

Partie 4 : Sensibilités

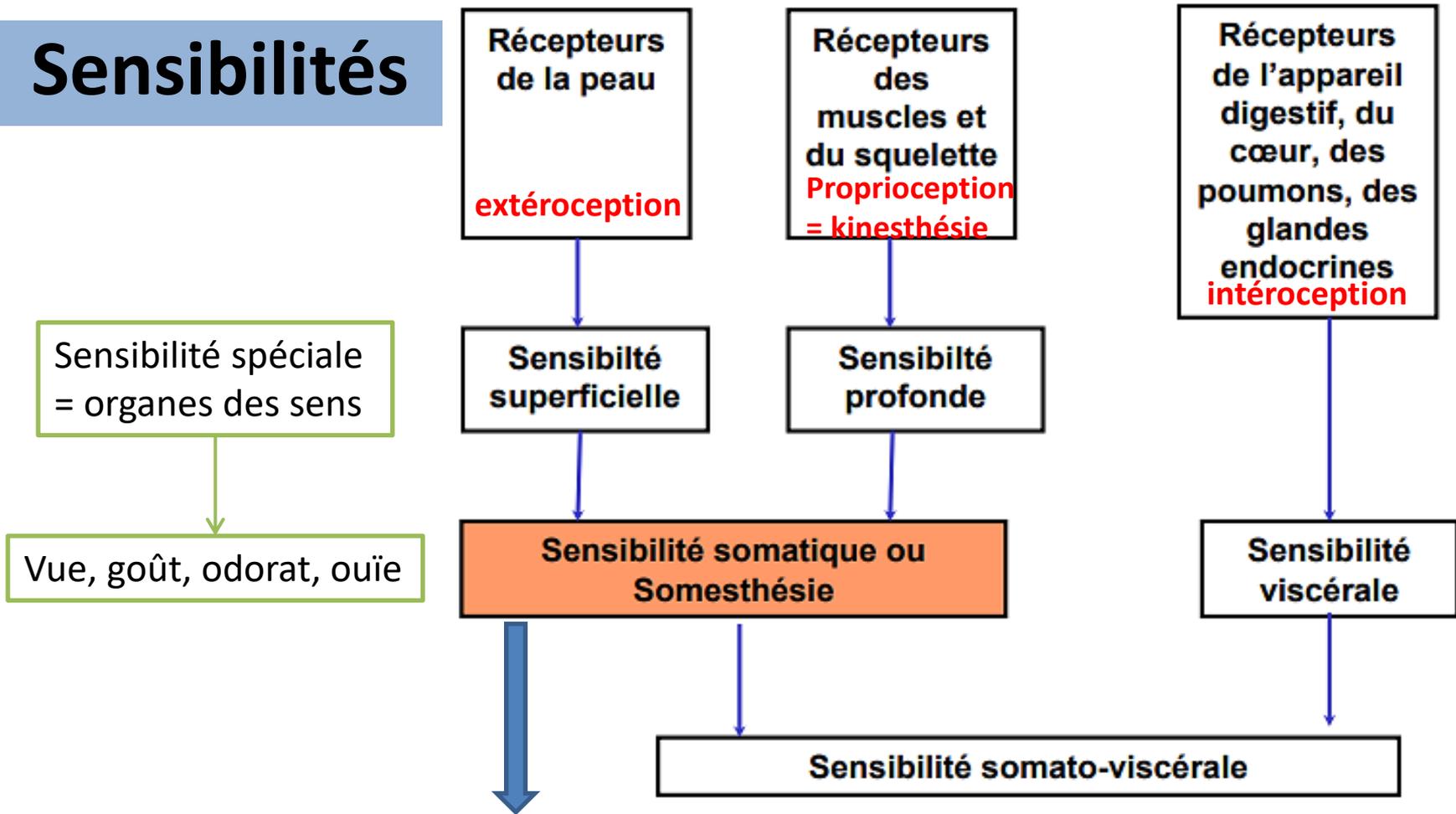
La sensibilité est une fonction cérébrale qui assure la **réception** et le **traitement** de stimuli externes et internes.

Différents types de sensibilités selon origine stimulus:

- la sensibilité **somatique, sensations conscientes**
 - **Sensibilité extéroceptives** relation avec le milieu extérieur
 - **Sensibilité cutanée** : extérocepteurs
 - **Sensibilité spéciale** : vision, audition, olfaction, équilibre
 - **Sensibilité proprioceptive** ; état de contraction des muscles
Renseigne sur position et mouvements du corps dans l'espace; propriocepteurs

- la sensibilité **végétative, inconsciente,**
 - **Sensibilité intéroceptive** : vie végétative, issue des viscères, intérocepteurs ou viscérocepteurs

Sensibilités



Le système sensoriel somatique représente 4 sens:

- Le sens du toucher
- Perception de la température (extérieure et intérieure)
- Position du corps dans l'espace (proprioception)
- Douleur

Intégration du message sensoriel

- **Récepteurs sensoriels** : traducteurs ou transducteurs qui convertissent le stimulus en énergie électrochimique
- **Transmission** : messages afférents vers SNC (M-Ep ou tronc cérébral puis Thalamus et Cortex)
- **Perception** : traitement de ces données au niveau du cortex

Il est classique de définir un système **sensoriel** dans lesquels *les récepteurs sont regroupés* dans un organe (vision, audition, olfaction et gustation) et un système **sensitif** où les récepteurs ont une répartition plus ubiquitaire.

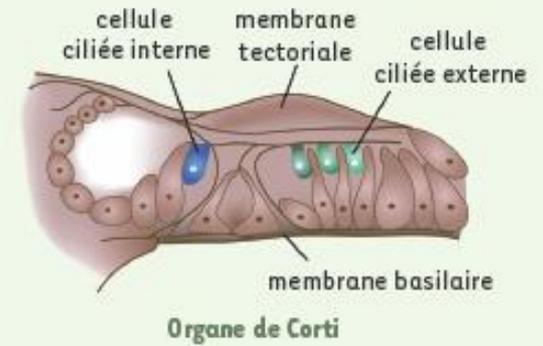
Récepteurs sensoriels et sensitifs

Ex: mécano, thermo, photo, chimio, nocicepteur

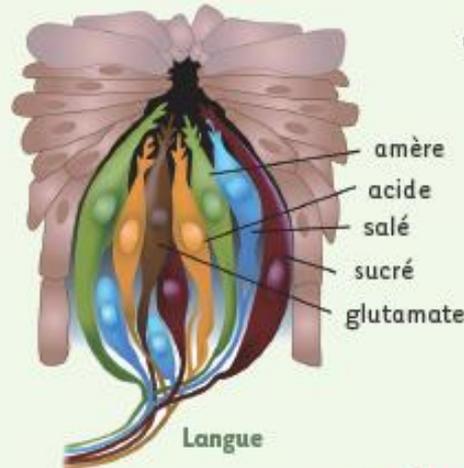
I Vision



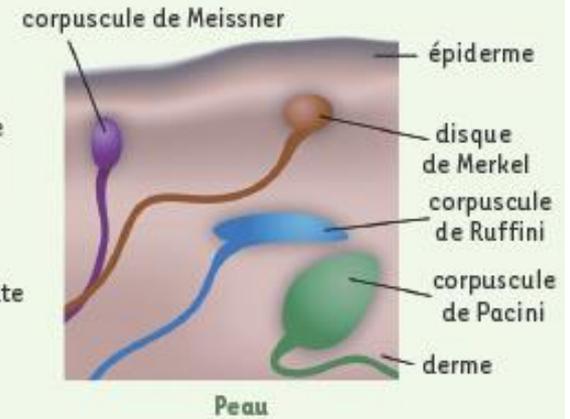
II Audition



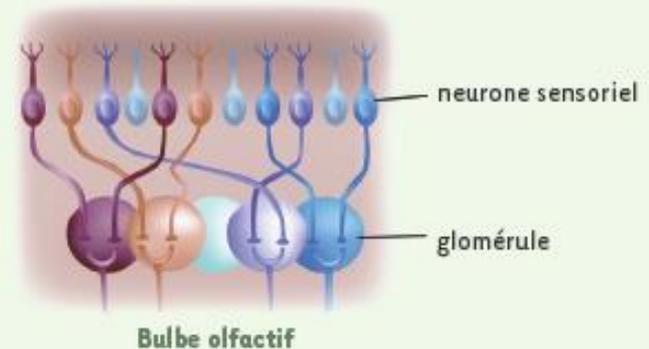
III Gustation



IV Sensibilités somesthésiques



V Olfaction



Les sensibilités

- **L'olfaction : nerf crânien I**

- *Le neuro-épithélium olfactif*
- *Les bulbes olfactifs : premiers étages de l'intégration olfactive*

- **La gustation : nerfs IX et X**

- *Les cellules gustatives*
- *Les papilles et les bourgeons du goût*
- *Les fibres gustatives*
- *Les aires du cerveau impliquées dans le goût*

- **La vision : nerf II**

- *L'œil : instrument d'optique*
- *La rétine*
- *Les voies visuelles et les projections corticales*
- *Les anomalies visuelles*

- **L'audition : nerf VIII = voir UE 2.7**

- *Le récepteur : oreille externe, moyenne et interne, mécanorécepteur*

- **Propriocepteurs**

- *L'équilibration : nerf crânien VIII et canaux semi-circulaires*
- *Les propriocepteurs (fuseau neuromusculaire et organe tendineux de Golgi)*
- *Les troubles de la posture et du mouvement*

- **Sensibilité périphérique**

- *Organisation générale de la sensibilité périphérique*
- *Les voies nerveuses de la sensibilité tactile*
- *Projections thalamiques de la sensibilité tactile*

- **La douleur**

- *La neurophysiologie de la nociception*
- *La neuropharmacologie de la douleur*
- *Les syndromes douloureux*

Critères d'optimalité d'un système sensoriel

- Des récepteurs distincts pour discriminer les différentes formes de stimuli
- Discrimination des différentes intensités de stimulation
- Fiabilité de la transmission du signal
- Rapidité de la transmission du signal
- Capacité de filtrage des informations parasites

I/ Somesthésie ou sensibilité somatique

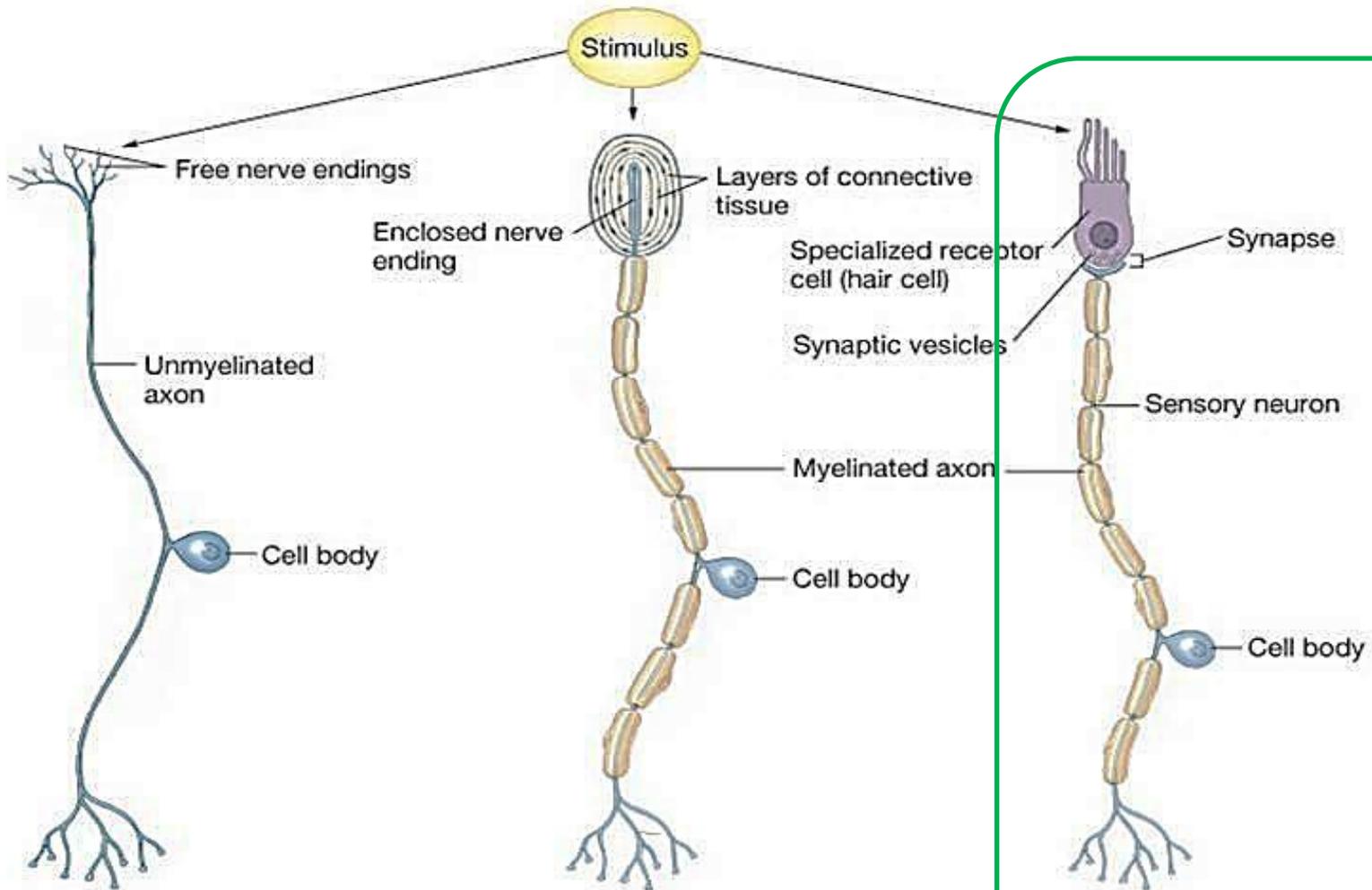
- Récepteurs = **extérocepteurs** distribués partout sur le corps et non à des endroits localisés comme ceux de la vision, de l'olfaction et de l'audition
- Comprend 4 modalités majeures:
 - le **toucher** : la taille, la forme et la texture des objets ainsi que leur mouvement sur la peau,
 - la **proprioception**: position et le mouvement des membres et du corps,
 - la **nociception**: des dommages corporels perçus comme des douleurs,
 - le **sens thermique** : chaud et le froid.

1) Les récepteurs somesthésiques

1.1 morphologie

- Partie terminale différenciée d'un neurone sensoriel : le neurone ganglionnaire (en T) de la corne dorsale
- Différents types d'afférence en fonction diamètre et présence ou non myéline
- Existence de terminaisons libres (noci et thermo) ou encapsulées (mécano)





(a) Simple receptors are neurons with free nerve endings.

(b) Complex neural receptors have nerve endings enclosed in connective tissue capsules.

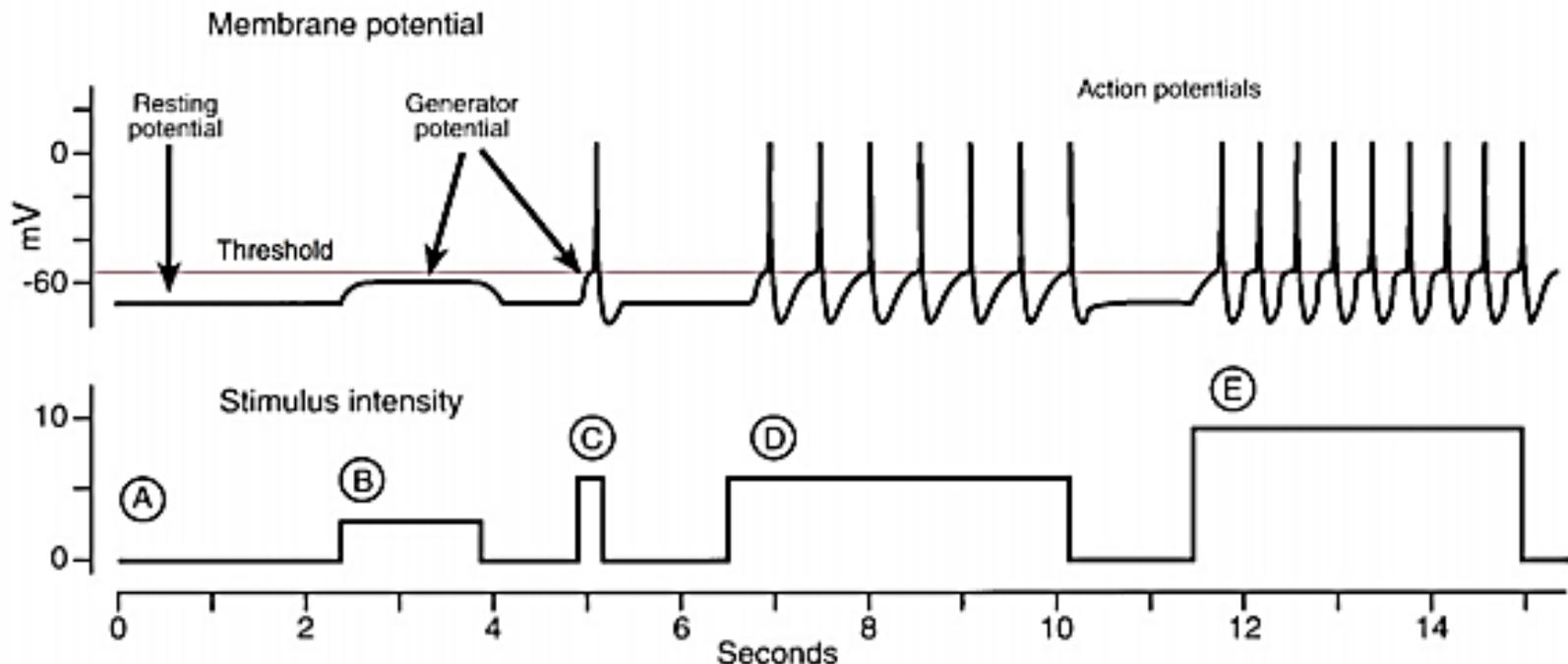
(c) Most special sense receptors are cells that release neurotransmitter onto sensory neurons, initiating an action potential.

1.2. fonctionnement

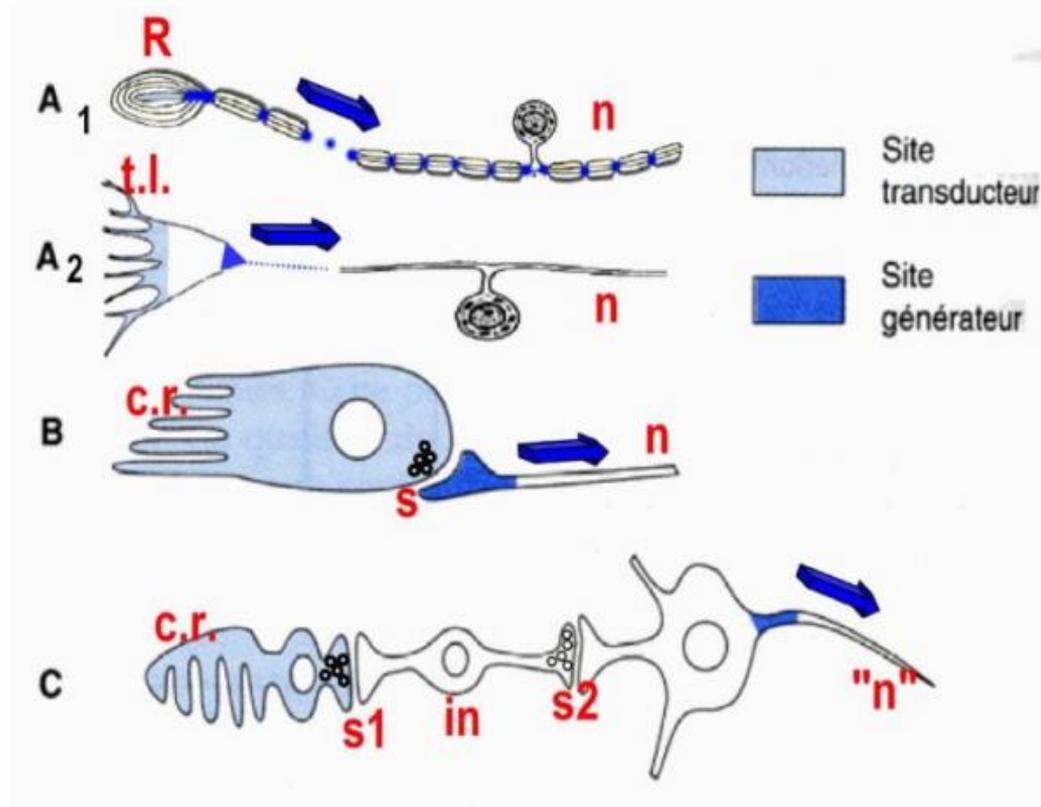
Le R doit convertir le stimulus en PA = **transduction**

- **Potentiel récepteur** = dépolarisation membrane
= *Potentiel générateur gradué*

Si > seuil d'excitation, un PA se propage vers SNC



- A-Soit le neurone sensoriel récepteur assure la transduction et l'émission du **P.A.** par la même cellule.
- B-Soit la transduction est assurée par une (ou plusieurs) cellule(s) réceptrice(s) faisant synapses avec le neurone sensoriel, générateur du **P.A.**.
- C-Soit la transduction est assurée par une cellule réceptrice séparée par une ou plusieurs autres cellules (interneurone) du neurone générateur de **P.A.** (vision).



Exemples :

Barorécepteurs peau

Nocicepteurs, olfaction

Bourgeons du goût

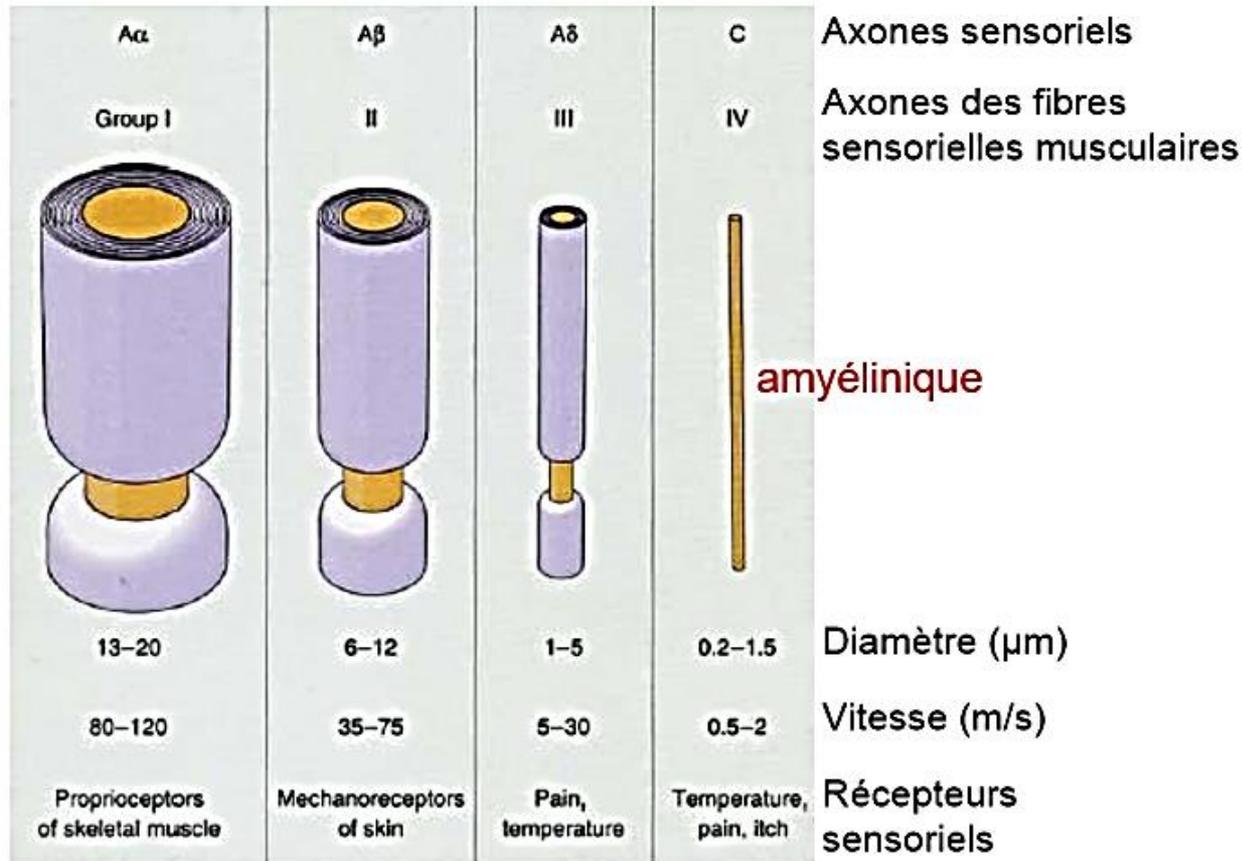
Photorécepteurs rétine

Figure 12 - La transduction

En A1 et A2, le site transducteur est constitué par les terminaisons dendritiques du neurone sensoriel afférent ; en A1, la terminaison dendritique est complètement intégrée au récepteur, en A2, ce sont des terminaisons libres dendritiques du neurone afférent qui assurent la transduction. En B et C, la transduction est assurée par une cellule réceptrice.

1.3. Transmission par les fibres afférentes

Les différents types de fibres afférentes primaires



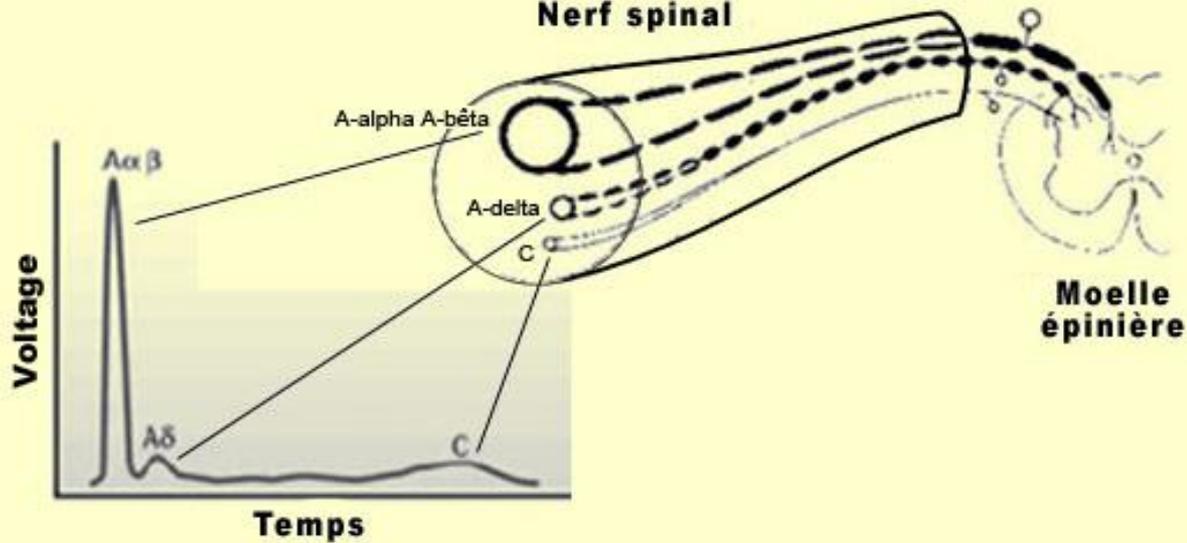
Fibres Aβ pour les mécanorécepteurs de la peau

Fibres Aα pour les mécanorécepteurs des muscles et des articulations

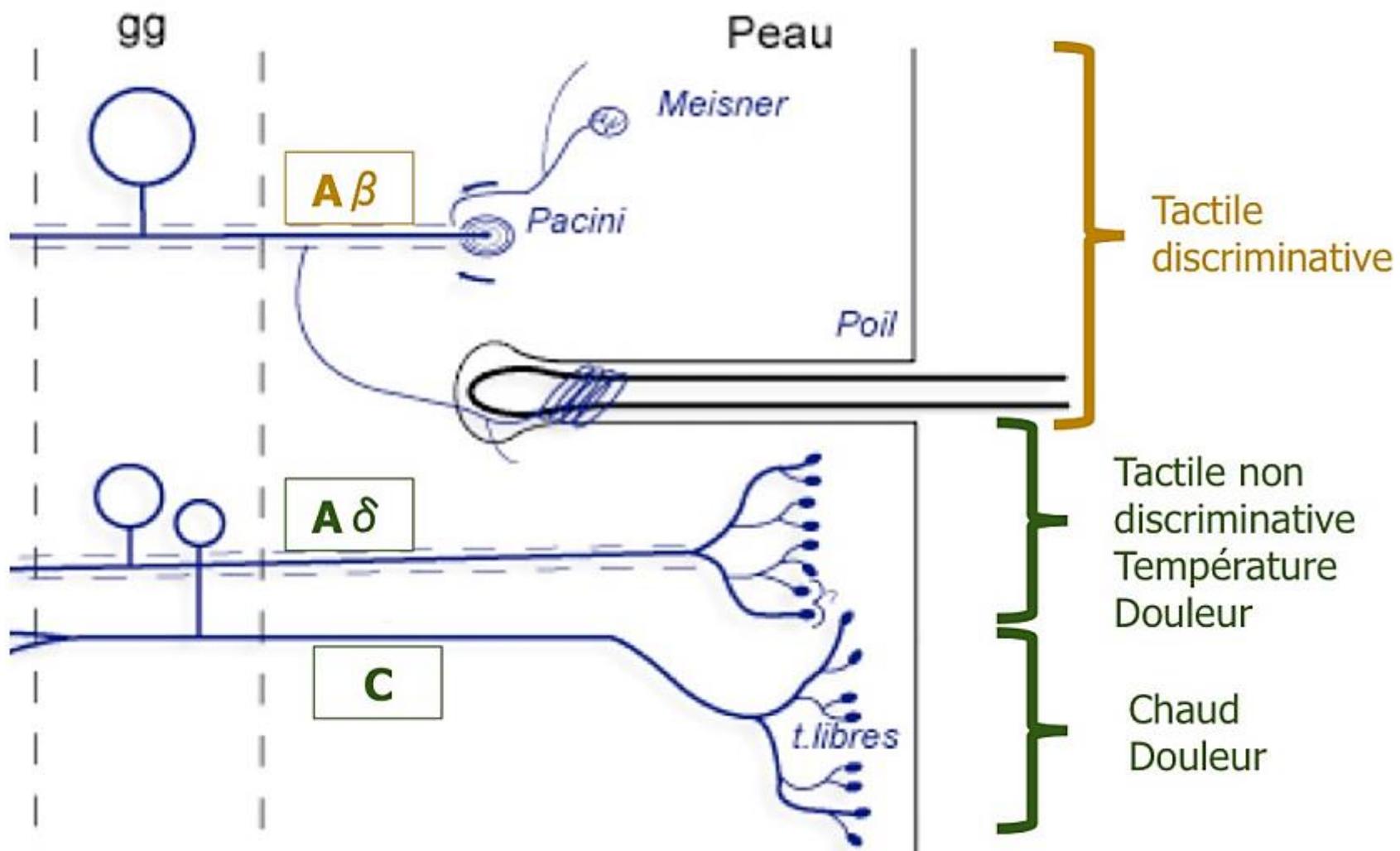
Type de fibre nerveuse	Information véhiculée	Gaine de myéline	Diamètre (en micro-mètres)	Vitesse de conduction (en m/s)
A-alpha	Proprioception	myélinisée	13 - 20	80 - 120
A-beta	Toucher	myélinisée	6 - 12	35 - 90
A-delta	Douleur (mécanique et thermique)	myélinisée	1 - 5	5 - 40
C	Douleur (mécanique, thermique et chimique)	non-myélinisée	0.2 - 1.5	0.5 - 2



Nerf spinal



Moelle épinière



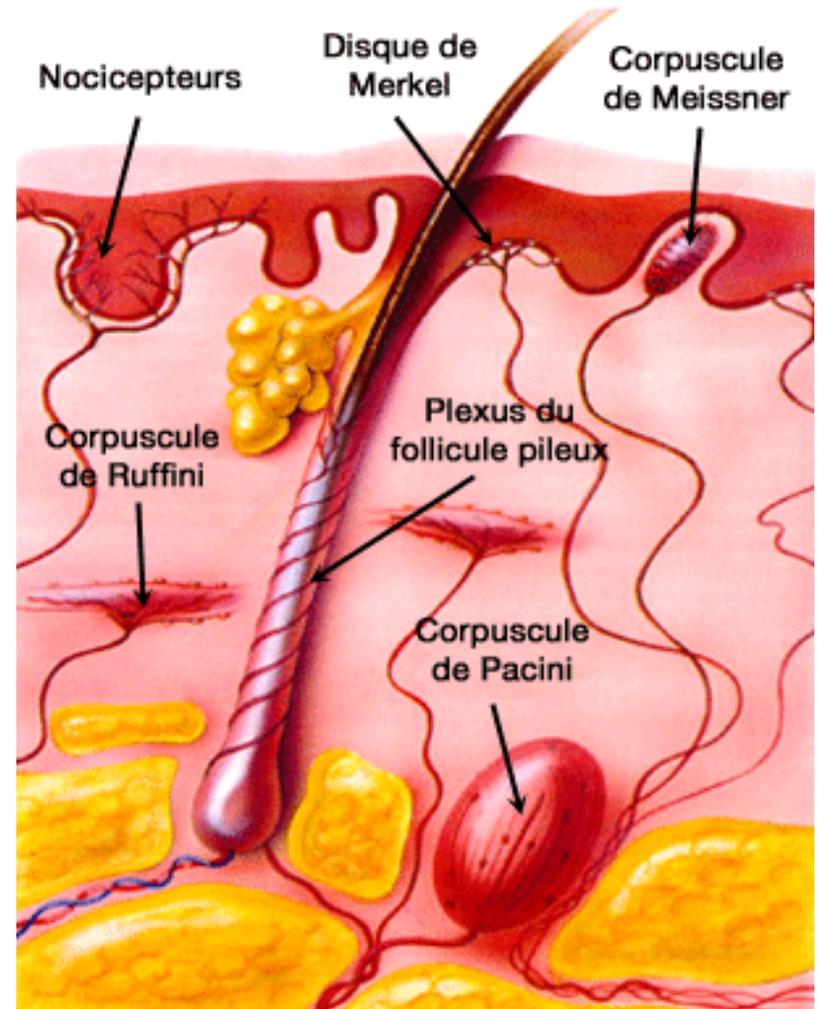
2. Mécanorécepteurs, fibres A β

- **Toucher** (tact épicrotique et protopathique)
- **Vibrations** (pallesthésie)
- Sensations positionnelles statiques (statesthésie),
ou dynamique (kinesthésie)
- **Pression** (baresthésie)

Le toucher

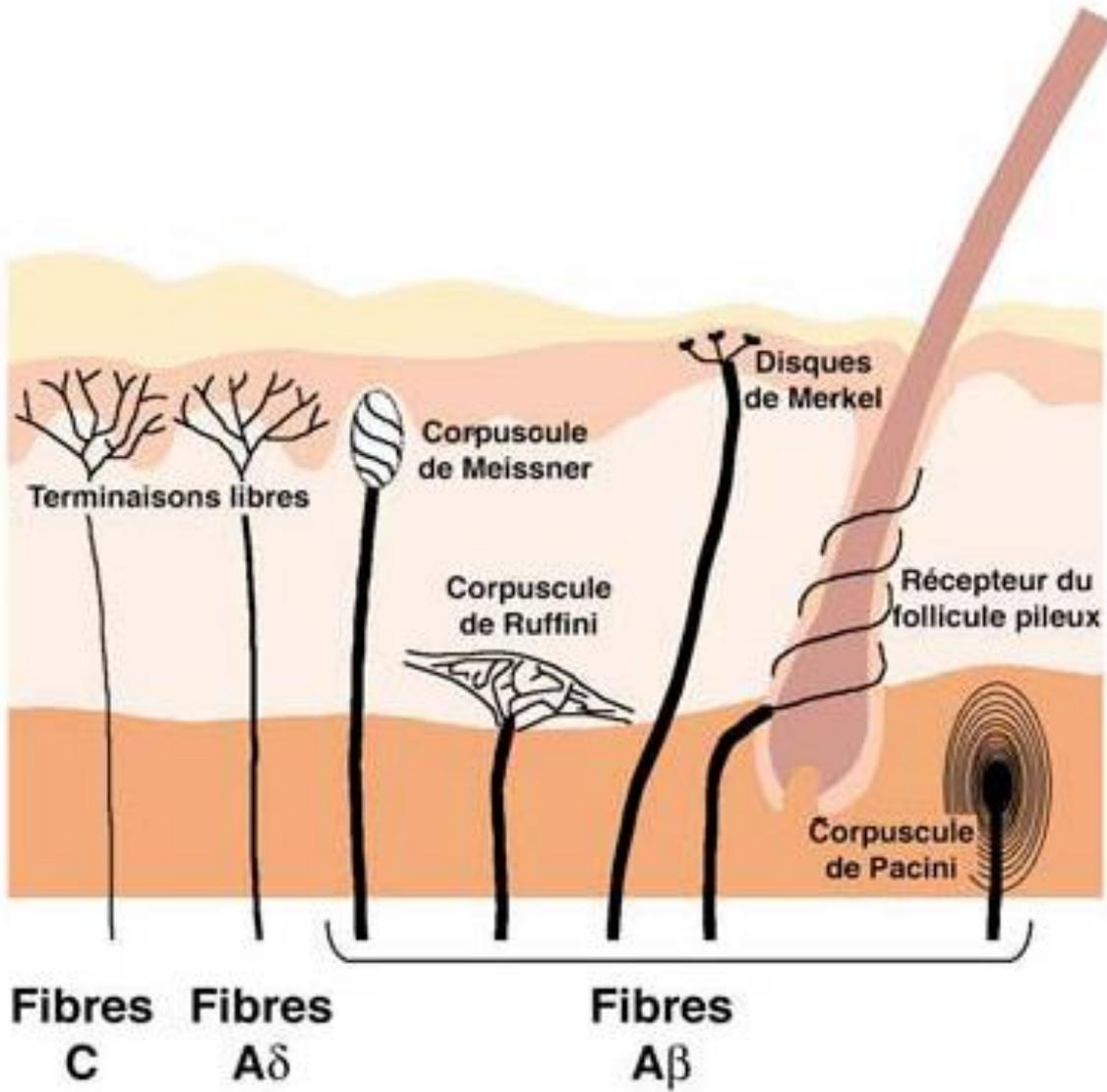
MécanoR cutanés

- encapsulés :
 - **disques de Merkel** = *tact, pression, statique*
 - **corpuscules de Meissner** = *tact, pression, glissement, dynamique*
 - **corpuscules de Pacini** = *pression profonde, vibrations*
 - **Corpuscules de Ruffini** = *étirement peau, statique*
- fibres entourant les follicules pileux

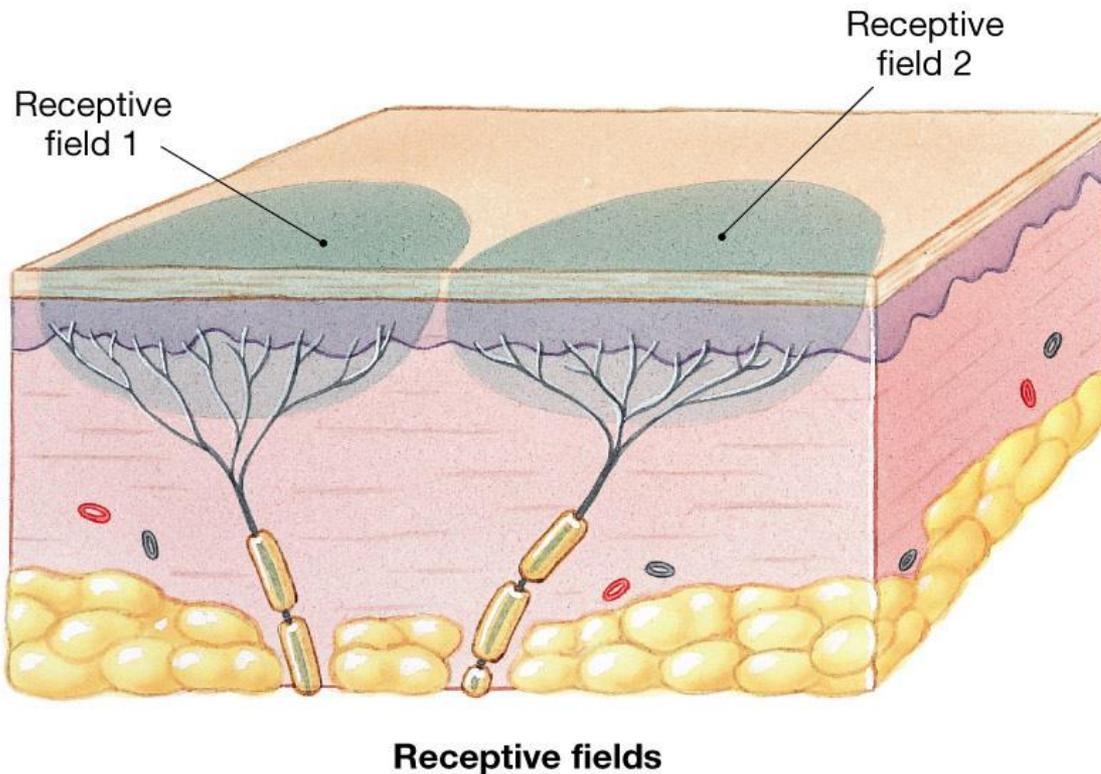


Épiderme

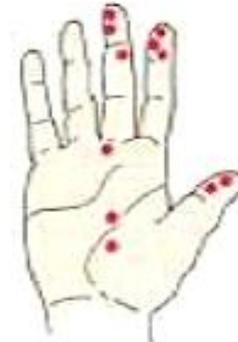
Derme



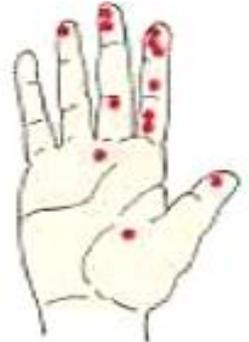
Champ récepteur



Meissner



Merkel



Pacini



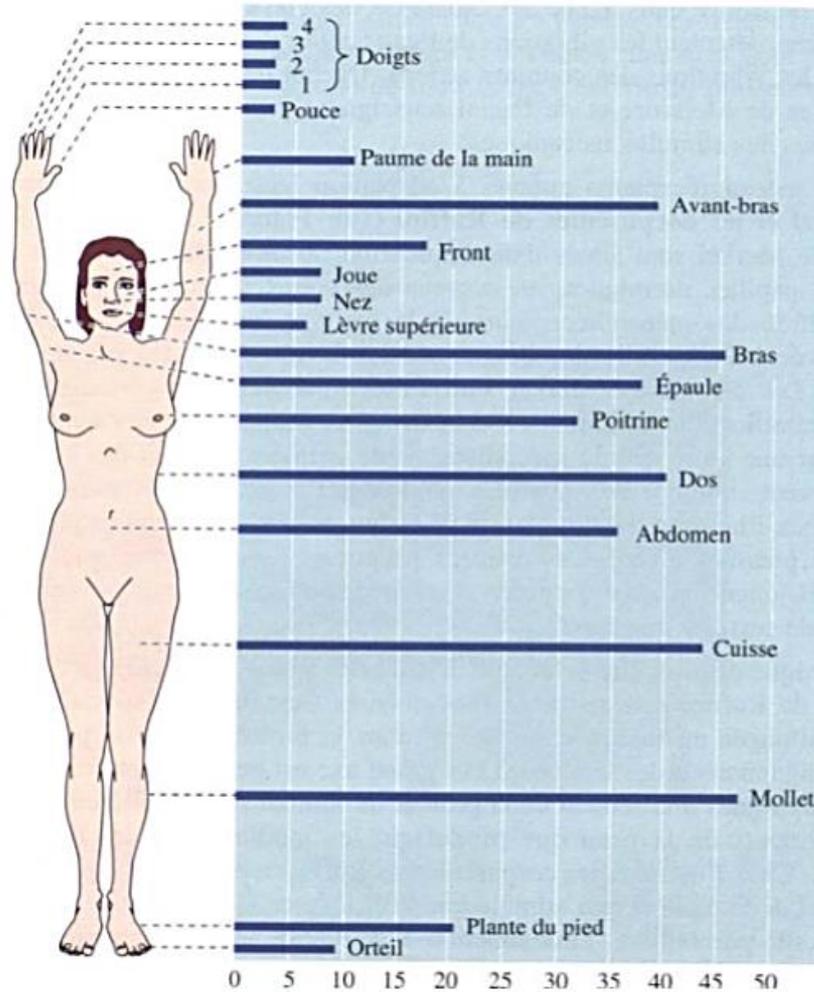
Ruffini



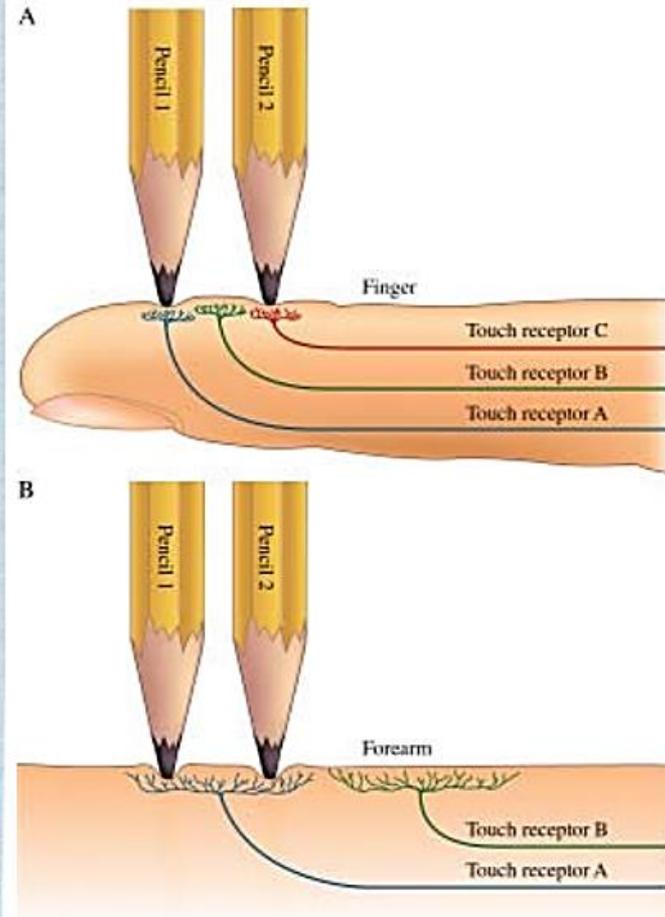
Champs récepteurs

champ récepteur = zone sensorielle qui modifie (excite ou inhibe) l'activité d'un neurone lorsqu'elle est stimulée

Discrimination spatiale (Meissner & Merkel)



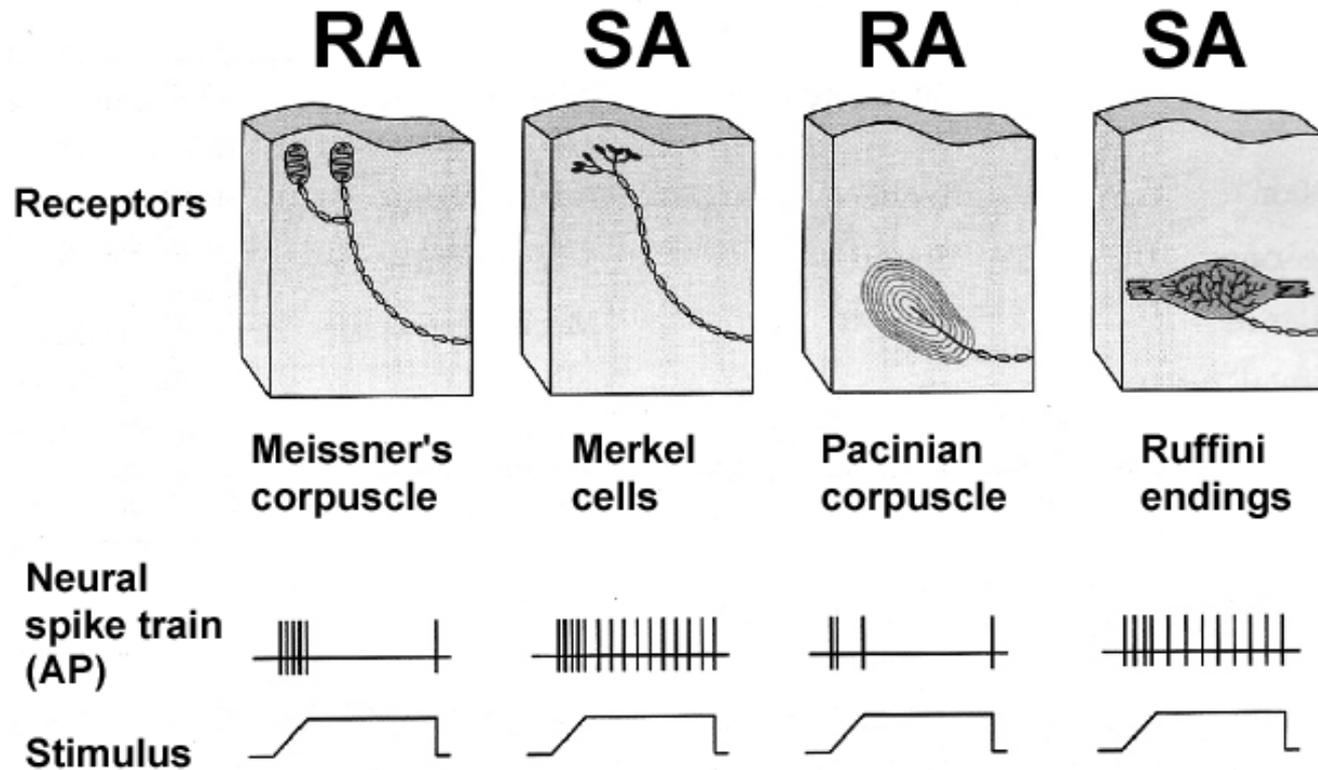
Fonction de:
 - la densité en R
 - la surface des CR

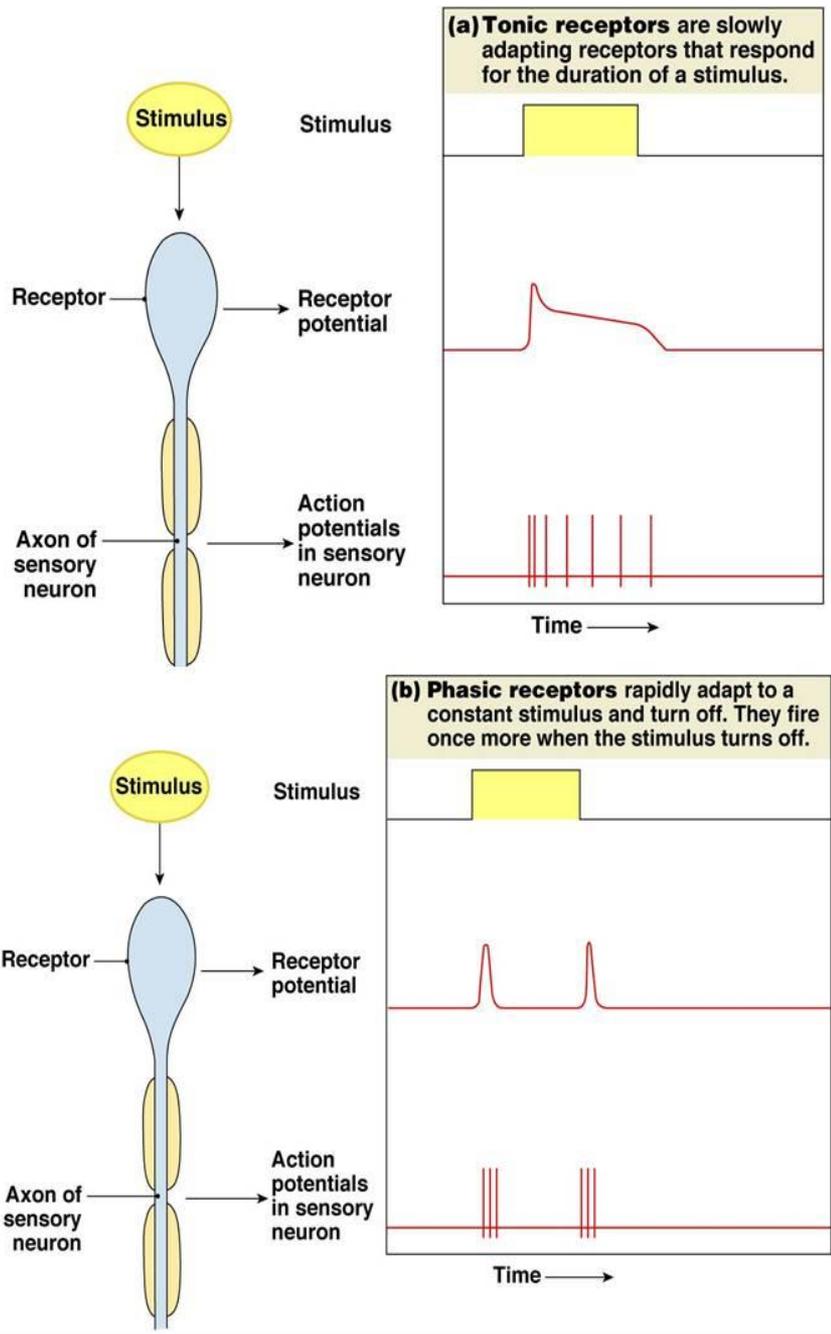


les seuils les plus bas sont situés à l'extrémité de la langue et au bout des doigts (1-3 mm); le dos est la région où la discrimination spatiale est la plus élevée (50-100 mm).

Adaptation des récepteurs :

- rapide, lente





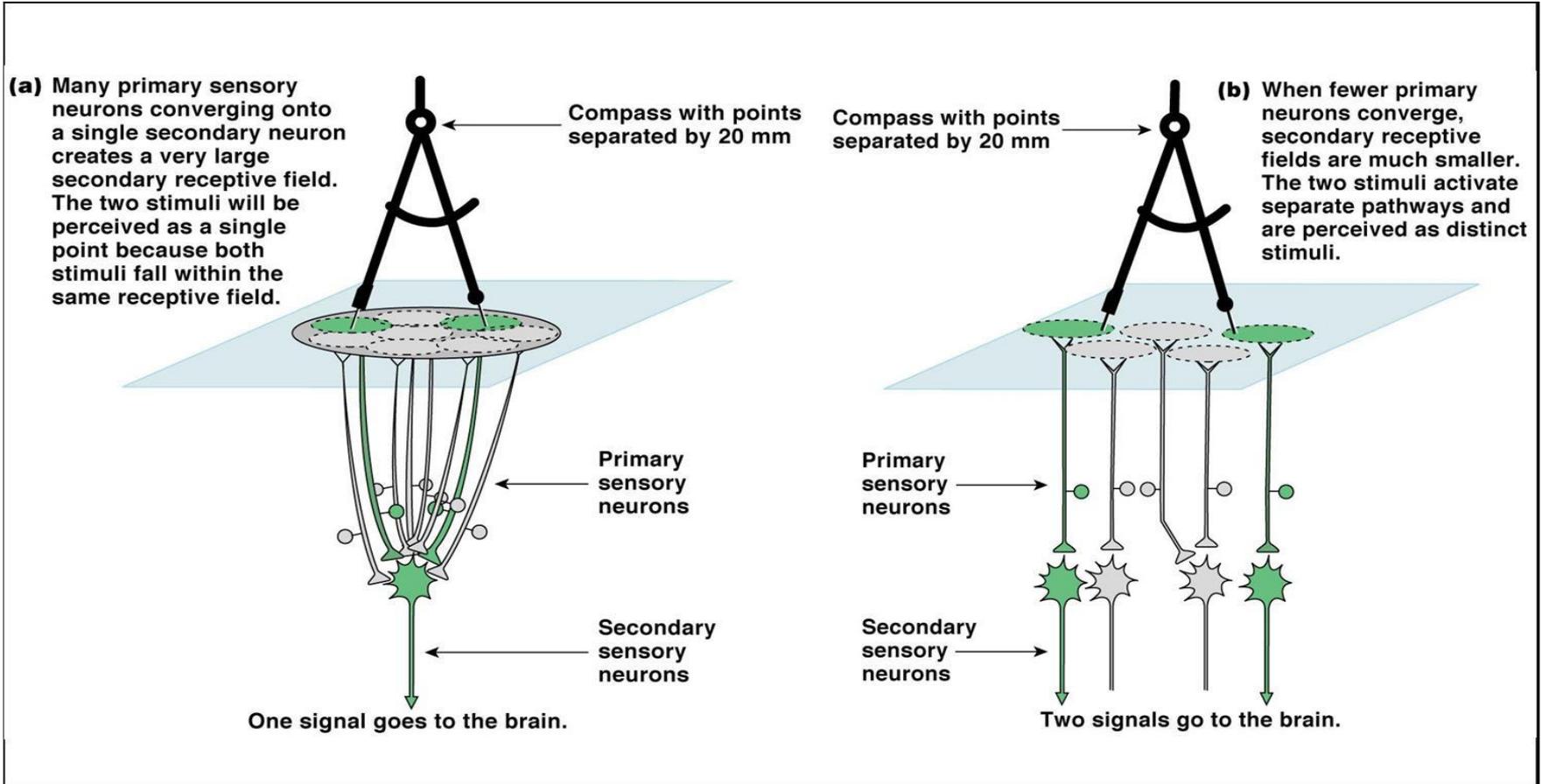
Tonique = adaptation lente **RÉCEPTEURS DE PRESSION**

Les disques de Merkel (superficiels) et les corpuscules de Ruffini (profonds).

Il y a environ 5 fois plus de récepteurs à adaptation rapide (84% - tact) que de récepteurs à adaptation lente (16% - pression).

Phasique = adaptation rapide, sensible au changement
RÉCEPTEURS DU TACT et **DÉTECTEURS DE VITESSE** = Meissner, **VIBRATION** = Pacini

Remarque : modulation



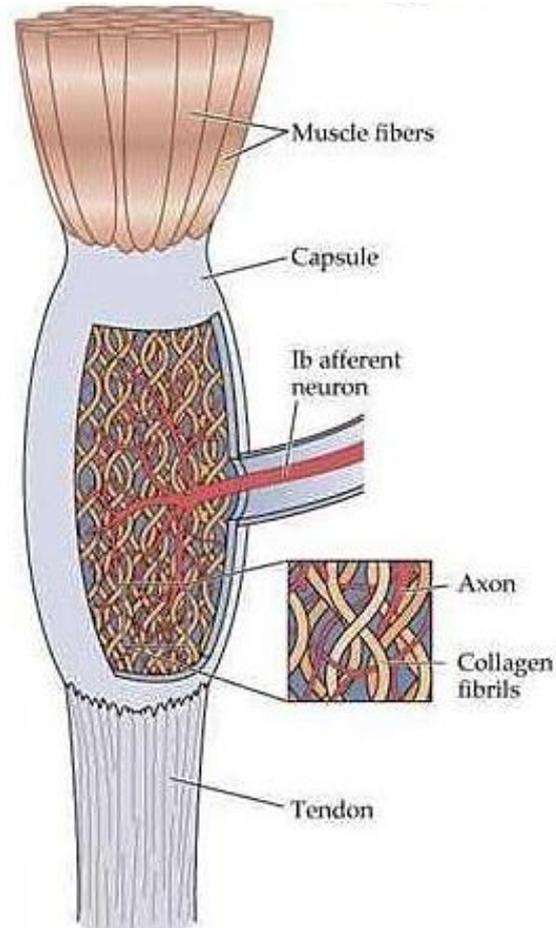
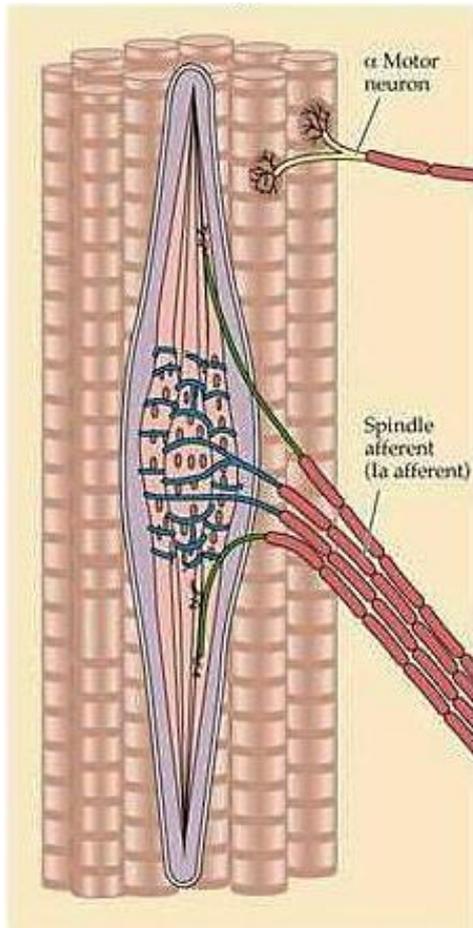
Convergent, champ récepteur étendu

pas de convergence, champ récepteur petit

3) La proprioception (voir TD réflexe myotatique)

Fuseau neuromusculaire,

organe tendineux de Golgi, récepteurs articulaires

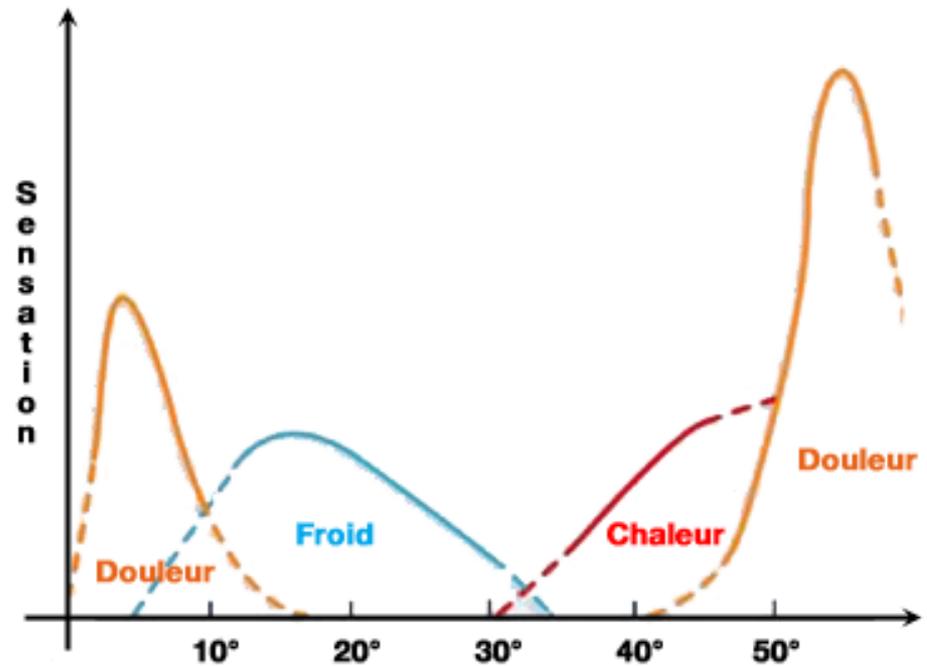


4) La nociception

- **Nocicepteurs:** terminaisons libres, très arborisées, fibres lentes amyéliniques C (lentes) et A δ (rapides)
- **Stimuli nociceptifs:** thermiques (>45°C), mécaniques, chimiques (pH acide, histamine,...)
- **Localisation :** peau, os, muscles, organes internes, ... sauf dans cerveau (à l'exception des méninges)

5) La thermoception

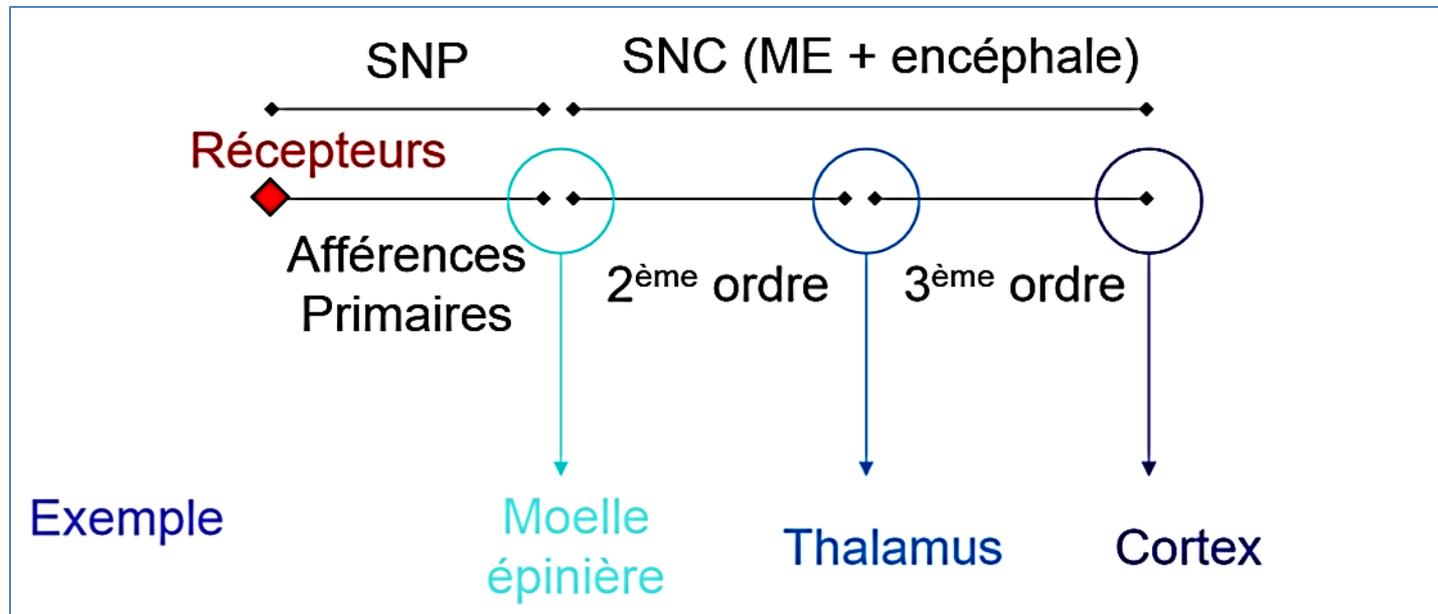
- Les thermorécepteurs sont sensibles aux changements de température, ils détectent des variations de température
- Terminaisons libres cutanées
- Fibres C chaud 30-45°C
- Fibres C et Ad froid



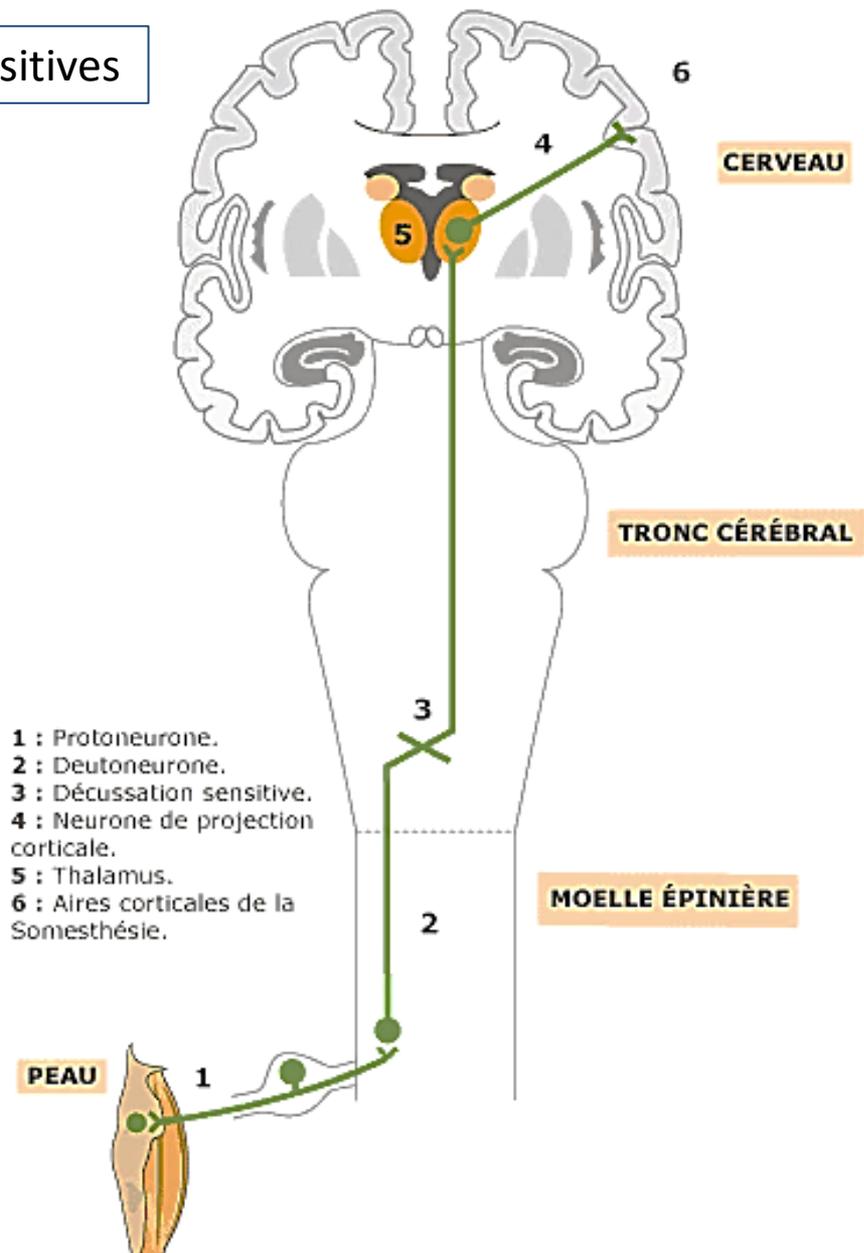
6) Les voies sensibles

formées d'une chaîne de **3 neurones** successifs:

- **le premier neurone ou protoneurone** : corne dorsale moelle épinière
- **le deuxième neurone ou deutoneurone** : Les faisceaux de deutoneurones sensitifs montent les uns vers le cervelet (voies spino-cérébelleuses), les autres vers les noyaux gris centraux du cerveau (dont le principal est le **thalamus**) (voies lemniscales et extra-lemnisciales).
- **le troisième neurone ou neurone terminal** : se termine dans l'écorce sensitive du cerveau. C'est le neurone de projection corticale.



Organisation générale des voies sensitives



- 1 : Protoneurone.
- 2 : Deutoneurone.
- 3 : Décussation sensitive.
- 4 : Neurone de projection corticale.
- 5 : Thalamus.
- 6 : Aires corticales de la Somesthésie.

6.1. Voies de la sensibilité mécanique :

Voies lemniscales : toucher et proprioception consciente

Voies spinocérébelleuses : proprioception inconsciente (réglage tonus musculaire, posture)

Voies lemniscales

toucher et proprioception consciente

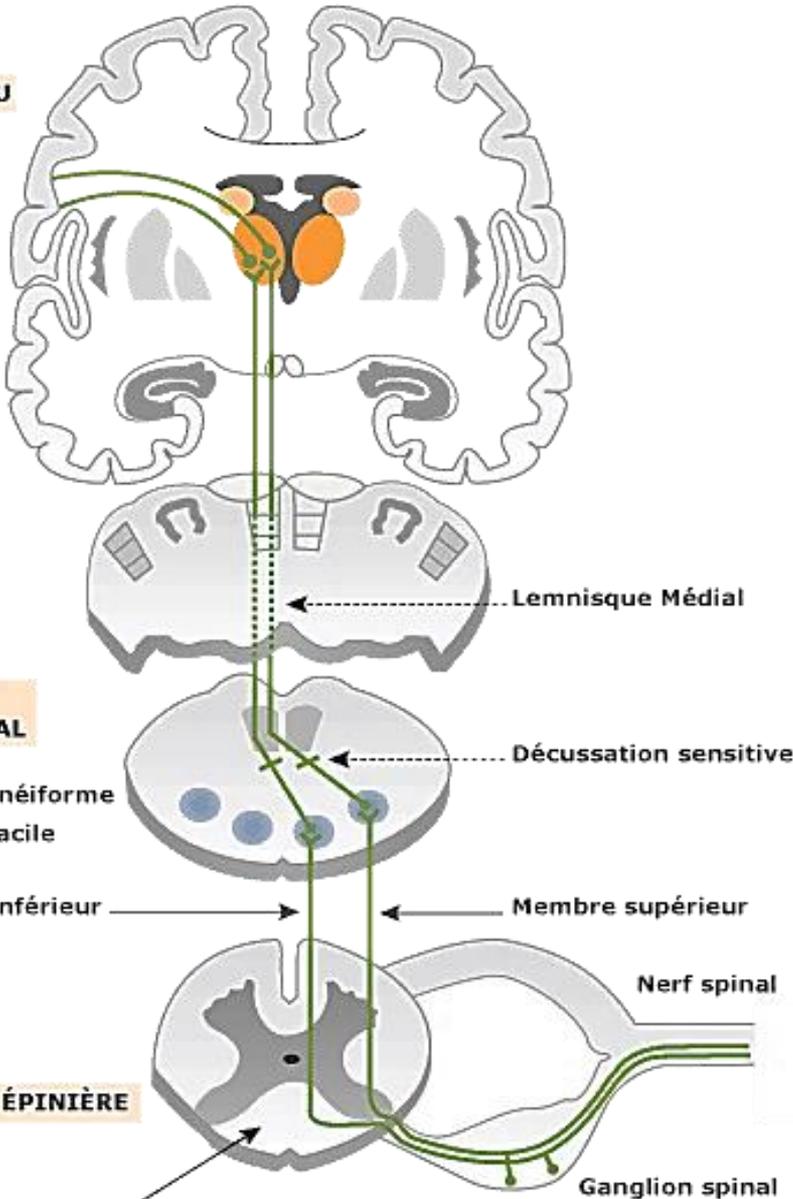
Dans cordons postérieurs MEp

CERVEAU

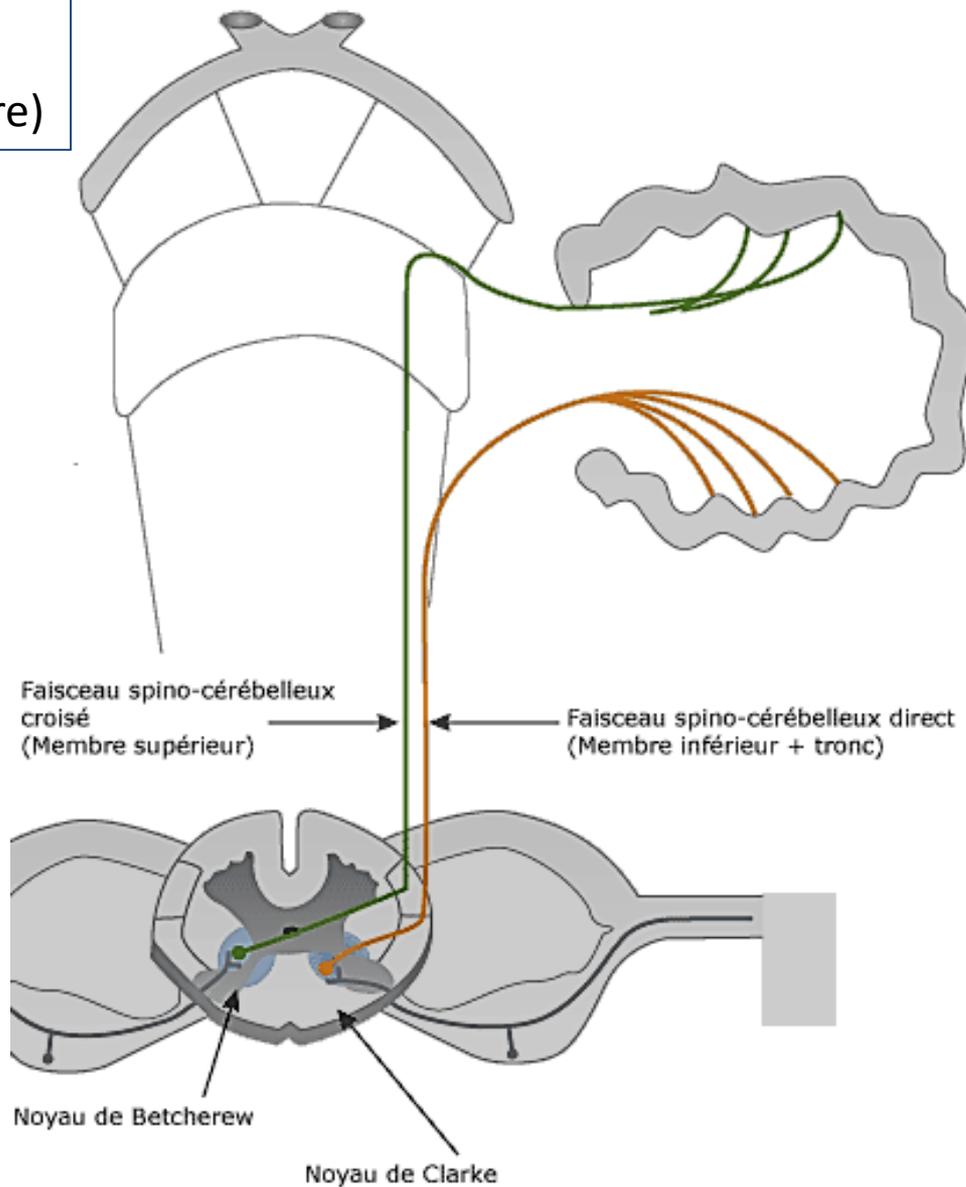
TRONC CÉRÉBRAL

MOELLE ÉPINIÈRE

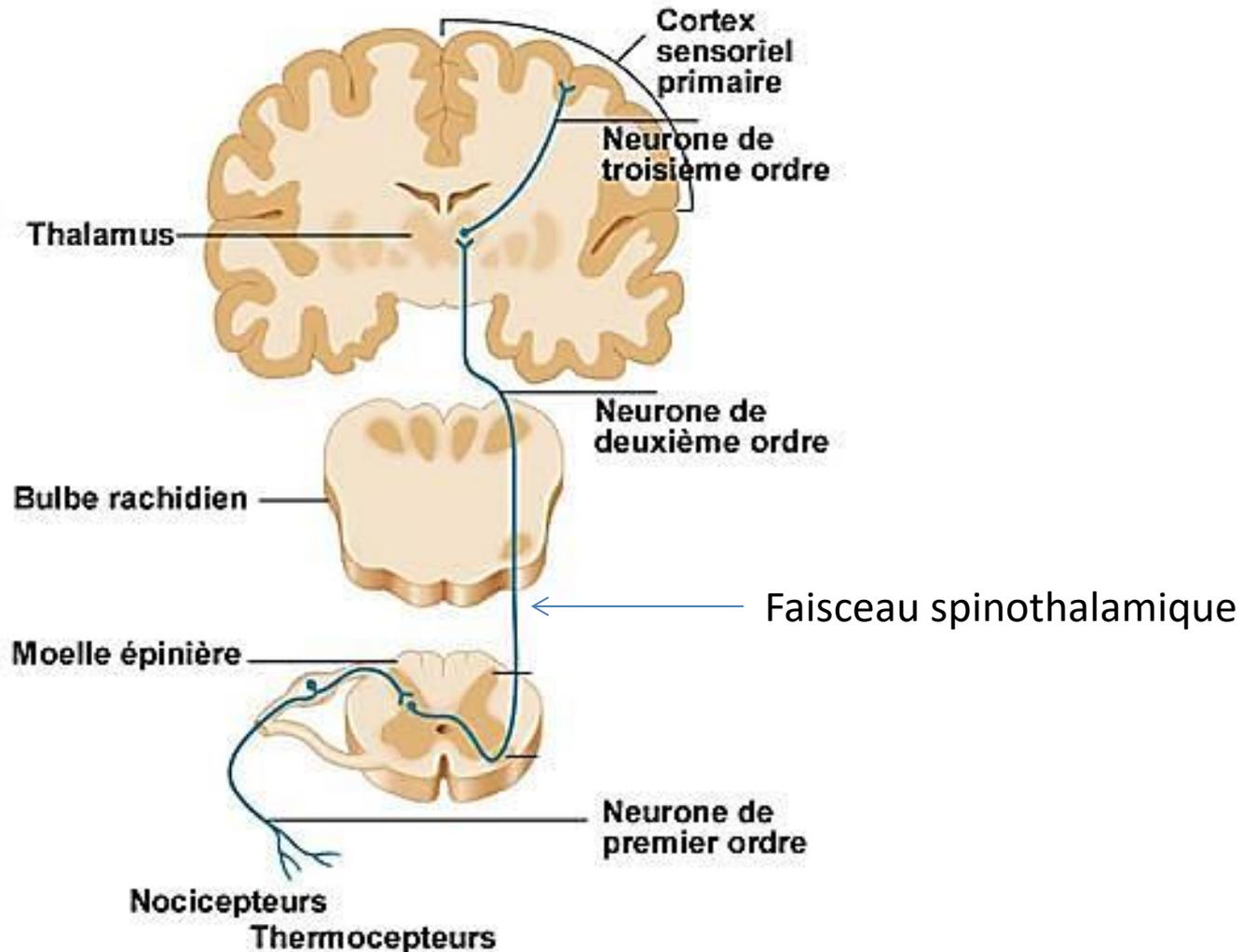
Cordons dorsaux de la moelle épinière



Voies spinocérébelleuses
(proprioception inconsciente =
réglage tonus musculaire, posture)

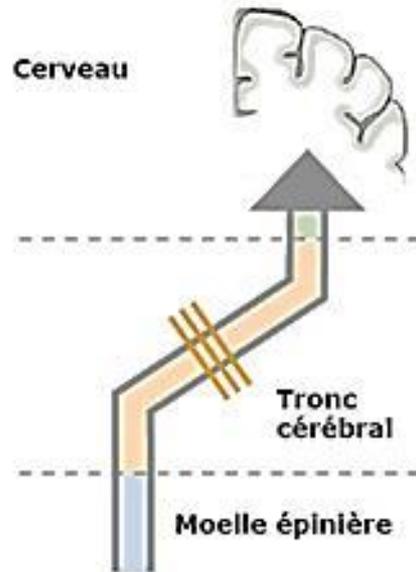


6.2. Voies nociceptives et thermoceptives : système spinothalamique ou extralemnsicale



Bilan voies sensibles

Système lemniscal (information)



Sensibilités superficielles

- Sensibilité tactile épicrotique
- Sensibilité annexée aux poils

Sensibilité profonde ou Sens

- ou Proprioceptive consciente
- ou Sensibilité articulaire
- ou Sens des positions

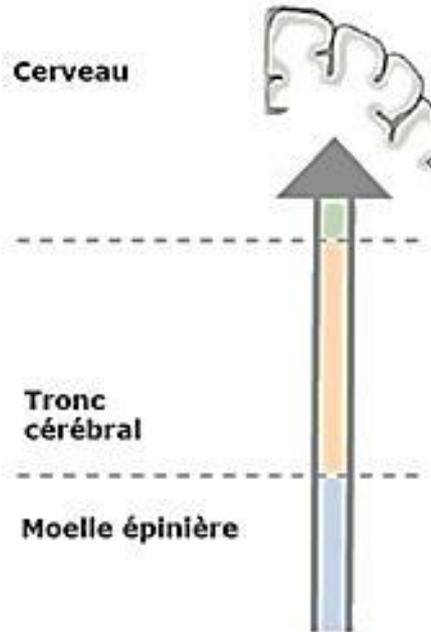
Baresthésie

- Sensibilité aux pressions

Pallesthésie

- Sensibilité vibratoire

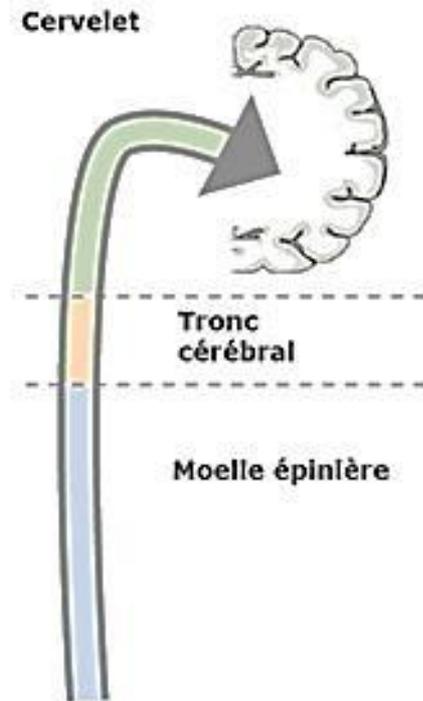
Système extra-lemniscal (alarme)



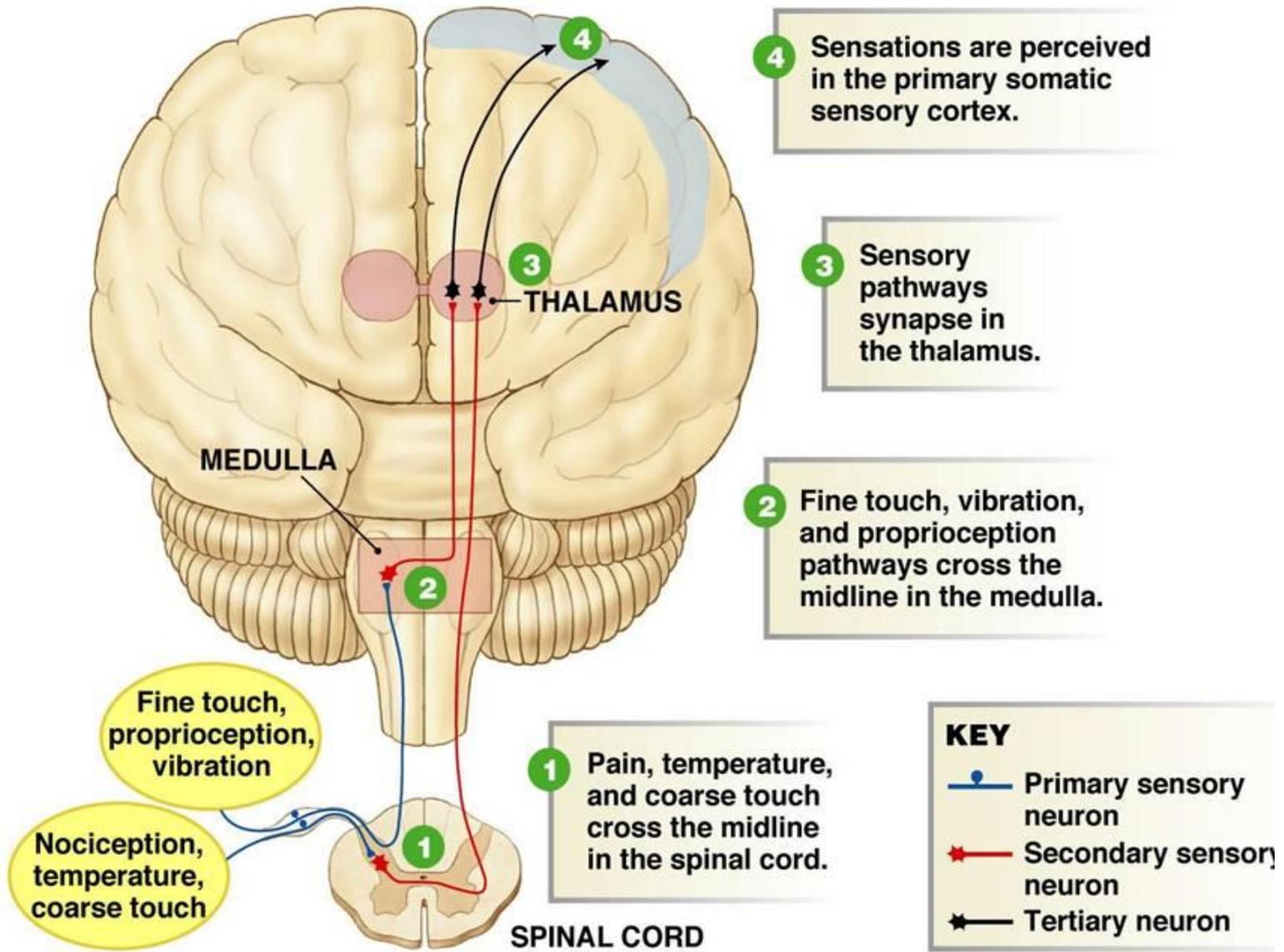
Voies Spino-thalamiques

- Sensibilité tactile protopathique (tact approximatif)
- Sensibilité thermo-algésiques
 - Sensibilité thermique (froid-chaud)
 - Douleur superficielle (terminaisons libres de la douleur, dans l'épiderme)

Système spino-cérébelleux (Réglage supra - segmentaire du tonus musculaire postural)



Sensibilités spino-cérébelleuses ou sensibilité proprioceptive inconsciente



4 Sensations are perceived in the primary somatic sensory cortex.

3 Sensory pathways synapse in the thalamus.

2 Fine touch, vibration, and proprioception pathways cross the midline in the medulla.

1 Pain, temperature, and coarse touch cross the midline in the spinal cord.

Fine touch, proprioception, vibration

Nociception, temperature, coarse touch

MEDULLA

SPINAL CORD

THALAMUS

KEY

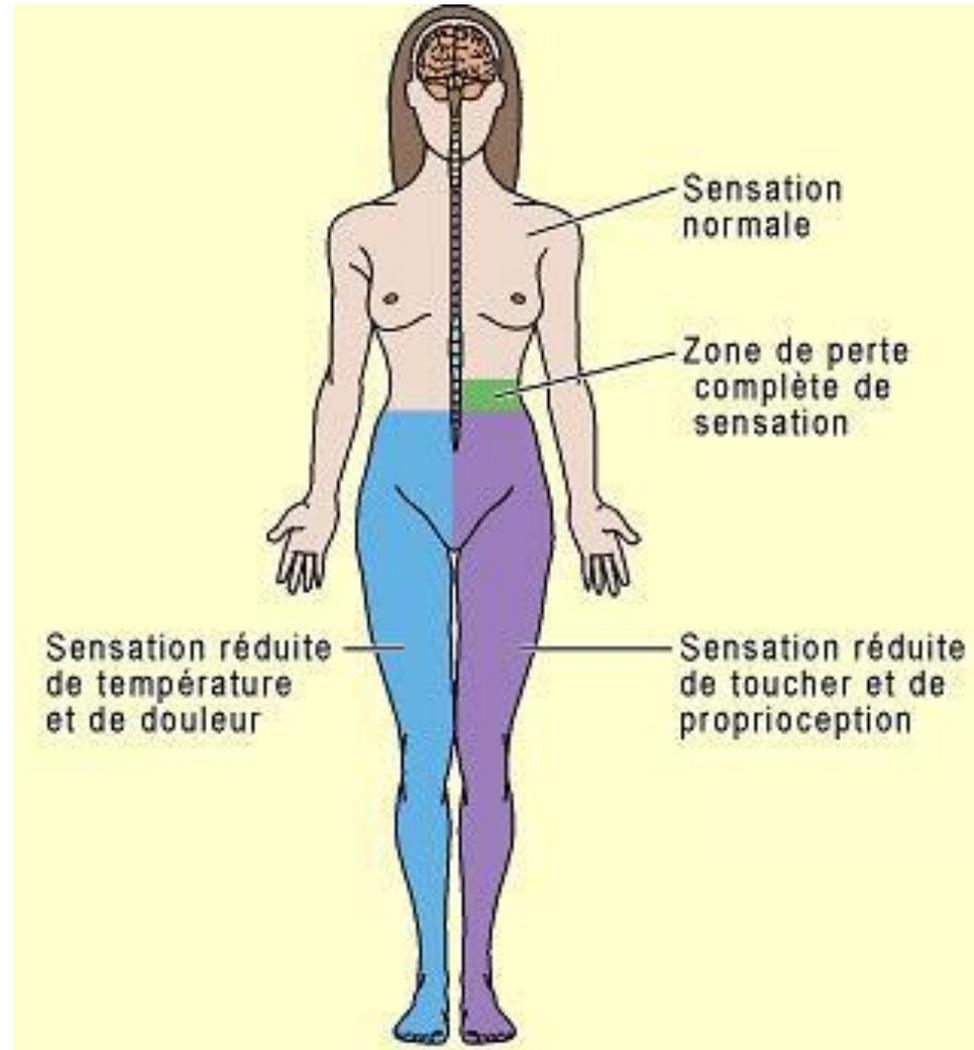
- Primary sensory neuron
- Secondary sensory neuron
- Tertiary neuron

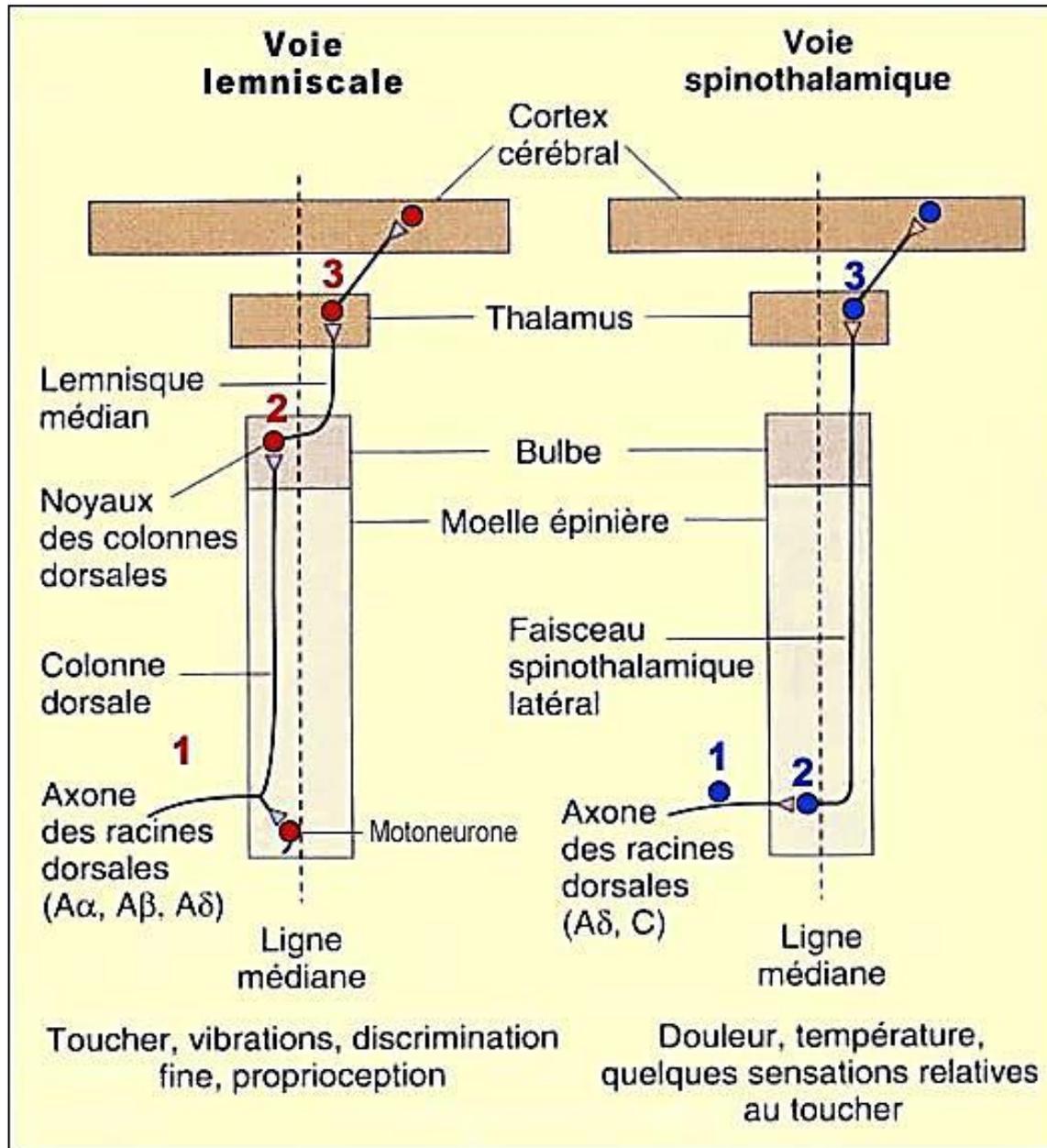
Exemple : **lésion du côté gauche** de la moelle au niveau de la 10^e vertèbre thoracique :

→ **diminution de sensation du toucher sur la partie gauche** de son corps située sous la lésion puisque la voie lemniscale monte du même côté (ipsilatéral).

→ **diminution de la sensation douloureuse, mais du côté droit** de son corps situé sous la lésion, car la voie spinothalamique monte du côté opposé (controlatéral).

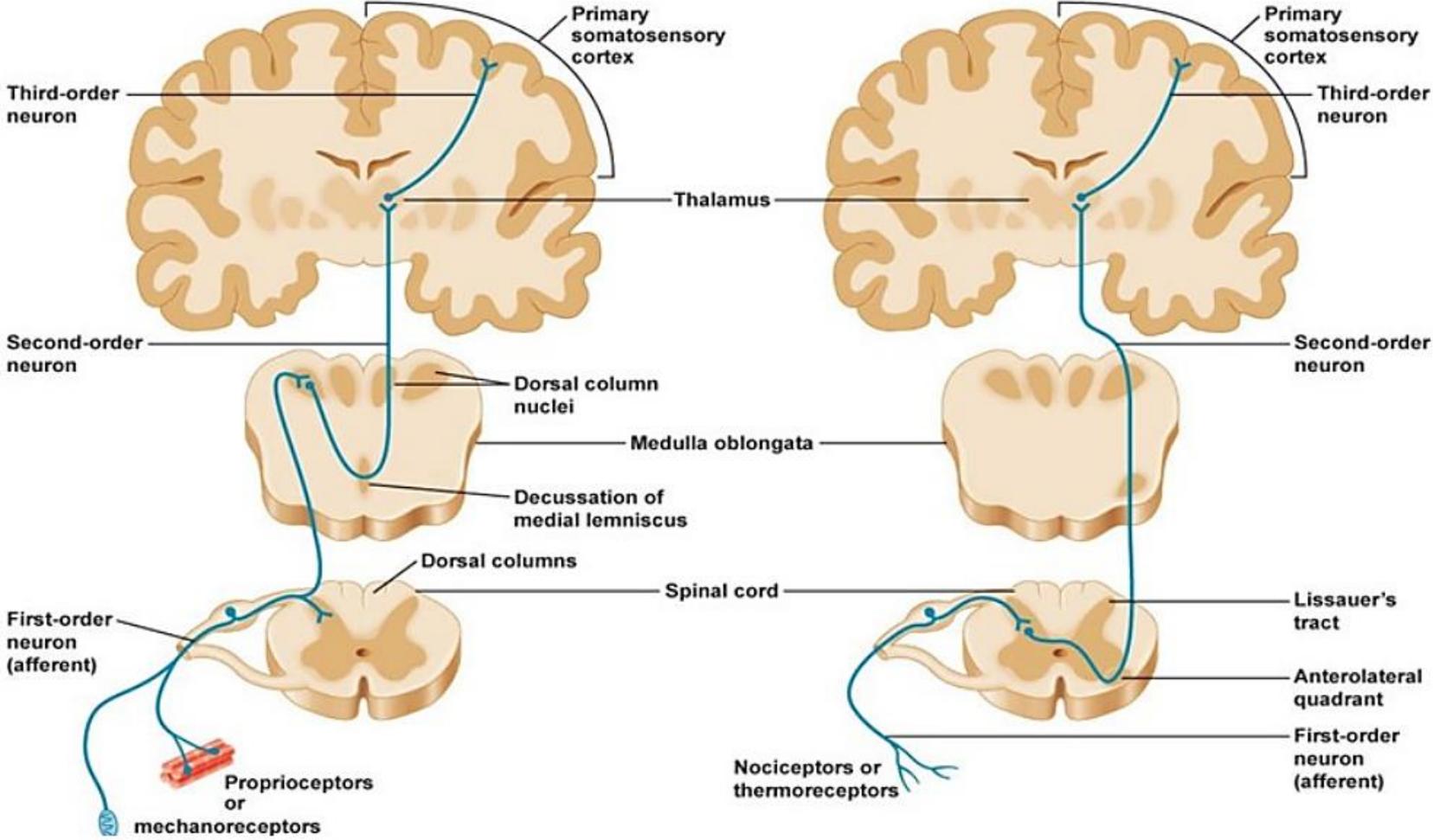
La personne souffrant de cette dissociation sensorielle sera donc capable de détecter un moustique se posant sur sa jambe droite, mais elle ne se rendra pas compte de sa piqûre.





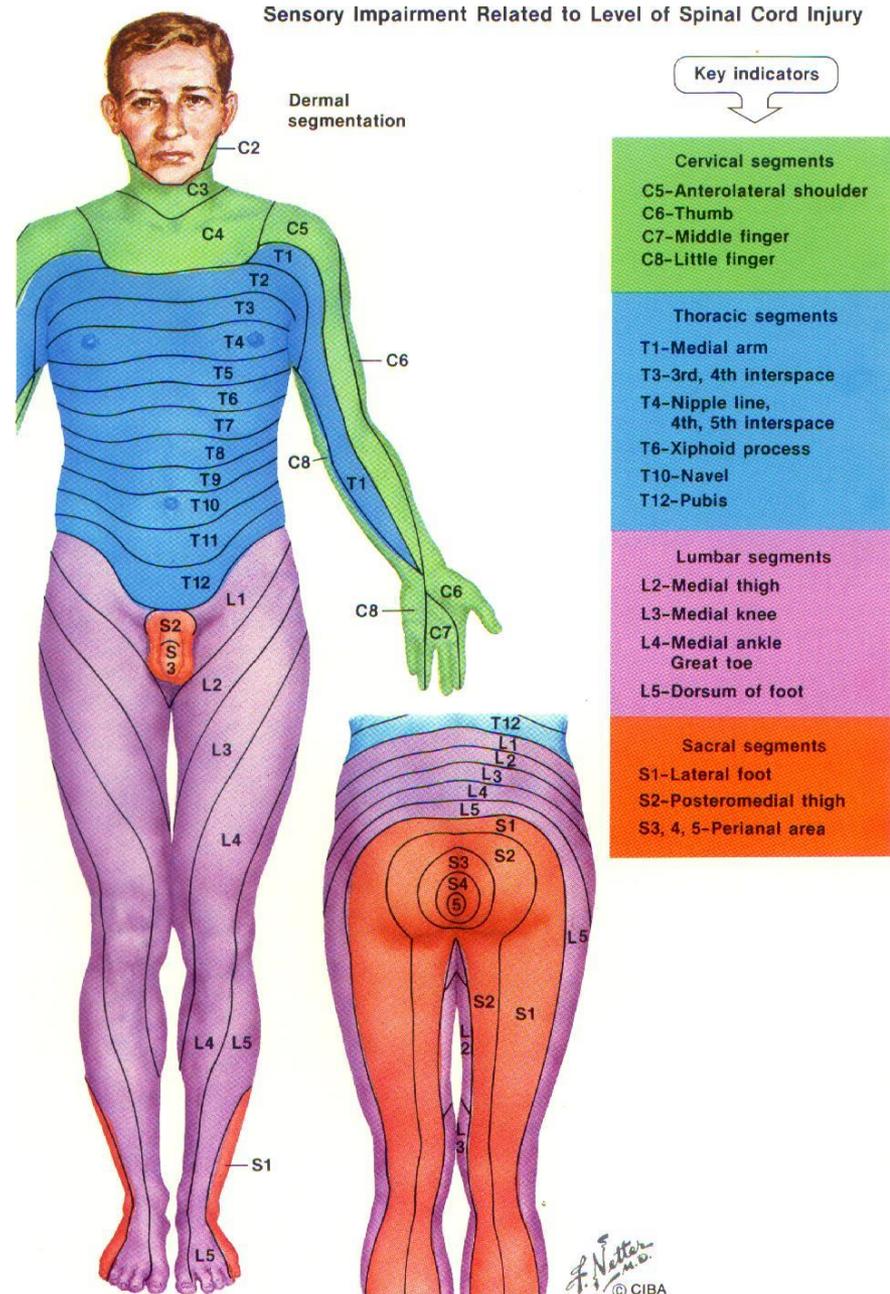
- La **voie lemniscale** qui passe par une zone du Tronc Cérébral qui s'appelle le Lemnisque Médian
 - Elle est DISCRIMINATIVE (reconnaissance)
 - C'est pour la sensibilité tactile épicrotique.
 - Et la sensibilité proprioceptive.
 - Fibres $A\beta$
- La voie **extra-lemniscale** ou **faisceau spinothalamique**:
 - Elle caractérise l'URGENCE (douleur, alerte T°..)
 - La sensibilité thermique.
 - La nociception.
 - Tact protopathique
 - Fibres $A\delta$ et C

A gauche, la voie Lemniscale. A droite, la voie extralemniscale.



dermatome

c'est dans le ganglion spinal que se développe le virus du zona



ASIA

Identité du patient

Date de l'examen: _____

	D		G		
C2					
C3					
C4					
C5					Flexion du coude
C6					Extension du poignet
C7					Extension du coude
C8					Flexion du médus (P3)
T1					Abduction du 5 ^e doigt
T2					
T3					
T4					
T5					
T6					
T7					
T8					
T9					
T10					
T11					
T12					
L1					
L2					Flexion de la hanche
L3					Extension du genou
L4					Dorsiflexion de cheville
L5					Extension du gros orteil
S1					Flexion plantaire de cheville
S2					
S3					
S4-5					

0 = paralysie totale
 1 = contraction visible ou palpable
 2 = mouvement actif sans pesanteur
 3 = mouvement actif contre pesanteur
 4 = mouvement actif contre résistance
 5 = mouvement normal
 NT, non testable

Score «motricité» : /100
 Contraction anale : oui/non

Niveau neurologique* { Sensitif droite gauche
 Moteur droite gauche

*Segment le plus caudal ayant une fonction normale

Lésion médullaire**: Complète ou Incomplète

** Caractère incomplet défini par une motricité ou une sensibilité du territoire S4-S5

Échelle d'anomalie ASIA: A B C D E

A = complète : aucune motricité ou sensibilité dans le territoire S4-S5
 B = incomplète : la sensibilité mais pas la motricité est préservée au-dessous du niveau lésionnel, en particulier dans le territoire S4-S5
 C = incomplète : la motricité est préservée au-dessous du niveau lésionnel et plus de la moitié des muscles testés au-dessous de ce niveau a un score < 3
 D = incomplète : la motricité est préservée au-dessous du niveau lésionnel et au moins la moitié des muscles testés au-dessous du niveau a un score ≥ 3
 E = normale : la sensibilité et la motricité sont normales

Préservation partielle*** { Sensitif droite gauche
 Moteur droite gauche

*** Extension caudale des segments partiellement int. liés

Syndrome clinique : Centromédullaire
 Brown-Sequard
 Moelle antérieure
 Cône terminal

Évaluation sensitive

	Toucher		Piqûre	
	D	G	D	G
C2				
C3				
C4				
C5				
C6				
C7				
C8				
T1				
T2				
T3				
T4				
T5				
T6				
T7				
T8				
T9				
T10				
T11				
T12				
L1				
L2				
L3				
L4				
L5				
S1				
S2				
S3				
S4-5				

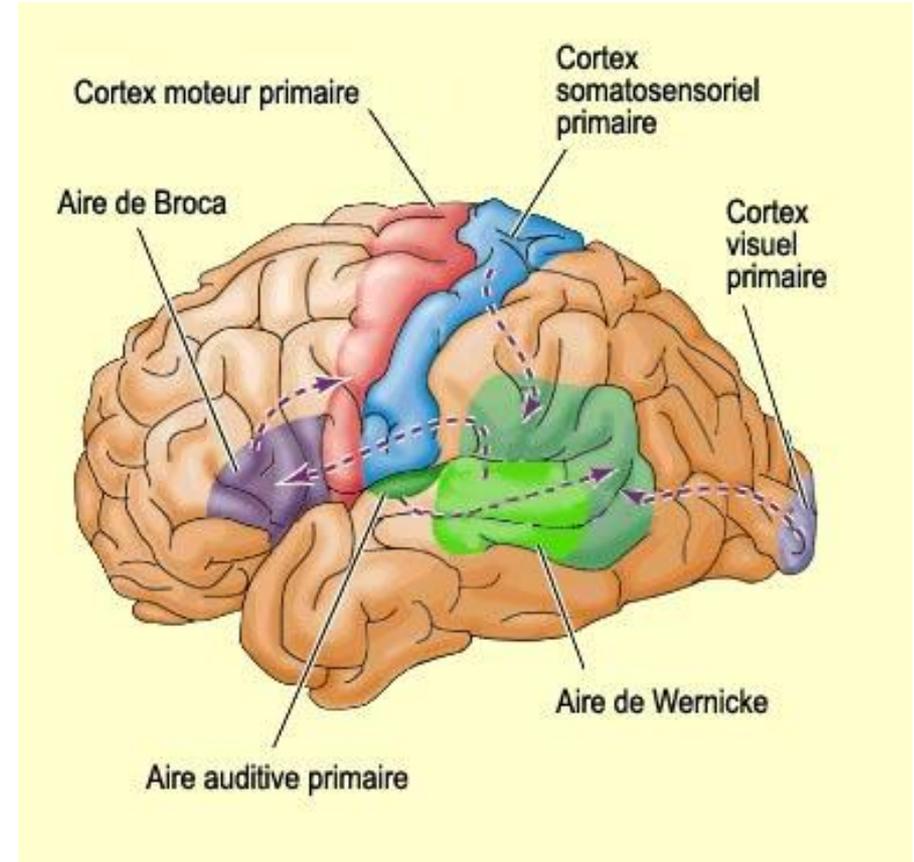
Score «toucher» : /112
 Score «piqûre» : /112
 Sensibilité anale : oui/non

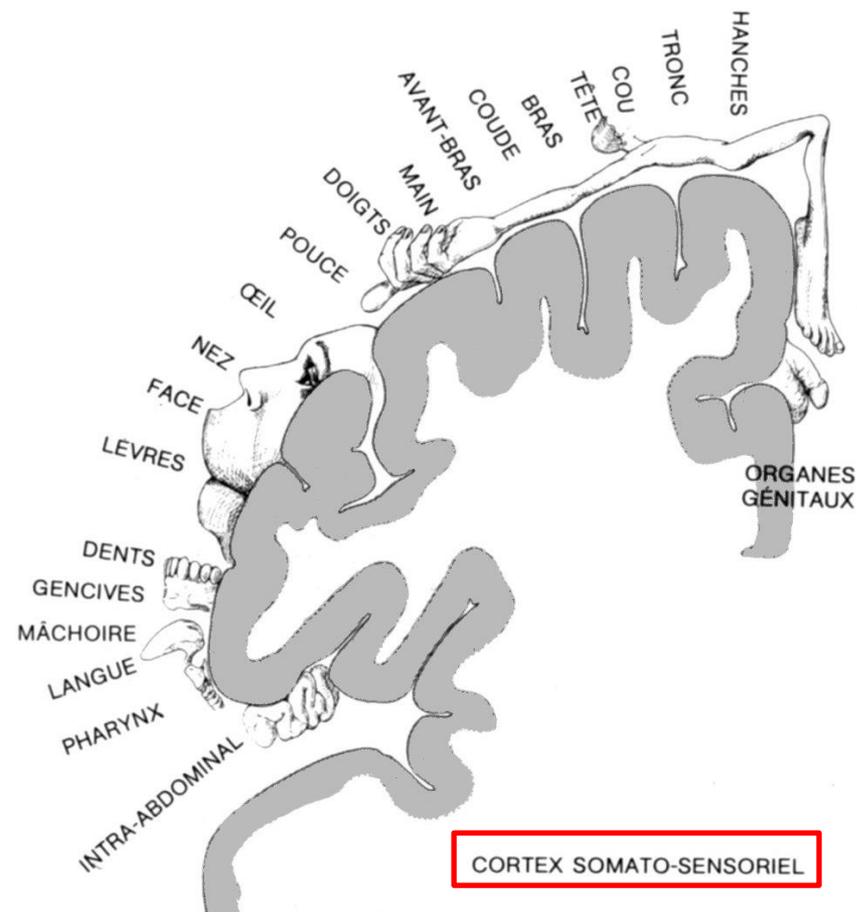
0 = absente
 1 = diminuée
 2 = normale
 NT, non testable

7) Représentation corticale de la somesthésie

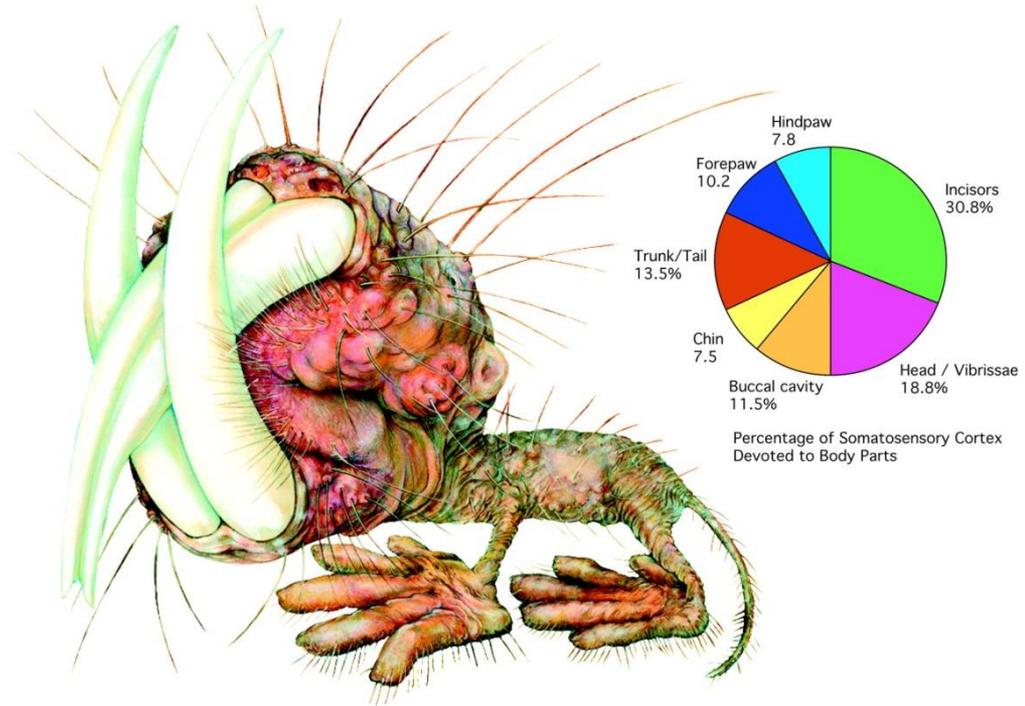
Cortex somatosensoriel primaire = S1

- neurones de S1 déchargent suite à une stimulation mécanique de la peau
- lésion de S1: perte de sensibilité tactile, thermique, (douloureuse)
- stimulation de S1: génère sensations tactiles au niveau de la peau





Ratunculus

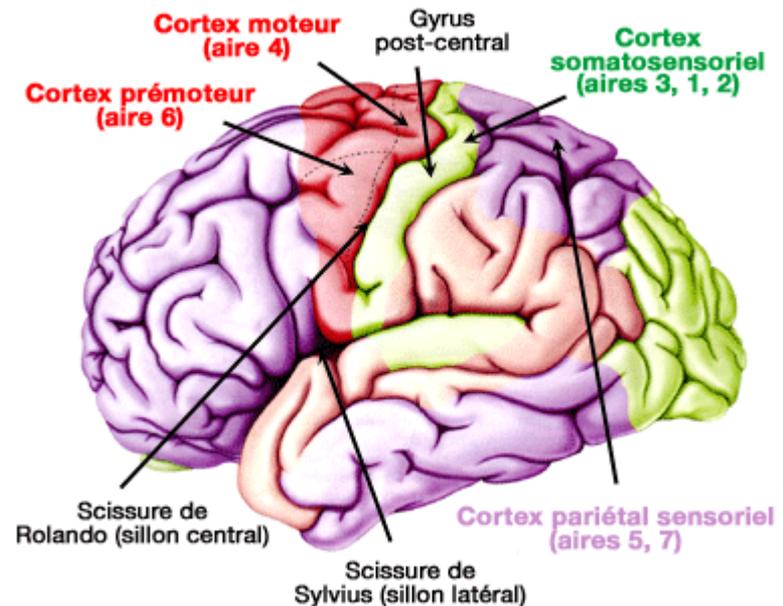
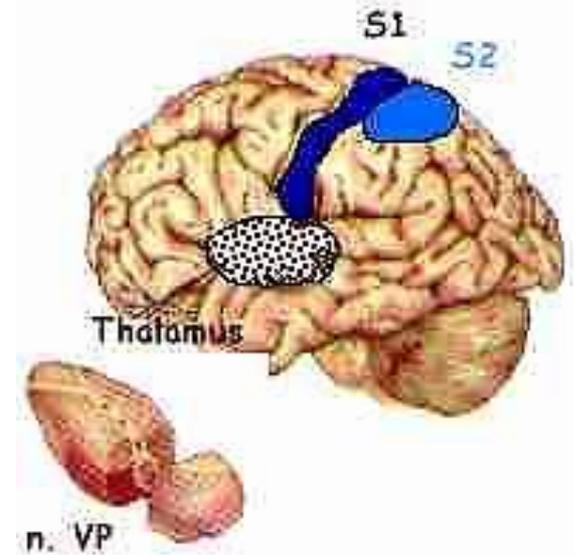


Fonctions de S1 :

- Localiser un stimulus (mécanique, thermique, douloureux) sur la surface cutanée.
- En évaluer l'intensité, l'étendue et la durée.
- Grâce aux mécanorécepteurs, reconnaissance tactile des objets (forme, dimensions) et de la texture des surfaces (lisse, rugueuse, etc.)

Cortex somatosensoriel secondaire S2

- S2 participe à l'intégration sensori-motrice. Elle permettrait de situer en 3D notre corps dans l'environnement suivant des informations visuelles et somesthésiques.
- Le cortex pariétal postérieur joue un rôle dans le mouvement volontaire en évaluant le contexte (position corporelle, position de la cible grâce à la vision) qui pourrait former un modèle de mouvement avant de l'effectuer. Le cortex pariétal évalue ainsi différentes données comme la position du corps et de la cible dans l'espace grâce aux informations somatosensorielles, proprioceptives et visuelles qu'il reçoit. Il produit ainsi des modèles internes du mouvement à effectuer, en amont des cortex prémoteur et moteur.
- S2I permet également une identification rapide d'un objet (forme, taille, contour, surface, poids...), ainsi que la capacité de pouvoir identifier des formes tracées sur la peau (chiffres, lettres...) appelée graphesthésie.



Cortex d'association

On peut grossièrement diviser le cortex cérébral en cortex primaire et cortex associatif. Les cortex primaires traitent directement les informations sensorielles ou motrices. Les aires associatives ont plutôt une fonction d'intégration ou d'associations de ces informations, comme par exemple la planification de mouvements.

Fonctions des aires associatives :

Interpréter les informations sensorielles.

Associer les perceptions avec les expériences préalables.

Garder ces informations en mémoire de manière à pouvoir élaborer un projet d'action.

Rendre ces perceptions conscientes.

Types d'aires associatives :

Il existe trois types de cortex d'association, selon l'information qui est intégrée :

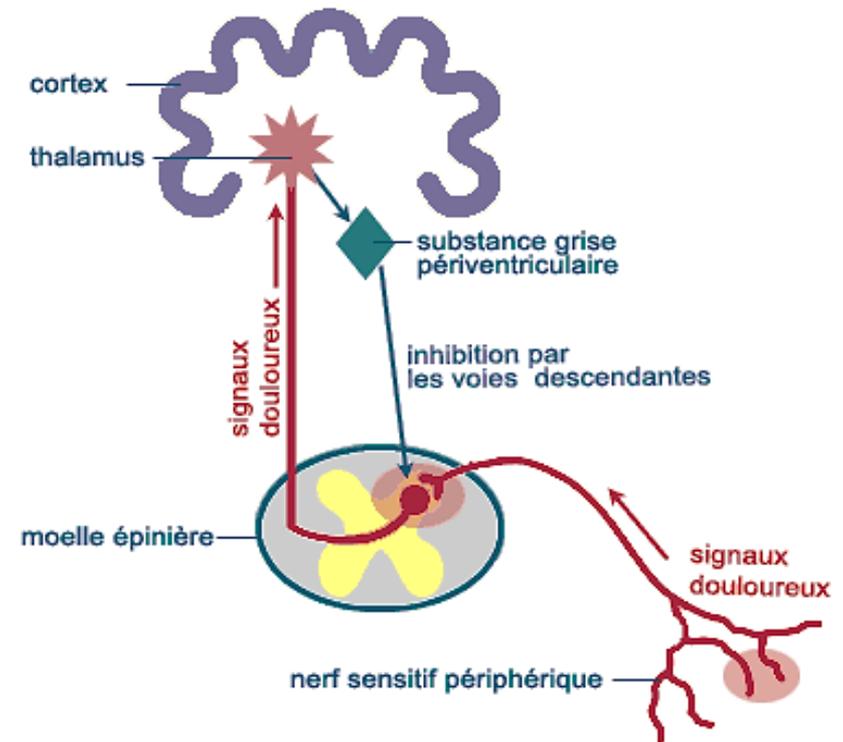
- **Moteur** : permet d'élaborer des décisions et des plans moteurs (par exemple shooter un ballon de foot).
- **Sensoriel** : permet de traiter et d'intégrer les différentes modalités d'un stimulus. Ce sont les aires sensorielles secondaires et tertiaires (S2, S3 par exemple).
- **Limnique** : permet de donner une importance émotionnelle à une afférence sensorielle, de comparer ces stimuli avec des informations en mémoire et de mémoriser ces informations à long terme.

8) La douleur

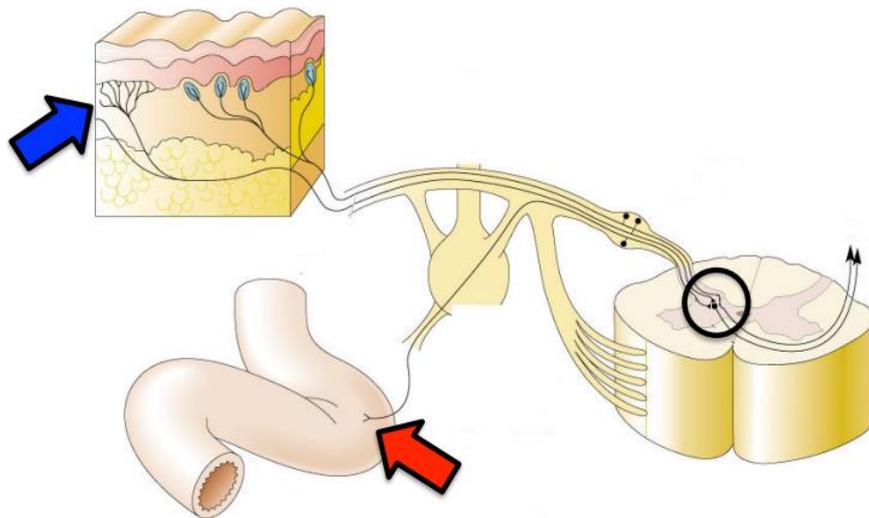
"la douleur est une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable associée à une lésion tissulaire réelle ou potentielle ou décrite dans ces termes". Elle est donc **subjective** et repose avant tout sur le ressenti du patient, ce qui la rend difficile à quantifier et à qualifier.

La douleur aiguë joue un rôle d'alarme qui va permettre à l'organisme de réagir et de se protéger face à un stimulus mécanique, chimique ou thermique.

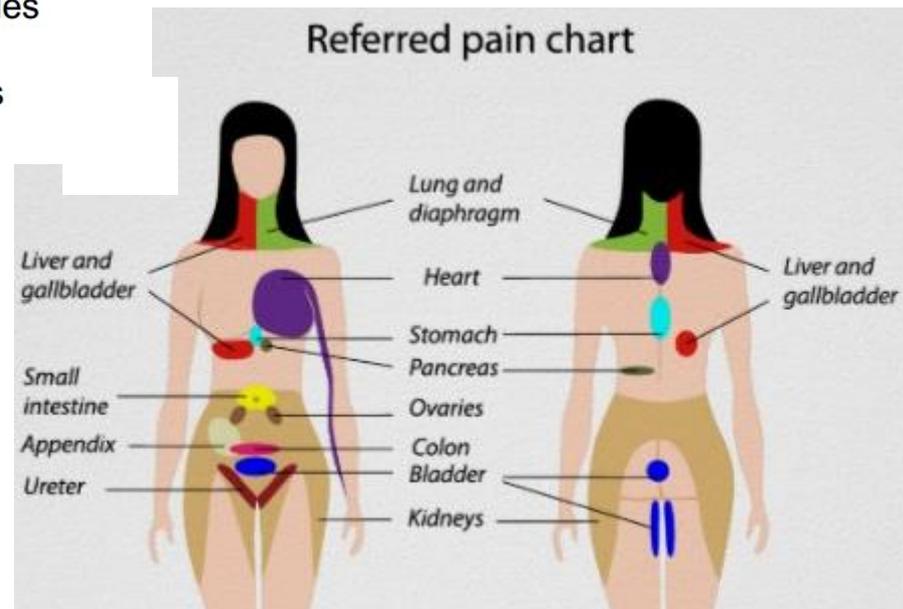
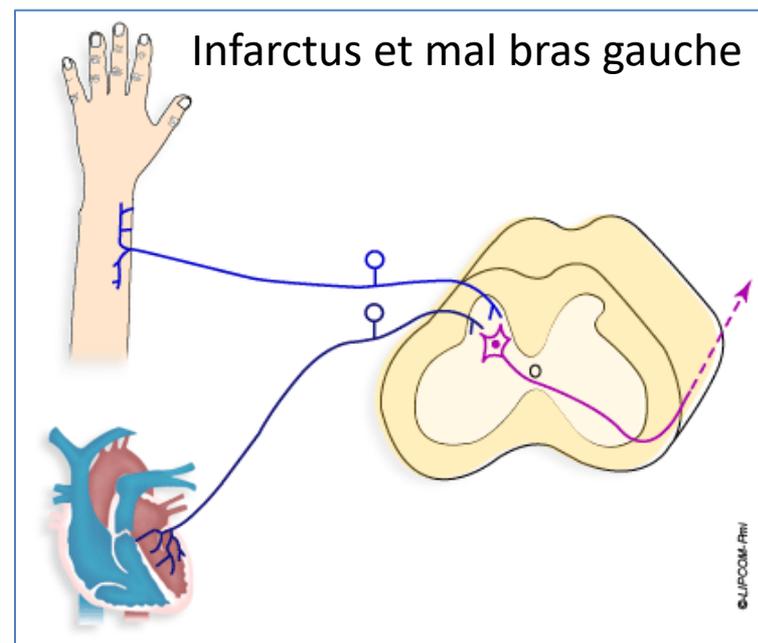
Mais lorsque **la douleur est chronique**, ce mécanisme d'alarme n'est plus justifié. La douleur devient dans ce cas pathologique.

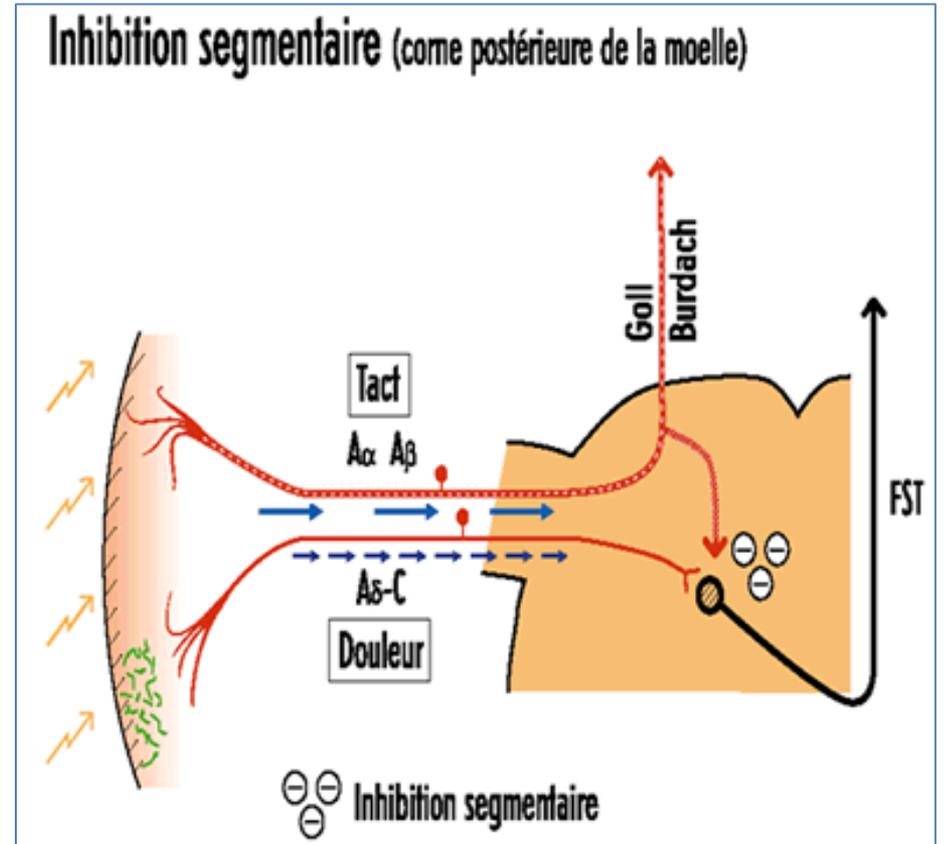
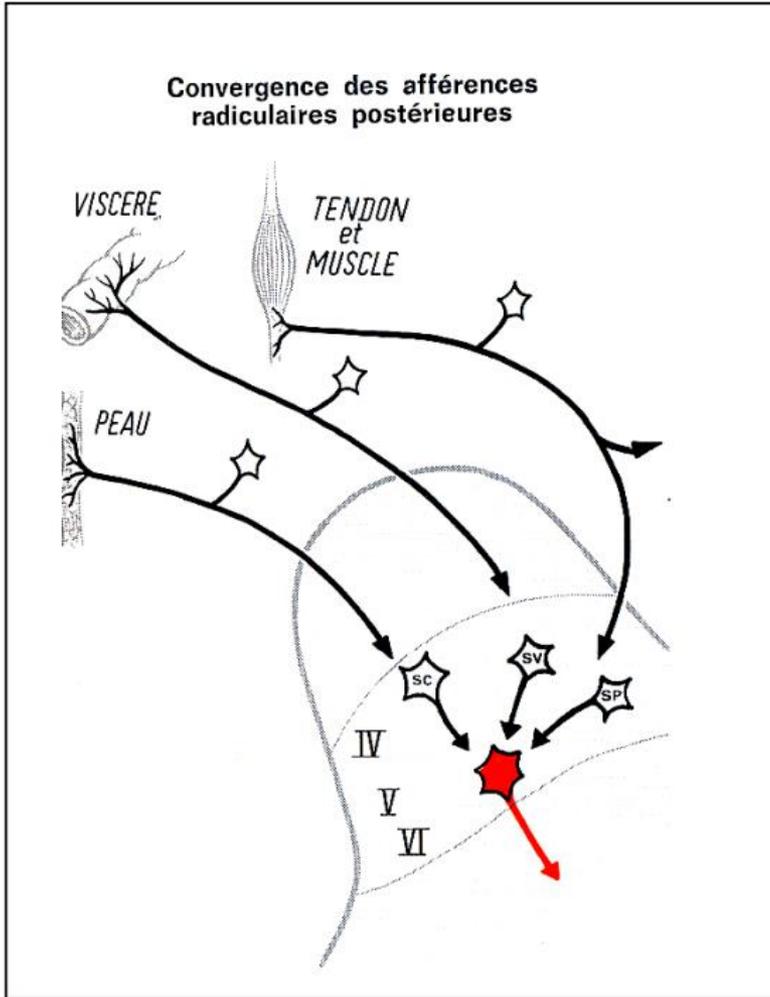


Douleur rapportée (ou référée)



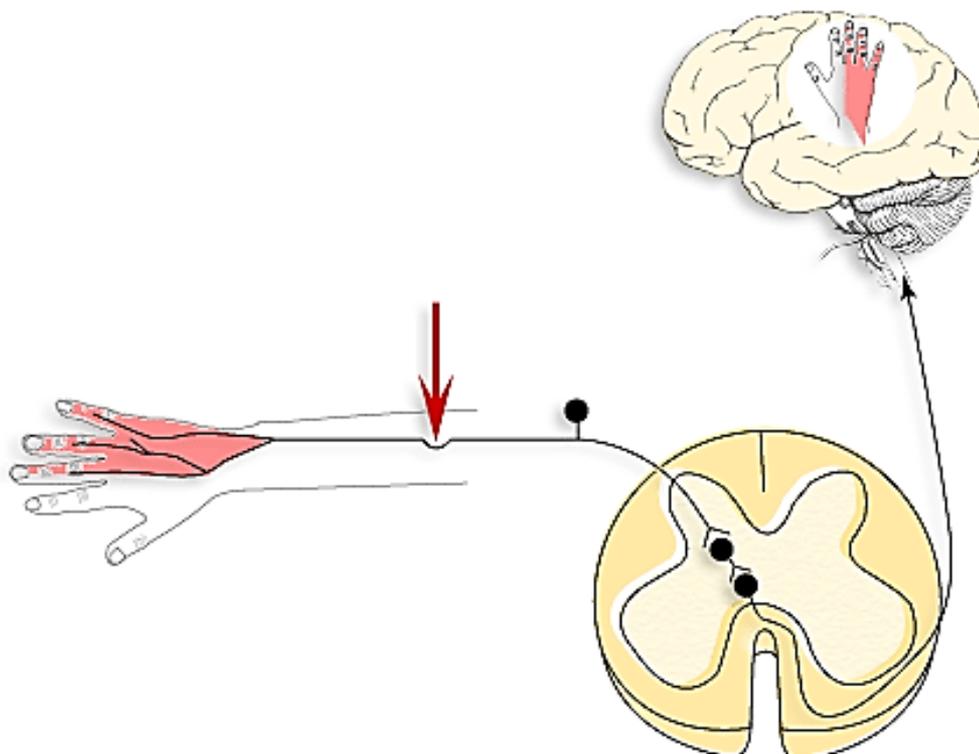
La plupart des *nocicepteurs viscéraux* font synapse avec des neurones spinaux de 2^{me} ordre qui reçoivent, en même temps, une information venant des *nocicepteurs de la peau*.





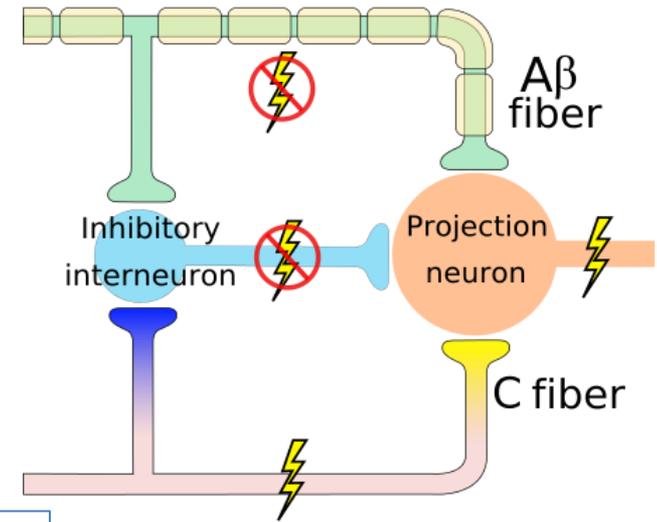
∴ Convergence des afférences en provenance de tissus d'origines différentes

La notion de **douleur projetée** est liée au fait que toute stimulation de la voie est perçue comme une stimulation des terminaisons périphériques.

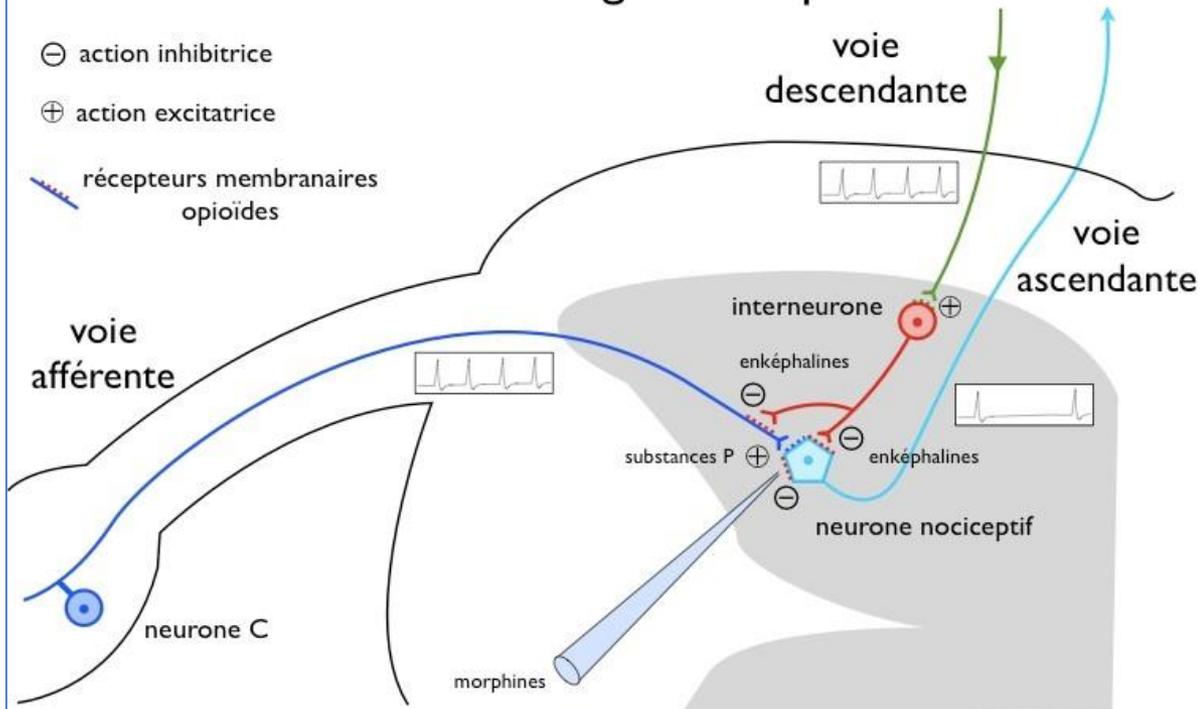


Contrôle de la douleur

- Interneurone inhibiteur
- Inhibition descendante



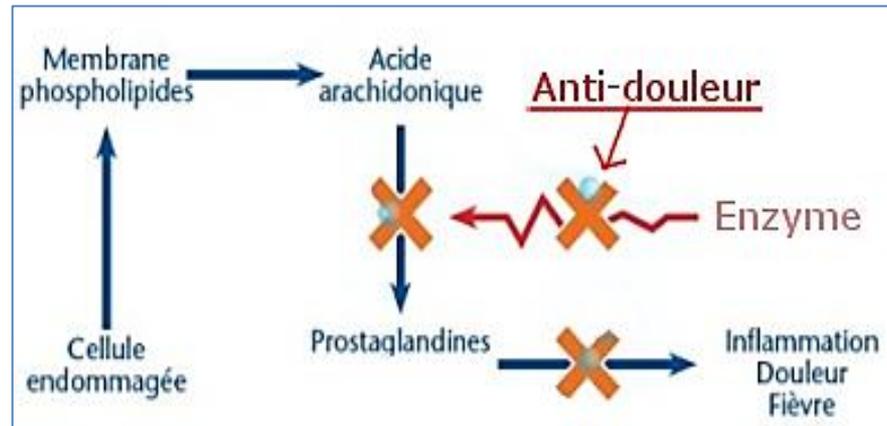
Action inhibitrice des enképhalines et de la morphine sur le message nociceptif



- **Médicaments antalgiques** de référence : le **paracétamol** et l'**aspirine**.

Les **anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS)** (désignés ainsi pour les distinguer des glucocorticoïdes qui ont eux aussi parmi leurs effets une action anti-inflammatoire importante) ont un effet analgésique qui soulage les douleurs légères à modérées. = aspirine (1899) et l'ibuprofène

Inhibent cycloxygénase
Au niveau périphérique

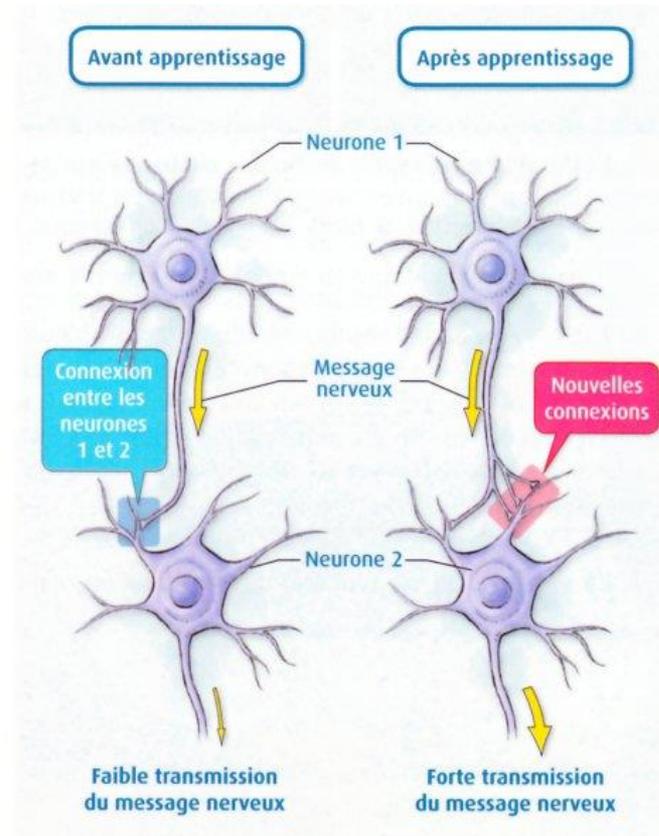
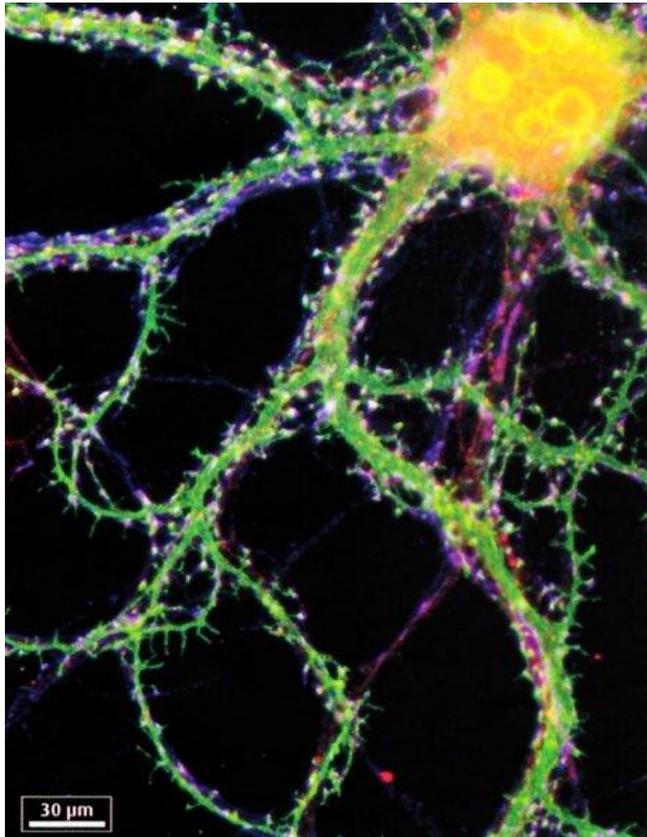


la **morphine** et ses dérivés, pour les douleurs les plus rebelles (mime enképhalines)

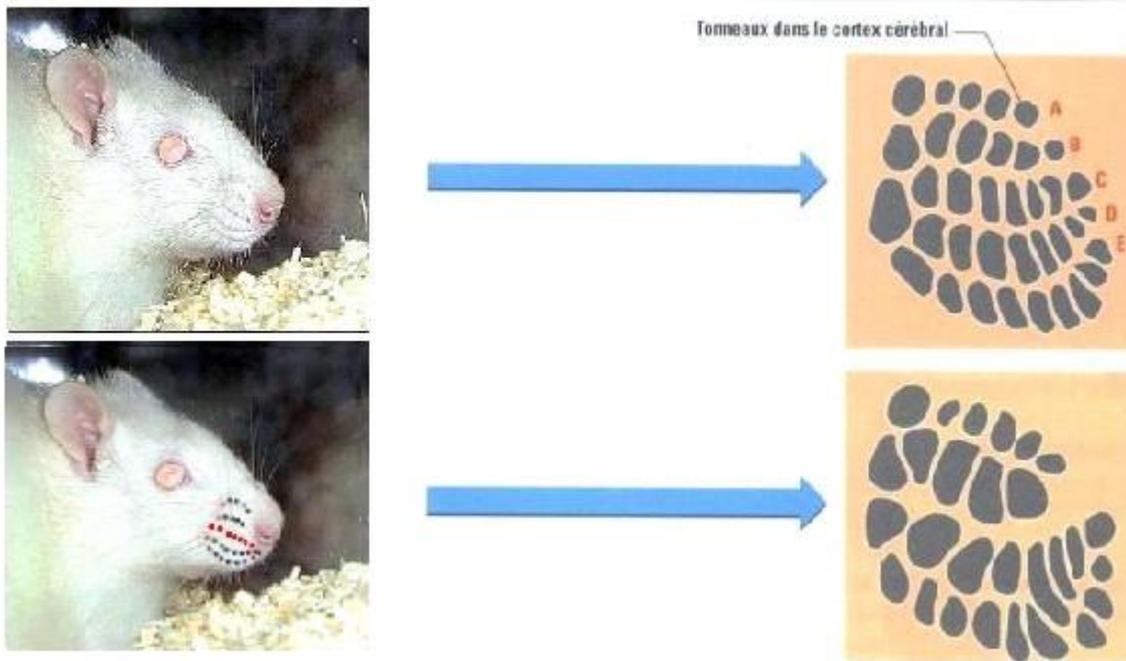
"Le paracétamol est d'abord transformé au niveau du foie. Cette substance passe ensuite dans le sang et arrive au cerveau où elle se combine avec l'acide arachidonique pour donner un acide gras. Ce dernier agit alors sur des récepteurs situés à la surface des neurones et impliqués dans la modulation de la douleur« action SNC

9) Plasticité des aires

Chaque neurone du cortex établit environ 10 000 connexions synaptiques avec d'autres neurones (points blancs sur l'image de gauche). Lors d'un apprentissage, de nouvelles synapses s'établissent entre les neurones du cortex et d'autres peuvent disparaître. Il en résulte une modification des réseaux neuronaux dans le cerveau, c'est la **plasticité cérébrale**.



Les rongeurs ont des moustaches, appelées vibrisses, qui sont des organes tactiles très sensibles. Chaque vibrisse a son aire de projection dans le cerveau. Cette aire a la forme d'un tonneau. (On indique les cinq rangées de vibrisses par les lettres A, B, C, D et E) On compare la zone de l'aire somatosensorielle correspondantes aux vibrisses d'un rat «témoin», élevé normalement, avec celle d'un rat auquel on a supprimé la rangé de vibrisses C à la naissance.



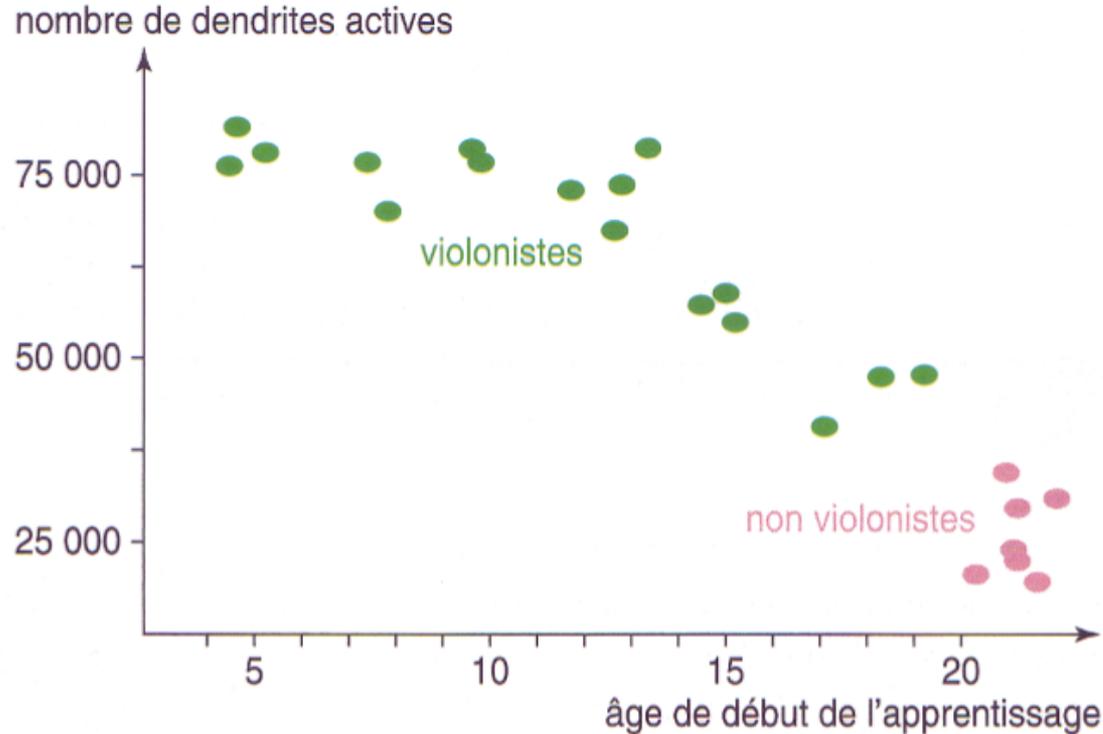
- On remarque que, lorsqu'on supprime la rangée de vibrisse C, les zones de l'aire somatosensorielle correspondantes disparaissent, alors que celles des «tonneaux» voisins prennent leurs places et accomplissent leurs tâches

Etude de l'évolution de la représentation corticale des doigts chez les violonistes

Les personnes droitères qui jouent d'un instrument à cordes tel le violon utilisent et stimulent les doigts de la main gauche plus fréquemment que les non musiciens (notamment l'annulaire et l'auriculaire).

Est-ce que la suractivité de ces doigts a-t-elle une conséquence au niveau du cerveau ?

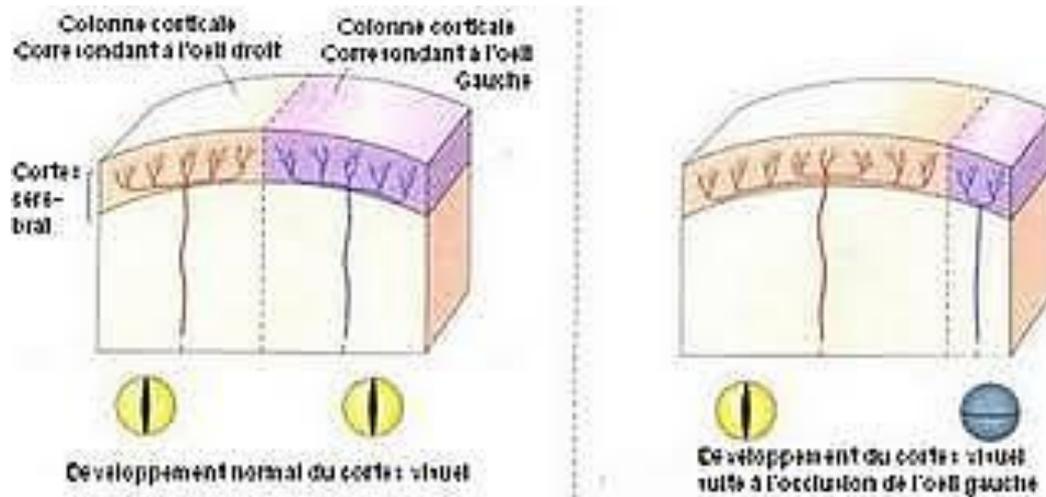
Il est possible de déterminer le nombre de dendrites actives au niveau du cortex lors de l'activation de l'auriculaire gauche chez différents musiciens ayant appris plus ou moins tôt à jouer du violon. Ces valeurs sont comparées à celles obtenues chez des sujets non musiciens.



Bilan de l'expérience :

On constate qu'après une utilisation préférentielle d'un doigt la représentation corticale de la zone du doigt stimulé augmente de surface, ainsi que l'activité des neurones des zones concernées, mettent en évidence la plasticité cérébrale.

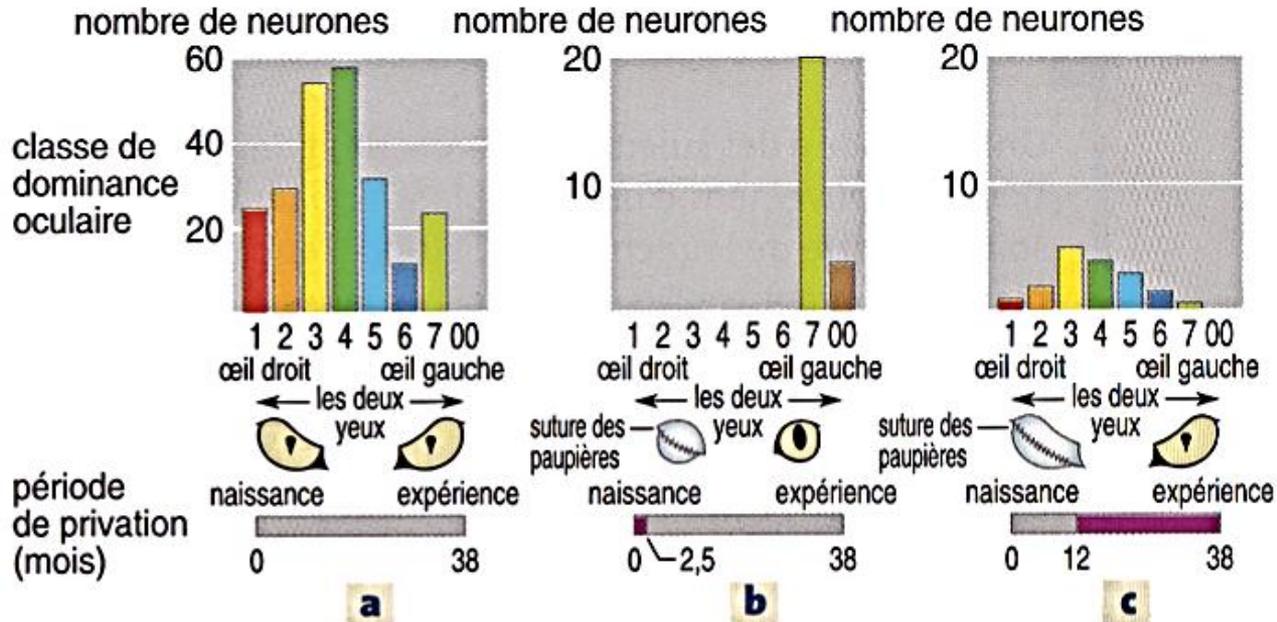
Dans cette expérience, on compare la zone de projection réservée à l'œil droit et celle à l'œil gauche d'un chat «témoin», avec celle d'un chat dont on a occlus l'œil gauche à la naissance (l'âge des chats est de quelques mois)



On remarque que les aires de projections corticales des neurones en provenance de l'œil occlus régressent. Elles sont «occupées» par des neurones en relation avec l'œil non-occlus.

Trois chats A, B et C sont respectivement :

- un adulte normal,
- un chaton dont l'œil droit a été occlus dès sa naissance jusqu'à son troisième mois,
- un adulte dont l'œil a été occlus à partir de son douzième mois.



Chez le chaton, la privation de la vision d'un œil montre que les neurones issus de l'autre œil ne compensent pas par la régression des connexions. En revanche, chez l'adulte qui a passé cette période critique, les neurones de l'autre œil ont compensé en partie cette occlusion.

Bilan:

Il y a un remodelage des circuits des neurones. L'environnement conditionne donc la mise en place de l'architecture du système nerveux.

Pendant la période critique, sous l'action de stimuli externes, des réorganisations se produisent : de nouvelles connexions se forment alors que régressent celles qui ne sont pas sollicitées. Cette période cesse lorsque la capacité de croissance des axones cesse.

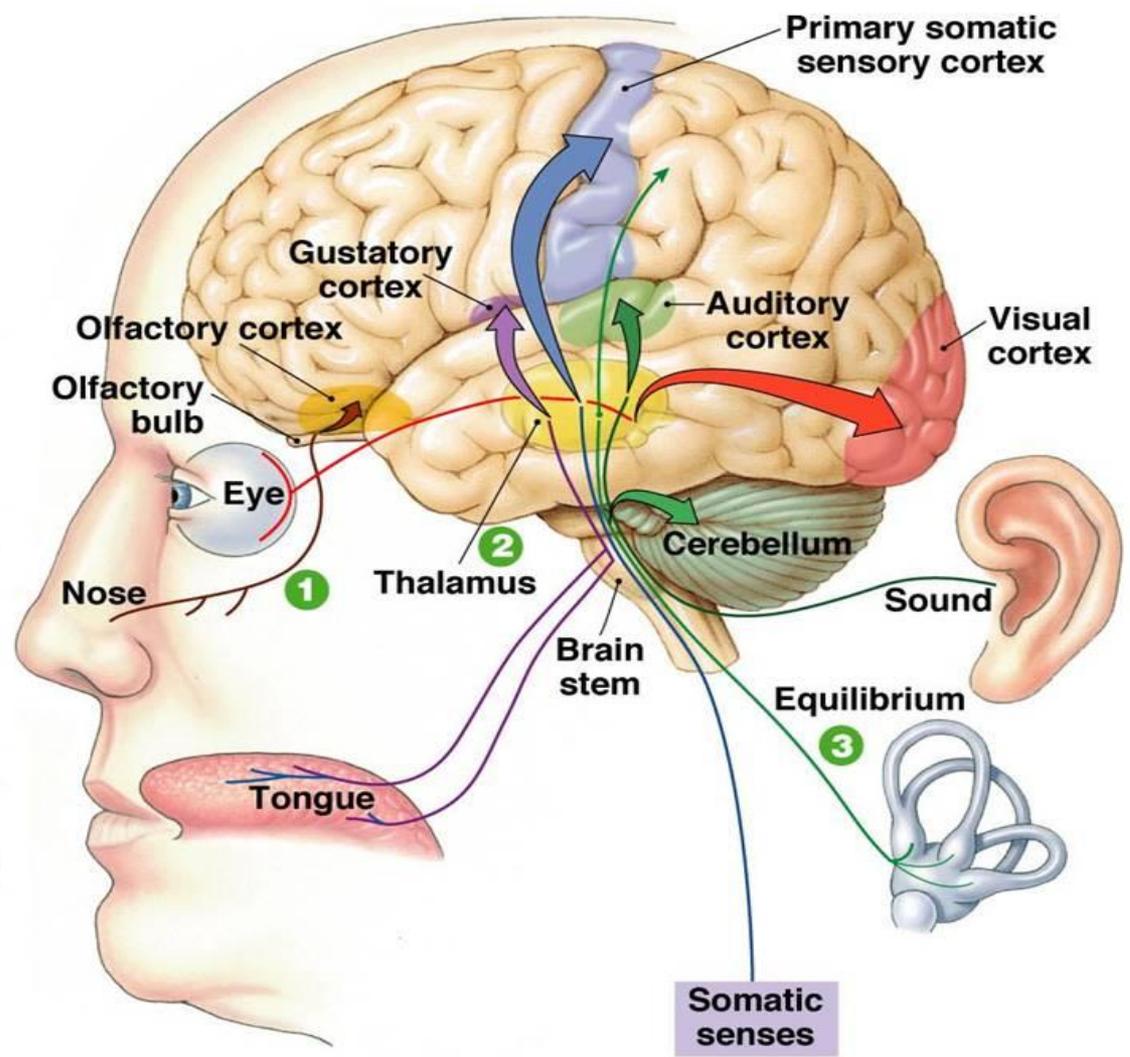
II/ Les organes sensoriels

Organes des sens

Les 5 sens = vue, odorat, ouïe, goût

Rq : Toucher = somesthésie

- 1** Olfactory pathways from the nose project through the olfactory bulb to the olfactory cortex.
- 2** Most sensory pathways project to the thalamus. The thalamus modifies and relays information to cortical centers.
- 3** Equilibrium pathways project to the cerebellum.

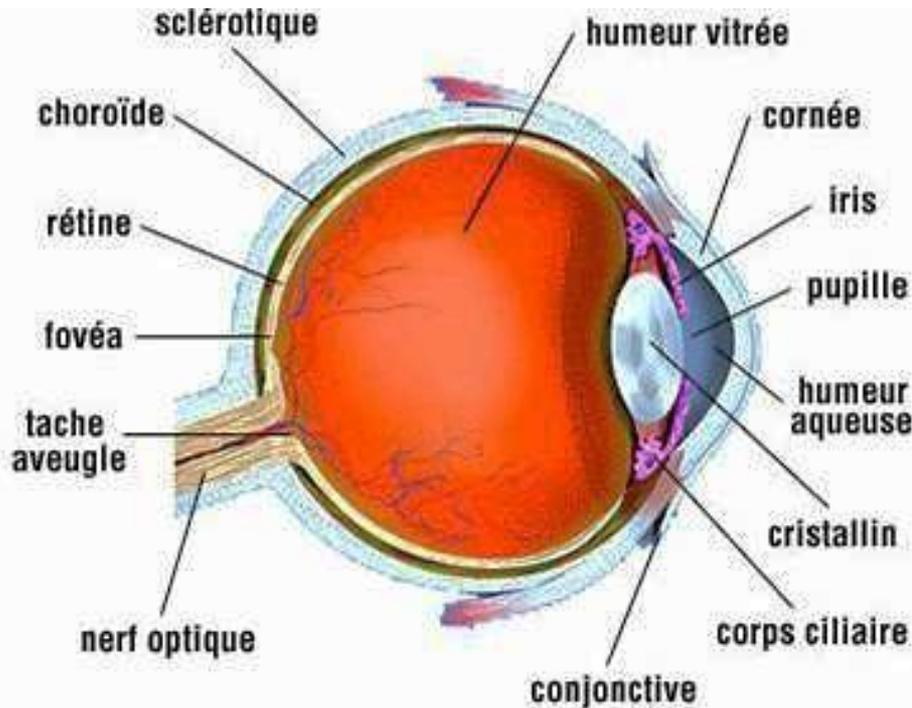


II.1. L'œil et la vue

- Récepteur = photorécepteur
- Localisé dans rétine
- Organe = œil
- Perception = vision, nerf II



II.1.1. Structure de l'œil



➤ La sclérotique et la cornée

La sclérotique est une membrane très résistante de structure tendineuse (présence de tendons) et d'une épaisseur d'1 à 2 mm. C'est elle qui délimite l'œil et permet d'en contenir la pression interne et de le protéger contre les agressions mécaniques. Elle est le prolongement de la dure-mère. Dans sa partie antérieure, la sclérotique est recouverte de la conjonctive (fine membrane muqueuse qui recouvre aussi la face interne des paupières, les rendant ainsi solidaires de l'œil) et se continue par la cornée.

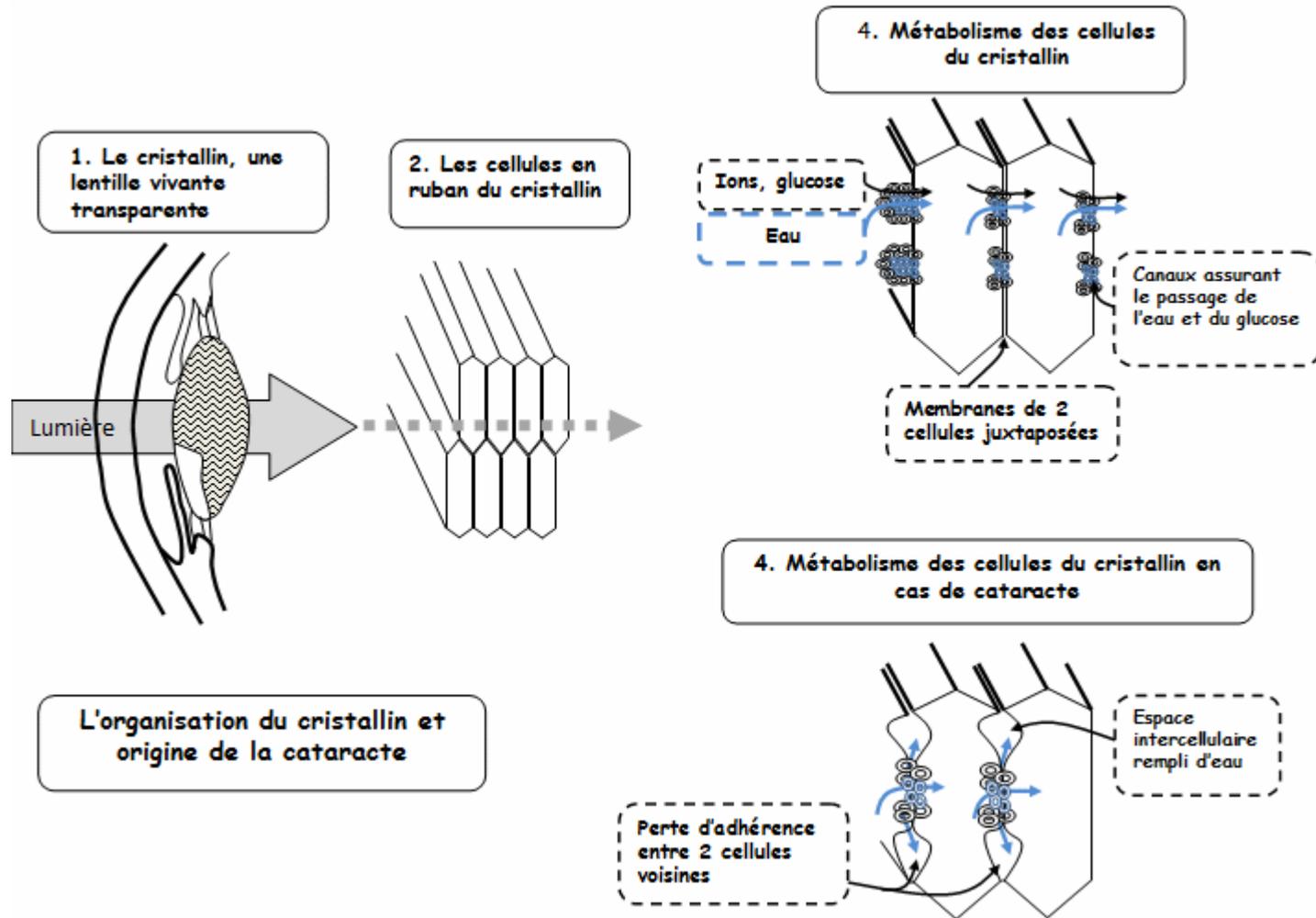
La cornée est une membrane transparente, de 0,5 à 0,8 mm d'épaisseur qui fait converger les rayons lumineux vers le centre de l'œil.

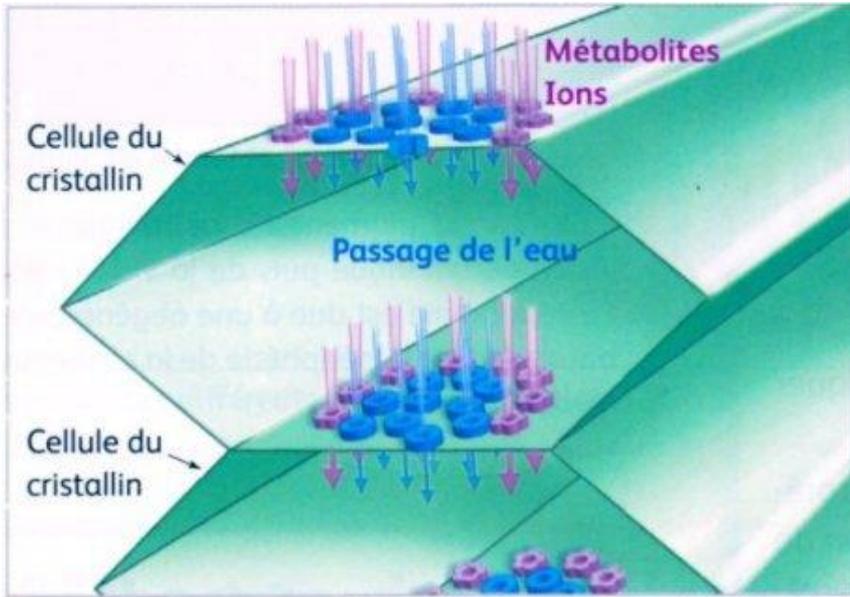
➤ L'iris

C'est une sorte de diaphragme optique inséré au niveau des corps ciliaires et dont l'ouverture centrale, la pupille, est réglée par des muscles lisses synergiques, C'est à l'iris que l'on doit également la couleur des yeux. Plus il contient de mélanine (comme dans les cheveux ou la peau), plus la couleur de l'œil vire au sombre. Du bleu jusqu'au noir, en passant par le vert.

➤ Le cristallin

Lentille transparente biconvexe (2 faces bombées) située derrière l'iris, il est formé d'un massif épithélial de cellules hexagonales – disposées en couches successives, à la manière de pelures d'oignon – et dépourvues de noyau et dont le cytoplasme contient des protéines filamenteuses. La convexité naturelle du cristallin peut être modifiée et étirée par une contraction des muscles ciliaires. Le cristallin sépare les chambres antérieure et postérieure.



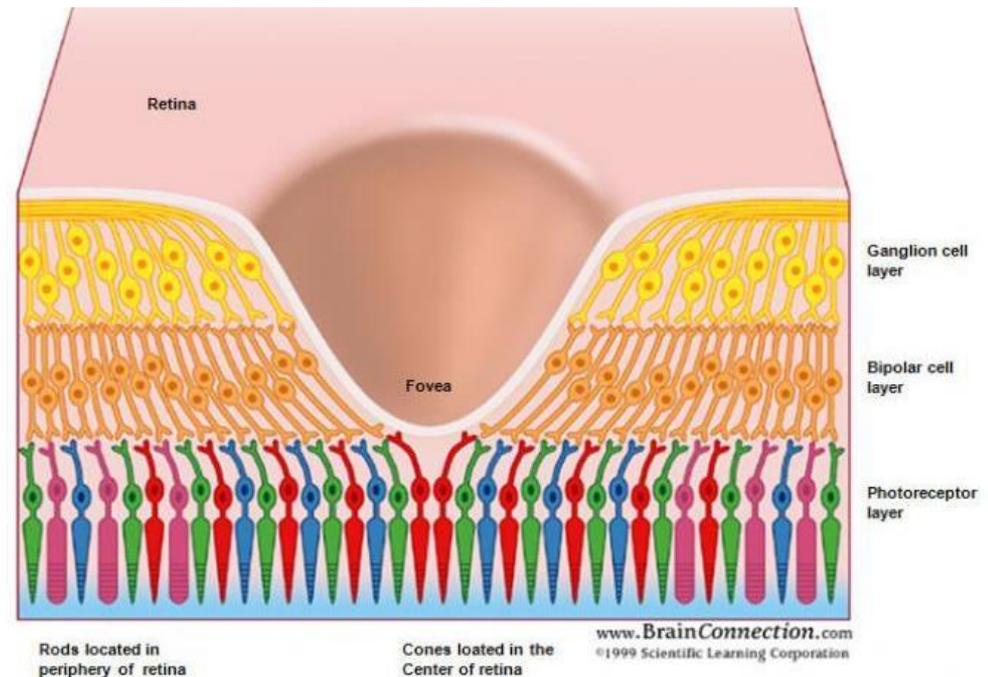
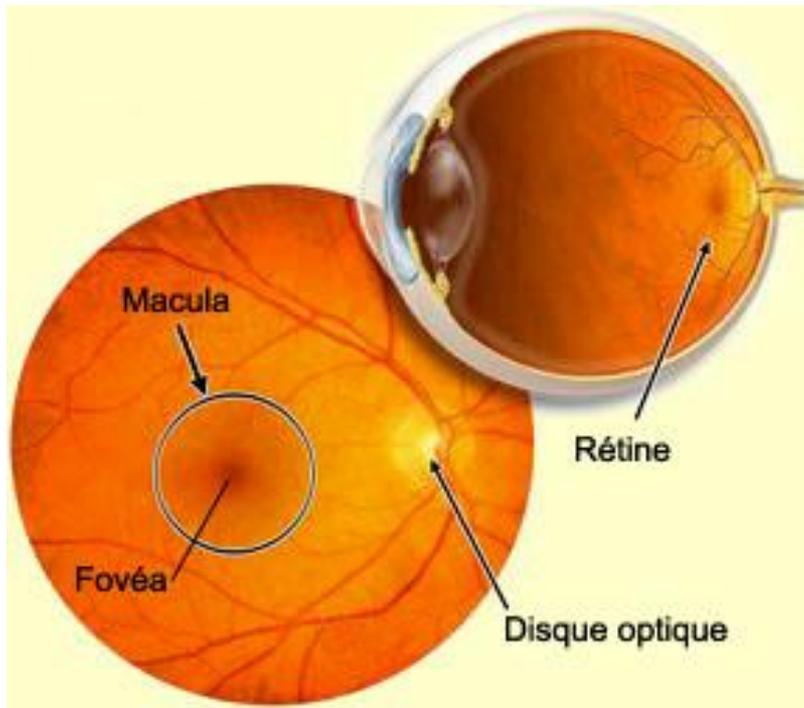


Privées de vascularisation et d'organites, les cellules du cristallin n'en ont pas moins une longévité exceptionnelle, elles peuvent rester fonctionnelles une centaine d'année sans jamais être supprimées ni remplacées. Pour assurer leurs échanges métaboliques (eau, ions, glucose, déchets) avec les humeurs vitrée et aqueuse elles dépendent entièrement de deux types de canaux qui assurent aussi l'adhésion cellulaire : les **aquaporines** qui permettent le passage d'eau et les **connexons** qui permettent le passage des métabolites et des ions.

➤ La rétine

Tissu nerveux de l'œil sensible à la lumière, elle se trouve sur la choroïde et en contact direct avec le corps vitré. Elle contient, outre une importante vascularisation, des récepteurs photosensibles à proximité de la choroïde qui sont connectés à différents types de cellules nerveuses.

En observation macroscopique, la rétine présente deux petites zones bien particulières: une excavation centrale correspondant au départ du nerf optique et du système vasculaire rétinien, le disque optique; une tache jaune (macula lutea), marquée d'une petite dépression (fovea centralis), qui joue un grand rôle dans les mécanismes de la vue.



Autres éléments constituant l'œil :

L'HUMEUR AQUEUSE :

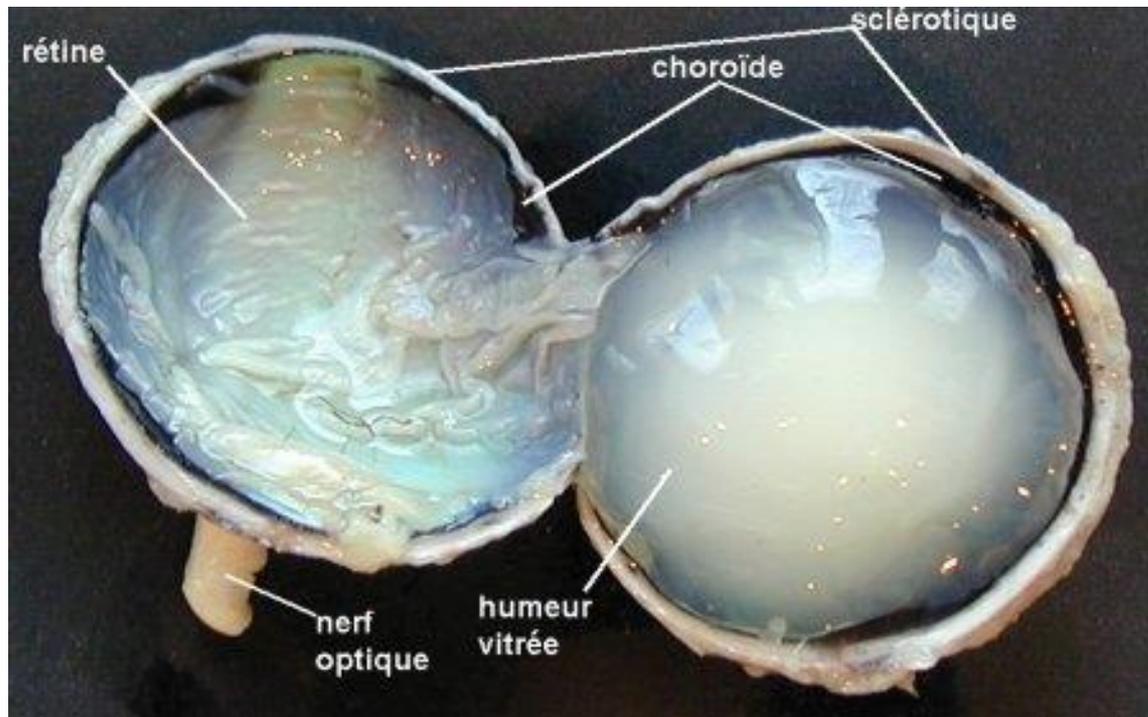
C'est un liquide transparent, continuellement filtré et renouvelé qui, avec le vitré, maintient la pression et la forme du globe oculaire.

LE VITRE OU CORPS VITRE :

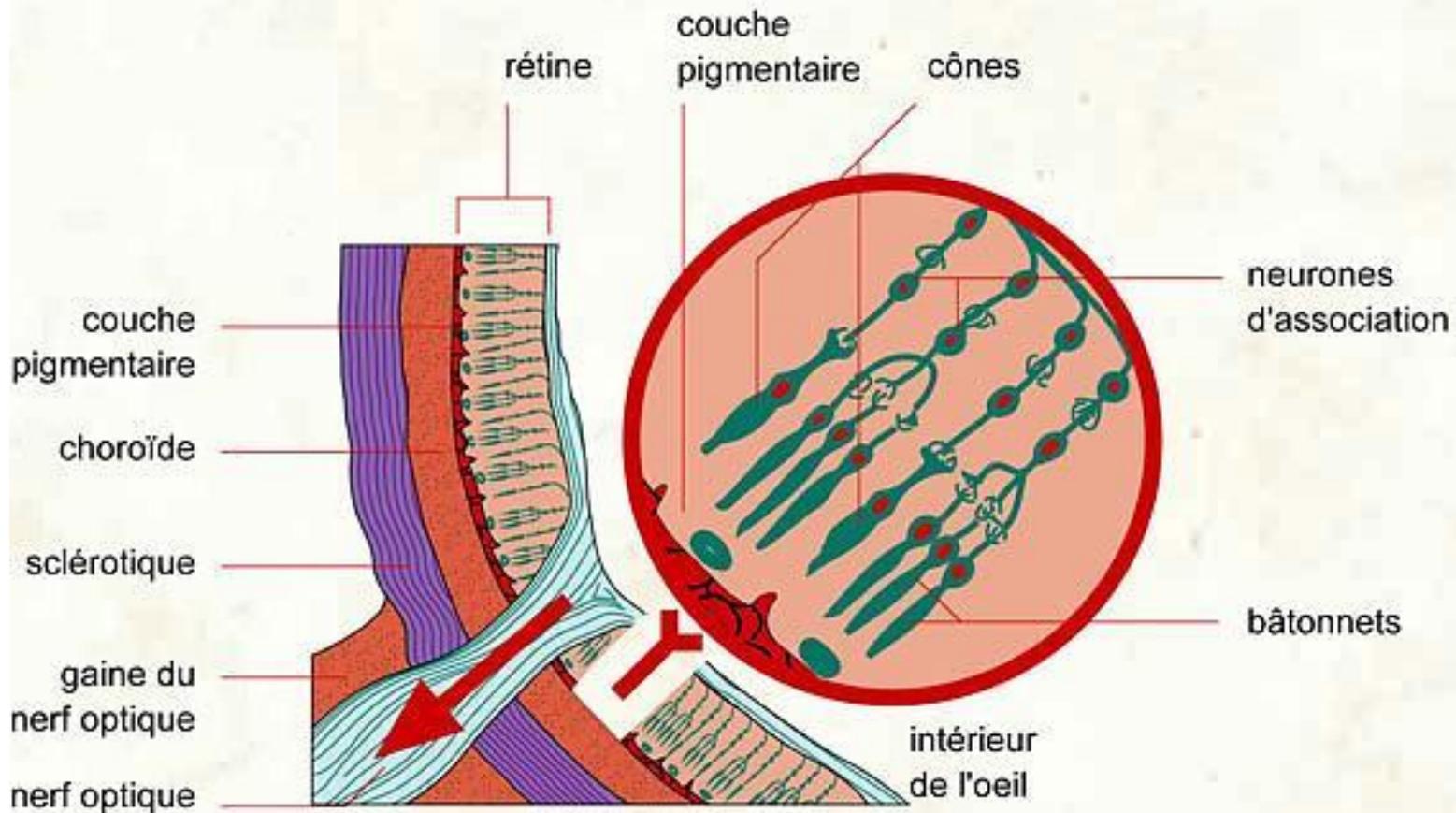
Liquide gélatineux qui donne à l'œil sa forme et sa consistance. Il représente 90% du volume de l'œil.

LE NERF OPTIQUE :

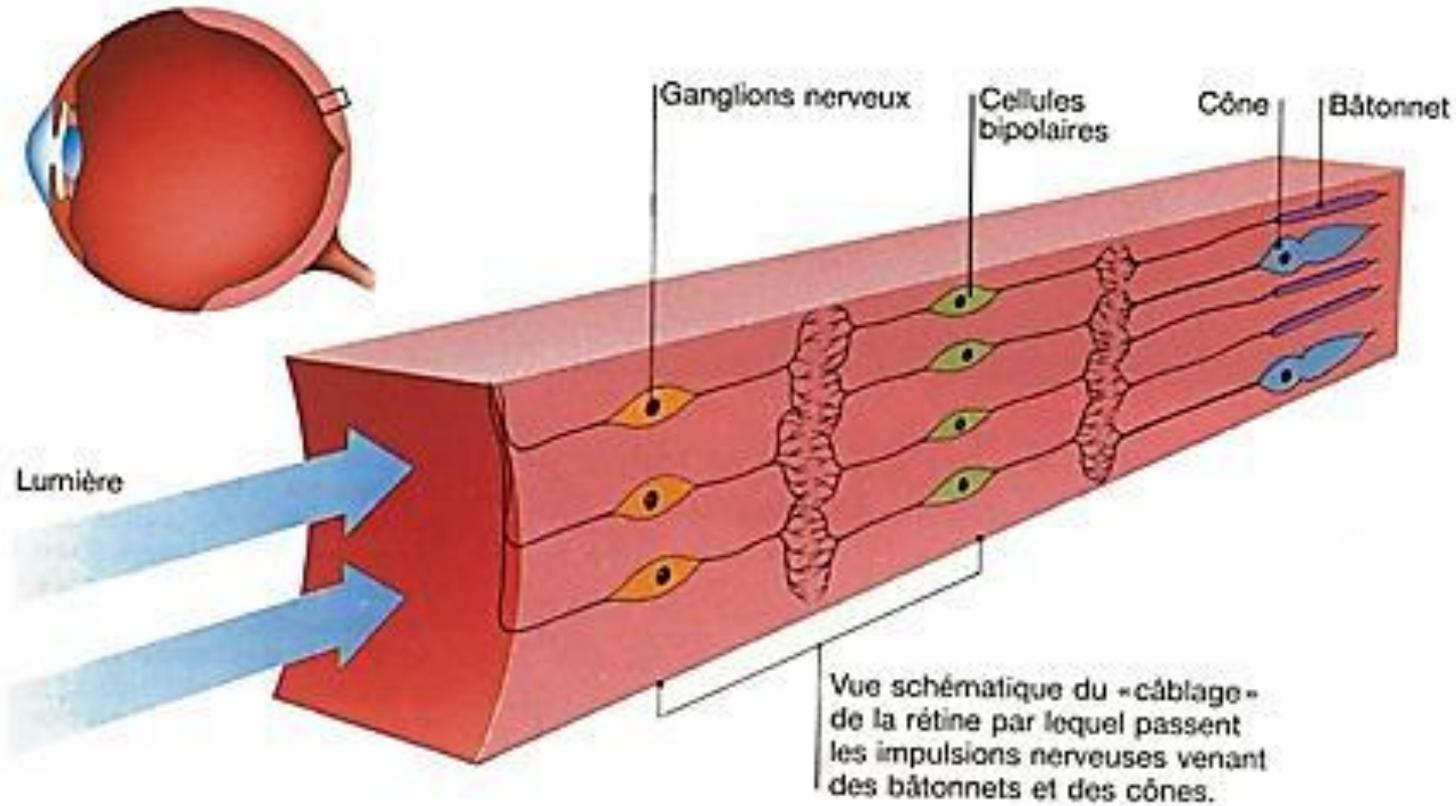
Il représente la deuxième paire de nerfs crâniens : le nerf optique, 35 à 55 mm de long, s'étend de la papille au chiasma,



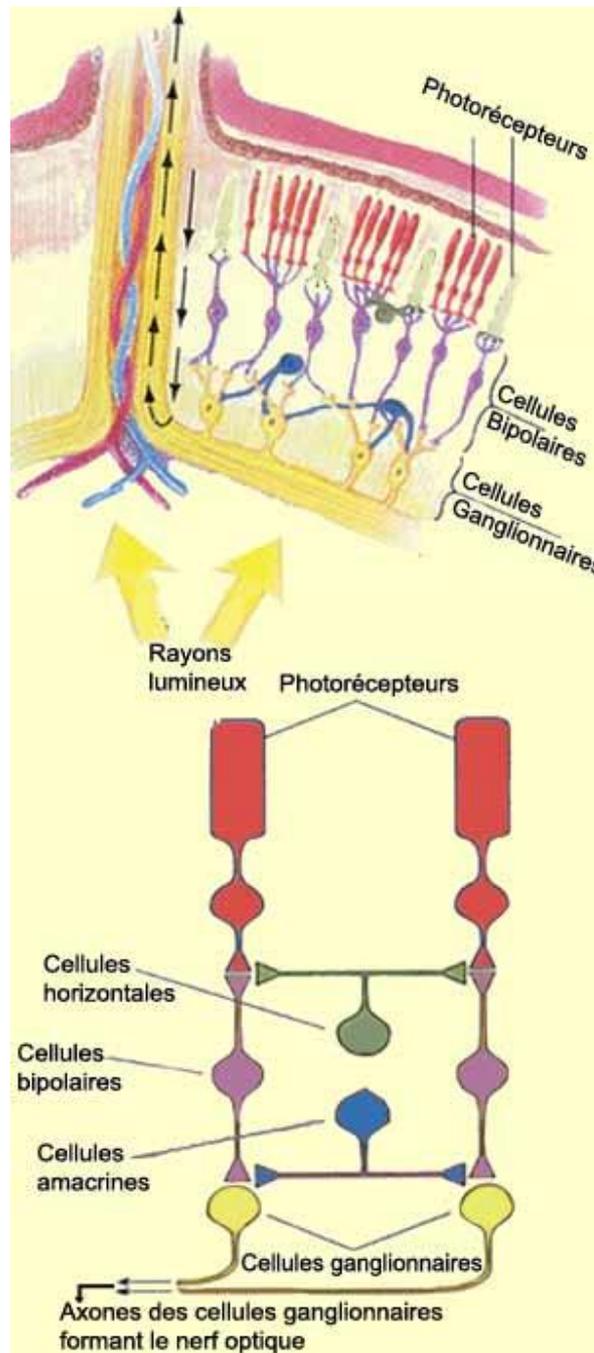
STRUCTURE DE LA PARTIE POSTÉRIÈRE DE L'OEIL

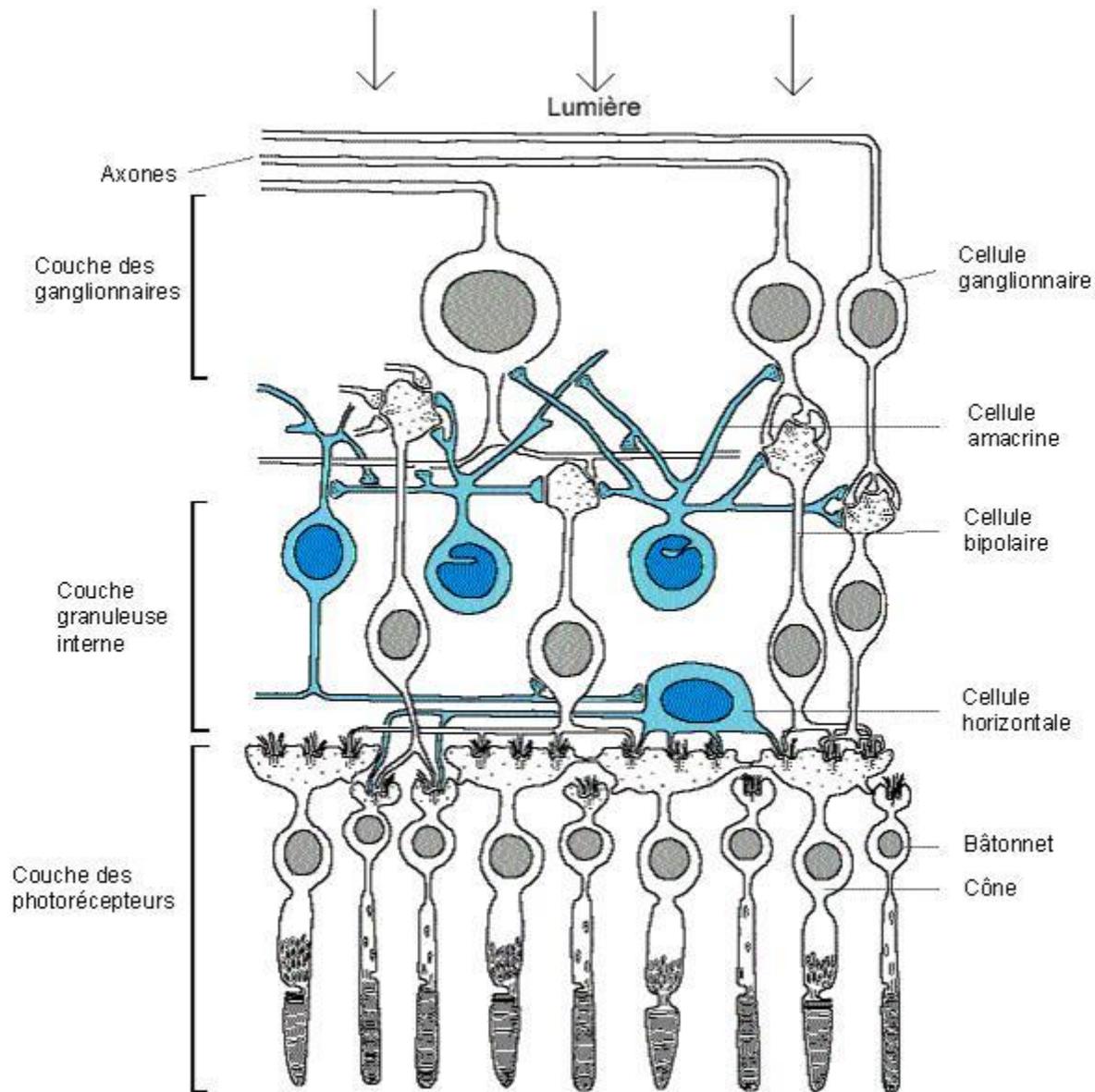


II.1.2. Structure de la rétine et des photorécepteurs

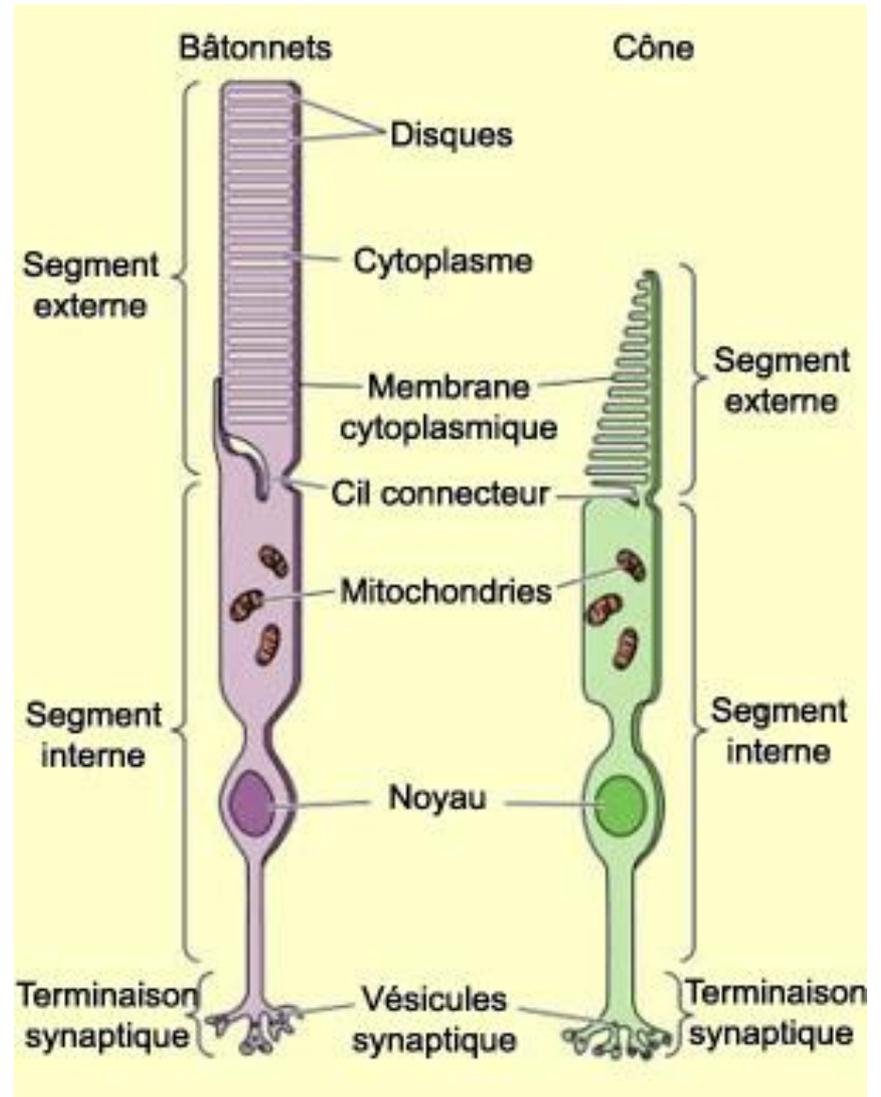


Logiciel l'œil

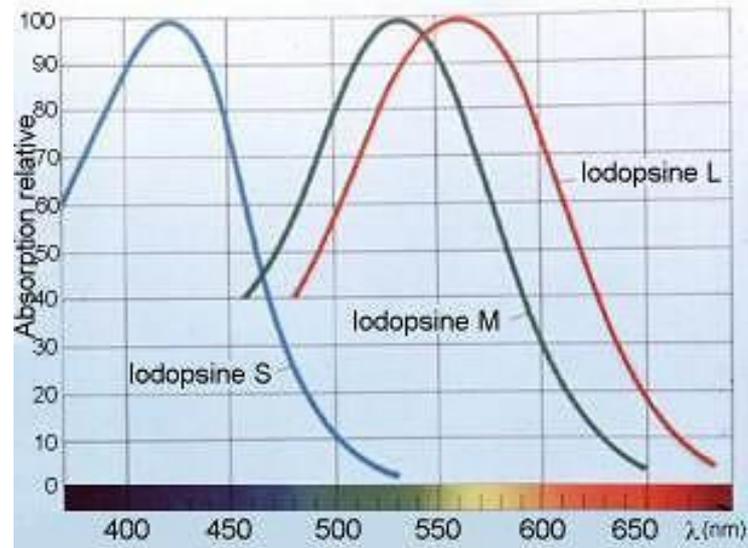




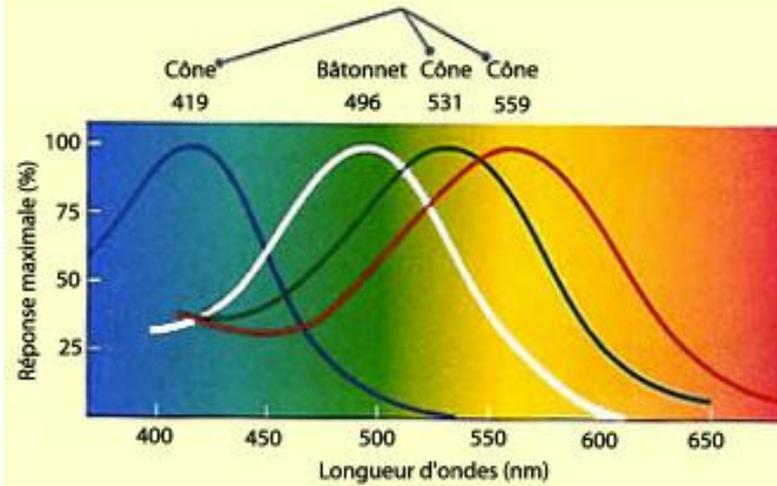
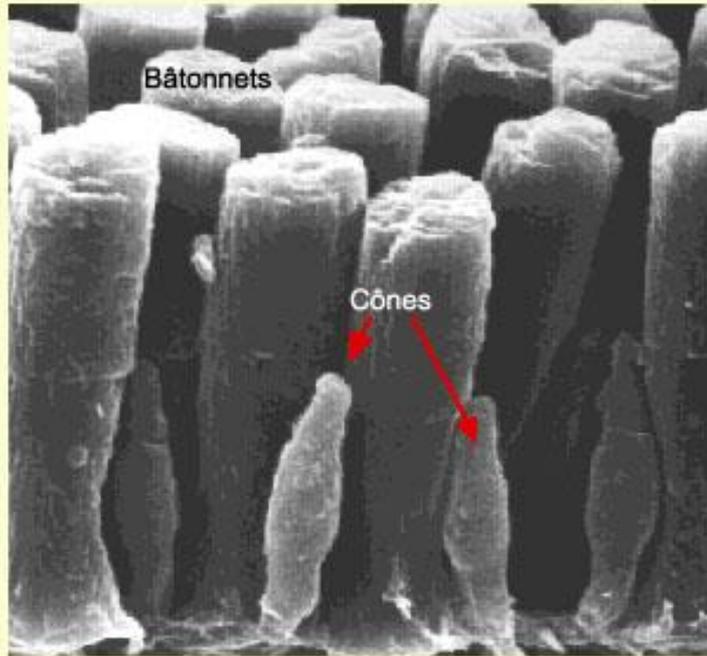
- les bâtonnets fonctionnent en faible éclaircment,
- les cônes sont actifs seulement en fort éclaircment.
- Chaque photorécepteur ne synthétise qu'un seul type de pigment.
- Tous les bâtonnets contiennent la même protéine appelée rhodopsine, ayant un maximum d'absorption à 496 nm.



il existe 3 types de cônes, chacun ayant une protéine (opsine) différente ; on qualifie ces cônes de S, M et L d'après les caractéristiques du spectre d'absorption de l'opsine qu'ils possèdent (opsine S ou Bleue : maximum d'absorption à 420 nm, opsine M ou verte : maximum d'absorption à 530 nm, opsine L ou rouge : maximum d'absorption à 560 nm).



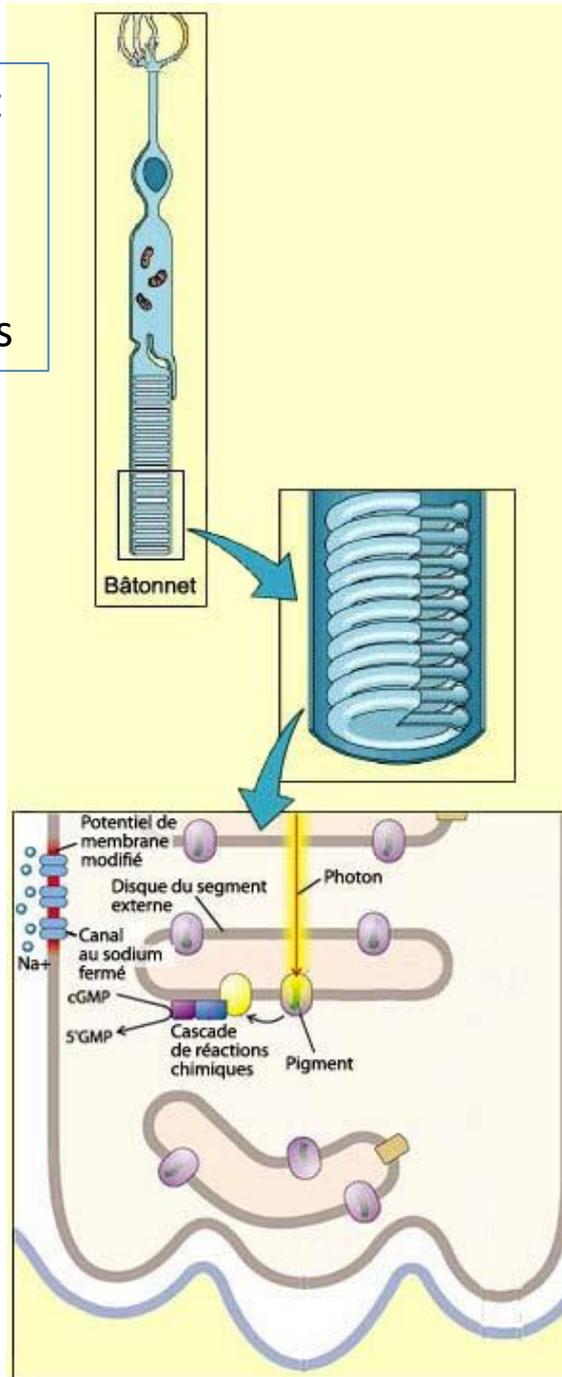
En anglais scientifique, l'usage est de qualifier les cônes bleus de S (pour *short*), les cônes verts de M (pour *medium*) et rouge de L (pour *long*) en référence à la longueur d'onde au maximum de sensibilité.



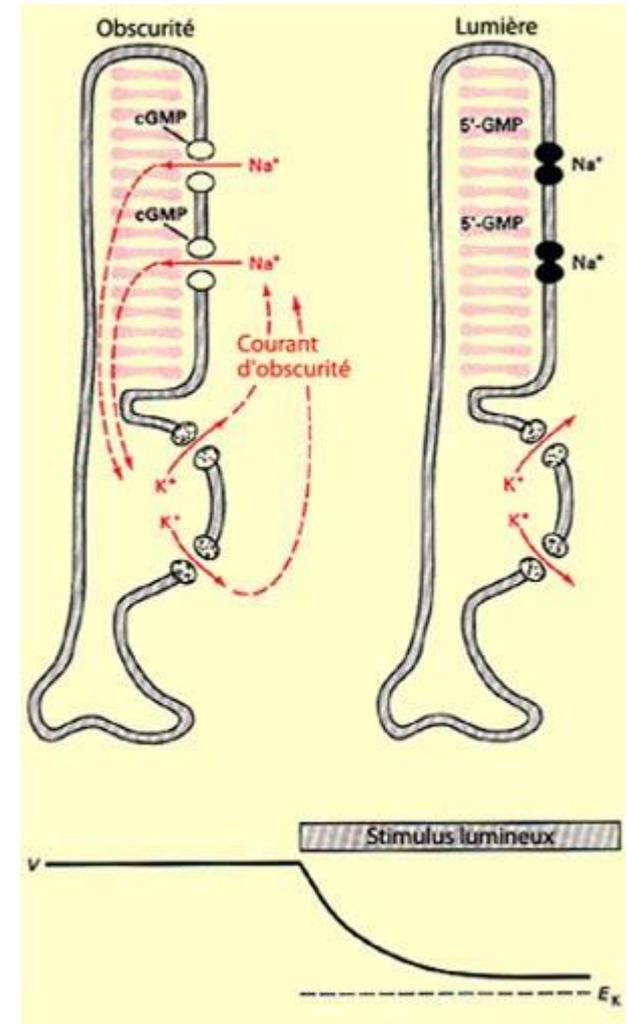
II.1.3. Fonctionnement des photorécepteurs :

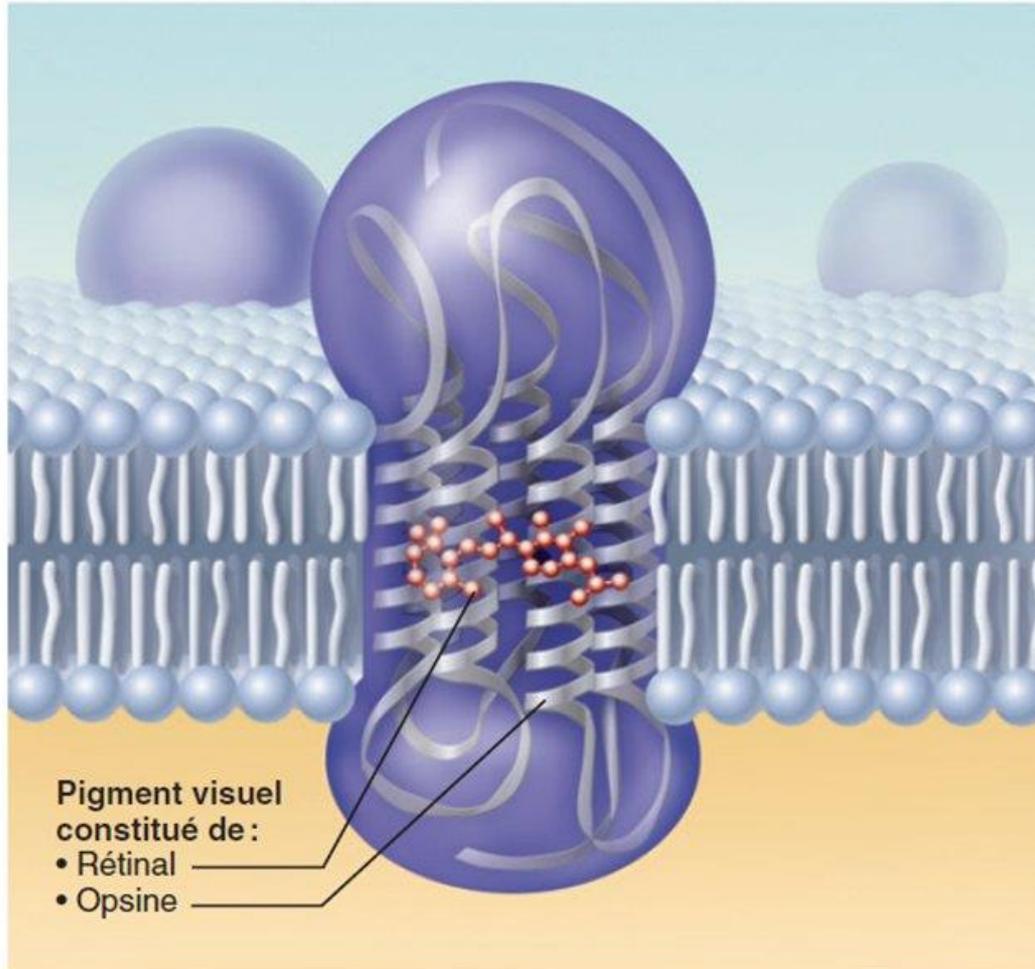
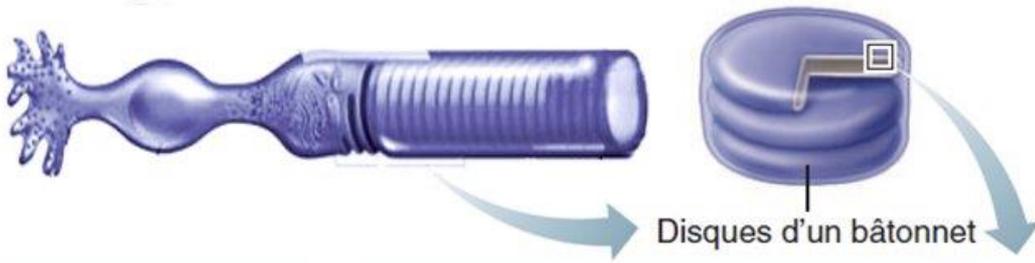
Transduction du signal

Exemple des bâtonnets



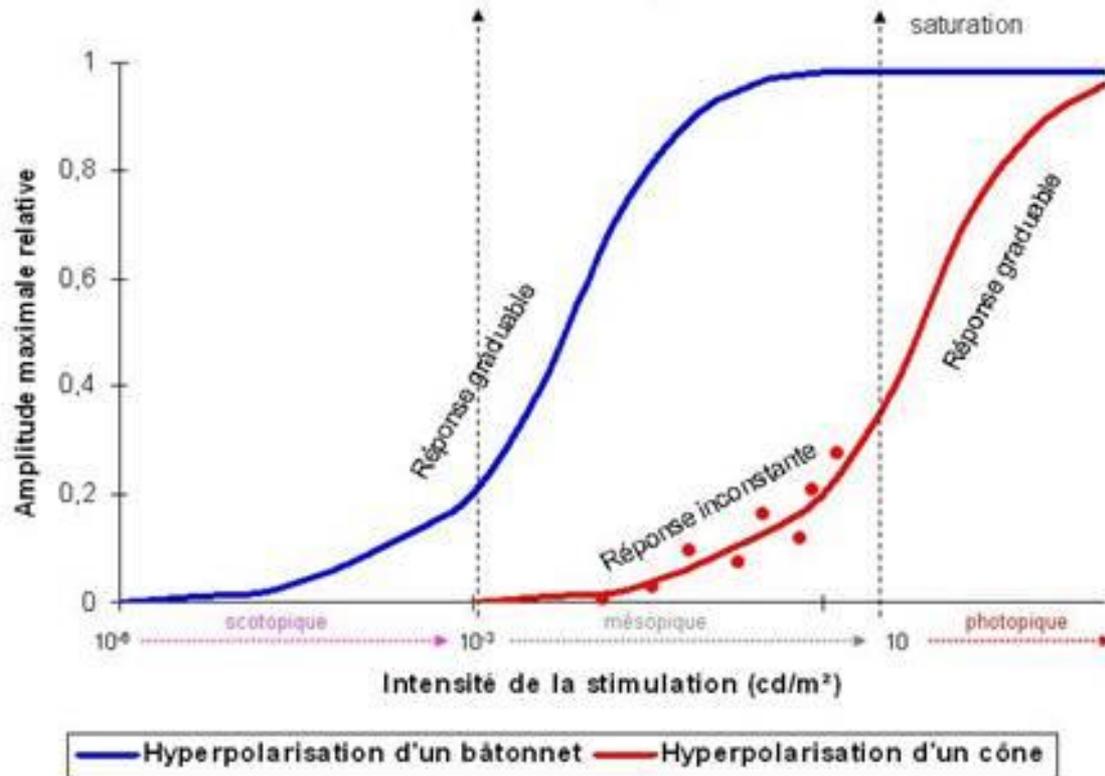
Courant d'obscurité

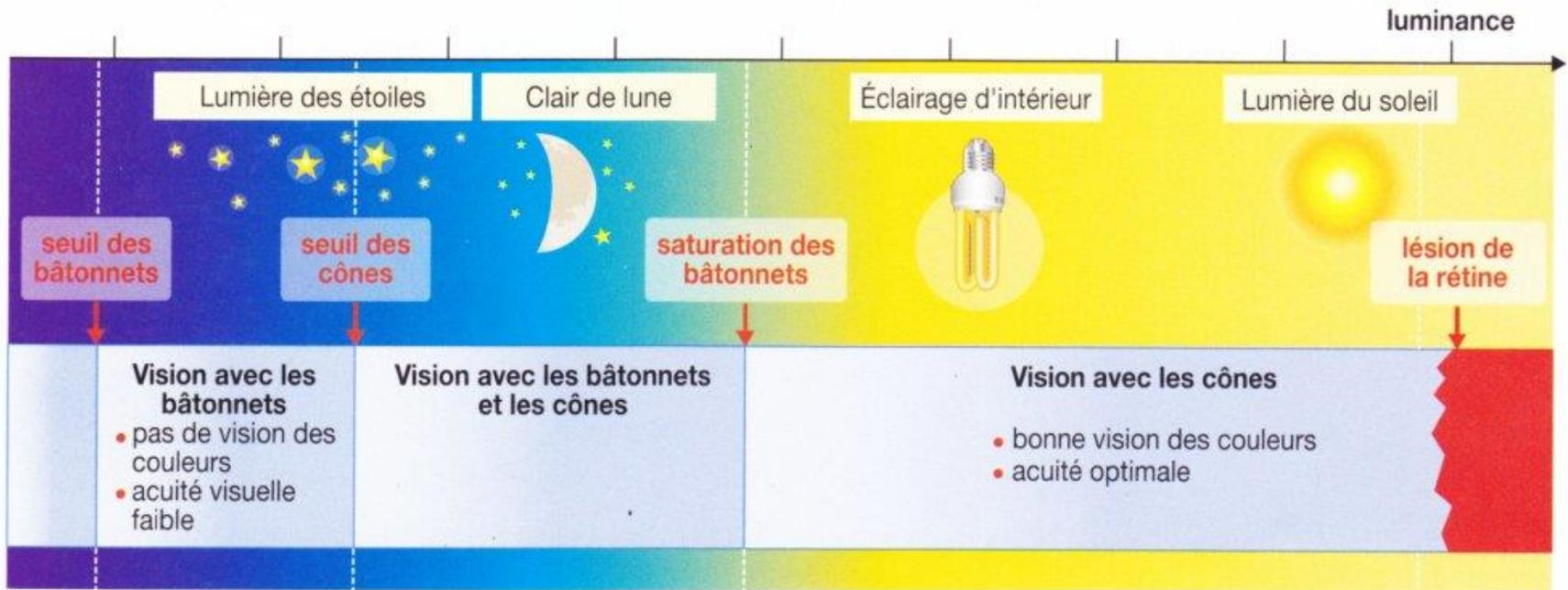




La vitamine A produite à partir de la bêta-carotène est nécessaire pour la synthèse du rétinène situé au centre de la molécule de rhodopsine. Une déficience sévère en vitamine A amène une altération de la vision en basse luminosité due à la faible quantité de rétinène (ou rétinol) produit. Durant la journée cependant, la quantité de lumière est généralement suffisante pour permettre une vision relativement normale malgré le bas niveau de pigments visuels.

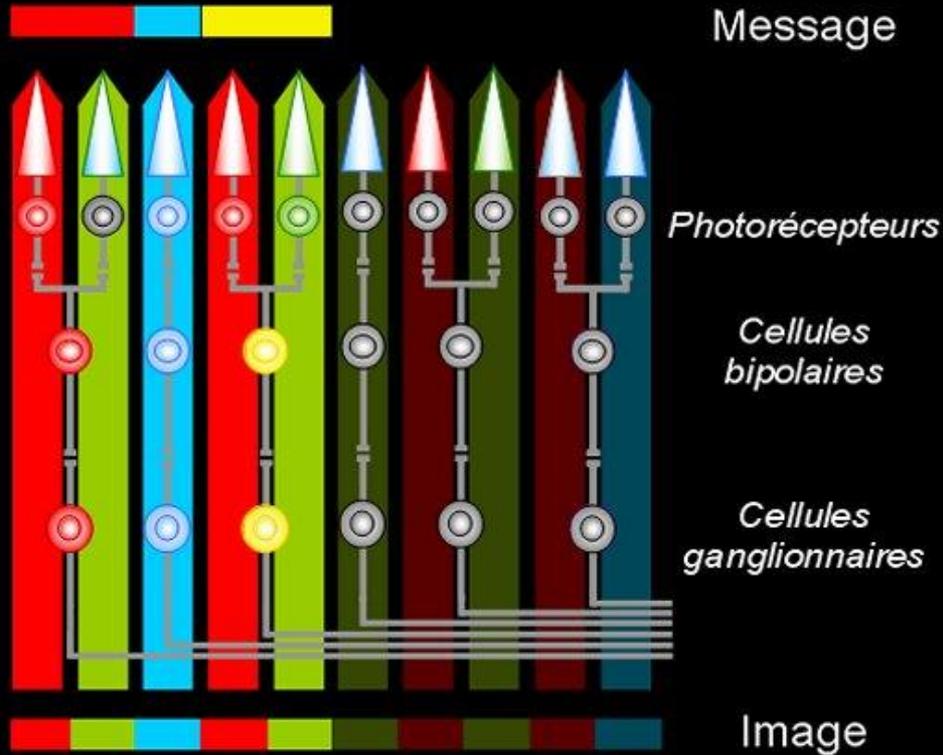
Variation de l'amplitude maximale d'hyperpolarisation d'un photorécepteur





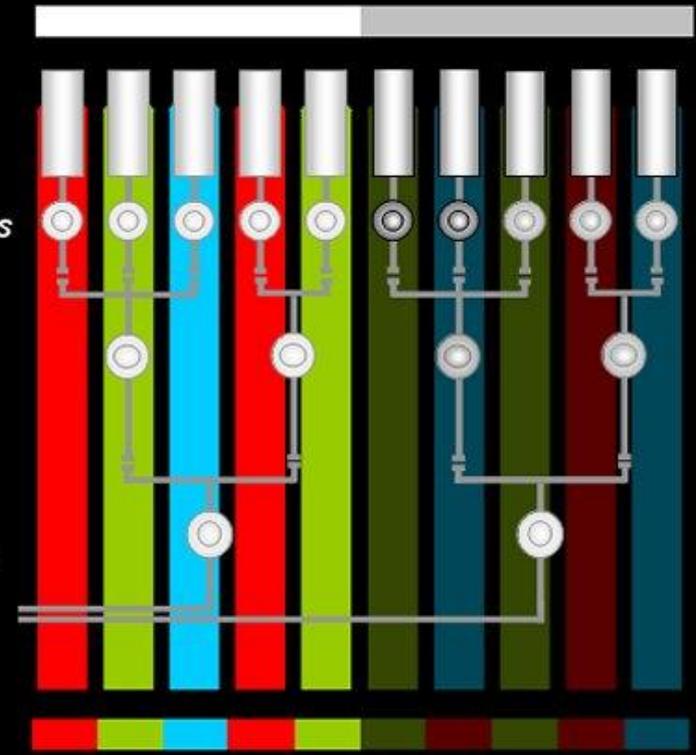
Fovéa

Acuité forte, sensibilité faible
et vision des couleurs



Rétine périphérique

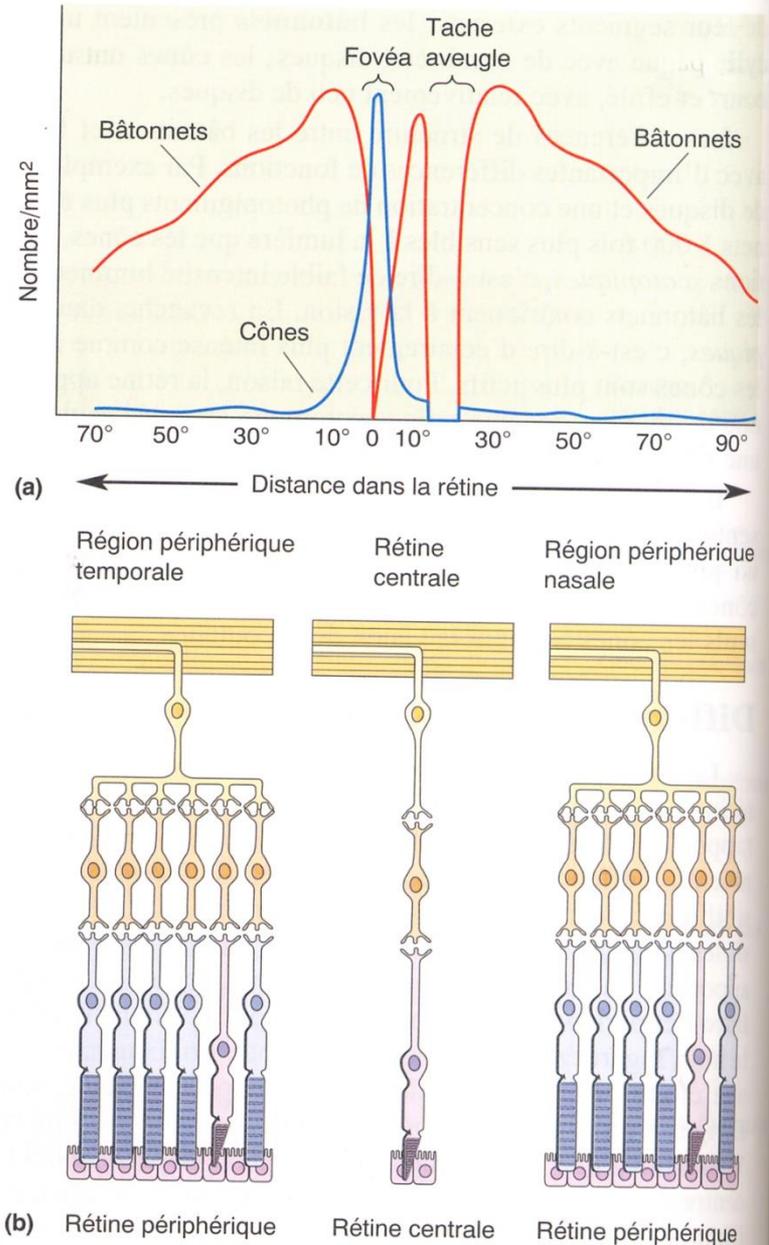
Acuité faible, sensibilité forte
et vision en noir et blanc

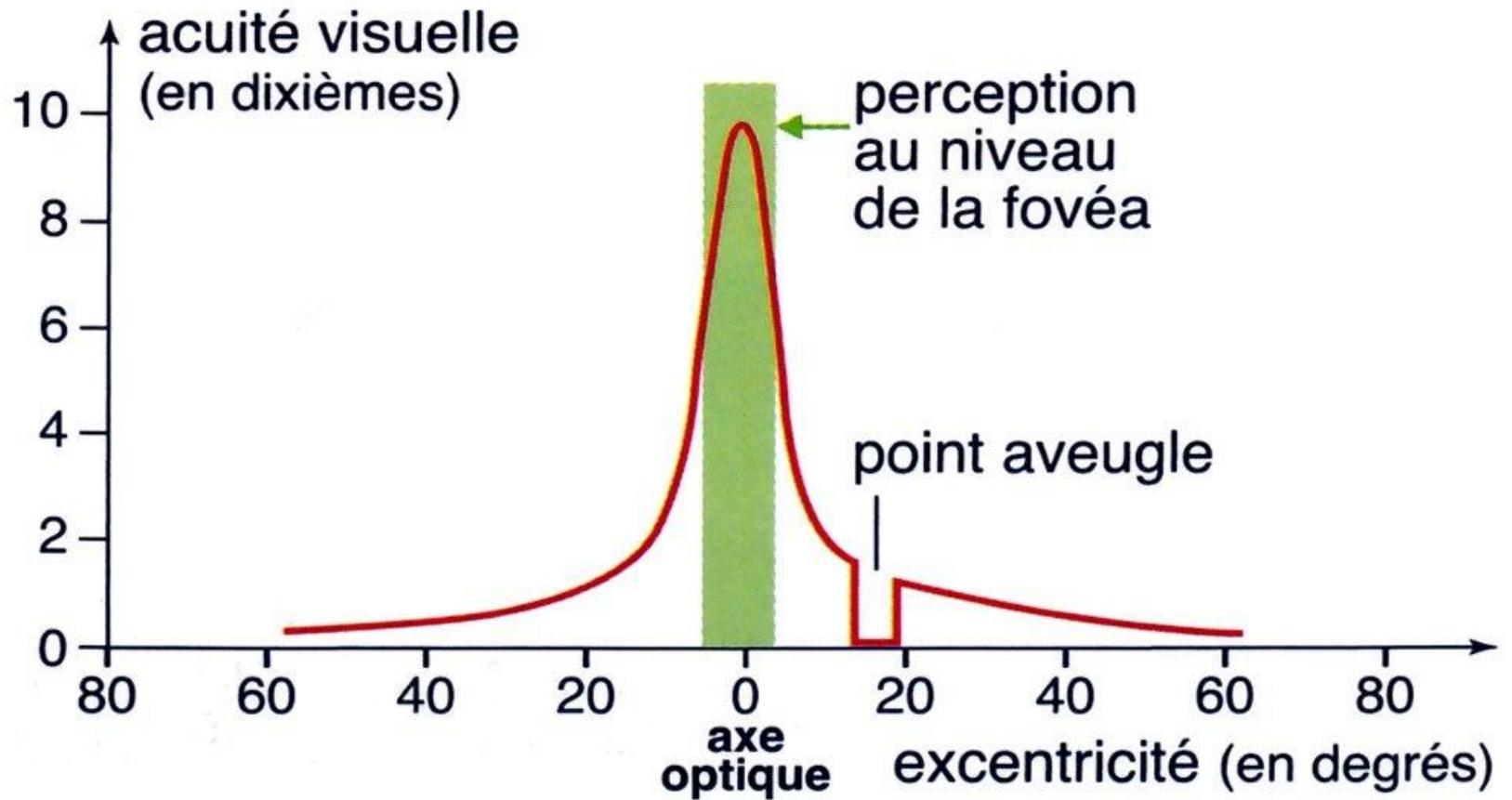


La figure ne tient pas compte des cellules horizontales et des cellules amacrines.

Figure 9.14

Différences régionales dans la structure de la rétine. (a) Les cônes sont essentiellement présents au niveau de la rétine centrale, dans 10° de la fovéa. Les bâtonnets sont absents de la fovéa et se trouvent principalement dans la rétine périphérique. (b) Dans la rétine centrale, les cellules ganglionnaires reçoivent l'information visuelle d'un nombre limité de photorécepteurs, alors qu'au niveau périphérique chaque cellule ganglionnaire reçoit des informations d'un grand nombre de ces photorécepteurs. Cette organisation rend la rétine périphérique plus apte à détecter les faibles intensités lumineuses, alors que la rétine centrale possède quant à elle un pouvoir discriminatif plus élevé.





II.1.3. Transmission du signal

Entre les photorécepteurs et les neurones ganglionnaires s'interposent trois types d'interneurones :

- les cellules bipolaires,
- Les cellules horizontales et
- les cellules amacrines.

Ces cellules combinent les signaux de plusieurs photorécepteurs de manière à ce que les réponses électriques des cellules ganglionnaires dépendent de manière précise des propriétés spatiales et temporelles de la lumière qui frappe la rétine.

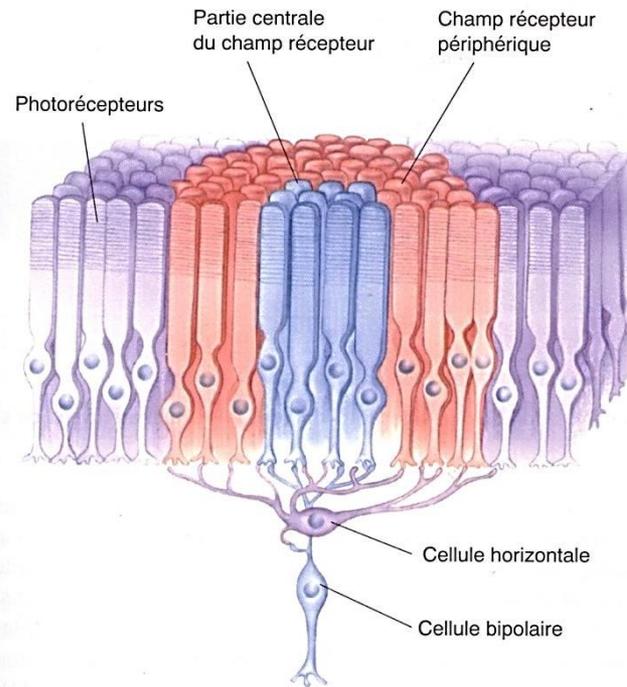


Figure 9.22

Des photorécepteurs aux cellules bipolaires : voies directes et indirectes. Les cellules bipolaires reçoivent des afférences synaptiques, directement à partir d'un groupe de photorécepteurs représentant le centre du champ visuel. Par ailleurs, elles reçoivent également des informations à partir des photorécepteurs environnants, via les cellules horizontales.

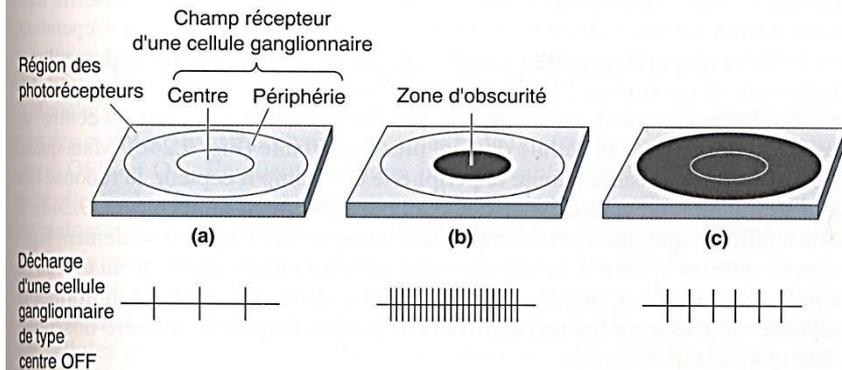
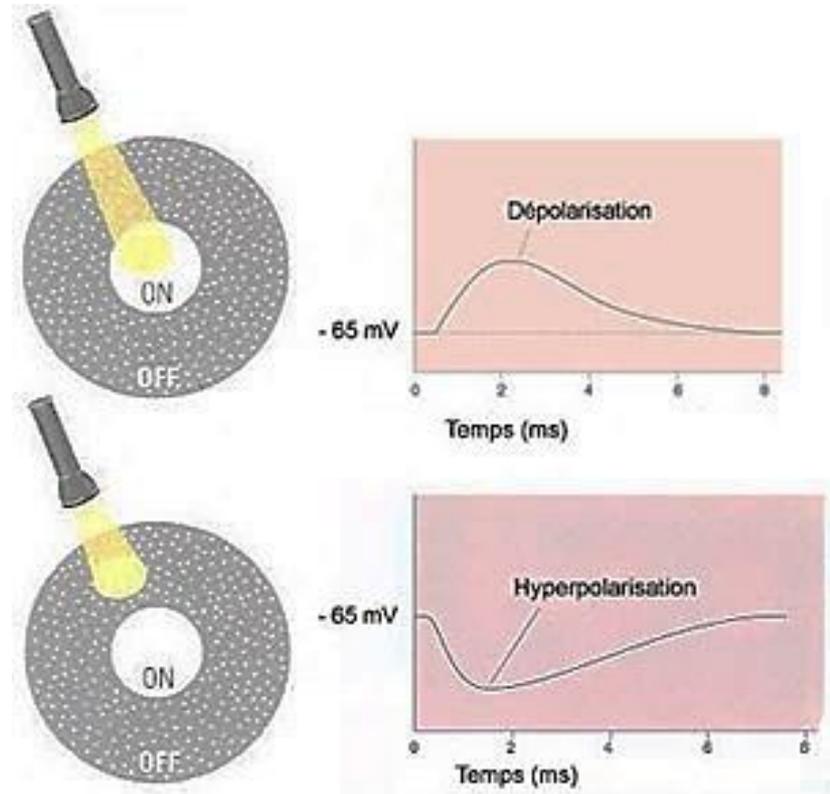
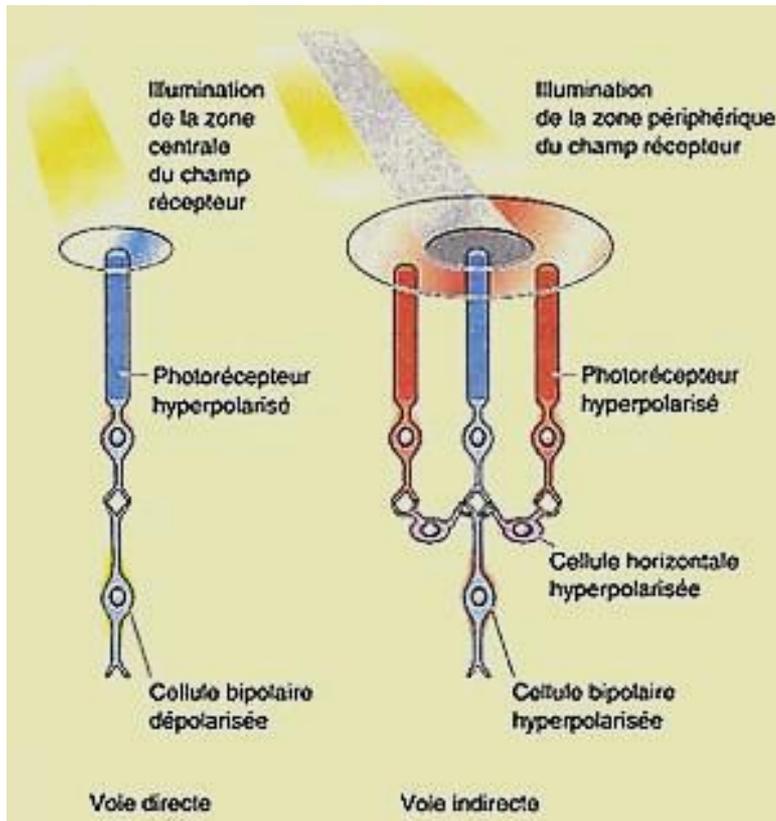


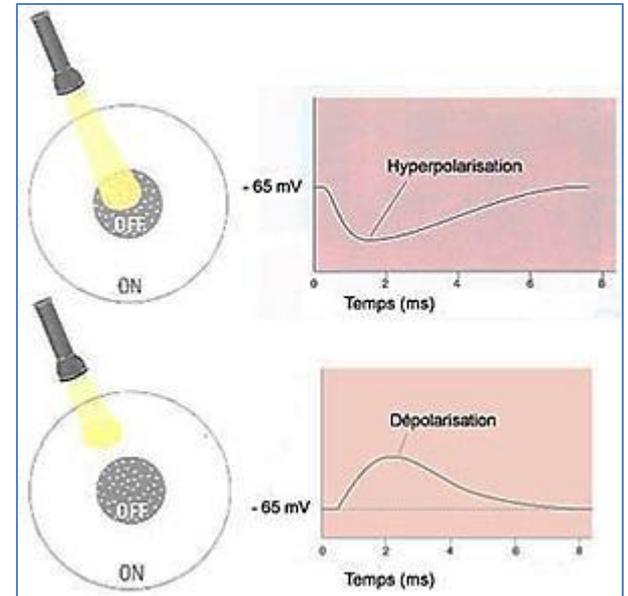
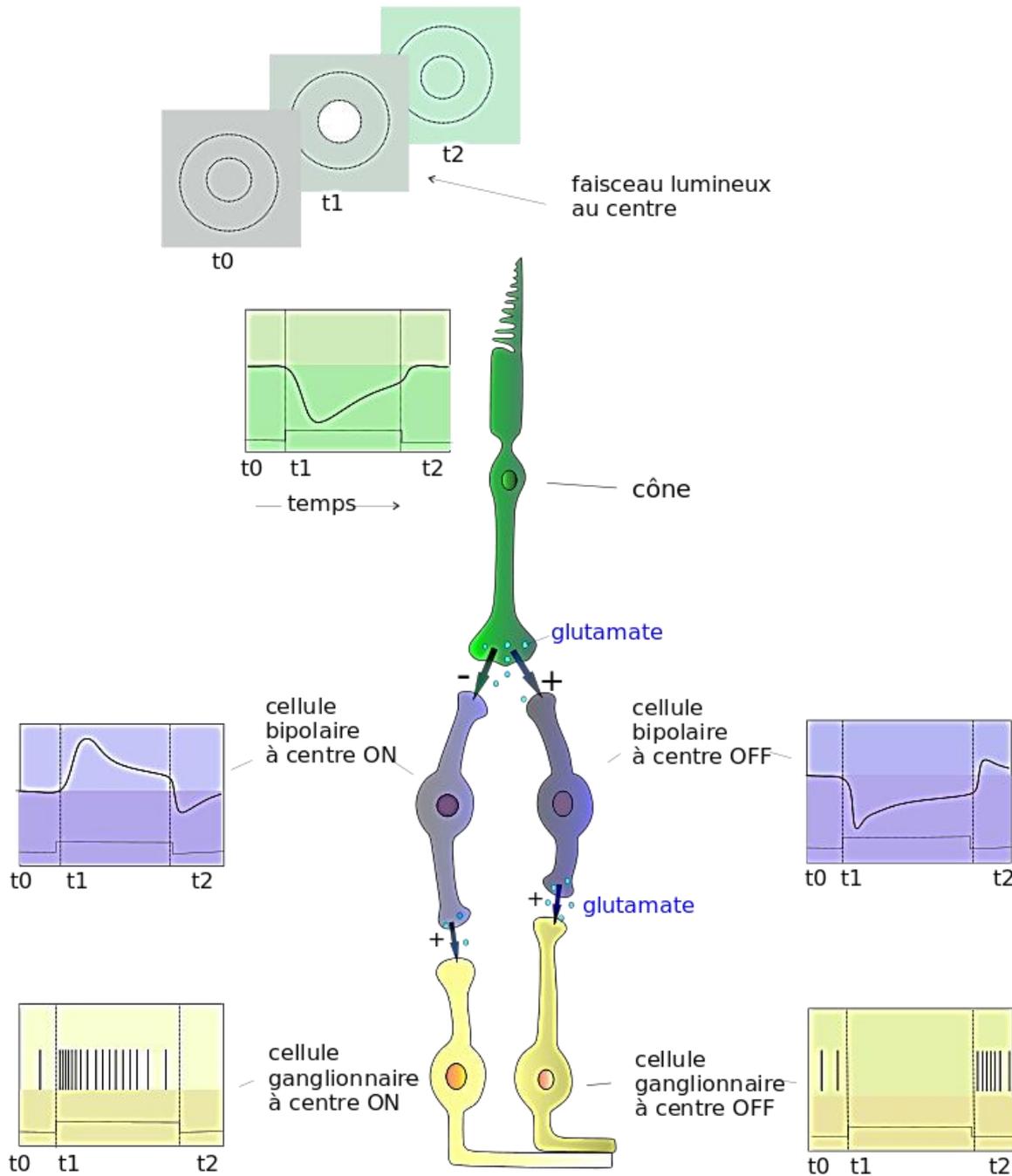
Figure 9.23

Illustration d'un champ récepteur du type centre-périphérie d'une cellule ganglionnaire. (a), (b) Une cellule ganglionnaire du type centre OFF répond de façon intense lorsque le centre de son champ récepteur est placé à l'obscurité. (c) Si la zone obscure inclut en plus la partie périphérique du champ récepteur, la réponse de ce type de cellule ganglionnaire est fortement réduite.

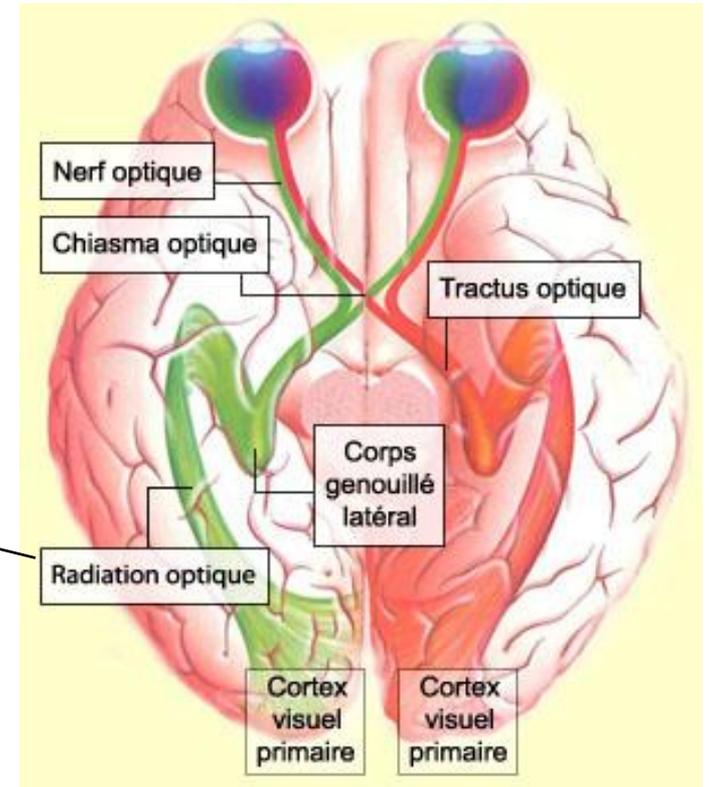
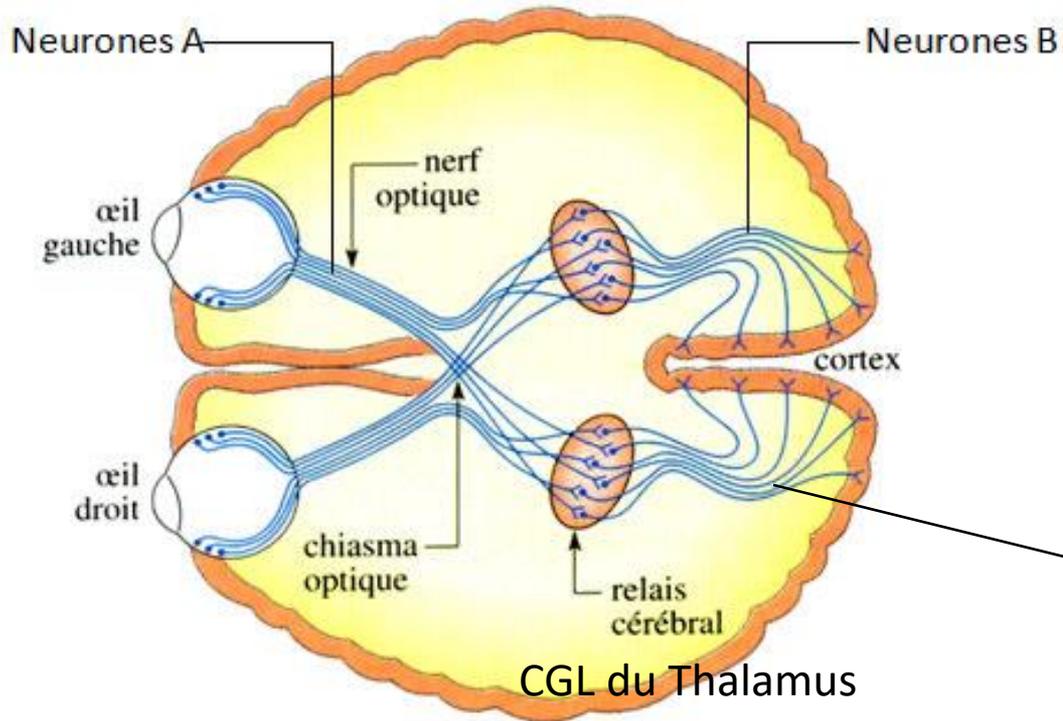
Champs récepteurs des cellules bipolaires à centre on



Cellule bipolaire à centre off



II.1.4. Voies visuelles

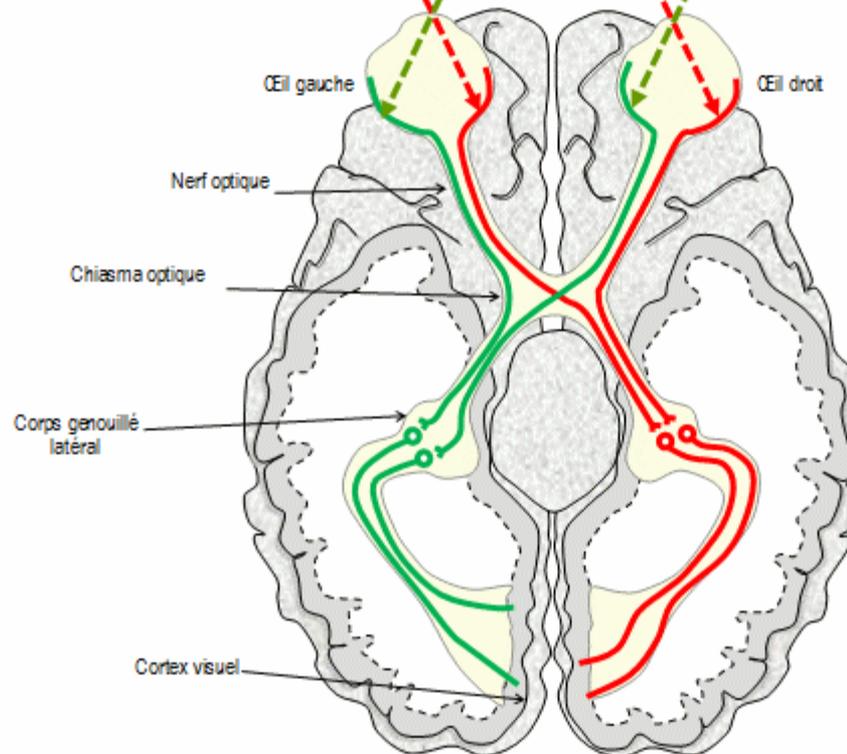


Décussation des champs nasaux uniquement

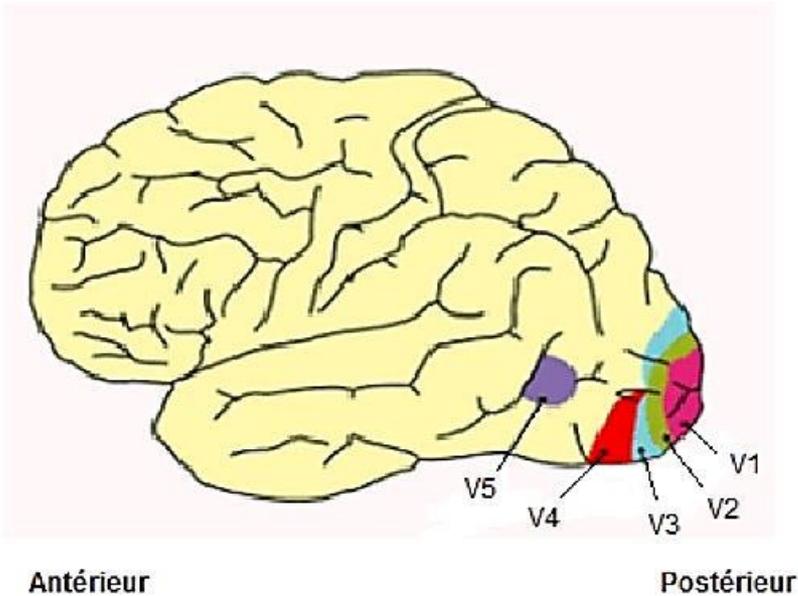
Champ visuel perçu par la rétine nasale de l'œil gauche	Champ visuel perçu par la rétine temporale de l'œil droit	Champ visuel perçu par la rétine temporale de l'œil gauche	Champ visuel perçu par la rétine nasale de l'œil droit
---	---	--	--



Chiasma optique :
croisement fibres champ nasal



II.1.5. Cortex visuel



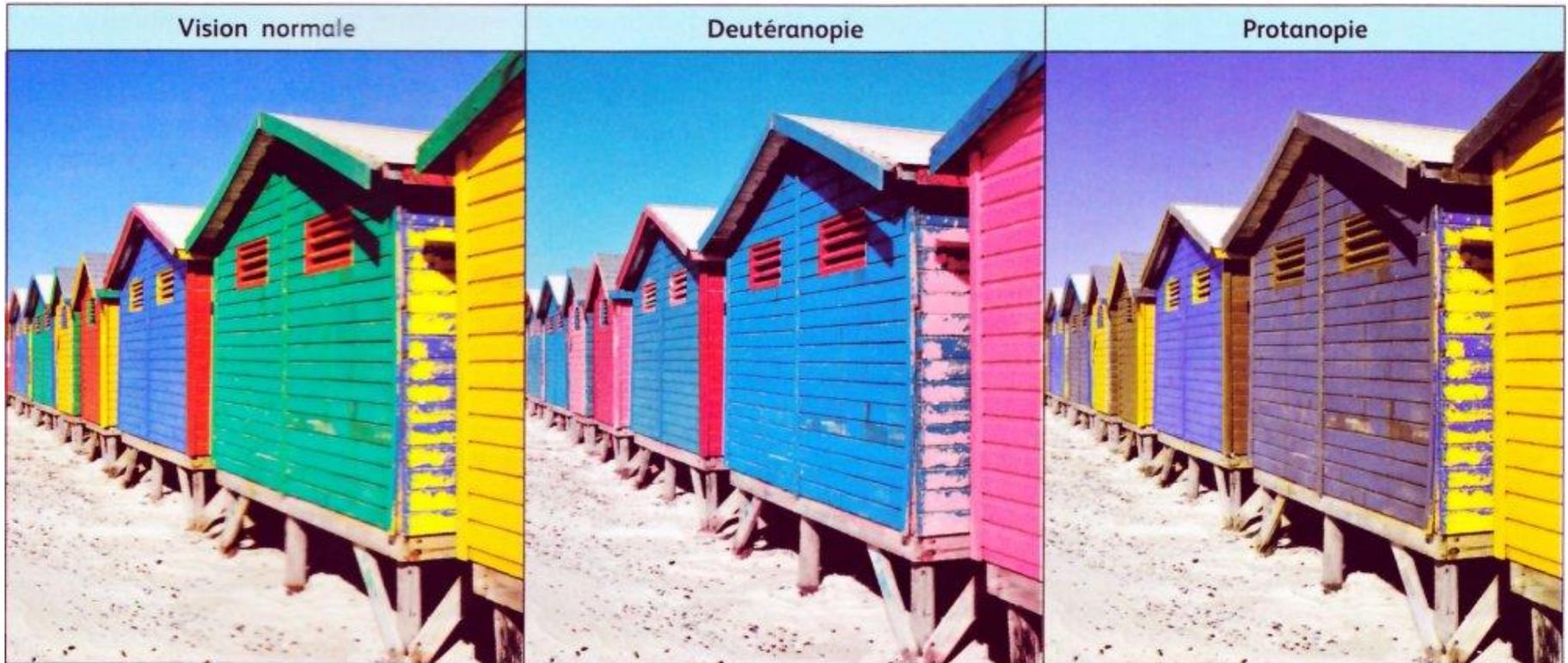
V1 ou cortex strié, le cortex visuel primaire se situe dans la partie la plus postérieure du cerveau, dans le lobe occipital. Il permet de recueillir les informations visuelles, de les analyser et de les distribuer aux autres aires. [SEP]

La deuxième aire, V2, trie de façon encore plus fine les nombreuses informations reçues de V1. Elle joue un rôle très important dans la perception des contours mais elle traite également l'orientation, les textures et les couleurs.

Les autres aires sont ensuite stimulées ; chacune ayant sa spécialité. L'aire V3 analyse les formes en mouvement et les distances tandis que V4 s'occupe du traitement des couleurs et des formes immobiles. Enfin, V5 joue un rôle dans la perception des mouvements.

II.1.6. Pathologies

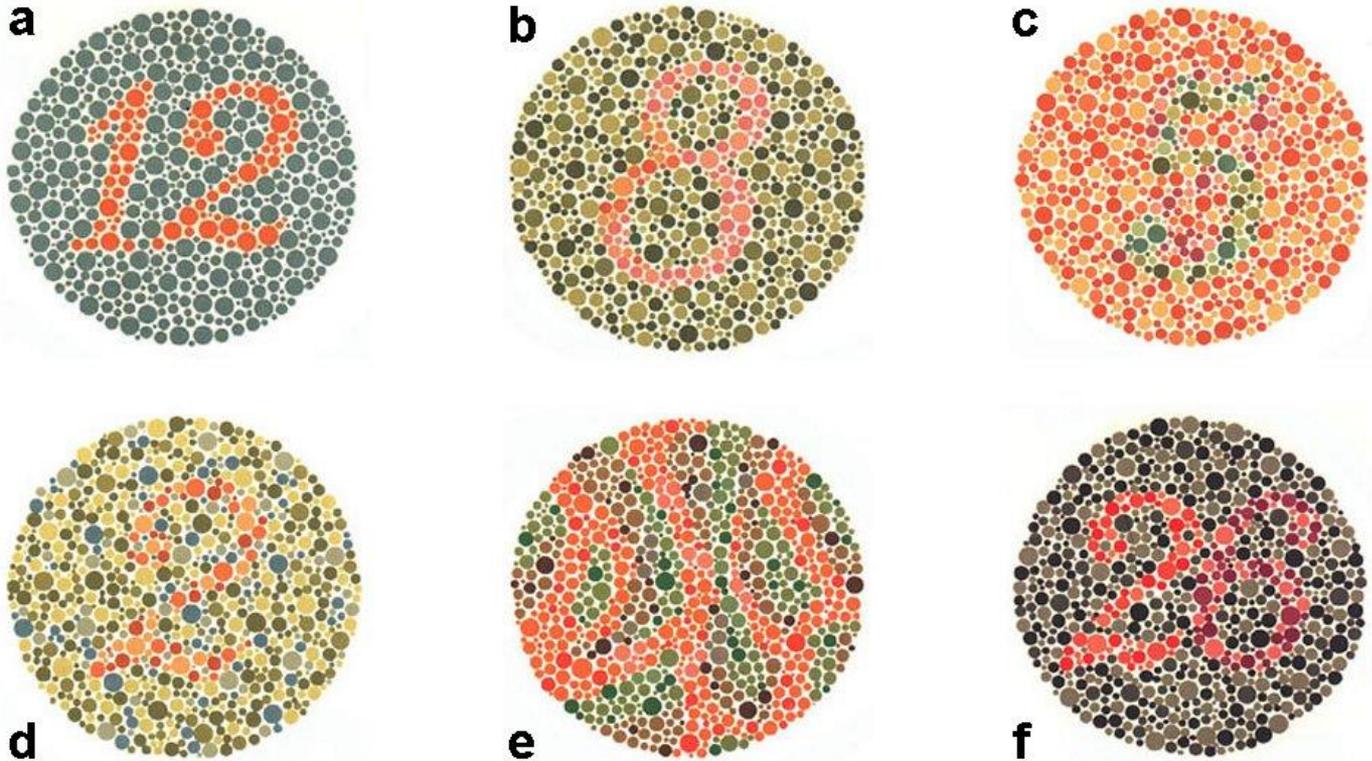
➤ Anomalies des pigments rétiens et vision des couleurs



<http://www.daltoniens.fr/>

Le test d'Ishihara

C'est le plus connu des tests de vision des couleurs permettant de repérer le **daltonisme**



Interprétation du test d'ishihara

a. Tout le monde voit 12.

b. Vision normale : 8 - Déficience rouge-vert : 3.

c. Vision normale : 5 - Déficience rouge-vert : 2.

d. Vision normale : 2 - La plupart des dichromates ne voient rien, ou de façon erronée.

e. Les sujets normaux et les dichromates très faiblement atteints ne perçoivent rien - Déficience rouge-vert : 5.

f. Vision normale : 26 - Protanopie : 6. Deutéranopie : 2.

Dichromates : absence de récepteurs au vert (vision dichromatique et non trichromatique)

Protanopes : sensibilité au rouge diminuée.

Deutéranopes : sensibilité au vert diminuée.



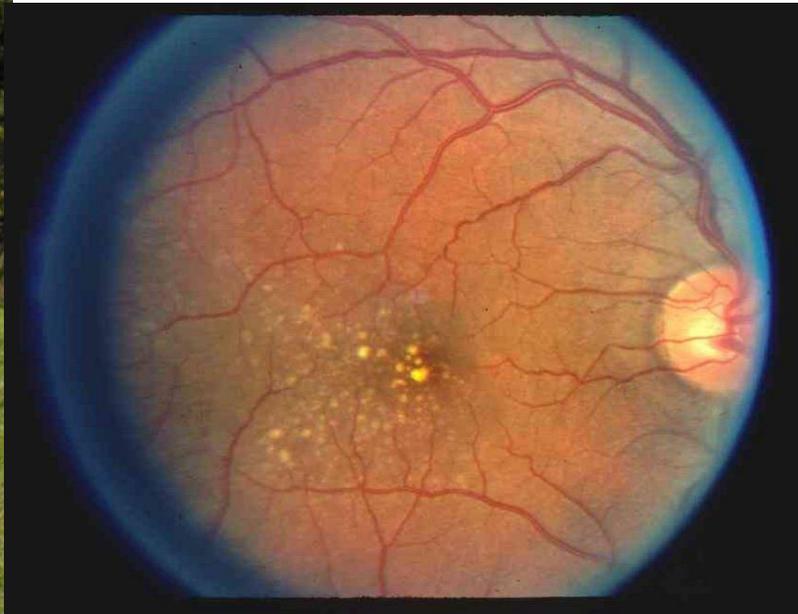
- **L'héméralopie** est une cécité nocturne. Elle est généralement due à une **carence en vitamine A** qui entraîne un déficit en rétinol et donc en pigments visuels.

➤ **La rétinite pigmentaire** est une maladie génétique.

Elle débute par une héméralopie puis, progressivement, le champ visuel se rétrécit donnant une impression de « vision en tunnel » (1). Cette altération est due à la destruction progressive des bâtonnets puis des cônes, ce qui a pour conséquence l'apparition progressive de petits dépôts pigmentés (2) dans la rétine donnant ainsi le nom à la maladie.



- La **DMLA (Dégénérescence maculaire liée à l'âge)** entraîne une perte progressive de la vision centrale (1), qui devient de plus en plus floue. C'est une dégénérescence progressive des cellules de la macula qui ne provoque jamais de cécité totale. Elle touche 12 % de la population entre 65 et 75 ans.



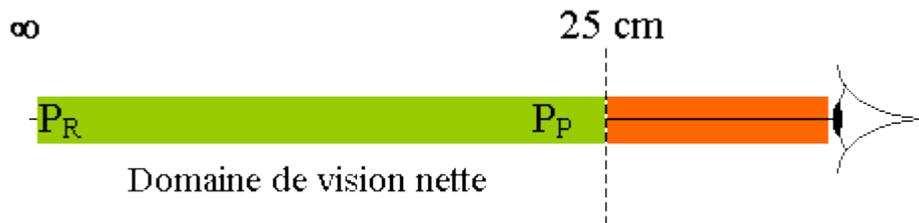
➤ **Anomalies de l'accomodation = Modification de l'épaisseur du cristallin :**

[logiciel](#)

La **distance focale de l'œil est maximale** (*17 mm pour l'œil humain*) quand les muscles ciliaires sont au repos. Dans ces conditions l'œil n'accomode pas et on peut voir des objets situés à une distance maximale appelée **punctum remotum**, qui est infinie pour un œil normal (*œil emmétrope*).

La **distance focale de l'œil est minimale** quand les muscles ciliaires sont contractés, l'œil **accomode**. On peut alors voir nettement des objets situés à une distance minimale appelée **punctum proximum**, qui est d'environ 25 cm pour un œil emmétrope moyen.

Remarque. On parle de "distance focale de l'œil" et non de celle du cristallin car l'œil est un **système optique** formé de plusieurs milieux convergents (cornée, humeur aqueuse, cristallin, humeur vitrée). En revanche l'accomodation dépend uniquement du cristallin.



Punctum proximum en fonction de l'âge

Âge (années)	10	20	30	40	45	50	60	65
Punctum proximum (cm)	8	10	14	20	30	50	100	200

Anomalies du cristallin et défauts de vision (ou anomalie œil trop profond ou trop court)

L'hypermétropie : la vision de près est perturbée.

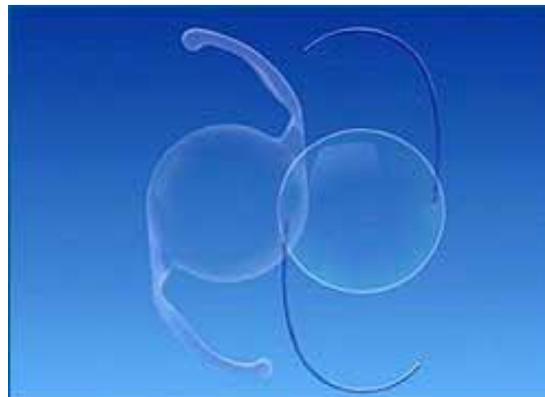
La myopie : La vision de loin est perturbée.

La presbytie : À partir d'environ 45 ans le cristallin perd peu à peu son pouvoir d'accommodation. Le *punctum proximum* se rapproche du *punctum remotum*. Le sujet doit progressivement éloigner les textes qu'il lit mais sa vision de loin n'est pas affectée.

La cataracte : atteint plus d'une personne sur cinq à partir de 65 ans, plus d'une sur trois à partir de 75 ans et près de deux sur trois après 85 ans. Elle se caractérise par une baisse de la vue, une impression de brouillard, un éblouissement à la lumière vive.

La cataracte est la cause de près de 40 % des 37 millions d'aveugles dans le monde, c'est la première cause de cécité dans le tiers-monde.

Actuellement, le seul traitement efficace de la cataracte est la chirurgie. L'intervention consiste à enlever le cristallin opaque et à le remplacer par un **cristallin artificiel** .



Cristallin artificiel monobloc

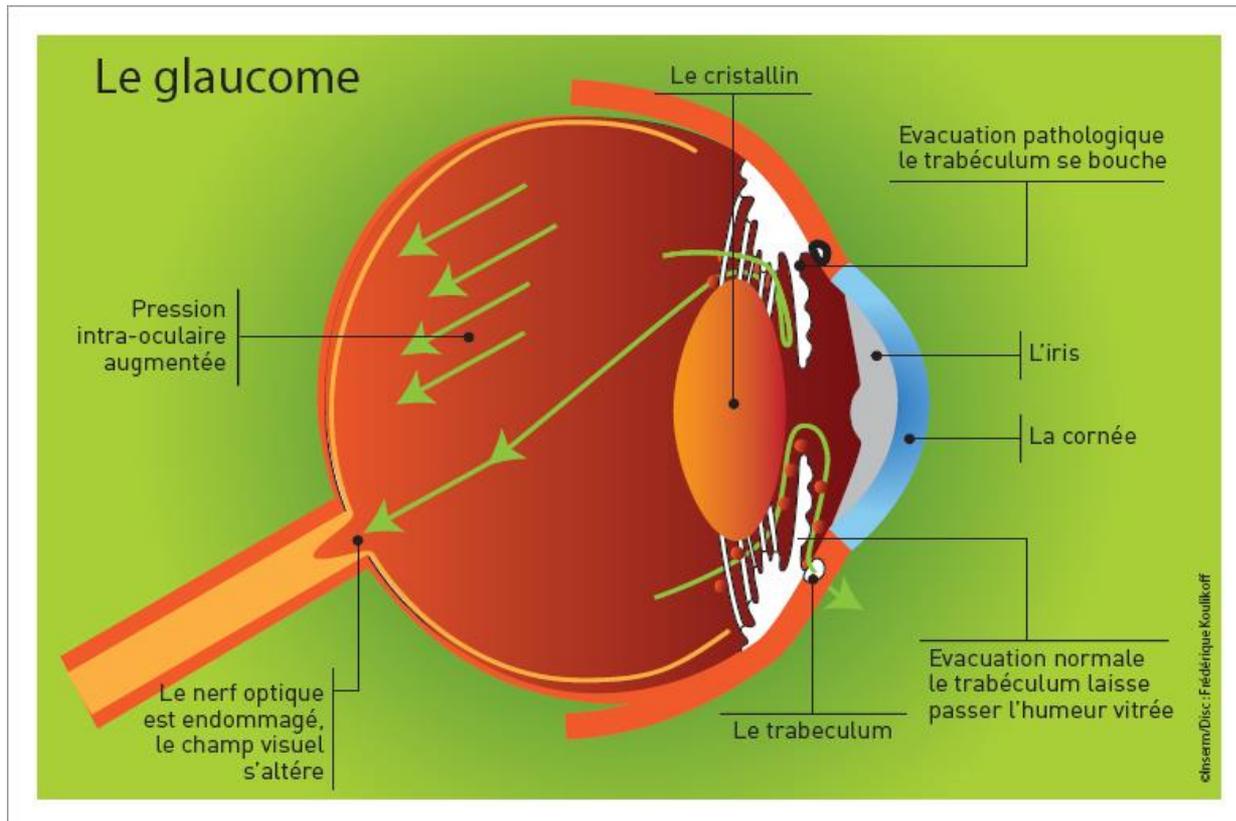


Cristallin artificiel multifocal

➤ Le glaucome

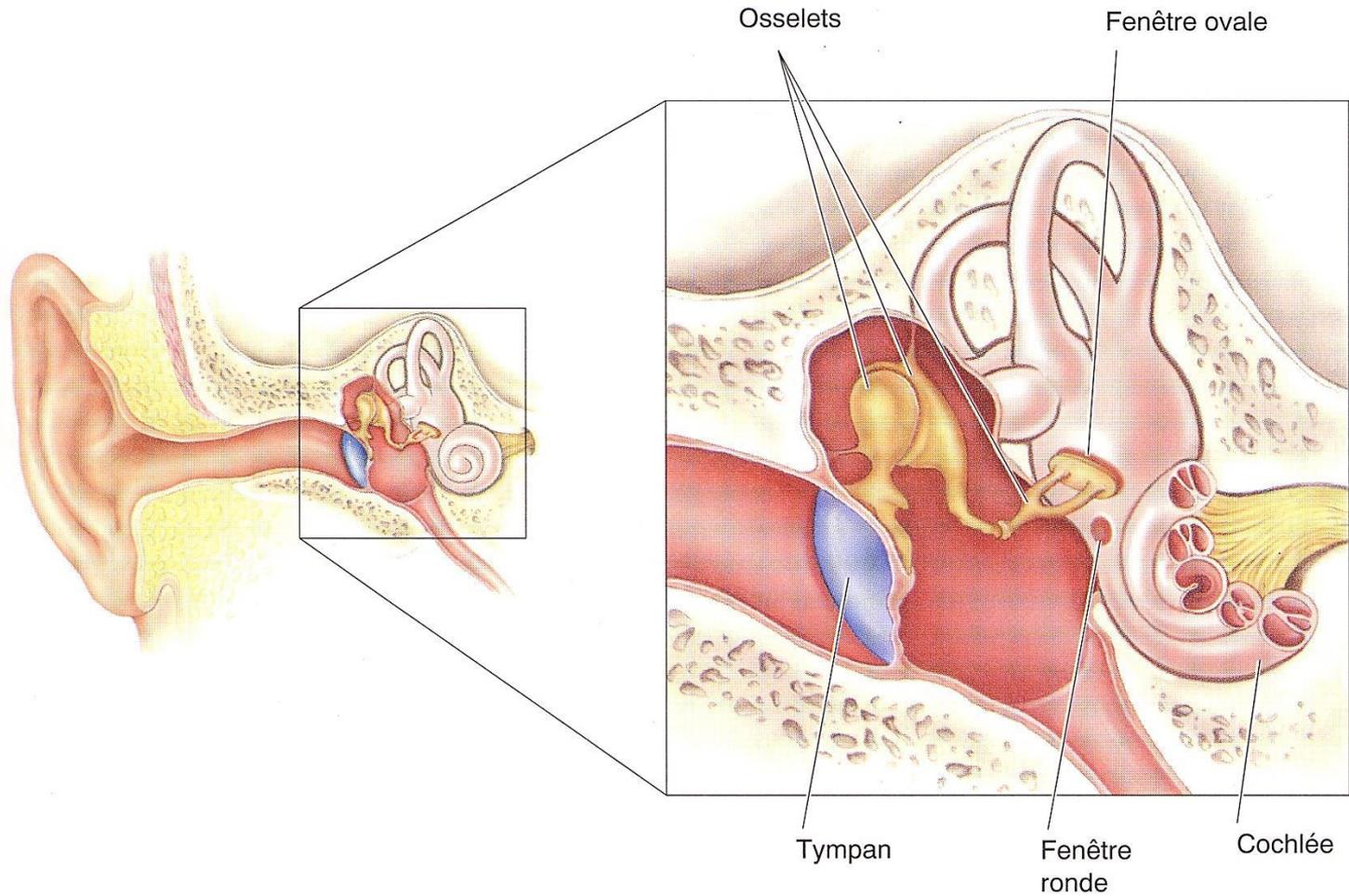
Destruction progressive du nerf optique, le plus souvent causée par une pression trop importante à l'intérieur de l'œil.

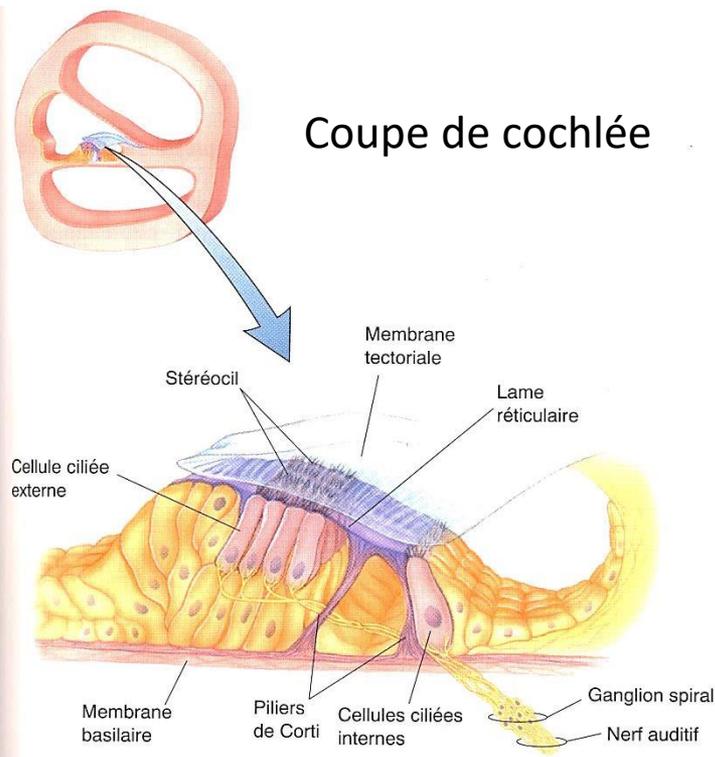
Cette pathologie constitue la seconde cause de cécité dans les pays développés. À ce jour, des traitements permettent de stopper son évolution mais ils ne permettent pas de restaurer la vision lorsque la maladie est déjà évoluée. Le dépistage précoce du glaucome est donc primordial.



II.2. L'oreille et l'audition

Voir UE 2.7

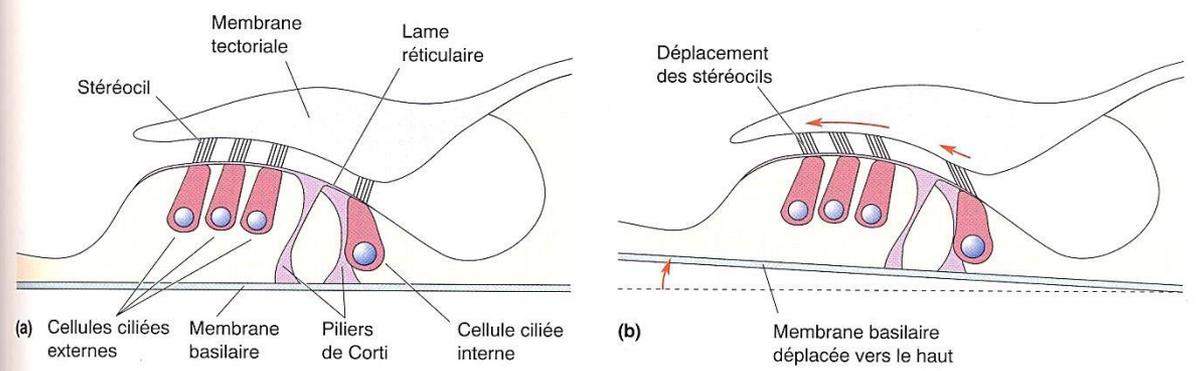




Coupe de cochlée

Organe de Corti dans cochlée

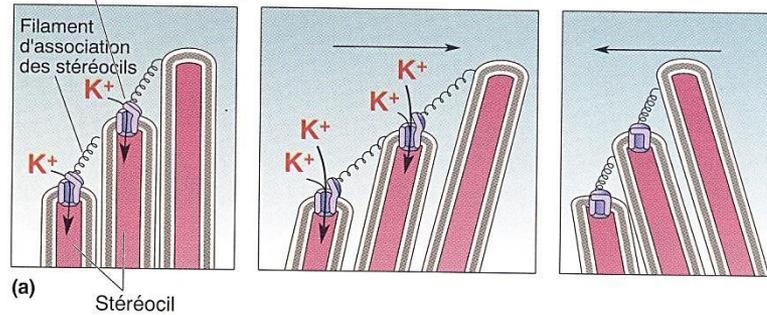
Figure 11.11
Organe de Corti.



Cellules ciliées

Figure 11.12
Mouvements des stéréocils produits par le déplacement de la membrane basilaire. (a) Au repos, les cellules ciliées sont maintenues entre la lame réticulaire et la membrane basilaire, et l'extrémité des stéréocils des cellules ciliées externes est attachée à la membrane tectoriale. (b) Quand un son provoque une déformation vers le haut de la membrane basilaire, la lame réticulaire se déplace vers le haut et vers la partie interne de la cochlée, entraînant un déplacement des stéréocils vers l'extérieur.

Canal potassique sensible
aux stimulations mécaniques



Transduction

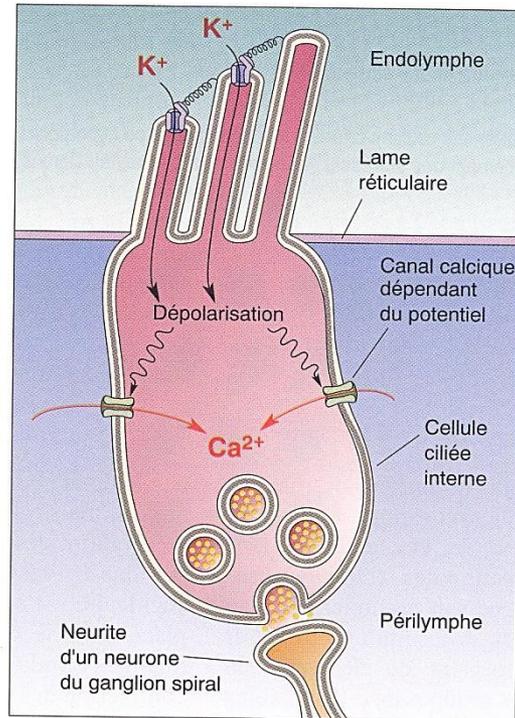
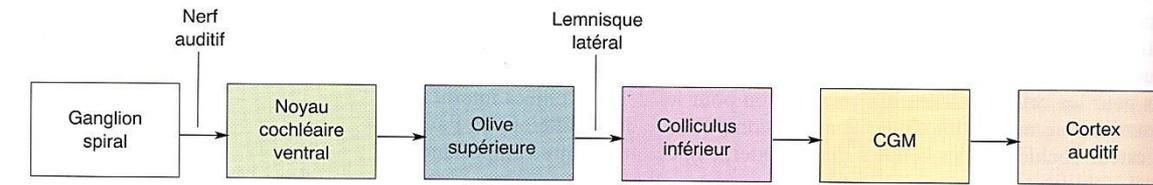


Figure 11.14

Dépolarisation des cellules ciliées. (a) Les canaux potassiques sont activés quand les filaments qui associent les stéréocils sont étirés. (b) L'entrée de potassium dépolarise les cellules ciliées, ce qui entraîne l'ouverture des canaux calciques dépendants du potentiel. L'entrée de calcium contribue à accentuer la dépolarisation de la cellule, conduisant à une libération de neurotransmetteur à partir de vésicules synaptiques, ce qui a pour effet d'activer les neurites des cellules du ganglion spiral, au niveau postsynaptique.



(a)

Voies auditives

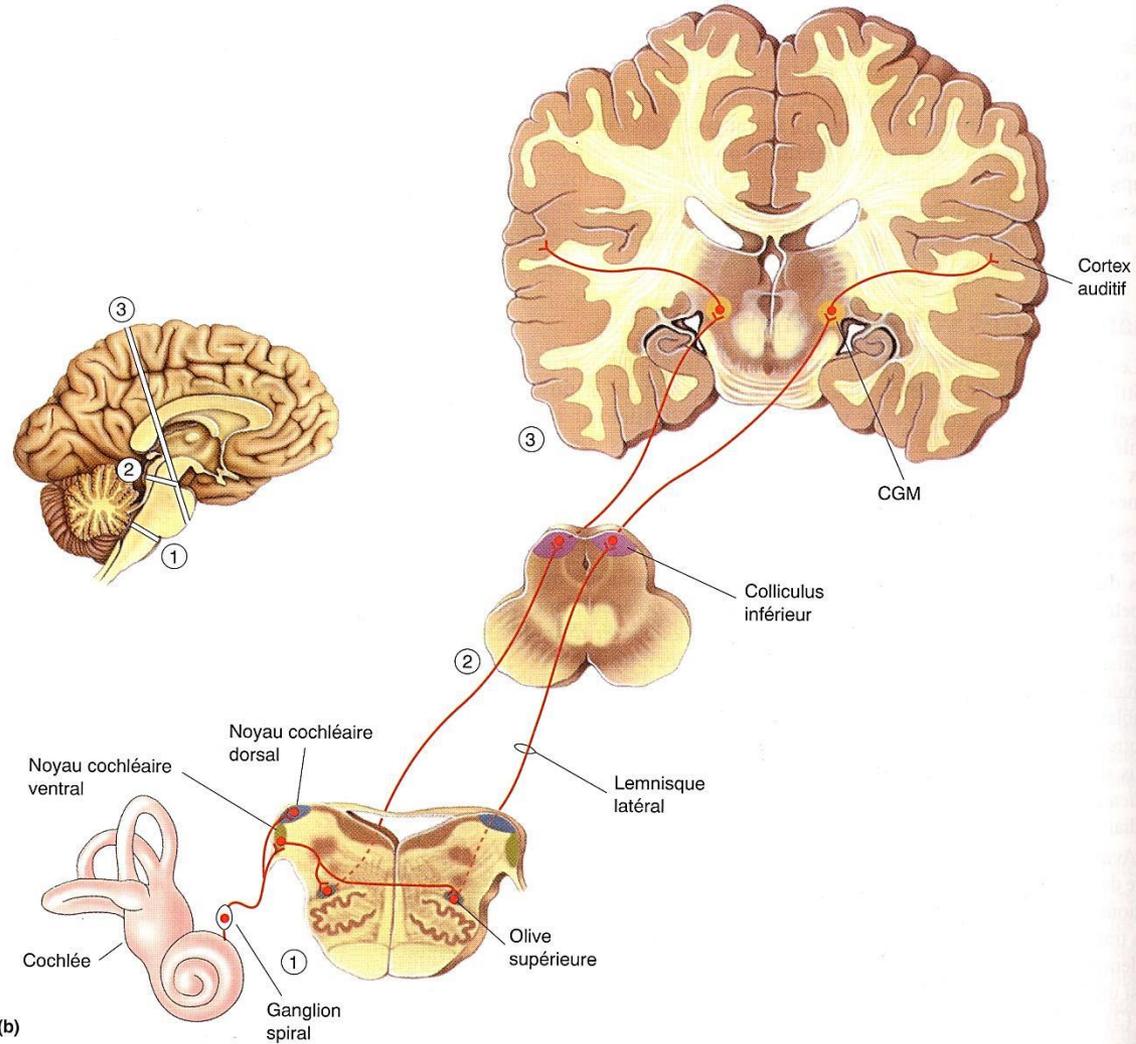
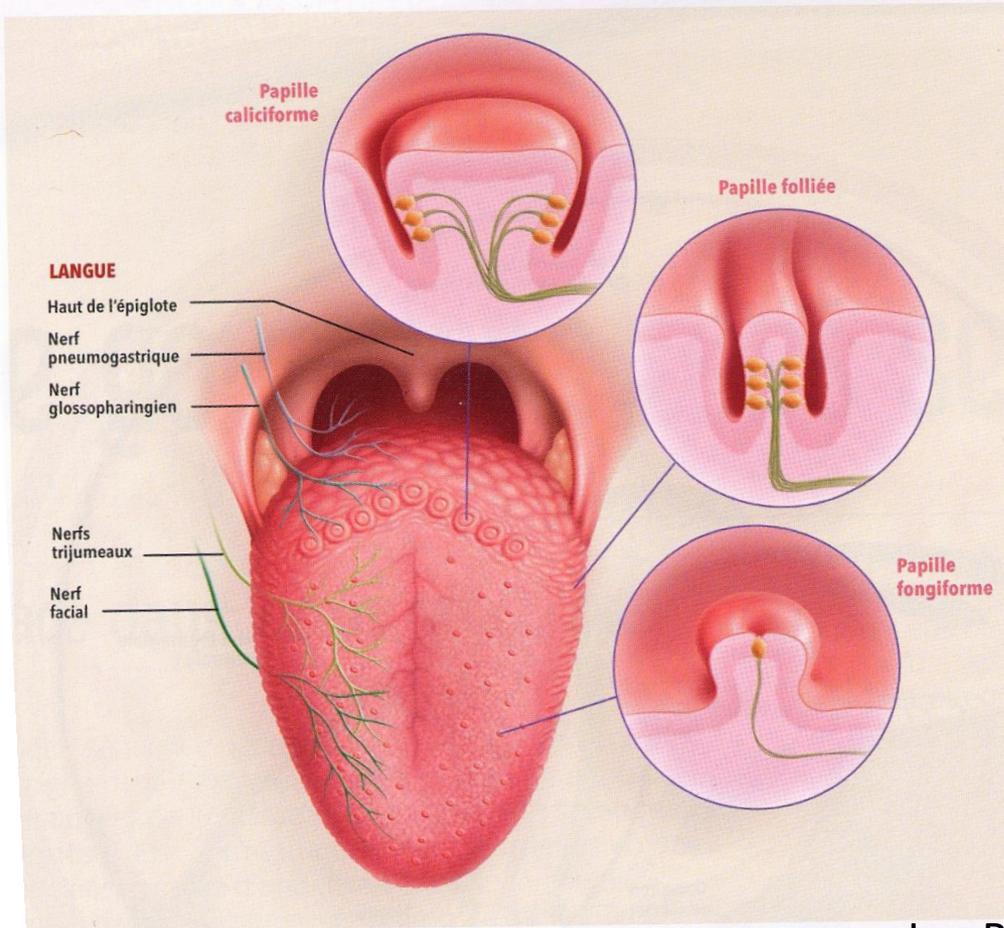


Figure 11.17

Voies auditives. Différentes voies existent entre le ganglion spiral et le cortex auditif; les illustrations reproduisent la voie principale, (a) sous forme schématique et (b) à partir de différentes sections de l'encéphale.

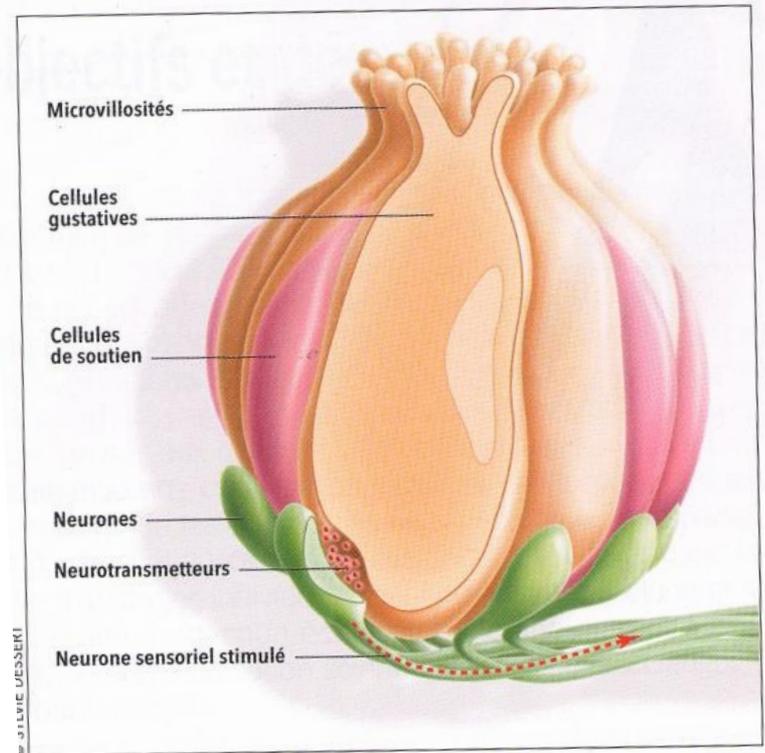
II.3. La langue et le goût

La langue et ses papilles



Coupe d'un bourgeon du goût

- Les bourgeons du goût forment les papilles. Leurs cellules gustatives possèdent des récepteurs qui permettent de discerner les saveurs fondamentales.



Les R gustatifs se régénèrent continuellement

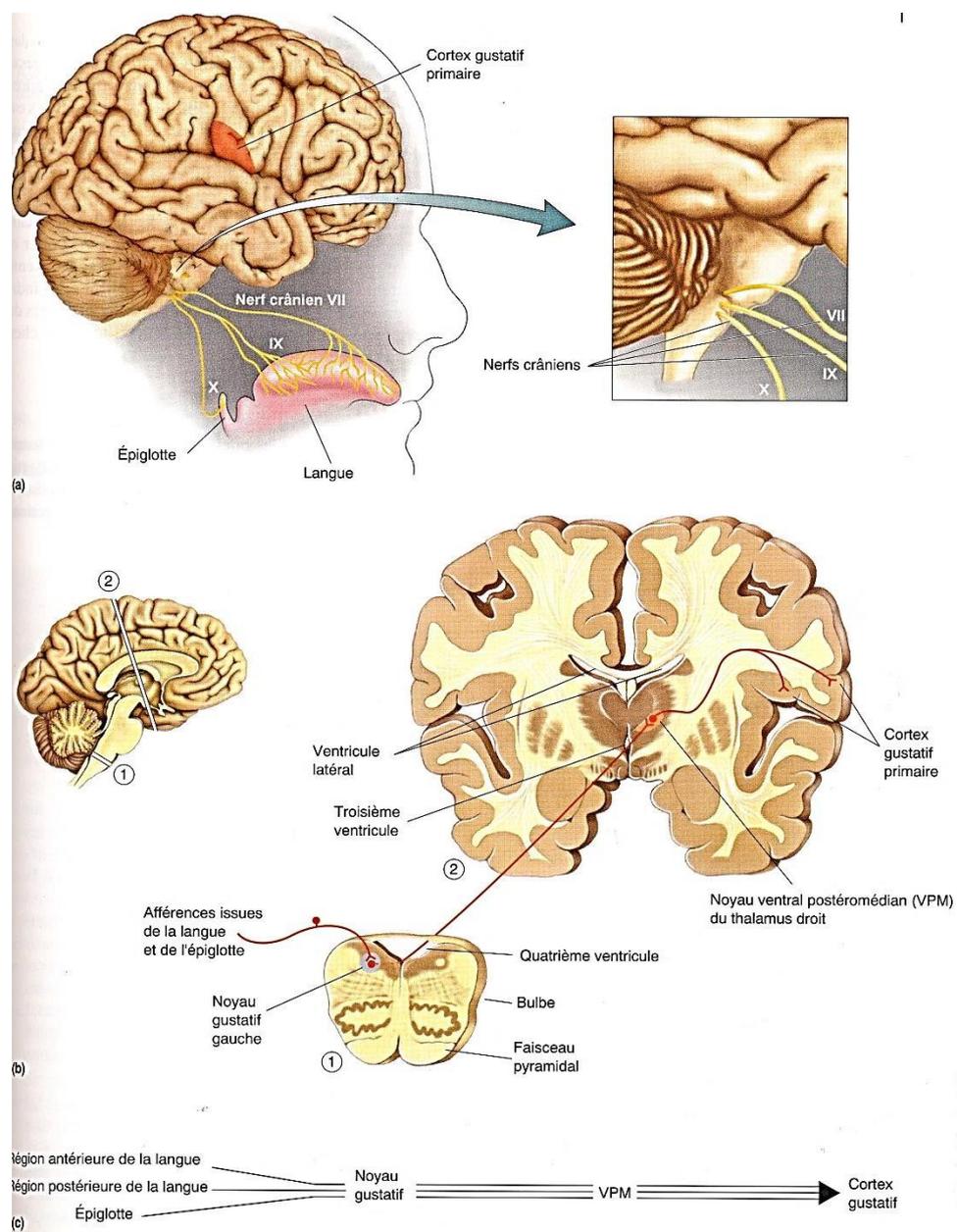
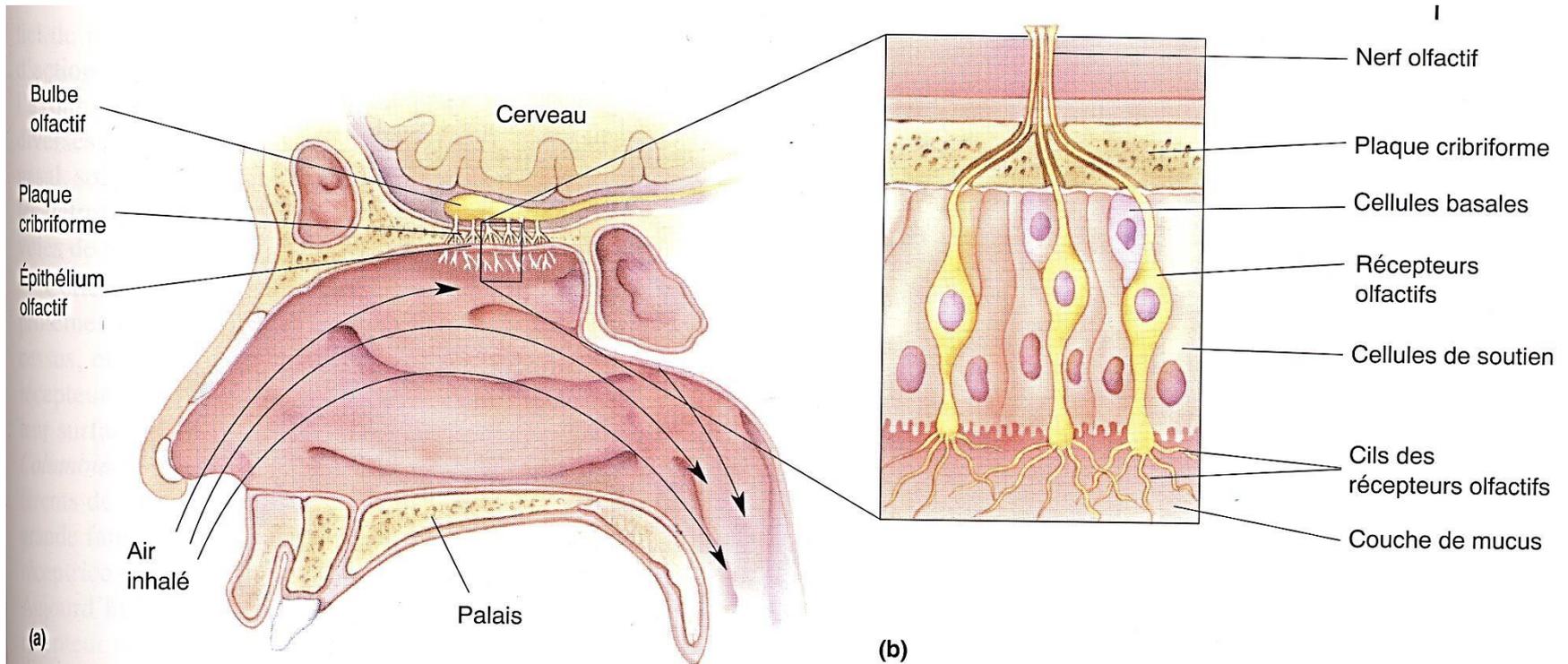


Figure 8.10

Voies centrales du système gustatif. (a) L'information gustative issue de différentes régions de la langue et de la cavité buccale est véhiculée par trois paires de nerf crâniens, correspondant aux nerfs VII, IX et X, jusqu'au bulbe. (b) À ce niveau, les axones gustatifs pénètrent dans le noyau gustatif et contactent les neurones de ce noyau qui envoient à leur tour leurs axones au niveau du thalamus. À partir du thalamus, les projections gustatives innervent le cortex cérébral, et notamment les zones du gyrus postcentral. Les encarts illustrent la localisation des plans de section au niveau bulbaire (1) et au cerveau antérieur (2). (c) Résumé de l'organisation du système gustatif.

II.4. Le nez et l'odorat

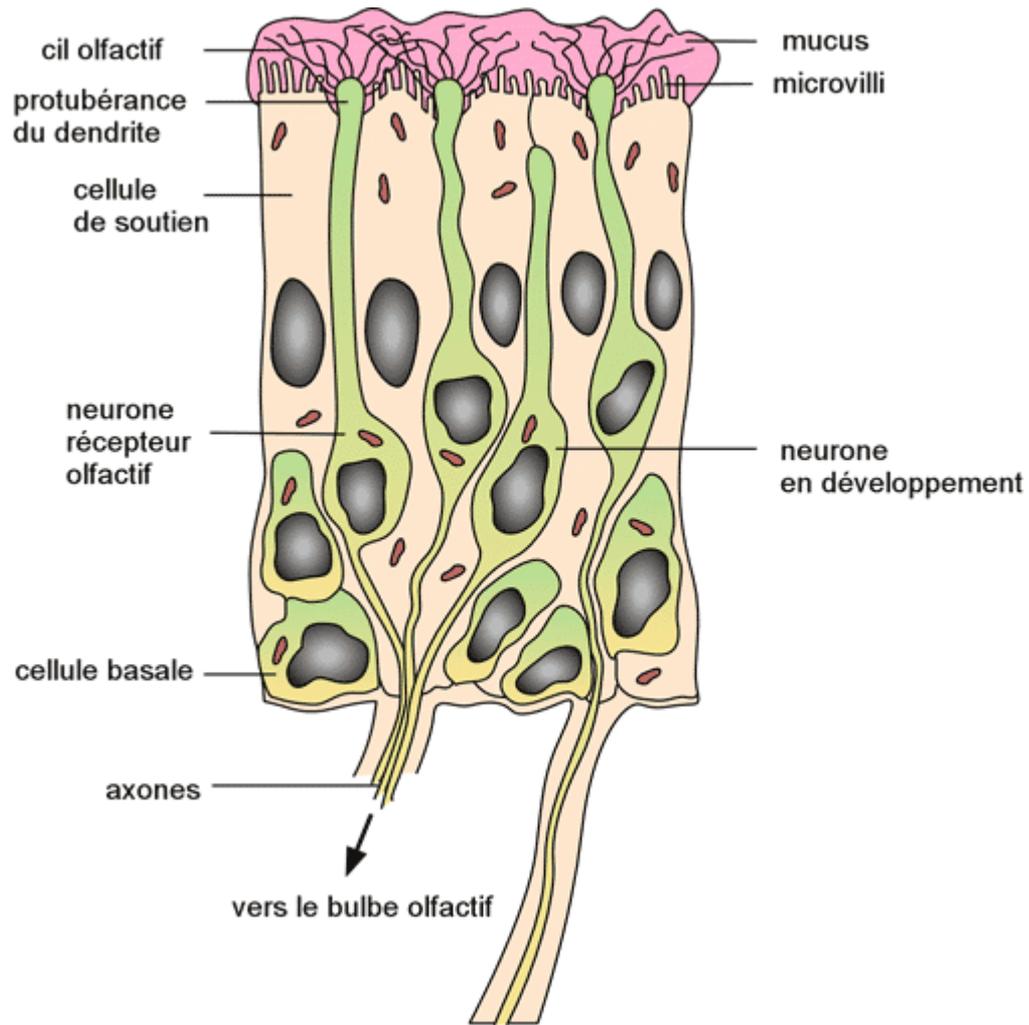


(a)

(b)

Figure 8.11

(a) Localisation et (b) structure de l'épithélium olfactif. L'épithélium olfactif est constitué d'une couche de récepteurs olfactifs, de cellules de soutien et de cellules basales. Les odeurs se dissolvent dans la couche de mucus qui recouvre cet épithélium et entrent en contact avec les cils des récepteurs. Les axones de ces récepteurs pénètrent directement dans le cerveau, au travers de la plaque cribriforme.



Les R olfactifs ont une durée de vie de 4 à 8 semaines,
 sont les seuls neurones régulièrement remplacés
 Le mucus permet de solubiliser molécules odorantes, contient Ac (voie pénétration virus et bactéries)

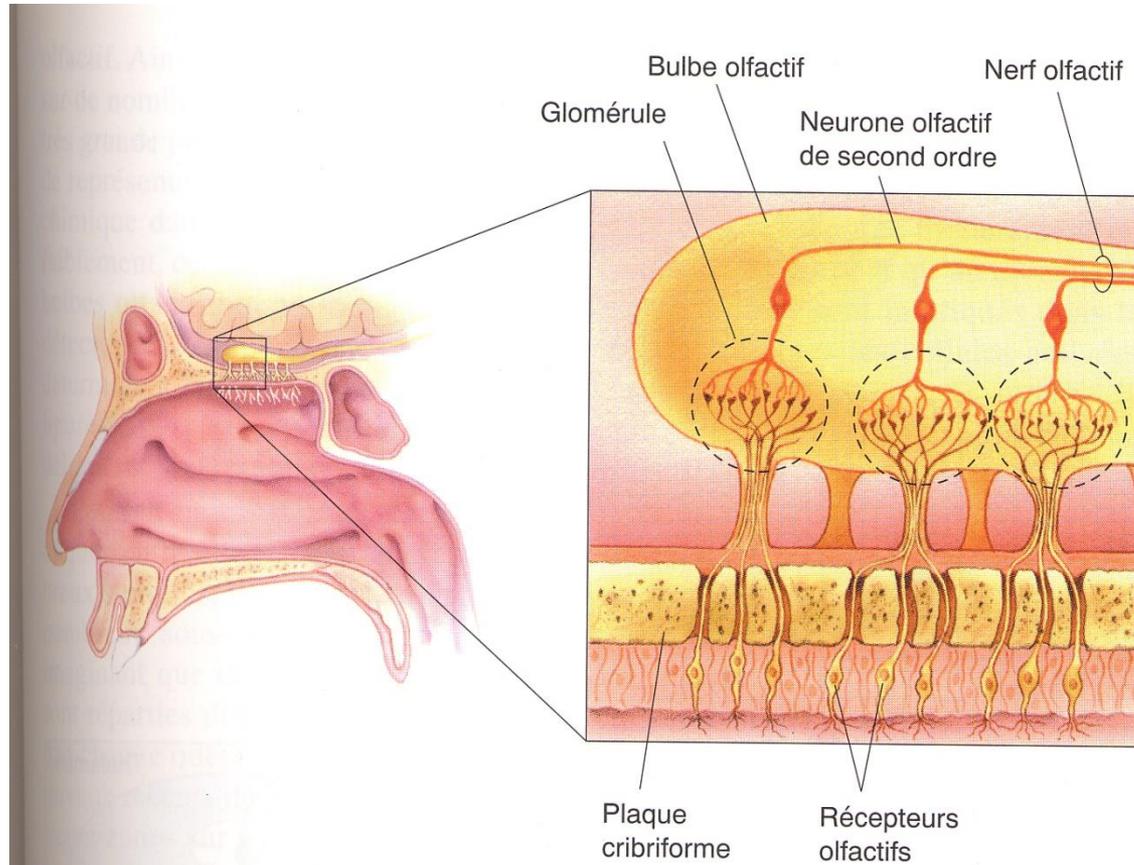


Figure 8.14

Structure du bulbe olfactif. Les axones des récepteurs olfactifs pénètrent dans le cerveau par la plaque cribreuse et atteignent le bulbe olfactif. À ce niveau, les axones se ramifient considérablement et contactent les neurones olfactifs de second ordre présents à l'intérieur des glomérules. Ces neurones du bulbe olfactif distribuent ensuite l'information olfactive dans d'autres régions du système nerveux.

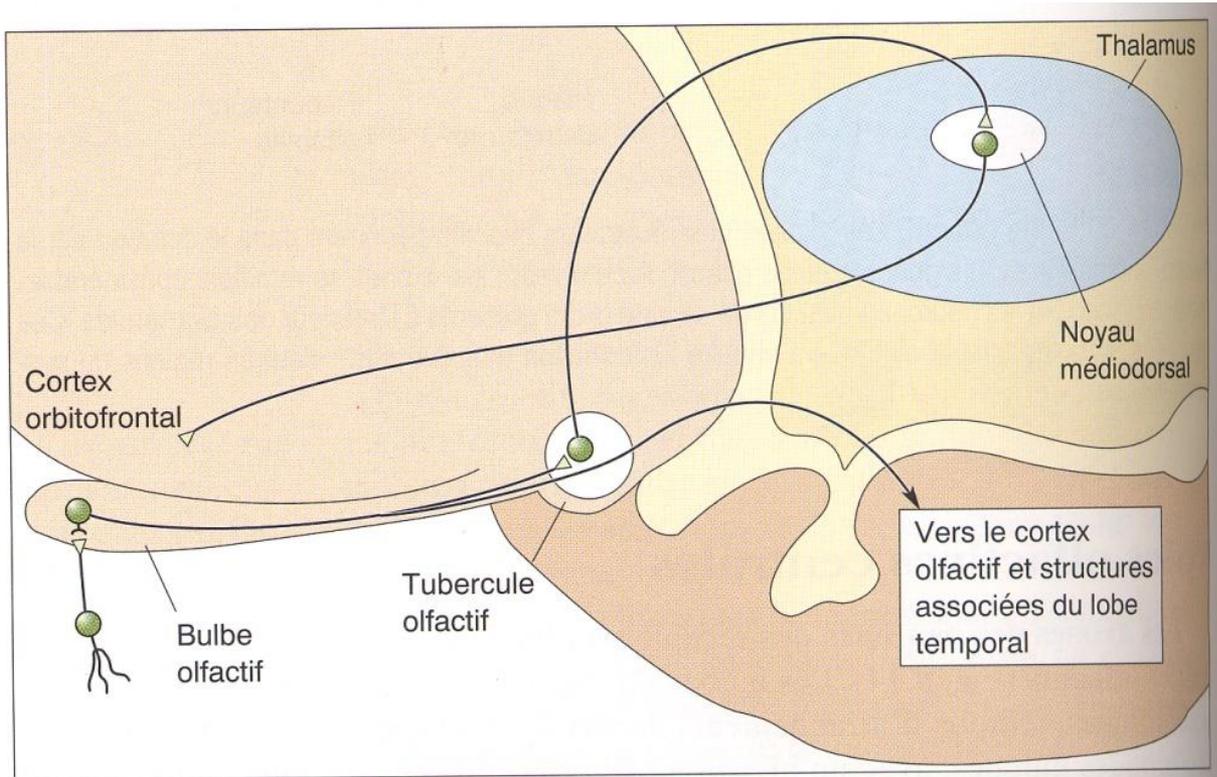
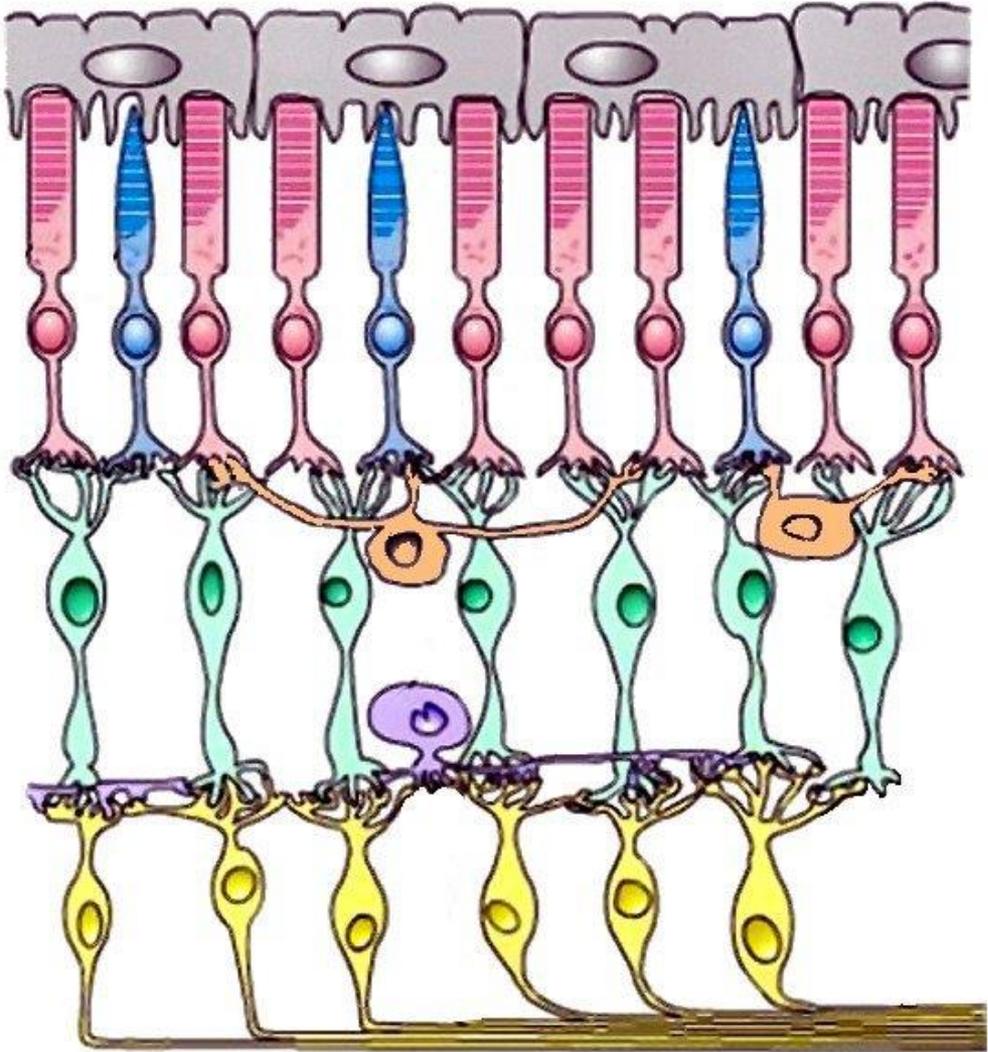


Figure 8.15

Voies olfactives centrales. Les axones des fibres du tractus olfactif forment plusieurs branches qui innervent diverses parties du système nerveux, incluant le cortex olfactif. Le néocortex est atteint seulement à partir d'une projection qui passe par le noyau médiadorsal du thalamus.

1a 1b



7

5

2

4

3

6

Liens utiles

<http://schwann.free.fr/>

<http://neur-one.fr/>