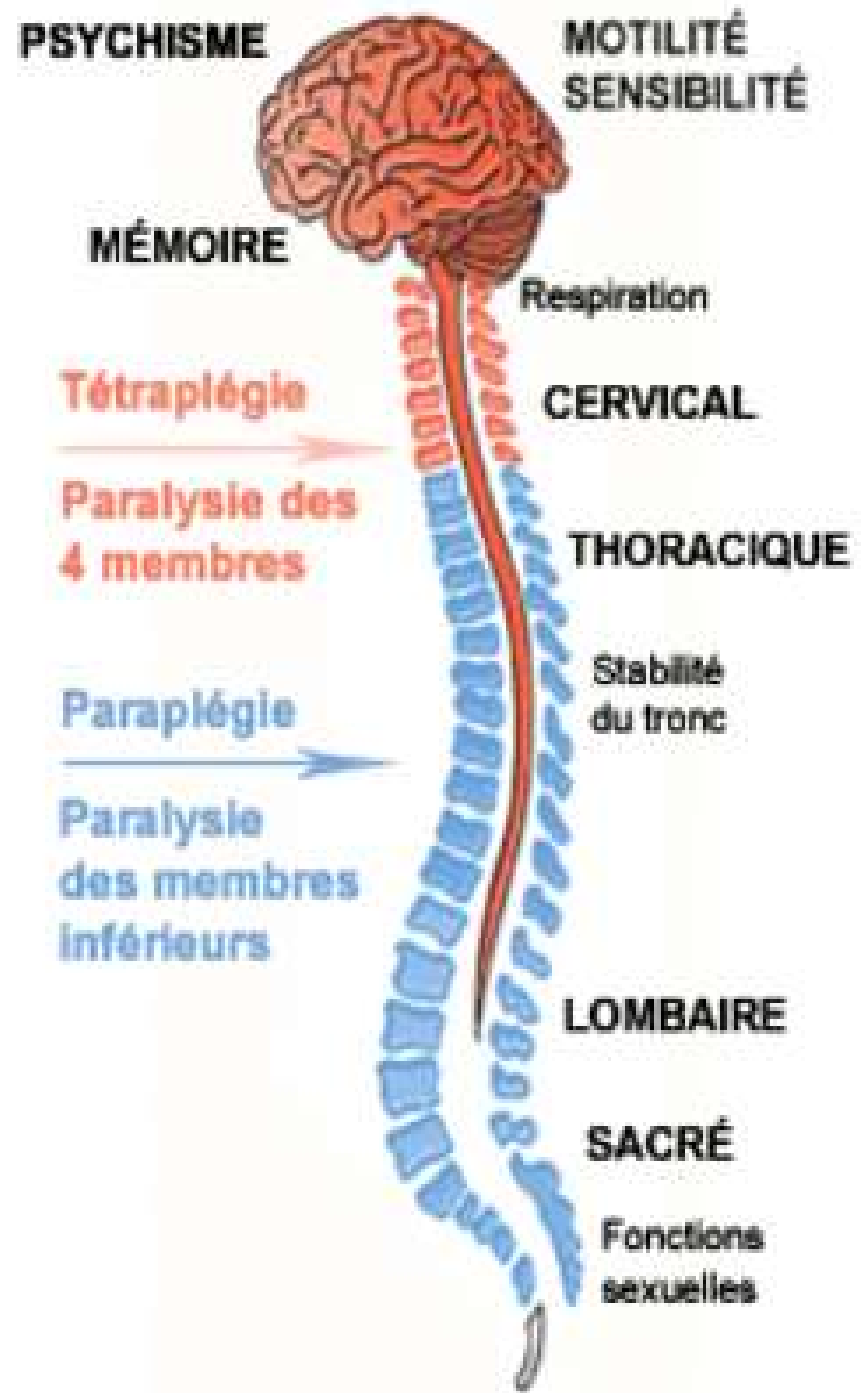


MOELLE EPINIERE

GENERALITES

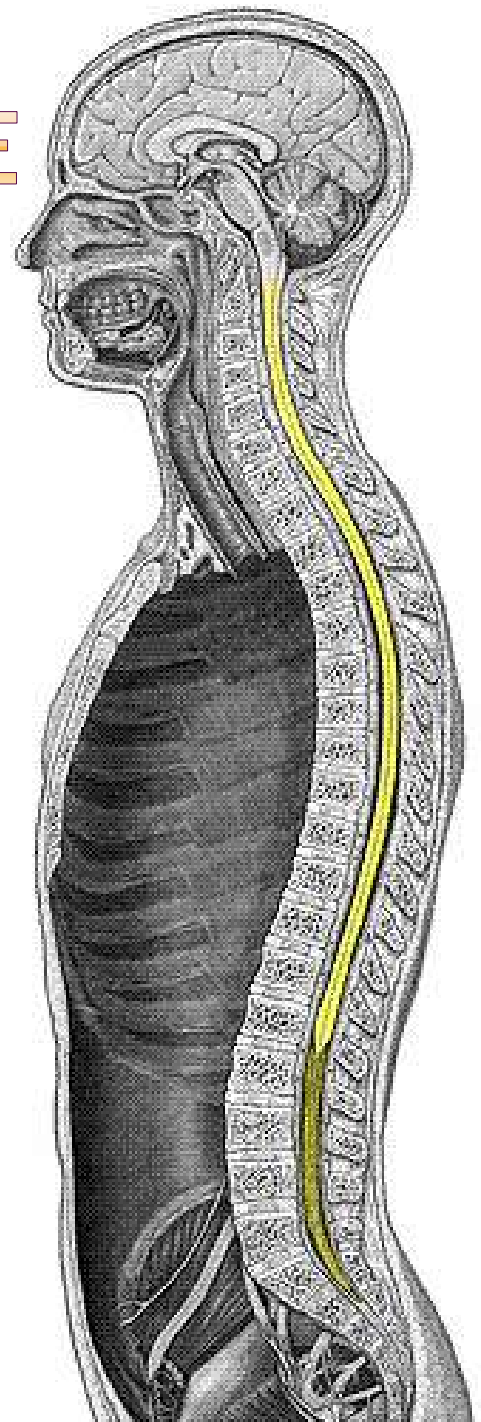
DEFINITION

- La moelle épinière c'est la partie du système nerveux central située dans le canal rachidien
- Elle assure la communication bidirectionnelle entre le corps et le cerveau.



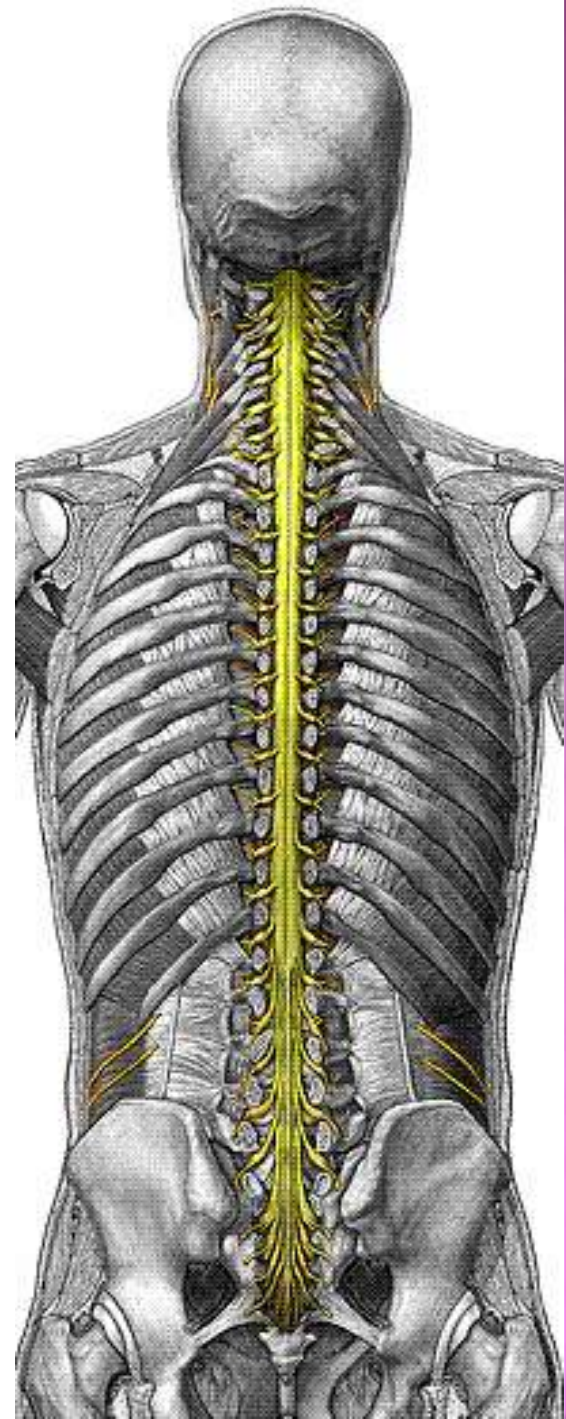
PROJECTION SQUELETIQUE

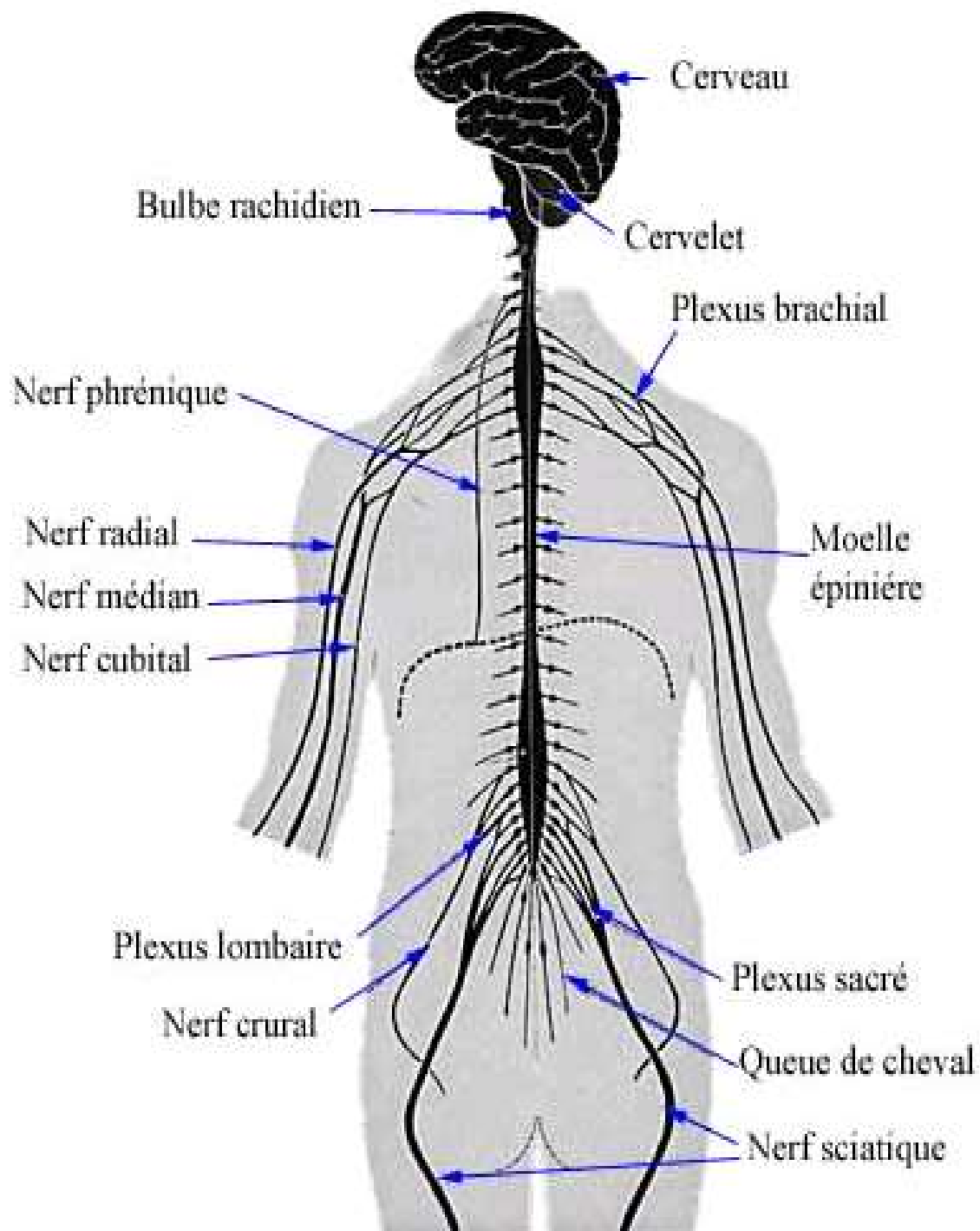
- Elle s'étend du foramen magnum où elle prolonge le bulbe (moelle allongée) à la partie supérieure de la région lombaire généralement en regard de l1 -l2



FORME

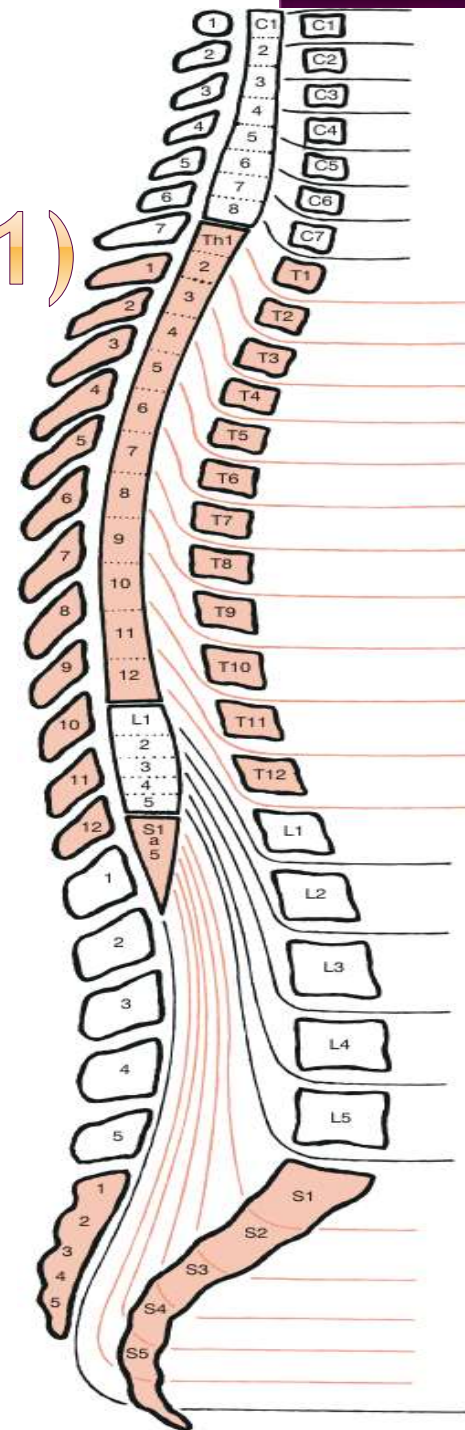
- C'est une tige cylindrique légèrement aplatie d'avant en arrière.
- présente 2 renflements :
 - *Renflement cervical.*
 - *Renflement lombaire.*
(correspondent à la naissance des plexus brachial et lombo-sacré)





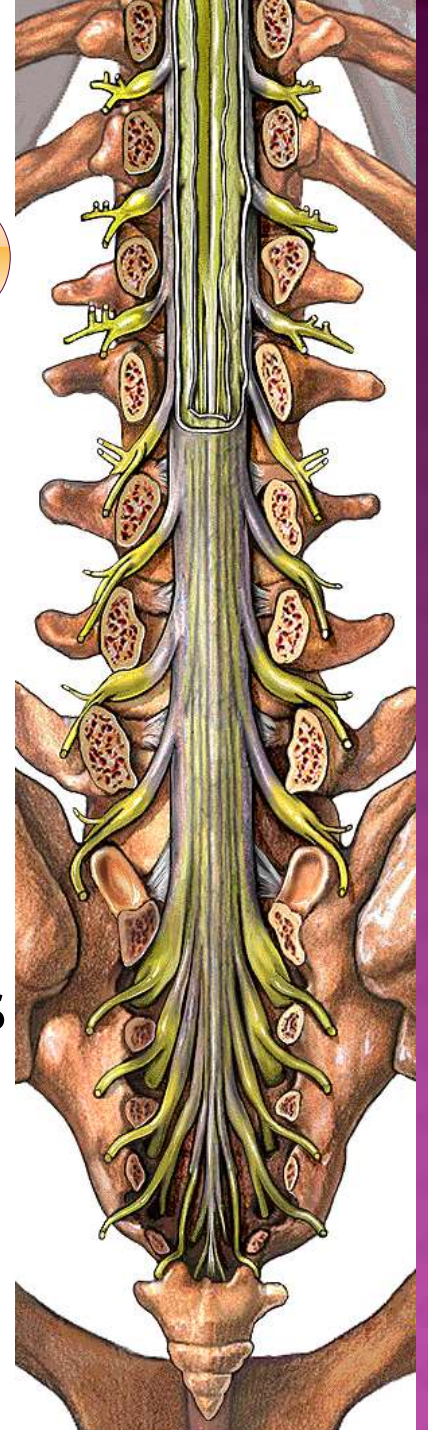
DIVISION TOPOGRAPHIQUE (1)

- ◉ **Segment supérieur:** court, fait suite au bulbe.
- ◉ **Renflement cervical:** s'étend de C3 à D2, donne naissance aux nerfs des membres supérieurs.
- ◉ **Segment thoracique:** s'étend de D2 à D9.
- ◉ **Renflement lombaire:** s'étend de D9 à L1, donne naissance aux nerfs des membres inférieurs.

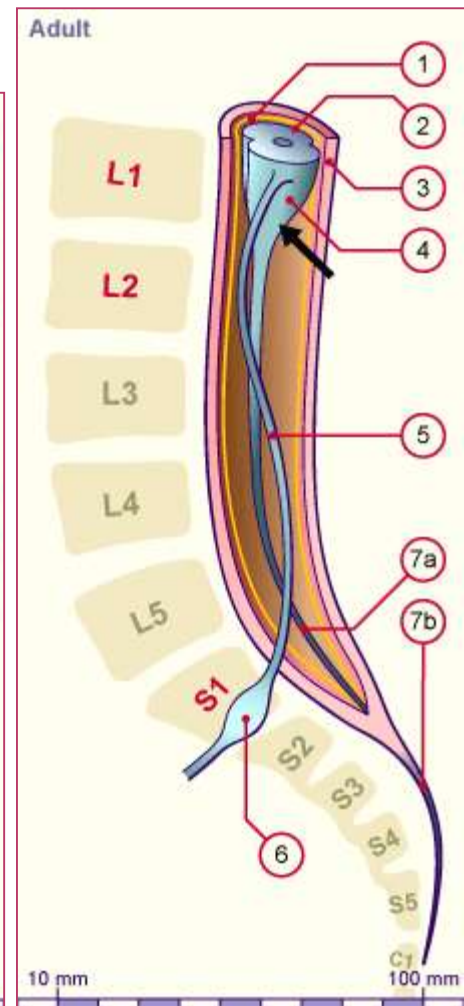
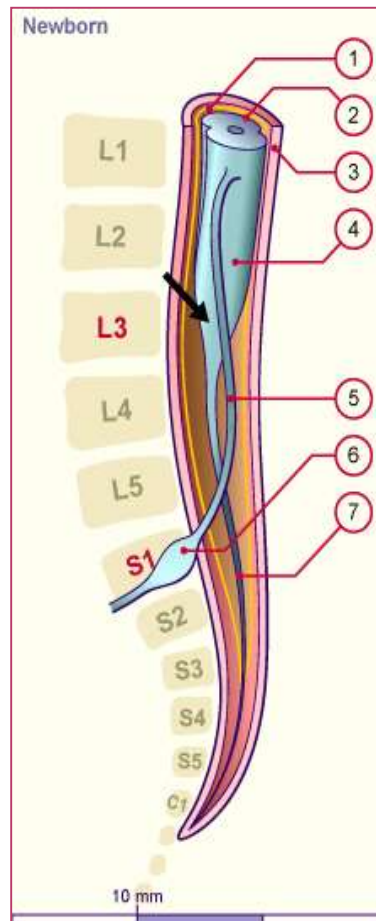
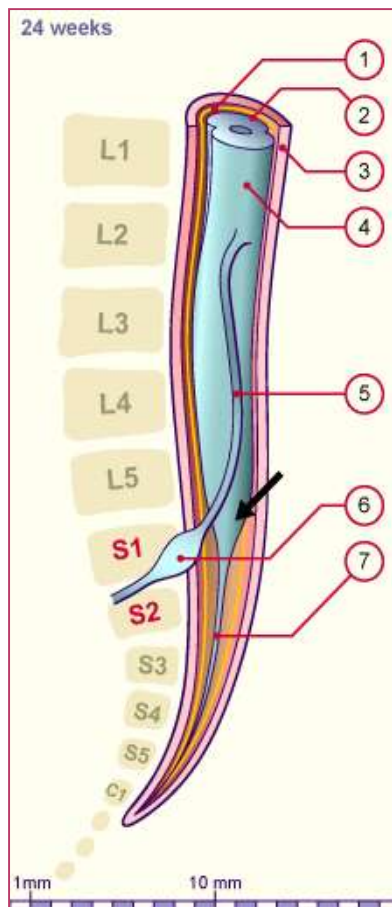
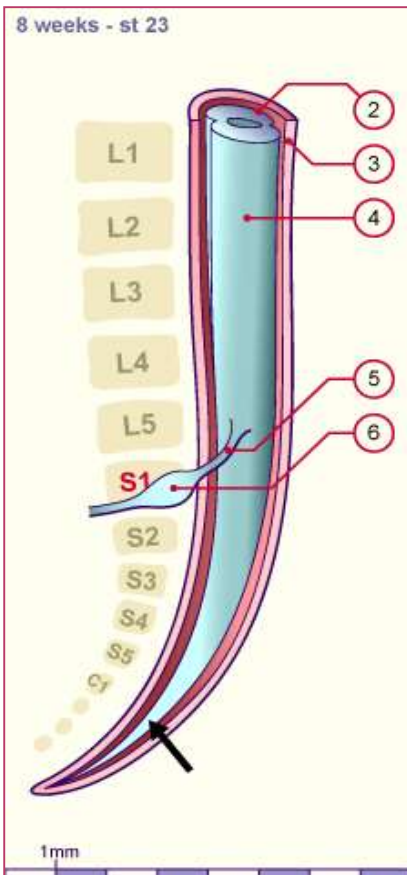


DIVISION TOPOGRAPHIQUE (2)

- ◉ **Cône terminal:** partie la plus inférieure de la moelle.
- ◉ **Filum terminal :** cordon fibreux qui se poursuit par le ligament coccygien qui va du sommet du cône terminal à la base du coccyx.
- ◉ **Queue de cheval:** les racines des trois derniers nerfs lombaires et celle des nerfs sacrés et coccygien qui forment un faisceau de cordons nerveux entourant le filum terminal.



EVOLUTION DE LA MOELLE / RACHIS



DIMENSIONS

- ⊙ Longueur : 43 à 45 cm.
- ⊙ Poids : 30 grammes.
- ⊙ Diamètre : de 9 à 13 mm.

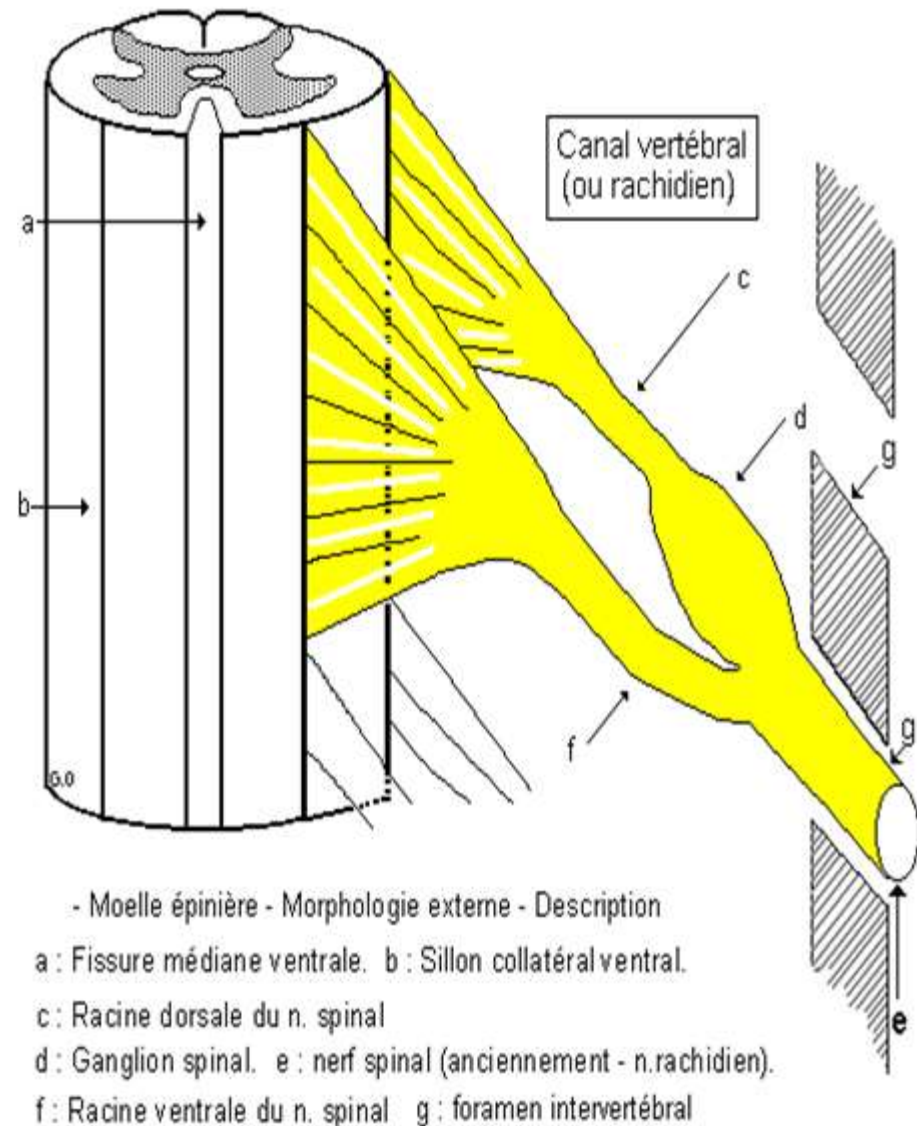
CONSISTANCE ET COULEUR

- ⊙ Consistance: molle.
- ⊙ Couleur: blanchâtre.

CONFIGURATION EXTÉRIEURE

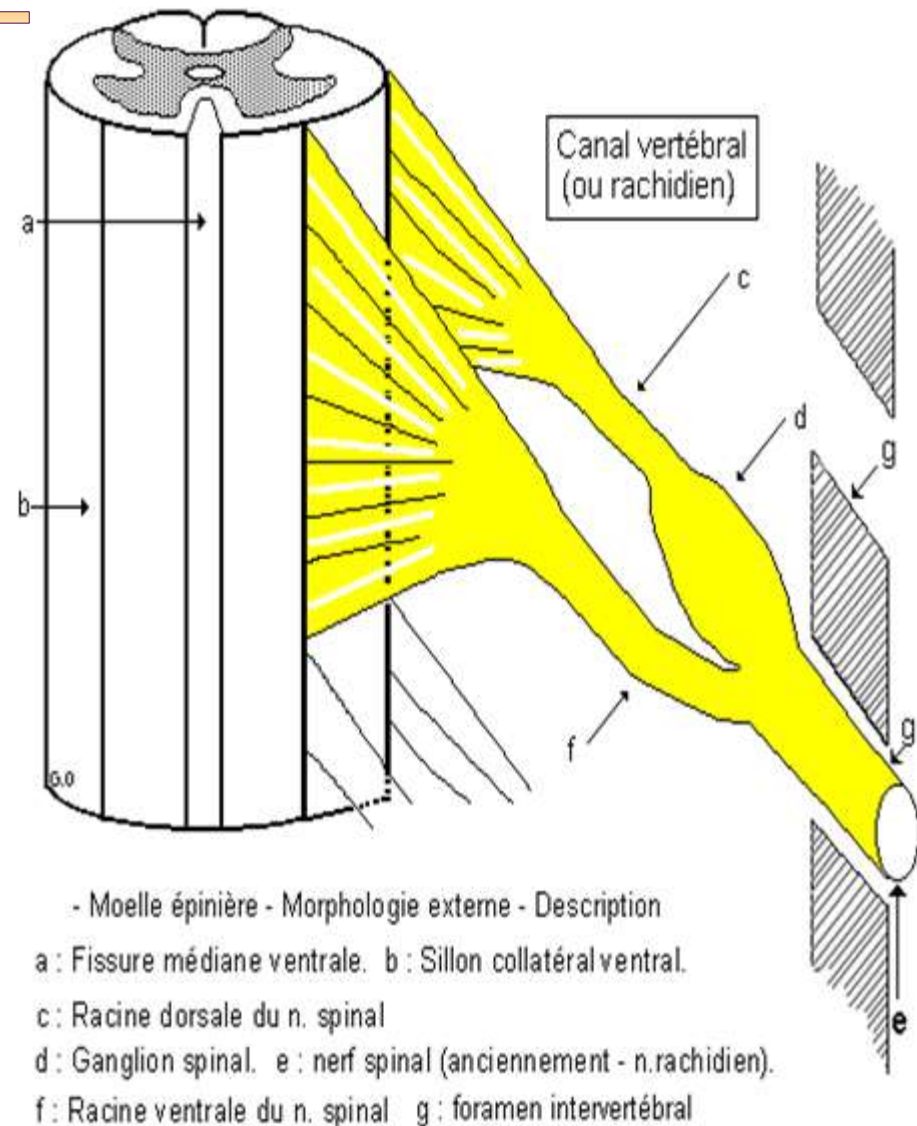
FACE ANTÉRIEURE

- Elle est parcourue par 3 sillons:
 - Sillon médian antérieur: **fissure médiane ventrale**.
 - 2 sillons collatéraux antérieurs (où émergent les racines antérieures).



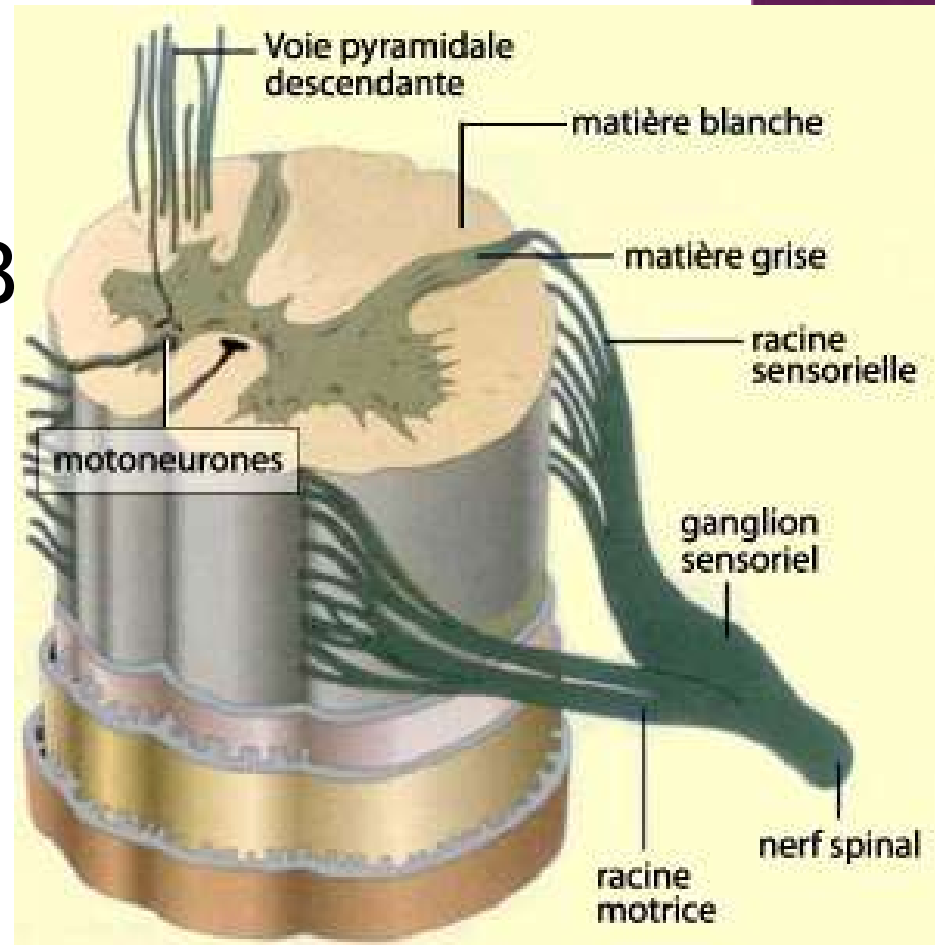
FACE POSTÉRIEURE

- Elle est parcourue par 3 sillons:
 - Rainure postérieure sans profondeur: **sillon médian dorsal.**
 - 2 Sillons collatéraux postérieurs (où émergent les racines postérieures).



CORDONS MÉDULLAIRES

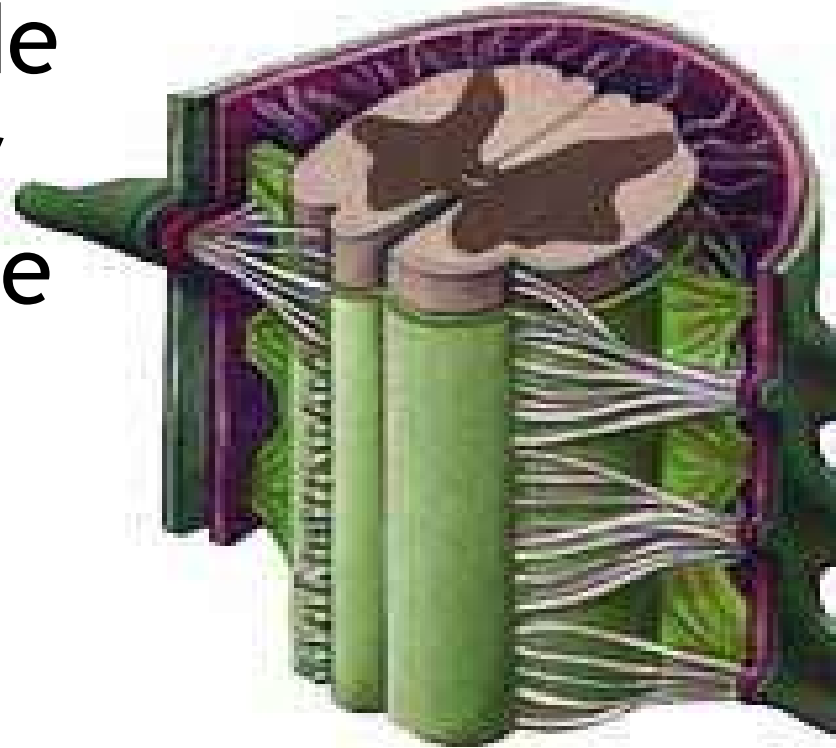
- Ces sillons délimitent sur chaque moitié latérale de la moelle 3 bandes longitudinales, formées de faisceaux de fibres nerveuses:
 - Cordon antérieur.
 - Cordon latéral.
 - Cordon postérieur.

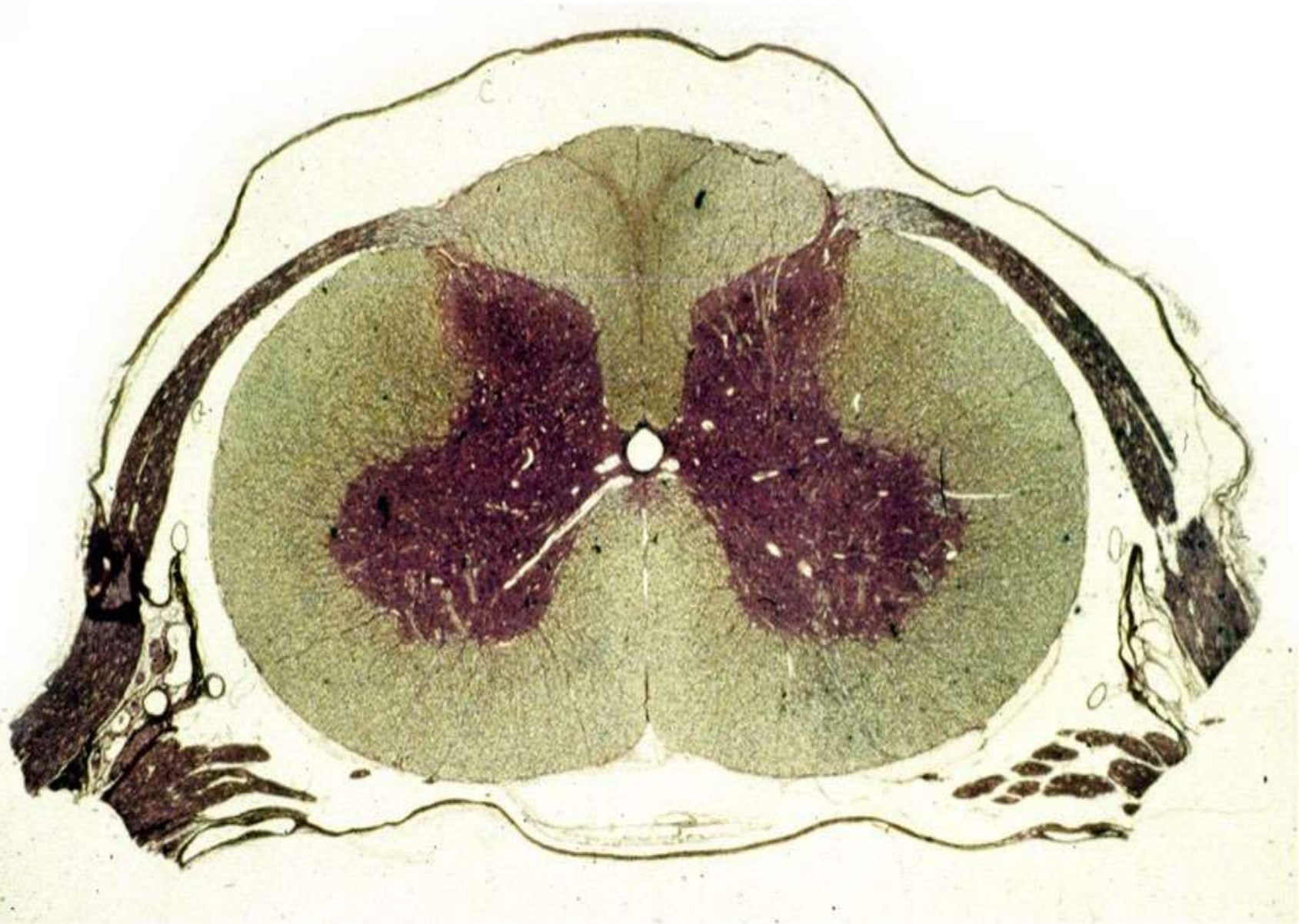


CONFIGURATION INTÉRIEURE

CONFIGURATION INTERIEURE

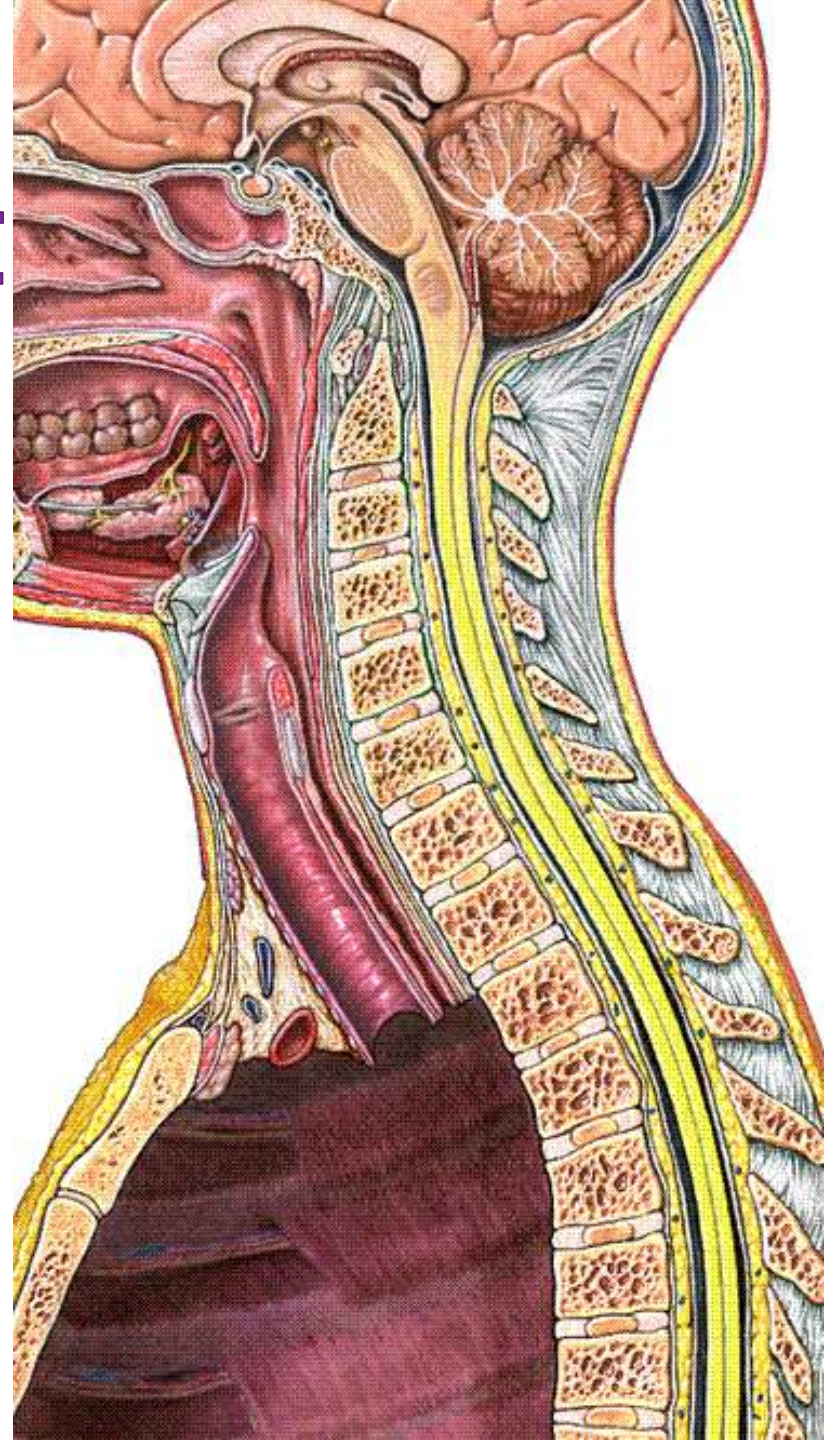
- La structure interne de la moelle apparaît sur une coupe transversale qui montre:
 - Canal épendymaire.
 - Substance grise.
 - Substance blanche.



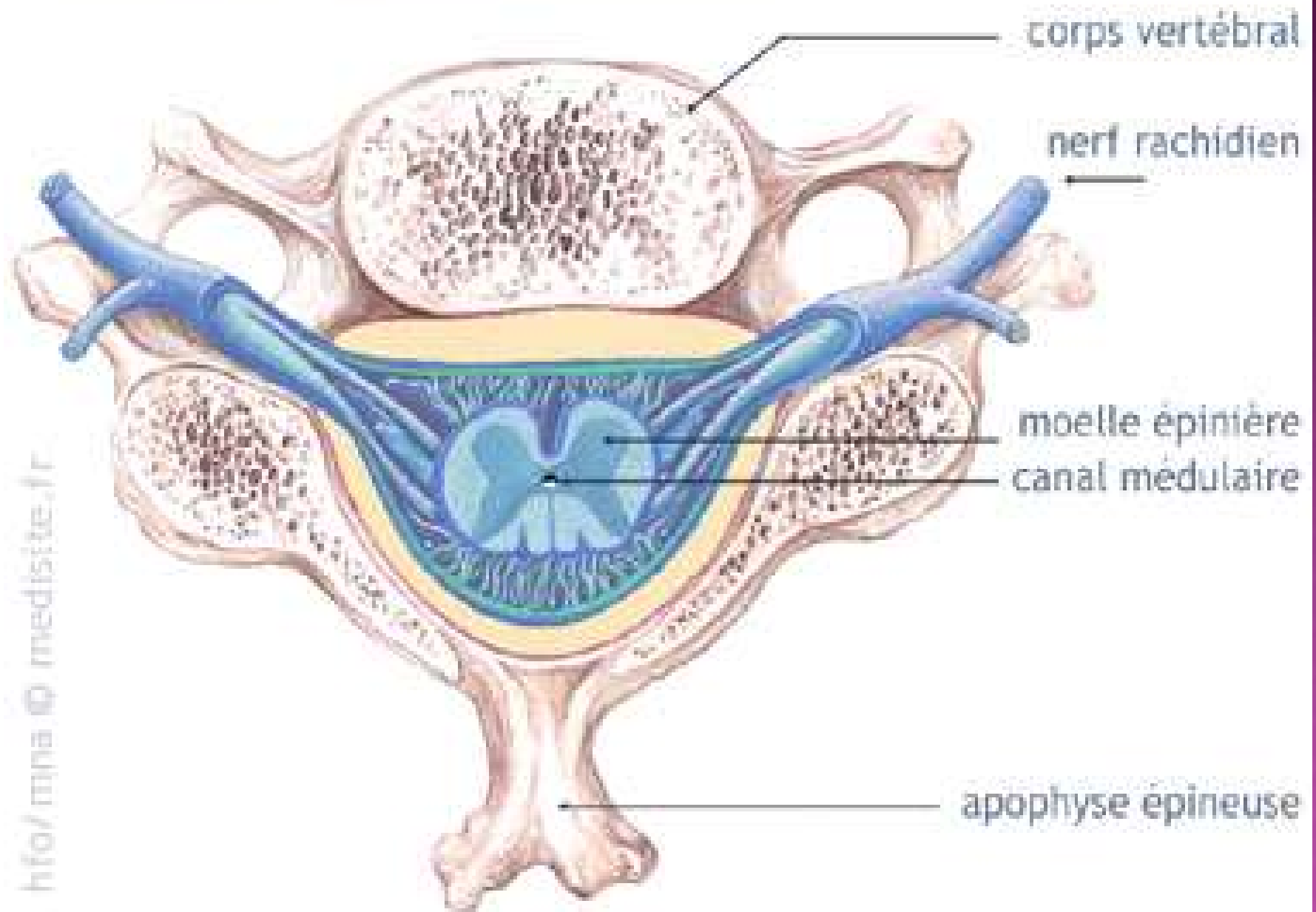


CANAL ÉPENDYMAIRE

- ⊙ Il est central et presque virtuel.
- ⊙ Il s'étend sur toute la hauteur de la moelle et se continue en haut par le 4^{ème} ventricule.



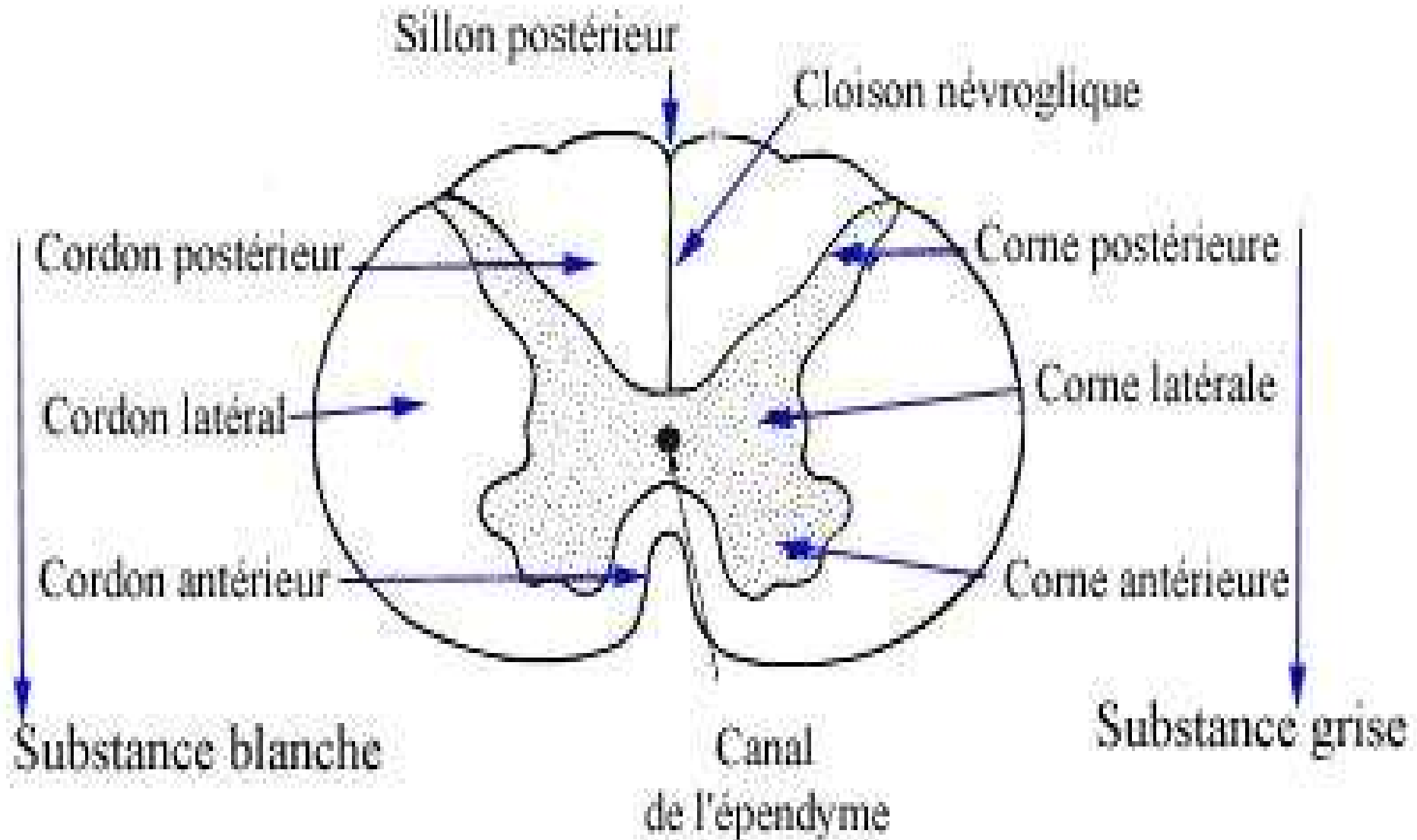
vertèbre / moelle épinière



SUBSTANCE GRISE

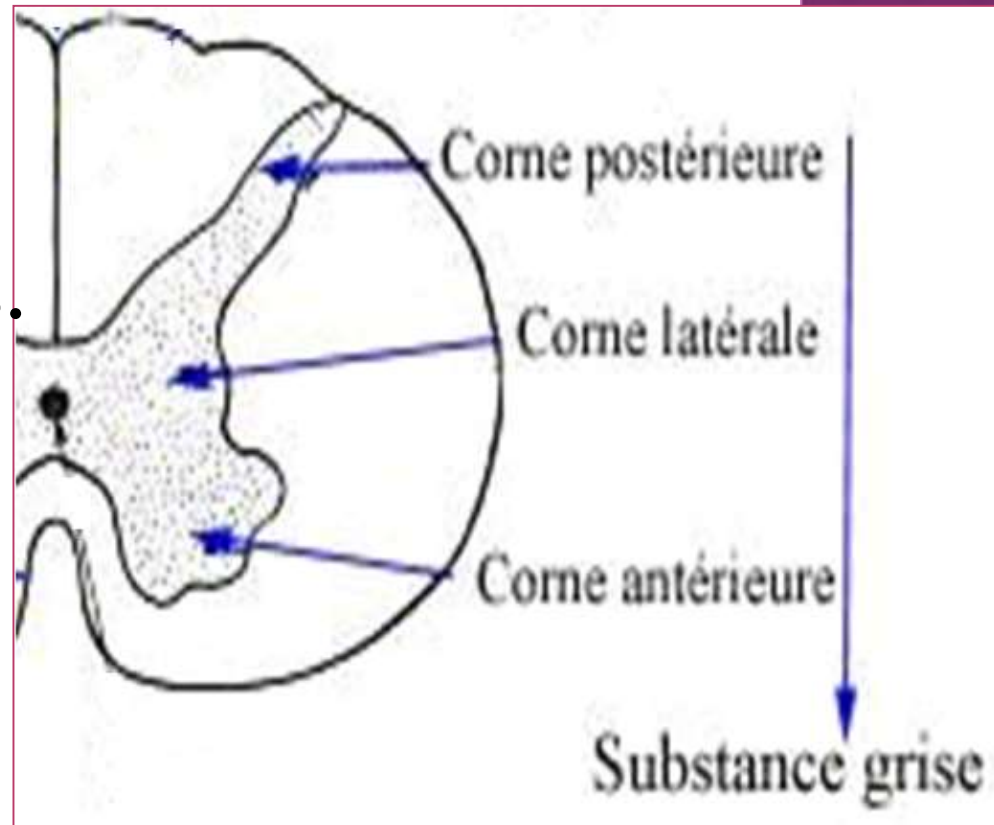
- Elle est centrale, en forme de papillon aux ailes étalées, elle forme dans chaque moitié de la moelle un croissant qui présente 3 cornes:
 - Une corne antérieure motrice.
 - Une corne postérieure sensitive.
 - Une corne latérale.

Coupe transversale de la moelle



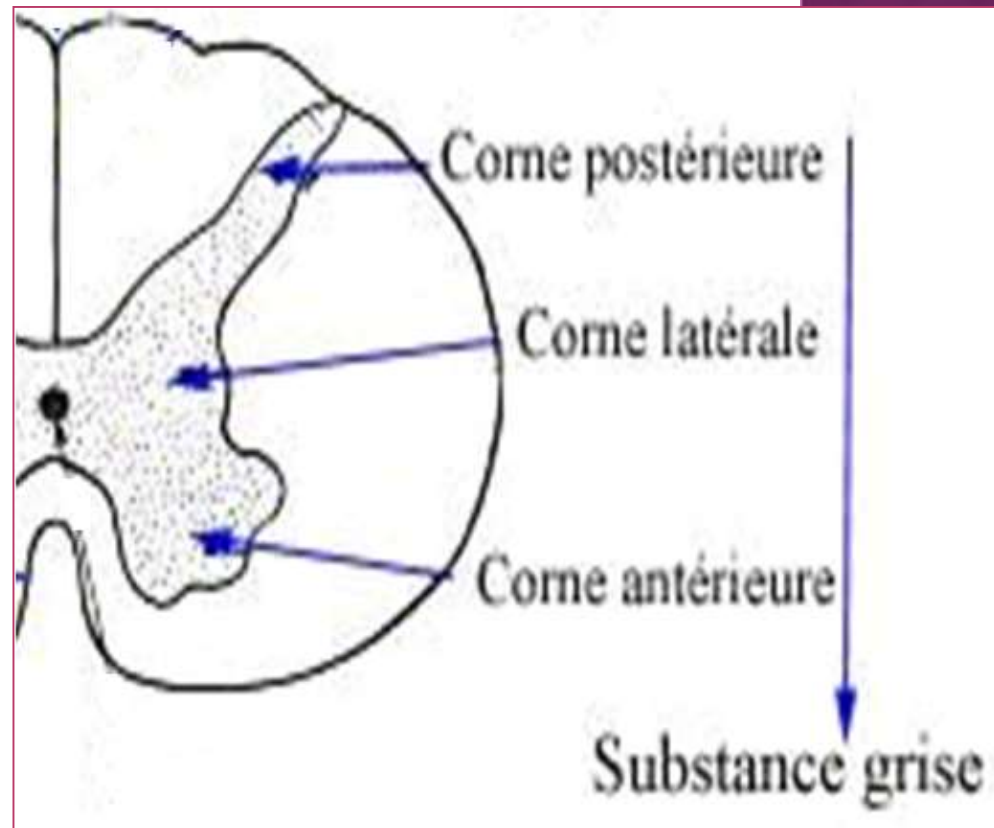
CORNE ANTÉRIEURE MOTRICE

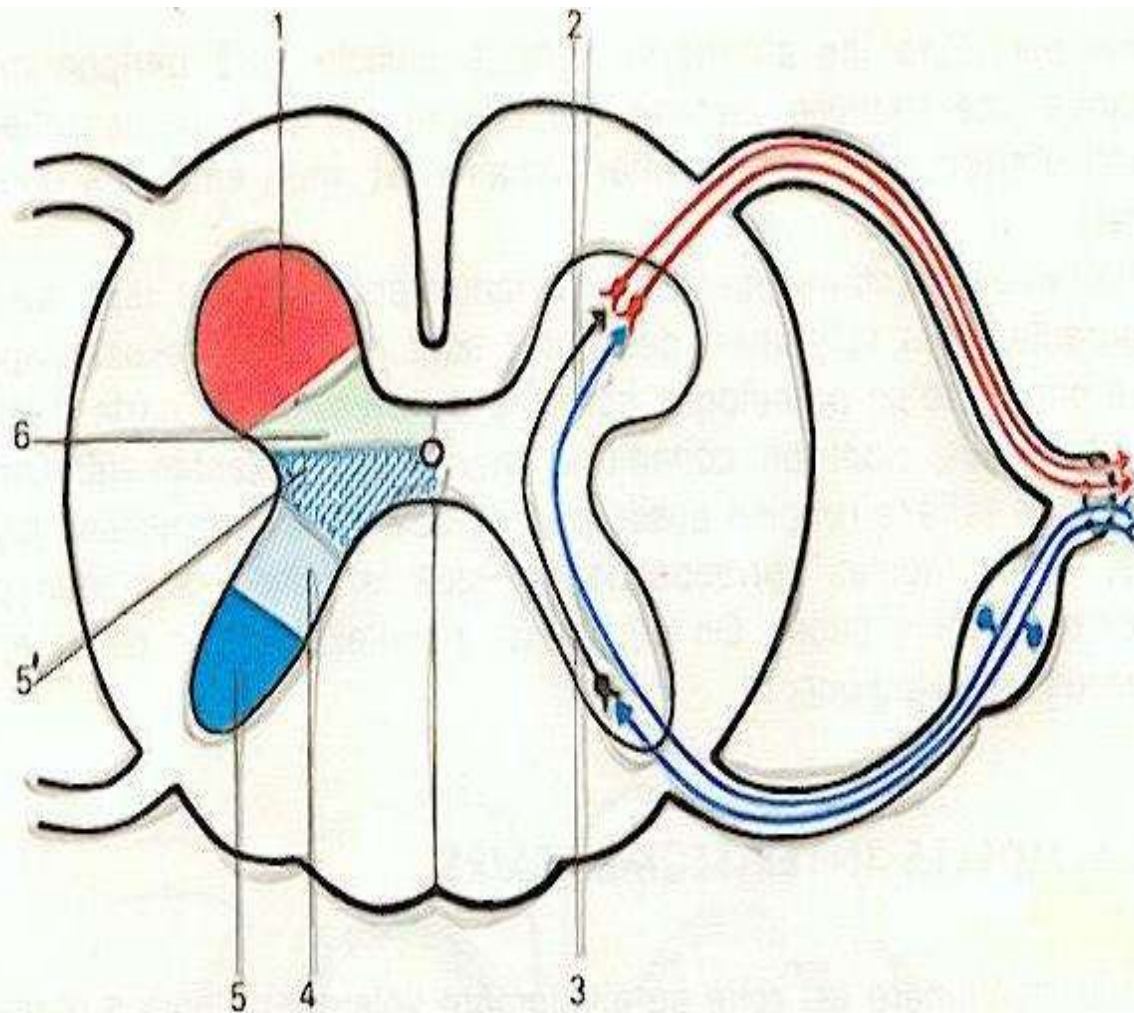
- ◉ Volumineuse et renflée, de contours festonnées, à la quelle on distingue:
 - ◉ Une tête de la quelle naissent les fibres motrices périphériques.
 - ◉ Une base qui se confond avec le reste de la substance grise.



CORNE POSTÉRIEURE SENSITIVE

- ◉ Elle est étroite et allongée à laquelle on distingue:
 - Une base qui répond à la base de la corne antérieure.
 - Un col.
 - Une tête effilée coiffée d'un croissant de substance grise: substance gélatineuse de Rolando revêtue en arrière par la couche zonale de Waldeyer et la zone blanche de marginale de Lissauer.





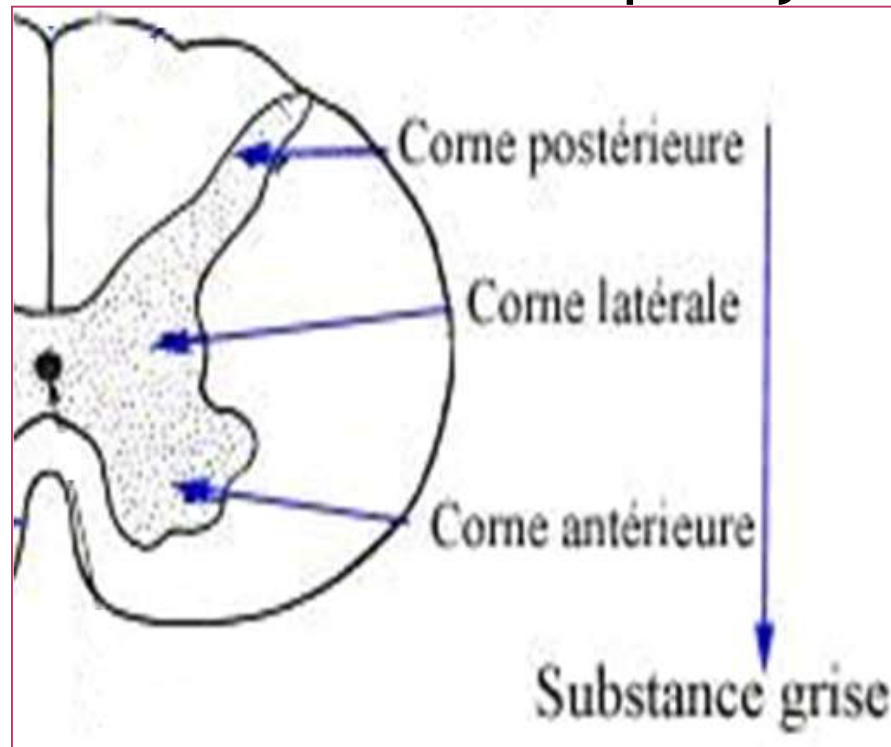
37. Arc réflexe et systématisation de la substance grise dans la moelle.
 1. Motricité somatique, 2. Arc réflexe bi-neuronal, 3. Arc réflexe tri-neuronal,
 4. Sensibilité proprioceptive, 5. Sensibilité extéroceptive, 5'. Sensibilité viscé-
 rale, 6. Motricité viscérale.

CORNE LATÉRALE

- C'est une région inter-médio-latérale située entre la corne antérieure et postérieure.

COMMISSURES GRISES ANTÉRIEURE ET POSTÉRIEURE

- Ce sont des minces bandes de substance grise qui unissent les croissants de substance grise contenues dans chaque moitié de la moelle en avant et en arrière de l'épendyme.



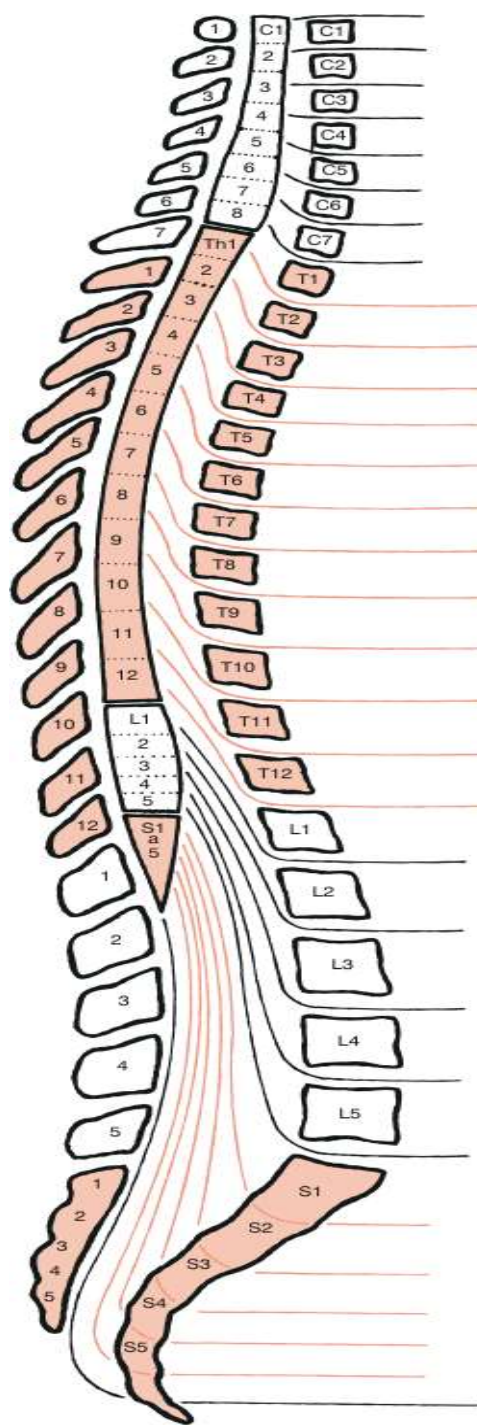
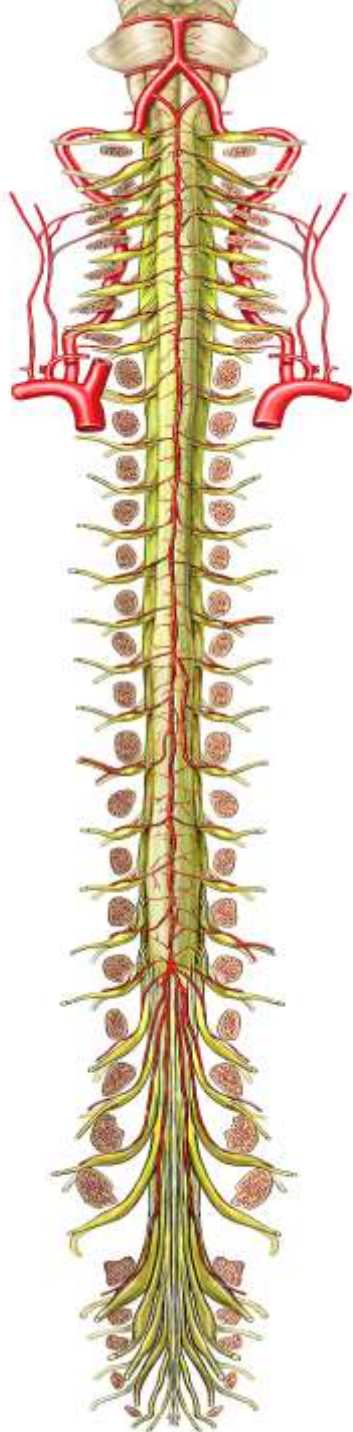
SUBSTANCE BLANCHE

- Elle est périphérique, elle entoure la substance grise et se regroupe dans les 3 cordons de la moelle:
 - **Antérieurs** : droit et gauche, sont réunis de part et d'autre de la ligne médiane par la **commissure blanche antérieure**.
 - **Postérieurs**: droit et gauche, sont séparés jusqu'à la commissure grise par le **septum médian**. La partie cervicale du cordon postérieur est divisée par un sillon longitudinal: sillon intermédiaire postérieur en 2 parties:
 - interne: faisceau de Goll(gracile).
 - externe: faisceau de Burdach(cunéiforme).
 - **Latérales**: compris entre la corne dorsale et la racine ventrale.

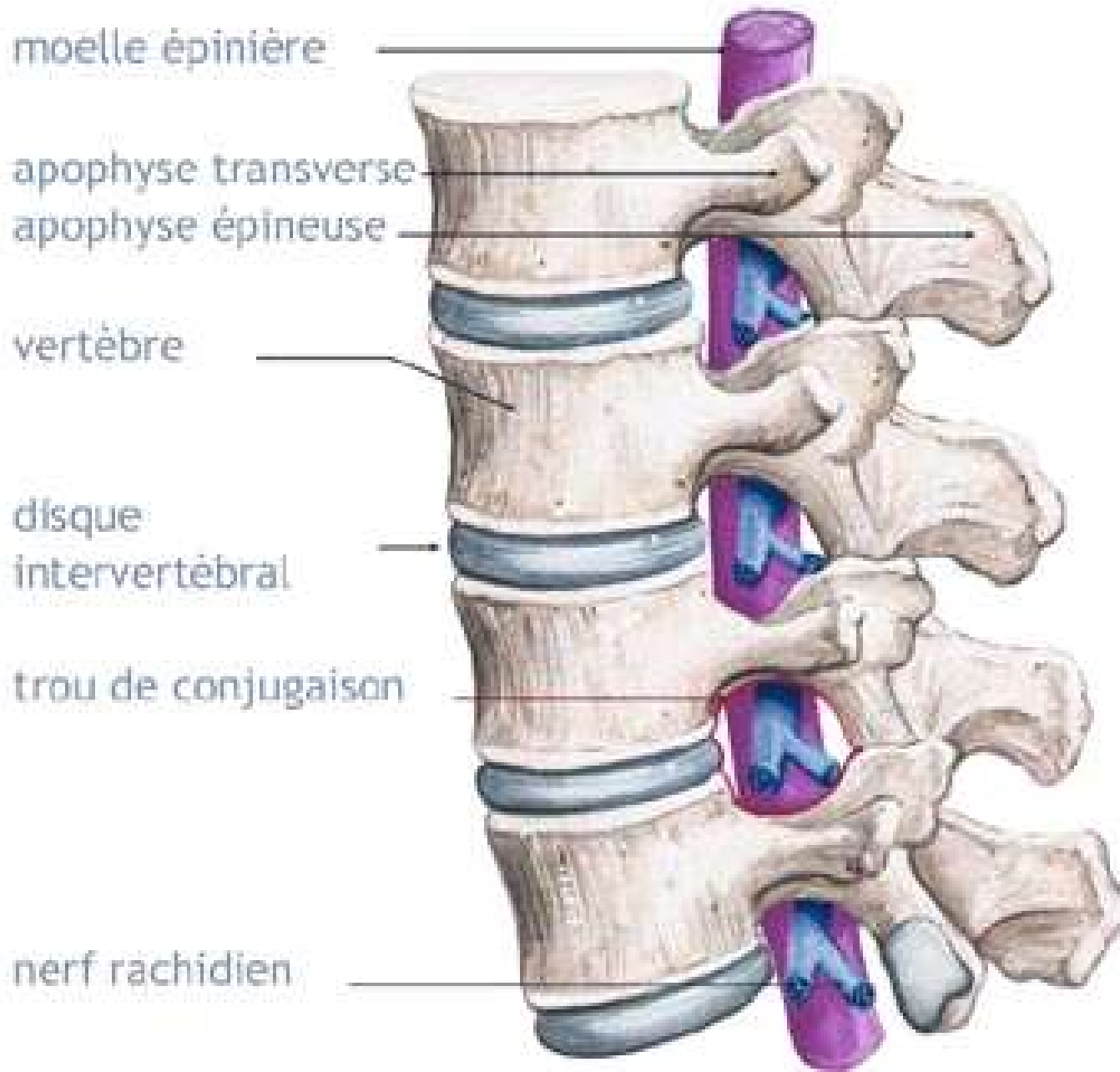
NERFS RACHIDIENS

NERFS RACHIDIENS (OU SPINAUX)

- Ils se détachent de la moelle et sortent du canal vertébral par les trous de conjugaison.
 - Sont en nombre de 31 paires:
 - 8 nerfs cervicaux(portant le numéro de la vertèbre sous-jacente).
 - 12 nerfs thoraciques.
 - 5 nerfs lombaires.
 - 5 nerfs sacrés.
 - 1 nerf coccygien.
- Portant le numéro de la vertèbre sus - jacente

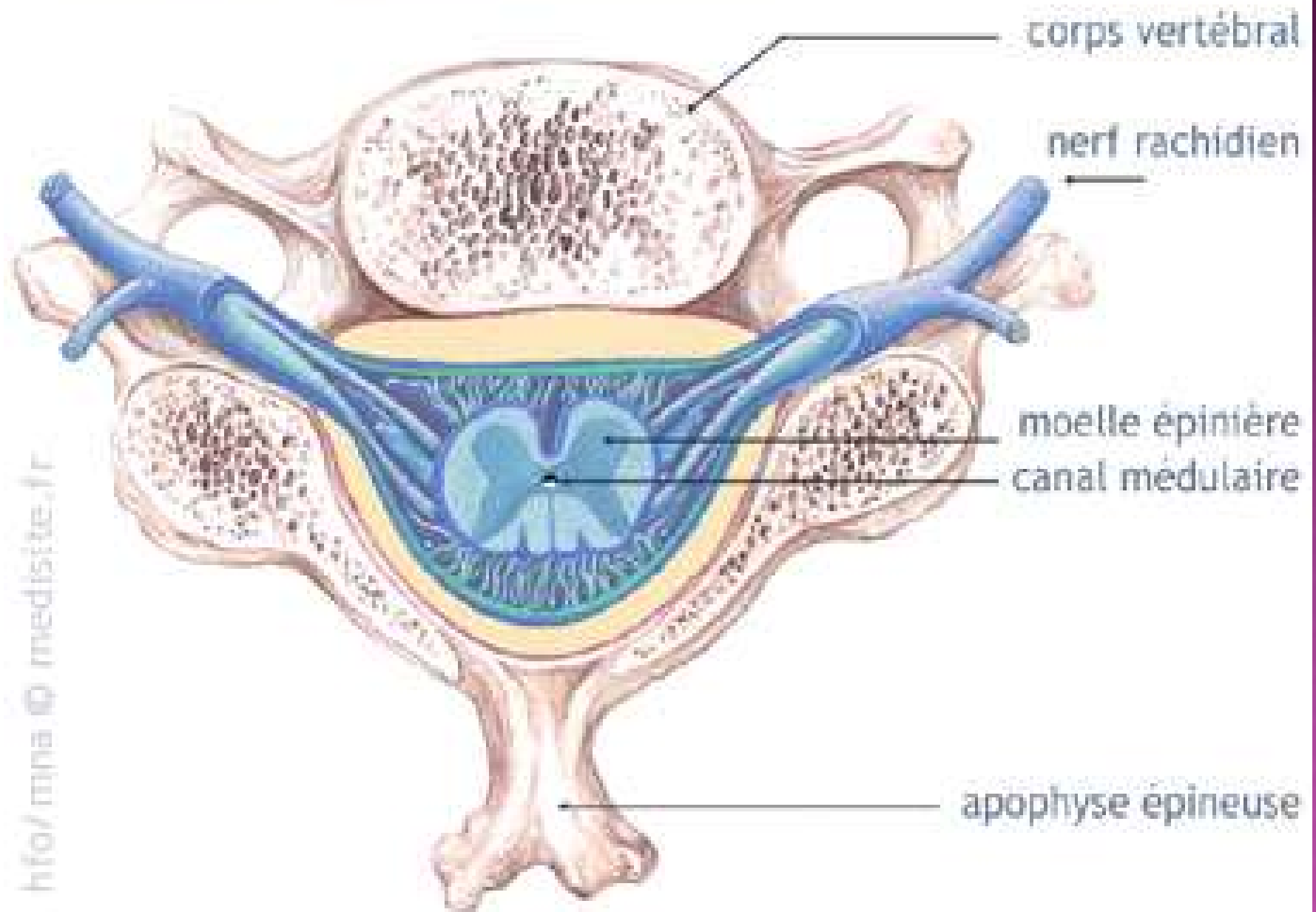


vertèbres et moelle épinière



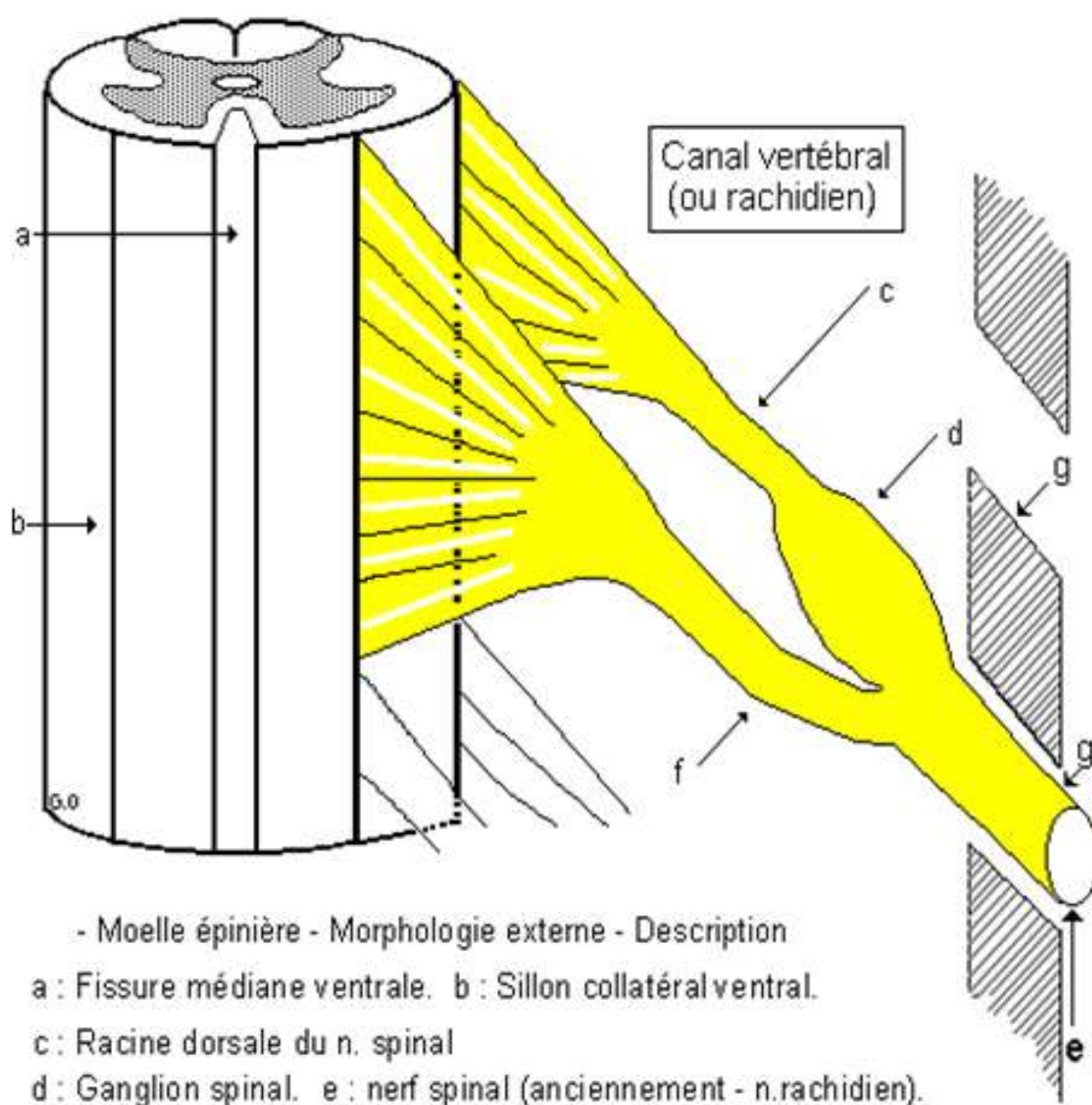
- ◉ les nerfs rachidiens sont des nerfs mixtes, sensitivomoteurs, formé chacun par 2 racines:
 - Racine antérieure motrice
 - Racine postérieure sensitive.
- ◉ Les 2 racines convergent vers le trou de conjugaison à l'intérieur du quel elles s'accolent pour se réunir un peu en dehors du ganglion spinal.
- ◉ Chaque nerf rachidien se divise en 2 branches terminales:
 - Antérieure, forme les différents plexus, elle est destinée à la région ventrale du corps.
 - Postérieure, destinée aux parties molles rétro-rachidiennes.

vertèbre / moelle épinière



RACINES MÉDULLAIRES

- ◉ Racine postérieure: pénètre dans la moelle par des radicelles qui proviennent de la corne postérieure et dont leur corps cellulaires est situé dans le ganglion spinale qui se trouve sur le trajet de cette racine.
- ◉ Racine antérieure: émerge de la moelle par des radicelles qui proviennent des cellules de la corne antérieure et qui se réunissent pour former la racine ventrale ou motrice.



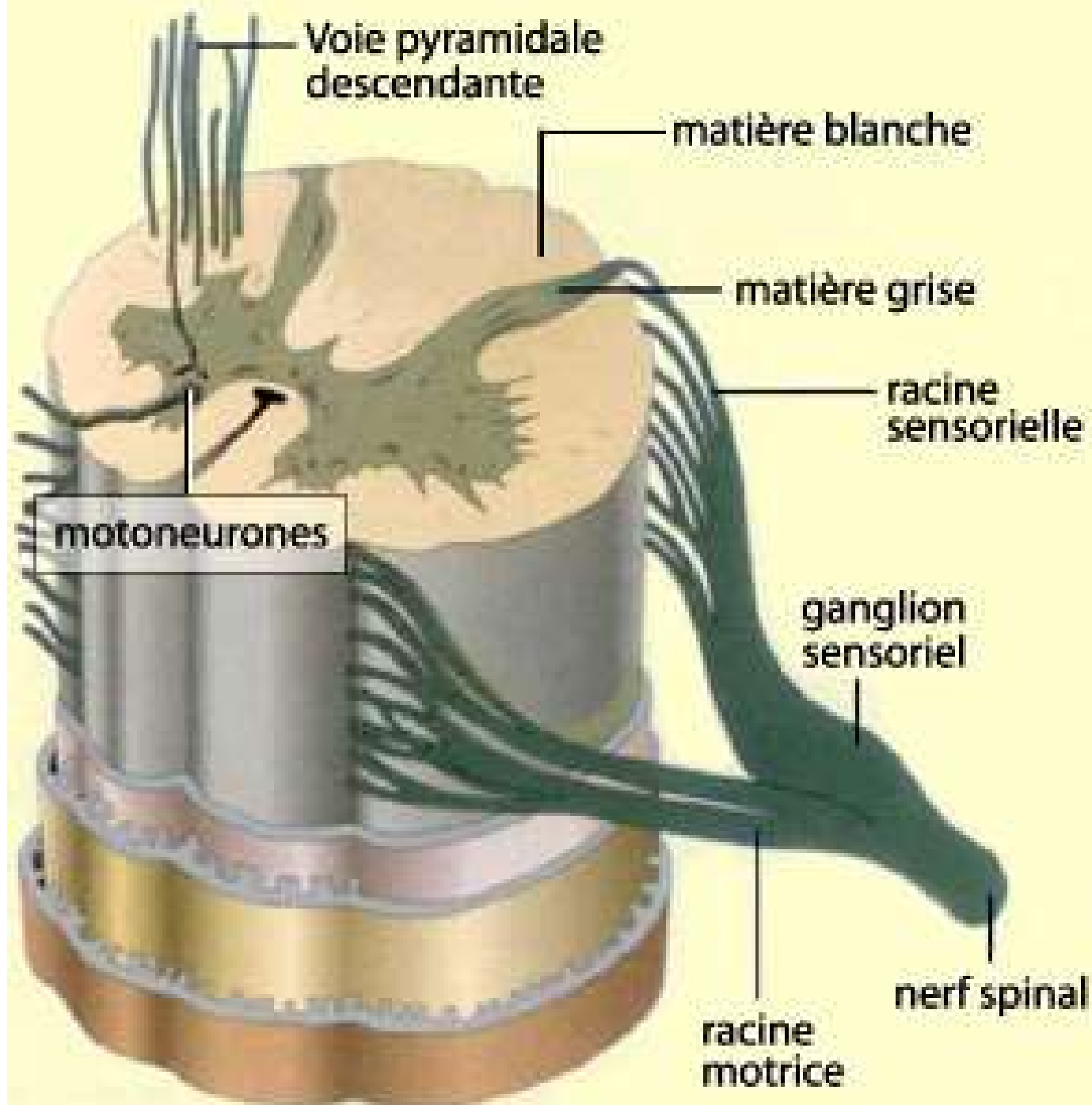
- Moelle épinière - Morphologie externe - Description

a : Fissure médiane ventrale. b : Sillon collatéral ventral.

c : Racine dorsale du n. spinal

d : Ganglion spinal. e : nerf spinal (anciennement - n.rachidien).

f : Racine ventrale du n. spinal g : foramen intervertébral

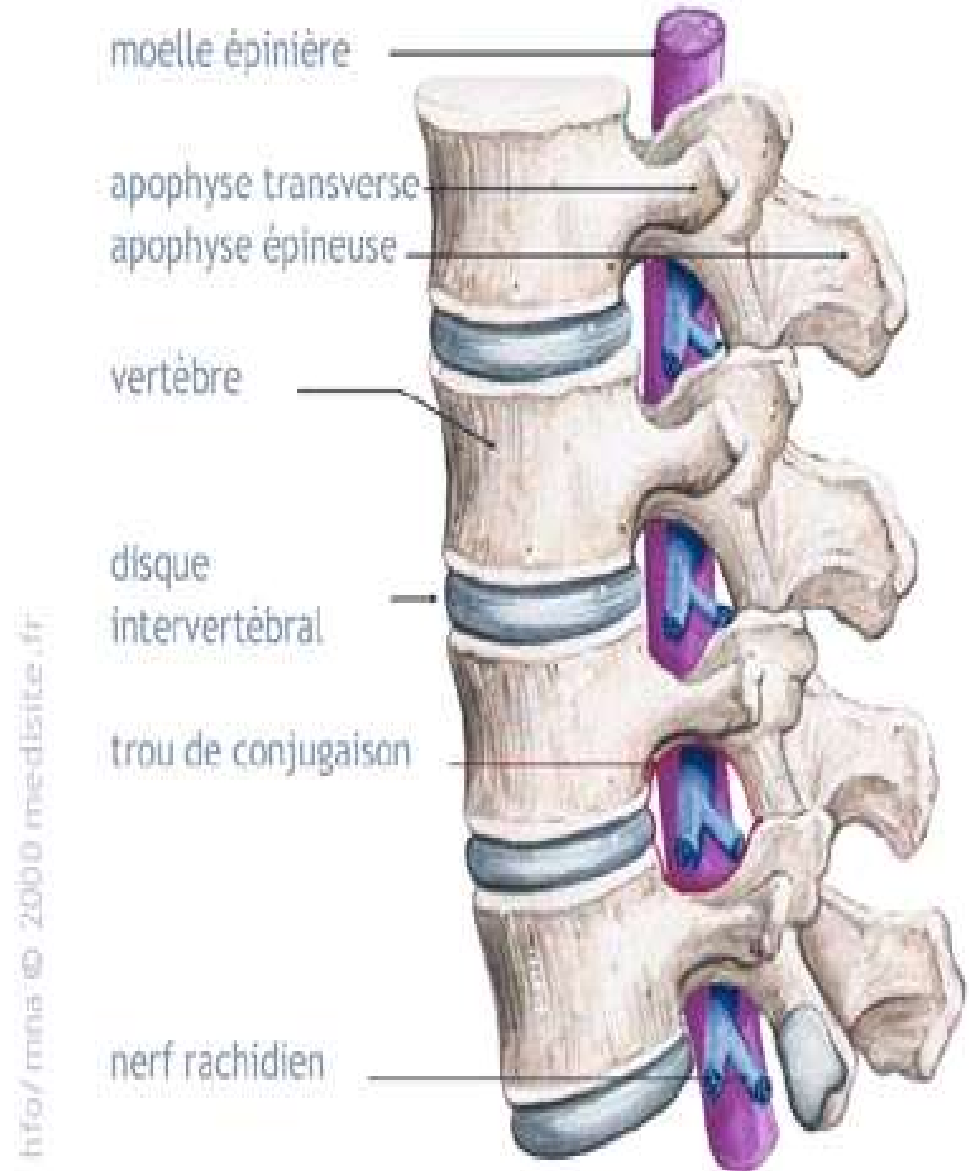


RAPPORTS DE LA MOELLE

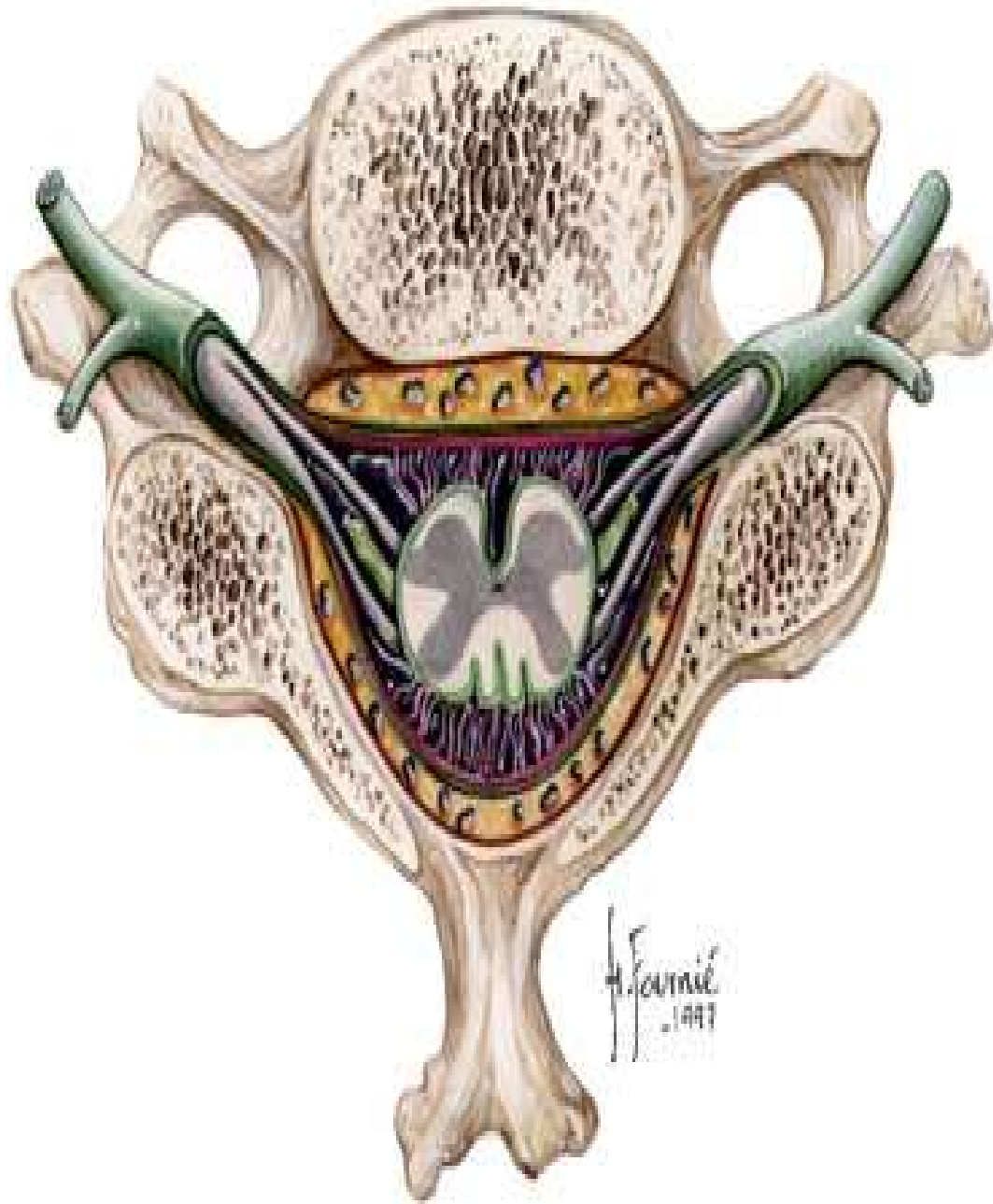
◉ Dans le canal rachidien elle est en rapport:

- En avant avec:
 - Face postérieure des corps vertébraux.
 - Face postérieure des disques intervertébraux.
 - Ligament vertébral commun postérieur.
- Intérêt clinique:
protrusion et luxation discale: **hernie discale**.

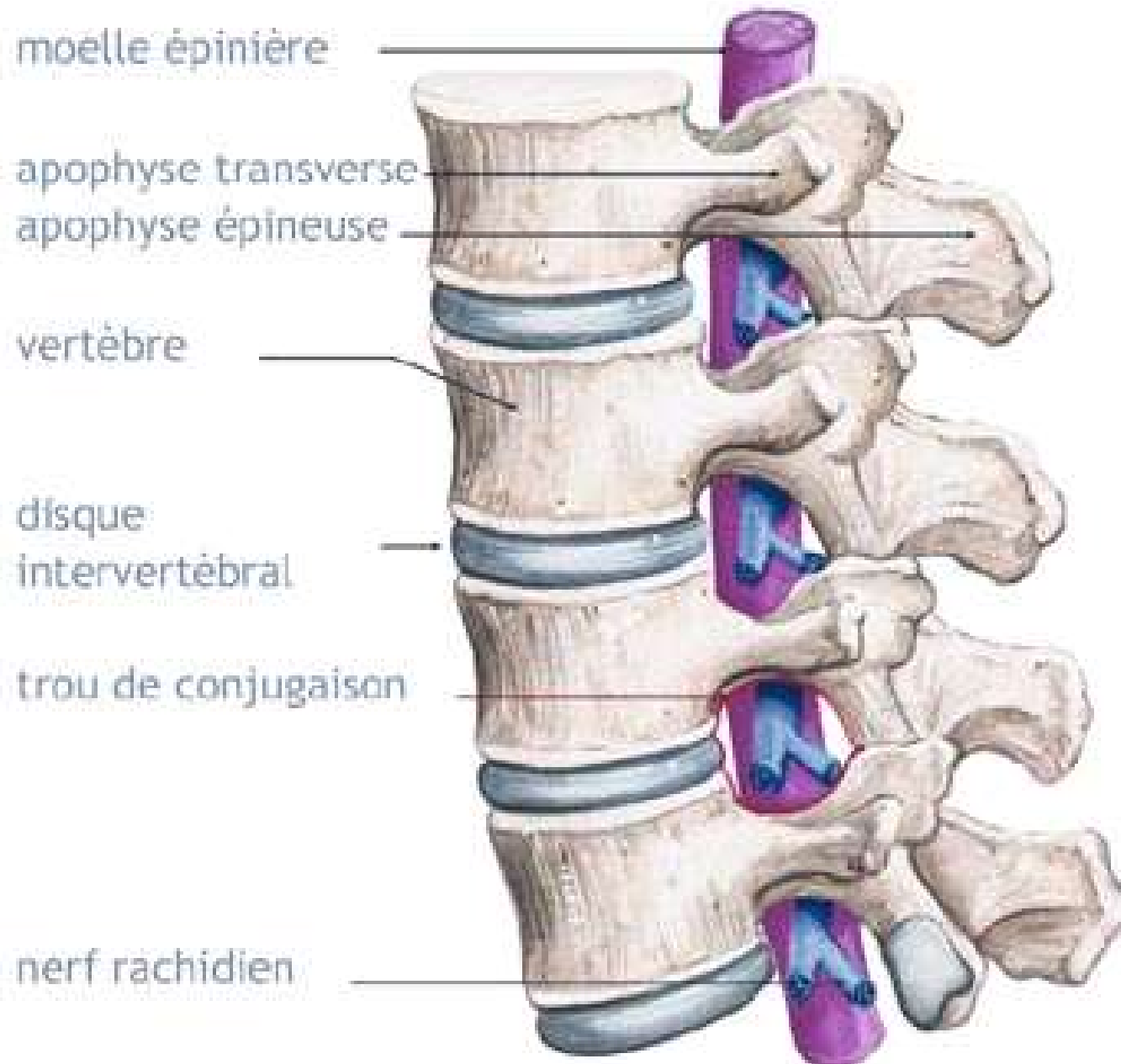
vertèbres et moelle épinière



- En arrière avec:
 - Les lames vertébrales.
 - Les ligaments jaunes.(c'est la voie d'abord chirurgicale).
- Latéralement avec :
 - Les pédicules vertébraux.
 - Les trous de conjugaisons.

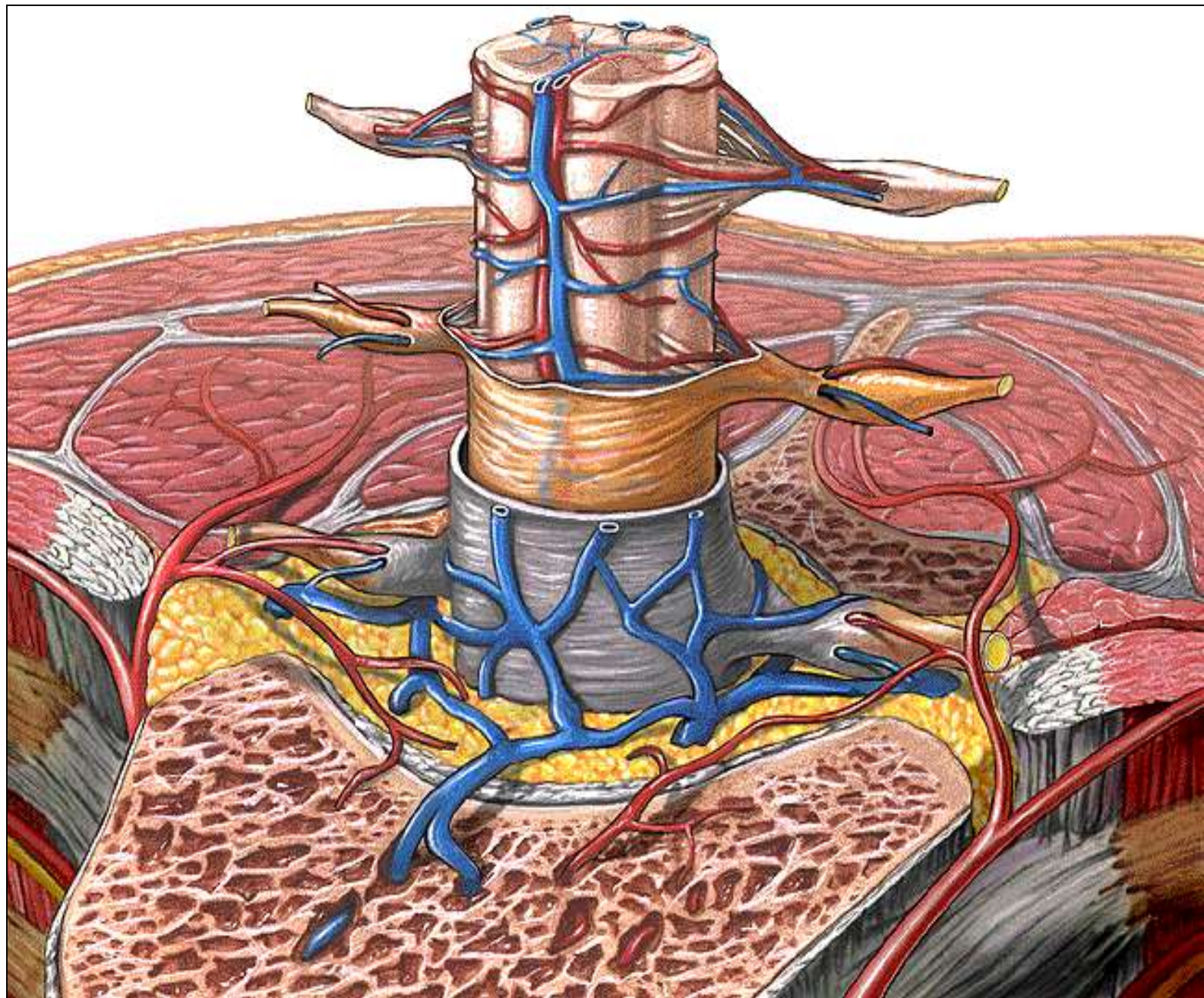


vertèbres et moelle épinière



MÉNINGES RACHIDIENNES

- ◉ **Dure mère**: est un étui cylindrique situé à l'intérieur du canal vertébral dont elle est séparée par **l'espace épidural**.
- ◉ **Arachnoïde** : membrane conjonctive très mince qui recouvre la face profonde de la dure mère.
 - **Espace sous arachnoïdien**: espace liquidien compris entre l'arachnoïde et la pie-mère dans le quel baignent les racine rachidiennes et la queue de cheval. c'est dans cet espace qu'on collecte le LCR par la ponction lombaire.
- ◉ **Pie-mère**: recouvre la moelle en s'appliquant étroitement contre elle. latéralement elle émet un prolongement transversale qui sépare les racines antérieures et postérieures: **ligament dentelé**

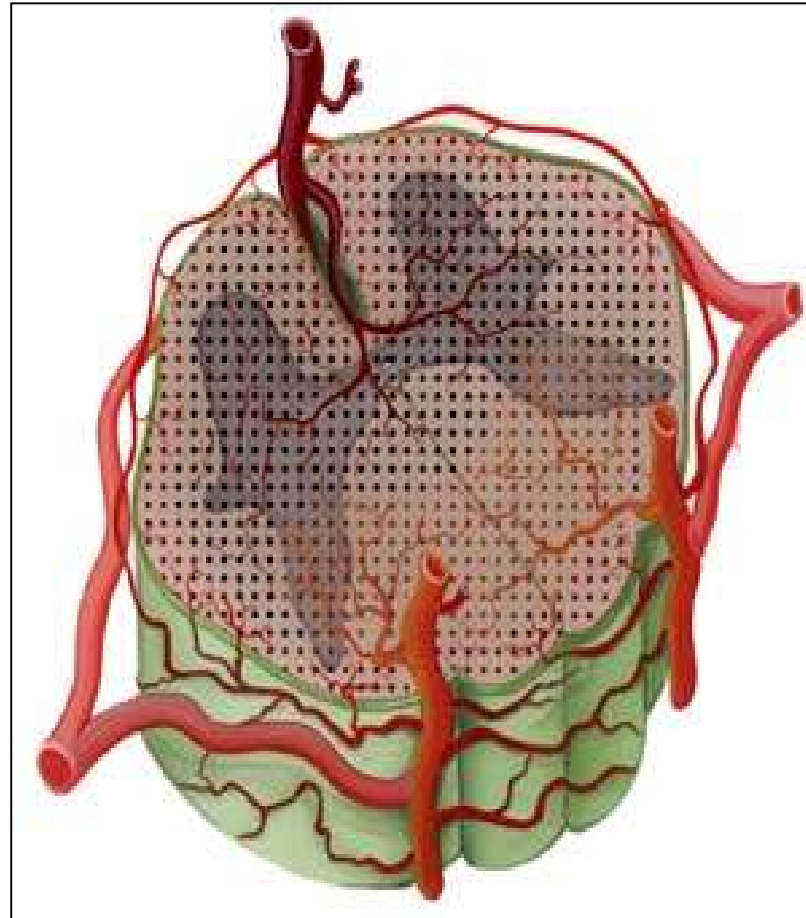


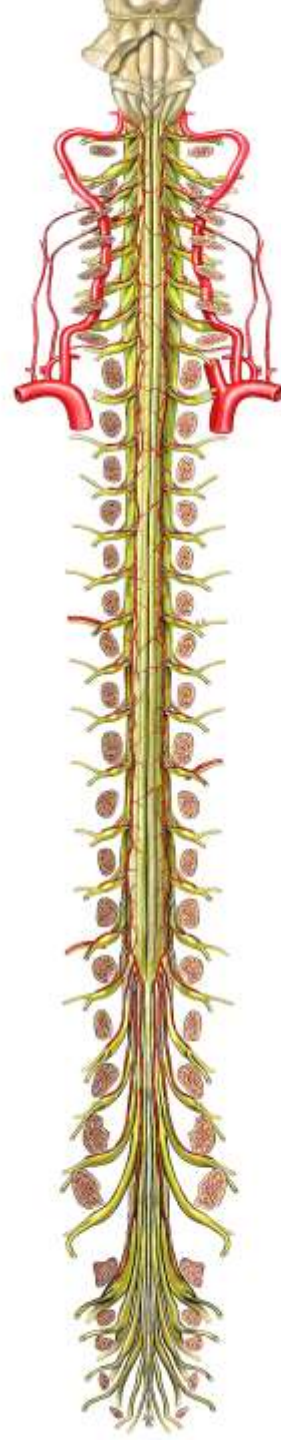
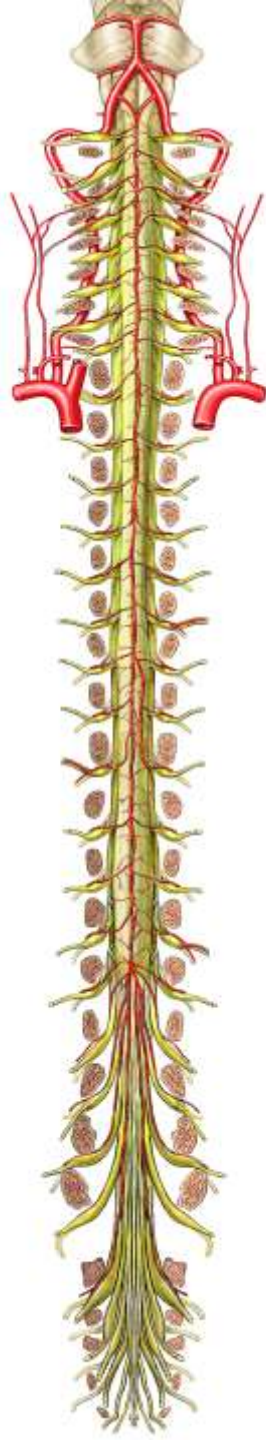
VASCULARISATION DE LA MOELLE

VASCULARISATION ARTÉRIELLE

○ Assurée par:

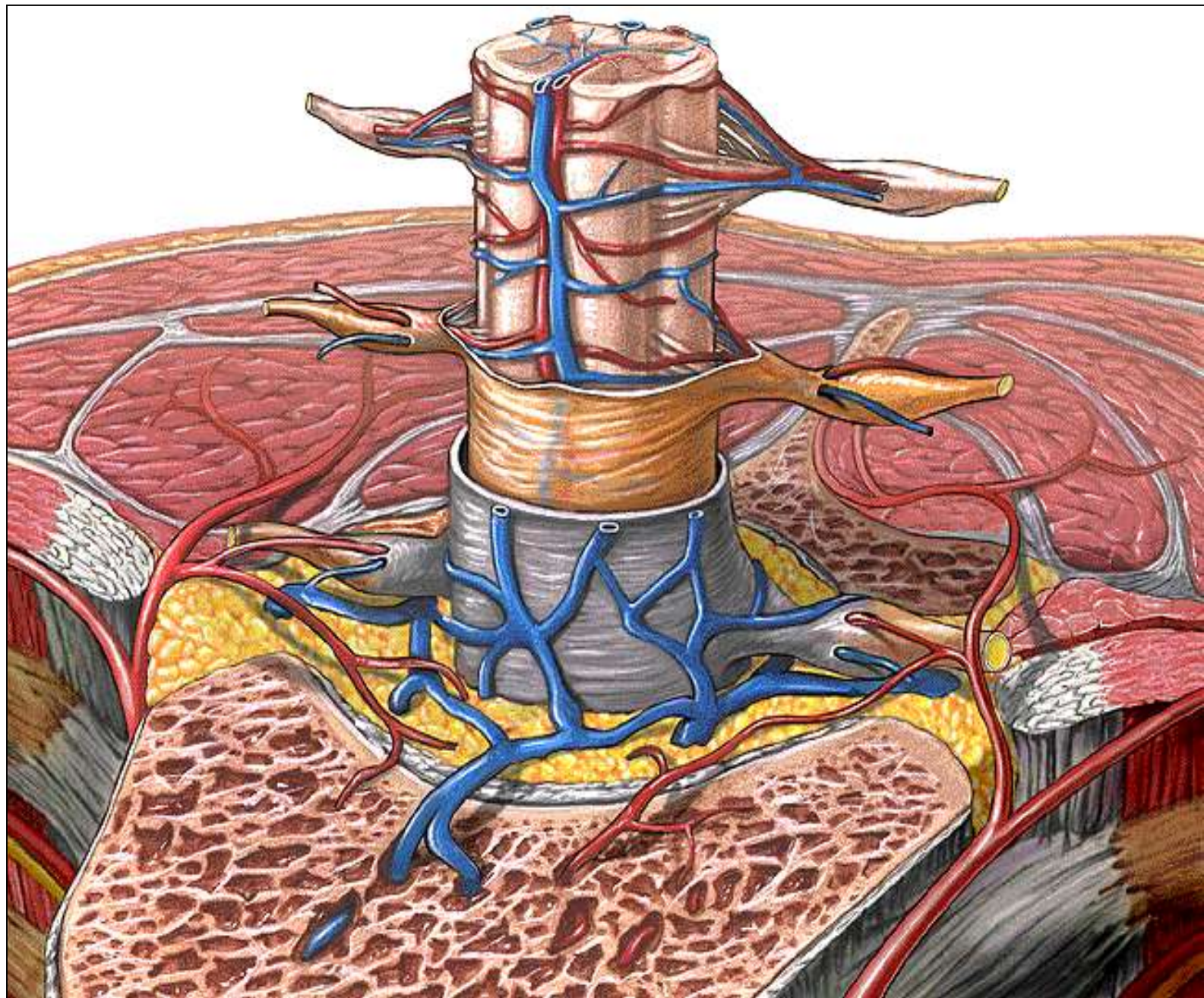
- **Artères spinales antérieures** (branche des artères vertébrales).
- **Artères spinales postérieures** (branche des artères soit vertébrales soit cérébelleuse inférieures).
- **Rameaux spinaux latéraux** (branches des artères vertébrales, intercôstales, lombaires et sacrées).





VASCULARISATION VEINEUSE

- ◉ Forment un réseau intra-médullaire qui gagne un réseau péri-médullaire.
- ◉ Le tout se jette dans des plexus extra-rachidiens.



Systématisation de la moelle épinière

DÉFINITION

- La systématisation est l'étude des circuits et des voies fonctionnelles.

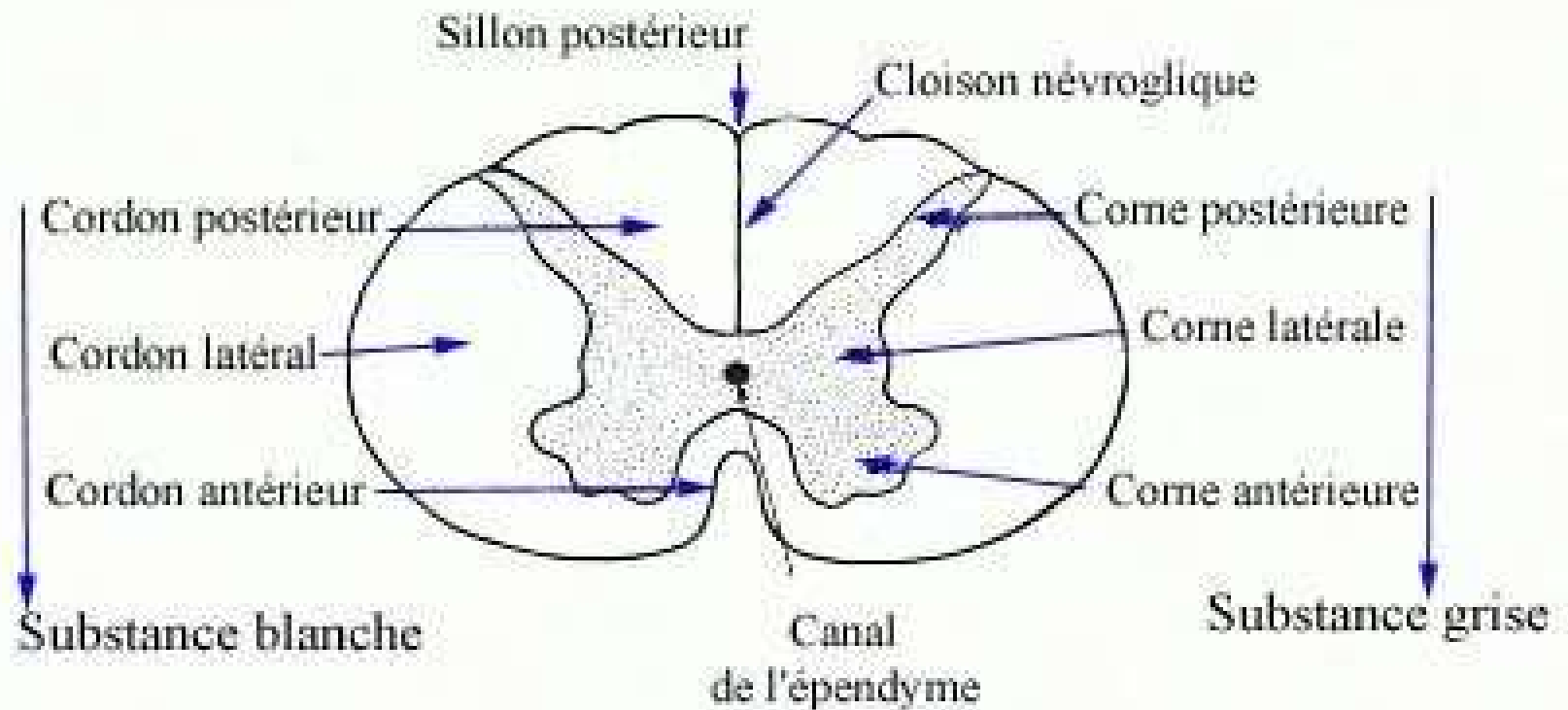
A- SUBSTANCE GRISE ET SUBSTANCE BLANCHE

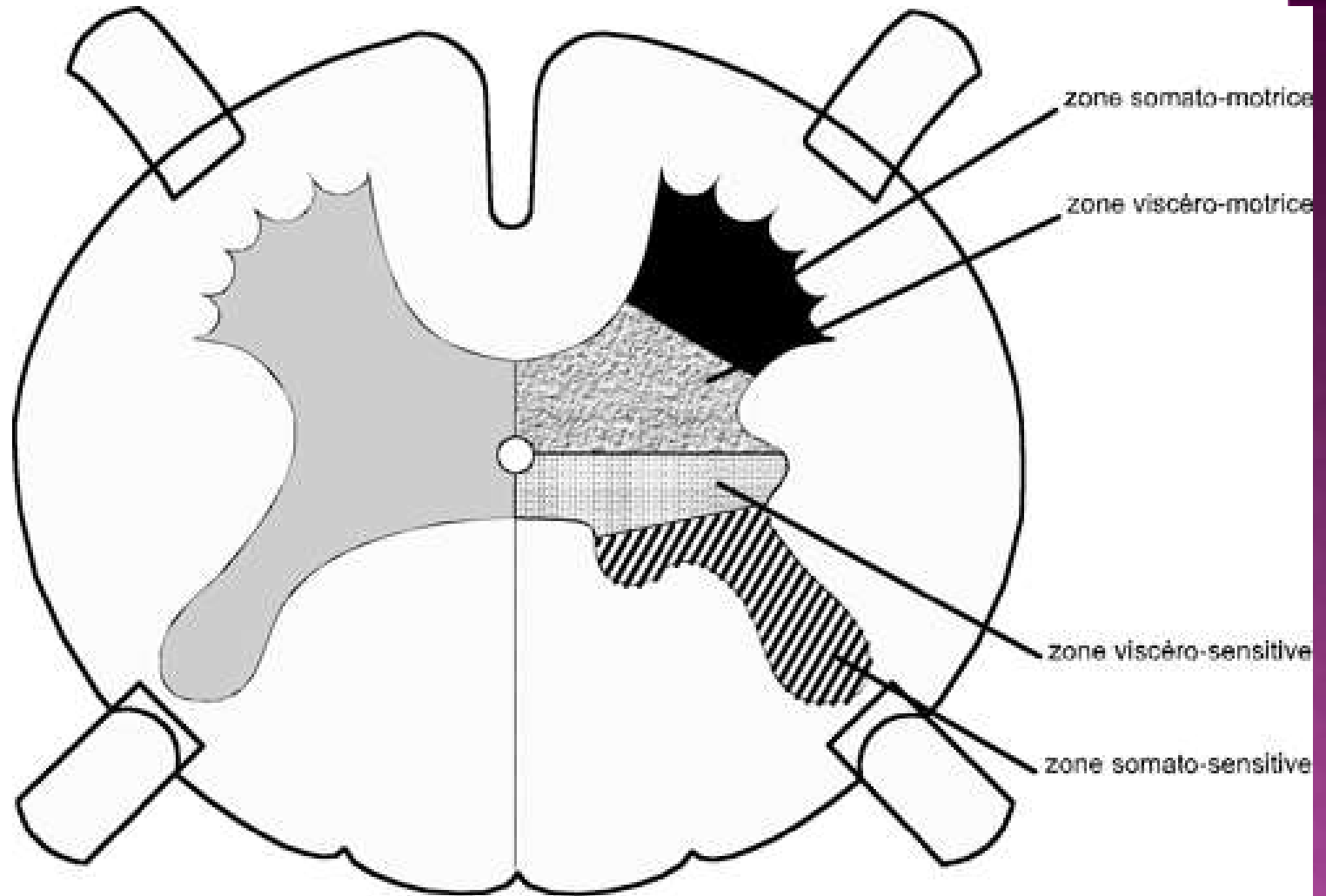
- La substance blanche et la substance grise ont une organisation et des fonctions différentes.

INTRODUCTION:

- On considère que pour la substance grise :
- **La région dorsale sensitive** est constituée de trois parties :
- **l'apex (tête):** reçoit une partie de la sensibilité extéroceptive (superficielle ou cutanéomuqueuse),
- **l'isthme (col) :** reçoit une partie de la sensibilité proprioceptive (profonde ; des muscles et des tendons),
- **la base :** reçoit la sensibilité intéroceptive (viscérale).

Coupe transversale de la moelle



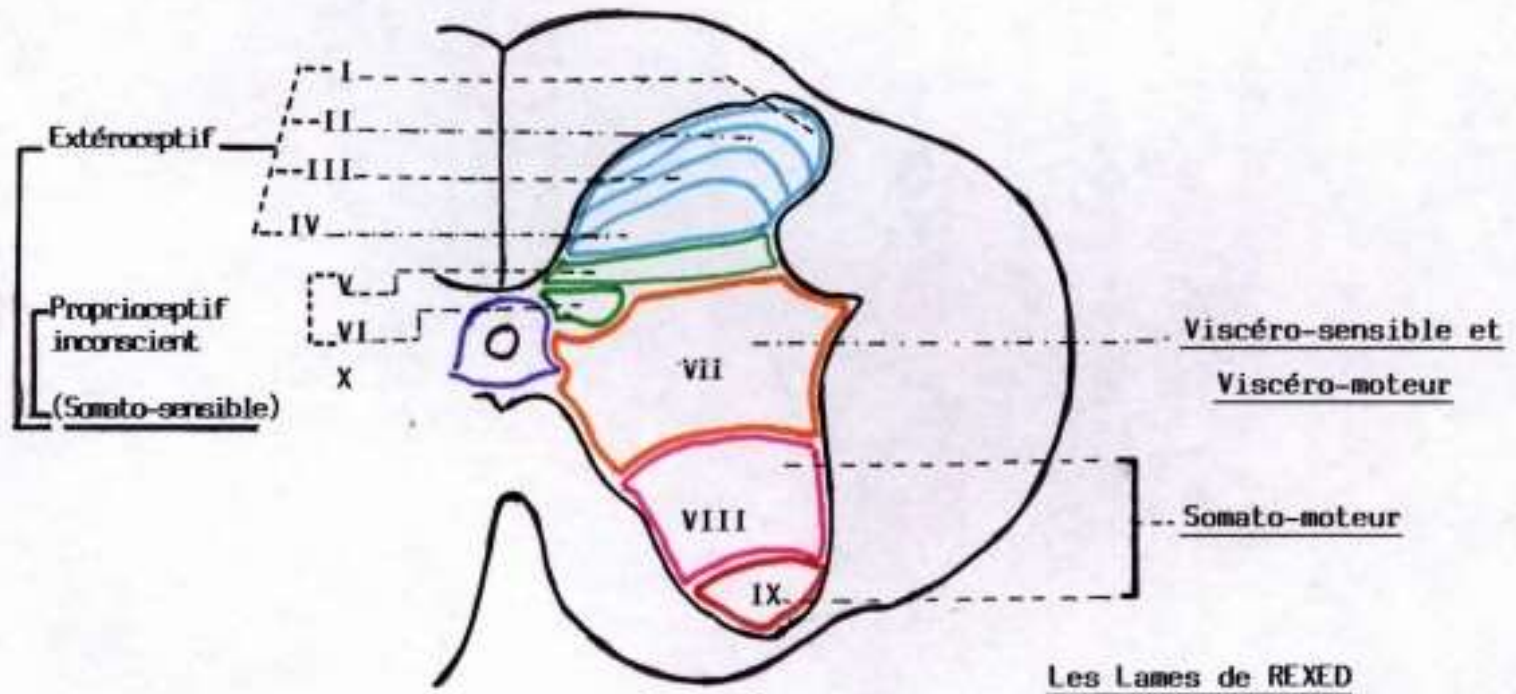


**division fonctionnelle
de la
substance grise de la moëlle**



CONCEPTION LAMELLAIRE DE REXED

Coupe sur T3 chez le chat



SUITE

- La **région ventrale motrice** est constituée de deux parties :
- l'**apex (ou tête)**: qui contient **les neurones somato- moteurs** qui se connectent avec les prolongements axonaux des cellules motrices du cortex cérébral.
- La **base** :contient **les neurones viscéro-moteurs**

SUITE

- On distingue par ailleurs des **voies ascendantes sensibles** qui recueillent les informations en périphérie et les transmettent aux centres supérieurs (tronc cérébral, thalamus, cortex cérébral) et des **voies descendantes motrices** regroupées en une **voie cortico-spinale pyramidale** et les **voies extrapyramidales** qui l'accompagnent. Ces voies ascendantes et descendantes constituent la substance blanche de la moelle épinière.

1-LA SUBSTANCE GRISE

- **Centre nerveux**, car, dans la substance grise, se déroulent **des phénomènes réflexes**.
- **Segmentaire**, car la substance grise est formée d'éléments étagés qui correspondent à la subdivision métamérique de l'embryon. Chaque segment de moelle grise, appelé **neuromère**, donne naissance aux racines d'un nerf spinal. Ainsi sur toute la hauteur de la substance grise de la moelle, on peut reconnaître la naissance de 31 paires de nerfs spinaux

A-LA SUBSTANCE GRISE CENTRE RÉFLEXE

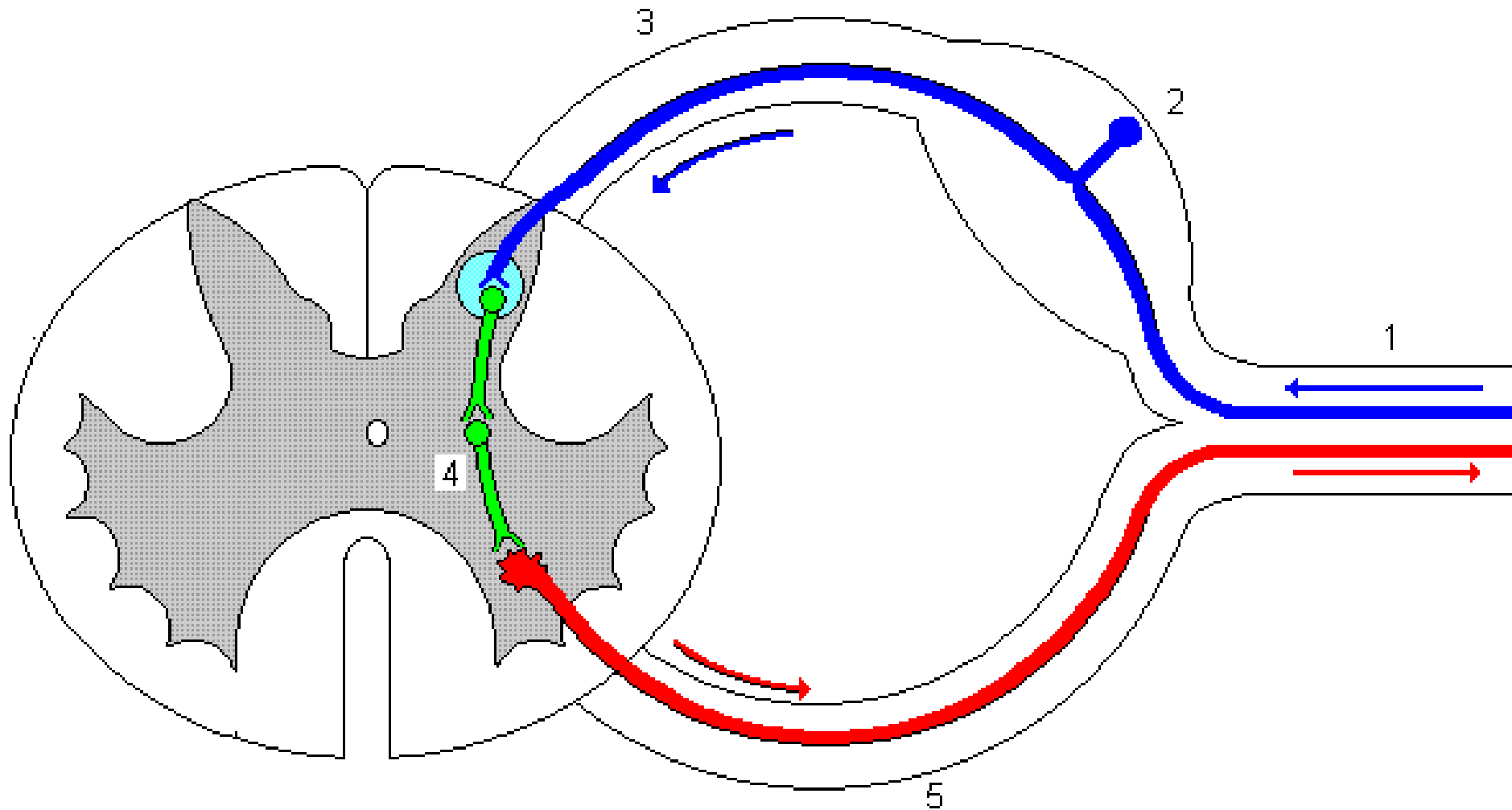
- l'arc réflexe simple et le réflexe médullaire réel.
- C'est au niveau de la substance grise d'un neuromère que se réfléchit l'*arc réflexe simple* dont voici le cheminement.
- Une information sensitive périphérique (tact, douleur etc.
...) est véhiculée par le nerf périphérique (ex. n. médian) puis par le nerf spinal (ancien n.rachidien).
- Il pénètre par la racine dorsale jusqu'à la substance grise médullaire.
- Par articulation monosynaptique (ou pluri synaptique, en raison de l'interposition d'un neurone intercalaire ou de plusieurs), l'influx nerveux aboutit à un motoneurone

SUITE

- L'influx nerveux moteur efférent chemine alors dans la racine ventrale, puis dans le nerf spinal (n.rachidien) jusqu'à la plaque motrice de la fibre musculaire qui réagit par contraction.
- Le réflexe myotatique (boucle gamma) est un exemple de réflexe mono - synaptique, assurant le réglage de la tonicité musculaire.

[S.55]

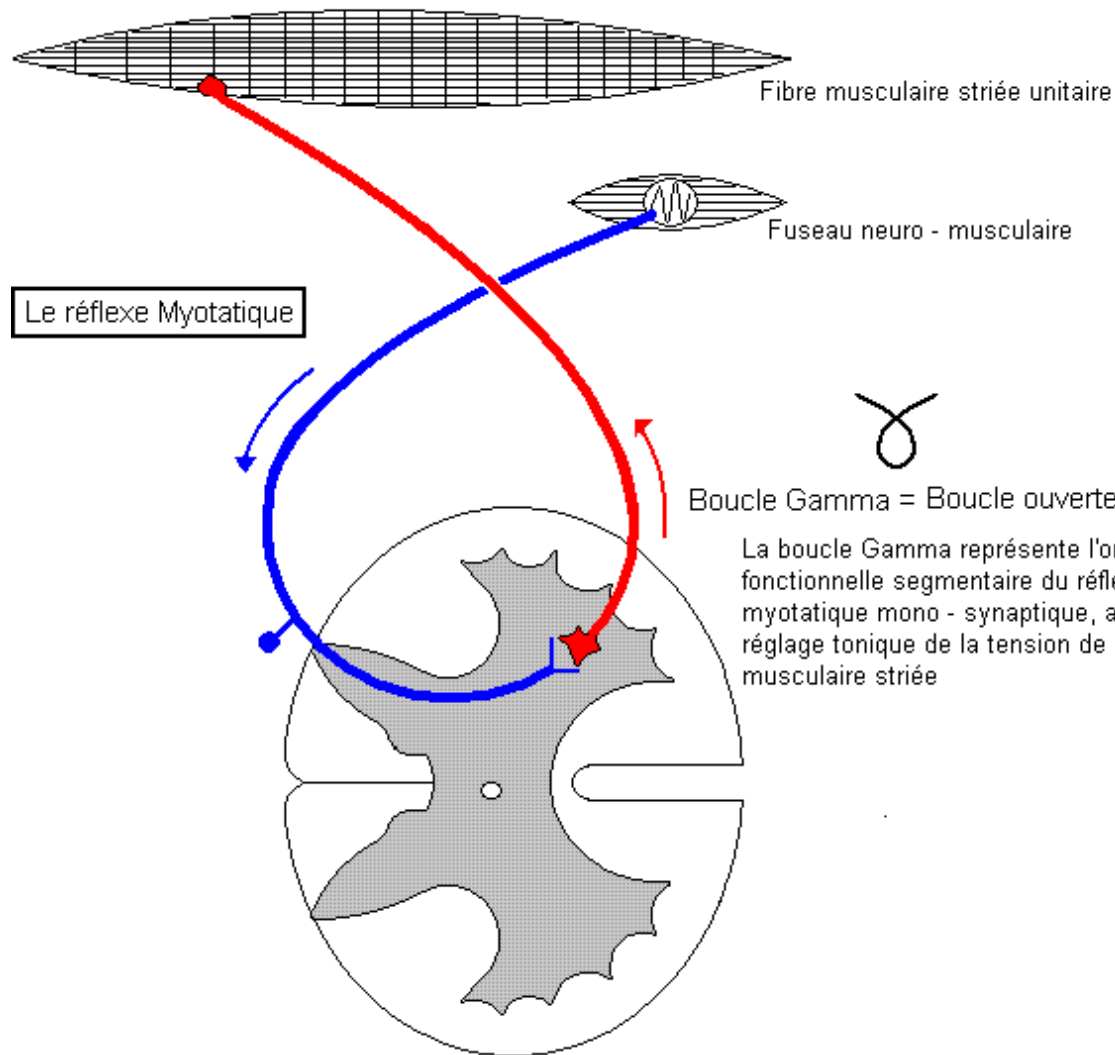
Arc réflexe de niveau médullaire segmentaire

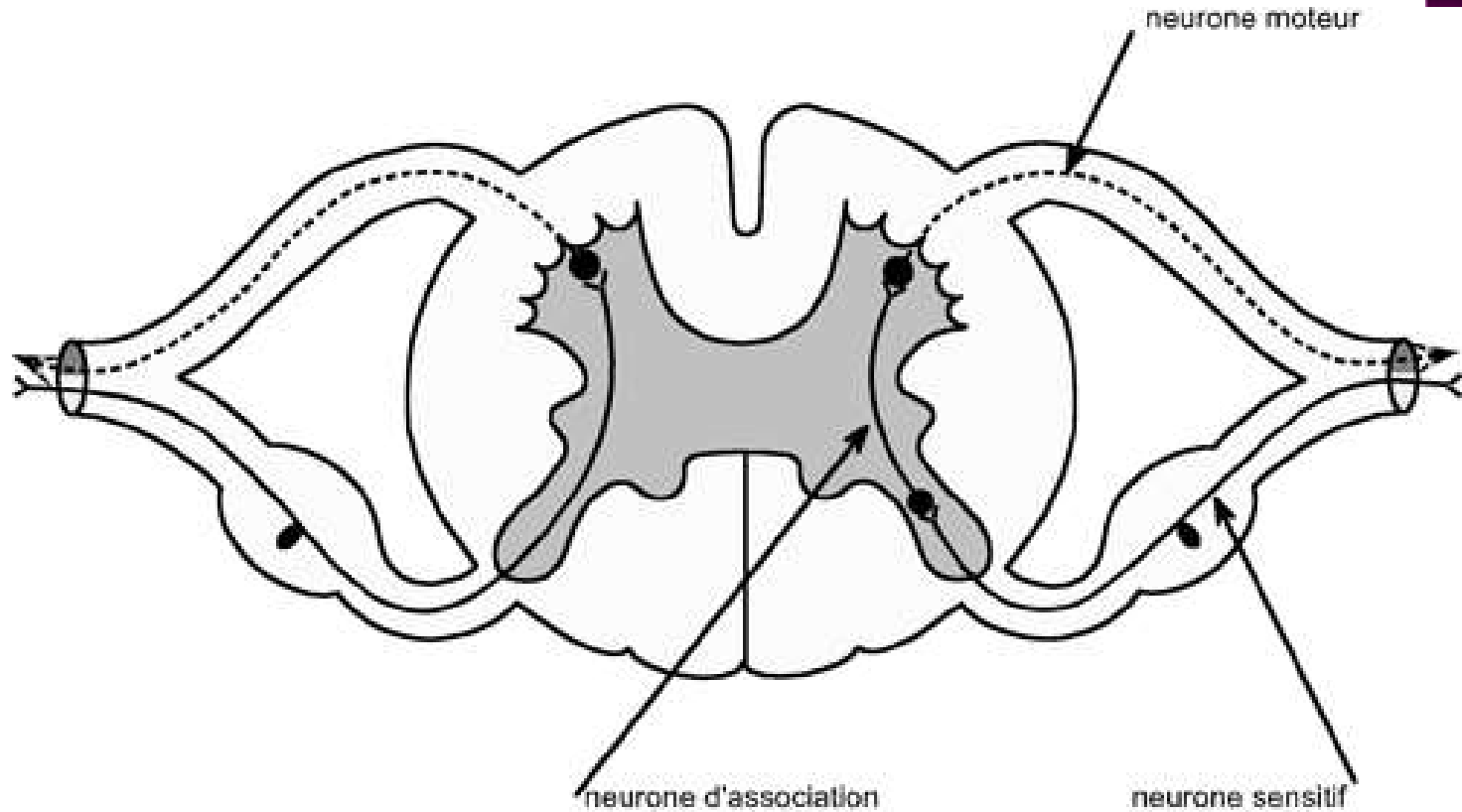


- 1 - Nerf Spinal (ou rachidien) - Nerf mixte 2 - Ganglion spinal 3 - Racine dorsale (sensitive)
4 - Inter - neurones (un ou plusieurs) 5 - racine ventrale (motrice)

[S.57]

Principe de la boucle Gamma





**réflexe proprioceptif
(monosynaptique)**

**réflexe extéroceptif
(polysynaptique)**



**fonctionnement métamérique de la moelle
(l'arc réflexe)**

SUITE

- Pour les autres réflexes, dans le fonctionnement de la moelle, chez l'homme, **l'arc réflexe n'est jamais aussi simple.**
- L'information sensitive diffuse sur plusieurs neuromères grâce à des cellules d'association verticale, et l'influx moteur peut partir d'un nombre encore plus grand de neuromères.
- Ce débordement de l'influx nerveux est en rapport direct avec **l'intensité de la stimulation** et sa diffusion est rendue possible par un très grand nombre de **fibres d'association.**
- Ces dernières sont disposées autour de la substance grise et constituent **les voies proprio-spinales** ou **faisceau fondamental** ou **faisceau propre.**

A-ORGANISATION GÉNÉRALE DES VOIES SENSITIVES

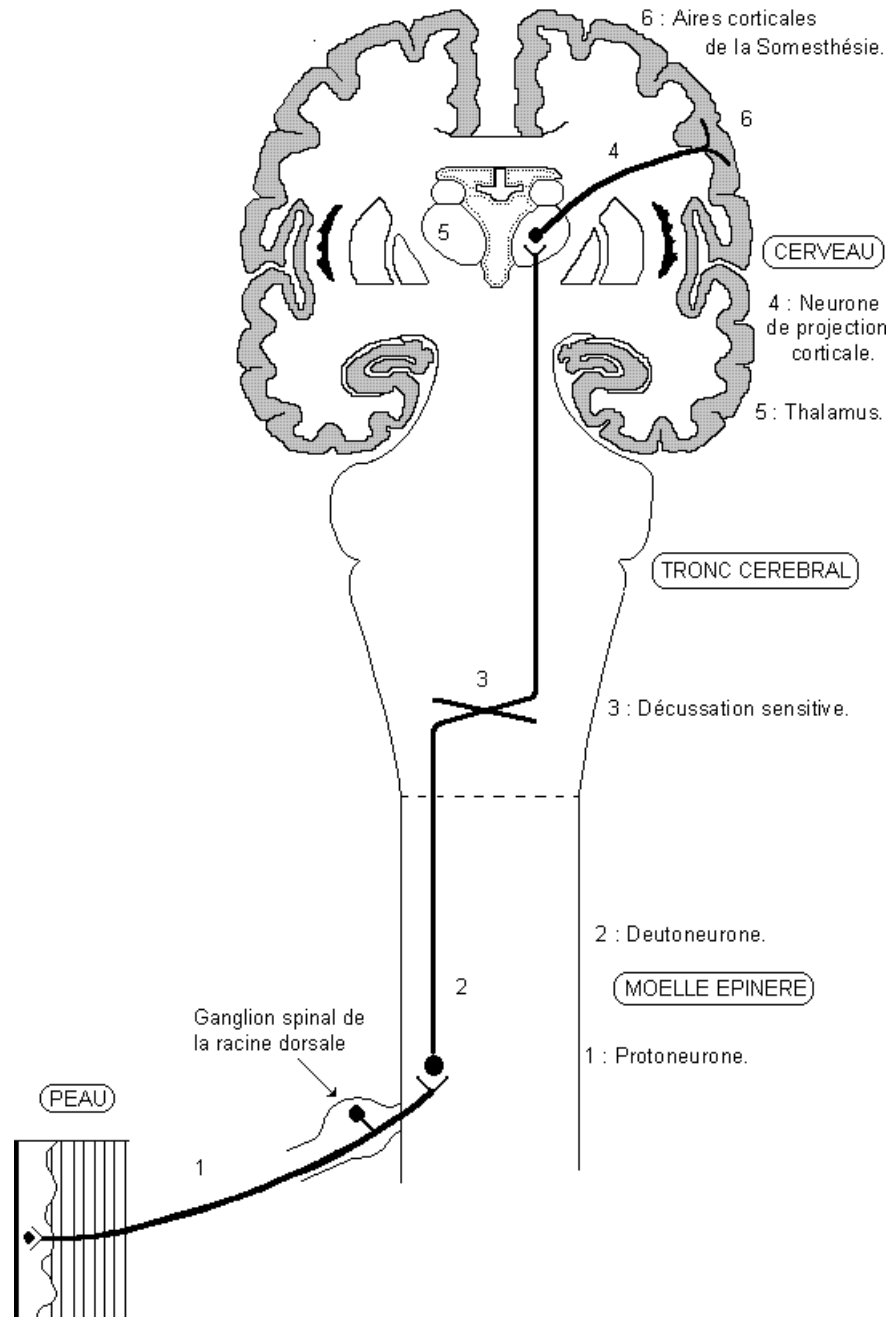
- le premier neurone ou protoneurone :
- Il fait suite à un corpuscule récepteur sensitif situé dans la peau, dans les muscles, dans les tendons, les capsules et les ligaments articulaires. Chaque type de sensibilité possède ses corpuscules spécifiques. Le protoneurone se situe dans les troncs nerveux périphériques, puis dans la racine dorsale du nerf spinal. Le corps cellulaire du neurone (qui est une cellule en T) est placé dans le ganglion spinal de la racine dorsale. Le cylindraxe du protoneurone pénètre dans la moelle. Il s'articule alors avec le corps du deuxième neurone situé dans les noyaux sensitifs de la corne dorsale.

SUITE

- le deuxième neurone ou deutoneurone :
- Il est situé entièrement dans le névraxe. C'est lui qui constitue les faisceaux sensitifs qui montent dans la moelle. Les faisceaux de deutoneurones sensitifs montent les uns vers le cervelet (voies spino- cérébelleuses), les autres vers les noyaux gris centraux du cerveau (voies lemniscales et extra- lemniscales). Le deutoneurone se termine dans des noyaux gris centraux dont le principal est le **thalamus** situé dans la partie profonde du cerveau (noyau latéro- ventral postérieur du thalamus).

SUITE

- le troisième neurone ou neurone terminal :
- Il s'articule avec le précédent dans le thalamus et se termine dans l'écorce sensitive du cerveau. C'est le neurone de projection corticale.



B-ORGANISATION PARTICULIÈRE DES VOIES SENSITIVES

- ***Les sensibilités lemniscales:**

Les voies des sensibilités lemniscales transportent la sensibilité **tactile épicritique**, la sensibilité **proprioceptive consciente**, la **baresthésie** (sensibilité à la pression) et la **pallesthésie** (sensibilité ostéo-périostée vibratoire).

*1-LA SENSIBILITÉ TACTILE ÉPICRITIQUE (TACTILE FINE OU DISCRIMINATIVE)

- possède ses propres corpuscules sensitifs spécifiques situés dans l'épiderme (disques de Merkel et terminaisons sensibles annexées aux poils).
- Dans l'hypoderme se trouvent les corpuscules de Paccini et les corpuscules de Golgi-Mazzoni.
- Ils enregistrent la sensibilité à la pression sur la peau (baresthésie).

SUITE

- Elle donne l'information sur la **localisation et la qualité de la sensation tactile.**
- L'organisation de cette sensibilité est différente des autres. Ce sont **des fibres longues qui restent du même côté.**
- Le corps cellulaire du protoneurone se trouve dans le ganglion spinal de la racine postérieure du nerf rachidien qui **possède ainsi deux prolongements : un prolongement périphérique et un prolongement central vers le SNC**

SUITE

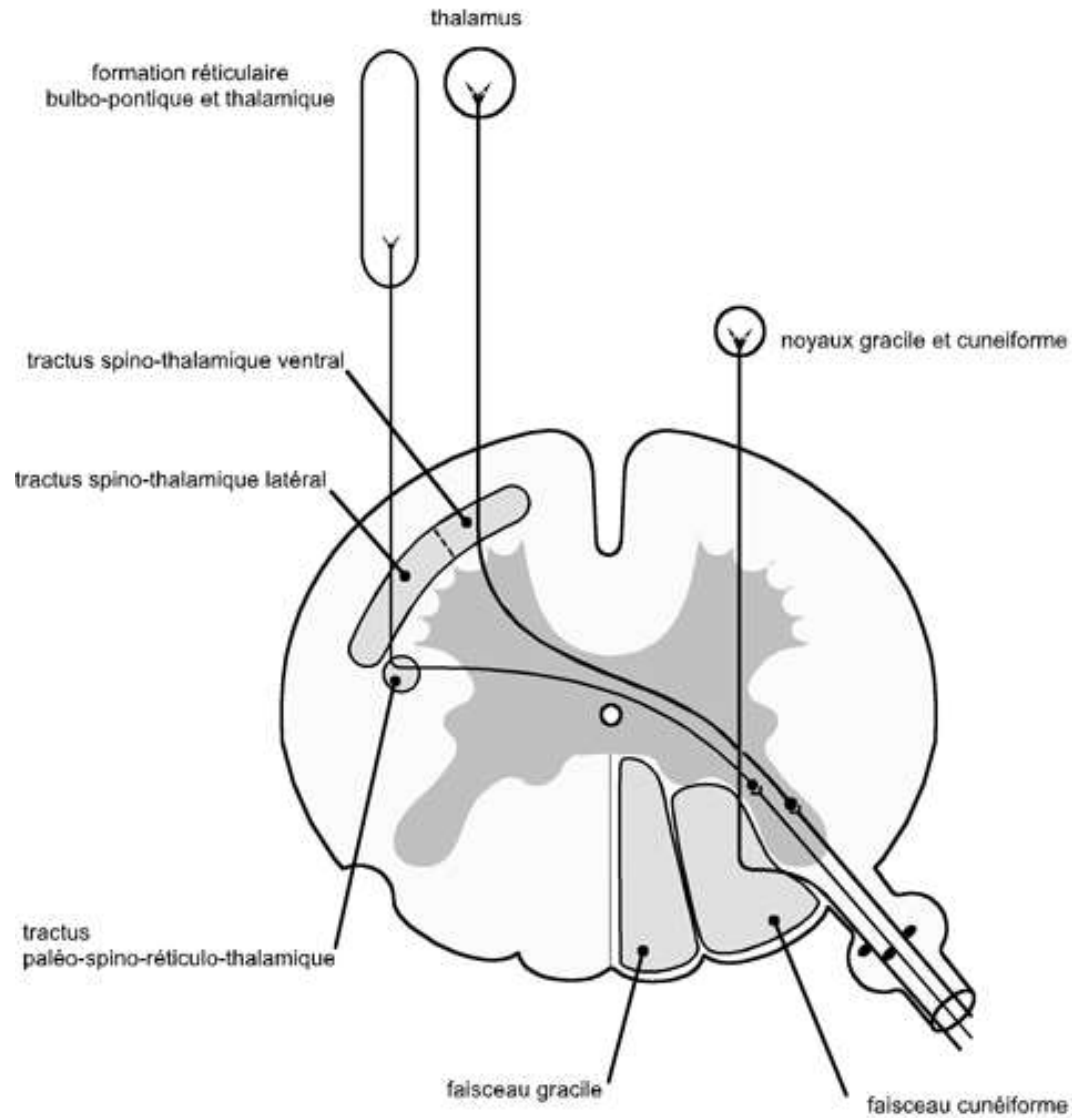
- Le prolongement central pénètre la moelle épinière, se dirige vers le cordon postérieur en restant en arrière de la zone marginale et de la corne dorsale.
- La voie épicritique remonte d'un seul jet vers le tronc cérébral **sans faire relais. Le relais avec le deuxième neurone se produit dans le tronc cérébral (moelle allongée). Il s'agit donc d'une voie « bulbopète ».**

SUITE

- Ces fibres du premier neurone participent donc à la constitution du cordon postérieur de la SB de la moelle épinière. Celui-ci se divise en :
- → **faisceau gracile (faisceau de Goll) médian** pour la sensibilité des régions sacrée, lombaire et thoracique,
- → **faisceau cunéiforme (faisceau de Burdach)** plus externe pour la sensibilité de la région cervicale.
- La sensibilité épicritique participe ainsi à la constitution **du système cordonal postérieur.**
Il s'agit donc là d'une sensibilité directe,

**SENSIBILITE PROTOPATHIQUE
(DOULEUR)**

SENSIBILITE EPICRITIQUE



voies de la sensibilité extéroceptive



Nomenclature internationale

Nomenclature traditionnelle

- Tractus spino-thalamique.....Faisceau en croissant de DEJERINE
(ou néo-spino-thalamique)
 - Ventral
 - Latéral
- Tractus paléo-spino-réticulo-thalamique
- Faisceau gracileFaisceau de GOLL
- Faisceau cunéiformeFaisceau de BURDACH
- Noyau gracileNoyau de GOLL
- Noyau cunéiformeNoyau de BURDACH

SUITE

- Les fibres qui véhiculent cette information sont **myélinisées et donc de gros calibre : ce sont les fibres A- β .**
- Ces fibres A- β ont une **autre destination : la tête (lames II et III) de la corne dorsale pour moduler le passage des influx nociceptifs : c'est le « gate control »**

*2-LA SENSIBILITÉ PROPRIOCEPTIVE CONSCIENTE (KINESTHÉSIQUE)

- correspond aux corpuscules sensibles des ligaments et des capsules articulaires.
- Ils renseignent les centres nerveux sur la tension de l'appareil ligamentaire et sur la position des segments de membres dans l'espace (sens articulaire ou sens des positions ou sensibilité profonde des cliniciens).

SUITE

- Le premier neurone, protoneurone, suit une organisation identique à la sensibilité tactile épicritique. La sensibilité proprioceptive consciente constitue avec la sensibilité épicritique un contingent de fibres médial se destinant aux cordons postérieurs de la moelle épinière et constituant le système cordonal postérieur.

SUITE

- Le prolongement central du protoneurone passe dans le **cordon postérieur** pour participer à la formation **des faisceaux gracile (Goll)** et **cunéiforme (Burdach)**, remonte directement dans la moelle allongée du tronc cérébral où s'effectue le relais avec le deuxième neurone (deutoneurone).
- L'organisation somatotopique dans les cordons postérieurs est identique à celle de la sensibilité épicritique. **Il s'agit donc aussi d'une sensibilité directe et homolatérale.**

SUITE

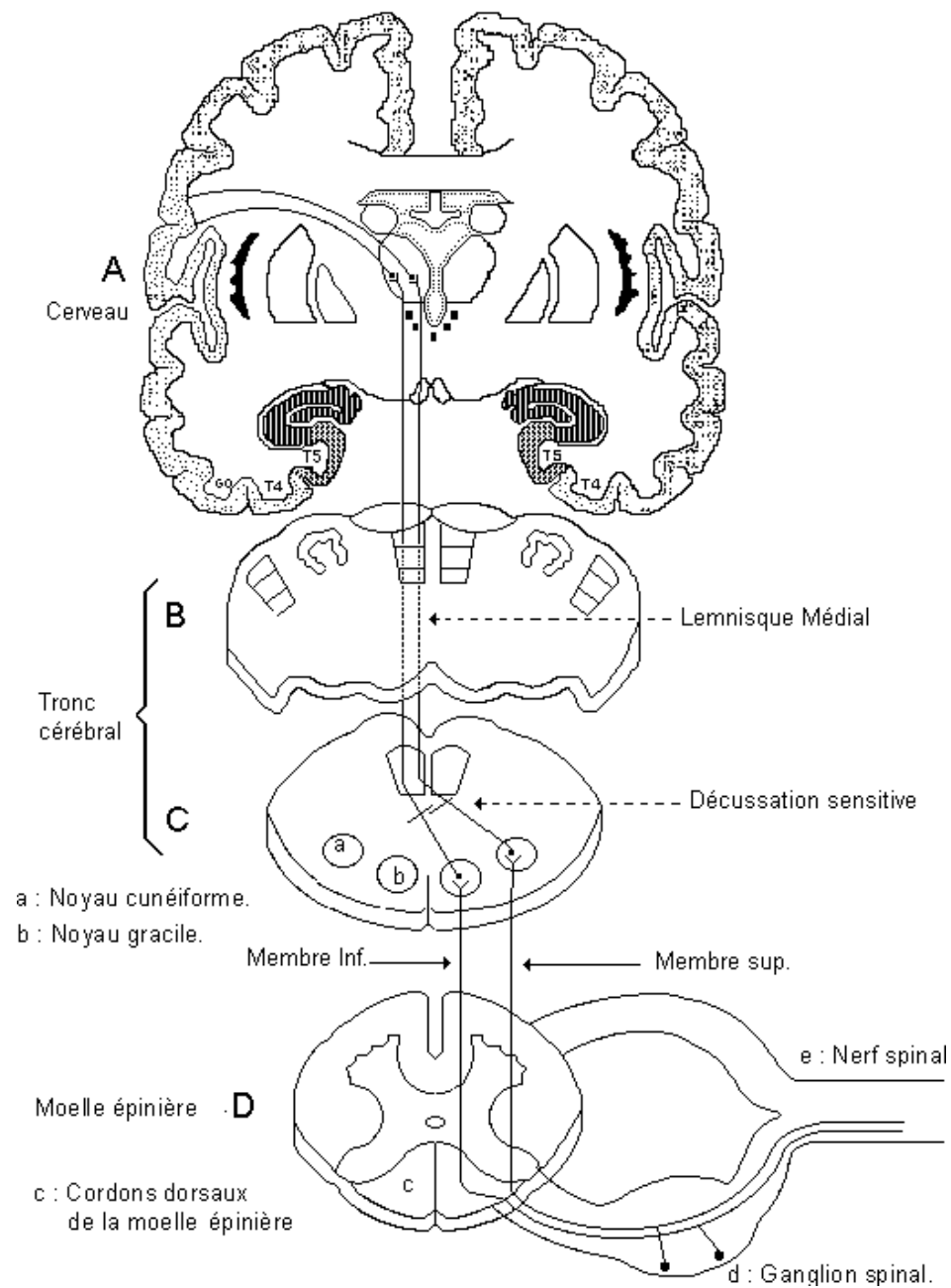
- Les fibres qui véhiculent cette information sont myélinisées et de gros calibre : ce sont les fibres **IA et IB**.
- Les sensibilités épicritique et proprioceptive consciente font leur premier relais dans le tronc cérébral : dans les noyaux gracile (Goll) et cunéiforme (Burdach) de la moelle allongée. Ils sont rejoins par la sensibilité de la face pour former ensemble le **lemnisque médial**. Ce **lemnisque médial** constituant le **système lemniscal sensitif** croise aussitôt la ligne médiane dans la moelle allongée et se termine dans le **thalamus controlatéral**

SUITE

- Cette sensibilité proprioceptive consciente sert au maintien de l'équilibre, au sens stéréognosique et fournit ainsi la notion de position des segments du corps donc des membres dans l'espace.
- Les fibres IA et IB ont aussi au moins **2 autres destinations** :
- une destination reflexe : elles s'articulent par un interneurone avec les motoneurones α de la lame IX : c'est le **support des arcs réflexes** .
- une destination récurrente : elles pénètrent l'isthme de la corne dorsale (les lames V et VI) pour exercer un effet modulateur sur le transfert du message nociceptif.

*3-LA SENSIBILITÉ VIBRATOIRE OU PALLESTHÉSIE

- Ses corpuscules sont situés dans le périoste des os (exploration clinique par les vibrations du diapason).



*SENSIBILITÉS EXTRA - LEMNISCALES

(OU VOIES SPINO - THALAMIQUES)

- Dans la peau, les terminaisons nerveuses libres de la douleur locale sont le point de départ des sensations cutanées douloureuses et dans le derme les corpuscules de Krause et de Ruffini sont le point de départ des sensations thermiques (Krause : Froid et Ruffini : Chaud). Les corpuscules de Meissner, dans les papilles du derme, sont le point de départ d'une sensibilité tactile grossière approximative appelé tact protopathique.

*1-LA SENSIBILITÉ THERMIQUE ET DOULOUREUSE

- Les sensations **nociceptives thermiques et douloureuses** sont transmises à la moelle épinière par un **protoneurone** dont le corps cellulaire se trouve dans le ganglion spinal de la racine dorsale du nerf rachidien. Il s'agit d'une cellule en T avec un prolongement périphérique qui participe à la constitution des nerfs et un prolongement central vers le système nerveux central à partir du ganglion spinal.

SUITE

- Le prolongement central pénètre la moelle épinière au niveau **de la zone marginale de Lissauer**, puis fait relais avec un deuxième neurone ou **deutoneurone**. Le corps cellulaire de ce deuxième neurone est situé dans **l'apex (ou tête ou lames I et II) de la corne dorsale**. Ce deutoneurone émet un axone qui traverse la substance grise, croise la ligne médiane au niveau de la commissure blanche pour aller du côté opposé

SUITE

- Puis il chemine dans le cordon latéral et remonte verticalement dans la moelle épinière, le tronc cérébral, pour se terminer dans le thalamus en constituant le faisceau spino-thalamique latéral ou faisceau néo-spino-thalamique controlatéral ou faisceau en croissant de Déjerine.
- Il s'agit donc d'une voie croisée qui véhicule la sensibilité thermo-algésique de l'hémicorps controlatéral.

SUITE

- Ces afférences nociceptives peuvent avoir **d'autres destinations :**
- - les neurones moteurs pour des réflexes d'évitement ou de défense,
- - la réticulée spinale (lames V et VI) et du tronc cérébral : ce sont les voies spino-réticulaire et paléo-spino-thalamique dont le rôle est de mettre en jeu l'éveil de l'organisme et des réactions somato-végétatives qui accompagnent généralement les stimuli nociceptifs : **sursaut, mimique, larmes, sanglots, réactions végétatives...**

*2- LA SENSIBILITÉ PROTOPATHIQUE TACTILE GROSSIÈRE :

- Le prolongement central du protoneurone fait relais au niveau de l'**apex de la corne postérieure de la moelle épinière** avec un deutoneurone dont le prolongement croise la ligne médiane au niveau de la commissure blanche pour aller du côté opposé.
- Le regroupement de tous les axones véhiculant cette sensibilité constitue un faisceau dans la substance blanche de la moelle épinière qui remonte ensuite au tronc cérébral et au thalamus: c'est **le tractus spino-thalamique ventral**.

- LE FAISCEAU SPINO-THALAMIQUE VENTRAL (OU PALÉO-SPINO- THALAMIQUE)

- Il transporte la sensibilité protopathique dont l'excès de stimulation donne une sensation douloureuse profonde, confuse et imprécise s'accompagnant éventuellement de réactions végétatives (pâleur et nausées). Ce faisceau donne des rameaux collatéraux à la substance réticulée du tronc cérébral.

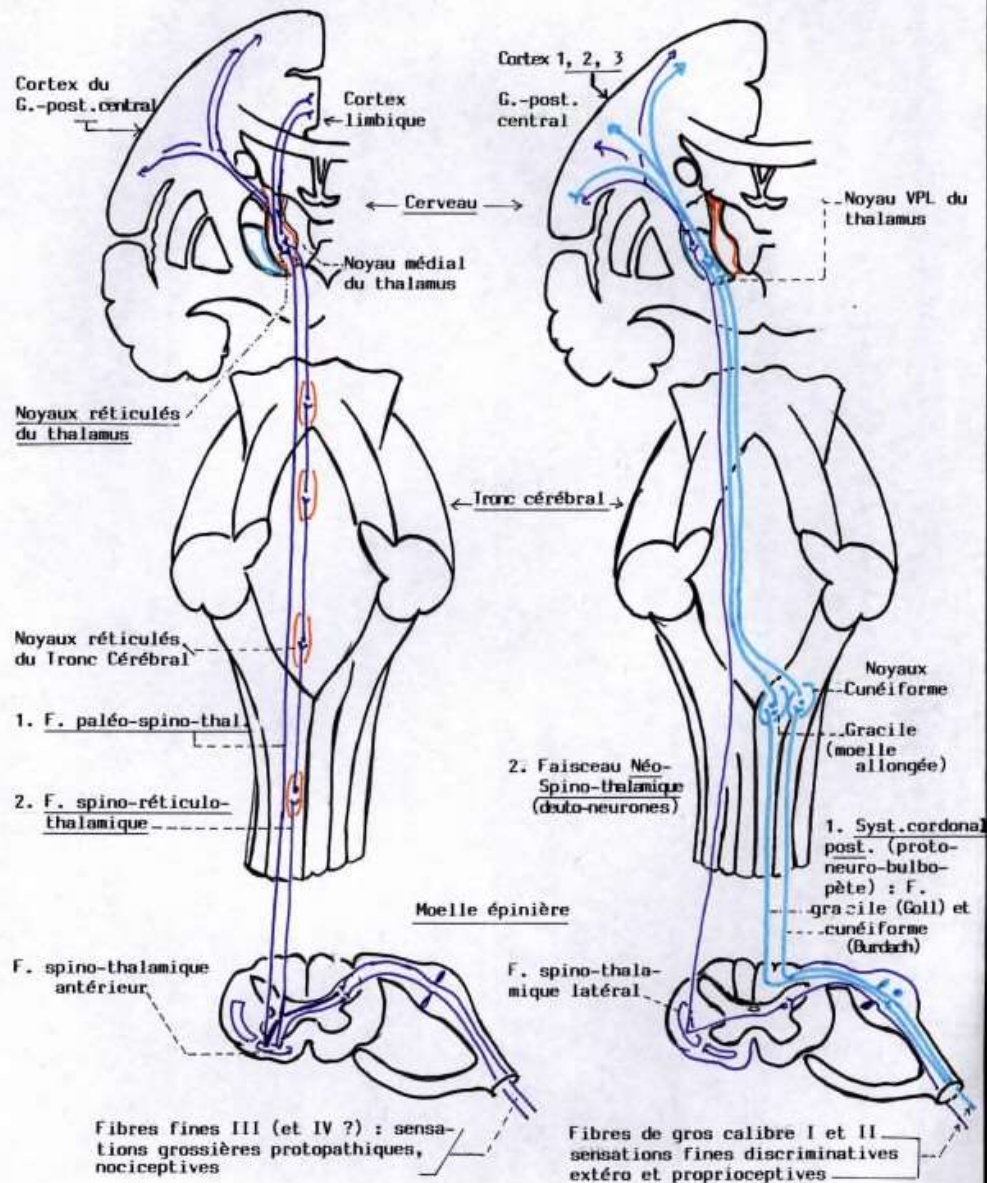
LE FAISCEAU SPINO-THALAMIQUE DORSAL (OU NÉO-SPINO-THALAMIQUE)

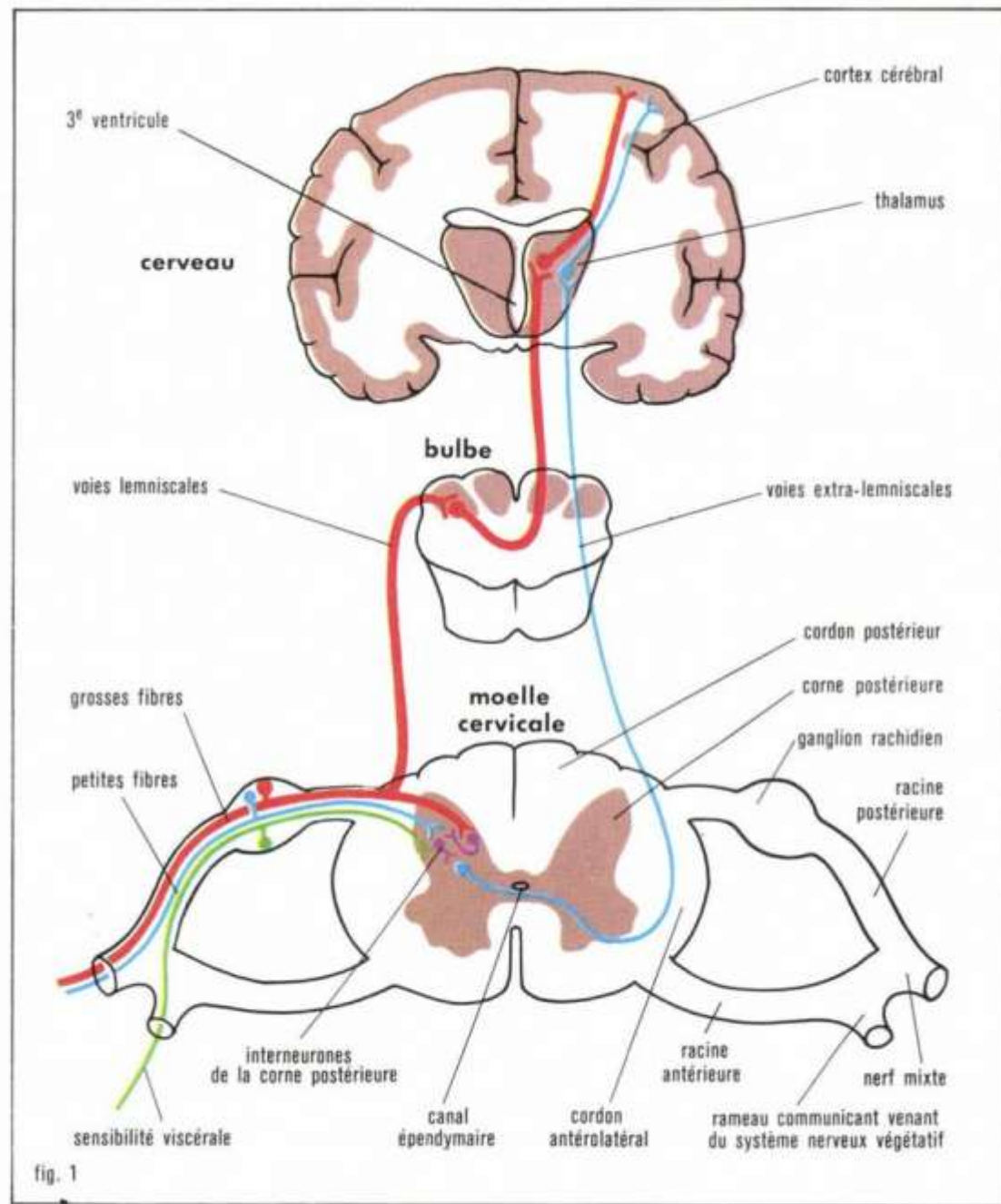
- Il transporte les sensations thermiques et les sensations douloureuses, brèves et précises (douleur superficielle).

Ces faisceaux montent dans le cordon latéral de la moelle épinière puis dans le tronc cérébral pour atteindre le thalamus. Une partie seulement des fibres gagne directement le thalamus, le reste aboutissant par de nombreuses collatérales à la substance réticulée du tronc cérébral (faisceau spino - réticulo - thalamique). Cette dernière voie est impliquée dans la transmission de la douleur.

2. SYSTEME EXTRALEMNISCAL
(Vigilance, alerte globale)

1. SYSTEME LEMNISCAL
(Sensations fines épicrotiques)

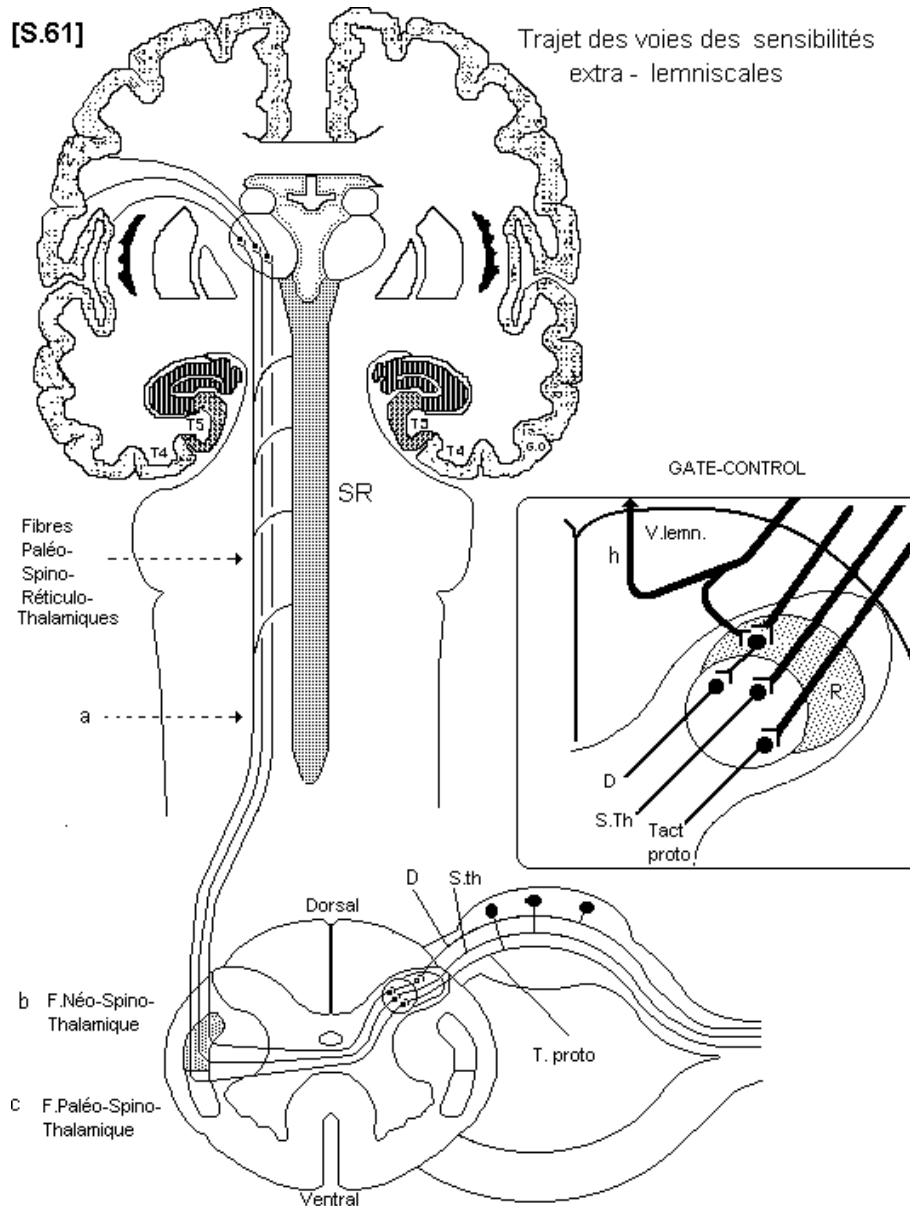




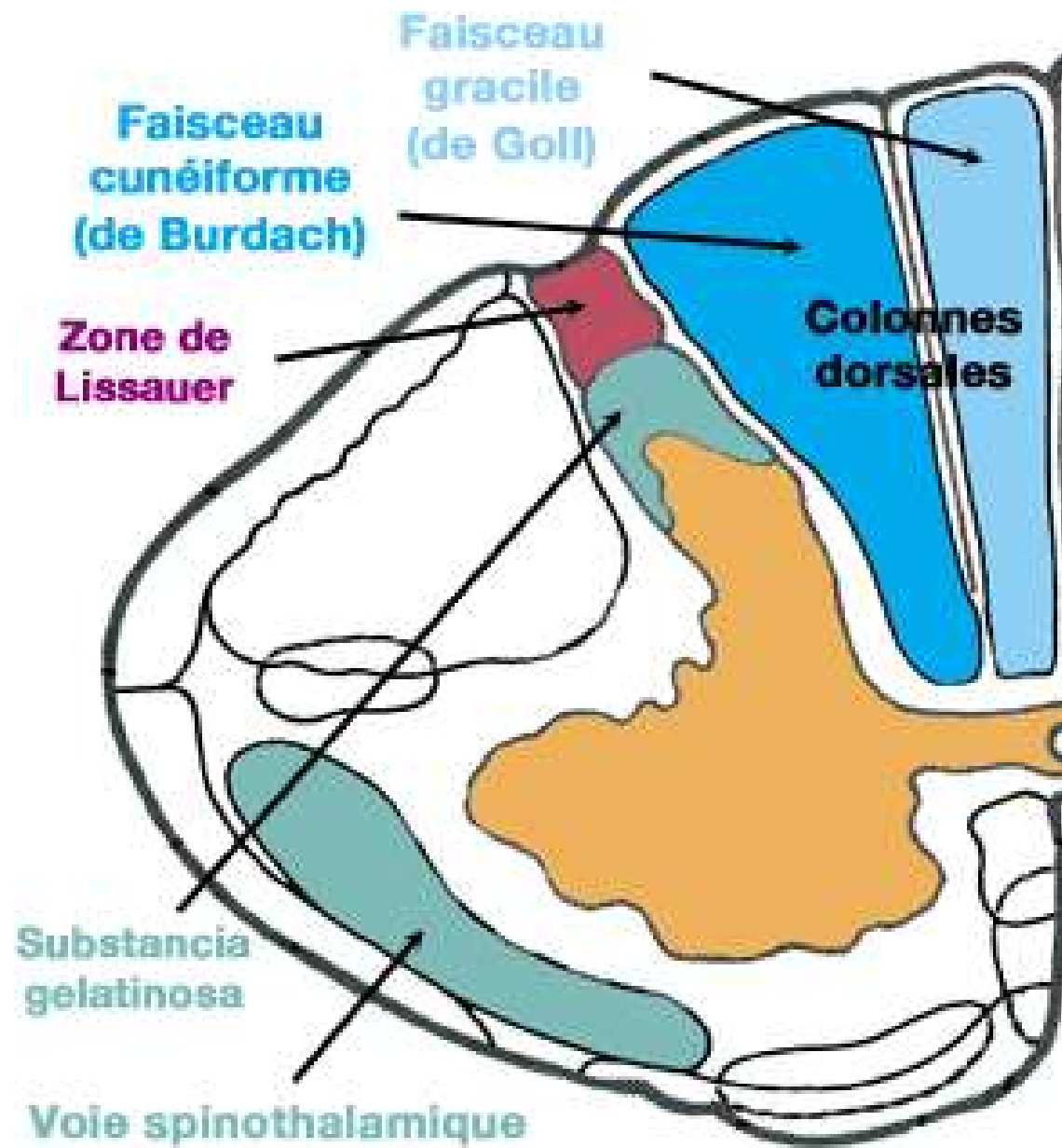
Trajet des voies sensibles : coupes transversales schématiques de la moelle (au cou), du bulbe rachidien et du cerveau.

[S.61]

Trajet des voies des sensibilités
extra - lemniscales



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



*DES SENSIBILITÉS SPINO-CÉRÉBELLEUSES

- Ces voies transportent vers le cervelet les *sensibilités proprioceptives inconscientes* c'est à dire la sensibilité à la tension des muscles et des tendons musculaires.
- Les petits organes sensitifs de la tension des muscles sont situés dans le corps musculaire. Ce sont **les fuseaux neuro-musculaires**. Répartis au sein des fibres musculaires squelettiques, ce sont, en fait, des capteurs de tension, qui se comportent comme un dynamomètre

SUITE

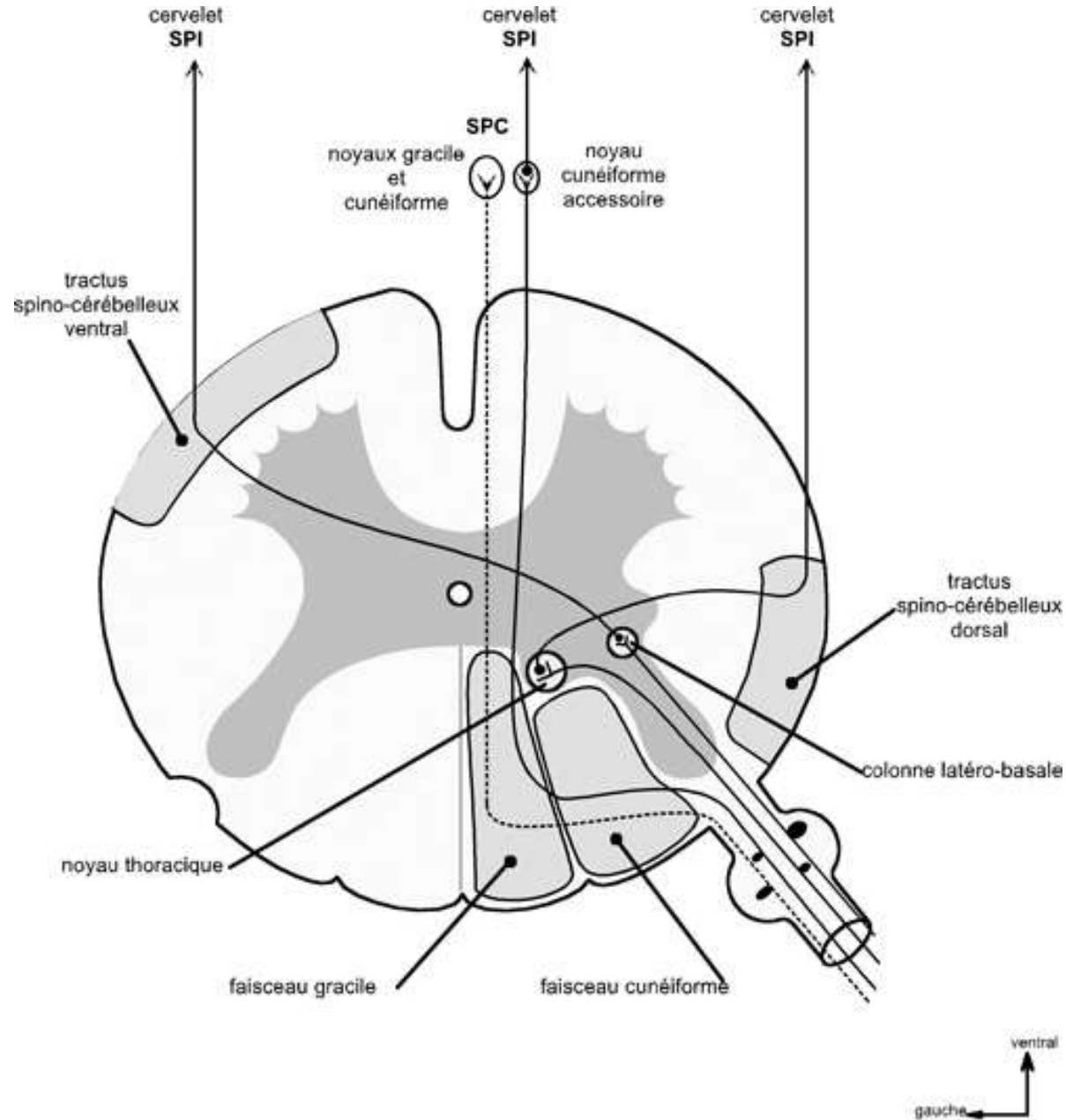
- Ces proto-neurones montent dans les nerfs périphériques, et dans la racine dorsale des nerfs spinaux. Leur corps cellulaire est dans le ganglion spinal. Les cylindraxes pénètrent dans la moelle épinière et se terminent dans les deux noyaux du col de la corne dorsale, les uns dans le noyau de Clarke, les autres dans le noyau de Betcherew.

FAISCEAU SPINO-CÉRÉBELLEUX DIRECT :

- Les deutoneurones, qui naissent du noyau de Clarke, gagnent le cordon latéral du même côté, pour former le faisceau spino-cérébelleux direct (anciennement F. de Fleischsig).
- Il monte tout au long de la moelle et du tronc cérébral, vers le cervelet (péduncule cérébelleux inférieur).
- Il transporte la sensibilité proprioceptive inconsciente des membres inférieurs et du tronc.

FAISCEAU SPINO-CÉRÉBELLEUX CROISÉ

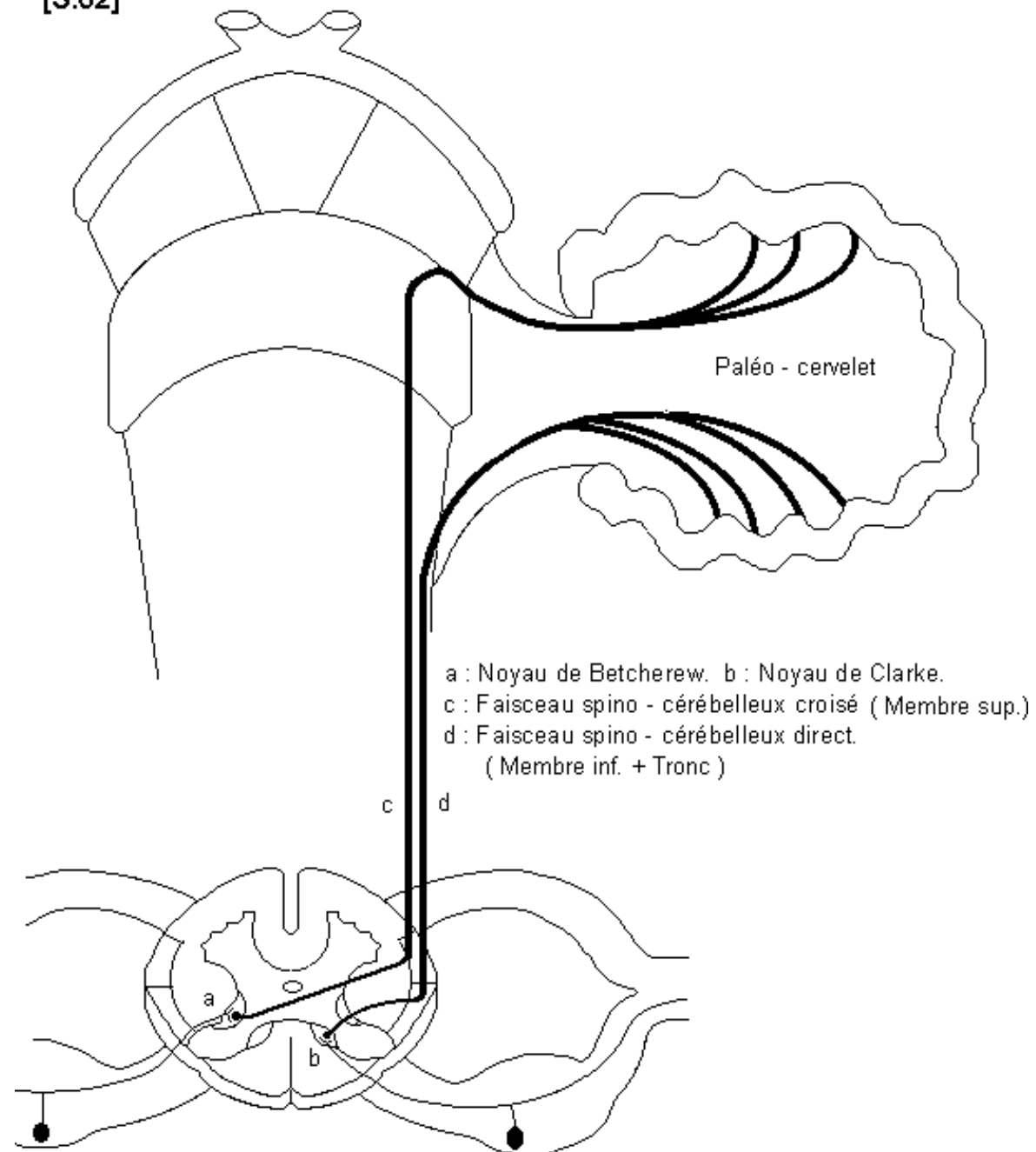
- Les deutoneurones qui naissent du noyau de Bethe croisent la ligne médiane dans la commissure grise postérieure et montent dans la moelle en formant le faisceau spino-cérébelleux croisé (anciennement F. de Gowers).
- Il monte dans la moelle épinière, vers le cervelet (péduncule cérébelleux supérieur).
- Il transporte la sensibilité proprioceptive inconsciente du membre supérieur. De ce fait, le faisceau n'est présent que dans le segment cervical de la moelle.



voies de la sensibilité proprioceptive
consciente (SPC) - inconsciente (SPI)

[S.62]

Trajet des voies des sensibilités Spino-cérébelleuses



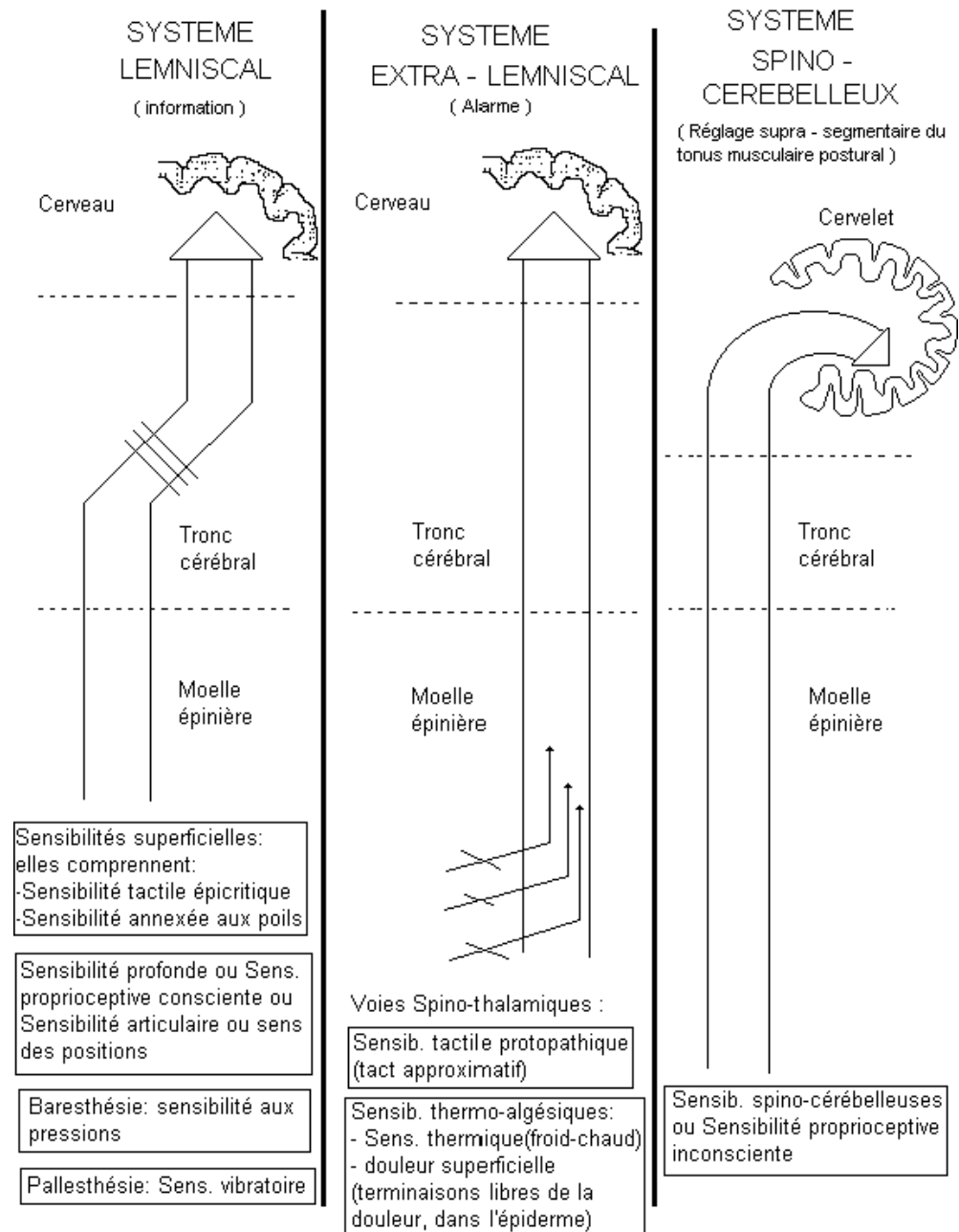
Nomenclature internationale

- Tractus spino-cérébelleux dorsal
- Tractus spino-cérébelleux ventral
- Noyau thoracique
- Colonne latéro-basale
- Noyau gracile
- Noyau cunéiforme
- Noyau cunéiforme accessoire

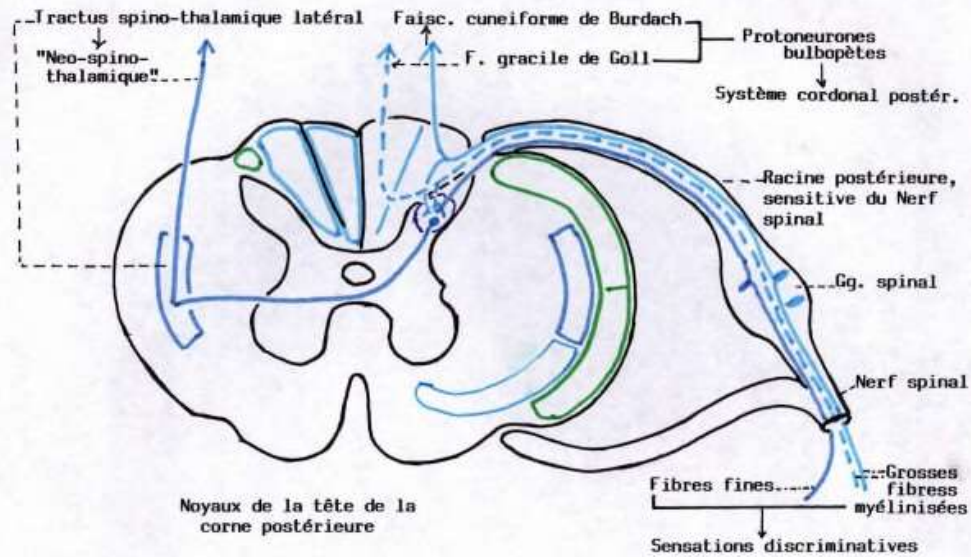
Nomenclature traditionnelle

- Faisceau spino-cérébelleux direct de FLECHSIG
- Faisceau spino-cérébelleux croisé de GOWERS
- Colonne de CLARKE
- Noyau de BECHTEREW
- Noyau de GOLL
- Noyau de BURDACH
- Noyau de VON MONAKOW

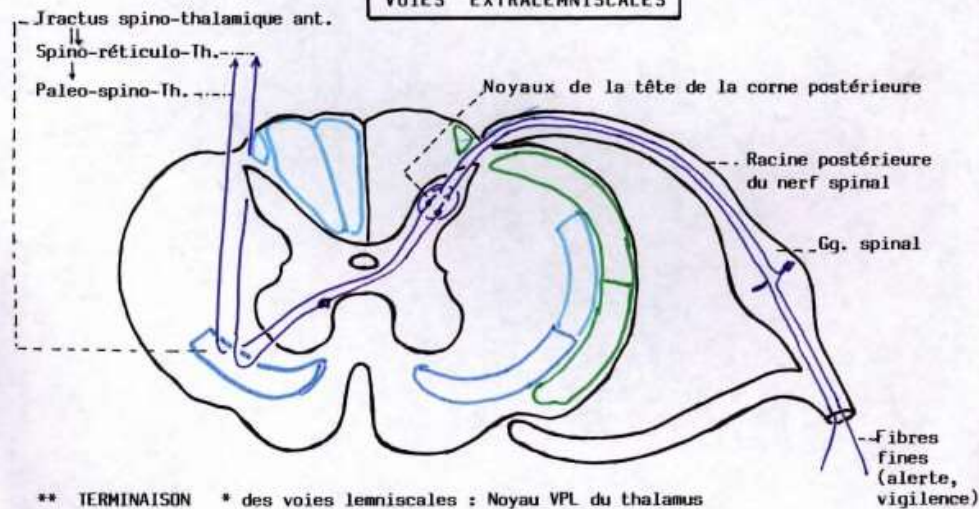
SYNTHÈSE DES VOIES SENSITIVES DANS LA MOELLE ÉPINIÈRE



VOIES ASCENDANTES DE SENSIBILITE : VOIES LEMNISCALES



VOIES EXTRALEMNISCALES



** TERMINAISON

* des voies lemniscales : Noyau VPL du thalamus

* des voies extralemniscales : Noyau thalamique à projection diffuse : N. réticulés du Thalamus

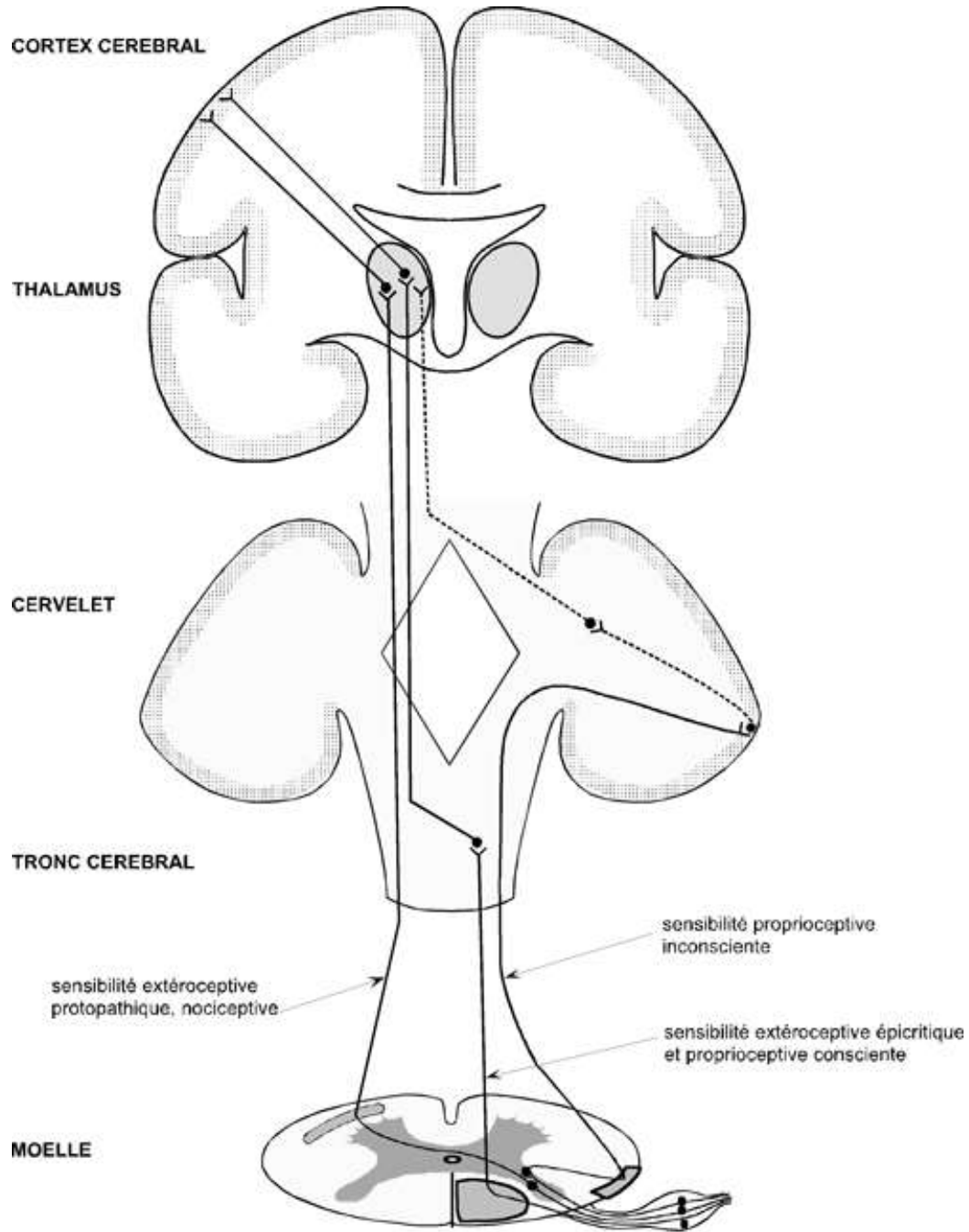


schéma général des voies de la sensibilité

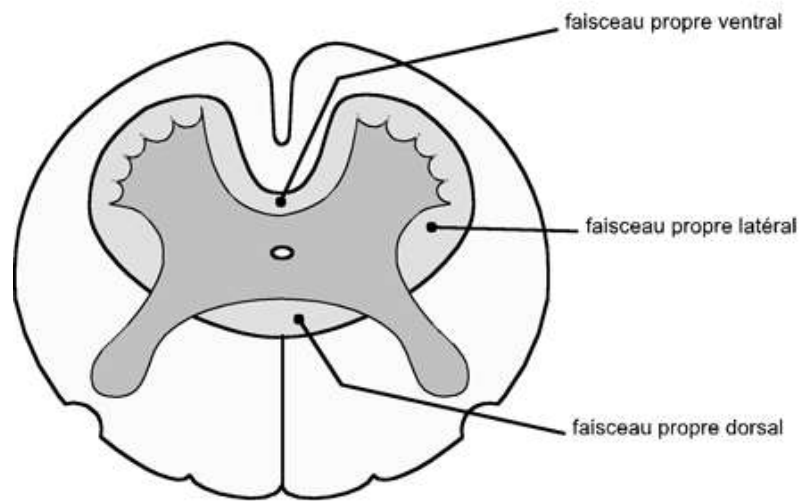
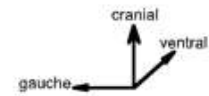
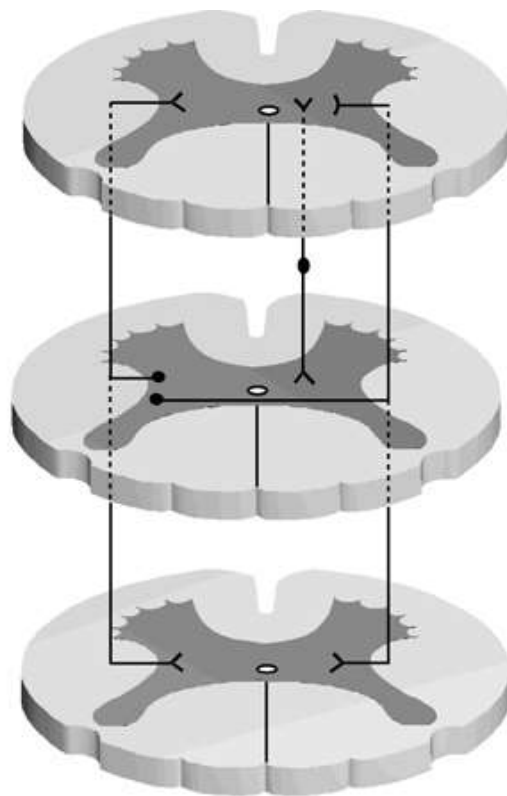
Nomenclature internationale

Nomenclature traditionnelle

C) Voies longues

a) Voies de la sensibilité

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| - Sensibilité extéroceptive | - Epicritique |
| | - Protopathique, nociceptive |
| - Sensibilité proprioceptive | - Inconsciente |
| | - Consciente |



voies d'association



LA LAMINATION DE LA SUBSTANCE GRISE SELON REXED

Lame I : zone marginale de Lissauer

- - Lame II et III : substance gélatineuse de Rolando, apex de la corne dorsale
- - Lames IV et V : isthme de la corne dorsale, noyaux réticulaires pour la lame V
- - Lame VI : neurones d'association médullaire, base de la corne dorsale
- - Lame VII : noyaux végétatifs, colonne thoracique de Clarke, corne latérale, interneurones, motoneurones γ
- - Lame VIII : terminaison des voies extrapyramidales
- - Lame IX : centres moteurs de la corne ventrale, motoneurones α
- - Lame X : zone centrale périépendymaire

DÉDUCTIONS PHYSIOLOGIQUES :

- 1) La sémiologie de la sensibilité comprend des troubles sensitifs subjectifs et des troubles sensitifs objectifs :
- Les troubles sensitifs **subjectifs** : il s'agit des **douleurs et des paresthésies**. Les paresthésies sont des sensations anormales non douloureuses comme des fourmillements, des picotements, des sensations de peau cartonnée ou impression de marcher sur du caoutchouc...

LES TROUBLES SENSITIFS OBJECTIFS :

l'anesthésie est l'abolition d'un ou de plusieurs types de sensibilité (**analgésie** pour l'abolition de la douleur) et **l'hypoesthésie** en est la diminution. Elles peuvent être totales (toutes les sensibilités) ou dissociées (seulement certaines à l'exclusion des autres).

- **L'hyperesthésie** et **l'hyperalgésie** traduisent l'exagération de la sensibilité.
- **L'hyperpathie** est la transformation d'une sensation tactile normalement indolore en sensation douloureuse. **L'allodynie** est alors la douleur consécutive à la transformation de cette sensation.
- **Les dysesthésies** regroupent toutes les modifications de la perception autres que l'anesthésie ou l'hyperesthésie : retard dans la perception, erreurs, épuisement...

ON DISTINGUE AU FINAL 2 MODES DE SENSIBILITÉ EXTÉROCEPTIVE

un mode **précis, fin et délicat, épicritique** qui apporte la notion **spatiale et discriminative** des impressions tactiles. Les fibres **A-β** de ce système sont **fortement myélinisées** et ne font pas de relais dans la moelle épinière. La diffusion des influx y est donc rapide, **spécifique et non parasitée**.

un mode **diffus, non différencié, protopathique et nociceptif** qui apporte des informations sur la **douleur, les températures extrêmes** et les **divers dangers perçus au niveau de la peau**. Les fibres de ce système sont **peu ou pas myélinisées** et se terminent dans la zone marginale et la substance gélatineuse qui jouent vis-à-vis d'elles un **rôle de filtre**. La vitesse des influx y est plus lente que pour la sensibilité épicritique et diffuse largement par des collatérales. **Le traitement du message protopathique est soumis à une influence modulatrice et le passage de l'influx dépend de la sommation d'actions facilitatrices et inhibitrices.**

Les influences inhibitrices sont :

- soit d'origine **descendante cérébrale et réticulaire** (elles expliquent par exemple **le rôle du stress dans la perception du message douloureux**),
- soit **locales** : les influx épicritiques du même métamère véhiculés par des fibres A- β à vitesse de conduction plus rapide bloquent le passage de l'influx : c'est le « **système de la porte** » ou « **gate control** ».
- **Si le stimulus nociceptif est intense ou prolongé, il déborde les capacités inhibitrices du système modulateur et le message est transmis (sensation douloureuse intense et prolongée). Les fibres A δ et C ouvrent donc la porte et les fibres A- β la ferment**

SUITE

- Sur cette base physiologique, on peut comprendre qu'il existe plusieurs mécanismes aux douleurs chroniques :
- soit par excès d'afférences nociceptives (hypernociception) comme dans les cancers en évolution ou les inflammations chroniques,
- soit par défaillance des systèmes modulateurs : il existe alors une lésion du système nerveux central ou périphérique (hyperactivité de désafférentation)
: la douleur est dite neuropathique.

LA NEUROSTIMULATION

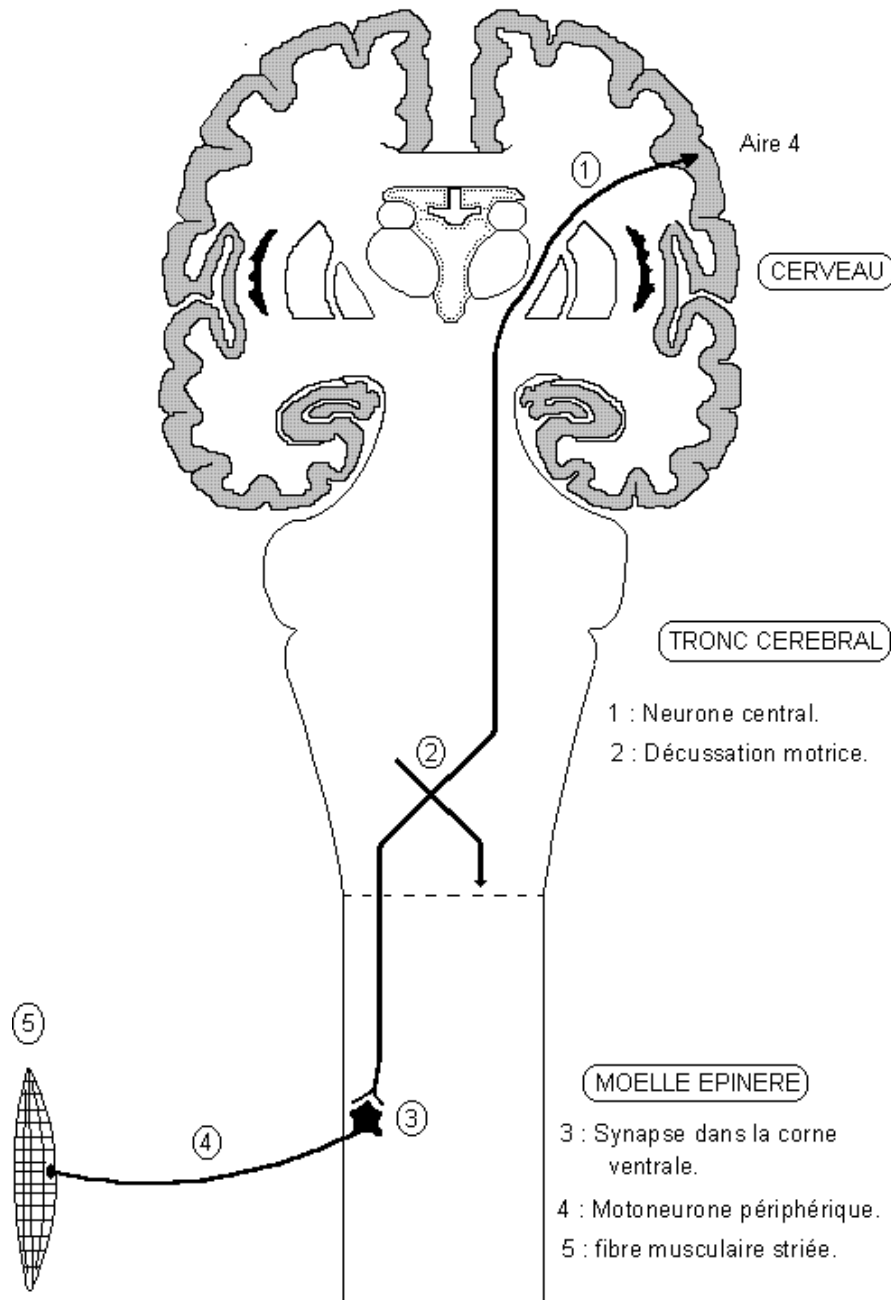
elle consiste en une stimulation électrique de faible intensité et de fréquence élevée soit des nerfs périphériques (neurostimulation transcutanée ou **TENS : Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation), soit des cordons dorsaux de la moelle (stimulation médullaire), soit du cortex cérébral précentral (stimulation corticale). Celle-ci renforce les fonctions inhibitrices du système nerveux qui peut entraîner un effet antalgique dans les douleurs chroniques neuropathiques : c'est la neuromodulation par électrostimulation.**

SUITE

- *L'organisation anatomique et fonctionnelle des fibres afférentes sensibles à l'entrée de la moelle épinière (jonction radicello-médullaire) permet de proposer un traitement chirurgical des douleurs segmentaires par excès de nociception. La destruction des fibres A δ et C contenues dans le contingent latéral en respectant les fibres myélinisées A- β du contingent médial et du cordon postérieur constitue la **DREZ Lesion (Dorsal Root Entry Zone) ou drezotomie.***
- ***Le risque essentiel est la paralysie de l'hémicorps sous le niveau du geste chirurgical par atteinte du faisceau cortico-spinal latéral***

LES VOIES DESCENDANTES : LES VOIES SOMATOMOTRICES

- **La motricité volontaire : la voie pyramidale** Il existe au niveau de l'écorce cérébrale (cortex) un très grand nombre de cellules motrices dont le corps cellulaire est pyramidal. Cette cellule efférente du système moteur est la **cellule pyramidale**. Cette cellule pyramidale située dans **le cortex cérébral moteur** émet un prolongement : **axone qui part du cerveau, traverse le tronc cérébral** en participant ainsi à la formation de la substance blanche **et descend dans la moelle épinière**, où l'axone fait relais avec un **deuxième neurone (deutoneurone)**. Une autre partie **de ces axones s'arrête dans le tronc cérébral**. Tous ces axones issus des neurones moteurs du cortex constituent la motricité volontaire et se regroupent en un faisceau appelé **la voie**



LA VOIE PYRAMIDALE SE DESTINE :

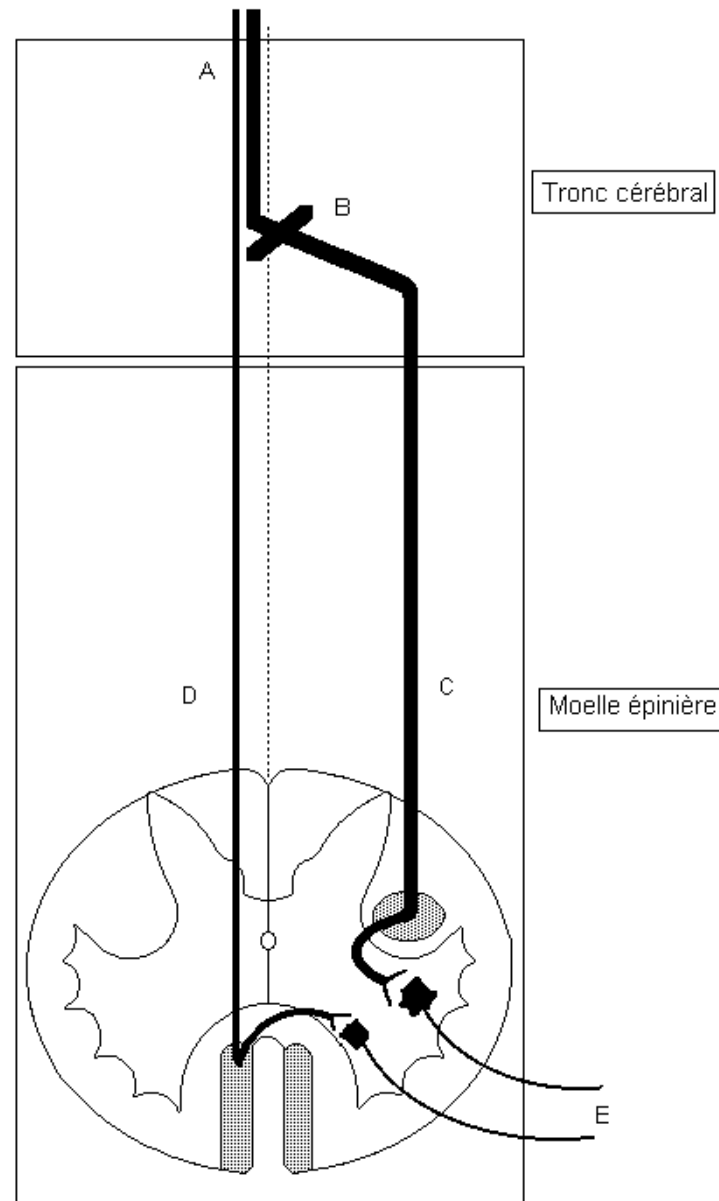
- 1) au tronc cérébral pour les neurones des noyaux moteurs des nerfs crâniens (motricité volontaire de la tête) : c'est le **faisceau cortico-nucléaire**,
- 2) à la moelle épinière pour les neurones moteurs des membres : c'est le **faisceau cortico-spinal**.

LE FAISCEAU CORTICO-SPINAL LATÉRAL (CROISÉ)

- 80% des fibres **croisent la ligne médiane au niveau de la moelle allongée (bulbe du tronc cérébral)** en formant **la décussation des pyramides**. Il chemine ensuite **dans le cordon latéral controlatéral de la substance blanche de la moelle épinière**.
- Ce faisceau cortico-spinal latéral croisé véhicule donc **la motricité volontaire issue du cortex moteur de l'hémisphère cérébral controlatéral**.

UN SECOND FAISCEAU DIT FAISCEAU PYRAMIDAL VENTRAL (DIRECT)

- chemine dans le cordon antérieur de la moelle épinière. Il ne représente que 20% des fibres cortico-spinales. Ce faisceau n'a pas croisé au niveau de la moelle allongée et borde les 2 versants de la fissure médiane. Finalement, ses fibres croisent la ligne médiane lors de leur terminaison.
- Il existerait aussi un faisceau pyramidal qui reste homolatéral à son origine : faisceau pyramidal homolatéral de Déjerine dans le cordon antérieur de la moelle épinière.



A : Faisceau pyramidal. B : Décussation motrice.
C : Faisceau pyramidal croisé D : Faisceau pyramidal direct.
E : Motoneurones périphériques.

[S.65]

Origine et trajet du Faisceau Pyramidal dans l'Encéphale et le tronc cérébral

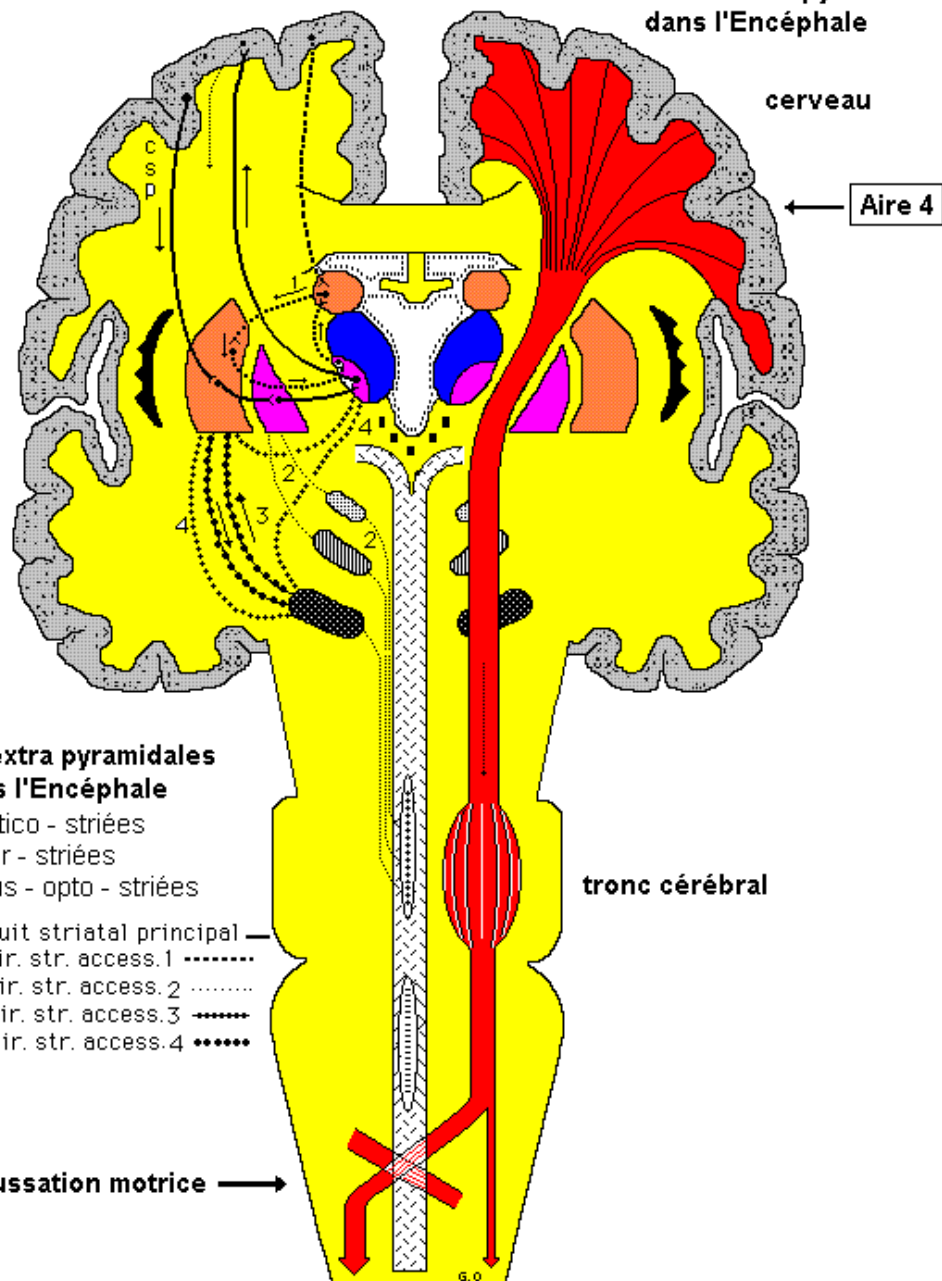
Le faisceau pyramidal dans l'Encéphale

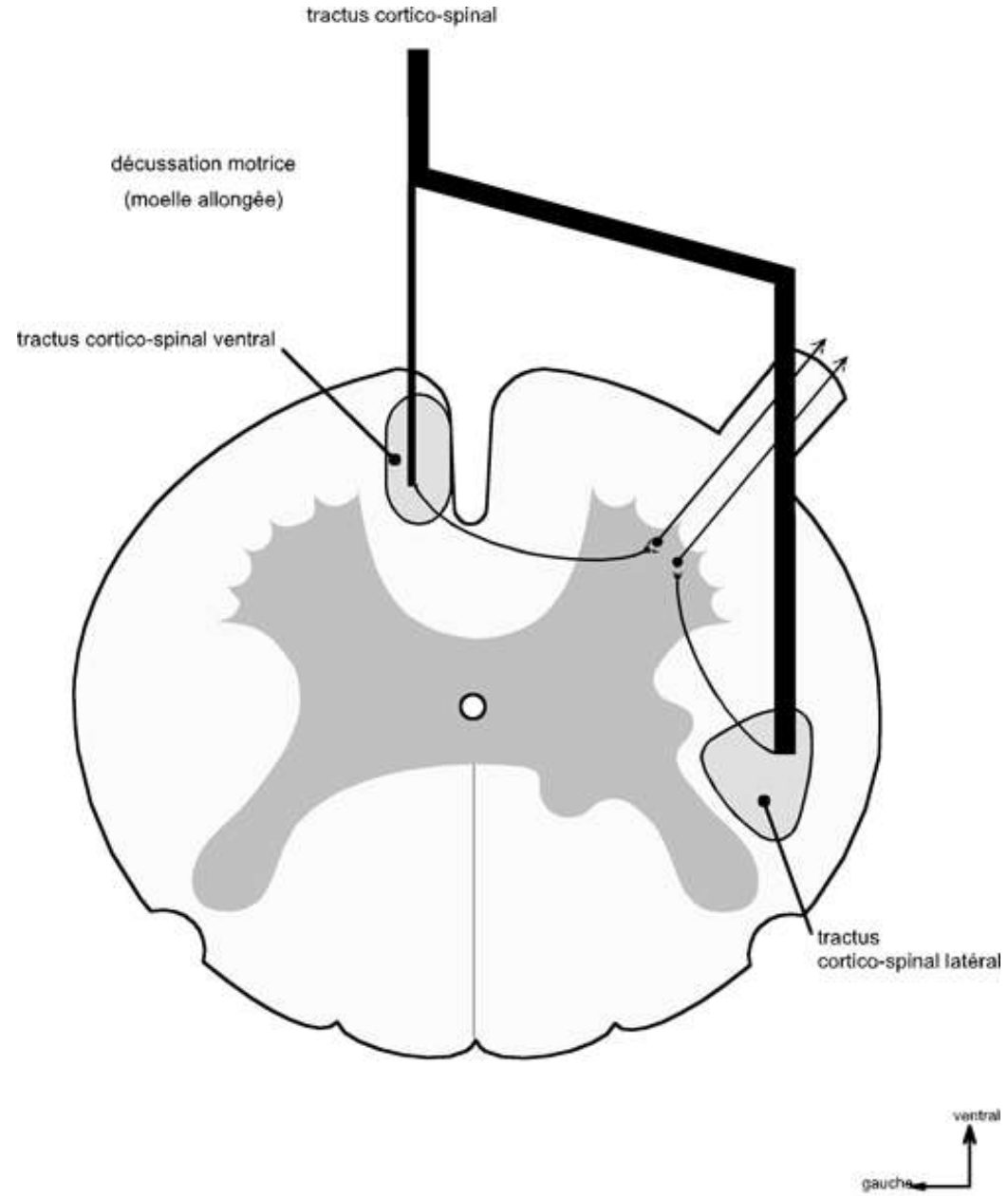
Voies extra pyramidales dans l'Encéphale

- cortico - striées
- inter - striées
- sous - opto - striées

CSP: circuit striatal principal
CSA 1: cir. str. access.1
CSA 2: cir. str. access.2
CSA 3: cir. str. access.3
CSA 4: cir. str. access.4

Décussation motrice





voie pyramidale

Nomenclature internationale

Nomenclature traditionnelle

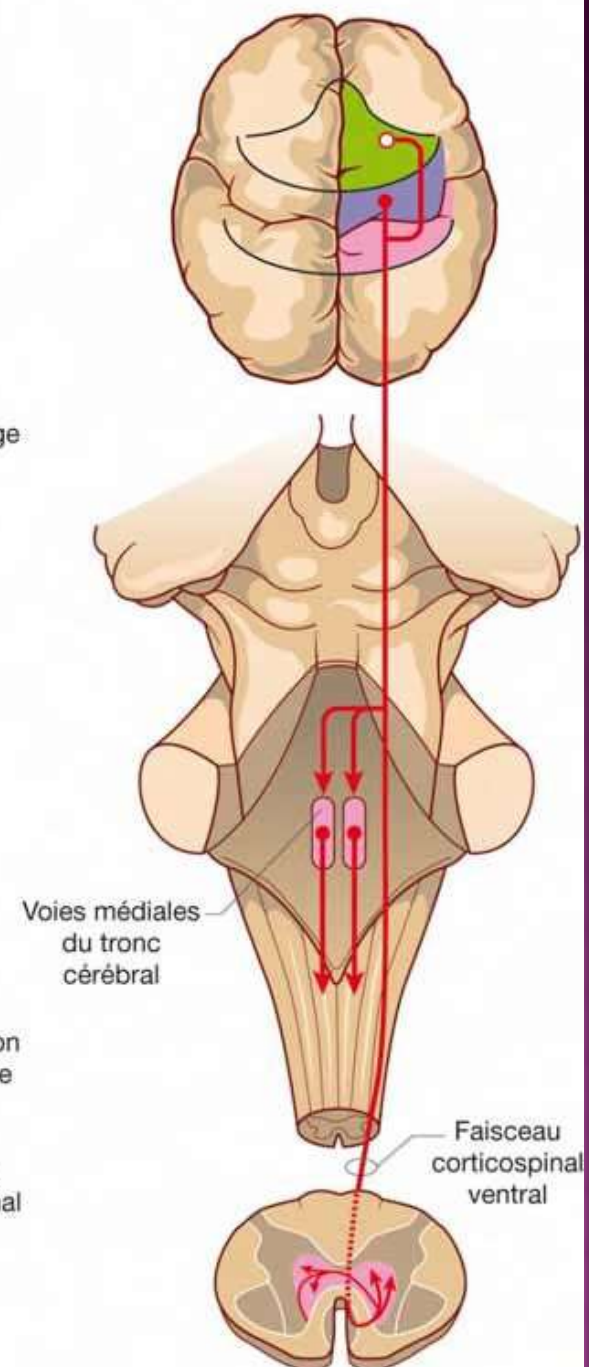
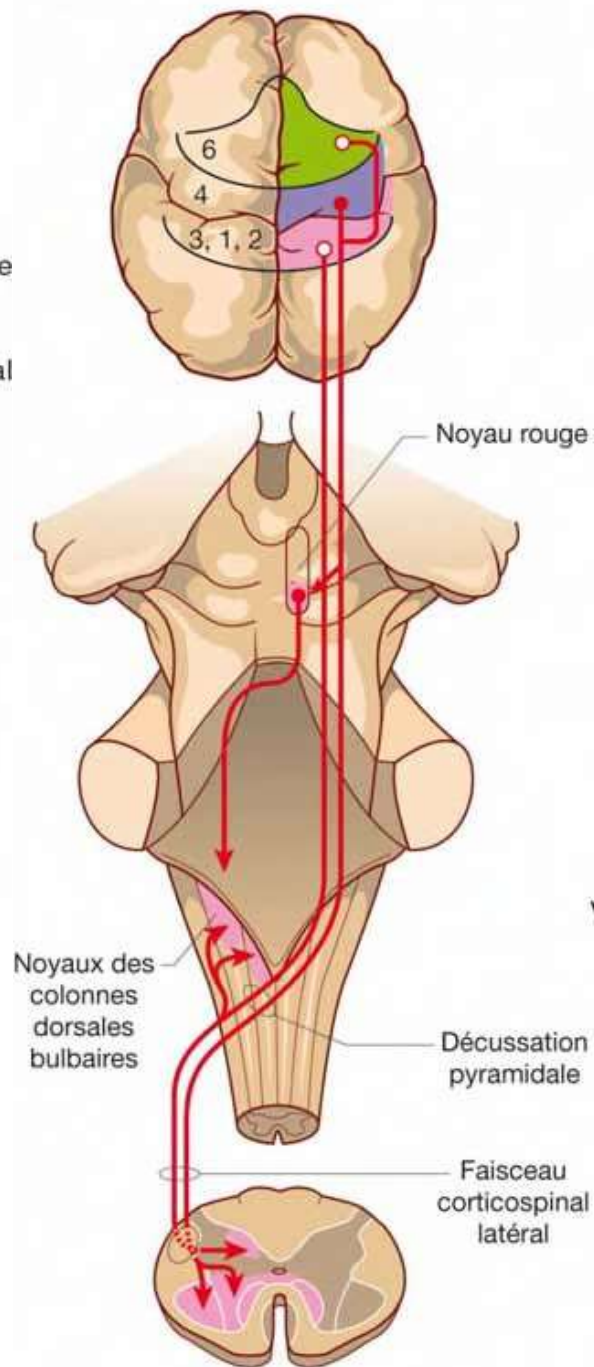
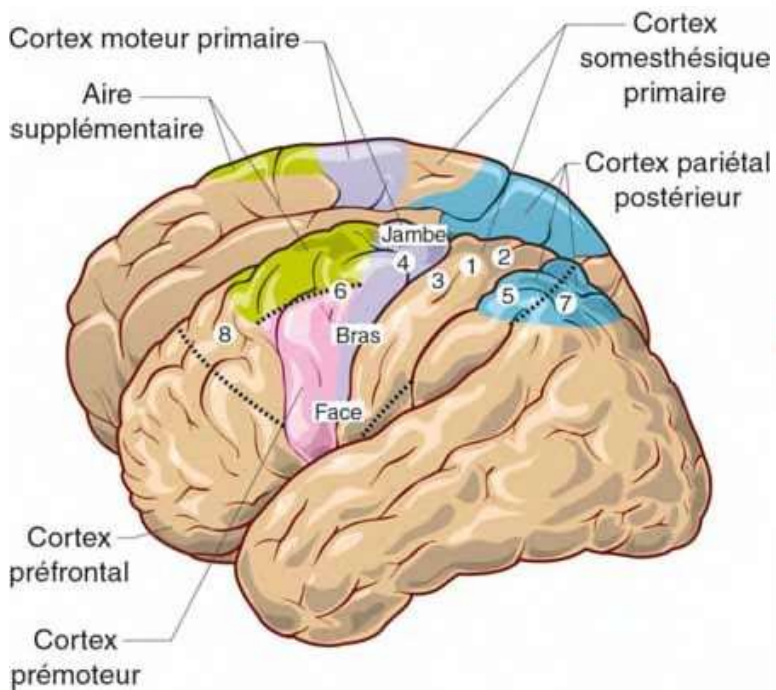
b) Voies de la motricité

Motricité volontaire (voie pyramidale)

- Tractus pyramidal [cortico-spinal] ventral	Faisceau pyramidal direct
- Tractus pyramidal [cortico-spinal] latéral	Faisceau pyramidal croisé
- Décussation des pyramides	Décussation motrice

A Faisceau corticospinal latéral croisé

B Faisceau corticospinal ventral direct



LA MOTRICITÉ AUTOMATIQUE : LES VOIES EXTRAPYRAMIDALES

- Il existe d'autres faisceaux moteurs véhiculant la motricité automatique : ce sont les **voies extrapyramidales**.
- Ces voies servent d'assistance à la motricité volontaire.
- On peut regrouper ces voies en 2 contingents :
 - → **Contingent antérieur :**
 - → **Contingent postérieur :**

CONTINGENT ANTÉRIEUR :

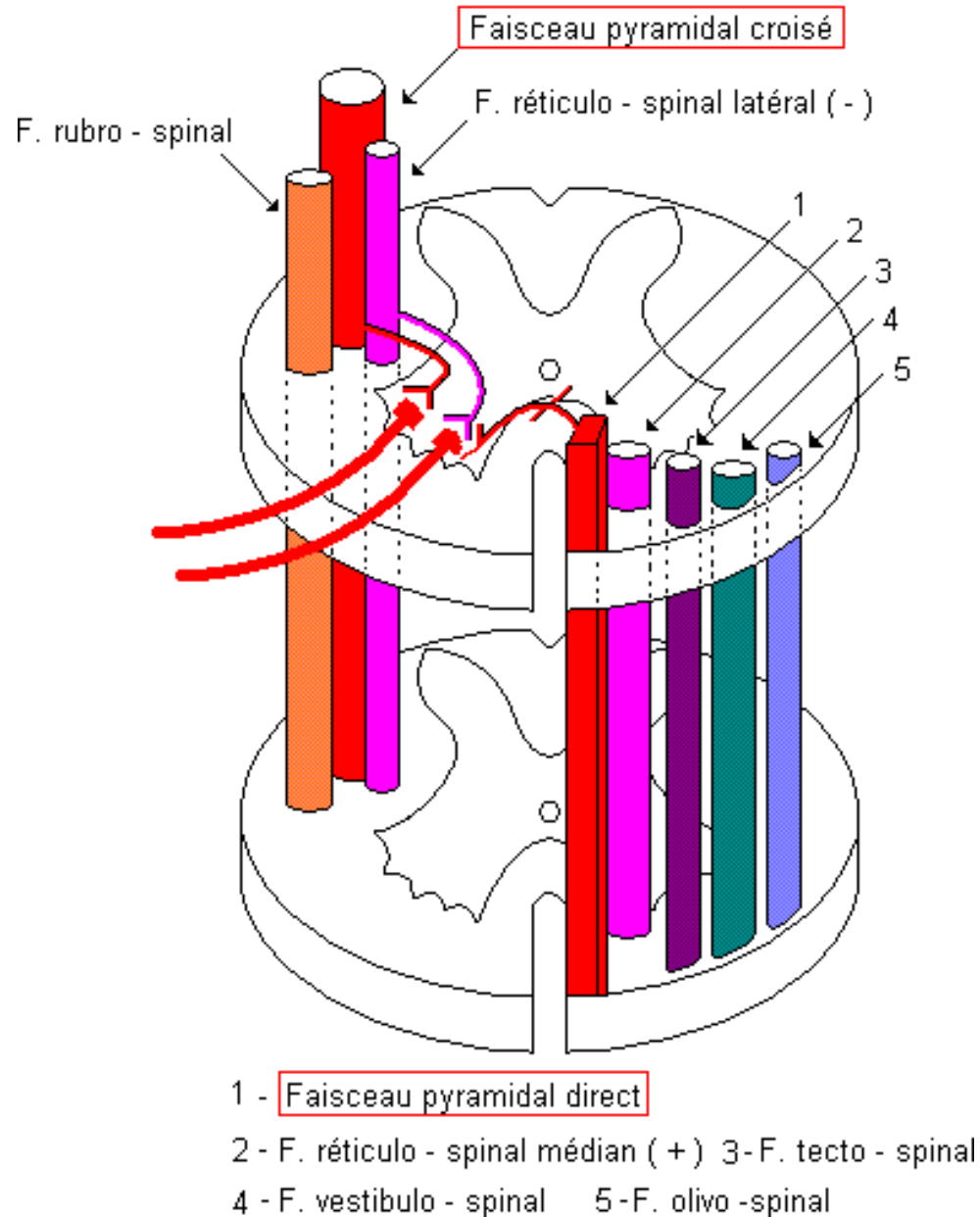
- ce sont les **faisceaux vestibulo-spinal et réticulo- spinal** (réticulée pontique) situés dans le **cordons antérieur de la moelle**.
- Ils ont une influence facilitatrice sur la musculature axiale anti-gravifique (lutte contre la pesanteur) et les extenseurs. **Ils jouent donc un rôle important dans le maintien du tonus de posture permettant de contrôler l'attitude du corps et l'équilibre.**
- *La libération de ce système entraîne une hypertonie prédominant sur les extenseurs (hypertonie de décérébration)*

CONTINGENT POSTÉRIEUR

- ce sont les faisceaux **rubro-spinal et réticulo-spinal** d'origine bulbaire situés dans le cordon latéral.
- Ils ont une influence facilitatrice sur la musculature des fléchisseurs distaux. Ils jouent un **rôle important dans l'exécution des mouvements fins et précis** c'est-à-dire le tonus d'attitude et des gestes fins.
- *La libération de ce système entraîne plutôt une hypertonie prédominant sur les fléchisseurs (hypertonie de décortication).*

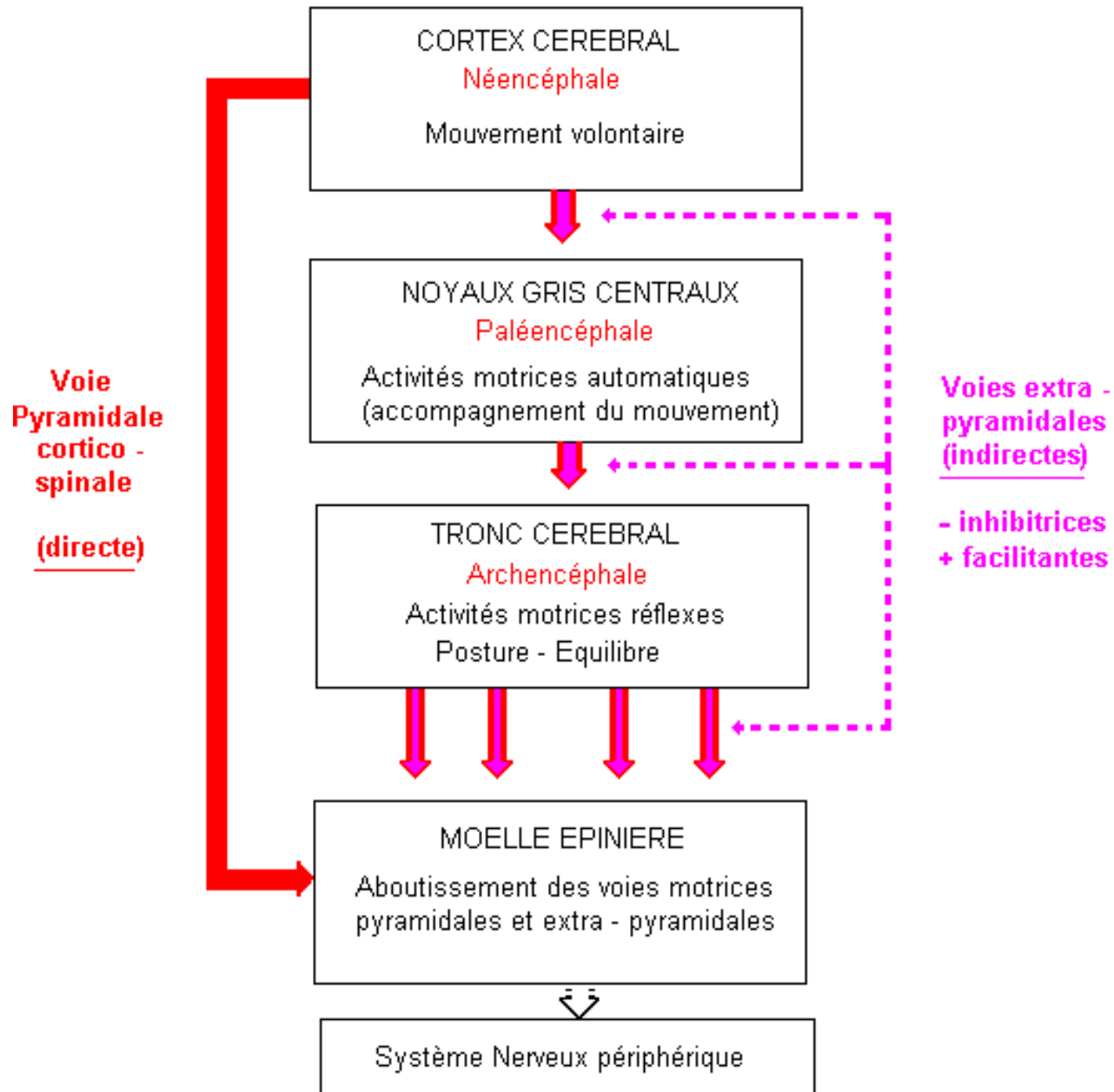
[S.68]

Les voies motrices pyramidales et extra - pyramidales dans la moelle épinière



[S.67]

Organigramme simplifié des voies motrices centrales



SUITE

- Tous ces faisceaux se terminent dans **la corne ventrale de la SG de la moelle épinière** où ils se connectent avec un **deuxième neurone moteur (le motoneurone)** qui reçoit ainsi les incitations pyramidales et extrapyramidales.
- Il s'agit de **la voie finale commune de Sherrington de tous les faisceaux moteurs.**

SUITE

- Le faisceau cortico-spinal latéral (croisé) se termine d'abord sur des neurones intermédiaires (interneurones) de la lame VII et ces interneurones se connectent ensuite avec les motoneurones de la lame IX.
- Le contingent postérieur des voies extrapyramidales suit cette organisation en se destinant aussi aux lames VII.
- Le faisceau cortico-spinal ventral (direct) se termine avec le contingent antérieur des voies extrapyramidales sur les lames VIII de manière bilatérale.

Principaux tractus fibreux de la moelle spinale

- Voies ascendantes
- Voies descendantes
- Fibres conductrices dans les deux directions

Système de la colonne dorsale

- Faisceau gracile
- Faisceau cunéiforme

Faisceau septo-marginal (faisceau ovale)

Faisceau interfasciculaire (semi-lunaire)

Faisceau dorso-latéral (tractus de Lissauer)

Tractus cortico-spinal latéral (pyramidal)

Tractus spino-cérébelleux postérieur (dorsal)

Tractus rubro-spinal (de Monakow)

Tractus spino-cérébelleux antérieur (ventral)

Tractus réticulo-spinal médullaire (latéral)

Système antéro-latéral (SAL) comprenant les fibres spino-thalamiques, spino-réticulaires, spino-mésencéphaliques (spino-tectales) et spino-hypothalamiques

Tractus ponto-réticulo-spinal (réticulo-spinal médial)

Tractus vestibulo-spinal

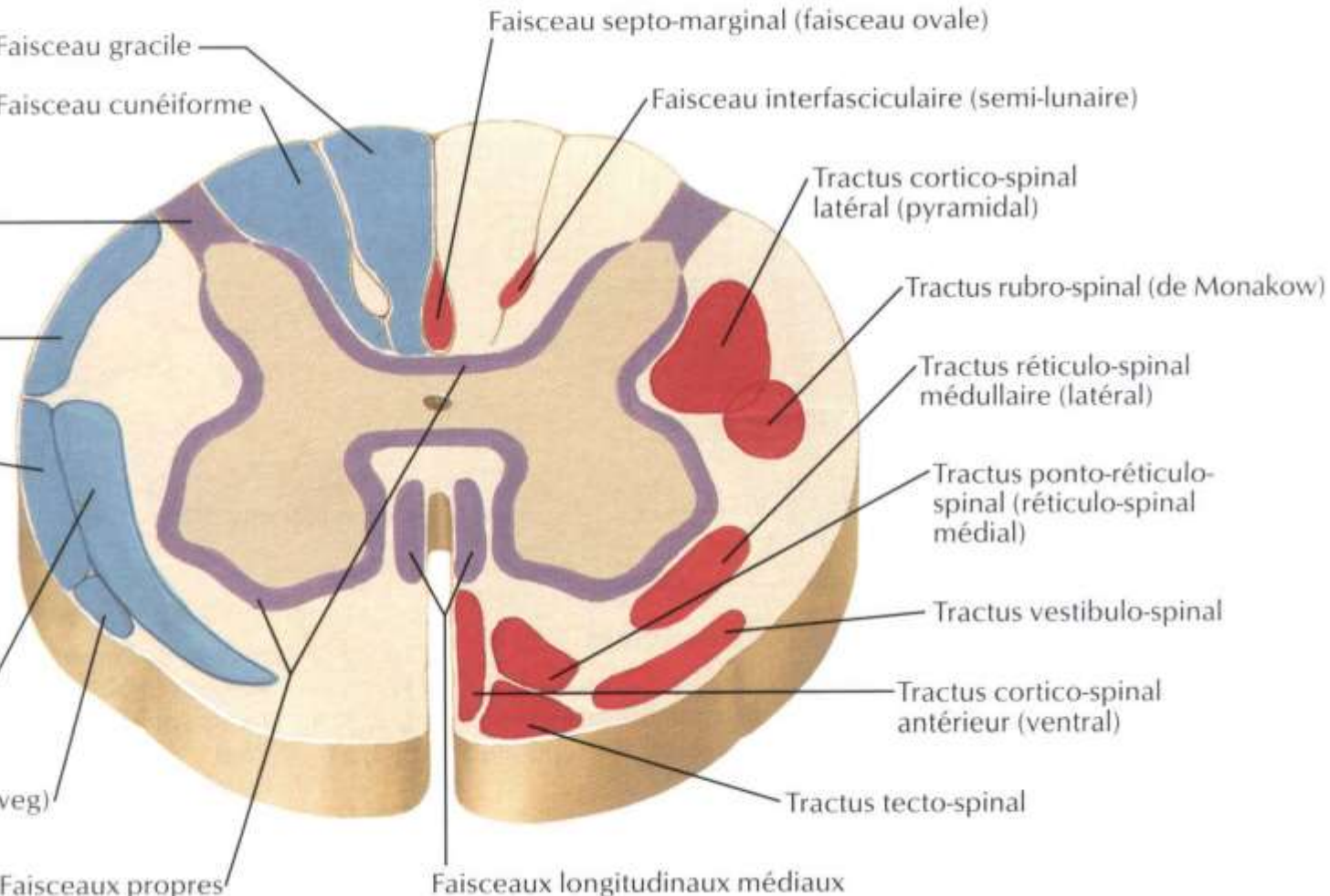
Tractus cortico-spinal antérieur (ventral)

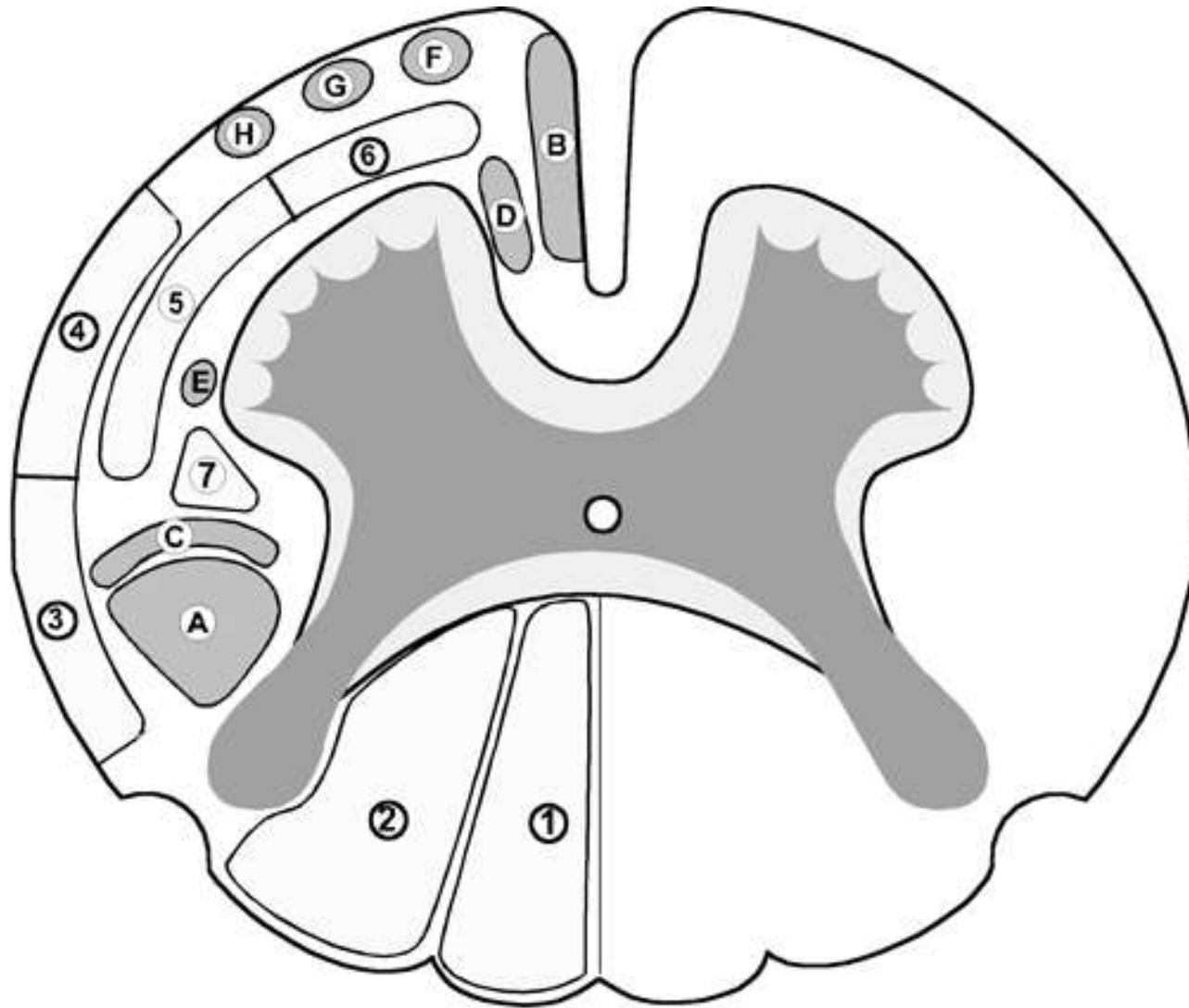
Tractus spino-olivaire (de Hellweg)

Tractus tecto-spinal

Faisceaux propres

Faisceaux longitudinaux médiaux





coupe de la moelle en C4

◆ Voies de la sensibilité

- Faisceau gracile	(1).....	Faisceau de GOLL
- Faisceau cunéiforme	(2).....	Faisceau de BURDACH
- Tractus spino-cérébelleux dorsal	(3).....	Faisceau spino-cérébelleux direct, de FLECHSIG
- Tractus spino-cérébelleux ventral	(4).....	Faisceau spino-cérébelleux croisé, de GOWERS
- Tractus (néo) spino-thalamique.....		Faisceau en croissant de DEJERINE
- Latéral	(5)	
- Ventral	(6)	
- Tractus paléo-spino-réticulo-thalamique	(7)	

◆ Voies de la motricité

. Motricité volontaire (voies pyramidales) :

- Tractus cortico-spinal latéral	(A)	Faisceau pyramidal croisé
- Tractus cortico-spinal ventral	(B)	Faisceau pyramidal direct

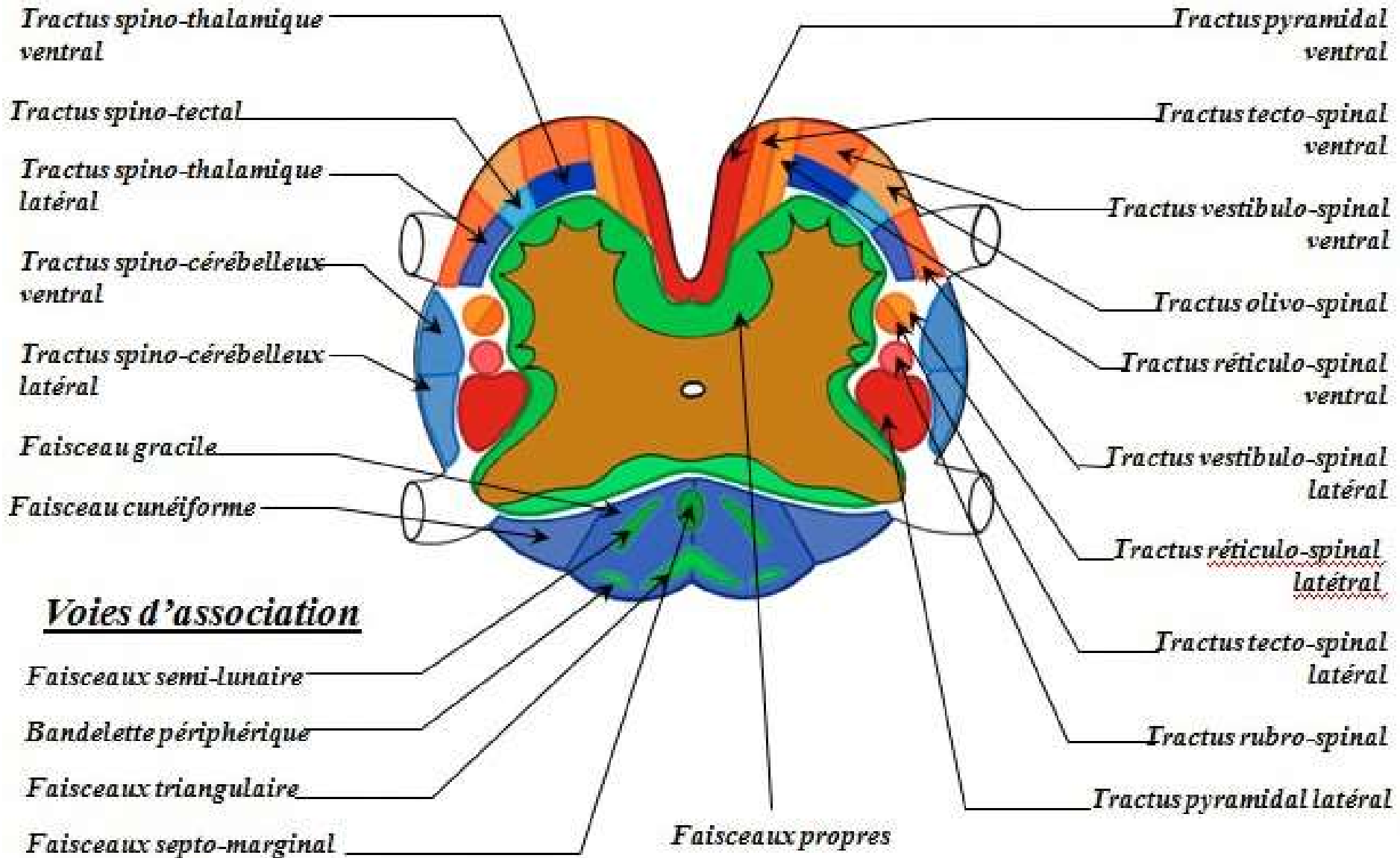
. Motricité automatique (voies extra pyramidales) :

- Tractus rubro-spinal	(C)	Faisceau rubro-spinal de VON MONAKOW
- Tractus réticulo-spinal médial (pontin)	(D)	
- Tractus réticulo-spinal latéral (bulbaire)	(E)	
- Tractus tecto-spinal	(F)	
- Tractus vestibulo-spinal	(G).....	Faisceau de DEITERS
- Tractus olivo-spinal	(H)	

◆ Faisceaux propres

Voies ascendantes

Voies descendantes



ORGANISATION À L'INTÉRIEUR DE LA CORNE VENTRALE :

- → Les neurones **les plus médiaux** se destinent aux muscles **les plus proximaux** (proches de l'axe de la colonne vertébrale) et les neurones **les plus latéraux** se destinent aux muscles **les plus distaux**.
- → La région **ventrale** de la corne ventrale contient les neurones qui innervent les muscles extenseurs (et les abducteurs), et **en arrière** se disposent les neurones moteurs des muscles **fléchisseurs** (et les **adducteurs**).

SUITE

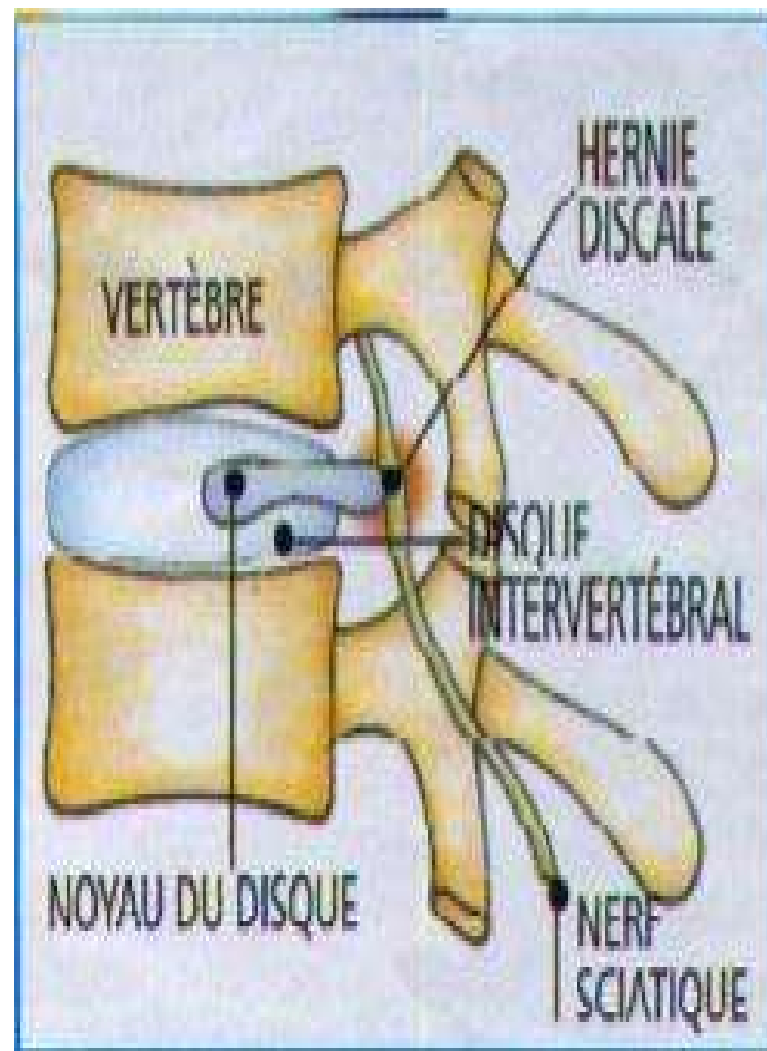
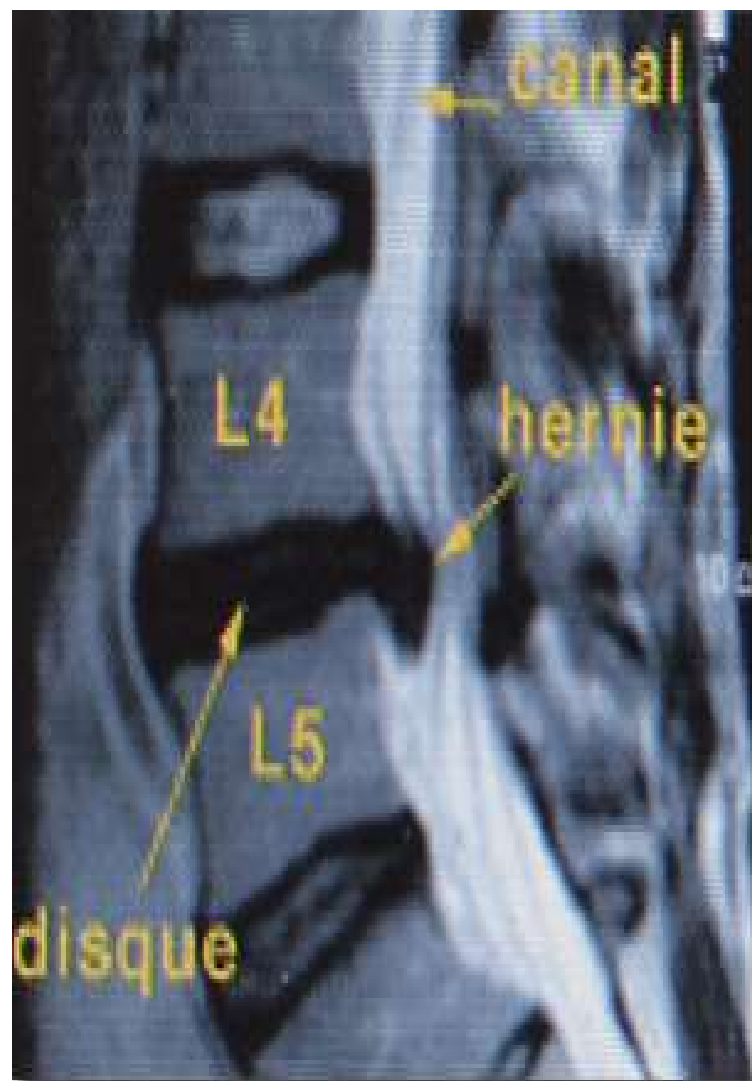
- Les neurones moteurs sont regroupés en noyaux qui forment des colonnes (**lame IX de Rexed**) s'étendant sur plusieurs segments médullaires. **On peut considérer chaque colonne comme le centre d'innervation périphérique d'un muscle donné et chaque muscle a donc son centre étagé sur plusieurs métamères médullaires**
- Cette organisation appelée **somatotopie existe également dans les voies sensibles et elle est présente à tous les niveaux du SNC.**

DÉDUCTIONS CLINIQUES DE L'ÉTUDE DE LA SYSTÉMATISATION DE LA MOELLE ÉPINIÈRE :

Une section ou une compression de la moelle épinière entraîne une interruption définitive (ou provisoire si compression) des voies ascendantes sensibles et descendantes motrices. Si la lésion se situe au niveau thoracique : il s'agit d'une paraplégie (paralysie des membres inférieurs). Si la paralysie est incomplète, on parle alors de paraparésie. Si la lésion se situe au niveau cervical

: il s'agit d'une tétraplégie ou d'une tétraparésie (paralysie des 4 membres).

INTÉRÊTS CLINIQUES

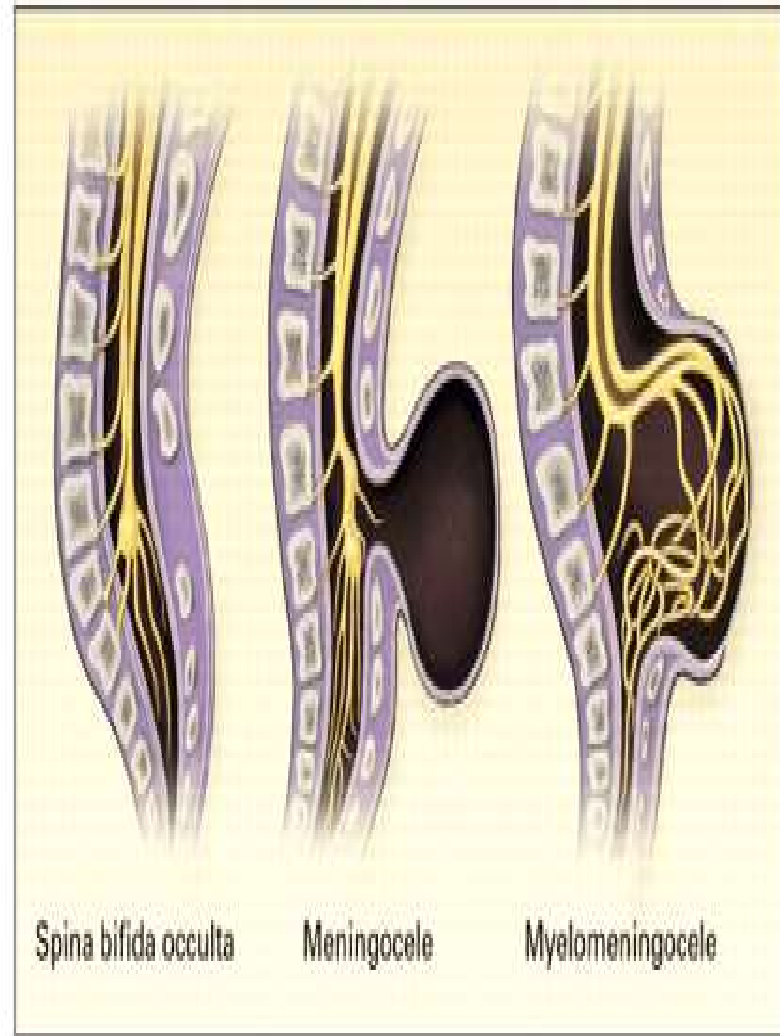




Meningomyelocele



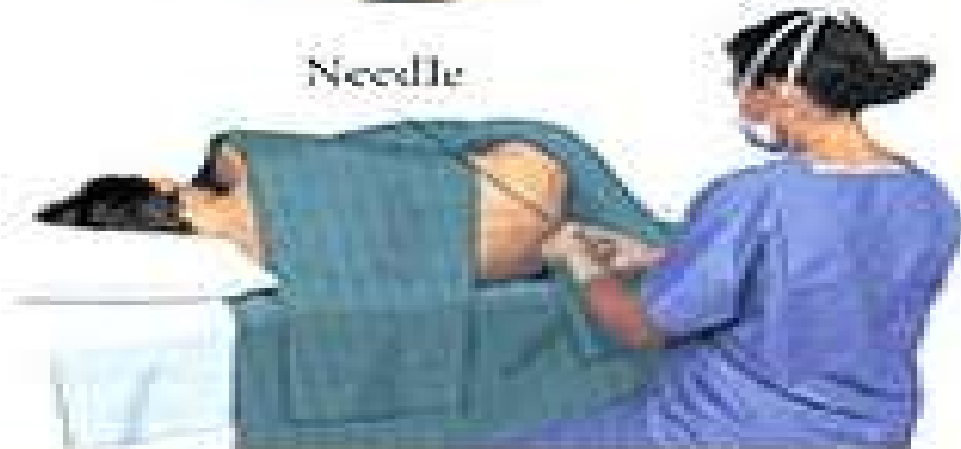
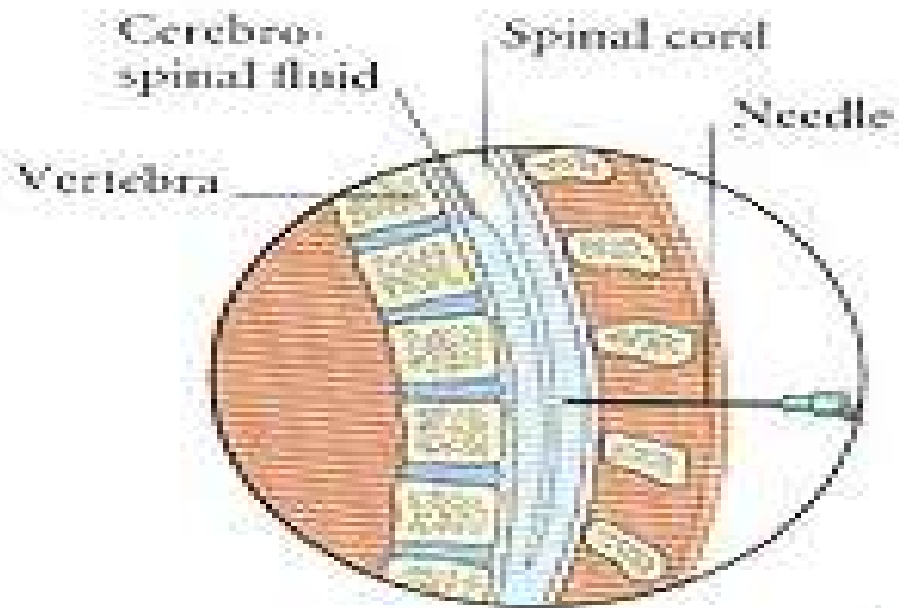
ADAM.

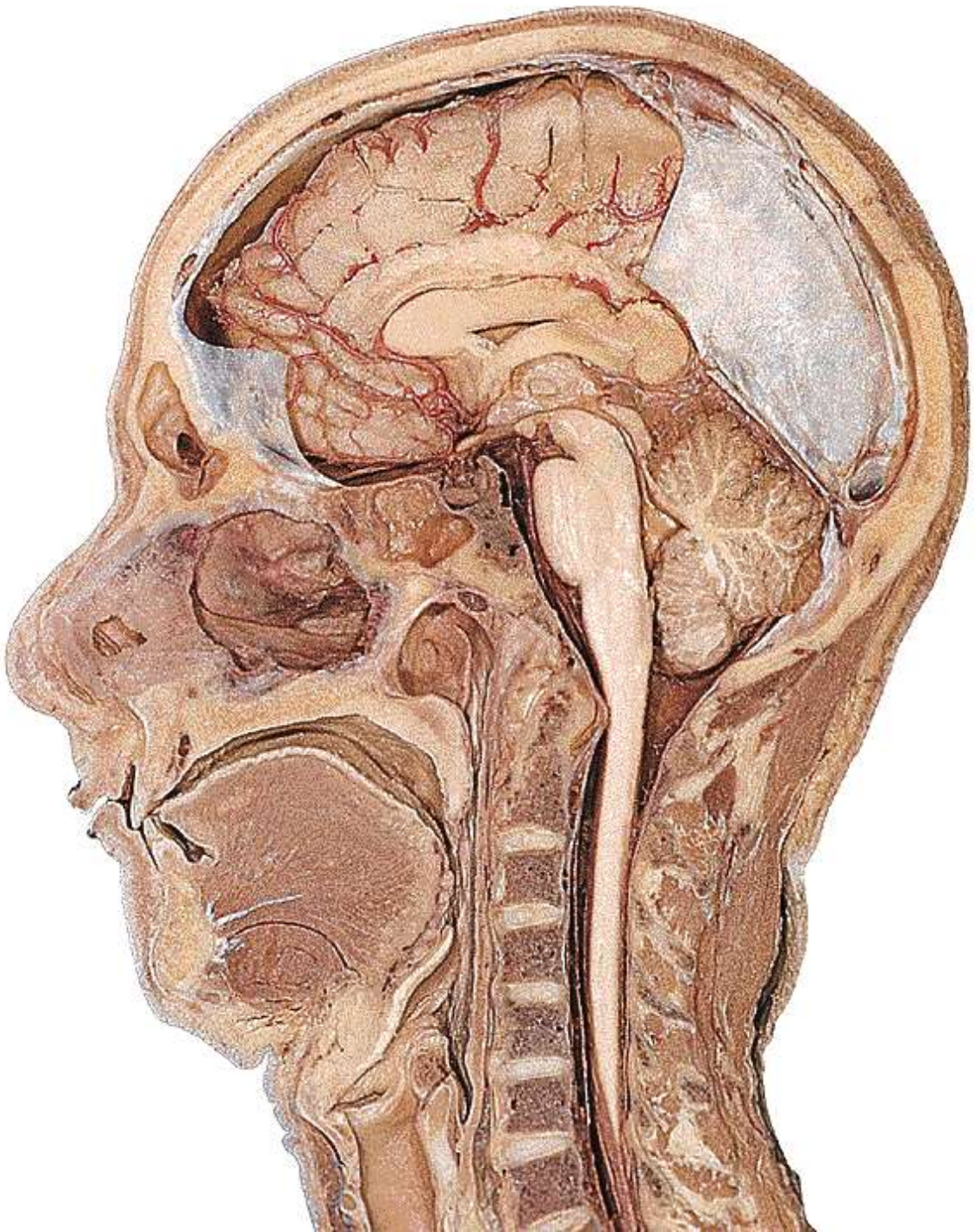




PONCTION LOMBAIRE

- Cette discordance topographique permet aussi la ponction lombaire qui doit être réalisée au dessous de l2 sans risque de traumatiser la moelle.





VASCULARISATION LYMPHATIQUE

- Le système nerveux produit peu de lymphe qui se diffuse dans l'espace sous arachnoïdien.



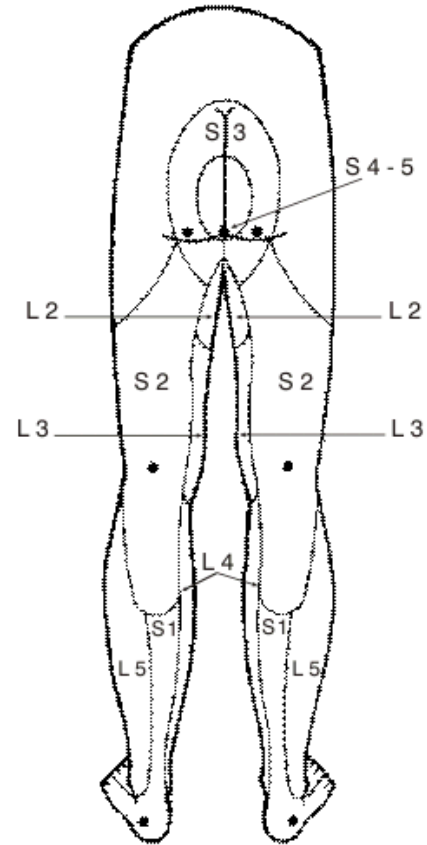
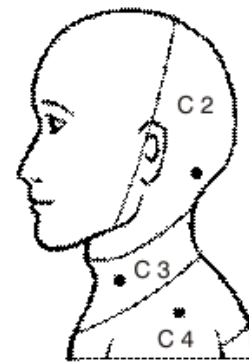
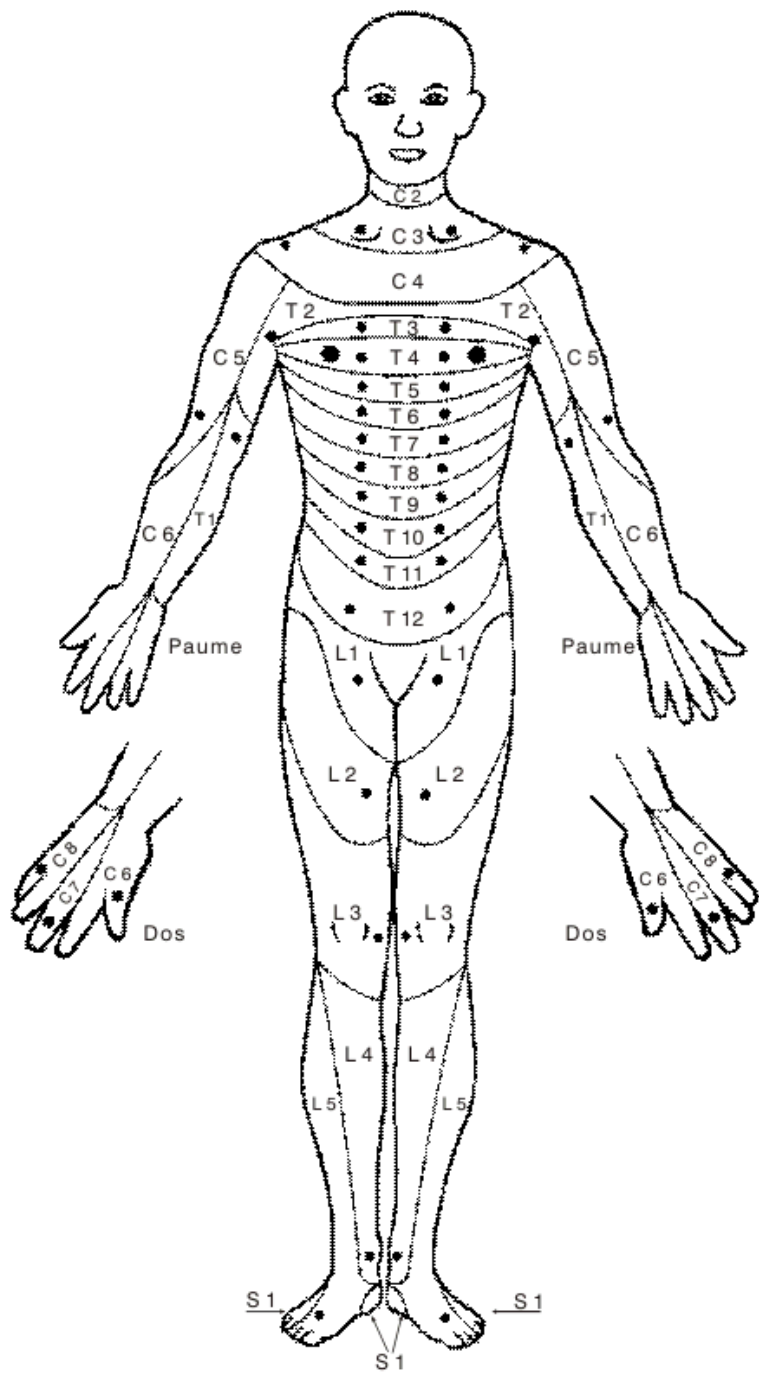
ANATOMIE FONCTIONNELLE

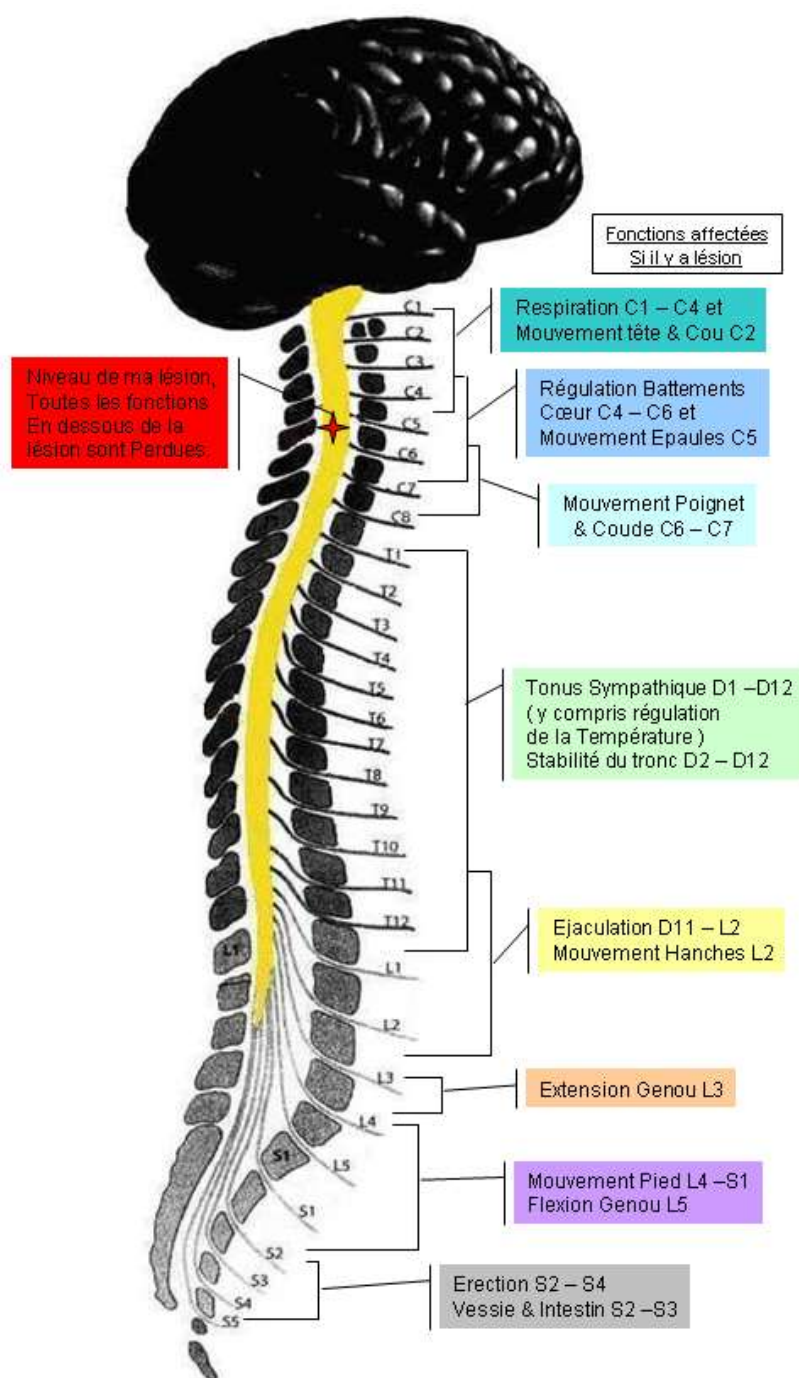
- La moelle épinière est organisée en segments sur toute son extension : **métamères** comprenant chacun une paire de racines rachidiennes antérieure et postérieure.
- Chaque métamère possède son **arc réflex** comprenant un neurone afférent (sensitif) et un neurone efférent (moteur).

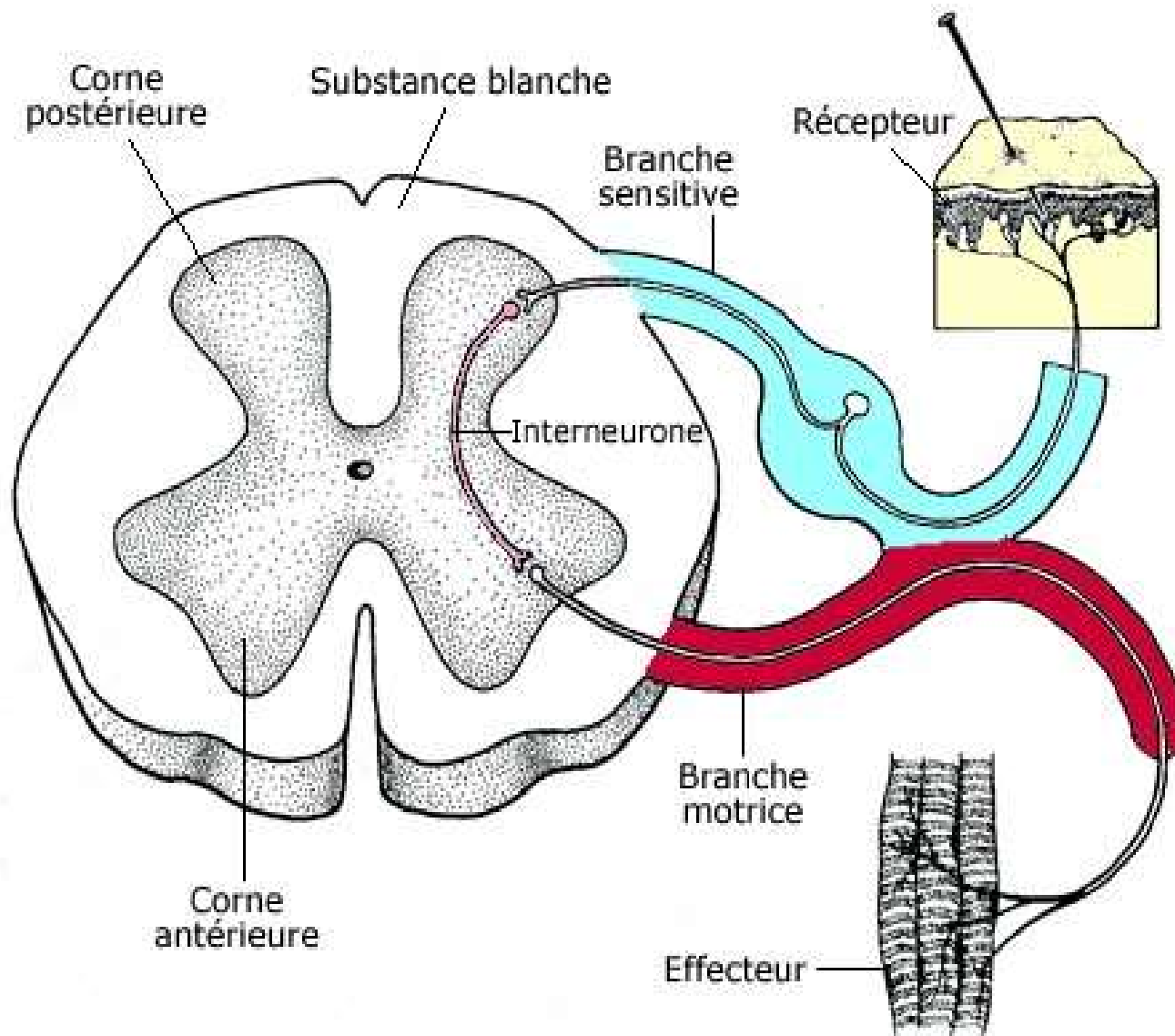
- ◉ Chaque métamère peut fonctionner isolément: **moelle segmentaire**.
- ◉ Un groupe de métamères peut fonctionner ensemble par l'intermédiaire des voies d'associations: **moelle inter-segmentaire**.

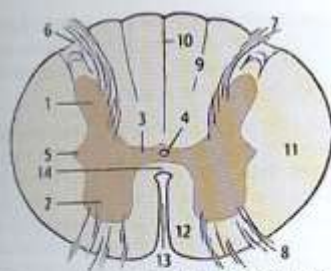
○ Chaque métamère a sous sa dépendance des structures anatomiques bien définies:

- **Dermatome**: peau.
- **Myotome**: muscle.
- **Sclérotome**: os et articulation.
- **Angiotome**: vaisseau.
- **Viscérotome**: viscère.

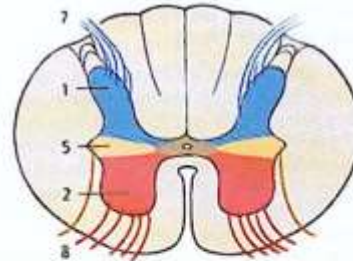




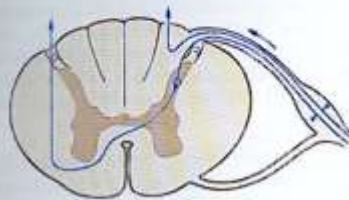




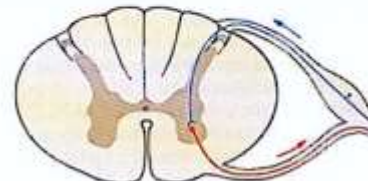
A Coupe transversale de la moelle spinale



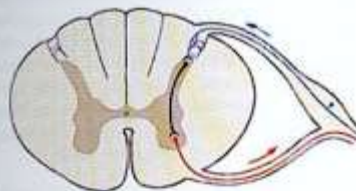
B Zones longitudinales de la moelle spinale



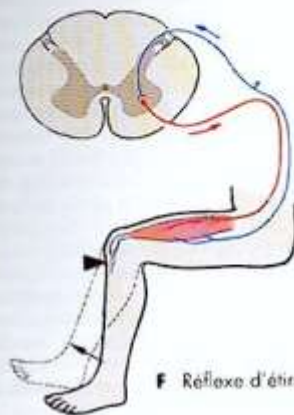
C Fibres afférentes (ascendantes)



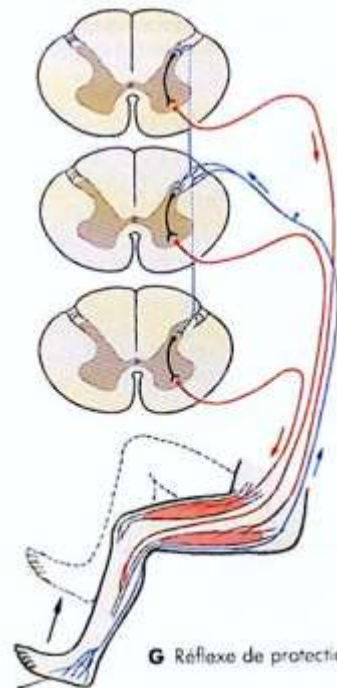
D Réflexe simple



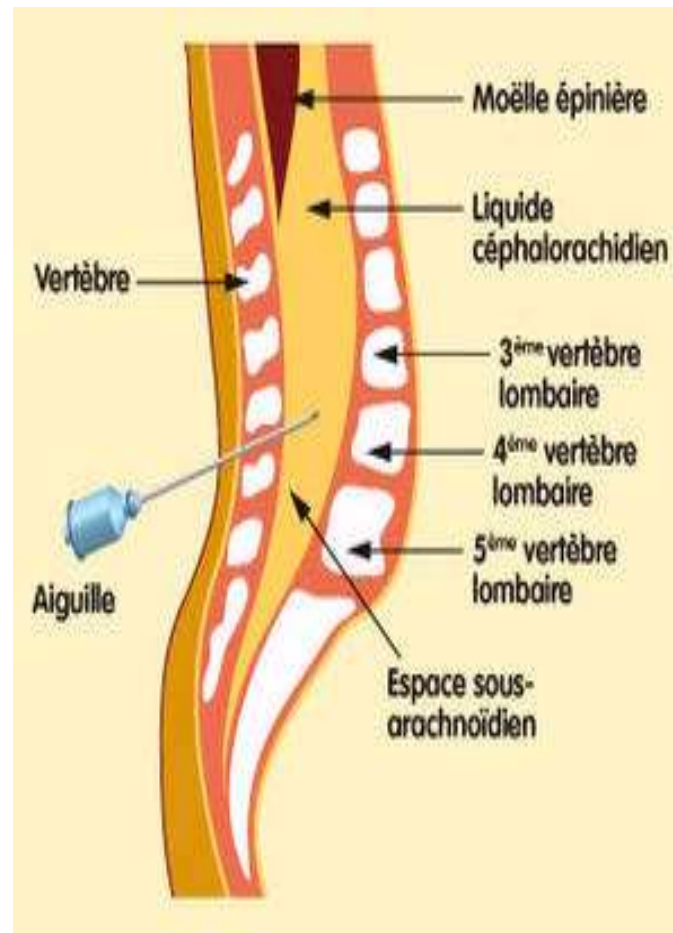
E Réflexe complexe

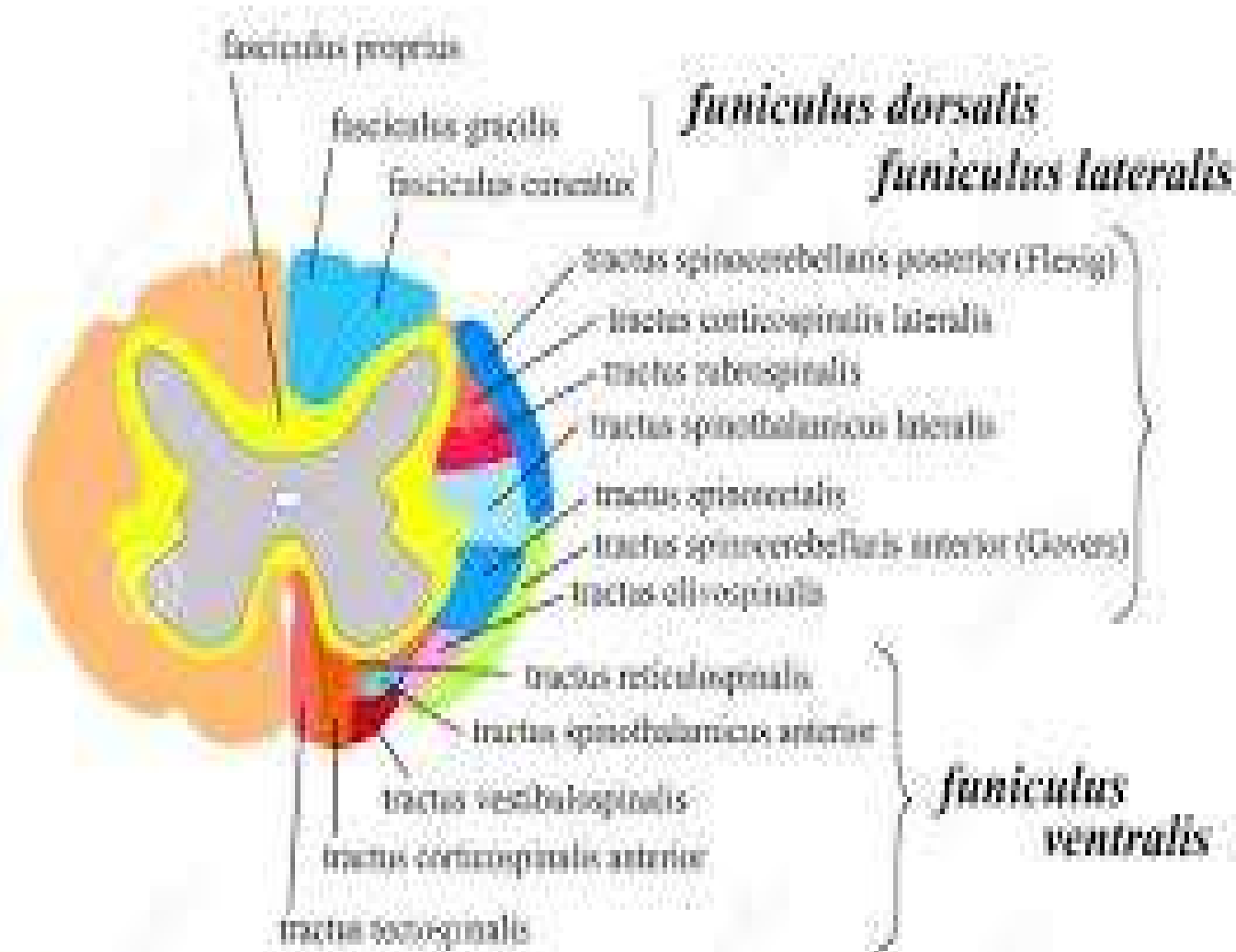


F Réflexe d'étirement



G Réflexe de protection





Faisceaux et tractus ascendants

Tractus descendants

