EIA NEURO-PSY : SENSIBILITÉ

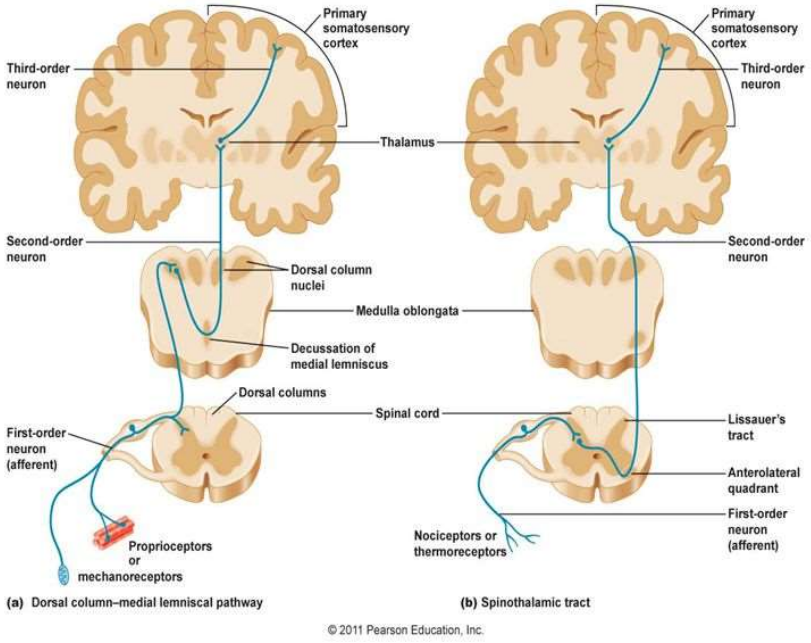
Définition : *2 grands types de sensibilité*

- **Sensibilité extralemniscale ou spinothalamique**
  - Thermalgésique — *testée via des tubes w/eau chaude-froide*
  - Protopathique (tact grossier) — *testée w/ épingles*
- **Sensibilité lemniscale ou cordonale postérieure**
  - Proprioceptive — *test de position de l'hallux, diapason*
  - Epicritique (tact fin) — *testée w/ des cotons*

Points communs	Divergences
Voies ascendantes à 3 neurones ○ Protoneurone avec le corps cellulaire dans le ganglion cellulaire ○ Deutoneurone faisant relai dans le thalamus ○ 3ème neurone thalamo- cortical	**Point de départ de la voie** : ○ Fibres de gros diamètre pour la sensibilité lemniscale ○ Fibres de petit diamètre pour la sensibilité extralemniscale (spinothalamique) *> influence sur la vitesse de transmission périphérique*
Voies croisées (décussation)	**Lieu de la décussation** : ○ Moelle allongée pour la sensibilité lemniscale ○ Moelle spinale pour la sensibilité extralemniscale (spinothalamique)
Organisation somatotopique	**Épuisement de la voie :** ○ Quasi directe pour la sensibilité lemniscale ○ Nombreuses collatérales pour la sensibilité extralemniscale *(20% atteint le thalamus)*

Voie lemniscale:
vibration, proprioception

Voie spinothalamique:
douleur, température, toucher

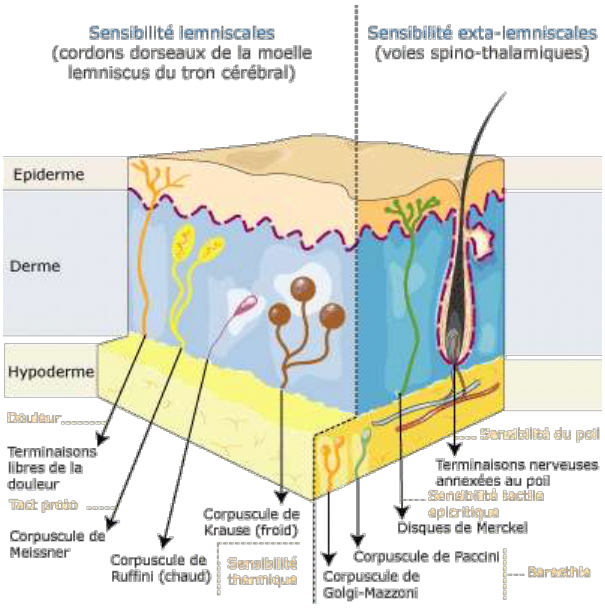


Récepteurs :

- **Extérorécepteurs** (peau et tissus sous-cutanés) :
  - Nocicepteurs (activés spécifiquement par la douleur)
  - Thermorécepteurs
  - Mécanorécepteurs (tact)

- **Propriocepteurs** (système musculo-squelettique) :
  - Nocicepteurs (muscles, articulations, ...)
  - Fuseau neuromusculaire
  - Organe tendineux de Golgi
  - Mécanorécepteurs à bas seuil

- **Intérorécepteurs** (viscéraux)

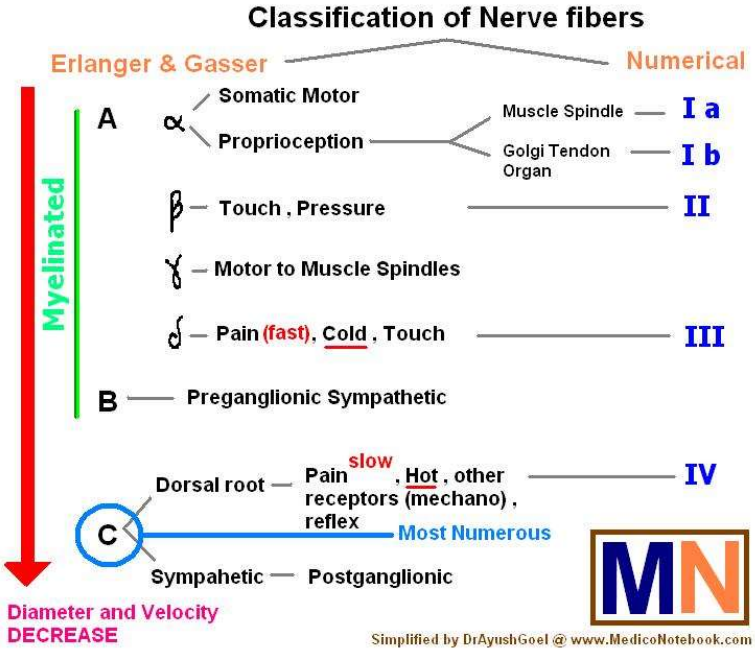


Fibres afférentes :

Classées selon les facteurs suivant : la taille (diamètre) et le caractère myélinisé (A myélinisé, C non myélinisé) qui influent sur la vitesse de conduction.

A_α *Aussi appelées Ia et Ib si originaires de structures musculaires ou articulaires*	- **Gros calibre, rapides, myélinisées** +++ - Connectées à des **terminaisons spécialisées** (fuseaux musculaires, organes tendineux de Golgi, récepteurs spécialisés dans les tendons, les ligaments et les articulations) - Informations de nature **kinesthésique** (degré d'étirement musculaire, angle de positionnement, mouvement et rapidité de mouvement d'une articulation).
A_β *Aussi appelées II si originaires de structures musculaires ou articulaires*	- **Calibre moyen, moins rapides et myélinisées que les Aα** - Connectées à des **terminaisons spécialisées encapsulées** : corpuscules de Pacini (vibration), corpuscules de Meissner (toucher superficiel complexe), corpuscules de Ruffini et disques de Merkel offrant des **informations sur la stimulation cutanée complexe** : ○ **stimulations cutanées vibratiles** *(sens de la vibration)* ○ **discrimination tactile** *(par exemple identifier une pièce de monnaie dans la main)* ○ sens de la **position** & **degré de pression** subi par la surface cutanée.
A_δ *Aussi appelées III si originaires de structures musculaires ou articulaires*	- **Diamètre plus petit que les autres fibres A, lentes, peu myélinisées** - Connectées à des **terminaisons libres sans structures particulières** offrant des informations sur : ○ le toucher léger superficiel ○ la stimulation thermique froide non douloureuse (terminaisons libres thermosensibles i.e. à faible seuil d'activation) - Connectées également à des **récepteurs polymodaux** ne répondant qu'aux stimulations à haut seuil d'activation: thermiques, mécaniques, chimiques

C *Aussi appelées IV si originaires de structures musculaires ou articulaires*	- **Petites, lentes, amyéliniques** - 60-90 % de toutes les afférences cutanées - Presque totalité de toutes les afférences viscérales - Connectées à des **terminaisons libres sans structures particulières** (idem fibres A delta) - Informations sur: ○ La **stimulation thermique chaude non douloureuse** (terminaisons libres thermosensibles à faible seuil d'activation). ○ La **douleur aiguë tardive** de quelques secondes après l'information des A delta. ○ **Stimulations à haut seuil d'activation** (récepteurs polymodaux): thermiques, mécaniques, chimiques.



Types de fibres	Aβ	Aδ	C
Diamètre (microns)	*5-15 µm*	*1-5 µm*	*0,3-1,5 µm*
Gaine de myéline	+++	+	-
Vitesse de conduction *(mètre/seconde)*	*40-100 m/s*	*5-40 m/s*	*1-2 m/s*
Récepteurs périphériques	*Spécialisés, encapsulés*	*Mécanonocicepteurs* *Terminaisons libres*	*Nocicepteurs polymodaux* *Terminaisons libres*
Stimulus spécifique	*Pression légère*	*Pression forte*	*Pression forte* *T° > 45°C* *Chimique*
Sensation produite	*Tact, proprioception*	*Douleur rapide*	*Douleur lente*

Tableau 1: Caractéristiques et signification fonctionnelle des trois catégories de fibres sensitives contenues dans un nerf d'origine cutanée (d'après Lazorthes, 1993).

I. Voie extralemniscale = spinothalamique

→ Voie de la **sensibilité thermalgésique** (température-douleur) et **protopathique** (tact grossier)
→ Voie tri-synaptique ascendante unissant les récepteurs périphériques au cortex pariétal
→ Trajet vertical avec décussation dans la moelle spinale
→ Relai thalamique

A. Origine

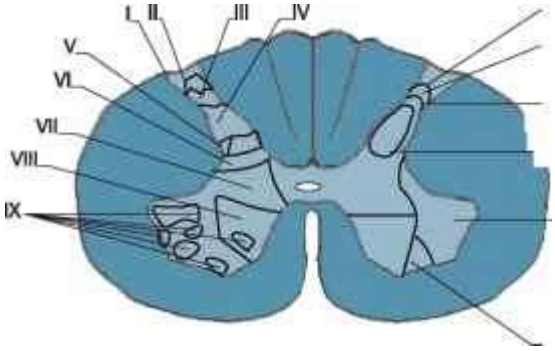
Le protoneurone est composé d'axones qui sont des **fibres afférentes de petit calibre** (A_{delta} et C), peu myélinisées et de conduction lente. Le corps cellulaire est situé dans le **ganglion spinal** (racine dorsale de la moelle).

→ **Projection latérale sur couches I, II (**Rexed)

Le protoneurone s'articule directement ou via un interneurone (qui ne compte pas dans le nb de synapse/neurones de la voie) avec le deutoneurone.

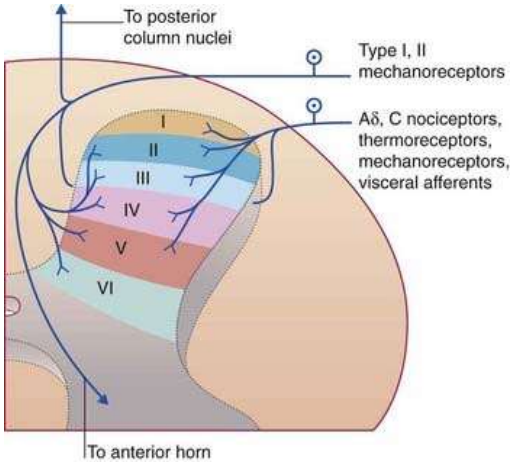
Corne dorsale de la moelle

Lamination de Rexed : *organisation laminaire*
- *Corne dorsale : I-VI*
- *Zone intermédiaire : VII*
- *Zone périépendymaire : X*
- *Corne ventrale : IX, VIII*



Contingent latéral (nociception/température) :
- Se termine sur les couches II +++, I, (VI)
- Articulation avec interneurones :
  - Puis **deutoneurone voie spinothalamique** (décussation)
  - ou **motoneurone alpha IX** : réflexe d'étirement (ROT)

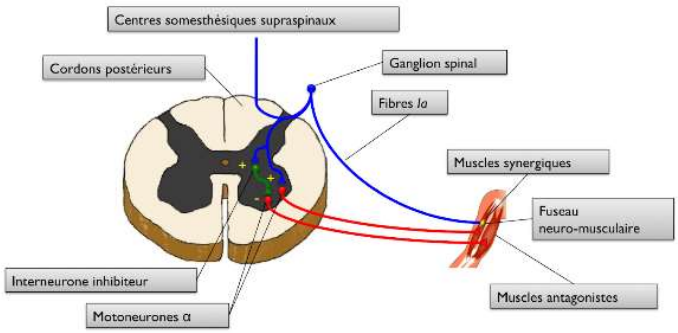
Contingent médial (tact/proprioception) :
- Entre dans cordon dorsal
- Se divise en plusieurs branches :
  - Ascendante (**faisceaux gracile et cunéiforme**)
  - Récurrente vers corne dorsale et interneurones inhibiteurs (**gate control**)
  - Pour colonne de Clarke (lame VII) : **voie spinocérébelleuse dorsale**
  - Pour motoneurone alpha : **réflexe d'étirement** (ROT)



Réflexe d'étirement = réflexe myotatique

- Réflexe myosynaptique *(entre le neurone de la voie de la sensibilité et celui de la voie de la motricité via un interneurone le plus souvent)* *cf schéma infra*
- Mise en jeu d'un arc (boucle) réflexe entre les afférences sensorielles (récepteurs et fibres sensoriels) et les efférences effectrices (interneurones, motoneurones, muscles)
- Base des ROT (réflexes ostéo-tendineux).

Arc réflexe du réflexe myotatique

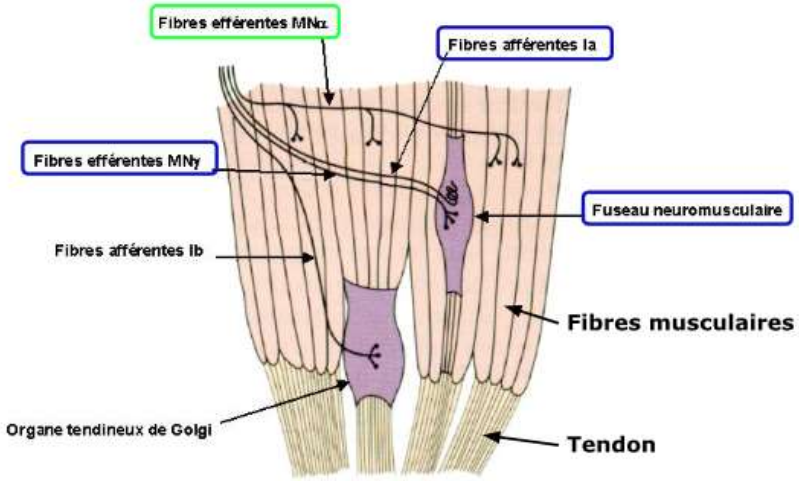


Situation : contraction d'un muscle en réponse à son étirement involontaire.

→ Contribue au tonus musculaire

- Afférences sensorielles :
  - Fuseaux neuromusculaires
  - Mécanorécepteurs proprioceptifs muscle strié squelettique

- Efférences motrices :
  - Motoneurone muscle étiré et muscles synergiques
  - Interneurones inhibiteurs muscles antagonistes



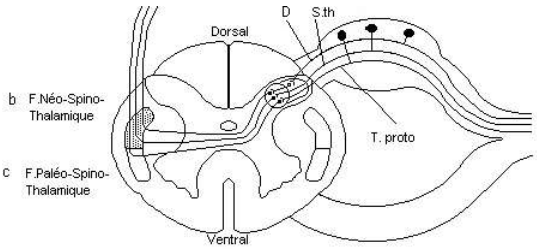
- Balance contraction/décontraction musculaire permettant le mouvement réflexe :

Tableau 1 Principaux réflexes ostéo-tendineux

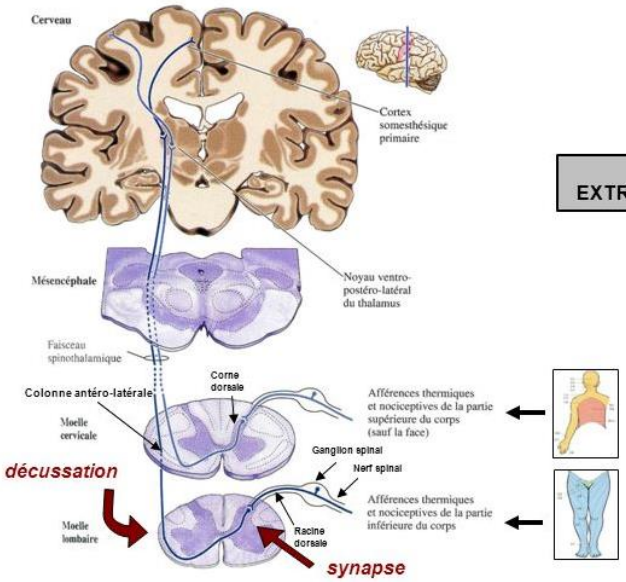
Réflexes	Technique de recherche	Réponse	Niveau radiculaire
Bicipital	Avant-bras demi-fléchi. Pouce de l'examinateur sur le tendon du biceps. Percussion du pouce	Flexion par contraction du biceps.	C5 (C6)
Stylo-radial	Avant-bras demi-fléchi, bord radial vers le haut. Percussion de la styloïde radiale.	Flexion de l'avant bras sur le bras, par contraction du long supinateur.	C6
Tricipital	Bras en abduction, avant-bras pendant. Percussion du tendon du triceps au dessus de l'olécrâne.	Extension de l'avant-bras sur le bras par contraction du triceps.	C7
Cubito-pronateur	Avant-bras demi-fléchi, légère supination. Percussion de la styloïde cubitale.	Pronation de la main	C8
Flexion des doigts	Percussion de l'index de l'examinateur posée sur l'articulation inter-phalangienne distale.	Flexion distale des dernières phalanges	C8
Rotulien	Au lit : genou demi-fléchi. Assis : jambes pendantes ou croisées. Percussion du tendon rotulien.	Extension de la jambe sur la cuisse par contraction du quadriceps.	L4
Achilléen	Position à genoux : percussion du tendon d'achille.	Extension du pied par contraction du triceps sural.	S1

B. Décussation

Le deutoneurone décusse dans la moelle spinale au niveau de la **commissure grise ventrale.**
Il existe un regroupement des axones du deutoneurone dans le **cordon antérolatéral** de la moelle selon une organisation topique (fibres sacrées latérales, cervicales médiales), au niveau du **croissant de Dejerine**.



a : Faisceau spino -thalamique (avec fibres collatérales spino - réticulo - thalamiques)
b : Faisceau Néo - spino - thalamique. c : Faisceau Paléo - spino - thalamique
D : fibres de la douleur. S.th. : fibres de la sensibilité thermique.
Tact proto: fibres du tact protopathique; g : substance réticulée. h : voies lemniscales
R : substance gélatineuse de Rolando. SR : Substance réticulée
V.lemn.: Voies lemniscales



= VOIE EXTRALEMNISCALE

C. Deutoneurone

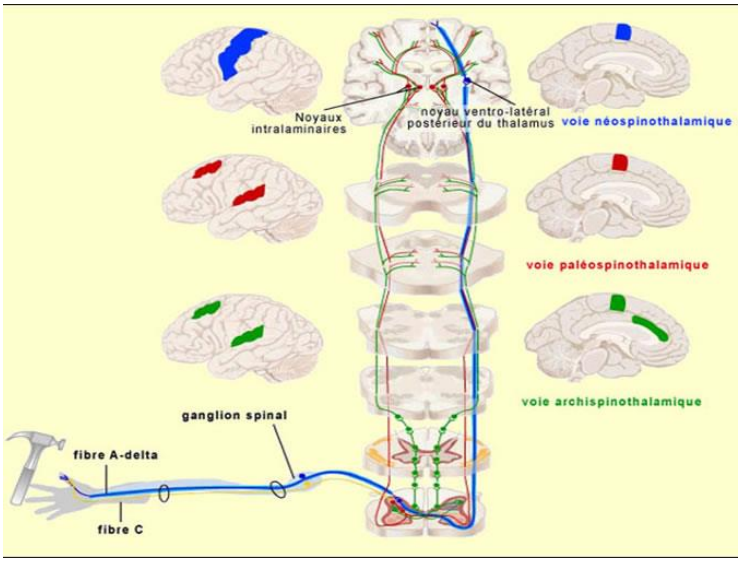
Organisation du tractus en 3 voies (croissant de Déjerine) qui remontent dans le cordon antéro-latéral de la moelle puis dans le tronc cérébral où elles s'épuisent en partie :

Voie néo-spino-thalamique (latérale)	- Localise la douleur - Réaction de défense rapide (enlever sa main après contact sur plaque par ex) - Accolée au **lemniscus médial**	- Superficielle et latérale - Fibres rapides paucisynaptiques (faisant peu de relais) - Organisation somatotopique : o fibres de la sensibilité thermique plus postérieures que celles de la sensibilité douloureuse o fibres les plus caudales latérales aux fibres rostrales - **Faisceau compact dans le quadrant antéro-latéral** de la moelle à l'origine d'une intervention d'interruption des voies de la douleur : la **cordotomie antéro-latérale***
Voie paléo-spino-thalamique	- Nombreuses collatérales vers la **formation réticulaire** - Projette in fine sur cortex associatif (composante affective de la douleur)	- Situation plus profonde et médiale - Les deux faisceaux sont parfois considérés comme une entité unique. - Fibres de plus petit calibre à conduction lente - Nombreux relais synaptiques - Pas d'organisation somatotopique
Voie spino-réticulaire	- Voie mal systématisée - Nombreuses collatérales homo et controlatérales pour la formation réticulaire - Réaction d'éveil à la douleur	- Projection sur les **noyaux végétatifs de la réticulée et des nerfs crâniens** (III, VII, IX, X) à l'origine de réactions neurovégétatives *(accélération du pouls, augmentation de la tension artérielle, accélération de la fréquence respiratoire, mydriase ou pilo-érection...).*

A noter concernant la voie néo-spino-thalamique* : on peut être amené à venir léser cette voie thermalgésique pour des patients hyperalgiques non soulagés par voie médicamenteuse (cordotomie antéro-latérale)

→ Attention aux effets adverses : cette voie médie la douleur mais aussi la sensibilité thermique ! (Donc peu pratiquée)

*Les **voies paléo-spino-thalamique et voie spino-réticulaire sont parfois regroupées** mais il existe une différence notable : la voie spino-réticulaire s'épuise complètement au niveau réticulaire alors que la voie paléo-spino-thalamique peut tout de même se projeter sur le cortex (bien qu'elle s'épuise ++ au niveau réticulaire également).*

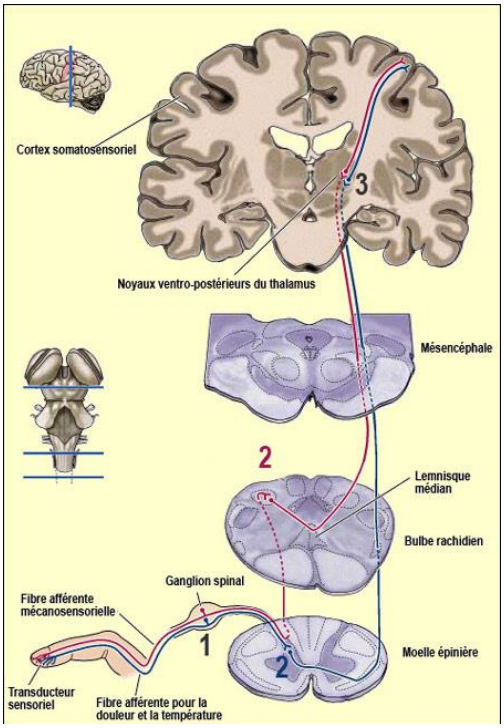


Relais thalamiques :

- Voie néo-spino-thalamique **:** au niveau **du noyau VPL** (ventro-postéro-latéral)
- Voie paléo-spino-thalamique : **noyaux non spécifiques**
- Voie spino-réticulaire : **noyaux réticulaires**

D. 3ème neurone

- La voie néo-spino-thalamique se projette sur le **noyau VPL et le gyrus post-central.**
- La voie paléo-spino-thalamique se projette sur des **noyaux non spécifiques et le cortex associatif.**
- La voie spino-réticulaire s'épuise sur les **noyaux réticulaires**.



> on retrouve une organisation du cortex similaire à celle de l'homonculus

II. Voie lemniscale

→ Voie de la **sensibilité profonde** (proprioceptive) et du **tact fin** (épicritique)
→ Voie tri-synaptique ascendante unissant les récepteurs périphériques au cortex pariétal
→ Trajet vertical avec décussation dans la moelle allongée
→ Relai thalamique

A. Origine

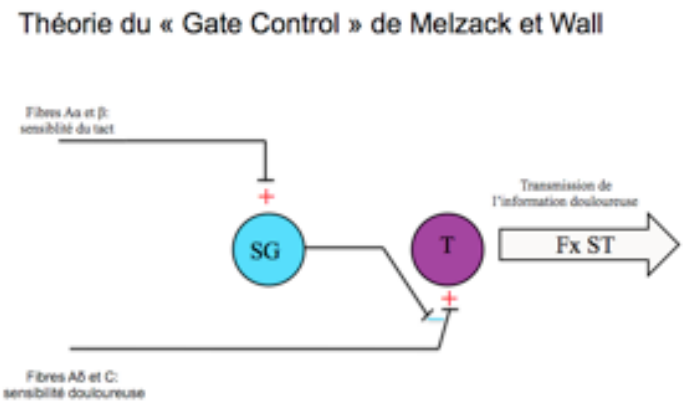
Le protoneurone est composé d'axones des **fibres afférentes de gros calibre** (**A_α et A_β**), le corps cellulaire se situe dans le ganglion spinal racine dorsale. Cette voie suit un trajet médial dans la moelle.

Cf. schéma p.4

Gate control (contrôle de la porte)

En cas de douleur cutanée, il y a une **activation rapide de la voie lemniscale** (tact) et une **activation lente de la voie extralemniscale** (nocicepteurs).
Les fibres **A_α et A_β** vont polariser le neurone intercalaire sur lequel projette les fibres **A_δ** et C de la voie extralemniscale : **blocage de la transmission de l'influx douloureux** (*cad de la transmission entre protoneurone et deutoneurone de la voie extralemniscale)*

Cf. Physiologie PACES



Conséquence : si on se heurte par exemple le tibia ou le coude, la réaction naturelle est de se frotter la peau pour activer la voie tactile et bloquer l'influx douloureux.

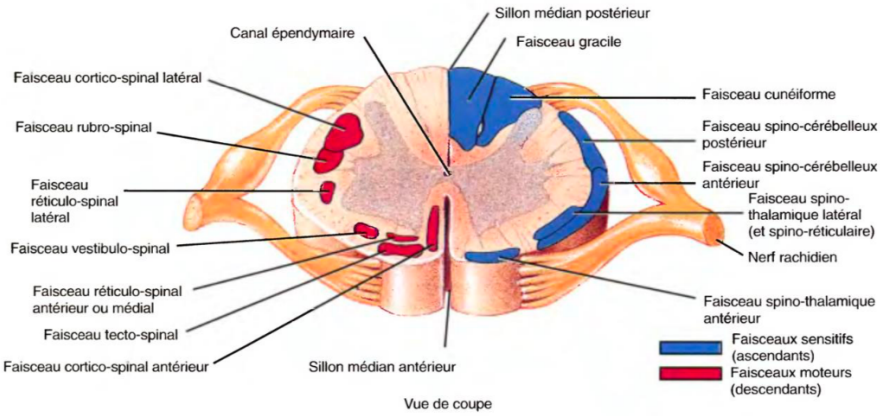
2 contingents de la corne dorsale : application thérapeutique

- **Dissociation anatomique des fibres** : le contingent latéral/médial est à l'origine d'une intervention neurochirurgicale d'interruption des voies de la douleur au niveau de la jonction radiculomédullaire : la radicellotomie postérieure sélective (DREZotomie) ayant pour objectif de sectionner par technique microchirurgicale les petites fibres véhiculant la nociception à leur entrée dans la moelle spinale

  Réalise une section des fibres sensitives de petit calibre (A delta et C) tout en respectant les fibres lemniscales (*Mais attention aux effets adverses, les voies thermalgésique et protopathique seraient également abolies en cas de chirurgie sur la voie extralemniscales).*

B. Trajet

- Trajet ascendant **homolatéral** dans le **cordon dorsal** de la moelle spinale (substance blanche), abandonnent des collatérales inhibitrices pour la corne dorsale de la moelle (couches II, IV, V de Rexed) **modulant la transmission de l'influx douloureux de la voie spinothalamique** (système du contrôle de la porte).
- 2 faisceaux : gracile (moelle sacrée, lombaire et thoracique) et cunéiforme (moelle thoracique haute D1 et cervicale) en dehors.



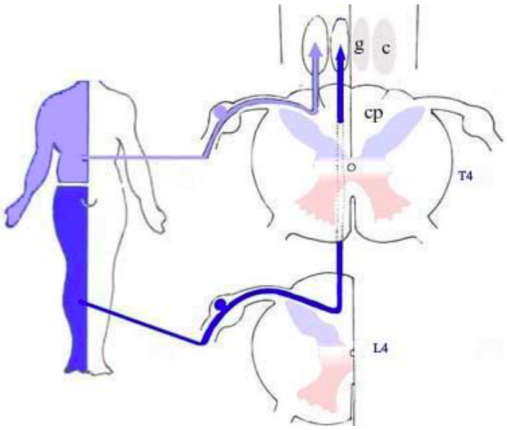
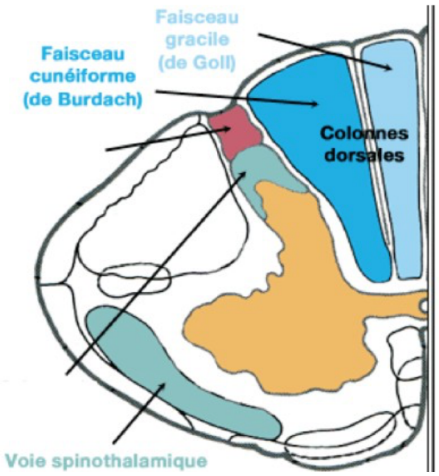
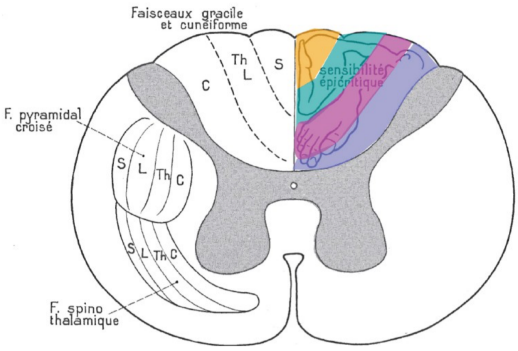


Schéma supplémentaire :



Représentation somatotopique dans le cordon dorsal de la moelle :

- **Fibres sacrées** médiales
- **Fibres lombaires** en dehors des fibres sacrées
- **Fibres thoraciques** en dehors des fibres lombaires
- **Fibres thoraciques hautes et cervicales** du faisceau cunéiforme les plus en dehors

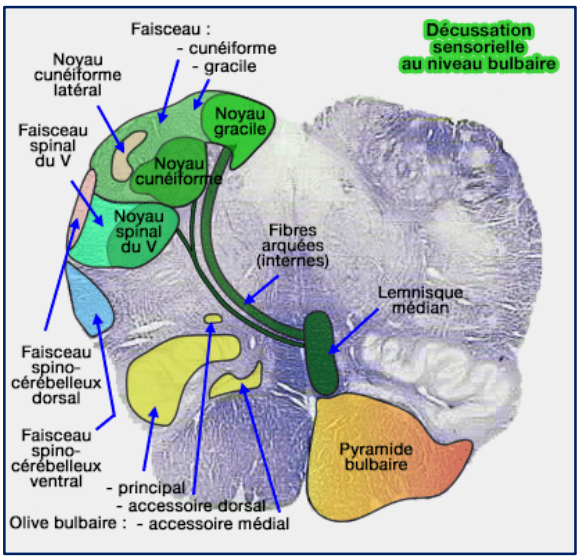


C. Deuteuneurone

➢ **Faisceau gracile**

- Véhicule des informations sensitives venant du membre inférieur
- Premier relai dans le noyau gracile (noyau de Goll) de la moelle allongée.
- A partir de ce relai, les fibres secondaires du faisceau gracile forment **avec les fibres du faisceau cunéiforme le lemniscus médial ou médian (ruban de Reil médian).**

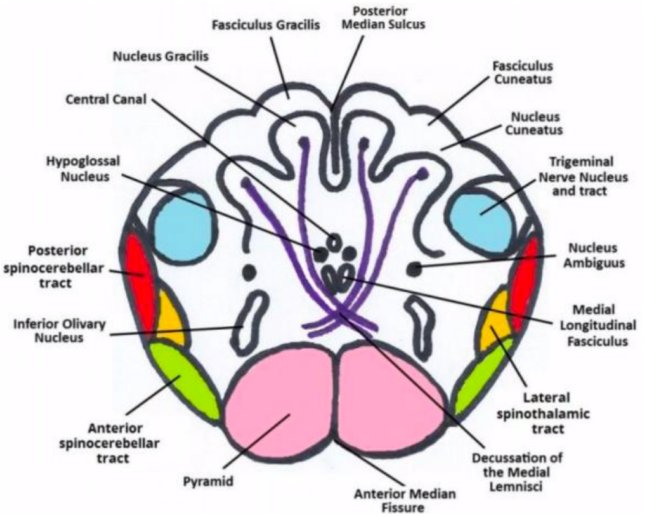
- **Faisceau cunéiforme**
  - Véhicule des informations sensitives venant du membre supérieur et du thorax
  - Premier relai dans le noyau cunéiforme (noyau de Burdach) de la moelle allongée.
  - Puis participation à la constitution du **lemniscus médial.**

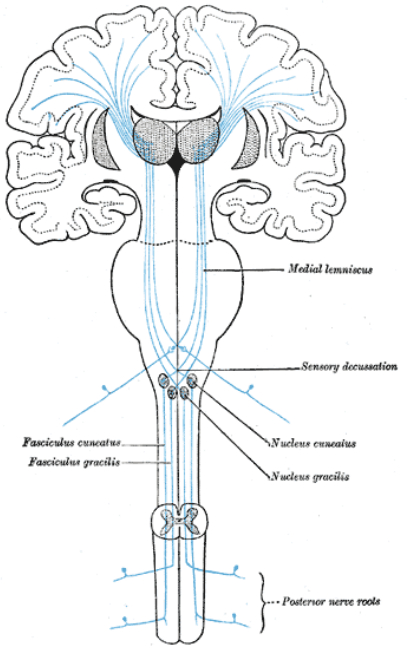


D. Décussation

Décussation du Lemniscus médial dans la **partie inférieure de la moelle allongée** (décussation sensitive de la moelle allongée).

→ Les fibres du noyau gracile se disposent en avant, celles du faisceau cunéiforme en arrière.



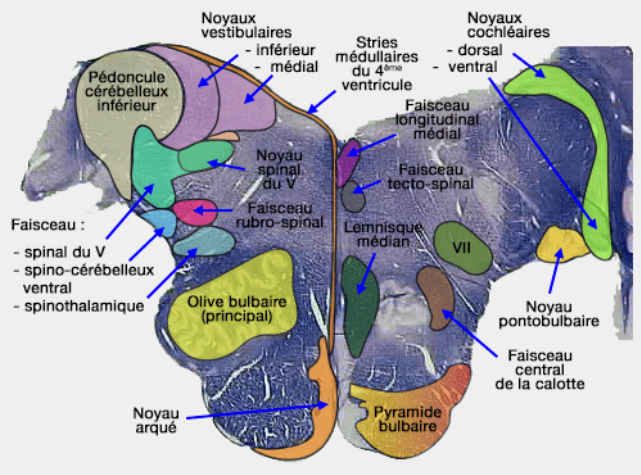


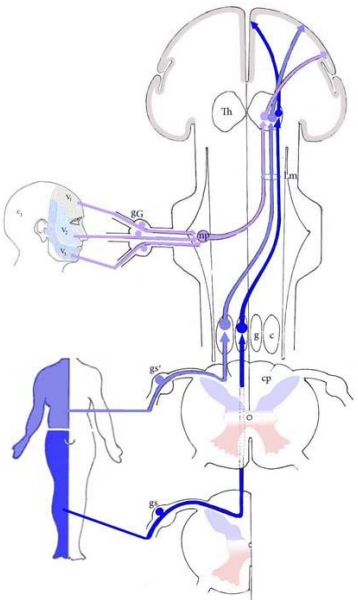
E. Trajet post-décussation dans le tronc cérébral

- Remontée du lemniscus médial dans le **tronc cérébal** (les fibres du faisceau gracile se placent en dehors, celles du noyau cunéiforme en dedans).
- Dans la <u>moelle allongée</u> : le **lemniscus médial se place derrière le faisceau cortico-spinal**, à proximité de la ligne médiane

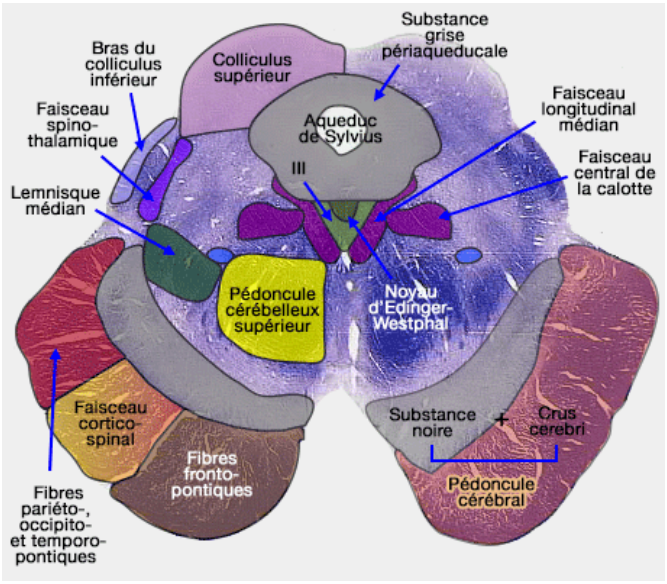
→ La voie lemniscale s'enrichit au cours de son trajet : elle reçoit des afférences des noyaux sensitifs des nerfs X et XI.

- Dans le <u>pont</u>, les **fibres secondaires issues des noyaux du V** rejoignent le lemniscus médial.





– Dans le <u>mésencéphale</u> : le lemniscus médial va gagner une **position plus latérale**, accolée dans la partie supérieure du pédoncule à la face dorsale du locus niger.



<u>Relais thalamiques</u> :

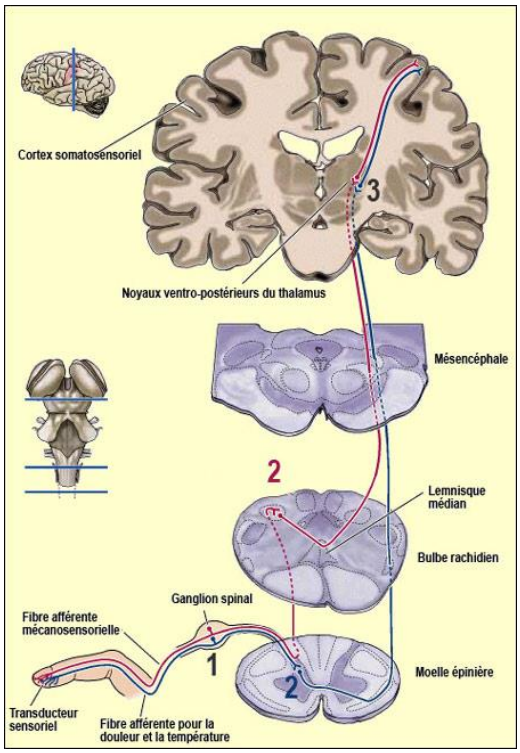
Le lemniscus médial fait relai dans le noyau VPL du thalamus avec une organisation somatotopique :

- Projection des fibres du <u>membre inférieur</u> (faisceau gracile) sur la **partie latérale du noyau** (en dehors)
- Projection des fibres du <u>membre supérieur</u> (faisceau cunéiforme) sur la **partie latérale du noyau** (en dedans)
- Projection des fibres de la <u>face</u> (trijumeau) sur le **noyau VPM** (ventro-postéro-médial)

F. 3ème neurone

Le troisième neurone se projette ensuite sur le **cortex post-central** (air somesthésique primaire) par l'intermédiaire du **pédoncule supérieur du thalamus**.

> représentation somatotopique au niveau du cortex.

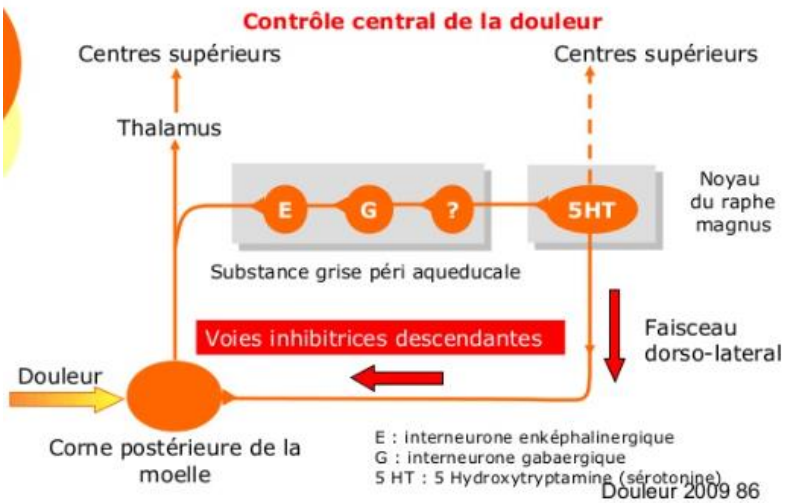


Lésion au-dessus de la moelle allongée : **déficit controlatéral**
Lésion en-dessous de la moelle allongée : **déficit homotatéral**

III. Systèmes Inhibiteurs de la douleur

La douleur en soi est utile au corps humain, mais la douleur chronique peut devenir intolérable pour l'Homme (le corps va essayer d'en diminuer l'intensité).

- **Système de la porte**
- **Système inhibiteur descendant**
  - En provenance du tronc cérébral : **CIDN ou contrôle inhibiteur diffus nociceptif**
    - A l'origine du phénomène du masquage d'une douleur par une autre douleur : lorsque deux stimulations nociceptives sont appliquées sur deux régions distinctes et distantes du corps, le stimulus le plus faible est inhibé.
  - Cortical : **modulation par cortex préfrontal et cingulaire antérieur** (pourrait expliquer les différences dans la cotation de la douleur – EVA).



Correspondances cliniques : chirurgie de la douleur

- **Neurostimulation** :
  - ~ Externe
  - ~ Médullaire
  - ~ Thalamique
  - ~ Cortex

- **Ablation** :

Solution extrême de dernier recours, aux effets irréversibles. Agit sur la voie extralemniscale uniquement alors que la neuromodulation agit sur les systèmes de contrôle de la douleur et donc sur la voie lemniscale.

- ~ DREZotomie *(cf p.8)*
- ~ Cordotomie antéro-latérale
- ~ Tractotomie mésencéphalique stéréotaxique du faisceau spino-thalamique
- ~ Myélotomie commissurale: section des fibres thermo- algiques au niveau de leur décussation médullaire au voisinage de la commissure blanche ventrale
- ~ Thermocoagulation du ganglion de Gasser (effet adverse : perte du reflexe cornéen !)

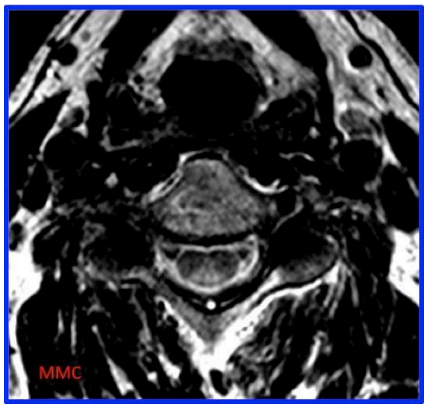
Correspondances cliniques :

- **Syndrome cordonal postérieur** *(lésion dorsale)*

> La voie lemniscale, qui décusse dans la moelle allongée et pas dans la moelle spinale, passe dans le cordon postérieur (atteinte très sélective de cette voie).

- Déficit proprioceptif homolatéral (altération du sens de position de l'hallux, hypopallesthèsie, ataxie)
- Déficit du tact épicritique homolatéral
- Signe de Lhermitte (sensation de décharge électrique partourant le rachis et les jambes lors de la flexion du cou)

NB : *Hypopallesthésie = diminution du ressenti de la sensation de vibration*



Myélite cordonale postérieure.
IRM médullaire cervicale (axiale T2) : hypersignaux T2 intra-médullaires intéressant les cordons

- Syndrome centro-médullaire, syringomyélique

> La voie extralemniscale, décussant au centre de la moelle, va être touchée

- **Déficit sensitif**
- Suspendu
- Atteinte dissociée : atteinte thermo-algésique respectant la sensibilité proprioceptive
  +/- faisceaux pyramidaux
- Atteinte possible des cornes antérieures et du faisceau cortico-spinale en cas de lésions étendues.



Présence de LCR en grande quantité au centre de la moelle

IV. Autres voies de la sensibilité

A. Voie spino-cérébelleuse

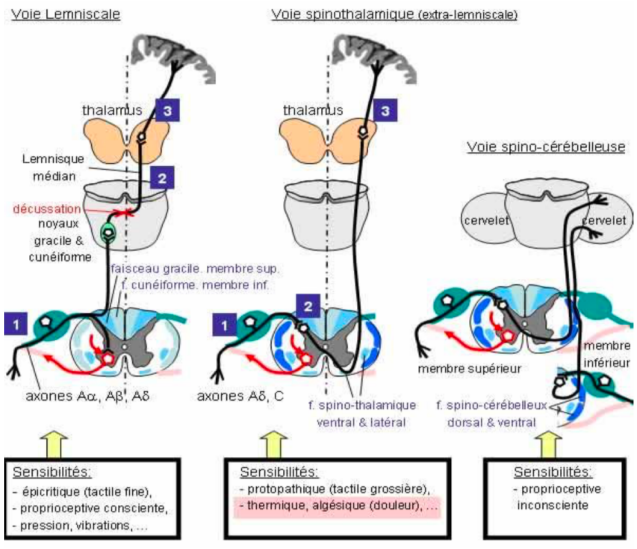
- Voie de la **sensibilité proprioceptive inconsciente** des membres inférieurs et de la partie inférieure du tronc. **Relie la corne dorsale de la moelle spinale et le cervelet**.

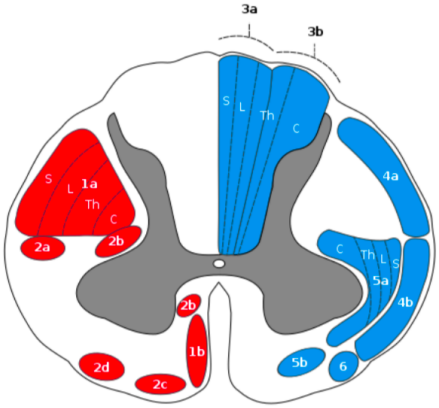
- Voie ascendante à deux faisceaux :

	Origine	Trajet
Faisceau direct ou dorsal (dit de Fleschisg)	Corps cellulaires dans les **noyaux de la corne dorsale** (noyau dorsal, dit de Clarke) *> afférences venant des fuseaux neuro-musculaires et des récepteurs tendineux des membres pelviens et du tronc.*	Monte **directement dans le cordon latéral de la moelle spinale**, puis s'engage dans le **pédoncule cérébelleux inférieur**
Faisceau croisé ou ventral	Corps cellulaires dans les **noyaux de la corne dorsale** (couche VII de Rexed) *> afférences venant des récepteurs tendineux des membres pelviens.*	**Décusse** dans la moelle et remonte dans le **cordon latéral controlatéral** de la moelle spinale jusqu'au bord supérieur du pont, puis s'engage dans le **pédoncule cérébelleux supérieur** et recroise la ligne médiane (**décussation de Wernekinck)**

Terminaison : **cervelet**

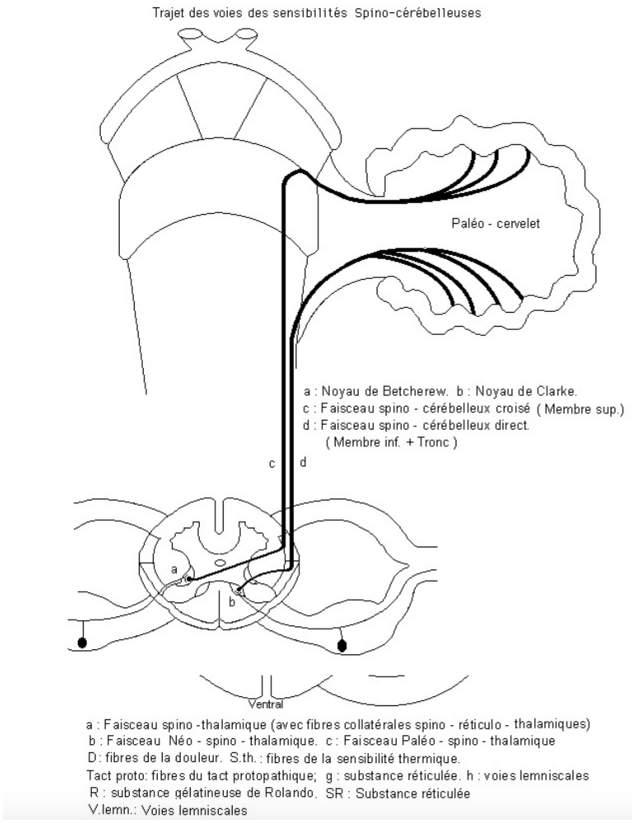
> Le faisceau dorsal réalise d'abord un relais dans le lobe ventral puis dans le noyau interposé pour participer à la constitution des fibres moussues.





4a: faisceau dorsal

4b: faisceau ventral



B. Voie cunéo-cérebelleuse

- Voie de la **sensibilité proprioceptive inconsciente** des membres supérieurs et de la partie supérieure du tronc. Voie ascendante **associée au faisceau spinocérébelleux dorsal**.

- Fibres transitant passent par le **faisceau cunéiforme** puis faisant relai dans le **noyau cunéiforme latéral** (noyau accessoire de Von Monakow) de la moelle allongée
- Accompagne le **faisceau dorsal spinocérébelleux** dans son trajet supérieur, s'engage à ses côtés dans le pédoncule cérébelleux inférieur

Terminaison : **cervelet**

♥ Qualifiée de voie « bernard l'hermite » par l'autorité suprême qu'est Sophie Dupont ♥

C. Faisceau spino-olivaire et spino-vestibulaire

- **Influx proprioceptifs**, mais également quelques **extéroceptifs**, vers l'olive bulbaire et les noyaux vestibulaires.