

UE 3-2 - Physiologie – Physiologie Respiratoire

Chapitre 4 : **Ventilation pulmonaire: Partie 3**

Pr. Sam Bayat

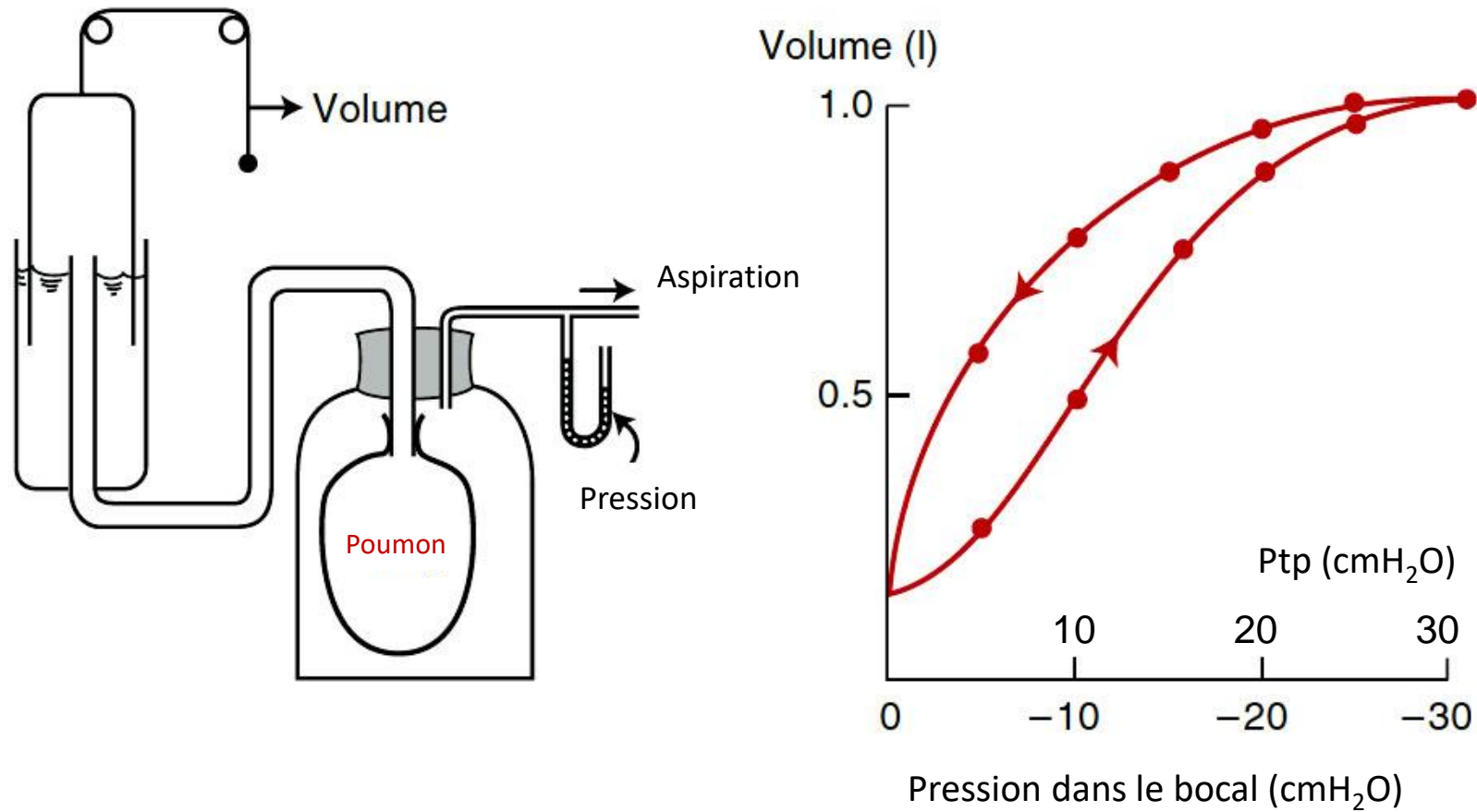
Plan

- Propriétés mécaniques du système respiratoire
 - Propriétés élastiques du système respiratoire
 - Résistances à l'écoulement de l'air

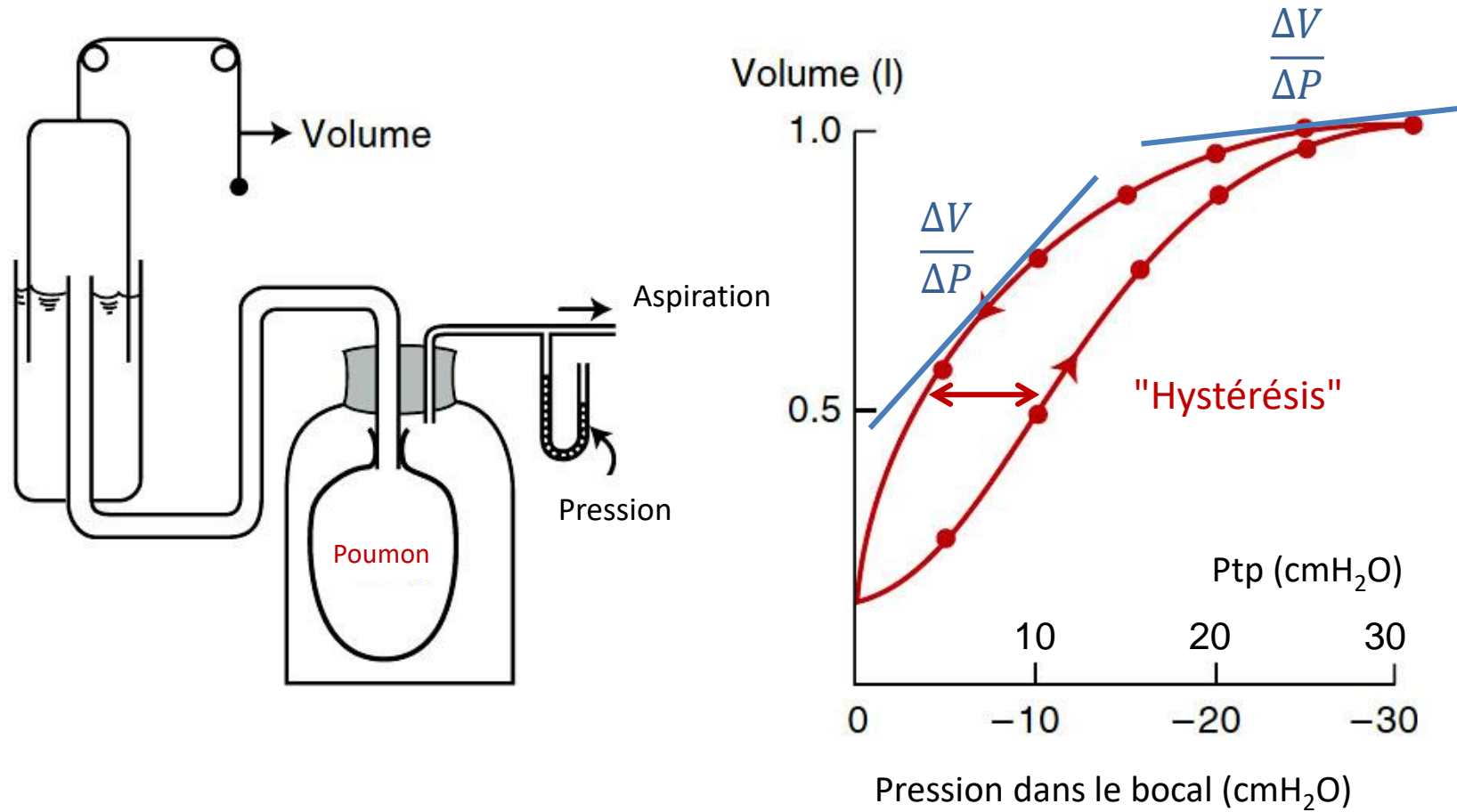
Plan

- Propriétés mécaniques du système respiratoire
 - Propriétés élastiques du système respiratoire
 - Résistances à l'écoulement de l'air

Propriétés élastiques:Poumon

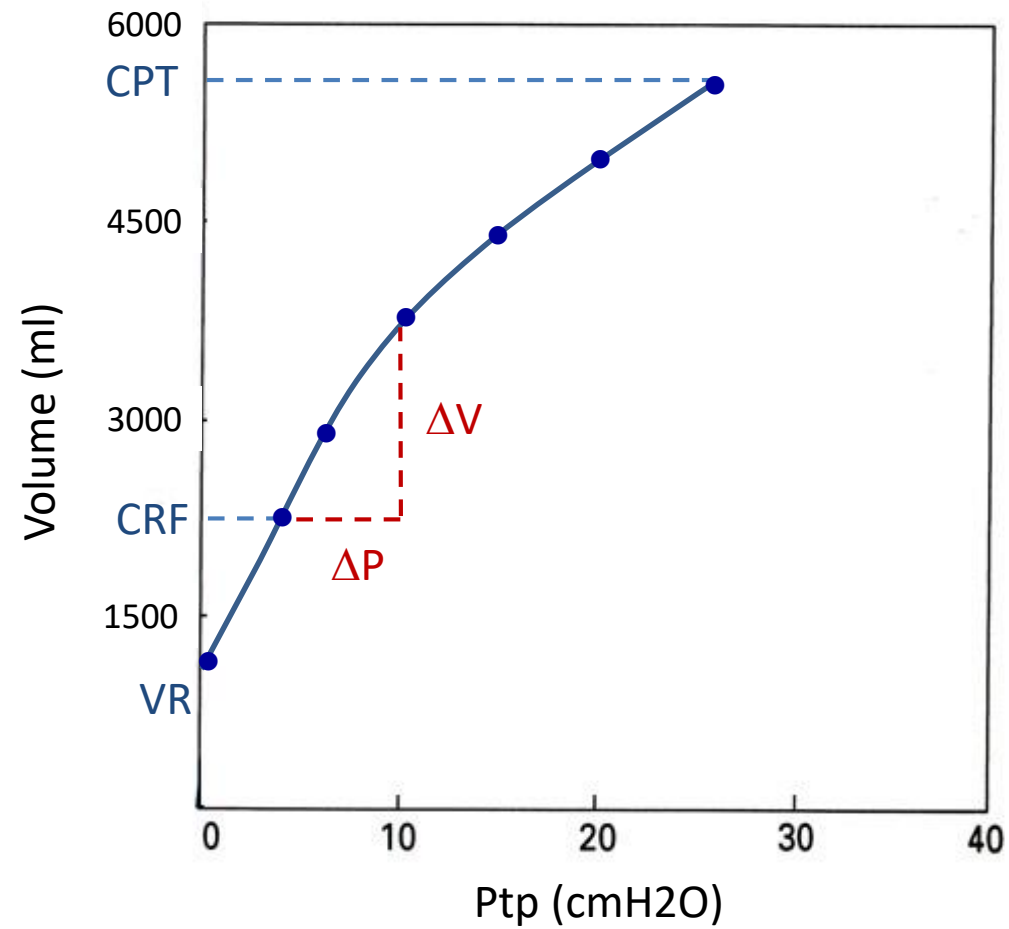


Propriétés élastiques:Poumon



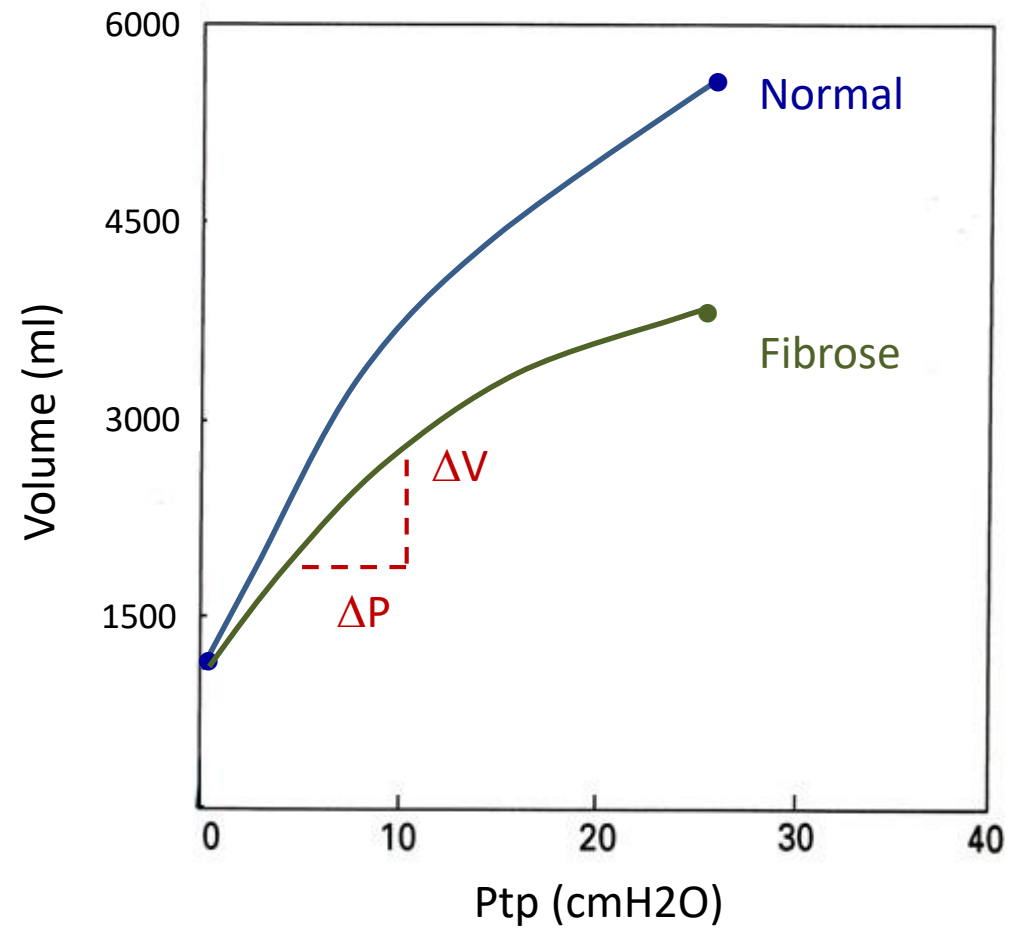
Compliance

$$Compliance = \frac{\Delta V}{\Delta P} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ (ml/cmH}_2\text{O)}$$



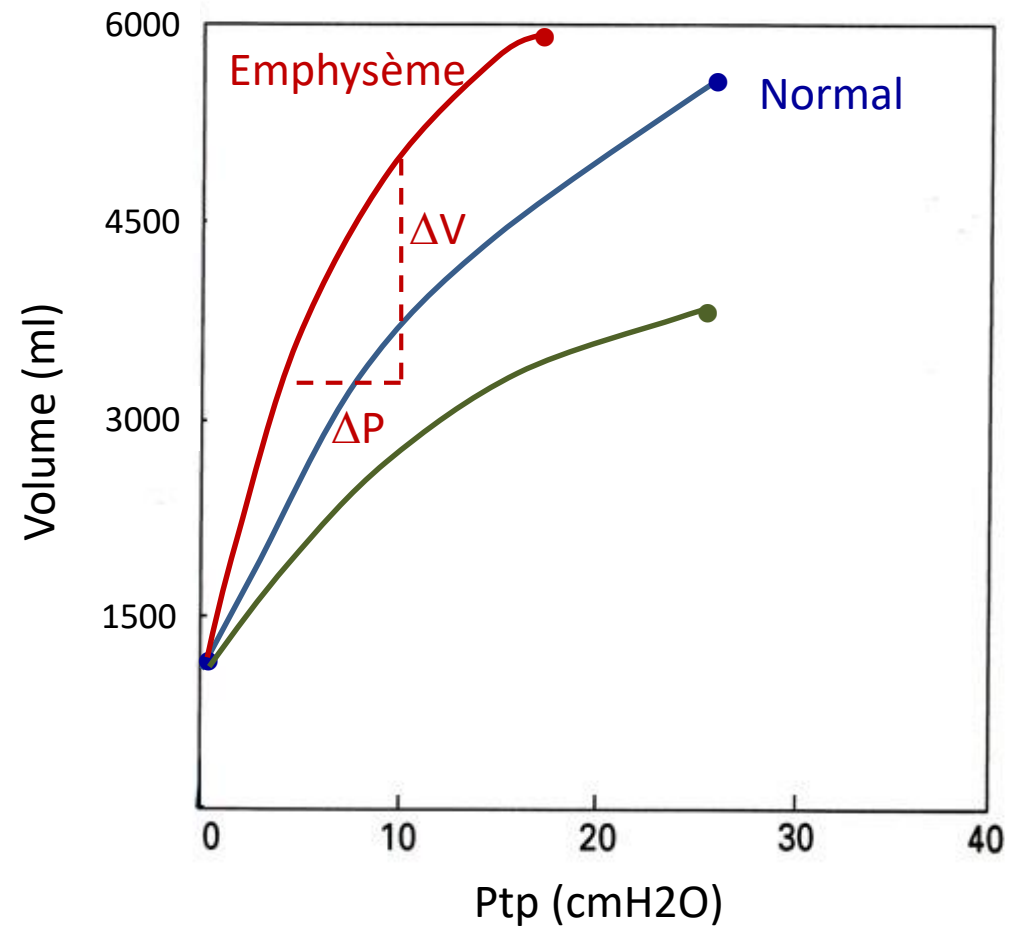
Compliance

$$\text{Compliance} = \frac{\Delta V}{\Delta P} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ (ml/cmH}_2\text{O)}$$



Compliance

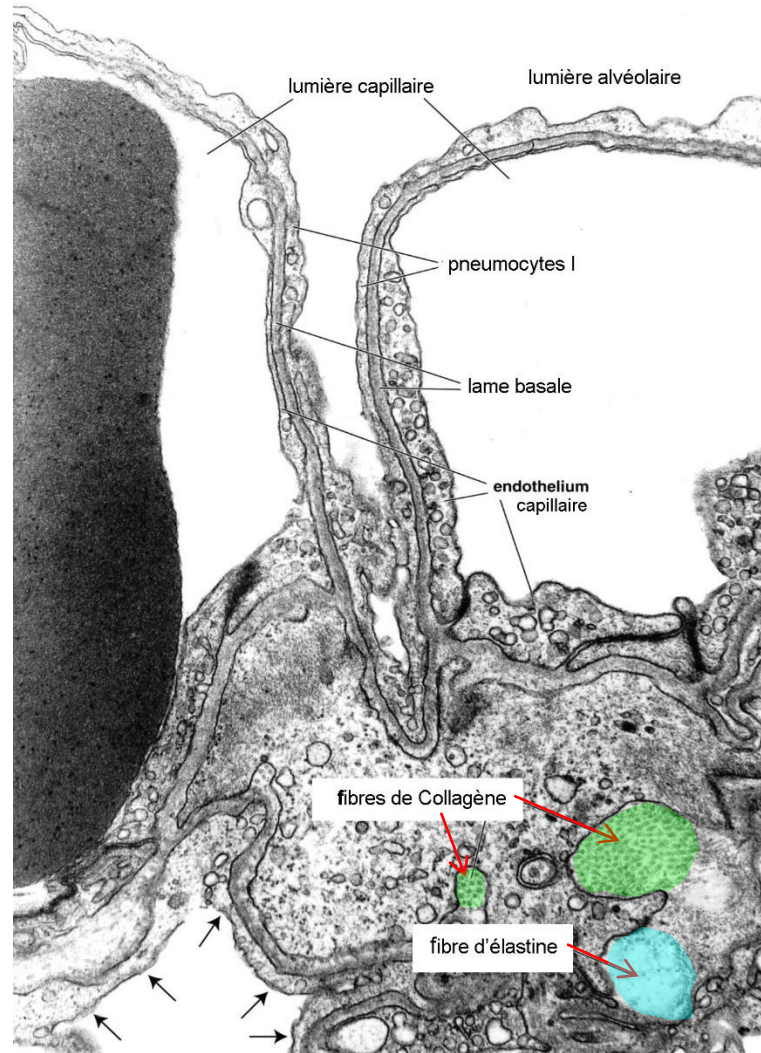
$$Compliance = \frac{\Delta V}{\Delta P} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ (ml/cmH}_2\text{O)}$$



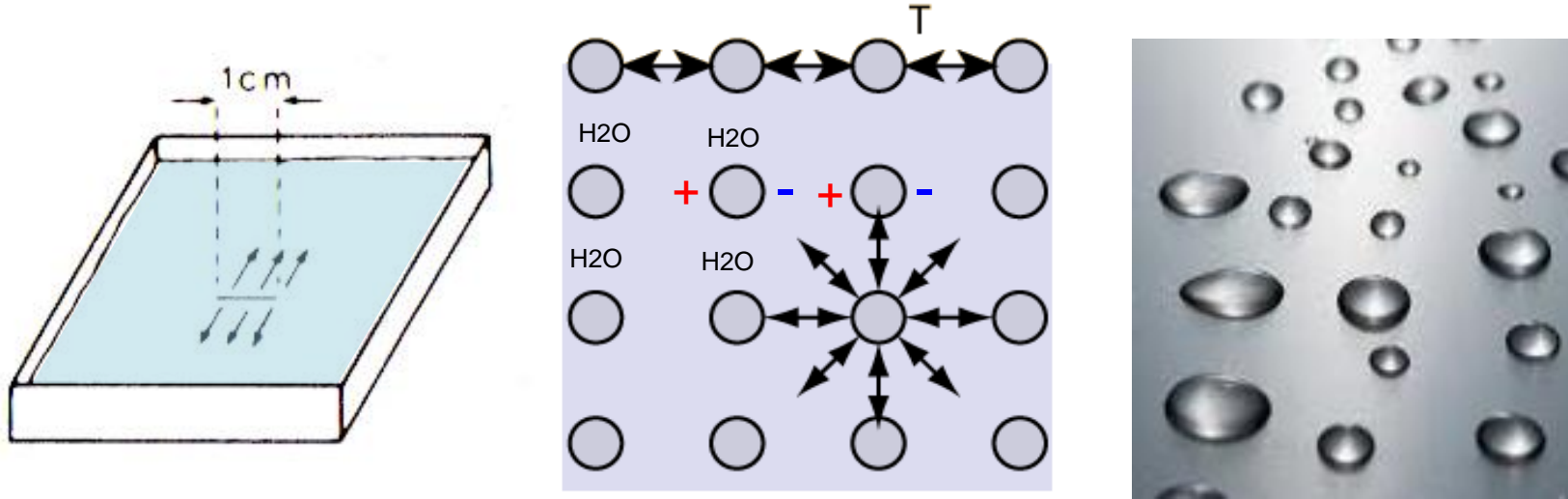
Compliance

- Facteurs physiques déterminant la compliance pulmonaire:
 1. Structure et composition tissulaires: rôle des fibres d'élastine et de collagène
 2. La tension superficielle

Compliance

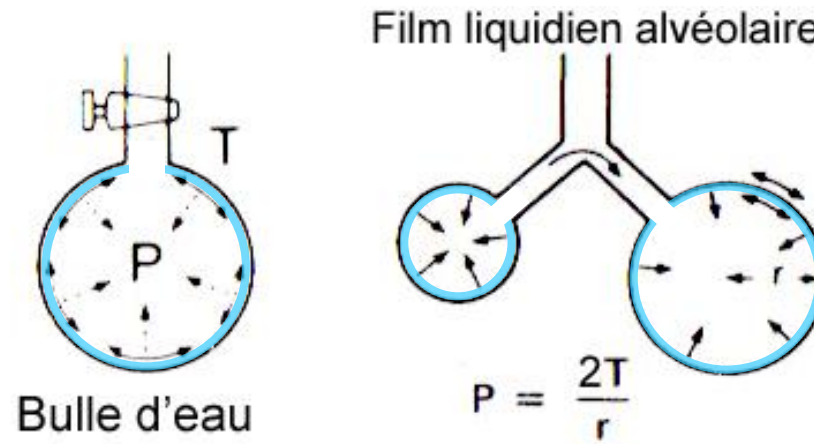


Tension superficielle



- La tension superficielle (T) est la force qui s'exerce sur une longueur de 1 cm à la surface d'un liquide
- Exprimé en dyne/cm ou N/m (1 Newton = 10^5 dynes)

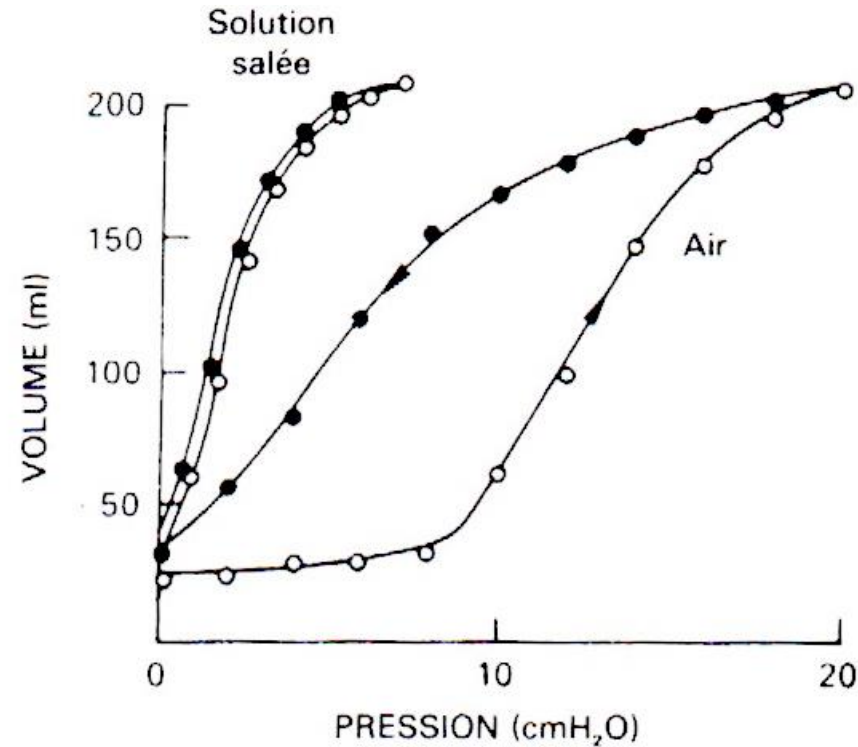
Tension superficielle



Loi de Laplace

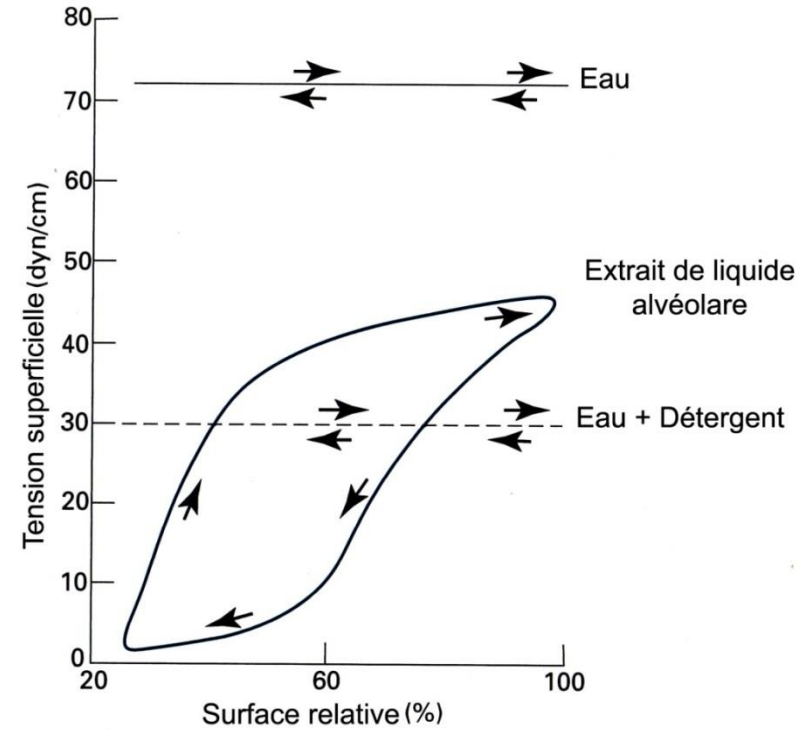
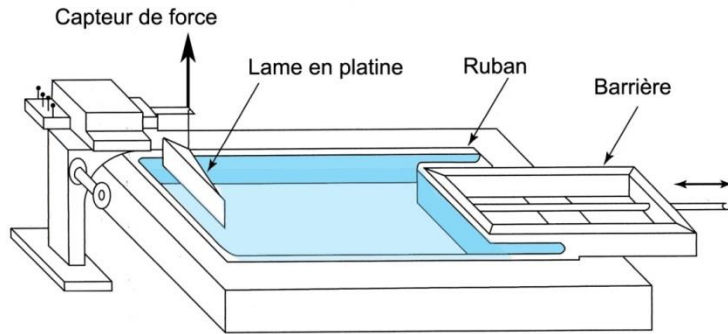
- La pression à l'intérieure d'une bulle d'eau due à la T est décrite par la loi de Laplace
- T ne dépend pas de r!
- P augmente au fur et à mesure que r diminue (loi de Laplace)
- **Signification:** les forces de tension superficielle entraînent
 1. une rétraction du poumon sur lui-même
 2. une instabilité alvéolaire!

Tension superficielle: démonstration



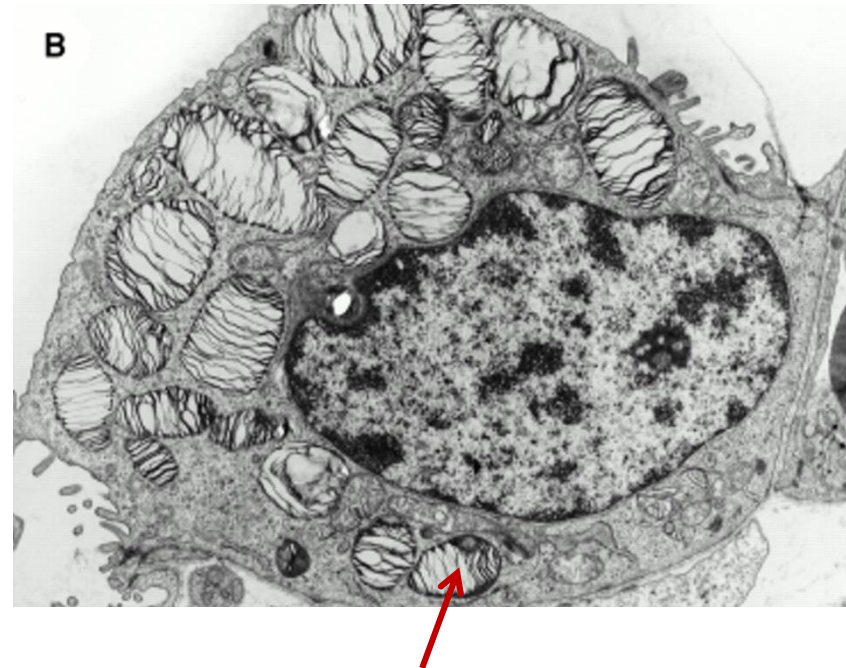
- Poumon isolé rempli de solution salé isotonique
 - La solution saline abolit les forces de tension superficielle : plus d'interface air-liquide
 - Seul intervient l'élasticité tissulaire du poumon
- Différence entre les deux relations P-V:
 - Pratiquement plus d'hystérésis dans le poumon rempli de liquide
 - ↑Cp du poumon rempli de liquide

Tension superficielle: surfactant



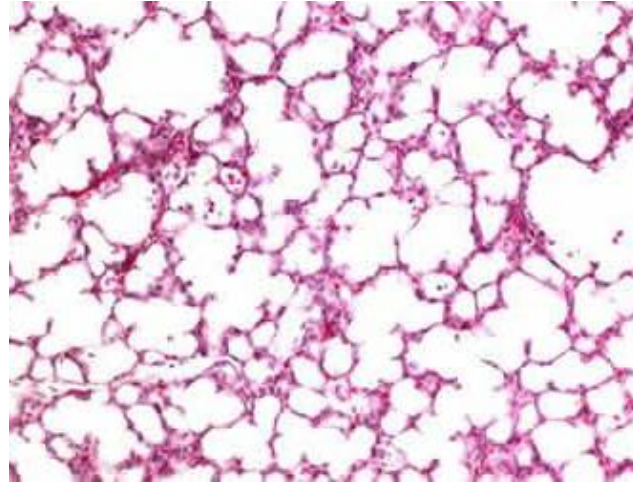
Tension superficielle: surfactant

- Composé de:
 - 85 – 90% de lipides
 - 10 – 15 % de protéines
 - Quatre types de protéines différentes : SPA, SPB, SPC et SPD
 - Les lipides sont en majeure partie des phospholipides
 - 75% de dipalmitoyl phosphatidylcholine
- Le surfactant est produit par les Pneumocytes de type II
- Demi vie courte:
 - Phagocyté par les macrophages alvéolaires
 - Réabsorbé par les PNII

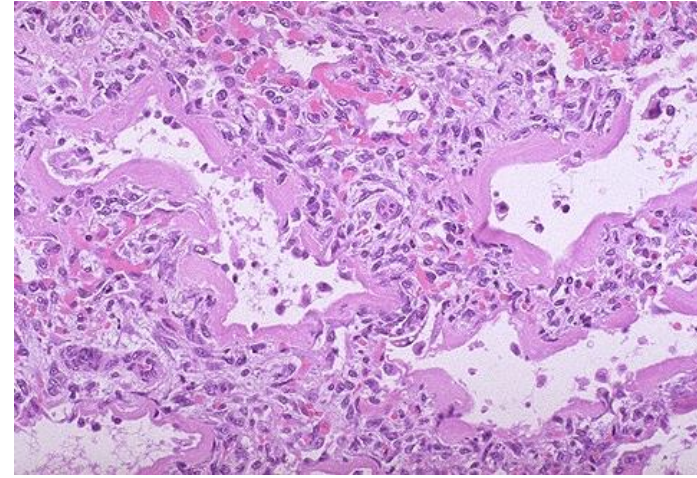


Corps lamellaires

Tension superficielle: surfactant



Poumon mature

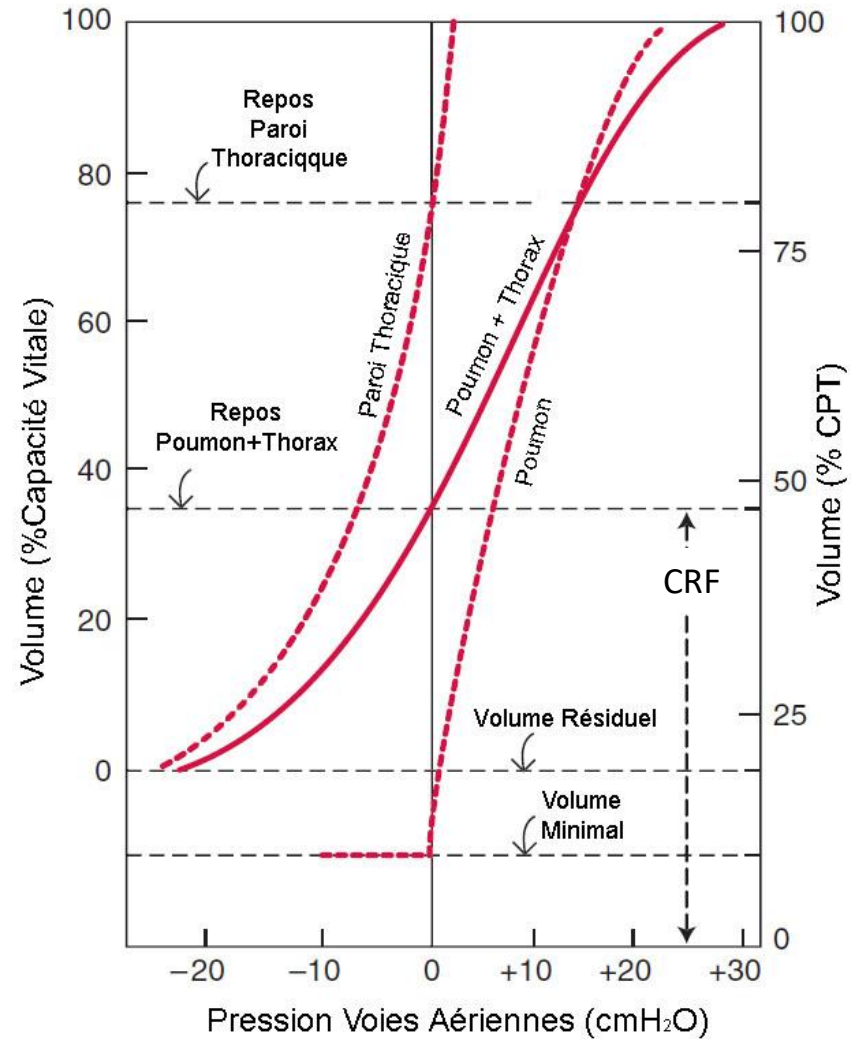
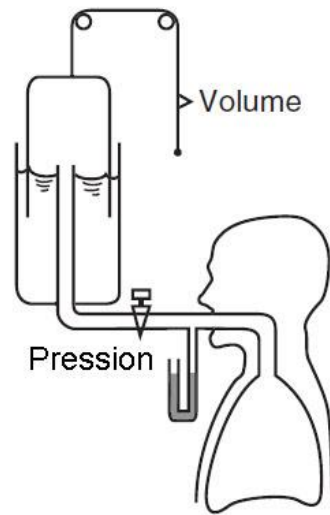


Poumon de prématuré:
maladie des membranes hyalines

- Les PNII apparaissent vers 22 SA
- Le surfactant est sécrété à 36 SA
- Naissance prématurée < 36 SA → surfactant insuffisant
- En résumé, le surfactant:
 - Augmente la compliance pulmonaire → diminue le travail inspiratoire
 - Stabilise les alvéoles



Propriétés élastiques: Poumon + Thorax



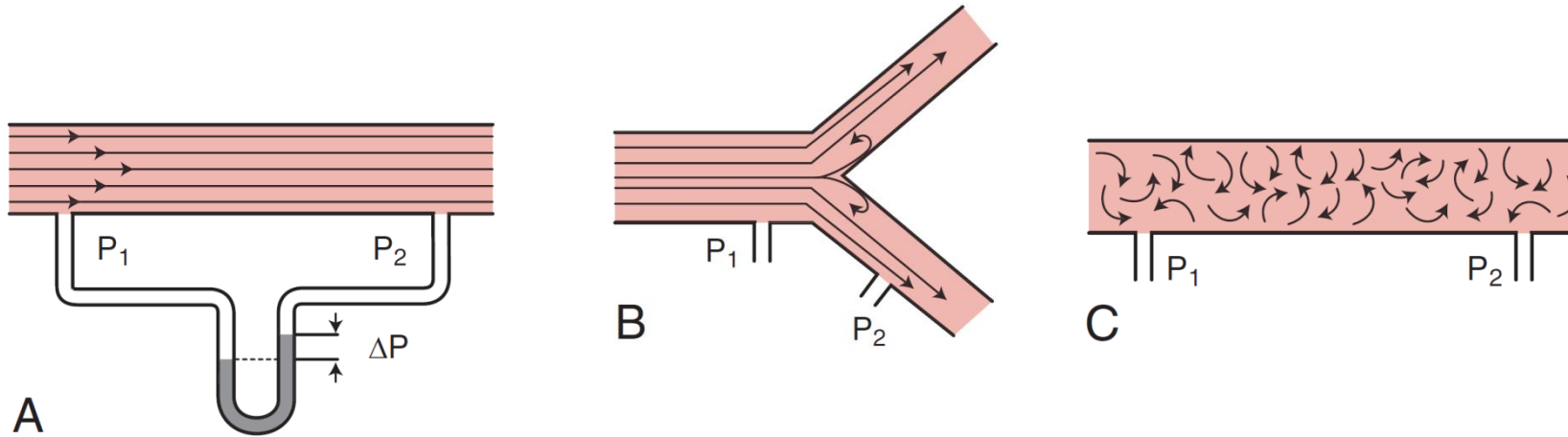
Plan

- Propriétés mécaniques du système respiratoire
 - Propriétés élastiques du système respiratoire
 - Résistances à l'écoulement de l'air

Plan

- Propriétés mécaniques du système respiratoire
 - Propriétés élastiques du système respiratoire
 - Résistances à l'écoulement de l'air

Résistances des voies aériennes



- A: Flux laminaire
- B: Flux transitionnel
- C: Flux turbulent

Résistances des voies aériennes

- ΔP dépend du :
 - Débit
 - Comportement du flux

?

$$\Delta P \quad \dot{V} \text{ et } R = K$$

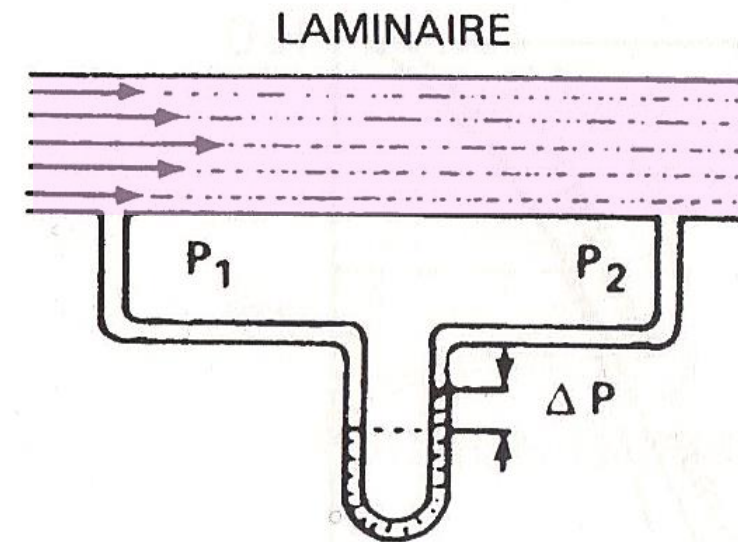
- Flux laminaire:

$$R = \frac{\Delta P}{\dot{V}} = \frac{8\eta l}{\pi r^4}$$

(cmH₂O/l/s)

Loi de poiseuille

- **Importance critique du rayon!**
- η : viscosité du gaz
- l : longueur du tube
- r : rayon du tube



Résistances des voies aériennes

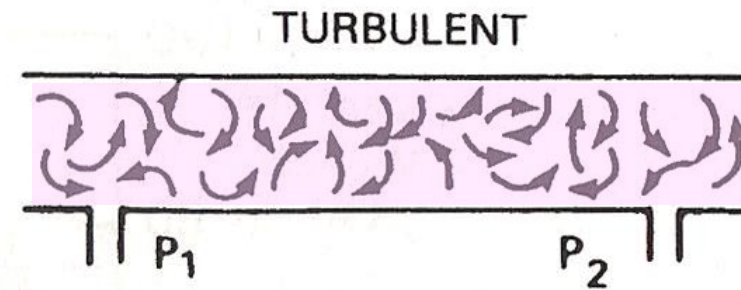
?

- **Flux turbulent** : se développe quand le **nombre de Reynolds** est > 2000

$$Re = \frac{\rho u D}{\eta}$$

- ρ : densité; u : vitesse; D : diamètre
 η : viscosité
- Le flux devient turbulent quand u est élevée et quand D est grand
- La chute de pression entre P1 et P2 est proportionnelle au carré du débit

$$\Delta P \propto \dot{V}^2 \text{ et } R = K \cdot \dot{V}^2$$



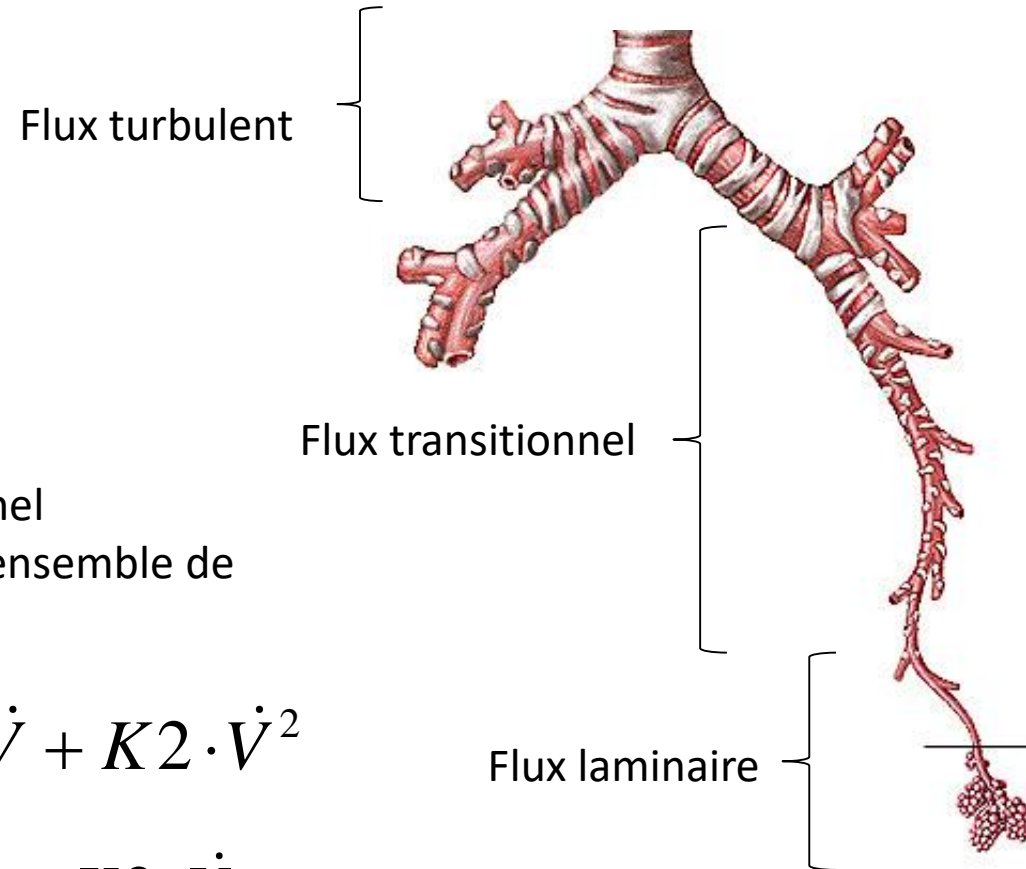
Résistances des voies aériennes

- Pour un flux transitionnel
(approximation pour l'ensemble de
l'arbre bronchique):

$$\Delta P = K1 \cdot \dot{V} + K2 \cdot \dot{V}^2$$

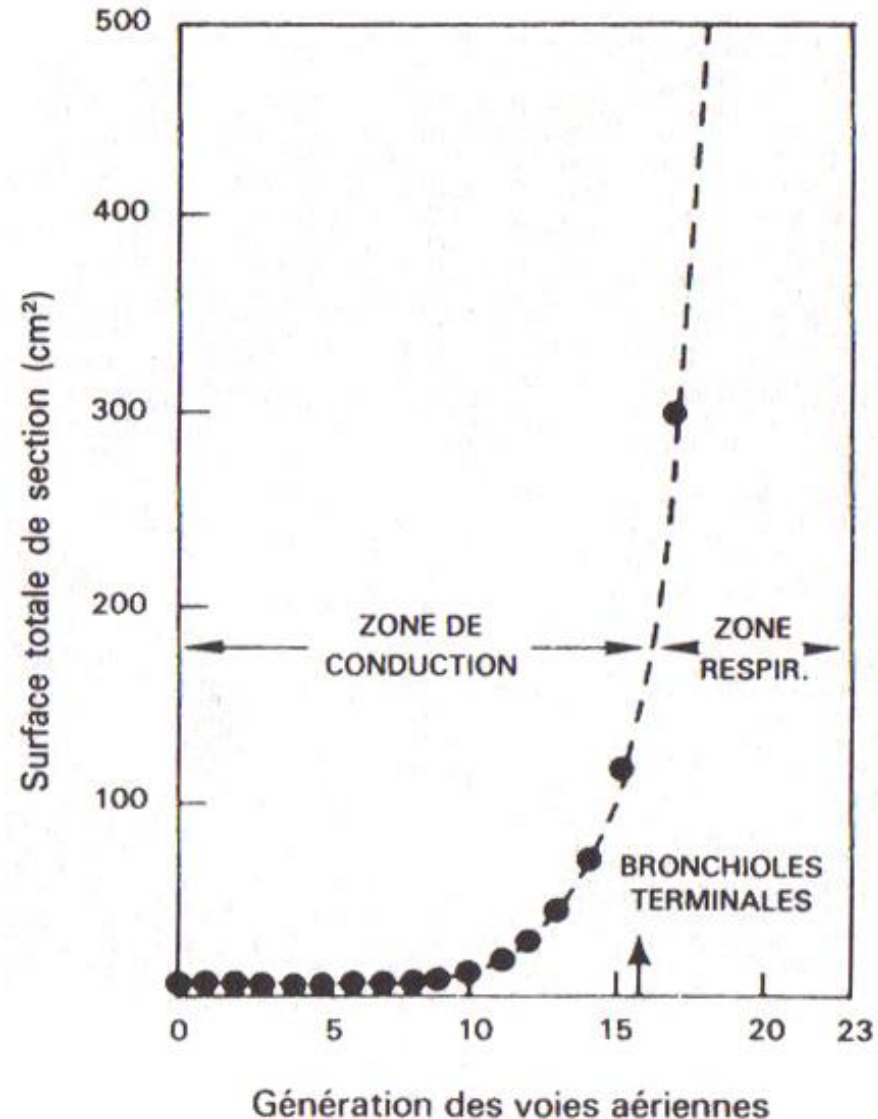
- et

$$Raw = K1 + K2 \cdot \dot{V}$$



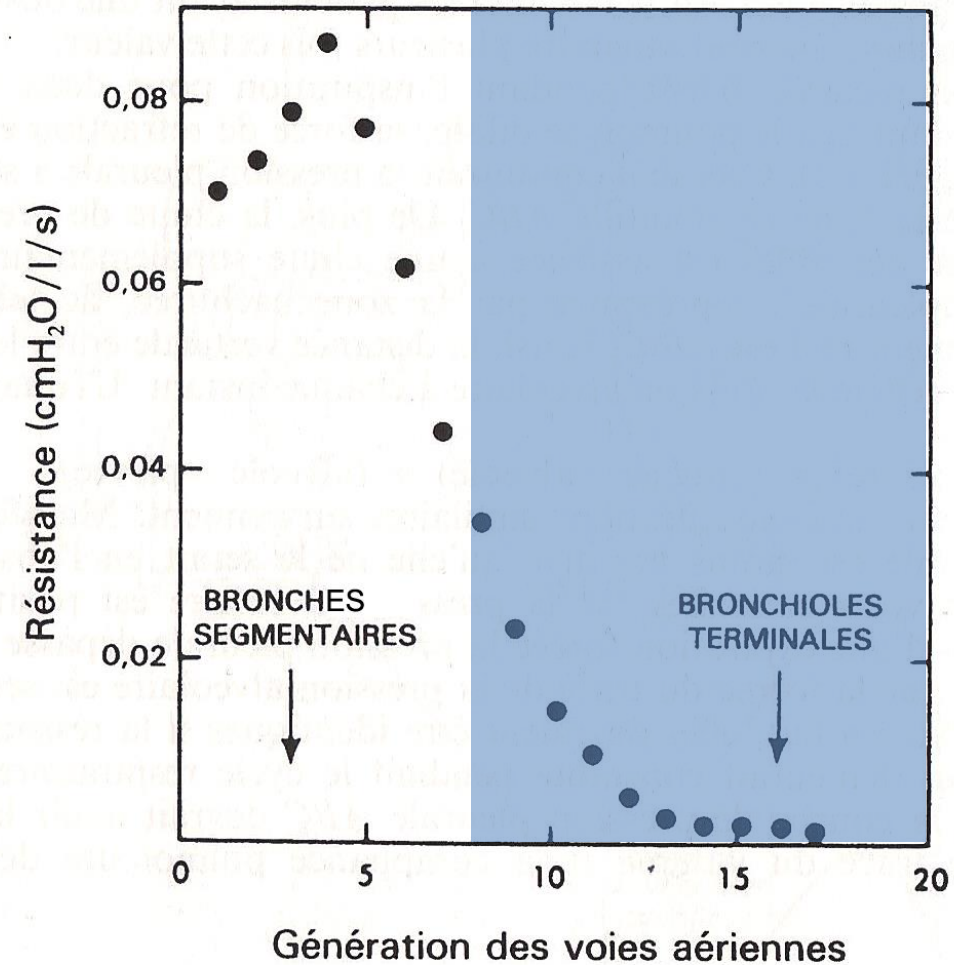
Site principal de la résistance des voies aériennes

- Le nombre total de bronches augmente au fil des générations
- Nombre de Bronches = 2^n
 - Où n = génération
- Conséquence: la surface de section totale augmente au fil des générations

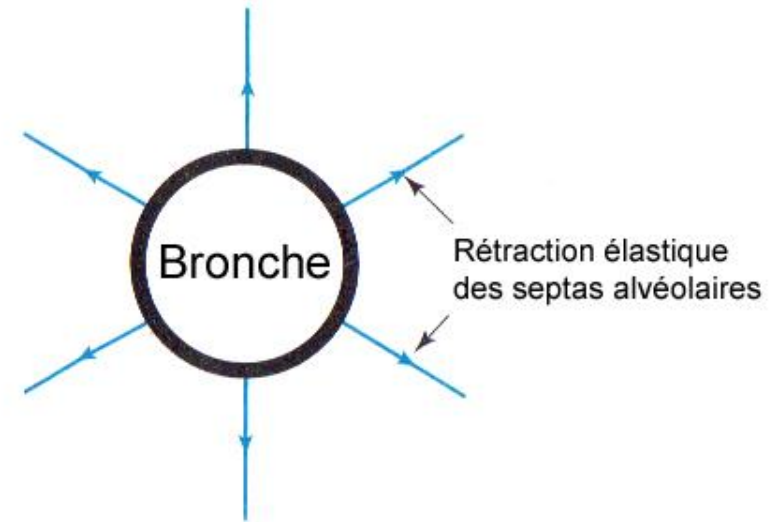
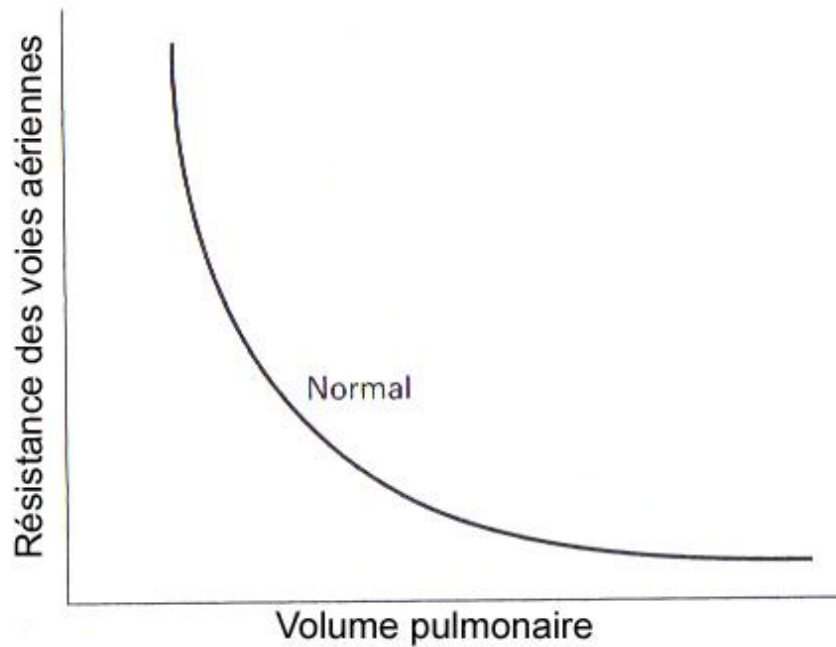


Site principal de la résistance des voies aériennes

- Le siège principal de la résistance se situe dans les bronches de moyenne dimension
- Les petites bronchioles contribuent peu à la résistance globale (Génération 7 à 23):
 - $< 2\text{mm} \sim 10\%$
 - “**zone silencieuse**”

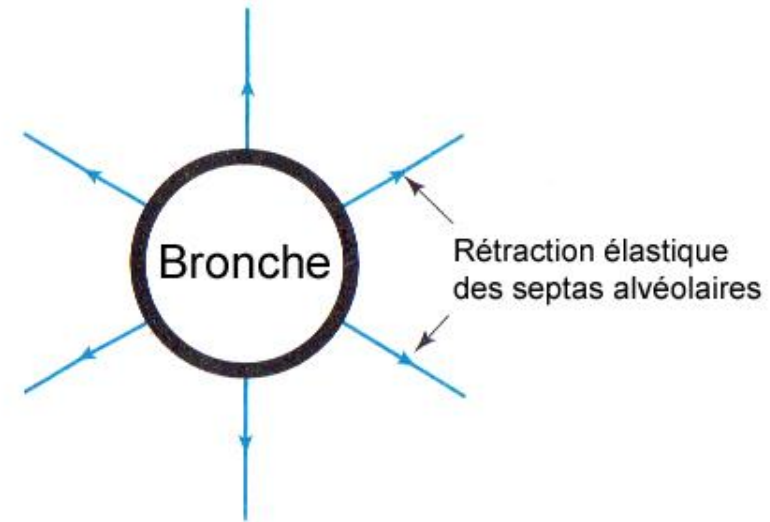
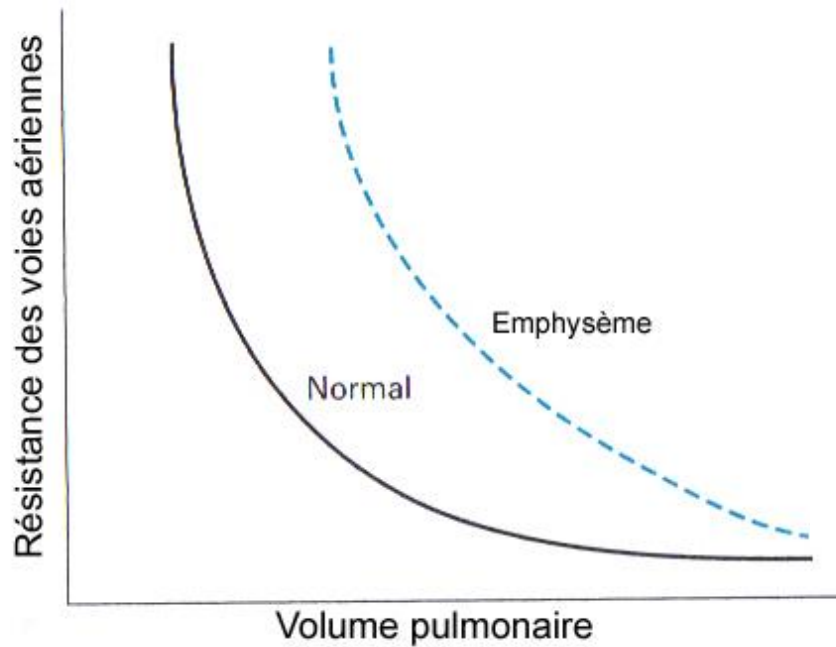


Facteurs déterminants la résistance des voies aériennes



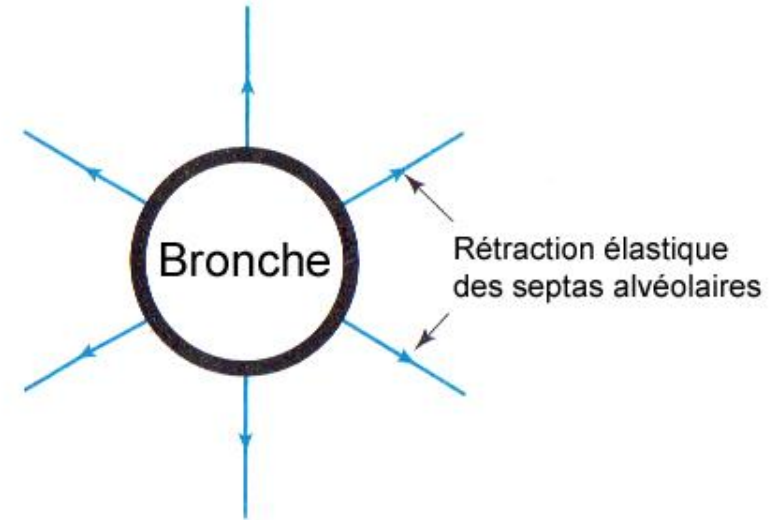
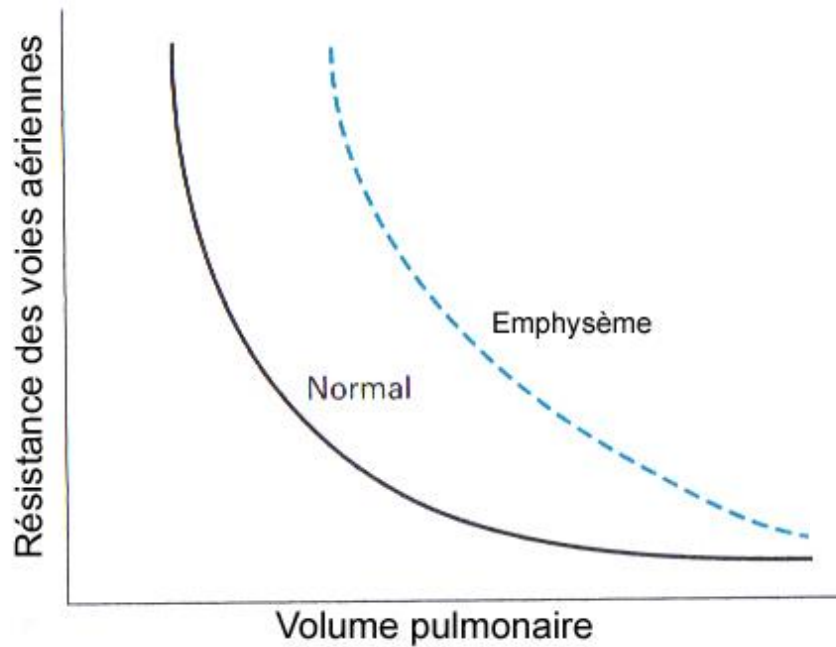
- La résistance des voies aériennes (R_{aw}) augmente au fur et à mesure que le **volume pulmonaire** diminue
 - ↓ diamètre avec la ↓ progressive de la pression transmurale au cours de l'expiration
 - ↓ des forces de traction élastique exercées par les septa alvéolaires sur les parois des petites bronchioles (bronches non-cartilagineuses)

Facteurs déterminants la résistance des voies aériennes



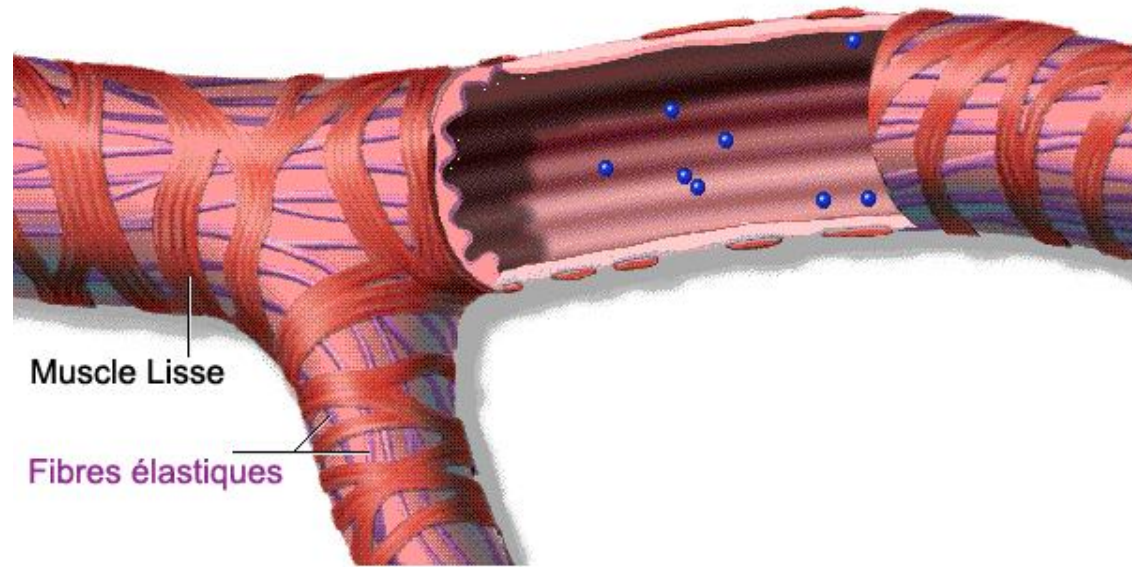
- Exemple de pathologie: emphysème
- La relation entre R_{aw} et Volume existe toujours chez le sujet emphysémateux, bien que la R_{aw} soit plus élevée pour un même volume

Facteurs déterminants la résistance des voies aériennes



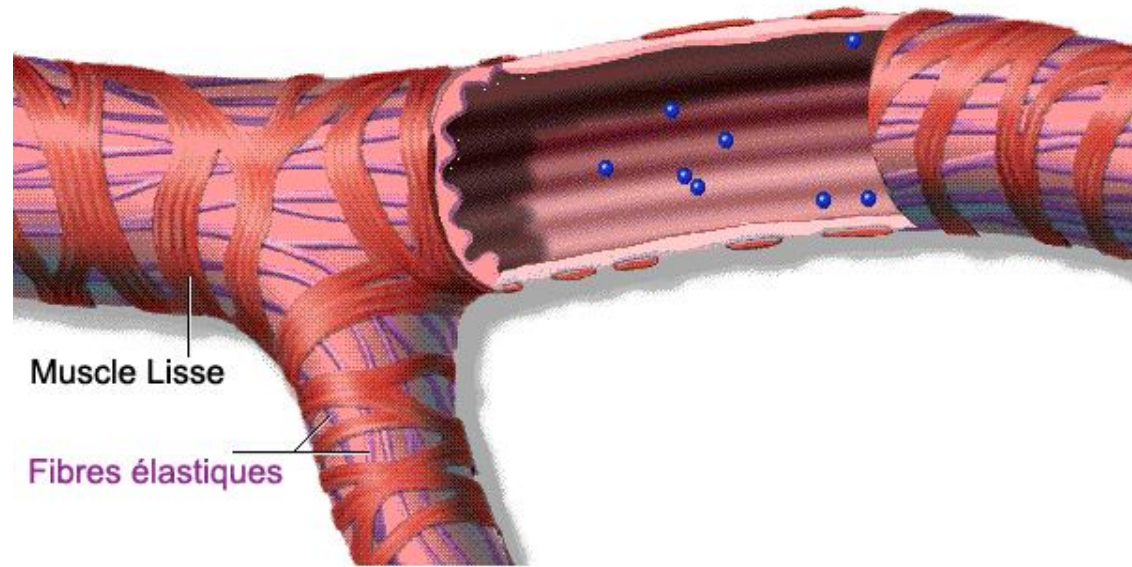
- Les patients qui ont une résistance des voies aériennes élevées, ventilent souvent à haut volume pulmonaire, ce qui les aide à réduire leur résistance bronchique →
↑ CRF

Rôle du muscle lisse bronchique



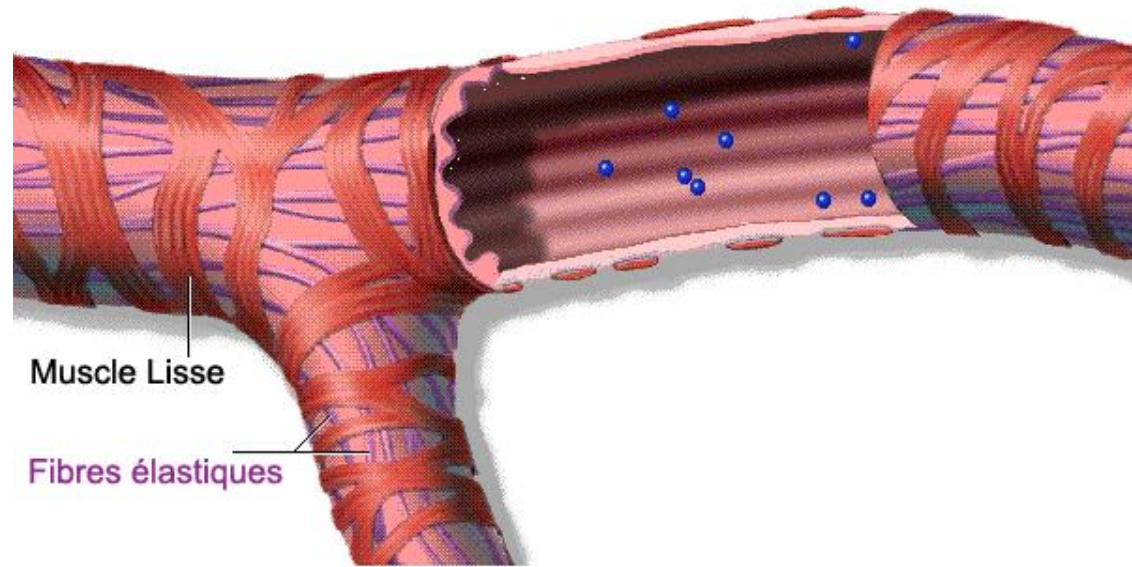
- La contraction du muscle lisse bronchique rétrécit la lumière bronchique et augmente la résistance
- Innervation par le SNA (nerf vague)

Rôle du muscle lisse bronchique



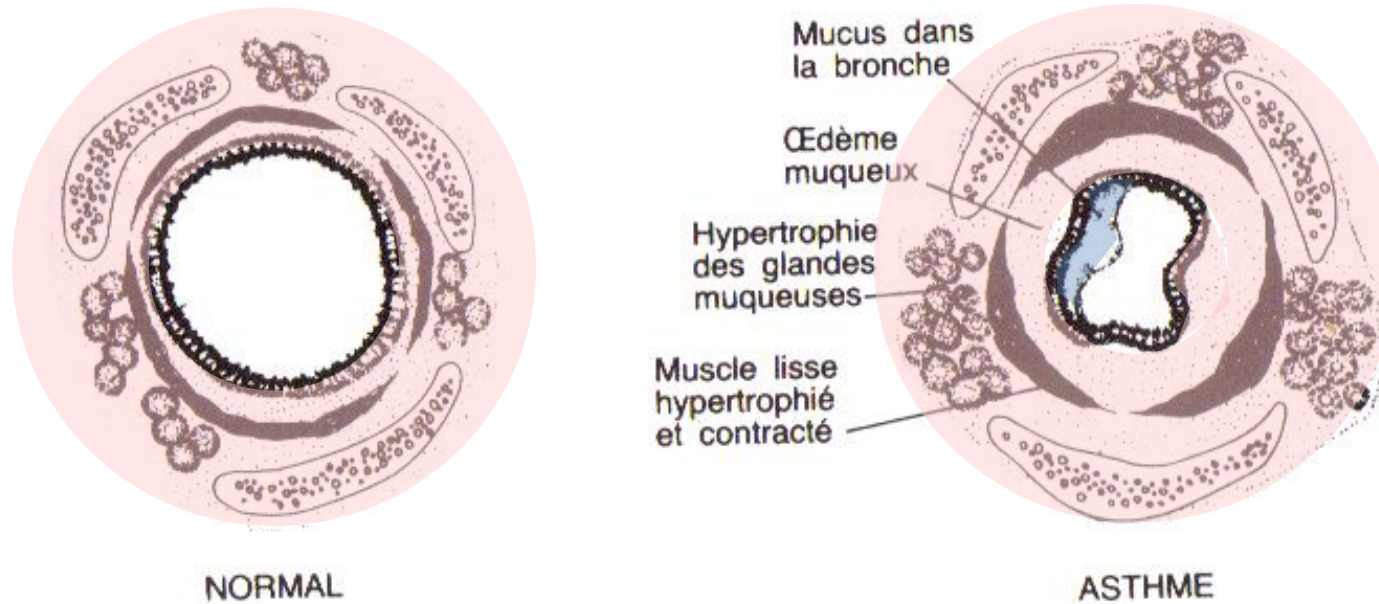
- Constriction en réponse à :
 - Stimulation parasympathique : récepteurs muscariniques : constriction (acétylcholine)
 - Histamine, leukotriènes, Thromboxane A₂, Sérotonine, agonistes α -adrénérgiques, \downarrow PCO₂ dans la lumière des petites bronches

Rôle du muscle lisse bronchique



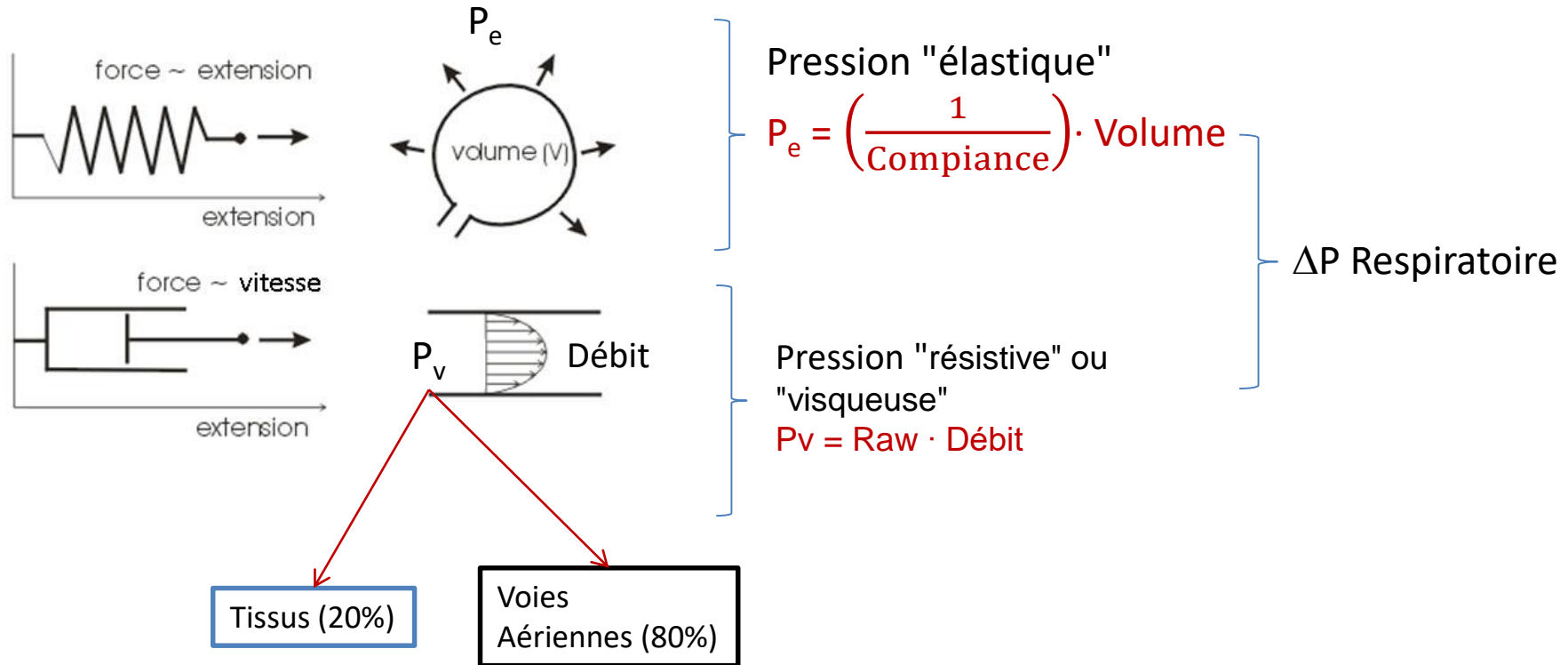
- Dilatation en réponse à :
 - Stimulation récepteurs β_2 (SNS): relaxation – bronchodilatation (adrénaline)
 - Oxyde nitrique : NO produit par l'épithélium bronchique
 - \uparrow PCO₂ dans la lumière des petites bronches
 - \downarrow PO₂ dans la lumière des petites bronches

Exemple de pathologie



- Asthme
 - Constriction et obstruction de la lumière bronchique → $\uparrow R_{aw}$
 - \uparrow réactivité du muscle lisse bronchique aux stimuli constricteurs

En résumé



Mentions légales

L'ensemble de ce document relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle. Tous les droits de reproduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Ce document est interdit 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 Grenoble Alpes (UGA).

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits en Première Année Commune aux Etudes de Santé (PACES) à l'Université Grenoble Alpes, et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.