

## 1<sup>ère</sup> partie : Neuroanatomie fonctionnelle

### Chapitre 8 – SOMESTHESIE ET SENSORIALITE (fascicule 2/2)

#### B - SENSORIALITE

**La sensorialité naît de l'ensemble des informations afférentes qui, issues des récepteurs sensoriels (rétine, vestibule, cochlée, récepteurs olfactifs et gustatifs, donnent lieu à une sensation extra-corporelle consciente de l'environnement individuel.**

#### A – VISION ET REGARD

La vision fait intervenir un dispositif sensori-moteur étroitement intégré. La sémiologie proprement *sensorielle* ne peut être séparée de la sémiologie des régulations efférentes qui assurent l'*accommodation* de l'appareil optique, la stabilisation et « l'utilisation » du regard.

#### I. ANATOMIE FONCTIONNELLE DE L'APPAREIL VISUEL (fig. 6)

##### 1 L'œil

Les dispositifs optiques de l'œil produisent sur la rétine une image inversée du monde extérieur : la partie nasale de la rétine explore le champ de vision temporal et inversement ; la partie supérieure, le champ de vision inférieur et inversement.

##### 2 La rétine

Appliquée sur la choroïde, la rétine comprend 4 types principaux de cellules se succédant de la périphérie vers le centre de l'œil : cellules de l'épithélium pigmentaire, photo-récepteurs, cellules bipolaires et cellules ganglionnaires.

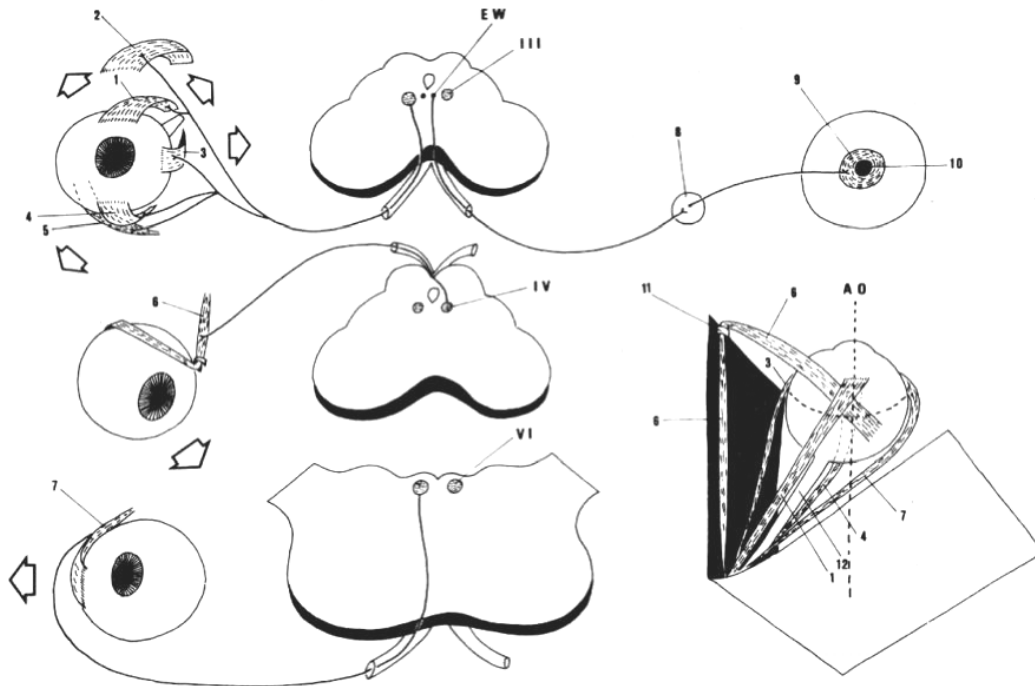
- Les photo-récepteurs comprennent les cônes et les bâtonnets. Ils assurent la transformation de l'énergie lumineuse en influx nerveux. Les bâtonnets réagissent à une faible luminosité mais ont une faible capacité discriminative. Les cônes ont un seuil plus élevé mais assurent une excellente discrimination spatiale. La *macula lutea* située au pôle postérieur de l'œil comporte exclusivement des cônes. La région centrale du champ visuel possède ainsi une capacité discriminative très développée (vision maculaire).
- Les cellules bipolaires sont le premier neurone des voies visuelles. Pour les cônes, chaque cellule bipolaire est liée électivement à un cône et à une cellule ganglionnaire. Pour les bâtonnets, chaque cellule bipolaire s'articule avec plusieurs bâtonnets et chaque cellule ganglionnaire avec plusieurs bipolaires. L'opposition entre la *vision centrale* basée sur un système discriminatif paucisynaptique et la *vision périphérique* où interviennent dès le niveau rétinien des processus de sommation n'est pas sans rappeler la double organisation de la somesthésie.
- Les cellules ganglionnaires sont le deuxième neurone de la voie afférente. Leurs axones occupent la couche la plus interne de la rétine et convergent vers la papille pour former les voies optiques. Les fibres d'origine maculaire se dirigent directement en dedans vers celle-ci et occupent son secteur temporal.

##### 3 Les voies optiques

La papille, origine du nerf optique, est située un peu en dedans du pôle postérieur de la rétine. Dépourvue de photo-récepteurs, elle est insensible à la lumière (phénomène de la tache aveugle). Elle apparaît au fond d'œil comme une tache pâle, bien limitée, légèrement excavée, de 1,5 millimètre de diamètre, point de divergence des artères et de convergence des veines rétiniennes.

- **Le nerf optique** est constitué par les axones des cellules ganglionnaires qui ont franchi les enveloppes de l'œil et dont la myélinisation est de type central. Pourvu d'une gaine méningée et accompagné de l'artère ophtalmique, il quitte l'orbite par le canal optique. Dans sa portion intra-crânienne, il croise l'artère cérébrale antérieure avant d'atteindre le chiasma.
- **Le chiasma optique** repose sur le diaphragme sellaire qui le sépare de l'hypophyse. Une partie seulement des fibres du nerf optique est soumise à décussation à son niveau. *Les fibres issues de la moitié temporale de la rétine ne croisent pas* et passent d'un nerf optique dans la bandelette optique homolatérale. *En revanche les fibres issues de la moitié nasale de la rétine s'entrecroisent pour gagner la bandelette optique controlatérale.* Les fibres maculaires se divisent en deux contingents et constituent un «petit chiasma dans le grand».
- **Les bandelettes optiques** issues de l'angle postérieur du chiasma, renferment ainsi des fibres issues des deux hémirétines explorant le même hémichamp visuel (hémirétines homonymes). Elles se terminent dans le corps genouillé externe.
- **Le corps genouillé externe** a pour les voies visuelles une signification analogue à celle du thalamus pour la somesthésie. Les phénomènes de convergence s'y accentuent pour la vision périphérique ; les fibres maculaires sont en revanche organisées pour transmettre une information dont la qualité discriminative est accrue.
- **Les radiations optiques** correspondent au troisième neurone des voies optiques. Elles se dirigent en arrière vers le cortex occipital, en s'étalant autour du ventricule latéral. Les fibres provenant des quadrants supérieurs de la rétine cheminent dans la profondeur du lobe pariétal et celles issues des quadrants inférieurs contournent la corne temporale.
- **Le cortex visuel** (aire striée) occupe les deux berges et le fond de la scissure calcarine, à la face interne du lobe occipital (aire 17 de Brodman). *La rétine se projette point par point sur cette zone*, les fibres issues du champ périphérique sont en avant, les fibres maculaires sont en arrière, occupant le pôle occipital et débordant sur la face externe. Les fibres correspondant aux quadrants supérieurs de la rétine se terminent sur la berge supérieure de la scissure calcarine et inversement. Au voisinage de l'aire 17, les aires 18 et 19 interviennent dans l'intégration des informations visuelles mais elles sont dépourvues de projections primaires.





**Figure 5 — Muscles et nerfs oculo-moteurs**

- III noyau moteur du III
- IV noyau du IV.
- VI noyau du VI.
- EW noyau d'Edinger-Westphal.
- 1 muscle droit supérieur.
- 2 muscle releveur de la paupière supérieure.
- 3 muscle droit interne.
- 4 muscle droit inférieur.
- 5 muscle petit oblique.
- 6 muscle grand oblique.
- 7 muscle droit externe.
- 8 ganglion ophtalmique.
- 9 muscle sphincter de l'iris.
- 10 pupille.
- 11 poulie de réflexion du grand oblique.
- 12 nerf optique.
- AO axe optique de l'œil.

Les flèches indiquent le sens de déplacement du globe lors de la contraction des différents muscles

## 2° Les nerfs oculo-moteurs (fig. 5)

Trois nerfs crâniens assurent l'innervation de ces muscles.

- **Le nerf moteur oculaire commun (III)** émerge du tronc cérébral dans la fossette inter-pédonculaire. Il chemine dans la paroi externe du sinus caverneux et pénètre dans l'orbite par la fente sphénoïdale. Il innerve le muscle releveur de la paupière supérieure, le droit supérieur, le droit interne, le droit inférieur et le petit oblique. Une paralysie unilatérale du III a pour conséquence un strabisme externe responsable de diplopie : le globe oculaire ne peut se porter en dedans, et reste dévié latéralement sous l'effet du tonus du seul droit externe. Il s'y associe une paralysie des mouvements de verticalité de ce globe, et une chute de la paupière supérieure (ptosis). Annexé au noyau du III et en dedans de lui, le petit *noyau pupillaire* (ou noyau d'Edinger-Westphal) est végétatif : ses fibres, parasymphatiques, accompagnent le contingent principal et innervent le *sphincter de l'iris*. Ce noyau est activé essentiellement par la stimulation lumineuse de la rétine (augmentation de l'éclairement), par la voie de fibres propres qui suivent les voies optiques puis relayent dans le tubercule quadrijumeau supérieur (réflexe photomoteur, ou diminution du diamètre pupillaire par augmentation de l'intensité lumineuse). La lésion du noyau ou de ses fibres a pour conséquence une mydriase paralytique : le diamètre pupillaire est très augmenté, et ne se modifie pas lors de l'éclairement de la rétine.

- **Le nerf pathétique (IV)** émerge du tronc cérébral entre les deux tubercules quadrijumeaux postérieurs. De là il s'entrecroise avant de contourner le mésencéphale pour gagner la paroi externe du sinus caverneux. Après avoir traversé la fente sphénoïdale, il se termine dans le grand oblique du côté opposé à son origine. Sa paralysie entraîne une diplopie qui est maximum dans le regard vers le bas en direction du côté sain.

- **Le nerf moteur oculaire externe (VI)** émerge du sillon bulboprotubérantiel, longe la face endocrânienne postérieure du rocher, se coude près de la pointe de cet os pour cheminer ensuite dans le sinus caverneux au contact de la carotide interne et pénétrer dans l'orbite par la fente sphénoïdale. Il innerve le muscle droit externe. Sa paralysie par destruction du noyau ou de ses axones (fréquente, car il s'agit d'un nerf très fragile) entraîne un strabisme interne : au repos, le globe du côté paralysé regarde en dedans du fait du tonus prédominant sur le droit interne. Il en résulte une diplopie : le sujet voit deux images d'un même objet du fait de la perte de parallélisme des globes (sauf dans le regard latéral vers le côté sain), ce qui l'oblige à fermer presque constamment l'œil paralysé.

### 3° Oculomotricité et regard

Les besoins de l'exploration visuelle et de la vision binoculaire qui l'assure, nécessitent une motilité oculaire conjuguée, c'est-à-dire que tout mouvement d'un œil s'accompagne d'un mouvement conjugué, ou complémentaire de l'autre.

#### 1. Organisation anatomo-fonctionnelle de la motricité conjuguée oculaire (fig. 6)

Un système de coordination et des dispositifs de commande assurent le contrôle de l'oculo-motricité.

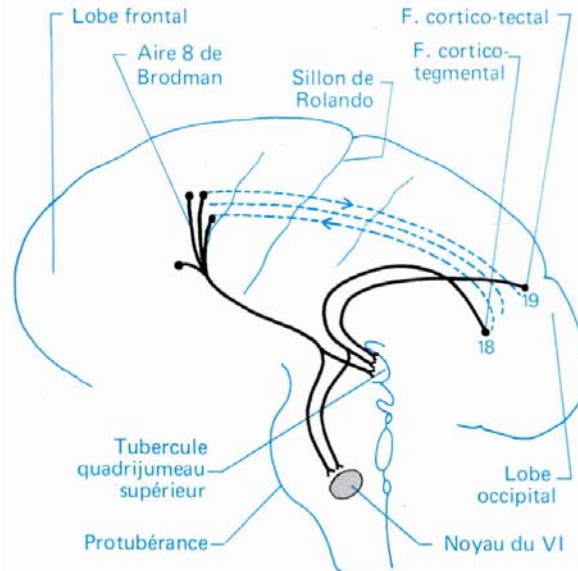
- L'activité conjuguée des noyaux oculo-moteurs repose sur des fibres d'association qui empruntent la **bandelette longitudinale postérieure**. Parmi elles des fibres réunissant le noyau du VI d'un côté au noyau du III de l'autre côté, permettent lors de l'excitation des neurones d'un droit externe l'activation des neurones du droit interne.
- **Les afférences vestibulaires** et proprioceptives cervicales interviennent sur ce dispositif fondamental pour assurer un **ajustement «réflexe»** de la position des yeux aux déplacements de la tête. L'étude du nystagmus vestibulaire montre que les afférences vestibulaires produisent une déviation lente mais qu'elles induisent également une activité des neurones réticulaires qui aboutira à une brusque secousse de rappel.
- Un double contrôle est assuré par le **cortex cérébral**.

Le *cortex occipital* (aires 18 et 19) permet les mécanismes de fixation par un déplacement des yeux qui amène en vision maculaire un objet apparu à la périphérie du champ visuel ; il assure aussi les mouvements de poursuite qui permettent de suivre un objet qui se déplace. Le *nystagmus opto-cinétique* est une succession de mouvements lents de poursuite et de secousses rapides «de rappel» vers une nouvelle fixation. Il apparaît lorsqu'on fait fixer au sujet un panorama animé d'un déplacement régulier (dessins sur une bande, lignes verticales sur un tambour).

Le *cortex frontal* (aire 8) contrôle la motilité volontaire. Le déplacement du regard prend ici la forme de mouvements brusques ou saccadés rappelant la secousse rapide du nystagmus vestibulaire.

Les fibres issues des aires corticales se projettent au niveau du tubercule quadrijumeau supérieur et sur la formation réticulée ponto-protubérantielle. On admet que les mouvements de latéralité sont sous le contrôle des aires corticales controlatérales et que la première structure oculo-motrice activée est le noyau du VI ; par contre les mouvements de verticalité nécessitent une participation bilatérale et égale des aires frontales ou occipitales.

- **L'utilisation du regard** nécessite la combinaison d'une activité de poursuite et de fixation et de mouvements d'exploration. Des lésions pariétales peuvent compromettre l'activité concurrente des régulations frontale et occipitale et l'organisation spatiale du regard.



**Fig. 6 – Contrôle cortical de l'oculo-motricité**

Diagramme simplifié des projections du cortex frontal et occipital sur le tronc cérébral.

Aire 8 : cortex visuel frontal,

Aires 18 et 19 : cortex visuel associatif occipital.

#### 2. Les paralysies de fonction du regard (fig.7 et 8)

Ces désordres de la motilité conjuguée des yeux comprennent les paralysies de la latéralité, de la verticalité et l'ophtalmoplégie internucléaire.

L'examen clinique doit préciser leurs conditions d'apparition en étudiant successivement les motilités volontaire, automatique et réflexe. Pour la première on observe les déplacements oculaires sur ordre ; pour la seconde on étudie les possibilités de fixation, les mouvements de poursuite et le nystagmus opto-cinétique ; pour la dernière on imprime des déplacements passifs à la tête et on observe les réponses aux stimulations vestibulaires. Les paralysies de fonction peuvent apparaître dissociées, touchant un seul type de mouvement, ou globales.

• **Les paralysies de la latéralité** dues à des lésions du tronc cérébral (syndrome de Foville) peuvent se manifester du côté de la lésion si celle-ci est protubérantielle, du côté opposé si la lésion est pédonculaire. Lorsqu'il s'agit de lésion hémisphérique, la paralysie de la latéralité est généralement dissociée et transitoire.

• **Les paralysies de la verticalité** (syndrome de Parinaud) non dissociées sont en relation avec des lésions de la région prétectale. Les paralysies de la verticalité dissociées sont plus exceptionnelles et correspondent à des lésions hémisphériques bilatérales. La paralysie du regard vers le haut est beaucoup plus fréquente que la paralysie du regard vers le bas. Il s'y associe habituellement une atteinte de la convergence.

• **L'ophtalmoplégie internucléaire** se caractérise dans le regard latéral par une paralysie de l'œil adducteur qui reste sur la ligne médiane, alors que l'œil abducteur se porte en dehors, animé le plus souvent de secousses nystagmiques. Pour affirmer ce symptôme qui signe l'atteinte de la bandelette longitudinale postérieure, il faut s'assurer de la normalité de la convergence.





**Fig. 7 – Paralyse du nerf moteur oculaire commun gauche.**

a) au repos : ptosis — strabisme externe,  
b) l'œil gauche ne suit pas lors du regard vers le haut (d'après Spillane).



**Fig. 8 - Paralyse du VI gauche**

La malade ne peut porter l'œil gauche en dehors au-delà de la ligne médiane.

### 3. Les désordres complexes du regard

Certaines lésions pariétales peuvent s'accompagner de phénomènes complexes dont l'interprétation sémiologique est difficile : troubles de l'utilisation du regard, perturbations dans la coordination entre la perception visuelle et les activités motrices (ataxie optique). Une abolition du nystagmus opto-cinétique, associée ou non à une hémianopsie, est souvent constatée.

## B - AUDITION

Un son pur est un phénomène vibratoire qui se caractérise par sa *fréquence* (hauteur du son) exprimée en Hertz et par son *intensité* (amplitude de la vibration) exprimée en décibels.

L'analyse de la fonction auditive montre que se succèdent *deux processus différents* :

- *l'un mécanique* : processus de transmission vibratoire où interviennent l'oreille externe et l'oreille moyenne ;
- *l'autre clé perception nerveuse* : qui commence à la réception neuro-sensorielle (oreille interne) et aboutit à l'intégration au niveau du cortex cérébral du message auditif.

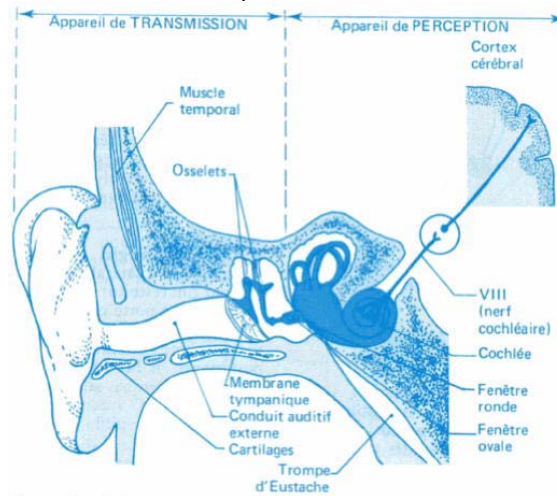
### I - Les voies nerveuses de l'audition

**a) Les récepteurs (fig. 9, 10 et 11)** sont situés dans *l'organe de Corti* qui est une différenciation du labyrinthe membraneux au niveau de la cochlée. Les modifications morphologiques des cellules neuro-sensorielles qu'il contient lors des phénomènes vibratoires transmis entraînent l'excitation de ces dernières. Les vibrations aériennes constituant les sons parviennent à l'oreille externe au niveau du pavillon, puis du conduit auditif externe à l'extrémité interne de celui-ci. Elles provoquent des vibrations synchrones de la membrane tympanique, vibrations qui sont à leur tour transmises par la chaîne des osselets (marteau, enclume et étrier) à la fenêtre ovale. Celle-ci provoque à son tour des déplacements du liquide de l'oreille interne, déplacements qui vont activer l'organe de réception ou organe de Corti. Du récepteur cochléaire partent les influx qui, par la voie du nerf cochléaire, vont se terminer dans la partie latérale de la protubérance au niveau des noyaux cochléaires. Les voies auditives centrales, corps trapézoïde puis lemniscus latéral, gagneront alors la circonvolution temporelle supérieure, principalement hétérolatérale mais également ipsilatérale, en faisant synapse dans un certain nombre de relais sous-corticaux.

L'appareil récepteur de l'audition constitue *l'organe de Corti*. Il est situé dans la cochlée, formation ostéo-membraneuse spirallée qui occupe la partie antéro-latérale de l'oreille interne. Les spires de la cochlée forment un conduit compartimenté en trois rampes par la lame spirale et la membrane basilaire ; rampe vestibulaire qui communique avec la fenêtre ovale (sur laquelle s'applique la platine de l'étrier), rampe tympanique qui communique avec la fenêtre ronde (située comme la fenêtre ovale à la base de la cochlée, et se fermant elle aussi sur la caisse du tympan), canal cochléaire enfin. Rampe vestibulaire et rampe tympanique communiquent au niveau de l'hélicotrème, situé à l'extrémité apicale de la cochlée. Le canal cochléaire, lui, est entièrement fermé. Le *canal cochléaire* est limité par deux membranes qui divergent à partir de la lame spirale axiale pour s'insérer en périphérie sur la paroi osseuse de la cochlée : l'une est la mince membrane de Reissner, l'autre la membrane basilaire. La *membrane basilaire* supporte les *cellules ciliées* qui constituent les véritables récepteurs de l'audition. A leur niveau en effet, les mouvements périodiques de la membrane basilaire (elle-même animée par le flux liquidien que provoquent les vibrations de la fenêtre ovale) provoquent une conversion d'énergie mécanique en un potentiel de récepteur qui, au-delà d'une certaine intensité liminaire, devient un potentiel d'action. Celui-ci se propage le long des dendrites dont l'extrémité est située dans les cellules ciliées, dendrites qui sont reliés au soma des cellules ganglionnaires. Le soma des *cellules ganglionnaires* bipolaires est situé dans la base de la lame spirale sur laquelle s'insère la membrane basilaire. L'ensemble de tous ces somas constitue le *ganglion spiral* de Corti.

L'organe récepteur présente une *organisation tonotopique*. En effet, la membrane basilaire (dont la largeur augmente de la base vers le sommet de la cochlée) n'est pas animée de vibrations de même amplitude en chacun de ses points pour chaque vibration sonore. Sa partie basale présente des vibrations d'amplitude maximale pour les sons de fréquence élevée, alors que c'est sa portion apicale qui est mobilisée par les sons graves. Chaque partie de la membrane basale n'est donc animée que pour une bande relativement étroite de fréquence sonore, et seules sont stimulées les cellules ciliées correspondantes.

**b) Le nerf cochléaire (fig. 12)**, branche auditive du VIII, traverse le conduit auditif interne puis l'angle ponto-cérébelleux. Les fibres auditives se terminent dans les noyaux cochléaires dorsal et ventral situés sous l'angle latéral du plancher du IV<sup>e</sup> ventricule. Il est formé par la réunion des axones des cellules ganglionnaires. Il est accolé au nerf vestibulaire avec lequel il constitue le nerf auditif, et parcourt le conduit auditif interne avant de pénétrer dans l'angle ponto-cérébelleux pour pénétrer finalement dans la partie latérale du sillon bulbo-protubérantiel. Chaque fibre du nerf cochléaire, du fait des connexions qu'elle établit avec les cellules ciliées, ne transporte d'influx nerveux que pour une stimulation sonore de fréquence définie. Le nerf cochléaire pénètre dans le noyau cochléaire ventral situé dans la partie latérale du corps restiforme, à la limite caudale de la protubérance. Les fibres bifurquent à ce niveau, envoyant une branche dans la partie antérieure du noyau et une autre vers le noyau dorsal.

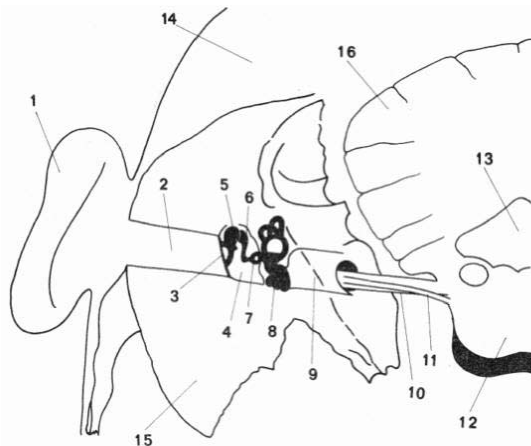


**FIG. 9 – Schéma de l'appareil auditif.**

*Oreille externe : le pavillon et le conduit auditif externe assurent la réception du son.*

*Oreille moyenne : le système tympano-ossiculaire joue un rôle d'amplificateur et transmet les vibrations du tympan à la fenêtre ovale et par l'intermédiaire de celle-ci aux structures sensibles de l'oreille interne. Le nerf facial parcourt la caisse du tympan dans un canal osseux.*

*Oreille interne : le labyrinthe osseux renferme un réseau de cavités (remplies de liquides) qui ferme le labyrinthe membraneux. A ce niveau se trouvent intriqués l'organe de l'équilibre (vestibule et canaux semi-circulaires) et la cochlée, structure neuro-sensorielle de l'audition.*



**Fig. 10 – Vue d'ensemble des trois parties de l'oreille et du nerf auditif**

*Il s'agit d'une coupe schématisée de la moitié droite du crâne, vue de dessus (région nasale vers le bas de la figure, région occipitale vers le haut);*

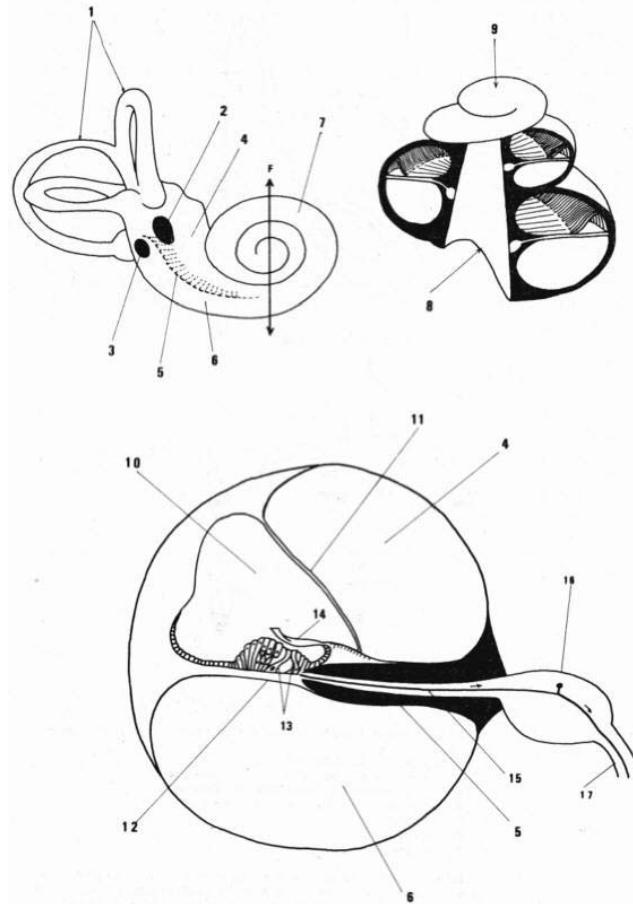
- 1 pavillon de l'oreille
- 2 projection du conduit auditif externe
- 3 membrane tympanique
- 4 oreille moyenne (caisse du tympan), contenant la chaîne des osselets (appareil de transmission)
- 5 marteau
- 6
- 7 étrier (dont la platine, en dedans, s'applique contre la fenêtre ovale du labyrinthe)
- 8 limaçon (cochlée), en arrière duquel on voit l'appareil vestibulaire
- 9 u conduit auditif interne (dont l'orifice interne s'ouvre dans la fosse cérébrale postérieure du crâne).  
nerf auditif (VIII)
- 10
- 11
- 12 coupe du pont (ou protubérance)
- 13 coupe du IV<sup>e</sup> ventricule
- 14 écaïlle occipitale (et étage postérieur de la base du crâne)
- 15 écaïlle temporale (et étage moyen de la base en dedans)
- 16 cervelet

**c) Dans le tronc cérébra (fig. 12),** la majorité des fibres nées des noyaux cochléaires croisent la ligne médiane au niveau du tegmentum pontique. Certaines cependant restent homolatérales. Elles montent ensuite dans le lemniscus latéral, situé en dehors du lemniscus médian jusqu'aux tubercules quadrijumeaux inférieurs et aux corps genouillés internes.

De nombreux relais nucléaires sont interposés sur les voies précédentes : complexe olivaire supérieur, noyau du corps trapézoïde, noyau du lemniscus latéral. De ces relais partent des fibres pouvant rejoindre le lemniscus latéral homo et contralatéral et la formation réticulée du tronc cérébral. Points de convergence pour des influx sensoriels de diverse origine, ces relais participent à la réalisation d'activités réflexes multiples. Par ailleurs ces différents relais donnent naissance à des efférences qui gagnent les noyaux cochléaires et l'organe de Corti assurant par un *rétro-contrôle* du récepteur ou de certains neurones, une meilleure sélection des stimuli sonores.

**d) Au niveau du cortex cérébra (fig. 12),** les aires de projection auditive sont situées à la partie postérieure de la face supérieure de la première circonvolution *temporale* (gyrus transverse de Heschl, aires 41 et 42), zone en contact à gauche (chez le droitier) avec les aires du langage.

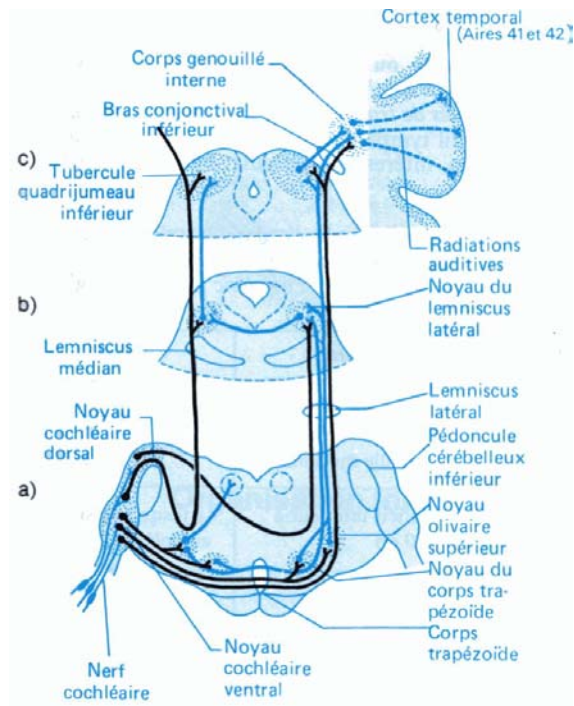
De l'anatomie complexe des voies auditives, il faut retenir que les voies supranucléaires sont dispersées et qu'en conséquence *une lésion unilatérale du système nerveux central engendrera exceptionnellement une hypo-acousie importante.*



**Fig. 11 – L'appareil cochléaire**

En haut à gauche, vue d'ensemble du labyrinthe osseux (côté droit, vue antérieure). La lame spirale est vue par transparence. Une flèche (F) indique le plan de coupe utilisé pour le schéma de droite. En haut à droite, coupe du limaçon (cochlée), montrant l'enroulement du canal cochléaire et ses rapports avec les deux rampes. En bas, est représenté un détail de la coupe précédente, permettant une vue détaillée de l'organe de Corti.

- 1 canaux semi-circulaires.
- 2 fenêtre ovale.
- 3 fenêtre ronde.
- 4 rampe vestibulaire.
- 5 lame spirale.
- 6 rampe tympanique.
- 7 limaçon (cochlée).
- 8 base de la cochlée.
- 9 sommet de la cochlée.
- 10 canal cochléaire.
- 11 membrane de Reissner.
- 12 membrane basilaire.
- 13 organe de Corti, avec les cellules ciliées, les piliers interne et externe.
- 14 membrana tectoria.
- 15 un dendrite de protoneurone cochléaire.
- 16 ganglion spiral (de Corti).
- 17 rameau du nerf cochléaire.



**FIG. 12 — Diagramme des voies auditives.**

- a)** jonction bulbo-protubérantielle,
- b)** partie haute de la protubérance,
- c)** pédoncule cérébral.

Remarquer que certaines fibres issues des noyaux cochléaires croisent la ligne médiane alors que d'autres restent homolatérales.