

Ministère de l'enseignement supérieur
université Ferhat Abbas Sétif 1
faculté de Médecine - Laboratoire de
Physiologie
Service de neurologie médicale -CHU Sétif

Cours de Physiologie

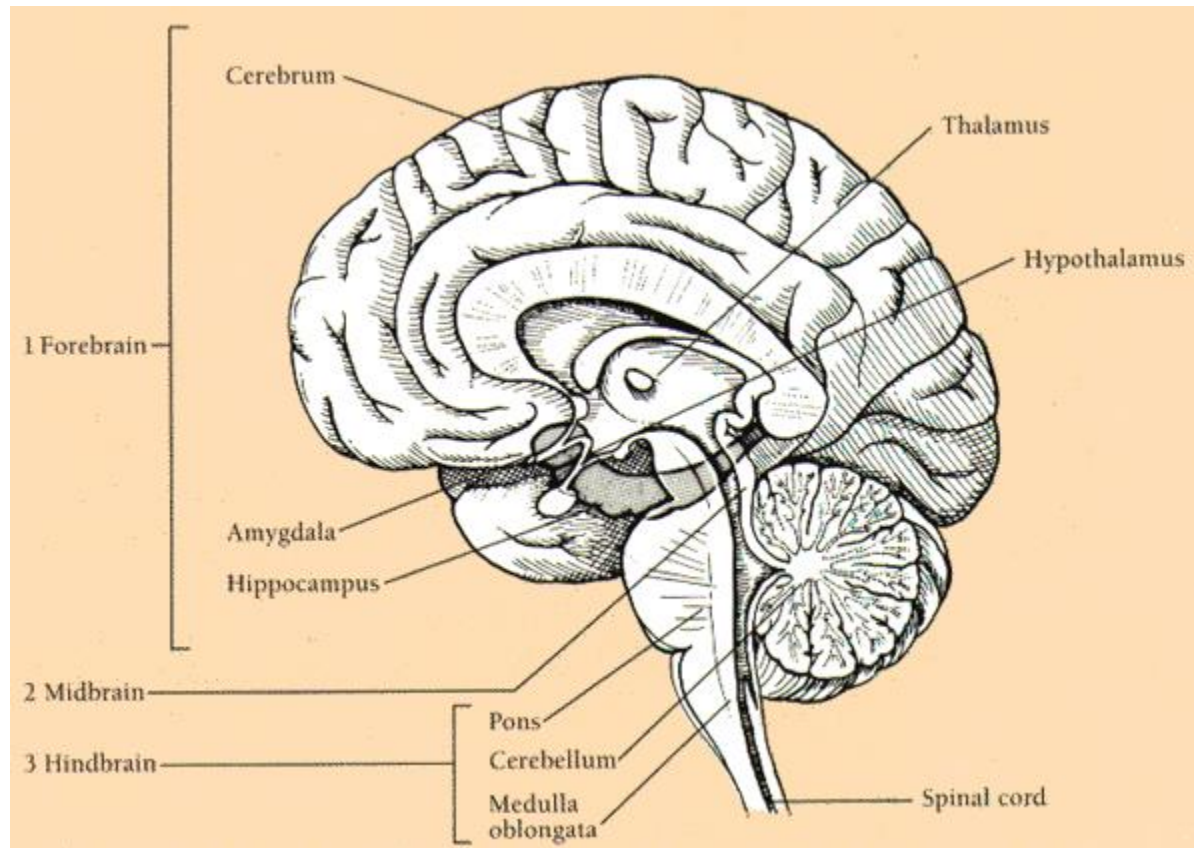
Le cervelet

Dr.BELLOUZ.I

I-Introduction- Généralités

- Le cervelet signifie « petit cerveau » ne constitue que 10% du volume total du cerveau mais contient plus de la moitié de ses neurones.
- Il est situé dans la partie postérieure de la fosse crânienne

I-Introduction- Généralités



I-Introduction- Généralités

- Il est composé de
 1. une couche externe de substance grise (le cortex cérébelleux)
 2. substance blanche interne
 3. trois paires de noyaux profonds: le noyau fastigial, le noyau interposé et le noyau dentelé

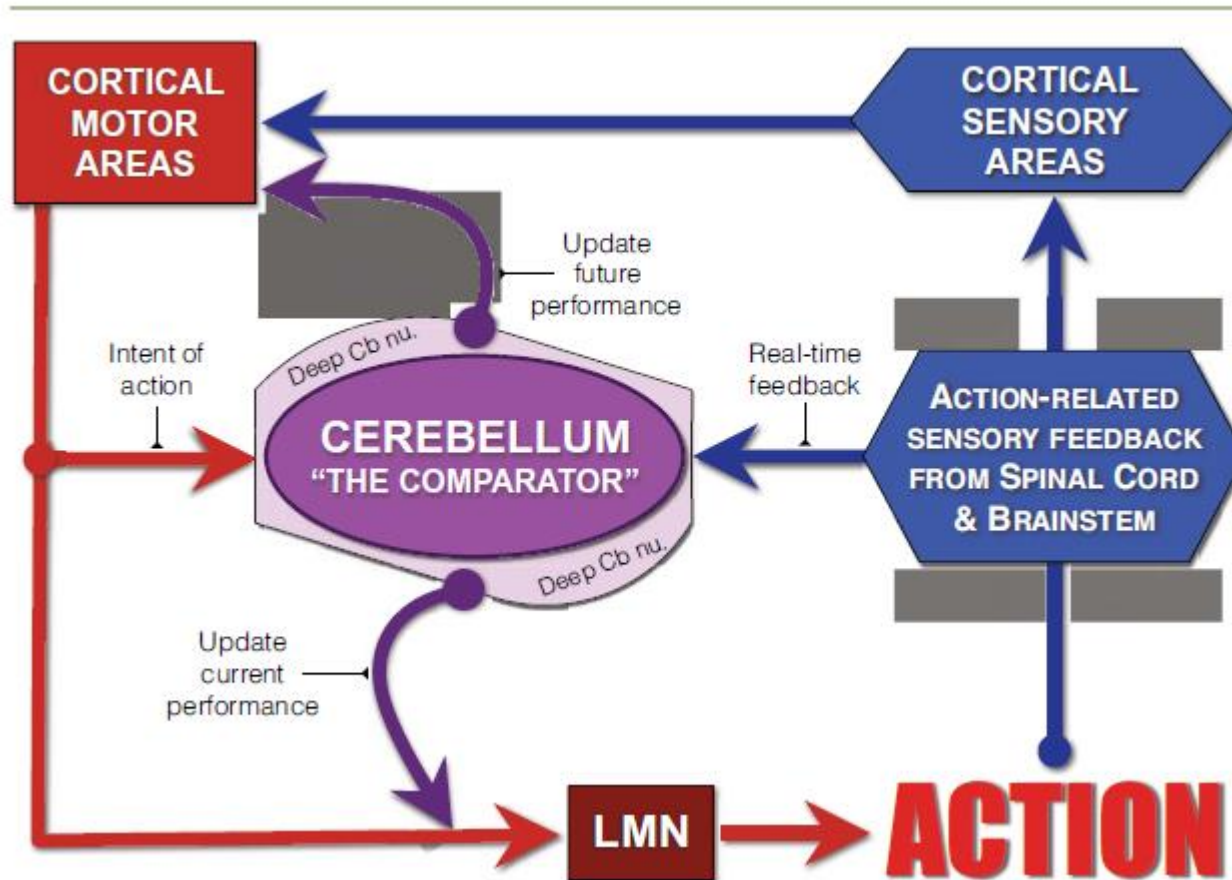
I-Introduction- Généralités

- Le cervelet occupe une place prépondérante dans les fonctions motrices.
- Il reçoit des informations de nombreuses sources:
 - Des informations sensorielles : peau, articulations, muscles, appareil vestibulaire et de l'œil
 - Des informations qui proviennent du cortex cérébral
- néanmoins, son ablation n'induit pas de paralysie, mais entraîne une incoordination des mouvements y compris les mouvements oculaires.
- Il reçoit des afférences sensorielles mais n'est pas impliqué dans la discrimination ou l'interprétation de l'information sensorielle.

I-Introduction- Généralités

- Le cervelet intervient dans :
 - ✓ le maintien de l'équilibre,
 - ✓ la régulation du tonus musculaire,
 - ✓ la coordination du mouvement volontaire
 - ✓ Il participe même dans la programmation motrice.
 - le cervelet joue un rôle de comparateur (mouvement prévu et mouvement réel) et de correcteur de l'erreur motrice.
«il détecte l'erreur et la corrige »

I-Introduction- Généralités



II/ ORGANISATION ANATOMO-FONCTIONNELLE DU CERVELET

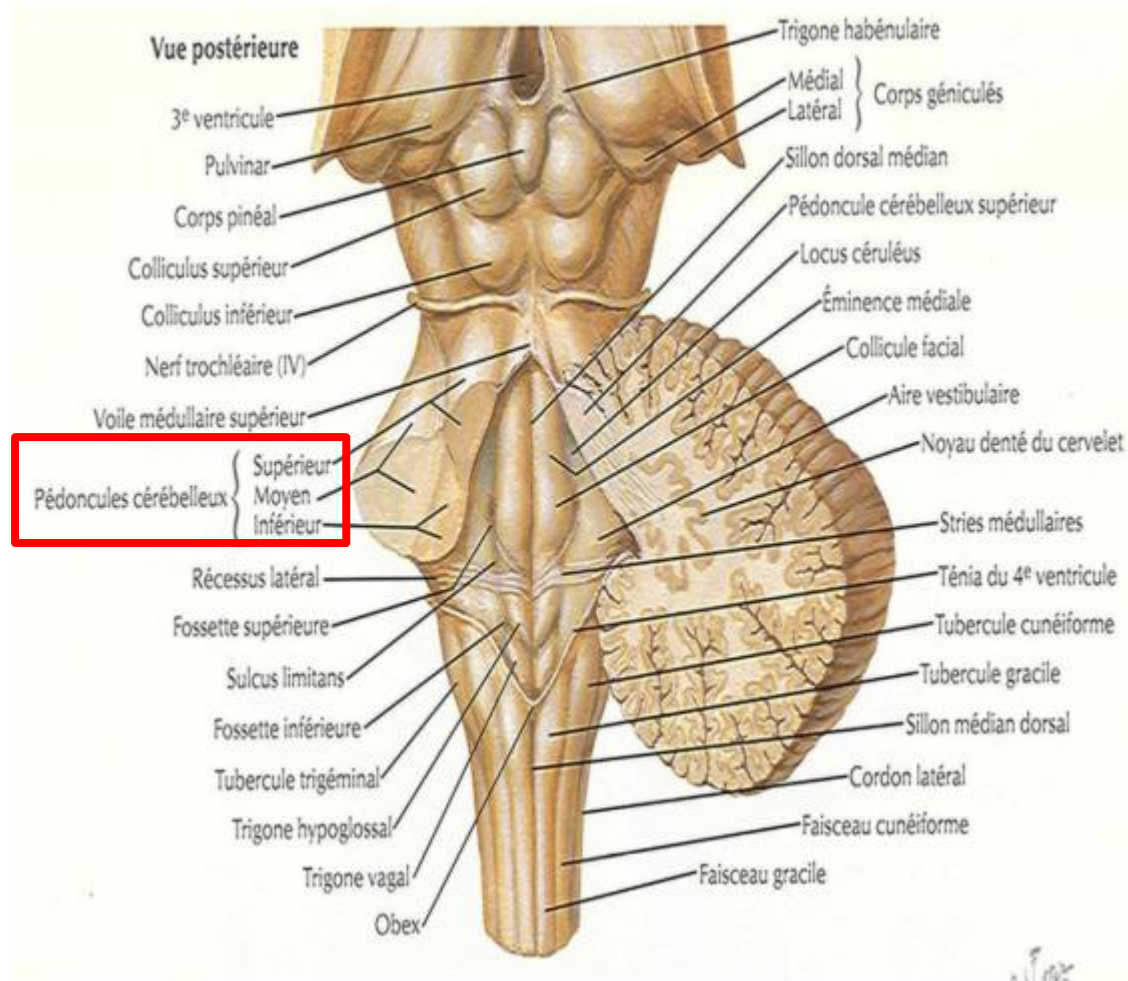
A/Aspect anatomique macroscopique

- Le cervelet est situé dans la fosse crânienne postérieure, dorsale au tronc cérébral.
- Il est connecté au tronc cérébral au moyen de trois larges tiges de substance blanche de chaque côté appelés pédoncules cérébelleux : inférieur, moyen et supérieur

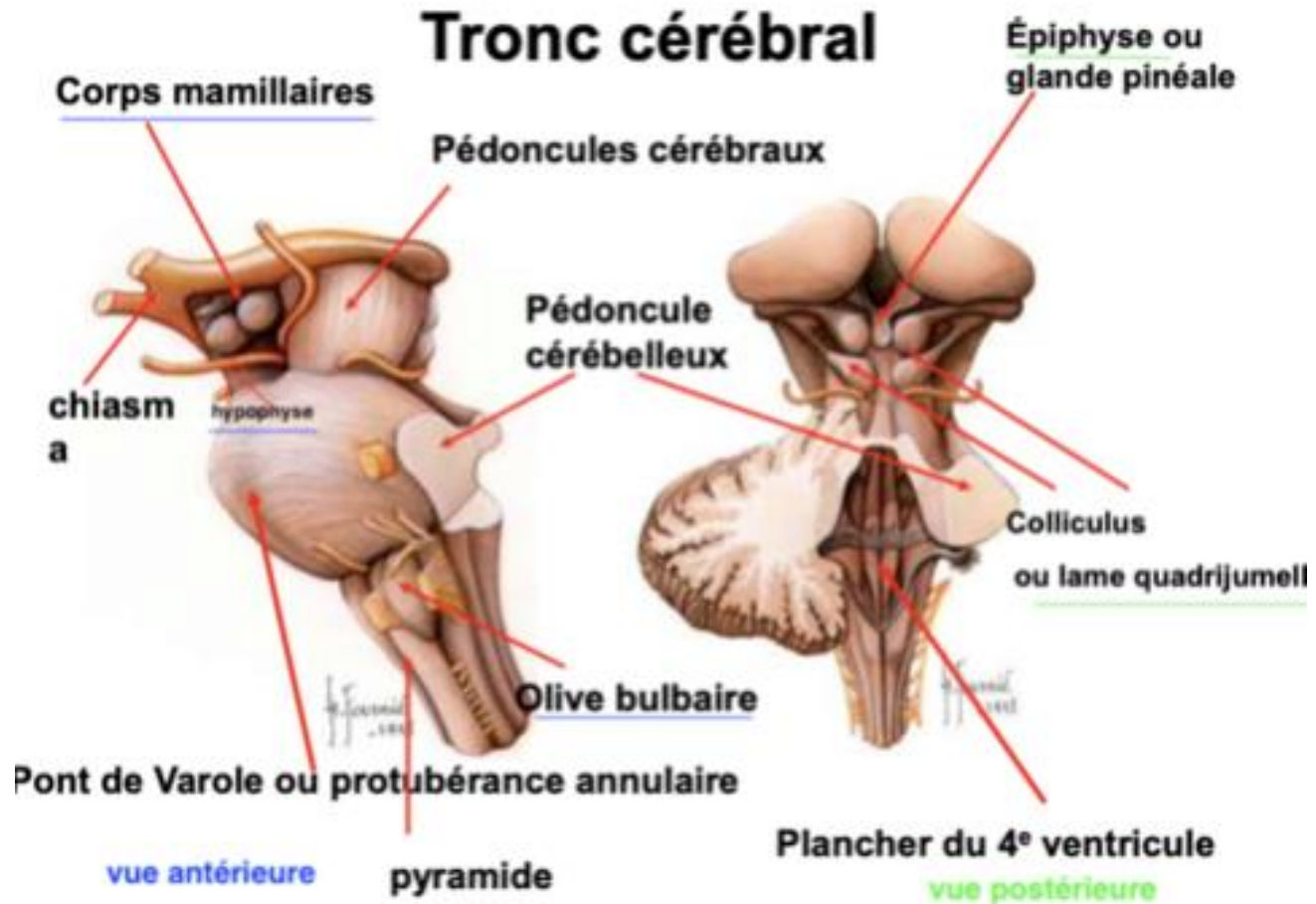
II/ ORGANISATION ANATOMO-FONCTIONNELLE

- Le pédoncule cérébelleux inférieur contient
 - des fibres qui proviennent de la moelle épinière
- Le pédoncule cérébelleux moyen contient
 - des afférences du cortex cérébral.
- Le pédoncule cérébelleux supérieur contient
 - la plupart des efférences du cervelet,

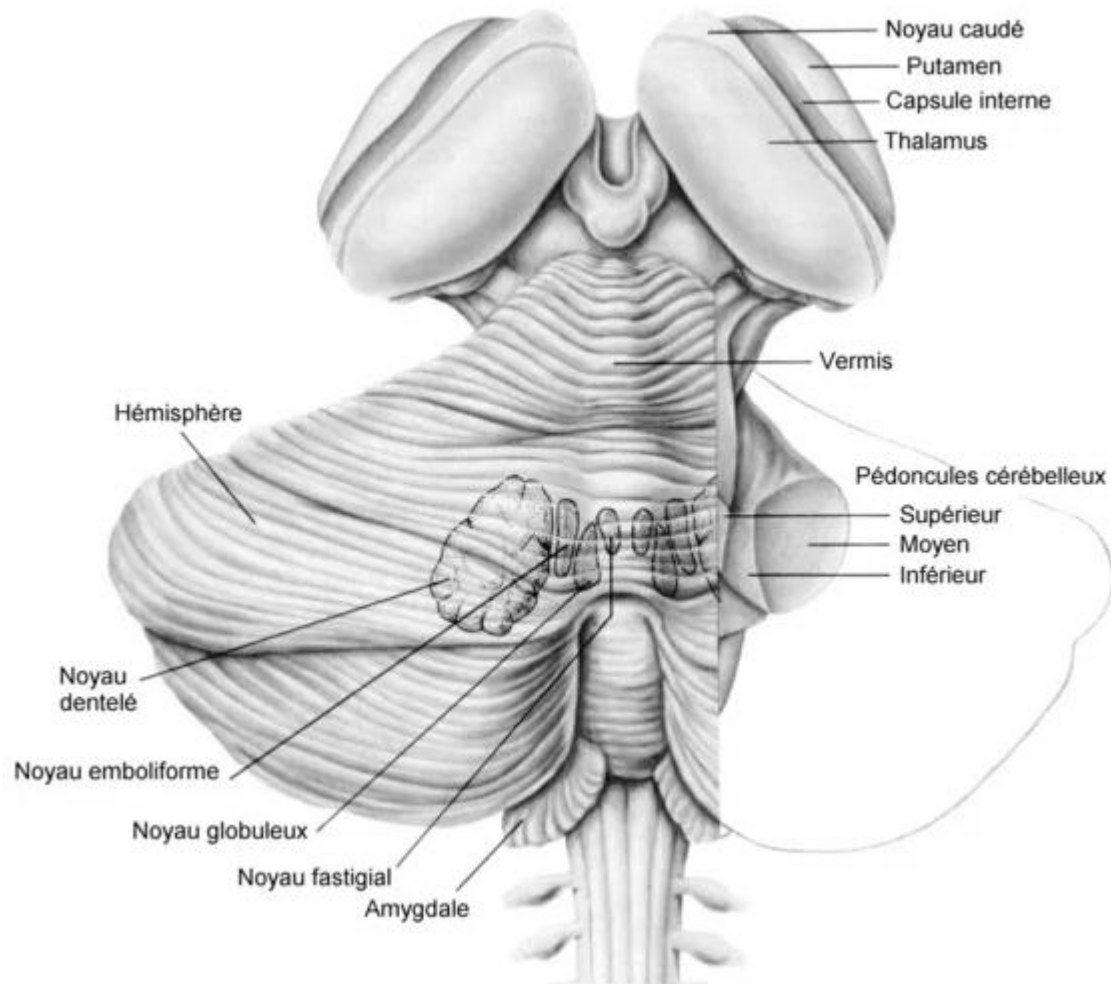
II/ ORGANISATION ANATOMO-FONCTIONNELLE DU CERVELET



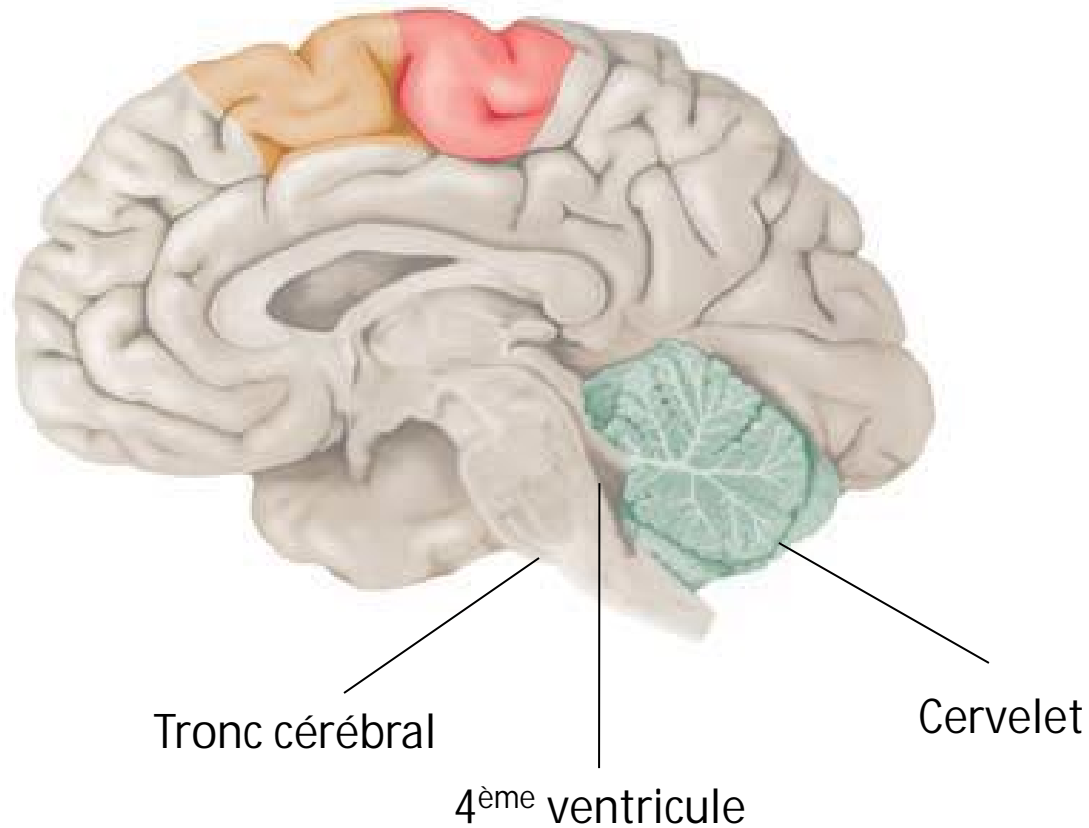
II/ ORGANISATION ANATOMO-FONCTIONNELLE DU CERVELET



II/ ORGANISATION ANATOMO-FONCTIONNELLE DU CERVELET



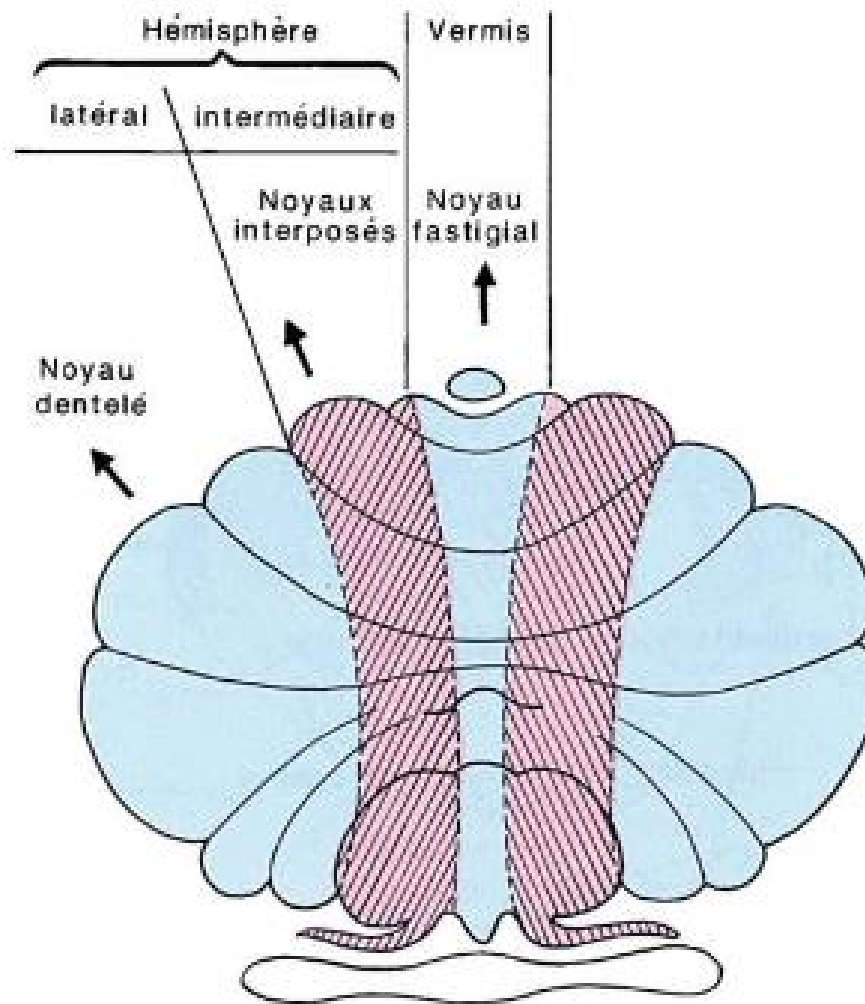
A/Aspect anatomique macroscopique



A/Aspect anatomique macroscopique

- Le cervelet est formé d'une partie axiale (le vermis) et de deux expansions latérales (les hémisphères cérébelleux).
- Chaque hémisphère est subdivisé en zone intermédiaire (paravermienne) et zone latérale.

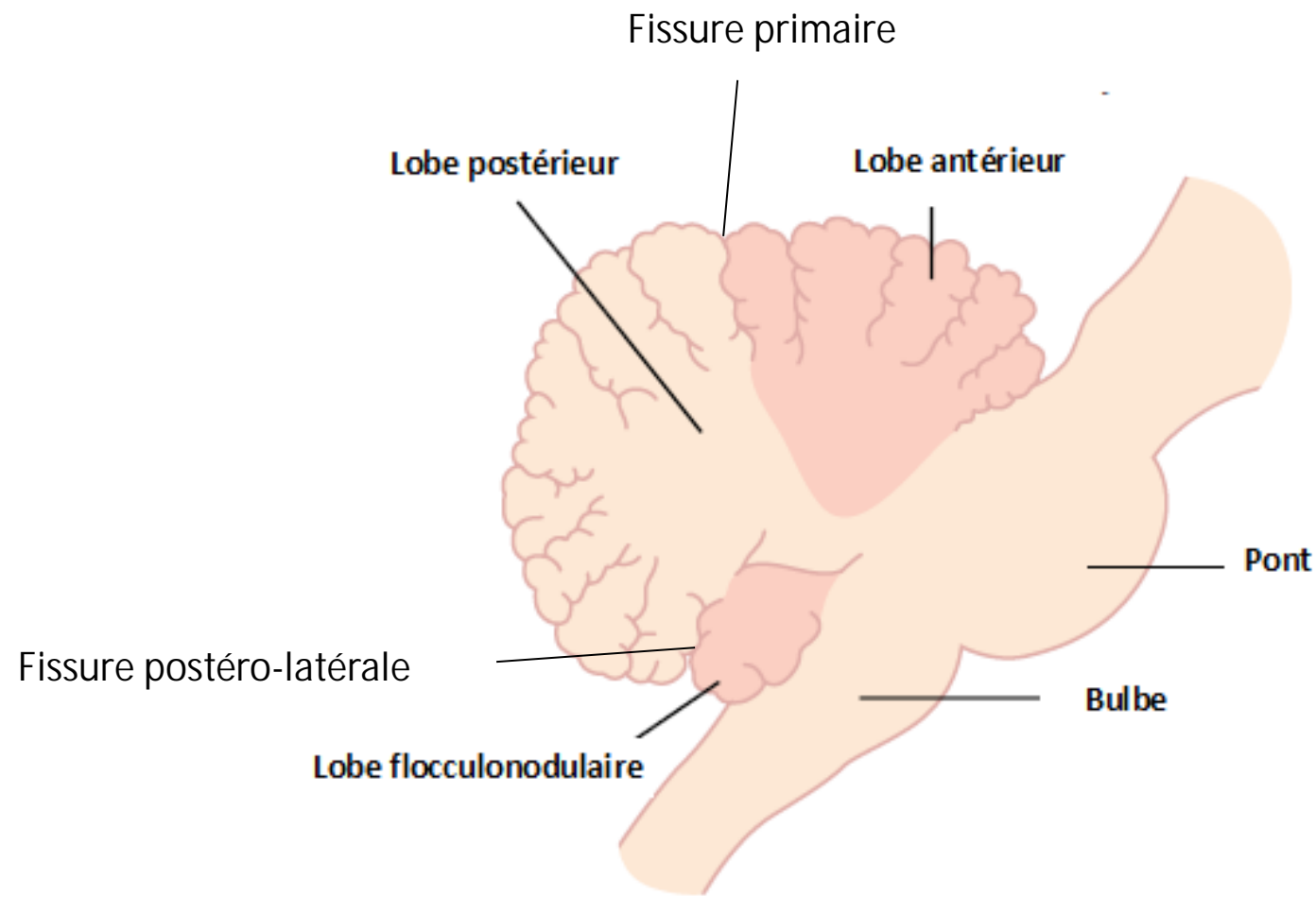
A/Aspect anatomique macroscopique



A/Aspect anatomique macroscopique

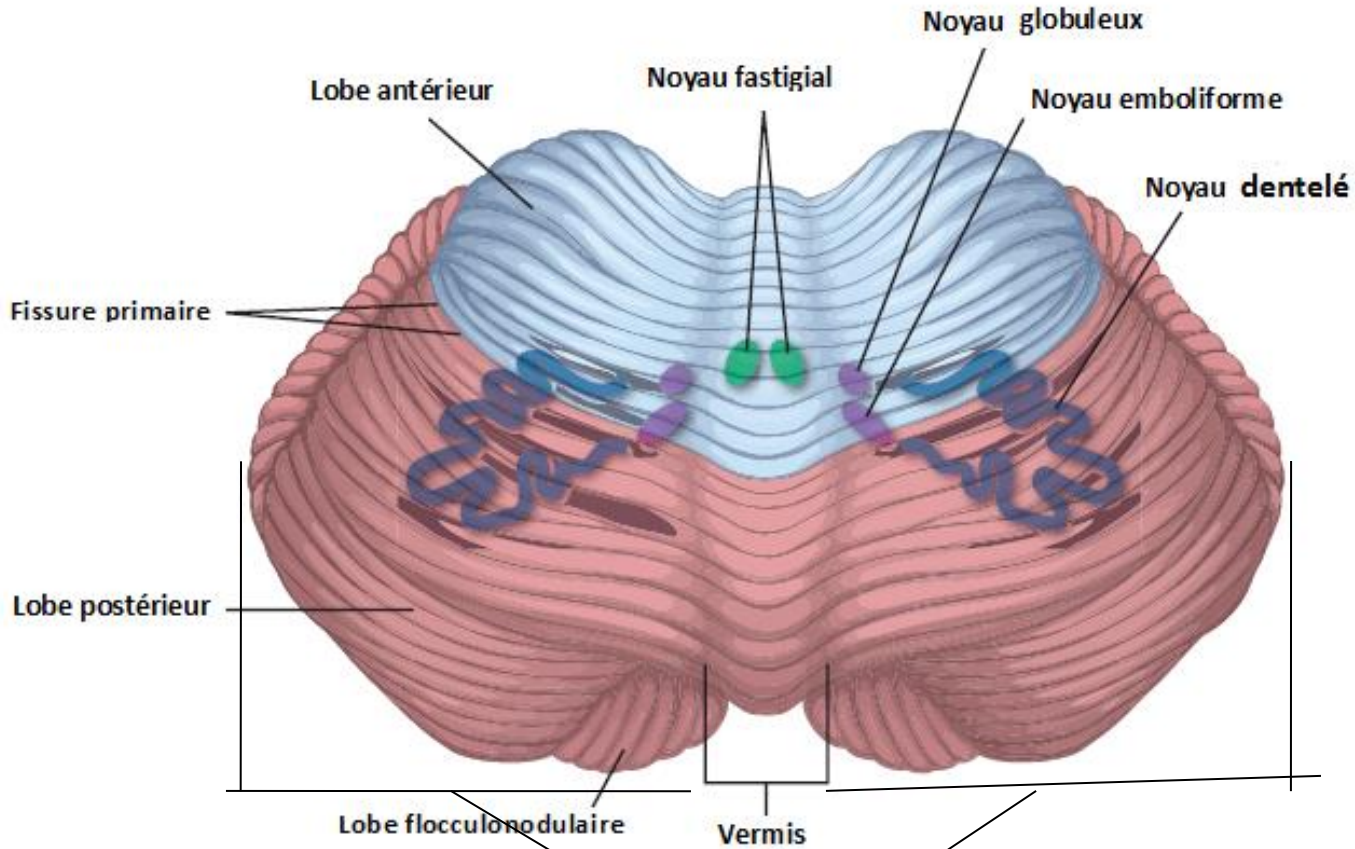
Deux fissures profondes divisent le cervelet en trois lobes:

- le lobe antérieur
- le lobe postérieur
- le lobe flocculonodulaire

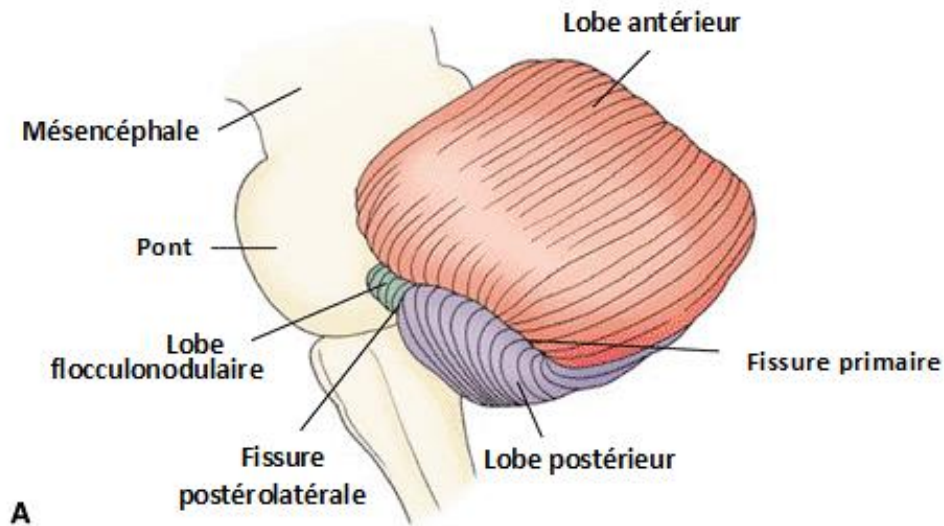


Lobes du cervelet

A/Aspect anatomique macroscopique

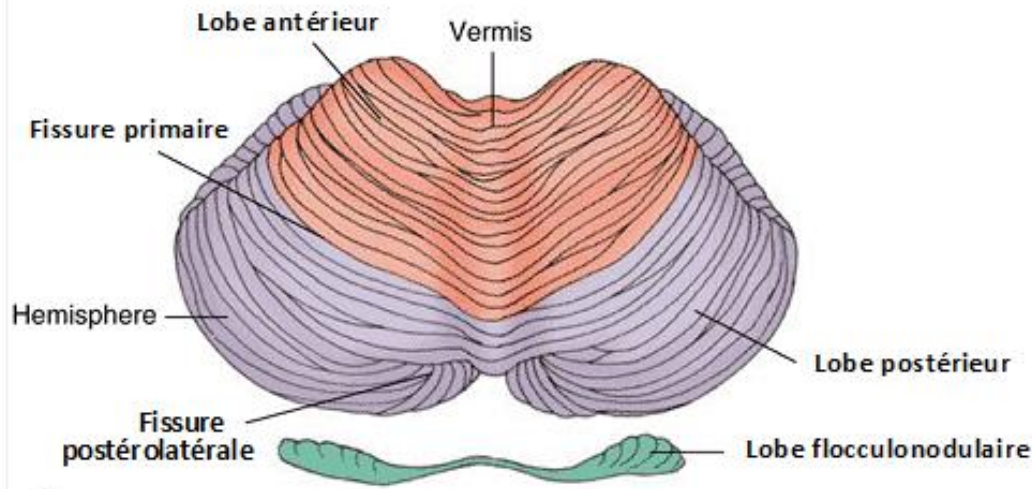


Hémisphères cérébelleux

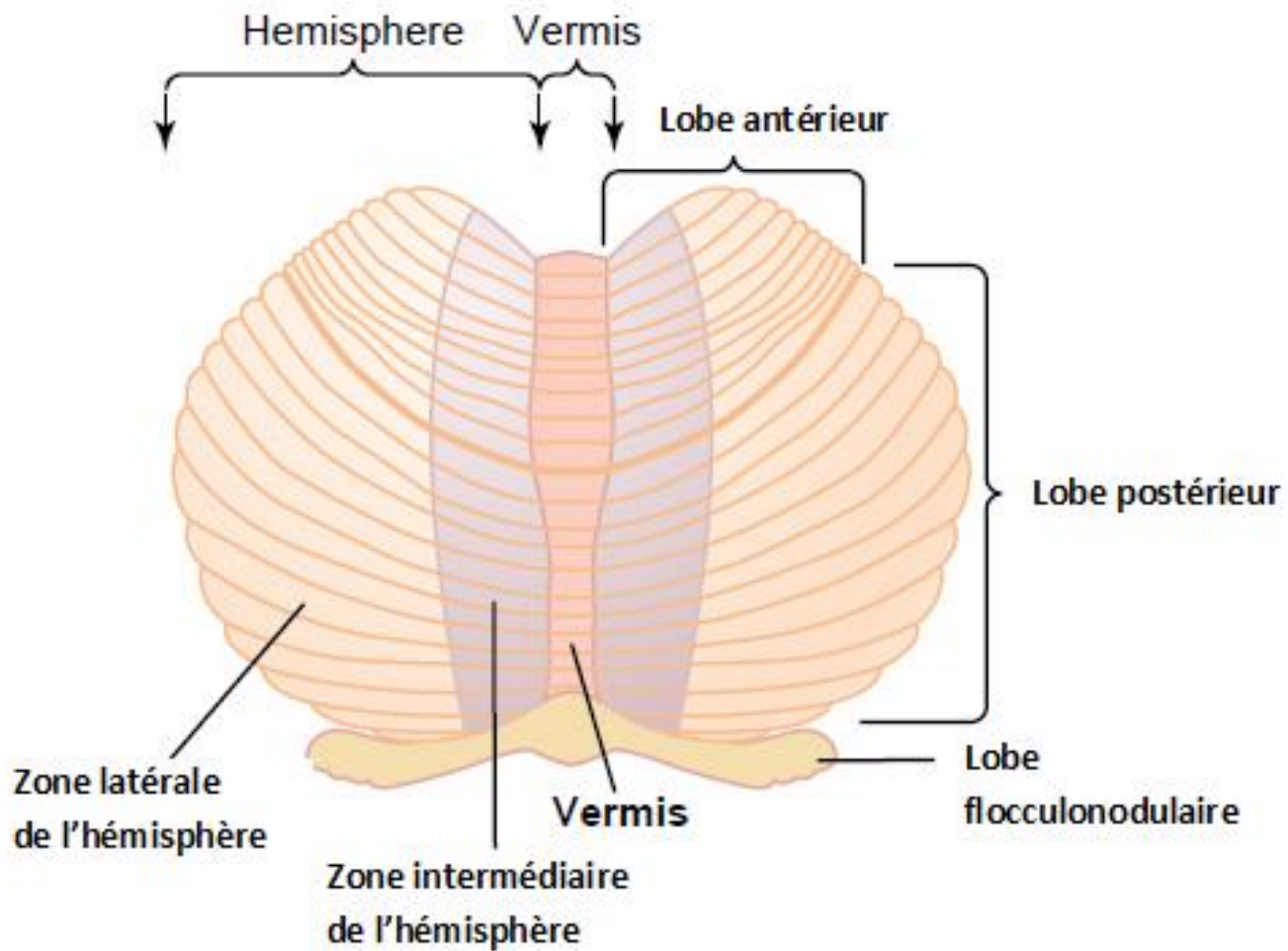


A

Le cervelet. Notez les fissures: primaire qui divise le lobe antérieur du lobe postérieur et le fissure postérolatérale qui sépare les 2 lobes antérieur et postérieurs du lobe flocculonodulaire comme illustré dans les représentations (A) sagittale et (B) dorsale.



B



Parties fonctionnelles du cervelet
vues face postéro-inférieure

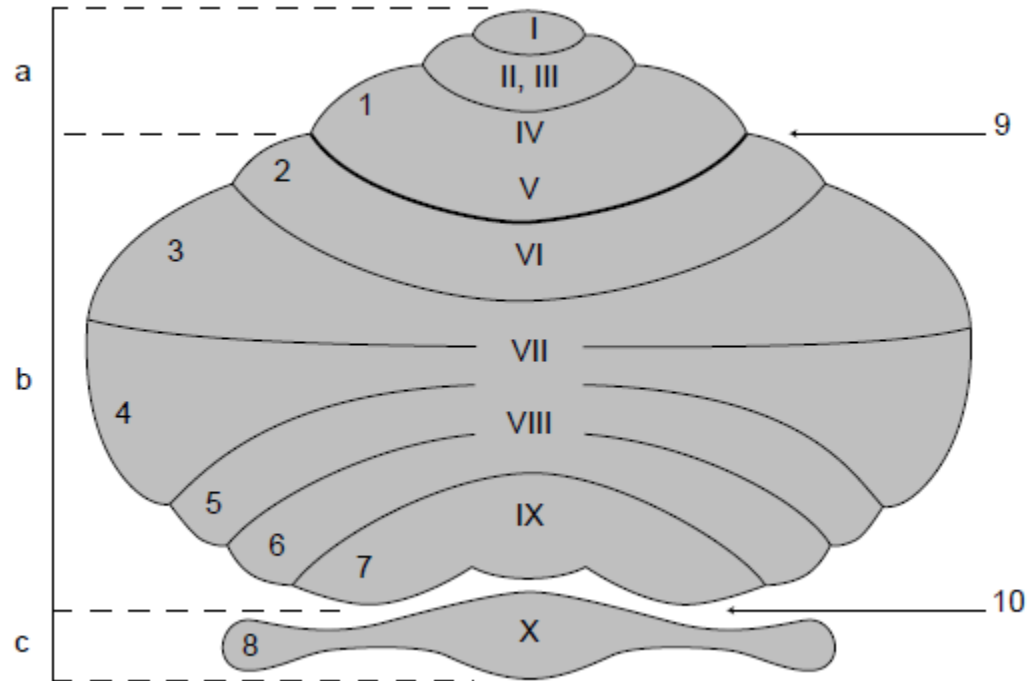
A/Aspect anatomique macroscopique

- Chaque lobe se subdivise transversalement en lobules, numérotés de I- IX

Le lobe flocculo-nodulaire correspond au lobule X.

- Les lobules sont constitués de plis encore plus petits de cortex cérébelleux appelé folia (singulier, folium).

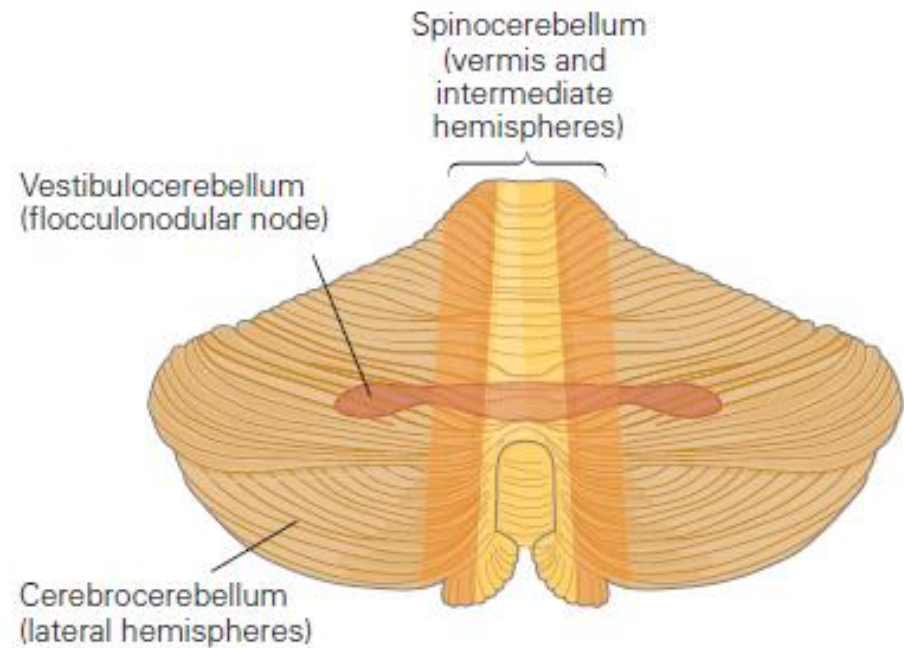
A/Aspect anatomique macroscopique



Divisions du cervelet. I. Lingula ; II-III. lobulus centralis ; IV-V. culmen ; VI. déclive ; VII. folium, tuber ; VIII. pyramis ; IX. uvula ; X. nodulus ; a. lobe antérieur ; b. lobe postérieur ; c. lobe flocculonodulaire ; 1. lobule quadrangulaire antérieur ; 2. lobule quadrangulaire postérieur ; 3. lobule semi-lunaire supérieur ; 4. lobule semi-lunaire inférieur ; 5. lobule gracile ; 6. paraflocculus dorsal ; 7. paraflocculus ventral ; 8. flocculus ; 9. fissure primaire ; 10. fissure postérolatérale.

B/Aspect fonctionnel

Sur le plan phylogénique le cervelet est divisé en 3 parties fonctionnellement différentes :

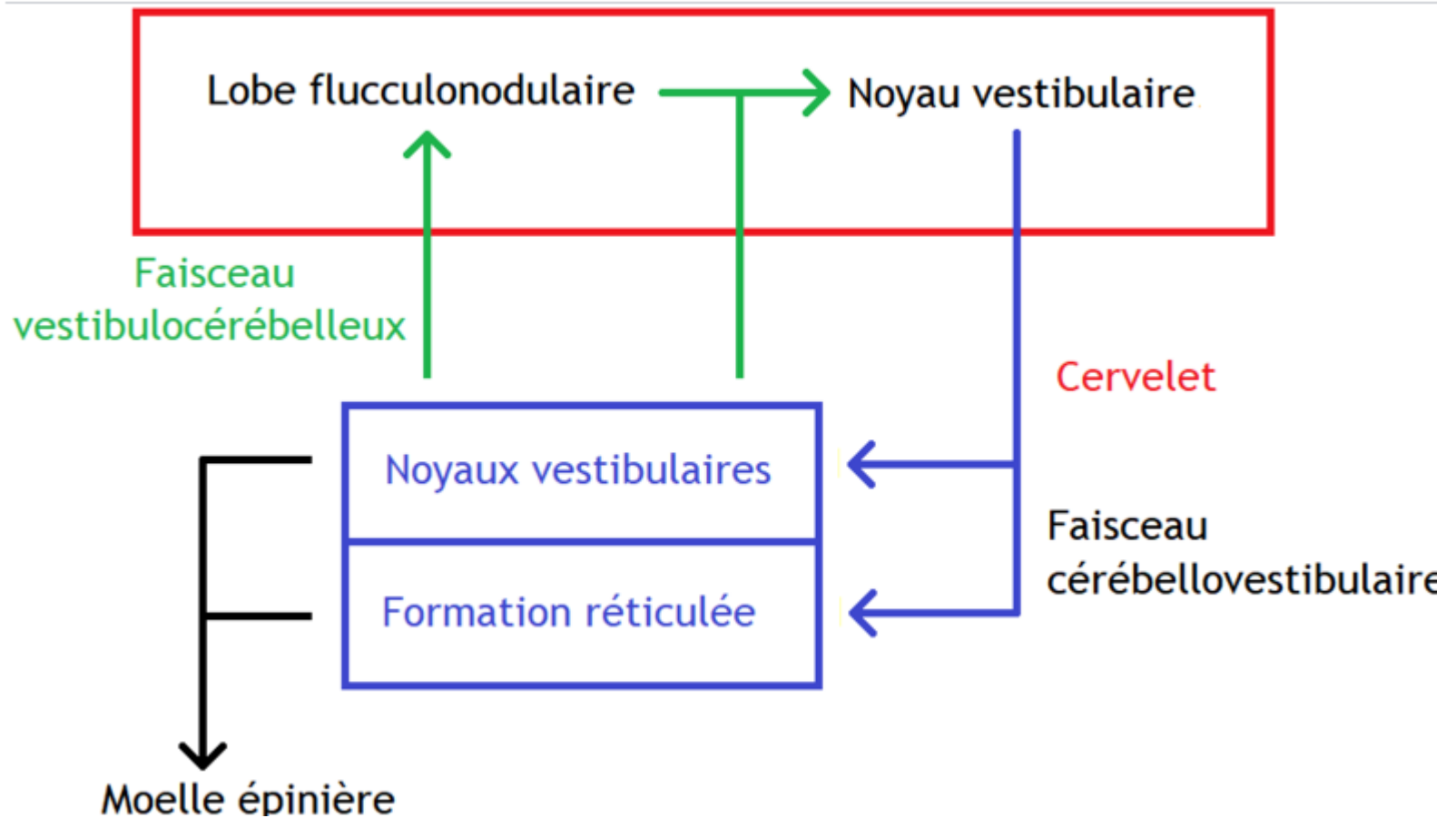


B/Aspect fonctionnel

1 - Le vestibulo-cervelet (vestibulo-cérébellum):

- lobe flocculonodulaire (la partie la plus primitive du cervelet)
- reçoit des entrées vestibulaires et visuelles,
- efférences → **noyaux vestibulaires** du tronc cérébral
- participe dans l'équilibre, les réflexes vestibulaires et les mouvements oculaires et de la tête .

Connexions Vestibulo-cérébelleuses



B/Aspect fonctionnel

2 -Le spino-cervelet ou paléo-cervelet (spino-cérébellum):

- vermis + parties intermédiaires des hémisphères cérébelleuses et apparaît plus tard dans la phylogénie.
- reçoit des entrées somato-sensorielles et proprioceptives de la moelle épinière.

Le vermis

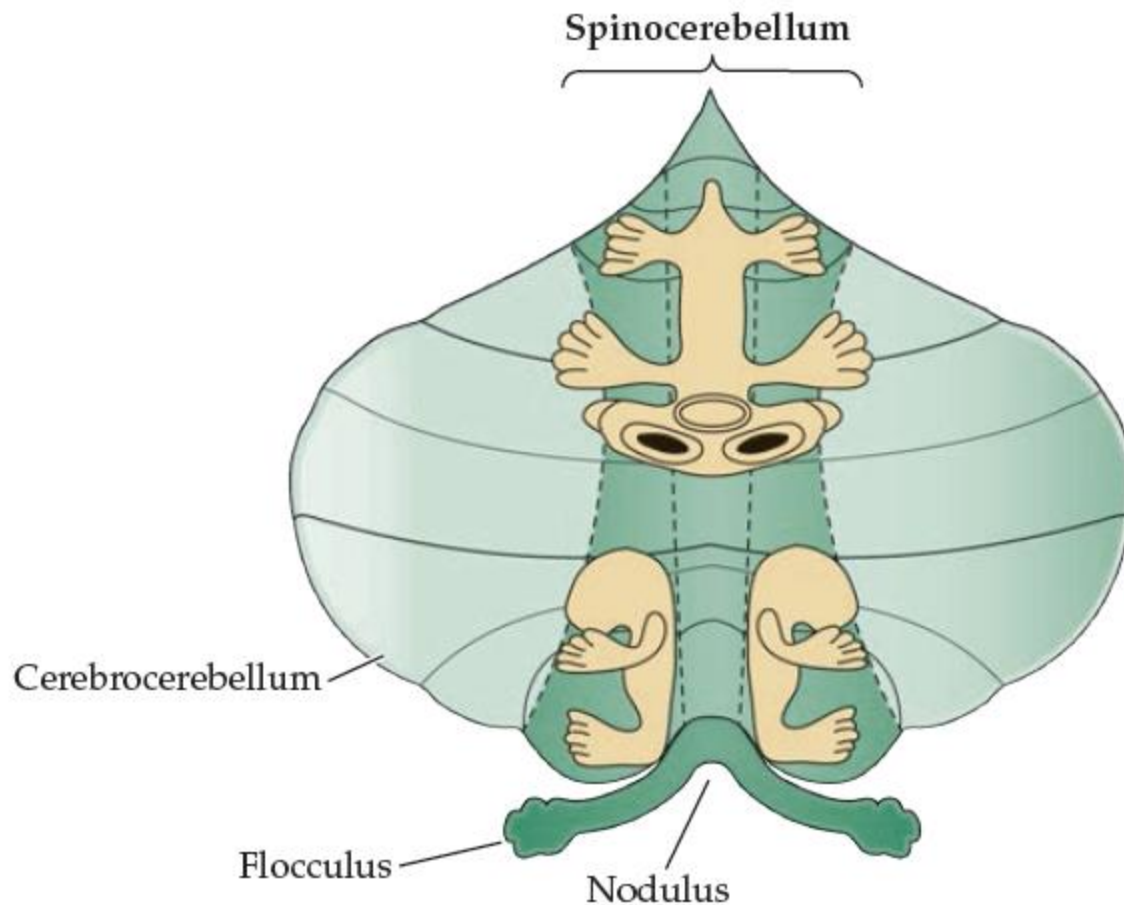
- *entrées* : visuelles, auditives et vestibulaires ainsi et entrées somato-sensorielles de la tête et des parties proximales du corps.
- *Éfférences*: se projette via le noyau fastigial sur le cortex et tronc cérébral, pour contrôler les muscles proximaux du corps et des membres.
- intervient dans la posture et la locomotion ainsi que les mouvements oculaires

B/Aspect fonctionnel

2 -Le spino-cervelet ou paléo-cervelet (spino-cérébellum):

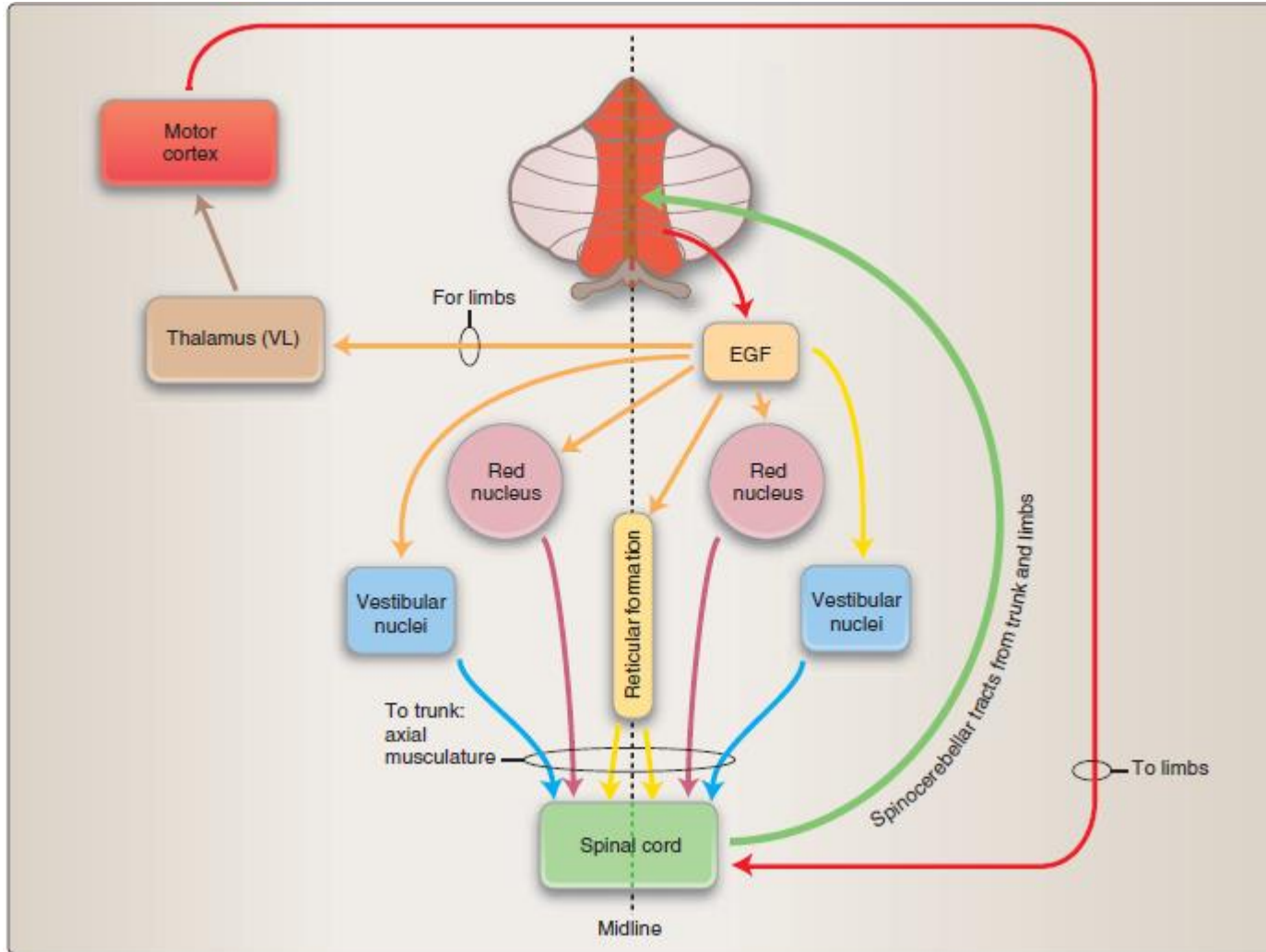
Les parties intermédiaires (para-vermiennes)

- Entrées: somatosensorielles des membres.
- Éfferences : projettent vers le noyau interposé , qui fournit des faisceaux se projetant sur les systèmes corticospinal latéral et rubrospinal
- contrôle les muscles les plus distaux des membres et des doigts.



Représentation somatotopiques de la surface du corps dans le cervelet. Le spino-cervelet contient au moins deux cartes du corps.

Connections spino-cérébelleuses



EGF = emboliform, globose, and fastigial nuclei.
VL = ventral lateral nucleus

B/Aspect fonctionnel

3-Le cérébro-cervelet ou néo-cervelet (cérébro-cerebellum) :

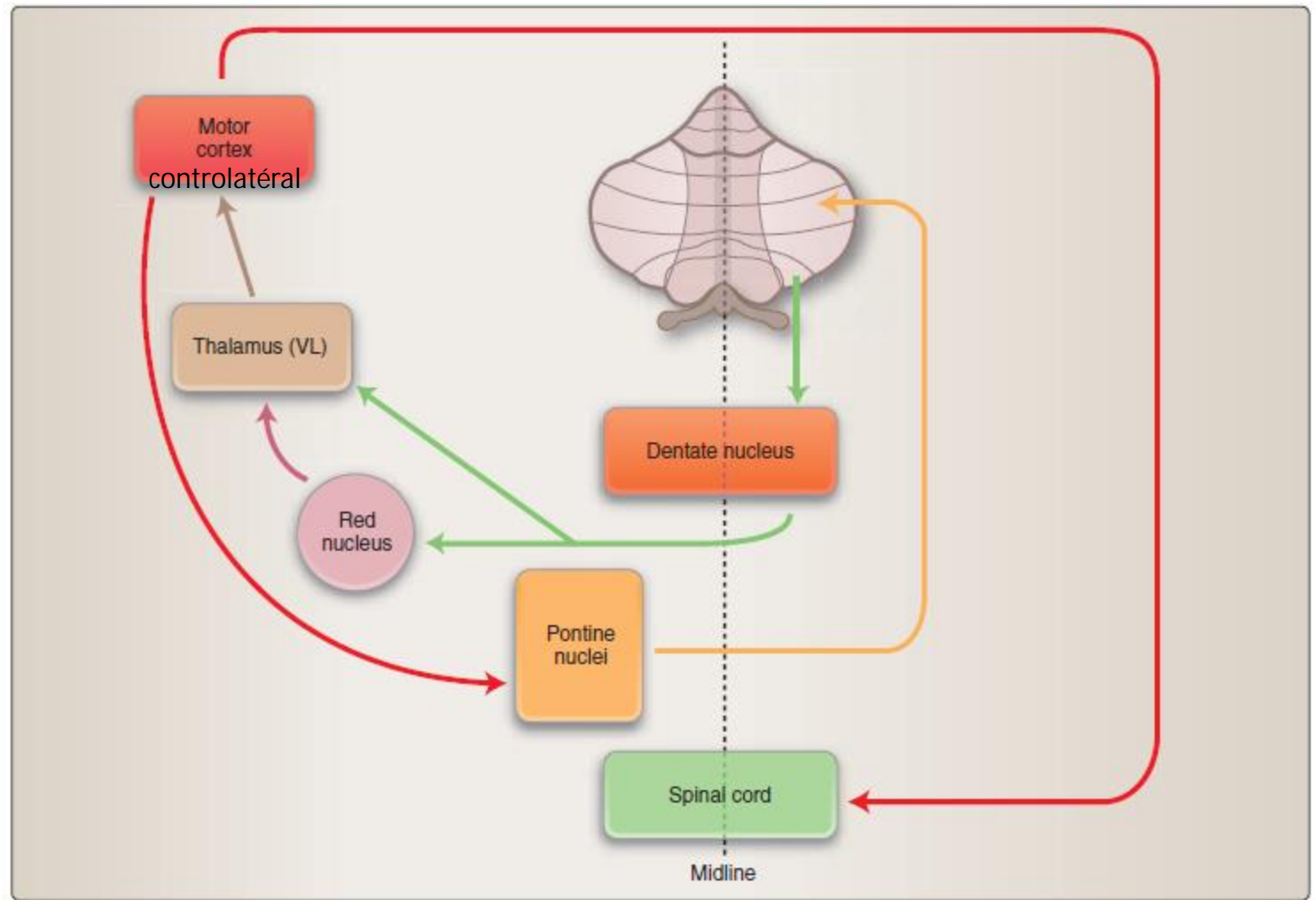
- parties latérales des hémisphères cérébelleuses.
- phylogénétiquement le plus récentes beaucoup plus développées chez l'homme.
- Presque toutes les entrées(provenant du cortex controlatéral) et les sorties de cette région impliquent des connexions avec le cortex cérébral.

B/Aspect fonctionnel

3-Le cérébro-cervelet ou néo-cervelet (cérébro-cerebellum) :

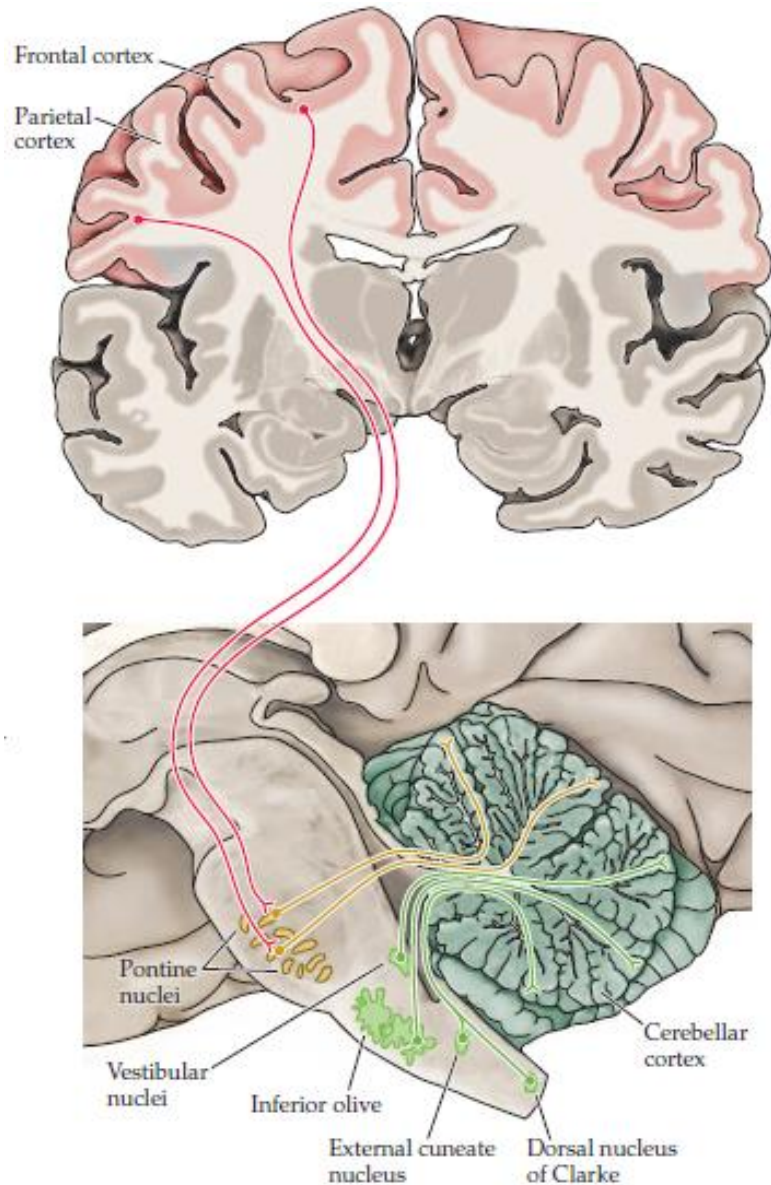
- Les neurones du néocerevelet , via le **noyau dentelé**, se projettent vers cortex moteur, prémoteur et préfrontal(centre des fonctions supérieurs comme le langage et la mémoire du travail , le raisonnement)
- participe dans la planification et l'exécution du mouvement. Ils peuvent jouer également un rôle dans certaines fonctions cognitives, comme la mémoire de travail.
- Il existe maintenant des preuves corrélatives impliquant les hémisphères cérébelleux dans les aspects de la schizophrénie et de l'autisme

connections cérébro-cérébelleuses



le cervelet droit est connecté avec l'hémicorps droit et le cervelet gauche avec l'hémicorps gauche

c/Afférences du cervelet

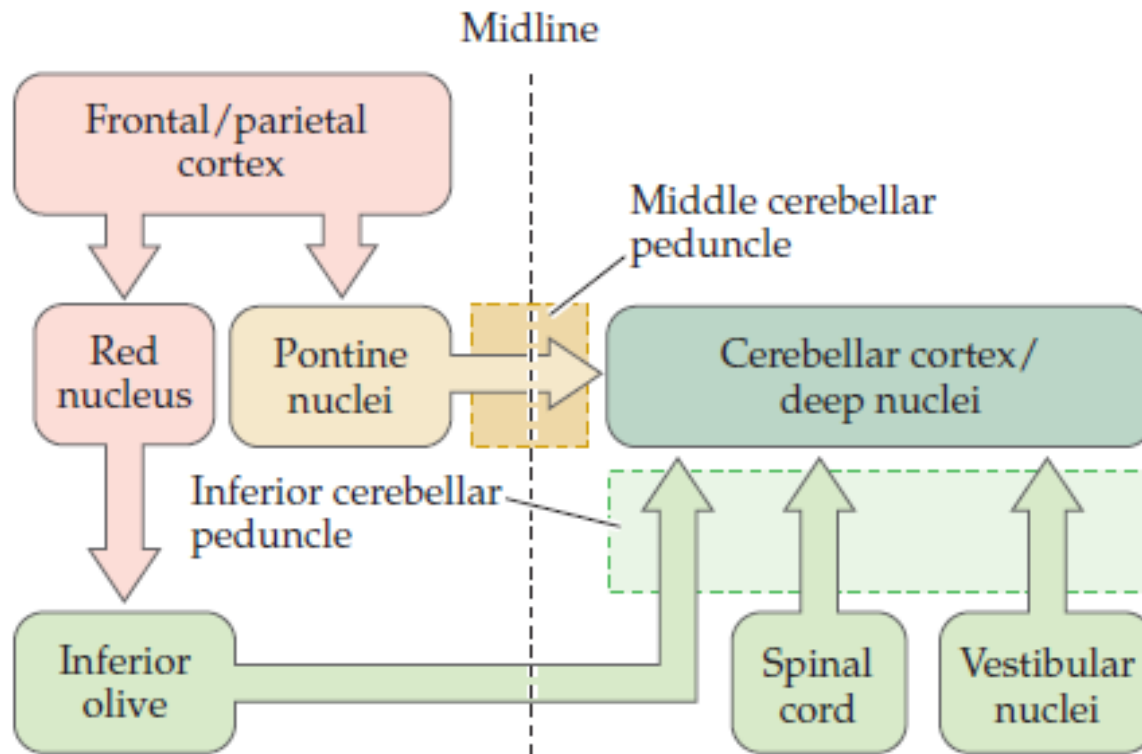


Coupes coronal sagittales à travers le cortex cérébral et le tronc cérébral humain montrant

- les entrées dans le cervelet à partir du cortex cérébral, le système vestibulaire, la moelle épinière et le tronc cérébral. les projections corticales vers le cervelet sont faites via des neurones relais dans le pont. Ces axones pontiques traversent ensuite la ligne médiane dans le pont et se projettent dans le cervelet via le cervelet le pédoncule moyen

Les axones de l'olive inférieure, de la moelle épinière et du noyau vestibulaire atteignent le cervelet par le pédoncule cérébelleux inférieur.

Organisation fonctionnelle des afférences du cervelet



- le cervelet reçoit des entrées modulatrices du noyau olivaire inférieur (ou olive inférieure) dans le bulbe rachidien
- Ces afférences participent aux fonctions d'apprentissage et de mémoire

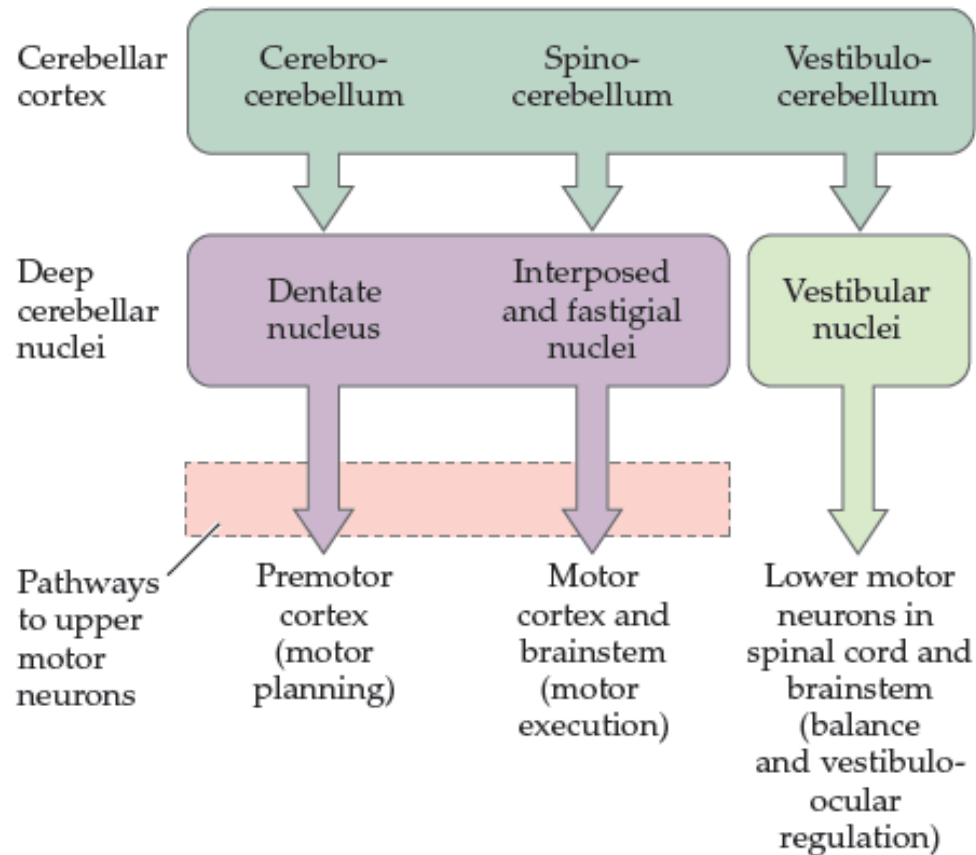
D/Efférences du cervelet

- Les neurones efférents du cortex cérébelleux se projettent dans les noyaux cérébelleux profonds et le complexe vestibulaire;
- ces structures projettent leur axones à leur tour dans :
 - Le tronc cérébral
 - les noyaux thalamiques qui se projettent sur les motoneurones supérieurs dans le cortex moteur

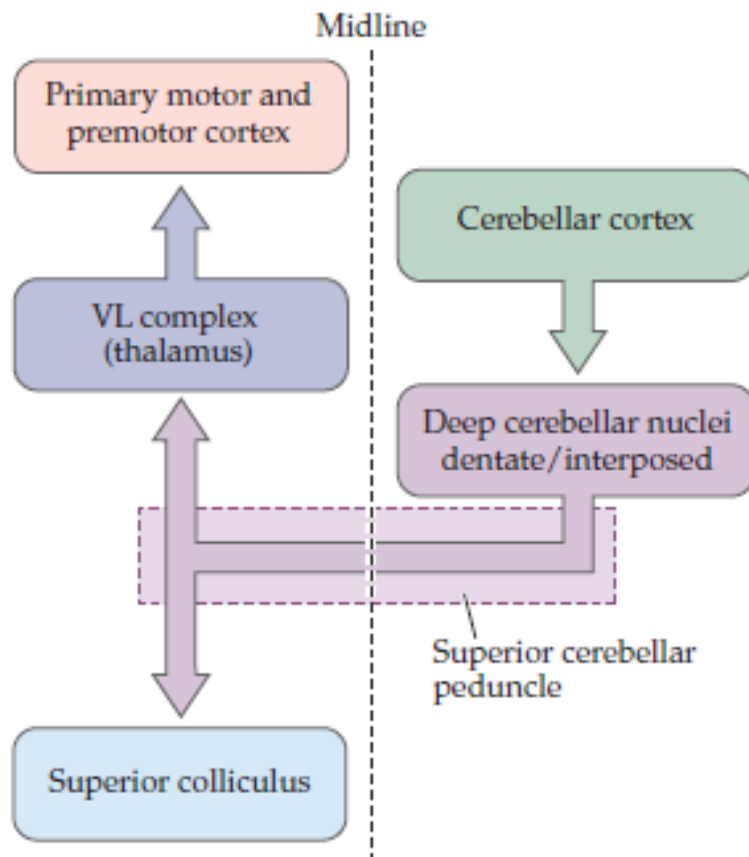
D/Efférences du cervelet

- Bien que les limites ne sont pas bien définies, le **cérébro-cervelet** projette principalement vers le noyau dentelé
- le **spino-cervelet** aux noyaux interposés et fastigial.
- Le **vestibulo-cervelet** projette directement dans le complexe vestibulaire dans le tronc cérébral.

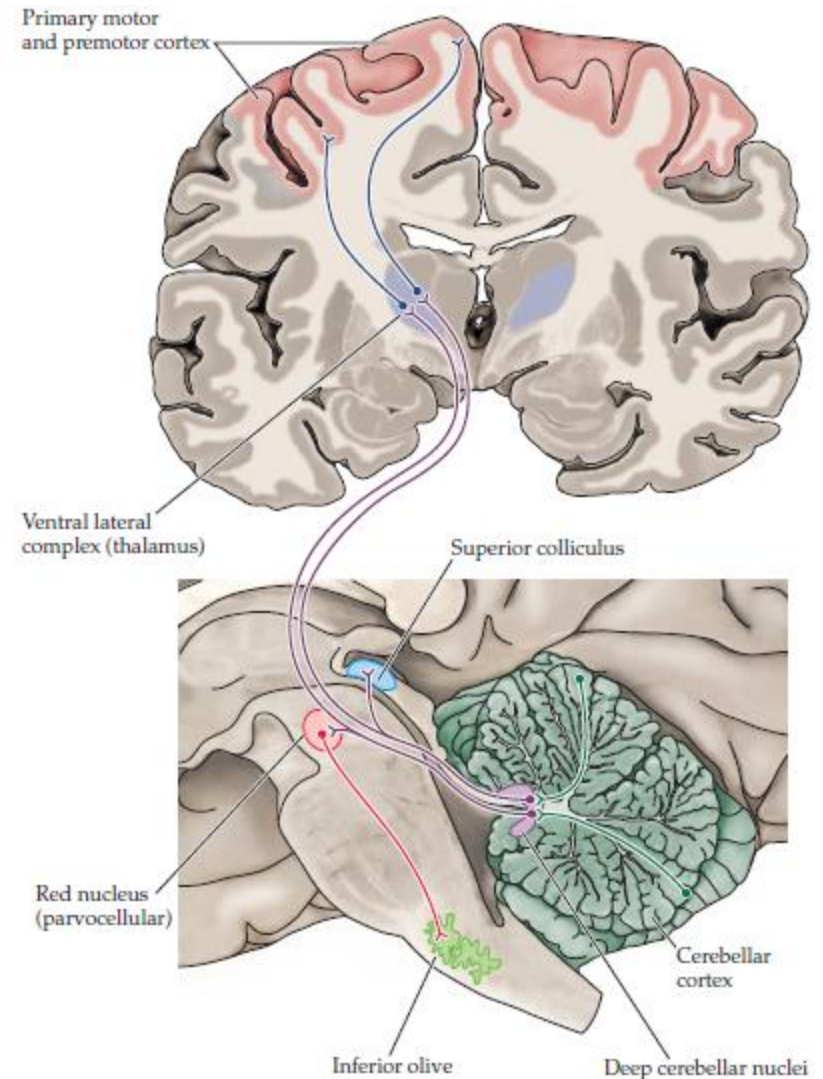
Organisation fonctionnelle des efférences du cervelet



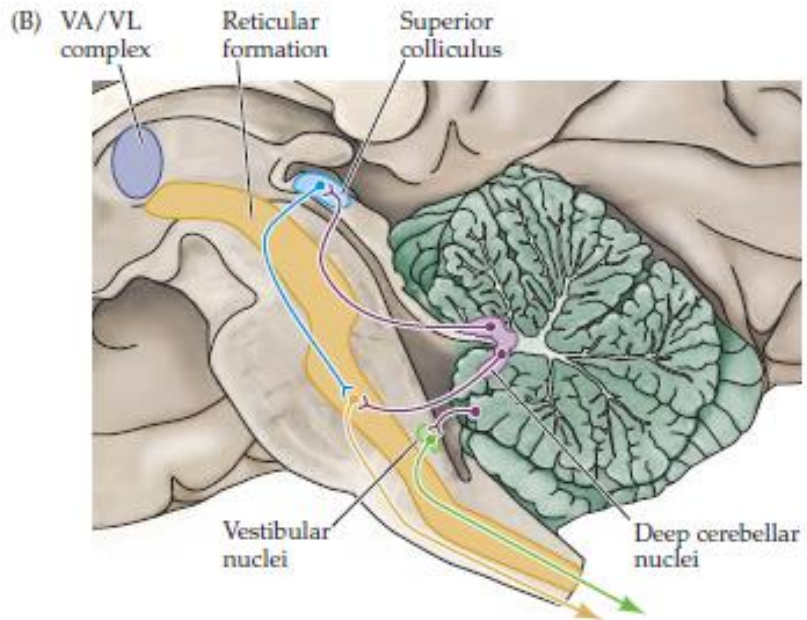
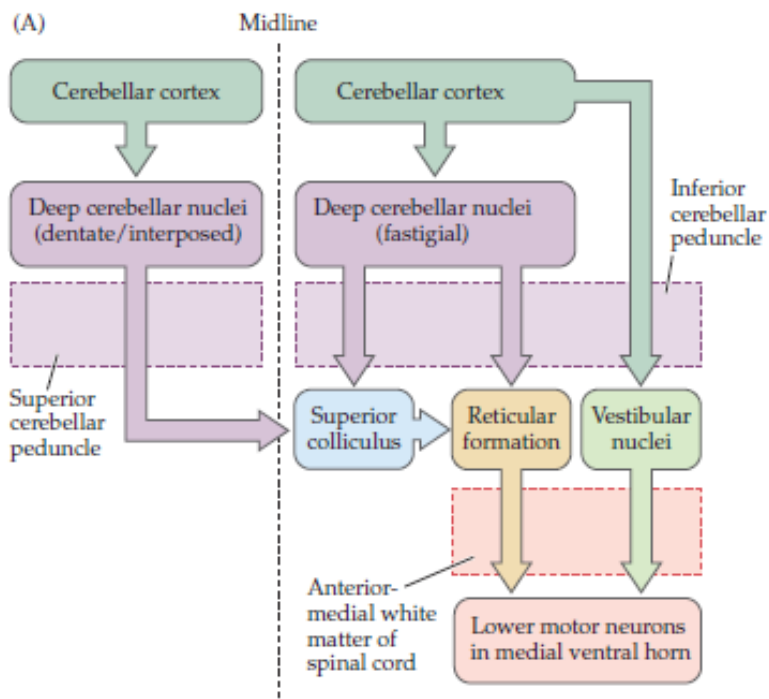
Organisation fonctionnelle des efférences du cervelet



Organisation fonctionnelle des efférences du cervelet vers les systèmes moteurs cortex cérébral



Organisation fonctionnelle de la majeure des efférences du cervelet vers les systèmes moteurs du tronc cérébral



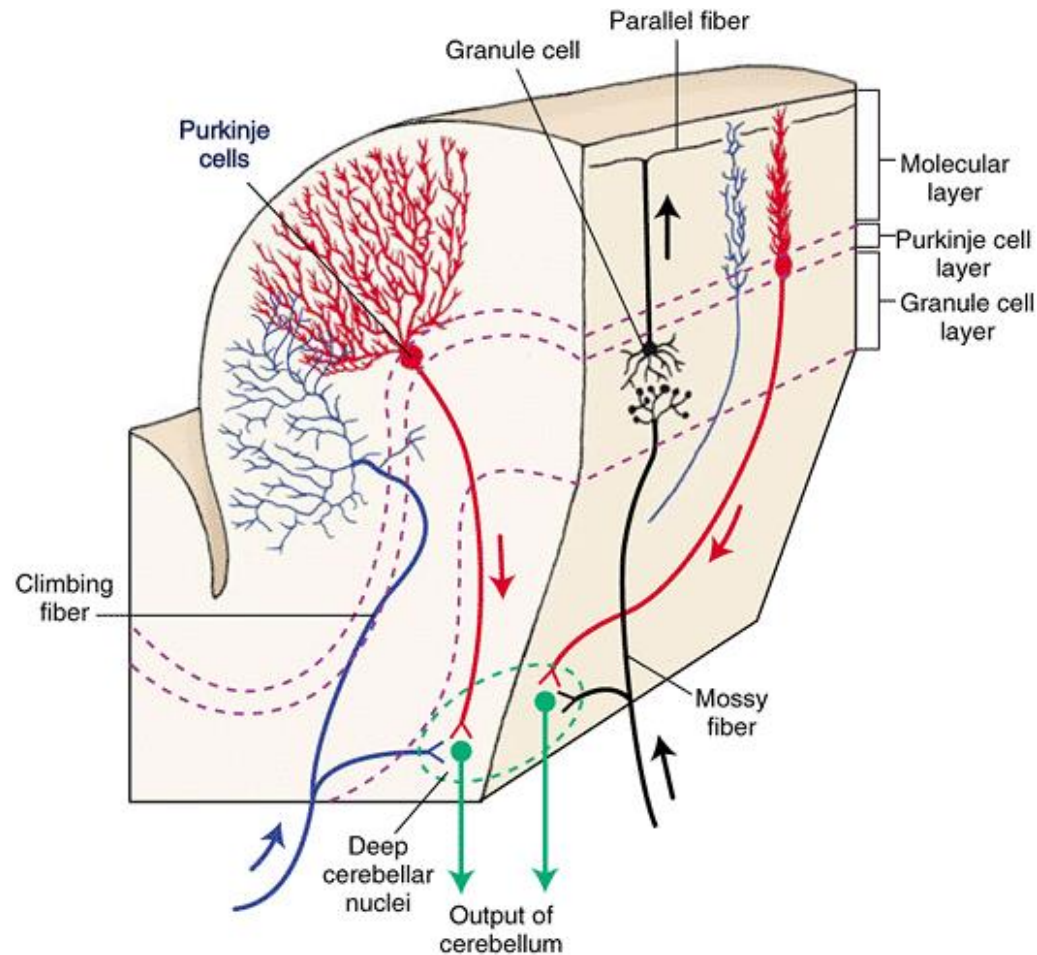
(A) Diagramme des principales projections cérébelleuses sur les motoneurones supérieurs dans le tronc cérébral.

(B) Coupe sagittale à travers le tronc cérébral, montrant l'emplacement des structures schématisées en (A).

III/Circuits internes du cortex cérébelleux

- A- ASPECT HISTOLOGIQUE : CYTO-ARCHITECTONIE DU CORTEX CÉRÉBELLEUX
- micro circuits cellulaires identiques au niveau de chaque folium.
- Sa microarchitecture est organisée de façon homogène constituée d'une série d'unités très régulières et répétitives, dont chacune contient le même microcircuit de base (unité fonctionnelle)
- Constitué de 3 couches orientées parallèlement à la surface corticale.
 - ✓ la couche moléculaire,
 - ✓ la couche de cellule de Purkinje
 - ✓ la couche granulaire
- Une couche interne de substance blanche (output et input)

A- ASPECT HISTOLOGIQUE : CYTO-ARCHITECTONIE DU CORTEX CÉRÉBELLEUX



III/Circuits internes du cortex cérébelleux

- 1- La couche granulaire : la plus profonde
 - *les cellules granulaires:excitatrices* :
 - très abondantes
 - Possèdent de petits noyaux denses noirs (coupe histologique)
 - arbre dendritique dans la couche granulaire
 - un long axone non myélinisé → la couche moléculaire où se bifurque en deux fibres parallèles (en T)
 - contacts synaptiques **excitateurs** avec les arbres dendritiques de nombreuses cellules de Purkinje.

➤ 1- La couche granulaire

-les cellules de Golgi

Grands interneurones **inhibiteurs** (utilisant le **GABA** comme neurotransmetteur) reçoivent une entrée excitatrice des fibres moussus et des axones des cellules granulaires.

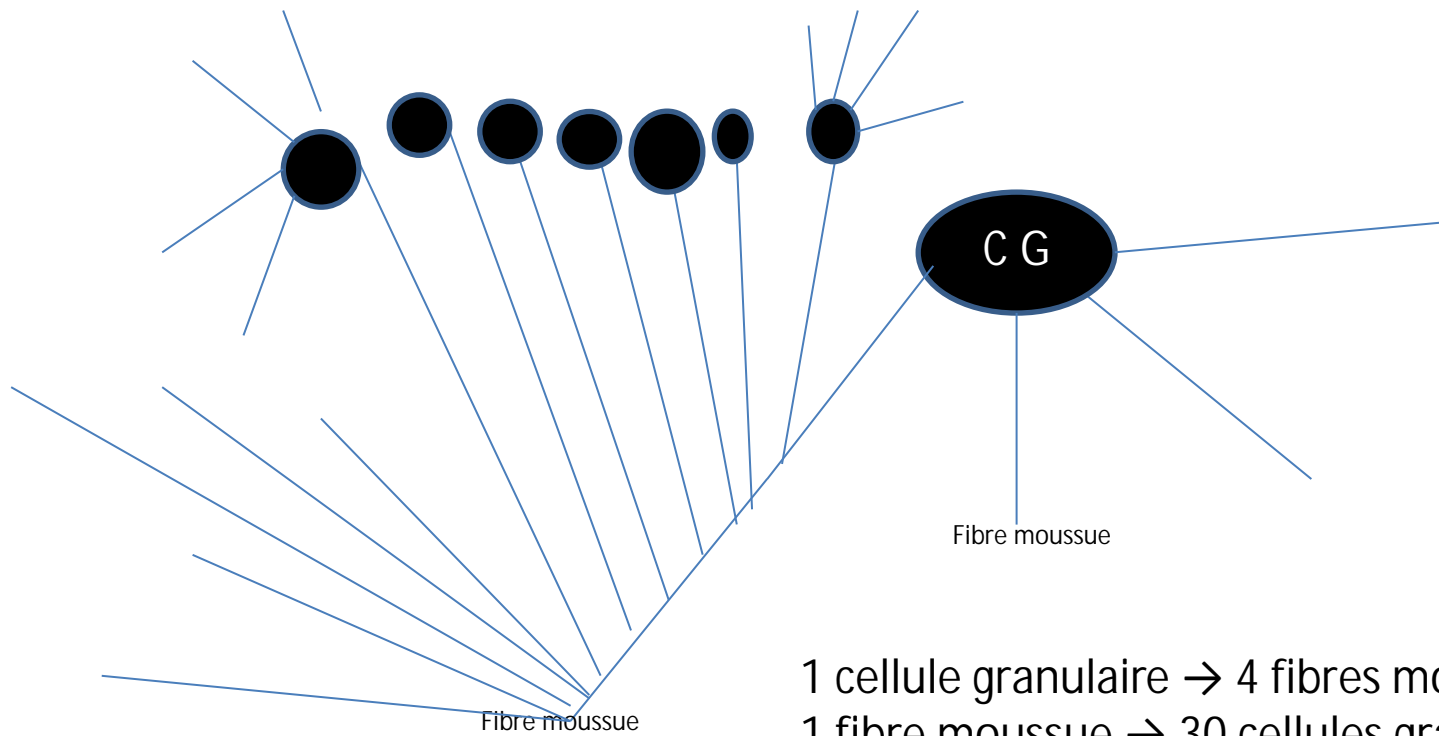
1- La couche granulaire

Les cellules granulaires (arbre dendritique dense) font contacts synaptiques avec :

1. **les fibres moussues** (l'un des deux principaux types de fibres afférentes du cervelet)
2. L'axone de la cellule de Golgi

ce complexe synaptique = glomérule cérébelleux.

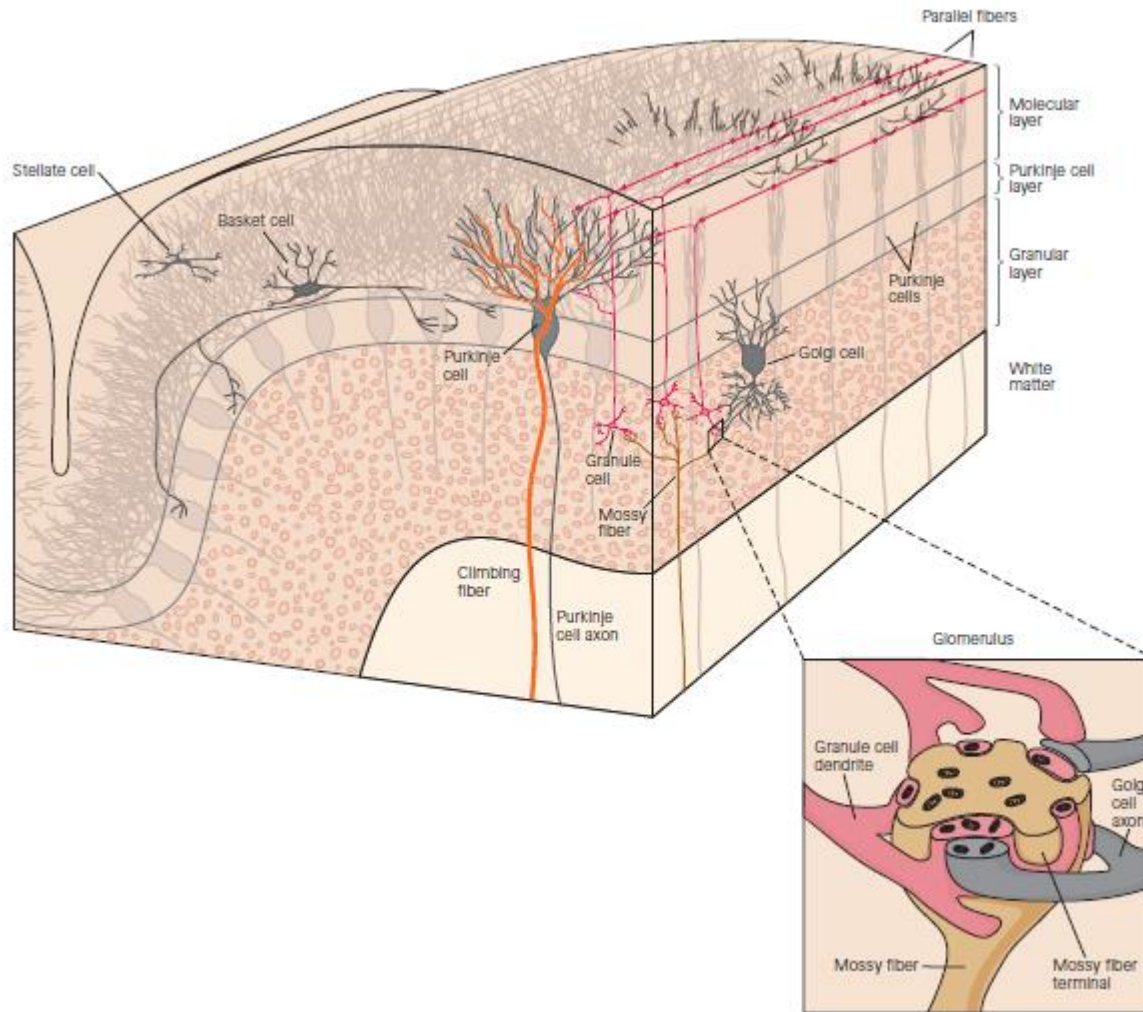
Chaque fibre moussue excite 30 cellules granulaires, et chaque cellule granulaire reçoit l'entrée d'environ 4 fibres moussues



1 cellule granulaire → 4 fibres moussues
1 fibre moussue → 30 cellules granulaire

III/Circuits internes du cortex cérébelleux

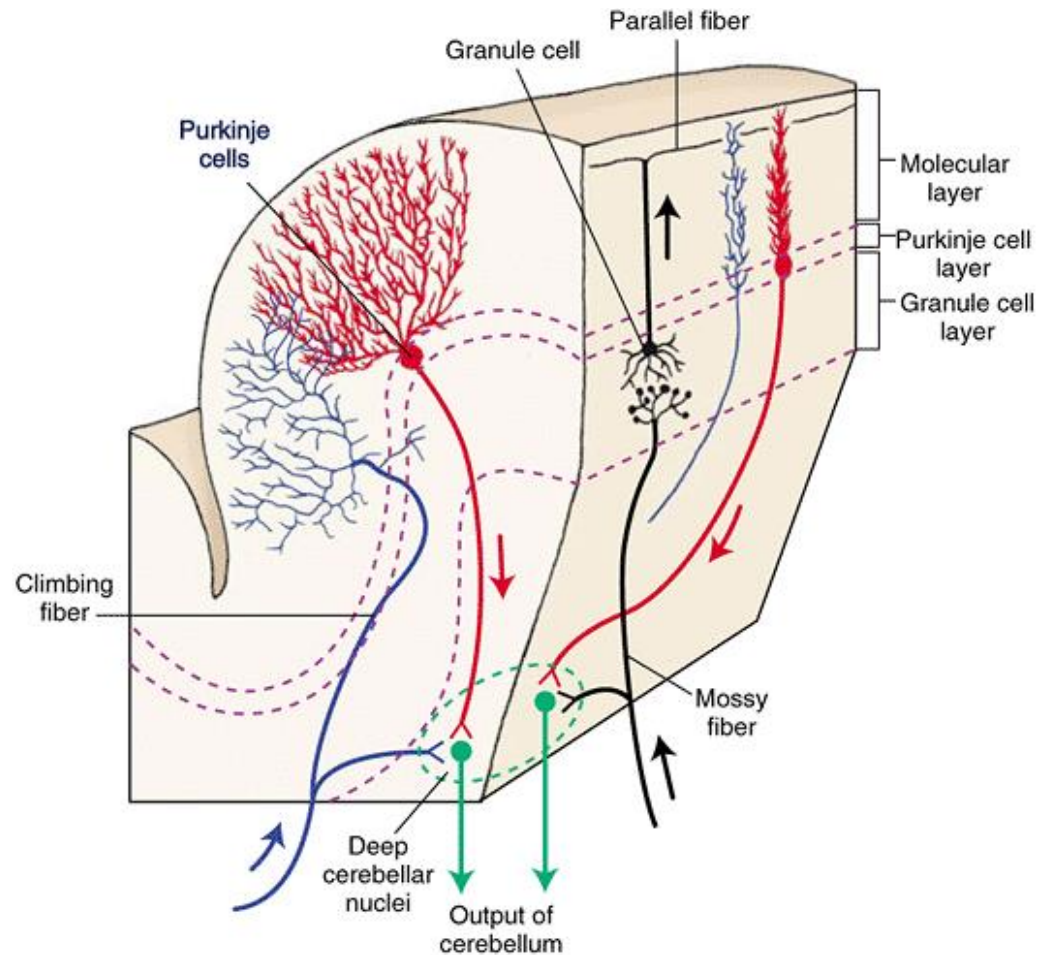
Cyto-architecture
du cortex
cérébelleux:
Représentation
de différents
types de couches
cellulaires et le
glomérule
cérébelleux



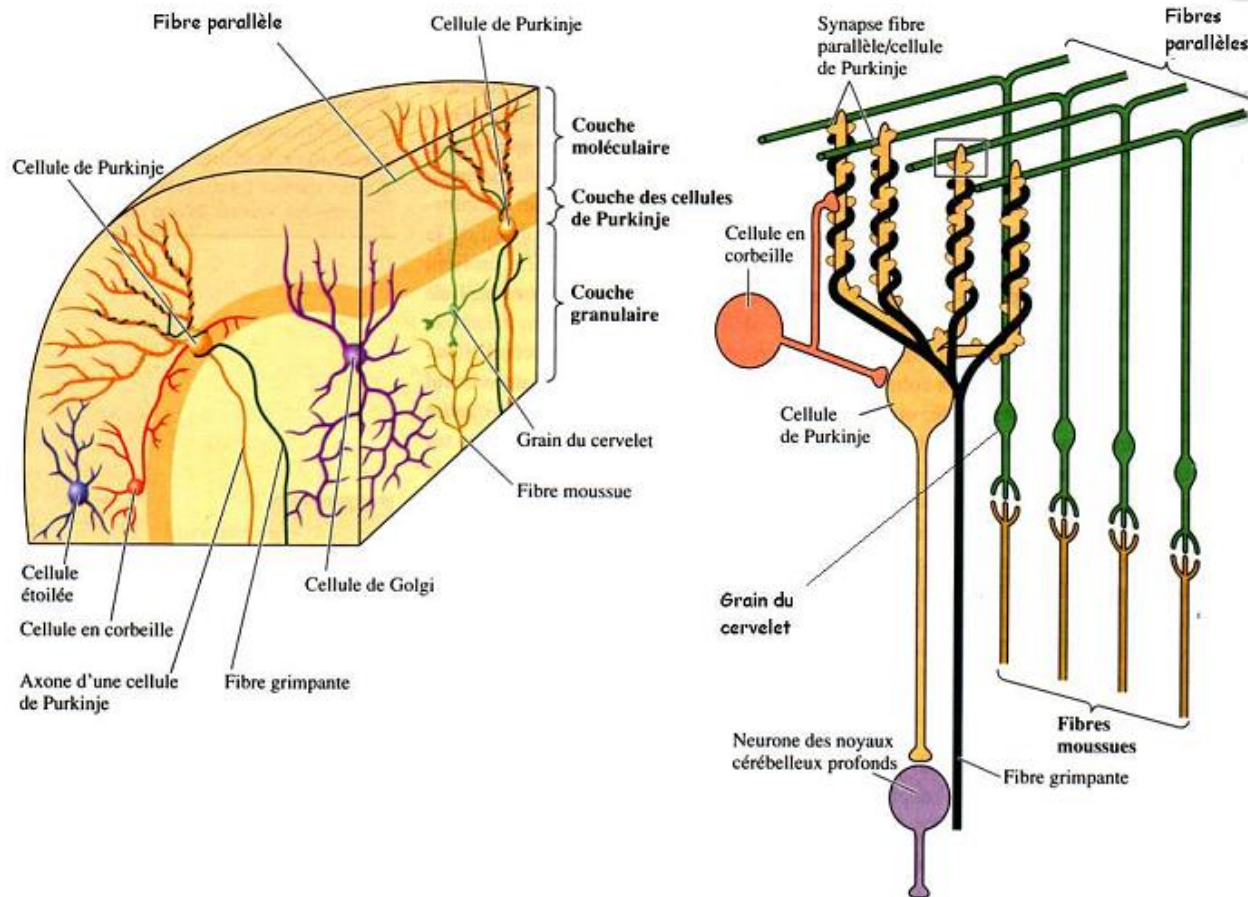
III/Circuits internes du cortex cérébelleux

- 2-La couche de cellules de Purkinje
 - corps de cellules Purkinje,
 - dendrites s'étendent vers le haut dans la couche moléculaire font synapse avec :
 1. les fibres grimpantes (2^{ème} type principal de fibres afférentes du cortex cérébelleux)
 2. des interneurones inhibiteurs
 3. les fibres parallèles (en T) des cellules granulaires excitatrices
- Les axones des cellules de Purkinje représentent l'unique voie de sortie du cortex cérébelleux, en
- se projetant dans les noyaux cérébelleux profonds dans la substance blanche sous-jacente ou dans les noyaux vestibulaires(tronc cérébral)
- GABA neurotransmetteur → action inhibitrice

III/Circuits internes du cortex cérébelleux



III/Circuits internes du cortex cérébelleux



Document 46 : L'organisation du cortex cérébelleux :

III/Circuits internes du cortex cérébelleux

➤ 3- La couche moléculaire

la plus externe, contient :

- les corps cellulaires et dendrites de deux types interneurones d'inhibiteurs: les cellules étoilées et les cellules à corbeilles,
- Les dendrites des cellules de Purkinje.
- les fibres parallèles (axones des cellules granulaires)

III/Circuits internes du cortex cérébelleux

B/ LES FIBRES AFFÉRENTES CÉRÉBELLEUSES :

- Les fibres moussues
- Les fibres grimpantes

B- LES FIBRES AFFÉRENTES CÉRÉBELLEUSES :

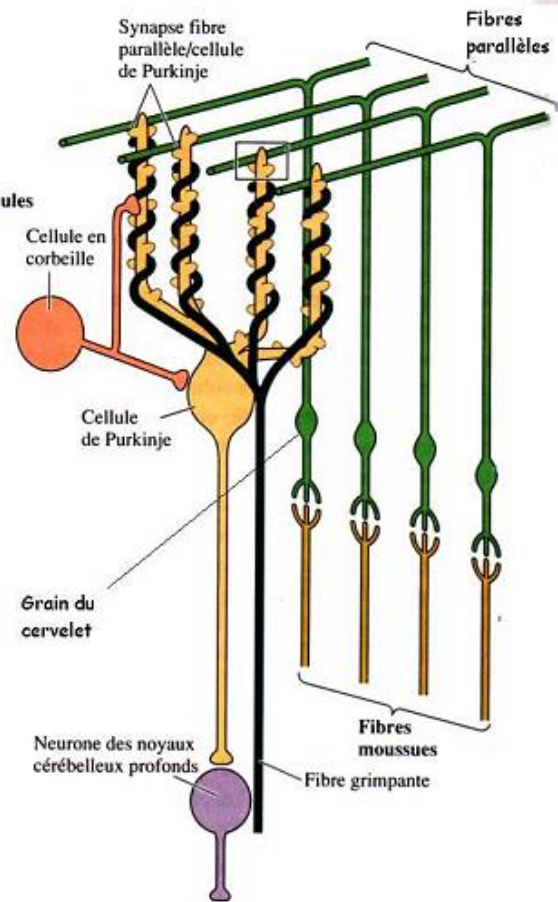
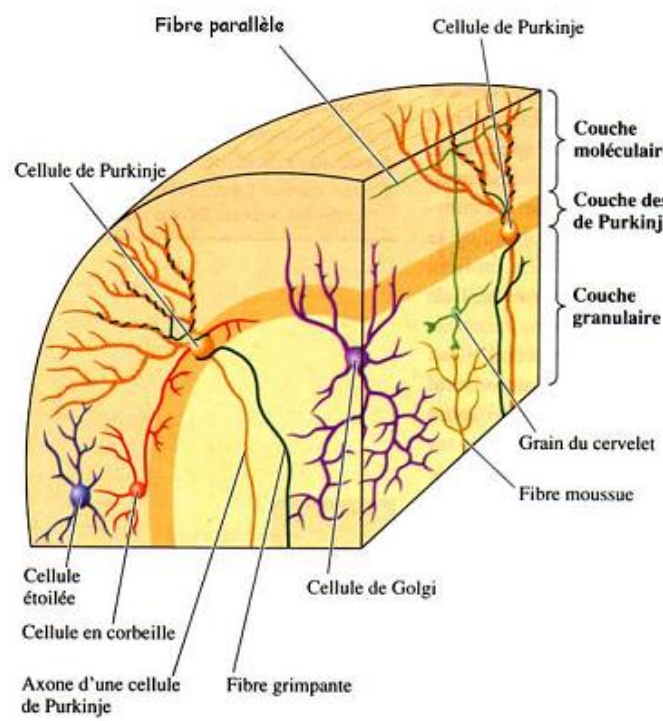
1-Les fibres moussues

- Véhiculent l'information de la moelle épinière , le tronc cérébral et du cortex cérébral.
- envoient des collatérales dans un noyau cérébelleux profond.
- utilisent le **glutamate** comme neurotransmetteur
- excitatrices des cellules granulaires et des dendrites des cellules de Golgi dans le glomérule cérébelleux
- excitatrices des neurones des noyaux cérébelleux sur lesquels elles envoient des collatérales.

B- LES FIBRES AFFÉRENTES CÉRÉBELLEUSES :

2-Les fibres grimpantes

- Les noyaux olivaires inférieurs sont la seule source de ces fibres afférentes
- envoient également des collatérales aux noyau cérébelleux approprié.
- se terminent alors dans la couche moléculaire
- Chaque fibre grimpante → 1 à 10 cell de Purkinje
- chaque neurone de Purkinje reçoit l'entrée d'une seule fibre grimpante.
- Excitatrices → glutamate
- excitent les cellules de Purkinje et les neurones nucléaires cérébelleux à travers leurs collatérales



Document 46 : L'organisation du cortex cérébelleux :

C-microcircuits du cortex cérébelleux et traitement de l'information

1. Dans le glomérule les fibres moussues excite les dendrites des cellules granulaires et les cellules de Golgi.
2. L'axone de la cellule de Golgi inhibe à son tour la cellule granulaire dans le glomérule.

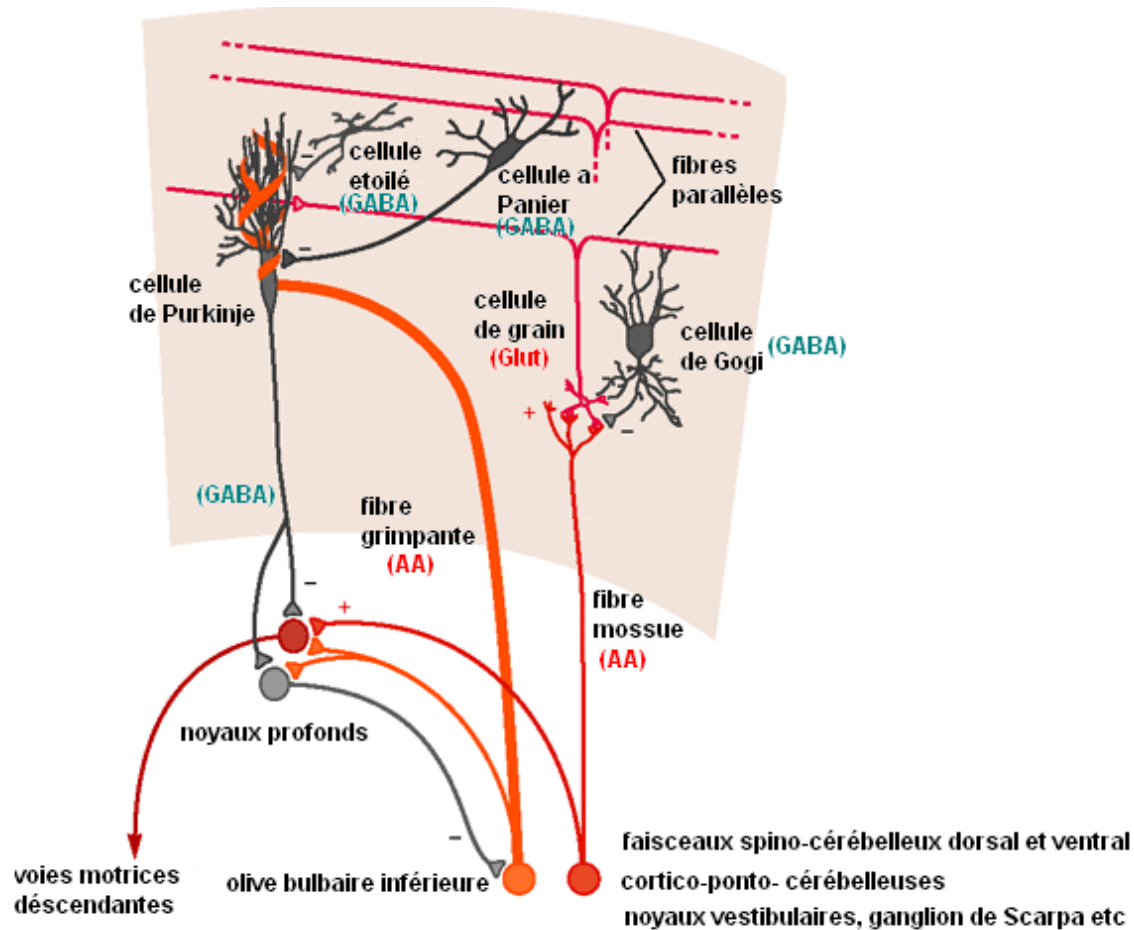
C-microcircuits du cortex cérébelleux et traitement de l'information

3. l'axone de la cellule granulaire pénètre dans la couche moléculaire, se ramifie en fibres parallèle et excite les cellules, de Purkinje, étoilées, à corbeilles
4. les cellules à corbeille et les cellules étoilées inhibent les cellules de Purkinje.

C-microcircuits du cortex cérébelleux et traitement de l'information

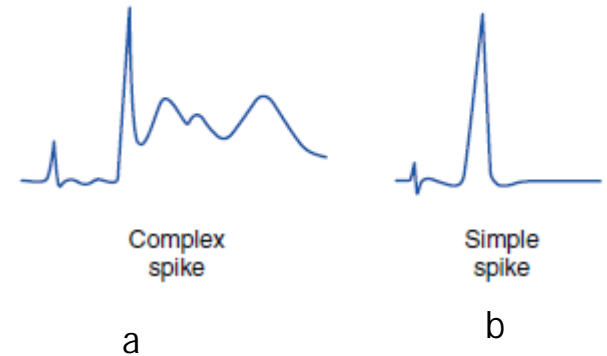
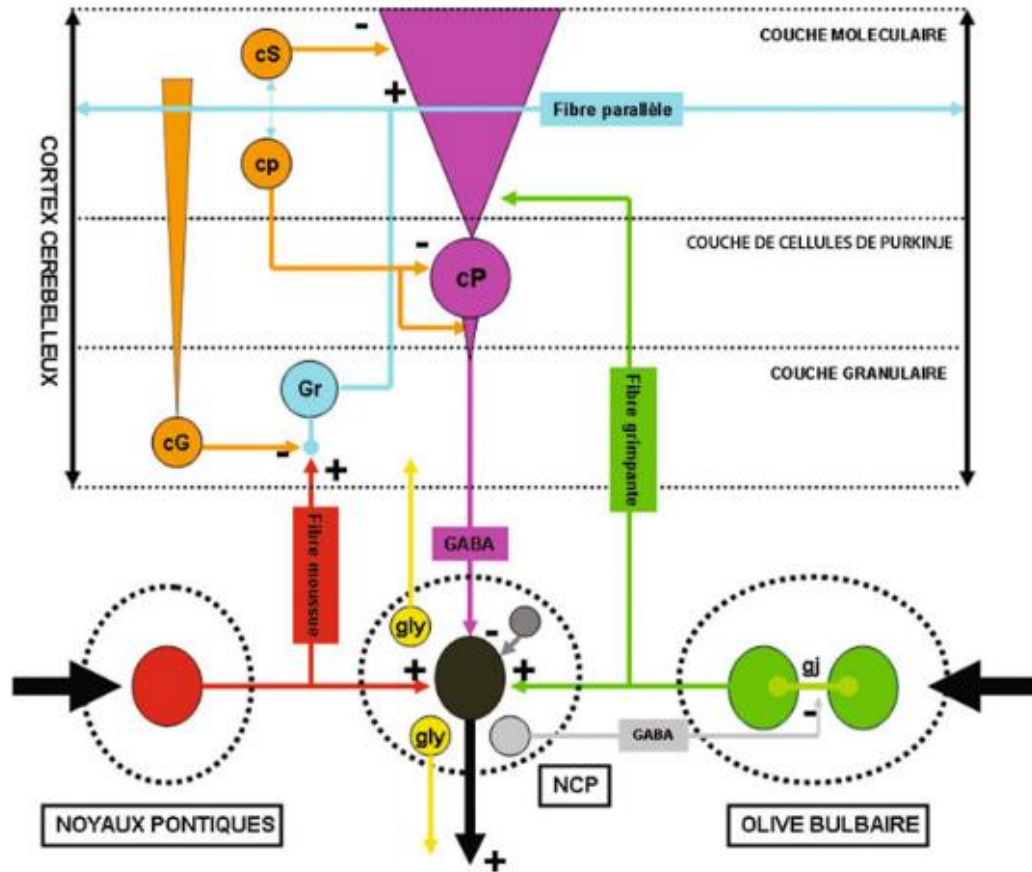
5. les fibres grimpantes excitent directement les cellule de Purkinje.
6. Les fibres moussues excitent les cellules granulaires qui à leur tour par ses fibres parallèles excitent les cellules de Purkinje.
7. Les cellules de Purkinje seule voie de sortie du cortex cérébelleux inhibe les cellules des noyaux cérébelleux profonds et les cellules des noyaux vestibulaires

C-microcircuits du cortex cérébelleux et traitement de l'information



C-microcircuits du cortex cérébelleux et traitement de l'information

- Les fibres grimpantes ont une influence puissante sur les cellules de Purkinje.
Chaque potentiel d'action dans une fibre grimpante induit au niveau de la cellule de Purkinje (complex Spike)
- les fibres parallèles excitées par les fibres moussues ne produisent que des (simple Spike)



Pointes complexe et simple des cellules de Purkinje, enregistrées de manière intracellulaire après excitation par (a) les fibres grimpanes et (b) les fibres moussues

interactions synaptiques dans le cortex cérébelleux.

+: synapse excitatrice; -: synapse inhibitrice

NCP : noyaux cérébelleux profond

cG : cellule de Golgi

cP: cell de Purkinje

Gr: cell granulaire

cp : cellule panier

cS : cellule stellaire

IV/ sémiologie d'une atteinte du cervelet

- L'atteinte du cervelet se manifeste cliniquement par:
 - **Hypotonie**
C'est un des éléments essentiels du syndrome cerebelleux , elle se manifeste par l'augmentation du ballant au cours de la mobilisation passive des segments de membre, par l'hyperlaxité de certaines articulations
(Le mouvement imposé par l'examineur à un membre est très ample)
 - le caractère pendulaire des réflexes rotuliens et tricipitaux

IV/ sémiologie d'une atteinte du cervelet

➤ L'ataxie cérébelleuse:

- La station debout immobile est difficile
- oscillations brusques, irrégulières, le patient doit écartier les jambes pour maintenir l'équilibre (élargissement du polygone de sustentation).
- on peut observer des mises en tension rapides et régulières du tendon du jambier antérieur, bien visible sur la face antérieure de la cheville (danse des tendons).
- ces troubles ne sont pas aggravés par l'occlusion des yeux.

IV/ sémiologie d'une atteinte du cervelet

➤ L'ataxie cérébelleuse:

-La marche aussi perturbée.

- elle est dite « festonnante », le malade élargit son polygone de sustentation, les bras écartés pour obtenir plus d'équilibre.
- On la qualifie parfois de démarches « pseudo-ébrioise »
- Les pas sont irréguliers, les mouvements des membres inférieurs sont décomposés : élévation excessive des genoux.



ATAXIE CEREBELLEUSE

IV/ sémiologie d'une atteinte du cervelet

➤ Trouble de l'exécution du mouvement:

- La dysmétrie: Les patients ont des problèmes à initier des mouvements avec le membre affecté et à contrôler l'amplitude d'un mouvement, le plus souvent le mouvement dépasse la cible (hypermétrie).
- l'adiadococinésie: le patient ne peut pas contrôler les mouvement alternés rapides
- le tremblement: c'est un tremblement à la fin d'un mouvement, lorsque le patient tente d'arrêter le mouvement, il s'agit d'un tremblement d'action.

SYNDROME CEREBELLEUX

- Dismétrie, Hypermétrie;
- Dysarthrie : trouble de l'élocution qui s'explique par l'altération des muscles utilisés pour produire le langage;
- Adiadoconiésie
- Elargissement du polygone de sustentation
- Démarche ébrieuse.



V/CONCLUSION

- Le cervelet occupe une place importante dans les fonctions motrices. Il intervient dans le maintien de l'équilibre, la coordination de mouvements du corps et de yeux la régulation du tonus musculaire, et même dans la programmation motrice.
- Il joue un rôle de comparateur (entre le mouvement prévu et le mouvement réel) et de correcteur de l'erreur motrice.
- Sa participation également dans les fonctions cognitives et apprentissage moteur est actuellement bien démontré.