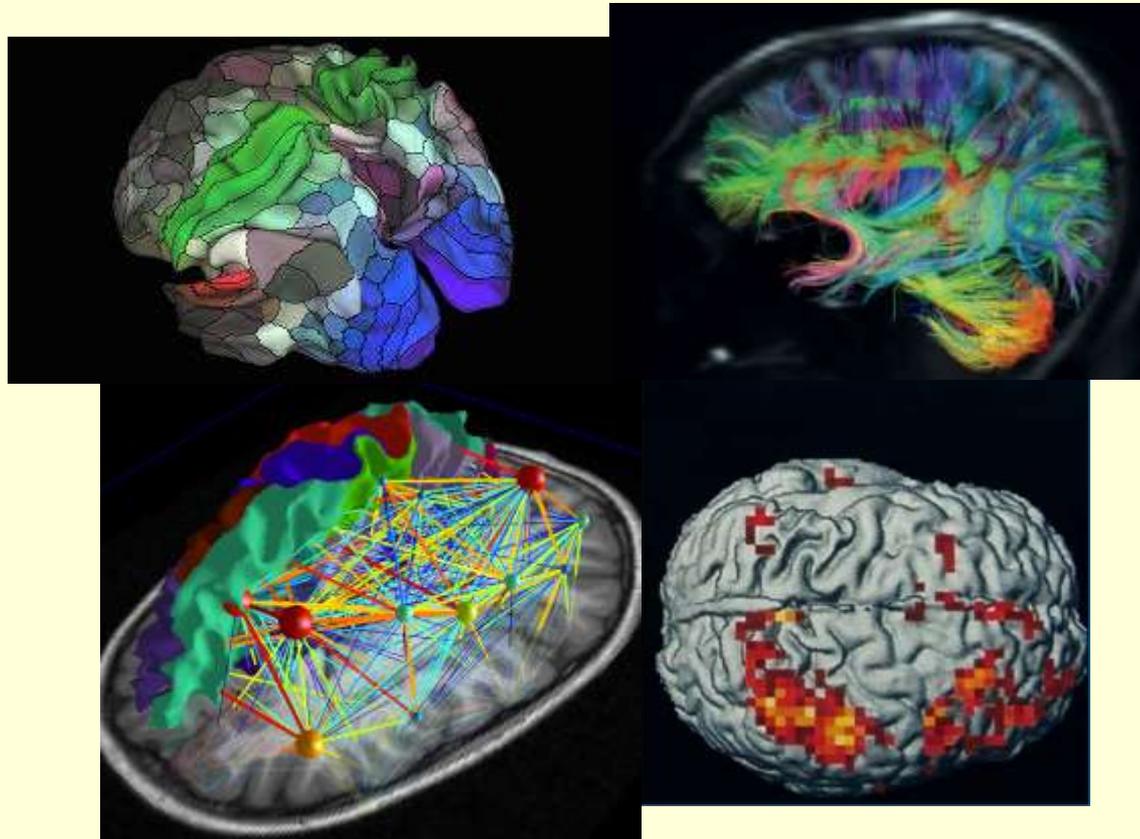
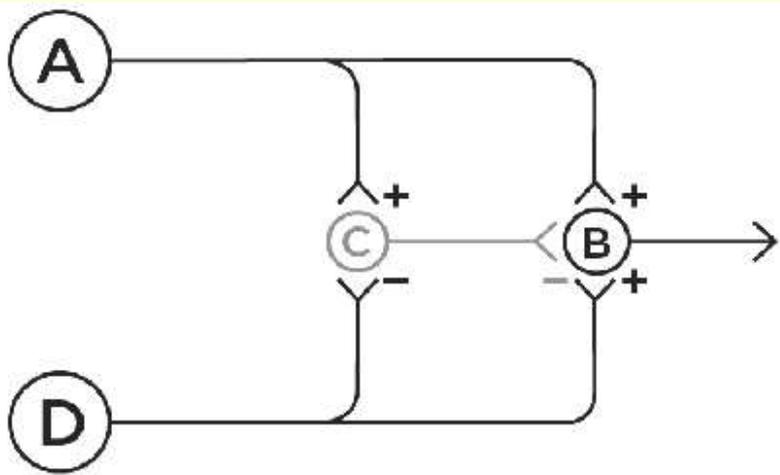
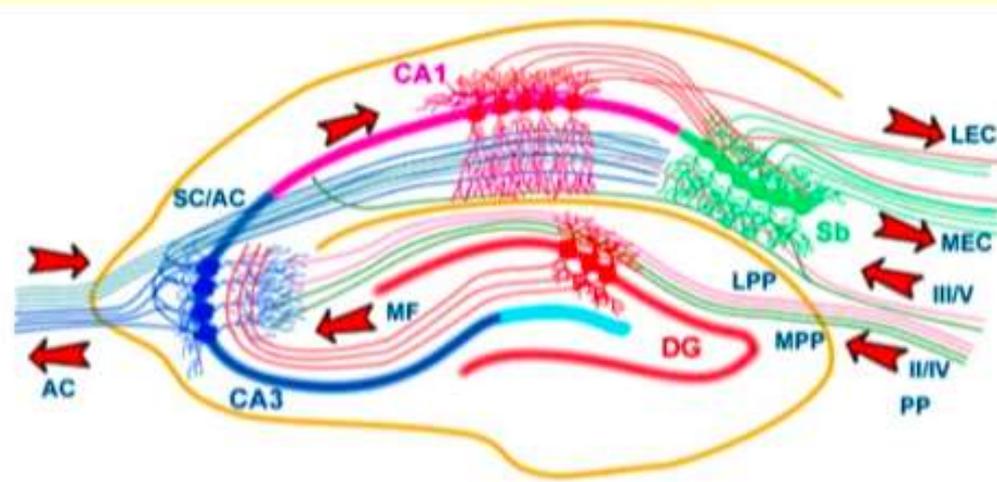


Cours 3: Des structures cérébrales reliées en réseaux de milliards de neurones





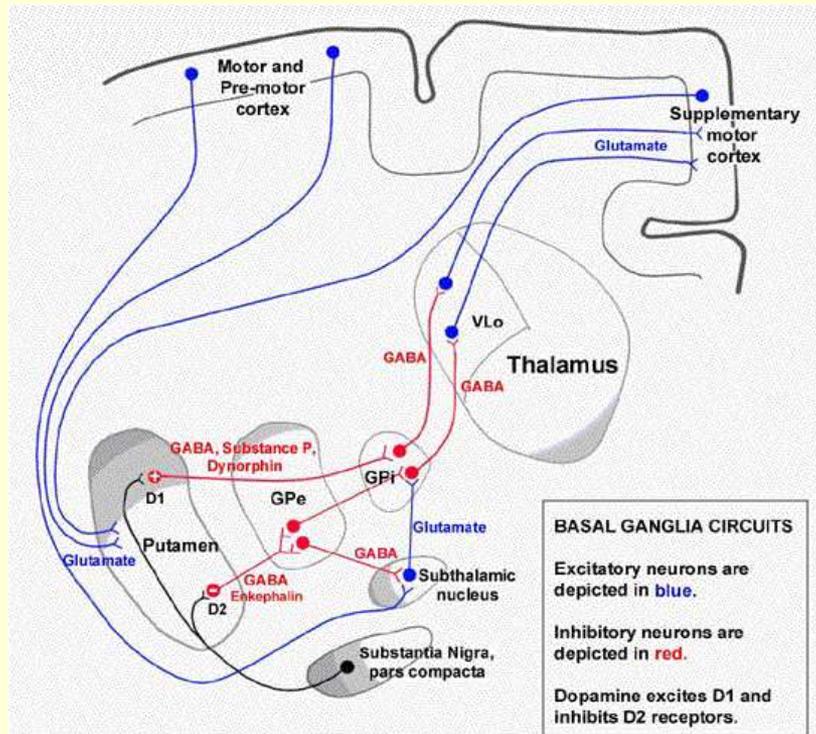
On est passé de quelques neurones...



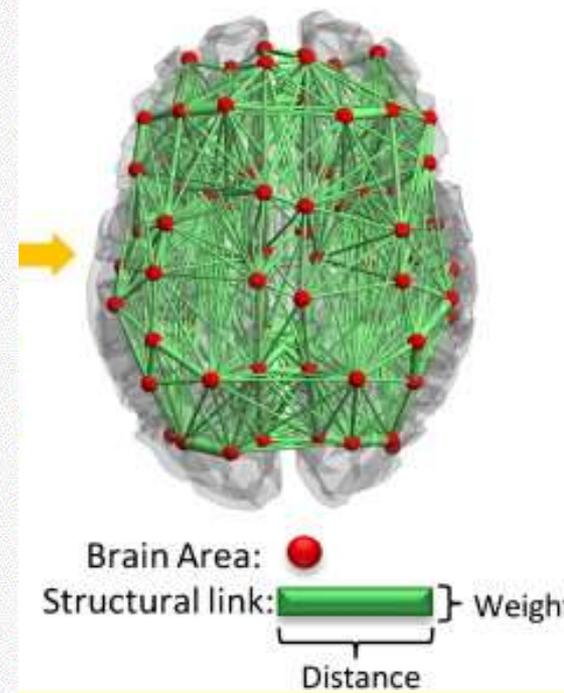
...à des circuits de millions de neurones dans des structures (comme l'hippocampe)

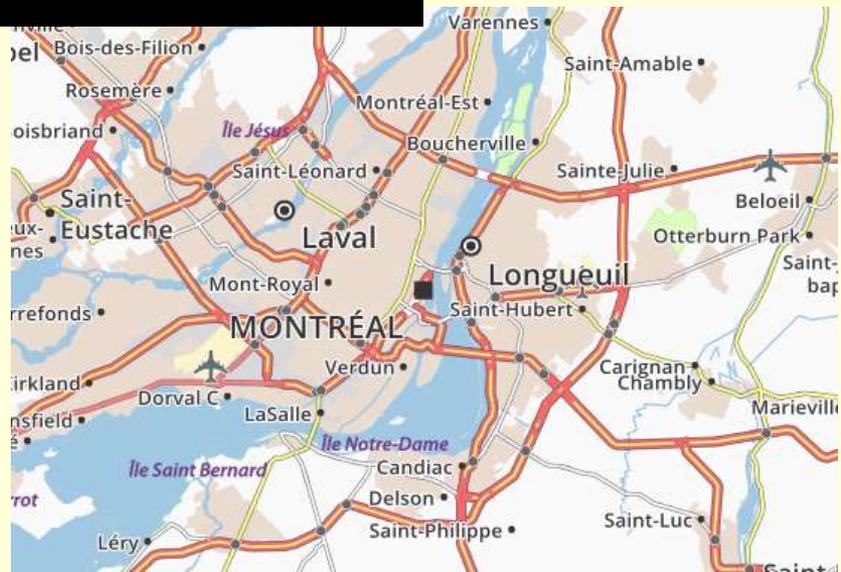
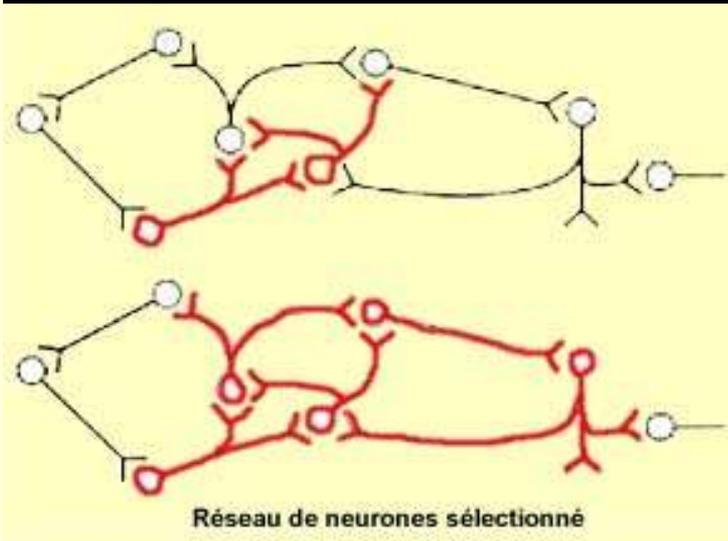
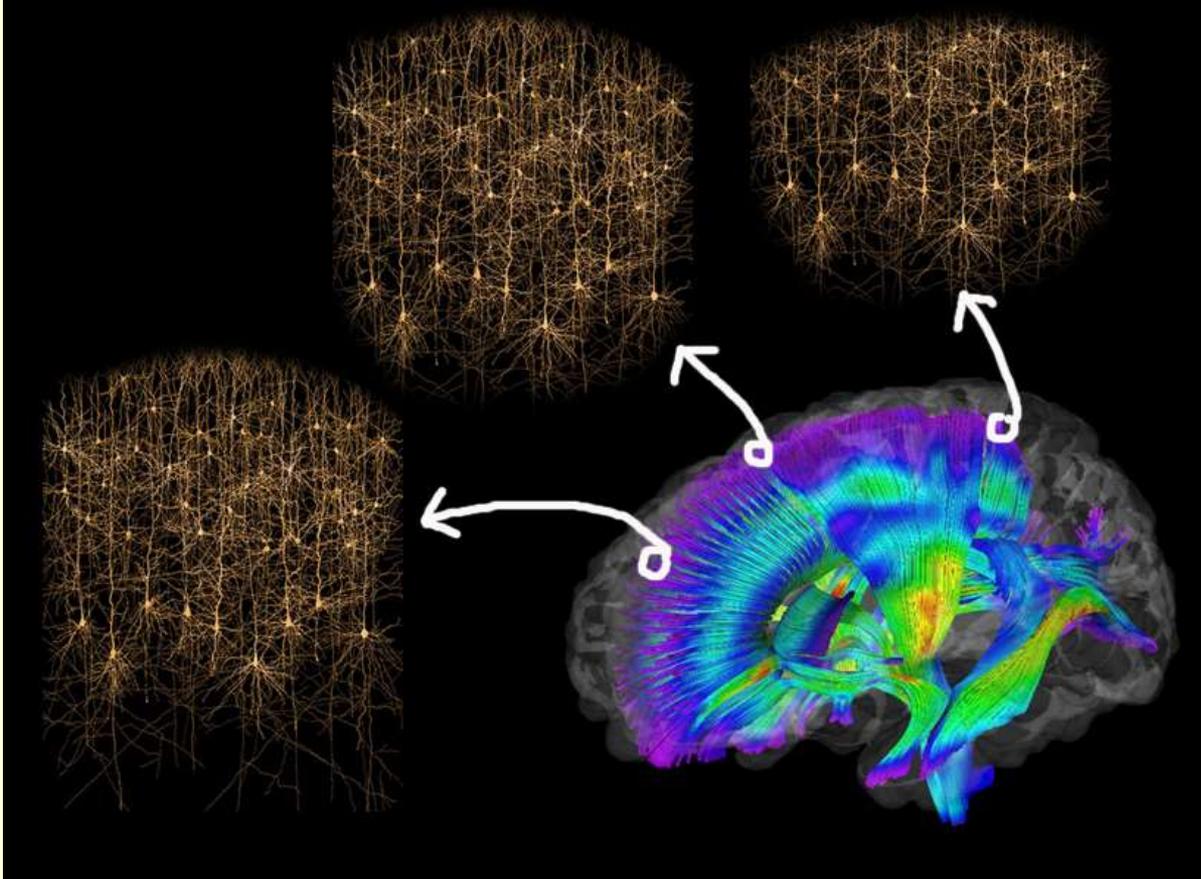
Maintenant on va passer à des structures cérébrales qui vont se connecter en réseaux locaux...

... mais aussi à l'échelle du cerveau entier !



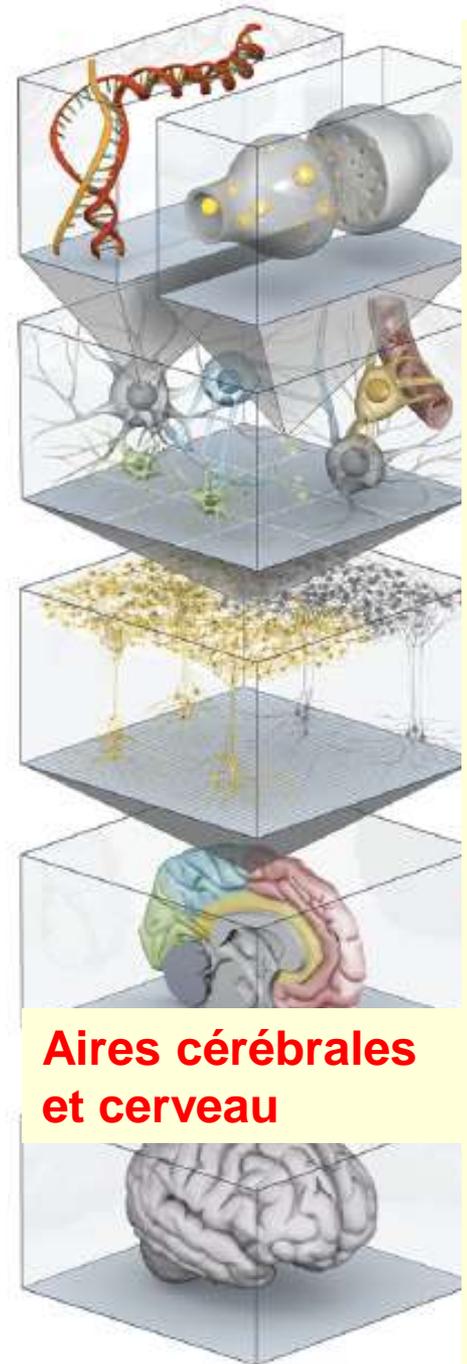
Brain network model



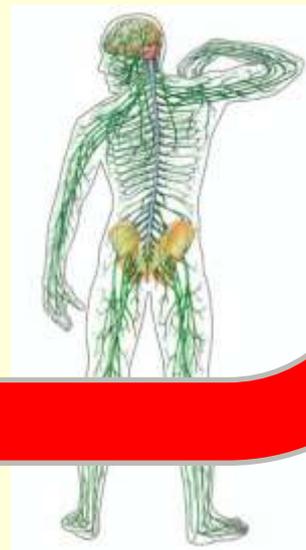


-Cellules
(neurones)

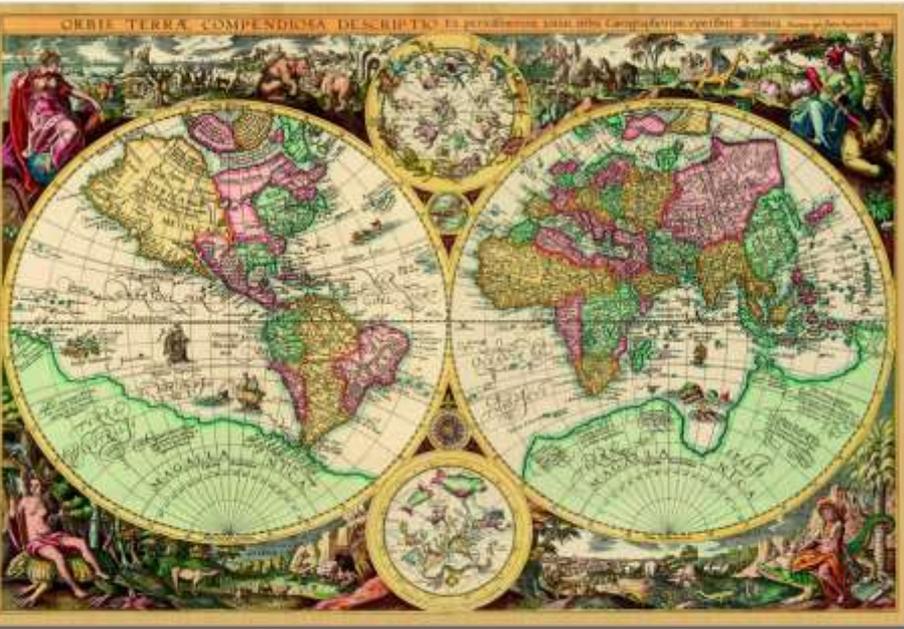
Circuits de
neurones



**Aires cérébrales
et cerveau**

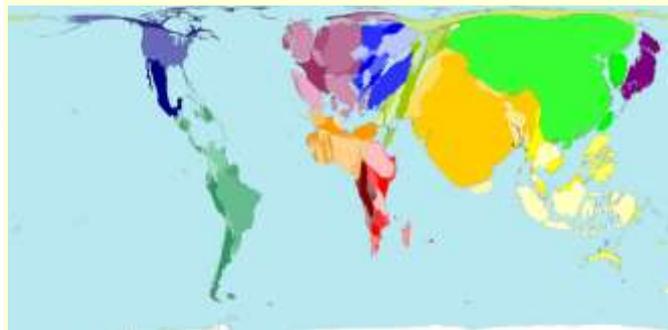
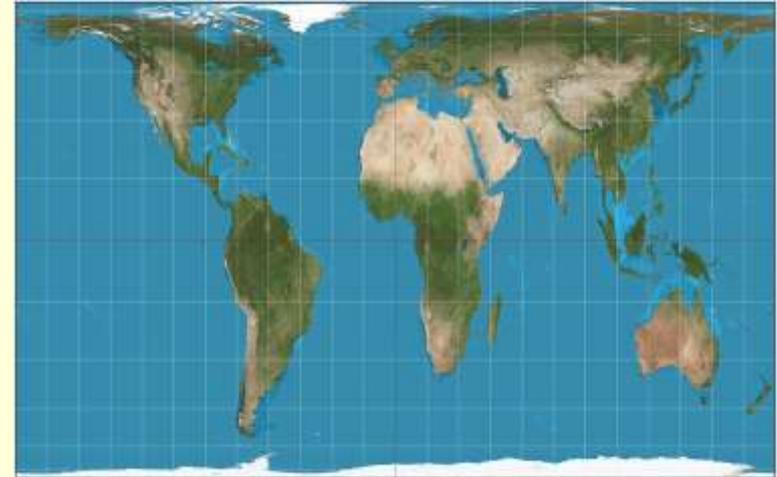
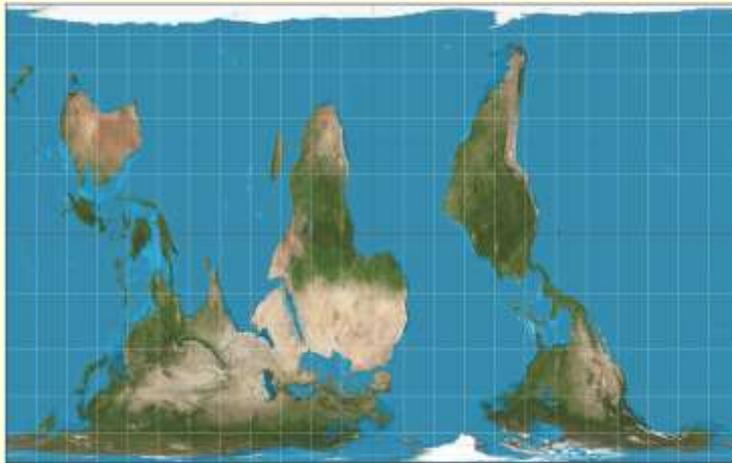


Intro : Les premières cartes du cortex



Les cartes sont des outils utiles pour simplifier la complexité du réel en des représentations pratiques. Mais elles ne sont pas neutres.

Elles reflètent souvent des valeurs sociales ou des choix politiques, comme le montre ces autres façons peu utilisées pour représenter le monde.



(selon la population par pays)





Paris, 1810.

**Franz Joseph
Gall (1757-1828)**



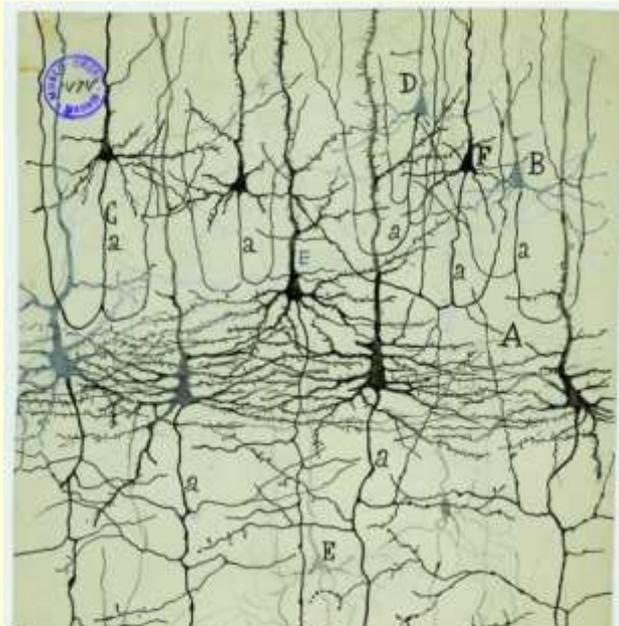
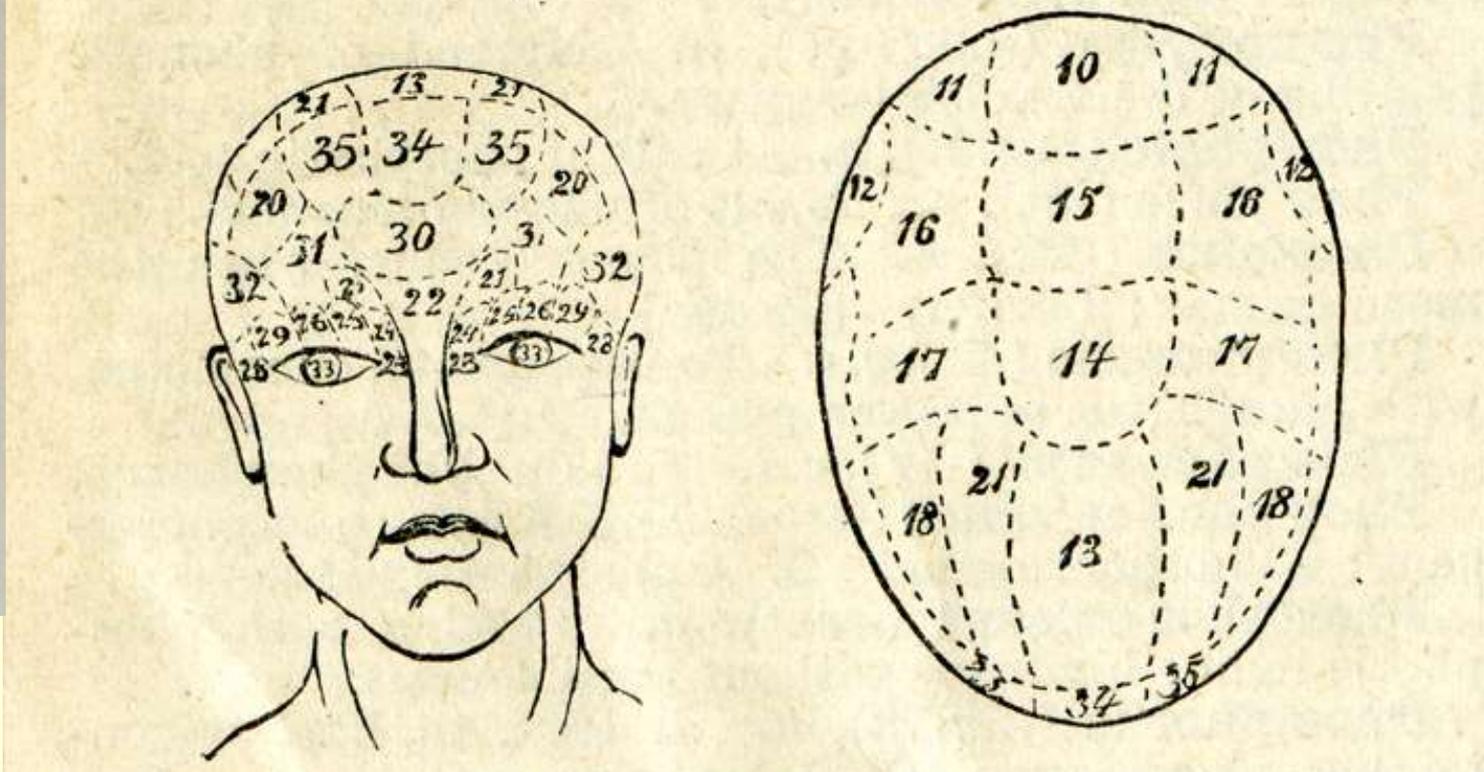


F. JOSEPH GALL,
Docteur en Médecine à Vienne.

**Franz Joseph
Gall (1757-1828)**

père de la
phrénologie,

une théorie de la
localisation des
fonctions
cérébrales
dans le cerveau.



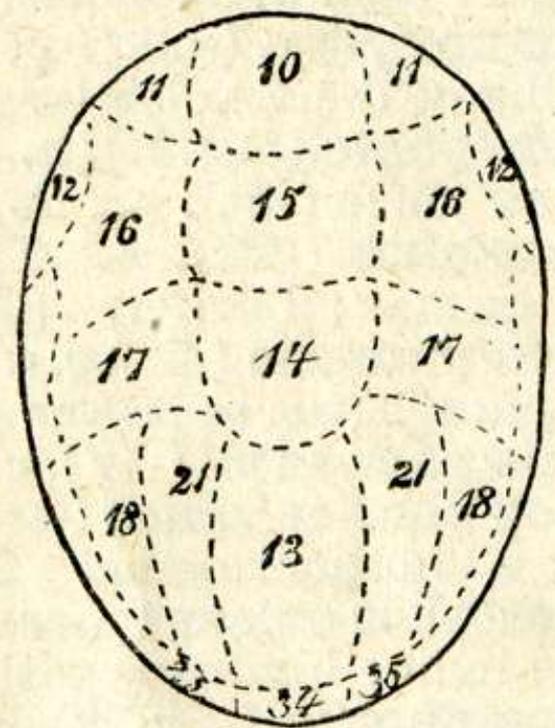
Ce qui allait un peu
à l'encontre du
paradigme dominant
de l'époque qui était
que le système
nerveux était
constitué d'un
maillage fusionné
[cours #2]



Franz Joseph Gall (1757-1828)

père de la **phrénologie**,

une théorie de la **localisation des fonctions** cérébrales dans le cerveau.

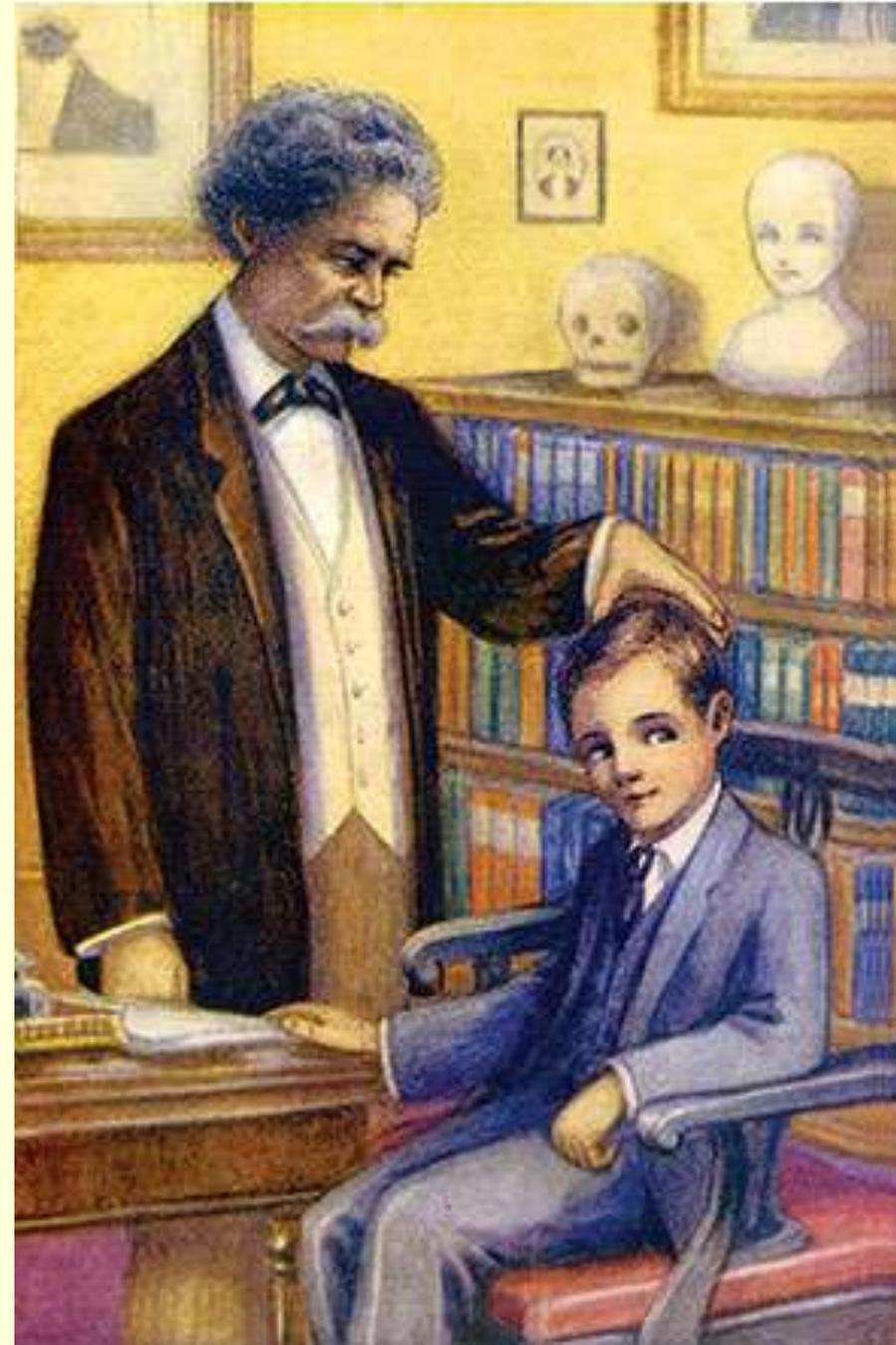


A Chart of Phrenology.

1 Amativeness ; 2 Philoprogenitiveness ; 3 Concentrativeness ; 3 a Inhabitiveness ; 4 Adhesiveness ; 5 Combaticiveness ; 6 Destructiveness ; 6 a Alimentiveness ; 7 Secretiveness ; 8 Acquisitiveness ; 9 Constructiveness ; 10 Self-esteem ; 11 Love of Approbation ; 12 Cautiousness ; 13 Benevolence ; 14 Veneration ; 15 Firmness ; 16 Conscientiousness ; 17 Hope ; 18 Wonder ; 19 Ideality ; 19 a (Not determined) ; 20 Wit ; 21 Imitation ; 22 Individuality ; 23 Form ; 24 Size ; 25 Weight ; 26 Coloring ; 27 Locality ; 28 Number ; 29 Order ; 30 Eventuality ; 31 Time ; 32 Tune ; 33 Language ; 34 Comparison ; 35 Causality. [Some raise the number of organs to forty-three.]



The Boy—what will he become?



Pour Gall, une capacité particulièrement développée inscrivait sa trace par une **bosse sur le crâne**.

Par dérision, on parle encore de la “**bosse des mathématiques**” ou la “**bosse des affaires**”...



Malgré tout, l'idée que le cerveau était composé de plusieurs parties discrètes associées à des fonctions psychologiques distinctes était très **attrayante** et allait s'imposer pour longtemps.

De sorte que plusieurs neurobiologistes pensent que nous sommes encore aujourd'hui **pris au piège** par les **catégories fonctionnelles** de la **psychologie cognitive**.

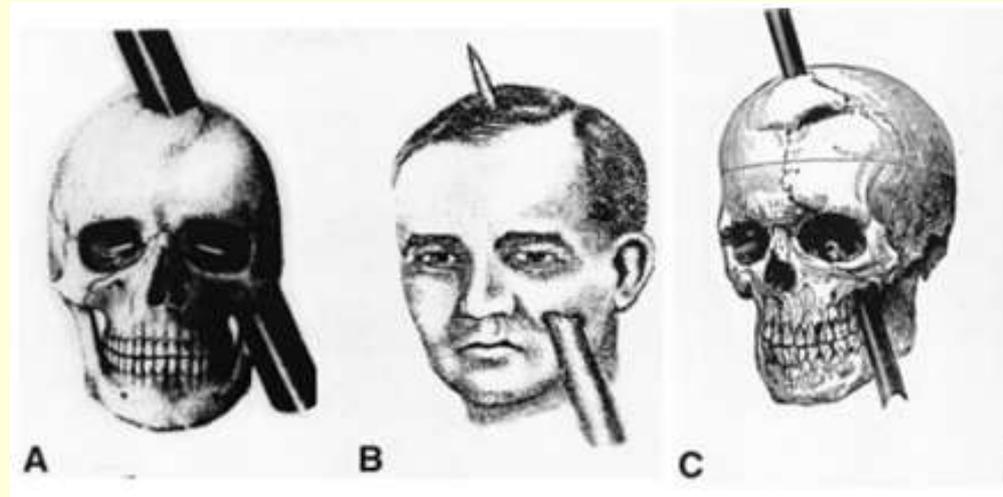
13 septembre 1848,
Cavendish, Vermont, États-Unis

Un ouvrier des chemins de fer,
Phineas Gage, eut le crâne
traversé par une barre de fer
suite à une explosion.



13 septembre 1848,
Cavendish, Vermont, États-Unis

Contre toute attente, Gage se remit de son accident, mais **son comportement changeât radicalement.**



Jusque-là considéré comme sérieux, attentionné, sociable, fiable et ayant un bon jugement, l'accident le laissa dans un état **instable** et **asocial**.

*“Gage provided the first clues that there are systems in the human brain dedicated to the **personal** and **social** dimensions of reasoning.”*

Review of Antonio Damasio's "Descartes Error"

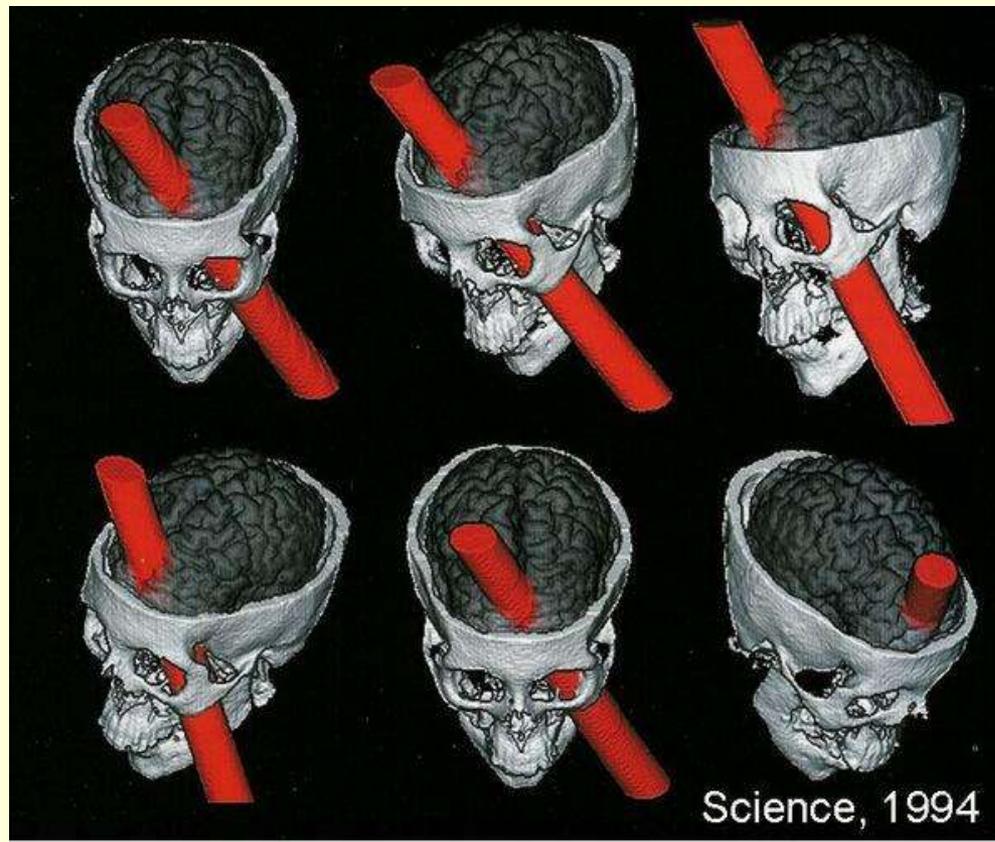
<http://www.metanexus.net/book-review/review-antonio-damasios-descartes-error>



The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient.

Damasio H¹, Grabowski T, Frank R, Galaburda AM, Damasio AR.
Science. 1994 May 20;264(5162):1102-5.

L'étude de ses lésions par Hanna et Antonio Damasio et leur collègues permet de mieux comprendre les **fonctions du lobe frontal**.



Paris, 1861.



TOUT PARIS

230 - Rue de la Boquette (XI^e arr^t)
Vue prise de la Place Voltaire



Le neurochirurgien français **Paul Broca** examine le cerveau d'un de ses patients qui vient de décéder.

Ce patient ne pouvait prononcer d'autres syllabes que «tan», bien qu'il comprenait ce qu'on lui disait.

Sans être atteint d'aucun trouble moteur de la langue ou de la bouche qui aurait pu affecter son langage, ce patient ne pouvait produire aucune phrase complète ni exprimer ses idées par écrit.

En faisant l'autopsie de son cerveau, Broca a trouvé une lésion importante dans le **cortex frontal inférieur gauche**.



Par la suite, Broca a étudié huit patients aux déficits semblables qui tous avaient une lésion dans l'hémisphère frontal gauche. Cela l'amène à déclarer son célèbre « Nous parlons avec l'hémisphère gauche ».



Dix ans plus tard, en **1871**, **Carl Wernicke**, un neurologue allemand, met en évidence une autre région impliquée celle-là dans la compréhension du langage.

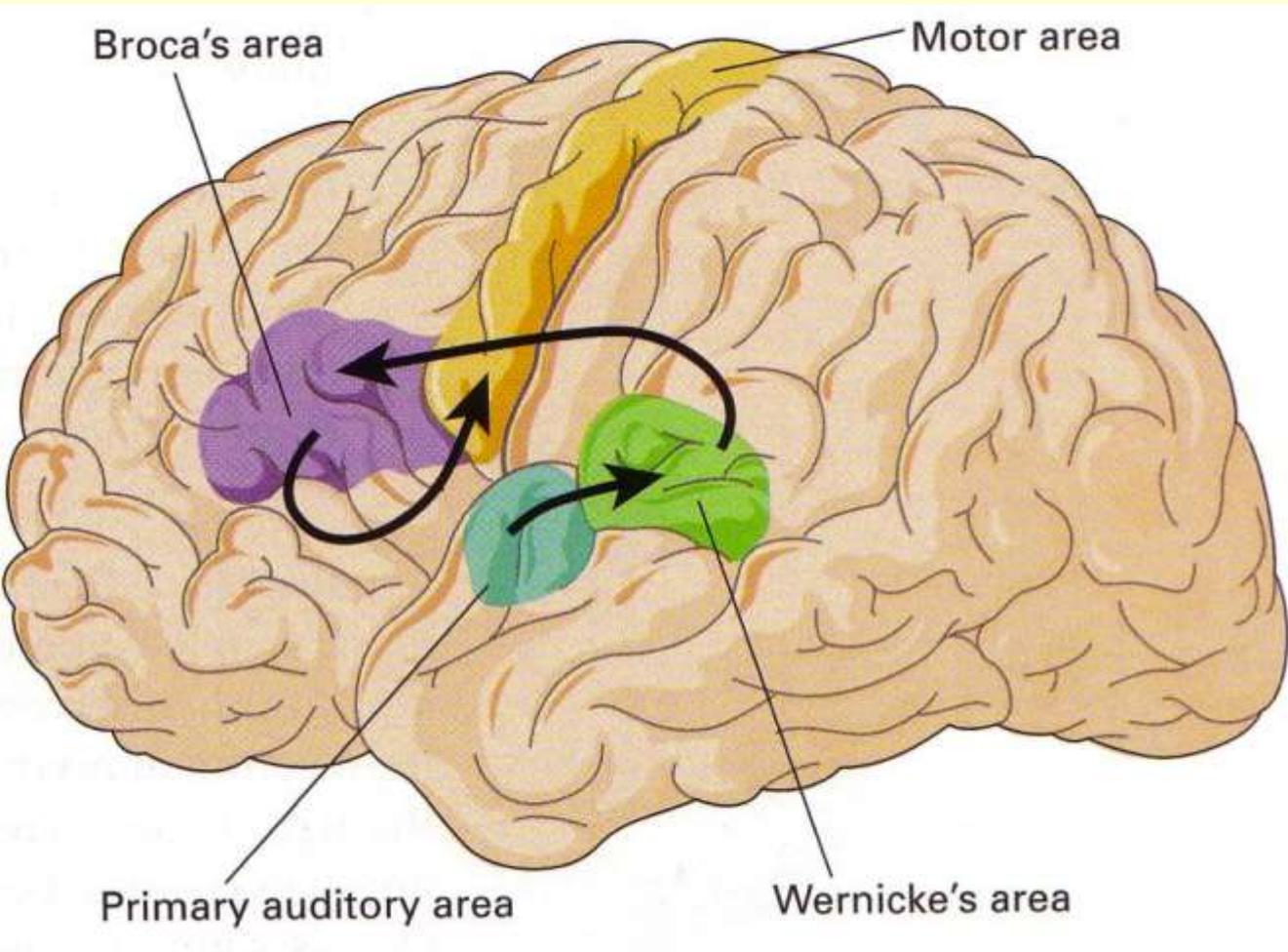


Elle est située dans la **partie postérieure du lobe temporal gauche**.

Les patients qui ont une lésion à cet endroit peuvent parler, mais leur discours est souvent **incohérent et dénué de sens**.

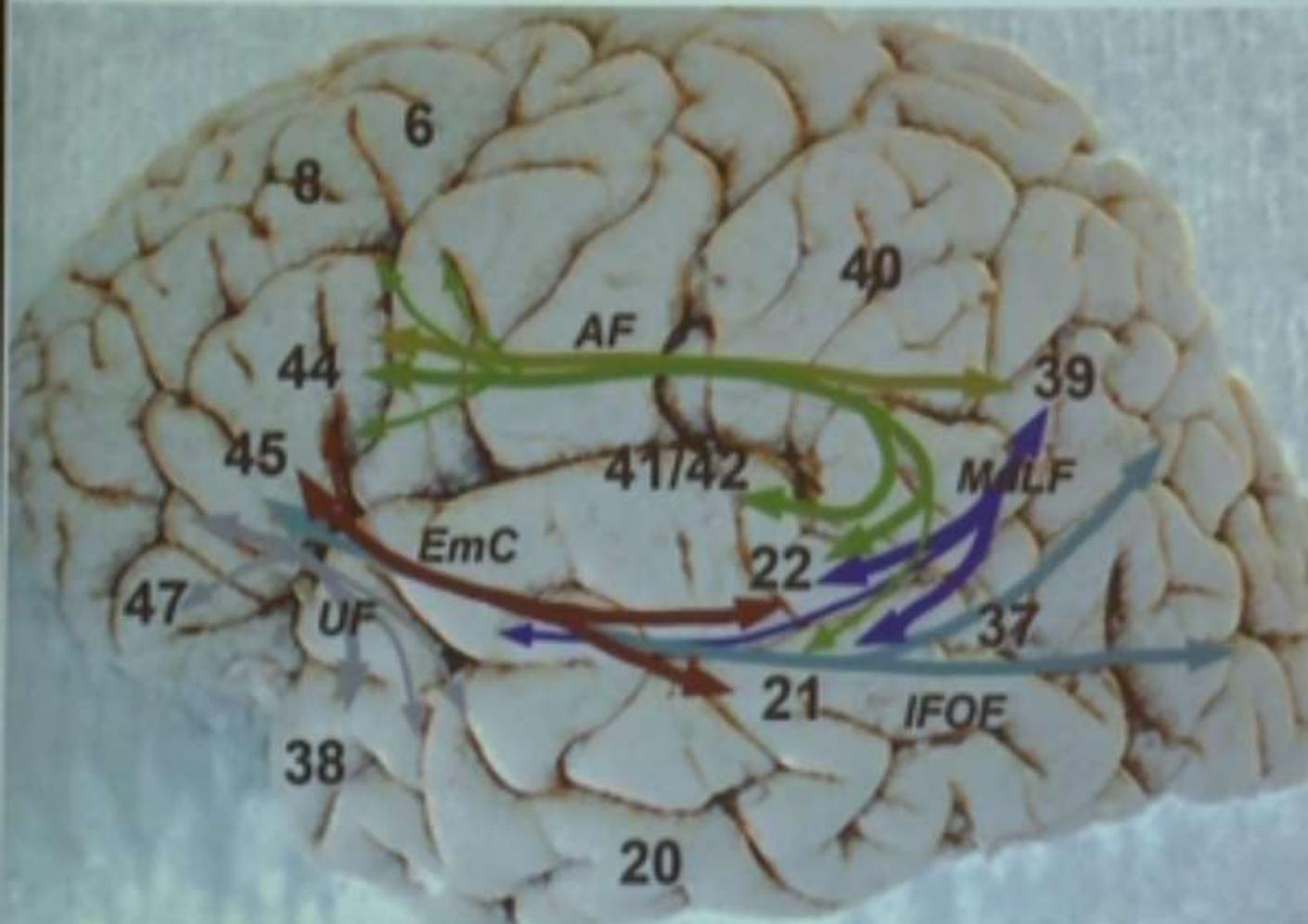
(« **Aphasie de Wernicke** »)

Mène à une première compréhension **très schématique** du langage.



Connectivité fronto-temporale des aires du langage

Axer, H., Klingner, C. M., & Prescher, A. (2013). Fiber anatomy of dorsal and ventral language streams. *Brain and Language*, 127(2), 192–204.



Trois principaux faisceaux de connexion fronto-temporale impliquant la « région de Broca »:

Faisceau arqué (*arcuate fasciculus*)

Capsule extrême

Faisceau unciné (*uncinate fasciculus*)

Fig. 4. Connectivity scheme of human language-related areas.

Crédit :
Stanislas
Dehaene

L'objectif de ce cours est de passer d'une

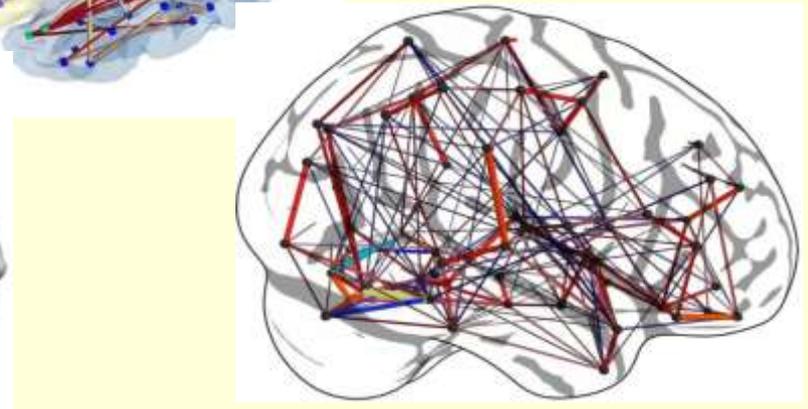
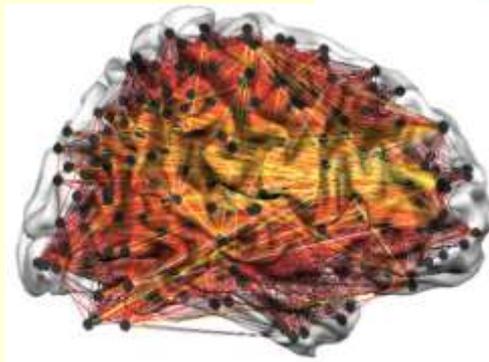
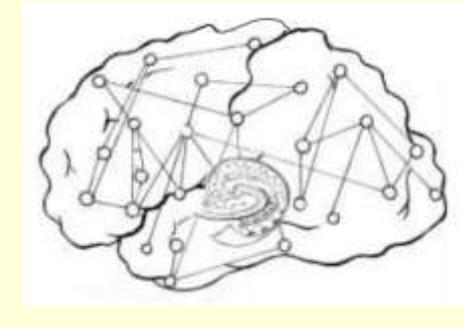
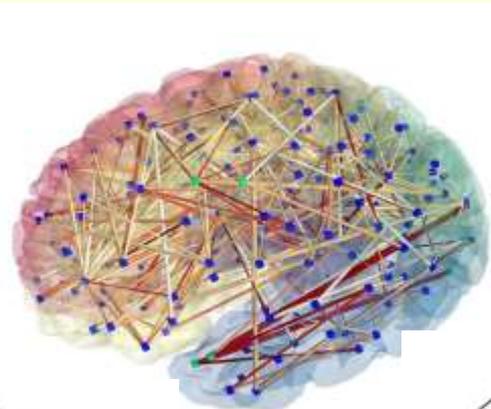
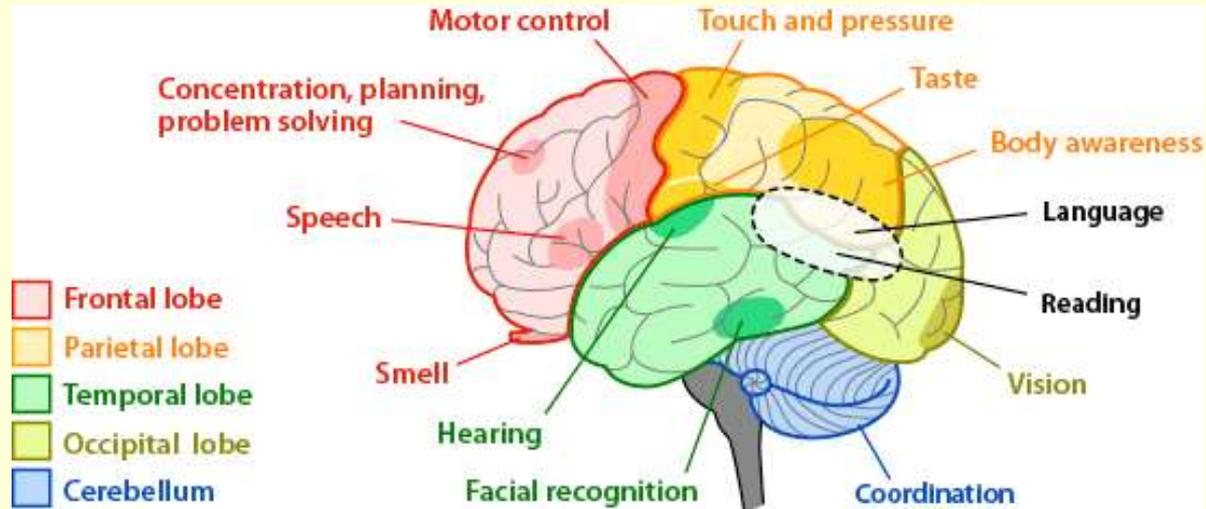
conception traditionnelle du cerveau

i.e. un objet (relativement) stable et régulier fait de composantes avec une relation structure-fonction (relativement) simple;

à une

nouvelle conception du cerveau

Un réseau (presque) infiniment plastique manifestant une relation structure-fonction complexe (plusieurs-à-plusieurs)



2015

neurones univers mécanique quanti
Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur...
Les trois infinis : vertige supracon
le petit, le grand et le complexe

l'UPop Montréal vous propose une activité spéciale sur le Mont-Royal
La complexité à pied : quand le Mont-Royal devient notre cerveau !

Départ : samedi 16 mai, 14h., statue des tam-tams

Tous les détails au www.upopmontreal.com

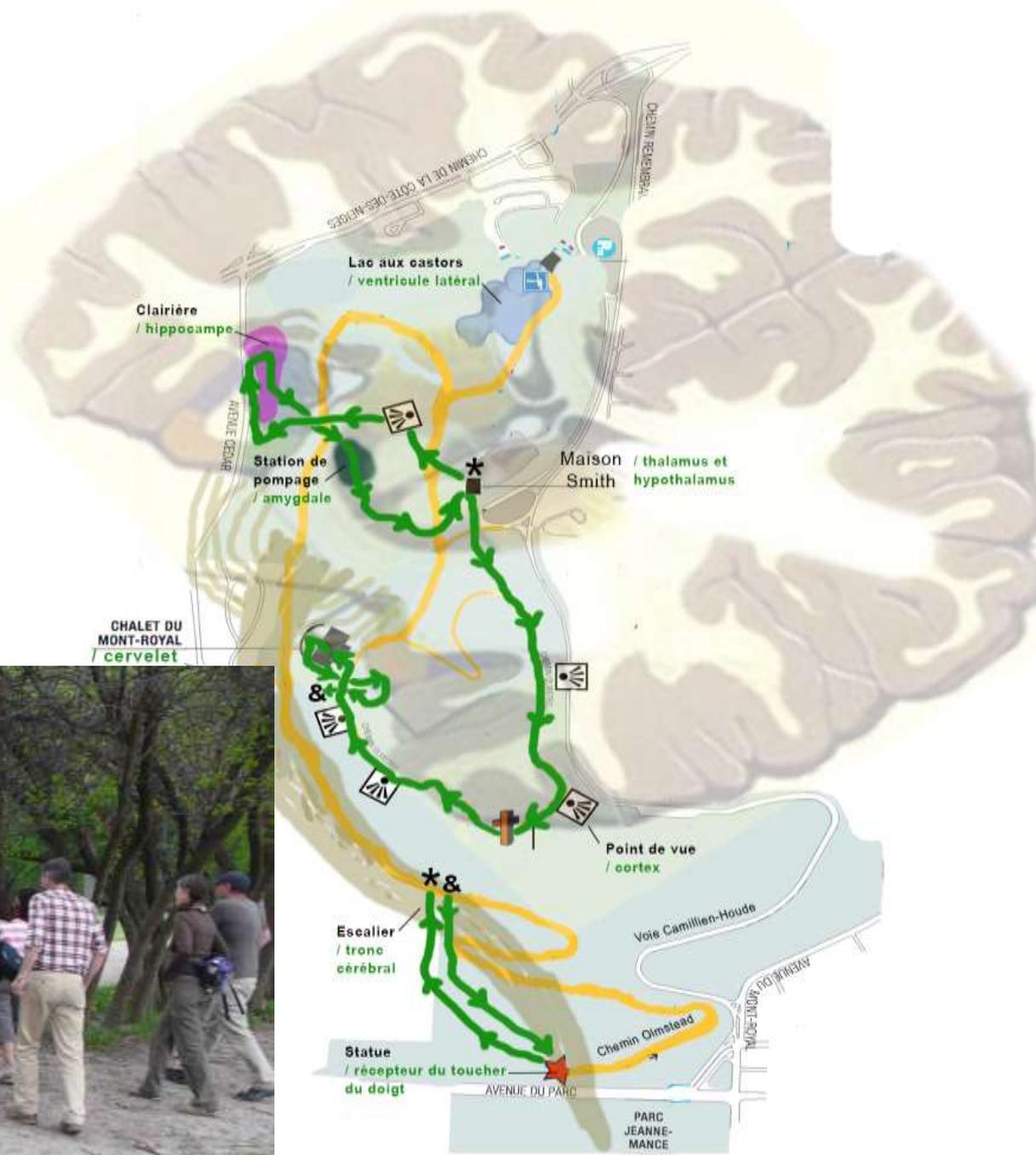




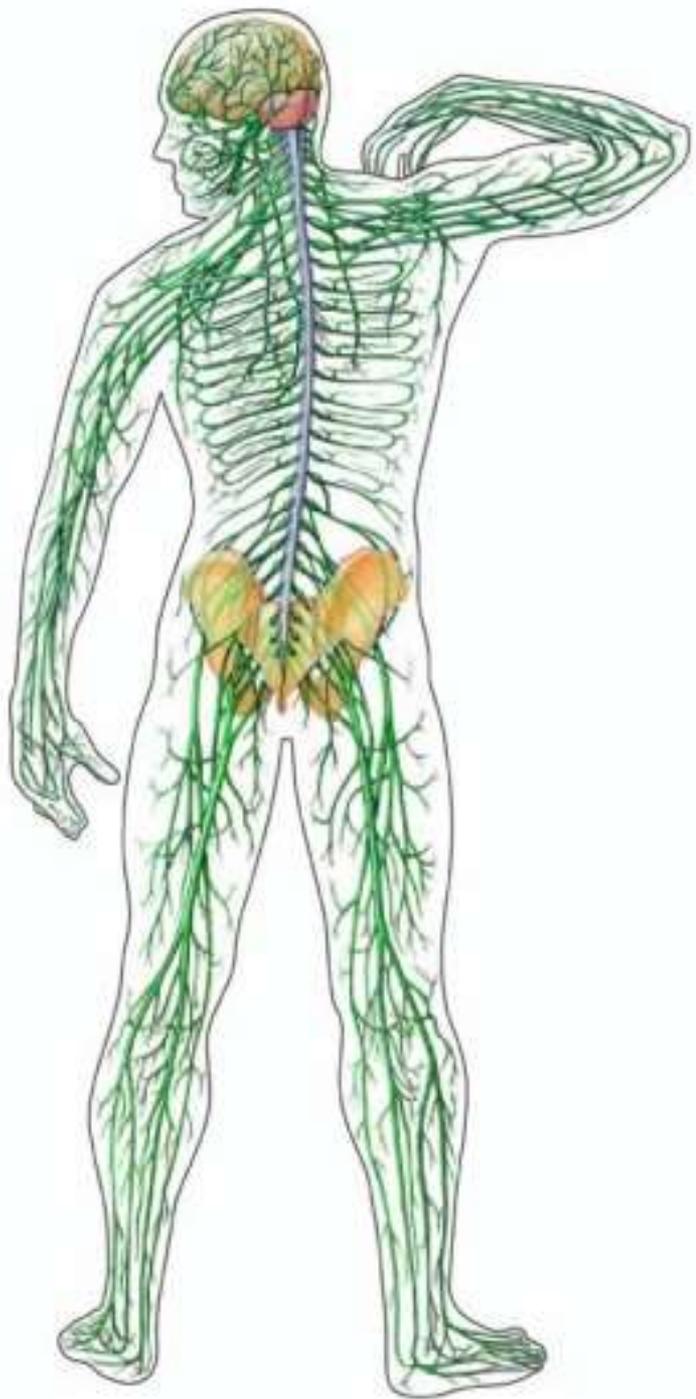
Google

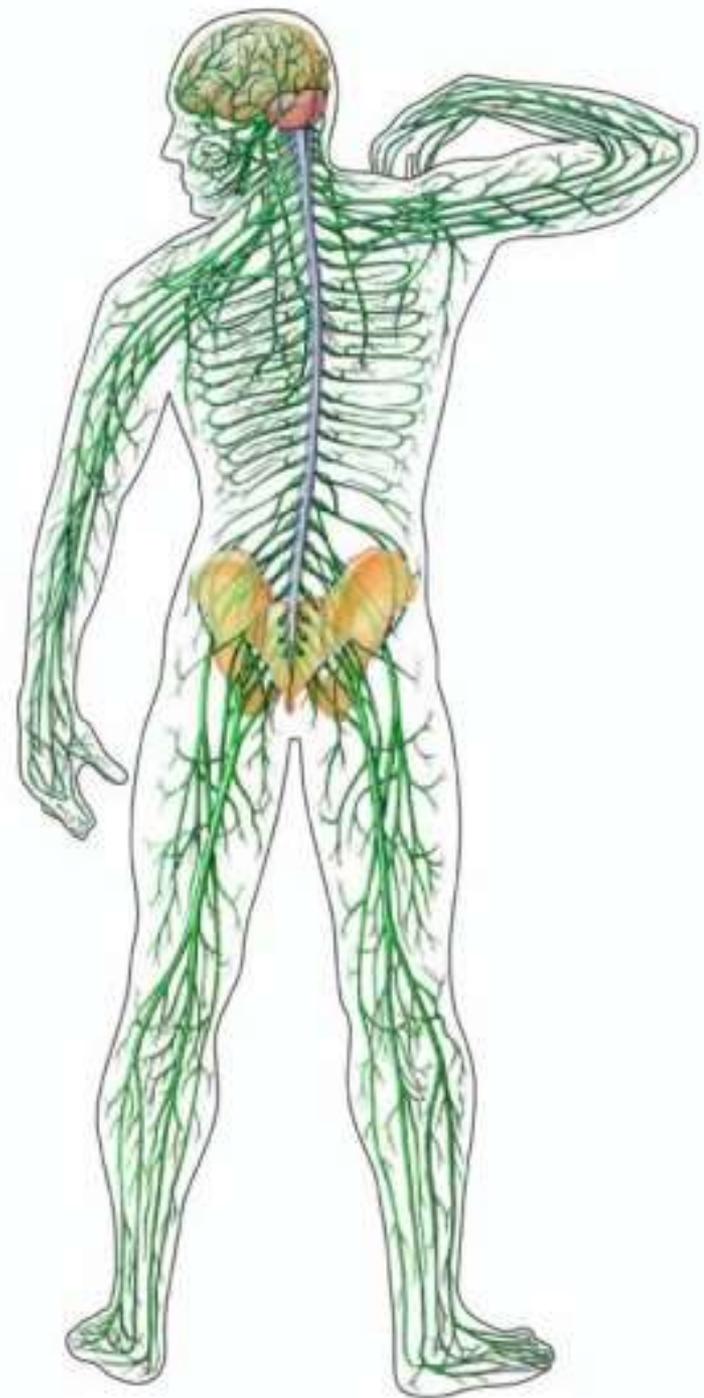
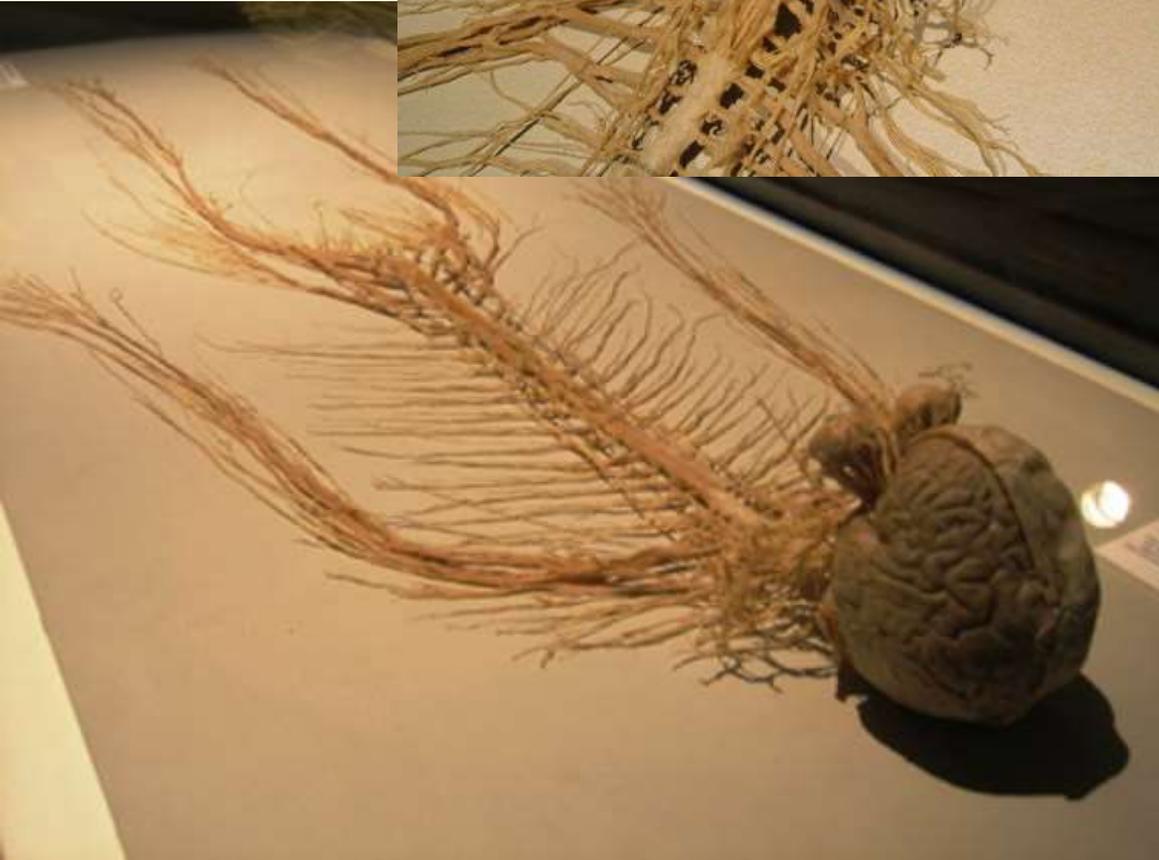
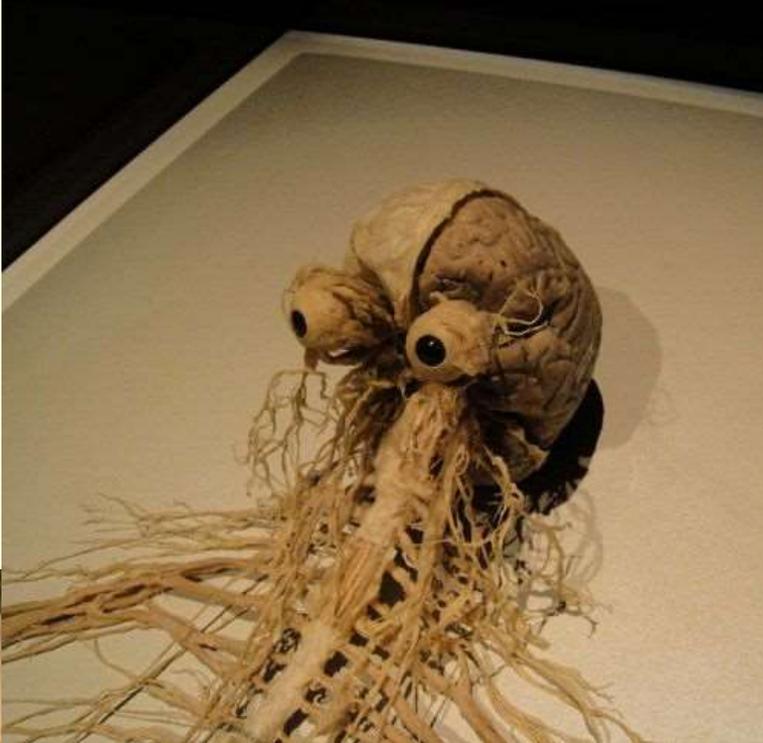


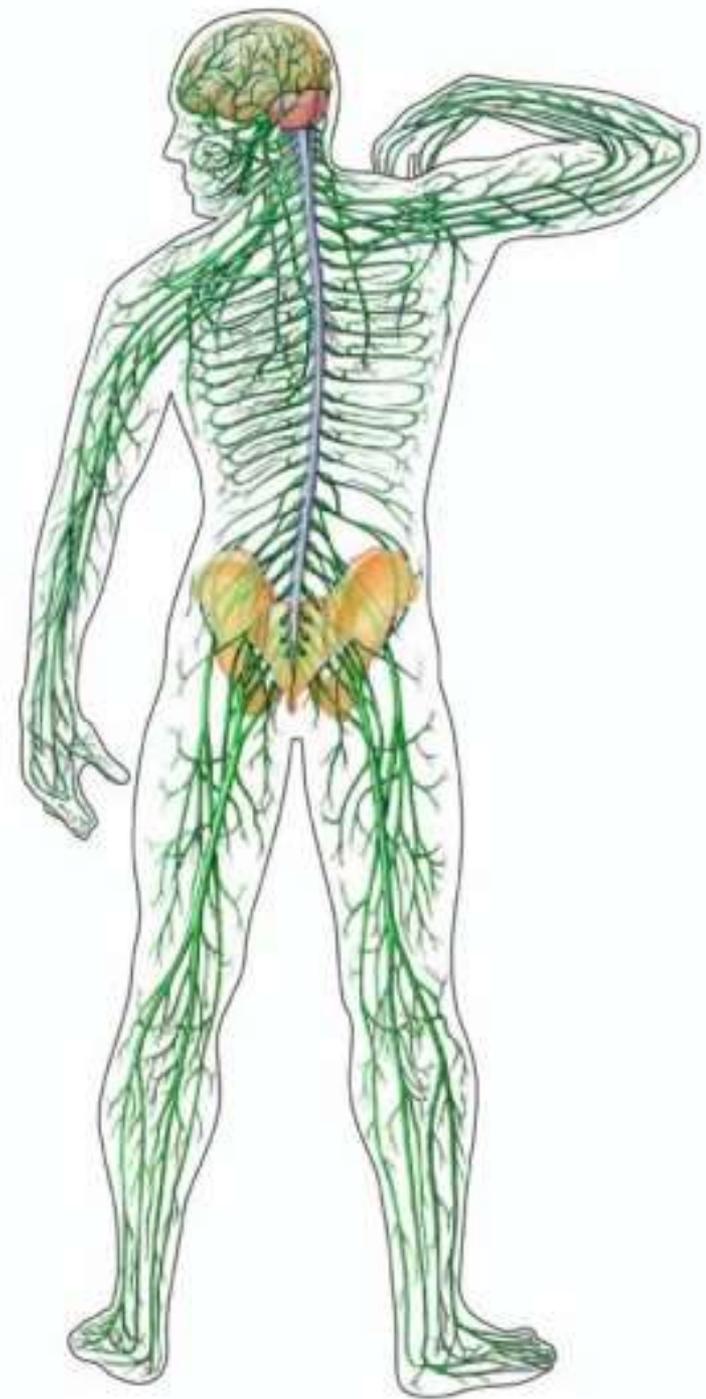
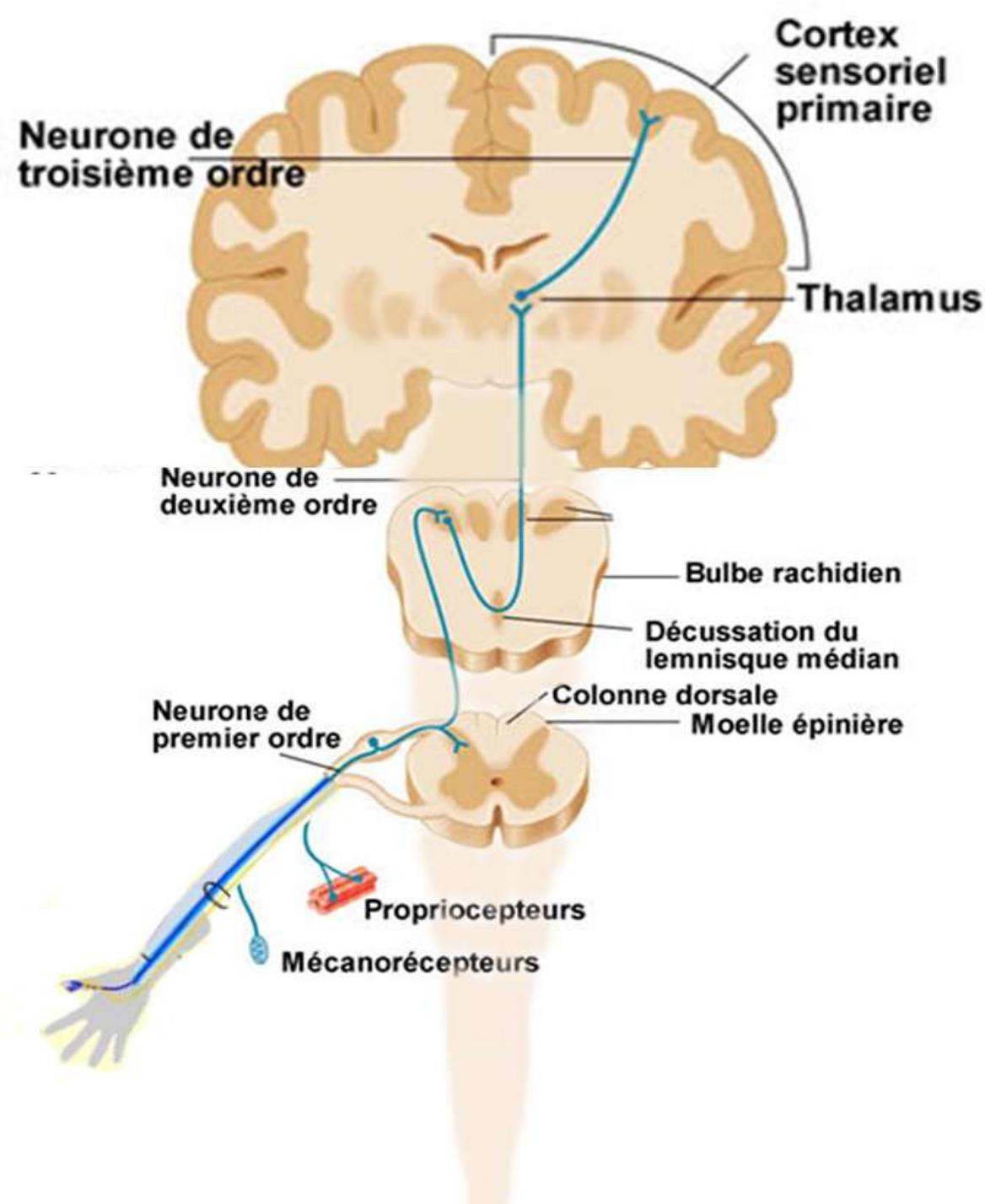












Cortex sensoriel primaire

Neurone de troisième ordre

Neurone de deuxième ordre

Neurone de premier ordre

Colon

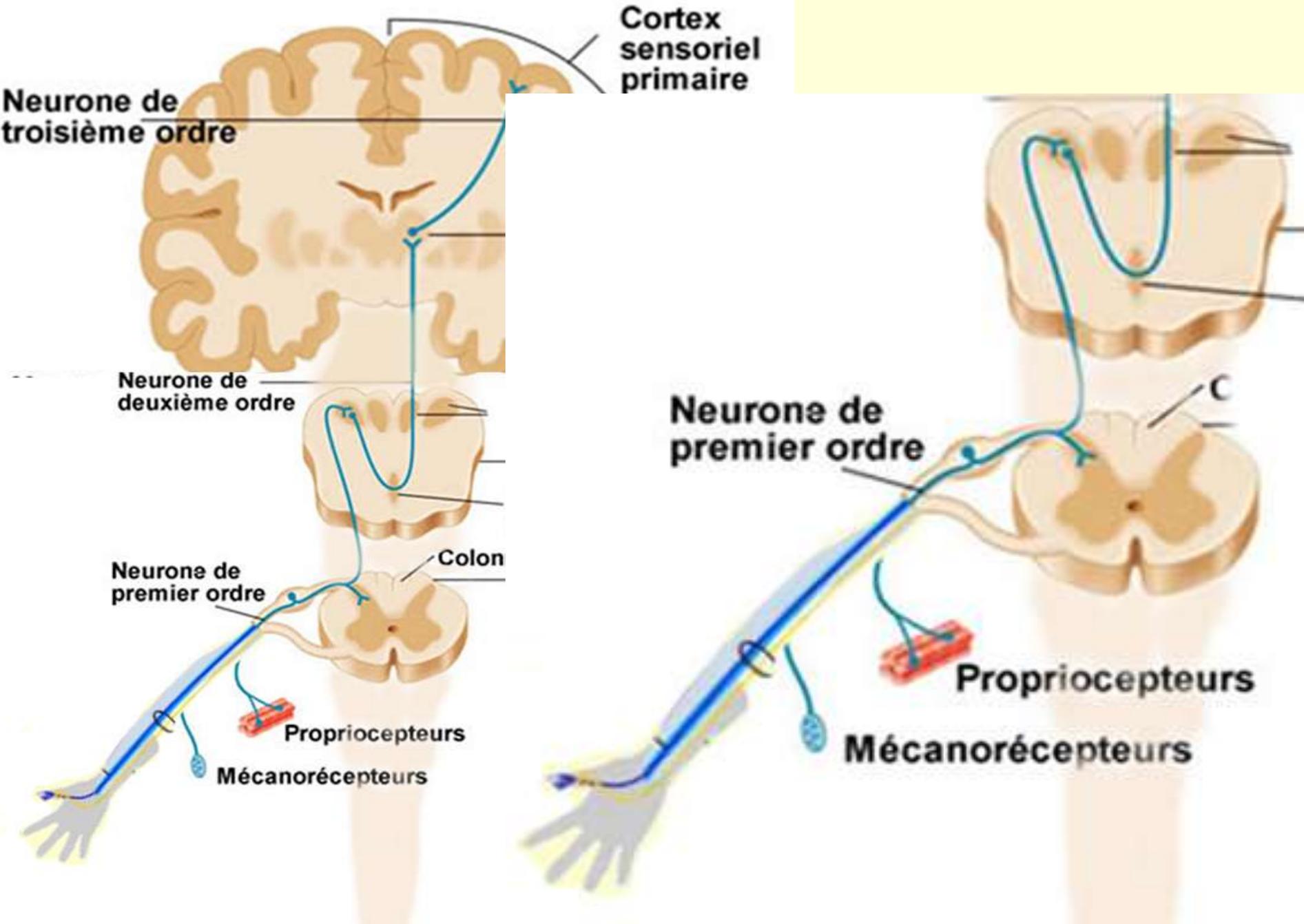
Propriocepteurs

Mécanorécepteurs

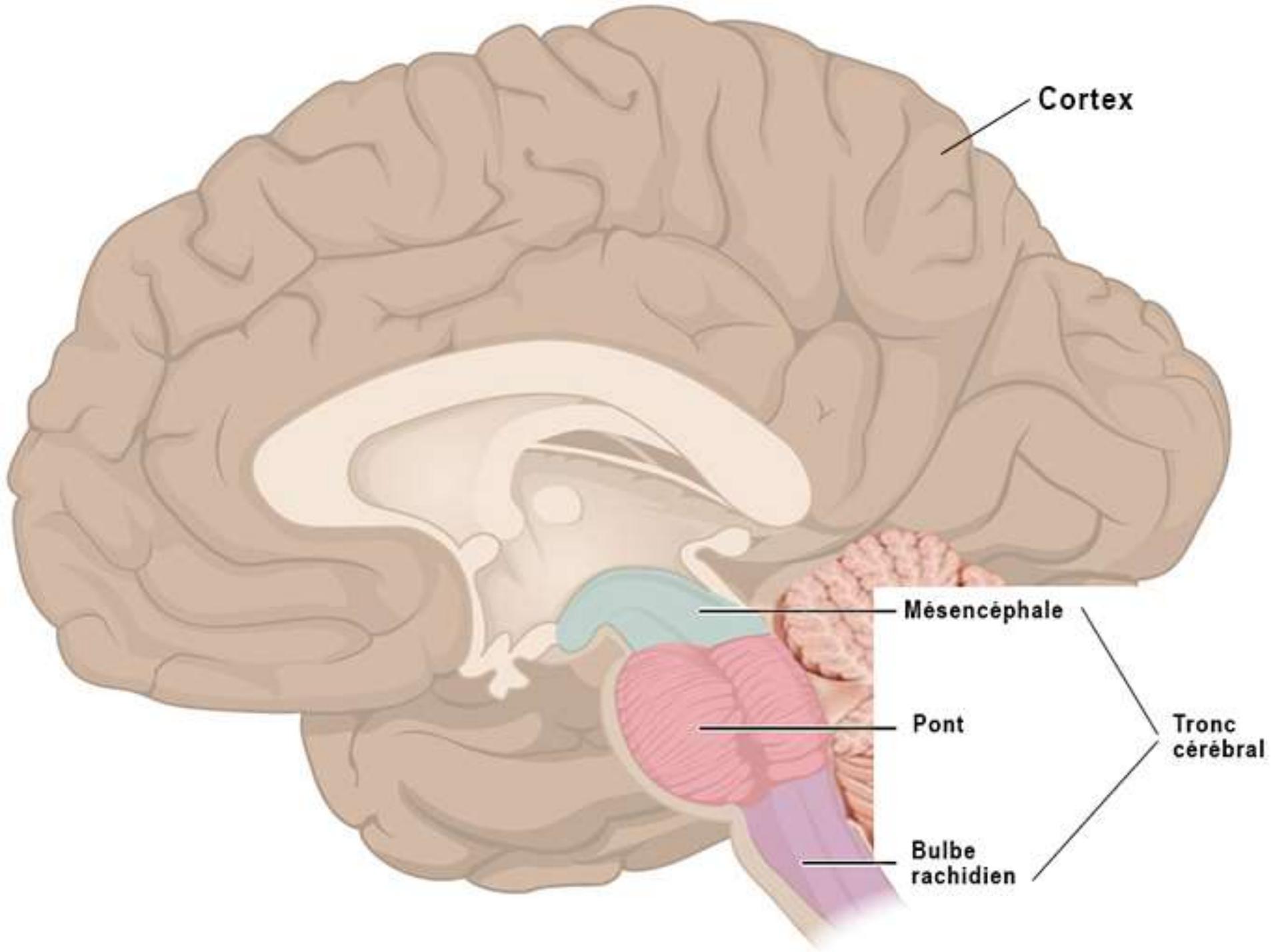
Neurone de premier ordre

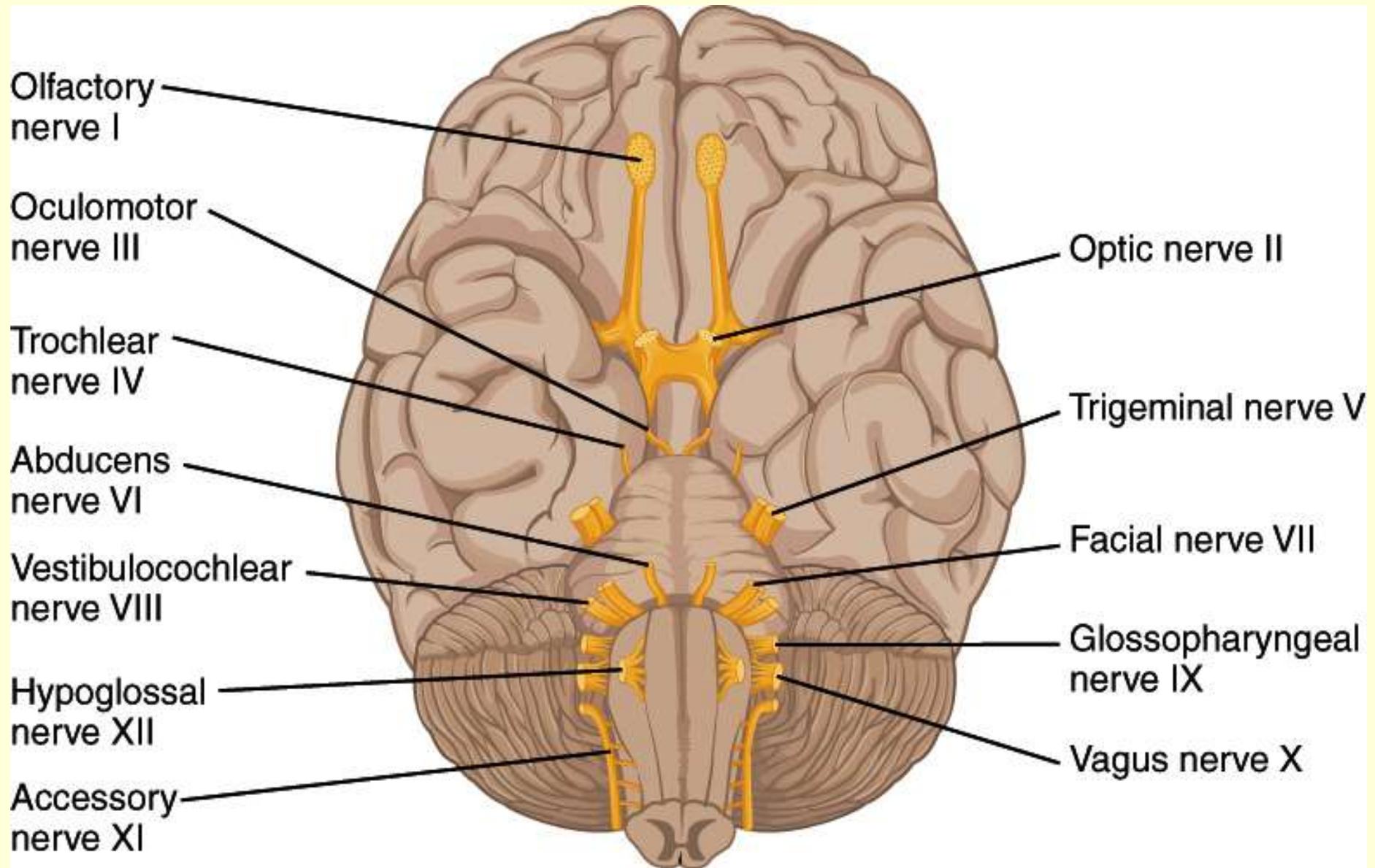
Propriocepteurs

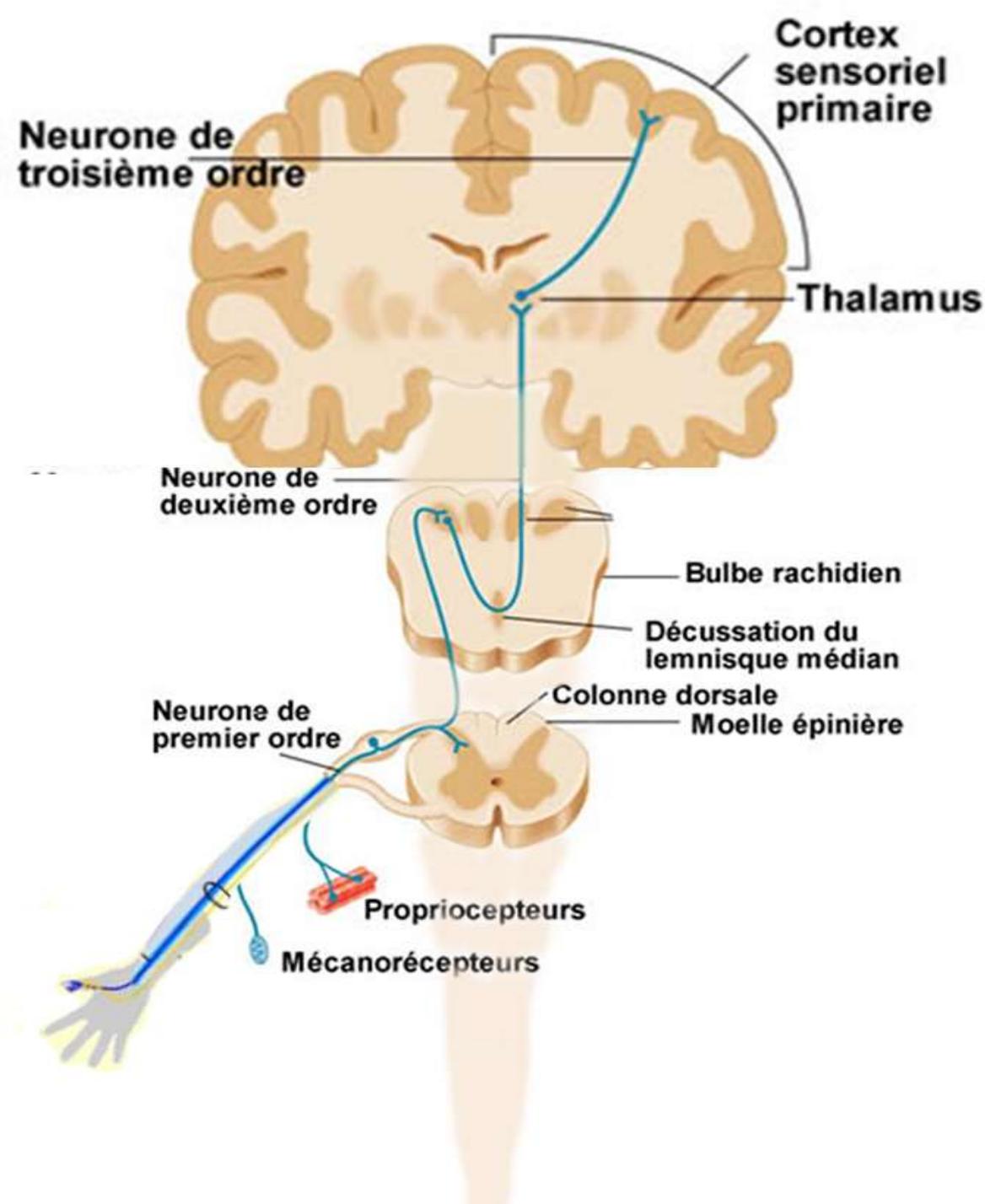
Mécanorécepteurs

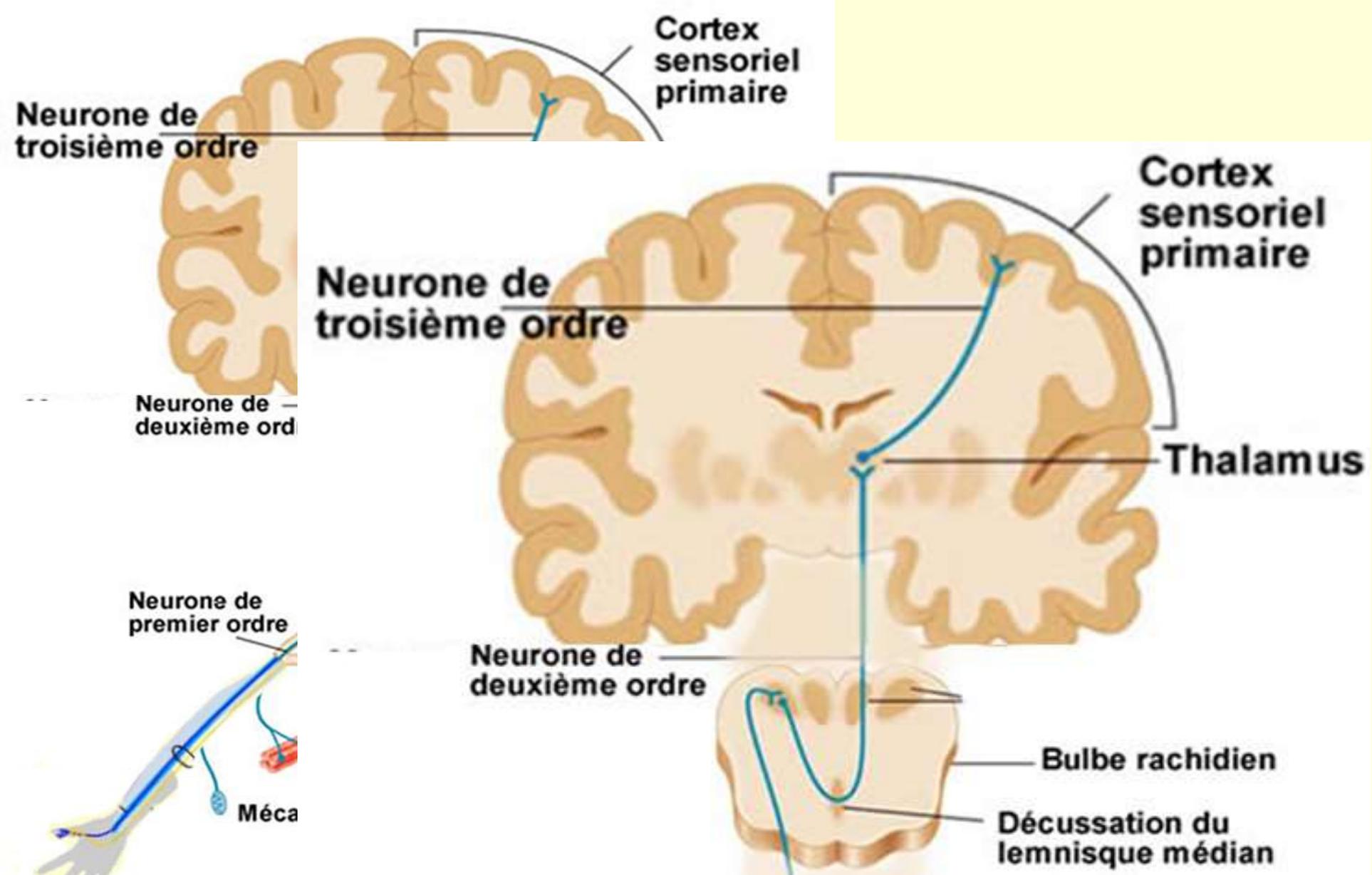








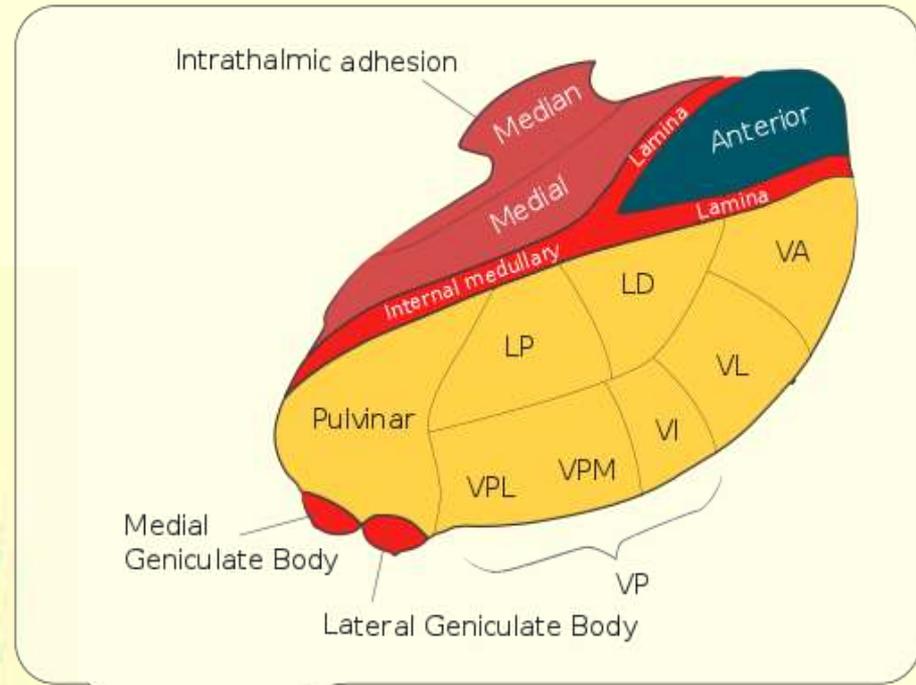
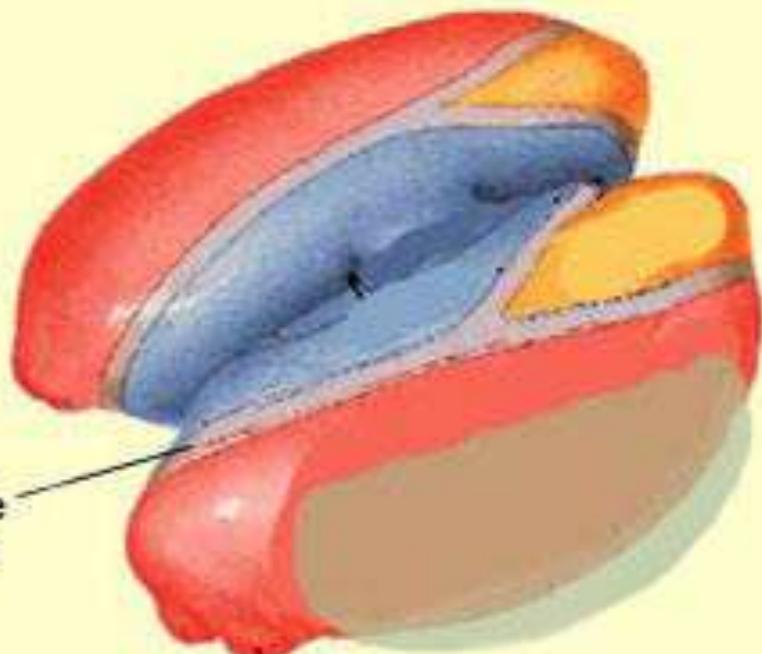




Lamelle de substance blanche interne

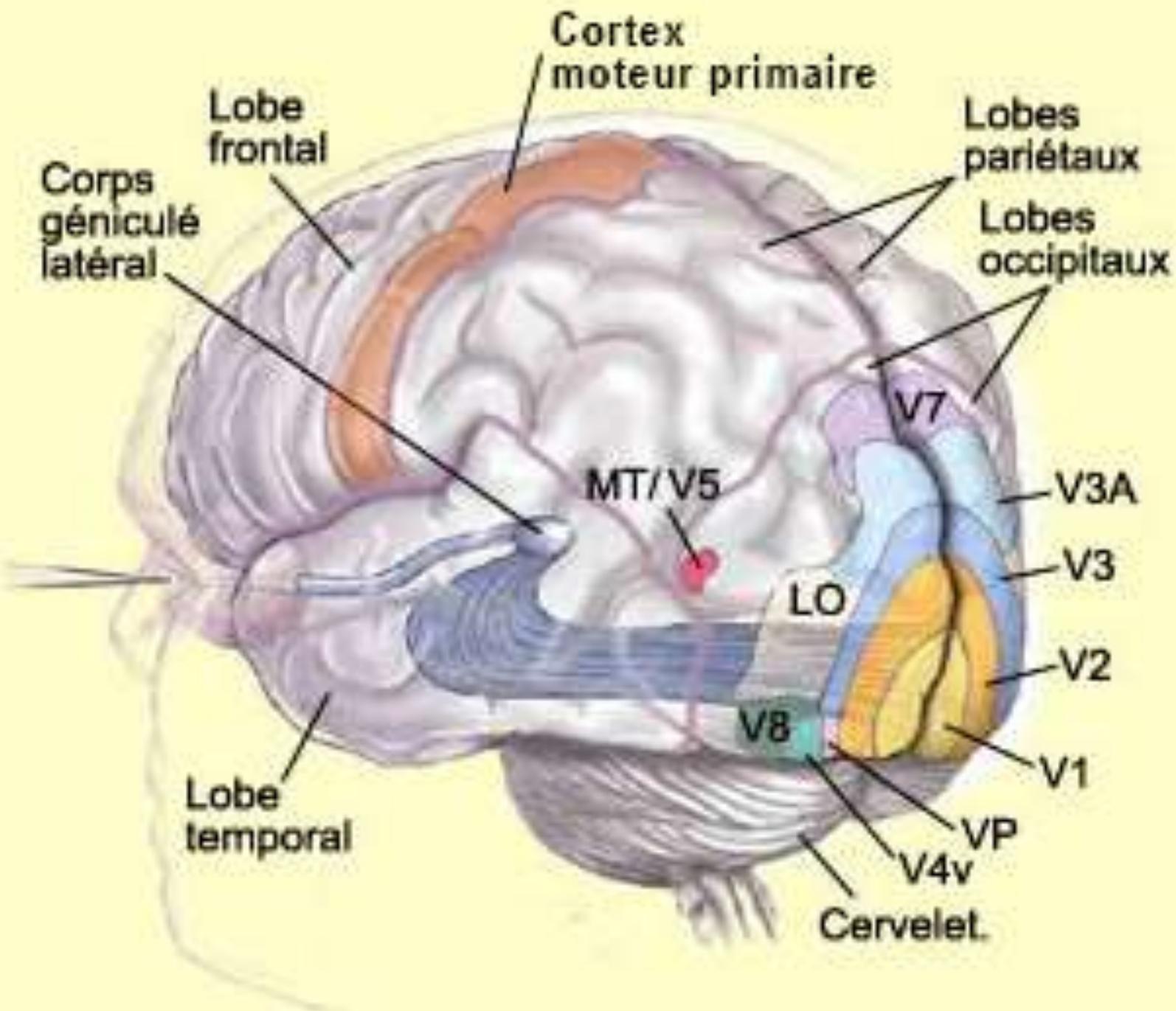
Corps genouillé latéral

- Noyaux latéraux
- Noyaux médians
- Noyaux antérieurs

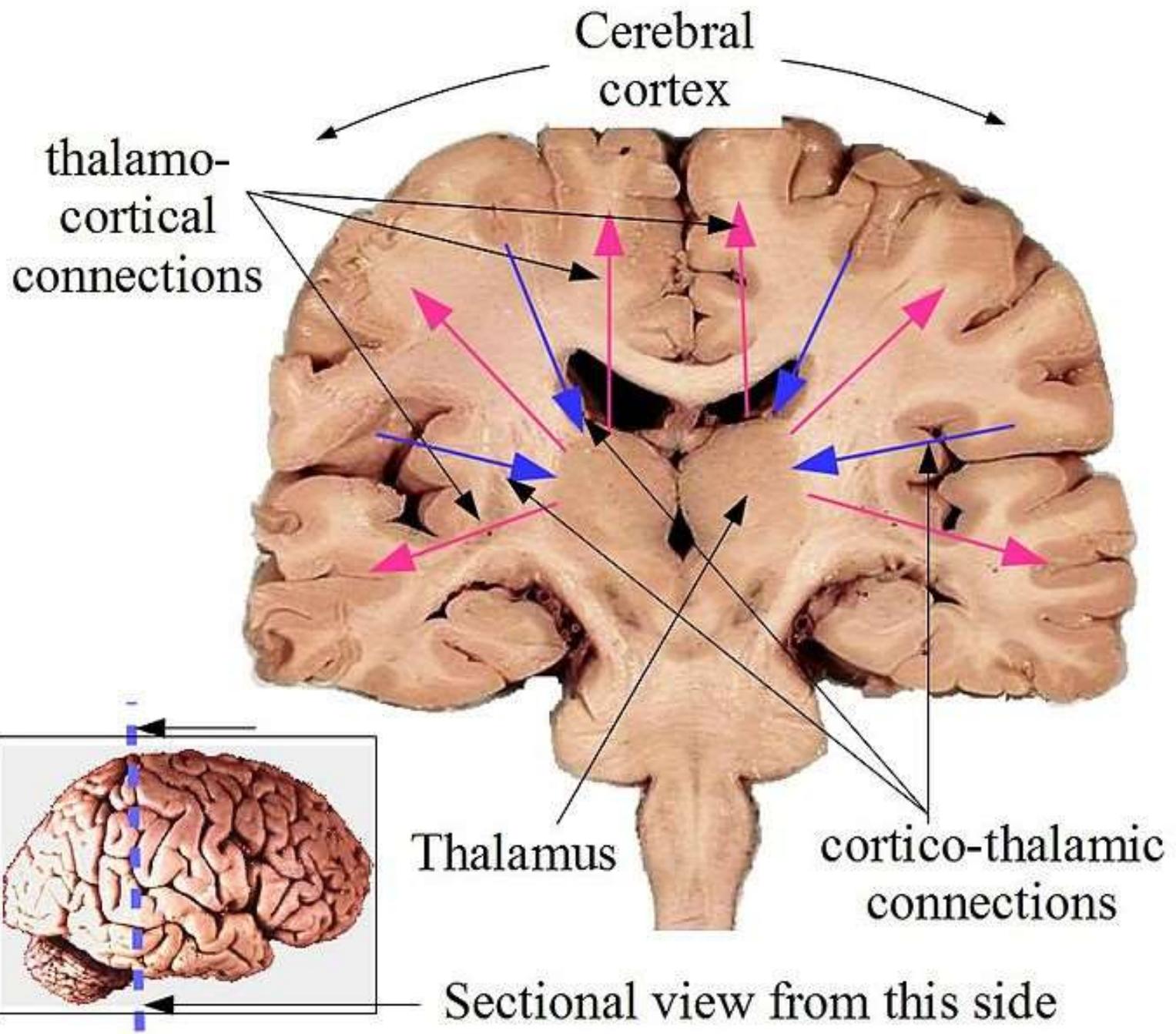


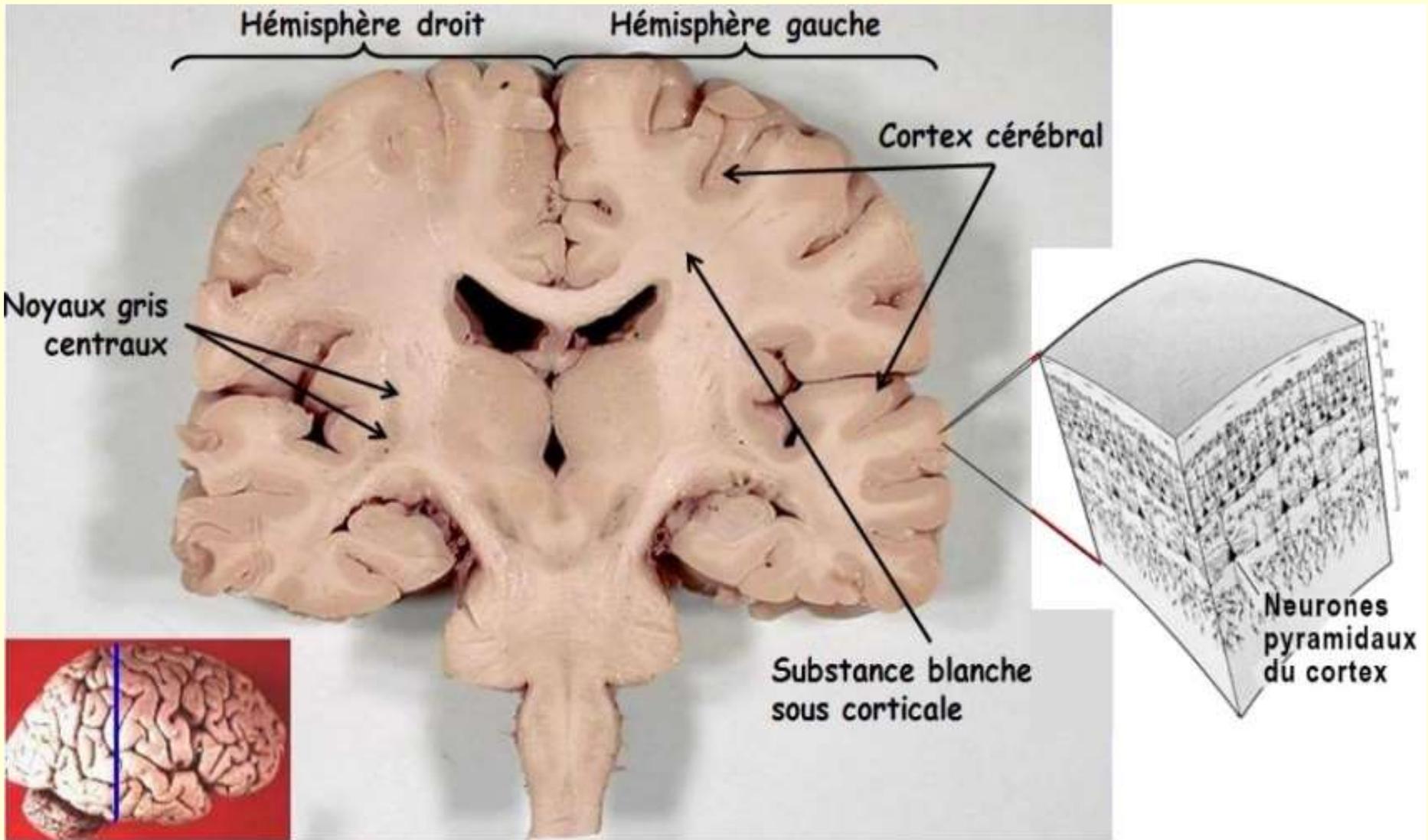
Legend

- Anterior nuclei
- Medial nuclei
- Lateral nuclei
- LP - Lateral posterior nucleus
- LD - Lateral dorsal nucleus
- VA - Ventral anterior nucleus
- VL - Ventral lateral nucleus
- VP - Ventral posterior nucleus
 - VI - Ventral intermediate nucleus
 - VPM - Ventral posteromedial
 - VPL - Ventral posterolateral

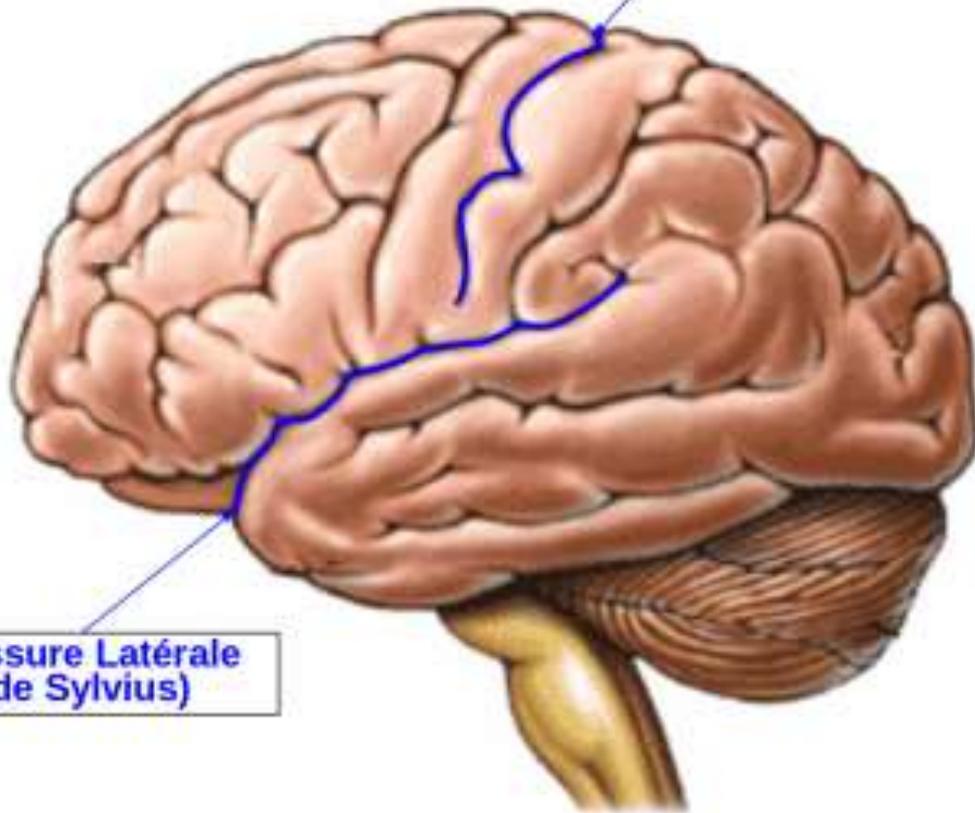






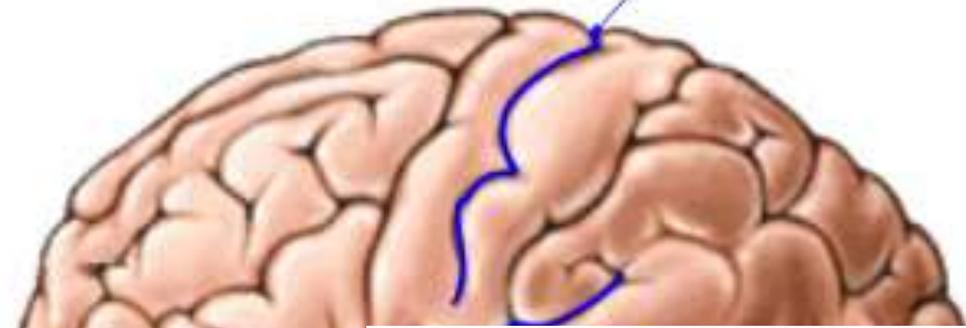


Scissure Centrale
(de Rolando)

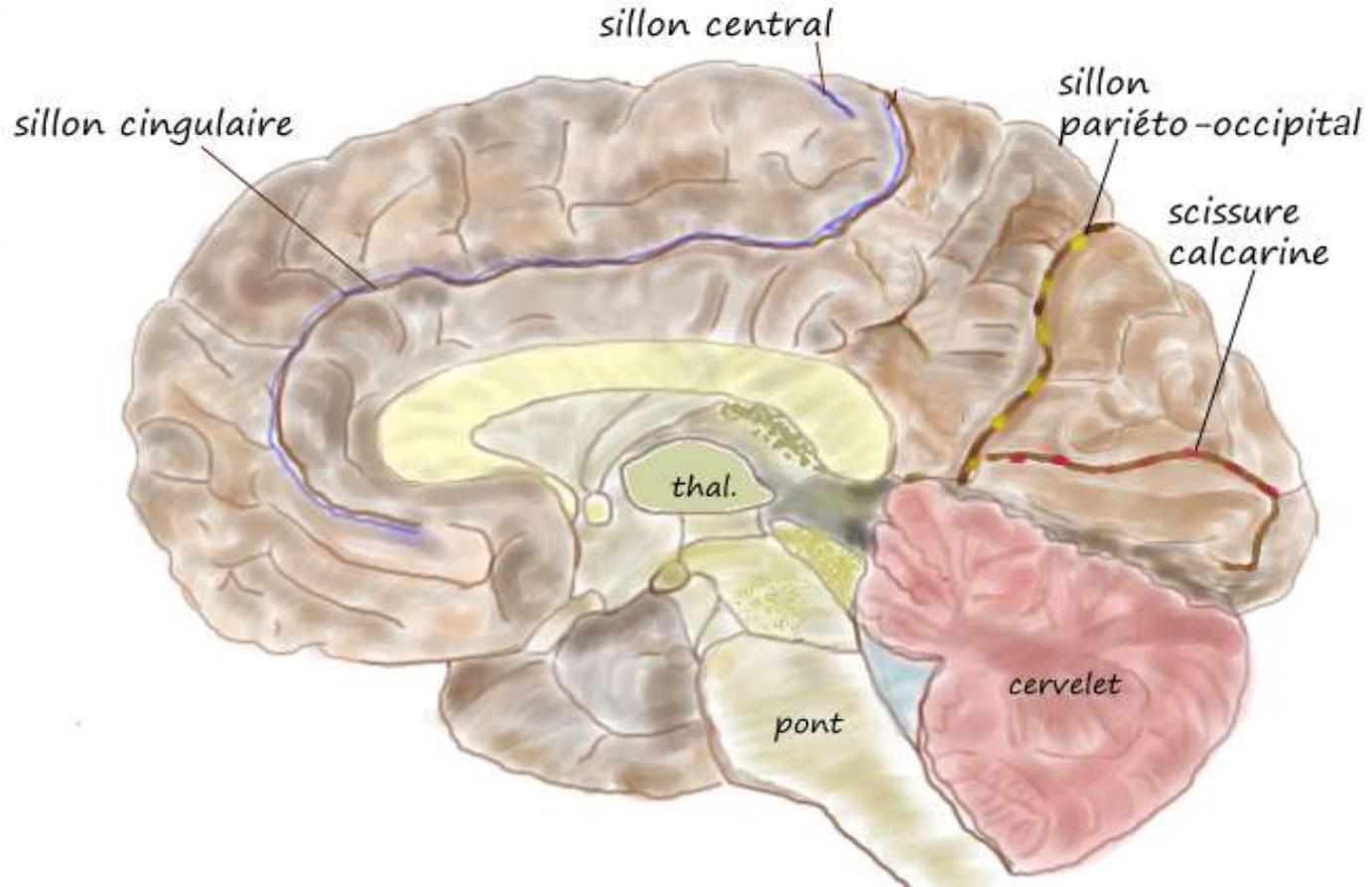


Scissure Latérale
(de Sylvius)

Scissure Centrale
(de Rolando)



Scissure Latérale
(de Sylvius)



Cortex moteur primaire

Cortex somatosensoriel

Cortex associatif

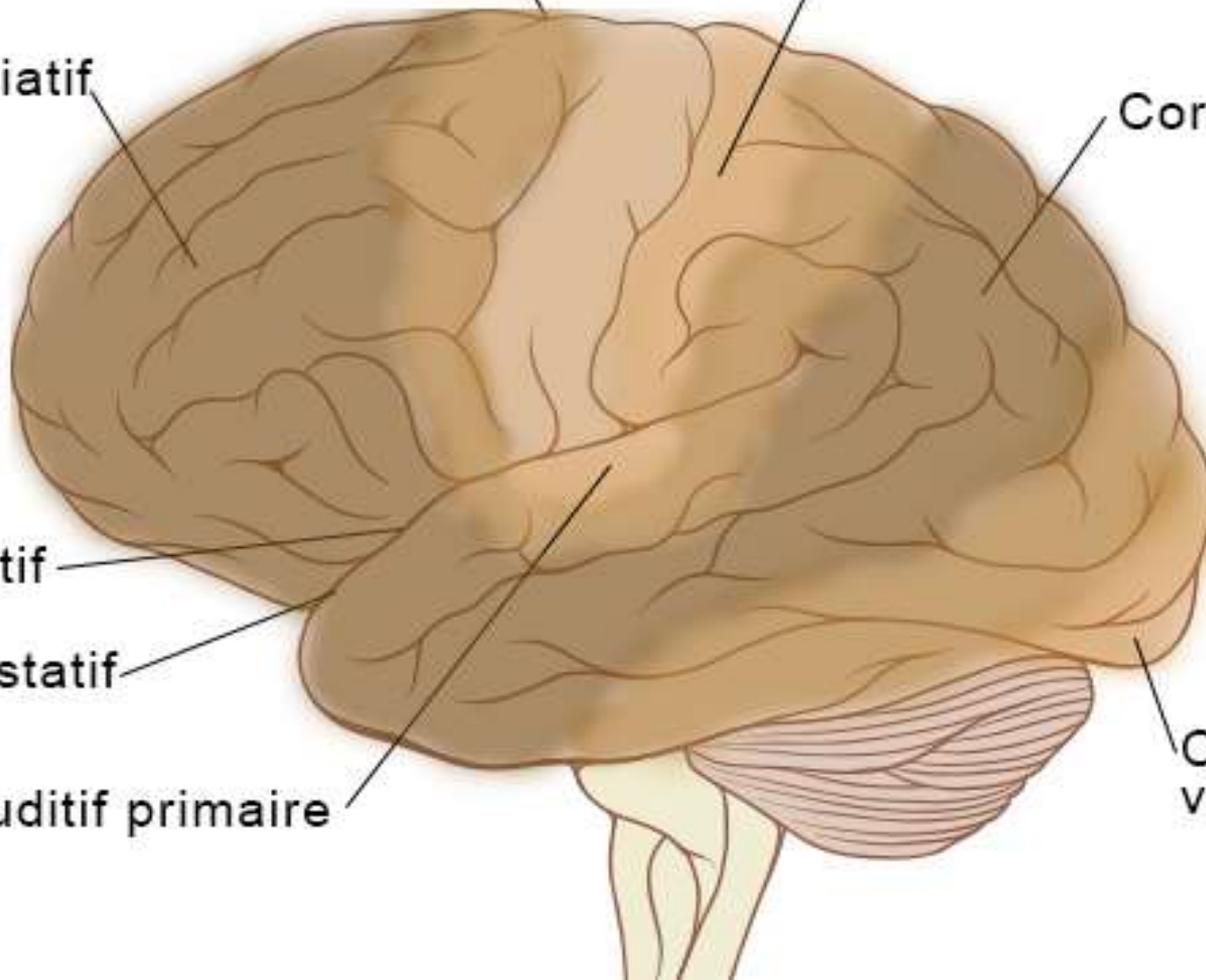
Cortex associatif

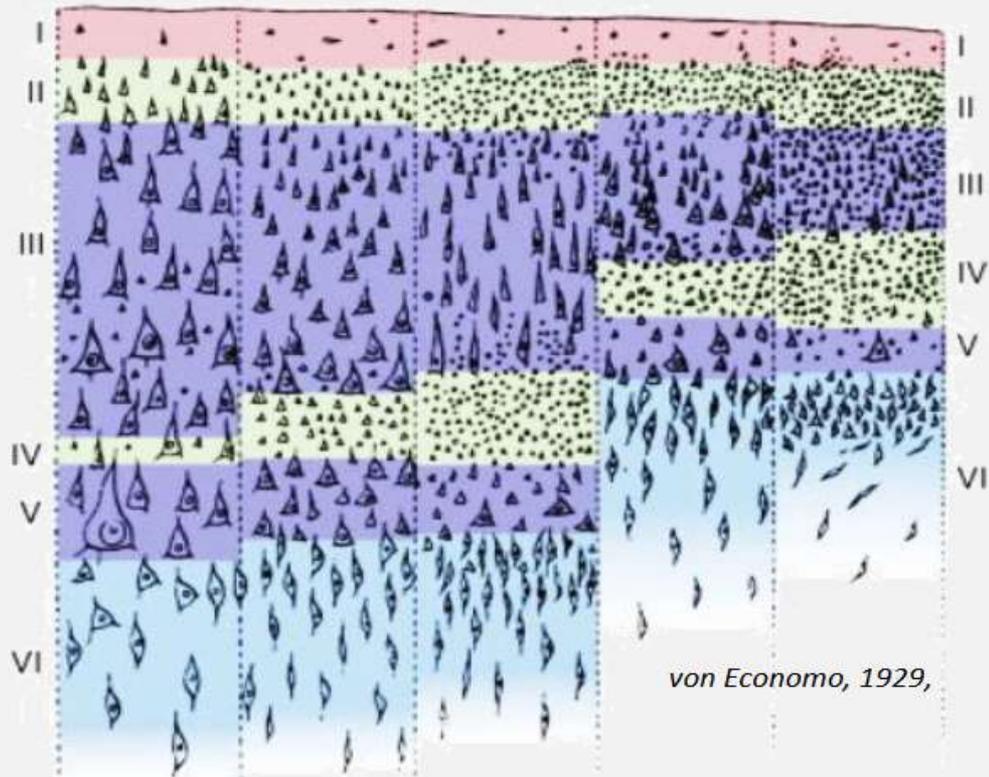
Cortex olfactif

Cortex gustatif

Cortex auditif primaire

Cortex
visuel primaire

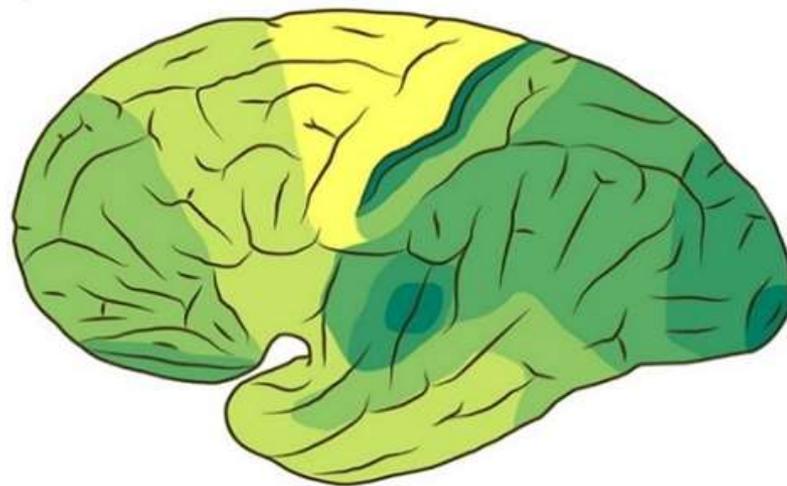


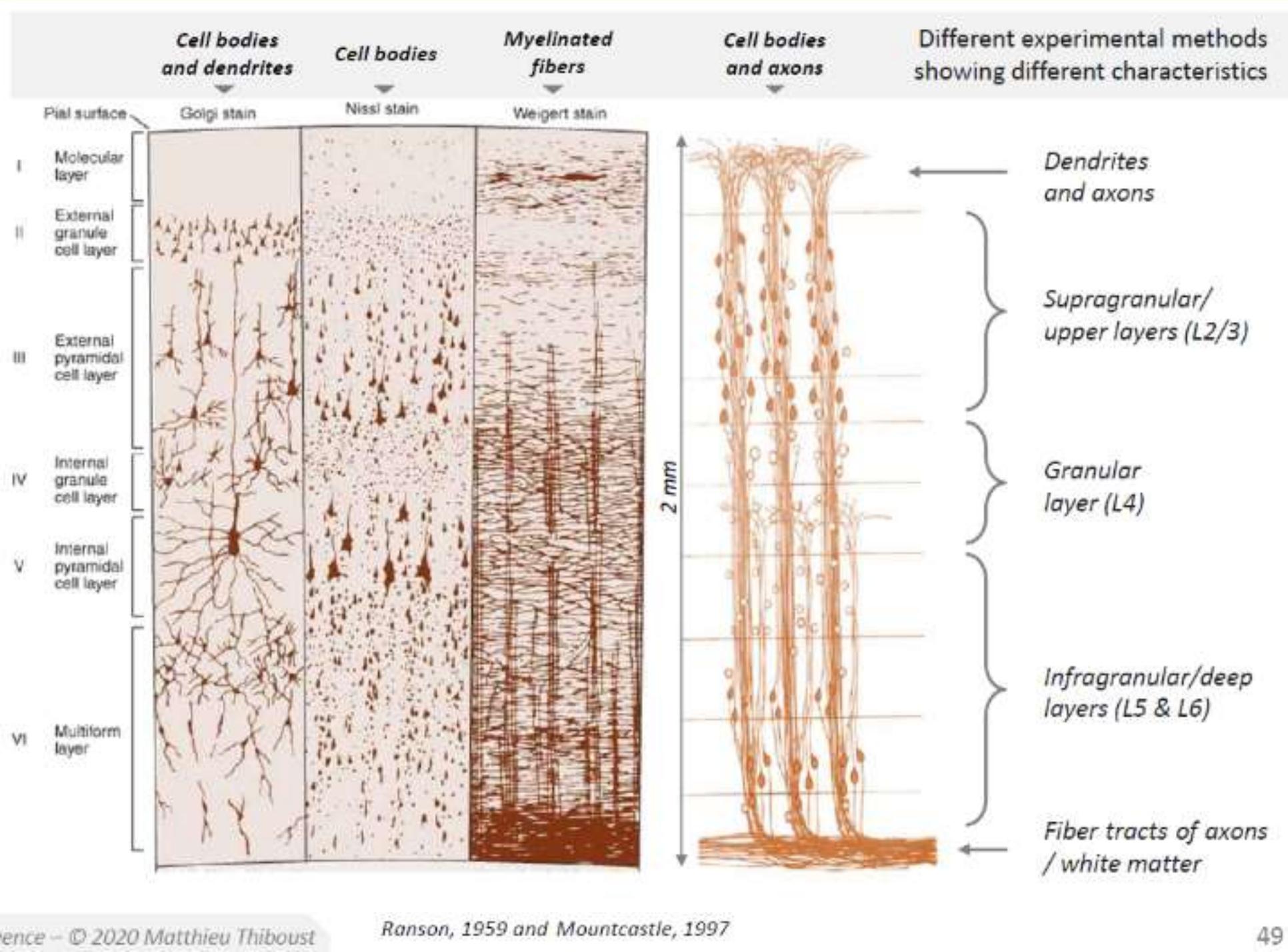


von Economo, 1929,

Agranulaire

Granulaire





Cell bodies
and dendrites

Cell bodies

Myelinated
fibers

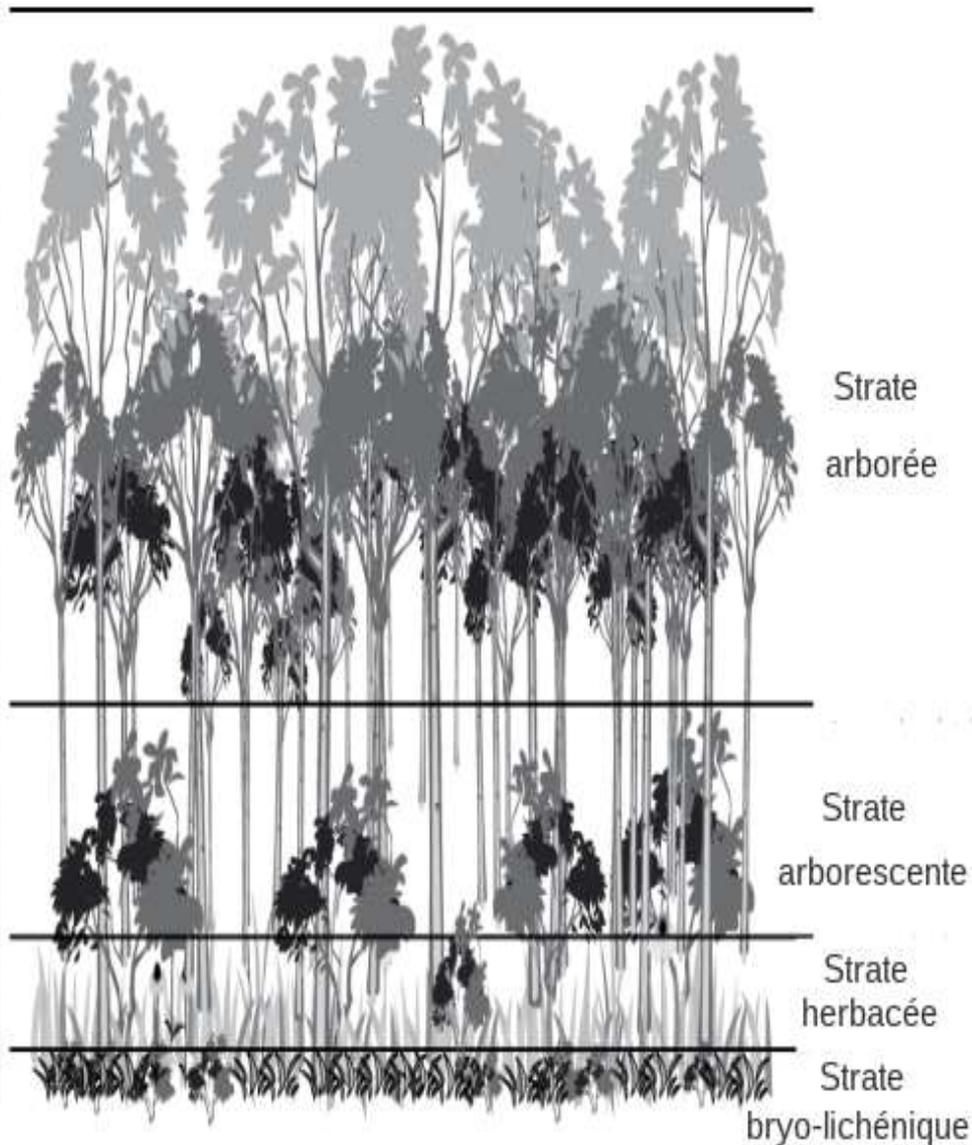
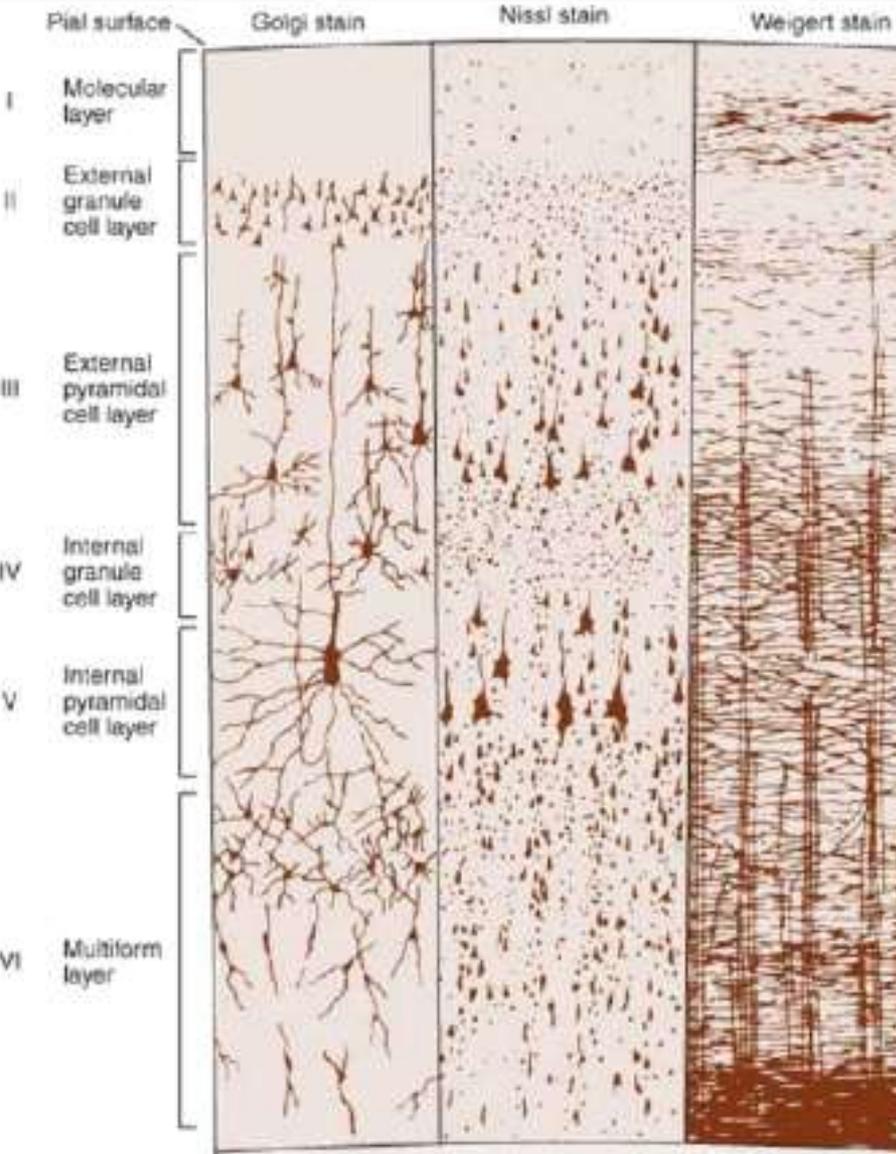
Cell bodies
and axons

Different experimental methods
showing different characteristics

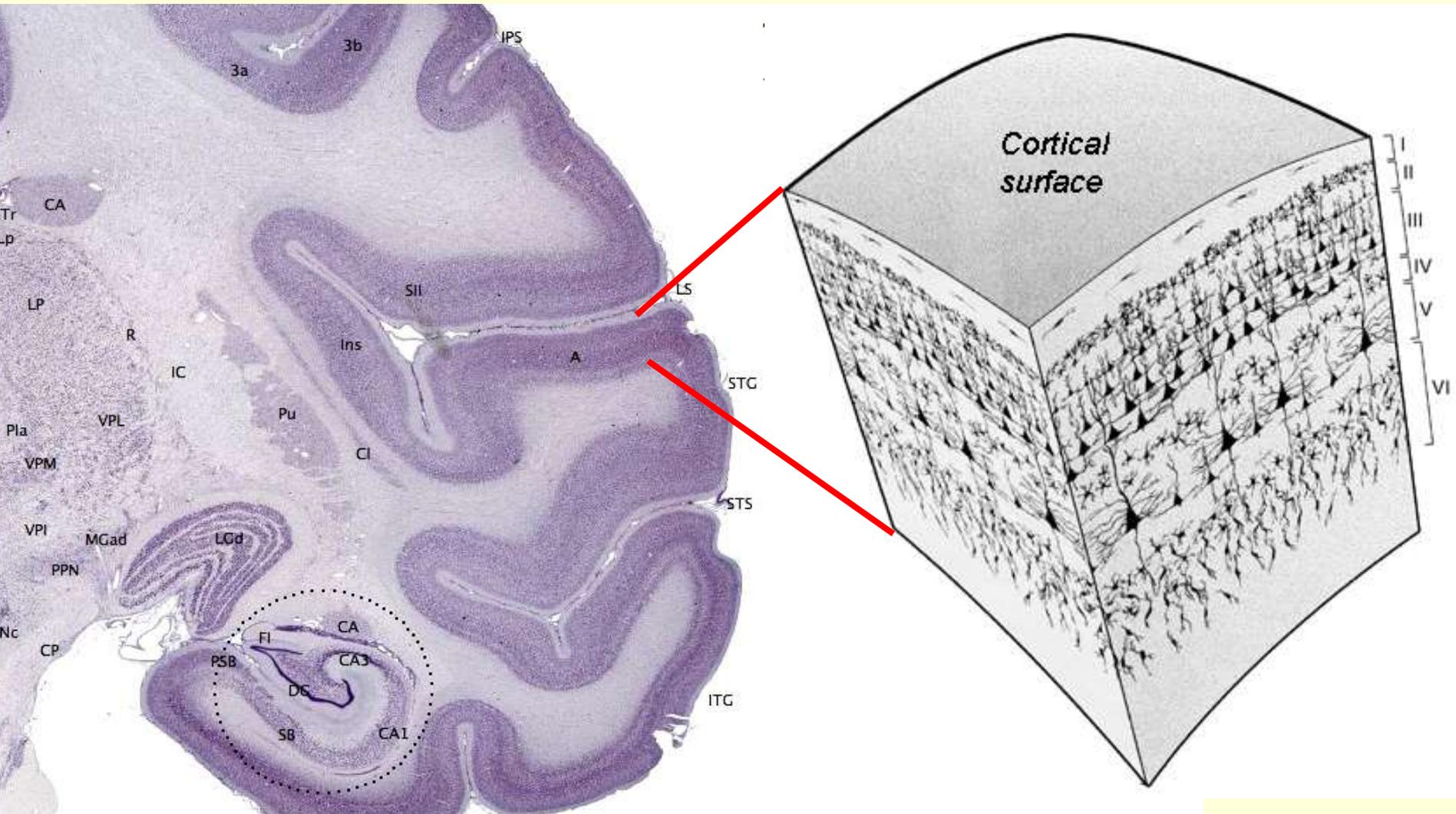
Pial surface
Golgi stain

Nissl stain

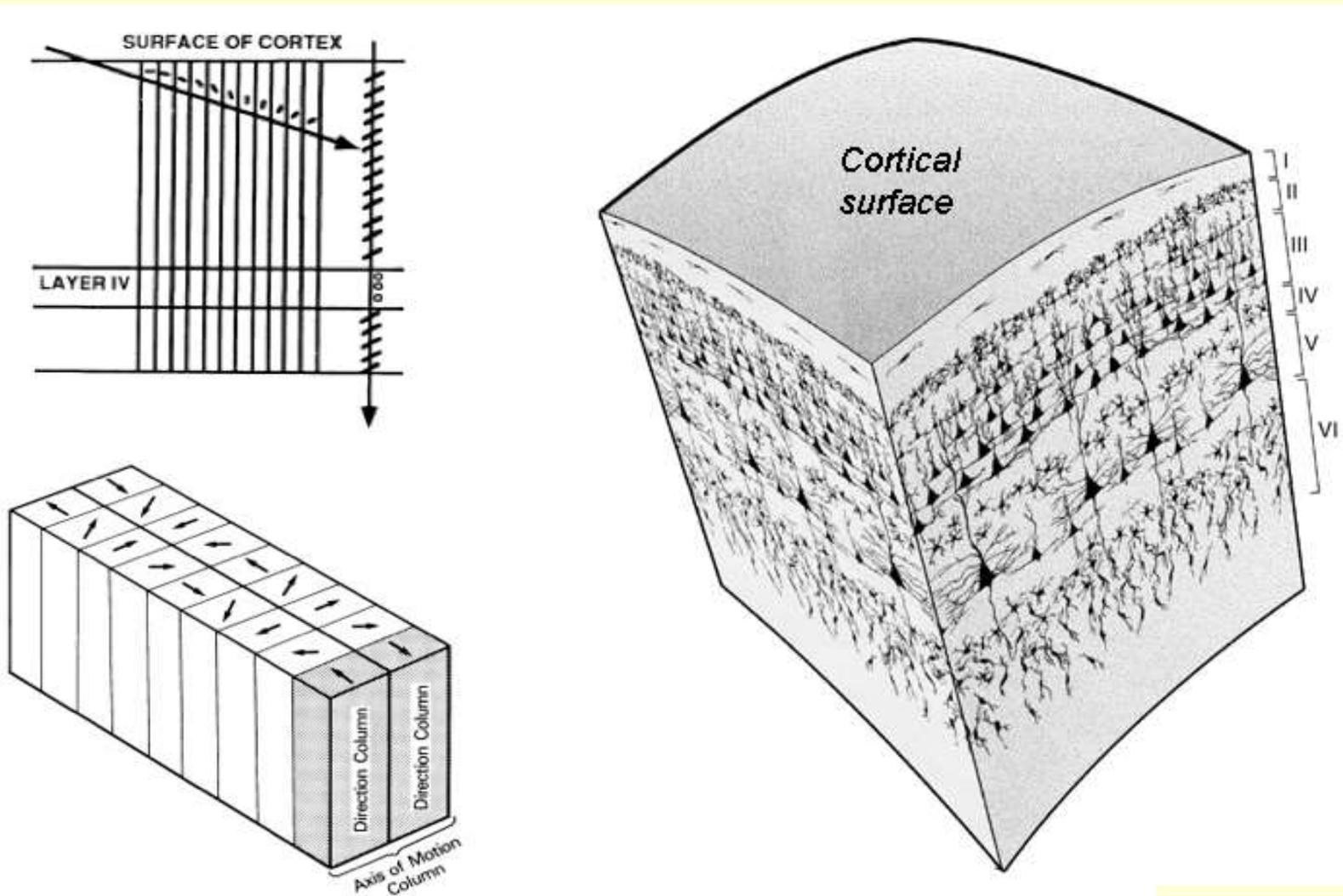
Weigert stain



Car il y a une organisation en **couches** dans le cortex...



...il y a également une organisation **en colonne** !

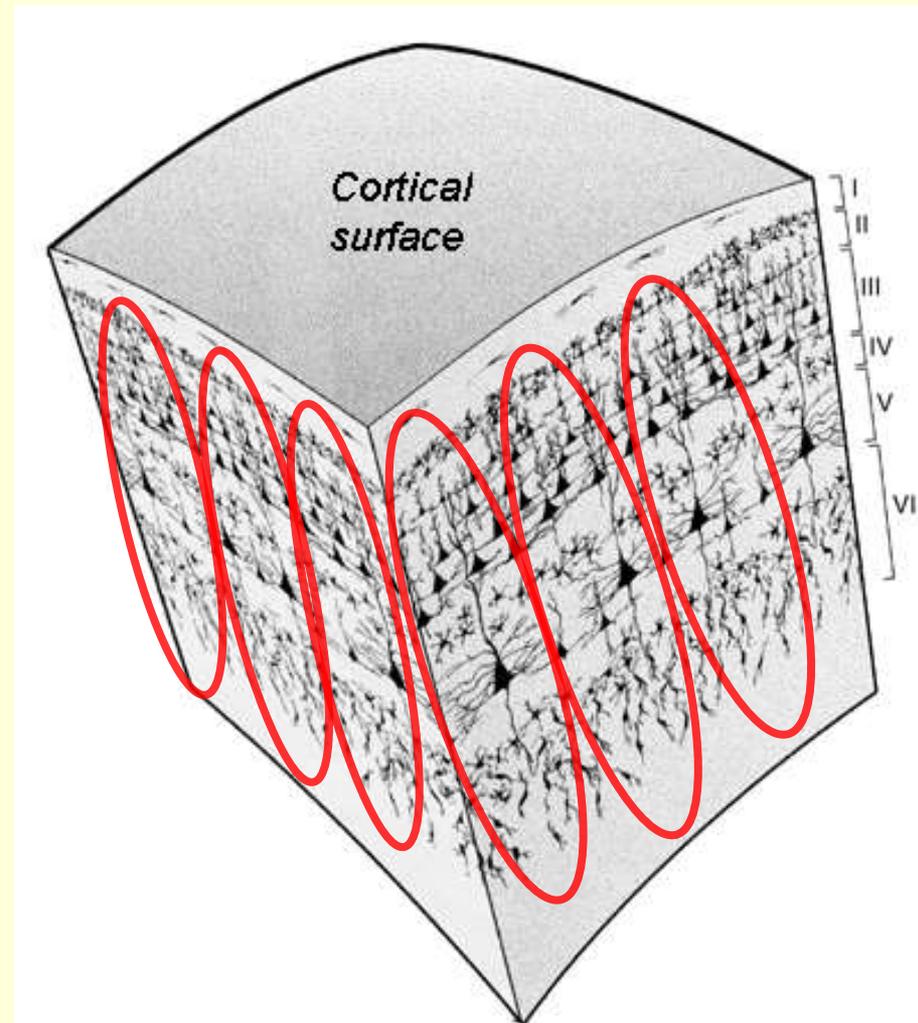


...il y a également une organisation **en colonne** !

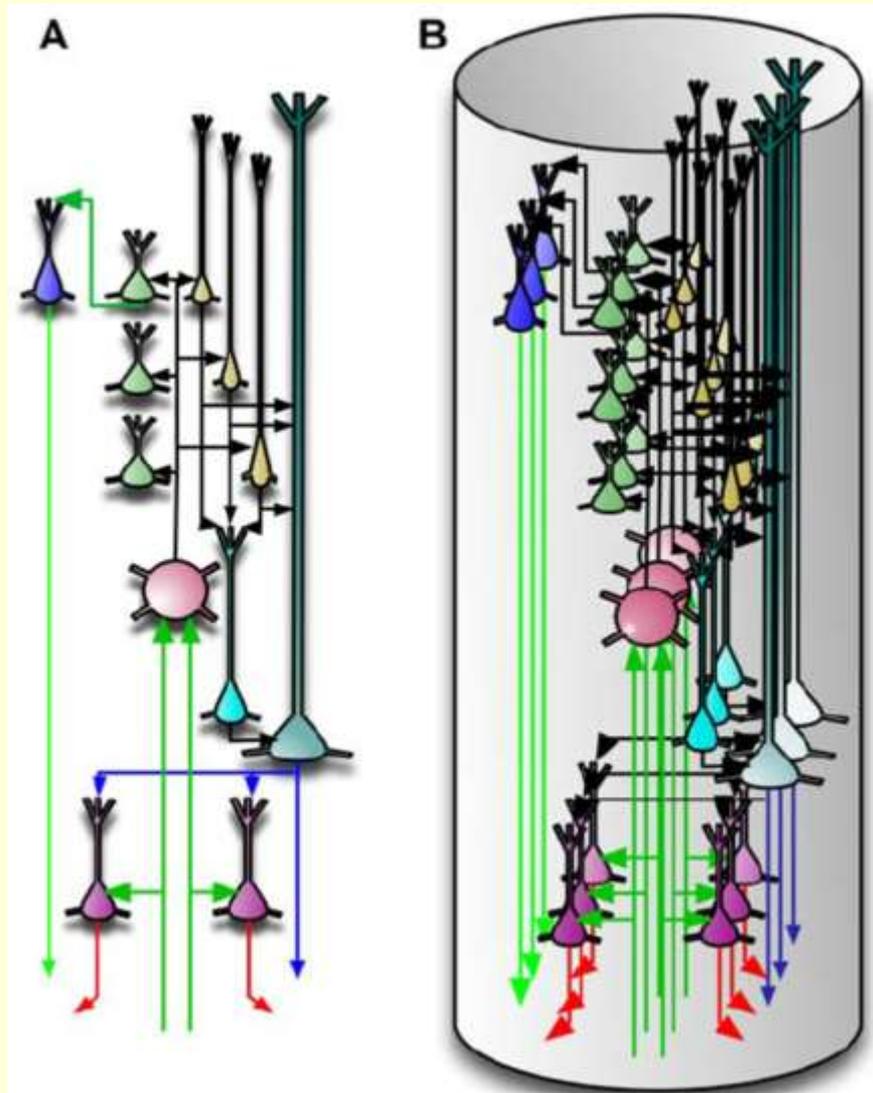
Mais ces colonnes ne sont **pas visibles** par coloration comme les couches du cortex;

elles sont plus **fonctionnelles** qu'anatomiques.

→ les neurones ont des connexions préférentielles **à la verticale**.



Chaque colonne = plusieurs milliers de neurones



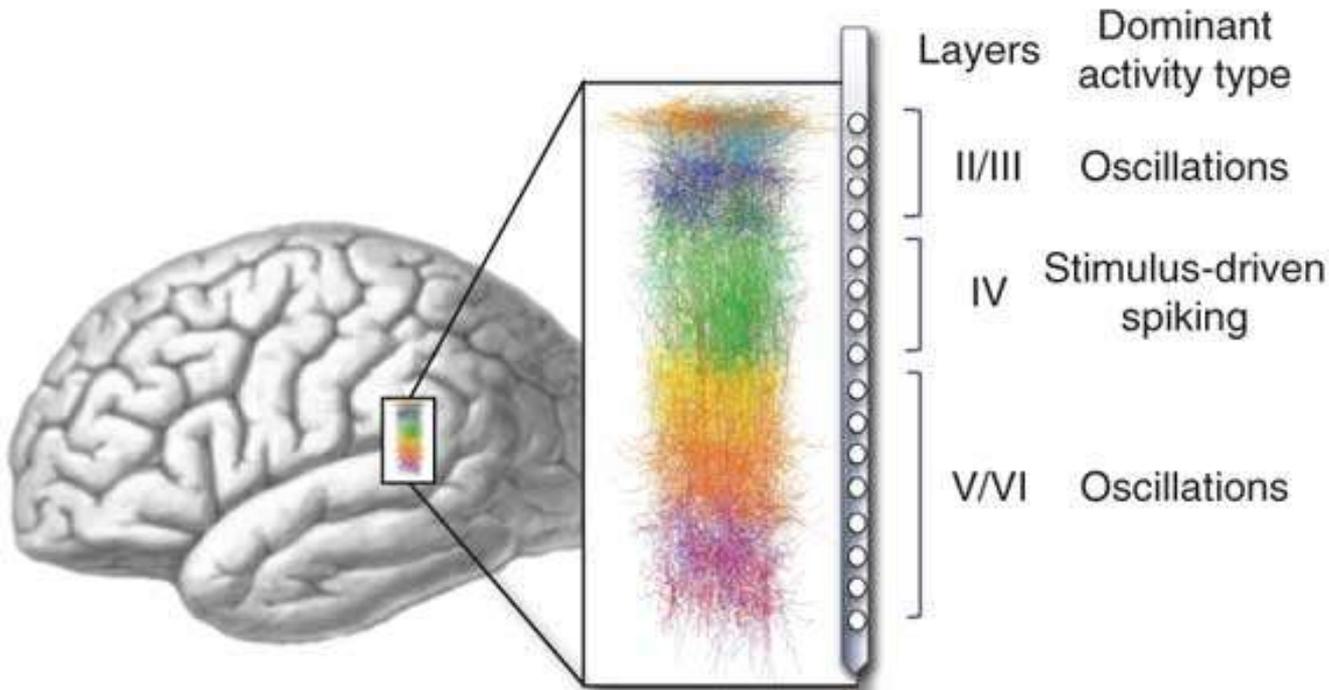
→ **Cortex** : grande diversité de fonctions, mais circuits remarquablement similaires

Le problème devient soudainement plus abordable:

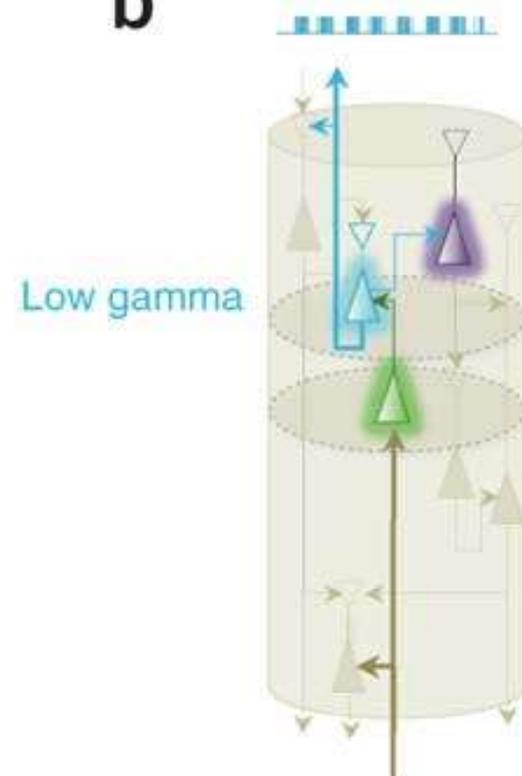
comprenez une colonne, et vous les comprendrez toutes !

Donc modèle très populaire, surtout auprès de ceux qui font des **simulations informatiques**, comme le **Human Brain Project**, par exemple.

a

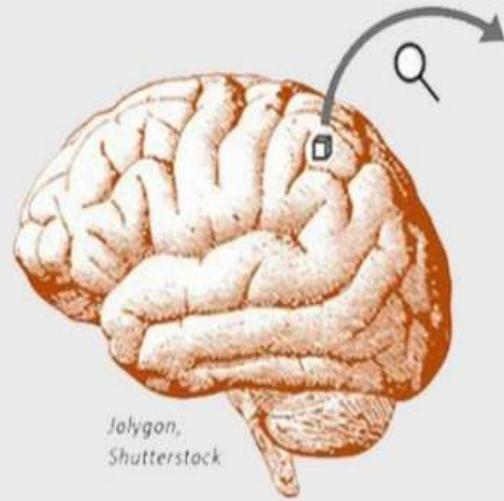


b



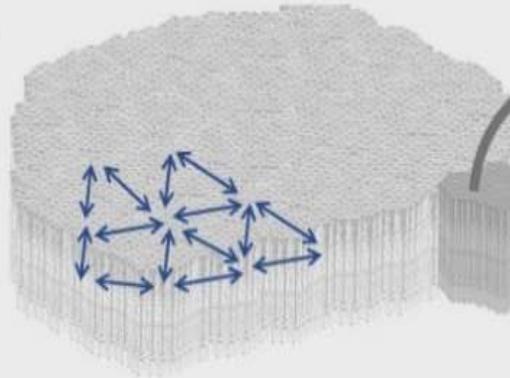
Surface corticale

2 millions de macrocolonnes
200 millions de minicolonnes
Entre 16 et 20 milliards de neurones



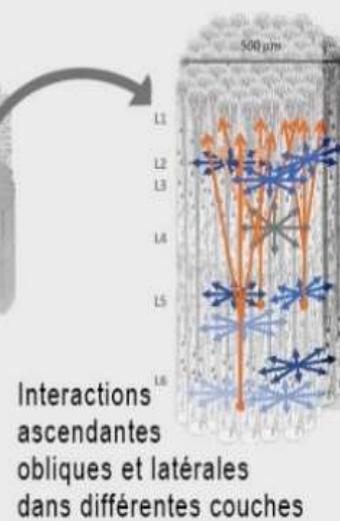
Aire corticale

~ 5 mm de diamètre
~ 1 million de neurones



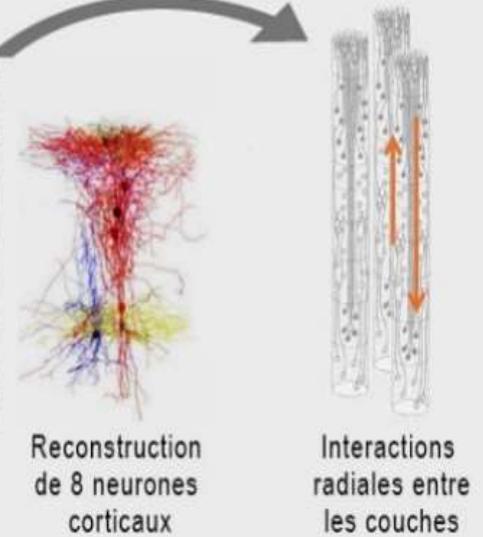
Macrocolonne

~ 500 microns de diamètre
~ 10 000 neurones

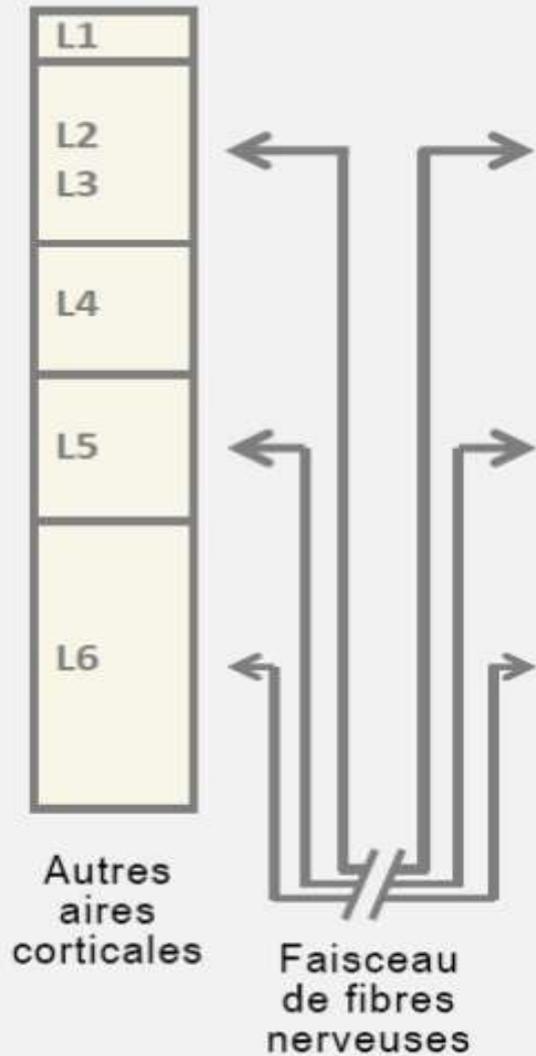


Minicolonne

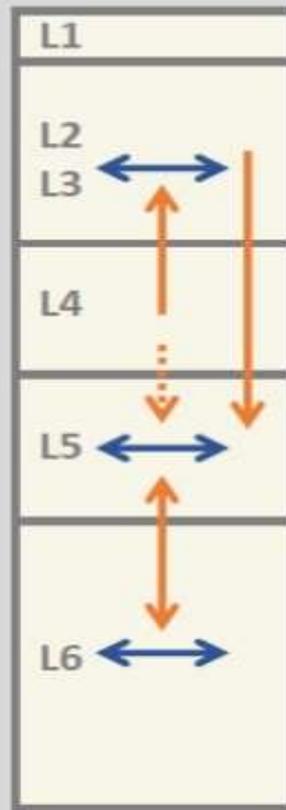
~50 microns de diamètre
~100 neurones



Interactions cortico-corticales à longue distance



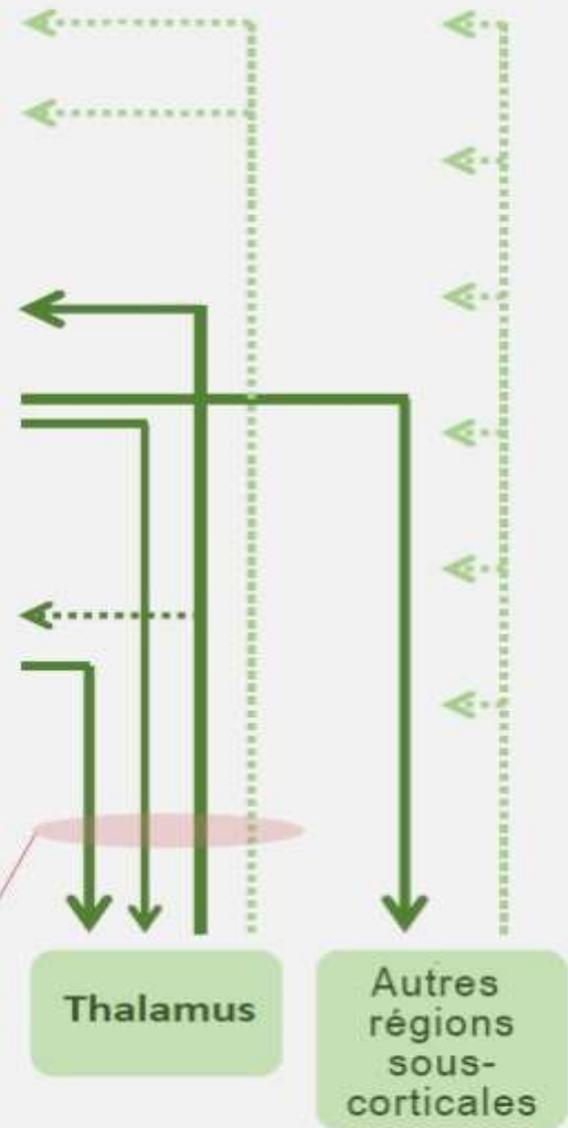
Interactions locales (latérales et radiales)



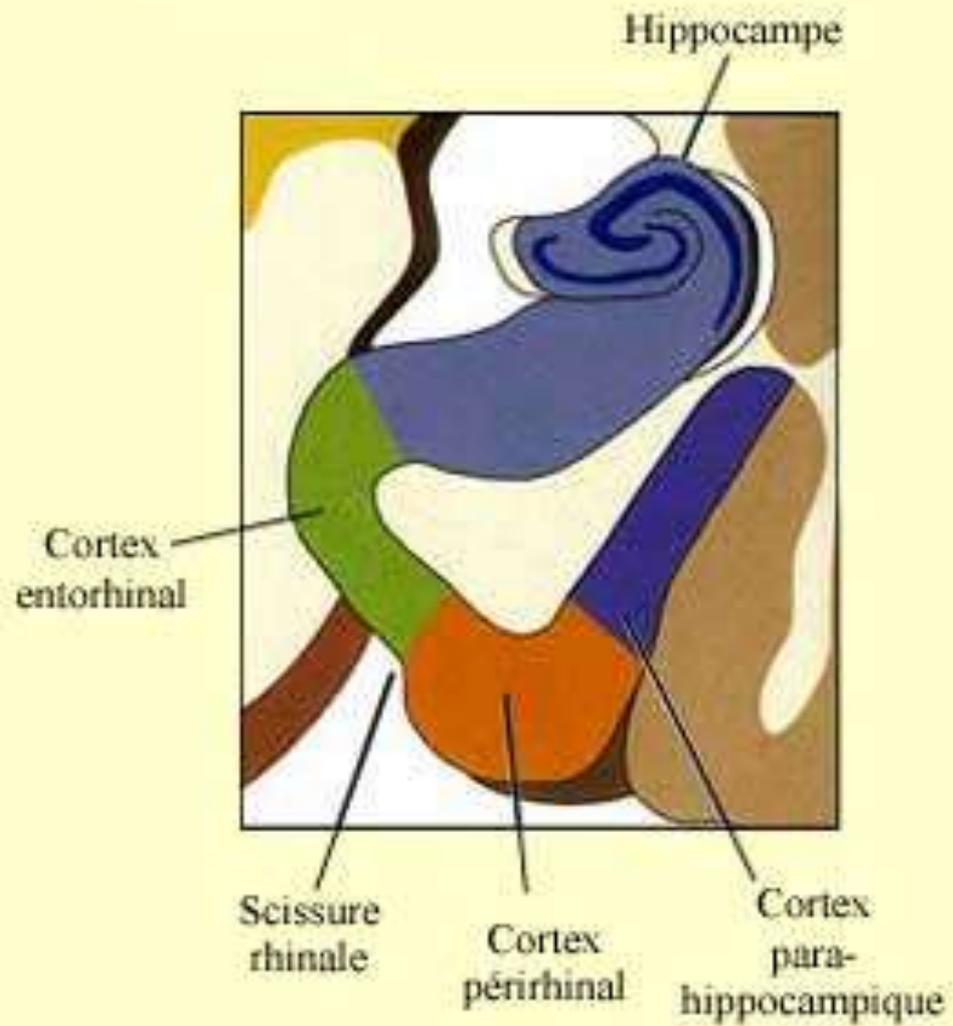
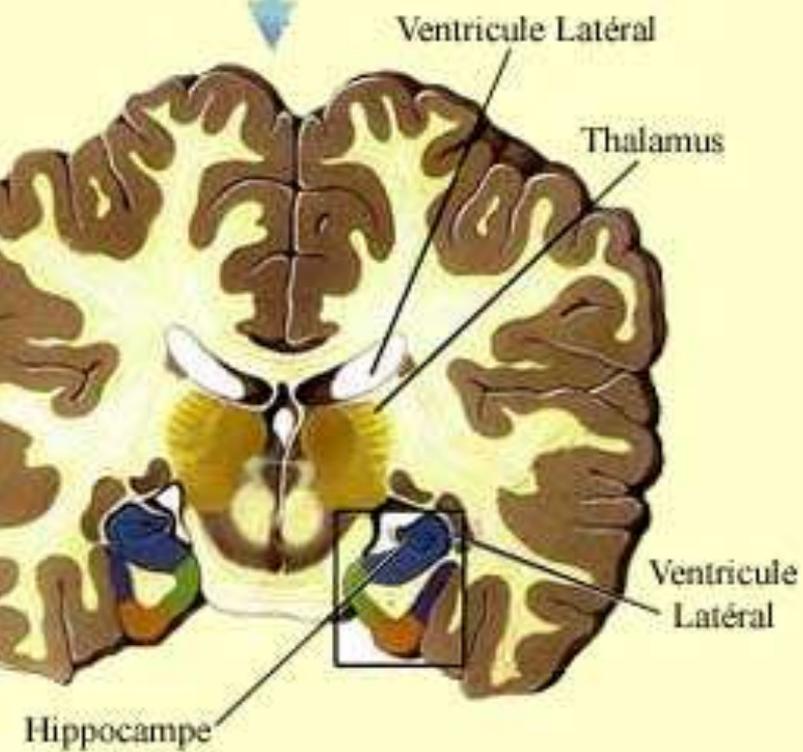
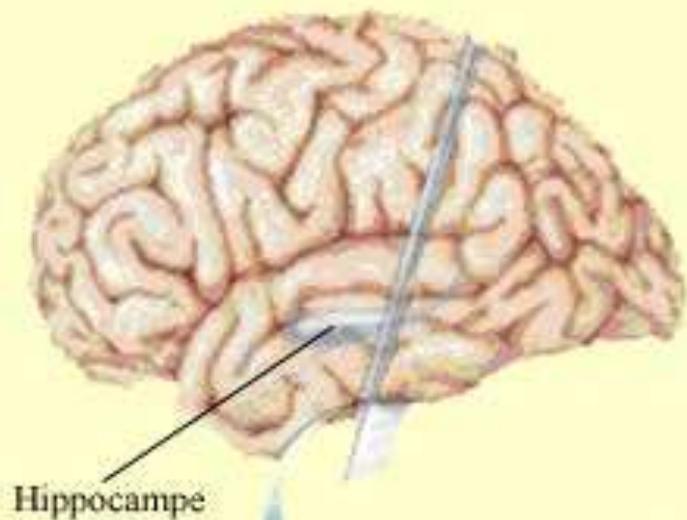
Aire corticale

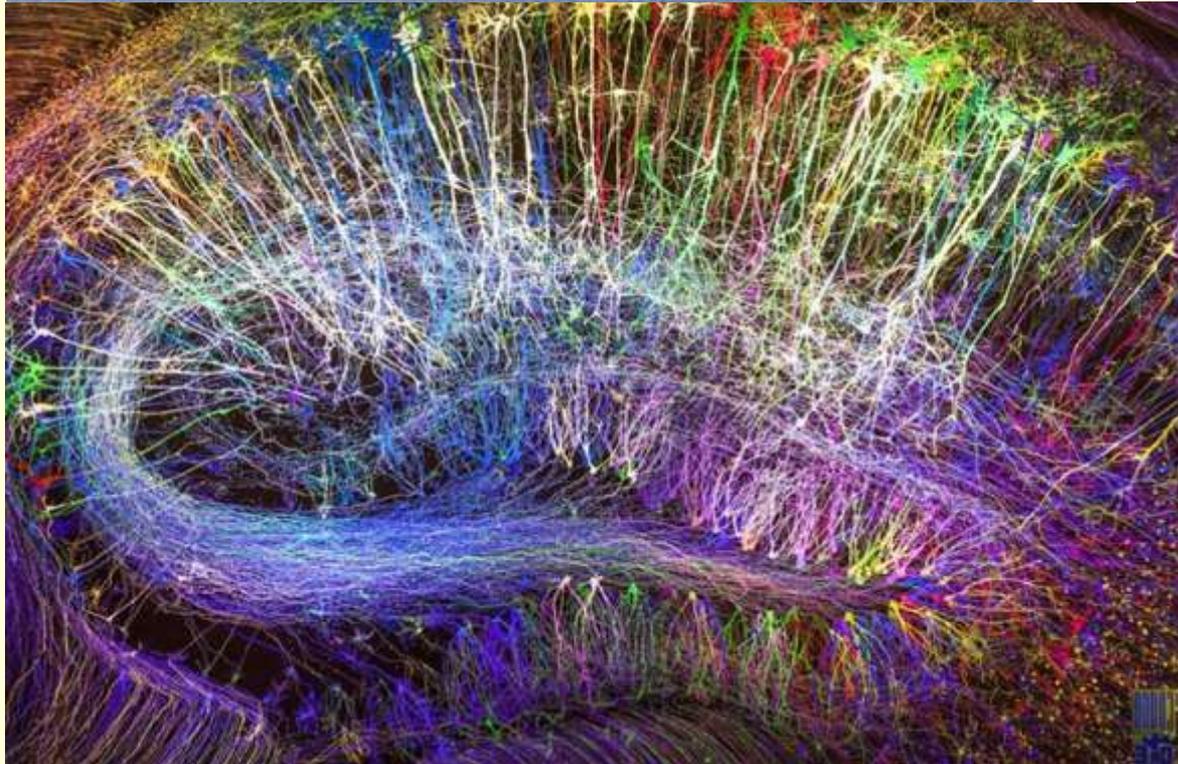
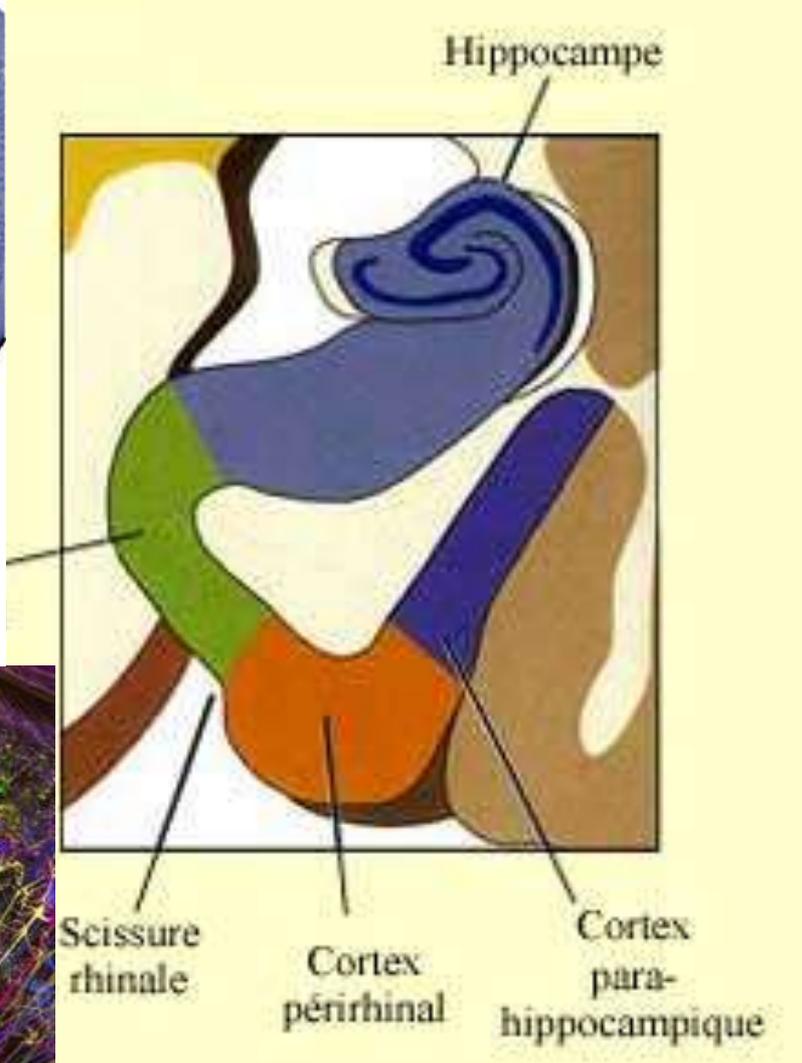
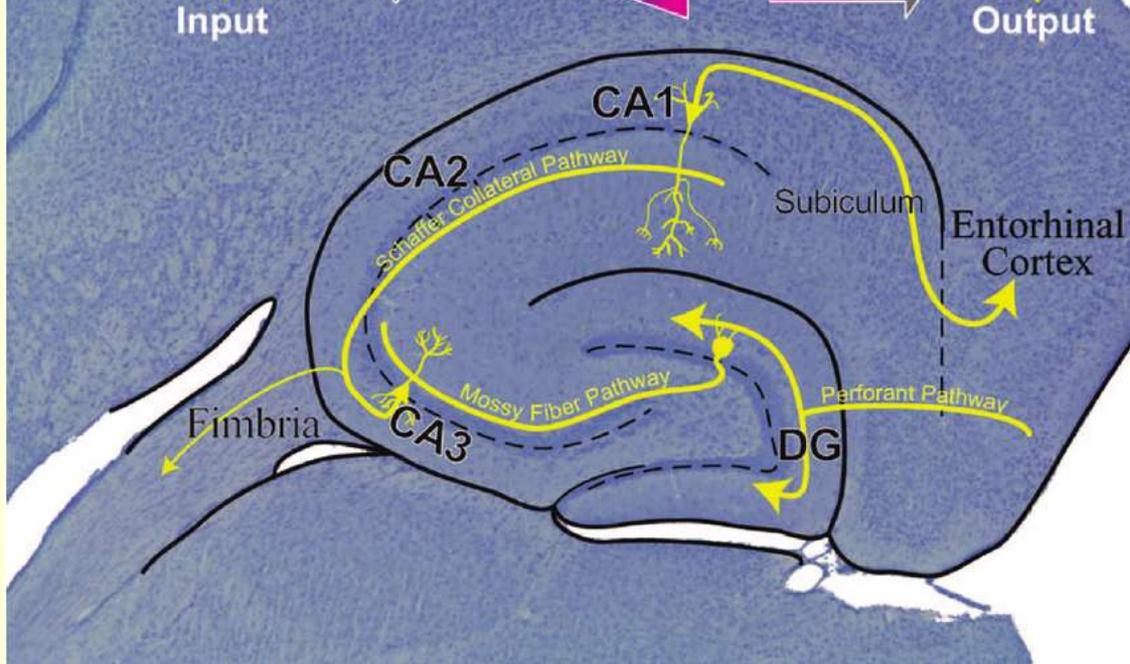
Boucle thalamo-corticale

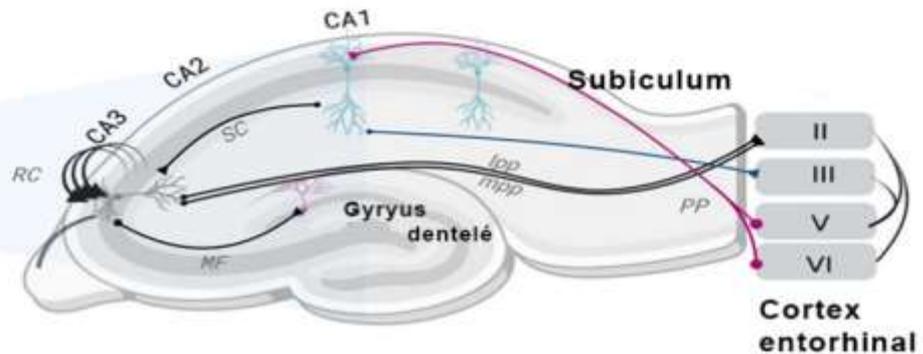
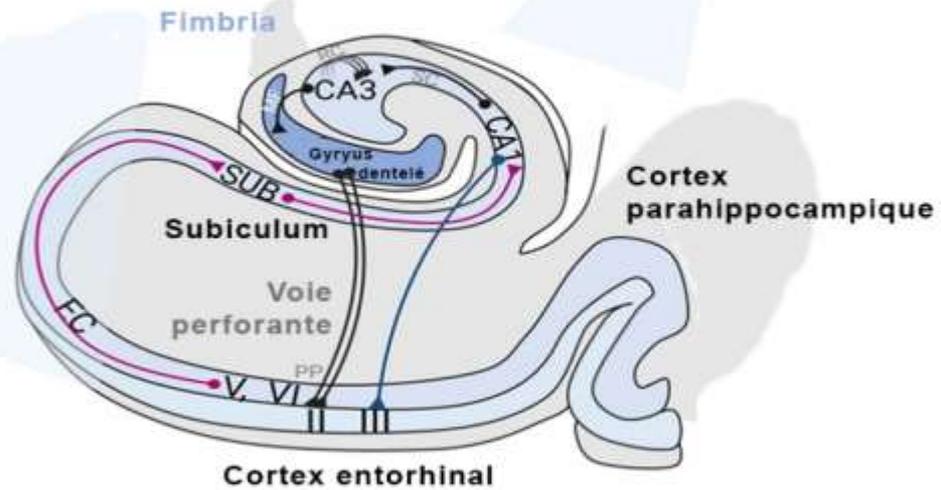
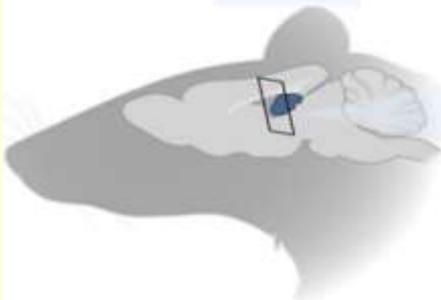
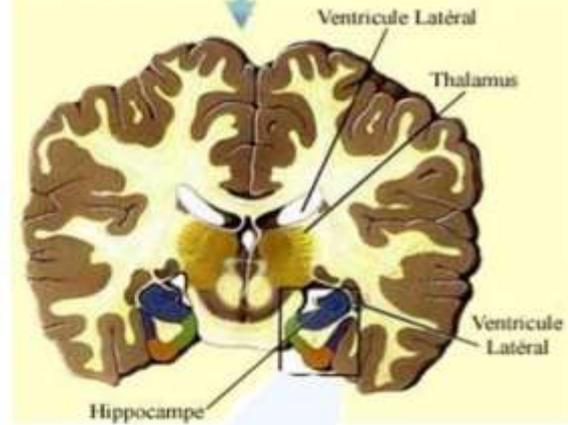
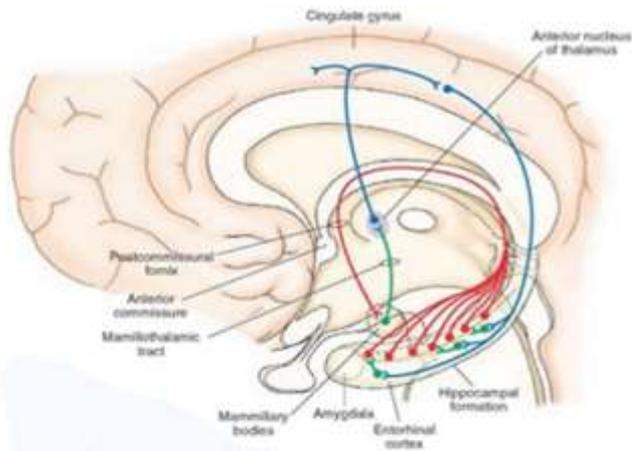
Interactions sous-corticales à longue distance



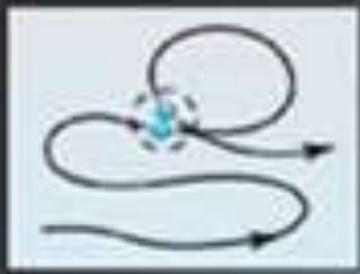








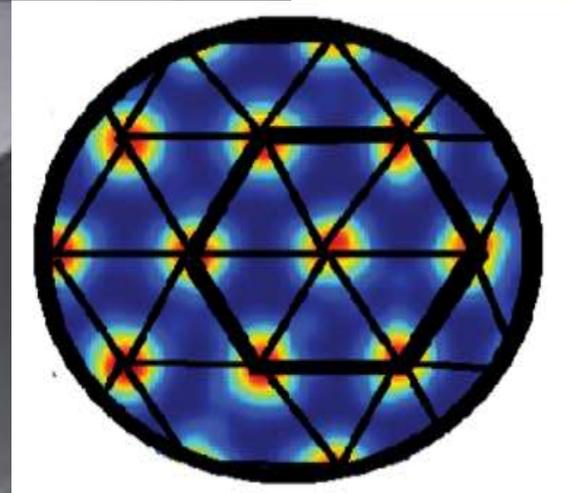
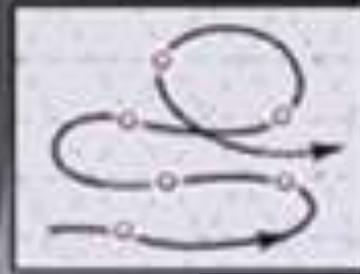
Hippocampus
"place cell"



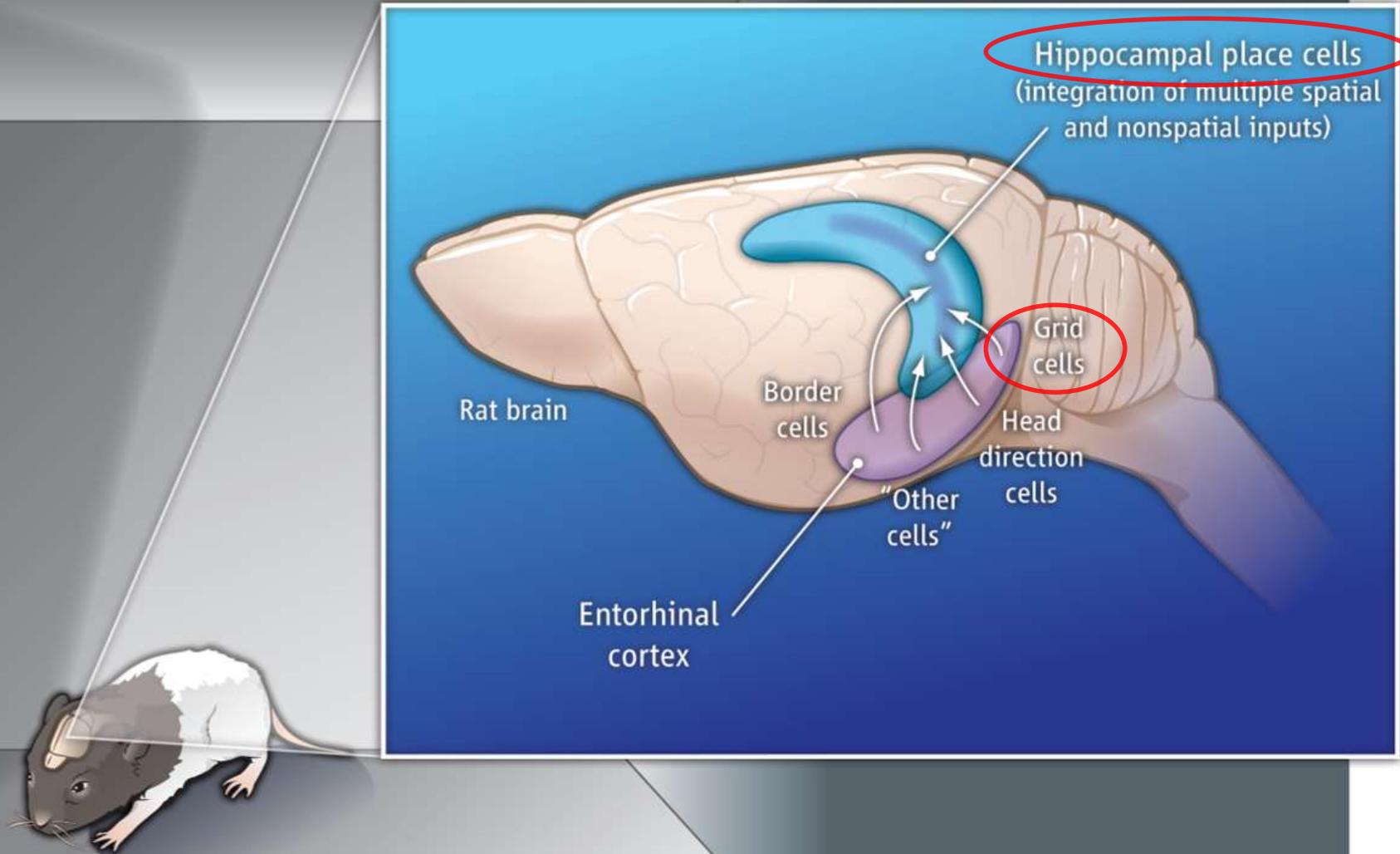
Subiculum
"direction cell"

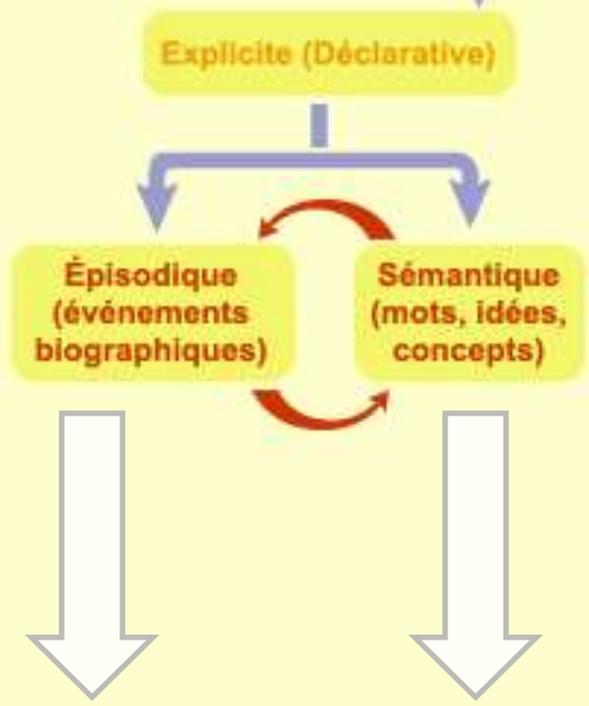
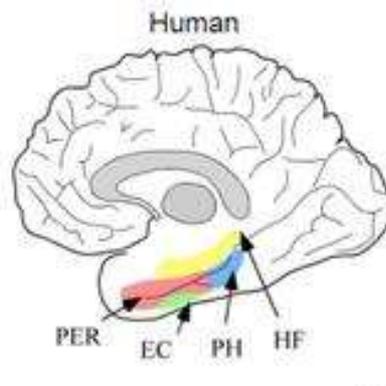
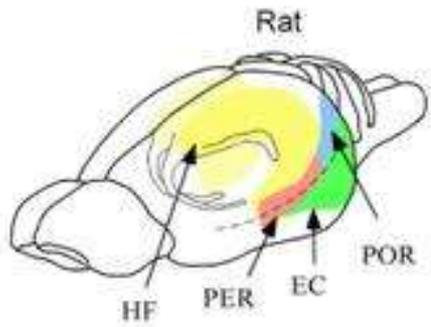


Entorhinal
"grid cell"



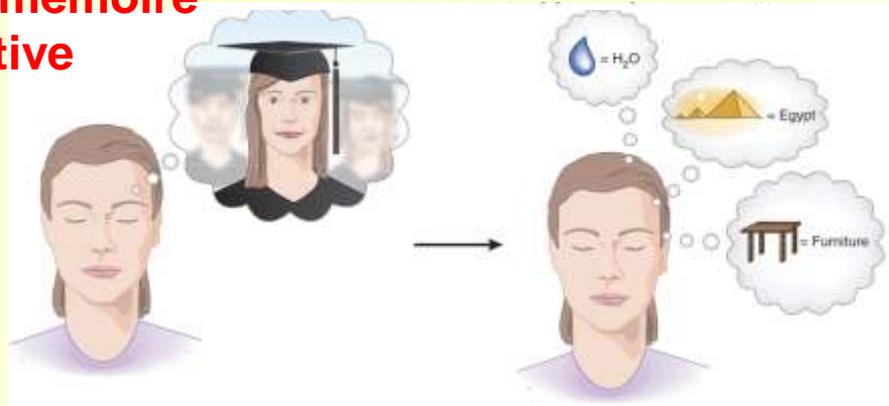
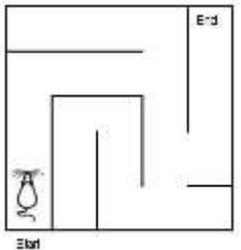
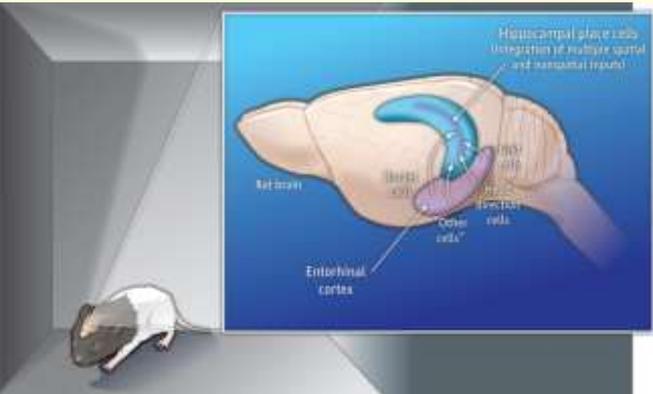
Le système de grid cells serait impliqué de la navigation mentale.





Navigation spatiale

Navigation spatiale + Recyclage des mêmes circuits pour la mémoire déclarative



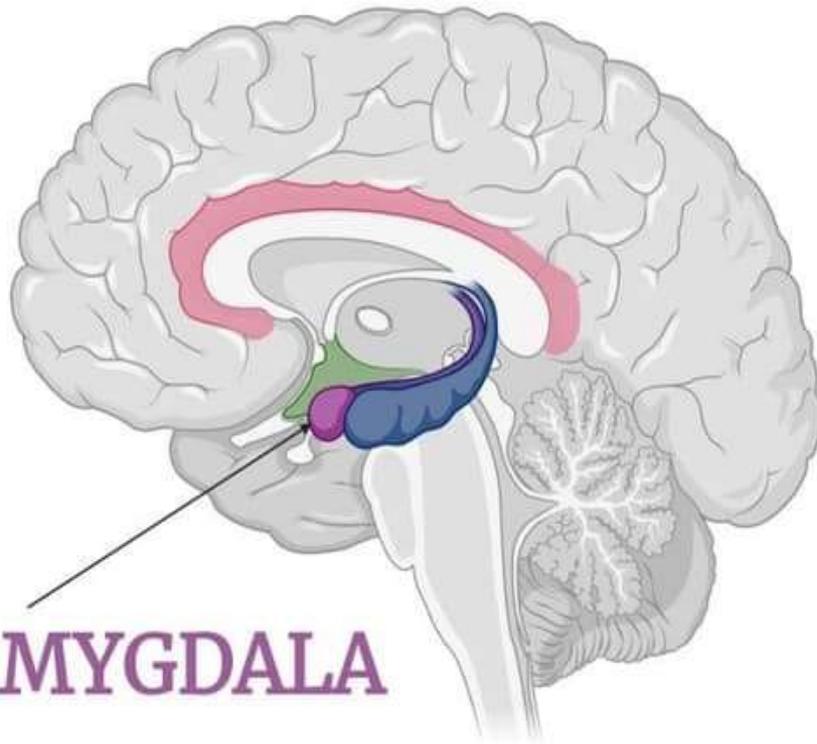
Grid cells :
navigation mentale dans l'espace

Place cells :
position dans une carte spatiale

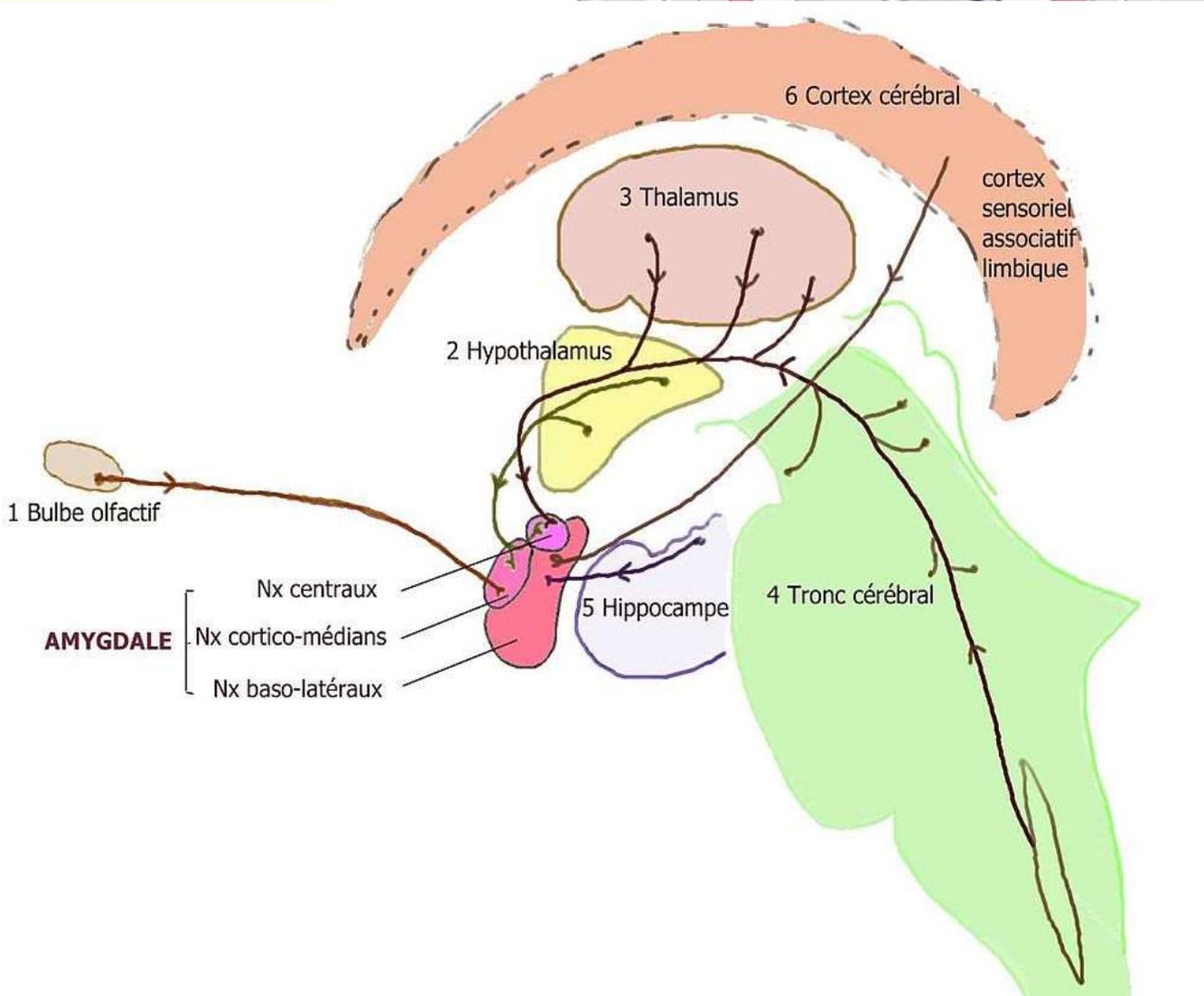
Grid cells :
navigation mentale mais dans le temps !

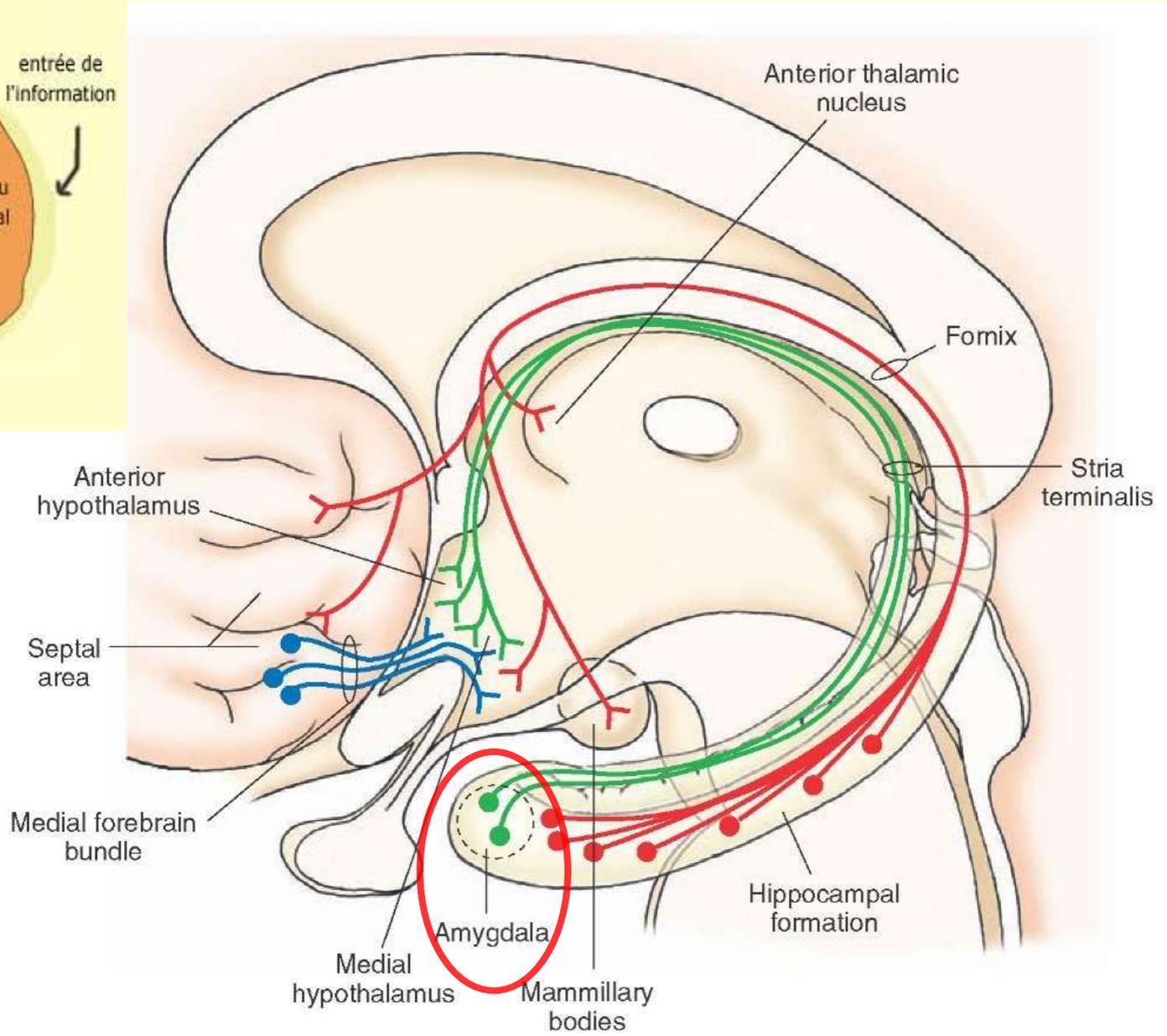
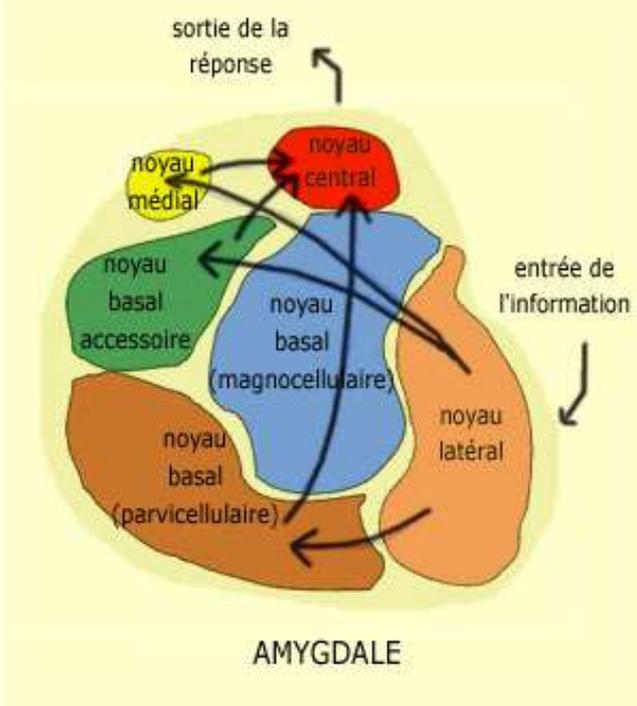
Place cells :
position mais dans une carte conceptuelle !

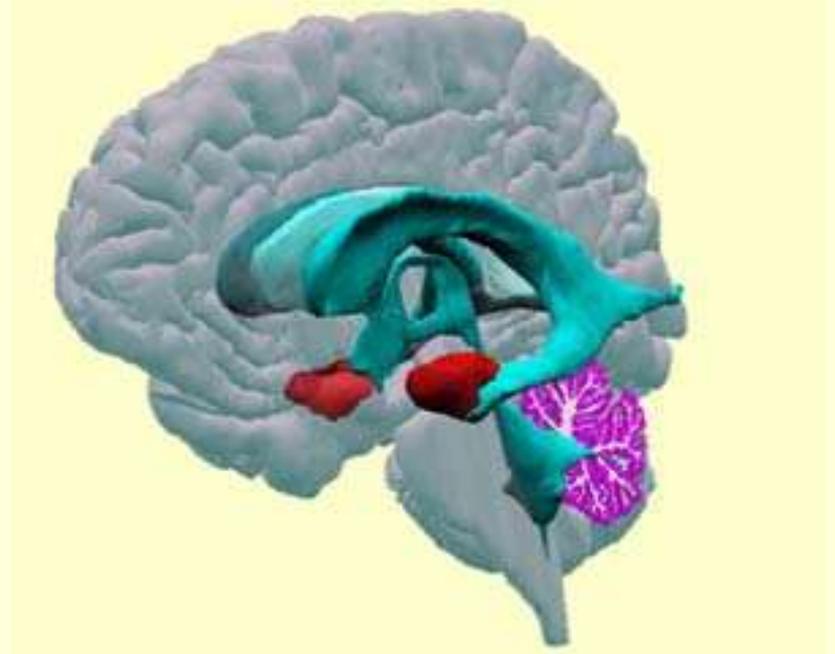




THE AMYGDALA



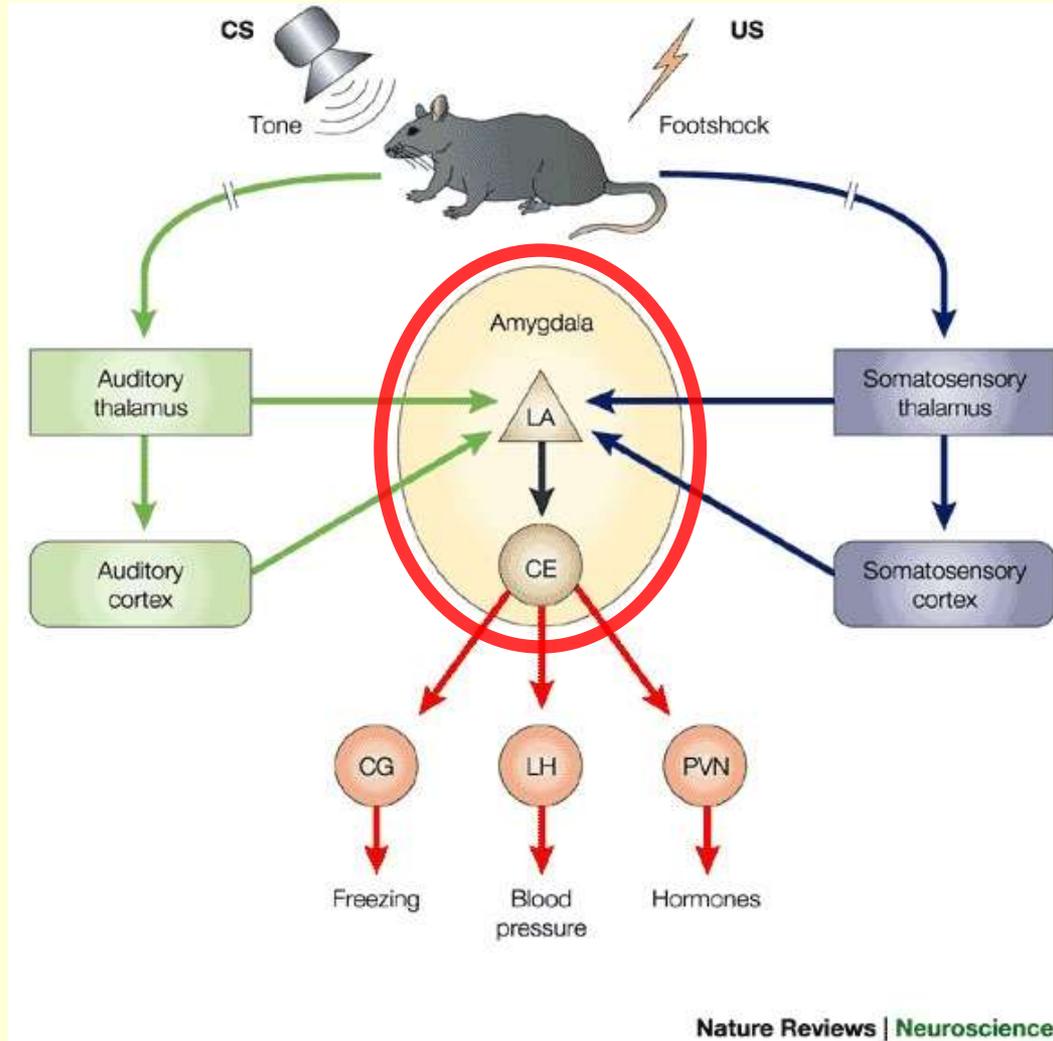




Amygdale = peur ?

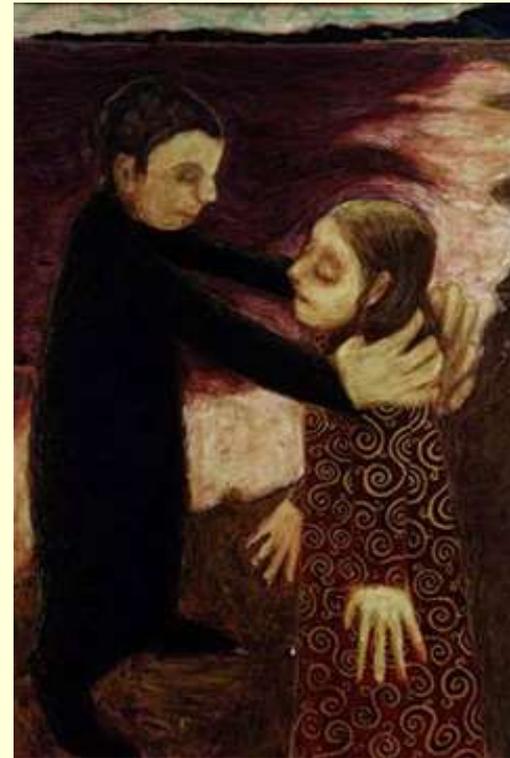


Amygdala = peur ?



Nature Reviews | Neuroscience

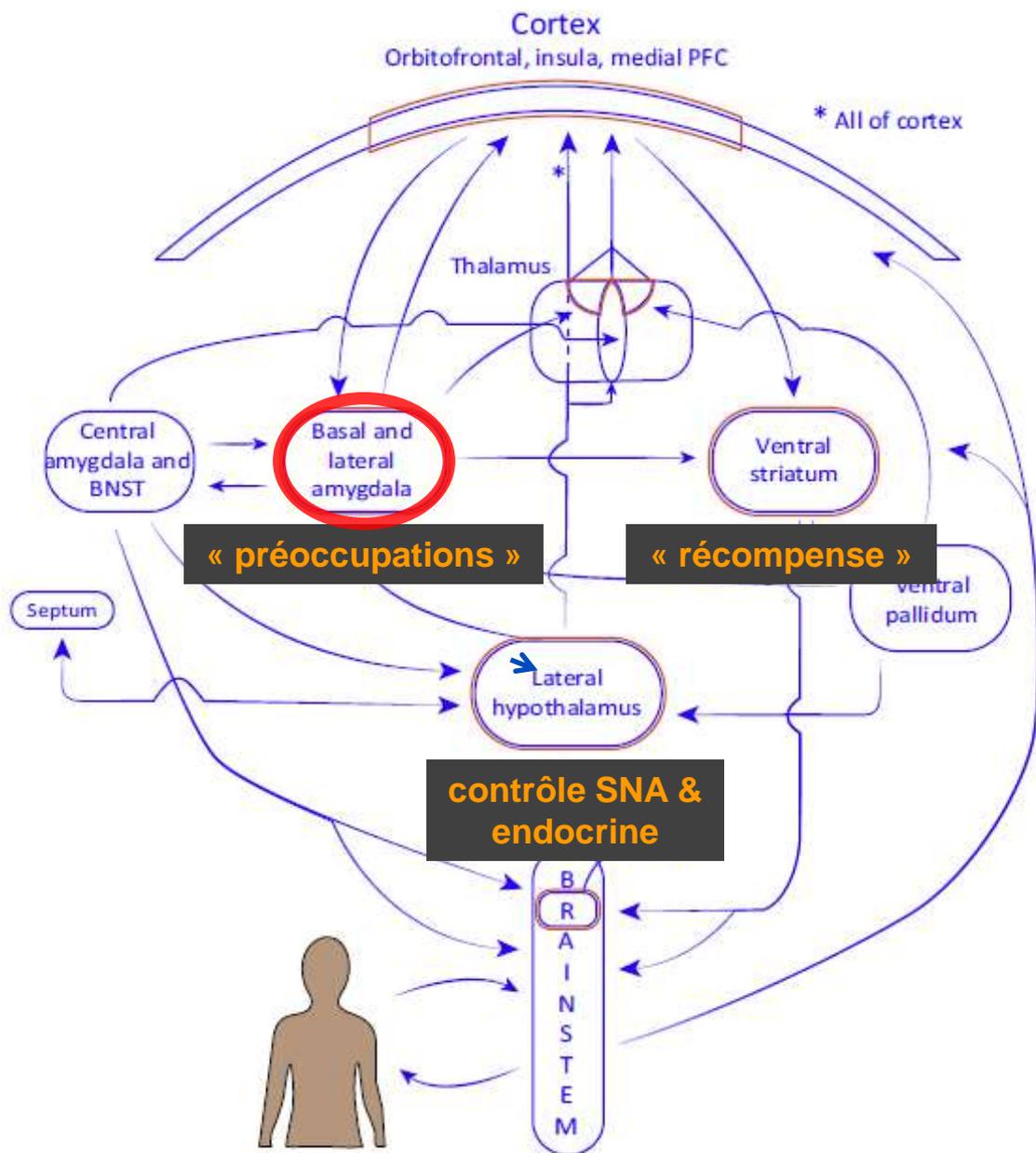
https://www.researchgate.net/publication/11523425_Parallels_between_cerebellum_and_amygdala-dependent_conditioning



Amygdale ~~X~~ peur ?

Non. Amène une composante de « préoccupation » qui, en collaboration avec d'autres régions, va correspondre à différents états affectifs.





Autrement dit,
l'amygdale n'agit pas seule :

elle s'intègre dans différents circuits cérébraux impliquant plusieurs structures,

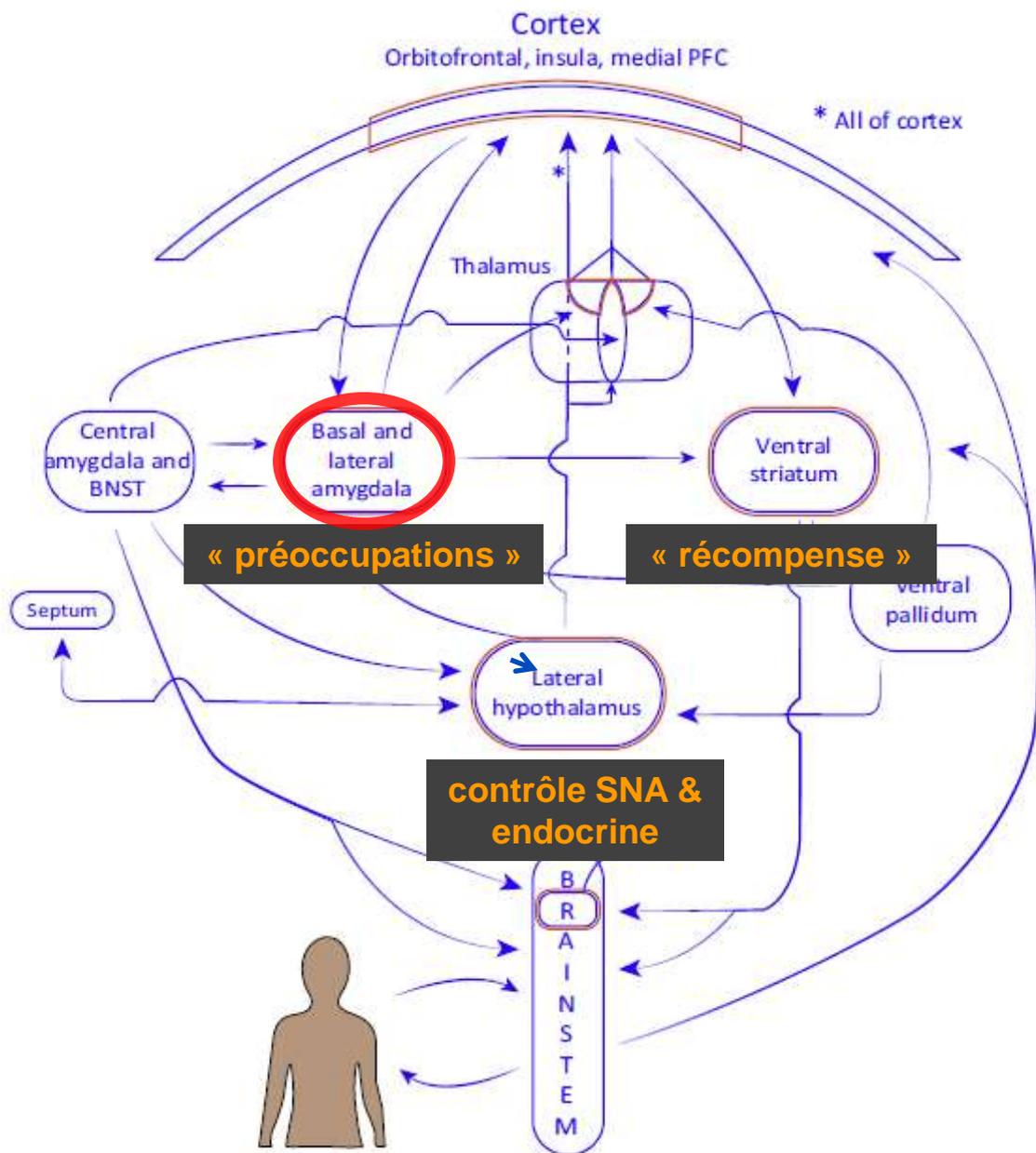
ici dans un réseau relié aux **émotions.**

A Network Model of the Emotional Brain

Luiz Pessoa

Trends Cogn Sci. **2017** May; 21(5): 357–371

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5534266/>



a 'functional diversity profile'

For example, in the case of the **amygdala** mentioned above, it would involve **arousal, vigilance, novelty, attention, value determination, and decision making, among others.**

A Network Model of the Emotional Brain

Luiz Pessoa

Trends Cogn Sci. **2017** May; 21(5): 357–371

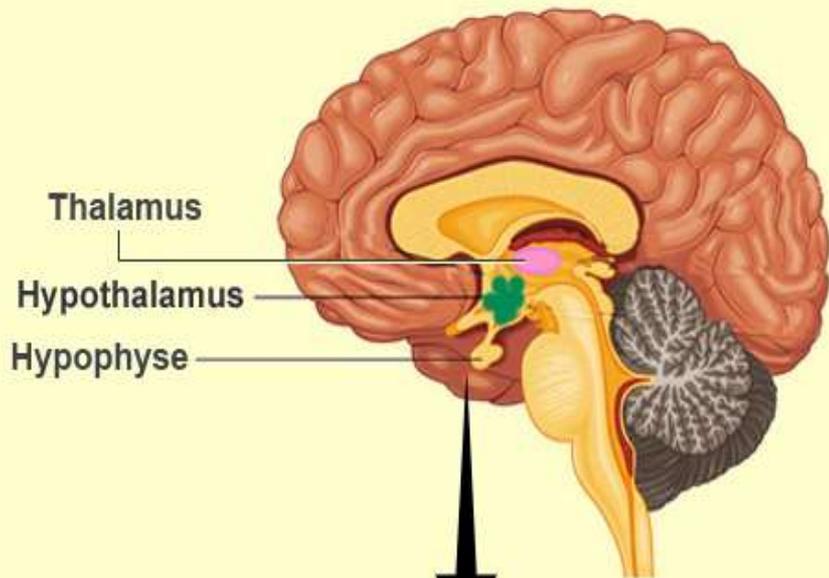
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5534266/>

La tentation **des étiquettes fonctionnelles**
avec quelques exemples :



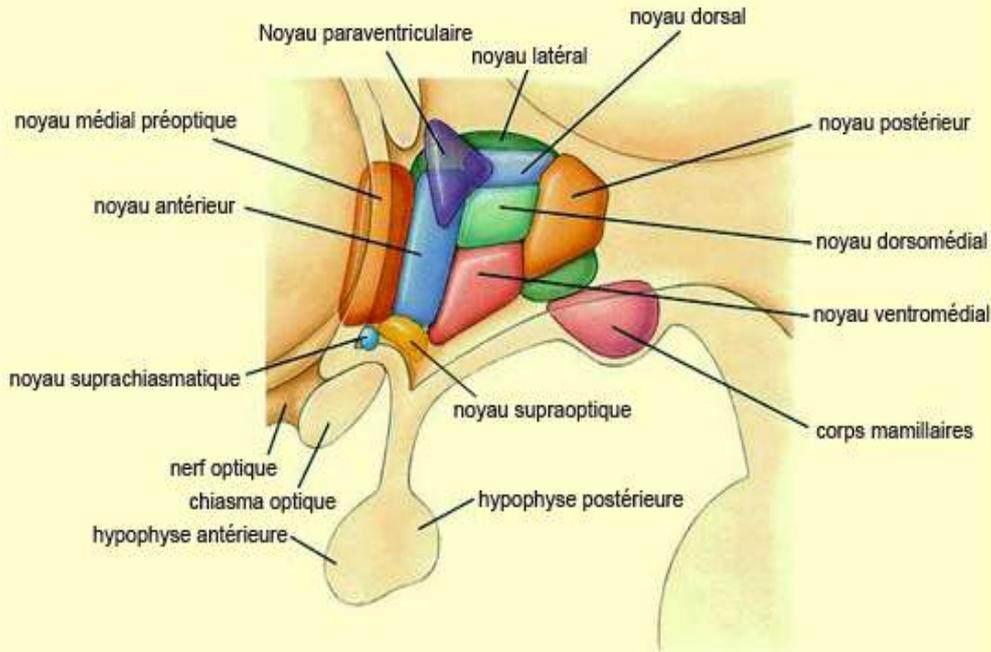
l'amygdale

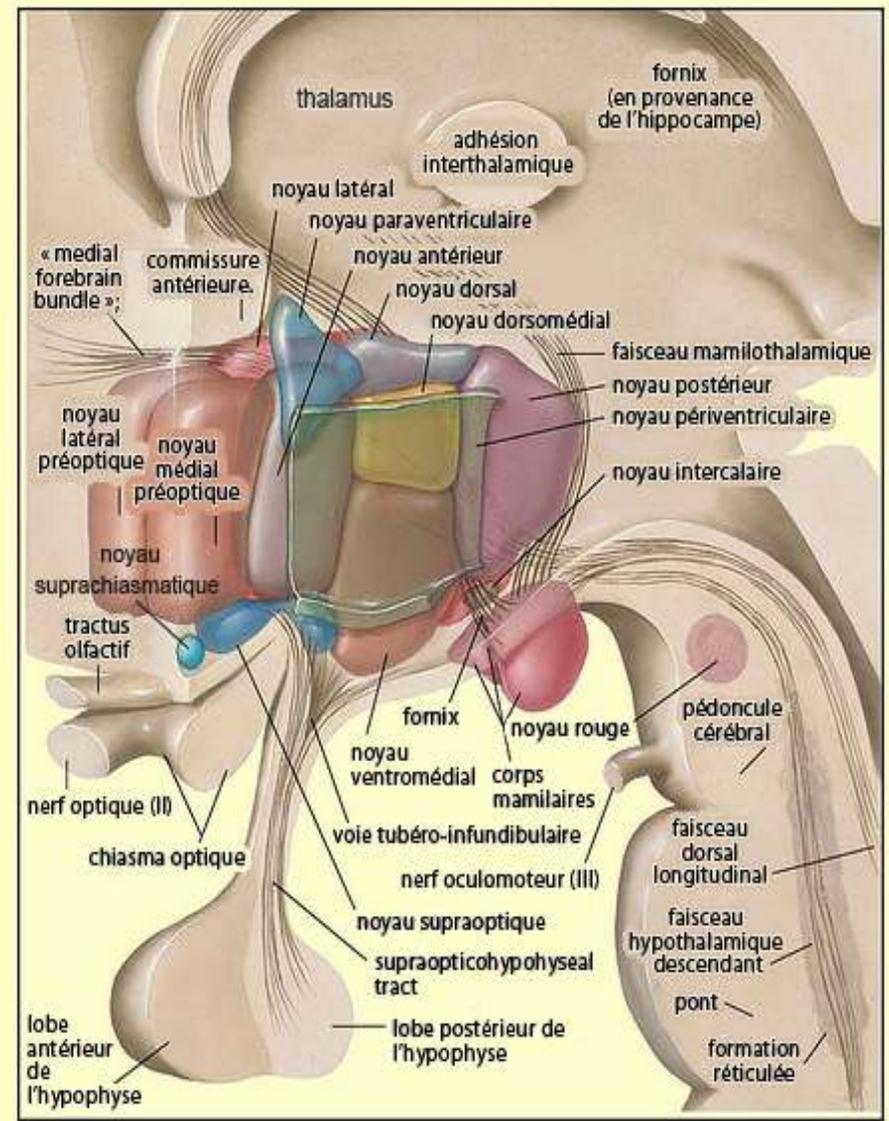
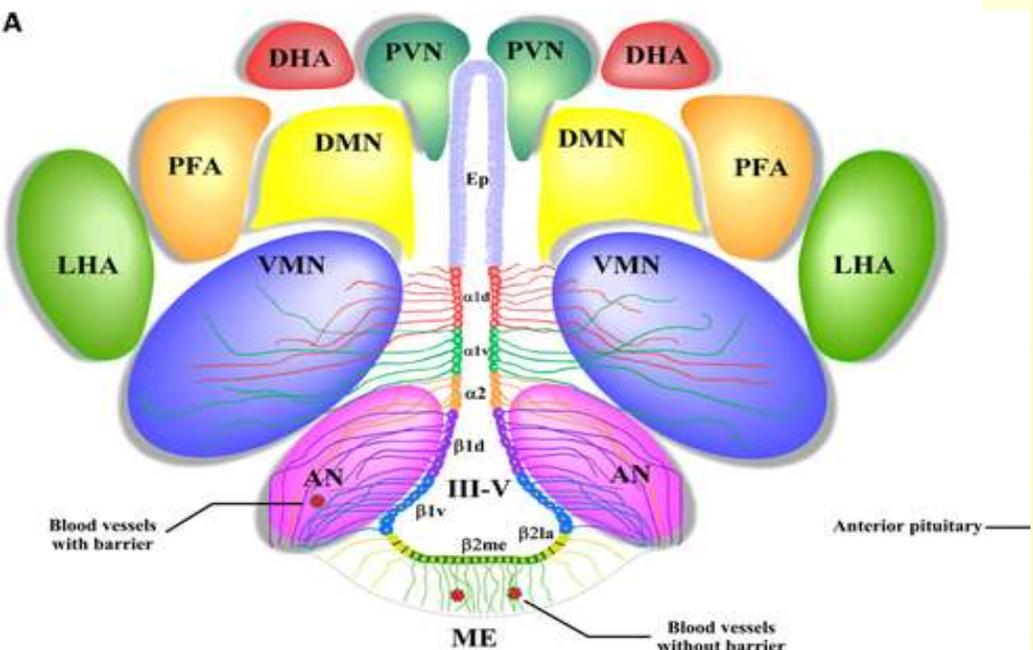
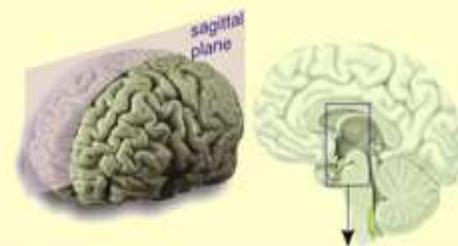
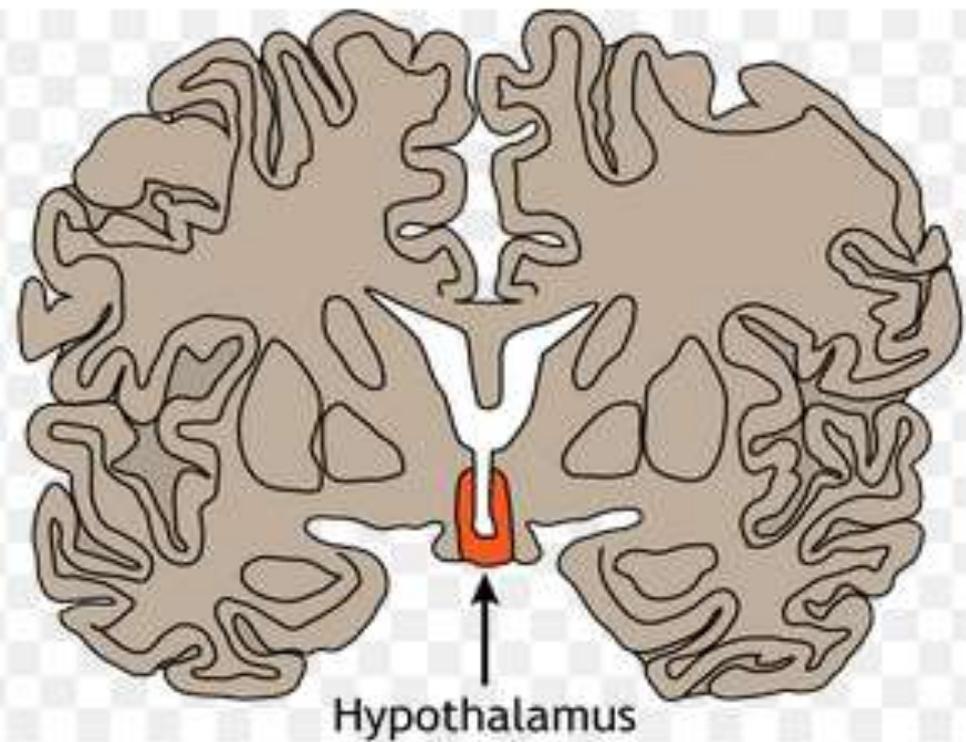
- l'aire de Broca
- le cortex insulaire (ou insula)
- le « cas » du cervelet



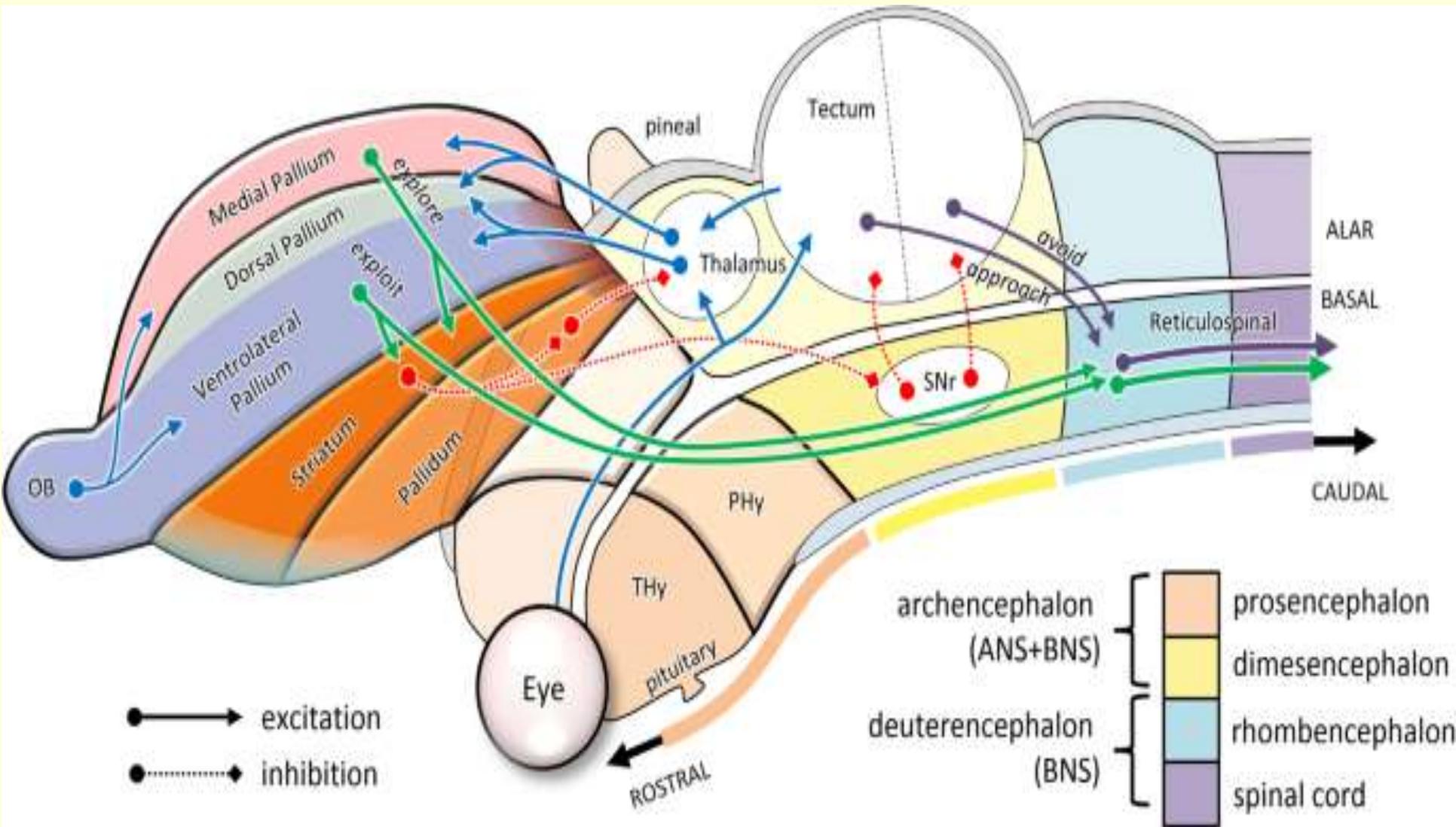
Hypothalamus

Noyaux hypothalamiques





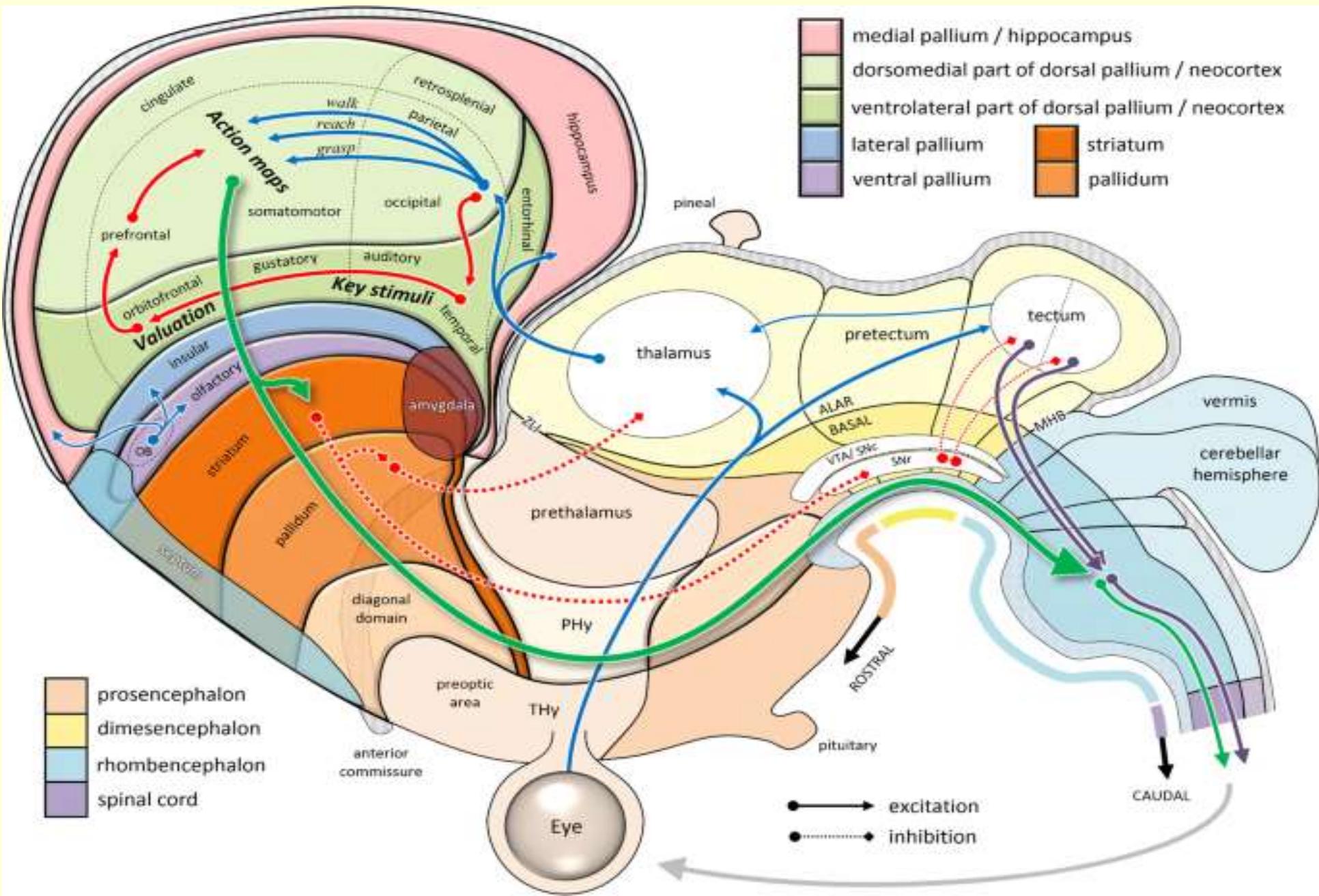
Sagittal view of the basic organization of the ancestral vertebrate brain.



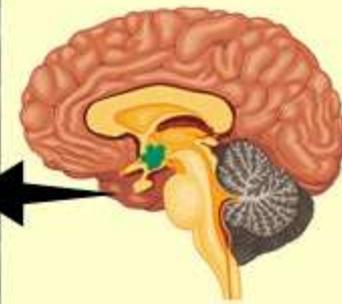
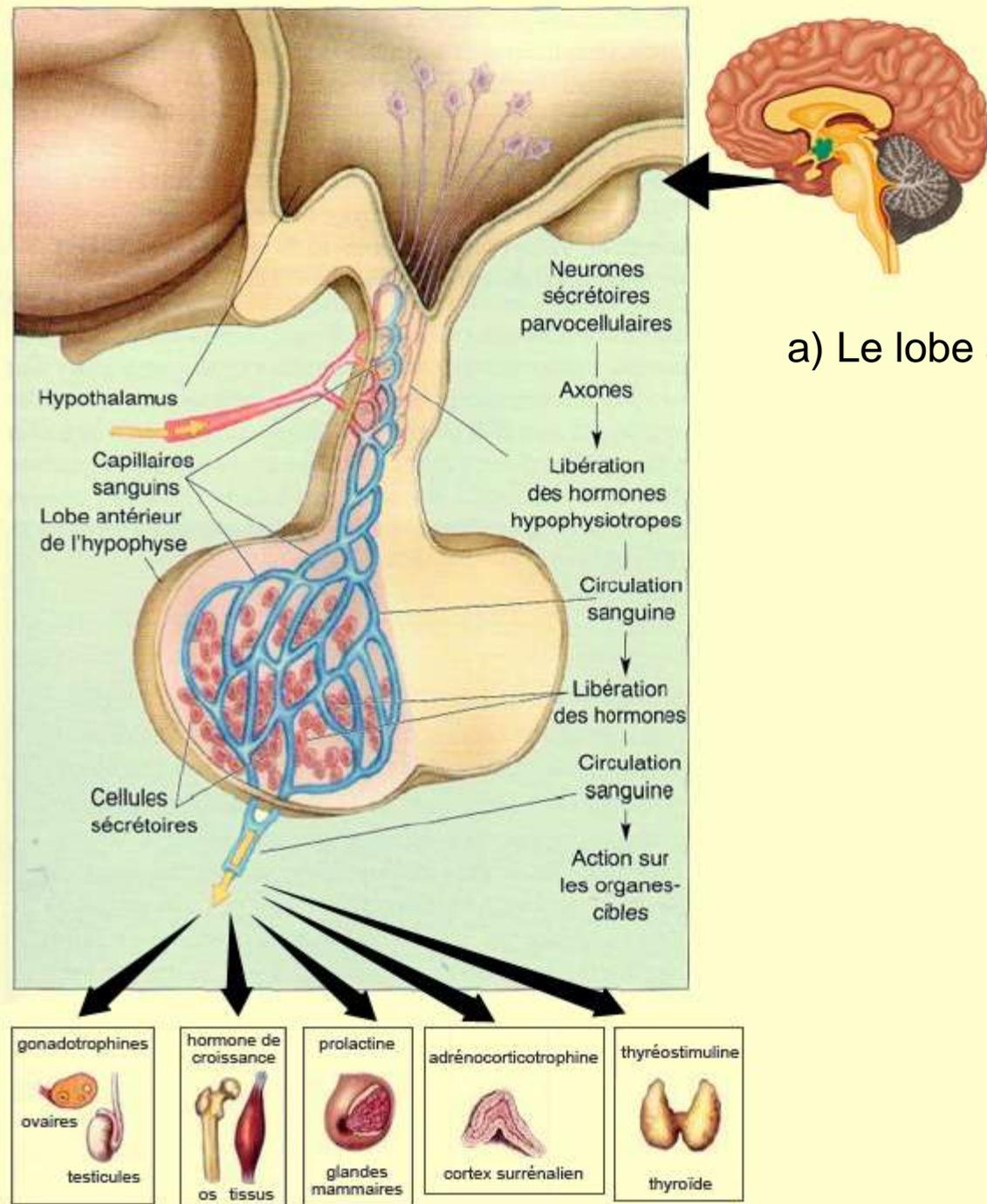
Resynthesizing behavior through phylogenetic refinement

https://www.researchgate.net/publication/333586383_Resynthesizing_behavior_through_phylogenetic_refinement

Schematic organization of the mammalian brain

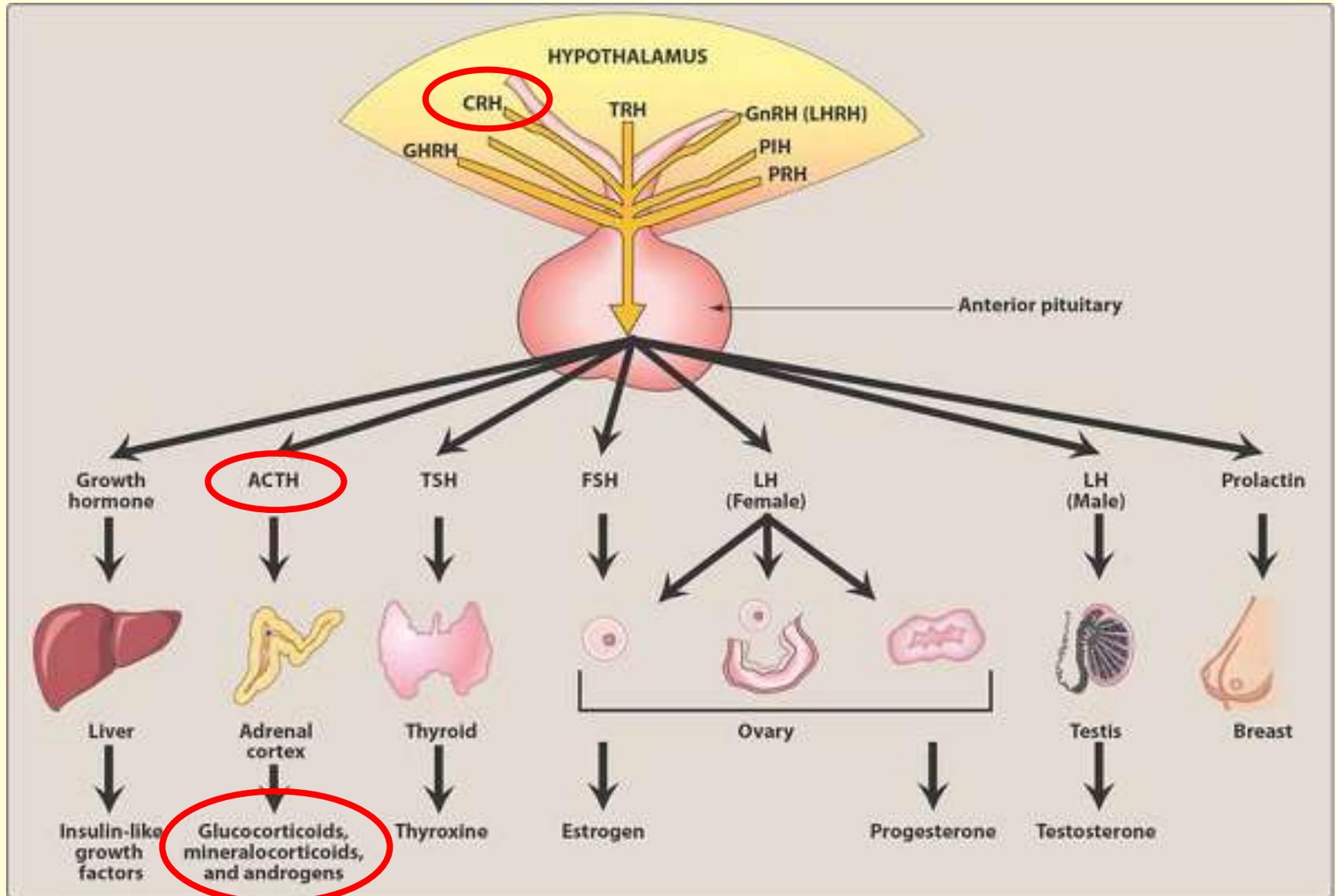


L'hypophyse et ses 2 lobes



a) Le lobe antérieur

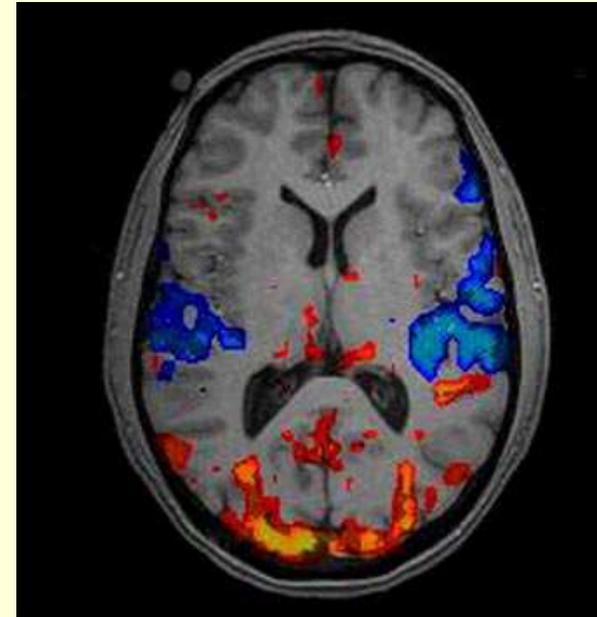
C'est cette voie hypothalamo-hypophysio-surrénalienne qui va nous permettre de mobiliser plus de ressources dans certains systèmes pour faire face à un **stress**.





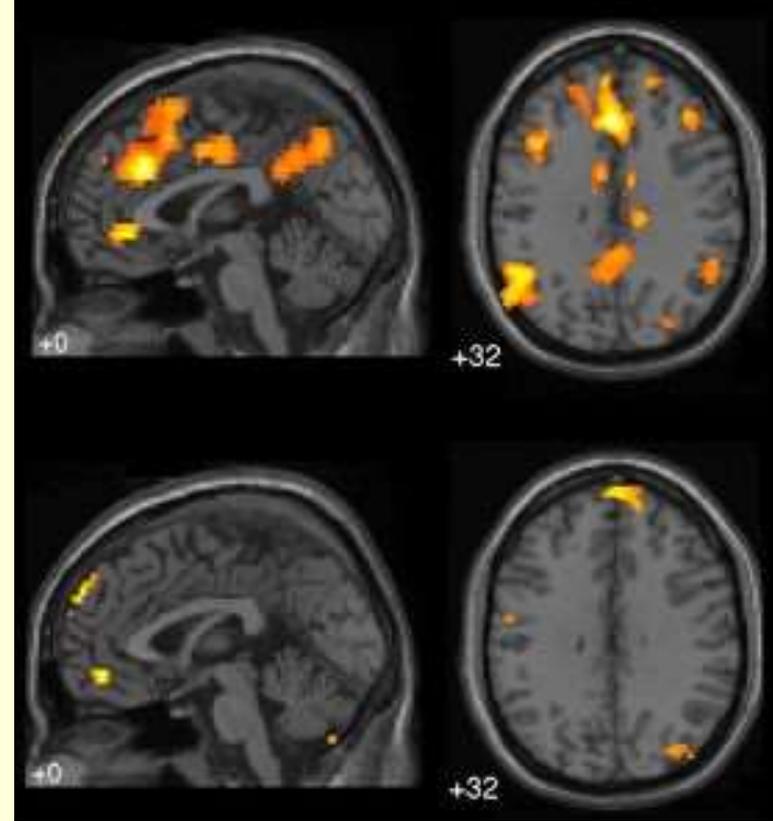
Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf)

- À partir des années **1990**
- nous renseigne sur l'**activité nerveuse** des différentes régions cérébrales
- L'appareillage qui entoure le sujet et le fonctionnement de base est sensiblement le même qu'avec l'IRM, mais les **ordinateurs** qui analysent le signal **diffèrent**.



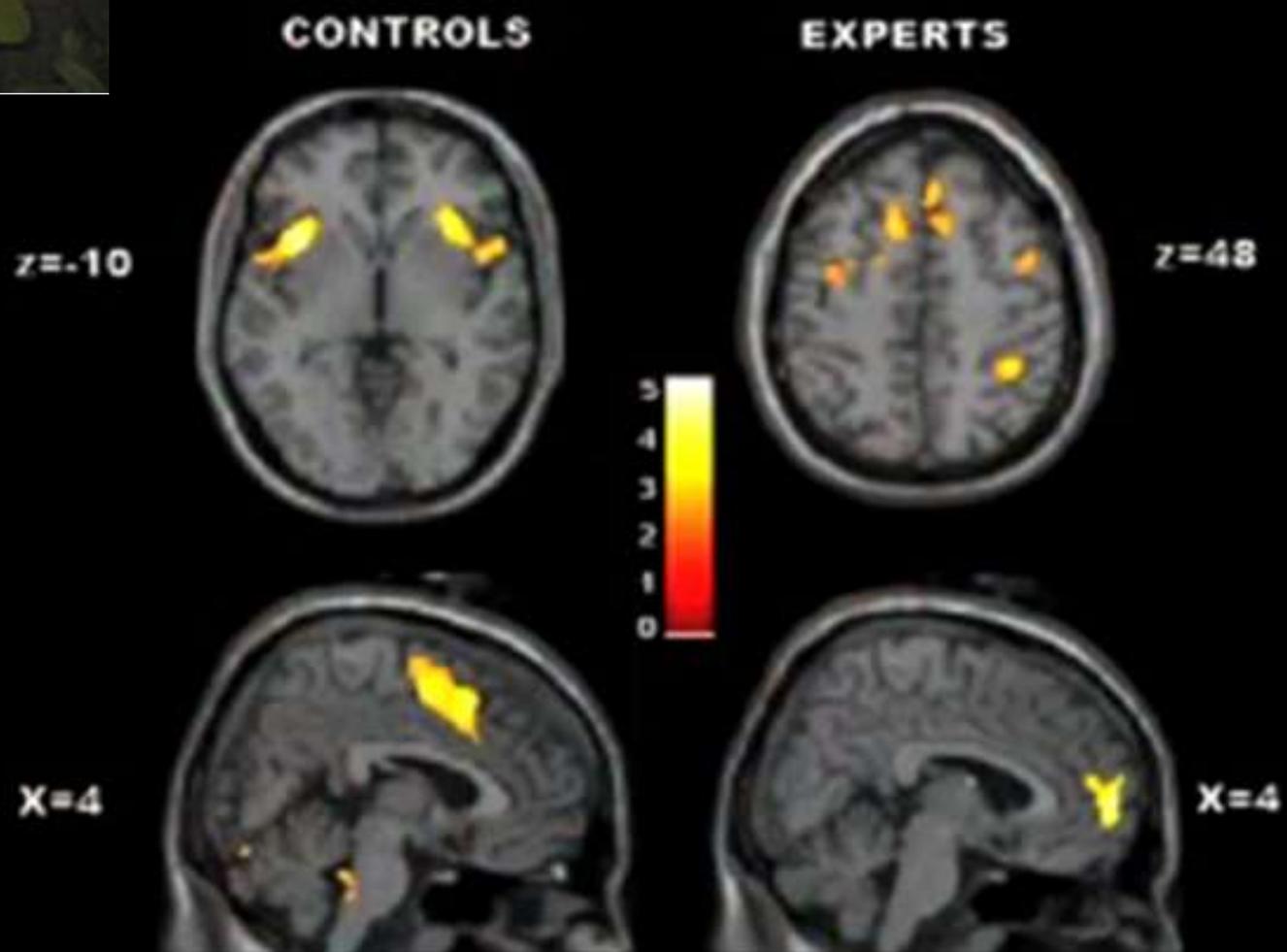
Peut être utilisée sans l'injection de substance dans l'organisme du sujet

Peut fournir une image **structurelle** et **fonctionnelle** du même cerveau, facilitant ainsi les correspondances anatomo-fonctionnelles.

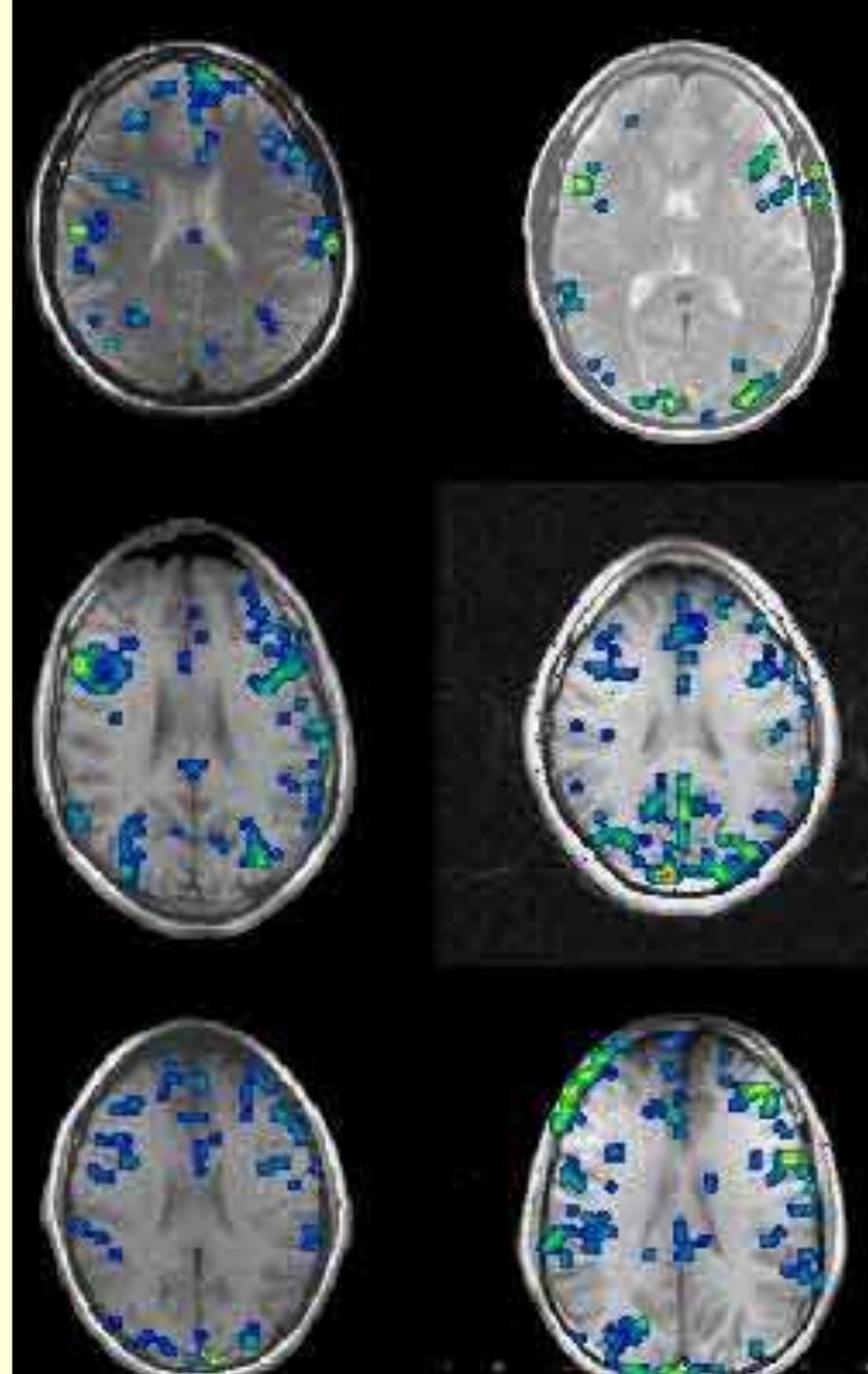


La **résolution spatiale** est de l'ordre du millimètre (de **3 - 4 mm** pour les machines à 3 Tesla à **1 - 0,5 mm** pour celles à 7 Tesla) ($\geq 5 - 10$ mm pour le PET scan)

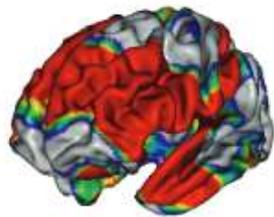
La **résolution temporelle** est limitée par la relative lenteur du flux sanguin dont l'IRMf dépend (donc pas à l'échelle des millisecondes comme l'activité neuronale)



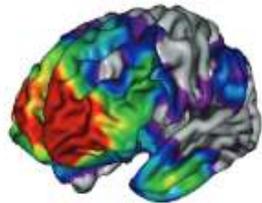
Résonance magnétique fonctionnelle
durant le test de Stroop pour
six sujets différents démontrant
la **grande variabilité entre
les participants.**



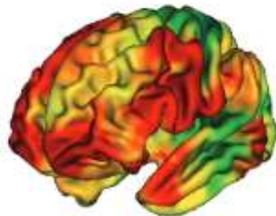
Principe d'équifinalité : capacité à atteindre le même état final à partir de différents points de départ.



Stratégie Mentale I



Stratégie Mentale II



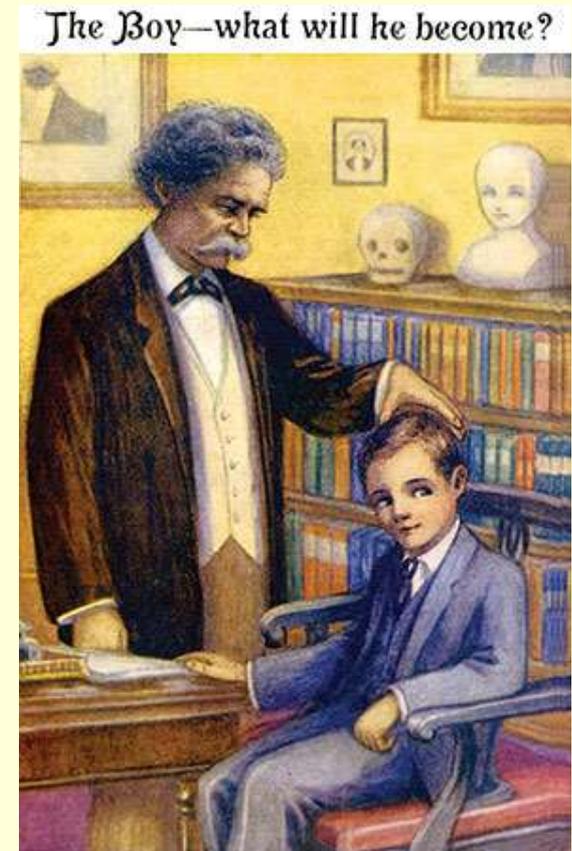
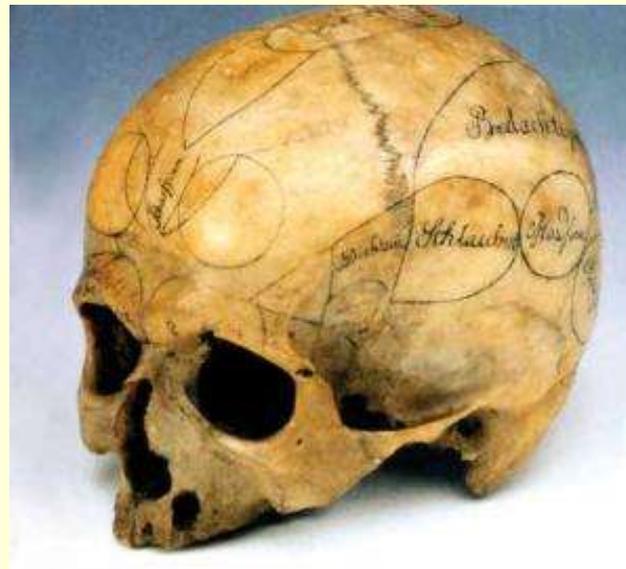
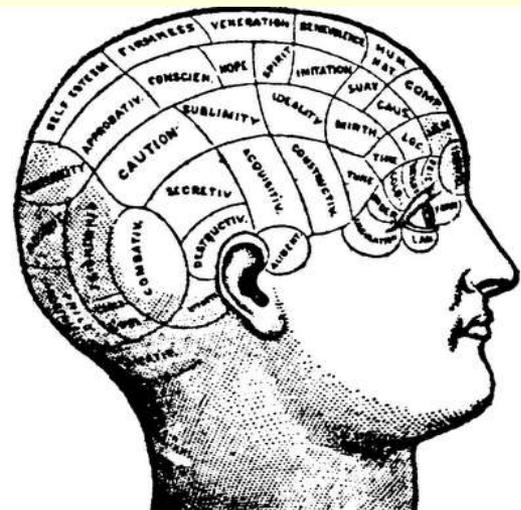
Stratégie Mentale III



Pour une même tâche,
par exemple :

| | | |
|--------|-------|--------|
| JAUNE | BLEU | BLEU |
| NOIR | ROUGE | VERT |
| VIOLET | JAUNE | ROUGE |
| JAUNE | VERT | NOIR |
| BLEU | ROUGE | VIOLET |
| VERT | BLEU | JAUNE |

Mais l'IRMf ne serait en train de nous ramener à une forme moderne de la **phrénologie** ?

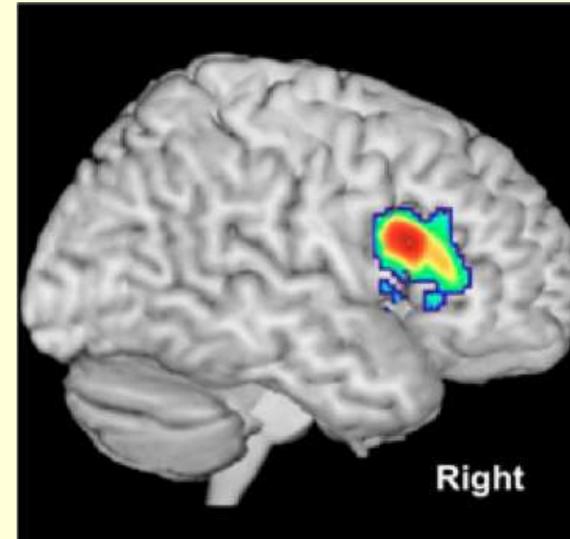


« Not this ridiculous fMRI phrenology shit again ! »

« La question du « **où dans le cerveau** » n'est sans doute pas la bonne question, car presque tout le cerveau est impliqué dans presque tous les comportements. »

- William Uttal

(auteur de *The New Phrenology: The Limits of Localizing Cognitive Processes in the Brain* (2001))

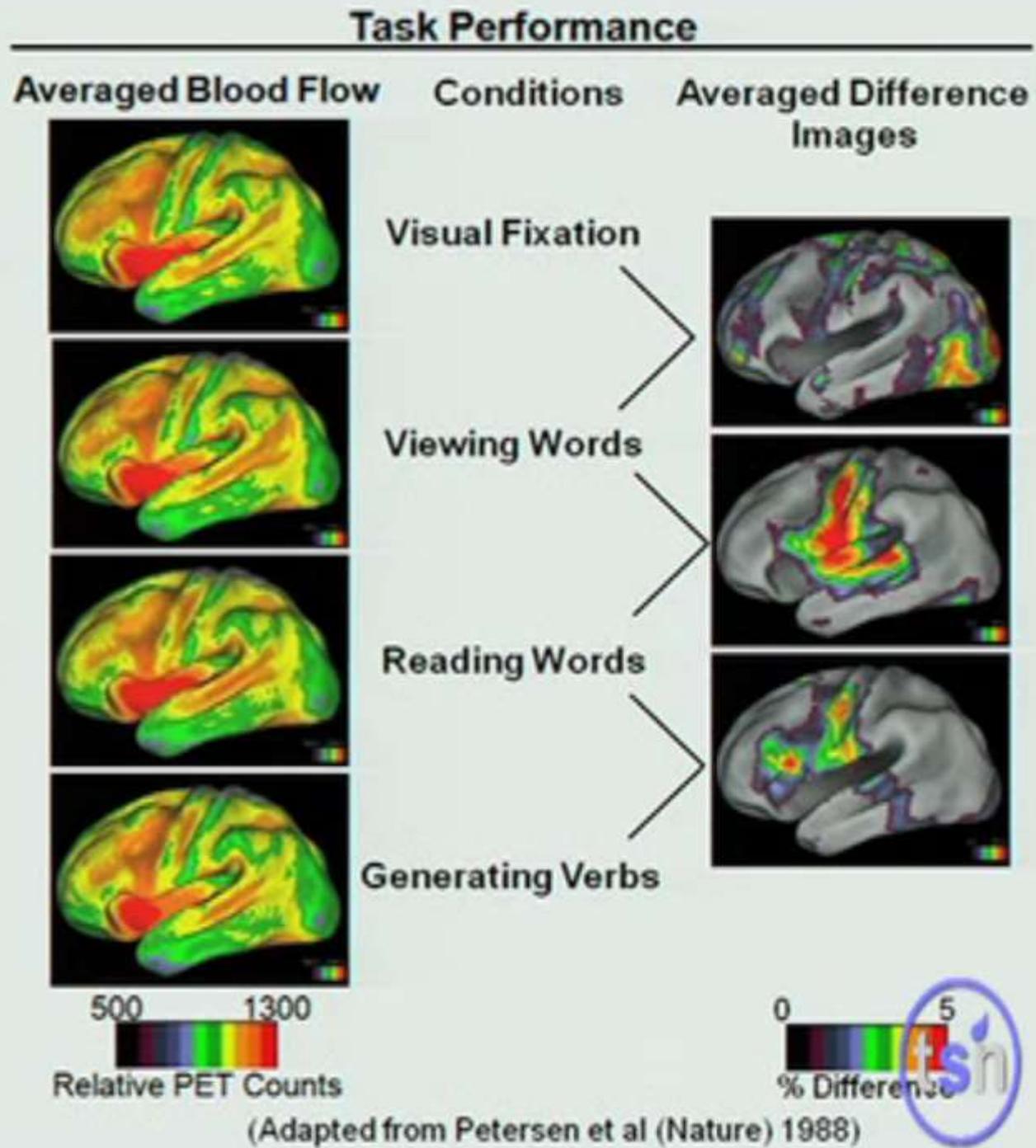


Et bien sûr, c'est toujours **une activité différentielle issue d'une soustraction** entre un état contrôle et l'état de lors d'une tâche.

« Our resting brain is never at rest. »

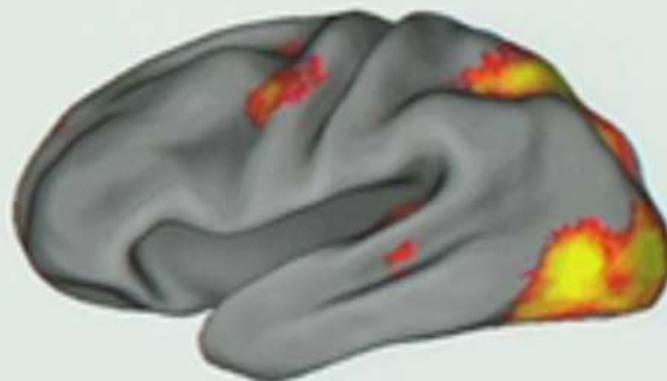
- Marcus Raichle

Two views of brain function
<http://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/fulltext/S1364-6613%2810%2900029-X>

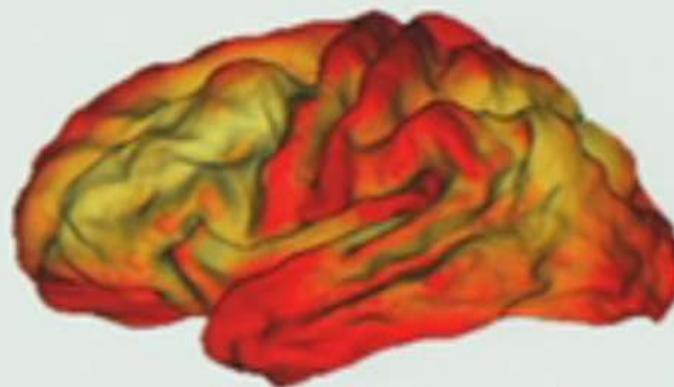


An Historical View

Reflexive
(Sir Charles Sherrington)



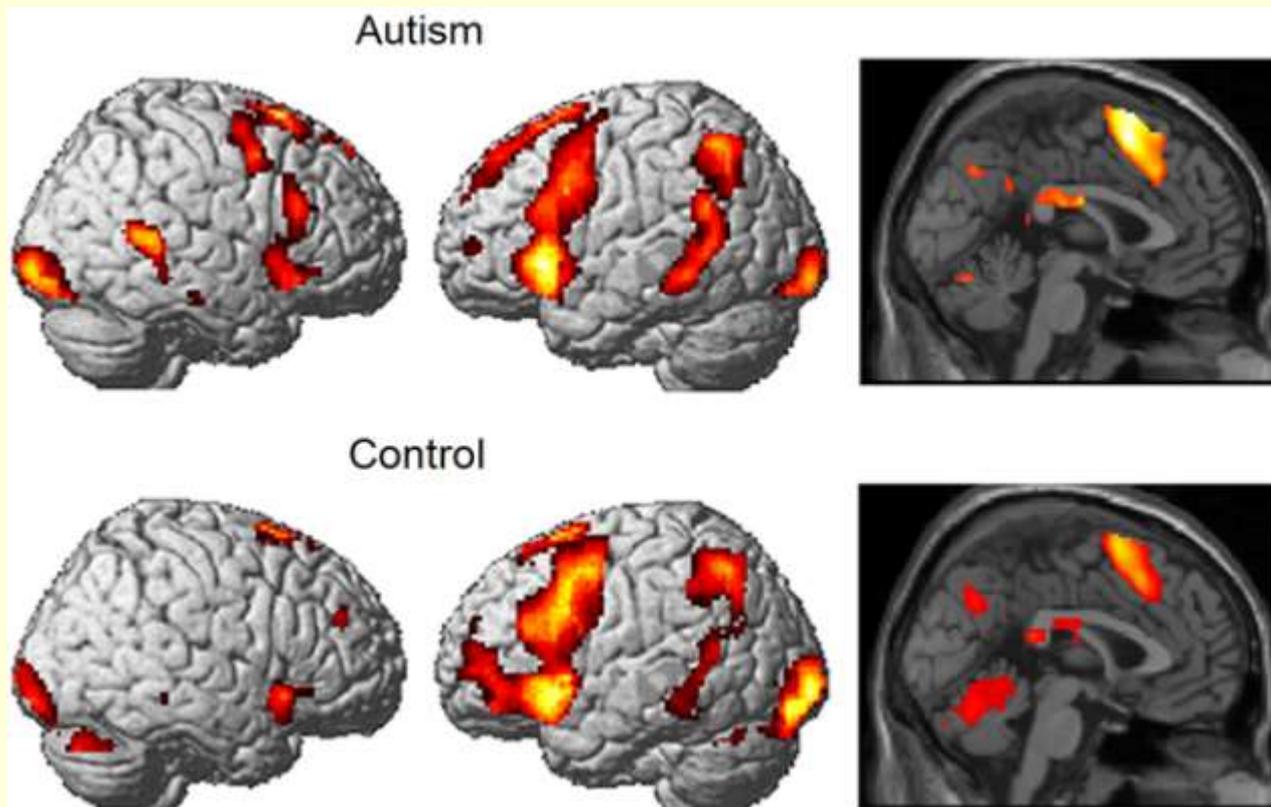
Intrinsic
(T. Graham Brown)



Certain.e.s se portent à la défense de l'IRMf en disant qu'il s'agit là d'un mauvais usage d'un bon outil.

Et soulignent que beaucoup d'expériences en IRMf ne cherchent pas à localiser des fonctions cérébrales à un endroit unique

mais justement à **cartographier les régions d'un système qui s'activent en différentes combinaisons pour différentes tâches.**



Diagnostiquer l'autisme de haut niveau & le syndrome d'Asperger à partir d'images cérébrales liées aux **pensées sociales** (PsychoMedia, décembre 2014)

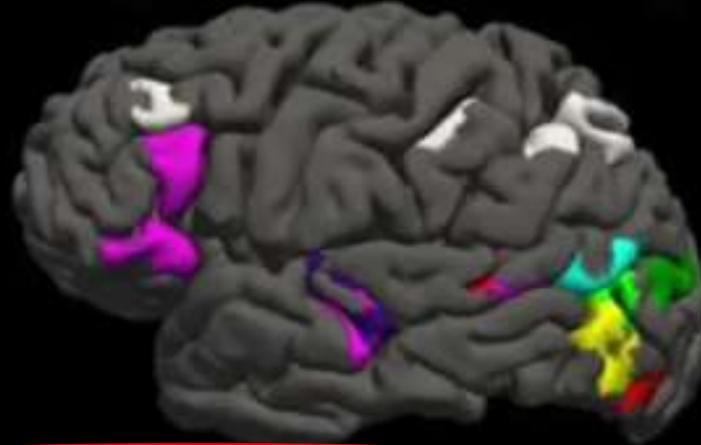
<http://les-tribulations-dune-aspergirl.com/2014/12/04/diagnostiquer-lautisme-de-haut-niveau-le-syndrome-dasperger-a-partir-dimages-cerebrales-liees-aux-pensees-sociales-psycho-media-decembre-2014/>

Cela nous ramène à parler de la tentation
des étiquettes fonctionnelles

“Strict localization” :

Nancy Kanwisher

<http://nancysbraintalks.mit.edu/>



- ?
- The human mind and brain contains a set of highly specialized components, each solving a different, specific problem.

In that sense, yes we are glorified insects, cognitively.

- But at the same time:

we may have more of these specialized components

we may have a few extra fancy ones unique to humans

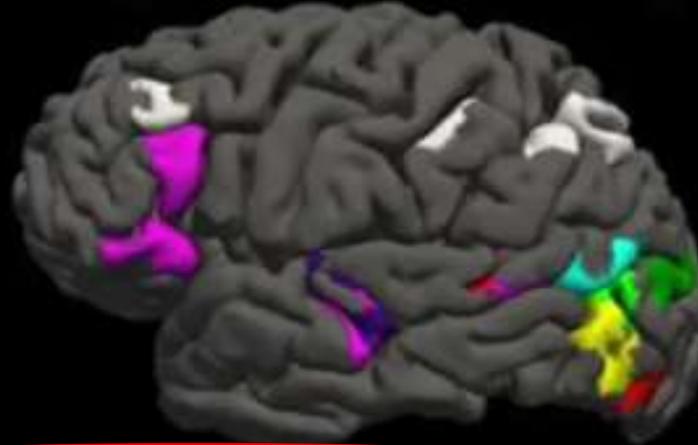
we *also* have general-purpose machinery enabling us to go beyond these narrow domains

Plusieurs données remettent en question une conception très **spécialisée** des aires cérébrales héritée en grande partie de l'idée de **module spécialisé** (cognitivisme, Fodor...).

“Strict localization” :

Nancy Kanwisher

<http://nancysbraintalks.mit.edu/>



- ?
- The human mind and brain contains a set of highly specialized components, each solving a different, specific problem.

In that sense, yes we are glorified insects, cognitively.

- But at the same time:

we may have more of these specialized components

we may have a few extra fancy ones unique to humans

we *also* have general-purpose machinery enabling us to go beyond these narrow domains

MAIS...

L'excitation suscitée par la découverte de « l'aire fusiforme de reconnaissance des visage » (Kanwisher, McDermott et Chun 1997) **s'est calmée rapidement** quand on a découvert que cette région **répond également aux voitures, aux oiseaux et à d'autres stimuli.**

→ The “**expertise hypothesis**”

https://en.wikipedia.org/wiki/Fusiform_face_area

(Gauthier et al. 2000; Grill-Spector, Sayres, & Ress 2006; Hanson & Schmidt 2011; Rhodes et al. 2004).

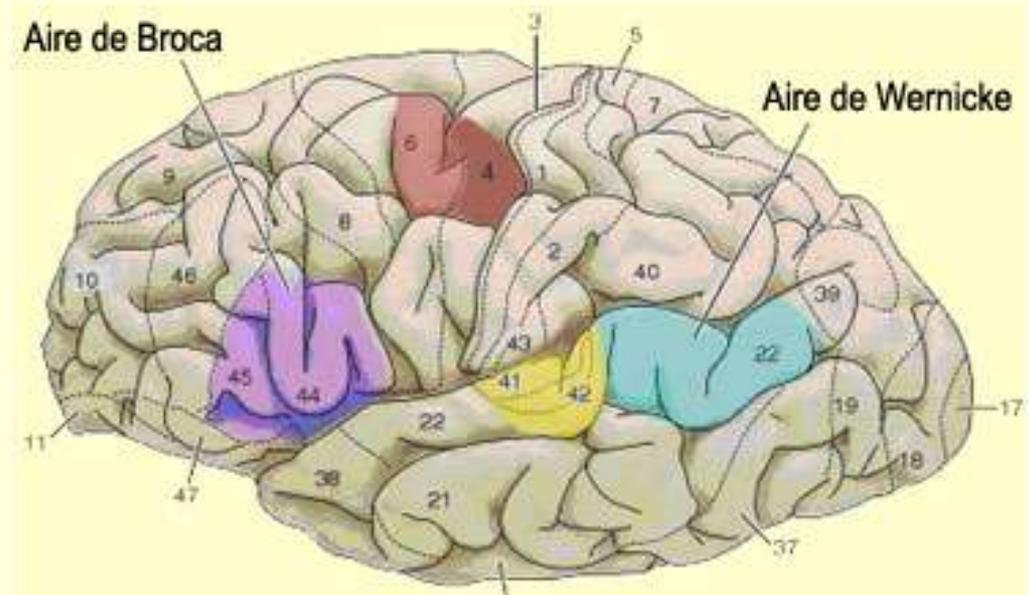
La tentation **des étiquettes fonctionnelles**
avec quelques exemples :

- l'aire de Broca
- le cortex insulaire (ou insula)
- le « cas » du cervelet

Pour illustrer comment il semble y avoir, en réalité, très peu de régions cérébrales dédiées à une fonction cognitive unique, prenons une méta-analyse de 3 222 études d'imagerie cérébrale effectuée par Russell Poldrack en 2006.

L'**aire de Broca**, typiquement associée au langage, s'activait effectivement lors d'une tâche langagière.

Mais elle était **plus fréquemment** activée dans des tâches **non langagières** que dans des tâches reliées au langage !



Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

[Après « L'erreur de Descartes », voici « L'erreur de Broca »](#)

[Parler sans aire de Broca](#)

[Repenser la contribution de l'aire de Broca au langage](#)

L'aire de Broca a probablement déjà rempli certaines fonctions sensorimotrices qui se sont par la suite avérées utiles pour l'émergence du langage (recyclage: car **les fonctions premières sont conservées** !).

Et de la même façon, il semblerait que la plupart des régions du cerveau, et même des régions très petites, peuvent être activées par **de multiples tâches**.

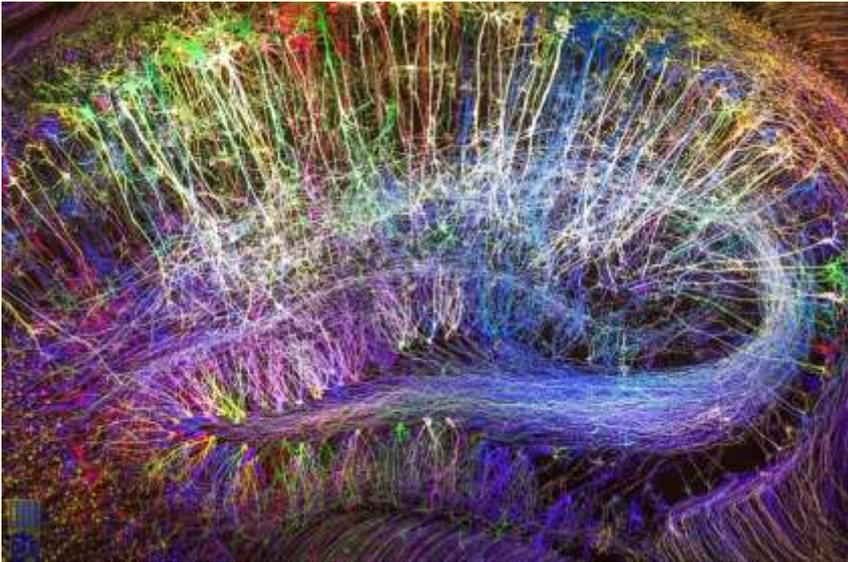


Cela dit, ce n'est pas parce qu'il y a très peu de chance de trouver des « centre de » quoi que ce soit dans le cerveau que l'on ne peut pas y trouver des structures cérébrales bien **différenciées** avec circuits neuronaux aux **capacités computationnelles particulières** comme :

l'hippocampe

ou

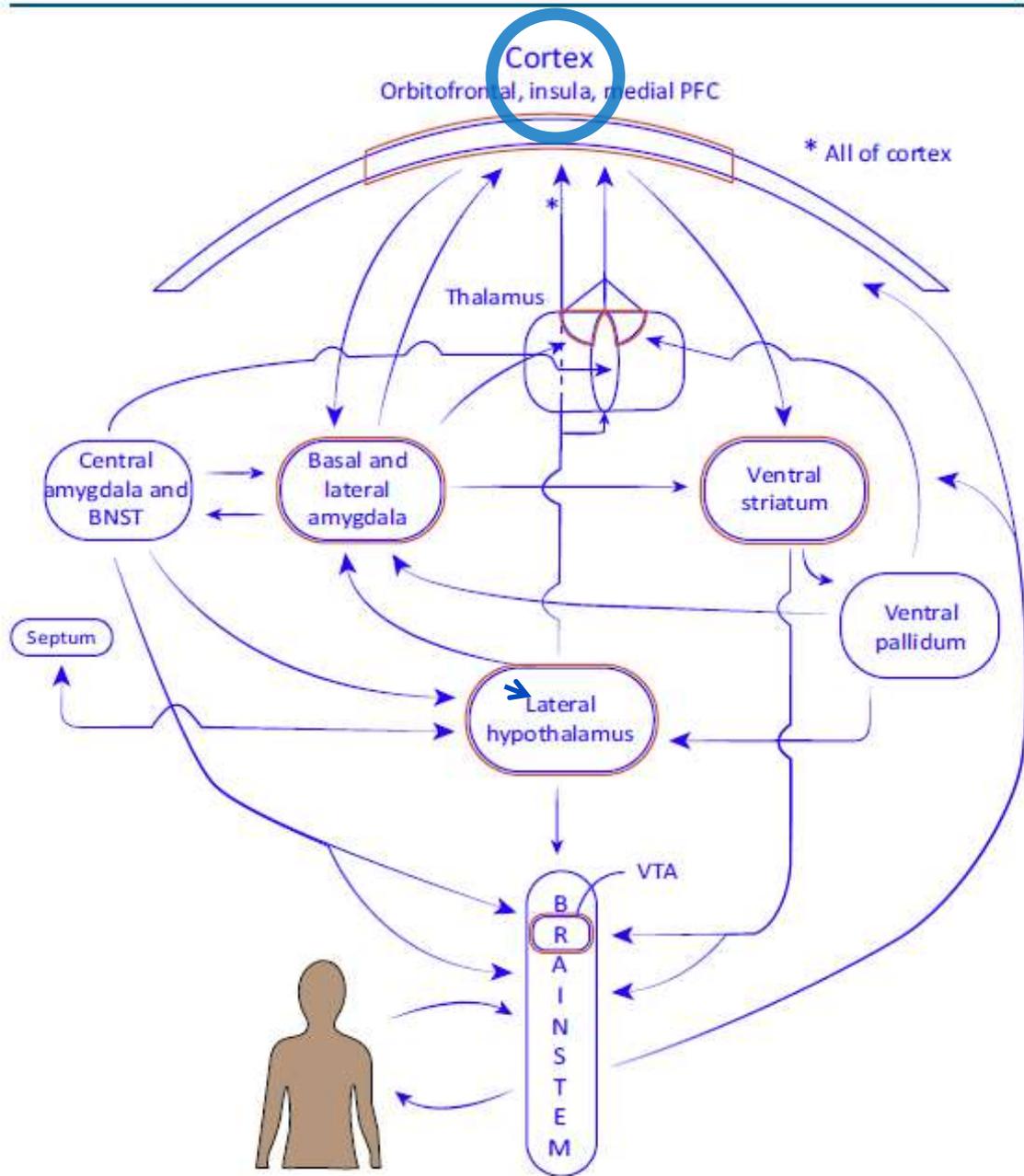
le cervelet.



Mais on ne peut leur accoler une étiquette fonctionnelle unique.

La tentation **des étiquettes fonctionnelles**
avec quelques exemples :

- l'aire de Broca
- le cortex insulaire (ou insula)
- le « cas » du cervelet



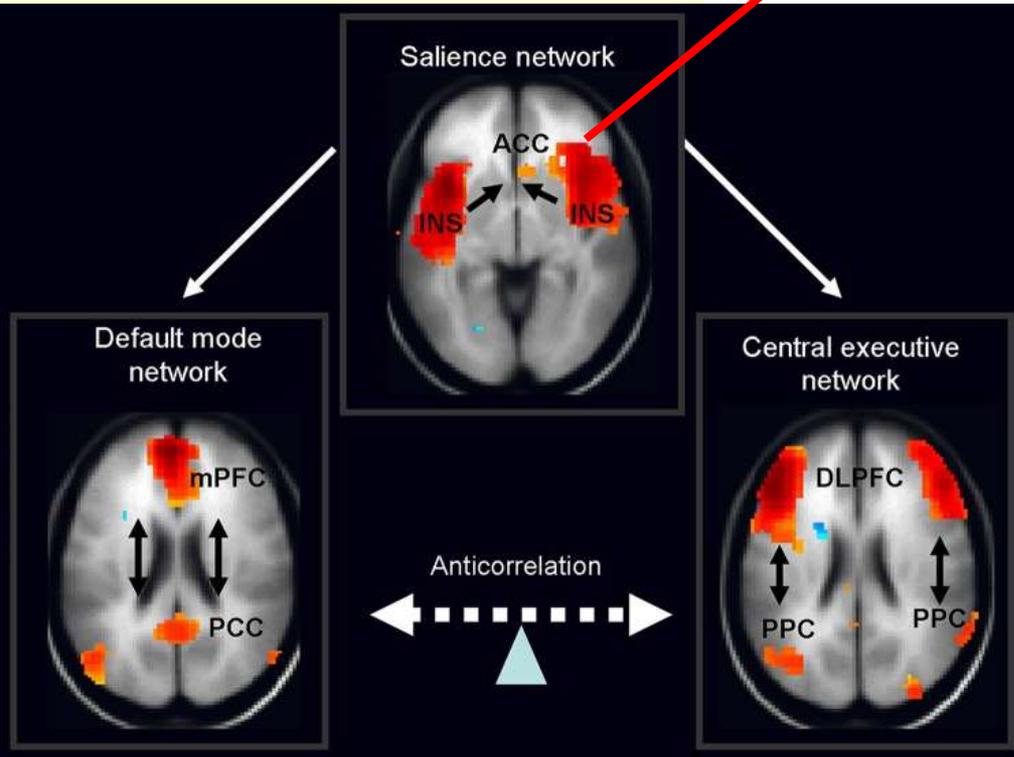
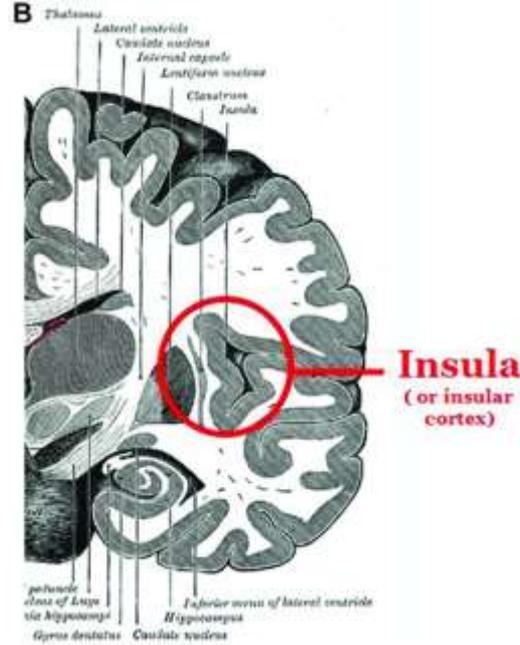
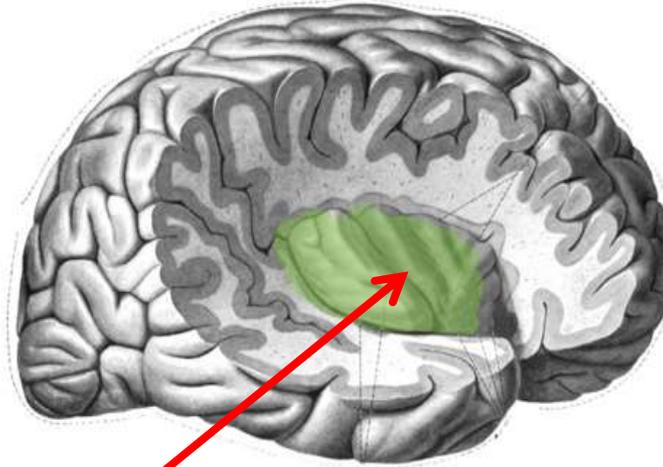
The **insula** is a brain structure implicated in **disparate** cognitive, affective, and regulatory functions, including **interoceptive** awareness, **emotional** responses, and **empathic** processes.

In task-based functional imaging, it has been **difficult to isolate insula responses** because it is often **coactivated** with the ACC, the DLPFC and ventrolateral prefrontal cortex (VLPFC), and the PPC.

→ activée par un **dégoût** alimentaire

→ aussi en présence de caractéristiques propres au « **out group** » (i.e. « Eux »).

Un exemple de **recyclage neuronale**



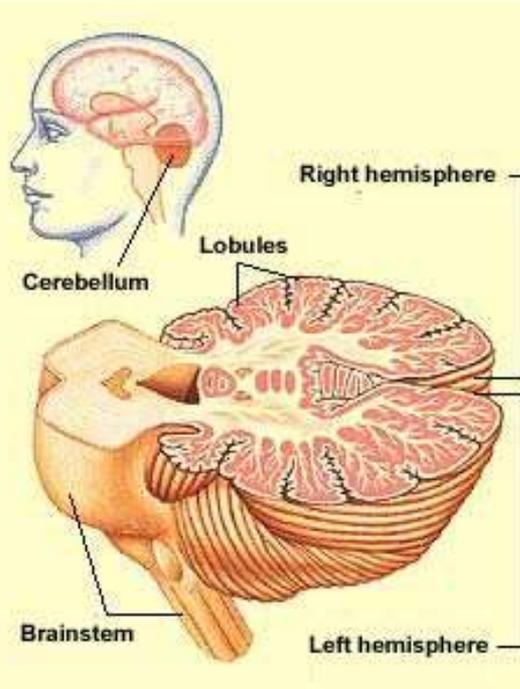
Et il ne faut jamais oublier que **l'insula** fait partie, comme toute structure cérébrale, de **différents grands réseaux** comme ici le « réseaux de la saillance »

La tentation **des étiquettes fonctionnelles**
avec quelques exemples :

- l'aire de Broca
- le cortex insulaire (ou insula)
- le « cas » du cervelet

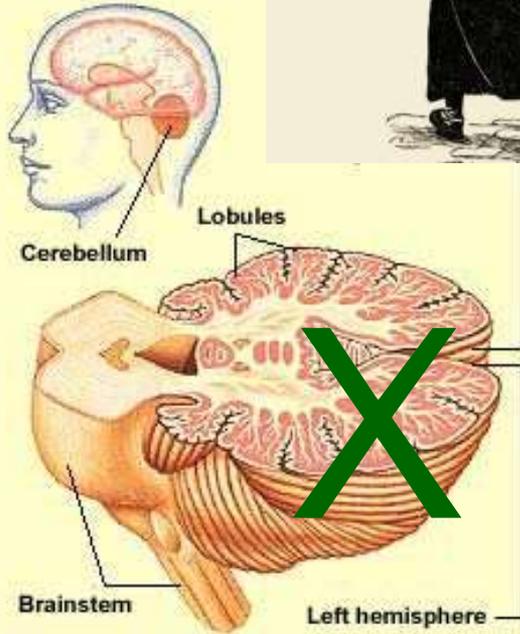
À mesure que le corps des animaux s'est complexifié durant l'évolution, Il a reçu une pression adaptative pour être plus efficace.

Et une structure cérébrale qui a été très impliquée dans ce processus : le **cervelet**.





Les patients atteints de lésions cérébelleuses ont des difficultés à se déplacer ou présentent des troubles de la motricité fine.
(ce qui est le plus handicapants pour les patients qui s'en plaignent)



Le cervelet semblait donc essentiellement impliqué dans la coordination et la synchronisation des mouvements.

Sauf que...

« Si vous regardez l'activité du cervelet en imagerie cérébrale, vous constatez qu'environ 70 % de ses neurones n'ont apparemment presque rien à voir avec le contrôle moteur.

Seuls 30 % s'activent vraiment quand on réalise des mouvements.

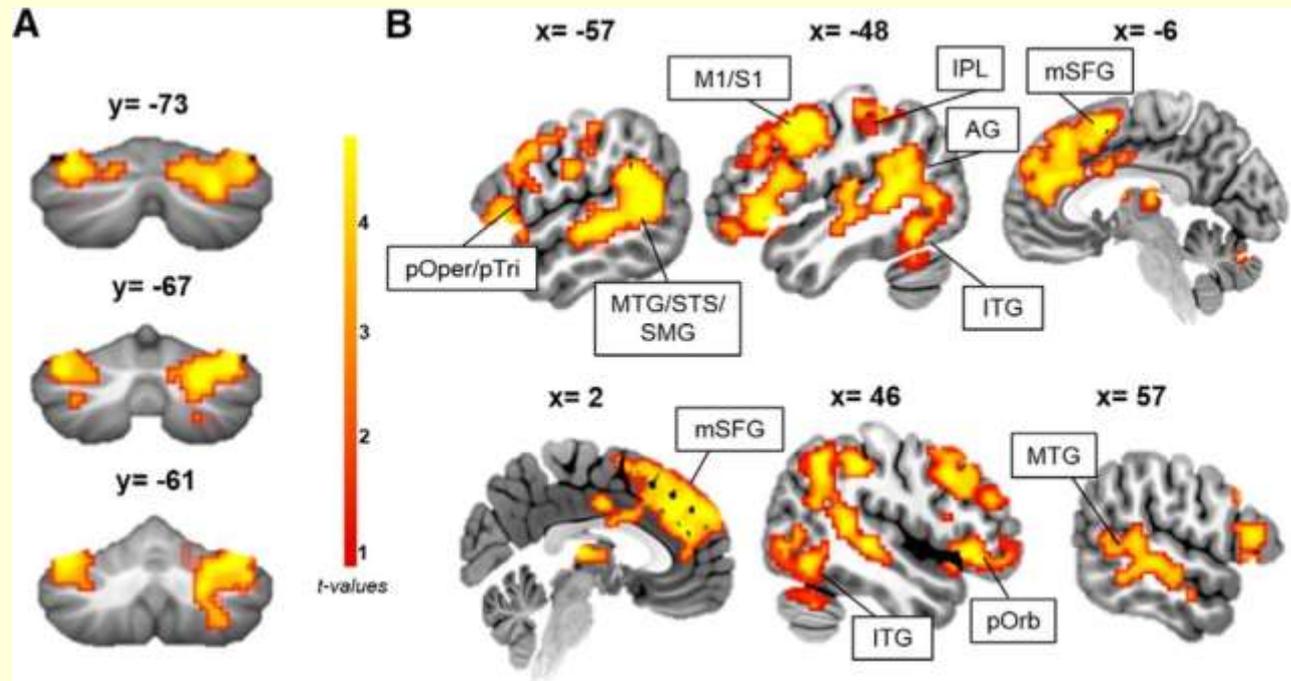
Il est maintenant clair que cette structure est impliquée dans tous les processus pour lesquels nous utilisons également le reste de notre cerveau : **les pensées, les émotions, le langage et même la mémoire** » - Jörn Diedrichsen, neuropsychologue .

Exemple : **Sentence completion activates the reading and language network.**

Anecdote révélatrice :

Diedrichsen reçoit souvent des emails de collègues qui lui demandent pourquoi le cervelet s'active lors de telle ou telle tâche et s'ils n'ont pas fait une erreur lors de la collecte des données...

Car le cervelet « s'allume » dans presque toutes les tâches en imagerie cérébrale

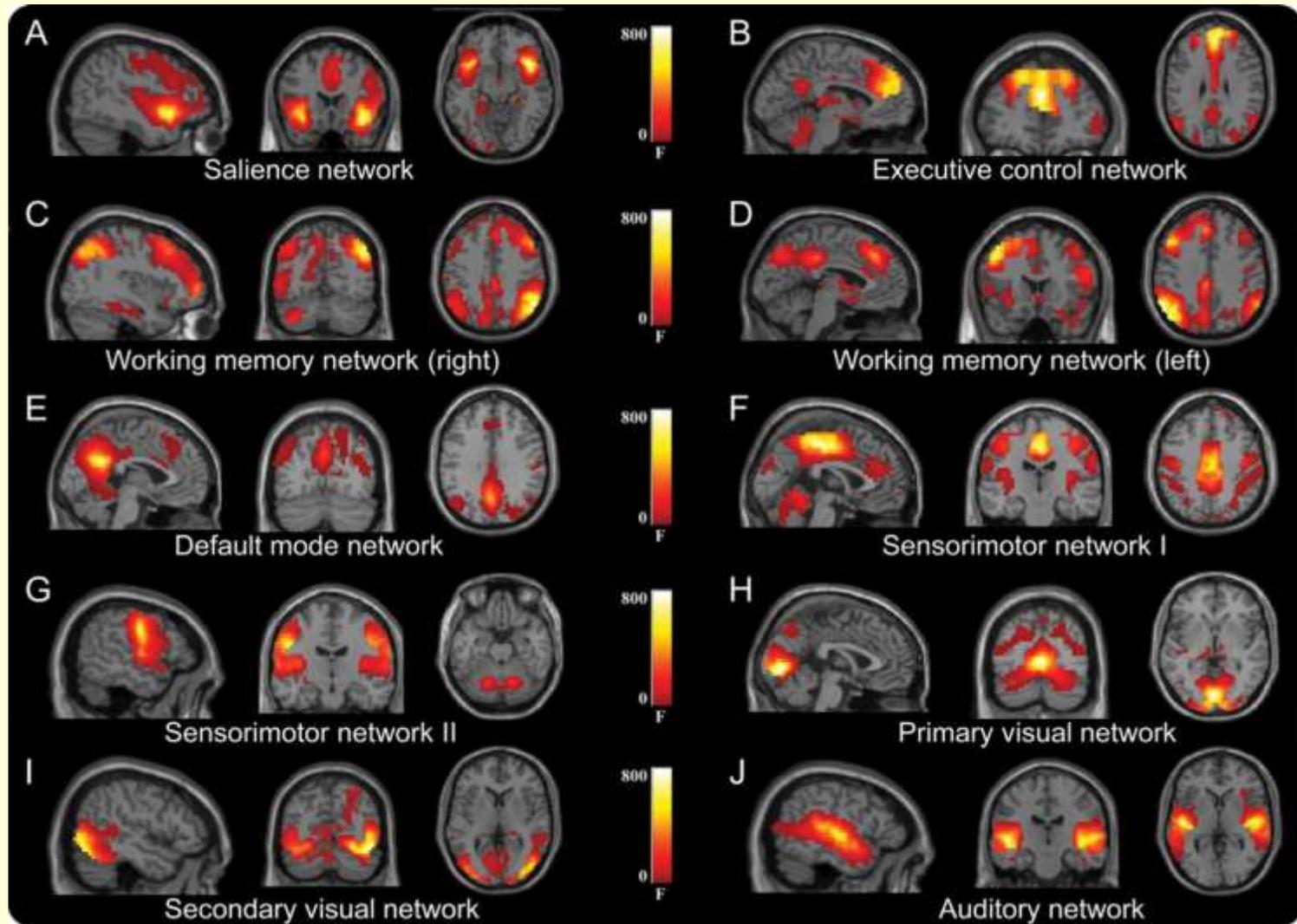


A, **Cerebellar** results of conjunction analysis across the three task conditions (predictive, nonpredictive, and scrambled) show **activation** of left VI/Crus I and right lobules VI/Crus I/Crus II.

B, **Cerebellar activation** during sentence processing is concurrent with supratentorial activation in the **reading and language network**.

Si, comme on l'a vu, une structure cérébrale donnée (amygdale, cervelet, etc.) peut être active dans des situations très différentes, **c'est qu'elle n'agit pas seule.**

Elle s'intègre dans différents circuits cérébraux impliquant d'autres structures.



large. Given that every brain region is getting projections from and sending projections to a zillion other places, it is rare that an individual brain region is “the center for” anything. Instead it’s all networks where, far more often, a particular region “plays a key role in,” “helps mediate,” or “influences” a behavior. The function of a particular brain region is embedded in the context of its connections.

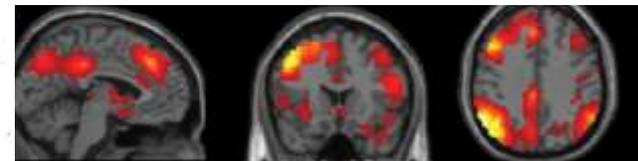


BEHAVE

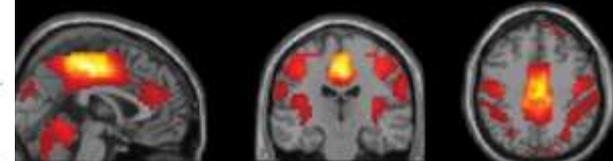
THE BIOLOGY
of HUMANS at OUR
BEST and WORST



ROBERT M.
SAPOLSKY



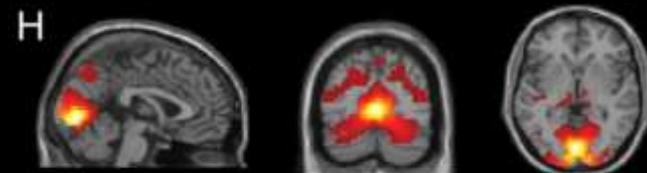
Working memory network (left)



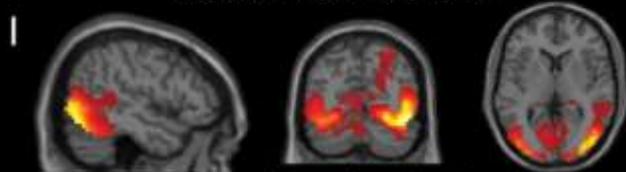
Sensorimotor network I



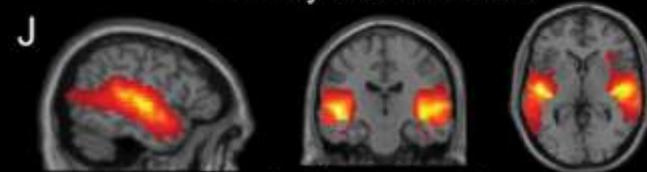
Sensorimotor network II



Primary visual network



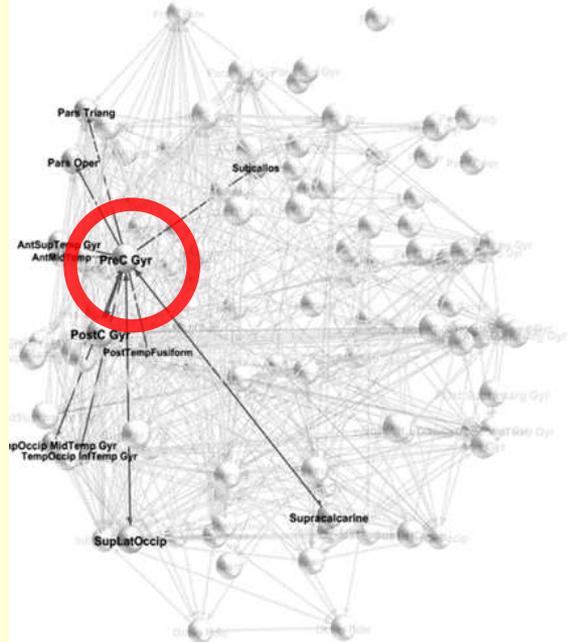
Secondary visual network



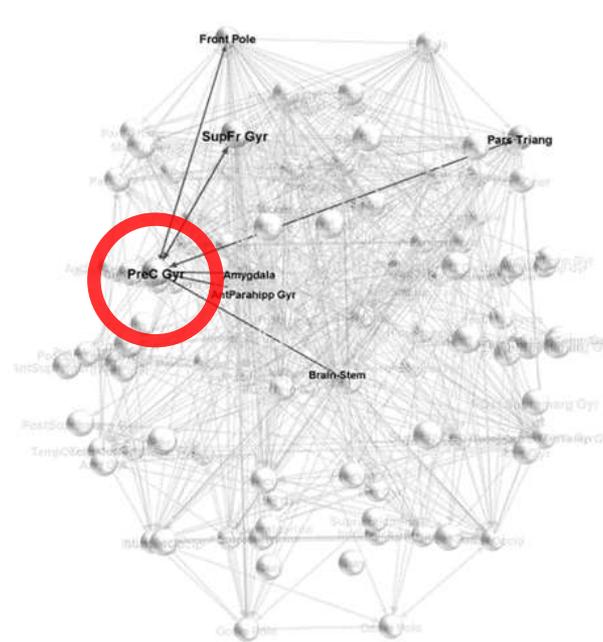
Auditory network



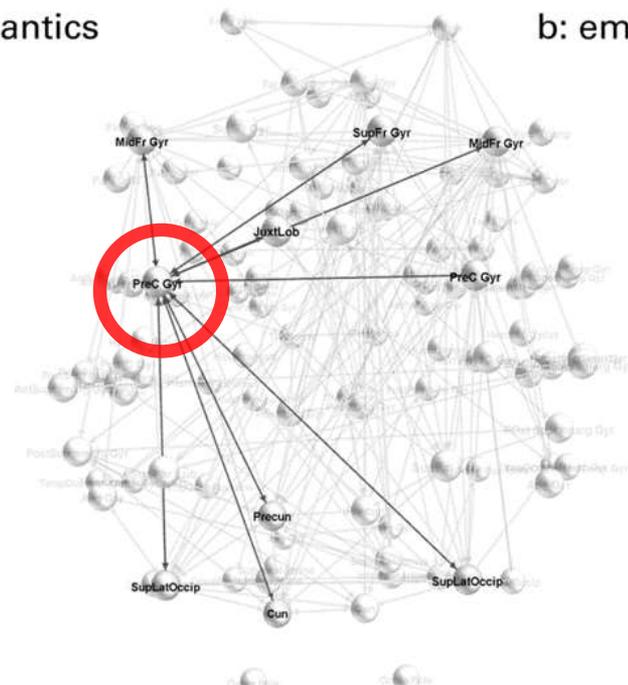
Exemple d'une **même structure** cérébrale impliquée dans **différents réseaux** dans **différentes situations**.



a: semantics



b: emotion

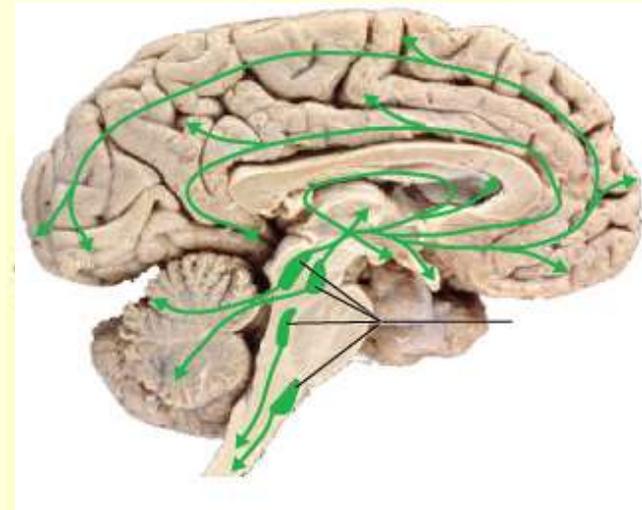


c: attention

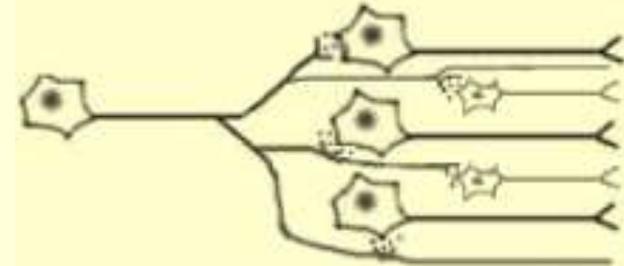


Le cerveau est anatomiquement « **surconnecté** » et doit trouver une façon de **mettre en relation** à tout moment les meilleures « assemblées de neurones » pour faire face à une situation.

Il devient alors nécessaire de postuler l'existence de mécanismes capables de faire en sorte que ces différentes régions différenciées **se trouvent** et puissent **collaborer ensemble** pour former des **réseaux** fonctionnels.



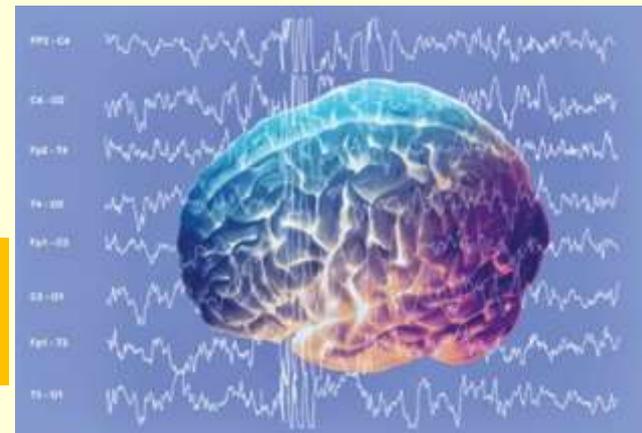
Parmi les mécanismes de recherche de coalitions, Anderson mentionne par exemple la sélection de circuits latents grâce à la **neuromodulation** qui vont permettre d'aller chercher le bon sous-ensemble de régions pour une situation donnée.



Neuromodulation

On pense aussi clairement ici à des phénomènes comme la **synchronisation d'activité oscillatoire** des neurones.

→ La semaine prochaine

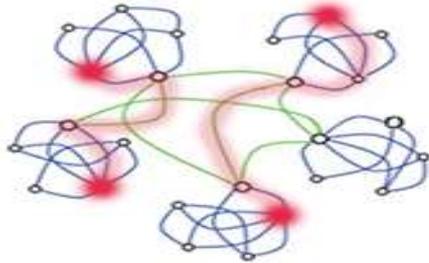




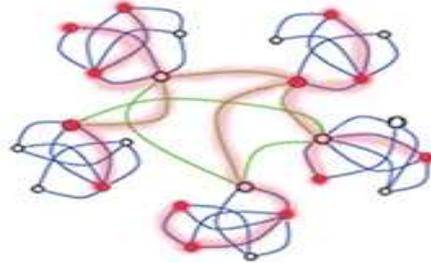
On assiste à une **compétition** entre différentes **coalitions** d'assemblées de neurones



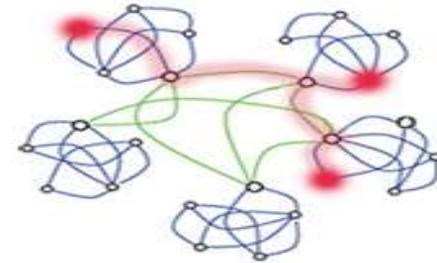
Coalition pour une situation A



Compétition entre différents attracteurs



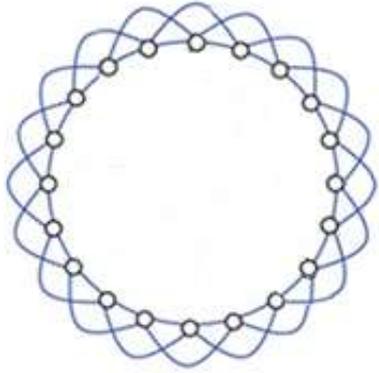
Coalition pour une situation B



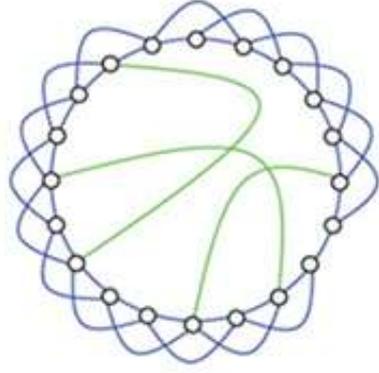
Recherche d'une coalition mieux adaptée

et un sous-réseau cognitif finit par s'imposer et devenir **le** mode comportemental approprié pour une situation donnée.

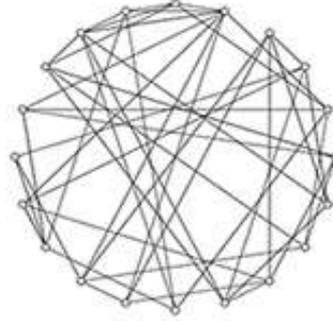
Graphe régulier



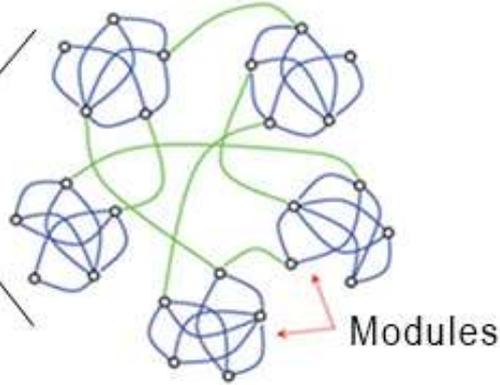
Réseau "small world"



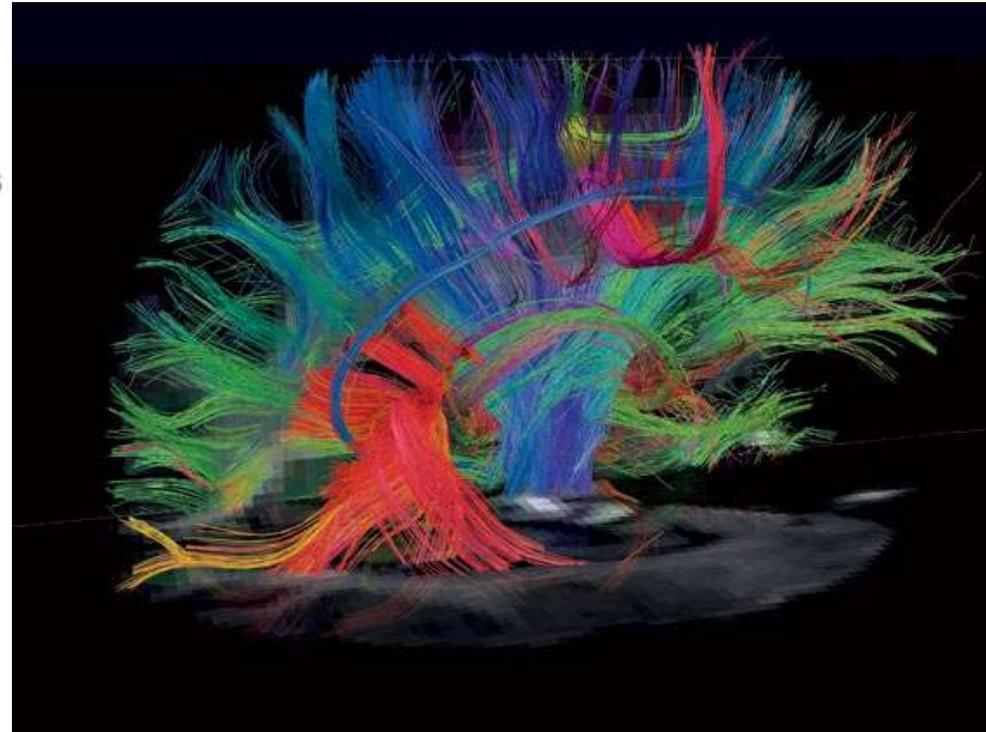
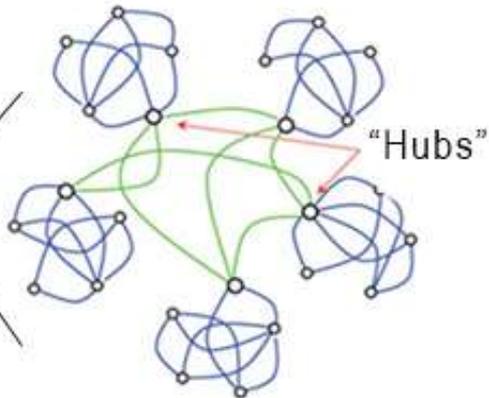
Graphe aléatoire



Réseau modulaire
"small world"
plus proche de
la connectivité
à grande échelle du
cerveau d'un animal



Réseau modulaire
"small world"
avec des "hubs"
connecteurs



Il semble exister certains **circuits à haut débit** capables de changer rapidement leurs patterns de connectivité et de **basculer** ainsi d'un réseau fonctionnel à un autre selon les demandes de différentes tâches.

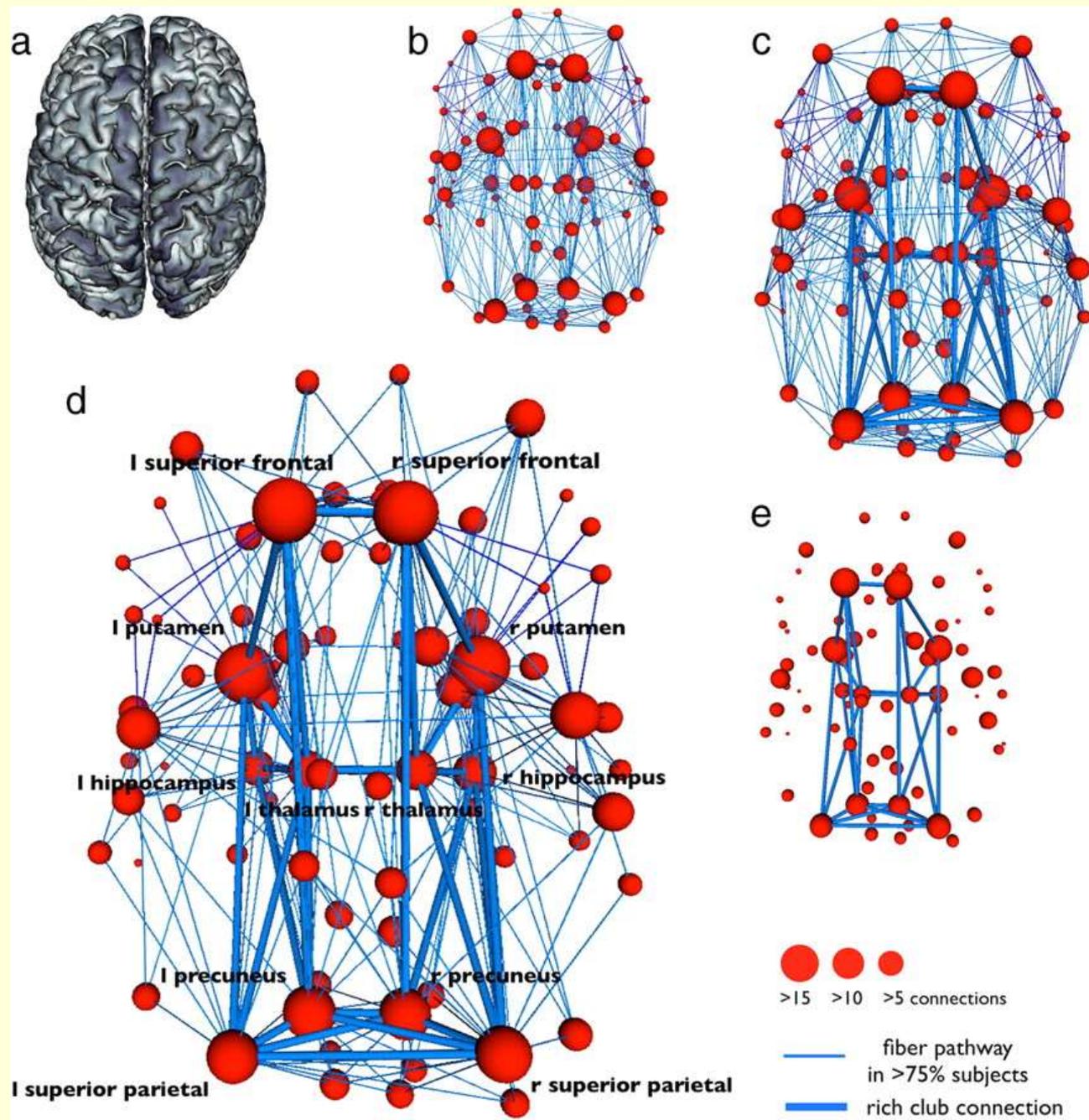
Rich-Club Organization of the Human Connectome

Martijn P. van den Heuvel
and Olaf Sporns

Journal of Neuroscience
2 November 2011

<http://www.jneurosci.org/content/31/44/15775>

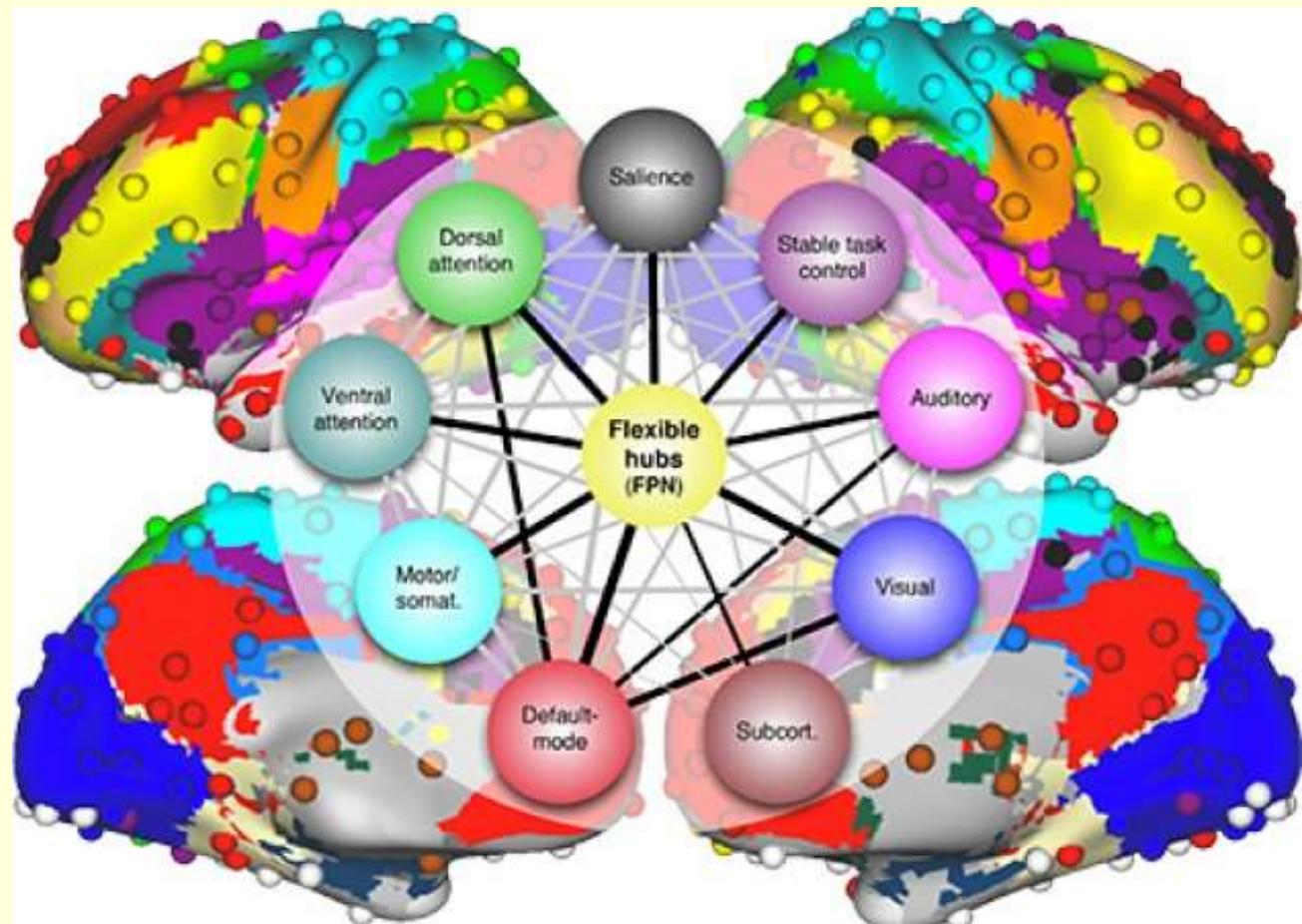
“ Here, we demonstrate that brain hubs form a so-called **“rich club,”** characterized by a tendency for high-degree nodes to be **more densely connected among themselves** than nodes of a lower degree, providing important information on the higher-level topology of the brain network.”

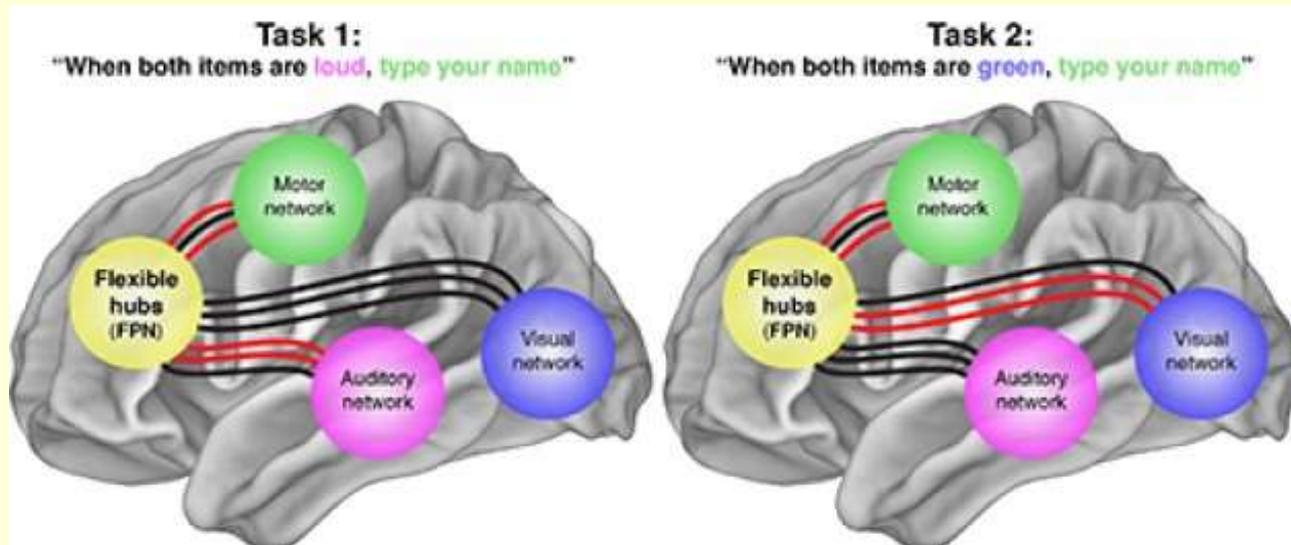


Multi-task connectivity reveals flexible hubs for adaptive task control

Michael W Cole, et al.
Nature Neuroscience 16,
1348–1355 (2013)

Cette étude détaille la position centrale d'un “flexible hub” permettant de **basculer** d'un réseau fonctionnel à un autre parmi les 9 principaux décrits comprenant 264 sous-régions.





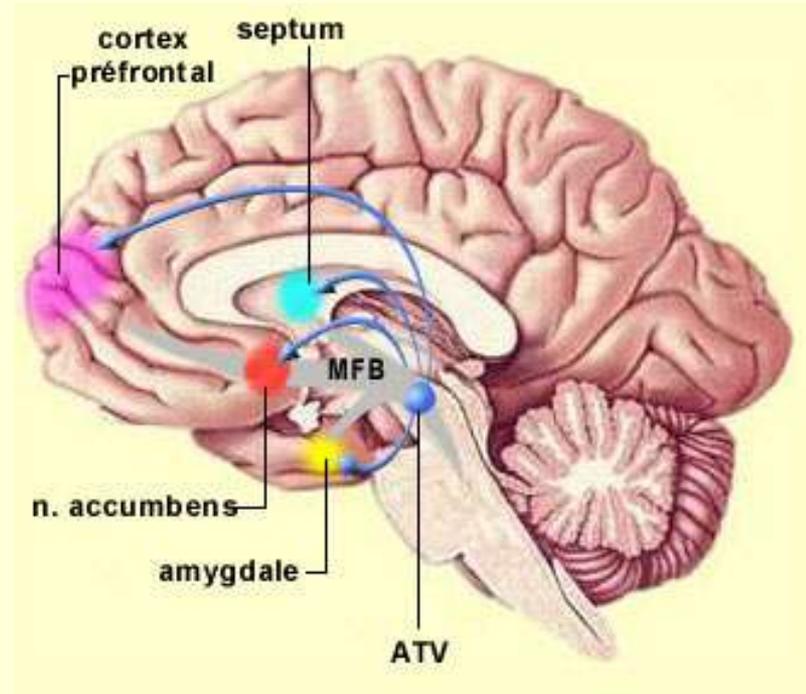
Les voies fronto-pariétales du “**flexible hub**” permettraient par exemple **le transfert d’un apprentissage** moteur consécutif à un stimulus auditif à un stimulus visuel.

“Like an Internet router, flexible hubs shift which networks they communicate with based on instructions for the task at hand and can do so even for tasks never performed before”

Autres exemples :

- **Le noyau accumbens :**

hub central du “système de récompense” du cerveau



**Cartographie du cerveau et grandes voies nerveuses :
le « MFB » toujours à l'étude !**

Publié le 15 octobre 2016

<http://www.elogedelasuite.net/?p=3297>

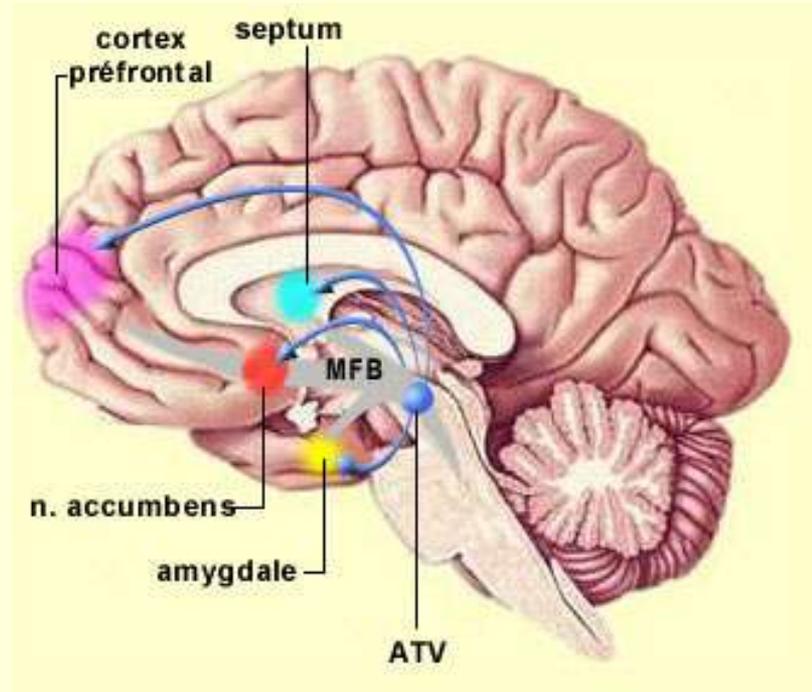
En 2016, une étude publiée dans la revue Cerebral Cortex avait pour titre
« **A hedonism hub in the human brain.** »

Or ce que l'étude de Zacharopoulos et ses collègues a démontré, c'est qu'il y a une corrélation positive entre la valeur que les gens portent à l'aspect « hédoniste » dans leur vie, et le volume du globus pallidus gauche, une structure cérébrale directement connectée au «superolateral medial forebrain bundle».

Autres exemples :

- **Le noyau accumbens :**

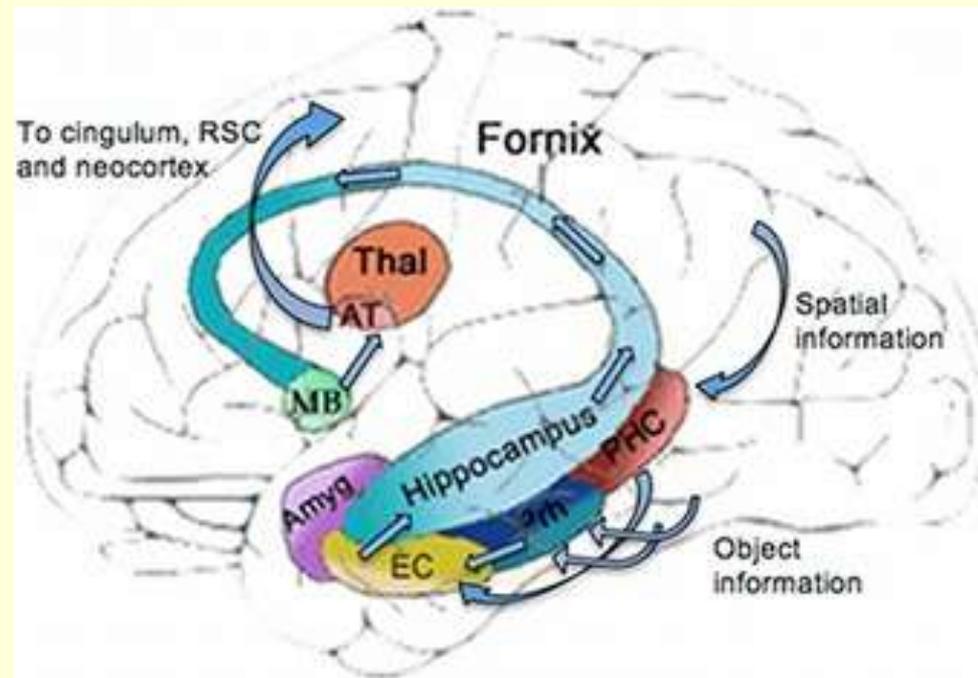
hub central du “système de récompense” du cerveau



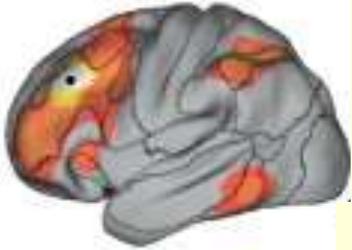
- **L'hippocampe :**

hub central de notre mémoire à long terme

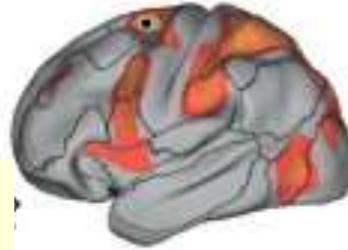
[cours 2]



Control



Dorsal attention



Default



Salience

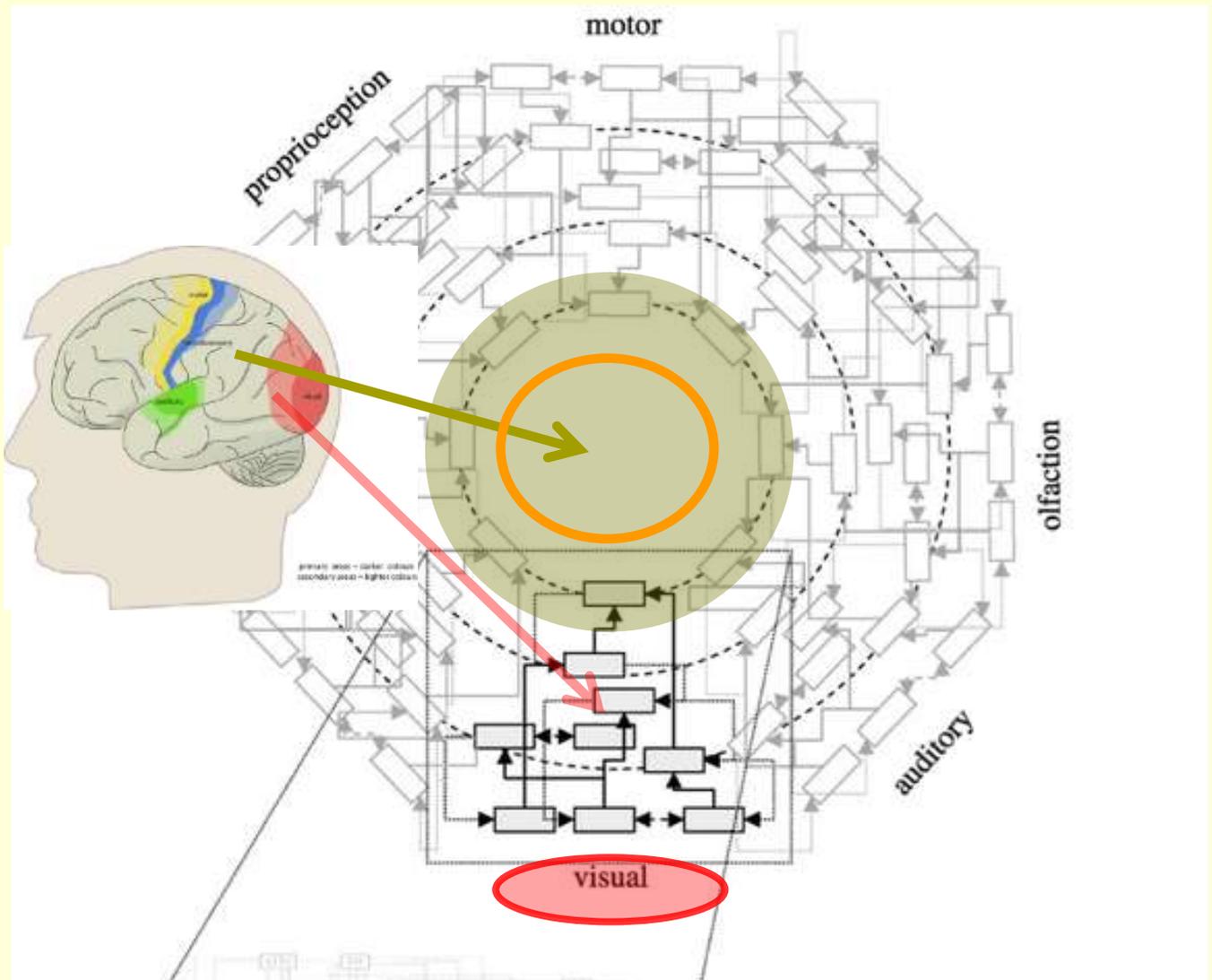
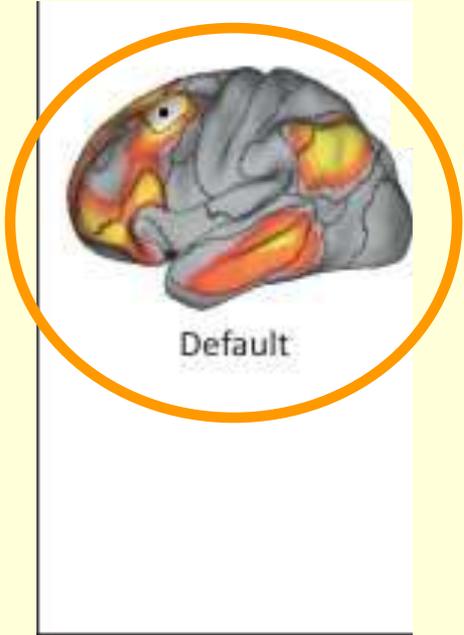


Certains de ces hubs créent des réseaux cérébraux reconnaissables...

...comme celui qu'on appelle le réseau du mode par défaut,

Il est particulier en ce sens que son activité est **élevée** chez le sujet au **repos**

et elle diminue dès qu'il s'engage dans n'importe quelle tâche cognitive.



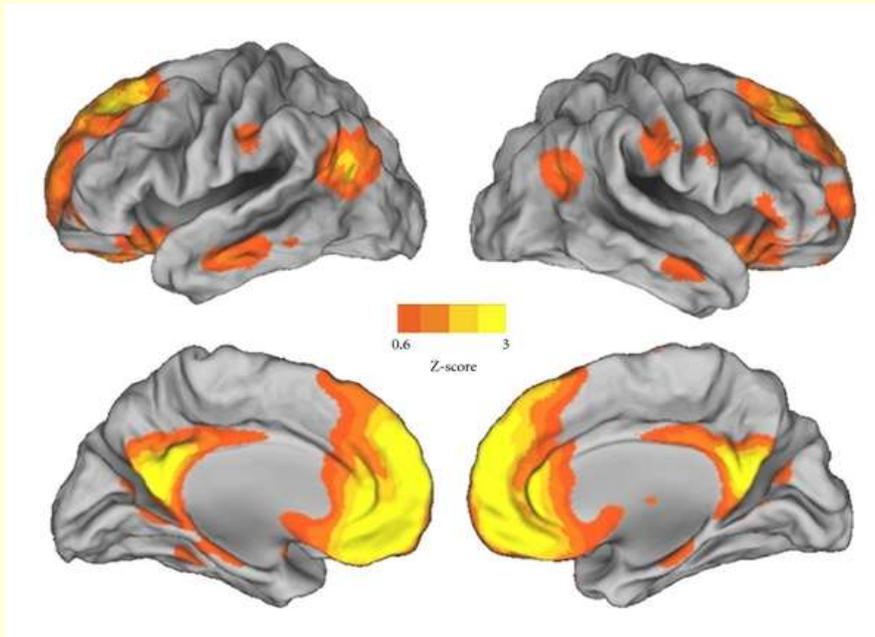
A default mode of brain function (ou « intrinsic-connectivity networks »)

Raichle et ses collègues ont renversé la perspective jusque-là admise :

au lieu de voir ces régions comme étant désactivées durant les tâches,

ils les ont considéré comme étant **plus actives** quand les sujets ne **faisaient aucune tâche**.

Et on a par la suite confirmé que ces régions du réseau du mode par défaut sont **connectées anatomiquement** [**2009**].



Two views of brain function

<http://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/fulltext/S1364-6613%2810%2900029-X>

Common blood flow changes across visual tasks: II. Decreases in cerebral cortex.

Shulman, G.L. et al. J. Cogn. Neurosci. **1997**; 9: 648–663

A default mode of brain function. Raichle, M.E. et al. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. **2001**; 98: 676–682

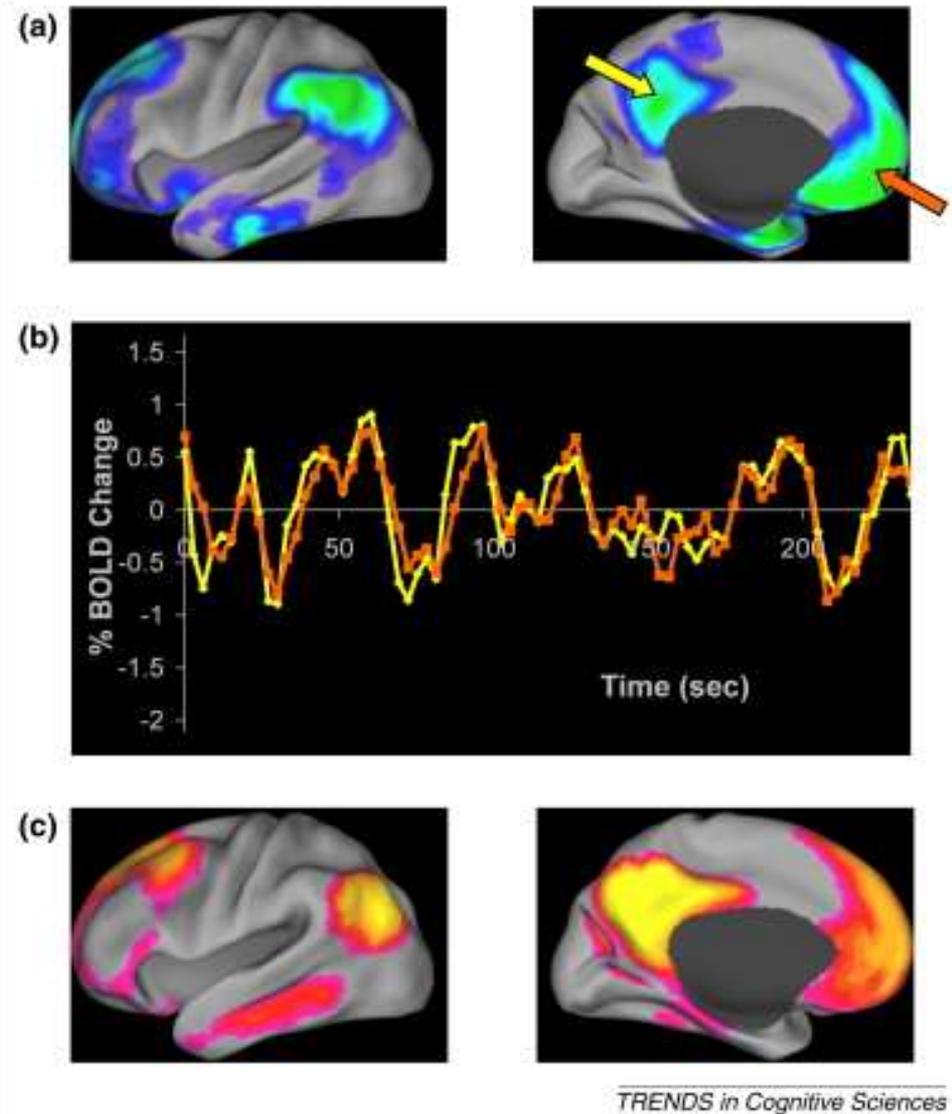
En (b), activité temporelle des
patterns de cohérence avec
comme régions de référence

(en (a)) :

le **cortex cingulaire postérieur**
(flèche jaune)

et le **cortex préfrontal ventral
médian** (flèche orange)

Le tracé très cohérent reflète
aussi le pattern de cohérence de
tout le réseau du mode par défaut
(en (c)).



Two views of brain function

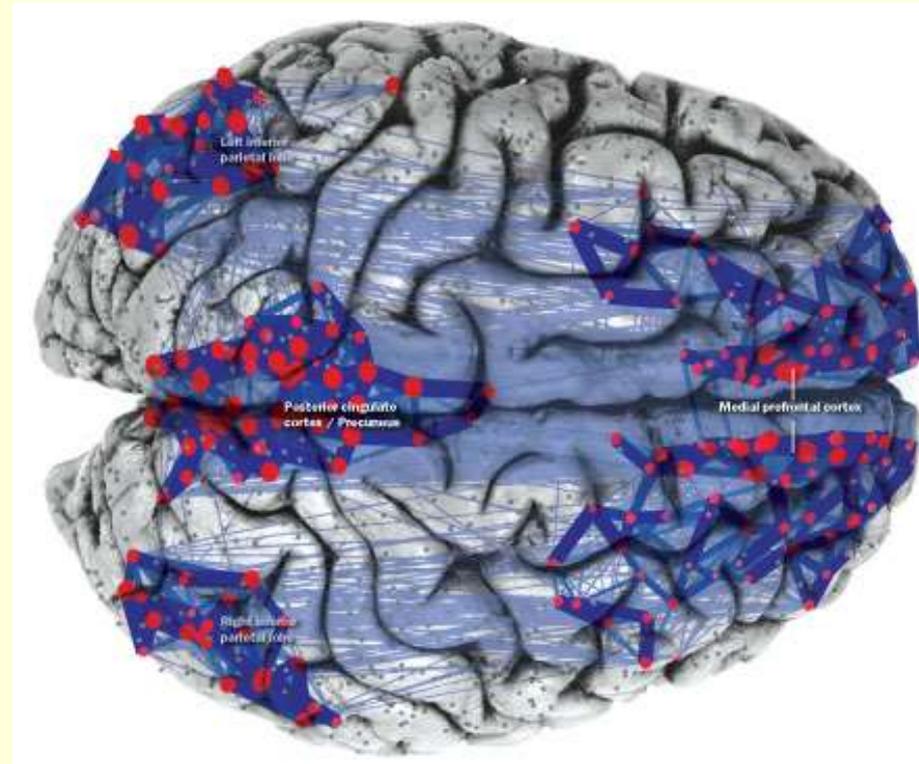
Marcus Raichle (2010)

<http://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/fulltext/S1364-6613%2810%2900029-X>

Réseau du mode par défaut

Les régions impliquées dans ce circuit sont déjà connues pour être plus actives quand :

- notre esprit vagabonde (quand on est « dans la lune »);
- lorsqu'on évoque des souvenirs personnels;
- qu'on essaie de se projeter dans des scénarios futurs;
- ou de comprendre le point de vue des autres.



On the relationship between the “**default mode network**” and the “social brain”

Rogier B. Mars, et al. Front Hum Neurosci. 2012; 6: 189. Published online **2012** June 21.

What can the organization of the brain’s **default mode network** tell us about self-knowledge?

Joseph M. Moran et al. Front Hum Neurosci. **2013** Jul 17;7:391.

→ Aussi : rôle dans la mémoire de travail

April 25, 2016

Essential role of default mode network in higher cognitive processing.

http://mindblog.dericbownds.net/2016/04/essential-role-of-default-mode-network.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29

Front Neurosci. 2013; 7: 258.

Art reaches within: aesthetic experience, the self and the default mode network

Edward A. Vessel, G. Gabrielle Starr, and Nava Rubin <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3874727/>

Lorsque les sujets de leurs expériences, enfermés dans un scanner IRMf et confrontés à des images, font état d'un **ravisement esthétique maximal**, l'appareil révèle une activation des zones cérébrales qui forment le «réseau du mode par défaut».



« l'expérience esthétique me dit qu'un accord se réalise – et que c'est important pour **moi**. »

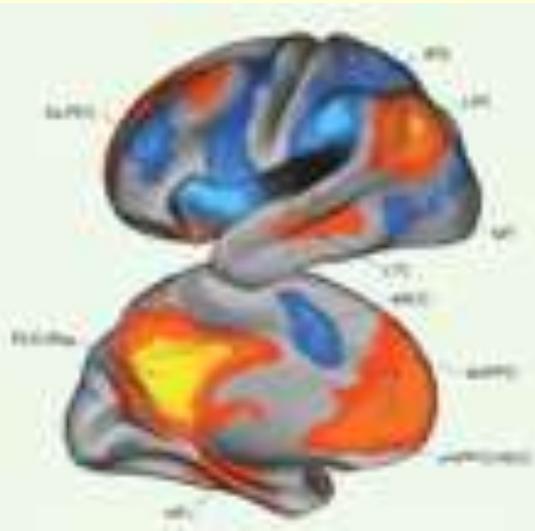
How Your Brain Finds Meaning in Life Experiences

Do stories have the power to help us thrive?

Dec 29, 2017

<https://www.psychologytoday.com/blog/the-moment-youth/201712/how-your-brain-finds-meaning-in-life-experiences>

...The study found something extraordinarily universal about **how people process stories**, regardless of their alphabet or language. In fact, researchers discovered that the part of the brain called the **default mode network (DMN)** is involved in **high-level meaning and comprehension**.

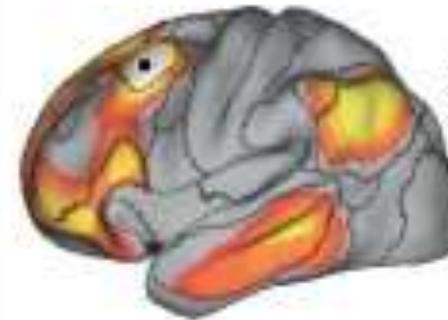


Lundi, 29 septembre 2014

Qu'est-ce qui détermine « ce qui nous trotte dans la tête » ?

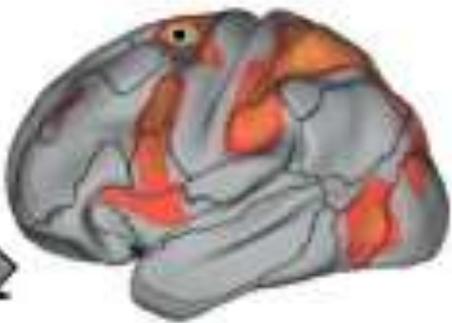
On se trouve souvent dans **deux grands états mentaux qui s'opposent** et sont, d'une certaine façon, mutuellement exclusifs.

Soit nous sommes envahis par les innombrables stimuli de notre environnement (et ils sont fort nombreux à l'heure des téléphones intelligents et des réseaux sociaux) et notre **réseau du mode par défaut** nous repasse ensuite des extraits de ce film de notre vie personnelle et sociale quand il est moins sollicité.



Default

Dorsal attention



Ou soit, par l'entremise fréquente de régions frontales de notre cortex, nous concentrons notre **attention** sur une tâche cognitive pour la résoudre.

Et ce que l'on observe c'est :

une **anti-corrélation** entre les activités de ces deux systèmes qui est visible dans leur activité spontanée au repos,

Two views of brain function

Marcus Raichle (2010)

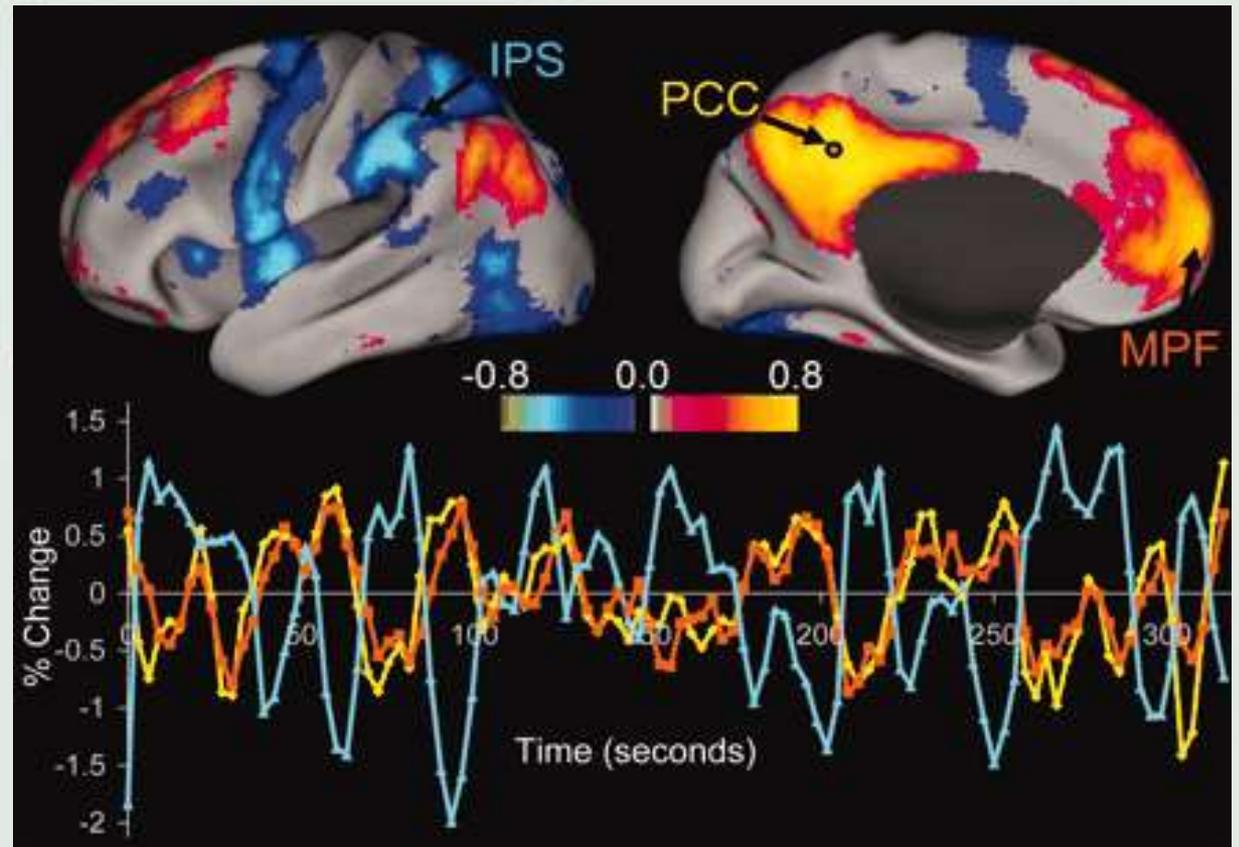
<http://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/fulltext/S1364-6613%2810%2900029-X>

The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks

Fox et al (2005) PNAS

<http://www.pnas.org/content/102/27/9673.full>

« idées noires » ?



Modèles impliquant le réseau du mode par défaut en psychiatrie
pour la dépression :

Depressive Rumination, the Default-Mode Network, and the Dark Matter of Clinical Neuroscience

J. Paul Hamilton, Madison Farmer, Phoebe Fogelman, Ian H. Gotlib

February 24, 2015

<http://www.biologicalpsychiatryjournal.com/article/S0006-3223%2815%2900143-2/abstract>

Default mode network mechanisms of transcranial magnetic stimulation in depression.

Liston C, Chen AC, Zebley BD, Drysdale AT, Gordon R, Leuchter B, Voss HU, Casey BJ, Etkin A, Dubin MJ.

2014 Feb 5.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24629537>

Un célèbre neuropsychologue explique comment le fait de « ne rien faire » est en fait vital pour la santé

<http://share2give.eu/un-celebre-neuropsychologue-explique-comment-le-fait-de-ne-rien-faire-est-en-fait-vitale-pour-la-sante/>

Une étude a été menée qui démontre que lorsque le corps humain ne fait pas d'activité, son cerveau se met **en mode « par défaut »** et **fait alors le tri** des informations qu'il contient. Cette étape est absolument indispensable pour le neuropsychologue **Francis Eustache** qui exerce au CHU de Caen.

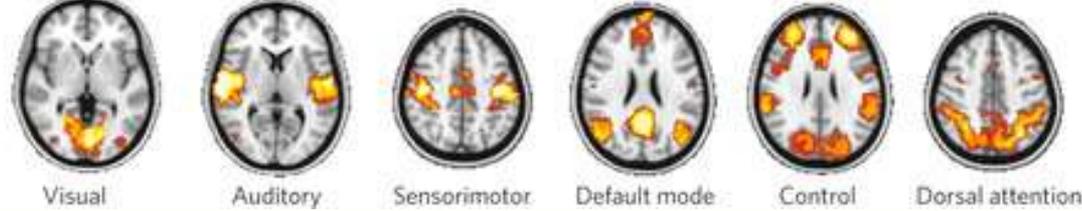
De cette façon, il pourra mieux comprendre l'environnement qui l'entoure et pourra mieux composer avec les situations ultérieures qui se présenteront à vous.

Why Your Brain Needs More Downtime

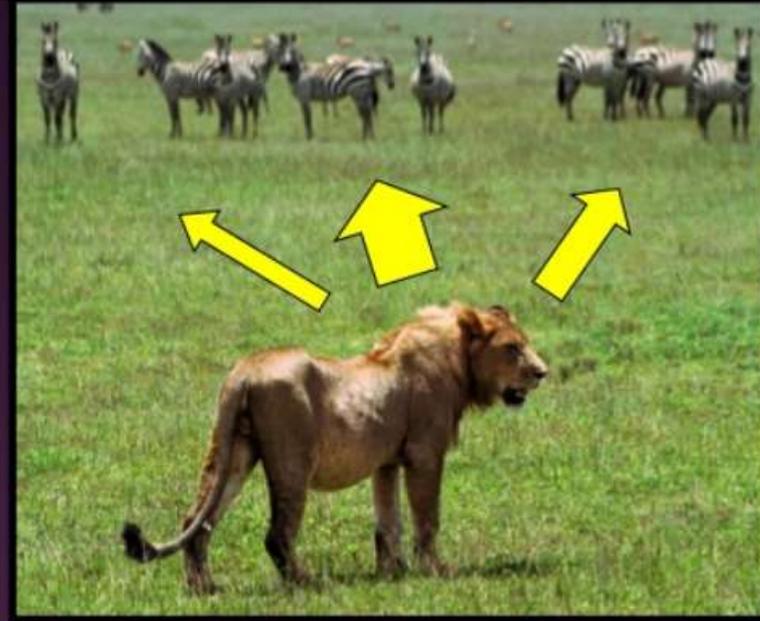
Research on naps, meditation, nature walks and the habits of exceptional artists and athletes reveals how mental breaks increase productivity, replenish attention, solidify memories and encourage creativity

By Ferris Jabr on October 15, **2013**

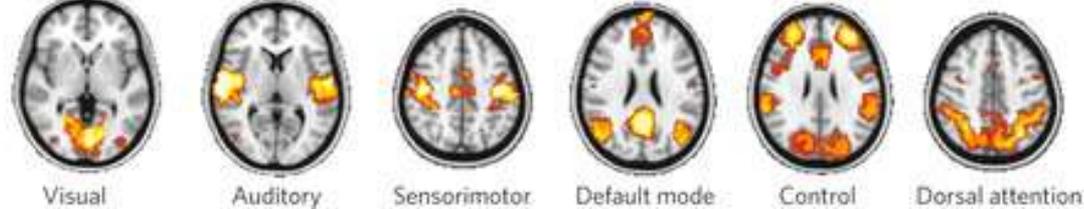
<https://www.scientificamerican.com/article/mental-downtime/>



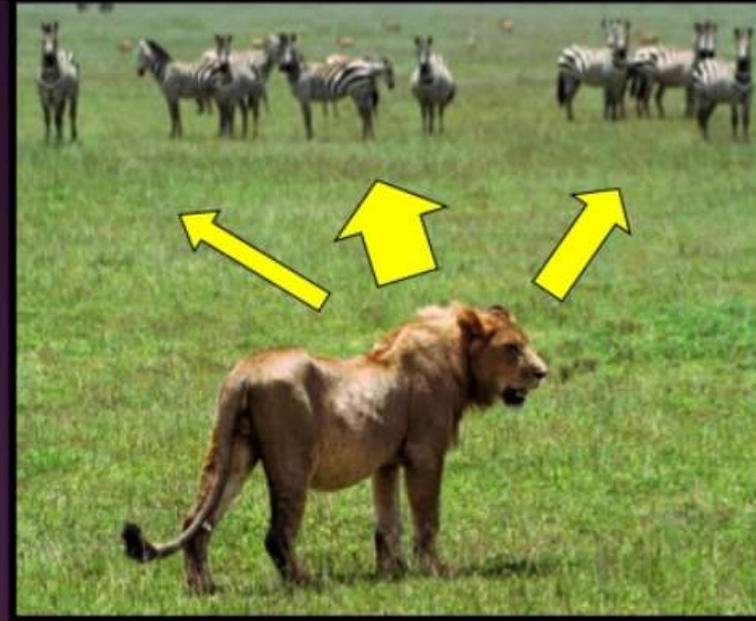
Ces réseaux ne sont évidemment pas les seules configurations que notre cerveau peut prendre.



Car à tout moment, le monde lui présente des possibilités d'action.



Ces réseaux ne sont évidemment pas les seules configurations que notre cerveau peut prendre. Car à tout moment, le monde lui présente des possibilités d'action.



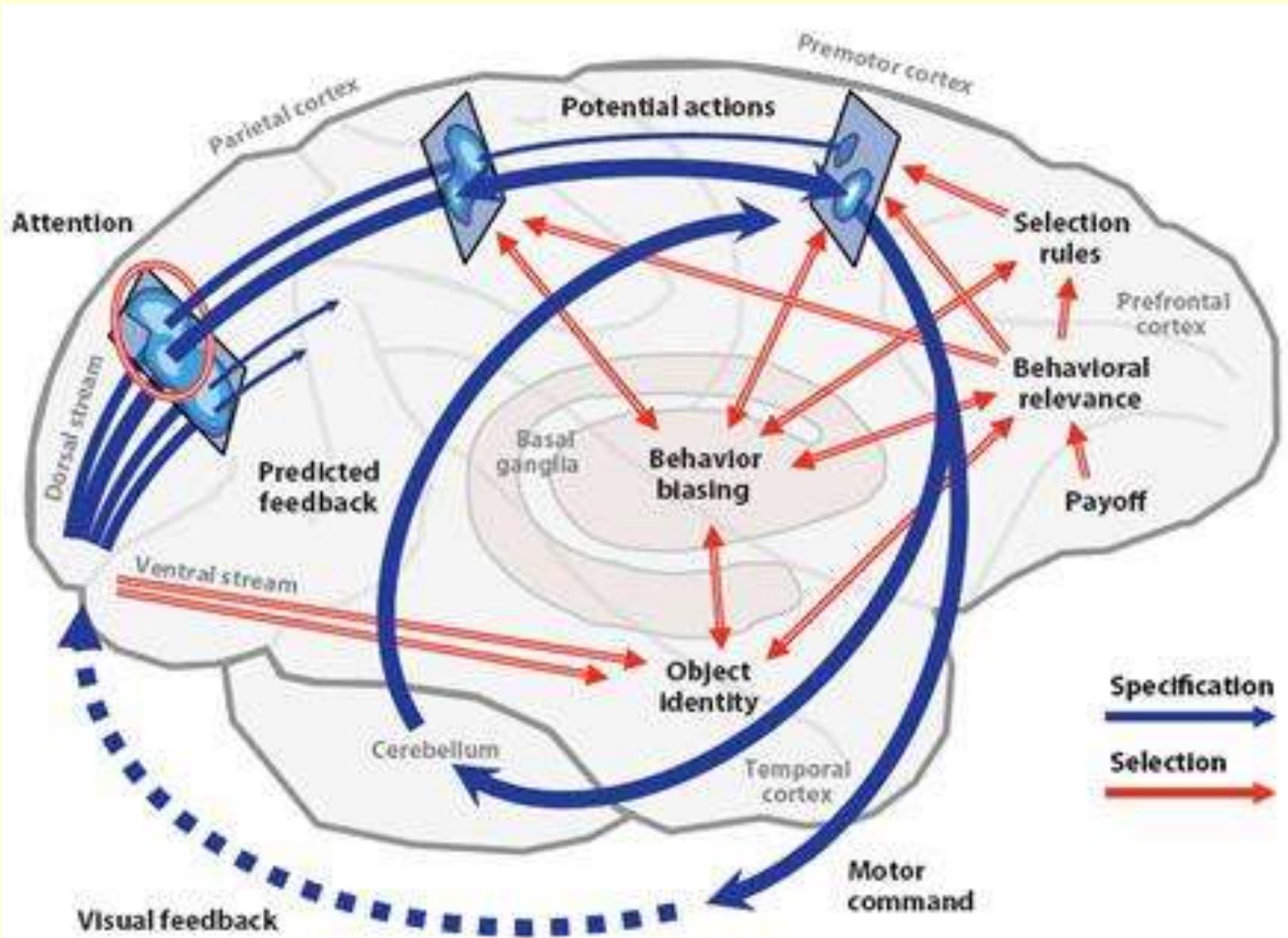
On va en parler plus au **cours 6**

- The world presents animals with multiple opportunities for action ("affordances")
- Cannot perform all actions at the same time
- Real-time activity is constantly modifying affordances, introducing new ones, etc.

Paul Cisek Model - No "Decision" "Decision-Making"

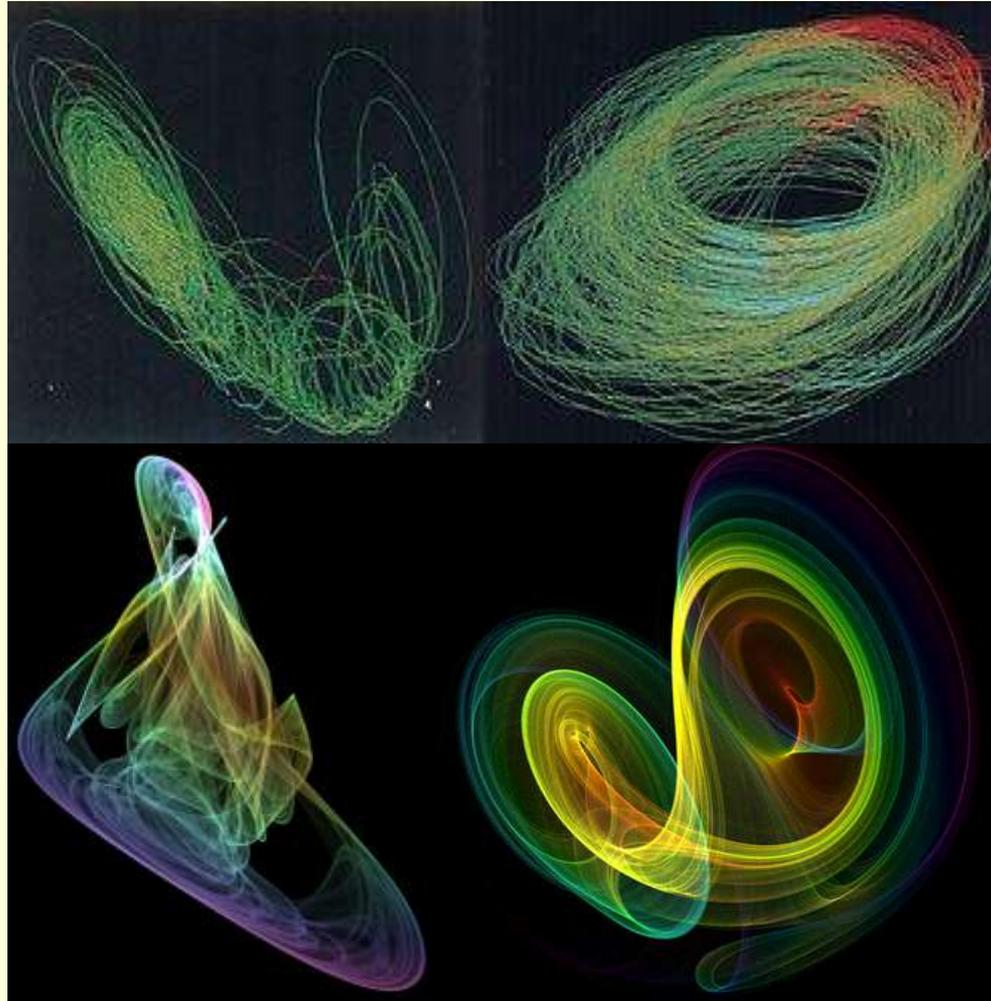
<http://www.slideshare.net/BrainMoleculeMarketing/uqam2012-cisek>

C'est à partir de cette dynamique rapide qu'un ensemble neuronal (un sous-réseau cognitif)



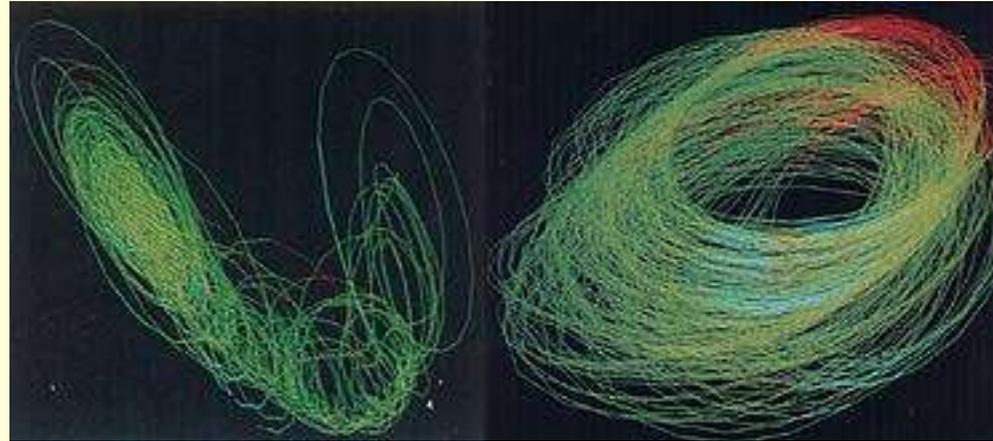
C'est à partir de cette dynamique rapide qu'un ensemble neuronal (un sous-réseau cognitif) **fini** par **s'imposer** et devenir le mode comportemental du moment cognitif suivant.

= **bifurcation** dans la dynamique chaotique (« attracteurs étranges », « phase space »)



C'est à partir de cette dynamique rapide qu'un ensemble neuronal (un sous-réseau cognitif) **fini par s'imposer** et devenir le mode comportemental du moment cognitif suivant.

= **bifurcation** dans la dynamique chaotique (« attracteurs étranges », « phase space »)



D'où une **succession de configurations changeantes** qui surgissent et se dissipent.

“the tendency towards an optimal grip on multiple affordances can be explained as a **metastable attunement to environmental dynamics**.

This metastable attunement allows for **rapid and flexible switching** between relevant action possibilities (Kelso, 2012).” (J. Bruineberg)

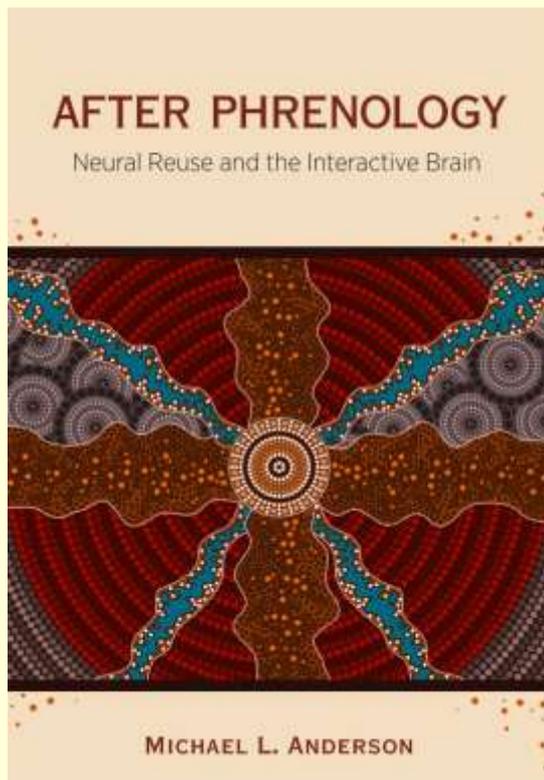




Le **BLOGUE** du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Lundi, 9 mars 2015

La « réutilisation neuronale » pour enfin sortir de la phrénologie ?



Dans son livre *After Phrenology :
Neural Reuse and the Interactive Brain,*

Michael Anderson nous propose
d'aller au-delà de la phrénologie

avec une approche alternative
fondée sur ce qu'il appelle
la « **réutilisation neuronale** »

(« neural reuse », en anglais,
un cas de recyclage neuronal).

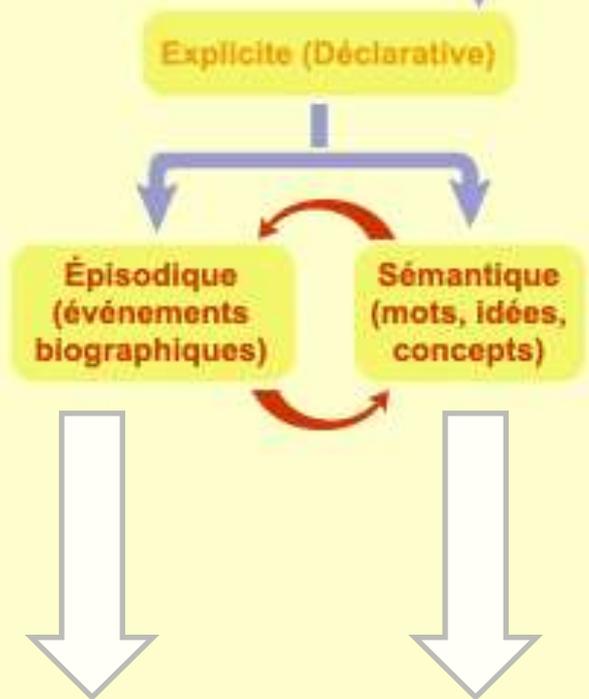
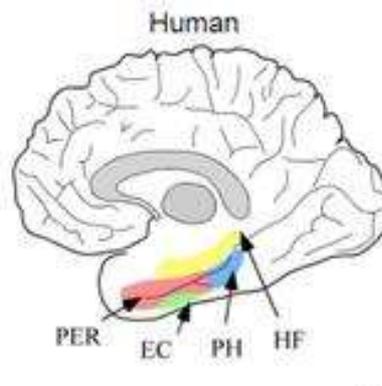
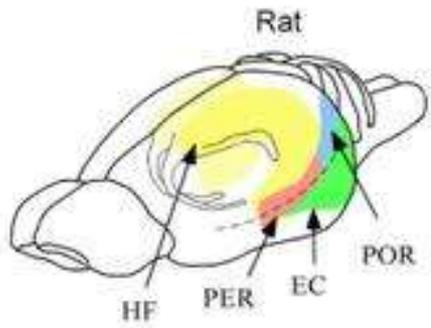




avec une approche alternative
fondée sur ce qu'il appelle
la « **réutilisation neuronale** »

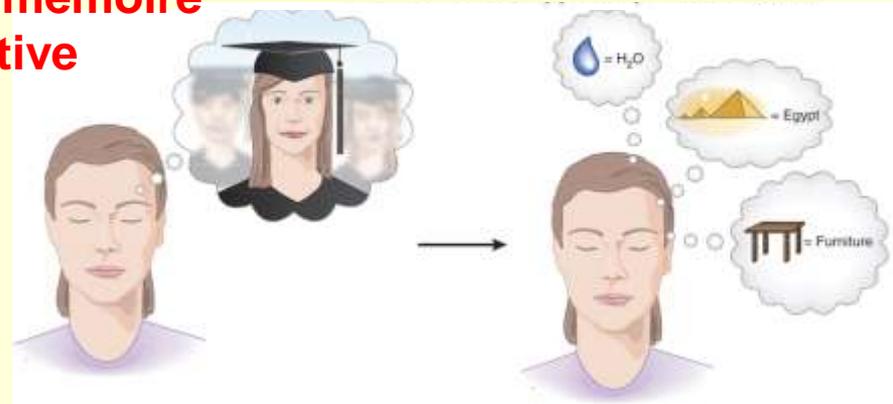
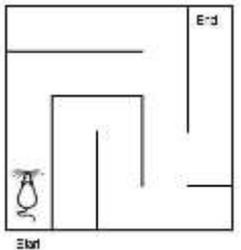
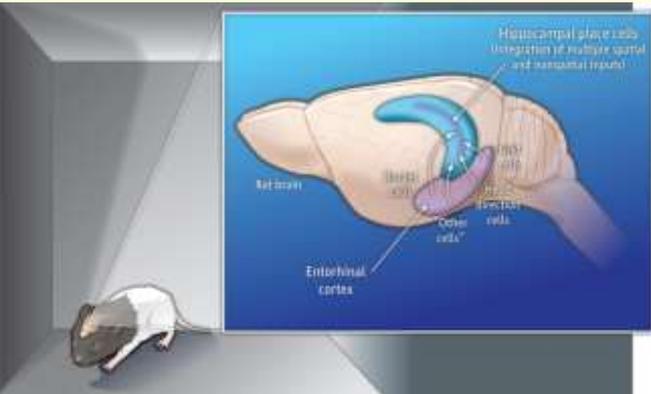
(« neural reuse », en anglais,
un cas de recyclage neuronal).





Navigation spatiale

Navigation spatiale + Recyclage des mêmes circuits pour la mémoire déclarative



Grid cells :
navigation mentale dans l'espace

Place cells :
position dans une carte spatiale

Grid cells :
navigation mentale mais dans le temps !

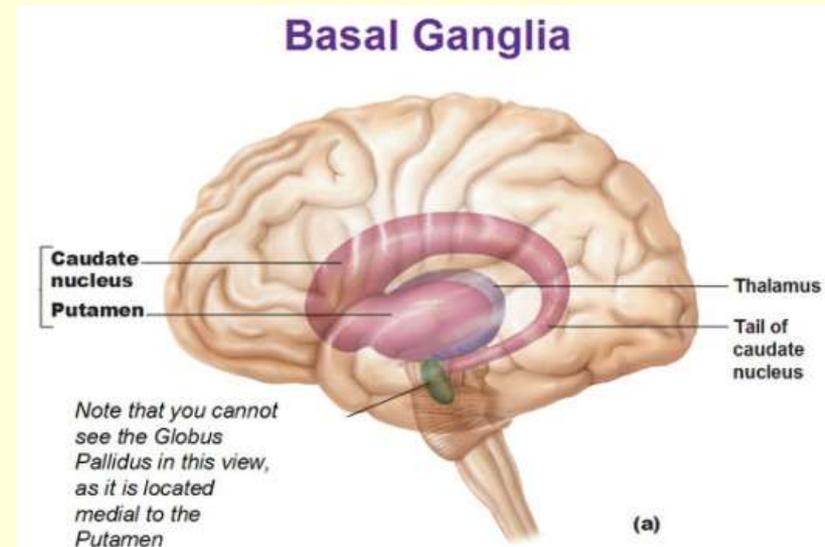
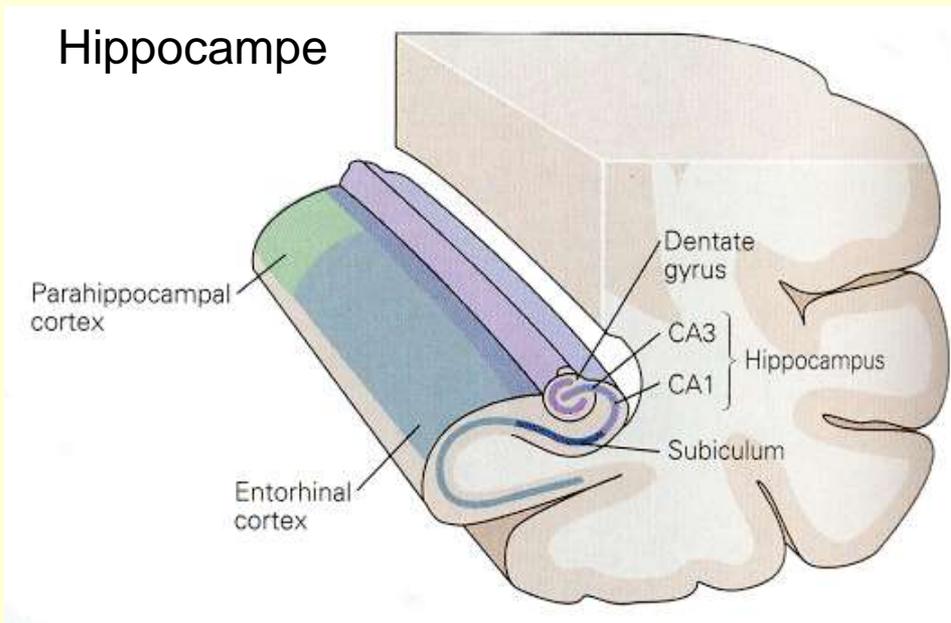
Place cells :
position mais dans une carte conceptuelle !

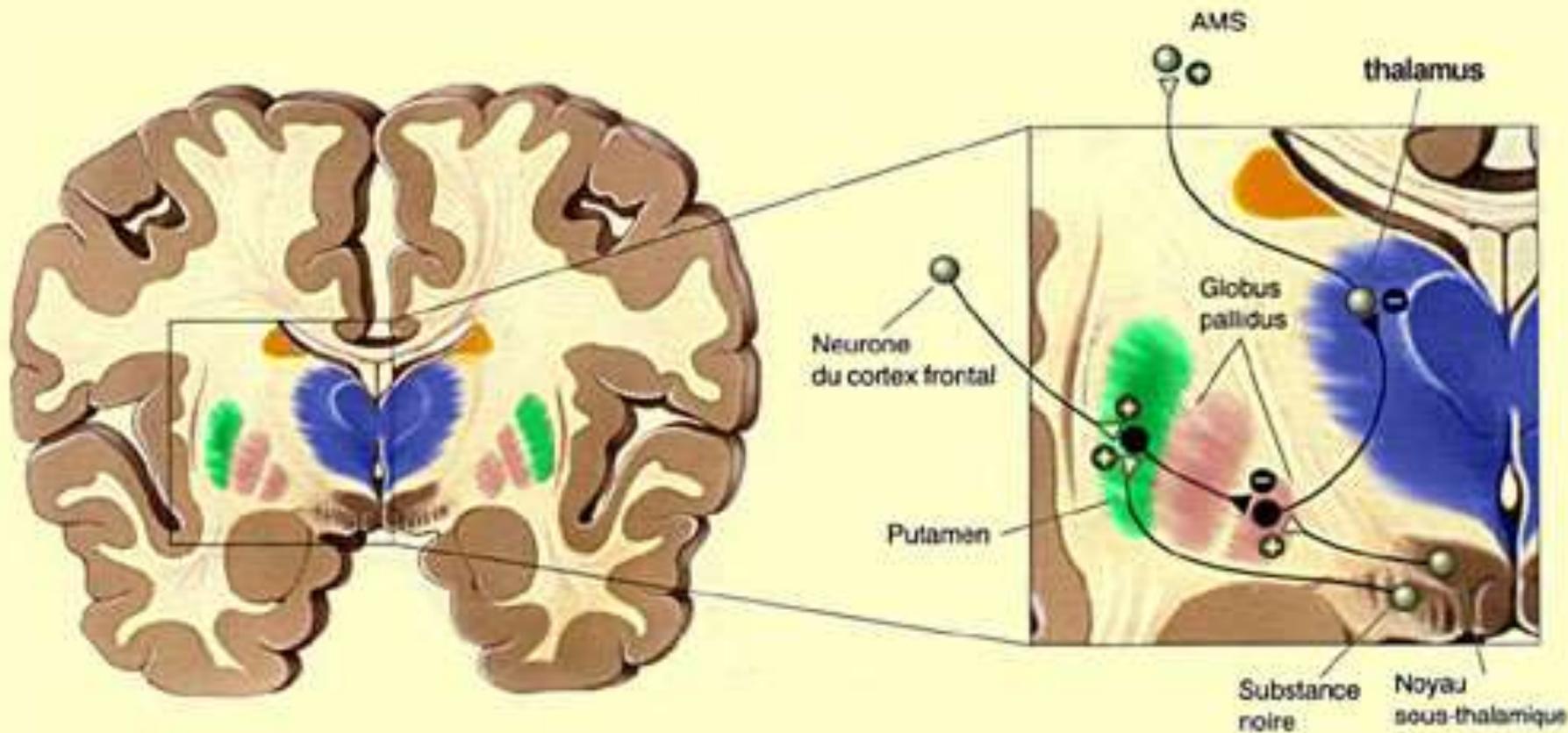
Autre exemple avec **le langage** qui comprend :

- **le lexique** : mots et leur signification, irrégularités de certains verbes
- **la grammaire** : règles, hiérarchies

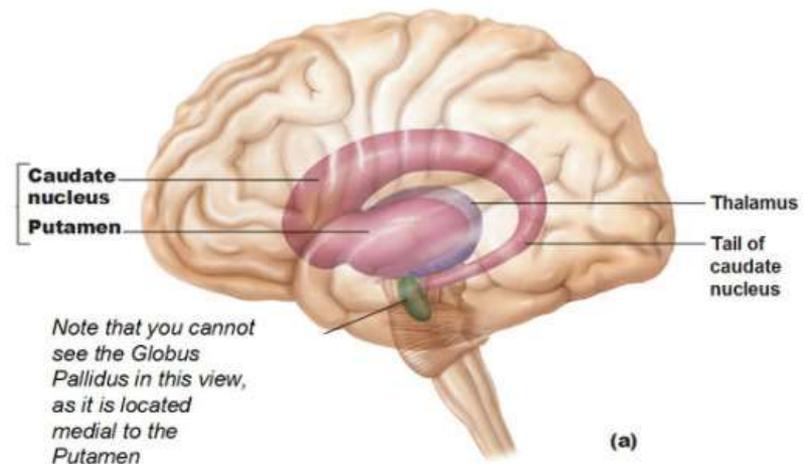
Pris en charge par la **mémoire déclarative** qui est impliquée dans l'apprentissage explicite d'items et d'événements arbitraires.

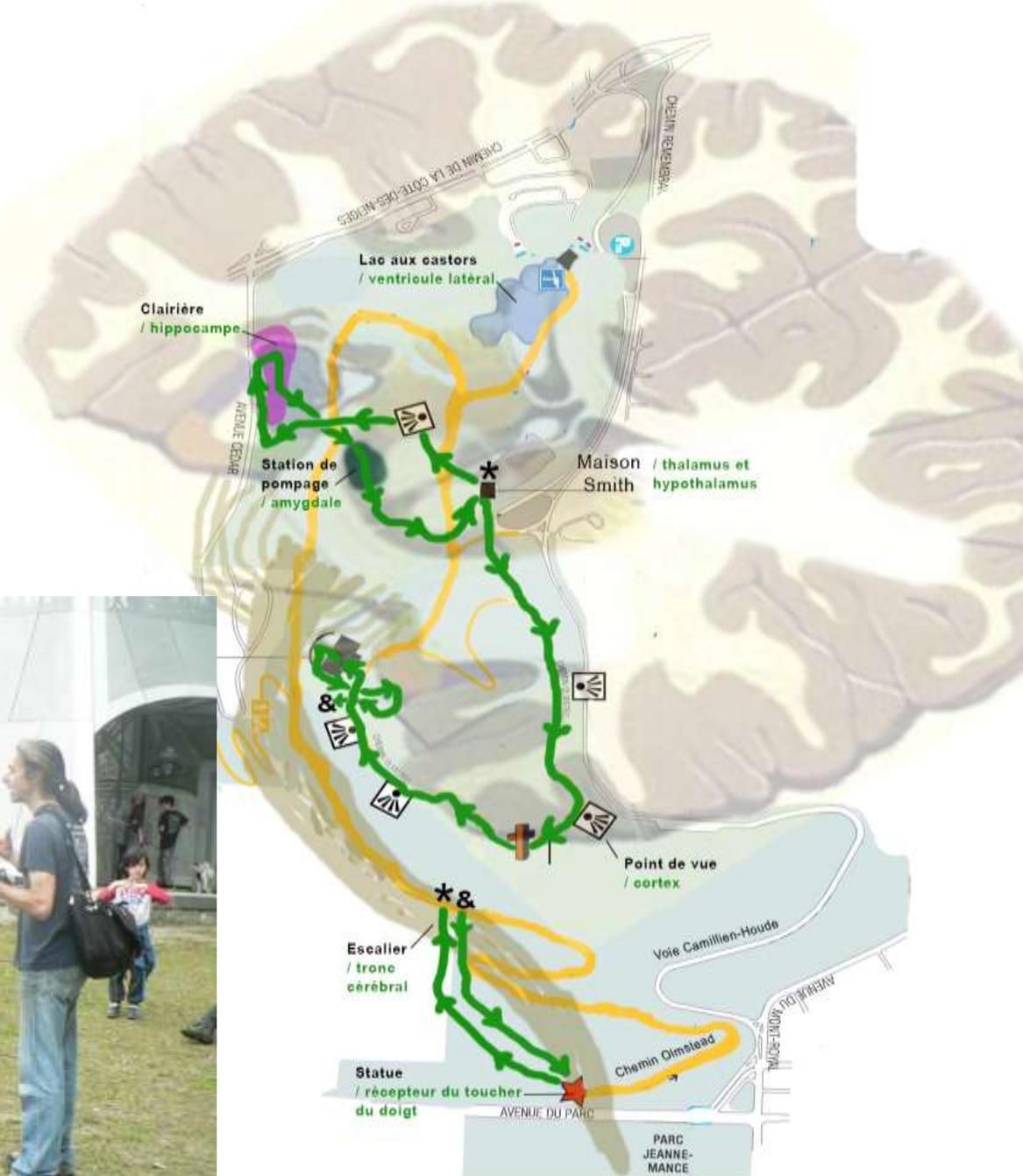
Pris en charge par la **mémoire procédurale** qui est impliquée dans l'apprentissage implicite de séquences, de règles ou de catégories.

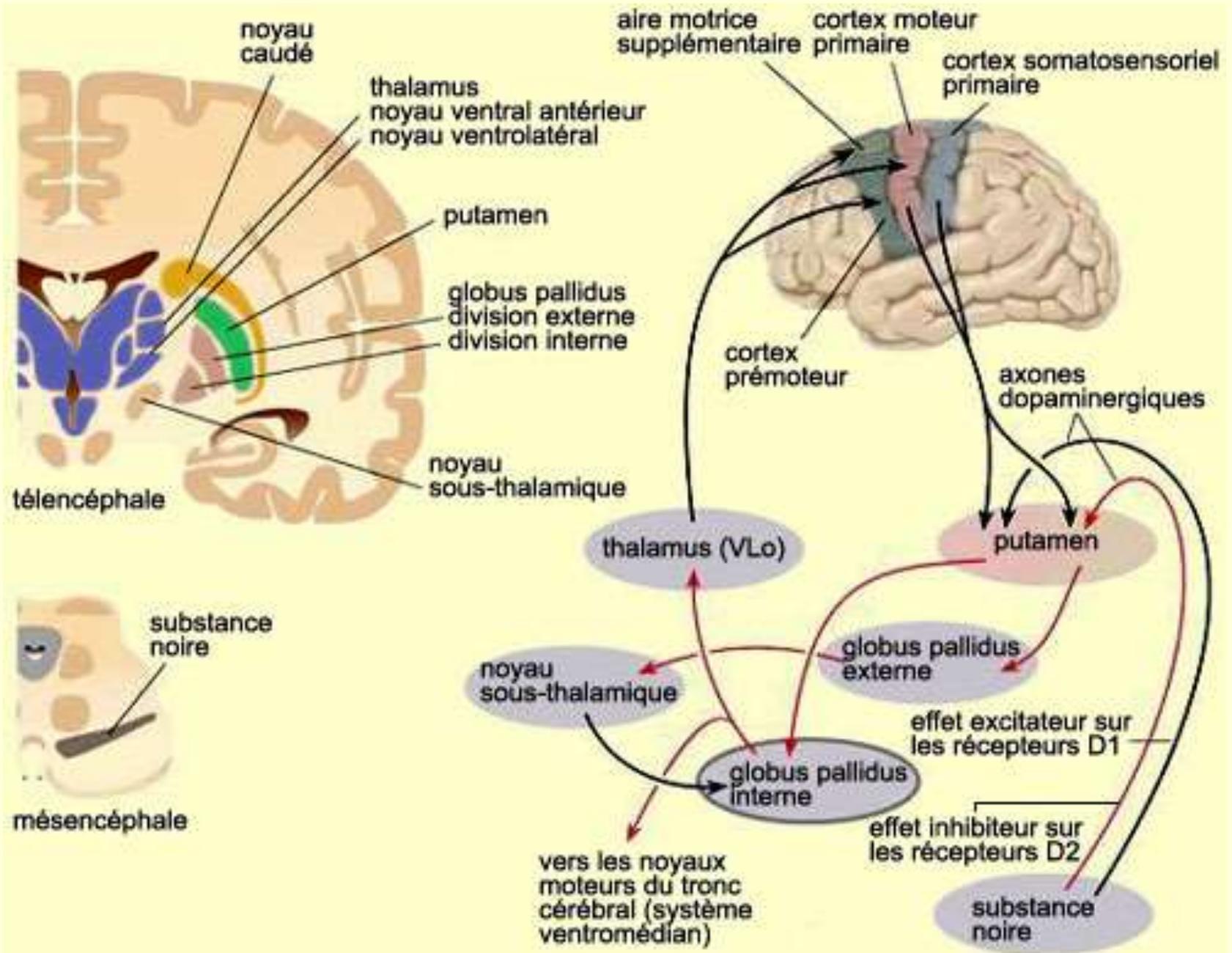


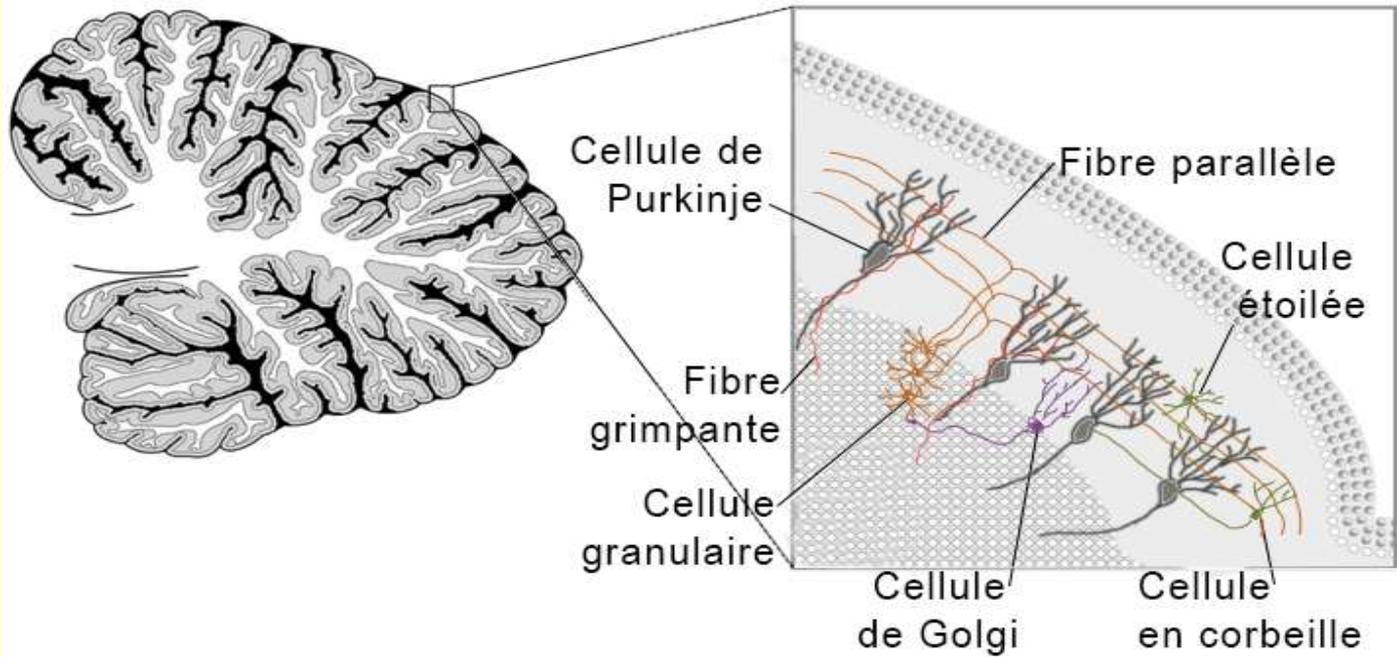
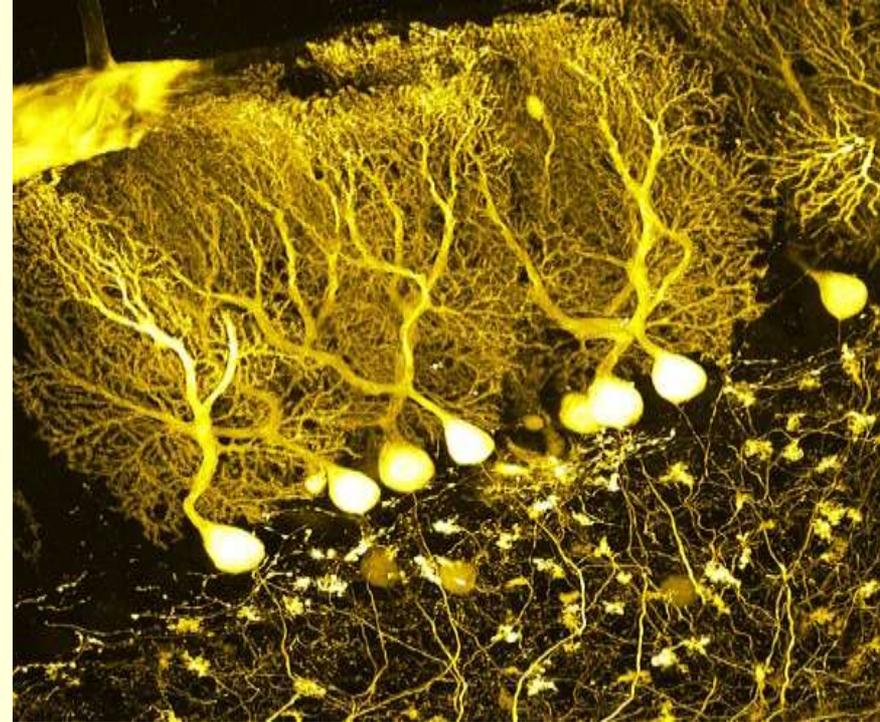


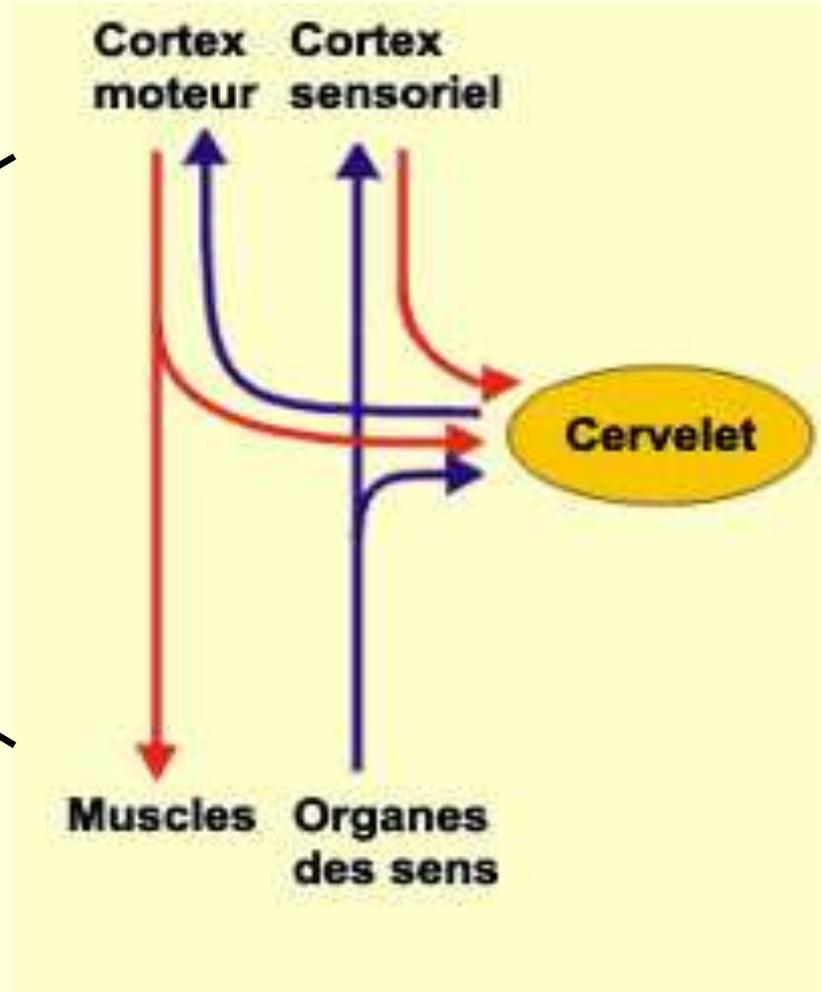
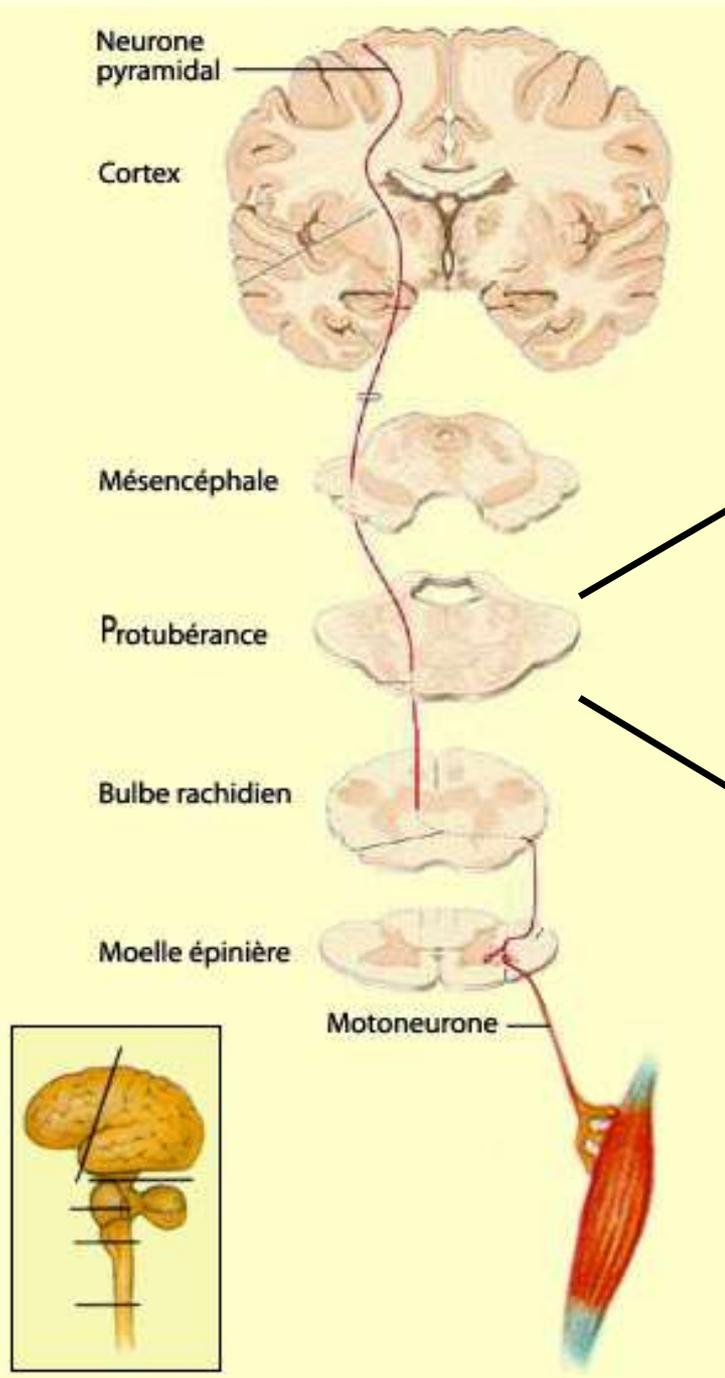
Basal Ganglia

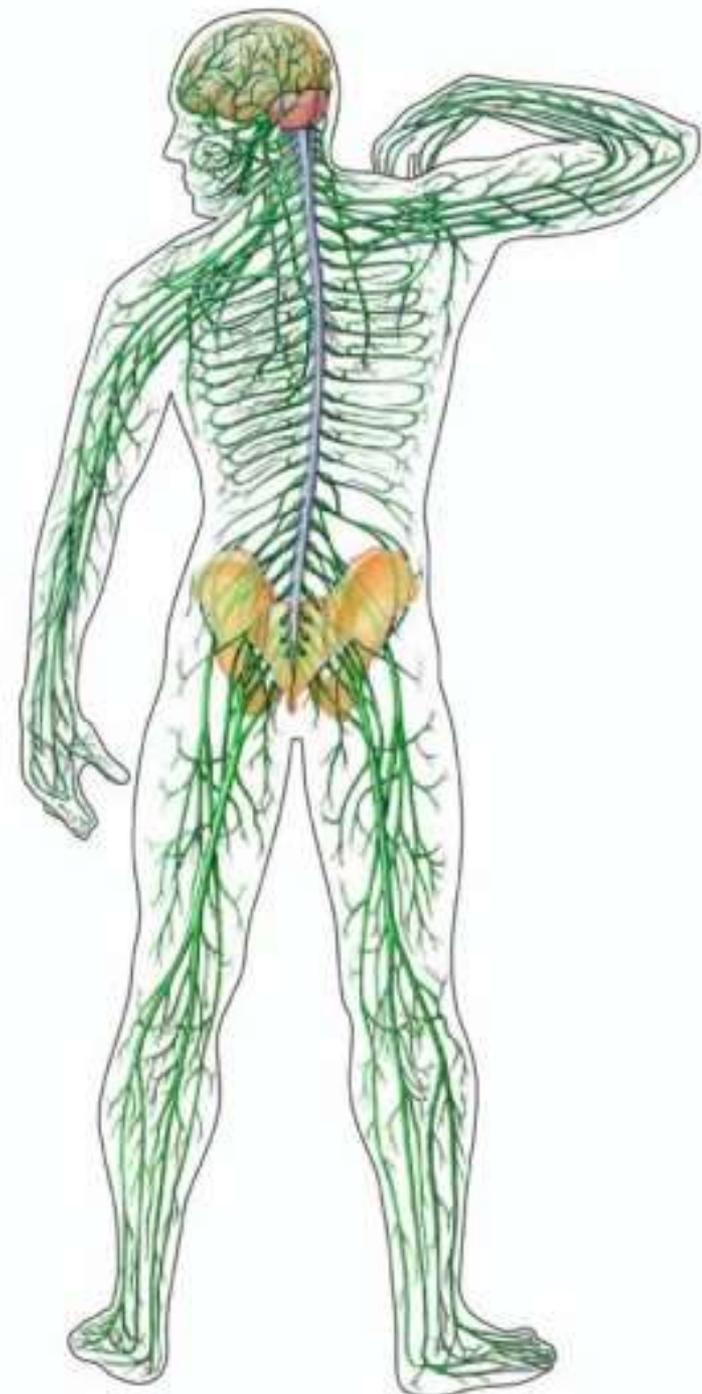
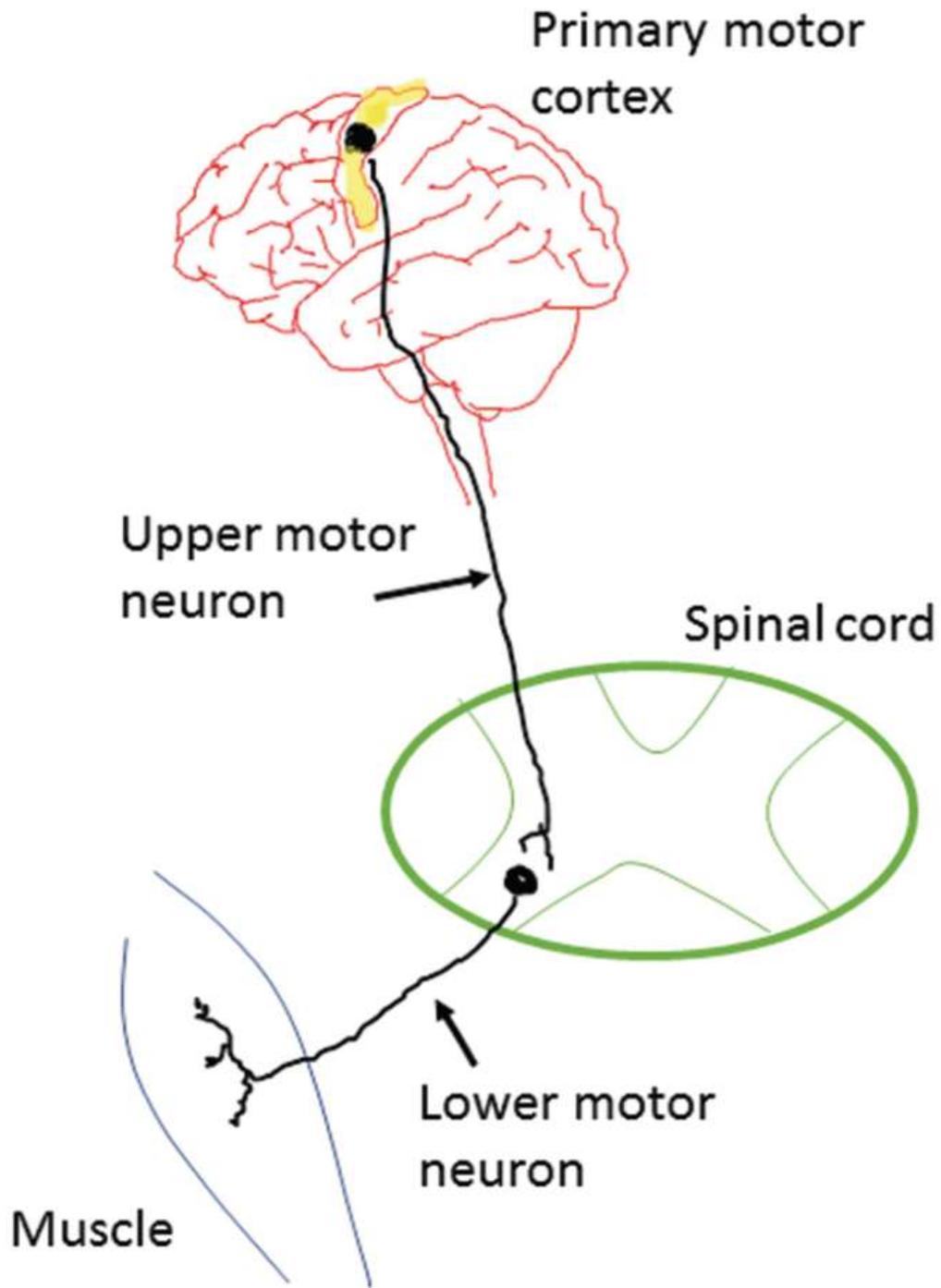




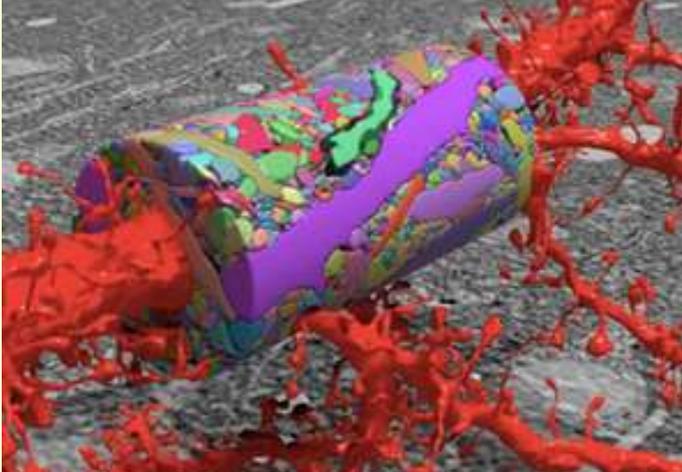








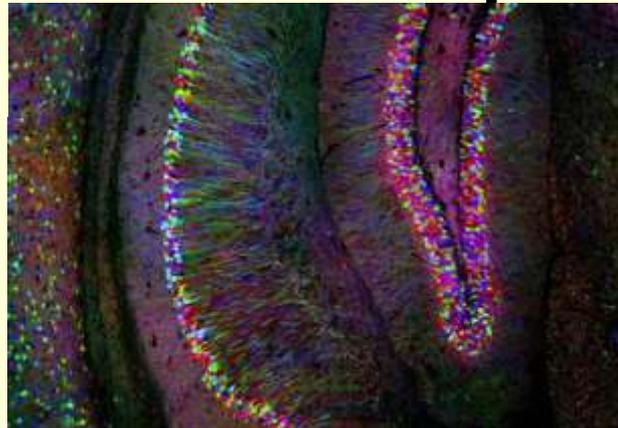




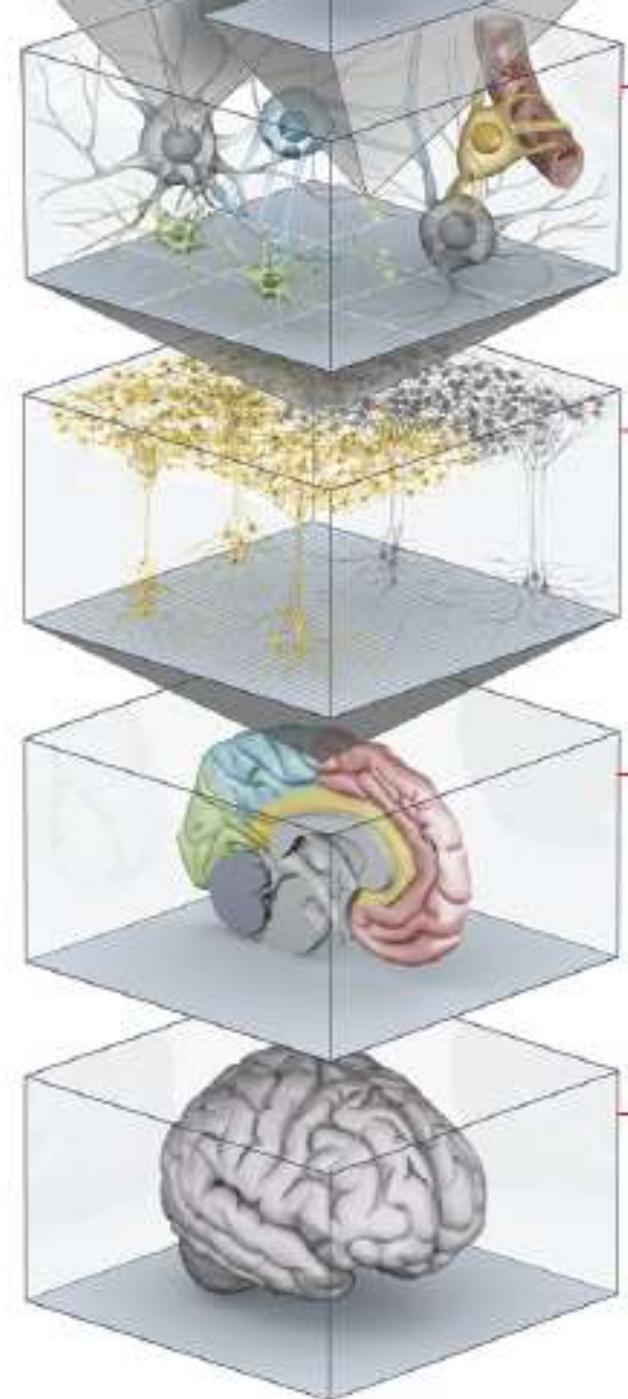
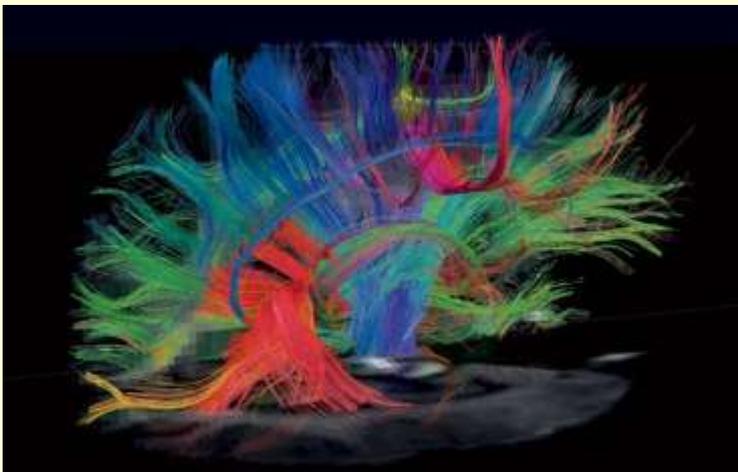
de l'échelle
« micro »

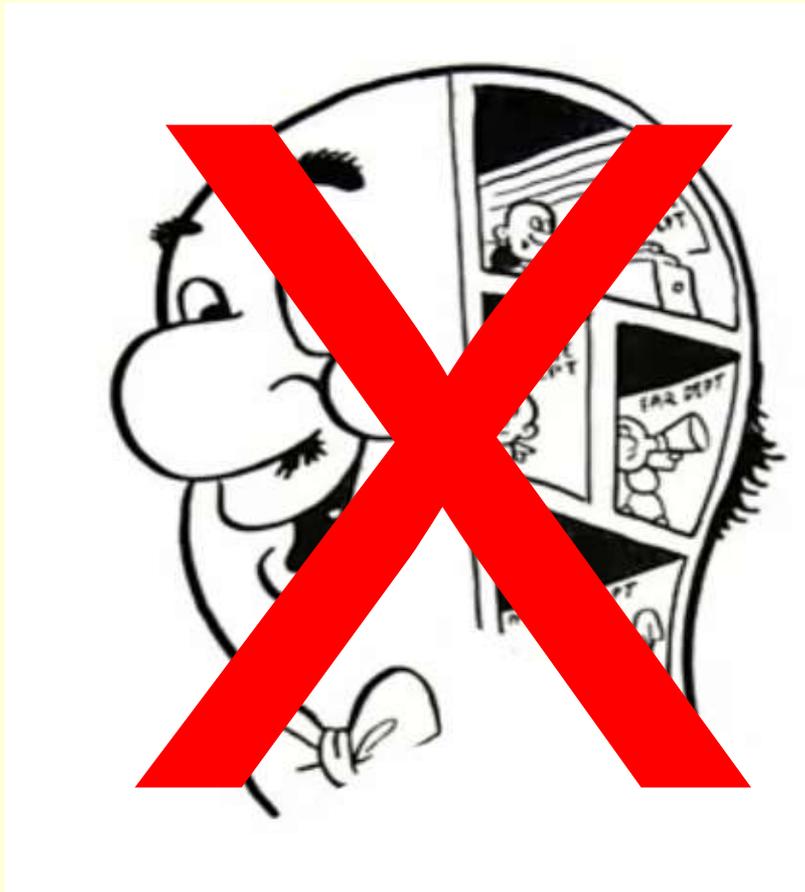


Car il faut se
rappeler que
peu importe
l'échelle que
l'on
considère...



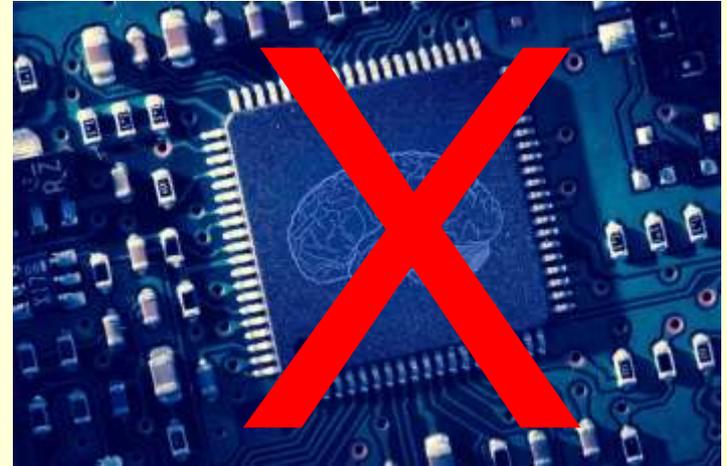
à l'échelle
« macro »



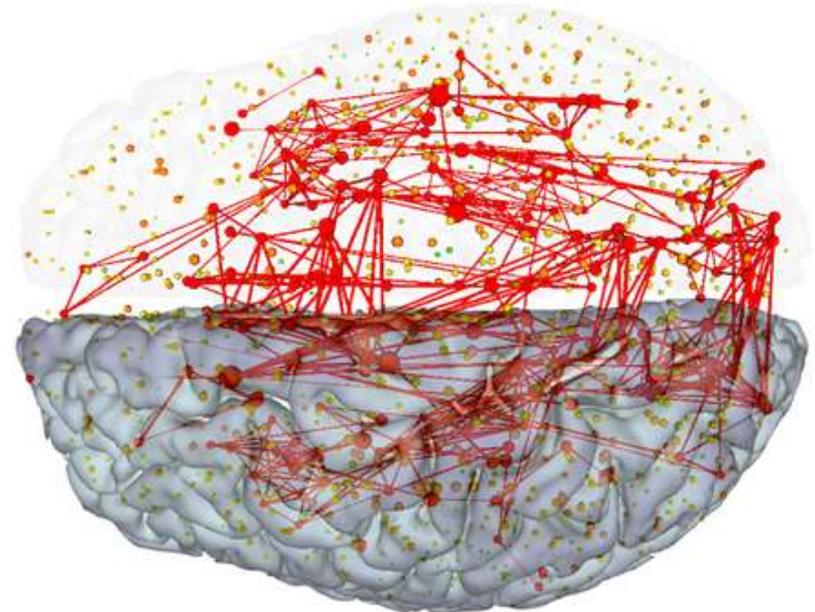


« There is no boss in the brain. »

- M. Gazzaniga



...il n'y a pas de « centre de.. »
dans le cerveau...

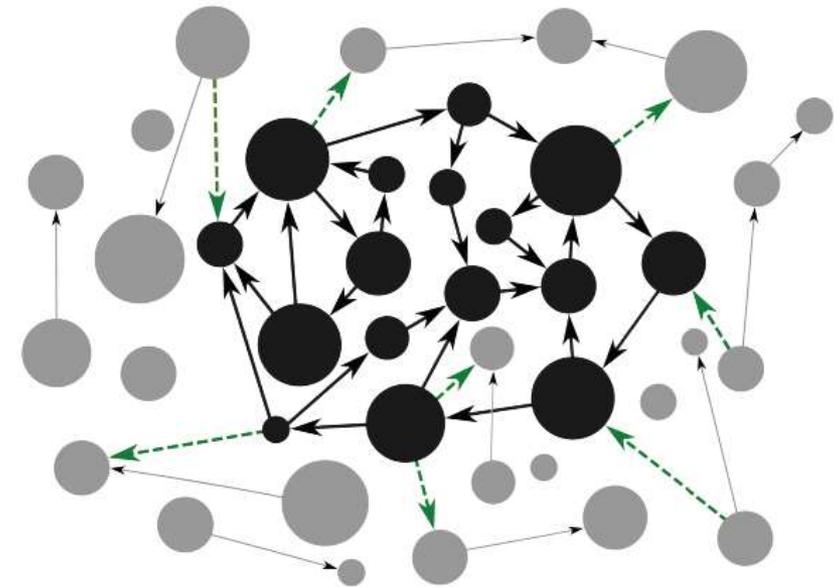


En noir :

les **neurones** interconnectés
s'organisant à tout moment en
réseaux transitoires

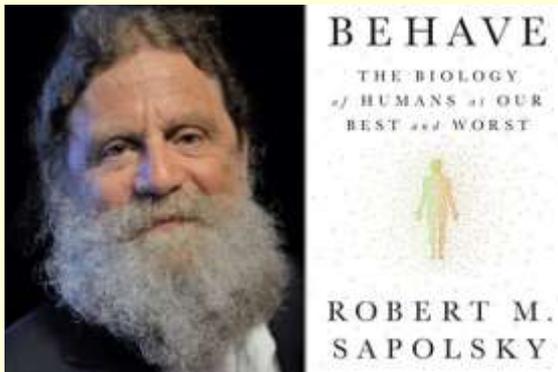
En gris :

les « **perturbations** » **sensorielle**
du monde extérieur
et les **actions** sur ce monde extérieur.



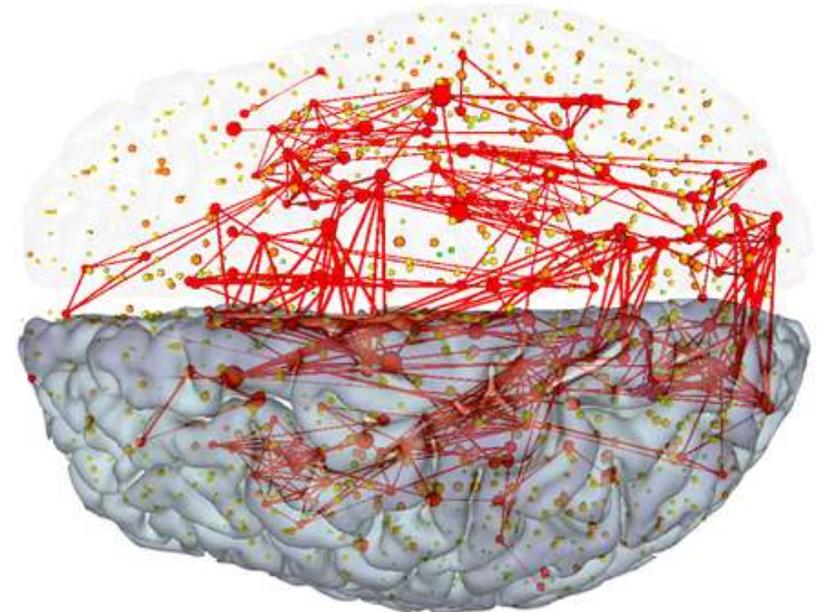
Copyright Ezequiel Di Paolo, 2013. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License.
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed_en_US

<http://www.gaillard-systemique.com/autopoiese-varela>



« a gene is part of a **network**
of hundreds of genes... »

Et le cerveau forme un **réseau**
de milliards de neurones.



Et en quelques secondes pour son **activité dynamique** dans ce réseau distribué qui permet des coalitions transitoires où certaines régions vont « travailler ensemble »

[le cours 4 la semaine prochaine]

C'est donc une machine qui fonctionne massivement en **parallèle et de manière distribuée...**

...tout en se modifiant elle-même sans arrêt : en quelques minutes, heures ou jours pour sa structure

[le cours 3 de la semaine dernière]

