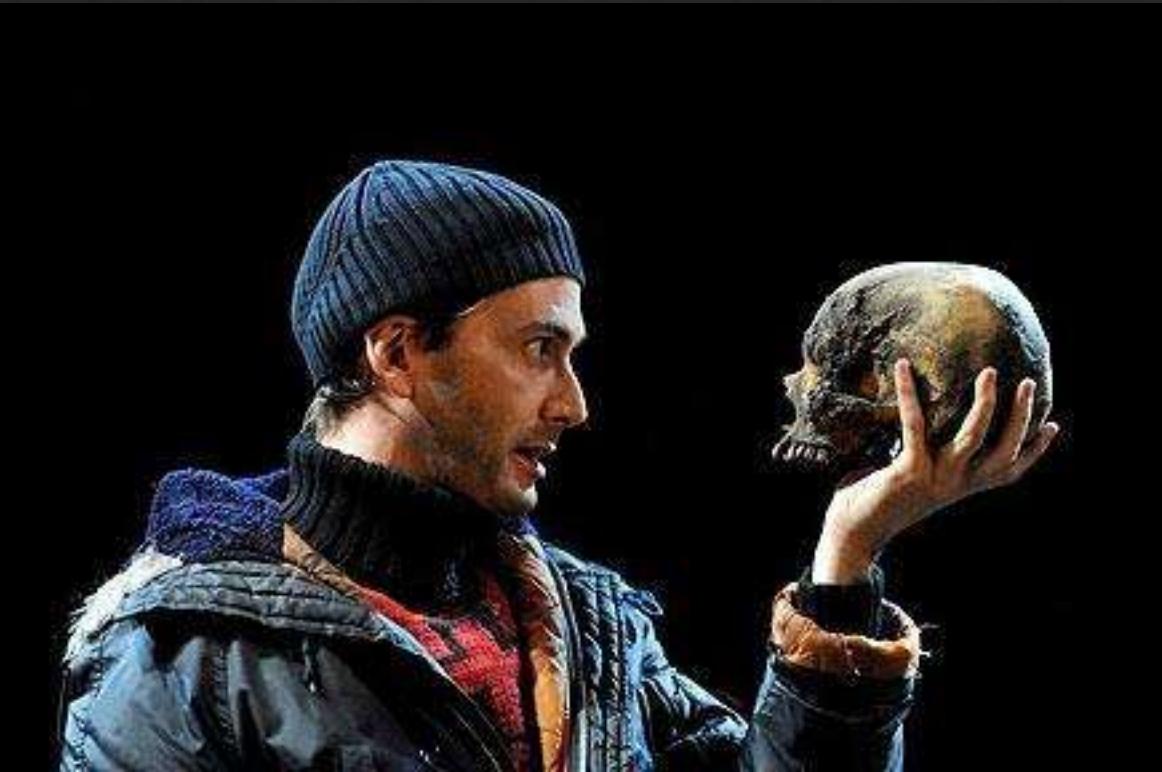


# Un petit voyage dans notre cerveau à tous les niveaux

Alliance culturelle - Ahuntsic

novembre 2025

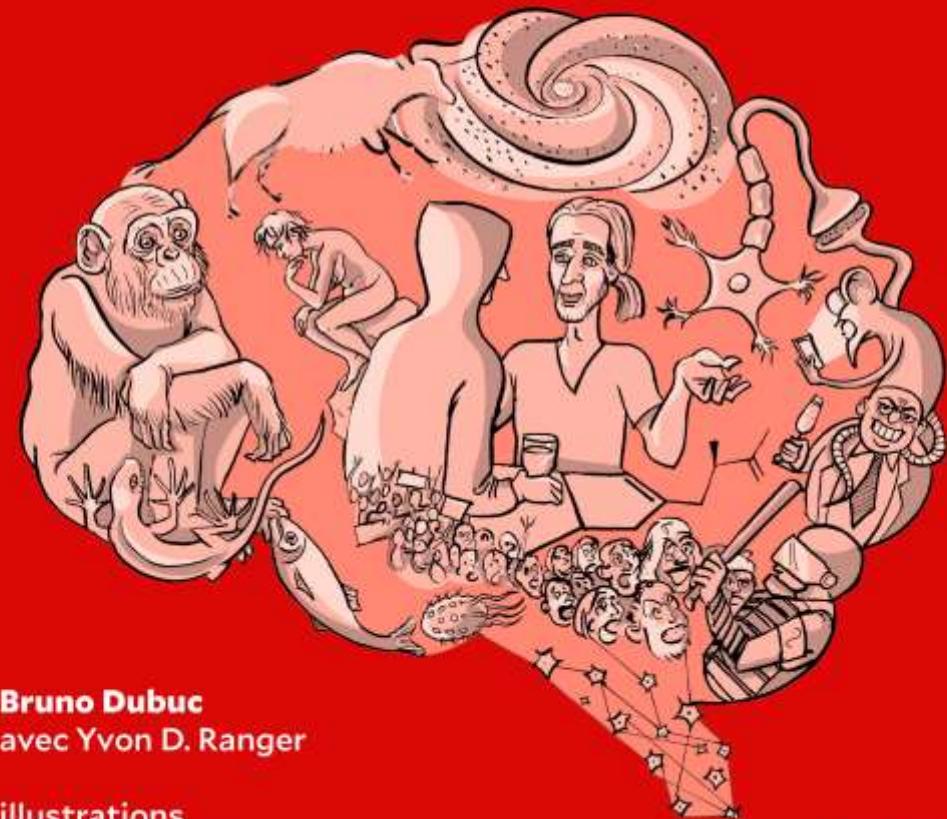
(2 de 3)



2024

# NOTRE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Du Big Bang à la conscience sociale



**Bruno Dubuc**  
avec Yvon D. Ranger

illustrations  
de Rémy Guenin

écosociété

# Sommaire



## Prologue

Sur la pertinence de ce livre  
p. 9

## Epilogue

Boucler la boucle:  
nos multiples «soi»  
p. 533

## 12<sup>e</sup> rencontre

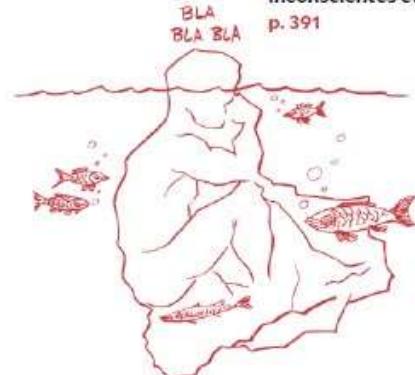
Cultures et institutions sociales:  
des vieux mondes dystopiques  
aux utopies concrètes  
p. 465

## 11<sup>e</sup> rencontre

Where is my mind? Conscience  
humaine et questions existentielles  
p. 427

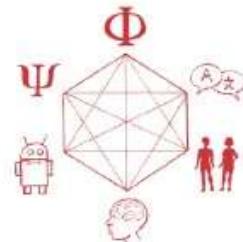
## 10<sup>e</sup> rencontre

Rationalisation, motivations  
inconscientes et cerveau prédictif  
p. 391



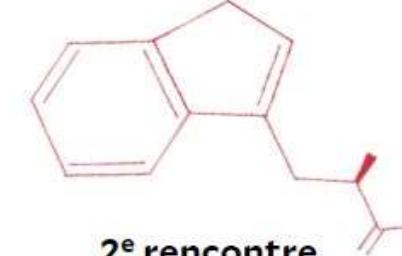
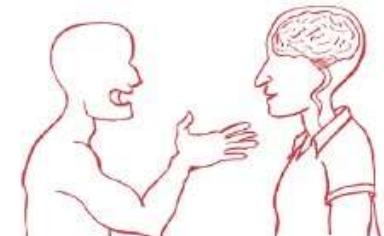
## 1<sup>e</sup> rencontre

Le «connais-toi toi-même»  
de Socrate à l'heure  
des sciences cognitives  
p. 29



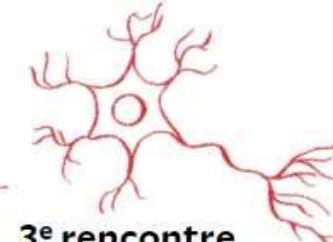
## 9<sup>e</sup> rencontre

Le langage: émergence  
de mondes symboliques  
communs et tremplin  
pour la pensée  
p. 355



## 2<sup>e</sup> rencontre

De la «poussière d'étoile»  
à la vie: l'évolution qui fait  
qu'on est ici aujourd'hui  
p. 55



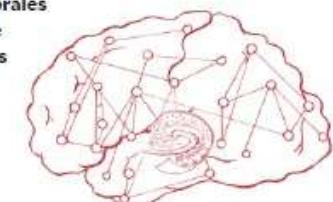
## 3<sup>e</sup> rencontre

L'humain découvre la grammaire  
de base de son système nerveux  
p. 95



## 4<sup>e</sup> rencontre

La plasticité neuronale  
à la base de l'apprentissage  
et de la mémoire  
p. 127



## 5<sup>e</sup> rencontre

Des structures cérébrales  
reliées en réseaux de  
milliards de neurones  
p. 169

## 6<sup>e</sup> rencontre

L'activité dynamique de nos  
rythmes cérébraux durant  
l'éveil, le sommeil et le rêve  
p. 219



## 7<sup>e</sup> rencontre

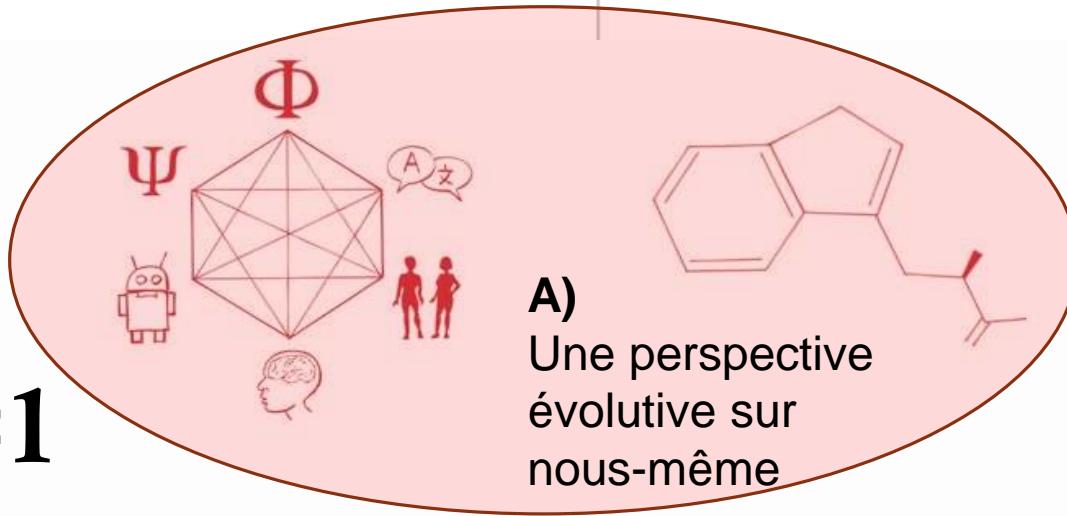
Cerveau et corps ne font  
qu'un: l'origine des émotions  
p. 269



# Plan des 3 séances



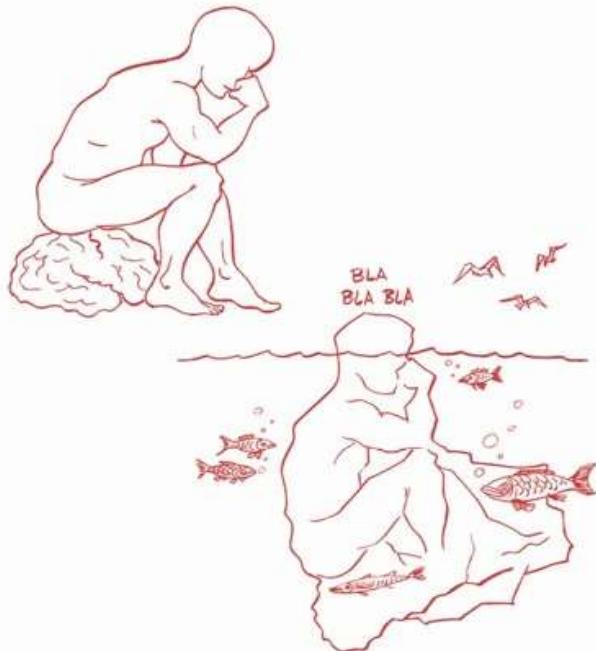
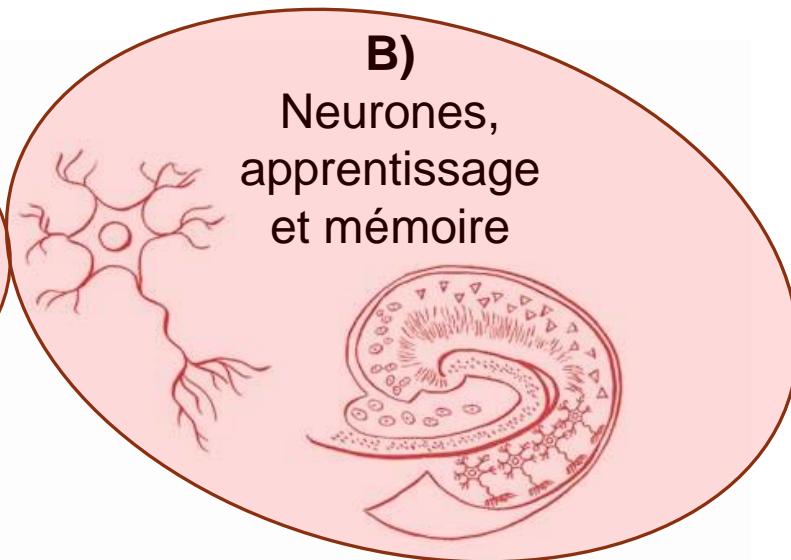
#1



**A)**  
Une perspective  
évolutive sur  
nous-même

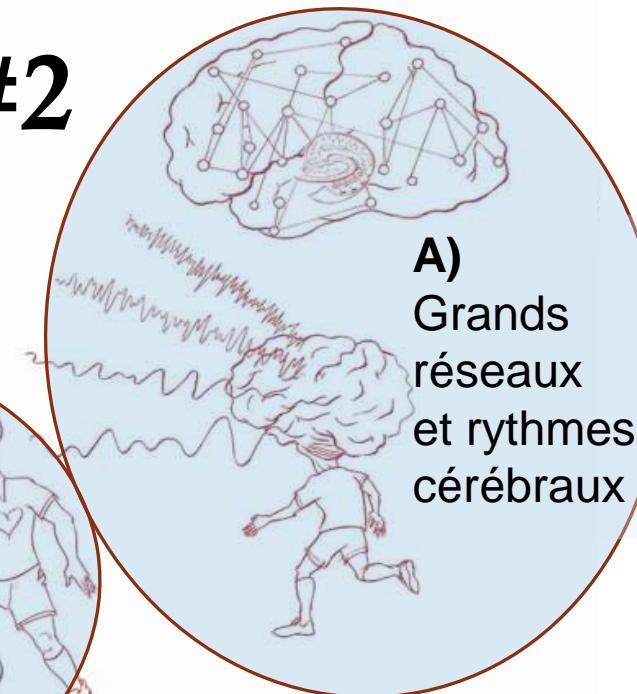
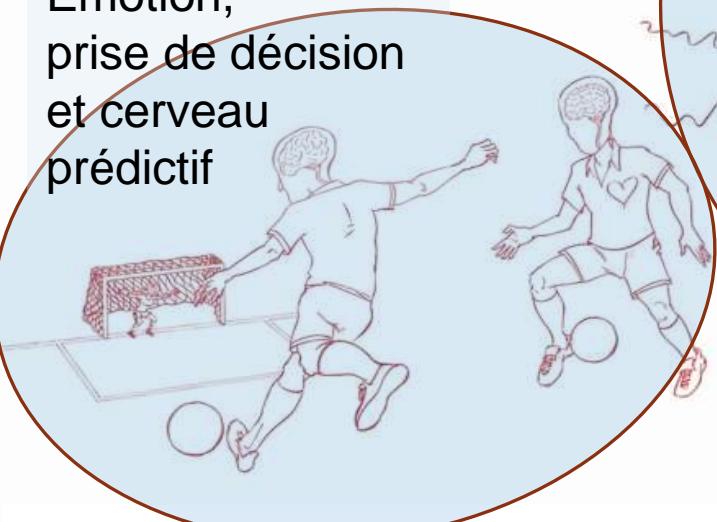


**B)**  
Neurones,  
apprentissage  
et mémoire



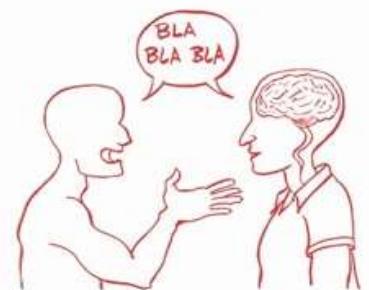
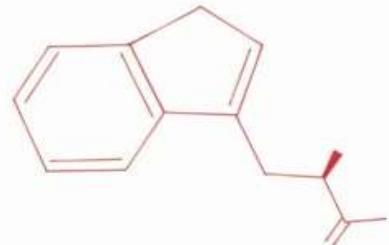
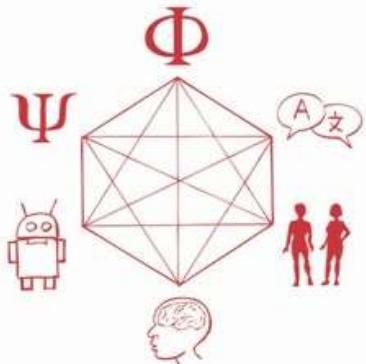
#2

**B)**  
Émotion,  
prise de décision  
et cerveau  
prédictif

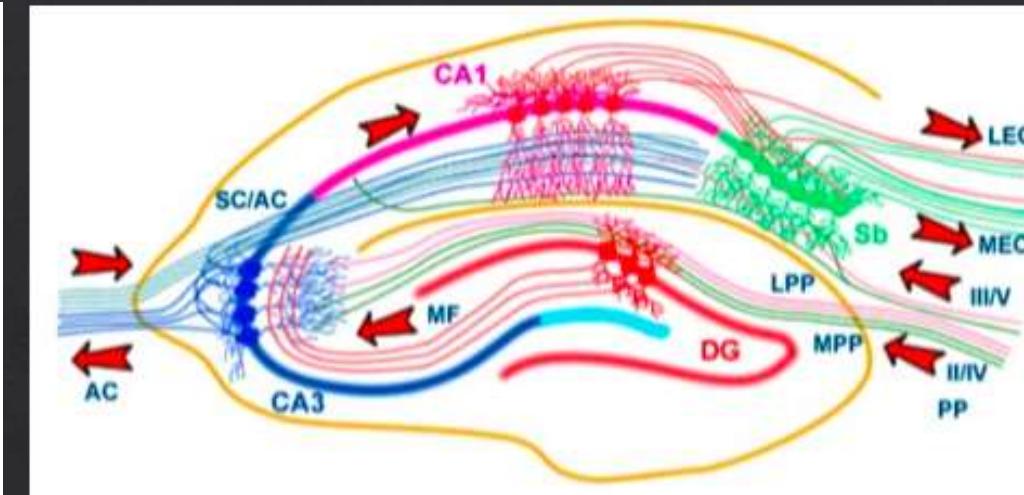
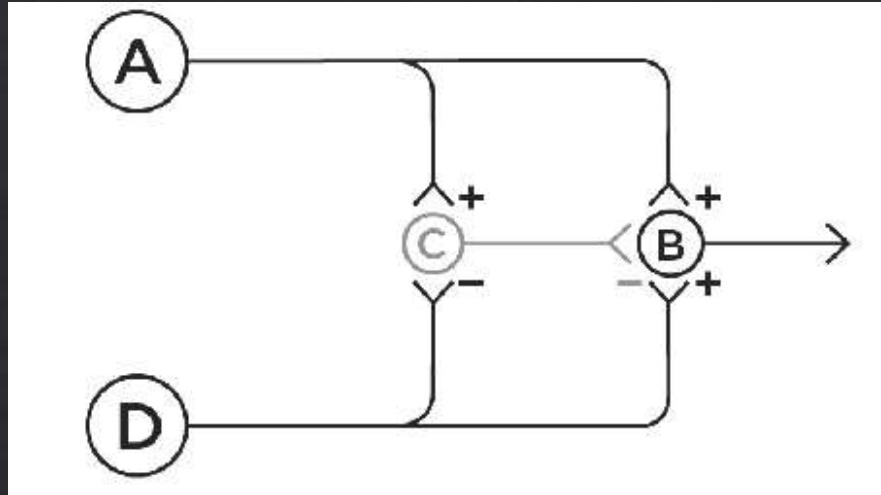


**A)**  
Grands  
réseaux  
et rythmes  
cérébraux

# Plan des 3 séances



**A)**  
Grands  
réseaux  
et rythmes  
cérébraux

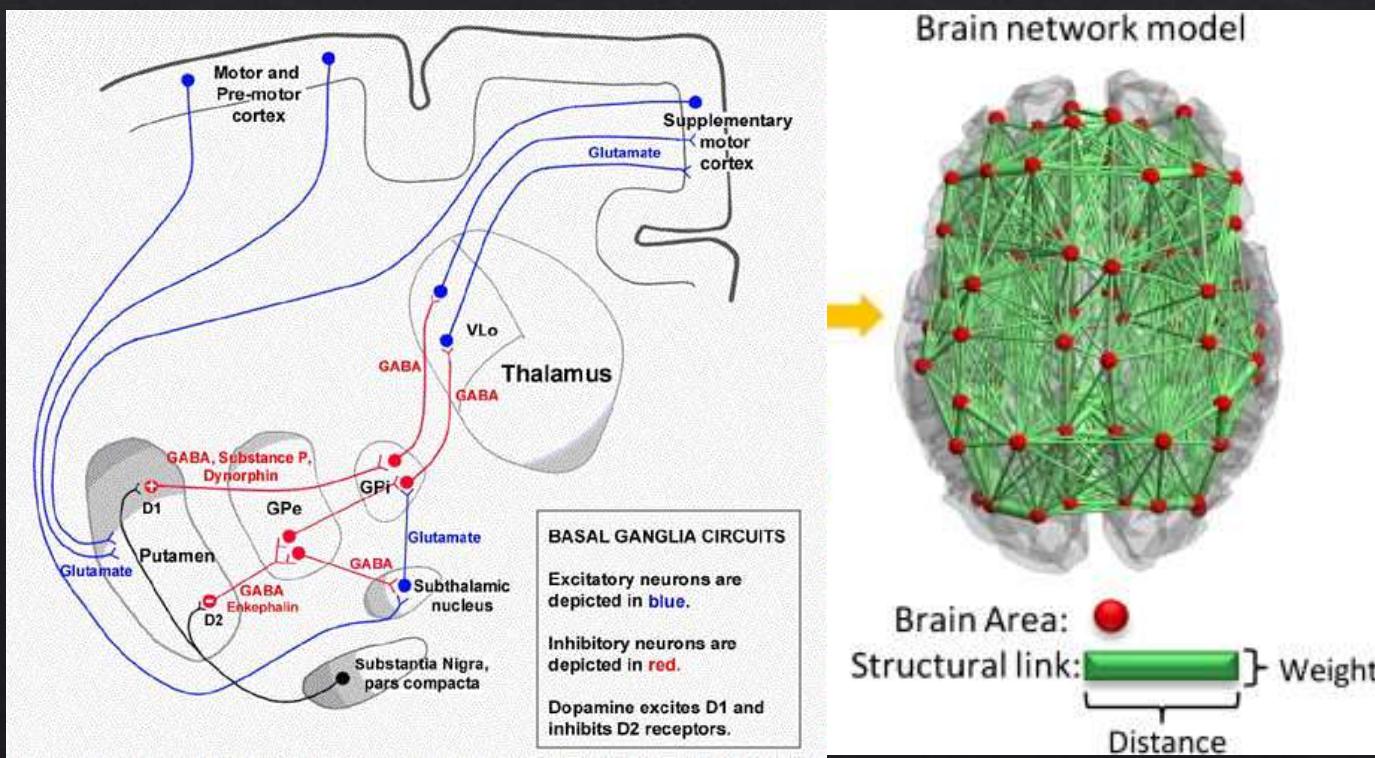


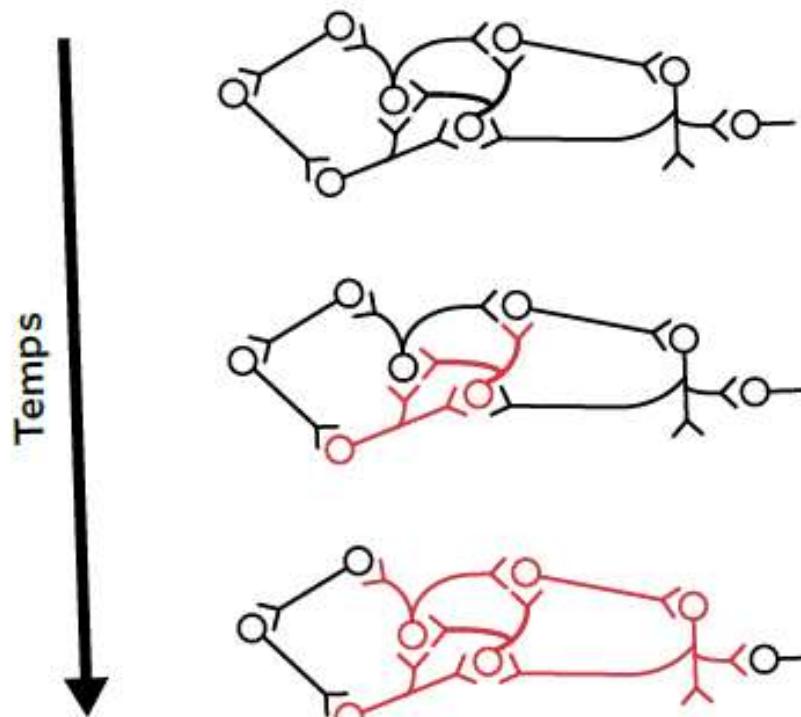
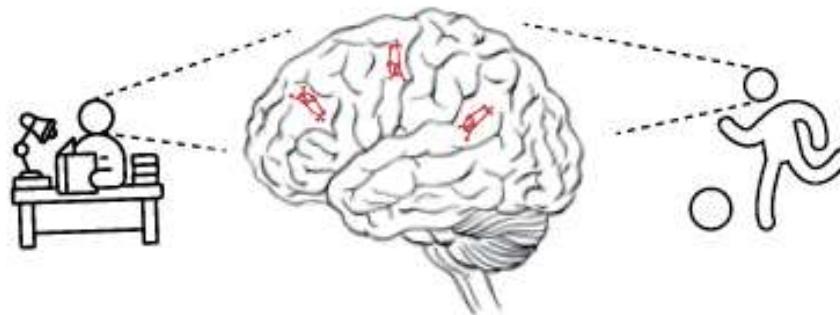
On est passé de quelques neurones...

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

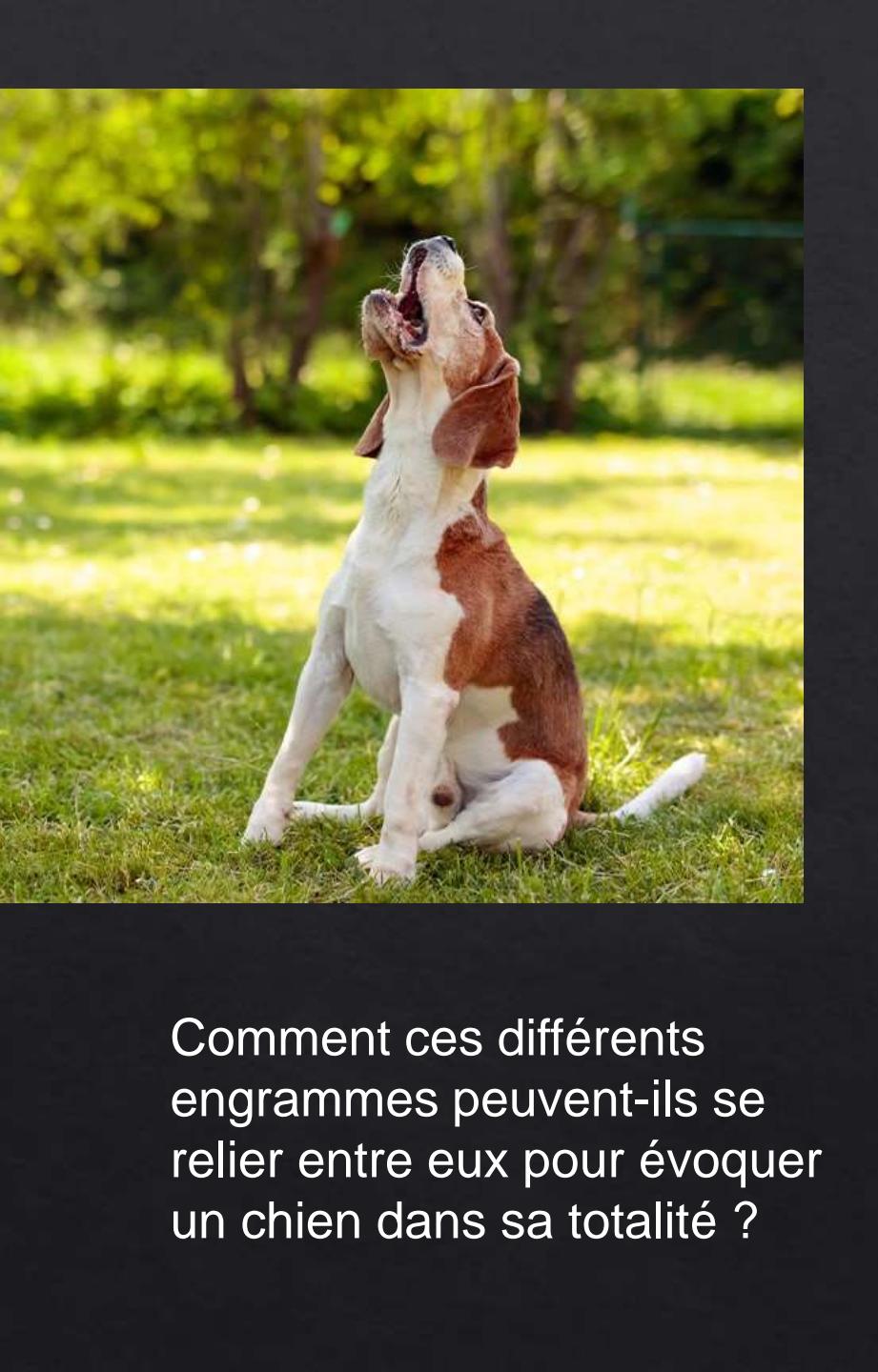
Maintenant on va passer à des structures cérébrales qui vont se connecter en réseaux locaux...

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

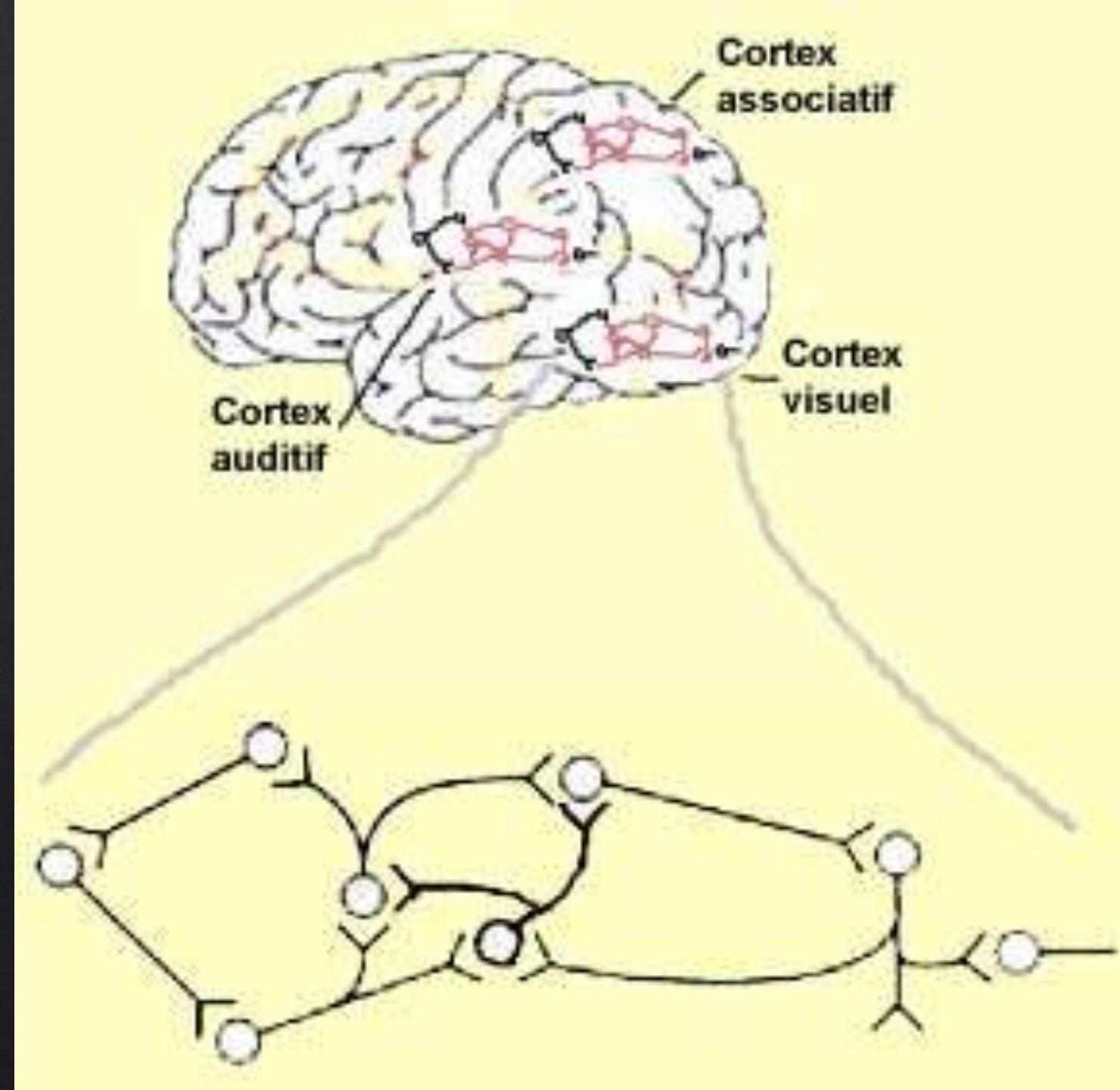


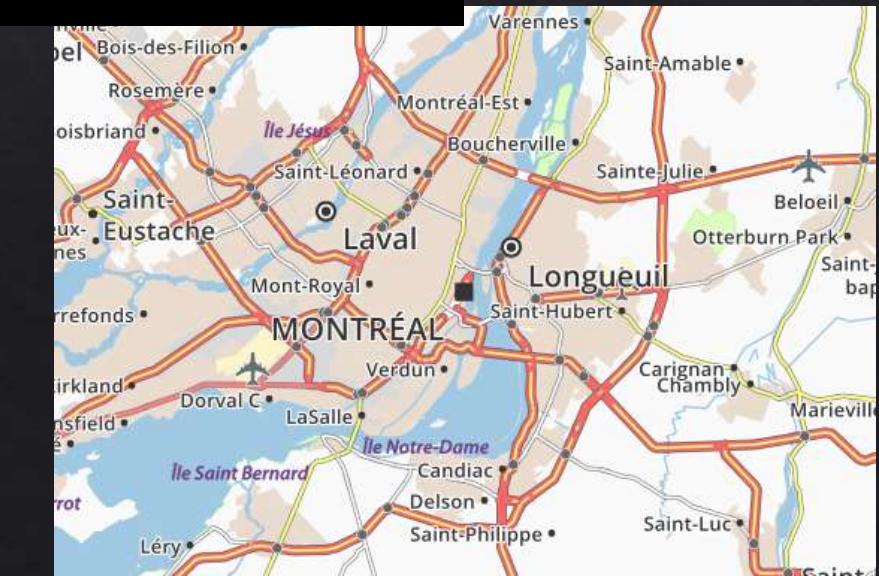
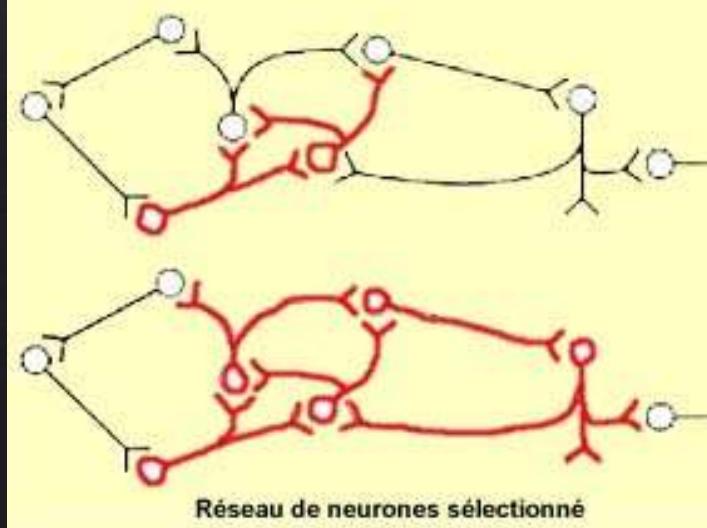
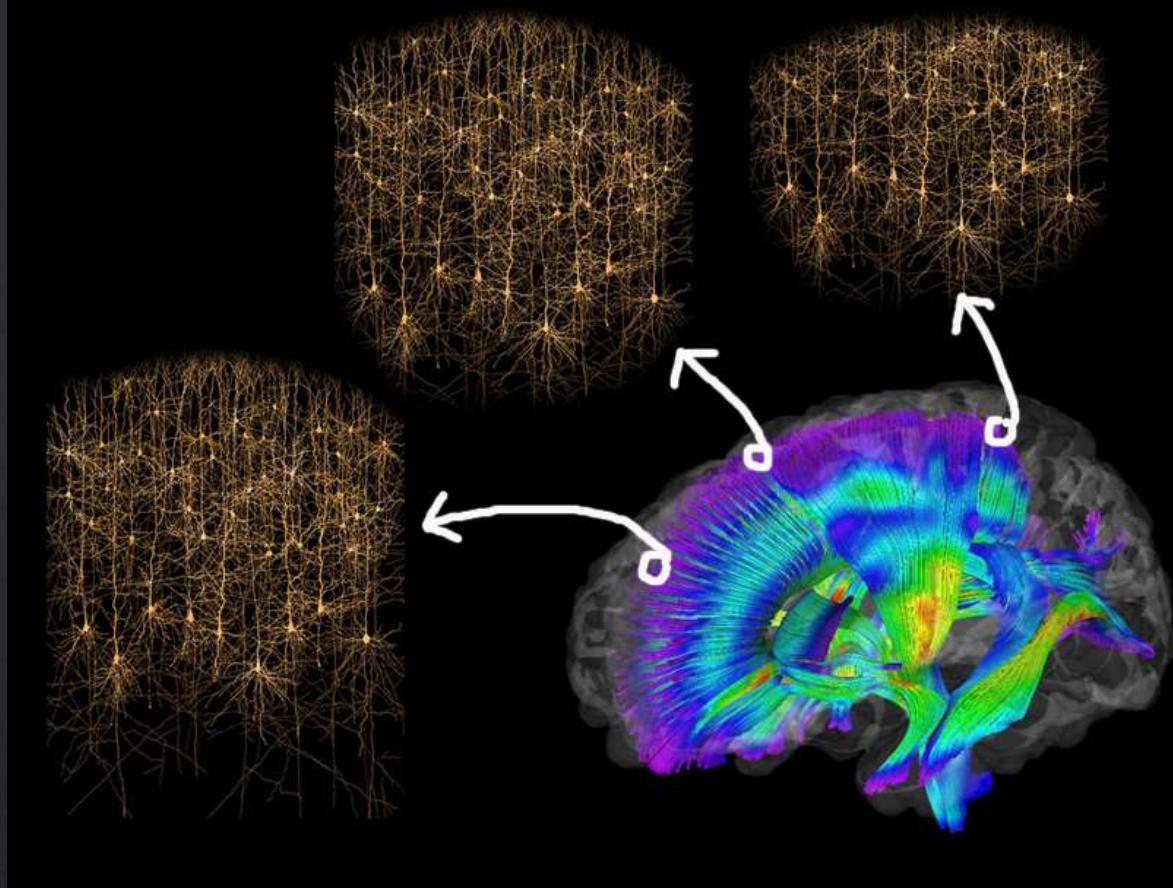


Réseau de neurones sélectionné



Comment ces différents engrammes peuvent-ils se relier entre eux pour évoquer un chien dans sa totalité ?







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

Paris, 1810.

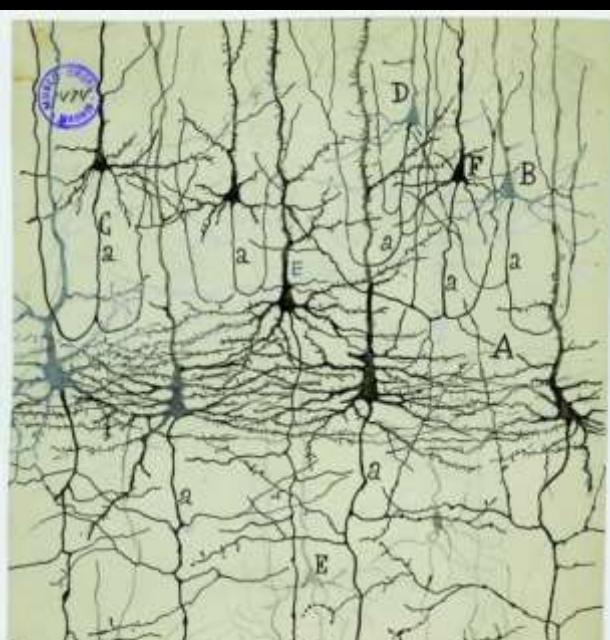
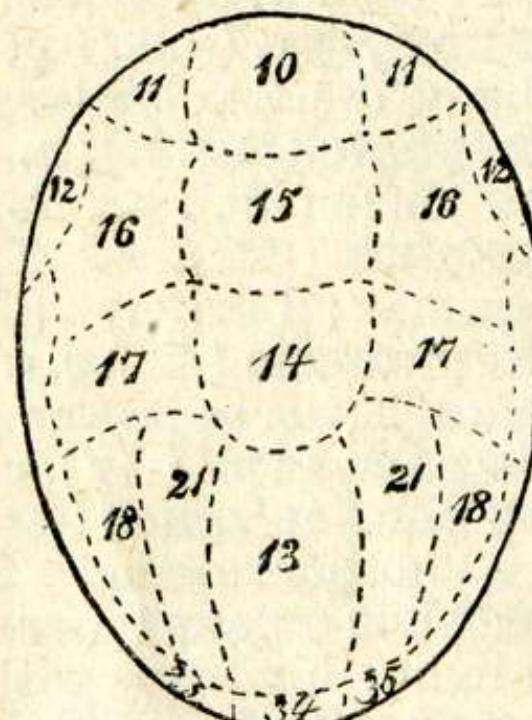




# Franz Joseph Gall (1757-1828)

## père de la phrénologie,

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



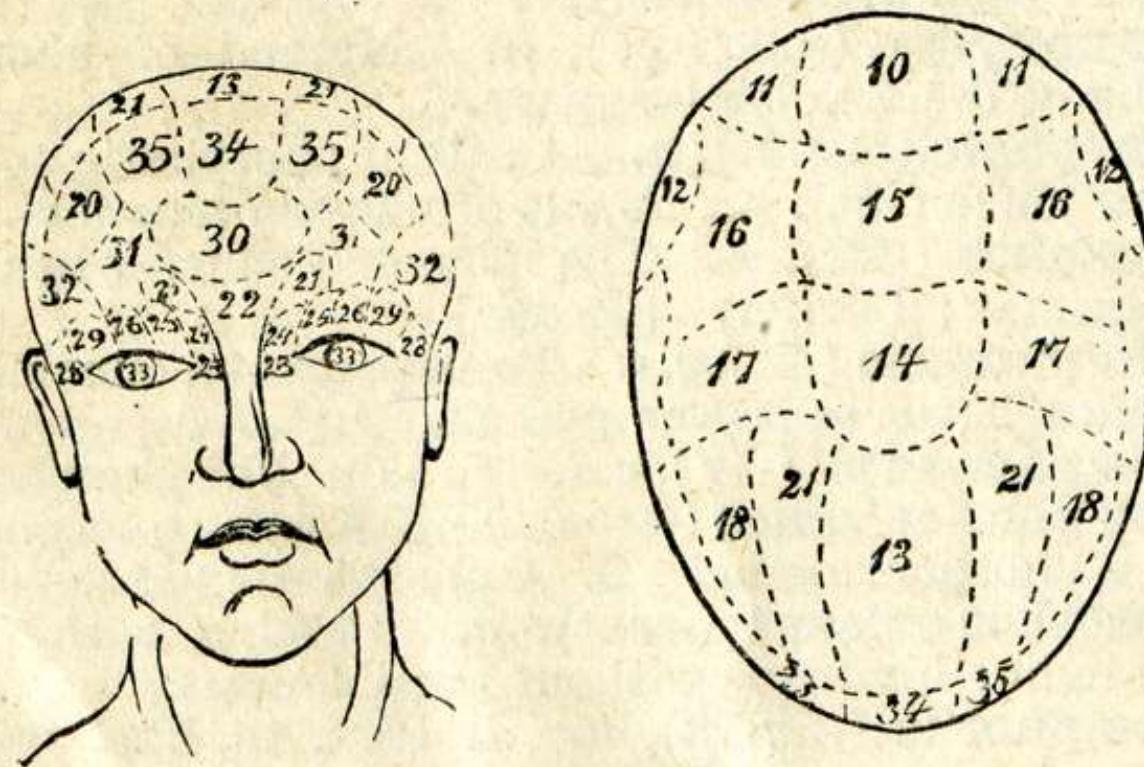
Ce qui allait un peu à l'encontre du paradigme dominant de l'époque qui était que le système nerveux était constitué d'un maillage fusionné.



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 Combativeness ; 6 De-  
structiveness ; 6 *a* Alimentiveness ; 7 Secretiveness ; 8 Ac-  
quisitiveness ; 9 Constructiveness ; 10 Self-esteem ; 11 Love of  
Approbation ; 12 Cautiousness ; 13 Benevolence ; 14 Venera-  
tion ; 15 Firmness ; 16 Conscientiousness ; 17 Hope ; 18 Won-  
der ; 19 Ideality ; 19 *a* (Not determined) ; 20 Wit ; 21 Imita-  
tion ; 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 Cau-  
sality. [Some raise the number of organs to forty-three.]

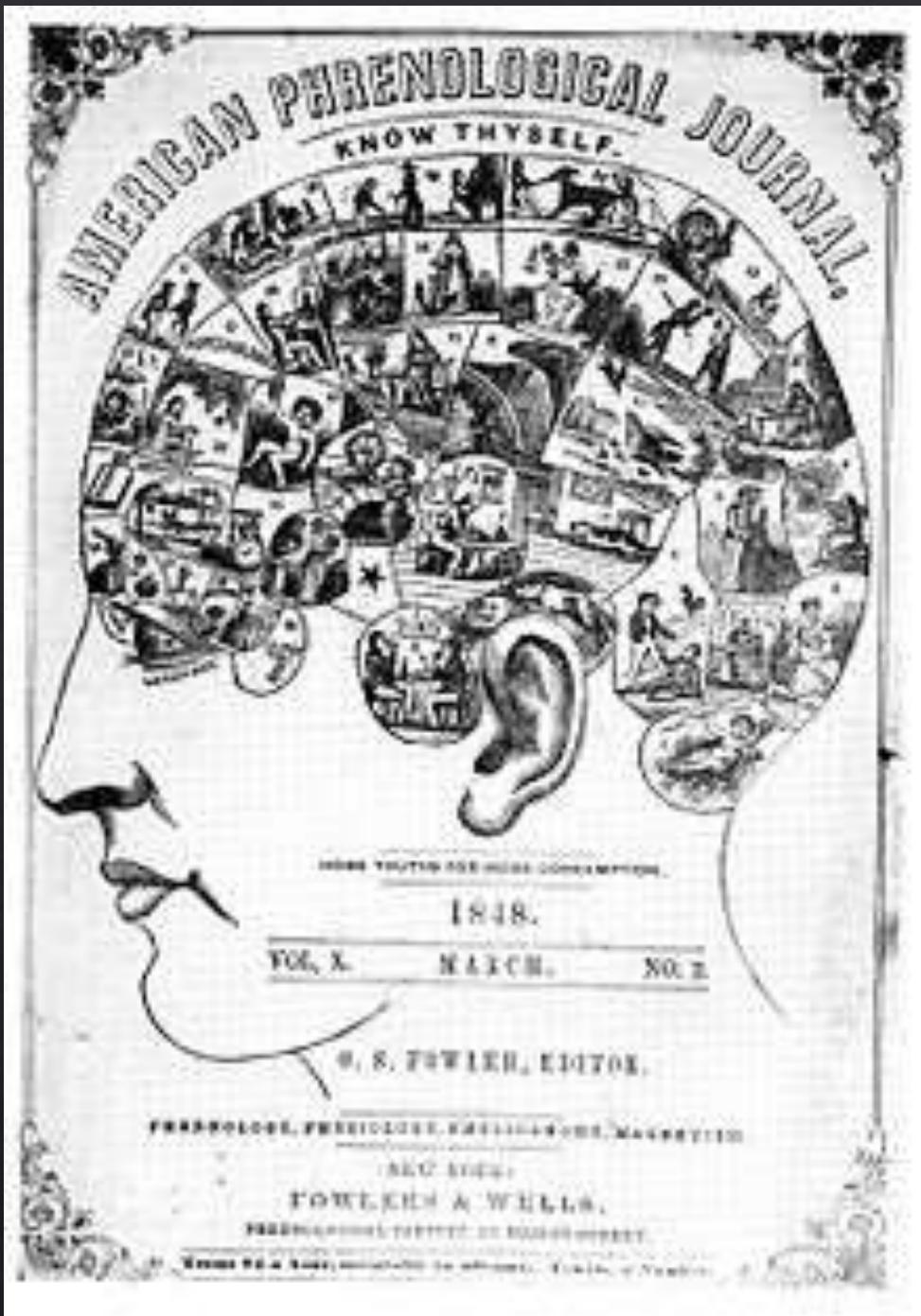


Pour Gall, une capacité particulièrement développée inscrivait sa trace par une **bosse sur le crâne**.

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

The Boy—what will he become?



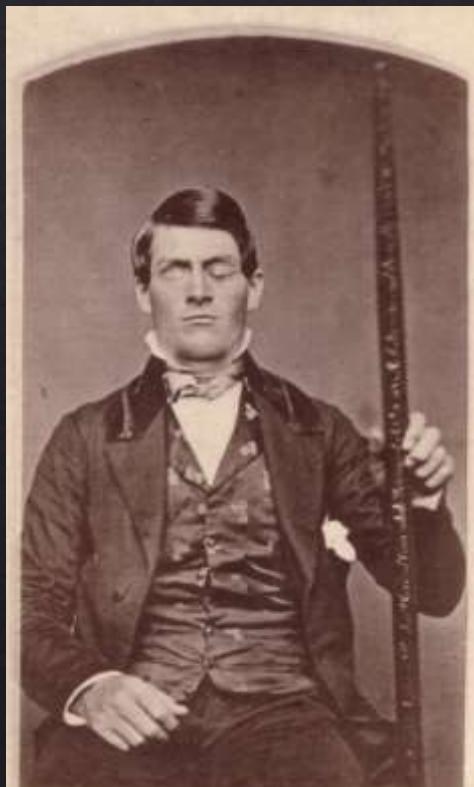


Malgré tout, l'idée que le cerveau était composé de plusieurs parties discrètes associées à des fonctions psychologiques distinctes était très **attrayante** et allait s'imposer pour longtemps.

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

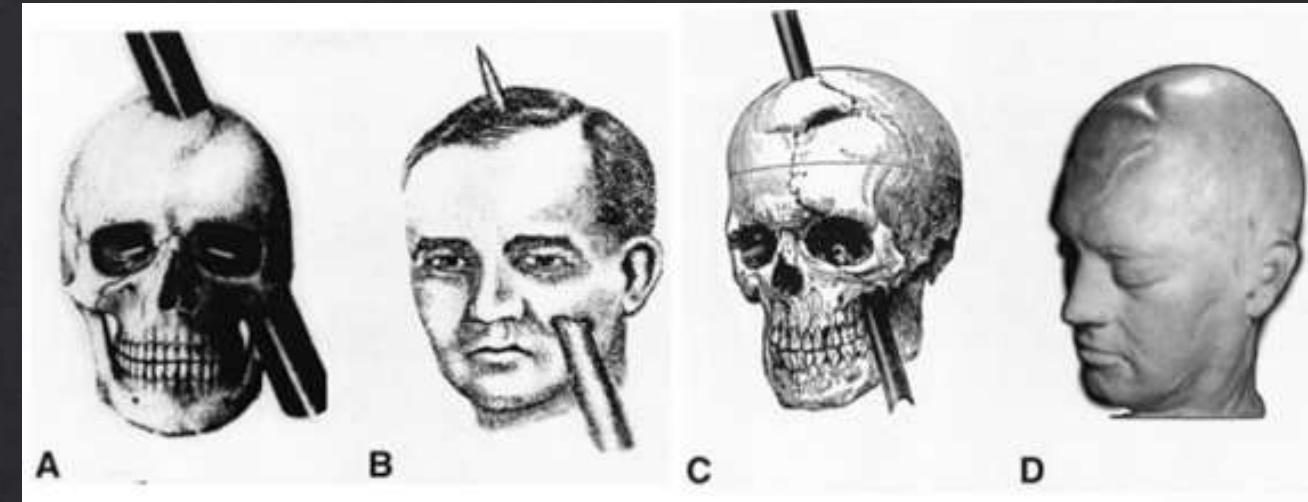
13 septembre 1848,  
Cavendish, Vermont, États-Unis

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.”*

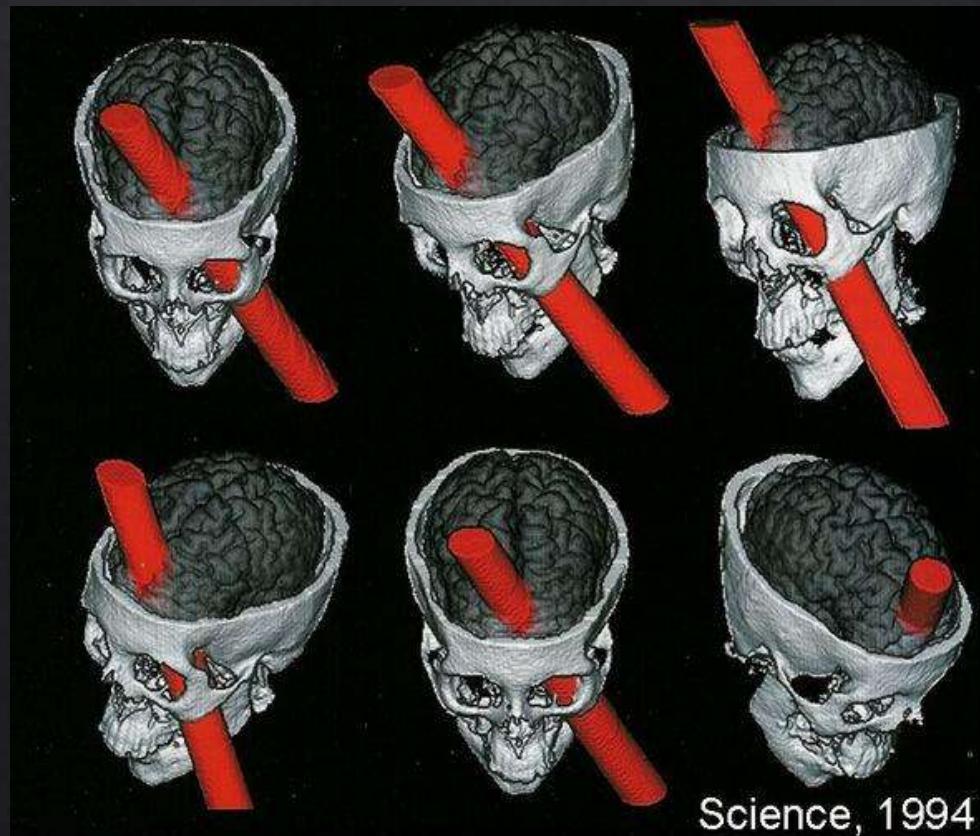
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Phineas\\_Gage](https://fr.wikipedia.org/wiki/Phineas_Gage)

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 H<sup>1</sup>, 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**.



Science, 1994

Paris, 1861.





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.

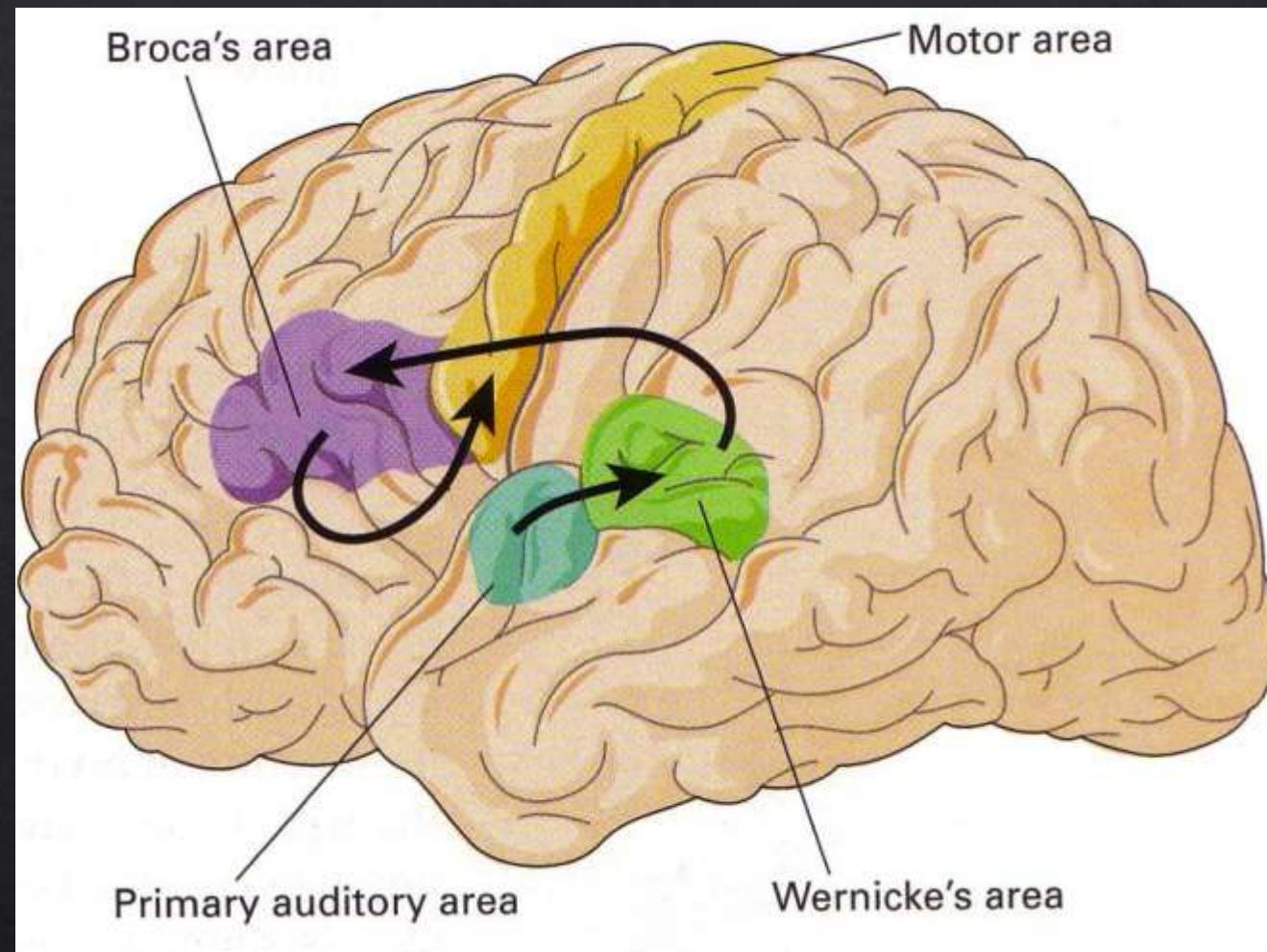


Elle est située dans la **partie postérieure du lobe temporal gauche**.

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.

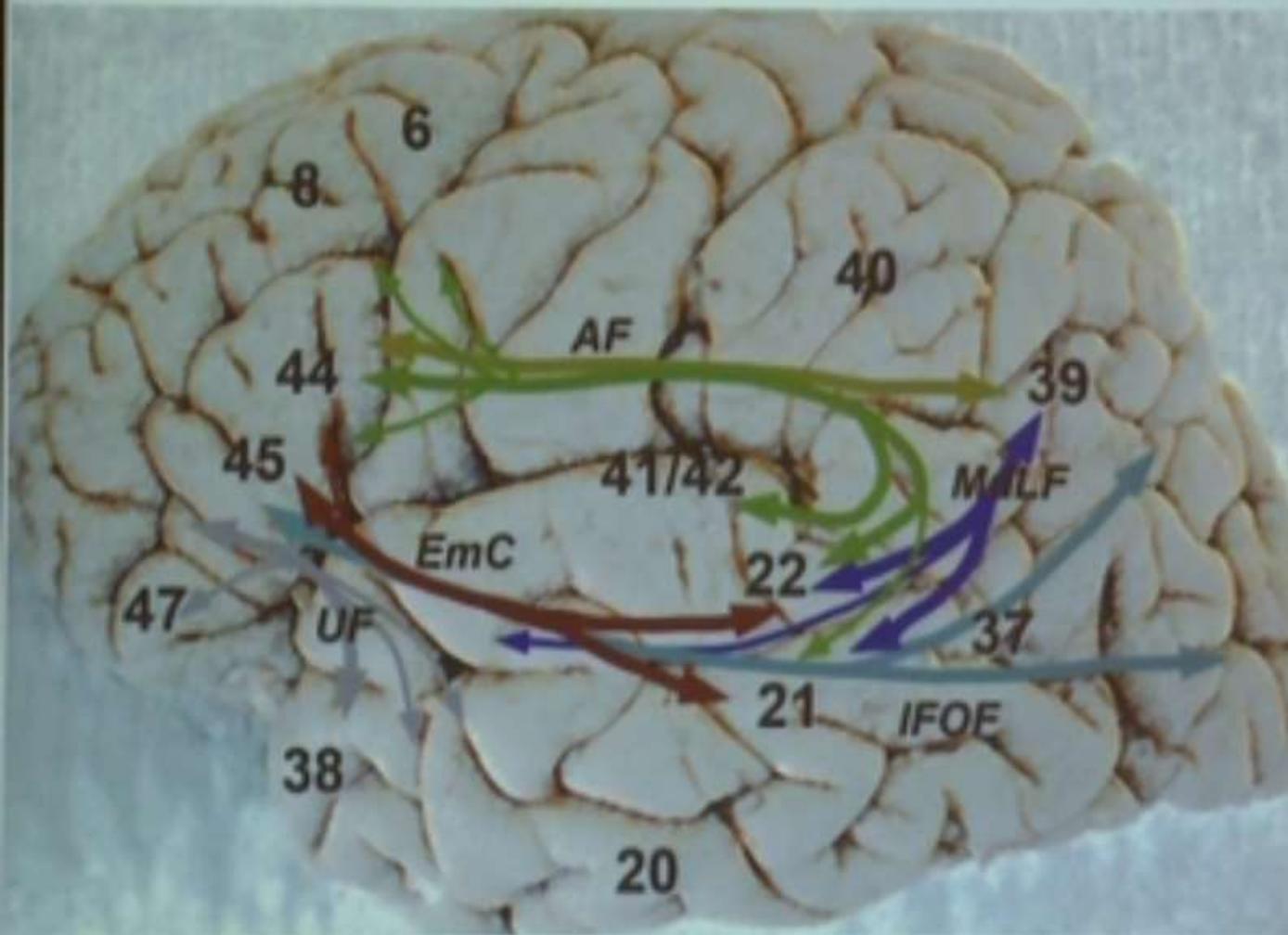


Fig. 4. Connectivity scheme of human language-related areas.

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

Faisceau arqué (*arcuate fasciculus*)

Capsule extrême

Faisceau unciné (*uncinate fasciculus*)

Crédit :  
Stanislas  
Dehaene

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

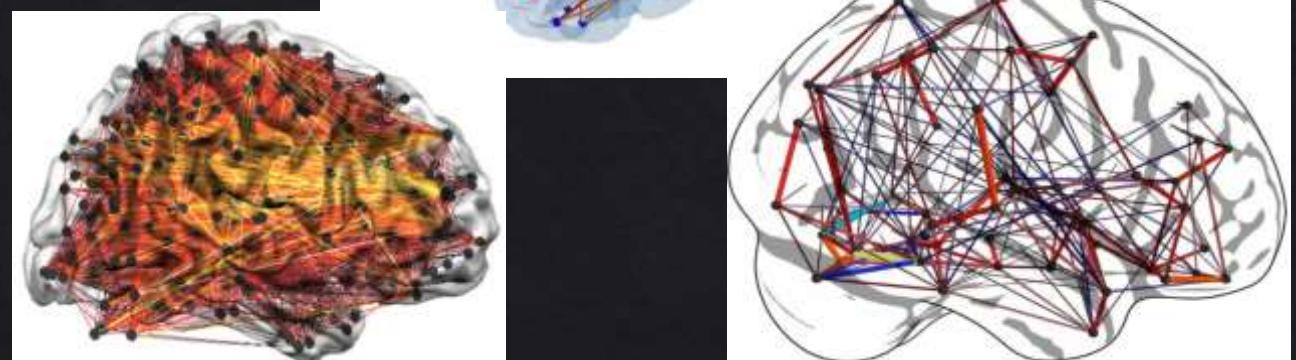
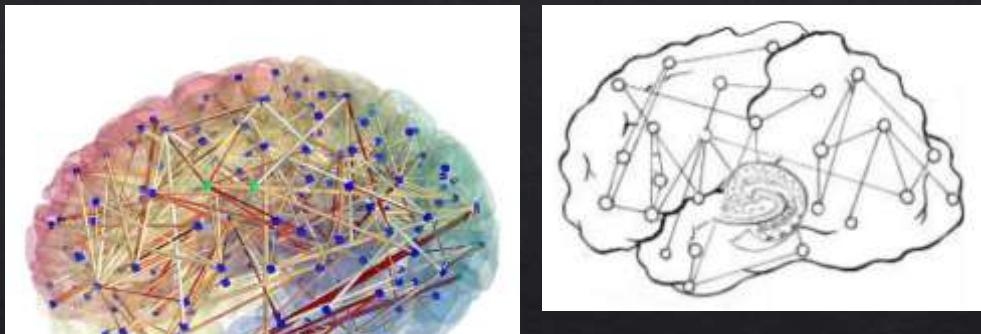
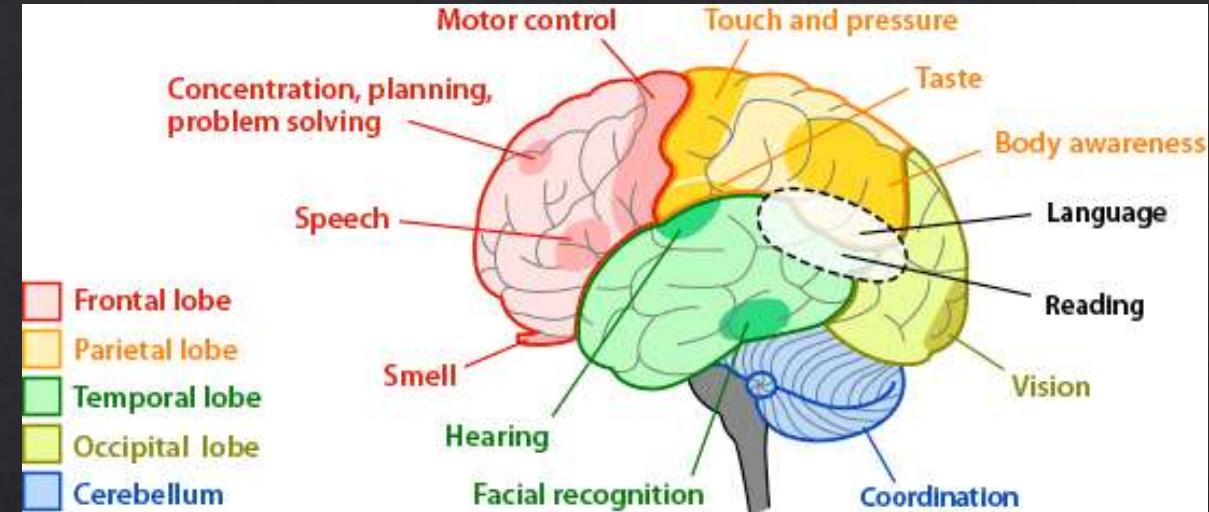
conception traditionnelle du  
cerveau

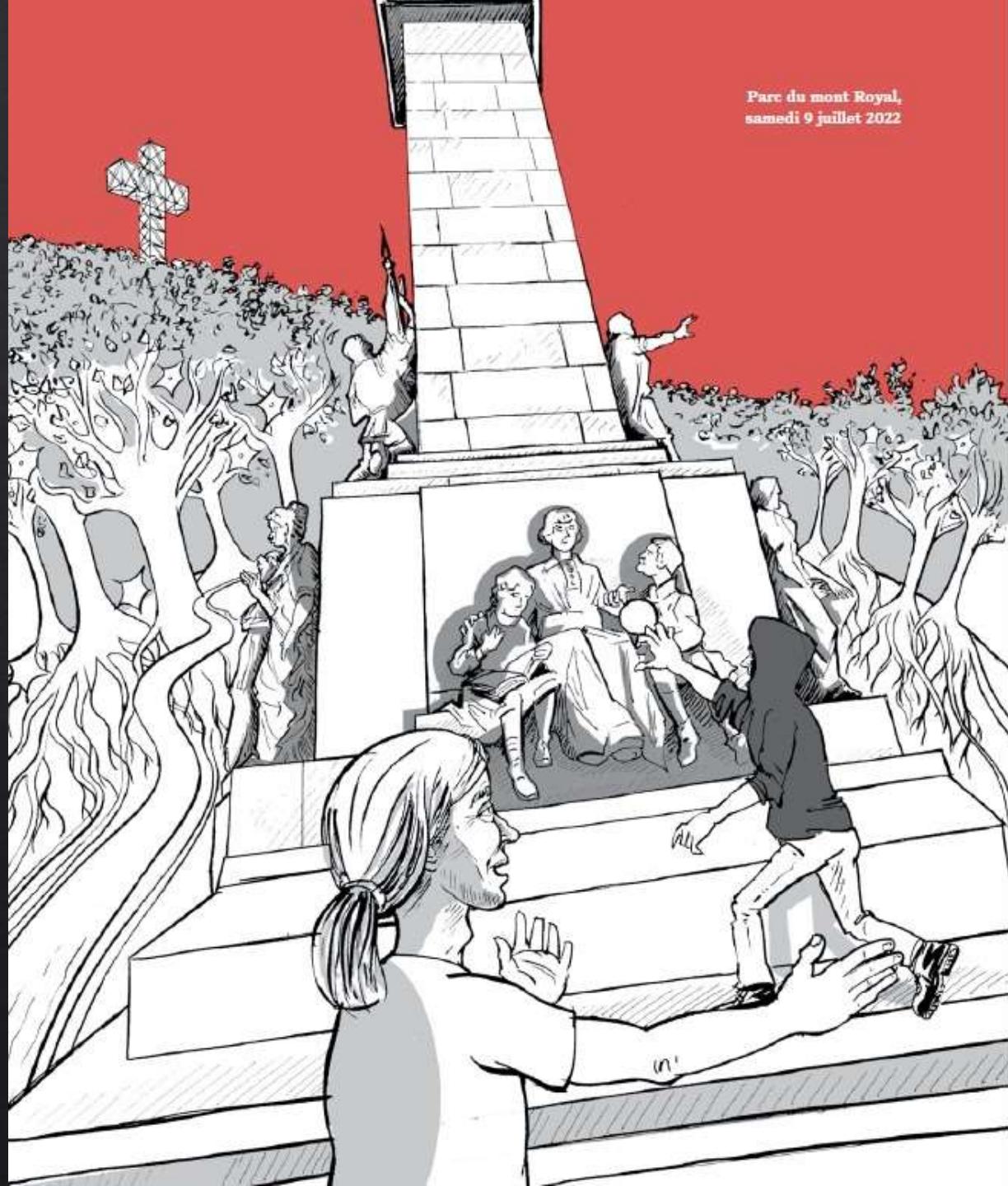
i.e. un objet (relativement)  
stable et régulier fait de  
composantes avec une  
relation structure-fonction  
(relativement) simple;

à une

nouvelle conception du  
cerveau

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





Part du mont Royal,  
samedi 9 juillet 2022

## 5<sup>e</sup> rencontre

# Des structures cérébrales reliées en réseaux de milliards de neurones

Où ça va se corser encore un peu plus avec **un voyage fantastique au mont Royal comme si c'était un modèle à grande échelle du cerveau!** Dans cette forêt de neurones, on suivra un influx nerveux qui nous fera traverser successivement la moelle épinière, le tronc cérébral, le thalamus, le cortex, l'hippocampe, l'amygdale et l'hypothalamus. On explorera aussi **des techniques d'imagerie cérébrale qui font des cartes de cerveaux vivants**. Et malgré les beaux « spots » de couleur de ces images, il faudra résister à **la tentation des « centres de » et autres étiquettes fonctionnelles**. Des exemples puisés dans l'étude de l'aire de Broca, de l'insula, de l'amygdale et du cervelet nous aideront à comprendre pourquoi. On pourra alors **refermer la boucle sensorimotrice** en passant par le cortex moteur, les ganglions de la base et le cervelet. On constatera alors à quel point **le concept de « recyclage neuronal »** et sa perspective évolutive nous aura été utile pour ne pas se perdre dans ce labyrinthe cérébral.

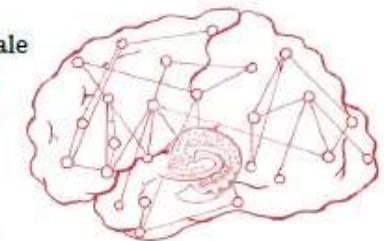
YDR Quand j'viens ici d'habitude, c'est pour les tams-tams le dimanche.

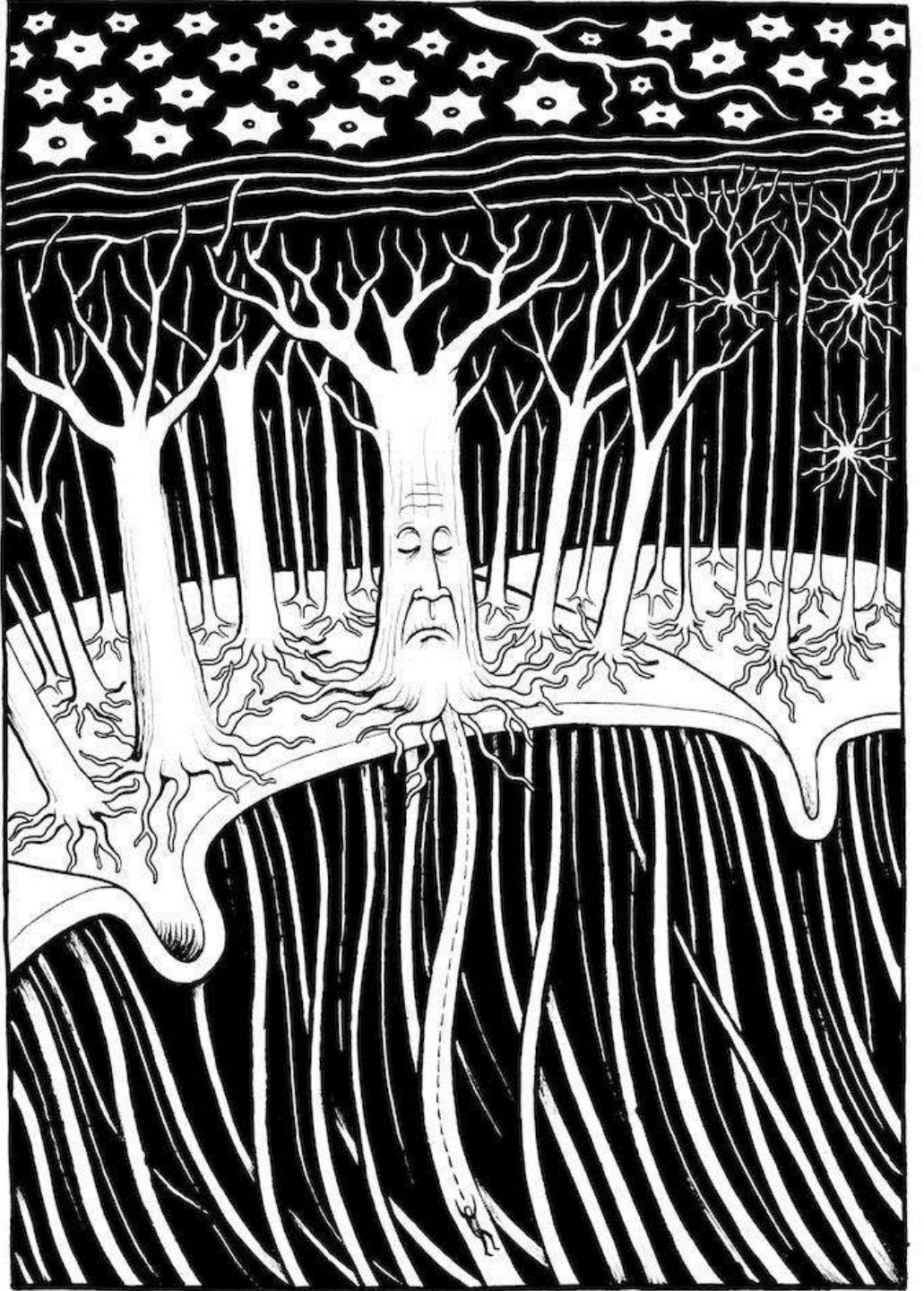
BD Oui, mais comme j'ai à t'expliquer une couple de trucs à partir de la statue de George-Étienne Cartier, tes petits micros-cravate ont beau être sensibles, il va y avoir moins de bruit aujourd'hui. Viens, on va s'approcher du piédestal à gauche.

YDR C'est qui, la femme?

BD Personne en particulier, elle symbolise l'éducation, d'après ce que j'ai lu. Parce que Cartier aurait fait des réformes importantes dans les écoles au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle au Québec. Mais ce qui constitue un point de départ intéressant pour notre sujet d'aujourd'hui, c'est le petit garçon à côté d'elle qui tient un globe terrestre. Parce qu'on va faire de la cartographie!

YDR De la cartographie? Ça devient un cours de géo?!

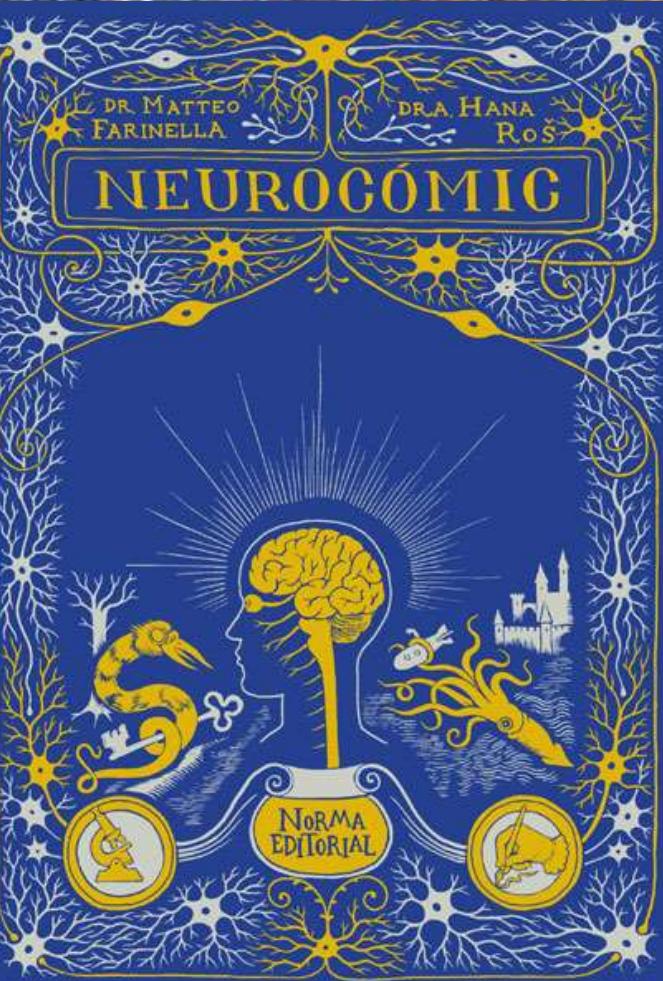




neurones univers mécanique quantique  
Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur...  
**Les trois infinis : le petit, le grand et le complexe**

2015

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



6 mai, 14h., statue des tam-tams  
Pour les détails au [www.upopmontreal.com](http://www.upopmontreal.com)

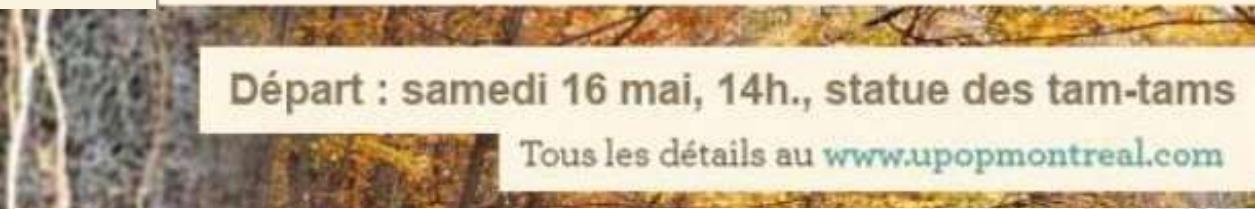




neurones univers mécanique quantique  
Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur...  
**Les trois infinis : le petit, le grand et le complexe**

2015

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





2022

neurones univers mécanique quantique  
Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur...  
**Les trois infinis : 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](http://www.upopmontreal.com)



**CLUB DE  
LECTURE**

Une rencontre par mois  
pour jaser de chaque  
rencontre du livre !

**NOTRE CERVEAU  
À TOUS LES NIVEAUX**  
Du Big Bang à la conscience sociale

Brana Dubuc  
avec Yves D. Berger  
Illustrations de Rémy Guérin

Éditions

**5<sup>e</sup> rencontre > 29 juillet 2025**  
**Des structures cérébrales  
reliées en réseaux de  
milliards de neurones**

Où ça va se corser encore un peu plus avec **un voyage fantastique au mont Royal** comme si c'était un modèle à grande échelle de cerveau ! Dans cette forêt de neurones, on suivra un influx nerveux qui nous fera traverser successivement la moelle épinière, le tronc cérébral, le thalamus, le cortex, l'hippocampe, l'amygdale et l'hypothalamus. On exploreras aussi des techniques d'**imagerie cérébrale** qui font des cartes de cerveaux **vivants**. Et malgré les beaux « spots » de couleur de ces images, il faudra résister à la tentation des « centres de » et autres étiquettes fonctionnelles. Des exemples prisés dans l'étude de l'aire de Broca, de l'insula, de l'amygdale et du cervelet nous aideront à comprendre pourquoi. On pourra alors **résumer la boucle sensorimotrice** en passant par le cortex moteur, les ganglions de la base et le cervelet. On constatera alors à quel point le concept de « recyclage neuronal » et sa perspective évolutive nous aura été utile pour ne pas se perdre dans ce labyrinthe cérébral.

**> Voir le site de l'UPop pour les détails sur le club de lecture**

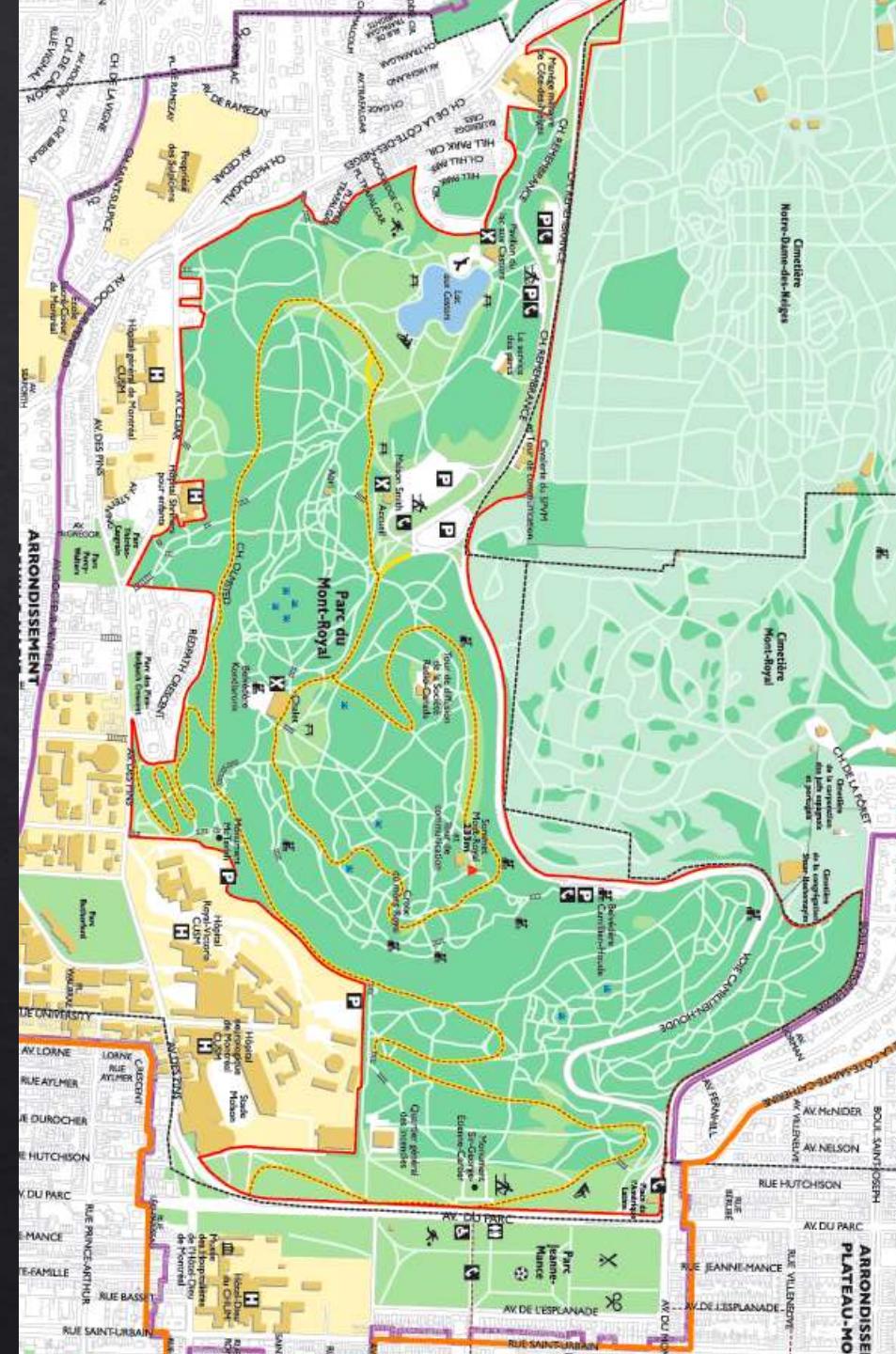
UPOP montréal

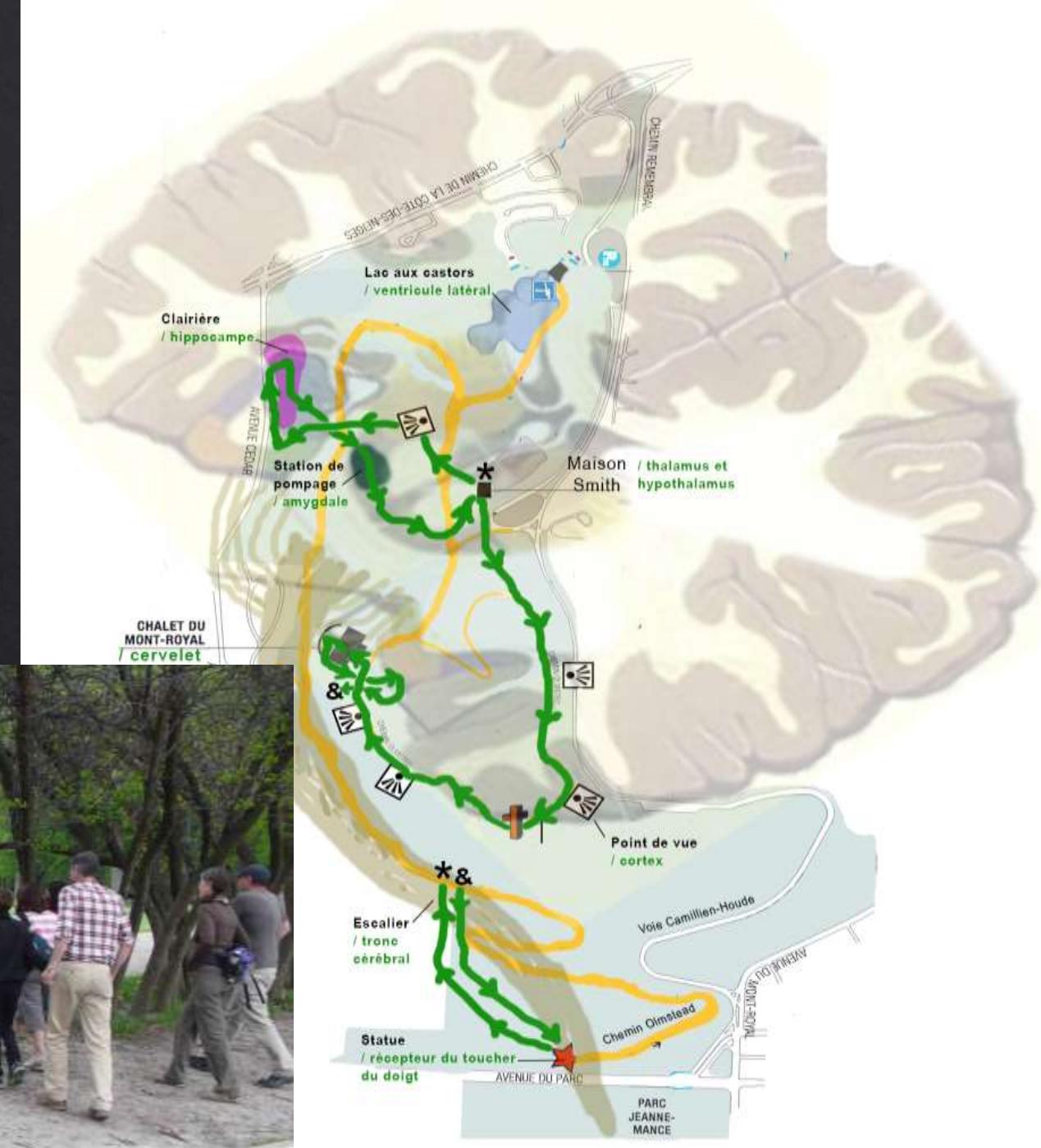
WWW.UPOPMONTREAL.COM



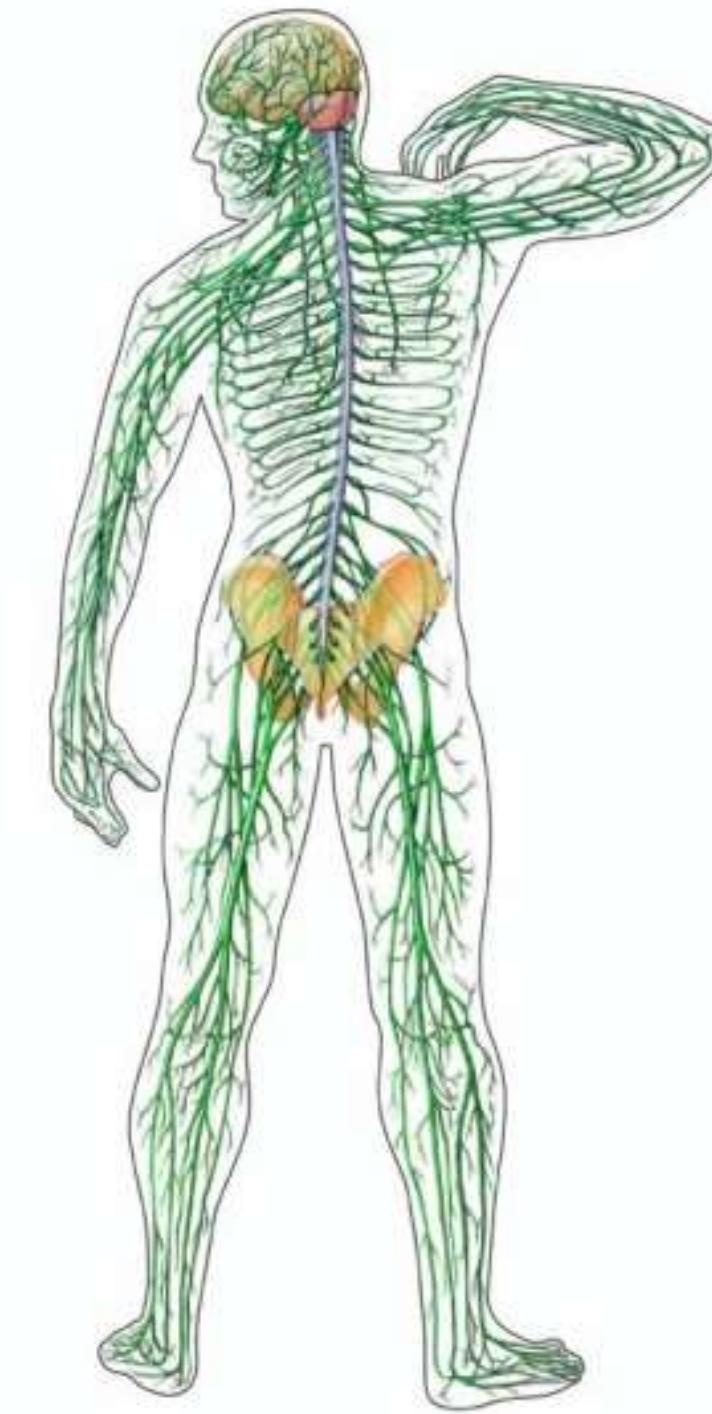
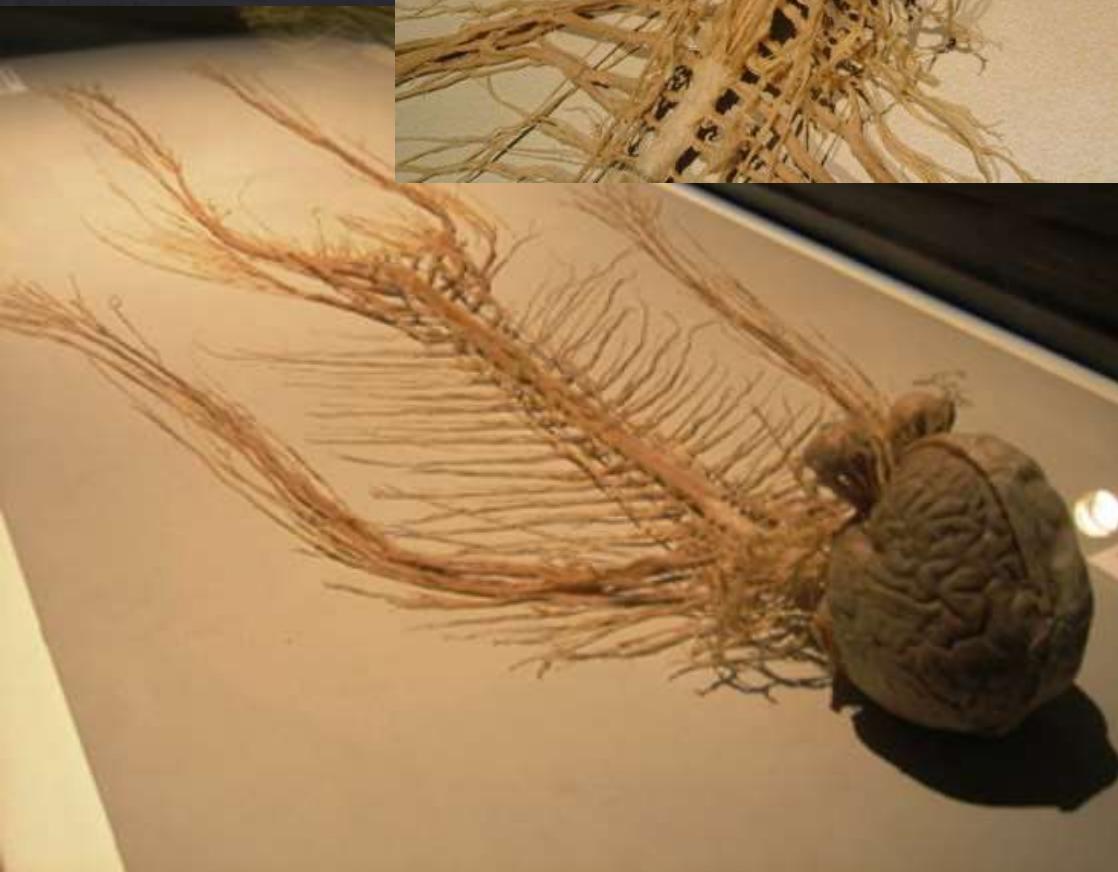


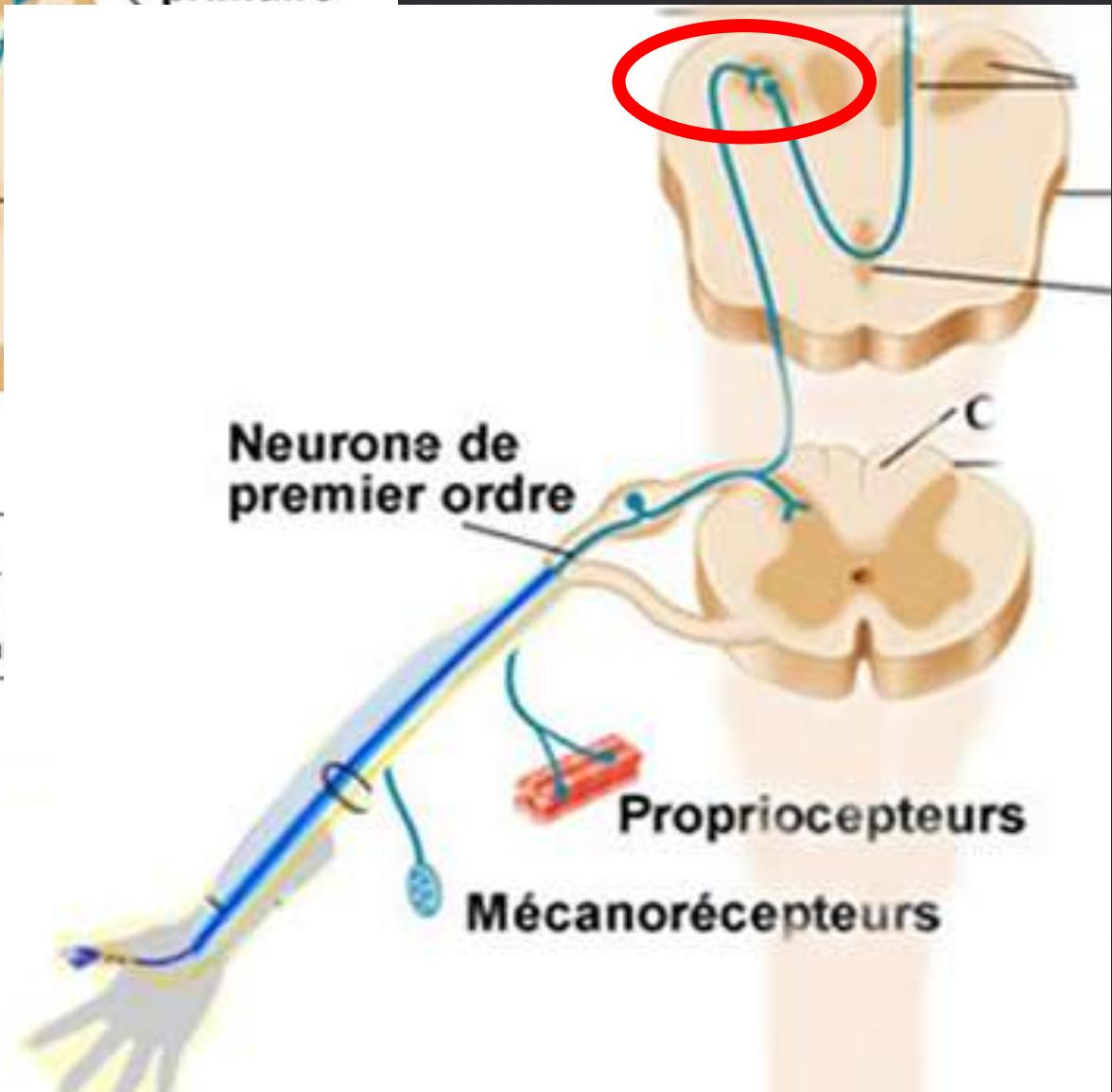
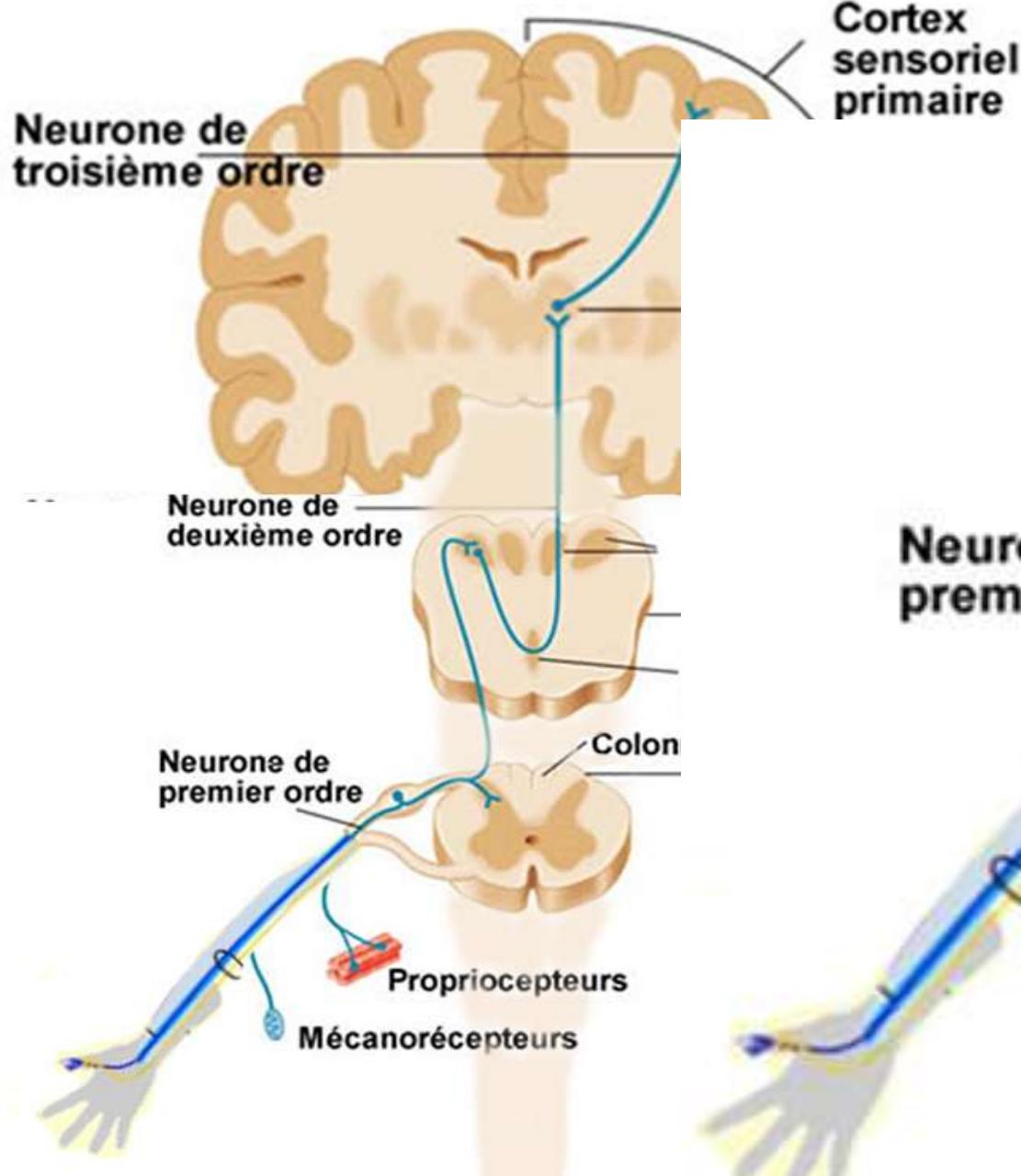
Google



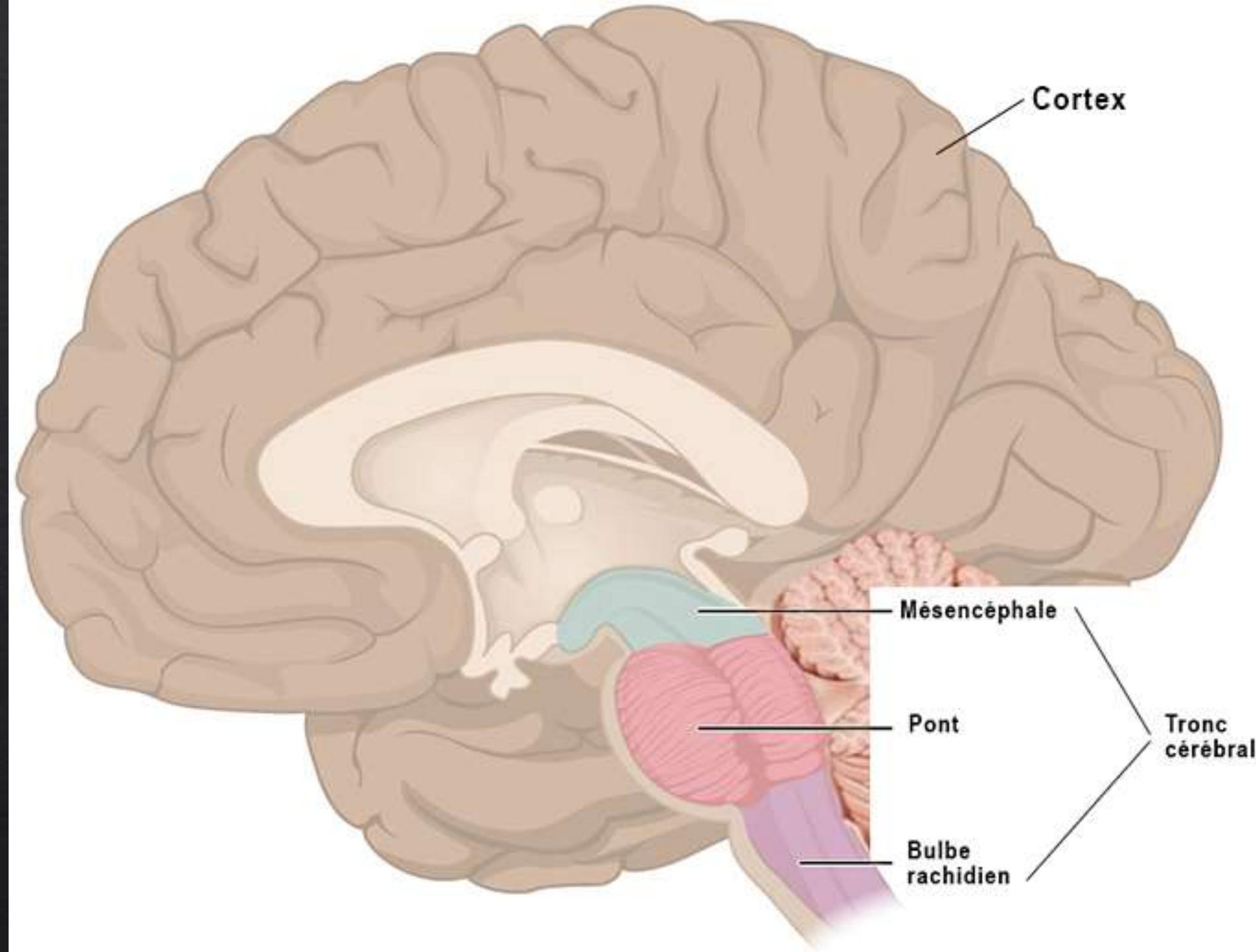


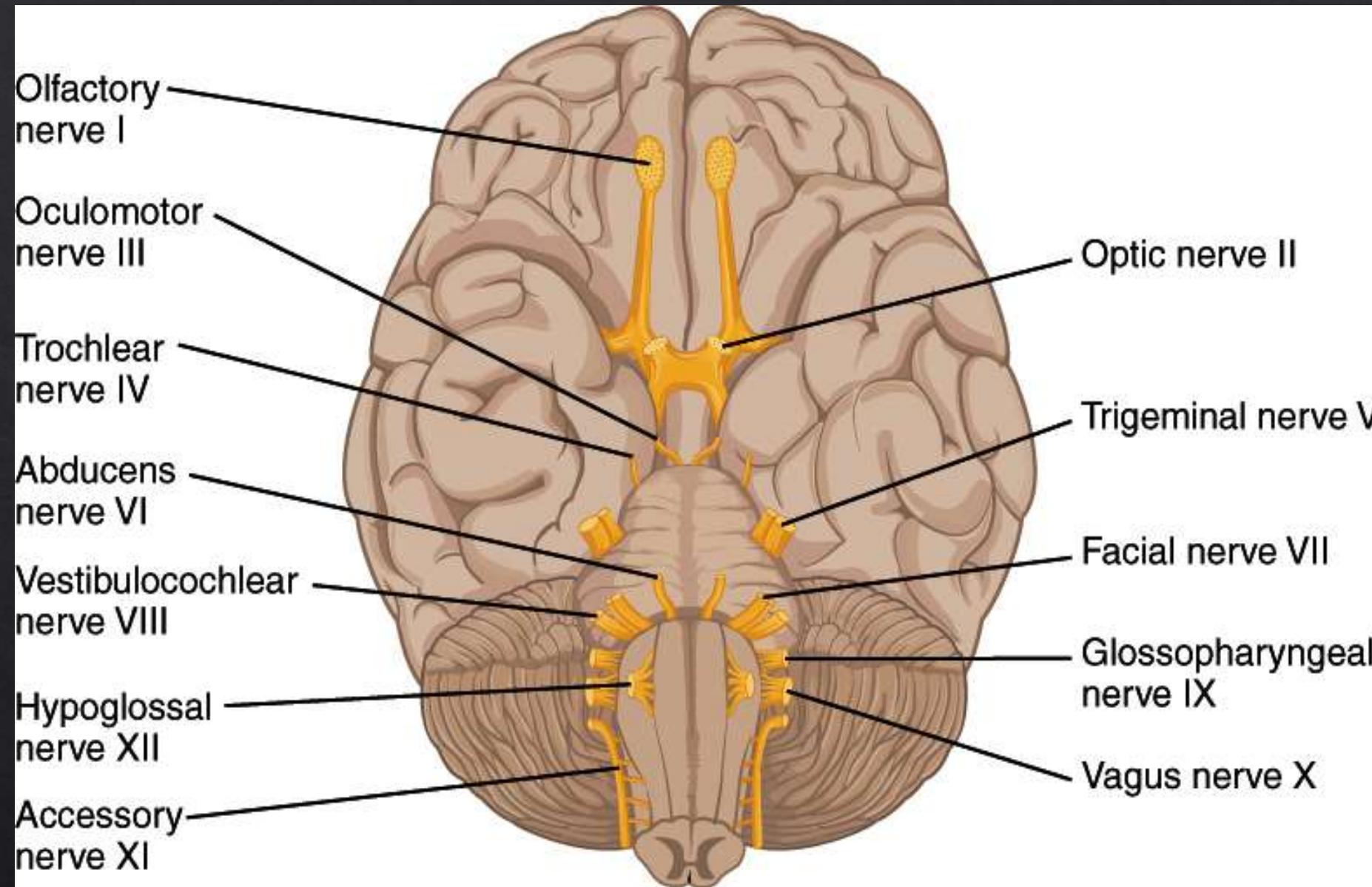


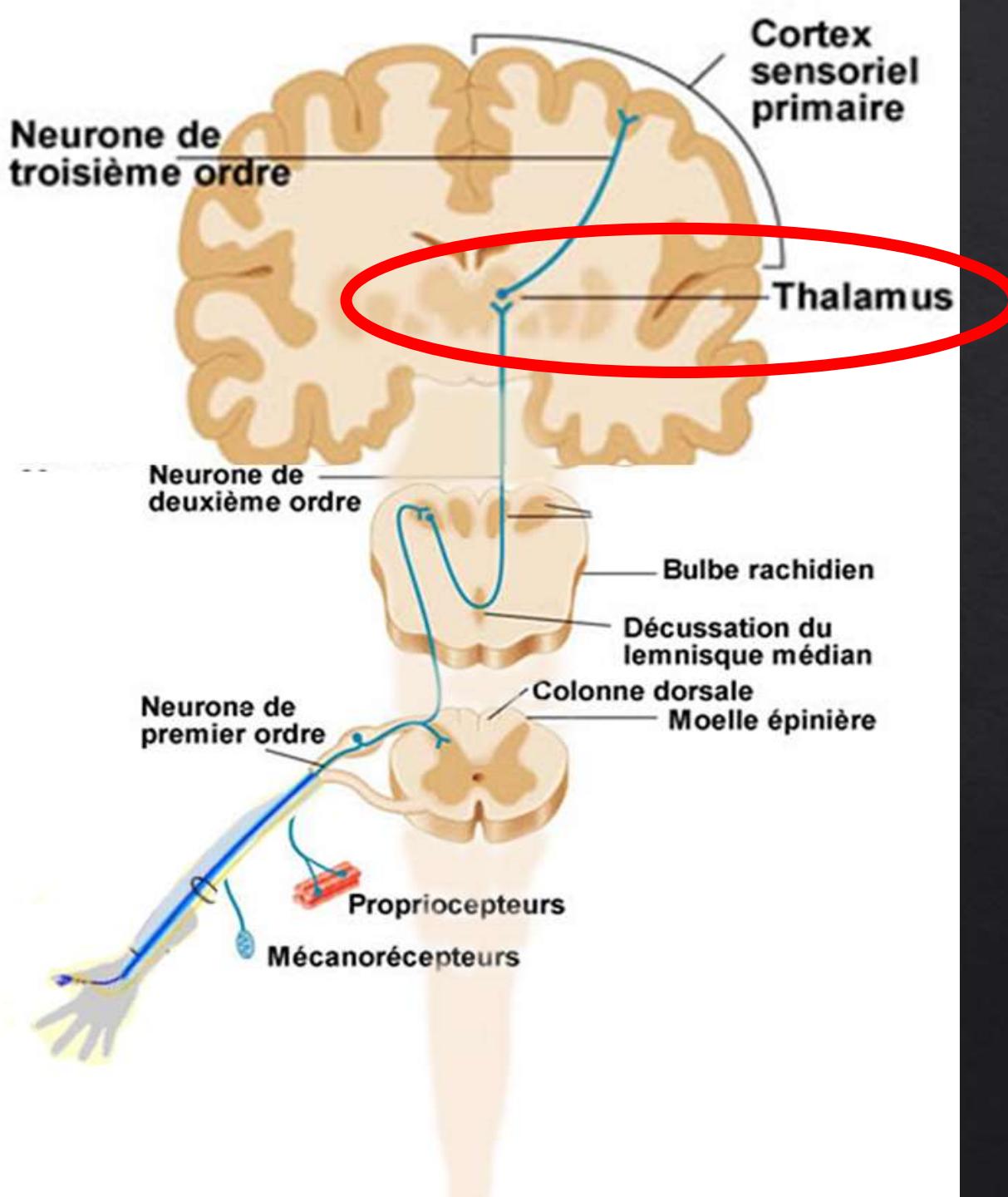


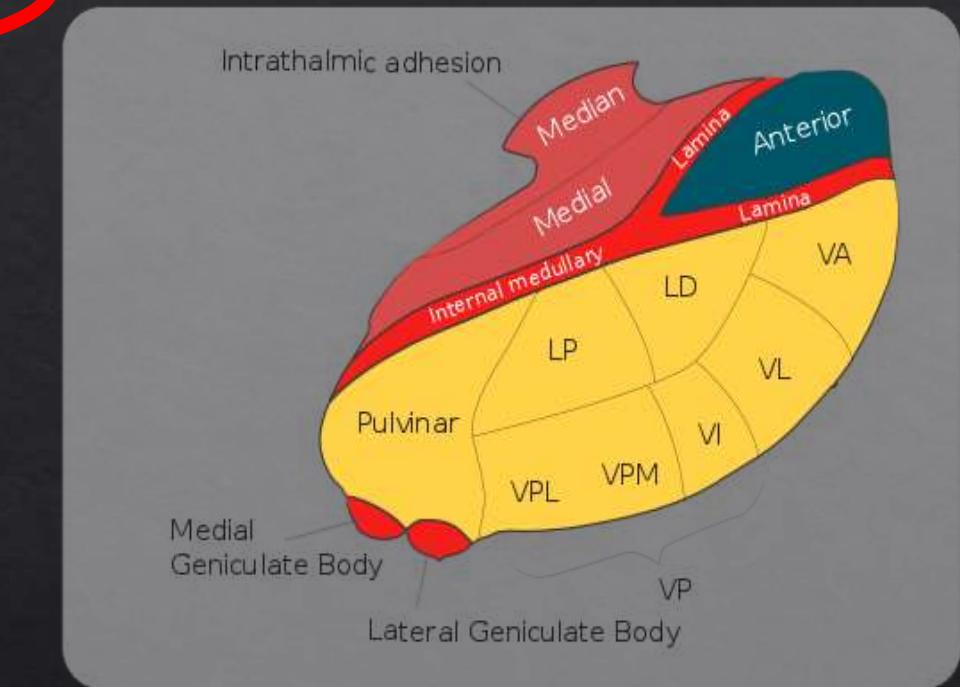
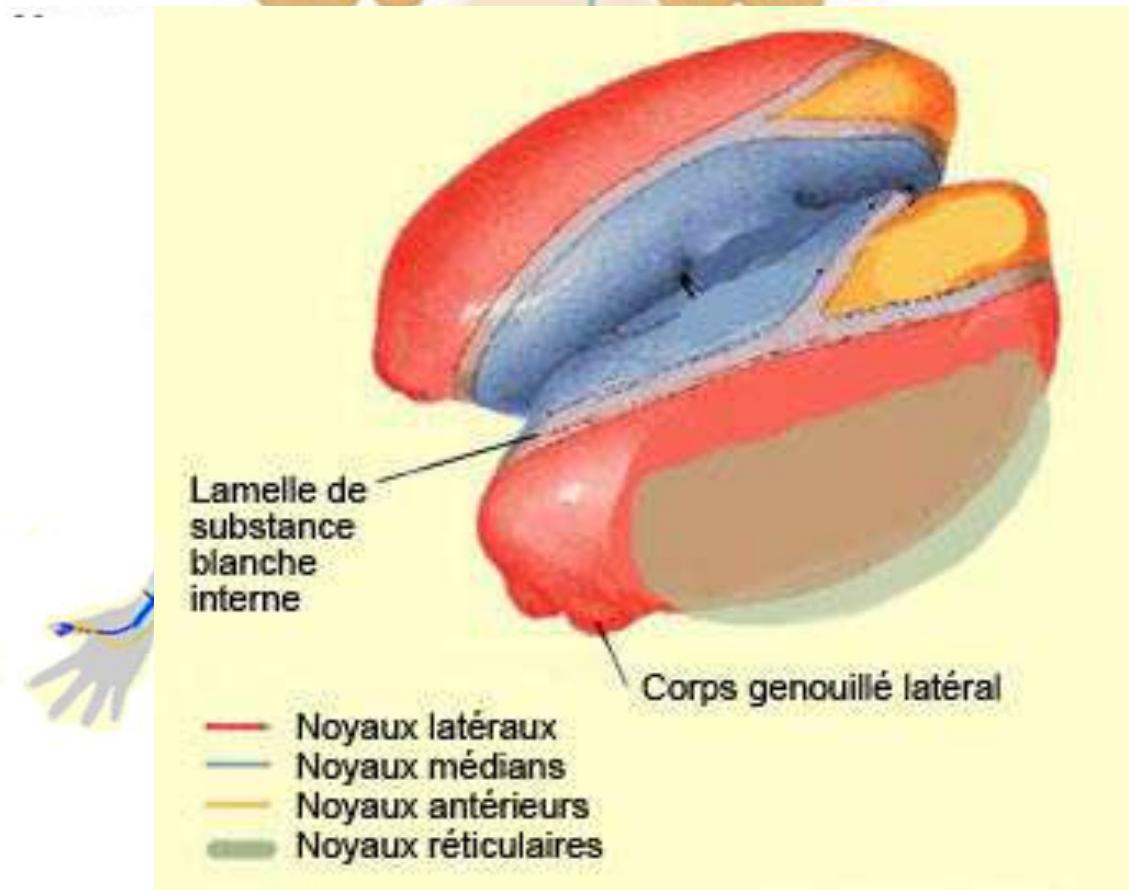
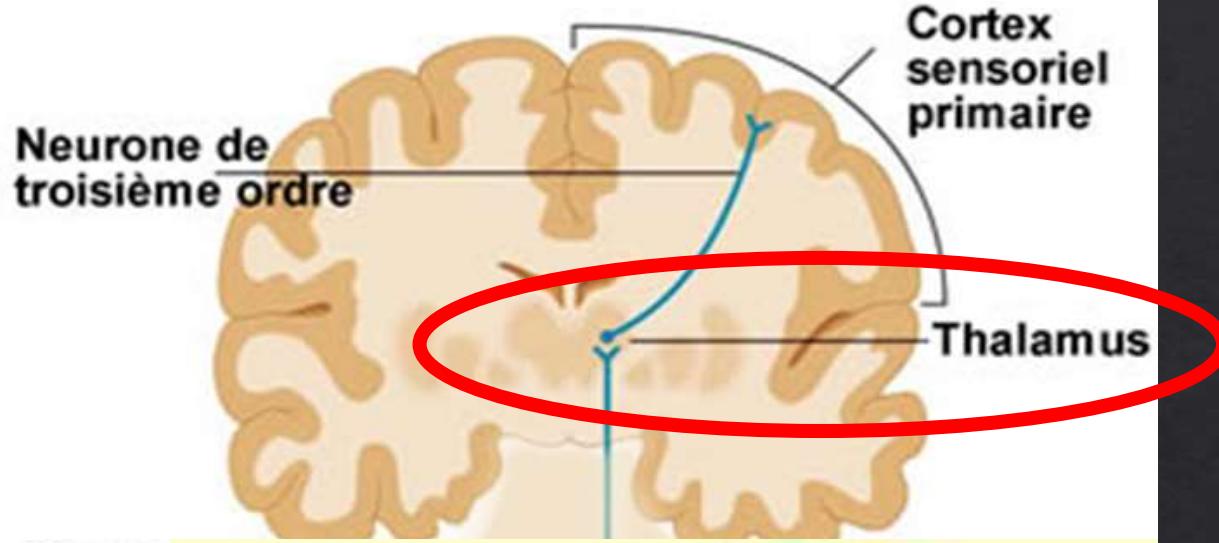


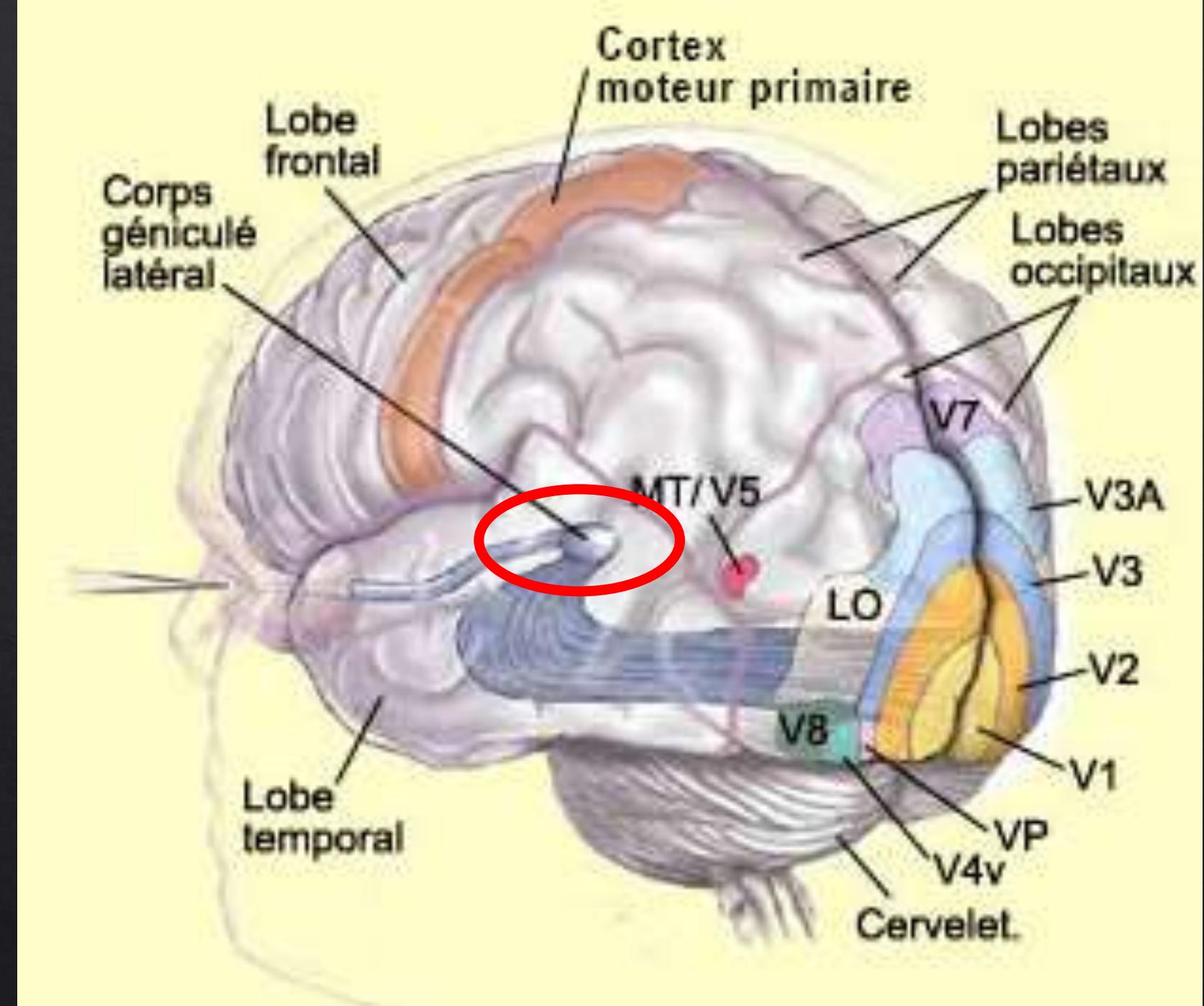




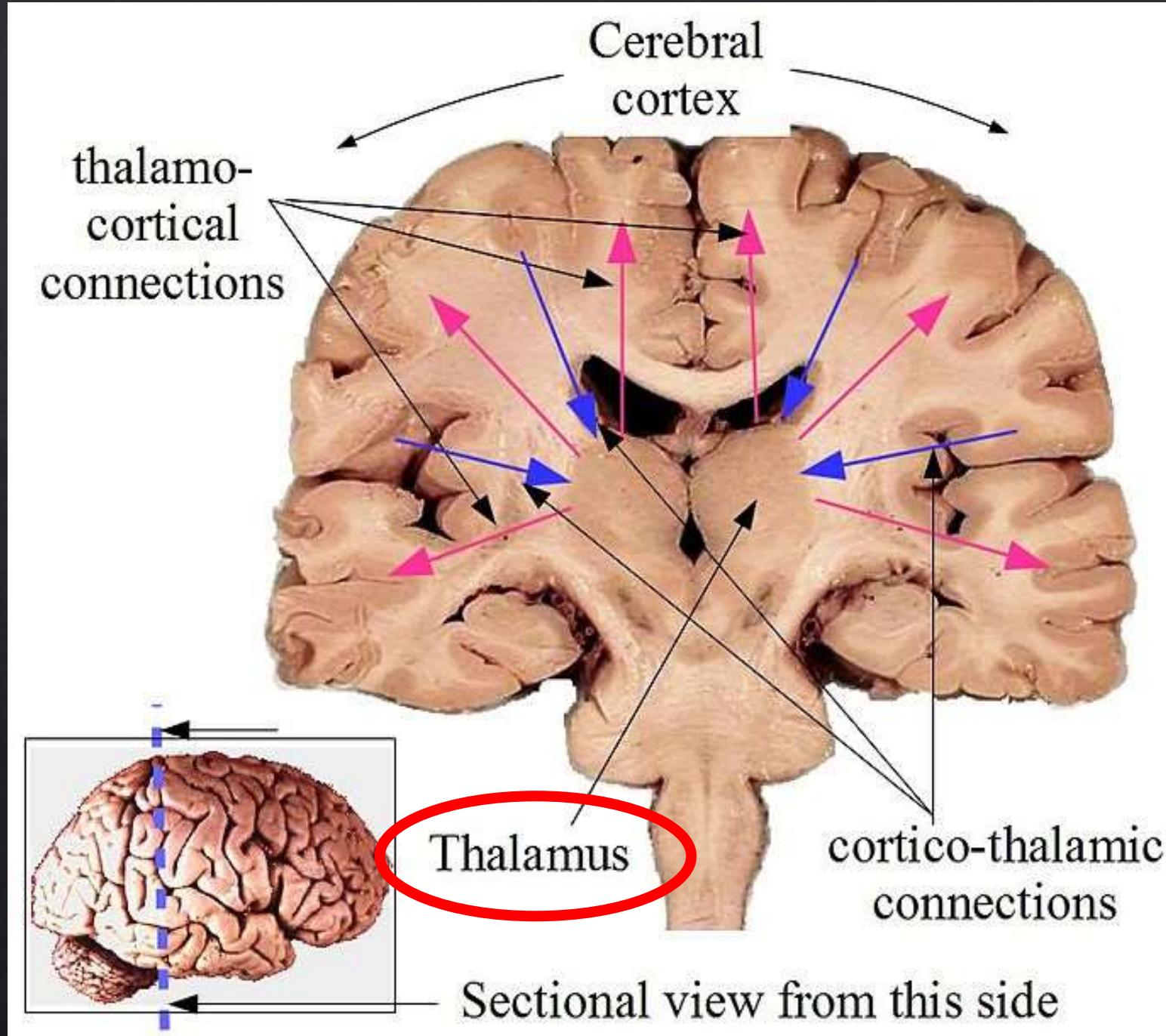


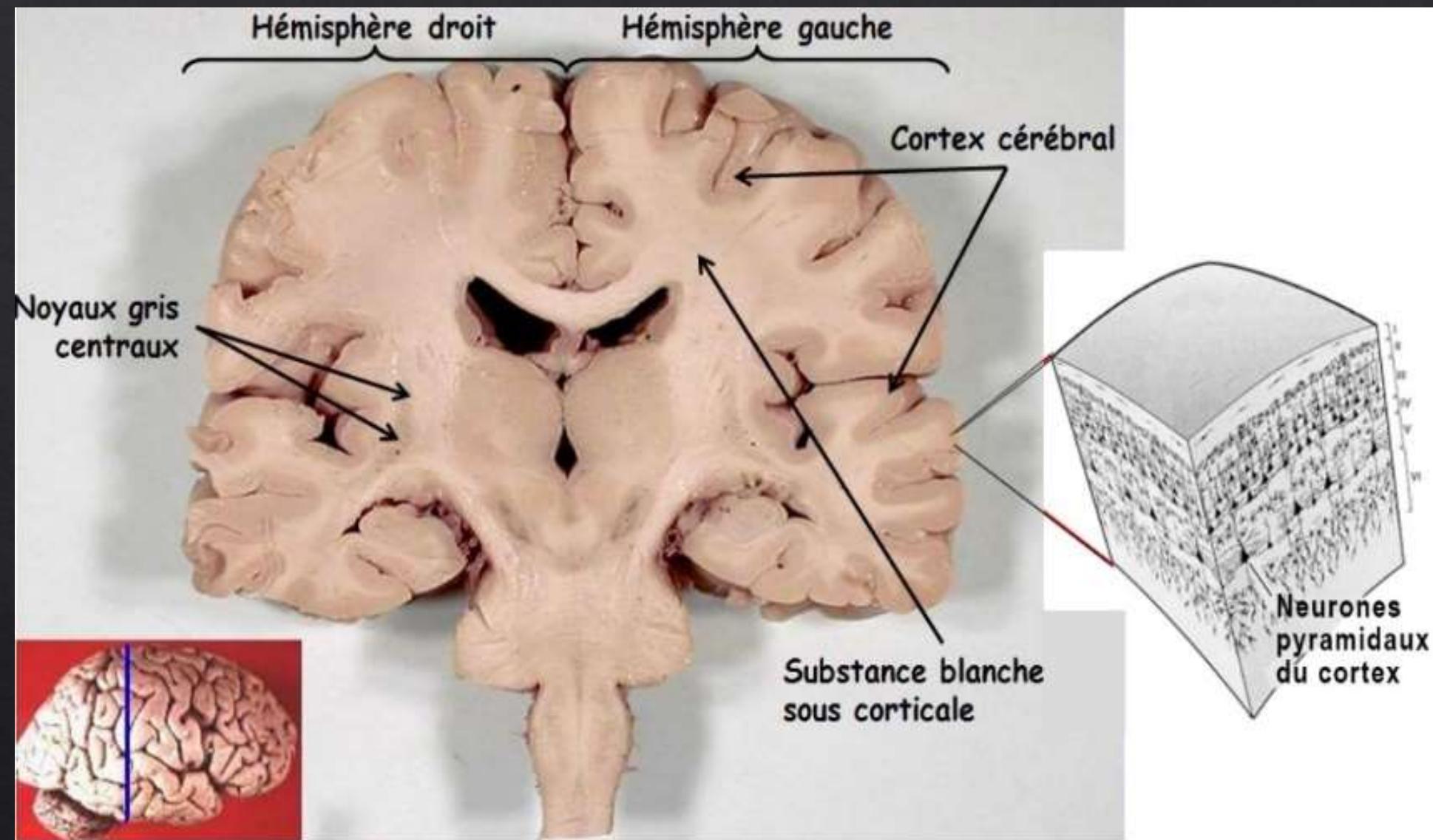


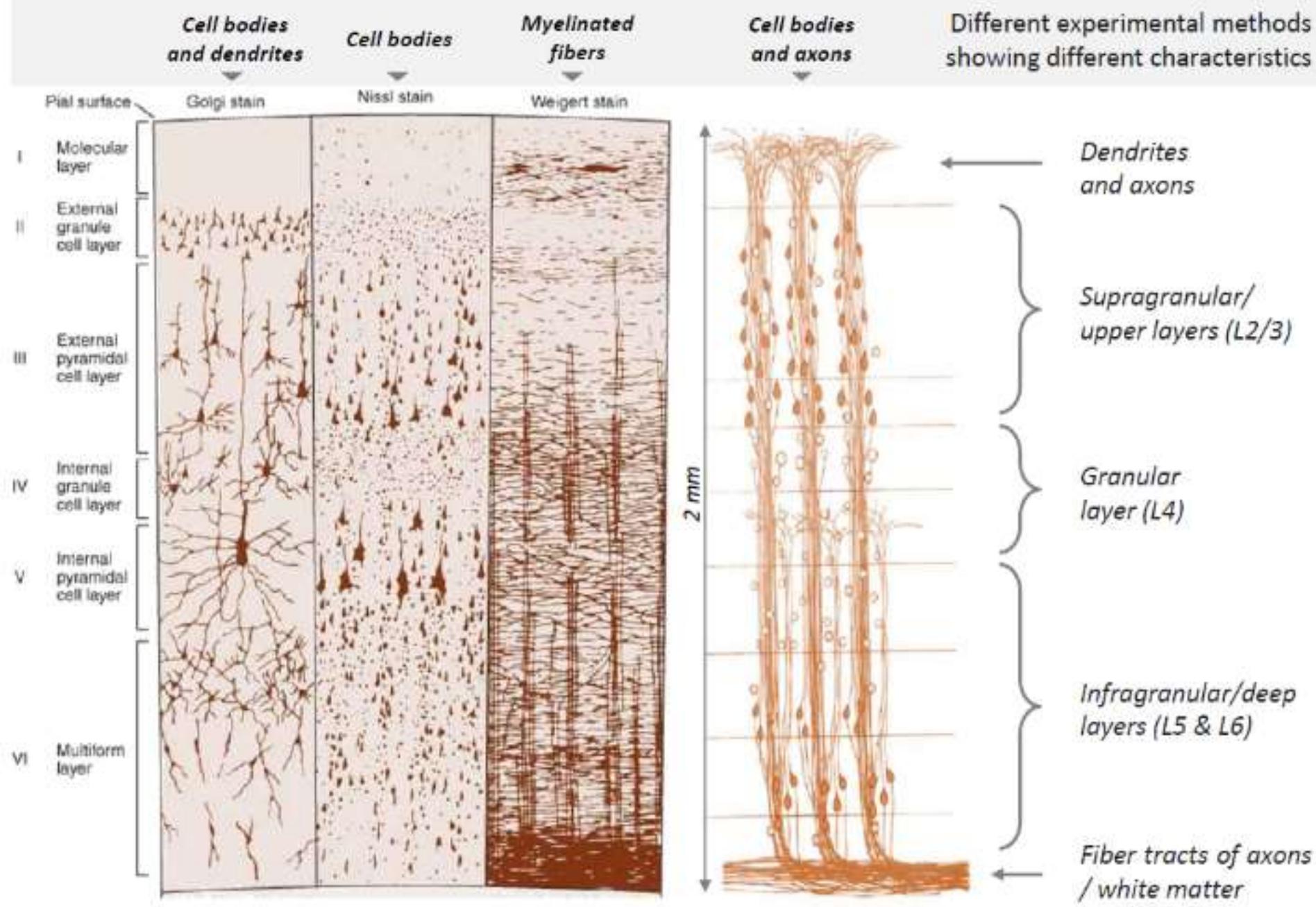


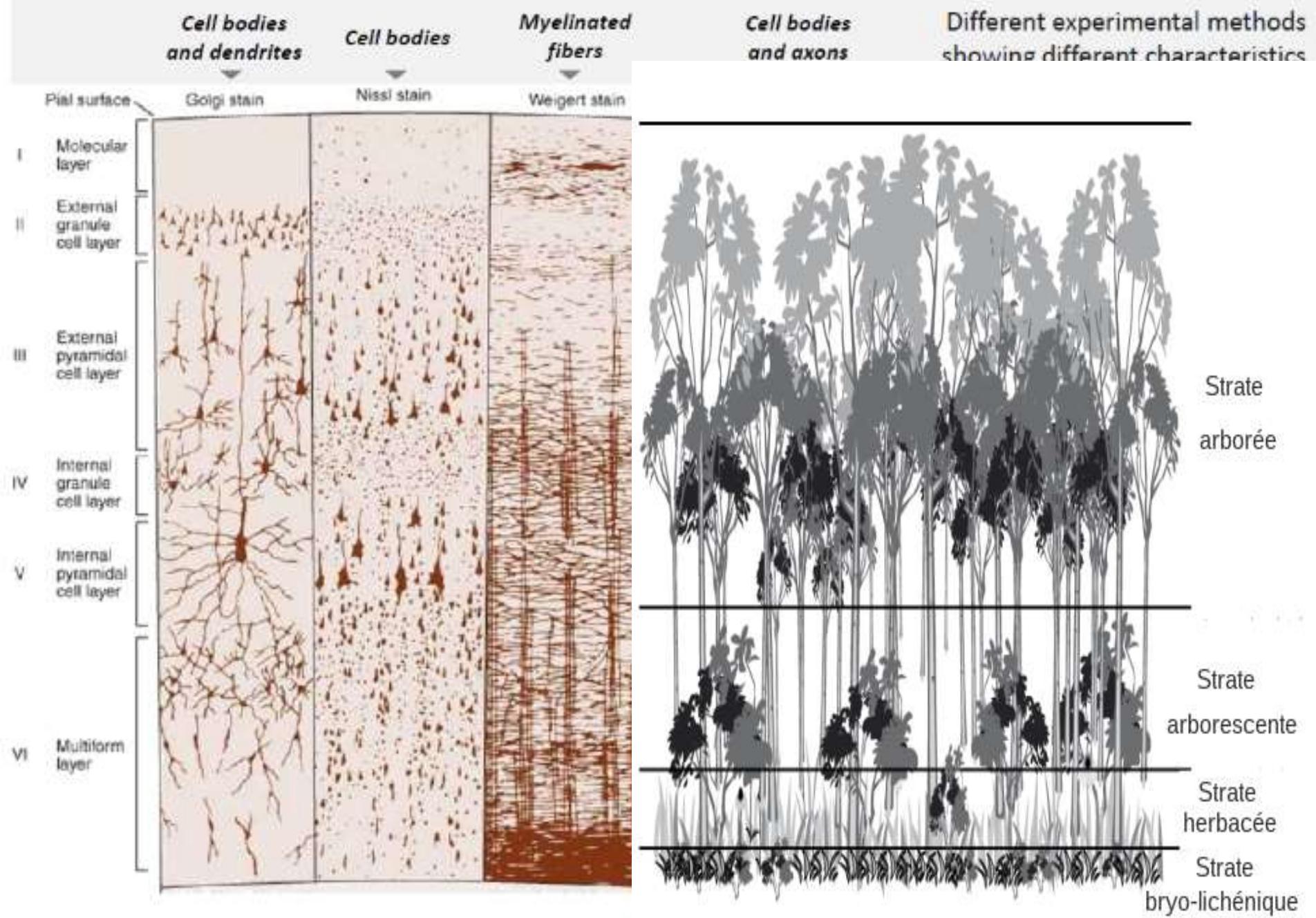




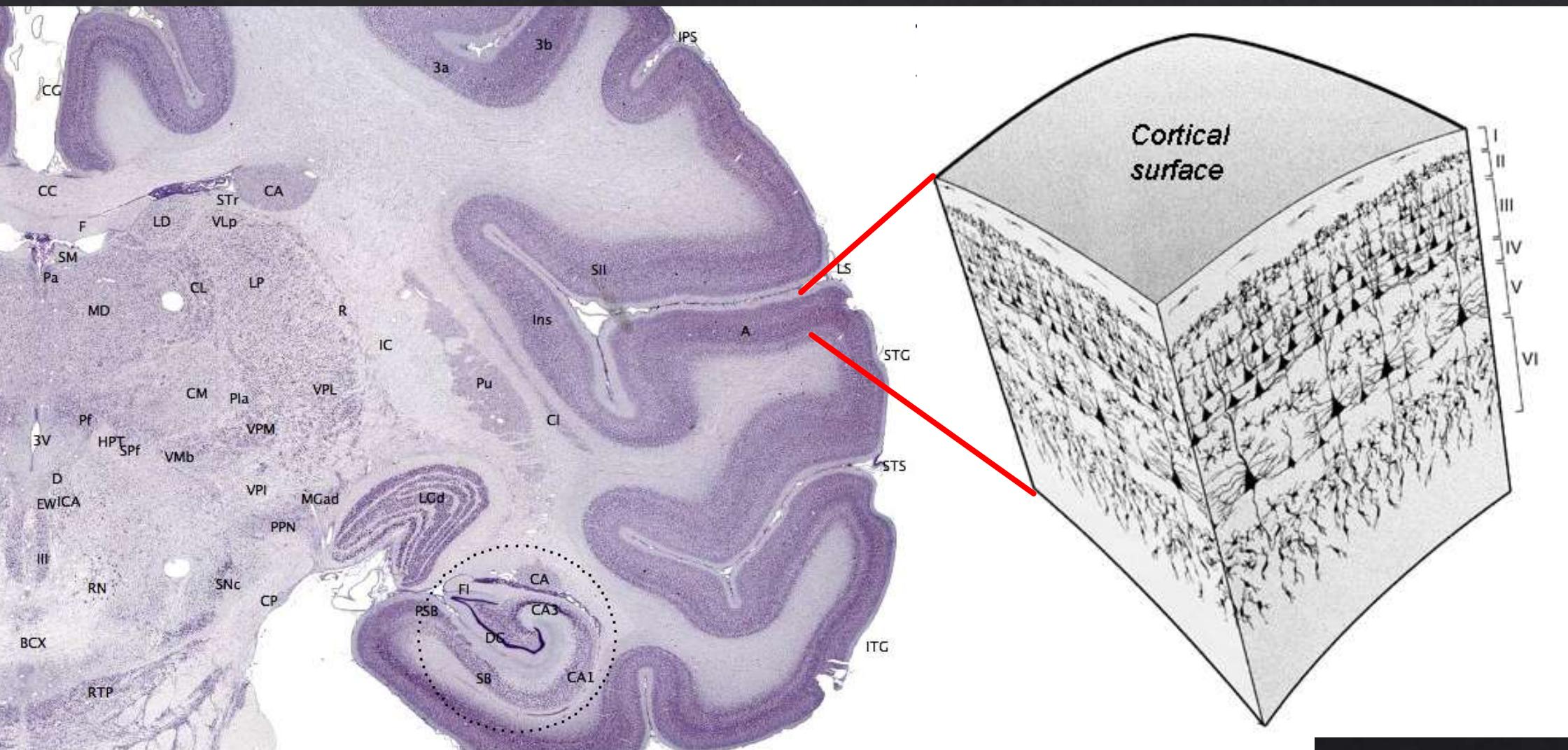




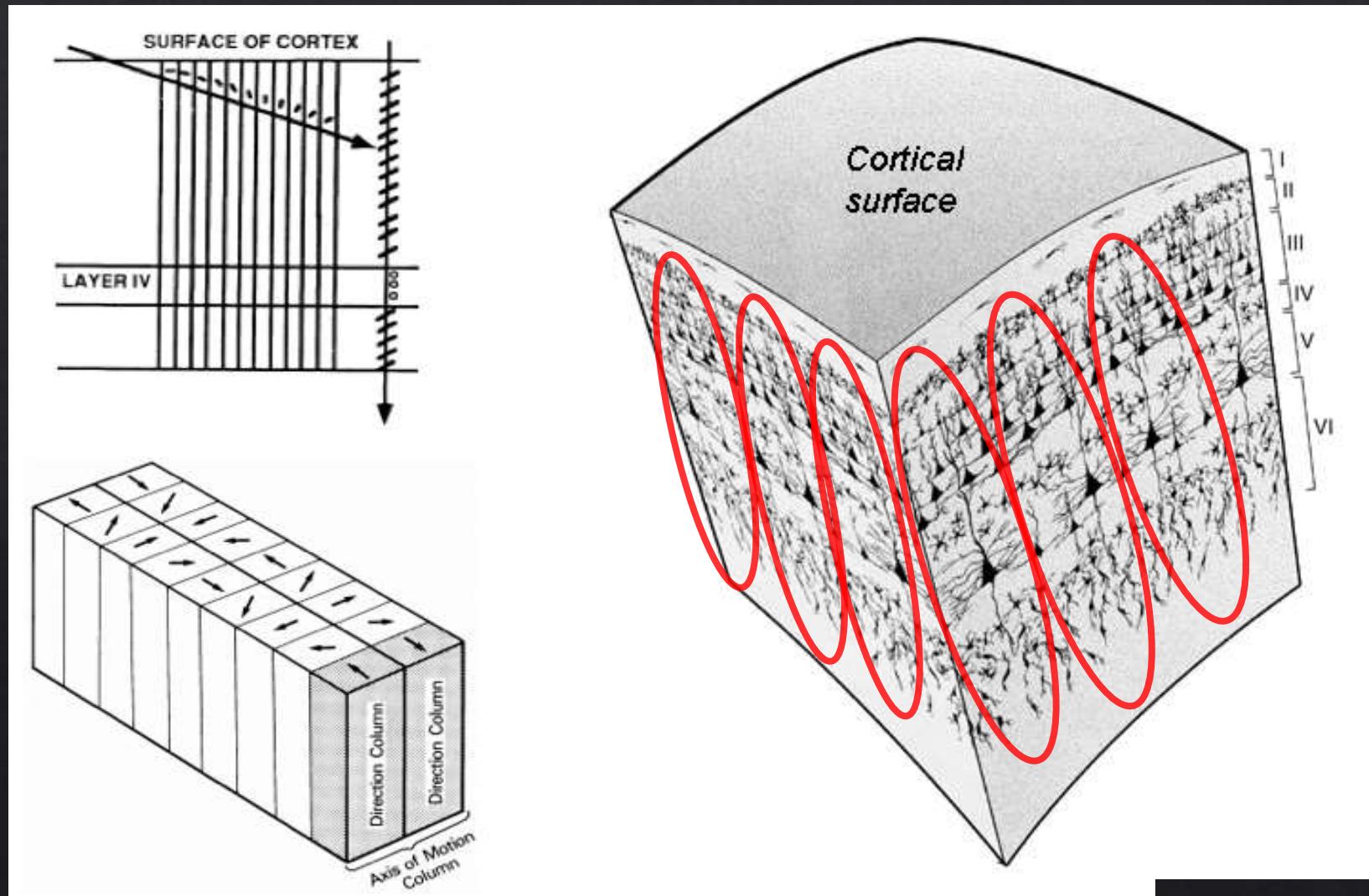




Mais en plus de cette organisation en **couches** dans le cortex...



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

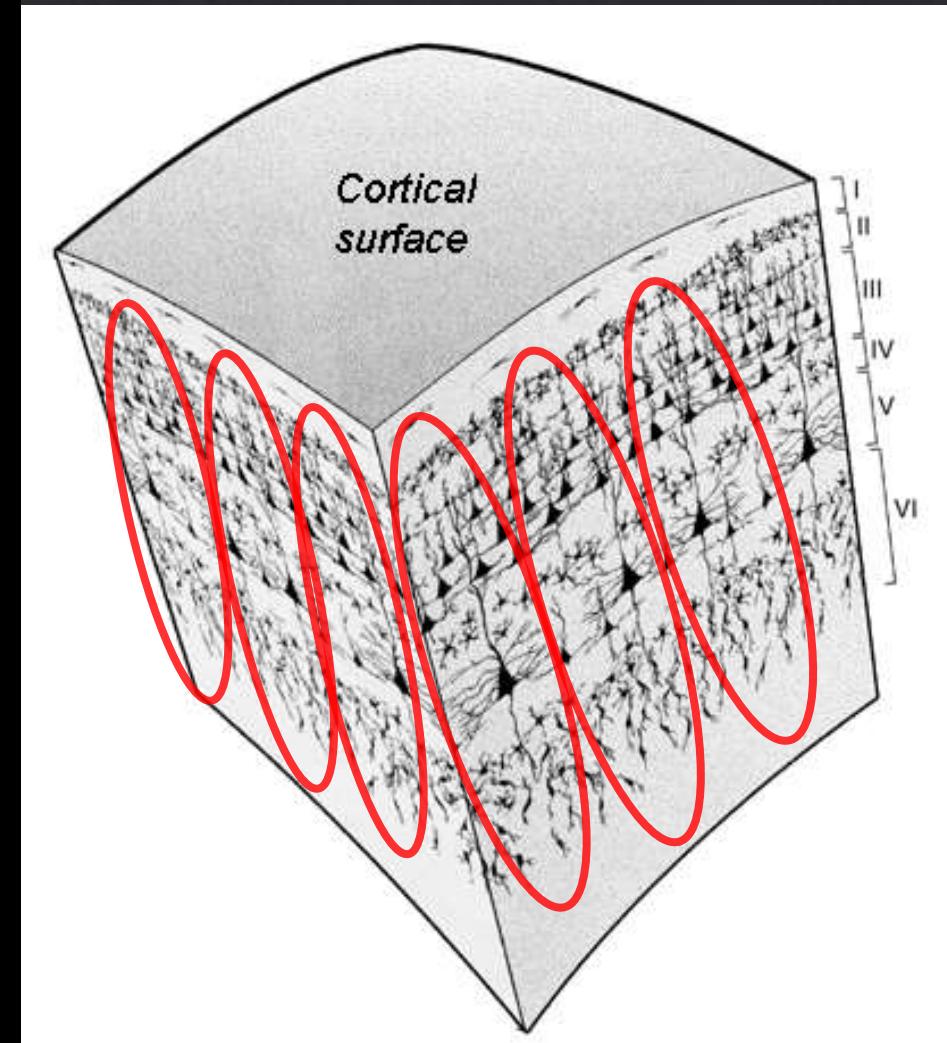


...il y a également une organisation **en colonne** !

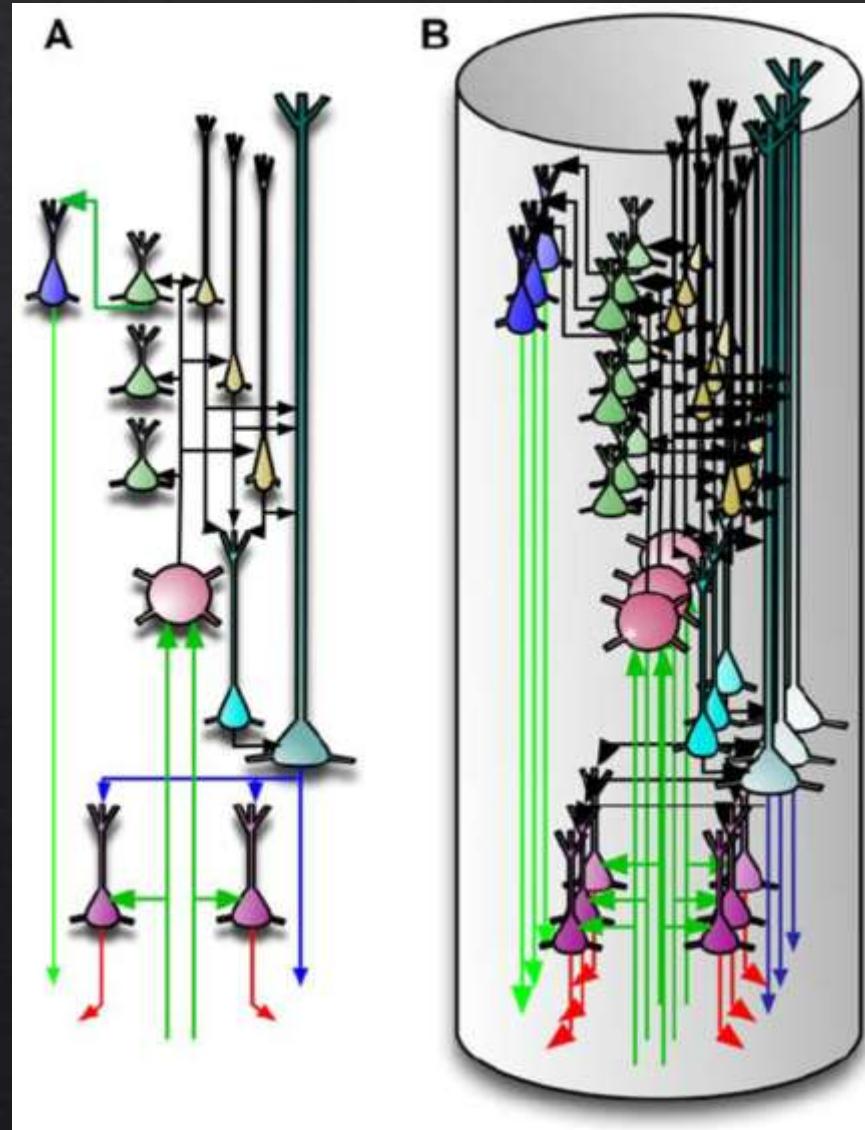
Mais ces colonnes ne sont **pas visibles** par coloration comme les couches du cortex;

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

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



Chaque colonne = plusieurs milliers de neurones

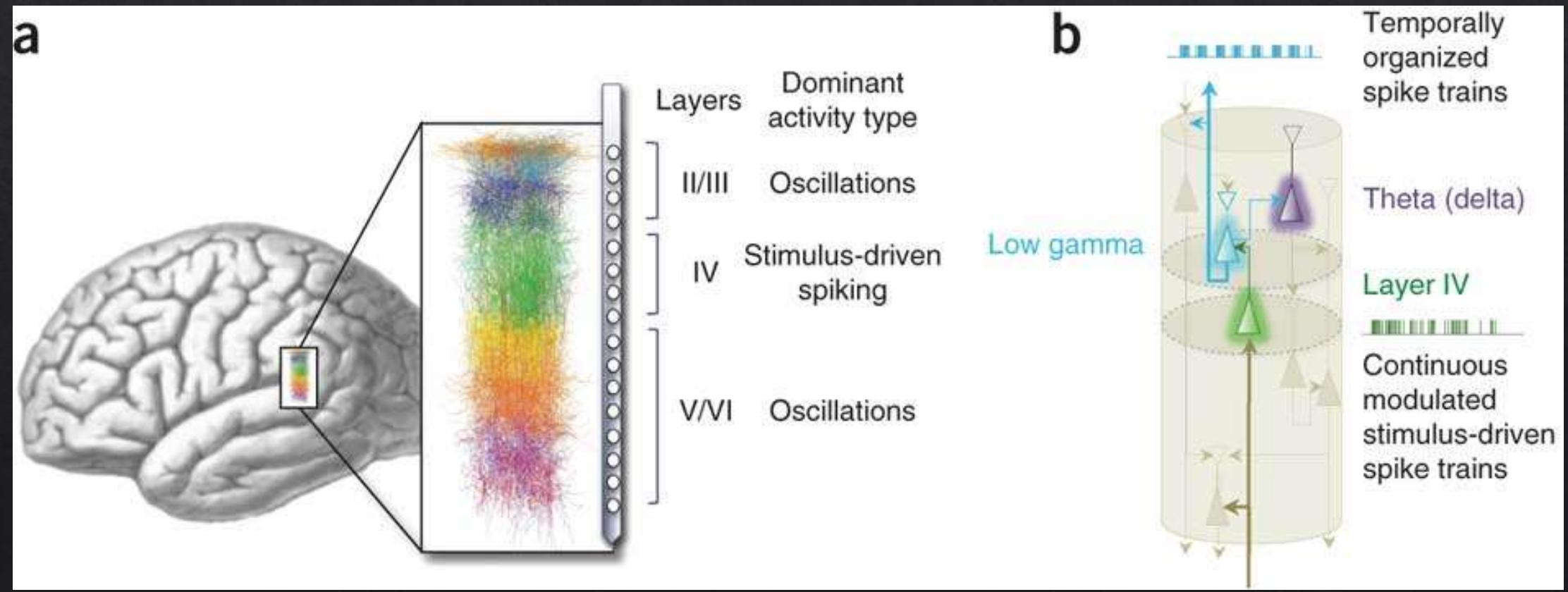


→ **Cortex** : grande diversité de fonctions, mais circuits remarquablement similaires

Le problème devient soudainement plus abordable:

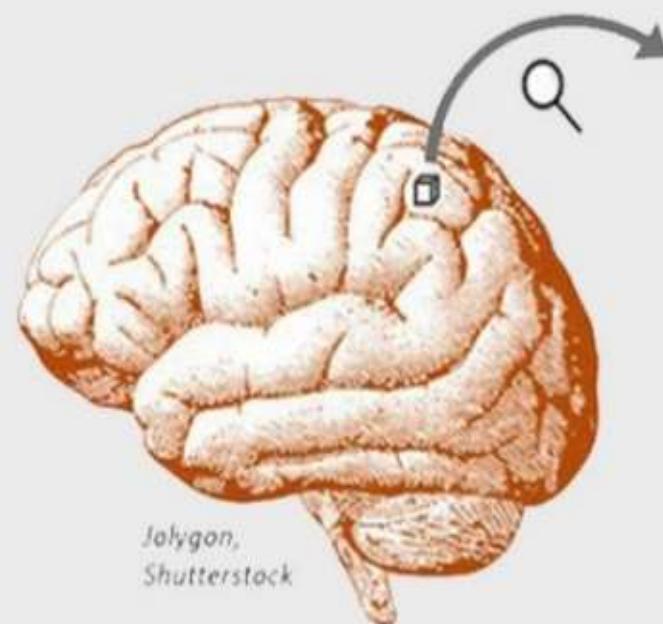
**comprenez une colonne, et vous les comprendrez toutes !**

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



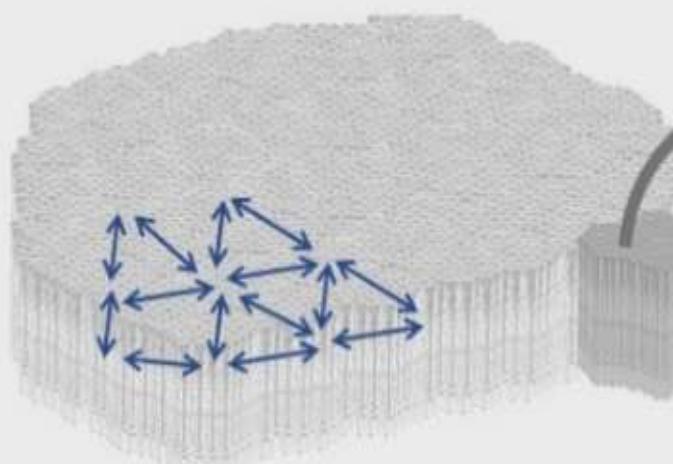
### Surface corticale

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



### Aire corticale

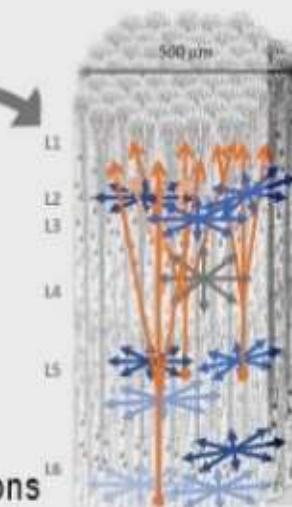
~ 5 mm de diamètre  
~ 1 million de neurones



Interactions latérales  
dans les couches  
supérieures

### Macrocolonne

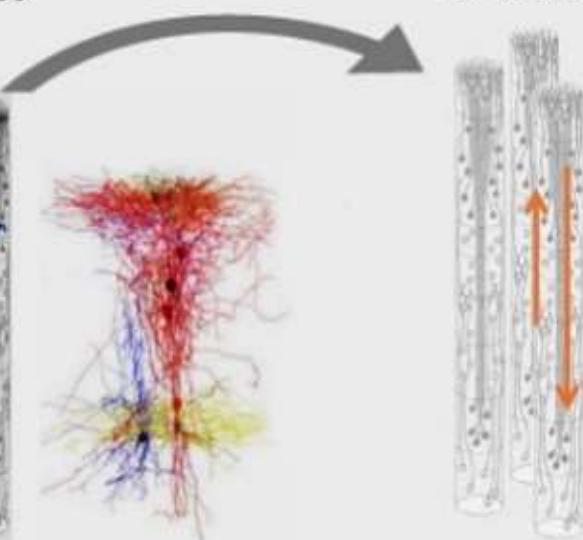
~ 500 microns de diamètre  
~ 10 000 neurones



Interactions  
ascendantes  
obliques et latérales  
dans différentes couches

### Minicolonnes

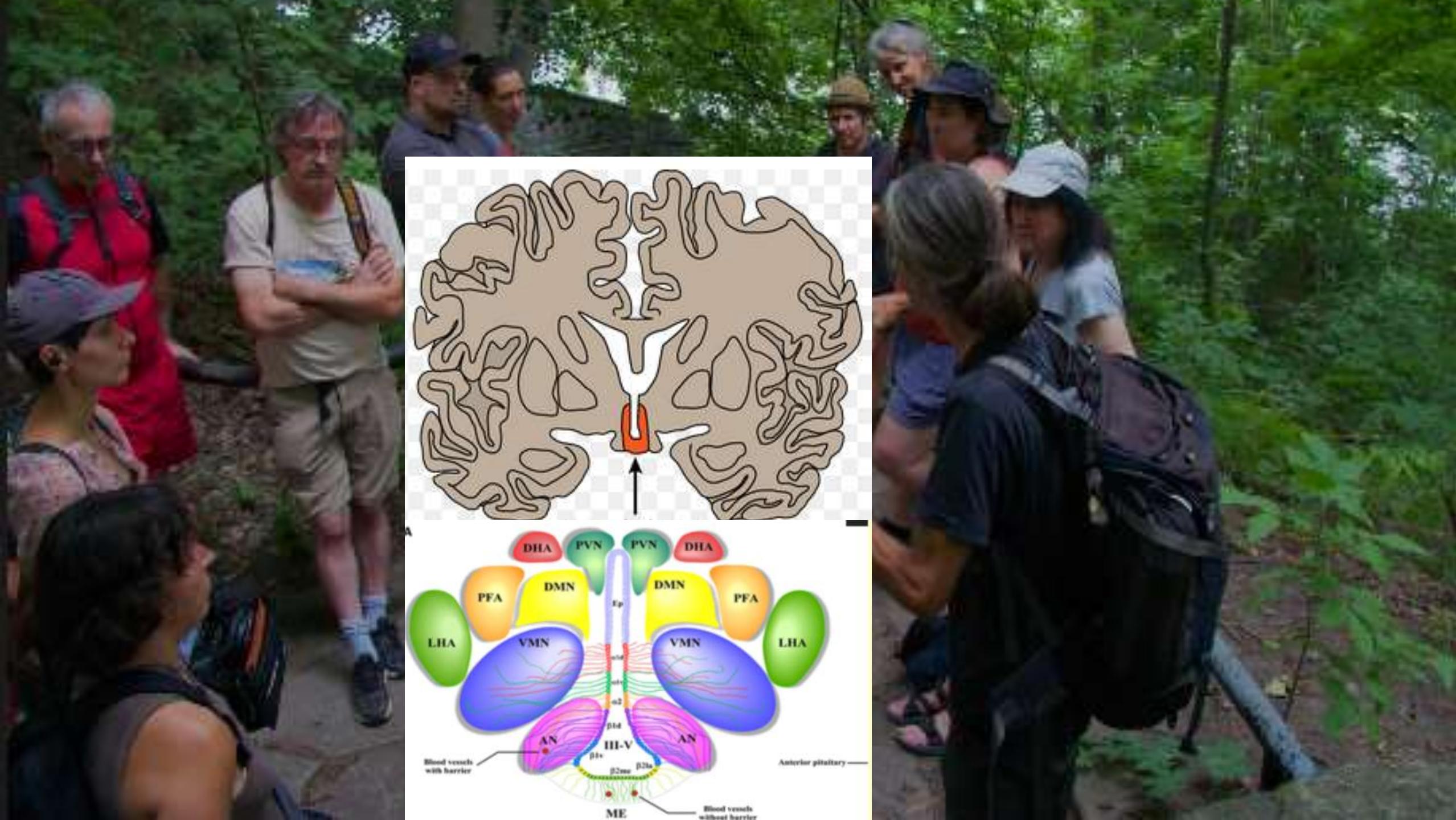
~50 microns de diamètre  
~100 neurones

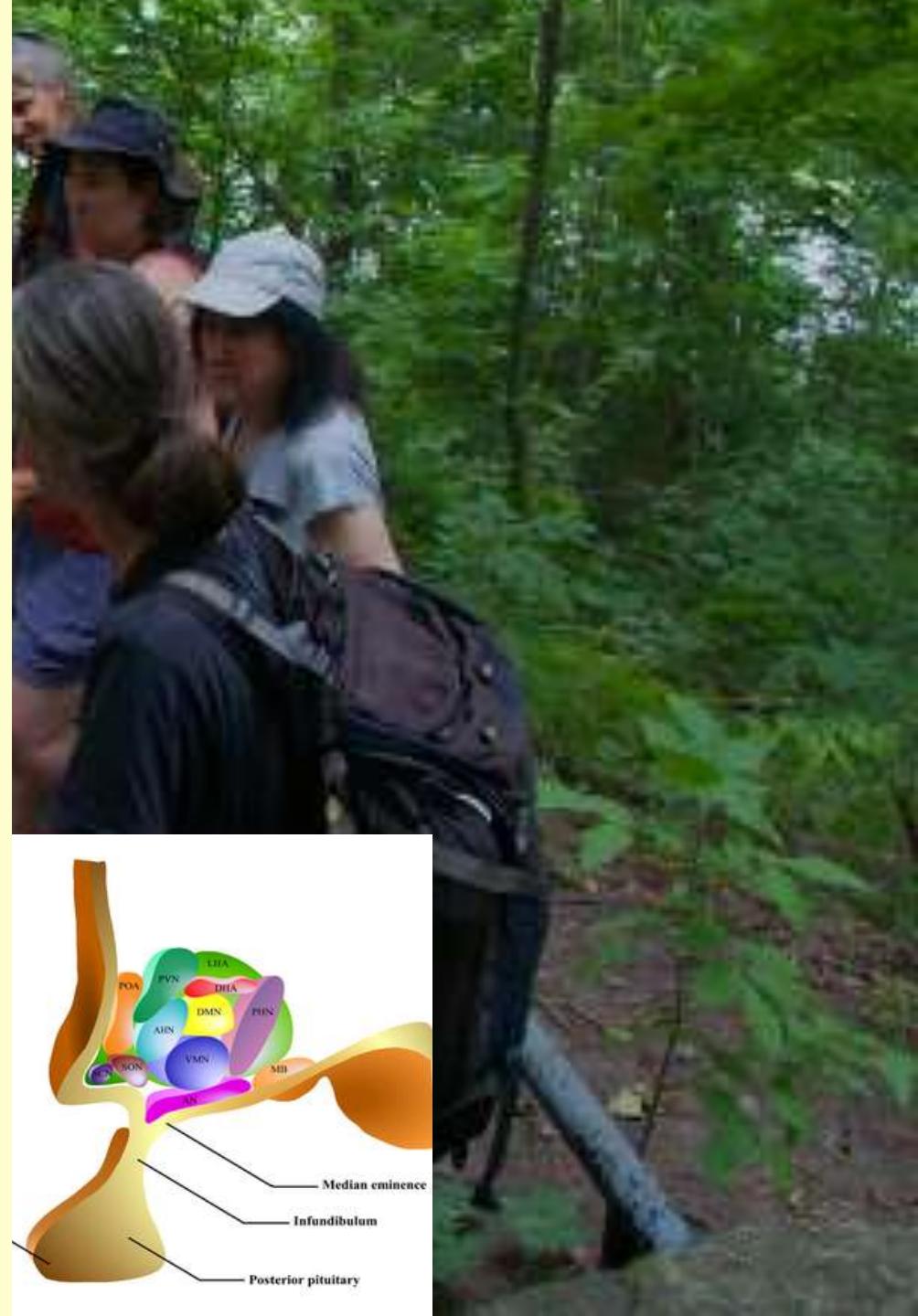
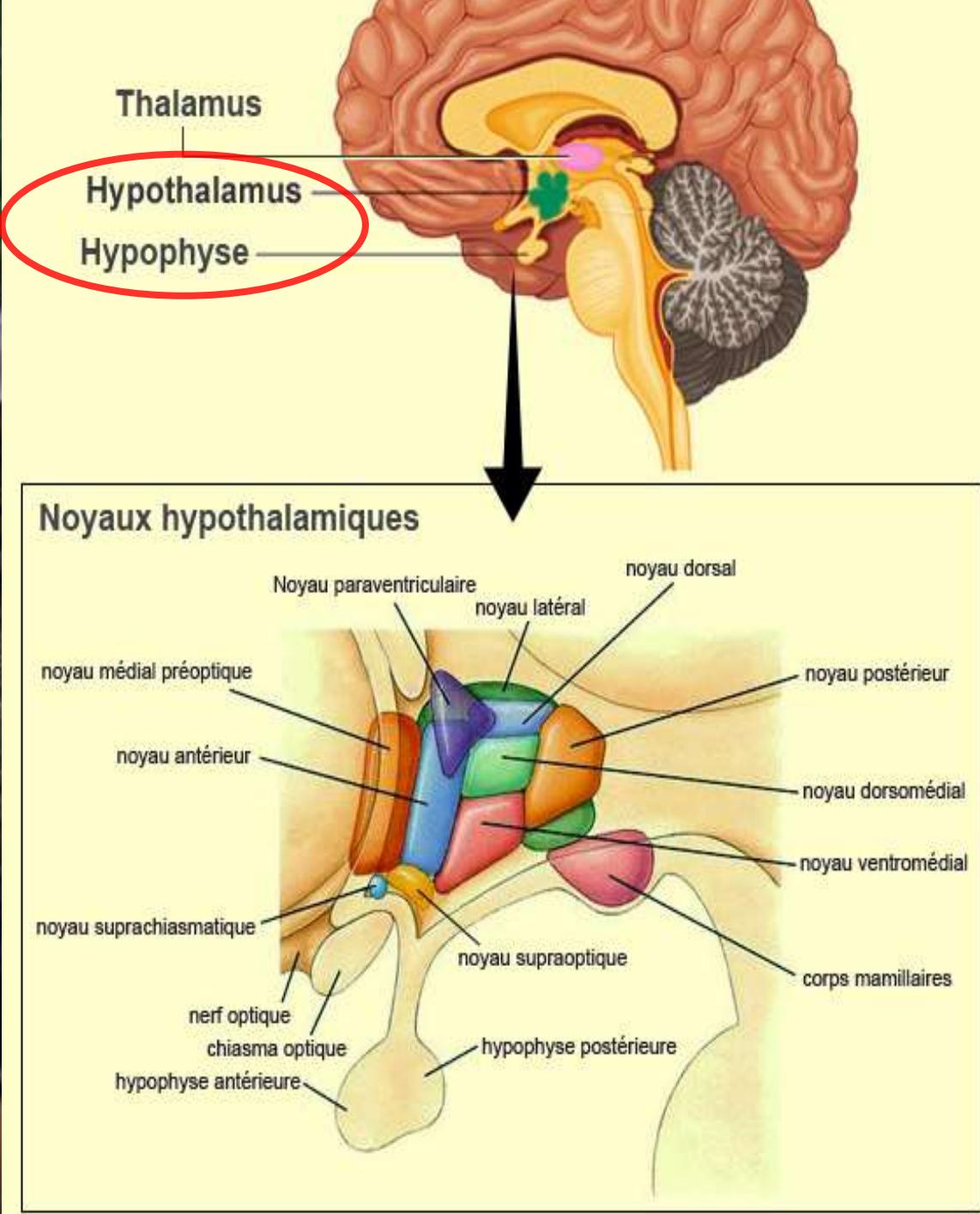


Interactions  
radiales entre  
les couches

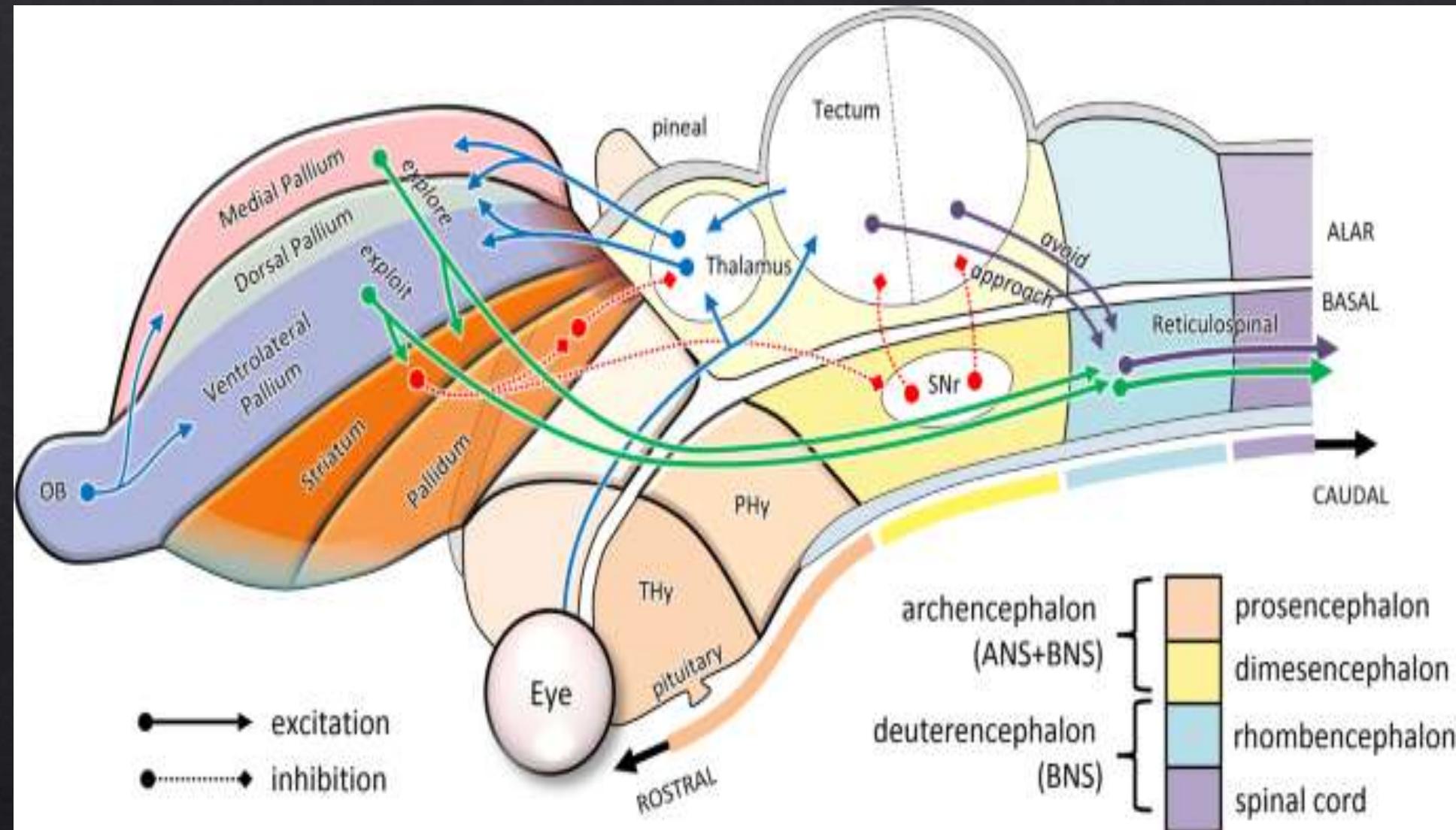








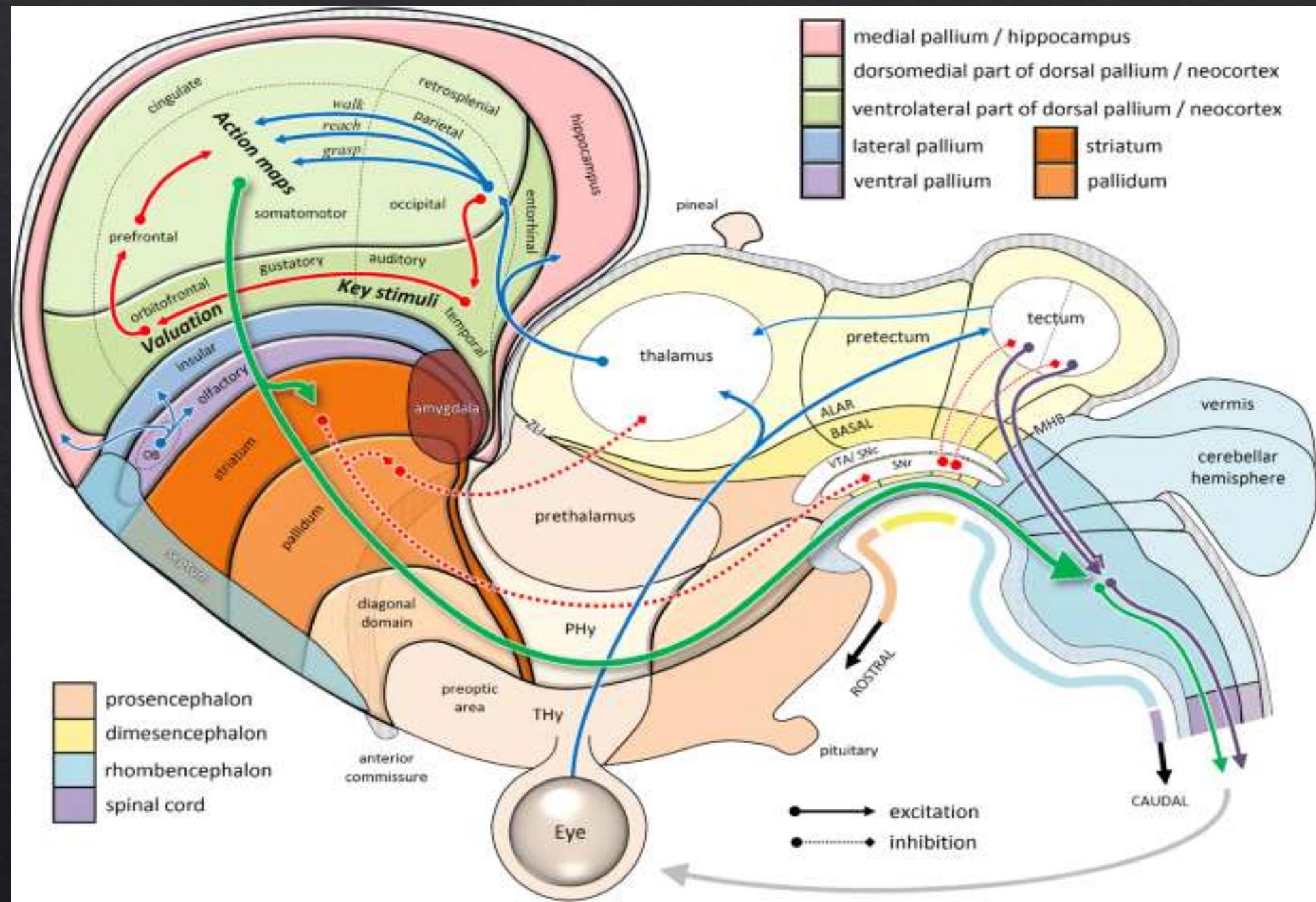
## Vue sagittale de l'organisation générale du cerveau ancestral des vertébrés.



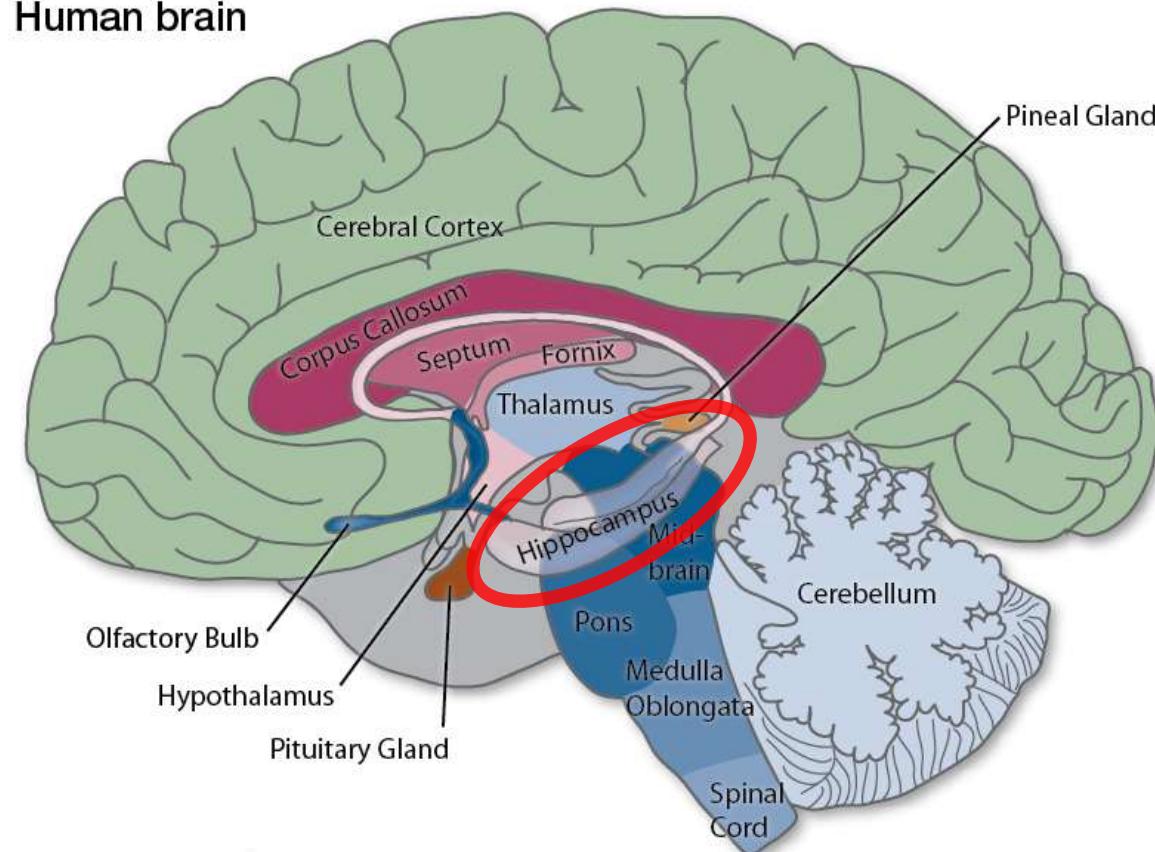
Resynthesizing behavior through phylogenetic refinement

<https://www.researchgate.net/publication/333586383> Resynthesizing behavior through phylogenetic refinement

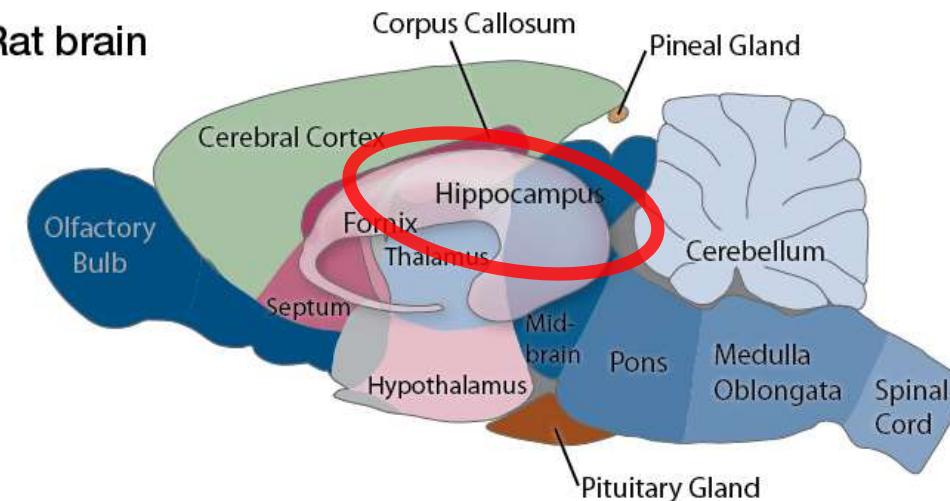
# Organisation schématique du cerveau des mammifères.



### Human brain

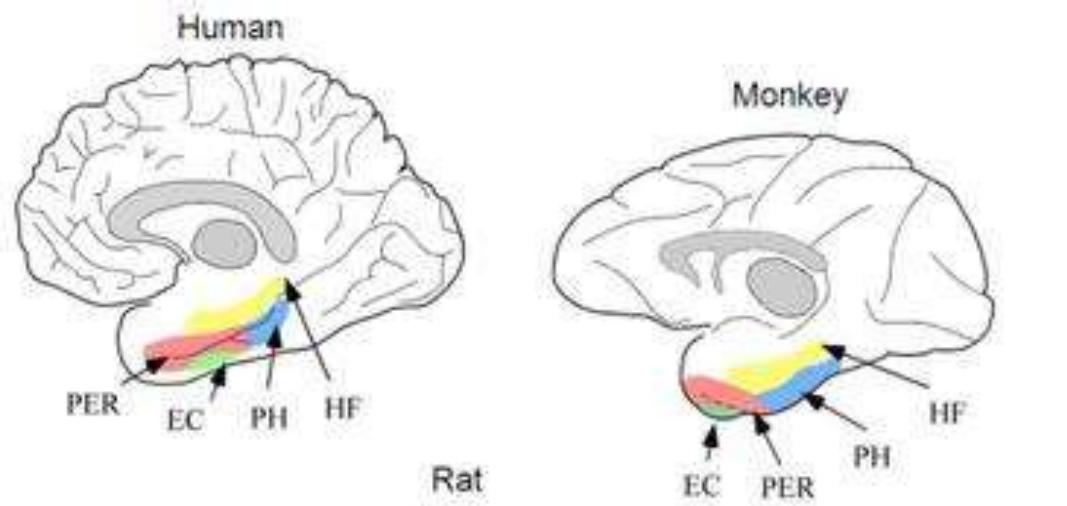


### Rat brain



**Brown rat**  
*Rattus norvegicus*

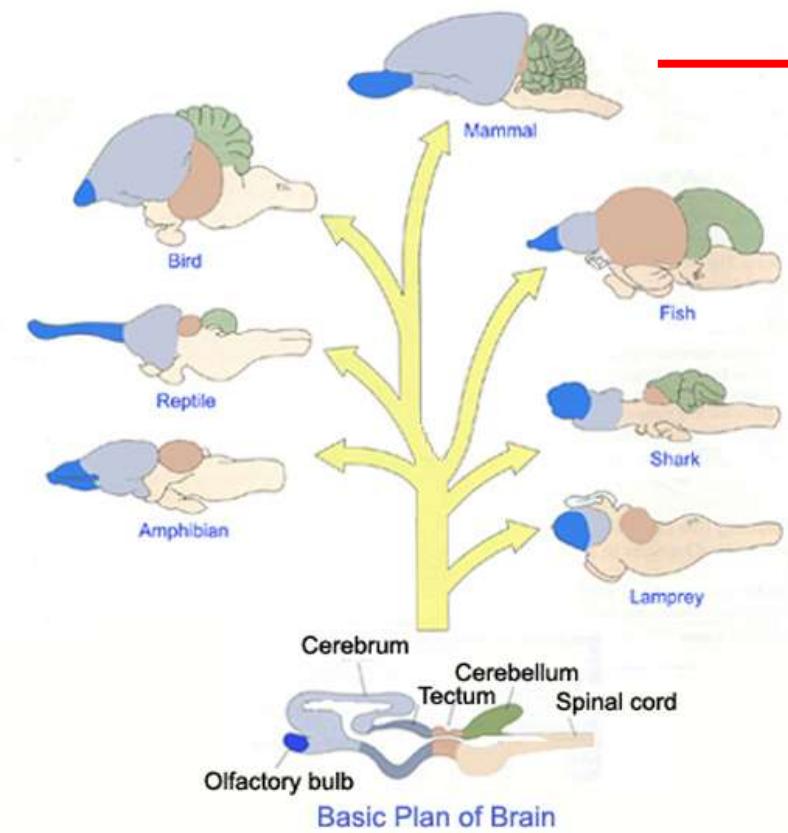
## Navigation spatiale



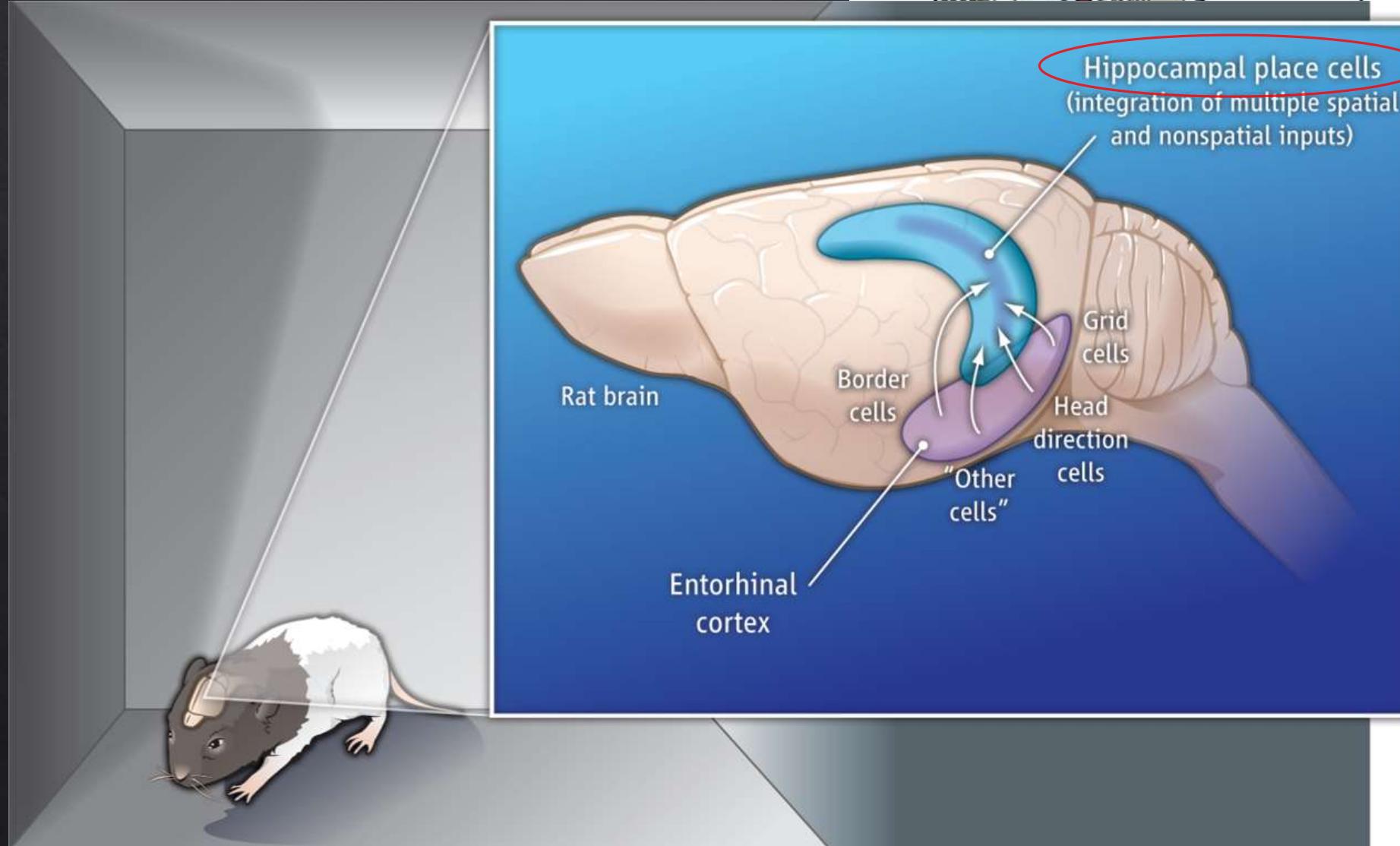
HF = Hippocampal formation  
EC = Entorhinal cortex  
PH = Parahippocampus  
PER = Perirhinal cortex  
POR = Posterior rhinal cortex

From Kerr et al, *Hippocampus* 2007

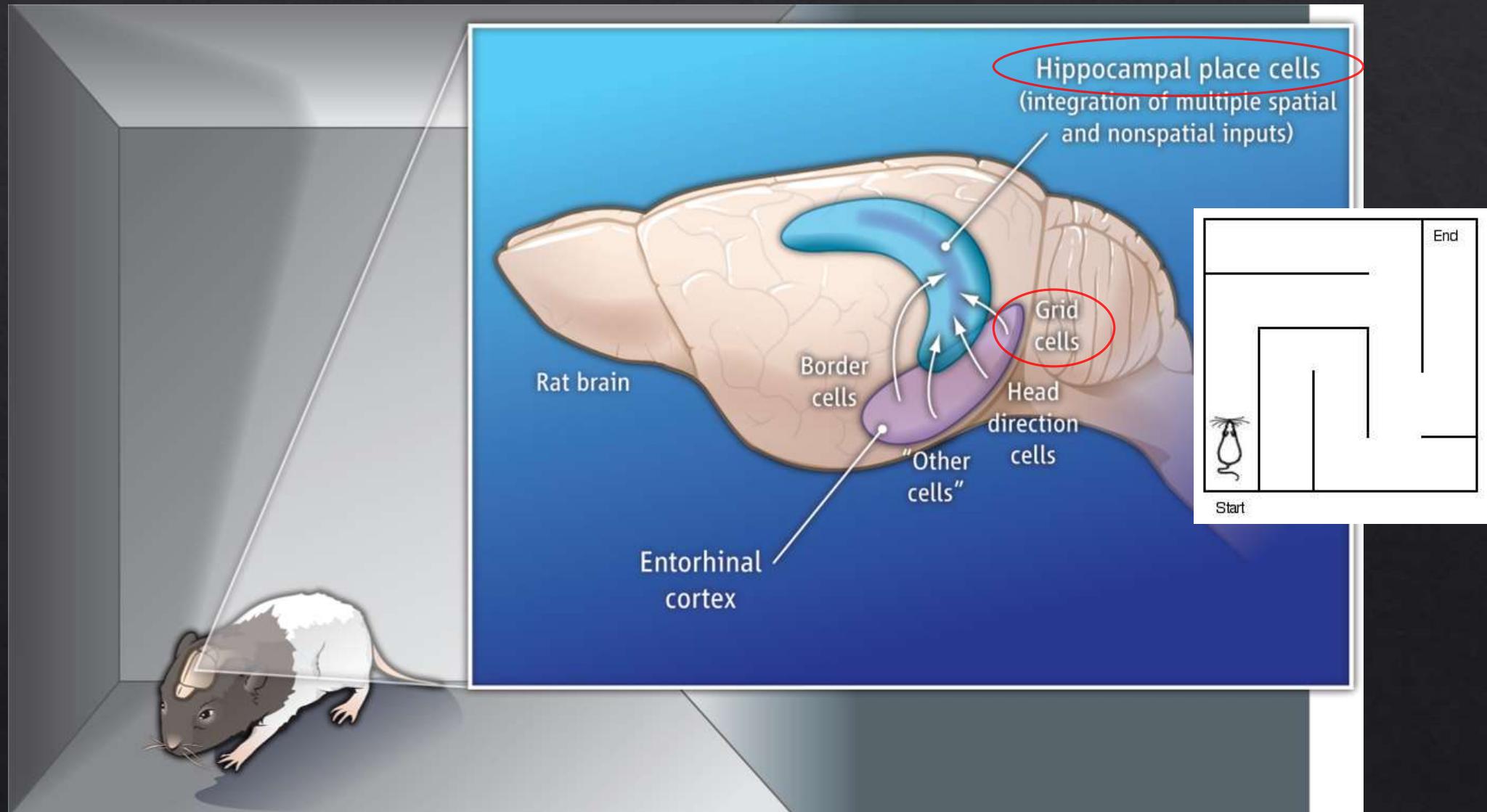
## Navigation spatiale

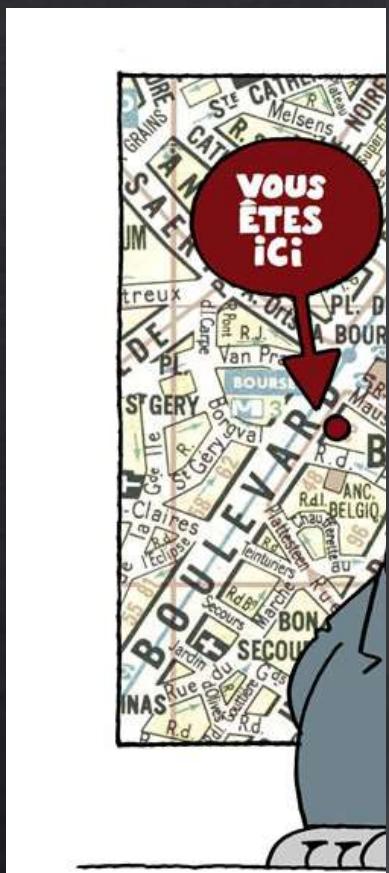


Cellules de lieu (“place cells”), impliquées dans la navigation à vue.



Cellules de grille (“grid cells”),  
impliqué de la navigation mentale.

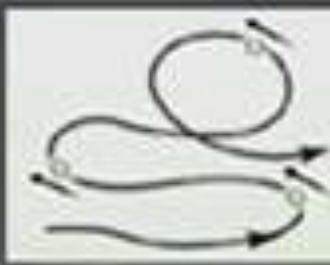




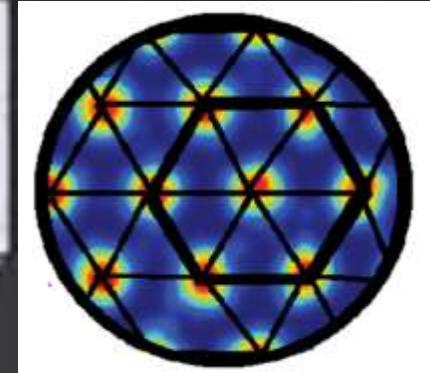
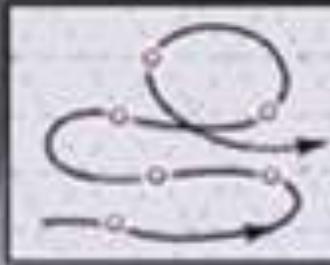
Hippocampus  
"place cell"



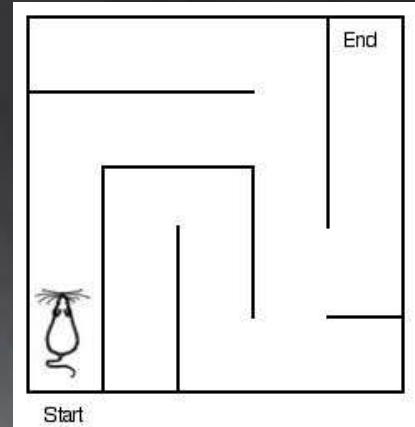
Subiculum  
"direction cell"



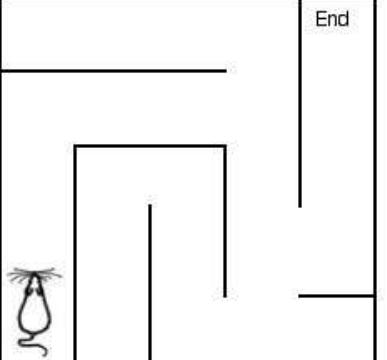
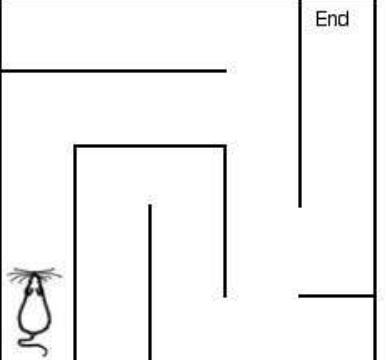
Entorhinal  
"grid cell"



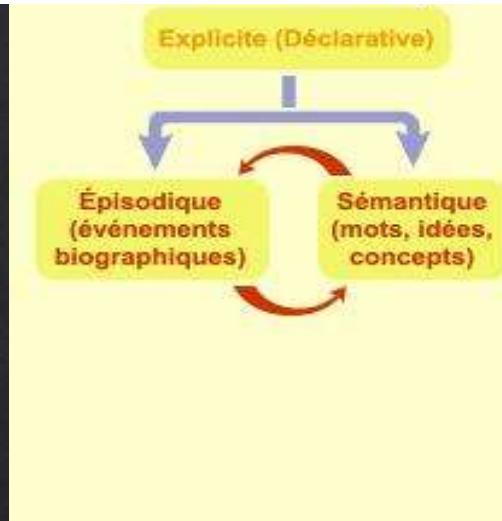
Start



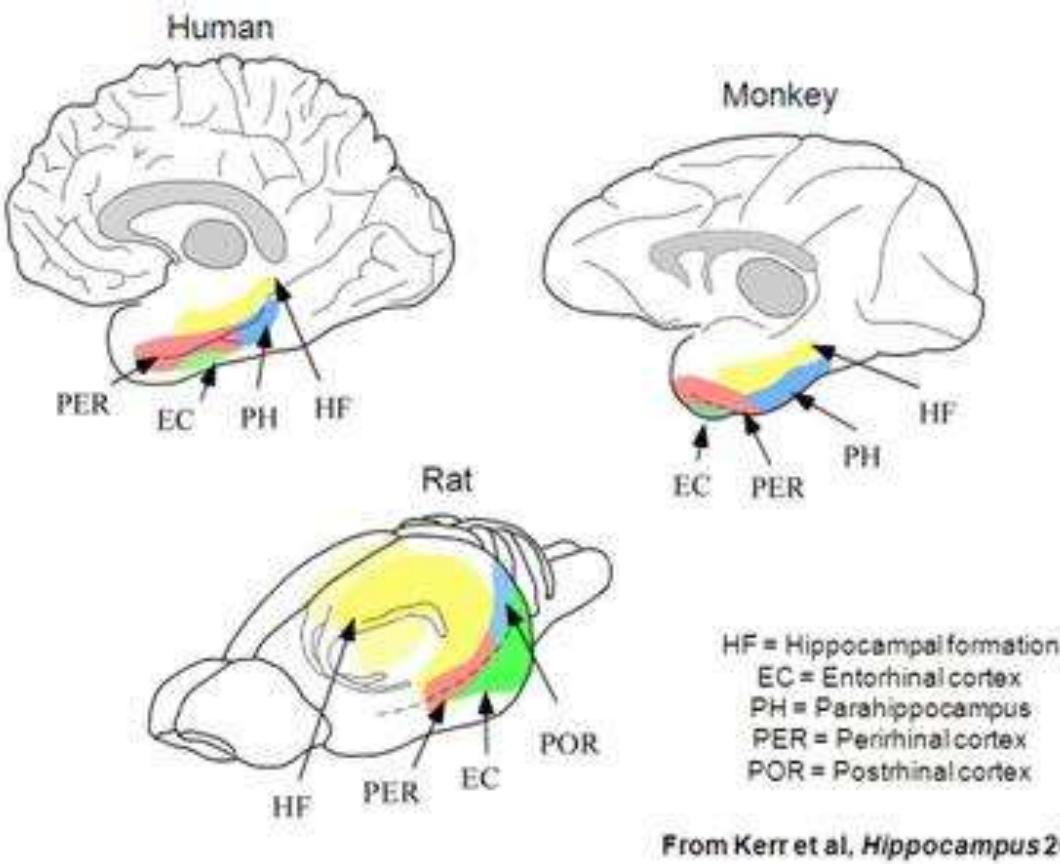
Start



→ hypothèse d'une **continuité évolutive** de la navigation spatiale et de la mémoire déclarative humaine.



**Navigation spatiale + Mémoire déclarative**



From Kerr et al, *Hippocampus* 2007

**Navigation spatiale**

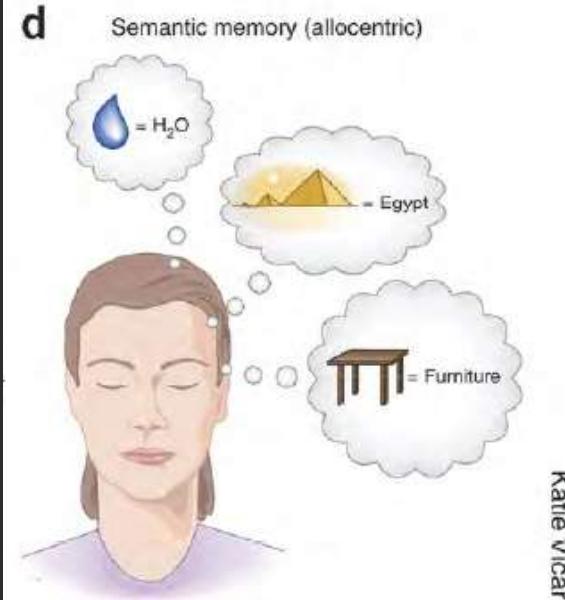
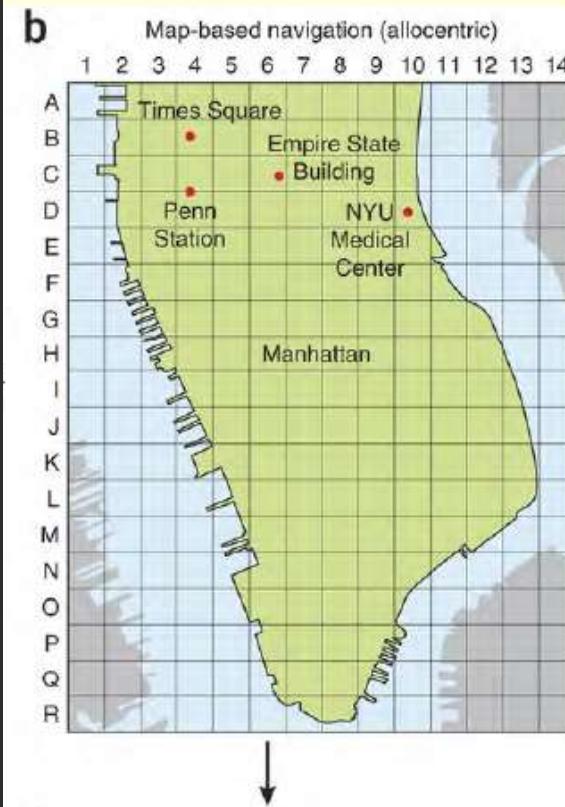
## Memory, navigation and theta rhythm in the hippocampal-entorhinal system.

Buzsaki, Gyorgy  
Moser, Edvard;  
Nature Neuroscience, 2013

Les auteurs de l'article proposent que notre mémoire **sémantique** dériverait de nos capacités de navigation à vue



Cellules de lieu

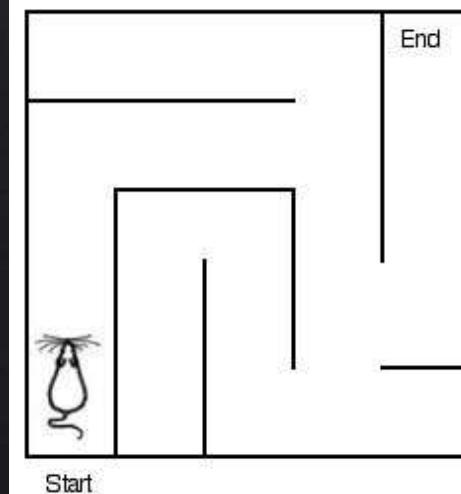


## Memory, navigation and theta rhythm in the hippocampal-entorhinal system.

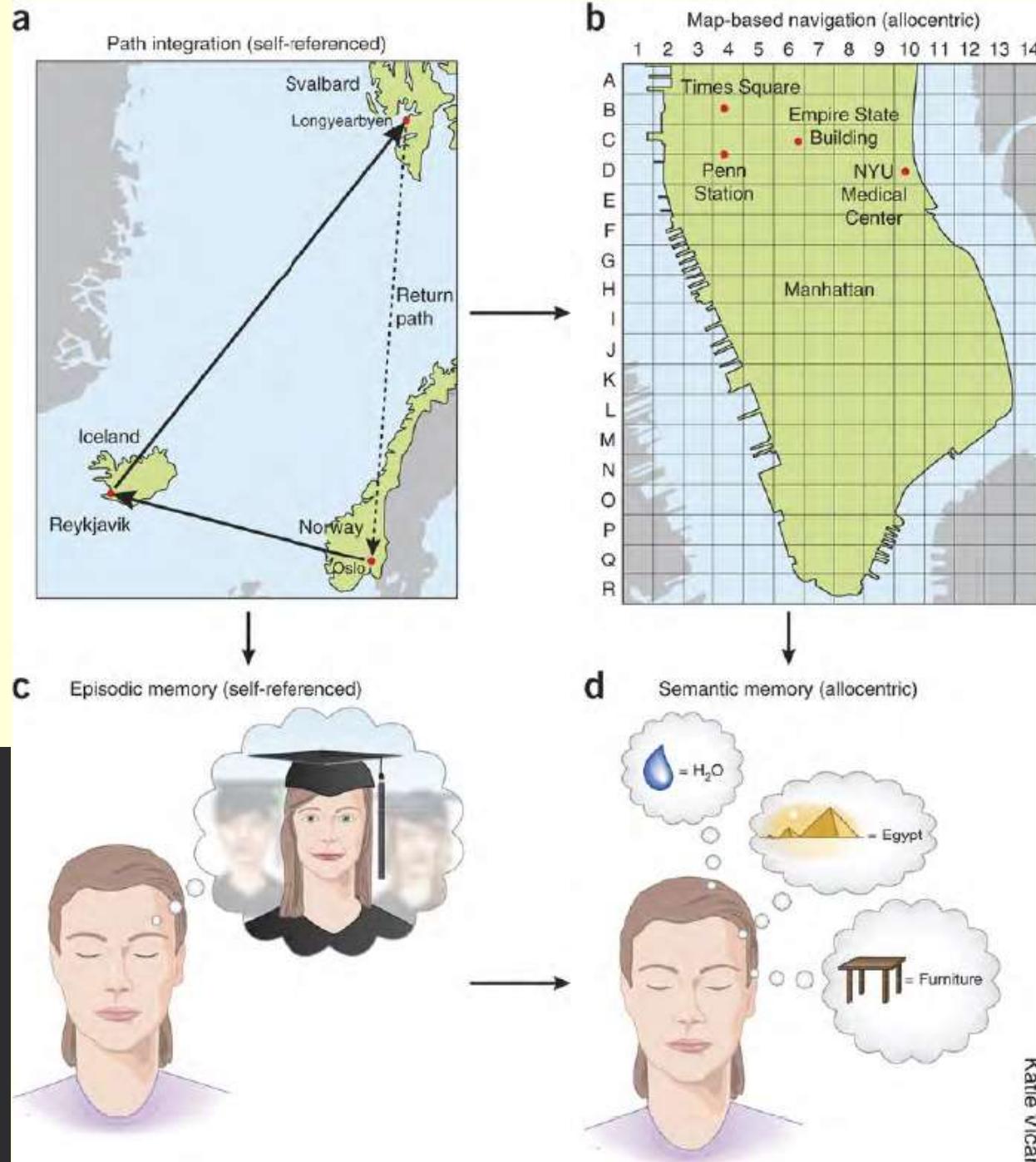
Buzsaki, Gyorgy  
Moser, Edvard;  
Nature Neuroscience, 2013

Les auteurs de l'article proposent que notre mémoire **sémantique** dériverait de nos capacités de navigation à vue

et notre mémoire **épisodique** de nos capacités de parcours mental.



Cellules de grille



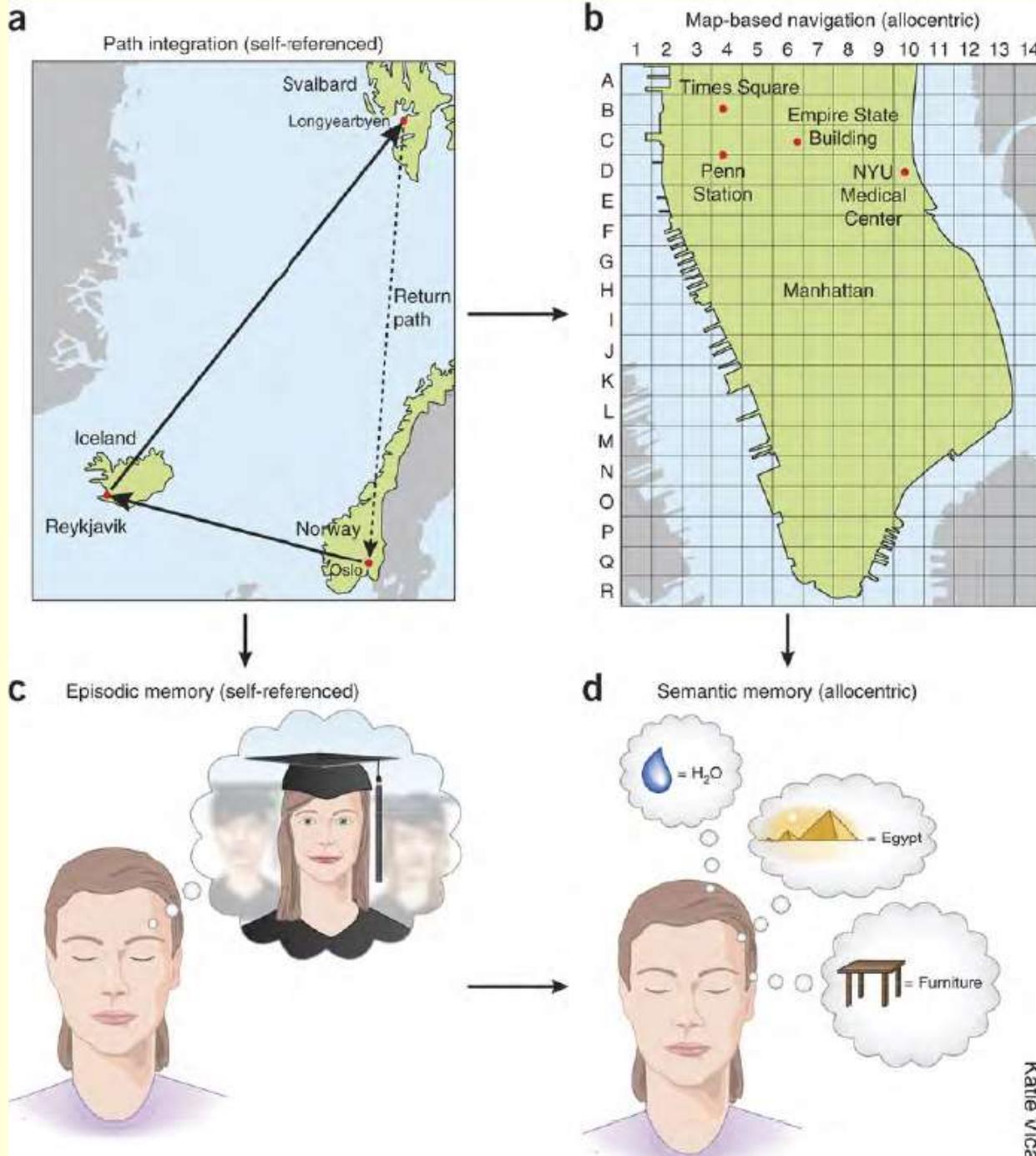
## Memory, navigation and theta rhythm in the hippocampal-entorhinal system.

Buzsaki, Gyorgy  
Moser, Edvard;  
Nature Neuroscience, 2013

Les auteurs de l'article proposent que notre mémoire **sémantique** dériverait de nos capacités de navigation à vue

et notre mémoire **épisodique** de nos capacités de parcours mental.

Et les mêmes réseaux de neurones supporterait les **deux formes de voyage, spatiale et temporelle**.

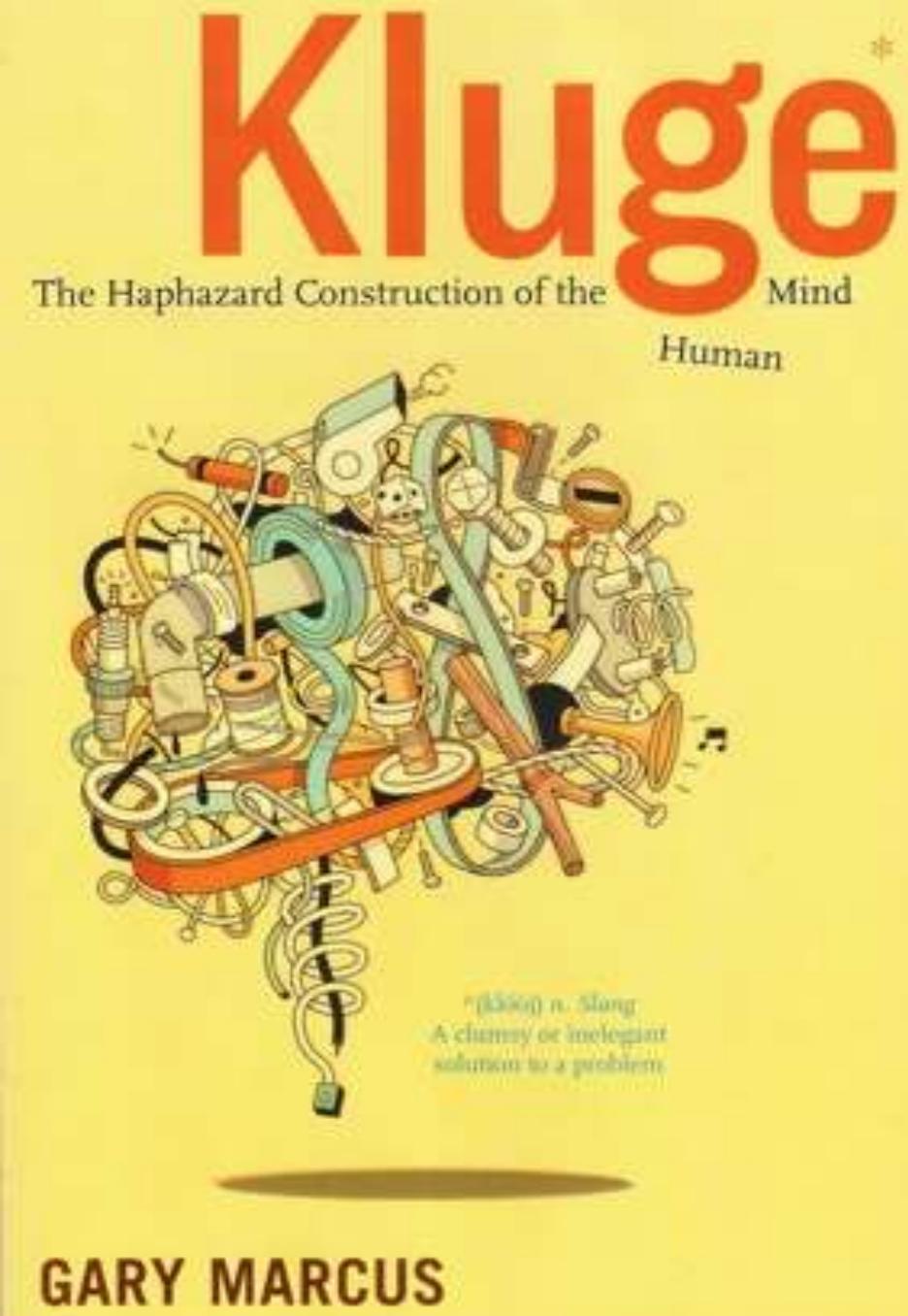


## Recyclage ou réutilisation neuronale

« L'évolution travaille sur ce qui existe déjà. [...]

La sélection naturelle opère à la manière **non d'un ingénieur, mais d'un bricoleur**; un bricoleur qui ne sait pas encore ce qu'il va produire, mais **récupère** tout ce qui lui tombe sous la main. »

- François Jacob  
(Le Jeu des possibles, 1981)



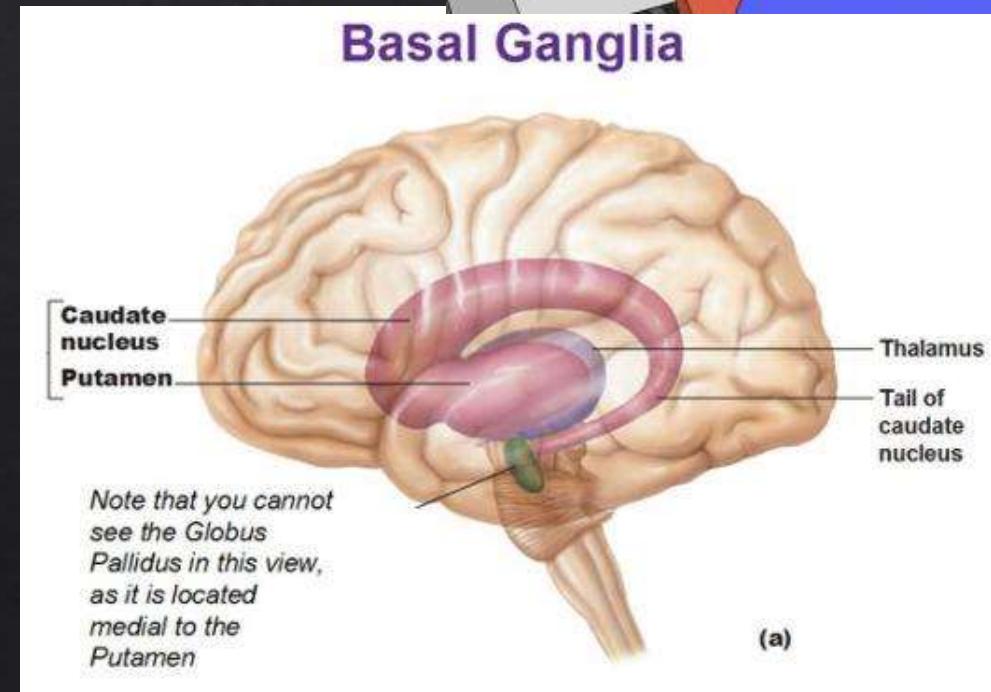
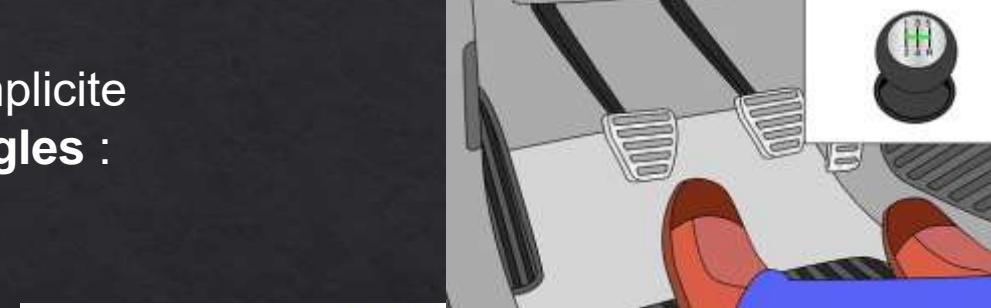
Autre exemple de recyclage neuronal :

Comme la **mémoire procédurale**  
est impliquée dans l'apprentissage implicite  
par exemple de **séquences** ou de **règles** :

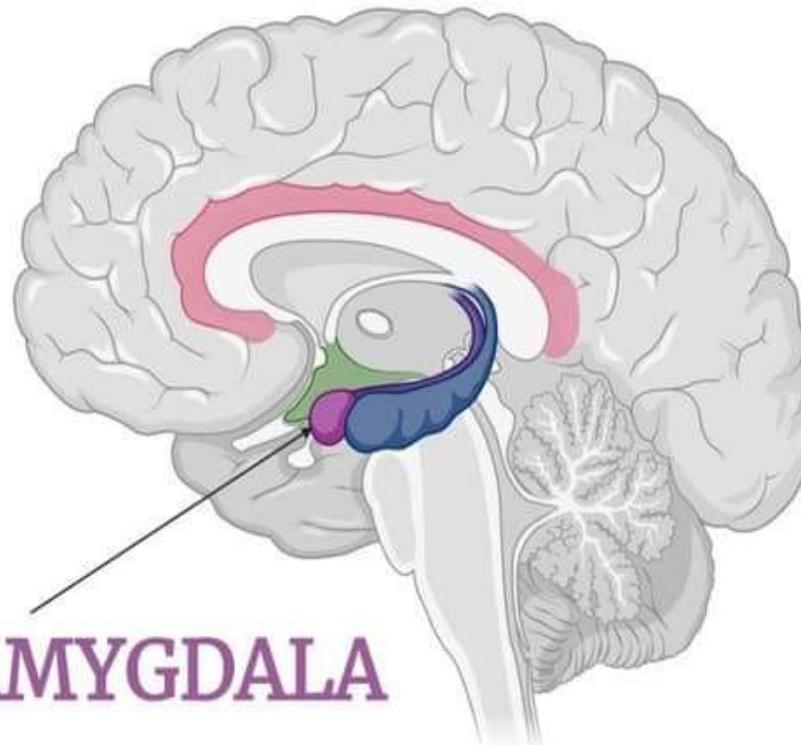
impliquée aussi  
dans l'apprentissage  
des **règles de grammaire**.

**The Declarative/Procedural Model:**  
A Neurobiological Model of Language  
Learning, Knowledge, and Use

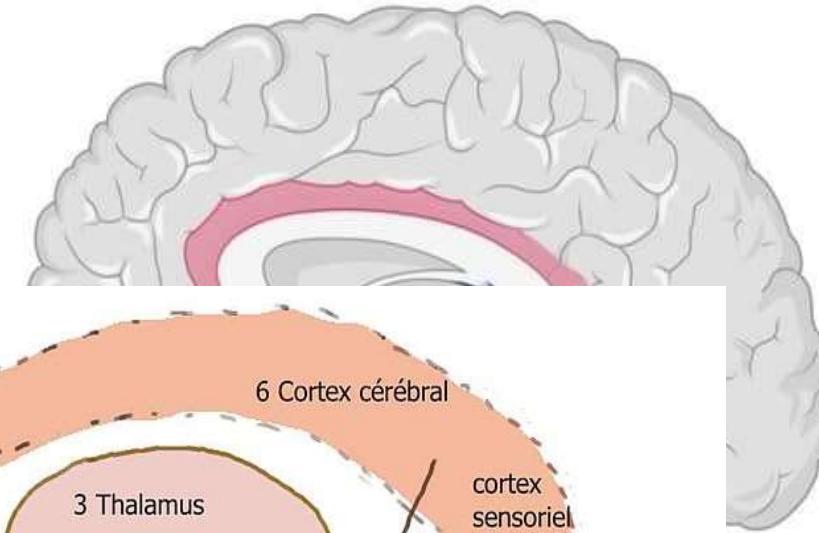
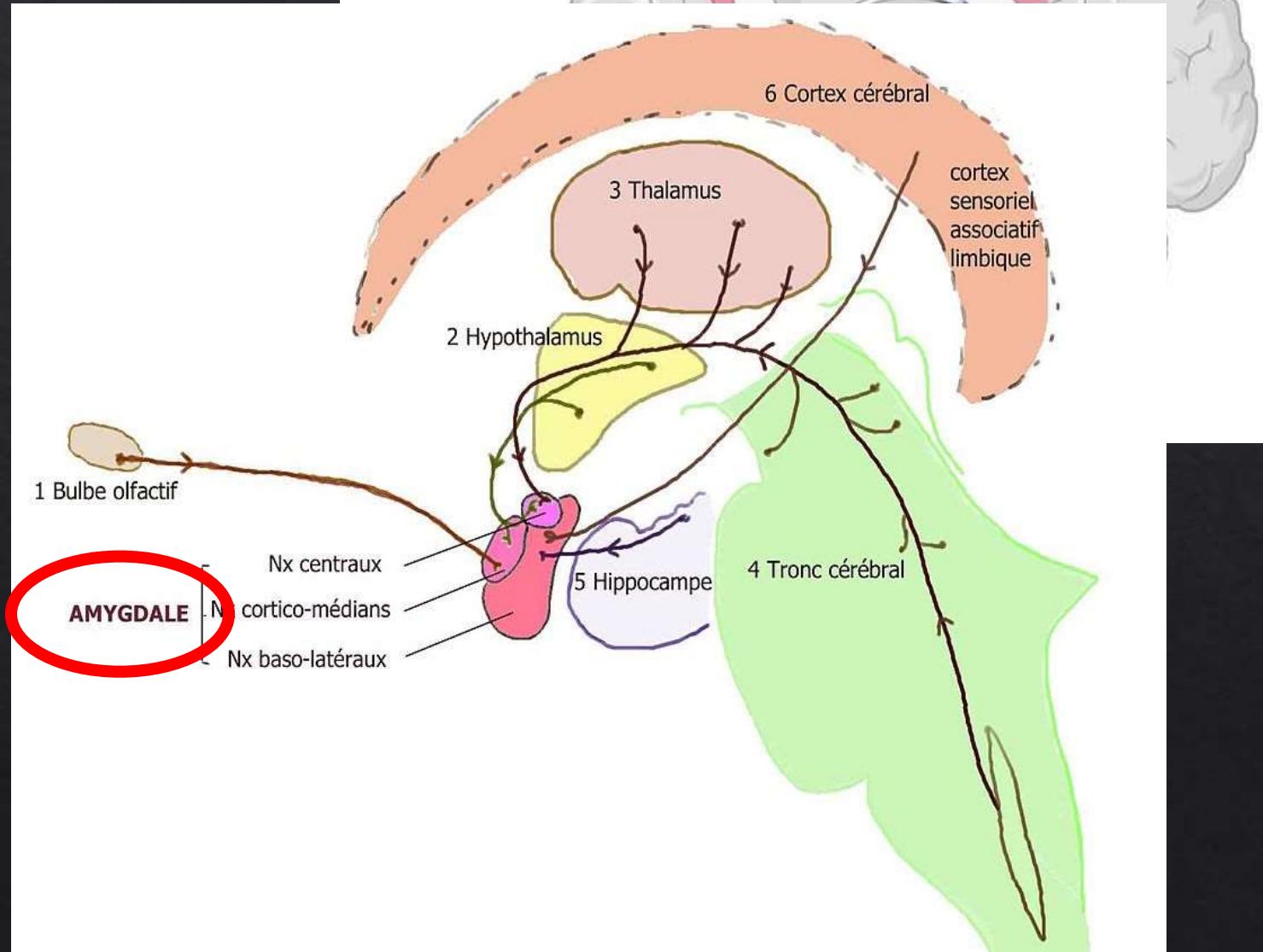
Michael T. Ullman (2016)

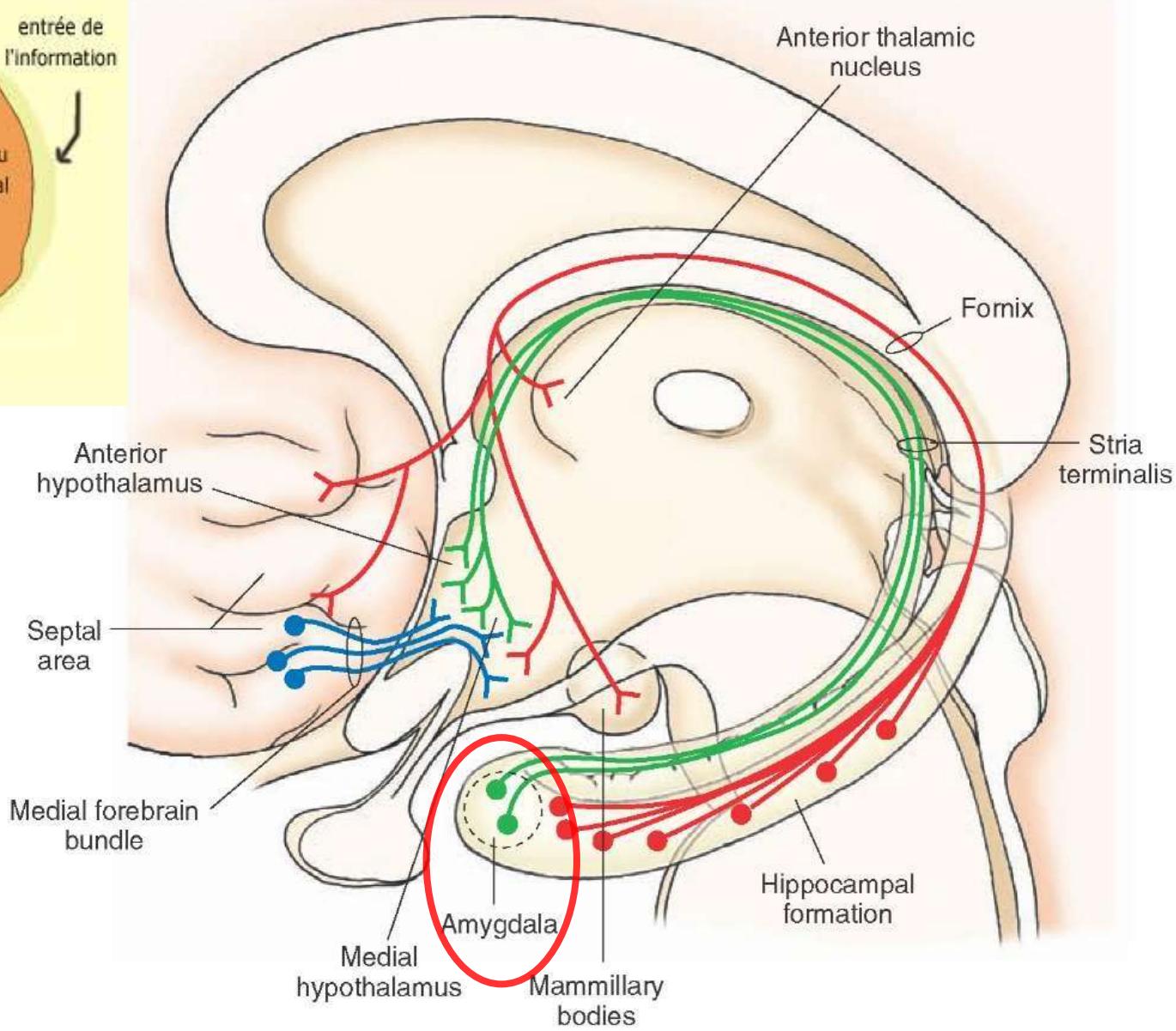
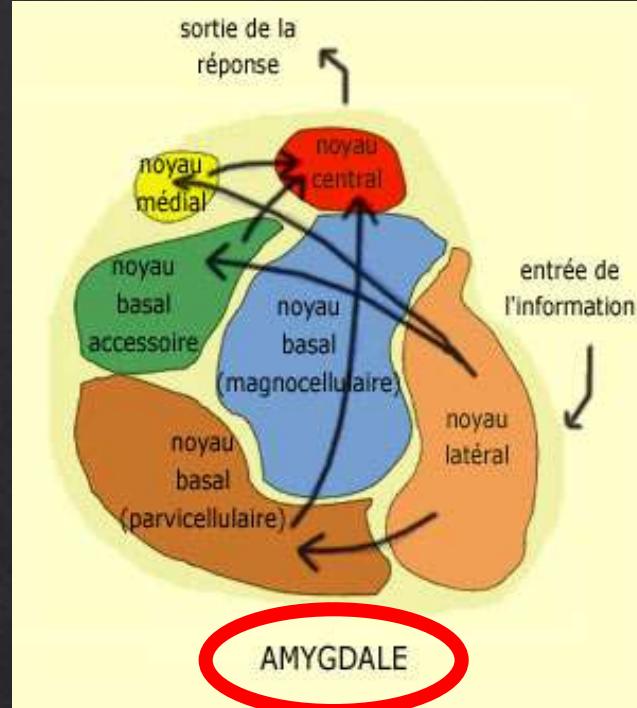


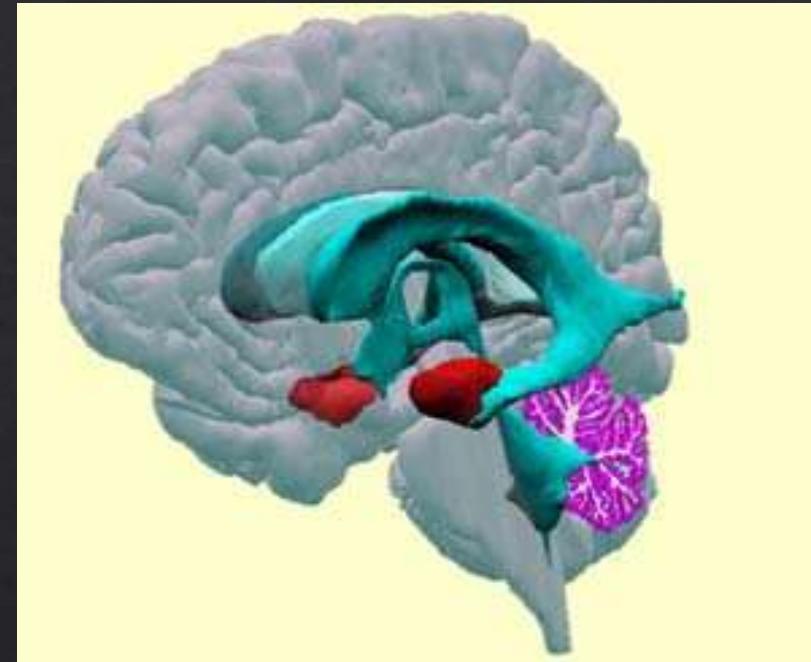
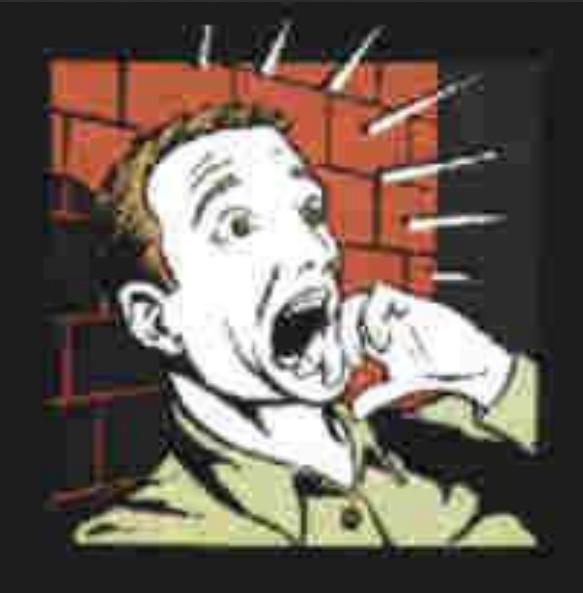




## THE AMYGDALA



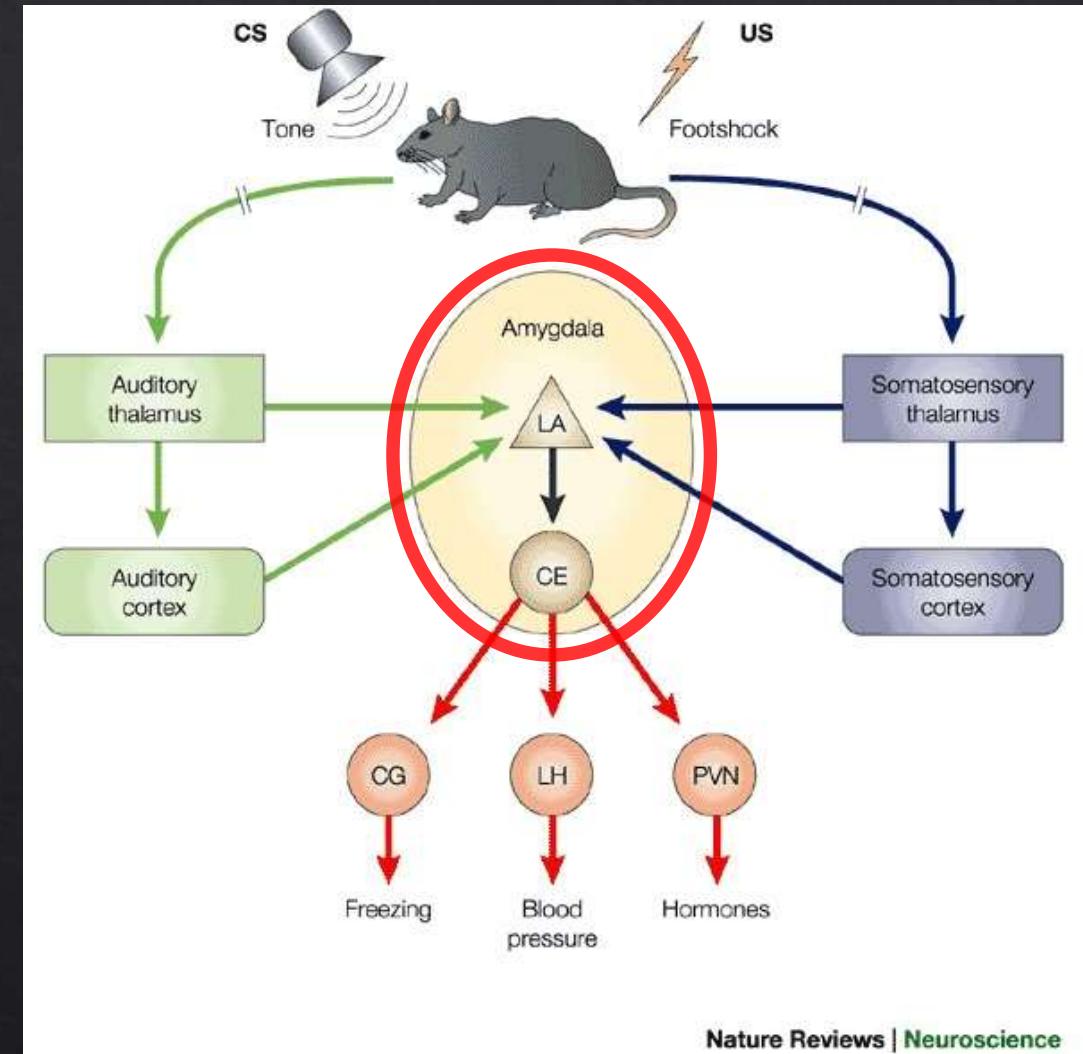




**Amygdale = peur ?**

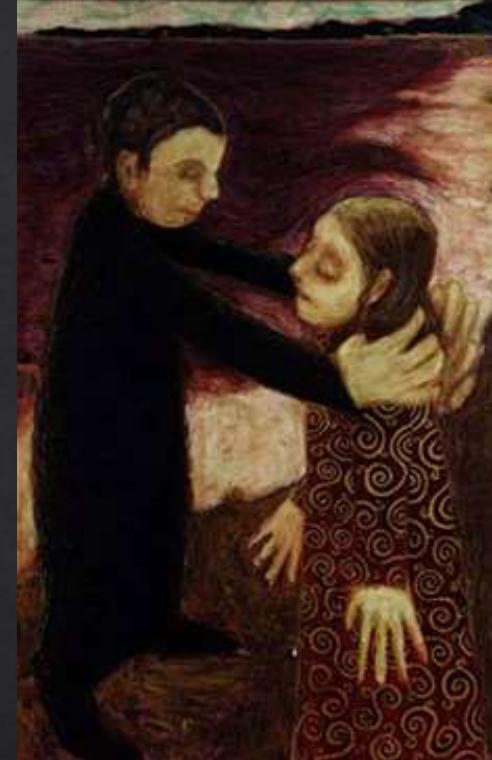


Amygdale = peur ?



Nature Reviews | Neuroscience

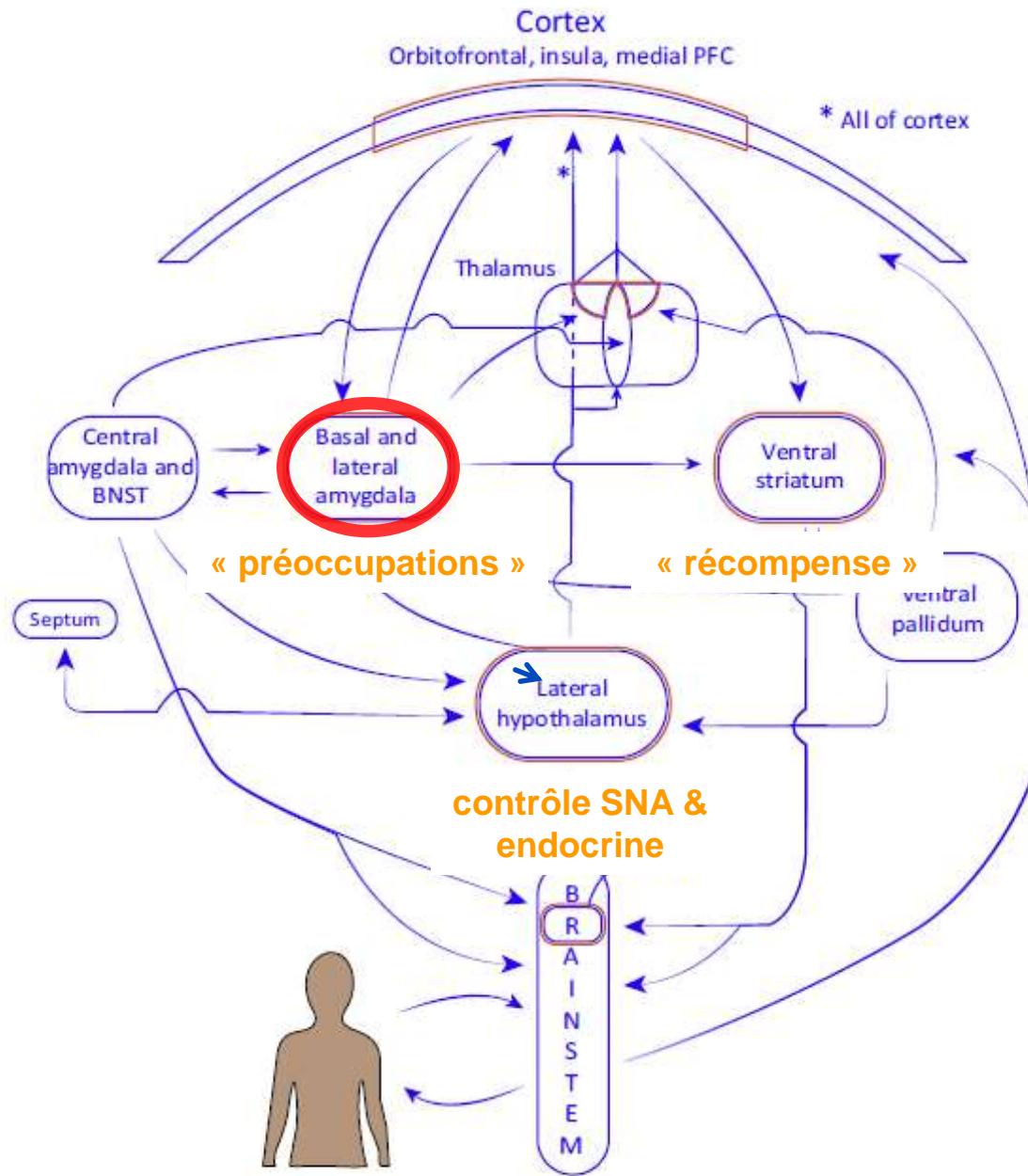
[https://www.researchgate.net/publication/11523425\\_Parallels\\_between\\_cerebellum- and\\_amygdala-dependent\\_conditioning](https://www.researchgate.net/publication/11523425_Parallels_between_cerebellum- and_amygdala-dependent_conditioning)



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/>

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



l'amygdale

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

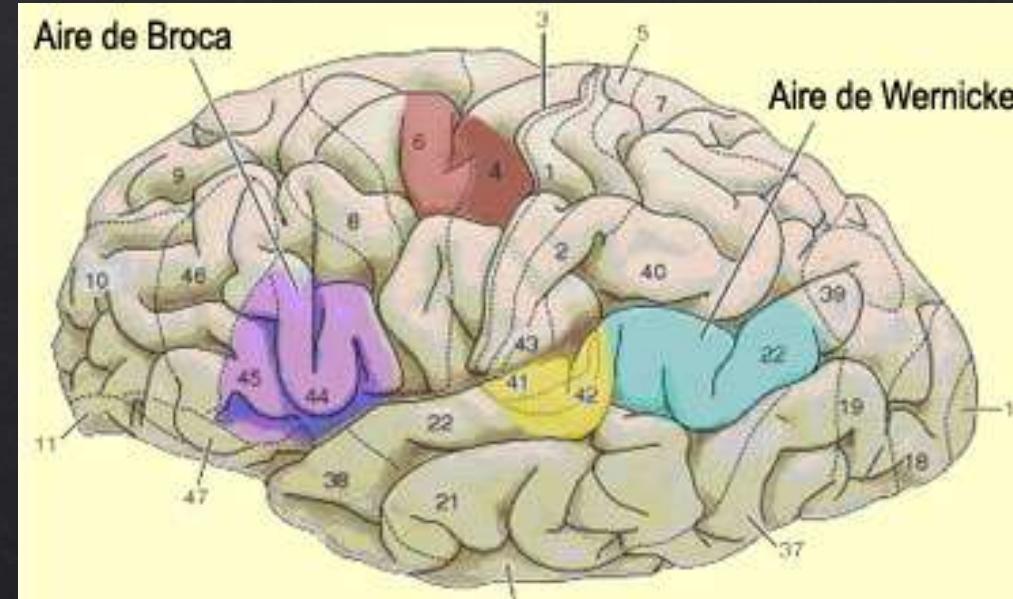
La tentation **des étiquettes fonctionnelles**  
avec quelques exemples :

- l'amygdale
- 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 langagièrre.

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**.

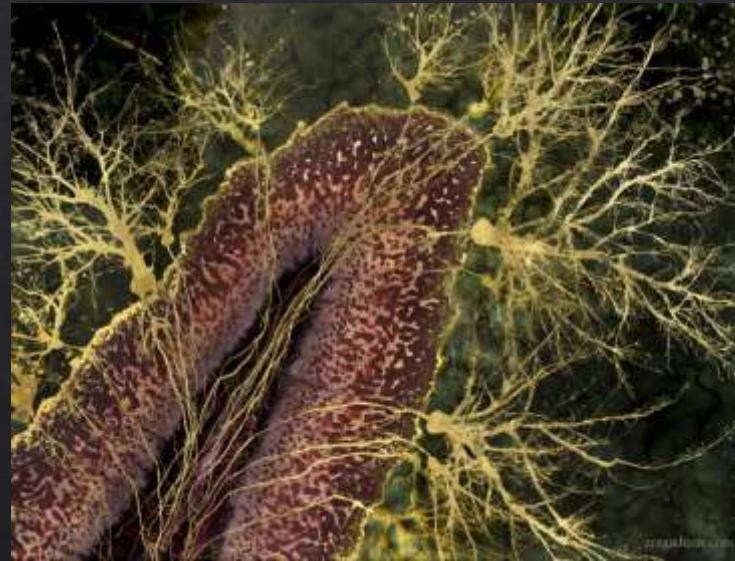
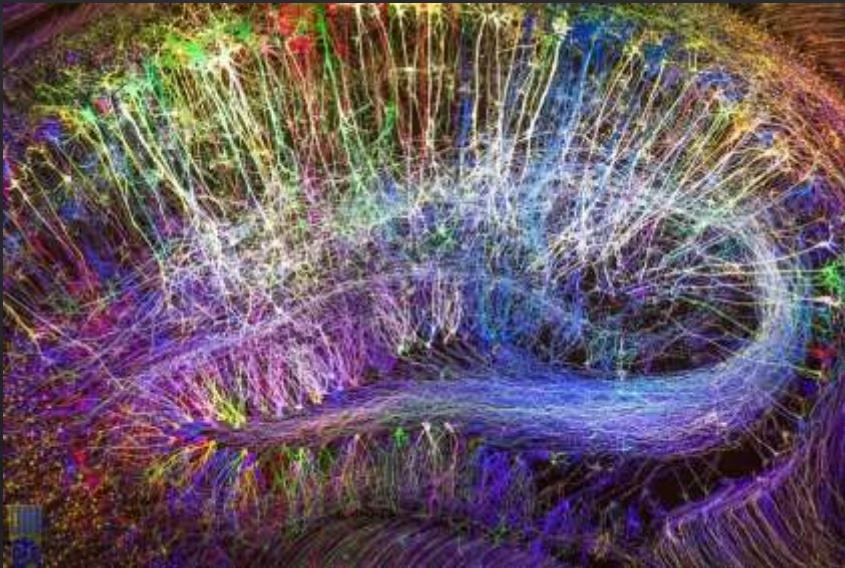


Cela dit, ce n'est pas parce qu'il y a très peu de chance de trouver des « centre de » quoi que ce soit dans le cerveau que l'on ne peut pas y trouver des structures cérébrales bien **différenciées** avec circuits neuronaux aux **capacités computationnelles particulières** comme :

**l'hippocampe**

ou

**le cervelet.**



**Mais on ne peut leur accoler une étiquette fonctionnelle unique.**

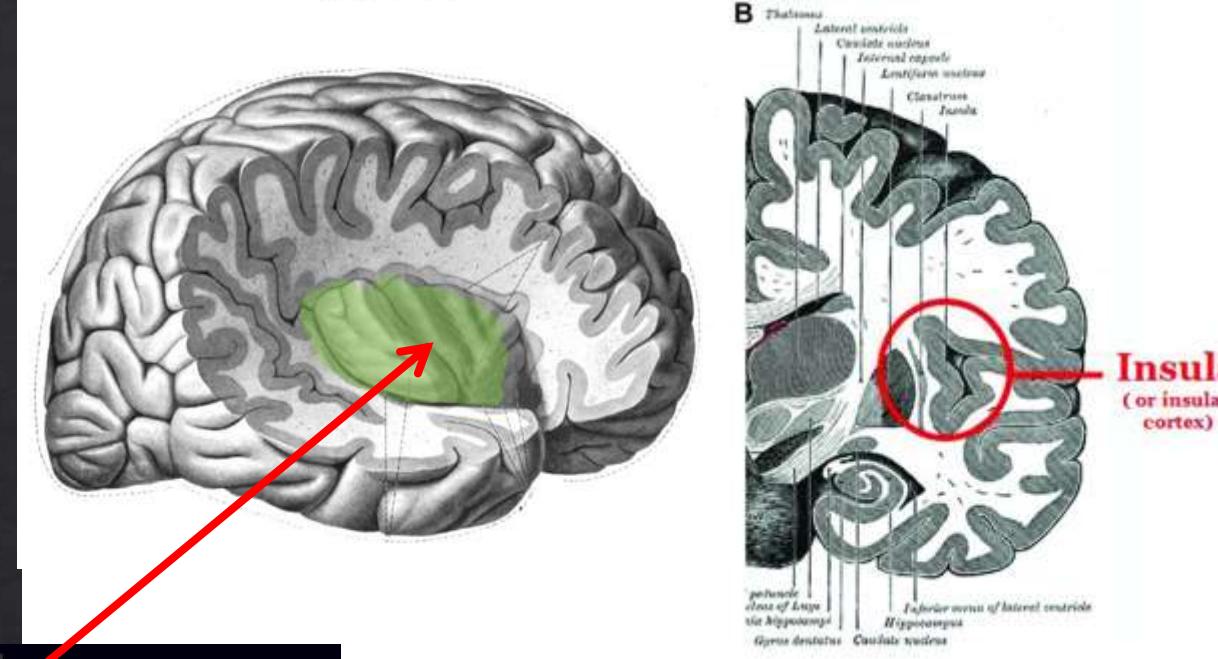
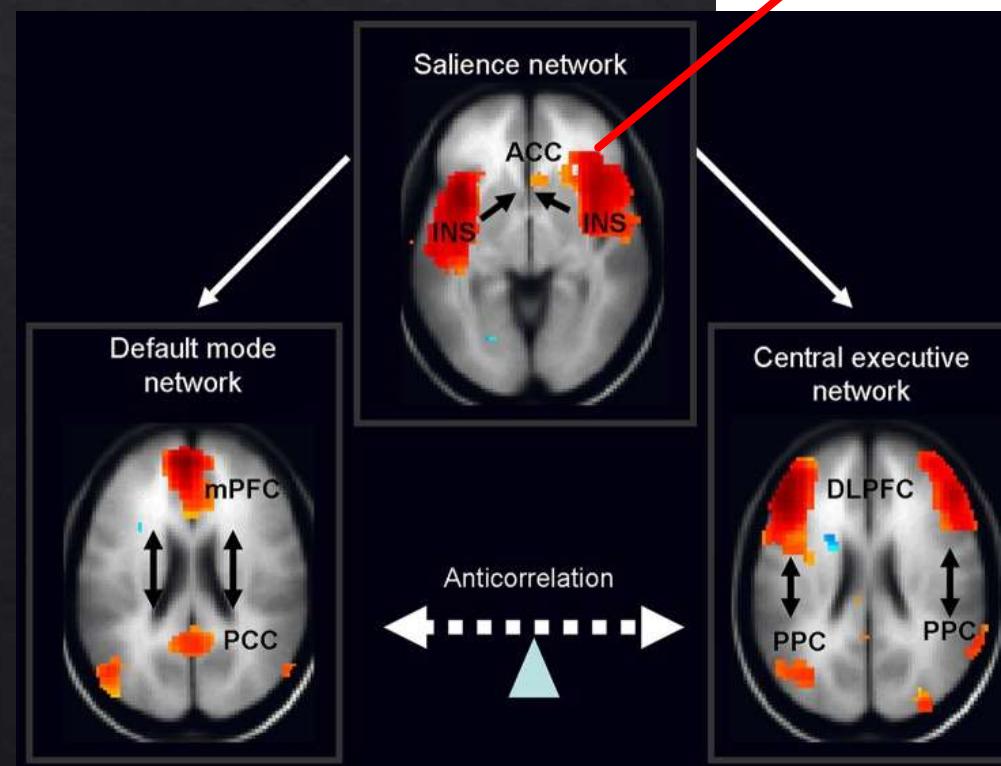
La tentation **des étiquettes fonctionnelles**  
avec quelques exemples :

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

→ activée par un **dégoût** alimentaire

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

Un exemple de **recyclage** neuronale



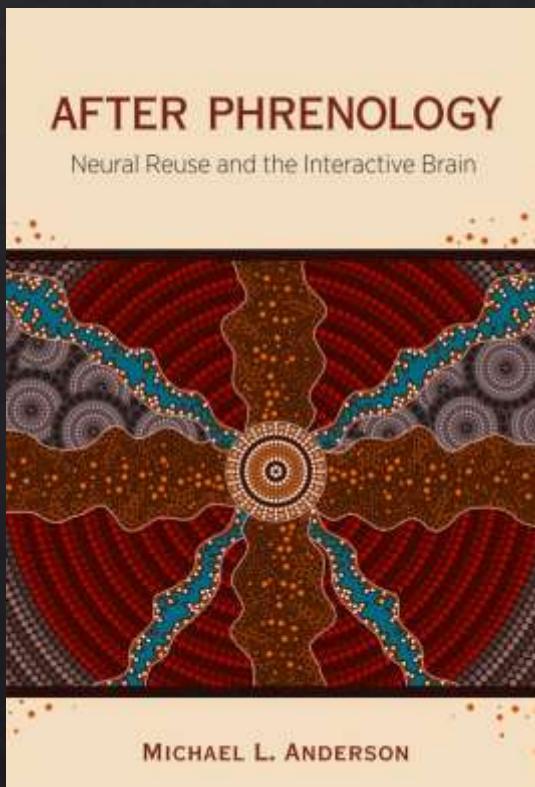
Et il ne faut jamais oublier que **l'insula** fait partie, comme toute structure cérébrale, de **différents grands réseaux** comme ici le « **réseaux de la saillance** »



## 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).





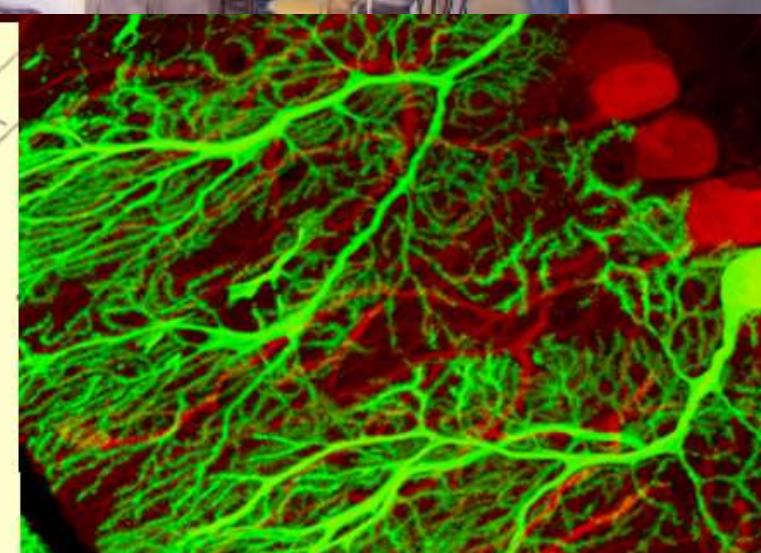
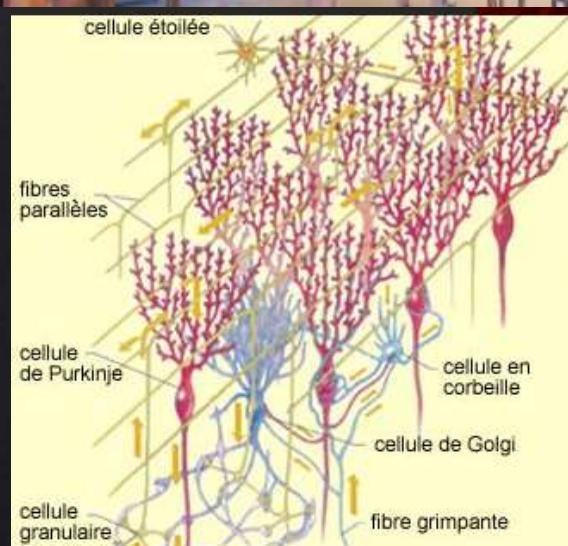
avec une approche alternative  
fondée sur ce qu'il appelle  
**la « réutilisation neuronale »**

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



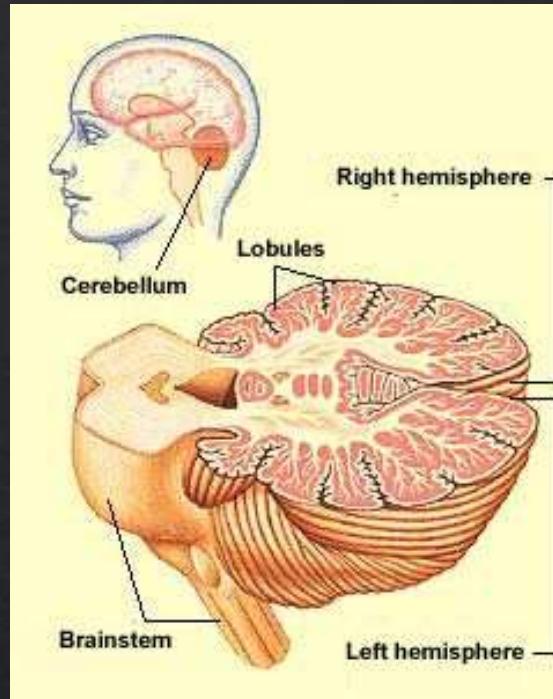
La tentation **des étiquettes fonctionnelles**  
avec quelques exemples :

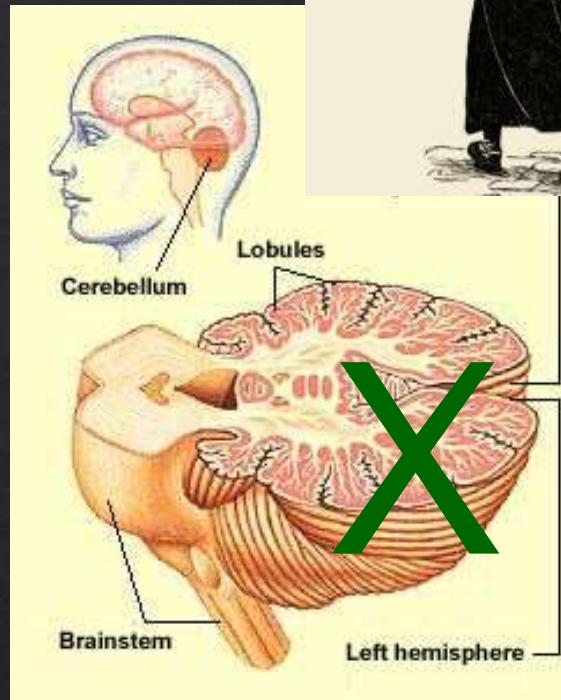
- l'amygdale
- l'aire de Broca
- le cortex insulaire (ou insula)
- le « cas » du cervelet



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.**

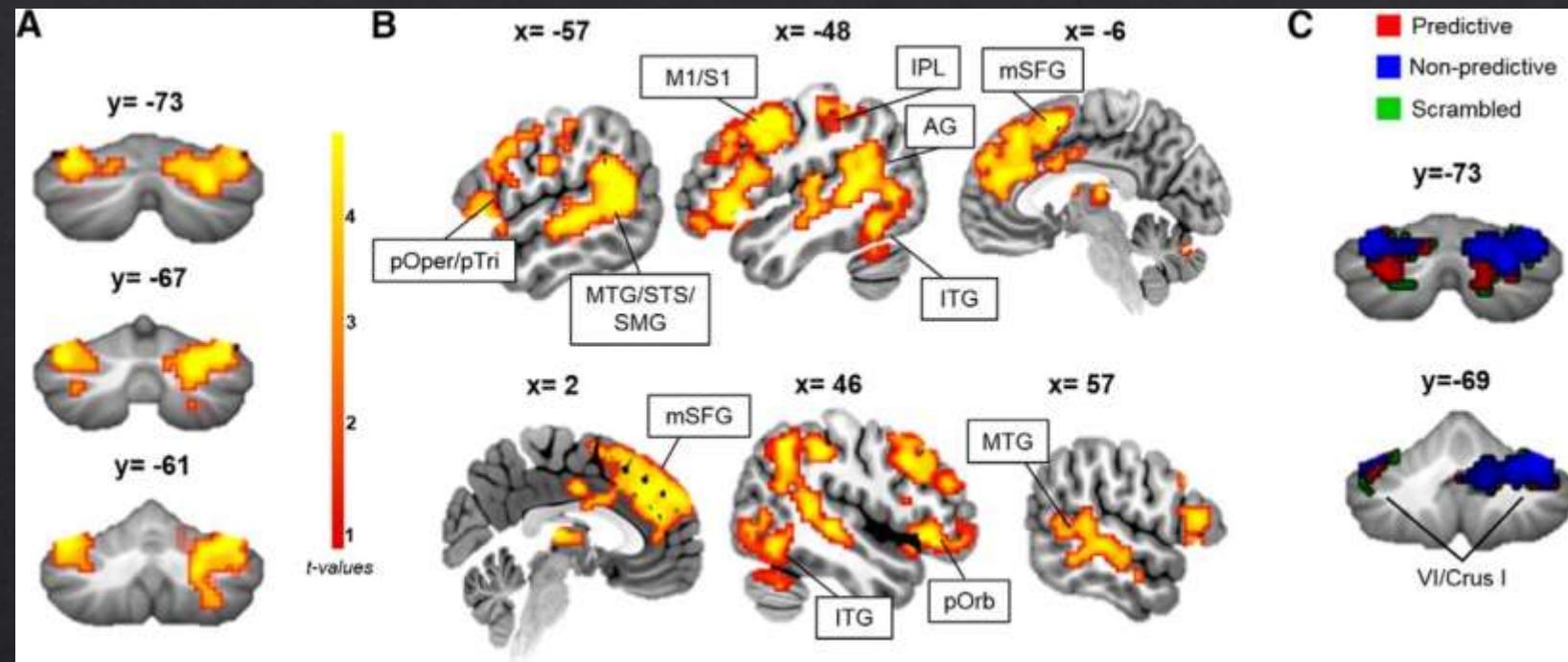
Il est maintenant clair que cette structure est impliquée dans tous les processus pour lesquels nous utilisons également le reste de notre cerveau : **les pensées, les émotions, le langage et même la mémoire** » - Jörn Diedrichsen, neuropsychologue .

## 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



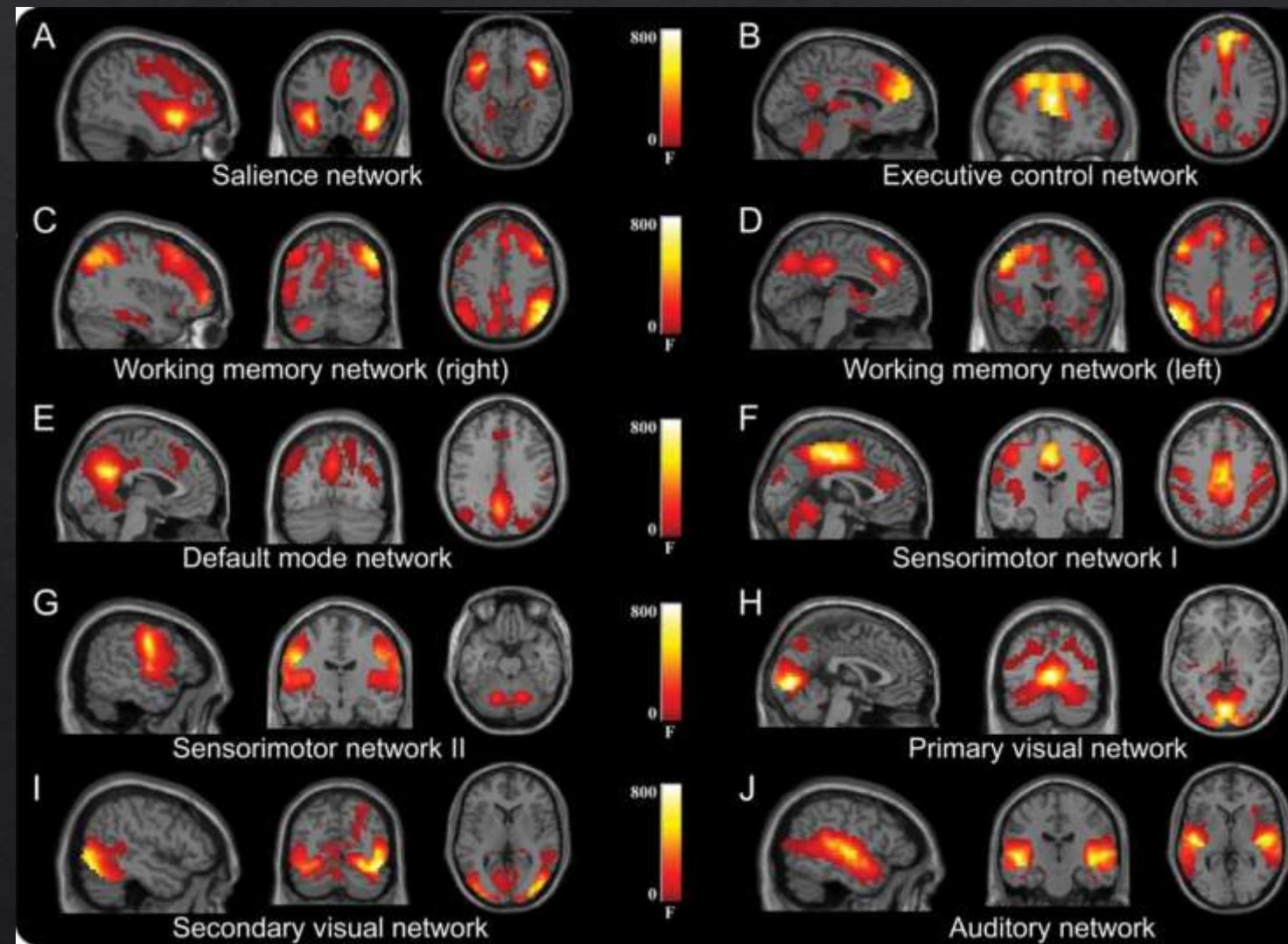
A, Cerebellar results of conjunction analysis across the three task conditions (predictive, nonpredictive, and scrambled) show **activation** of left VI/Crus I and right lobules VI/Crus I/Crus II.

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

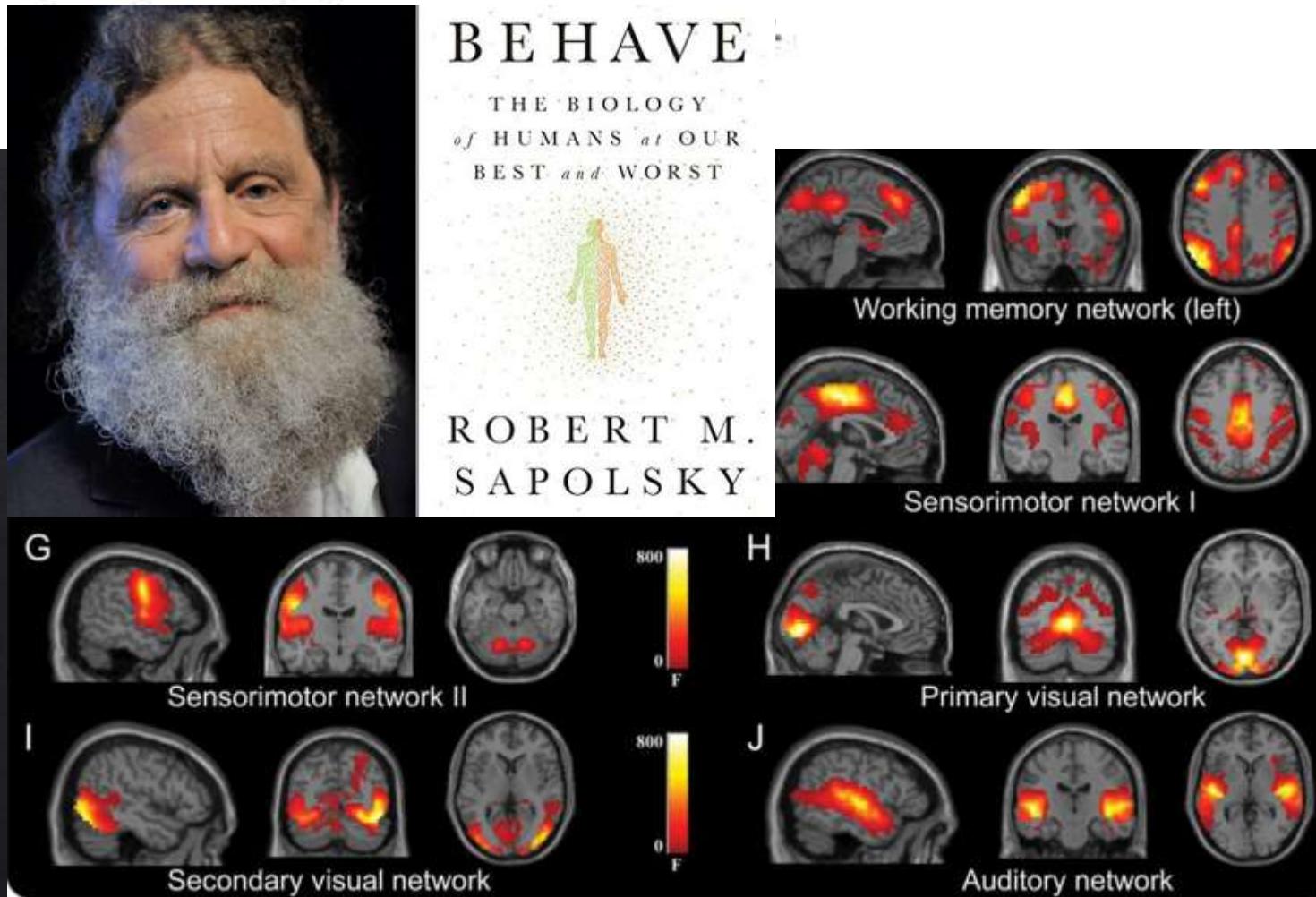
Le cervelet, petit mais costaud  
<https://www.jneurosci.org/content/37/6/1604/tab-figures-data>  
<https://www.cerveaupsycho.fr/sd/neurobiologie/le-cervelet-petit-mais-costaud-17608.php>

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.**

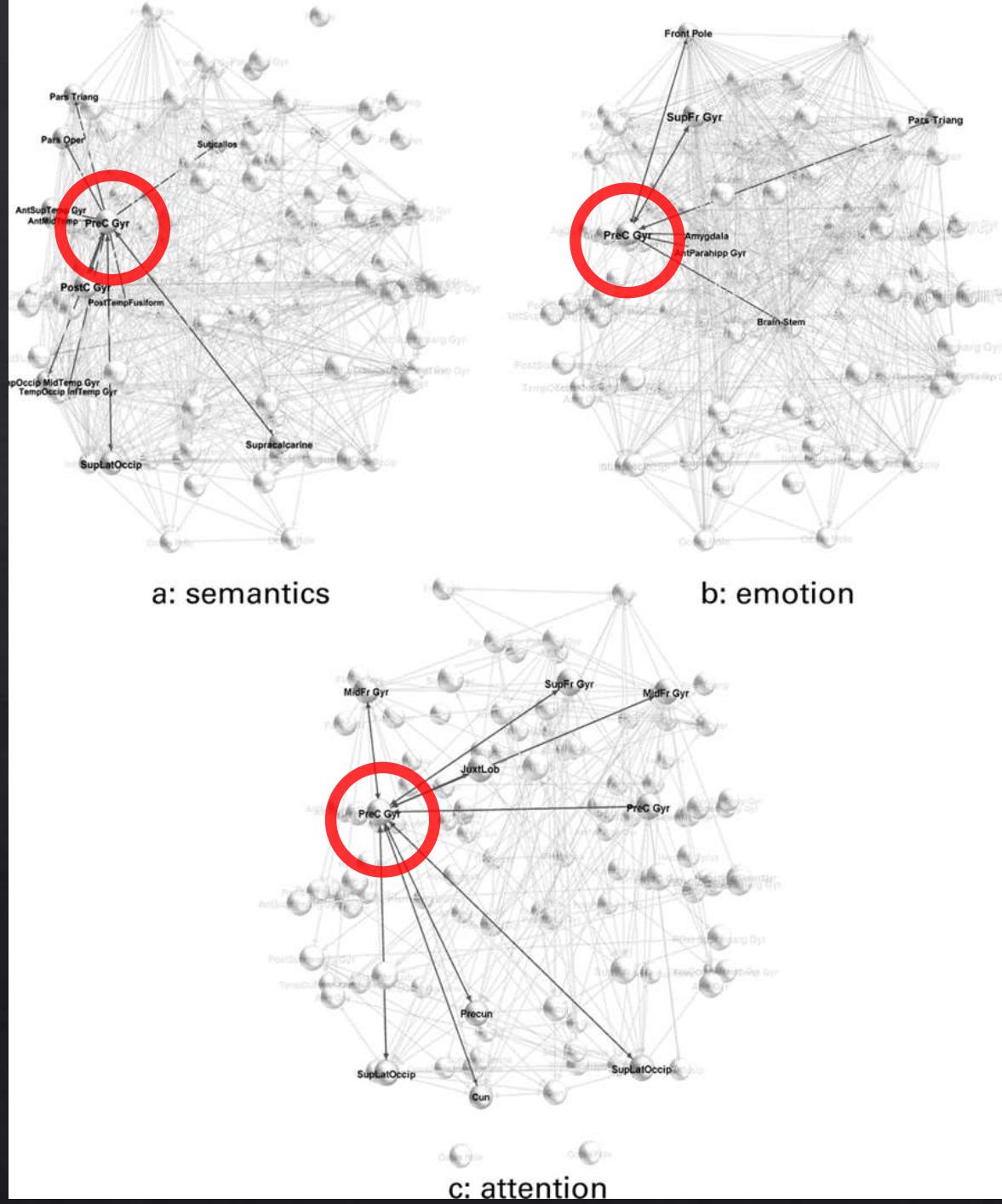
Elle s'intègre dans différents circuits cérébraux impliquant d'autres structures.



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.

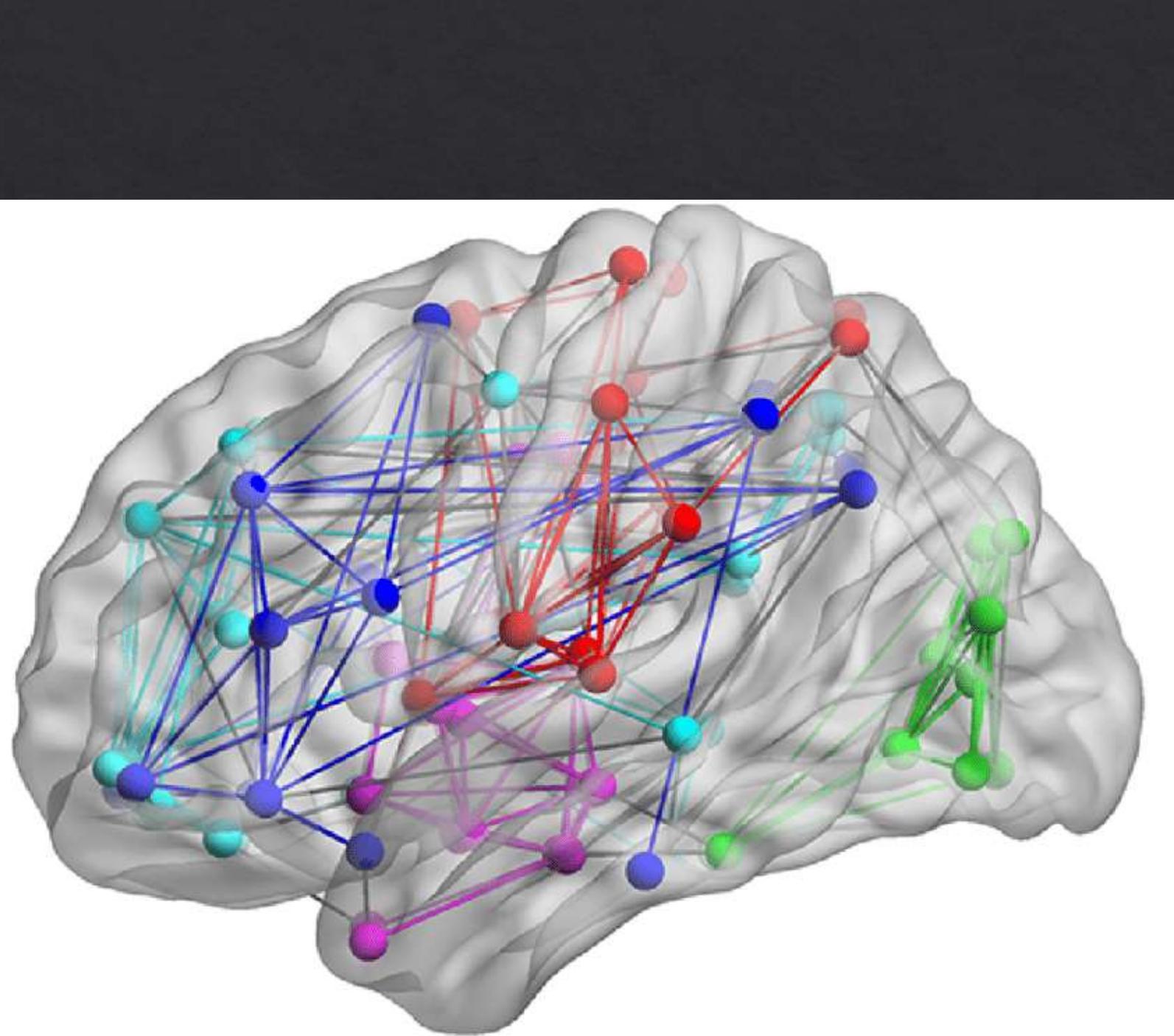
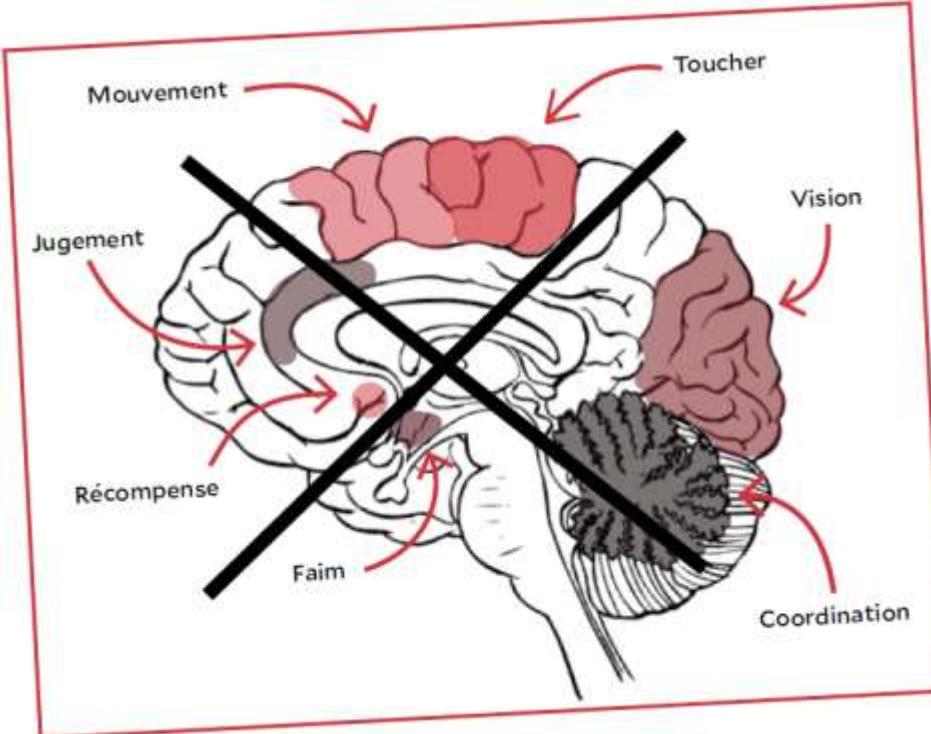


Exemple d'une  
même structure  
cérébrale impliquée  
dans **différentes**  
réseaux dans  
différentes situations.





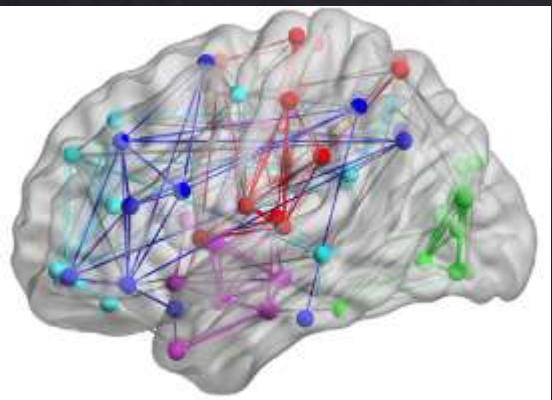
Le cerveau est anatomiquement « **surconnecté** » et doit trouver une façon de **mettre en relation** à tout moment les meilleures « assemblées de neurones » pour faire face à une situation.



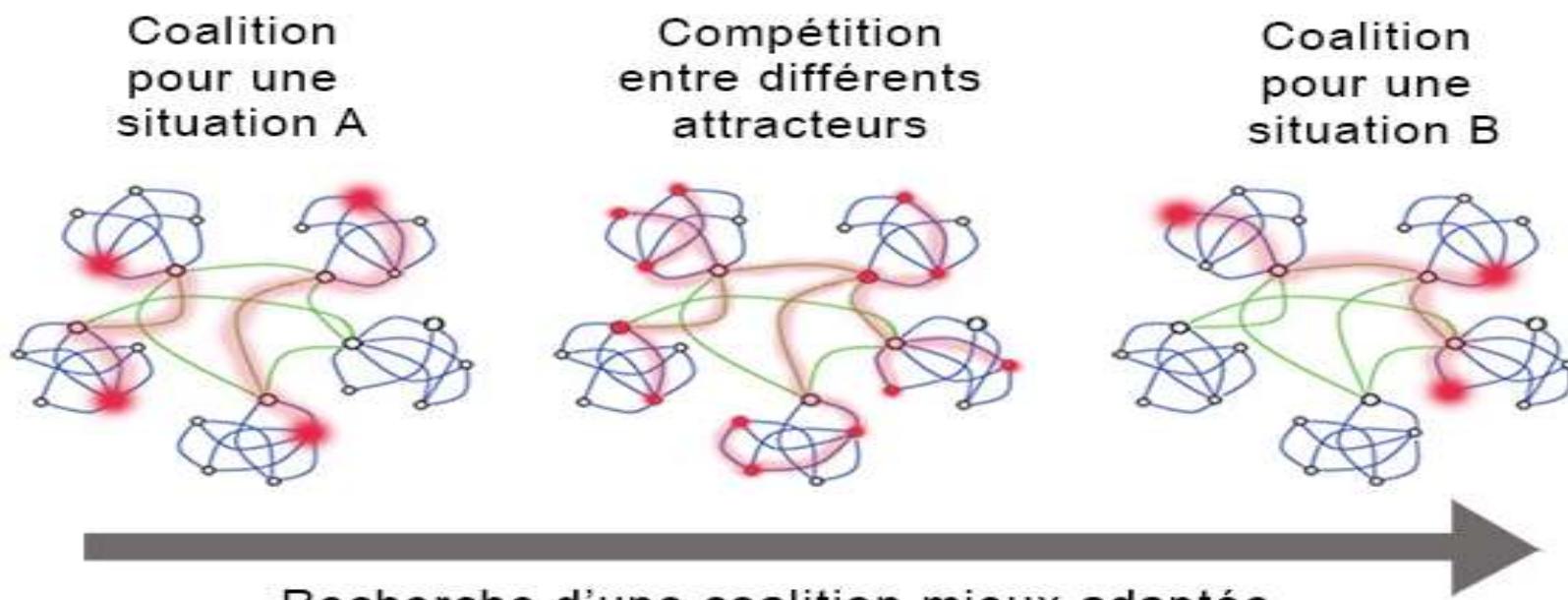


L'environnement  
(social) dans lequel on  
évolue

va **façonner** et  
**sélectionner**  
à chaque instant les  
configurations les plus  
adéquates.



Comment ?





## 6<sup>e</sup> rencontre

# L'activité dynamique de nos rythmes cérébraux durant l'éveil, le sommeil et le rêve

Où l'on va enfin pouvoir commencer à faire des liens entre l'activité neuronale et la pensée. Mais pour y parvenir, il faudra d'abord rappeler que **nous sommes le fruit de processus dynamiques à différentes échelles de temps**. Puis, en se situant sur l'échelle des temps les plus courts, on découvrira que **l'activité dynamique de notre cerveau est de nature endogène et auto-organisée**. Et que **différents modèles de systèmes non linéaires éclairent la dynamique cérébrale** avec leurs attracteurs ponctuels, étranges ou cycliques. Nous nous attarderons ensuite sur **nos différents rythmes cérébraux et leurs interactions complexes** et constaterons **leur importance pour comprendre le sommeil et le rêve**. Seront ensuite explorés les trois états de conscience que sont **l'éveil, le sommeil lent et le sommeil paradoxal**. Et on terminera en abordant **la consolidation de nos apprentissages durant le sommeil** et une question fort simple mais difficile: **pourquoi on rêve?**

**BD** 19 h pile. Y'a pas à dire, t'es un gars ponctuel!

**YDR** Facile: si j'ai pas donné moi-même cent rendez-vous à la statue de Félix Leclerc, j'en ai pas donné un! Et pis j'avais hâte d'en découdre avec toi! (rires)

**BD** Mais pour ça, on va pas rester ici, on va bouger un peu. Viens...

**YDR** C'est beau, le parc, à cette heure-là. Le vent est tombé, le monde est relax, on sent encore la chaleur de la journée, mais sans le soleil qui tape.



**BD** Tout à fait, on est sur le même *beat*. Et c'est justement de ça qu'on va parler aujourd'hui.

**YDR** De quoi? Des belles soirées de juillet?

**BD** Non, des *beats*, des rythmes. Ceux de la musique, mais aussi ceux des jours et des nuits. Et, bien entendu, ceux de l'activité nerveuse dans ton cerveau! C'est impossible de résumer tout ce qu'on s'est dit jusqu'à maintenant, mais juste pour se mettre dans le *beat*, donc, je te rappellerai qu'on est quand même passé, mine de rien, de l'émergence des premières cellules vivantes

C'est comme si à date on avait regardé des cartes qui nous indiquent où les routes passent, donc les chemins **possibles**



Mais ces cartes ne nous disent rien sur...



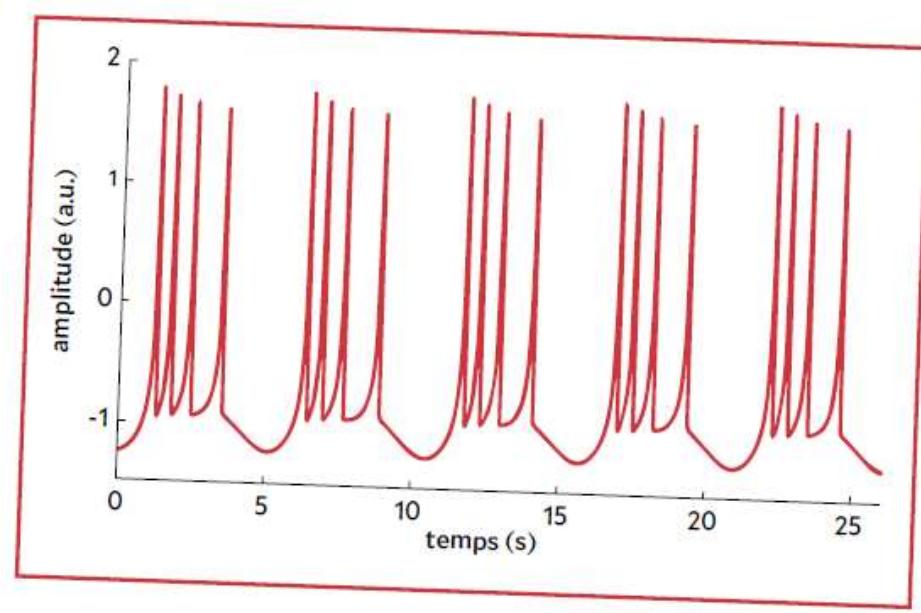
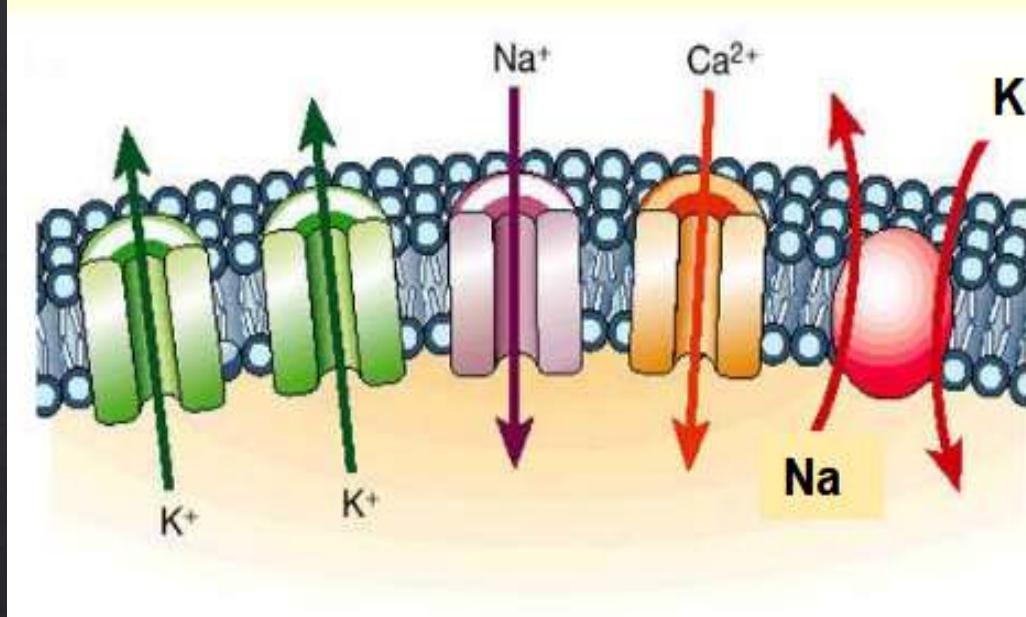
...l'intense trafic du matin et du soir versus le **calme** du milieu de journée, la **direction** prédominante du trafic à ces différents moments, ses **cycles** plus lents comme la tranquillité des vacances d'été versus la plus grande activité le reste de l'année, etc.

Et ces rythmes ne sont pas les mêmes en banlieue qu'au centre-ville.

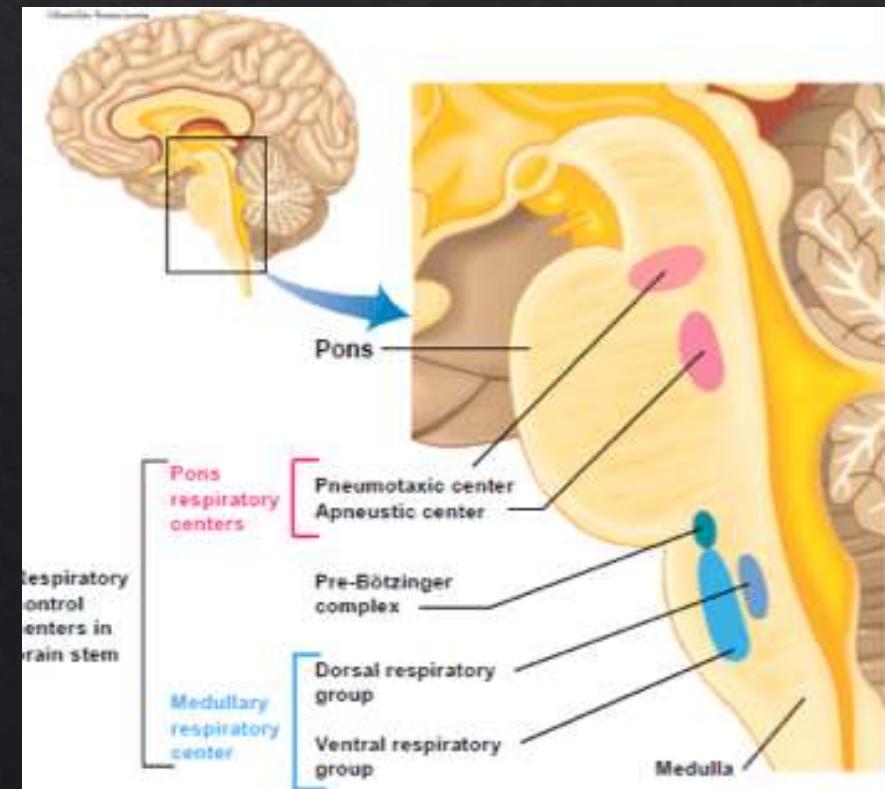


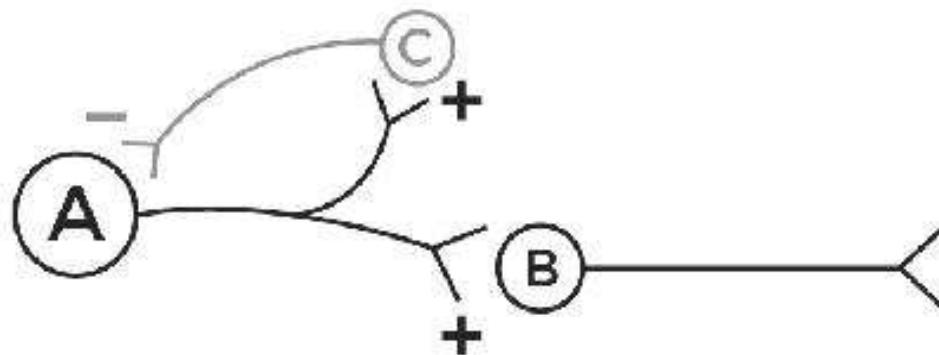
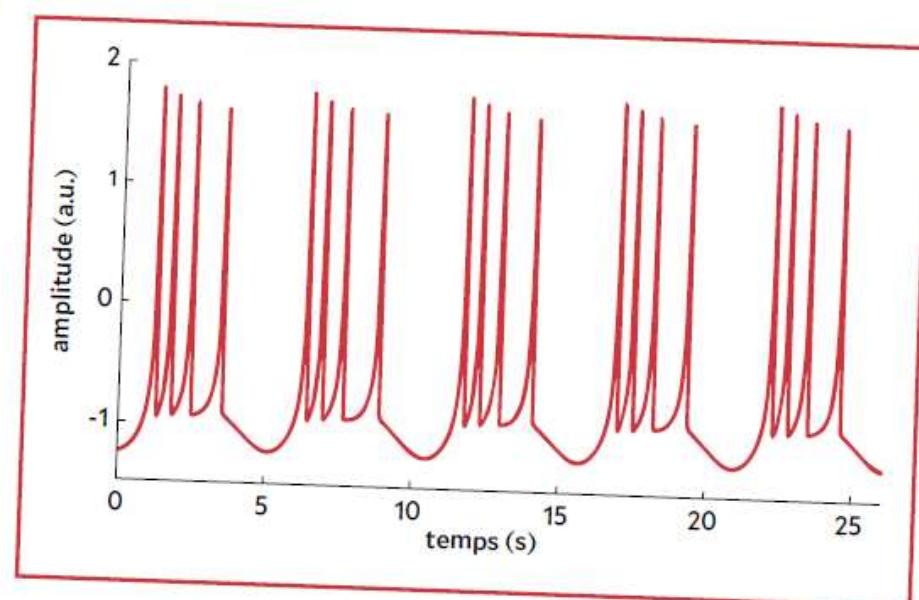
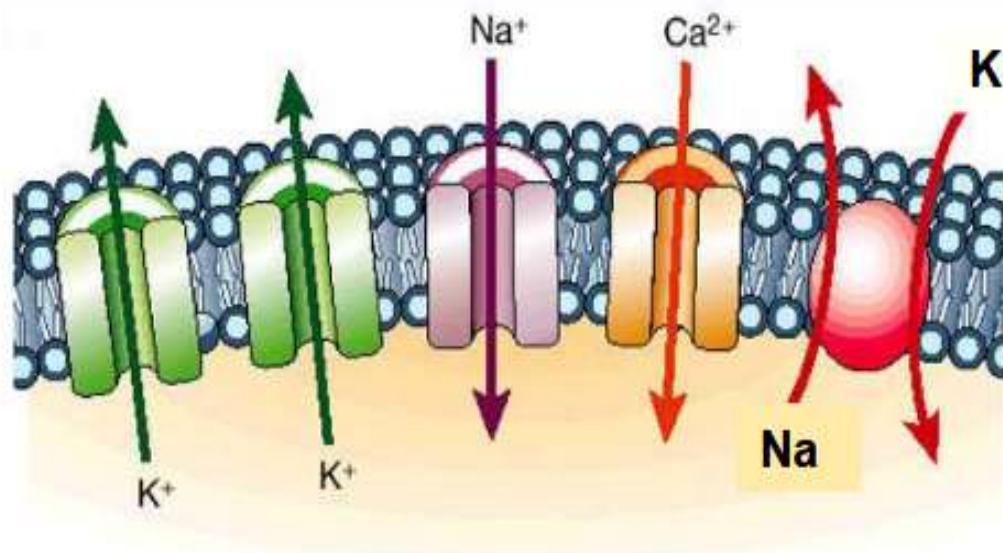
C'est la même chose pour le cerveau qui possède toutes sortes de rythmes à **différentes échelles de temps** et **selon les régions observées**.

Et c'est ce qu'on va voir maintenant.

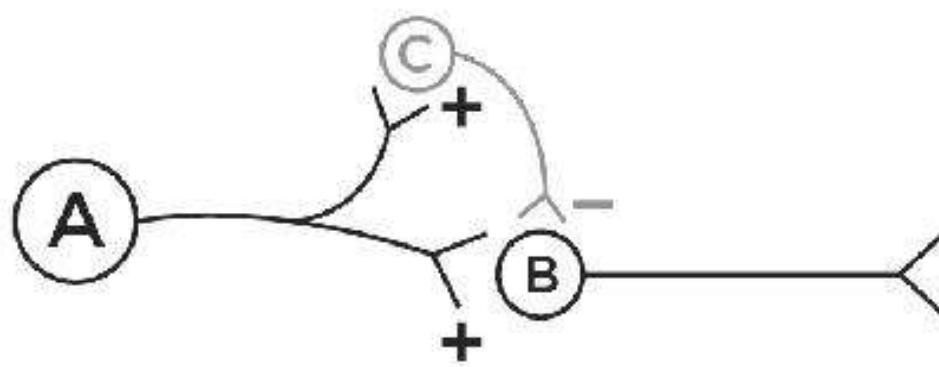
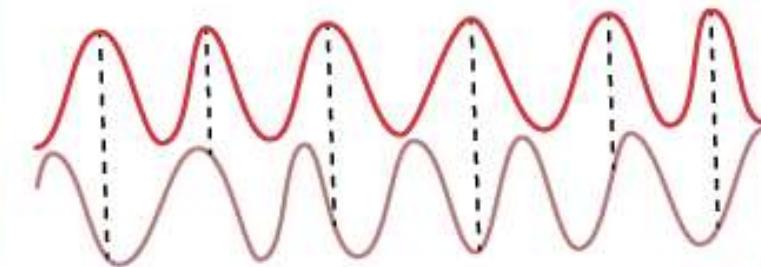


Exemple :  
les centres  
respiratoires  
du tronc  
cérébral

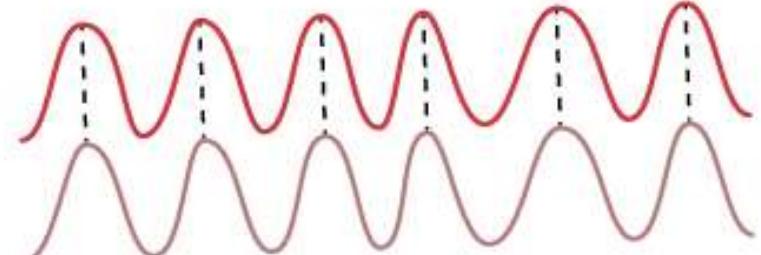




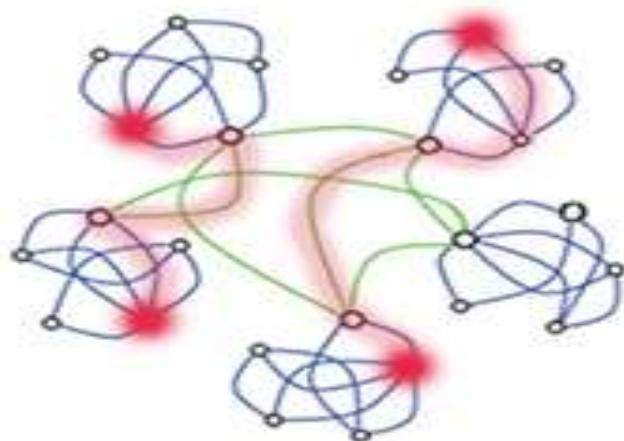
Pas de synchronisation



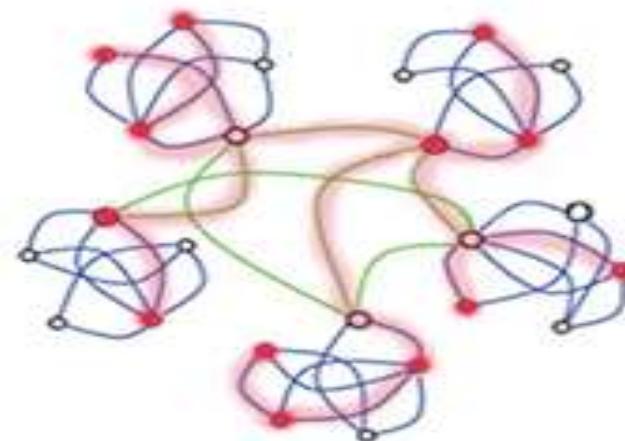
Synchronisation



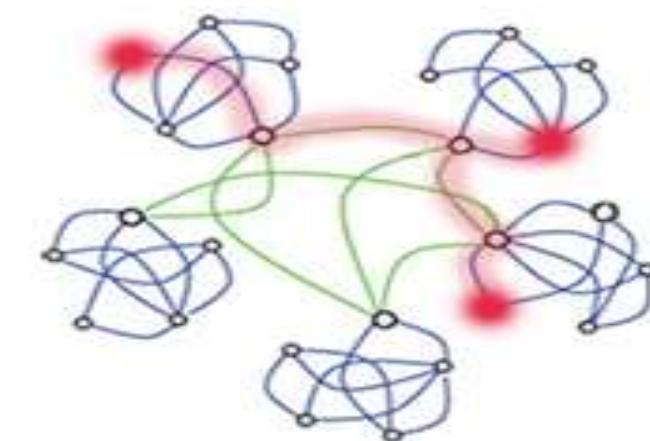
Coalition  
pour une  
situation A



Compétition  
entre différents  
attracteurs

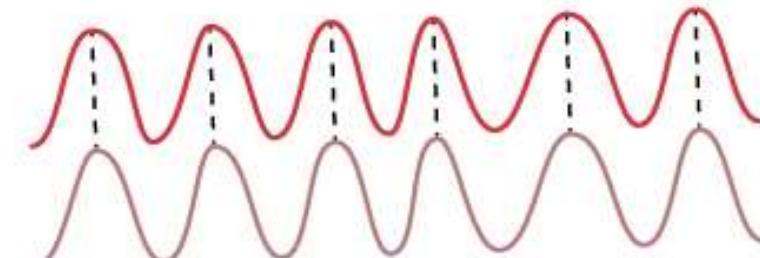


Coalition  
pour une  
situation B

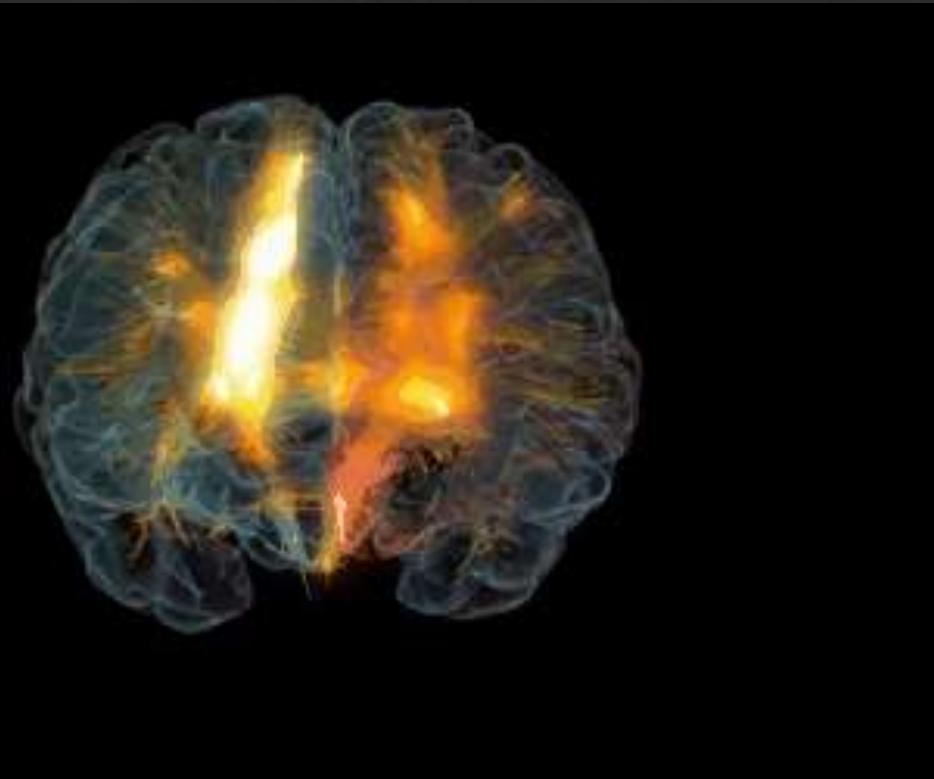


Recherche d'une coalition mieux adaptée

Synchronisation



Il n'y a donc jamais de « temps 0 » dans le cerveau,  
car il est toujours en train de « faire quelque chose »...



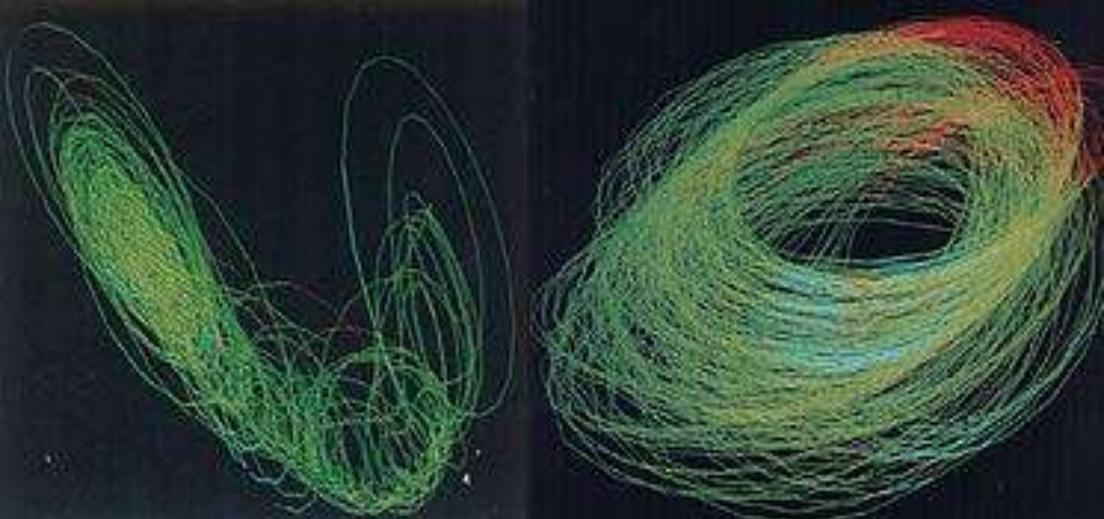
“Ce que l'on considère généralement comme des fonctions cérébrales – voir, penser, décider, agir – sont en réalité des **perturbations** (“disturbance”) [de l’activité **endogène ou intrinsèque** du cerveau].

- Michael L. Anderson

**The Dynamic Brain** (2011)  
What your brain is doing when  
you're not doing anything

<https://www.psychologytoday.com/blog/after-phrenology/201102/the-dynamic-brain>

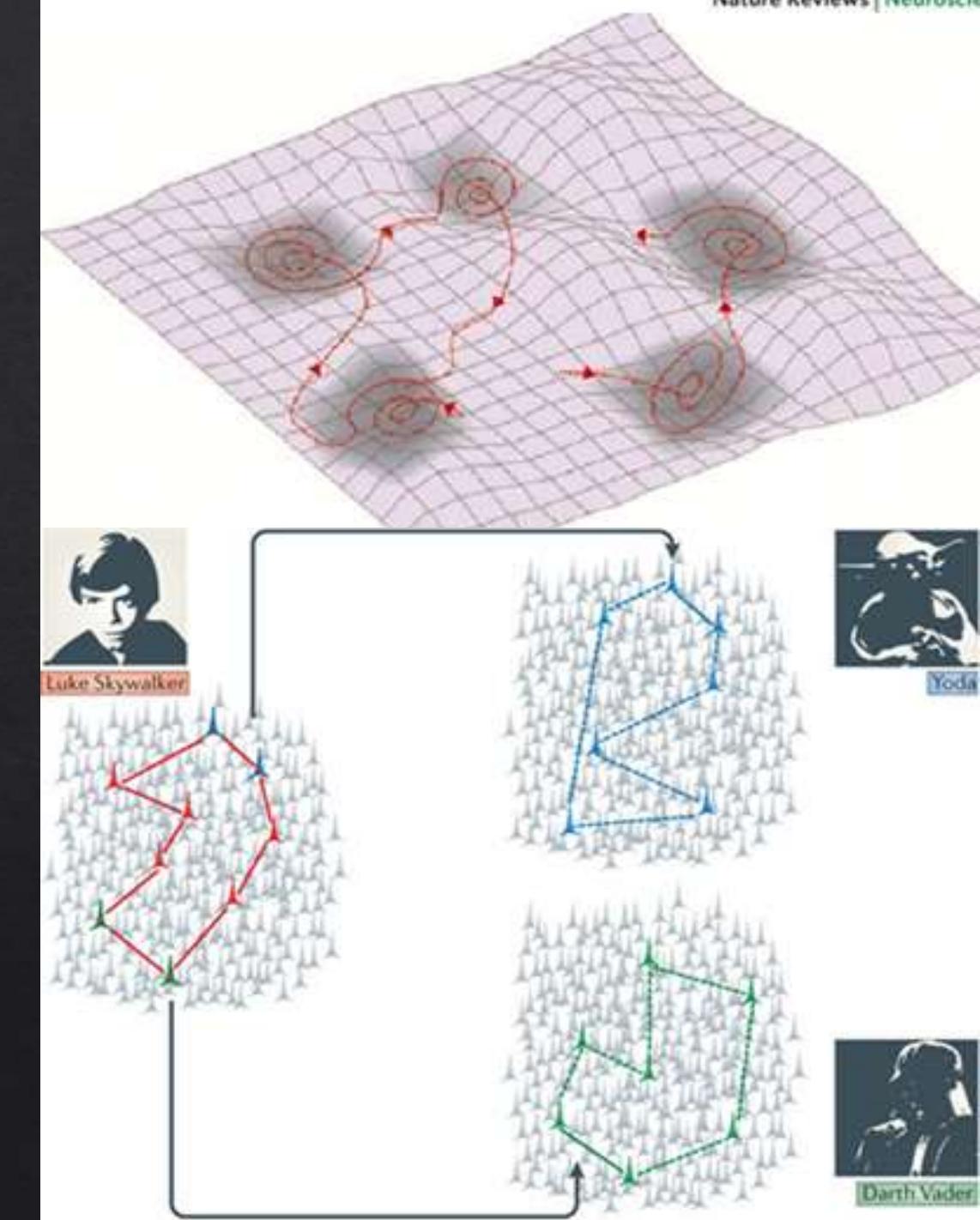
Cette activité incessante  
constitue un système  
dynamique possédant  
d'innombrables **attracteurs**



où peut se concentrer de manière transitoire  
l'activité nerveuse,



comme autant d'**engrammes** de nos souvenirs,  
d'évocations, de... **simulation** !



Car se pourrait-il que cette **activité endogène** qui consomme en permanence 20 à 25% de l'énergie et de l'oxygène que nous consommons (pour un organe qui ne représente que 2% du poids du corps) révèle des choses encore plus fondamentales sur le fonctionnement du cerveau?

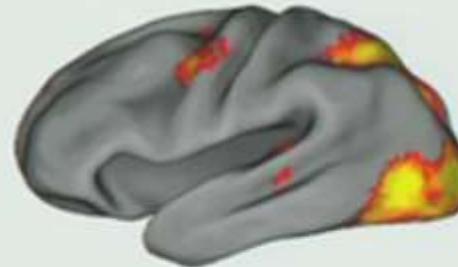


powered by BCILAB | SIFT

→ Un changement de paradigme vers un cerveau **proactif** et « **prédictif** »  
(on y revient après la pause...)

### An Historical View

**Reflexive**  
(Sir Charles Sherrington)

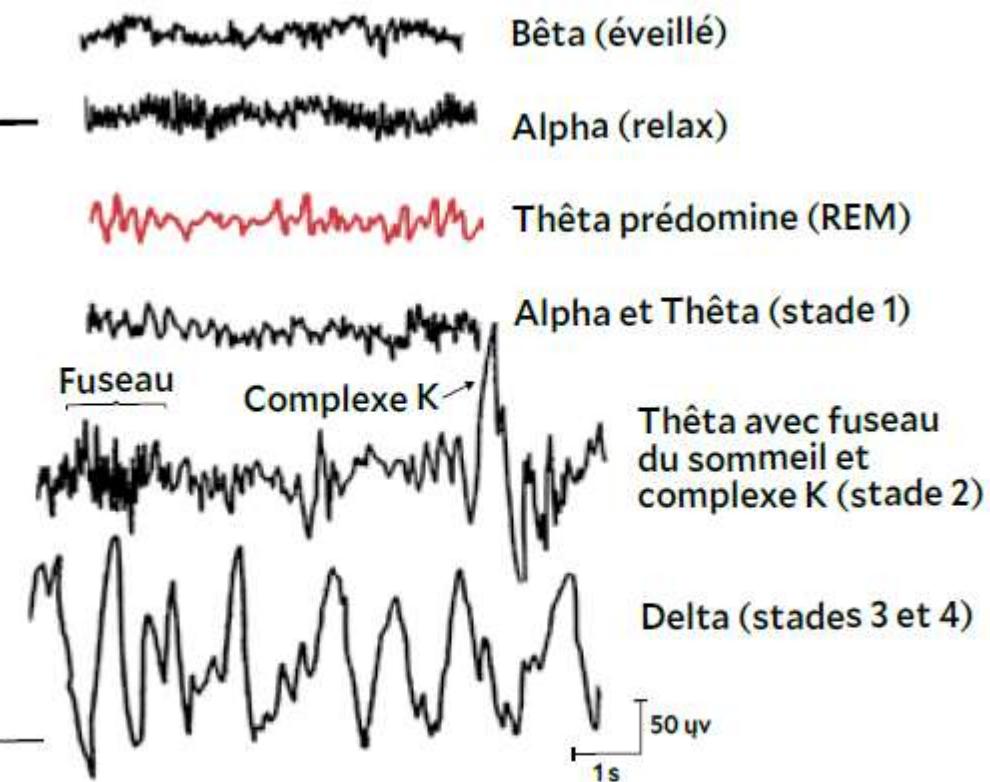
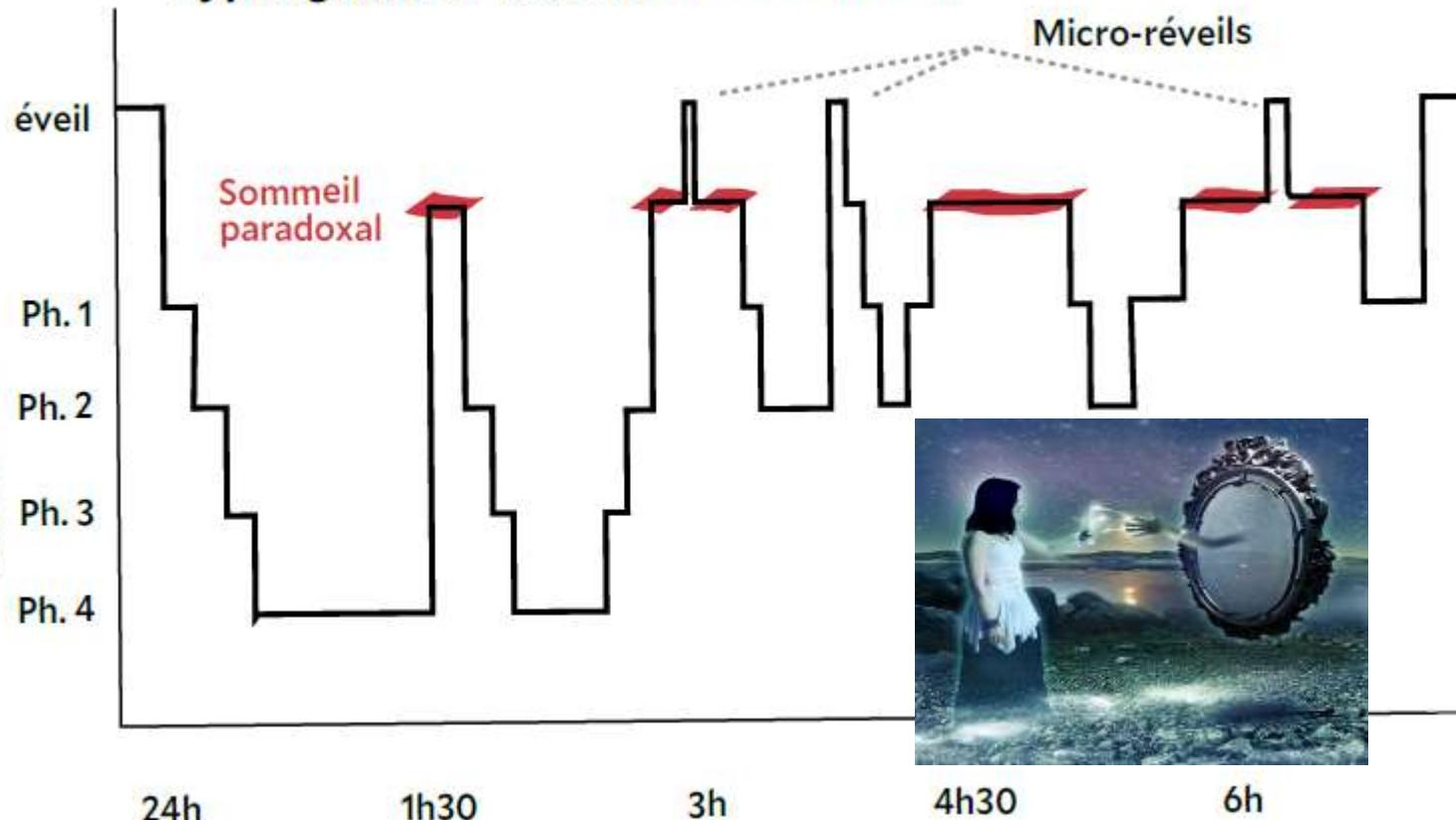


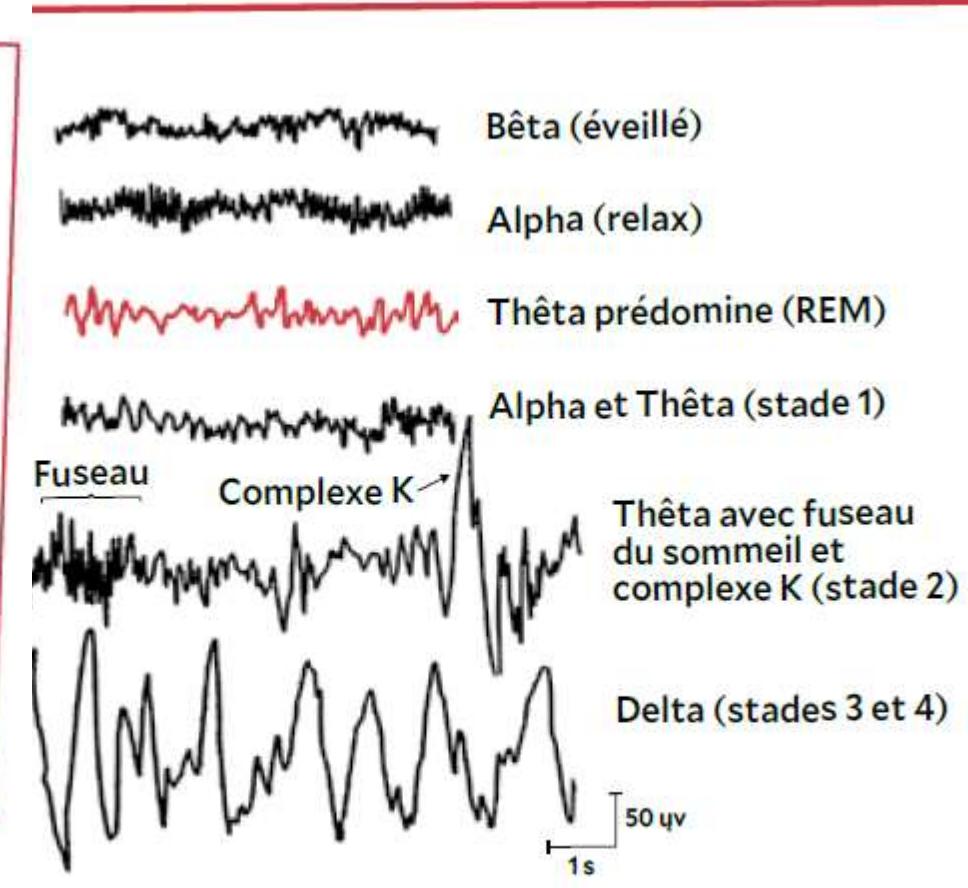
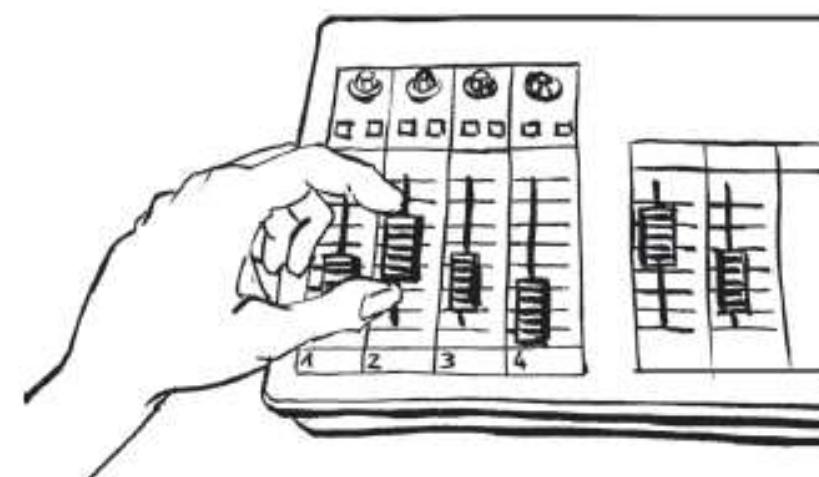
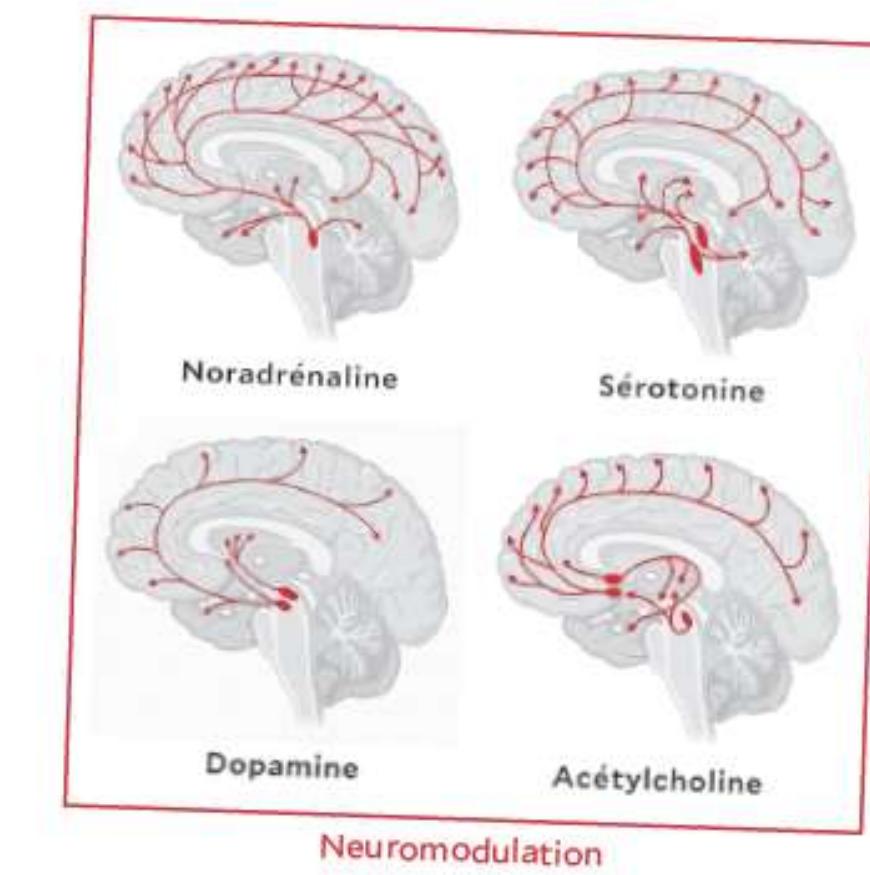
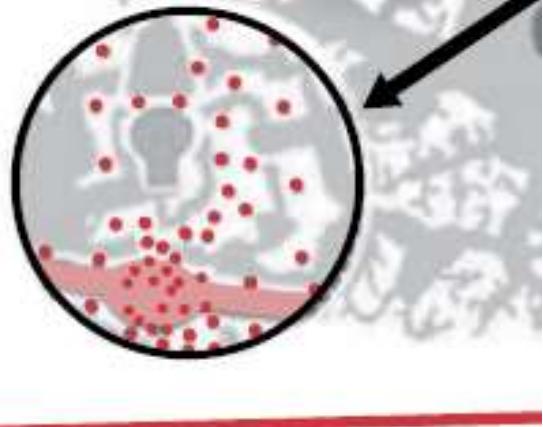
**Intrinsic**  
(T. Graham Brown)



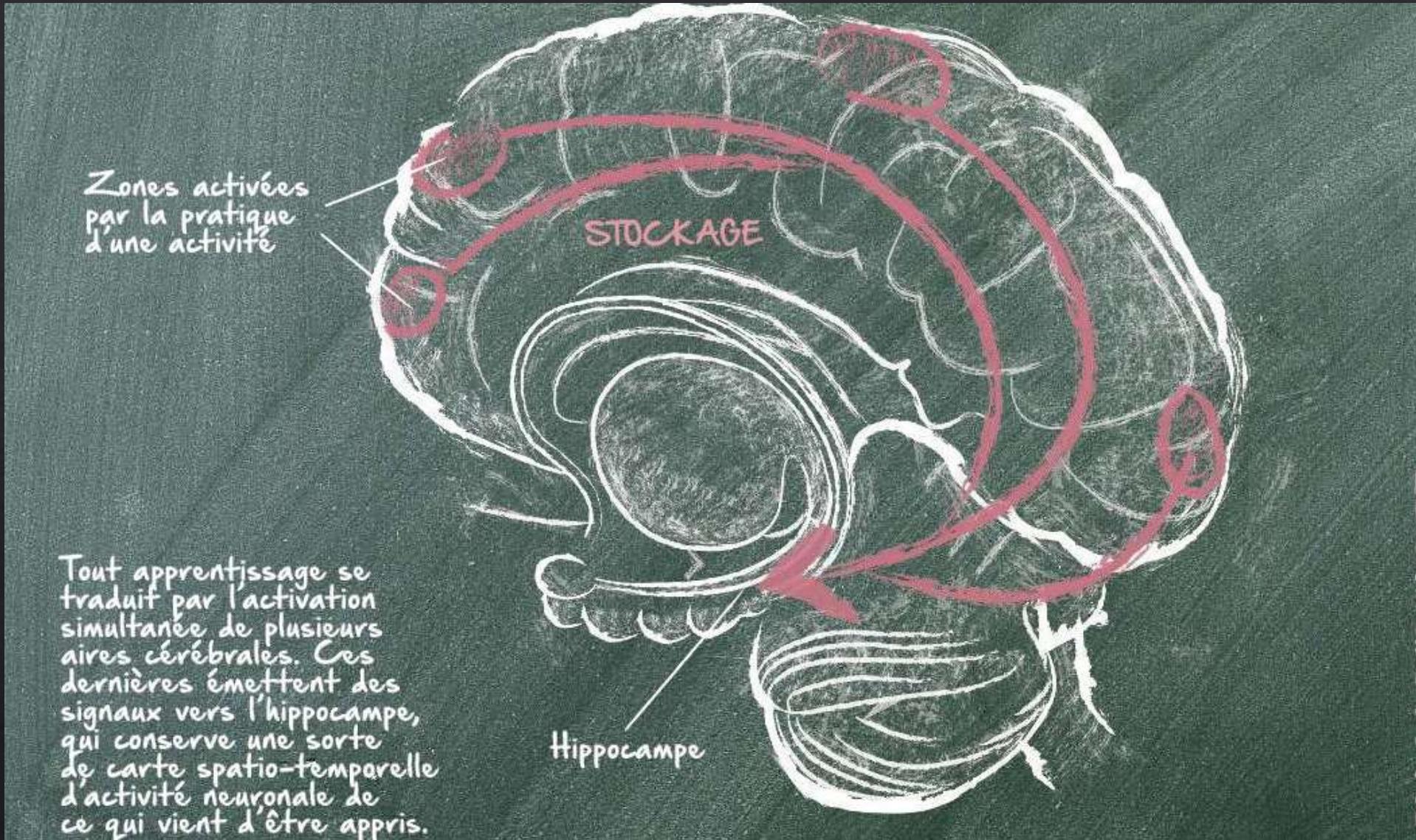
Raichle: Two Views of Brain Function

## Hypnogramme d'une nuit de sommeil

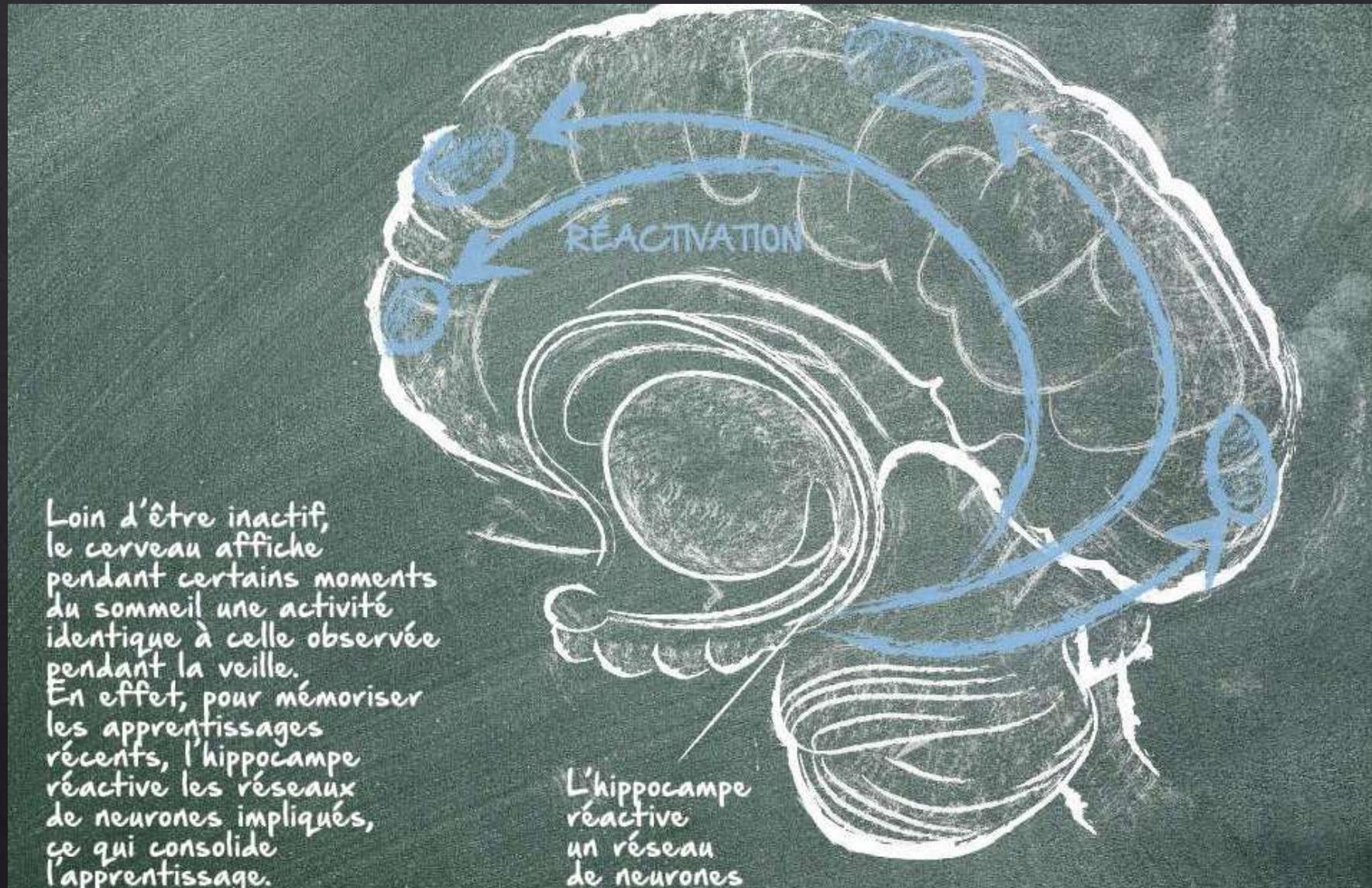




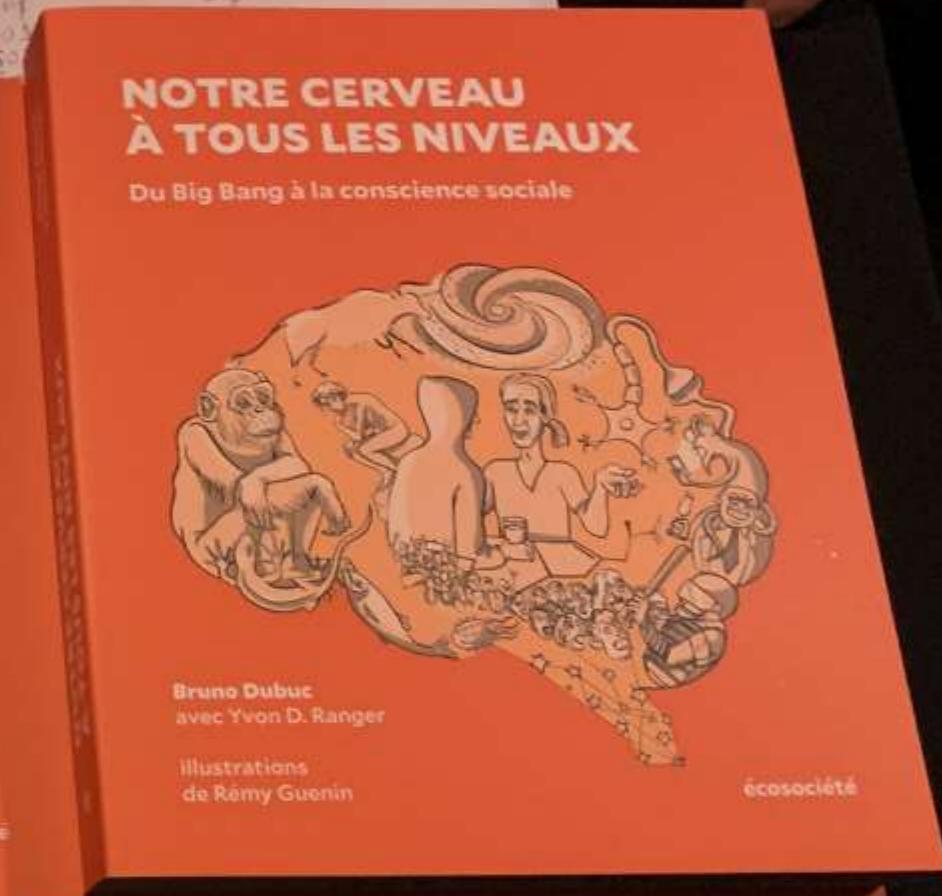
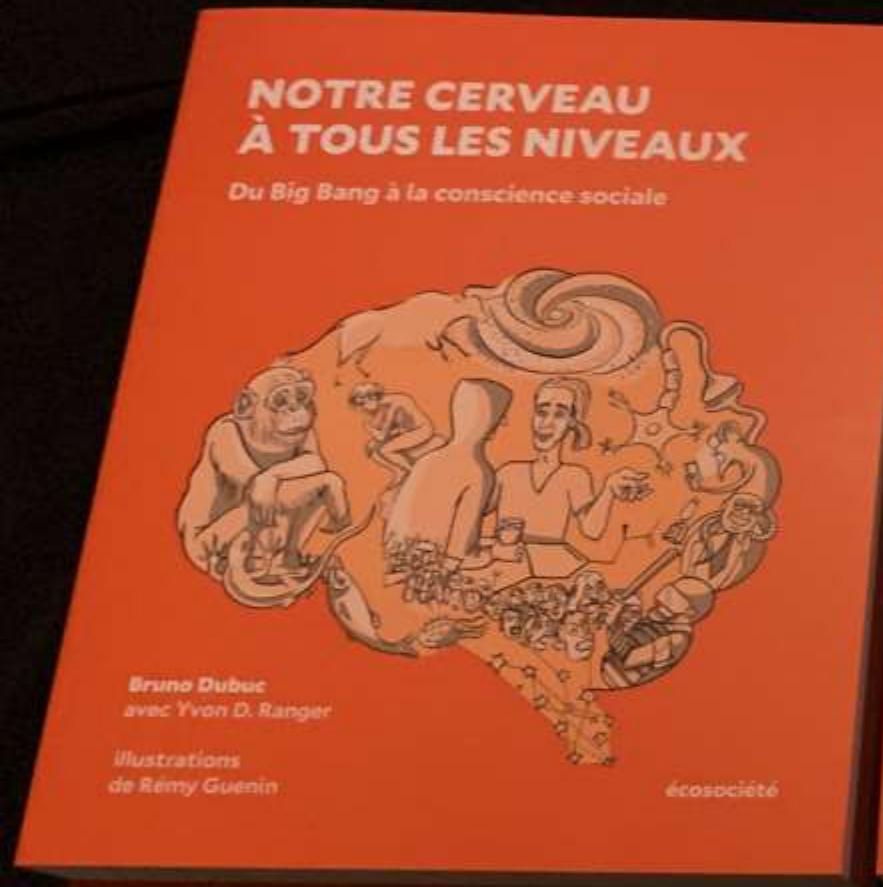
Cerveau optimisé pour l'encodage le jour...



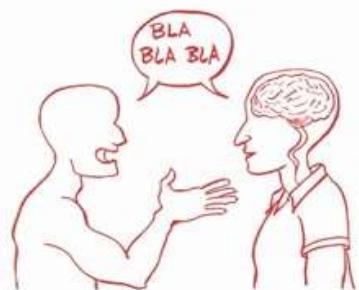
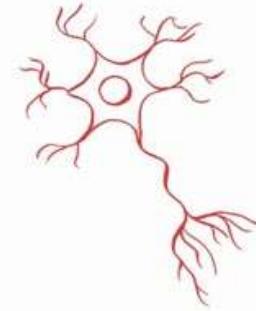
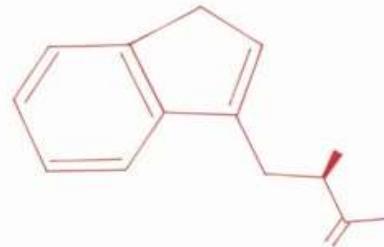
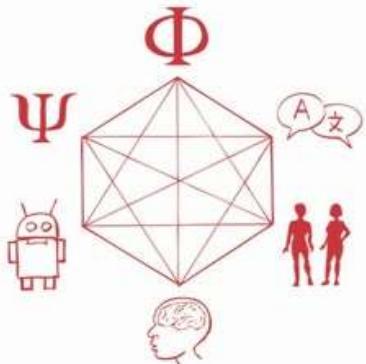
... et pour la **réactivation** et **consolidation** la nuit.



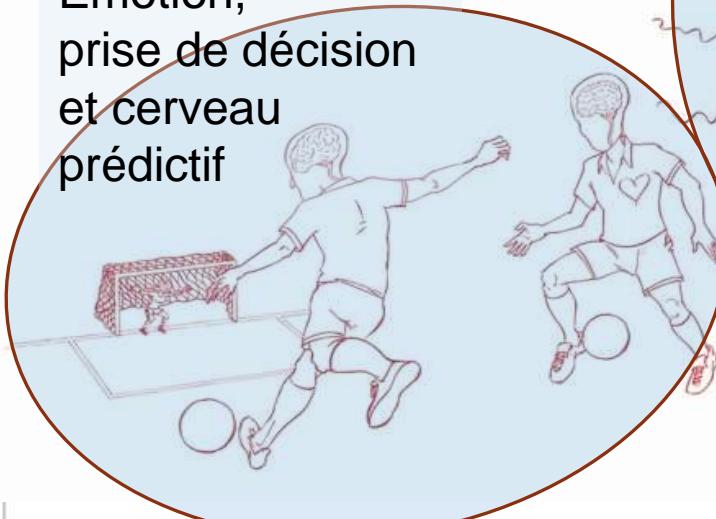
# Pause...



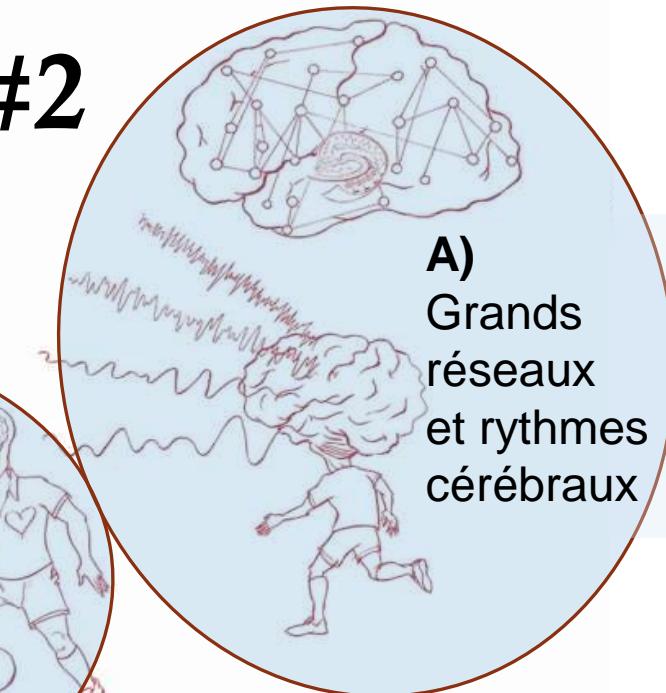
# Plan des 3 séances



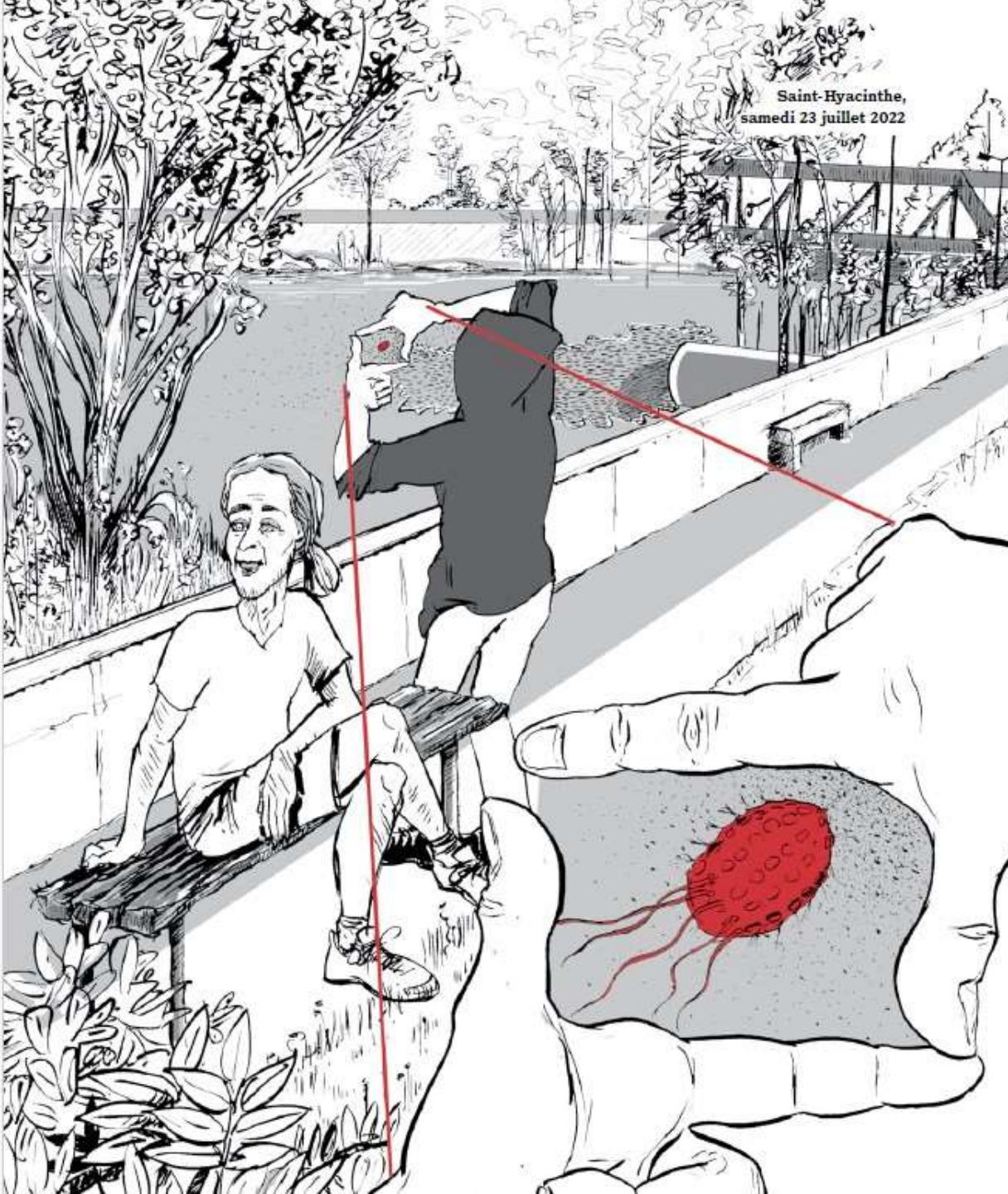
**B)**  
Émotion,  
prise de décision  
et cerveau  
prédictif



#2



**A)**  
Grands  
réseaux  
et rythmes  
cérébraux



## 7<sup>e</sup> rencontre

# Cerveau et corps ne font qu'un: l'origine des émotions

Où l'on se rend compte que, ô surprise, on a un corps! Dans le sens où l'évolution du cerveau qu'on a esquissée jusqu'ici ne s'est pas faite dans le vide, mais bien toujours dans **des êtres vivants qui attribuent des valeurs aux choses en fonction des besoins de leur corps**. Et c'est à partir de ce constat qu'on pourra remonter **l'origine évolutive de nos émotions**. Et constater que **tous les grands systèmes du corps humain sont intimement liés**. Ce que **l'exemple du stress** montre bien à travers les nombreux mécanismes par lesquels **le stress chronique affaiblit notre système immunitaire**. On finira en considérant où en est la recherche sur les émotions, ce qui nous fera réaliser qu'elles ne sont pas si différentes du reste de notre cognition. Et que ces états subjectifs, en plus d'être « incarnés », sont aussi toujours situés dans un contexte qui leur donne une coloration particulière et parfois intense, comme Yvon en fera l'expérience...

BD C'est bon? Ça roule?

YDR Oui, mais comme j'te dis, avec le bruit du bus, le son est pas génial.

BD Du moment qu'on entend ce qu'on dit. C'est juste que je voulais commencer officiellement la rencontre dans cet autobus 200 qui va de Longueuil à Saint-Hyacinthe et que toi et moi, Yvon, on a pris si souvent.

YDR Ouais, pour rentrer à « Saint-Hyacinthe-la-jolie » par la rue Dessaulles qui brille justement pas par sa beauté et son aménagement, comme

ben des rues principales de p'tites villes au Québec. Mais bon, c'est là qu'on a grandi tous les deux, pis ces rues vont toujours avoir de quoi de spécial pour nous, j'ai l'impression.

BD C'est pas mal pour ça que j'ai tenu à ce qu'on vienne jusqu'ici pour cette rencontre, parce qu'on va entre autres parler des émotions aujourd'hui. Et comme avec la famille et l'adolescence, on a tous en général été assez bien servis côté émotions, je me suis dit que ce serait le match parfait! (rires) Et tant qu'à faire un retour aux sources, je propose qu'on commence notre promenade sur... la Promenade! On pourrait aller la



Les êtres vivants vont ainsi attribuer **une signification bonne ou mauvaise aux choses et aux êtres** qu'ils rencontrent, en accord avec le type de corps particulier qu'ils ont à maintenir en vie.

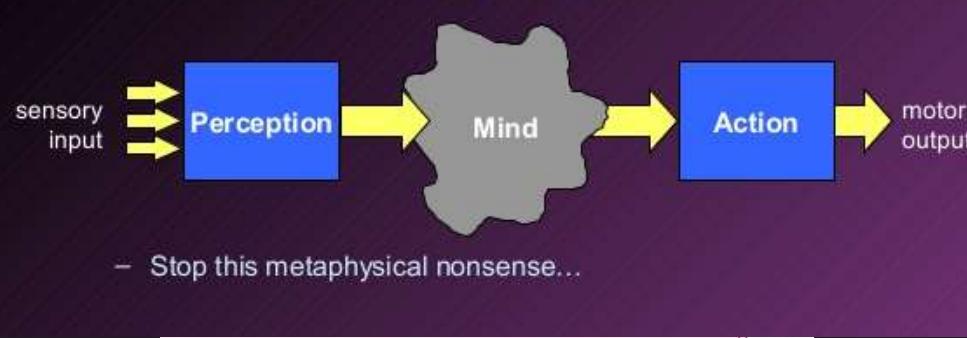
C'est pourquoi ils sont **intrinsèquement concerné par le monde**

et ont cette curiosité d'explorer leur environnement parce qu'il est promesse de ressources.

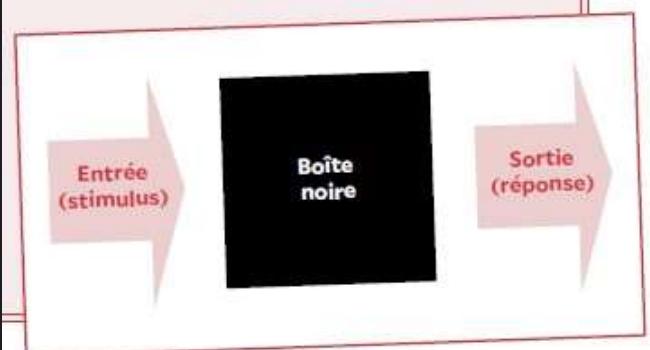
→ Cette motivation pour l'action a beaucoup à voir avec les **émotions**

- **la peur**, qui permet de mobiliser nos ressources pour faire face à la menace
- **la colère**, pour se protéger ou pour protéger les objets gratifiants trouvés
- une fois notre survie assurée, l'essentiel devient alors de se reproduire et plusieurs émotions vont agir comme moteur pour **chercher un partenaire sexuel**, en **conquérir un**, puis **s'y attacher assez longtemps** pour élever les enfants.

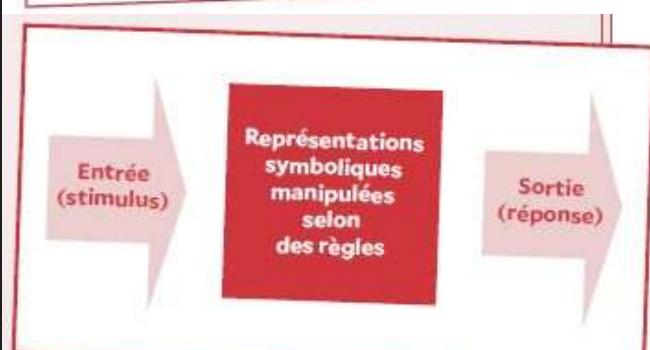




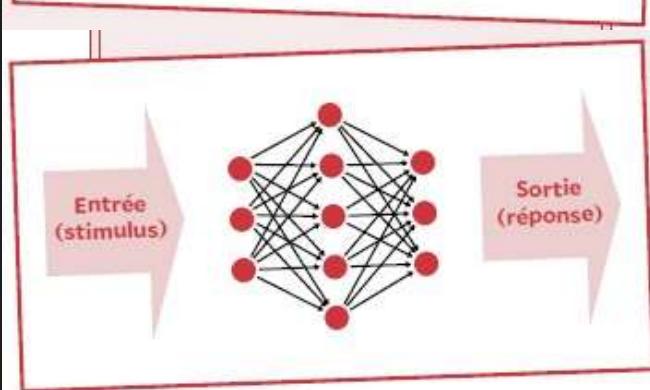
Dualisme



Behaviorisme

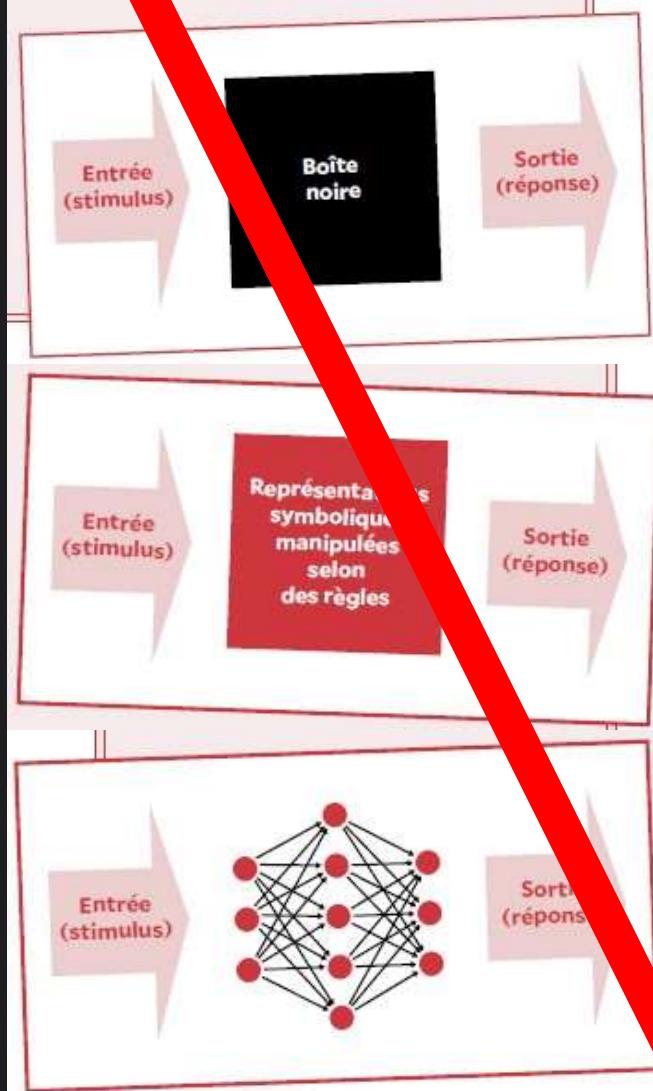
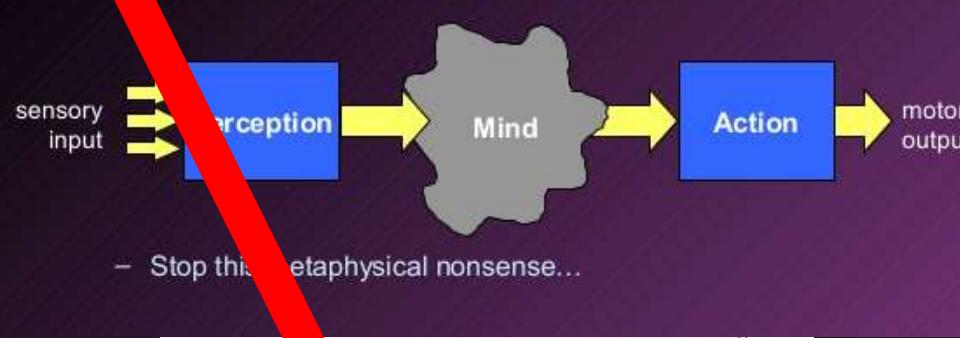


Cognitivisme

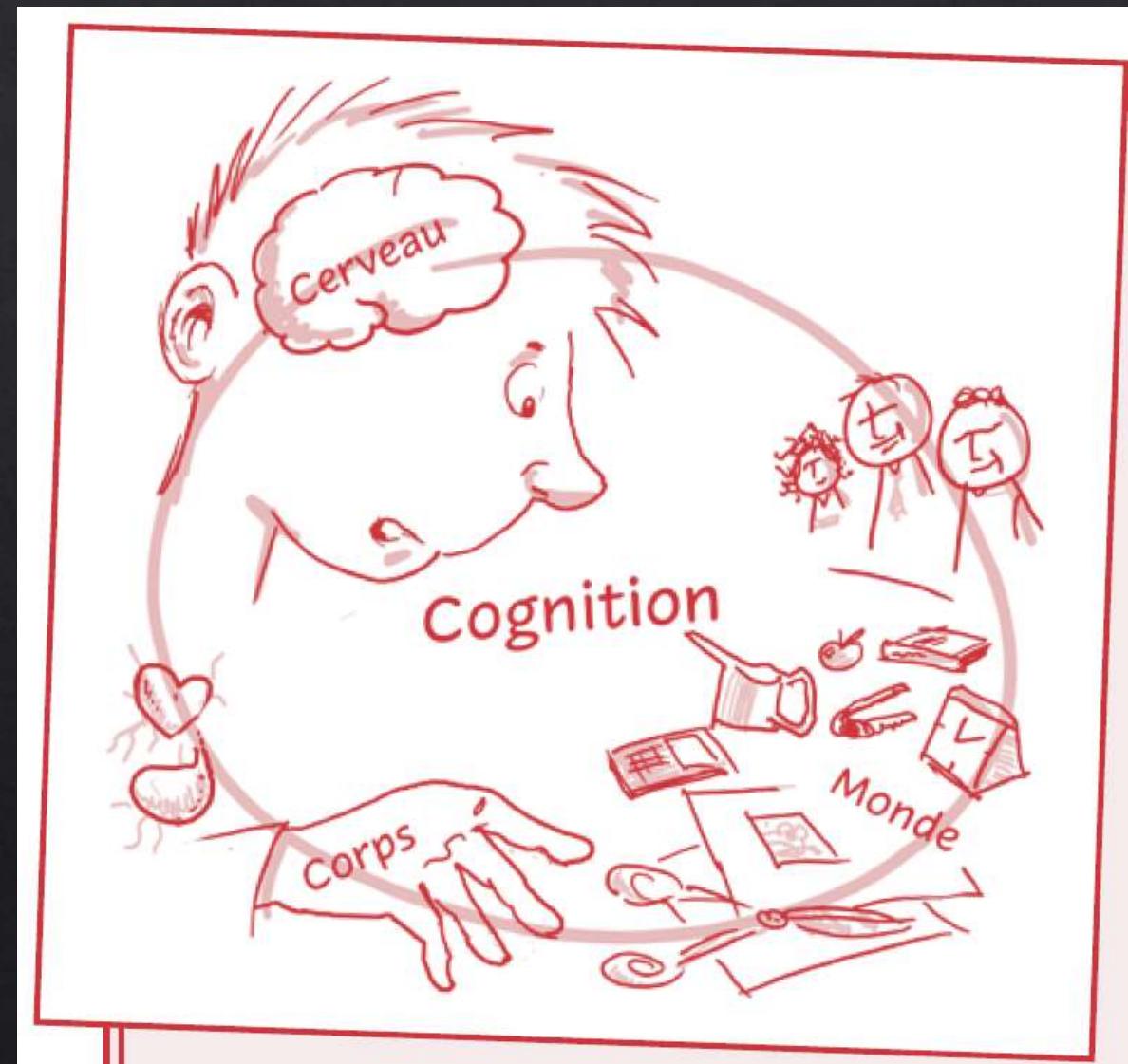


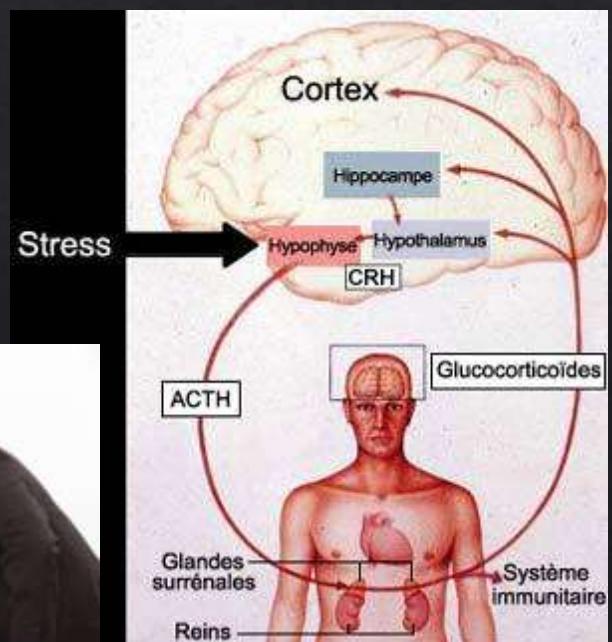
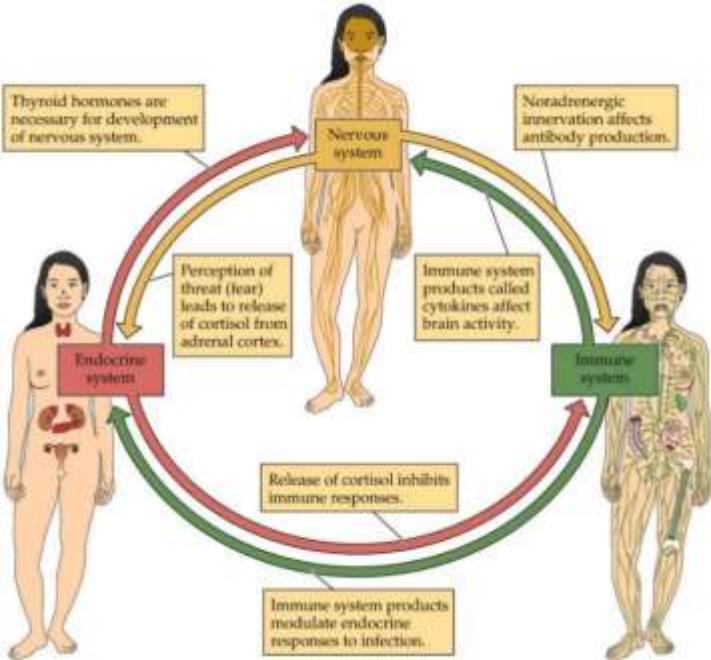
Connexionisme

Il semble donc manquer quelque chose de fondamental aux modèles de la cognition du siècle dernier...

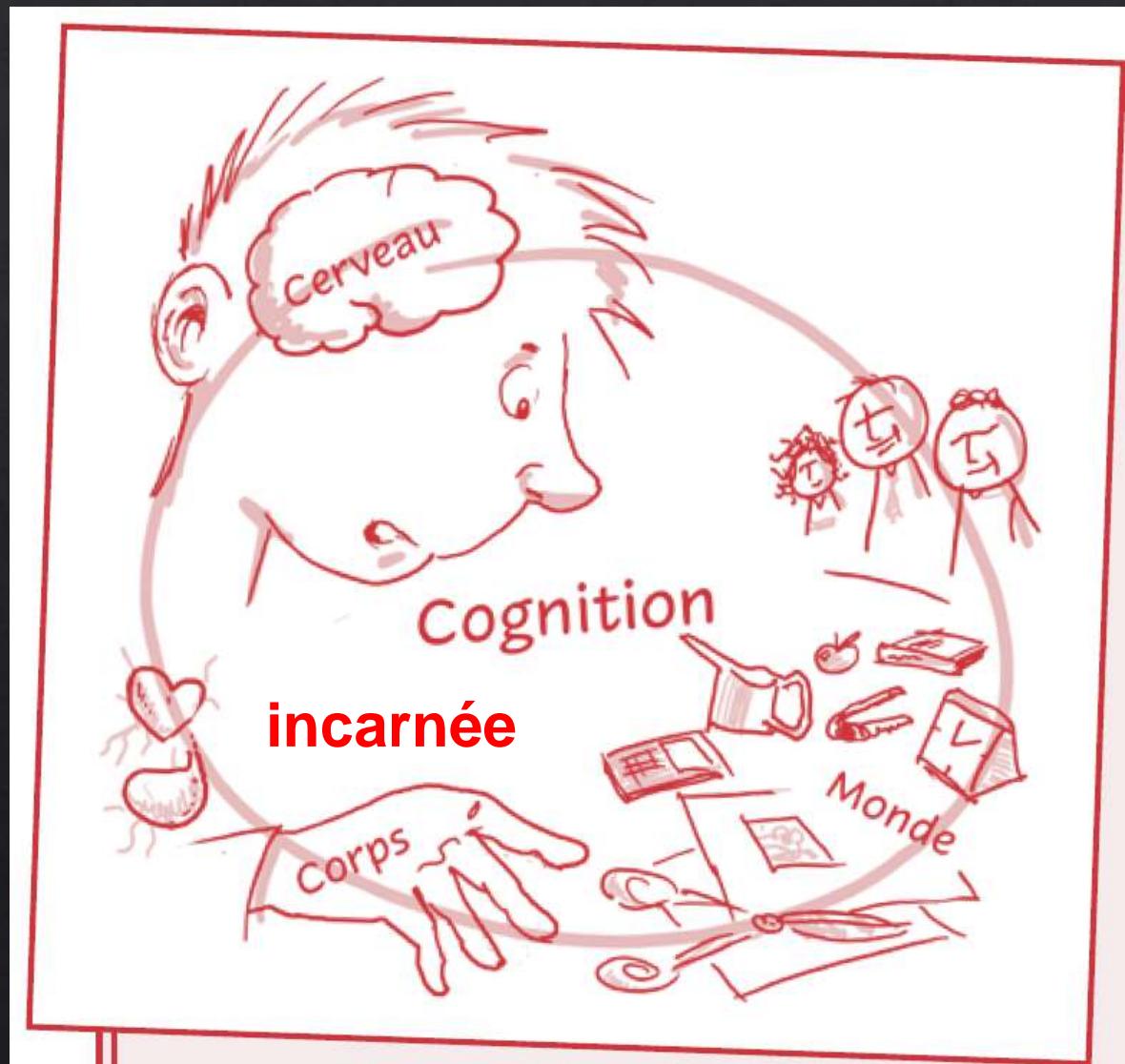


Il manque toujours le corps vivant !

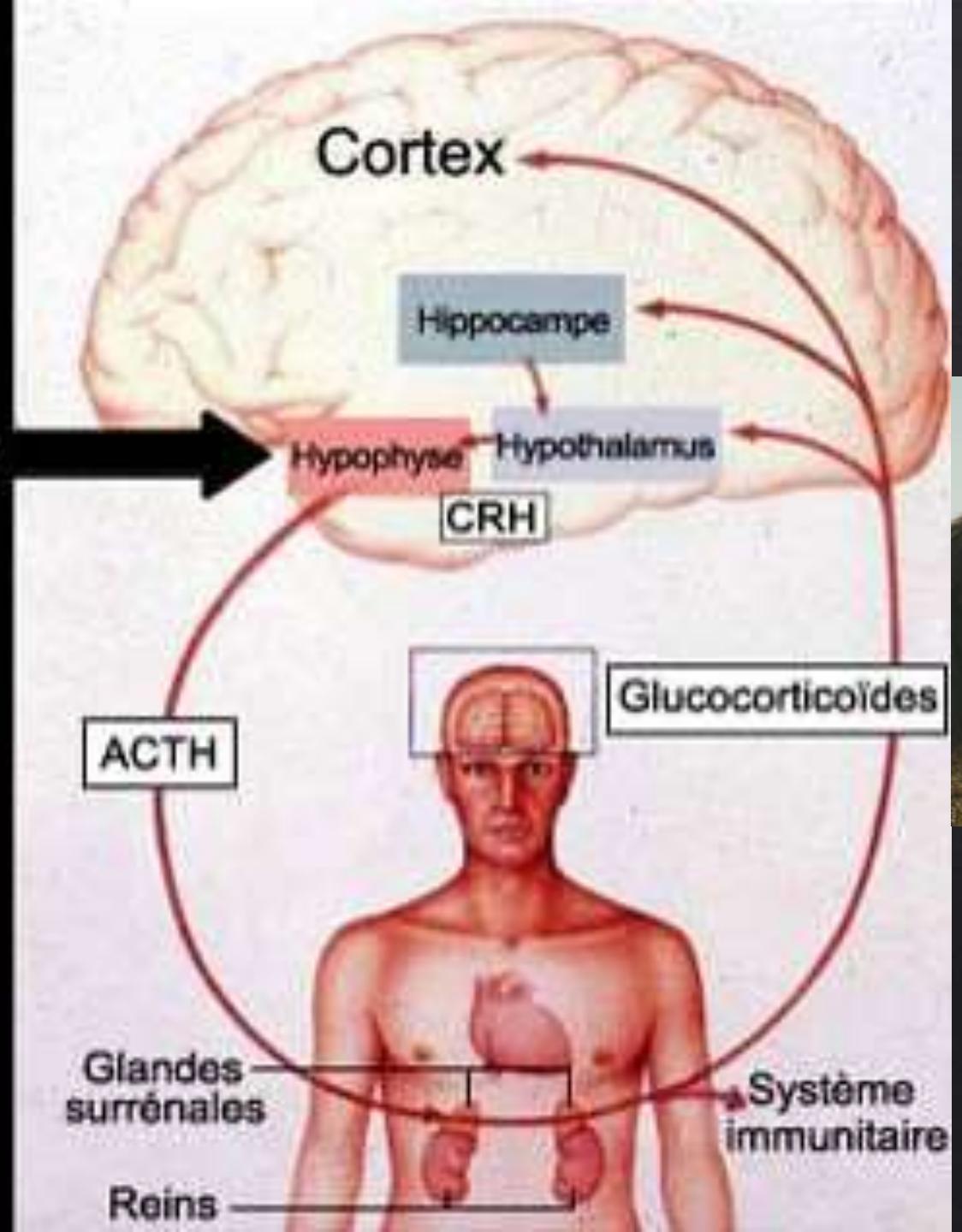




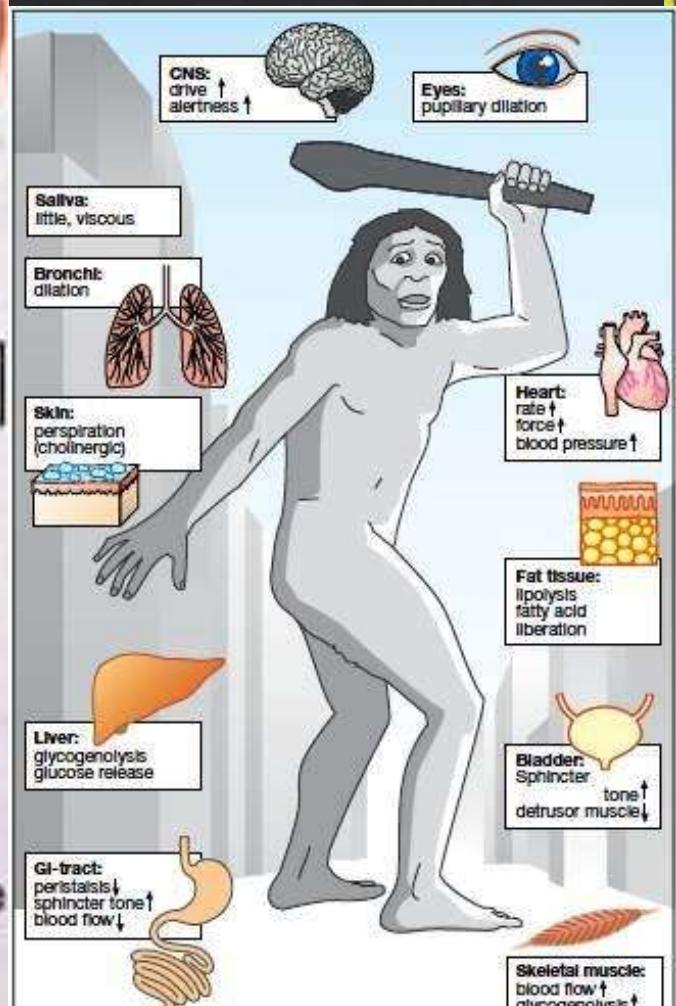
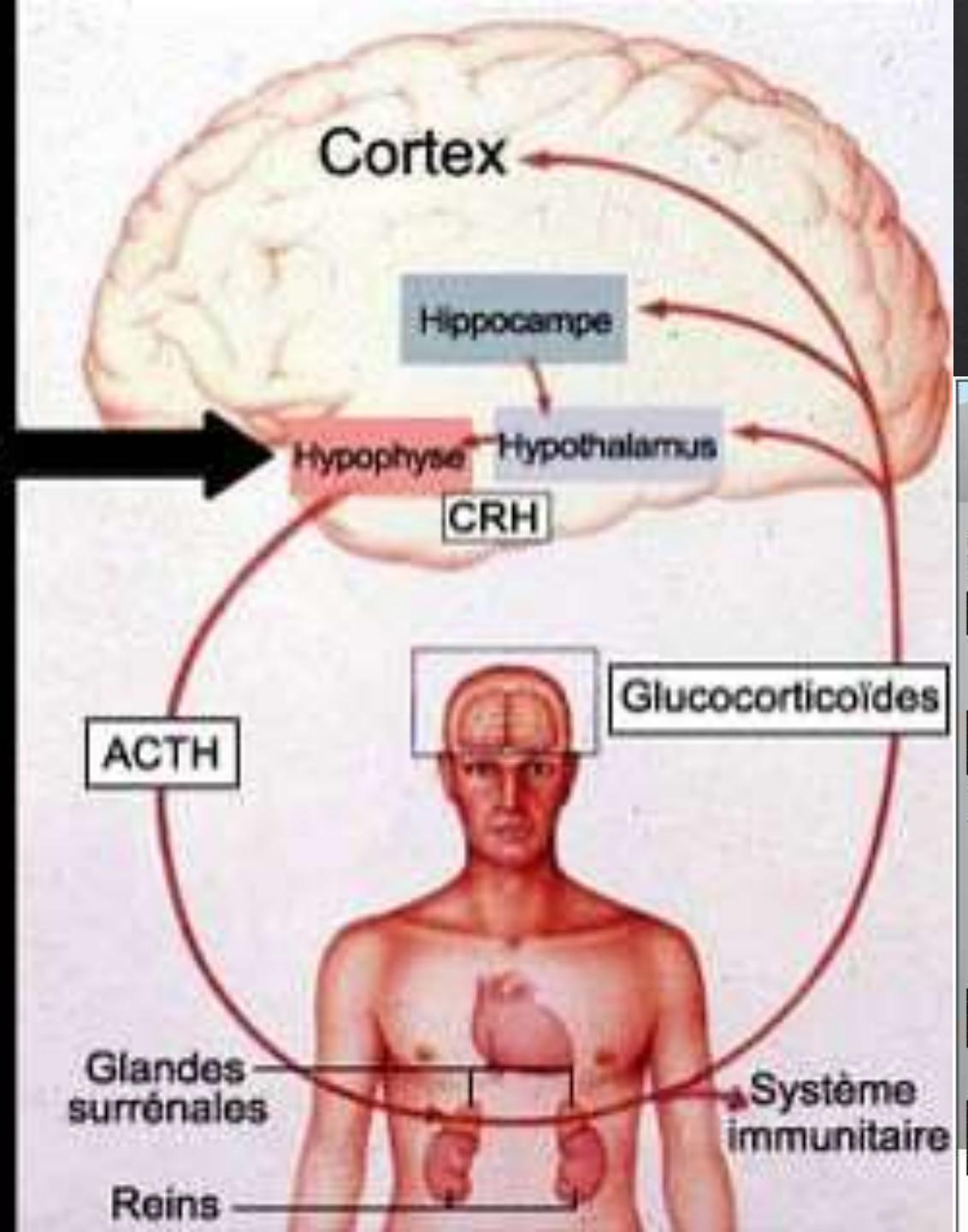
Les sciences cognitives contemporaines sont devenues...

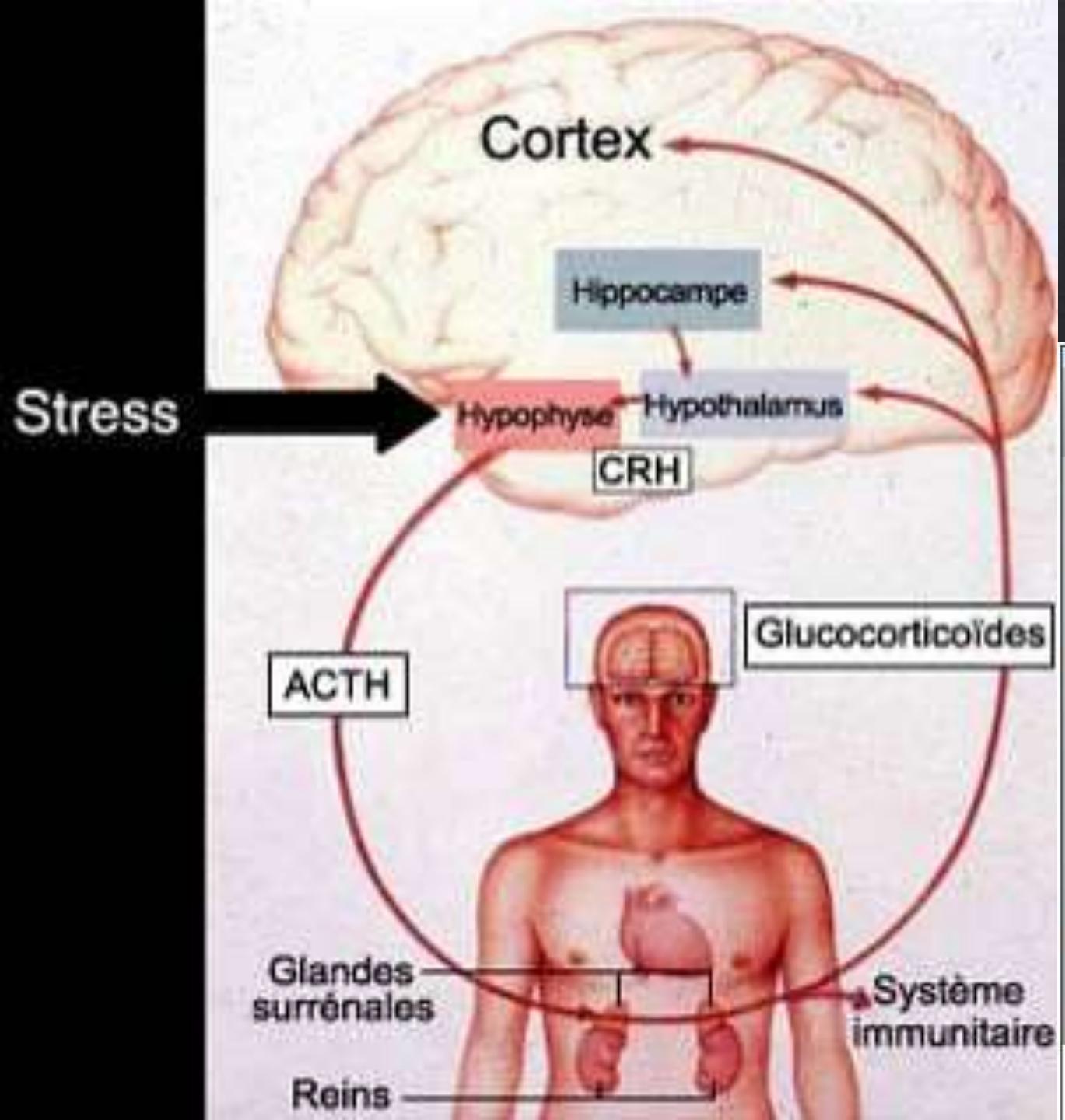


Stress

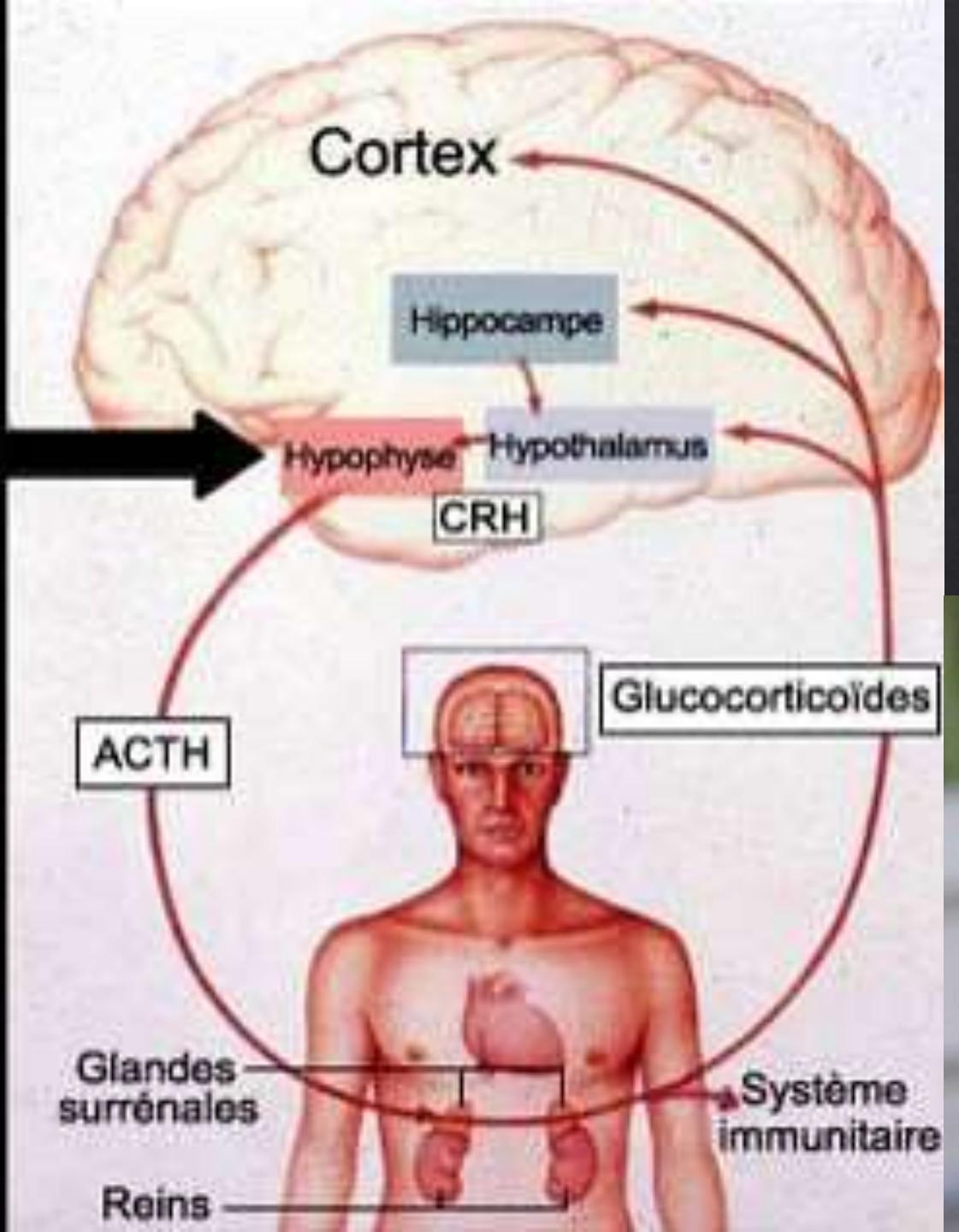


Stress

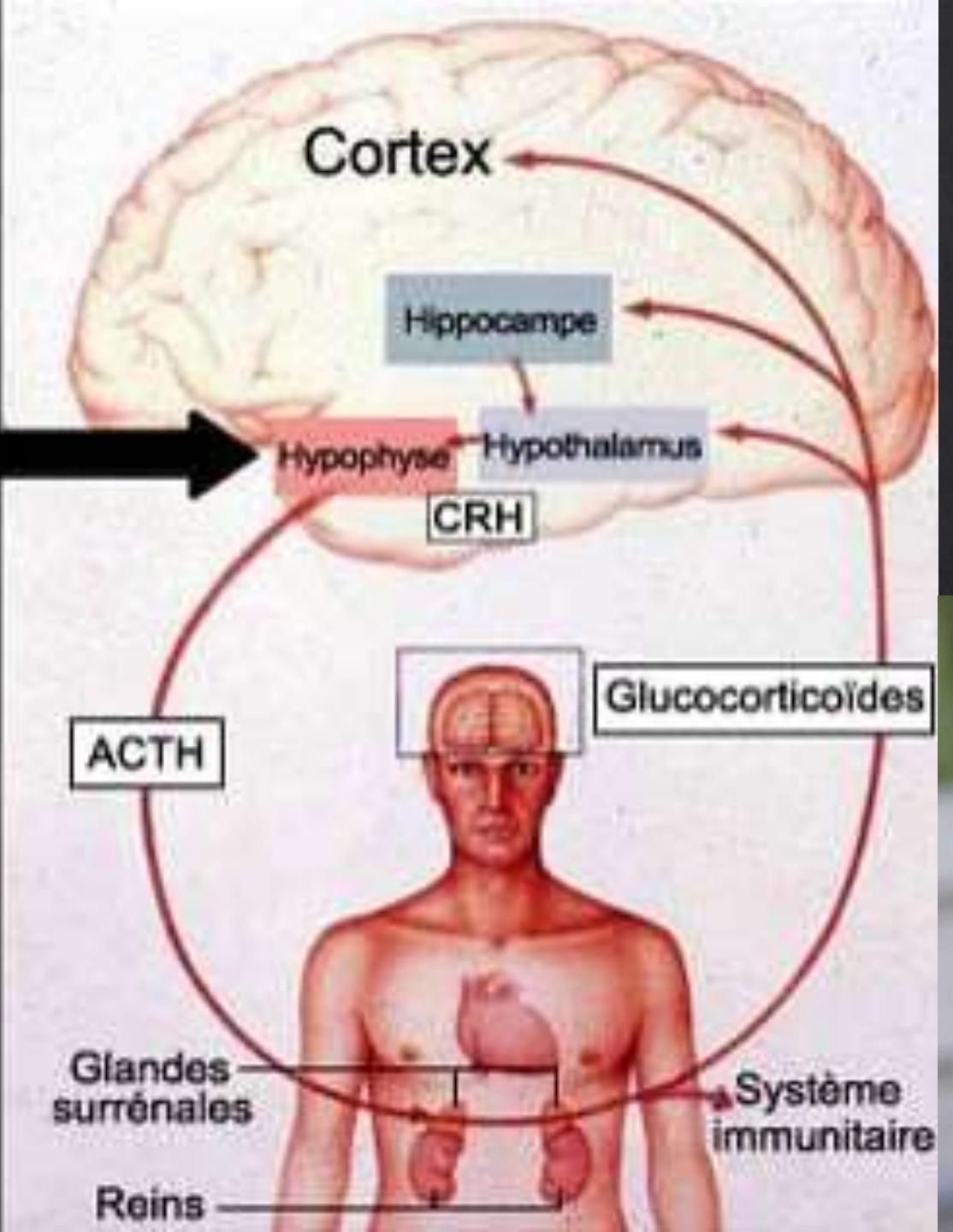




Stress



Stress

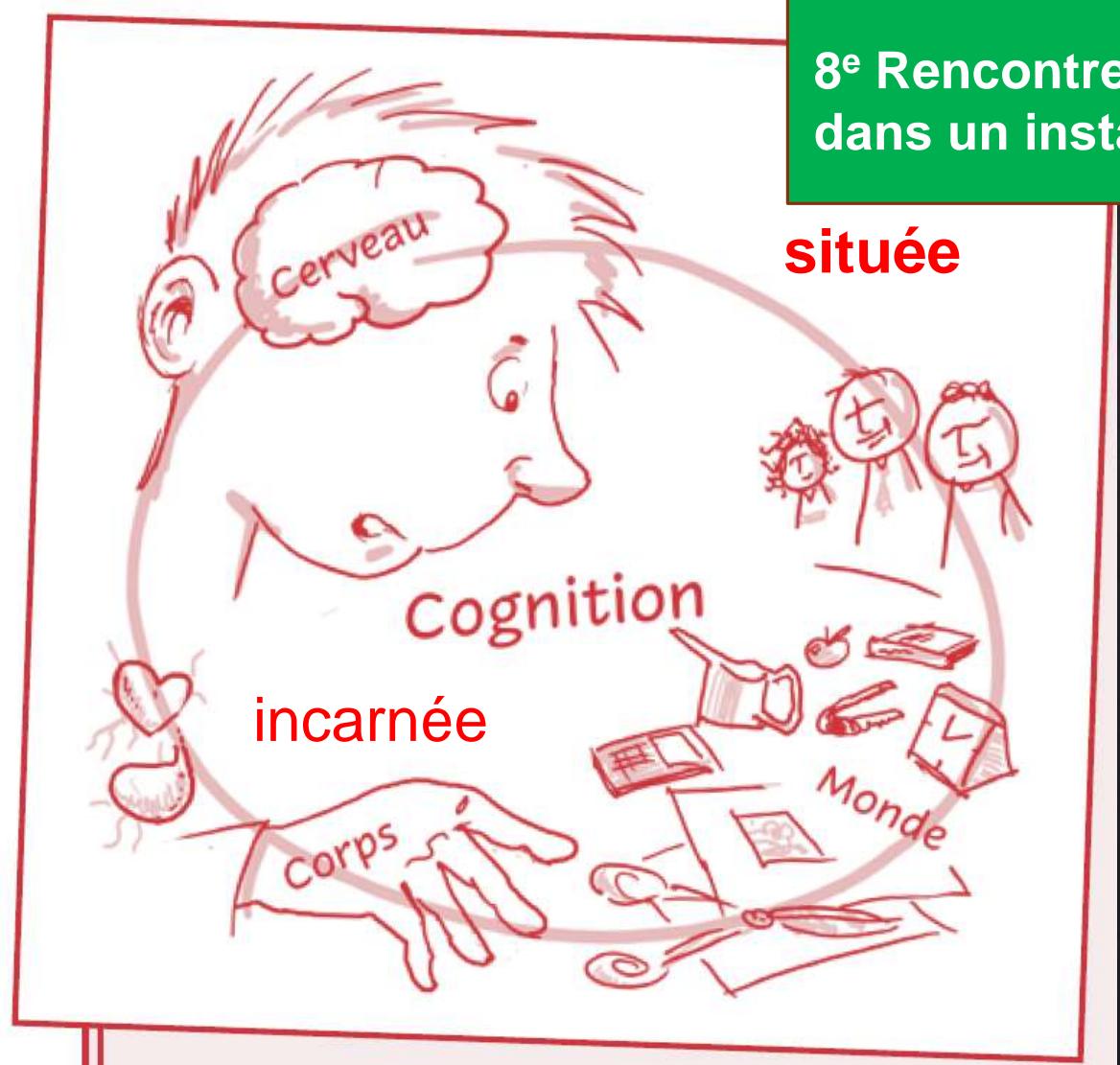




Les sciences cognitives contemporaines sont devenues...

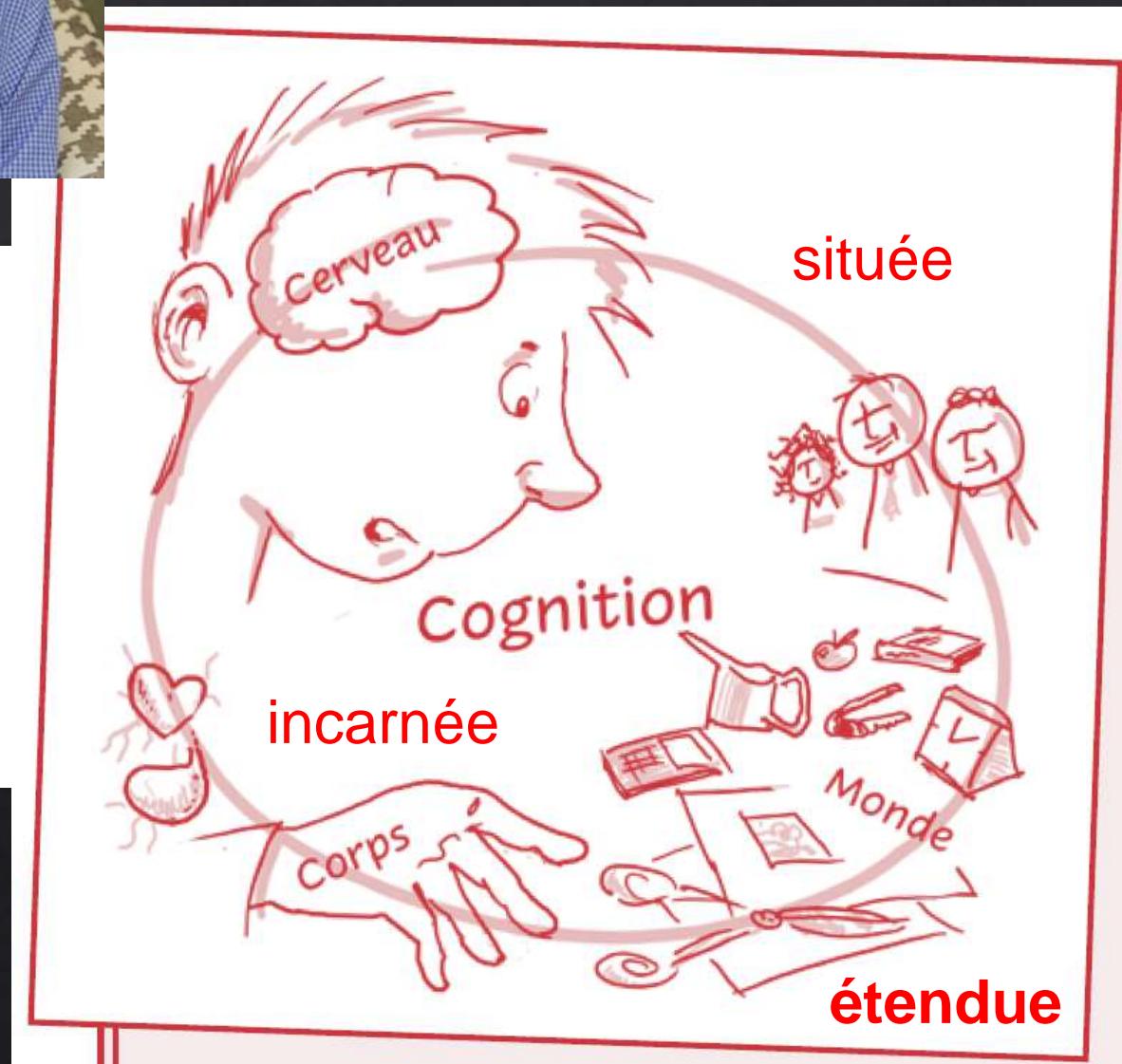
8<sup>e</sup> Rencontre  
dans un instant...

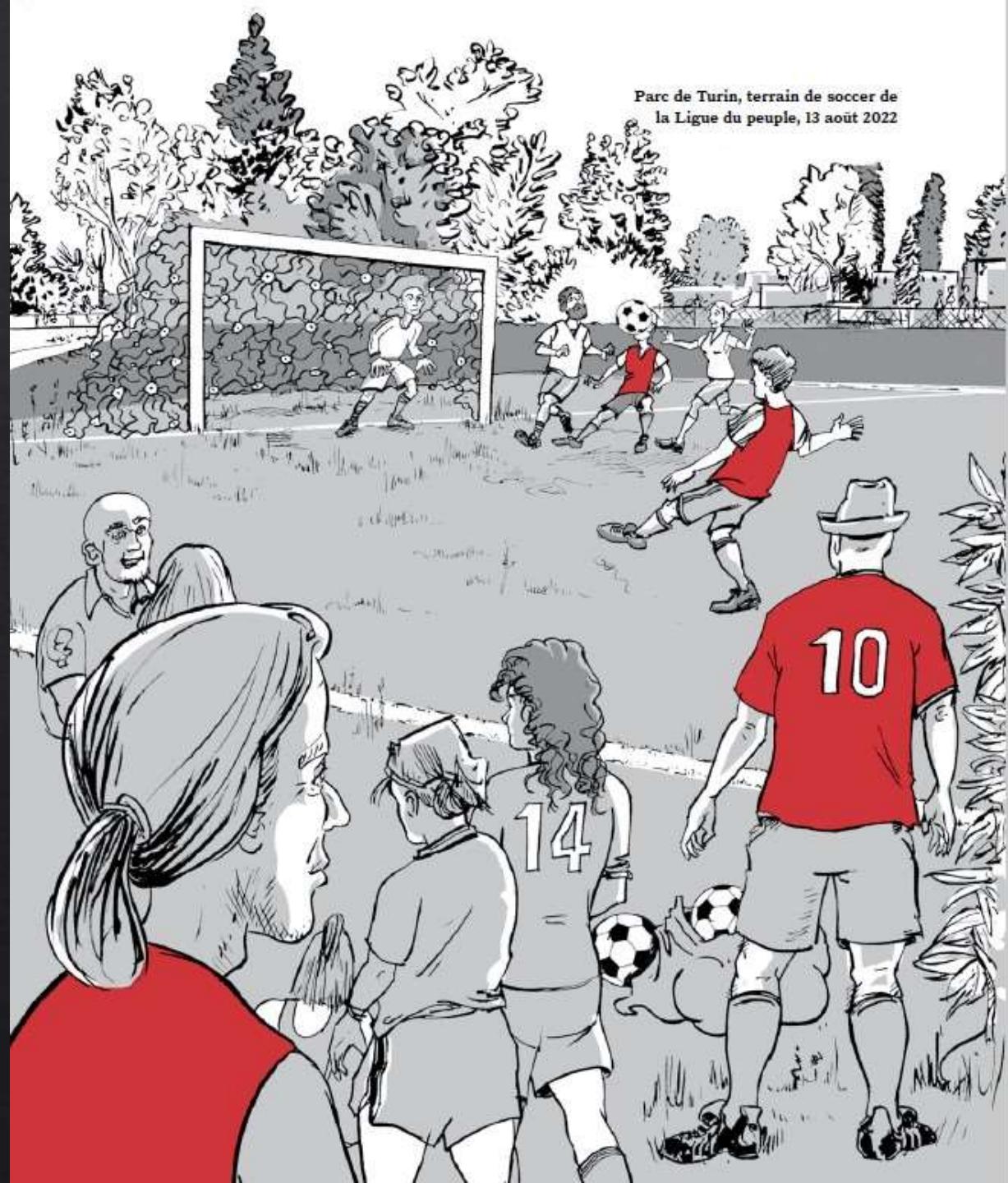
située





Les sciences cognitives contemporaines sont devenues...





Parc de Turin, terrain de soccer de la Ligue du peuple, 13 août 2022

## 8<sup>e</sup> rencontre

# Prédire et simuler le monde pour décider quoi faire

Où, ayant compris que c'est en agissant que notre cerveau-corps fait émerger son monde de sens, on se demandera comment il décide à tout moment de faire telle ou telle action. On verra que l'environnement dans lequel on se trouve nous suggère constamment **des opportunités d'action ou affordances**, lesquelles vont avoir une grande importance dans le choix de nos comportements. Tellement, qu'on va parler d'**un tournant pragmatique en sciences cognitives** en ce qui concerne notre compréhension de la prise de décision. En particulier pour la **prise de décision rapide**, celle de tous ces choix que nous faisons à longueur de journée sans y penser. On entrera ainsi dans le **vaste monde des simulations mentales**, ce qui nous amènera à **voir le cerveau comme une machine à faire des prédictions**. Et après avoir donné un aperçu de ce que c'est au juste, l'attention, on élargira le cadre explicatif pour montrer que l'attention, l'imagination et la compréhension s'éclairent sous un jour nouveau à la lumière du cerveau prédictif.

**BD** Une deux... Une deux... Bon. On a rien qu'un micro, mais il fonctionne.

**Rémy** Tu lui as pas reparlé depuis la dernière fois?

**Rémy** Qu'est-ce qui est arrivé à l'autre?

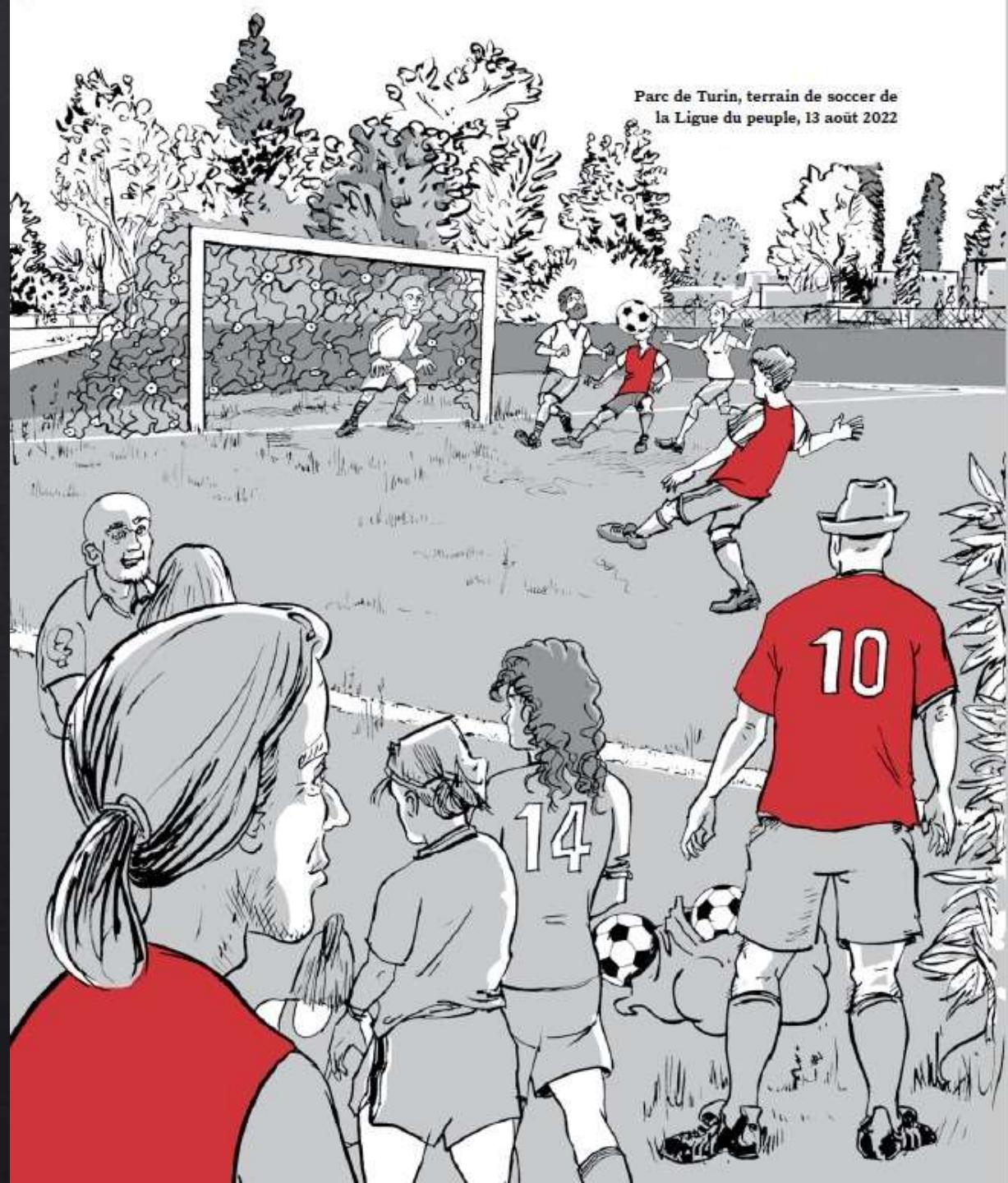
**BD** Eh non. Je lui ai envoyé des courriels et laissé des messages sur sa boîte vocale, mais rien, silence radio... pendant presque trois semaines, donc. Jusqu'à ce qu'il m'écrive hier, me disant simplement qu'il « venait de sortir du bois », qu'il était prêt à reprendre nos rencontres et qu'il nous invitait à le rejoindre ce matin à son match de soccer.

**Rémy** Je connaissais pas ce p'tit parc. C'est tranquille, y'a pas un chat.

**BD** Pourtant, c'est bien ici qu'il nous a donné rendez-vous, au parc de Turin, à 11 heures moins quart.

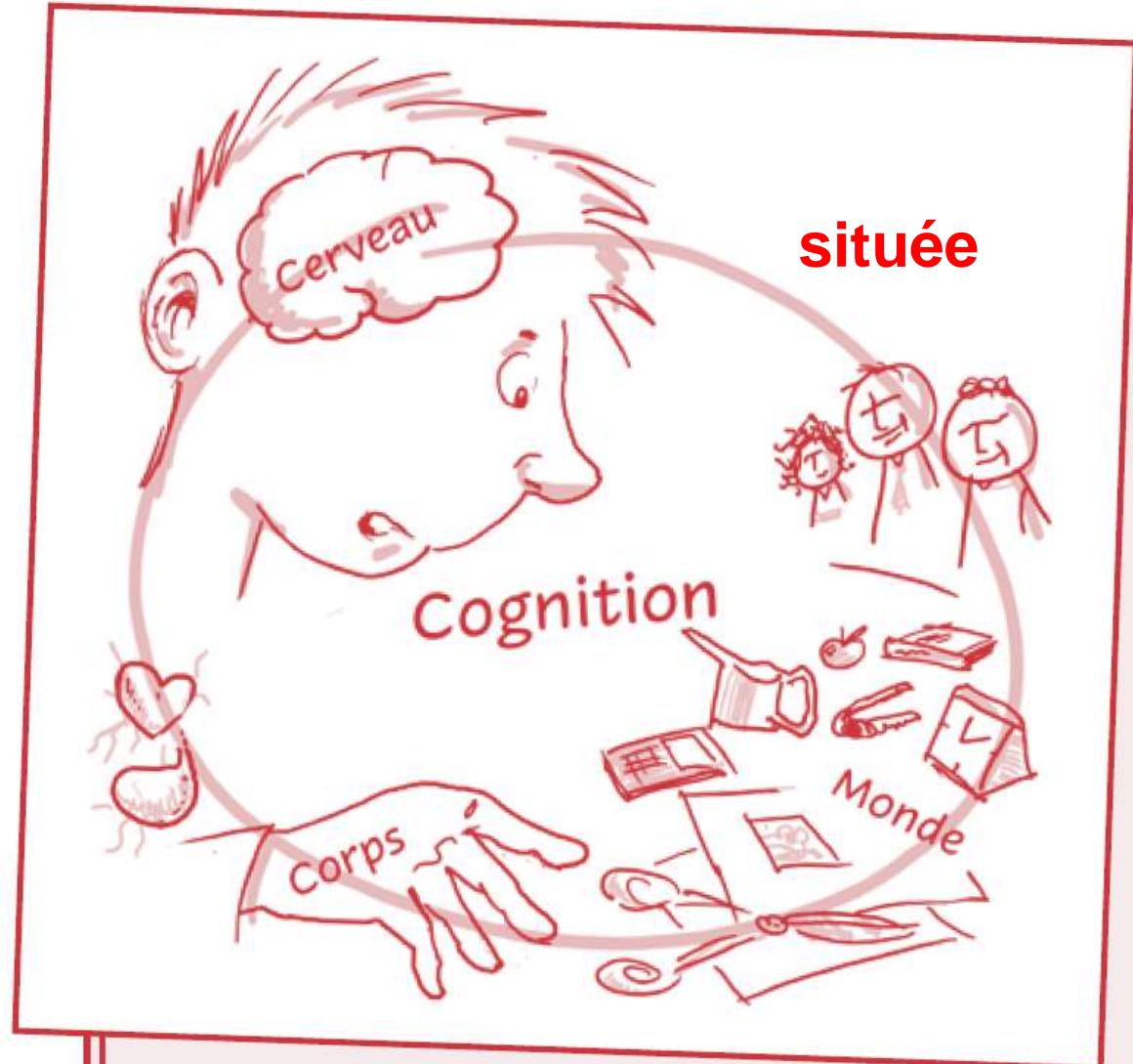
**Rémy** Je vois effectivement des buts, mais sérieux, c'a plutôt l'air d'un terrain vague en terre battue avec un peu d'herbe sur les bords pour pique-niquer qu'un terrain de soccer!

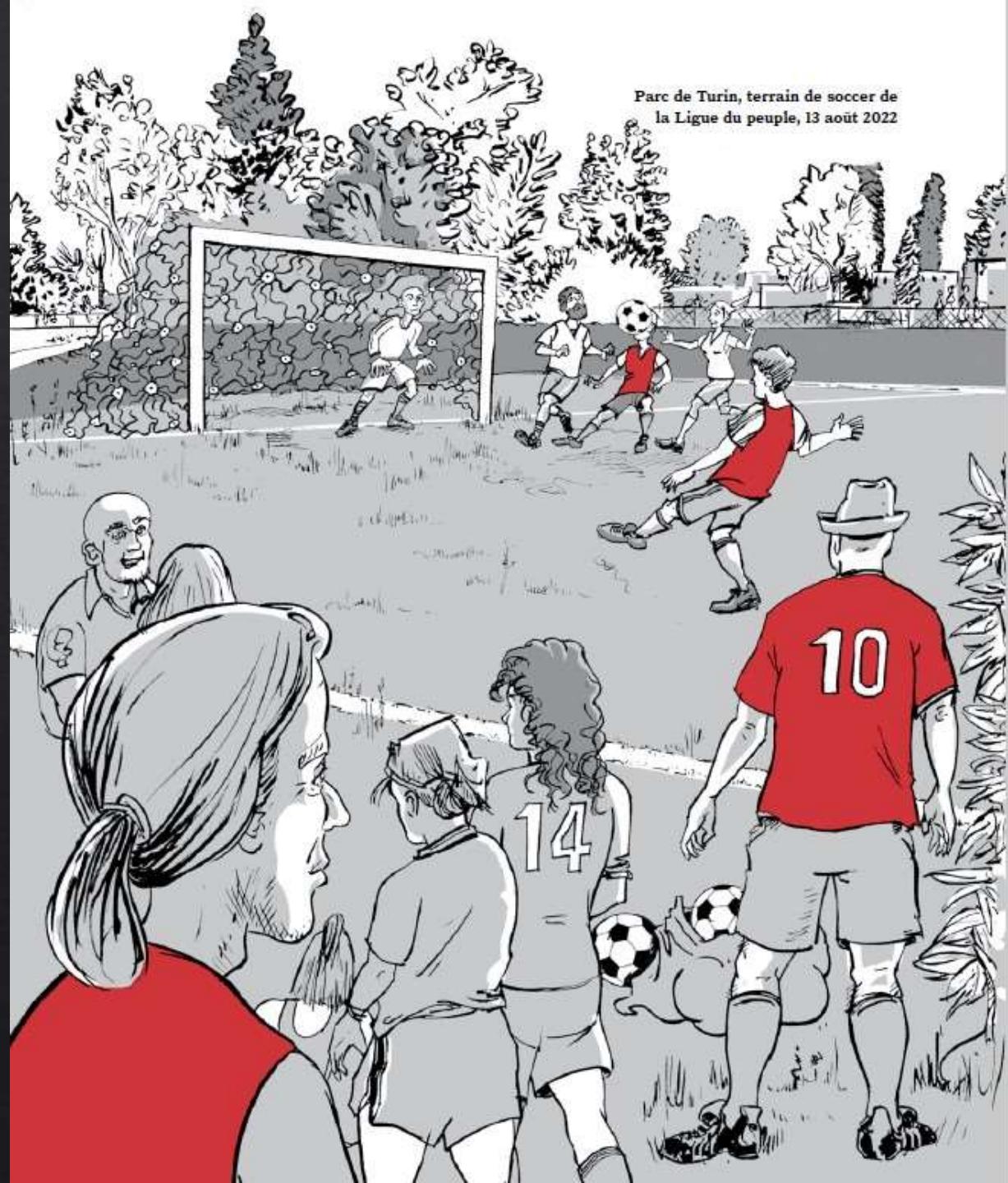




## 8<sup>e</sup> rencontre

# Prédire et simuler le monde pour décider quoi faire





Parc de Turin, terrain de soccer de la Ligue du peuple, 13 août 2022

## 8<sup>e</sup> rencontre

# Prédire et simuler le monde pour décider quoi faire



Rémy Qu'est-ce qui est arrivé à l'autre?

BD Yvon a oublié de l'enlever quand il s'est rué vers le bus à Saint-Hyacinthe. J'espère qu'il va avoir pensé à l'apporter.

Rémy Je connaissais pas ce p'tit parc. C'est tranquille, y'a pas un chat.

BD Pourtant, c'est bien ici qu'il nous a donné rendez-vous, au parc de Turin, à 11 heures moins quart.

BD Eh non. Je lui ai envoyé des courriels et laissé des messages sur sa boîte vocale, mais rien, silence radio... pendant presque trois semaines, donc. Jusqu'à ce qu'il m'écrive hier, me disant simplement qu'il « venait de sortir du bois », qu'il était prêt à reprendre nos rencontres et qu'il nous invitait à le rejoindre ce matin à son match de soccer.

Rémy Je vois effectivement des buts, mais sérieux, c'a plutôt l'air d'un terrain vague en terre battue avec un peu d'herbe sur les bords pour pique-niquer qu'un terrain de soccer!



Car dans une journée, on prend des dizaines et des dizaines de décisions sans y penser vraiment...

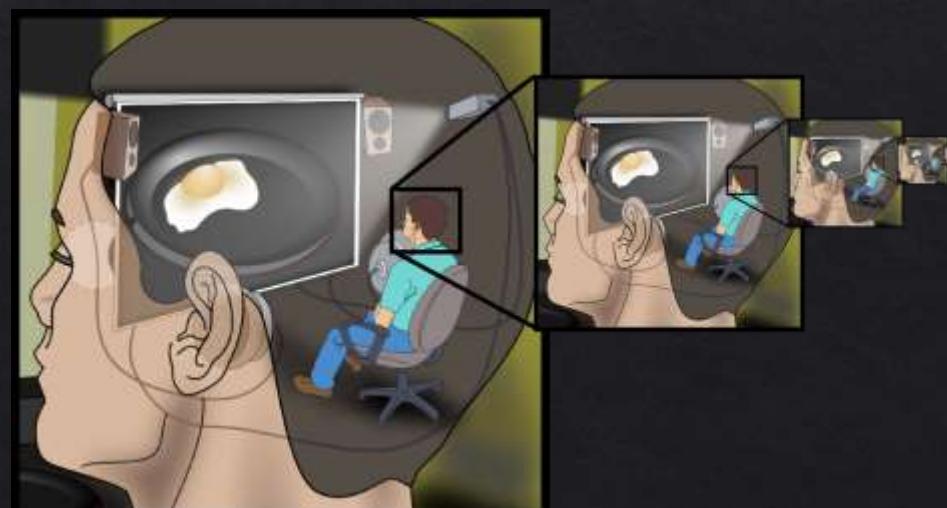
Pour ces décisions simples et rapides



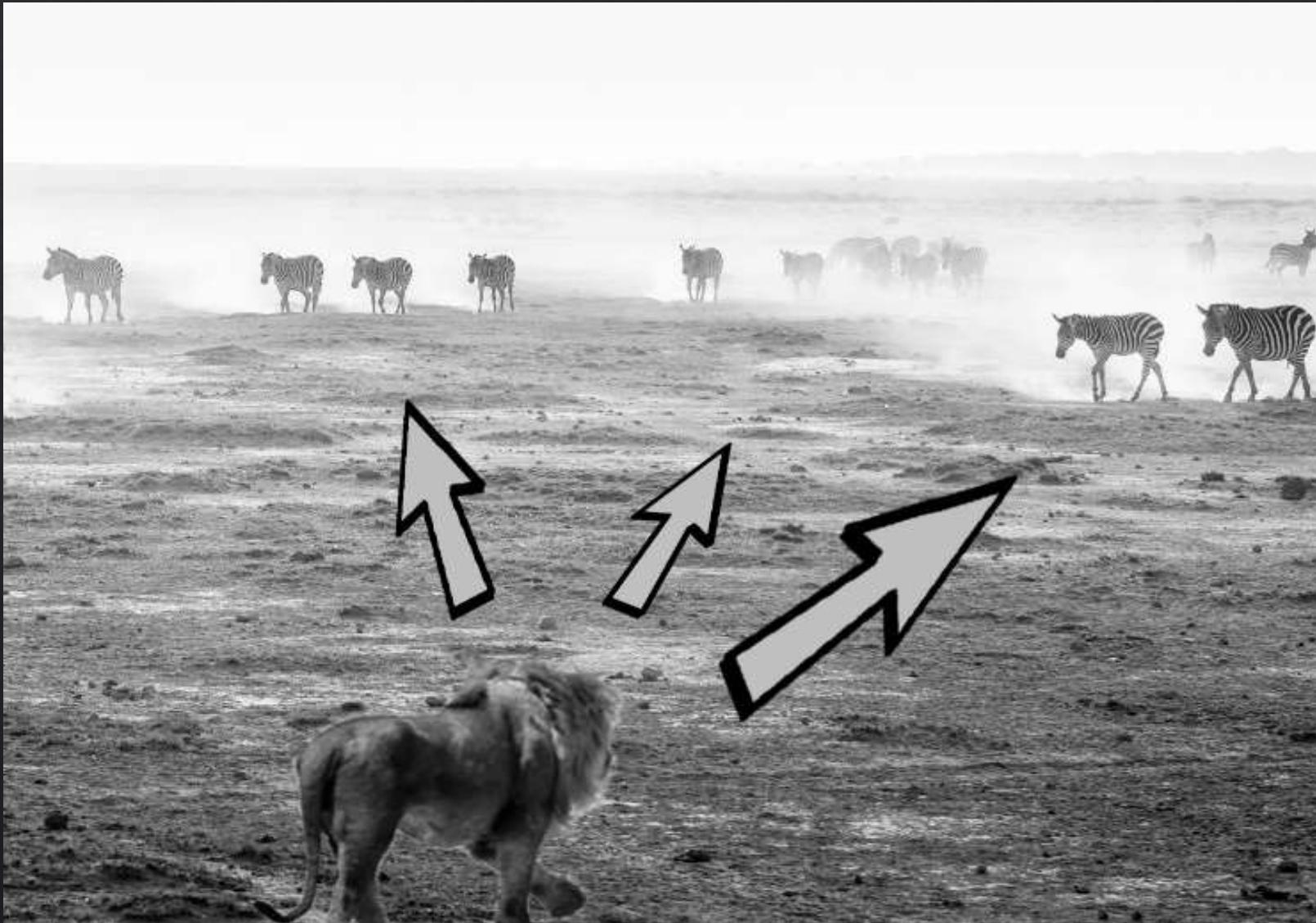
les données expérimentales  
**n'appuient pas** le schéma classique : « décision → préparation du mouvement → action »

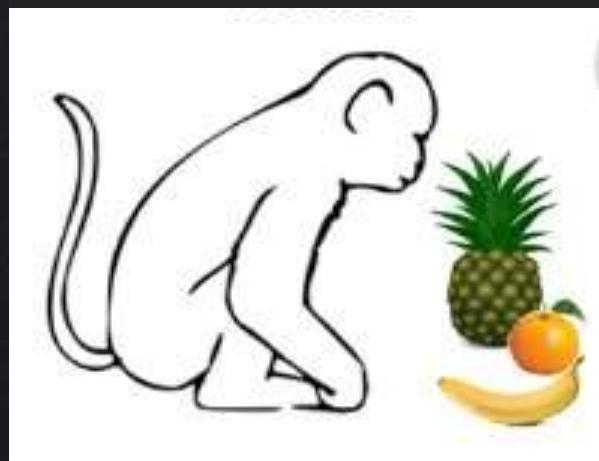
Qui soulève bien d'autres problèmes...

Comment prend-on  
alors ces décisions ?



Il faut repartir de comment ça s'est passé depuis toujours dans la nature...  
...où l'environnement suggère certaines opportunités d'action (ou affordances).

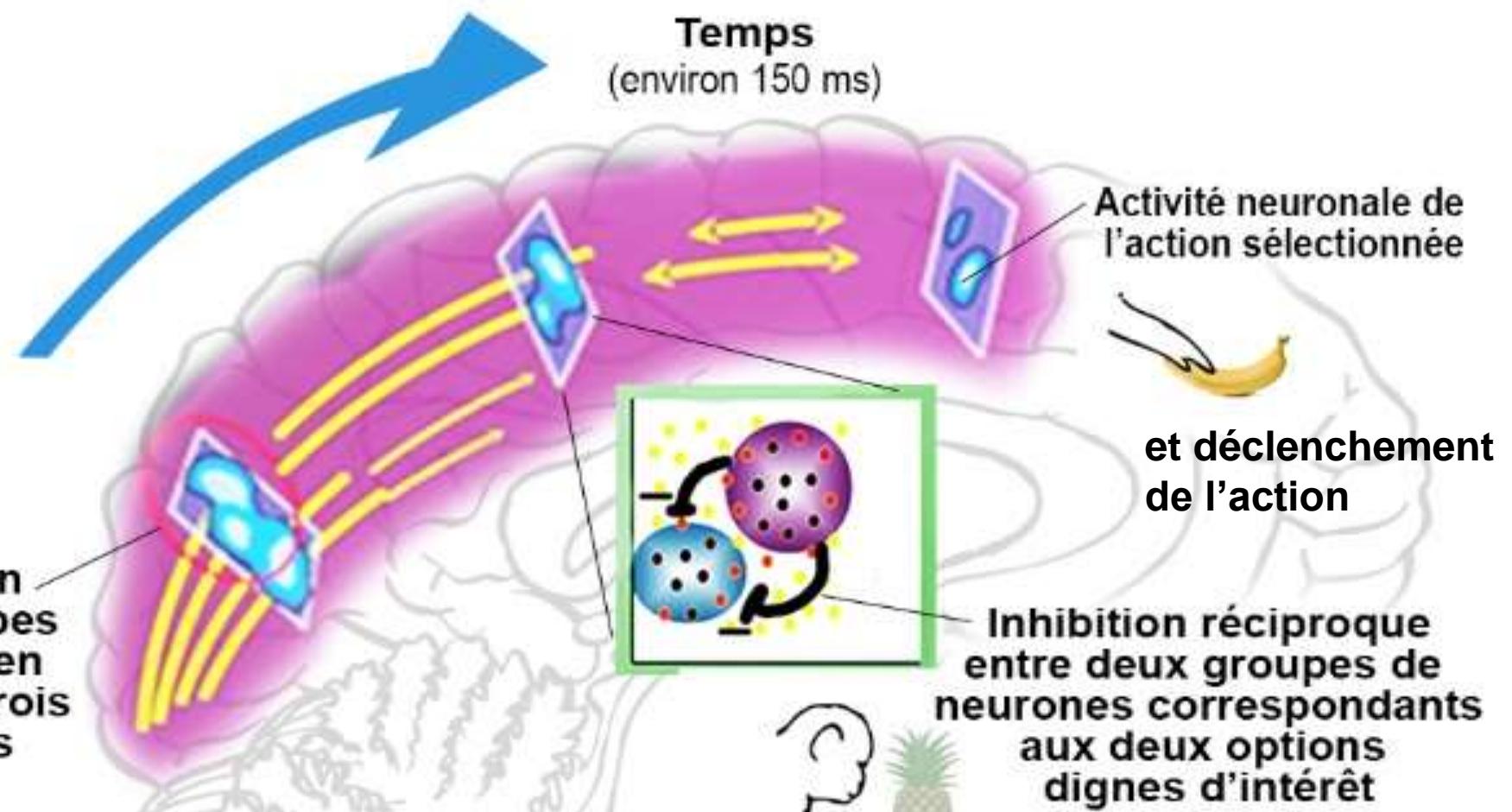


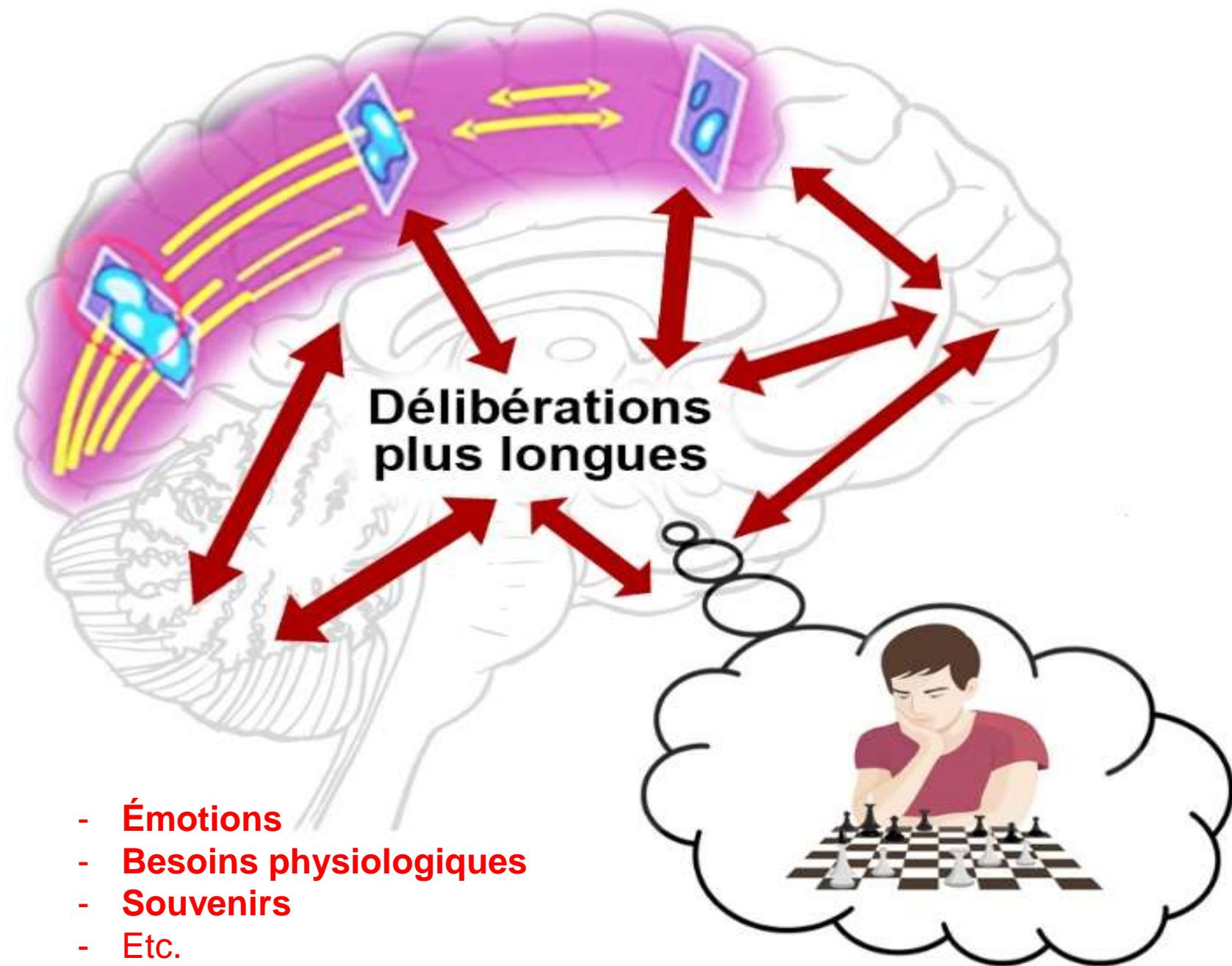


Inspiré de : Paul Cisek

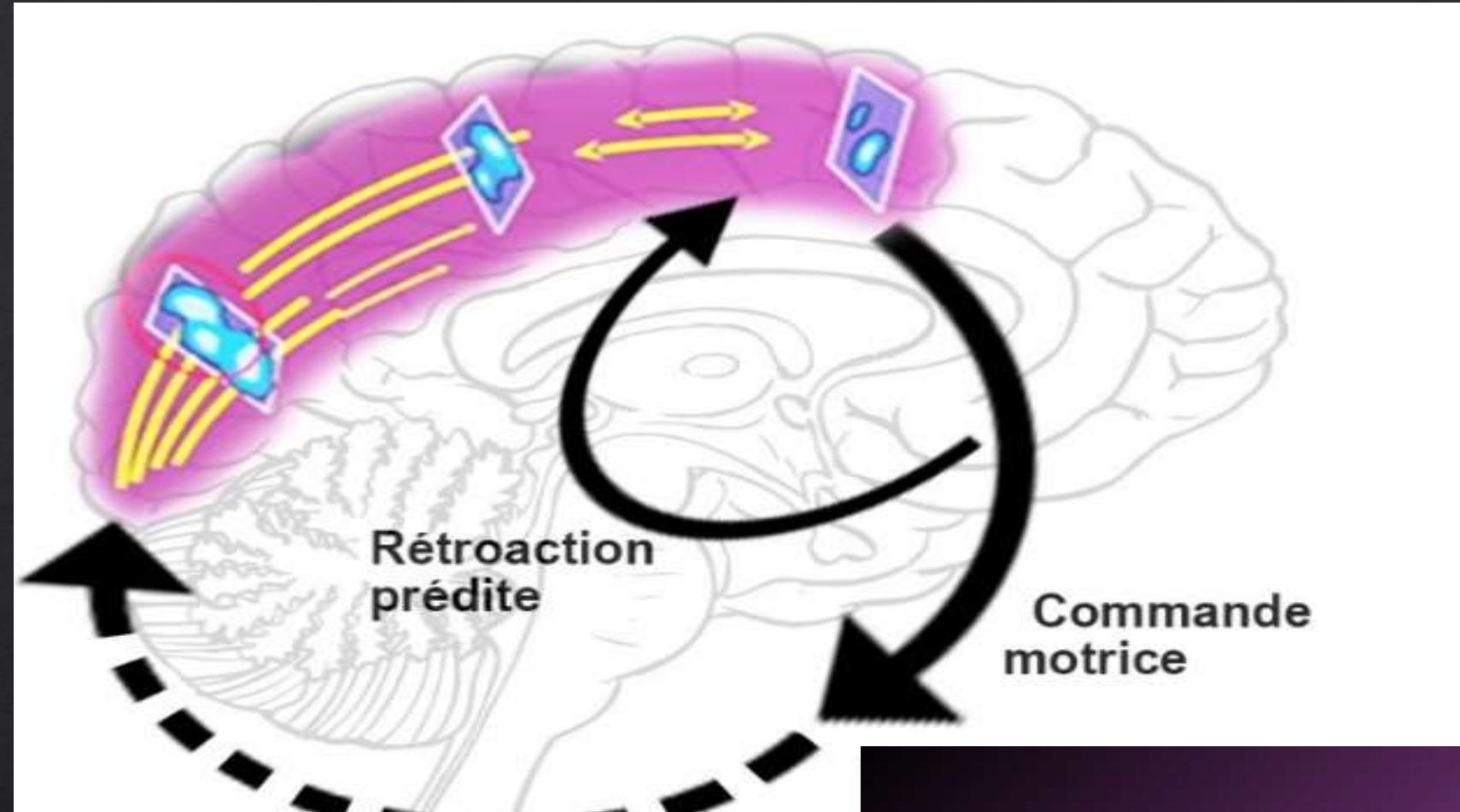


**Spécification  
de trois groupes  
de neurones en  
fonction des trois  
opportunités  
d'action**

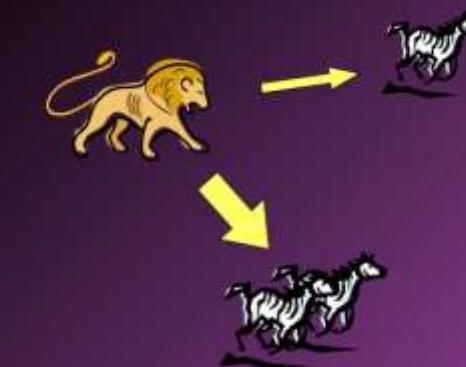




Et tout ça  
se passe  
**en temps réel**  
(le corps bouge,  
l'environnement  
aussi)

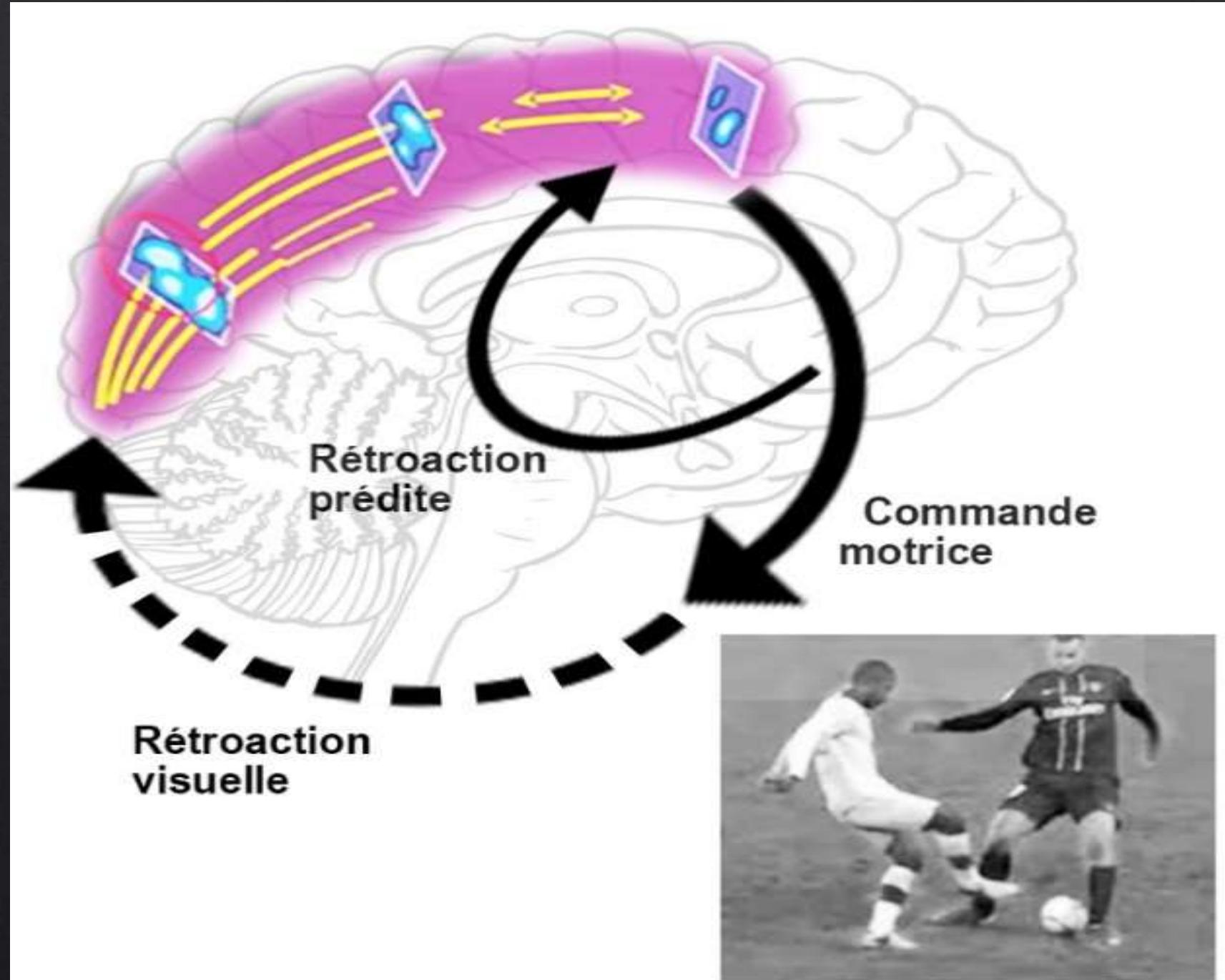


Rétroaction  
visuelle



Et tout ça  
se passe  
**en temps réel**  
(le corps bouge,  
l'environnement  
aussi)

et à tout moment  
on doit **réévaluer**  
notre action,  
**la corriger**,  
etc.









n

Commande  
motrice

Pour trouver nos ressources et éviter les dangers pour notre intégrité physique, on a donc autant besoin de réagir aux **possibilités d'action immédiates** que nous suggère notre environnement

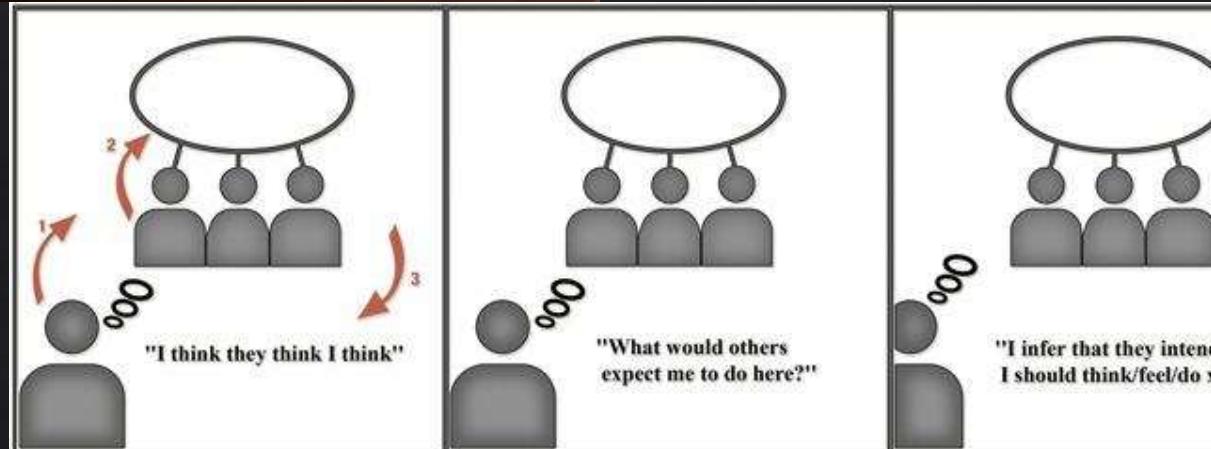
(B)



que de faire des **plans abstraits** plus élaborés

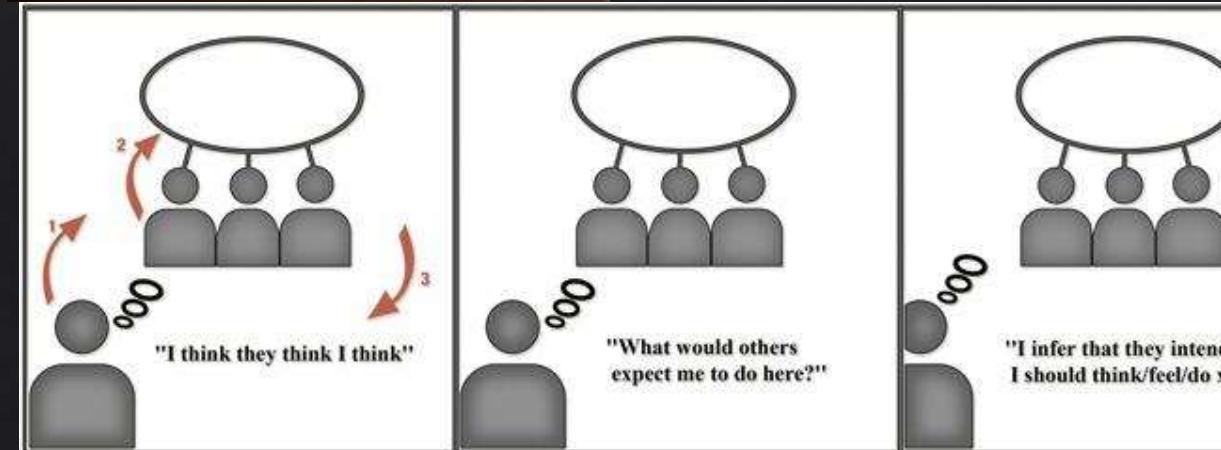


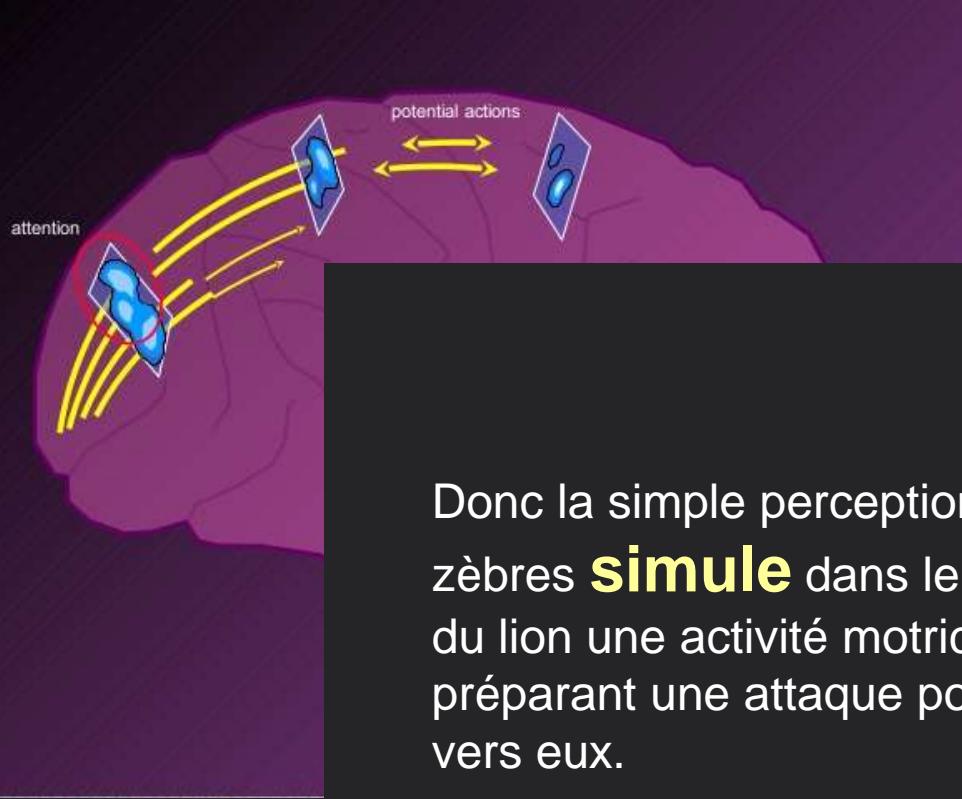
impliquant souvent une **connaissance approfondie du comportement des autres** dans la culture particulière qui est la nôtre.



Il y a donc de **multiples niveaux**  
où peuvent être **simulées** nos actions.

(B)



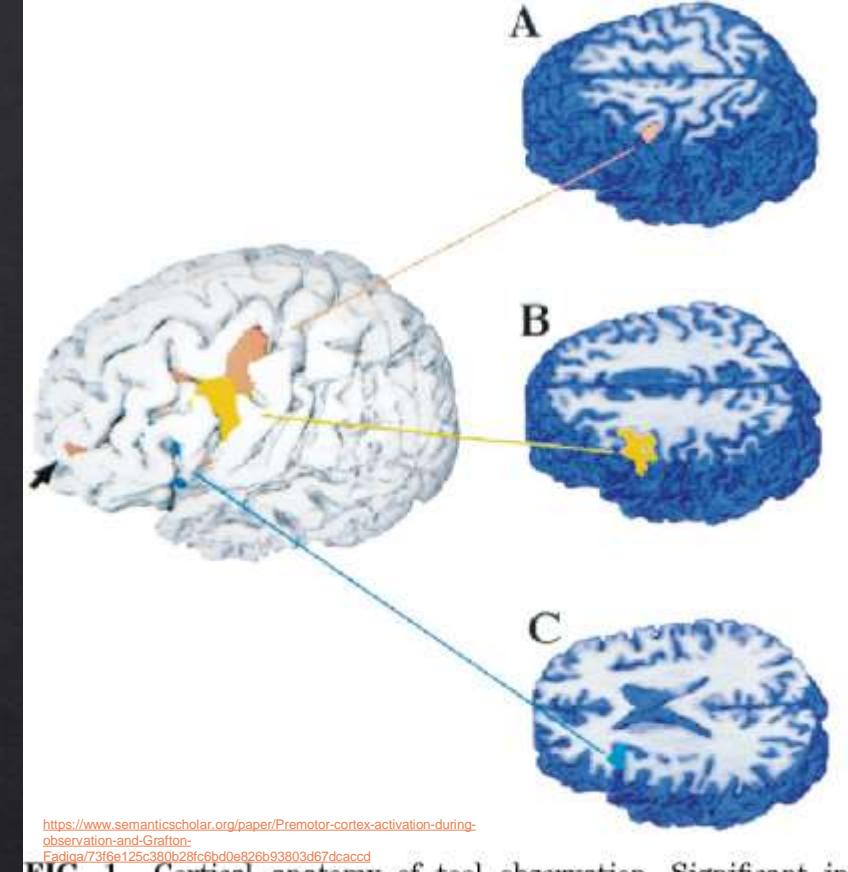


Donc la simple perception des zèbres **simule** dans le cerveau du lion une activité motrice préparant une attaque potentielle vers eux.

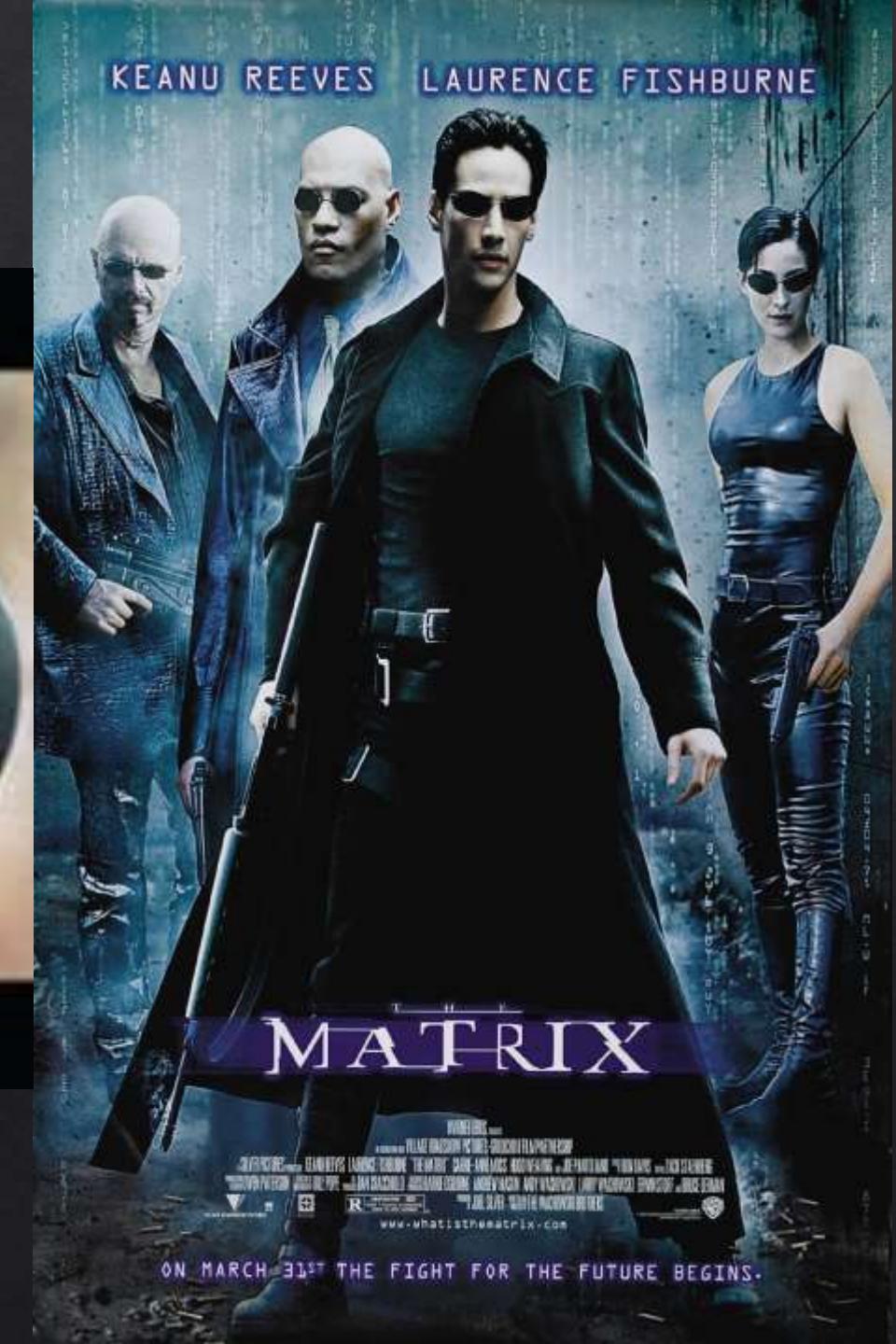




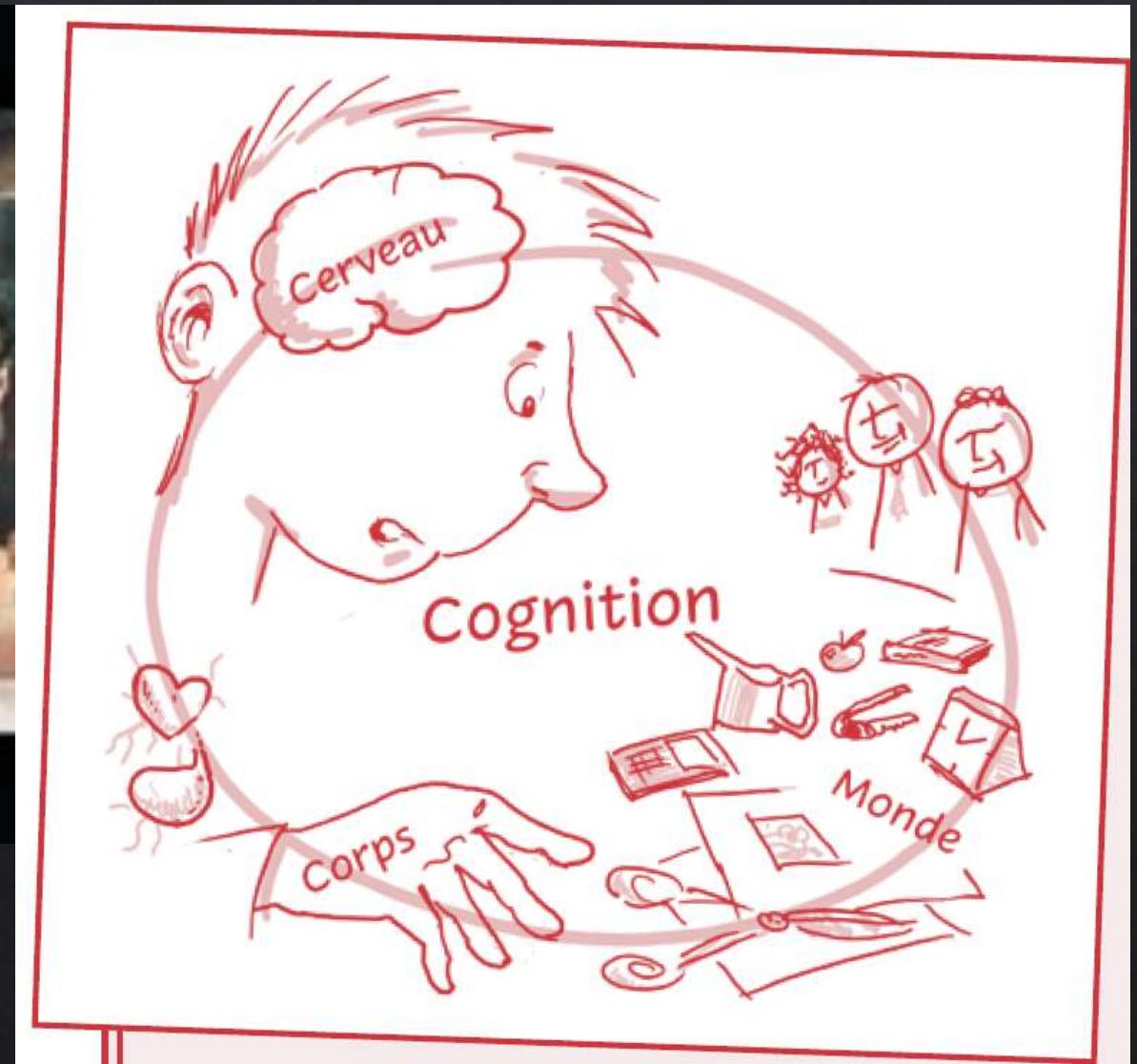
Comme la simple perception de l'anse d'une tasse **simule** sa préhension en préparant les systèmes moteurs correspondants à l'action de prendre la tasse



Et **simuler**, c'est un peu comme « **prédir** ce qu'on pourrait faire avec »...



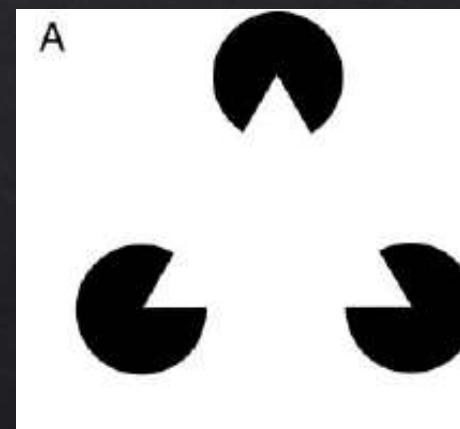
Les sciences cognitives contemporaines  
sont aussi **prédictives** !

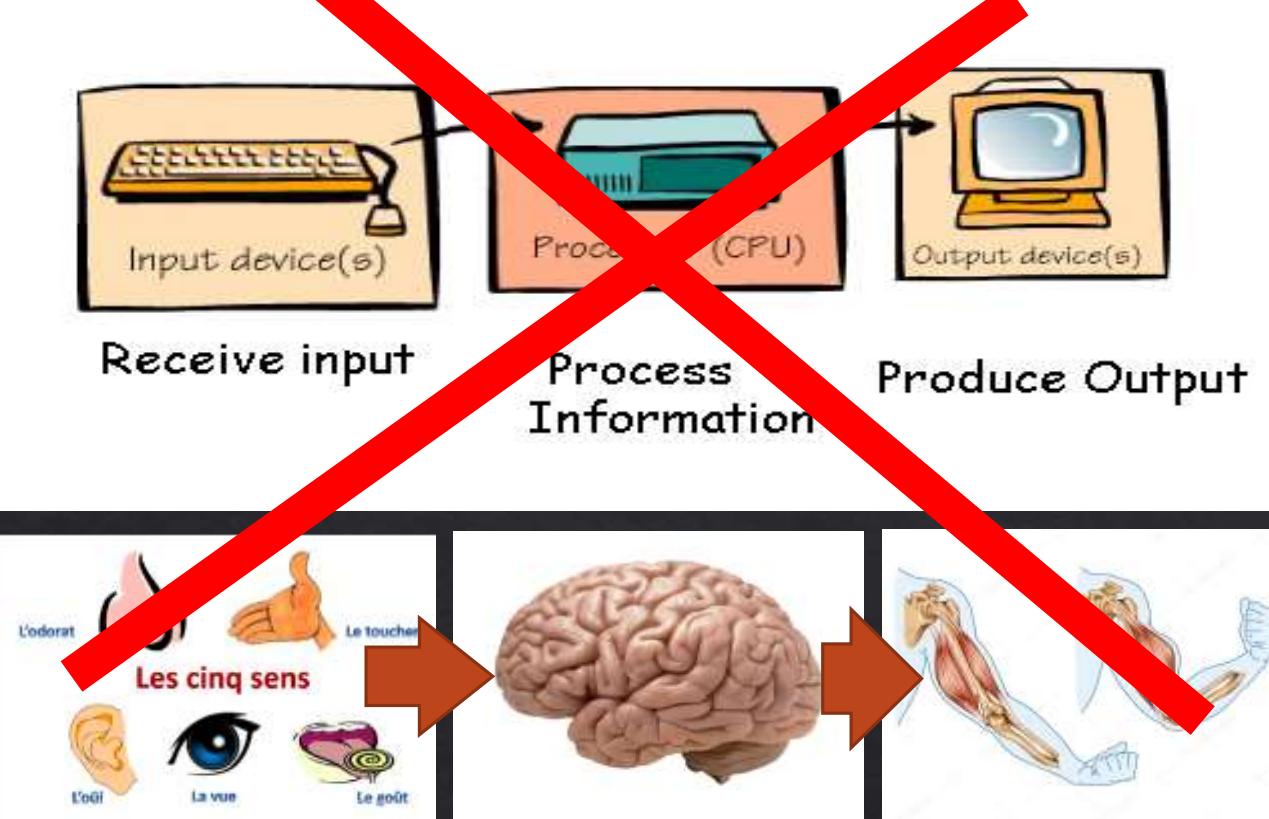




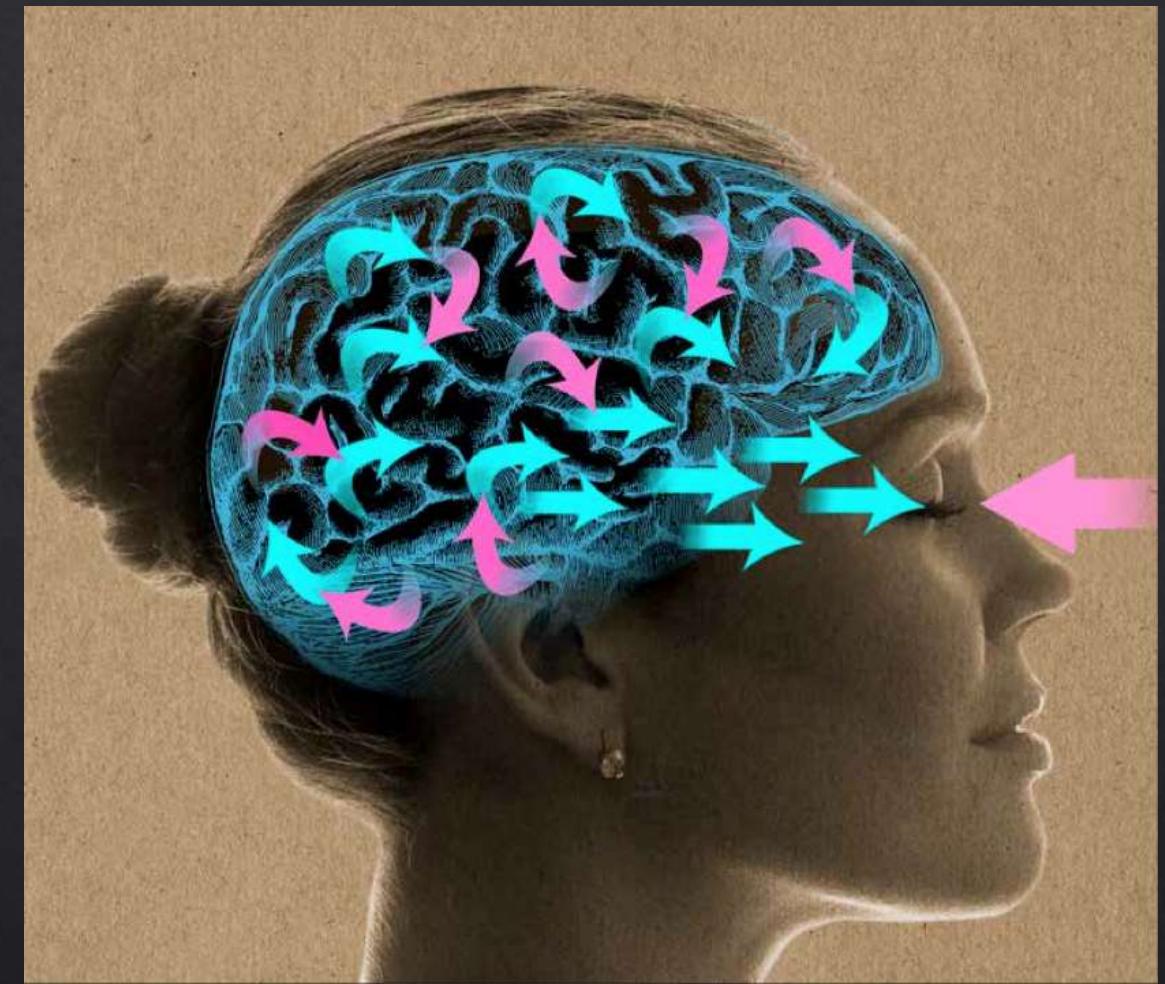








Le cerveau n'est plus vu comme un simple organe de "traitement de l'information" qui attendrait passivement ses inputs.



Mais comme une machine **pro-active** qui tente constamment **d'anticiper ou de prédire** la forme des signaux sensoriels qui lui parviennent, de leur **donner un sens**.



Car ce qu'on perçoit du monde est plus **ambigu** qu'on pourrait le croire.



Et donc pour **donner du sens** à tout ça, notre cerveau doit se fier à son **expérience antérieure**

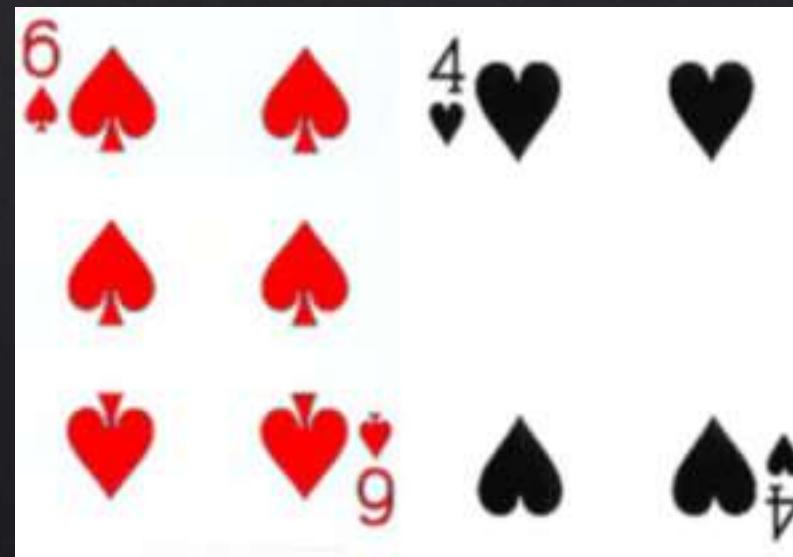


et projeter ses meilleures **hypothèses** sur le monde pour mieux agir et mieux **survivre** !



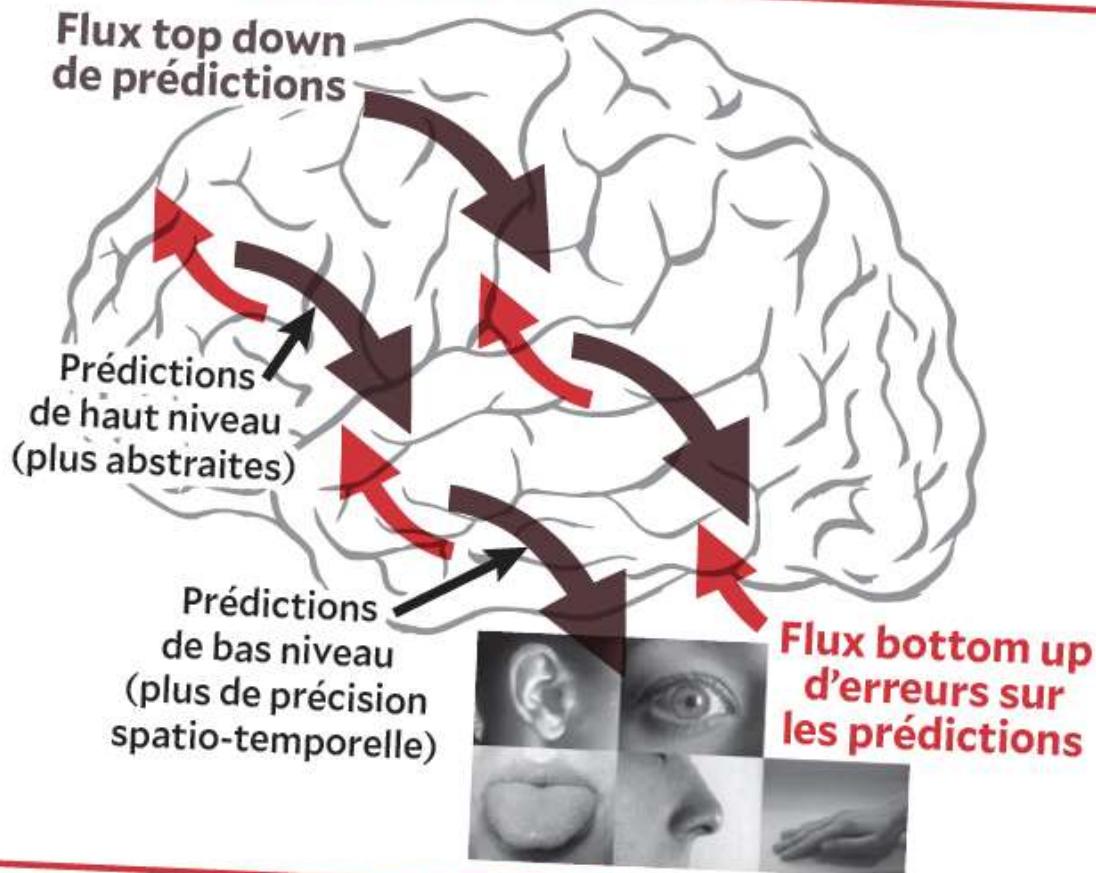
Et on va “voir le monde” en appliquant ces prédictions, souvent de manière automatique et inconsciente (les préjugés, les attentes, etc...).

Comme le montre cette expérience célèbre publiée en 1949 où des cartes à jouer ont été présentées **très brièvement** à des sujets qui devaient les identifier...



The rotating mask illusion

<https://www.youtube.com/watch?v=sKa0eaKsdA0>

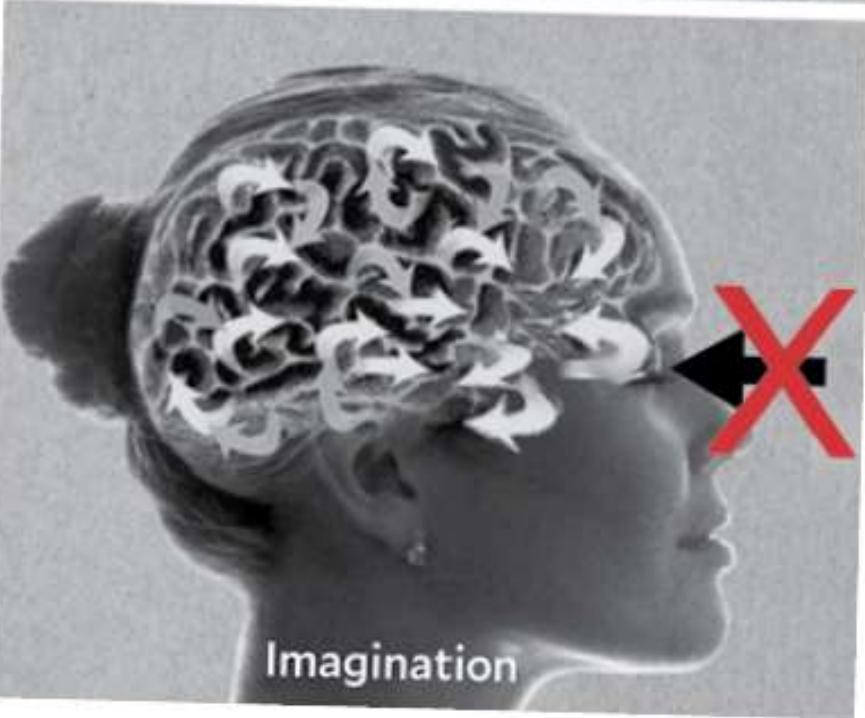
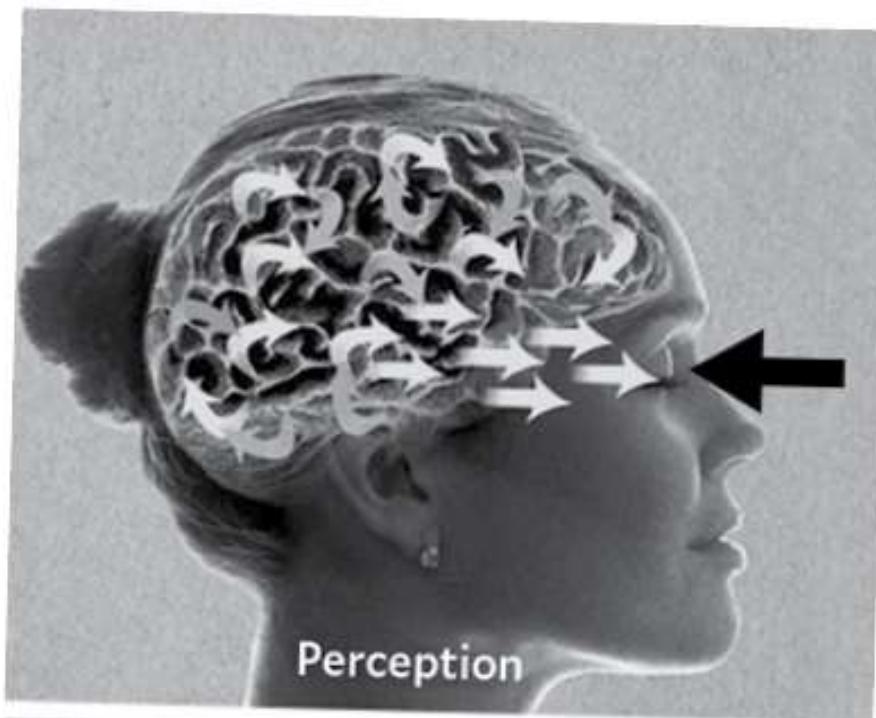


Cette approche « **inside out** » (plutôt que « **outside in** ») permet de mieux comprendre ce que fait essentiellement notre cerveau :

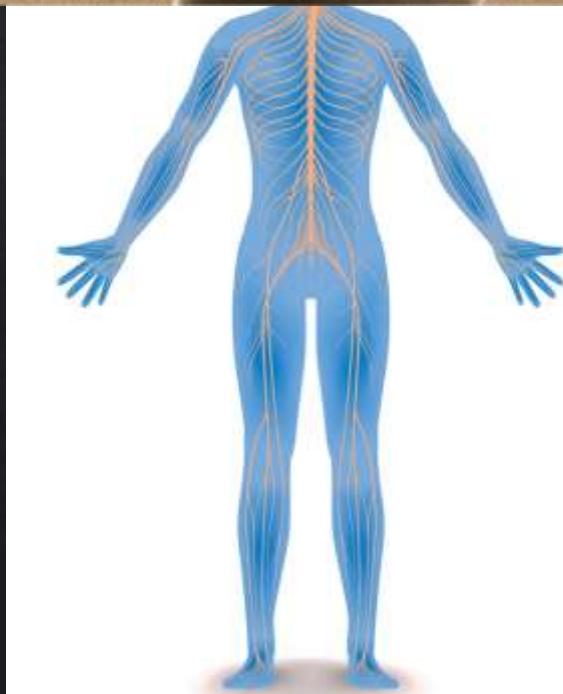
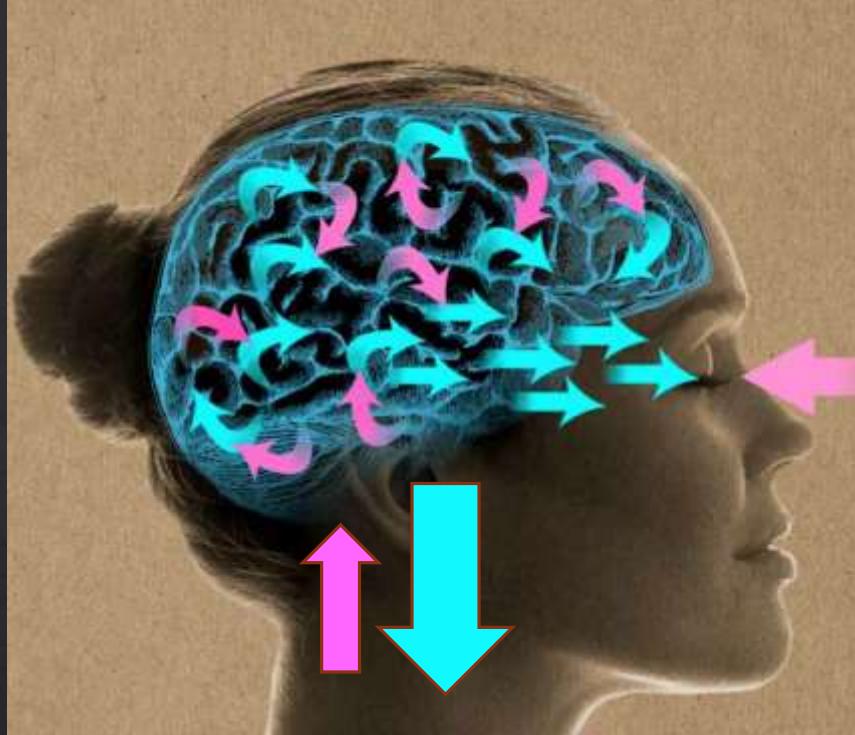
**réduire l'écart ou l'erreur** entre ce qui est prévu et ce qui arrive des sens.

Soit en changeant nos modèles internes (**apprendre**),

soit en changeant le monde pour qu'il corresponde davantage à nos modèles internes si on leur fait confiance (**action**).



Même des phénomènes comme l'imagination peuvent être réinterprétés à la lumière du cerveau prédictif.



Il devient aussi possible de reconsidérer les **émotions**,

cette fois avec des **prédictions** tournées vers l'**intérieur du corps**.

“Du point de vue de notre cerveau, notre **corps** n'est qu'une autre source d'inputs.”

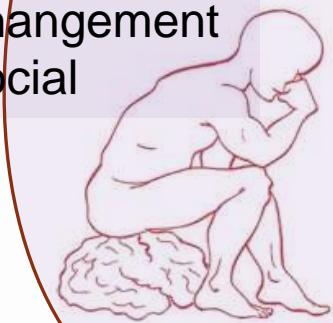
- Lisa Feldman Barrett,

Cette sensation dans mon ventre, est-ce parce que j'ai **faim**, parce qu'ai **peur**, parce que je suis **amoureux**, etc ?

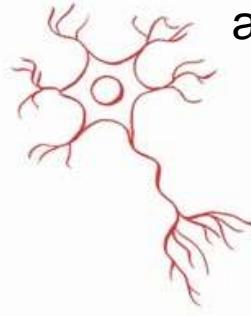
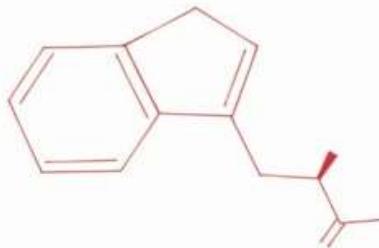
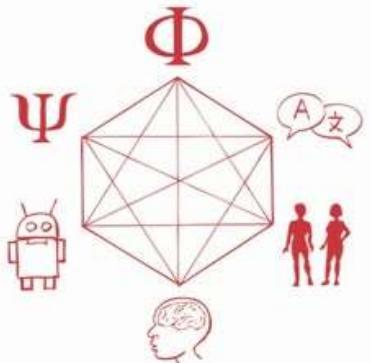
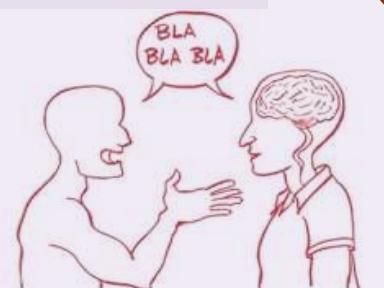
Le **contexte**, souvent **socioculturel**, va nous aider à mieux cerner l'**émotion**...

# Plan des 3 séances

**B)**  
« Nature humaine » et changement social



**A)** #3  
Langage, analogies et motivations inconscientes

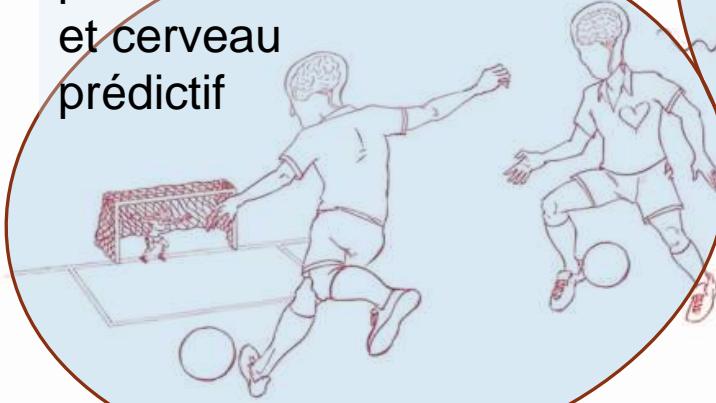


**B)**  
Neurones, apprentissage et mémoire



#2

**B)**  
Émotion, prise de décision et cerveau prédictif



**A)**  
Grands réseaux et rythmes cérébraux

