

Analyse et Physiologie Sensorielle

Elements de base

Jean-Marc Sieffermann

AgroParisTech - Site de Massy
UMR SCALE

Laboratoire de Perception Sensorielle et Sensométrie
1, ave. des Olympiades
91744 Massy Cedex France

Tel : +33 (0) 169 935 138

Fax : +33 (0) 169 935 174

Email : jean-marc.sieffermann@agroparistech.fr

Alimentation humaine

L'aliment n'est pas seulement une source d'énergie et nutritionnelle



Alimentation humaine

L'aliment n'est pas seulement une source d'énergie et nutritionnelle



L'aliment c'est aussi

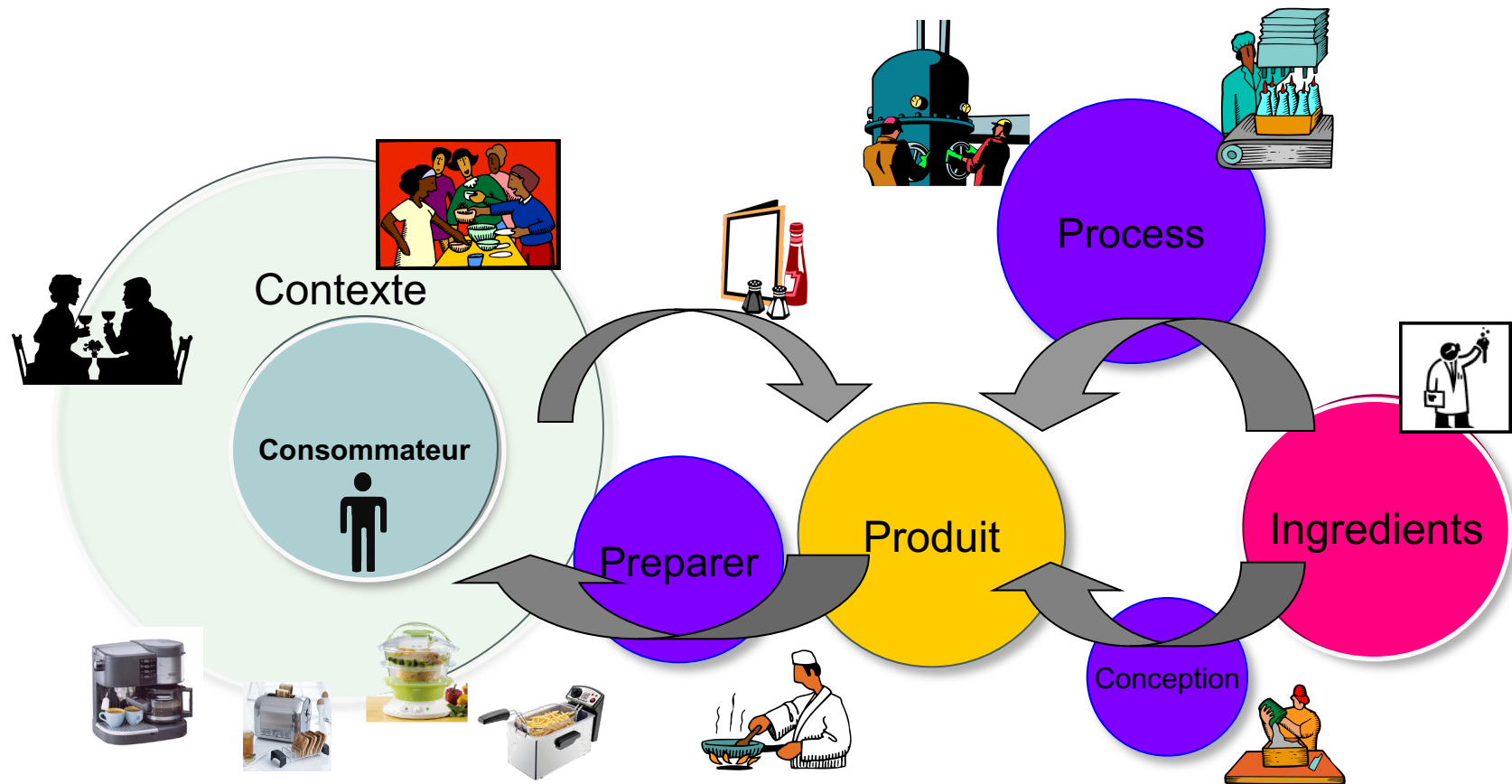


La démarche sensorielle

La prise en compte d'un jugement humain sur la base principale des caractéristiques sensorielle ressenties

Une mesure indispensable et de référence vis à vis de consommateurs humains

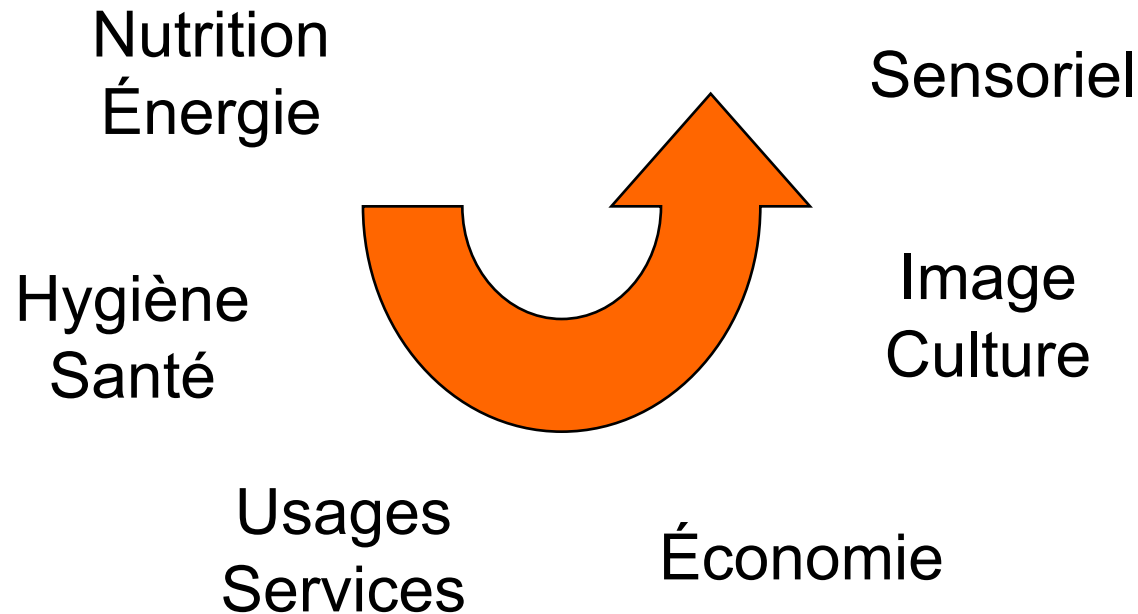
De la formulation à la consommation finale



Le sensoriel

Quand on maîtrise le reste

Un produit alimentaire



L'analyse sensorielle

Un petit historique

L'Industrie Alimentaire

L'analyse sensorielle

Les définitions classiques

L'être humain comme instrument de mesure

L'analyse sensorielle représente l'ensemble des méthodes qui permettent d'évaluer les caractéristiques d'un produit en faisant intervenir les organes des sens de l'être humain : **la vision, le toucher, l'odorat, le goût et l'audition.**

La naissance de l'analyse sensorielle structurée



Rosemary Pangborn
UC Davis, Ca

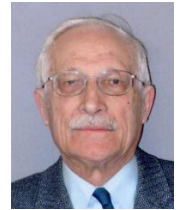


Pangborn 2021
14th Pangborn Sensory Science Symposium
August 8–12, 2021 • Vancouver, Canada

Sustainable
Sensory
Science



Jacques Le Magnen
Collège de France



Felix Depled
Manuel méthodologique



Patrick MacLeod
Ecole Pratique des Hautes Etudes



L'analyse sensorielle

Un petit historique

L'Industrie Alimentaire

L'Industrie du Tabac

L'Industrie Cosmétique

L'Industrie Pharmaceutique

L'Industrie de l'Emballage

L'Industrie Textile

L'Industrie Electroménager

L'Industrie Automobile

L'Industrie de l'Énergie

Une question légitime sur l'analyse sensorielle

Nous faisons tous du sensoriel

- ◆ Nous avons tous des récepteurs sensoriels
- ◆ Nous recevons et traitons des informations sensorielles en permanence
- ◆ Nous utilisons tous ces informations sensorielles pour nos actes quotidiens

Nous en faisons en permanence et nous sommes a priori tous compétents

Alors pourquoi mettre en place une activité structurée d'analyse sensorielle ?

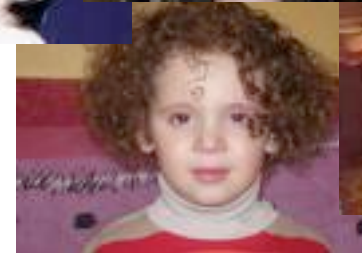
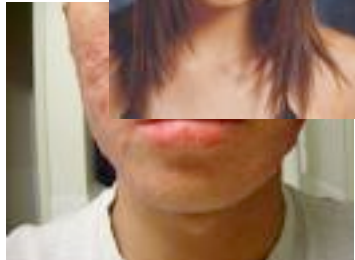
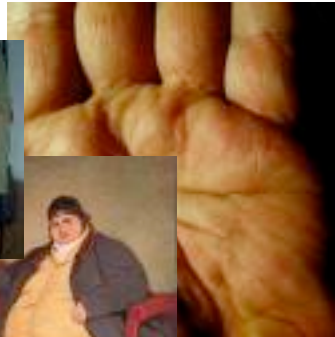
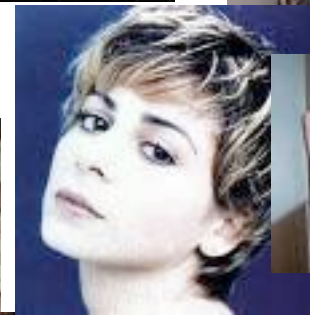
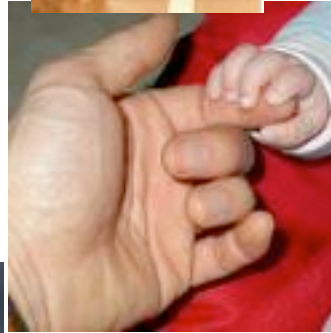
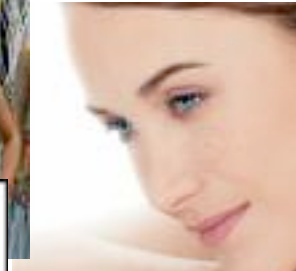
Elements de Neurophysiologie

JM Sieffermann - Tous droits de reproduction réservés



La diversité humaine

Une réalité incontournable



La diversité humaine

Les produits sont différents

Les êtres humains sont différents

La façon dont nous utilisons les produits est différente

Nos expériences de vie sont différentes

Une mesure complexe car multi compétences

Les propriétés sensorielles :

Une interaction entre l'être humain et le produit

Une quadruple compétence

- ◆ Le corps humain

Neurobiologie, physiologie, psychologie

- ◆ Les gammes de produits

Produits alimentaires, cosmétiques, industriels, ...

- ◆ La méthodologie sensorielle

Comment tester

- ◆ Les traitements statistiques

Comment traiter et interpréter

La mesure sensorielle pas n'importe comment...

Effectuer une mesure d'analyse sensorielle, cela implique de savoir maîtriser :

- ➔ Le groupe d'évaluation
Qui va faire partie du panel?
- ➔ Les conditions d'évaluation
Un laboratoire d'analyse sensorielle?
- ➔ Le test sensoriel
Quels tests pratiquer?
- ➔ Les produits
Échantillonnage, préparation et présentation
- ➔ Le traitement des données
Comment traiter statistiquement les données?

La mesure sensorielle pas n'importe comment...

Effectuer une mesure d'analyse sensorielle, cela implique de savoir maîtriser :

- ➔ **Le groupe d'évaluation**

Qui va faire partie du panel?

- ➔ **Les conditions d'évaluation**

Un laboratoire d'analyse sensorielle?

- ➔ **Le test sensoriel**

Quels tests pratiquer?

- ➔ **Les produits**

Échantillonnage, préparation et présentation

- ➔ **Le traitement des données**

Comment traiter statistiquement les données?

Le groupe d'évaluation

Quels critères?

- Hommes ou femmes ?
- Fumeurs ou non fumeurs ?
- Age ?
- Combien ?
- Quelle expérience ?
- Quel entraînement ?

Le groupe d'évaluation

Quels critères?

- Hommes ou femmes ?
- Fumeurs ou non fumeurs ?
- Age ?
- Combien ?
- Quelle expérience ?
- Quel entraînement ?

Représentatif ?

Le groupe d'évaluation

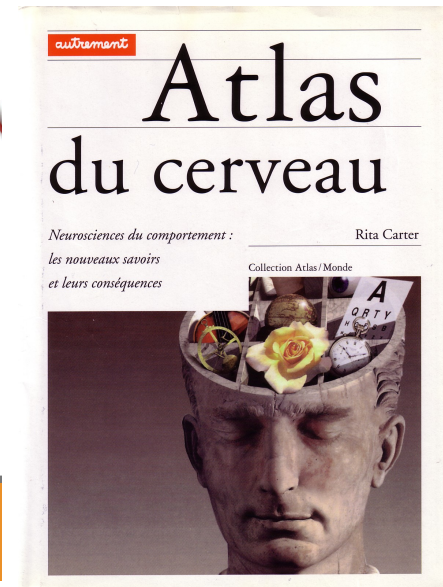
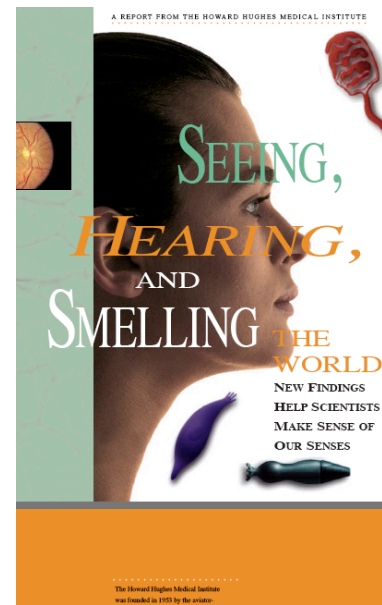
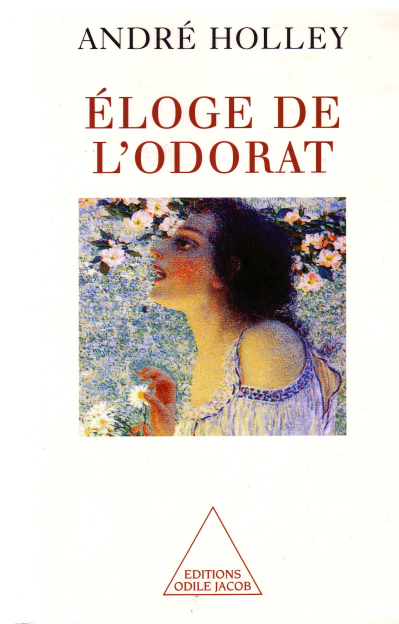
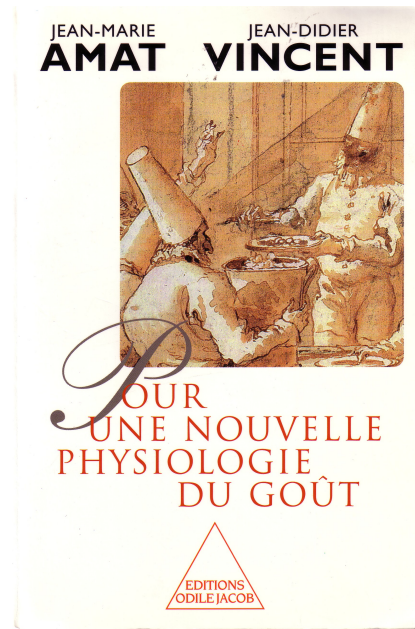
Quels critères?

- Hommes ou femmes ?
- Fumeurs ou non fumeurs ?
- Age ?
- Combien ?
- Quelle expérience ?
- Quel entraînement ?

Représentatif ?

Performant ?

En savoir plus sur la physiologie sensorielle



Quelles connaissances sensorielles avez vous ?

- L'entraînement améliore la sensibilité (parfumeurs, cuisiniers, œnologues...)
- Le goût c'est de l'odeur
- On sent le sucré au bout de la langue et l'amer au fond
- Les quatre saveurs fondamentales
- Les cinq saveurs fondamentales
- Le terroir c'est important pour le goût
- Le bio c'est meilleur
- Le bon chocolat c'est le chocolat noir
- On apprend à aimer le goût sucré
- Les vrais amateurs de viande l'aiment saignante
- Les fumeurs sont moins sensibles aux odeurs
- Les daltoniens confondent le rouge avec le vert
- On peut apprendre à tout aimer, même ce qui est douloureux
- Les aveugles sont plus sensibles à l'ouïe et au toucher

Éléments rapides de neurophysiologie sensorielle

Jean-Marc Sieffermann

AgroParisTech - Site de Massy
UMR SCALE

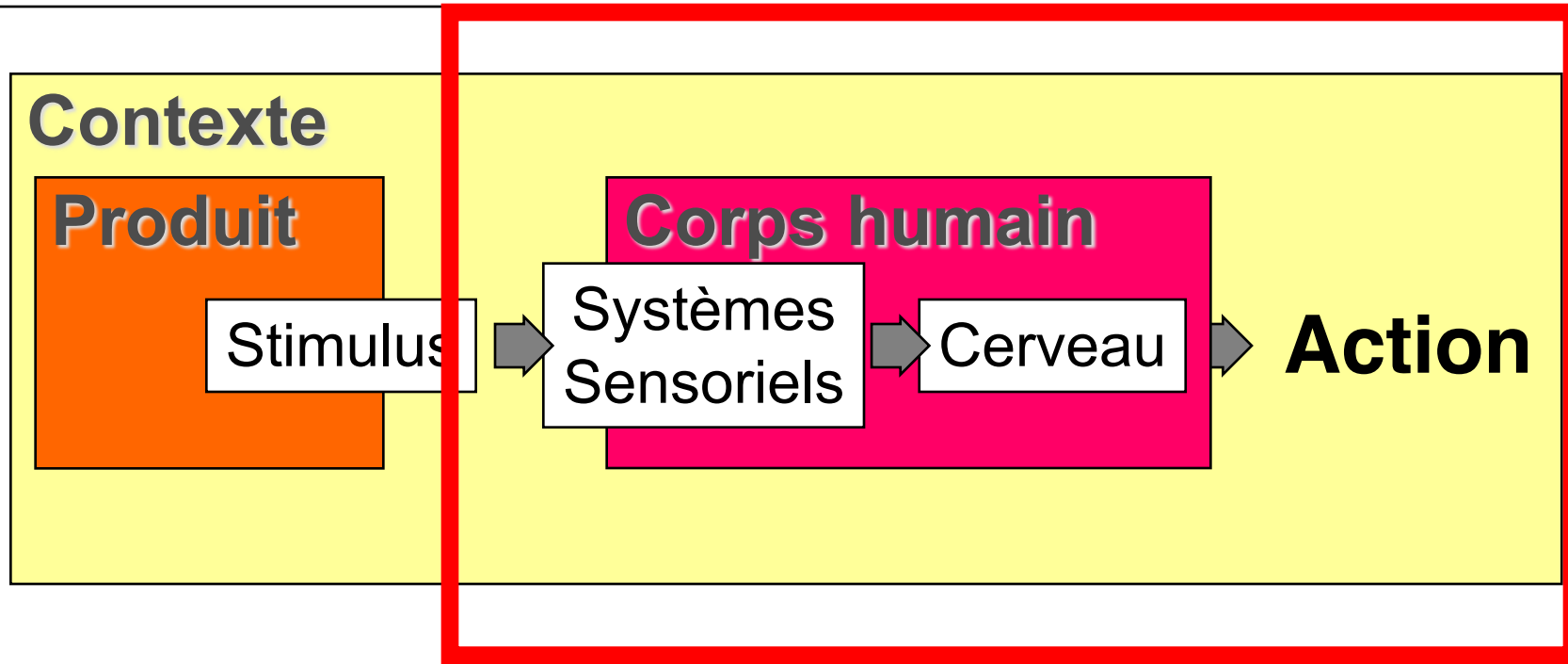
Laboratoire de Perception Sensorielle et Sensométrie
1, ave. des Olympiades
91744 Massy Cedex France

Tel : +33 (0) 169 935 138
Fax : +33 (0) 169 935 174

Email : jean-marc.sieffermann@agroparistech.fr

La mesure sensorielle

Une mesure complexe

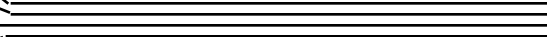


Physiologie et Perception

Recepteurs



Fibres nerveuses



Cerveau



Comportement

Transduction

Codage

Integration

QUALITÉ-QUANTITÉ

HEDONIQUE

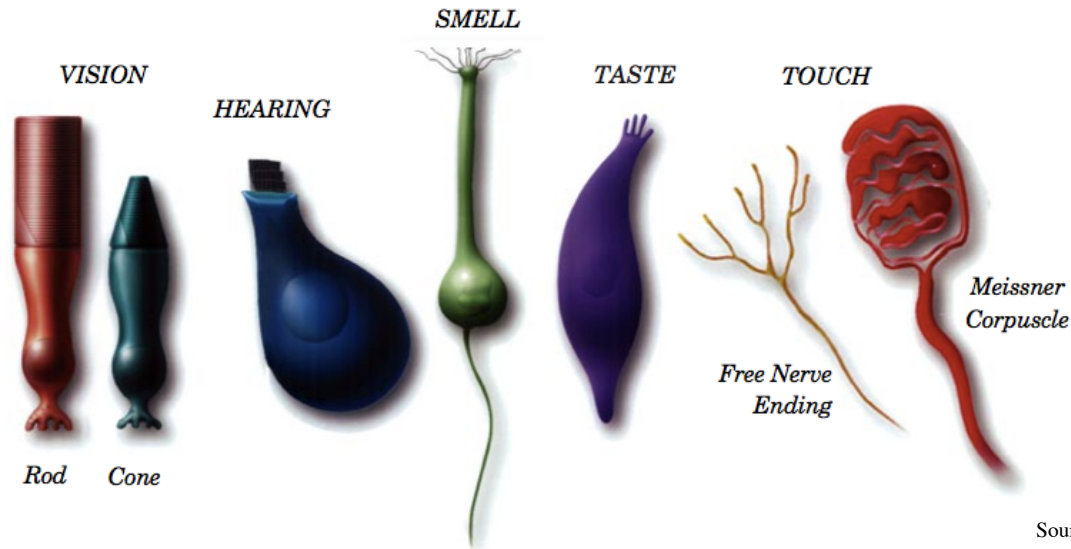
Systèmes sensoriels

	Système Sensoriel	Nature du stimulus	Organe récepteur
	Vision	Photons	Rétine (photorécepteurs)
	Audition	Vibrations	Cochlée (cellules ciliées)
Somesthésie	Sensibilité tactile	Contraintes mécaniques	Peau et muqueuses
	Sensibilité kinesthésique	Contraintes mécaniques	Muscles, tendons et ligaments
	Sensibilité thermique	Chaleur	Peau et muqueuses
	Sensibilité chimique générale	Molécules	Muqueuses
Sens chimiques	Goût	Molécules	Bourgeons gustatifs de la langue
	Olfaction	Molécules	Muqueuse olfactive

Le poids relatif des différents systèmes sensoriels

- 1,5 million d'entrées sensorielles indépendantes
 - ➔ vision: 1 million de fibres nerveuses
 - ➔ somesthésie: 200 000 fibres
 - ➔ audition: 100 000 fibres
 - ➔ olfaction: 50 000 fibres
 - ➔ goût: 10 000 fibres

Des cellules-récepteurs spécialisées pour chaque système sensoriel



Source : Howard Hughes Medical Institute

Les cônes et les bâtonnets pour la perception visuelle

Les cellules ciliées stimulées par les vibrations sonores

Les cellules olfactives de la muqueuse olfactive

Les cellules gustatives en réponse aux stimulus sapides présents dans la salive

Les mécanorécepteurs tactiles et les terminaisons libres en réponse aux stimulations somesthésiques

Les récepteurs visuels

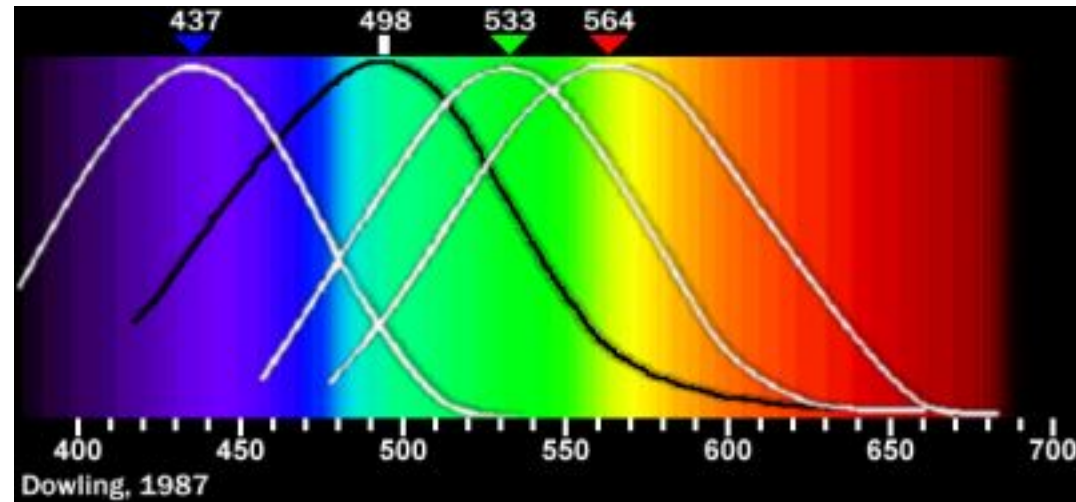
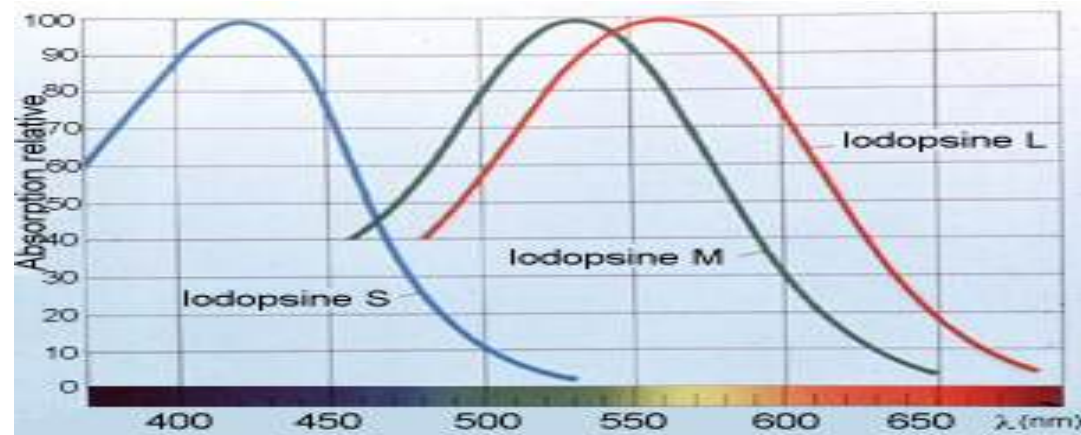
Les cellules réceptrices de la rétine (photorécepteurs) reçoivent la lumière ayant traversé le cristallin. Ce sont les cônes (≈ 10 millions) et les bâtonnets (≈ 120 millions).

Seuls les cônes perçoivent les couleurs. Les batonnets sont eux 500 fois plus sensibles à la lumière que les cônes (faible vision des couleurs en luminosité faible).

Ces photorécepteurs contiennent des pigments chimiques modifiés par la lumière.

Il existe 3 types de cônes correspondant à 3 types de pigments.

Gamme de perceptions colorées



Les cas de daltonisme

Les dyschromatopsies héréditaires : le daltonisme.

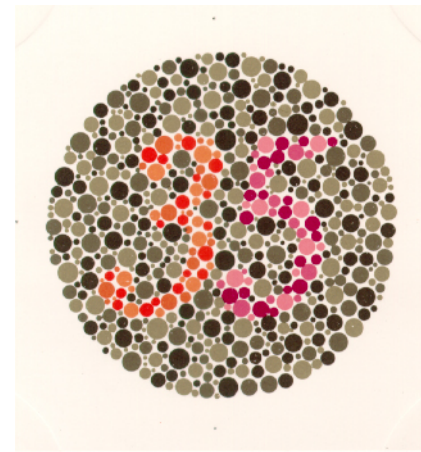
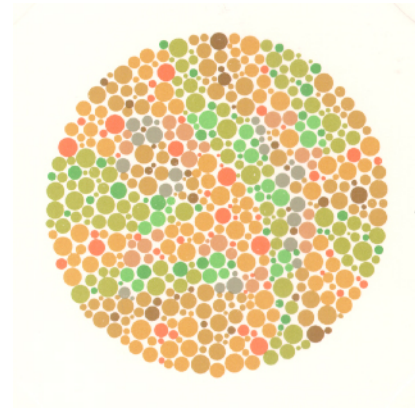
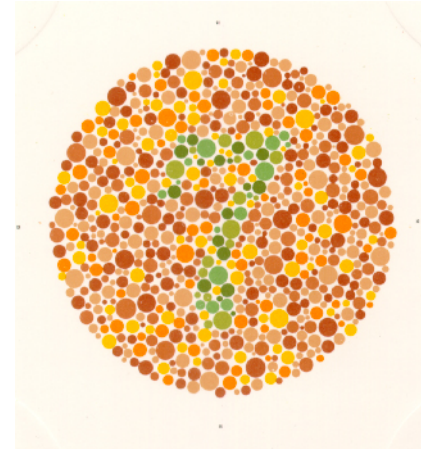
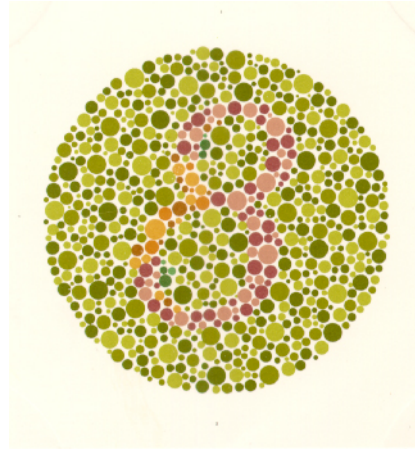
Le daltonisme n'est pas une maladie comme le rhume ou la grippe.

Les différentes formes de daltonisme correspondent à l'absence de l'un ou plusieurs des 3 types de cônes, ou à leur déficience.

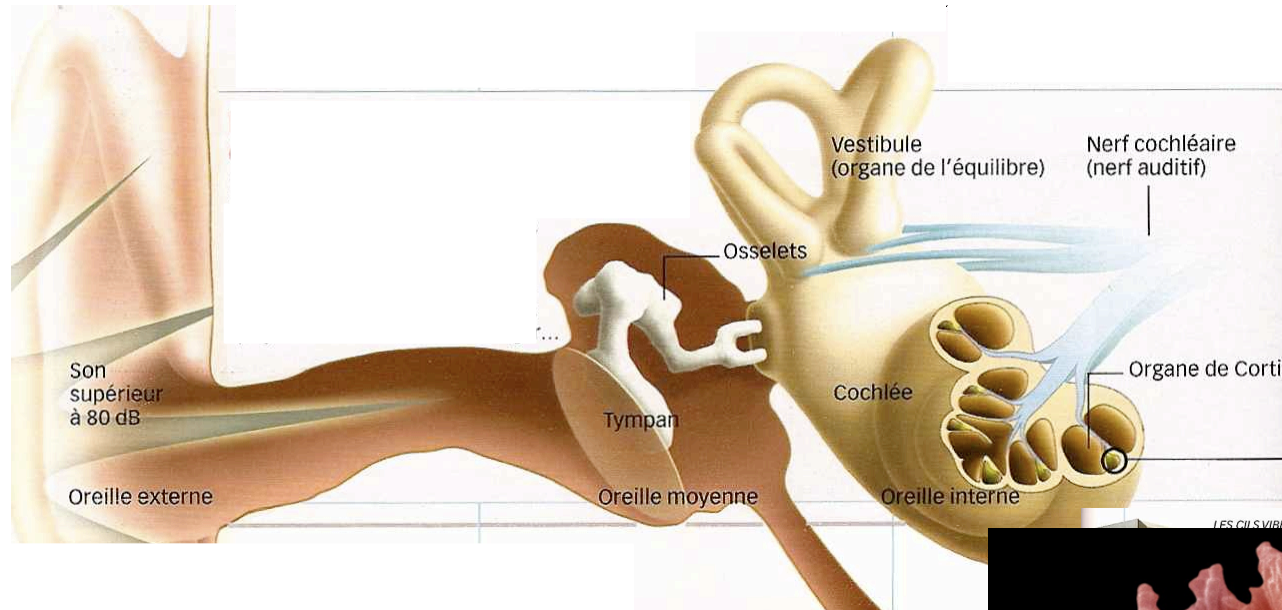
La proportion de daltoniens est d'environ 8% chez les hommes, 0,45% chez les femmes.

Détection du daltonisme

Album d'Ishihara

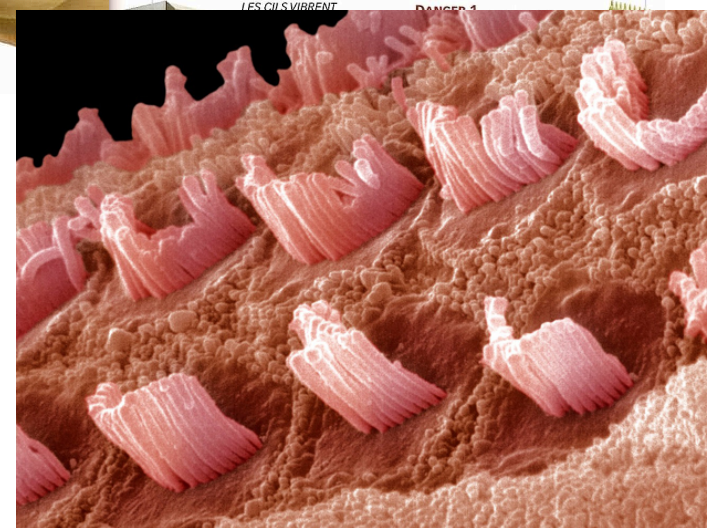


Les récepteurs auditifs

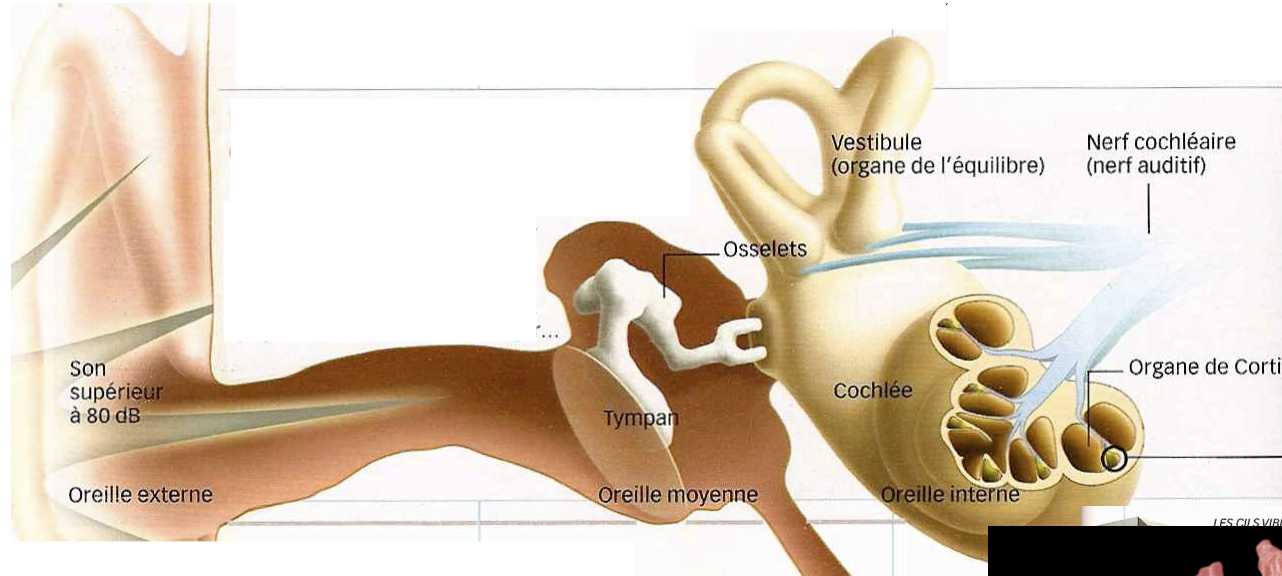


15.000 cellules ciliées (les capteurs sensoriels), connectées à 35.000 neurones du nerf auditif.

Lorsqu'un son se propage dans la cochlée, il fait vibrer les cils des cellules ciliées et la membrane qui les supporte en un point propre à sa fréquence. Excitées, ces cellules libèrent un neurotransmetteur, le glutamate, qui se fixe sur les neurones du nerf auditif, transformant ainsi les vibrations du son en message nerveux pour le cerveau.



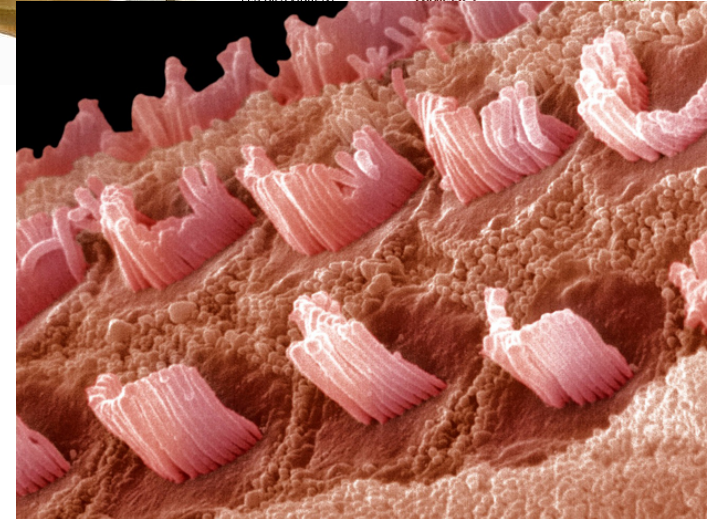
Les récepteurs auditifs



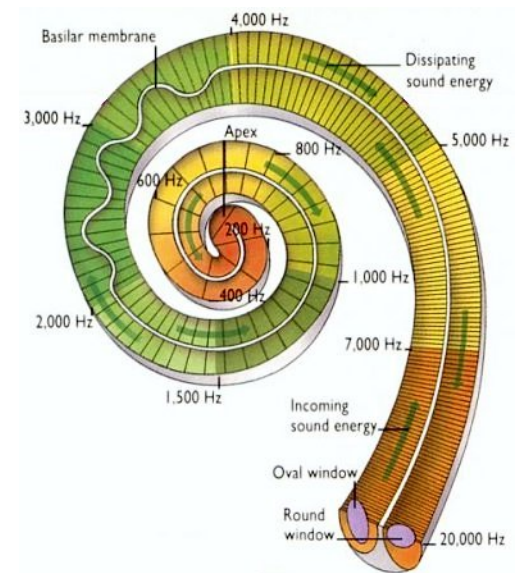
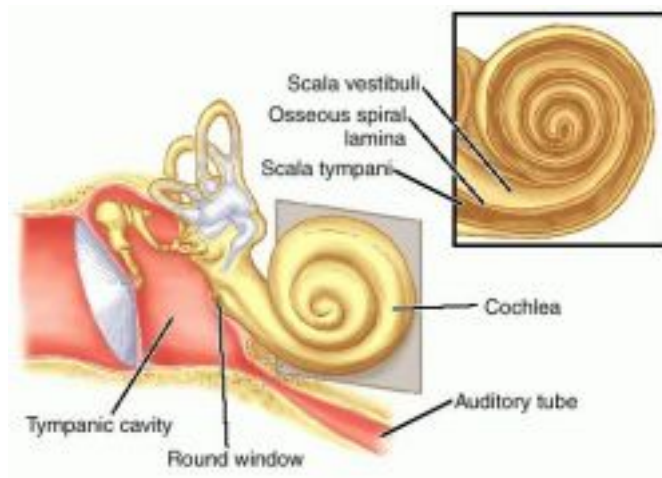
Les cellules ciliées s'usent à force de recevoir des sons supérieurs à 80 dB; et elles ne repoussent pas lorsqu'elles meurent.

D'autre part, une cellule ciliée trop fortement excitée va libérer du glutamate en excès, qui devient alors toxique pour les fibres nerveuses, et certaines de ces cellules peuvent ainsi être détruites.

Les sons aigus disparaissent en premier car les cellules ciliées associées sont celles qui reçoivent le plus de vibrations (20000Hz pour le son le plus aigu).



La cochlée



Les sensibilités somesthésiques

SOMESTHESIE

Sensibilité mécanique

Sensibilité tactile

Sensibilité kinesthésique

Sensibilité thermique

Sensibilité à la douleur

Origine de la sensation du toucher

Les récepteurs tactiles sont dans la peau humaine, au niveau de l'épiderme et du derme

On trouve :

- Soit des organes spécialisés : les récepteurs ou corpuscules sensibles

La fonction tactile mécanique est assurée par différents capteurs sensibles dans des bandes de fréquence données et transformant les sollicitations physiques appliquées à la surface de la peau en signaux électriques impulsionnels

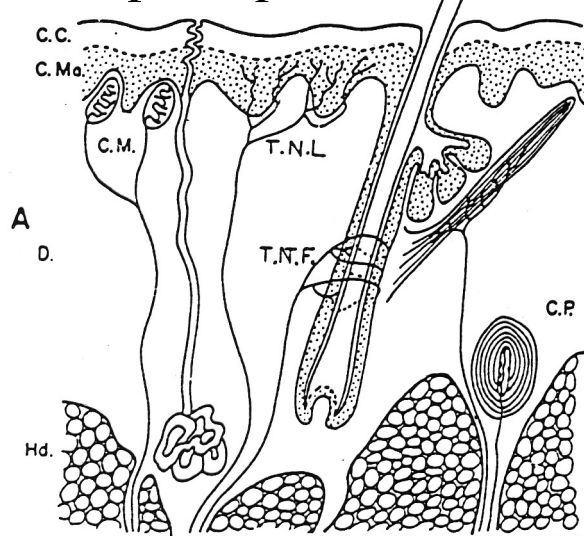
- Soit de simples renflements à l'extrémité de fibres nerveuses

Origine de la sensation du toucher

- Les organes spécialisés : récepteurs ou corpuscules sensibles
 - ◆ Les mécanorécepteurs réagissant aux stimulations mécaniques et regroupant une grande diversité de corpuscules :
 - ✦ Cellules (ou disques) de Merkel excitées par une pression constante (adaptation lente)
 - ✦ Corpuscules de Meissner et de Pacini sensibles aux mouvements et aux vibrations
 - ✦ Récepteurs de Ruffini (adaptation lente)
- Les renflements à l'extrémité de fibres nerveuses
 - ◆ Thermorécepteurs : terminaisons libres réagissant aux stimulations thermiques
 - ◆ Noci-récepteurs : terminaisons libres enregistrant des stimulations douloureuses suites à des excitations mécaniques ou thermiques

Récepteurs cutanés

Coupe de peau humaine



Epiderme (cornée C.C et couche de Malpighi C.Ma)

Derme D.

Hypoderme Hd.

Terminaisons nerveuses libres
au niveau de l'épiderme T.N.L. et d'un follicule pileux T.N.F.

Corpuscules de Meissner C.M.

Corpuscule de Pacini C.P.

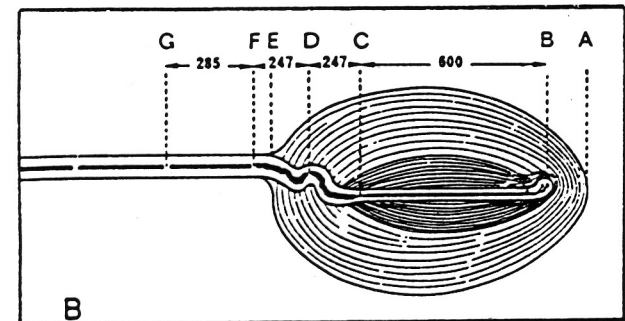
Glande sudoripare

Poil

Corpuscule de Meissner

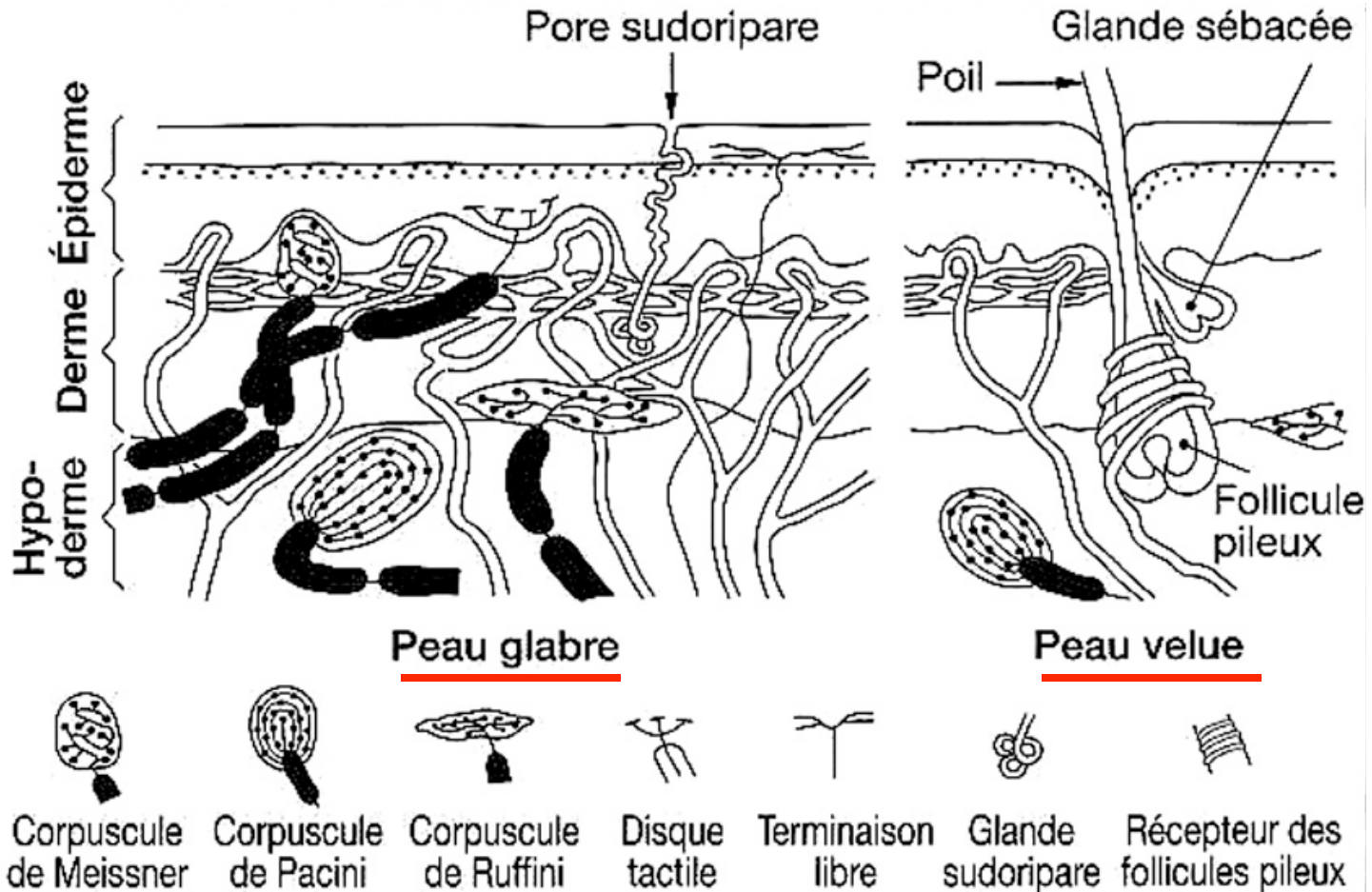


Corpuscule de Pacini



Source : Beaumont et Cassier, 1980

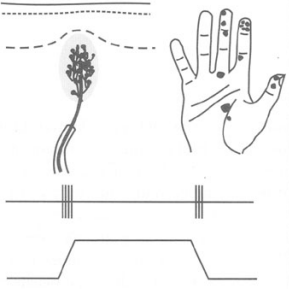
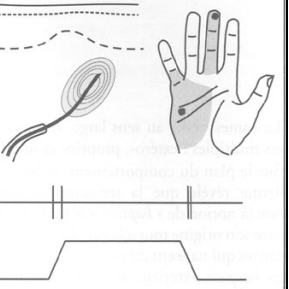
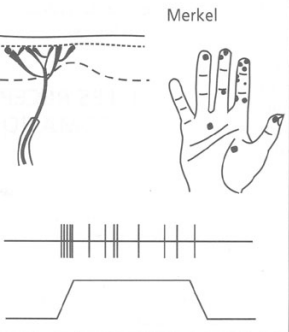
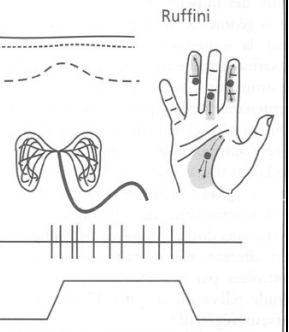
Les mécanorécepteurs

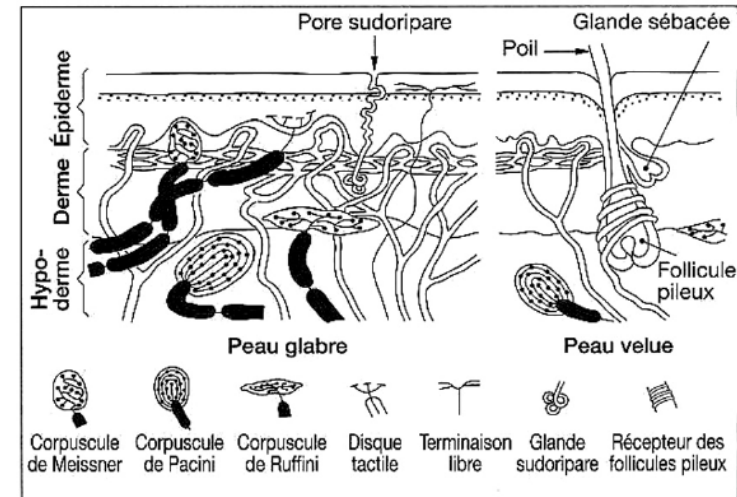


Classification des mécano-récepteurs

Champ récepteur

Adaptation

	petit	grand
rapide (phasique)	Meissner 	Pacini 
lente(tonique)	Merkel 	Ruffini 



Réponses phasique, tonique, et phasico-tonique

La réponse est dite phasique (ou dynamique) quand elle reflète seulement la dérivée du signal: Adaptation rapide.

La réponse est dite tonique (ou statique) quand elle est seulement directement proportionnelle au signal appliqué: Adaptation lente.

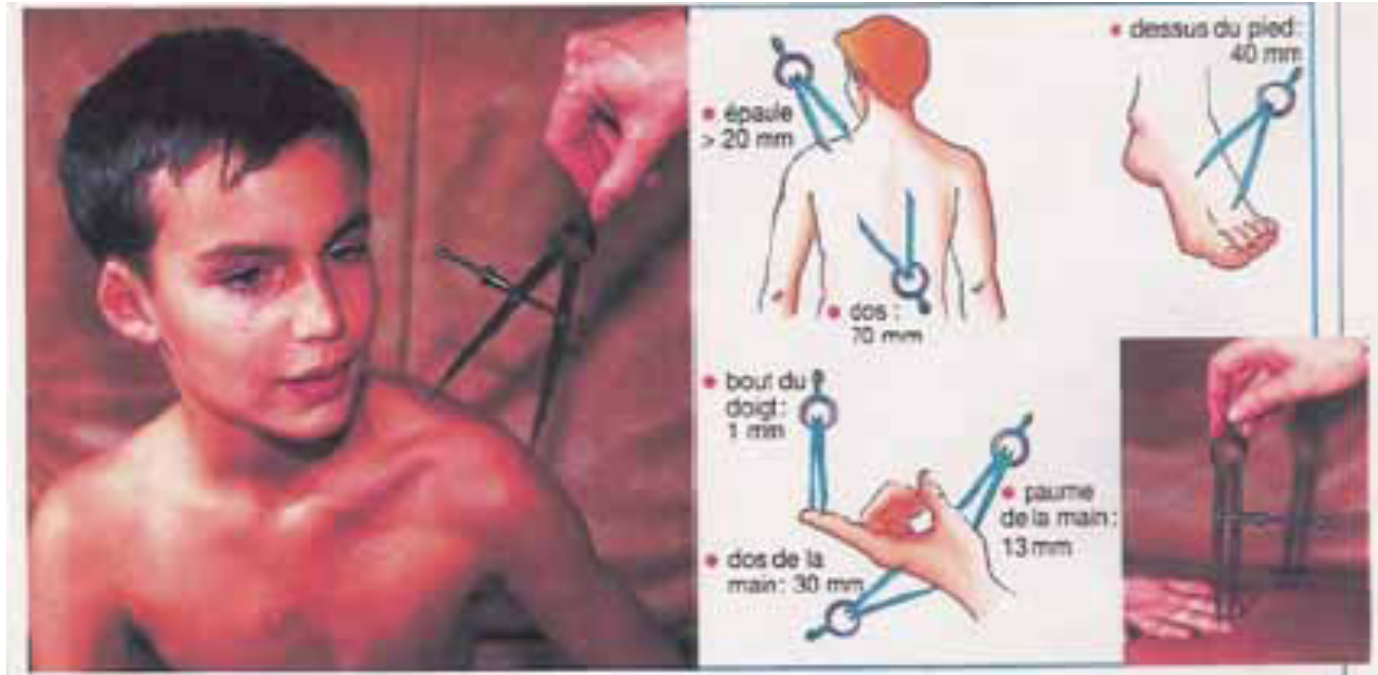
La sensibilité trigéminalle chimique

- Les stimulus piquants [pipérine du poivre, capsaïcine du piment] agissent sur des récepteurs des terminaisons périgémmales libres du nerf trijumeau

La sensibilité tactile

- La sensibilité dite extéroceptive intégrant les sensibilités mécaniques et thermiques.
- La sensibilité proprioceptive liée aux récepteurs musculaires et articulaires.
- L'acuité tactile constitue la distance minimale nécessaire pour une sensation distincte de deux contacts ponctuels (mesurée par un compas de Weber et exprimée en mm)

Le seuil de discrimination spatiale

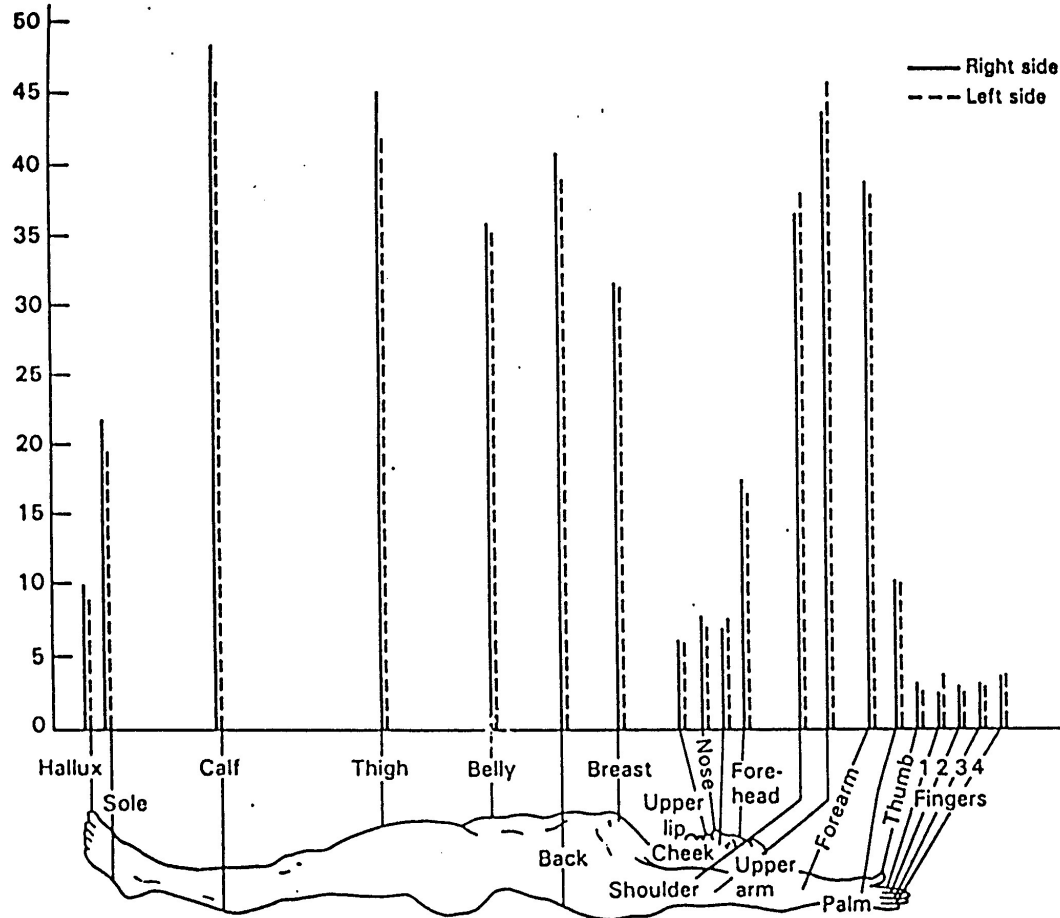


⇒ l'écartement minimum que doivent avoir les deux pointes sèches d'un compas pour être perçues distinctement l'une de l'autre.

L'acuité tactile

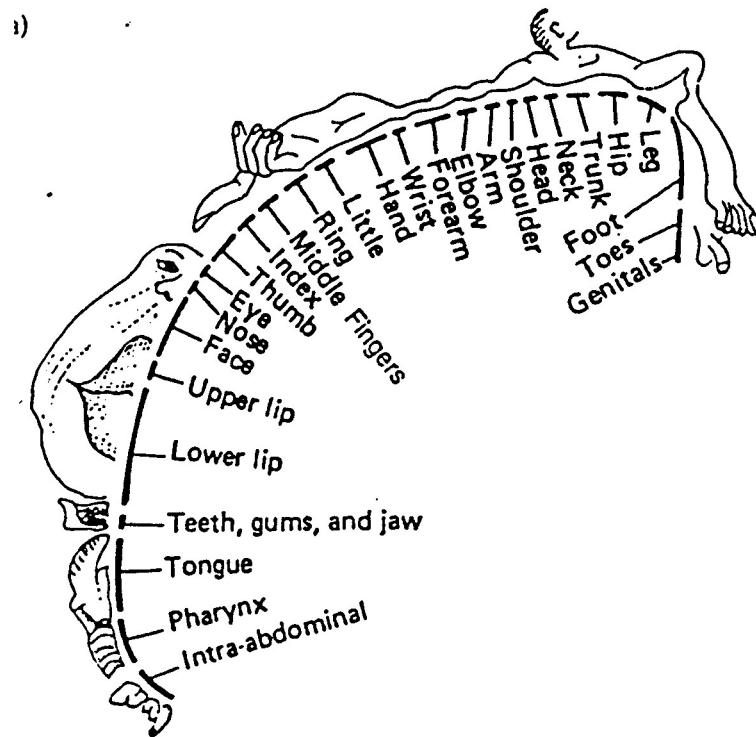
- Chez l'homme, acuité maximale au niveau digital. Une sensibilité directement liée à la densité en récepteurs tactiles de la surface de peau concernée : entre 500 et 2300 récepteurs par cm^2 aux extrémités des doigts pour une acuité tactile comprise entre 3 à 8 mm; à comparer à la face palmaire, avec 100 à 200 récepteurs au cm^2 et une acuité tactile de 14 mm environ.

Seuils de sensibilités de force tactile



L'homoncule sensoriel

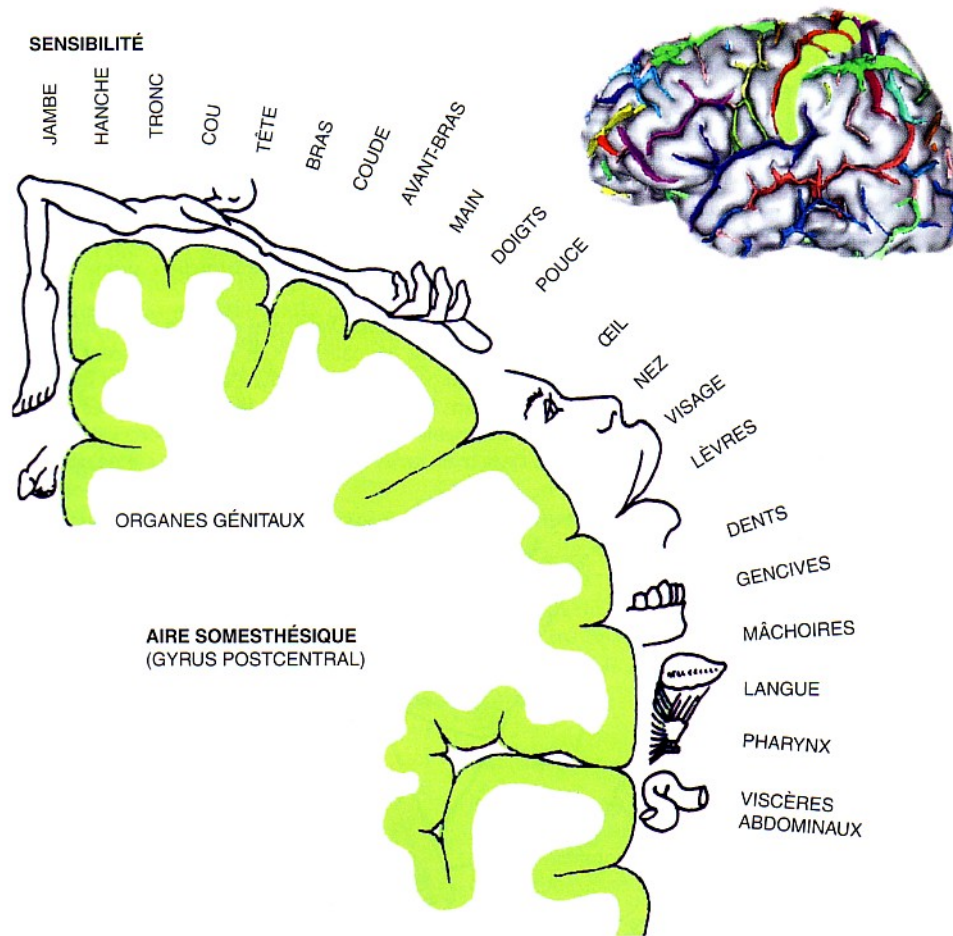
Discrimination tactile chez l'homme



Représentation proportionnée de l'information sensorielle reçue au niveau du cortex et correspondant à une plus grande innervation (discrimination somesthésique tactile).

L'homoncule sensoriel

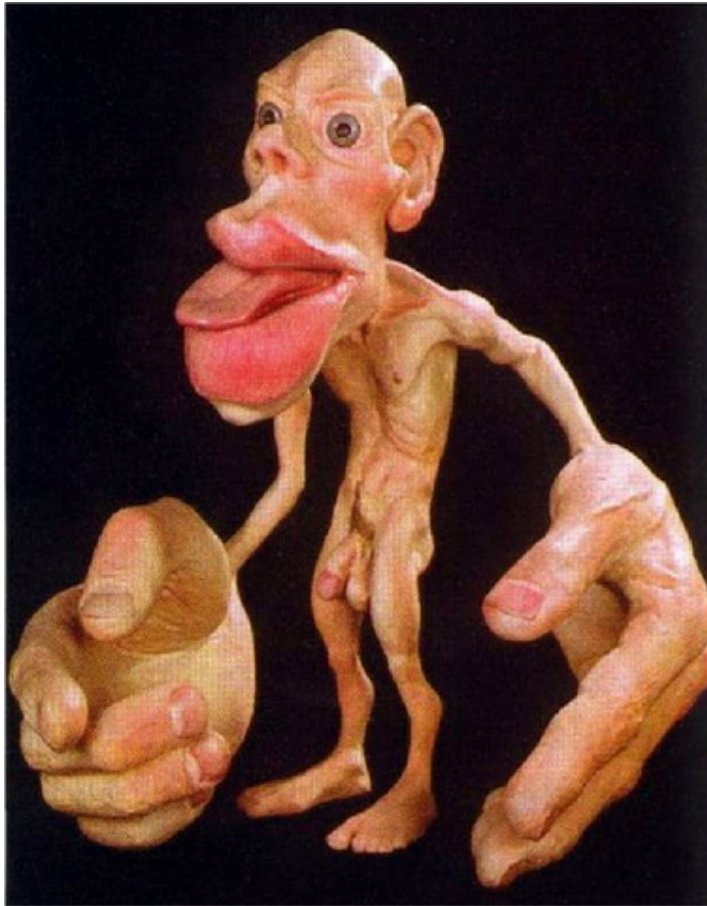
Discrimination tactile chez l'homme



Représentation proportionnée de l'information sensorielle reçue au niveau du cortex et correspondant à une plus grande innervation (discrimination somesthésique tactile).

L'homoncule sensoriel

Discrimination tactile chez l'homme



Représentation proportionnée de l'information sensorielle reçue au niveau du cortex et correspondant à une plus grande innervation (discrimination somesthésique tactile).

Les sens chimiques

Le(s) sens chimique(s) : La détection et la reconnaissance des molécules en phase gazeuse (sensations = odeurs) et des molécules en solution (sensations = saveurs). Ils font appel à deux sens séparés, le goût et l'odorat, et à deux systèmes sensoriels distincts, l'appareil gustatif et l'appareil olfactif.

"Pour moi, je suis non seulement persuadé, que sans la participation de l'odorat, il n'y a point de dégustation complète, mais encore je suis tenté de croire que l'odorat et le goût ne forment qu'un seul sens dont la bouche est le laboratoire et le nez la cheminée"

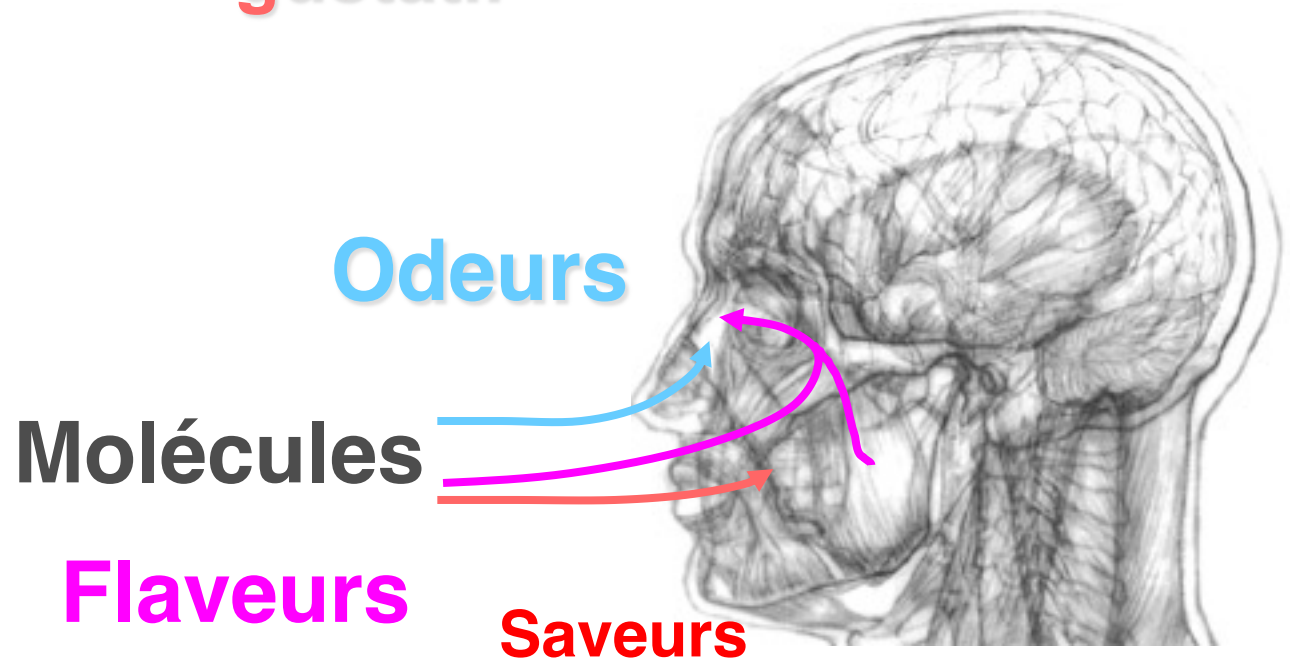
Brillat-Savarin

Il avait à la fois raison et tort

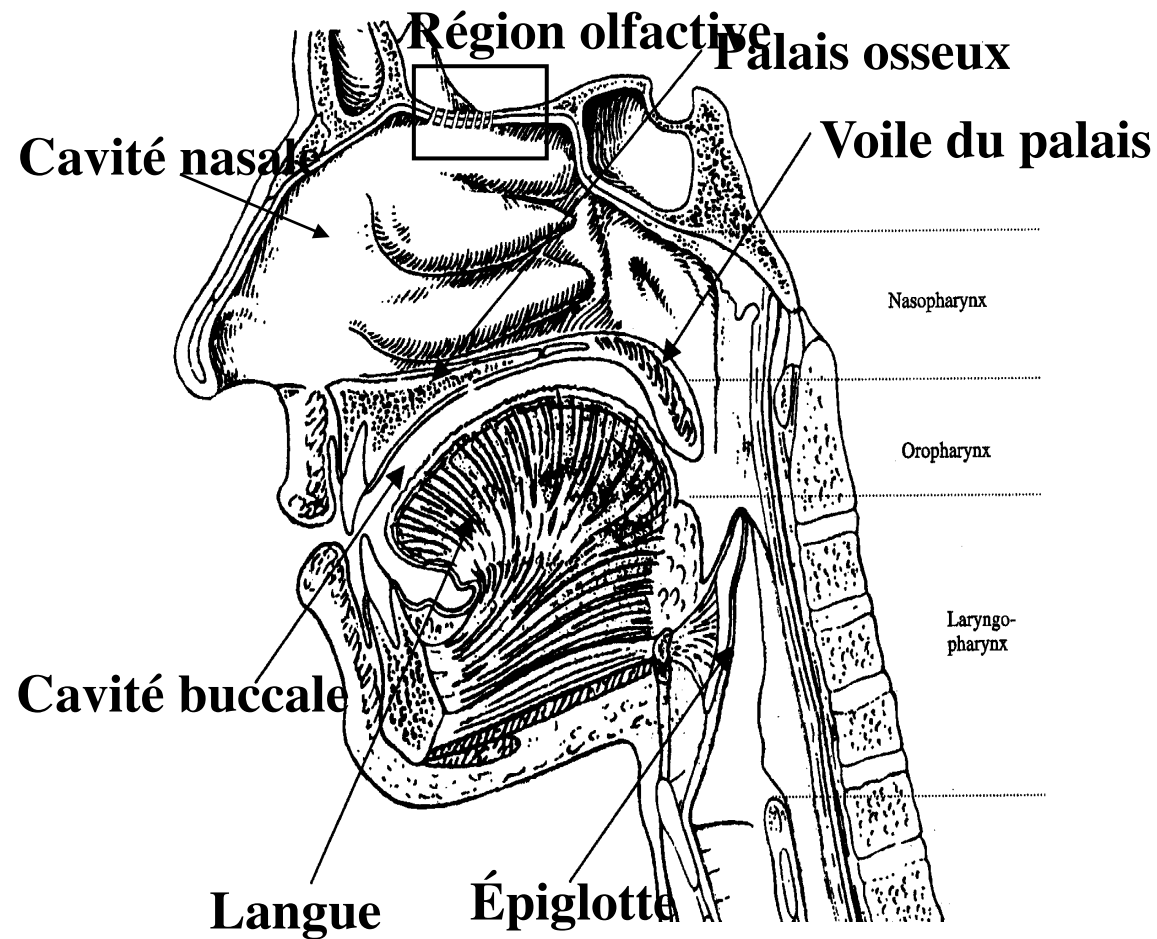
Odeurs et Flaveurs

Le système sensoriel **olfactif**

Le système sensoriel **gustatif**

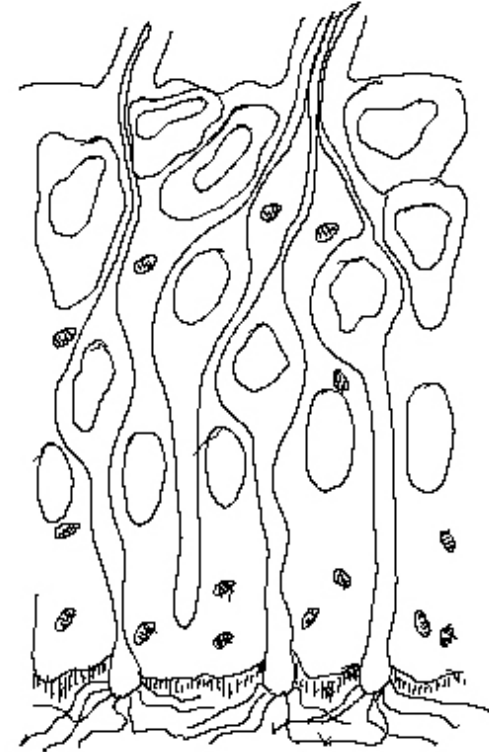
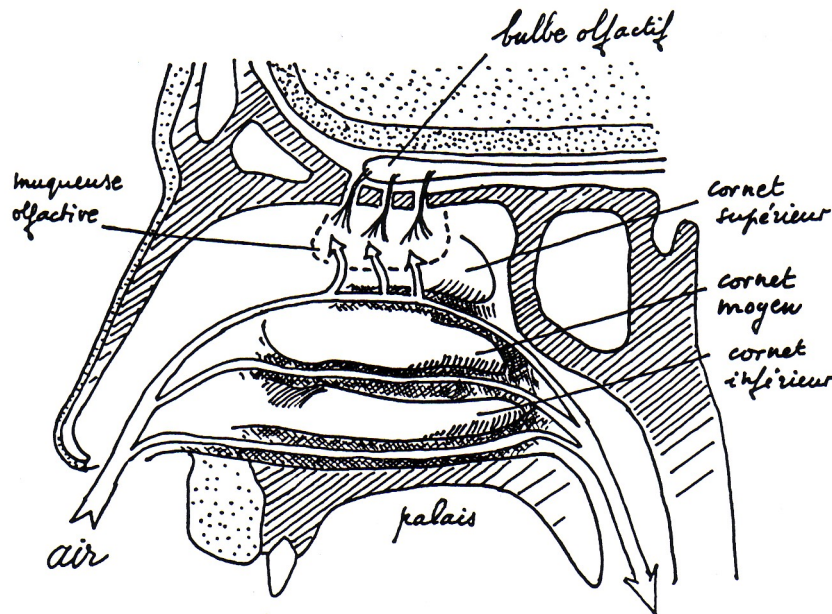


Cavité nasale humaine et rétro-olfaction



Muqueuse olfactive

Epithelium olfactif



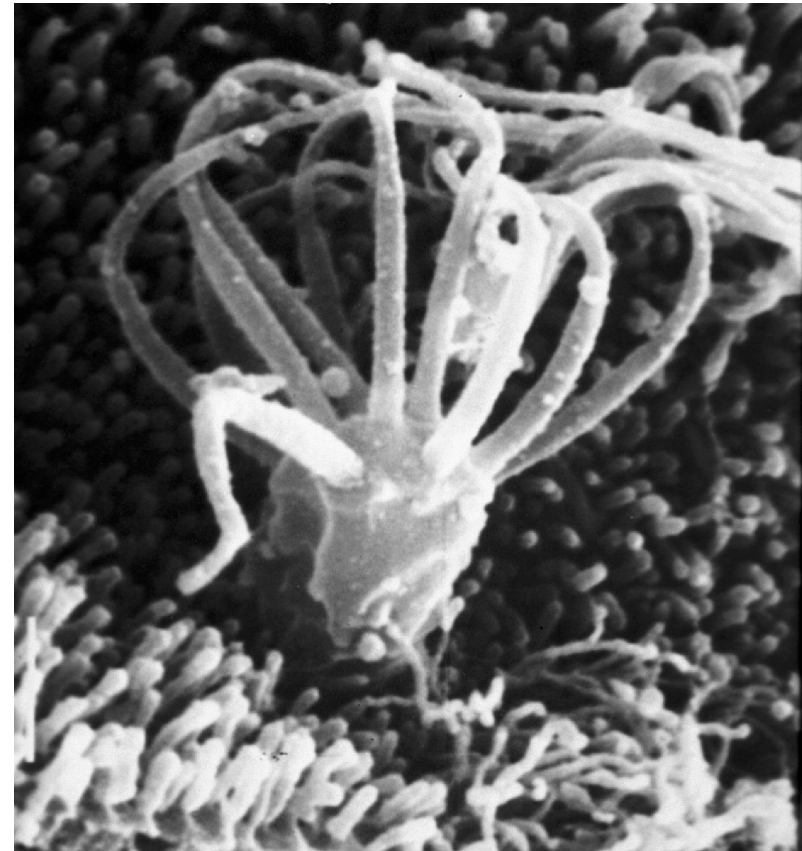
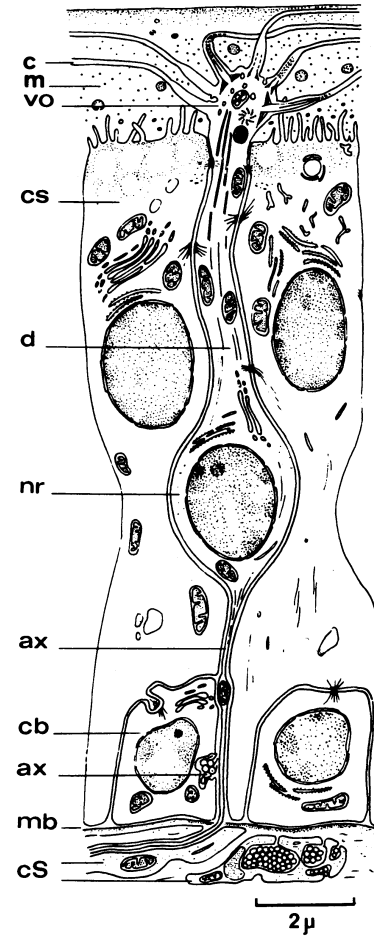
La muqueuse olfactive tapisse le plafond des fosses nasales (2 à 3 cm²)

Elle se compose d'un neuroépithélium et d'une sous-muqueuse séparés par la membrane basale

3 types de cellules dans le neuroépithélium stratifié (c réceptrices, c de soutien et c basales)

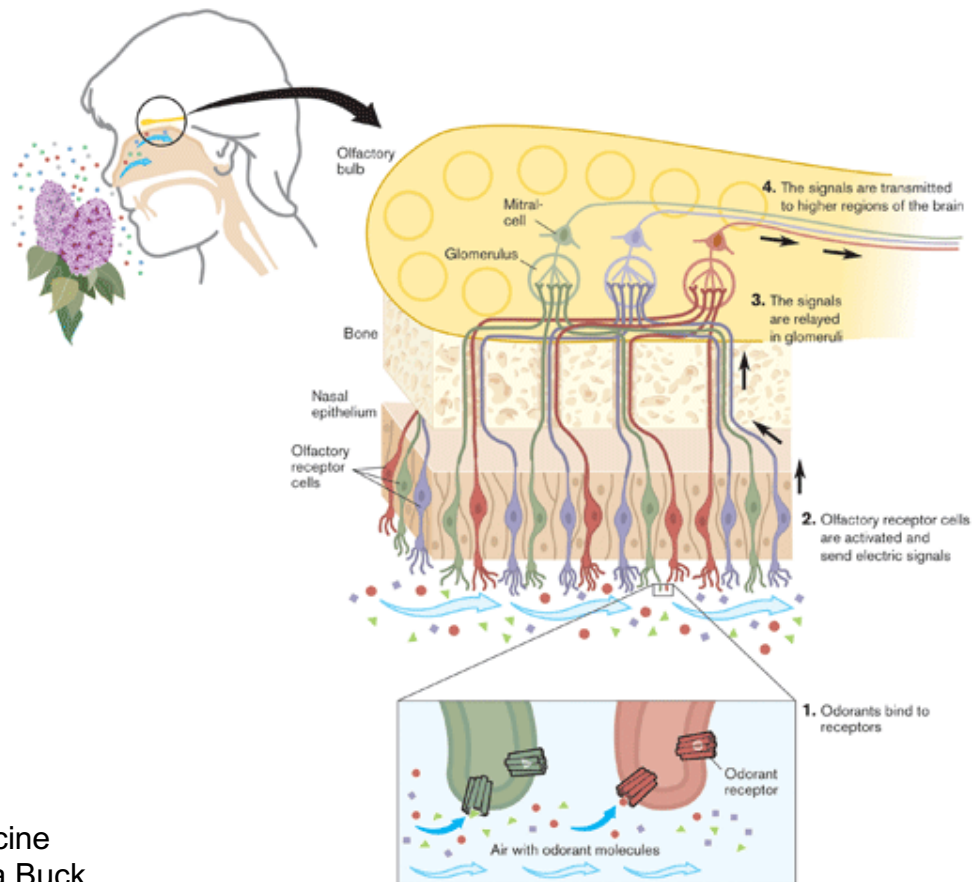
Les axones des neurorécepteurs se regroupent dans la sous-muqueuse et vont constituer le nerf olfactif

Neurorécepteurs olfactifs



Muqueuse olfactive et neurones olfactifs

Odorant Receptors and the Organization of the Olfactory System

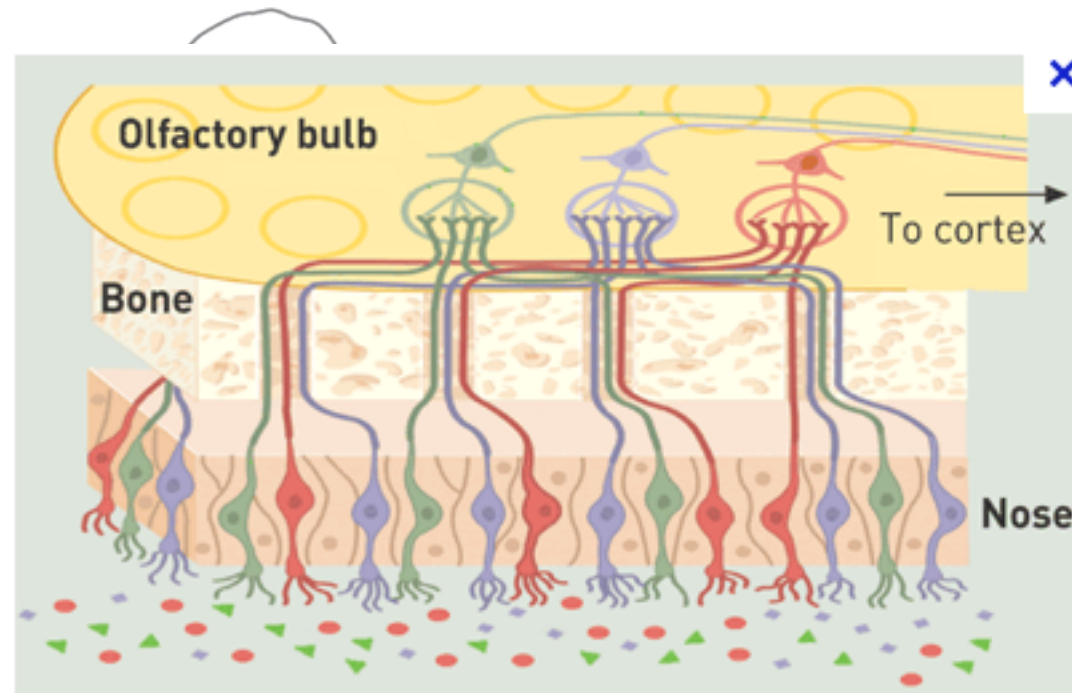


- Prix Nobel 2004
Physiologie & Médecine
Richard Axel & Linda Buck

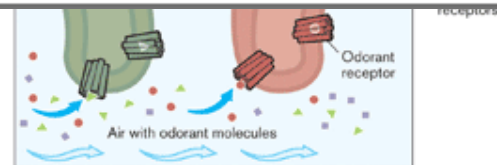
"Odorant receptors and the organization of the olfactory system"

Muqueuse olfactive et neurones olfactifs

Odorant Receptors and the Organization of the Olfactory System

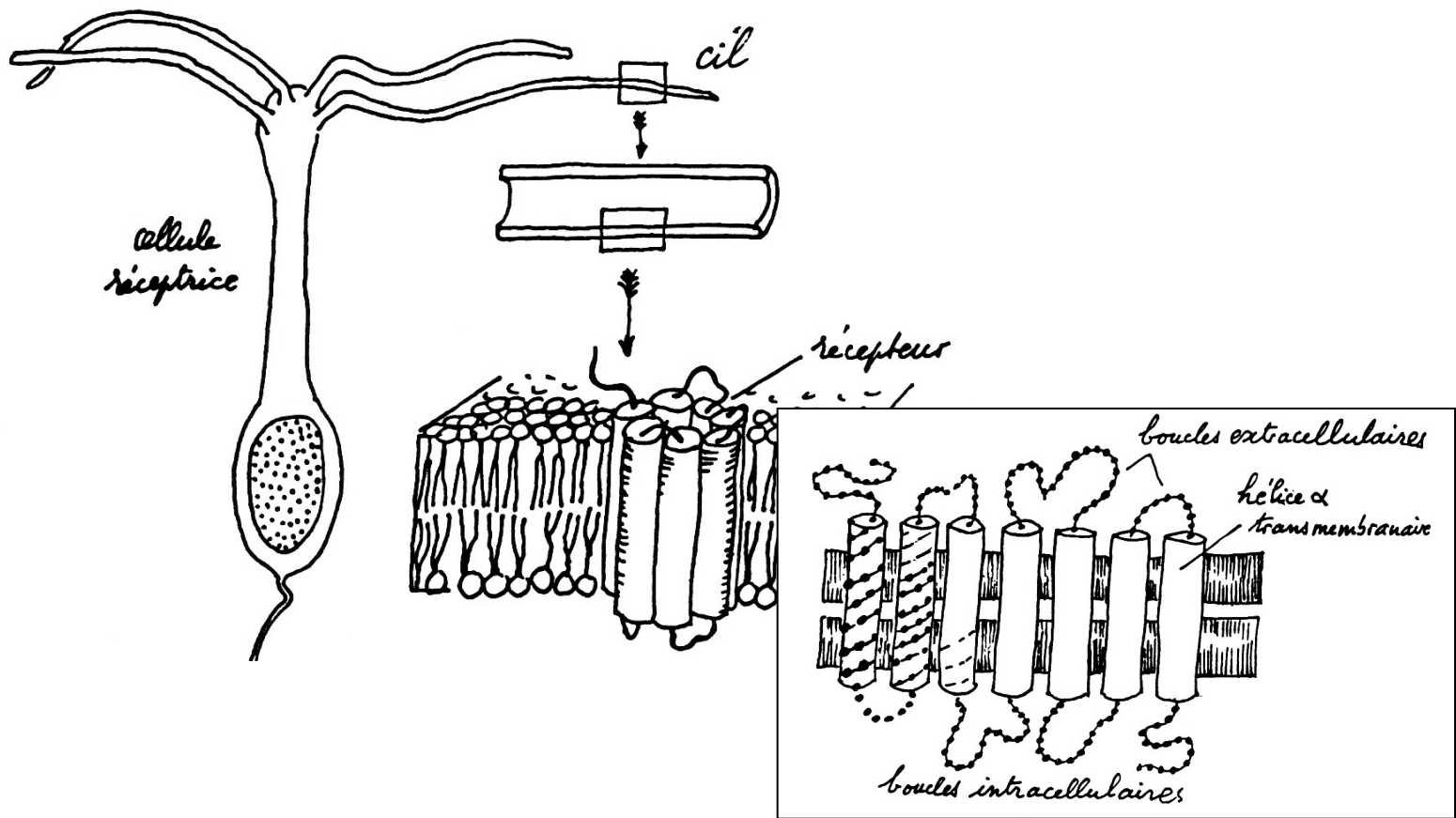


- Prix Nobel 2004
Physiologie & Médecine
Richard Axel & Linda Buck



"Odorant receptors and the organization of the olfactory system"

Récepteurs moléculaires des odorants et protéines réceptrices olfactives trans-membranaires



Les récepteurs olfactifs

Ce sont des protéines situées dans la membrane des cils des cellules sensorielles de la muqueuse olfactive, directement en contact avec l'air inspiré par voie orthonasale ou retronasale.

Le récepteur reconnaît par affinité la molécule odorante lorsque celle-ci provient à proximité. Plus l'affinité est grande plus la rencontre a des chances de se faire; en cas d'affinité faible, il faut d'avantage de molécules odorantes pour que la liaison ait lieu. En l'absence d'affinité, pas de rencontre.

Odeur : un terme utilisé à tort et à travers

- ~~Le stimulus du système olfactif~~
- ~~La matrice libérant les composés odorants~~
- ~~La propriété des molécules à déclencher chez nous une sensation olfactive~~
- La réponse sensorielle

Odeur : une perception – réponse sensorielle 2 définitions

La réponse sensorielle

L'activation des capteurs du sens olfactif par les stimulus conduit à la création d'influx nerveux constituant une sensation olfactive qui devient une perception olfactive au niveau de la cognition.

La perception olfactive est ce que nous nommons l'odeur.

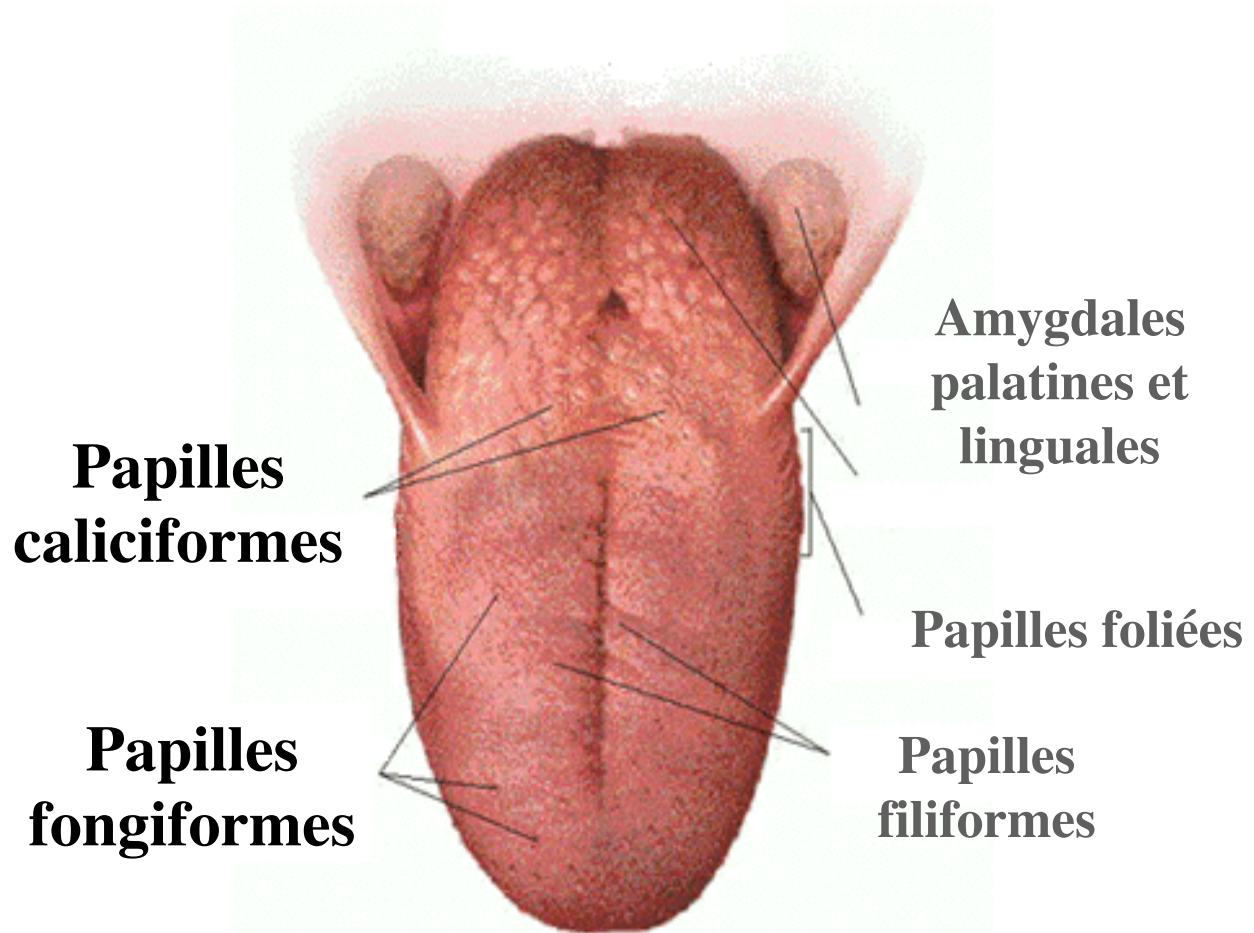
L'odeur peut être définie comme une perception mettant en jeu un ensemble de processus complexes tels que les processus neurosensoriels, cognitifs et mnésiques qui permettent à l'homme d'établir des relations avec son environnement (olfactif).

Cette perception résulte de la présence dans l'environnement de composés gazeux, notamment de composés organoleptiques volatils de faibles poids moléculaires. Les principaux composés odorants appartiennent aux familles chimiques suivantes : soufrés, azotés, aldéhydes et acides gras volatils, mais aussi l'hydrogène sulfuré, l'ammoniac, etc...

Les récepteurs sensoriels du système gustatif

- Des protéines dites chimioréceptrices localisées dans la membrane des microvillosités des cellules sensorielles
- Les cellules sensorielles sont situées dans les bourgeons du goût
- Les bourgeons du goût sont localisés dans les papilles gustatives
- Les papilles gustatives sont localisées sur la langue

La langue et les papilles gustatives



Les papilles gustatives

Différents types à différents endroits de la langue, pour un total de plus de 5 000 papilles

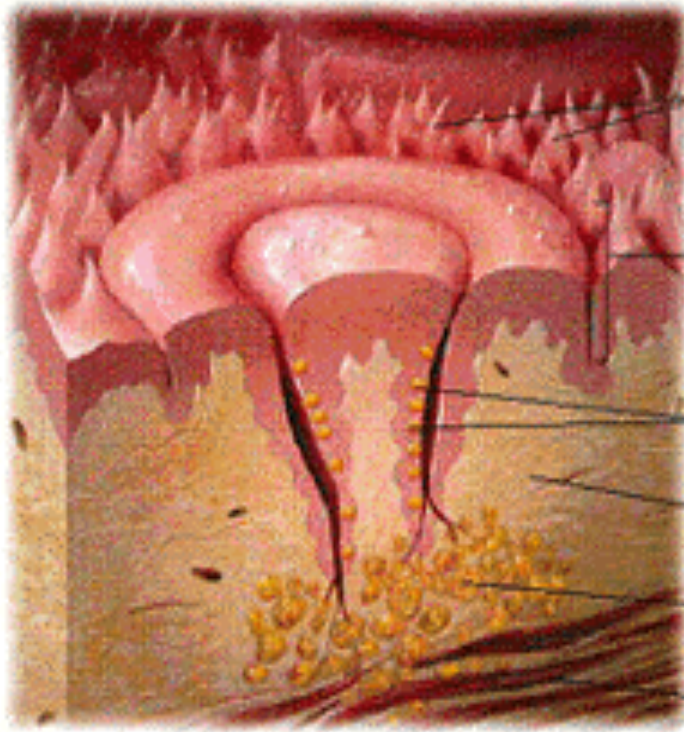
- ◆ Les papilles caliciformes

- Situées dans la partie postérieure de la langue
- Les papilles dites du V lingual
- Plusieurs centaines de bourgeons du goût

- ◆ Les papilles fongiformes

- situées sur les deux tiers antérieurs de la langue
- Un petit nombre (1-4) de bourgeons du goût
- De 500 à 5000 selon les individus
- Densité maximale à l'extrémité de la langue, importance fonctionnelle particulière

Papilles caliciformes et bourgeons du goût



Papille filiforme

Papille caliciforme

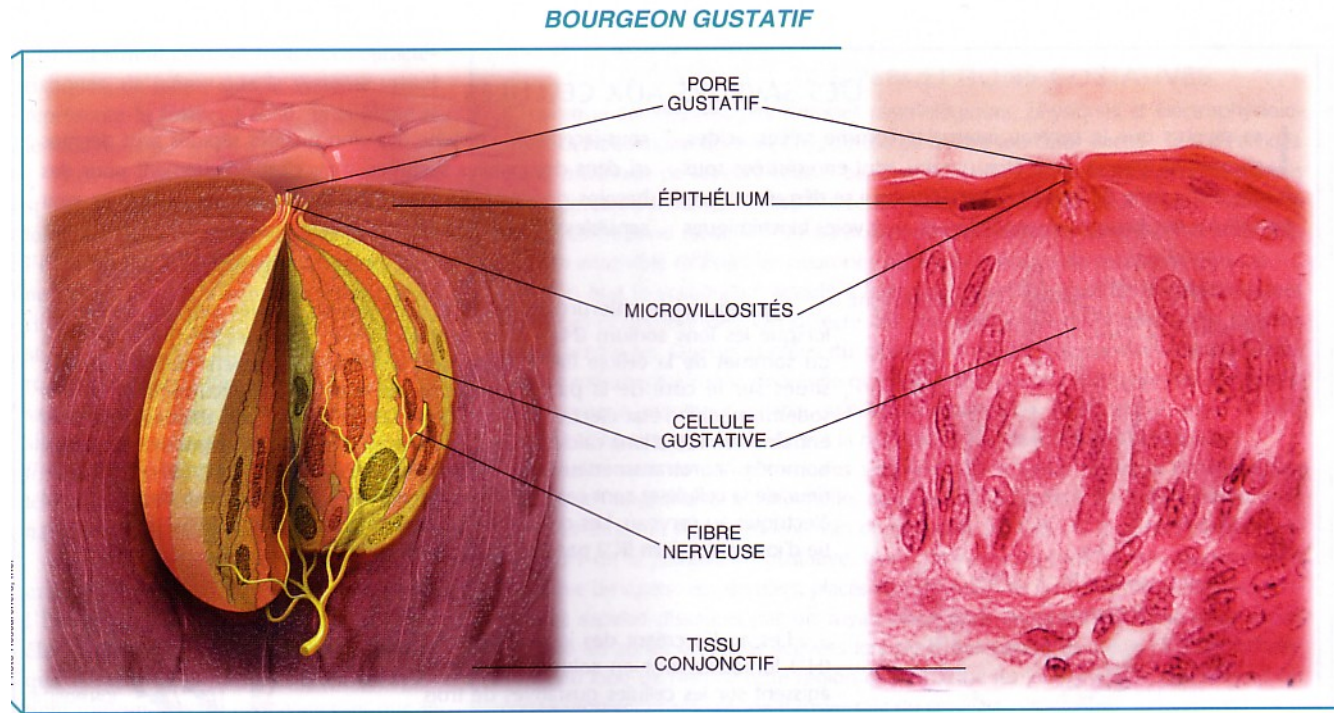
Bourgeons du goût

Tissu de soutien

Glandes salivaires

Couche musculaire

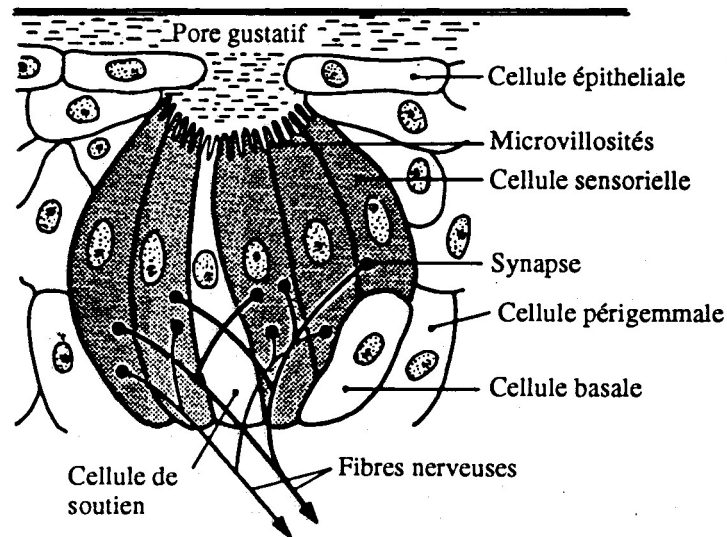
Les bourgeons du goût



Le bourgeon du goût



Le bourgeon du goût



Représentation schématique

Les bourgeons du goût

Ils sont au nombre d'environ 10 000 chez l'homme
Ils sont situés pour l'essentiel dans la muqueuse des papilles (jusqu'à plusieurs milliers par papille pour les papilles caliciformes), ont une forme d'oignon et sont en contact par une ouverture, le pore gustatif, avec le contenu liquide de la bouche.

Chaque bourgeon du goût peut contenir une centaine de cellules sensorielles, d'où partent les fibres nerveuses qui se rassemblent pour former les nerfs du goût.

Une fibre reçoit des influx de plusieurs cellules sensorielles et une cellule sensorielle est innervée par plusieurs fibres.

Les cellules sensorielles

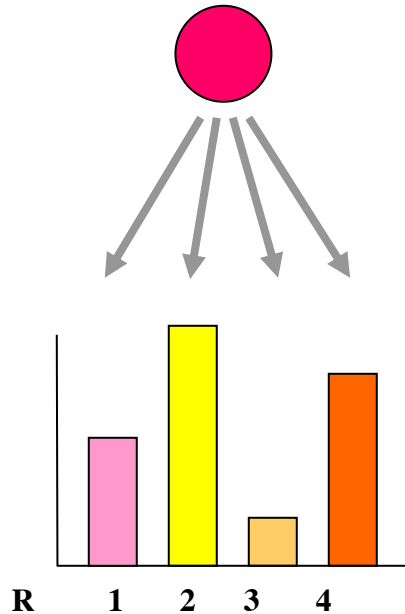
- Les cellules sensorielles sont situées dans les bourgeons du goût
- Elles sont sujettes à un renouvellement cellulaire permanent de période d'environ 10 jours.
- Le nerf gustatif est nécessaire pour maintenir en vie les cellules sensorielles

Les récepteurs gustatifs

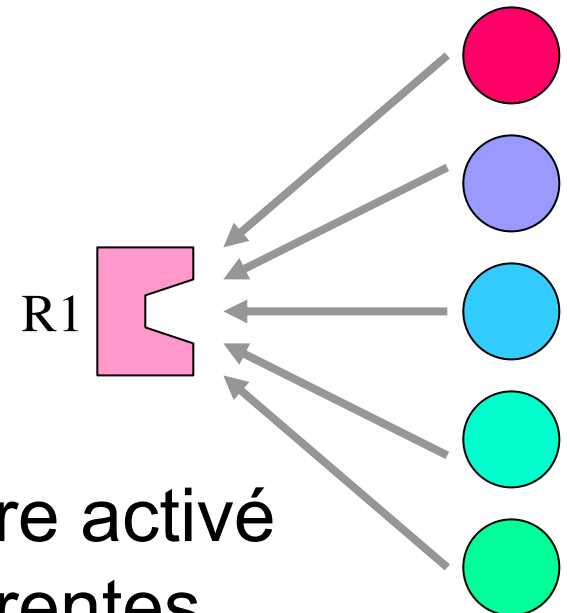
Ce sont des protéines situées dans la membrane des cellules sensorielles, dans la partie apicale de celles-ci, au contact direct du liquide buccal.

Le récepteur reconnaît par affinité la molécule sapide lorsque celle-ci provient à proximité. Plus l'affinité est grande plus la rencontre a des chances de se faire; en cas d'affinité faible, il faut d'avantage de molécules sapistes pour que la liaison ait lieu. En l'absence d'affinité, pas de rencontre.

Faible spécificité des récepteurs gustatifs et olfactifs



Une molécule (odorante ou sapide) peut activer différents récepteurs (olfactifs ou gustatifs)



Un type de récepteur peut être activé par plusieurs molécules différentes

Faible spécificité et câblage complexe

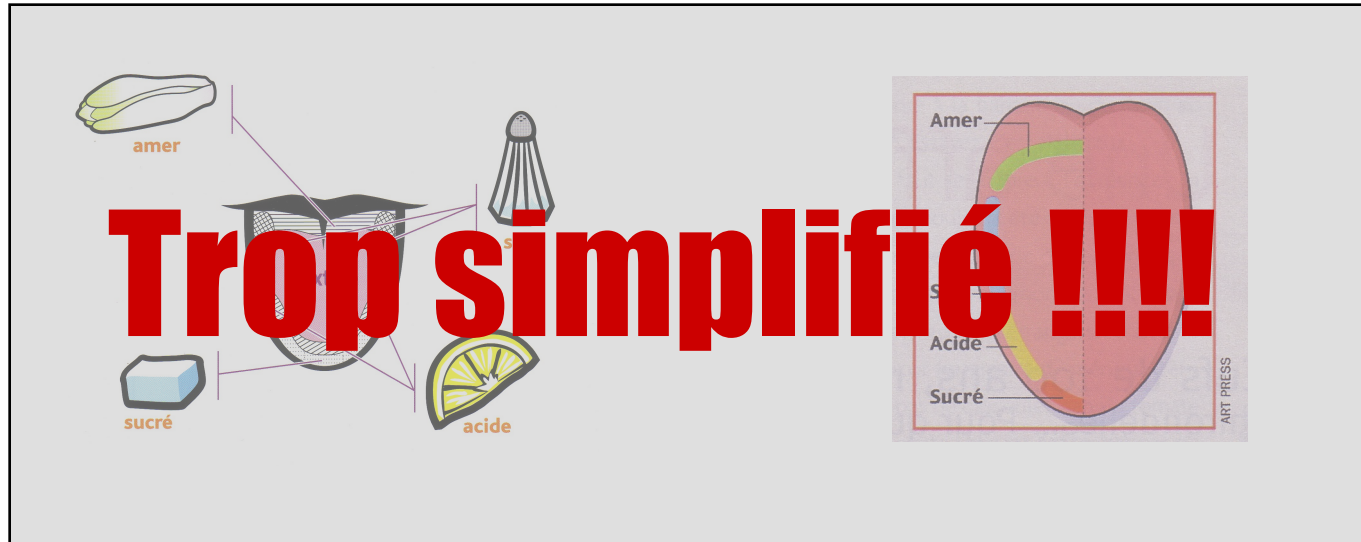
- Pas de spécialisation des papilles. Les papilles gustatives sont peu spécifiques, une même papille pouvant par exemple répondre à une faible concentration de stimulus salé et en même temps à une forte concentration acide et/ou salée.
- Sur une cellule sensorielle, des milliers (millions ?) de récepteurs. Aucun type n'a l'exclusivité dans une cellule. 90% des cellules gustatives répondent à deux saveurs au moins.
- Les fibres nerveuses reçoivent des influx de plusieurs cellules sensorielles et une cellule sensorielle est innervée par plusieurs fibres

Une localisation des sensibilités sur la langue ?

- La carte des saveurs :
une approximation très répandue dans la littérature...
- Peu de localisation des sensibilités sur la langue en fonction de la nature du stimulus : On sent potentiellement tout, partout, avec une variation quantitative de la sensibilité
- Par contre, l'intensité de la perception est globalement corrélée à la densité de papilles. Une sensibilité préférentielle peut apparaître localement sur des données individuelles mais est à chaque fois caractéristique du sujet.

La carte des saveurs

Une erreur à combattre

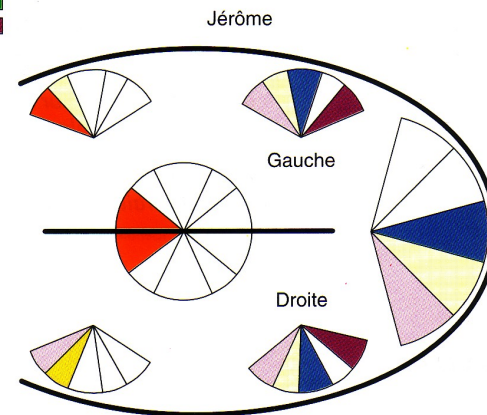
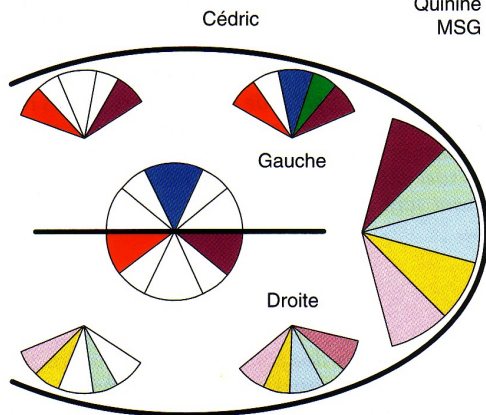
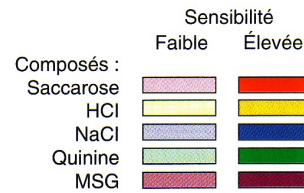
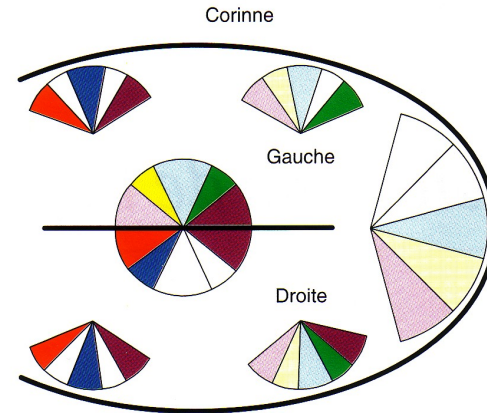
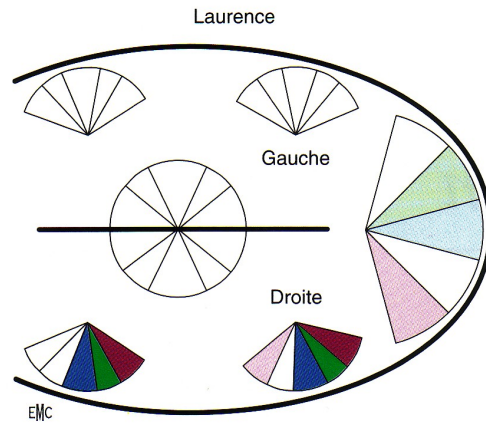


Faible réalité physiologique ou anatomique...

Les papilles gustatives sont peu spécifiques, une même papille pouvant par exemple répondre à une faible concentration de stimulus salé et en même temps à une forte concentration acide et/ou salée.

Il y a peu de localisation spécifique des papilles gustatives sur la langue, et certainement pas de géographie gustative généralisable de la langue!

Une localisation des saveurs sur la langue ?



Le goût : sensation buccale multimodale

- Une seule image sensorielle globale du fait de la présence simultanée de ces différentes sensibilités par la présence de l'aliment en bouche
- 3 modalités sensorielles
 - ◆ Gustation
 - ◆ Olfaction (voie rétronasale)
 - ◆ Somesthésie (sensibilités thermique, tactile, kinesthésique, proprioceptive et trigéminal chimique)

La flaveur

La flaveur correspond au goût, pris dans son sens commun. Elle désigne l'ensemble des sensations gustatives et olfactives ressenties en bouche.

Les molécules odorantes dégagées en bouches par le traitement que les aliments y subissent gagnent l'organe olfactif par voie rétro-nasale et entraînent une confusion perceptive des différents stimulus chimiques agissant dans la bouche.

Du vocabulaire ambigu

Arôme :

Odeur agréable de certaines essences naturelles de végétaux, d'essences chimiques ou d'acides volatils.

Additif alimentaire destiné à donner un parfum, un arôme particulier à un aliment.

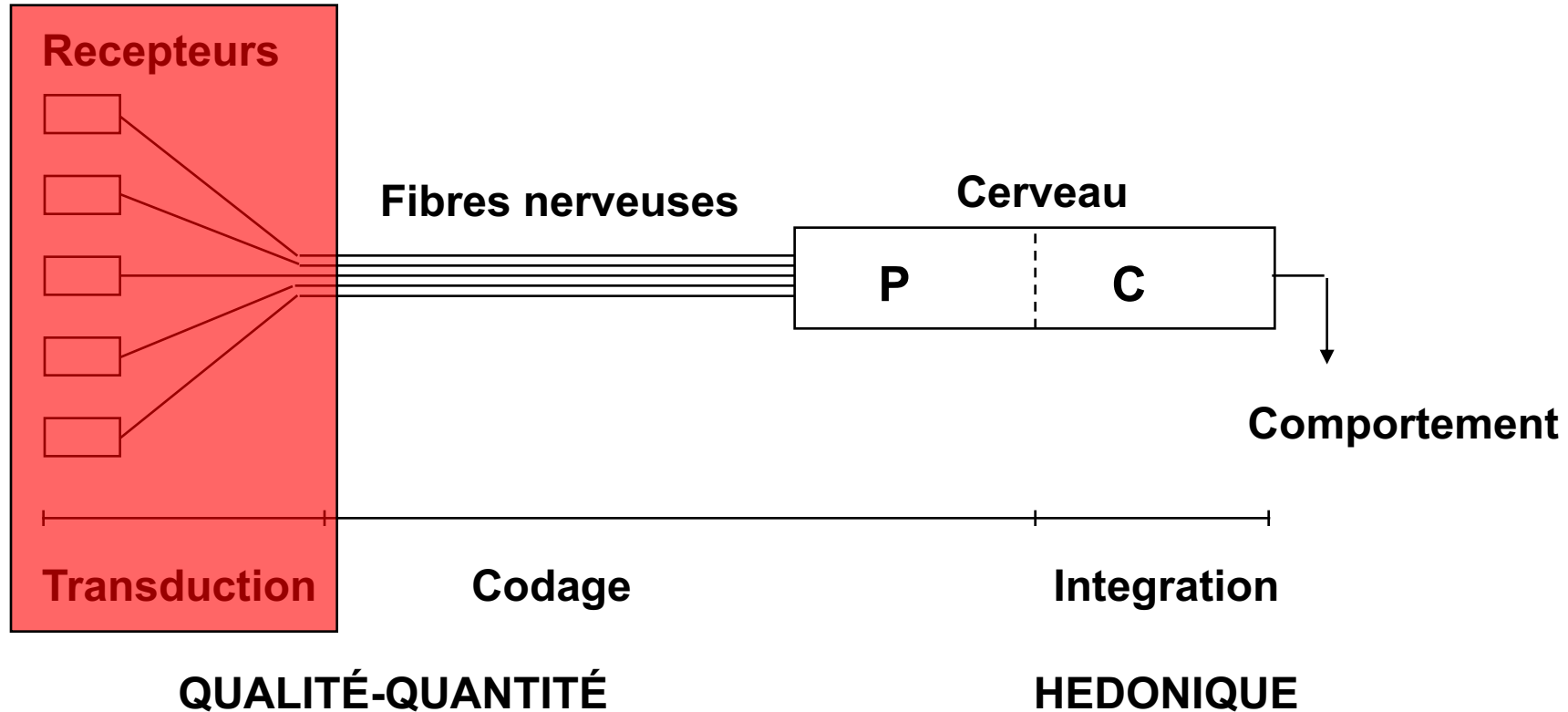
Saveur :

Qualité perçue par le sens du goût.

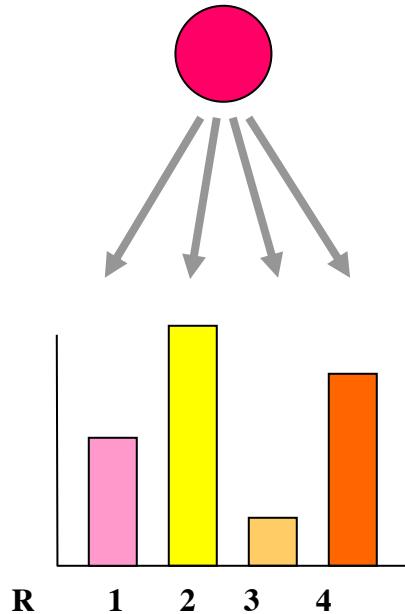
Qualité de ce qui est agréable, plaisant.

Le Petit Robert

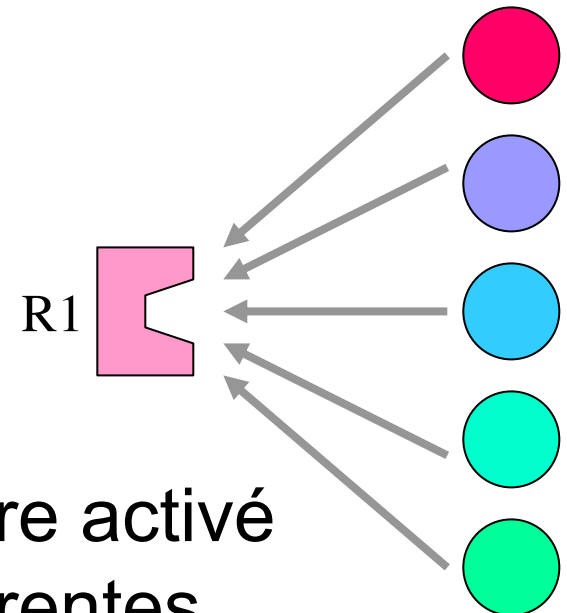
Physiologie et Perception



Récepteurs gustatifs et olfactifs



Une molécule (odorante ou sapide) peut activer différents récepteurs (olfactifs ou gustatifs)



Un type de récepteur peut être activé par plusieurs molécules différentes

Avancées récentes en gustation

Taste receptors of known primary structure discovered 1998-2002

Behavioral Studies & Mouse Genetics

■ SOUR	Ion channel	1998
■ SALTY	Ion channel	1999
■ UMAMI-1	Taste mGluR4 (GPCR)	2000
■ BITTER	T2R family (GPCR)	2000
■ SWEET	predicted T1R3 (sac locus) T1R2/T1R3 heterodimer is functional	2001
■ UMAMI-2	T1R1/T1R3	2002

Avancées récentes en gustation

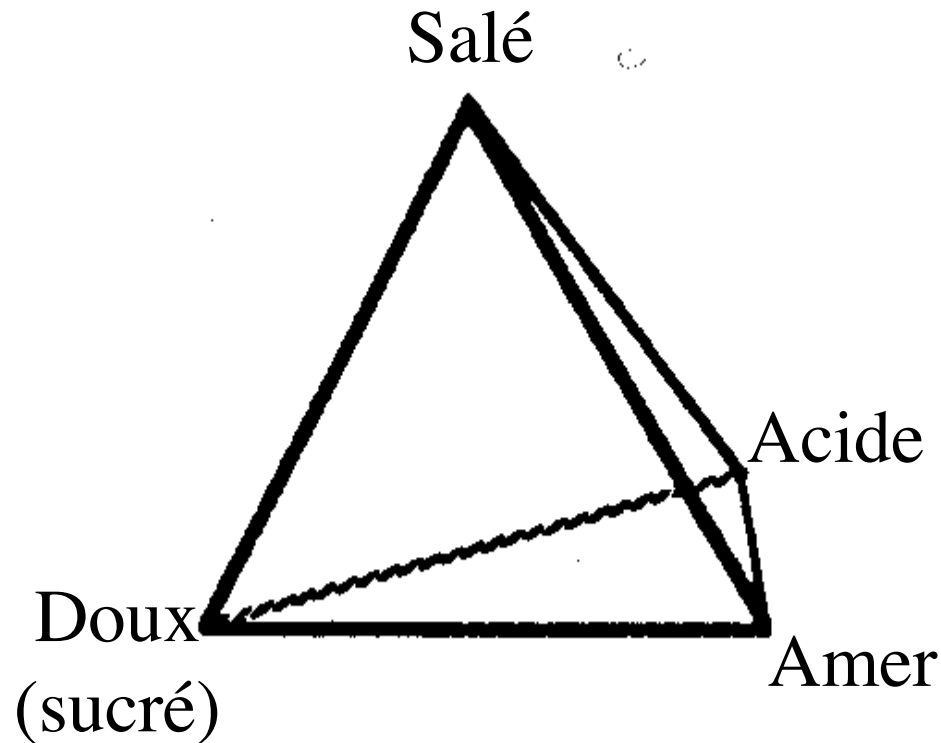
- **La saveur salée** est due au sodium. Les cellules sensorielles gustatives sensibles au sodium possèdent des canaux membranaires sélectifs aux ions sodium et dont la perméabilité peut être bloquée par l'amiloride. Les ions sodium présents dans une solution salée s'accumulent à l'entrée du canal et diffusent par gradient de concentration à l'intérieur de la cellule sensorielle dont ils dépolarisent la membrane donnant ainsi naissance à un influx nerveux
- **La saveur acide** est liée à la concentration en ions hydrogène. Ces protons dépolarisent la membrane, directement en pénétrant dans la cellule par le canal perméable au sodium sensible à l'amiloride, ou indirectement en bloquant un canal perméable au potassium. Dans les deux cas, la dépolarisation se traduit par des influx nerveux.

Avancées récentes en gustation

- Les récepteurs gustatifs à l'amer : une famille nombreuse de gènes (50 à 80) s'exprimant par des molécules dont la structure globale évoque celle des récepteurs olfactifs (protéines à sept domaines transmembranaires se liant aux stimulus par une protéine dite protéine G).
- Pour la saveur sucrée, il existe probablement un ou deux types de récepteurs (T1Rs) dont la structure est comparable à celle des récepteurs de l'amer (T2Rs) et des récepteurs olfactifs (Ors)

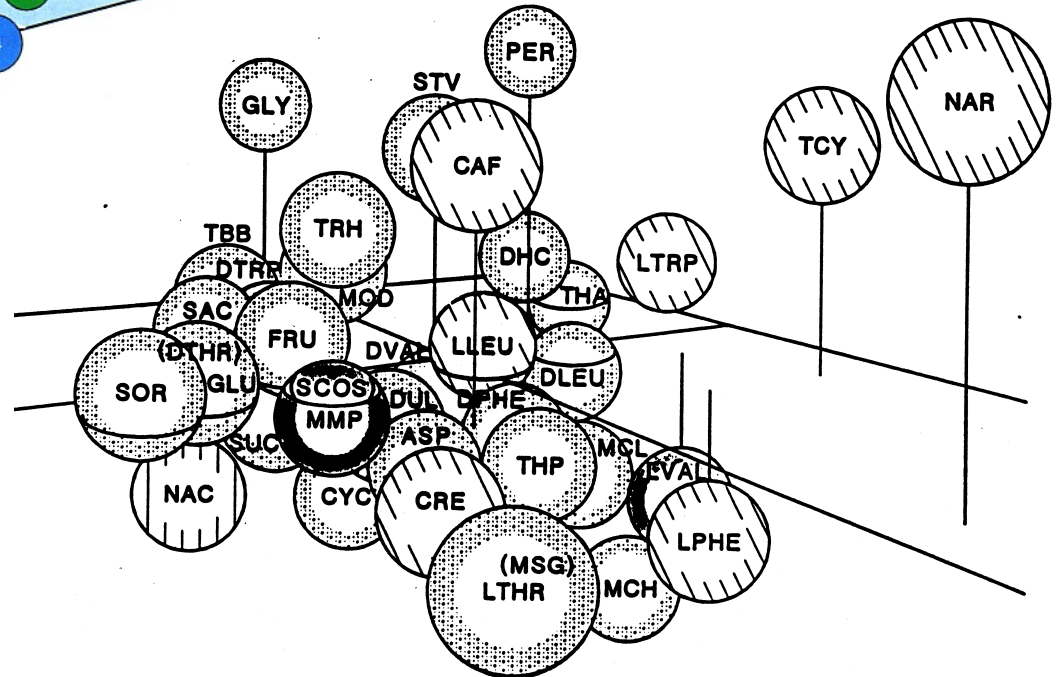
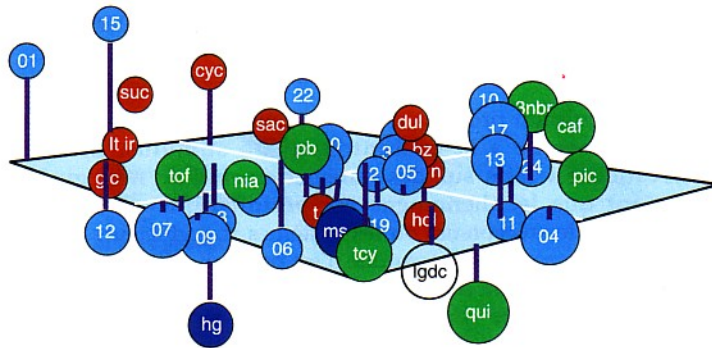
La saveur sucrée n'est pas très nuancée sur le plan qualitatif mais varie considérablement en intensité selon la nature du sucre. Il est impossible de dire aujourd'hui si la multiplicité des sucres dans la nature correspond à une variété de récepteurs dont la distribution serait inégale selon les cellules sensorielles. Existe-t'il un faible nombre ou un grand nombre de gènes au sucré?

4 saveurs fondamentales ?



Henning (1916)

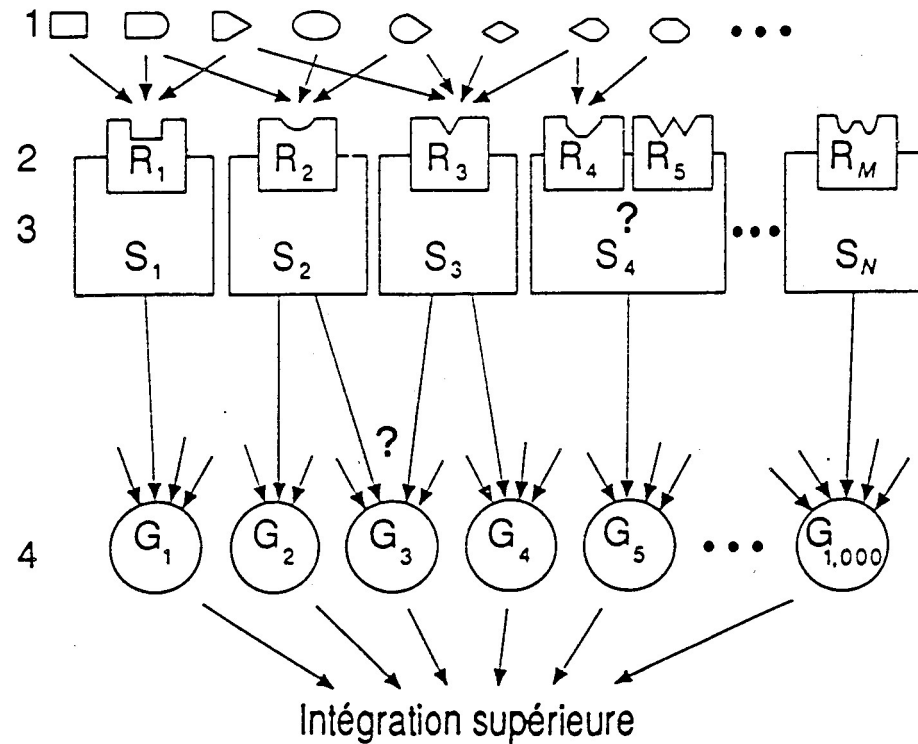
Un continuum gustatif



La perception des odeurs

Molécules odorantes
(nombre estimé à 10000)

Les M récepteurs protéiques
Le nombre M est actuellement
estimé entre 100 et 1000



Source : Nature (1991) 351, 275-276

NOMBRE DE CANAUX INDEPENDANTS

fibres nerveuses

gènes

(récepteurs protéiques)

Vision : 1 000 000

4

Somesthésie : 200 000

—

Audition : 100 000

—

Olfaction : 50 000

347

Goût : 10 000

50 – 100 ?

L'adaptation

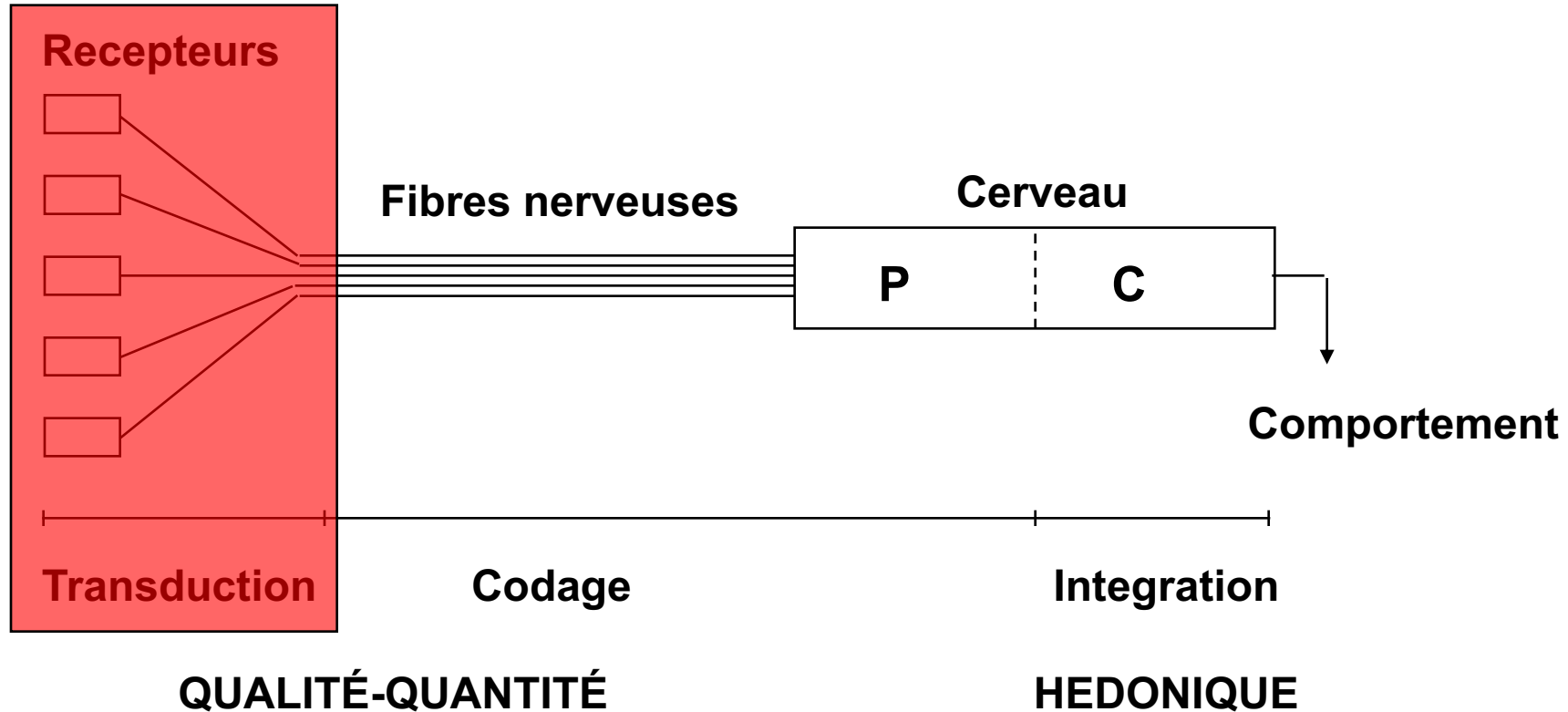
La sensation résultant d'une stimulation sensorielle continue décroît jusqu'à disparaître totalement après quelques minutes.

Ce phénomène expérimental, autrefois appelé fatigue sensorielle, existe pour tous les système sensoriels mais est particulièrement prononcé pour l'odorat.

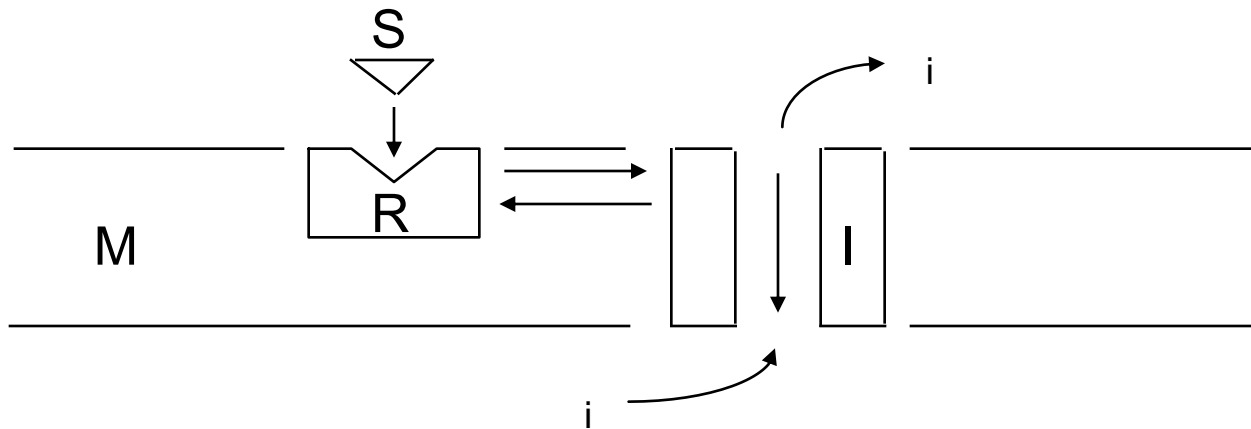
Le repos sensoriel restaure ensuite la sensibilité initiale.

L'adaptation sensorielle

Physiologie et Perception

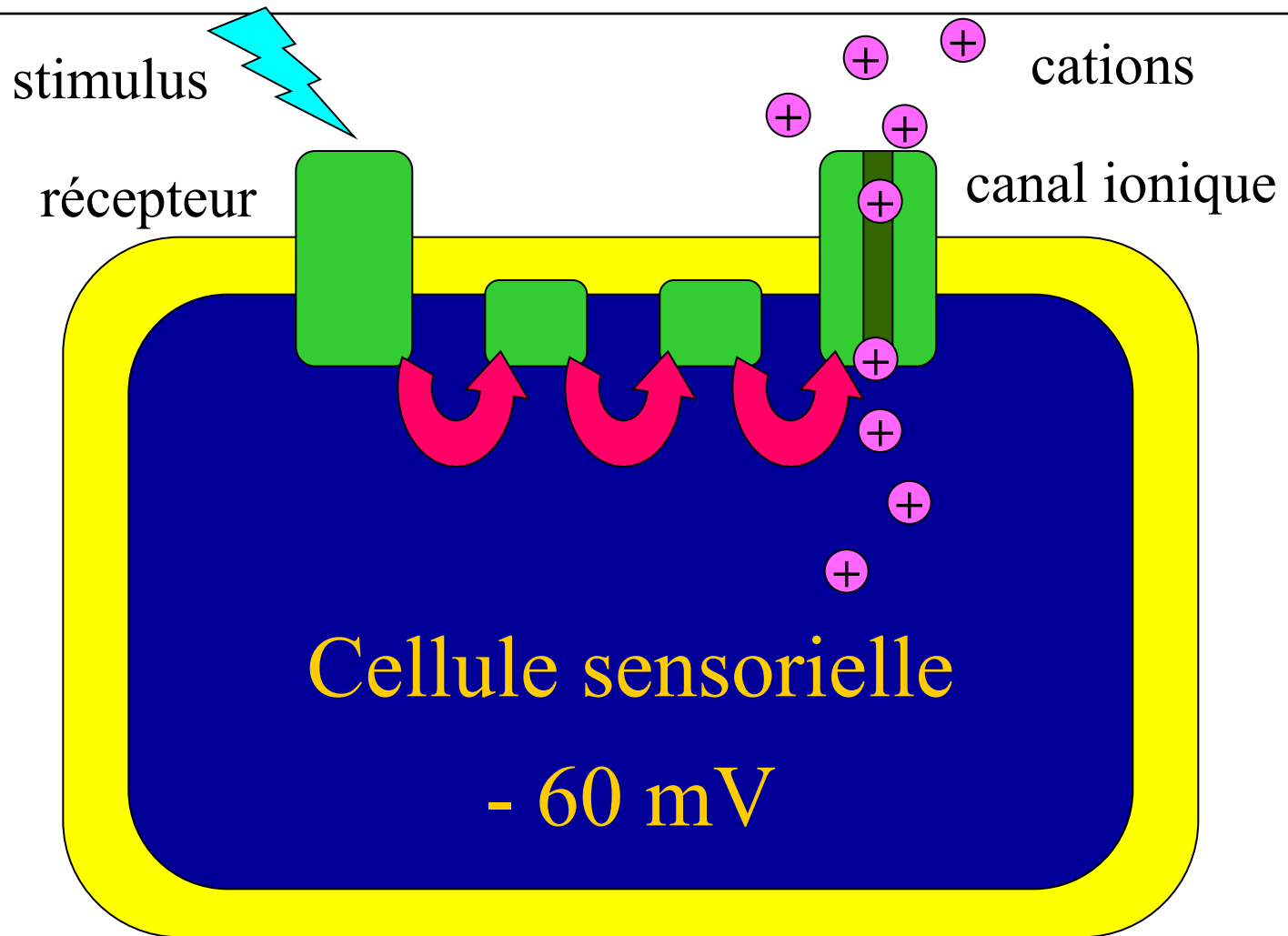


Canaux ioniques

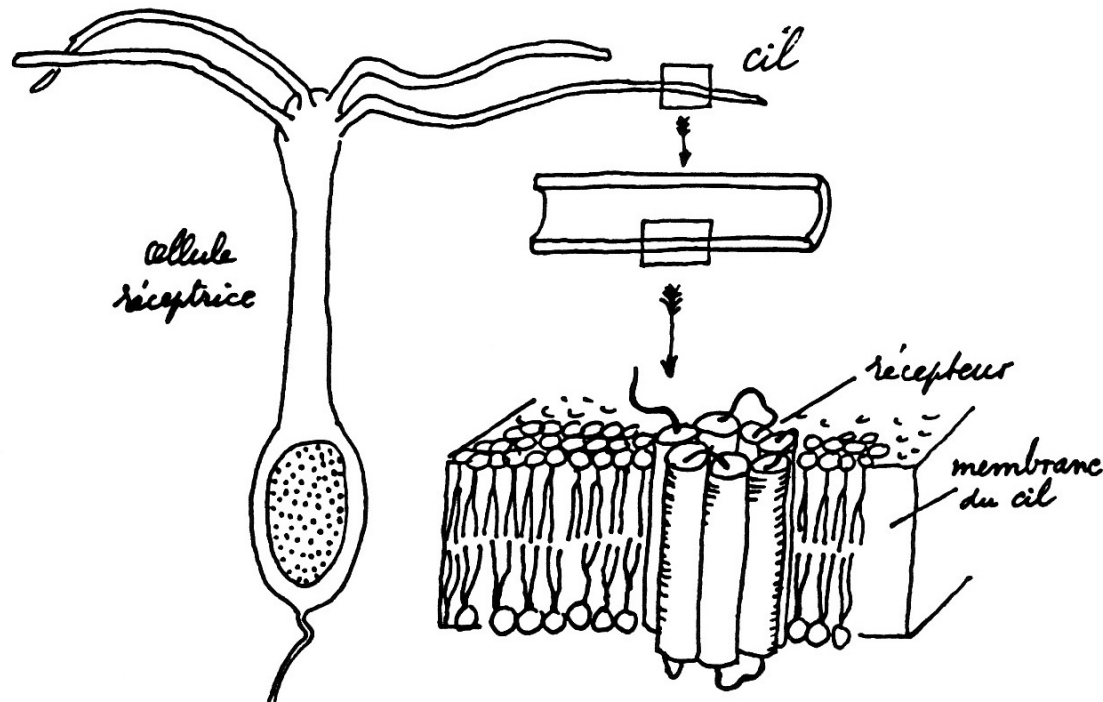


S : Stimulus
M : Membrane
R : Recepteur
I : Ionophore
i : ions

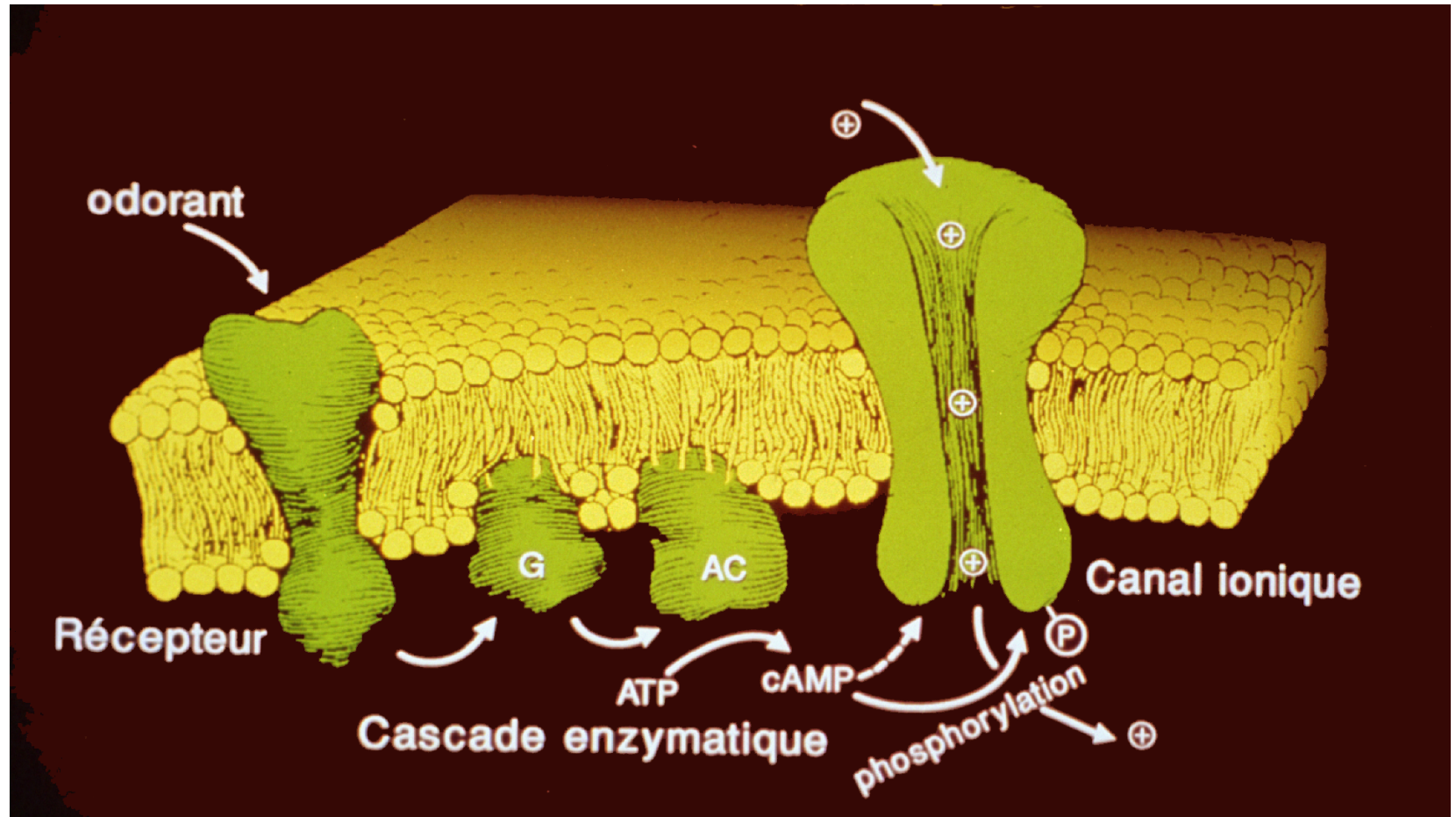
La cascade amplificatrice



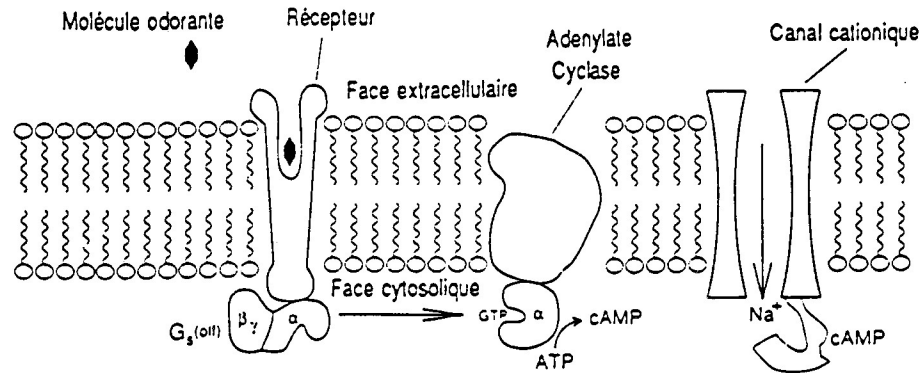
Récepteurs moléculaires des odorants et protéines réceptrices olfactives trans-membranaires



Cascade amplificatrice, récepteurs et canaux ioniques



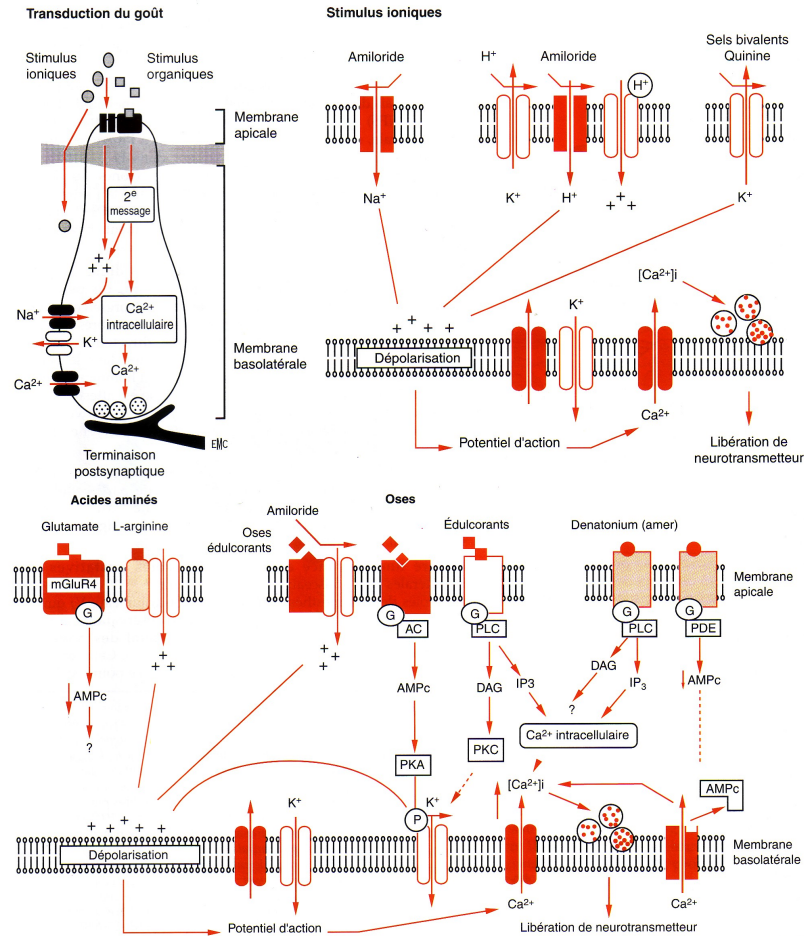
Les récepteurs olfactifs



La transduction du signal olfactif

Source : Cell (1991) 65, 175-187

Voies de transduction des cellules gustatives

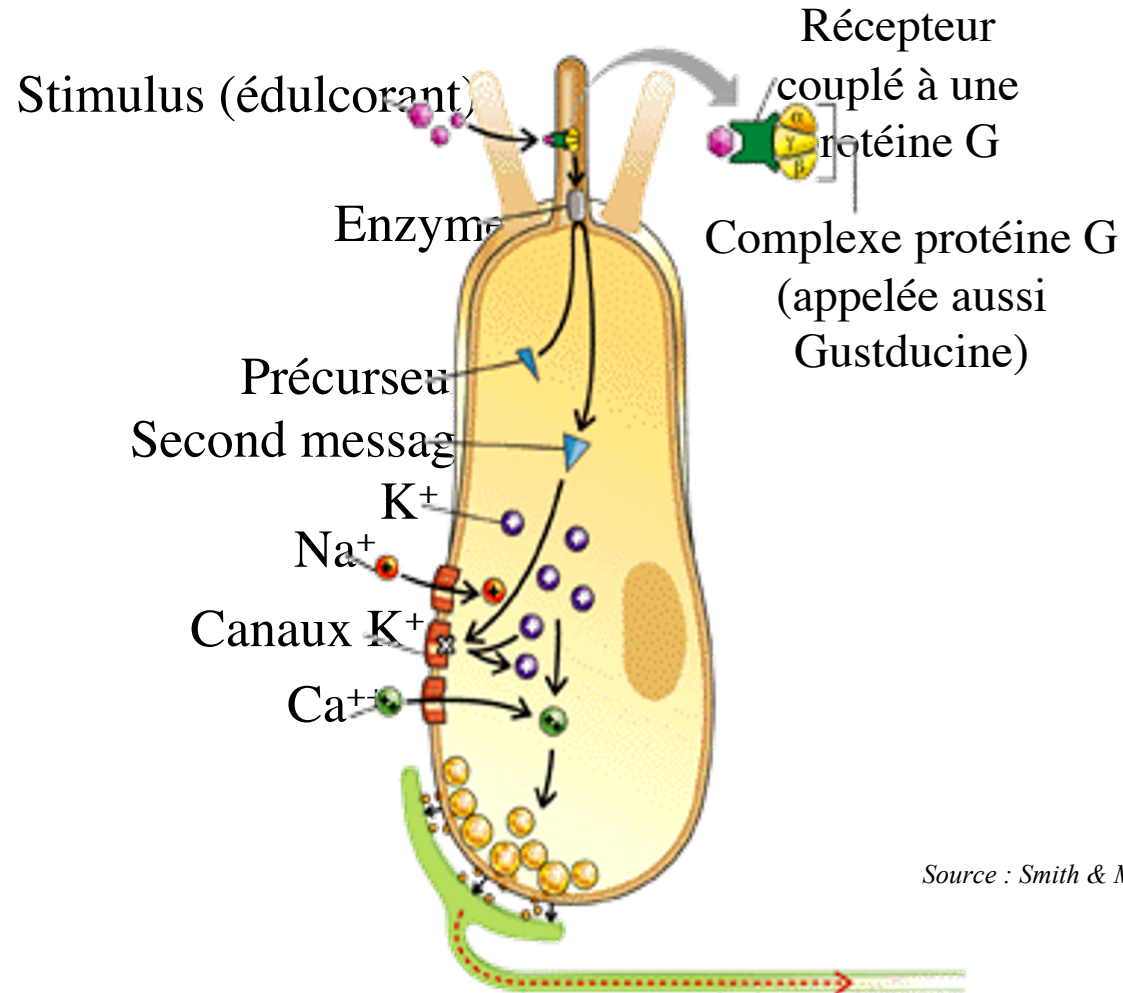


Source : Annick Faurion

La naissance d'un influx nerveux

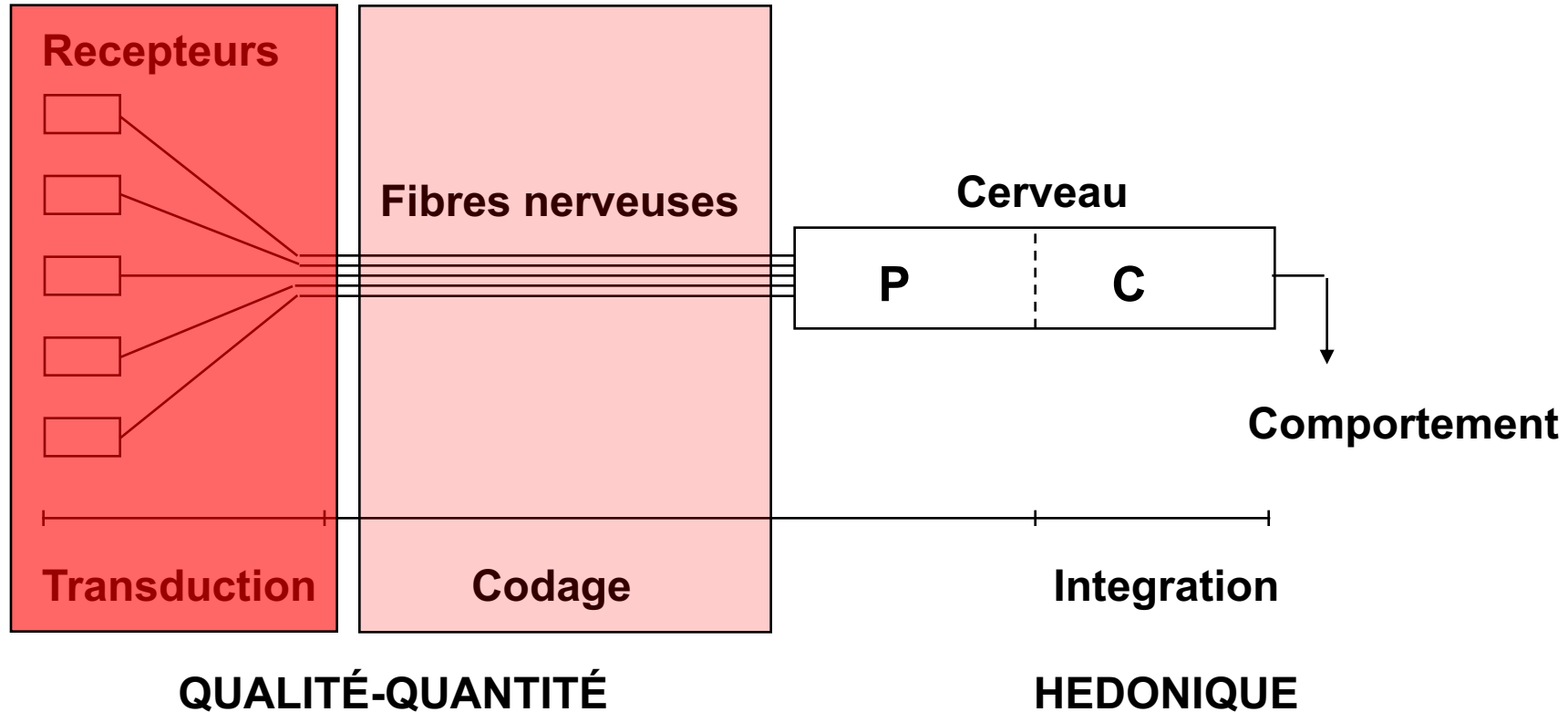
- La fixation d'une molécule (sapide ou olfactive) sur le récepteur entraîne l'activation de ce dernier, déclenchant une cascade d'effets dans la cellule, ce qui aboutit à une modification du potentiel de sa membrane et à la naissance d'un influx.
- Cet influx se transmet par l'intermédiaire de synapses aux fibres nerveuses en contact avec la cellule sensorielle.

Réception et transduction du signal



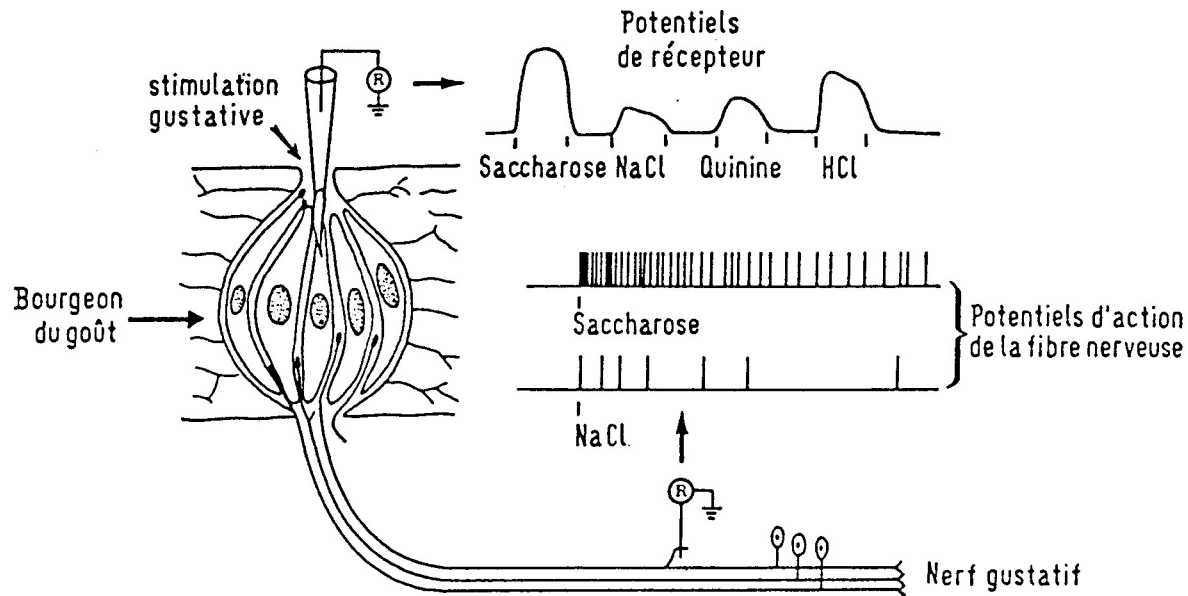
Source : Smith & Margolskee, 2001

Physiologie et Perception



Codage quantitatif et neurophysiologie

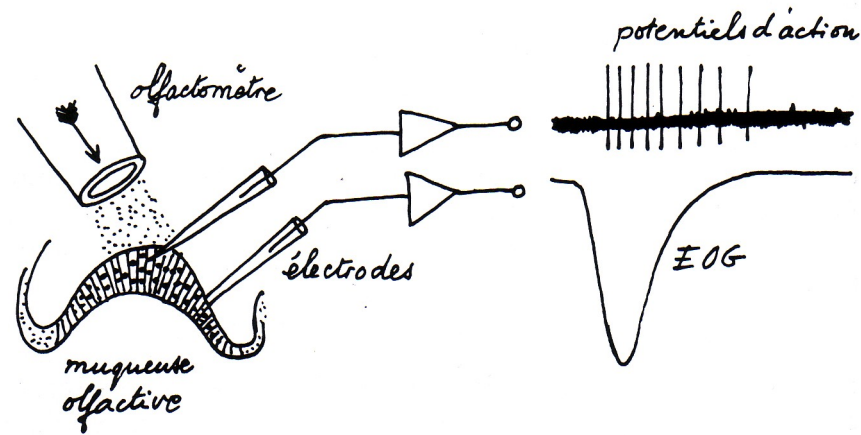
Effets de la stimulation gustative



La stimulation gustative des cellules sensorielles des bourgeons du goût donne naissance à 2 types de potentiels :

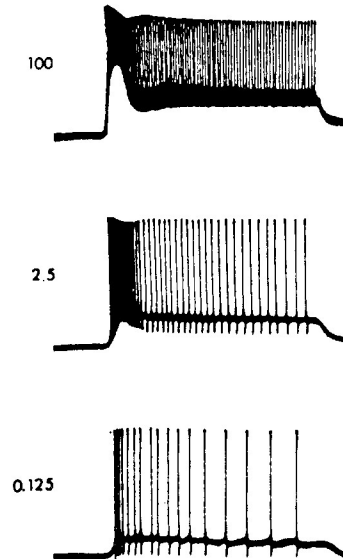
- Les potentiels de récepteur (réponse intracellulaire de la cellule sensorielle)
- Les potentiels d'action propagés dans les fibres nerveuses gustatives

Réponses nerveuses des cellules olfactives



Le codage quantitatif

Amplitude et vitesse du
potentiel d'action
constantes
Fréquence d'émission
linéairement
proportionnelle au
potentiel de récepteur



Source : Fuortès, 1959. Extrait de Galifret, 1984

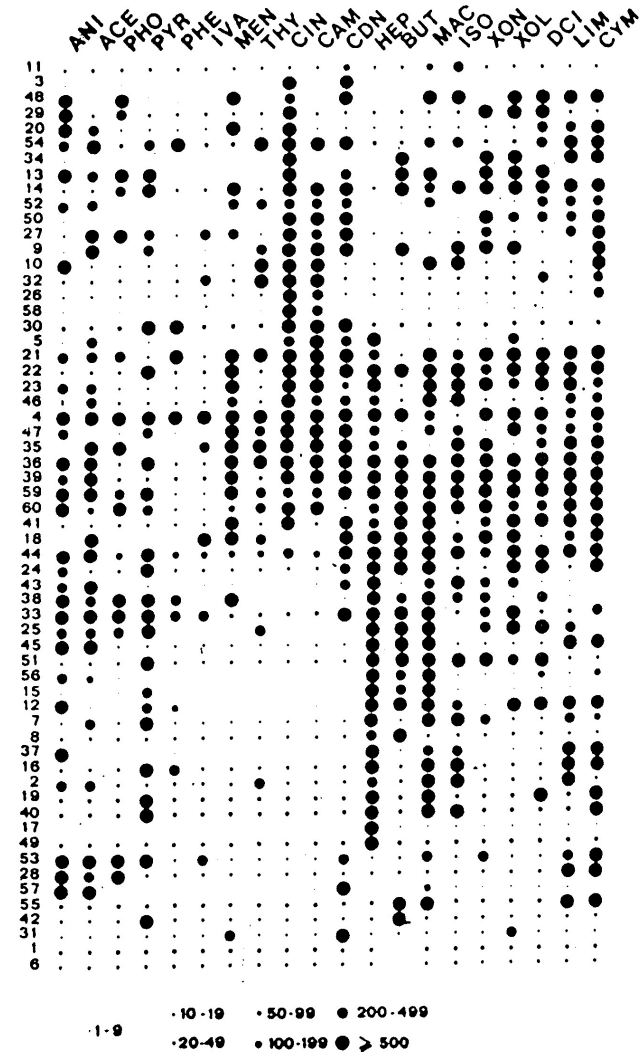
Le codage quantitatif



Source : Fuortès, 1959. Extrait de Galifret, 1984

Codage qualitatif et neurophysiologie

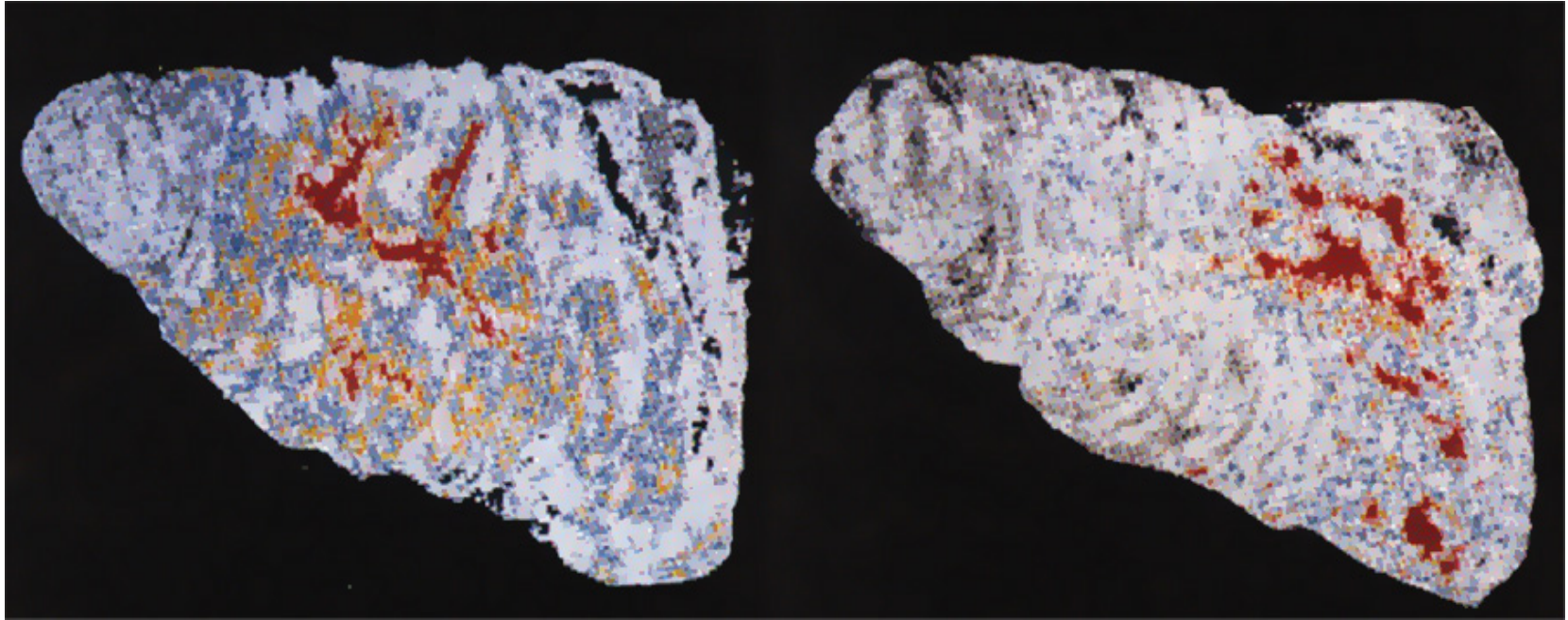
Le codage qualitatif



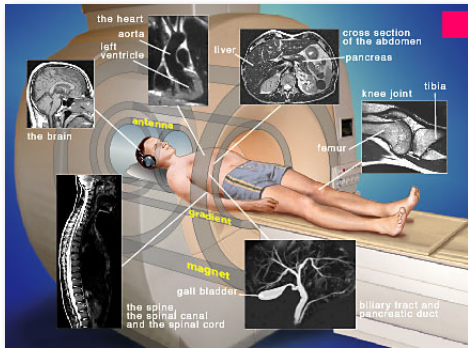
Source : André Holley

Une image sensorielle reçue par le cerveau

[Marquage au 2-desoxyglucose]



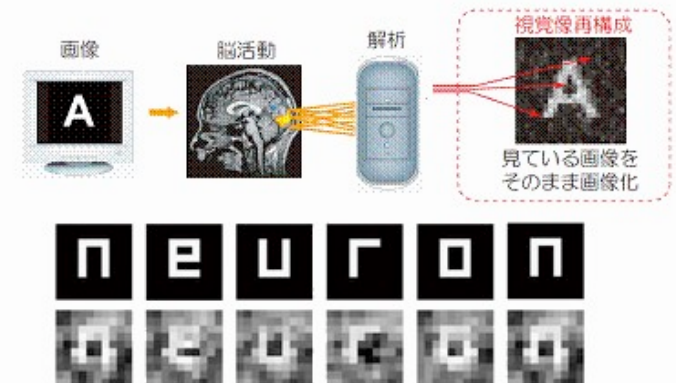
L'imagerie cérébrale



Prix Nobel 2003
en Physiologie & Medecine
Paul C. Lauterbur & Peter
Mansfield

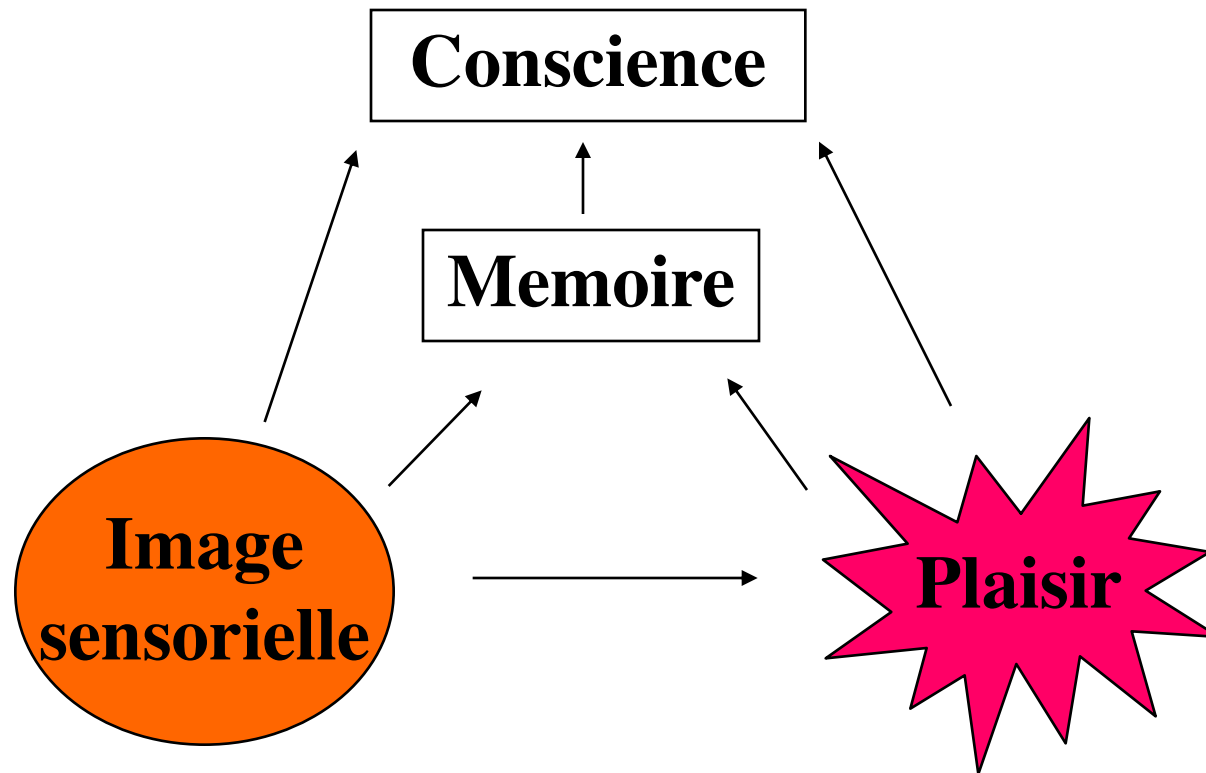
"Magnetic Resonance Imaging"

**Scientists extract
images directly
from the brain**



Researchers from Japan's ATR Computational Neuroscience Laboratories have developed new brain analysis technology that can reconstruct the images inside a person's mind and display them on a computer monitor, it was announced on December 11, 2008. According to the researchers, further development of the technology may soon make it possible to view other people's dreams while they sleep.

Préférences

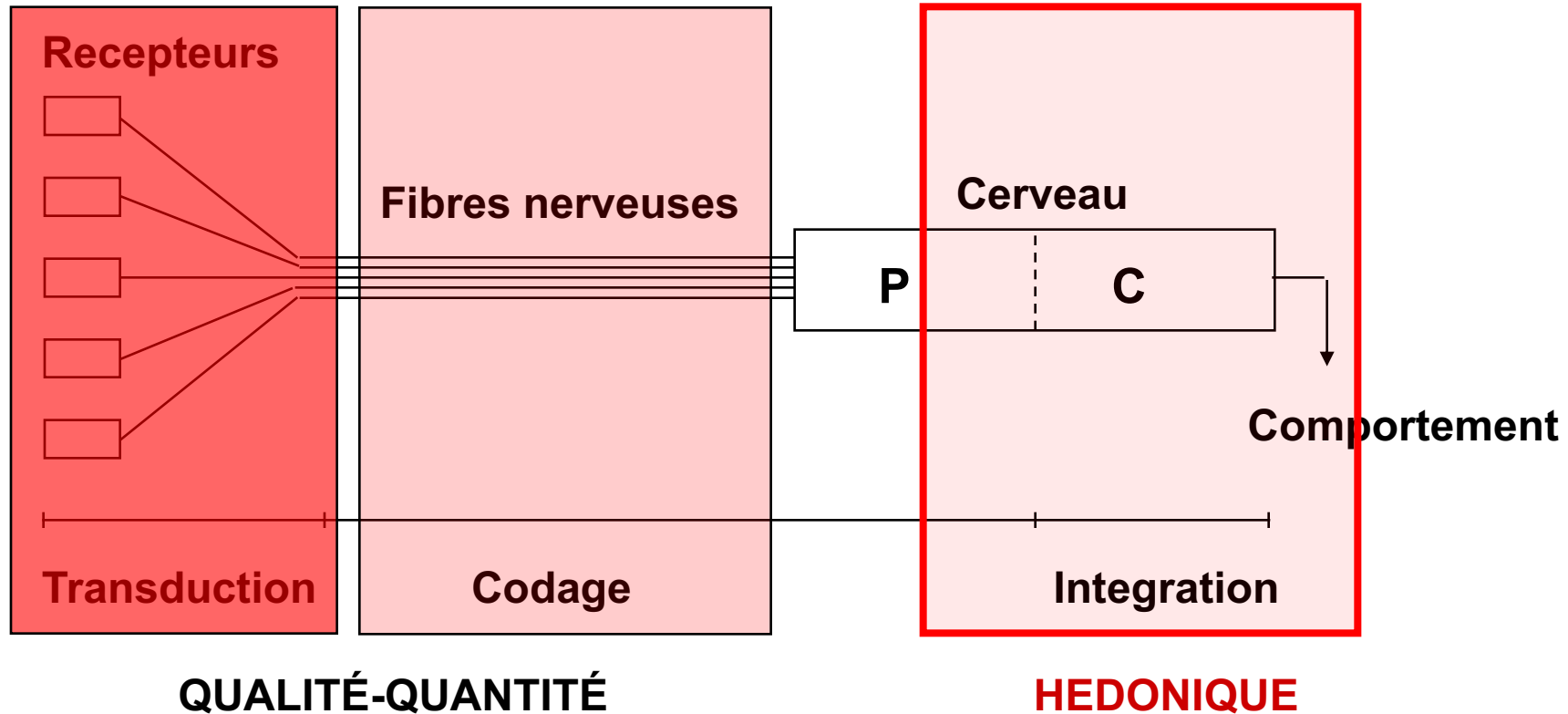


La notion d'image sensorielle

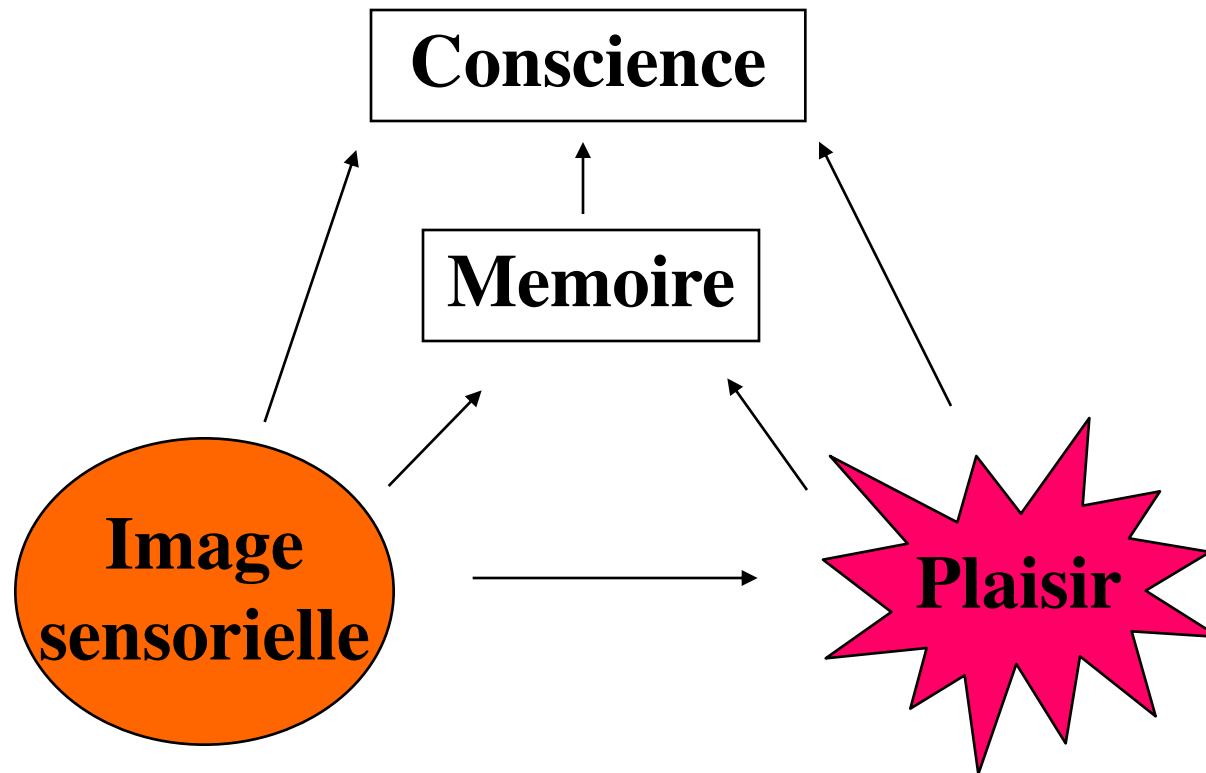
L'image (olfactive, gustative,...) est une représentation de l'odeur (saveur, ...) au niveau du cerveau, construite par le corps humain

L'image sensorielle olfactive est associée dans le cerveau aux images visuelles et gustatives de l'objet concerné ou à la trace dans la mémoire de celui-ci

Physiologie et Perception



Préférences



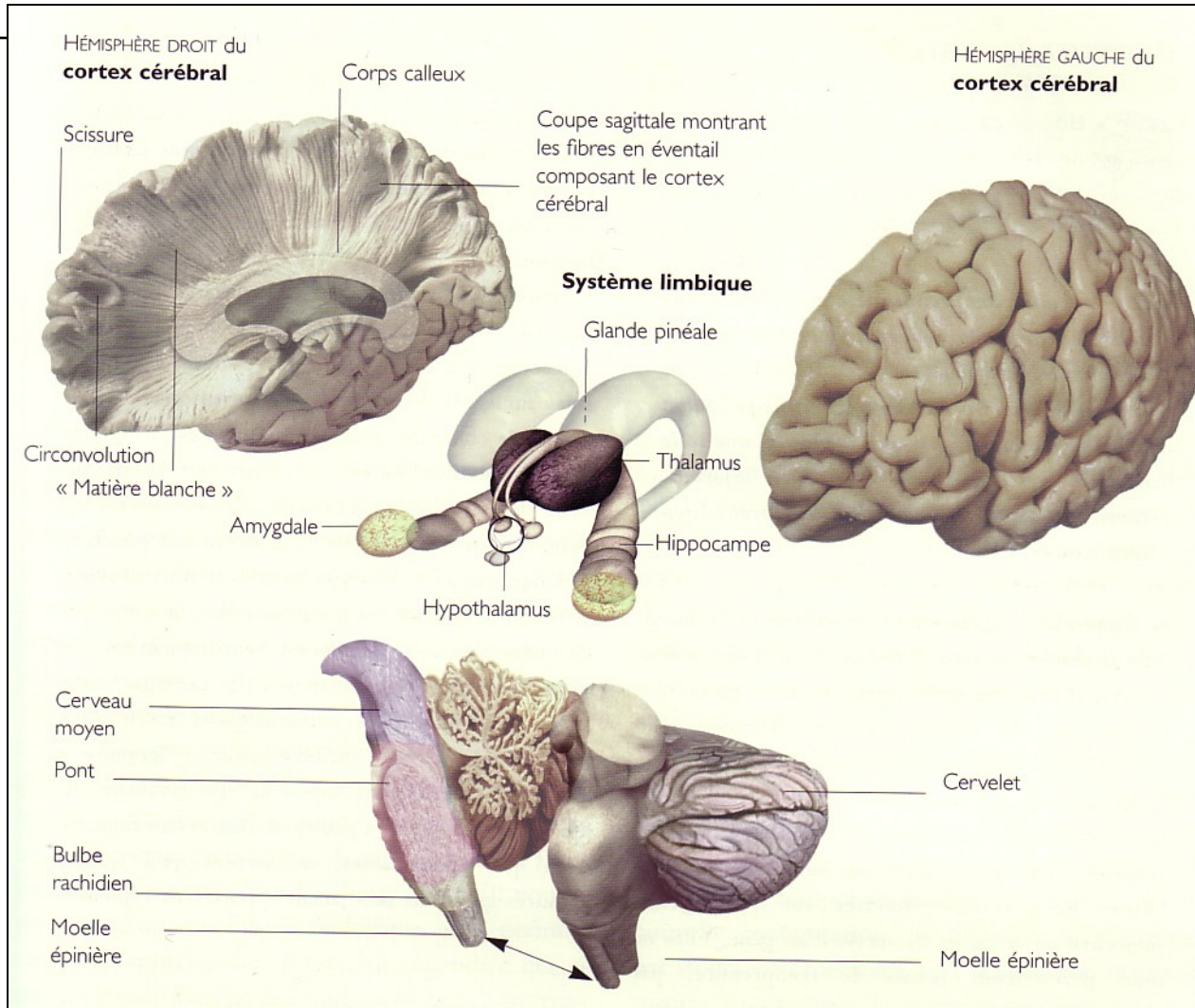
L'intégration de l'information

On nomme intégration un ensemble d'opérations mal connues qui se déroulent dans les deux hémisphères cérébraux, qui durent quelques centaines de millisecondes (à comparer aux quelques dizaines de millisecondes seulement des étapes précédentes) et qui aboutissent à la perception consciente du stimulus, à son identification, à sa mise en mémoire, et enfin à la mise en œuvre de comportements adaptés.

Le message sensoriel dans le cerveau

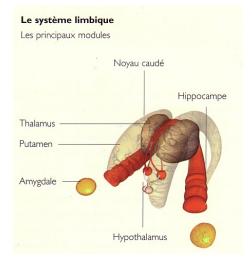
- Les fonctions plus complexes, celles qui exigent compréhension et mémoire, s'accomplissent dans la partie du cerveau la plus riche en connexions, le cortex cérébral.
- C'est dans cette couche de substance grise, épaisse de quelques millimètres d'épaisseur, que s'élabore la perception consciente de l'environnement. C'est elle qui se souvient et réfléchit.
- Les neurones y sont organisés en différents groupes, chacun se spécialisant dans des tâches différentes. Ces groupes fonctionnent en parallèle, chaque information pouvant être traitée simultanément dans plusieurs régions du cerveau.

Le cortex et le système limbique



Mémoire et émotions

- La perception fait intervenir la mémoire, qui sélectionne dans un stock de modèles internes celui ou ceux qui correspondent à ce qui est perçu sur le moment.
- Il s'en suit un processus de correspondance entre ce qui est vécu et ce qui a été vécu (et stocké en mémoire).
- Établissement ensuite de connexions avec le système limbique, encore appelé cerveau des émotions.



Une théorie utilitariste du plaisir ?

- Une théorie utilitariste (puritaine et anglo-saxonne) du plaisir : celui-ci serait relié à la valeur utilitaire des comportements. Les organismes agiraient, dans leur choix décisionnels, en fonction de la somme algébrique des avantages et des inconvénients provoqués par le comportement associé.
- Le concept d'alliesthésie : l'appréciation subjective agréable ou désagréable d'un aliment changerait avec le poids du sujet (Cabanac).
- Enchaîner ainsi le plaisir au besoin : une vision réelle mais réductrice du plaisir.

L'auto-stimulation ou tout pour le plaisir...

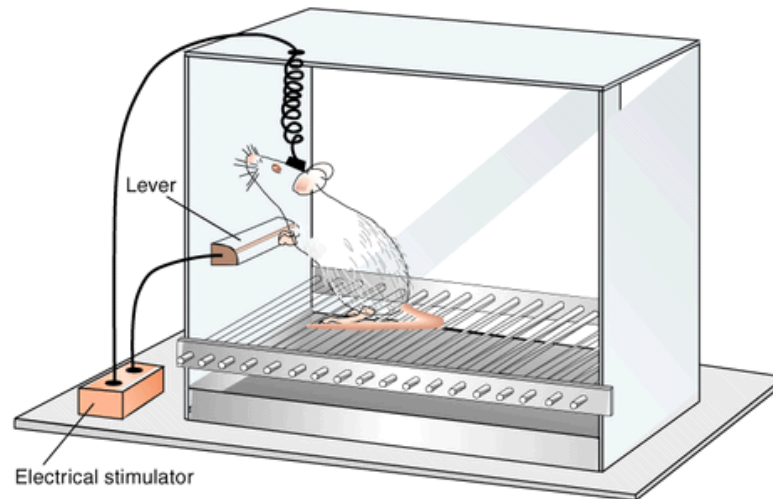
- Une biologie plus pertinente du plaisir dissocie plaisir et satisfaction d'un besoin.
- Elle est fondée sur le phénomène d'auto-stimulation observé par les psycho-physiologistes chez le rat.

Le rat, sans jamais se lasser, ne cesse d'auto-stimuler une électrode implantée dans la région de son hypothalamus. Ce désir impérieux est préféré à tout autre. Cette auto-stimulation, acte gratuit et dépense d'énergie en pure perte, pouvant aller jusqu'à la mort, n'est pourtant liée à aucun besoin.

L'auto-stimulation ou tout pour le plaisir...

- Une biologie plus pertinente du plaisir dissocie plaisir et satisfaction d'un besoin.
- Elle est fondée sur le phénomène d'auto-stimulation observé par les psycho-physiologistes chez le rat.

Le rat, sa
d'auto-stim
la région
impérieux
auto-stimul
d'énergie e



ne cesse
ntée dans
Ce désir
re. Cette
dépense
er jusqu'à

la mort, n'est pourtant liée à aucun besoin.

L'auto-stimulation

Un plaisir gratuit

- On a démontré l'existence, au niveau de l'hypothalamus, d'une zone de projection polysensorielle encore nommée "centre du plaisir"
- La stimulation électrique de cette zone provoque une sensation de plaisir à l'état pur.
- L'auto-stimulation, différant en cela d'un comportement économique ou utilitariste, illustre le caractère possible gratuit du plaisir qui appelle sa répétition.

Le centre du plaisir

- Une structure du cerveau dont la fonction est d'induire, lorsqu'elle est activée, un état que l'animal recherche.
- Cette valeur gratifiante constitue un renforcement positif de toute stimulation sensorielle qui y est associée
- Parmi les régions cérébrales concernées par l'autostimulation : l'hypothalamus, mais aussi une région du mésencéphale, différentes parties du système limbique, le bulbe olfactif, etc..

Neurotransmetteurs et centre du plaisir

- Certains des effets de ce renforcement passent par la libération de dopamine qui agit ainsi sur plusieurs classes de récepteurs cérébraux.
- Des neuropeptides de la catégorie des substances opioïdes endogènes (les enképhalines) sont aussi impliquées dans ces effets gratifiants.
- Cette constatation laisse supposer que la prise de drogues par les humains et les comportements de dépendance associés mettent en jeu le même circuit cérébral que celui qui confère aux stimulus alimentaires et aux stimulus sexuels une puissante valeur gratifiante.

La dopamine

- La dopamine, neuro-transmetteur au coeur du "comportement de dépendances".
- C'est un neuromédiateur sécrété par les neurones de l'une des régions les plus primitives du cerveau (le mésencéphale, au sommet du tronc cérébral).
- Ces neurones dirigent leurs terminaisons vers le noyau accumbens, encore appelé centre du plaisir, situé dans le cerveau limbique.
- De là, d'autres neurones étendent leurs terminaisons jusque dans le cortex frontal, siège des fonctions supérieures associatives du cerveau.

Les cellules à dopamine

- Les cellules à dopamine sont de véritables neurones gestionnaires du désir. Depuis le tronc cérébral, elles envoient des prolongements qui parcourent les parois latérales de l'hypothalamus pour se projeter sur le cortex préfrontal, le système limbique et d'autres structures cérébrales liées aux émotions.
- La destruction expérimentale de ces neurones chez le rat supprime ses comportement désirants comme le manger et le boire.

La dopamine

- Toute expérience qui procure du plaisir se traduit par une décharge de dopamine dans le noyau accumbens.
- Le taux de libération de la dopamine serait une sorte de "baromètre de l'humeur".
- Chez tous les vertébrés, le système dopaminergique participe au renforcement des comportements favorables à la survie de l'individu et de l'espèce.
- Toutes les drogues agissent sur le taux de dopamines mais pas nécessairement de façon identique.

L'aversion alimentaire conditionnée

- Elle aboutit au rejet violent d'un aliment. On peut facilement reproduire le phénomène chez un rat de laboratoire en lui présentant un aliment au goût inhabituel et en lui injectant , dans les 12h qui suivent, un produit toxique provoquant un malaise gastrique.
- Cet apprentissage aversif met en jeu une zone du cerveau situé dans la partie archaïque du cortex cérébral, le système limbique, et plus précisément le complexe amygdalien.

Cet apprentissage extraordinairement puissant permet en une seule fois d'associer l'image sensorielle d'un aliment aux conséquences physiques de son ingestion.

"On apprend à détester en une fois, mais il est beaucoup plus long d'apprendre à aimer". France Bellisle.

Les deux pentes du plaisir

Deux voies du plaisir :

- La première est de l'ordre du désir pur, attente d'un objet convoité ou d'un plaisir sans objet
- La seconde est liée à la consommation et à la satisfaction d'un besoin.
- La première suit les voies qui utilisent la dopamine comme neurotransmetteur
- La deuxième emprunte des voies qui libèrent des endomorphines

Les deux systèmes fonctionnent de façon synergétique
Et il est parfois difficile de séparer les deux

Désir et plaisir

- Il existe, dans notre cerveau, un puissant système de neurotransmission qui nous permet de moduler perceptions et actions sur le monde en fonction des circonstances.
- Chaque situation sera ainsi affectée d'une valeur agréable ou déplaisante, effrayante ou bienveillante.
- Chaque situation pourra ainsi être mémorisée en fonction de son contexte, et l'individu de nouveau confronté avec elle pourra réagir de façon appropriée, si ce n'est intentionnelle.
- Le désir accompagne ainsi le plaisir et la souffrance.

Intégration de l'information

La composante hédonique

- Au départ l'image sensorielle est neutre. Au moment de sa mise en mémoire, l'image sensorielle est automatiquement et nécessairement associée à l'état du centre du plaisir.
- Au moment d'être reconnue, à l'occasion d'une nouvelle stimulation, la connotation de plaisir précédemment mémorisé deviendra consciente exactement en même temps que les autres caractéristiques d'intensité et de qualité.

La plasticité de la composante hédonique

- La connotation hédonique est remise à jour à chaque nouvelle évocation.
- Elle n'a donc rien d'immuable et est donc "plastique".
- La caractéristique hédonique dépend très fortement du vécu et des particularités psychologiques du sujet.
- Elle est de ce fait très différente de l'intensité et de la qualité qui sont elles déterminées par les propriétés physico-chimiques du stimulus et par les particularités génétiques et physiologiques du sujet.

Plaisir et produit

Une dimension temporelle

- Un objet appétissant ne l'est jamais par lui même.
- Le caractère appétissant est principalement acquis chez l'homme grâce à la culture et à l'éducation; il laisse peu de place à l'instinct.
- Chez l'animal, en revanche, le choix des matières alimentaires appartient à l'espèce mais l'apprentissage ou l'environnement social peuvent y avoir leur place.
- Dans tous les cas, la dimension temporelle de la rencontre entre un objet qui se mange et un univers humain (individu, espèce, milieu social) est déterminante.

Et l'inné ? Et L'instinct ?

- L'attrait pour le sucré et le rejet de l'amertume sont probablement quelque chose d'inné et de naturel.
- Ces réactions qui se retrouvent dans la plupart des cultures ont un sens biologique : dans la nature, les saveurs sucrées sont souvent associées à des sources d'énergie et nombre de produits toxiques sont amers.
- Pour autant nous ne sommes pas, et de loin, génétiquement condamnés à aimer tel aliment ou détester tel autre.

Les préférences alimentaires

- Les préférences évolueront au fil de la vie en fonction de l'histoire de chaque individu; en fonction bien sûr de son expérience biologique, mais aussi de l'environnement social et culturel (par exemple par la présentation répétée des aliments).
- On acceptera ainsi plus facilement une sensation donnée si elle est associée à une composante agréable déjà connue
- Nous apprendrons ainsi à aimer, par des voies diverses et variées, des substances éventuellement très aversives au départ.

Typologies de consommateurs

- Oublions l'idée de contenter tout le monde avec un seul produit
- L'avenir est au regroupement des consommateurs par types de préférences
- Mais expliquer ces typologies de consommateurs par des variables simples (sexe, age, socio culturelles, etc) sera rarement couronné de succès
- Mais expliquer ces typologies de consommateurs par des degrés physiologiques de sensibilité sera également rarement couronné de succès.

Adaptation et adaptation croisée

L'adaptation

La sensation résultant d'une stimulation sensorielle continue décroît jusqu'à disparaître totalement après quelques minutes.

Ce phénomène expérimental, autrefois appelé fatigue sensorielle, existe pour tous les système sensoriels mais est particulièrement prononcé pour l'odorat.

Le repos sensoriel restaure ensuite la sensibilité initiale.

L'adaptation

- Si le sujet est soumis à plusieurs séances successives de stimulation par le même produit, espacées de quelques minutes seulement, la sensation disparaît de plus en plus rapidement.
- On montre également que le seuil de perception, mesuré pendant les pauses inter-stimulation, s'élève au fur et à mesure que s'allonge le temps pendant lequel l'organe est exposé au stimulant.
- Pour une même durée d'exposition, le seuil s'élève d'autant plus que la concentration de l'odorant est élevé.

L'adaptation croisée

- **L'adaptation directe** est celle qu'un odorant, ou stimulus, exerce vis-à-vis de sa propre perception.
- **L'adaptation croisée** est celle qui s'exerce pour un odorant B (et se traduit donc par une augmentation du seuil de perception) à la suite de l'exposition à un odorant A.

L'adaptation croisée est un phénomène très répandu mais dont l'amplitude est très variable selon les couples d'odorant étudiés.

L'adaptation, phénomène central ou périphérique ?

Si l'adaptation a longtemps été considérée comme un phénomène périphérique (c'est à dire dépendant exclusivement des propriétés des récepteurs), on sait maintenant qu'il s'agit aussi en partie d'un phénomène central (c'est à dire résultant d'interactions entre neurones localisés dans le bulbe olfactif ou plus avant dans le cerveau).

Les différences interindividuelles

- Au niveau hédonique

Intégration de l'information

La composante hédonique

- Au départ l'image sensorielle est neutre. Au moment de sa mise en mémoire, l'image sensorielle est automatiquement et nécessairement associée à l'état du centre du plaisir.
- Au moment d'être reconnue, à l'occasion d'une nouvelle stimulation, la connotation de plaisir précédemment mémorisé deviendra consciente exactement en même temps que les autres caractéristiques d'intensité et de qualité.

La plasticité de la composante hédonique

- La connotation hédonique est remise à jour à chaque nouvelle évocation.
- Elle n'a donc rien d'immuable et est donc "plastique".
- La caractéristique hédonique dépend très fortement du vécu et des particularités psychologiques du sujet.
- Elle est de ce fait très différente de l'intensité et de la qualité qui sont elles déterminées par les propriétés physico-chimiques du stimulus et par les particularités génétiques et physiologiques du sujet.

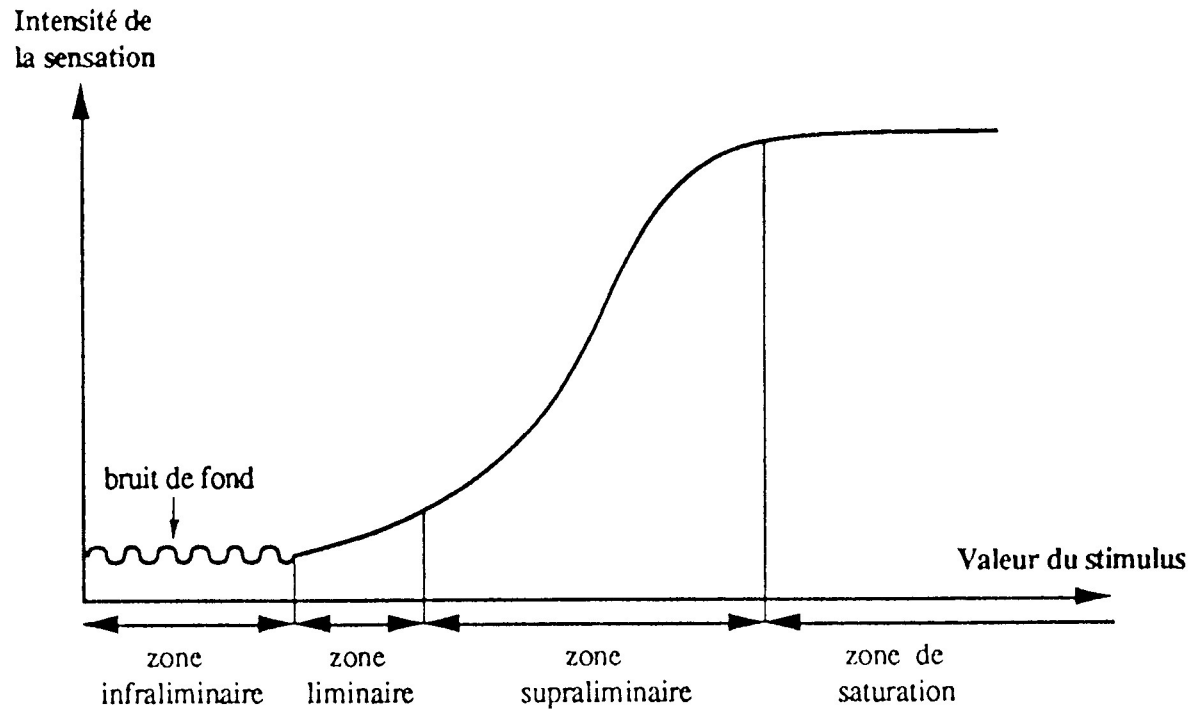
Typologies de consommateurs

- Oublions l'idée de contenter tout le monde avec un seul produit
- L'avenir est au regroupement des consommateurs par types de préférences
- Mais expliquer ces typologies de consommateurs par des variables simples (sexe, age, socio culturelles, etc) sera rarement couronné de succès
- Mais expliquer ces typologies de consommateurs par des degrés physiologiques de sensibilité sera également rarement couronné de succès.

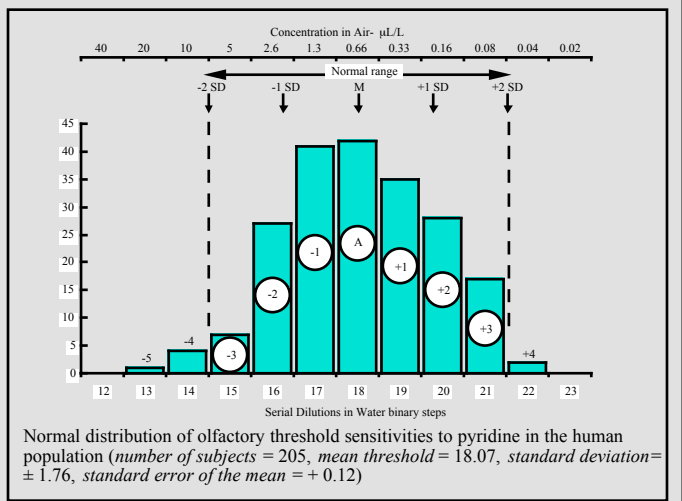
Les différences interindividuelles

- Au niveau hédonique
- Au niveau sensation = $f(\text{stimulus})$

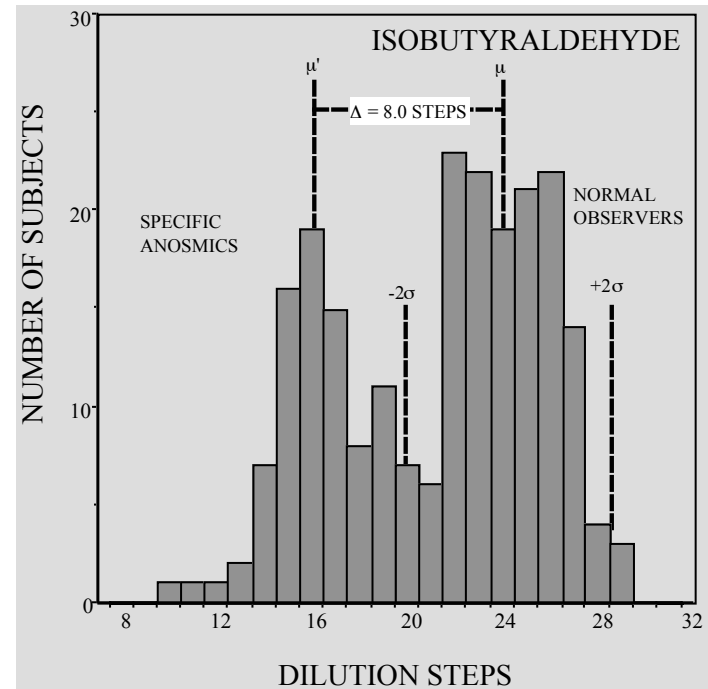
La courbe $\text{Int. Sens} = f(\text{Stim})$



Seuils de perception

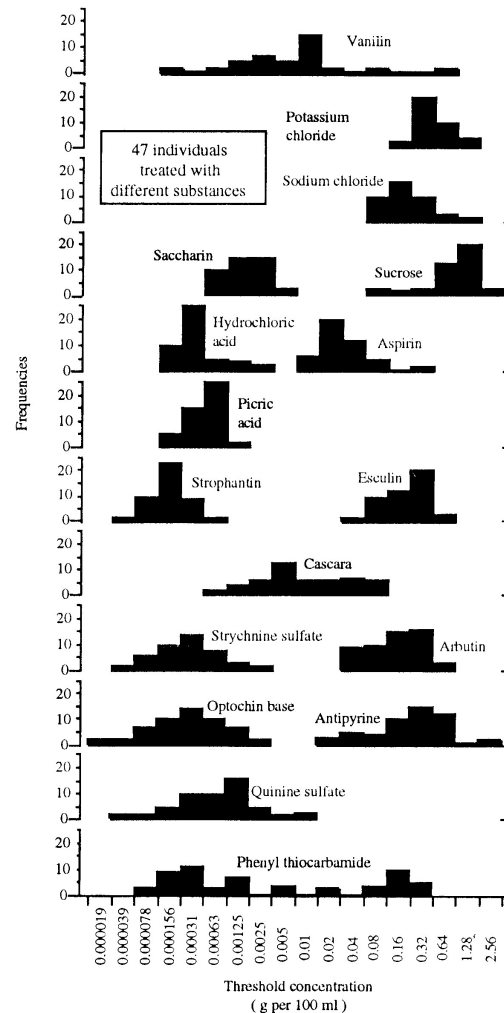


Amoore, 1986



Amoore, 1976

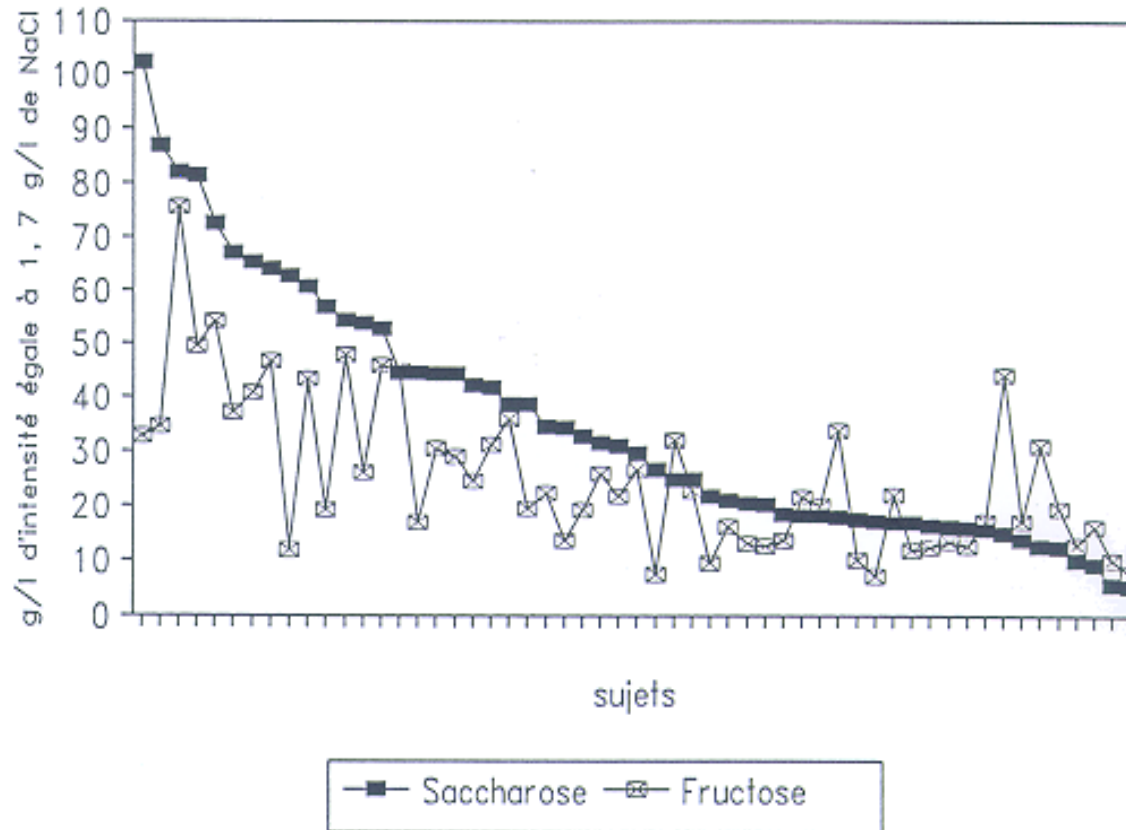
Seuils sujets-substances



Répartition
des seuils
de détection
à 17
substances
pour 47
sujets

Source : Blakeslee et Salmon, 1935

Pouvoir sucrant et différences inter-individuelles



Quelles connaissances sensorielles avez vous ?

- L'entraînement améliore la sensibilité (parfumeurs, cuisiniers, œnologues...)
- Le goût c'est de l'odeur
- On sent le sucré au bout de la langue et l'amer au fond
- Les quatre saveurs fondamentales
- Les cinq saveurs fondamentales
- Le terroir c'est important pour le goût
- Le bio c'est meilleur
- Le bon chocolat c'est le chocolat noir
- On apprend à aimer le goût sucré
- Les vrais amateurs de viande l'aiment saignante
- Les fumeurs sont moins sensibles aux odeurs
- Les daltoniens confondent le rouge avec le vert
- On peut apprendre à tout aimer, même ce qui est douloureux
- Les aveugles sont plus sensibles à l'ouïe et au toucher

Trois particularités de la mesure sensorielle

- 1- Les propriétés sensorielles n'appartiennent pas aux produits
- 2- Diversité des interlocuteurs
- 3- Une information complexe, à la fois objective et subjective

Trois particularités de la mesure sensorielle

- 1- Les propriétés sensorielles n'appartiennent pas aux produits
- 2- Diversité des interlocuteurs
- 3- Une information complexe, à la fois objective et subjective

3 - Une mesure à la fois subjective et objective

Consommateurs
Préférences

Hedonique (Plaisir)

Vous aimez ?

J'aime beaucoup
Je n'aime pas du tout

Plus subjectif

Une source de variabilité bien acceptée

Analytique sensoriel
Description

Qualitatif

Qu'est ce que c'est ?
C'est ferme
C'est collant

Quantitatif

Combien il y en a ?
C'est très gras
C'est légèrement collant

Plus objectif

Une possibilité d'accord

Deux grands types d'activités sensorielles

Descriptive analytique

- ◆ Environnement maîtrisé
- ◆ Démarche analytique et produits contrôlés
- ◆ Sujets humains caractérisés, aux spécificités connues, et entraînés à l'évaluation

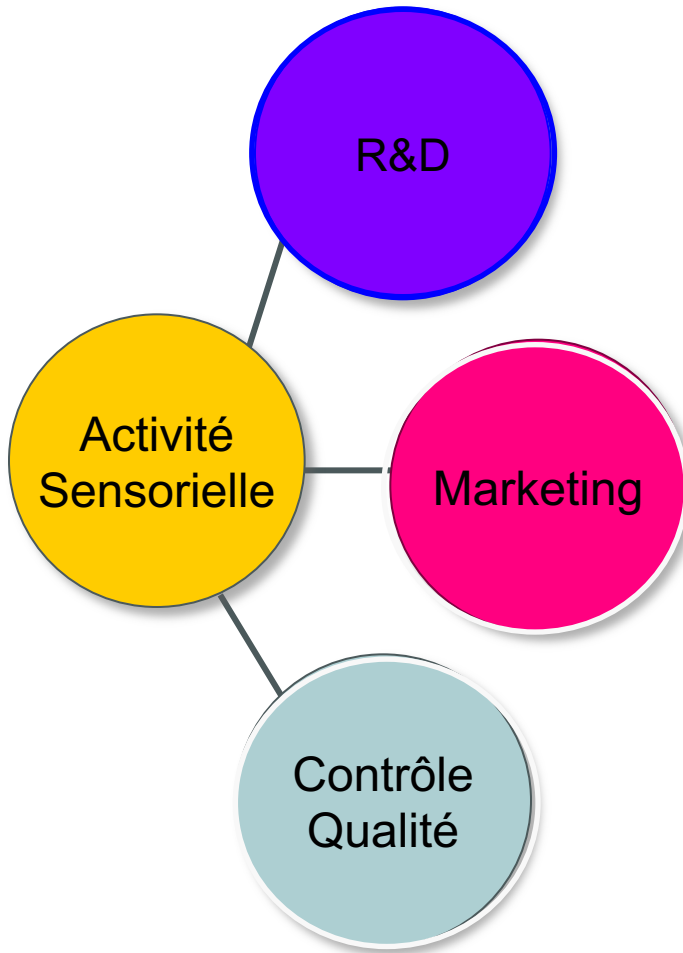
Comportementale consommateurs

- ◆ Environnement « naturel »
- ◆ Influences culturelles
- ◆ Couvrir la diversité des utilisateurs

Trois particularités de la mesure sensorielle

- 1- Les propriétés sensorielles n'appartiennent pas aux produits
- 2- Diversité des interlocuteurs
- 3- Une information complexe, à la fois objective et subjective

Une activité d'interface



Développement produits
Comparaisons de formules
Lien avec l'instrumental

Préférences consommateurs
Analyse de la concurrence
Impact sensoriel sur les choix

Cahiers des charges sensoriels
Suivi de fabrication
Calibration de l'instrumental
pour la fabrication

2 Des questions posées en sensoriel...

- “L'arôme que me propose ce nouveau fournisseur; il est pareil que l'ancien ?”
- “Quelle est la texture de crème que les consommateurs vont préférer parmi celles-ci ?”
- “Le marketing veut un biscuit au goût de vacances.
Et comment je fais cela moi ?”
- “Je dois remplacer un outil de production dans l'usine.
Est que mon produit fini sera identique ?”
- “Cet arôme de cannelle à 2 ‰, vous êtes sûr que les consommateurs vont le sentir ?”
- “73 gels douches sur le marché français
En quoi sont ils différents ?”
- “Ces produits de surimi japonais sont très différents des surimis français.
Vous croyez que les français accepteraient cela ?”
- “A quel niveau limite de contrôle faut il que je règle ce texturomètre ? ?”
- “Et si on mettait en place un nez électronique ?”

L'idéal d'une démarche sensorielle

Prendre en compte la diversité des perceptions humaines (objectifs, physiologiques, comportementales, culturelles)

Structurer l'activité pour en tirer le maximum d'informations, avec la meilleure fiabilité possible, dans une démarche globale d'entreprise.