

*UE3-2 - Physiologie – Physiologie Respiratoire*

Chapitre 5 :

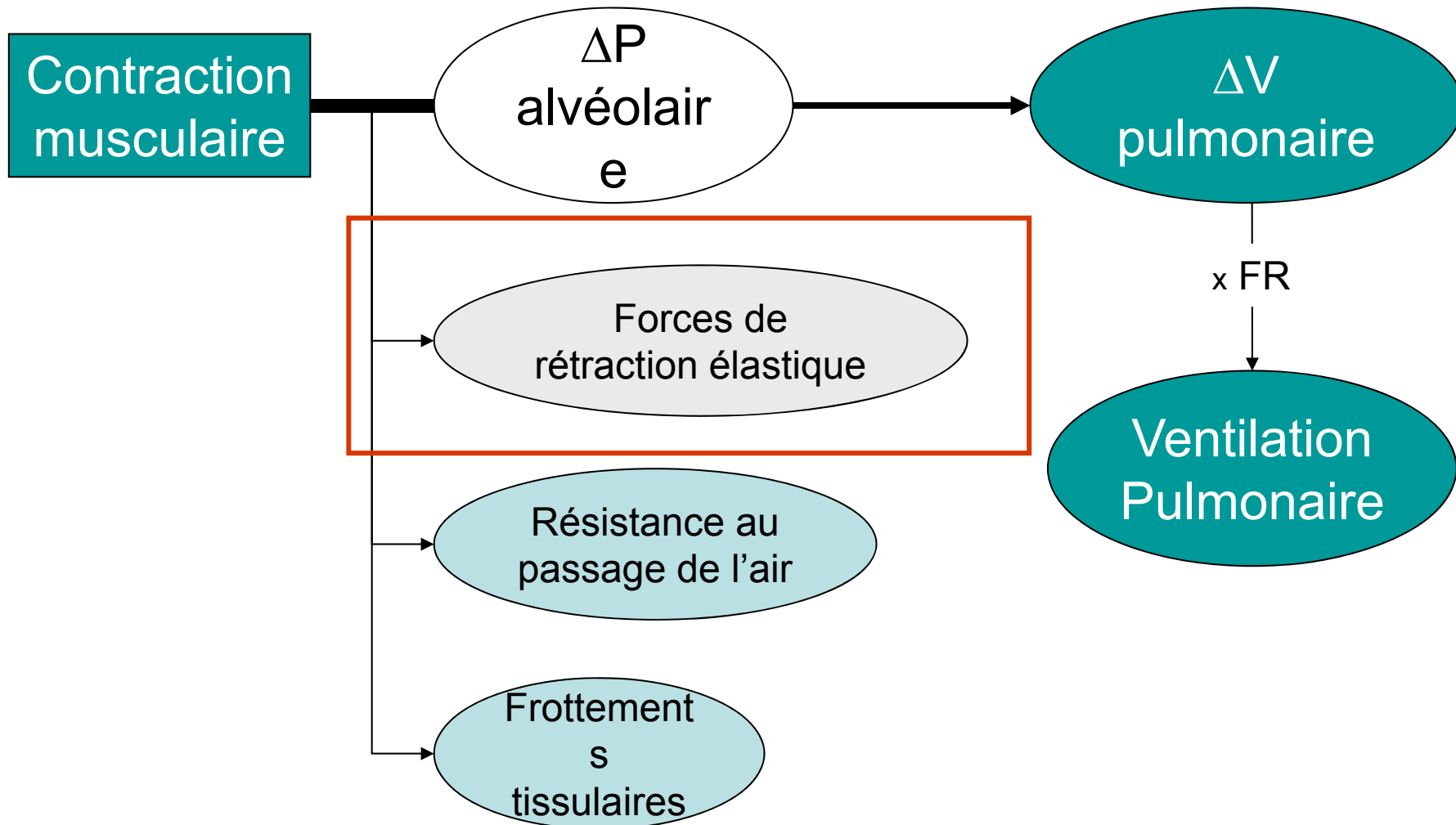
# Ventilation pulmonaire (4) Propriétés élastiques de l'appareil respiratoire

Docteur Sandrine LAUNOIS-ROLLINAT

Année universitaire 2011/2012

Université Joseph Fourier de Grenoble - Tous droits réservés.

# Ventilation pulmonaire : propriétés mécaniques



# Propriétés élastiques thoraco-pulmonaires

- Propriétés élastiques thoraco-pulmonaires
  - Généralités
  - Elasticité thoracique
  - Elasticité pulmonaire
- Compliance thoraco-pulmonaire
  - Mesure
  - Analyse

# Propriétés élastiques thoraco-pulmonaires

- Le système poumon-cage thoracique est une structure *élastique*
- Lors de l'inspiration calme
  - les muscles inspiratoires doivent vaincre cette élasticité pour faire pénétrer l'air dans les poumons
- Lors d'une expiration calme
  - arrêt de la contraction des muscles inspiratoires
  - la force de rétraction élastique du poumon ramène le système à sa position de repos, *sans contraction musculaire expiratoire*

# Propriétés élastiques thoraco-pulmonaires

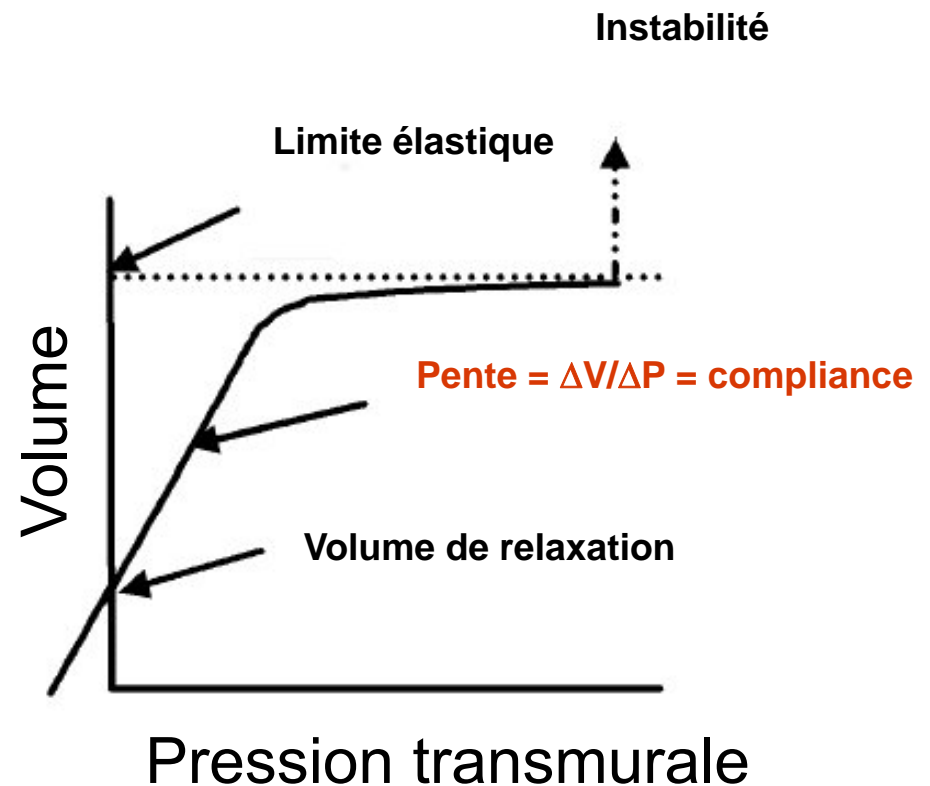
- Poumon et cage thoracique = 2 structures **élastiques** solidaires l'une de l'autre
- Contraction des muscles inspiratoires → étirement de la cage thoracique → étirement du poumon
- Étirement ou compression d'une structure élastique → pression qui tend à ramener la structure à son état initial (volume de relaxation ou de repos)

# Propriétés élastiques thoraco-pulmonaires

- A l'intérieur d'une structure élastique :
  - le volume est directement proportionnel à la différence de pression de part et d'autre de la paroi
  - $\Delta P =$  pression transmurale ( $P_{TM}$ ) = pression de distension pariétale

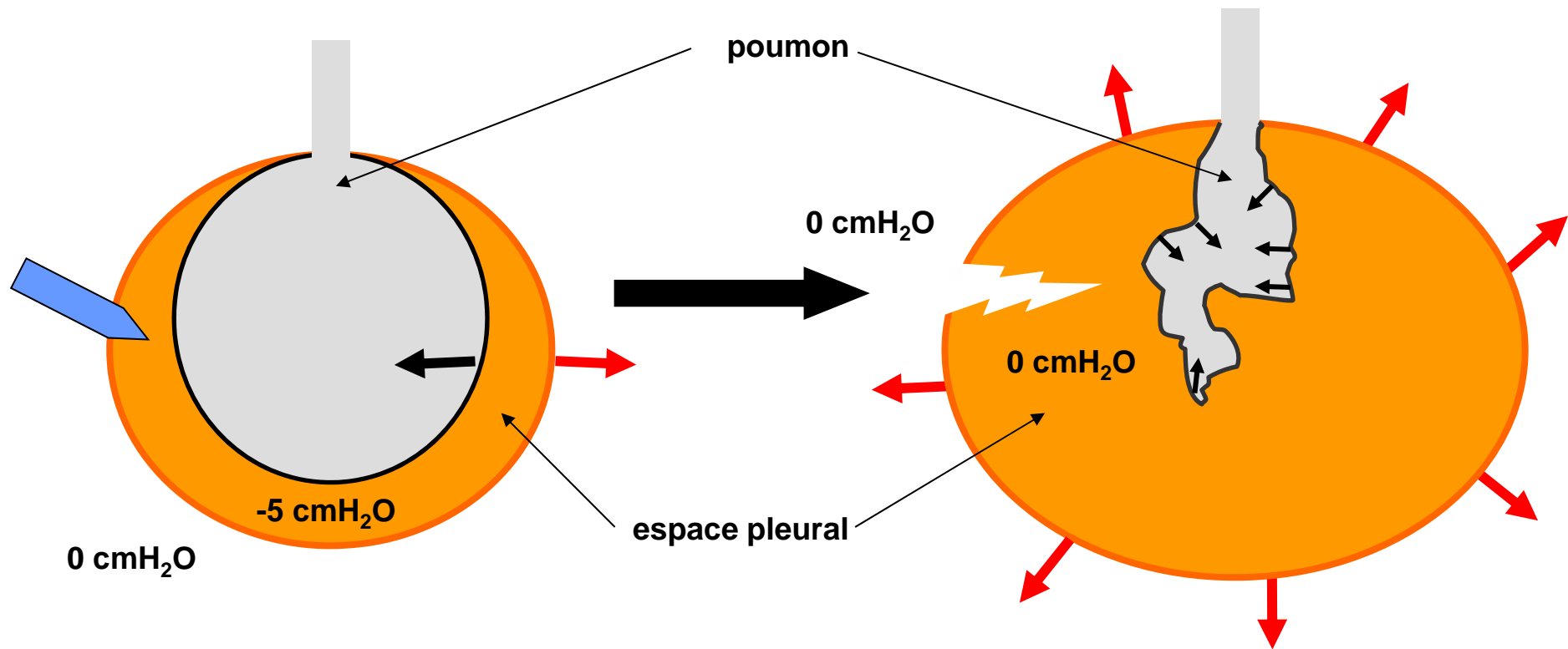
# Propriétés élastiques thoraco-pulmonaires

- Une structure élastique est caractérisée par la **courbe pression transmurale – volume**
- Structures biologiques: volume de relaxation  $\neq 0$
- Pente de la courbe = **compliance**  
→ distensibilité de la structure



# Propriétés élastiques thoraco-pulmonaires

- Mise en évidence de l'élasticité thoraco-pulmonaire

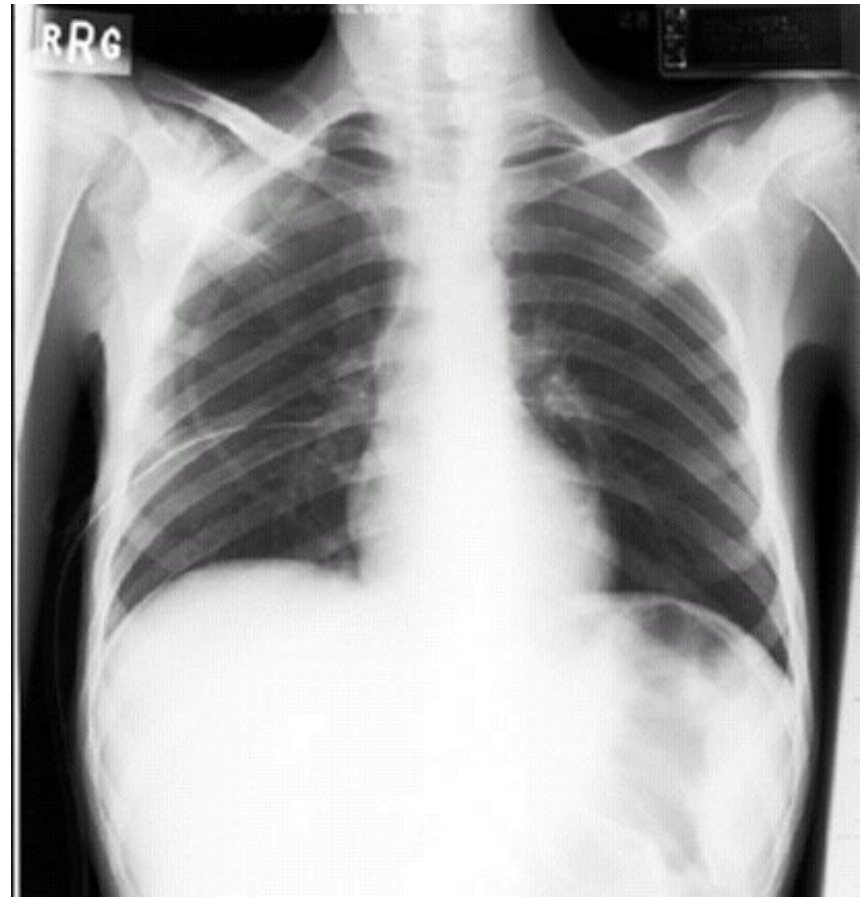




# Propriétés élastiques thoraco-pulmonaires



Pneumothorax droit



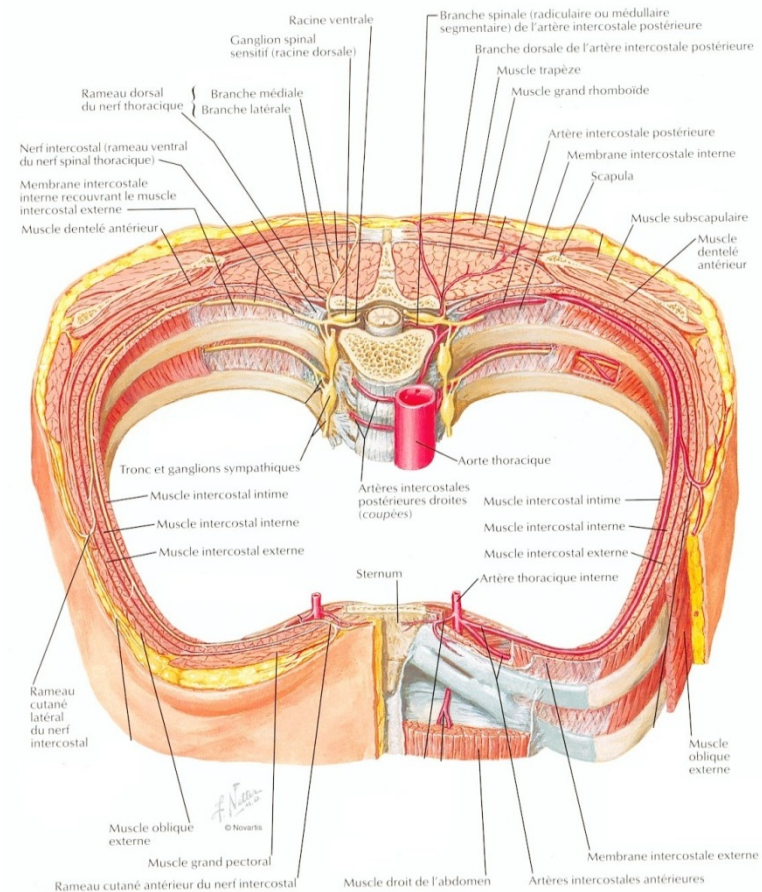
Après pose d'un drain

# Propriétés élastiques thoraco-pulmonaires

- Poumon et cage thoracique = 2 structures **élastiques** solidaires l'une de l'autre
- Elasticité de la cage thoracique
  - facteurs **anatomiques**
- Elasticité du poumon
  - facteurs **histologiques**
  - facteur **physicochimique**

# Propriétés élastiques thoraciques

- Propriétés élastiques de la cage thoracique liées à des facteurs **anatomiques**
  - squelette ostéo-cartilagineux
  - muscles
  - ligaments

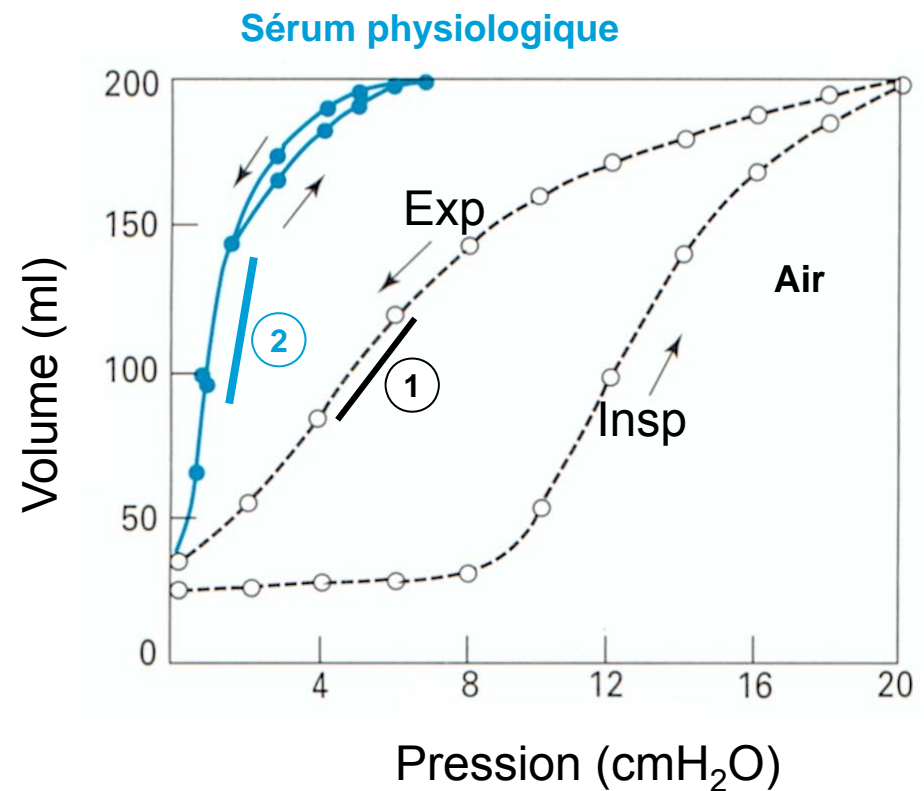


# Propriétés élastiques pulmonaires

- Propriétés élastiques du poumon
  - Facteurs **histologiques**
    - Fibres élastiques et collagène de l'interstitium et de l'arbre bronchique
    - Structure alvéolaire/contenu liquidien
  - forces élastiques du **tissu pulmonaire** ( $\approx 50\%$ )
  - Facteur **physicochimique**
  - forces élastiques dues à la **tension superficielle** ( $\approx 50\%$ )

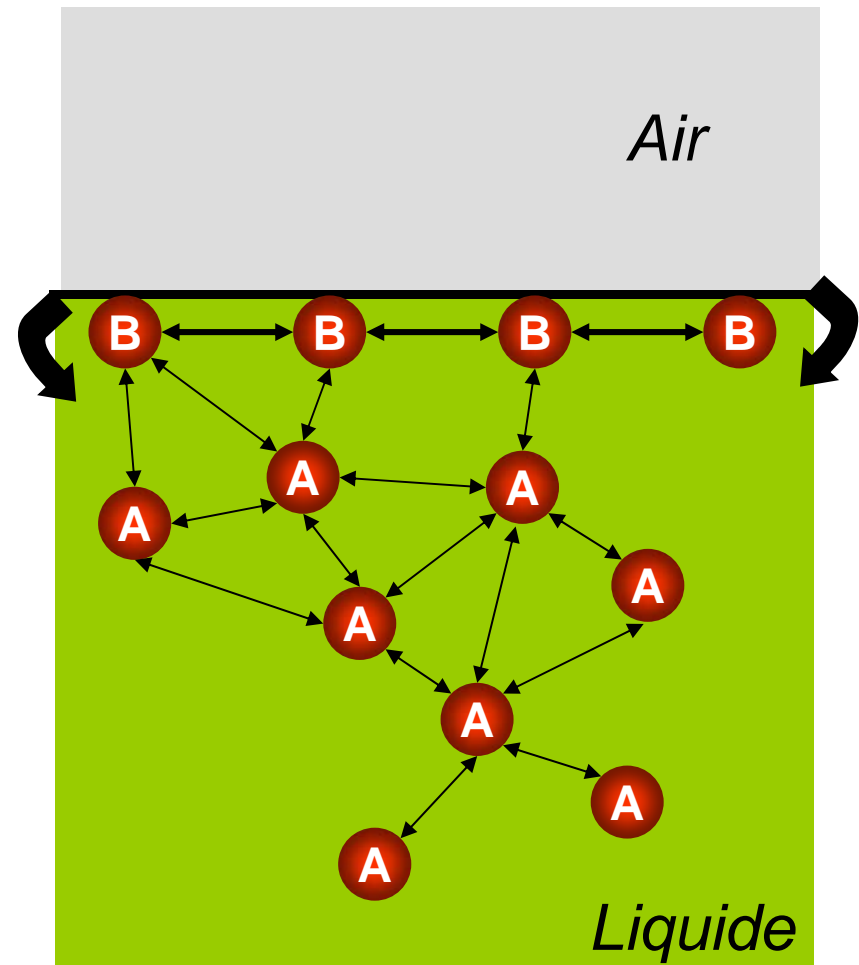
# Propriétés élastiques pulmonaires

- Mise en évidence du rôle de la tension superficielle
  - Poumon isolé de chat
  - Distension du poumon avec air ou liquide
  - Compliance avec air ①  $\ll$  compliance avec liquide ②



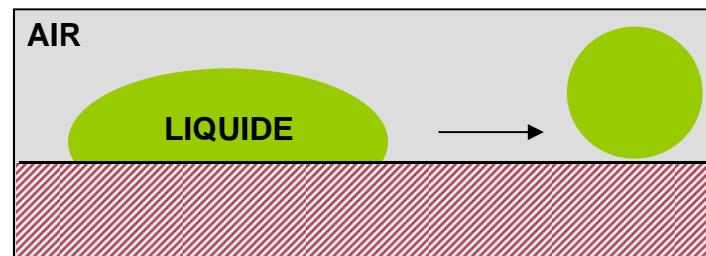
# Propriétés élastiques pulmonaires

- Dans un liquide
  - les molécules (A) sont soumises à des forces d'attraction qui s'annulent
- A l'interface air/liquide
  - les molécules (B) sont attirées préférentiellement
    - les unes vers les autres
    - vers l'intérieur



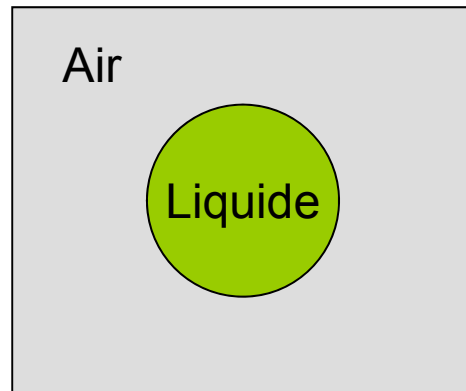
# Propriétés élastiques pulmonaires

- Interface air/liquide → se rétracte pour atteindre une surface minimum

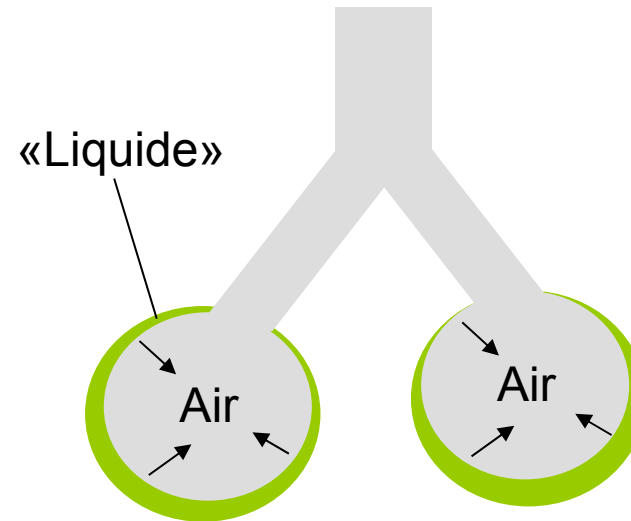


- **Tension superficielle** ( $T$ , dyn/cm) = force superficielle de contraction d'un liquide grâce à laquelle la surface air/liquide tend à être la plus réduite possible

# Propriétés élastiques pulmonaires



Goutte d'eau



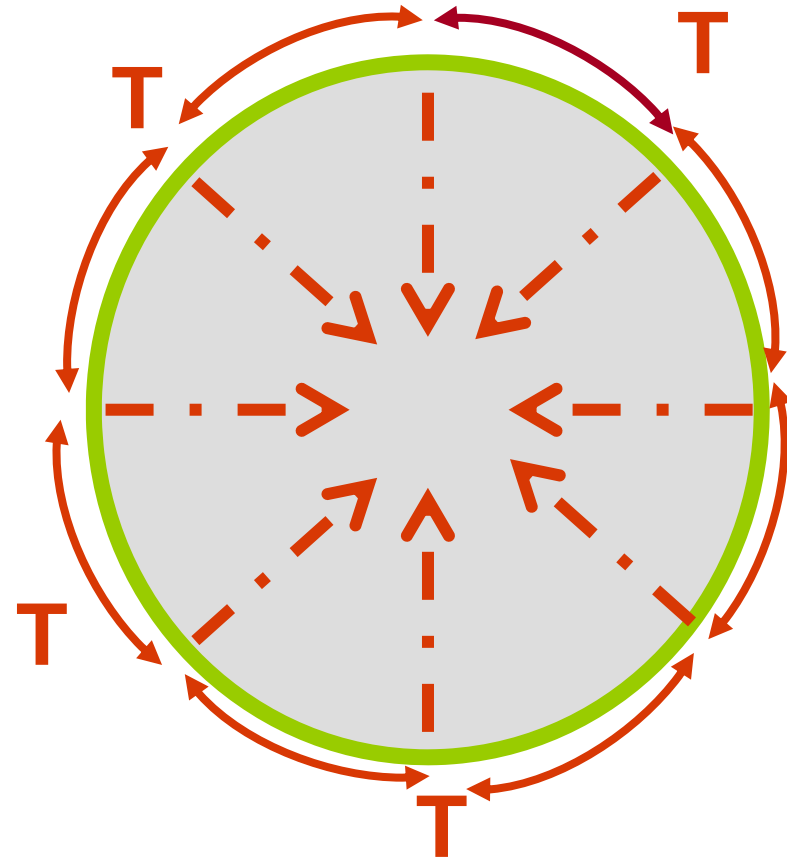
Alvéoles

- Surface alvéolaire des pneumocytes recouverte d'un mince film aqueux en contact avec le gaz alvéolaire → interface air/liquide
- Tension superficielle élevée



# Propriétés élastiques pulmonaires

- Tension superficielle d'une sphère
  - effet net de la tension superficielle sur la paroi → **collapsus** de la sphère

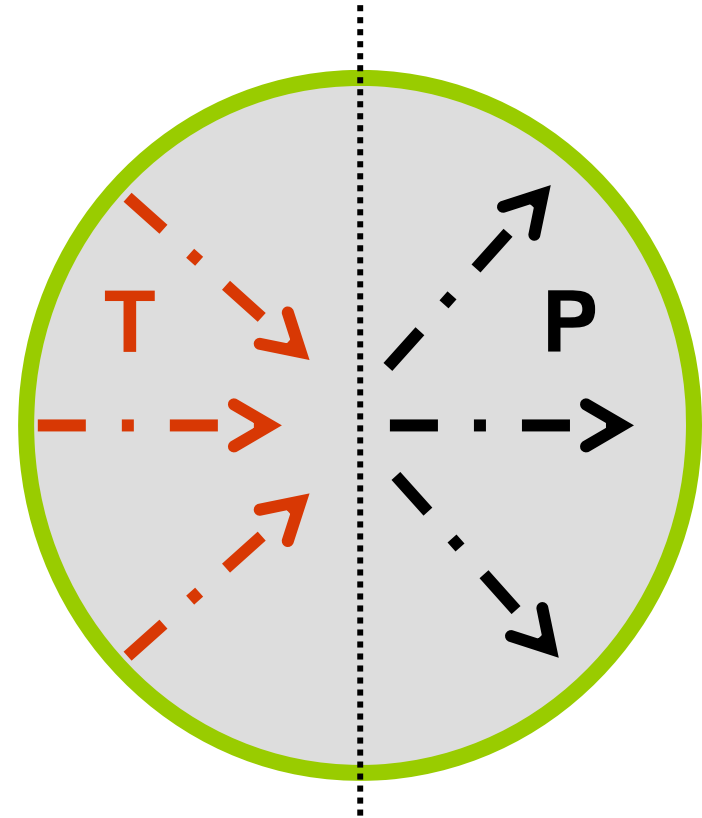


# Propriétés élastiques pulmonaires

- Tension superficielle d'une sphère distensible
  - Rayon  $r$ , Pression de distension  $P$
  - Equilibre atteint lorsque:

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

- Loi de Laplace

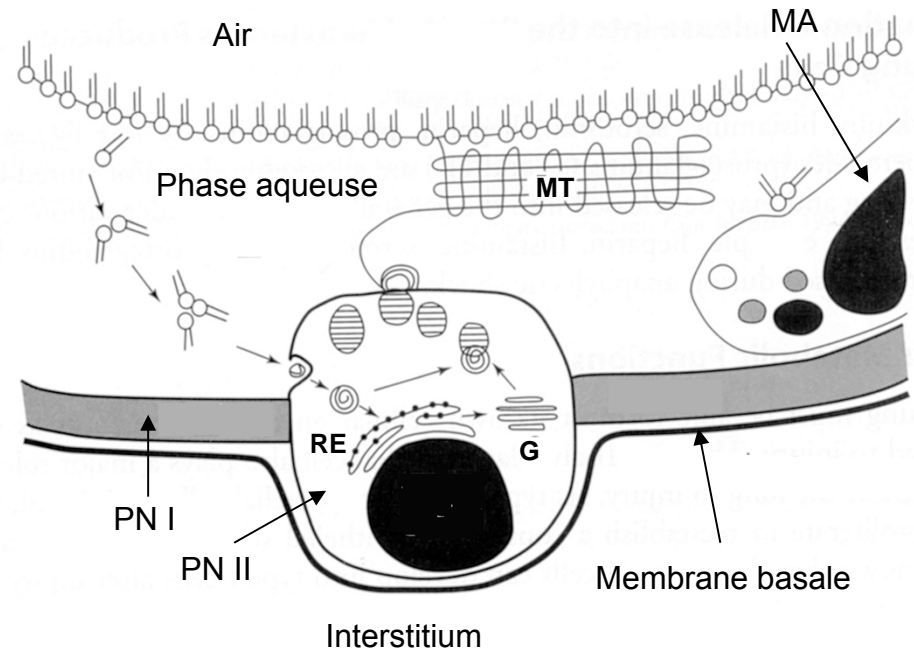


# Propriétés élastiques pulmonaires

- Ajout d'un **agent tensio-actif** à l'interface air/liquide
  - ↓ tension superficielle
  - ↓ force de rétraction de la paroi
- Dans les alvéoles, agent tensio-actif = **surfactant**  
= Lipoprotéine complexe
  - Phospholipides (DiPalmitoyl PhosphatidylCholine, DPPC)
  - Apoprotéines
  - Ions calcium

# Propriétés élastiques pulmonaires

- Sécrétion
  - par les PN II
  - à partir d'acides gras extraits du sang capillaire
  - en fin de grossesse
- Demi-vie courte:
  - phagocytose par macrophages alvéolaires et PN de type II
  - passage vers capillaires
- Rôle physiologique principal :
  - $\downarrow$  tension superficielle alvéolaire donc  $\uparrow$  la compliance pulmonaire ( $\Delta$ volume/ $\Delta$ pression)



*D'après référence 5*

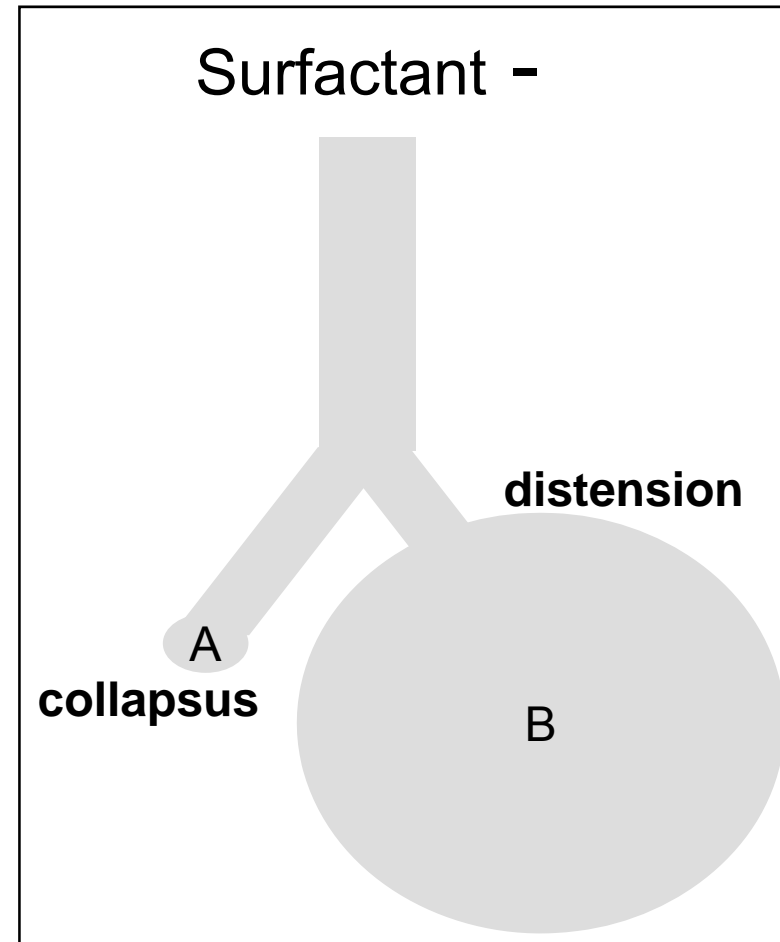
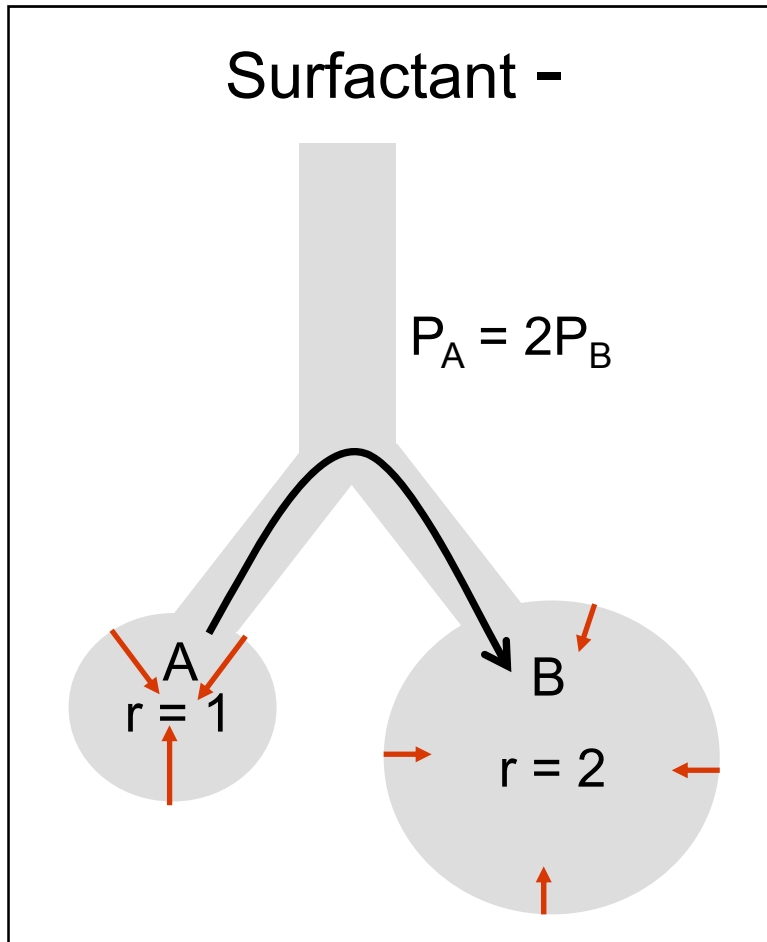


# Propriétés élastiques pulmonaires

- Propriétés tensio-actives du surfactant
  - varient en fonction du rayon alvéolaire (de l'épaisseur de la couche de surfactant)
  - de façon à ce que le rapport  $2T/r$  (càd  $P$ ) soit constant

# Propriétés élastiques pulmonaires

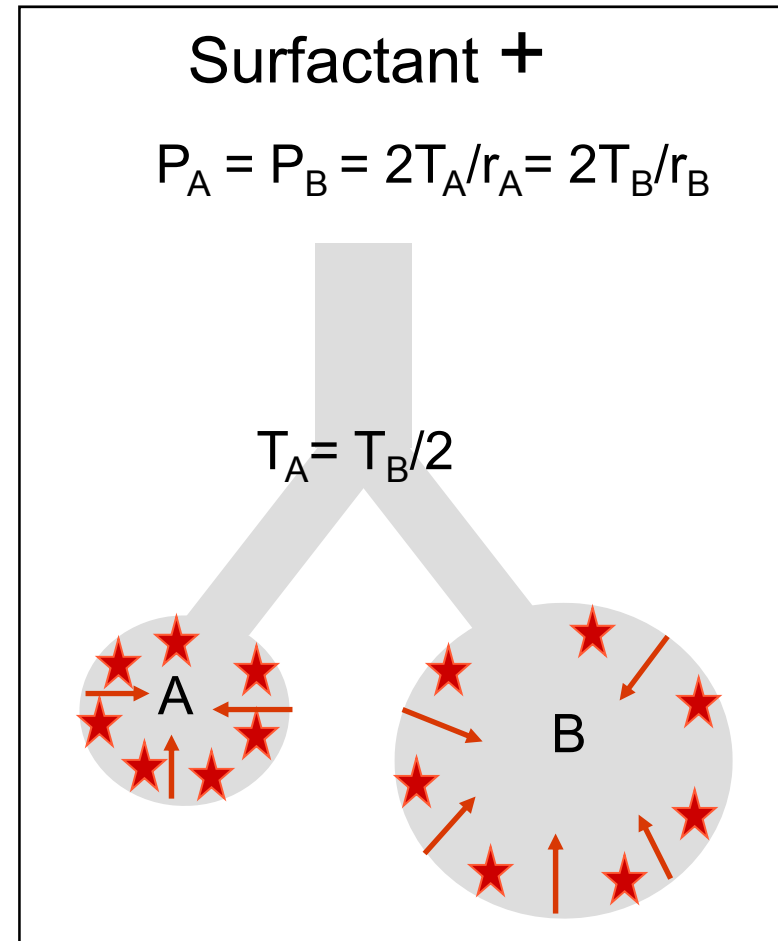
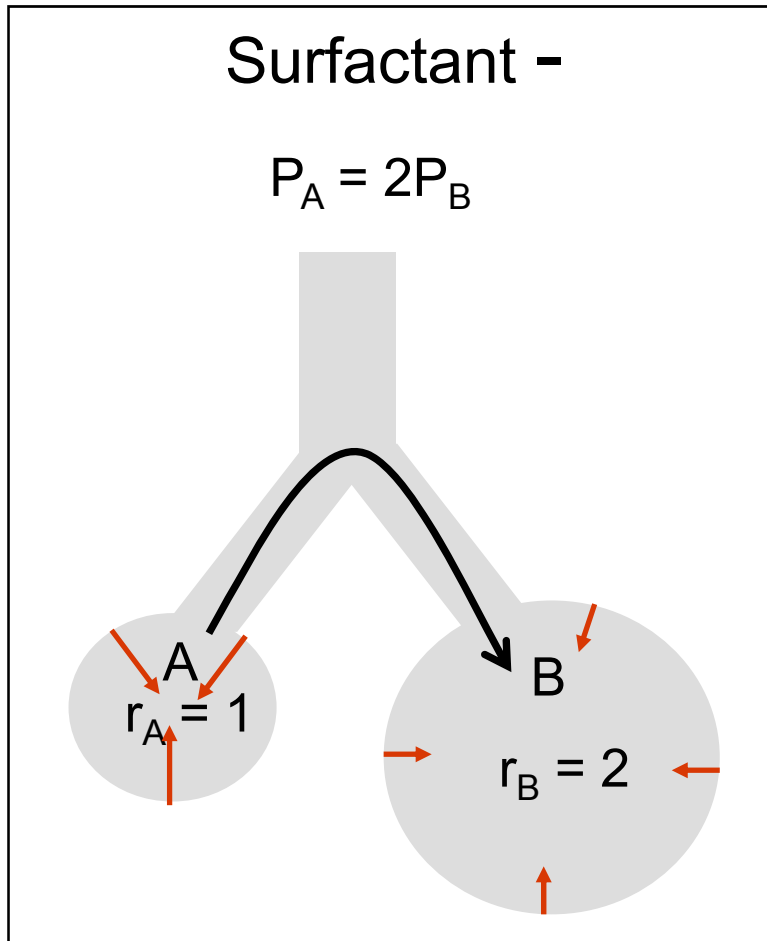
Loi de Laplace:  $P=2T/r$



Sans surfactant, T est constante

# Propriétés élastiques pulmonaires

Loi de Laplace:  $P=2T/r$ , mais  $T$  varie en fonction de  $r$



Le surfactant abaisse plus la TS dans les petits alvéoles que dans les gros

# Propriétés élastiques pulmonaires

- En présence de surfactant, la tension superficielle est
  - élevée à hauts volumes pulmonaires
    - augmente la pression de rétraction élastique du poumon
  - basse à bas volumes pulmonaires
    - stabilise les alvéoles, empêche leur collapsus



# Propriétés élastiques pulmonaires

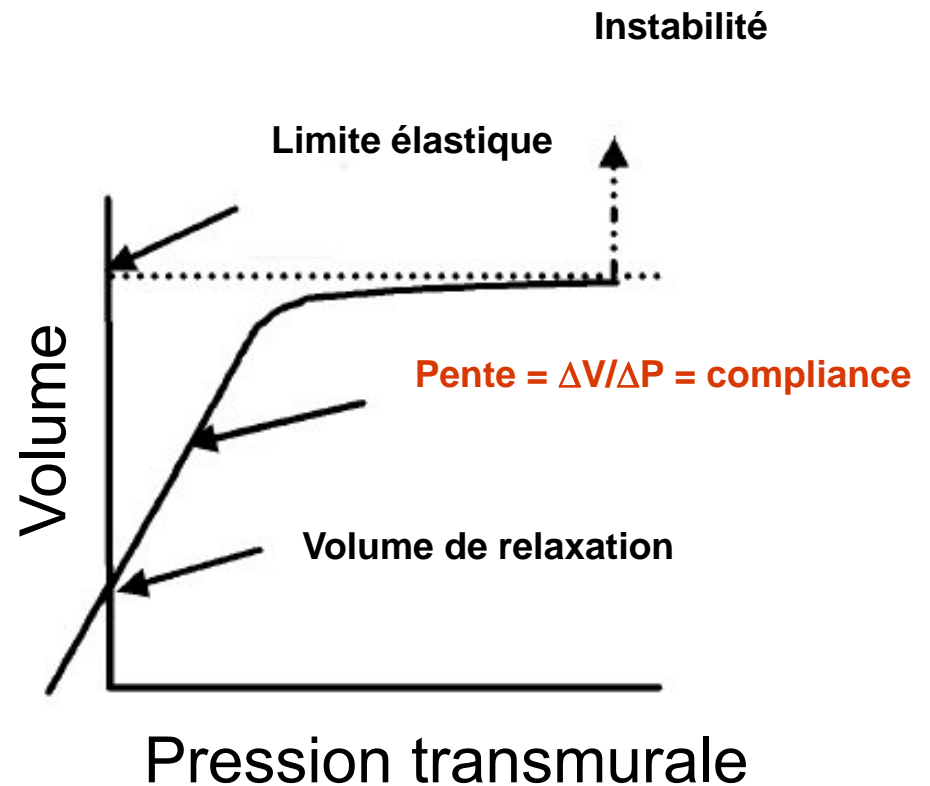
- Déficit en surfactant: détresse respiratoire du prématuré
  - PN II vers 22 SA, surfactant adéquat vers 36 SA
  - Déficit en surfactant responsable de
    - collapsus/distension alvéolaires → mauvaise ventilation pulmonaire
    - diminution de la compliance pulmonaire → travail respiratoire↑

# Propriétés élastiques thoraco-pulmonaires

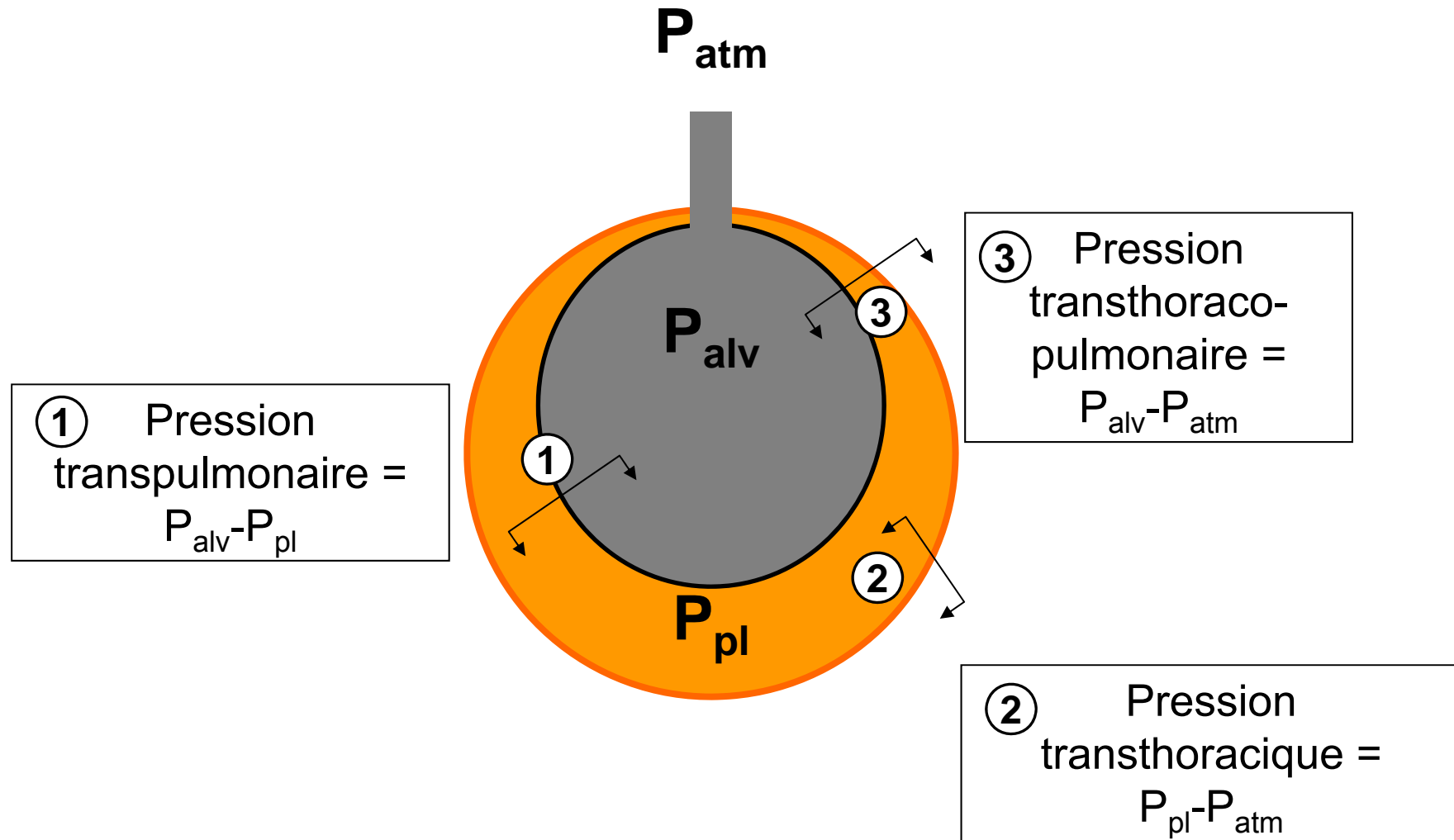
- Propriétés élastiques thoraco-pulmonaires
  - Généralités
  - Elasticité thoracique
  - Elasticité pulmonaire
- Compliance thoraco-pulmonaire
  - Mesure
  - Analyse

# Mesure de la compliance thoraco-pulmonaire

- Système respiratoire
  - Volume impliqué
    - volume pulmonaire
  - Pressions impliquées
    - P atmosphérique ( $P_{atm}$ )
    - P alvéolaire ( $P_{alv}$ )
    - P pleurale ( $P_{pl}$ )
- Volume directement proportionnel à la différence de pression de part et d'autre de la paroi = **pression transmurale** ( $P_{TM}$ )

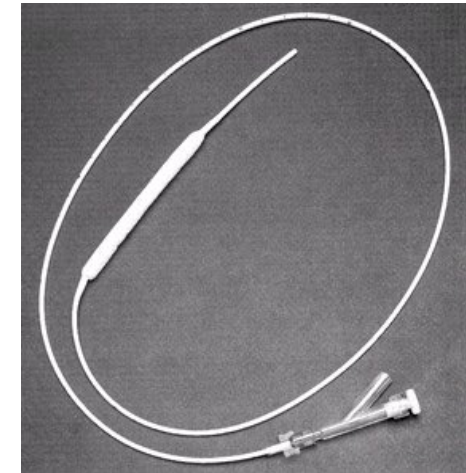


# Mesure de la compliance thoraco-pulmonaire

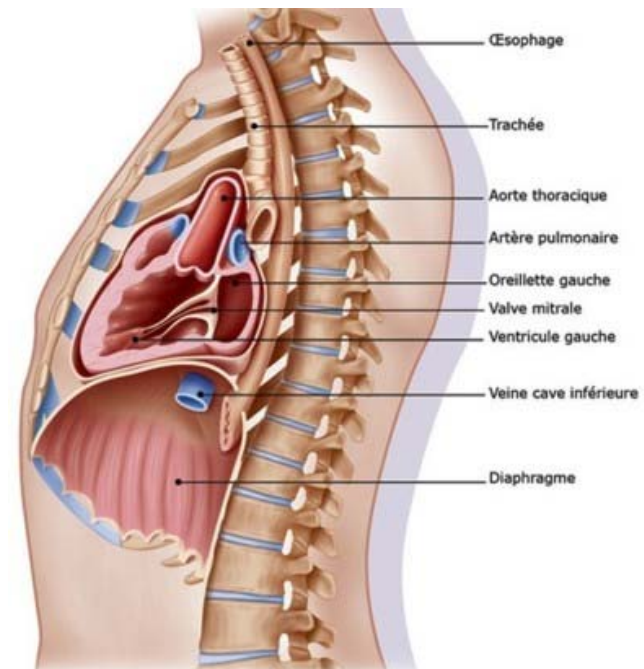
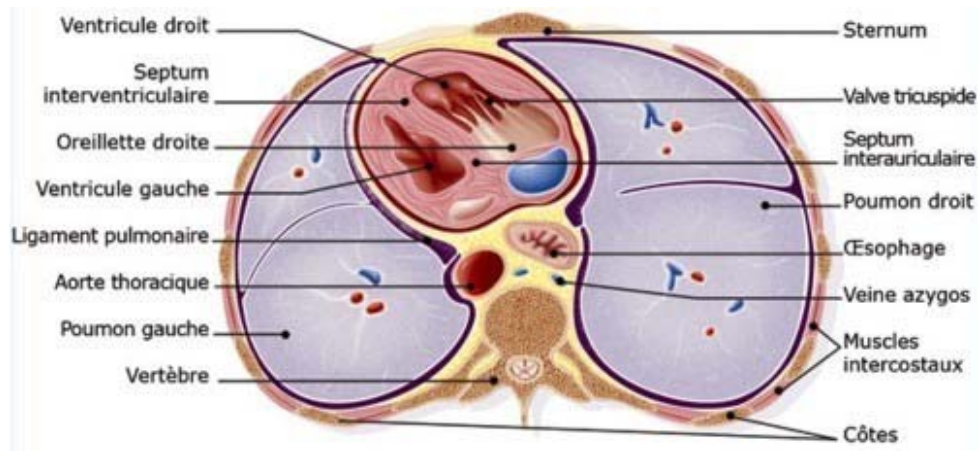


# Mesure de la compli- ance thoraco- pulmonaire

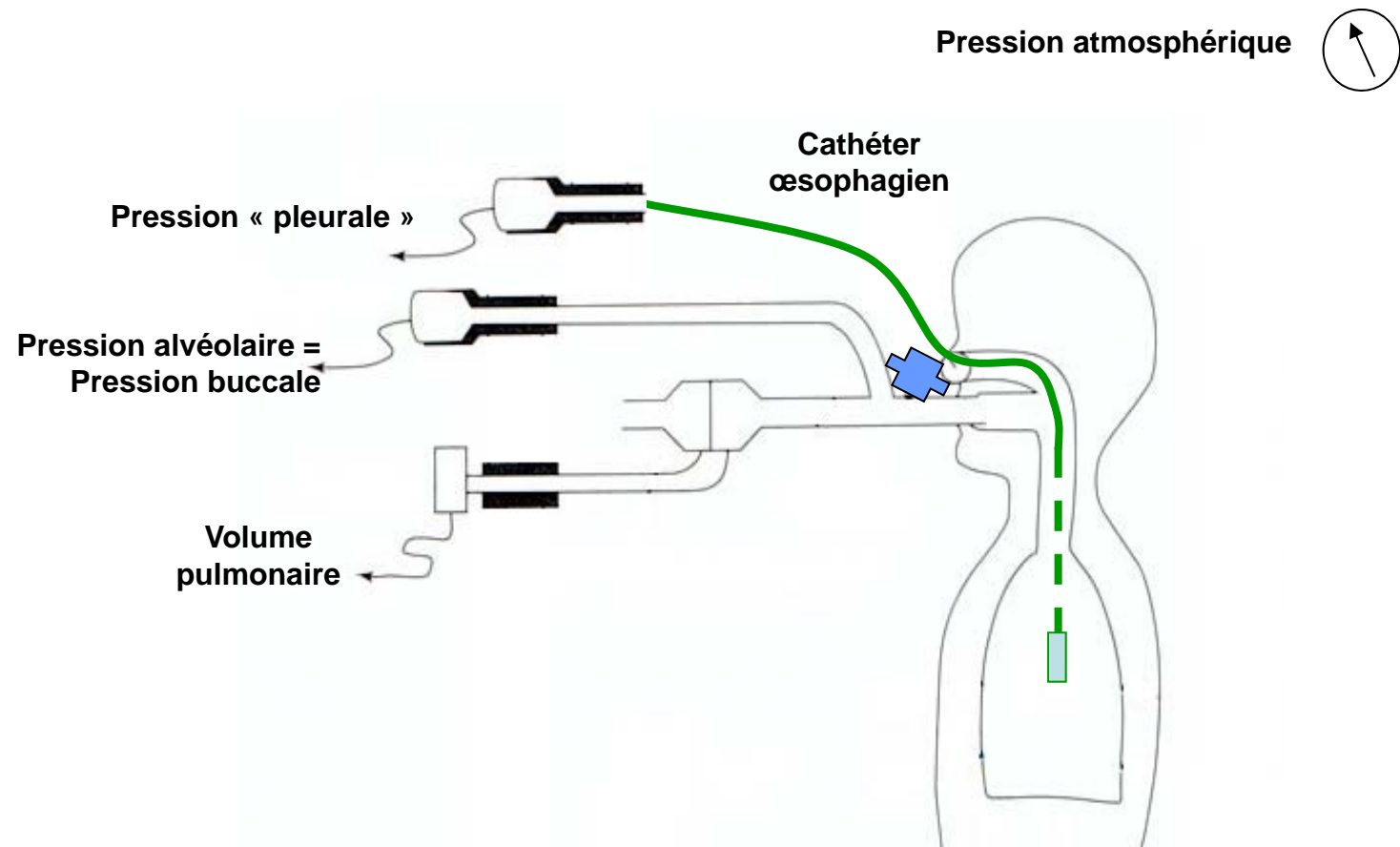
- Variations de pression pleurale  
→ variations de pression intra-  
œsophagienne
- $P_{ES} \sim P_{PL}$



**Cathéter de pression  
œsophagienne**

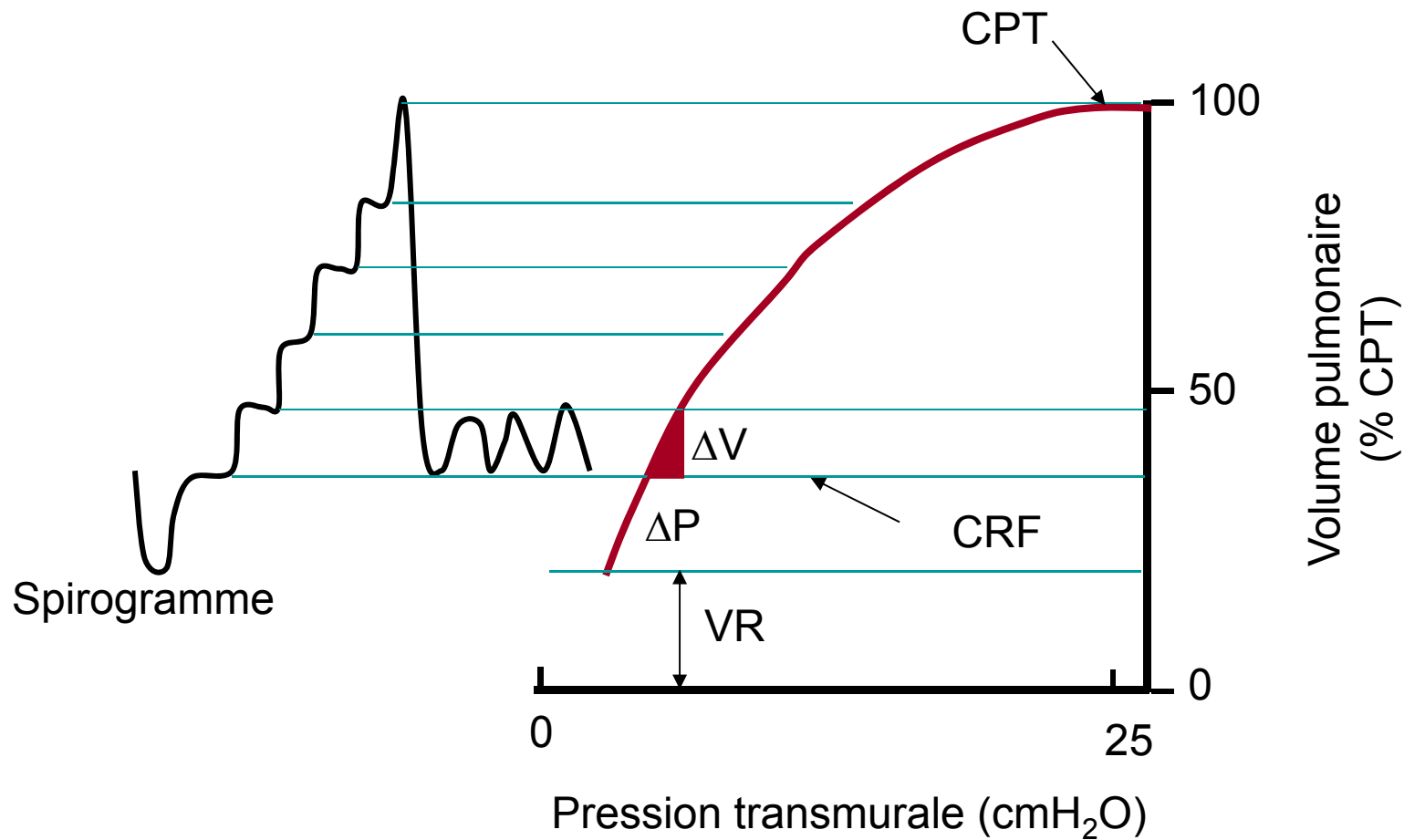


# Mesure de la compli- ance thoraco- pulmonaire



- Variations du volume pulmonaire par paliers, du VR à la CPT
- A chaque palier, courte apnée ( $\rightarrow P_{BO} = P_{alv}$ )

# Mesure de la compliance thoraco-pulmonaire

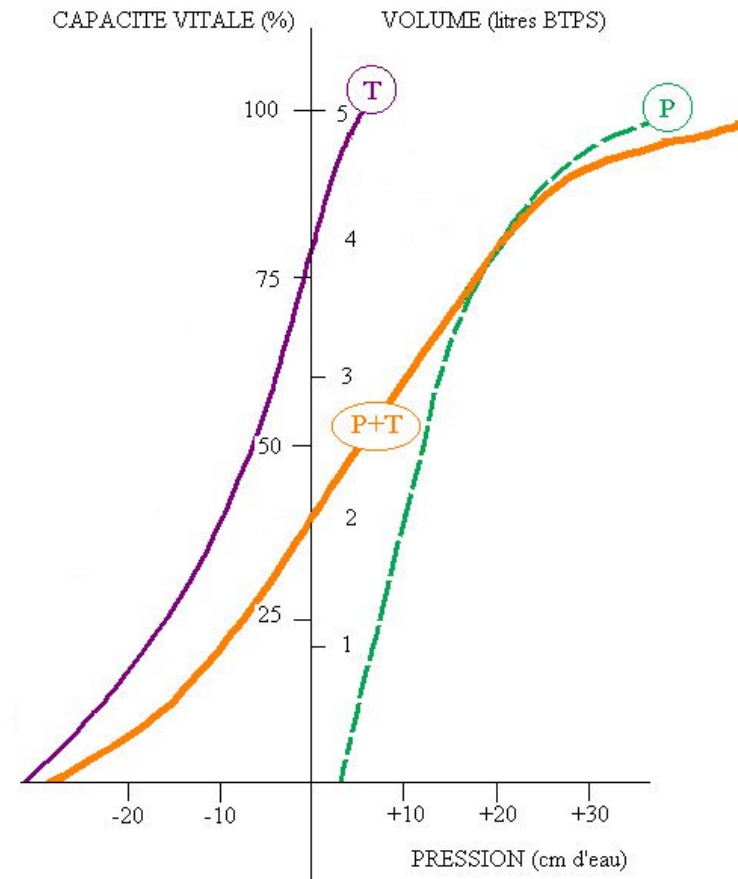


# Mesure de la compli- ance thoraco- pulmonaire

- A chaque palier de volume, on mesure :  
V, Ppl, Palv

↳ on calcule la courbe pression-volume

- du poumon (P)
- du thorax (T)
- du système (P+T)



P transthoracique  
(Ppl-Patm)

P transpulmonaire  
(Palv-Ppl)

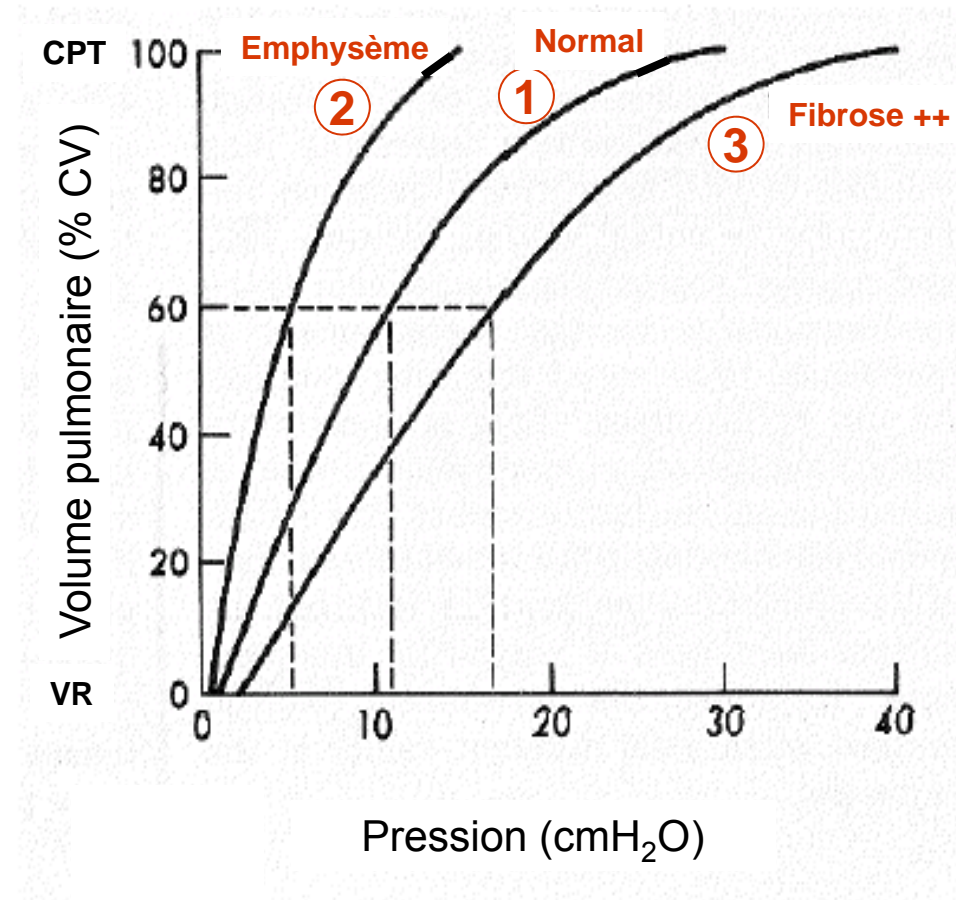
P transthoracopulmonaire  
(Palv-Patm)



# Analyse de la compliance thoraco-pulmonaire

- Compliance pulmonaire

1. Sujet **normal**: 200 ml/cmH<sub>2</sub>O (2,5 cmH<sub>2</sub>O pour mobiliser un V<sub>T</sub> de 500 ml)
2. Sujet atteint d'un **emphysème**: 300 ml/cmH<sub>2</sub>O (1,7 cmH<sub>2</sub>O pour mobiliser un V<sub>T</sub> de 500 ml)
3. Sujet atteint d'une **fibrose** pulmonaire sévère: 10 ml/cmH<sub>2</sub>O (50 cmH<sub>2</sub>O pour mobiliser un V<sub>T</sub> de 500 ml)



# Analyse de la compliance thoraco-pulmonaire

- Compliance thoracique
  - Volume de relaxation du thorax = 60% de la CV
  - Diminuée dans plusieurs pathologies (cypho-scoliose, atteinte des muscles respiratoires, obésité, etc...)



# Analyse de la compliance thoraco-pulmonaire

- Compliance **thoraco-pulmonaire**
  - volume de relaxation du système thoraco-pulmonaire = CRF
  - affectée par modification de chacune des courbes

# Propriétés élastiques thoraco-pulmonaires

- L'élasticité pulmonaire permet l'expiration calme en ramenant passivement le système thoraco-pulmonaire à sa position de repos (CRF)
- Une partie de l'activité musculaire respiratoire est utilisée pour vaincre l'élasticité thoraco-pulmonaire à l'inspiration
  - Pour une activité musculaire ( $\Delta P$ ) donnée
    - $\Delta V$  obtenu ( $= V_T$ ) sera d'autant plus grande que la compliance thoracopulmonaire sera élevée
  - Pour un  $V_T$  ( $\Delta V$ ) donné
    - l'activité musculaire sera d'autant plus importante que la compliance thoracopulmonaire sera basse

# Propriétés élastiques thoraco-pulmonaires

- Les propriétés élastiques s'étudient généralement en état statique (absence de débit aérien)
- La ventilation étant un phénomène dynamique, il faut aussi étudier les phénomènes de résistance au passage de l'air: **propriétés résistives de l'appareil respiratoire**

# Références iconographiques

<b>LIVRES</b>				
<b>n° référence</b>	<b>titre de l'ouvrage</b>	<b>auteur</b>	<b>éditeur</b>	<b>année</b>
1	Manuel d'anatomie et de physiologie	SH N'Guyen	Lamarre	1999
2	Atlas d'anatomie humaine	FH Netter	Maloine	1997
3	L'essentiel en physiologie respiratoire	Ch Préfaut	Sauramps Médical	1986
4	Précis de physiologie médicale	AC Guyton	Piccin	1991
5	Pulmonary physiology	MG Lewitsky	McGrawHill	2003
6	Pulmonary physiology and pathophysiology	JB West	Lippincott Williams & Wilkins	2001
7	Physiologie de la respiration	JH Comroe	Masson	1978
8	Physiologie humaine	DU Silverthorn	Pearson Education France	2007
<b>SITES WEB</b>				
<b>n° référence</b>	<b>url</b>			<b>dernière visite</b>
web1	<a href="http://depts.washington.edu/envh/lung.html">http://depts.washington.edu/envh/lung.html</a>			10 2010
web2	<a href="http://www.meddean.luc.edu/lumen/MedEd/Histo/frames/h_fram15.html">http://www.meddean.luc.edu/lumen/MedEd/Histo/frames/h_fram15.html</a>			10 2010
web3	<a href="https://casweb.ou.edu/pbell/histology/Outline/lung.html">https://casweb.ou.edu/pbell/histology/Outline/lung.html</a>			10 2010
web4	<a href="http://w3.ouhsc.edu/histology/">http://w3.ouhsc.edu/histology/</a>			10 2010

# Mentions légales

L'ensemble de cette œuvre relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle, littéraire et artistique ou toute autre loi applicable.

Tous les droits de reproduction, adaptation, transformation, transcription ou traduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Cette œuvre est interdite à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées à l'université Joseph Fourier (UJF) Grenoble 1 et ses affiliés.

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits à l'Université Joseph Fourier (UJF) Grenoble 1, et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.