

COURS DE PHYSIOLOGIE DIGESTIVE

**Laboratoire de Physiopathologie et
Pharmacologie Cardiovasculaires
Expérimentales (LPPCM)**

INSERM U866

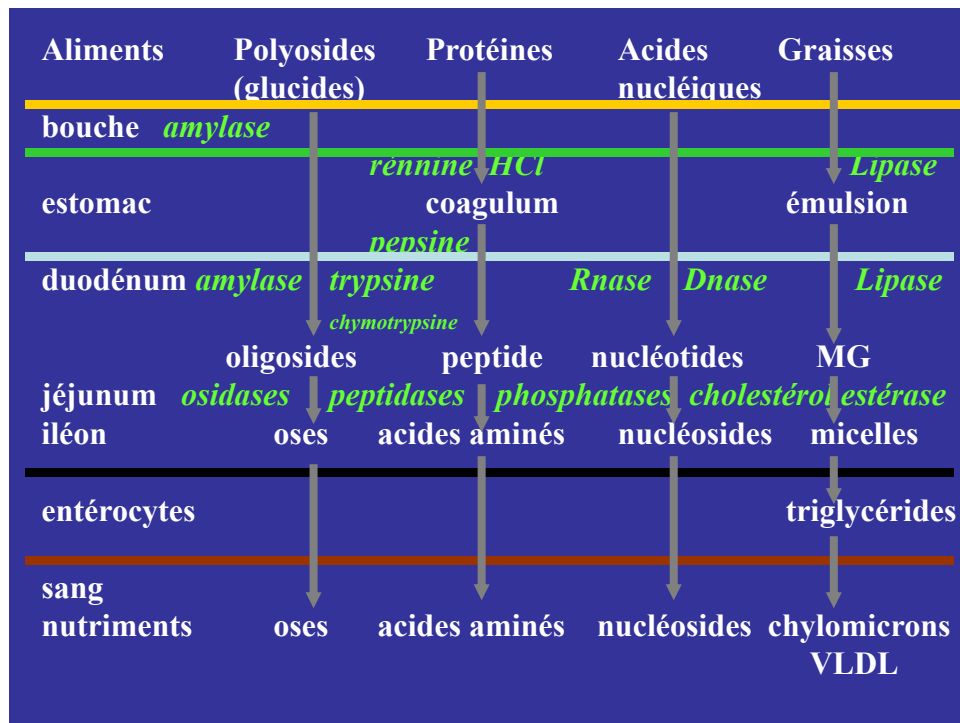
Salle 122

Digestion :

**ensemble des voies
métaboliques
permettant la transformation
des
aliments en nutriments**

La digestion comprend :

- une fonction motrice assurant :
 - le transit
 - le mélange
 - l'élimination
- une fonction sécrétoire
- une fonction excrétrice
- une fonction d'absorption.



Plan Général

- Les aliments dans la bouche
- La déglutition et la motricité oesophagienne
- Les aliments dans l'estomac : la sécrétion gastrique
- Le carrefour biliopancréatique
- L'absorption intestinale

Plan de chaque chapitre :

- Caractéristiques physiques de la sécrétion
- Compositions électrolytique et organique de la sécrétion
- Contrôle nerveux et hormonal de la sécrétion
- Mise en jeu du contrôle de la sécrétion au cours des phases inter-digestives et des phases d'absorption.
- La motricité digestive

Objectifs et moyens :

- Objectif : connaître la transformation des aliments en nutriments.
- Moyens : description de la composition hydroélectrique et enzymatique des sécrétions digestives. Rôle de ces dernières dans la transformation des aliments en nutriments.
- Besoins : connaître la régulation nerveuse et hormonale des sécrétions et de la motricité.

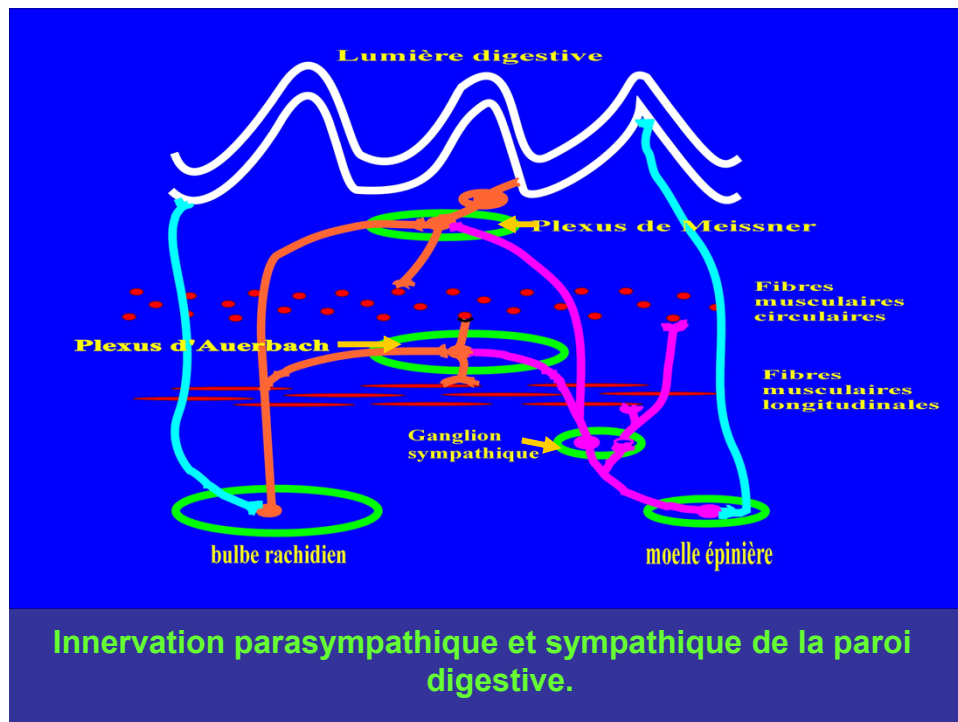
Organisation de la paroi digestive

Les couches musculaires

L'innervation

parasympathique

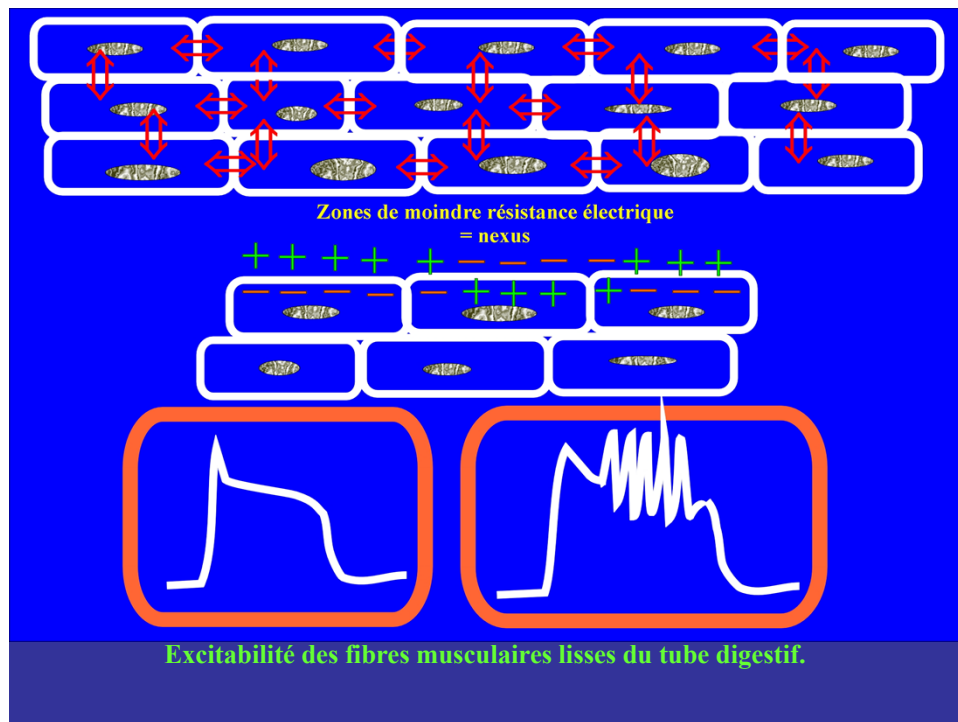
sympathique



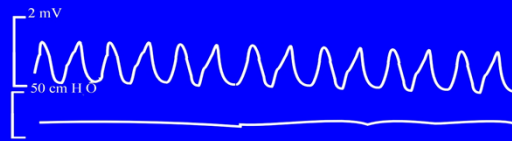
L'activité électrique des cellules musculaires lisses de la paroi digestive

Ondes lentes de dépolarisation

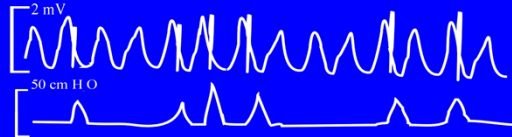
Potentiels d'actions



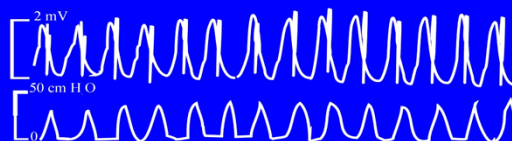
LE COMPLEXE MOTEUR MIGRANT (CMM).



Phase I : Phase de quiescence



Phase II : Phase irrégulière



Phase III : Phase régulière

Le complexe moteur migrant (CMM)

Ondes non propagées :
la segmentation

Ondes propagées :
le péristaltisme

Organisation de la paroi digestive

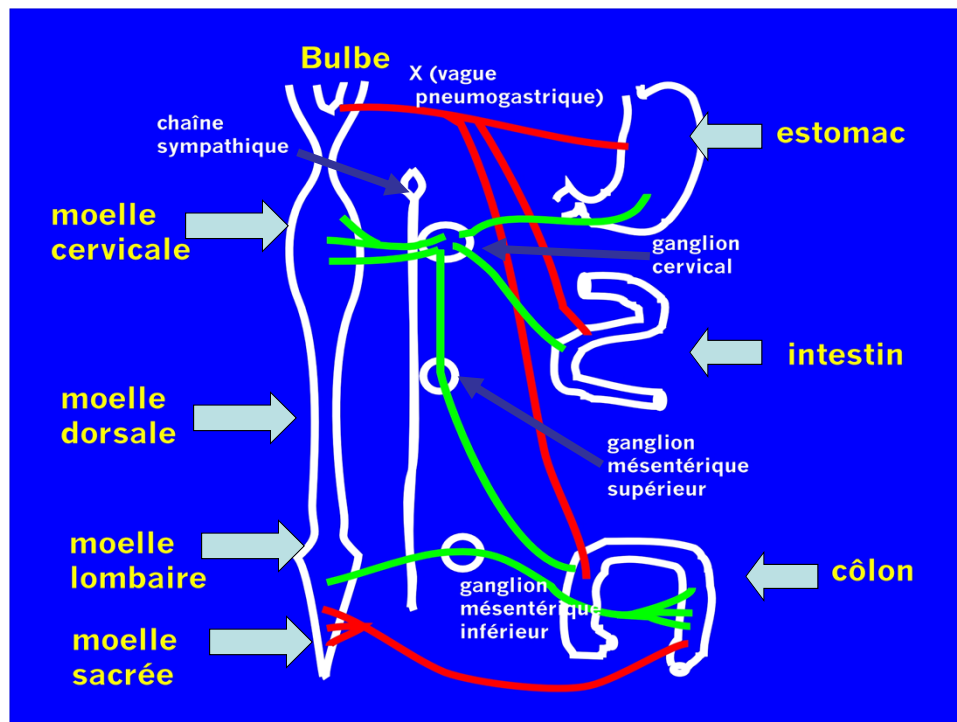
Les couches musculaires

L'innervation

parasympathique

sympathique

Organisation du système nerveux végétatif



Principaux médiateurs du tube digestif :

- l'acétylcholine (Ach)
- la noradrénaline (NA)
- l'adénosine triphosphate (ATP)
- la 5-hydroxytryptamine (5HT ou sérotonine)
- l'acide gamma-aminobutyrique (GABA)

Principaux médiateurs du tube digestif (suite) :

- le VIP (vaso active peptide)
- le GIP (gastric inhibitory peptide)
- la substance P
- la somatostatine
- la motiline
- le NO (protoxyde d'azote)

La muqueuse :

- La continuité de surface.
- Le renouvellement cellulaire
 - 50 à 100 milliards de cellules/j
 - stimulants : gastrine, hydrocortisone, EGF (*epithelial growth factor*), entéroglucagon
 - inhibiteurs : prostaglandines (PGE2)
- La cytoprotection.

LES ALIMENTS DANS LA BOUCHE

- 1- La mastication**
- 2- La salive**
- 3- Mécanismes de la sécrétion salivaire**
- 4- Commande de la sécrétion salivaire**

LES ALIMENTS DANS LA BOUCHE

- 1- La mastication**
- 2- La salive**
- 3- Mécanismes de la sécrétion salivaire**
- 4- Commande de la sécrétion salivaire**

Mécanismes de la mastication

- **Mouvements volontaires de la mâchoire**
- **De la langue et des joues**
- **Conduisant :**
 - **au broyage des masses alimentaires**
 - **à la dissociation de la carapace de cellulose des fibres végétales**
 - **Au mélange des aliments et de la salive**

LES ALIMENTS DANS LA BOUCHE

1- La mastication

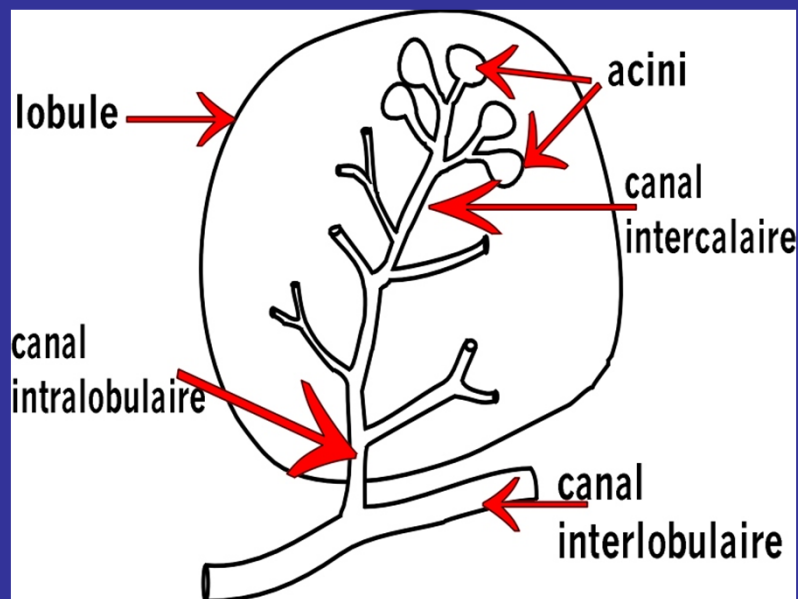
2- La salive

3- Mécanismes de la sécrétion salivaire

4- Commande de la sécrétion salivaire

Glandes salivaires :

- Glandes parotides (canal de Sténon)
- Glandes sous-maxillaires (canal de Wharton)
- Glandes sublinguales



2- La salive

- **2-1- Composition de la salive.**

- **2-1-1- Substances minérales.**

- **2-1-2- Substances organiques.**

	Concentration salivaire mEq.l⁻¹	Plasma mEq.l⁻¹
Na⁺	8,7 à 23,9	143
K⁺	12,8 à 16,1	4,1
Ca²⁺	2,3 à 5,5	
Mg²⁺	0,16 à 1,1	
Cl⁻	8,4 à 17,7	101
Pi	5,4	
HCO₃⁻	5 à 40-60	27,5
Thiocyanate (SCN⁻)		

2- La salive

- **2-1- Composition de la salive.**

- 2-1-1- Substances minérales.

- 2-1-2- Substances organiques.

Substances organiques (1) :

Les mucines :

PM > 10⁶.

Responsables de la viscosité de la salive, rôle de lubrifiant.

L'α-amylase ou ptyaline :

PM = 50 000. Glycoprotéine comportant 1 atome-gramme de calcium par molécule d'enzyme.

Spécifique de la liaison 1-4 glucidique de l'amidon et du glycogène. Libère du glucose, du maltose et des dextrines limites. C'est une endo- et exo-amylase. pH optimal compris entre 6,5 et 7. Activée par Cl⁻. 5 à 10% des matières amylacées sont hydrolysées dans la bouche et jusqu'à 50% dans l'estomac.

Substances organiques (2) :

La maltase :

Hydrolyse le maltose

La lipase :

Sécrétée par des glandes sublinguales.

Elle n'agit qu'à pH acide, elle n'a donc pas d'action dans la bouche mais commencera son action dans l'estomac.

Elle hydrolyse les triglycérides du lait.

Son action est importante surtout chez le nouveau-né et le nourrisson.

Substances organiques (3) :

Autres substances organiques :

Intrinsèques :

- galactosidases
- peptides actifs sur la maturation des tissus (facteurs de croissance) dont le NGF (*nerve growth factor*), l'EGF (*epidermal growth factor*) et le TGF (*transformine growth factor*)
- ribonucléases
- transaminases
- kalikréine

Substances organiques (4) :

Extrinsèques :

- Albumine
- préalbumine
- transferrine
- gamma globulines.

Le pouvoir antimicrobien

- **Le lysozyme** (129 AA), lors de la xérostomie (ou hyposialie = absence de salive)  infection des dents et de la muqueuse buccale
- **La sialoperoxydase** (active en présence de thiocyanate) inhibe le transport des glucides et la glycolyse
- **La lactoperoxydase** (active en présence de thiocyanate)  dénaturation des protéines
- **L'immunoglobuline A**

LES ALIMENTS DANS LA BOUCHE

1- La mastication

2- La salive

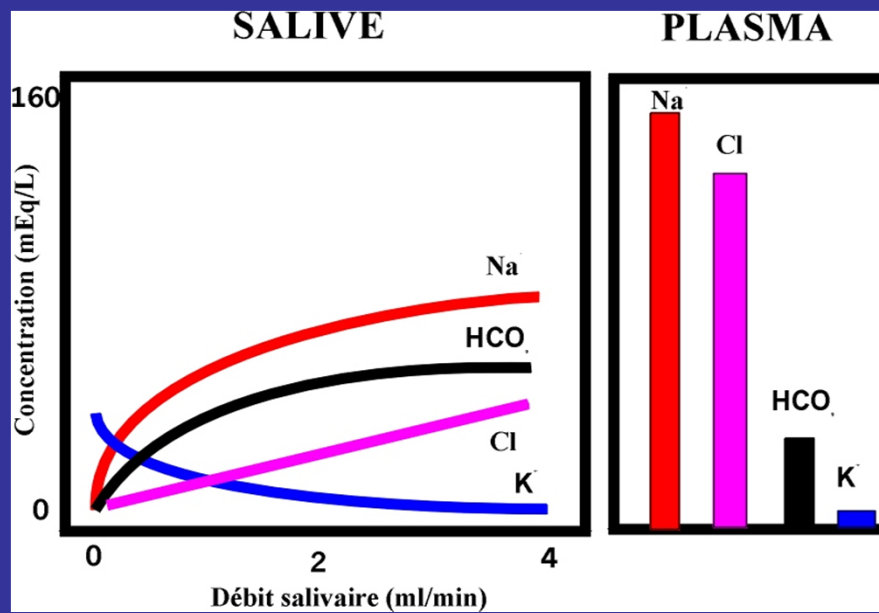
3- Mécanismes de la sécrétion salivaire

4- Commande de la sécrétion salivaire

Le débit salivaire.

- **1 à 2 l/24h.**
- **cycle circadien.**
- **au repos sécrétion permanente entre 0.5 ml/min et 0.05 ml/min (au cours du sommeil).**
- **stimulation : 2 à 4 ml/min (soit 1ml/g/min)**

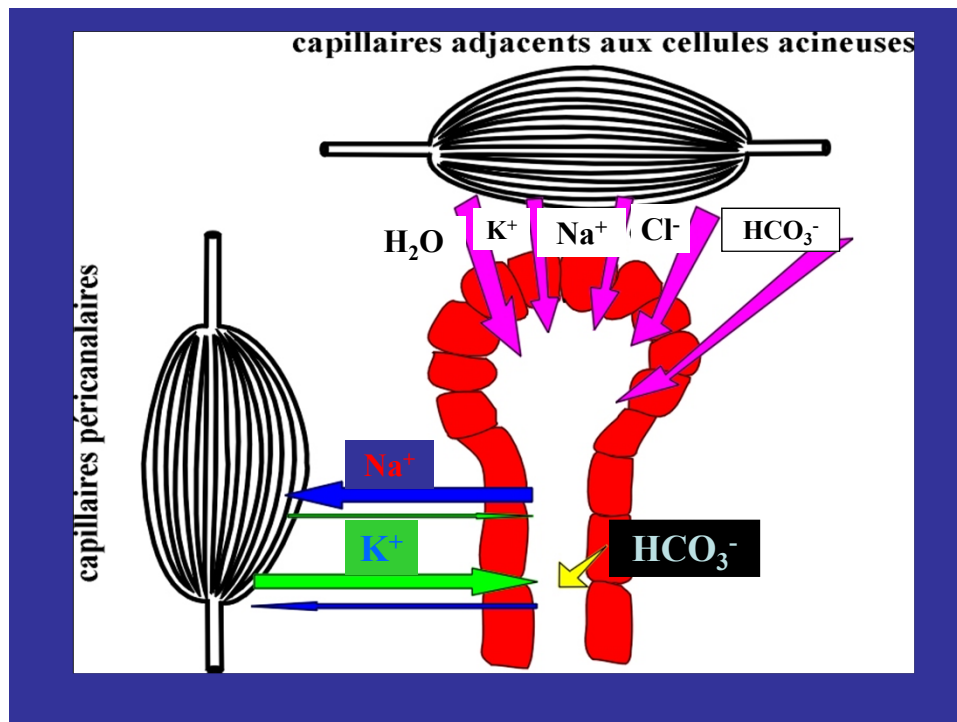
Glandes	repos	stimulation
parotides	26 %	34 %
sublinguales	5 %	3 %
sous-maxillaires	69 %	63 %



Hypothèse de la double étape

(travaux de Thaysen 1954-1960)

- Bayliss et Bradford (1886) : activité sécrétoire associée à la génération de courants électriques.
- Potentiel de repos : environ -30 mV.
- Entrée de Na^+ et sortie de K^+ par activation cholinergique
- activation de la pompe Na^+/K^+



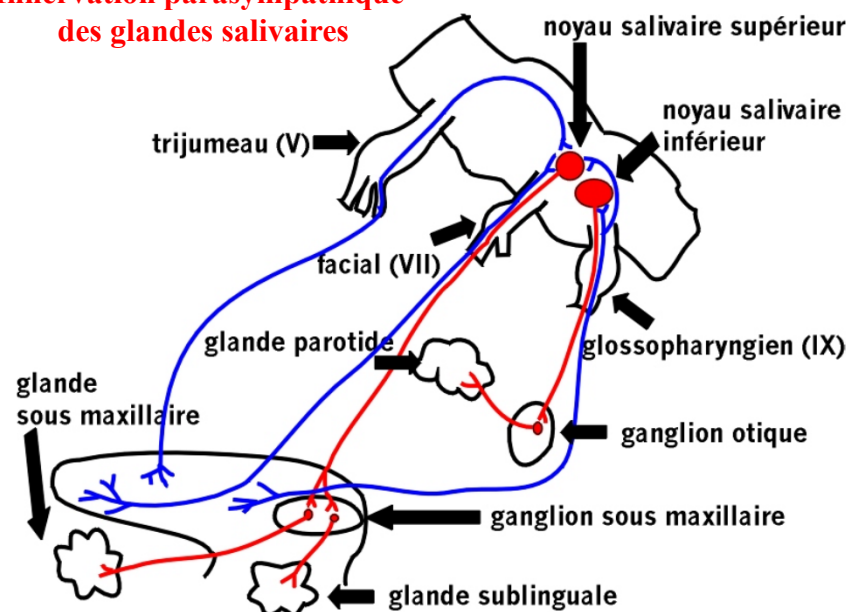
LES ALIMENTS DANS LA BOUCHE

- 1- La mastication
- 2- La salive
- 3- Mécanismes de la sécrétion salivaire
- 4- **Commande de la sécrétion salivaire**

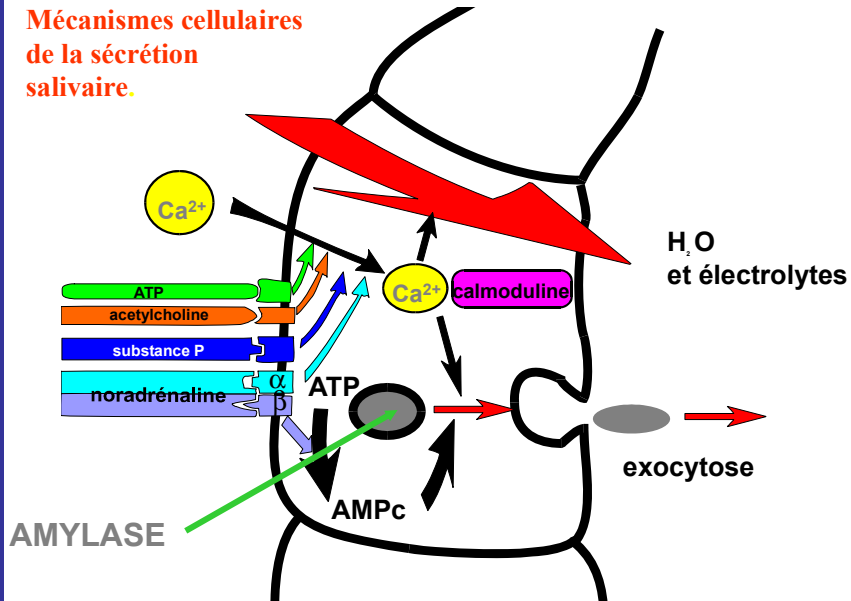
Régulation de la sécrétion de la salive

- La stimulation cholinergique conduit à une sécrétion importante et fluide.

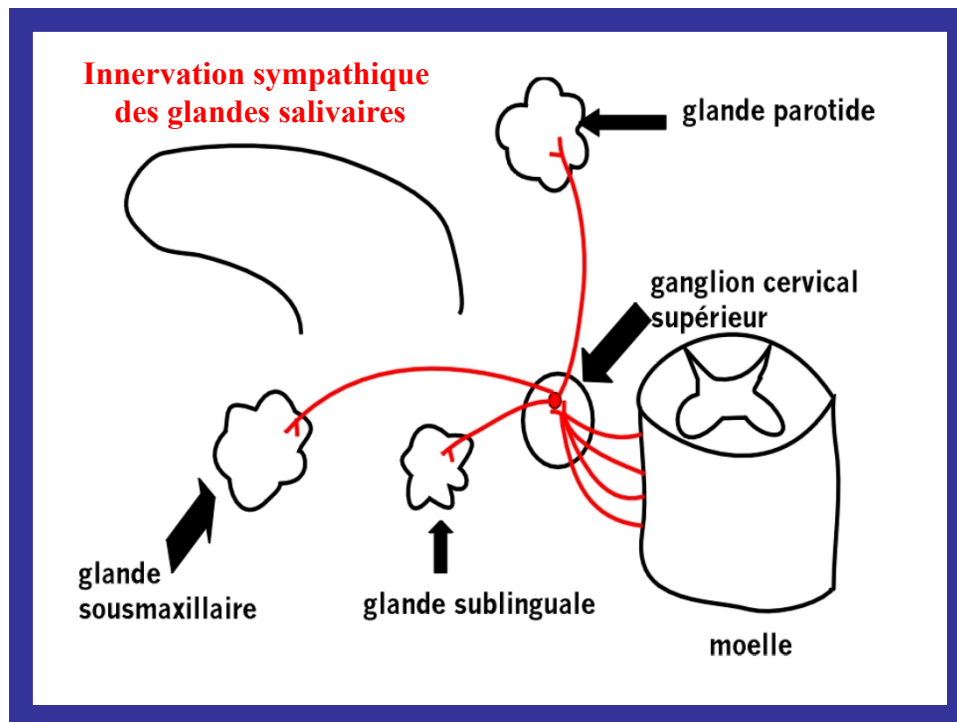
Innervation parasympathique des glandes salivaires



**Mécanismes cellulaires
de la sécrétion
salivaire.**



Lors de la stimulation cholinergique :
sécrétion de **kallicréïne**,
enzyme transformant
l' α_2 -globuline en **bradykinine**,
puissant vasodilatateur



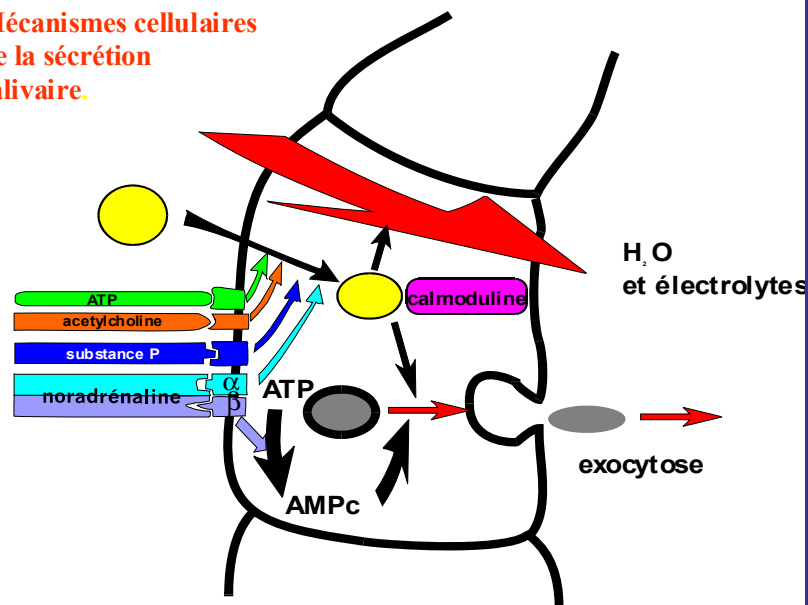
Régulation de la sécrétion de la salive

- L'activation des récepteurs β -adrénergiques stimule la sécrétion des mucines et de l'amylase.

Régulation de la sécrétion de la salive

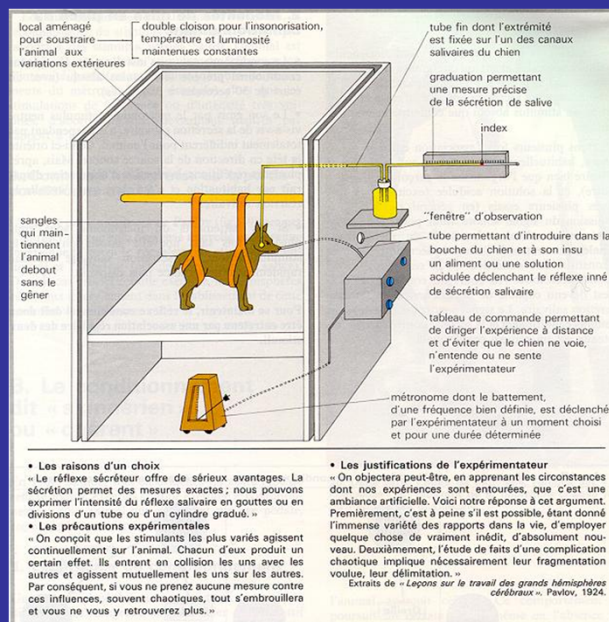
- L'activation des récepteurs α -adrénergiques stimule la sécrétion hydrominérale.

Mécanismes cellulaires de la sécrétion salivaire.



Phases de sécrétion :

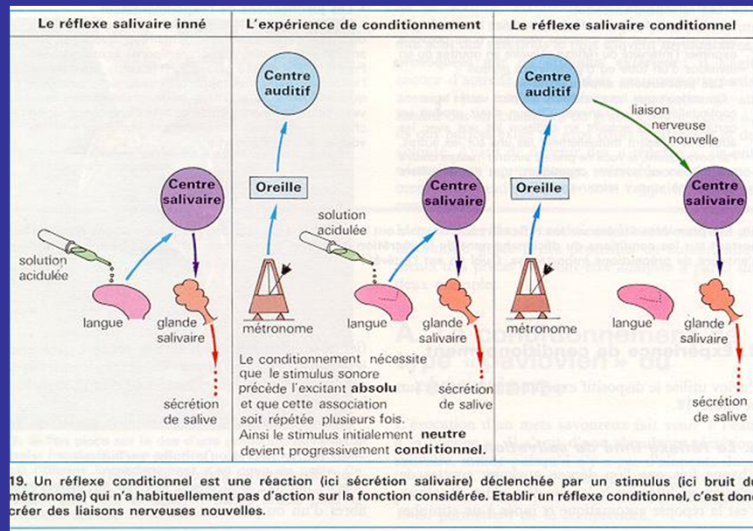
- La phase psychique :
–réflexes conditionnés.
- La phase gustative
- La phase gastro-intestinale



Expérience de PAVLOV

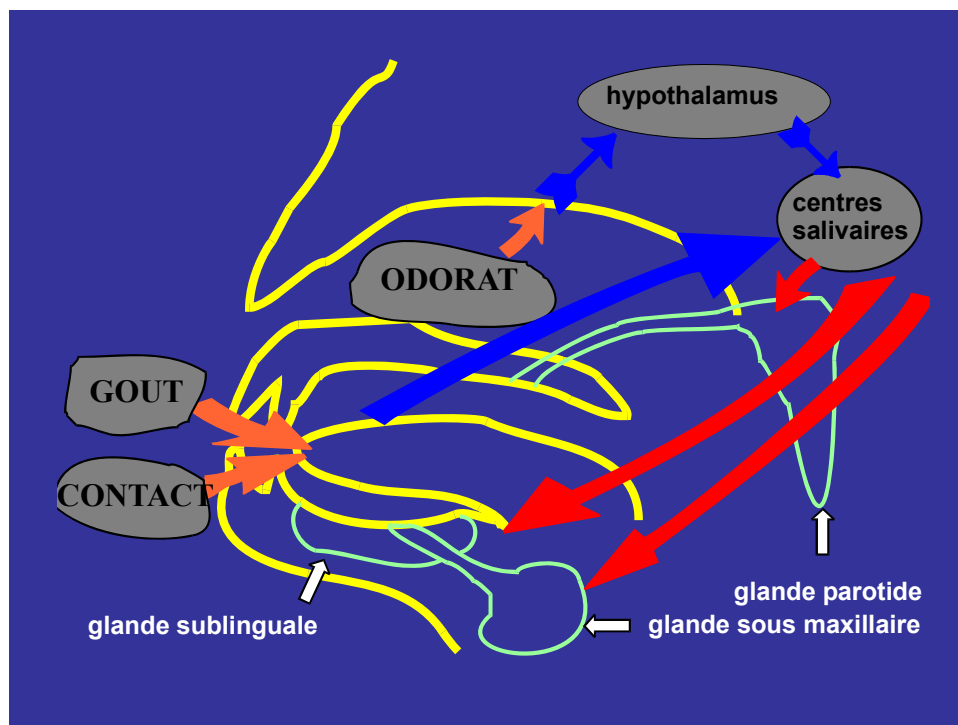
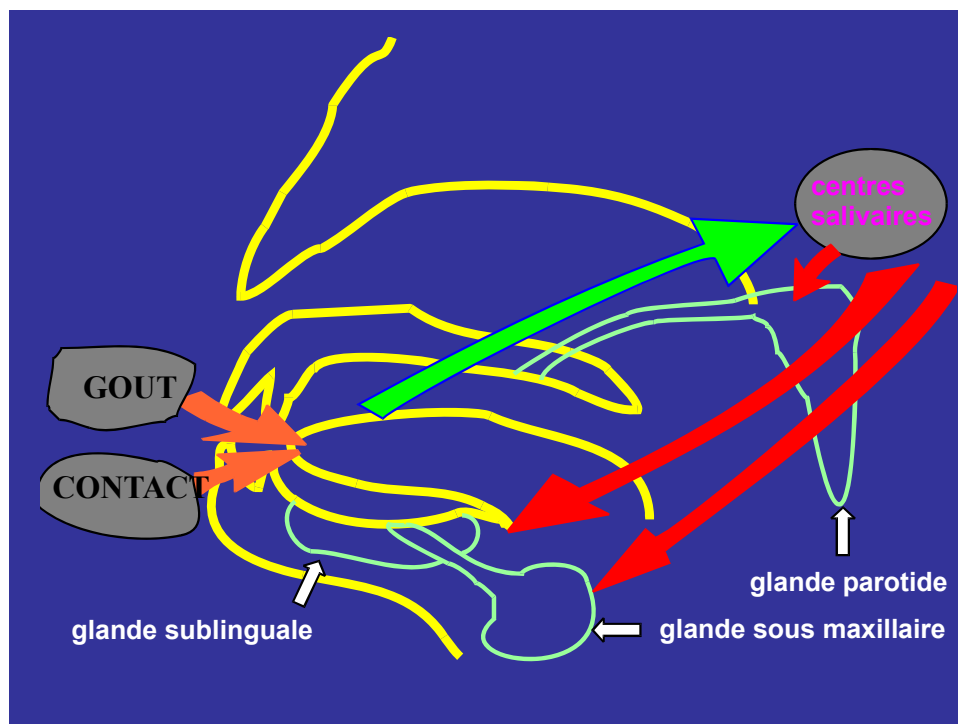
le réflexe conditionné

Le réflexe conditionné



3 phases de sécrétion :

- La phase psychique.
- La phase gustative :
—commande réflexe nerveuse.
- La phase gastro-intestinale :



3 phases de sécrétion :

- La phase psychique.
- La phase gustative.
- La phase gastro-intestinale :
 - disparition des stimuli
 - stimulation de la sécrétion d'amylase par la gastrine et la cholécystokinine (CCK).

Modifications de la sécrétion salivaire

- Diminution du débit avec l'âge
- Diminution du débit sous l'effet de traitement anticholinergique (sécheresse buccale)
- Diminution lors des radiothérapies pour des cancers de la tête et du cou (diminution du débit au repos et sous stimulation, diminution du pH et du pouvoir tampon)

LA DEGLUTITION ET LA MOTRICITE OESOPHAGIENNE

1. La déglutition :

1-1. Mécanisme de la déglutition.

1-2. Contrôle de la mastication et de la déglutition.

2. La motricité oesophagienne

3. Le vomissement

La déglutition.

1- Arrêt respiratoire en apnée inspiratoire légère.

2- Compression par la langue du bol alimentaire sur le voile du palais

3- L'épiglotte bascule de 180° vers le bas et l'arrière

4- Le pharynx s'élève

5- Une onde péristaltique apparaît (40 à 135 cm H₂O)

6- Passage du bol alimentaire dans l'œsophage.

LA DEGLUTITION ET LA MOTRICITE OESOPHAGIENNE

1. La déglutition :

1-1. Mécanisme de la déglutition.

1-2. Contrôle de la mastication et de la déglutition.

2. La motricité oesophagienne

3. Le vomissement

LA DEGLUTITION ET LA MOTRICITE OESOPHAGIENNE

1. La déglutition

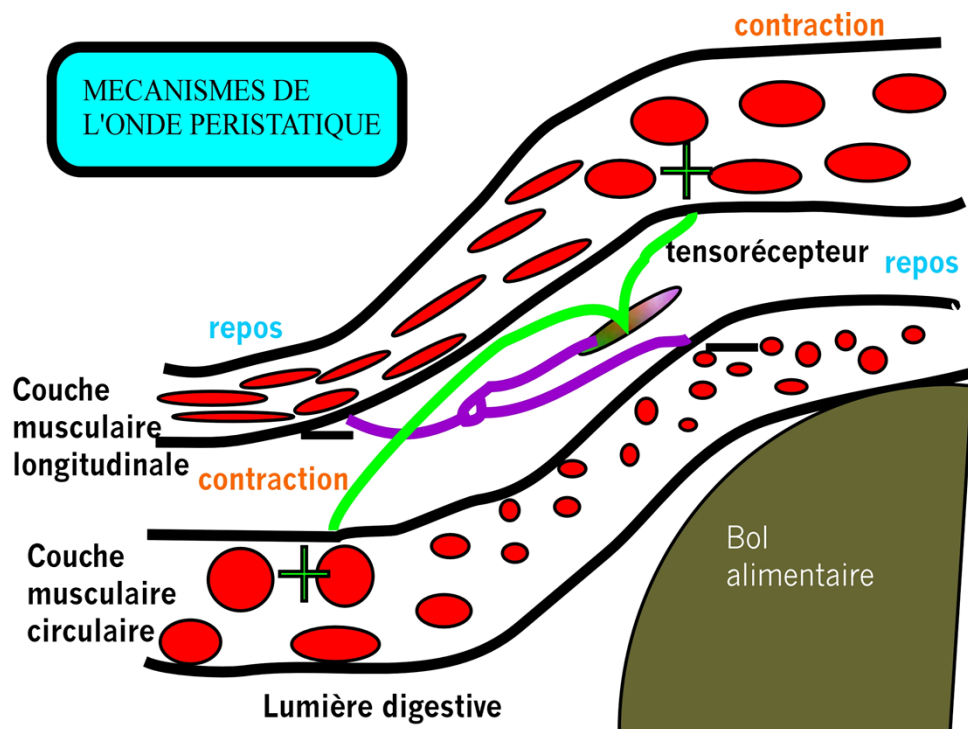
2. La motricité oesophagienne :

2-1. Mécanismes de la motricité oesophagienne.

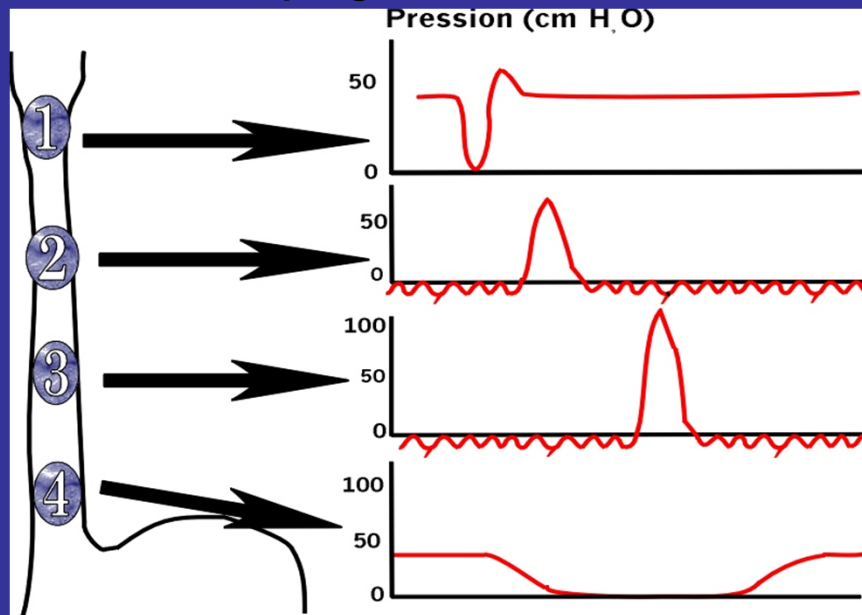
2-2. Contrôle de la motricité oesophagienne.

3. Le vomissement

LE PERISTALTISME



Manométrie oesophagienne



Motricité oesophagienne.

- **Durée : 15 s.**
- **2400 déglutitions/24h.**
- **Fréquence maximale : 300 déglutitions/h**
- **Fréquence minimale : 2 déglutitions/h**

LA DEGLUTITION ET LA MOTRICITE OESOPHAGIENNE

1. La déglutition

2. La motricité oesophagienne :

2-1. Mécanismes de la motricité oesophagienne.

2-2. Contrôle de la motricité oesophagienne.

3. Le vomissement

Contrôle de la motricité oesophagienne.

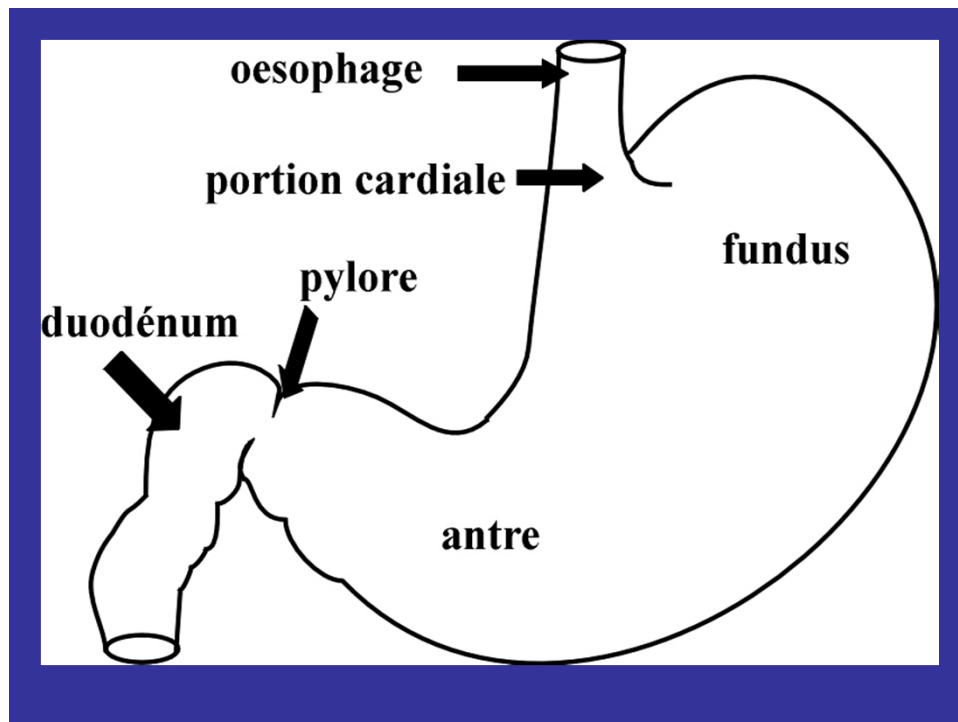
- **Le SN parasympathique :**
 - stimule le péristaltisme.
- **Le SN sympathique :**
 - peu d'action (les α -récepteurs stimuleraient la motricité alors que les β -récepteurs seraient inhibiteurs).
- **Le SOI :**
 - activité phasique (stimulation cholinergique et β -adrénergique ouvre le SOI, stimulation α -adrénergique ferme le SOI).
 - Activité tonique cholinergique + ?

LA DEGLUTITION ET LA MOTRICITE OESOPHAGIENNE

1. La déglutition
2. La motricité oesophagienne
3. **Le vomissement**

L'ETAPE GASTRIQUE

1. **Le remplissage gastrique**
2. La sécrétion gastrique
3. Le contrôle de la sécrétion
gastrique
4. La mise en jeu du contrôle
5. La motricité gastrique



1. La sécrétion gastrique

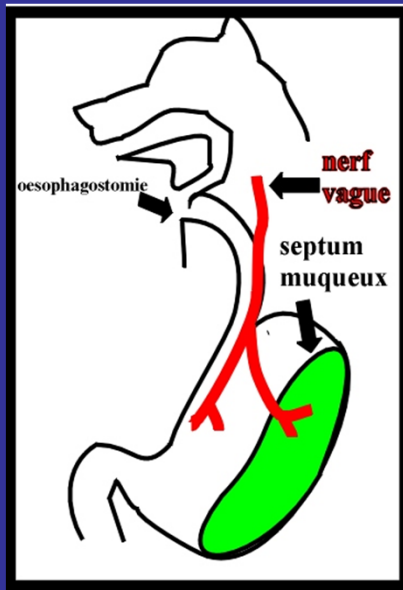
2-1. Etude du suc gastrique

2-2. Composition du suc gastrique

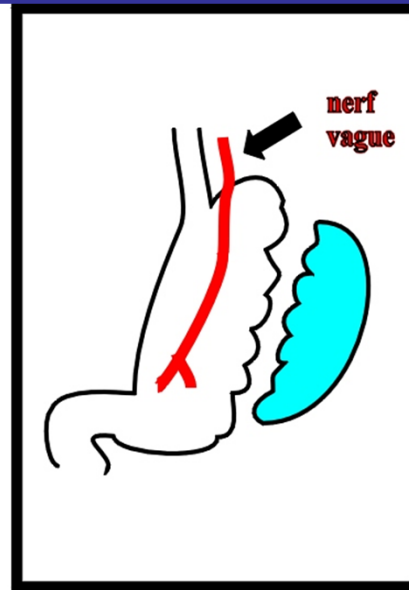
2-2-1. L'eau et les électrolytes

2-2-2. Les mécanismes de leur sécrétion

2-2-3. Les composants organiques



Poche de Pavlov



Poche de Heidenhain

1. La sécrétion gastrique

2-1. Etude du suc gastrique

2-2. Composition du suc gastrique

2-2-1. L'eau et les électrolytes

2-2-2. Les mécanismes de leur sécrétion

2-2-3. Les composants organiques

Composition du suc gastrique.

- H^+
- Na^+
- K^+
- Ca^{2+}
- Cl^-
- $NaHCO_3^-$
- pH 2 à 1
- Débit de 1.5 à 2 l/24h (jusqu'à 8 l dans le syndrome de Zollinger Ellison).

1. La sécrétion gastrique

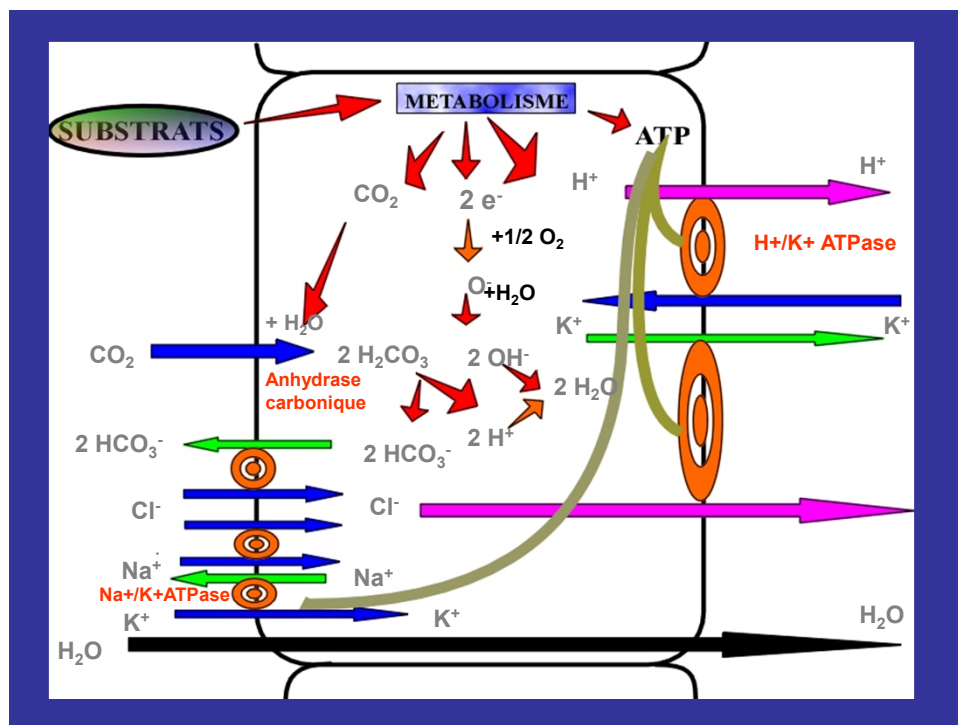
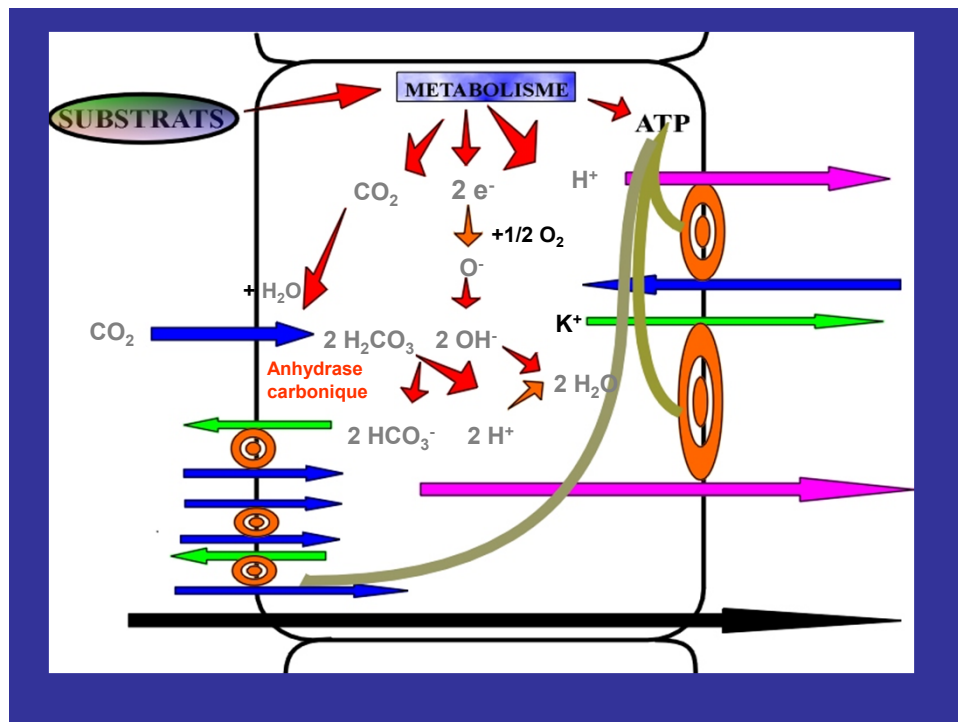
2-1. Etude du suc gastrique

. Composition du suc gastrique

2-2-1. L'eau et les électrolytes

2-2-2. Les mécanismes de leur sécrétion

2-2-3. Les composants organiques



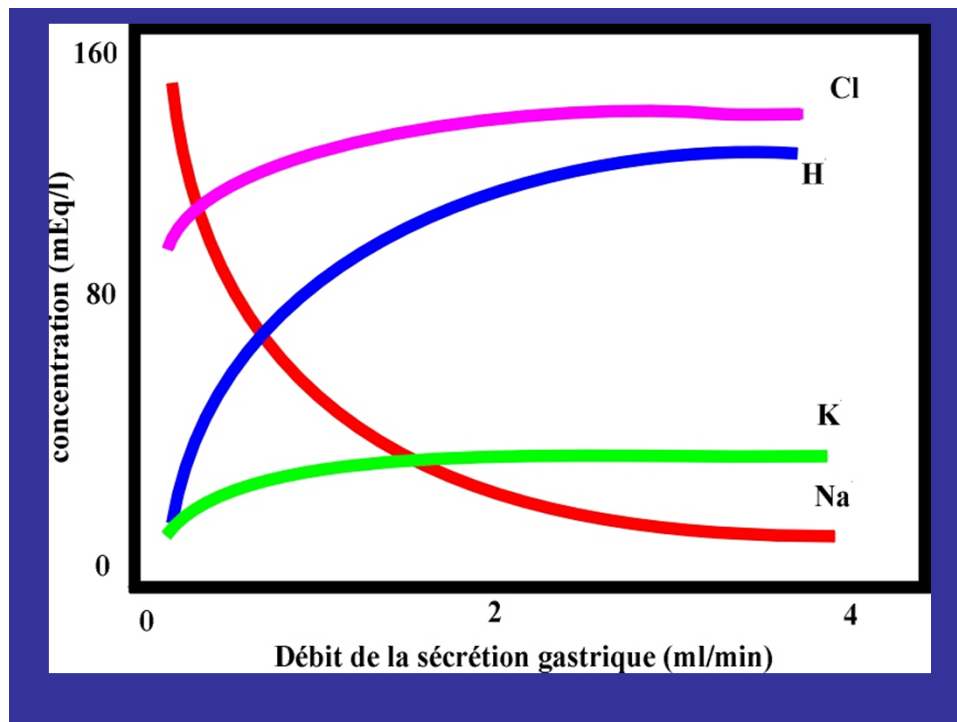


Tableau 4 : Composition des sécrétions acide et alcaline primaires

- Sécrétion acide primaire :

– Cl ⁻	166 mEq/l
– H ⁺	149 mEq/l
– K ⁺	17 mEq/l

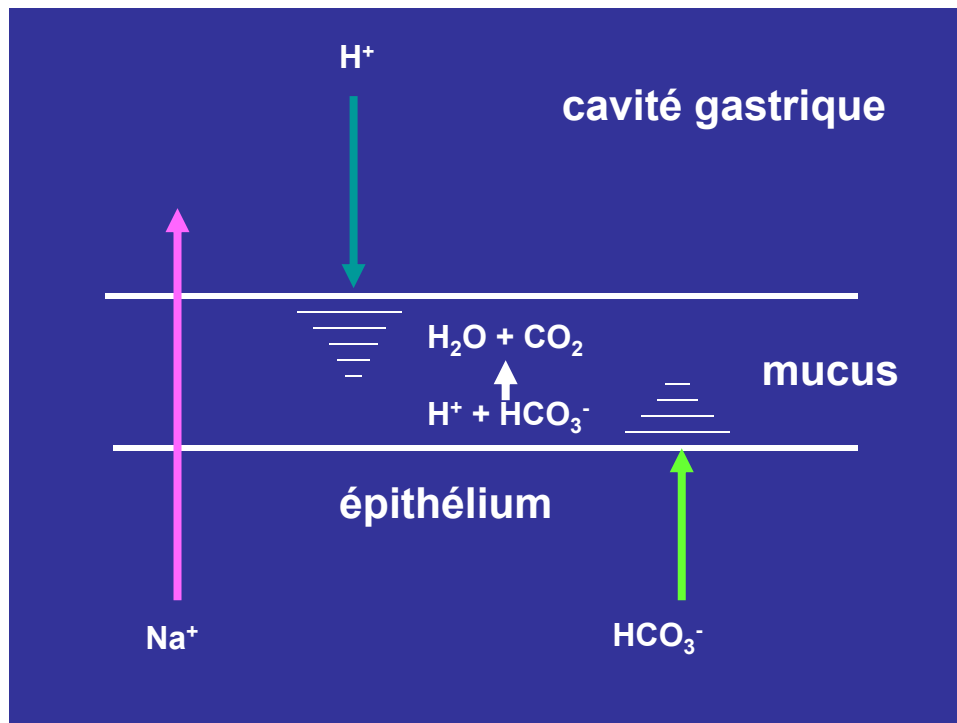
- Sécrétion alcaline primaire :

– Na ⁺	137 mEq/l
– K ⁺	6 mEq/l
– Cl ⁻	118 mEq/l
– HCO ₃ ⁻	25 mEq/l

Les composants organiques

- Les mucines

- Glycoprotéines, chaîne polypeptidique + courtes chaînes glucidiques. PM $\sim 2.10^6$.
Forment le mucus (protection de l'épithélium).



Les composants organiques

- **Le Facteur intrinsèque**

- PM = 55 kDa.
- Sécrété par les cellules pariétales.
- Favorise l'absorption de la Vit B12.
- Sécrétion stimulée par les stimulants de la sécrétion acide.

Les composants organiques

- **La Pepsine :**

- Endopeptidase.
- Hydrolyse 15 % des protéines alimentaires.
- Libérée par exocytose sous forme de pepsinogène. PM ~ 42500. Hydrolyse du pepsinogène à pH<5.5, puis autocatalyse.
- Courbe d'activité biphasique avec pH optimal à 1,6. Action plus marquée sur les protéines riches en acides aminés aromatiques.
- Inhibition par le mucus ou les polysaccharides.
- Corrélation entre débit acide et sécrétion de pepsine, mais dépendant du stimulant.

Les composants organiques

Substances	Propriétés
Cathepsine	Enzyme protéolytique.
Lipase	Enzyme lipolytique.
Chymosine	Activée par HCl, elle assure la digestion du lait par coagulation de la caséine.
Enzymes cellulaires	Liées à la desquamation de l'épithélium.
Autres protéines	Protéines plasmatiques passant dans les espaces interstitiels.

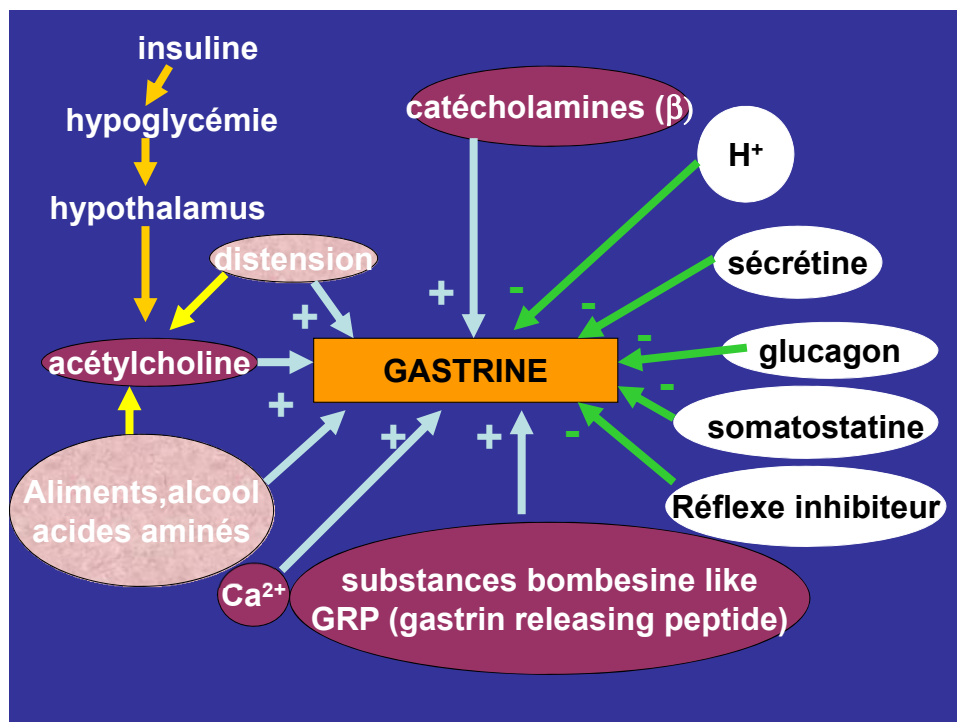
LA SECRETION GASTRIQUE

1. Le remplissage gastrique
2. La sécrétion gastrique
- 3. Le contrôle de la sécrétion gastrique**
4. La mise en jeu du contrôle
5. La motricité gastrique

Les stimulants de la sécrétion gastrique

- La Gastrine :

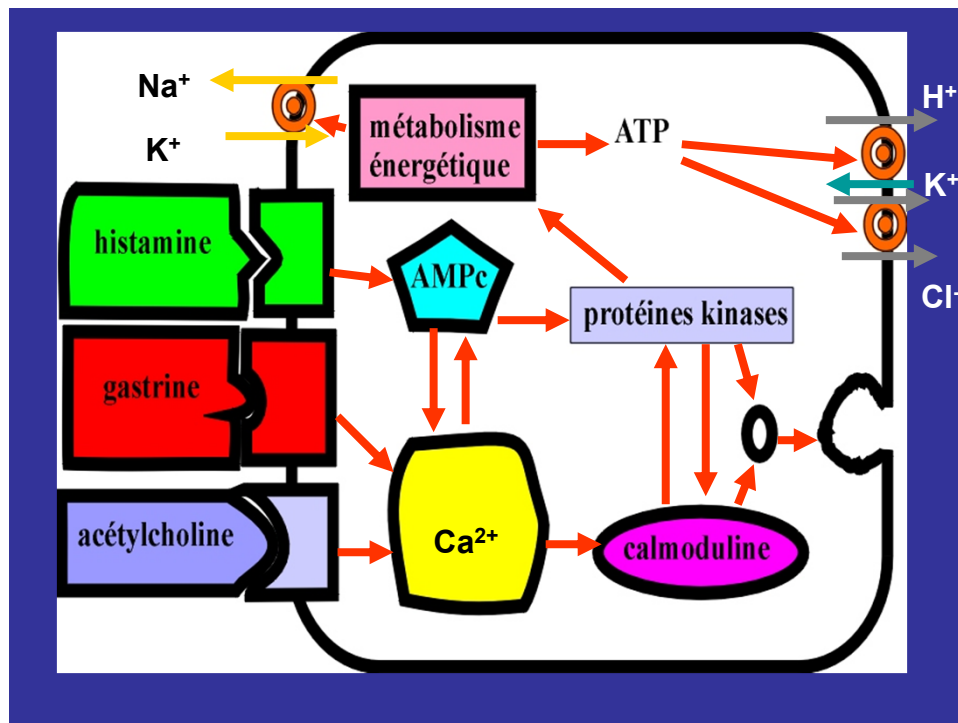
- Sécrétée par les cellules G (antre, duodénum et pancréas).



Les stimulants de la sécrétion gastrique

- **L'histamine :**

- Sécrétée par les mastocytes de la muqueuse gastrique



Les stimulants de la sécrétion gastrique

- La cholécystokinine (CCK) :
 - Sécrétée par les cellules I (duodénum et jéjunum proximal).
 - Analogie de structure avec la gastrine. Plus faible activité. Peu d'action sur la sécrétion de pepsine