NEUROPHYSIOLOGIE DU SYSTEME VESTIBULAIRE

* Le système vestibulaire rempli trios grandes fonctions :
* Apport une information consciente sur la position et les mouvements de la tête dans l’espace.
* Participe à l’équilibration du corps. Définition de l’équilibration : maintenir une posture stable en assurant une projection du centre de gravité du sujet au sein du polygone de sustentation.
* Permet une vision stable de l’environnement par l’intermédiaire de mouvements automatiques (ou reflexes) des yeux compensatoires aux mouvements de la tête.

# I. La morphologie du système vestibulaire

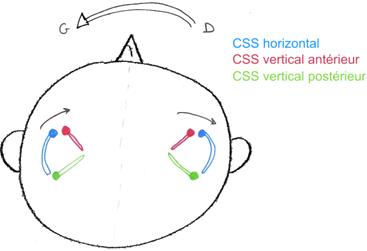
* L’appareil vestibulaire est un système de cavité creusé dans l’os temporal. Il se divise en deux systèmes fonctionnels
* Trois canaux semi-circulaires.
* Deux cavités : l’utricule et le saccule.
* Les trois canaux semi-circulaires :
* Sont situés chacun dans les trois plans de l’espace :
* Un canal semi-circulaire postérieur.
* Un canal semi-circulaire antérieur.
* Un canal semi-circulaire horizontal.
* On y retrouve un type des récepteurs ampulaires qui ont une sensibilité dynamique (aucune sensibilité statique) aux mouvements rotatoires de la tête à la composante accélératrice.
* Les deux cavités :
  + L’utricule  dans un plan horizontal.
  + Le saccule dans un plan vertical.
* Avec des récepteurs maculaires (utriculaires et sacculaires) :
  + Où on y retrouve des otolithes qui permettent une sensibilité statique.
  + Ils ont aussi une sensibilité dynamique pour les mouvements linéaires horizontaux et verticaux.
* Il y a deux appareils vestibulaires. Dans un appareil de mouvement de droite vers la gauche :
* Un système est disfacilité.
* L’autre est excité.

## 1. Exploration des récepteurs ampullaires

* Epithélium qui tapisse la partie osseuse du canal semi-circulaire. Cet épithélium délimite avec la paroi osseuse deux espaces :
* Un espace endo-lymphatique : où circule l’endolymphe.
* Un espace péri-lymphatique : où circule la périlymphe.
* Au niveau de l’ampoule il y a une zone avec les cellules réceptrices :
* Cellules réceptrices qui font synapses avec des neurones afférents.
* Ces neurones afférents utilisent le VIII vestibulaire.
* La cupule est une masse gélatineuse :
  + Fixée à l’os
  + Obstrue la lumière de l’ampoule.
  + Emprisonne les fibres des cellules sensorielles réceptrices.
* Exemple tête affectée par un mouvement de la droite vers la gauche :
* Sujet d’abord immobile puis mouvement avec accélération positive.
* Mouvement relatif de l’endolymphe dans le sens inverse.

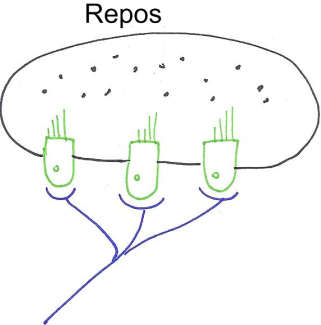
Si le mouvement était à vitesse constante (mouvement linéaire) l’endolymphe ne bouge plus.

* Cela crée un déplacement de la cupule à l’origine d’une inclination des cils.
* Le stimulus que perçoivent les cellules sensorielles est cette inclinaison des cils.
* Il y a alors une ouverture de protéines canal 🡪 dépolarisation de la cellule 🡪 potentiel d’action.
* Toutes les cellules sensorielles :
* Présentent un grand cil appelé kinocils.
* Puis les cils sont rangés en taille décroissante.
* Elles ont toutes la même orientation des cils.
* Si les cils s’inclinent vers le kinocil : excitateur pour la cellule.
* Si les cils s’inclinent vers le plus petit cil : inhibiteur pour la cellule.
* Mouvement de la droite vers la gauche.
* L’endolymphe du CSS horizontal gauche il y a un mouvement qui se fait vers l’ampoule (ampulipètre) : à l’origine d’une excitation (inclinaison vers kinocils).
* L’endolymphe du CSS horizontal droit il y a un mouvement qui se fait dans le sens inverse de l’ampoule (ampulifuge) : à l’origine d’une inhibition (inclinaison vers les petits cils).

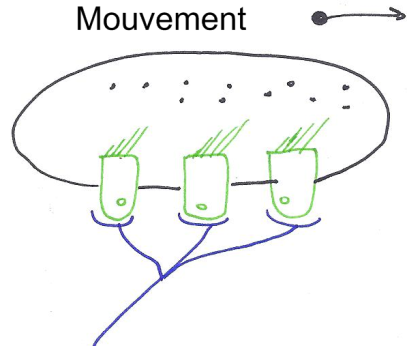


## 2. Exploration des récepteurs maculaires

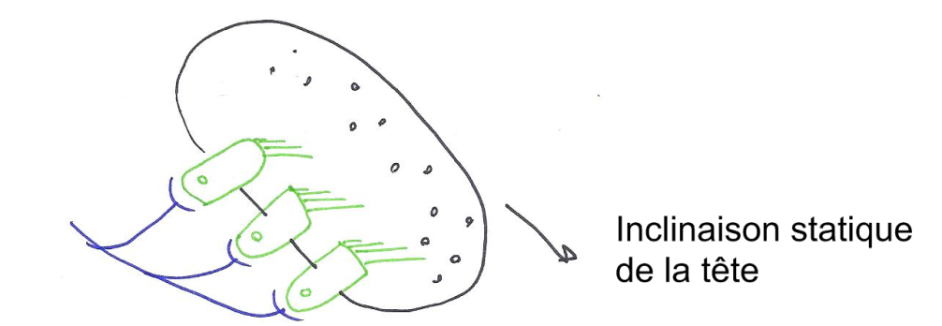
* Stimulés dans les mouvements linéaires :
* Horizontaux pour les récepteurs maculaires utriculaires.
* Verticaux pour les récepteurs maculaires sacculaires.
* Les cils de ces cellules réceptrices maculaires :
* Ont leurs cils emprisonnés dans une masse gélatineuse (où on y retrouve des otolithes = cristaux de carbonates de calcium responsable de la sensibilité statique). Cf. petits points schéma
* Ils sont une sensibilité dynamique.



* Accélération linéaire dans un sens :
* A l’origine d’un mouvement de la masse gélatineuse dans l’autre sens.
* Ce qui excite ou non les cils des cellules réceptrices.



* Inclinaison de la tête, sensibilité statique.
* Les otolithes par la gravité sont à l’origine d’une inclinaison permanente de la masse gélatineuse.
* Cela est à l’origine d’une inclinaison permanente des cils pour permettre de coder une information statique.



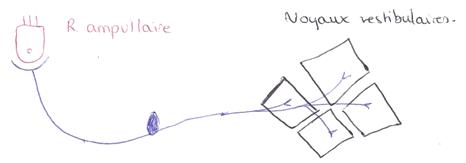
* On retrouve deux types de cellules maculaires sacculaires :
* Certaines dont le grand cil est en avant.
* Certaines dont le grand cil est en arrière.
* Ces cellules ne sont pas mélangés elles forment deux paquets.
* Cela permet que peu importe le type de mouvement (mouvement linéaire de l’avant vers l’arrière ou de l’arrière vers l’avant) il y a toujours un groupe de cellule excité.

Exemple : mouvement linéaire de l’avant vers l’arrière.

* Mouvement de l’endolymphe vers l’arrière.
* Excite les cellules avec grand cil en arrière sont excitées.

# II. Les projections des informations vestibulaires

* Les fibres nerveuses des efférences des récepteurs ampullaires :
* Chemine dans le N. vestibulaire VIII.
* Se terminent dans les 4 noyaux vestibulaires (externe, interne, supérieur et inférieure).



## 1. Projections supérieures

* Les fibres partant des noyaux vestibulaires (essentiellement le supérieur et l’interne) :
* Projettent sur le noyau thalamique ventro-postéro-latéral.
* Puis projection sur la partie inférieure du cortex pariétal.

## 2. Projections descendantes

* Les faisceaux vestibulo-spinaux (latéral et médial) :
* Les fibres nerveuses partent des noyaux vestibulaires :
  + Latéral et inférieure pour le faisceau vestibulospinal latéral.
  + Médial pour le faisceau vestibulospinal médial.
* Des informations sont ensuite transmises aux motoneurones α (possibilité de passé par des interneurones).
* Il y a donc une influence sur la posture et l’équilibre en jouant sur le tonus musculaire.

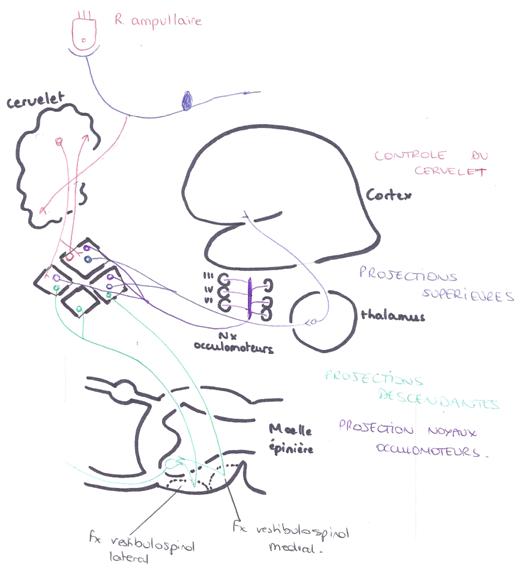
## 3. Projections sur les noyaux oculomoteurs

* Rappels de l’oculomotricité :
* Chaque globe oculaire possède 6 muscles oculomoteurs (qui portent le globe dans toutes les directions de l’espace).
* Le M. droit supérieur et le M. droit inférieur (sa contraction entraine l’œil en bas).
* Le M. droit interne et le M. droit externe (sa contraction entraine l’œil en dehors).
* Le M. grand oblique et le M. petit oblique permettent l’œil de faire des trajets en diagonale.
* Ces muscles dépendent de 3 nerfs crâniens :
  + Le N. oculomoteur III (droit supérieur, droit inférieur, droit interne).
  + Le N. abducens IV (droit externe).
  + Le N. trochléaire VI (obliques).
* Les projections sur les noyaux oculomoteurs :
* Les projections partent essentiellement des noyaux supérieur, interne et externe.
* Ces projections se font sur les N. crâniens III, IV, VI du côté droit et gauche par l’intermédiaire du faisceau longitudinal médian.

## 4. Le contrôle cervelet

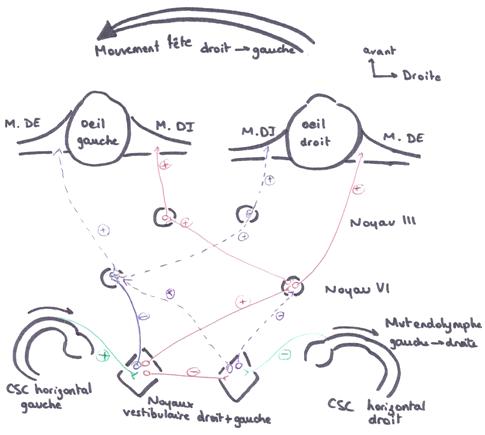
* Le cervelet modifie le gain des reflexes vestibulaires.
* Le cervelet reçoit des projections :
* Directement du N. vestibulaire au niveau du lobe flocullo-nodulaire.
* A partir des noyaux vestibulaires au niveau du vermis.
* Les cellules de Purkinje dans le vermis :
* Ce sont des cellules avec un arbre dendritique très grand dans un seul plan de l’espace.
* Les informations qui en sortent projettent sur les noyaux vestibulaires.
* Il y a une boucle :
* Des noyaux vestibulaires au cervelet 🡪 du cervelet aux noyaux vestibulaires.
* C’est grâce à cette boucle que le cervelet contrôle le fonctionnement des noyaux vestibulaires (reflexes vestibulo-oculaire et vestibulo-spinaux).

## 5. Schema récapitulatif



# III. Le reflexe vestibulo-oculaire

* Le sujet tourne la tête dans un plan strictement horizontal de la droite vers la gauche à vitesse croissante :
* Mouvement relatif de l’endolymphe dans les canaux semi-circulaires horizontaux de la droite vers la gauche :
  + Mouvement ampoulipètre pour le CSC horizontal gauche : excitateur (inclinaison vers le plus grand cil).
  + Mouvement ampulifuge pour le CSC horizontal droit : inhibiteur (inclinaison vers les petits cils).
* Des noyaux vestibulaires partent des fibres :
  + Inhibitrice sur le noyau homolatéral du VI.
  + Excitatrice sur le noyau controlatéral du VI.
  + Inhibitrice sur le noyau vestibulaire controlatéral.
* Des interneurones excitateurs partent du noyau du VI vers le noyau du III controlatéral.
* L’excitation du noyau vestibulaire gauche :
  + Active le noyau du VI gauche et donc :
    - Contracte le M. droit externe gauche.
    - Par un interneurone active le noyau du III droit et donc contracte le M. droit interne droit.
  + Inhibe le noyau du VI droit et donc :
    - Inhibition de la contraction du M. droit externe droit.
    - Par un interneurone inhibe le noyau du III gauche et donc inhibe la contraction du M. droit interne gauche.
* L’inhibition du noyau vestibulaire droit :
  + Empêche l’activation du noyau du VI droit donc :
    - Pas de contraction du M. droit externe droit.
    - Pas d’excitation du noyau III gauche et donc pas de contraction du M. droit interne gauche.
  + Empêche l’inhibition du noyau du VI gauche et donc :
    - Pas de contraction du M. droit externe gauche.
    - Pas d’excitation du noyau du III droit et donc pas de contraction du M. droit interne droit.
* Réponse : mouvement compensatoire des yeux dans un sens inverse (de la gauche vers la droite) afin de maintenir la vision stable.



* Le nystagmus est un mouvement physiologique ayant deux composantes :
* Une composante lente : le reflexe vestibulo-oculaire.
* Suivit d’une composante rapide : mouvement très rapide (appelé saccade). Il est expliqué par des mécanismes générés dans le tronc cérébral (que l’on n’expliquera pas).
* Ces deux composantes sont de sens inverse.
* Le nystagmus est un mouvement lent suivi d’un mouvement rapide d’un autre sens (exemple : lors de la lecture).
* Ce nystagmus physiologique témoigne du bon fonctionnement du système :
* Il survient en réponse à une stimulation (mouvement de la tête qui stimule le système vestibulaire).
* Il est a différencié de nystagmus pathologique.
* Il existe également un nystagmus autocinétique (et non vestibulaire) est un nystagmus physiologique déclenché par des informations visuelles.

# IV. Le syndrome vestibulaire périphérique

* Retrouvé notamment dans une section du N. vestibulaire :
* Perte de l’audition.
* Perte des informations vestibulaires du côté lésé.
* Il y aura un déséquilibre sur les informations venant au cortex (informations ne venant que d’un côté) :
* Vertiges rotatoires (illusion que le monde autour du sujet tourne) : anxiogène et à l’origine de nausées et vomissement.
* Troubles de l’équilibre.
  + Exemple : lésion du N. droit à l’origine d’une déviation du côté droit du côté de la marche et chute du côté droit.
  + Ses troubles de l’équilibre sont majorés par la fermeture des yeux. Le signes de Romberg correspond à une majoration des signes lors qu’on supprime les afférences visuelles (car plus aucun renseignement sur la position de la tête dans l’espace).
* Nystagmus pathologique :
* Pathologique car spontanée (qui ne survient pas en réponse à une stimulation).
* En effet il y a une perte d’information d’un des N. vestibulaire à l’origine d’un déséquilibre de l’information droit ou gauche.
* Exemple : nystagmus qui va à gauche (comparable au schéma précédent).
  + Perte des informations venant du N. vestibulaire droit.
  + Mouvement lent de la gauche vers la droite.
  + Mouvement rapide (secousse) de la droite vers la gauche.
* Les troubles de l’équilibre ont trois grandes causes :
* Une perte des afférences vestibulaires : majorés par la fermeture des yeux.
* Une perte des informations proprioceptives (articulaires, ostéo-tendineux, etc.) : majoré par la fermeture des yeux.
* Une atteinte du cervelet : non majoré par la fermeture des yeux car dues à une atteinte des efférences vers les muscles.