

*UE3-2 - Physiologie – Physiologie Respiratoire*

Chapitre 6 :

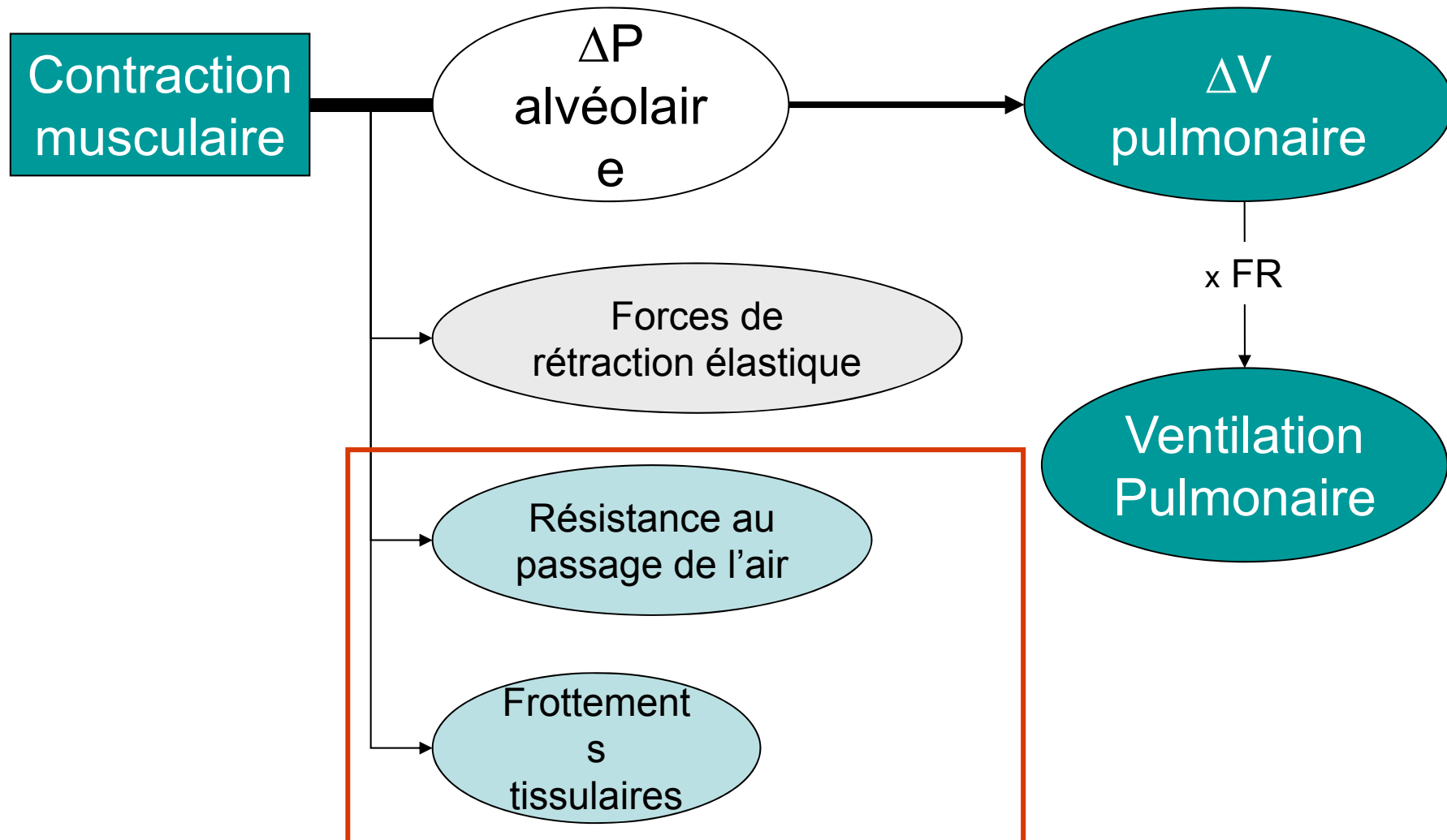
# Ventilation pulmonaire (5) Propriétés résistives de l'appareil respiratoire

Docteur Sandrine LAUNOIS-ROLLINAT

Année universitaire 2011/2012

Université Joseph Fourier de Grenoble - Tous droits réservés.

# Ventilation pulmonaire: propriétés mécaniques



# Propriétés résistives du système respiratoire

- Principes
- Résistances pulmonaires
- Relation débit-volume
  
- Conclusions générales sur l'étape de ventilation pulmonaire

# Propriétés résistives du système respiratoire

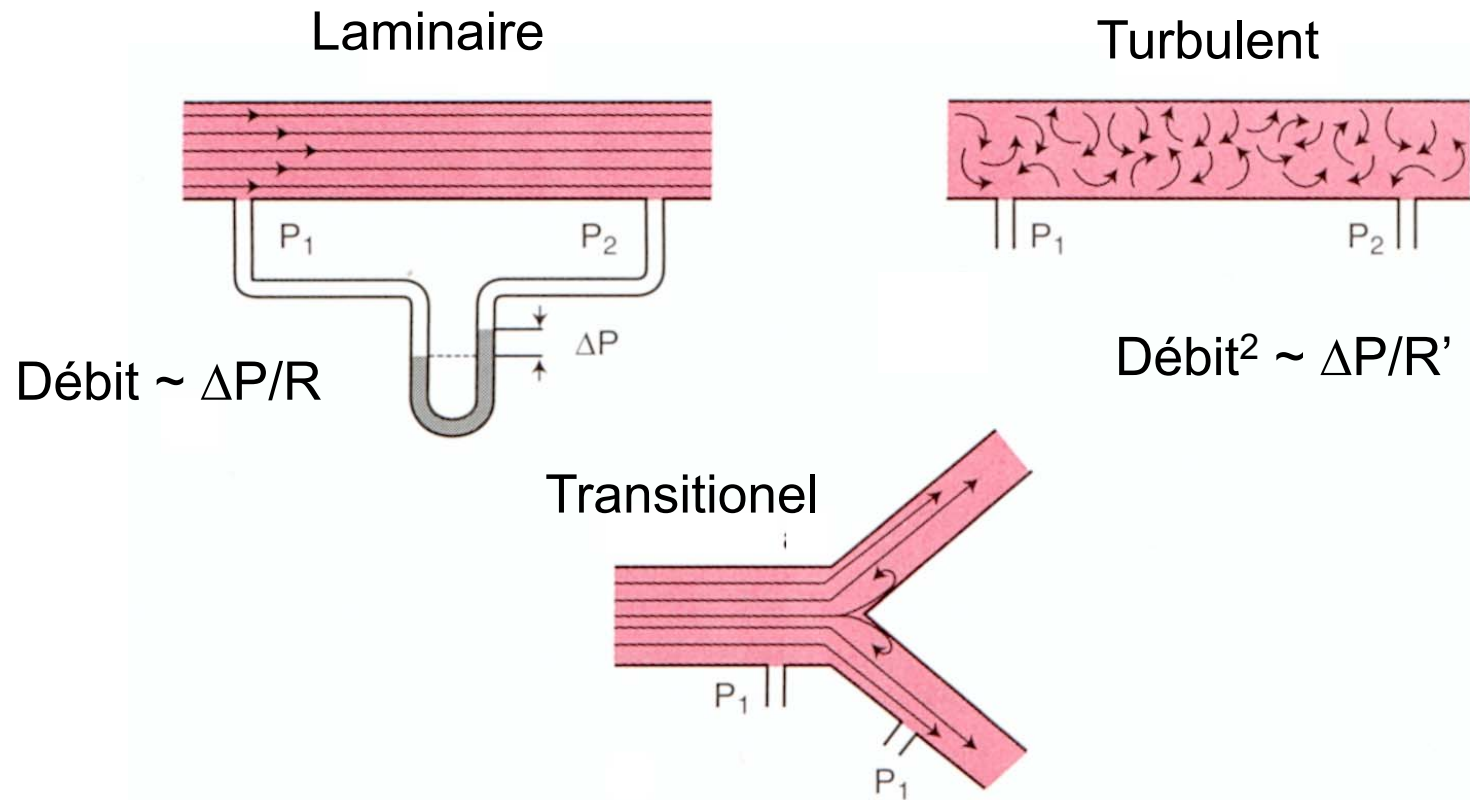
- Ventilation = condition **dynamique**
- L'activité des muscles respiratoires doit
  - vaincre l'élasticité pulmonaire (2/3 au repos)
  - vaincre la **résistance du système respiratoire au passage de l'air** (1/3 au repos)
    - résistances tissulaires ( $\approx 20\%$ ): frottements du tissu pulmonaire
    - résistances des voies aériennes ( $\approx 80\%$ ): résistance à l'écoulement des molécules

# Principes généraux

- Ecoulement d'un fluide dans un système de conduction
  - Pression
    - gradient de pression ( $P_{alv} - P_{atm}$ ) → débit aérien
  - Débit
    - quantité d'air qui circule dans les VA/unité de temps
  - Résistance
    - difficulté à laquelle l'air se heurte pour circuler entre 2 points des VA sous l'action d'une  $\Delta P$  donnée

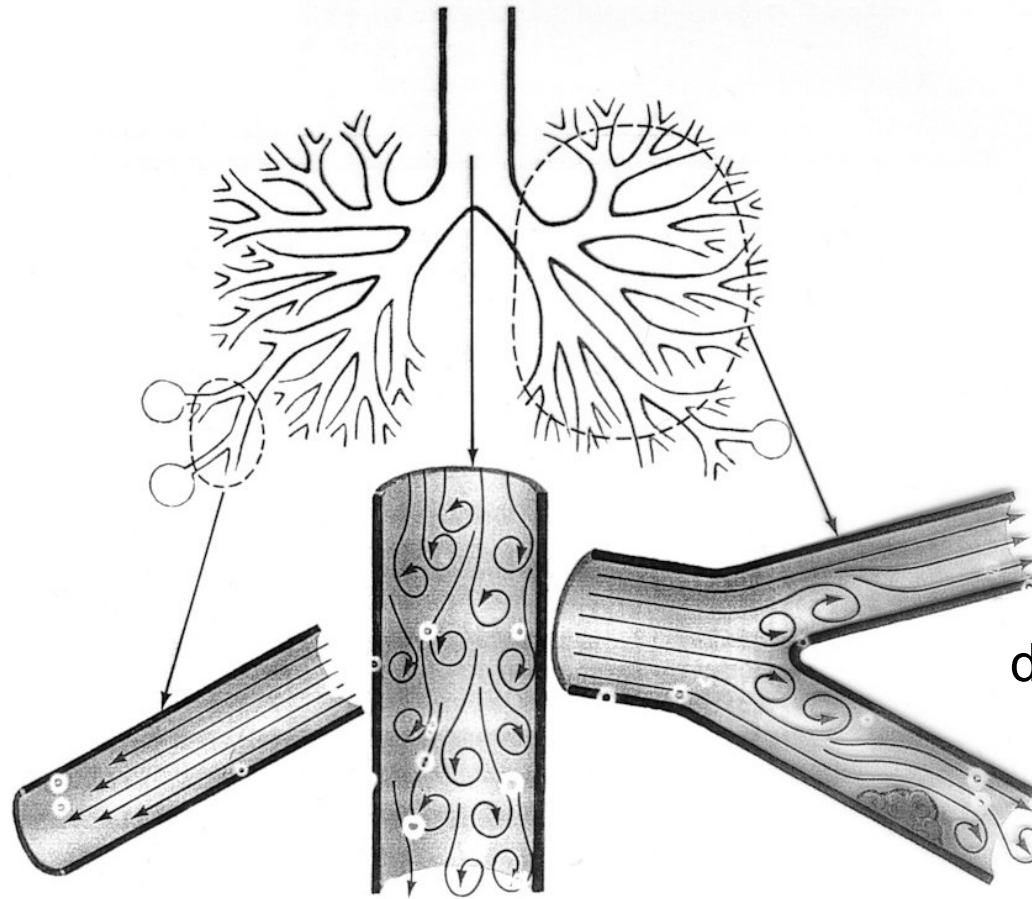
# Principes généraux

- Ecoulement d'un fluide



# Principes généraux

Ecoulement **laminaire** en périphérie (bronchioles terminales)



Ecoulement **transitionnel** dans la majorité de l'arbre bronchique

Ecoulement **turbulent** vrai dans la trachée, surtout à l'exercice

# Principes généraux

## Ecoulement aérien

- Modélisation  
↳ écoulement **transitionnel**

$$\Delta P = R_1 \cdot \dot{V} + R_2 \cdot \dot{V}^2$$

- Détection des modifications pathologiques  
↳ approximation à un écoulement **laminaire**

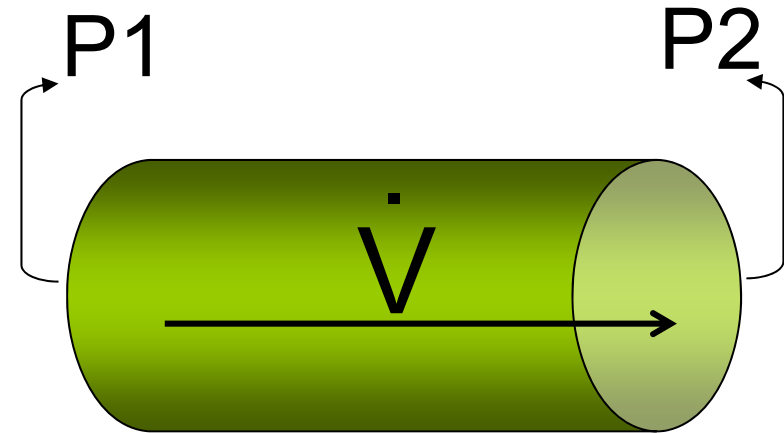
$$\Delta P = R_1 \cdot \dot{V}$$



# Principes généraux

- Fluide

- viscosité  $\eta$
- densité  $\rho$
- conduit de longueur  $l$
- rayon  $r$



- En écoulement laminaire

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

\* Loi de Poiseuille

# Propriétés résistives de l'appareil respiratoire

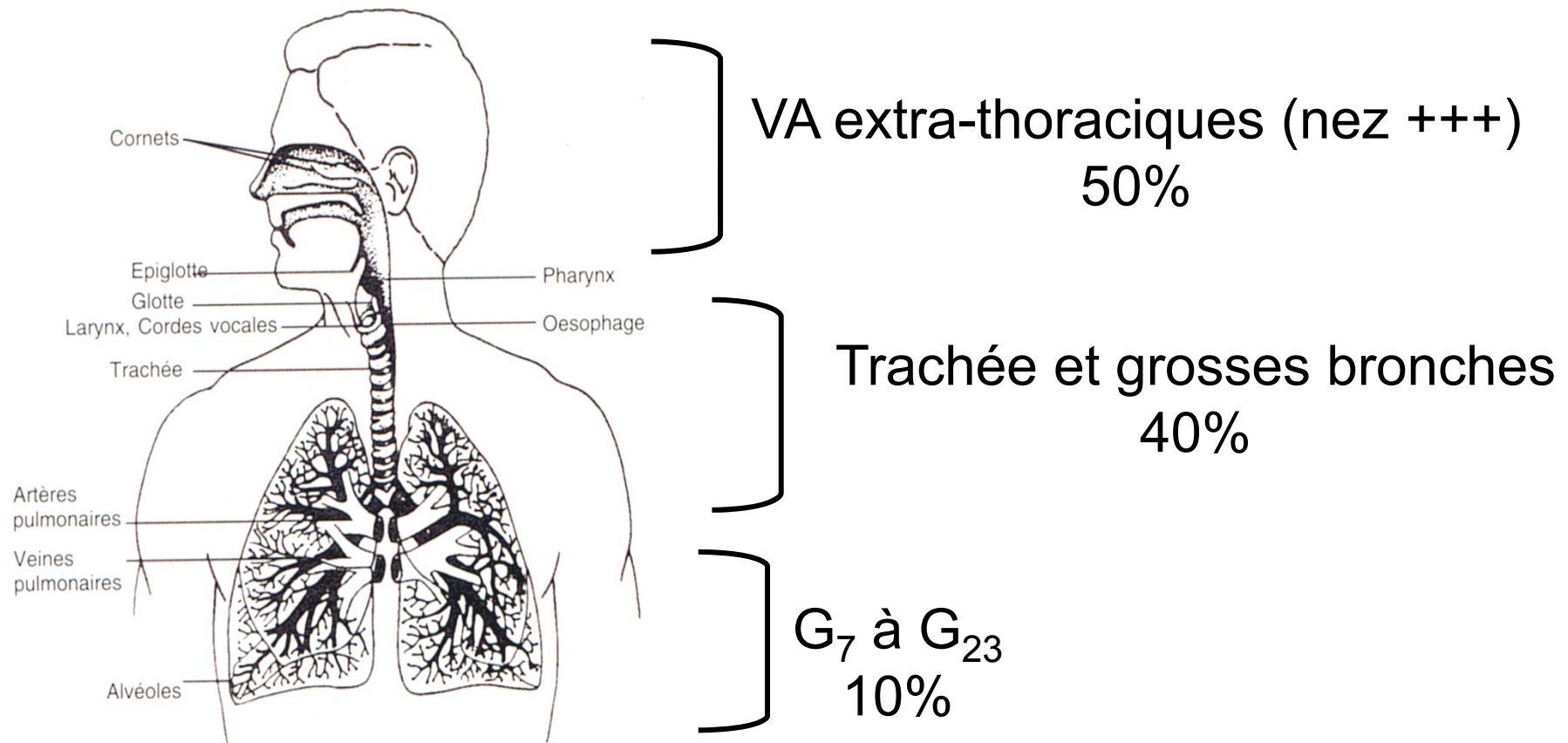
- Principes
- Résistances pulmonaires
- Relation débit-volume
  
- Conclusions générales sur l'étape de ventilation pulmonaire

# Résistances pulmonaires

- Mesure des résistances
  - pulmonaires totales
    - résistance due à l'écoulement de l'air dans les VA + résistances dues au tissu pulmonaire
  - des voies aériennes totales
    - résistance due à l'écoulement de l'air dans les VA
  - des voies aériennes supérieures (= supraglottique)
    - résistance due à l'écoulement de l'air dans les VAS
    - possibilité de mesurer cette R à différents niveaux

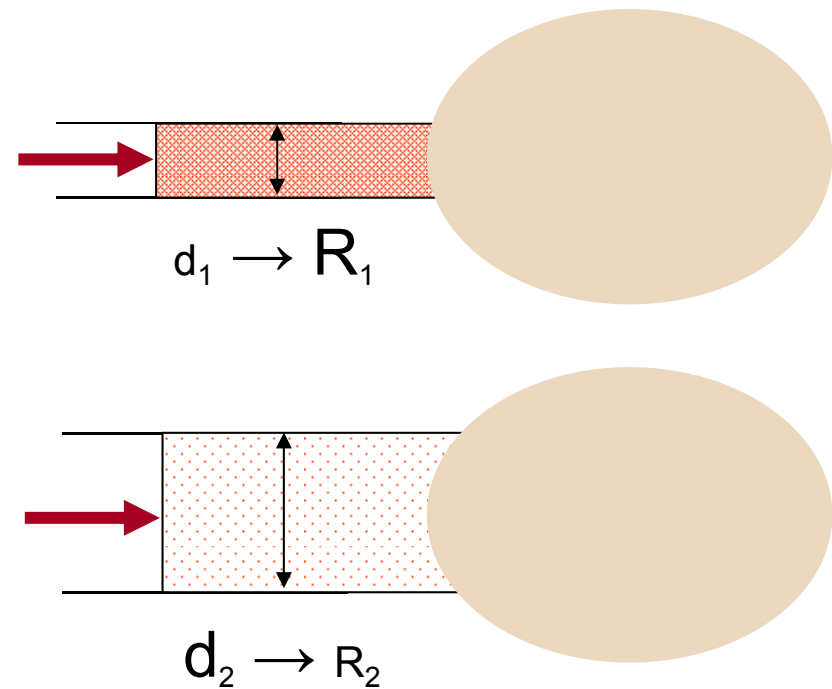
# Résistances pulmonaires

## En respiration nasale

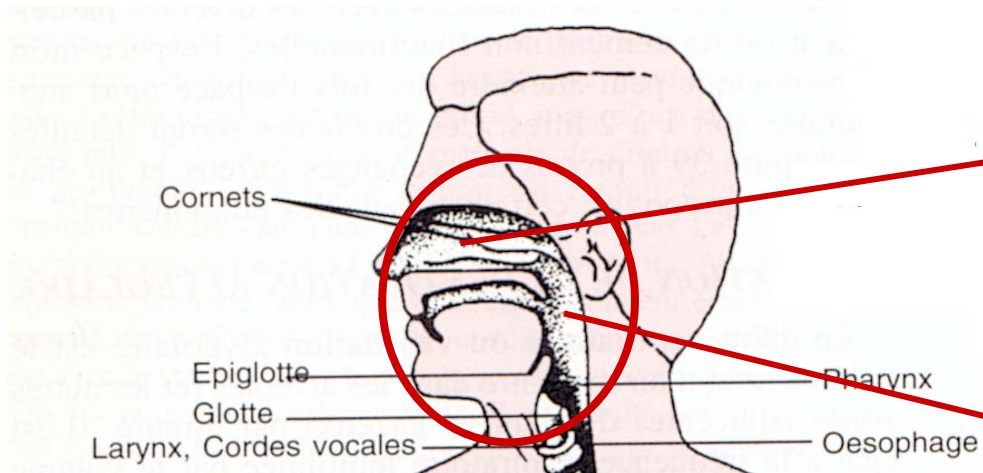


# Résistances pulmonaires

- Résistance (R) au passage de l'air
  - proportionnelle au diamètre (d) des voies aériennes
  - présente à l'inspiration et à l'expiration
  - faible chez le sujet normal

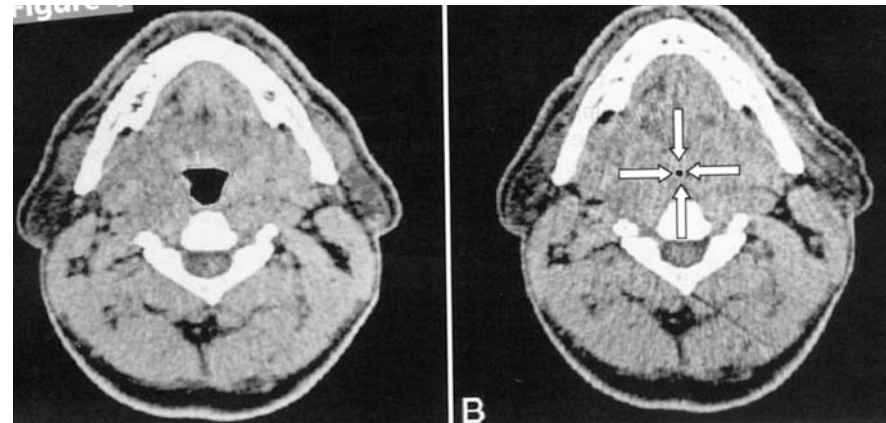


# Résistances pulmonaires



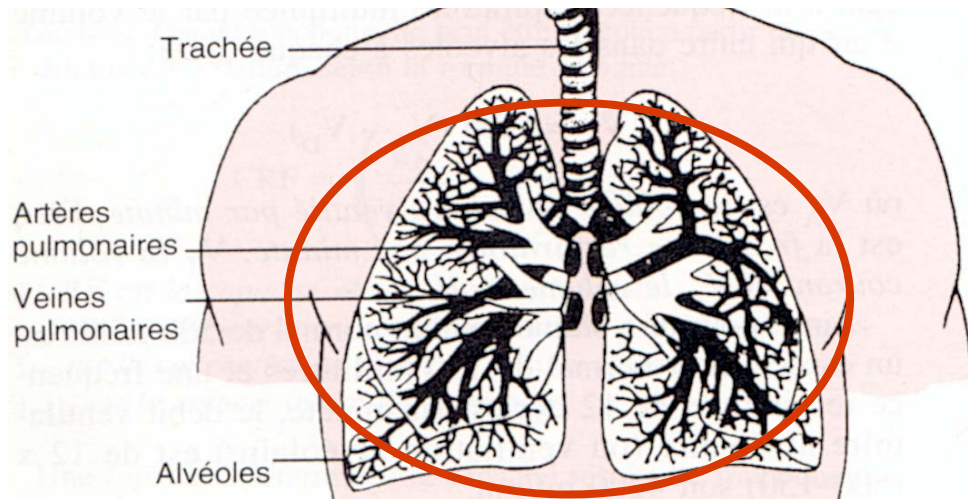
Rhinite allergique

**Voies aériennes supérieures**  
Résistance au passage de l'air à  
**l'inspiration**  
Importance ++ pendant le **sommeil**  
(ronflement, apnées du sommeil)



Rétrécissement pharyngé au cours d'une  
apnée obstructive du sommeil

# Résistances pulmonaires



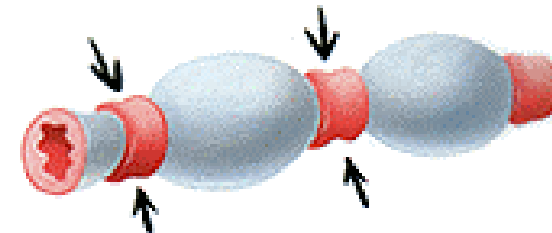
**Voies aériennes inférieures**  
Résistance au passage de l'air à  
l'**expiration**  
Importance ++ dans les troubles  
ventilatoires obstructifs (tabac, asthme)



Bronche normale



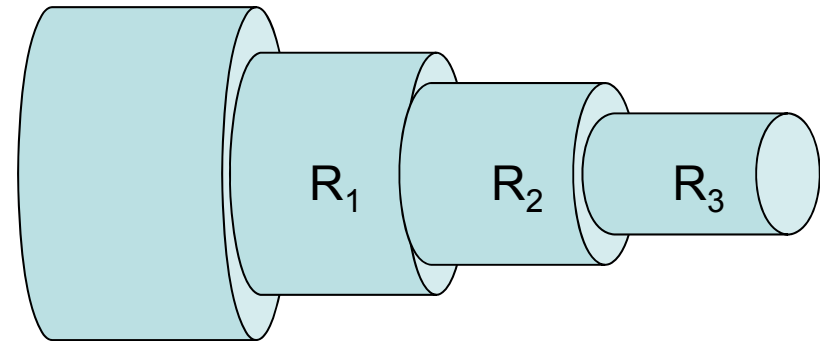
Bronche rétrécie par  
sécrétions et inflammation  
(Bronchite chronique)



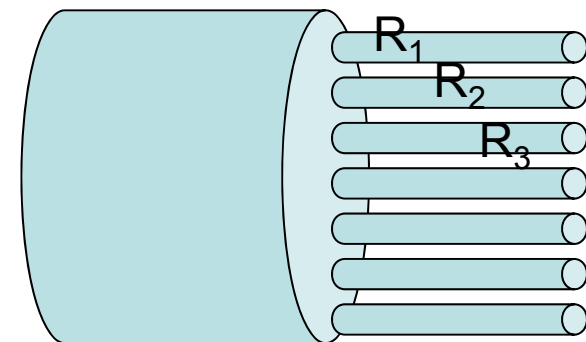
Bronche rétrécie par  
contraction du muscle lisse  
(Crise d'asthme)

# Résistances pulmonaires

- Les voies aériennes dont le diamètre est inférieur à 2 mm ne contribuent que 10% à la  $R_{VA}$ 
  - La diminution du calibre est compensée par
    - l'augmentation ++ de la surface de section totale
    - le faible débit aérien
  - On estime que les résistances sont en parallèle et non plus en série:  $1/R_{tot} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots$



Résistance en série



Résistance en parallèle



# Propriétés résistives de l'appareil respiratoire

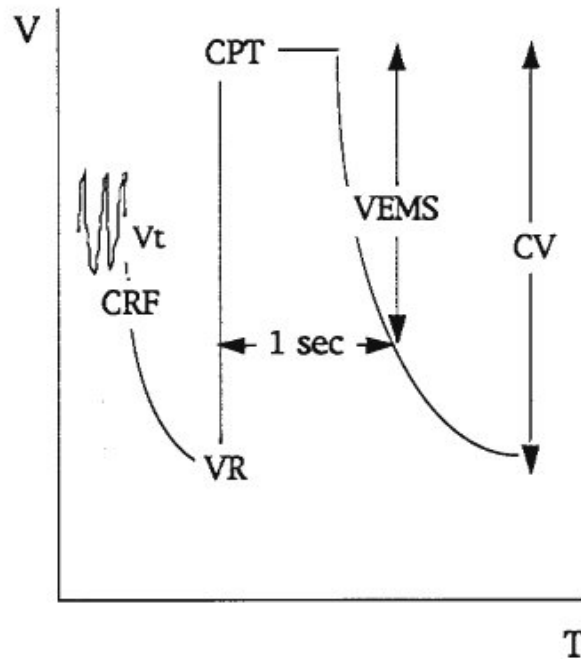
- Principes
- Résistances pulmonaires
- Relation débit-volume
- Conclusions générales sur l'étape de ventilation pulmonaire

# Relation débit/volume

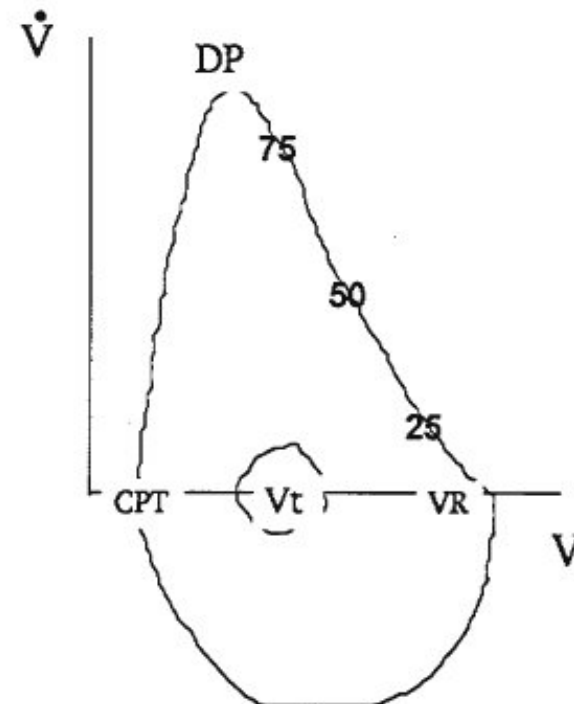
- De nombreuses affections retentissent sur la **résistance** des VA
- Si les  $\Delta P$  sont constantes,  $R_{VA}$  et  $\Delta \dot{V}$  sont inversement proportionnelles
- En routine, on mesure plus facilement le débit que les résistances
- Analyse de la courbe débit-volume  $\rightarrow$  mesure **indirecte** de la résistance

# Relation débit/volume

- Courbes débit-volume = variations de débits à différents volumes pulmonaires pendant l'inspiration et l'expiration



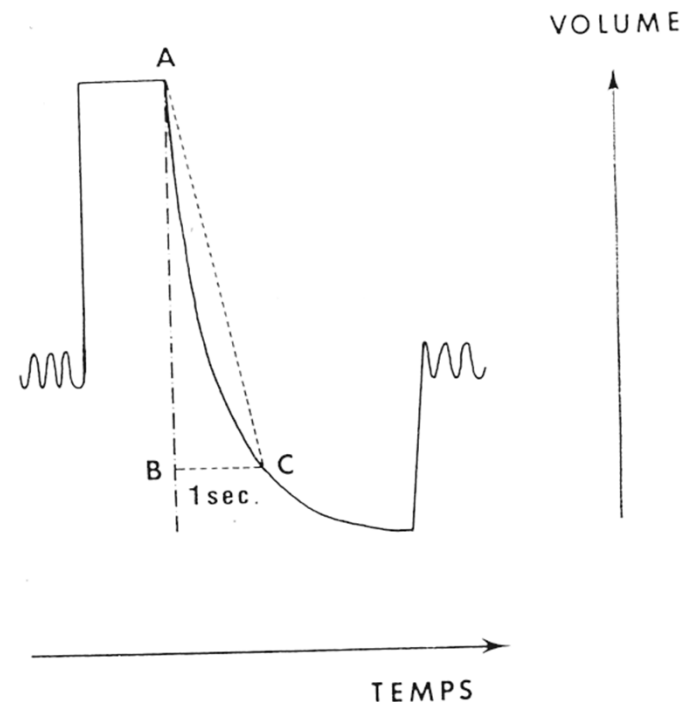
Courbe d'expiration forcée spirométrique



Courbe débit-volume pneumotachographique

# Relation débit/volume

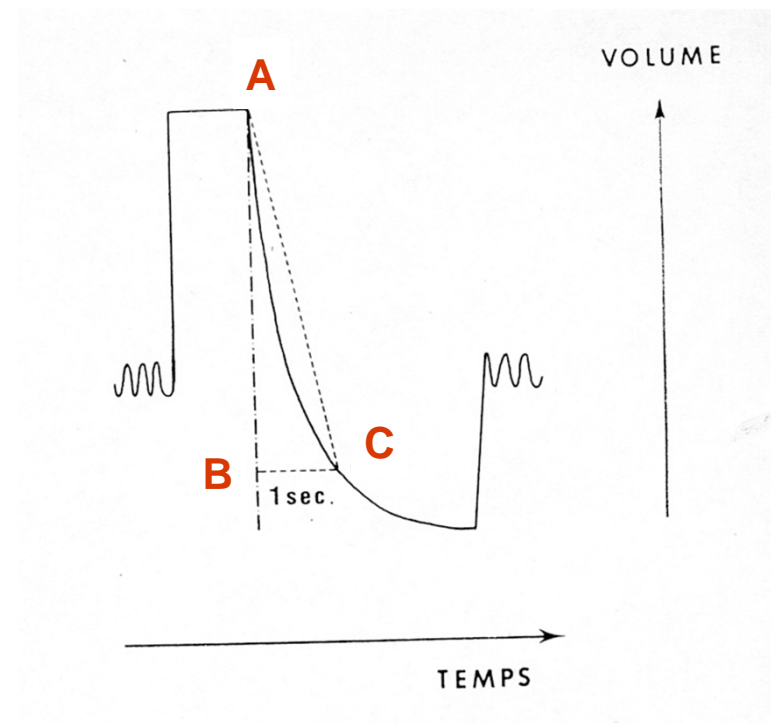
- Courbe d'expiration forcée spiromographique
  - Sujet connecté à un spiromètre, respiration buccale
  - Manœuvre inspiratoire maximale, pause
  - Expiration maximale = «**expiration forcée**», capacité vitale forcée



# Relation débit/volume

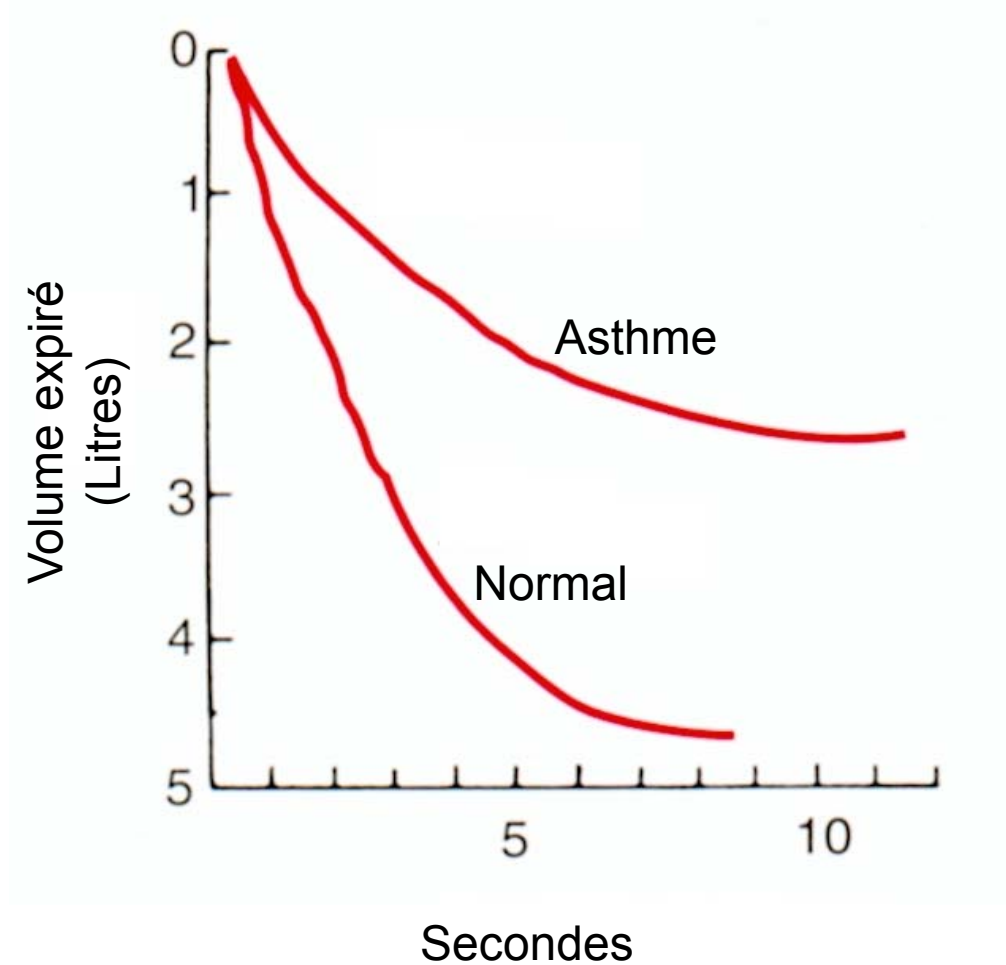
- Analyse: le VEMS
  - Volume Expiratoire Maximal Seconde = volume expiré dans la première seconde d'une manœuvre d'expiration forcée
  - VEMS dépend du volume pulmonaire, de l'âge, etc → normalisé par rapport à des valeurs théoriques
  - Normalisation du VEMS par rapport à la CV:  $VEMS/CV = 75-80\%$  (Rapport de Tiffeneau)

$$VEMS = A - B/sec$$



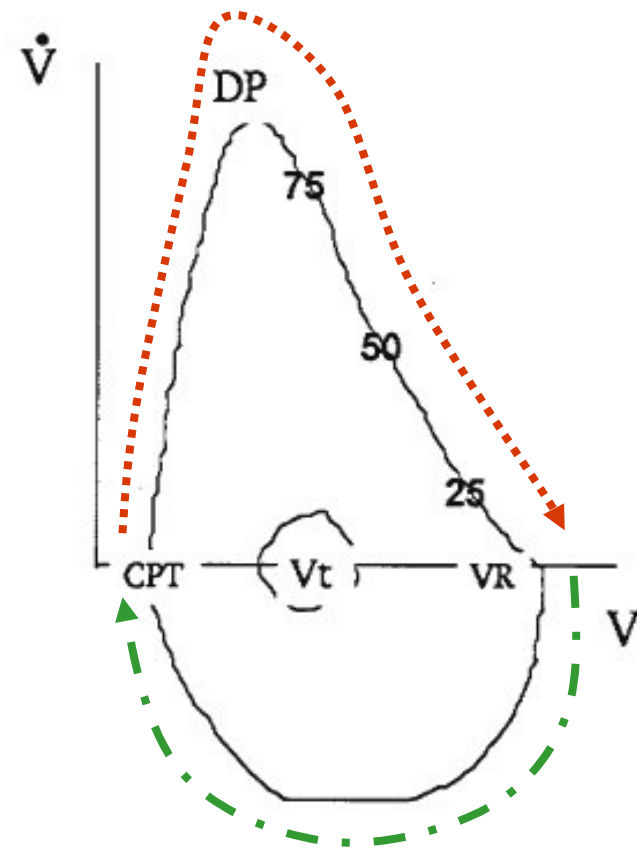
# Relation débit/volume

Courbe d'expiration forcée spiromographique



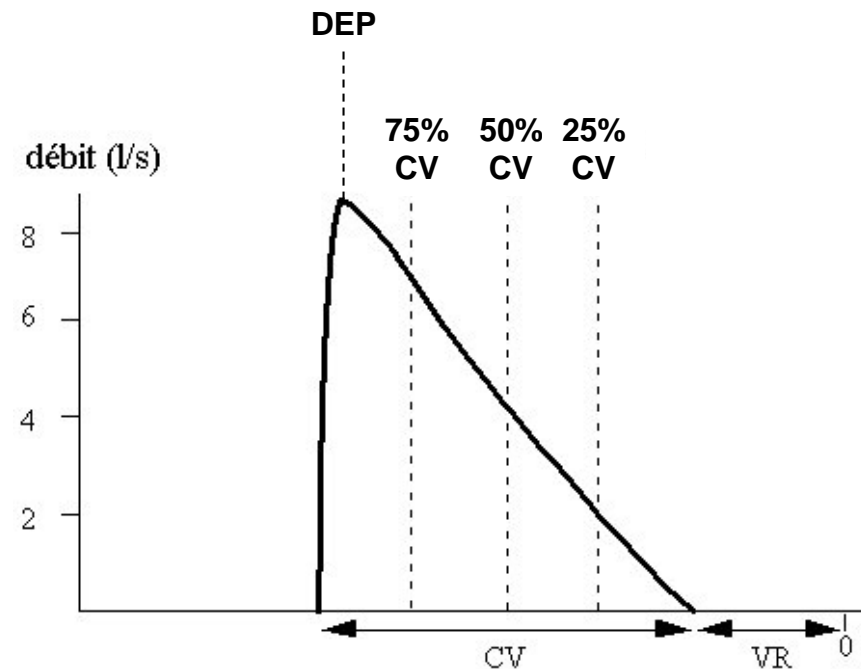
# Relation débit/volume

- Courbe débit-volume pneumotachographique
  - Sujet à un pneumotachographe, respiration buccale
  - Manœuvre **inspiratoire** maximale puis **expiration forcée**
  - Mesure du débit **expiratoire** instantané à un volume pulmonaire donné



# Relation débit/volume

- Débit expiratoire de pointe (DEP, peak flow):
  - "effort dépendant"
  - se mesure facilement
- Débits instantanés en fonction du volume pulmonaire
  - Débit de pointe et à 75% de la CV → état des grosses VA
  - Débits à 50 et 25% de la CV → état des petites bronches

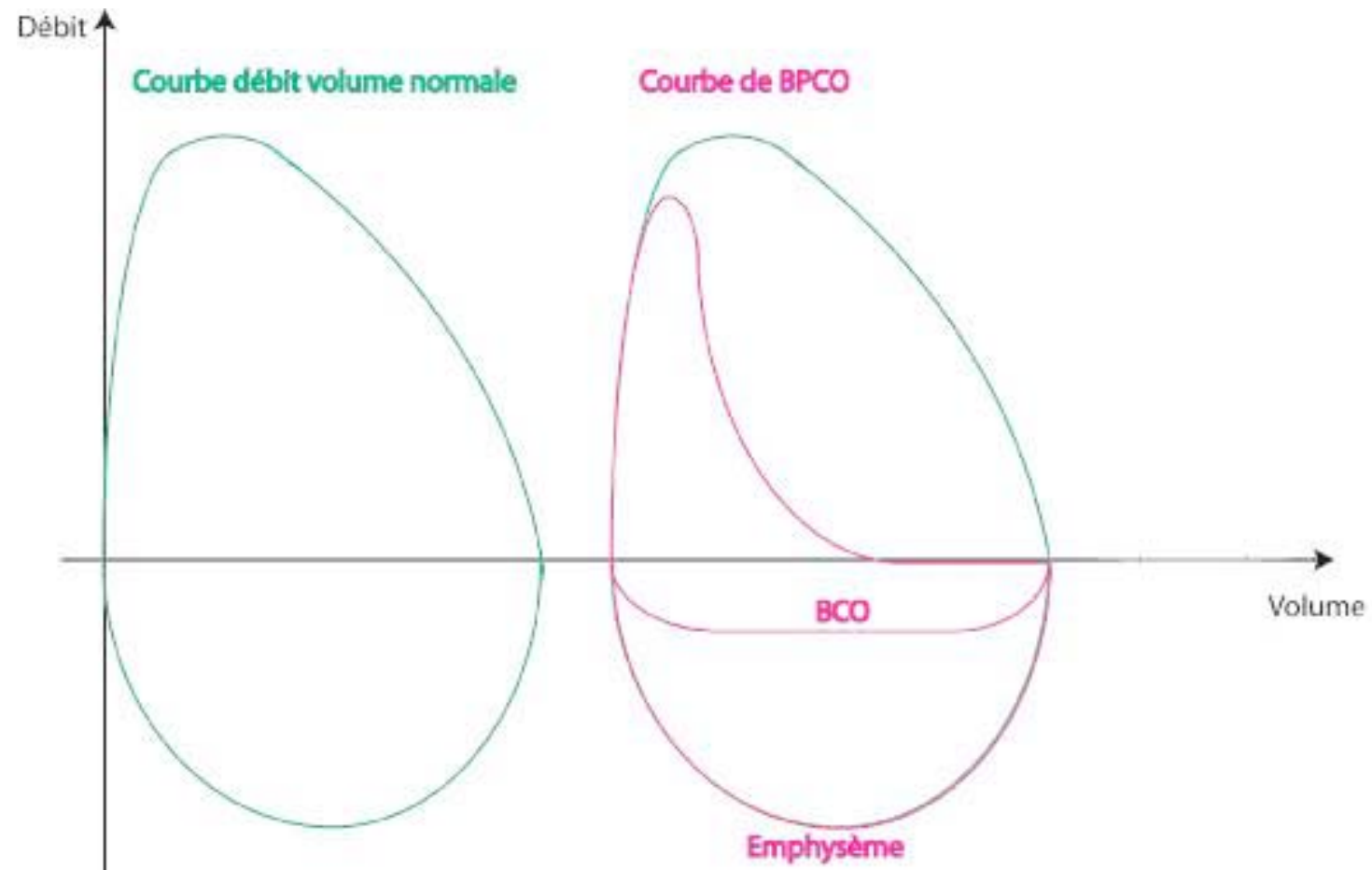


Débitmètre de pointe



# Relation débit/volume

- Courbes débit volume

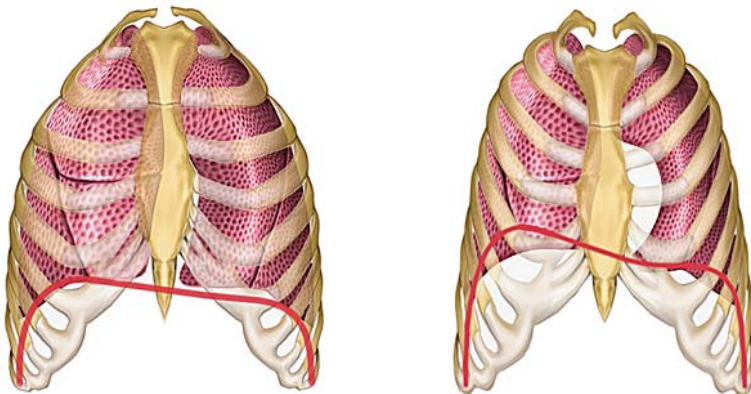


# Propriétés résistives de l'appareil respiratoire

- Principes
- Résistances pulmonaires
- Relation débit-volume
  
- Conclusions générales sur l'étape de ventilation pulmonaire

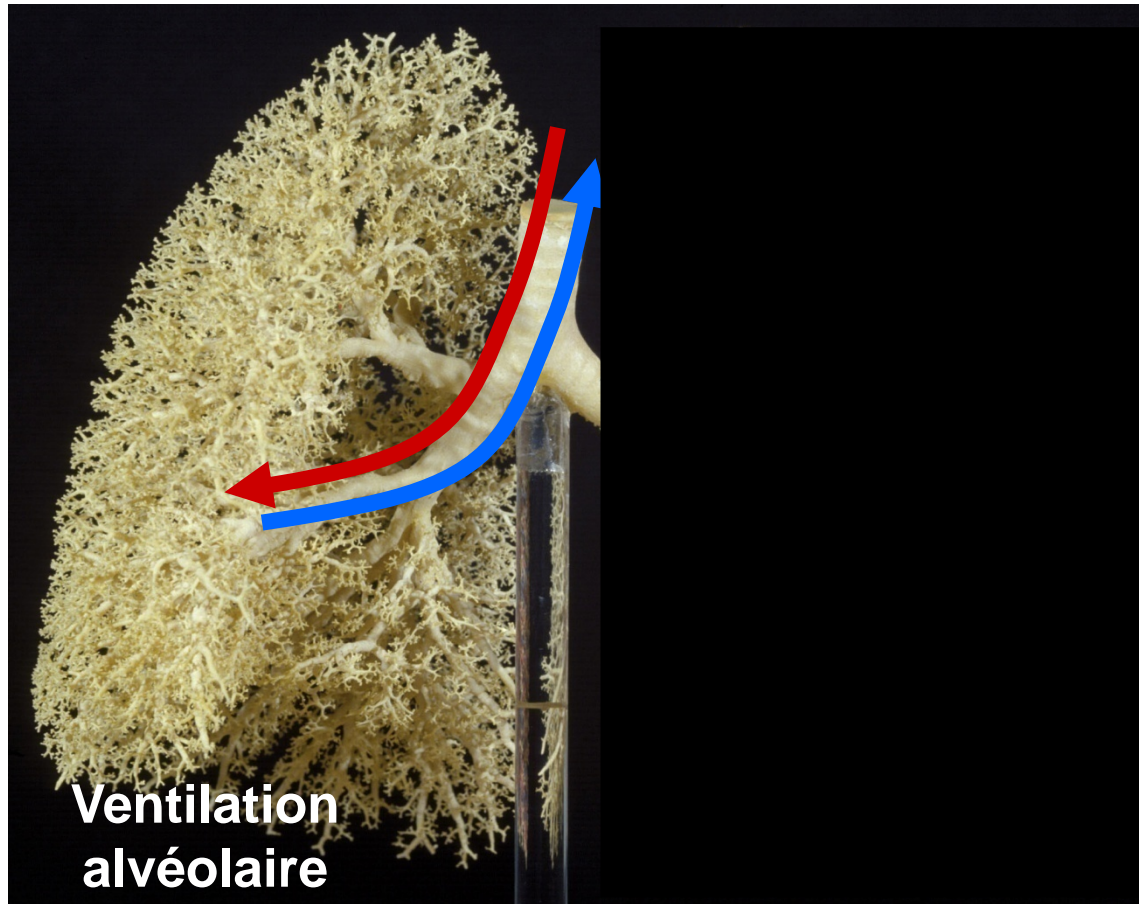
# Ventilation pulmonaire : conclusions

- Ventilation pulmonaire
  - Étape de la respiration la plus facilement modifiable pour adapter les échanges gazeux aux besoins
  - Modifications de la fréquence et de l'amplitude des mouvements respiratoires
  - Possibilité de palier à une défaillance par une ventilation mécanique



# Ventilation pulmonaire : conclusions

Moulage de  
l'arbre bronchique



Moulage des  
vaisseaux  
pulmonaires

# 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.