

ORGANES DES SENS

A - Généralités

L'organisme entre en relation avec le milieu extérieur grâce à des **systèmes** (sensitifs) utilisant des **récepteurs de la sensibilité**. Ces derniers peuvent être définis comme des dispositifs plus ou moins complexes dont les composants nerveux réagissent de façon spécifique à certains stimuli **exogènes** (chimiques, lumière, sons...) ou **endogènes**.

Types de sensibilité		Récepteurs correspondants
Sensibilité Fonctionnelle	<p style="text-align: center;"><u>Sensibilité Générale</u></p> <p><input type="checkbox"/> Profonde</p> <p><input type="checkbox"/> Superficielle</p>	<p>- Récepteurs intéroceptifs profonds (S. viscérale)</p> <p>- Récepteurs proprioceptifs (muscle, os, tendon)</p> <p>- Récepteurs extéroceptifs de contact (pour la sensibilité tactile, thermique et douloureuse)</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Sensibilité Spéciale</u> (Organes des sens)</p>	<p>Télérécepteurs (olfaction, audition, vision, tact, goût)</p>
Sensibilité Subjective	<p style="text-align: center;"><u>Sensibilité inconsciente</u> (vie végétative)</p> <p style="text-align: center;"><u>Sensibilité consciente</u> (vie de relation)</p>	<p>-----</p>

Classification des sensibilités & des récepteurs de la sensibilité

Les organes des sens comprennent 3 sortes d'éléments :

- **cellules sensorielles principales** : cellules nerveuses situées :
 - soit superficiellement (cellules neuro-sensorielles);
 - soit profondément (à l'origine de ganglions nerveux).
- **cellules sensorielles accessoires** : cellules épithéliales autres que superficielles : transmettent l'excitation à la cellule de la sensibilité profonde.
- **cellules de soutien.**

Type d'organe des sens	Architecture neuronale
<p>Primaire (1 seul neurone sensoriel) Ex. : Organe de l'olfaction</p>	<p>Cellule sensorielle principale (muqueuse olfactive) ↓ Synapse dans le bulbe (olfactif)</p>
<p>Secondaire (articulation de deux neurones) Ex. : Organe de l'audition</p>	<p>Cellule sensorielle principale (Bourgeon du goût, Organe de Corti, Peau) ↓ Cellule sensorielle accessoire (Ganglion du glosso-pharyngien, Ganglion du VIII, Ganglion rachidien) ↓ Synapse dans le bulbe rachidien</p>
<p>Tertiaire (articulation de trois neurones) Ex. : Organe de la vision</p>	<p>Cellules à cônes et à bâtonnets ↓ Cellules bipolaires ↓ Cellules multipolaires</p>

Classification des organes des sens

B- Organe de l'olfaction

I. Généralités

L'organe de l'olfaction représente chez l'homme le seul organe des sens **primaire**. Il correspond à la **muqueuse olfactive**. Cette dernière, située à la partie supérieure des fosses nasales, recouvre :

- la **face inférieure de la lame criblée de l'ethmoïde**;
- la **région supérieure de la cloison nasale**;
- la **partie moyenne du cornet supérieur**.

II. Structure histologique

Réalisant la *tâche olfactive*, cette muqueuse comprend :

- un **épithélium olfactif** : Il s'agit d'un neuro-épithélium chémorécepteur reposant sur du tissu conjonctif.
- un **chorion** : traversé par les axones des cellules olfactives et occupé par des glandes olfactives : les **glandes de Bowman**.

A- Neuro-épithélium olfactif

Cet épithélium **prismatique pseudo-stratifié**, d'une épaisseur de 60 µm, présente 3 types cellulaires :

- les cellules nerveuses olfactives;
- les cellules de soutien;
- les cellules basales.

1) Cellules nerveuses olfactives

Il s'agit de **neurones bipolaires** dont :

- le péricaryon, ovoïde, est localisé dans la moitié basale de l'épithélium;
- la dendrite :
 - atteint la surface de l'épithélium après avoir cheminé entre les cellules de soutien;
 - porte le nom de **bâtonnet olfactif** et s'achève par un renflement : la **vésicule olfactive**. Cette dernière saille à la surface de l'épithélium; il s'en échappe 6 à 8 cils immobiles : les **cils olfactifs** qui baignent dans le film de sécrétion des glandes de Bowman.
- l'axone (au pôle opposé du péricaryon), désigné par **filet olfactif**, traverse la lame basale pour se joindre aux axones en provenance des autres neurones olfactifs.

2) Cellules de soutien

Prismatiques, elles occupent toute la hauteur de l'épithélium. Leur pôle basal émet des expansions (enserrant un ou plusieurs axones) qui s'achèvent au contact de la lame basale.

3) Cellules basales

Etoilées et disposées contre la lame basale, elles sont petites et peu nombreuses. Il s'agit de cellules de remplacement, capables de se diviser et de se différencier en cellules de soutien.

B- Chorion

Il se caractérise par la présence :

- des axones des cellules nerveuses olfactives dont l'ensemble forme le **nerf olfactif**;
- des **glandes de Bowman** : tubulo-alvéolaires, elles déversent leur produit de sécrétion à la surface de l'épithélium olfactif par l'intermédiaire de canaux excréteurs.
- une **vascularisation importante** : à l'origine d'un abondant réseau capillaire sous-épithélial.

III. Voies olfactives

Les axones des cellules olfactives (protoneurones de la voie sensitive) se réunissent en filets nerveux qui :

- franchissent la lame criblée de l'ethmoïde,
- pénètrent dans le bulbe olfactif,
- s'articulent dans les glomérules olfactifs avec les dendrites des cellules mitrales. Ces dernières conduisent le signal sensoriel aux structures cérébrales responsables de l'olfaction (lobe piriforme, aire septale, espace perforé antérieur sur le lobe temporal).

IV. Histophysiologie

Les substances odoriférantes entrent en contact avec les cils des cellules olfactives. Ces derniers baignent dans les sécrétions des glandes de Bowman qui dissolvent les molécules odoriférantes, permettant ainsi une entrée d'ions, à l'origine d'une dépolarisation de la membrane plasmique de la cellule olfactive. Cet influx nerveux sera ensuite transmis aux centres nerveux compétents.

C - Bourgeons du goût

I. Généralités

L'**organe gustatif** est constitué par l'ensemble des **bourgeons du goût**, formations enclavées :

- essentiellement dans l'épithélium des papilles caliciformes (*Voir "Appareil digestif"*)
- mais aussi dans celui des papilles fongiformes, du palais, du pharynx et de l'épiglotte.

II. Structure histologique

Les bourgeons du goût :

- sont donc **intra-épithéliaux**, faits d'une vingtaine de cellules qui s'associent à la manière des lamelles d'un bulbe d'oignon;
- affectent une forme ovoïde avec :
 - un pôle profond atteignant la lame basale de l'épithélium;
 - un pôle superficiel s'ouvrant à l'extérieur (c'est-à-dire dans la cavité buccale) par un orifice : le **pore gustatif**.

En microscopie optique, les bourgeons du goût montrent deux types cellulaires :

- des **cellules de soutien** : les plus nombreuses basales, elles sont volumineuses et montrent un cytoplasme clair et noyau vésiculeux.
- des **cellules gustatives** : fusiformes, à cytoplasme très coloré et noyau compact. Ces cellules sont surmontées d'un cil gustatif qui fait saillie dans le pore gustatif.

III. Innervation

Des fibres nerveuses amyéliniques des VIIème (nerf facial) et IXème (nerf glosso-pharyngien) paires crâniennes s'enroulent autour de toutes les cellules du bourgeon du goût. Cependant, ces fibres se terminent uniquement au contact des cellules gustatives par un renflement terminal logé dans une dépression profonde de la membrane plasmique.

Cette synapse, "Cellule gustative - Protoneurone sensitif", se traduit par l'existence :

- de vésicules présynaptiques dans le cytoplasme des cellules gustatives;
- d'un épaississement des membranes pré- et post- synaptiques;
- de vésicules dans l'axoplasme post-synaptique.

IV. Histophysiologie

Il a été admis l'existence de 4 sensations gustatives fondamentales : l'acide, le salé, l'amer, le sucré qui permettraient de couvrir l'ensemble du registre de la gustation.

Par ailleurs, les cellules gustatives sont spécifiques de ces sensations fondamentales et sont groupées dans des territoires distincts. Ainsi :

- le sucré est détecté par la pointe de la langue;
- l'acide par ses bords;
- l'amer dans sa partie postérieure et également au niveau du palais;
- le salé sur la quasi-totalité de la surface linguale.

Les substances sapides se fixeraient sur des sites spécifiques et provoqueraient l'apparition d'un stimulus transmis au protoneurone sensitif.

D- Récepteurs sensoriels de la peau

I. Généralités

La peau est **richement** innervée, à la fois par des nerfs cérébro-spinaux et des nerfs végétatifs :

- les **nerfs végétatifs**, le plus souvent amyéliniques et de type sympathique, sont destinés :
 - aux vaisseaux (fibres vaso-motrices);
 - aux muscles arrecteurs des poils;
 - aux glandes sudoripares (fibres excito-sécrétoires).
- les **nerfs cérébro-spinaux** sont impliqués dans la sensibilité cutanée. Ils abandonnent des fibres nerveuses que l'on peut, sur la base du diamètre de leur axone, classer en trois catégories principales (voir tableau ci-dessous) :
 - les grosses fibres myélinisées (type II);
 - les petites fibres myélinisées (type III);
 - les fibres amyéliniques (type IV), de beaucoup les plus nombreuses.

Nerf musculaire	Nerf cutané	Diamètre des fibres (µm)	Vitesse de conduction (m/s)
I		13-20	80-120
II	A-β	6-20	35-75
III	A-δ	1-5	5-30
IV	C	0,2 – 1,5	0,5 – 2

Diamètre & vitesse de conduction des fibres nerveuses périphériques

Les fibres nerveuses sensibles de la peau, sont en fait des **prolongements afférents des protoneurons sensitifs** (cellules en T) des ganglions spinaux. Elles peuvent être :

- isolées : correspondant à **des terminaisons libres**;
- associées à d'autres structures pour former des **corpuscules sensoriels** qui font de la peau un organe sensoriel : **l'organe du tact**.

Les différents **corpuscules sensoriels** (mécanorécepteurs, thermorécepteurs et nocicepteurs) sont classés en fonction de critères à la fois :

- **morphologiques** (terminaisons nerveuses libres ou organes encapsulés) et
- **fonctionnels** (mécanorécepteurs, thermorécepteurs ou nocicepteurs).

II. Terminaisons nerveuses libres

Elles peuvent être trouvées dans presque tous les tissus de l'organisme. Dans la peau, elles atteignent les couches inférieures du stratum germinativum, au niveau de la **jonction dermo-épidermique**.

Leurs axones perdent la gaine de myéline dans leur partie terminale, c'est à dire :

- soit avant les ramifications terminales;
- soit au niveau de la lame basale (quand ils pénètrent dans l'épiderme).

Ils envoient, par la suite, des évaginations bulbiformes ou digitiformes (recouvertes uniquement par une membrane basale) à travers des lacunes de la gaine de Schwann. Ces évaginations représentent les parties réceptrices des terminaisons nerveuses libres. Leur stimulation déterminerait les sensations thermiques et douloureuses.

A- Thermorécepteurs

Les points de réception du chaud et du froid sont répartis sur la peau avec une densité plus faible que celle des mécanorécepteurs. Il s'agit de terminaisons nerveuses libres de fibres amyéliniques (de type IV) ou de fibres faiblement myélinisées (de type III).

Les thermorécepteurs, spécifiques :

- sont insensibles aux stimuli non thermiques;
- montrent un champ de réception petit.

B- Nocicepteurs

Les récepteurs à la douleur sont sensibles :

- au pincement;
- à la piqûre;
- aux températures extrêmes ($>43^{\circ}$ et $<20^{\circ}$).

Ce sont des terminaisons nerveuses libres (fibres de type IV ou de type III).

III. Organes terminaux encapsulés

Il s'agit, le plus souvent, de mécanorécepteurs. Les corpuscules tactiles présentent à considérer :

- la **terminaison d'une fibre nerveuse** (dont le corps cellulaire est celui d'une cellule en T d'un ganglion rachidien);
- des **cellules d'origine schwannienne** entourant cette terminaison.
- une **capsule conjonctive** : séparant l'ensemble "terminaison nerveuse – cellules schwanniennes" des tissus environnants.

A- Mécanorécepteurs à adaptation rapide

1) Corpuscules de Vater-Pacini

a. Localisation

Volumineux (1 à 2 mm), ils sont situés dans l'hypoderme de la peau épaisse (paumes des mains et plantes des pieds) et de la peau avec poils.

b. Structure

Ce sont des corpuscules :

- **encapsulés**, "en bulbe d'oignon";
- innervés par une fibre myélinisée de gros calibre (de type II), à vitesse de conduction rapide.

En fait, c'est l'axone de cette fibre qui, à sa terminaison, forme le bulbe. Granuleux et allongé, il est entouré de deux séries de lamelles concentriques :

- un **groupe externe**, provenant du **périnèvre** et fait de cellules endothéliiformes et de fibres conjonctives;
- un **groupe interne**, formé par des **cellules de Schwann**. Ces dernières s'entassent au centre pour former la massue.

c. Fonction

Ce corpuscule est particulièrement apte à déceler les vibrations tout en restant sensible à la pression. Son champ de réception est grand, à bords flous.

N.B. : Les corpuscules de Krause sont très peu différents des corpuscules de Pacini.

2) Corpuscules de Meissner

a. Localisation

Ils sont situés dans les **papilles du derme**, surtout au niveau de la peau épaisse avec une densité considérablement agrandie au niveau des pulpes des doigts (index). Cette répartition évoque déjà leur importance dans les perceptions tactiles fines (d'où le nom de **corpuscules tactiles de Meissner**).

b. Structure

Ce sont des corpuscules :

- encapsulés, "en pile d'assiettes";
- innervés par une fibre myélinisée de gros calibre (de type II), à vitesse de conduction rapide.

Dans ce corpuscule réalisant une formation ovale, l'axone (parfois, on en retrouve plusieurs) :

- est enserré par des cellules schwanniennes entassées en lamelles (d'où le terme "pile d'assiettes");
- a perdu sa gaine de myéline et a adopté un **trajet circulaire** (en hélice) entre ces lamelles cellulaires;
- se termine par des renflements bulbiformes, considérés comme les éléments récepteurs.

c. Fonction

L'architecture du corpuscule de Meissner est telle que toute déformation de la surface épidermique se répercute sur l'édifice cellulaire et entraîne l'excitation de la fibre sensitive. Ce corpuscule est donc bien un mécanorécepteur, capable de répondre rapidement aux stimuli tactiles (contact, pression). Son champ de réception est petit, à bords nets.

N.B. : Les corpuscules de Dogiel ressemblent aux corpuscules de Meissner et siègent électivement au niveau des organes génitaux.

B- Mécanorécepteurs à adaptation lente

1) Corpuscules de Merkel

a. Localisation

Ils sont disséminés dans le **stratum germinativum** de l'épiderme et dans la **gaine épithéliale externe des poils**.

b. Structure

Il s'agit de corpuscules :

- **non encapsulés** (il s'agit en fait d'une forme de transition entre les terminaisons nerveuses libres et les organes terminaux encapsulés);
- faits d'une terminaison neuritique (résultant de l'arborisation de l'axone principal, fibre de type II) aplatie en disque (disque ou **ménisque tactile**) et d'une cellule (**cellule épithéliale de Merkel**) contenant des grains cytoplasmiques denses aux électrons;
- particulièrement nombreux au niveau des disques de Pinkus, petites élevures épidermiques visibles à la loupe.

c. Fonction

Ils sont sensibles à la pression et à l'étirement (intensité, durée), mais ont une vitesse de réponse lente.

2) Corpuscules de Ruffini

a. Localisation

Ils sont situés dans le **derme** de la peau épaisse et de la peau avec poils.

b. Structure

Ce sont des corpuscules fusiformes et feuilletés :

- encapsulés (enveloppe conjonctive en continuité avec le périnèvre de la fibre nerveuse pénétrant le corpuscule),
- faits d'un neurite qui s'enroule autour de fibres collagènes.

c. Fonction

Le corpuscule de Ruffini est un récepteur lent, sensible à la pression et à l'étirement. Il est en fait, informateur de la position et de la vitesse d'installation du stimulus. Son champ de réception est grand à bords flous.

4) Corpuscules de Golgi-Mazzione

Dermiques, ils présentent la même structure générale que les autres corpuscules, mais les lamelles schwanniennes forment deux coiffes hémisphériques séparées par une fente axiale qui contient l'axone. Ce dernier envoie des expansions digitiformes entre les lamelles.

E- Oreille, Organe de l'audition

I. Généralités

L'oreille est à la fois un organe auditif et un organe d'équilibration. A chaque fonction correspond une branche du nerf auditif (VIIIème paire de nerfs crâniens) :

- **nerf cochléaire** pour l'organe auditif;
- **nerf vestibulaire** pour l'organe de l'équilibration.

L'oreille montre 3 parties anatomiquement et fonctionnellement distinctes :

- **l'oreille externe** : où les vibrations sonores sont captées par le **pavillon** et dirigées par le **conduit auditif externe** vers le tympan.
- **l'oreille moyenne** : qui les transmet mécaniquement par le **système tympano-ossiculaire** vers la fenêtre ovale.
- **l'oreille interne** : où les vibrations entraînent des déplacements liquidiens, captés par des récepteurs sensoriels et acheminés vers les centres cérébraux.

II. Rappel anatomique

L'oreille avec ses trois parties est logée à l'intérieur du **rocher du temporal** (à l'exception de l'oreille externe, partiellement constituée d'un "squelette" cartilagineux).

A- Oreille externe

Elle comporte le pavillon, le conduit auditif externe et la face externe du tympan.

1) Pavillon

Il permet de recueillir les sons au niveau de sa partie centrale : la **conque** qui forme une dépression dans laquelle s'ouvre le conduit auditif externe. Cette forme en entonnoir favorise la concentration des vibrations sonores sur le tympan.

Sur le plan histologique, le pavillon est formé par :

- une **lame cartilagineuse** sur laquelle d'insère des ligaments ainsi que des muscles
- une peau fine, lisse, presque dépourvue de poils.

2) Conduit auditif externe

En forme de tube mesurant environ 2,5 cm de long, il est revêtu d'une peau fine avec :

- un épithélium **malpighien kératinisé**;
- des **glandes sébacées** annexées aux poils et des **glandes cérumineuses** (sudoripares) dont la sécrétion, grasse et cireuse se mêle au sébum pour donner un enduit pigmenté, le **cérumen**.

3) Tympan

Fine membrane dont :

- la face externe appartient au conduit auditif externe;
- la face interne participe à la paroi de l'oreille moyenne.

Du point de vue structure, le tympan offre à décrire de dehors en dedans :

- un épithélium externe : malpighien kératinisé, totalement dépourvu d'annexes;
- une partie centrale : conjonctive avec des fibres de collagène disposées en deux couches :
 - une couche interne faite de fibres circulaires;
 - une couche externe faite de fibres radiaires.
- un épithélium interne : pavimenteux simple (l'épithélium tympanique).

B- Oreille moyenne

Elle comporte :

- une cavité centrale creusée dans l'os temporal : la **caisse du tympan**;
- le **système tympano-ossiculaire**.

1) Caisse du tympan

Revêtue d'une muqueuse de type tympanique, la caisse du tympan montre l'ouverture à son niveau :

- en arrière, de l'**antre mastoïdien** et des **cellules mastoïdiennes** et
- en avant, de la **trompe d'Eustache** : qui fait communiquer la caisse du tympan avec le pharynx, permettant aux cavités de l'oreille moyenne d'être remplies d'air. Ceci fait que les pressions exercées sur les deux faces du tympan sont égales (pression atmosphérique).

La paroi interne osseuse est percée de deux orifices, mettant l'oreille moyenne en contact de l'oreille interne :

- la **fenêtre ovale** : est obturée par une plaque osseuse mobile, la platine de l'étrier;
- la **fenêtre ronde** : est elle, fermée par une membrane souple.

2) Système tympano-ossiculaire

Cette chaîne de trois osselets articulés (avec de dehors en dedans : le marteau, l'enclume et l'étrier) :

- traverse la caisse du tympan et relie le tympan à la fenêtre ovale;
- est maintenue sous tension par deux muscles : le *tensor tympani* et le *stapédius*;
- permet la transmission des mouvements vibratoires du tympan à l'oreille interne en les amplifiant.

C- Oreille interne

L'oreille interne est constituée de plusieurs cavités :

- creusées dans l'os temporal, formant ainsi le **labyrinthe osseux**;
- renfermant un ensemble complexe de canaux : le **labyrinthe membraneux**.

L'axe du labyrinthe membraneux est occupé par les **espaces endolymphatiques** :

- où se trouvent les **formations sensorielles** (pour l'audition & l'équilibration);
- renfermant l'**endolymphe**, à teneur élevée en potassium et faible en sodium.

L'endolymphe est sécrétée par la strie vasculaire de la cochlée et éliminée par le canal endolymphatique (ou aqueduc du vestibule) qui s'étend jusqu'au contact des espaces sous-arachnoïdiens, en formant à sa terminaison une vésicule aplatie, le sac endolymphatique.

Entre les espaces endolymphatiques et l'os, s'interposent les **espaces périlymphatiques**, remplis d'un liquide de composition identique au liquide céphalo-rachidien, riche en ions sodium et pauvre en potassium : la **pérylymphe**,

La portion centrale du labyrinthe membraneux, ou **vestibule**, est divisée en deux chambres, l'**utricule** et le **sacculé** :

- l'utricule émet trois formations dorsales, les **canaux semi-circulaires**;
- du sacculé naît une expansion ventrale spiralée, la **cochlée** ou limaçon, organe de l'audition.

N.B.: *Le vestibule et les canaux semi-circulaires représentent l'organe de l'équilibration (ou appareil vestibulaire, Voir en F- Organe de l'équilibration).*

III. Structure de la cochlée

A- Organisation générale

La cochlée, partie du labyrinthe, comporte :

- un squelette : le **limaçon osseux**;
- des formations cellulaires et conjonctives : le **limaçon membraneux**.

Elle est constituée par :

- un axe osseux : la **columelle** autour duquel s'enroule en spirale (un peu plus que deux tours et demi) :
- un tube osseux : la **lame des contours**.

La lame des contours est longitudinalement divisée en deux compartiments (**rampe tympanique** en bas et **rampe vestibulaire** en haut) par une **lame spirale osseuse** qui se prolonge en dehors par la **membrane basilaire**. Cette dernière supporte le **canal cochléaire** et se fixe sur la lame des contours par le biais du **ligament spiral**.

Rampe tympanique et rampe vestibulaire appartiennent aux espaces périlymphatiques et communiquent entre eux par un petit orifice situé au sommet de la cochlée : l'**hélicotrème**. Le canal cochléaire (espace endolymphatique) contient l'**organe de Corti** (ou organe spiral) où se trouvent les cellules réceptrices de l'audition.

B- Canal cochléaire

De forme triangulaire en coupe transversale, le canal cochléaire est isolé :

- en bas : de la rampe tympanique (par la membrane basilaire en dehors et la lame spirale osseuse en dedans);
- en haut : de la rampe vestibulaire (par la membrane de Reissner);
- en dehors : du ligament spiral (par la strie vasculaire qui contient de nombreux capillaires intra-épithéliaux et qui sécrète l'endolymphe).

C- Organe de Corti

Il occupe la partie médiane du plancher du canal cochléaire et **suit l'enroulement spiralé de la membrane basilaire** jusqu'au niveau du sommet de la cochlée. Il est bordé :

- en dedans : par le limbe spiral dont il est séparé par le sillon spiral interne, revêtu de cellules prismatiques. Le limbe spiral désigne une couche tissulaire épaisse née du périoste de lame spirale osseuse.
- en dehors : par la strie vasculaire dont il est séparé par le sillon spiral externe.

La membrane de Reissner s'attache par son bord interne sur le limbe spiral, dont l'épithélium donne naissance à la **membrana tectoria**, structure fibreuse :

- gélifforme (richesse en protéoglycanes), très hydratée, acellulaire;
- dont la partie externe repose sur le pôle apical des cellules de l'organe de Corti, mais il semble que seuls les stéréocils les plus longs des cellules ciliées externes lui soient liées.
- perforée de fins canalicules qui serviraient à la circulation de l'endolymphe.

L'organe de Corti est centré par le **tunnel de Corti**, triangulaire en coupe transversale et bordé par une rangée de **piliers externes** et une autre de **piliers internes**.

Ces piliers sont des **cellules de soutien** contenant dans leur cytoplasme un volumineux trousseau de microfilaments d'actine F.

De part et d'autre de ce tunnel, se disposent les rangées de **cellules sensorielles ciliées** : les **cellules auditives**, soutenues par les **cellules de Deiters**.

La cellule de Deiters repose par son pôle basal sur la membrane basilaire, tandis que sa partie supérieure :

- enveloppe la base des cellules sensorielles et les terminaisons nerveuses adjacentes;
- envoie un long prolongement dont l'extrémité supérieure aplatie ("**phalange**") contribue à former avec ses homologues et les phalanges des piliers, la **membrane réticulaire** qui enserre et maintient en place le pôle apical des cellules sensorielles.

Les cellules auditives présentent une architecture générale commune avec quelques critères distinctifs, résumés dans le tableau suivant :

	Cellules ciliées internes (CCI)	Cellules ciliées externes (CCE)
Nombre	≅ 3500 cellules	≅ 12000 cellules
Disposition	piriformes	cylindriques
Pôle apical	forme une table épaissie : la cuticule de laquelle émergent : 2 rangées de stéréocils formant une courbe très ouverte à concavité interne	forme là aussi la cuticule, de laquelle de émergent : 3 ou 4 rangées de stéréocils formant un W ouvert à pointe externe
Réticulum lisse sous-membranaire	peu développé (1 seule couche)	très développé (plusieurs couches)
Pôle basal	terminaisons nerveuses (afférentes et efférentes)	

IV. Histophysiologie

A- Mécanisme de l'audition

Les vibrations sonores mettent en mouvement le tympan et la chaîne des osselets. Elles sont ainsi transmises amplifiées à la fenêtre ovale.

Les mouvements de l'étrier engendrent de fortes variations de pression dans la rampe vestibulaire. Elles parviennent affaiblies dans la rampe tympanique et s'amortissent contre la fenêtre ronde, aisément déformable.

L'inégalité des pressions sur les deux faces de la membrane basilaire entraîne un déplacement de celle-ci et donc de l'organe de Corti qu'elle supporte.

Il se produirait alors des flexions des stéréocils des cellules sensorielles provoquant la pénétration d'ions K⁺ et Ca⁺⁺ (ouverture de canaux ioniques) et par suite :

- l'apparition d'un potentiel membranaire,
- une transmission synaptique à la base de la cellule sensorielle et
- un potentiel d'action dans les fibres nerveuses du VIII.

B- Voies nerveuses auditives

La cochlée est innervée par :

- 30 000 neurones afférents : destinés au système nerveux central et dont le péricaryon est situé dans le ganglion spiral de Corti (95% de ces fibres sont destinées aux CCI et seulement 5% aux CCE).
- seulement un millier de fibres efférentes.

Les cellules ganglionnaires auditives forment le **nerf cochléaire** qui se joint au nerf vestibulaire (issu du ganglion de Scarpa) pour constituer le nerf auditif, VIII^{ème} paire crânienne.

Les voies auditives font relais dans le bulbe, puis le thalamus (corps genouillé interne) et se projettent enfin sur le cortex temporal.

F- Oreille, Organe de l'équilibration

I. Rappel sur l'organisation générale de l'oreille interne

Voir E-II-C. Le **vestibule** avec ses deux chambres (le **sacculé** et l'**utricle**) et les **canaux semi-circulaires** constituent l'**organe de l'équilibration** (ou appareil vestibulaire), fonction qu'ils assurent grâce aux zones sensorielles qu'ils présentent. Ces dernières se nomment **récepteurs vestibulaires**.

II. Récepteurs vestibulaires

A- Macules vestibulaires

Ces plages sensorielles se localisent au niveau de l'utricle et du sacculé. Elles sont constituées :

- d'un massif épithélial haut comprenant des **cellules sensorielles vestibulaires** de type I et de type II, dispersées au sein :
- d'une couche de **cellules de soutien**.

Chaque macule est surmontée par une "membrane" exocellulaire épaisse : la **membrane otolithique**. Il s'agit d'une couche de substance gélatineuse fondamentale contenant :

- des faisceaux de fines fibrilles et
- dans sa zone superficielle, des cristaux de carbonate de calcium : les **otolithes** (ou statoconies).

La membrane otolithique repose par sa face profonde sur les stéréocils apicaux des cellules sensorielles.

1) Cellules sensorielles vestibulaires

Seule la microscopie électronique permet d'identifier les deux types de cellules sensorielles, à partir essentiellement de leur forme et leur innervation.

a. Cellules de type I

En **forme de vase**, elles présentent :

- une base arrondie : située à distance de la membrane basale, elle contient le noyau (rond). Le cytoplasme de ces cellules est riche en mitochondries et en réticulum endoplasmique lisse à forme souvent vésiculaire.
- une zone apicale : elle présente d'abord un étranglement puis se dilate en surface, supportant une plaque cuticulaire dans laquelle plonge les racines de 60 à 80 **stéréocils**. Cette cuticule dégage un "pore cuticulaire", siège d'un véritable **cil vibratile** qui pénètre en profondeur dans la membrane otolithique et à partir duquel les stéréocils sont disposées en rangées, de taille décroissante.

b. Cellules de type II

Elles sont plus hautes que les précédentes et sont de forme régulièrement cylindrique. Leurs caractères cytologiques restent pratiquement communs aux cellules précédentes :

- stéréocils à base étroite au pôle apical;
- présence d'un cil ou d'un résidu ciliaire sous forme d'un corpuscule basal;
- contacts avec des terminaisons nerveuses afférentes;
- entourage intime par des cellules de soutien.

c. Différence essentielle entre les deux types cellulaires : leur mode d'innervation

Les cellules de type I sont enchâssées (jusqu'à la région cuticulaire pratiquement) dans **un calice nerveux** qui correspond à la terminaison dendritique d'une cellule du ganglion de Scarpa, lequel se situe dans le conduit auditif interne. Cette terminaison reçoit elle-même des terminaisons synaptiques de fibres efférentes modulatrices.

Les cellules de type II, montrent, au niveau de leur portion basale, des **boutons synaptiques dispersés** de fibres afférentes (venant du ganglion de Scarpa) mais aussi de fibres efférentes.

2) Cellules de soutien

De forme très irrégulière, elles entourent les cellules sensorielles et reposent sur la membrane basale. Les cellules de soutien sont liées entre elles ainsi qu'aux cellules sensorielles par des complexes de jonction.

B- Crêtes ampullaires

1) Morphologie

Chaque canal semi-circulaire possède à l'une de ses bases d'implantation sur l'utricule une dilatation : **l'ampoule**. L'endoste qui tapisse cette ampoule s'invagine, formant un repli disposé perpendiculairement à l'axe de l'ampoule : la **crête ampullaire**. L'on compte donc 3 crêtes ampullaires, une dans chaque canal semi-circulaire.

2) Structure histologique

Elle est semblable à celle de la macule sauf que la cupule (analogue de la membrane otolithique des macules) ne contient pas d'otolithes. La cupule :

- comporte une masse gélatineuse riche en glycosaminoglycanes avec un réseau fibrillaire;
- est creusée de canaux dans lesquels s'enfoncent les stéréocils.

III. Histophysiologie du vestibule

A- Nature du stimulus sensoriel

Les enregistrements des potentiels cellulaires montrent que les cellules sensorielles vestibulaires ont une activité continue spontanée (potentiel d'action de base). Cette dernière :

- s'accroît lorsque les stéréocils sont inclinés en direction du kinétocil (cil vibratile) et
- diminue lorsque l'inclinaison se fait dans le sens opposé.

B- Cellules maculaires

Elles sont mises en jeu par les accélérations linéaires : la membrane otolithique, alourdie par les statoconies, possède une inertie qui, lors de l'accélération, entraîne un mouvement de cisaillement des stéréocils disposés au pôle apical des cellules réceptrices.

a. Macule utriculaire

Elle réagit aux accélérations dirigées dans un plan horizontal (pour un sujet maintenant sa tête verticale).

b. Macule sacculaire

La macule sacculaire est sensible aux accélérations linéaires verticales, y compris la pesanteur.

En conclusion : Les deux macules stimulées simultanément renseignent sur la position de la tête dans l'espace.

C- Crêtes ampullaires

Elles sont stimulées par les accélérations angulaires qui provoquent un mouvement de l'endolymphe dans le canal. Il s'ensuit une déformation de la cupule qui provoque l'inclinaison des stéréocils des cellules réceptrices.

D- Quelques précisions

Pour toutes les cellules sensorielles, la réception de l'information est secondaire à un mouvement affectant les stéréocils.

La plupart des mouvements auxquels est soumise la tête sont des combinaisons d'accélération linéaires et rotatoires.

L'intégration des informations transmises par le système vestibulaire au travers de la VIIIème paire de nerfs crâniens est faite au niveau du système nerveux central.

E- Voies nerveuses vestibulaires

Les fibres afférentes des récepteurs vestibulaires ont leur corps cellulaire dans le ganglion vestibulaire de Scarpa. Les axones forment le nerf auditif en commun avec les fibres du nerf cochléaire. Le premier relais se fait dans les noyaux vestibulaires bulbares.

De là, naissent des voies multiples se dirigeant vers la moelle épinière, la substance réticulée, les noyaux oculomoteurs, le cervelet, le thalamus. Ceci explique l'importance et la variété des réflexes vestibulaires.

<i>Zones de réception sensorielle vestibulaire et auditive de l'oreille interne</i>			<i>Nerfs sensoriels qui en partent</i>
Nom	Structure	Localisation	
Macules	<ul style="list-style-type: none"> - Cellules sensorielles vestibulaires I et II - Cellules de soutien - Membrane otolithique 	Utricule Saccule	Nerf vestibulaire (équilibration)
Crêtes ampullaires	<ul style="list-style-type: none"> - Cellules sensorielles vestibulaires I et II - Cellules de soutien - Cupule 	Ampoule du canal semi-circulaire externe Ampoule du canal semi-circulaire supérieur Ampoule du canal semi-circulaire postérieur	
Organe de Corti	<ul style="list-style-type: none"> - Cellules sensorielles auditives - Cellules de soutien - Membrana tectoria 	Canal cochléaire	Nerf cochléaire (audition)

Tableau récapitulatif des zones sensorielles de l'oreille interne

G - Œil

I. Généralités

Les yeux sont des organes spécialisés dans la **détection** et l'**analyse** des **signaux lumineux**. On peut les comparer à une chambre noire dont le fond est tapissé par la **rétine**, structure sensorielle sensible aux **photons** et donnant naissance aux influx nerveux.

Anatomiquement, le globe oculaire, dont la paroi est formée de trois tuniques emboîtées (sclérotique, choroïde et rétine), offre à décrire :

- un **segment antérieur**, où se trouvent les **structures réfractives** (cornée et cristallin) responsables du **pouvoir dioptrique de l'œil**. Ce segment est divisé en deux cavités, remplies par l'**humeur aqueuse** (liquide en renouvellement permanent) :
 - la **chambre antérieure** : s'étend de la cornée à l'iris (et la pupille);
 - la **chambre postérieure** : délimitée par l'iris, le cristallin et les structures qui supportent le cristallin.
- un **segment postérieur**, contenant les **photorécepteurs** (au niveau de la rétine visuelle).

Pour atteindre la rétine visuelle :

- le faisceau de rayons lumineux doit donc d'abord traverser les **milieux transparents de l'œil** (successivement : cornée, humeur aqueuse, cristallin et corps vitré);
- l'image formée sur la rétine est alors par la suite ajustée grâce au jeu du diaphragme irien et des **structures réfractives**.

Nous envisagerons successivement la paroi du globe oculaire, son intérieur (c'est à dire les milieux transparents), puis ses annexes.

II. Paroi du globe oculaire

Trois couches concentriques se succèdent de dehors en dedans :

- la **sclérotique**;
- l'**uvée**;
- la **rétine**.

A- Sclérotique

Tunique la plus externe de l'œil, la sclérotique (ou sclère) réalise une capsule fibreuse :

- épaisse et peu dilatable (très résistante);
- opaque et blanche (sauf dans sa partie antérieure où elle donne la cornée, transparente);
- constituée essentiellement de fibres de collagène et de quelques fibres élastiques.

Les muscles oculo-moteurs s'y insèrent. Par ailleurs, la sclérotique (avec la pression intra-oculaire), maintient la forme du globe.

B- Uvée

Cette tunique moyenne, vasculaire, comprend :

- dans la partie postérieure du globe : la **choroïde**;
- dans la partie antérieure : l'**iris** et le **corps ciliaire** (avec les procès).

1) Choroïde

Faite de **tissu conjonctif lâche** riche en fibroblastes, macrophages, lymphocytes et plasmocytes, elle présente une **couleur noire** du fait de l'abondance des cellules pigmentaires (**mélanocytes**).

2) Corps ciliaire

Il s'agit d'un épaississement annulaire de l'uvée, contenant le muscle ciliaire et émettant une série de 80 fins processus radiaires : les procès ciliaires dont :

- l'axe : est occupé par un tissu conjonctif lâche, riche en capillaires et en cellules pigmentaires;
- les deux faces (antérieure et postérieure) sont revêtues par la rétine aveugle (Voir II.C-).

3) Iris

Voir III.C-

C- Rétine

La rétine tapisse :

- la surface interne du segment postérieur : il s'agit de la **rétine neuro-sensorielle** ou rétine visuelle (Voir IV.). Cette dernière s'amincit brutalement en avant, au niveau d'un point particulier : l'**ora serrata**.
- les procès ciliaires et la face postérieure de l'iris : où elle devient **rétine cilio-irienne** ou rétine aveugle. Cette dernière est faite d'un épithélium bistratifié avec :
 - une couche externe : correspondant à l'épithélium pigmentaire de la rétine;
 - une couche interne : faite de cellules sécrétant l'humeur aqueuse.

Elle est richement vascularisée par des artérioles, des capillaires et des veinules irradiant à partir de la papille optique, point de départ du nerf optique et où arrive l'artère centrale de la rétine.

III. Milieux transparents de l'œil

A- Cornée

Elle désigne la portion antérieure, transparente de la sclérotique. Faisant saillie en avant du globe oculaire sous forme d'un disque de 1 cm de diamètre et de 1 mm d'épaisseur, la cornée comprend de la surface vers la profondeur :

1) Epithélium cornéen

Il présente les caractéristiques suivantes :

- **épithélium malpighien non kératinisé**;
- d'épaisseur constante (environ cinq couches de cellules : cubiques à la base, pavimenteuses en surface);
- reposant sur une membrane basale dite **membrane de Bowman**.

2) Stroma cornéen

Appelé aussi tissu propre de la cornée, il constitue 90% de l'épaisseur de la cornée. Il s'agit d'un tissu conjonctif dense orienté, fait d'une cinquantaine de lamelles fines superposées, formées de :

- fibres de collagène de type I : parallèles, orientées différemment d'une lamelle à l'autre (évitant ainsi toute polarisation de la lumière) et entre lesquelles s'insinue une matrice riche en glycosaminoglycanes sulfatés (kératanes-sulfate);
- fibrocytes : situés entre les lamelles, aplatis et à cytoplasme réduit.

3) Membrane de Descemet

Il s'agit d'une membrane basale fibrillaire sur laquelle repose l'**endothélium cornéen postérieur**. Pavimenteux simple, il limite la cornée au contact de l'humeur aqueuse.

La cornée qui ne contient aucun vaisseau sanguin ni lymphatique est nourrie essentiellement par imbibition à partir de l'humeur aqueuse.

B- Humeur aqueuse

Liquide transparent de composition différente de celle du plasma (mais proche du LCR), l'humeur aqueuse assure deux rôles fondamentaux :

- **régulation de la pression oculaire;**
- **rôle nutritif** pour la cornée, le cristallin et le vitré (dont la parfaite transparence exige qu'ils soient avasculaires).

Sécrétée comme nous l'avons vu par la rétine aveugle, elle s'écoule dans le segment antérieur puis se résorbe dans le **trabéculum de l'angle irido-cornéen** au niveau de petites cavités : les **espaces de Fontana**. Ces derniers déversent leur contenu dans le **canal de Schlemm** (sinus veineux de la sclérotique). L'humeur aqueuse est ainsi constamment renouvelée.

C- Diaphragme irien

L'iris, sorte de disque perforé par l'orifice pupillaire, comporte :

- le **stroma irien** : tissu conjonctif très vascularisé, recouvert sur sa face postérieure par :
- la **rétine irienne** (ou aveugle).
- **deux muscles lisses** responsables des variations du diamètre de la pupille :
 - le *dilatateur de la pupille* : innervé par le sympathique, est en fait formé par les cellules de la couche profonde de la rétine irienne, qui émettent des prolongements radiaires, riches en fibres contractiles.
 - le *constricteur de la pupille* : innervé par le parasympathique, est lui, formé par de véritables cellules musculaires lisses à disposition circulaire, noyées dans le stroma irien.

D- Cristallin

Lentille biconvexe de 1 cm de diamètre environ, le cristallin comporte :

- un **massif épithélial** enveloppé par
- une capsule fibreuse homogène : la **cristalloïde**.

Les cellules épithéliales sont caractérisées par trois points :

- elles ont la forme de longs prismes hexagonaux, tassés les uns contre les autres (on parle de **fibres cristalliniennes**);
- leur noyau a en général disparu;
- leur cytoplasme contient des protéines spécifiques à l'origine de nombreux microfilaments.

Le cristallin est relié par le **ligament suspenseur du cristallin** (ou zonule de Zinn) au corps ciliaire. Celui-ci, par le jeu des cellules contractiles du muscle ciliaire (innervé par le parasympathique), peut modifier la forme du cristallin et permettre l'**accommodation à distance**.

E- Corps vitré

Il remplit la cavité du segment postérieur de l'œil et désigne une substance transparente, gélatineuse, faite :

- d'eau (99%) et de glycosaminoglycanes;
- d'une **charpente** de soutien : représentée par de **fines fibrilles collagènes** entrecroisées.

IV. Description histologique de la rétine neuro-sensorielle

La rétine neuro-sensorielle ou visuelle comporte dix couches, avec de la périphérie vers la profondeur :

1- Feuille pigmentaire

Il est séparé du reste de la rétine par un espace virtuel : l'espace rétinien.

2- Couche des cônes et des bâtonnets (photorécepteurs)

La rétine contient deux types de cellules réceptrices (200 µm de long pour 10 à 15 µm de large) : les **cellules à cônes** et les **cellules à bâtonnets**.

Leur structure d'ensemble est identique, avec de la périphérie vers le centre du globe oculaire :

- **l'article externe** : fait de disques membranaires aplatis empilés, support des pigments visuels (rhodopsine pour les bâtonnets; iodopsines pour les cônes).

La rhodopsine est constituée d'une protéine, **l'opsine** et d'un aldéhyde de la vitamine A1, le **rétinal**. Sous l'effet de la lumière, le rétinol est isomérisé de la forme cis à la forme trans, ce qui lui permet de se détacher de l'opsine, entraînant ainsi l'ouverture des canaux membranaires pour le sodium, d'où dépolarisation membranaire et naissance de l'influx nerveux.

- le **cil connectif** : reliant l'article externe à l'article interne sous-jacent;
- **l'article interne** : contenant le corpuscule basal (d'où naît le cil connectif), un centriole, de nombreuses mitochondries et un volumineux appareil de Golgi;
- le **corps cellulaire** : avec en son centre le noyau;
- **l'expansion interne** : fine et plus ou moins longue, se terminant par un renflement présynaptique qui s'articule avec les dendrites des cellules bipolaires.

3- Limitante externe

C'est la ligne pointillée formée par les **complexes de jonction** des cellules sensorielles et des cellules de soutien de Müller. Ces cellules de soutien sont disposées radialement, depuis la limitante interne jusqu'à la hauteur des articles internes des cellules réceptrices.

4- Couche granuleuse externe

Elle contient les noyaux des cellules à cônes et à bâtonnets.

5- Couche plexiforme externe

Dans cette couche, se trouvent les synapses entre les dendrites des neurones bipolaires et les pieds des cellules réceptrices. Il est à noter que chaque cellule ganglionnaire fait synapse avec :

- un seul cône et une seule cellule bipolaire;
- plusieurs bâtonnets et plusieurs cellules bipolaires.

Ainsi, l'acuité visuelle est-elle meilleure au niveau de la **fovéa** (qui ne contient que des cônes) qu'en périphérie de la rétine (où prédominent les bâtonnets).

6- Couche granuleuse interne

Cette couche comporte les **noyaux des cellules bipolaires, amacrines et horizontales** (cellules de soutien), ainsi que ceux des **cellules gliales de Müller**.

Les cellules amacrines établissent des **liaisons tangentielles** permettant :

- de renforcer la réponse rétinienne au centre du champ stimulé et de l'inhiber sur sa périphérie (amélioration de l'acuité visuelle);
- de percevoir les déplacements de l'image sur la rétine (perception du mouvement).

7- Couche plexiforme interne

C'est la région des **synapses** entre **cellules bipolaires, cellules ganglionnaires** et **cellules amacrines**.

8- Couche des cellules ganglionnaires

Elle contient le **péricaryon** de ces cellules.

9- Couche des fibres du nerf optique

A ce niveau, se réunissent les **axones des cellules ganglionnaires** pour constituer les fibres du nerf optique qui gagnent la papille.

10- Limitante interne

Elle est formée par les pieds des cellules de Müller.

V. Annexes du globe oculaire

A- Glandes lacrymales

Glandes exocrines, tubulo-acineuses de type séreux, elles sécrètent les larmes.

B- Paupières

Ce sont des lames de tissu conjonctif (Tarse) revêtues :

- en avant par l'épiderme,
- en arrière par la conjonctive.

Elles contiennent le **muscle orbiculaire des paupières** et les **glandes de Meibomius** (glandes sébacées très développés et non annexées à des poils contrairement aux glandes de Zeiss).

Au niveau de leur **bord libre**, s'implantent les **cils** et débouchent les **conduits excréteurs de nombreuses petites glandes sudoripares et sébacées**.

C- Conjonctive

C'est une **muqueuse** possédant un **épithélium prismatique stratifié** avec quelques cellules muqueuses caliciformes. Elle recouvre la partie antérieure de la sclérotique (correspondant au "blanc de l'œil") et se réfléchit à la face postérieure des paupières.

Questions à Réponse Ouverte Courte

1. Décrivez la cellule olfactive.
2. Quelle est la localisation principale des bourgeons du goût?
3. Donnez la structure histologique de la cornée.
4. Citez les dix couches microscopiques de la rétine (en partant de l'extérieur).
5. Donnez la structure histologique de la membrane tympanique.
6. Citez les zones anatomiques de l'oreille interne responsables respectivement de l'audition et de l'équilibration.
7. Présentez sur un tableau comparatif les différences existant entre les cellules auditives internes et externes.
8. Expliquez brièvement le mécanisme de l'audition.
9. Citez les éléments faisant la différence entre les deux types de cellules vestibulaires.
10. Donnez la structure du corpuscule de Vater-Pacini.

Questions à Choix Multiple

1. La muqueuse olfactive tapisse toutes les régions suivantes, sauf une; laquelle?
A) partie moyenne du cornet supérieur
B) face inférieure de la lame criblée de l'ethmoïde
C) partie supérieure du cornet inférieur
D) région supérieure de la cloison nasale
2. L'uvée :
A) désigne la tunique interne de l'œil
B) est un autre nom pour choroïde
C) montre une richesse en vaisseaux sanguins
D) aucune des réponses précédentes n'est juste
3. Au niveau de la rétine, la couche granuleuse interne est faite, surtout, par :
A) les synapses "cellules photoréceptrices - neurones bipolaires"
B) les noyaux des neurones bipolaires
C) les synapses "neurones bipolaires - cellules ganglionnaires"
D) aucune des réponses précédentes n'est juste
4. L'épithélium tympanique est :
A) pavimenteux simple
B) prismatique pseudo-stratifié
C) cubique stratifié
D) aucune des réponses précédentes n'est juste
5. La membrana tectoria :
A) est riche en cellules conjonctives
B) se met au contact du pôle apical des cellules de Deiters
C) est retrouvée à l'intérieur de la rampe tympanique
D) aucune des réponses précédentes n'est juste