

Régulation de la Respiration

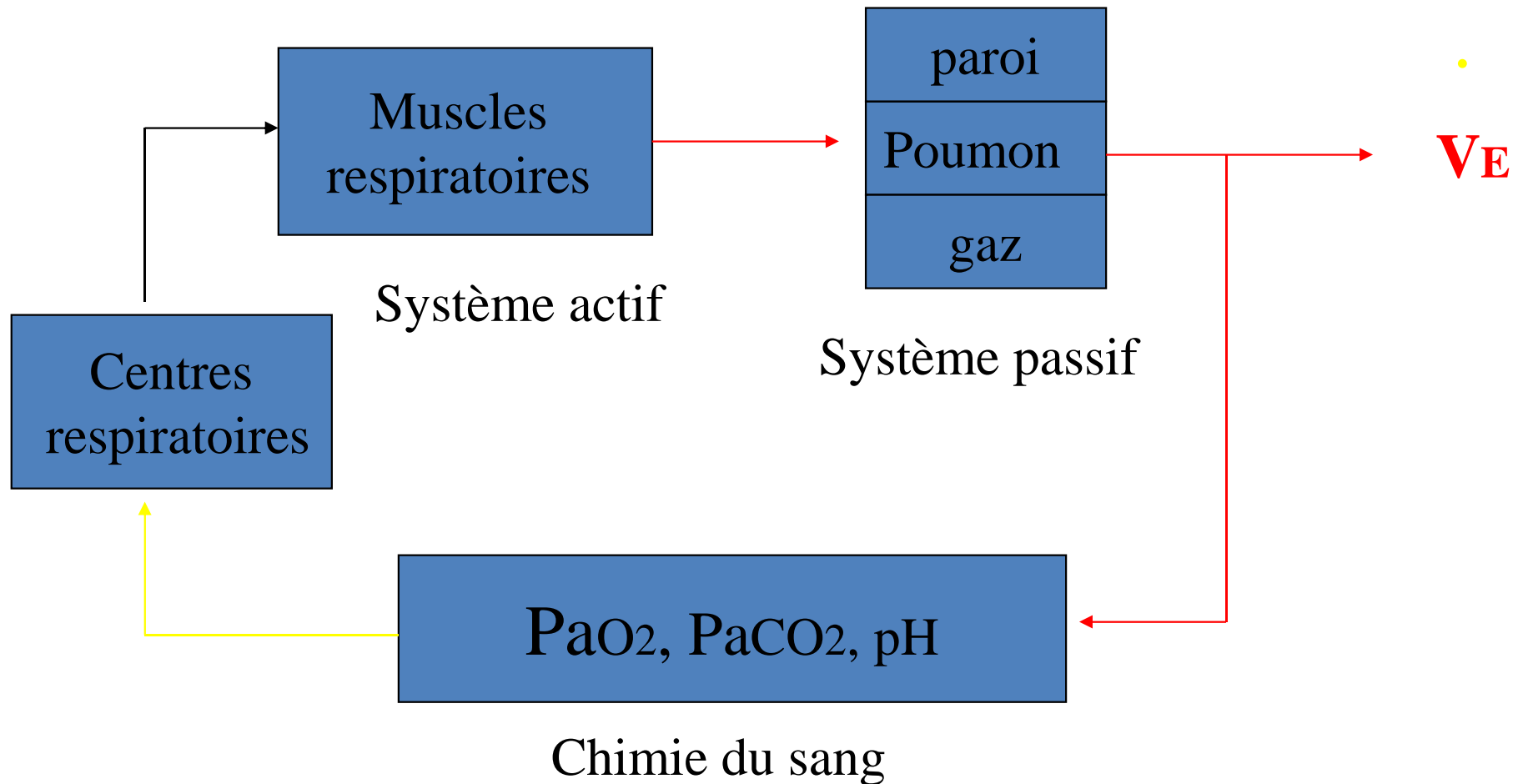
Faculté de Médecine Université Constantine 3
Service de Physiologie Clinique et des explorations Fonctionnelles
CHU Constantine
Présenté par : M Bougrida

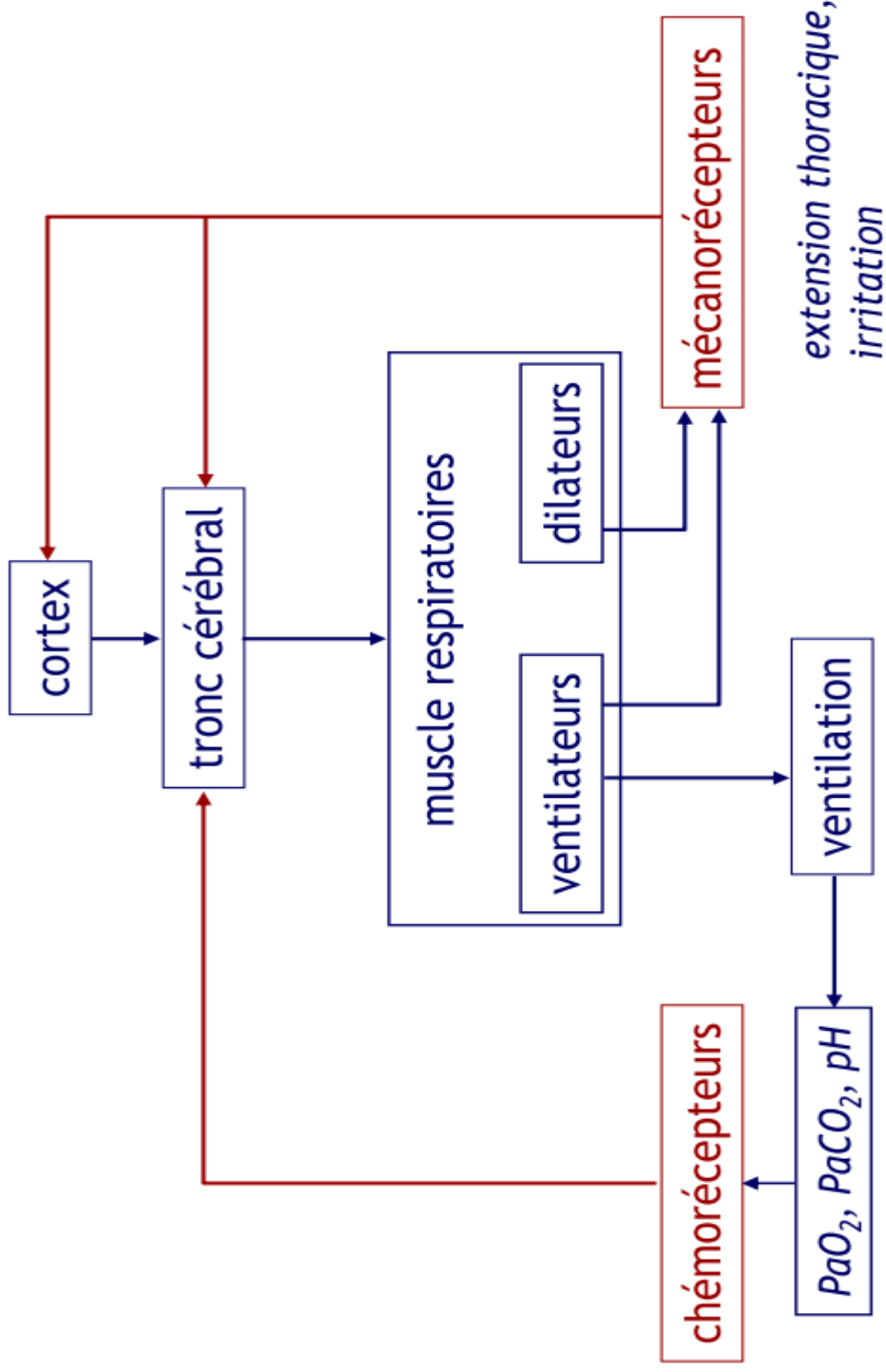
Objectifs du cours :

- 1- Identifier les centres de régulation : Cortex , **tronc cérébral**,
et moelle épinière
- 2- Comprendre les mécanismes de régulation de la ventilation :
 - Au repos :
Contrôle Nerveux ,
Contrôle métabolique
- 3- Comprendre les mécanismes de régulation dans les situations
physiologiques particulières
 - L' exercice musculaire
 - Le sommeil
- 4- Contrôle de la bronchomotricité

Introduction

- Boucle de régulation : système organisé et complexe





Etienne Roux

Laboratoire de Physiologie Cellulaire Respiratoire INSERM U 885
 UFR des Sciences de la Vie Université Victor Segalen Bordeaux 2

Introduction :

La commande ventilatoire se distribue aux

- Muscles des voies aériennes supérieurs
- Muscles thoraciques
- Muscles abdominaux

S'organise en inspiration et expiration

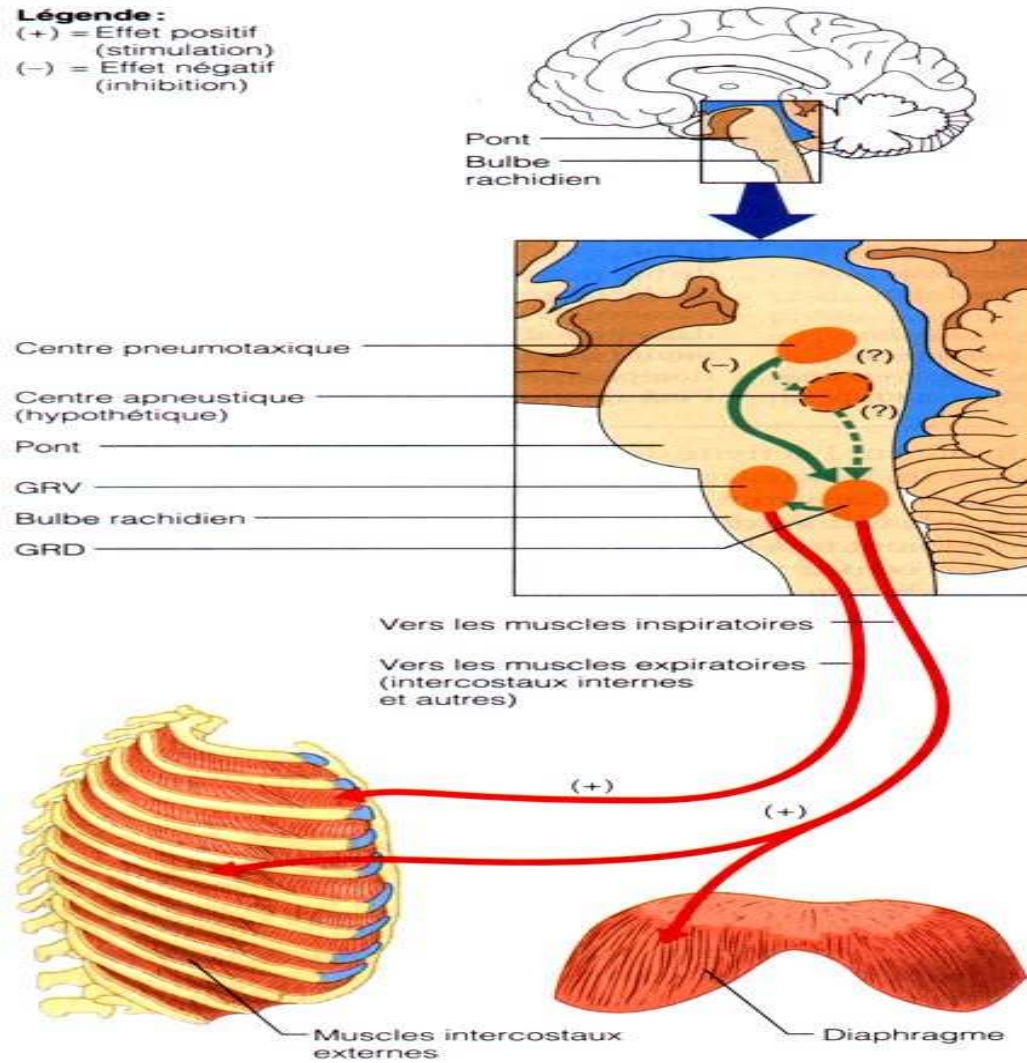
- Le fonctionnement optimal de la commande ventilatoire

L'intégrité de la chaîne de transmission : Système
nerveux central  L'effecteur

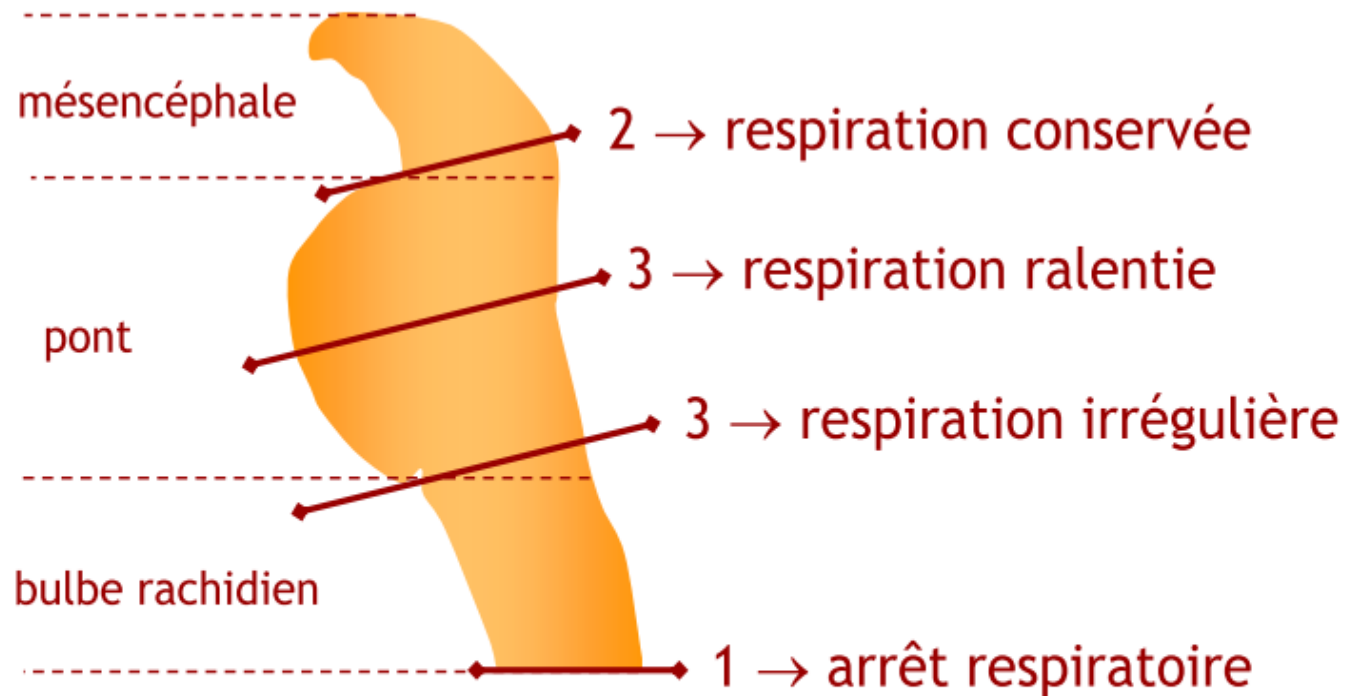
Système ventilatoire et voies aériennes

Centres respiratoires

Légende :
(+) = Effet positif
(stimulation)
(-) = Effet négatif
(inhibition)



Rôle du tronc cérébral : Mise en évidence expériences de sections



- bulbe rachidien : génèse du rythme respiratoire
 - pont : modulation du rythme respiratoire
- contrôle bulbopontique

Etienne Roux

Laboratoire de Physiologie Cellulaire Respiratoire INSERM U 885
UFR des Sciences de la Vie Université Victor Segalen Bordeaux 2

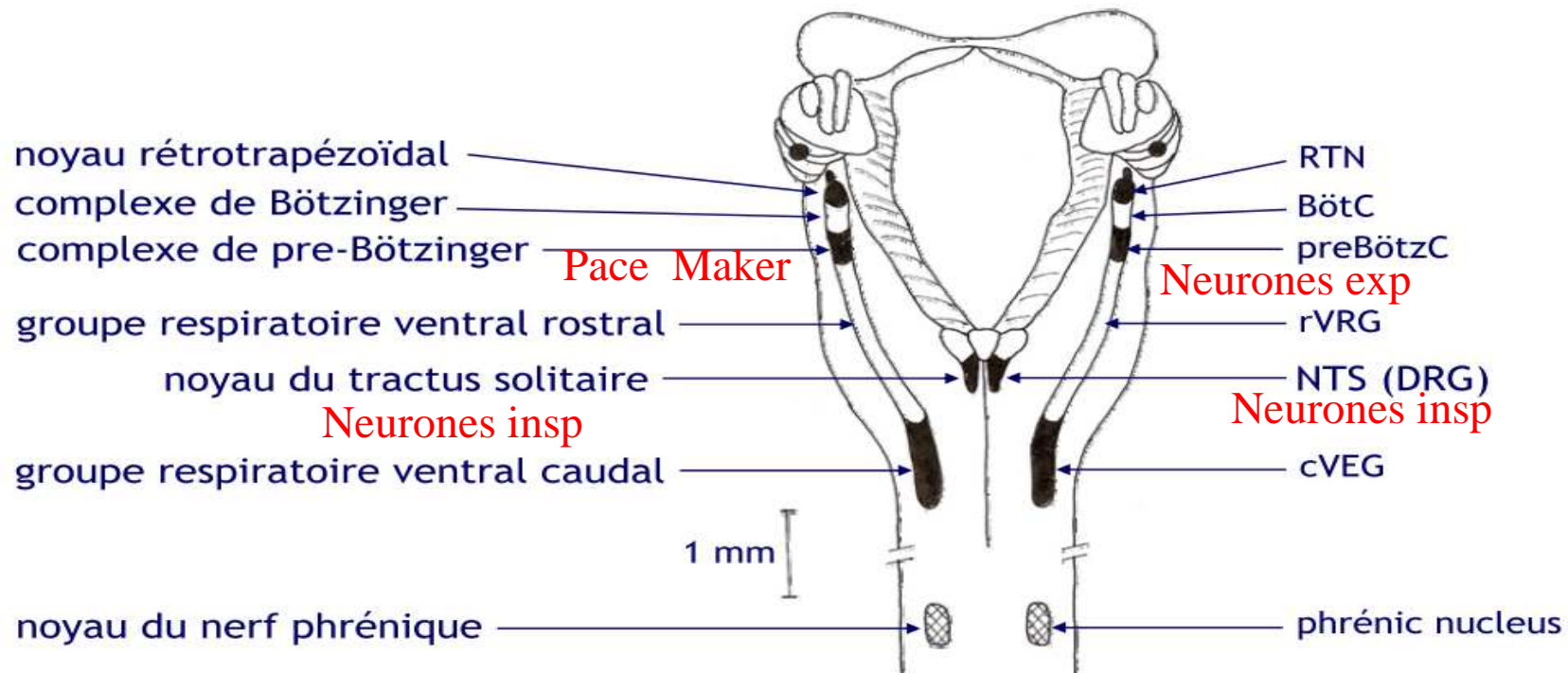
Centres respiratoires

- Ventilation : nature périodique, insp-exp
- Sous contrôle : neurones bulboprotubérentiels
- ≠ noyaux distincts
- = collection mal définie de neurones

La production du rythme ventilatoire dépend en partie :
Neurones de type pace maker : 2 Régions limitées

Le complexe pré- Botzinger situé en position ventral / Noyau ambigu

schéma anatomo-fonctionnel



Centres respiratoires

- Trois groupes principaux :
 1. Centres respiratoires bulbaires
 2. Centre apneustique
 3. Centre pneumotaxique

Centres respiratoires bulbaires

- Formation réticulée du bulbe
au dessous du plancher du 4^{ème} ventricule
- **GRD : complexe pré- Botzinger**
 1. rôle : inspiration (rampe)
 2. cellules douées d'automatisme
 3. inhibé par le centre pneumotaxique (↑ Fr)
 4. Influencé : afférence IX, X
 5. Inhibé par les opioïdes
- **GRV**
 1. aire expiratoire
 2. Silencieuse : respiration calme

Centre apneustique

- Localisation : protubérance (partie < pont)
- Section juste au-dessus :
Apneuse ou crampe inspiratoire
- Rôle : apparament stimulation GRD ?

Centre pneumotaxique

- Localisation : partie > pont
- Rôle : inhibition du GRD
 1. Contrôle le volume inspiratoire
 2. Contrôle de la Fr

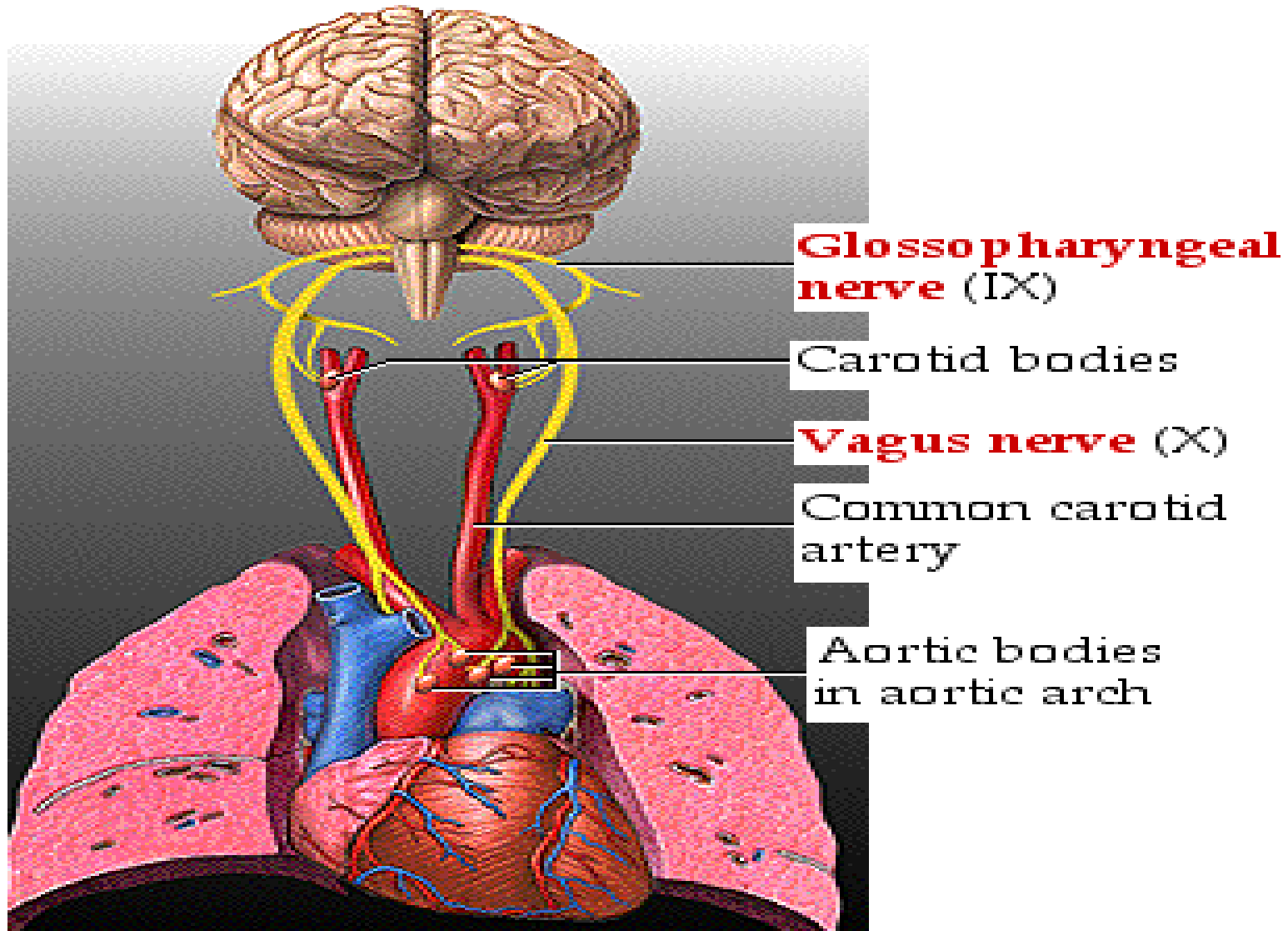
Cortex

- Responsable du contrôle volontaire
- Hyper ventilation : facile
 - ↓ PaCO₂ de moitié
 - ↑ PH de 0,2
- Hypo ventilation : plus difficile
 - PaO₂, PaCO₂, PH

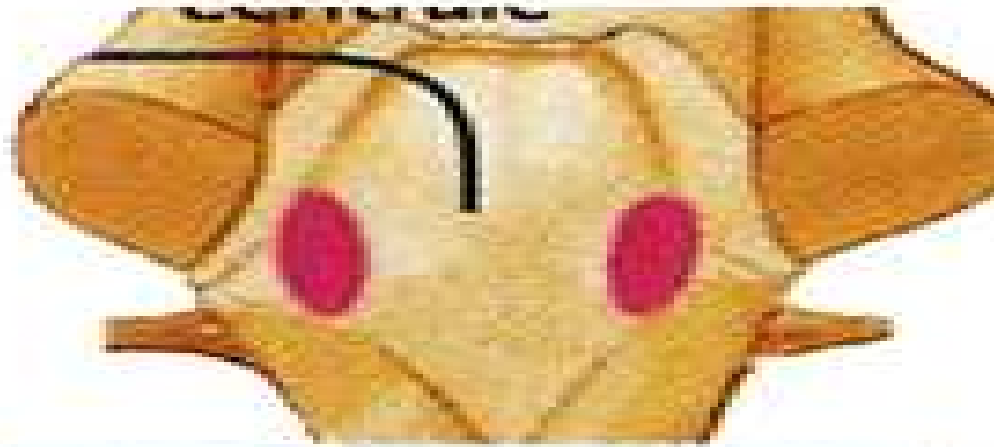
Autres régions du cerveau

- Système limbique
- Hypothalamus: Emotions
- Modification de la ventilation : états affectifs
colère, crainte...

Chémorécepteurs périphériques



Chémorécepteurs centraux T cérébral



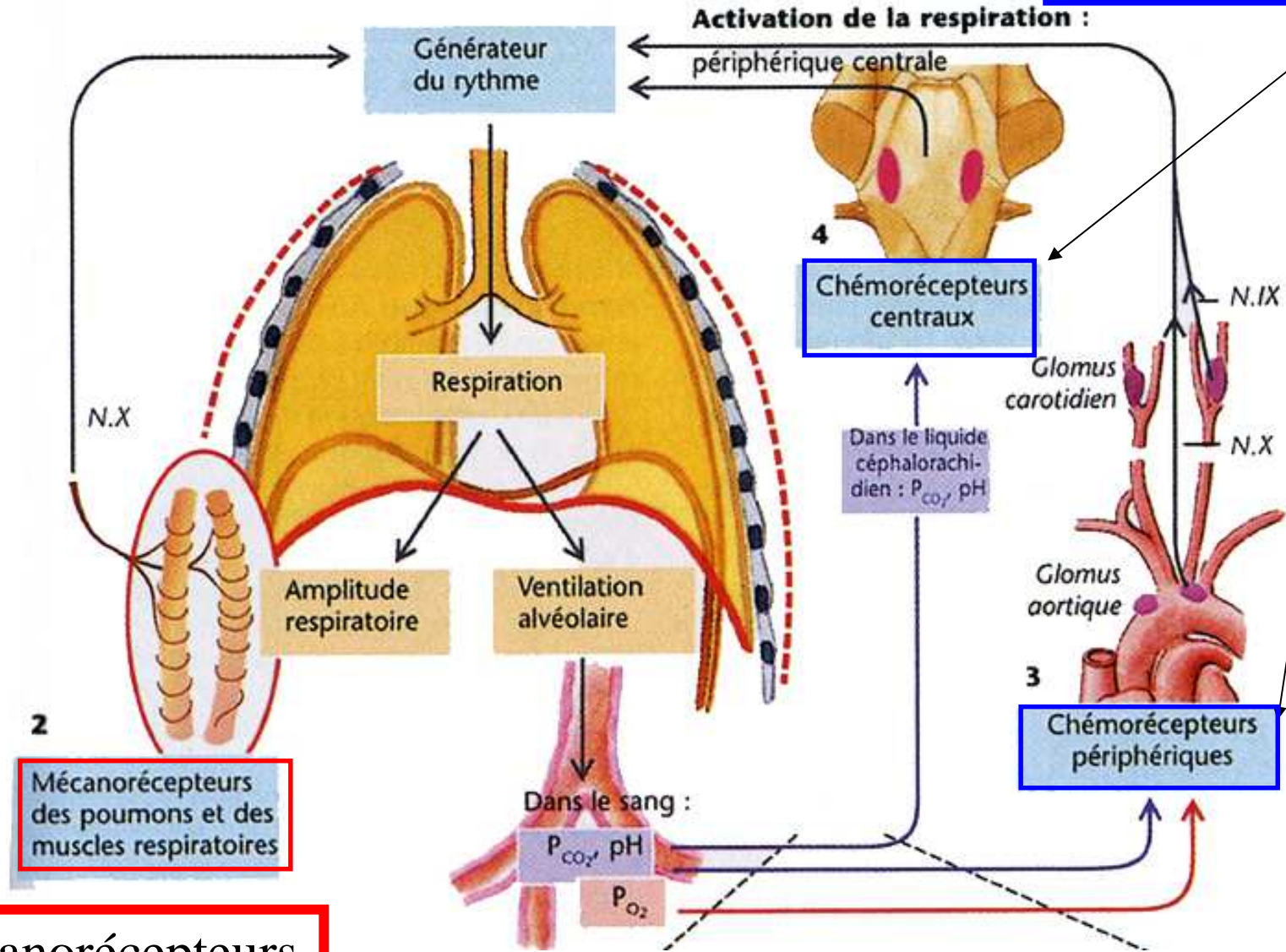
Chémorécepteurs
centraux



Dans le liquide
céphalorachi-
dien : P_{CO_2} , pH

Boucle de régulation

Chémorécepteurs



Mécanorécepteurs des poumons et des muscles respiratoires

Mécanorécepteurs

pO_2 , pCO_2 et pH

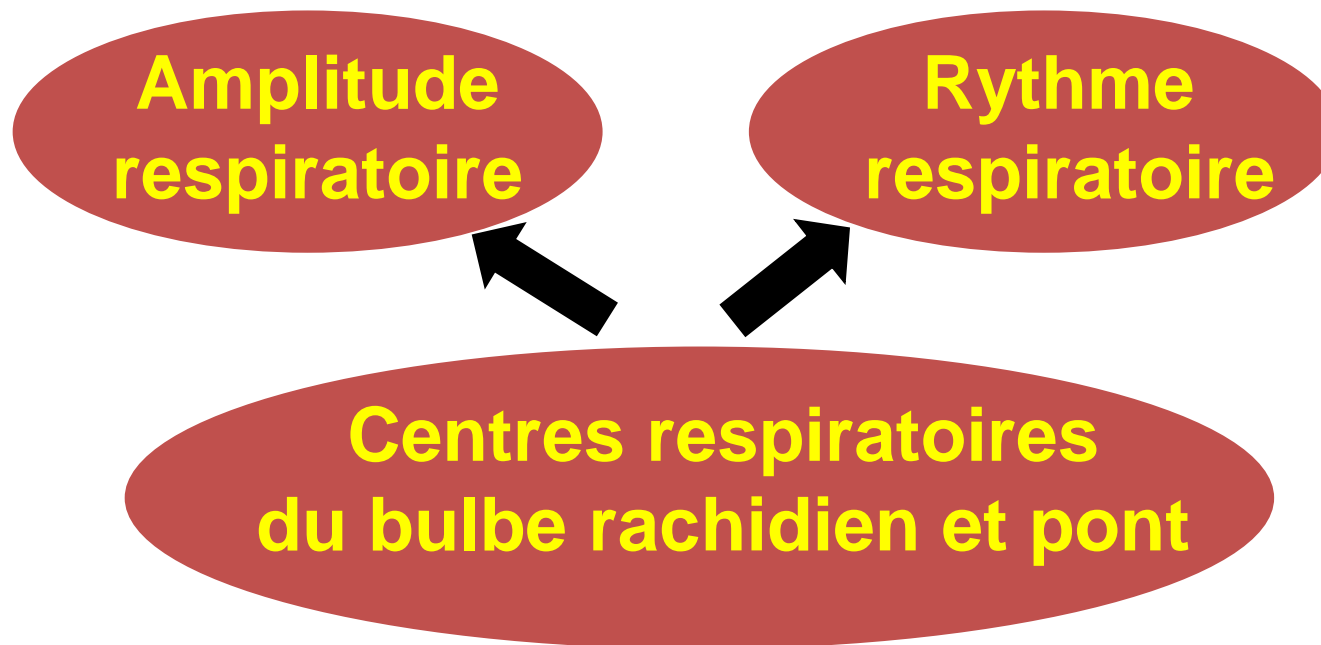
Régulation de la ventilation au repos

Au repos, Ventilation minute = 6 l.mn⁻¹

$$\text{Ventilation mn} = V_t \times F_r$$

V_t : Volume courant, 0,5 l

F_r : Fréquence respiratoire, 12



Contrôle nerveux périphérique

a – Le nerf vague :

- * Irritants récepteurs :

réflexes de défense en cas d'irritation

- * Mécanorécepteurs :

réflexe *d'Hering Breuer* .

- * Récepteurs alvéolaires (R de Paintal) :

bronchoconstriction (histamine, kinnine...)

Rôle protecteur +++

Contrôle nerveux périphérique

b- Contrôle spinal :

Centre d'intégration des informations issues :

a- centres supérieurs

**b- structures de la cage thoracique, articulaires,
tendineuses, musculieuses et cutanées**

Contrôle métabolique

- La PaO_2 , la PaCO_2 et PH influencent de manière efficace la ventilation
- Les marges de normalité :
 1. - **PaO_2 à 96 mmhg**
 2. - **PaCO_2 à 40 mmhg**
 3. - **PH = 7,38 à 7,42**

Contrôle de la ventilation par l'oxygène

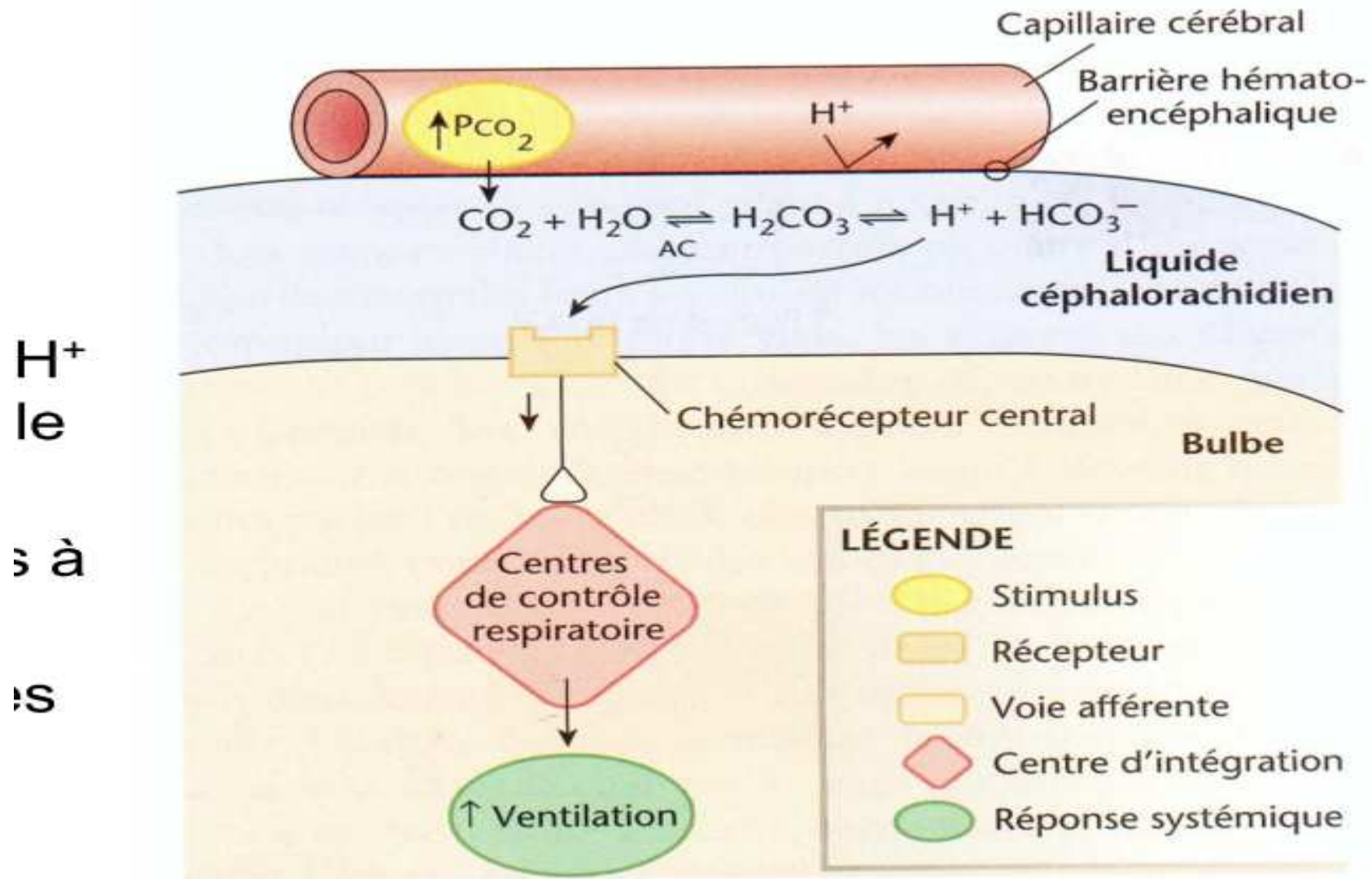
- Le stimulus *hypoxémique* stimule les *chémorecepteurs* périphérique : hyper ventilation par un mécanisme chémoreflexe.
- Il s'agit d'une réponse rapide et peu sensible :
 - PaO₂ = 400 mmhg : absence d'influx
 - PaO₂ < 100 mmhg : peu d'influx
 - PaO₂ < 50 mmhg : maximum d'influx
- C'est l'oxygène dissout et non combiné à l'hémoglobine qui est responsable de cette régulation.

Contrôle de la ventilation par le CO₂

- L'hypercapnie et donc l'acidose stimule
 1. Les chémorécepteurs périphériques
 2. Les chémorécepteurs centraux : tardive mais très sensible
- En réalité, ce sont les ions H⁺ issu de l'association du CO₂ avec l'eau qui représente véritable stimulus

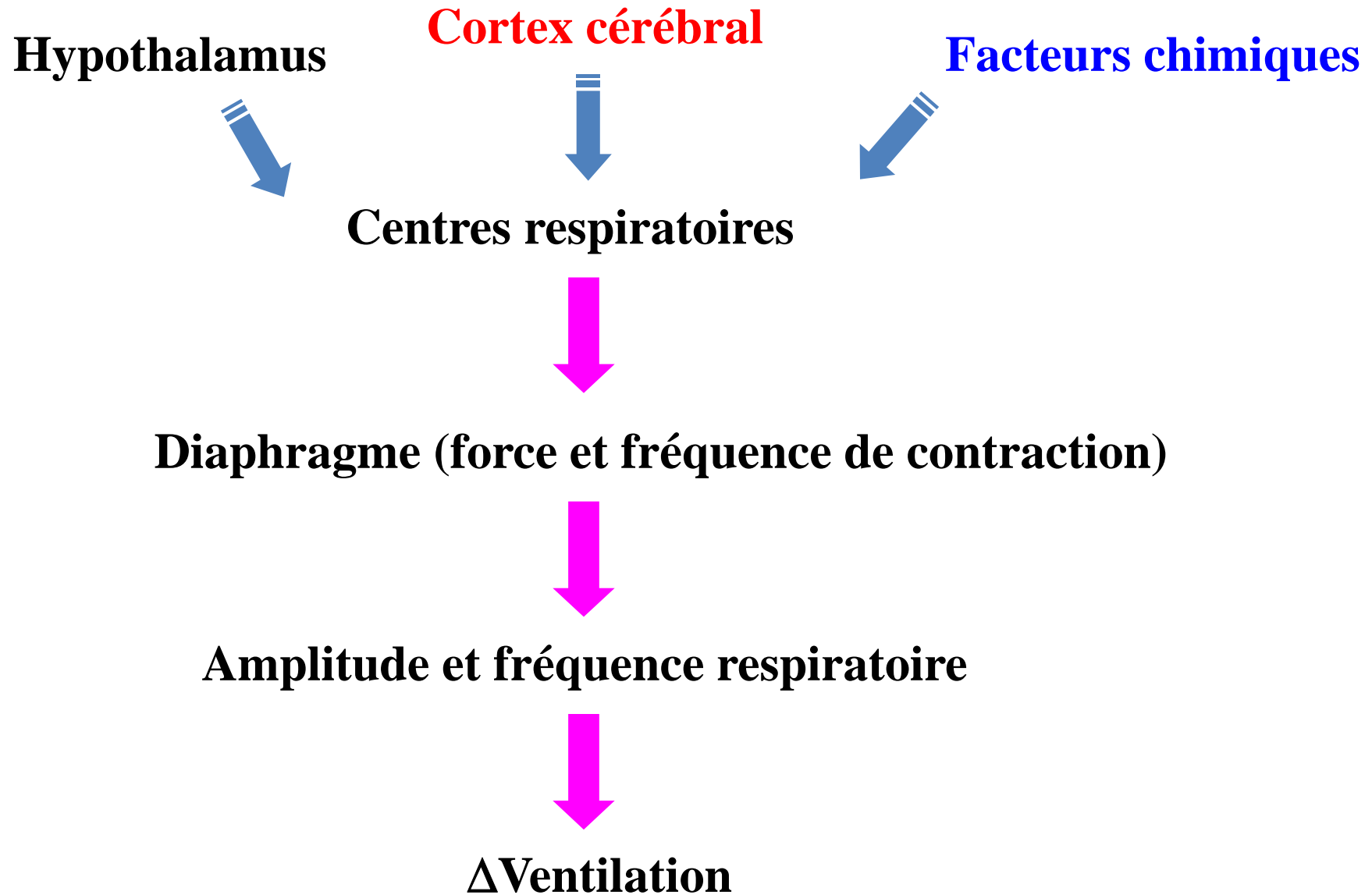
Contrôle de la ventilation par le CO₂

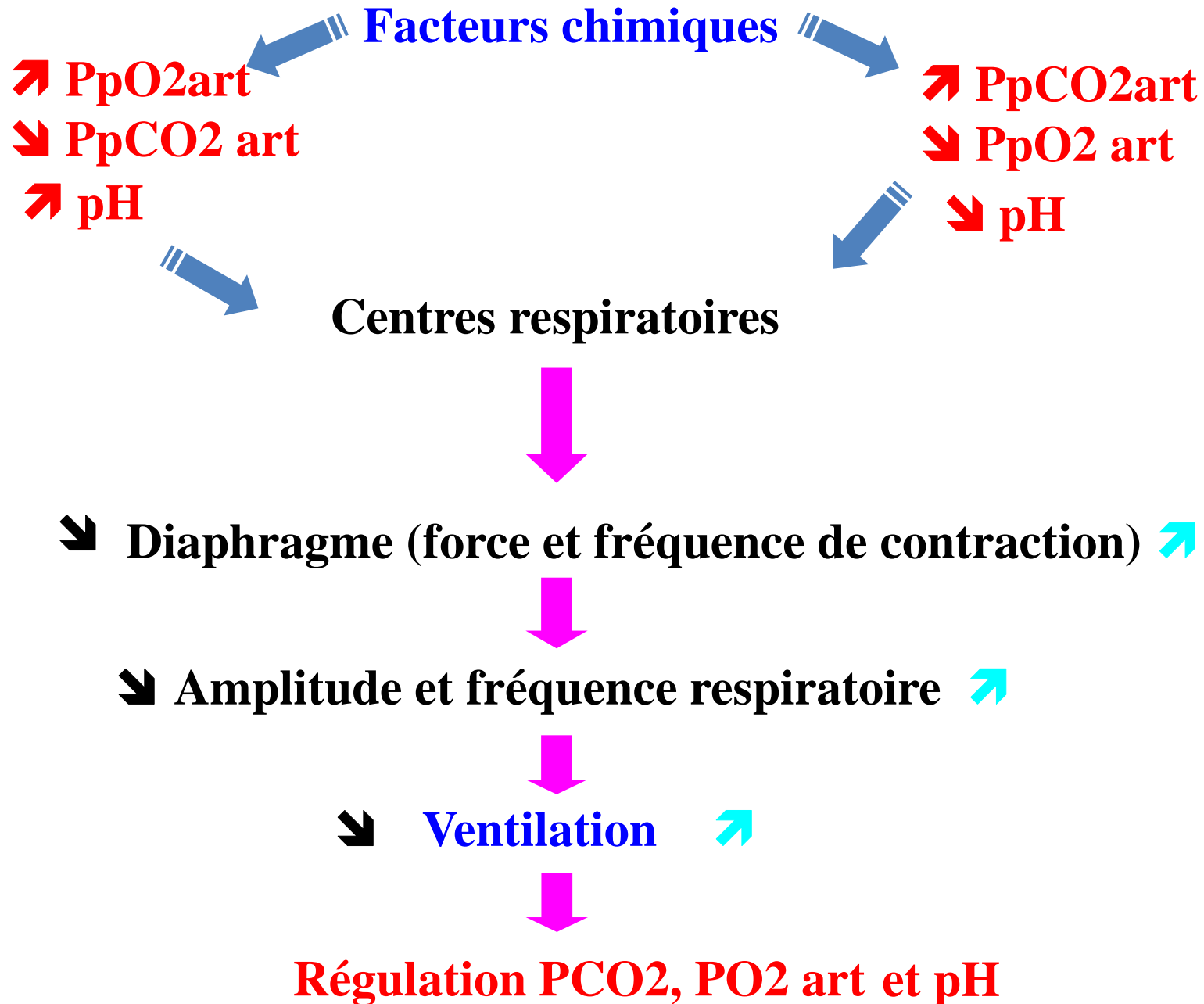
- Les chémorécepteurs centraux : [H⁺] LCR
- CRP : l'hypercapnie est consolidateur du stimulus hypoxémique

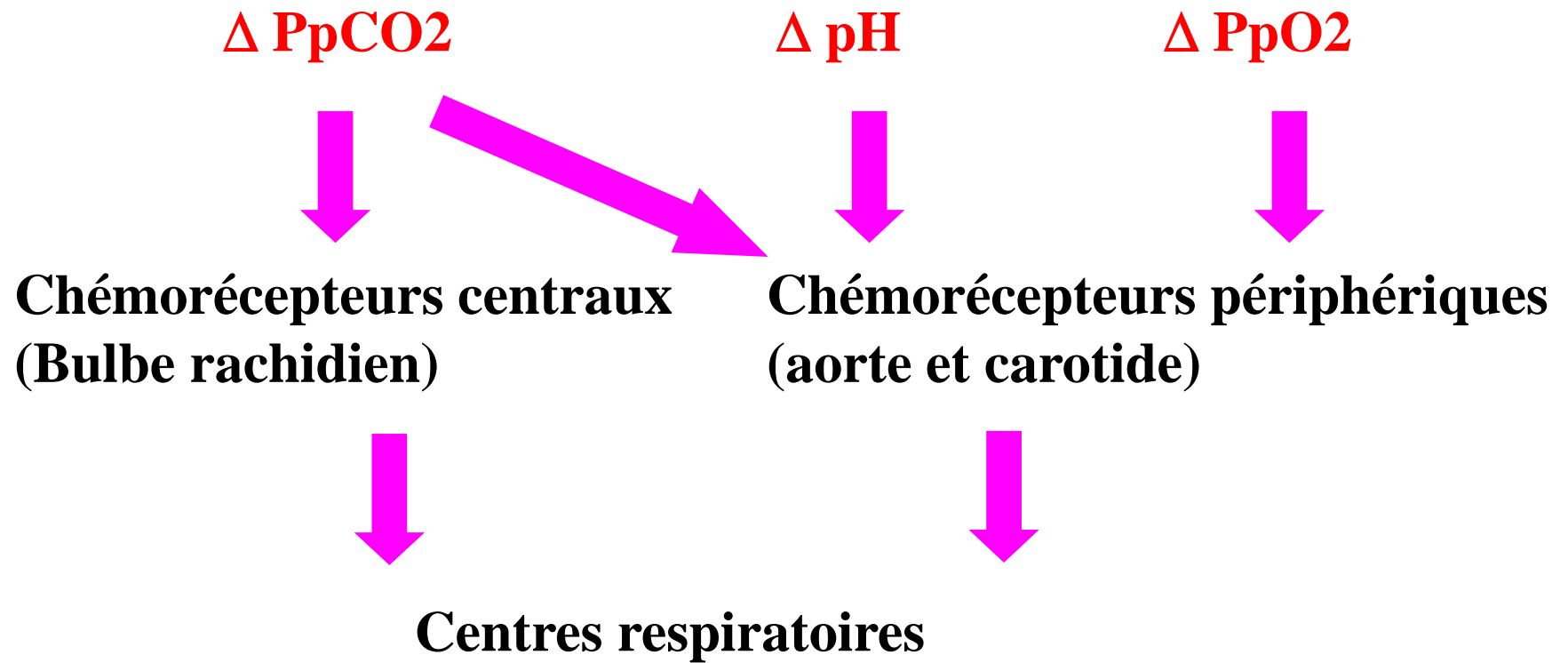


Chémorécepteurs

variables régulées	capteurs	effecteurs
PCO ₂ pH	chémorécepteurs centraux	ventilation
PO ₂ [O ₂] PCO ₂ pH	chémorécepteurs périphériques	ventilation débit sanguin résistances vasculaires
PO ₂	capteurs rénaux	érythropoïèse







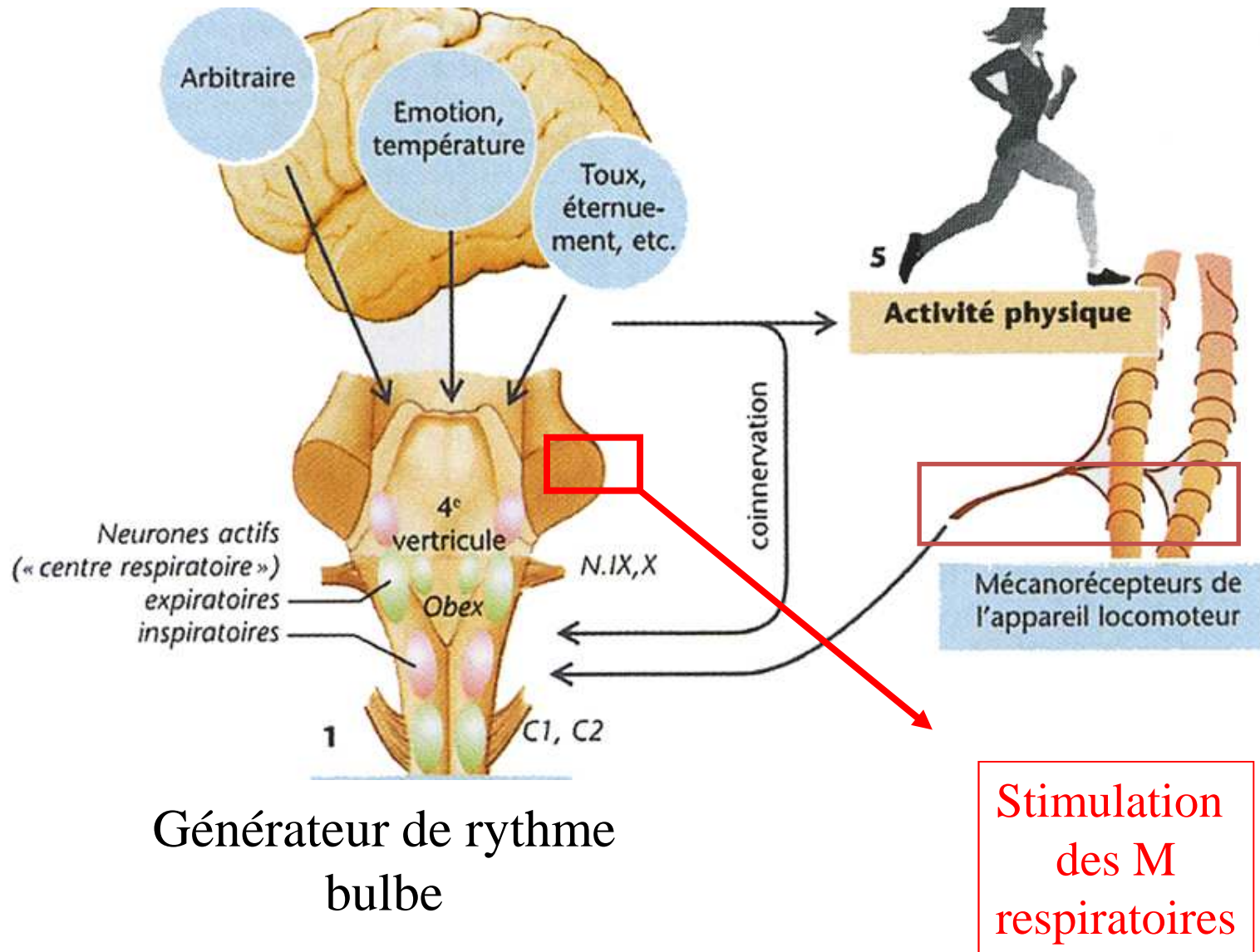
Adaptation

- Poumon normal : importantes réserves (repos)
Faire face ↑ besoins métaboliques (exercice)
- Poumon : principal lien physiologique avec
l'environnement (30 > peau)
- Desires de l'homme (éscalade, plongée ...) :
véritables agressions système respiratoire

Augmentation du rythme durant l'exercice

- Ventilation multipliée jusqu'à 20 fois !
- Explication semble basique :
PaO₂, PaCO₂, PH
- Mais tel n'est pas le cas !!!

Augmentation du rythme durant l'exercice



Ventilation en état :

De L'Eveil

- Réflexes chimiques et mécaniques : Réponses efficaces
- Activité élevée du diaphragme et des muscles des VAS
- Hématose : Normoxémie et normocapnie

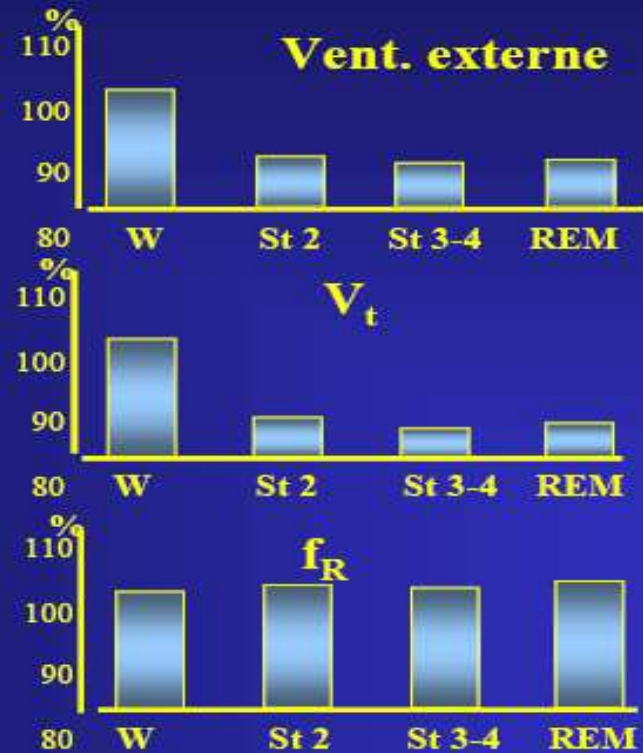
Du Sommeil

- Activité tonique et phasique diminuées
- Hypoventilation alvéolaire
- Instabilité ventilatoire

ventilation lors du sommeil

Modification de la Ventilation au cours du sommeil

Kryger-Roth-Dement, Principles of Sleep Med, 1998



DIU Sommeil 2006-2007- Escourrou

ventilation lors du sommeil

- ↓ stimulation supérieur bulbaire
 - ↓ activité diaphragmatique
 - ↓ diamètres VAS
- ↓ réponse ventilatoire à l' hypercapnie et l' hypoxémie
- Seuil apnéique très sensible aux CO₂

ventilation lors du sommeil

- Conséquences physiologiques :
 - ↓ ventilation externe de 5-15%
 - ↓ SaO₂ de 1-2%
- Nombre et durée de pauses respiratoires ne dépassant pas les limites physiologiques
- Au delà : SAS

Régulation de la bronchomotricité

- Système nerveux autonome
 - Sympathique : Rec $\beta 2$ Noradrénaline Bronchodilatation
 - Para sympathique : Muscarinique , ACH Bronchoconstriction
- Système nerveux non adrénérgique non cholinérgique NANC
 - Excitateur : Fibres C, Neurotransmetteur: Substance P
 - Inhibiteur : Vague , Neurotransmetteur : VIP
- Médullosurrénale : Adrénaline, Rec $\beta 2$, Bronchodilatation

Médiateurs paracrines

éicosanoïdes (leucotriènes, prostaglandines)

histamine

sérotonine (5-HT)

endothéline

facteur relaxant dérivé de l'épithélium

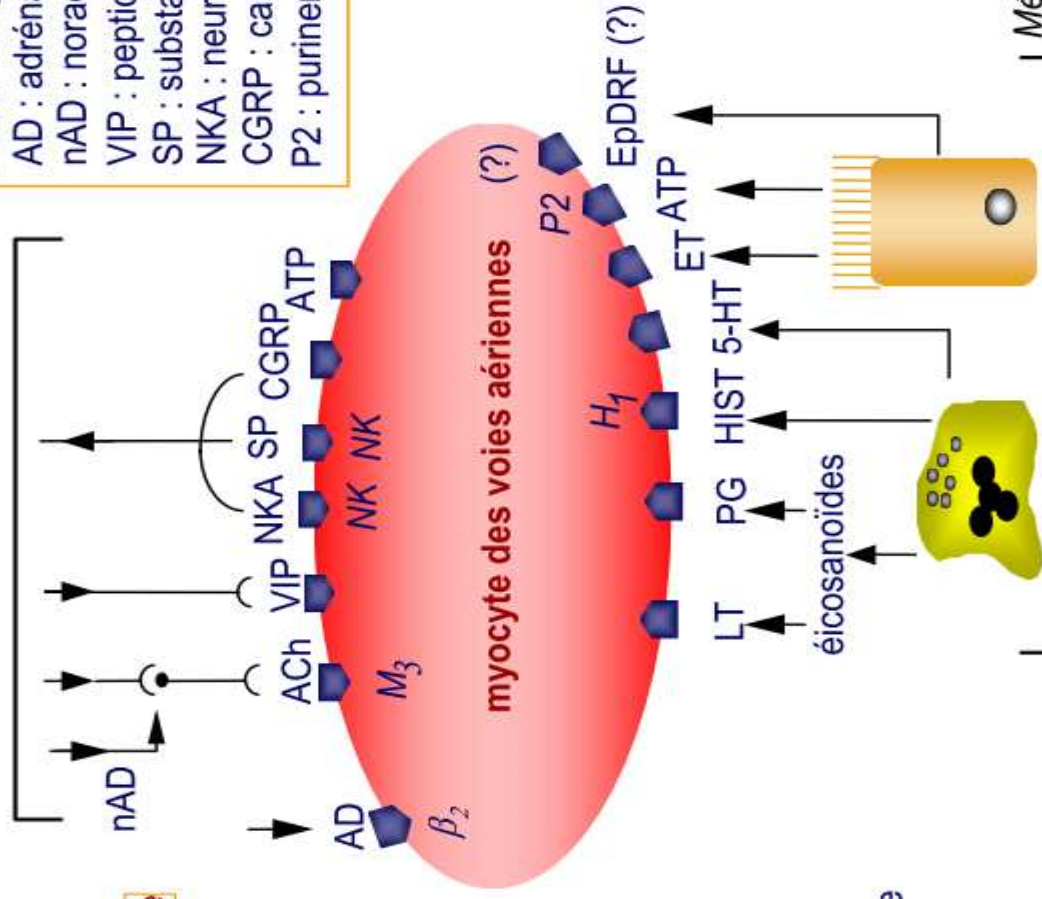
purinergiques (ATP, UTP, ADP, AMP, ADO)

voies de contrôle et médiateurs et de la cellule musculaire lisse

Neurotransmetteurs

médullosurrénale

- ACh : acétylcholine
- AD : adrénaline
- nAD : noradrénaline
- VIP : peptide intestinal vasoactif
- SP : substance P
- NKA : neurokinine A
- CGRP : calcitonine gene related peptide
- P2 : purinergiques (P2X et P2Y)



- LT : leucotriène
- PG : prostaglandine
- HIST : histamine
- 5-HT : sérotonine

Médiateurs paracrines

Références bibliographiques :

- 1- Physiologie Humaine Appliquée : Claude Martin Ed Arnette 2006
- 2- Principe de Physiologie Humaine A Guyton
- 3- Physiologie Humaine H Guenard , Ed : Wolters Kluwer 2009
- 4- Atlas de poche de Physiologie
- 5- Etienne Roux : Laboratoire de physiologie cellulaire respiratoire
INSERM U885 Université Victor Segalen Bordeaux 2
- 6- Physiologie Humaine DU Silverton Pearson éducation Fr 2007