

BRONCHOMOTRICITE

18.02.2008

PLAN

- **Notions de mécanique bronchique et exploration**
- **Mécanismes**
- **Fonctions**

Systeme mécanique ventilatoire

- **Systeme passif:**
 - Systeme élastique (poumon, paroi)
 - Systeme résistif (voies de conduction: passage des gaz par dissipation d'une énergie de type résistif)
- **Systeme actif: muscles**

L'arbre aérien: voies aériennes de conduction

1. Voies aériennes supérieures

- Nez
- Pharynx
- Larynx

3. Voies aériennes inférieures

- Morphologie
- Relation pression-débit, résistance
- Caractéristiques mécaniques des voies bronchiques
- Expiration forcée et relation volume-débit

Voies aériennes supérieures

1. Nez

- Réchauffement et humidification (S 150 cm², V 20cm³)
- Résistance: 50% de l'ensemble des résistances respiratoires

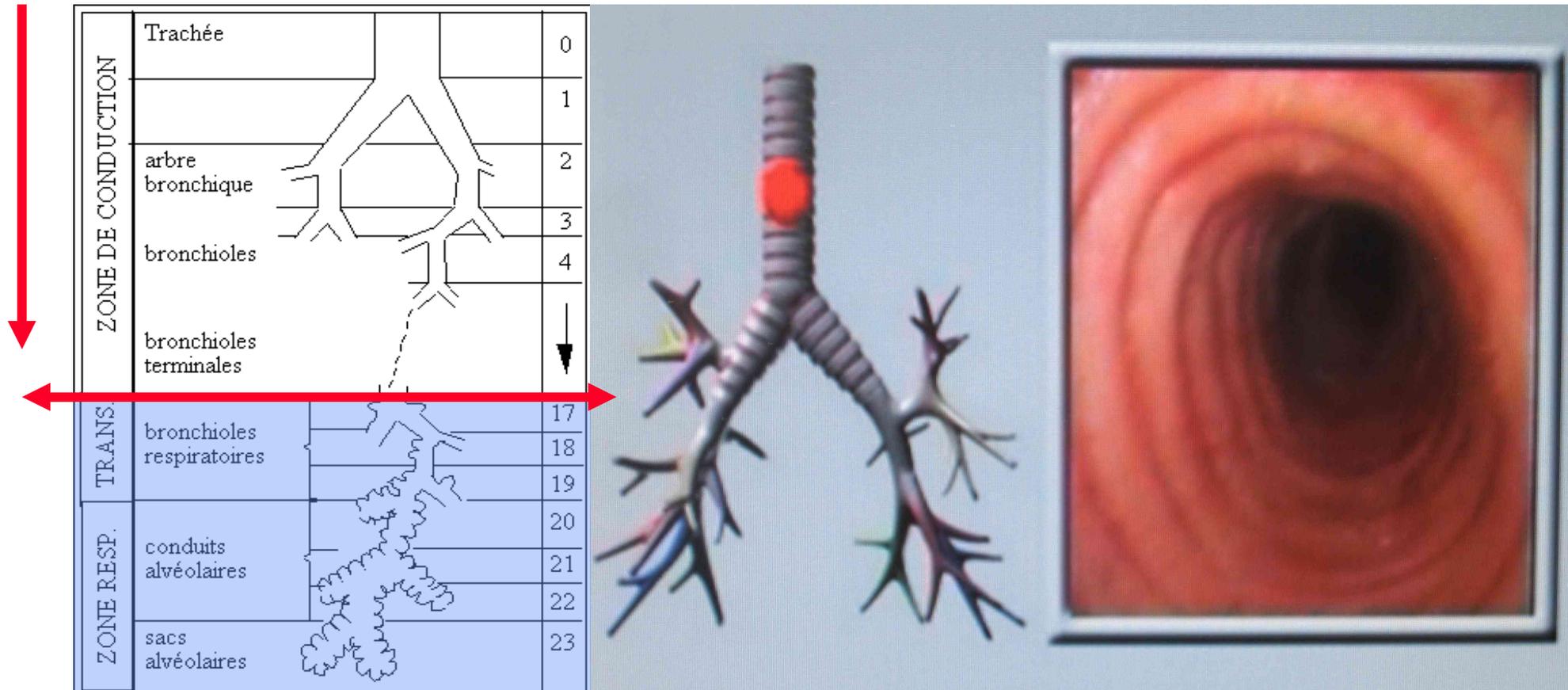
3. Pharynx

- Risque de collapsus → APNEE
- Grande compliance mais action des muscles pharyngés

4. Larynx

- Cordes vocales: obstacle écoulement gazeux et muscle de la phonation
- Arrimage de la trachée (cricoïde: anneau complet)

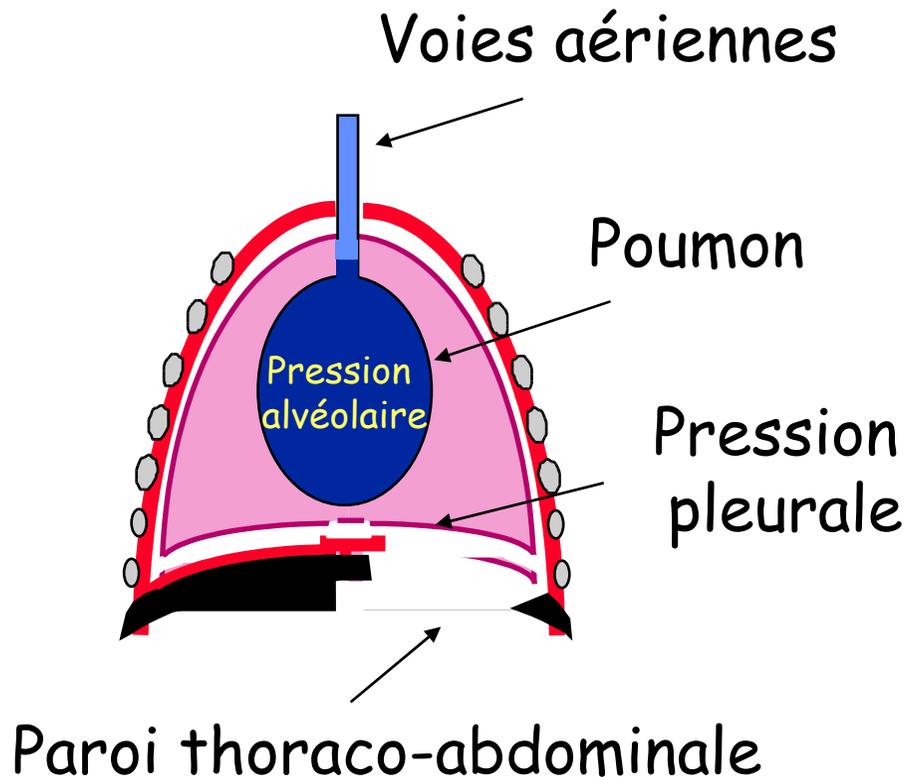
Les voies aériennes de conduction



Les résistances bronchiques

Systeme mécanique ventilatoire passif

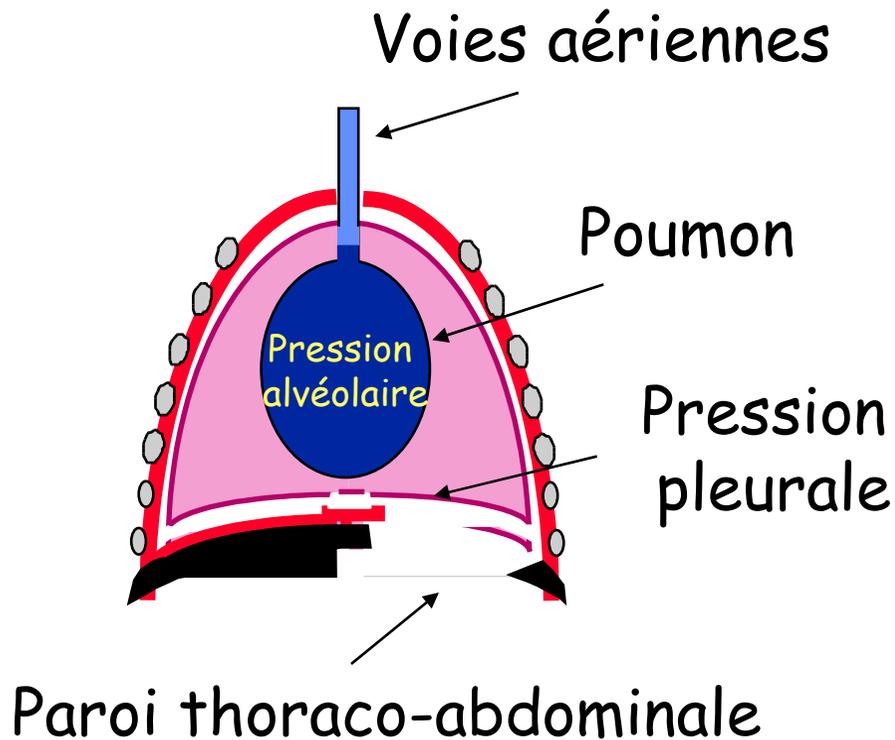
arbre bronchique = résistance à l'écoult des gaz



Résistance
Débit

Elastance
Volume

Systeme mécanique ventilatoire



$$\Delta P = R \cdot \dot{V} = 1/G \cdot \dot{V}$$

résistance - conductance

$$\Delta P = E \cdot V = 1/C \cdot V$$

élastance - compliance

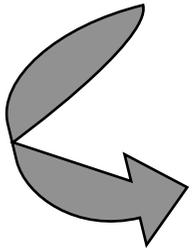
Résistance

P_1
cmH₂O

Débit gazeux (ml/s)



P_2
cmH₂O



$$R = (P_1 - P_2) / \text{débit}$$

Résistance des voies aériennes

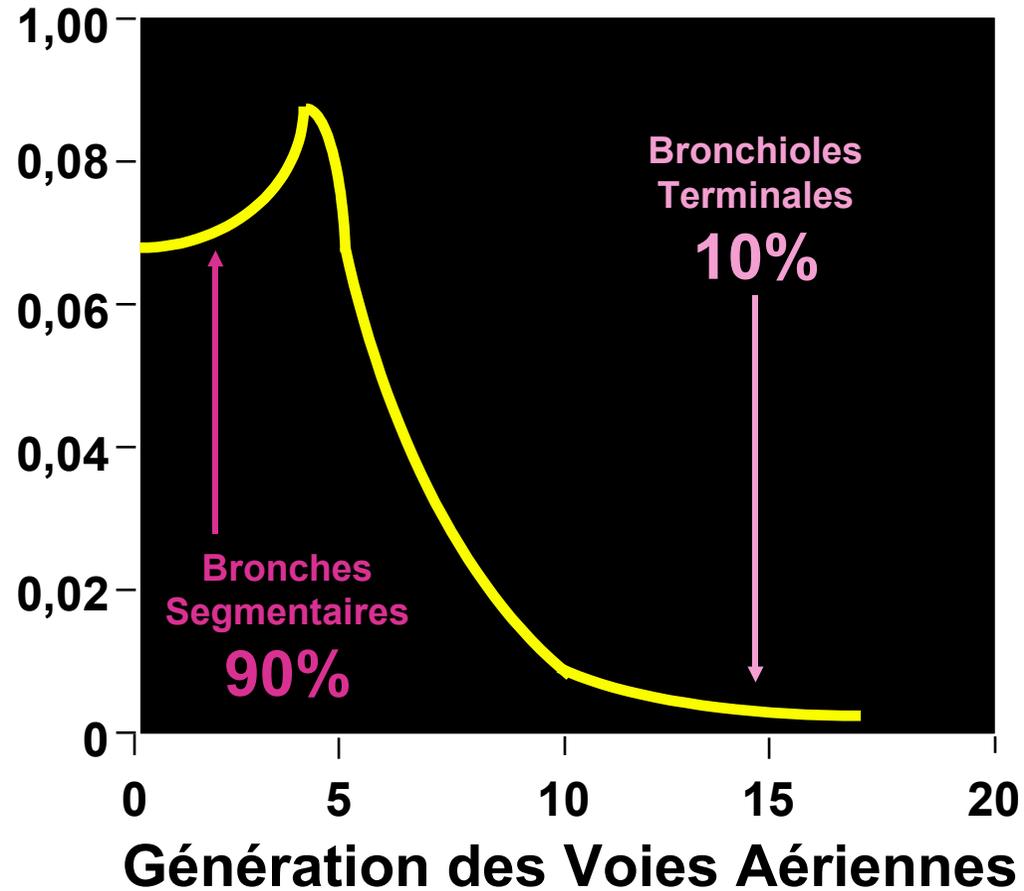
- Rapport

$$\frac{\text{Perte de charge} = \text{différence de pression}}{\text{débit}}$$

- liée à :

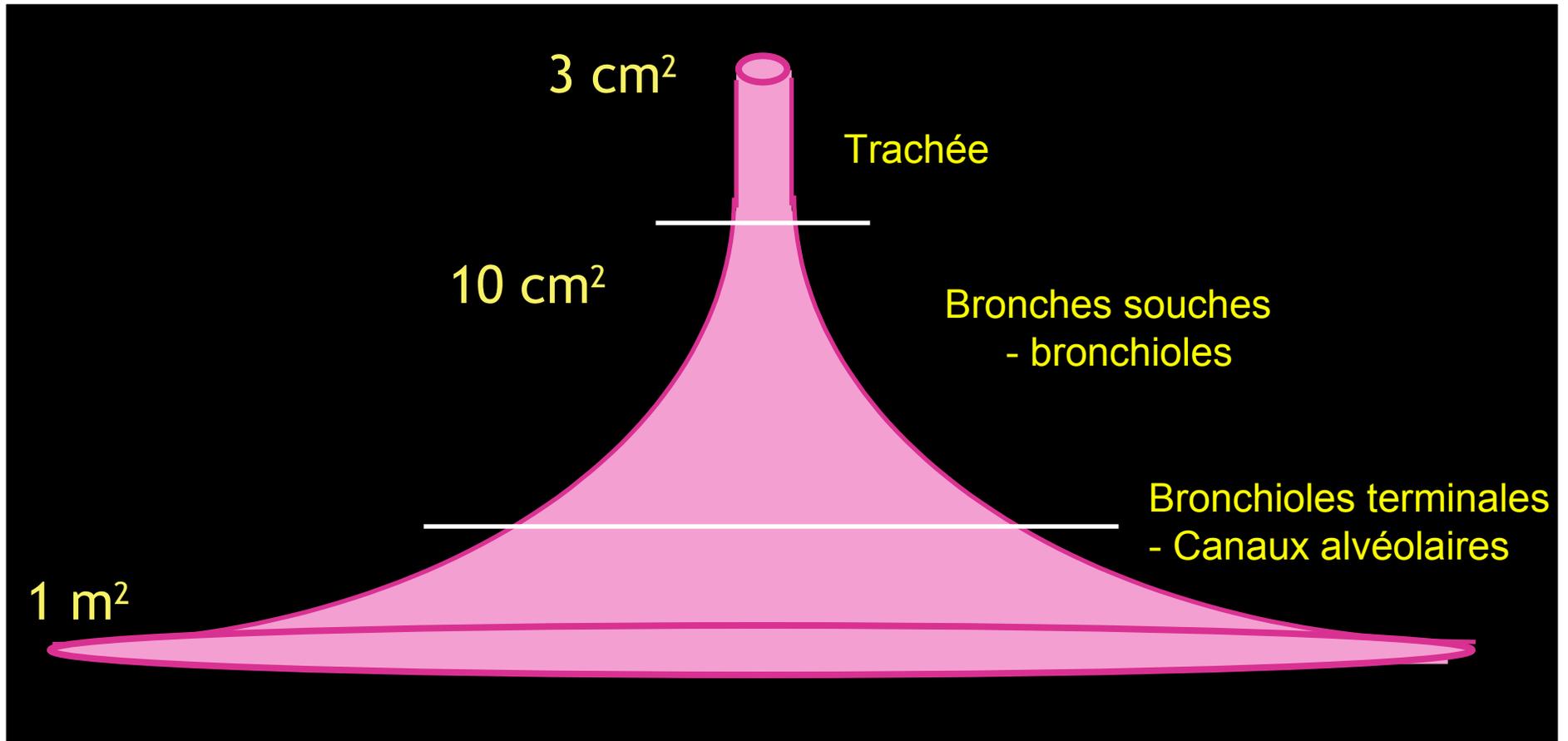
- ✓ Géométrie
(section totale des voies aériennes)
- ✓ Conditions d'écoulement
(turbulent ou laminaire)

Résistance (cm H₂O/L/sec)

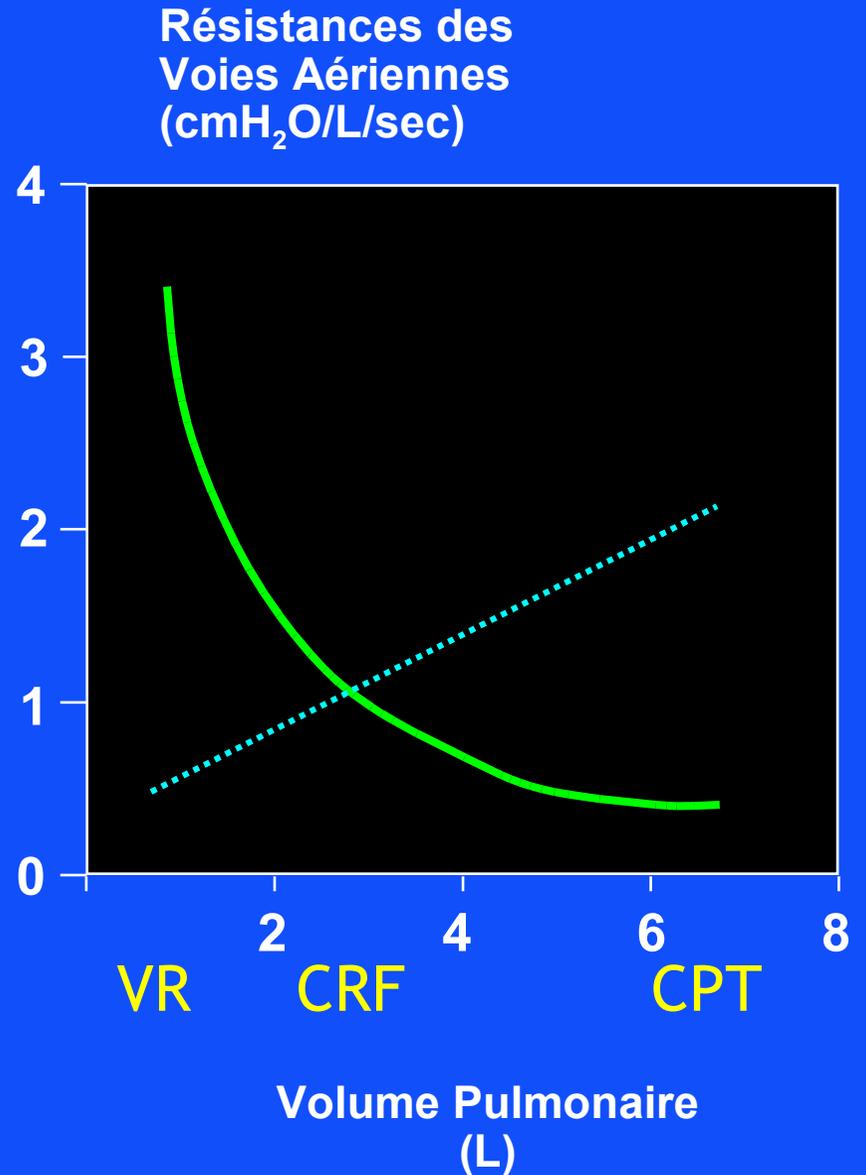
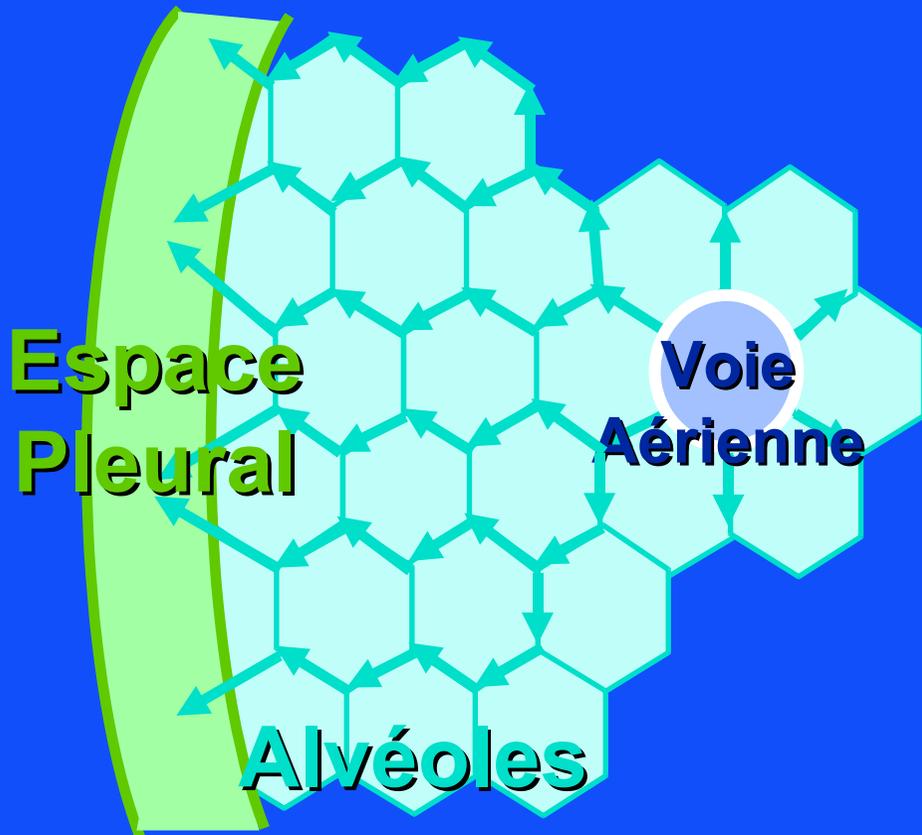


$$\dot{V} = P/R = (P_A - P_{\text{bouche}})/R$$

Surface de section des voies aériennes

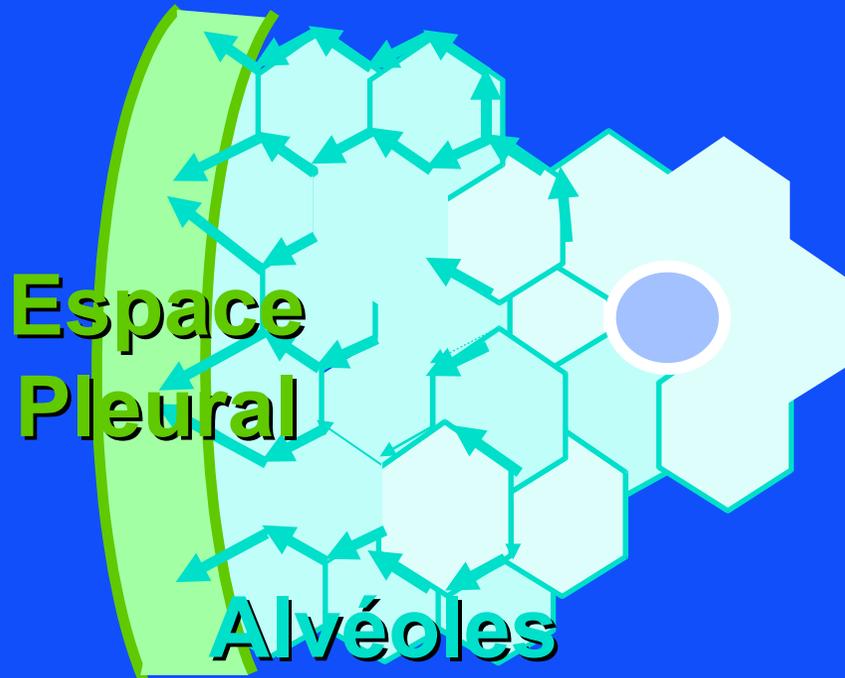


Modifications passives des résistances des voies aériennes

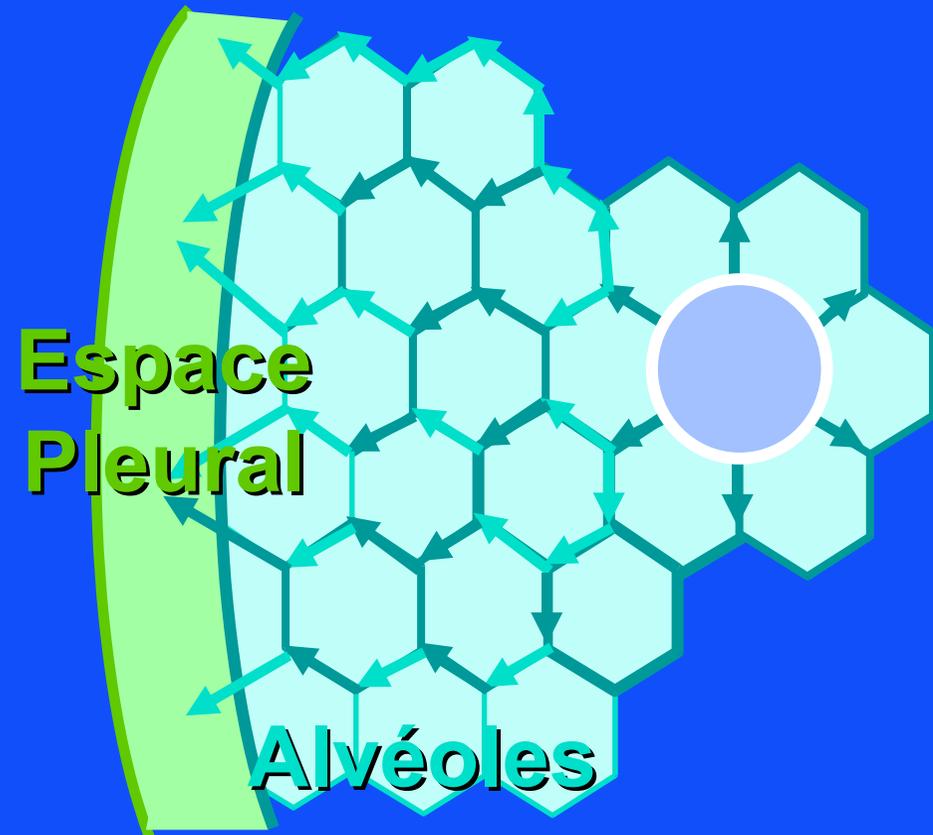


Modifications passives des résistances des voies aériennes

emphysème

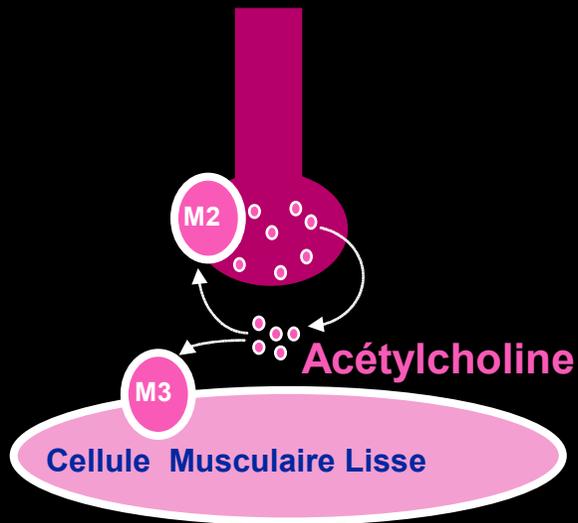


fibrose



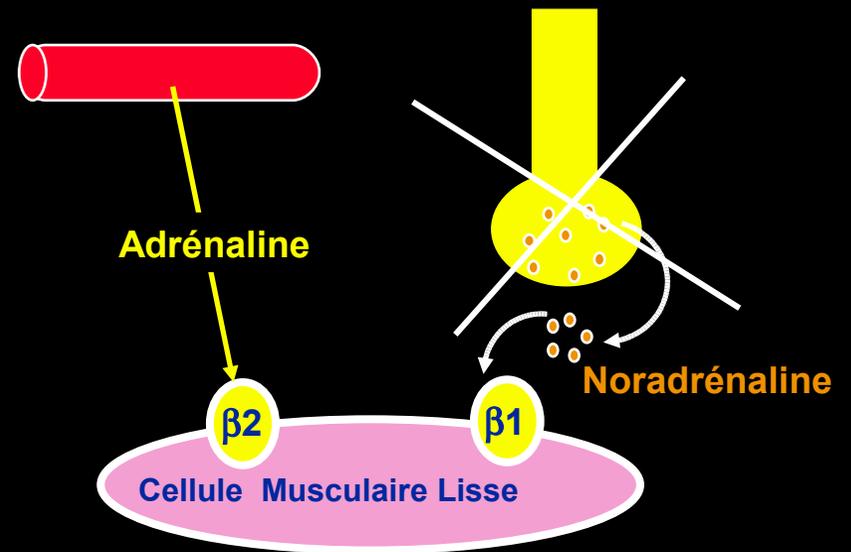
Modifications actives des résistances des voies aériennes

Récepteurs Muscariniques



Bronchoconstriction

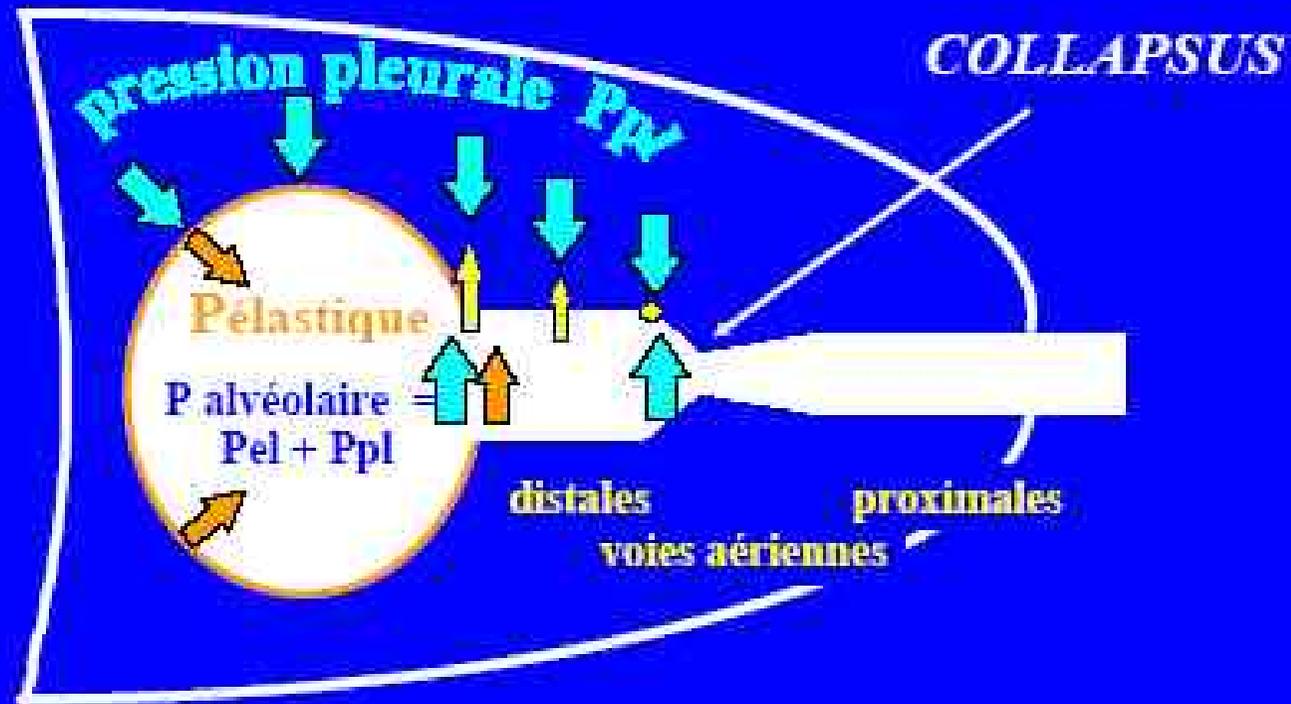
Récepteurs Adrénergiques



Bronchodilatation

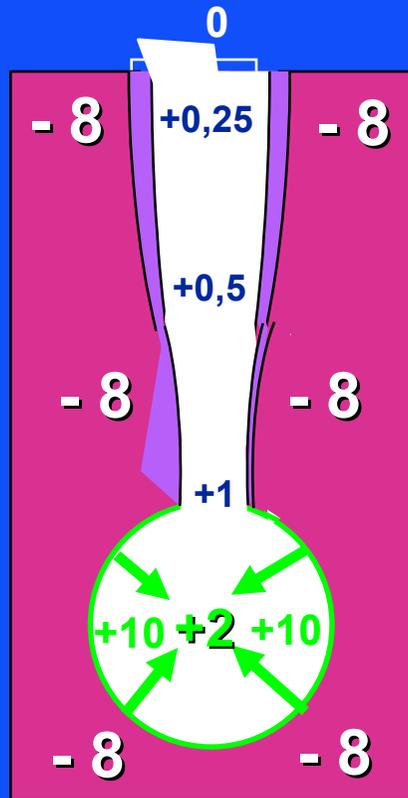
Compression dynamique des bronches

Limitation de débit lors de l'expiration forcée

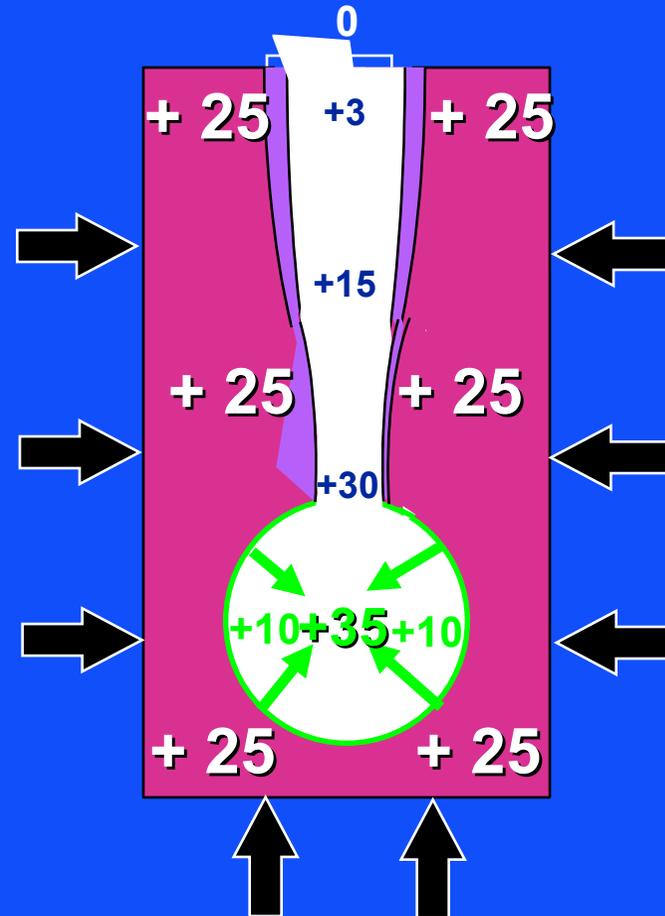


La compression dynamique des bronches

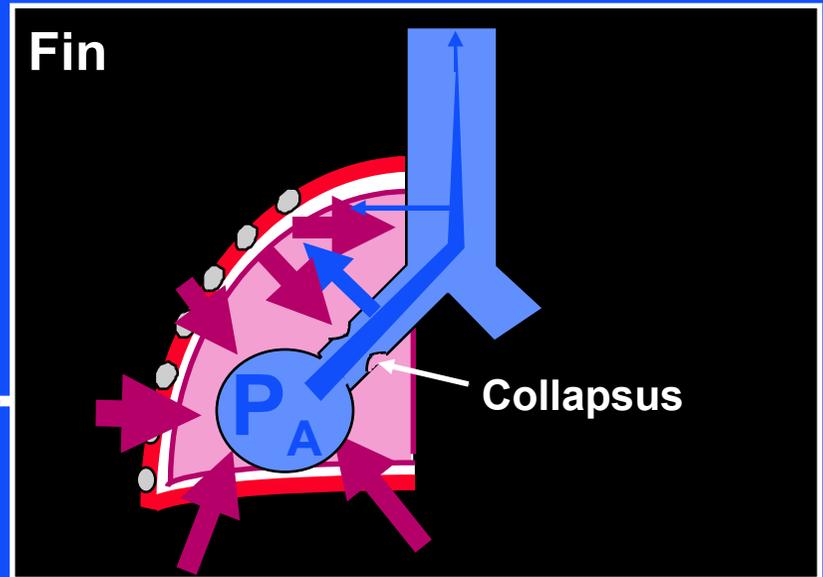
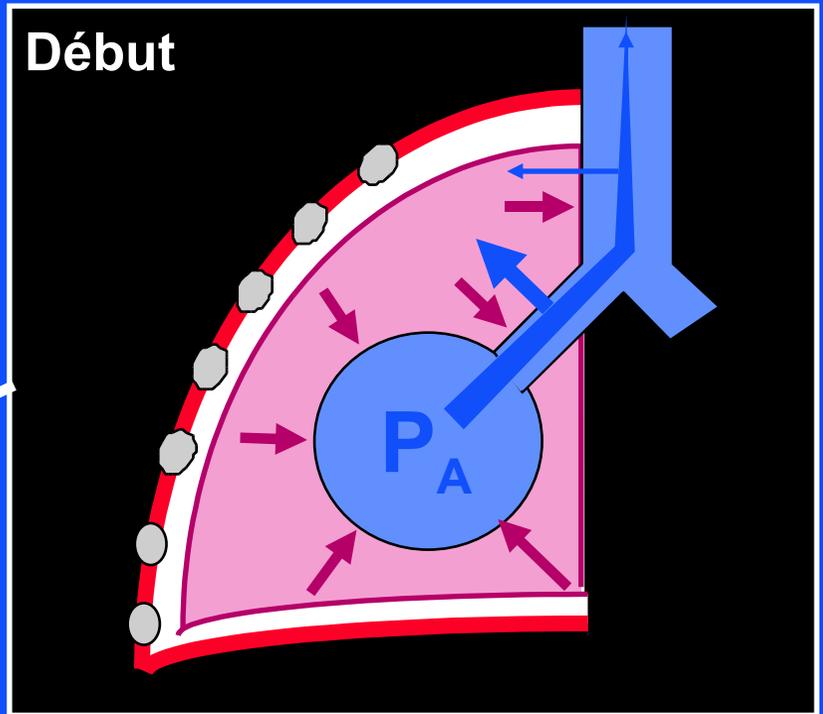
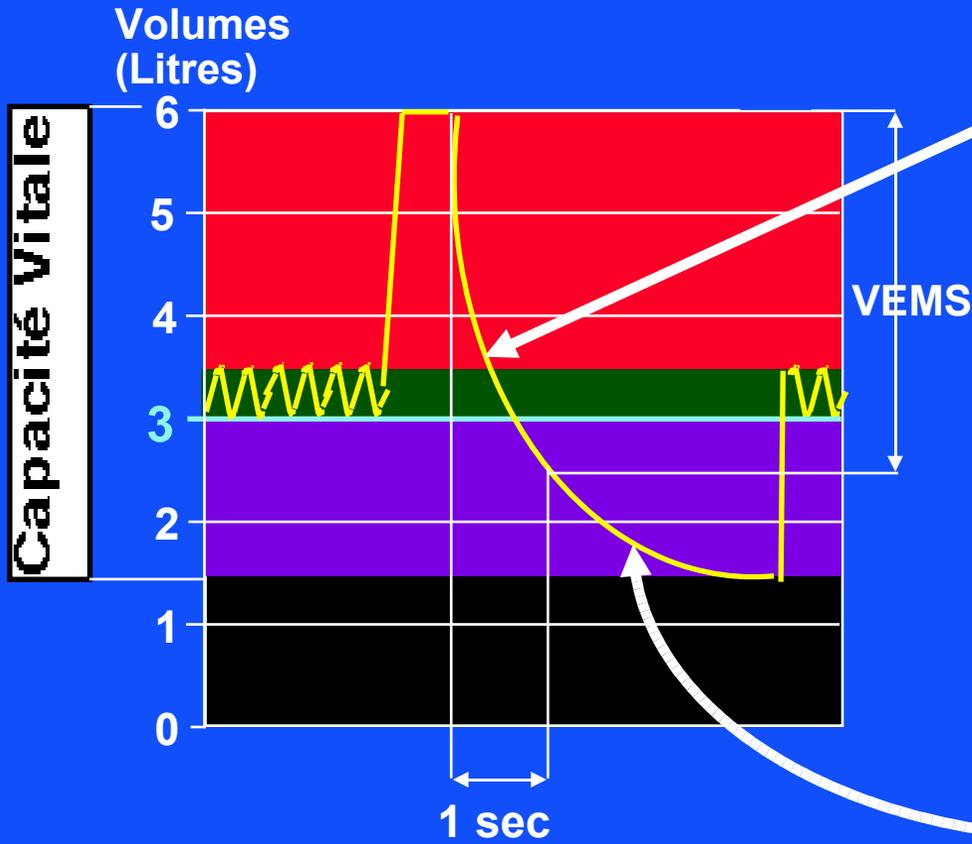
Expiration
Passive



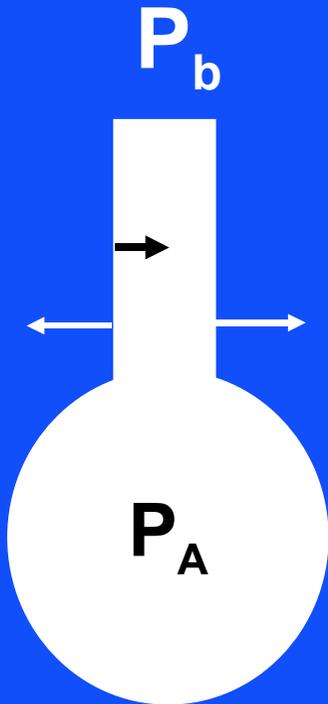
Expiration
Forcée



Expiration Forcée



Résistances des Voies Aériennes



$$P_A - P_b = \text{Résistances} \times \text{Débit}$$

- Réduction du diamètre bronchique

➔ augmentation des résistances
diminution du débit

- Augmentation du diamètre bronchique

➔ Diminution des résistances
augmentation du débit

L'exploration fonctionnelle respiratoire

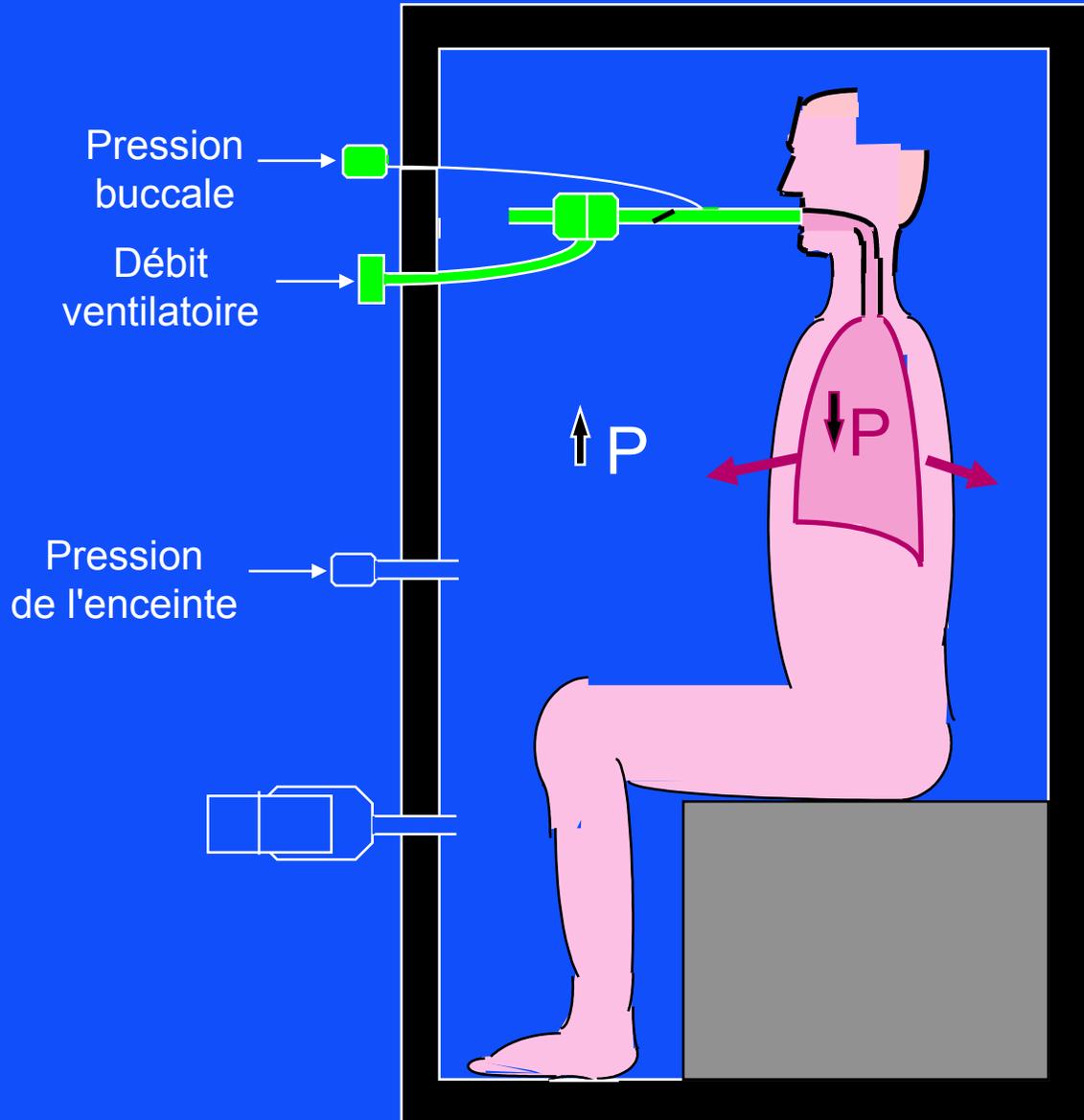
1. Mesure des volumes pulmonaires

3. Mesure des débits et des résistances des voies aériennes

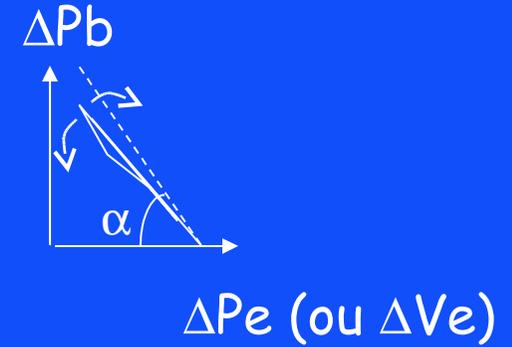
les tests pharmacodynamiques

3. Définition des syndromes restrictif et obstructif

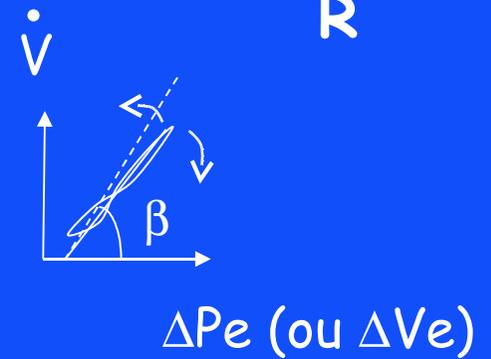
Pléthysmographie Corporelle



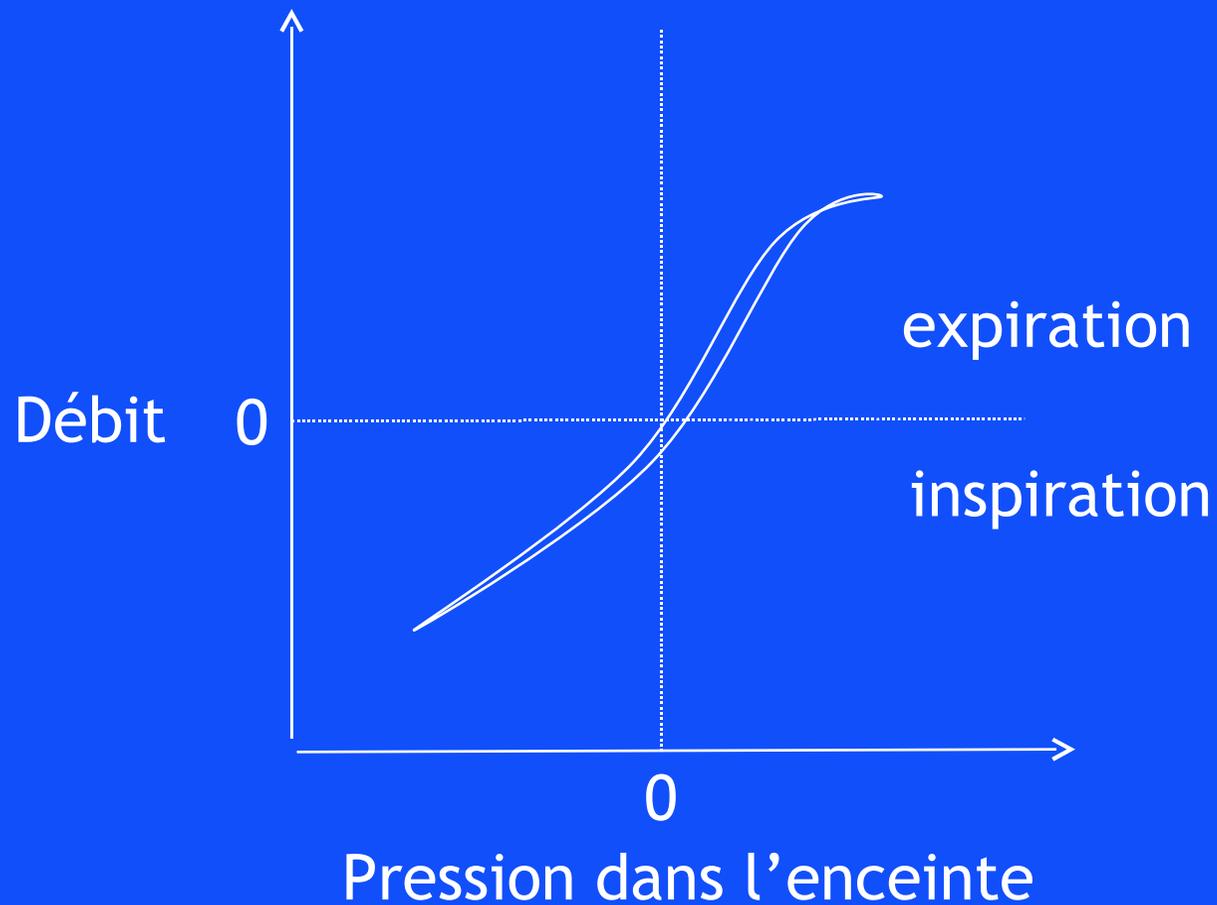
VGT



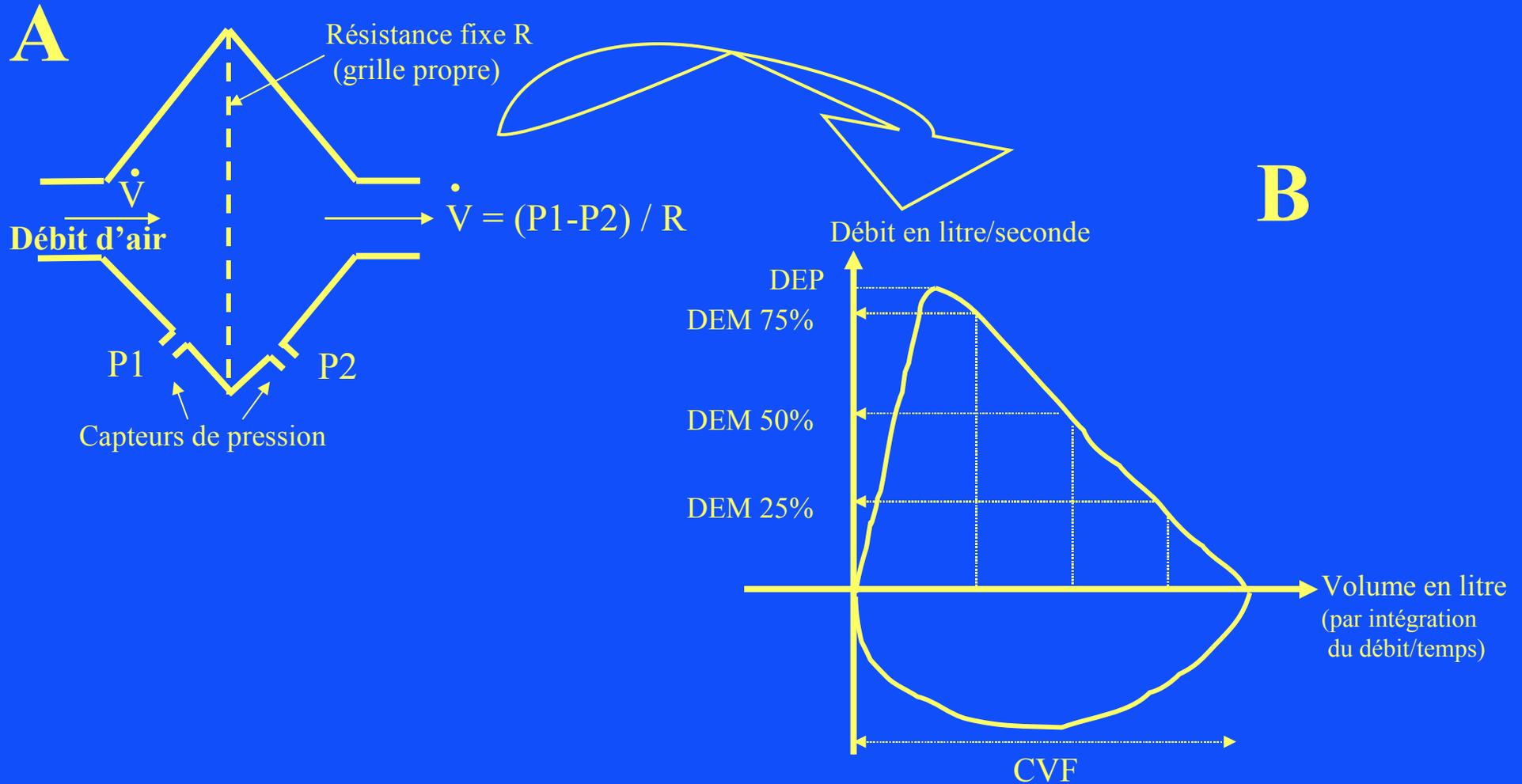
R



Mesure des résistances des voies aériennes (zone centrale seulement)



Courbe débit-volume



A. Le pneumotachographe mesure un débit aérien à partir d'une mesure de différence de pression. **B.** Courbe débit-volume d'un sujet normal.

DEP: débit expiratoire de pointe; DEM: débits expiratoires maximaux à x % de la capacité vitale forcée (CVF)

Les maladies pulmonaires obstructives

- Obstruction des voies aériennes intrathoraciques

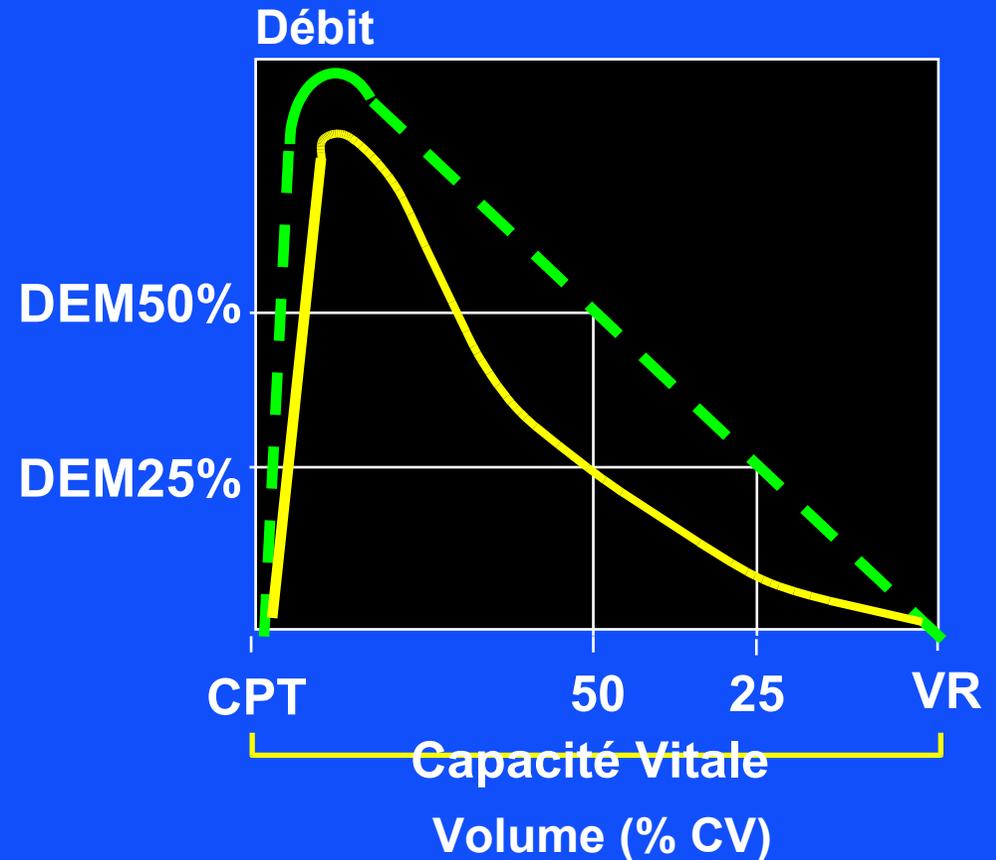
Asthme

Bronchite chronique

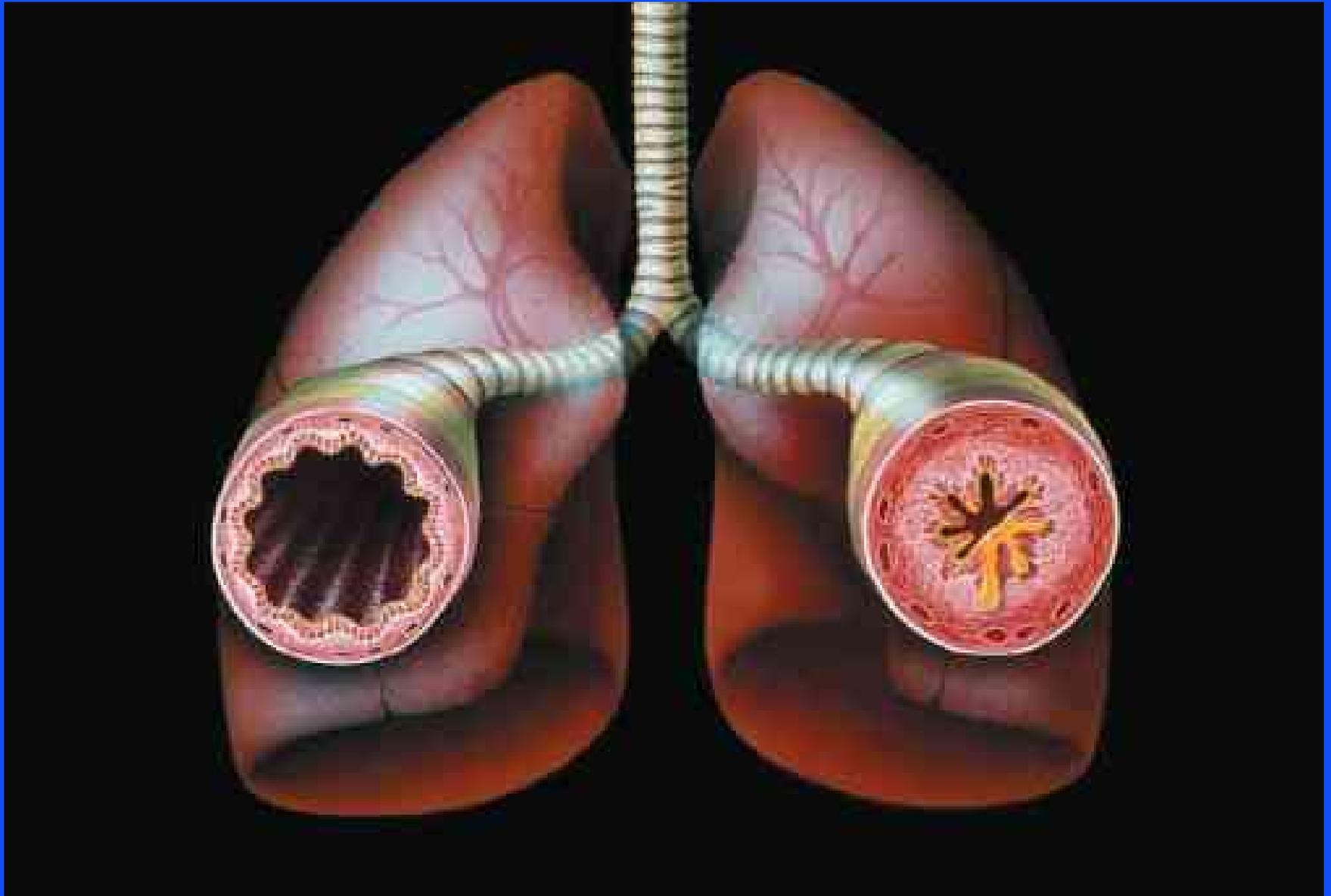
constriction muscle lisse bronchique

œdème de la muqueuse bronchique

hypersécrétion de mucus



Obstruction des voies aériennes intrathoraciques



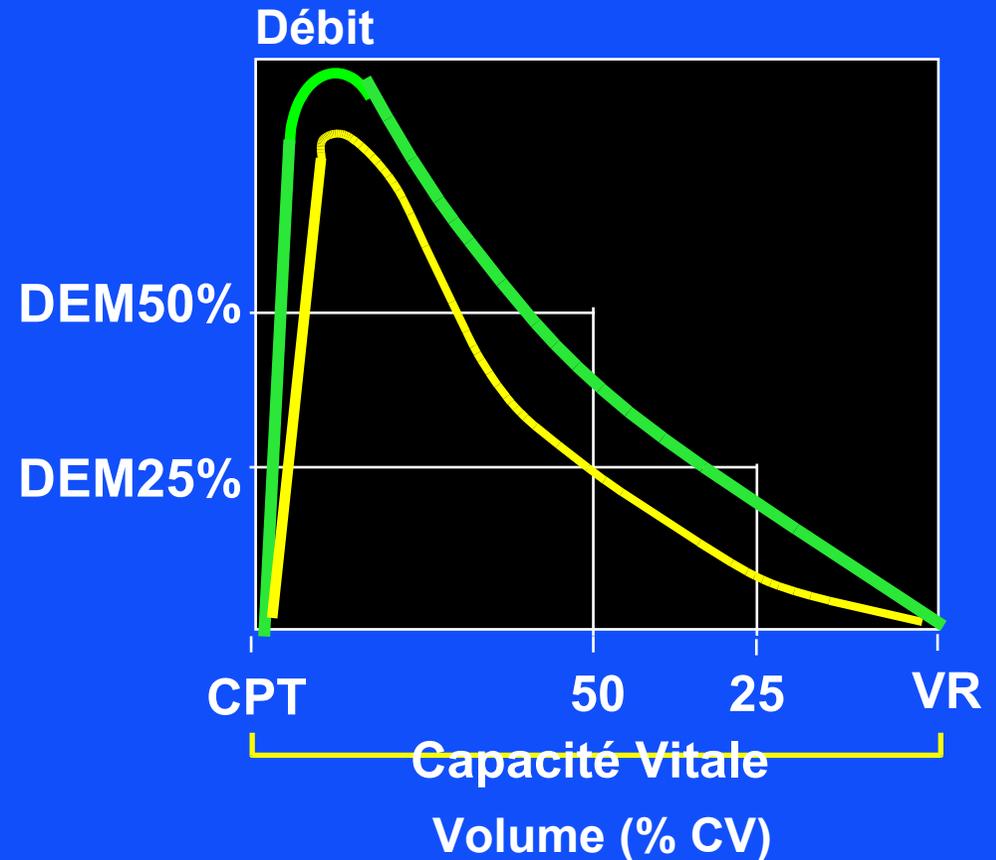
Les tests pharmacodynamiques

1. Bronchodilatation

Patients présentant un TVO

Inhalation d'un bronchodilatateur

Analyse de la réponse sur le VEMS (+ 12% et + 200 ml = mise en évidence d'un facteur spastique)



Les tests pharmacodynamiques

2. Bronchoconstriction (en absence de TVO)

Inhalation de méthacholine (analogue de l'acetylcholine)

Détermination de la dose entraînant

- une diminution de 20% du VEMS
- une augmentation de 50% des résistances

Réponse comparée à une population dite normale



Recherche d'une hyperréactivité bronchique
Suspicion d'asthme

Les maladies pulmonaires obstructives

- Obstruction des voies aériennes intrathoraciques

Asthme

Bronchite chronique

constriction muscle lisse bronchique

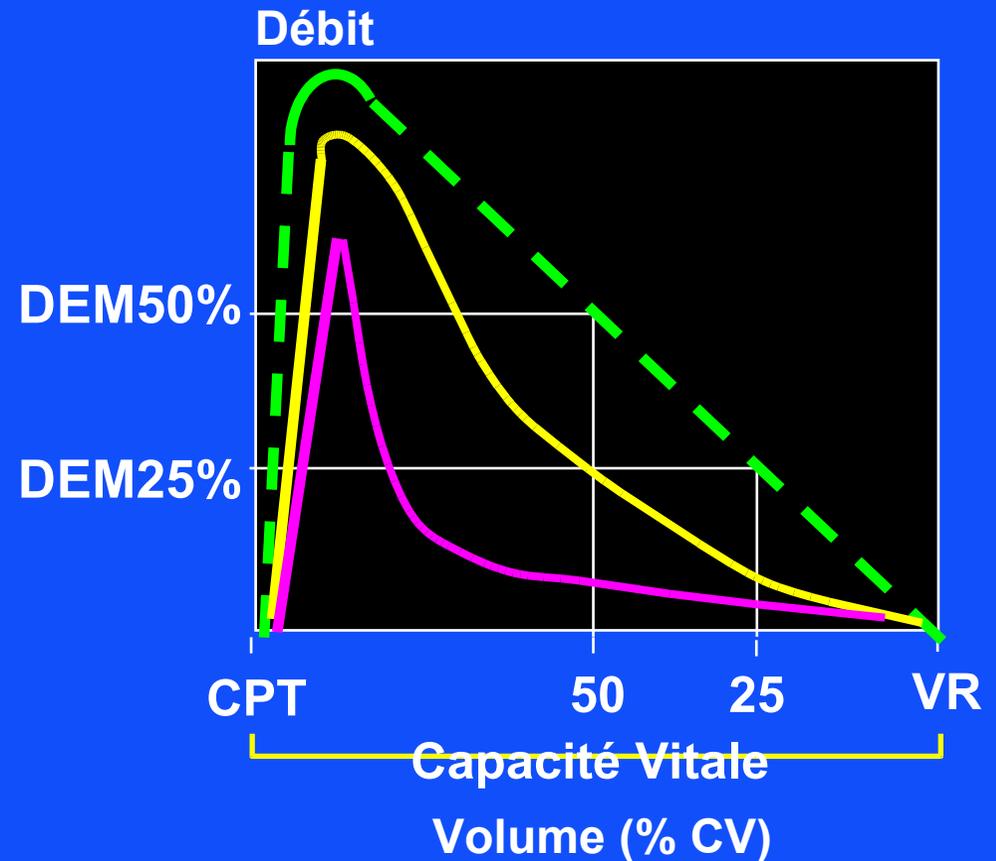
œdème de la muqueuse bronchique

hypersécrétion de mucus

Emphysème

bronche normale

augmentation de la compliance



Les maladies pulmonaires obstructives

- Obstruction des voies aériennes intrathoraciques

Asthme

Bronchite chronique

constriction muscle lisse bronchique

œdème de la muqueuse bronchique

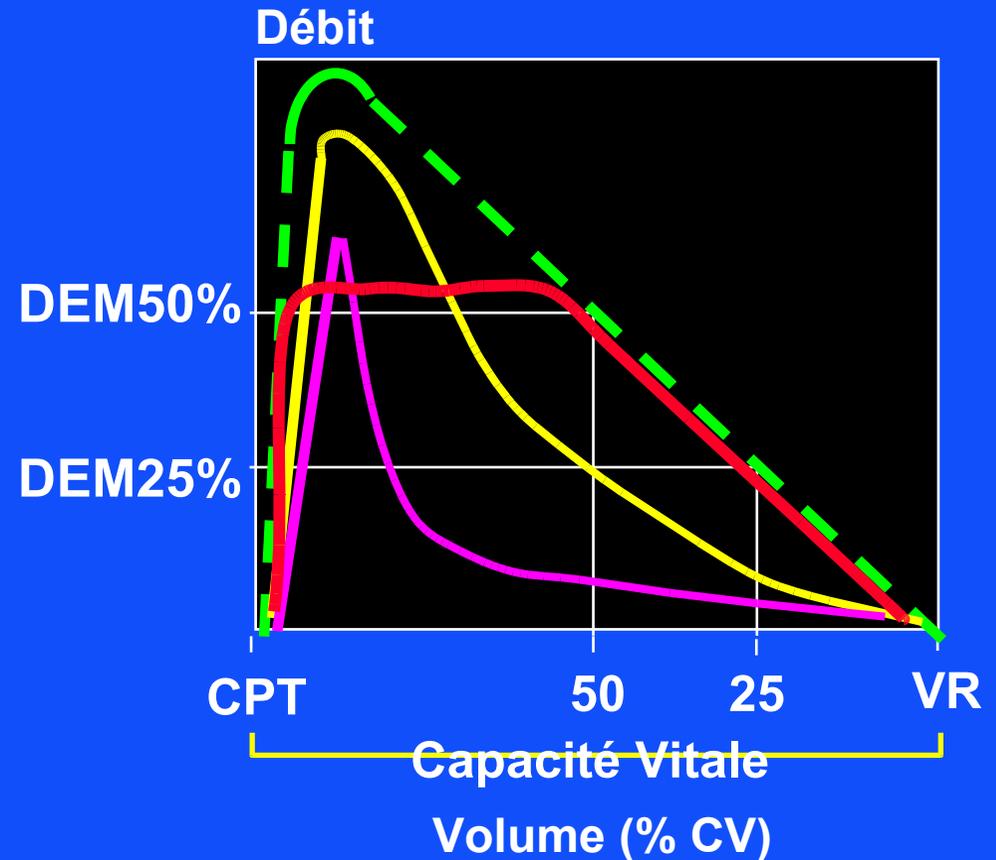
hypersécrétion de mucus

Emphysème

bronche normale

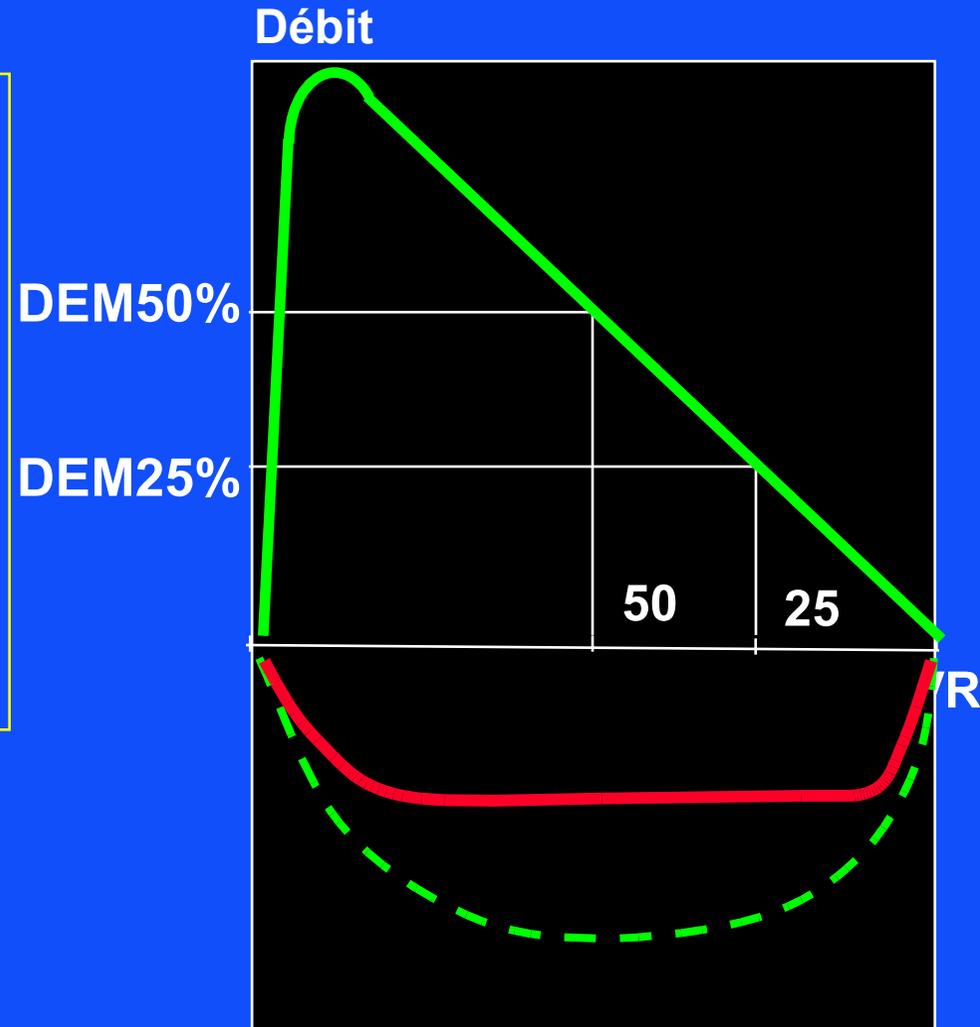
augmentation de la compliance

Obstruction trachéale intrathoracique

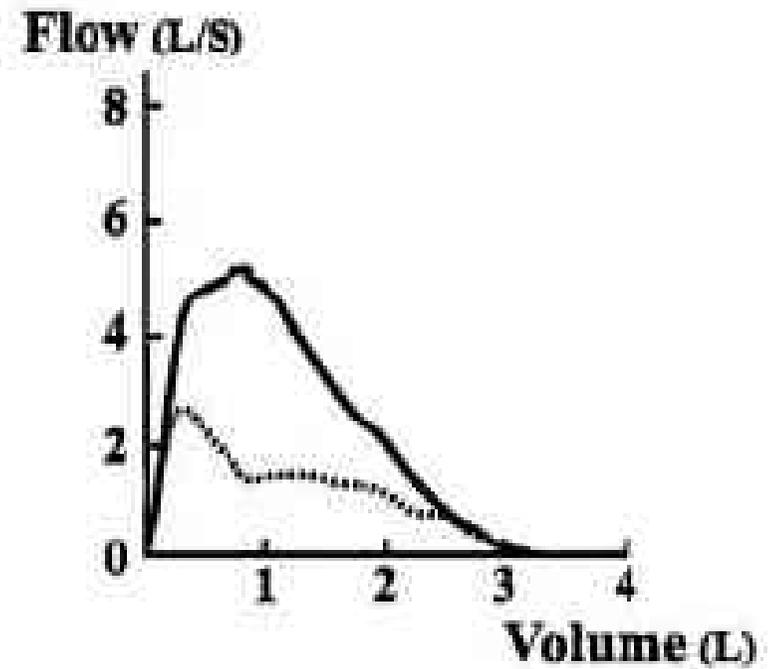
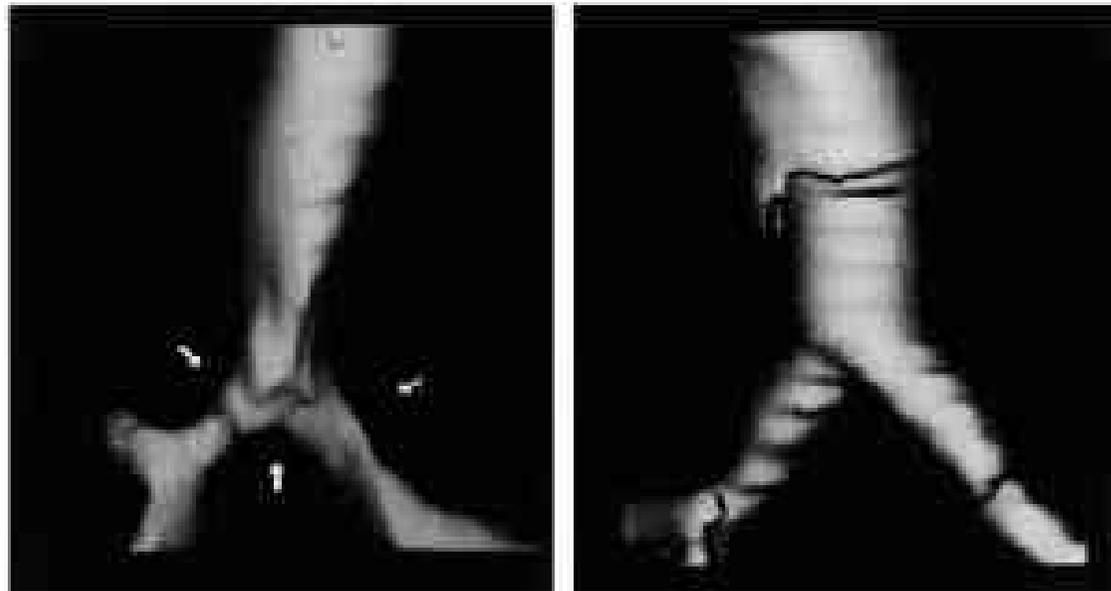


Obstruction des voies aériennes extrathoraciques

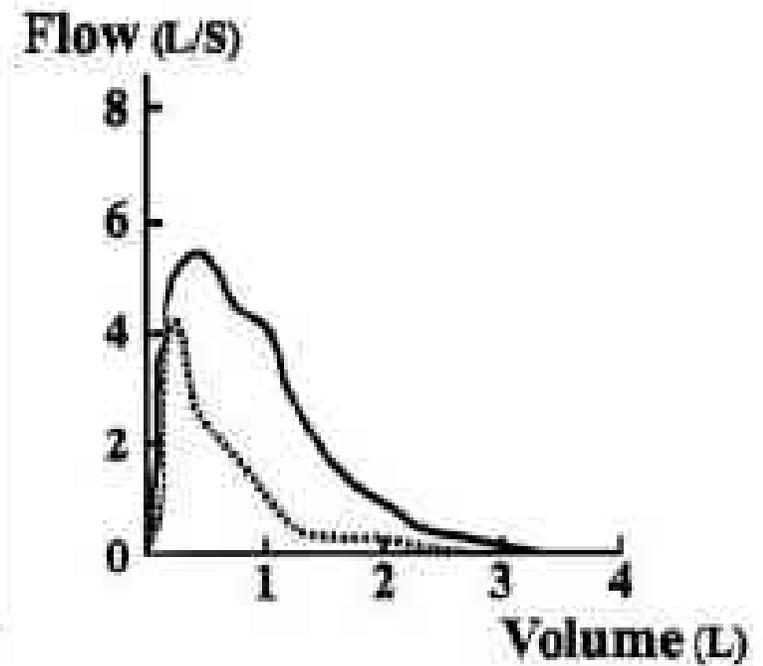
- Paralysie des cordes vocales
- œdème de la glotte
- compression de la glotte
- trachéomalacie



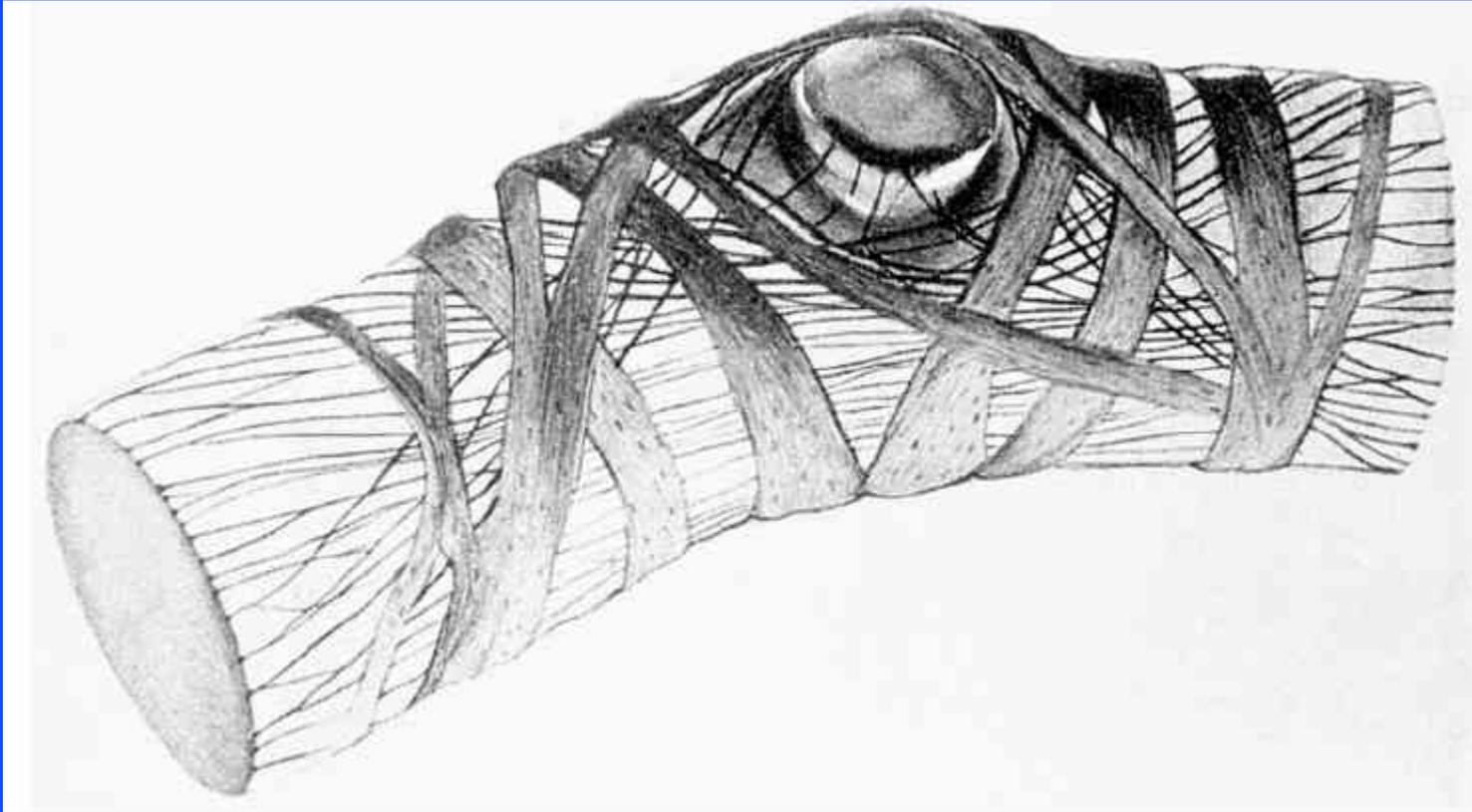
Carinal Stenosis



Bronchial Stenosis



Le muscle lisse bronchique



Mécanismes de la bronchomotricité

1. Effecteur: la cellule musculaire lisse (cml) bronchique

- Rôle contractile
- Récepteurs
- Rôle dans l'inflammation

2. Commande nerveuse

1. Voies afférentes sensibles (mécanorécepteurs; fibres B et C)

2. Voies efférentes motrices

- Cholinergiques
- Adrénergiques
- Non Adrénergiques Non Cholinergiques (NANC)

3. Médiateurs bronchoconstricteurs

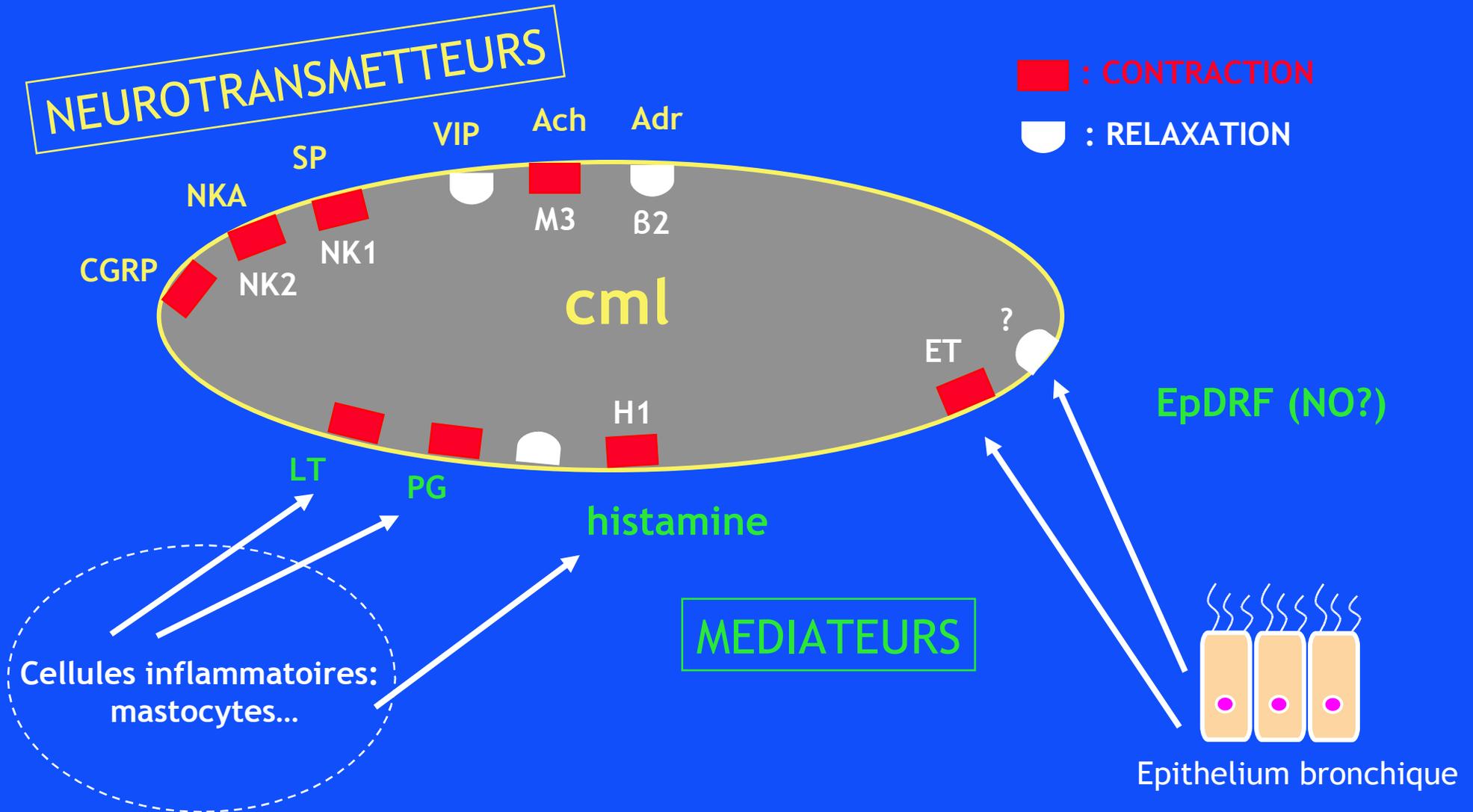
la cellule musculaire lisse (cml) bronchique

1. Rôle contractile

- L'activité bronchomotrice est liée au tonus de la cml bronchique
- *Activité contractile cf cours contraction musculaire*
- Contraction liée à la disponibilité du Ca^{++} libre intracellulaire

la cellule musculaire lisse (cml) bronchique

1. Récepteurs



la cellule musculaire lisse (cml) bronchique

1. Rôle dans l'inflammation

- **Phénotypes (*in vitro*)**

- Contractile

- Prolifératif

- Sécrétoire ⇒ facteurs de croissance

cytokines

chemokines ...



recrutement, activation cellules inflammatoires

hyperplasie cml



obstruction bronchique



Commande nerveuse

- Nerfs vagues et fibres des 4 ou 5 premiers ganglions sympathiques thoraciques → plexus aux hiles → réseaux nerveux periartériel et peribronchique jusqu'aux bronchioles →
 - Muscles lisses bronchiques
 - Glandes sous-muqueuses
 - Vaisseaux bronchiques
- Trois composantes:
 - Voies afférentes (informations de type sensitif)
 - Voies efférentes (systèmes cholinergique et adrénnergique)
 - Système non cholinergique non adrénnergique (neuropeptides)

Commande nerveuse

1. Voies afférentes sensibles

Nerf vague, corps cellulaire dans $\gamma\gamma$ plexiforme, influx vers centres bulbaires.

- Mécanorécepteurs:
 - trachée-grosses bronches, contact muscle lisse
 - sensible étirement, adaptation lente (+ tant qu'∃ stim),
⇒ BD par inhibition voie para Σ motrice

1. Voies afférentes sensibles

- Récepteurs polymodaux:

- Larynx-alvéole, epithelium-parois vasculaires

- Adaptation rapide (décharge début et fin stimulus)

- Fibres B (récepteurs à l'irritation, \Rightarrow BC réflexe):

- mécaniques (intubation...) / aérosols (fumée cigarette)

- chimiques (SO_2 , histamine...)

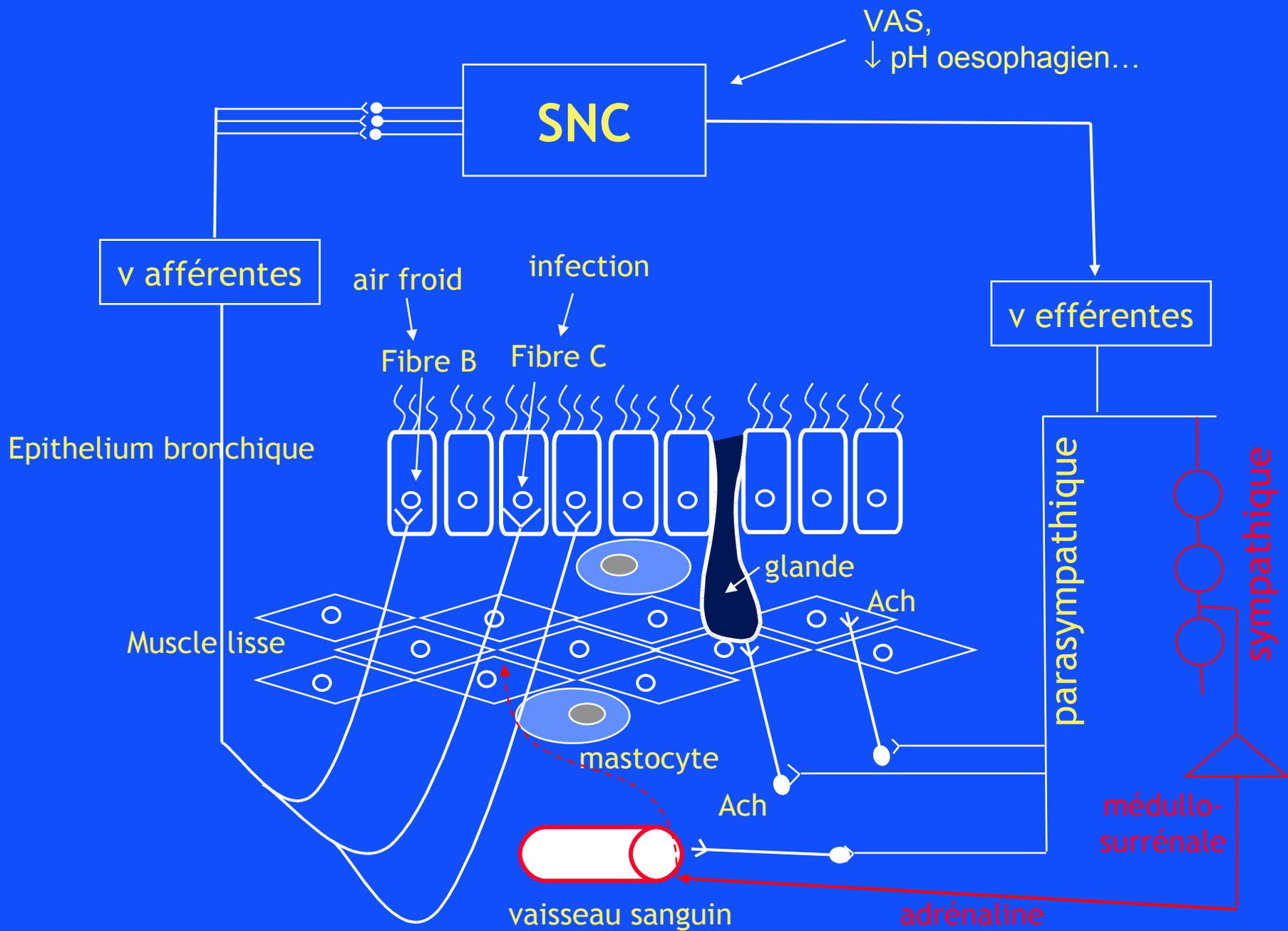
- air sec, froid (HRBNS)

- Fibres C (les plus nombreuses):

- Thermorécepteurs laryngés/Sensib CO_2 bronchique/Récepteurs J (sensible oedème interstitiel \Rightarrow BC réflexe OAP)

- ∇ \exists neuropeptides dans terminaisons (SP, NKA...) \rightarrow « NANCe » ;
réflexe d'axone par stim brches collatérales sensibles

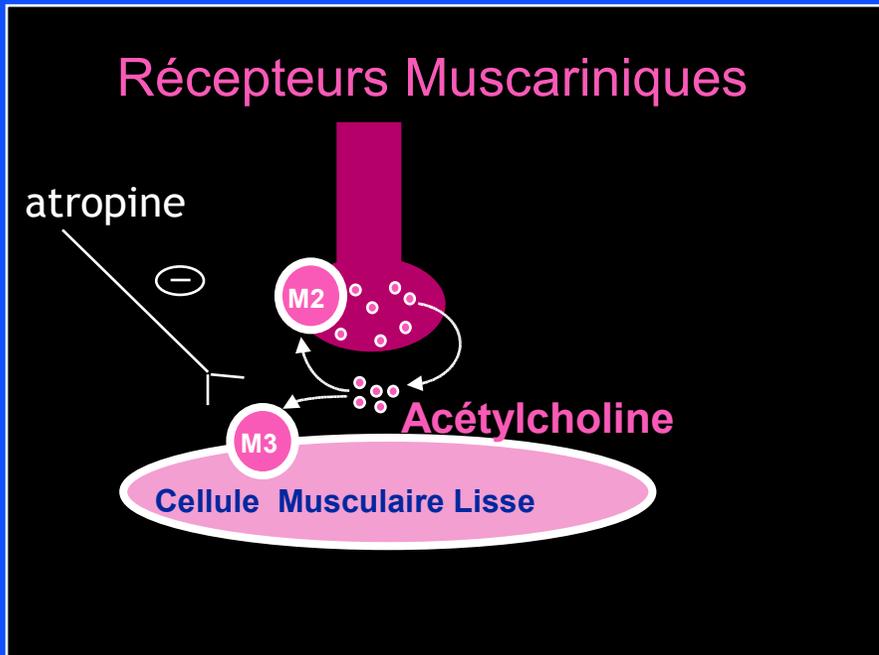
ex: capsaïcine [piment], histamine, PG... \Rightarrow BC, hypersecretion, VD, \uparrow perm vasc



1. Voies efférentes motrices

1. CHOLINERGIQUES

- Principal mécanisme nerveux de la BC
Contrôle du tonus bronchomoteur et sécretions bronchiques
- Tronc cérébral (noyau X), relais $\gamma\gamma$ bronch, neur. post $\gamma\gamma \Rightarrow$ cml et gldes
- **VOIES AERIENNES CENTRALES**

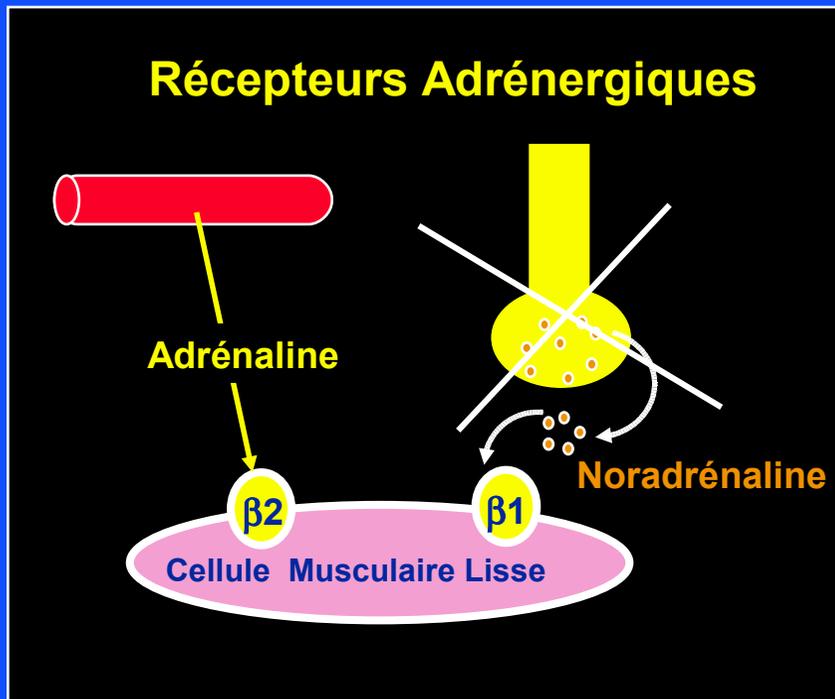


- Tonus para Σ de repos influencé par stim sensitifs: VAS, pH œsophage, fibres vagues afférentes (cf fibres B,C)

1. Voies efférentes motrices

1. ADRENERGIQUES

- 6 segm sup moelle dorsale, relais $\gamma\gamma$ thorac, neur. post $\gamma\gamma$ hiles puis associés aux fibres cholinergiques (plexus peribronchiques et vasculaires)
- fibres près des gldes ss-muq et artères bronchiques **MAIS**
PAS D'INNERVATION Σ (négligeable) DES CML BRONCHIQUES CHEZ L'HOMME
- Modulation transmission cholinergique dans $\gamma\gamma$ para Σ
- **Bcp de récepteurs $\beta 2$ dans les cml de la trachée jusqu'aux bronchioles**



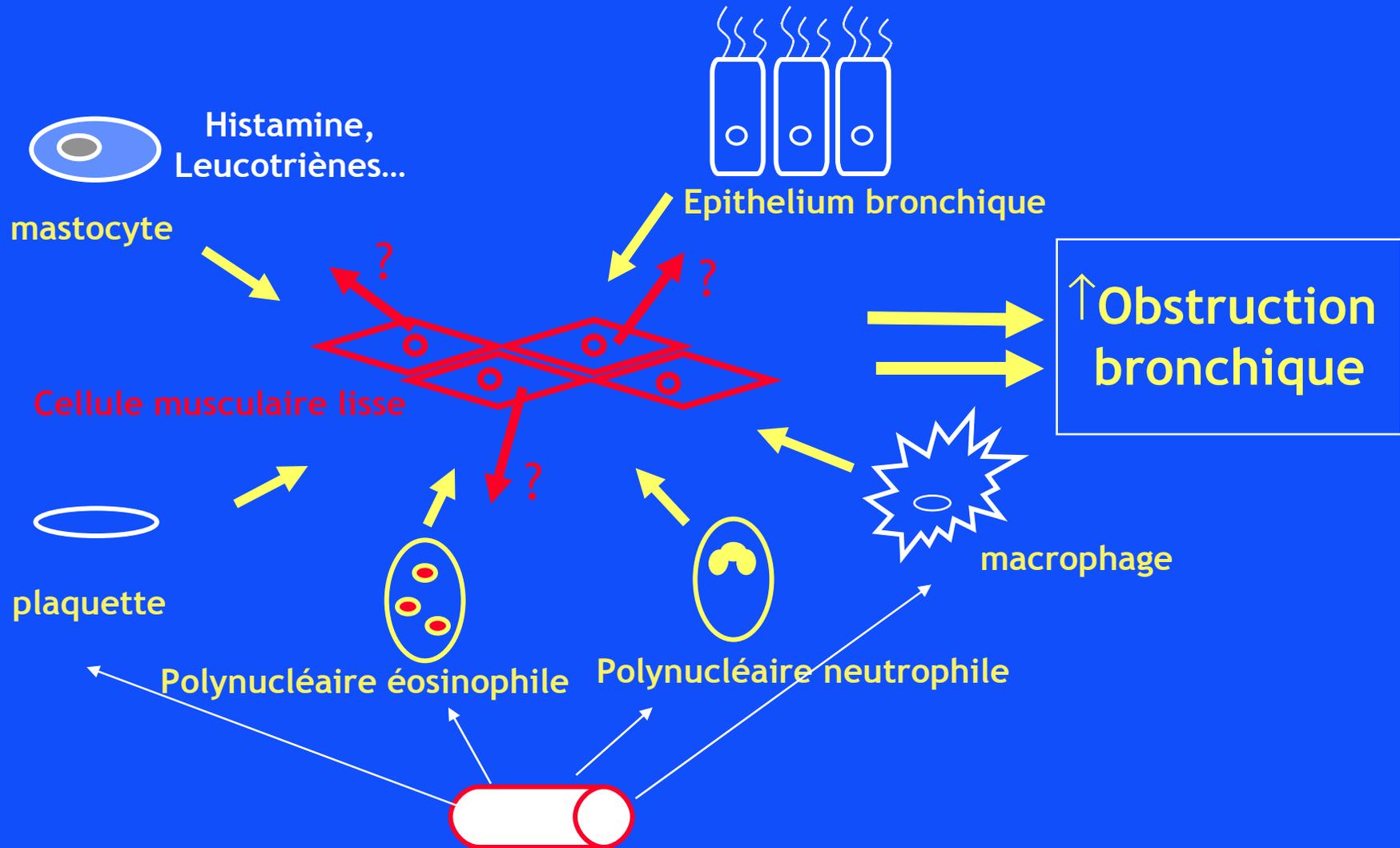
- catécholamines circulantes:
 - NA des term nerveuses Σ (pas d'action sur cml bronchique)
 - adrénaline fort $\beta 2$ stimulant
- BD, \downarrow dégranulation mastocytaires, \downarrow tonus para Σ , \uparrow clairance mucociliaire, \downarrow œdème et extravasation plasmatique

1. Voies efférentes motrices

1. Système non cholinergique non adrénergique (NANC)

- NANC inhibiteur:
 - BD des grosses bronches
 - V efférente du para Σ , 2^{ème} post $\gamma\gamma$ puis neuropeptide (VIP, NO?)
- NANC excitateur:
 - Stimulation des fibres C \Rightarrow libération de tachykinines (SP, NKA; dendrites des neurones sensitifs) \rightarrow BC, hypersécr de mucus, VD
 - Ex: inhalation de toxiques, infection des voies aériennes \Rightarrow libération de SP par l'épith bronchique
phénomène limitée par l'endopeptidase neutre (NEP), enzyme de mbrane de l'épithelium bronchique. Pb: la fumée de cigarette inhibe la NEP

1. Médiateurs bronchoconstricteurs



Fonctions

1. Adaptation ventilation/perfusion

- Effort: \uparrow débit = $\Delta P / R \downarrow$
 - \uparrow Catécholamines circulantes \Rightarrow BD
- Embolie pulmonaire: zones non perfusées $\Rightarrow \downarrow$ PCO_2 alv \Rightarrow BC

2. Défense

- Air froid, acidité oesophagienne... \Rightarrow BC
- Allergène \Rightarrow BC mais non contrôlée dans l'asthme

3. Autres ?

- Maintien de la structure cartilagineuse, rigidité ?

Pathologique

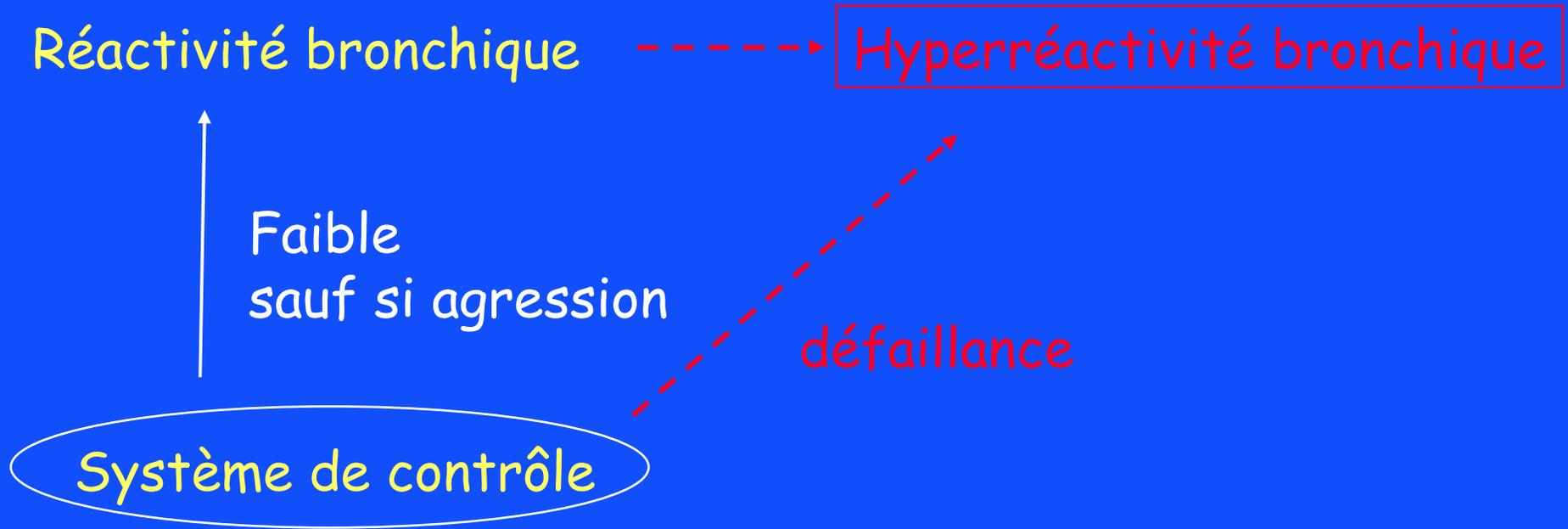
Réactivité bronchique

Hyperréactivité bronchique

Faible
sauf si agression

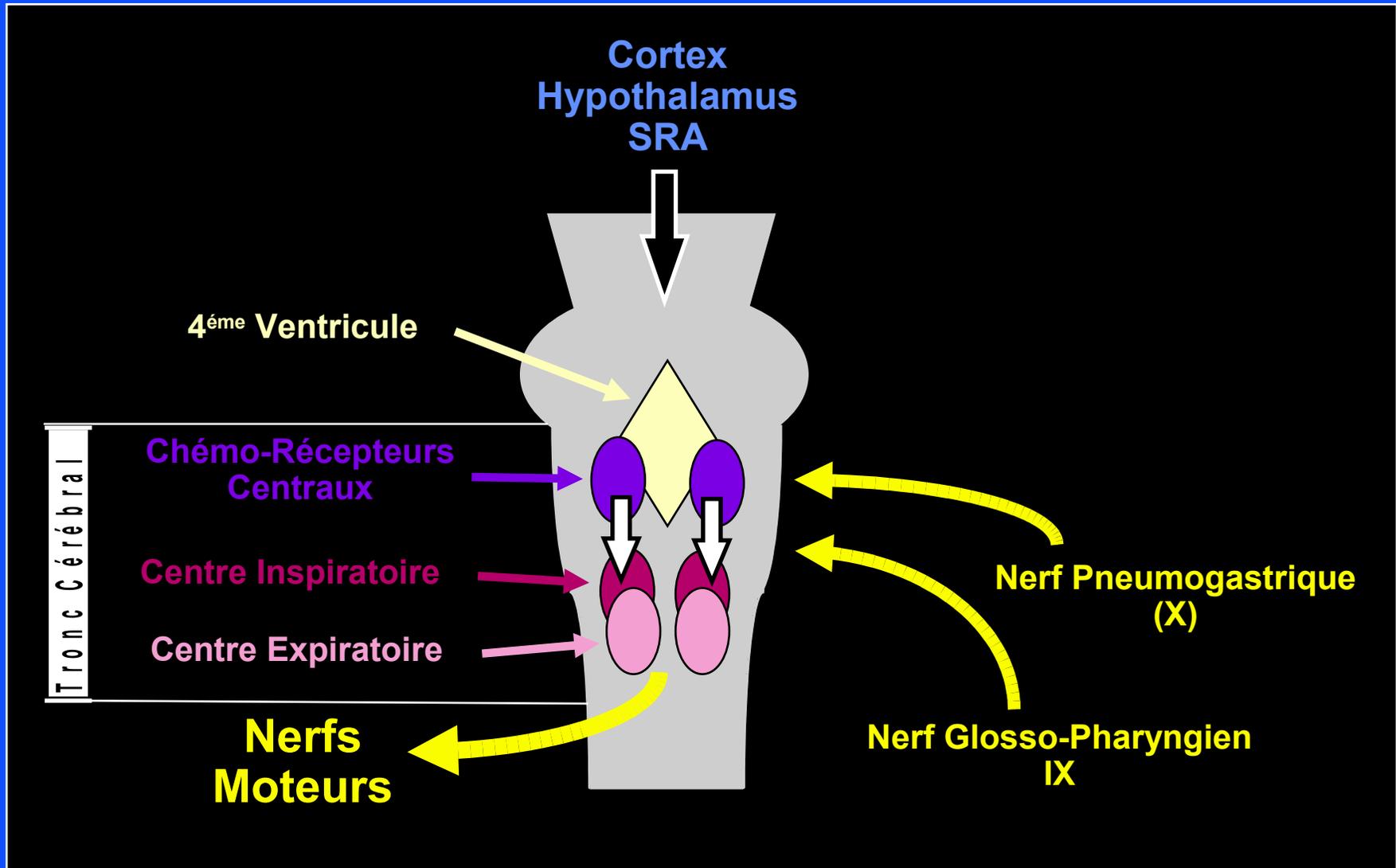
défaillance

Systeme de contrôle

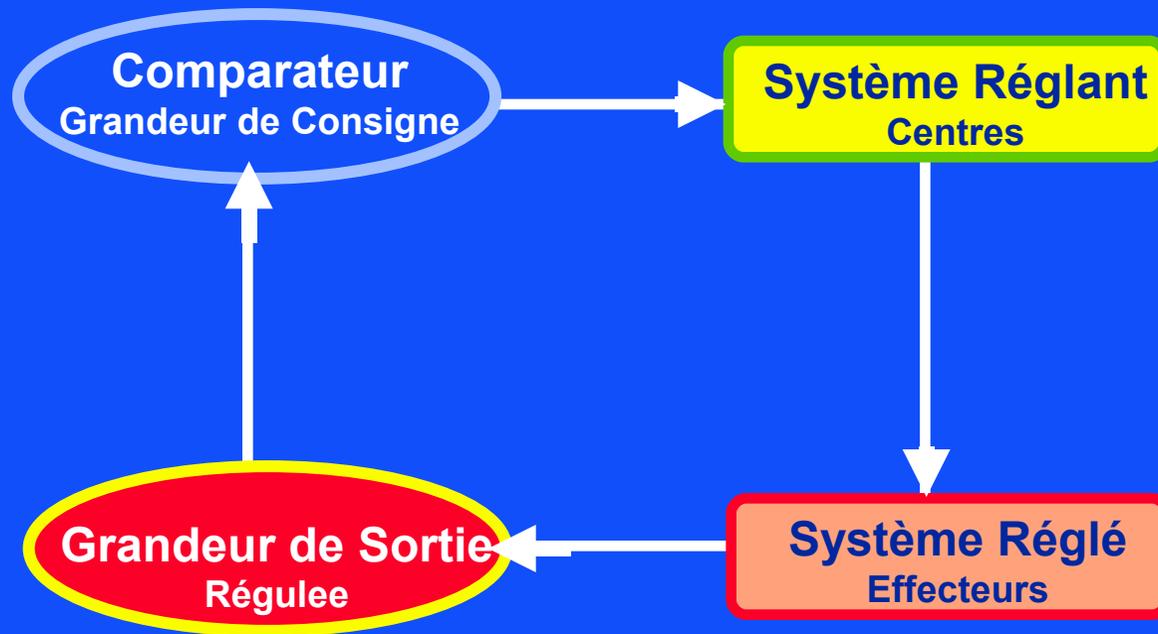


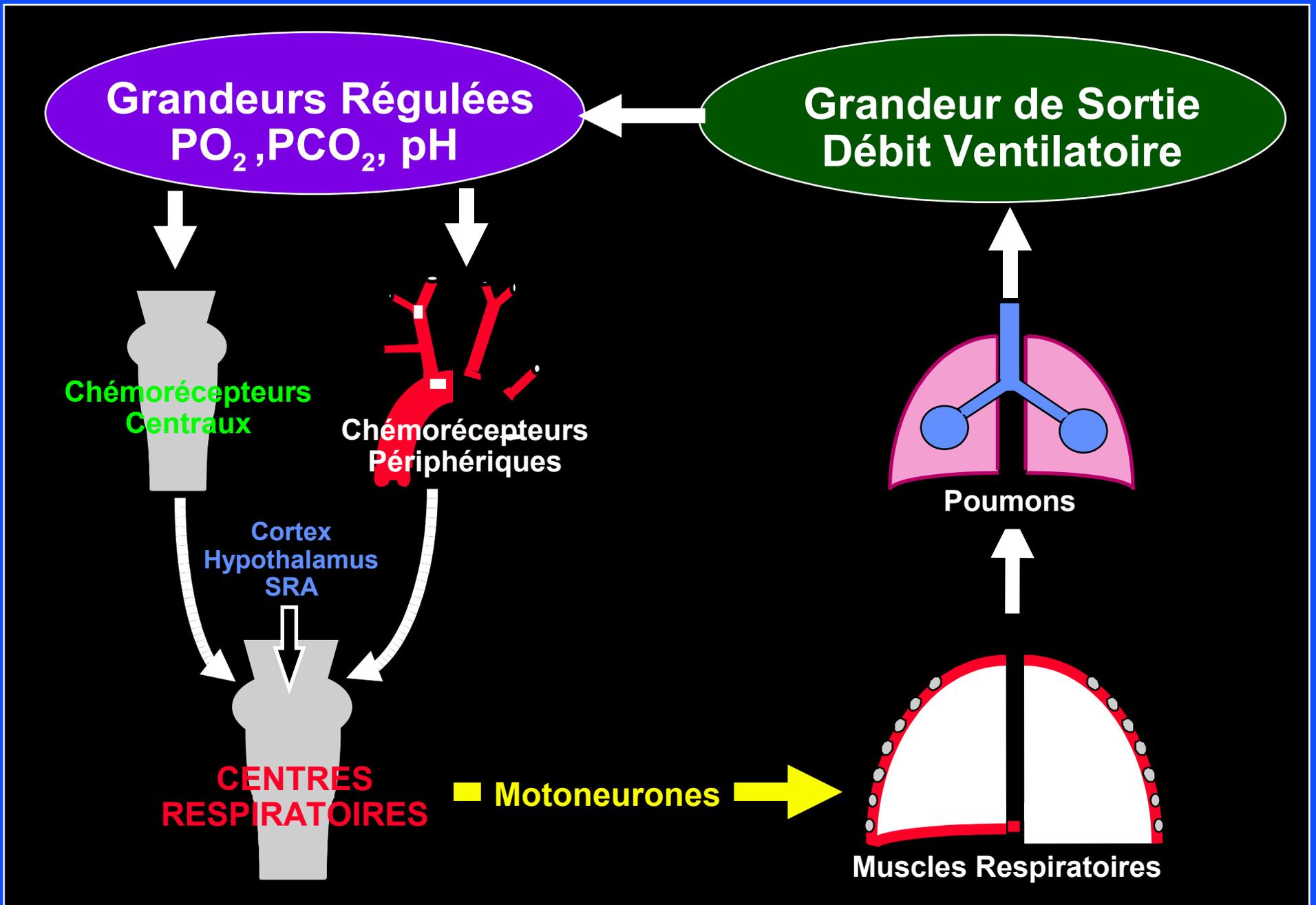
Adaptation Ventilatoire

Les Centres Respiratoires

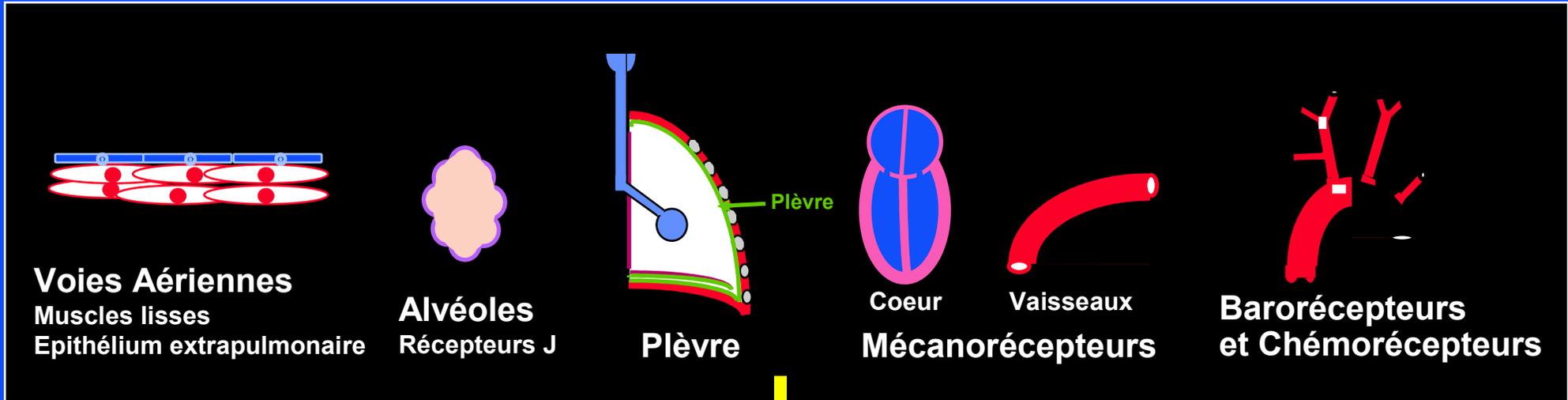


Systeme Régulé

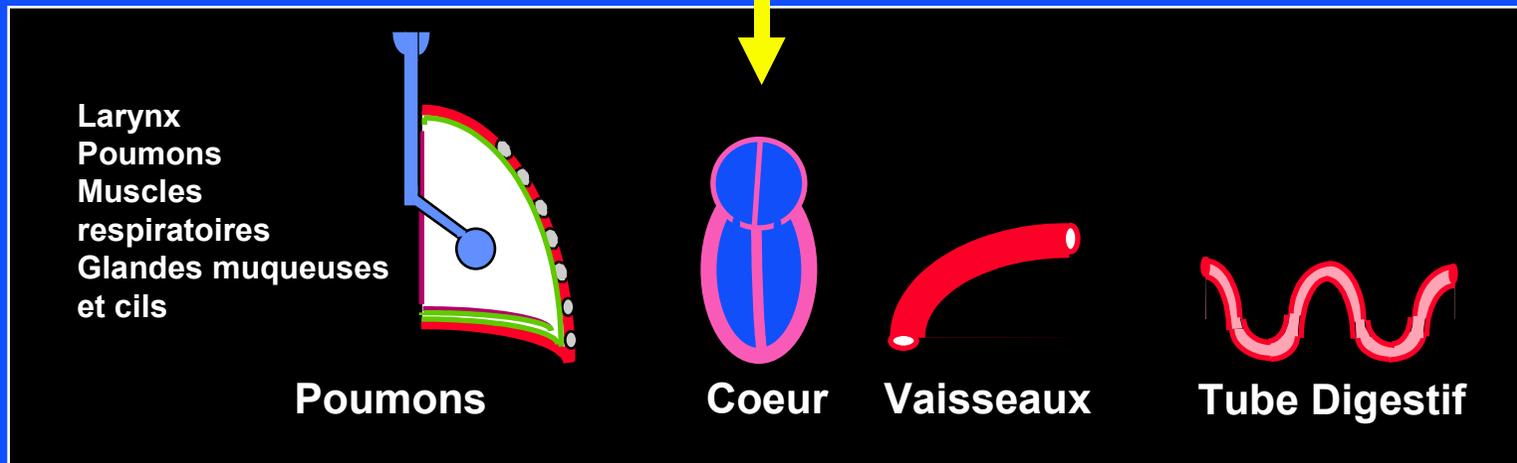




Réflexes Pulmonaires



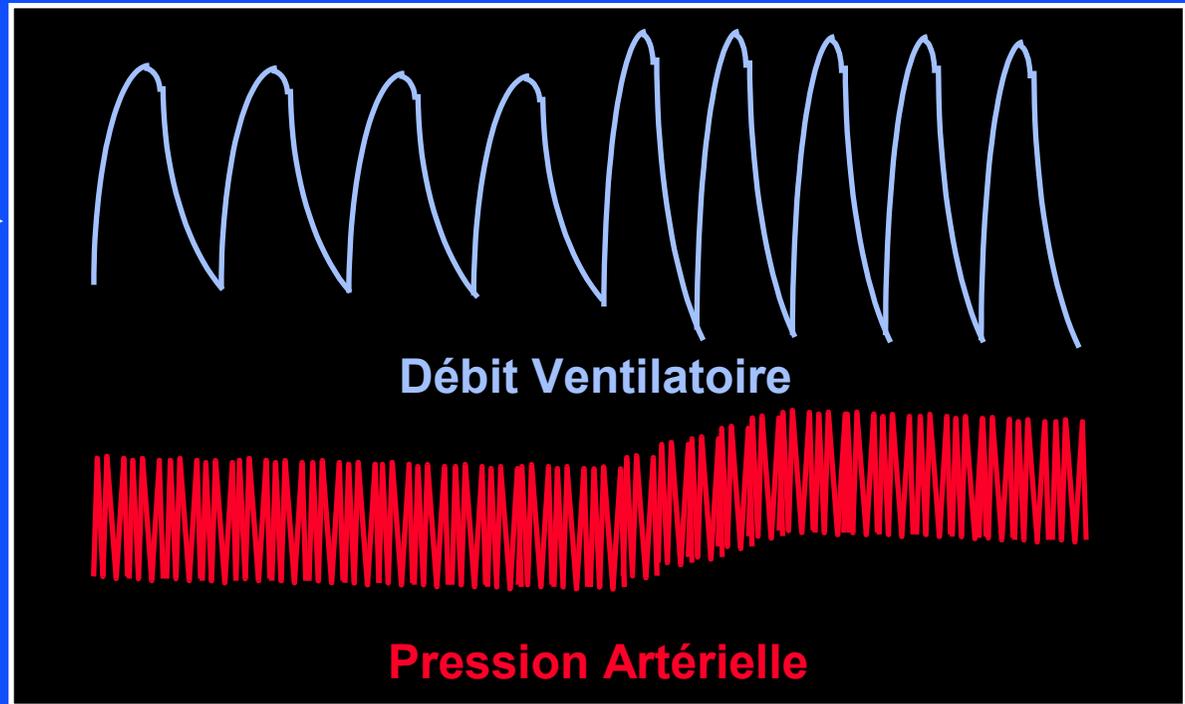
Nerf Pneumogastrique (X)

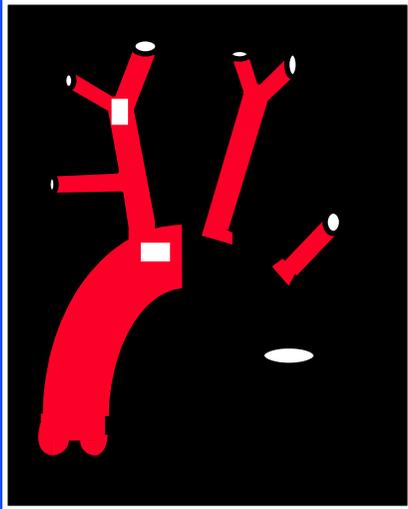


Réflexes

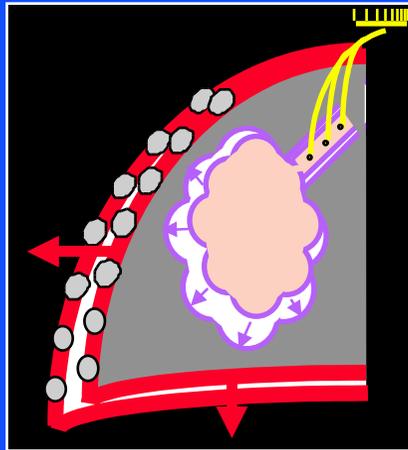
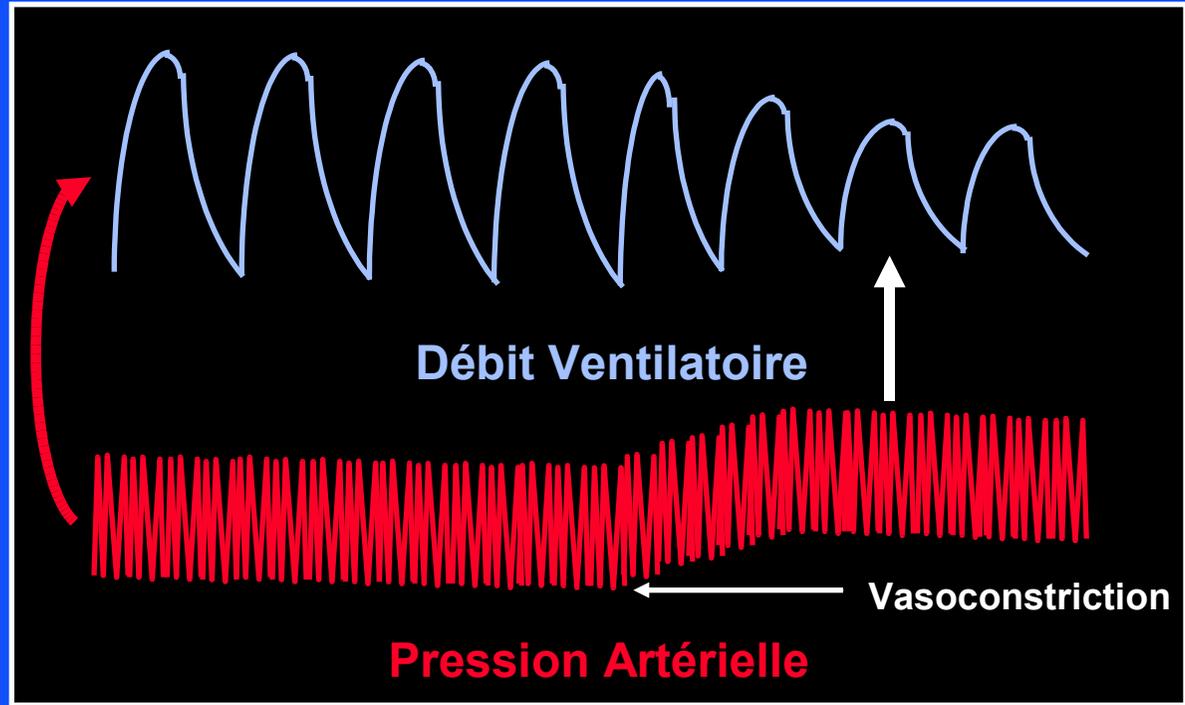


- Thermiques
- Nociceptifs
- Mécaniques

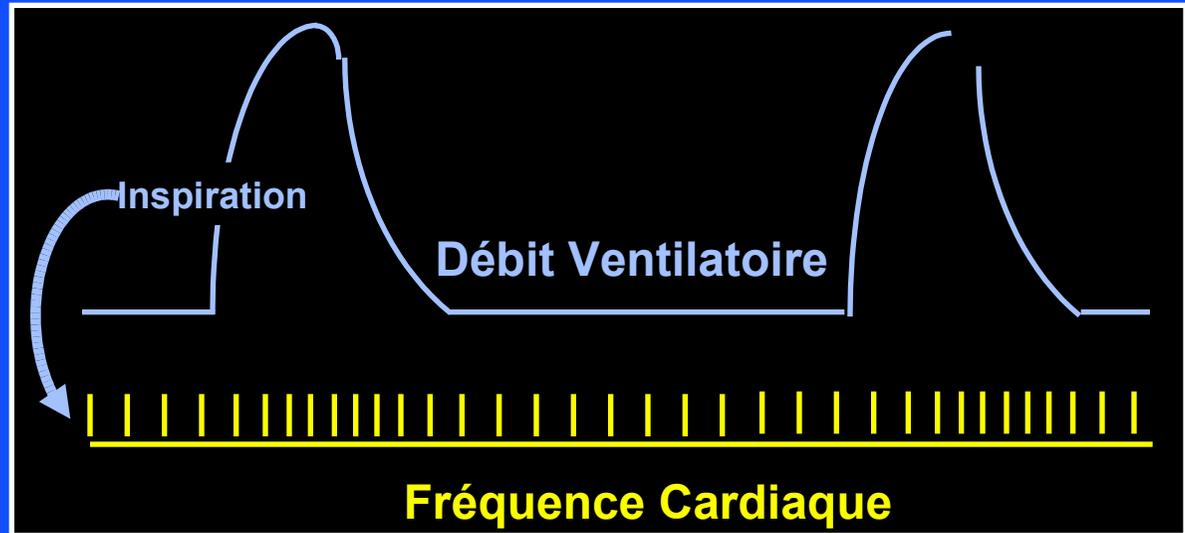




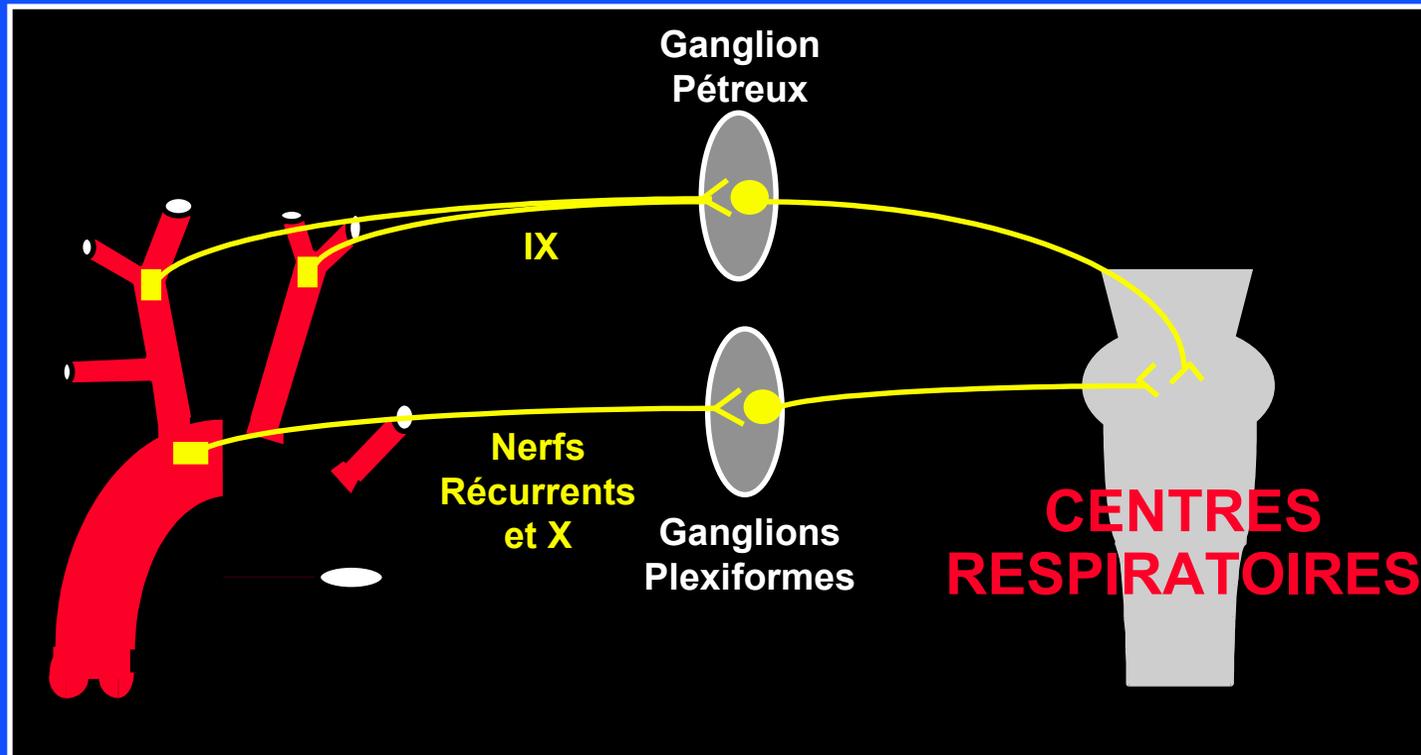
Barorécepteurs



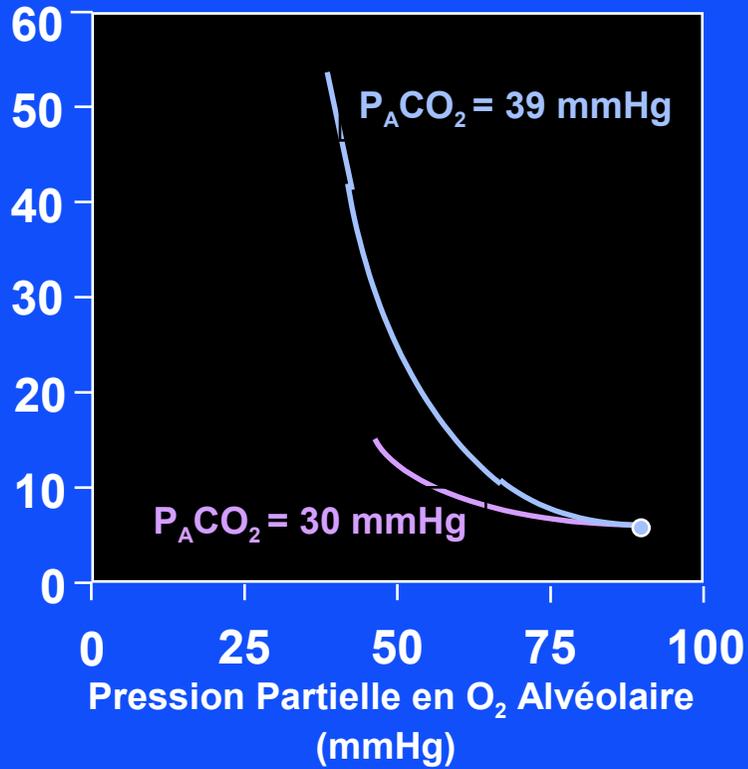
Mécanorécepteurs



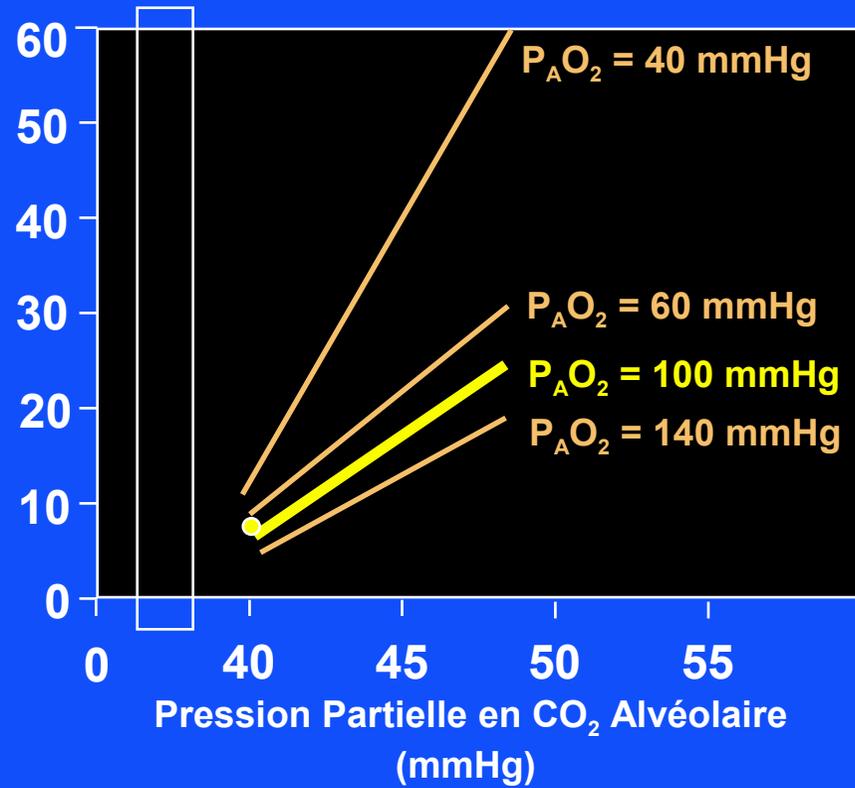
Chémorécepteurs Périphériques



Débit Ventilatoire
(L/min [BTPS])



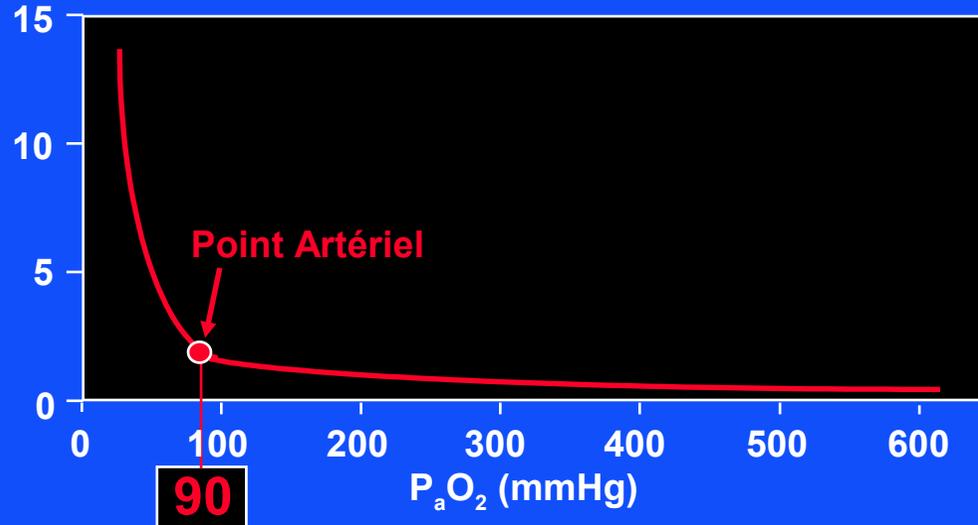
Débit Ventilatoire
(L/min [BTPS])



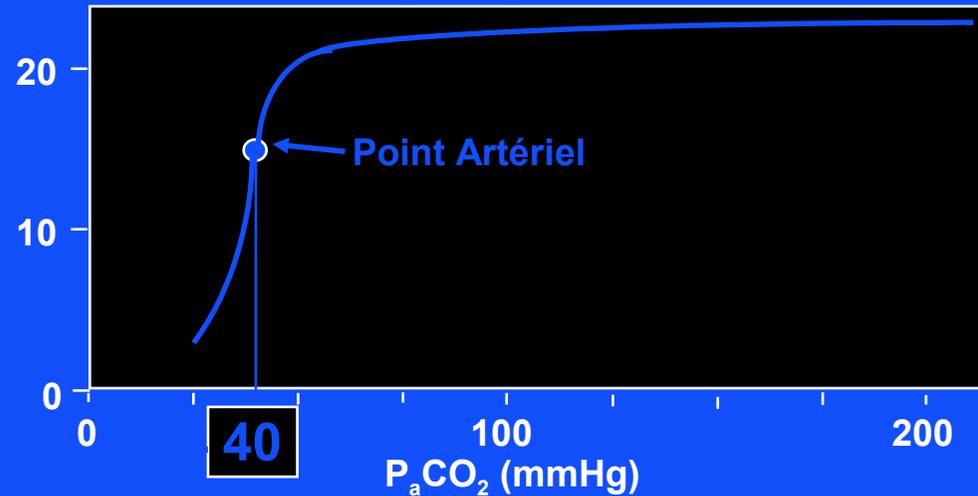
Chémorécepteurs Périphériques

$$PO_2 > PCO_2 > pH$$

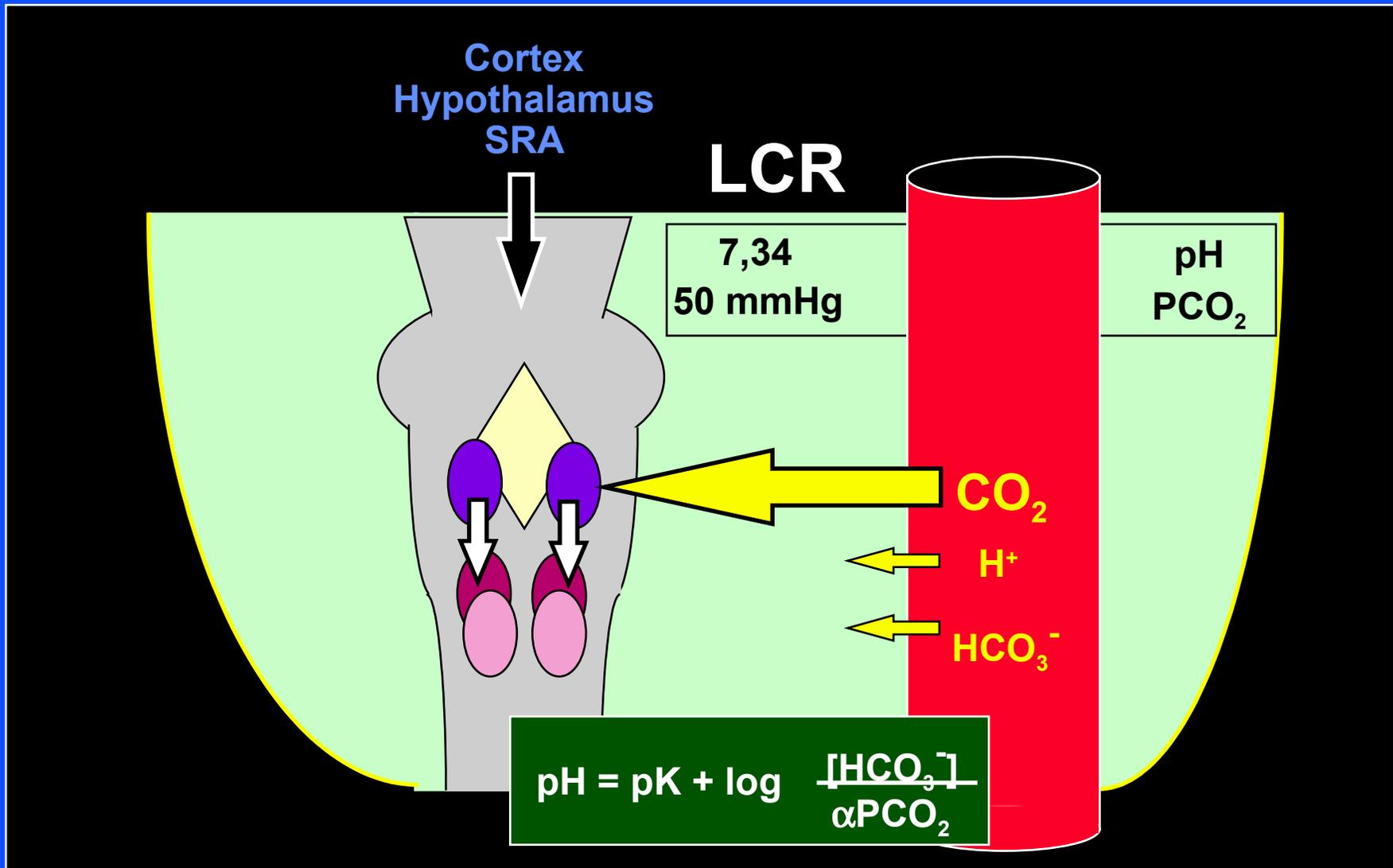
Fréquence des Influx (n/sec)

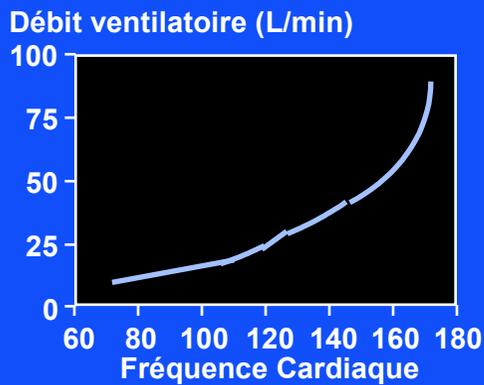
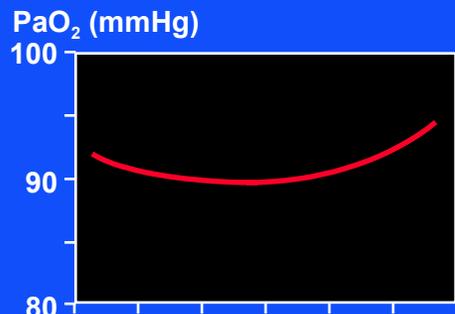
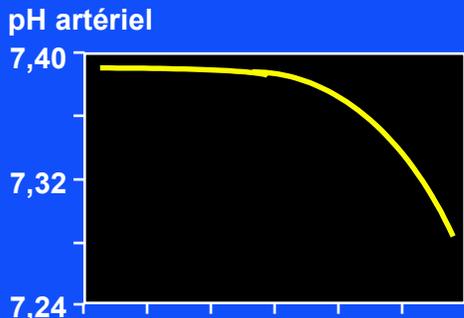
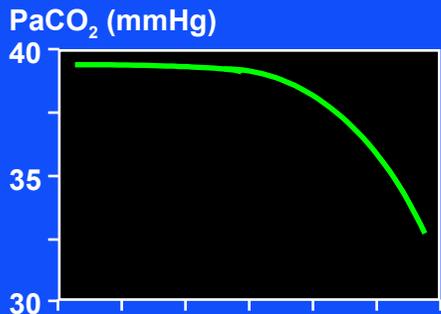


Fréquence des Influx (n/sec)



Chémorécepteurs Centraux (Insensibles à la PO_2)





Ventilation

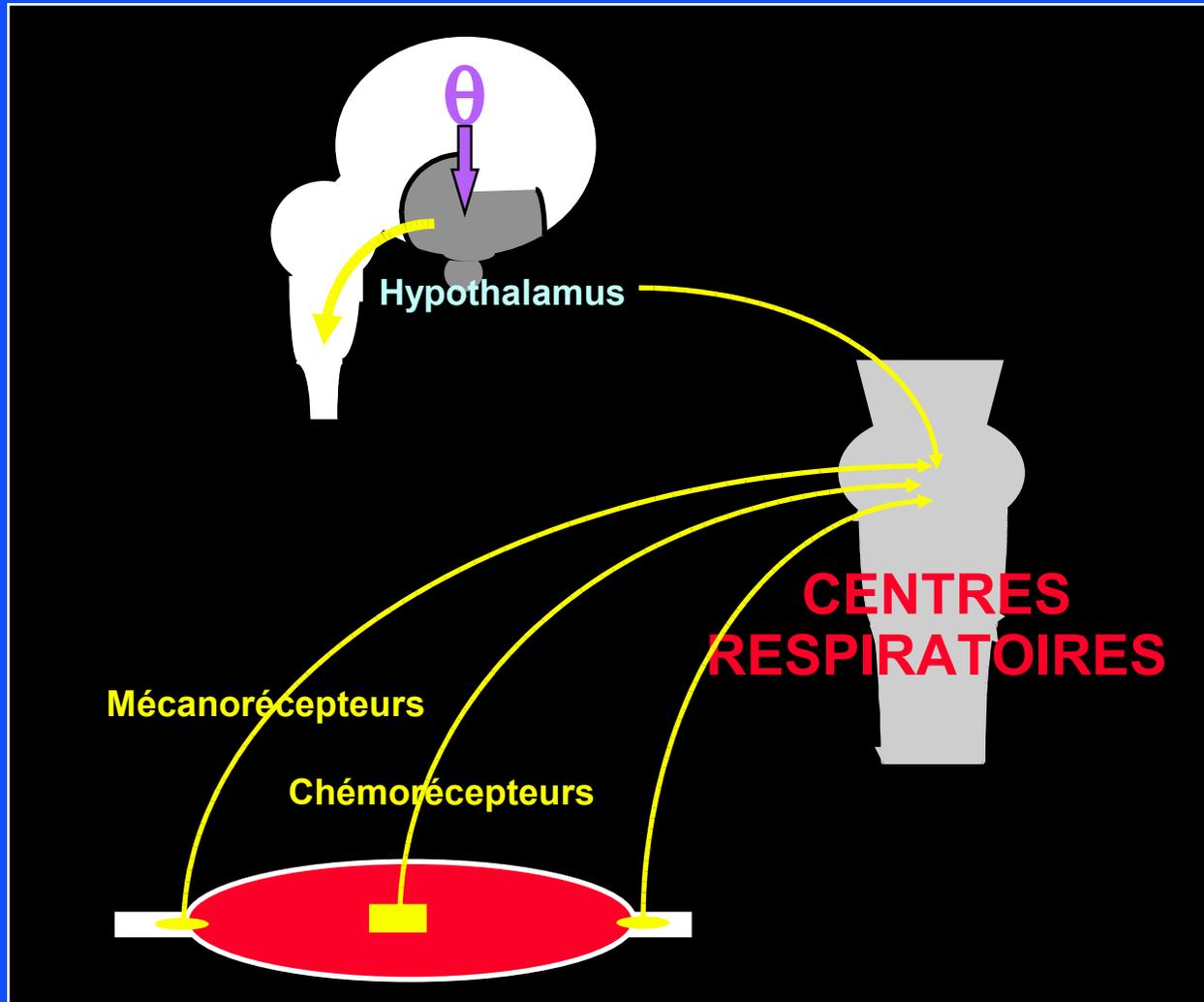


0



Exercice

Exercice



hypercapnie aiguë: augmentation de la ventilation
les chémorecepteurs périphériques (20-30%)
les chémorecepteurs centraux (70-80%)
(réponse plus lente)

Réponse à l'hypercapnie

(réponse rapide)

hypercapnie chronique: peu d'augmentation de la ventilation

augmentation de la réabsorption des

bicarbonates dans le sang

passage de bicarbonates dans le LCR, pH moins

acide même si $PaCO_2$ élevé