

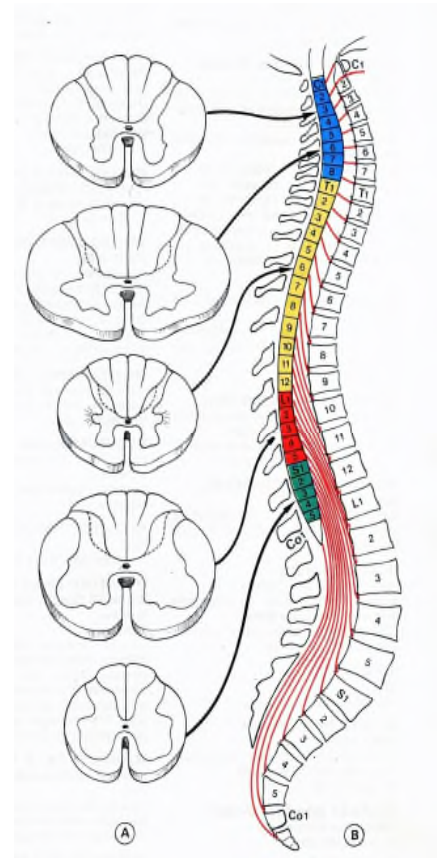
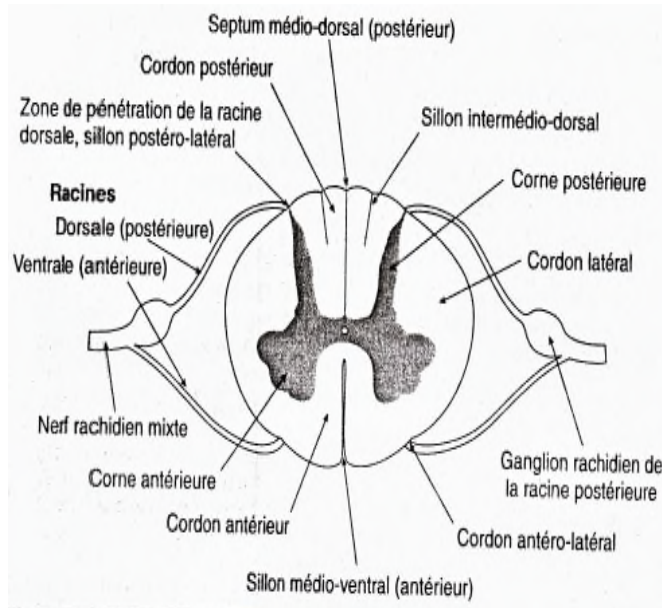
La Moelle Epinière, Organe de conduction

I. Généralités :

La moelle épinière est la partie caudale du système nerveux central. Elle est contenue dans le canal rachidien.

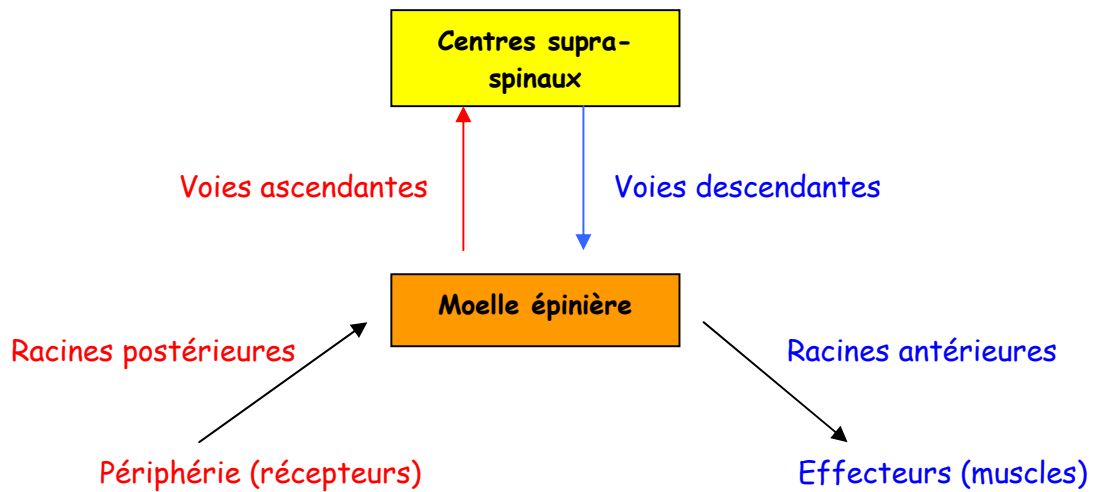
Elle est formée d'un axe de substance grise recouvert de substance blanche ; la substance blanche est constituée d'axones myélinisés. La substance grise contient les corps cellulaires de ces neurones.

La connaissance de l'organisation anatomique de la moelle épinière est essentiel pour la compréhension des fonctions médullaires à savoir une double fonction : une fonction de conduction et une fonction réflexe.



La section transversale complète de la moelle épinière entraîne immédiatement la suppression de la motricité volontaire et une insensibilité dans les parties situées en arrière de cette section.

La moelle contient donc des voies nerveuses ascendantes et descendantes qui acheminent du cerveau à la périphérie (muscle) et de la périphérie (récepteurs) au cerveau, respectivement des influx moteurs et somesthésiques. Ces voies nerveuses sont contenues dans la substance blanche de la moelle, situées par rapport à leur fonction dans le cordon antérieur, latéral et postérieur.



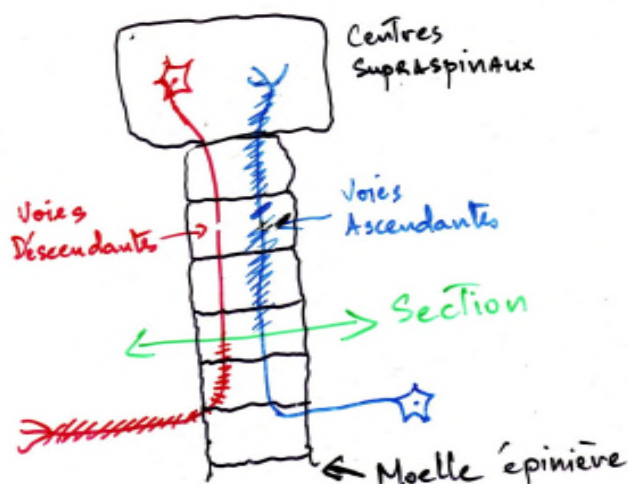
II. Méthodes d'étude :

L'examen morphologique de la moelle ne convient pas à lui seul pour montrer la systématisation des fibres cordonales, dont le groupement en faisceaux n'apparaît pas sur les coupes anatomiques. Aussi, plusieurs méthodes ont été utilisées pour « débrouiller » l'organisation des voies de conduction intra-médullaires.

1) Méthode des dégénérescences secondaires :

Cette méthode permet de déterminer la situation du centre trophique d'une fibre cordonale, par rapport à une section médullaire, ainsi que son orientation.

Une section transversale de la moelle qui coupe celle-ci en deux (02) portions, après un délai convenable et suivant la loi de Waller, les fibres cordonales séparées de leur centre trophique vont dégénérer. Le sens dans lequel progressent les processus de dégénérescence permet de situer le lieu du centre trophique ainsi que leur trajet.



Méthode des dégénérescences secondaires

2) Méthode des dégénérescences ascendantes :

Cette méthode est utilisée pour localiser les corps cellulaires dont dépend la trophicité des fibres.

Lorsqu'un neurone a été amputé d'une partie de son axone, son corps cellulaire subit des altérations des corps de Nissl. Les cellules pyramidales de Betz subissent une chromatolyse après section de la moelle.

3) Méthode des boutons de dégénérescence :

A l'opposé, cette méthode permet de préciser le lieu des terminaisons des fibres ainsi que le lieu de leur jonction synaptique c'est à dire les corps cellulaires avec lesquels elles s'articulent.

Lorsqu'un axone a été sectionné ; les processus de dégénérescence atteignent en premier lieu et en peu de temps ses extrémités sous forme de « boutons de dégénérescence » facilement reconnaissables à la microscopie.

4) Expériences de section et de stimulation :

Pour déterminer la fonction des faisceaux spinaux, on a utilisé des procédés de section et de stimulation. Ces expériences n'ont donné que des résultats approximatifs car d'une part il est difficile de repérer les faisceaux médullaires anatomiquement afin de les stimuler, et d'autre part le courant d'excitation peut atteindre d'autres faisceaux voisins ayant une fonction différente.

Néanmoins, on a pu déduire que :

- ❖ La stimulation du cordon antérieur ne détermine aucune réaction douloureuse. Quelquefois on observe des soubresauts (contractions) dans les muscles contralatéraux dus à la stimulation du faisceau pyramidal direct. (ce Fx ne va pas au delà de la moelle cervicale c'est à dire qu'il n'existe pas au niveau de la moelle dorsale).
- ❖ La stimulation du cordon latéral détermine des réponses motrices ipsilatérales (du même côté) dues à l'intervention du faisceau pyramidal croisé. Par cette stimulation du cordon latéral, mais dans sa partie profonde, on peut obtenir des réponses de type végétatif (c'est à dire une réaction de sudation, vaso-constriction etc.) par l'intervention du faisceau végétatif.
- ❖ La stimulation du cordon postérieur éveille essentiellement des réactions douloureuses chez l'animal.

5) Données anatomo-cliniques :

La détermination précise des perceptions abolies et des perceptions conservées n'est possible chez l'Homme que par l'exploration systématique des différentes sensibilités :

- ❖ Superficielle (tactile, thermique et nociceptive)
- ❖ Profonde ou proprioceptive

On distingue deux (02) composantes dans chacune des différentes sensibilités superficielles :

- La composante protopathique mise en jeu par des stimuli généralement faiblement nociceptifs et dont la valeur discriminative est réduite (c'est à dire difficilement appréciable).
- La composante épicroitique éveillée par des stimuli non nocifs et qui assurent des discriminations fines.

Toutes les sensibilités extéroceptives possèdent les deux composantes épicroitique et protopathique et souvent les processus pathologiques (c'est à dire des lésions atteignant les voies sensibles), suppriment l'une alors que l'autre persiste.

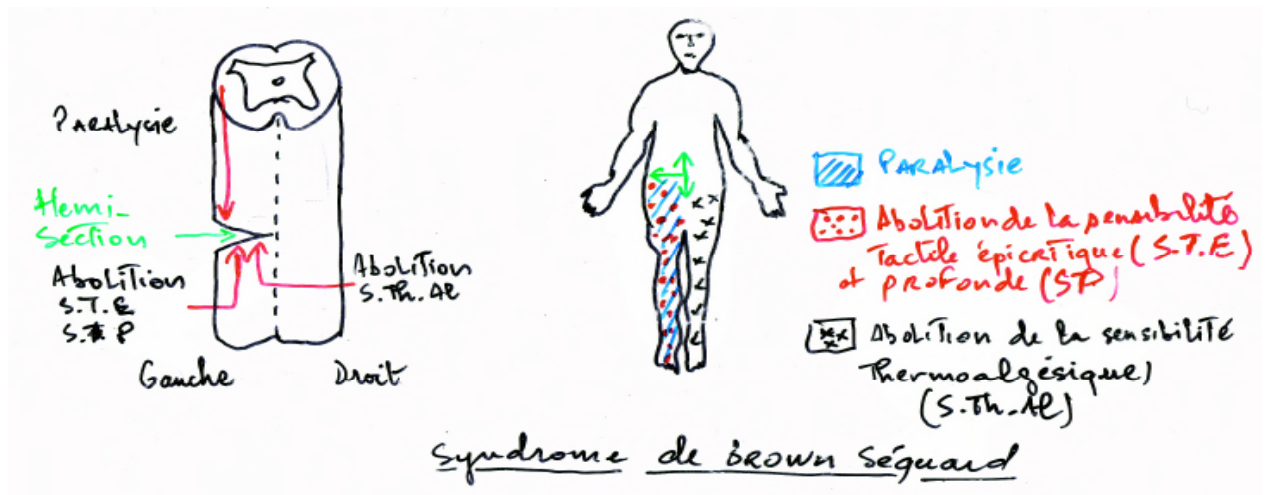
Sensibilité superficielle	composantes	
	<u>Epicritique</u>	<u>Protopathique</u>
Tactile	Tact léger, discrimination fine.	Pression, discrimination grossière
Thermique	Entre 26 et 36 °C appréciation de petits écarts de température	En deçà et au-delà de cette frange thermique la discrimination devient grossière voire douloureuse
nociceptive	Exemple : Piqûre légère entraînant une douleur brève appréciable et localisable.	Douleur marquée ; tenace angoissante.

a) Le syndrome de Brown Sequard :

C'est la traduction clinique d'une section transversale de l'hémi-moelle c'est à dire la rupture de tous les faisceaux contenus dans cette hémimoelle.

Si on envisage par exemple une section siégeant au niveau de l'hémimoelle dorsale, ce syndrome comportera alors :

- ❖ Une atteinte motrice du membre inférieur (paralysie) avec trouble des sensibilités tactile épicroitique et proprioceptive (profonde) du même côté que la lésion médullaire.
- ❖ Une atteinte des sensibilités thermique et algique du côté opposé à la lésion (du membre inférieur controlatéral à la lésion).



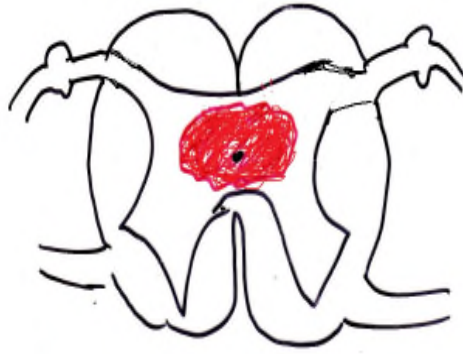
b) Le syndrome des cordons postérieurs : la dissociation tabétique



Le tabes (forme tertiaire de la syphilis) entraîne une sclérose progressive dans la moelle et principalement dans les cordons postérieurs. Il en résulte une dissociation de la sensibilité avec atteinte grave de la sensibilité profonde et conservation ou atteinte modérée des autres sensibilités. La sensibilité protopathique est conservée alors que la sensibilité tactile épiciatique est perturbée.

On déduit que les cordons postérieurs conduisent les influx responsables des sensations proprioceptives ainsi que la composante épiciatique de la sensibilité tactile.

c) Le syndrome de la commissure grise : La syringomyélie



La syringomyélie est une affection de type dégénératif qui se traduit sur le plan lésionnel par une cavité située au niveau de la région périépendymaire de la moelle. L'existence et le développement d'une telle cavité dans la substance grise de la moelle détermine un syndrome neurologique qui s'exprime essentiellement par une atteinte des sensibilités thermique et algique avec conservation des sensibilités tactile épicritique et proprioceptive. Cette dissociation de la sensibilité est due à l'interruption des faisceaux spino-thalamiques à l'endroit même de leur décussation.

III. Les voies de conduction médullaire :

Les techniques expérimentales citées plus haut et les corrélations anatomo-cliniques ont permis d'individualiser des groupements de fibres cordinales de même destination et de même fonction, ces groupements sont appelés faisceaux.

1) Les voies descendantes :

Elles proviennent :

- ❖ De l'écorce cérébrale motrice (aire 4 de Brodman)
- ❖ De noyaux sous-corticaux
- ❖ Des noyaux végétatifs supra-médullaires (bulbe)

1.1 Voies cortico-spinales : ou faisceaux pyramidaux

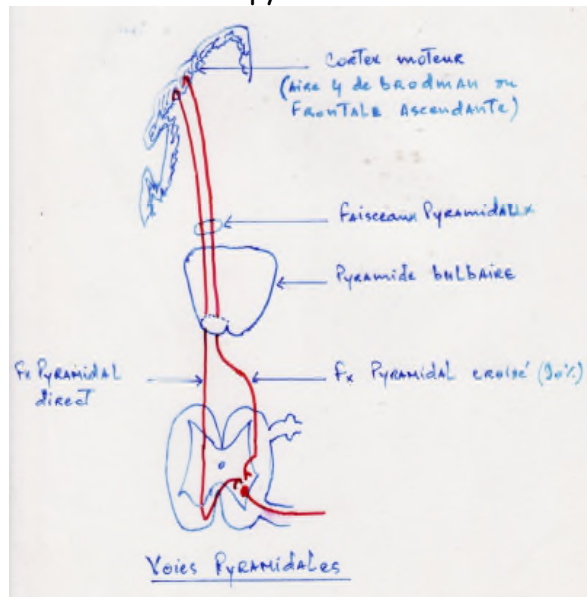
De très nombreuses fibres dont les corps cellulaires sont logés dans le cortex, descendent dans la moelle où elles sont rassemblées en faisceaux dans les cordons latéraux et antérieurs et prennent le nom de faisceaux pyramidaux (décussent : croisent au niveau des pyramides bulbaires).

On distingue deux (02) faisceaux pyramidaux, l'un comme l'autre sont constitués de fibres cortico-spinales nées dans le cortex moteur (frontale ascendante ou aire 4 de Brodman) et se terminent dans la substance grise de la corne antérieure controlatérale. Ils sont donc croisés tous les deux mais franchissent différemment la ligne médiane.

Le faisceau pyramidal croisé décusse au niveau du bulbe (décussation des pyramides) et poursuit sa route dans le cordon latéral.

Le faisceau pyramidal direct descend homolatéralement dans le cordon antérieur mais décusse à chaque myélomère pour rejoindre la corne antérieure (où siègent les motoneurons) de la substance grise du côté opposé après avoir traversé la commissure blanche.

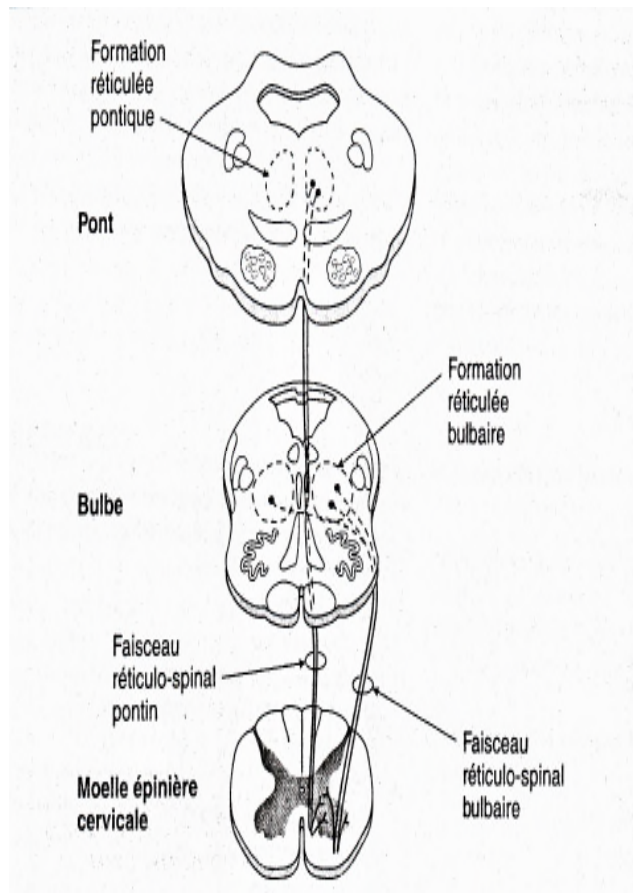
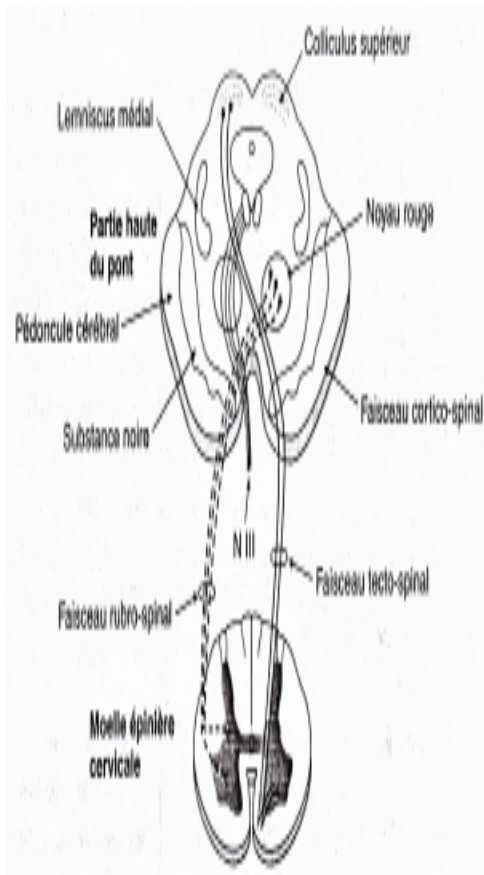
NB : Les fibres du faisceau pyramidal croisé représentent environ 90% de la voie pyramidale. Le faisceau pyramidal direct n'existe que dans les portions spinales hautes.



1.2 Voies sous- cortico-spinales :

Elles prennent naissance dans les noyaux sous corticaux qui leur donnent le nom et se terminent, elles aussi dans la corne grise antérieure.

- Faisceau Rubro-spinal : prend naissance dans le noyau rouge décussé dans le tronc cérébral et descend dans le cordon latéral en avant du faisceau pyramidal.
- Faisceau tecto-spinal : prend naissance dans les tubercules quadrijumeaux (colliculus supérieur) décussé dans le mésencéphale et donne à la moelle 2 faisceaux, l'un ventral dans le cordon antérieur et l'autre dorsal dans le cordon latéral.
- Faisceau vestibulo-spinal : prend naissance dans le noyau vestibulaire de Deiters, se divise en 2 faisceaux vestibulo-spinal ventral et dorsal, descendent dans le cordon antéro-latéral du même côté.
- Faisceau olivo-spinal : né de l'olive bulbair, il accompagne les 2 faisceaux vestibulo-spinaux. Il ne va pas au-delà de la moelle cervicale.
- Faisceau réticulo-spinal



1.3 Les voies végétatives :

Les faisceaux végétatifs issus du bulbe vont relier les centres respiratoires, vaso-constricteurs, adrénalino-sécréteurs en descendant dans la partie profonde du cordon latéral.

2) Les voies ascendantes :

On distingue trois (03) types de faisceaux ascendants :

- ❖ Les faisceaux de Goll et Burdach dans le cordon postérieur
- ❖ Les faisceaux spino-thalamiques dans le cordon antéro-latéral
- ❖ Les faisceaux spino-cérébelleux dans la partie superficielle du cordon latéral ;

2.1 Les faisceaux de Goll et Burdach :

Ils conduisent les informations de la sensibilité tactile épicrotique et sensibilité proprioceptive (profonde ou kinesthésique).

Après avoir pénétré dans la moelle avec la racine postérieure, les fibres du tact discriminatif et de la sensibilité profonde consciente se dirigent vers le cordon postérieur

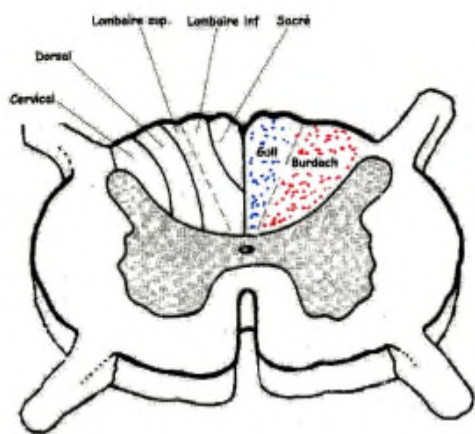
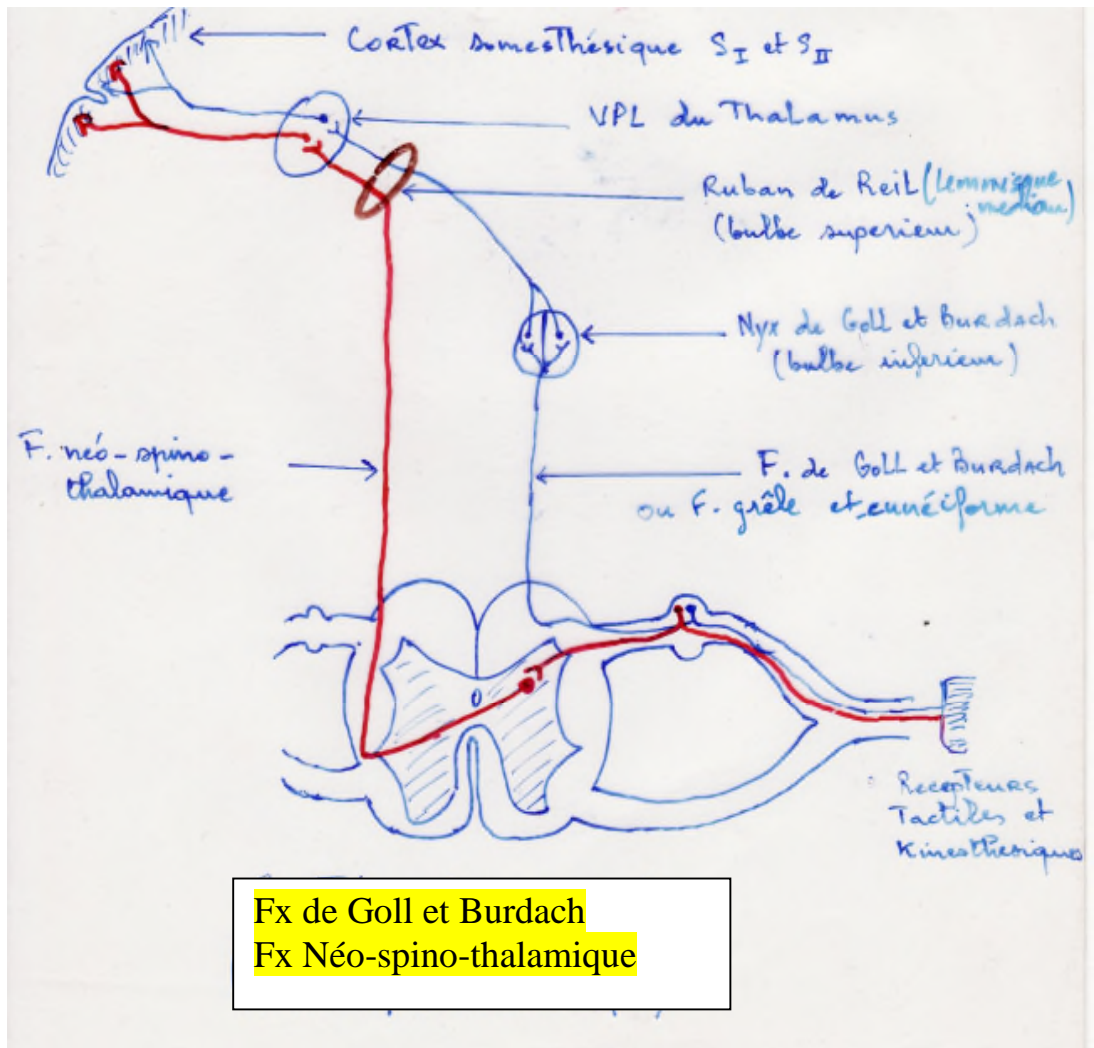
homolatéral. Elles adoptent à ce niveau au cours de leur trajet ascendant une disposition somatotopique lamellaire en éventail c'est à dire que les fibres provenant des régions les plus inférieures du corps sont représentées dans les parties les plus internes de la moelle au niveau des cordons postérieurs.

Puis elles gagnent le premier relais bulbaire constitué par les noyaux de Goll et Burdach. Ces noyaux présentent eux aussi une disposition somatotopique : les noyaux de Goll reçoivent les fibres d'origines sacrée, lombaire et dorsale inférieure tandis que les noyaux de Burdach reçoivent les fibres d'origine dorsale supérieure et cervicale.

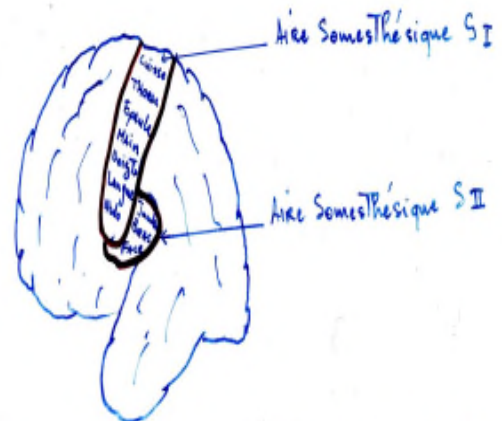
Après les relais bulbaires, les fibres croisent la ligne médiane formant le lemnisque médian (ruban de Reil) et parcourent le tronc cérébral pour aboutir au noyau sensitif spécifique du thalamus (2^{ème} relais) : le noyau ventro-postéro-latéral (VPL) qui présente lui aussi une organisation somatotopique très fine.

De ce noyau thalamique part un autre faisceau thalamo-cortical qui constitue le troisième neurone de la voie lemniscale.

Chez l'Homme les fibres de la sensibilité profonde consciente et de la sensibilité tactile épicrotique se projettent sur les aires corticales somesthésiques SI et SII c'est à dire la circonvolution pariétale ascendante et la berge pariéto-rolandique supérieure.



Organisation somatotopique des faisceaux lemniscaux au niveau des cordons postérieurs



Les Deux Aires Somesthésiques Corticales, S I et S II

2.1 Les faisceaux spinothalamiques :

Ils sont représentés par le faisceau néo-spinothalamique (NST) et le faisceau paléo-spinothalamique.

- Le Fx NST est aussi trineurale. Il transmet les messages issus des stimulations cutanées mécaniques (tactile protopathique) et thermo-algésique épicrotique.

Le premier neurone radiculaire pénètre dans la moelle et s'articule avec un second neurone dont le corps cellulaire est situé dans la corne postérieure de la substance grise et dont l'axone traverse la ligne médiane au niveau de la région péri-épendymaire de la moelle. Puis dans un trajet ascendant dans le cordon antéro-latéral, le Fx NST donne une partie du grand faisceau spinothalamique (fx ; en croissant de Déjerine).

Après avoir rejoint le lemnisque médian, l'axone du second neurone NST rejoint le VPL du thalamus. Le troisième neurone thalamo-cortical se projette sur les aires somesthésiques SI et SII.

- Le Fx paléo-spinothalamique (PST) :

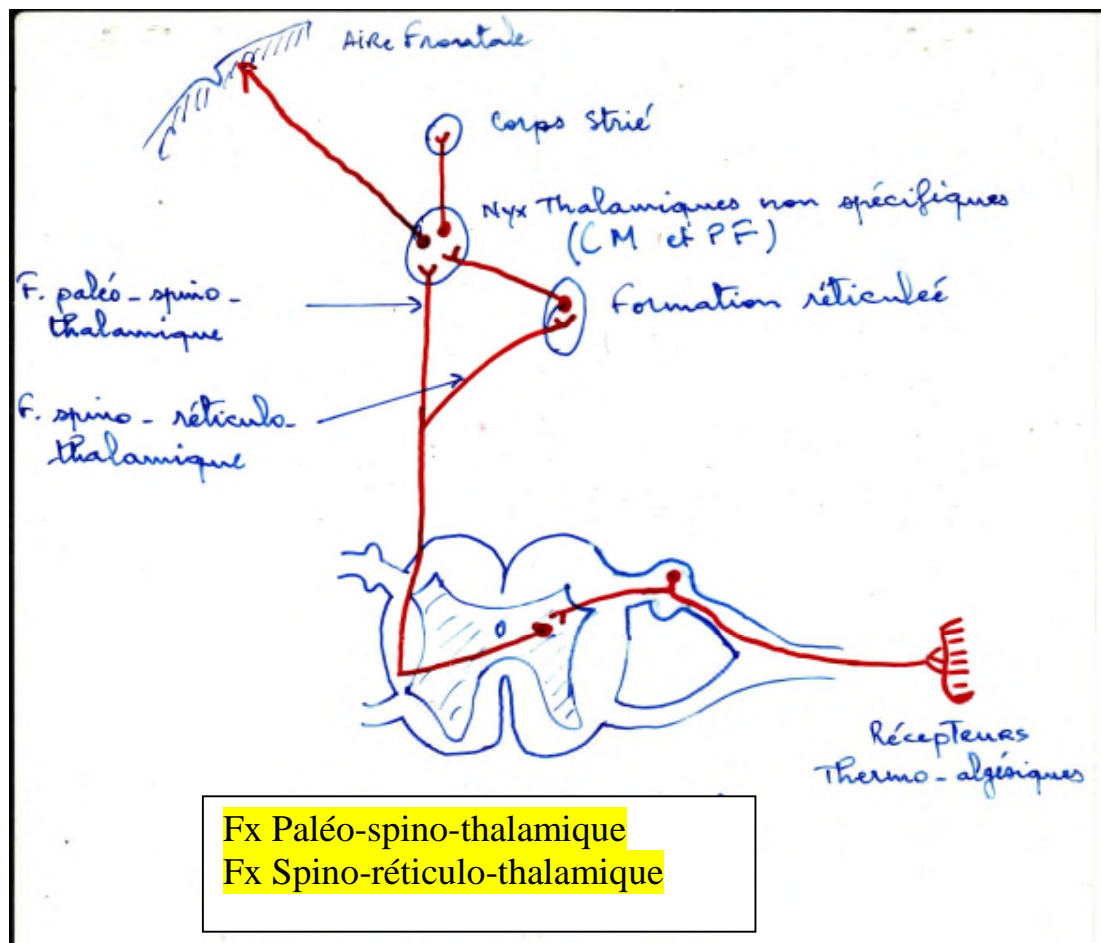
Les informations qui parcourent ce réseau proviennent des thermorécepteurs et des nocicepteurs (thermo-algésique prothopathique)

Après leur pénétration dans la moelle, les fibres thermoalgésiques se divisent rapidement en fibres ascendantes et descendantes formant la partie médiane du tractus dorso-latéral de Lissauer. Celui ci émet tout le long de son trajet des collatérales qui pénètrent dans la corne postérieure où elles s'articulent avec un deuxième neurone dont l'axone traverse la commissure grise. Puis dans un trajet ascendant et par de multiples relais synaptiques le faisceau forme dans le cordon antéro-latéral : le faisceau paléo-spino-thalamique (PST).

Le PST gagne le thalamus :

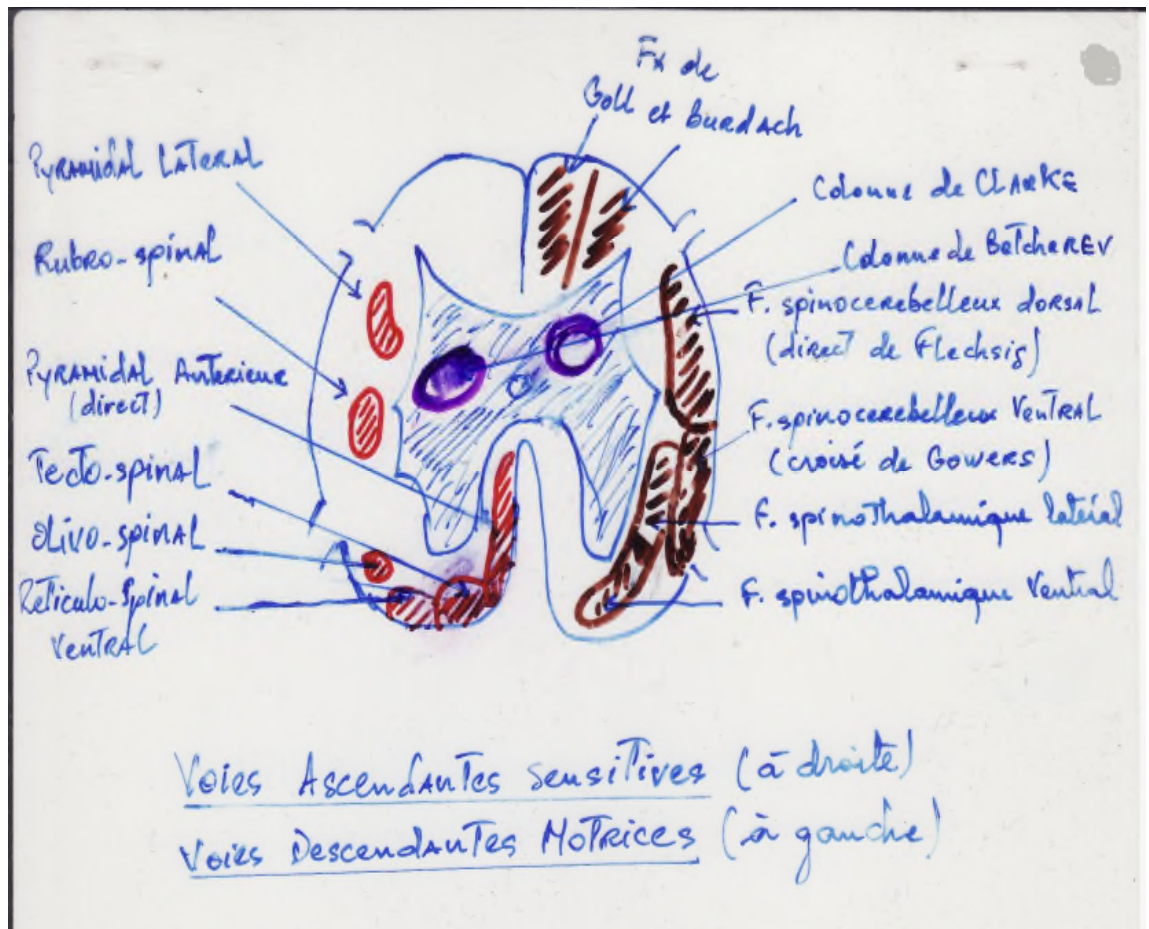
- ❖ Soit directement atteignant le système thalamique diffus (centre médian CM et noyau parafasciculaire PF) formant ainsi le PST proprement dit.
- ❖ Soit indirectement après relais réticulaire formant le contingent paléo-spino-réticulo-thalamique (PSRT).

Puis de ces relais thalamiques (CM et PF) partent des projections à destination du cortex associatif en particulier frontal et à certaines structures d'intégration du cerveau telles que le rhinencéphale, l'hypothalamus les noyaux gris etc.).



2.2 Les faisceaux spino-cérébelleux : (voies de la sensibilité inconsciente)
 Toutes les voies directes de la sensibilité somatique qui aboutissent dans le cervelet véhiculent une information inconsciente. Elles forment les Fx spino-cérébelleux.

- Faisceau spino-cérébelleux dorsal ou direct de Flechsig : prend son origine dans la colonne de Clarke localisée dans la portion médiane de la substance grise dorsolombaire (D1 à L3). Il prend un trajet ascendant dans les cordons latérodorsaux de la substance blanche. Il pénètre dans le cervelet par les pédoncules cérébelleux.
- Faisceau spinocérébelleux ventral ou croisé de Gowers : prend son origine dans la colonne de Betcherev localisée dans la partie latérale de la zone intermédiaire de la substance grise de la moelle. Les fibres croisent dans la région périépendymaire et montent dans les cordons latéroventraux de la substance blanche. Elles pénètrent dans le cervelet par les pédoncules cérébelleux supérieurs.



3) Les fibres proprio-spinales :

Les fibres proprio-spinales sont faites d'axones ascendants et descendants de différentes longueurs dont les corps cellulaires naissent dans la substance grise. Ces fibres proprio-spinales ont pour rôle de réunir les différents étages médullaires (myélomères). Elles sont présentes dans toute la substance blanche mais à proximité de la moelle grise elles sont plus denses formant ce qu'on appelle le faisceau fondamental de la moelle.