

1. *Comment le système nerveux construit-il pour nous les sensations d'équilibre de posture et d'accélération ?
Applications physiopathologiques : trouble de l'équilibration*
2. *Complément de ce qui a été vu sur la construction du monde (réel) et de notre monde subjectif*
3. *Conscience ? esprit ? âme ?*

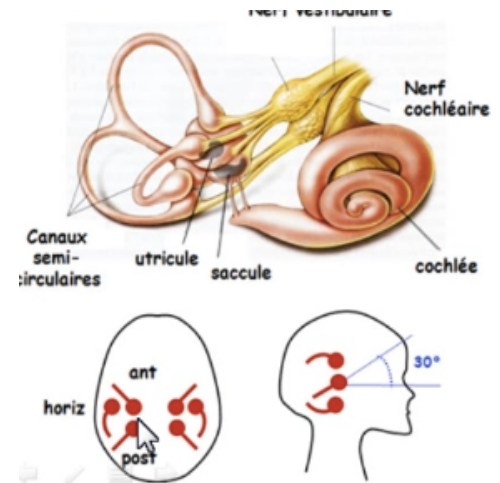
I – Appareil vestibulaire – Equilibration

A- Labyrinthe vestibulaire

- **Architecture** : dans l'oreille interne, les informations sont transmises par le nerf vestibulaire puis le nerf auditif.

Il est formé de plusieurs structures :

- Deux organes à otolithes
 - **Utricule** : horizontal
 - **Sacculle** : verticalPourvus chacun d'une **macula** et de récepteurs sensibles à **l'orientation de la tête et aux accélérations linéaires**
- Trois canaux semi-circulaires :
 - 1 horizontal
 - 2 verticaux (antérieur et postérieur)Orthogonaux les uns par rapport aux autres, ils possèdent une **ampoule** et des récepteurs sensibles aux **rotations de la tête** (accélération angulaire)

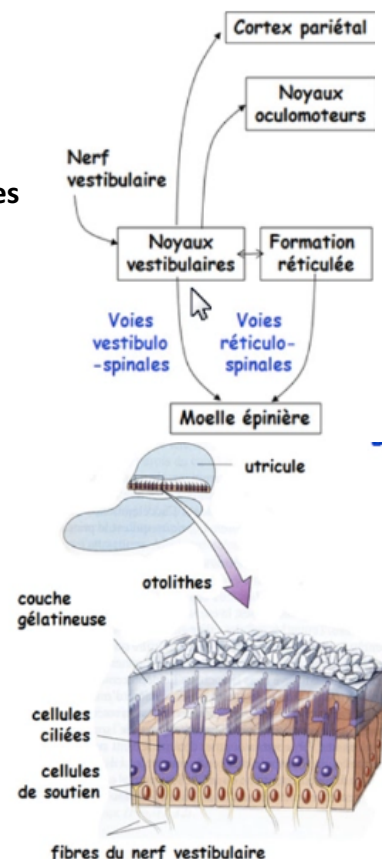


Voies vestibulaires :

- Relais : dans les noyaux vestibulaires du tronc cérébral + relation avec la formation réticulée, le thalamus et le cervelet
- Projection vers la moelle épinière : via les voies **vestibulospinales et réticulospinales**
- Adaptations posturales : équilibration automatique du corps et préservation de l'équilibre au cours des mouvements du corps
- Projection vers les noyaux oculomoteurs :

Oculomotricité réflexe : coordination des mouvements des yeux et de la tête

- Projection vers le cortex pariétal : perception consciente de la position et des mouvements de la tête, donne le sens de l'équilibre



B- Utricule, sacculle – sens d'orientation de la tête

- **Cellules ciliées** : dans la **macula**. Elles sont composées de cils enrobés dans une substance gélatineuse recouverte d'**otolithes** (cristaux de carbonate de calcium). Elles font synapses (excitatrices) avec les fibres du nerf vestibulaire.

La fréquence de décharge des fibres nerveuses est fonction du **sens d'orientation des cils**

Les cellules sont disposées dans **toutes les orientations** de manière à coder toutes les directions de l'espace grâce à l'ensemble des cellules ciliées :

- Utricule horizontal
- Sacculle vertical

Rôle de l'utricule et du sacculle

- **Détection de la position de la tête** :

- Inclinaison en arrière de la tête → poids des otolithes incline les cils vers l'arrière → changement de l'activité nerveuse
- Réponse réflexe : contraction réflexe des muscles appropriés (correction vers l'avant) = maintien de l'équilibre statique en association avec les récepteurs proprioceptifs cervicaux et avec la vision

- **Détection des accélérations linéaires** : brusque accélération vers l'avant → inclinaison des cils vers l'arrière par inertie des otolithes → contraction réflexe des muscles appropriées → inclinaison du corps vers l'avant (évite les chutes en arrière)

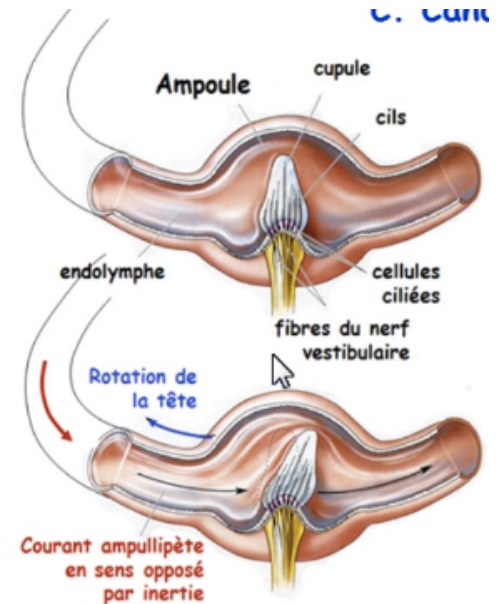
C- Canaux semi-circulaires – sens de rotation de la tête

- **Cellules ciliées** possèdent des cils enchâssés dans la **cupule** : masse gélatineuse
Elles font synapse excitatrice avec des fibres du nerf vestibulaire et leur fréquence de décharge est fonction du **sens d'inclinaison des cils** = sens du mouvement de l'endolymphe par inertie

- **Codage du sens de rotation** :

- **Courant ampullipète** → augmentation de la fréquence de décharge (activation)
- **Courant ampullifuge** → diminution de la fréquence de décharge (inhibition)

La disposition orthogonale des 3 canaux semi-circulaires permet de coder tous les sens de rotation de l'espace



Effet des canaux pendant une rotation

- Début d'une rotation de la tête à gauche :

Par inertie : courant endolymphatique et inclinaison des cils à droite dans les canaux des deux côtés = **courant ampullipète dans le canal gauche et ampullifuge dans le canal droit**

- Effets : perception consciente d'une rotation de la tête à gauche

- **Rotation réflexe conjuguée des yeux** (du regard) et du corps (des index) vers la droite (dans le sens du courant) pour maintenir l'image au centre de la rétine = poursuite de la cible
- Si la rotation continue : les yeux atteignent leur position extrême → le centre de la latéralité provoque **une saccade** : rotation oculaire rapide vers la gauche : recale le regard vers l'avant

- L'ensemble : **Nystagmus (physiologique)** : secousse lente (poursuite dans le sens opposé à la tête) + saccade (dans le sens de la tête)

Sens du nystagmus = sens de la saccade : ici il « bat » à gauche

Effet des canaux à l'arrêt d'une rotation

- Arrêt d'une rotation à gauche

Par inertie : courant endolymphatique à gauche → inclinaison des cils à gauche dans les canaux des deux côtés = **courant ampullifuge à gauche (inhibition) et ampullipète à droite**

- Effet :

- Sensation de tourner à droite (ou que le monde tourne à gauche)
- Rotation réflexe conjuguée des yeux et du corps vers la gauche
- Saccade à droite : nystagmus à droite

- Lésion du VIII gauche : inhibition gauche

- Vertiges, sensation de tourner à droite
- Vomissements
- Déviation des yeux et des index à gauche
- Nystagmus spontané vers la droite

II – Gustation

A- Récepteurs gustatifs

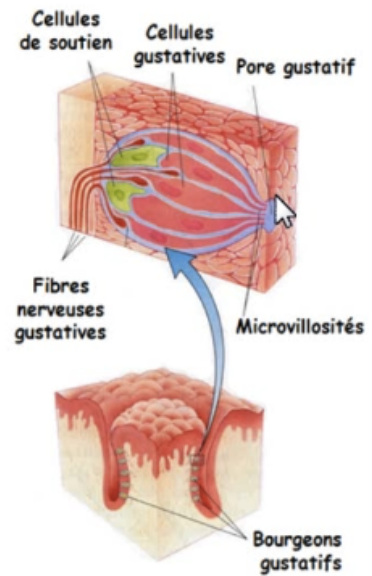
- **Bourgeons gustatifs** : situés sur les papilles de la langue

- Fungiformes : avant de la langue
- Foliacées : bords de la langue
- Caliciformes : V lingual

Participent au goût avec le système olfactif et avec la sensibilité tactile de la muqueuse buccale

- **Cellules gustatives** : cellules réceptrices, environ 50 à 150 par bourgeons. Elles font synapses avec les fibres nerveuses et comportent des **microvillosités** : poils gustatifs sortant par le pore gustatif

- **Fonctionnement** : agent sapide se fixe sur des récepteurs des microvillosités → entrée de **Na⁺** → dépolarisation = potentiel de récepteur → potentiel d'action sur les fibres nerveuses



B- Sensations gustatives primaires

- **Combinaison de 5 goûts de base** :

- Salé : Na⁺
- Acide : H⁺
- Amer : K⁺, Mg²⁺, caféine, quinine
- Sucré : fructose, saccharose, aspartame
- Umami = savoureux : glutamate, ribonucléotides

- **Sensibilité des cellules gustatives** : chaque cellule est sensible à 2 ou 3 des goûts de base : au salé, à l'acide et à l'un des 3 autres goûts (amer, sucré ou umami : sélectivité pour l'un ou l'autre de ces 3).

Les neurones ont **une sensibilité préférentielle mais pas de sélectivité absolue**.

Le codage du goût d'un aliment se fait par combinaison d'activités de populations de neurones (codage de population)

Donc une saveur = une combinaison

C- Transduction des goûts primaires

- **Transduction du salé et de l'acide**

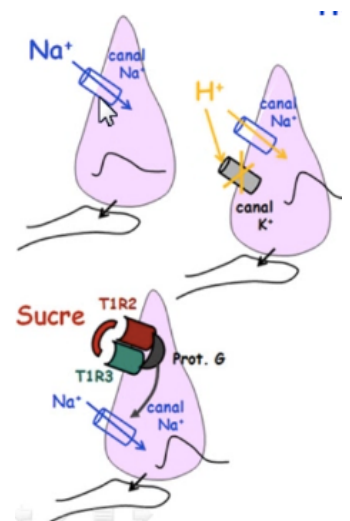
- Salé : passage de **Na** à travers un **canal Na⁺ particulier**, ouvert de base, non voltage dépendant (bloqué par l'amiloride) → dépolarisation
- Acide : idem : passage de **H⁺** à travers le **même canal Na⁺** sensible à l'amiloride mais avec blocage d'un canal K par les ions H⁺ (contribue à la dépolarisation)

- **Transduction des 3 autres goûts** : passent par des **récepteurs couplés aux protéines G** → activation d'une **phospholipase C** → activation d'un canal Na⁺ spécifique → dépolarisation

Le récepteur est une protéine ou un complexe de 2 protéines

3 types de cellules avec récepteurs spécifique pour chacune :

- Umami : complexe T1R1+T1R3
- Sucré : complexe T1R2 + T1R3
- Amer : protéine T2R (30sortes)



D- Voies cérébrales du goût

- 3 nerfs crâniens : VIIbis, IX, X
- Projections centrales : principalement homolatérales
 - Tronc cérébral : noyau gustatif
 - Thalamus : noyau ventral postéromédian
 - Cortex gustatif primaire : cortex insulaire
- Modifications :
Stimulation du cortex gustatif → illusions gustatives : sensations d'amer, sucré...
- Autres projections :
 - Noyau salivaire → salivation
 - Hypothalamus → comportements alimentaires, plaisir

Lésion des centres → ageusie

III – Olfaction

A- Récepteurs olfactifs

- **Épithélium olfactif** : muqueuse partie supérieure des fosses nasales (densité ++ chez l'homme)

- **Cellules olfactives réceptrices** : véritable neurone avec un dendrite à cils olfactifs baignant dans un mucus, entouré de cellules de soutien fabriquant le mucus

Les axones (= nerf olfactif) traversent **la lame criblée** de l'éthmoïde et font synapse avec des neurones IIaires du bulbe olfactif

- **Glomérule olfactif**

Lieu de convergence : dans chacun 25 000 axones Iaires pour 100 neurones IIaires

Effet multiplicateur : compense la faible probabilité que les molécules odorantes dispersées dans l'air inspiré atteignent leur cible

B- Transduction des odeurs

- **Mécanisme d'action des molécules odorantes**

- Liaison à des protéines du mucus (qui les concentrent)
- Liaison à une protéine réceptrice sur les cils des cellules olfactives
- Couplage à une **protéine G** → activation de l'adénylcyclase → AMPc → entrée de **Na⁺ et de Ca²⁺** (+ sortie de Cl⁻ hyperconcentré)

→ **dépolarisation** = potentiel de récepteur : potentiel d'action qui partent sur l'axone des 1er neurone

- Phénomène d'habituation rapide

C- Codage des odeurs

- **Par les protéines réceptrices** : donnent les odeurs de base ?

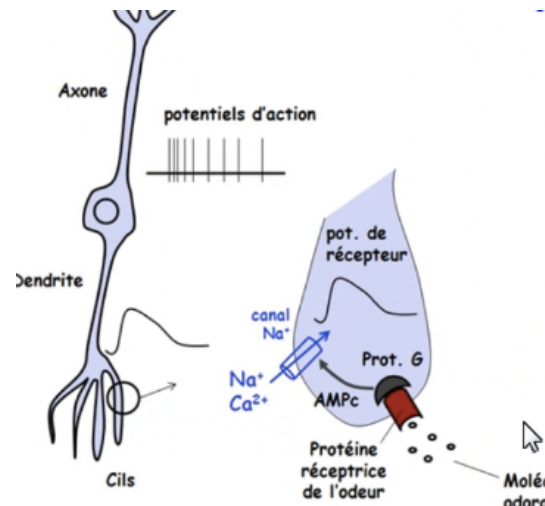
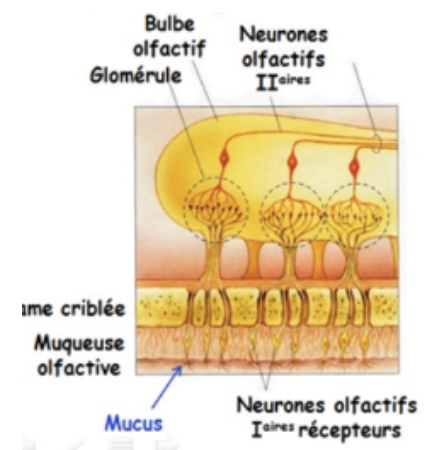
Pas d'économie, non pas 3 comme dans le codage des couleurs par les cônes, ni 5 comme dans le codage des goûts et des saveurs par les cellules gustatives

Mais 50 à 100 ou plus chez l'homme, 1000 chez le rat....

Codées par des gènes différents donc nombreux

- **Principe du codage**

Chaque cellule olfactive exprime une seule protéine réceptrice et chaque glomérule olfactif ne reçoit les synapses que d'un seul type de cellule olfactive = cartographie des odeurs dans le bulbe olfactif



Chaque protéine réceptrice répond préférentiellement à une substance odorante, mais la sélectivité n'est que partielle
 Une substance odorante active en général plusieurs protéines réceptrices donc plusieurs types de cellules olfactives et de glomérules)
 Codage d'une odeur par une combinaison d'activités de populations de neurones (codage de population)
 Une odeur = une combinaison

D- Voies cérébrales de l'olfaction

- Projections directes :

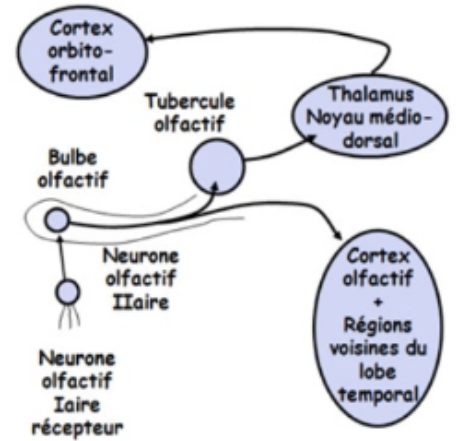
- Des neurones Ilaire sur le cortex olfactif (aire entorhinale, lobe piriforme) et les régions voisines du lobe temporal (uncus + T5)
- **SANS RELAIS THALAMIQUE** (exception)
- Action directe des odeurs sur les émotions (peur, excitations, pulsions sexuelles), les motivations, les aversions (odeur, fumée...), la mémoire

- Projections indirectes

- Relais : tubercule olfactif → noyau médiodorsal du thalamus → cortex orbitofrontal
- Perception consciente des odeurs
- La stimulation provoque des hallucinations olfactives

- Autres projections :

- Noyaux salivaires → salivation
- Hypothalamus → comportement alimentaire, réactions affectives



Lésion : **anosmie**

IV – Conclusion

Questionnement naïf ou philosophique

- Etonnement :

Comment le système nerveux transforme-t-il des potentiels d'action invariant en corps, en sons, en couleurs, en odeurs, en goûts qui soient pour nous ?

Qu'est ce qu'un son, une couleur, une odeur ?

Comment le système nerveux construit-il le monde tel qu'il est pour nous ? comment se fait-il que les choses soient pour nous ?

Version motrice : Comment se fait-il que nos projets soient transformés en potentiel d'action et en actions ?

Comment le cerveau fait-il ce que nous voulons ?

- Présumé naïf : quelque chose d'insaisissable

Serait ajouté de façon miraculeuse, magique, incompréhensible

Par : une âme, une puissance extérieure, la conscience

Donnerait existence et sens à ce qui n'en aurait pas par soit même

Créerait nos sensations, nos idées et nos émotions les plus intimes, mais aussi nos actes

- Mais faut-il parler de création (de magie)

Pour qui ? Une âme ? Un esprit ? La conscience ? façon de dire respectable et utile)

(DESO J'AI PAS COMPRIS, IL EST PARTI ASSEZ LOIN DANS SON DÉLIRE...)

Mise en forme et prise de sens

- Les récepteurs sensoriels mettent en forme nos sensations (plus qu'ils ne les créent) :

- Convertissent d'une manière spécifique les énergies physiques qu'ils reçoivent du monde extérieur en signaux électriques
- Donnent une interprétation particulière du monde par la façon dont ils effectuent la conversion (la transduction)

- Font exister ce monde sous forme de messages dans le système nerveux : signifiants par la façon dont ils le font être, selon les modalités qu'ils lui impriment
- **Les récepteurs sensoriels donnent un sens bien déterminé aux potentiels d'actions banaux et invariants :**
 - Proviendront à tel moment de tel endroit du corps et de tel mode de mise en forme de telles énergies physiques
 - L'explication de notre perception commence avec l'activation des récepteurs et la mise en forme de signaux : un être et un sens se donnent

Poursuite de l'explication neurophysiologique

- **L'explication se continue ensuite au sein du système nerveux**
 - Maintien d'une distinction des fibres selon leur origine dans l'espace du corps
 - Maintien d'une séparation dans le temps des messages conduits
 - L'organisation spatiotemporelle des voies nerveuses crée des représentations dynamiques du corps et du monde dans le cerveau, notamment dans le cortex
- **Chaque relai, chaque connexion transforme ensuite les messages nerveux = les interprète et leur donne un sens nouveau en changeant**
 - Non leur nature (une configuration potentielle d'action identique)
 - Mais leurs circonstances et conditions de survenue (coincidences, successions)
- C'est ainsi que les activités électriques existent et prennent sens pour nous : parce qu'elles auront été mises en forme à tel endroit de telle façon et non de telle autre, elles signifieront (représenteront) cela et non ceci, leur sens sera cela

(à lire si vous vous ennuyez mais clairement pas à apprendre je pense...)

Mystère restant

- La merveille, si merveille il y a (et il y en a une), c'est que nous pensions, que nous soyons que notre corps, le monde, l'espace et le temps soient.. qu'il y ait des qualités, des couleurs, des odeurs
- Nul besoin de les ajouter à la fin, alors qu'ils étaient là dès le départ puisqu'il s'agissait précisément de les expliquer, d'en rechercher et d'en suivre les traces ou des représentations dans le système nerveux
- On montrerait n'avoir rien écouté de l'explication si l'on demandait à la fin de réintroduire ce qu'elle s'est attachée à expliquer : comme si elle n'avait rien fait
- Etudier les conditions cérébrales/matérielles qui donnent sens aux voies et aux messages nerveux n'oblige pas à croire qu'on ne peut, dès lors connaître le sens de nos actions, de nos projets et de nos sentiments qu'en en passant par ces conditions. N'empêche pas non plus d'étudier d'autres conditions matérielles ou non à ce que nous percevions du jaune, et n'est pas la seule façon de se demander et d'expliquer ce que nous faisons et comment il se fait que les choses soient qu'elles soient pour nous