
GUSTATION et OLFACTION

Les sens chimiques

Dr Jean-François Vibert

Département de Physiologie

Faculté de Médecine P&M Curie, site Saint-Antoine

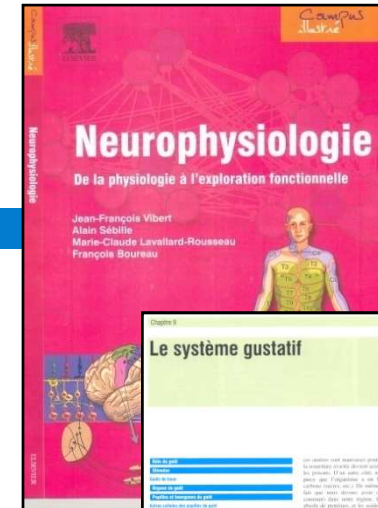
Les sens chimiques

Gustation

- ▶ assez développée chez l'homme
 - ▶ Car omnivore
 - ▶ Grande palette de goûts différents

Olfaction

- ▶ peu développée chez l'homme
 - ▶ Car importante socialisation
 - ▶ Minimise la signification sociale des odeurs



Gustation

- ▶ Les hommes sont omnivores
 - ▶ faire la différence entre des nourritures potentielles et des toxiques.
 - ▶ survie
 - ▶ système de la détection du goût performant.
- ▶ Certains goûts sont préférés de manière innée
 - ▶ comme le lait sucré de la mère
 - ▶ d'autres rejetés comme les substances amères
 - ▶ Réflexe de vomissement
- ▶ Mais l'expérience parvient à modifier ces préférences
 - ▶ Café, quinine
- ▶ De nombreuses régulations interagissent avec le goût
 - ▶ un manque de sel entraînera un désir accru d'aliments salés.

Le stimulus

▶ Substances organiques et inorganiques

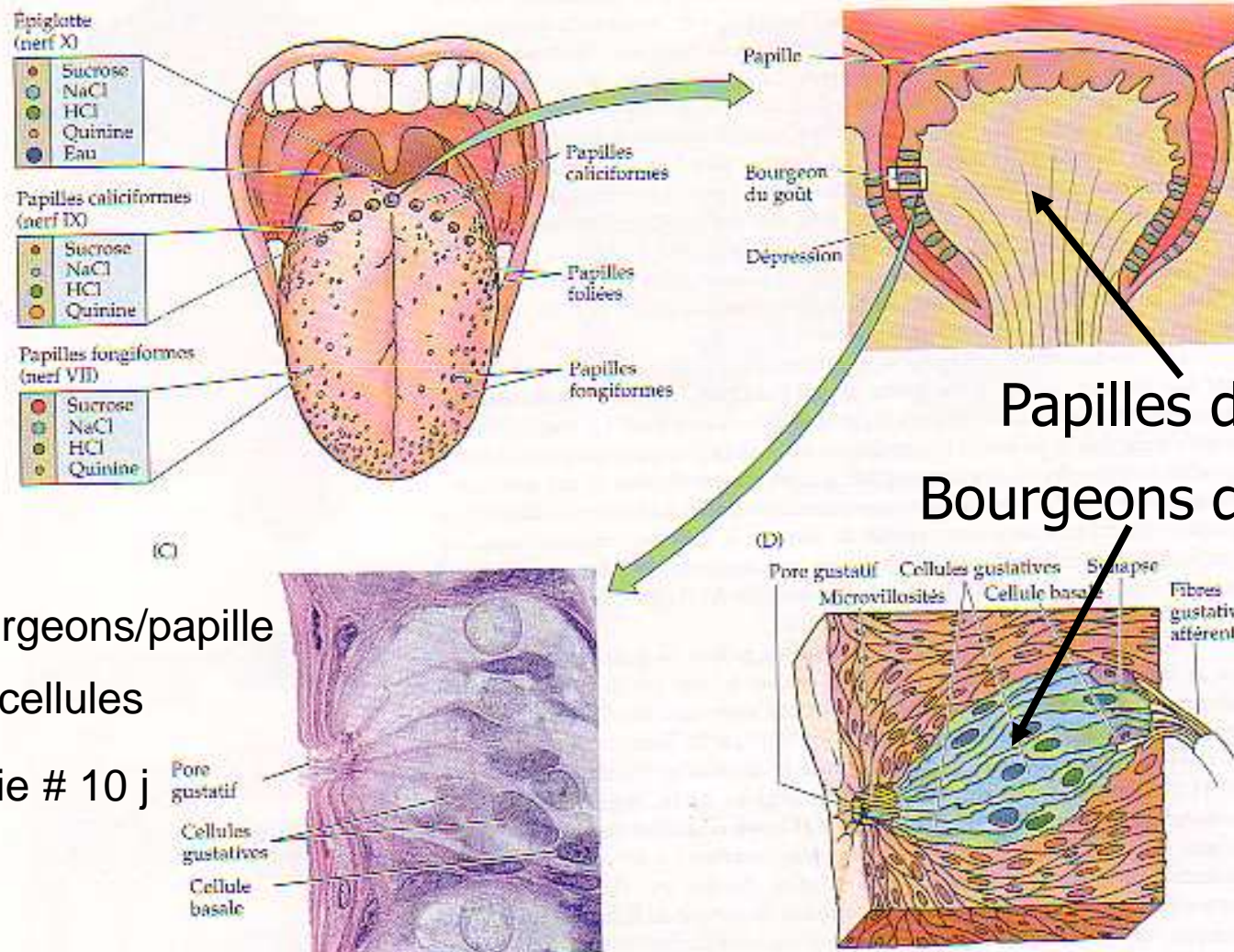
- ▶ principalement non volatiles
- ▶ solubles dans la salive
- ▶ stimulus proche ou en contact direct
- ▶ nombre de stimuli discernables est faible
 - ▶ Classiquement 4, en fait 5
- ▶ sensibilité absolue est assez faible
 - ▶ 10^{16} mol/ml pour la détection

▶ Le goût est un sens de contact

Les goûts de base

- ▶ Nombre de substances chimiques infini
 - ▶ Nombre de saveurs incalculable
- ▶ Quatre goûts de base classiques, plus...
 - ▶ salé
 - ▶ acide
 - ▶ sucré
 - ▶ amer
 - ▶ umami
 - ▶ On décrit maintenant ce cinquième goût (« délicieux ») qui est le goût du glutamate
 - ▶ Chez le chat on décrit aussi le goût de l'eau

Les récepteurs gustatifs

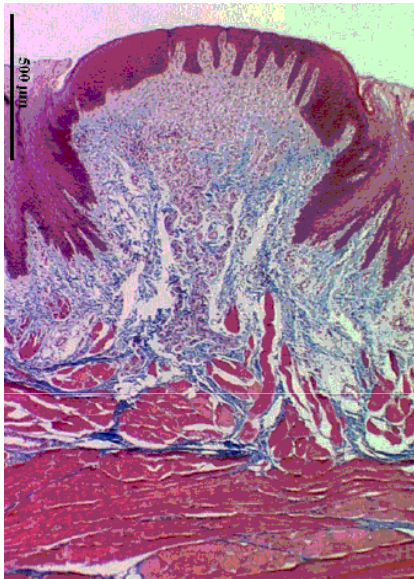


Papilles du goût
Bourgeons du goût

> 100 bourgeons/papille
50 à 150 cellules

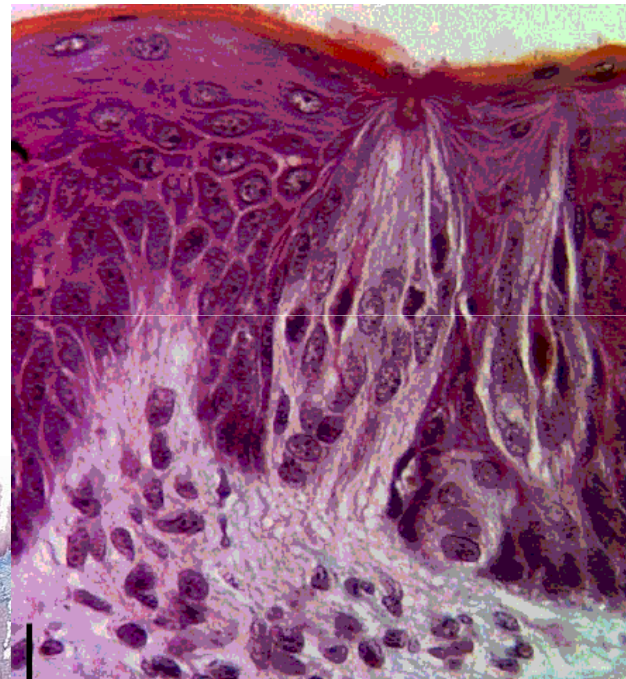
Durée de vie # 10 j

Papilles et bourgeons du goût



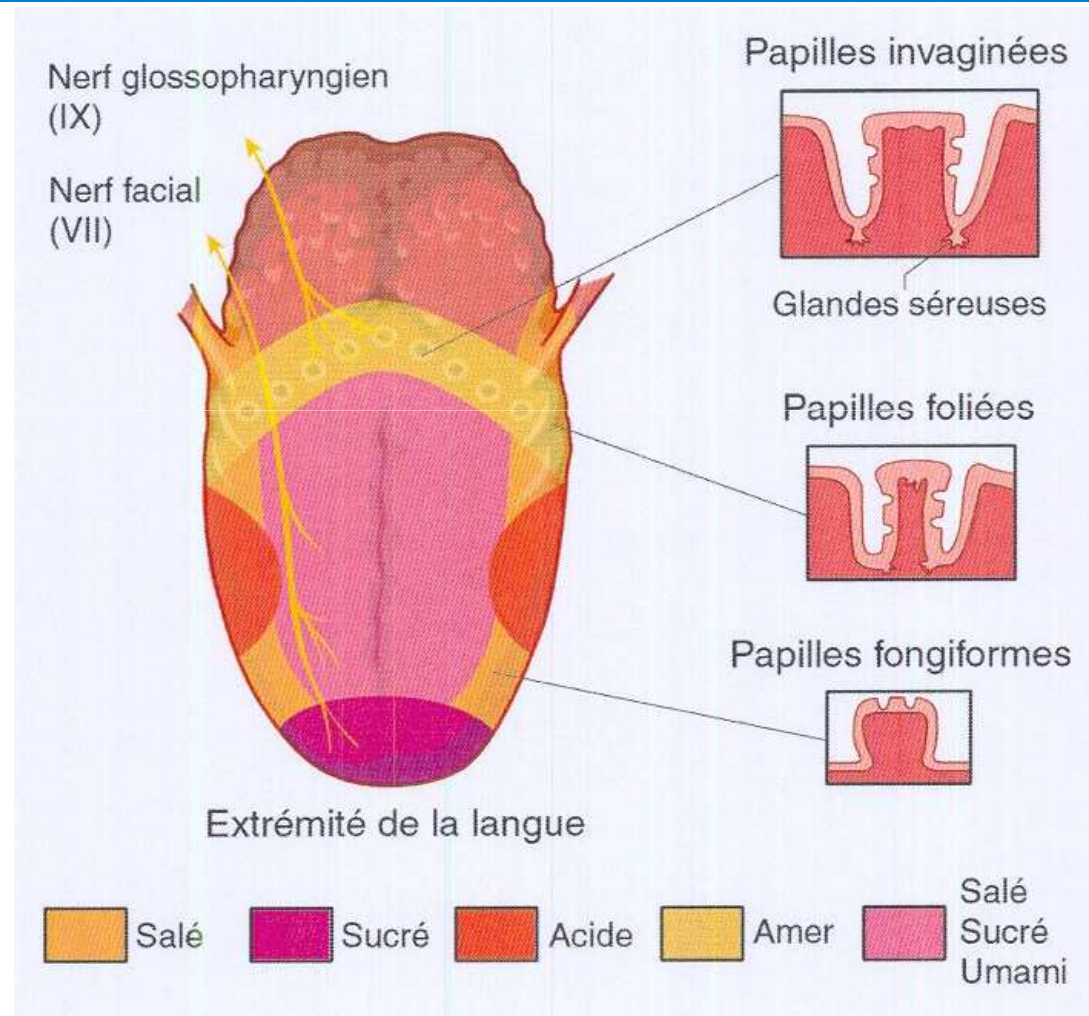
*Papille
fungiforme*

*Papille
caliciforme*

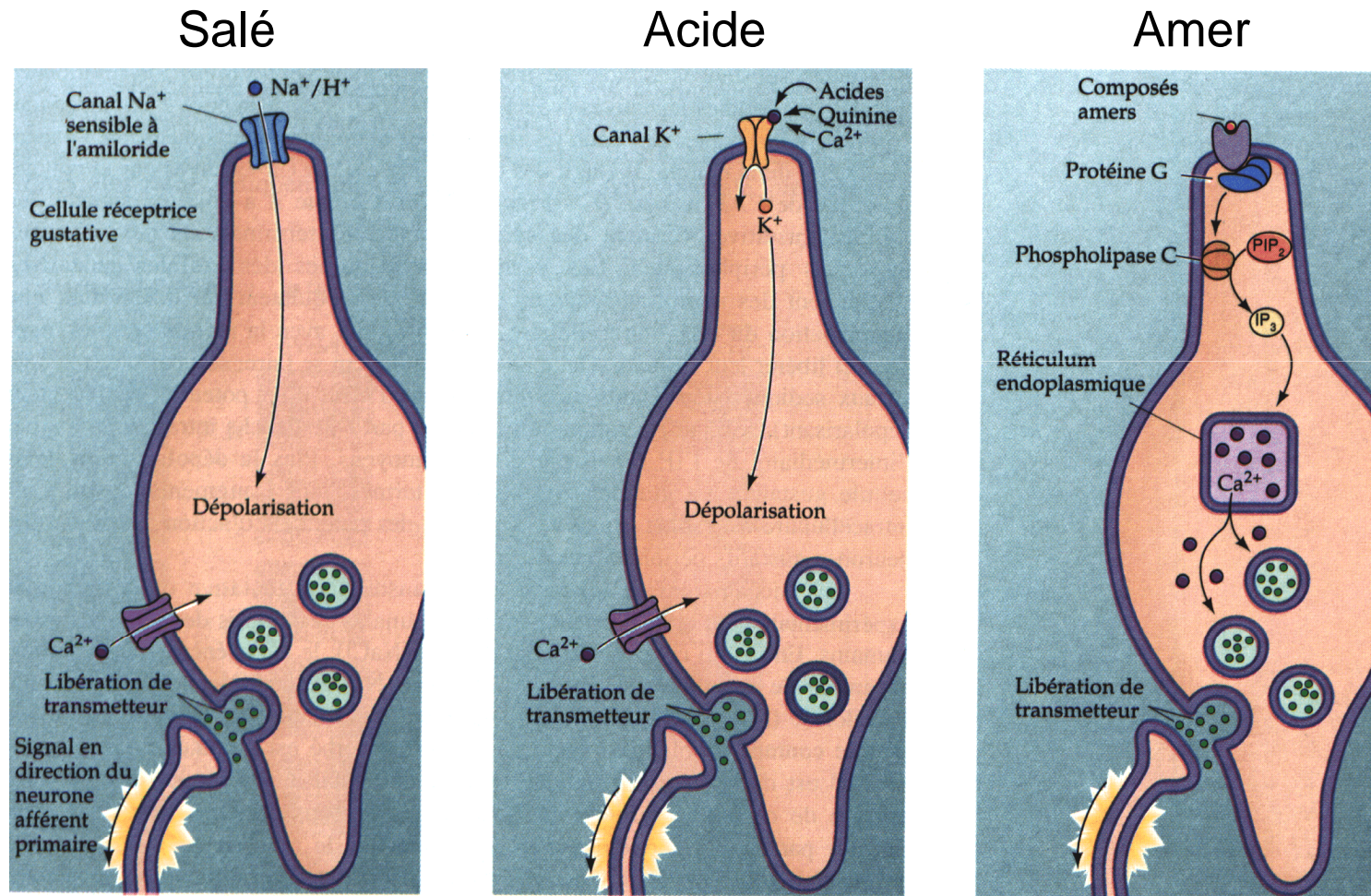


Bourgeon du goût

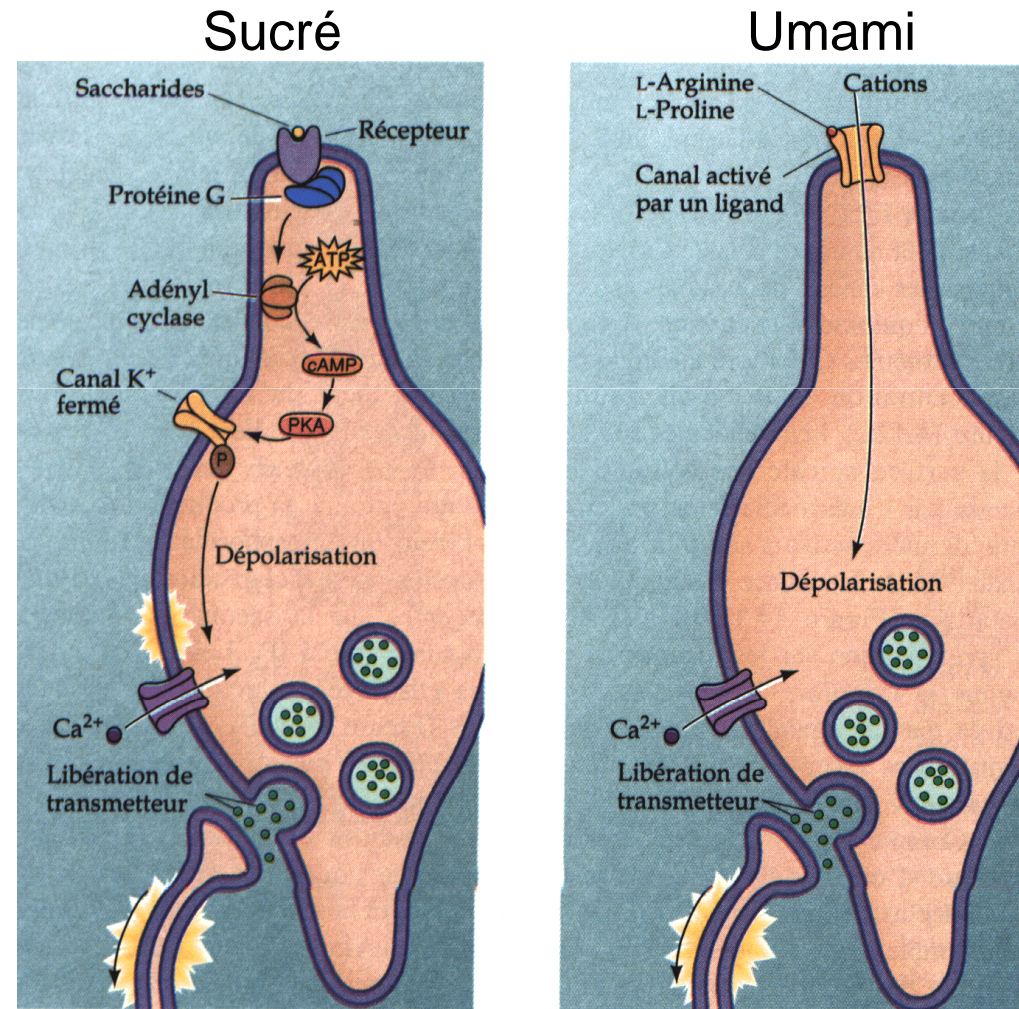
Zones gustatives de la langue



Transduction de l'information



Transduction de l'information

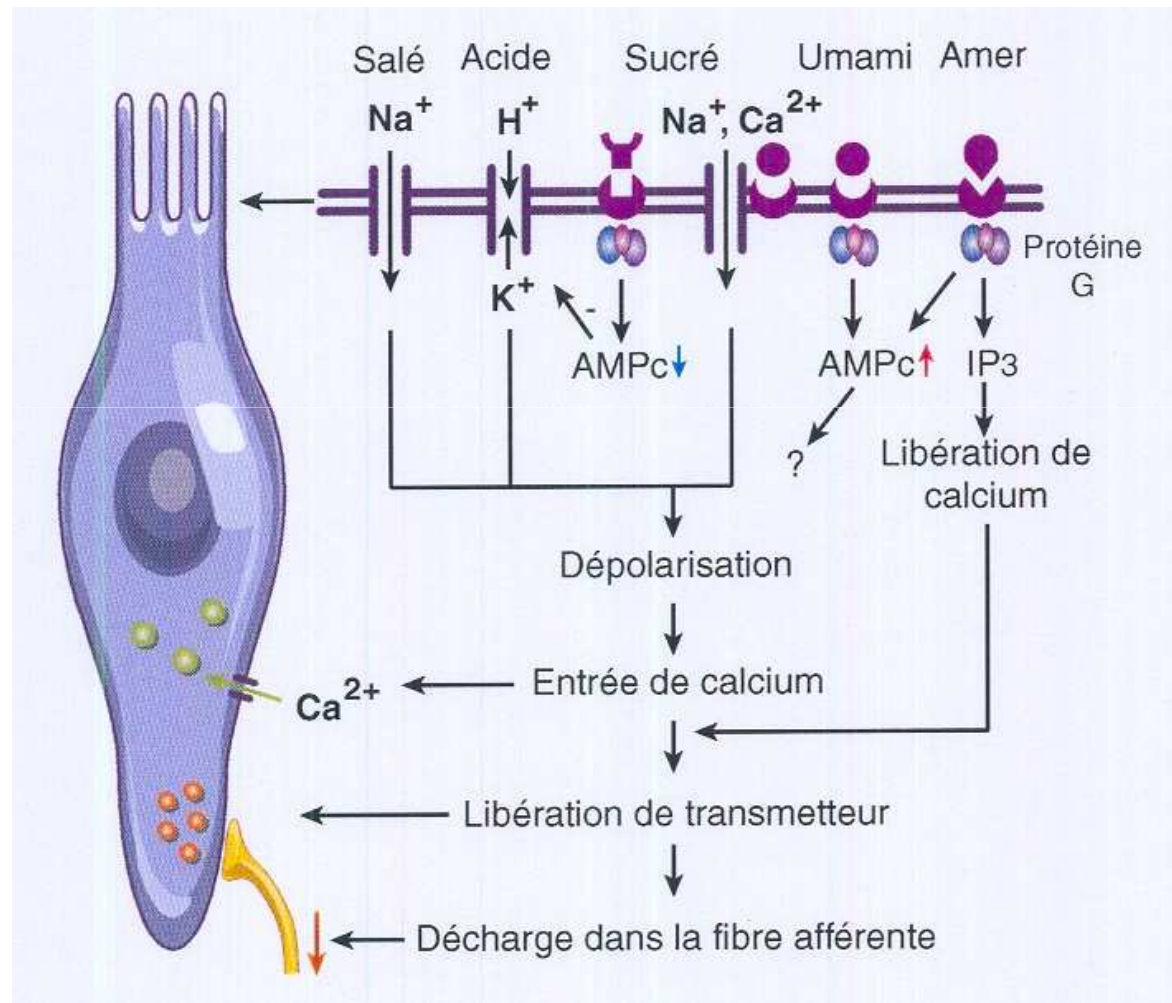


M1 Neurophysiologie

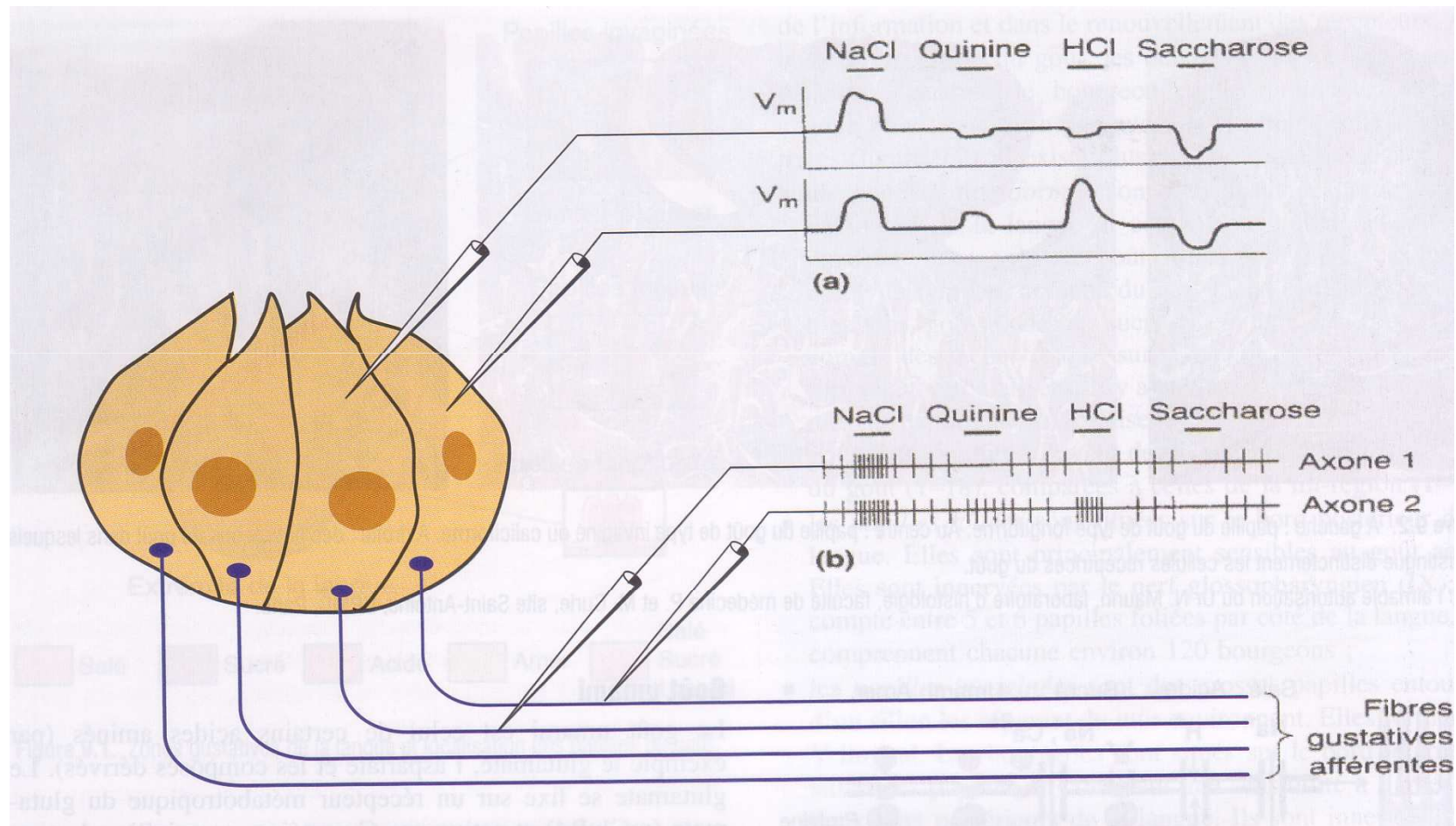
Sens chimiques (2007)

10

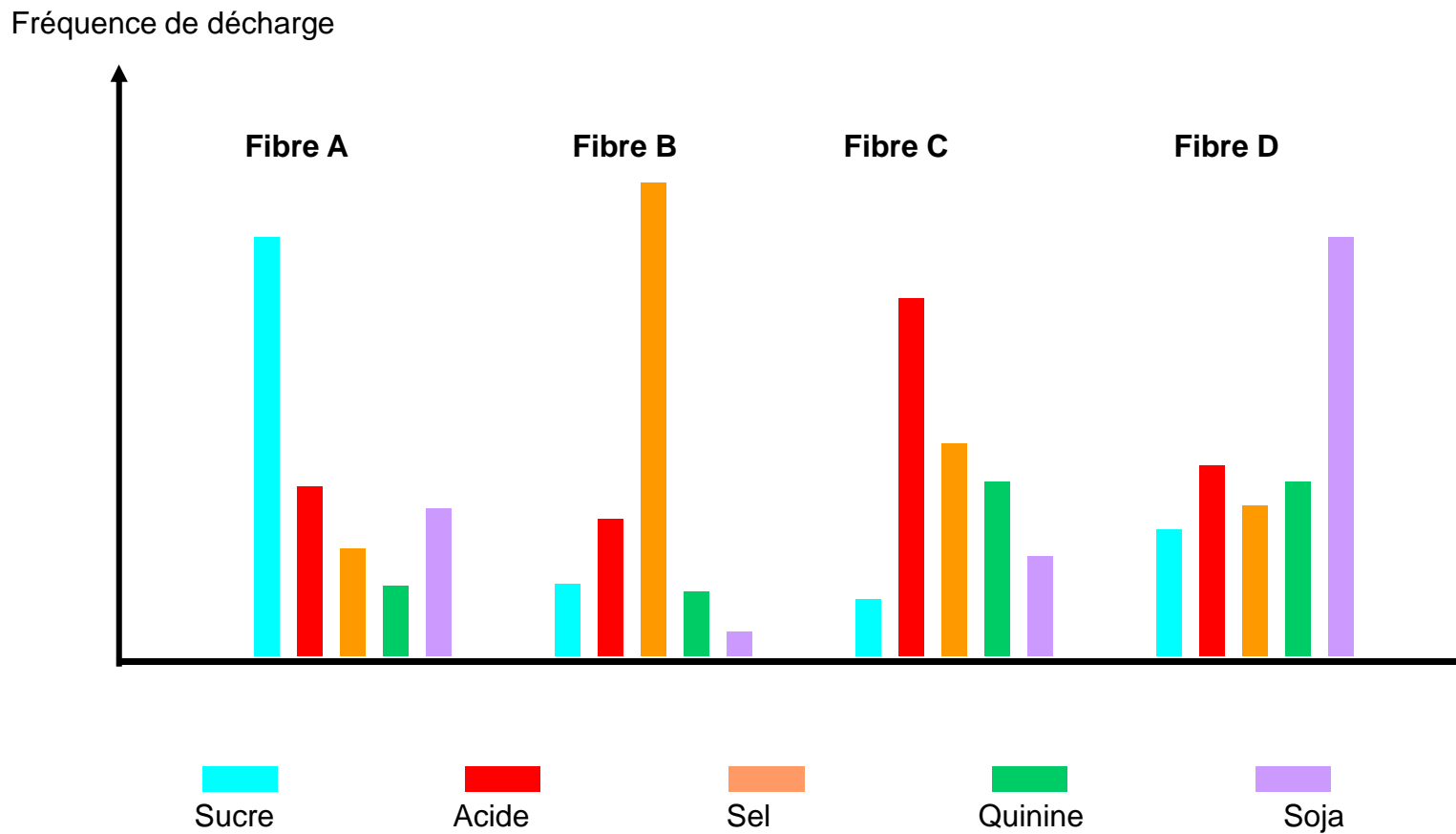
Transduction de l'information



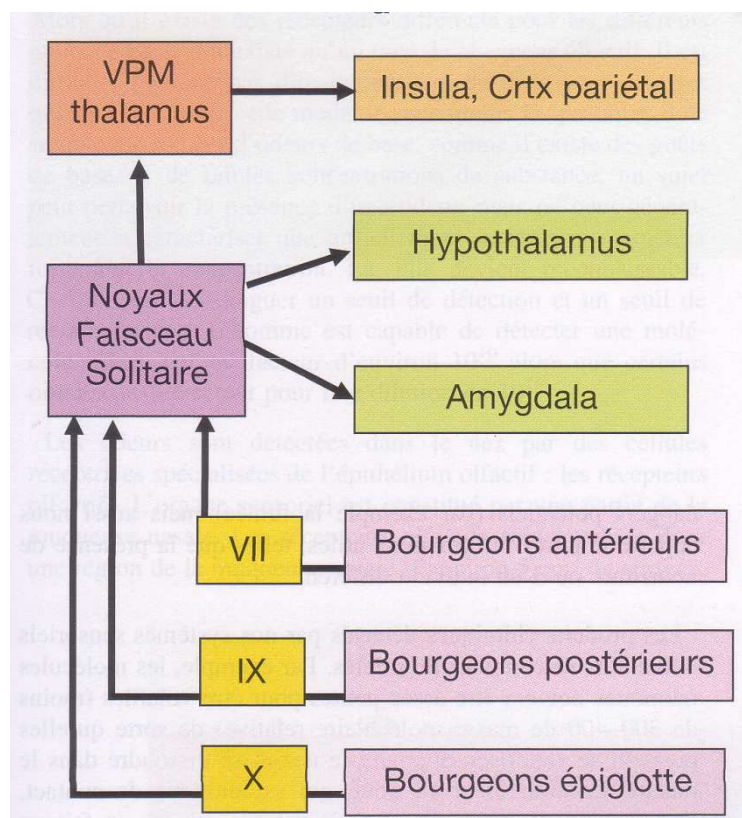
Codage de l'information



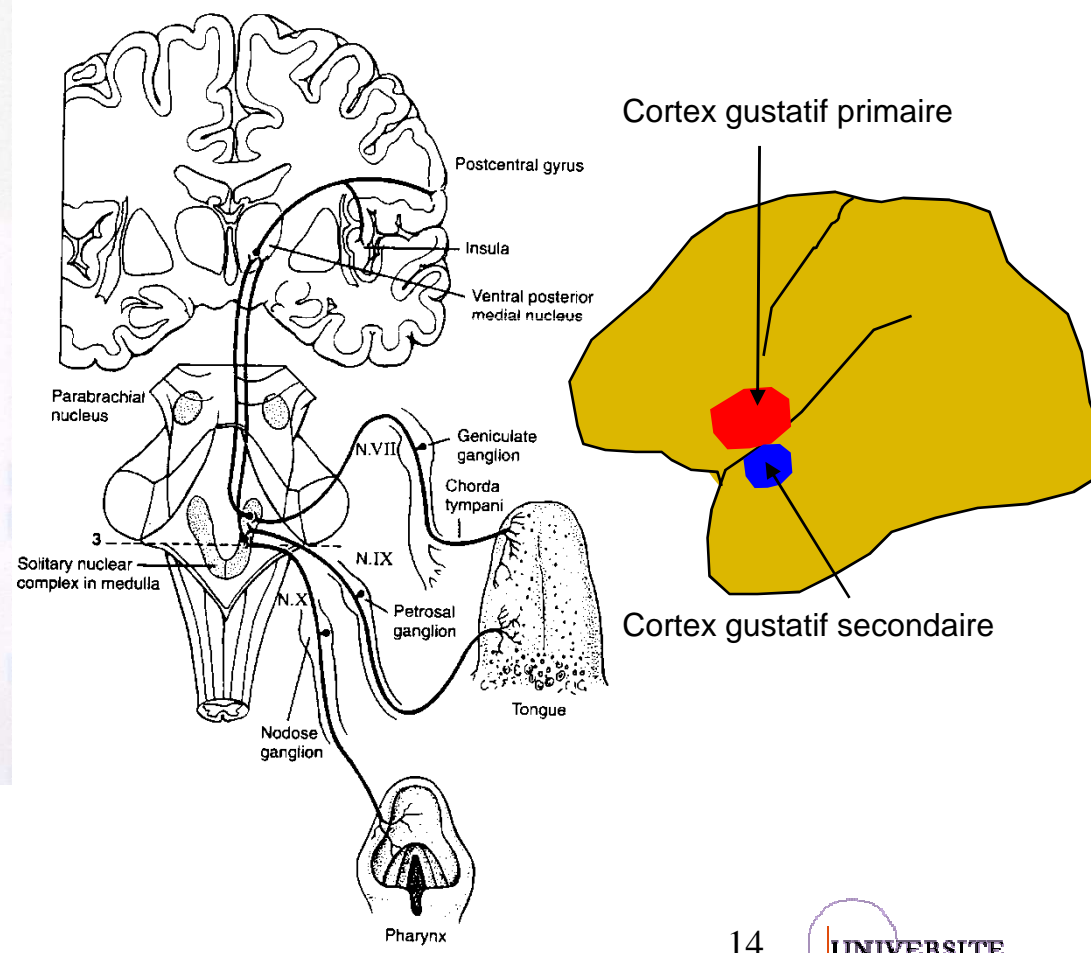
Codage de l'information



Voies et centres gustatifs



Homolatéral



Modification du goût

- ▶ **Le goût présente une adaptation presque complète à un stimulus :**
 - ▶ la perception d'une substance disparaît en quelques secondes.
- ▶ **Le goût est supprimé par les anesthésiques locaux sur la langue.**
 - ▶ L'amiloride, un bloqueur des canaux sodiques, réduit le goût de sel chez l'homme
 - ▶ L'adénosine monophosphate (AMP) bloque l'amertume de plusieurs agents amers.
- ▶ **Des composés naturels peuvent modifier les goûts :**
 - ▶ l'acide gymnémique (un produit du gymnéma, un arbre indien) diminue la perception sucrée
 - ▶ Par inhibition compétitive avec le récepteur au sucre.
 - ▶ Les artichauts augmentent le goût sucré
 - ▶ par la suppression des récepteurs à l'acide et à l'amer.

Goût et odorat

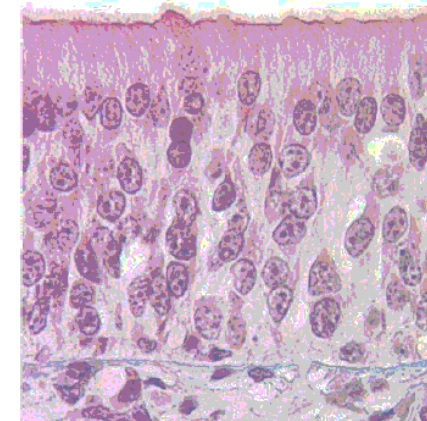
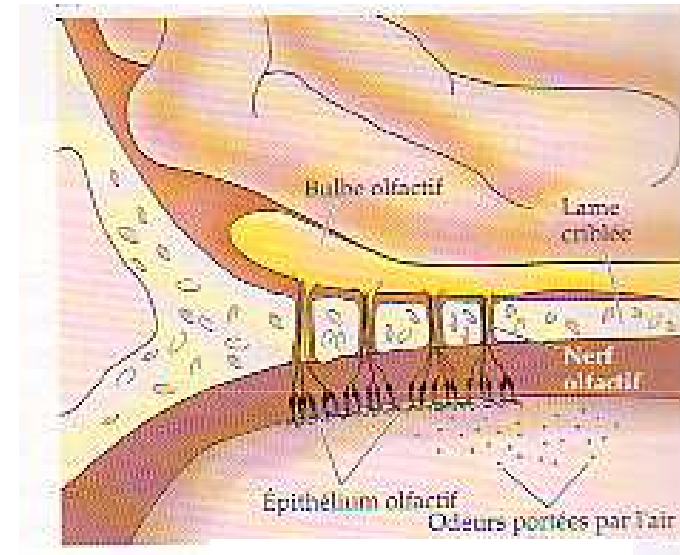
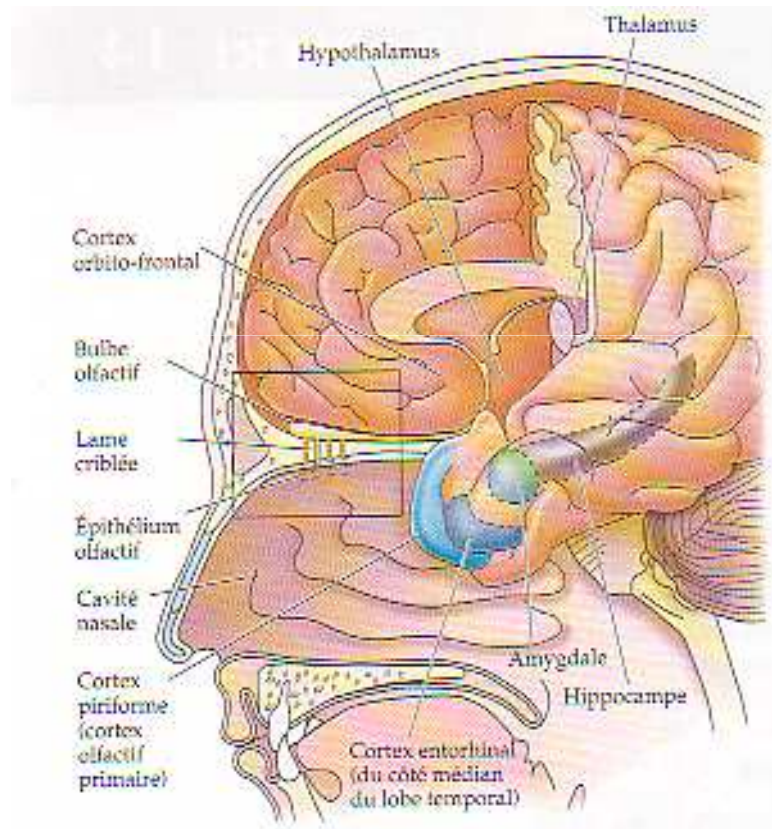
▶ Le goût est peu dissociable de l'odorat...

- ▶ Le goût est aussi une sensation multisensorielle :
 - ▶ Les yeux fermés ou le nez bouché, il est difficile de faire la différence entre des substances proches
 - ▶ Le nez bouché, on ne peut pas différencier entre la pomme râpée et l'oignon râpé.
- ▶ En fait, la reconnaissance des aliments repose sur leur saveur,
 - ▶ combinaison de goût, d'odeur, de texture (sensation de contact) et éventuellement de température.

OLFACTION

- ▶ Relativement peu développée chez l'homme.
- ▶ Sensations aussi bien agréables que désagréables.
- ▶ En se combinant au goût, elle permet de
 - ▶ reconnaître les aliments
 - ▶ augmente le plaisir de la dégustation.
- ▶ Il ne semble pas exister d'odeurs de base
- ▶ On distingue
 - ▶ un seuil de détection
 - ▶ un seuil de reconnaissance.
 - ▶ Homme : 10^{10} ; oiseau : 10^{18}

Localisation des récepteurs

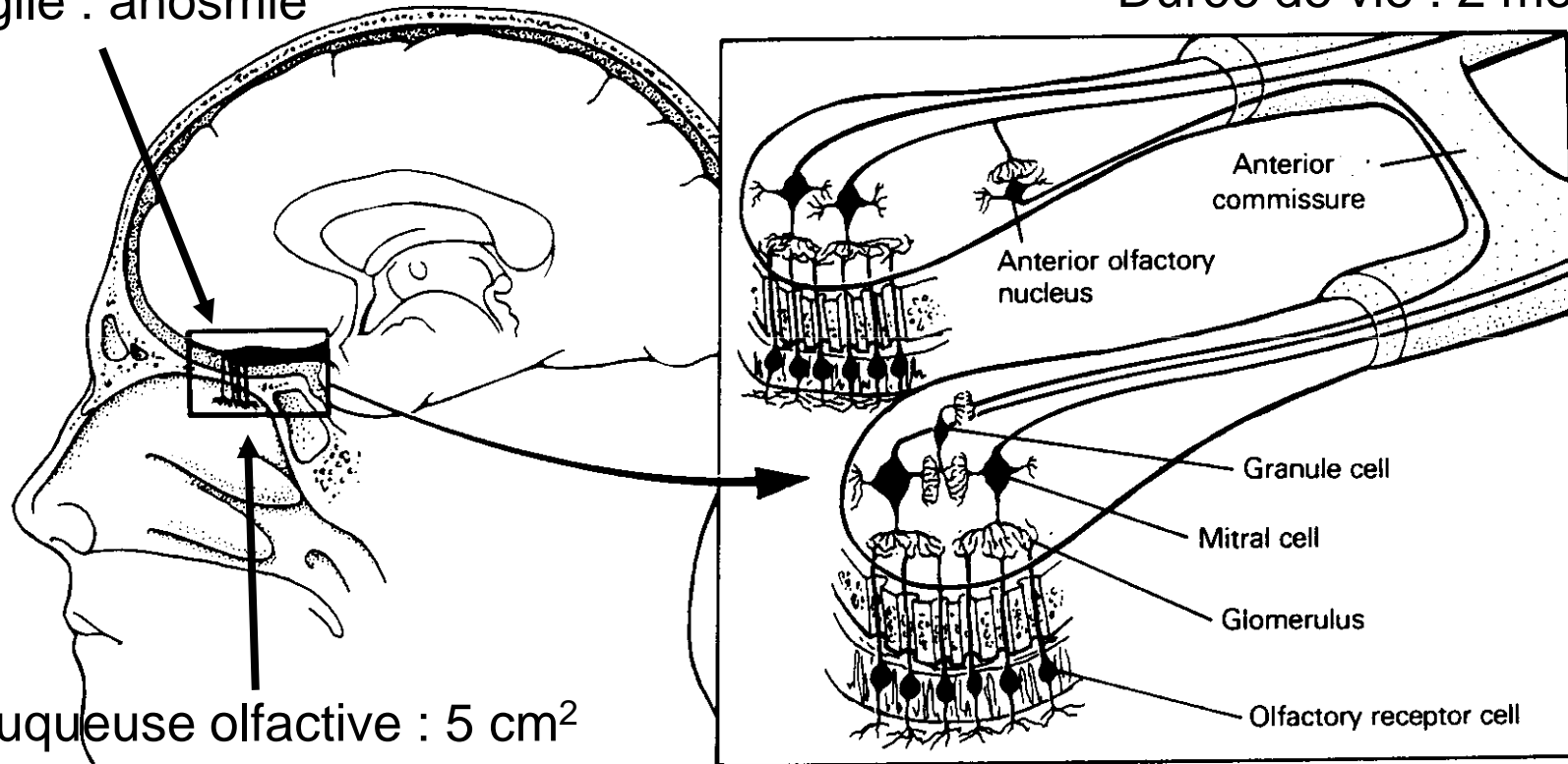


Le bulbe olfactif

Fragile : anosmie

Durée de vie : 2 mois

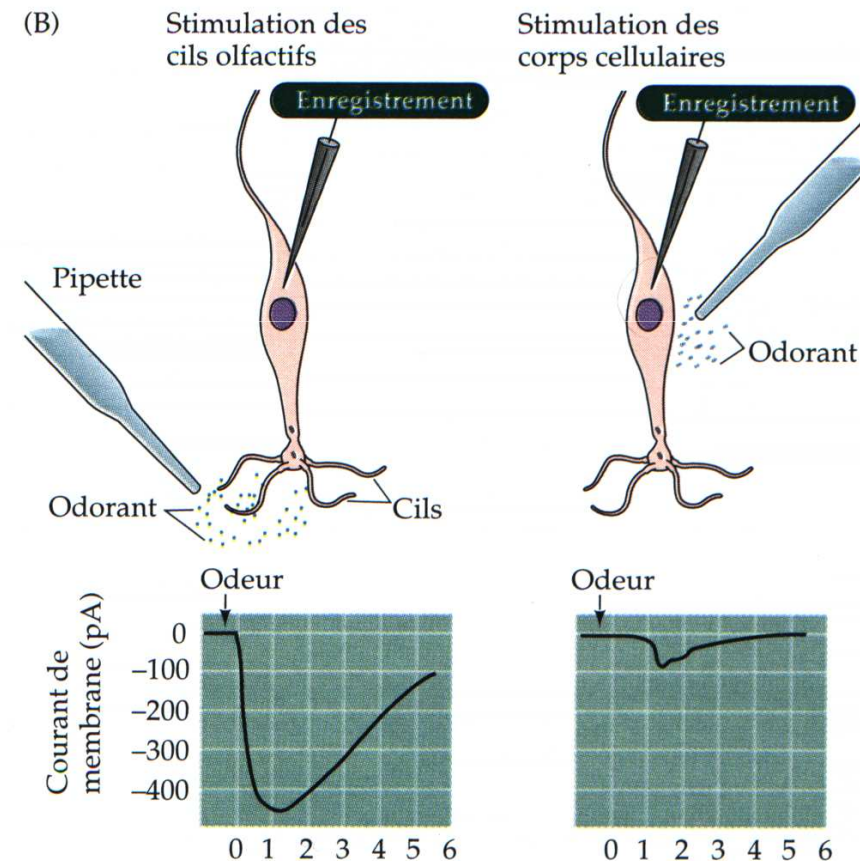
Muqueuse olfactive : 5 cm²



Homme 10^7 récepteurs
Chien $2,2 \times 10^8$

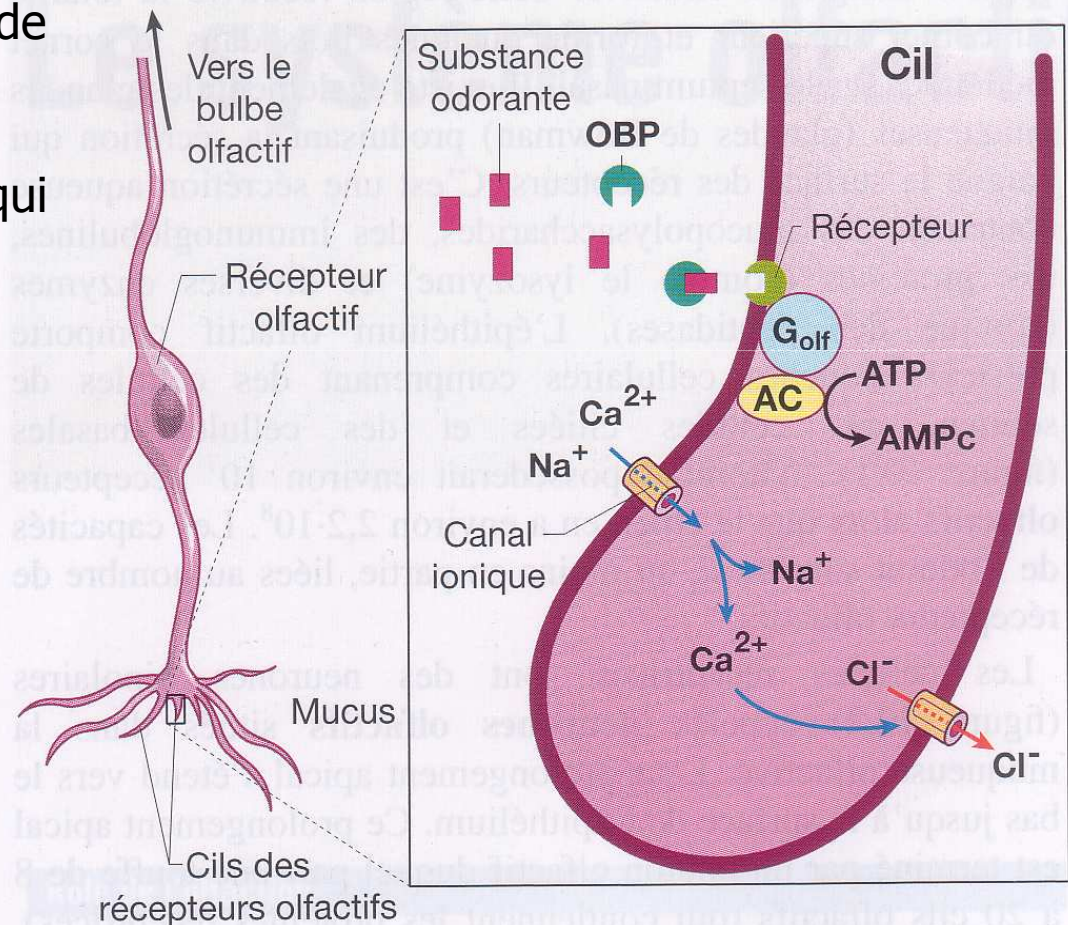
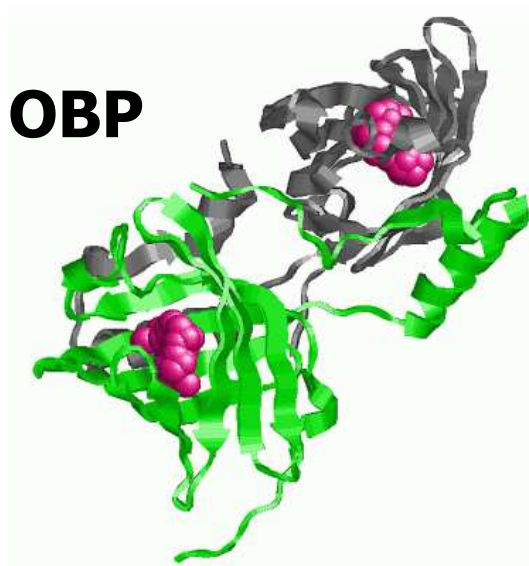
Transduction de l'information

- On trouve dans le mucus olfactif des protéines qui se lient aux substances odorantes.
- Celles-ci se sont nommées les protéines de liaison odorantes ou « Odorant Binding Proteins » (OBPs).



Transduction de l'information

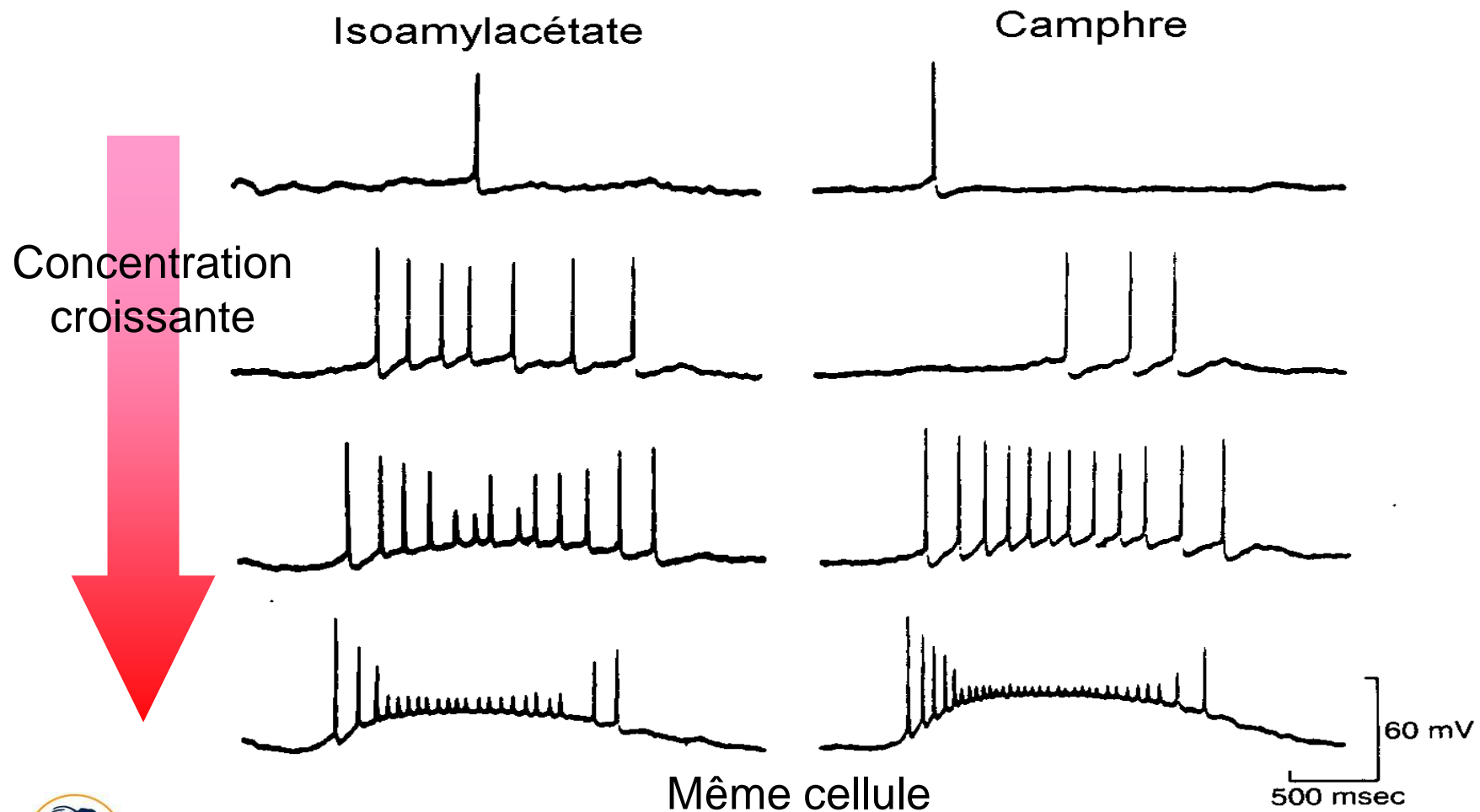
Les OBP se trouvent dans le liquide baignant les dendrites des récepteurs olfactifs. Elles sont produites par les cellules gliales qui entourent les récepteurs olfactifs



Transduction de l'information

- ▶ **Etapes de la transduction**
 - ▶ Stimuli odorants liés aux OBPs
 - ▶ Fixation sur des récepteurs transmembranaires spécifiques
 - ▶ Stimulation de protéines G
 - ▶ Activation de l'adényl cyclase (AC)
 - ▶ Formation d'AMP cyclique (AMPc)
 - ▶ Liaison de l'AMPc avec des canaux spécifiques des cations
 - ▶ Ouverture des canaux cationiques et entrée de Ca^{++}
 - ▶ Ouverture de canaux au chlore activés par le calcium
 - ▶ Dépolarisation de la membrane (que l'on appelle potentiel de récepteur ou générateur).
- ▶ **La dépolarisation entraîne la production de potentiels d'action, dont la fréquence dépend de la concentration du stimulus**

Codage de l'information



Codage de l'information

- ▶ Il peut y avoir des centaines de récepteurs odorants, mais seulement un (ou quelques uns) exprimé dans chaque neurone olfactif de récepteur.
- ▶ Une famille des récepteurs odorants a été clonée en 1991 par **Linda Buck** et **Richard Axel** (Prix Nobel 2004)
 - ▶ l'ARNm codant ces protéines a été trouvé dans le tissu olfactif.
- ▶ Ces familles peuvent être codées par 1000 gènes différents.
 - ▶ C'est une quantité énorme qui représente environ 2% du génome humain.
- ▶ Chez l'homme, la plupart sont des pseudogènes inactifs
 - ▶ 350 environ seulement sont actifs pour le codage.

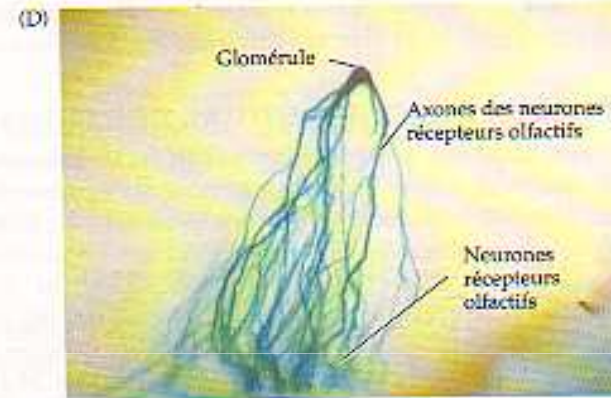
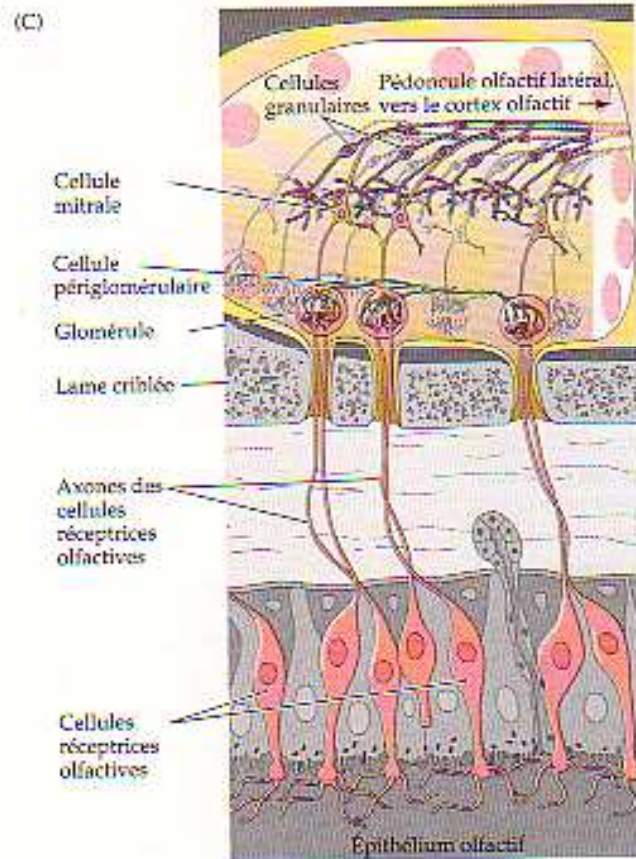
Codage de l'information

- ▶ L'homme peut sentir entre 4.000 et 10.000 odeurs différentes.
- ▶ Toutes les cellules sont plus ou moins sensibles à de nombreuses substances, mais pas toutes de la même manière.
- ▶ Chaque odeur active un ensemble unique de récepteurs olfactifs.
 - ▶ C'est la "signature" de cette odeur.

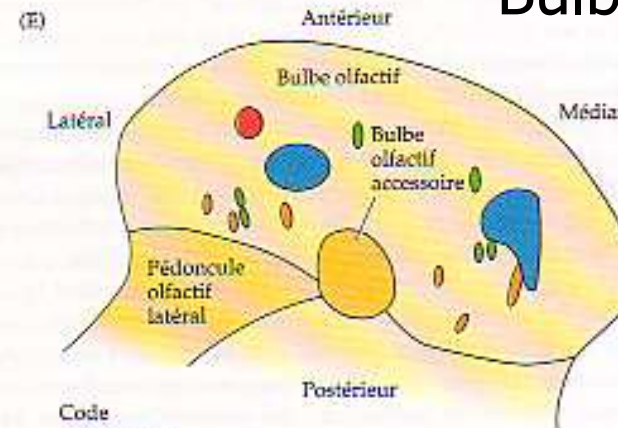
Codage de l'information

- ▶ La répartition dans la muqueuse des cellules sensibles à une odeur particulière définit une sorte de « carte d'activité » des neurones spécifiques de cette odeur.
 - ▶ Chaque neurone a son propre pattern d'activité pour une odeur donnée,
 - ▶ Un « alphabet » des odeurs décodé par les structures supérieures
 - ▶ d'une manière encore inconnue...
- ▶ On évoque un codage spatio-temporel (mais non confirmé).
 - ▶ spatial du fait de la répartition des différentes odeurs en différents endroits,
 - ▶ temporel du fait de la durée de l'activité des neurones, différente selon les odeurs),

Le bulbe olfactif

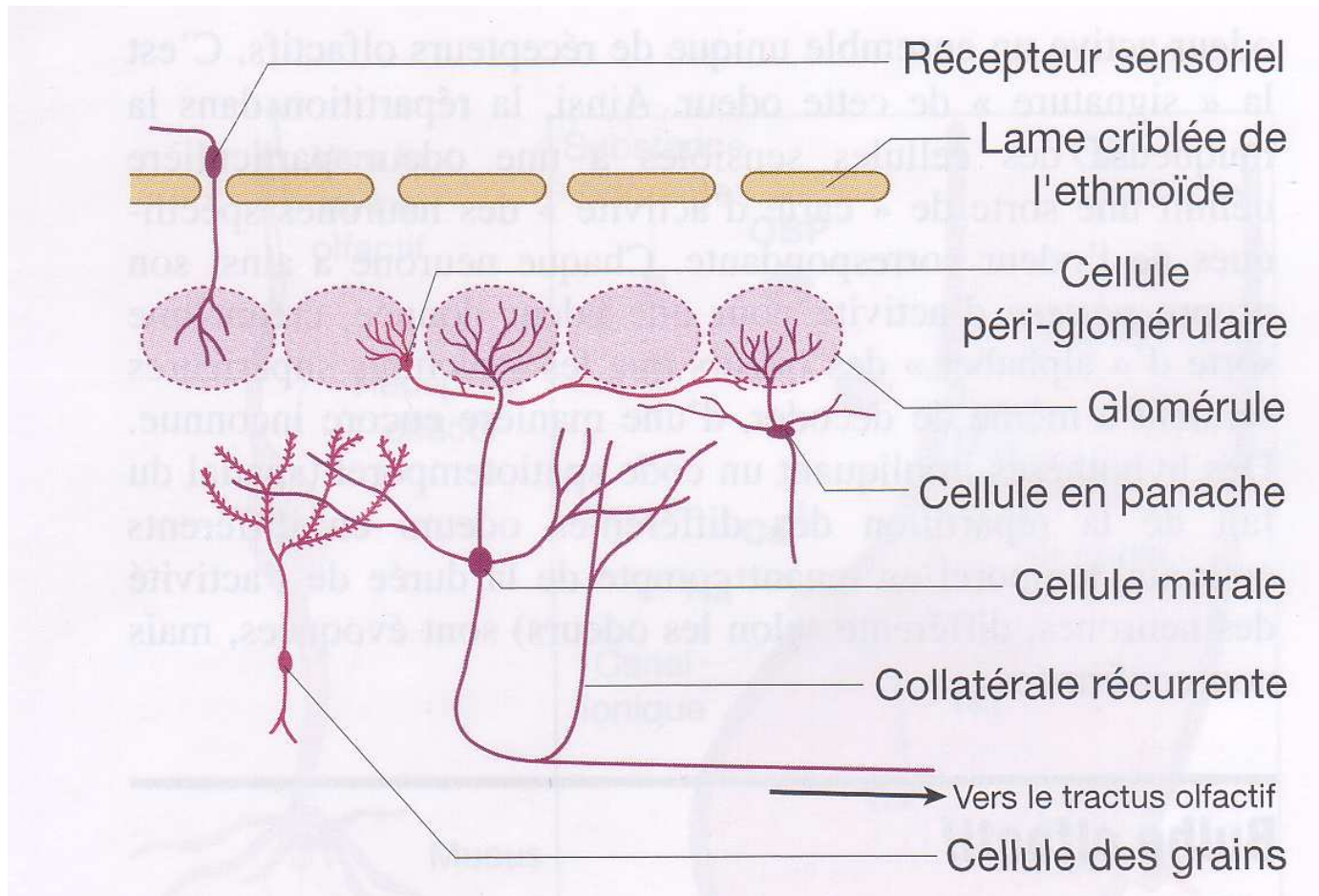


Bulbe de rat

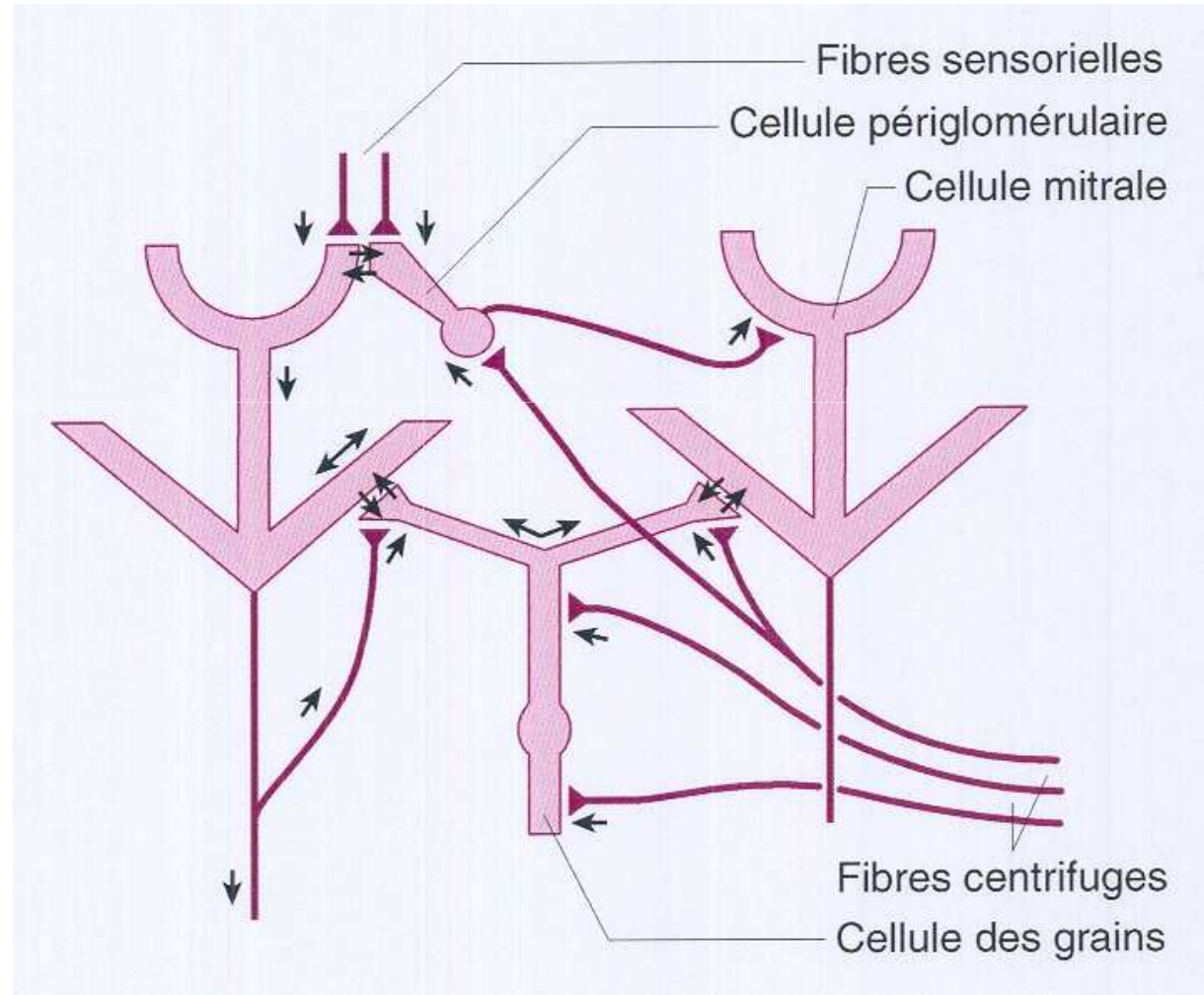


- Code
- Camphre
 - Menthe poivrée
 - Acétate d'amyle
 - Air de la cage

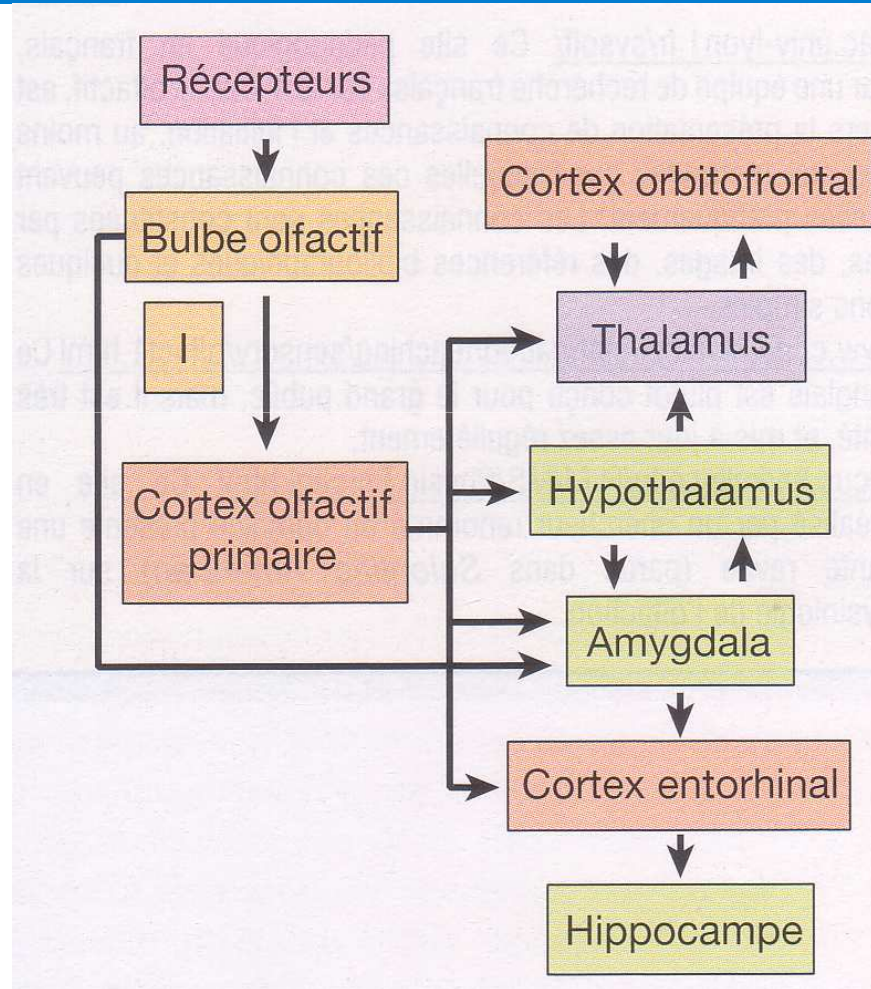
Les voies olfactives



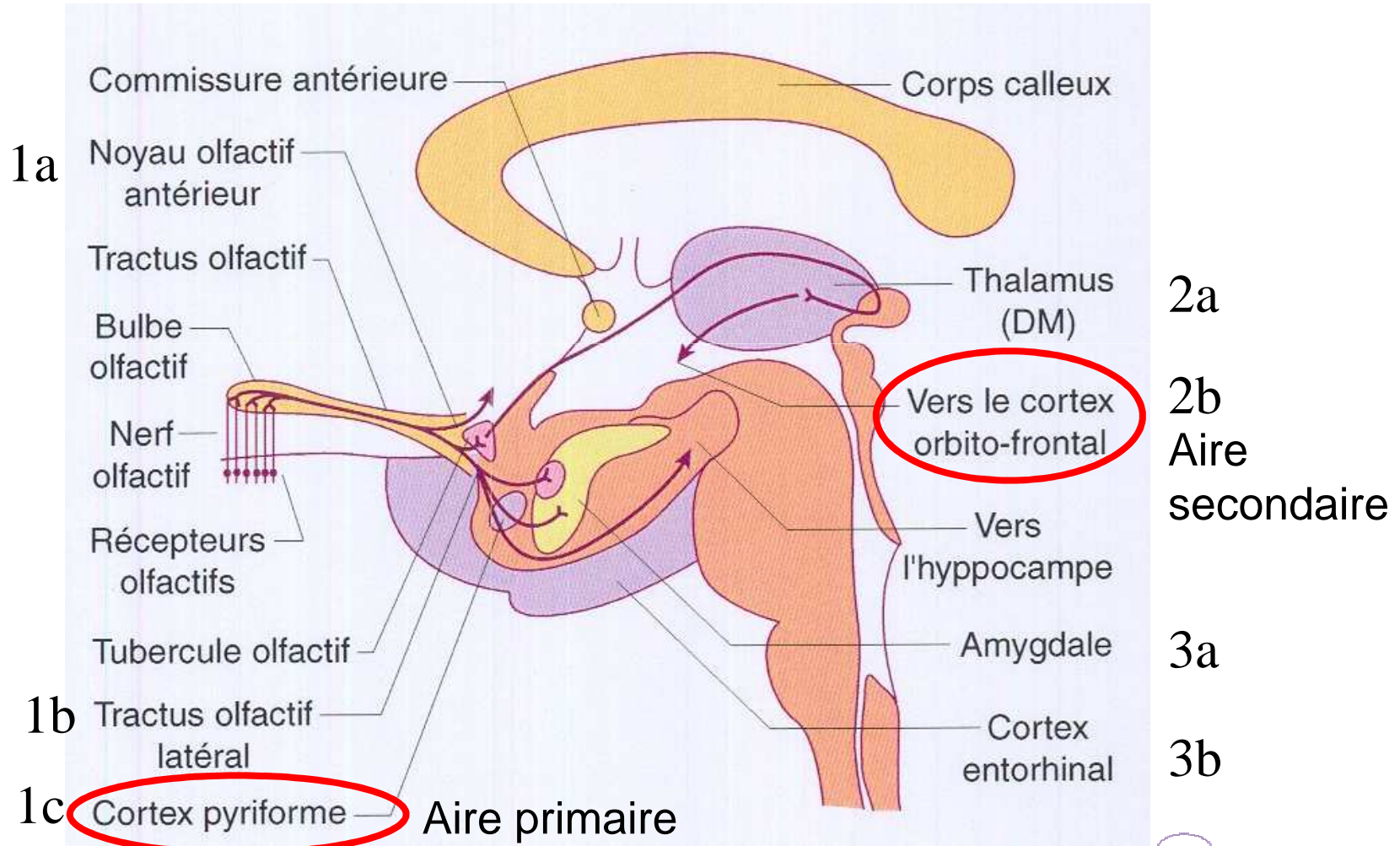
Les voies olfactives



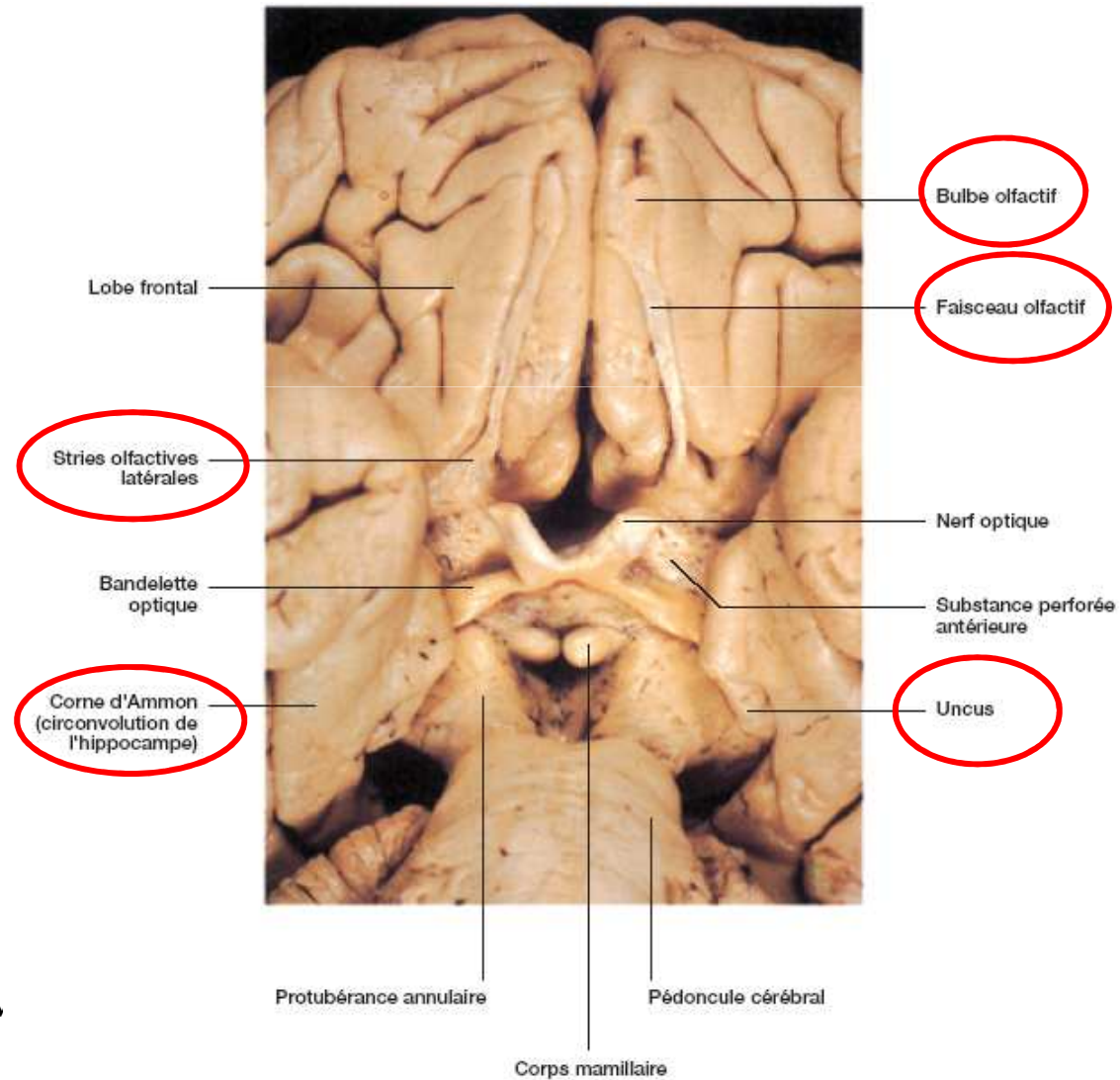
Les voies olfactives



Les voies olfactives



Le cortex olfactif



Variations physiologiques

▶ *Olfaction chez les nouveaux-nés*

- ▶ Dès 3 à 6 jours un bébé peut distinguer entre le sein de sa mère si elle l'allaite de celui d'une autre mère.
- ▶ Il existe une olfaction prénatale.
 - ▶ Les bébés sont exposés aux produits chimiques dans l'utérus et ceci influence leurs préférences postnatales.
 - ▶ Il y a clairement un apprentissage expérience-dépendant pour le système olfactif, même si la réponse à certaines odeurs (en particulier désagréables) est peut-être "câblée".

▶ *Mamans et bébés*

- ▶ Toutes les femmes identifient leurs nouveaux-nés par leur odeur
 - ▶ après seulement de 1 heure de contact avec leur bébé.

Variations physiologiques

▶ *Odeur et hormones*

- ▶ Les femmes ont une meilleure sensibilité olfactive que les hommes, en particulier celles en âge de procréer.
 - ▶ La sensibilité olfactive change au cours du cycle menstruel, avec une exacerbation à l'ovulation.
 - ▶ Ceci coïncide avec une montée subite de l'estradiol plasmatique.
 - ▶ L'estradiol augmente également pendant la grossesse,
 - ▶ On peut observer une augmentation de sensibilité olfactive (et gustative) pendant la grossesse.

▶ *Odeur et vieillissement*

- ▶ La sensibilité olfactive diminue avec l'âge.
 - ▶ A 80 ans, 80% des sujets présentent un dysfonctionnement du système olfactif et 50% sont "anosmiques".
 - ▶ Non seulement on perd la sensibilité olfactive, mais on perd également la capacité à distinguer les odeurs.
- ▶ Le traitement hormonal substitutif de la ménopause
 - ▶ ne modifie pas le déclin de la sensibilité olfactive lié à l'âge.

Fonctions non olfactives de l'olfaction

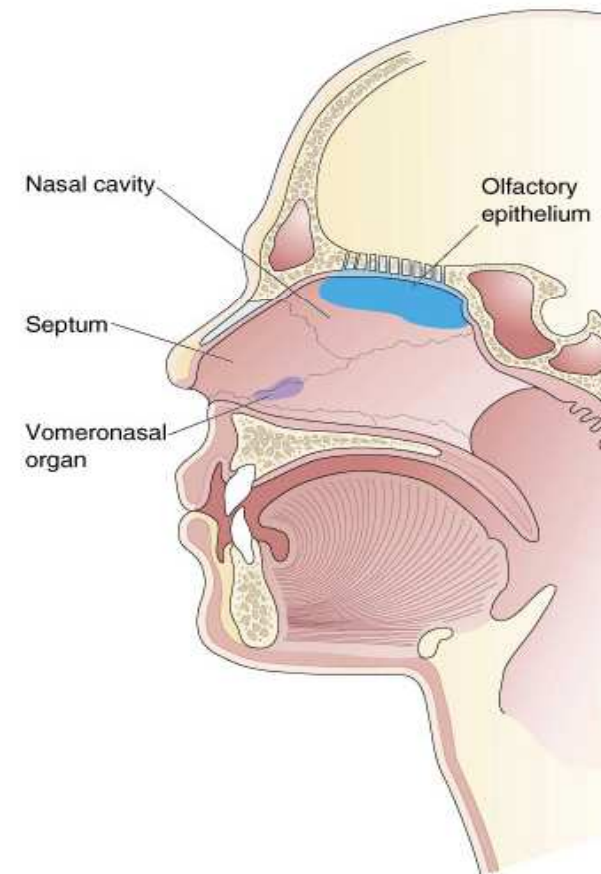
- ◉ Les voies du système limbique sont à l'origine
 - ▶ de la composante affective des odeurs
 - ▶ de l'implication des odeurs dans la fonction de reproduction et de recherche du partenaire sexuel.
 - ▶ Exploité par les parfumeurs
- ◉ Phéromones : molécules odorantes
 - ▶ produites par les glandes sudoripares de la peau
 - ▶ importantes pour le comportement lié à la reproduction de l'espèce
 - ▶ existent chez l'homme (aisselles++) mais socialement minimisées
 - ▶ Déodorants corporels
- ◉ Les hormones sexuelles influent l'olfaction
 - ▶ la testostérone modifie la réponse des récepteurs olfactifs

Phéromones

- ◉ Les phéromones sont perçues à l'aide de l'organe voméro-nasal,
 - ▶ localisé de part et d'autre du septum cartilagineux du nez.
 - ▶ Les cellules voméro-nasales sont totalement indépendantes de celles de la tâche olfactive
 - ▶ elles ne réagissent qu'en présence de phéromones que des humains du sexe opposé ont sécrétés.
 - ▶ Ce type d'influx emprunte des voies nerveuses différentes de celles des odeurs habituelles (fleurs, aliments, etc.)
 - ▶ pour se rendre vers l'hypothalamus, siège du contrôle des comportements sexuels et du système végétatif.
- ◉ Mais ce système n'est pas très développé comparé à ce qui existe dans le monde animal.

L'organe voméro-nasal

- ▶ Les phéromones agissent sur l'organe voméro-nasal
 - ▶ situé sous la surface intérieure du nez
 - ▶ spécialisé dans la détection des phéromones.
 - ▶ Son activation entraîne une modification des comportements grâce à une mémoire instinctive de manière non consciente
 - ▶ recherche de partenaire sexuel.



L'androsténol

- ▶ **Principale phéromone masculine**
 - ▶ Elle a un impact sur le comportement humain
 - ▶ Il a été montré que lorsqu'on vaporise une chaise d'une salle d'attente de phéromones masculines, presque toutes les femmes vont spontanément s'asseoir dessus.

Exploration de la fonction olfactive

- ▶ Les deux niveaux de traitement, **périphérique** et **central**, sont évalués
- ▶ **Tests olfactifs de niveau périphérique**
 - ▶ **Seuil de détection d'une odeur**
 - ▶ Ce seuil est établi en déterminant la concentration minimale en deçà de laquelle l'individu n'est plus en mesure de détecter l'odorant.
 - ▶ On utilise généralement le butanol, qui présente une note neutre sur le plan hédonique et qui n'est pas familier.
 - ▶ On présente successivement un jeu de flacons contenant le produit odorant en concentration croissante.
 - ▶ La concentration en produit odorant double à chaque flacon.
 - ▶ Le patient désigne le flacon pour lequel il a détecté l'odorant.

Exploration de la fonction olfactive

▶ Tests olfactifs de niveau central (1)

- ▶ Le niveau central fait intervenir des composantes cognitives complexes. Il est donc évalué à différents niveaux.
- ▶ **Test de discrimination qualitative**
 - ▶ Ce test mesure la capacité à différencier deux odeurs (si identiques ou non).
 - ▶ La sensibilité du test dépend de la sélection des odeurs présentées.
- ▶ **Test d'identification**
 - ▶ On présente un **jeu d'odeurs** et une **liste de 4 à 5 noms** pour chaque odeur.
 - ▶ Seul un des noms proposés est correct et le sujet doit l'identifier.
 - ▶ Les listes de noms utilisées en clinique est de 4 à 5 en raison des problèmes de durée du test et de fatigue des patients.

Exploration de la fonction olfactive

▶ Tests olfactifs de niveau central (2)

▶ *Test de mémoire de reconnaissance*

- ▶ **1/ phase d'apprentissage** : un premier jeu d'odeurs cibles est présenté.
- ▶ **2/ phase de test** (reconnaissance) : un second jeu d'odeurs est présenté.
 - ▶ pour moitié les odeurs cibles, pour moitié de nouvelles odeurs (dites distractrices).
- ▶ Il s'agit de discriminer les odeurs déjà présentées des odeurs nouvelles.
 - ▶ Le temps entre les deux phases peut varier de quelques dizaines de minutes à quelques heures, voire plusieurs mois.