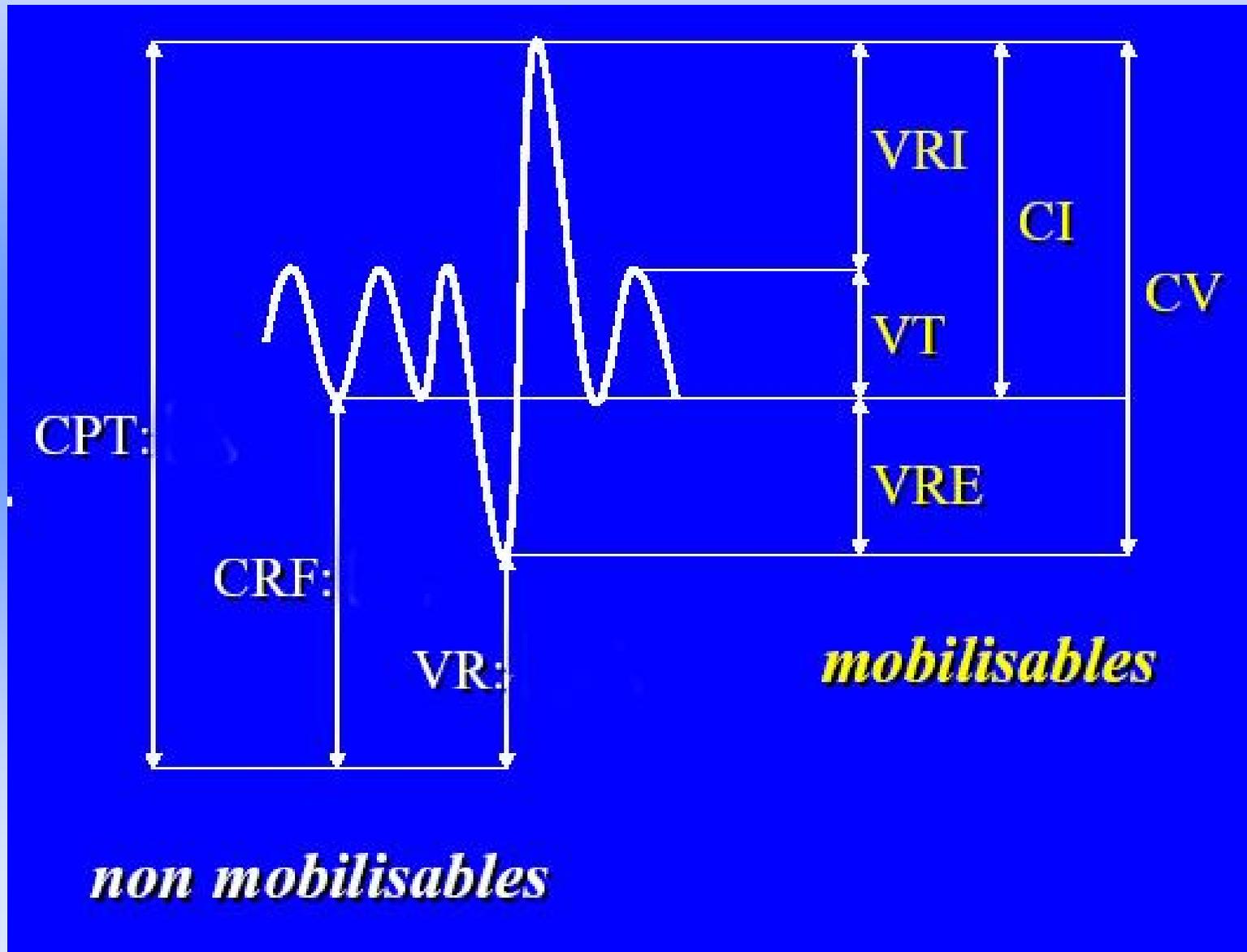
**La Spirométrie, pour  
mesurer les volumes et les  
débits**

# Spiromètre

- Un spiromètre est un instrument servant à faire une spirométrie : mesure des volumes d'air inspirés et expirés par un patient ainsi que les débits s'y rattachant.

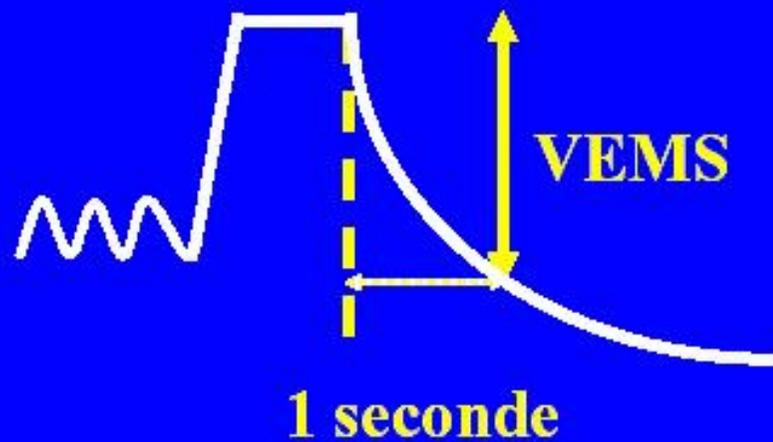


# Les volumes pulmonaires



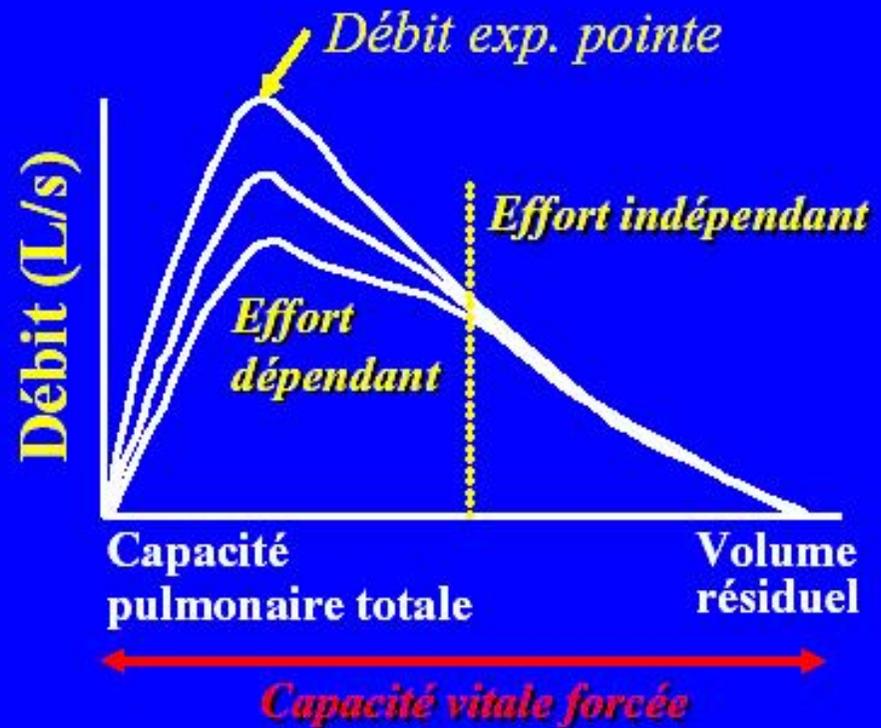
# Les débits expiratoires

- Volume - temps

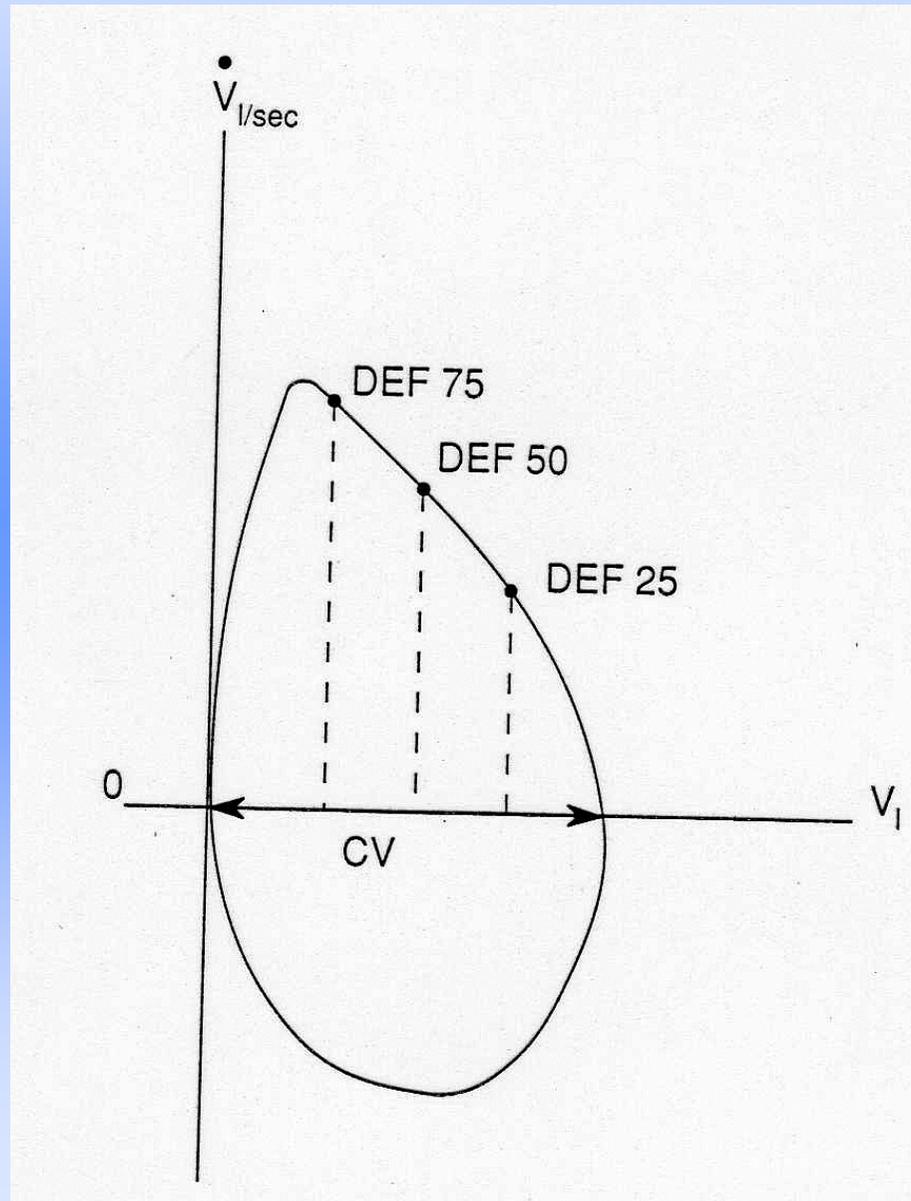


VEMS > 75% CV

- Débit - volume

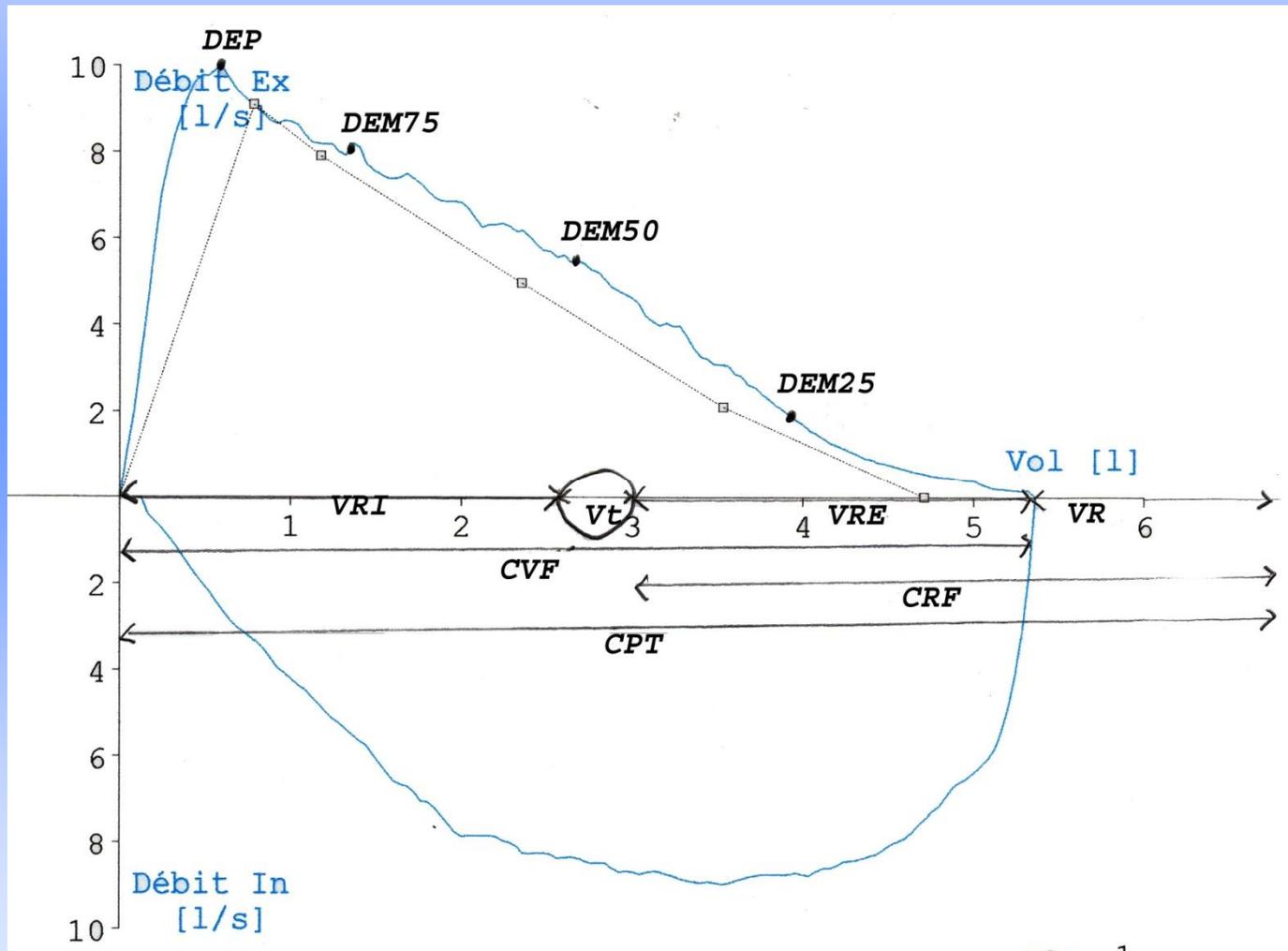


# Courbe débit volume





# Courbe débit volume



# **Un appareillage simple: le débitmètre de pointe**

# Débitmètre de pointe

Permet la mesure de débit expiratoire de pointe



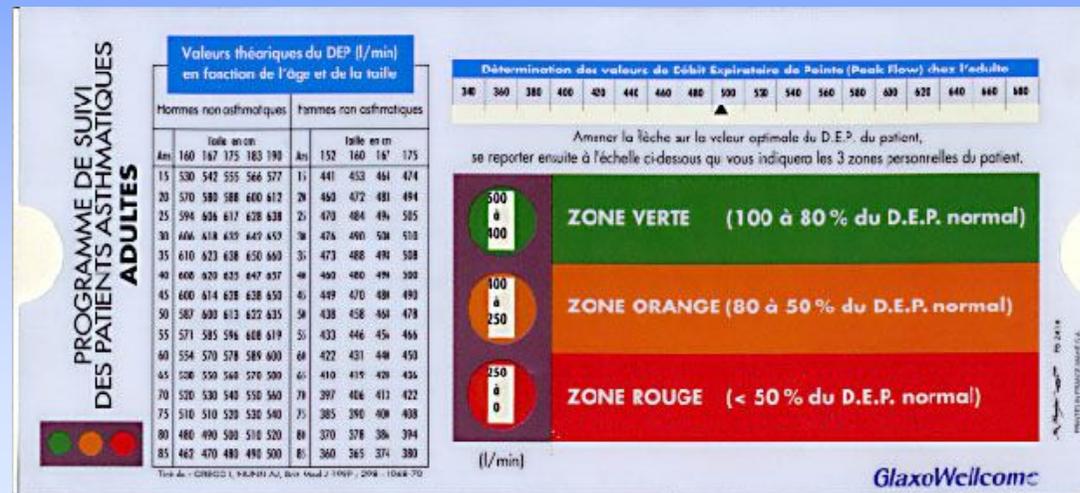
Courbes des valeurs normales du DEP pour un adulte



Source : Nunn AJ, Gregg I, Brit Med J, 1989 ; 298 : 1068-70

# Le débit expiratoire de pointe

- Débit expiratoire maximal mesuré à la bouche
- Paramètre effort dépendant qui renseigne sur l'état des gros troncs
- Mesure valide, fiable, reproductible, facile
- C'est un indicateur qui permet de diagnostiquer un asthme, en évaluer la gravité et la stabilité, mais aussi de permettre au patient de le contrôler à domicile.



**Ventiler, c'est un travail !**

# Le travail ventilatoire

- Il y a travail ventilatoire lorsque les muscles respiratoires génèrent une force qui mobilise la cage thoracique et le poumon.
- Le travail ventilatoire est donc le produit de la pression générée et du volume mobilisé.

# Le travail ventilatoire

- A l'inspiration, temps musculaire actif, ce travail est constitué de deux éléments : l'un nécessaire pour vaincre les forces élastiques et l'autre pour vaincre les résistances des voies aériennes.
- A l'expiration, temps passif, le travail est accompli grâce à l'énergie stockée dans le parenchyme pulmonaire élastique dilaté au cours de l'inspiration.

# Le travail ventilatoire

- **Le travail ventilatoire augmente lorsque la capacité de distension pulmonaire diminue (fibrose par exemple) ou lorsque la résistance des voies aériennes augmente (syndrome obstructif, asthme par exemple)**

**Des mouvements ventilatoires  
pour assurer  
les échanges gazeux**

# LA VENTILATION

- $\dot{V}_E = V_t \times Fr$
- $\dot{V}_E = \dot{V}_A + \dot{V}_D$
- $Fr \times V_t = (Fr \times V_A) + (Fr \times V_D)$   
 $V_D = 150 \text{ ml environ}$

# PRESSIONS PARTIELLES EN O<sub>2</sub> ET CO<sub>2</sub>

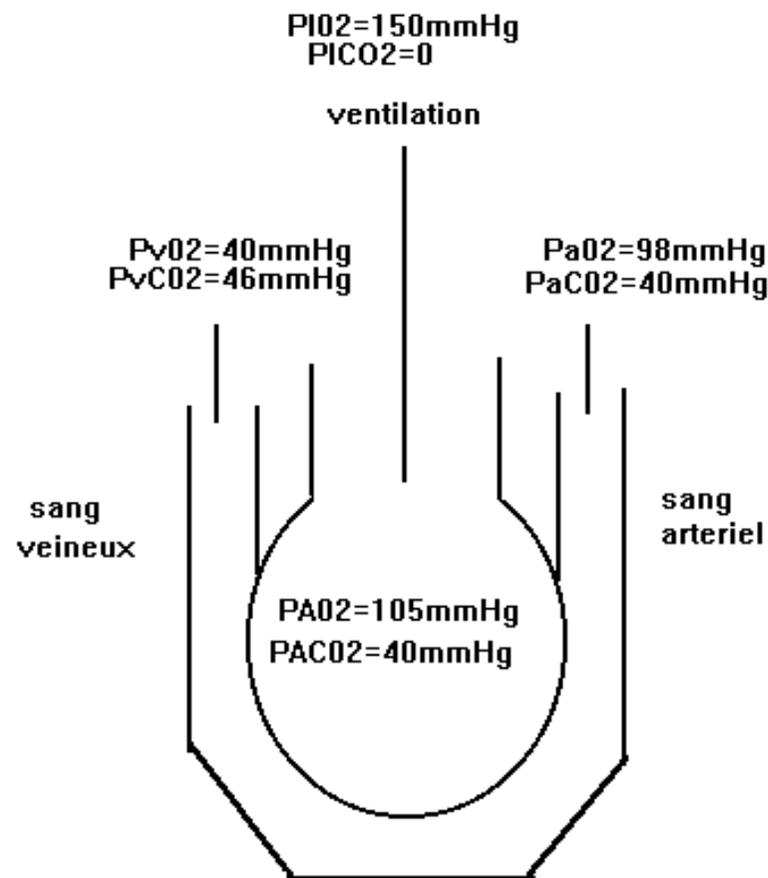
- AIR = O<sub>2</sub> (21%) + Azote (79%)  
et gaz rares; CO<sub>2</sub> (0,03%)

$$PIO_2 = FiO_2 \times (PB - PH_2O)$$

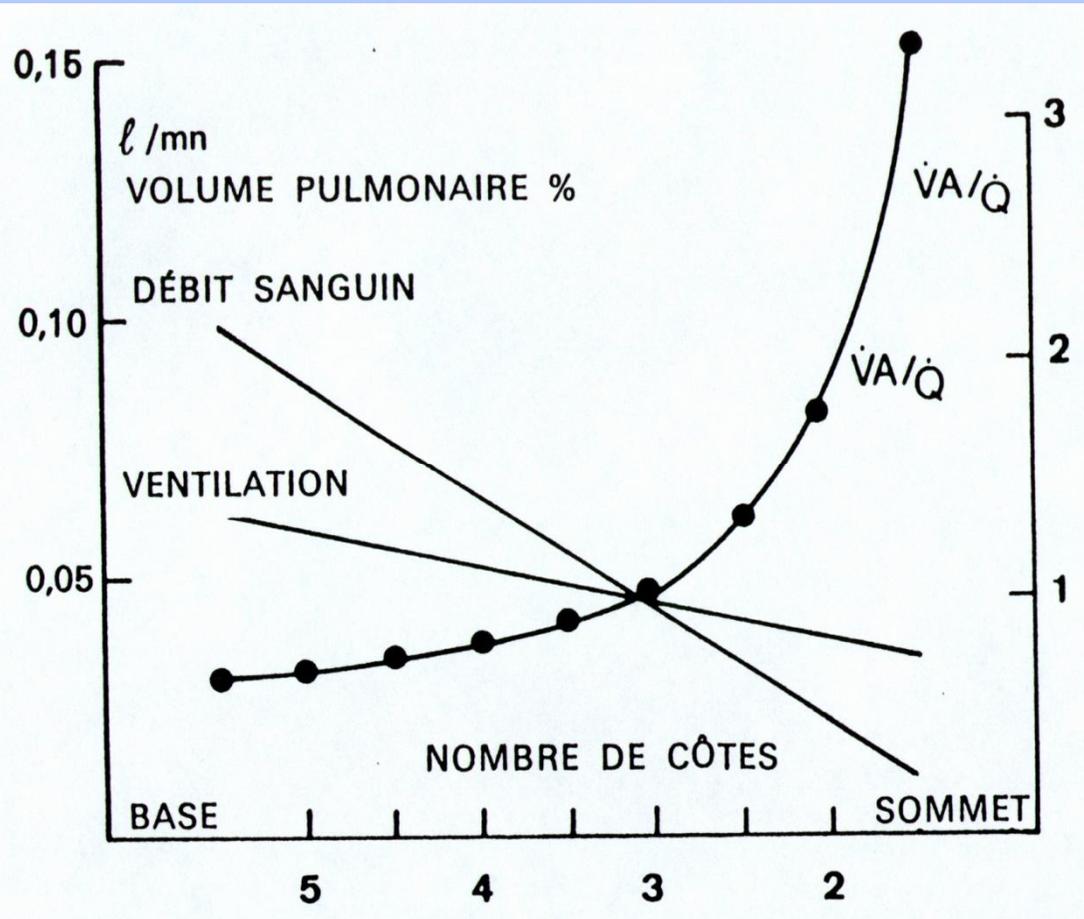
Au niveau de la mer:

$$PIO_2 = 0,21 \times (760 - 47) = 149,7 \text{ mmHg}$$

# PRESSIONS PARTIELLES EN O<sub>2</sub> ET CO<sub>2</sub>



# RAPPORT $\dot{V}_A/\dot{Q}$



Sur l'ensemble du poumon:  $\dot{V}_A/\dot{Q}$  est proche de 1 malgré une distribution hétérogène de la ventilation et de la perfusion.

- sommets:  $\dot{V}_A/\dot{Q} > 1$
- Bases:  $\dot{V}_A/\dot{Q} < 1$

Variations dues aux différences apico-basales de pression intra-pleurale sur un sujet en position tronc verticalisé.

# **L'examen de référence: les gaz du sang**

# DEFINITION

**Permet d'apprécier la qualité des échanges pulmonaires et donc l'équilibre entre la respiration et le métabolisme par:**

- L'appréciation de l'oxygénation ( $\text{PaO}_2$ , Saturation)**
- La ventilation alvéolaire ( $\text{PaCO}_2$ )**
- L'équilibre acido-basique ( $\text{pH}$ ,  $\text{PaCO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$ )**

# TECHNIQUE DE PRELEVEMENT

- **Échantillon de sang artériel**
- **Prélèvement radial, huméral ou fémoral**
- **Seringue héparinée et vide d'air**
- **Compression manuelle de l'artère**
- **Pose d'un cathéter si prélèvements répétés**

# TERMINOLOGIE ET VALEURS NORMALES

- **Le pH: Renseigne sur l'équilibre acido-basique**  
**Valeur normale: 7,40 +/- 0,02**
- **La PaO<sub>2</sub>: Pression partielle d'O<sub>2</sub> dans le sang artériel**  
**Valeur normale: 95 à 98 mmHg**  
**(diminue avec l'âge)**  
**Nourrisson: 70 à 80 mmHg**

# TERMINOLOGIE ET VALEURS NORMALES

- **La PaCO<sub>2</sub>: Pression partielle de CO<sub>2</sub> dans le sang artériel**

**Valeur normale: 40 +/-2 mmHg**

- **La saturation: Pourcentage d'O<sub>2</sub> transporté par l'hémoglobine (HbO<sub>2</sub>)**

**Valeur normale: 98 %**

# TERMINOLOGIE ET VALEURS NORMALES

- $\text{HCO}_3^-$ : Bicarbonate dissous dans le plasma  
Valeur normale: 24 mmol/l
- Hb: Taux d'hémoglobine  
Valeur normale: 12 à 15 g/100 ml de sang

# TERMINOLOGIE ET VALEURS NORMALES

- **L'hématocrite:** Pourcentage du volume globulaire par rapport au volume sanguin total. La valeur normale est de 40 à 45%

Il augmente dans la polyglobulie et est responsable de l'augmentation de la viscosité sanguine ( indice de la chronicité de l'IR)

- **mmHg versus kPa:**

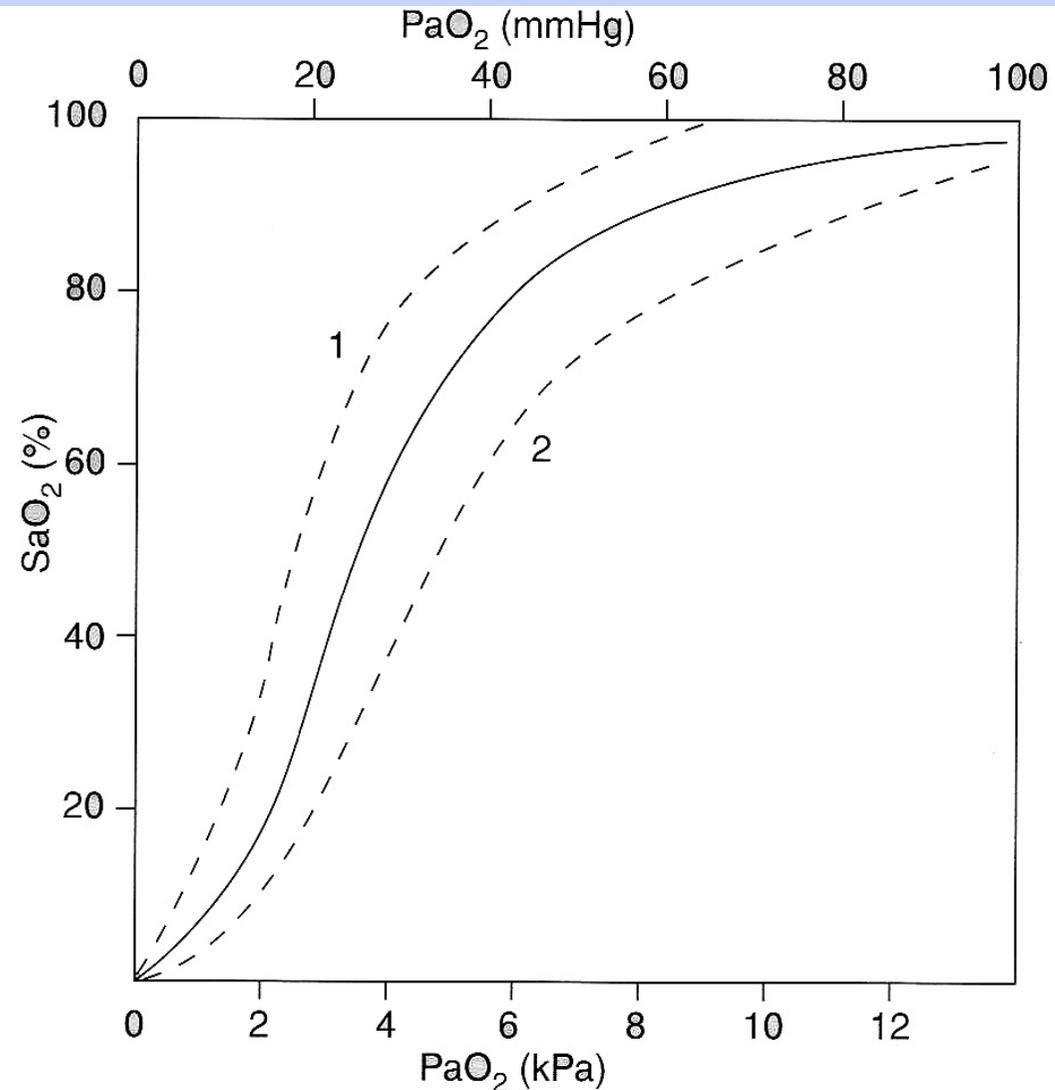
$$\text{kPa} = \text{mmHg} \times 0,13 \quad \text{ou} \quad \text{mmHg} = \text{kPa} \times 7,5$$

# ECHANGES D'OXYGENE

- **L'oxygène est transporté sous 2 formes:**
  - Dissous dans le plasma ( $\text{PaO}_2$ )
  - Lié à l'hémoglobine ( $\text{HbO}_2$ )
- **Relation non linéaire entre  $\text{PaO}_2$  et Saturation:**  
**Courbe de dissociation de l'hémoglobine**  
**ou courbe de Barcroft**

# Courbe de dissociation de l'Hb

**Fig. E4.1.** Courbe de dissociation de l'oxygène. La courbe pleine est obtenue dans des conditions physiologiques. La courbe en pointillé 1 est obtenue dans des conditions d'hypocapnie, d'alcalose et/ou d'hypothermie. La courbe en pointillé 2 est obtenue dans des conditions d'hypercapnie, d'acidose et/ou d'hyperthermie. Ainsi, pour une  $\text{PaO}_2$  donnée, l'oxyhémoglobine libère davantage d' $\text{O}_2$  lorsque la  $\text{PaCO}_2$  et la température sont plus élevées et lorsque le pH est plus bas.



# L'EQUILIBRE ACIDO-BASIQUE LA VENTILATION ALVEOLAIRE

- S'apprécie sur le pH, la PaCO<sub>2</sub> et le taux de bicarbonates.
- Relation d'Henderson-Hasselbalch

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{\text{HCO}_3}{\text{CO}_2} \quad \text{où pK} = 6,1$$

# L'EQUILIBRE ACIDO-BASIQUE

<i>Equilibre acido-basique</i>	<i>Causes</i>	<i>Compensations</i>	<i>Evolution du pH</i>	<i>Terminologies</i>	<i>Etiologies ( exemples)</i>
<p><b>pH</b> ↘</p> <p><b>Acidose</b></p>	<p><b>PaCO<sub>2</sub></b> ↗</p> <p><b>Acidose respiratoire</b></p>	Oui = HCO <sub>3</sub> ↗	Retour du pH vers 7,40	Acidose respiratoire qui a été compensée	Hypercapnie chronique de l'hypoventilant chronique ( IRC)
		Non = HCO <sub>3</sub> Cst inchangé	Le pH reste acide	Acidose respiratoire non compensée	Hypercapnie aiguë de l'IRA
	<p><b>HCO<sub>3</sub></b> ↘</p> <p><b>Acidose métabolique</b></p>	Oui = PaCO <sub>2</sub> ↘	Retour du pH vers 7,40	Acidose métabolique qui a été compensée	Fuite des bases ou excès d'acides
		Non = PaCO <sub>2</sub> Cst inchangée	Le pH reste acide	Acidose métabolique non compensée	- Phénomène récent ( non compensé) - phénomène ancien (compensé) <i>Exemple: diarrhée profuse décompensation d'un diabète</i>
<p><b>pH</b> ↗</p> <p><b>Alcalose</b></p>	<p><b>PaCO<sub>2</sub></b> ↘</p> <p><b>Alcalose respiratoire</b></p>	Oui = HCO <sub>3</sub> ↘	Retour du pH vers 7,40	Alcalose respiratoire qui a été compensé	Hyperventilation centrale ou induite
		Non = HCO <sub>3</sub> Cst inchangé	Le pH reste alcalin	Alcalose respiratoire non compensée	- récente ( non compensée) - ancienne ( compensée)
	<p><b>HCO<sub>3</sub></b> ↗</p> <p><b>Alcalose métabolique</b></p>	Oui = PaCO <sub>2</sub> ↗	Retour du pH vers 7,40	Alcalose métabolique qui a été compensée	Excès de bases ou fuite des acides:
		Non = PaCO <sub>2</sub> Cst inchangée	Le pH reste alcalin	Alcalose métabolique non compensée	- Phénomène récent ( non compensé) - Phénomène ancien (compensé) <i>Exemple: vomissement important</i>

# EN PRATIQUE

- **Respect de quelques règles fondamentales**
  - **Conditions ventilatoires lors du prélèvement**
  - **Temps d'équilibre biologique (20 mn)**
  - **Plus qu'une valeur isolée, c'est l'étude chronologique qui renseigne sur l'évolution des malades**

# **L'oxymétrie de pouls: une surveillance continue**

# Oxymètre de pouls



**Capteur Réutilisable SR-5C**  
Recommandé pour des utilisations longues durées



**Capteur Réutilisable SP-5C**  
Recommandé pour une utilisation de mesure instantanée



**Capteur Réutilisable SP-5C**  
Recommandé pour une utilisation de monitoring de longue durée



**Capteur à usage unique SD-5C**  
Par sachets de 5.  
Utilisation adulte et néonatale.  
2 tailles, 20 mm et 25mm



**Capteur oreille CE-5C**  
Fixé à l'oreille pendant le monitoring.  
Idéal pour de longues durées.

# Oxymètre de pouls

- **Méthode non invasive qui permet la mesure par voie transcutanée de la saturation en oxygène de l'hémoglobine du sang artériel.**
- **Utile pour le suivi des patients**
- **Limitations physiologiques (perfusion, seuil charnière 94%, hypercapnie non évaluée +++)**
- **Limitations techniques (source lumineuse externe, agitations, vibrations, position du capteur)**

# Des signes cliniques d'hypoxémie et d'hypercapnie

## Hypoxémie

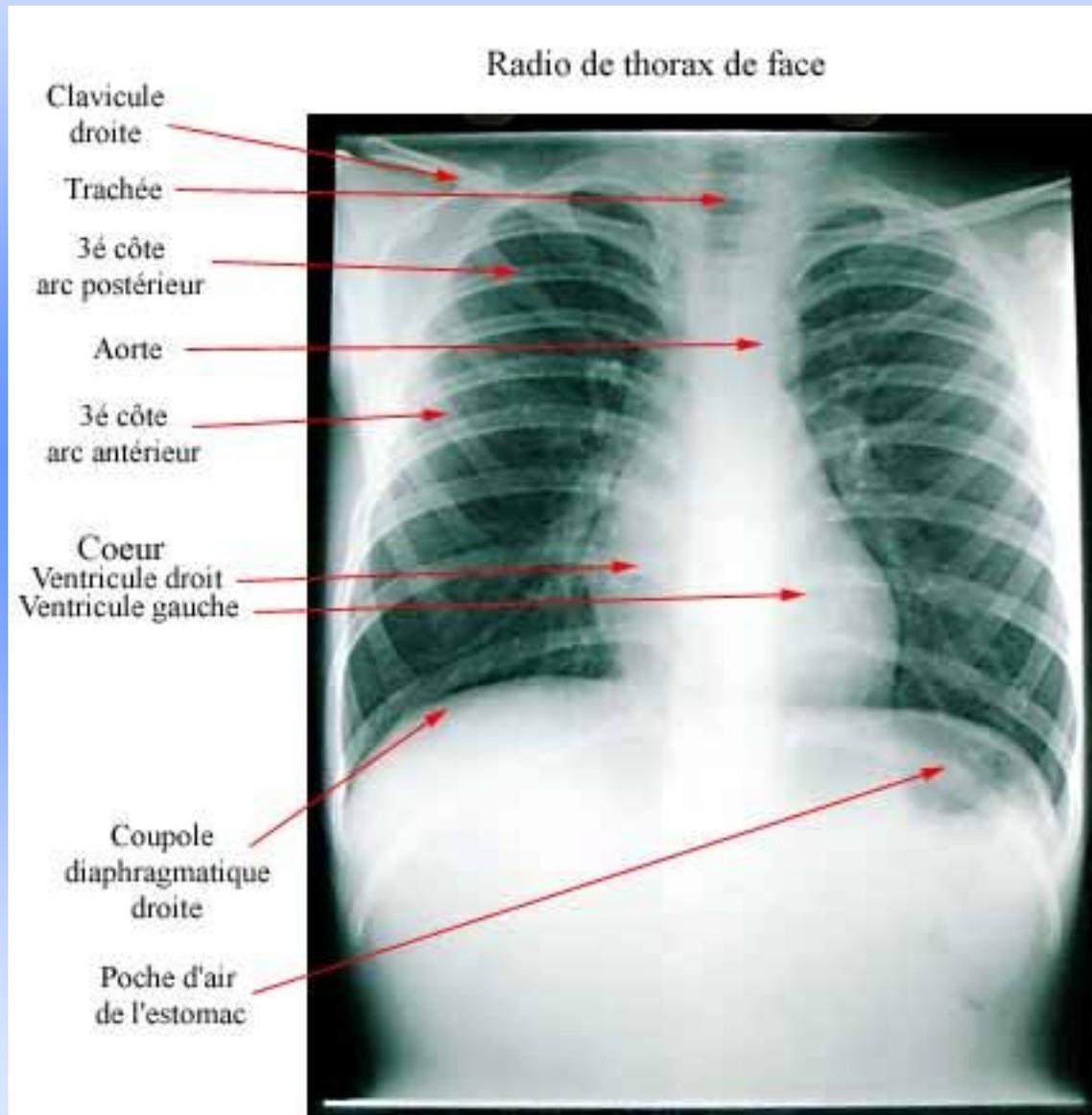
- *cyanose centrale*, au niveau des lèvres, ongles, oreilles.  
(apparaît lorsque le taux d'hémoglobine réduite  $\geq 5\text{g}/100\text{ ml}$ )  $\neq$  de marbrures (cyanose périphérique liée à  $\downarrow$  débit circulatoire)
- *agitation*, irritabilité
- *tachycardie*

## Hypercapnie

- *sueurs profuses*, au visage
- *flapping tremor* (incoordination motrice, bras en élévation antérieure, coudes tendus, poignets tendus, doigts tendus et écartés)
- *somnolence* et obnubilation progressive
- *Hypertension artérielle*

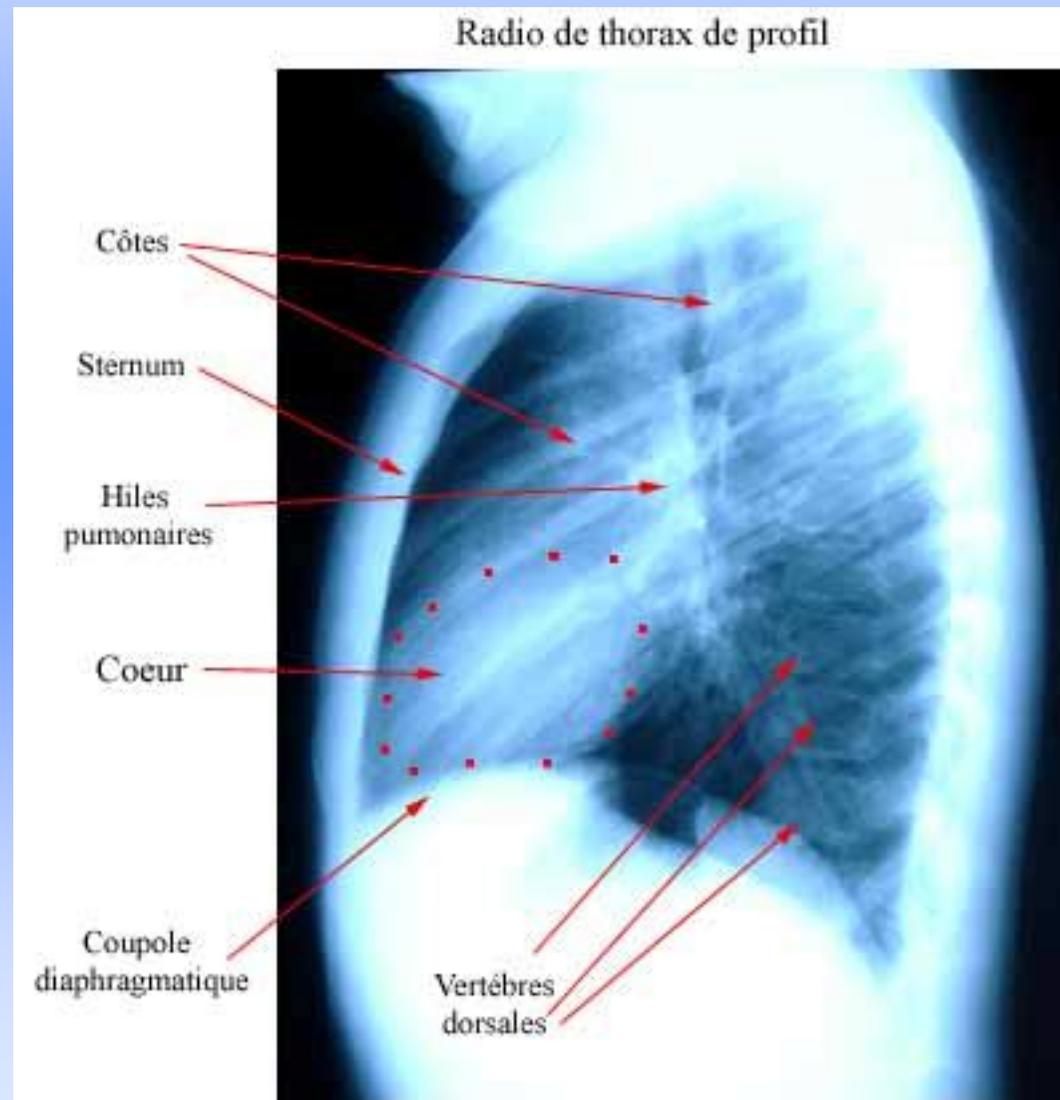
**La radiographie thoracique,  
pour voir !**

# Radiographie de face



**Nécessité de  
connaître  
l'anatomie pour  
pouvoir  
comprendre  
l'imagerie**

# Radiographie de profil





**L'auscultation, pour  
entendre les bruits  
respiratoires**

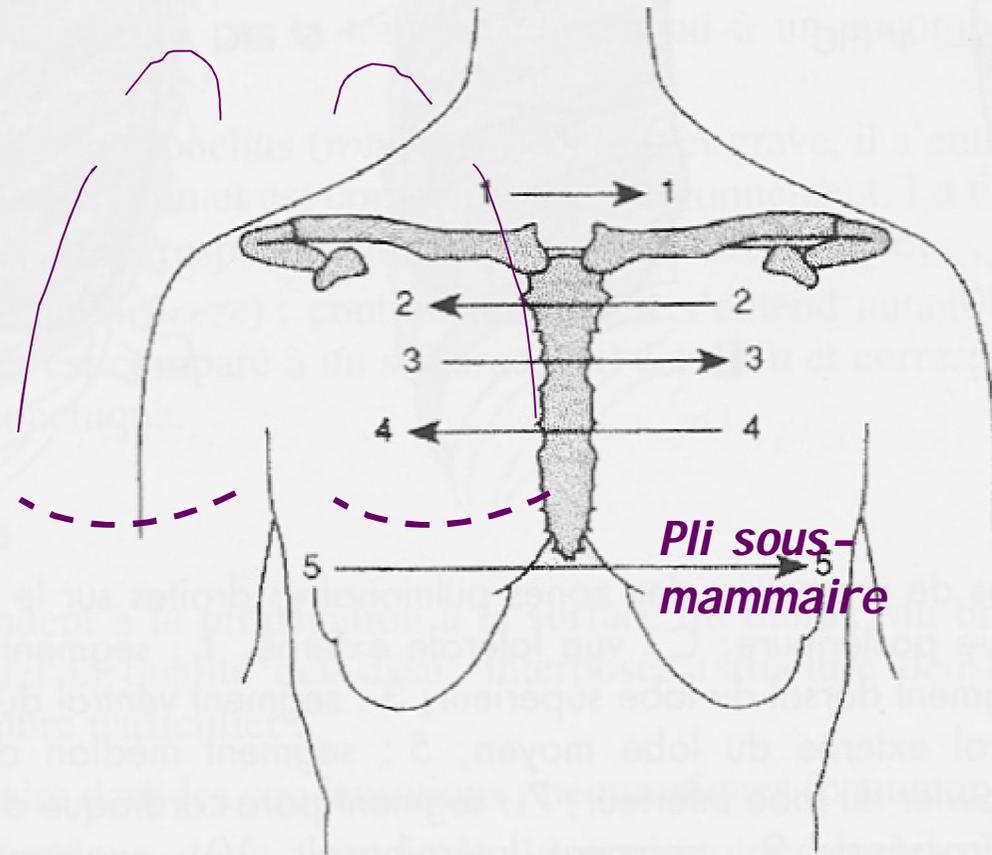
# Une démarche d'analyse du bruit

- A quel(s) temps ventilatoire est-il audible?
- Comment qualifier ce bruit?
- Quel est le mécanisme physique responsable de ce bruit?
- Se modifie t-il avec les mouvements ventilatoires, la toux?

# Bruits respiratoires normaux

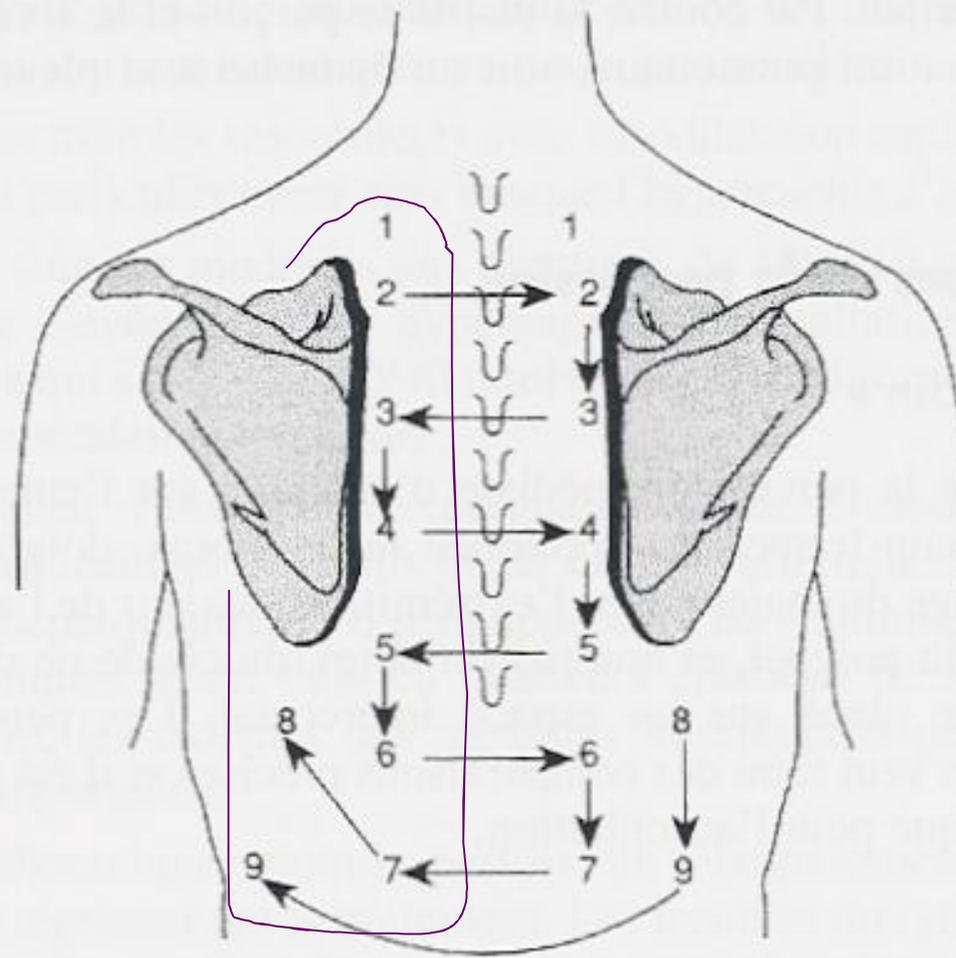
- Le murmure vésiculaire, bruit de basse tonalité et de faible intensité est audible à l'inspiration et correspondrait au remplissage alvéolaire.
- Le bruit trachéo-bronchique, d'intensité plus importante est audible au 2 temps ventilatoires et correspond au passage de l'air dans les gros troncs bronchiques

*1/3 interne-1/3 moyen  
de la clavicule*



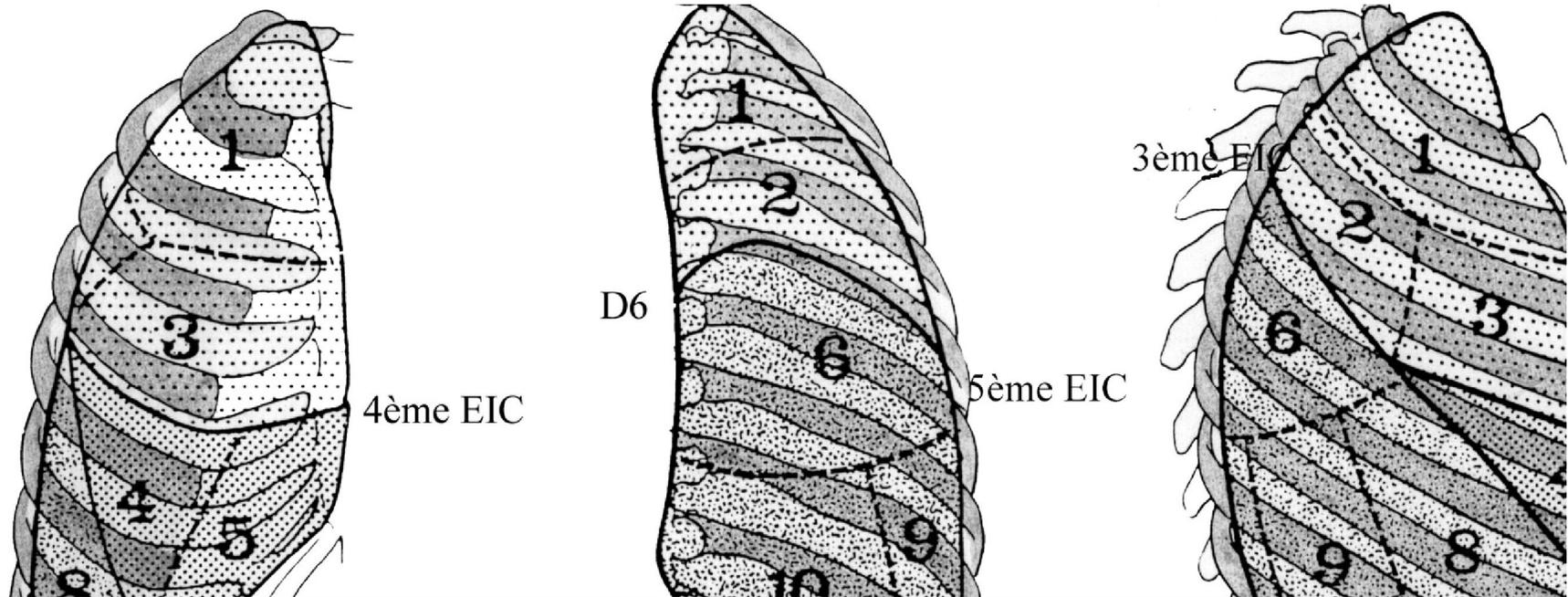
*Pli sous-  
mammaire*

Fig. E1.2. Séquence d'auscultation et de percussion à la face antérieure



**Fig. E1.3.** Séquence d'auscultation et de percussion à la face postérieure du thorax.

# Systematisation de la segmentation du poumon droit

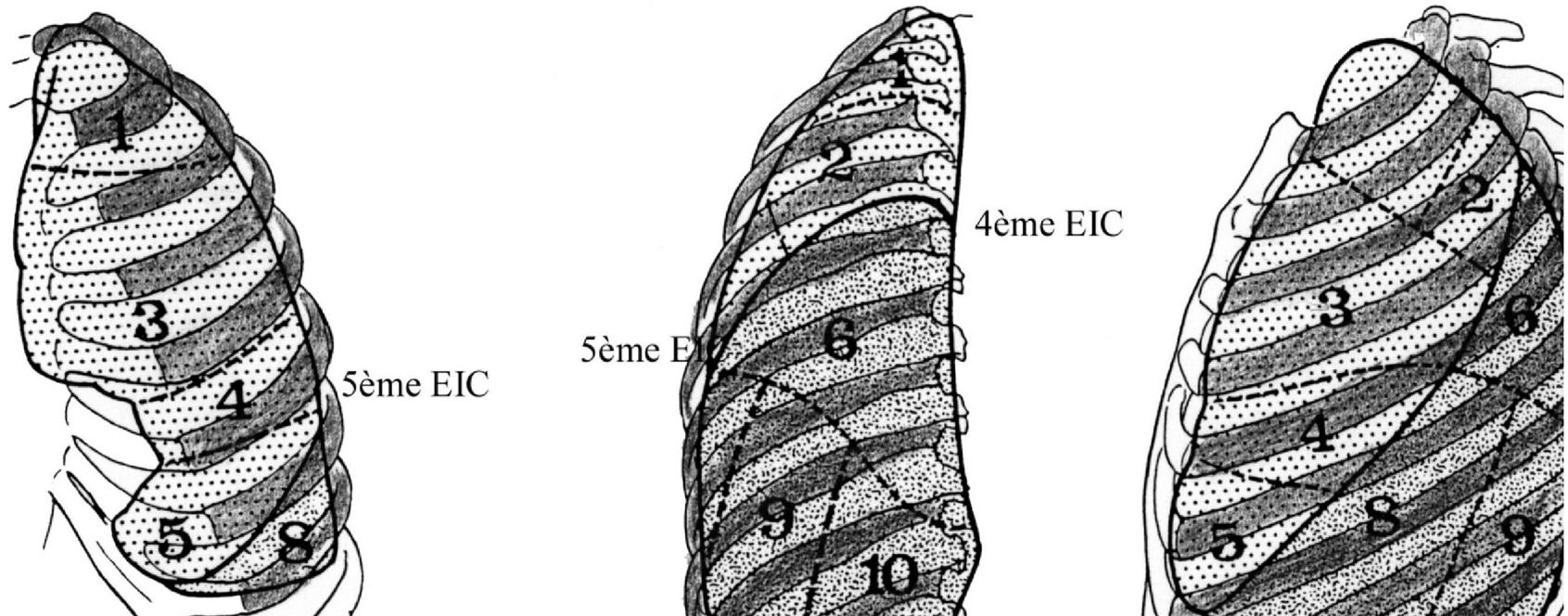


*face*

*dos*

*Profil droit*

# Systematisation de la segmentation du poumon gauche



*face*

*dos*

*Profil gauche*

**Comment se fait  
l'adaptation à l'effort?**

# Adaptation cardio-respiratoire à l'effort

- Lors d'un effort prolongé, nécessité d'un apport suffisant d'O<sub>2</sub> aux tissus musculaires
- Puis extraction tissulaire: différence de concentration en O<sub>2</sub> entre sang artériel et sang veineux
- L'ajustement à un effort de l'appareil cardio-respiratoire se caractérise alors par la VO<sub>2</sub>, résumé par l'équation de Fick

$$VO_2 = QC \times d(a-v)O_2$$

# Adaptation cardio-respiratoire à l'effort

$$VO_2 = VES \times FC \times (Ca-Cv)O_2$$

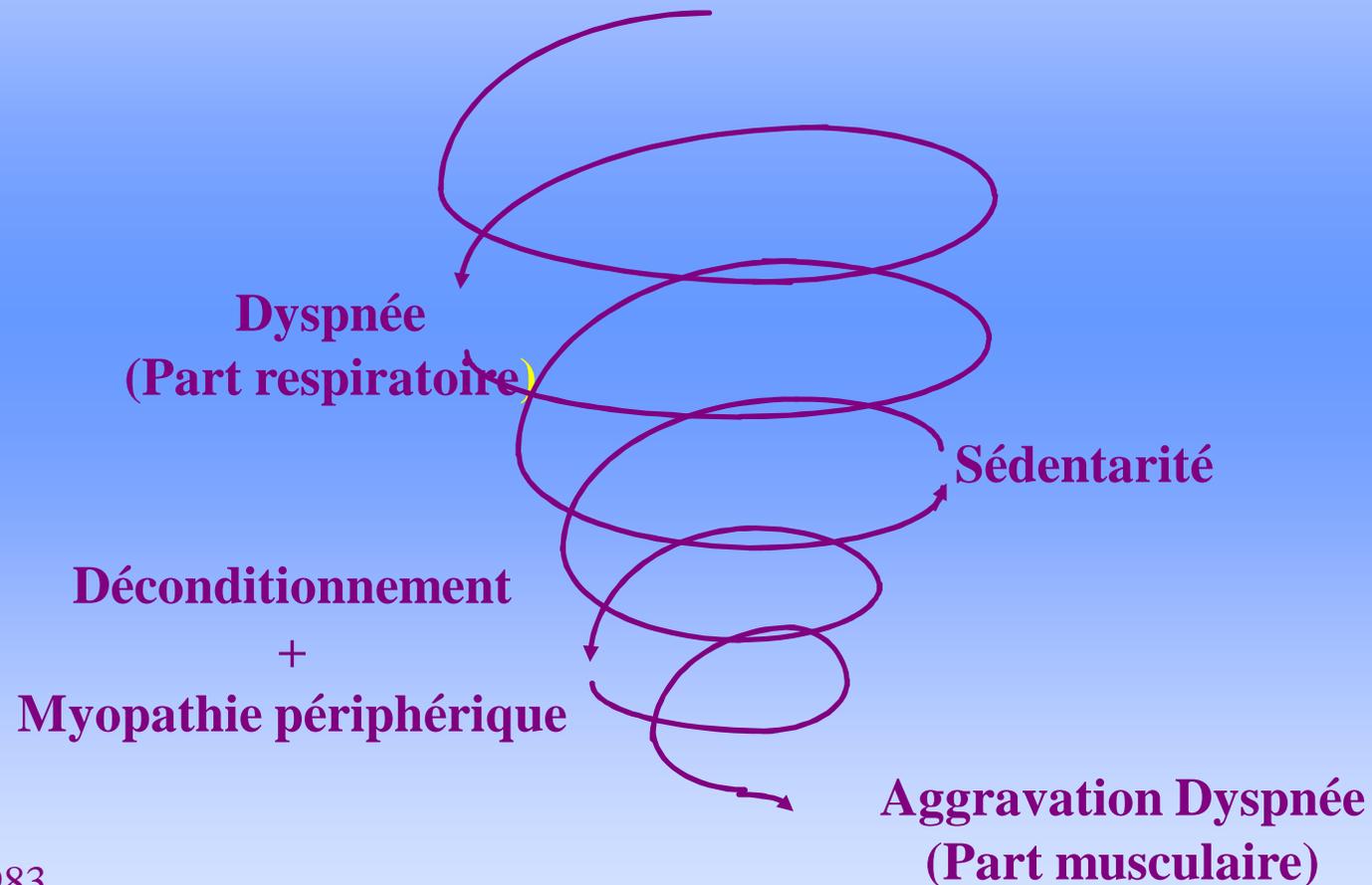
- **S'adapter à un effort peut se faire en augmentant:**
  - La  $V_E$  pour enrichir le sang en  $O_2$
  - Le VES
  - La FC
- **La  $VO_2$  augmente proportionnellement à l'augmentation de l'effort jusqu'à un maximum, la  $VO_{2max}$**
- **Donc l'effort est dépendant du débit cardiaque et des possibilités d'extraction d'oxygène**

# Essoufflement / Dyspnée

- A l'effort, l'augmentation de la  $V_E$  induit une sensation d'essoufflement.
- Lorsque cette sensation devient une gêne respiratoire, dans un contexte pathologique, il s'agit d'une dyspnée.
- La dyspnée, majorée à l'effort, conduit les patients à réduire leur activité, cause de déconditionnement à l'effort.

# Concept de maladie primaire et secondaire

Maladie respiratoire chronique= Maladie primaire



Young, 1983  
Préfaut, 1995-2005

**Comment évaluer les  
possibilités à l'effort ?**

# Quel niveau d'effort génère une dyspnée?

## Échelle de Sadoul

- **1: efforts importants ou au-delà du 2<sup>ème</sup> étage**
- **2: marche en pente légère**
- **3: marche normale en terrain plat**
- **4: marche lente**
- **5: au moindre effort**

# Quelle est l'intensité perçue par le patient?

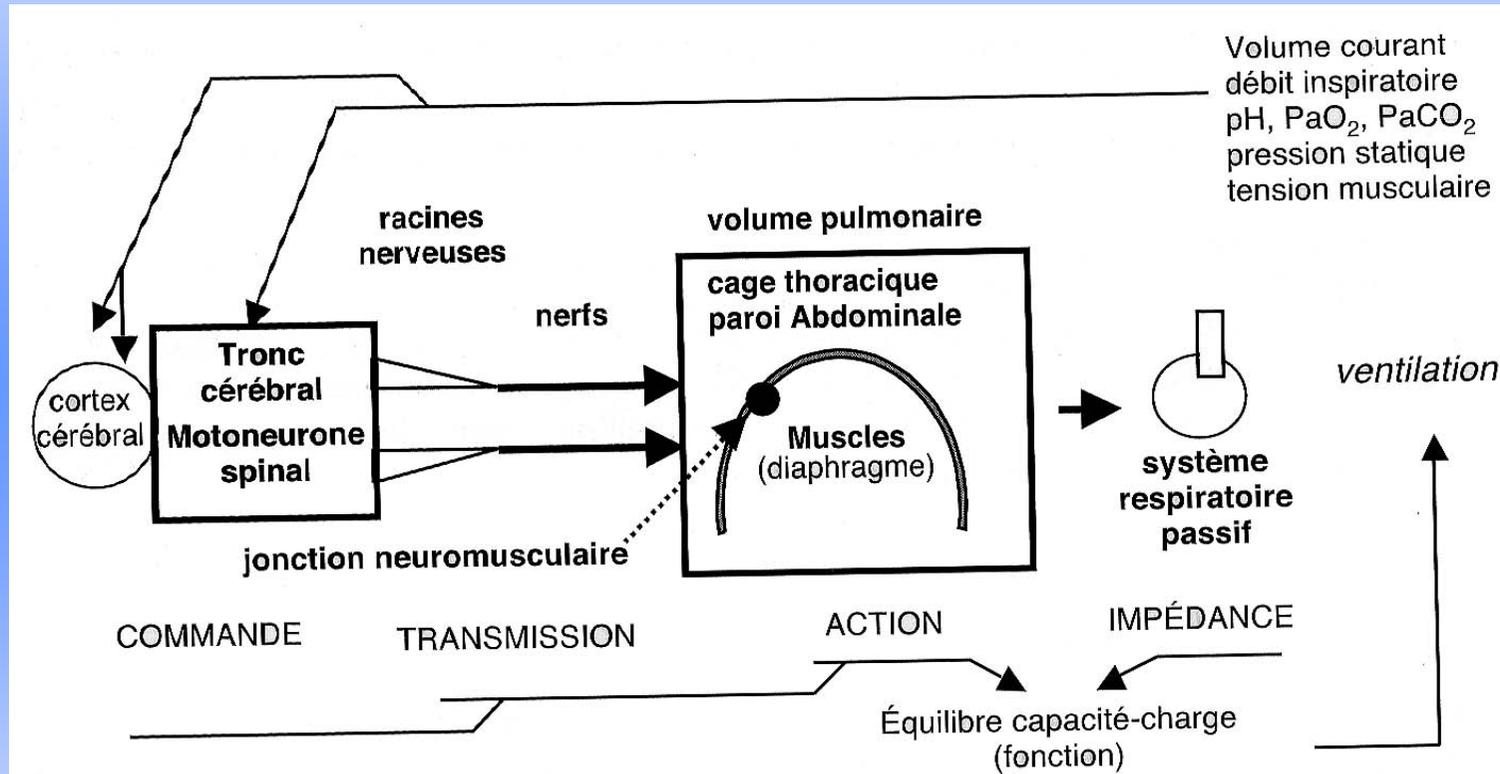
Échelle visuelle analogique (EVA)

# Quelle est l'adaptation à l'effort?

## Le test de marche de 6 minutes

- **Corrélation entre la distance parcourue et la  $VO_2$ max**
- **Le TDM6 consiste à mesurer la  $SpO_2$ , l'intensité de la dyspnée, la fréquence cardiaque et la distance parcourue.**
- **La fréquence cardiaque cible pour le réentraînement à l'exercice est déterminée à partir de l'âge de la personne, de la FC de plateau (moyenne de la FC des 3 dernières minutes du test) et de la distance parcourue.**

# Éléments impliqués dans la genèse de l'acte respiratoire



La production du  $V_t$  dépend de l'équilibre entre la capacité neuromusculaire à produire une dépression intrathoracique et l'impédance du système respiratoire (résistances et compliance).

# **Intérêts de la connaissance de la mécanique ventilatoire en kinésithérapie respiratoire**

---

La connaissance de la mécanique ventilatoire, associée aux autres dimensions caractérisant l'appareil respiratoire (gazométrie, épuration mucociliaire, bronchomotricité.....) permet:

- **Avoir une représentation la plus juste possible de la physiologie ventilatoire d'un patient.**
- **Avoir une représentation la plus juste possible des problèmes médicaux d'un patient présentant une pathologie respiratoire.**

# **Intérêts de la connaissance de la mécanique ventilatoire en kinésithérapie respiratoire**

- **Choisir les critères d'évaluation du geste en fonction des réactions instantanées prévisibles et imprévisibles.**
- **Evaluer le traitement en fonction du stade d'évolution de la pathologie du patient.**

# Lectures conseillées

- **Grippi A. Physiopathologie pulmonaire. Du concept à la pratique clinique.**
- **West JB. Physiologie respiratoire: notions essentielles. Montréal. Ed. HRW Ltée, 1975**
- **Antonello M., Delplanque D. et col. Comprendre la kinésithérapie respiratoire, Paris, Masson, 2005 (3ème édition prévue en octobre 2010)**