

Définitions

Le système somesthésique ou système sensoriel somatique, du grec "sôma", corps et "aïsthêsis", sensibilité, regroupe les mécanismes nerveux chargés de recueillir les sensations somatiques (les sensations du corps). C'est le sens qui nous renseigne

- sur l'état de notre corps
- sur notre environnement, par l'intermédiaire de notre corps.

La somesthésie fait partie intégrante des différentes modalités sensorielles de perception au même titre que les sens spécifiques de l'ouïe, la vision, le goût, l'odorat, l'équilibre.

Les modalités sensorielles de la somesthésie

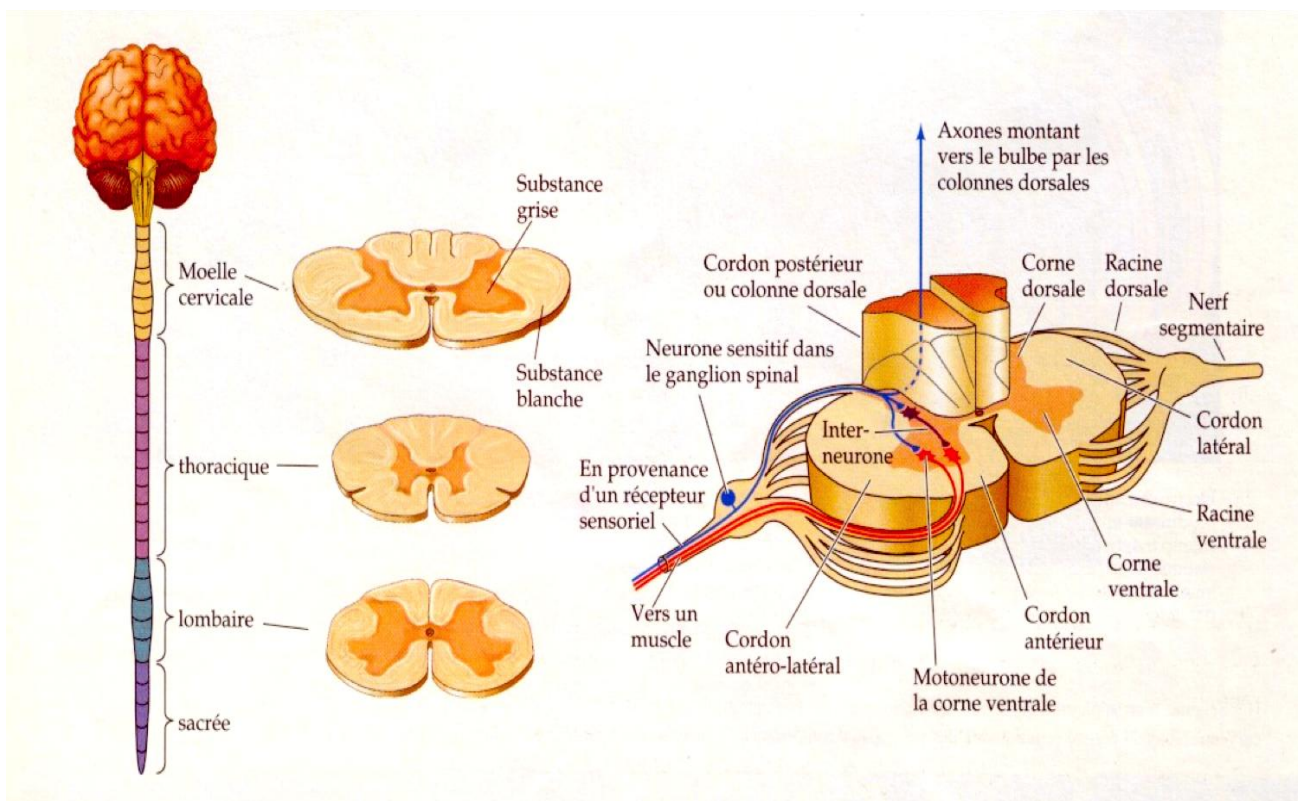
- **Le tact épicrotique:** tact fin, il comprend le toucher, la pression, la vibration et le chatouillement et renseigne sur la taille, la forme et la texture des objets, leur mouvement sur la peau.
- **Le tact protopathique:** tact grossier
- **La proprioception:** il s'agit d'une sensibilité profonde qui renseigne sur la position statique et la vitesse du mouvement des membres et du corps.
- **La nociception:** elle correspond à la perception des stimuli à l'origine de la douleur.
- **Le sens thermoréceptif:** chaud et froid

Récepteurs périphériques somatosensoriels

La détection des stimuli somesthésique repose sur l'existence de récepteurs somatosensoriels spécialisés.

Voies afférentes

Les afférences périphériques



Le corps cellulaire du premier neurone de la voie afférente est situé dans le **ganglion rachidien des nerfs spinaux**. L'axone du premier neurone a une forme en T et comprend 2 branches: une **branche périphérique** qui se projette sur la périphérie du corps et établit une synapse avec les récepteurs périphériques des téguments (réception du stimulus) et une **branche centrale** qui pénètre dans la corne postérieure de la moelle et se projette sur le SNC.

Les informations en provenance de la périphérie sont véhiculées selon des voies parallèles spécifiques à chaque modalité somesthésique par **deux grandes catégories de fibres**:

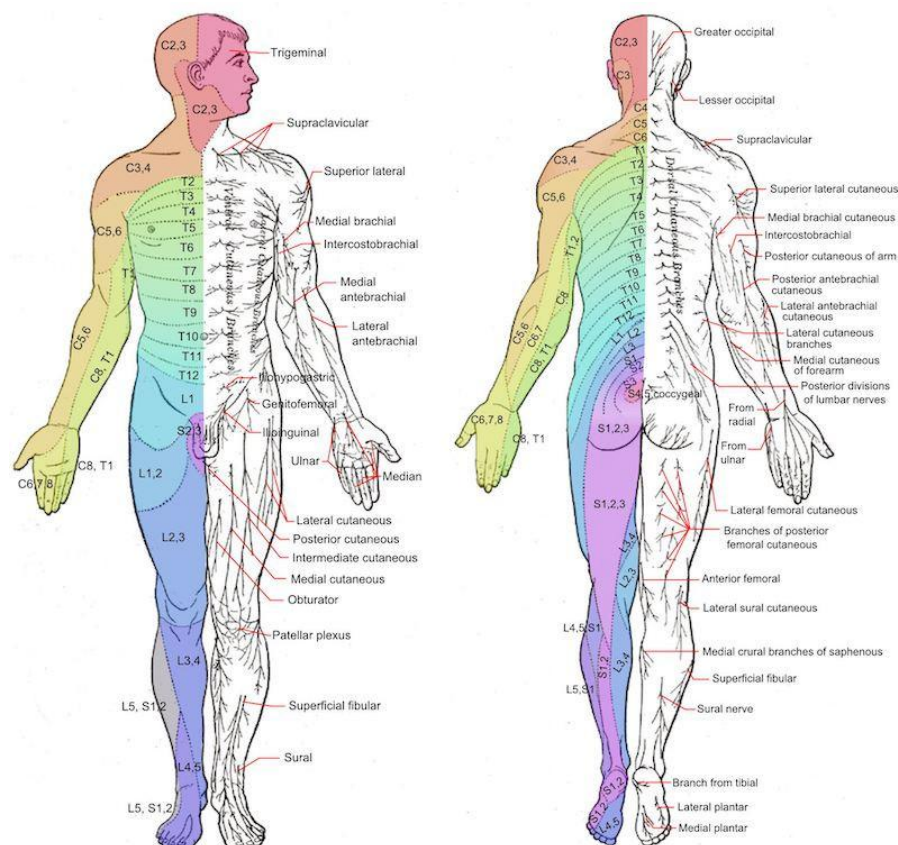
➤ Les fibres myélinisées de gros diamètre (A α et A β)

- Sensibilité profonde consciente proprioceptive et pallesthésique (sensibilité vibratoire), fibres A α
- Sensibilité profonde inconsciente à l'étirement et à la pression musculaire, fibres A α
- Sensibilité superficielle tactile épicrotique (« fine »), fibres A β

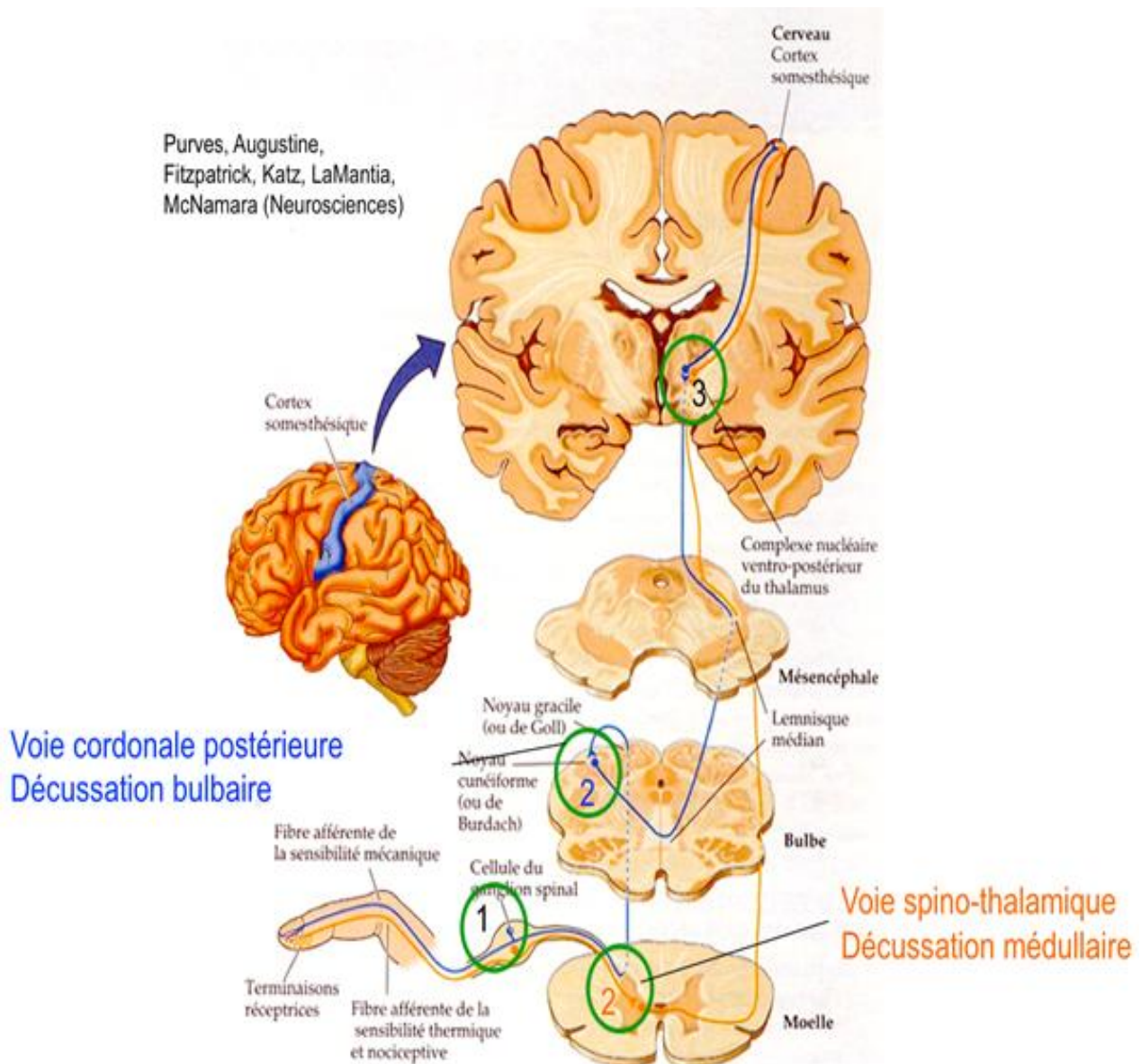
➤ Les fibres myélinisées de petit diamètre (A δ) et amyéliniques (C)

- Sensibilité thermique et algique
- Sensibilité superficielle tactile protopathique (« grossière », non discriminative)

Les afférences périphériques extéroceptives sont organisées sur le plan topographique en **dermatomes** = région cutanée dont l'innervation sensitive correspond à un segment médullaire i.e. à une racine postérieure et au ganglion rachidien correspondant. Les dermatomes présentent un large recouvrement des uns par rapport aux autres correspondants au recouvrement de **trois racines dorsales**. Au niveau médullaire, il existe 30 segments spinaux.

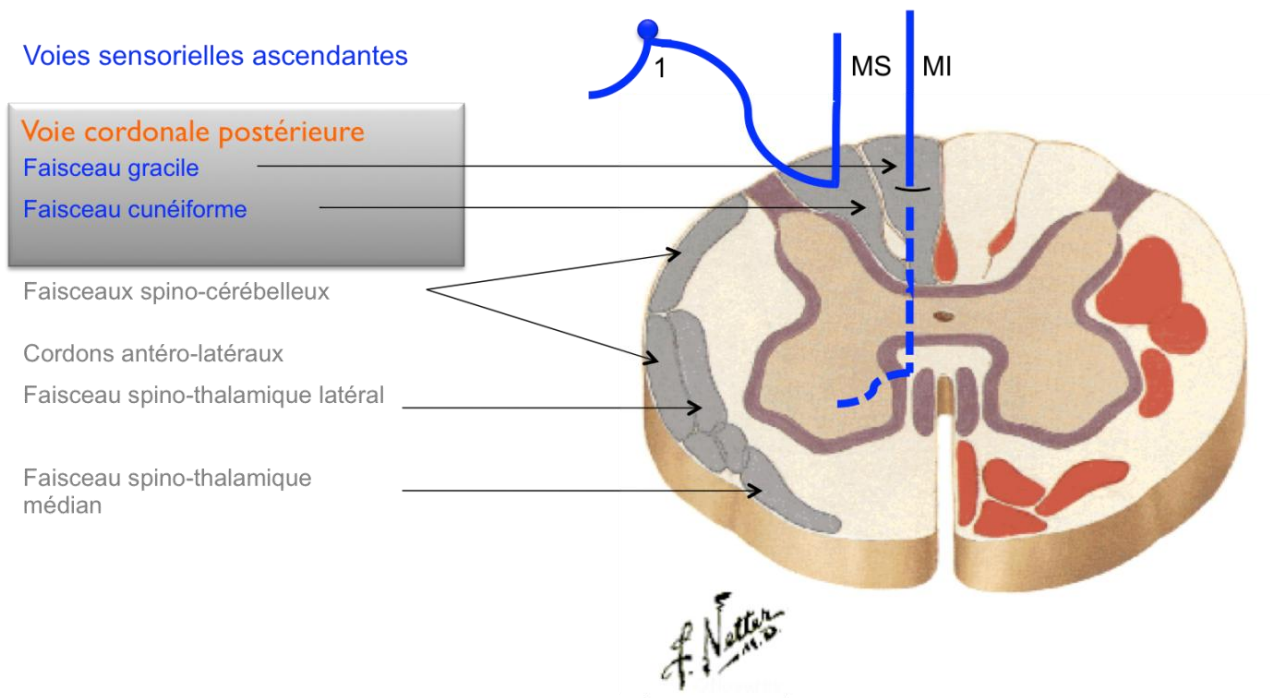


Les 4 voies de projection ascendantes (constituées d'une chaîne de 3 neurones aboutissant au cortex cérébral) :



- Voie de la **sensibilité extéroceptive tactile épicrotique et proprioceptive consciente** ou voie cordonale postérieure (appellation antérieure "voie lemniscale")
- Voie de la **sensibilité extéroceptive tactile protopathique** (tact grossier) et **thermo-algique** (appellation antérieure "voie extra-lemniscale"), support des informations nociceptives et thermiques
- Voie de la **sensibilité proprioceptive inconsciente** (voie spino-cérébelleuse)
- Voie de la **sensibilité intéroceptive**

➤ Voie de la sensibilité extéroceptive tactile épicrotique et proprioceptive consciente – voie cordonale postérieure.



Elle véhicule les **informations tactiles précises** (sensibilité tactile fine et discriminative, toucher et vibrations de la peau) et les **informations proprioceptives conscientes** (position des membres). Elle est constituée d'une **chaîne de 3 neurones** aboutissant au cortex cérébral et est principalement formée par des fibres afférentes myélinisées de gros diamètre. Elle monte à travers les cordons postérieurs de la moelle.

La branche principale de l'axone du **premier neurone** ne fait pas relais au niveau de la corne dorsale et gagne directement le cordon dorsal homolatéral de la moelle pour constituer le **faisceau gracile** (ou faisceau de Goll) issu du membre inférieur, en dedans, et le **faisceau cunéiforme** (ou faisceau de Burdach) issu du membre supérieur, en dehors.

Les voies de la sensibilité extéroceptive font relais avec le **deuxième neurone** (deutoneurone) au niveau des **noyaux cervicaux graciles** (noyau de Goll) et **cunéiformes** (noyau de Burdach) à la jonction entre le bulbe et la moelle. Ces deux noyaux sont le siège du premier relais central de cette voie. Cette voie n'a donc pas de relais médullaire. Puis, cette voie (2^e neurone) décusse pour former un faisceau de fibres très dense, le **lemnisque médian** (ruban de Reil médian). Le lemnisque médian fait relais (2^e relais central de cette voie) avec le **troisième neurone** du **thalamus**. Les neurones des noyaux thalamiques se projettent à leur tour sur le cortex somesthésique. Le faisceau lemniscal reste organisé de façon somatotopique jusqu'au cortex.

La voie cordonale postérieure est la seule voie de la sensibilité qui n'effectue pas de premier relais dans la corne dorsale de la moelle épinière. Pour les trois autres voies, la corne dorsale médullaire représente un important site de modulation des sensibilités et un relais vers les centres supérieurs.

Toutes les voies somesthésiques convergent vers le thalamus qui représente un lieu de relais des voies de projection où s'effectue une **intégration sensori-motrice et multisensorielle** de l'information.

La transmission de l'information en terme de qualité et de localisation du stimulus s'effectue dans

les **noyaux ventraux postérieurs latéral** (tronc et membre) et **médian** (voie trigéminal de la face). Ces noyaux se projettent sur les cortex somesthésiques primaires, secondaires et associatifs et reçoivent en retour des afférences corticales qui modulent les messages sensoriels afférents.

Aires corticales somesthésiques

Cortex somesthésique primaire (SI)

Ou circonvolution pariétale ascendante. Il occupe le gyrus post-central (partie antérieure rétrorolandique du lobe

pariétal). Le cortex somatosensoriel primaire droit traite l'information tactile et proprioceptive provenant du côté gauche et vice-versa. Il reçoit les informations issues des noyaux thalamiques ventraux postérieurs.

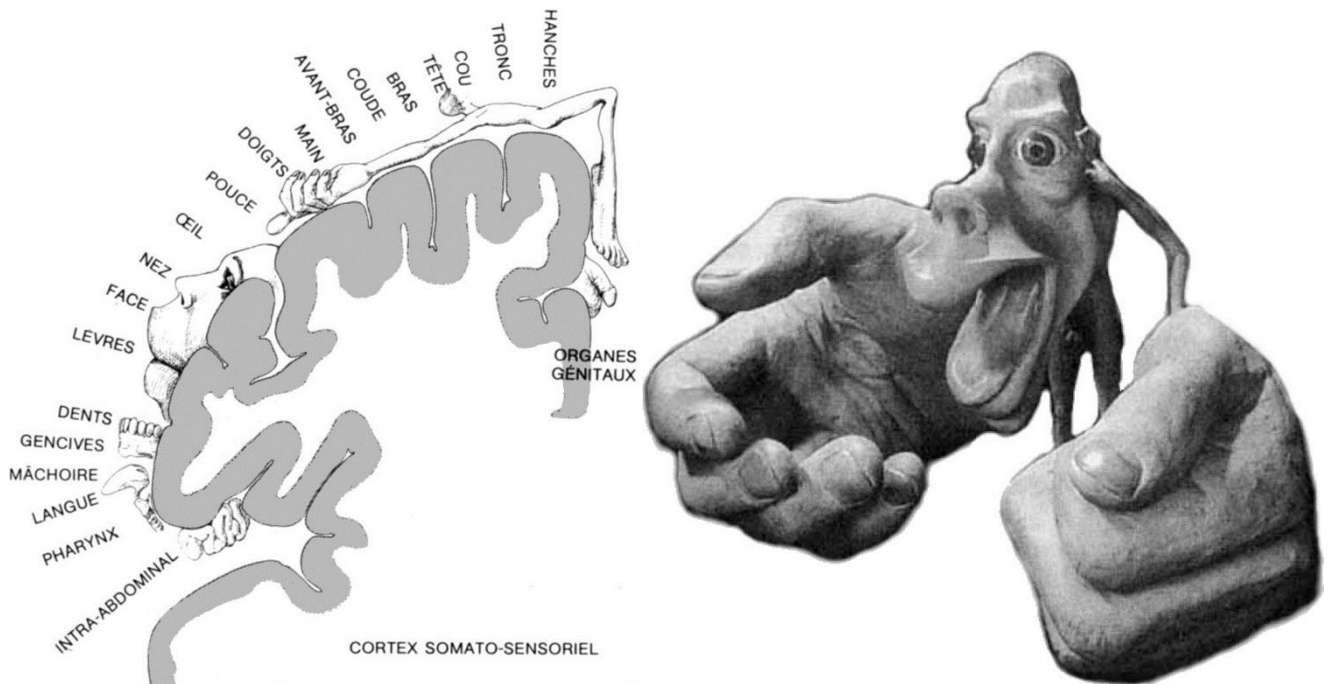
Il est constitué de 4 aires corticales différentes, les **aires de Brodmann 1, 2, 3a et 3b**, formant quatre bandes étroites disposées longitudinalement. Le thalamus se projette principalement sur les aires 3a et 3b qui se projettent à leur tour sur les aires 1 et 2 et sur le cortex somatosensoriel secondaire (SII).

A) Chacune de ces aires corticales contient des neurones aux propriétés fonctionnelles distinctes, il existe une **subdivision par modalités**:

- L'aire 3a reçoit majoritairement des **informations proprioceptives** (mécanorécepteurs profonds et notamment articulaires).
- Les aires 3b et 1 reçoivent majoritairement des **informations tactiles** avec des champs récepteurs restreints pour l'aire 3b (ex: un doigt) ou plus étendus pour l'aire 1 (ex: plusieurs doigts). Ces aires permettent l'analyse de la texture et des formes. Les **différentes modalités** (tact, température, nociception...) restent séparées et activent des groupes de neurones distincts résidant dans les différentes couches cellulaires corticales.
- L'aire 2 reçoit majoritairement des informations avec des champs récepteurs plus étendus et permet l'analyse des **stimuli complexes**, la discrimination des formes et des tailles ainsi que la coordination des doigts (mécanorécepteurs cutanés et profonds).

B) Chaque cellule qui reçoit des informations similaires et produit des réponses équivalentes est confinée dans les différentes couches de la même zone de S1. C'est l'**organisation en colonnes** du cortex somesthésique qu'on retrouve au niveau des autres néocortex. On retrouve ainsi la dichotomie entre représentations des récepteurs à adaptation rapide et ceux à adaptation lente.

C) Chacune de ces aires comporte également une représentation complète du corps, ce sont les cartes somatotopiques ou **homonculus somatosensoriel**. Cette organisation somatotopique est donc retrouvée tout le long du système:



Homonculi sensitifs humains : à gauche la vue est interne et calquée sur une coupe du cerveau; à droite, les dimensions des membres et du corps ont été exagérées selon les capacités sensorielles de l'endroit considéré

- Homonculus des voies ascendantes
- Homonculus thalamique
- Homonculus cortical

Au niveau cortical ces cartes sont disproportionnées par rapport à la surface corporelle réelle. Elles traduisent la richesse de la **densité des récepteurs périphériques** dans chaque partie du corps; ceci a pour effet de majorer la proportion de la représentation corticale des zones corporelles clés sur le plan fonctionnel comme la main et la face. Ces cartes somesthésiques présentent un certain **degré de plasticité** (remaniement cortical) mis en évidence par l'évaluation de la carte sensorielle par exemple après amputation d'un doigt ou surutilisation d'une partie du corps (ex: chez le violoniste, comparaison en imagerie fonctionnelle main gauche main droite).

NB: « Homoncule (ou Homuncule ou Homonculus ou Homunculus): n.m. est un emprunt savant (1611) au latin homunculus « petit homme ». Aujourd'hui terme d'histoire des sciences, le mot a désigné un petit être vivant à la forme humaine, que prétendaient fabriquer les alchimistes (1611), puis au XVIIIe s. (Buffon, 1749) le petit être préformé que les biologistes croyaient voir dans l'ovule ou le spermatozoïde. » (Le Robert, Dictionnaire Historique de la Langue Française ; Alain Rey)

Cortex somesthésique secondaire (SII)

Le cortex somesthésique secondaire est situé latéralement et en dessous de SI, à la partie basse du lobe pariétal, au-dessus de l'insula. Il comprend également une **représentation somatotopique et multimodale** de l'ensemble du corps en parallèle de SI. Il reçoit des projections du cortex somatosensoriel primaire et se projette sur le cortex limbique (amygdale et hippocampe). L'amygdale évalue la valeur émotionnelle de l'information sensorielle, l'hippocampe joue un rôle dans l'apprentissage et les processus de mémoire tactile.

Cortex pariétal postérieur

Encore appelé **cortex sensoriel associatif** ou **cortex pariétal associatif**, le cortex pariétal postérieur est situé immédiatement en arrière de SI. Il correspond aux **aires associatives 5 et 7** ou aires du schéma corporel.

Il reçoit des **signaux convergents** somesthésiques, visuels, vestibulaires et auditifs. Il synthétise l'ensemble des informations tactiles et proprioceptives issues de SI et les intègre avec les informations sensorielles des autres modalités et des informations de nature attentionnelle. Ces informations permettent de construire une **représentation interne de notre corps** (schéma corporel) et une **image mentale des objets**. Le cortex pariétal postérieur permet d'acquérir une connaissance consciente de notre corps ou de ses parties dans l'espace, au repos ou en mouvement.

Le cortex somesthésique est en étroite relation réciproque avec le cortex moteur. Ces relations permettent l'adaptation comportementale des mouvements à l'influence qu'exerce l'environnement sur le corps.

Les lésions du cortex pariétal postérieur, surtout droit, sont responsables d'**agnosies**. Les patients ont tout particulièrement des difficultés à reconnaître ou dessiner des objets tridimensionnels et à reconnaître les relations spatiales de ceux-ci. L'**astéréognosie** correspond à l'incapacité de reconnaître des objets en les prenant dans la main alors que le sens du toucher est normal et que les objets vus ainsi que les bruits restent parfaitement identifiés. Dans le **syndrome de négligence**, surtout du fait de lésions droites, les stimuli contralatéraux somatiques et visuels sont ignorés, au point même que l'existence de l'hémi-espace contralatéral puisse être déniée. Ces symptômes sont particulièrement évidents en cas de lésion du cortex pariétal postérieur droit. Elles peuvent être masquées par les troubles du langage en cas de lésion gauche.

Des lésions du cortex pariétal postérieur peuvent également avoir des conséquences sur la capacité à réaliser des mouvements volontaires. De tels sujets présentent des difficultés à réaliser les gestes

complexes alors que la sensibilité reste normale ainsi que la possibilité de faire des gestes simples. Il s'agit dans ce cas d'apraxie.

1. Récepteurs somatosensoriels

Définitions

Organes périphériques spécialisés siège de la **transduction** et du **codage** de la qualité, de l'intensité, de la durée et de la localisation du stimulus. Ils ont un rôle de filtre et d'amplificateur du stimulus. Ils sont en contact étroit (de type synaptique) avec la partie terminale des dendrites du neurone ganglionnaire (premier neurone ou protoneurone) dont le corps est situé dans le ganglion rachidien.

- **Localisation:** ensemble du corps: au niveau de la peau, des muscles, des tendons, des articulations, de l'enveloppe osseuse, de la paroi des viscères.
- **Fonction:** détecter les changements dans le milieu extérieur ou intérieur
- **Sélectifs:** ils ne réagissent qu'à un type de stimulus ou à l'inverse **polymodaux**
- **Morphologie:** il existe des récepteurs sous la forme de terminaisons libres (nocicepteurs et thermorécepteurs) ou encapsulées (mécanorécepteurs et propriocepteurs).

Classifications des récepteurs

Selon le type de stimulus

- **Mécanorécepteurs**
 - **Toucher** (tact épicrotique et protopathique)
 - **Vibrations** (pallesthésie)
 - **Sensations positionnelles:** position statique (stathésie) et perception du mouvement (kinesthésie): étirement et mouvement des articulations
 - **Pression** (baresthésie) au niveau du cœur et des vaisseaux sanguins, de la vessie, des organes digestifs, des dents
- **Thermorécepteurs:** température
- **Nocicepteurs:** douleur

Selon la situation anatomique

- **Extérocepteurs** (Sensibilité extéroceptive): récepteurs de la surface du corps. Stimulus extérieur : froid, pression...
- **Intérocepteurs:**
 - **Viscérocepteurs** (Sensibilité intéroceptive): récepteurs internes situés sur les organes internes (les viscères). Stimulus = milieu interne (température, ions, pH, substances algogènes, pression...)
 - **Propriocepteurs** (Sensibilité proprioceptive): récepteurs internes sur les muscles squelettiques, les tendons, les articulations, les ligaments et le tissu conjonctif recouvrant les os et les muscles. Stimulus interne = pression et vibrations profondes, posture et

intensité de l'effort... Ils sont à l'origine des sensations positionnelles, des sensations tendineuses et musculaires, des sensations de pression sur la plante des pieds, d'une partie des sensations d'équilibre.

Description des récepteurs

Les mécanorécepteurs tactiles cutanés

Ce sont des récepteurs qui informent le système nerveux central sur les sensations de toucher, de vibration et de tension cutanée. Ils sont sensibles aux déformations mécaniques de la peau induite par le contact des objets. Ils sont à l'origine de la sensibilité extéroceptive tactile épicrotique (discriminative) et permettent l'exploration et l'analyse du milieu extérieur. Ils présentent une sensibilité élevée et sont connectés à des **fibres myélinisées de gros diamètre à conduction rapide** (type A alpha).

Il en existe **4 principaux types**, deux dans l'épiderme, deux dans le derme et un 5e, les terminaisons pileuses (détection très sensible d'un contact fugace et léger).

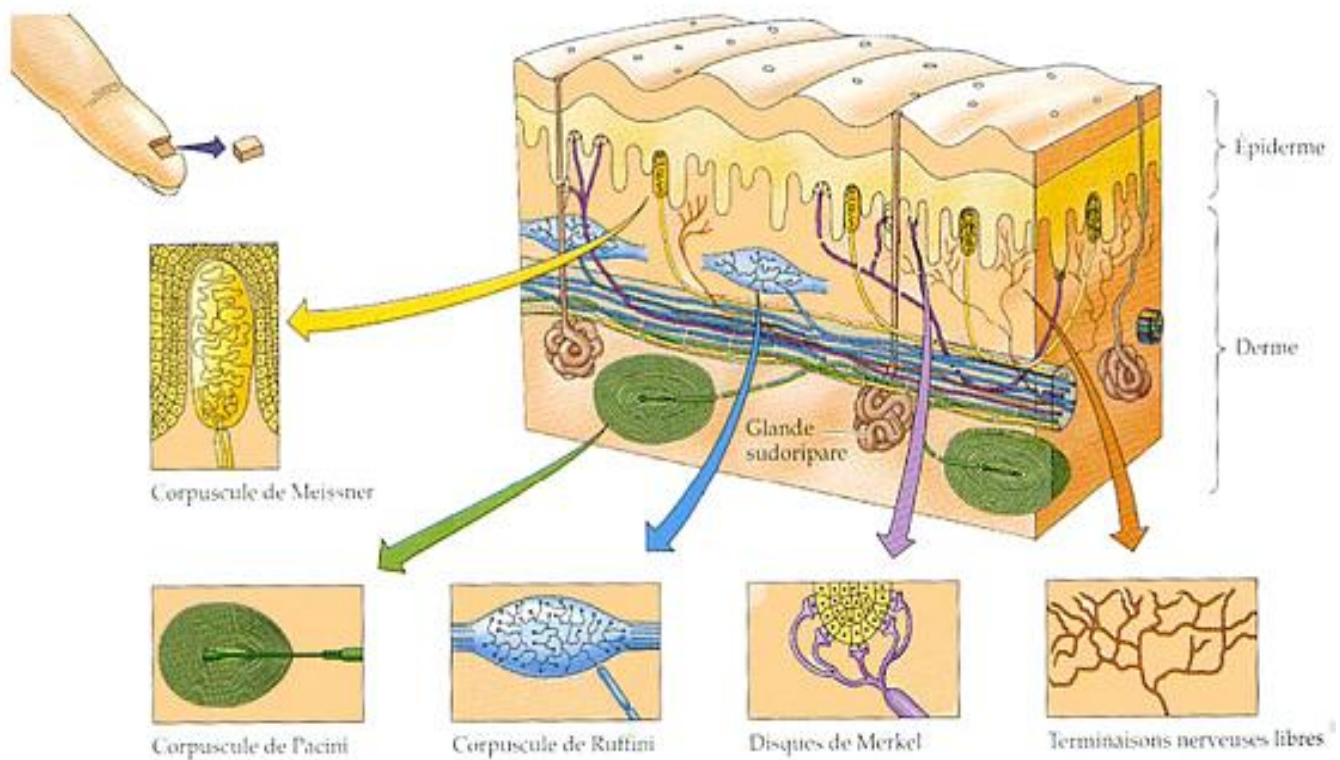


Figure. Disposition des récepteurs tactiles cutanés

Chaque type présente des caractéristiques fonctionnelles différentes i.e. chaque type transmet des informations différentes sur les objets. Les deux premiers types de récepteurs (Corpuscules de Meissner et Disques de Merkel) permettent de reconnaître 2 stimulations différentes et rapprochées l'une de l'autre comme étant distinctes et de détecter avec finesse la texture des objets alors que les deux autres types (Corpuscules de Pacini et Corpuscules de Ruffini) permettent de sentir de façon globale le contact avec un objet et de détecter le déplacement d'objets sur de grande région de la peau.

- **Corpuscules de Meissner**

- Situés dans les couches superficielles de la peau (jonction derme-épiderme)
- Densité élevée au niveau des zones glabres (doigts, lèvres...)
- Capsule de tissu fibreux enfermant plusieurs lamelles de cellules de Schwann et contenant 1 ou plusieurs fibres afférentes au centre
- Champ récepteur de petite taille de quelques millimètres, bien délimité
- Réponse à des **dépressions minimales de la peau, des mouvements légers de surface, des vibrations lentes**
- Adaptation rapide

- **Disques de Merkel**
 - Situés dans les couches superficielles de la peau (jonction derme-épiderme)
 - Densité élevée dans le bout des doigts, les lèvres ...
 - Terminaisons nerveuses associées à une cellule épithéliale non neuronale formant des contacts synaptiques avec les terminaisons nerveuses
 - Champ récepteur de petite taille de quelques millimètres, bien délimité
 - Réponse à la **pression légère**; permettent la discrimination statique de formes, de bords et des textures
 - Adaptation lente

- **Corpuscules de Pacini**
 - Situés dans les couches plus profondes de la peau (derme) et dans le tissu sous-cutané
 - Grande capsule en lamelle d'oignons (diamètre 1 mm) avec une terminaison nerveuse au centre
 - Champ récepteur large, de limites floues pouvant couvrir un doigt entier voire la moitié de la paume de la main
 - Discrimination de **stimuli mobiles, des vibrations rapides**
 - 10- 15% des récepteurs cutanés de la main
 - Adaptation rapide

- **Corpuscules de Ruffini**
 - Situés dans les couches plus profondes de la peau (derme), dans le tissu sous-cutané et les capsules articulaires
 - Champ récepteur large, de limites floues pouvant couvrir un doigt entier
 - Capsule allongée en fuseau
 - Sensibles aux **étirements persistants** que produisent les mouvements des doigts et des membres
 - Adaptation lente

Les mécanorécepteurs proprioceptifs

Les thermorécepteurs

Activité tonique basale faible liée à la température cutanée. Leur mode de réponse est de type phasique. Les récepteurs thermiques sont surtout sensibles aux **changements de température** d'autant

plus que le changement est brutal (adaptation des récepteurs). L'organisation des voies afférentes est la même que celle de la nociception et est calée sur la voie extra-lemniscale.

- **Sensibilité au chaud**

Les récepteurs au chaud sont activés à partir de 30°C et augmentent leur décharge jusqu'à 45°C (sensation de chaud), au-delà les nocicepteurs sont activés (sensation de brûlure et début des lésions tissulaires). Ces récepteurs sont connectés uniquement à des fibres de type C.

- **Sensibilité au froid**

Les récepteurs au froid augmentent leur décharge entre 35°C et 25°C . Leur activité diminue ensuite pour devenir nulle vers 10°C (anesthésie au froid). Les récepteurs au froid sont connectés à des fibres $A\delta$ et C.