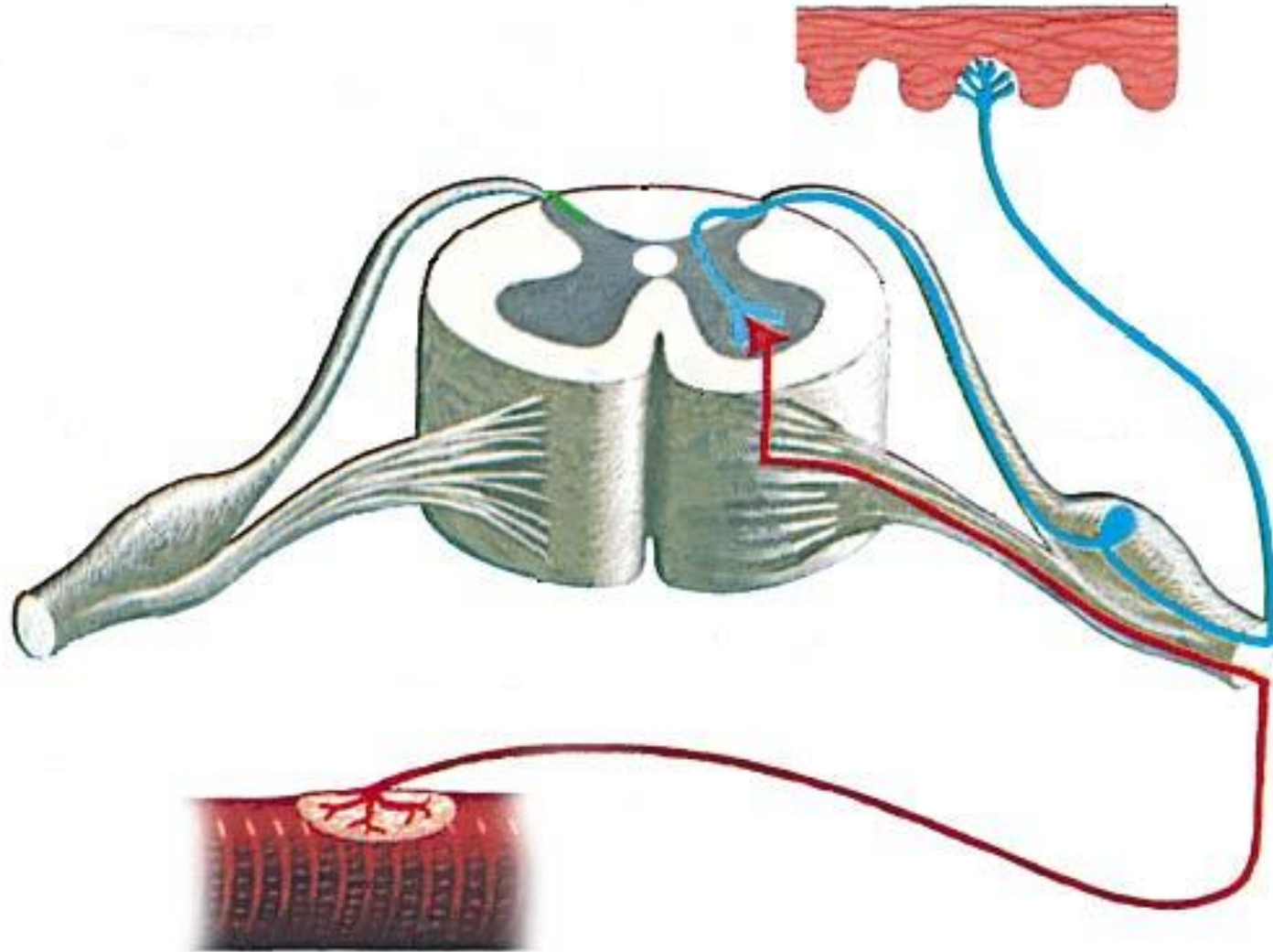


Racines Rachidiennes

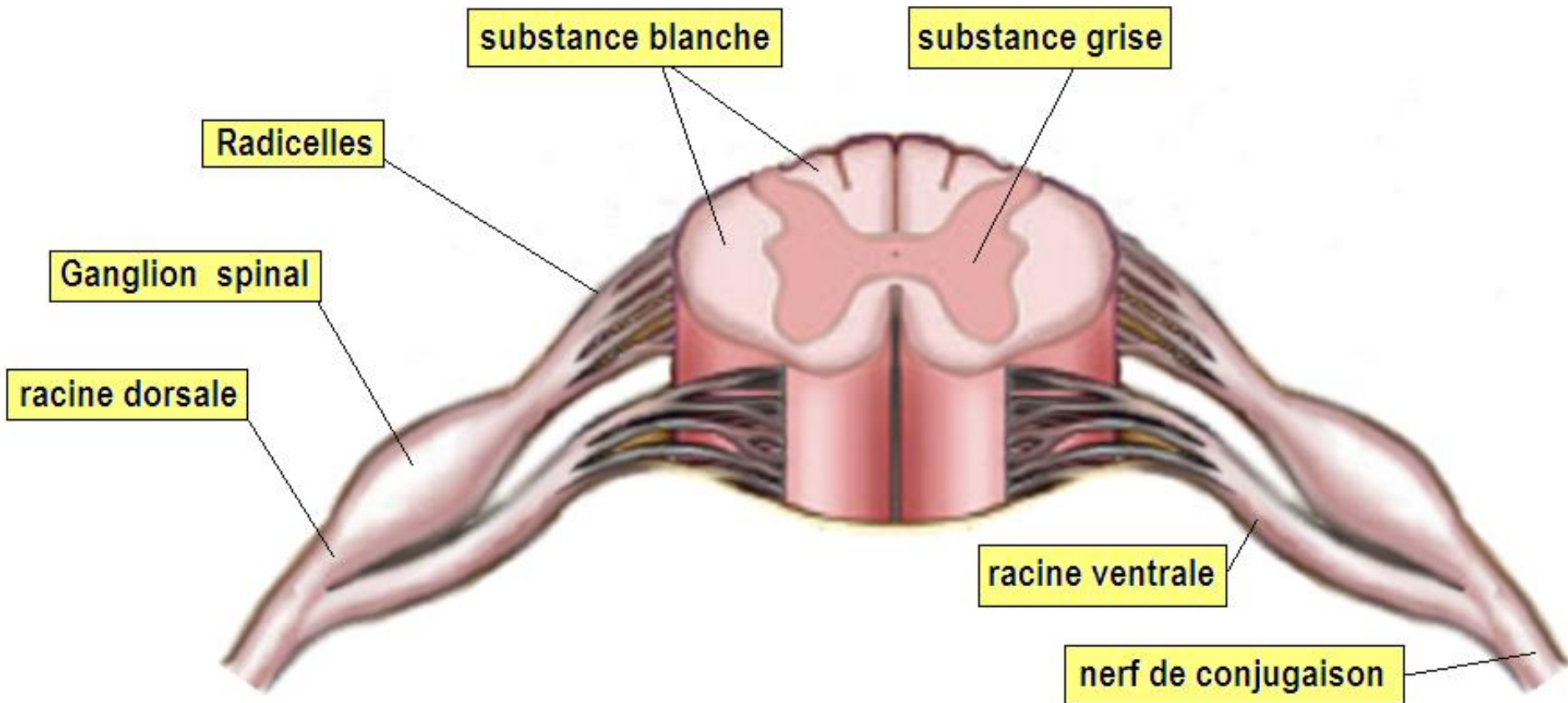
& Fonction de conduction de la moelle épinière

F. TOUMI

Racines Rachidiennes



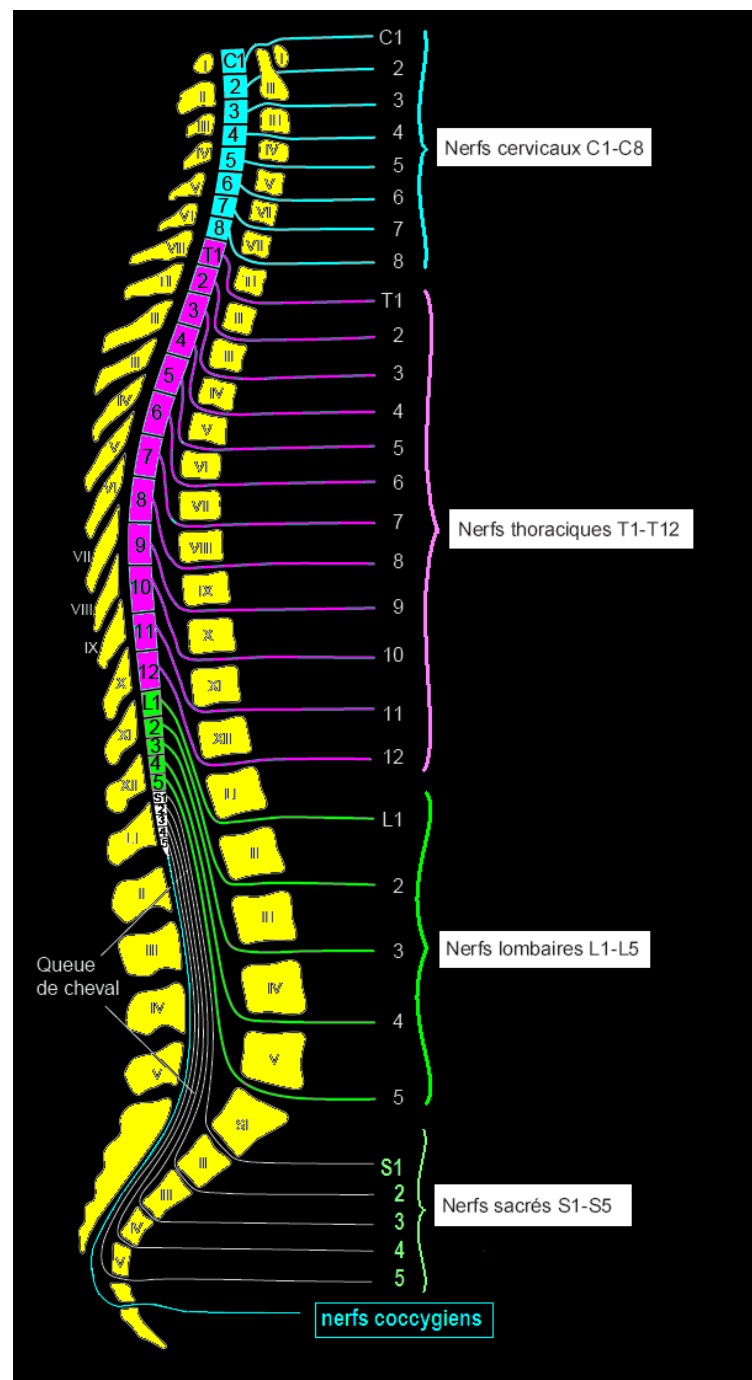
Racines rachidiennes



- **I/ Dualité fonctionnelle des racines rachidiennes**

La moelle épinière est composée de :

- 8 segments cervicaux,
- 12 thoraciques (dorsaux),
- 5 lombaires,
- 5 sacrés...
- Chacun émet deux paires de racines (antérieures et postérieures).



1/ Méthodologie utilisée en physiologie du système nerveux :

a/ Expériences de section

Racine antérieure :

paralysie plus ou moins complète de certains muscles ;

Dégénérescence plus tardive des fibres nerveuses périphériques ;

Racine postérieure :

anesthésie (ou hypoesthésie) localisée ;

Dégénérescence du bout séparé du soma neuronal

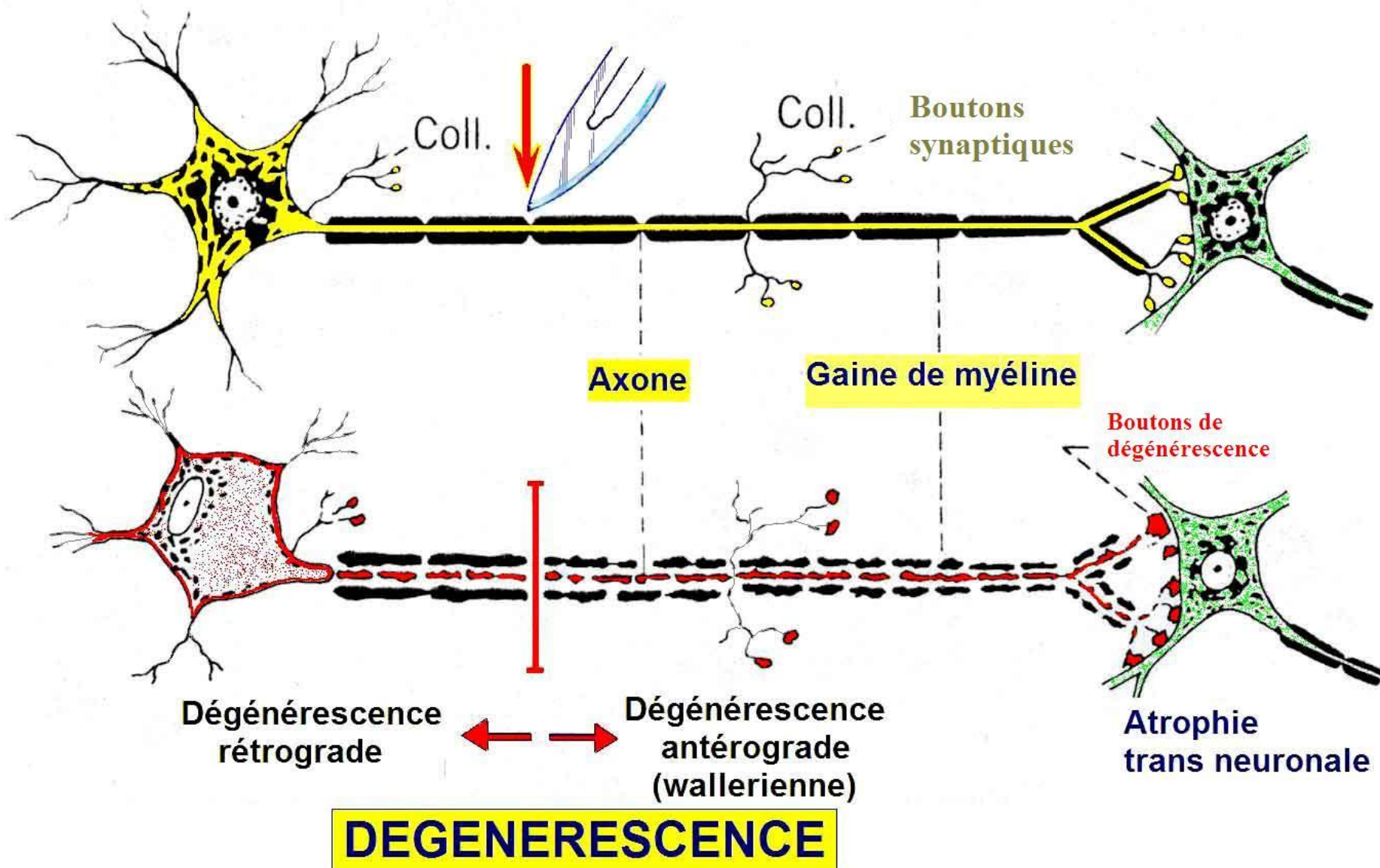
Dégénérescence

- **Antérograde (wallerienne)** : (dans le sens de la conduction de l'influx nerveux)

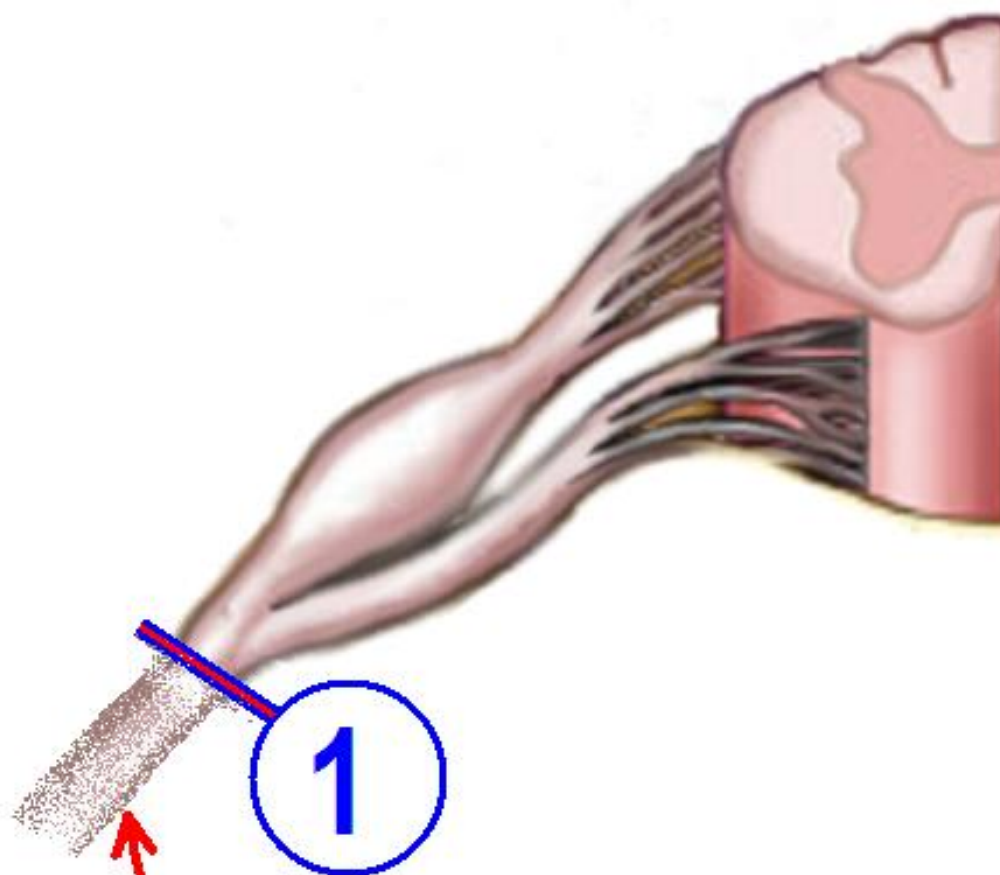
Le prolongement de la racine ventrale sectionnée va dégénérer en direction du muscle innervé.

De même que la section de la racine dorsale par exemple en dedans du ganglion spinal va entraîner une dégénérescence des fibres qui pénètrent dans la moelle, là encore, dans le sens de la conduction des messages afférents.

Dégénérescence ortho et rétrograde



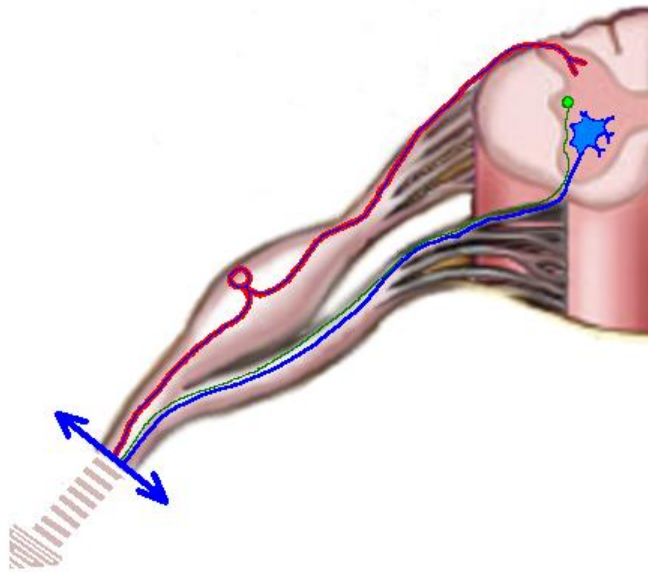
SECTION DU NERF DE CONJUGAISON



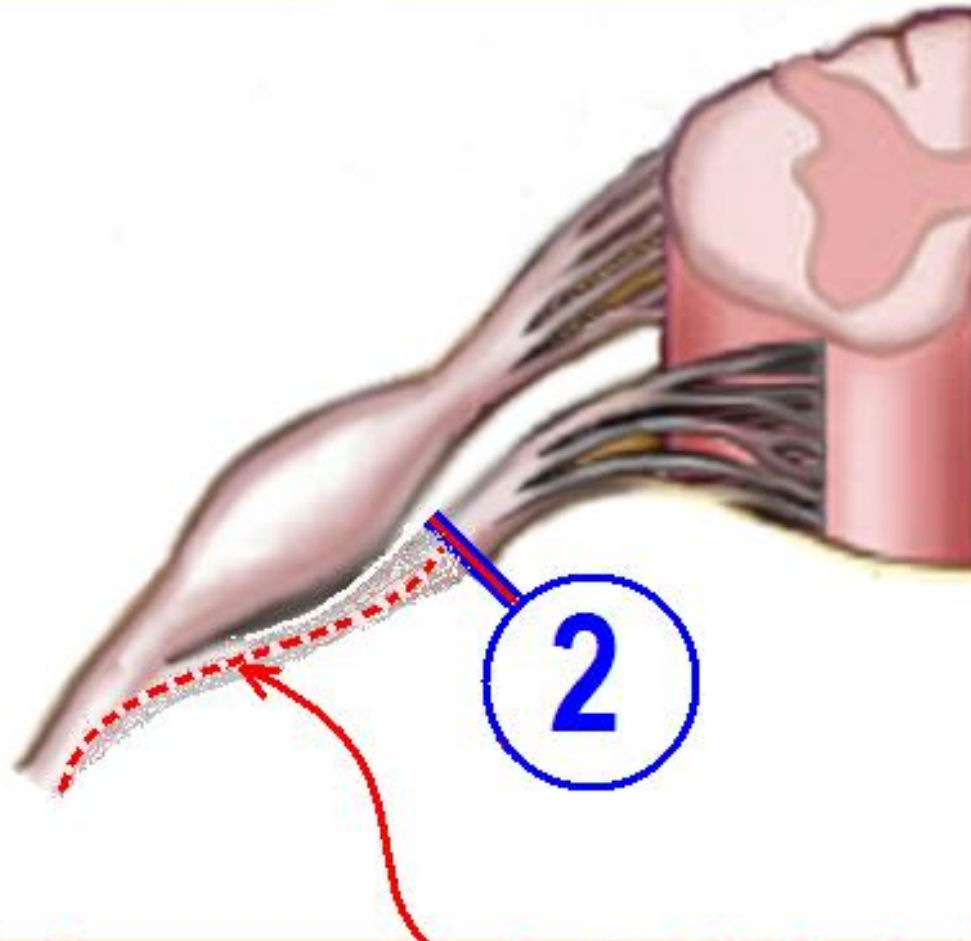
Dégénérescence du bout
périphérique du nerf mixte
(ou de conjugaison)

conclusion

- Les somas des fibres sectionnées sont **tous** situés en dedans de la section, dans le ganglion rachidien ou dans le névraxe

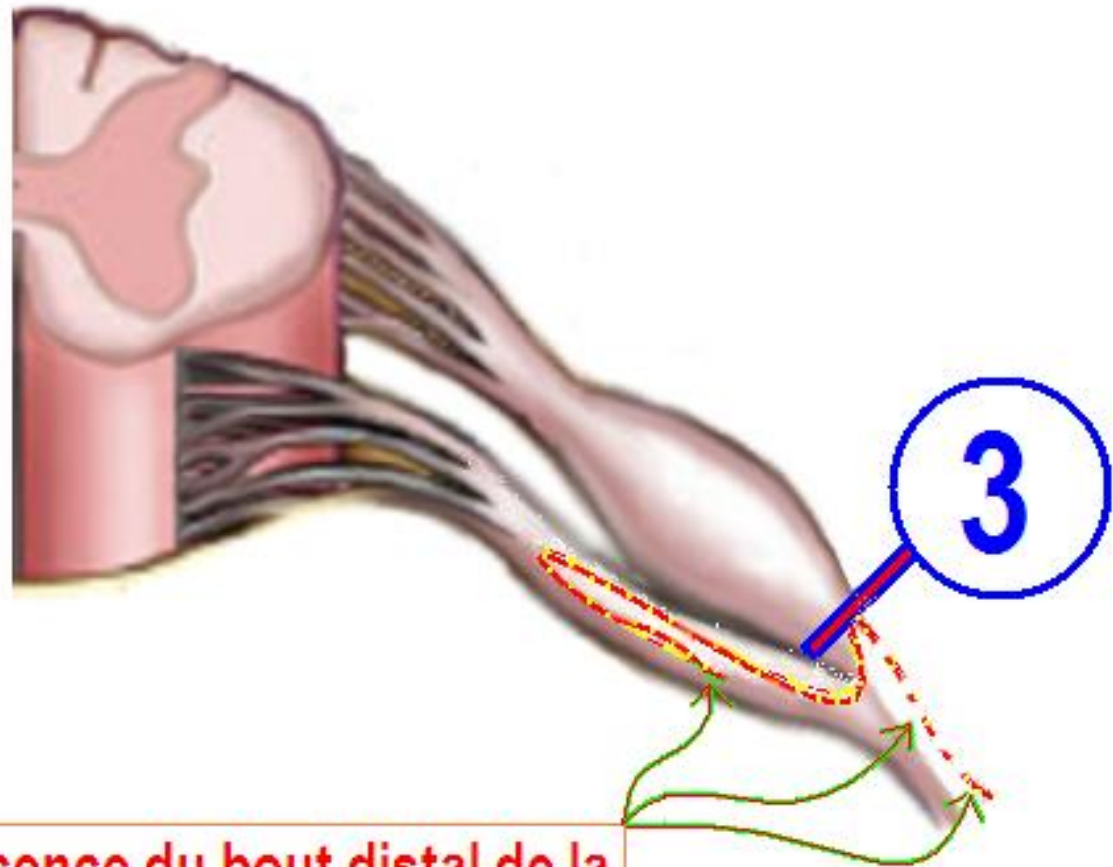


SECTION DE LA RACINE VENTRALE (ANTERIEURE)



Dégénérescence du bout distal de la racine sectionnée et d'une partie du nerf de conjugaison

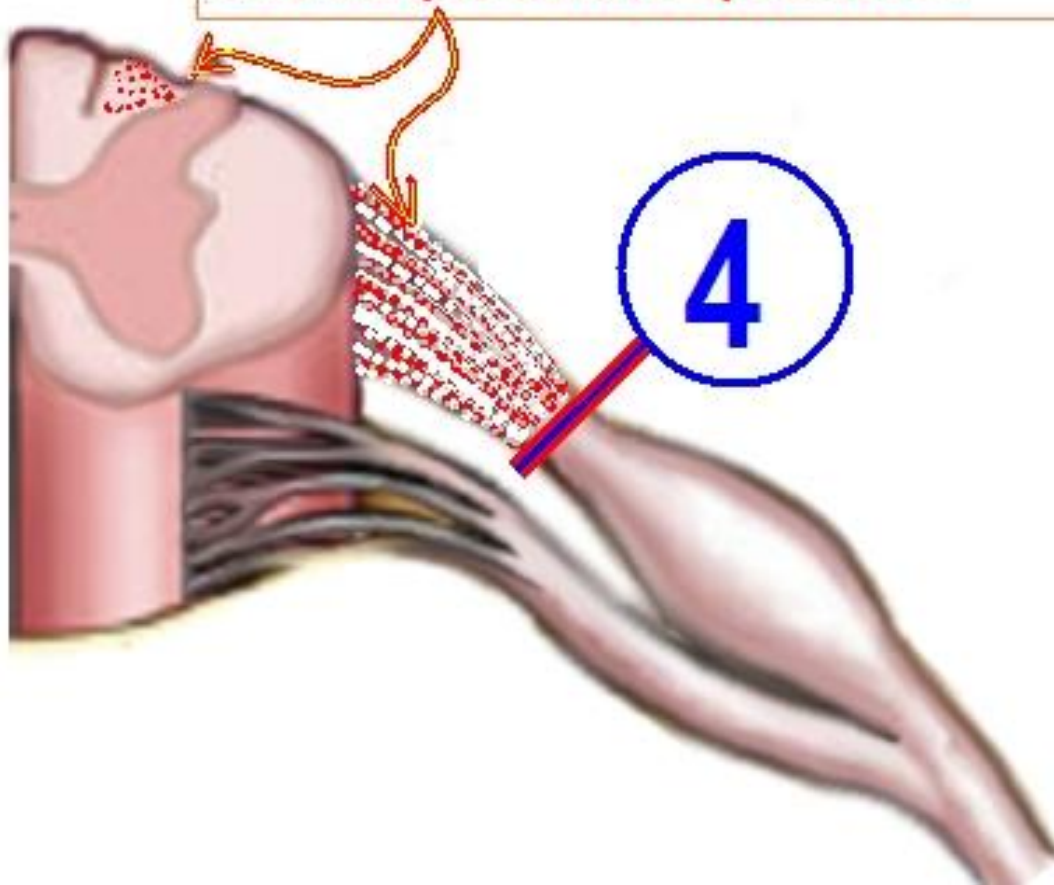
SECTION DE LA RACINE DORSALE EN DEHORS DU GANGLION SPINAL



Dégénérescence du bout distal de la racine, d'une partie du nerf mixte et d'un certain nombre de fibres de la racine ventrale (f. récurrentes...)

SECTION DE LA RACINE DORSALE EN DEDANS DU GANGLION SPINAL

Dégénérescence du bout central
et d'une partie des fibres du
cordon postérieur ipsilatéral



Stimulation 1: (animal anesthésié)

- **stimulation électrique de la racine dorsale :**
 - à faible intensité : cf. réflexe **myotatique**
 - à forte intensité : cf. réflexe de **flexion**

Stimulation 2:

- **stimulation de la racine ventrale :**
 - contractions musculaires, mais pas de mouvements coordonnés

- **analyse des conséquences comportementales et histologiques**
- **corrélations anatomo – cliniques**

(données de l'analyse des lésions post-mortem, en per-opératoire, et de plus en plus, des données de l'imagerie médicale)



2/ à retenir :

- **Lois de Bell et Magendie :**
- **Racines antérieures :** motrices et efférentes
- **Racines postérieures :** sensibles et afférentes
- **Exception apparente à ces lois :**
Sensibilité récurrente [?]

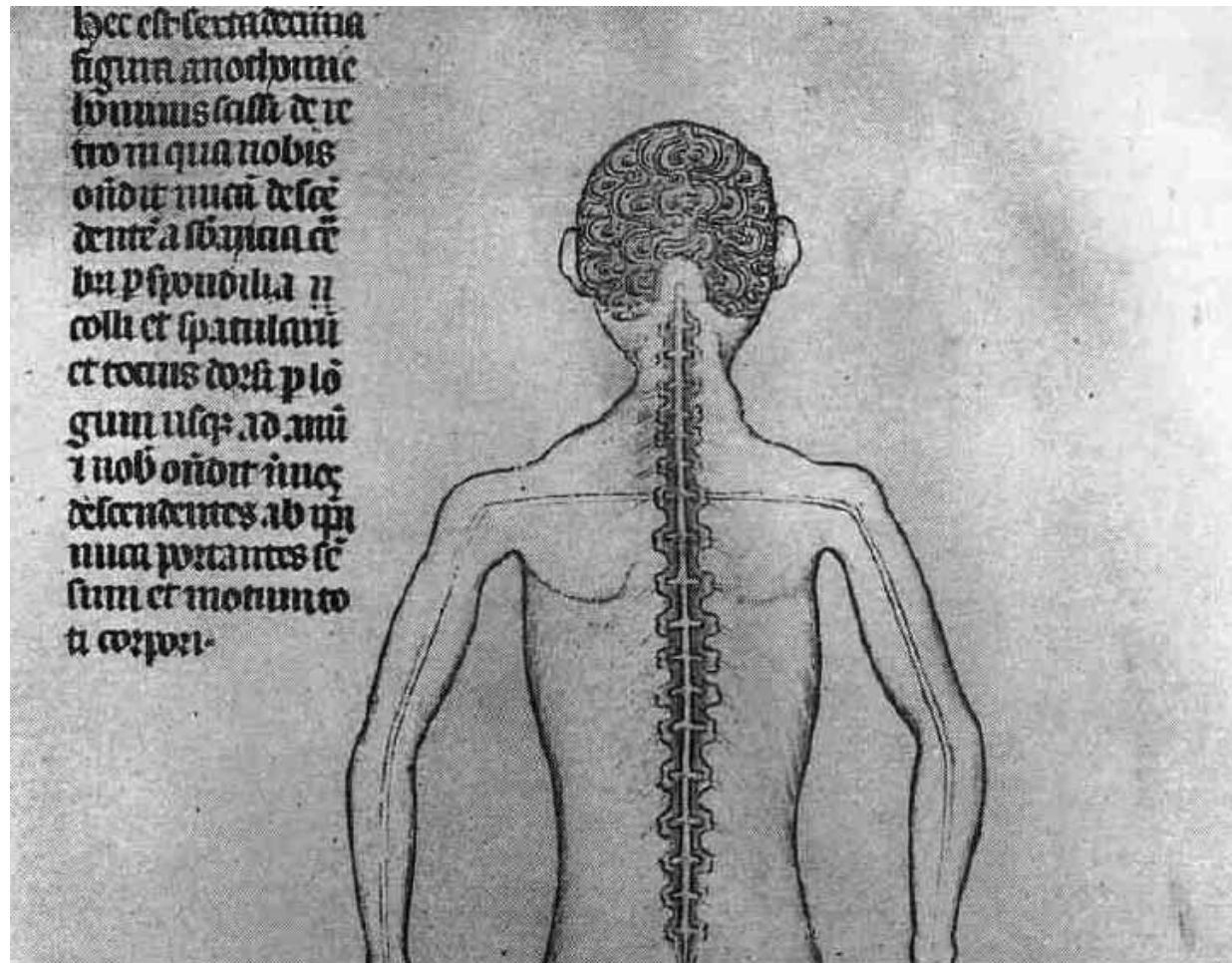
Racine dorsale (postérieure) :

- **Corps cellulaires dans le ganglion rachidien**
- **TOUTES les fibres sont afférentes et sensitives**
- **Sa lésion entraîne des troubles sensitifs**
- **Sa lésion peut entraîner une abolition des réflexes mettant jeu cette racine**

Racine ventrale (antérieure) :

- La MAJORITE des fibres sont **motrices** et **efférentes** ;
- Les corps cellulaires peuvent se localiser soit :
 - Dans la **corne antérieure** de la M.E. (+++)
 - Dans le **ganglion rachidien**
 - Sa lésion peut entraîner une paralysie, une amyotrophie et l'abolition des réflexes dont l'arc implique cette racine.

III/ Caractère métamérique de l'innervation radiculaire



Guido da Vigevano (1345)

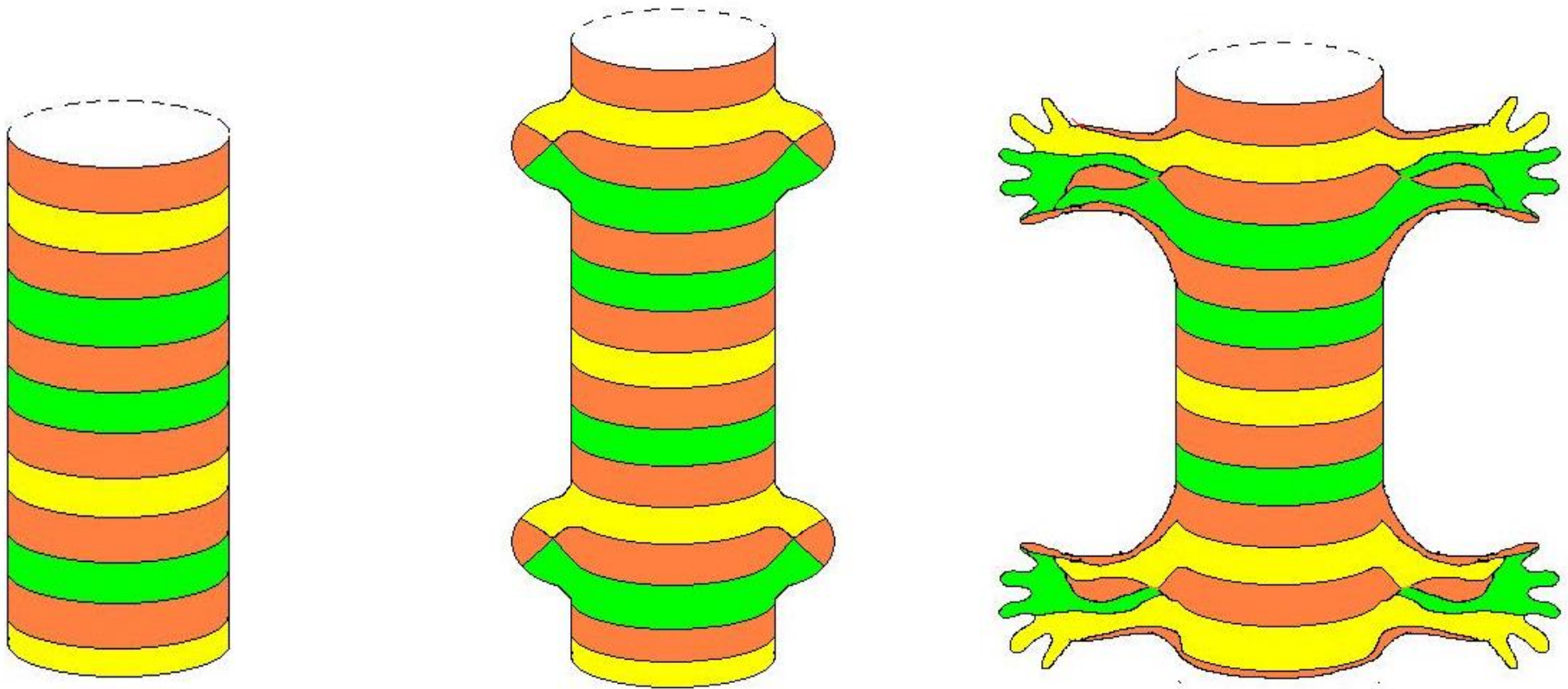
1/ racine dorsale : **DERMATOME**

- **Définition** : territoire cutané innervé par une seule racine postérieure.

Méthodes de détermination :

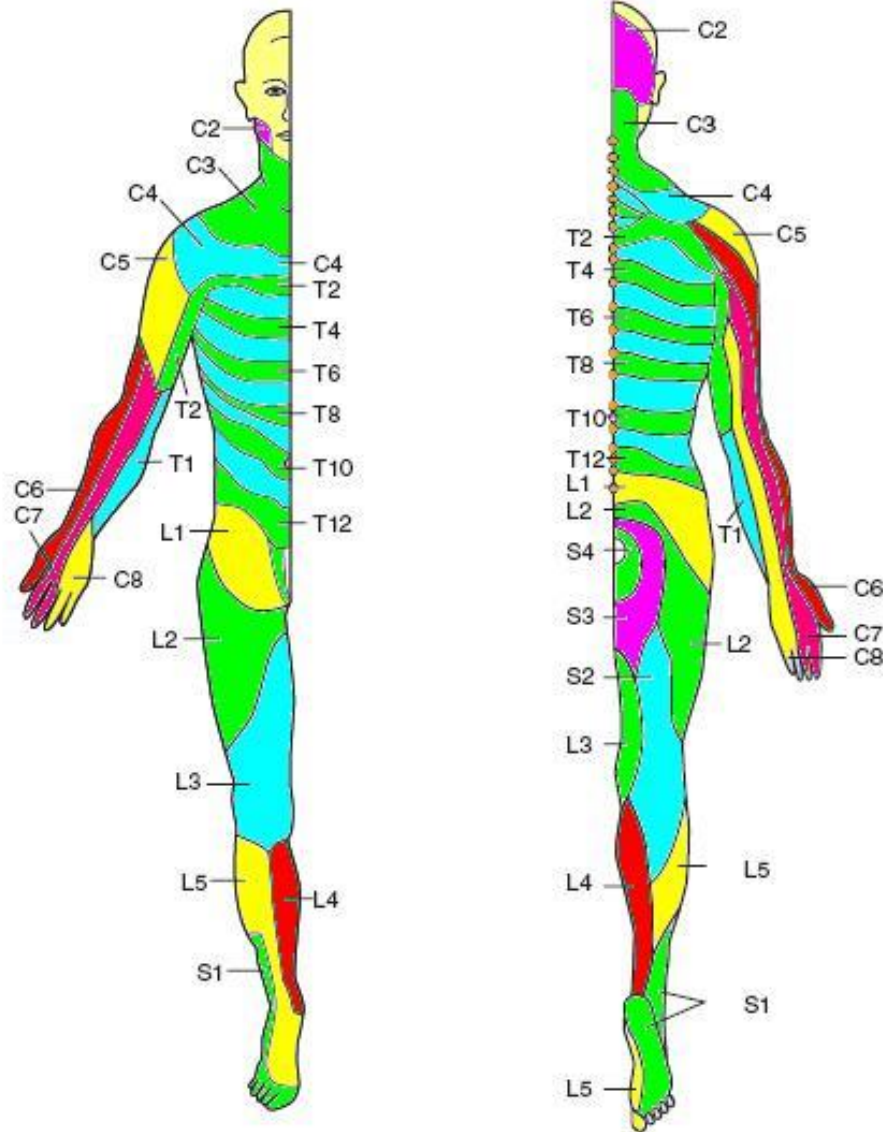
- Méthodes de détermination :
 - la principale = technique de la **sensibilité persistante** (*Sherrington*) : section de plusieurs racines dorsale au dessus et en dessous de celle dont on doit déterminer le dermatome. Une zone de peau sensible (dermatome à étudier) sera "suspendue" au dessus et au dessous de deux zones insensibles aux différentes stimulations

Migration des dermatomes

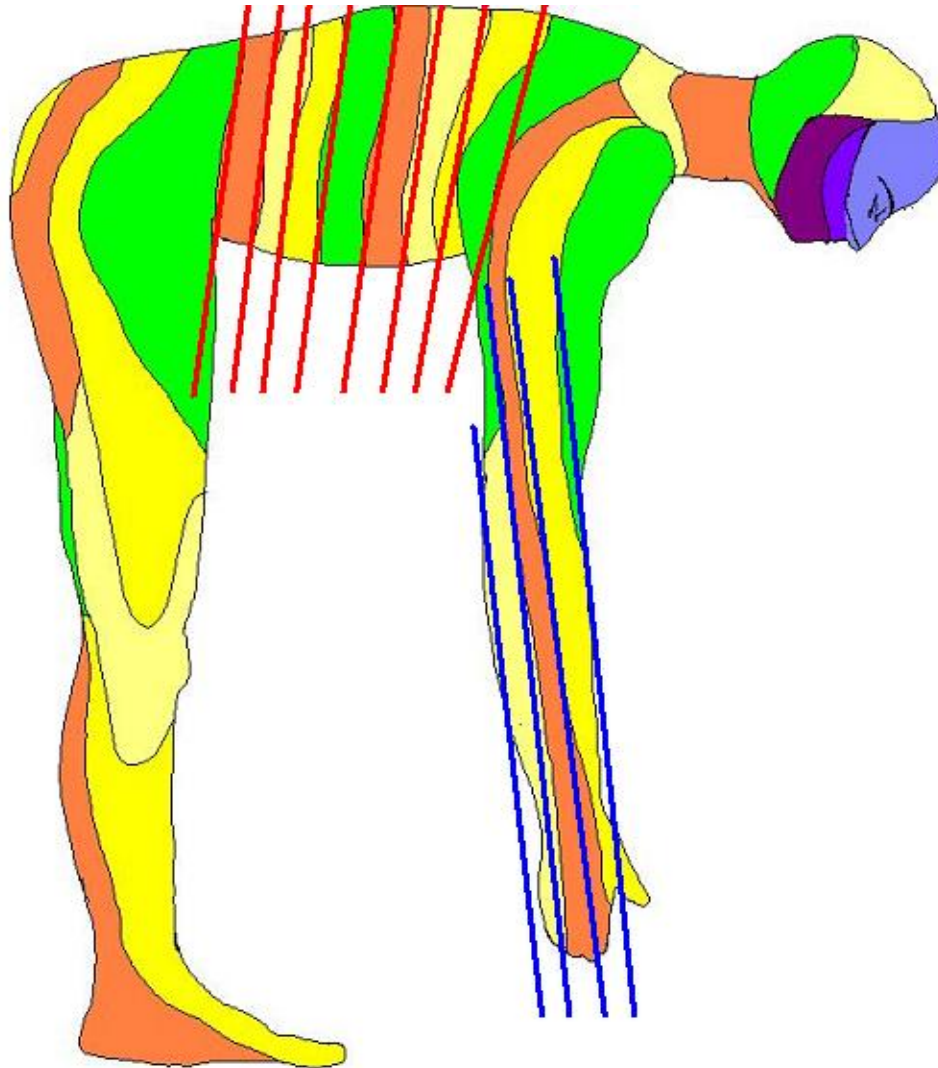


Dermatomes humains

N.B: ils se superposent partiellement et perdent leur aspect en bandes parallèle au niveau des membres



Dermatomes vus en position quadrapède : # parallèles

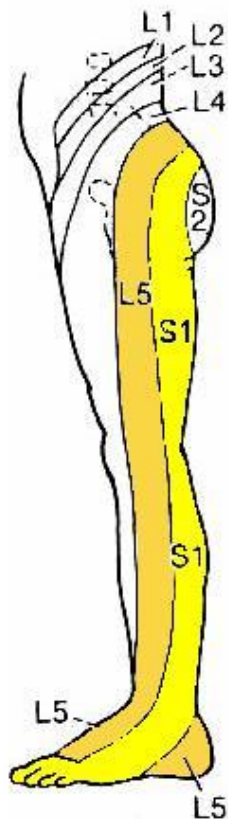


Importance clinique :

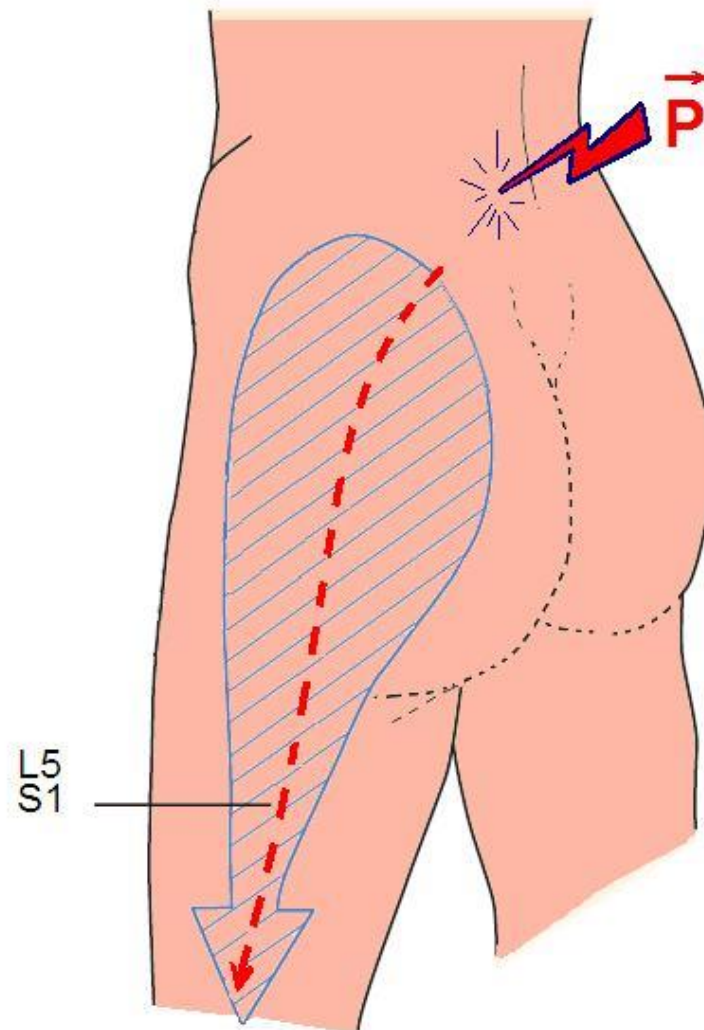
La détermination des dermatome et leur connaissance permet de ***localiser les atteintes radiculaires*** (traumatiques, inflammatoires, dégénératives, tumorales...) à partir des ***symptômes cliniques*** présentés par le patient.



(I.R.M.) : Hernie discale L5-S1
(flèches jaunes)



Dermatomes
L5-S1



La pression sur la zone de hernie discale
(L5-S1) provoque une douleur dans les
dermatomes correspondants

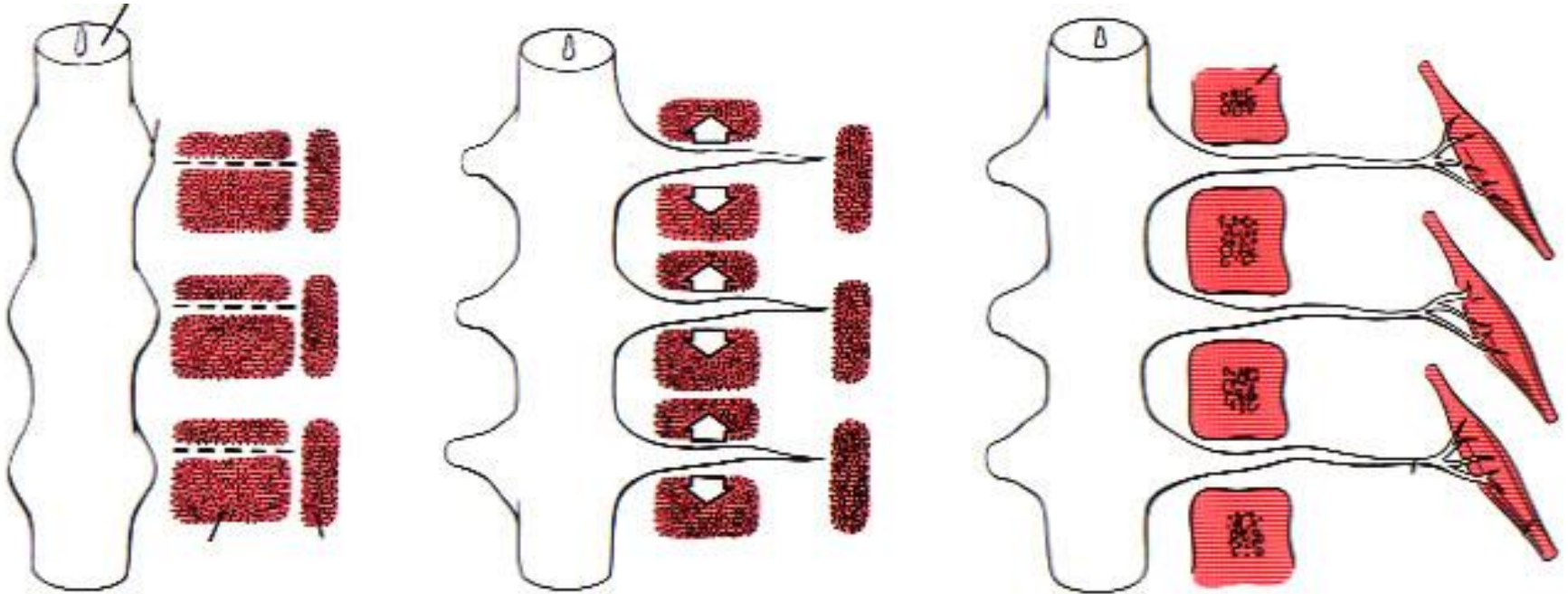
Le **zona**, infection virale, se traduit par une éruption au niveau d'un dermatome



LESIONS DE ZONA

2/ racine ventrale : **CHAMP RADICULAIRE MOTEUR**

- **Définition** : ensemble des muscles innervés par une seule racine antérieure.
- Une même racine antérieure peut innerver des muscles divers.
- N.B: ne pas confondre « champ radiculaire moteur » avec « myotome », terme qui désigne une métamérisation qui perd progressivement son caractère topographique au cours du développement embryonnaire (en anneaux ou en bandes, en regard de chaque segment médullaire).

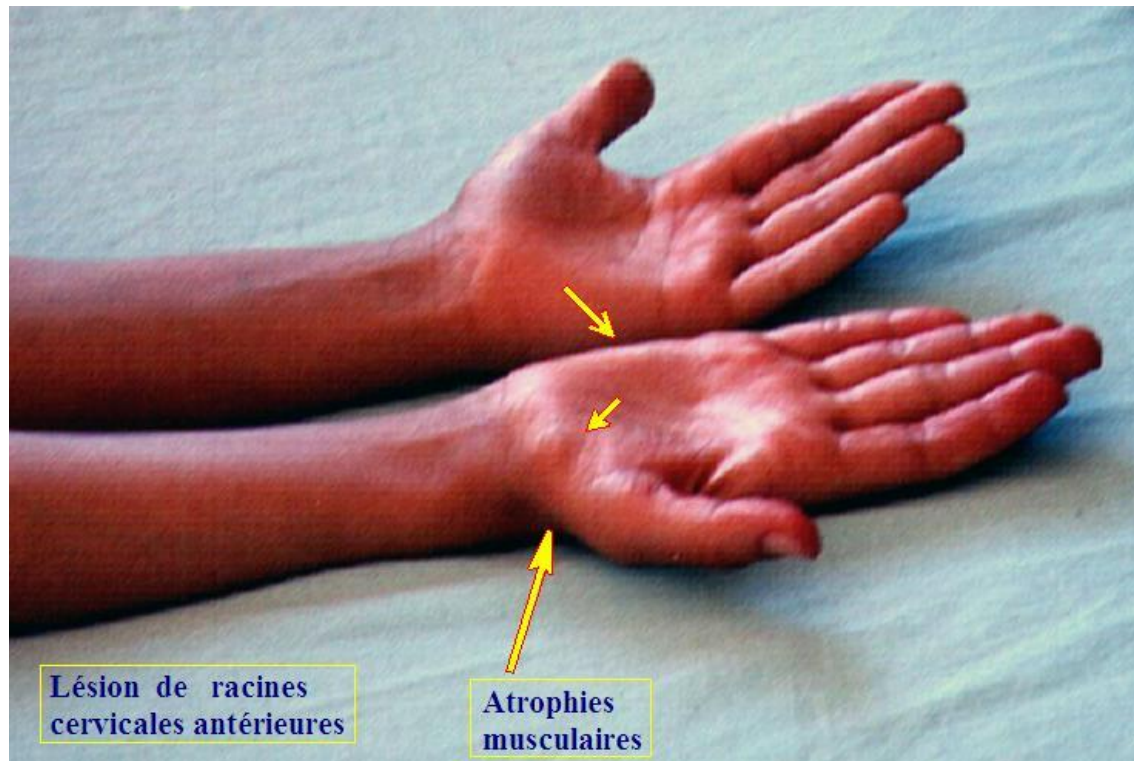


Champ radiculaire moteur

- **Détermination :**
 - les **paralysies**,
 - **amyotrophies**,
 - **fasciculations** et **fibrillations** musculaires (contractions involontaires répétitives) et autres signes observés sont difficiles à apprécier avec précision.

Importance clinique

- liée à une bonne connaissance des territoires d'innervation, mais difficile d'évaluer l'étendue de lésions radiculaires du fait de la variabilité des signes et des recouvrement des territoires innervés et de la diversité fonctionnelle et anatomiques des muscles contrôlés par une racine ventrale.





Importance : EMG

(électromyographique) :

- l'utilisation des techniques d'études neuronographiques des territoires d'innervations, sur la base des connaissances expérimentales et cliniques, permet d'établir une évaluation précise des territoires contrôlés par les racines concernées.

III/ Nature des fibres contenues dans les Racines Rachidiennes

- **1/ fibres des racines antérieures ou ventrales**

A/ Efférentes :

a/ vers les fibres musculaires striés squelettiques :

α [alpha] : Unités motrices

γ [gamma] : Extrémités du FNM

b/ fibres efférentes végétatives :

fibres pré – ganglionnaires [B]

B/ Afférentes (v. Somesthésie) :

- fibres récurrentes, aberrantes des racines antérieures...

- **2/ fibres des racines postérieures ou dorsales (v. Somesthésie)**

- Myélinisées de gros diamètre : (A-Alpha, A-Bêta / I et II)

- récepteurs de bas seuil

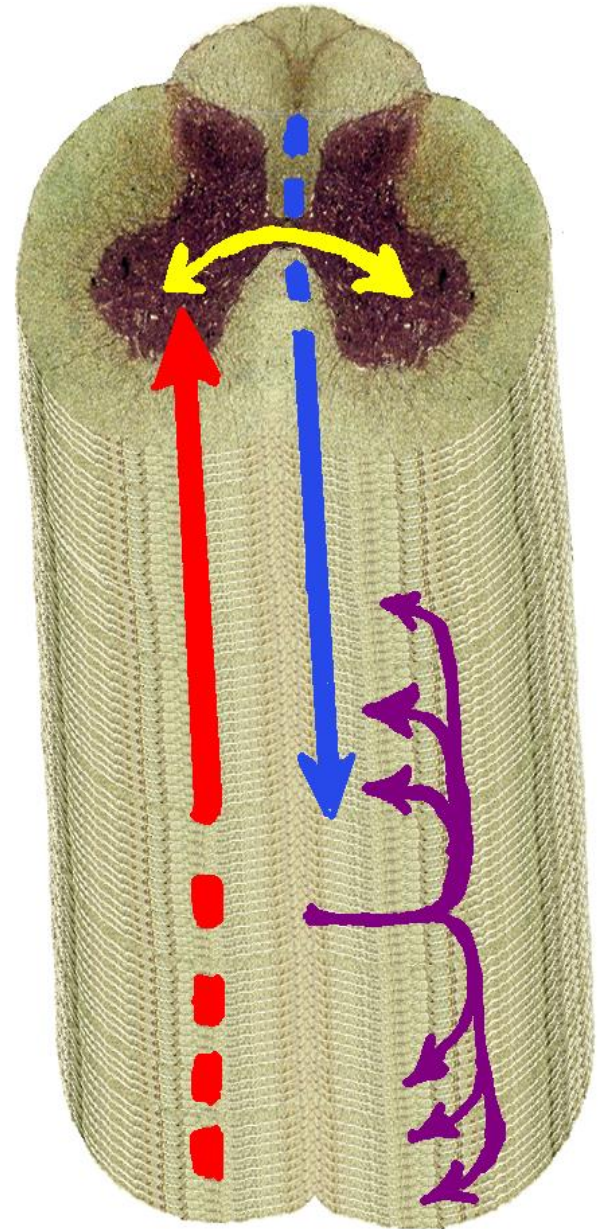
- Myélinisés fines (A-Delta et C / III et IV) :

- - seuil élevé (nociception)

- - thermorécepteurs de bas seuil au chaud, au froid

- ...

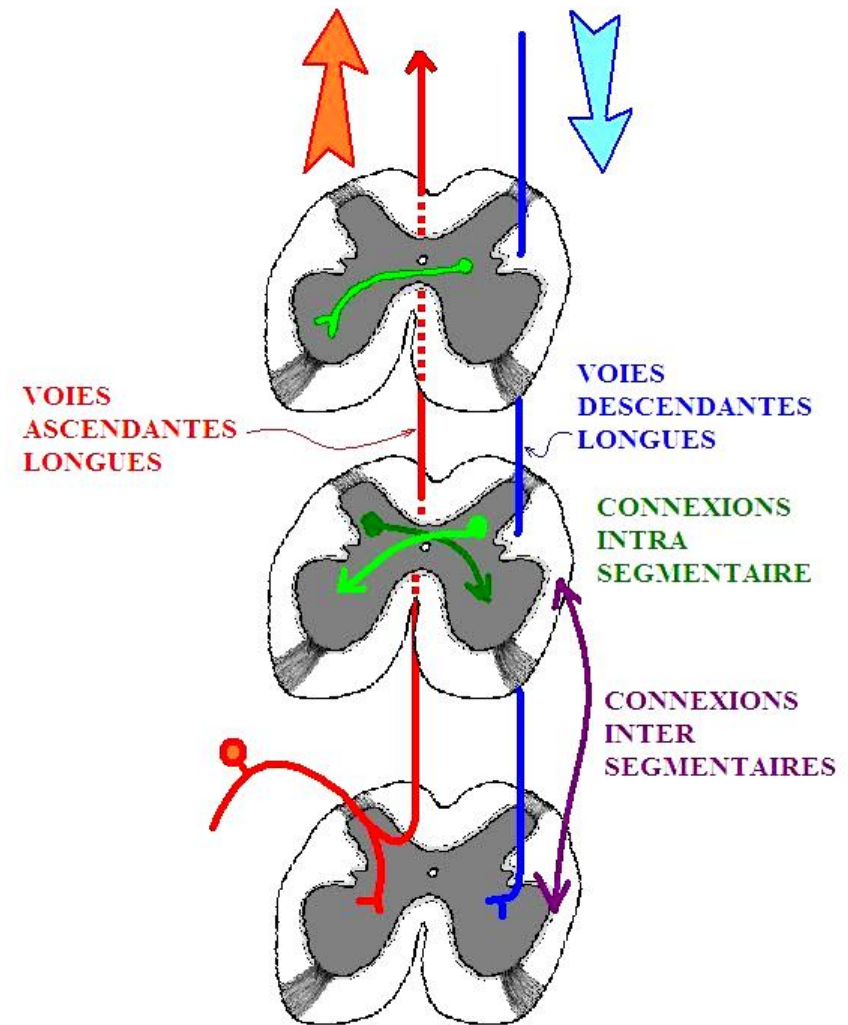
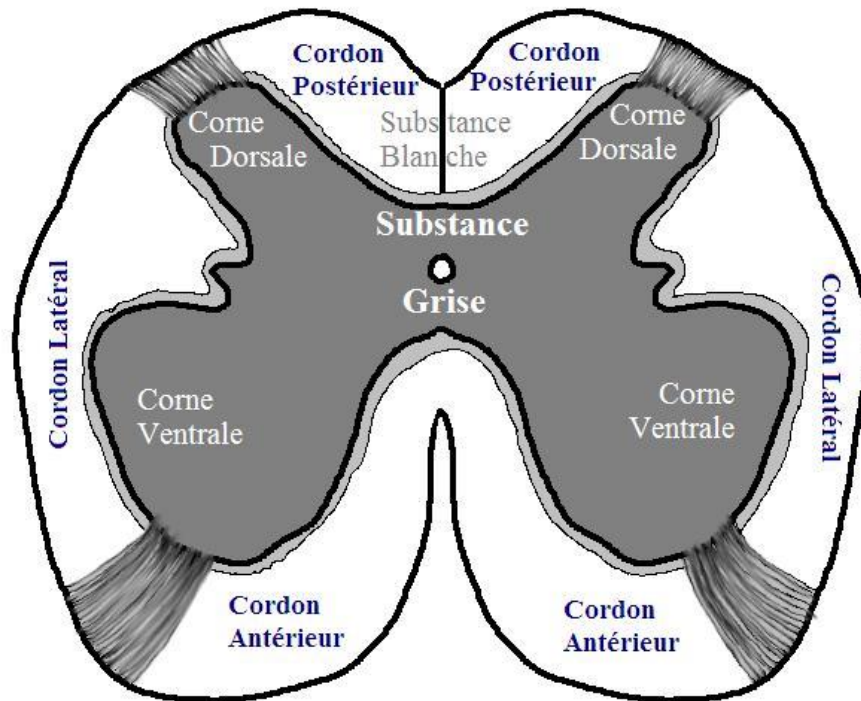
(II) Fonction de conduction de la moelle épinière



I. GENERALITES :

- **Communication Moelle avec les centres supra spinaux**
- **Communication Intra segmentaire (ipsilatérale / controlatérale)**
- **Communication Inter segmentaire**

CENTRES SUPRASPINAUX

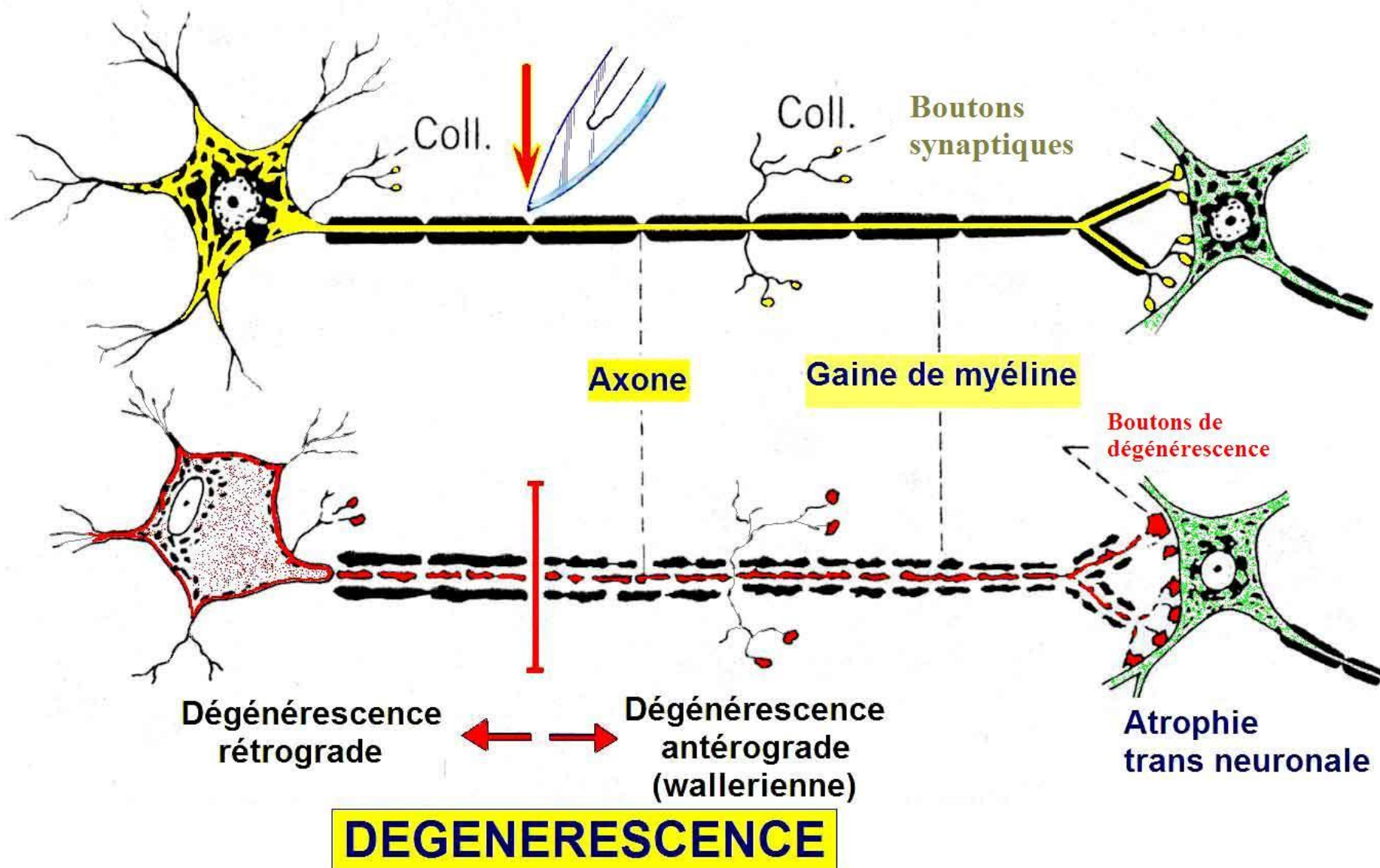


MOELLE

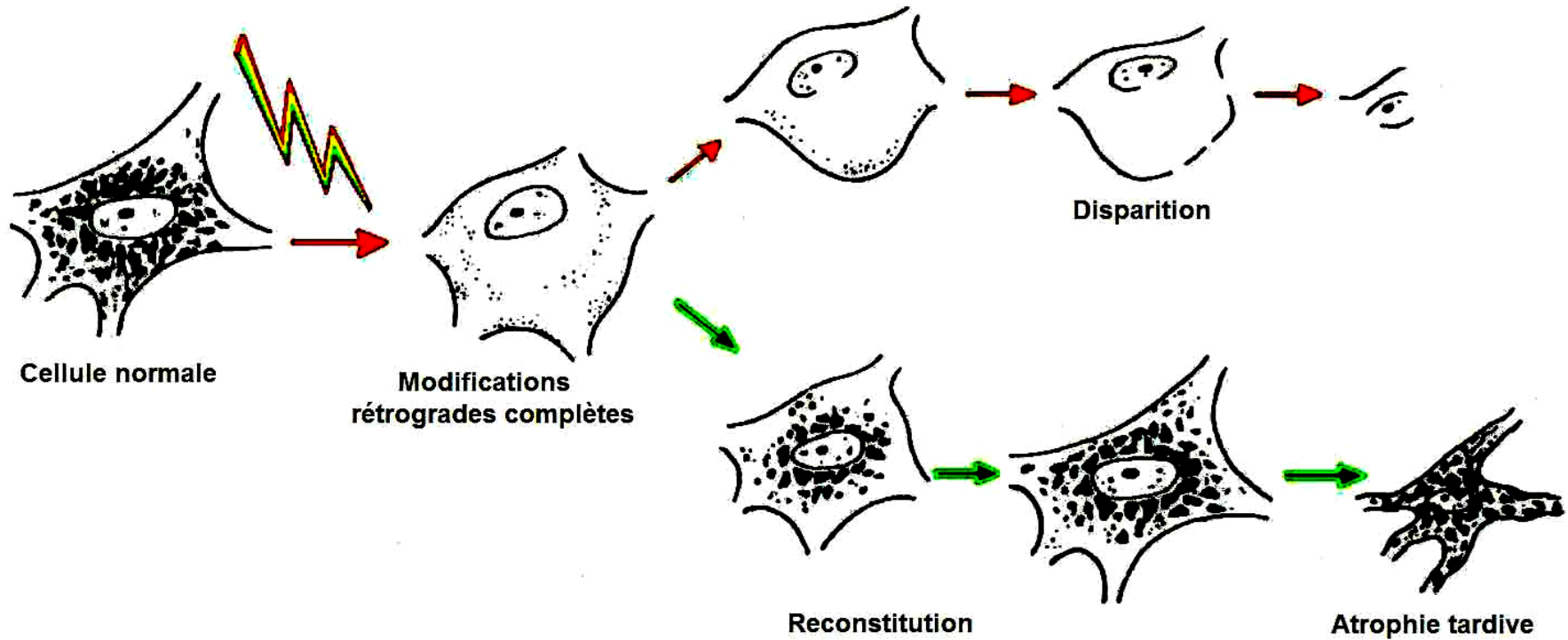
II. METHODOLOGIE

- **Dégénérescence ortho et rétrograde**
- **Transport ortho et rétrograde de substances**
- **Méthodes électrophysiologiques**
- **Lésions et stimulations électriques**
- **Données anatomo-cliniques**

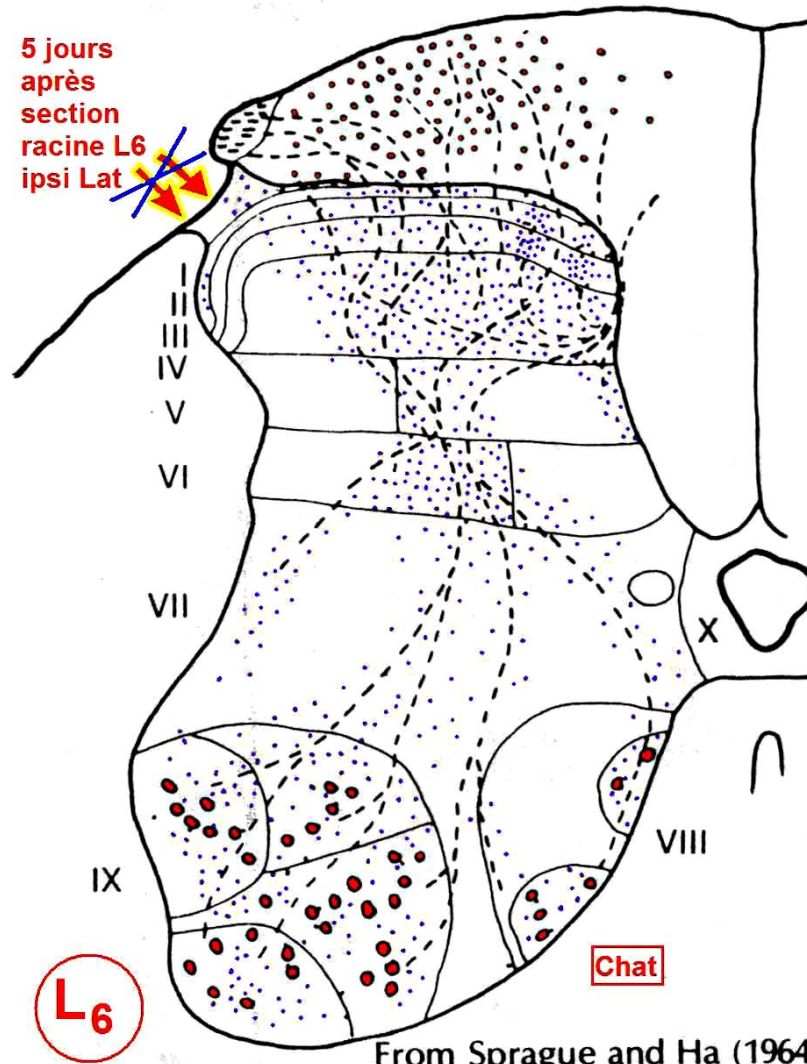
Dégénérescence ortho et rétrograde



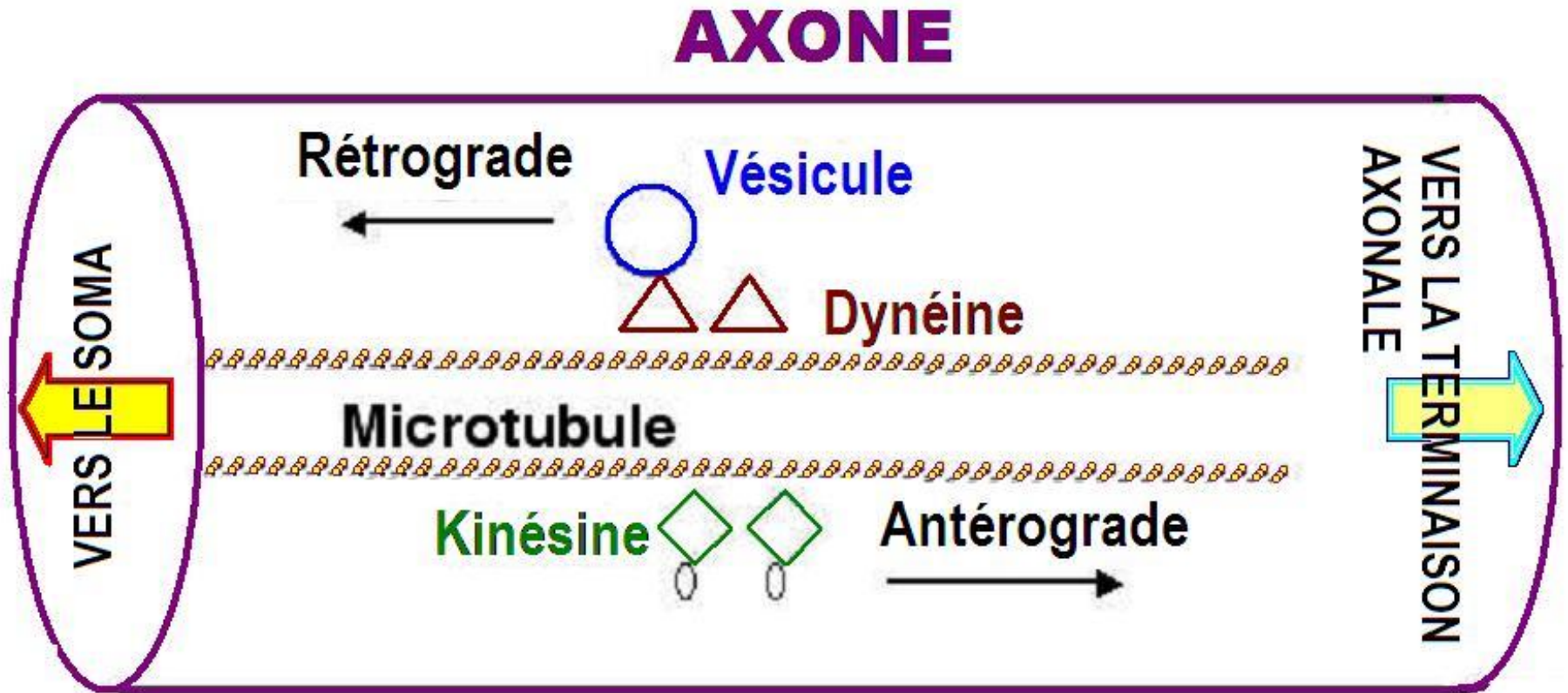
Dégénérescence rétrograde



Boutons de dégénérescence (points rouges)

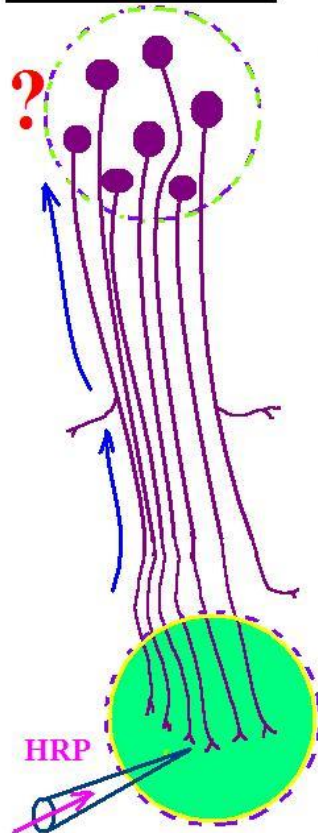


Transport ortho et rétrograde de substances



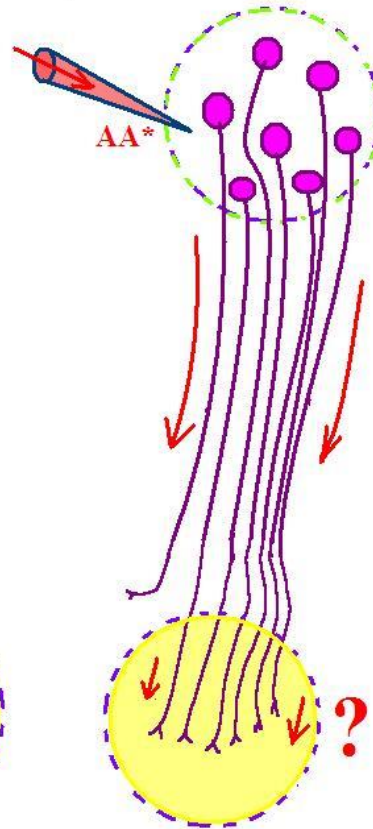
Transport de substances

1er cas:
terminaisons
connues, noyau
d'origine inconnu



Marquage par
transport rétrograde
de peroxydase du
raifort (HRP)*

2ème cas : Noyau
d'origine connu,
terminaisons nerveuses
intactes inconnues



Marquage des fibres
par transport d'acides
aminés radioactifs)

*HRP: HorseRadish Peroxidase

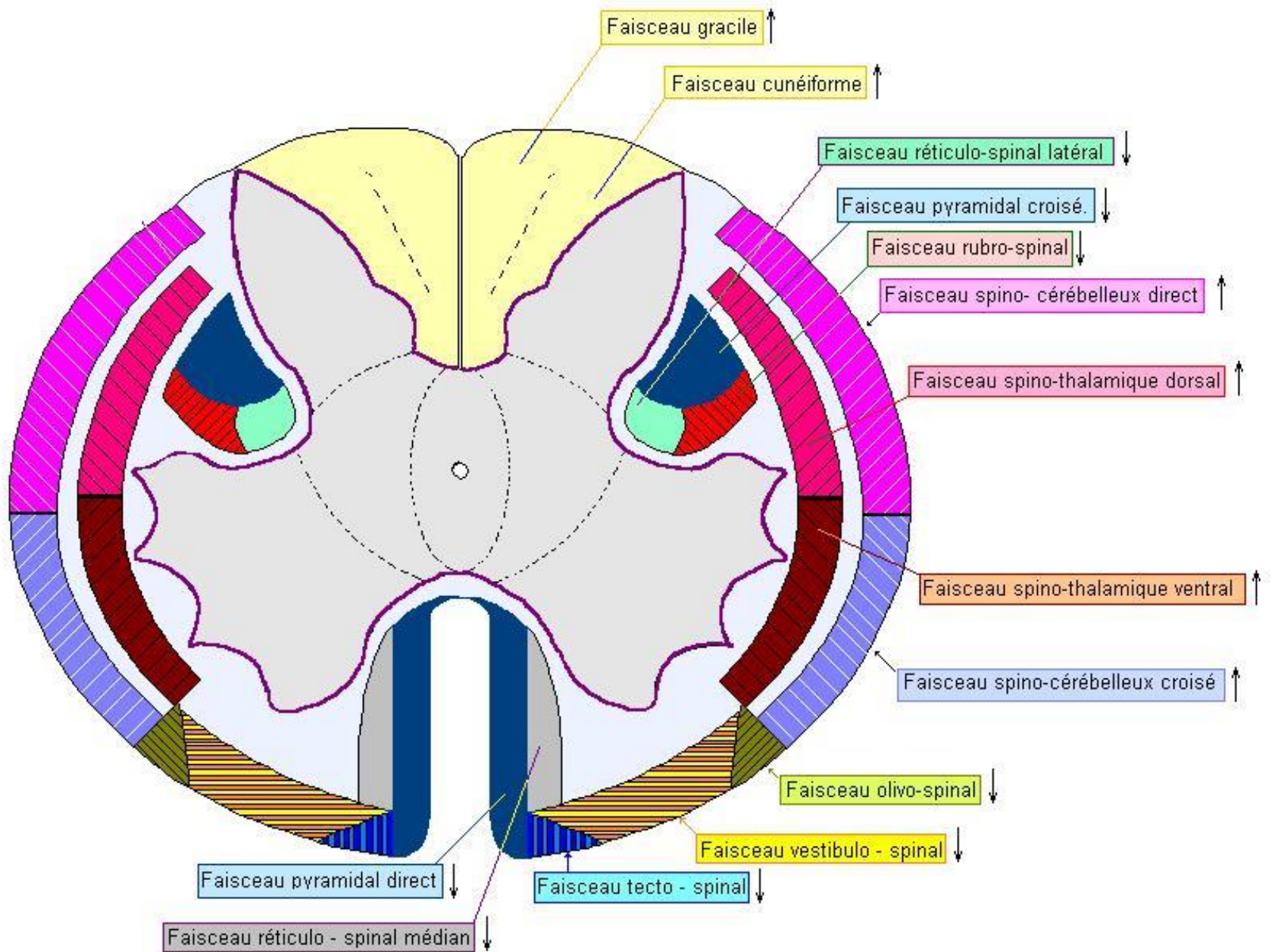
TRANSPORT RETROGRADE

TRANSPORT ANTEROGRADE

III. MISE EN PLACE

A. FAISCEAUX ASCENDANTS

B. FAISCEAUX DESCENDANTS

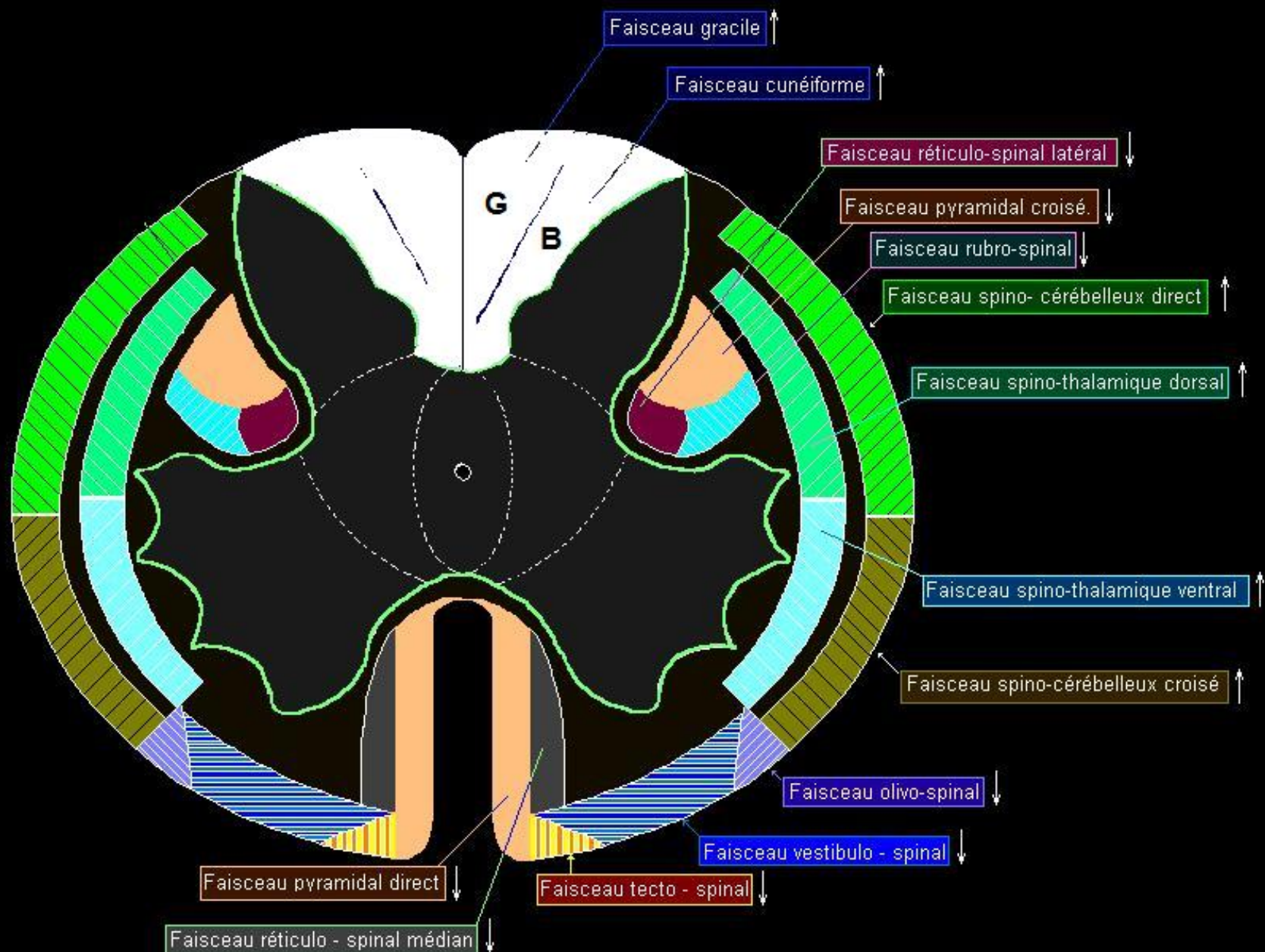


A. FAISCEAUX ASCENDANTS

• 1/ **CORDONS POSTERIEURS**

(de Goll et Burdach)

- **Origine des fibres** : Afférences primaires +++ (Ganglion spinal homolatéral et neurones de la corne dorsale)
- **nature**
 - [(toujours myélinisées de gros diamètre / rapides) provenant surtout de mécanorécepteurs de bas seuil et accessoirement de propriocepteurs de bas seuil]
- **Trajet** dans la moelle : direct
- **Terminaison** : Noyau Ventro-Postéro-Latéral (VPL) du thalamus
- **Fonction** : Système lemniscal. Sensibilité extéroceptive et proprioceptive les plus discriminatives



2/ Fx SPINO-THALAMIQUE

a. Néo-spinothalamique :

Situation dans la moelle : cordon antérolatéral

Origine : Corne postérieure, surtout controlatérale

Trajet médullaire : Surtout croisé

Terminaison : Noyau VPL du thalamus

Fonction : Système lemniscal, sensibilités extéroceptives, moins discriminatives que le système des cordons postérieurs

b. Paléo-spinothalamique :

Situation dans la moelle : antérolatéral

Origine : Corne postérieure, surtout controlatérale

Trajet médullaire : Surtout croisé

Terminaison : Noyaux intralaminaires du thalamus Centre médian, parafasciculaire etc. du thalamus

Fonction : appartient au Système extra lemniscal.

c. Spino-réticulaire (spino-réticulo-thalamique)

Situation dans la moelle : antérolatéral

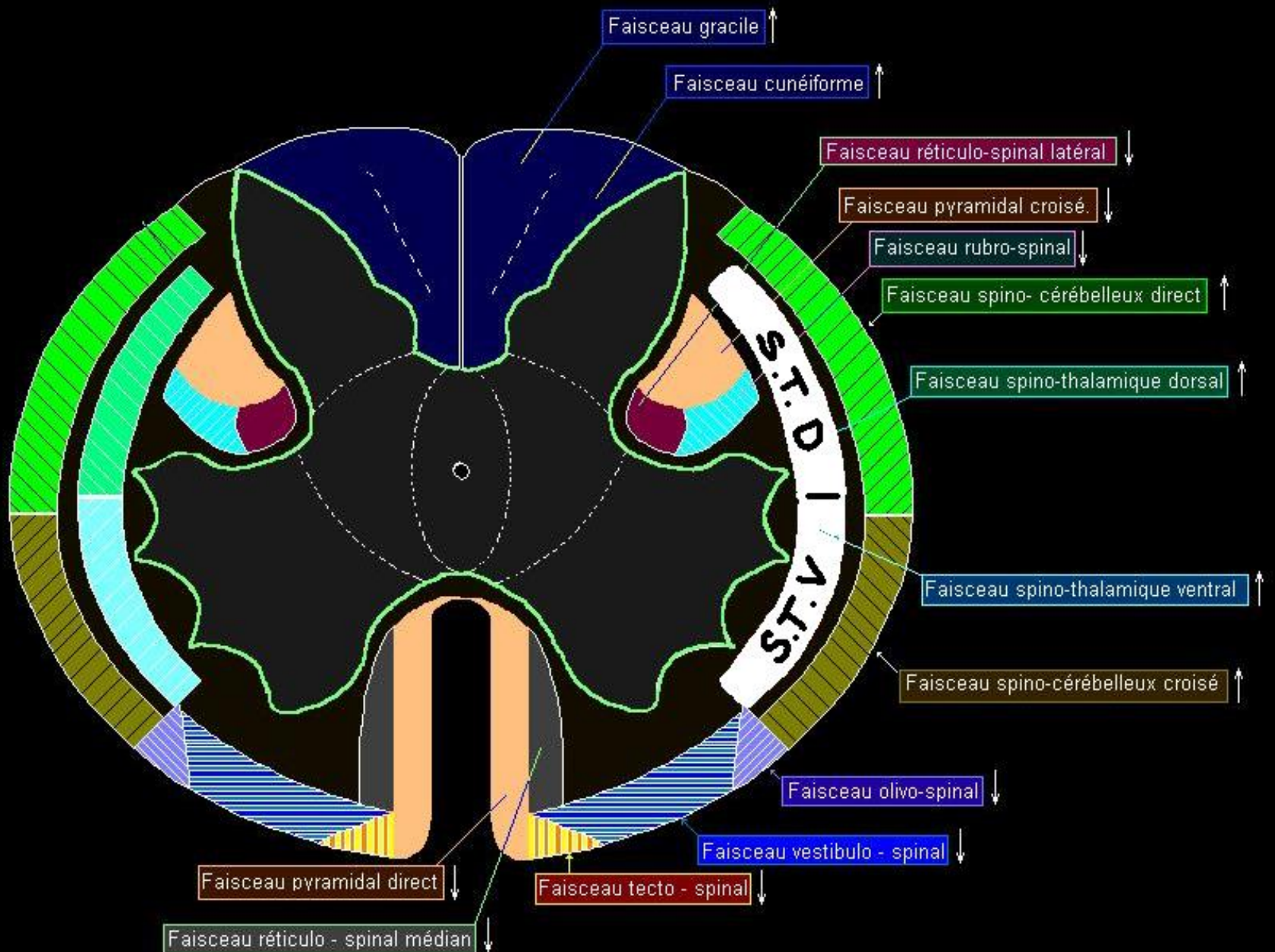
Origine : Corne postérieure, surtout controlatérale

Trajet médullaire : Surtout croisé non spécifiques (CM, PF...)

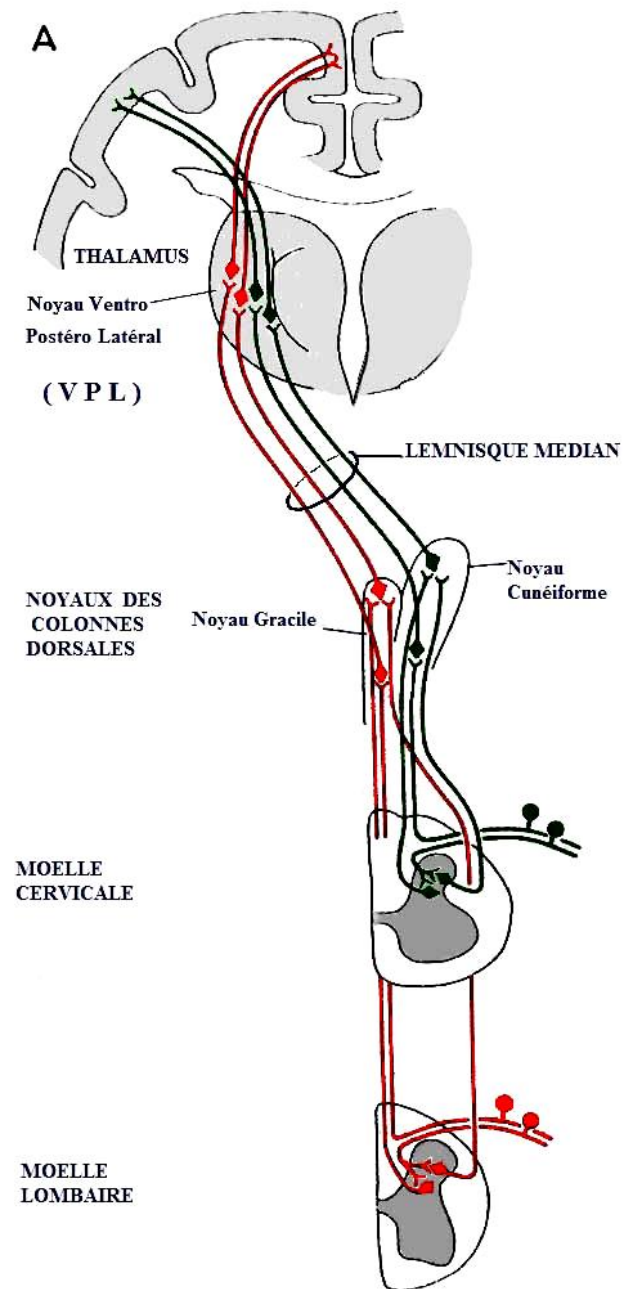
Terminaison : formation réticulaire (FRAA), puis relais dans les noyaux thalamiques

Fonction : appartient au Système extralémniscal.

- fibres toujours post-synaptiques (substance grise médullaire) myélinisées
- messages divers :
 - ← mécanorécepteurs de bas seuil
 - ← récepteurs cutanés de haut seuil (nocicepteurs +)
 - ← propriocepteurs



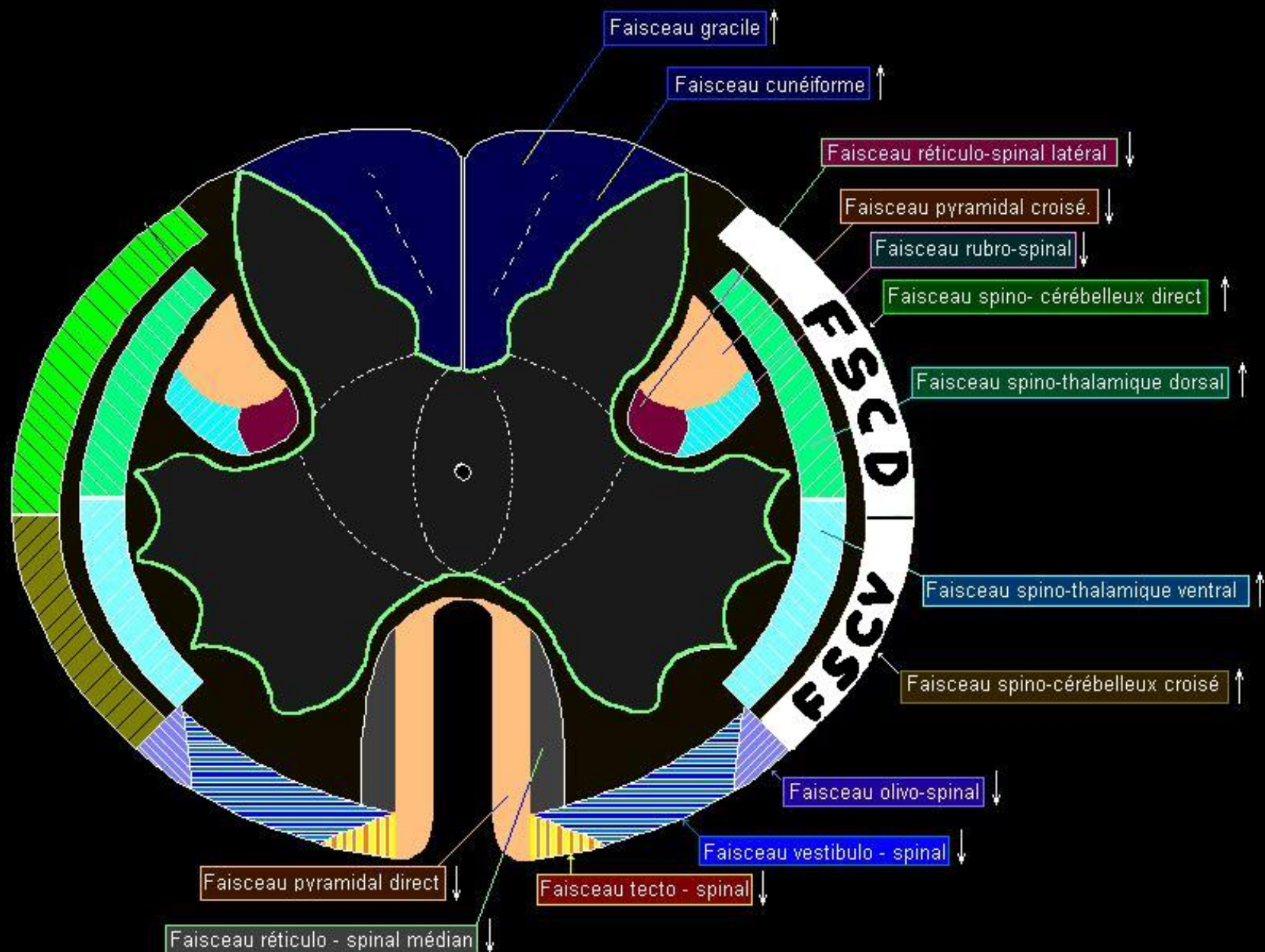
Voies lemniscales



Input des mécanorécepteurs cutanés de bas seuil et des récepteurs profonds à adaptation rapide

3/ Fx SPINO-CEREBELLEUX

- ***DIRECT et CROISÉ***
- ***← Fibres myélinisées de gros diamètre***
- ***← subst. grise : issues de neurones relayant les messages provenant principalement des propriocepteurs (FNM, Golgi...)***
- ***Les messages proprioceptifs jouent un rôle dans le feedback du contrôle moteur***



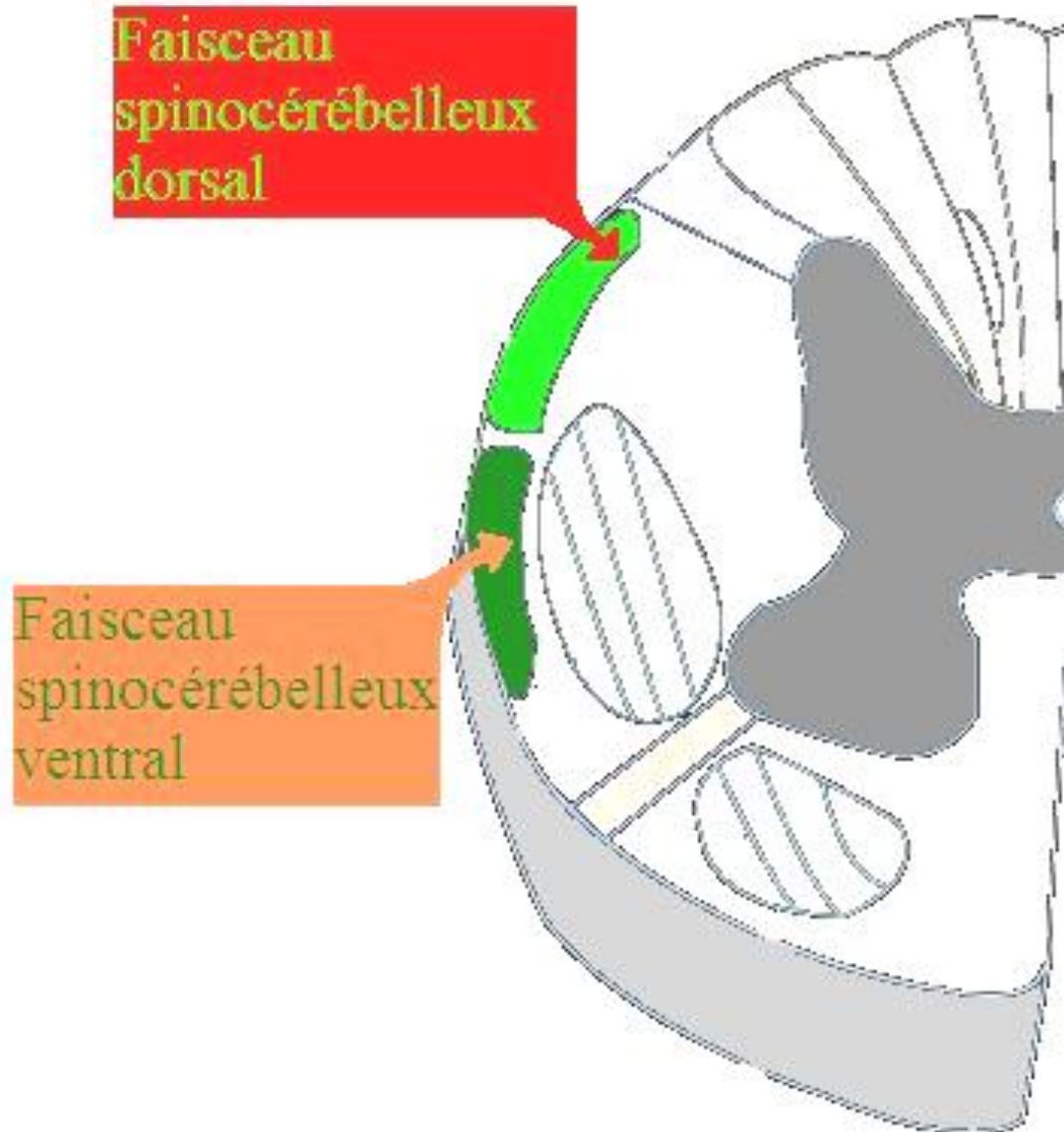
a) Spino-cérébelleux croisé (de Gowers)

- **Situation dans la moelle** : Cordon latéral (partie antérolatérale et en surface)
- **Origine** : Partie latérale de la substance grise médullaire
- **Trajet médullaire** : Croisé
- **Terminaison** : Cortex cérébelleux
- **Fonction** : Sensibilité proprioceptive « inconsciente »

b) Spino-cérébelleux direct (de Flechsig)

- **Situation dans la moelle** : Cordon latéral (partie dorsale et en surface)
- **Origine** : Colonne de Clarke ipsilatérale
- **Trajet médullaire** : Direct
- **Terminaison** : Cortex cérébelleux
- **Fonction** : Sensibilité proprioceptive « inconsciente »

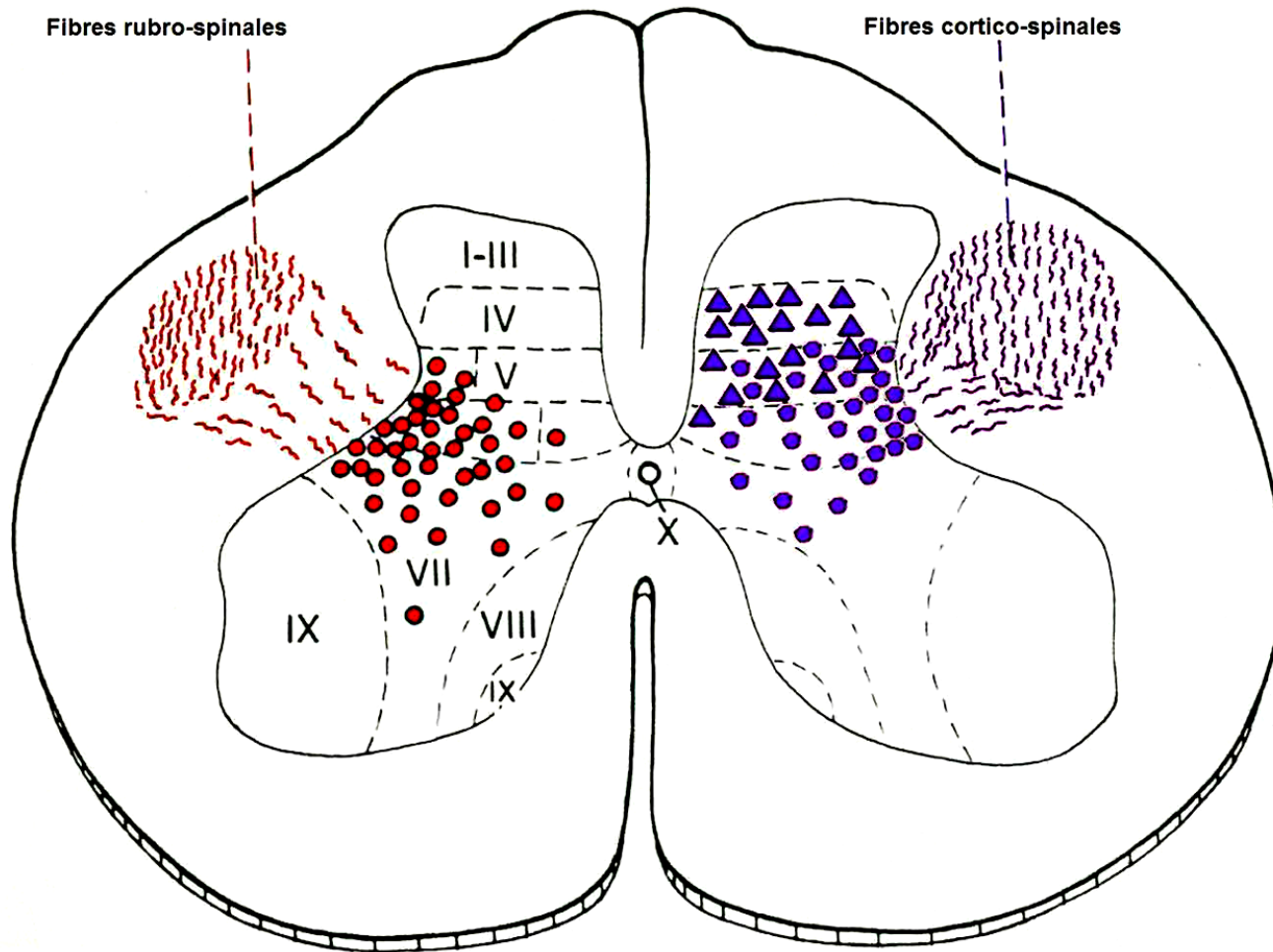
Faisceaux Spino-cérébelleux croisés



B/ FAISCEAUX DESCENDANTS :

- **1/ Fx PYRAMIDAL (cortico-spinal) CROISÉ**
 - Origine : Cortex « moteur » controlatéral
 - Nature : fibres myélinisées, fines pour la plupart
 - Trajet dans la moelle : croisé, dans le cordon latéral
 - Terminaison : interneurones de la corne postérieure et zone intermédiaire (IV à VII de Rexed), motoneurones chez les primates seulement
 - Fonction : Contrôle les muscles distaux
 - *(N.B.: il existe un Fx cortico-spinal DIRECT qui chemine dans le cordon antérieur, s'épuise dans la moelle cervicale et dont les axones croisent la ligne médiane au niveau de la moelle épinière)*

Fx pyramidal croisé

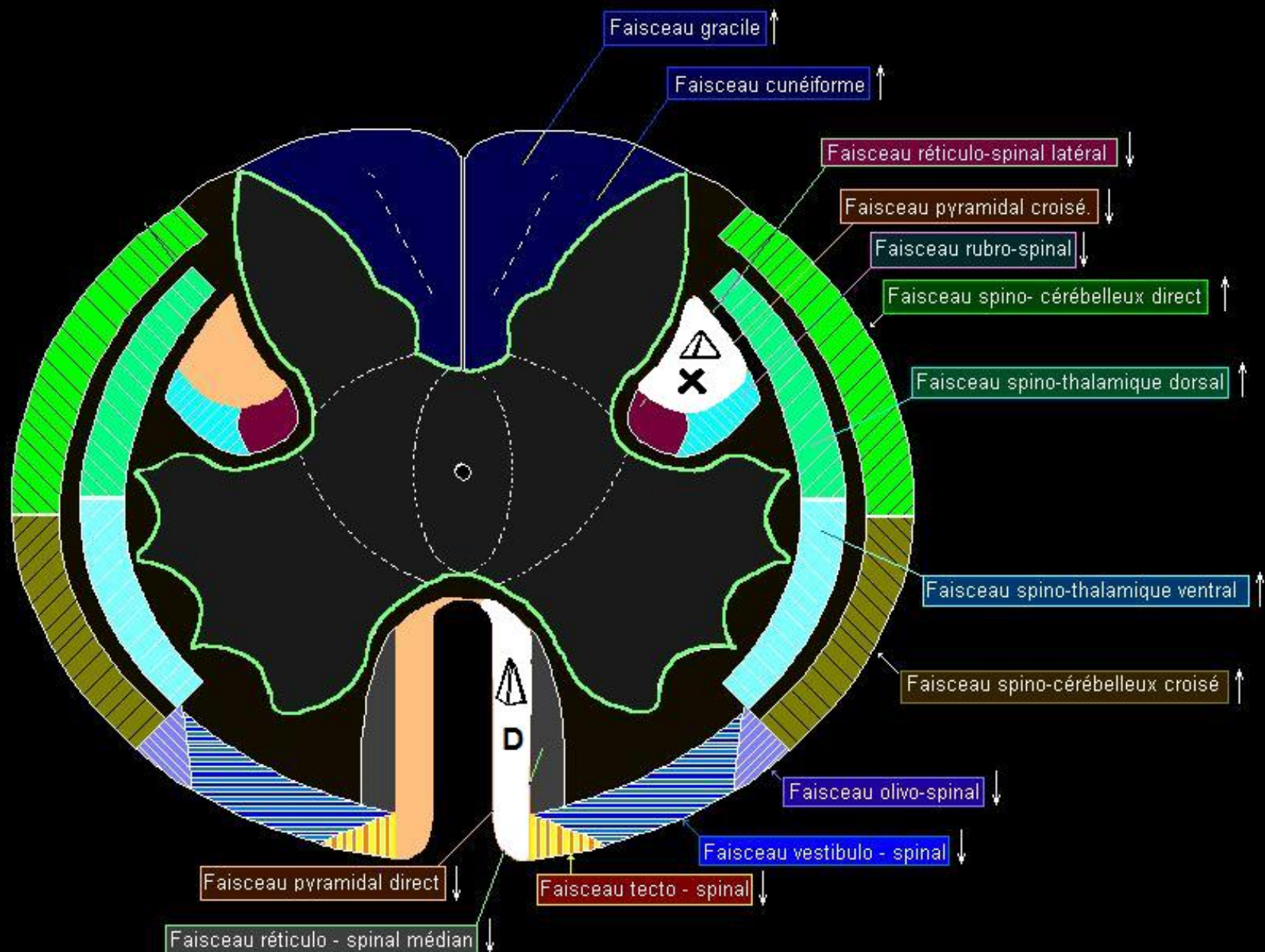


● **Sites de terminaison des fibres**

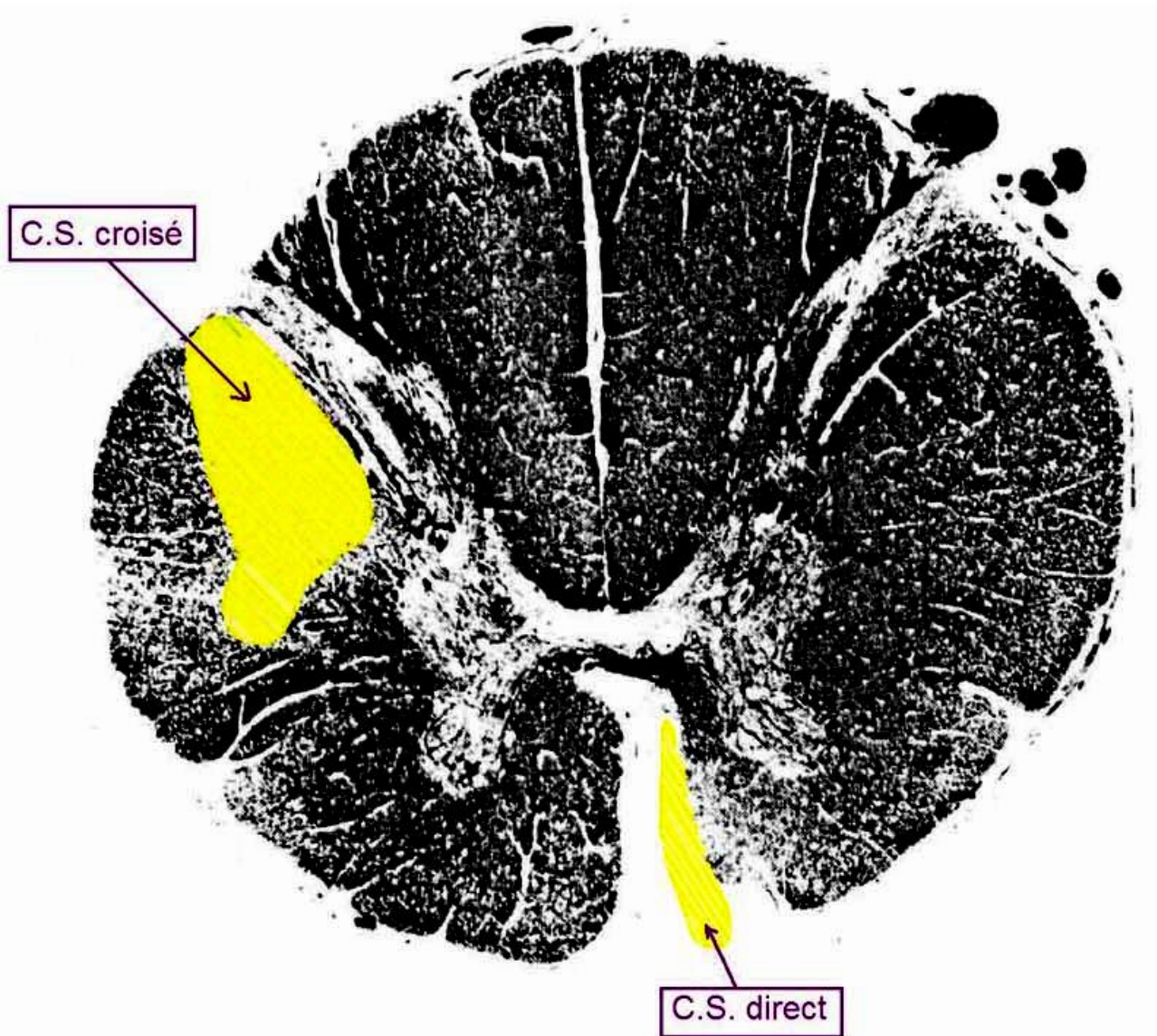
● **Sites de terminaison des fibres corticospinales** (depuis le cortex "moteur")

▲ **Sites de terminaison des fibres corticospinales** (depuis le cortex "sensitif")

D'après Nyberg-Hansen (1966)

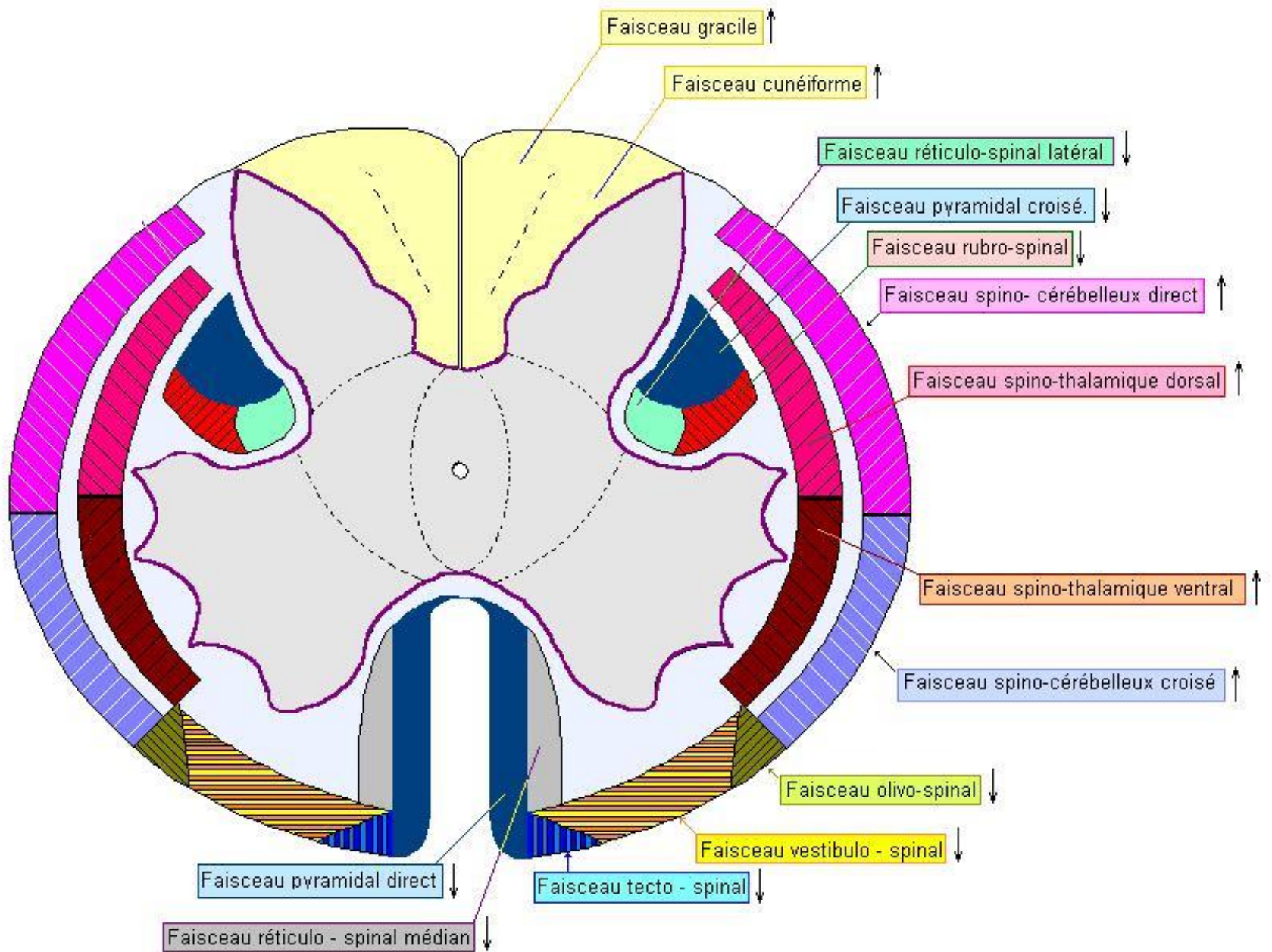


Fx cortico-spinal direct et croisé



2/ AUTRES Fx DESCENDANTS :

- **Rubro-spinal**
- **Réticulo-spinal**
- **Vestibulo-spinal**
- **...**



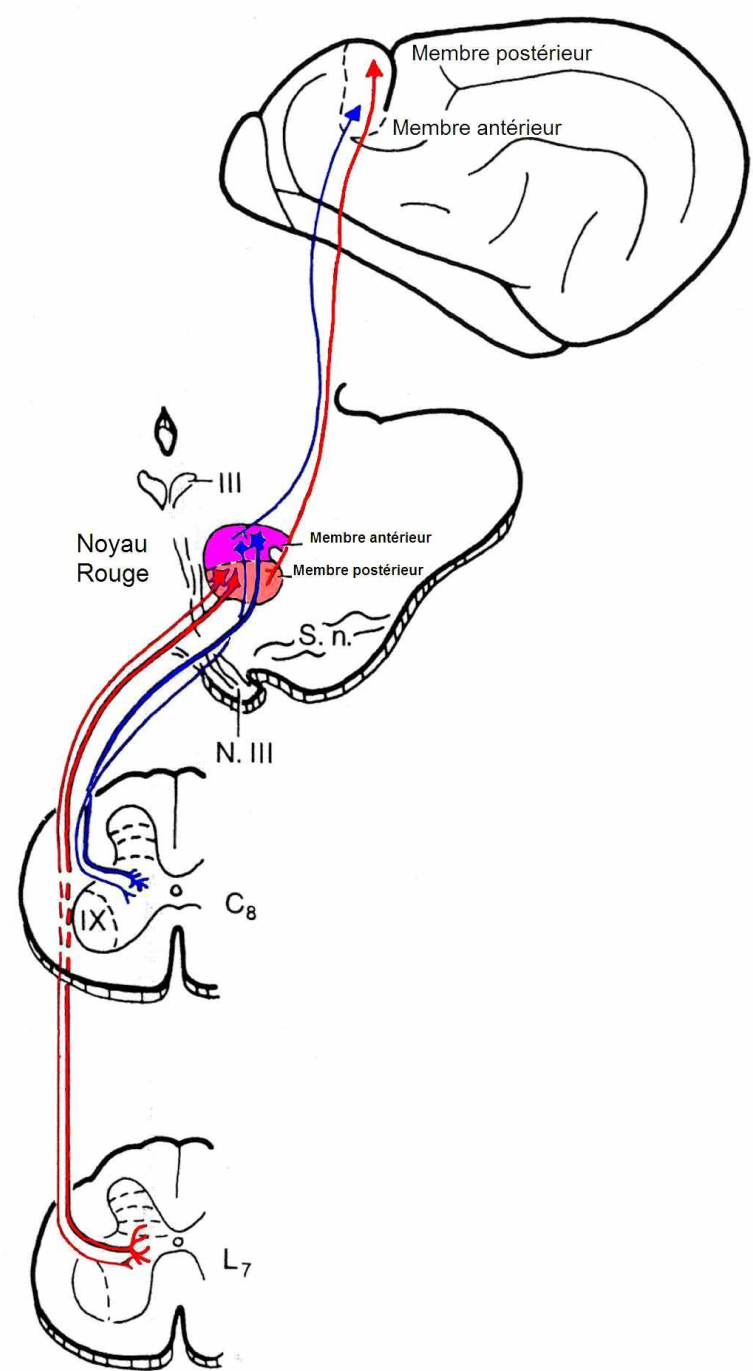
Fx rubro-spinal

Origine : Noyau rouge controlatéral

situation : Cordon latéral

Terminaison : Corne postérieure et zone intermédiaire (VI à VII Rexed)

Régresse chez l'Homme.



Fx. Réticulo-spinal

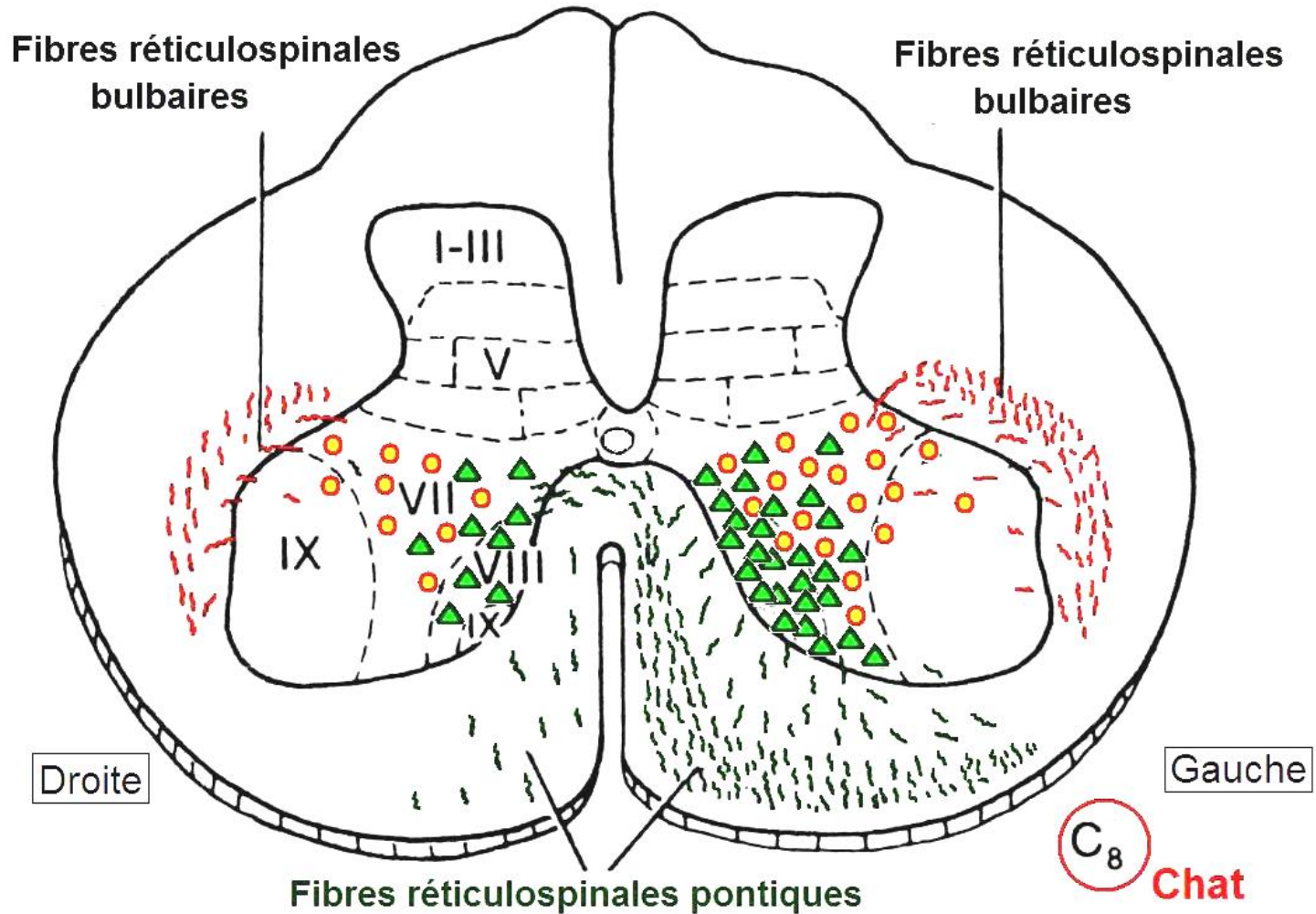
- ***Réticulo-spinal ventral :***

- **Origine** : formation Réticulaire pontique
- **situation** : Cordon antérieur
- **Terminaison** : Zone intermédiaire (VIII de Rexed)
- **Fonction** : contrôle les muscles proximaux

- ***Réticulo-spinal latéral***

- **Origine** : Réticulaire bulbaire
- **Situation** : Cordon latéral
- **Terminaison** : couches VII, VIII, IX de Rexed
- **Fonction** : contrôle les muscles distaux

Fx. Réticulo-spinal



▲ Sites de terminaison des fibres rét.spin. pontiques

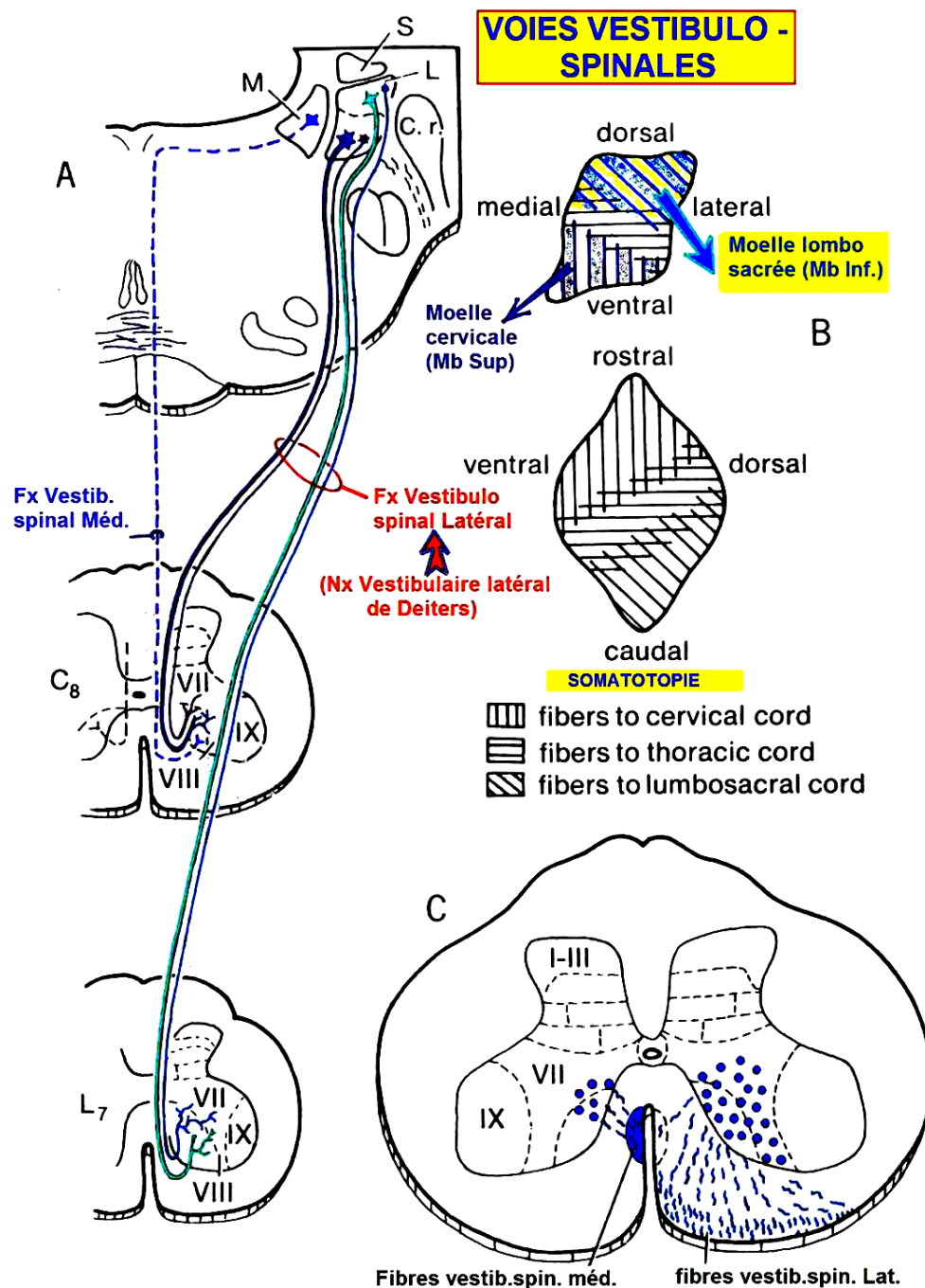
● Sites de terminaison des fibres rét.spin. bulbaires

D'après Nyberg-Hansen (1965)

Fx. Vestibulo-spinal

- **Origine** : Noyau de Deiters ipsi- et controlatéral
- **Situation dans la moelle** : cordon latéral
- **Terminaison** : couches VII, VIII, IX
- **Fonction** : contrôle les muscles distaux

VOIES VESTIBULO - SPINALES



Pompeiano and Brodal (1957a), Nyberg-Hansen and Mascitti (1964) and Nyberg-Hansen (1964a).

IV.DONNEES ANATOMO-CLINIQUES

- Section totale**
- Hémisection transversale :**
(syndrome de Brown – Sequard)
- Lésions partielles :**
 - Syndrome centromédullaire (ex : syringomyélie)**
 - Syndrome cordonal postérieur (ex : tabès)**
 - Lésion du cordon antérolatéral**