

# LE CORTEX MOTEUR

Dr RAMDANI

# Plan

**I-Introduction**

**II – le cortex moteur**

**1-le cortex moteur primaire**

**2- L'aire prémotrice**

**3- L'aire motrice supplémentaire**

**4- Régions motrices spécialisées**

**III - Afférences du cortex moteur**

**IV- Efférence du cortex moteur**

**V- Les voies motrices**

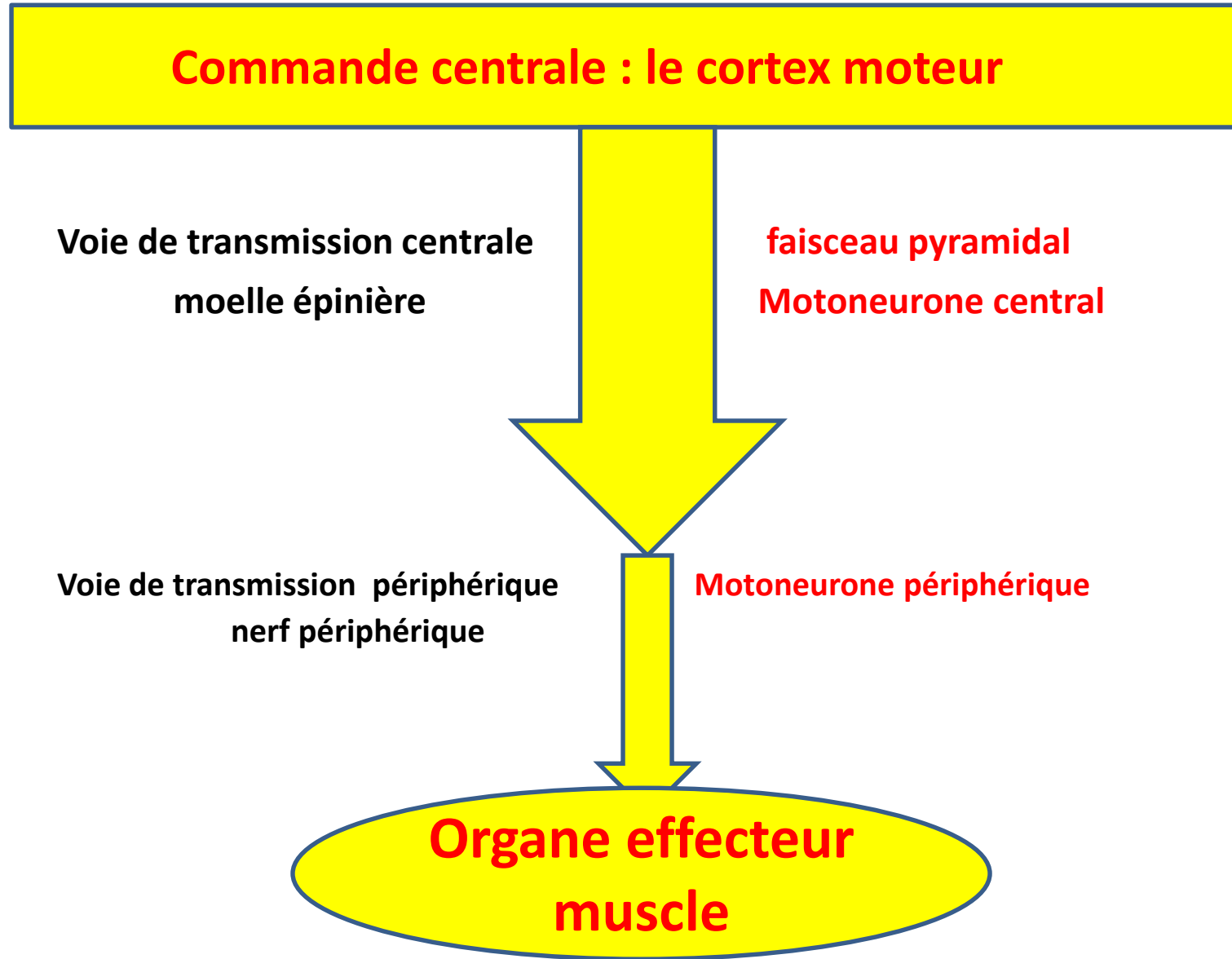
**1- La voie pyramidale**

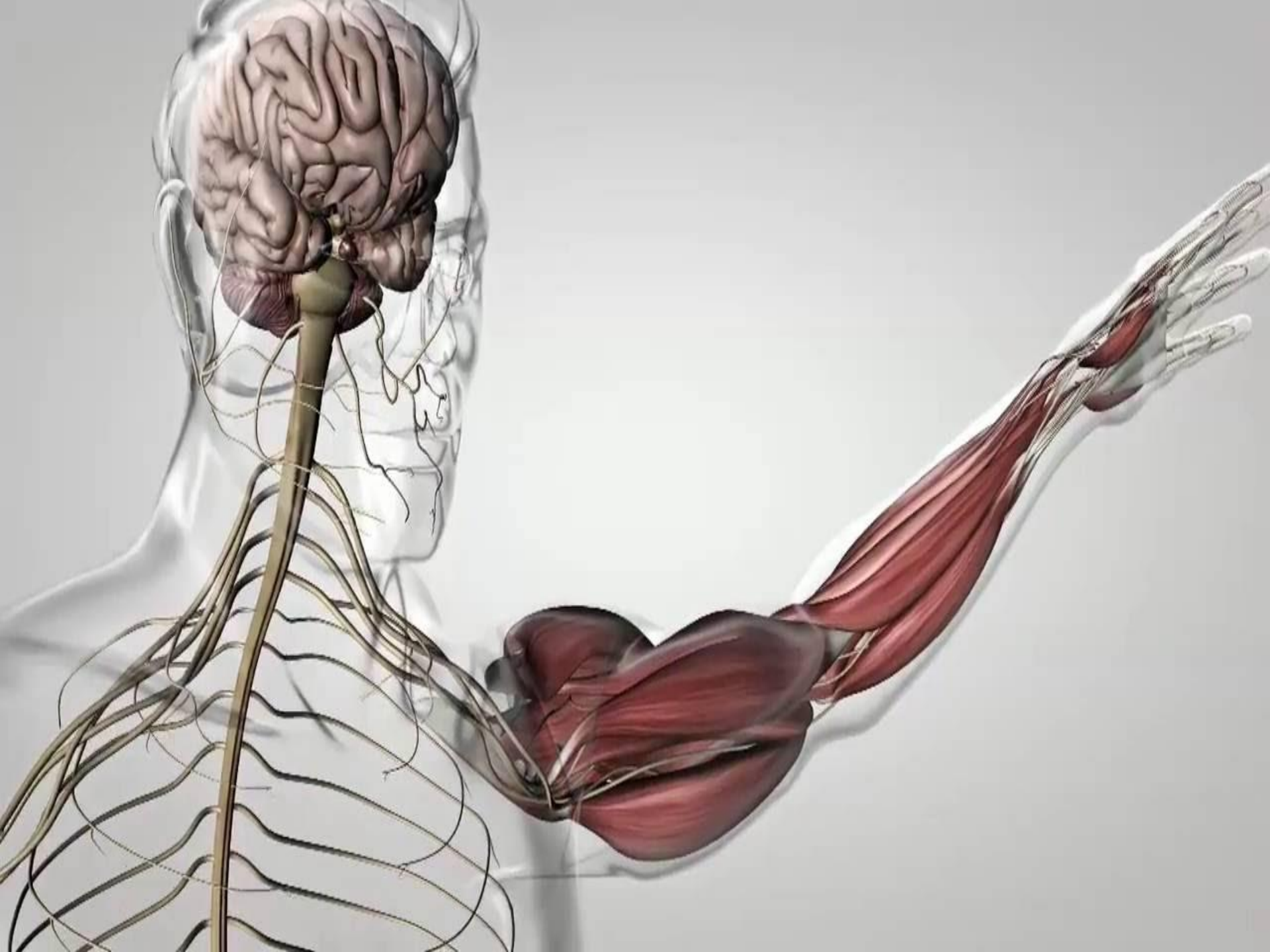
**2- La voie extrapyramidal**

**VI - Organisation générale du système moteur**

**VII- Conclusion**

# I-Introduction : Le système moteur





## **II- le cortex moteur**

**1-le cortex moteur primaire**

**2- L'aire prémotrice**

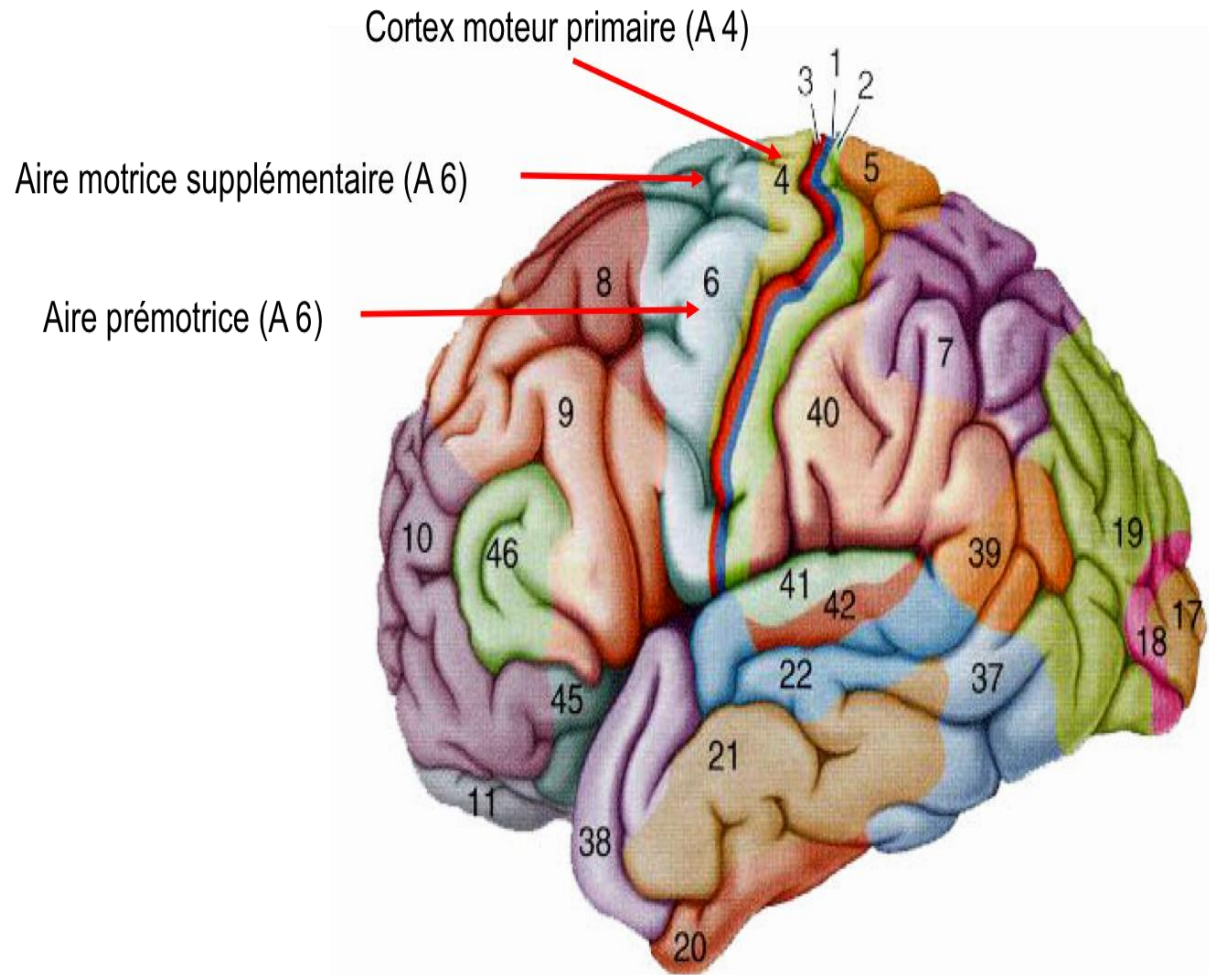
**3- L'aire motrice supplémentaire**

**4- Régions motrices spécialisées**

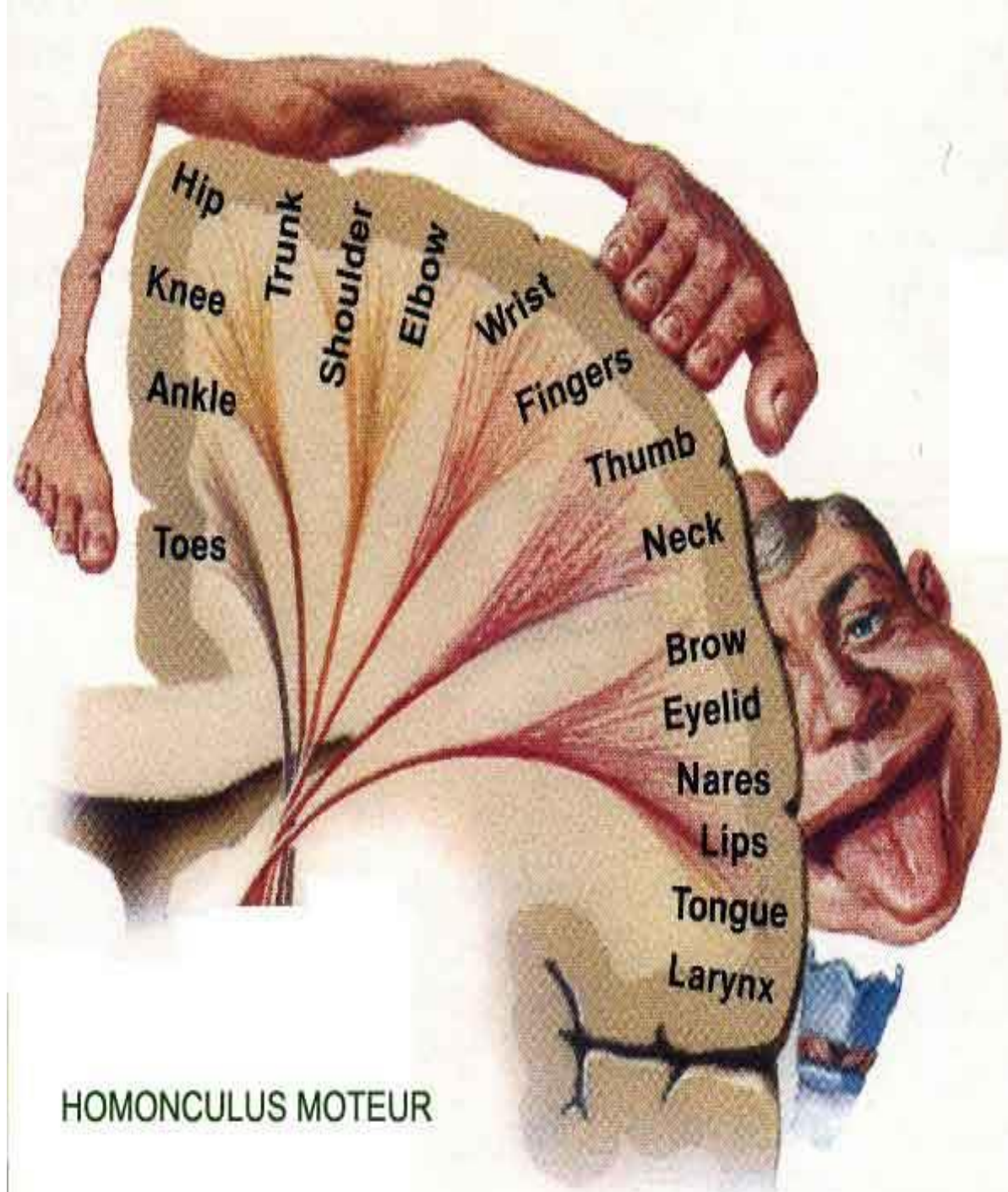
# Le cortex moteur primaire

## l'aire 4 de Brodmann

- Ou aire frontale ascendante prérolandique
- est situé juste en avant de la scissure de Rolando, dans le gyrus précentral, dans la première circonvolution frontale (F1).
- Elle s'étend depuis la scissure de Sylvius en bas, remonte jusqu'au sommet du cortex et plonge à la face médiane des hémisphères.
- Cette aire comporte une représentation topographique des groupes musculaires du corps (**organisation somatotopique**) du cortex moteur.





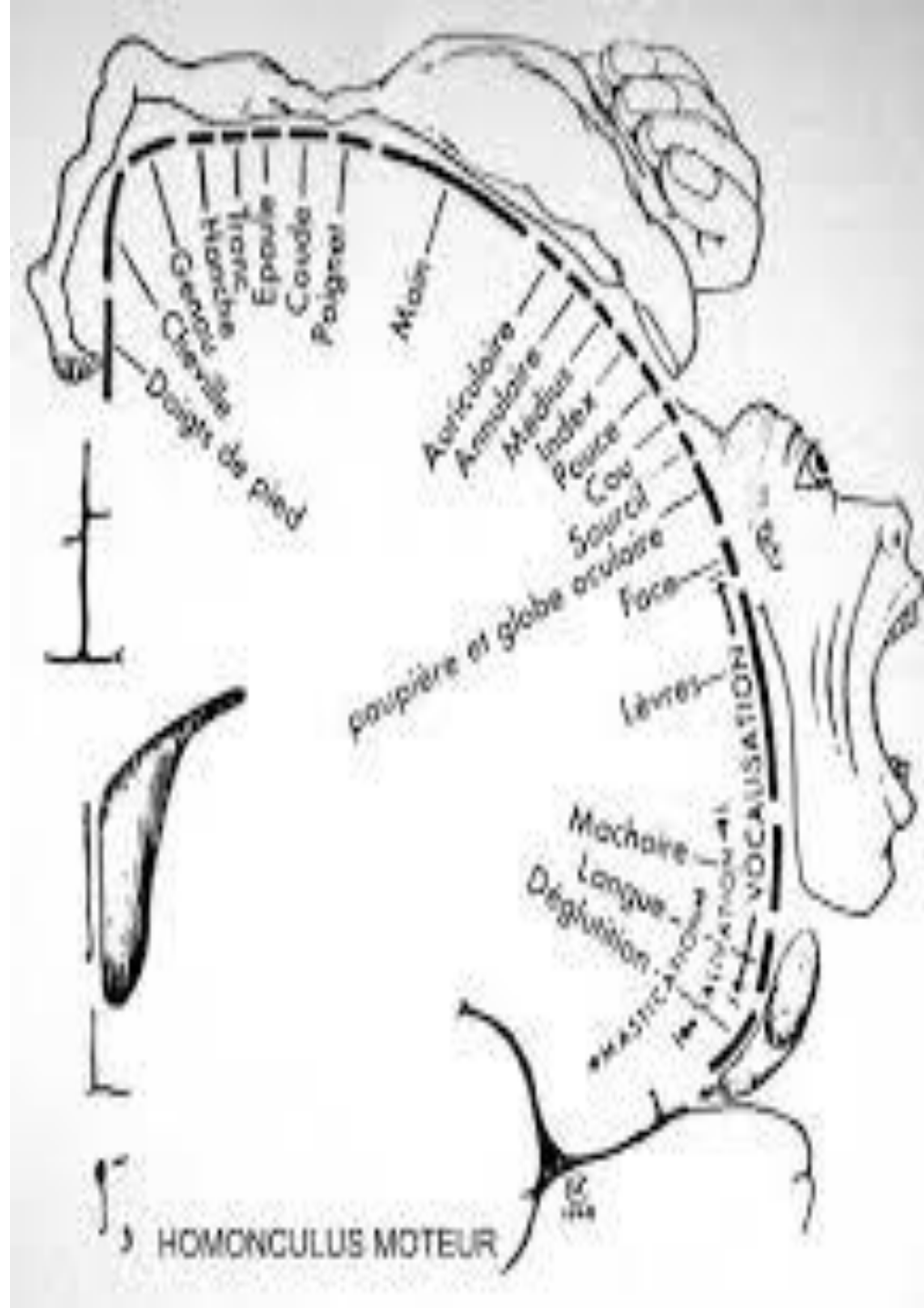


HOMONCULUS MOTEUR

➤ Depuis la scissure de Sylvius en bas et en remontant vers le haut, se succèdent les régions contrôlant les muscles :

du visage  
des doigts  
du bras  
du tronc  
de la jambe  
du pied.

La représentation du membre inférieur se situe sur la face médiane des hémisphères





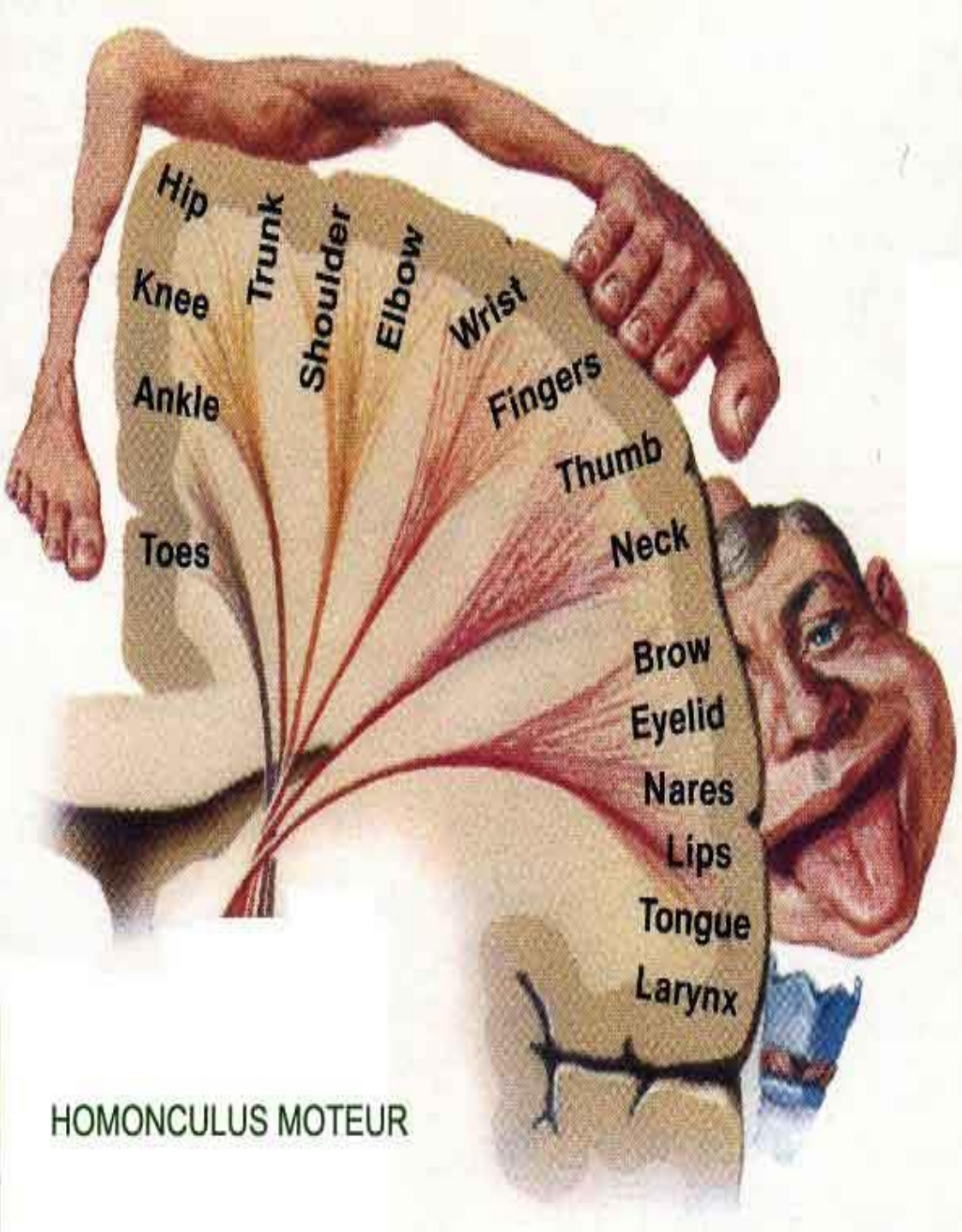
➤ **l'homonculus moteur de PENFIELD**

représente la proportion des différentes zones musculaires.

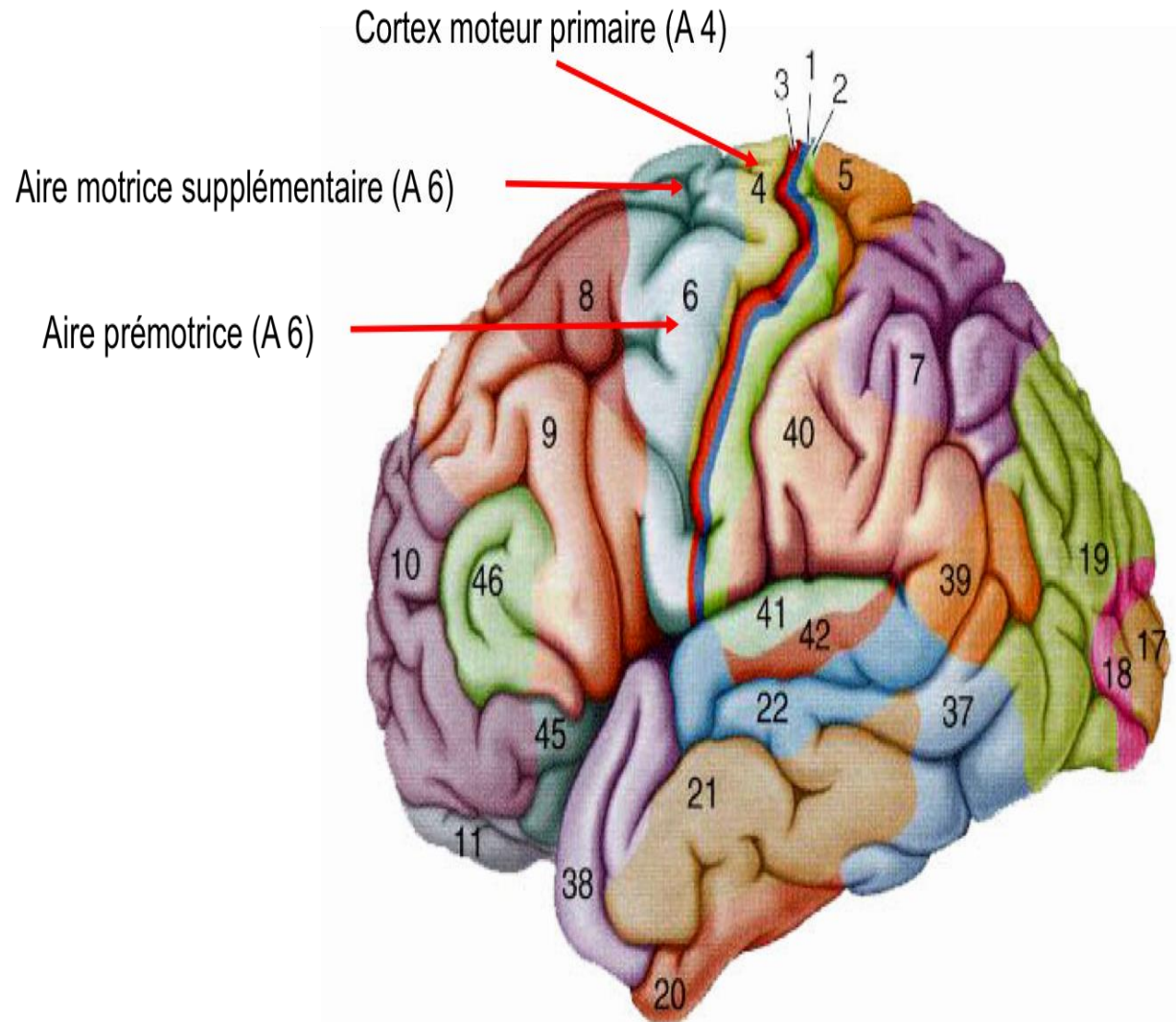
la surface de ces régions est proportionnelle à la finesse du contrôle moteur:

la représentation de la face et des mains (qui requièrent un contrôle particulièrement précis) est bien plus importante que celle des muscles du tronc (pour lesquels un contrôle moteur moins précis suffit).

La moitié du cortex moteur primaire correspond ainsi au contrôle des muscles des mains et des muscles de la parole.



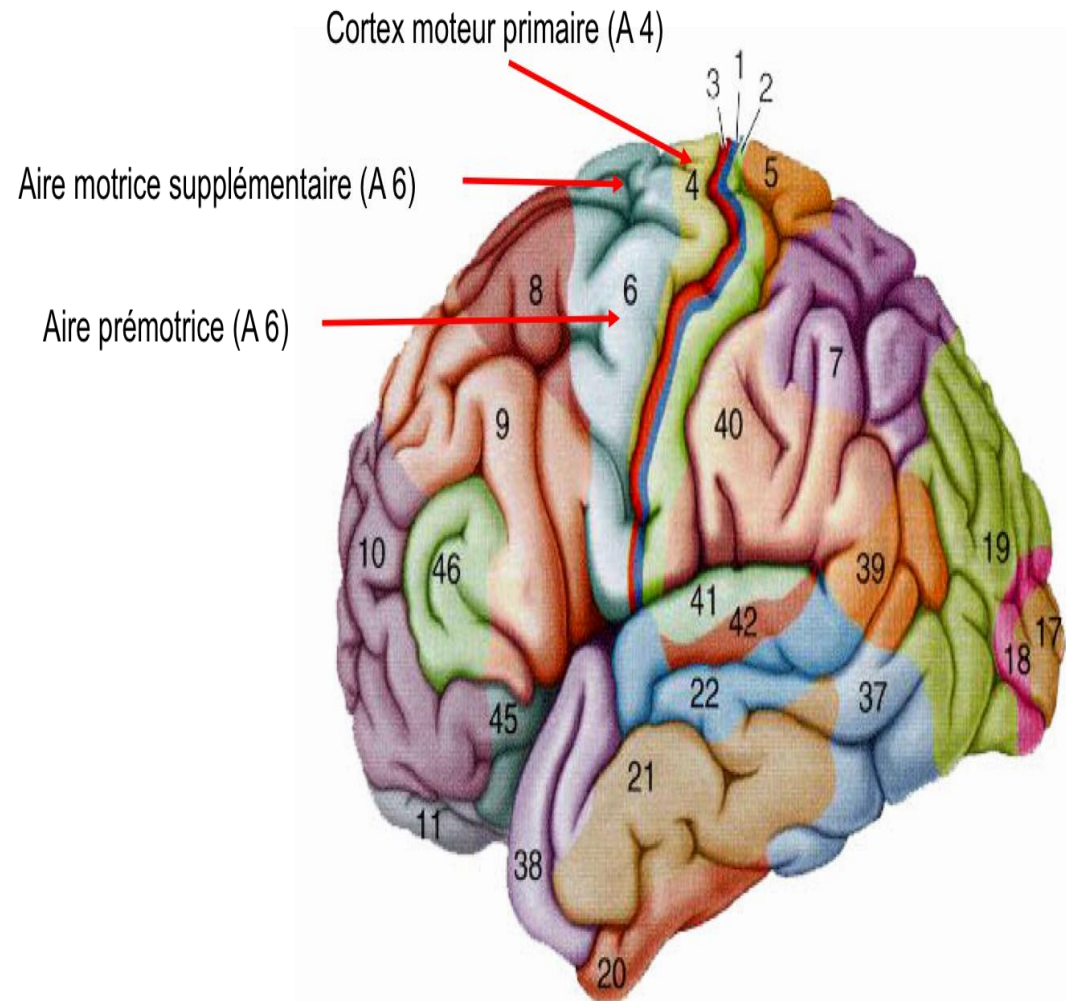
**L'aire 4  
intervient  
dans  
l'exécution  
proprement  
dite du  
mouvement**



# L'aire 6 de Brodmann

## L'aire prémotrice

- Située immédiatement en avant du cortex moteur primaire, elle s'étend sur la face latérale des hémisphères, de la scissure de Sylvius en bas à l'aire motrice supplémentaire en haut.
- L'organisation somatotopique de est sensiblement la même que celle du cortex moteur primaire
- La stimulation électrique de l'aire prémotrice induit rarement des mouvements hormis en cas d'une stimulation de forte intensité.

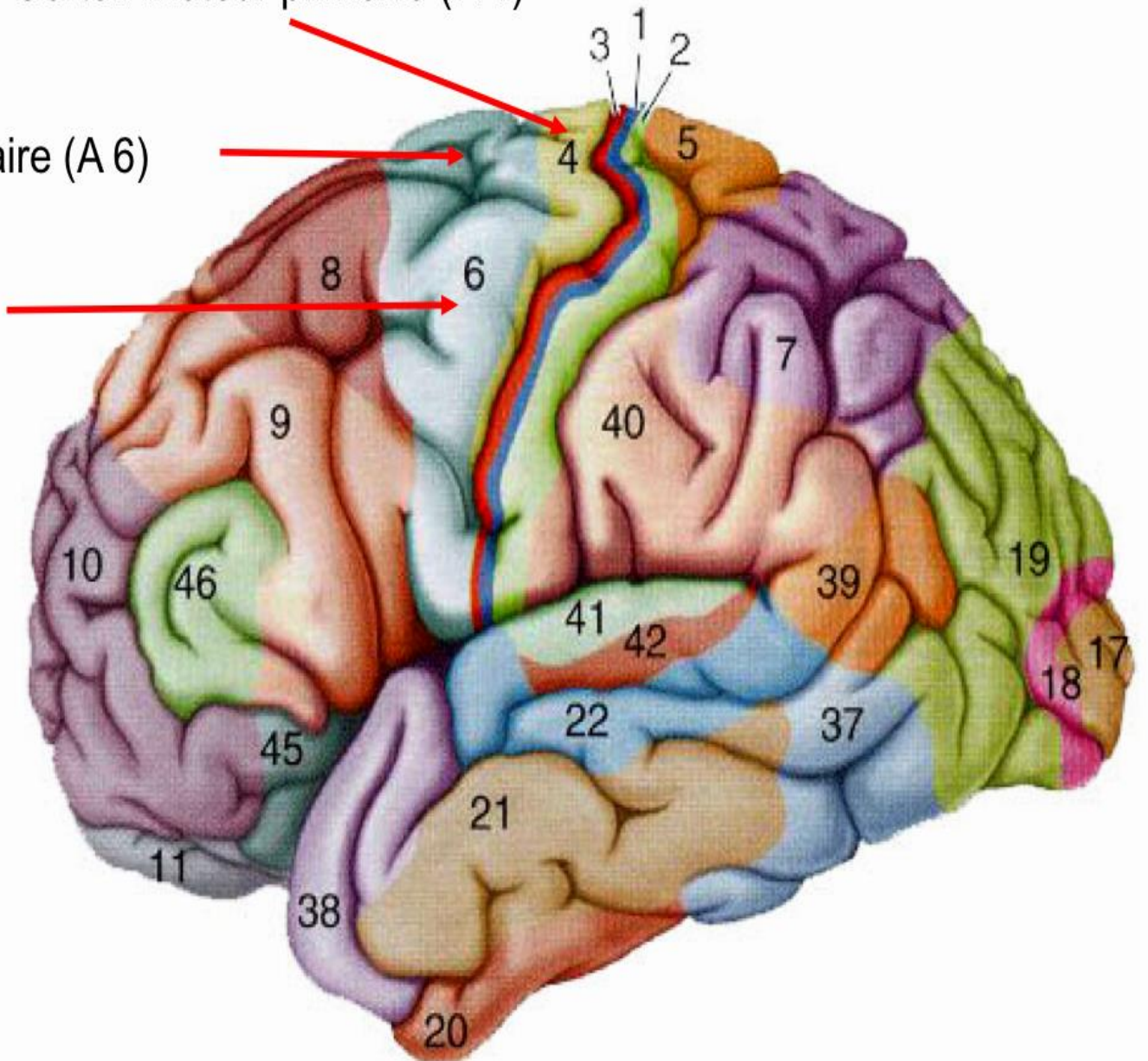




Cortex moteur primaire (A 4)

Aire motrice supplémentaire (A 6)

Aire prémotrice (A 6)



*AMS*

Aire motrice  
supplémentaire

Cortex moteur  
primaire

Cortex pariétal  
postérieur

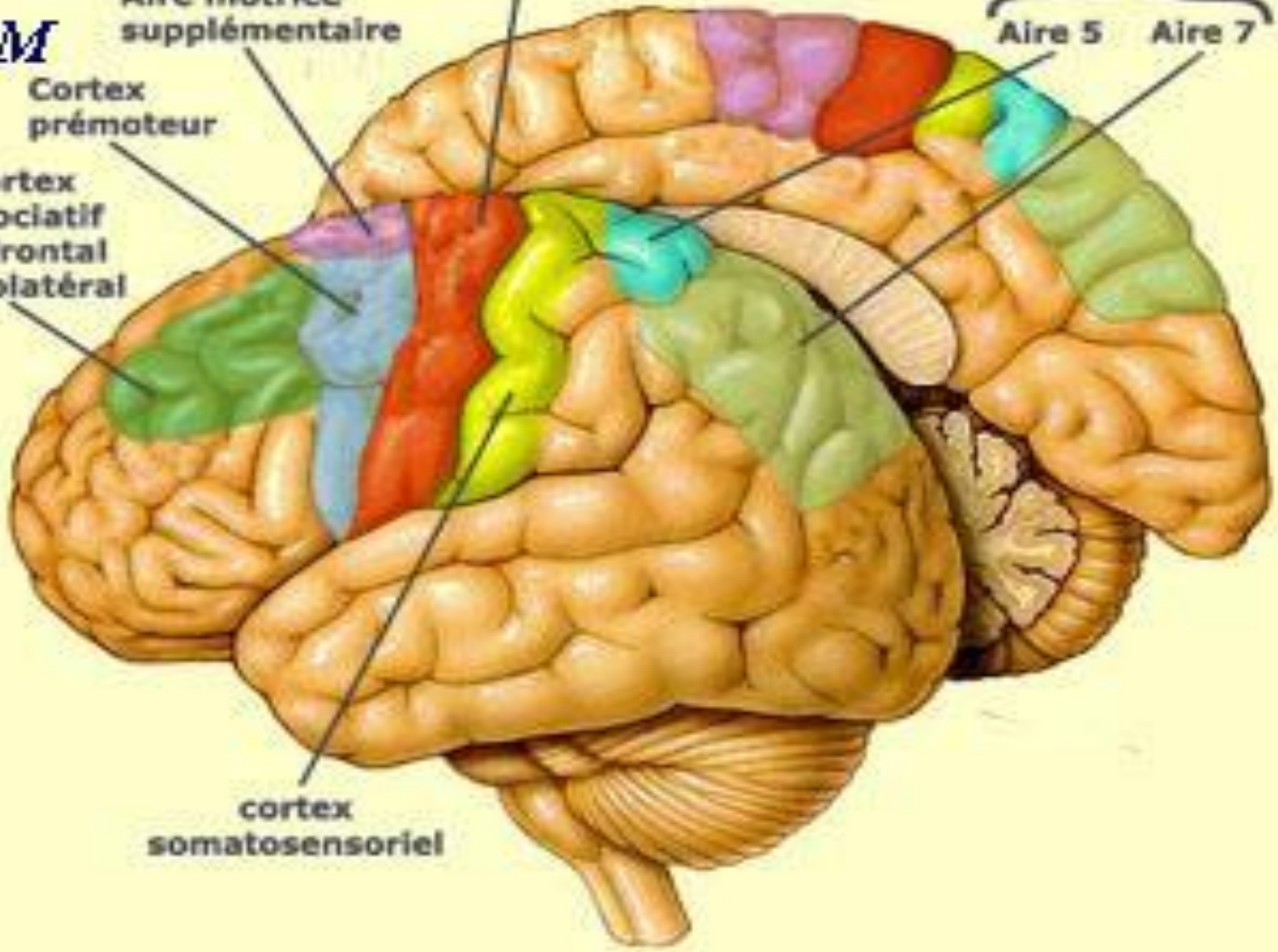
Aire 5    Aire 7

*APM*

Cortex  
prémoteur

Cortex  
associatif  
préfrontal  
dorsolatéral

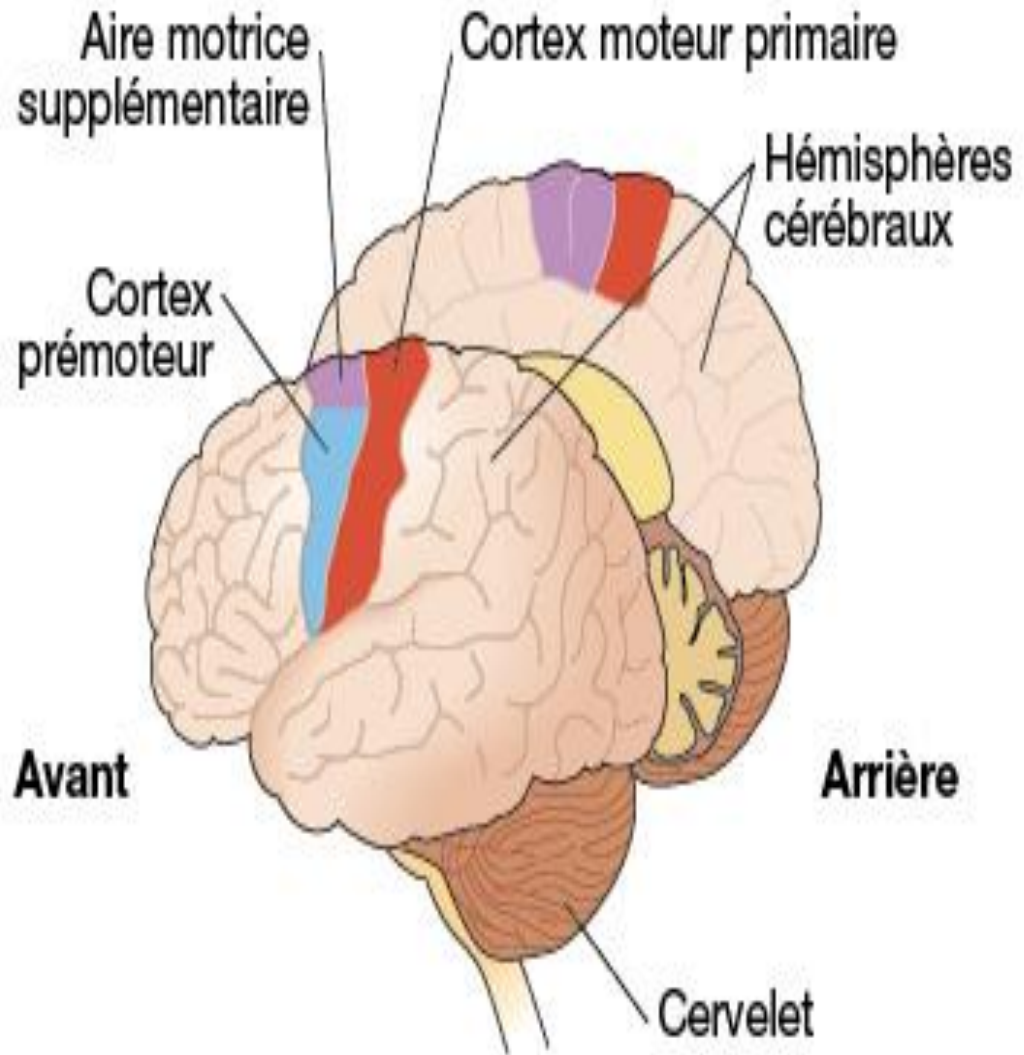
cortex  
somatosensoriel



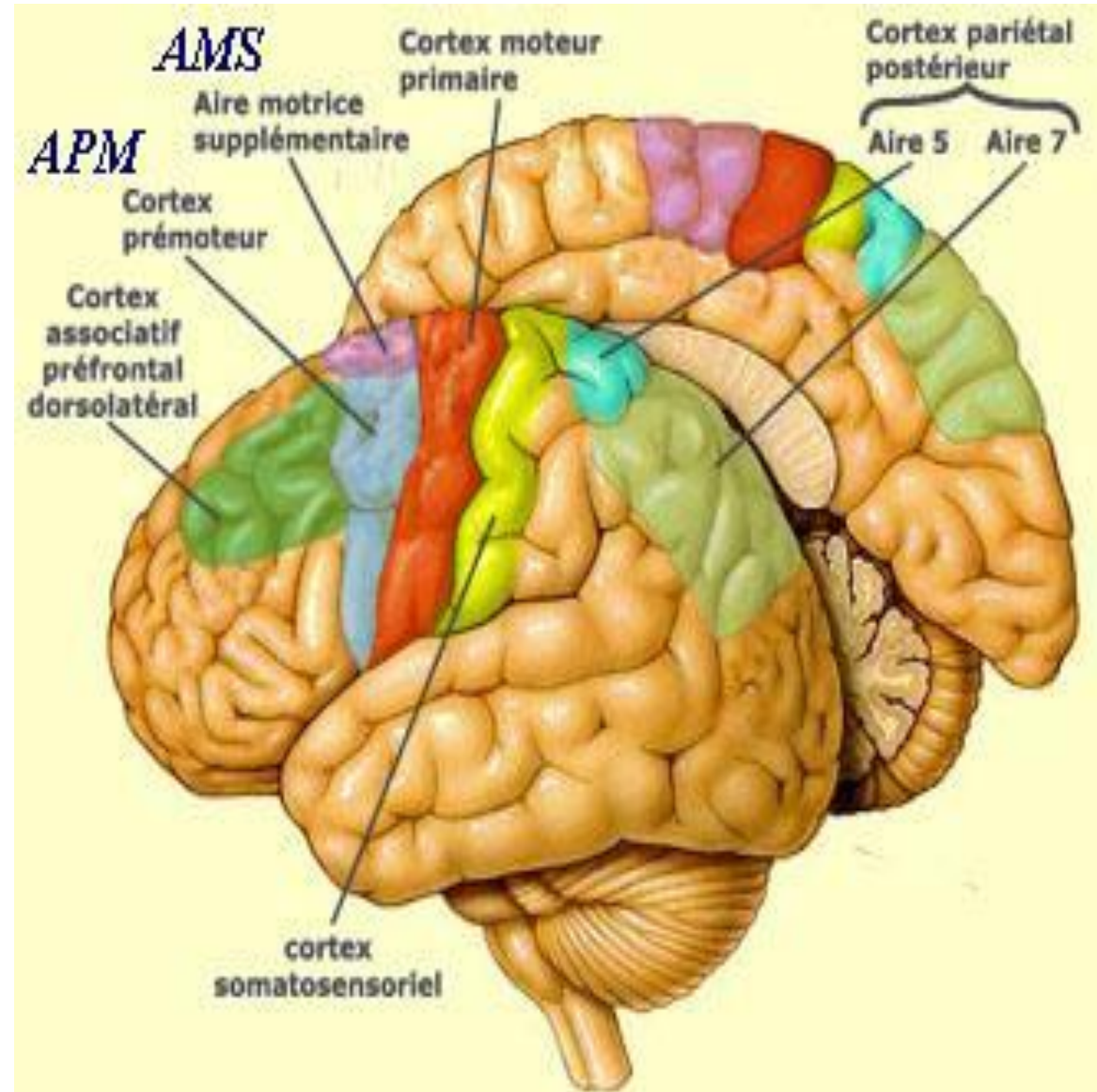


# Rôle de l'aire prémotrice

- L'aire prémotrice intervient dans la **planification et la programmation du mouvement**.
- Les signaux nerveux générés déclenchent des schémas de mouvements plus complexes que ceux issus du cortex moteur primaire.



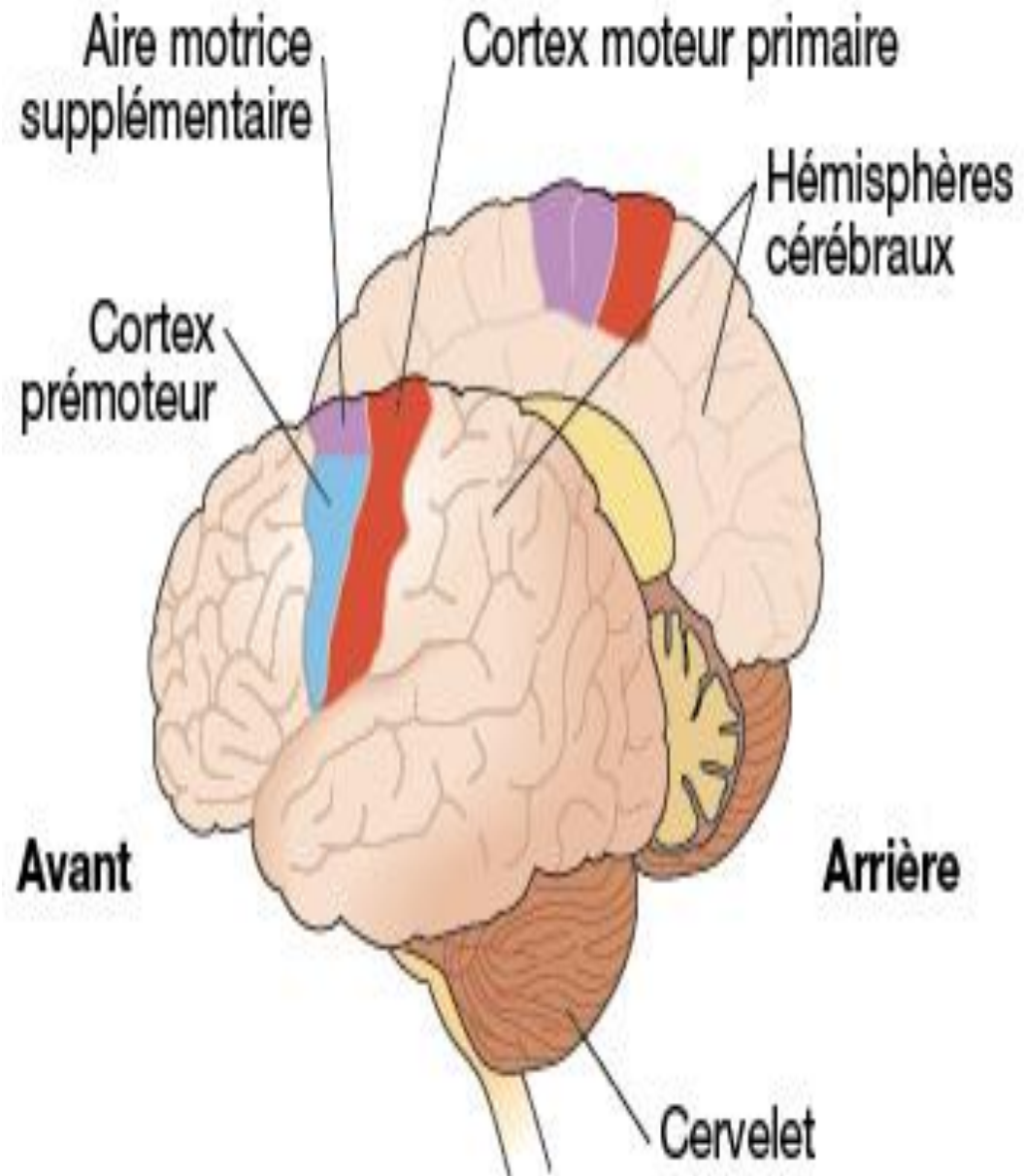
## L'aire 6 de Brodmann L'aire motrice supplémentaire



- L'aire motrice supplémentaire (AMS) occupe quelques centimètres de la partie supérieure du cortex frontal et s'étend principalement dans la scissure interhémisphérique

# Le rôle de l'AMS

- L'AMS et l'APM ont des fonctions proches :
  - organisation des mouvements de positionnement, de fixation d'attitude des différents segments corporels, des mouvements positionnels de la tête et des yeux...
- L'aire motrice supplémentaire est par ailleurs impliquée dans la **programmation motrice** et est active durant la planification comme l'exécution des mouvements complexes.
- **Une lésion affectant les aires prémotrices peut entraîner une apraxie, c'est à dire une difficulté à réaliser des gestes volontaires complexes**





# Régions motrices spécialisées

## Aire de Broca

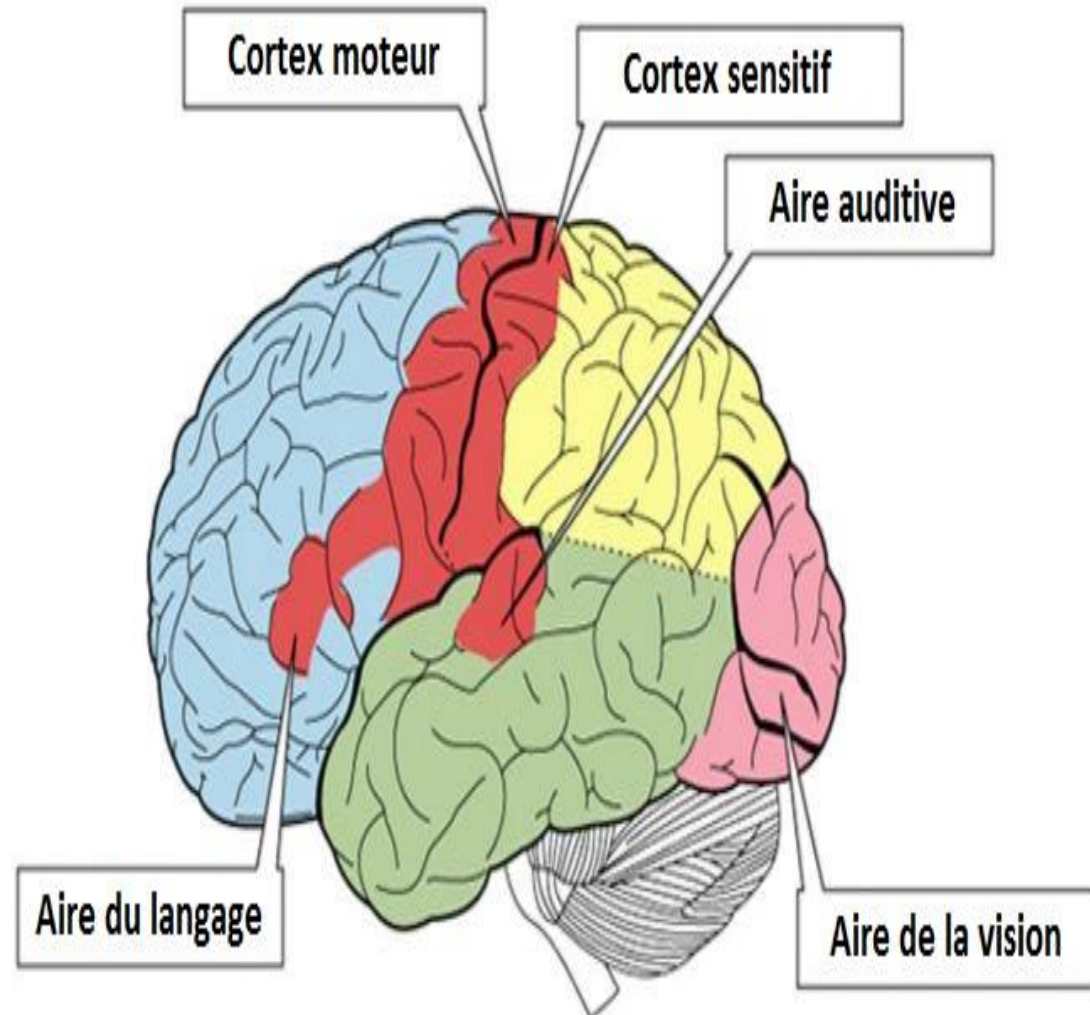
Située immédiatement en avant du cortex moteur primaire et immédiatement au-dessus de la scissure de Sylvius, cette région est spécialisée dans le "langage parlé", la formation des mots. "

## Aires corticales des mouvements oculaires "volontaires"

situées dans cortex préfrontal, juste en avant de la représentation de la face . Située juste au dessus de l'aire de Broca,

## Aire de rotation de la tête

Située au dessus de la précédente, dans l'aire prémotrice, cette aire est en étroite relation avec l'aire des mouvements oculaires volontaires et permet l'orientation de la tête vers une cible visuelle.



# III-Afférences du cortex moteur

- **cortex somesthésique,**  
Les informations sensorielles adressées par le cortex pariétal postérieur et les relais thalamiques sensoriels permettent au cortex moteur de s'assurer que le mouvement initié reste approprié.
- **des cortex visuel et auditif.** Le cortex visuel transmet ses informations aux aires prémotrices via le cortex pariétal postérieur.
- **des aires adjacentes du cortex frontal**
- **des aires motrices homologues** situées dans l'hémisphère controlatéral, via le corps calleux
- **du complexe ventrobasal du thalamus.** Ces fibres somesthésiques véhiculent essentiellement des signaux cutanés tactiles et des signaux proprioceptifs des articulations et des muscles.
- **des noyaux thalamiques ventrolatéral et ventral antérieur.** Ces noyaux reçoivent eux-mêmes des signaux des noyaux gris centraux et du cervelet. Les signaux émis vers le cortex moteur permettent la coordination du cortex moteur



# IV-Efférences du cortex moteur

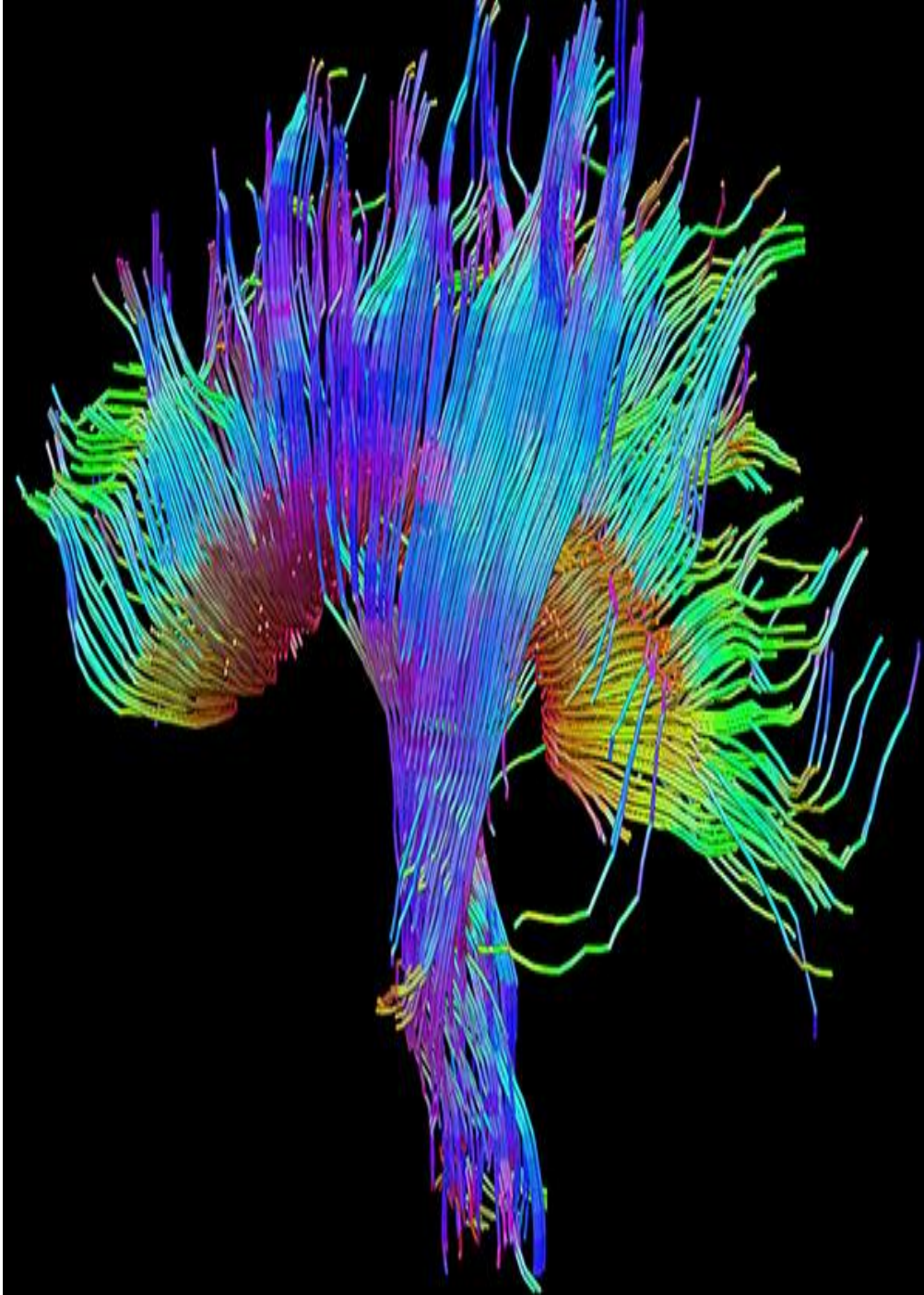
- **Les projections sur la moelle**
  - le **faisceau cortico-spinal**
  - le **faisceau cortico-rubro-spinal** (projections indirectes sur la moelle via un relais par le noyau rouge)
- **Les projections sur le tronc cérébral**
  - **les projections du cortex sur les noyaux moteurs du tronc cérébral via le faisceau cortico-bulbaire**
  - **les projections sur la substance réticulée et les noyaux vestibulaires du tronc cérébral.**
    - De ces structures relais partent les projection motrices sur la moelle, **les faisceaux réticulo-spinal et vestibulo-spinal** constituant **le système moteur médial**.
    - De ces structures relais partent également des projections motrices sur le cervelet, les faisceaux réticulo-cérébelleux et vestibulo-cérébelleux.
  - **les projections sur les noyaux du pont** d'où partent les fibres ponto-cérébelleuses .
  - **les projections sur les noyaux de l'olive bulbaire** d'où partent les fibres olivo-cérébelleuses .
- **les projections sur les noyaux gris centraux .**
- **les projections interhémisphériques sur les aires motrices homologues** situées dans l'hémisphère controlatéral, via le corps calleux.

**Les noyaux gris centraux, le cervelet et le tronc cérébral reçoivent ainsi un nombre très important de signaux moteurs issus du système corticospinal:**

# V- les voies motrices

La voie pyramidale

La voie extra pyramidale



# 1-La voie pyramidale

- On utilise le terme de **voie pyramidale** pour désigner la **voie cortico-spinale** issue des motoneurones du cortex moteur.
- Ainsi nommée du fait qu'elle traverse les pyramides bulbaires,
- cette voie relie le cortex moteur à l'étage spinal (faisceau pyramidal) et bulbaire (faisceau géniculé).
- Elle a pour fonction d'activer les motoneurones de la moelle et du tronc cérébral qui activent à leur tour les muscles.
- **C'est la voie de la motricité volontaire**

# Rôle de la voie pyramidale

- permet de contrôler les mouvements **volontaires**, tout particulièrement le contrôle individualisé de groupes musculaires des extrémités impliqués dans les **mouvements fins** de la face inférieure, des doigts et de la main.
- Le système moteur direct apparaît chez les organismes doués d'une **forte habilité manuelle** ( singe, homme).
- De même, cette voie n'est pas mature chez le **nouveau-né**, incapable d'exécuter des mouvements indépendants des doigts; les mouvements individuels apparaissent progressivement et atteignent la dextérité de l'adulte vers 7 ou 8 ans, au moment où la densité de projections directes atteint celle de l'adulte.



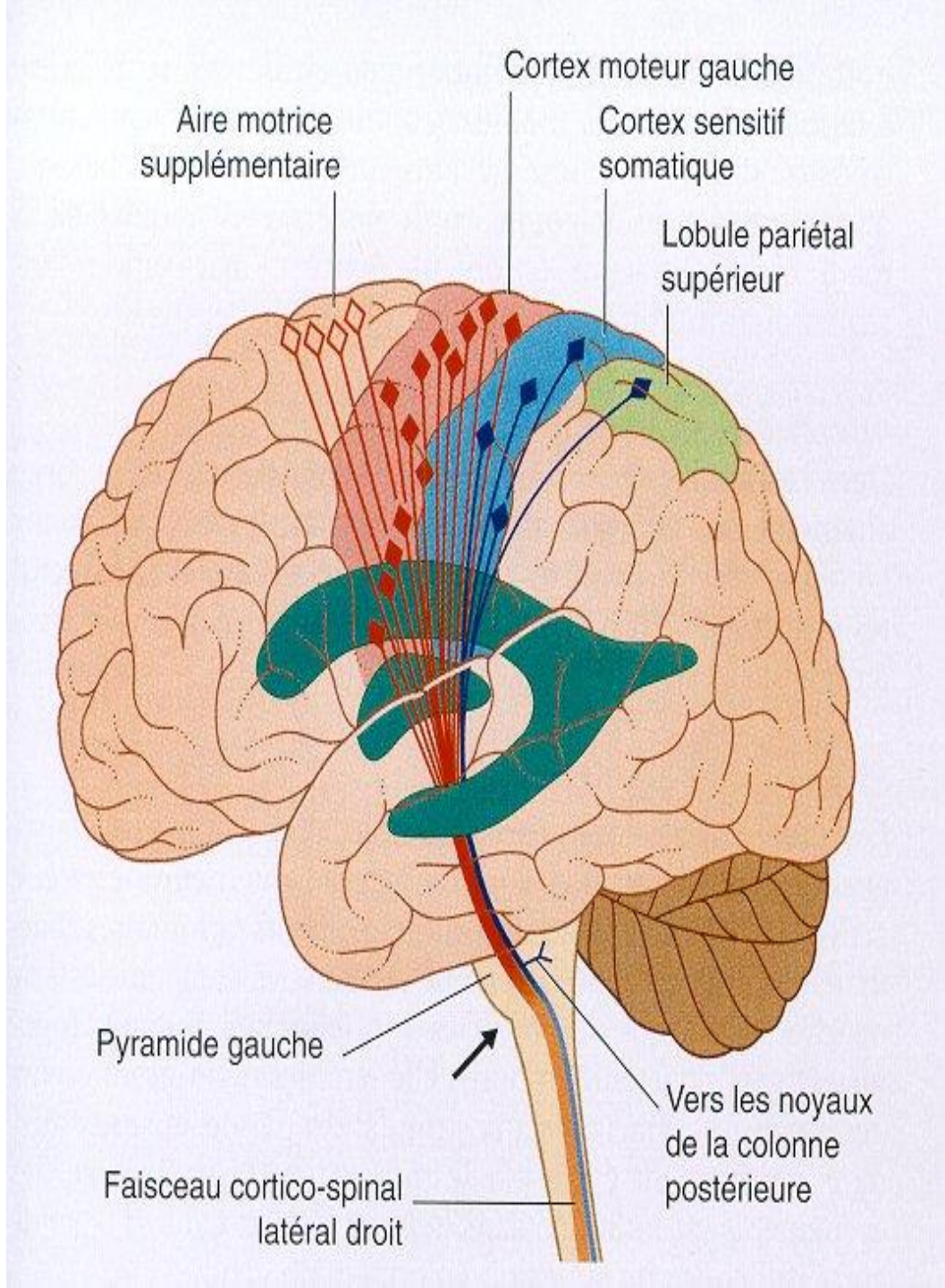
# ➤ Origine

le faisceau pyramidal trouve son origine dans une large partie du **cortex cérébral moteur**

La voie pyramidale comporte un premier neurone cortical, la cellule **pyramidale de Betz**, située dans la couche V de la circonvolution frontale ascendante (**aire 4 de de Brodmann**).

Ces axones sont issus de :

- cortex moteur primaire (30%),**
- l'APM et AMS (30%)**
- cortex somesthésique (40%).**



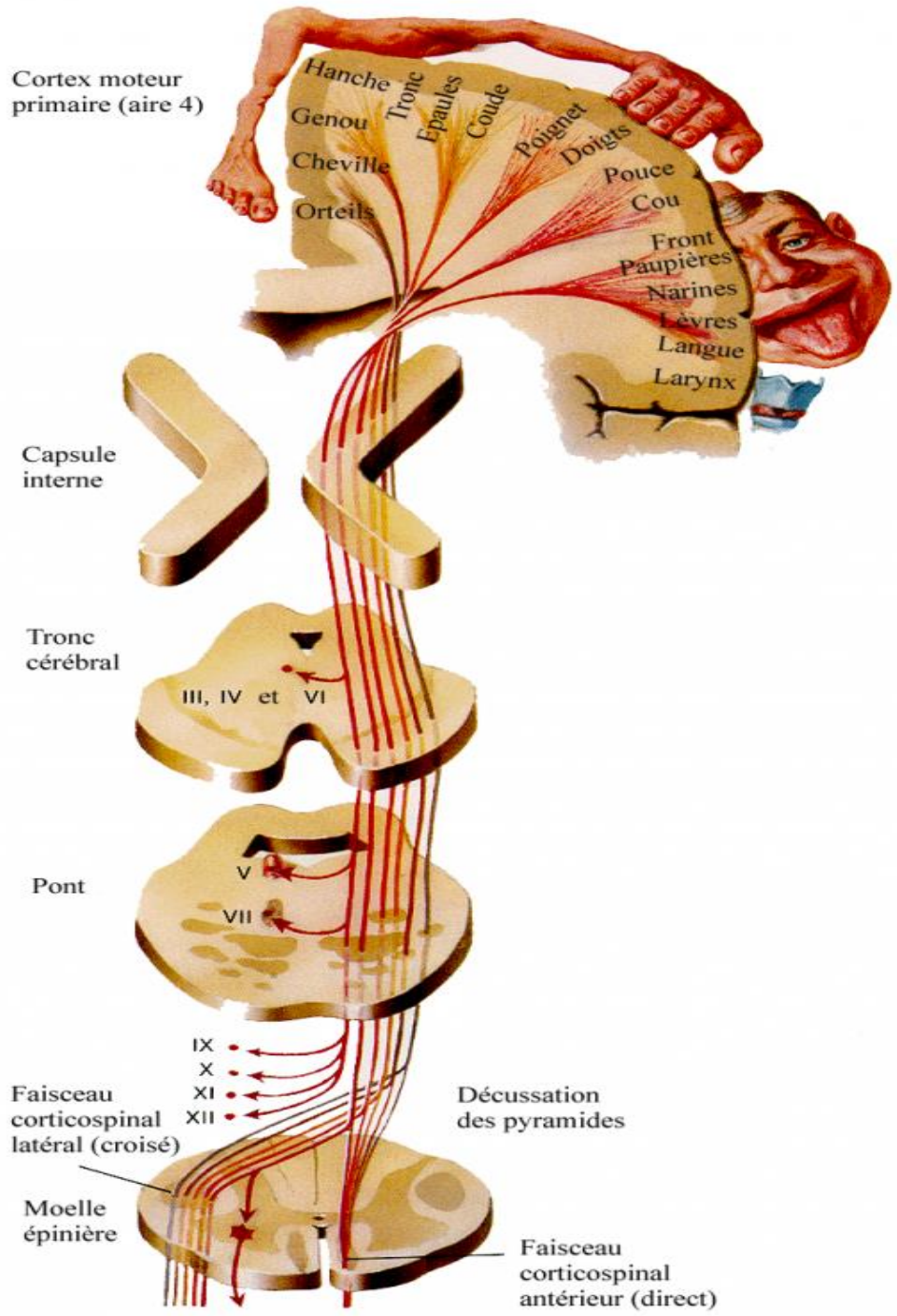


# ➤ Trajet

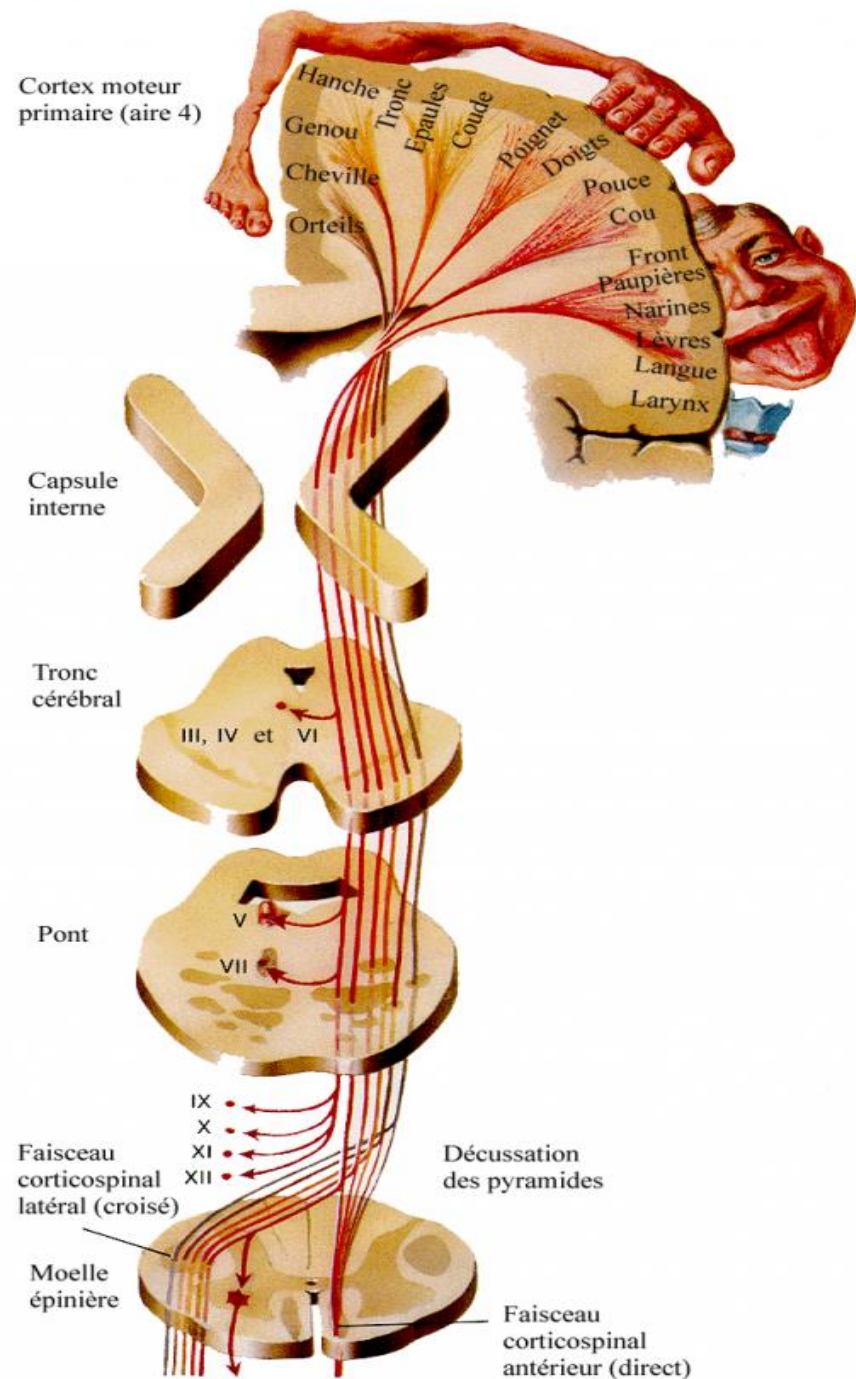
Les axones du faisceau pyramidal empruntent la branche postérieure de la capsule interne puis le pédoncule cérébral.

Ils traversent ensuite la protubérance où ils se dispersent parmi les fibres transversales et les noyaux de la substance grise du pont.

Les axones destinés à la moelle se réunissent de nouveau à la surface ventrale du bulbe pour former les **pyramides bulbaires**



- A l'extrémité caudale du bulbe, **environ 80%** des axones croisent la ligne médiane, descendent ensuite dans le cordon médullaire dorsal controlatéral formant le **faisceau cortico-spinal latéral**.
- Ces fibres participent au contrôle de la **musculature des extrémités des membres** en agissant sur les neurones moteurs responsables de la contraction musculaire.
- Elles exercent également une influence sur les arcs réflexes.
- Le faisceau latéral est donc la voie de contrôle des **mouvements fins des doigts**.



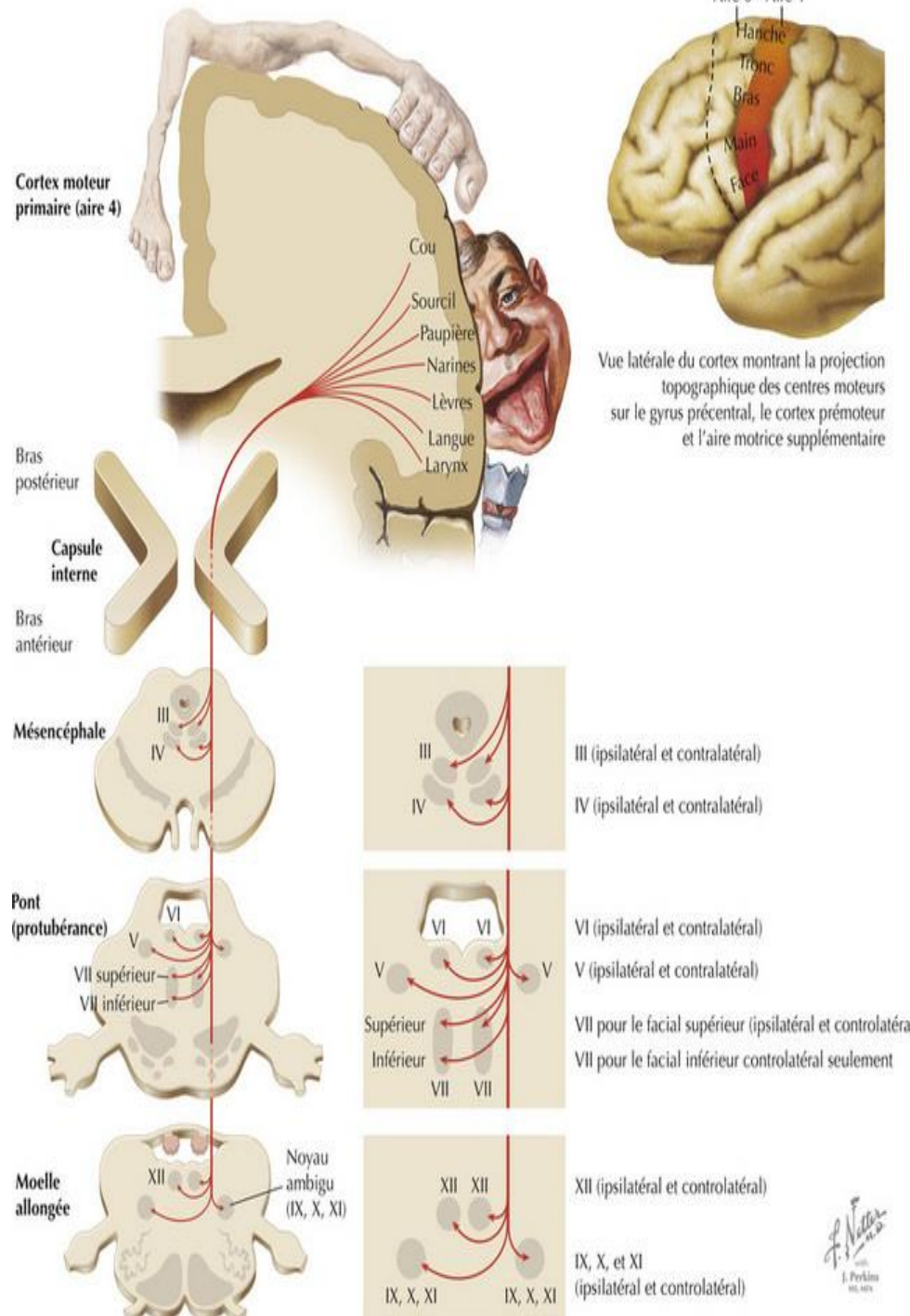
Les neurones contrôlant les muscles de tête et du cou forment le **faisceau cortico-bulbaire**,

Ses axones quittent la voie cortico-spinale à différents niveaux du tronc cérébral pour innervier les noyaux des nerfs crâniens.

Selon le noyau, ces axones se terminent de manière controlatérale, **ipsilatérale** ou **bilatérale (le plus souvent)**.

Les projections sur le noyau du (XII) et sur la facial (VII) inférieure **croisent** la ligne médiane. Cette partie du faisceau cortico-bulbaire est donc organisée comme le faisceau cortico-spinal latéral.

Les projections sur le noyau du (V), noyau ambigu et noyau spinal accessoire sont principalement **bilatérales** et sont donc organisées comme le faisceau cortico-spinal ventral.



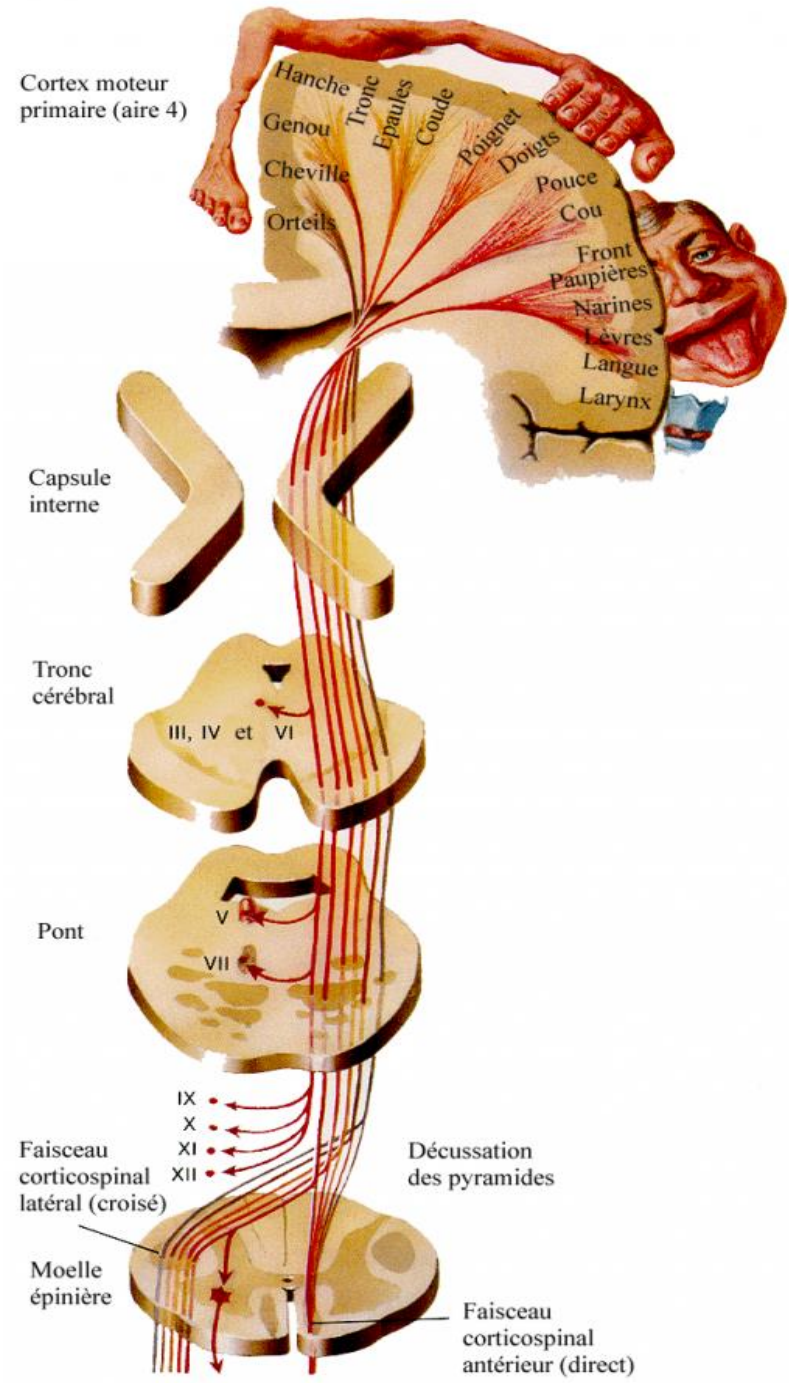


➤ **Les 20%** d'axones résiduels descendent directement dans la moelle dans le **cordon ventral ipsilatéral**, sans croiser la ligne médiane au niveau bulbaire. Ces neurones forment **le faisceau cortico-spinal ventral ou antérieur**.

**Le site de projection de cette voie est bilatéral.**

Ces fibres se projettent sur les motoneurones qui contrôlent la **musculature proximale des membres** (muscles des épaules) et surtout ceux qui contrôlent la **musculature axiale** (muscles de la nuque et du tronc).

Cette voie contribue ainsi particulièrement au **maintien de l'équilibre et de la posture**.

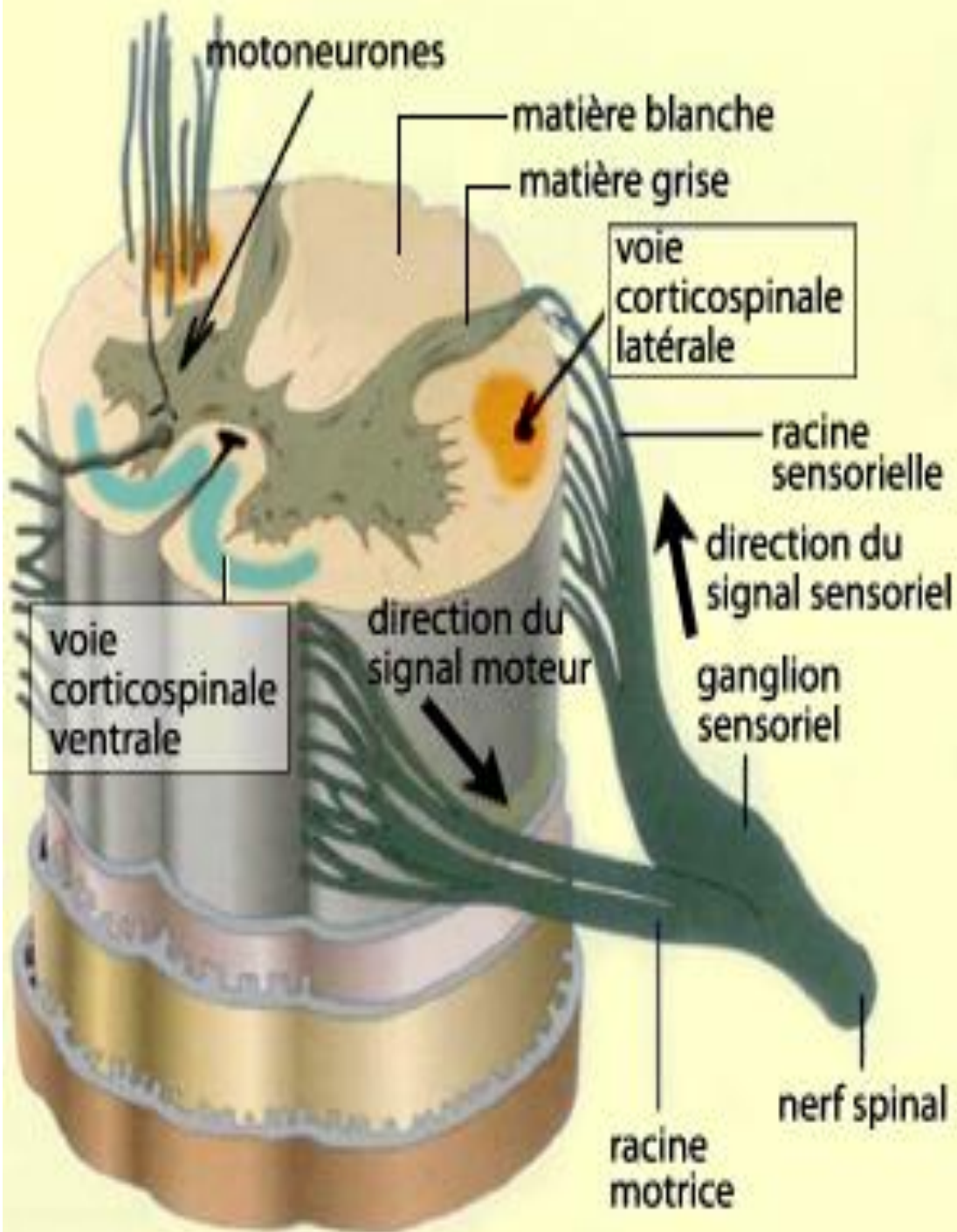


**Terminaison sur la moelle**

Le faisceau corticospinal descend dans la partie dorsale des colonnes latérales de la moelle

se termine, principalement et à presque tous les étages médullaires, directement au contact des motoneurones de la corne antérieure.

Ces fibres y établissent une liaison directe entre le cortex moteur et la commande de la contraction musculaire, permettant un contrôle plus précis des mouvements des doigts.





# Lésion du faisceau pyramidal

## Phase initiale

**Paralysie**

**hypotonie**

**aréflexie**

## Phase de paralysie spastique

**Paralysie**

**Hypertonie spastique**

**Hyper-reflexie**

**Signe de BABINSKI**

## 2-La voie extrapyramidale

- Par exclusion le terme "**extrapyramidal**" englobe l'ensemble des circuits moteurs n'appartenant pas à la voie pyramidale
- **voies "extrapyramidales"** correspondent aux voies de la motricité involontaire impliquée dans les mouvements automatiques (ex: la marche ,le clignement palpébral ,le balancement des bras lors de la marche ...ect ) et le contrôle du tonus musculaire.

# La voie extrapyramidale :

- faisceau rubro-spinal qui provient du noyau rouge
- faisceau vestibulo-spinal, il provient du noyau vestibulaire
- faisceau réticulo-spinal : provient de la substance réticulée.
- Faisceau tectospinal
- Faisceau olivo-spinal

# Lésion du système extrapyramidal

## SYNDROME EXTRAPYRAMIDAL

### ➤ Syndrome parkinsonien :

- Tremblement de repos
- Akinesie
- Hypertonie plastique

### ➤ Mouvements anormaux (involontaires)

- Dystonies
- tremblements
- Athétoses
- Myoclonies
- Tics
- Balisme et Hémiballisme
- Chorées
- Dyskinésies

# VI-Organisation générale du système moteur

- Le contrôle moteur est en partie volontaire mais il est réalisé pour l'essentiel par des mécanismes réflexes et des mécanismes subconscients.
- Les mouvements volontaires sont souvent complexes et résultent plus d'un processus cognitif que d'une réponse à un stimulus externe.

**1- intégration des données sensorielles**

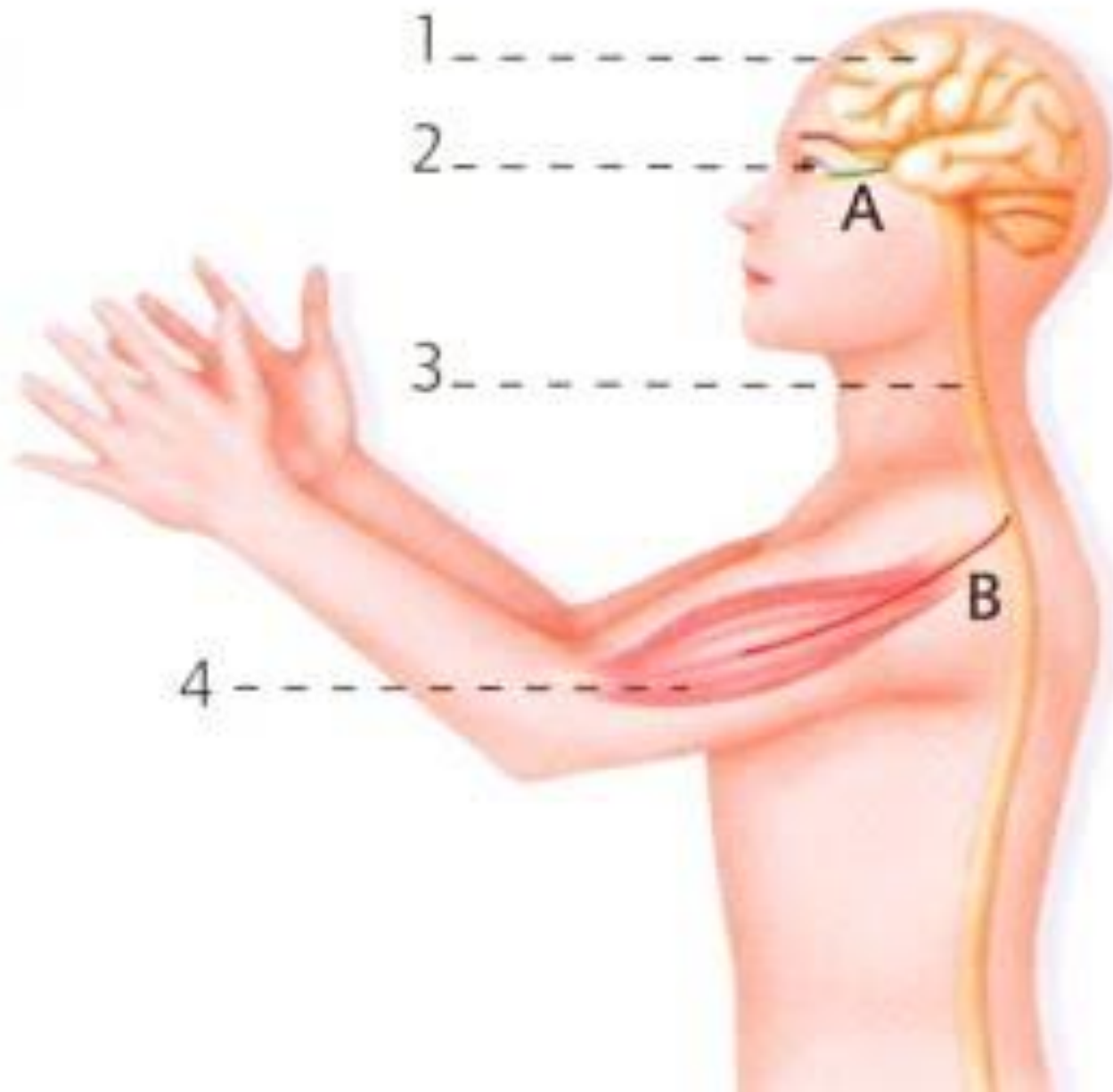
**2- planification de l'action motrice.**

**3 -Exécution de l'action motrice**

**4- Contrôle de l'action motrice**

**5- Au final: le mouvement**





1 - - - - -

2 - - - - -

3 - - - - -

4 - - - - -

A

B

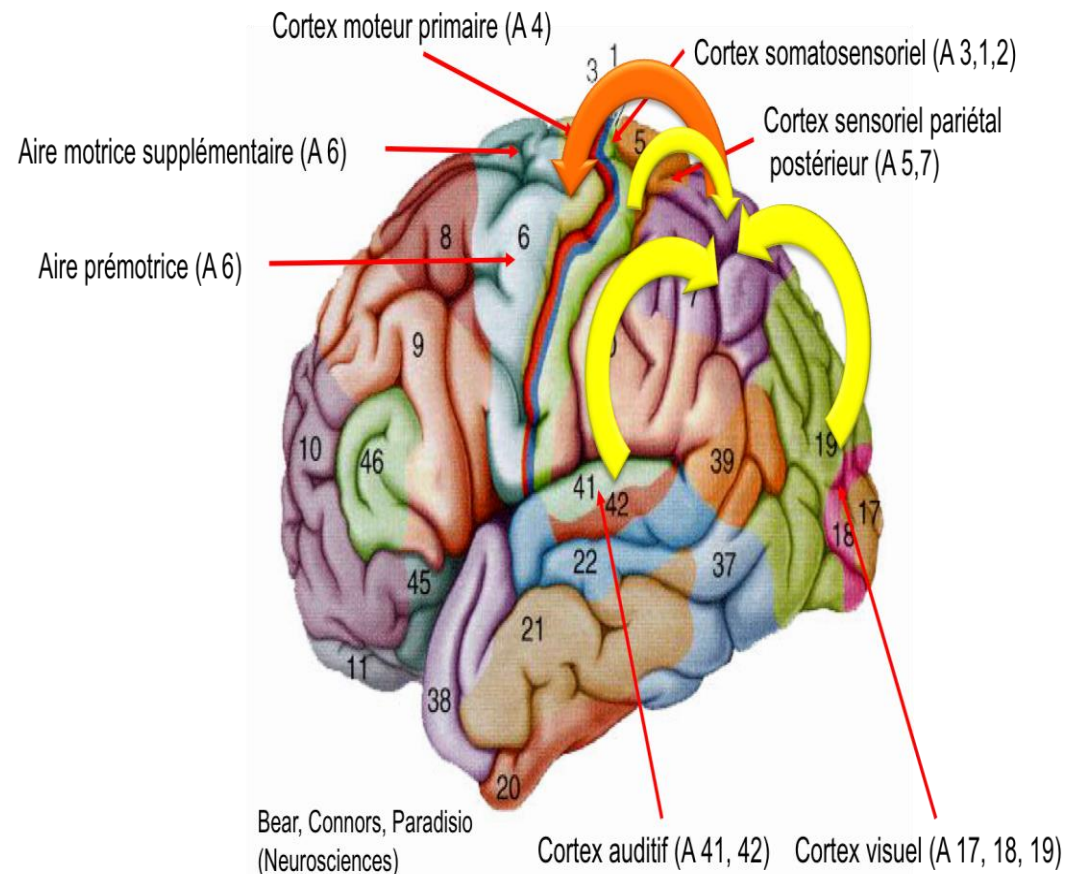
## 1- intégration des données sensorielles

Avant que les commandes motrices ne soient envoyées aux centres d'exécution, celles-ci doivent être **organisées** au niveau cortical. La première étape consiste en une **intégration des données sensorielles** relatives au milieu interne et externe, intégration réalisée au sein du **cortex pariétal postérieur**

Intégration sensorielle corticale

## 2 - planification de l'action motrice

Ces informations sont transmises au cortex préfrontal, à l'**aire motrice supplémentaire et aux aires prémotrices**, où une **planification** de l'action motrice est réalisée. Ce schéma moteur inclue les muscles qui doivent être contractés, la force et la séquence des contractions musculaires.



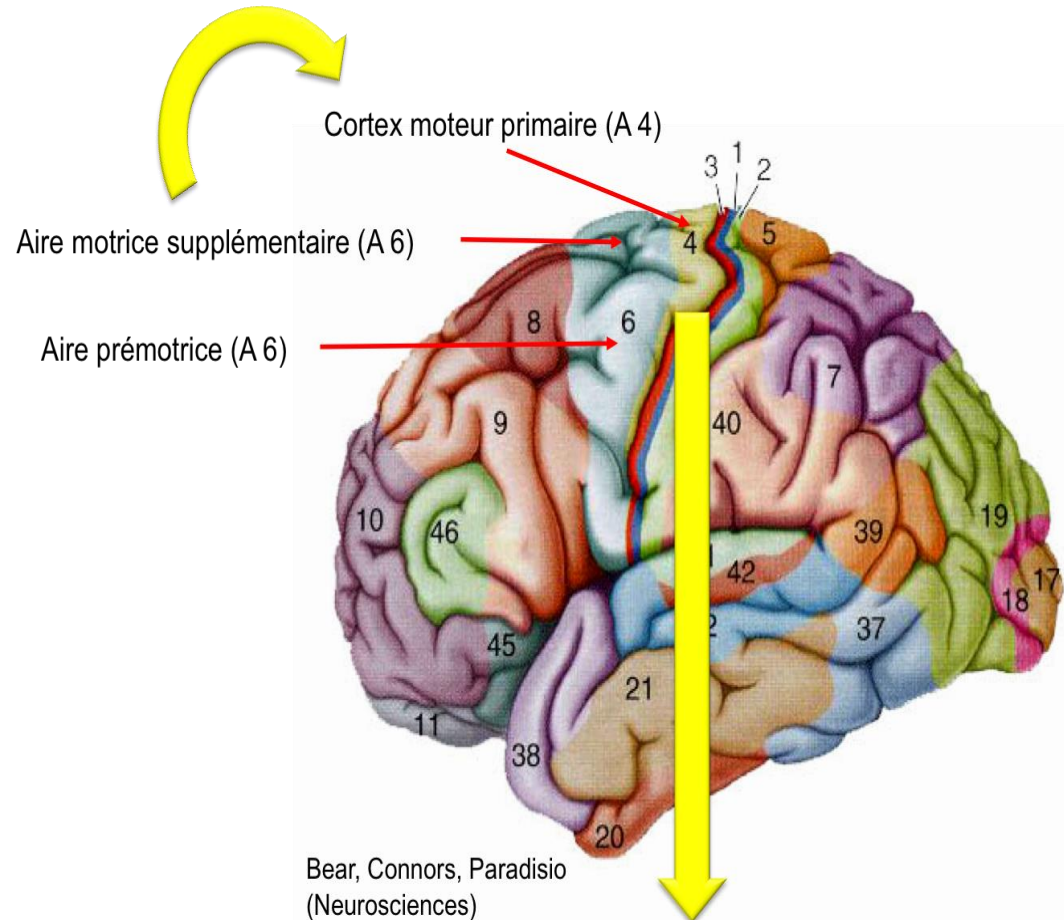
### 3- Execution de l'action motrice

Le plan moteur est alors transmis par le **cortex moteur primaire** aux **centres exécutifs** de la moelle ou du tronc cérébral, via les voies motrices descendantes. La réalisation de l'action nécessite également un **retour de l'information périphérique** vers le cortex moteur via les voies sensorielles et le cortex somesthésique et via les voies visuelles et le cortex occipital.

### 4- Contrôle de l'action motrice

Enfin, les **noyaux gris centraux** et le **cervelet** assurent une **modulation** continue du plan moteur et de son exécution par l'intermédiaire de boucles cortico-souscorticales et cortico-cérébelleuses.

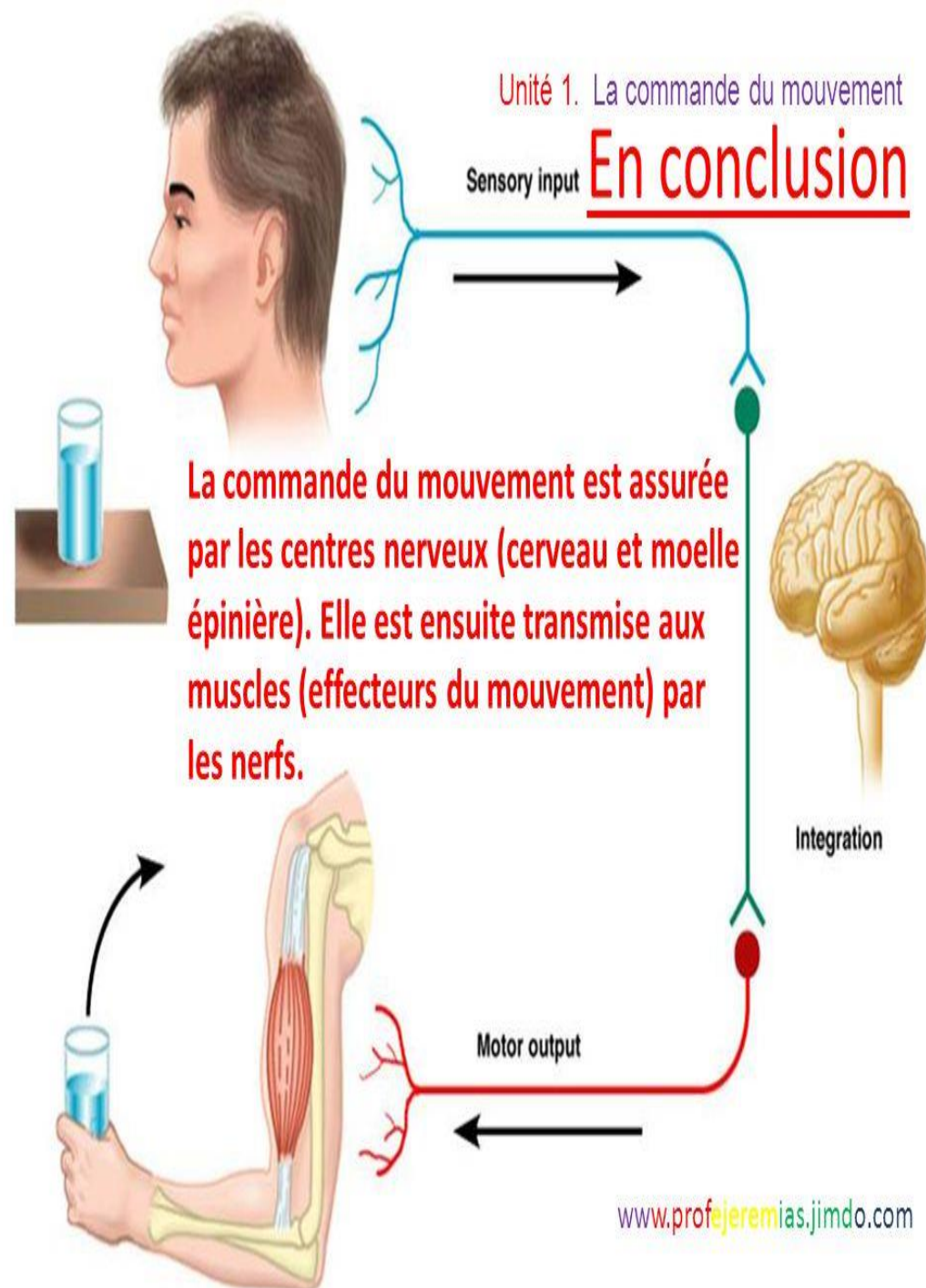
Intégration sensorielle corticale



## En conclusion

### 5- Au final

les mouvements sont sous le contrôle direct de motoneurones segmentaires (ou 2e motoneurones) dont le corps cellulaire est situé dans la substance grise de la moelle et les noyaux moteurs du tronc cérébral. L'axone de ces motoneurones gagne les muscles par les racines ventrales puis les nerfs périphériques ou par les nerfs crâniens pour les motoneurones du tronc cérébral. .





# VII-CONCLUSION

**Pour certains mouvements volontaires, comme les mouvements précis des doigts et des mains, le cortex moteur agit directement sur les motoneurones de la moelle.**

Cependant, pratiquement tous les mouvements volontaires sont réalisés par l'activation par le cortex moteur de **programmes moteurs** qui préexistent dans des réseaux de structures localisés au niveau **des noyaux gris centraux, du cervelet, du tronc cérébral et de la moelle.**

**Ces centres moteurs intermédiaires**, fonctionnellement sous la dépendance du cortex, émettent les signaux d'activation ou de contrôle de l'activation des muscles.