

# INTRODUCTION A LA NEUROANATOMIE FONCTIONNELLE

Devenir capable...

1. de reconnaître les principales structures et se repérer dans le système nerveux central
2. d'imaginer une expérience permettant de tester la fonction d'une structure
3. de comprendre les grandes voies de réception et d'intégration des informations sensorielles
4. de comprendre l'anatomie des circuits centraux moteurs, somesthésiques et mnésiques

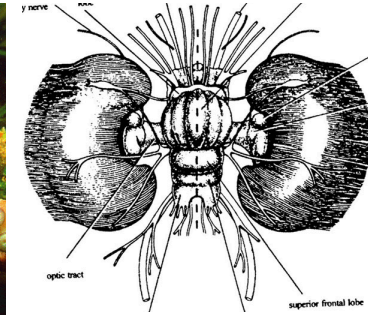
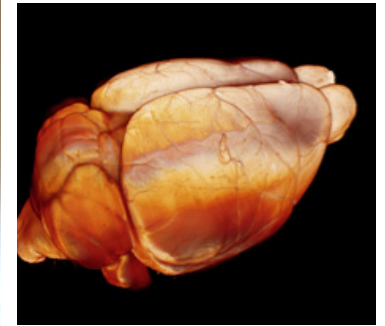
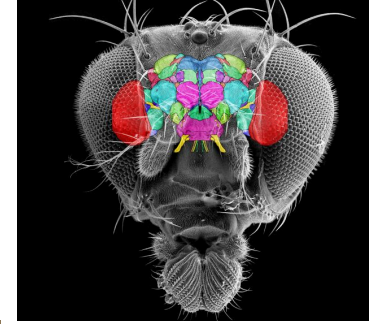
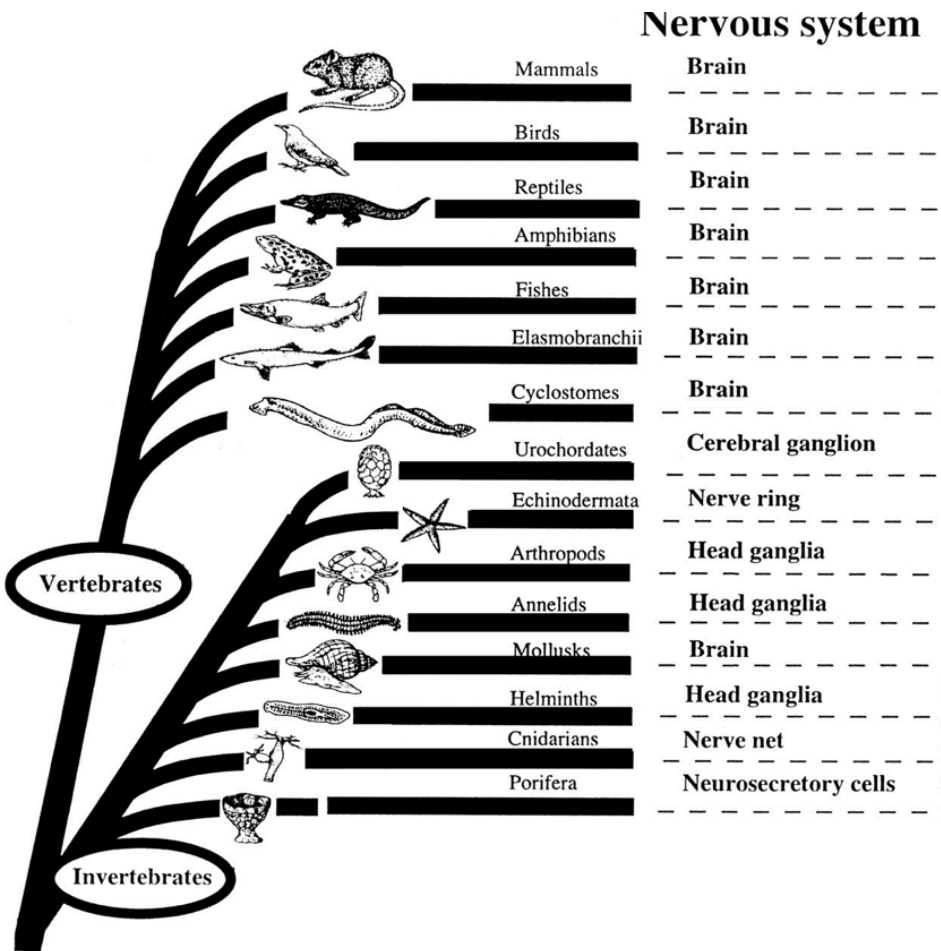
Julien Chuquet, Université de Rouen, INSERM U1239

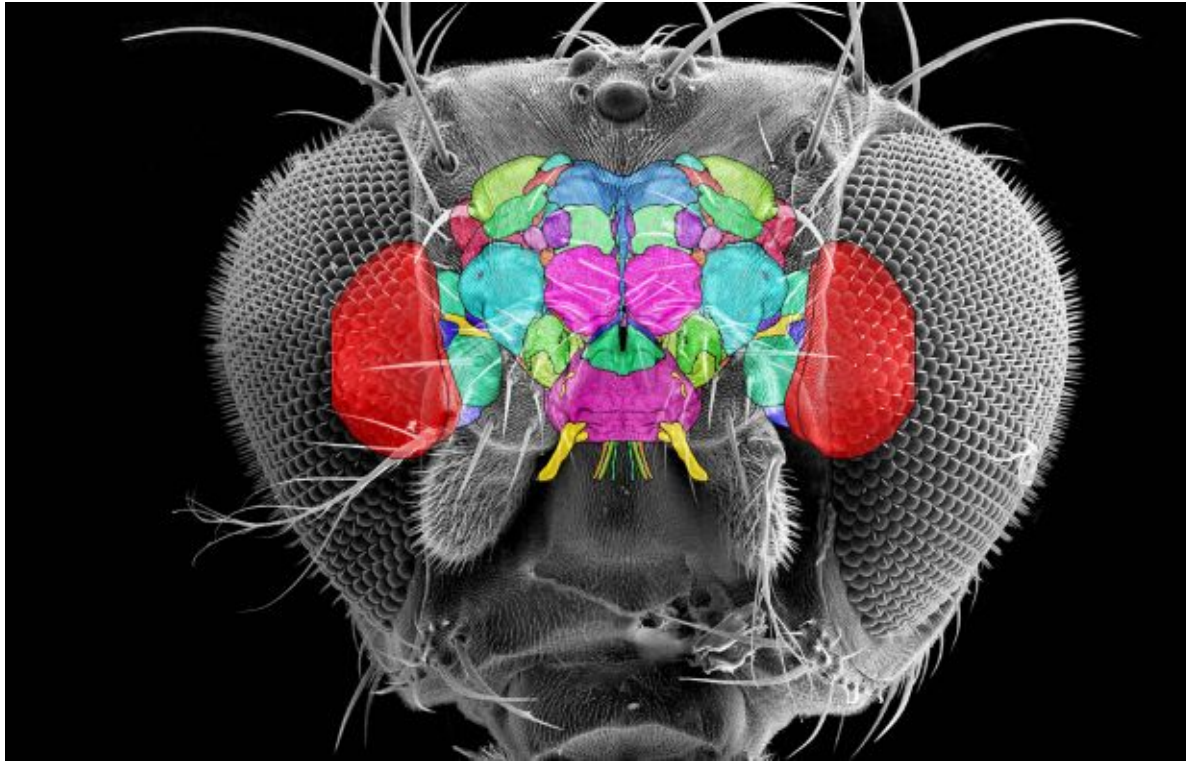
**L3-B2MCP, option Neuroscience 2017**

**Qu'est ce qu'un cerveau?**

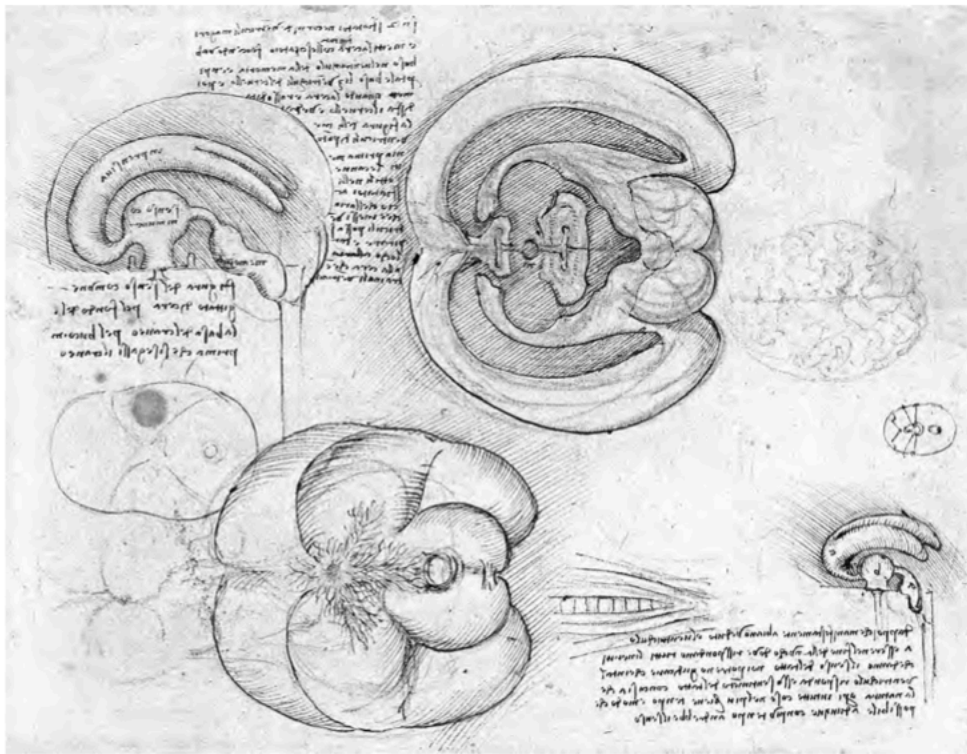








***Le cerveau est un organe qui centralise la perception des informations sensorielles pour les analyser et coordonner une réponse renvoyée en périphérie. C'est aussi un centre de stockage des informations et le siège des processus cognitifs et émotionnels.***



Léonard de Vinci



Descarte

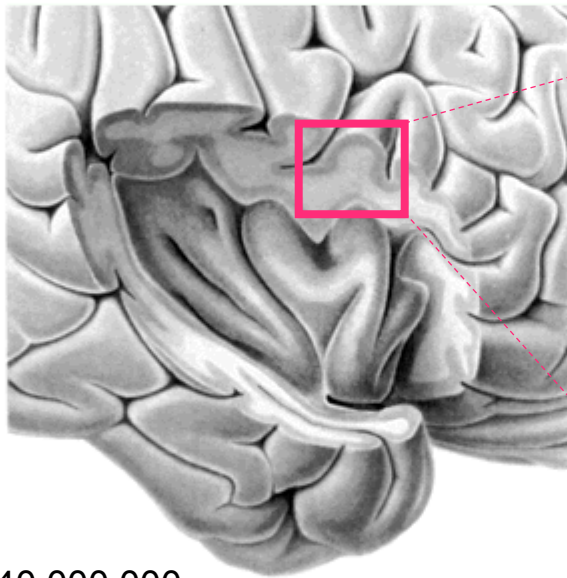
## dualisme vs. matérialisme

**Point de vue matérialiste : n'importe quelle opération mentale a une ou des localisations cérébrales. La pensée, l'esprit, la conscience et l'inconscience sont le résultat d'une activité cellulaire localisée dans le cerveau.**

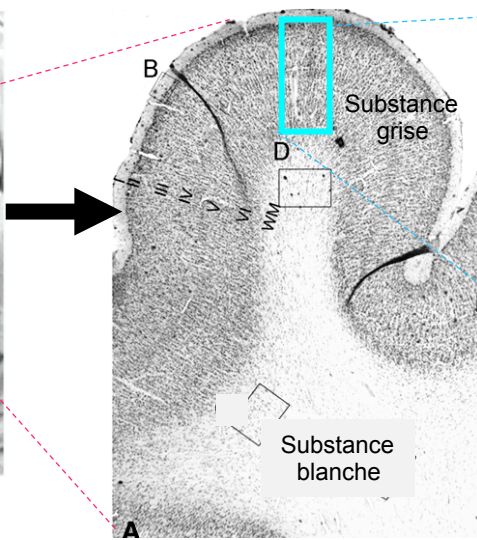


# Le fonctionnement du cerveau demeure mystérieux

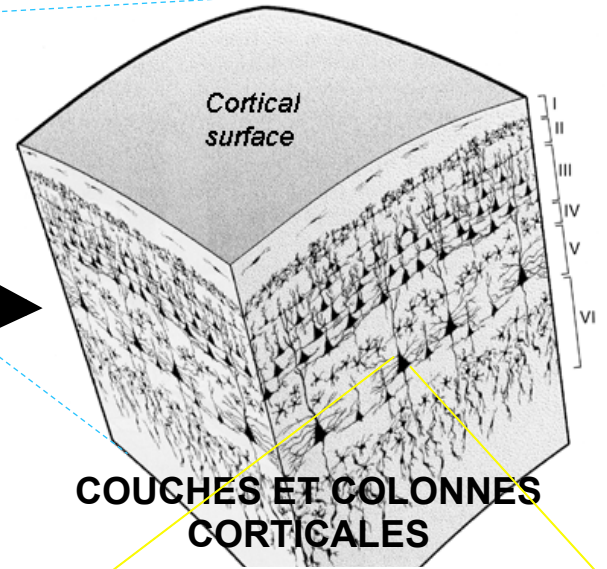
## Complexité du système nerveux : *Propriétés émergentes*



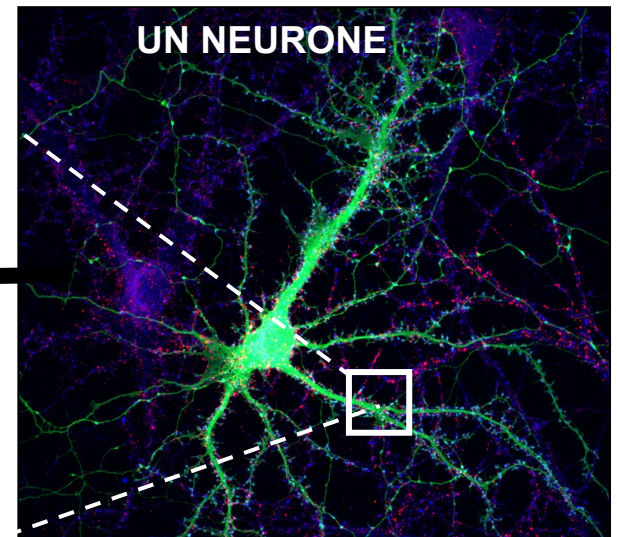
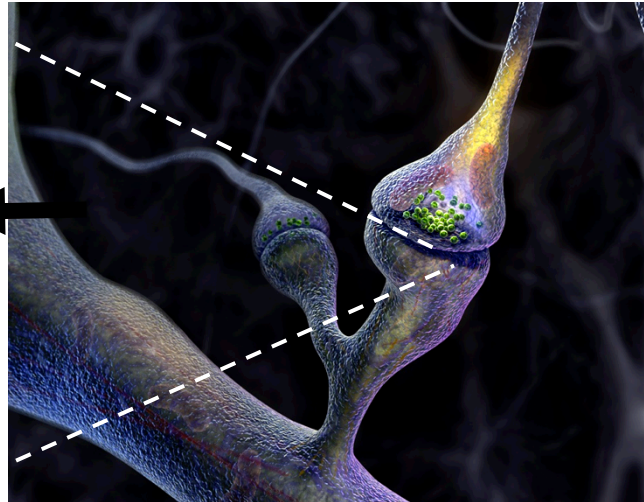
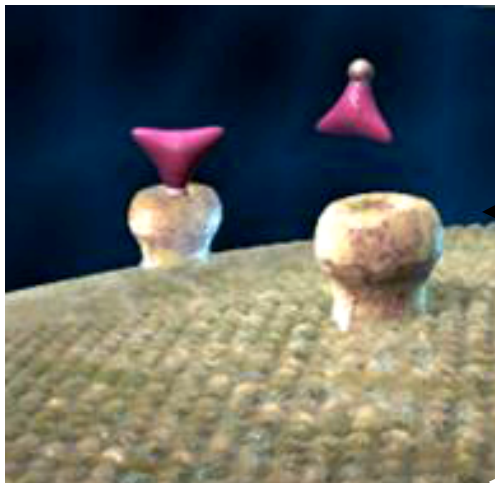
x 40 000 000



partie d'une structure



COUCHES ET COLONNES CORTICALES



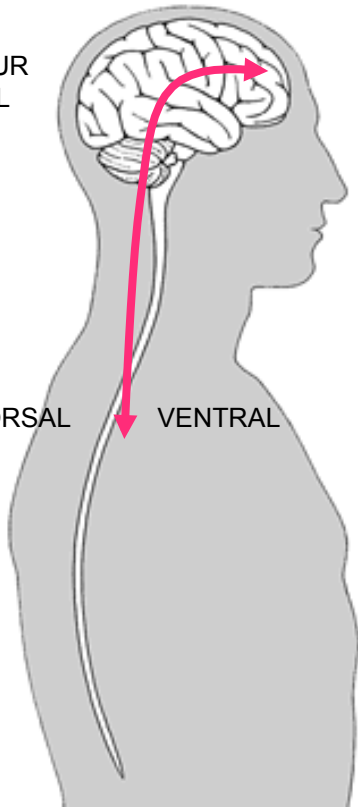
UN NEURONE

POSTERIEUR  
OCCIPITAL

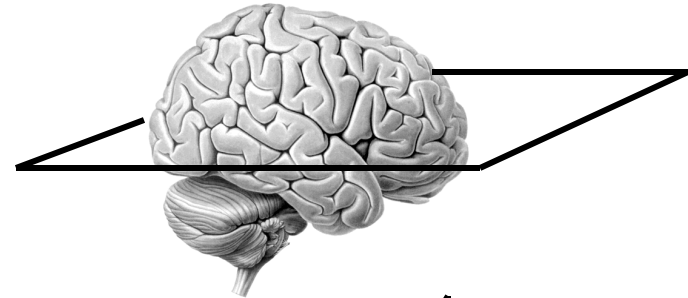
ANTERIEUR  
FRONTAL

DORSAL

VENTRAL



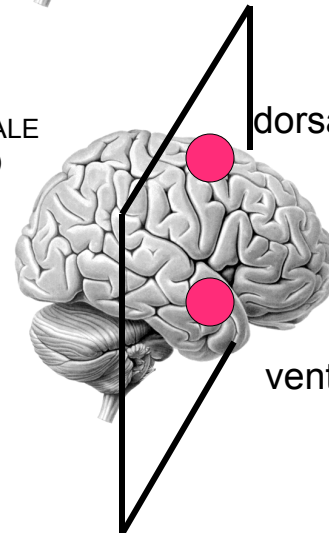
COUPE HORIZONTALE



COUPE FRONTALE  
(CORONALE)

dorsal

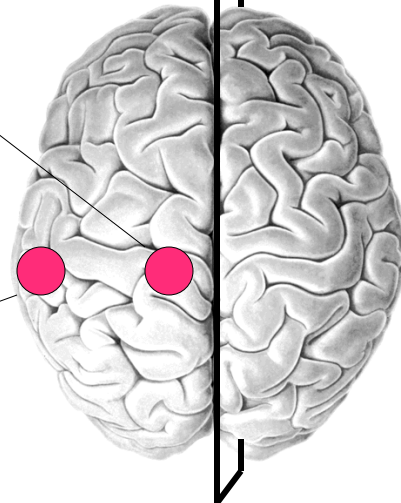
ventral



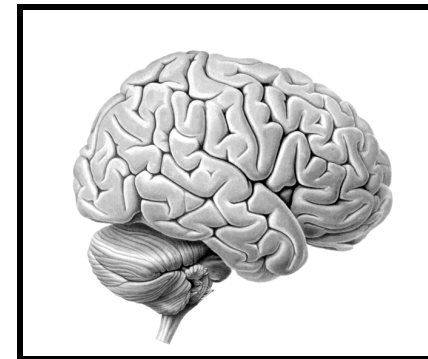
COUPE  
SAGITALE

MEDIAN  
INTERNE

LATERAL  
EXTERNE



COUPE SAGITALE



# 1. Le cortex cérébral

1.1 Le lobe occipital : le cortex visuel

1.2 Le lobe pariétal

1.2.1 Le cortex somesthésique

1.2.2 Autres aires du lobe pariétal

1.3 Le lobe temporal

1.3.1 Les aires auditives

1.3.2 L'aire de Wernicke

1.3.3 Autres aires du lobe temporal

1.4 Le lobe frontal

1.4.1 L'aire de Broca

1.4.2 Le cortex moteur et premoteur

1.4.3 Le cortex pré-frontal

1.5 L'insula

## 2. Les structures sous-corticales

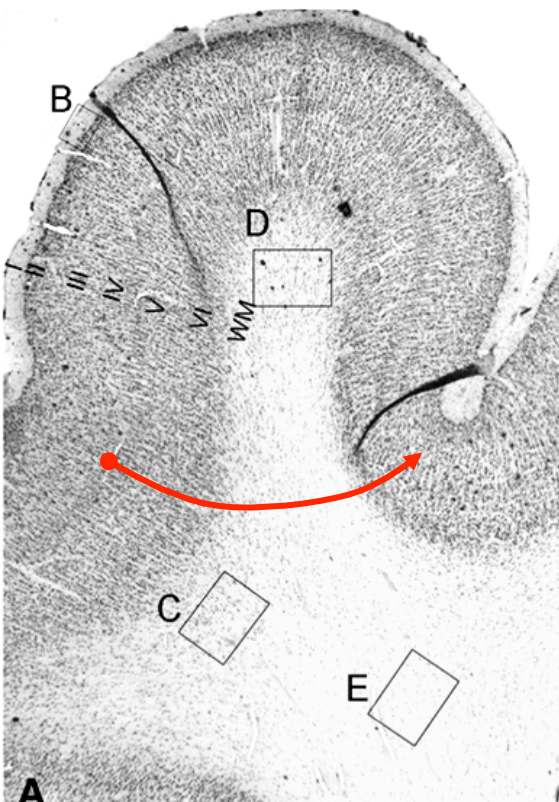
2.1 Les commissures

2.1.1 Le corps calleux

2.1.3 La capsule interne

2.2 Le thalamus et les ganglions de la base





Rat



Rabbit



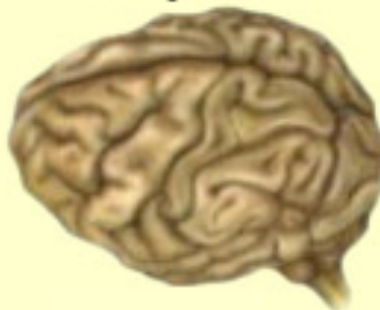
Cat



Sheep



Chimpanzee



Human



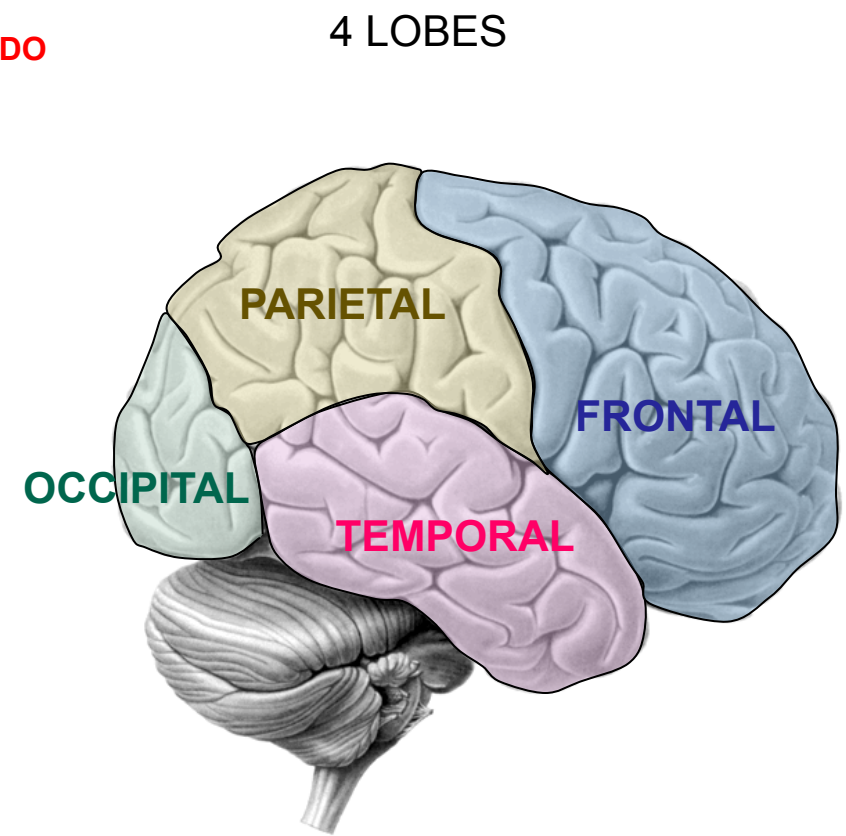
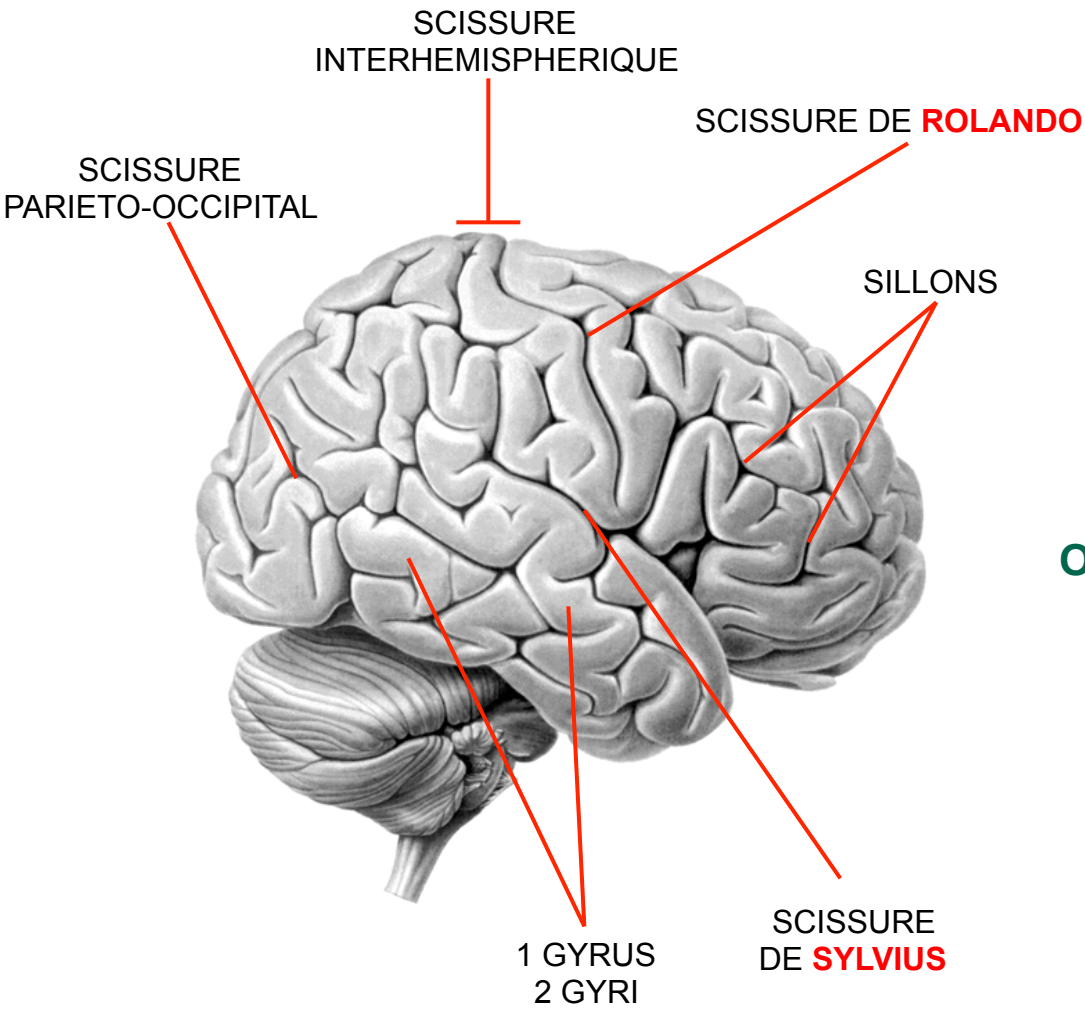
Dolphin



1350g

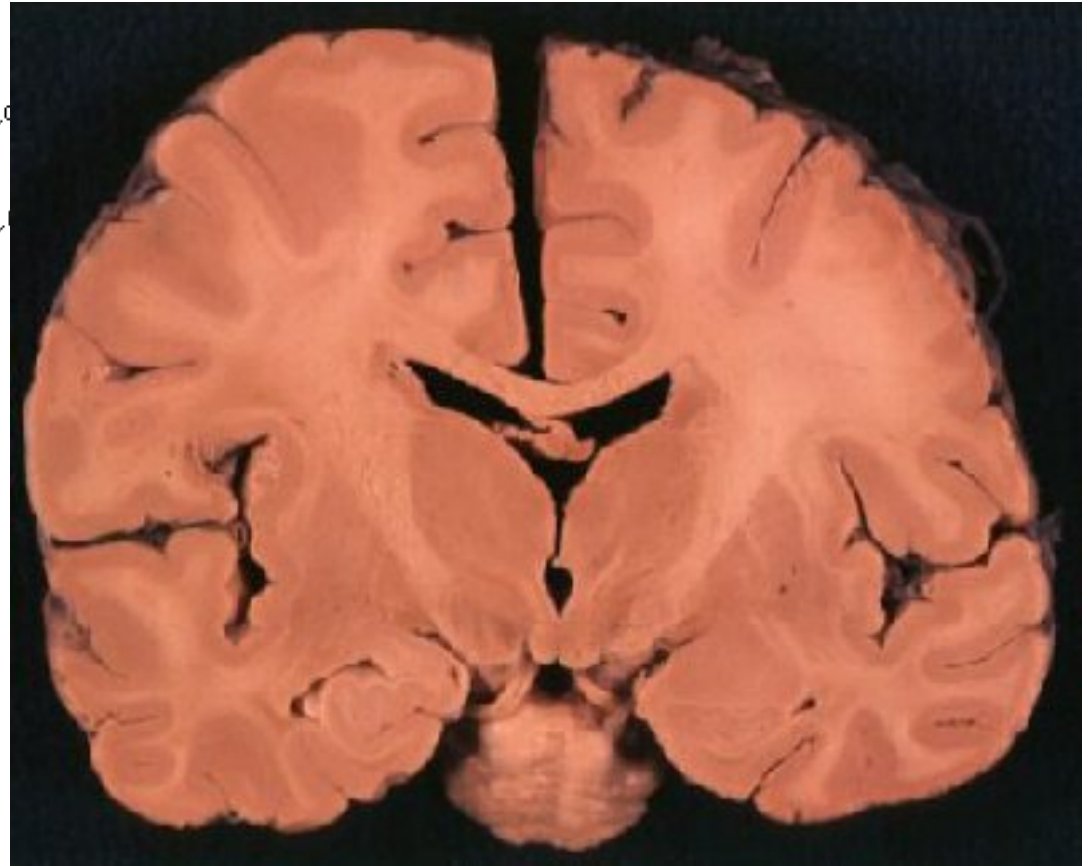
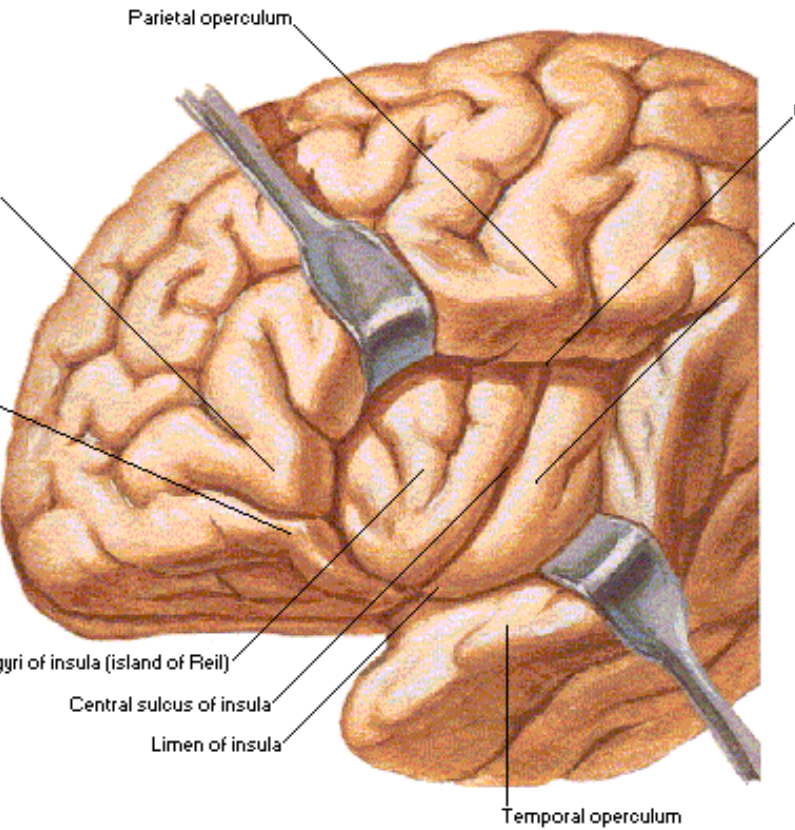
86 milliard de Neurones

# Anatomie du cortex humain : gyrus, scissure, sillon et lobe

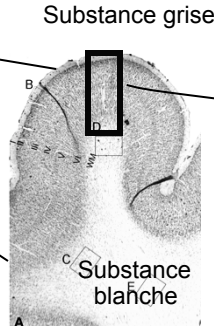
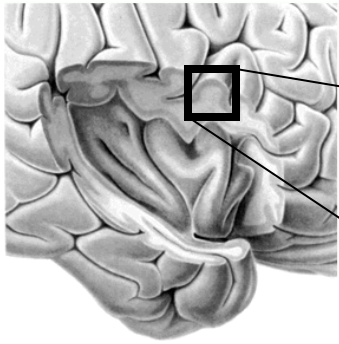




+ 1 cinquième lobe (interne) : l'insula



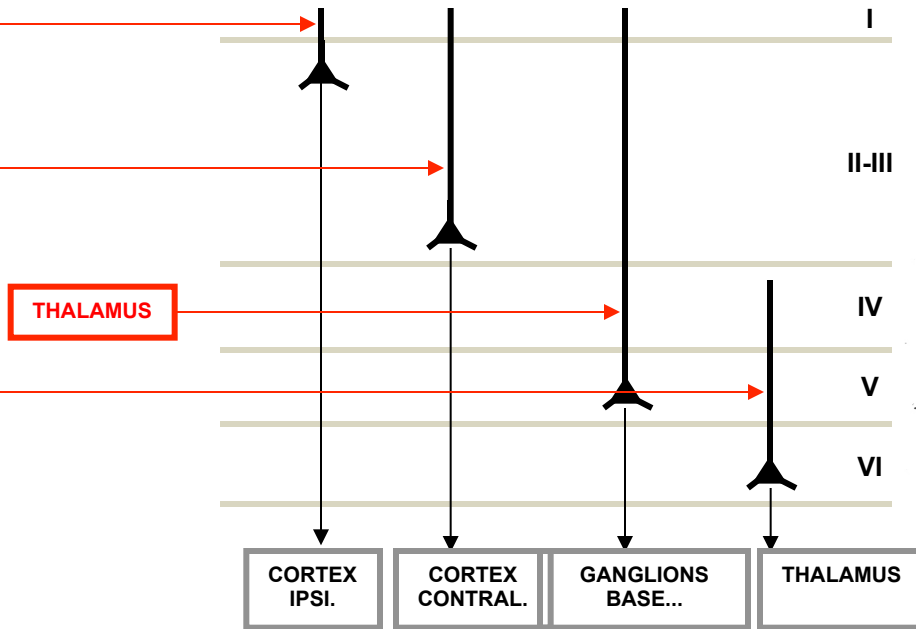
# CYTOARCHITECTURE DU CORTEX CEREBRAL LE CORTEX EST UNE STRUCTURE EN COUCHE



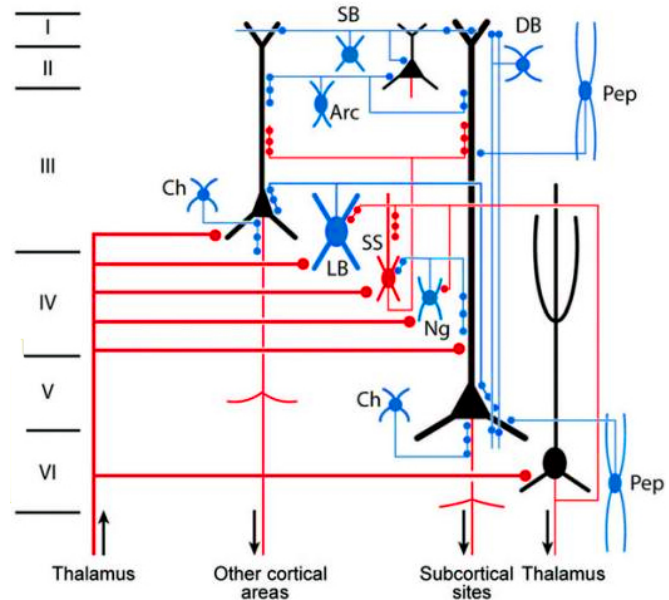
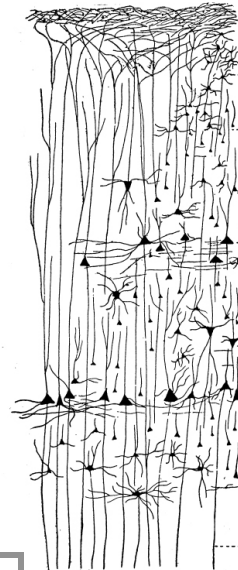
NEURONES  
ORGANISES  
EN 6 COUCHES  
= COUCHES CORTICALES

**ENTREES**  
DENDRITES

AFFERENCES ISSUES DES AUTRES AIRES CORTICALES



**SORTIES**  
AXONES



# La phrénologie : première cartographie anatomo-fonctionnelle méthode "cranioscopique" de Gall (1800)

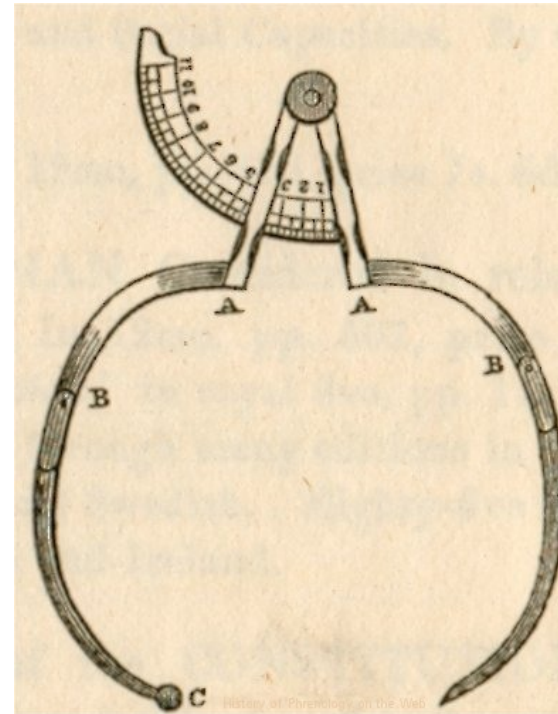
conception localisationniste

#18 : sens des rapports aux nombres

#5 : instinct carnassier

#2 : amour de la progéniture

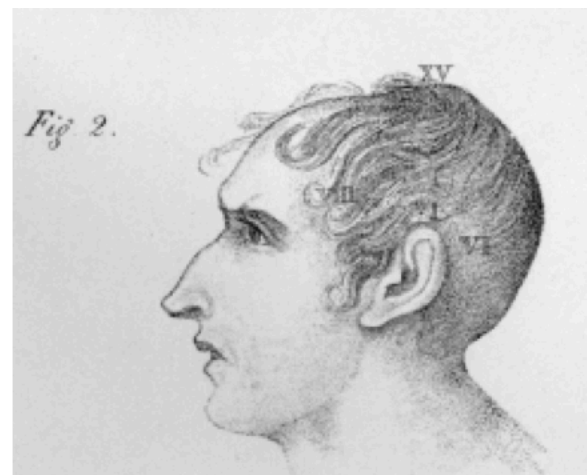
#8 : orgueil



"savant"



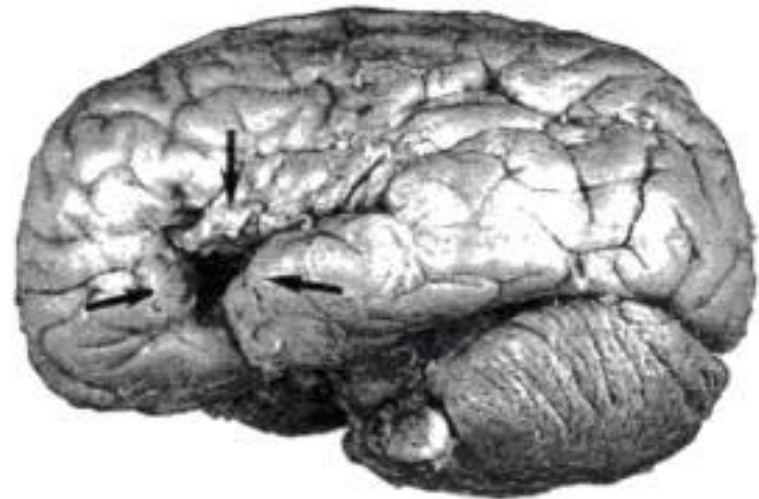
"crétin"



# PREMIERE CARTOGRAPHIE ANATOMO-CLINIQUE DU CORTEX : L'AIRE DE BROCA



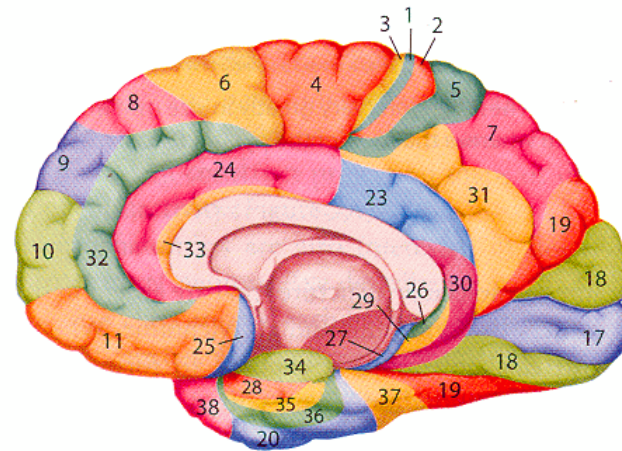
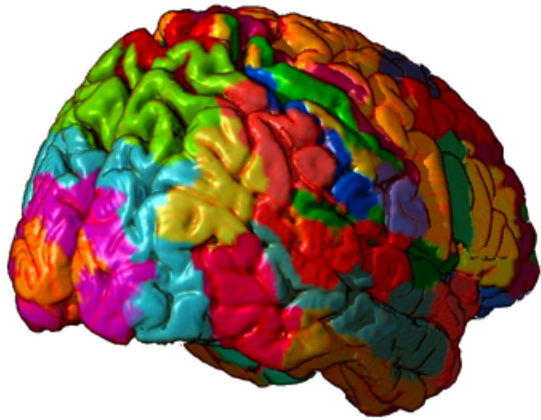
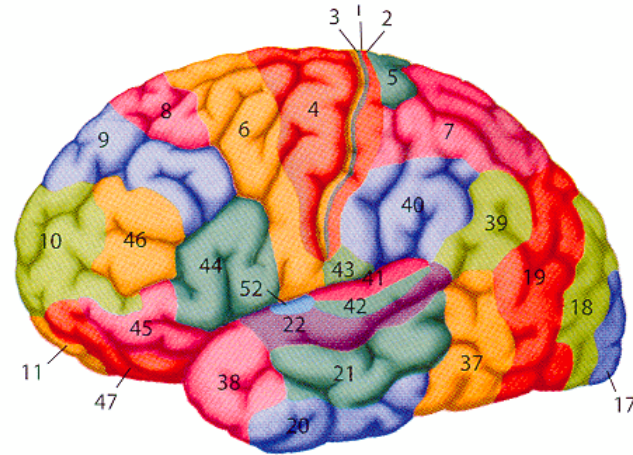
PAUL BROCA 1824-1880



CERVEAU DE Mr LEBORGNE

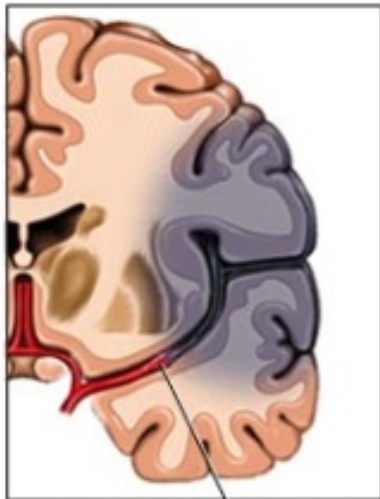


# CARTOGRAPHIE ANATOMIQUE DU CORTEX : LES 52 AIRES DE BRODMANN BASEE SUR LA CYTOARCHITECTONIQUE DES COUCHES CORTICALES



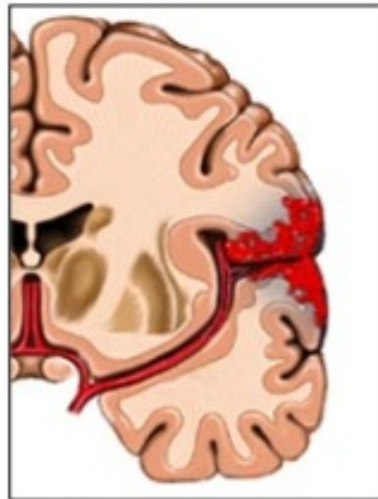
# Des données anatomo-cliniques à l'IRM fonctionnelle

Ischemic stroke

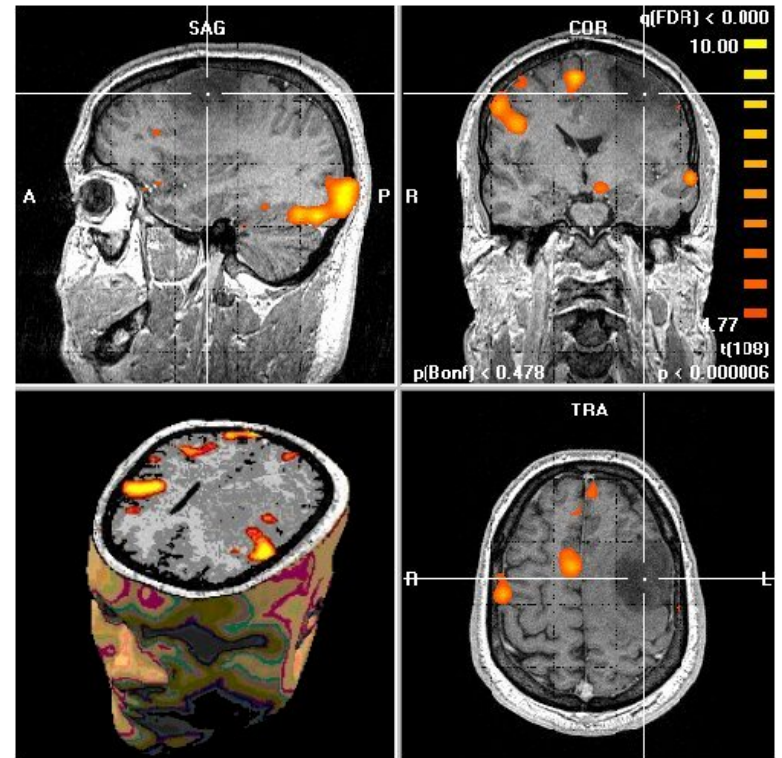


A clot blocks blood flow to an area of the brain

Hemorrhagic stroke

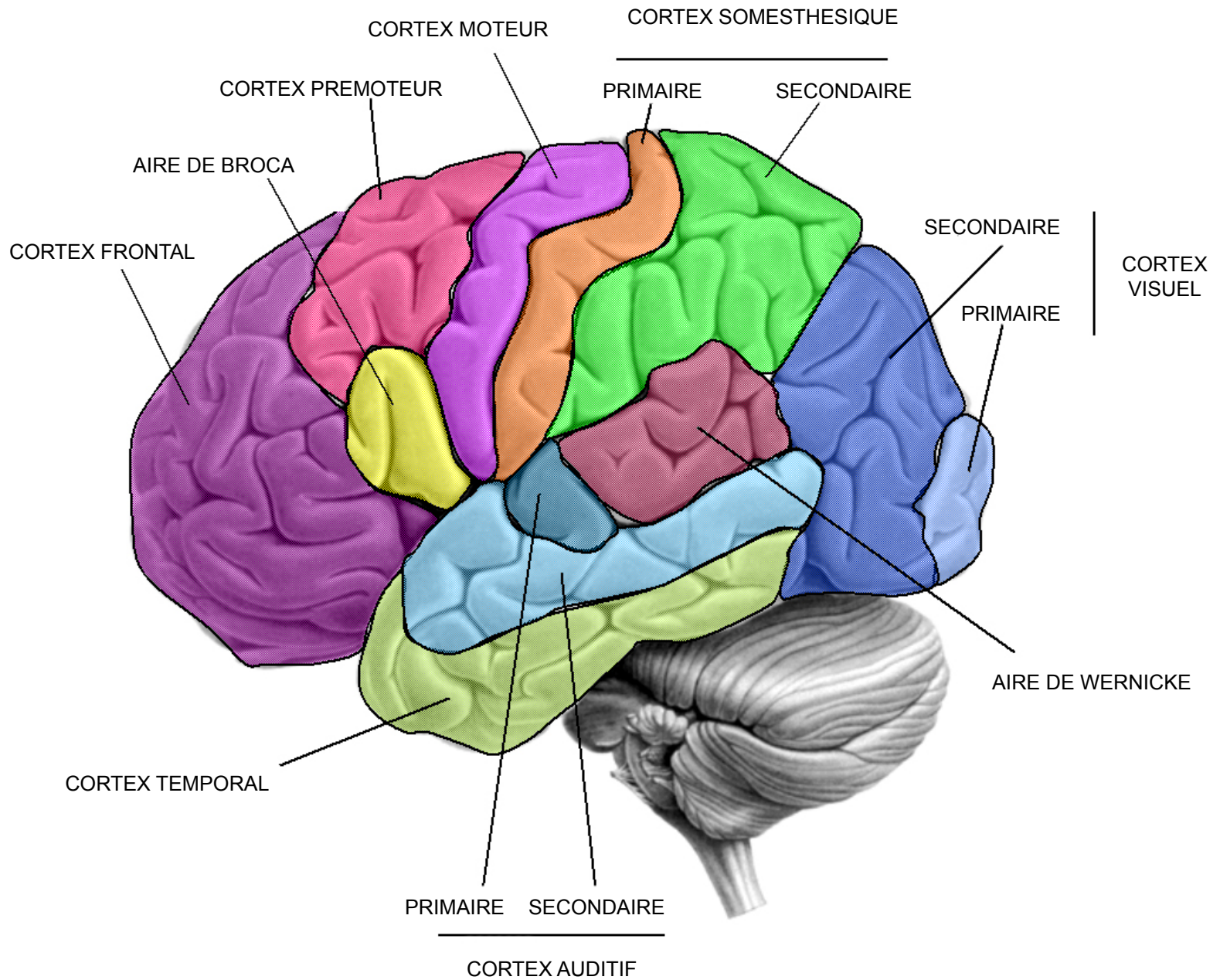


Bleeding occurs inside or around brain tissue





# HEMISPHERE GAUCHE





# 1. Le cortex cérébral

## 1.1 Le lobe occipital : le cortex visuel

## 1.2 Le lobe pariétal

### 1.2.1 Le cortex somesthésique

### 1.2.2 Autres aires du lobe pariétal

## 1.3 Le lobe temporal

### 1.3.1 Les aires auditives

### 1.3.2 L'aire de Wernicke

### 1.3.3 Autres aires du lobe temporal

## 1.4 Le lobe frontal

### 1.4.1 L'aire de Broca

### 1.4.2 Le cortex moteur et premoteur

### 1.4.3 Le cortex pré-frontal

## 1.5 L'insula

# 2. Les structures sous-corticales

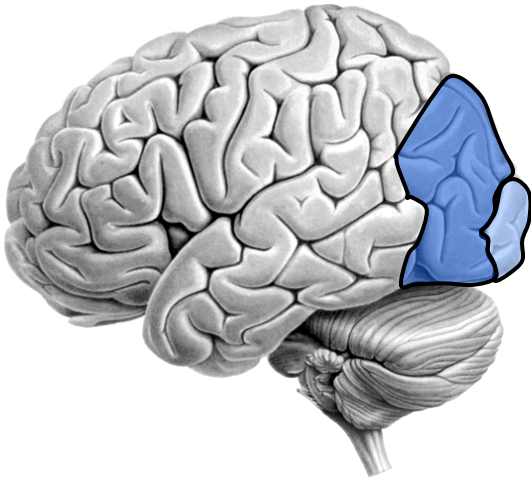
## 2.1 Les commissures

### 2.1.1 Le corps calleux

### 2.1.3 La capsule interne

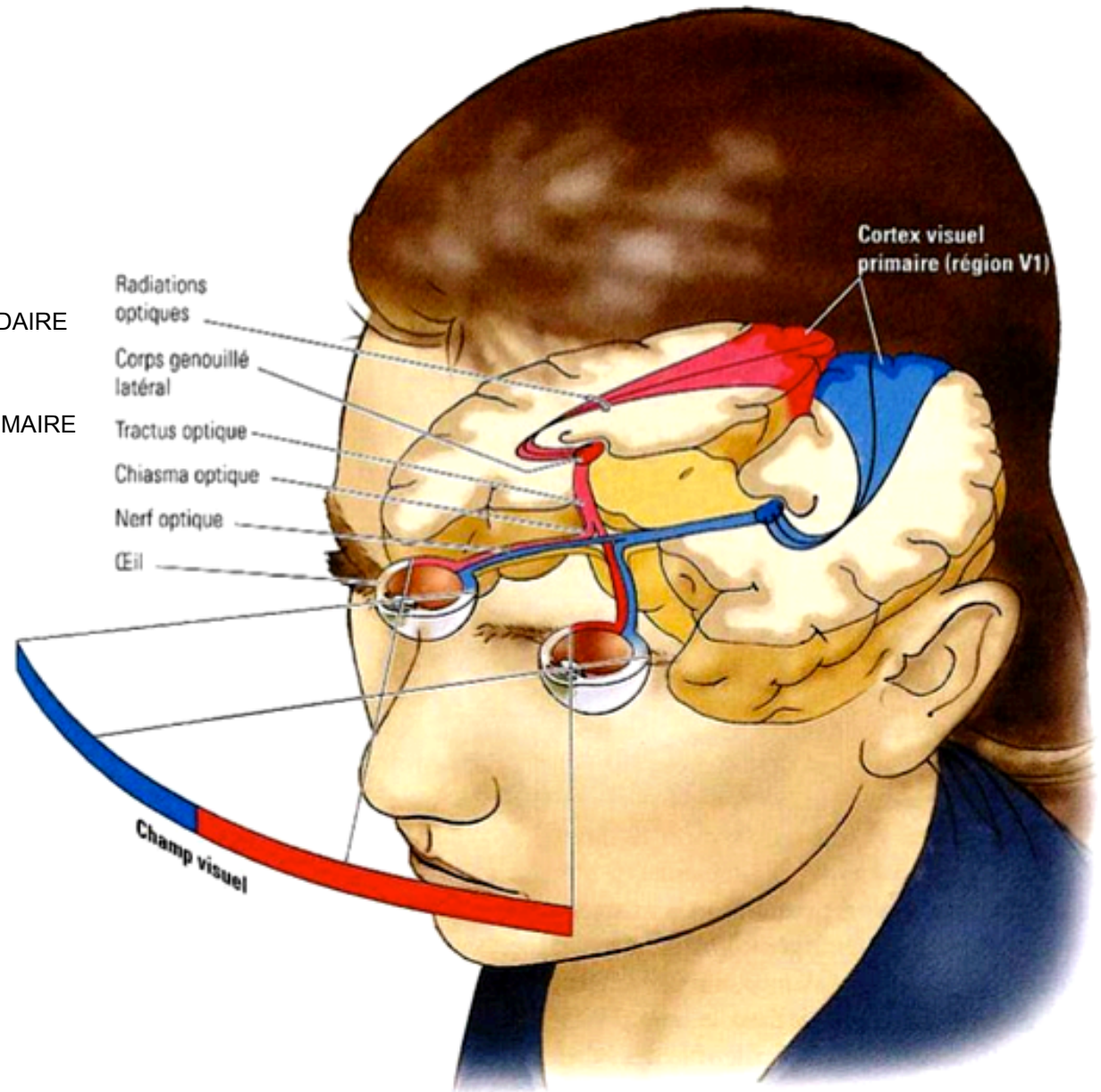
## 2.2 Le thalamus et les ganglions de la base

# LOBE OCCIPITAL : LE CORTEX VISUEL



SECONDAIRE

PRIMAIRE



retine

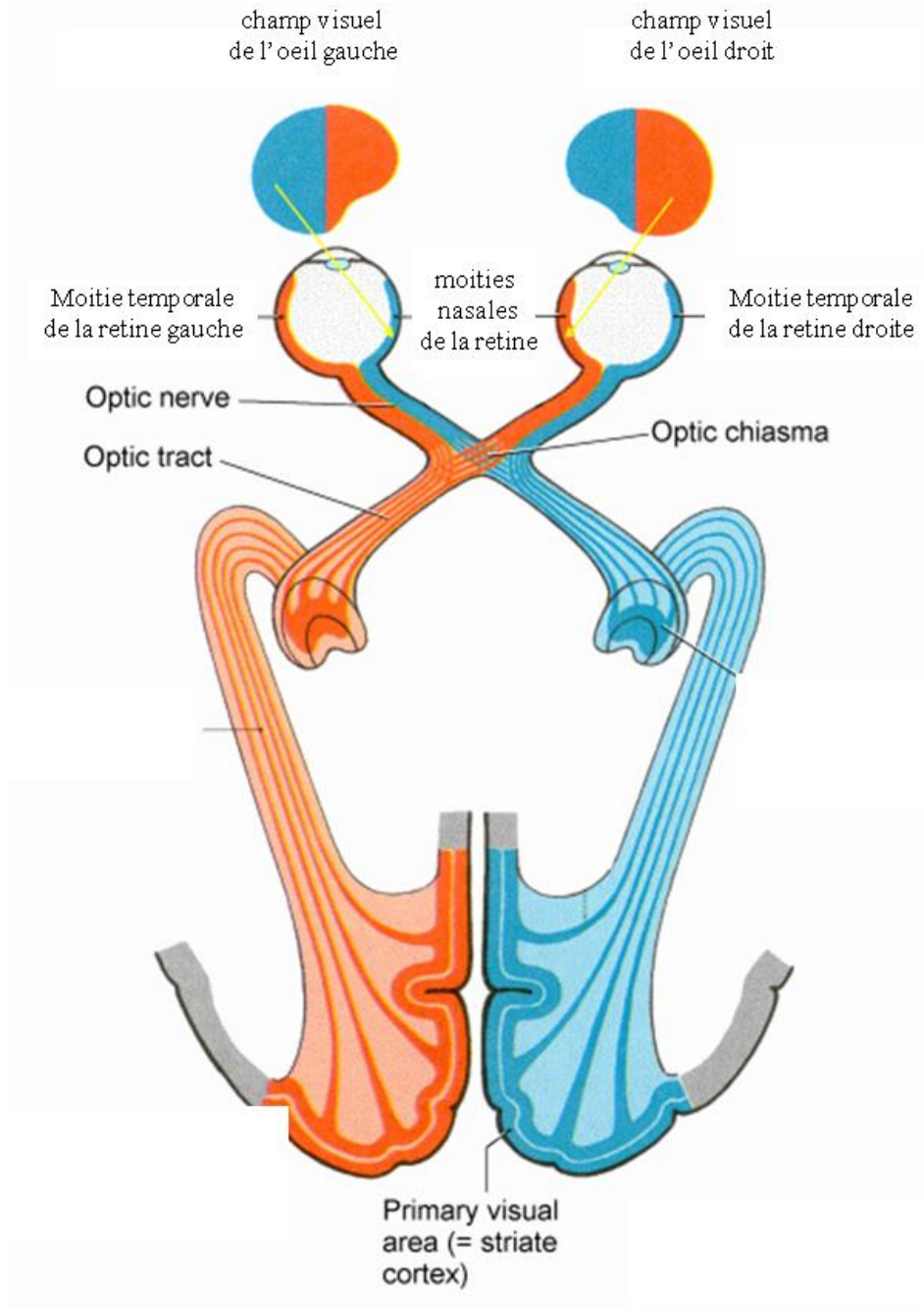
Thalamus

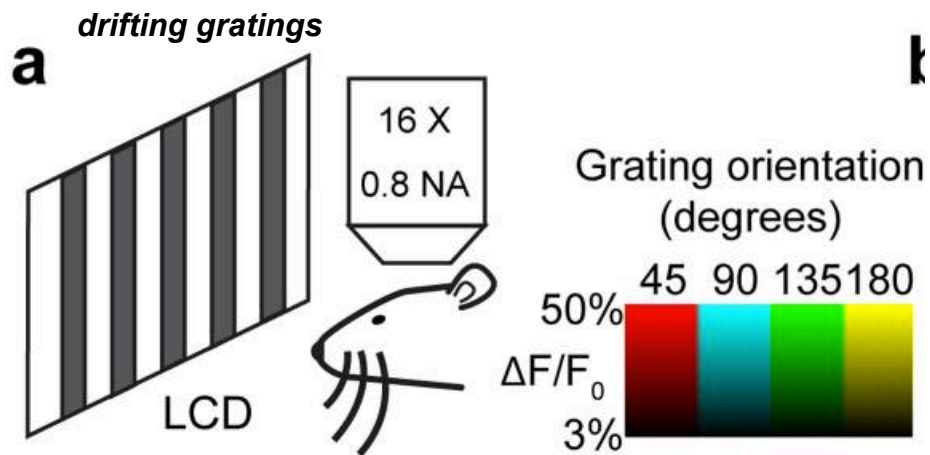
Corps genouillé latéral

Divergence x40

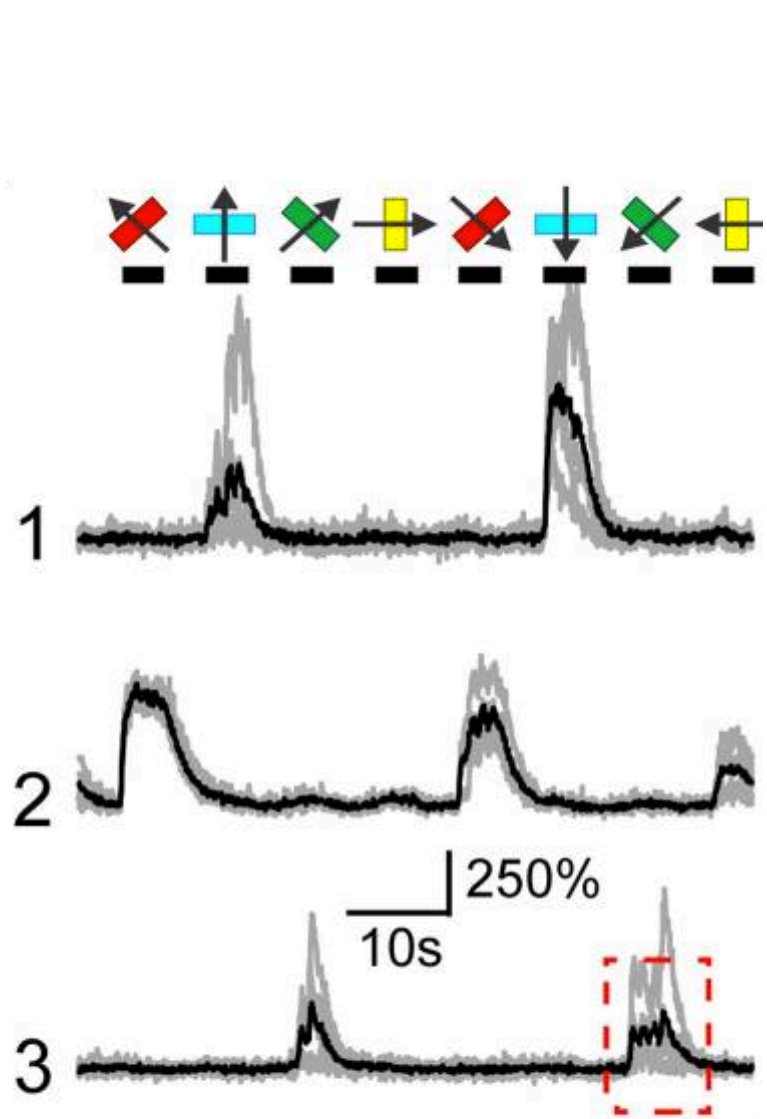
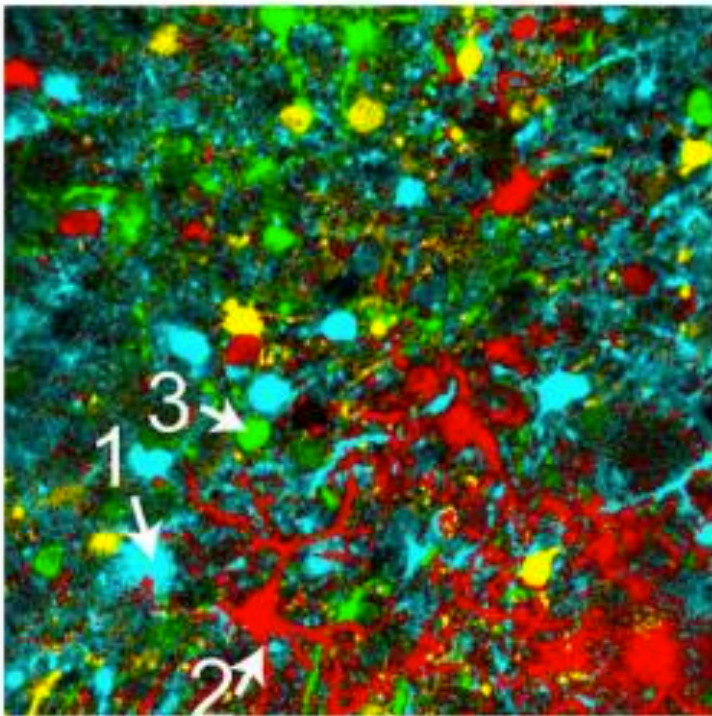
V1

V2





GCaMP6s





# 1. Le cortex cérébral

1.1 Le lobe occipital : le cortex visuel

1.2 Le lobe pariétal

1.2.1 Le cortex somesthésique

1.2.2 Autres aires du lobe pariétal

1.3 Le lobe temporal

1.3.1 Les aires auditives

1.3.2 L'aire de Wernicke

1.3.3 Autres aires du lobe temporal

1.4 Le lobe frontal

1.4.1 L'aire de Broca

1.4.2 Le cortex moteur et premoteur

1.4.3 Le cortex pré-frontal

1.5 L'insula

# 2. Les structures sous-corticales

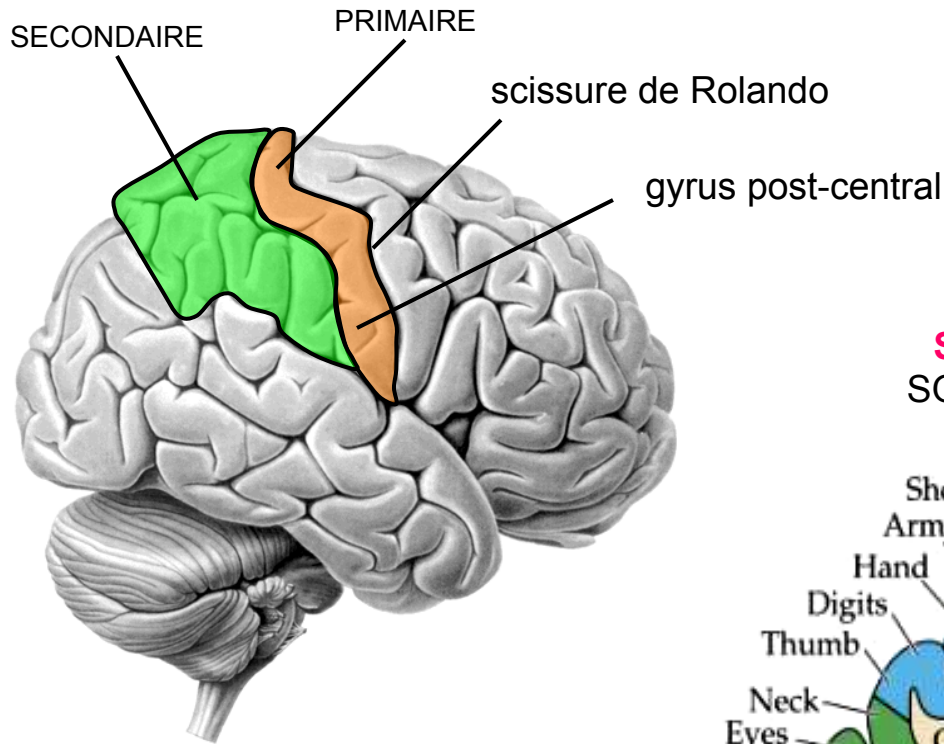
2.1 Les commissures

2.1.1 Le corps calleux

2.1.3 La capsule interne

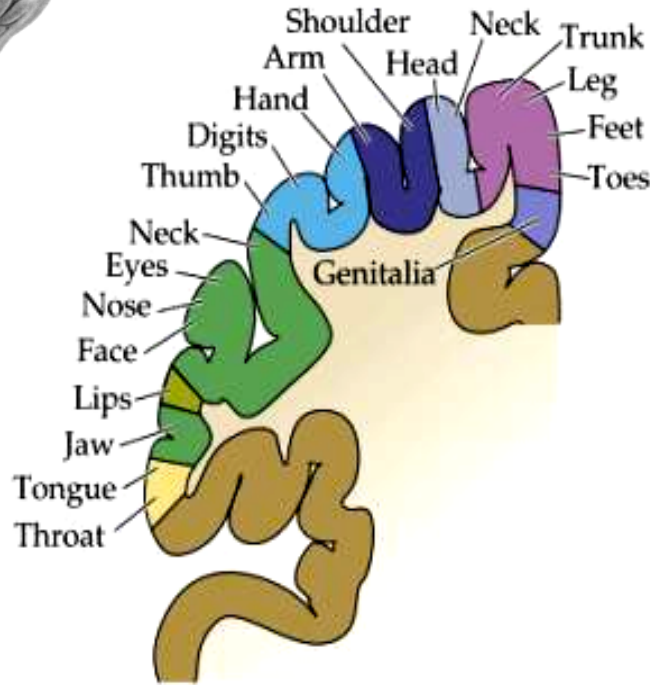
2.2 Le thalamus et les ganglions de la base

CORTEX  
SOMESTHESIQUE



Volume cortical proportionnel  
à la densité de récepteurs sensoriels

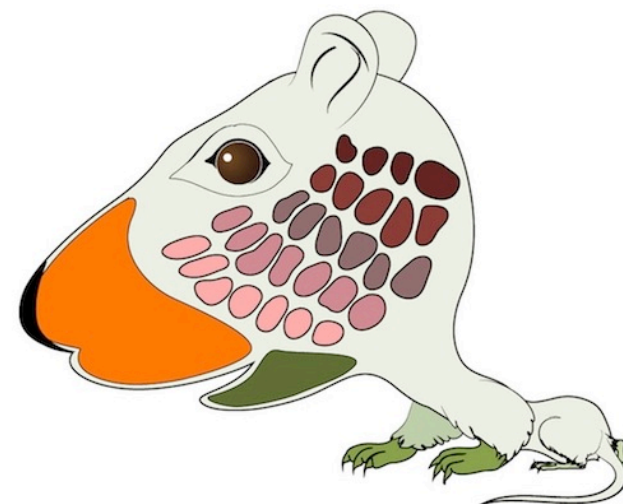
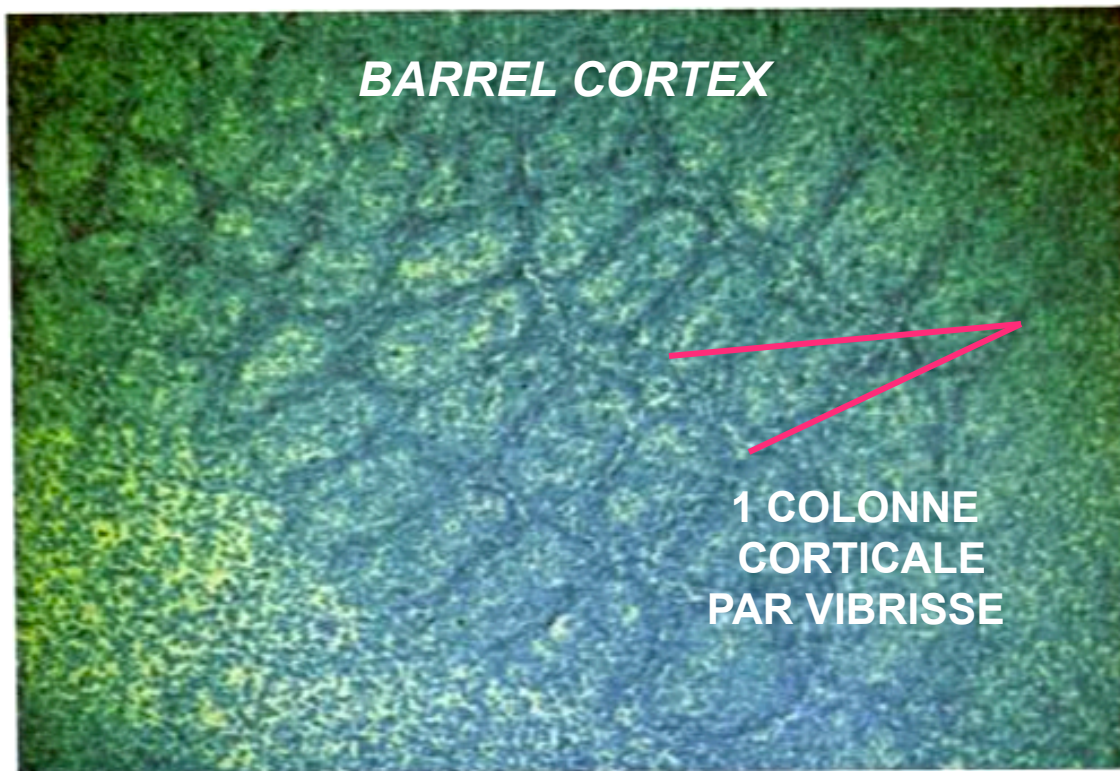
**SOMATOTOPIE**  
SOMESTHESIQUE



**HOMUNCULUS**  
SOMESTHESIQUE

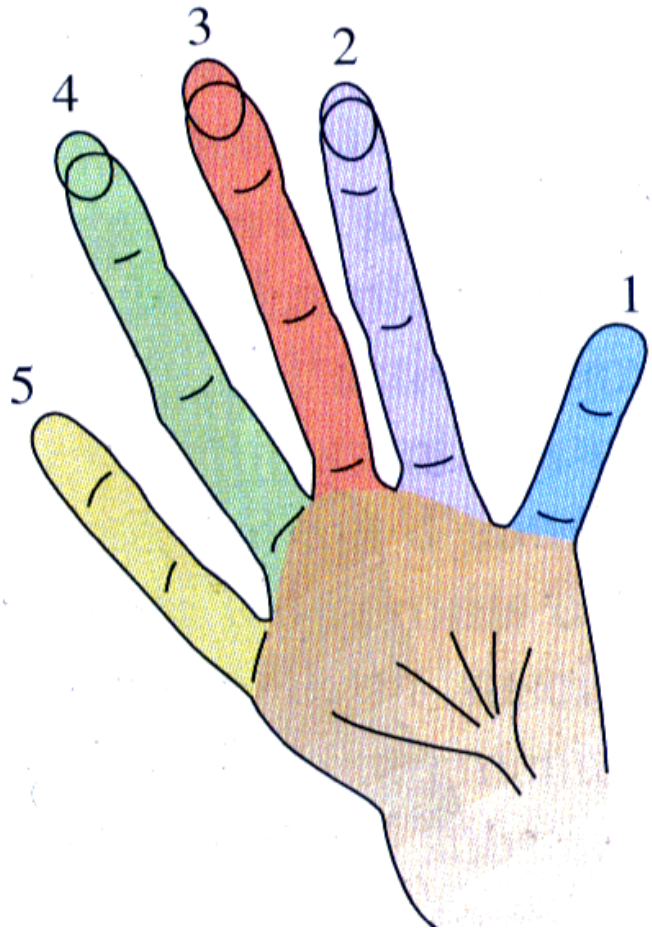


LA REPRESENTATION SOMESTHESIQUE DEPEND DE L'IMPORTANCE DES ORGANES DE SENS UTILISES POUR APPREHENDER L'ENVIRONNEMENT

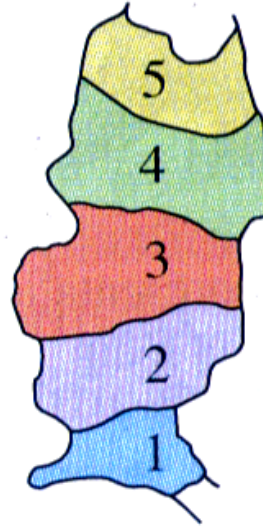




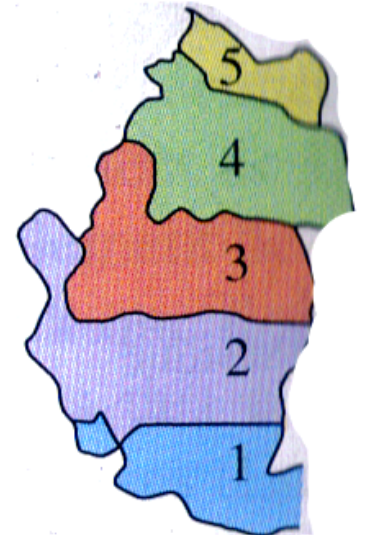
# PLASTICITE CORTICALE : EXEMPLE DU CORTEX SOMESTHESIQUE



Avant utilisation différentielle



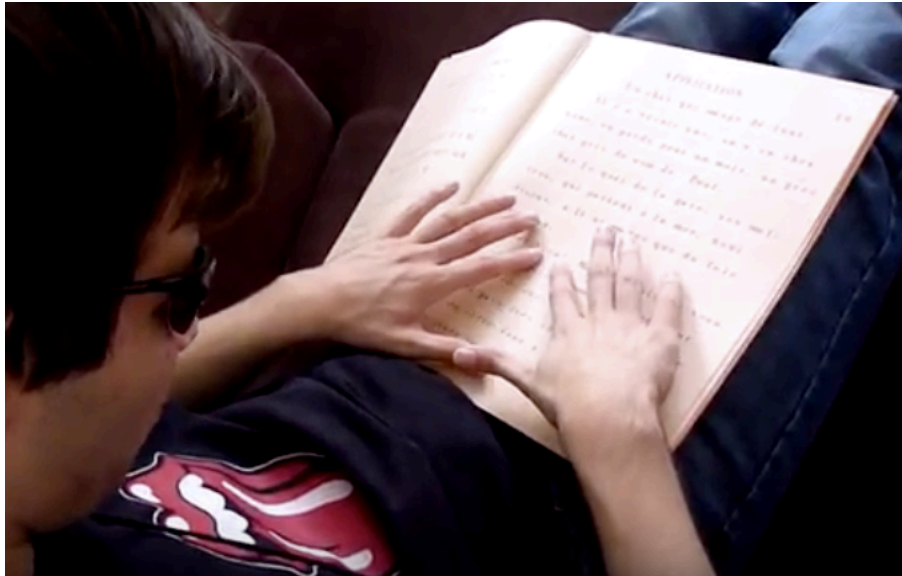
APRES UTILISATION DIFFERENTIELLE



La cartographie des aires corticales n'est pas figée.  
L'étendue des territoires est modulable par l'activité.



Est-ce que le cortex visuel d'un aveugle peut être recruté par une autre modalité sensorielle?



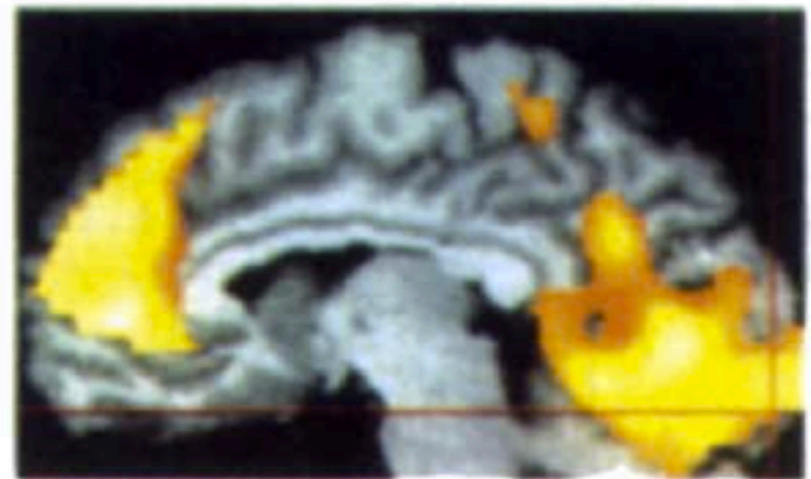
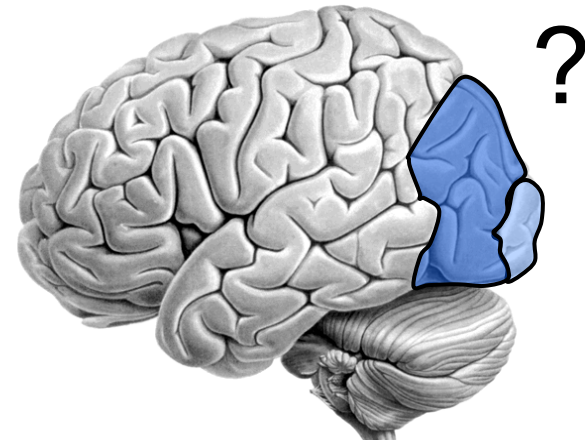
<https://www.youtube.com/watch?v=2i4qD7Ymp7w>

Nature, 1996

## **Activation of the primary visual cortex by Braille reading in blind subjects**

**Norihiro Sadato<sup>\*†</sup>, Alvaro Pascual-Leone<sup>\*</sup>,  
Jordan Grafman<sup>‡</sup>, Vicente Ibañez<sup>\*</sup>,  
Marie-Pierre Deiber<sup>\*</sup>, George Dold<sup>§</sup>  
& Mark Hallett<sup>\*</sup>**

\* Human Motor Control Section, and † Cognitive Neuroscience Section, Medical Neurology Branch, and § Research Service Branch, National Institute of Neurological Disorders and Stroke, National Institutes of Health, Bethesda, Maryland 20892-1428, USA



Les informations sensorielles du touché (ou de l'audition) peuvent (après entraînement) être analysées par le cortex visuel : les fonctions corticales ont de grandes capacités plastiques.

# 1. Le cortex cérébral

1.1 Le lobe occipital : le cortex visuel

1.2 Le lobe pariétal

1.2.1 Le cortex somesthésique

1.2.2 Autres aires du lobe pariétal

1.3 Le lobe temporal

1.3.1 Les aires auditives

1.3.2 L'aire de Wernicke

1.3.3 Autres aires du lobe temporal

1.4 Le lobe frontal

1.4.1 L'aire de Broca

1.4.2 Le cortex moteur et premoteur

1.4.3 Le cortex pré-frontal

1.5 L'insula

# 2. Les structures sous-corticales

2.1 Les commissures

2.1.1 Le corps calleux

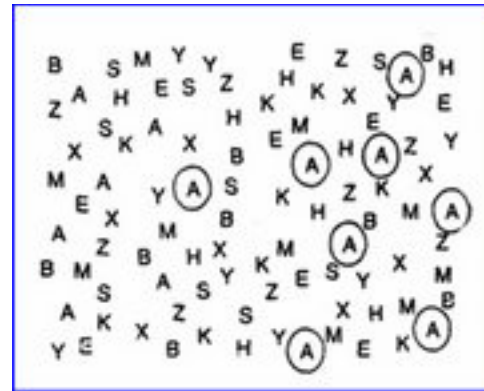
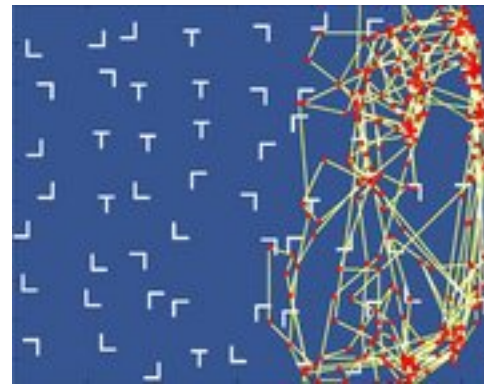
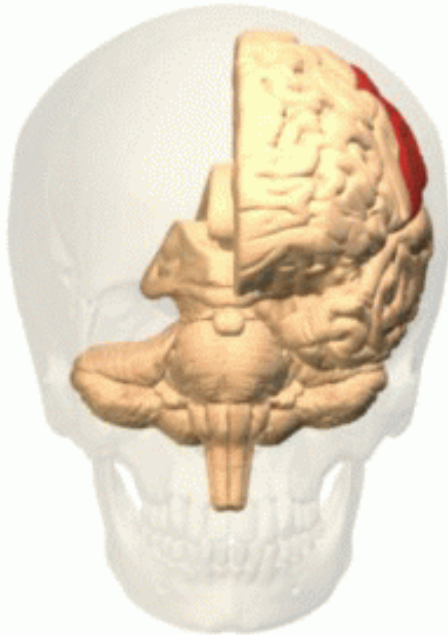
2.1.3 La capsule interne

2.2 Le thalamus et les ganglions de la base

Lobe pariétal : Autre observation anatomoclinique

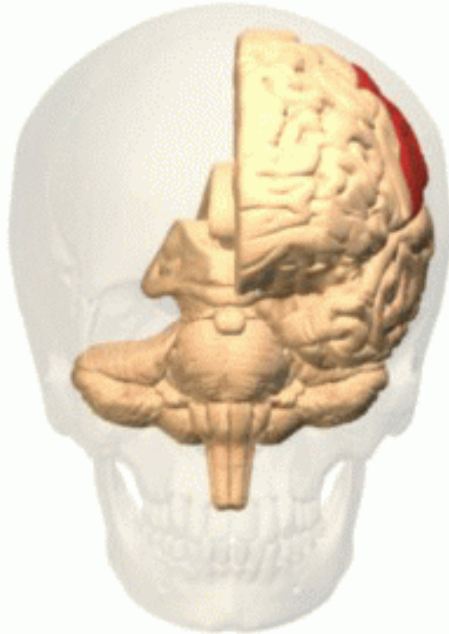
*Lésion entraînant un syndrome d'héminégligence*

Représentations sensorielles  
et motrices intactes



# Lobe pariétal : Autre observation anatomoclinique

## *Lésion entraînant l'apparition d'une spiritualité*



altruisme – désintéressement  
foi – introspection ...

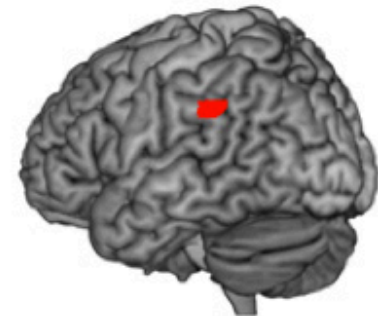
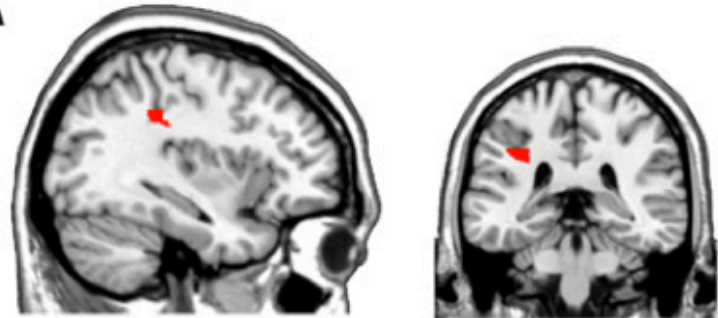
Neuron  
**Clinical Study**

Cell  
PRESS

### The Spiritual Brain: Selective Cortical Lesions Modulate Human Self-Transcendence

Cosimo Urgesi,<sup>1,2,\*</sup> Salvatore M. Aglioti,<sup>3,4,\*</sup> Miran Skrap,<sup>5</sup> and Franco Fabbro<sup>1,2</sup>  
\*Dipartimento di Filosofia, Università di Udine, via Margreth, 3, I-33100, Udine, Italy

**A**



# 1. Le cortex cérébral

1.1 Le lobe occipital : le cortex visuel

1.2 Le lobe pariétal

1.2.1 Le cortex somesthésique

1.2.2 Autres aires du lobe pariétal

1.3 Le lobe temporal

1.3.1 Les aires auditives

1.3.2 L'aire de Wernicke

1.3.3 Autres aires du lobe temporal

1.4 Le lobe frontal

1.4.1 L'aire de Broca

1.4.2 Le cortex moteur et premoteur

1.4.3 Le cortex pré-frontal

1.5 L'insula

# 2. Les structures sous-corticales

2.1 Les commissures

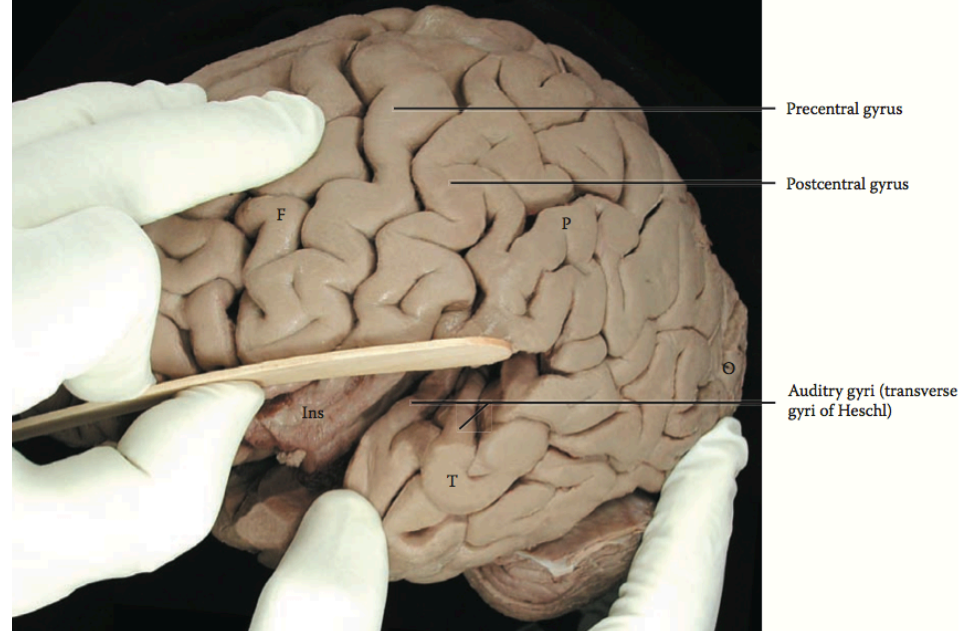
2.1.1 Le corps calleux

2.1.3 La capsule interne

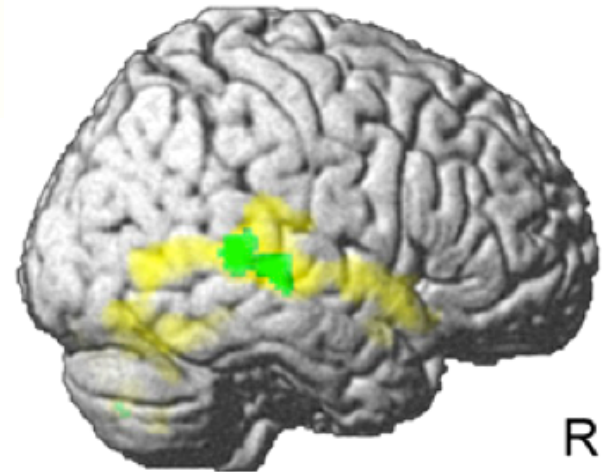
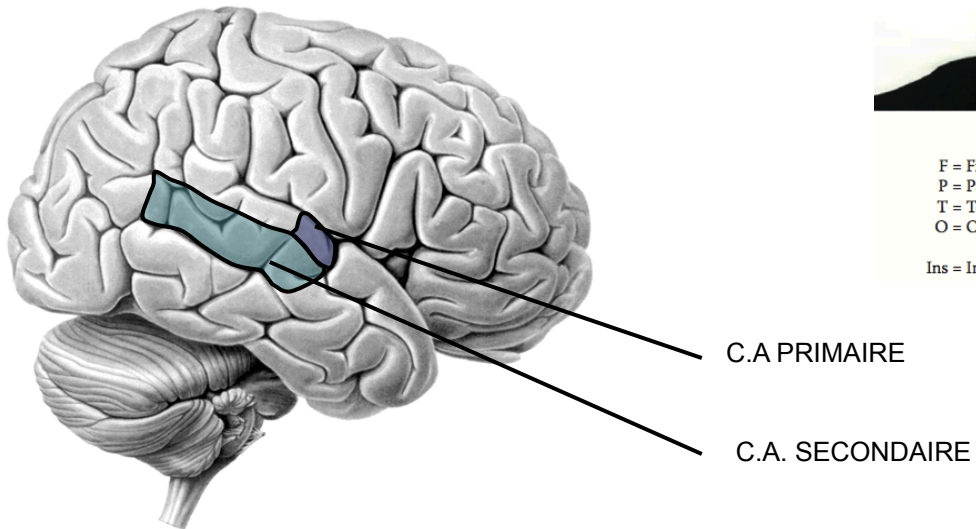
2.2 Le thalamus et les ganglions de la base



# LOBE TEMPORAL: LE CORTEX AUDITIF



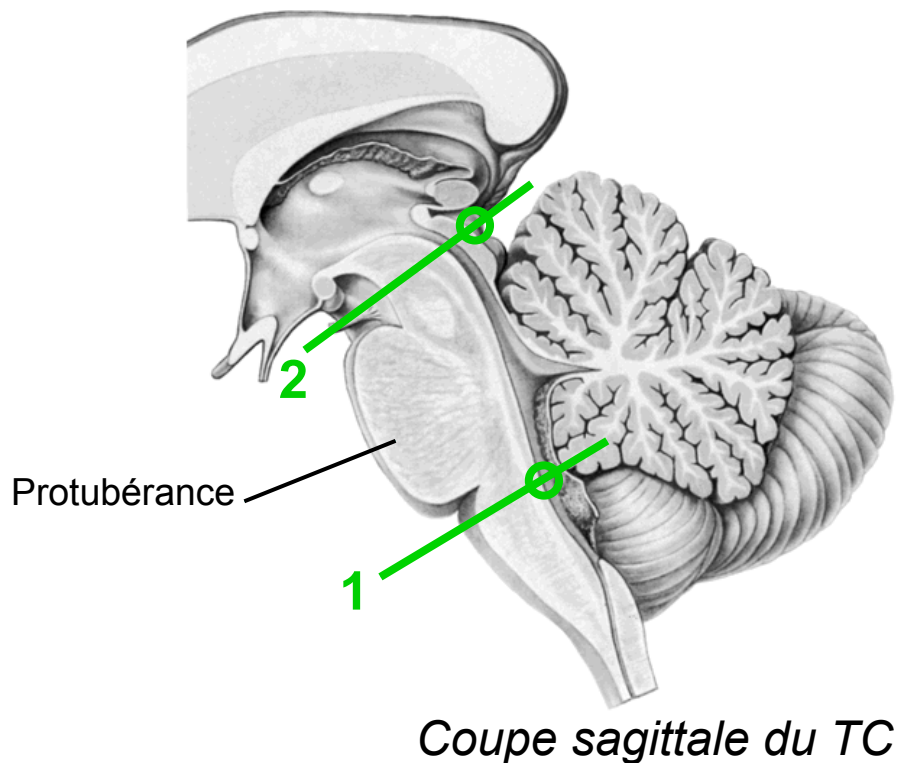
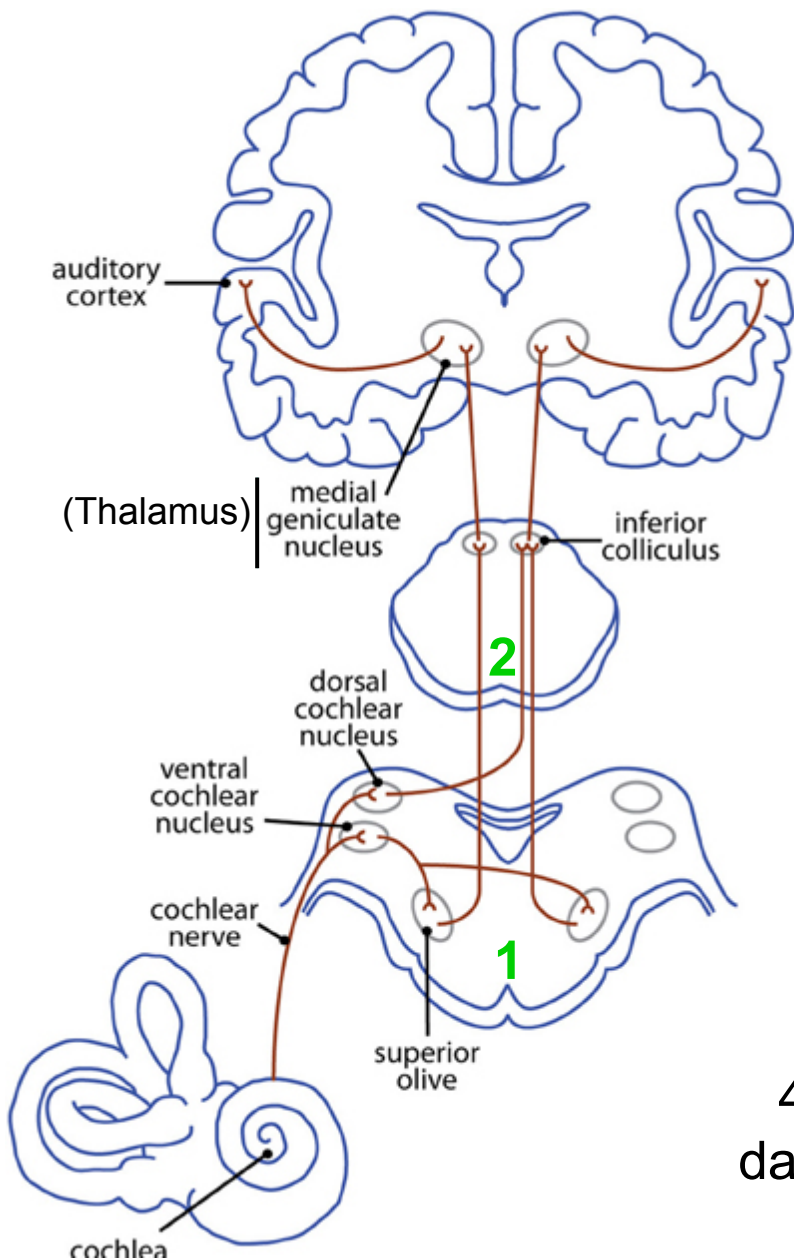
F = Frontal lobe  
P = Parietal lobe  
T = Temporal lobe  
O = Occipital lobe  
Ins = Insula



représentation topographique des fréquences des sons

= **carte tonotopique**

*Par quelles voies nerveuses les informations auditives sont elles acheminées jusqu'au cortex?*

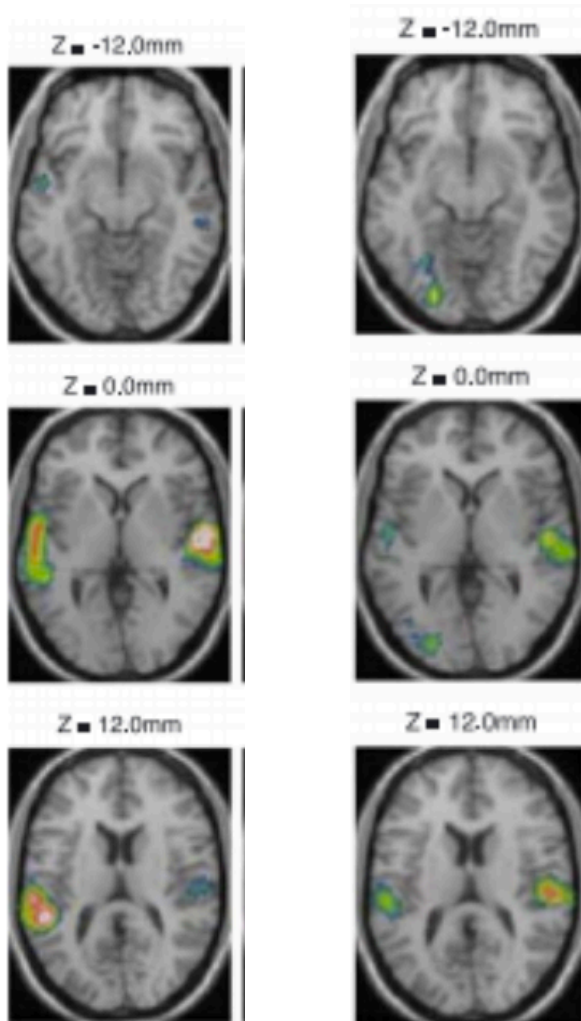


4 synapses dont 2  
dans le tronc cérébral

# Le traitement des sons par le cortex auditif est **asymétrique**

ECOUTE DE PAROLES

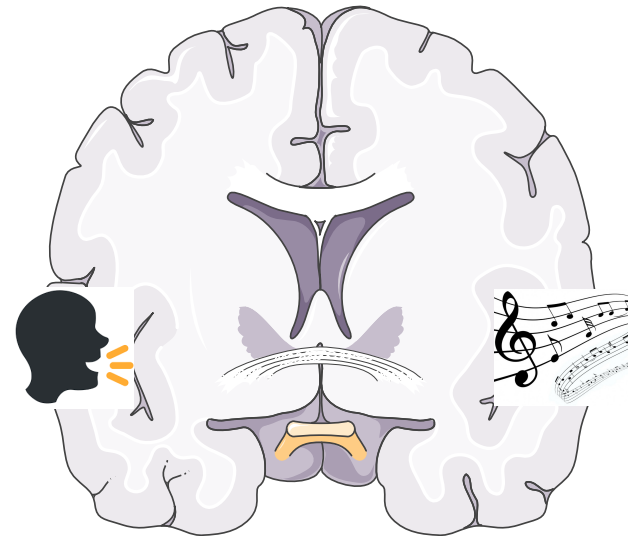
ECOUTE DE MUSIQUE



3 niveaux de coupe horizontale  
chez un même individu.  
Tervaniemi et al., 2003

Les sons du langage activent majoritairement le cortex auditif gauche

Les sons musicaux activent préférentiellement le cortex auditif droit.  
Mais les informations rythmiques sont traitées à gauche.



L'asymétrie est bien plus marquée chez les musiciens ayant l'oreille absolue



# 1. Le cortex cérébral

1.1 Le lobe occipital : le cortex visuel

1.2 Le lobe pariétal

1.2.1 Le cortex somesthésique

1.2.2 Autres aires du lobe pariétal

1.3 Le lobe temporal

1.3.1 Les aires auditives

1.3.2 L'aire de Wernicke

1.3.3 Autres aires du lobe temporal

1.4 Le lobe frontal

1.4.1 L'aire de Broca

1.4.2 Le cortex moteur et premoteur

1.4.3 Le cortex pré-frontal

1.5 L'insula

# 2. Les structures sous-corticales

2.1 Les commissures

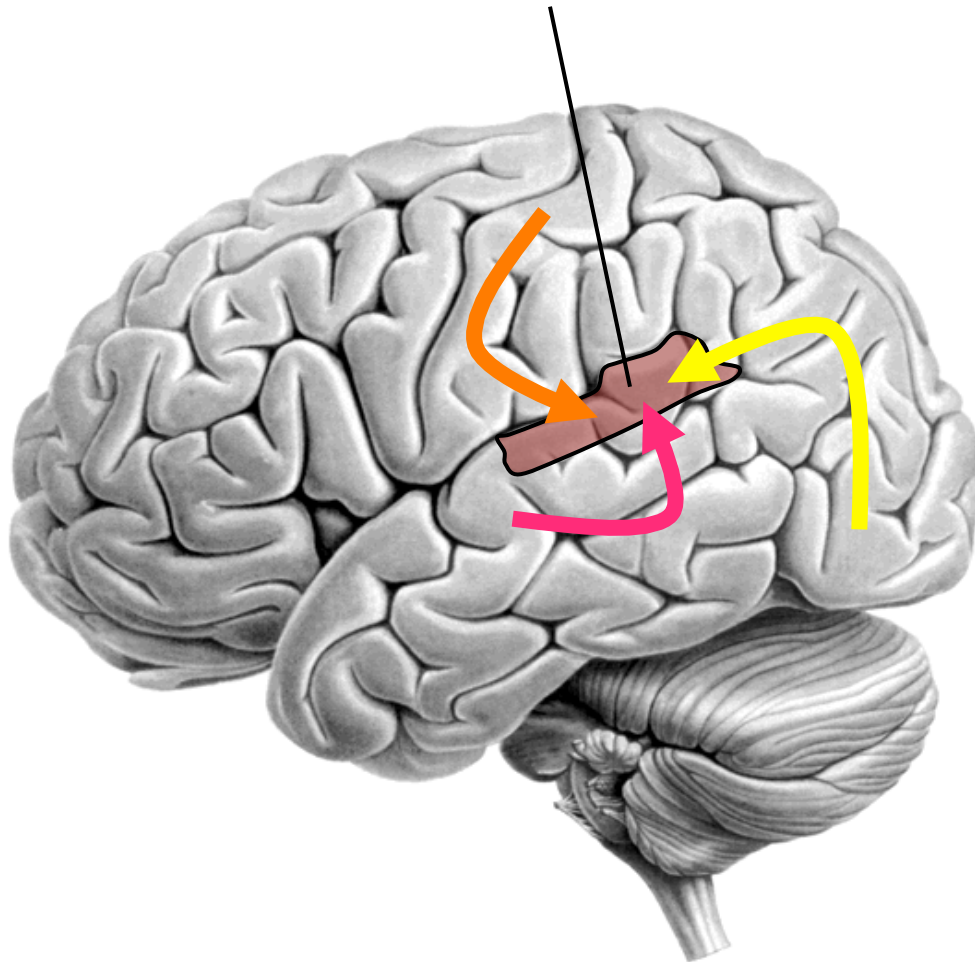
2.1.1 Le corps calleux

2.1.3 La capsule interne

2.2 Le thalamus et les ganglions de la base

LOBE TEMPORAL :

## AIRE DE WERNICKE



AIRE ASSOCIATIVE  
INTEGRATION MULTIMODALE

Latéralisé à gauche  
chez 95% des droitiers  
et 70% des gauchers

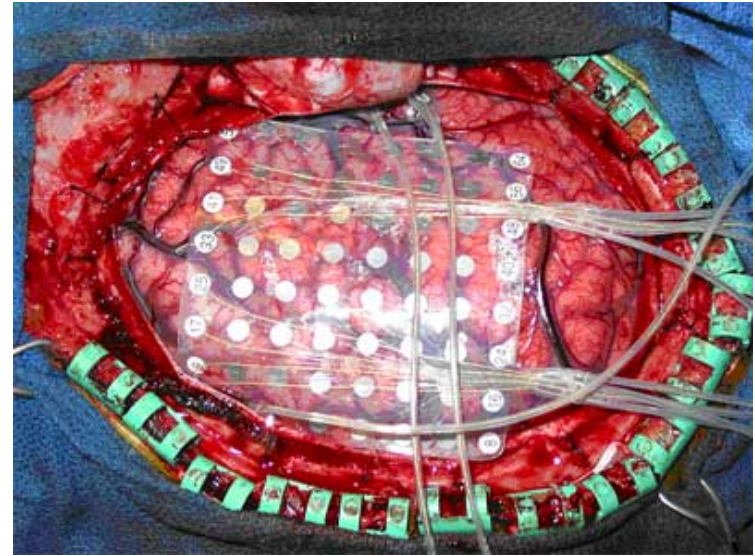
- Impliqué dans l'attention
- Très sollicitée par le langage des signes

LOBE TEMPORAL :

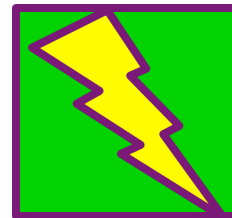
AIRE DE WERNICKE



ELECTROSTIMULATION DU LOBE TEMPORAL  
(Résection chirurgicale d'un foyer épileptique)



LESION :  
difficulté à élaborer  
une pensée cohérente,  
démence



STIMULATION :  
hallucinations  
très cohérentes et élaborées

# 1. Le cortex cérébral

1.1 Le lobe occipital : le cortex visuel

1.2 Le lobe pariétal

1.2.1 Le cortex somesthésique

1.2.2 Autres aires du lobe pariétal

1.3 Le lobe temporal

1.3.1 Les aires auditives

1.3.2 L'aire de Wernicke

1.3.3 Autres aires du lobe temporal

1.4 Le lobe frontal

1.4.1 L'aire de Broca

1.4.2 Le cortex moteur et premoteur

1.4.3 Le cortex pré-frontal

1.5 L'insula

# 2. Les structures sous-corticales

2.1 Les commissures

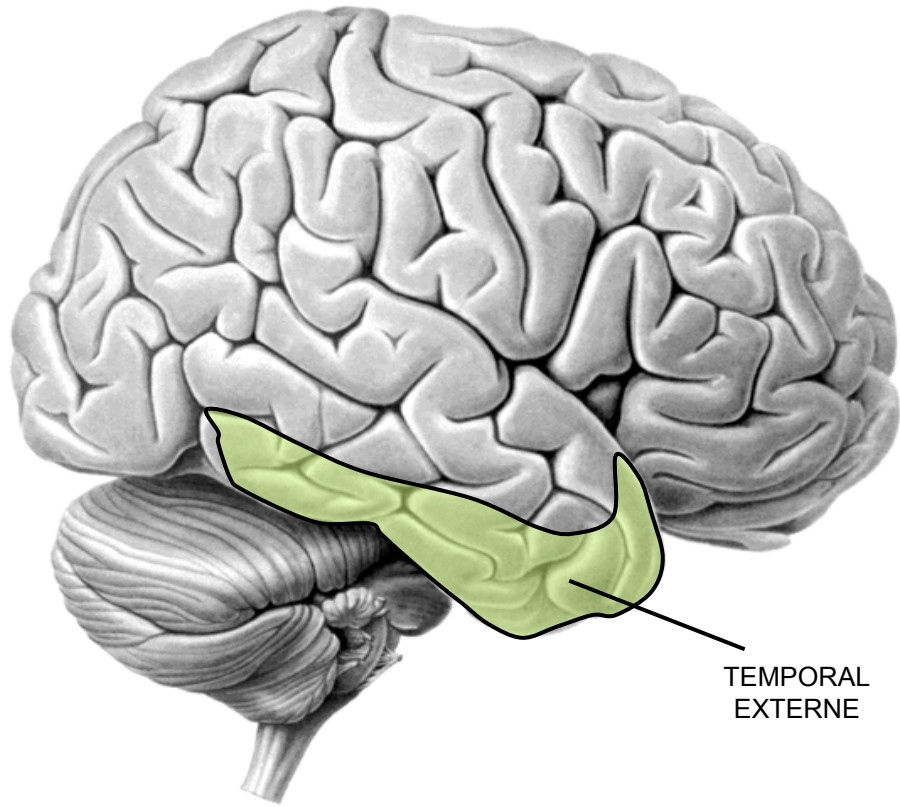
2.1.1 Le corps calleux

2.1.3 La capsule interne

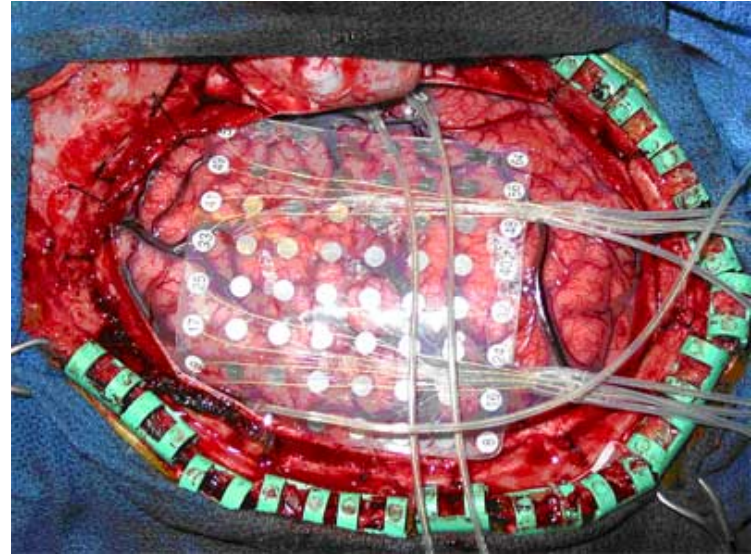
2.2 Le thalamus et les ganglions de la base



## LOBE TEMPORAL :



## ELECTROSTIMULATION DU LOBE TEMPORAL (Résection chirurgicale d'un foyer épileptique)

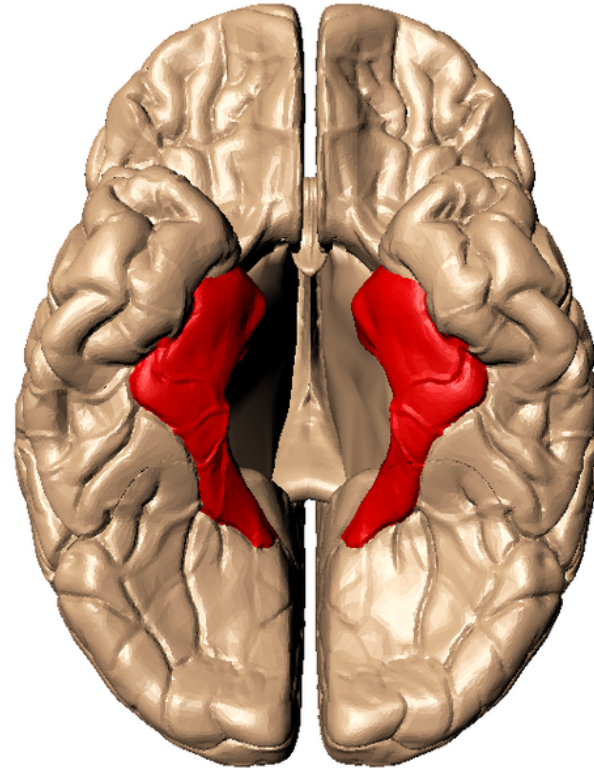
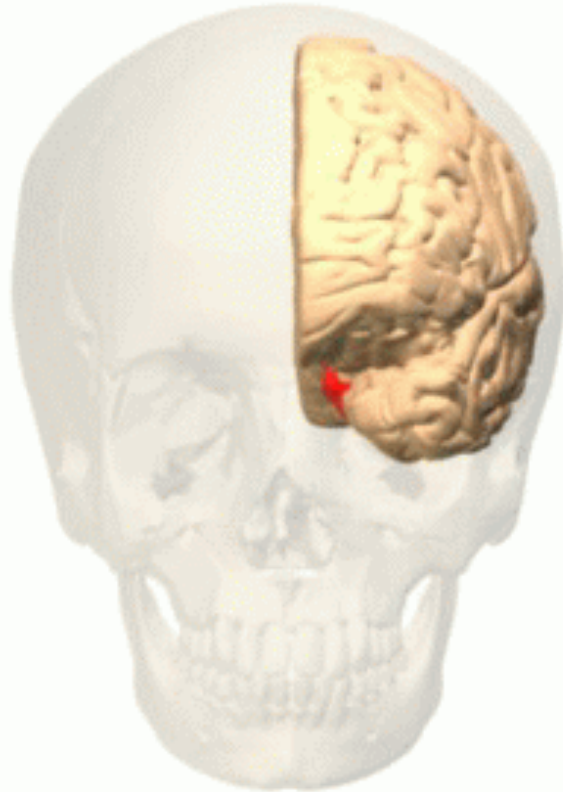


Stimulation = hallucinations surtout auditive

+ confusion entre événement vécu et événement nouveau

DANS LE LOBE TEMPORAL, LE GYRUS PARAHIPPOCAMPIQUE

INTERPRETATION ET RECONNAISSANCE D'UNE SCENE

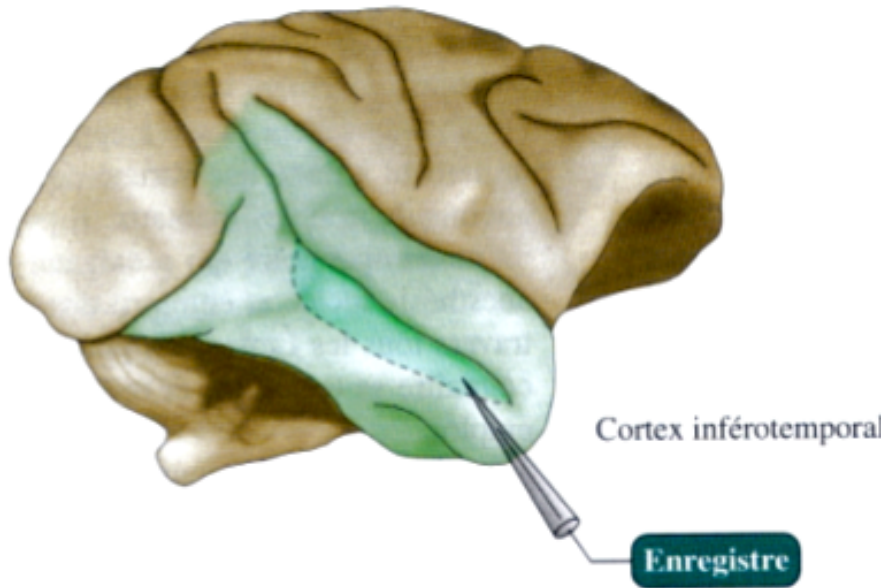
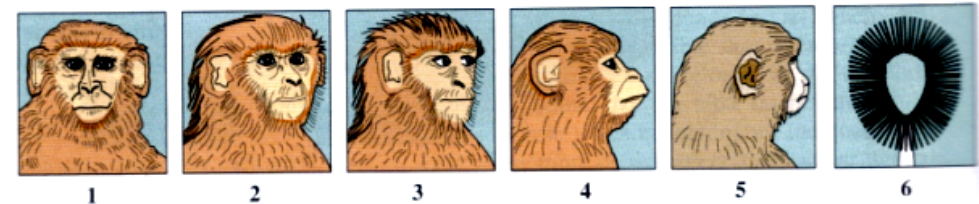
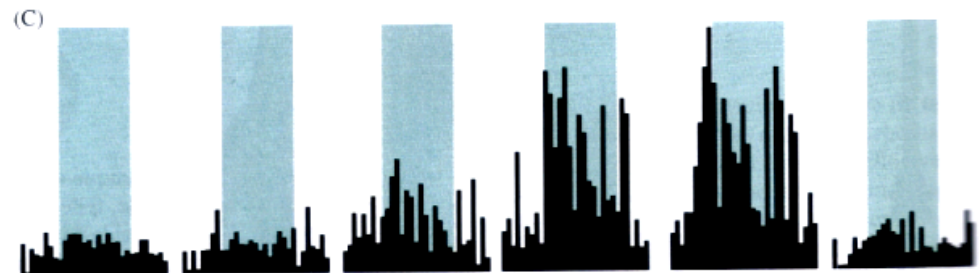
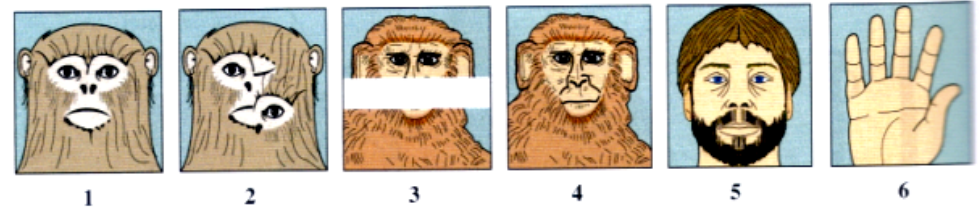
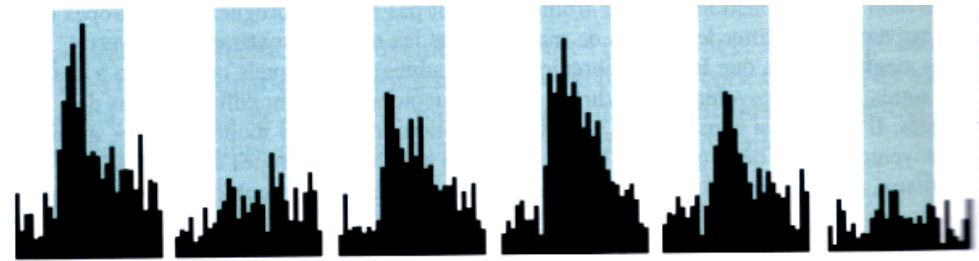




# LOBE TEMPORAL : LE GYRUS FUSIFORME



## MISE EN EVIDENCE D'UNE ACTIVATION SPECIFIQUE LORS DE LA RECONNAISSANCE D'UN VISAGE CHEZ LE MACAQUE



Prosopagnosie : incapacité à reconnaître un visage

# 1. Le cortex cérébral

1.1 Le lobe occipital : le cortex visuel

1.2 Le lobe pariétal

1.2.1 Le cortex somesthésique

1.2.2 Autres aires du lobe pariétal

1.3 Le lobe temporal

1.3.1 Les aires auditives

1.3.2 L'aire de Wernicke

1.3.3 Autres aires du lobe temporal

1.4 Le lobe frontal

1.4.1 L'aire de Broca

1.4.2 Le cortex moteur et premoteur

1.4.3 Le cortex pré-frontal

1.5 L'insula

## 2. Les structures sous-corticales

2.1 Les commissures

2.1.1 Le corps calleux

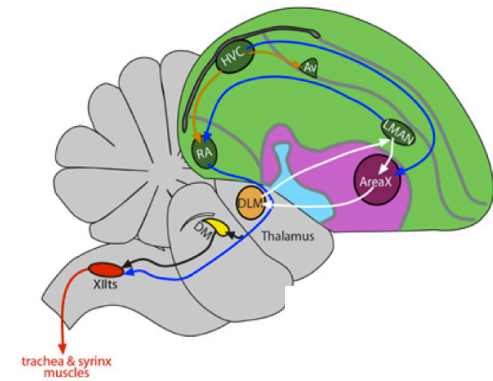
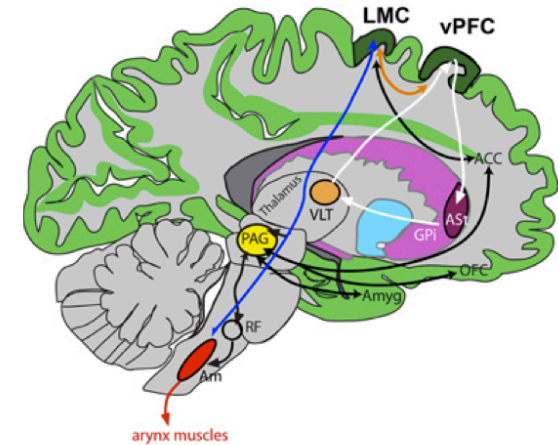
2.1.3 La capsule interne

2.2 Le thalamus et les ganglions de la base



# L'aire de Broca est impliquée dans la production du langage.

De nombreuses autres structures cérébrales contribuent à la fonction du langage. L'organisation des structures cérébrales impliquées dans la production des vocalisations des oiseaux chanteurs partage de nombreuses homologues avec le cerveau humain.



Lésion : aphasie *motrice* ou *d'expression*

Elocution lente, saccadée, grammaire et syntaxe perturbées  
mais discours général cohérent, et compréhension intacte

# 1. Le cortex cérébral

1.1 Le lobe occipital : le cortex visuel

1.2 Le lobe pariétal

1.2.1 Le cortex somesthésique

1.2.2 Autres aires du lobe pariétal

1.3 Le lobe temporal

1.3.1 Les aires auditives

1.3.2 L'aire de Wernicke

1.3.3 Autres aires du lobe temporal

1.4 Le lobe frontal

1.4.1 L'aire de Broca

1.4.2 Le cortex moteur et premoteur

1.4.3 Le cortex pré-frontal

1.5 L'insula

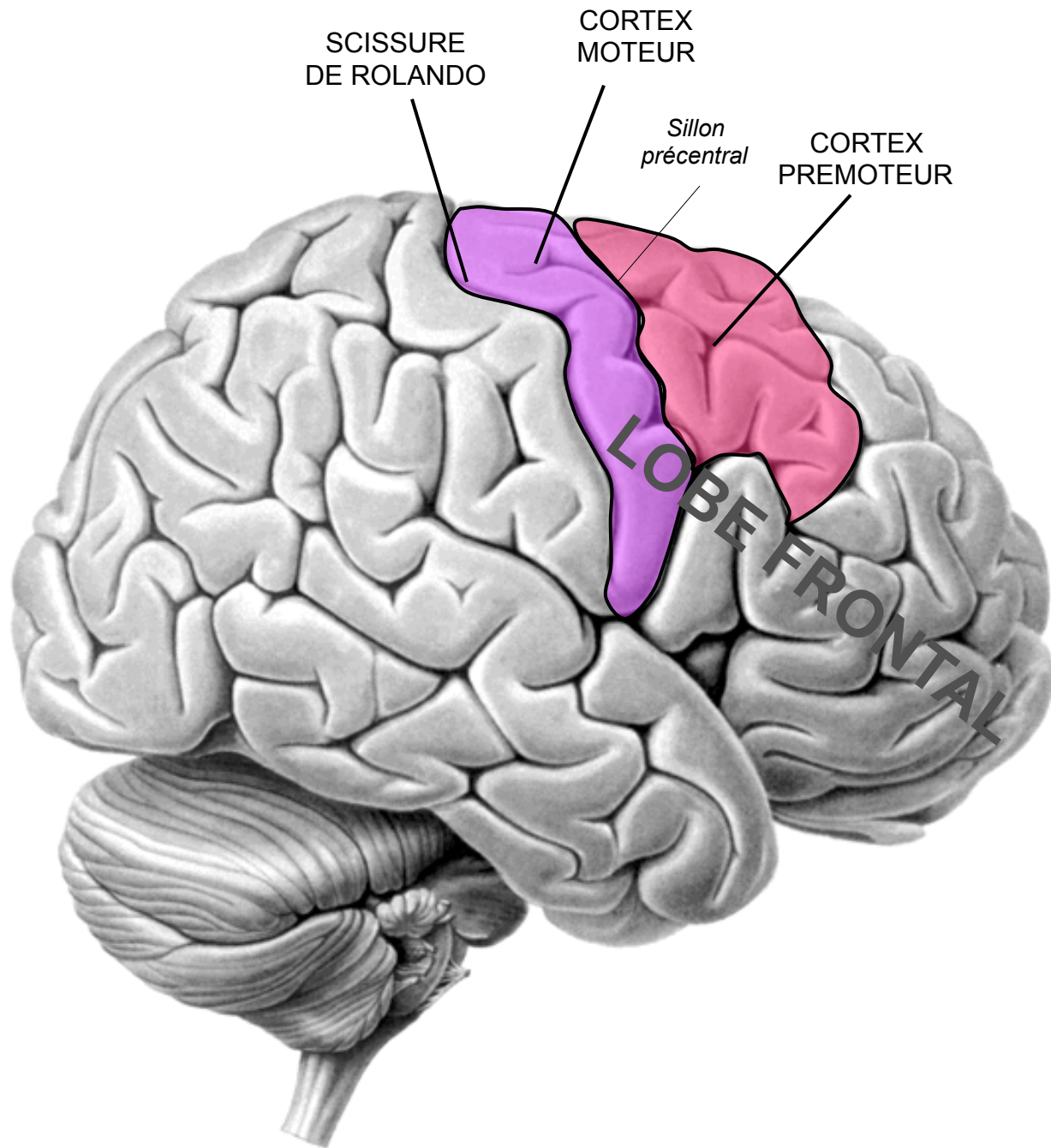
## 2. Les structures sous-corticales

2.1 Les commissures

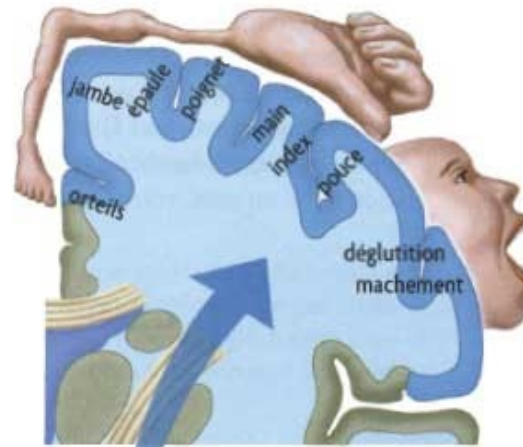
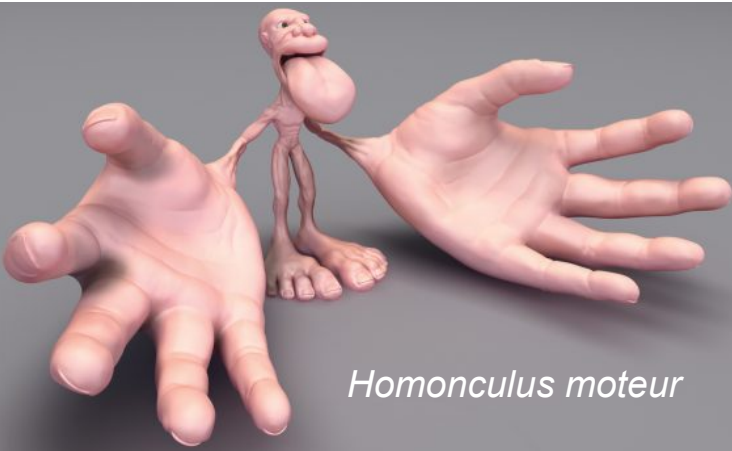
2.1.1 Le corps calleux

2.1.3 La capsule interne

2.2 Le thalamus et les ganglions de la base



# ORGANISATION FONCTIONNELLE DU CORTEX MOTEUR PRIMAIRE



A. Cortex moteur primaire

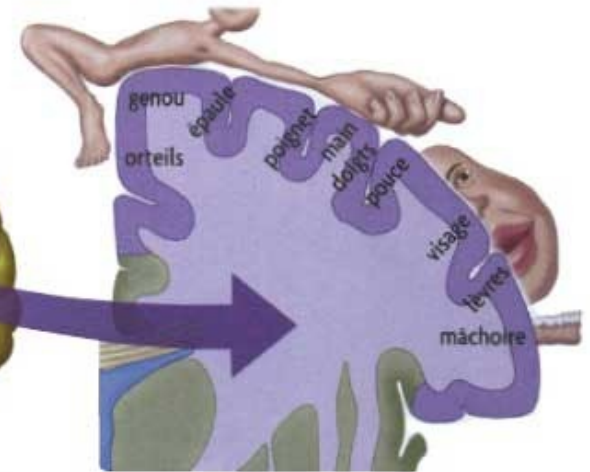
Cartographie des mouvements

Cortex moteur primaire

Cortex somatosensoriel primaire

Cortex auditif primaire et aires auditives associées

Cortex visuel primaire (enfoui au plus profond à l'arrière du cerveau)



B. Cortex somatosensoriel primaire

## SOMATOTOPIE DU CORTEX MOTEUR.

PLUS LES ENSEMBLES MUSCULAIRES EXCECUTENT DES GESTES PRECIS PLUS L'AIRE CORTICAL DE COMMANDE DES CES GESTES EST GRANDE



# 1. Le cortex cérébral

1.1 Le lobe occipital : le cortex visuel

1.2 Le lobe pariétal

1.2.1 Le cortex somesthésique

1.2.2 Autres aires du lobe pariétal

1.3 Le lobe temporal

1.3.1 Les aires auditives

1.3.2 L'aire de Wernicke

1.3.3 Autres aires du lobe temporal

1.4 Le lobe frontal

1.4.1 L'aire de Broca

1.4.2 Le cortex moteur et premoteur

1.4.3 Le cortex pré-frontal

1.5 L'insula

# 2. Les structures sous-corticales

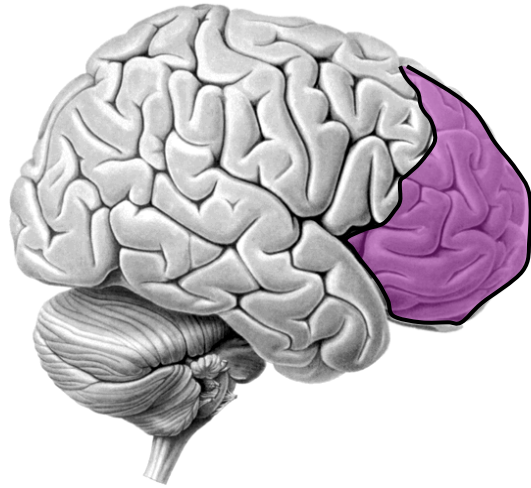
2.1 Les commissures

2.1.1 Le corps calleux

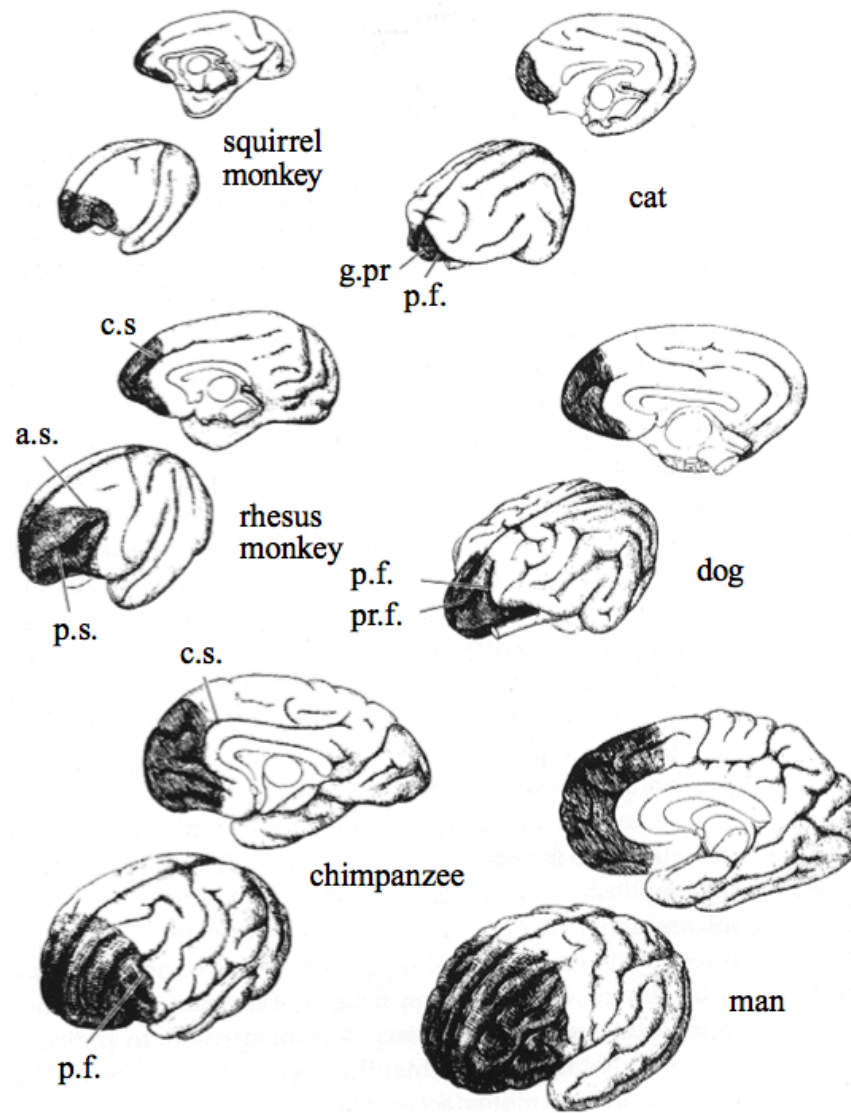
2.1.3 La capsule interne

2.2 Le thalamus et les ganglions de la base

# CORTEX PREFRONTAL



- 30% du volume du cortex
- proportionnellement plus volumineux chez l'homme



- Inhiber ses comportements stéréotypiques
- Ajuster son comportement en fonction du contexte
- Planifier la conséquence des ses actes

# 1. Le cortex cérébral

1.1 Le lobe occipital : le cortex visuel

1.2 Le lobe pariétal

1.2.1 Le cortex somesthésique

1.2.2 Autres aires du lobe pariétal

1.3 Le lobe temporal

1.3.1 Les aires auditives

1.3.2 L'aire de Wernicke

1.3.3 Autres aires du lobe temporal

1.4 Le lobe frontal

1.4.1 L'aire de Broca

1.4.2 Le cortex moteur et premoteur

1.4.3 Le cortex pré-frontal

1.5 L'insula

## 2. Les structures sous-corticales

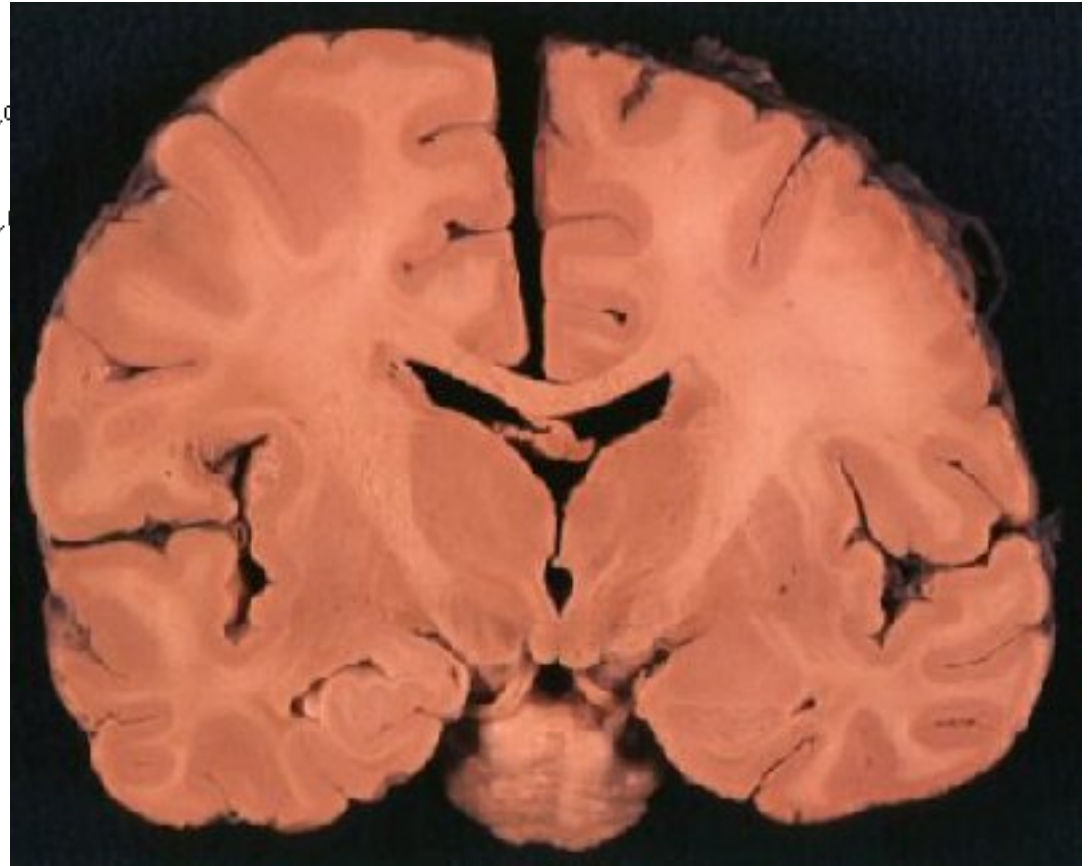
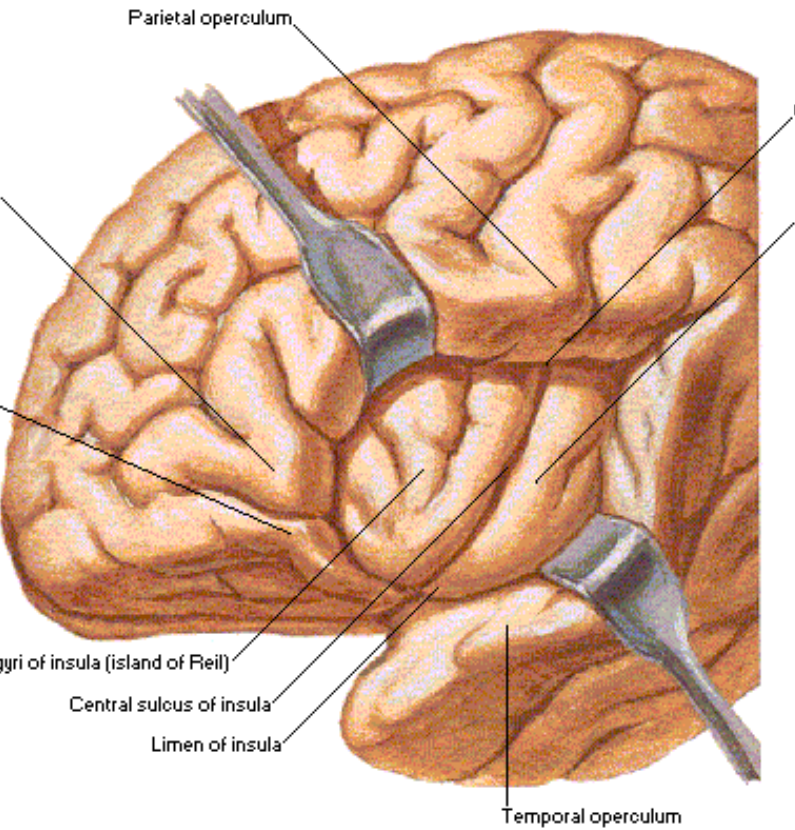
2.1 Les commissures

2.1.1 Le corps calleux

2.1.3 La capsule interne

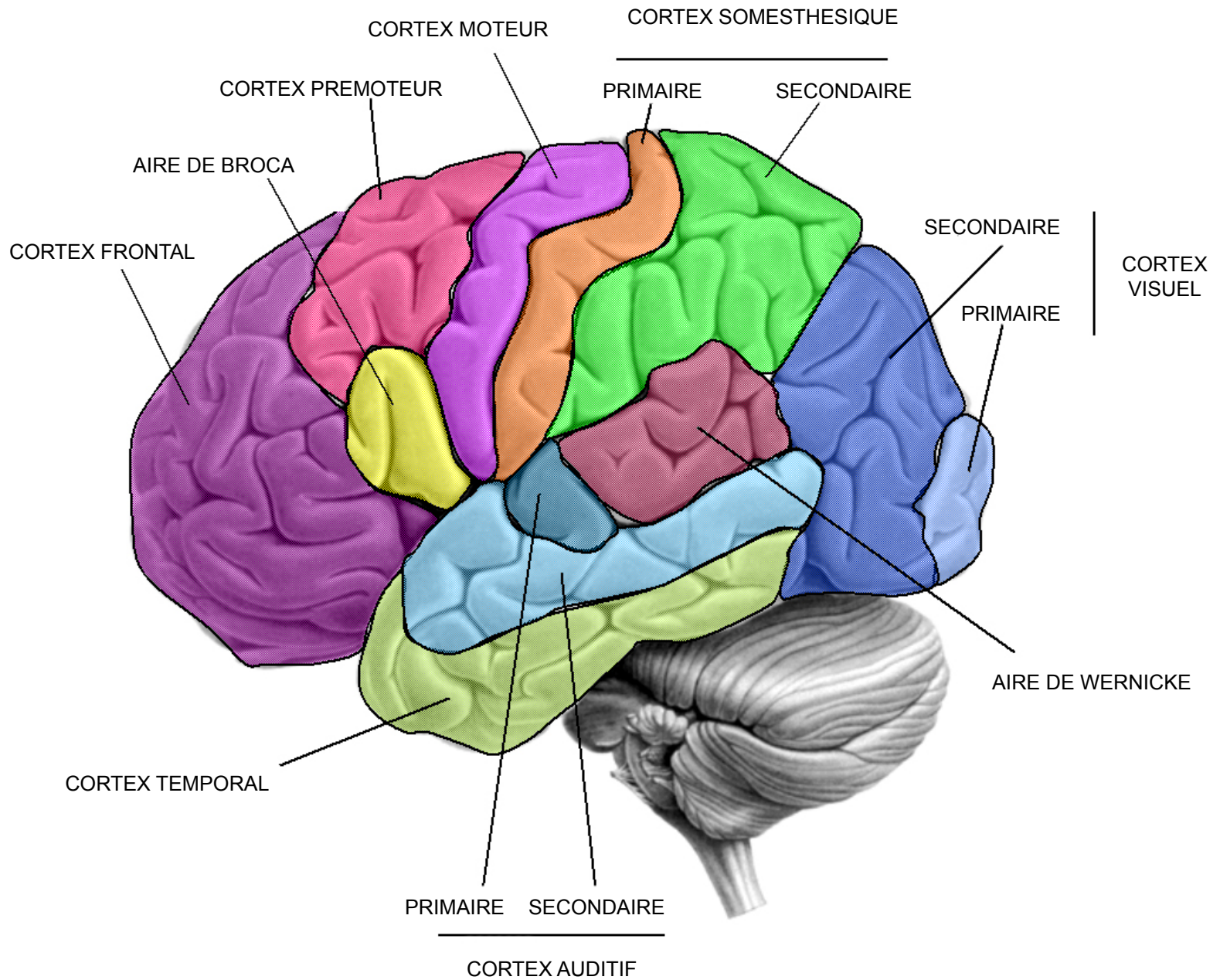
2.2 Le thalamus et les ganglions de la base

+ 1 cinquième lobe (interne) : l'insula





# HEMISPHERE GAUCHE



## ***Conclusion sur le cortex cérébral (=néocortex) :***

1. Le cortex représente une fine couche de substance grise (3mm) repliée à la surface du cerveau.
2. De nombreuses aires corticales sont spécialisées sur des fonctions sensorielles, motrices ou cognitives.

***...but, localization is not explanation...***

3. Malgré cette diversité du type d'information traitée, l'organisation cellulaire est très comparable, et très conservée chez tous les mammifères.

# 1. Le cortex cérébral

1.1 Le lobe occipital : le cortex visuel

1.2 Le lobe pariétal

1.2.1 Le cortex somesthésique

1.2.2 Autres aires du lobe pariétal

1.3 Le lobe temporal

1.3.1 Les aires auditives

1.3.2 L'aire de Wernicke

1.3.3 Autres aires du lobe temporal

1.4 Le lobe frontal

1.4.1 L'aire de Broca

1.4.2 Le cortex moteur et premoteur

1.4.3 Le cortex pré-frontal

1.5 L'insula

## 2. Les structures sous-corticales

2.1 Les commissures

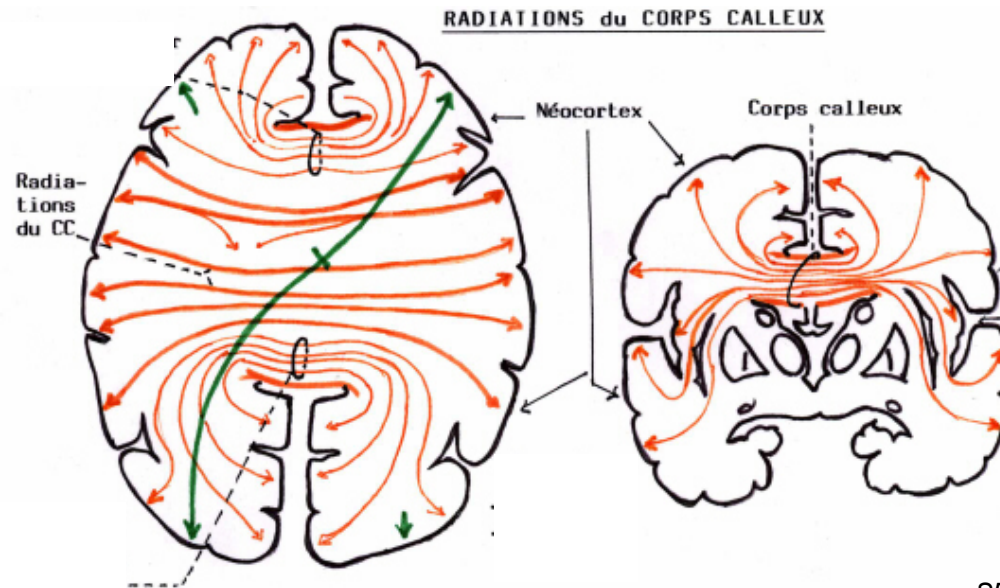
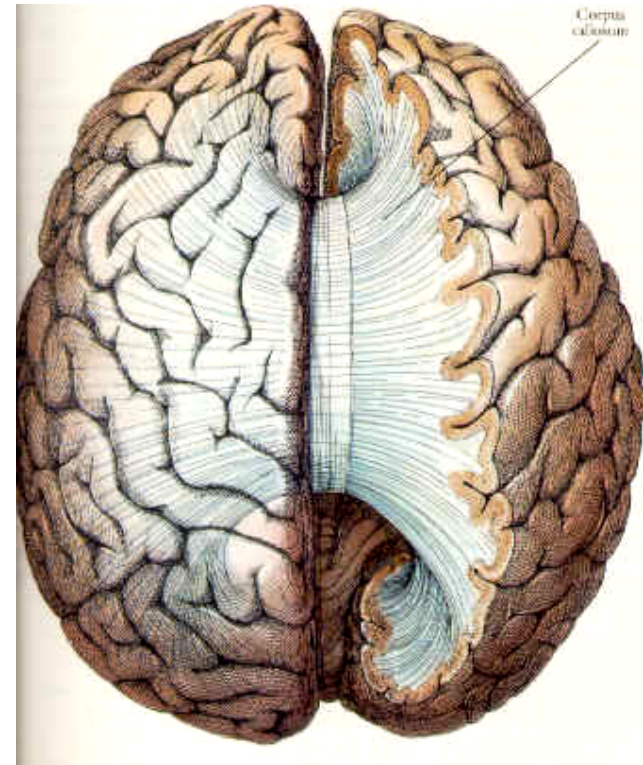
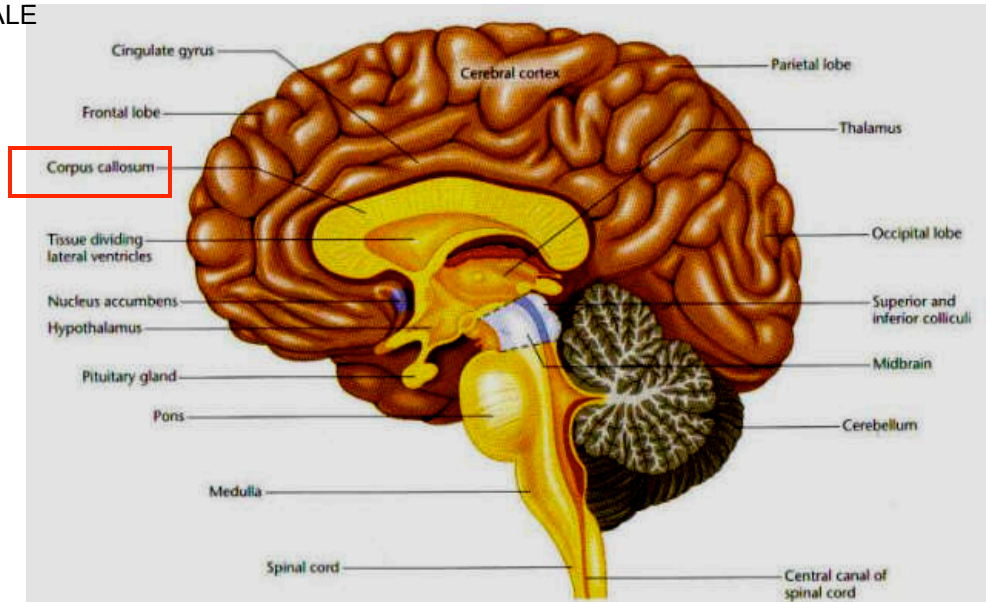
2.1.1 Le corps calleux

2.1.3 La capsule interne

2.2 Le thalamus et les ganglions de la base

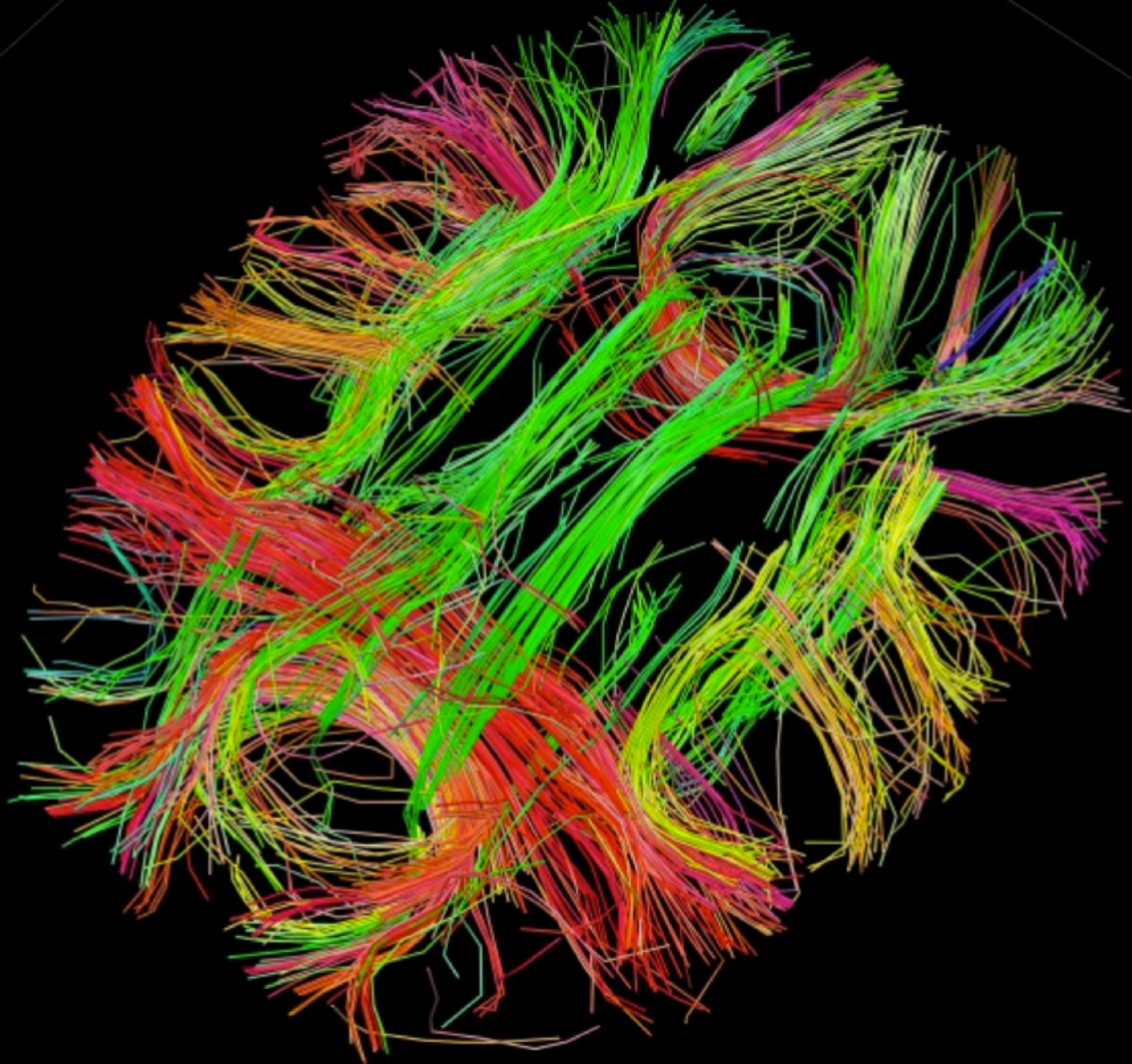
LES COMMISSURES SONT DES FAISCEAUX DE SUBSTANCE BLANCHE RELIANT LES DEUX HEMISPHERES (= INTERHEMISPHERIQUE)

1. LE CORPS CALLEUX : L'AUTOROUTE INTERCORTICALE
2. La commissure antérieure
3. La commissure postérieure



SPLIT BRAIN





# 1. Le cortex cérébral

1.1 Le lobe occipital : le cortex visuel

1.2 Le lobe pariétal

1.2.1 Le cortex somesthésique

1.2.2 Autres aires du lobe pariétal

1.3 Le lobe temporal

1.3.1 Les aires auditives

1.3.2 L'aire de Wernicke

1.3.3 Autres aires du lobe temporal

1.4 Le lobe frontal

1.4.1 L'aire de Broca

1.4.2 Le cortex moteur et premoteur

1.4.3 Le cortex pré-frontal

1.5 L'insula

# 2. Les structures sous-corticales

2.1 Les commissures

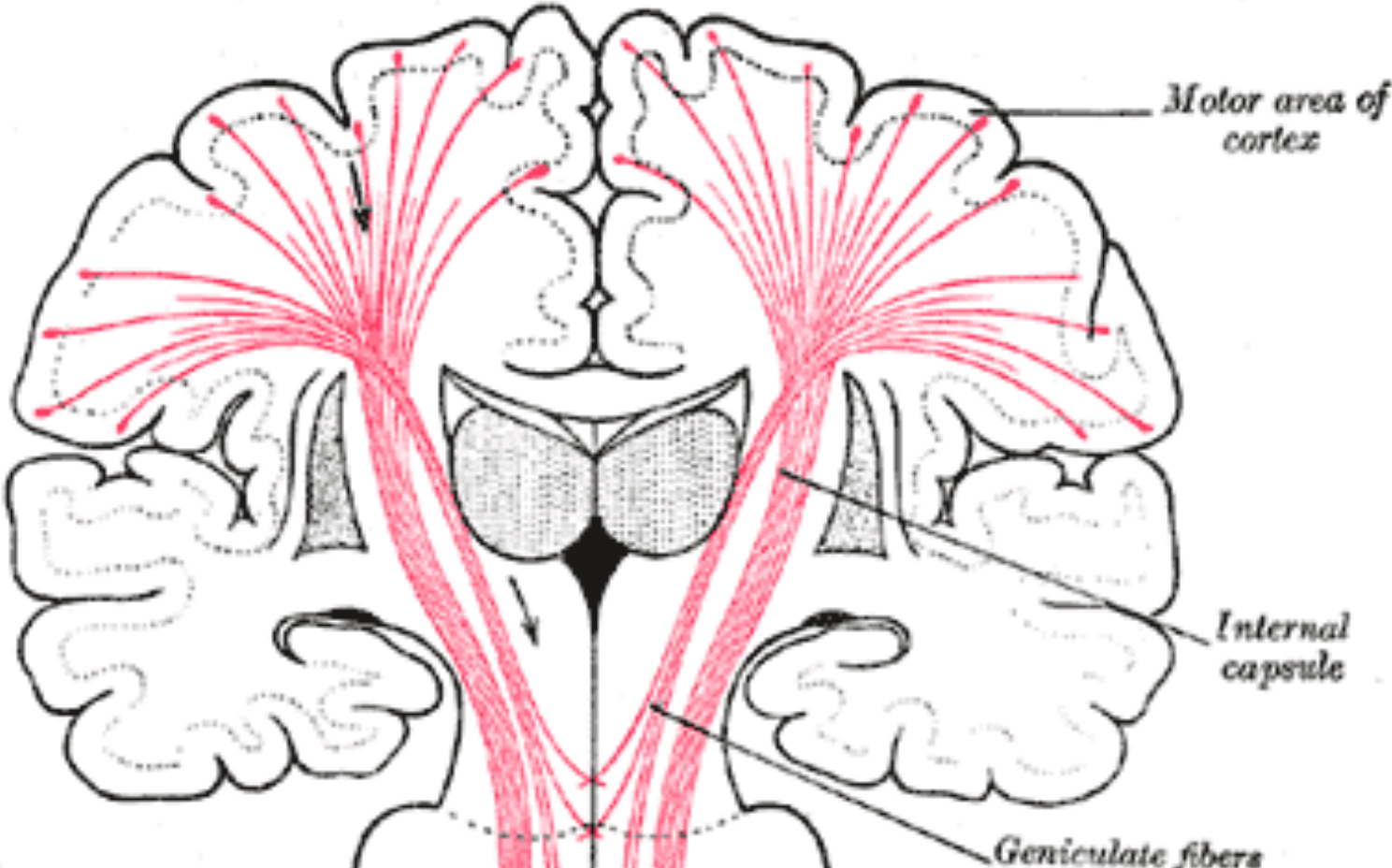
2.1.1 Le corps calleux

2.1.3 La capsule interne

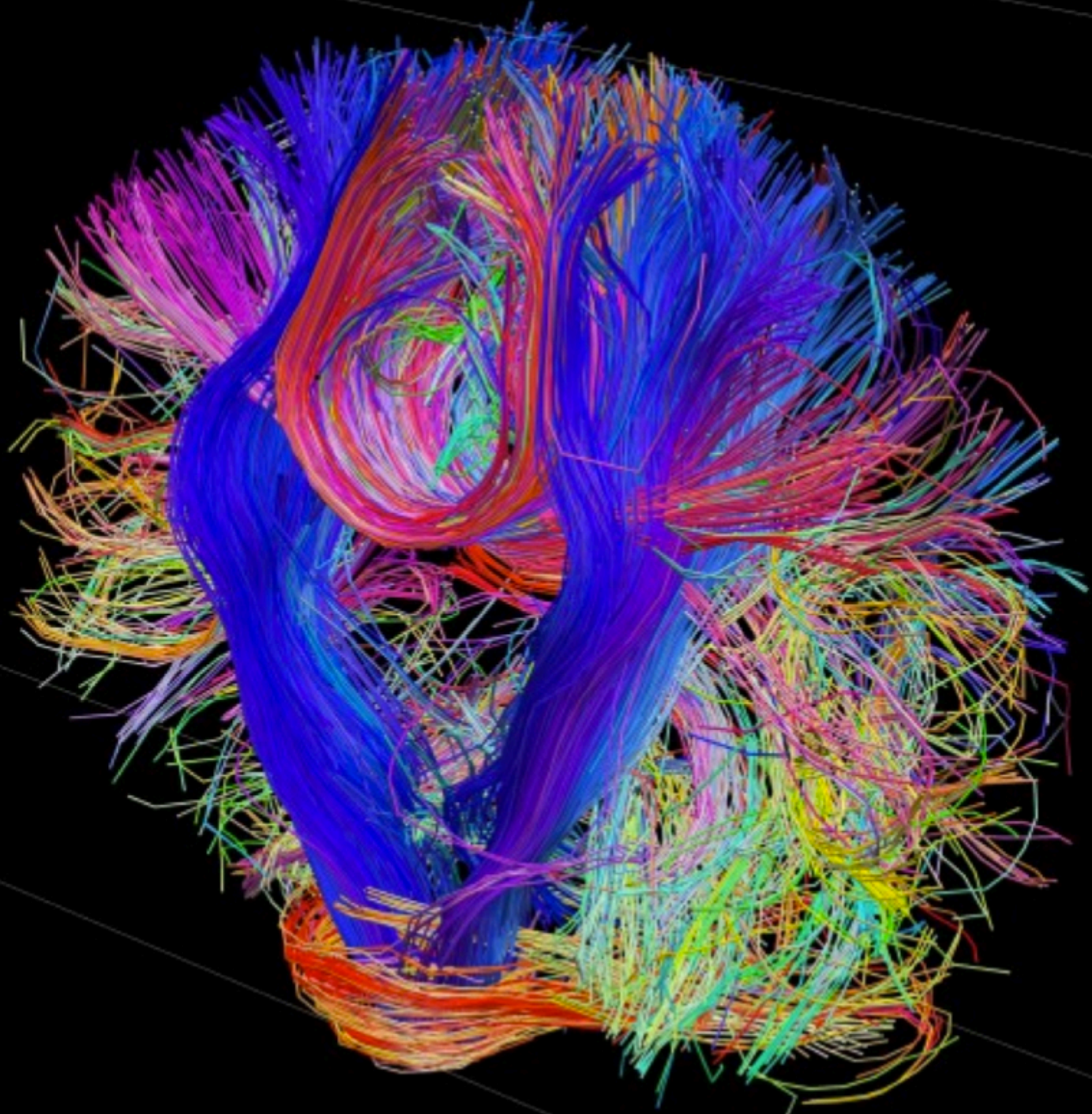
2.2 Le thalamus et les ganglions de la base

# 3. Le tronc cérébral et le cervelet

LA CAPSULE INTERNE : L'AUTOROUTE ENTRE LE CORTEX ET LA MOELLE EPINIERE

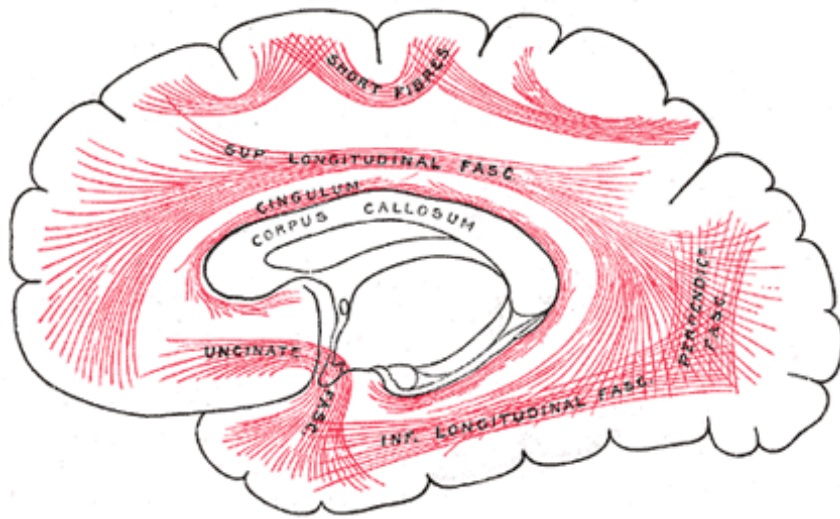




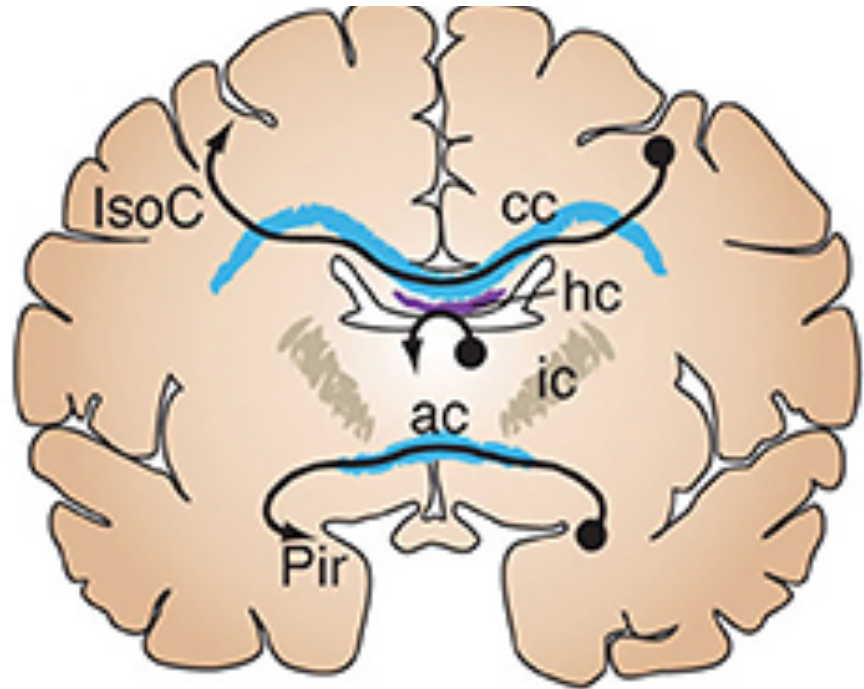




commissures intra-hémisphériques



Evolution des commissures interhémisphériques



**Human adult**

- Commissure antérieure (cc)
- Commissure hippocampique (hc)  
= partie du fornix

# 1. Le cortex cérébral

1.1 Le lobe occipital : le cortex visuel

1.2 Le lobe pariétal

1.2.1 Le cortex somesthésique

1.2.2 Autres aires du lobe pariétal

1.3 Le lobe temporal

1.3.1 Les aires auditives

1.3.2 L'aire de Wernicke

1.3.3 Autres aires du lobe temporal

1.4 Le lobe frontal

1.4.1 L'aire de Broca

1.4.2 Le cortex moteur et premoteur

1.4.3 Le cortex pré-frontal

1.5 L'insula

## 2. Les structures sous-corticales

2.1 Les commissures

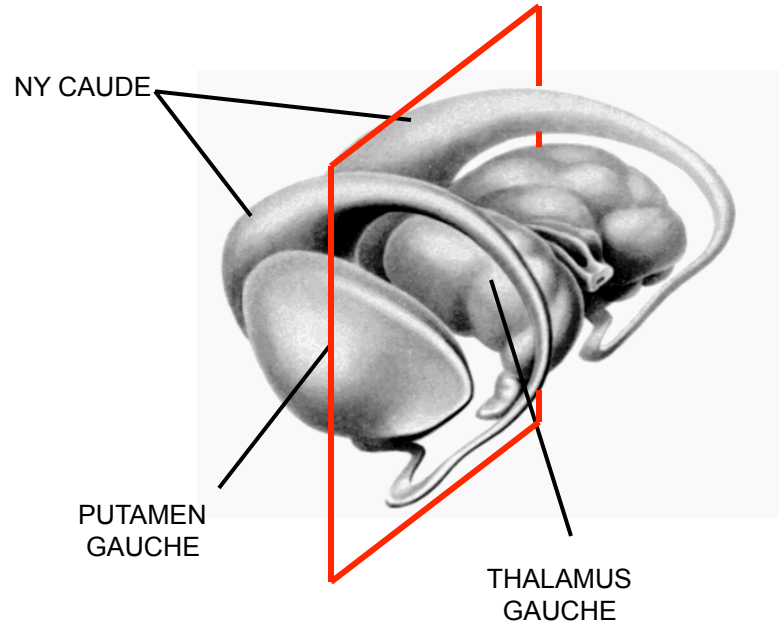
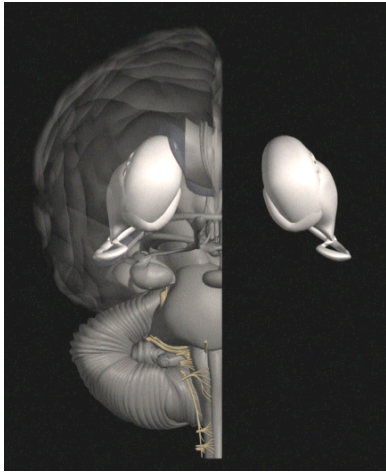
2.1.1 Le corps calleux

2.1.3 La capsule interne

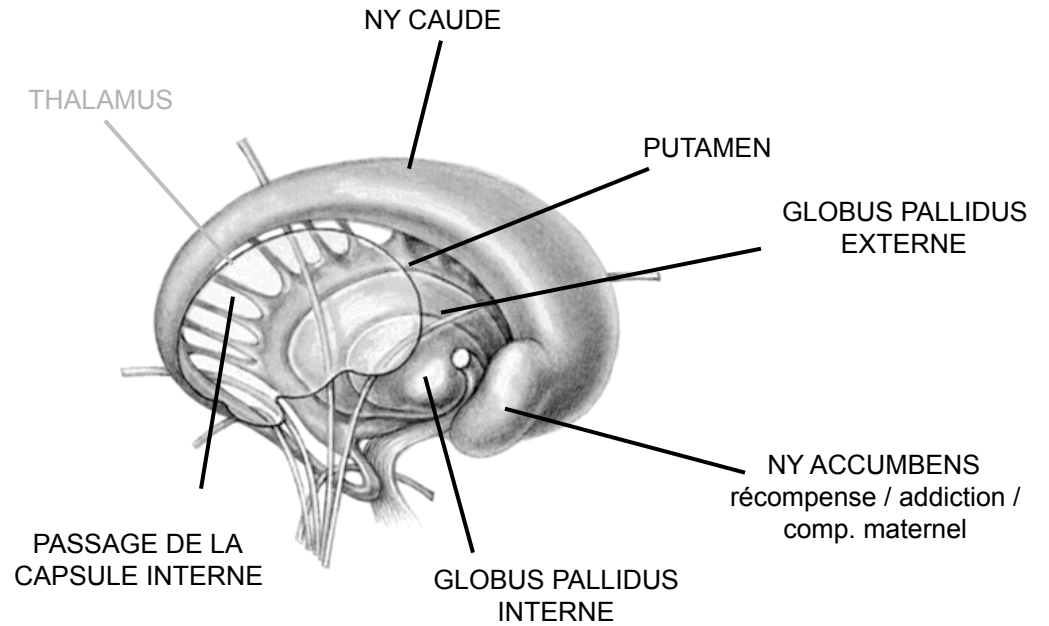
2.2 Le thalamus et les ganglions de la base

## 3. Le tronc cérébral et le cervelet

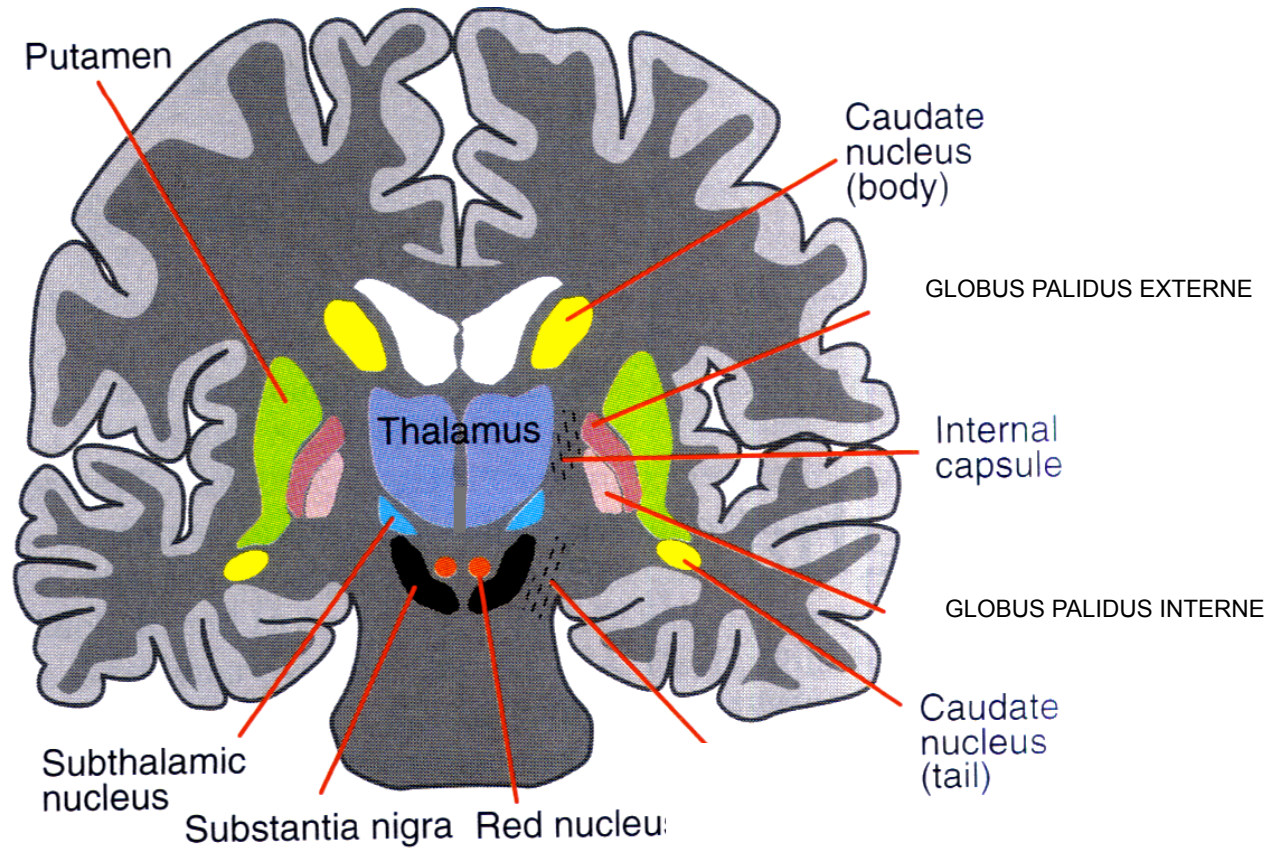
# LES GANGLIONS DE LA BASE



N. CAUDE  
+  
PUTAMEN  
+  
N. ACCUMBENS  
= STRIATUM



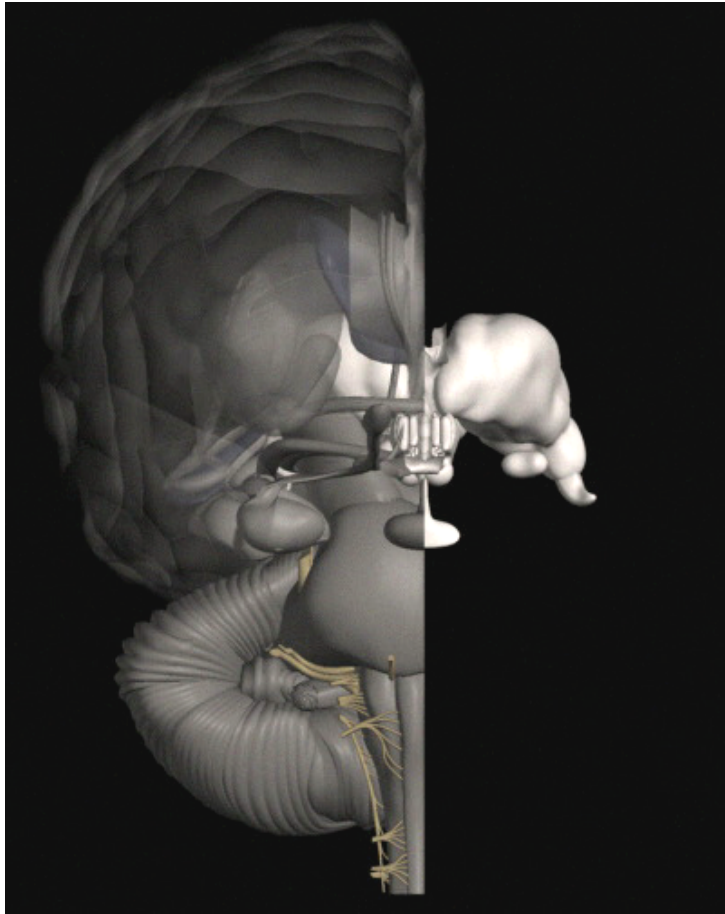
# LES GANGLIONS DE LA BASE



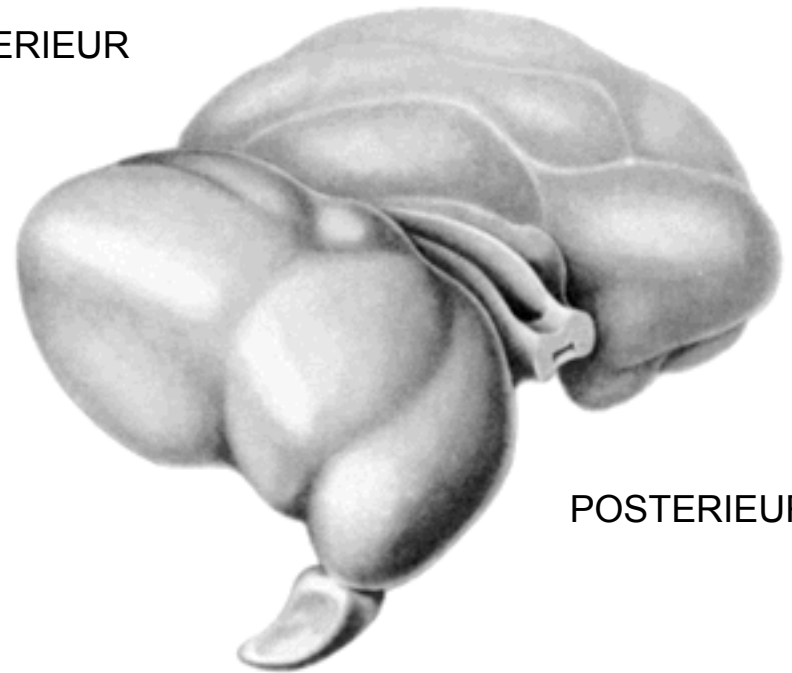


# LE THALAMUS :

STATION DE RELAI DE TOUTES LES AFFERENCES SENSORIELLES



ANTERIEUR



POSTERIEUR

# 1. Le cortex cérébral

1.1 Le lobe occipital : le cortex visuel

1.2 Le lobe pariétal

1.2.1 Le cortex somesthésique

1.2.2 Autres aires du lobe pariétal

1.3 Le lobe temporal

1.3.1 Les aires auditives

1.3.2 L'aire de Wernicke

1.3.3 Autres aires du lobe temporal

1.4 Le lobe frontal

1.4.1 L'aire de Broca

1.4.2 Le cortex moteur et premoteur

1.4.3 Le cortex pré-frontal

1.5 L'insula

# 2. Les structures sous-corticales

2.1 Les commissures

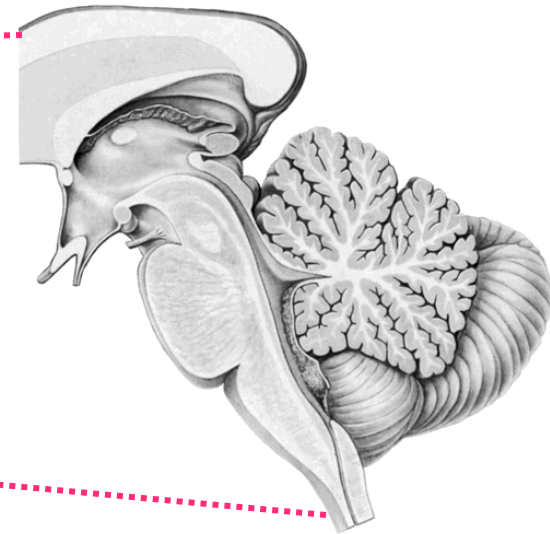
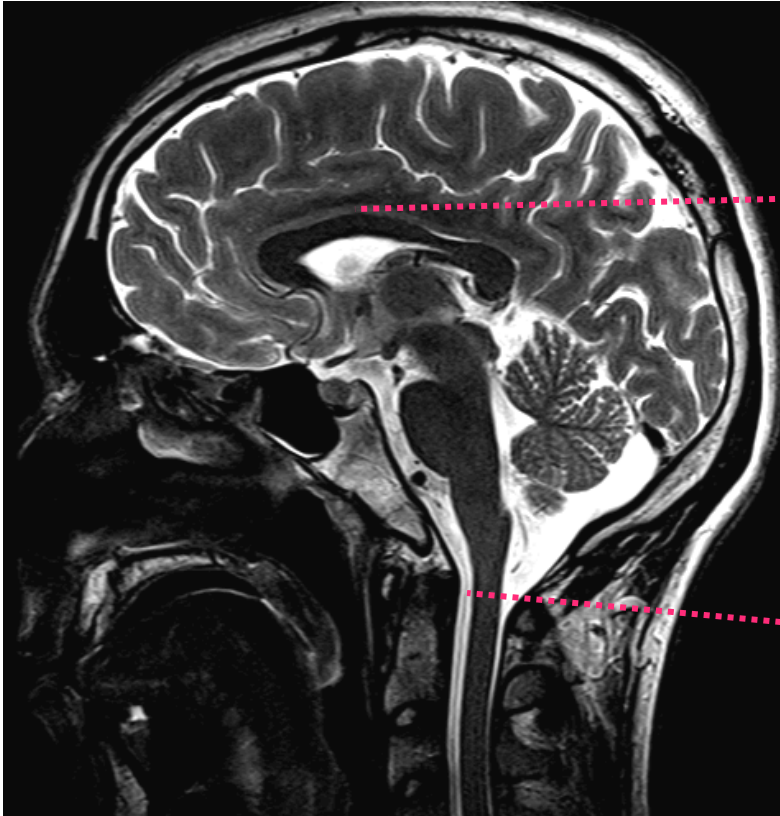
2.1.1 Le corps calleux

2.1.3 La capsule interne

2.2 Le thalamus et les ganglions de la base

# 3. Le tronc cérébral et le cervelet

# LE TRONC CEREBRAL

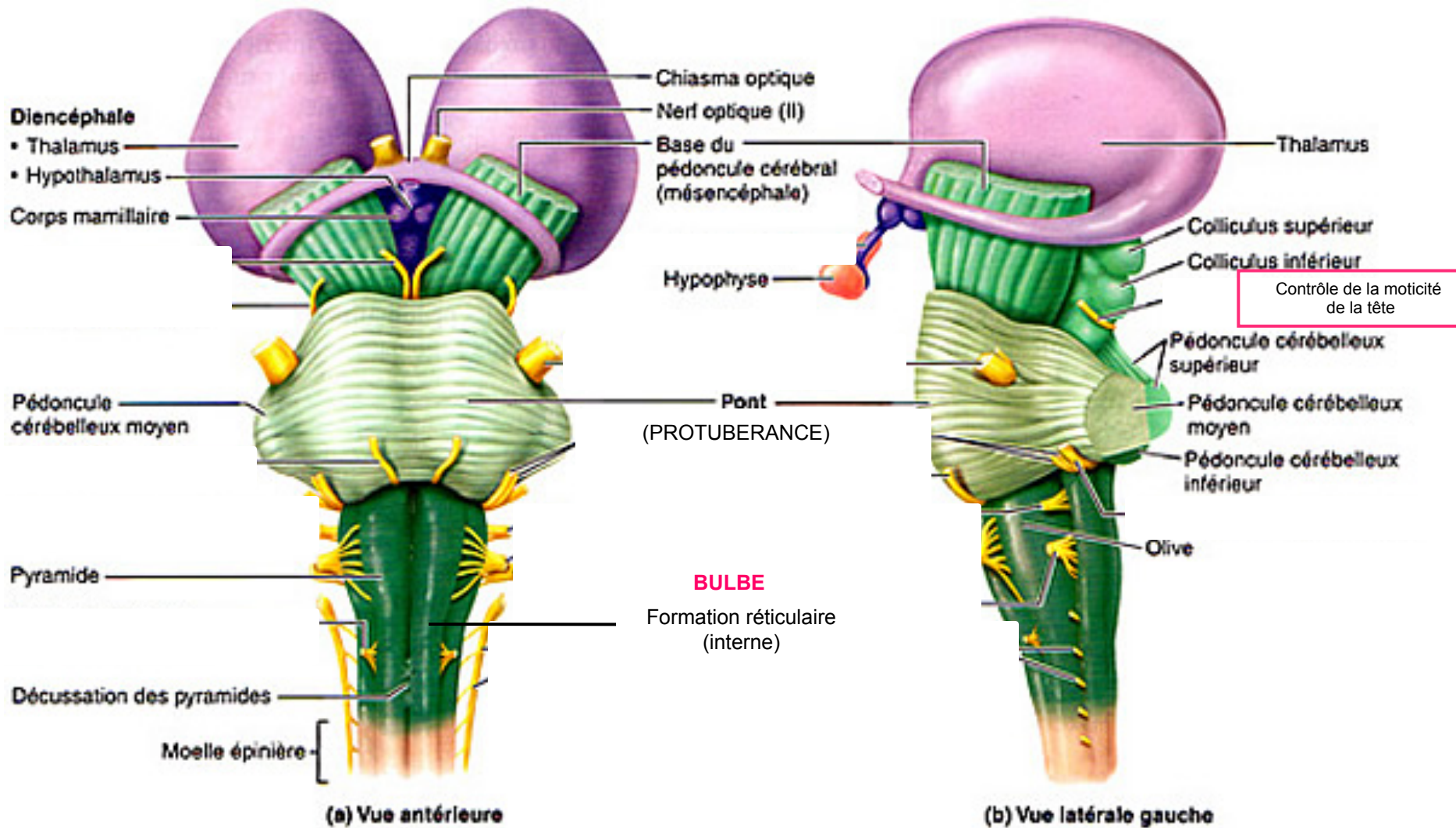


COUPE SAGITALE

# TRONC CEREBRAL

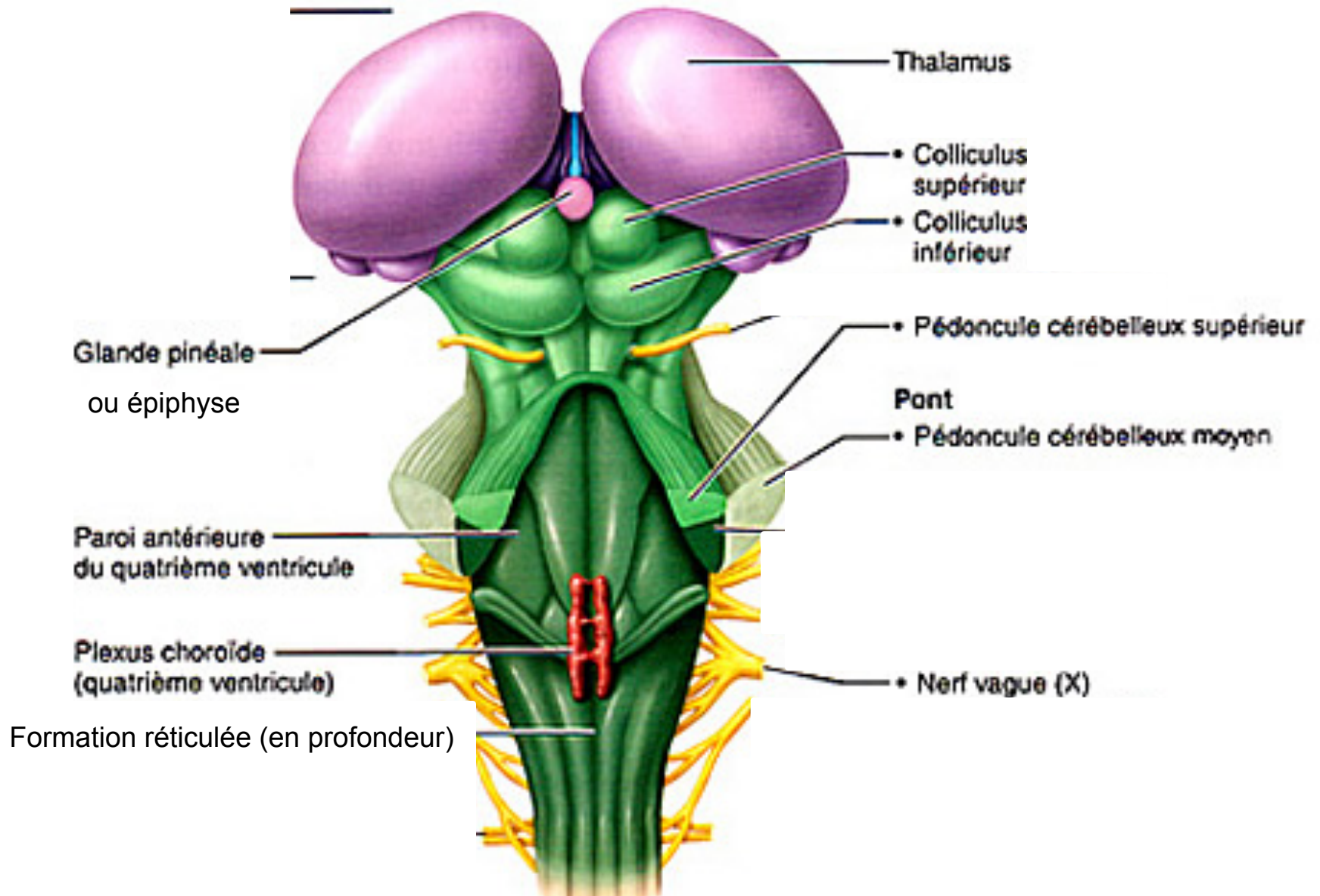
VUE ANTERIEURE

VUE LATERALE GAUCHE

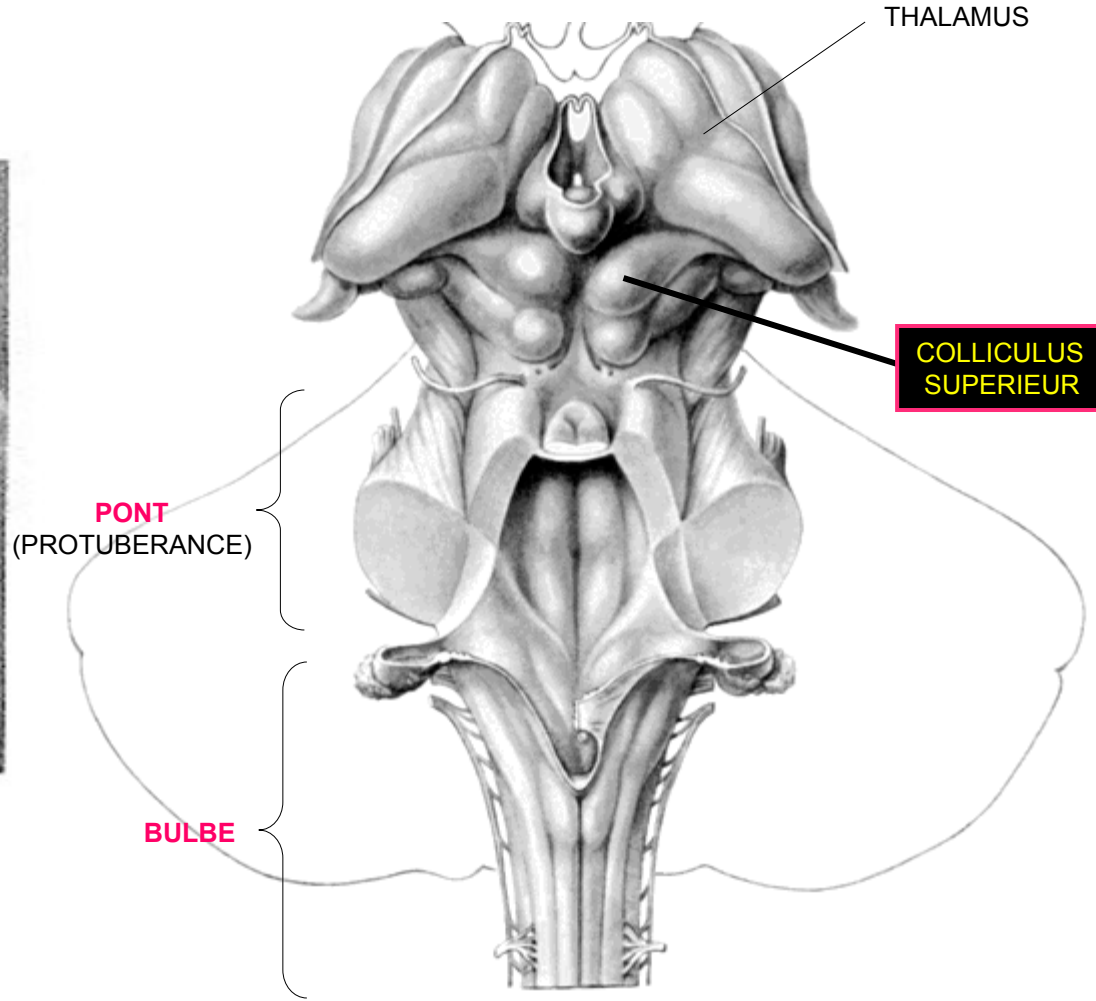
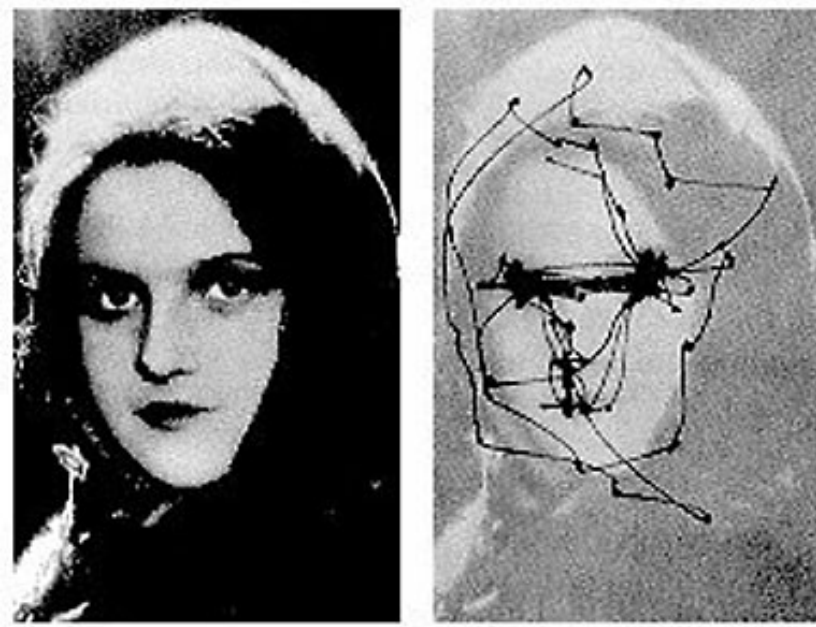




# VUE POSTERIEURE DU TRONC CEREBRAL

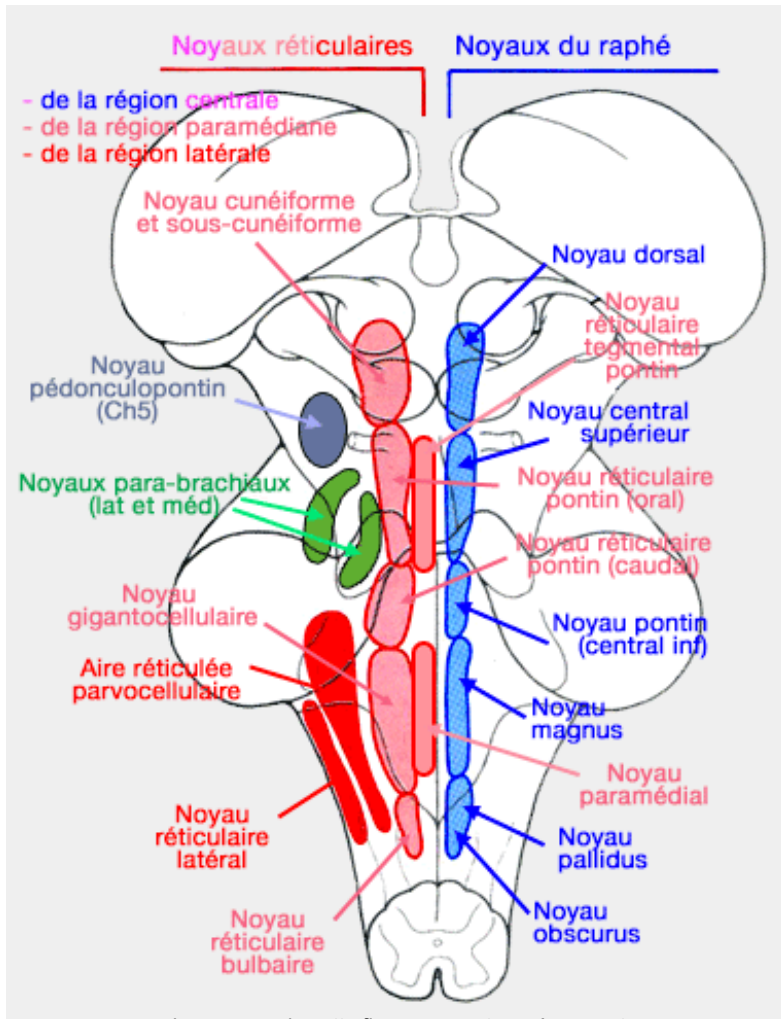


# Mouvements oculaires automatiques contrôlés par le *Colliculus supérieur*

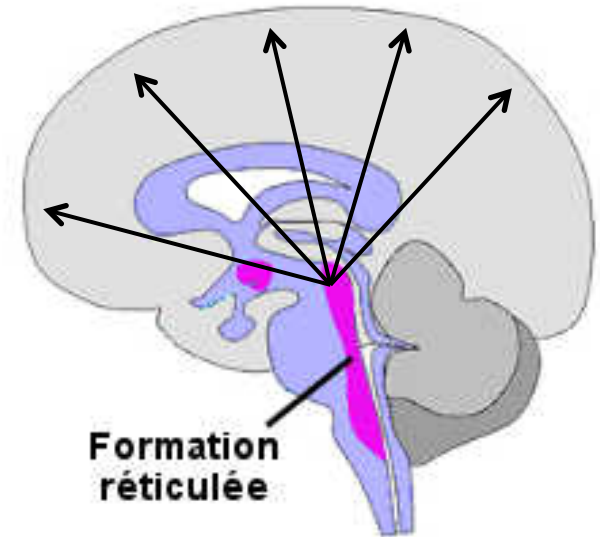


# Focus sur... *la formation réticulée*

## La région de l'éveil



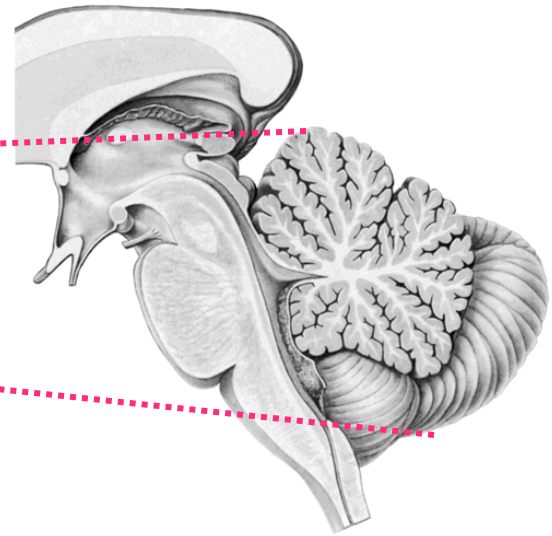
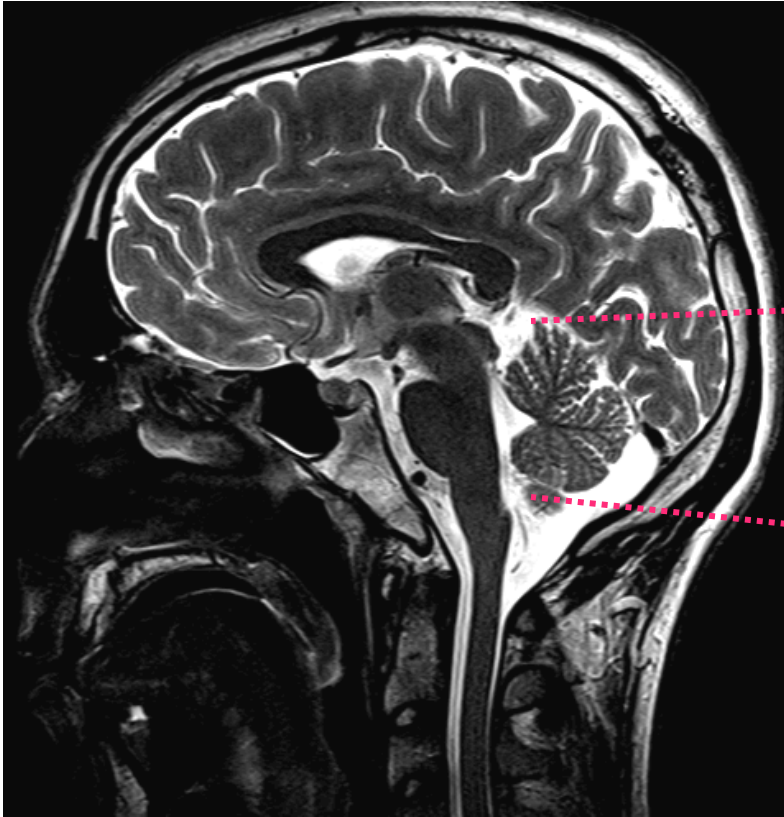
les noyaux de cette figure ne sont pas à connaître



Réseau de noyaux qui pilotent les cycles veille / sommeil et régulent notre niveau d'éveil.

L'éveil (au sens cortical) est une condition nécessaire (mais pas suffisante) à l'état de conscience.

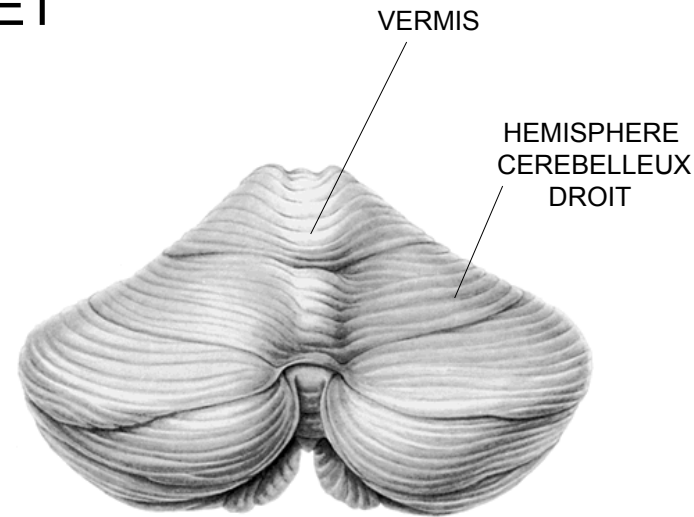
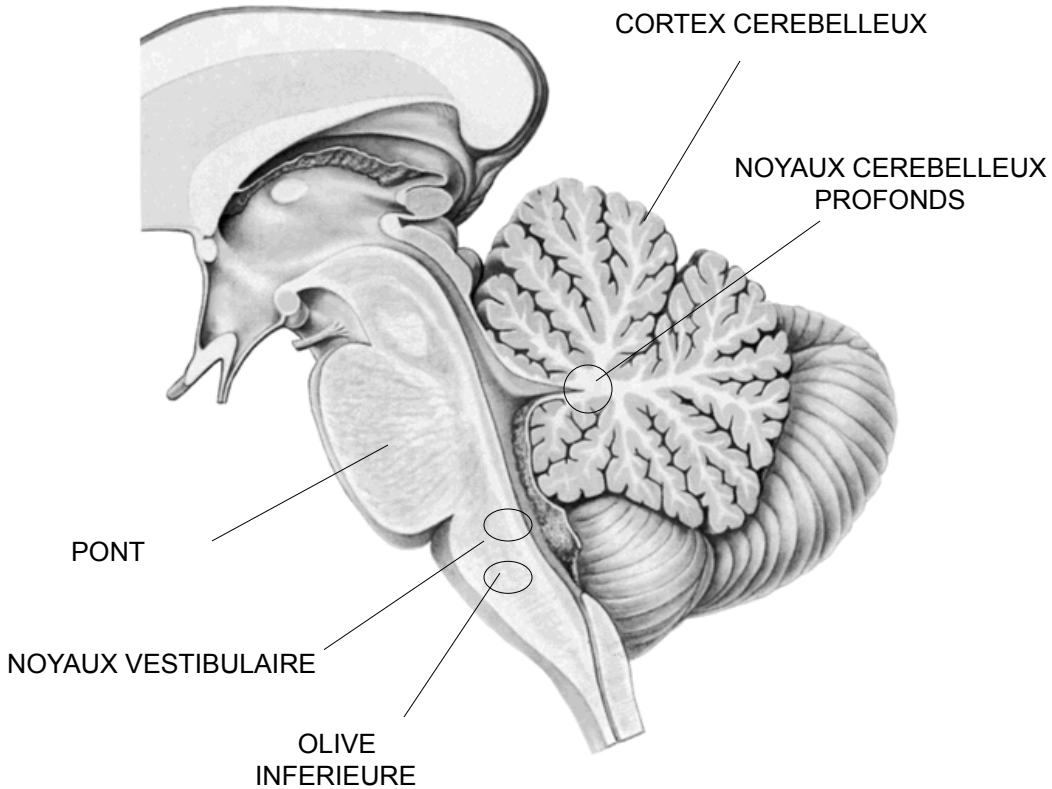
La conscience est la capacité à nous rapporter subjectivement nos propres états mentaux (*j'entends, je vois, je me souviens, je pense, je désire...*).



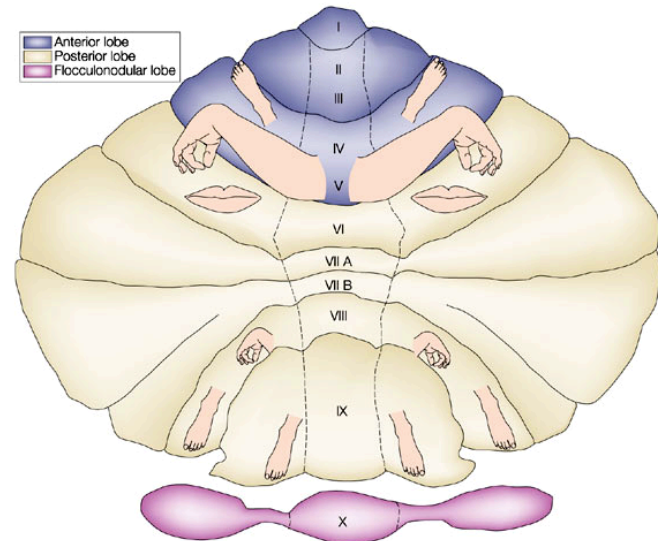
COUPE SAGITALE

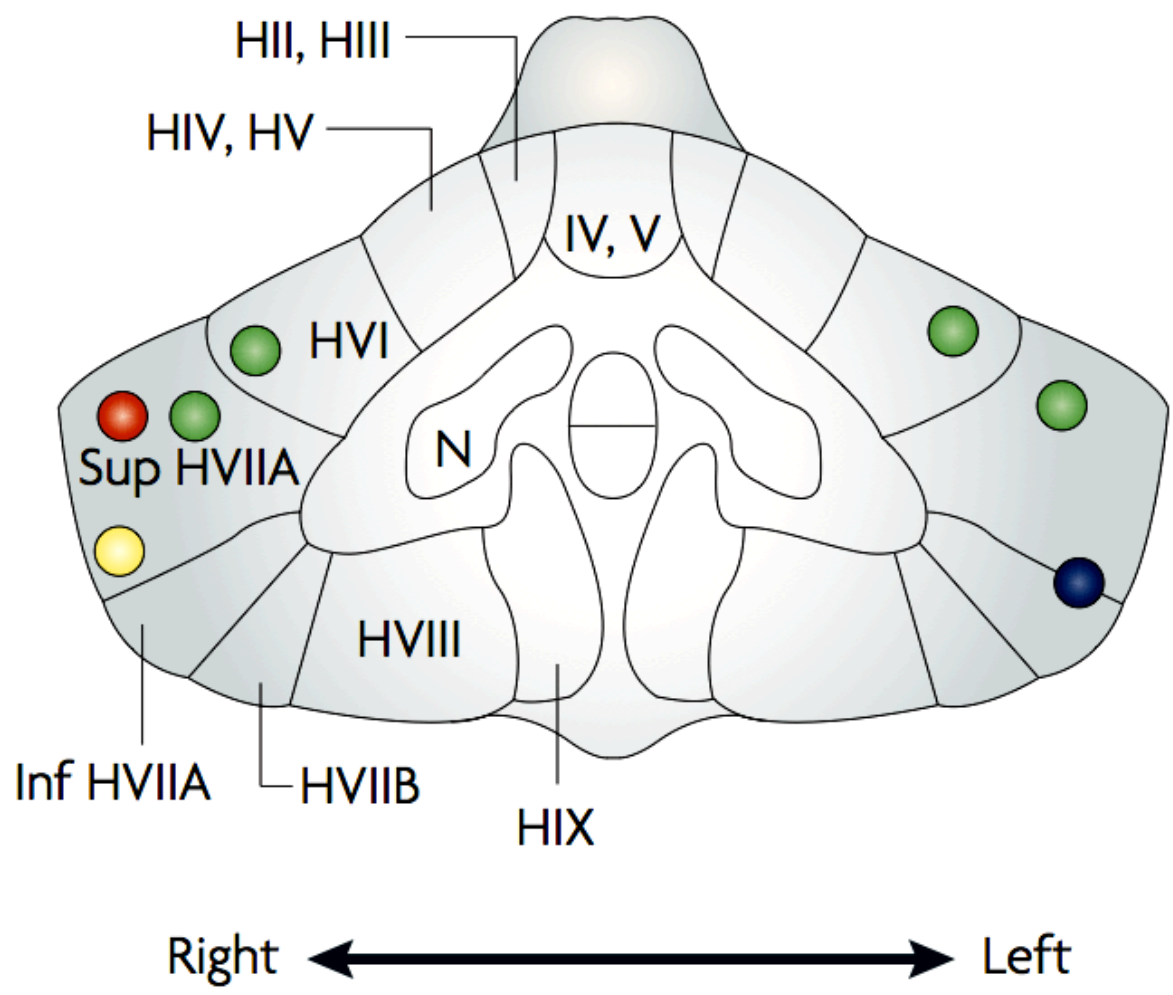


# ANATOMIE DU CERVELET



## SOMATOTOPIE DU CERVELET





- |                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| ● Attention task | ● Verbal working memory |
| ● Future vision  | ● Prediction error      |

4. Anatomie des circuits de la somesthésie

5. Anatomie de la motricité

5.1 Motricité réflexe

5.2 Motricité dirigée

6. L'hippocampe et la mémoire

7. Les émotions : le système limbique

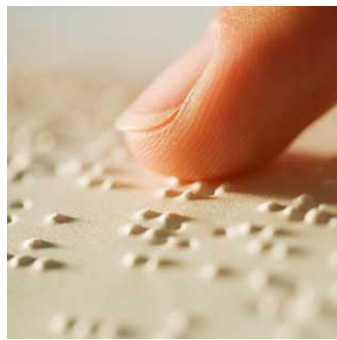
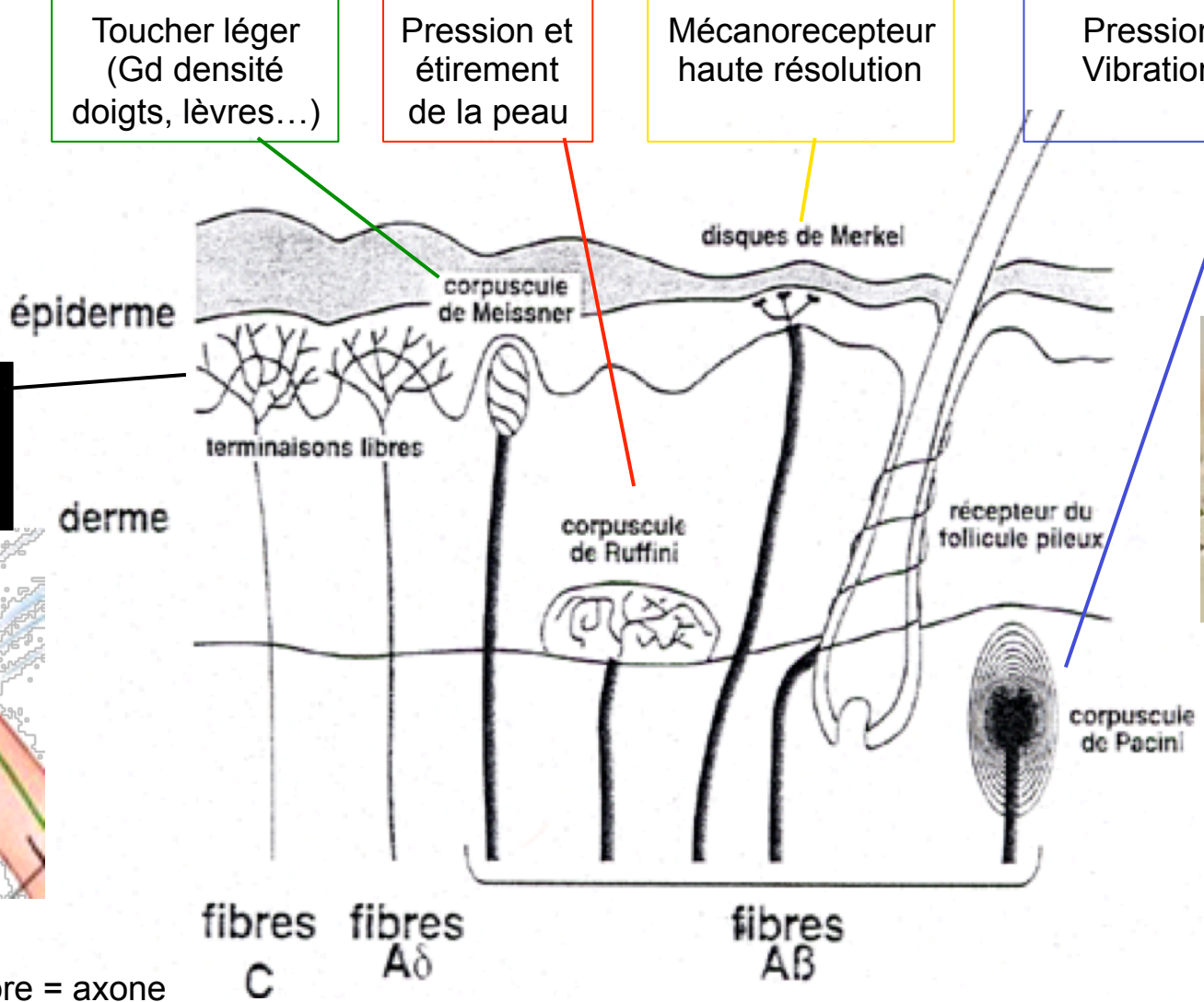
8. L'axe hypothalamo-hypophysaire

Toucher léger  
(Gd densité  
doigts, lèvres...)

Pression et  
étirement  
de la peau

Mécanorecepteur  
haute résolution

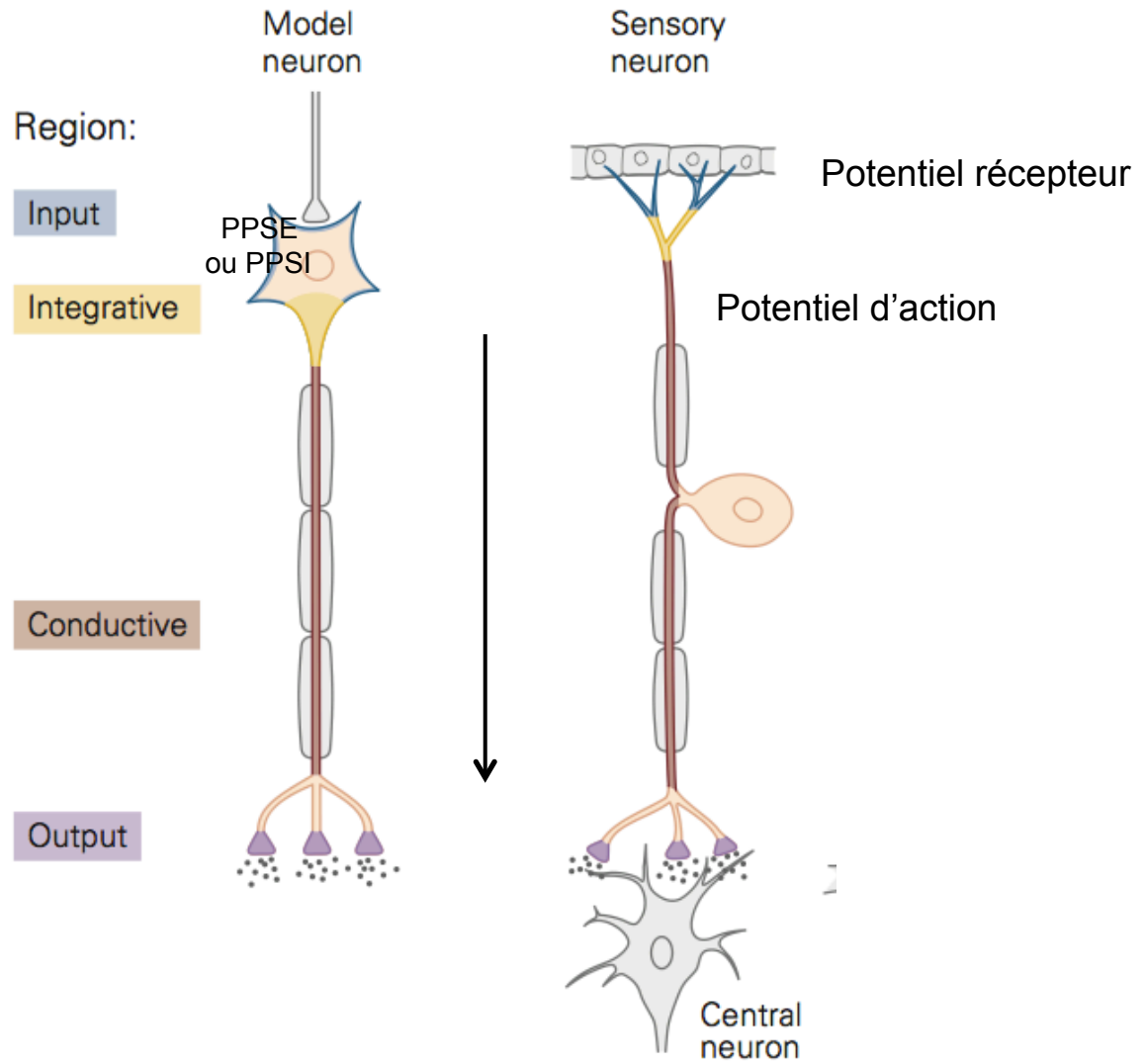
Pression  
Vibration



Fibre = axone

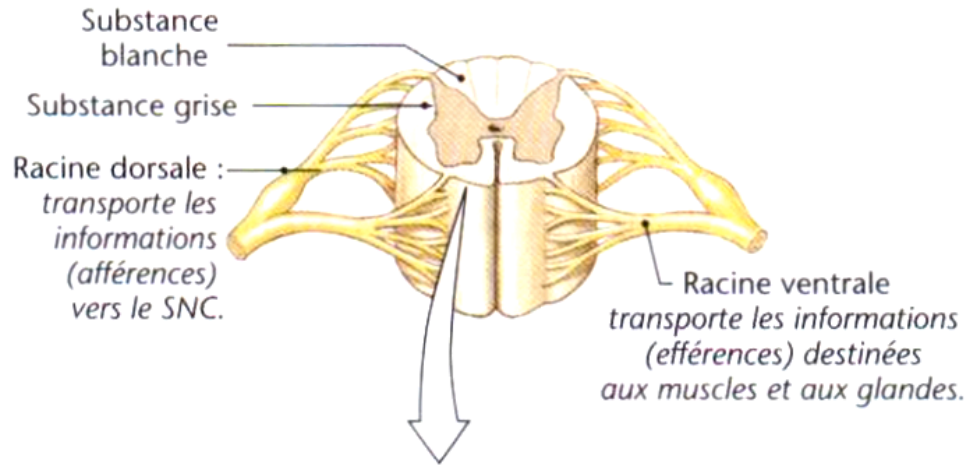
Types de fibres	Aβ	Aδ	C
Diamètre (microns)	5-15 μm	1-5 μm	0,3-1,5 μm
Gaine de myéline	+++	+	-
Vitesse de conduction (mètre/seconde)	40-100 m/s	5-40 m/s	1-2 m/s





# Anatomie fonctionnelle de la moelle épinière

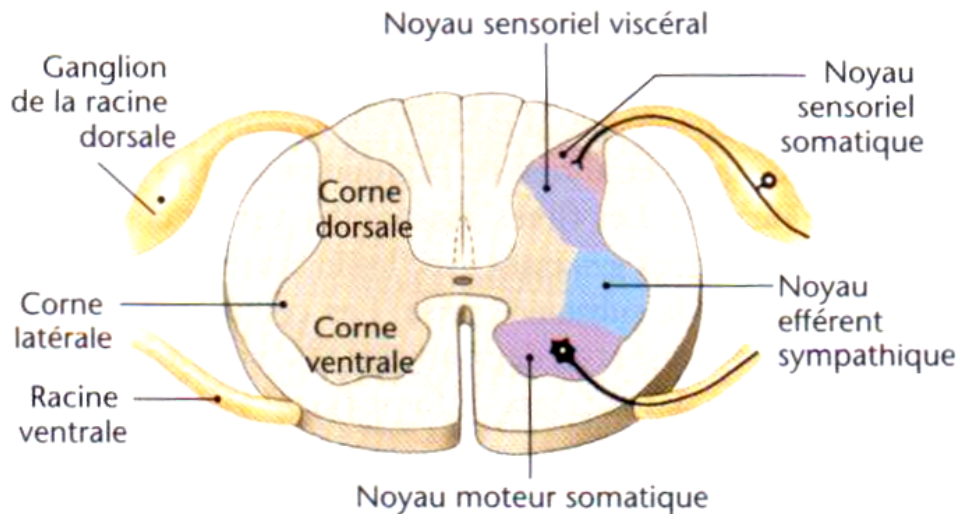
(a) Un segment de moelle épinière en vue ventrale montrant les paires de nerfs



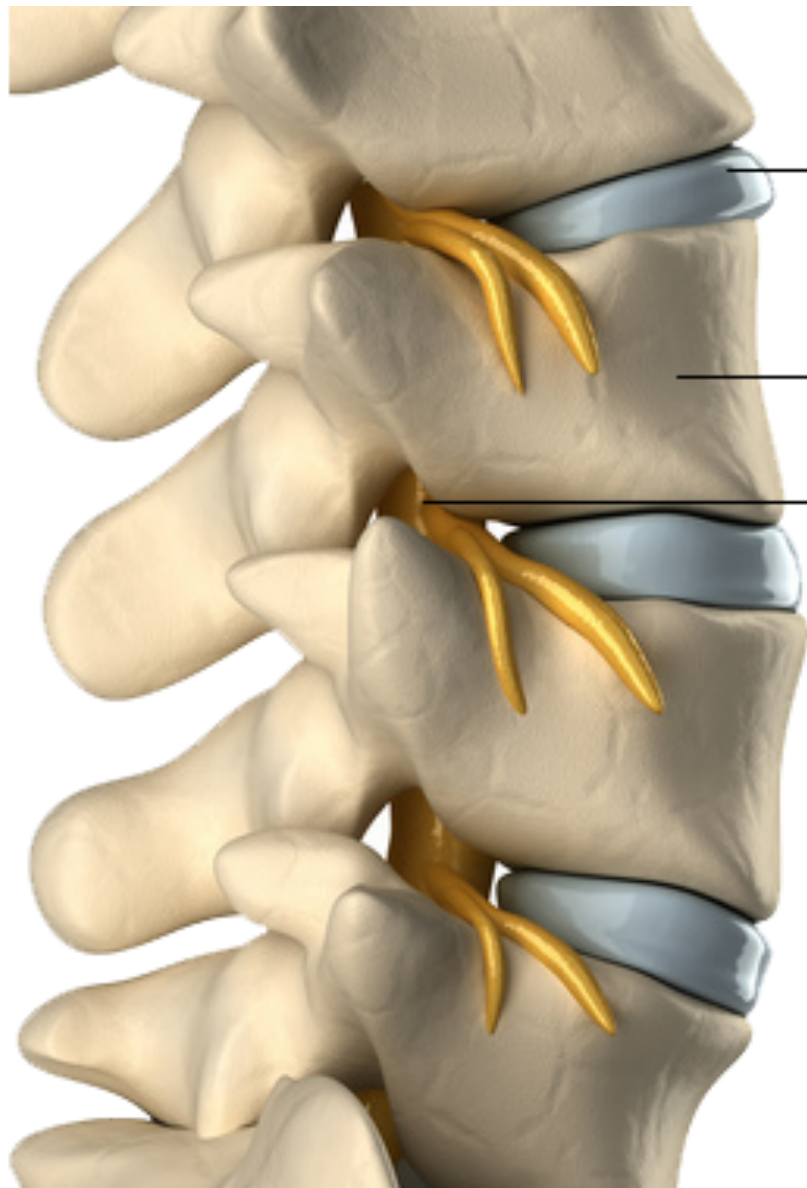
**RACINE DORSALE =  
AFFERENCES SENSORIELLES**

**RACINE VENTRALE =  
EFFERENCES MOTRICES**

(b) La substance grise est formée par les noyaux sensoriels et moteurs.



**Attention : AFF. Vs. EFF. :  
Le point de repère est la ME  
et non le muscle**



Disque intervertébral

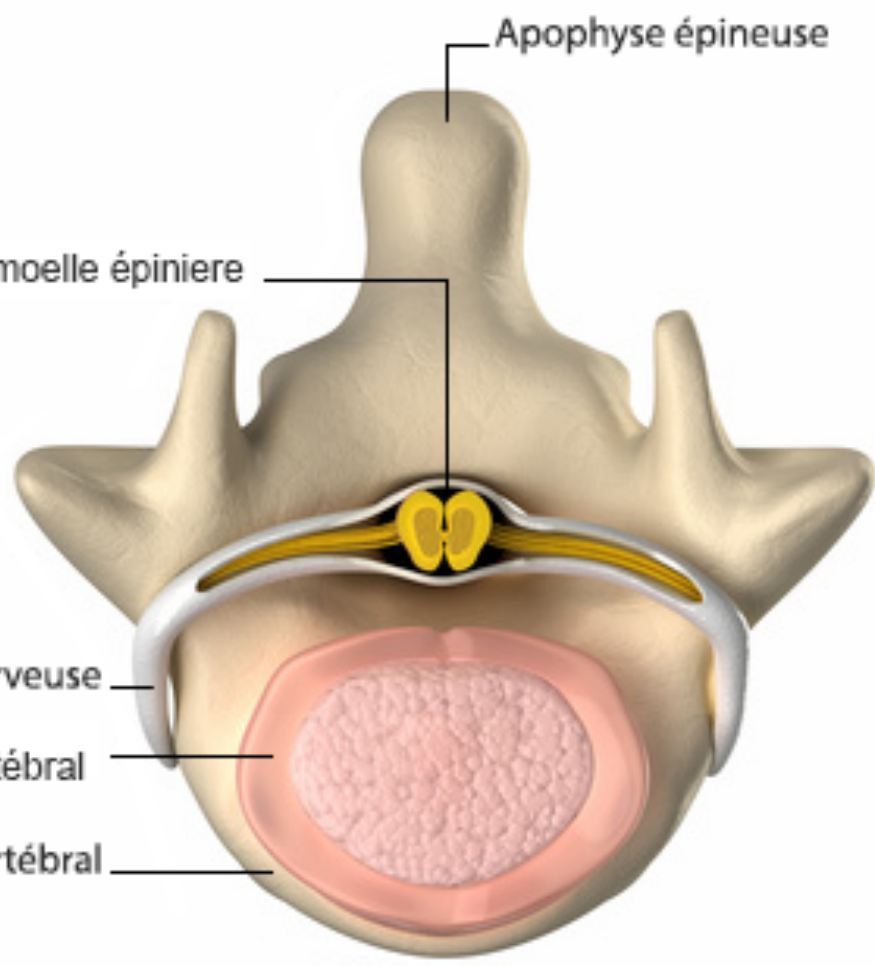
Vertèbre

Nerfs & moelle épinière

Racine nerveuse

Disque intervertébral

Corps Vertébral



Apophyse épineuse

Nerfs & moelle épinière

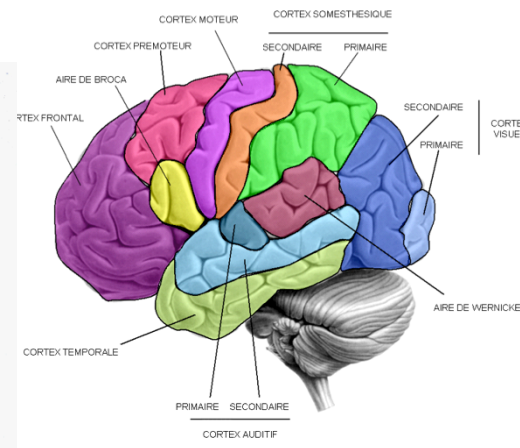
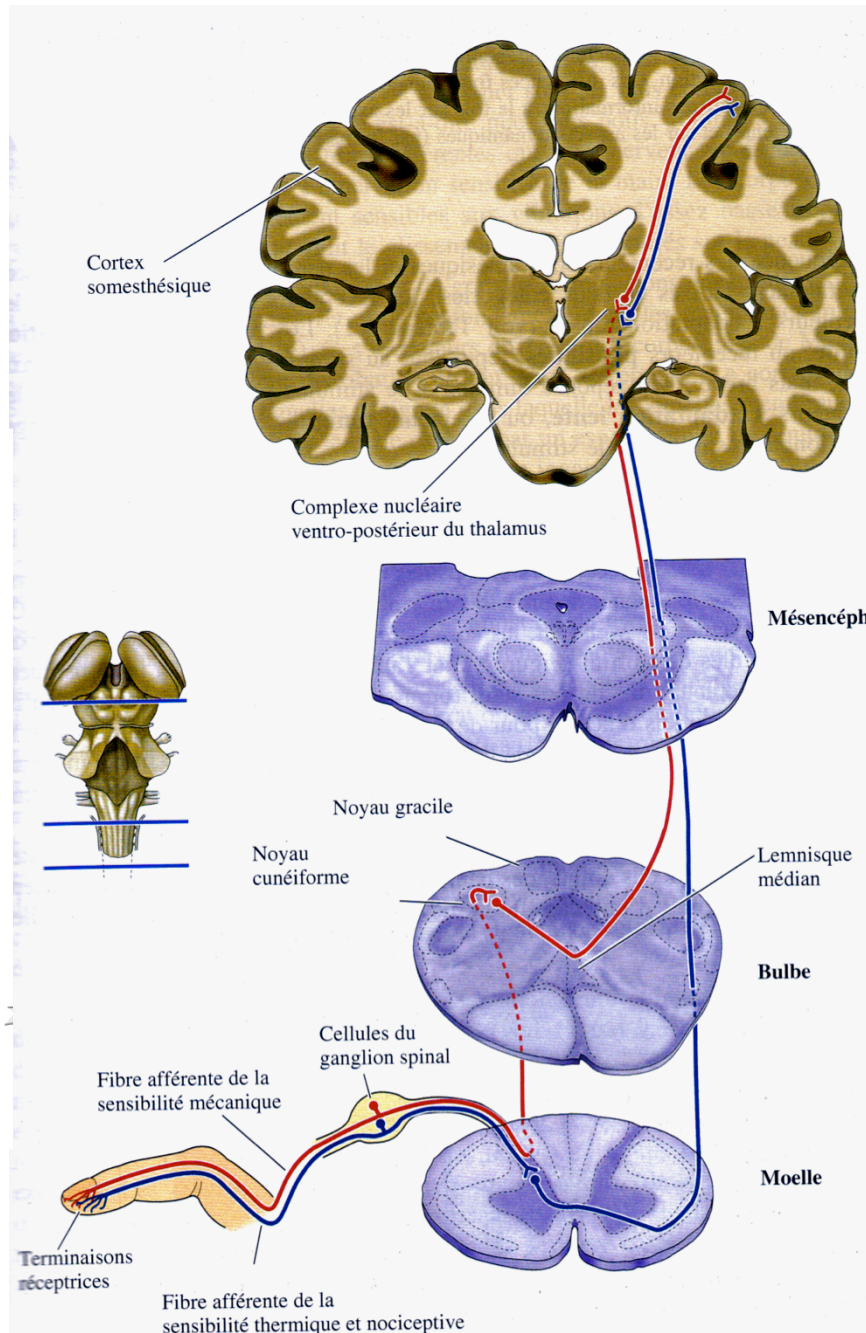
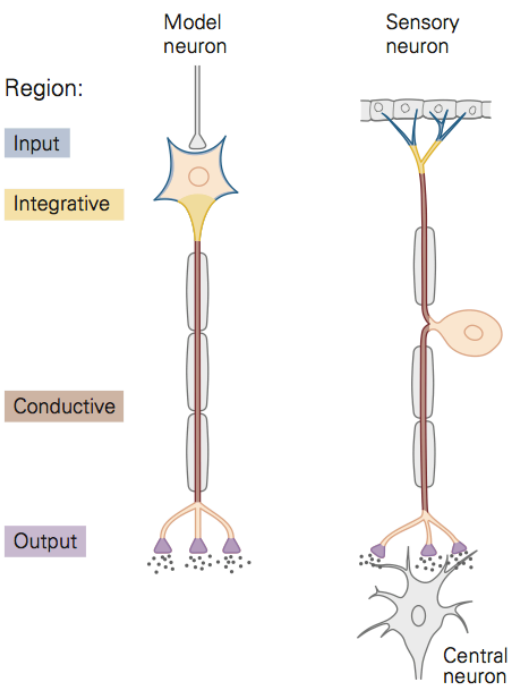
Racine nerveuse

Disque intervertébral

Corps Vertébral

**LE SYSTEME SOMESTHESIQUE :  
L'INTEGRATION DE LA  
SENSIBILITE TACTILE**

**DU DOIGT AU CORTEX S1 :  
LA VOIE  
LEMNISCALE  
ET LA VOIE  
SPINOTHALAMIQUE**



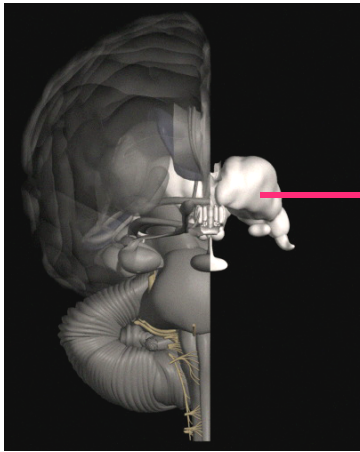
**NOYAU GRACILE : RELAI DES AFFERENCES DE LA PARTIE INFÉRIEURE DU CORPS**

**NOYAU CUNÉIFORME : RELAI DES AFFERENCES DE LA PARTIE SUPÉRIEURE DU CORPS**

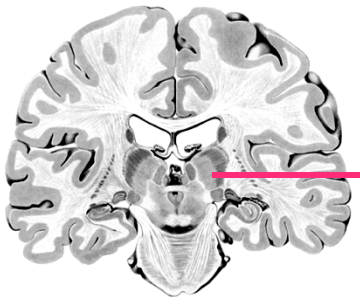
**UNE AUTRE VOIE POUR LA SOMESTHESIE DE LA FACE : LA VOIE TRIGEMINALE**



# TOUTES LES VOIES SOMESTHESIQUES PASSENT PAR LE THALAMUS



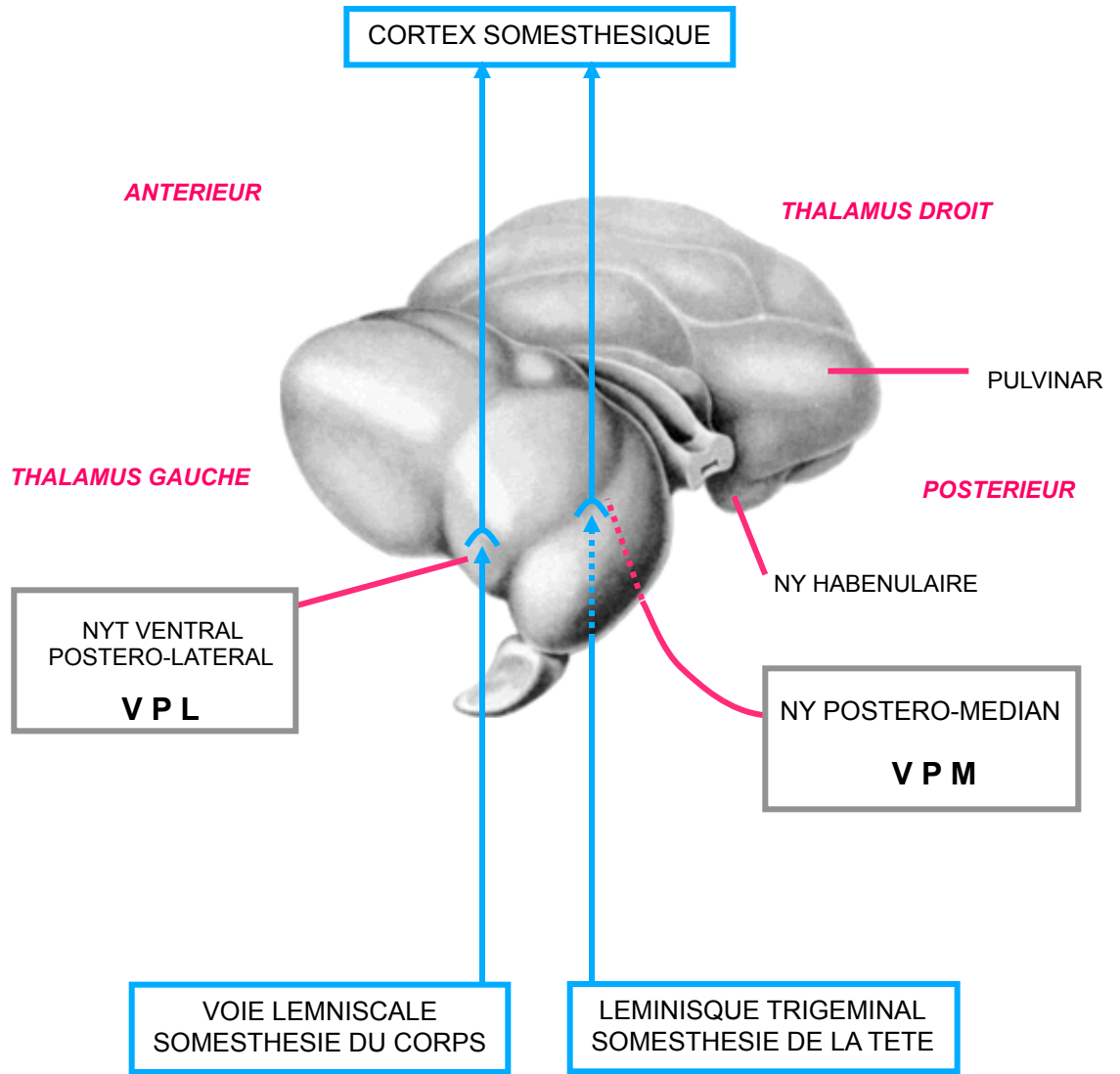
position thalamus 3D



coupe frontale



coupe sagitale



La perception de la douleur émerge d'un système sensoriel dont le but est la conservation de l'intégrité corporelle

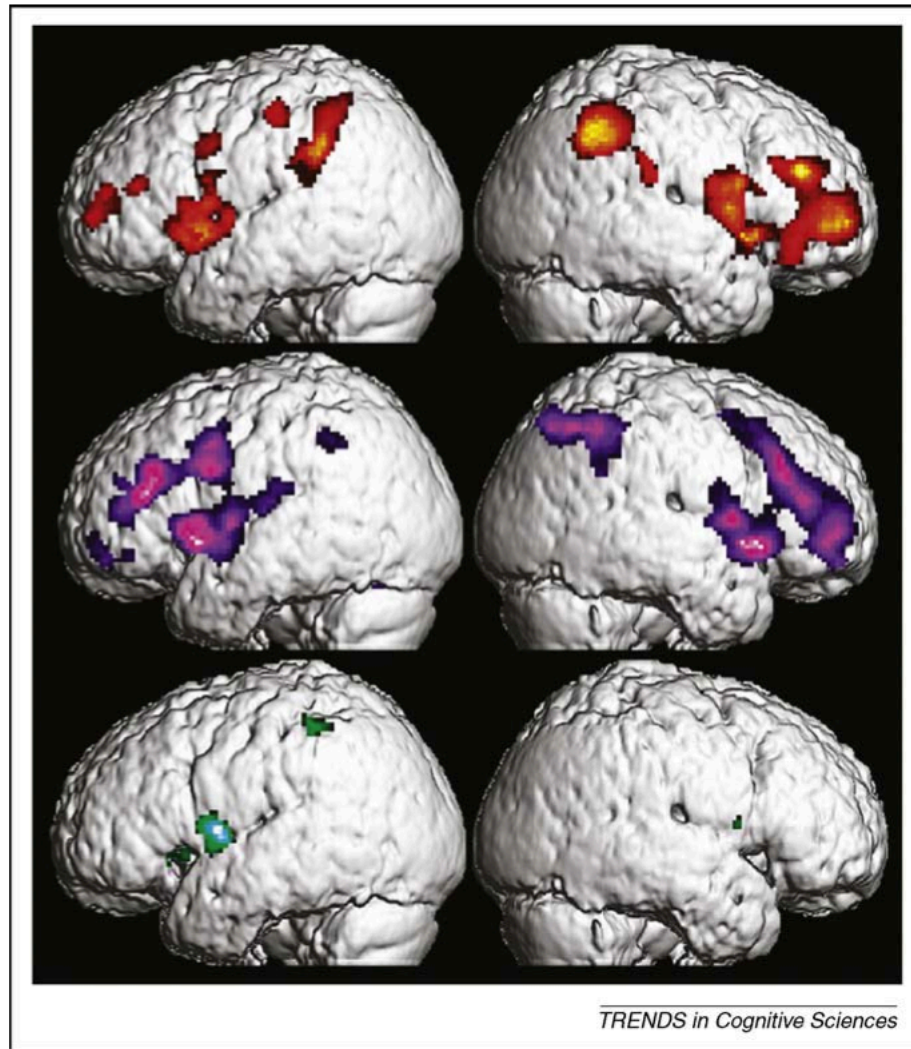
L'activation de ce système d'alarme grâce à des nocicepteurs va déclencher des réponses réflexes et comportementales dont la finalité est de supprimer la cause et de limiter les conséquences de la douleur.

***La douleur est une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, associée à une lésion tissulaire réelle ou potentielle, ou décrite dans des termes impliquant une telle lésion.***

BRULURE  
SUJET EVEILLE

FAUSSE BRULURE  
SUJET HYPNOTISE

IMAGINATION  
D'UNE BRULURE  
SUJET EVEILLE



Derbyshire et al., 2004

4. Anatomie des circuits de la somesthésie

5. Anatomie de la motricité

5.1 Motricité réflexe

5.2 Motricité dirigée

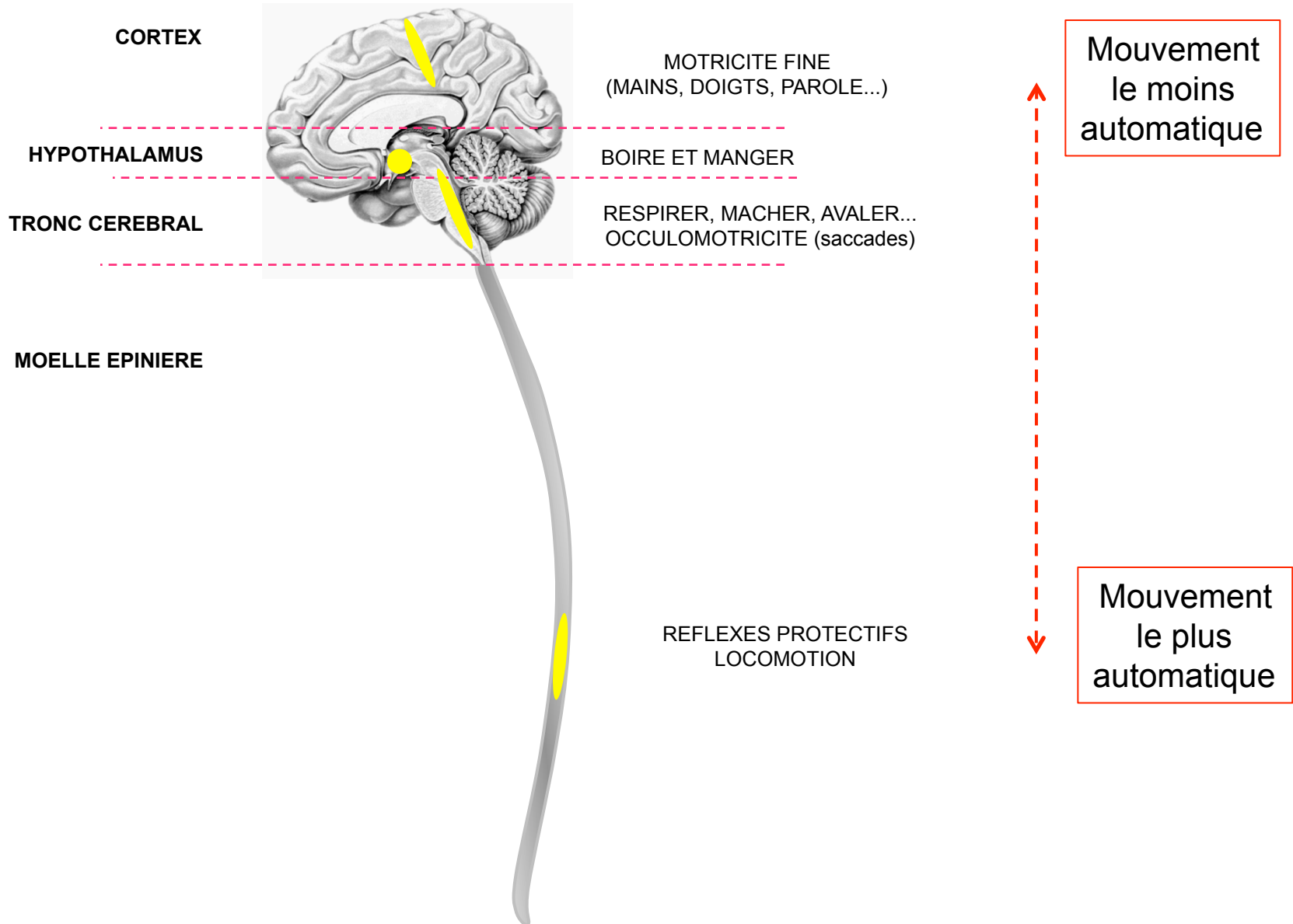
6. L'hippocampe et la mémoire

7. Les émotions : le système limbique

8. L'axe hypothalamo-hypophysaire



# LES PROGRAMMES MOTEURS SONT LOCALISES A DIFFERENTS ETAGES DU SNC



REPRESENTATIONS INTERNES  
DE L'ENVIRONNEMENT EXTERIEUR  
ET DE L'ETAT DU CORPS



**Transformation  
sensori-motrice**



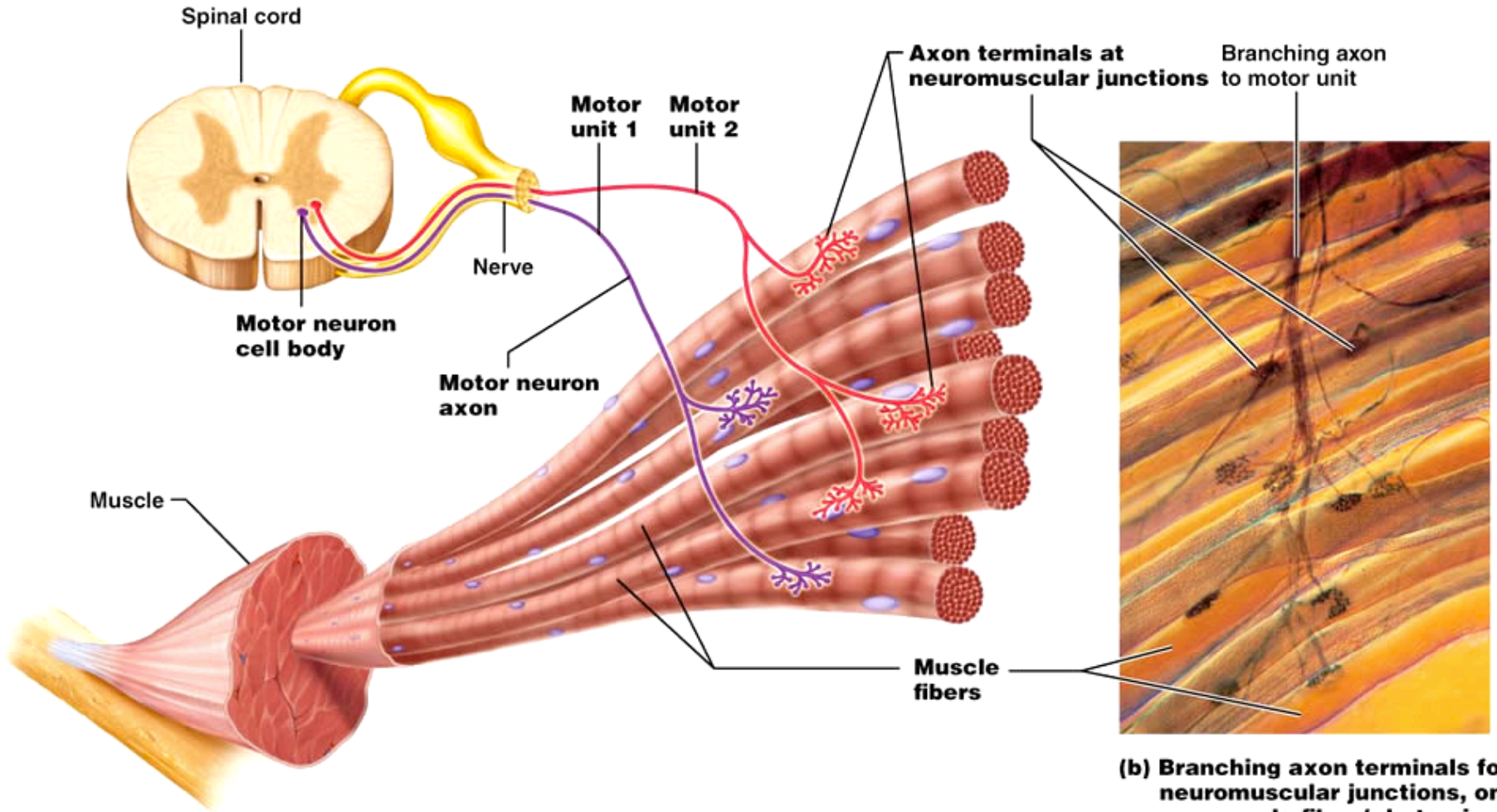
INTEGRATION  
DES INFORMATIONS  
SENSORIELLES

OPERATIONS  
MOTRICES



Mise à jour / ajustement

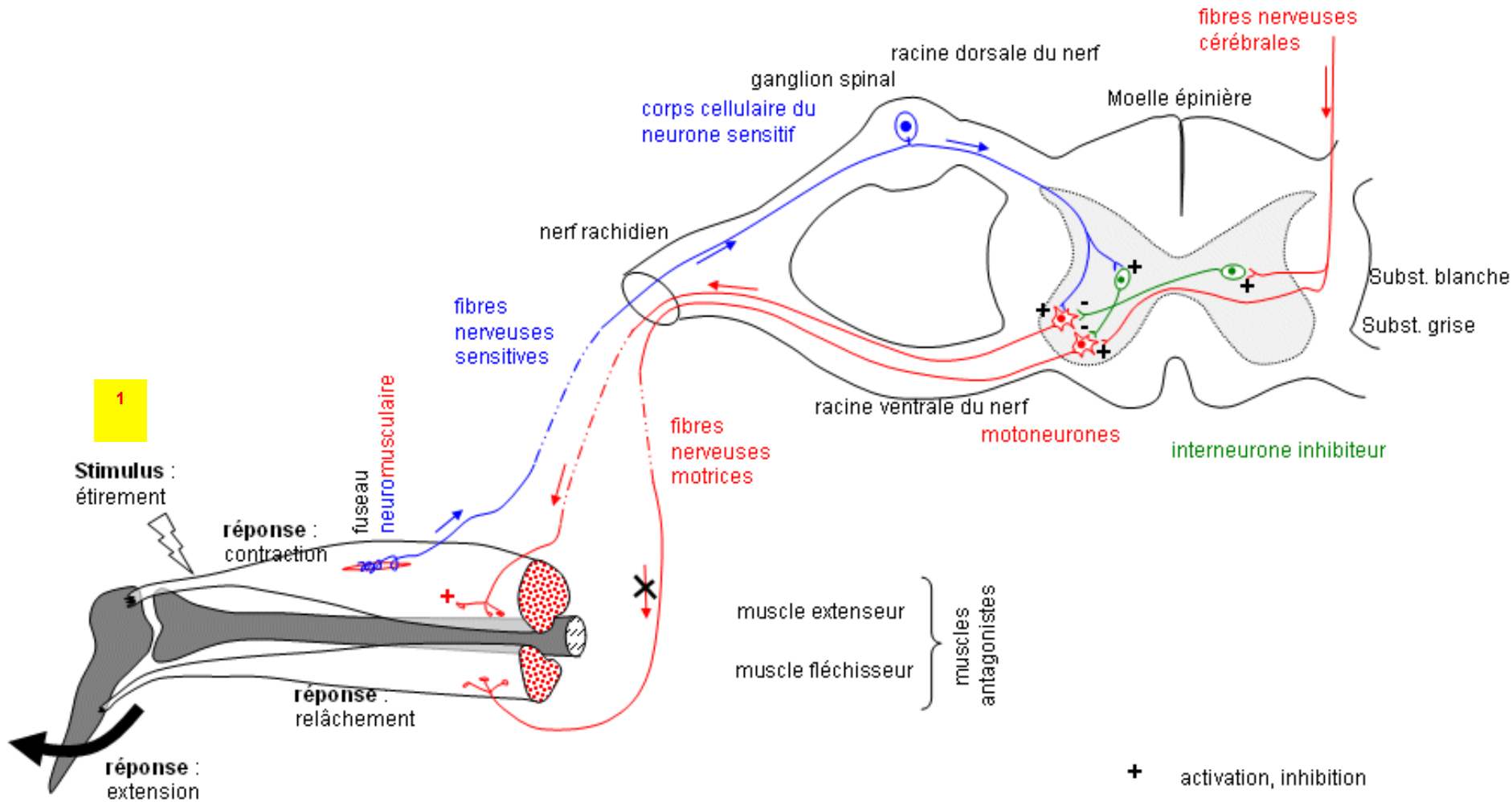
# Unité motrice = 1 motoneurone + fibres musculaires



**(a) Axons of motor neurons extend from the spinal cord to the muscle. There each axon divides into a number of axon terminals that form neuromuscular junctions with muscle fibers scattered throughout the muscle.**

**(b) Branching axon terminals form neuromuscular junctions, one per muscle fiber (photomicrograph 330x).**

**coordination motrice entre fléchisseurs et extenseurs  
(collaboration des muscles antagonistes).  
Exemple : reflexe achilléen (percussion du talon d'Achille)**



Les mêmes motoneurones sont utilisés pour le circuit réflexe et la commande d'un mouvement volontaire



4. Anatomie des circuits de la somesthésie

5. Anatomie de la motricité

5.1 Motricité réflexe

5.2 Motricité dirigée

6. L'hippocampe et la mémoire

7. Les émotions : le système limbique

8. L'axe hypothalamo-hypophysaire

# ANATOMIE FONCTIONNELLE DE LA MOTRICITE DIRIGEE

1. COMMANDE D'UN PROGRAMME MOTEUR

**CORTEX**

2. SYSTÈME DE REGULATION/SELECTION DE L'ACTIVITE

**GANGLIONS DE LA BASE**

3. SYSTÈME DE COORDINATION ET DE CORRECTION

**CERVELET**

4. SYSTÈME DE CABLAGE

**SUBSTANCE BLANCHE**

5. SYSTÈME D'EXECUTION

**MOELLE EPINIÈRE / MUSCLE**

# DE L'INTENTION DU MOUVEMENT A SON EXECUTION

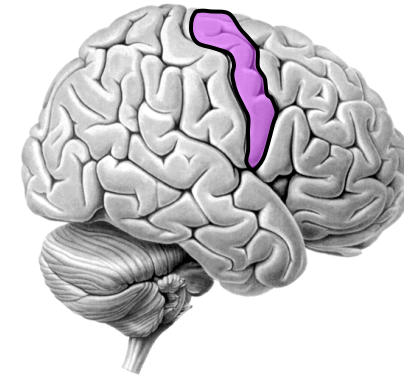
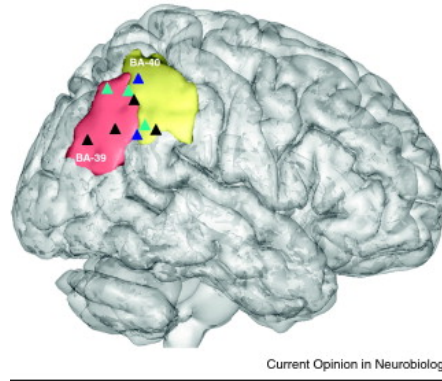
## SEQUENCE CORTICALE

CORTEX PREFRONTAL

LOBULE PARIETAL  
INFERIEUR

CORTEX  
PREMOTEUR

CORTEX  
MOTEUR



**-1000 ms**

OBJECTIF  
DE MOUVEMENT

Préparation motrice  
Précoce

Construction d'une intention  
de mouvement sur la base  
d'informations sensorielles  
de l'environnement et  
de la position du corps dans l'espace  
Emergence d'une sensation  
de vouloir faire un mouvement

**-250 ms**

conscience  
d'une intention mouvement

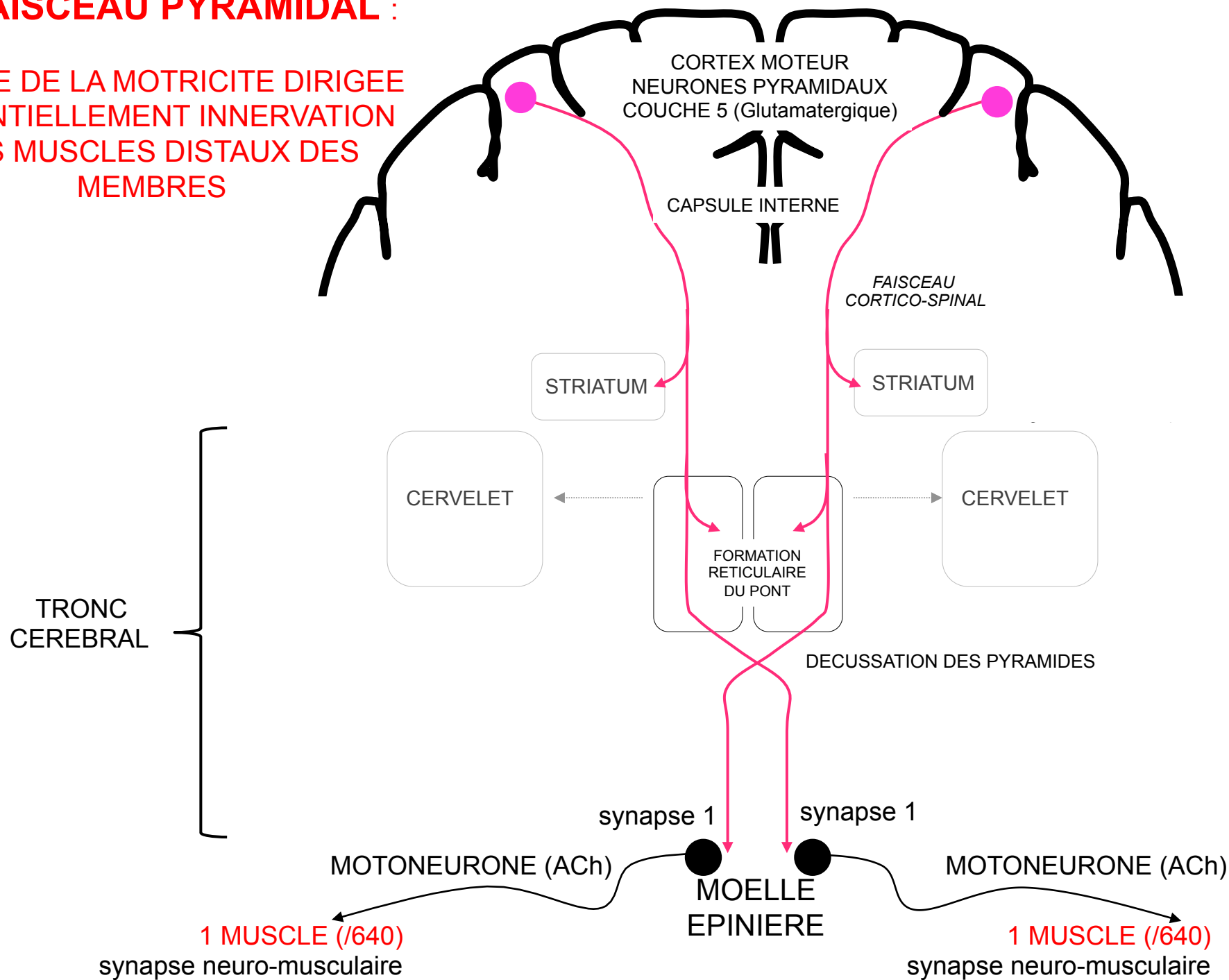
Planification  
Motrice  
= sélection parmi  
les programmes possibles

**0 ms**

Exécution  
d'un programme  
moteur.

# LE FAISCEAU PYRAMIDAL :

LA VOIE DE LA MOTRICITE DIRIGEE  
ESSENTIELLEMENT INNERVATION  
DES MUSCLES DISTAUX DES  
MEMBRES





# ANATOMIE FONCTIONNELLE DE LA MOTRICITE DIRIGEE

1. COMMANDE D'UN PROGRAMME MOTEUR

**CORTEX**

2. SYSTÈME DE REGULATION/SELECTION DE L'ACTIVITE

**GANGLIONS DE LA BASE**

3. SYSTÈME DE COORDINATION ET DE CORRECTION

**CERVELET**

4. SYSTÈME DE CABLAGE

**SUBSTANCE BLANCHE**

5. SYSTÈME D'EXECUTION

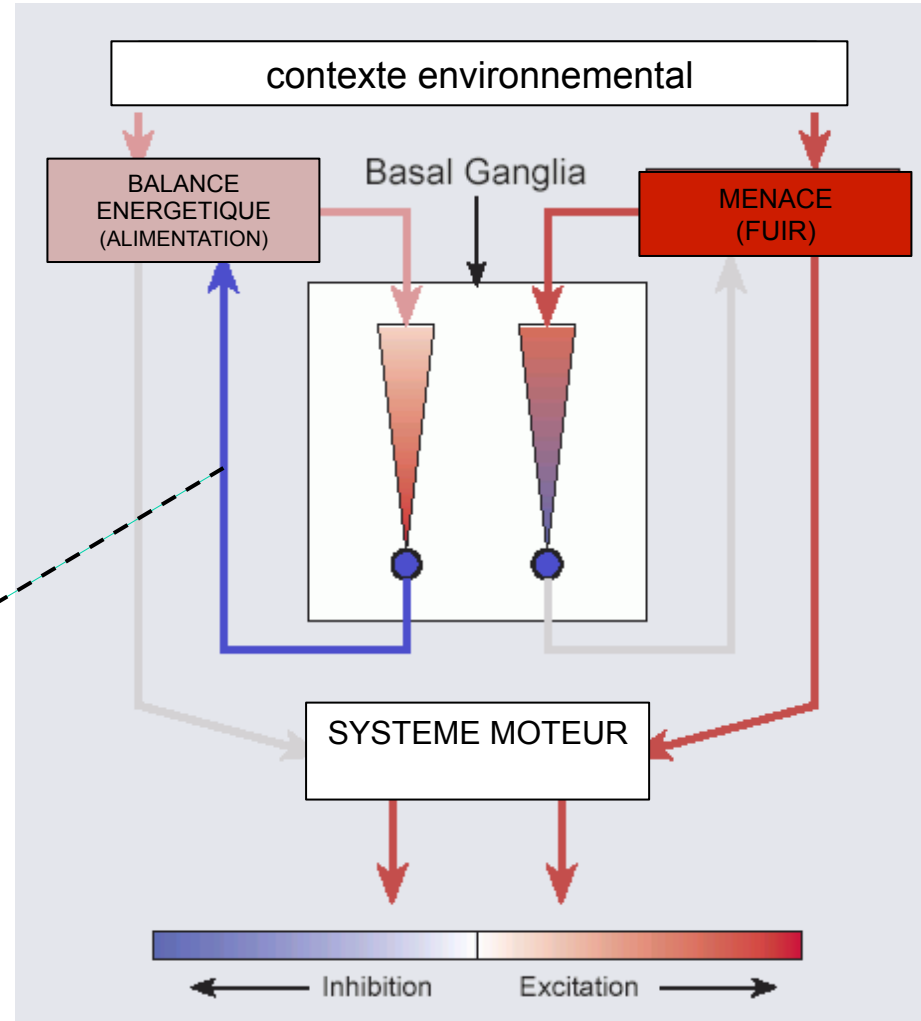
**MOELLE EPINIÈRE / MUSCLE**

# Fonction des ganglions de la base : la sélection de l'action



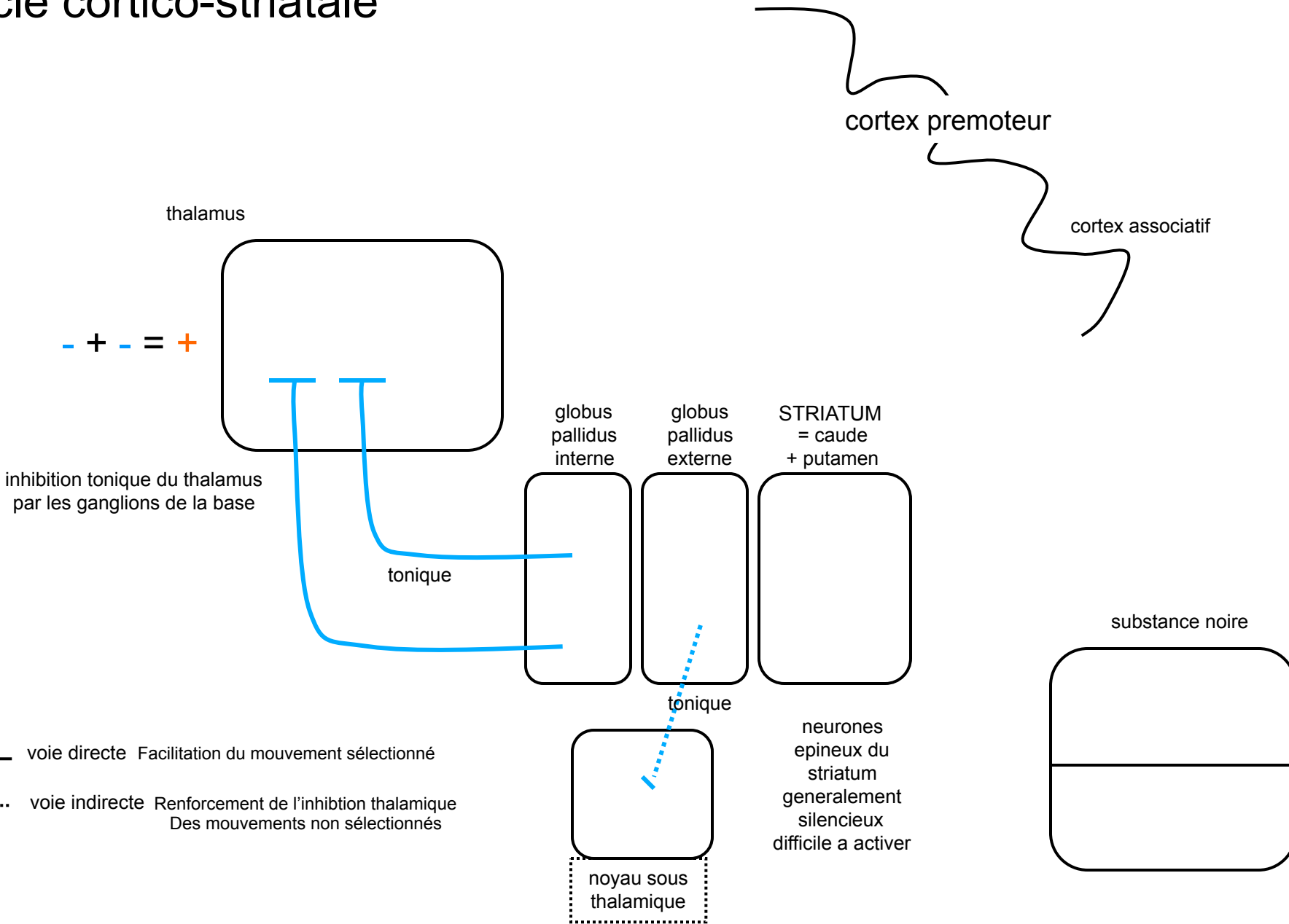
exemple : se nourrir vs. fuir

BOUCLE



Evaluation de la « force des intentions » pour n'en sélectionner qu'une seule = renforcement de l'activation d'1 programme et inhibition de tous les autres.

# boucle cortico-striatale





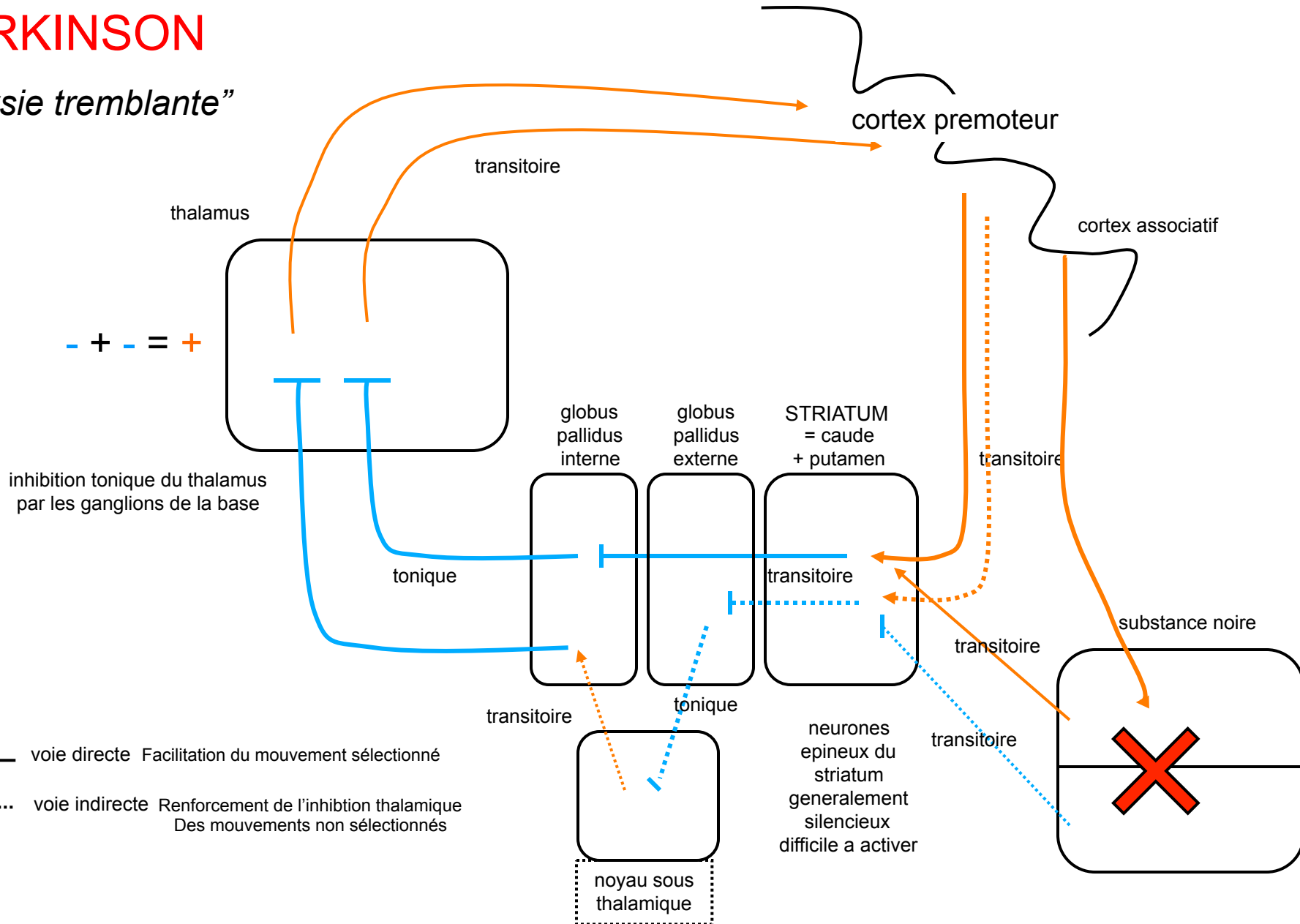




# boucle cortico-striatale directe et indirecte

## PARKINSON

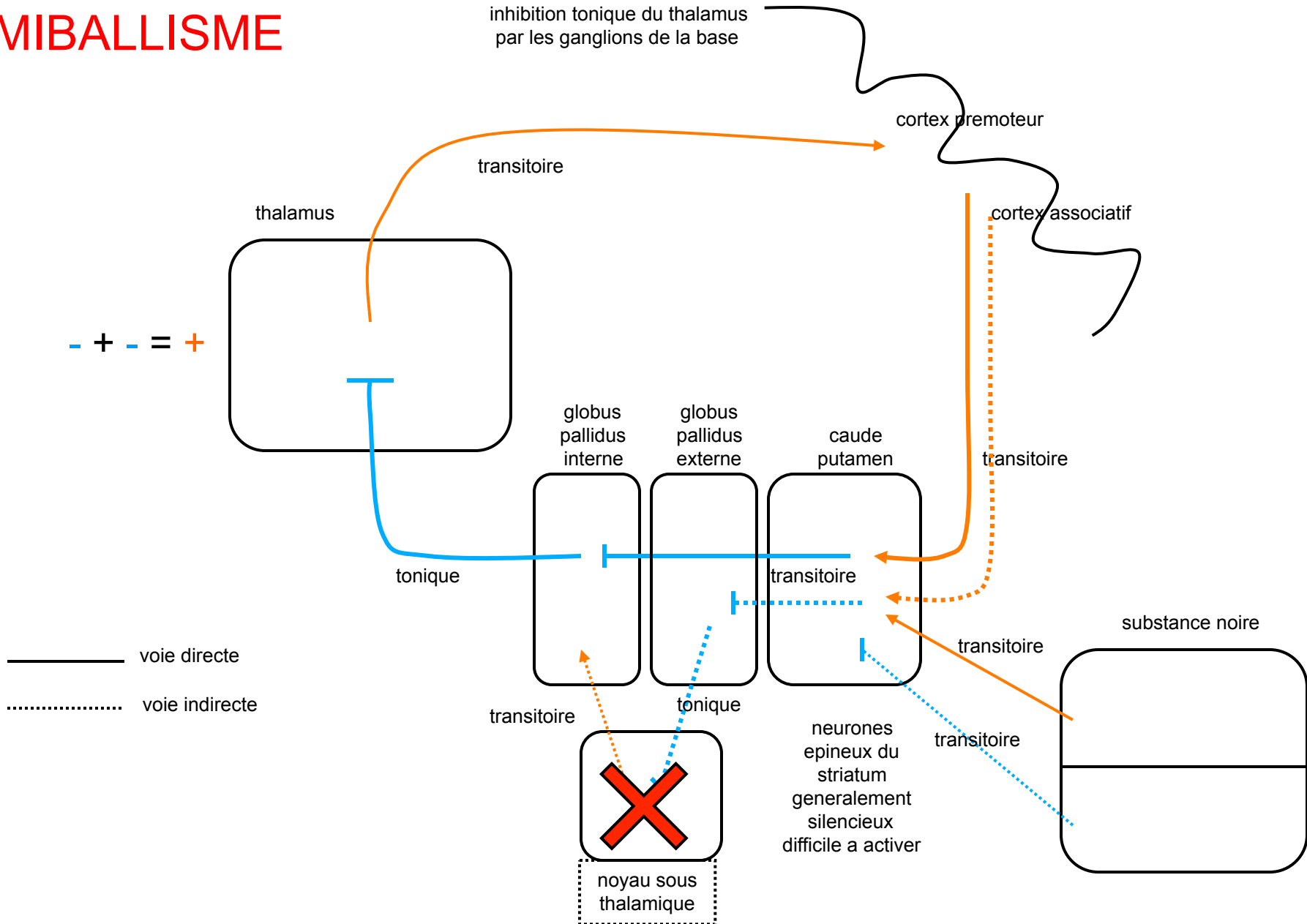
*"Paralysie tremblante"*





# HEMIBALLISME

## boucle cortico-striatale directe et indirecte





# ANATOMIE FONCTIONNELLE DE LA MOTRICITE DIRIGEE

1. COMMANDE D'UN PROGRAMME MOTEUR

**CORTEX**

2. SYSTÈME DE REGULATION/SELECTION DE L'ACTIVITE

**GANGLIONS DE LA BASE**

3. SYSTÈME DE COORDINATION ET DE CORRECTION

**CERVELET**

4. SYSTÈME DE CABLAGE

**SUBSTANCE BLANCHE**

5. SYSTÈME D'EXECUTION

**MOELLE EPINIÈRE / MUSCLE**

# Syndrômes cérébelleux moteurs

**Ataxie** : incoordination, cause de chute

**Hypermétrie/Hypométrie** : anomalie dans l'amplitude des mouvements

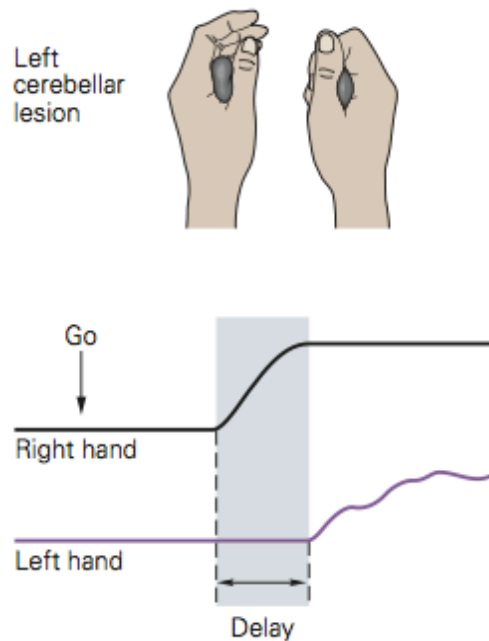
**Asynergie** : perte de l'enchaînement harmonieux et fluide des mouvements

**Adiadococinésie** : incapacité à alterner les mouvements rapides

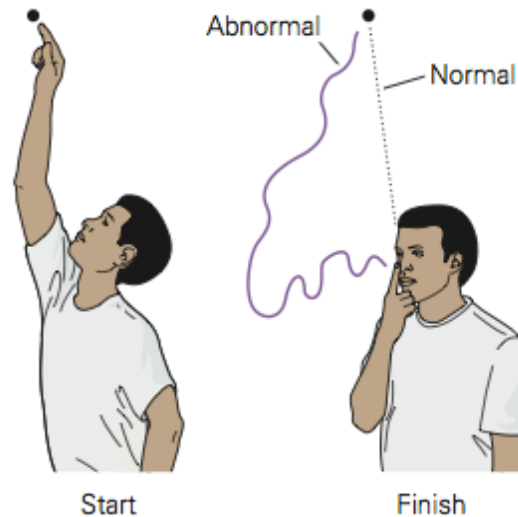
**Dyschronométrie** : délai à l'initiation des mouvements

**Tremblements** en fin de mouvement

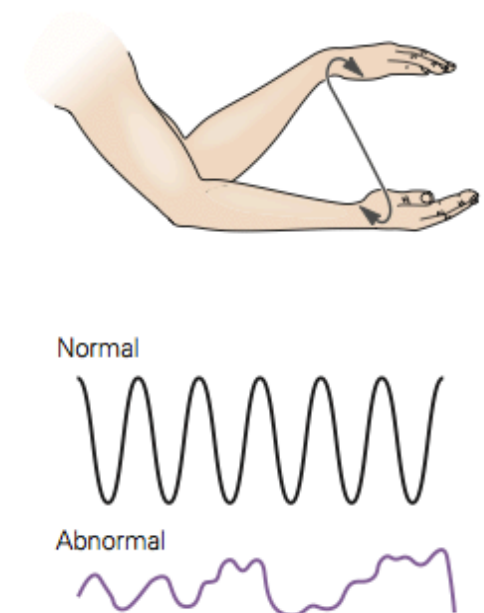
A Delayed movement



B Range of movement errors



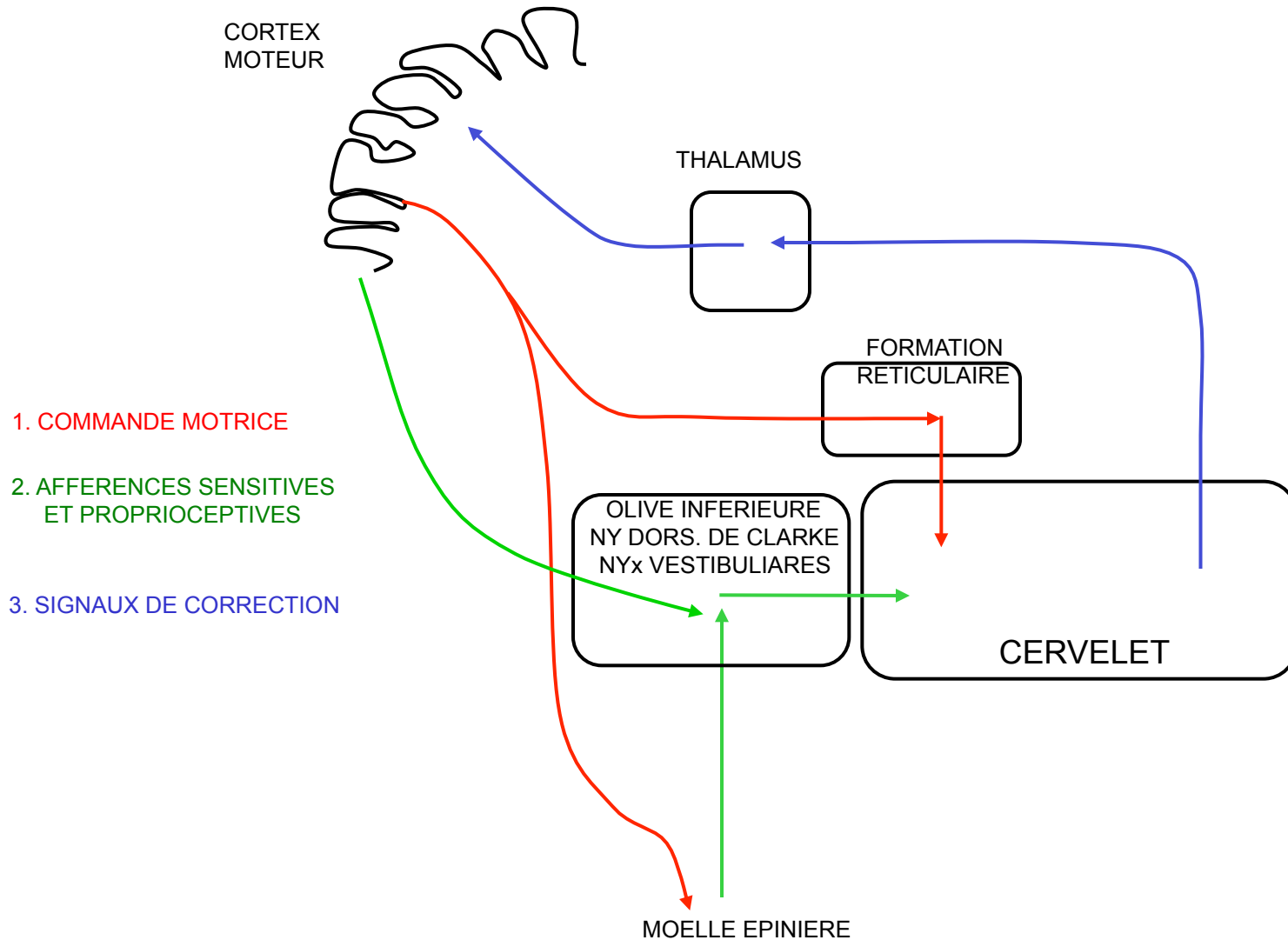
C Patterned movement errors

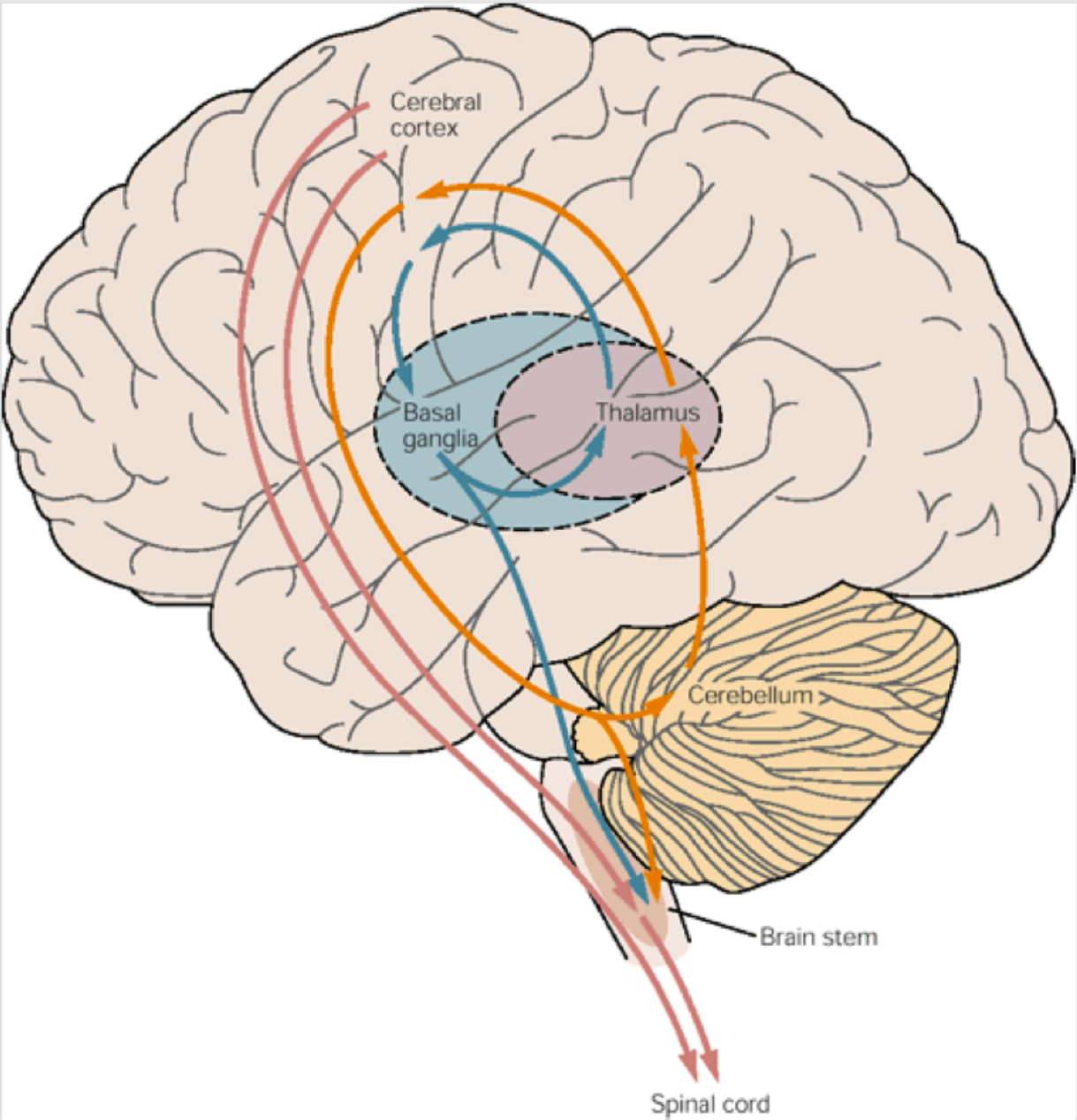


LE CONTROLE DE LA COORDINATION DES MOUVEMENTS EST REALISE PAR LE CERVELET.

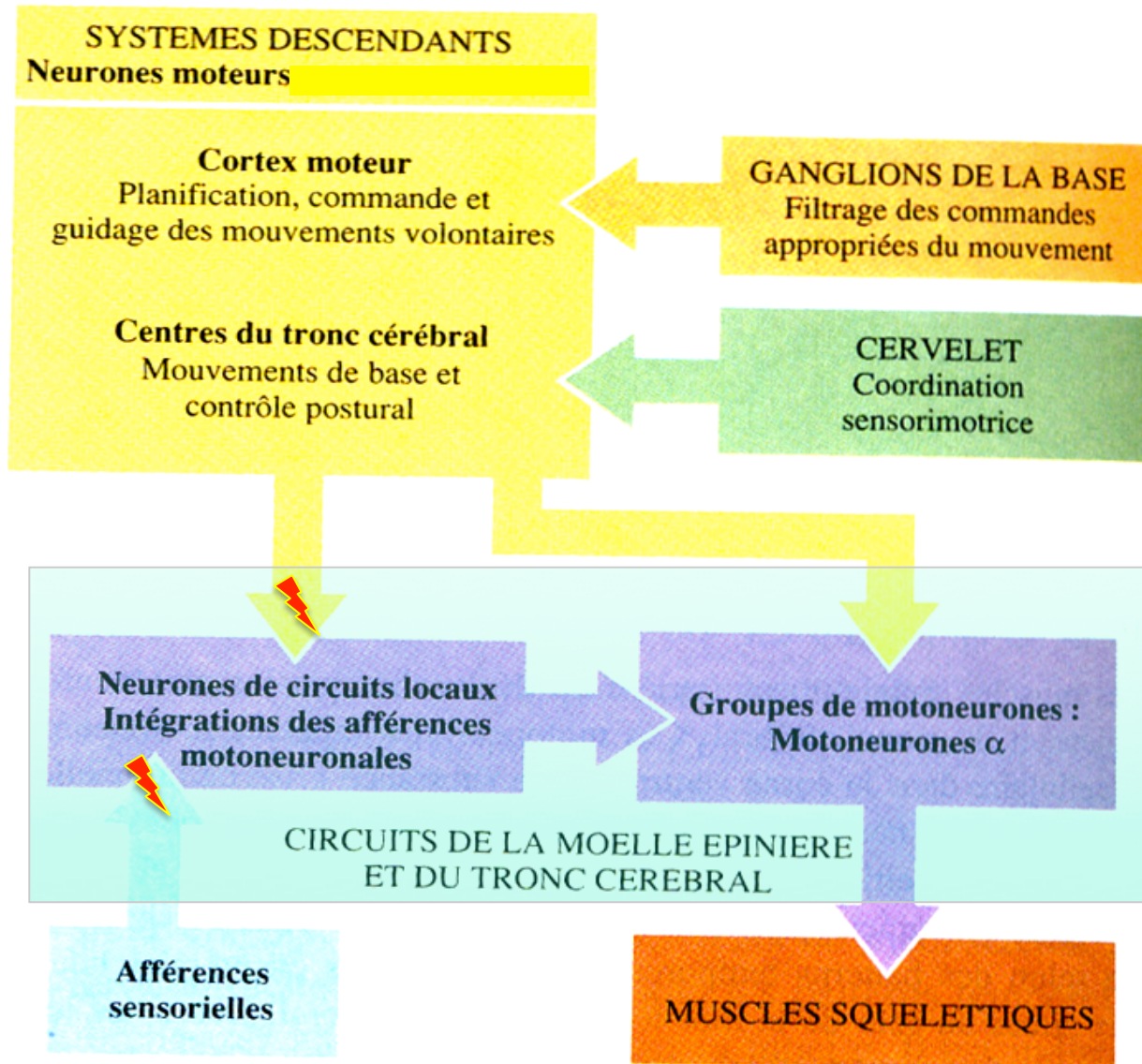
LES CIRCUITS NEURONAUX DU CERVELET PERMETTENT DE COMPARER  
LE PROGRAMME MOTEUR A REALISER AVEC LA REALISATION EN COURS.

LES ERREURS D'EXECUTION SONT RENVOYEEES AU CORTEX POUR AJUSTER LE GESTE





# Organisation du système nerveux central pour le contrôle du mouvement





4. Anatomie des circuits de la somesthésie

5. Anatomie de la motricité

5.1 Motricité réflexe

5.2 Motricité dirigée

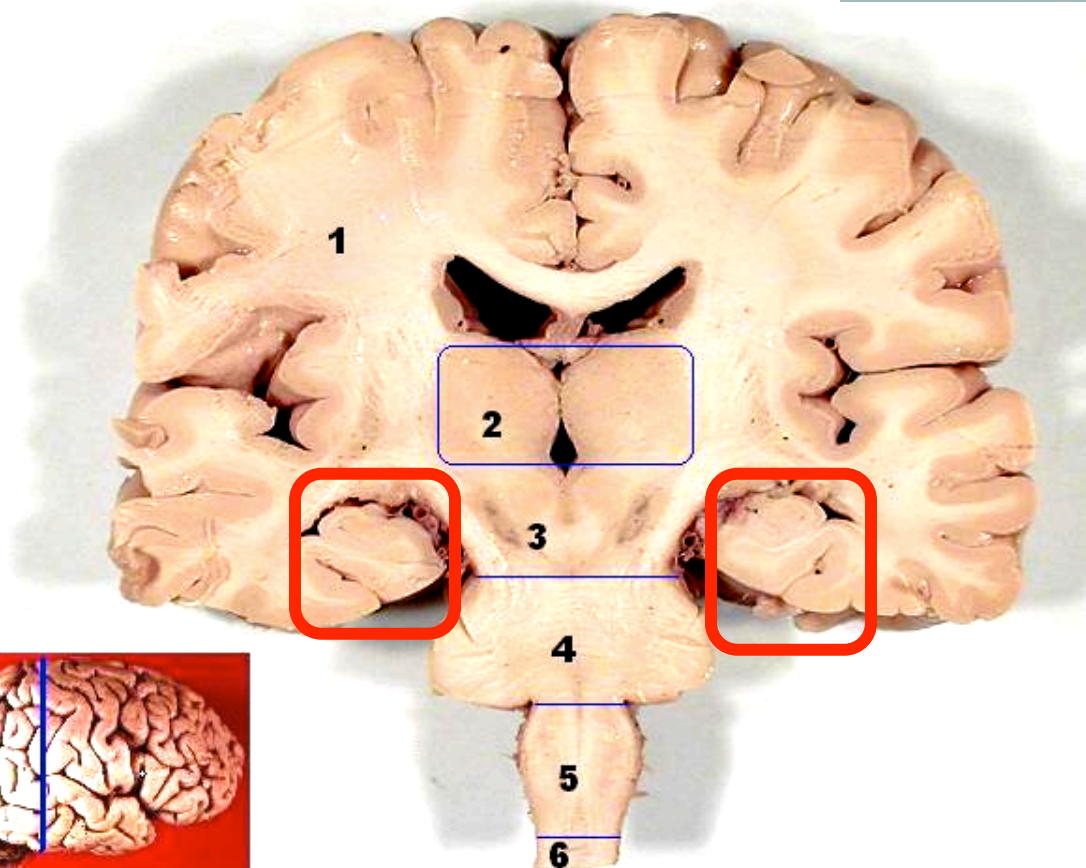
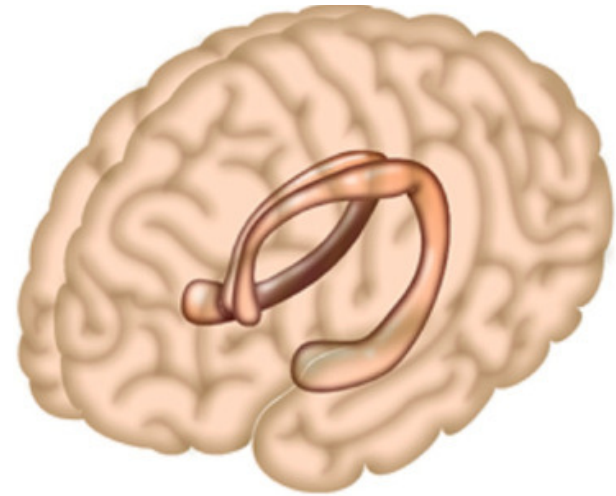
6. L'hippocampe et la mémoire

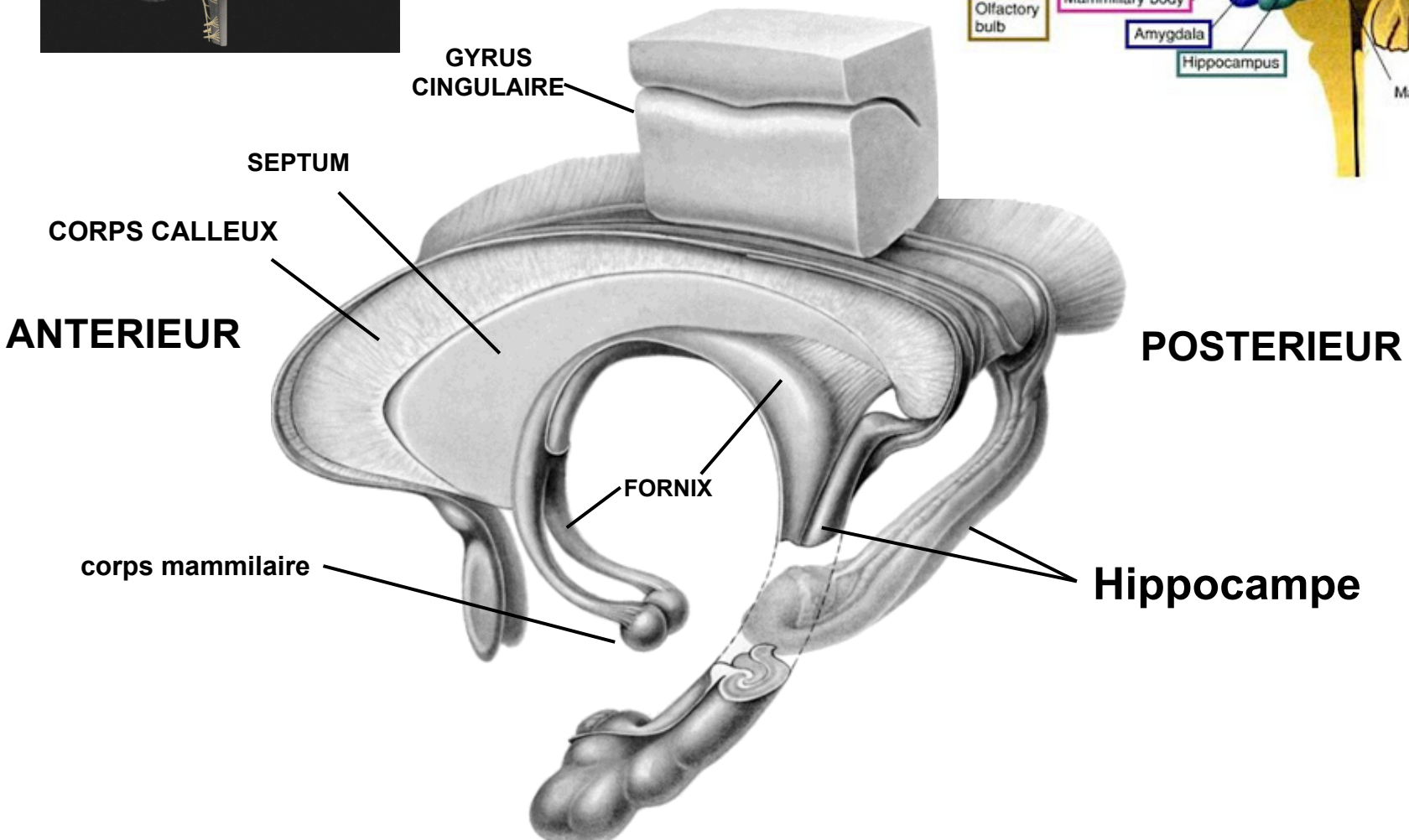
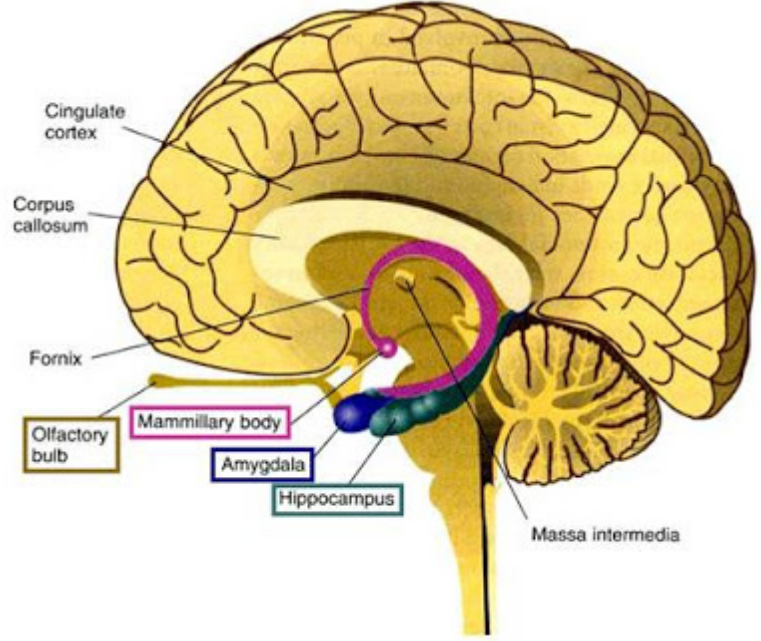
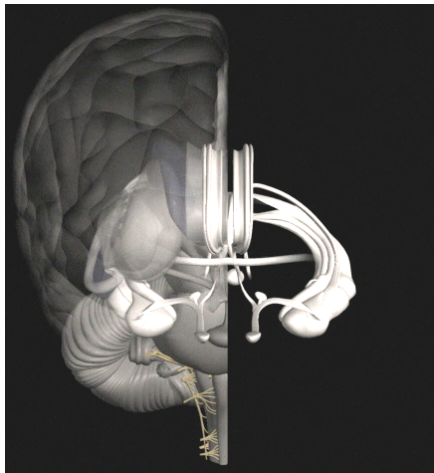
7. Les émotions : le système limbique

8. L'axe hypothalamo-hypophysaire

# L'HIPPOCAMPE

(chez l'Homme)

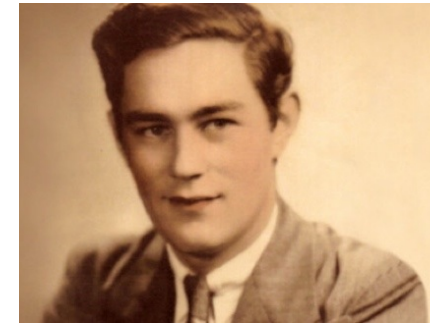






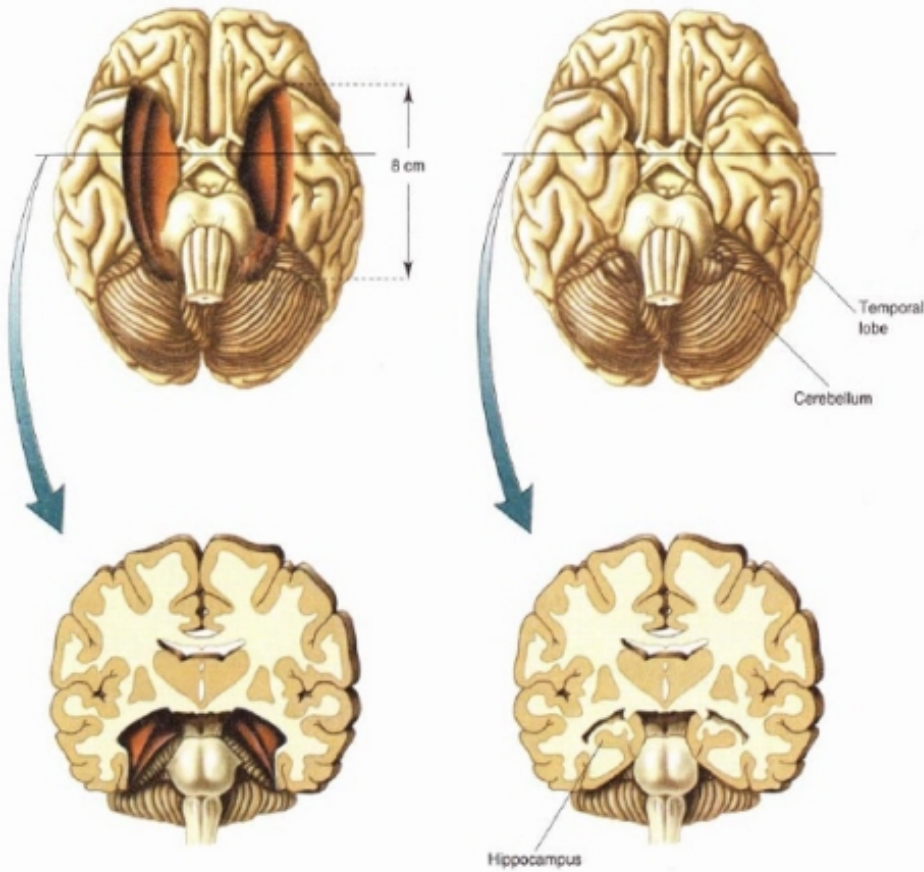
Brenda Milner

Patient H.M.



HM

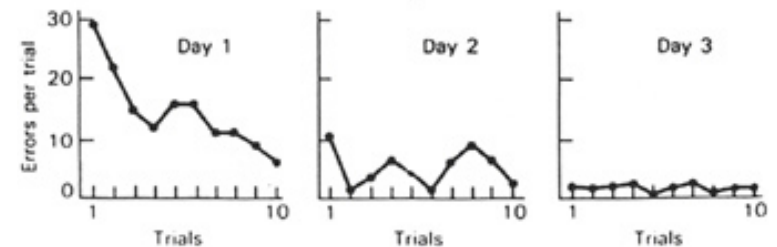
Normal Brain



(a) Mirror-tracing task



(b) Performance of H. M. on mirror-tracing task

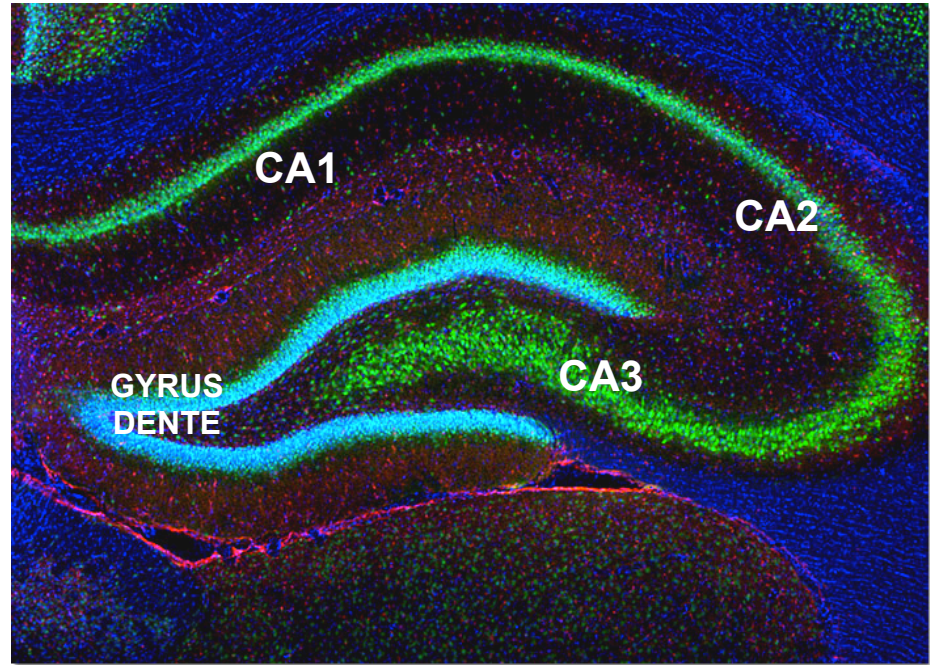


MEMOIRE PROCEDURALE RETROGRADE : OK  
 MEMOIRE PROCEDURALE ANTEROGRADE : OK  
 MEMOIRE DECLARATIVE ANTEROGRADE : **PERDUE**  
 MEMOIRE DECLARATIVE RETROGRADE : 11 ans

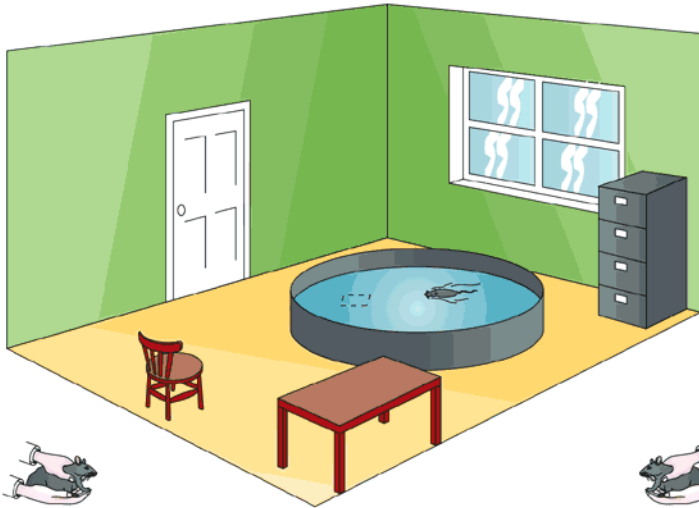
# L'hippocampe du rongeur : la structure la plus étudiée en neuroscience



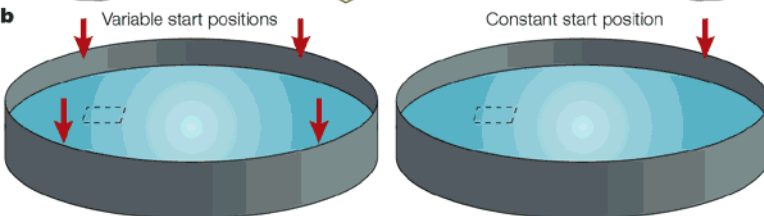
COUPE FRONTAL  
CERVEAU DE RAT



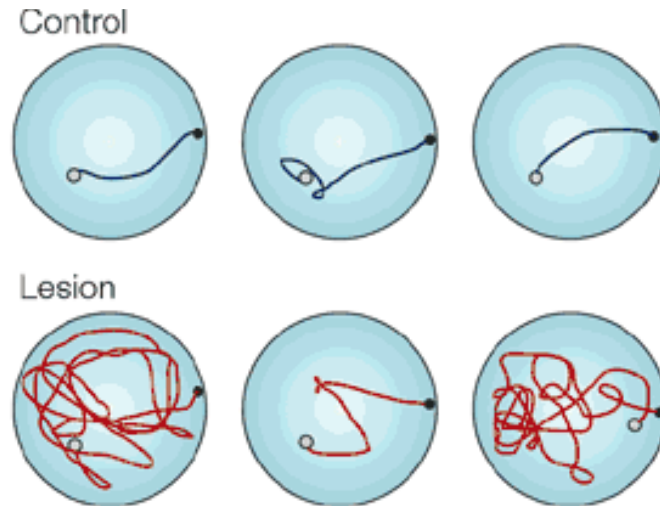
a



b

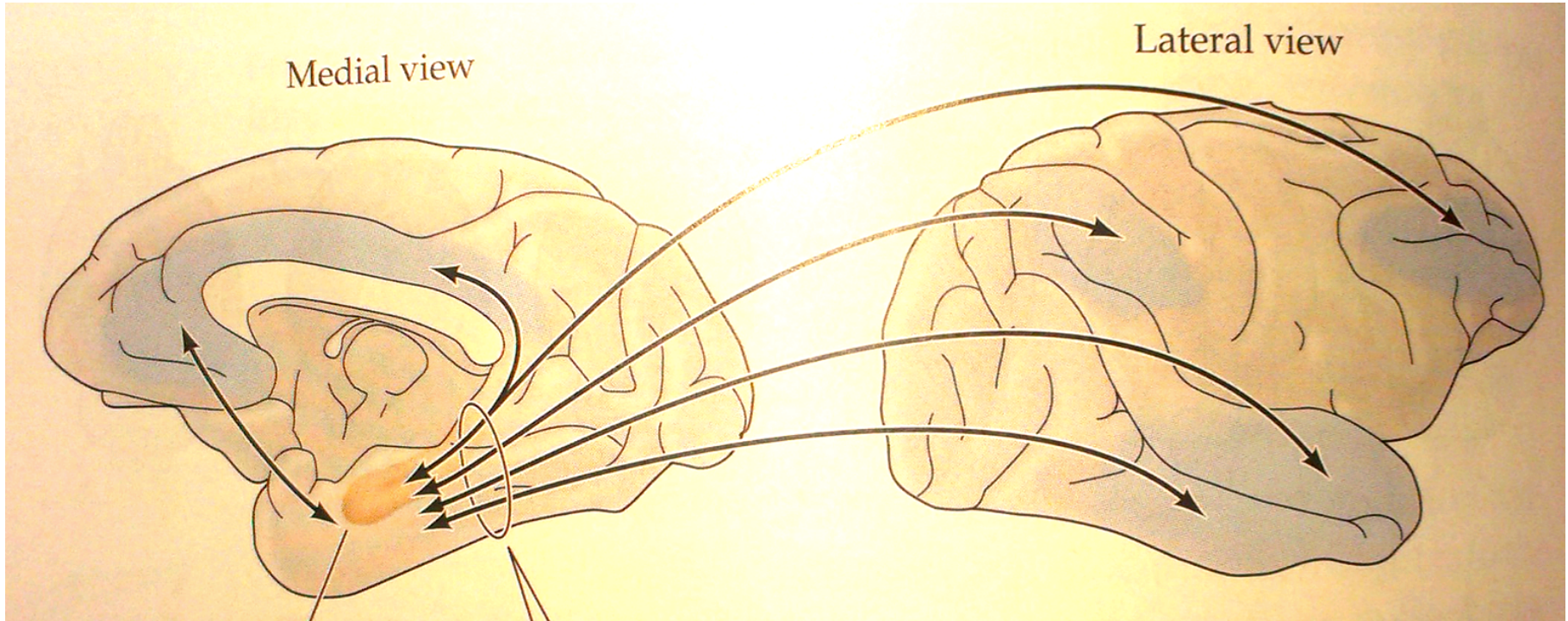


c

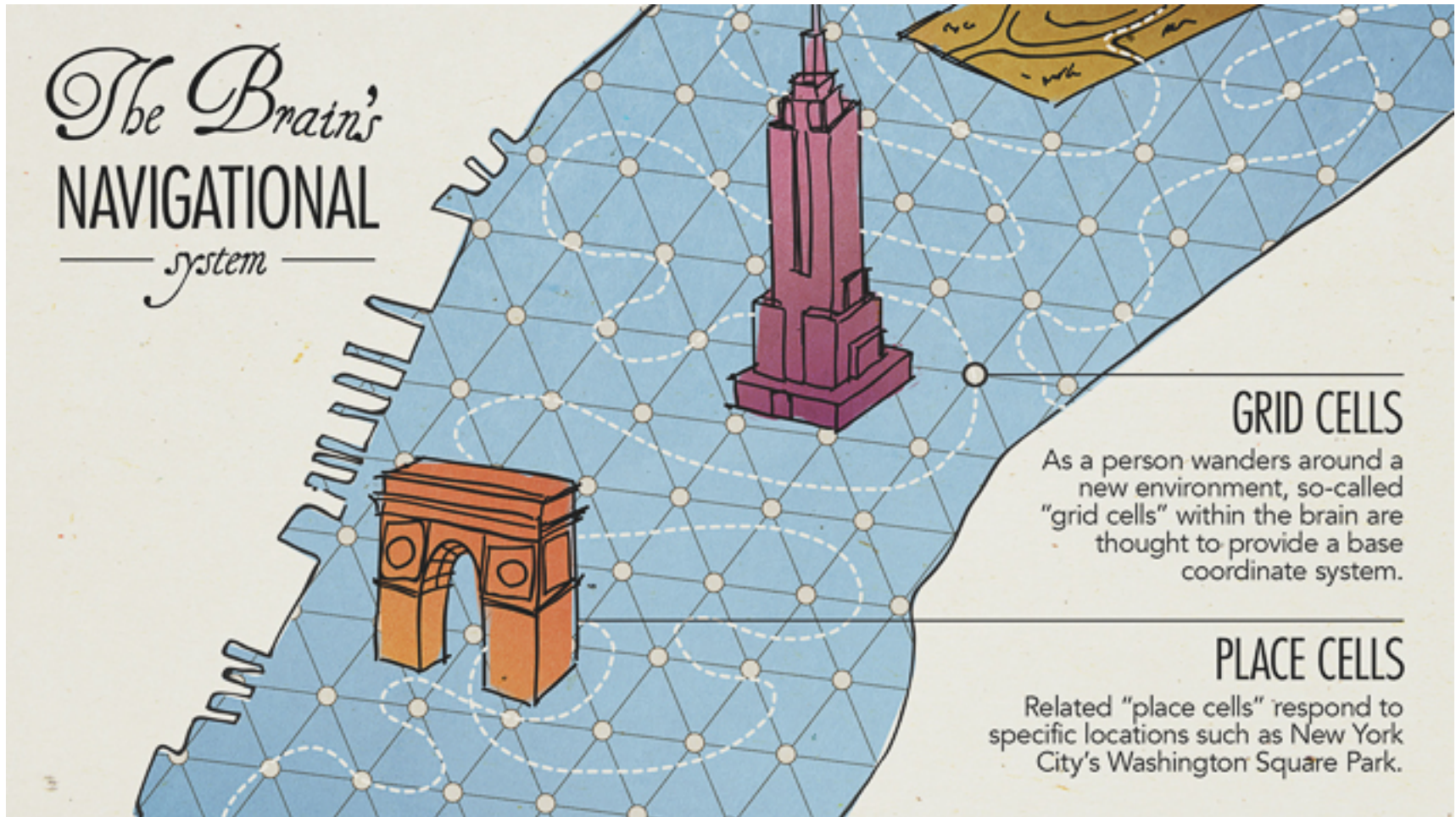




# DIALOGUE HIPPOCAMPE / CORTEX



*L'hippocampe permet aussi de se repérer dans l'espace,  
et d'établir une cartographie de notre environnement*

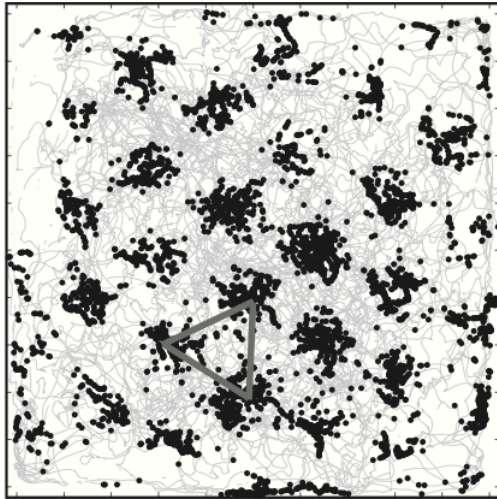


HIPPOCAMPE : Cellules de lieu (*place cells*) déchargent en une position  
CORTEX ENTORHINAL : Cellules de grille (*grid cells*) déchargent à plusieurs positions  
qui collectivement forme un cadrillage de l'espace.



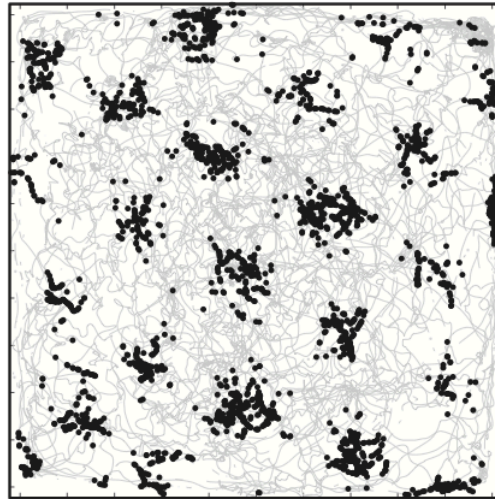
# Exemple des cellules de grille

tracé gris : cheminement de l'animal dans une boîte de 2,2 m  
points noirs : décharge d'un neurone (cellule de grille) de l'hippocampe pendant ce cheminement.



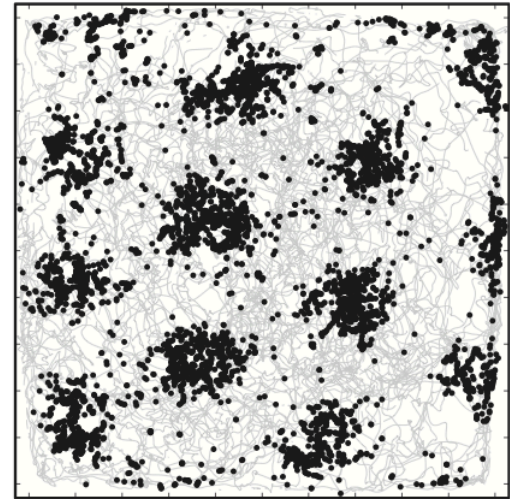
Neurone 1

*“petit cadrillage de l'espace”*



Neurone 2

*“grand cadrillage de l'espace”*



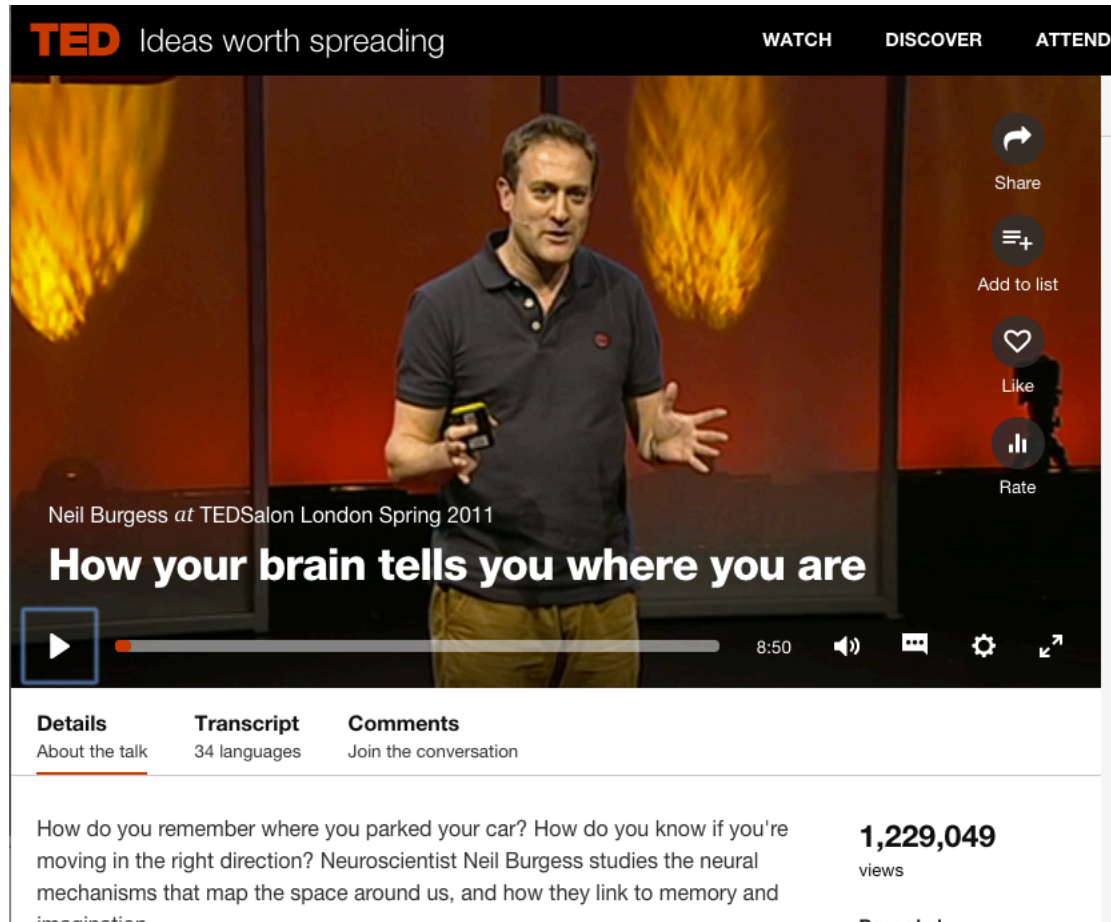
Neurone 3

*“large cadrillage de l'espace”*

Chaque cellule de grille (Neurone 1 à 3) est active pour une position particulière du corps dans l'environnement. Se souvenir d'un trajet ou de l'emplacement d'un objet c'est réactiver l'ensemble des cellules de lieu correspondant à ce trajet ou à cet emplacement.

*Figure 2.* Grid cells in entorhinal cortex of the rat brain. Three grid cells are shown. Left: cell with short spatial wavelength; right, cell with long spatial wavelength. Each panel shows the trajectory of a foraging rat in a 2.2 m wide square enclosure (gray) with the spike locations of one cell superimposed on the track (black). Each black dot corresponds to one spike. Modified from Stensola et al. (2012).

## Cellules de lieu dans l'hippocampe (Prix Nobel 2014)



The image shows a screenshot of a TED talk video player. At the top, the TED logo is followed by the tagline "Ideas worth spreading". Navigation links for "WATCH", "DISCOVER", and "ATTEND" are visible. The video frame shows Neil Burgess, a man in a dark polo shirt, speaking on a stage with a red background and two large, glowing, flame-like patterns. On the right side of the video frame, there are interactive icons: a share icon, an "Add to list" icon, a "Like" icon, and a "Rate" icon. Below the video frame, the text "Neil Burgess at TEDSalon London Spring 2011" is displayed, followed by the title "How your brain tells you where you are". A play button icon is highlighted with a blue box. Below the video frame, there are tabs for "Details", "Transcript", and "Comments". The "Details" tab is selected, showing "About the talk". The "Transcript" tab shows "34 languages" and the "Comments" tab shows "Join the conversation". The video player controls at the bottom show a progress bar, a play button, a volume icon, a chat icon, a settings icon, and a full screen icon. The video duration is 8:50. Below the video player, the text "How do you remember where you parked your car? How do you know if you're moving in the right direction? Neuroscientist Neil Burgess studies the neural mechanisms that map the space around us, and how they link to memory and imagination" is visible. To the right of this text, the view count "1,229,049 views" is displayed.

Neil Burgess at TEDSalon London Spring 2011

### How your brain tells you where you are

8:50

**Details**   **Transcript**   **Comments**

About the talk   34 languages   Join the conversation

How do you remember where you parked your car? How do you know if you're moving in the right direction? Neuroscientist Neil Burgess studies the neural mechanisms that map the space around us, and how they link to memory and imagination

**1,229,049** views

[https://www.ted.com/talks/neil\\_burgess\\_how\\_your\\_brain\\_tells\\_you\\_where\\_you\\_are#t-519231](https://www.ted.com/talks/neil_burgess_how_your_brain_tells_you_where_you_are#t-519231)

4. Anatomie des circuits de la somesthésie

5. Anatomie de la motricité

5.1 Motricité réflexe

5.2 Motricité dirigée

6. L'hippocampe et la mémoire

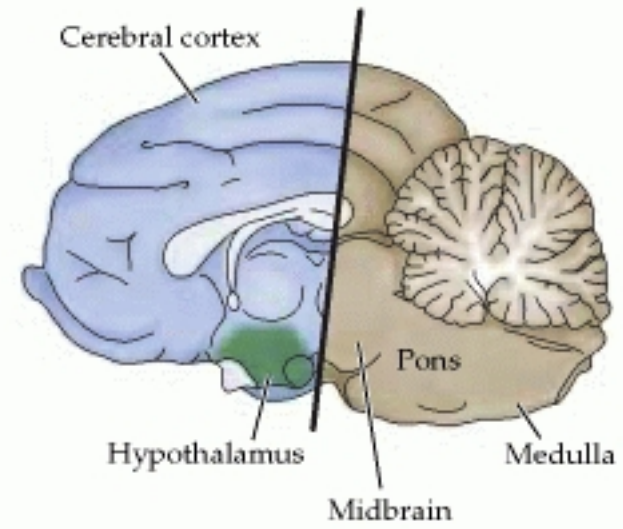
7. Les émotions : le système limbique

8. L'axe hypothalamo-hypophysaire

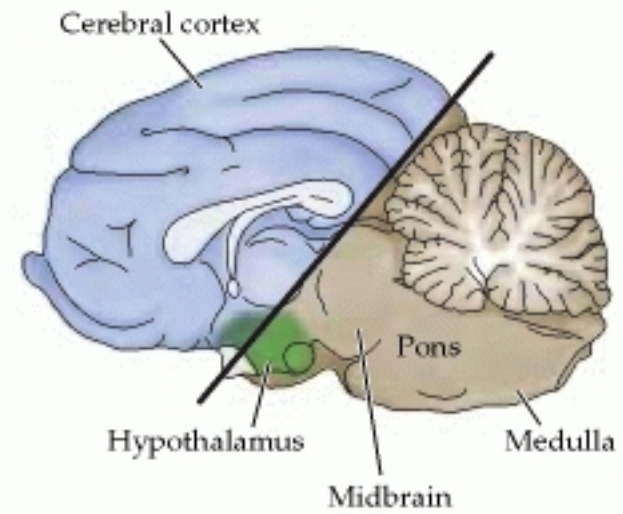


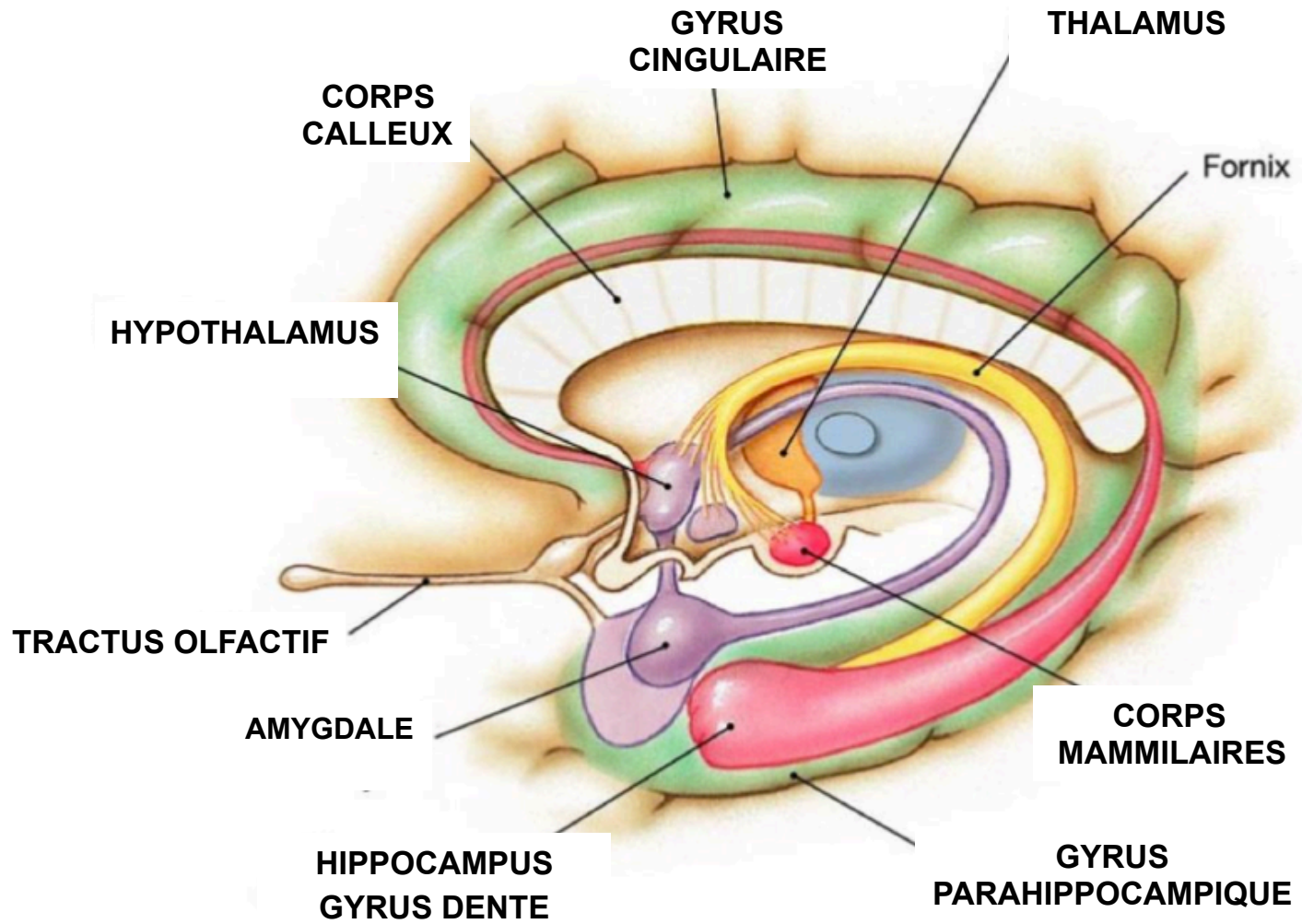


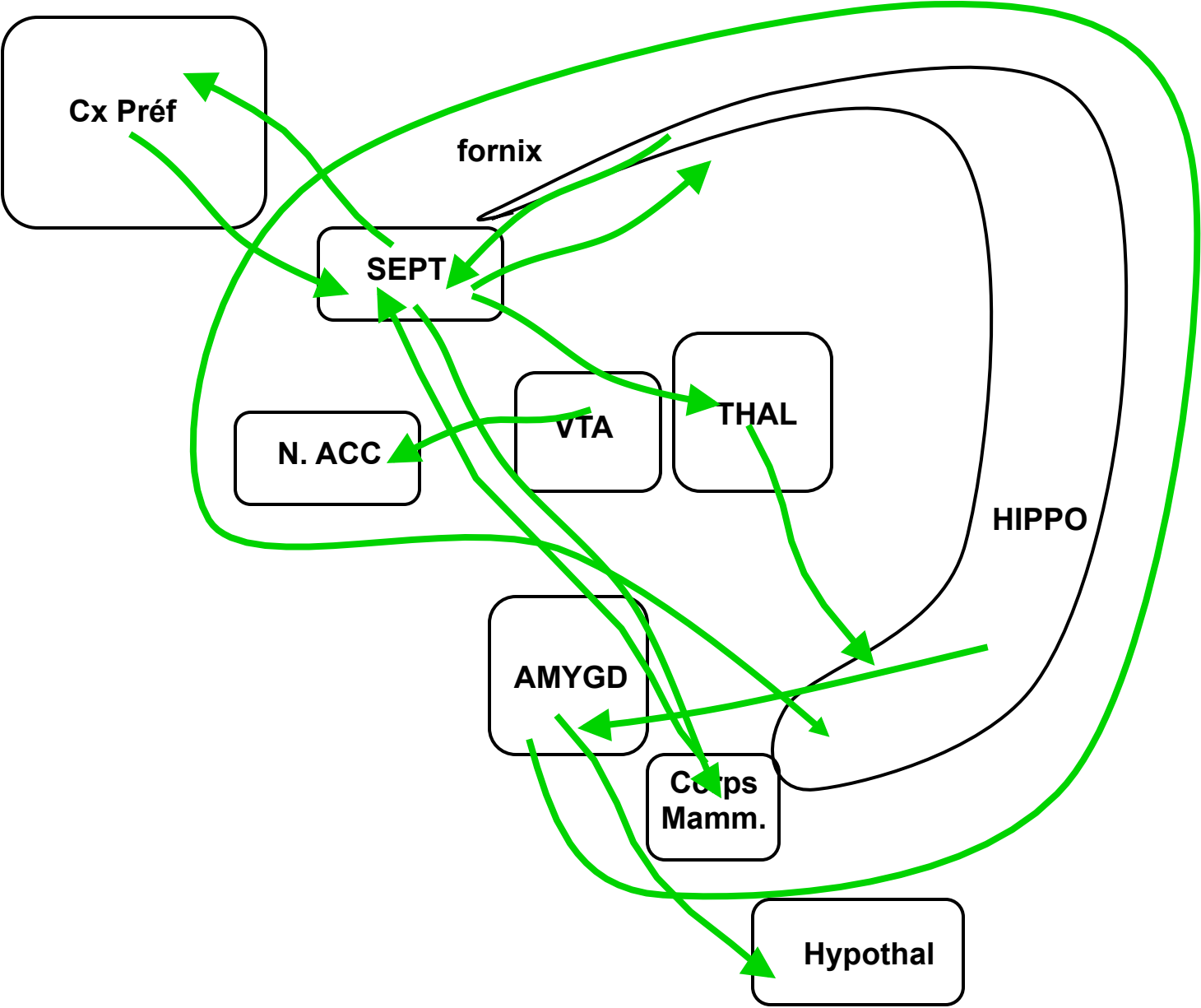
(A) No "sham rage"



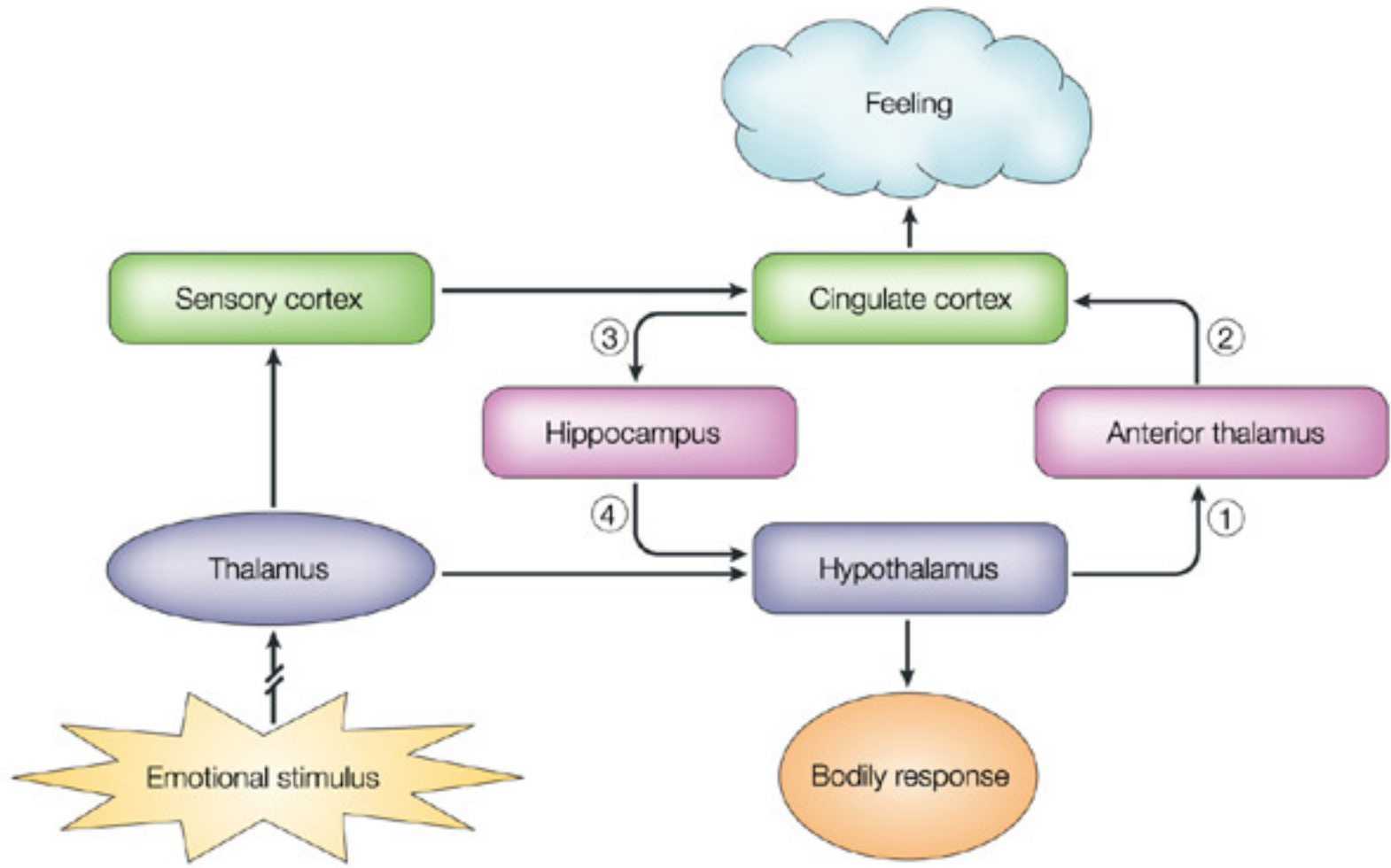
(B) "Sham rage" remains







# Le système Limbique d'après Papez

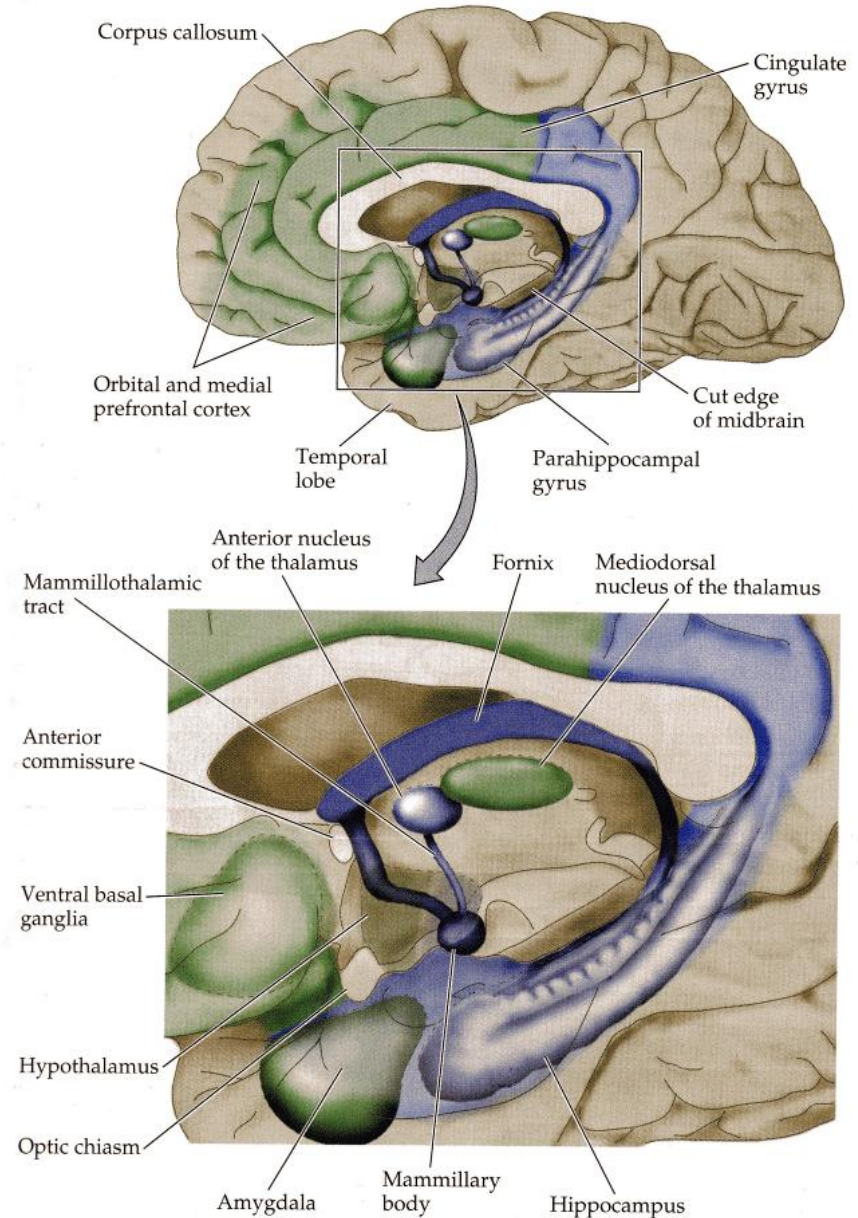




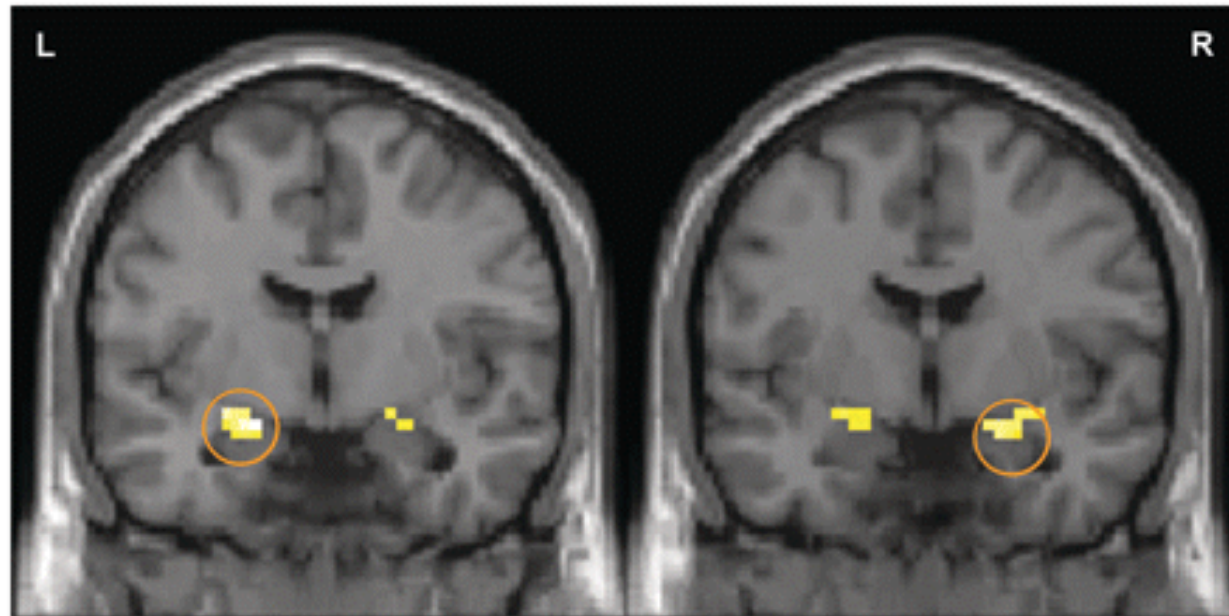
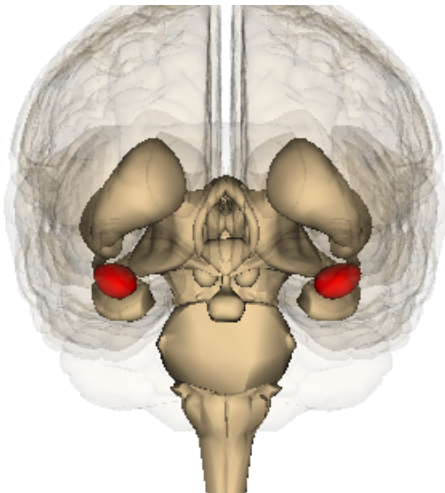
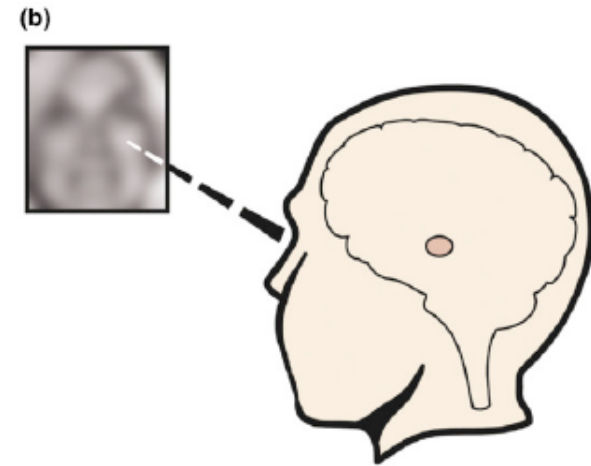
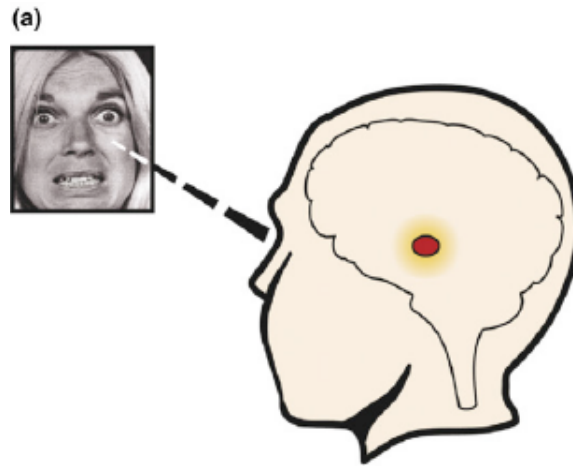
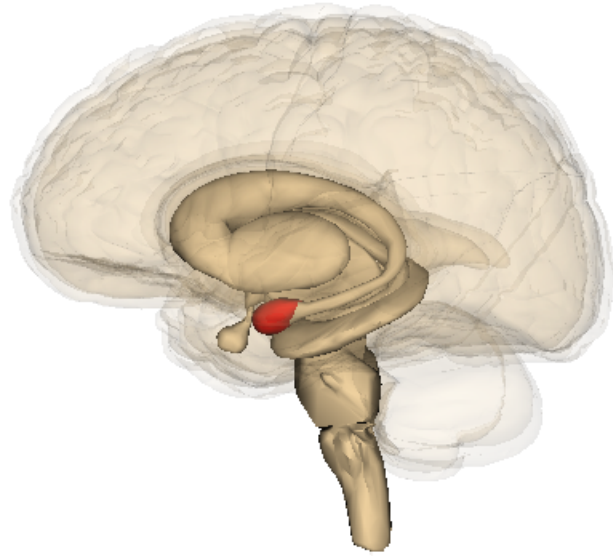
# Le système Limbique aujourd'hui

Neuroanatomie contemporaine  
du système Limbique (**en vert**) :  
Impliqué dans l'expression  
et l'expérience des émotions.  
module l'activité de l'hypothalamus.

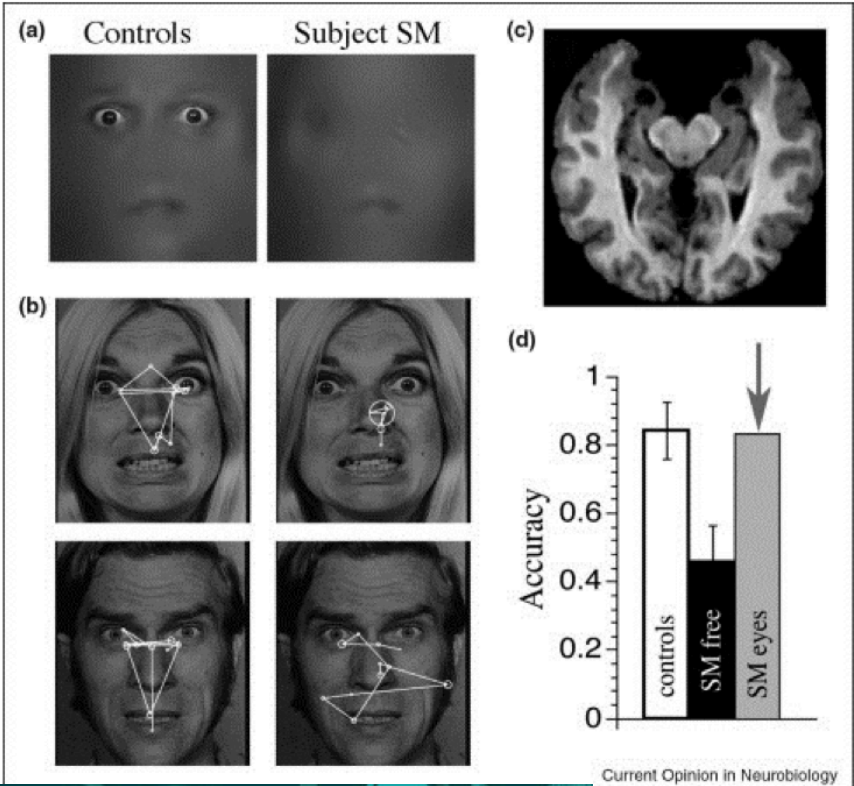
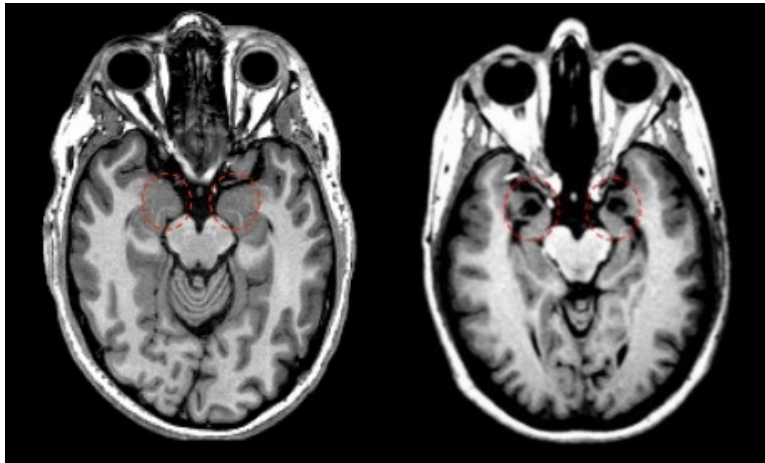
En **bleu**, les structures impliquées dans le  
circuit de Papez, mais qui ne sont plus  
considérées aujourd'hui comme des  
acteurs de premier plan du système  
limbique.



L'amygdale : structure impliquée dans l'évaluation  
du caractère menaçant d'une expérience  
et l'expression d'un sentiment de « peur »



Patiente S.M. atteinte  
d'une maladie génétique  
très rare entraînant  
la perte sélective  
des amygdales



nature  
neuroscience

## Fear and panic in humans with bilateral amygdala damage

Justin S Feinstein, Colin Buzza, Rene Hurlmann, Robin L Follmer, Nader S Dahdaleh,  
William H Coryell, Michael J Welsh, Daniel Tranel & John A Wemmie

[Affiliations](#) | [Contributions](#) | [Corresponding authors](#)

*Nature Neuroscience* 16, 270–272 (2013) | doi:10.1038/nn.3323

Received 25 October 2012 | Accepted 04 January 2013 | Published online 03 February 2013

4. Anatomie des circuits de la somesthésie

5. Anatomie de la motricité

5.1 Motricité réflexe

5.2 Motricité dirigée

6. L'hippocampe et la mémoire

7. Les émotions : le système limbique

8. L'axe hypothalamo-hypophysaire



