

Sens chimiques: gustation et olfaction

→ cours Neurophysiologie

Pauline Neveu, PhD
docteur en biologie

Plan

1-Introduction

2-Gustation

3-Olfaction

4-Intégration sensorielle

1-Introduction

Les sens chimiques:

- sont universels
- permettent l'appréhension:
 - milieu extérieur
 - milieu intérieur
- sont variés:
 - gustation
 - olfaction
 - douleur
 - régulation du milieu intérieur (digestion, vasculaire...)

2-Gustation

2.1-Goûts

Le sens du goût:

- permet de détecter des substances solubles dans la salive
- est lié à la prise de nourriture:
 - détection de substances comestibles/toxiques
 - préparation du système digestif

2-Gustation

2.1-Goûts

Cinq goûts de base:

- salé (salty) → sels
- acide (sour) → acides
- sucré (sweet) → sucres + protéines, édulcorants
- amer (bitter) → K^+ , Mg^{2+} , quinine, caféine
- umami (glutamate de sodium)

Umami = « savoureux » en japonais (ex : parmesan!)
Sensation d'équilibre des saveurs,
renforceur/exhausteur de goût (pas de goût véritable
lui-même)
Déclenché par glutamate, guanylate, inosinate

Et de multiples saveurs...

Perte du goût: agueusie

2-Gustation

2.2-Organes du goût

Les organes du goûts se trouvent dans la bouche:

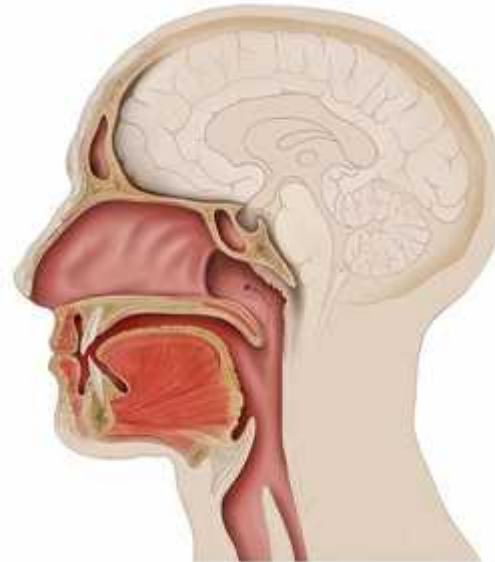
-langue (*tongue*)

-palais (*palate*)

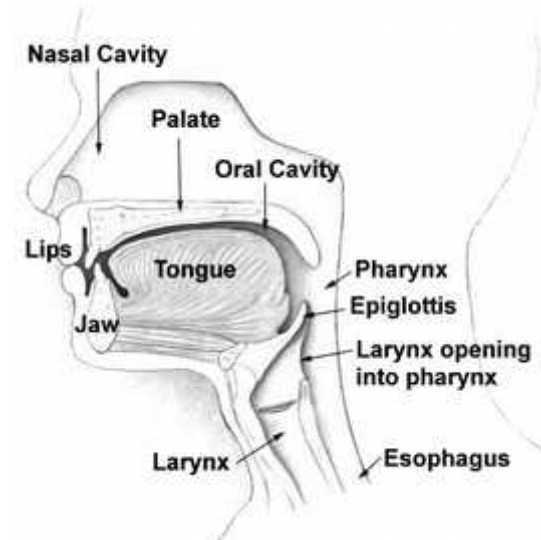
-pharynx (*pharynx*)

-épiglote (*epiglottis*)

-tiers supérieur de l'œsophage (*esophagus*)



Patrick J. Lynch, medical illustrator, CC BY 2.5
<<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5>>, via
Wikimedia Commons

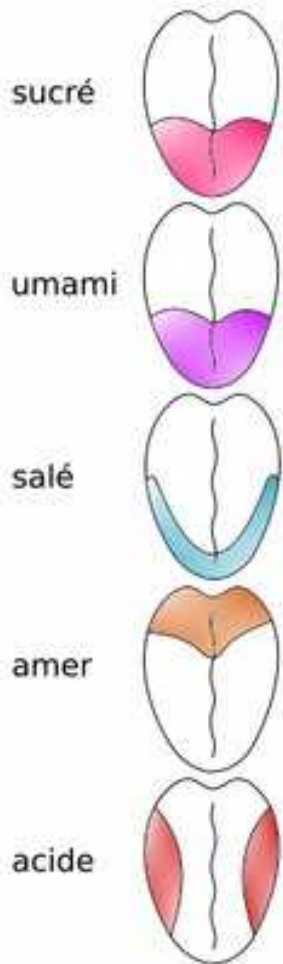


Arcadian, Public domain, via
Wikimedia Commons

2-Gustation

2.2-Organes du goût

Différentes régions détectent différents goûts?



Non, les cellules réceptrices des différents goûts sont réparties dans toutes les régions de la langue

2-Gustation

2.2-Organes du goût

Remarques sur la salive et les glandes salivaires :

Deux types de glandes salivaires:

-glandes mineures:

-labiales

-palatines

-buccales

-linguales (lipase)

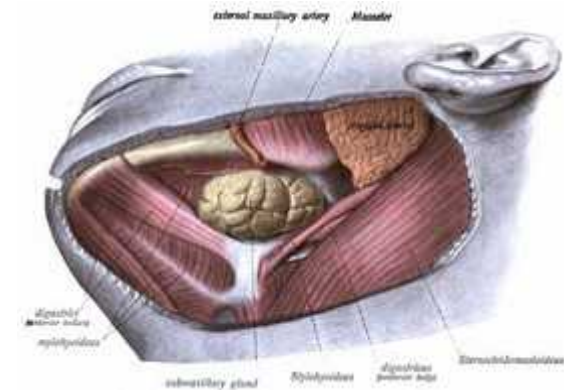
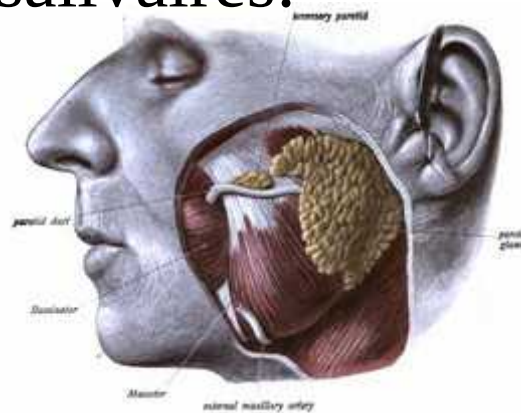
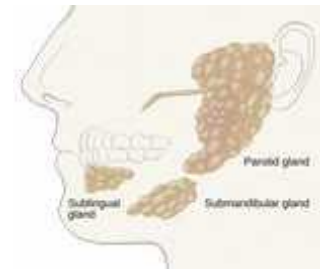
-glandes majeures:

-parotides (IX ; oreillons)

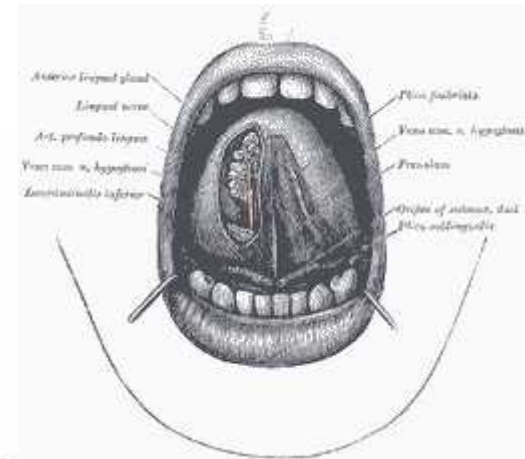
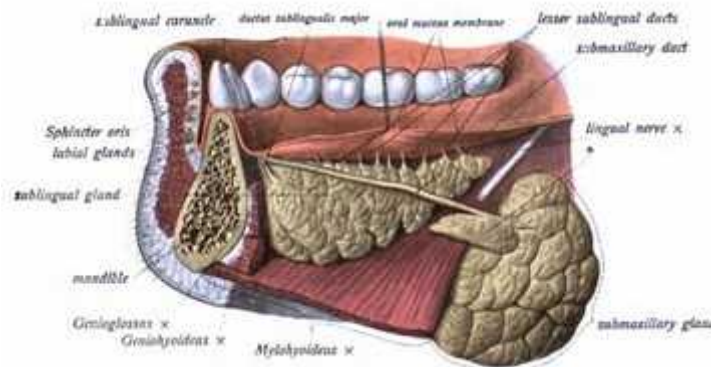
-submandibulaires ou
sous-maxillaires (VII)

-sublinguales (VII)

Goran tek-en, CC BY-SA 4.0
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons



Dr. Johannes Sobotta, Public domain, via Wikimedia Commons



Henry Vandyke Carter, Public domain, via Wikimedia Commons

2-Gustation

2.2-Organes du goût

Remarques sur la salive et les glandes salivaires :

Composition de la salive (*1.5 l/j ; pH : 6.8 - 7*):

- >95% eau
- ions:
 - sodium et potassium
 - chlorure
 - bicarbonate et phosphate
- gaz dissous
- substances organiques:
 - urée et acide urique
 - mucus
 - immunoglobulines A
 - lysozyme
 - amylase salivaire
 - lipase linguale
 - ...

2-Gustation

2.2-Organes du goût

Les cellules du goût:

- se trouvent dans des bourgeons du goûts
- qui se localisent dans les papilles sur la langue

2-Gustation

2.2-Organes du goût

Les papilles:

-replis de la muqueuse

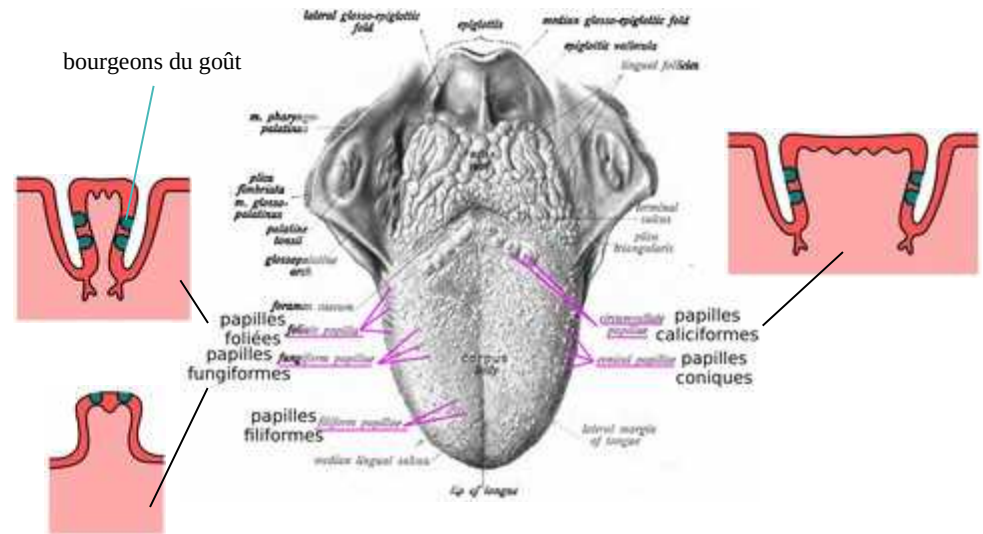
-différentes formes :

-papilles caliciformes

-papilles foliées

-papilles fungiformes → 1 à 5 bourgeons du goût

-papilles filiformes & coniques → pas de bourgeons du goût



d'après Dr. Johannes Sobotta, Public domain, via Wikimedia Commons

centaines de
bourgeons du goût

2-Gustation

2.2-Organes du goût

Les bourgeons du goût:

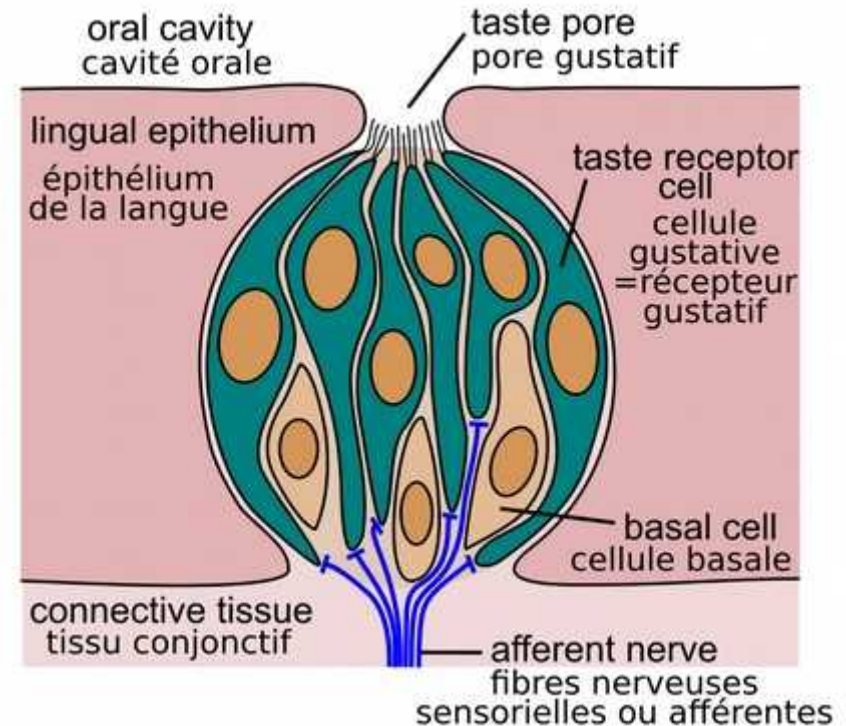
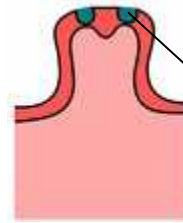
- 2000/5000 en tout

- constitution :

- .50/150 cellules gustatives
pourvues de microvillosités

- .fibres nerveuses sensorielles
ou fibres nerveuses afférentes

- .cellules basales



NEUROtiker, CC BY-SA 3.0 <<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons

→ les récepteurs gustatifs sont de type :
« terminaison nerveuse associée à une cellule spécialisée »

2-Gustation

2.2-Organes du goût

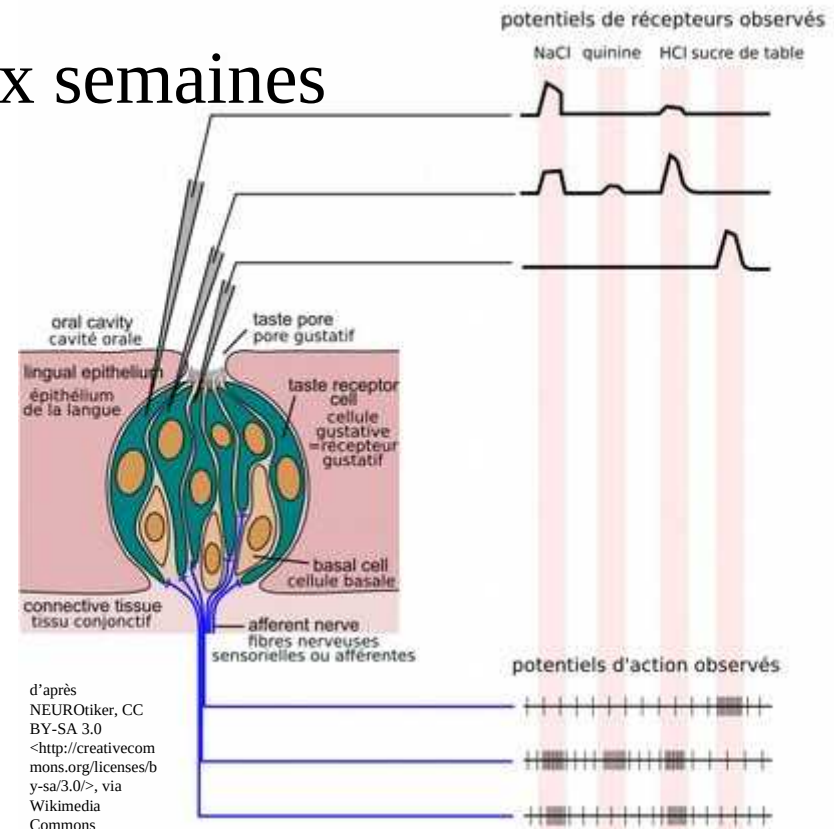
Les cellules gustatives ou cellules réceptrices du goût:

- étendent leurs microvillosités dans le pore gustatif
- sont renouvelées toutes les deux semaines
- forment des synapses avec les fibres nerveuses sensorielles gustatives ou afférentes
- peuvent se dépolariser
- répondent à plusieurs goûts

ex : sel & acide

ex : sel, amer, acide

jamais sucre, amer, umami en même temps



2-Gustation

2.3-Transduction

→ transformation d'une énergie en une énergie de nature différente *sic Larousse*

→ processus par lequel une cellule réceptrice convertit l'énergie (ici chimique) d'un stimulus en une variation de potentiel de membrane (donc en un message nerveux)

→ la transduction du goût implique plusieurs processus différents :

Ex : la molécule chimique peut entrer dans un canal ouvert

Ex : la molécule chimique peut se fixer sur un récepteur et fermer des canaux ioniques

Ex : la molécule chimique peut se fixer sur un récepteur et entraîner des cascades de réactions chimiques

2-Gustation

2.3-Transduction

2.3.1-Salé

Substance chimique salée:

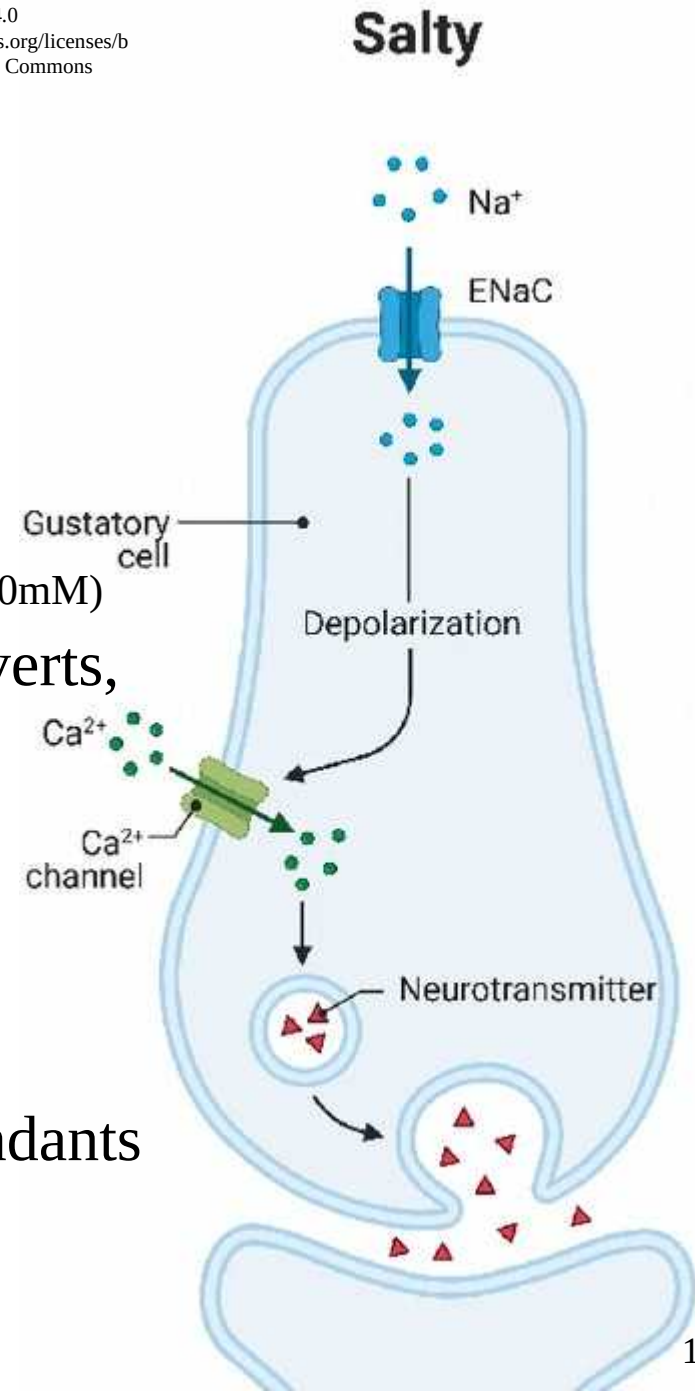
→ sel de table: NaCl (goût salé: Na^+)

Cellules gustatives:

- détectent les concentrations assez élevées (10mM)
- possèdent des canaux sodiques toujours ouverts, (canaux dits « amilorides » car bloqués par cette substance)

Transduction (simplifiée):

- entrée de Na^+ (via les canaux amilorides)
- dépolarisation
- ouverture canaux calciques voltage-dépendants
- entrée de Ca^{++}
- libération de NT



2-Gustation

2.3-Transduction

2.3.2-Acide

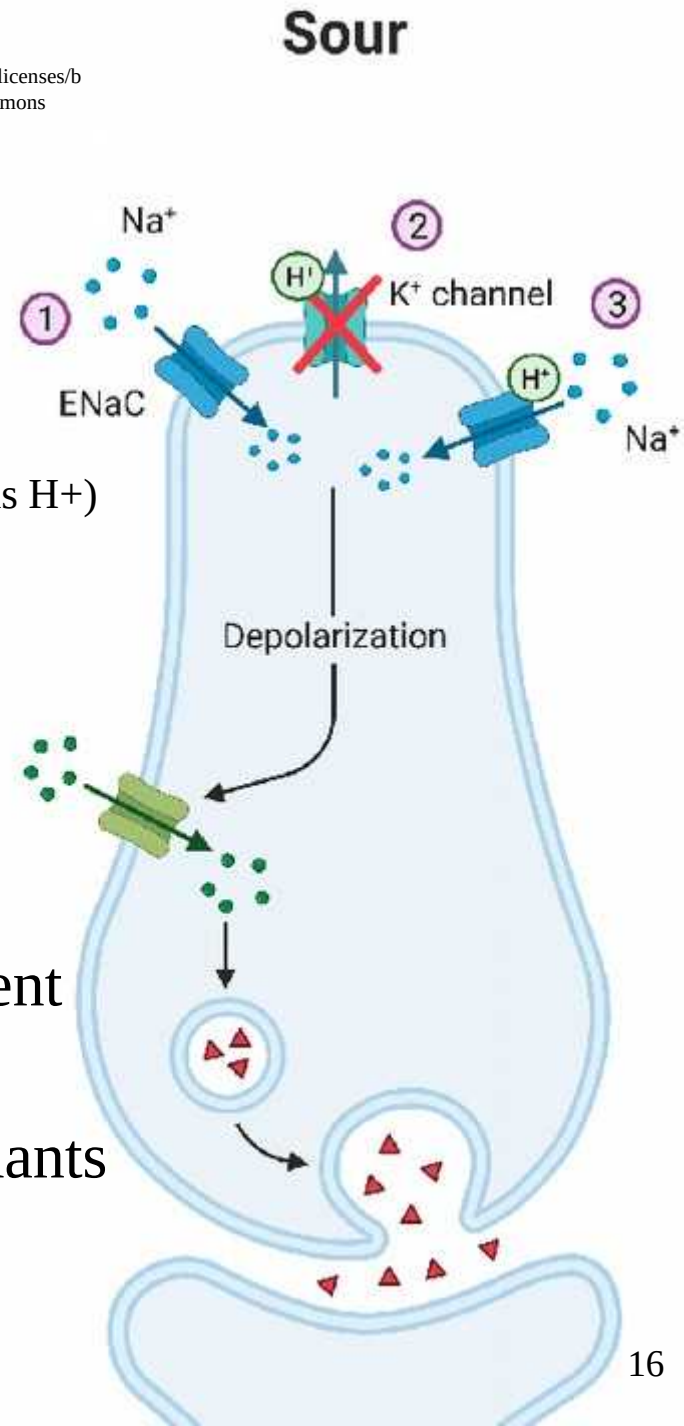
Substance chimique acide:

→ acide chlorhydrique: HCl (agents de l'acidité: protons H^+)

Transduction (simplifiée):

- entrée de H^+ (via les canaux amilorides)
- fixation H^+ sur canaux potassiques : se ferment
- dépolarisation
- ouverture canaux calciques voltage-dépendants
- entrée de Ca^{++}
- libération de NT

Upendi123, CC BY-SA 4.0
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons



2-Gustation

2.3-Transduction

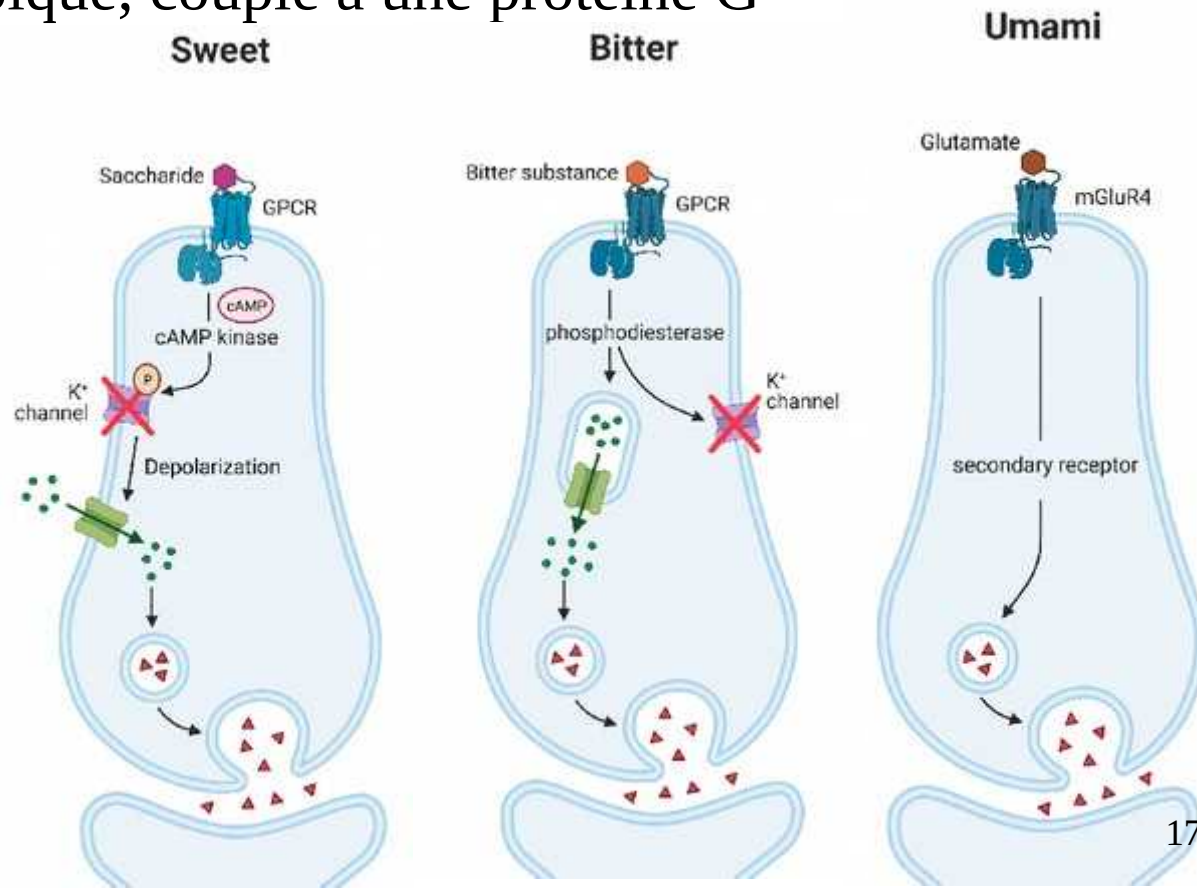
2.3.3-Sucré, amer et umami

Les voies de transduction sont analogues (mais les récepteurs membranaires impliqués sont différents pour chacun des goûts) :

→ récepteur métabotrope, couplé à une protéine G

→ cascade de réactions

→ libération de NT



2-Gustation

2.4-Voies centrales

Les fibres afférentes gustatives:

- transportent les informations de nombreuses cellules gustatives

- se localisent dans trois nerfs crâniens:

 - nerf VII ou facial (*2/3 antérieur langue*)

 - nerf IX ou glossopharyngien (*1/3 postérieur langue*)

 - nerf X ou vague (*cavité orale*)

- aboutissent dans le tronc cérébral (ou TC) (niveau bulbe rachidien/myélocéphale : région gustative du noyau du faisceau solitaire)

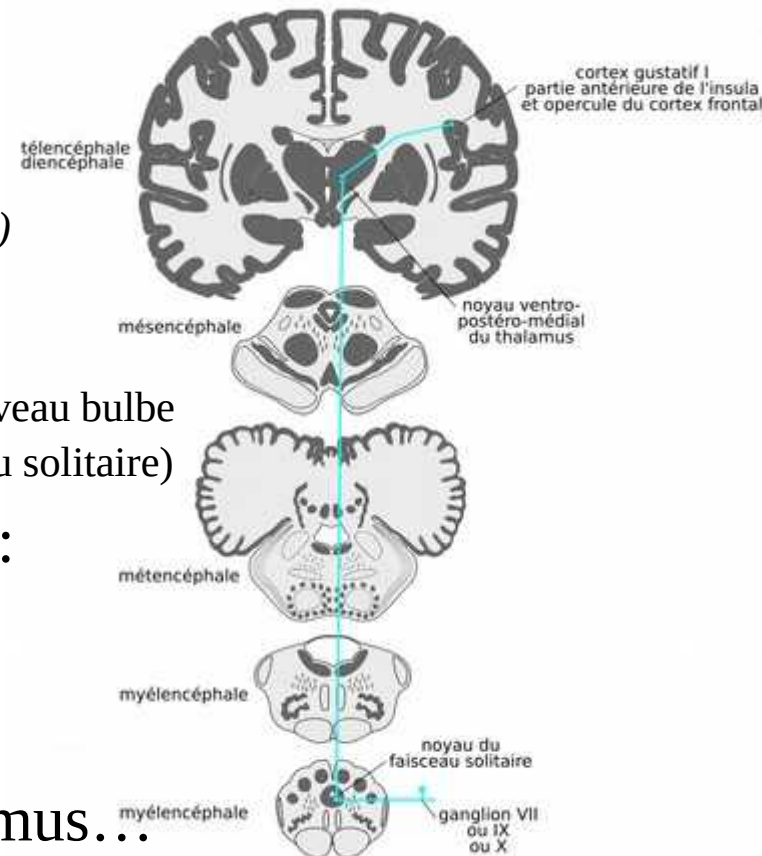
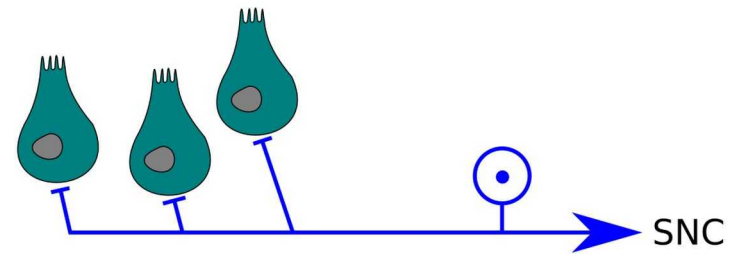
- deux voies de projection à partir du bulbe:

 - vers le cortex cérébral via le thalamus

 - conscience du goût

 - vers différentes régions, TC, hypothalamus...

 - modulation comportements alimentaires...



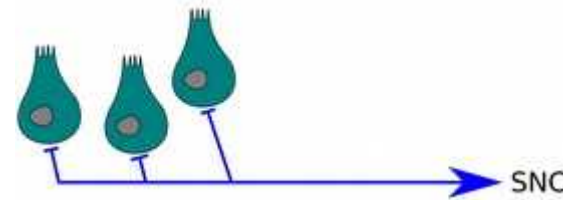
2-Gustation

2.5-Codage du goût

→ambiguïté:

- les cellules réceptrices du goût ont parfois une spécificité plus prononcée pour une substance mais détectent plusieurs substances

- convergence des informations



→si les récepteurs étaient spécifiques d'un goût:

- nécessité d'une multitude de récepteurs

- pas de garantie de détection des nouveaux goûts

→codage des goûts par des populations de neurones

2-Gustation éthanol (alcool), acide acétique (vinaigre), dioxyde de carbone (boissons gazeuses) ...

2.6-Autres détectations chimiques : substances irritantes

→ détectées par des nocicepteurs sensibles aux molécules chimiques

(peau visage, cornée, muqueuses nasale et orale)

→ impliquant le nerf trijumeau (V) (mais aussi les IX et X)

→ à l'origine de diverses réponses physiologiques:

-dilution (larmoiement, sécrétions nasales, salivation, transpiration)

-diminution de la pénétration (diminution fréquence respiratoire, bronchoconstriction)

-immunitaire (vasodilatation)

1-propényl-L-cysteine
sulfoxyde de l'oignon →
transformé par alliinase et
autres enzymes en gaz
irritant : oxyde de
propanethial qui se
transforme en acide
sulfurique au contact du
liquide lacrymal



menthol de la menthe active
récepteurs thermiques
sensibles au froid



capsaïcine du piment
→ active nocicepteurs
thermiques sensibles à
la chaleur → sensation
brûlure (& cause
irritation)

3-Olfaction

3.1-Odeurs

→ agréables (20%) et désagréables (80%) (*classification hédonique bipolaire des odeurs!*)

→ se combinent aux goûts

→ perte de l'odorat: anosmie

→ classer les odeurs ?

-ex : Amoore (1960s) identifie 7 odeurs primaires (relations structures chimiques & odeurs puis études d'anosmies partielles) (théorie des odotopes ou olfactophores : ensemble de molécules se liant à un même récepteur //« clé & serrure »)

- .florale
- .éthérée
- .mentholée
- .camphrée
- .piquante
- .musquée
- .putride

-mais...

→ une molécule peut être reconnue par plusieurs récepteurs différents

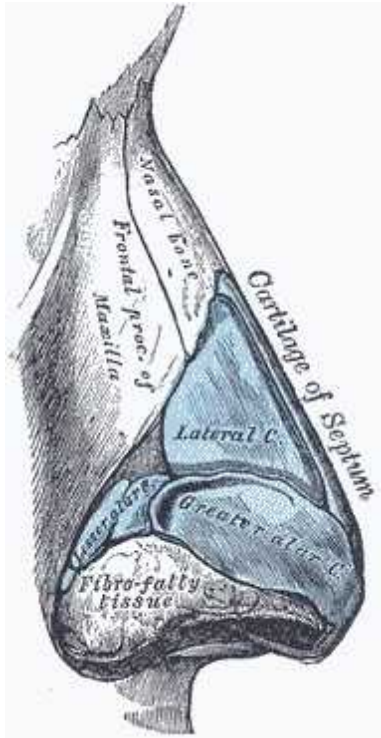
→ un récepteur peut lier plusieurs molécules différentes

→ une variation de concentration d'une molécule peut donner plusieurs perceptions

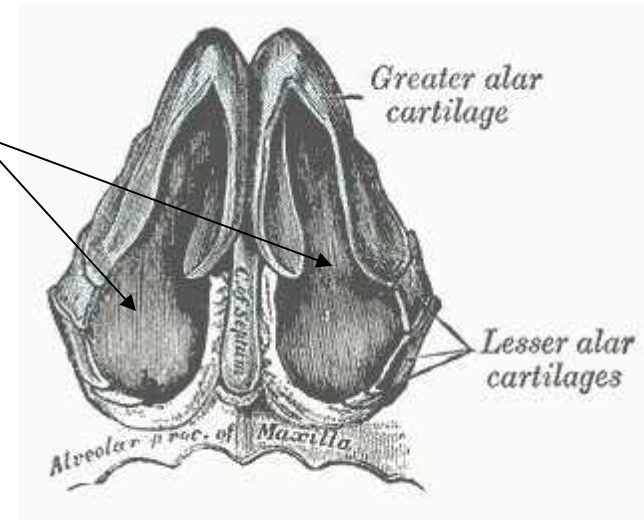
3-Olfaction

3.2-Le nez

→ charpente osseuse, cartilagineuse, fibro-adipeuse
(+peau, muscles et muqueuse)



narines



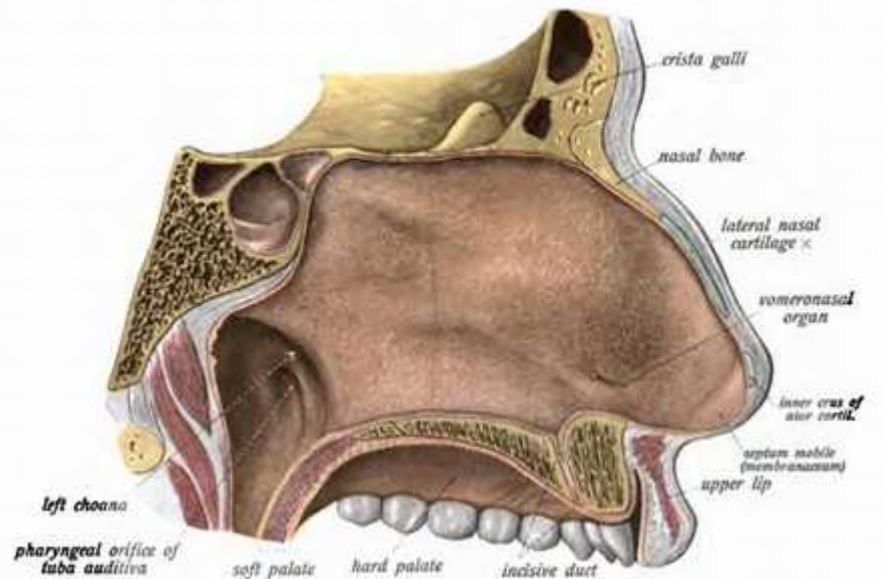
Henry Vandyke Carter, Public domain, via Wikimedia Commons

3-Olfaction

3.2-Le nez

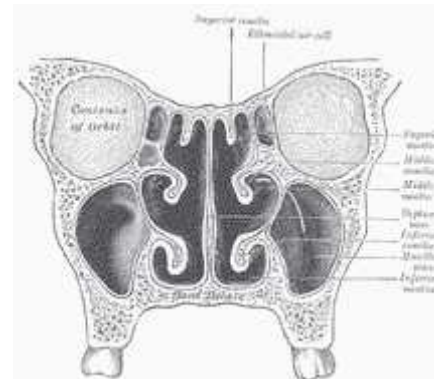
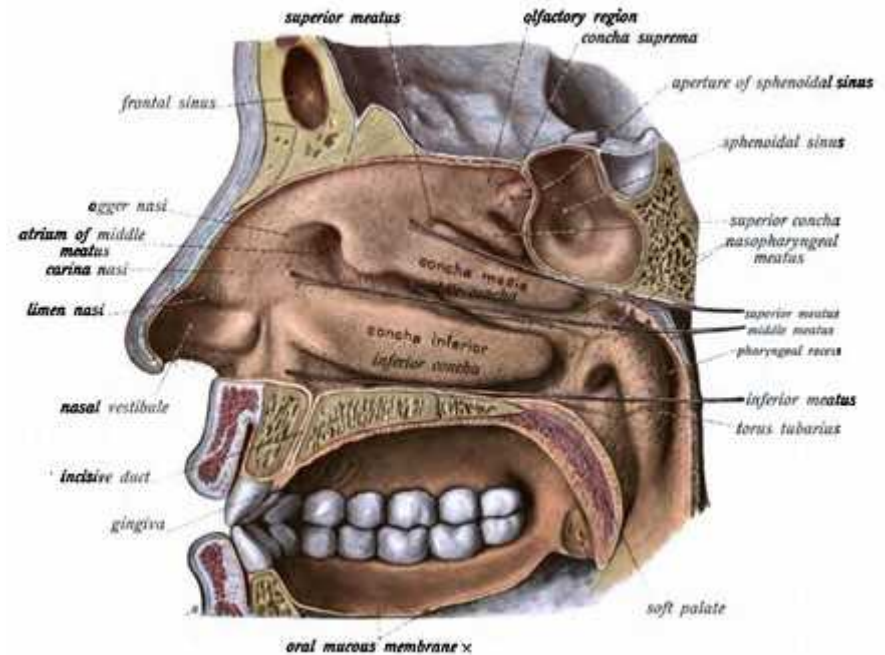
Deux cavités nasales:

- séparées par un septum nasal
- s'ouvrent sur l'extérieur par les narines
- s'ouvrent sur le pharynx par les choanes



Dr. Johannes Sobotta, Public domain, via Wikimedia Commons

Chaque cavité nasale est divisée par les 3 cornets nasaux (*concha*)



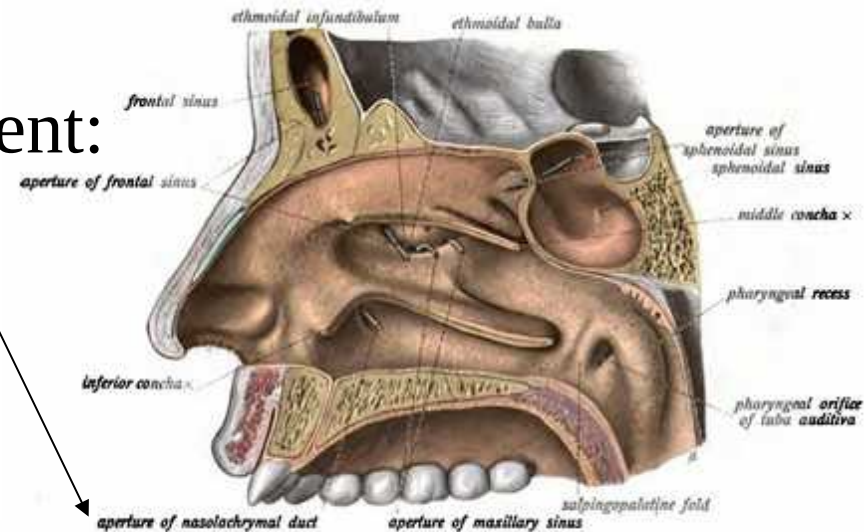
Henry Vandyke Carter, Public domain, via Wikimedia Commons

3-Olfaction

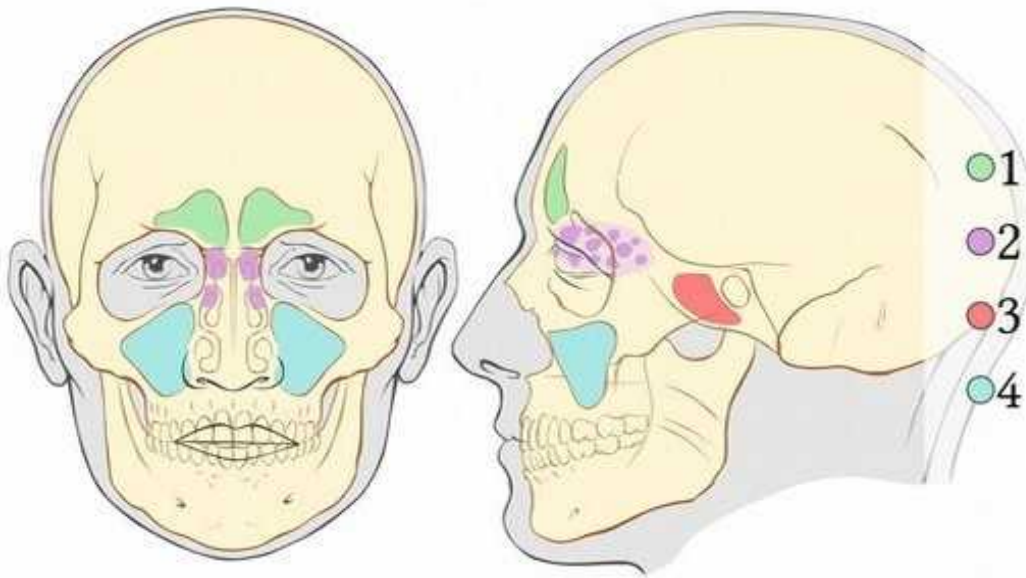
3.2-Le nez

Dans les cavités nasales débouchent:

- conduits lacrymonasaux ou nasolacrymaux
- conduits des sinus paranasaux (producteurs de monoxyde d'azote)



Dr. Johannes Sobotta, Public domain, via Wikimedia Commons

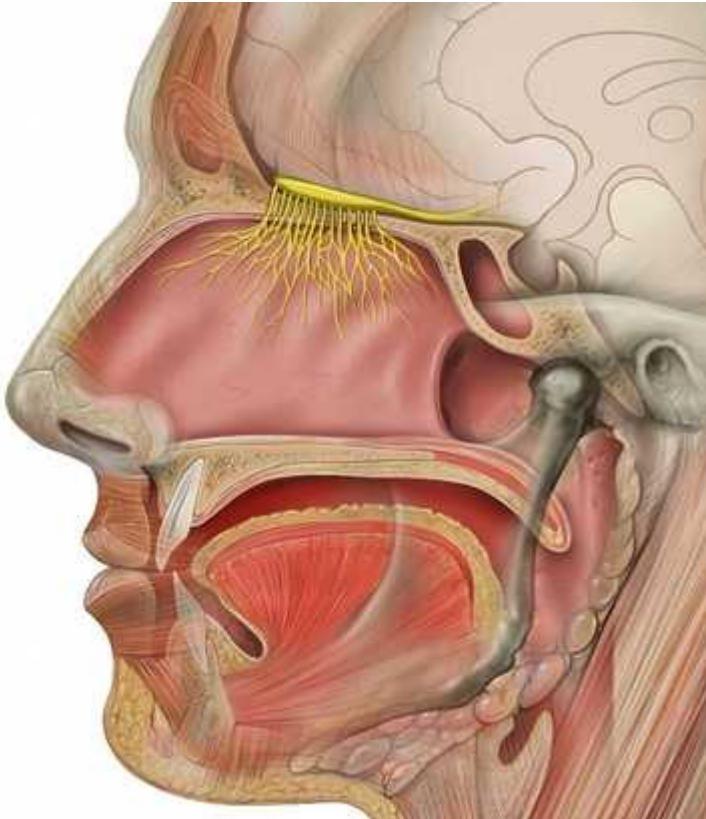


- 1 Sinus frontaux
- 2 Sinus ethmoïdaux
- 3 Sinus sphénoïdaux
- 4 Sinus maxillaires

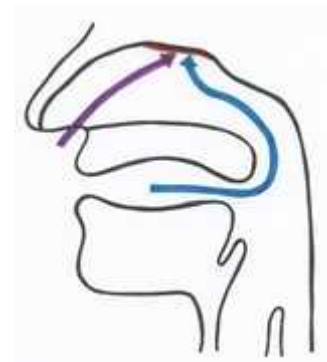
3-Olfaction

3.2-Le nez

Dans les cavités nasales se trouve la muqueuse olfactive



Patrick J. Lynch, medical illustrator, CC BY 2.5
<<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5>>, via Wikimedia Commons



LC Uni Hohenheim, CC0, via Wikimedia Commons

3-Olfaction

3.2-Le nez

Fonctions:

- olfactive

- vocale

- aérienne:

 - filtre (poils, mucus, cils)

 - réchauffe (capillaires)

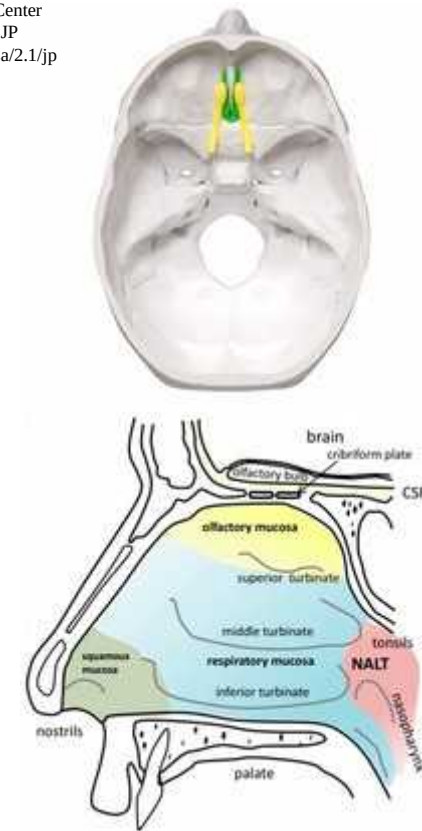
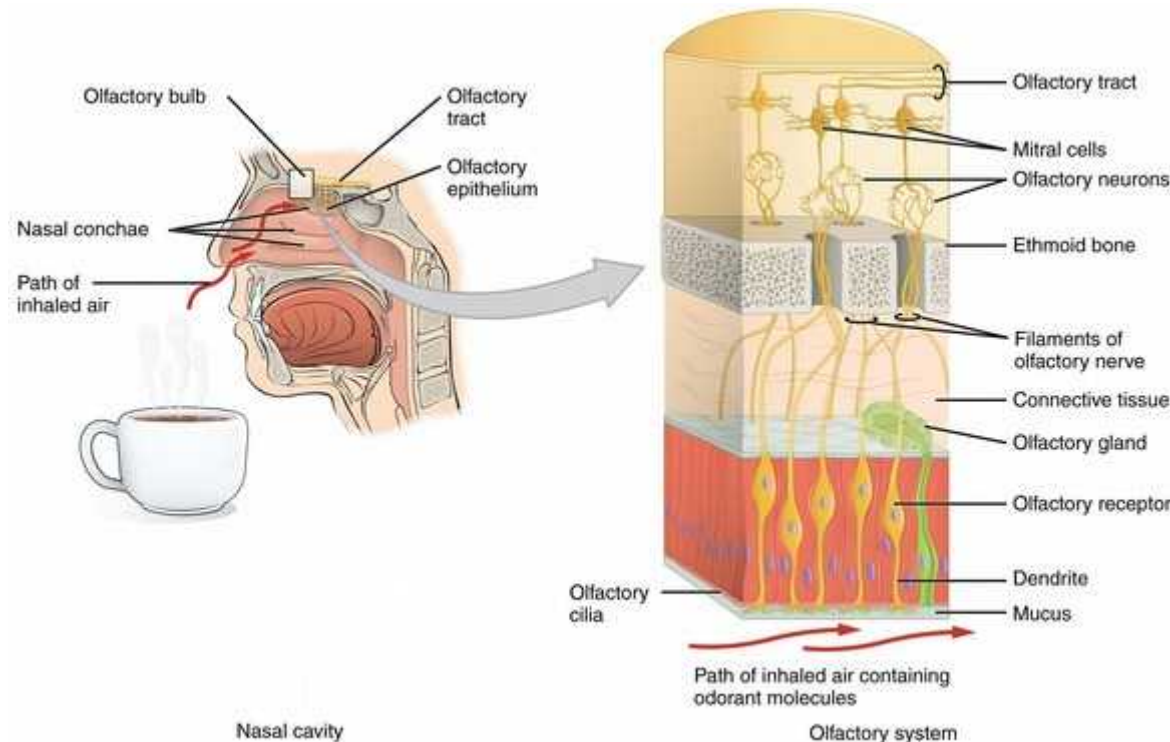
 - humidifie (mucus)

3-Olfaction

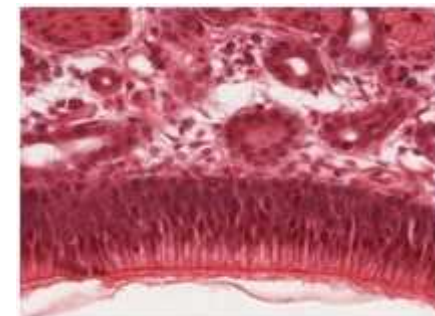
3.3-Organes de l'olfaction

L'épithélium olfactif de la cavité nasale (5-10cm²):

- cellules olfactives: neurones bipolaires
- cellules de soutien productrices de mucus
- cellules basales assurant le renouvellement
- cellules des glandes olfactives (*Bowman*)



Stella Gänger and Katharina Schindowski, CC BY 4.0
<<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>, via Wikimedia Commons



Olfactory epithelium

3-Olfaction

3.3-Organes de l'olfaction

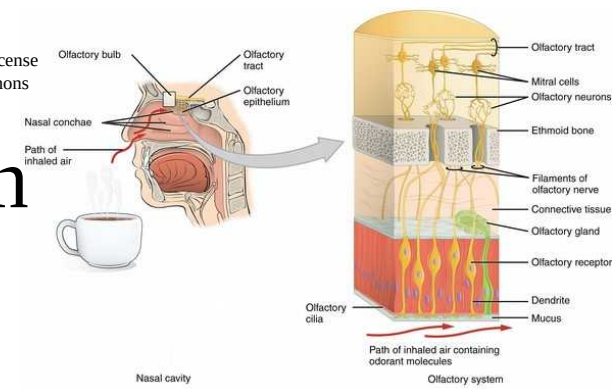
Le mucus de l'épithélium olfactif:

- est renouvelé toutes les 10 minutes
- permet la dissolution des substances odorantes
- est composé:
 - base d'eau
 - protéines de liaison des substances odorantes
 - anticorps et enzymes

3-Olfaction

3.4-Neurones olfactifs et transduction

OpenStax, CC BY 4.0
<<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>, via Wikimedia Commons



Les neurones olfactifs sont bipolaires:

- axone:

- forme le nerf olfactif, I

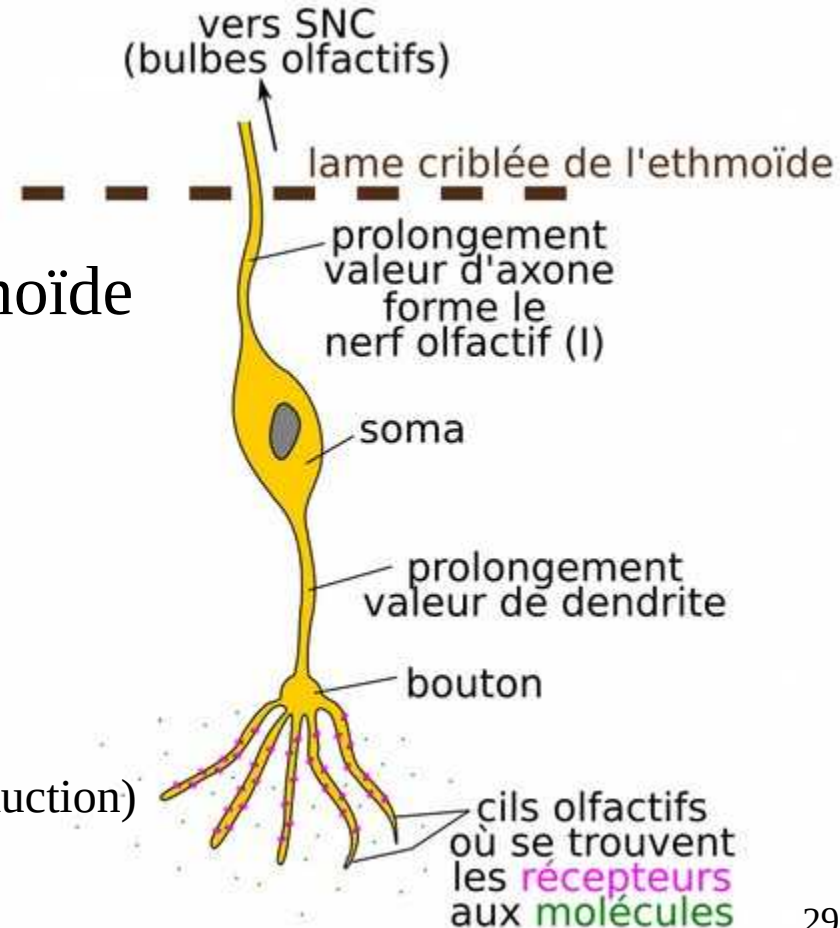
- traverse la lame criblée de l'ethmoïde

- soma

- dendrite:

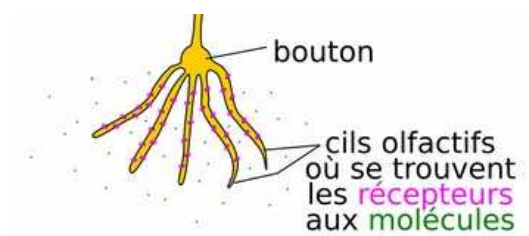
- bouton à l'extrémité

- cils baignant dans le mucus (transduction)



3-Olfaction

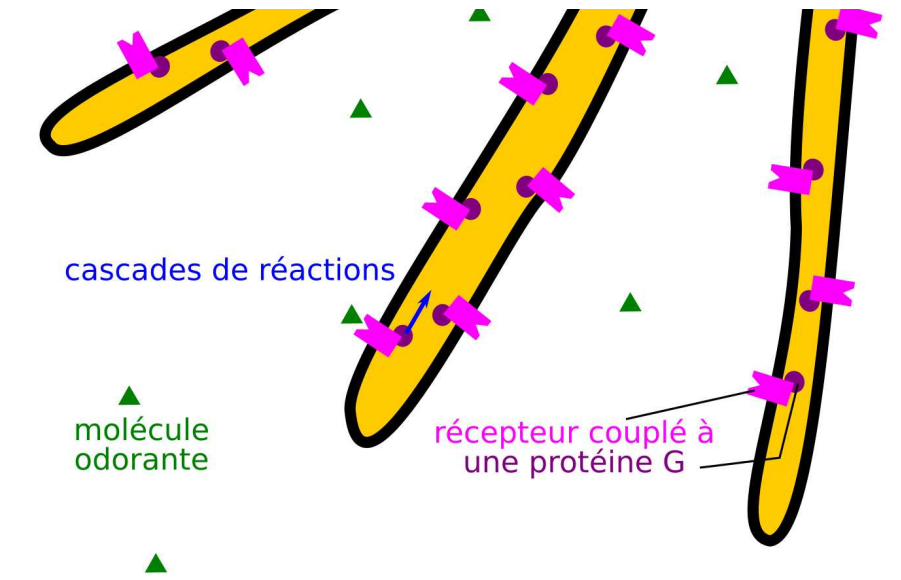
3.4-Neurones olfactifs et transduction



Une ou deux voies de transduction impliquant un récepteur couplé à une protéine G (adényl cyclase/AMPC → cascade de réactions → dépolarisation)

Adaptation:

- arrêt de la diffusion des substances odorantes
- destruction des substances odorantes
- interruption du processus de transduction



3-Olfaction

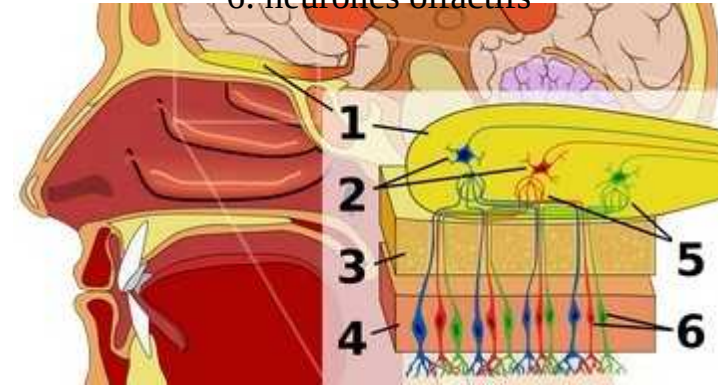
3.4-Neurones olfactifs et transduction

Les récepteurs des neurones olfactifs sont variées (1000)

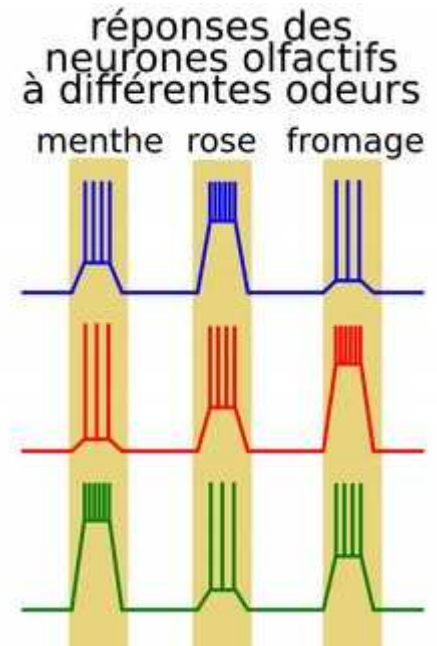
- récepteurs : nature protéique → codés par gènes
- un neurone olfactif n'a qu'un type de récepteur
- un récepteur peut lier plusieurs molécules
- une molécule peut activer plusieurs récepteurs

→ codage des odeurs par des populations de neurones

- 1: bulbe olfactif
- 2: cellules mitrales
- 3: lame criblée de l'ethmoïde
- 4: épithélium nasal
- 5: Glomerules
- 6: neurones olfactifs



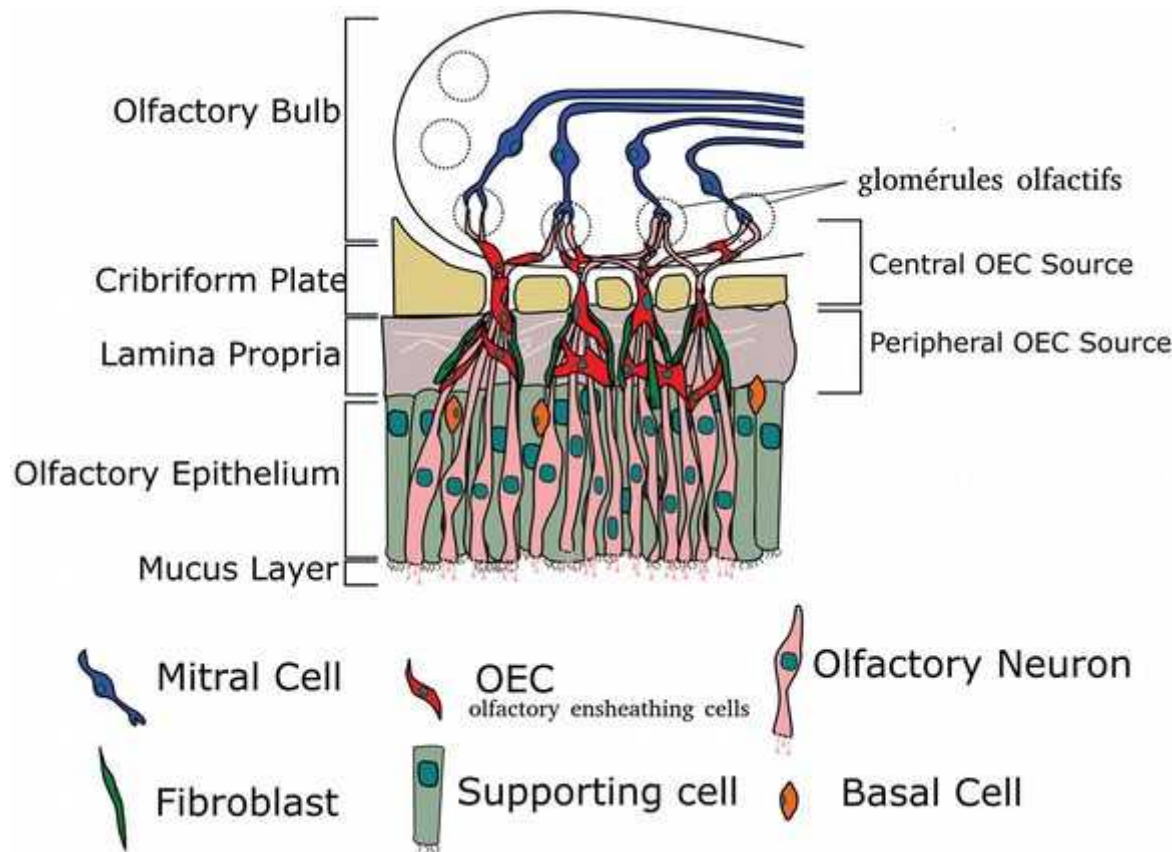
Chabacano, CC BY-SA 2.5 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5>>, via Wikimedia Commons



3-Olfaction

3.5-Voies centrales

Les axones des neurones olfactifs (neurones de premier ordre) projettent dans les deux bulbes olfactifs au niveau de glomérules où se trouvent des neurones olfactifs relais (neurones de second ordre)



3-Olfaction

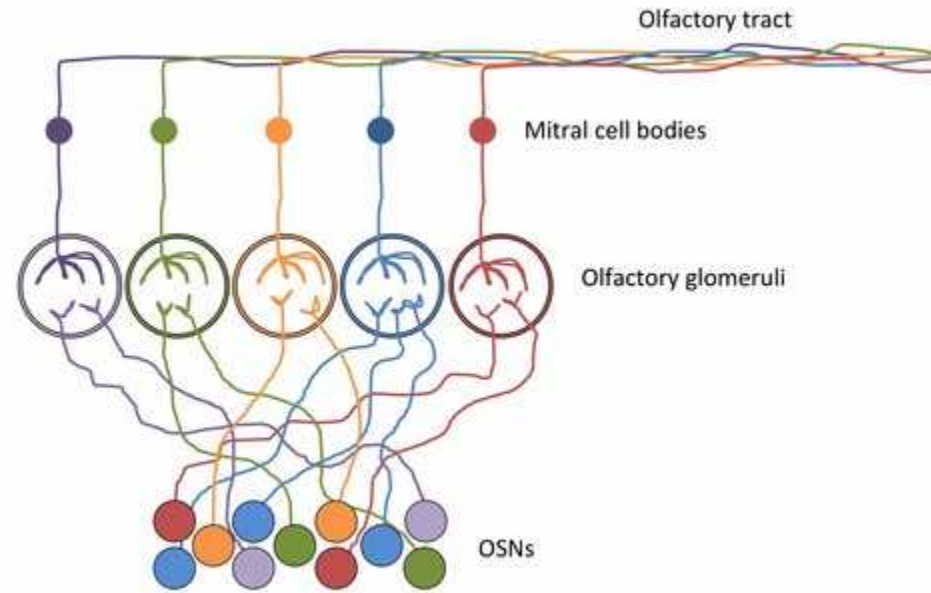
3.5-Voies centrales

Chaque glomérule (chez souris) :

- contient 100 neurones olfactifs de second ordre (neurones relais : cellules mitrales et huppées)

- reçoit 25000 axones de neurones olfactifs (1er ordre) exprimant un même type de récepteur protéique

→deux glomérules par bulbes reçoivent les informations de neurones récepteurs de même type et leur position est symétrique dans les deux bulbes
→ organisation très précise...



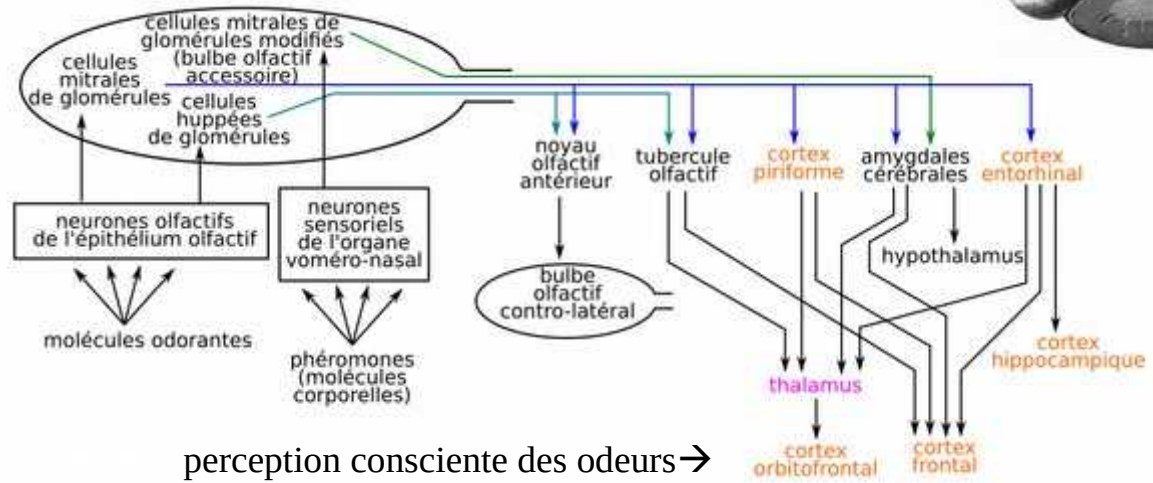
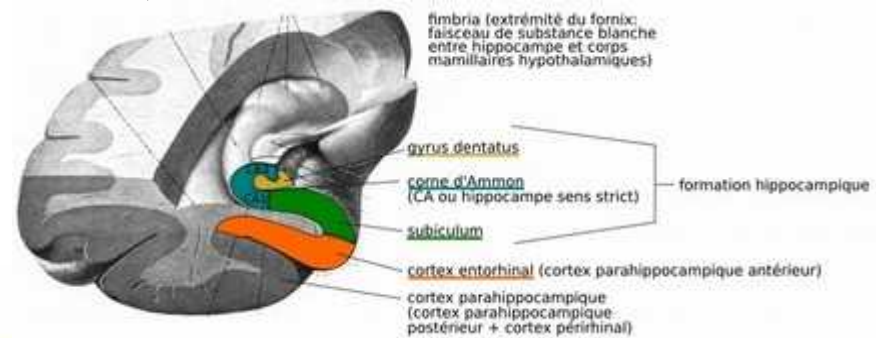
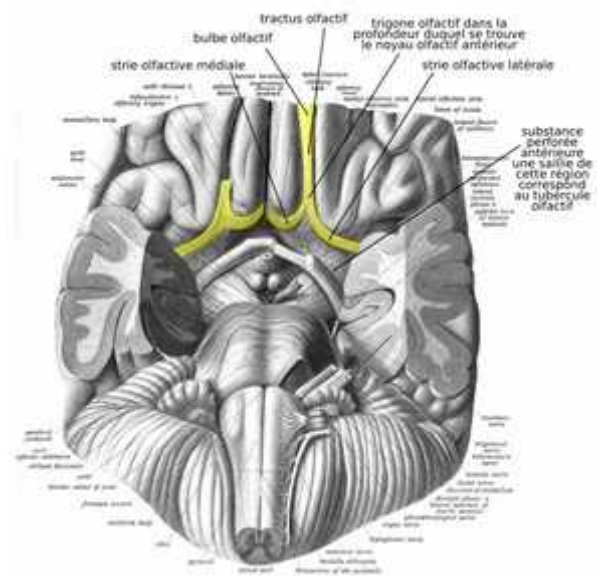
Noodle brain, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

3-Olfaction

3.5-Voies centrales

Les voies olfactives:

- épithélium olfactif et nerf olfactif, I
- bulbes olfactifs et tractus olfactif
- différentes cibles dont:
 - cortex sans relais thalamique
 - cortex avec relais thalamique



perception consciente des odeurs→

d'après Dr. Johannes Sobotta, Public domain, via Wikimedia Commons

3-Olfaction

3.6-Phéromones

Les phéromones:

- substances chimiques libérées par le corps (urine; sécrétions glandulaires)
- marqueur d'identité
- signaux intraspécifiques

Deux systèmes de détection des phéromones:

- système olfactif classique
- système olfactif accessoire (pair et vestigial/absent chez l'humain) :
 - organe voméronasal
 - nerf voméronasal
 - bulbe olfactif accessoire

4-Intégration sensorielle

Saveur = olfaction + gustation + toucher + température

sapide : qui a du goût, de la saveur (d'après cnrtl)

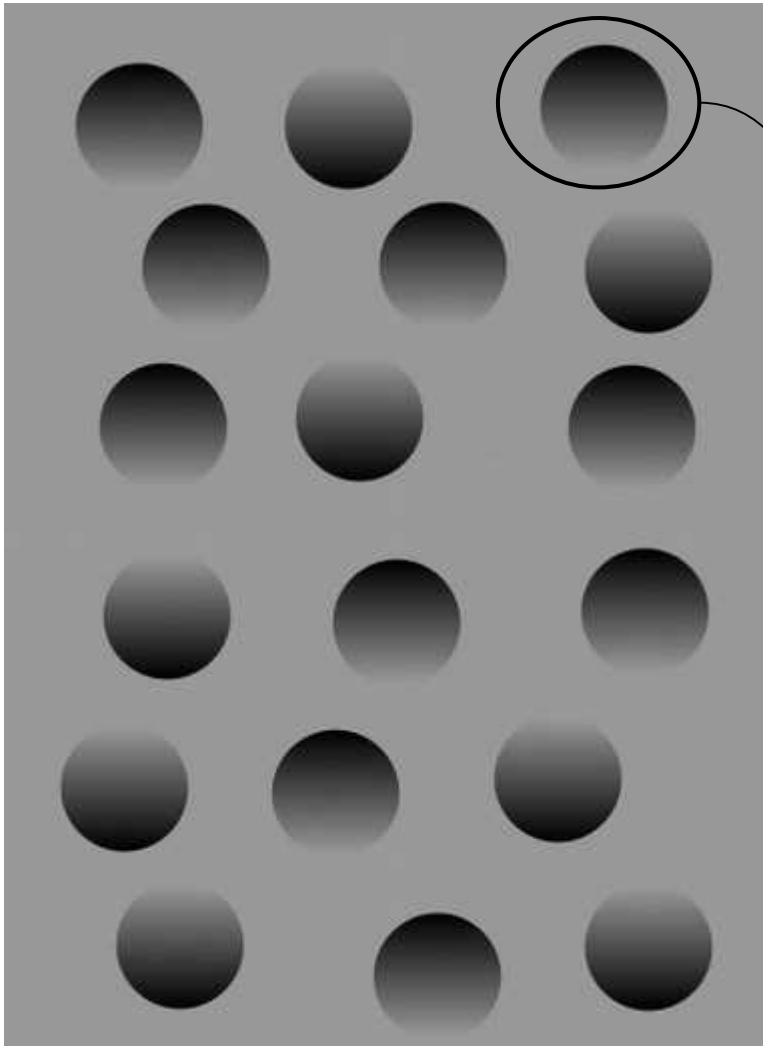
sapidité : caractère, qualité de ce qui est sapide (d'après cnrtl)

Notre système nerveux:

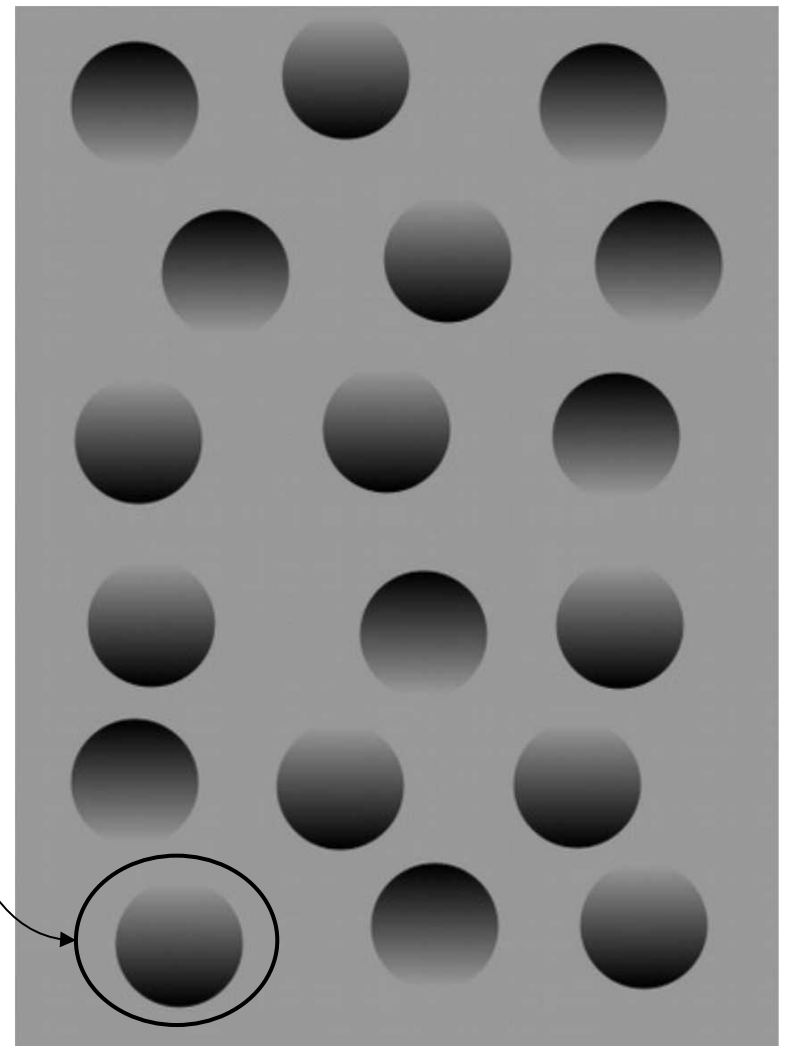
- n'a pas d'accès au monde réel
- crée de la réalité
- est source d'illusions

4-Intégration sensorielle

rotation 180°

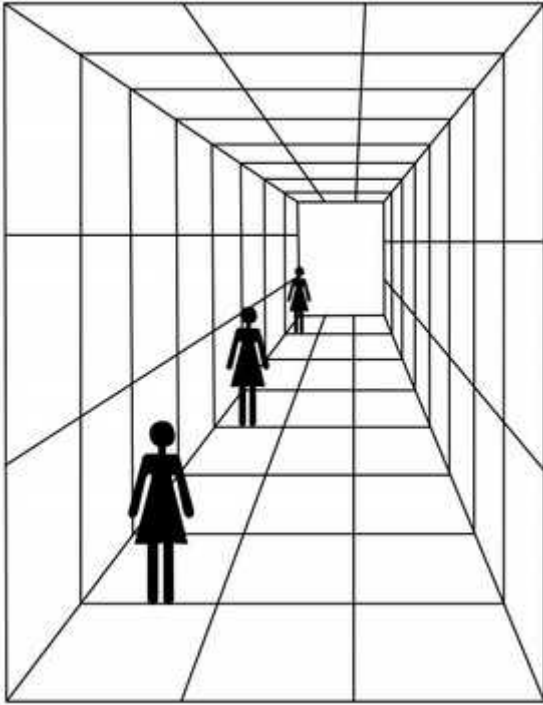


bosses ou creux?

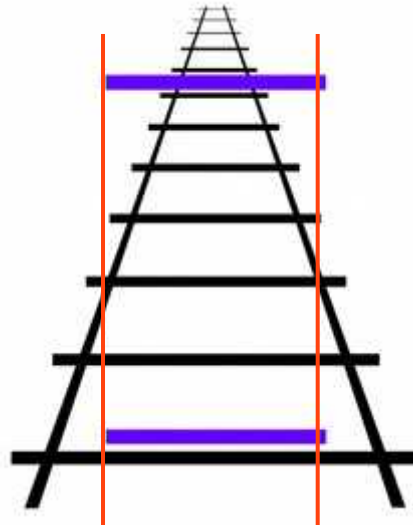
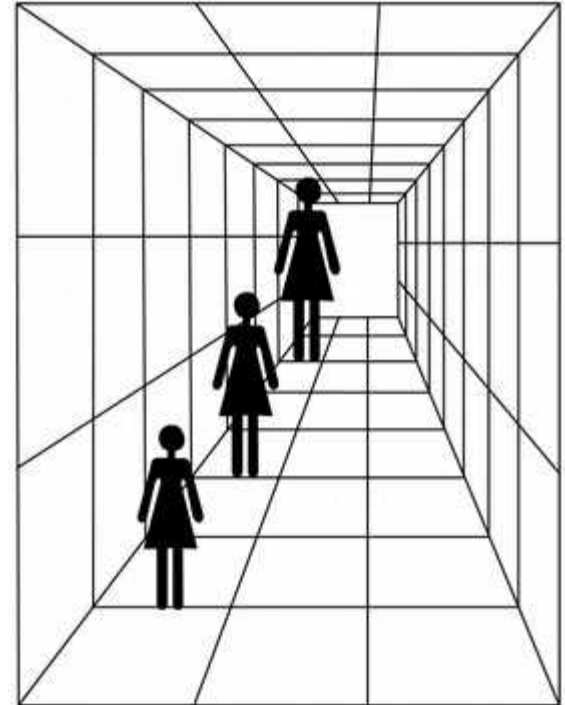


alors bosses ou creux?³⁷

4-Intégration sensorielle



Même taille ?



Et ces deux
traits?