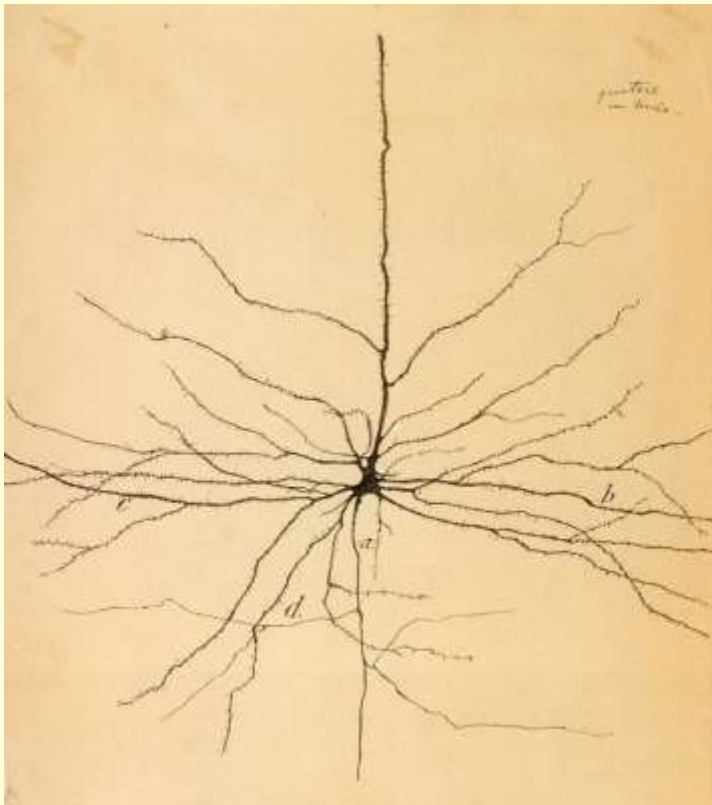


## Cours 2

A) Un neurone, deux neurones,  
quelques neurones  
(la grammaire de base du cerveau)



Neurone pyramidal du cortex moteur

B) Des milliers et des millions de neurones :  
Nos mémoires et leurs structures cérébrales  
associées



Stockphoto/Jean Warren

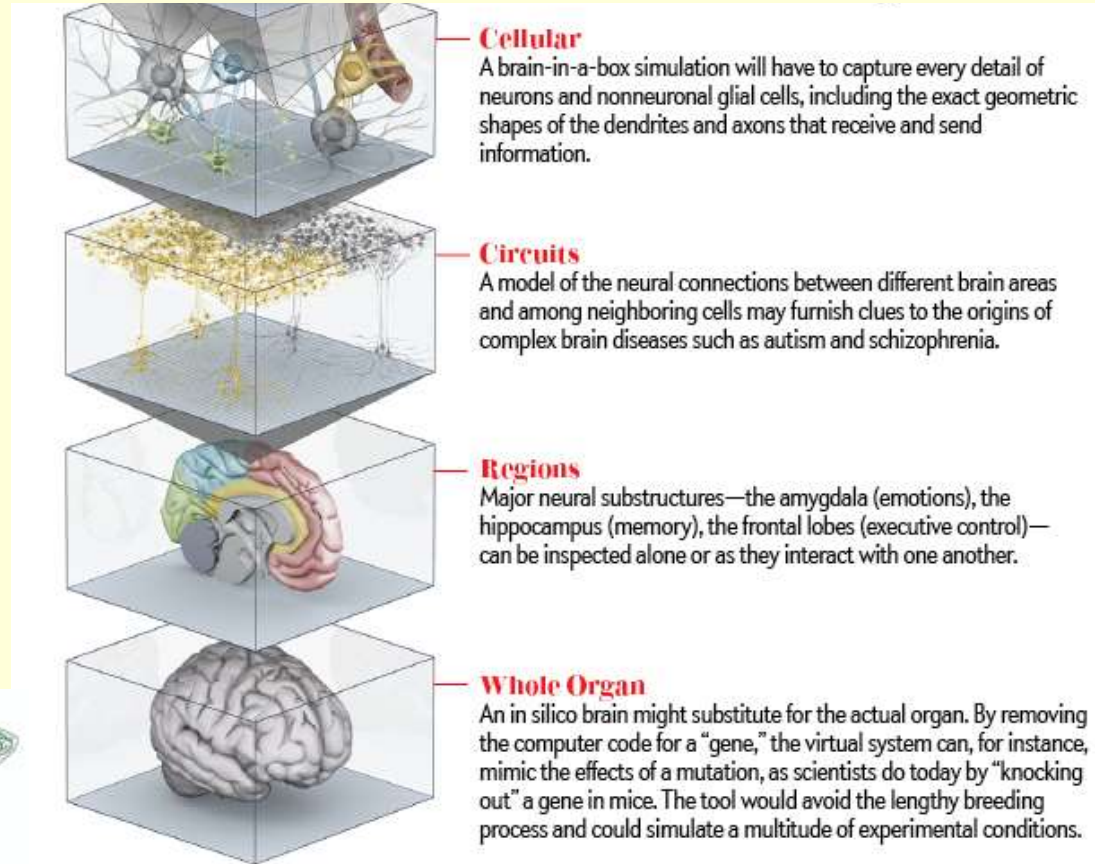
# Si l'on récapitule à rebours l'histoire que l'on a raconté jusqu'ici,

on observe plusieurs niveaux d'organisation

**Social**  
(corps-cerveau-environnement)



**De l'individu**  
(corps-cerveau)

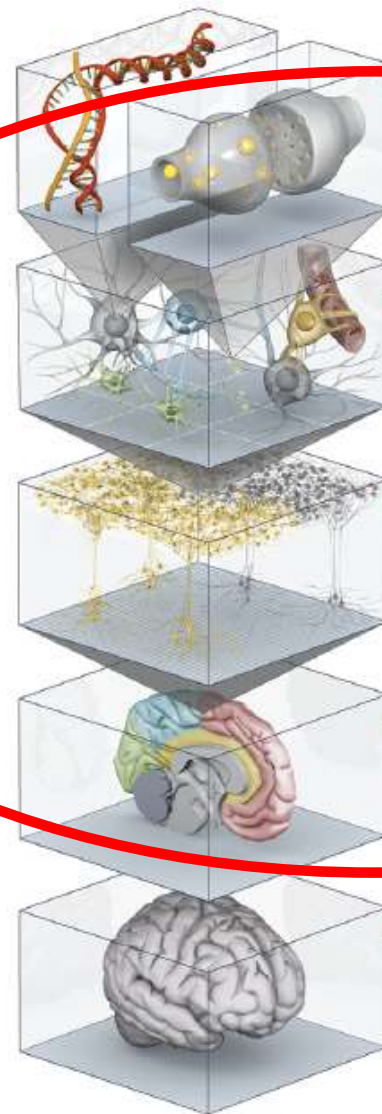


# on observe plusieurs niveaux d'organisation

Social  
(corps-cerveau-  
environnement)



De l'individu  
(corps-cerveau)



## Molecular

A century of research, beginning with the first inspection of a brain cell under a microscope, would translate into a digital facsimile that combines component molecular parts to assemble a cell that demonstrates the essential properties of a neuron—the transmission of electrical and chemical signals.

## Cellular

A brain-in-a-box simulation will have to capture every detail of neurons and nonneuronal glial cells, including the exact geometric shapes of the dendrites and axons that receive and send information.

## Circuits

A model of the neural connections between different brain areas and among neighboring cells may furnish clues to the origins of complex brain diseases such as autism and schizophrenia.

## Regions

Major neural substructures—the amygdala (emotions), the hippocampus (memory), the frontal lobes (executive control)—can be inspected alone or as they interact with one another.

## Whole Organ

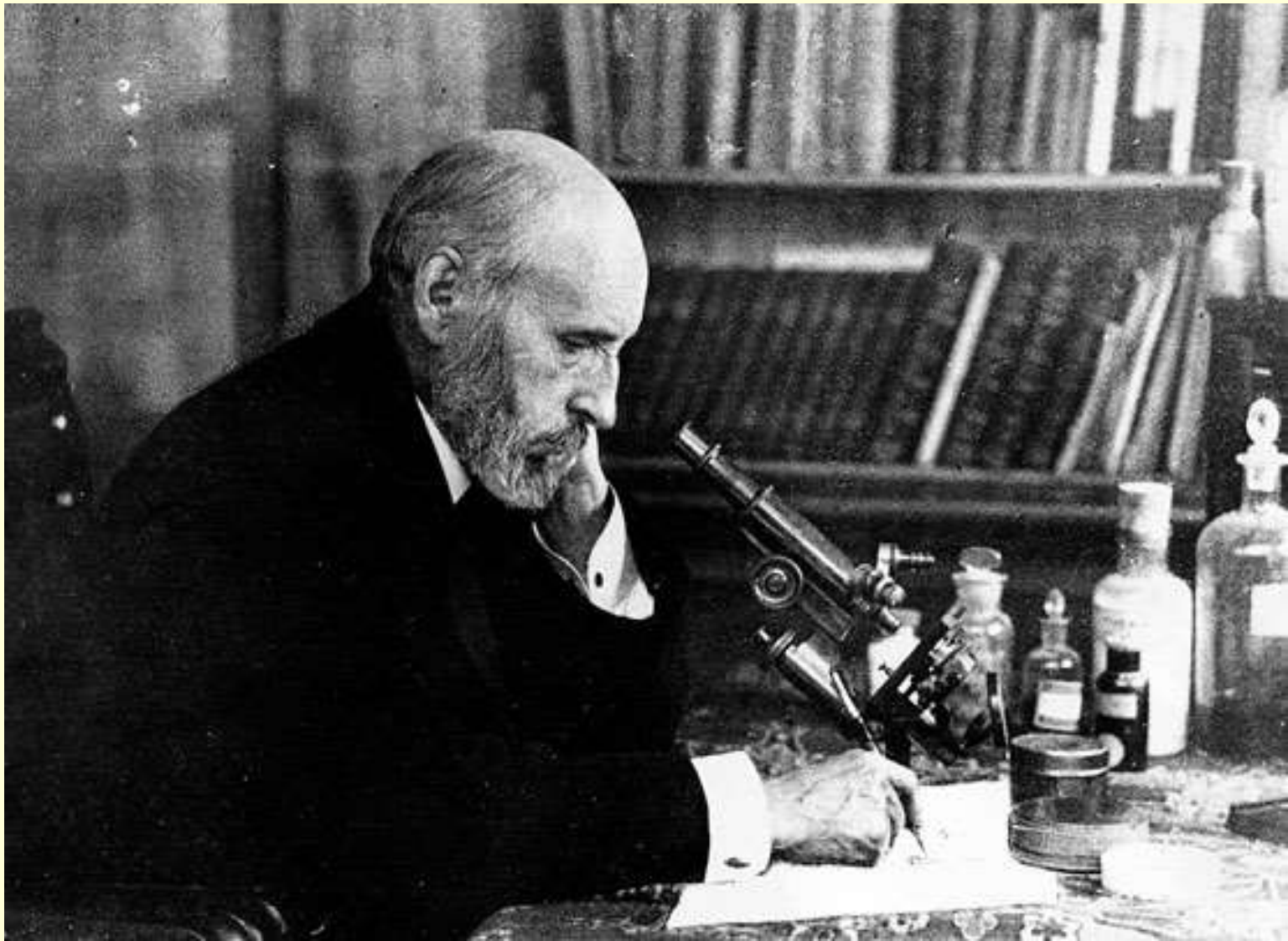
An in silico brain might substitute for the actual organ. By removing the computer code for a “gene,” the virtual system can, for instance, mimic the effects of a mutation, as scientists do today by “knocking out” a gene in mice. The tool would avoid the lengthy breeding process and could simulate a multitude of experimental conditions.

Reprenons notre  
histoire à la fin du

# XIX<sup>e</sup> SIÈCLE

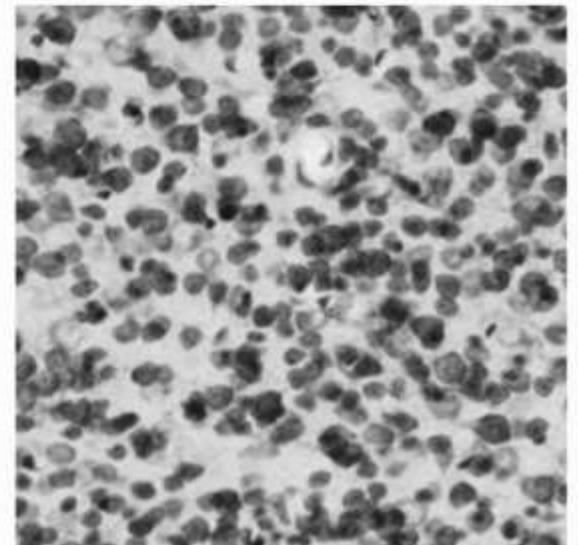
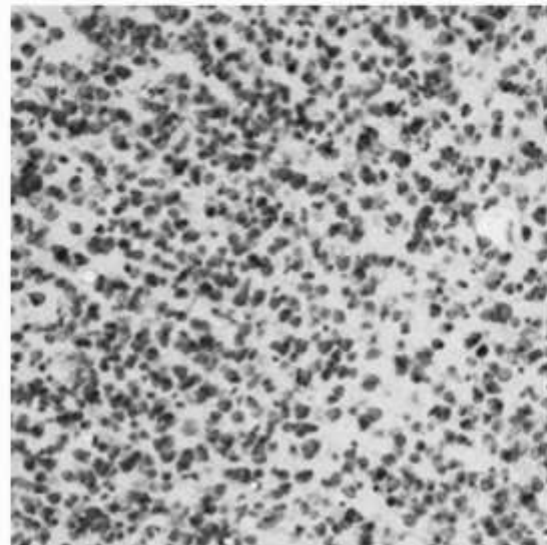
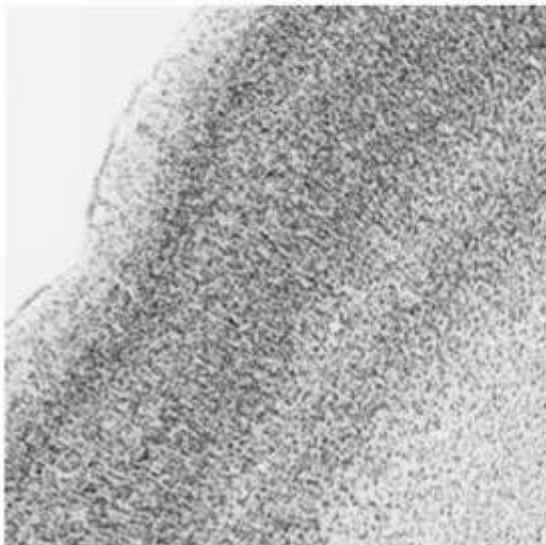
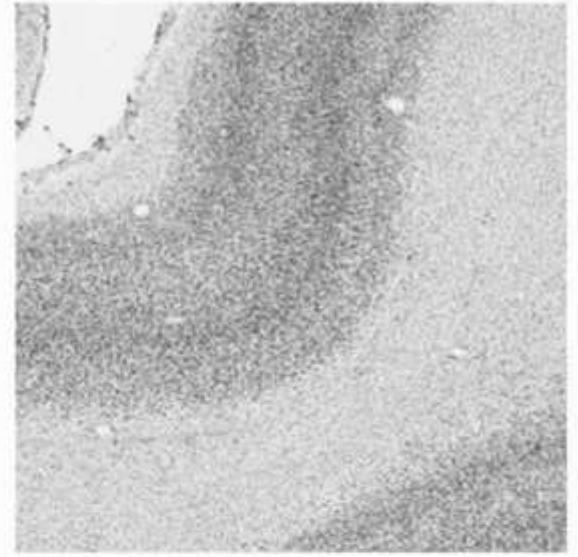
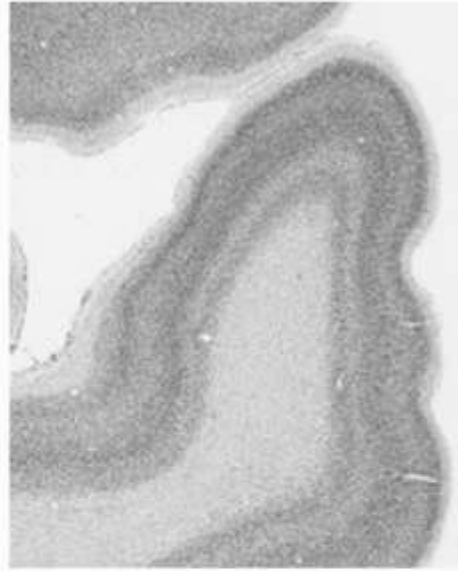
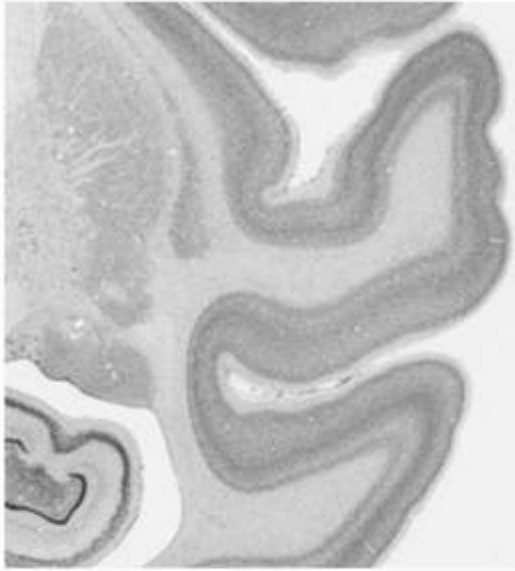




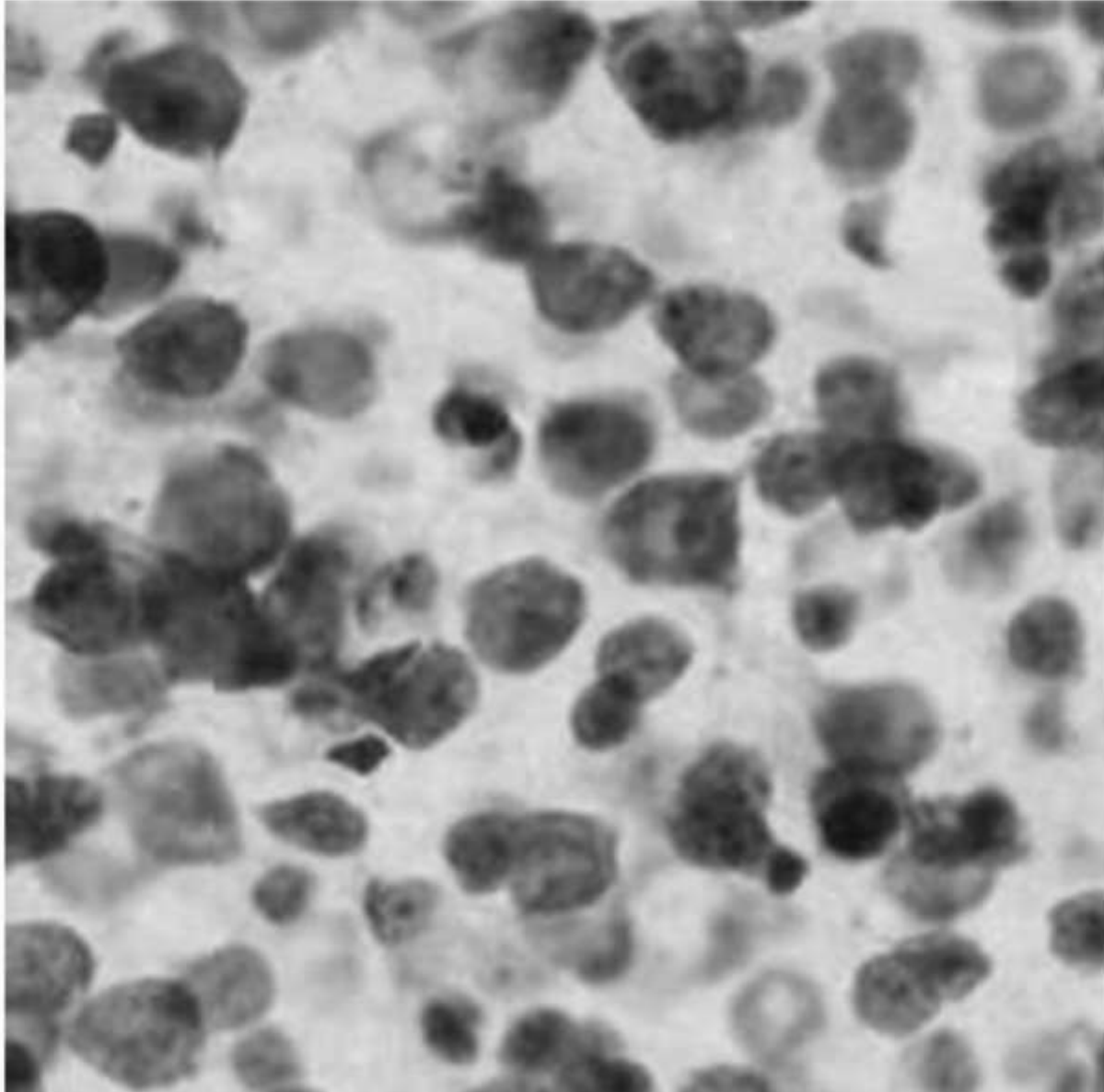


Vers la fin du XIXe siècle, certains Homo sapiens commencent à se demander comment s'organise la **matière cérébrale** qui les fait **penser...**

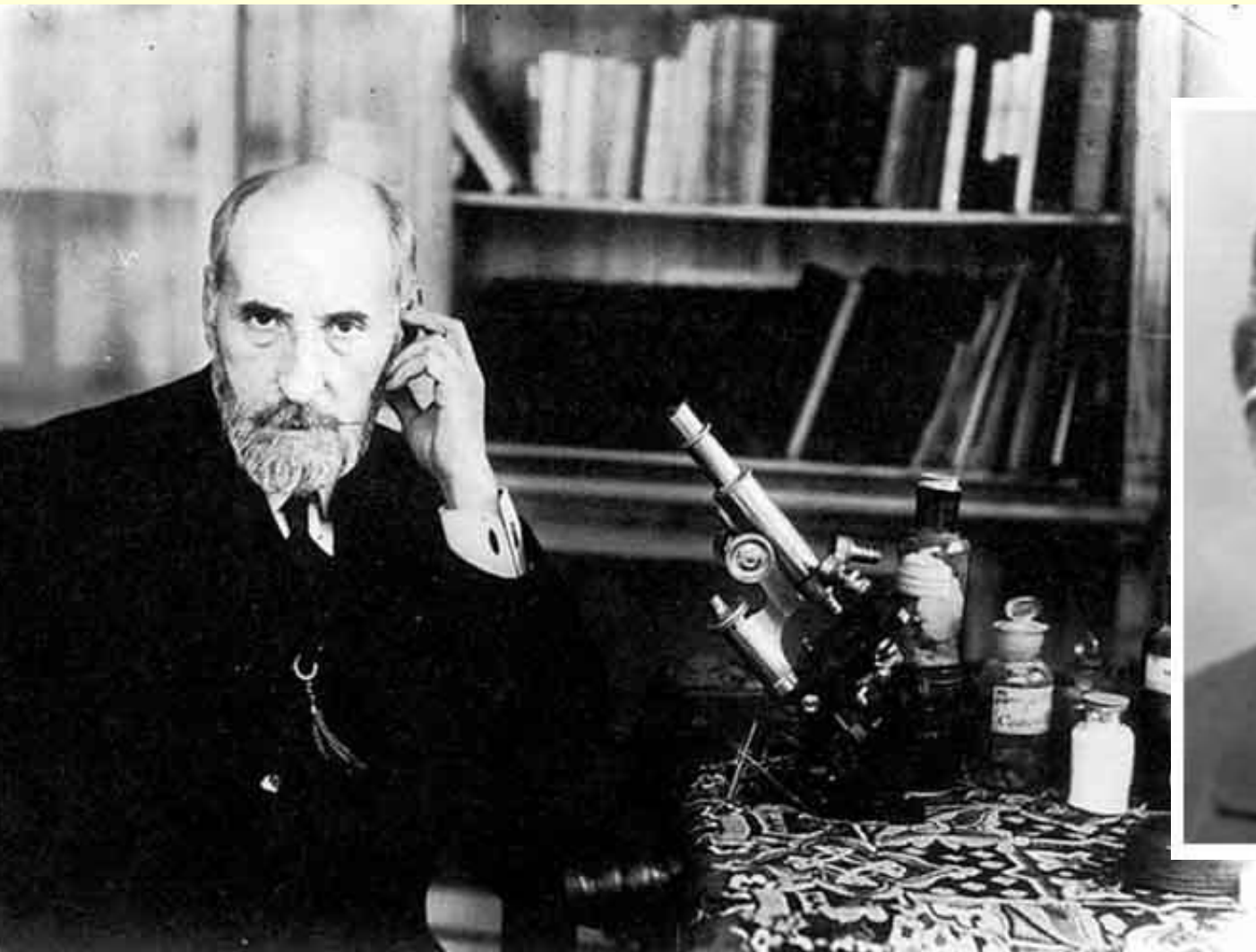
zoom in sur sa région foncée, aussi appelée matière grise...



matière grise : corps cellulaires des cellules du cerveau, les neurones



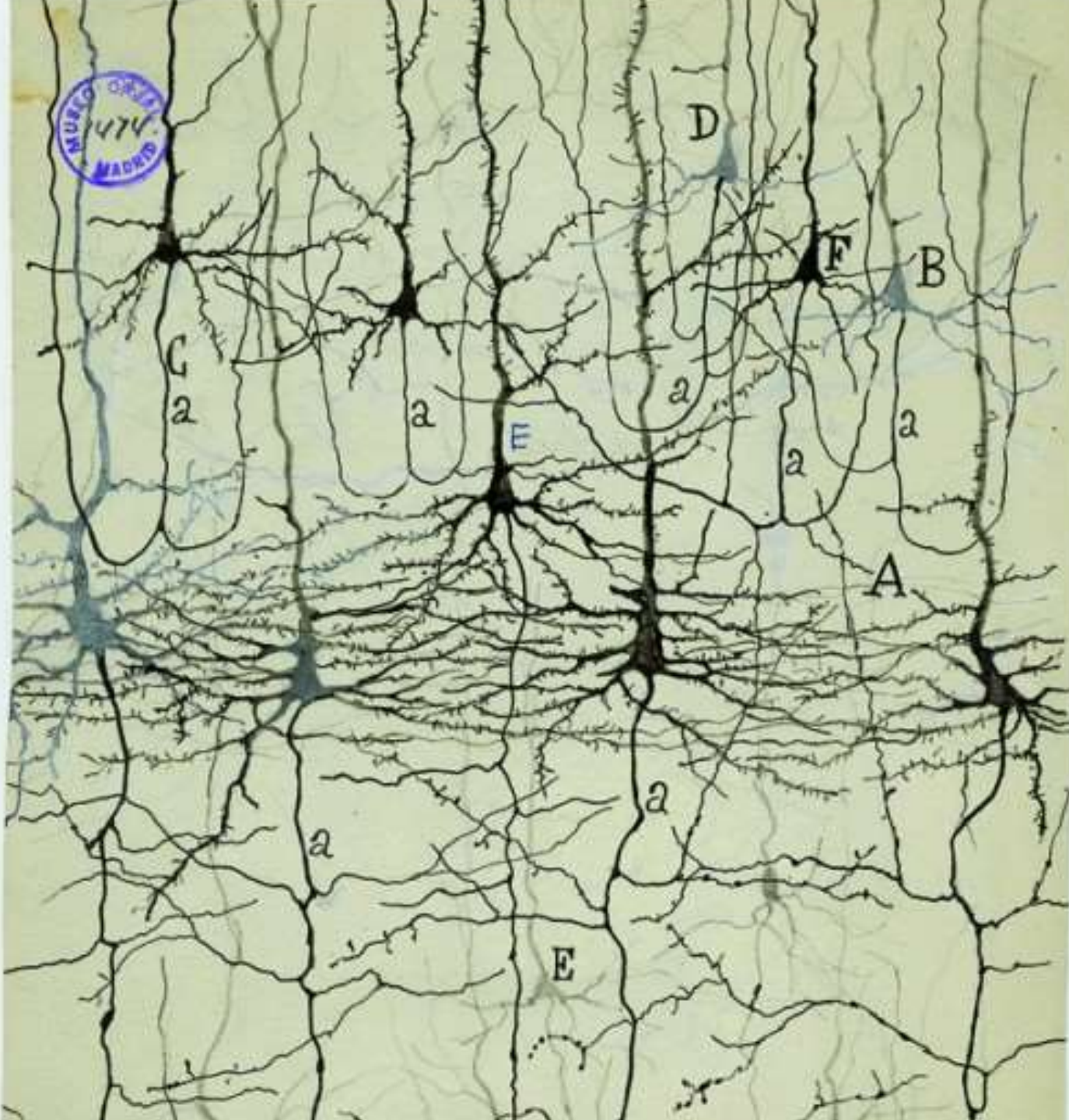




Santiago Ramon y Cajal



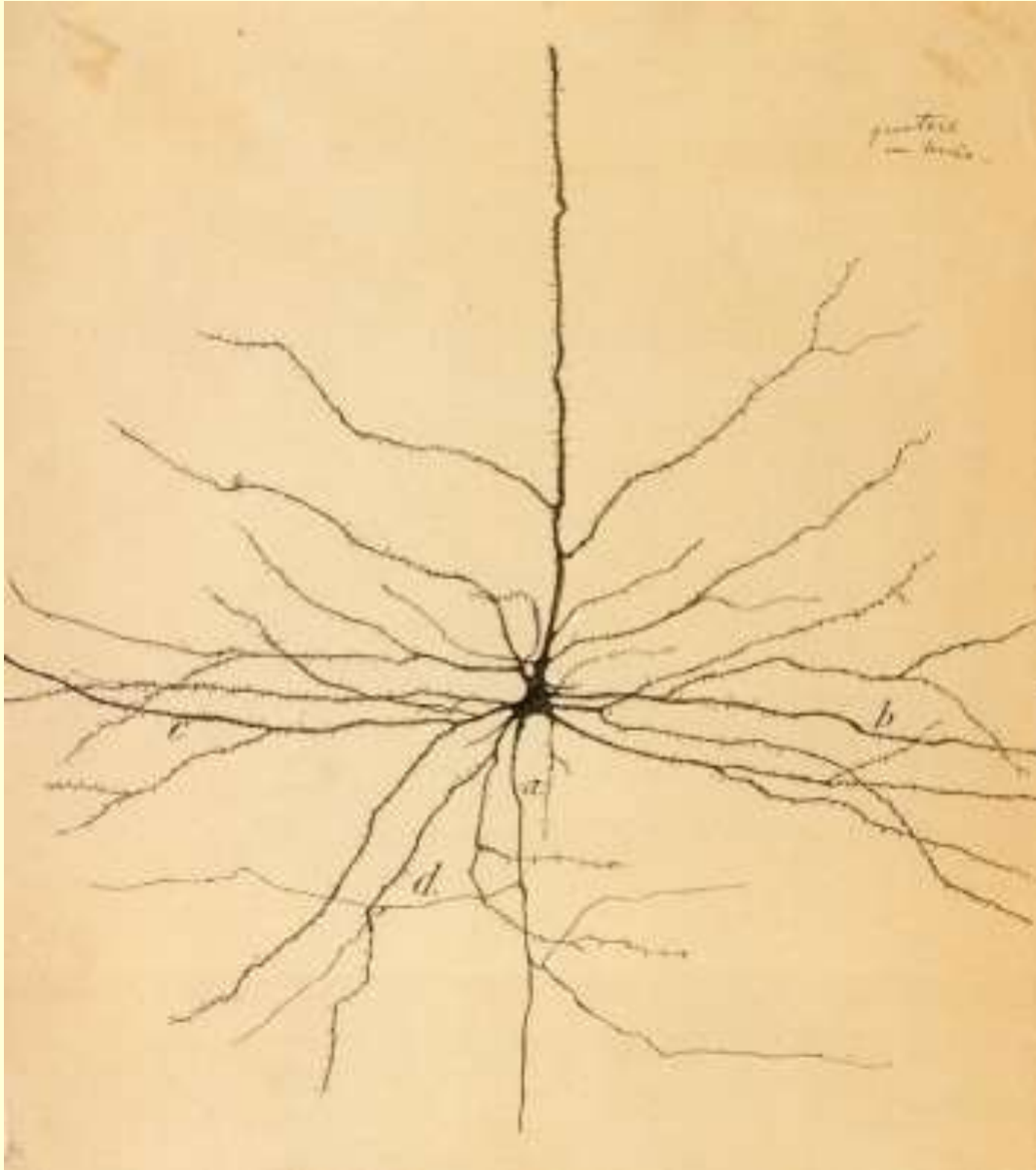
Camillo Golgi



À cette époque,

le paradigme dominant était encore que le système nerveux était constitué d'un **maillage fusionné**

ne comportant **pas de cellules isolées.**



Mais Cajal va montrer, à l'aide de la coloration de Golgi, que les neurones semblent plutôt former des cellules distinctes les unes des autres.

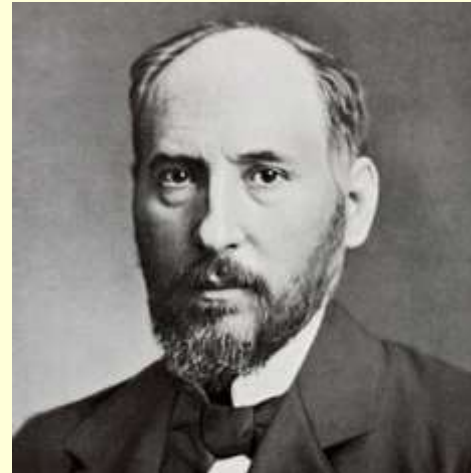


Neurone pyramidal du cortex moteur

Golgi et Cajal obtiennent le Prix Nobel de physiologie ou médecine en 1906.

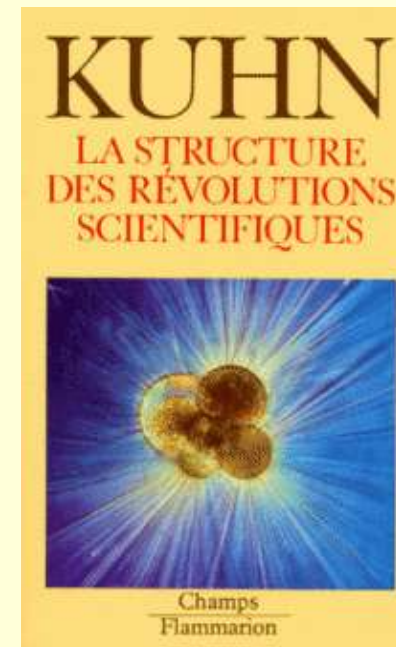


Dans son discours de réception du prix, Golgi défendit la **théorie réticulaire**.

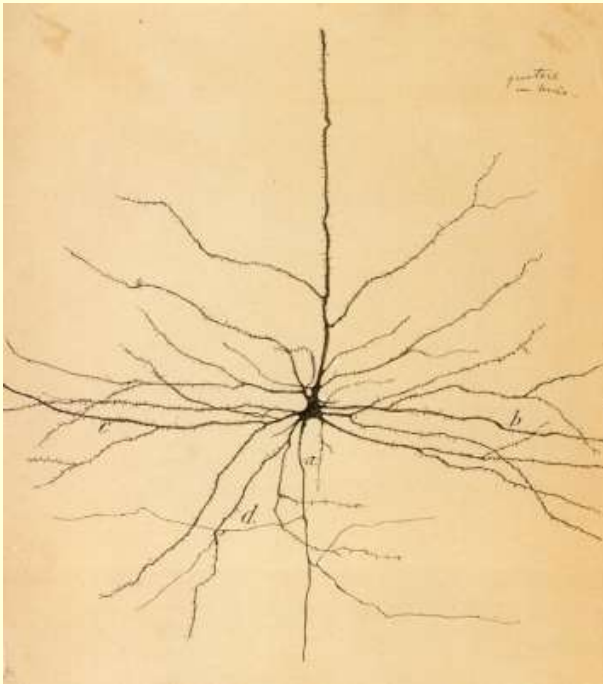


Cajal, qui parlait après lui, contredit la position de Golgi et exposa sa **théorie du neurone...**

qui fut bientôt admise.



Le terme n'existait pas encore,  
mais on allait assister à un **changement de paradigme...**



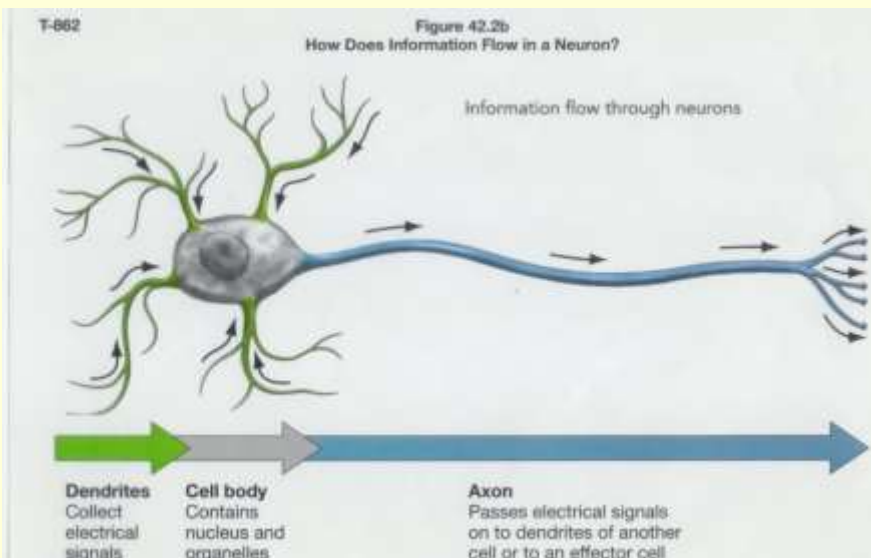
Neurone pyramidal du cortex moteur

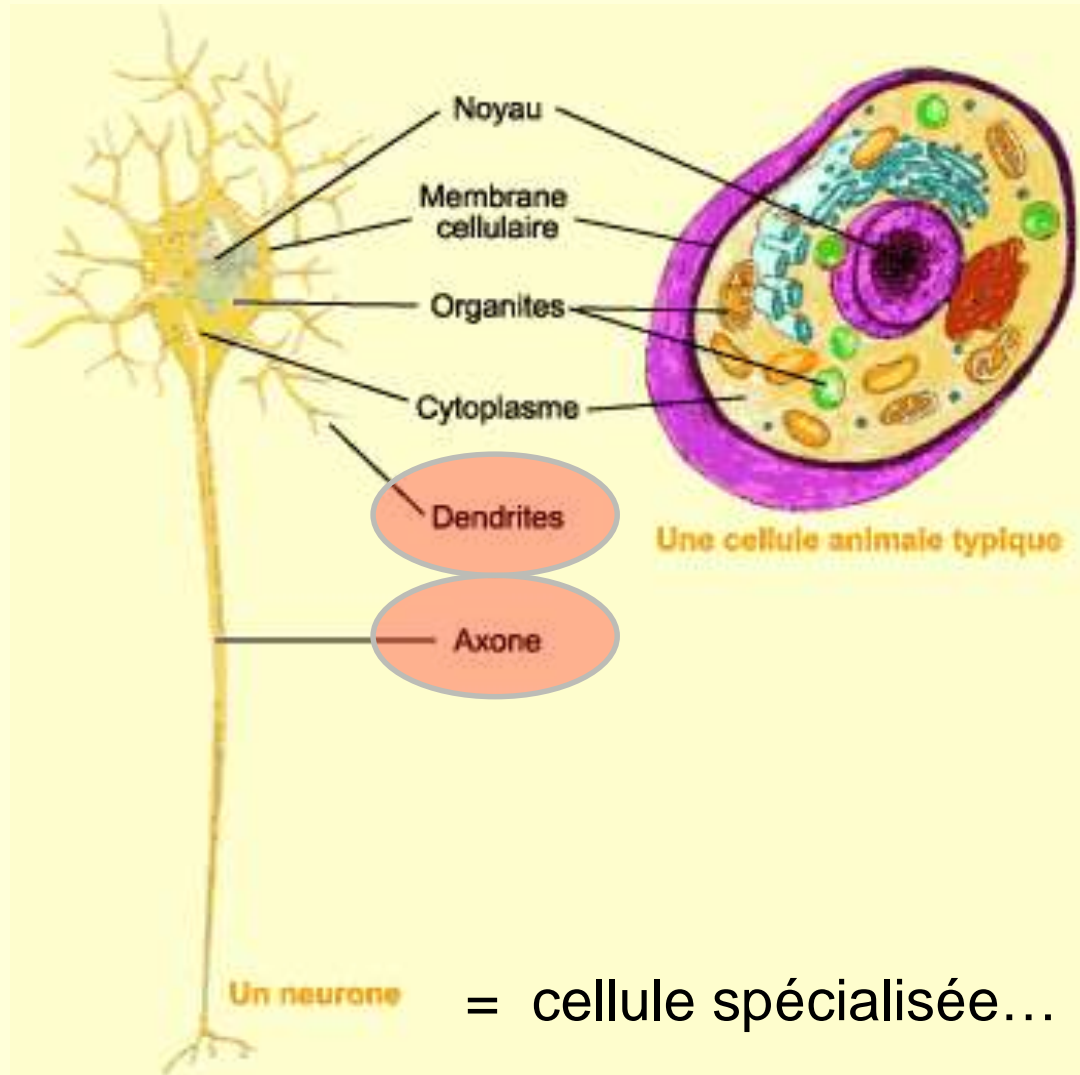
## La théorie (ou doctrine) du neurone :

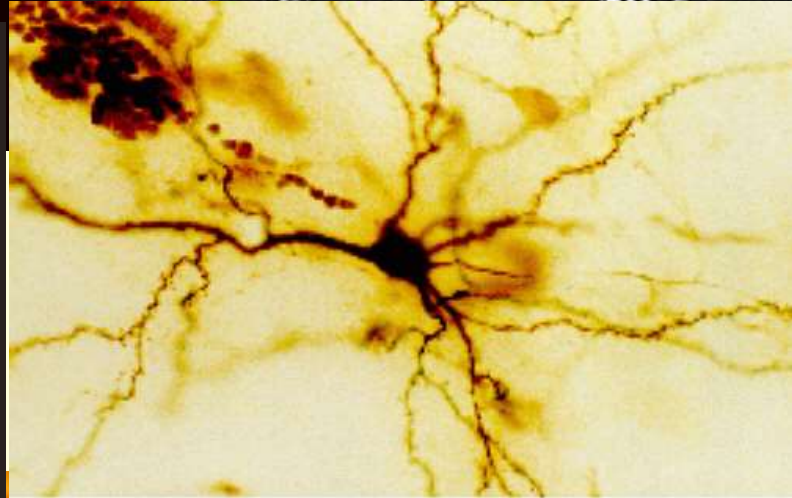
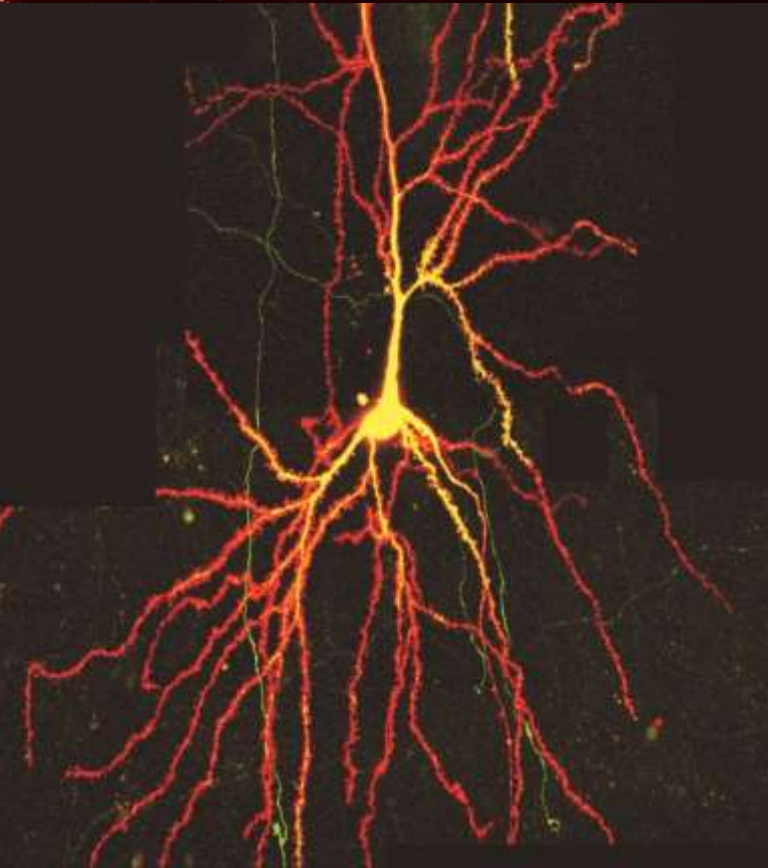
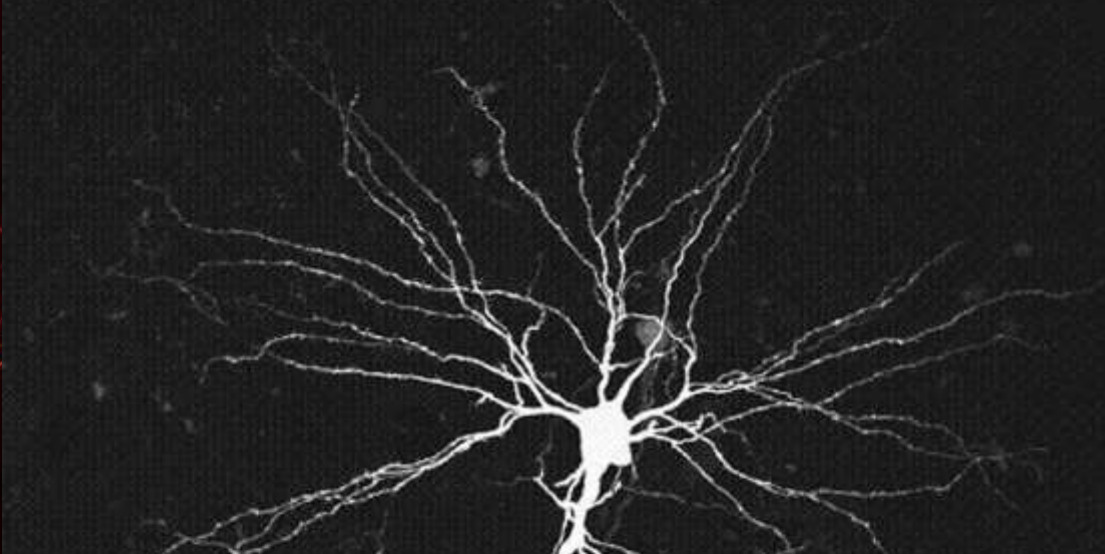
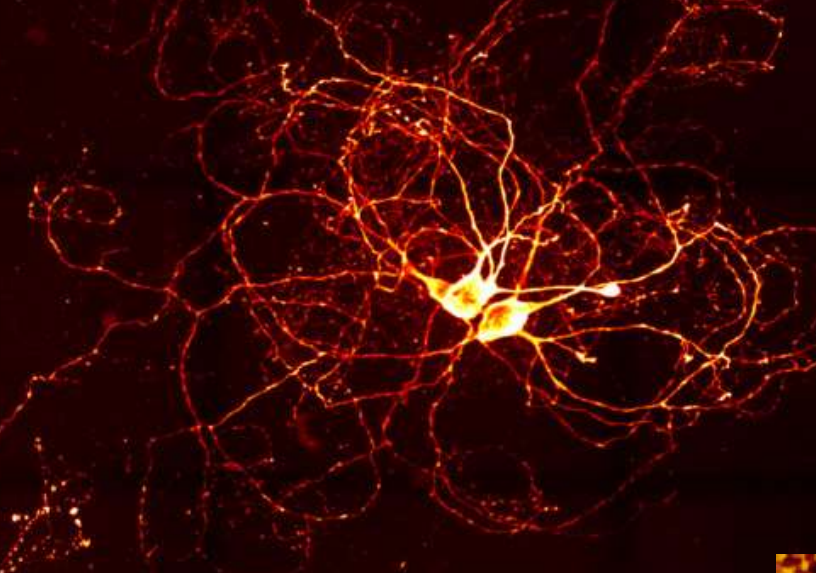
1) **Le neurone** est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles**;

3) Un neurone est composé de 3 parties : les **dendrites, le corps cellulaire et l'axone**;





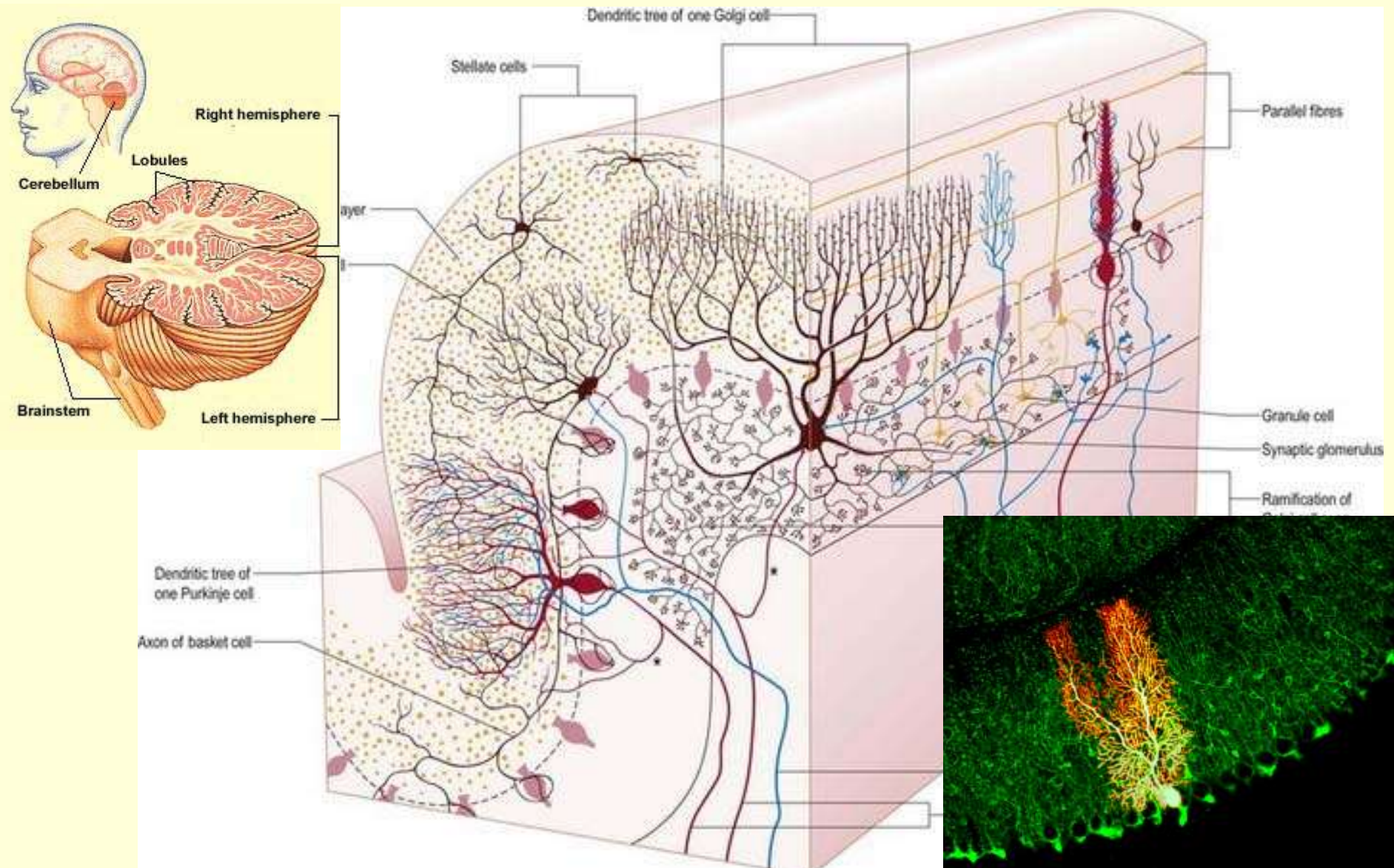


Très grand nombre de types de neurones différents

(estimé à plus de 1 000 et peut-être beaucoup plus, voire un continuum de types...).

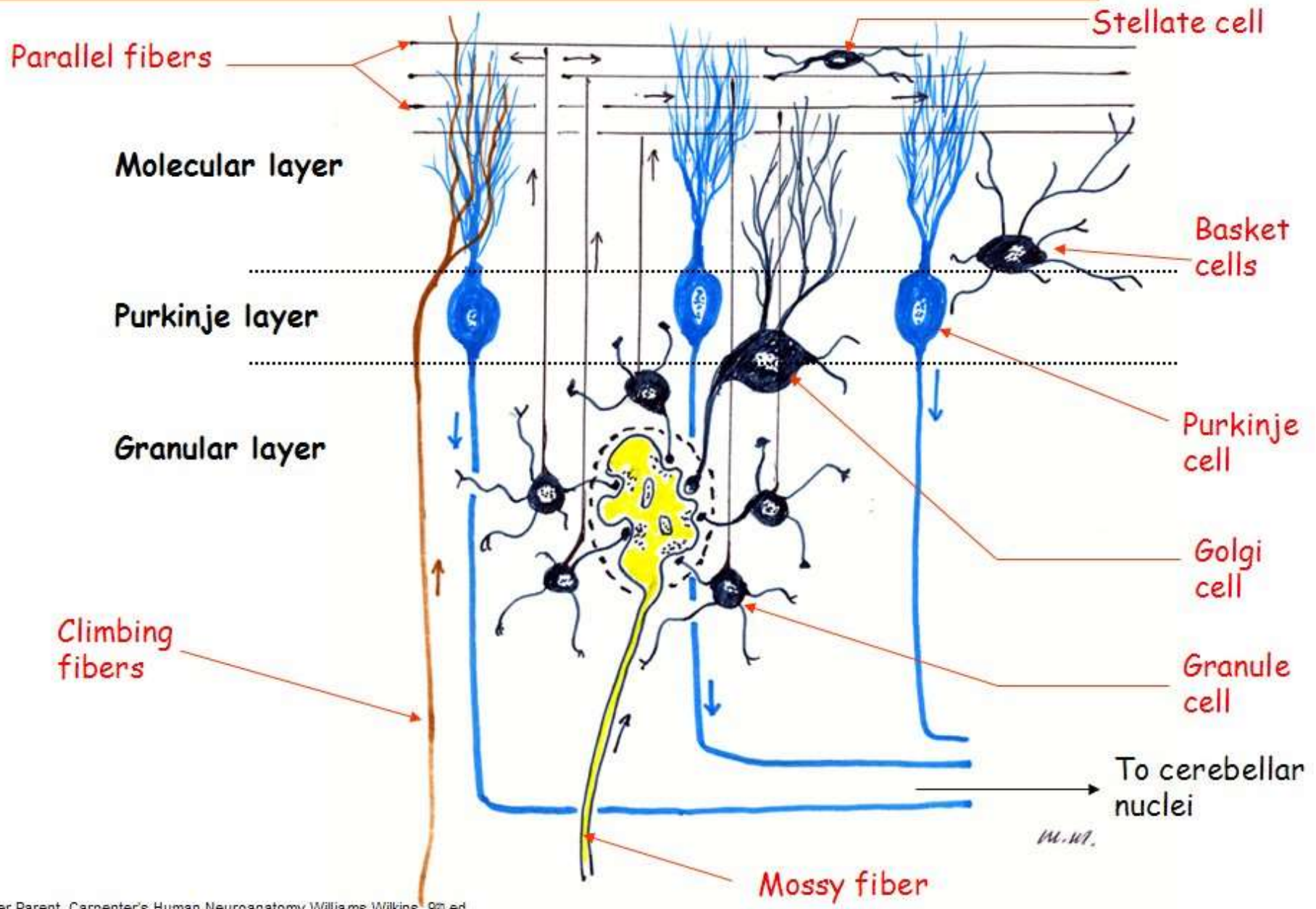
<http://jonlieffmd.com/blog/how-many-different-kinds-of-neurons-are-there>

Grande variabilité de forme des neurones qui s'explique par leur pattern de connectivité avec les autres neurones, qui lui-même dépend de la fonction de ce circuit nerveux.

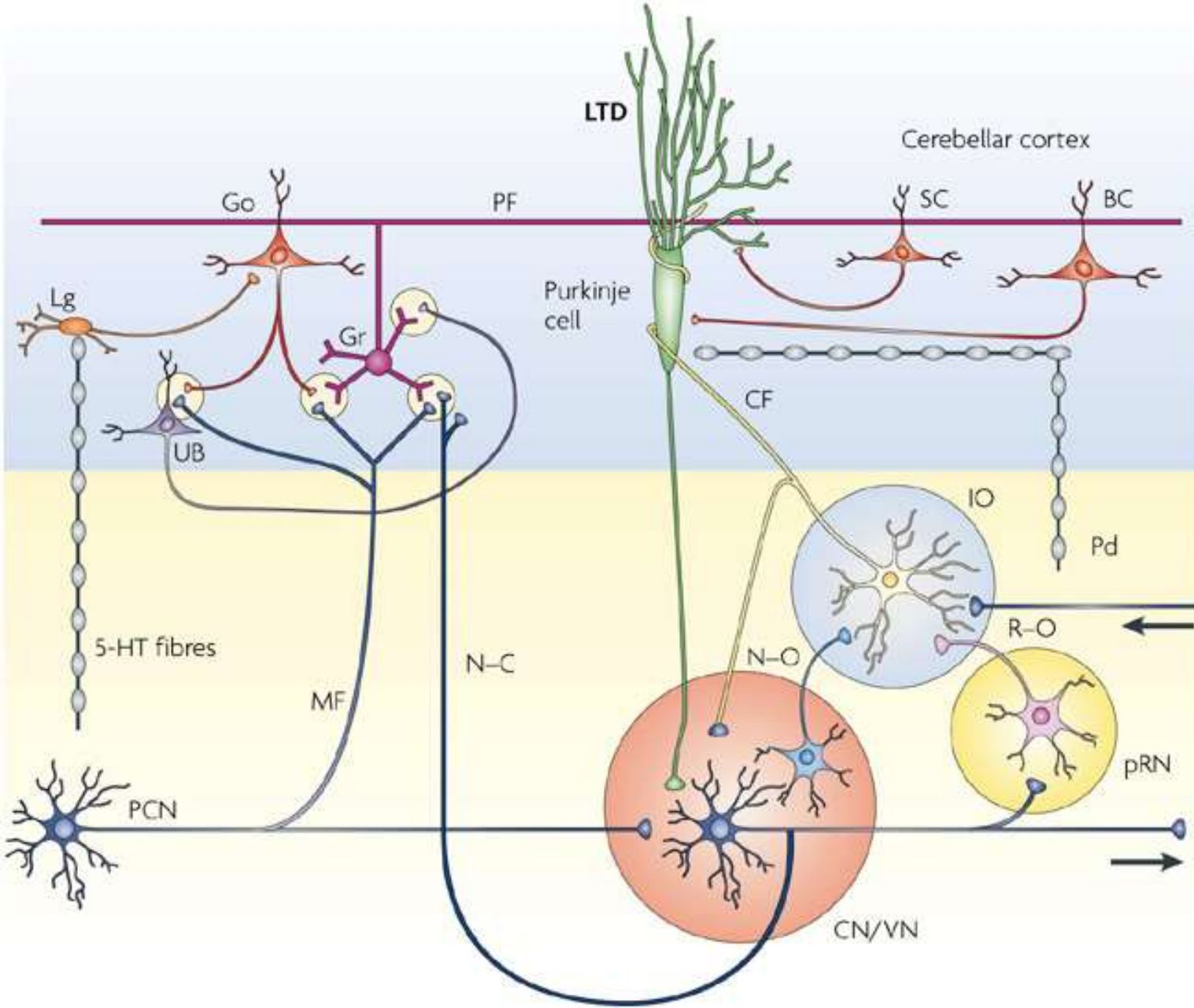




# Functional Organization of Cerebellum



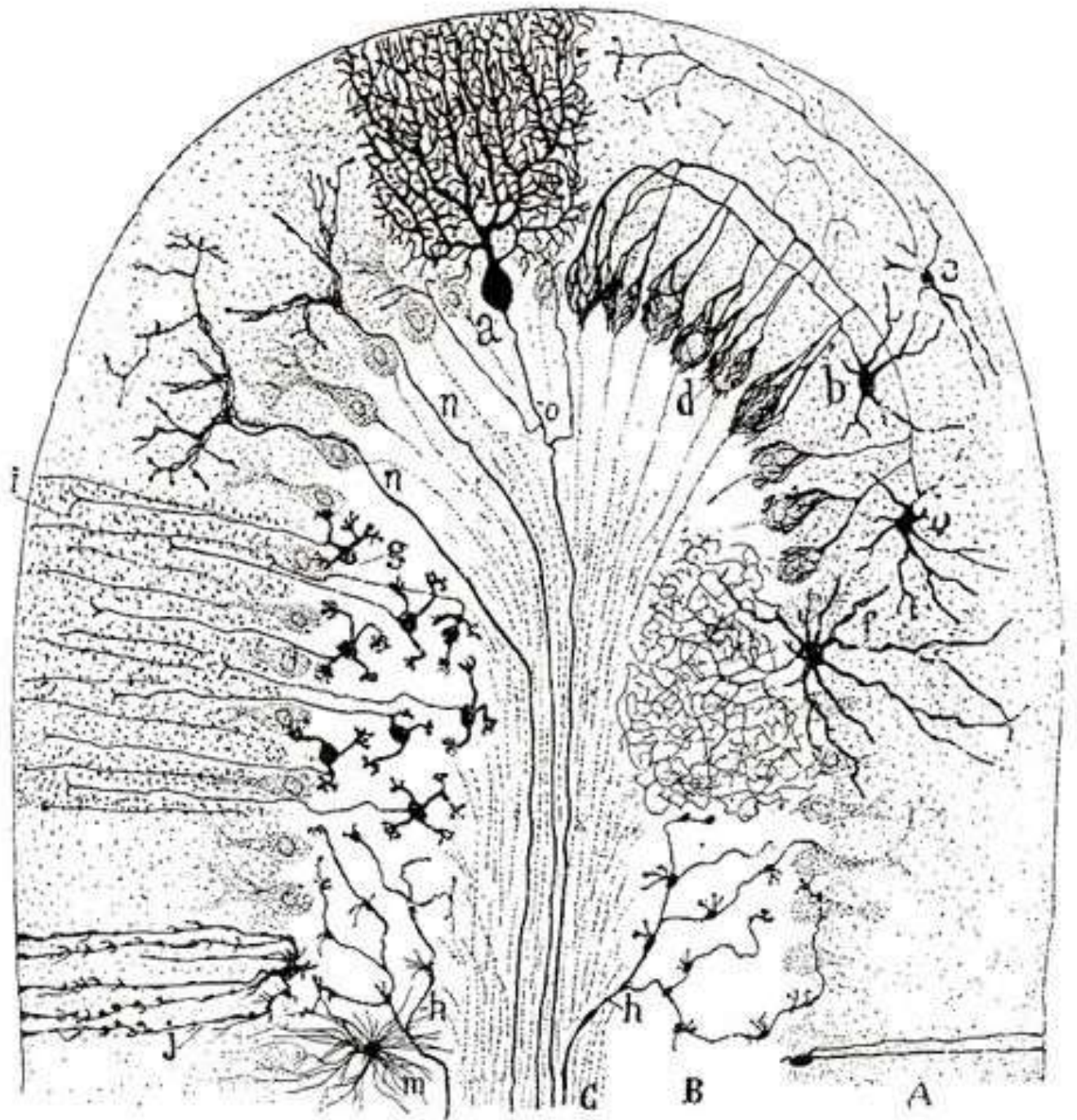
After Parent. Carpenter's Human Neuroanatomy Williams Wilkins 9th ed

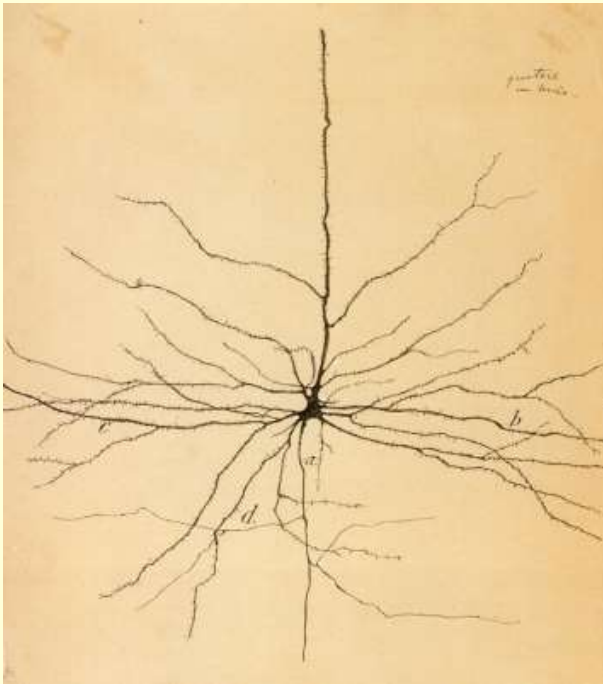


Tout cela se met en place durant le développement embryonnaire par des processus de guidage complexes impliquant d'innombrables molécules.

Cajal avait déjà conscience de la grande diversité de forme des neurones

comme le montre l'un de ses dessins des neurones du cervelet.





Neurone pyramidal du cortex moteur

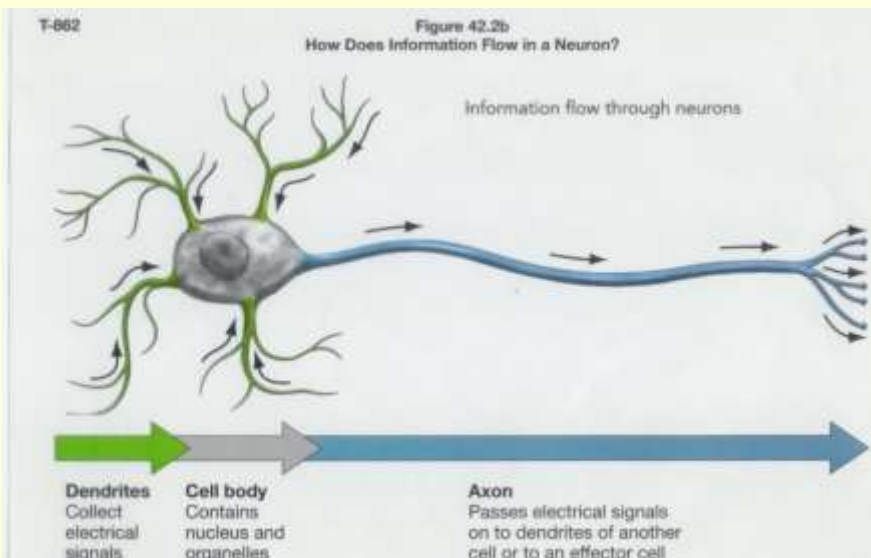
## La théorie (ou doctrine) du neurone :

1) **Le neurone** est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

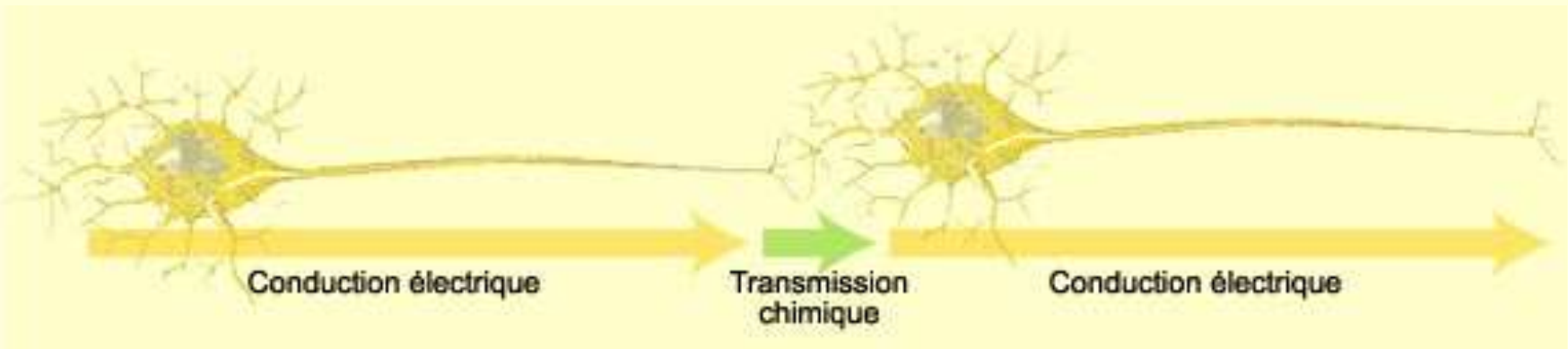
2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles**;

3) Un neurone est composé de 3 parties : les **dendrites, le corps cellulaire et l'axone**;

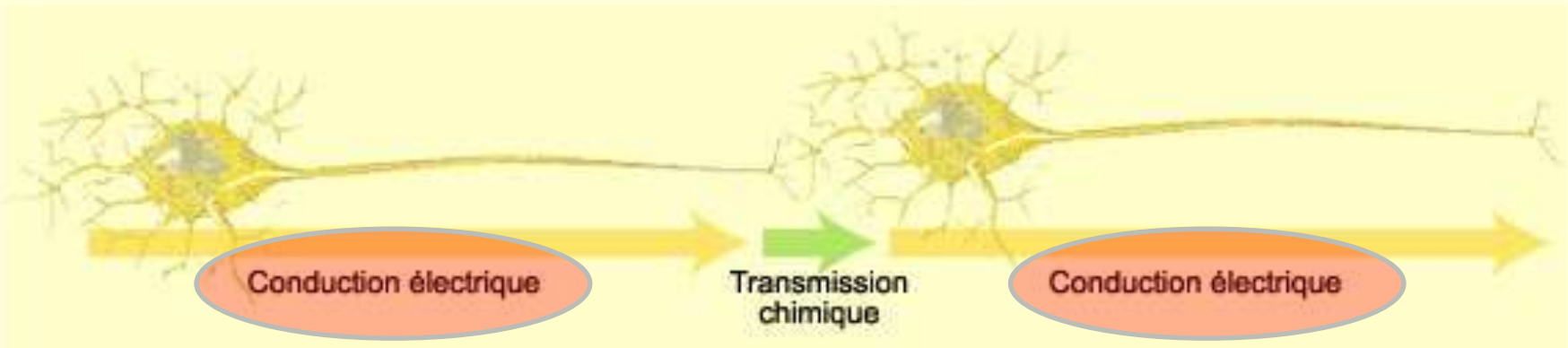
4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).



Car les neurones ont des dendrites et des axones pour communiquer **rapidement** avec d'autres neurones



Car les neurones ont des dendrites et des axones pour communiquer **rapidement** avec d'autres neurones

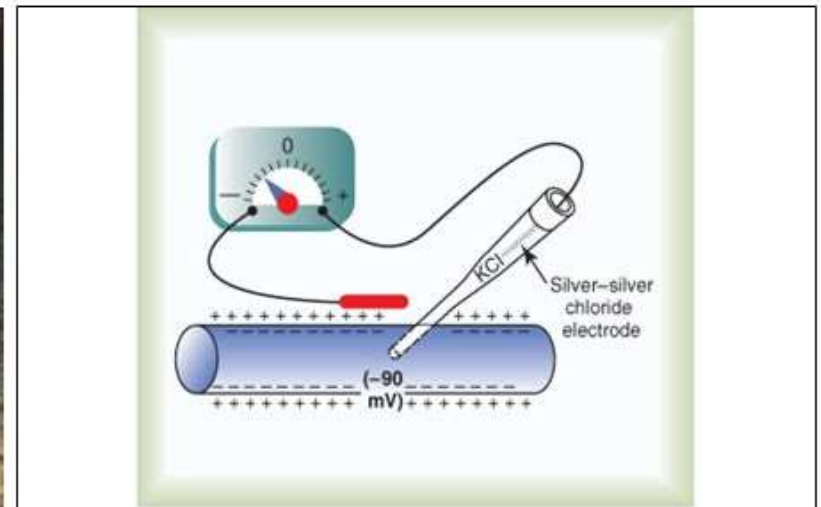


grâce à ce qu'on appelle les **influx nerveux** (ou **potentiels d'action**) dont on ignorait le mécanisme jusqu'au milieu du XXe siècle.



# Hodgkin-Huxley Expts, 1952

## Squid Giant Axon



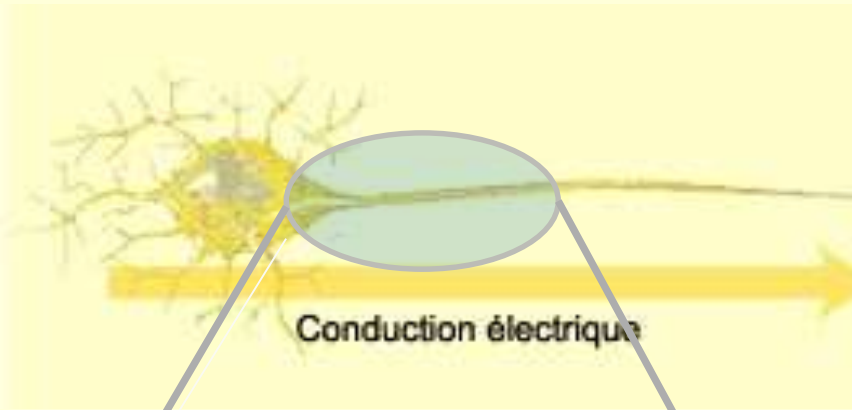
Few neurons, large diameter

Large enough to insert microelectrodes

Stimulating microelectrodes (inject current) to disturb cell with electrical stimuli

Recording microelectrodes (see current changes in cell and record them)

<http://www.science.smith.edu/departments/NeuroSci/courses/bio330/squid.html>

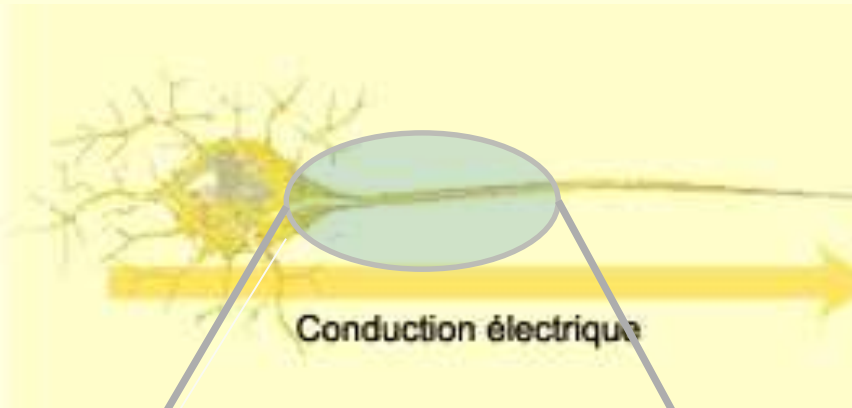


- Les neurones baignent dans du liquide physiologique
- De nombreuses substances se dissocient en ions chargés dans ce liquide (Ex.: NaCl en Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup>)
- Ces particules chargées ne se répartissent pas également à l'intérieur et à l'extérieur du neurone : l'intérieur est environ 70 millivolts plus négatif que l'extérieur

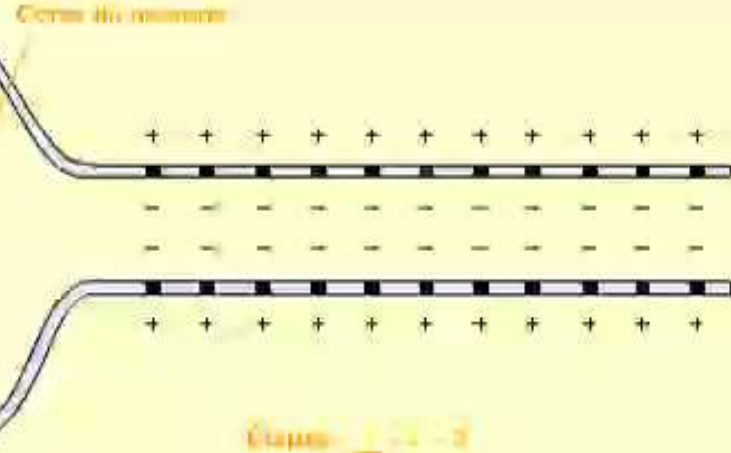
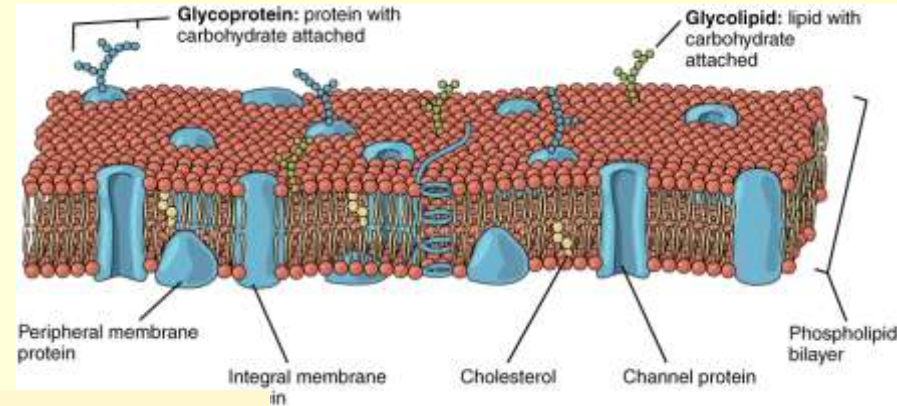
1. À l'état de repos, les canaux de la membrane du neurone créent une répartition inégale des charges : davantage de charges négatives à l'intérieur et plus de charges positives à l'extérieur.

Les neurones ont une membrane semi-perméable qui vont permettre le passage sélectifs de certains ions à travers elle, générant ainsi l'influx nerveux





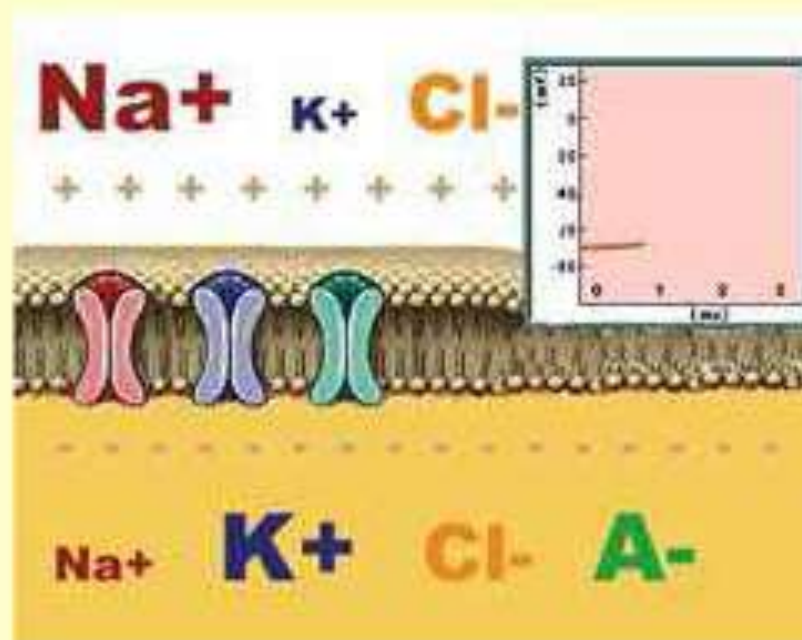
Plus tard, on démontrera que les pores de la membrane semi-perméable sont des protéines transmembranaires avec en leur centre un canal sélectif à certains ions.



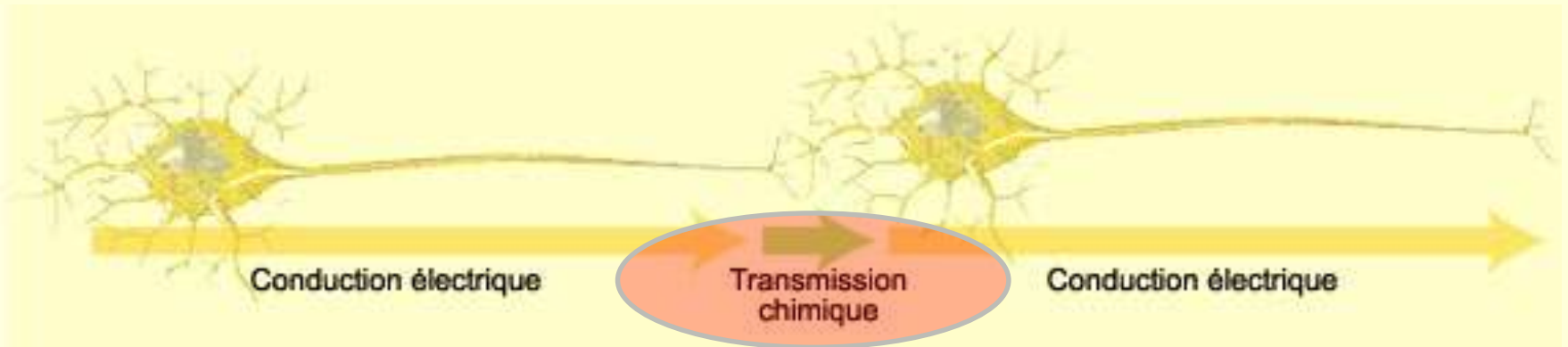
1. À l'état de repos, les canaux de la membrane du neurone créent une répartition inégale des charges : davantage de charges négatives à l'intérieur et plus de charges positives à l'extérieur.

Et en plus, ces canaux changent de conformation (i.e. s'ouvrent et se ferment) en fonction du potentiel de membrane autour d'eux.

1. Ainsi, les ions chlore ( $\text{Cl}^-$ ) que l'on retrouve surtout à l'extérieur de la cellule tendent à pénétrer à l'intérieur mais sont freinés par les anions négatifs qui s'y trouvent. De même, les ions potassium ( $\text{K}^+$ ) plus concentrés à l'intérieur tendent à sortir de la cellule mais comme l'extérieur est aussi chargé positivement, leur sortie s'en trouve freinée. Un équilibre va donc s'établir : c'est le potentiel de repos.

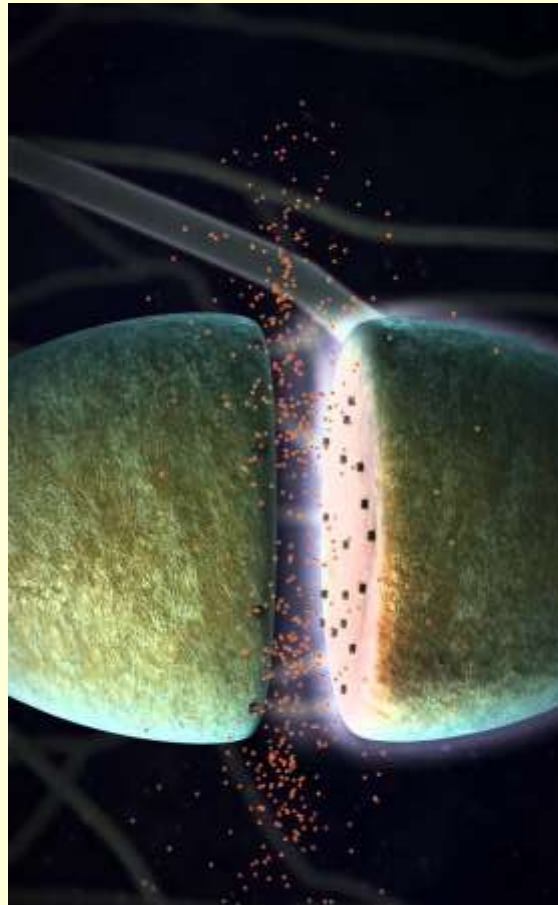


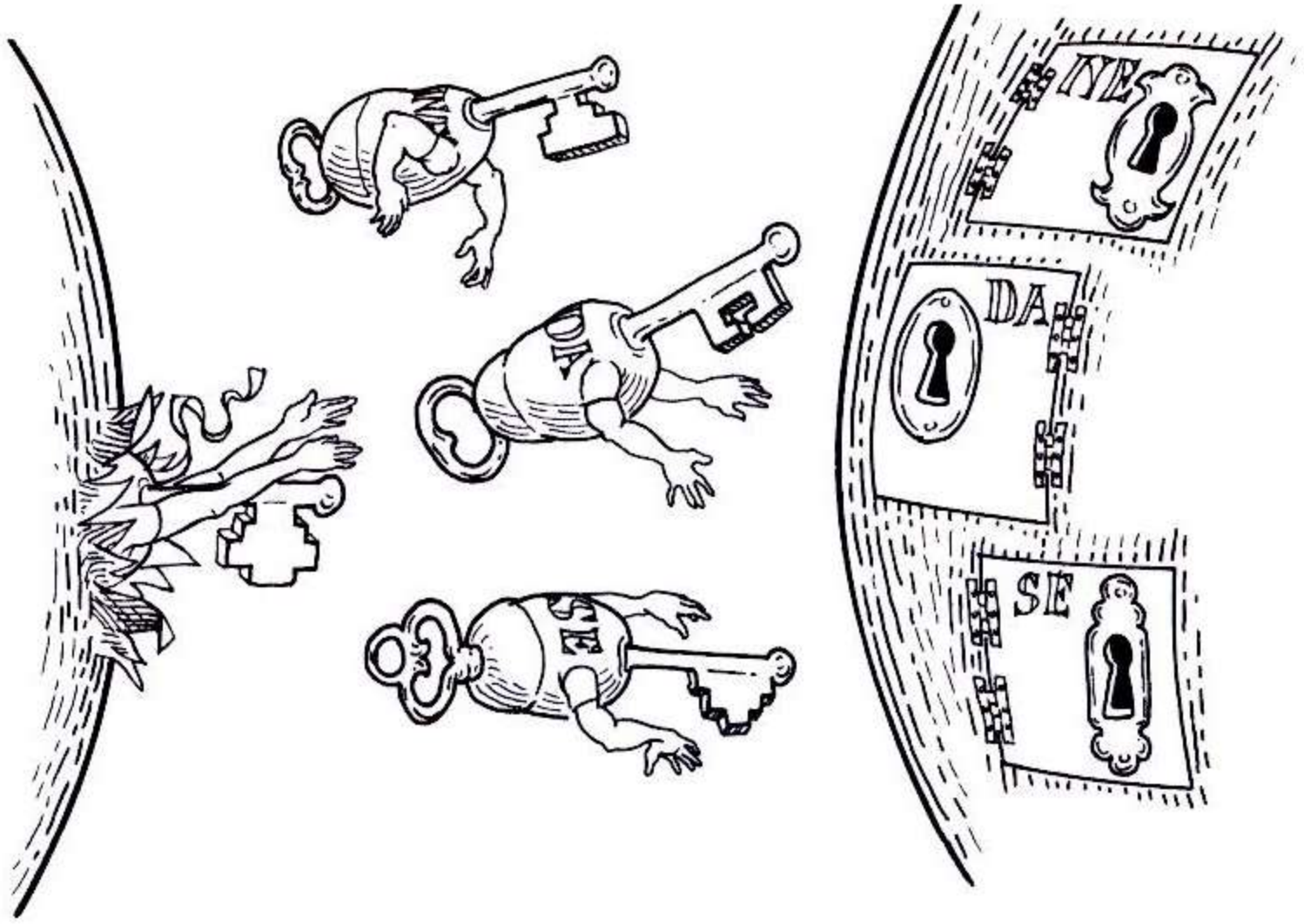
Étapes : 1 - 2 - 3 - 4

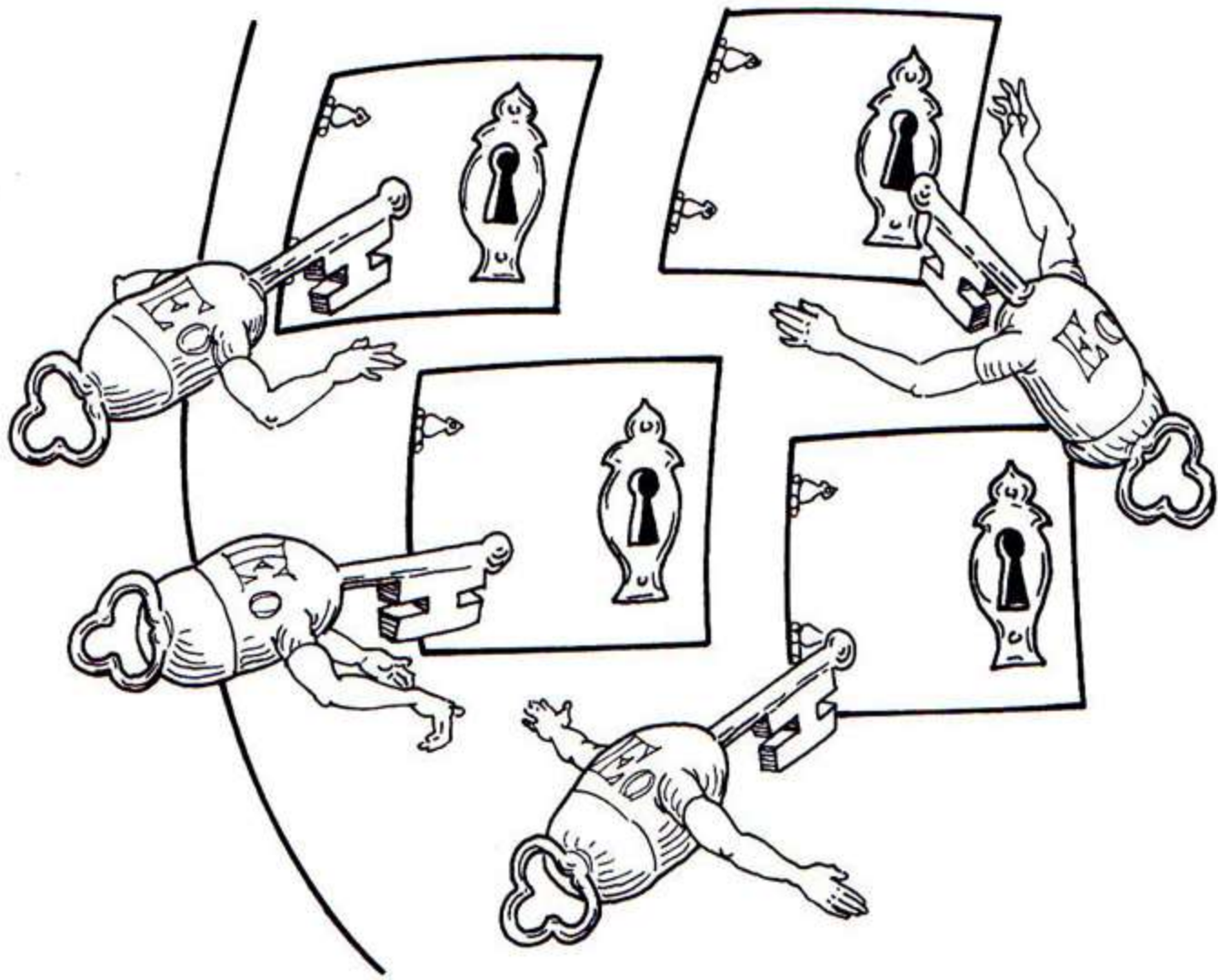


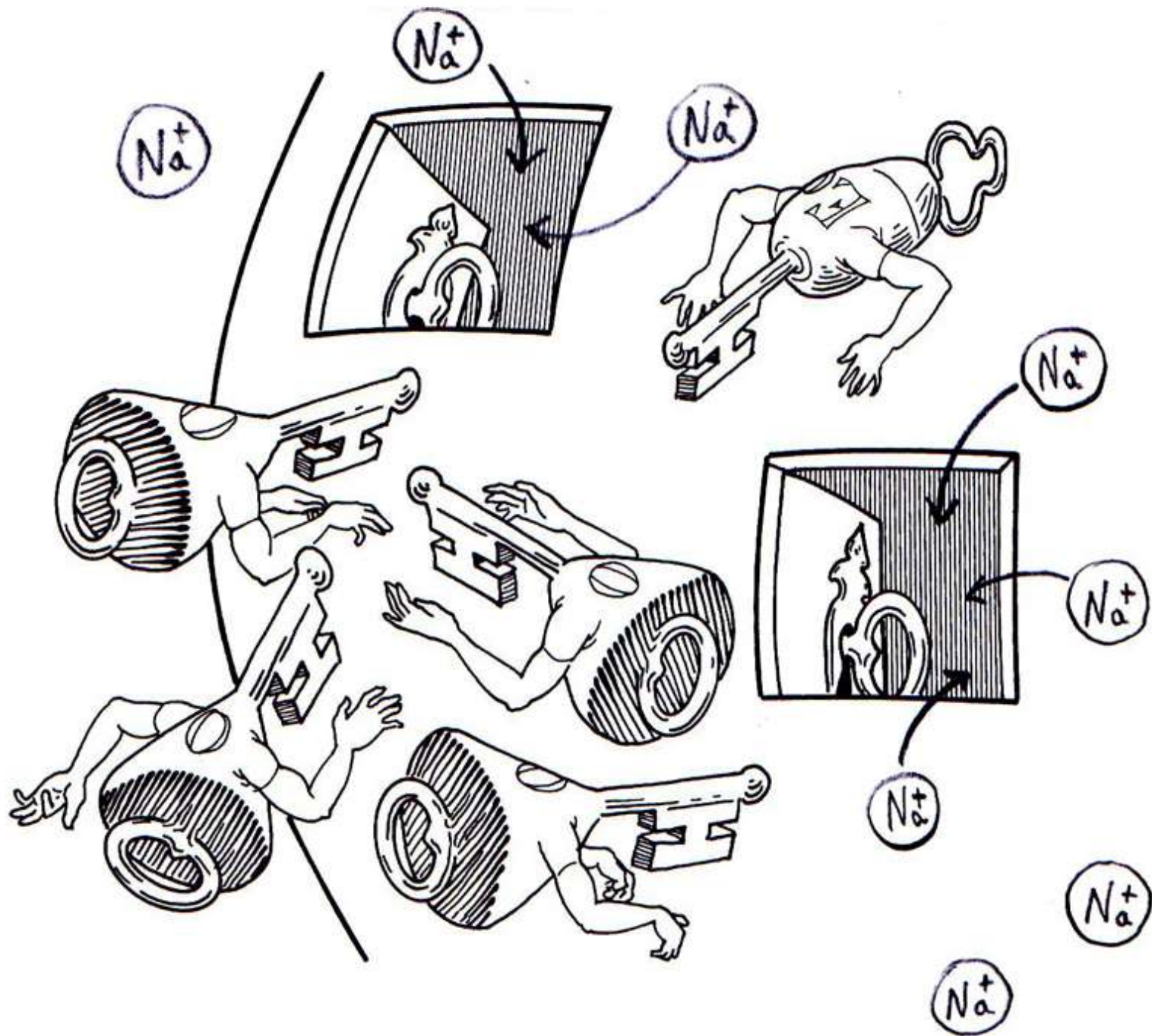
Donc les neurones  
qui font des  
connexions ne se  
touchent pas :

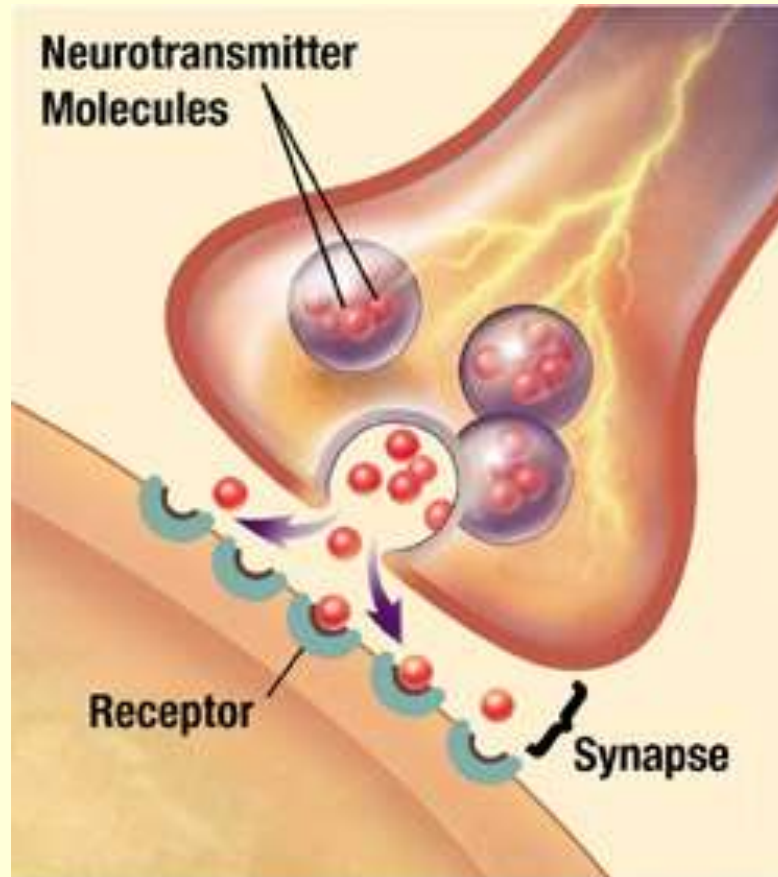
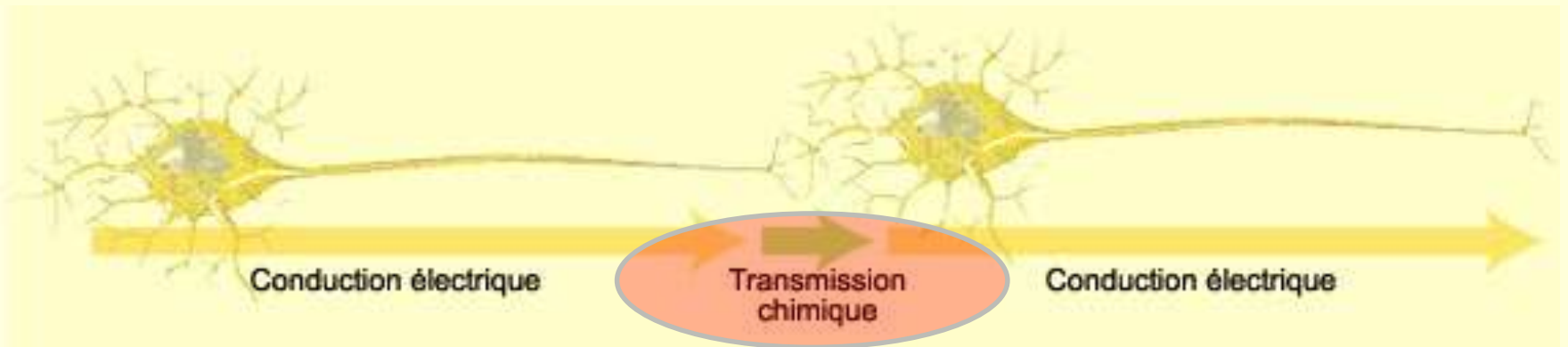
l'influx est recréé  
dans le neurone  
suivant grâce à la  
diffusion et à la  
fixation des  
**neurotransmetteurs.**







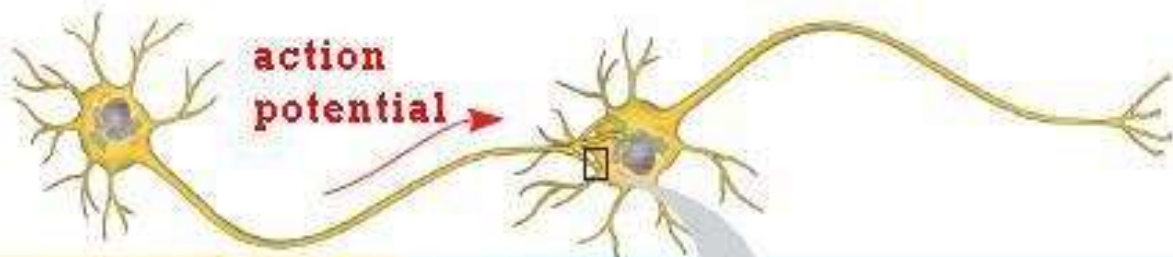




Presynaptic cell

Postsynaptic cell

action potential



Synaptic vesicles containing neurotransmitter

Presynaptic membrane

Voltage-gated  $\text{Ca}^{2+}$  channel

1  $\text{Ca}^{2+}$

Synaptic cleft

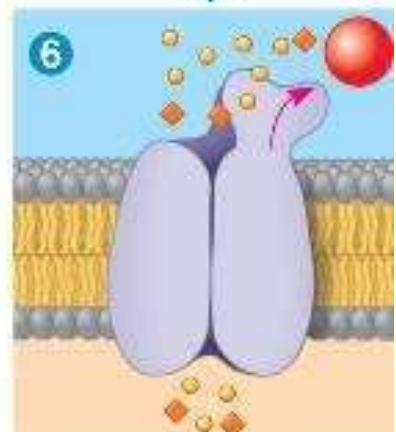
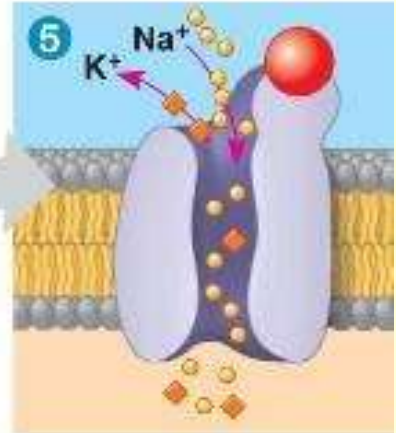
2

3

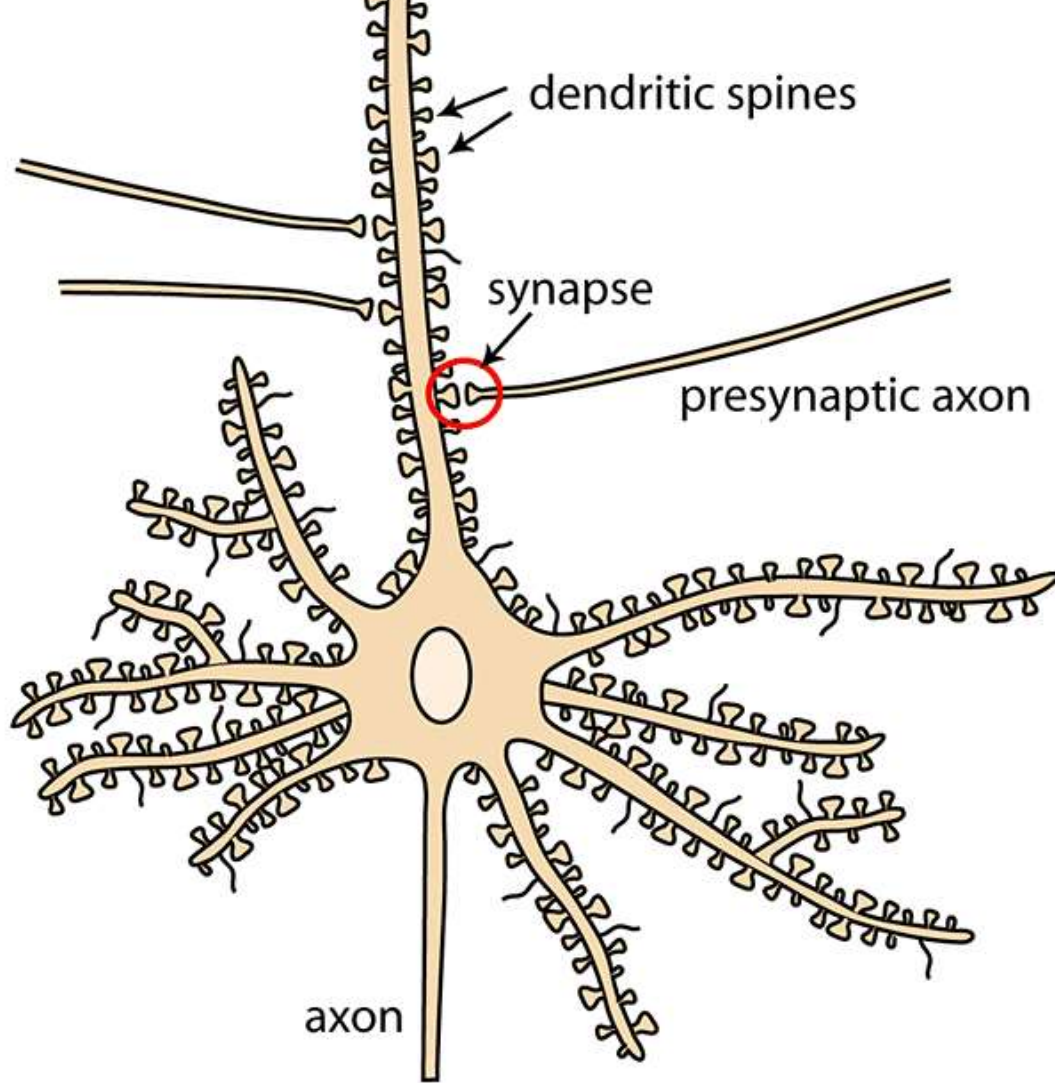
4

Ligand-gated ion channels

Postsynaptic membrane





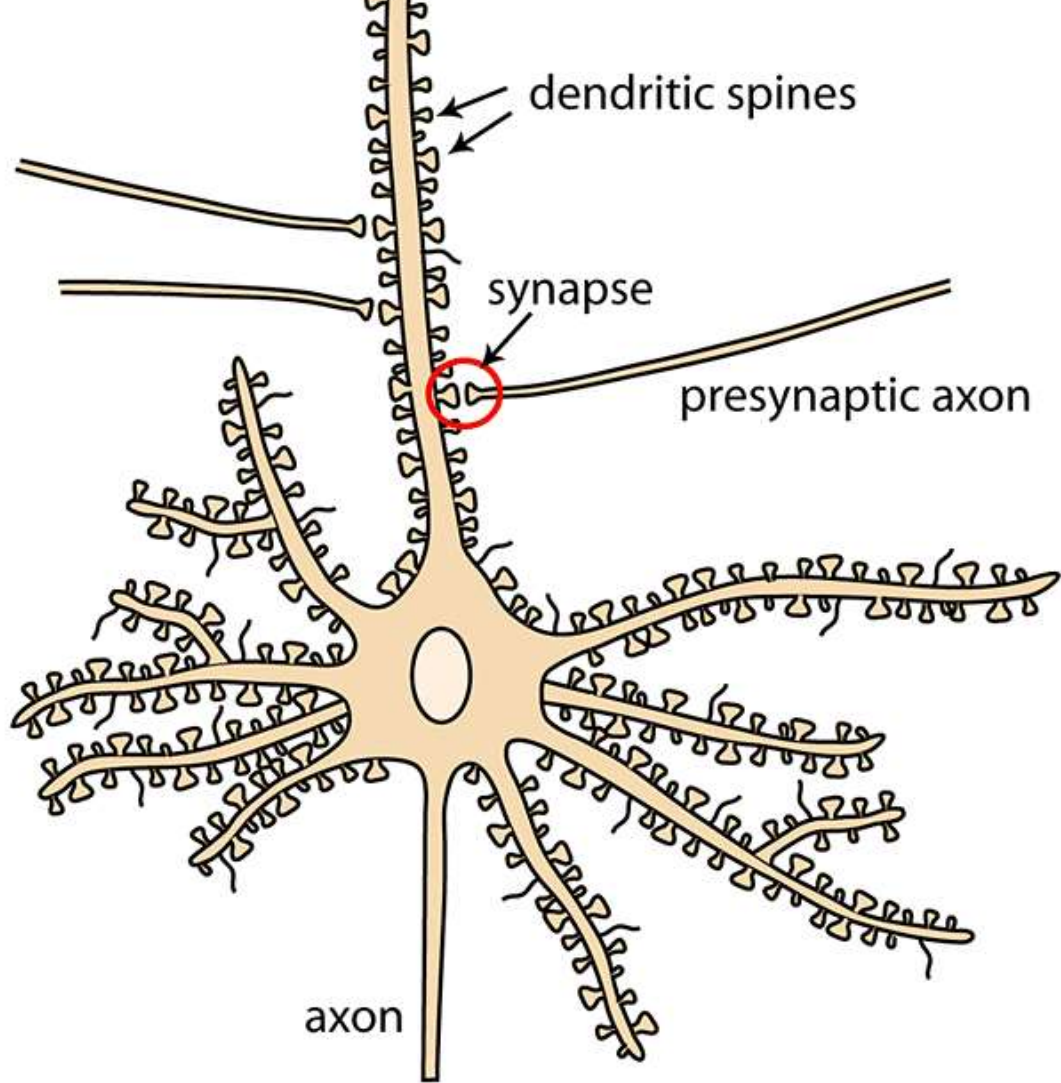


Smrt & Zhao. Frontiers

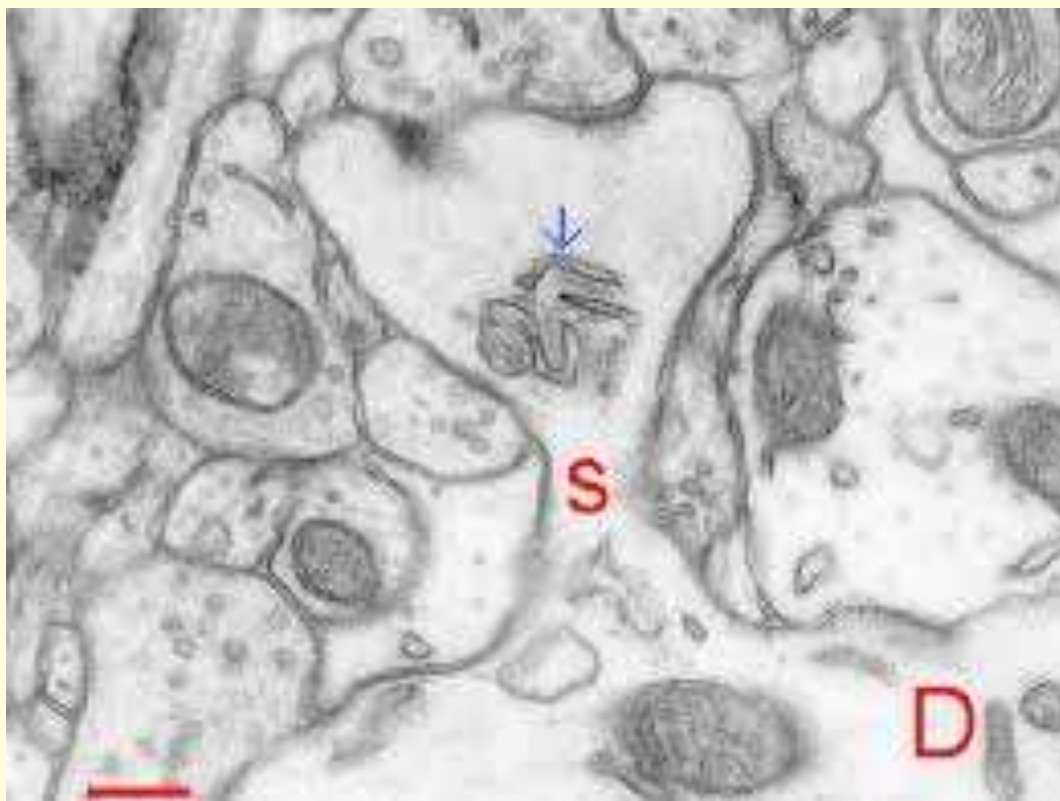
Les **dendrites** du neurone qui « reçoit la connexion » possèdent des milliers "**d'épines**" dendritiques qui bourgeonnent à leur surface.

C'est vis-à-vis ces épines que se situent les **boutons terminaux des axones**, sorte de renflements d'où sont excrétés les neurotransmetteurs.

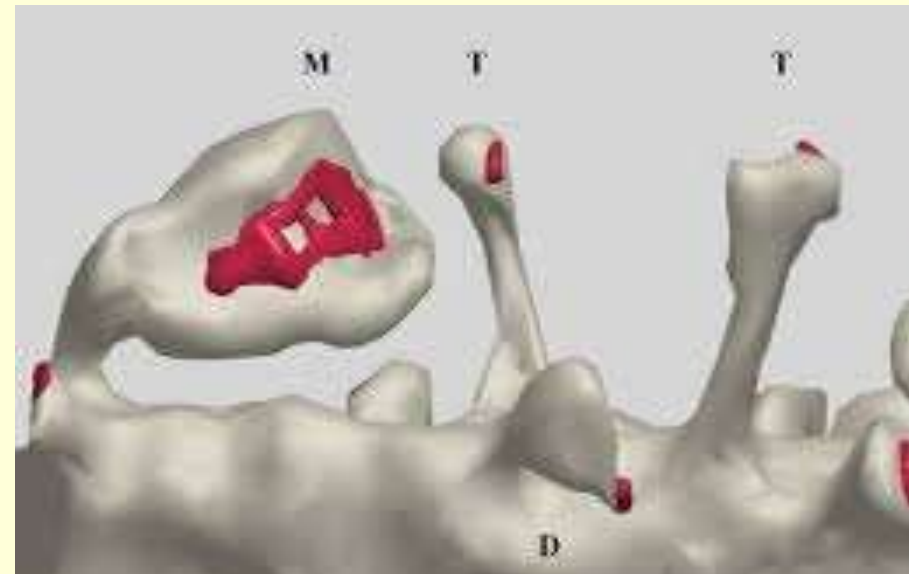
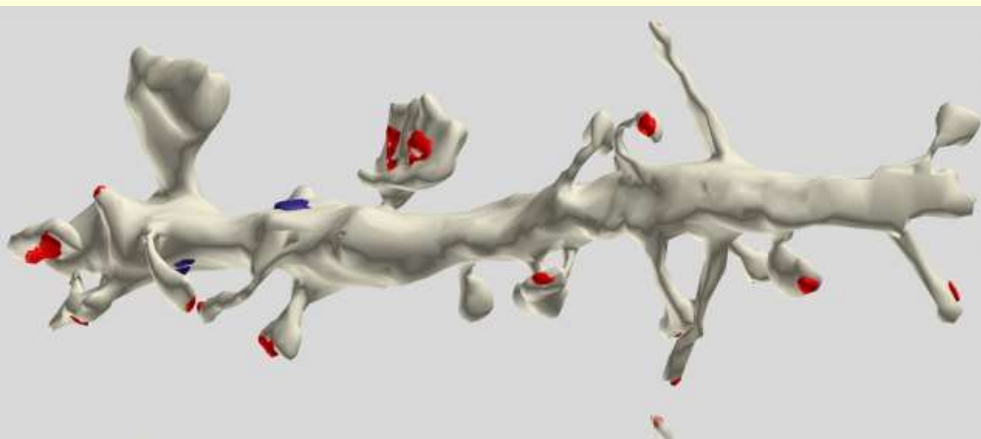
Les deux forment ce qu'on appelle la **synapse**.

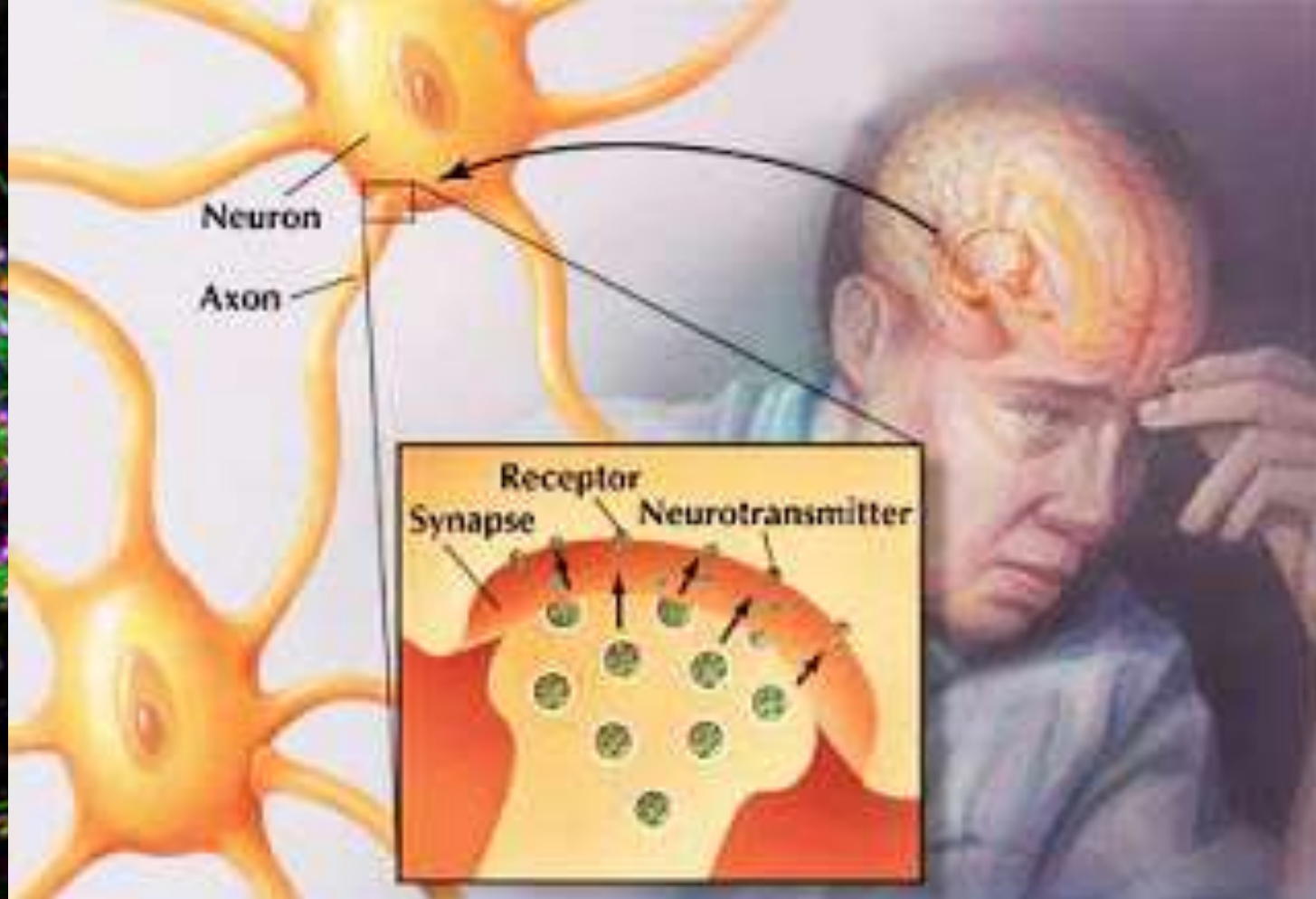


Smrt & Zhao. Frontiers in Biology 2010

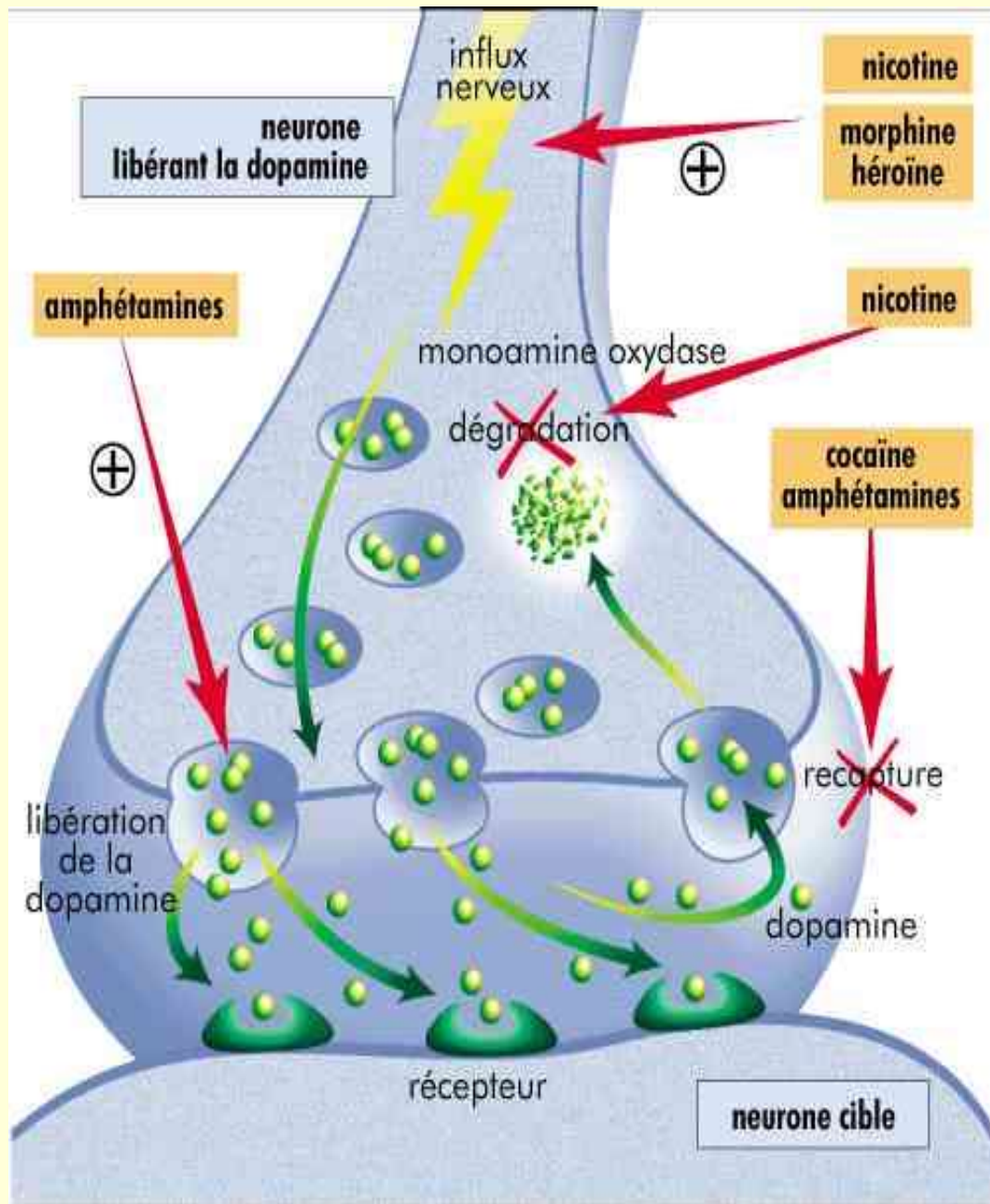


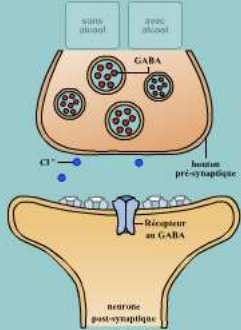
De plus, la taille et la forme de ces épines dendritiques ne sont **pas fixes** mais peuvent être au contraire **très plastiques** comme on le verra la semaine prochaine...





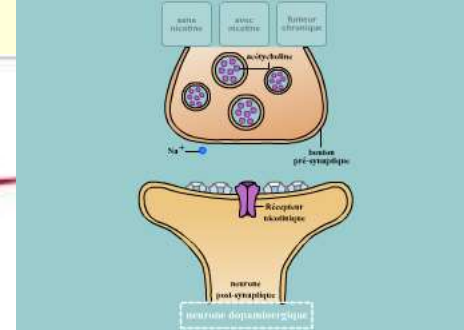
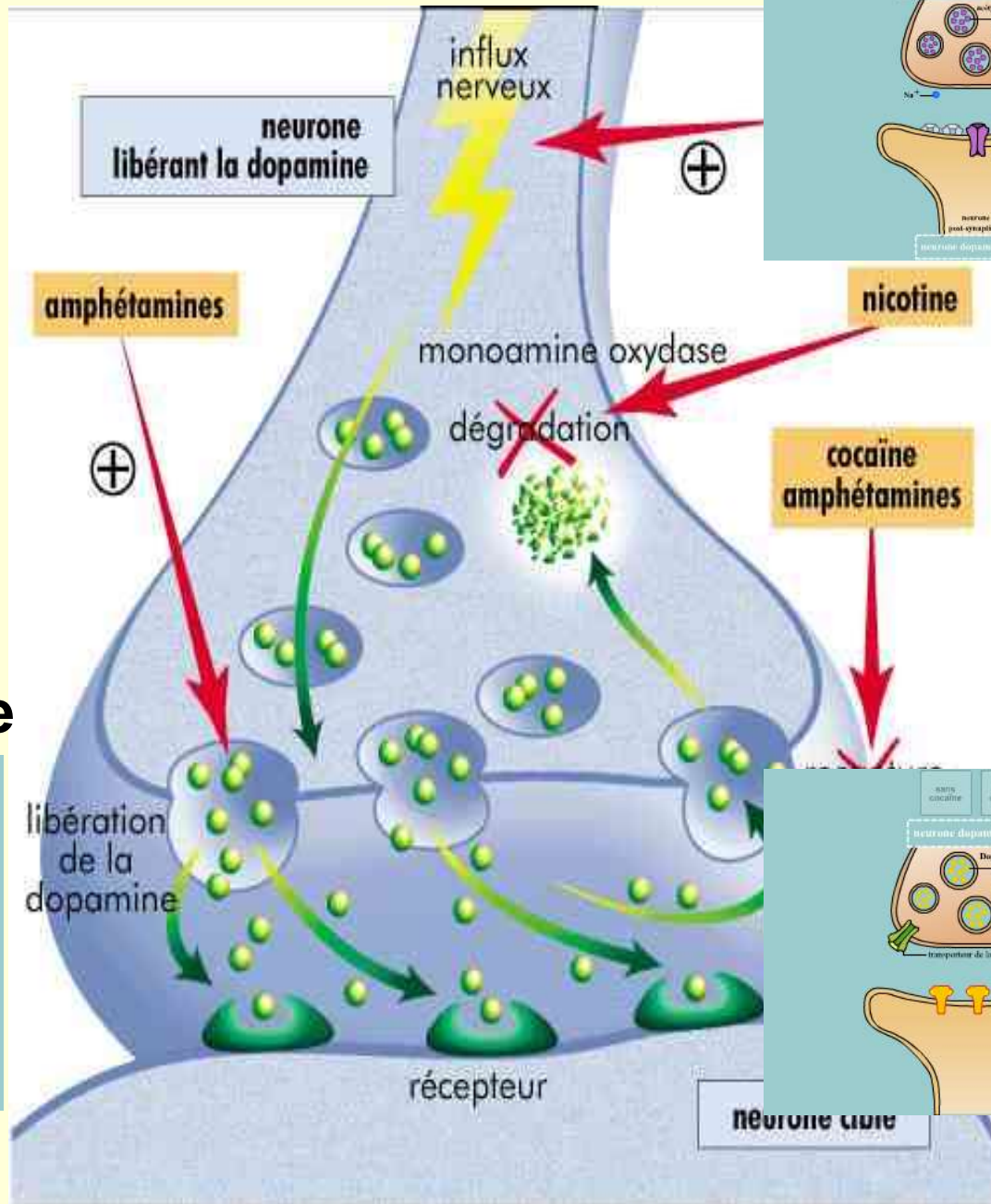
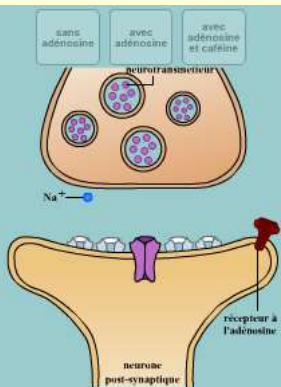
C'est à la synapse qu'agissent  
la grande majorité des  
**médicaments** et  
des **drogues**





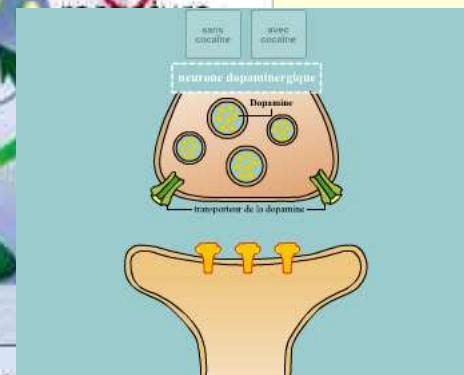
**Alcool**

**Caféine**

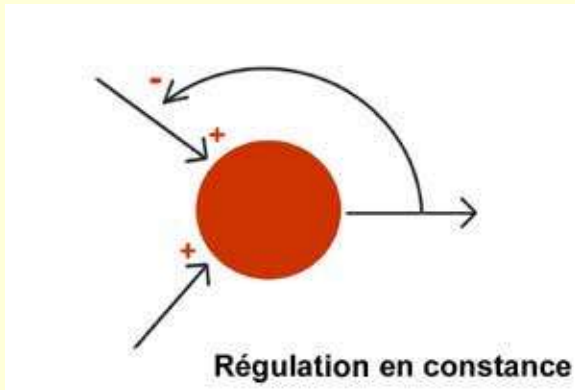


**Nicotine**

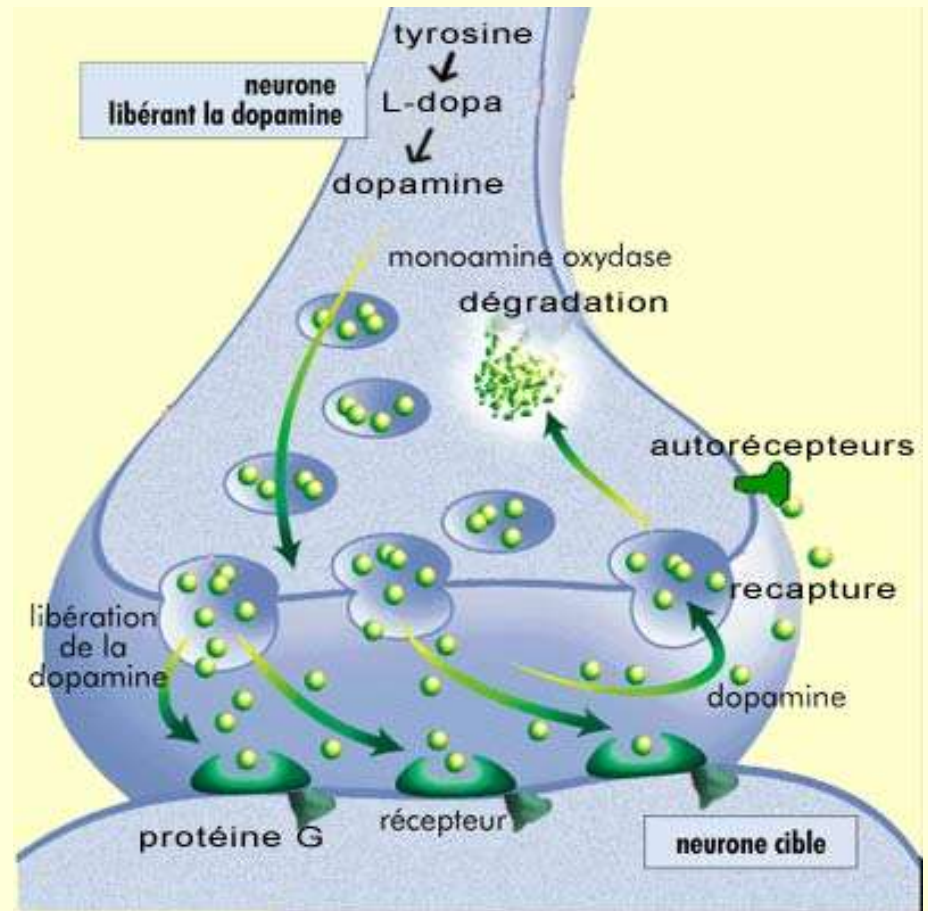
**Cocaïne**



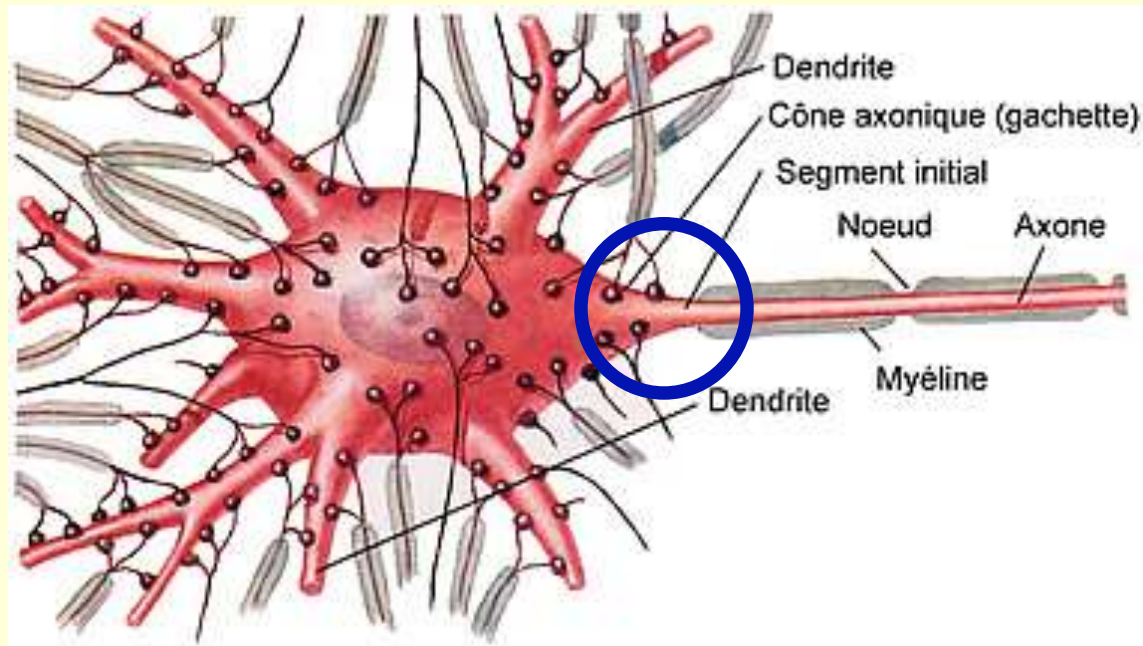
On constate que **l'augmentation artificielle d'un neurotransmetteur exerce une rétroaction négative sur l'enzyme chargée de le fabriquer.**



Résultat : quand cesse l'apport extérieur de la drogue, l'excès se traduit en manque.

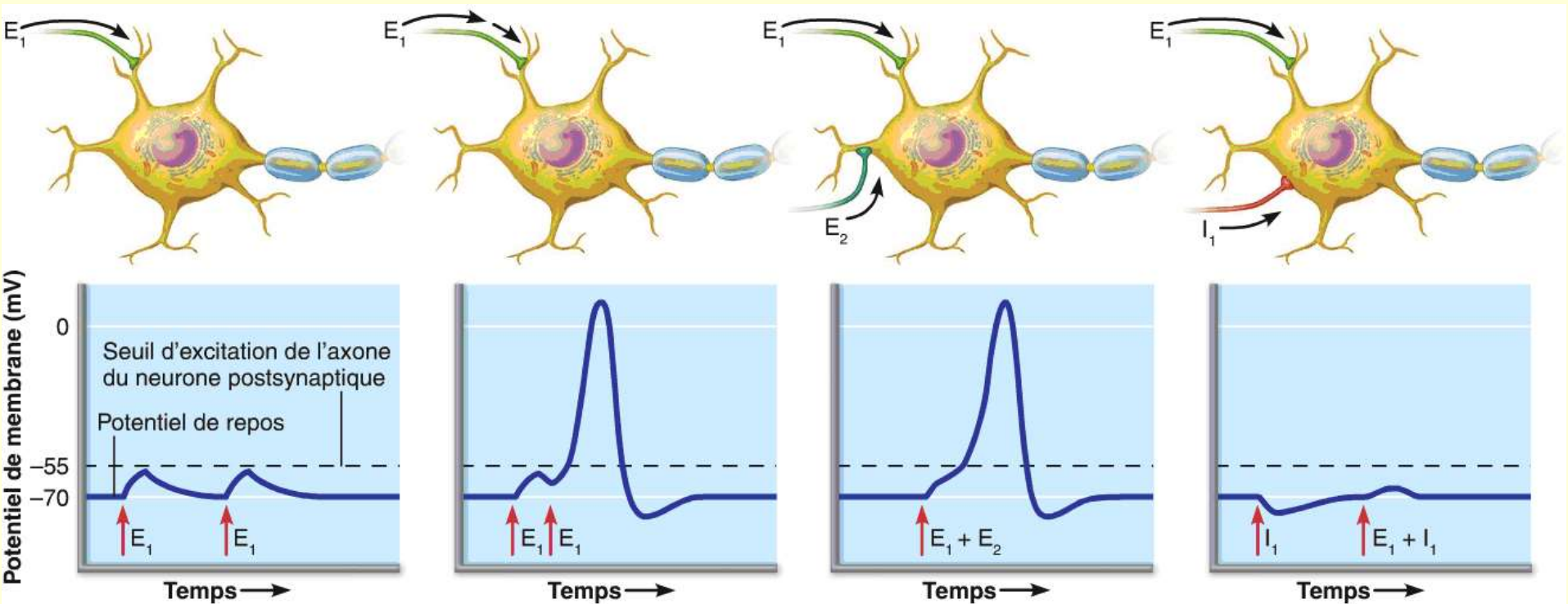


Les phénomènes **d'accoutumance** et de **sevrage** s'expliquent ainsi lorsqu'il y a un apport exogène de substance dans un système hautement régulé par rétroactions négatives...



Ces petits potentiels excitateurs ou inhibiteurs **constamment générés** sur les dendrites et le corps cellulaire du neurone vont donc s'additionner et plus la dépolarisation sera grande près de la **zone gâchette** du début de l'axone, plus cette dépolarisation sera susceptible d'engendrer un **potentiel d'action**.





(a) **Pas de sommation ou stimulus infralaminaire:**  
Pas de sommation des PPSE lorsque deux stimulus sont séparés dans le temps.

(b) **Sommation temporelle:**  
Sommation des PPSE lorsque deux stimulus sont rapprochés dans le temps.

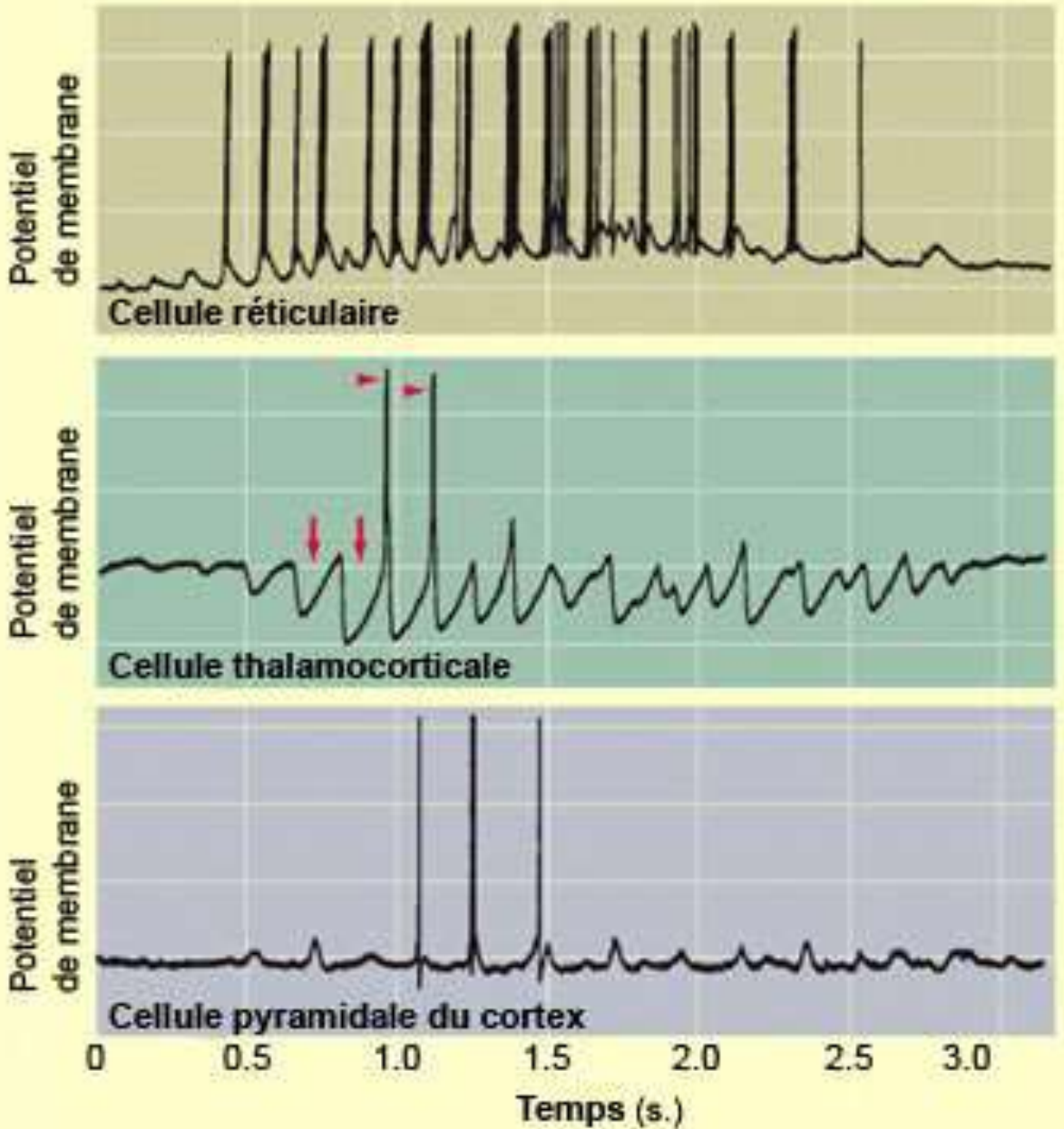
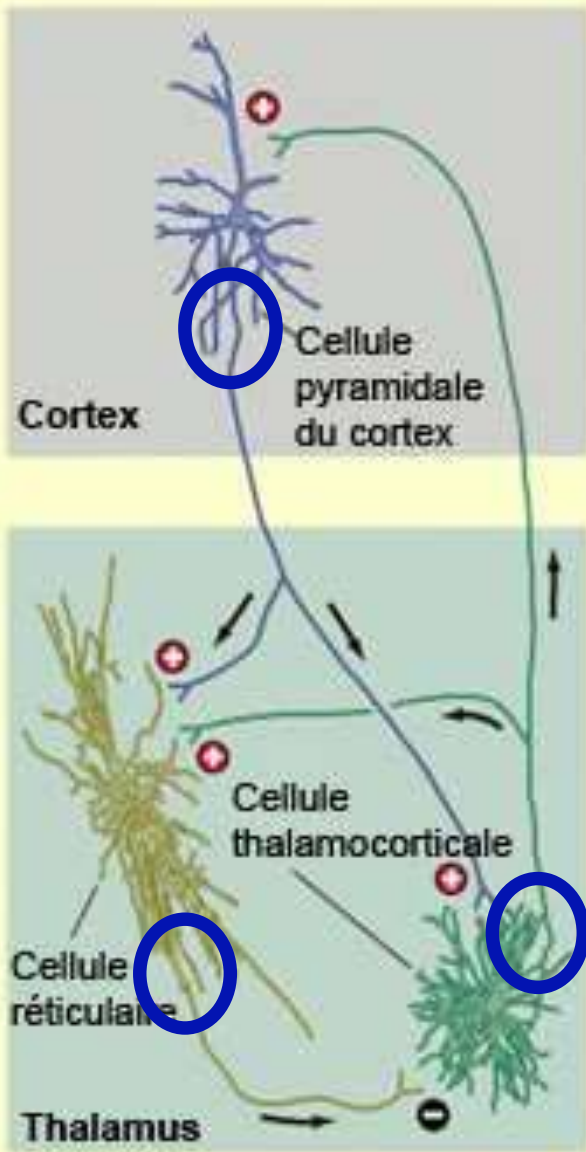
(c) **Sommation spatiale:**  
Sommation des PPSE lorsque deux stimulus se produisent simultanément.

(d) **Sommation spatiale du PPSE et du PPSI:**  
Annulation possible des changements de potentiel de membrane.

A) le neurone reçoit un potentiel exciteur qui n'est pas assez fort pour déclencher un nouvel influx nerveux;



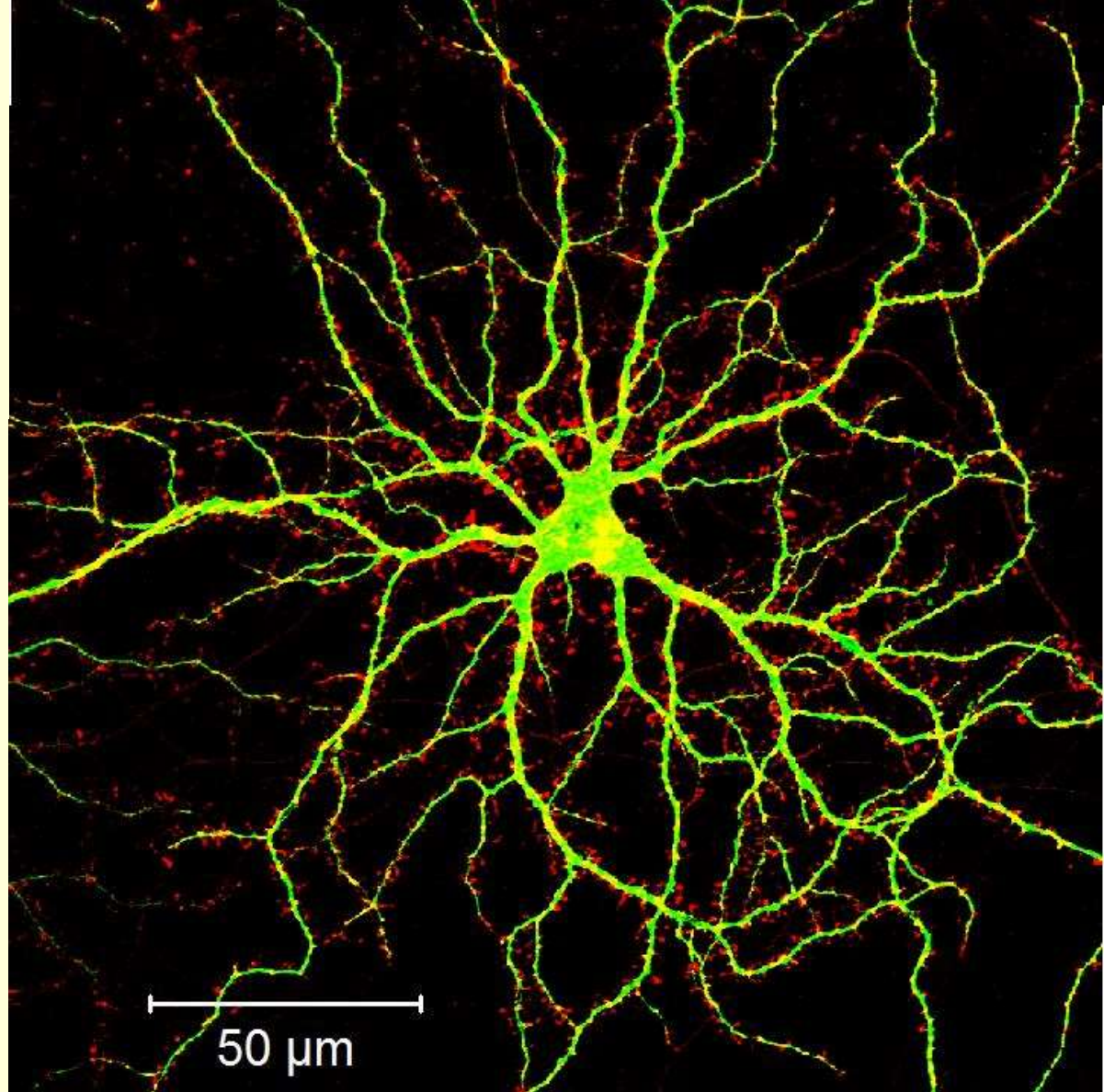
Étapes : A - B - C



« Le fait qu'une cellule vivante se soit adaptée en une structure capable de recevoir et **d'intégrer** des données,

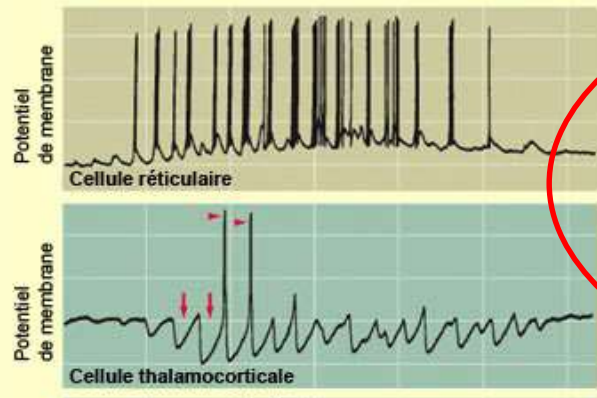
de **prendre des décisions** fondées sur ces données, et **d'envoyer des signaux** aux autres cellules en fonction du résultat de cette intégration

est un exploit remarquable de l'évolution. »



<http://m.cacm.acm.org/magazines/2011/8/114944-cognitive-computing/fulltext>

Dharmendra S. Modha, Rajagopal Ananthanarayanan, Steven K. Esser, Anthony Ndirango, Anthony J. Sherbondy, Raghavendra Singh, Communications of the ACM, Vol. 54 No. 8, Pages 62-71 (2011)

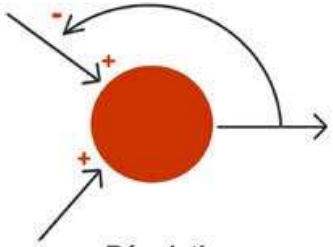
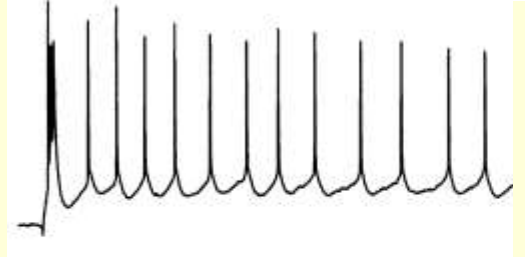
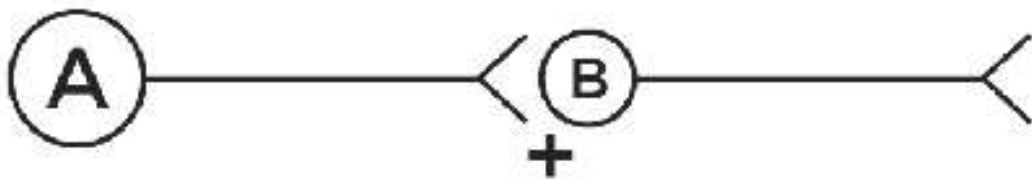


L'approche dominante au XXe siècle a toujours considéré que les neurones encodent l'information en terme de leur **taux de décharge**,

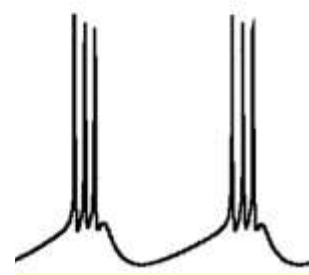
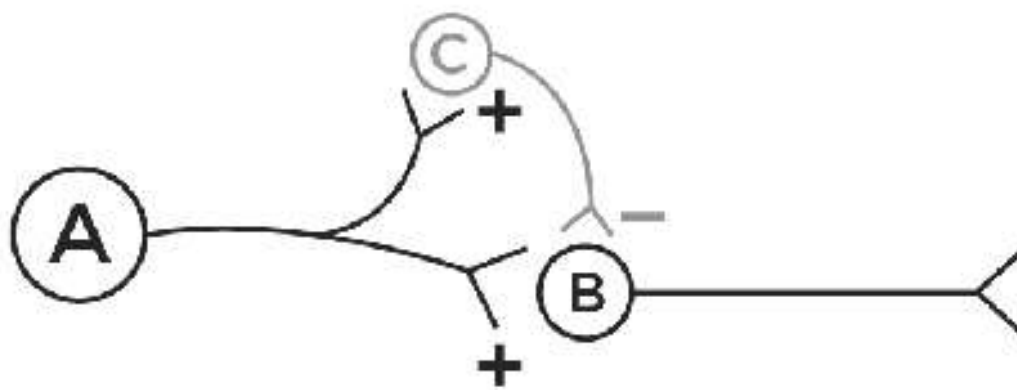
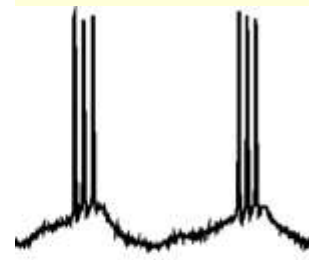
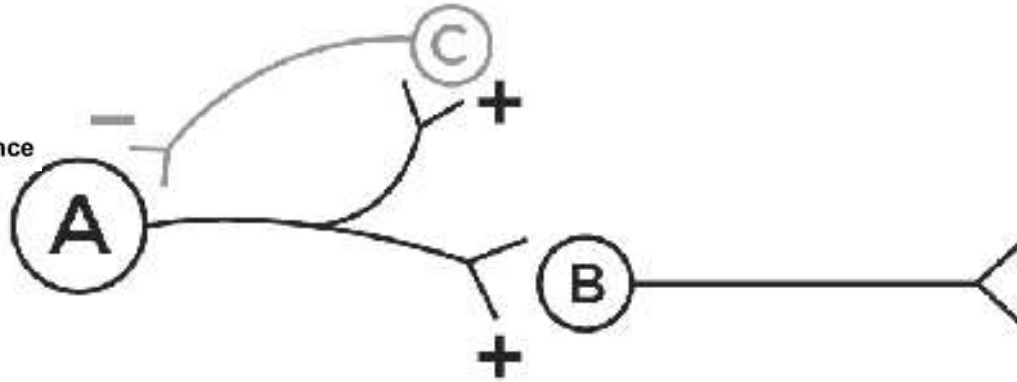
alors que la synchronisation relative entre les neurones était considérée moins importante.

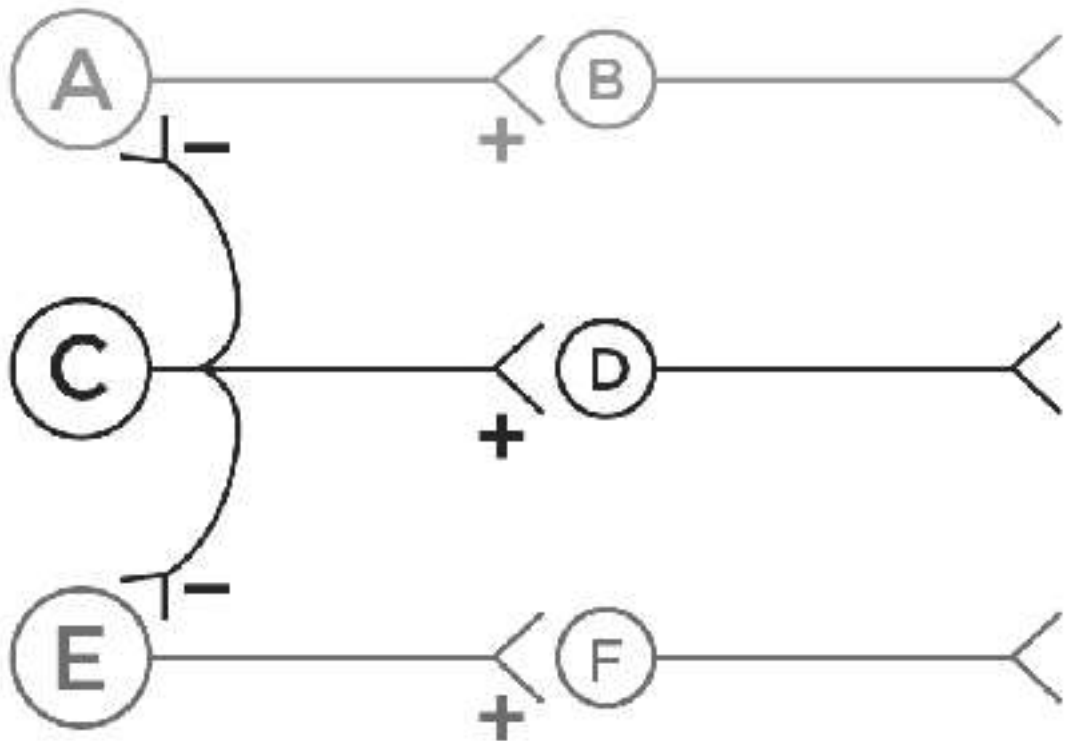
Mais beaucoup de données se sont accumulées et montrent qu'il y a une "valeur ajoutée" dans **la synchronisation temporelle** précise des potentiels d'action.

Dont on va parler au cours 4...

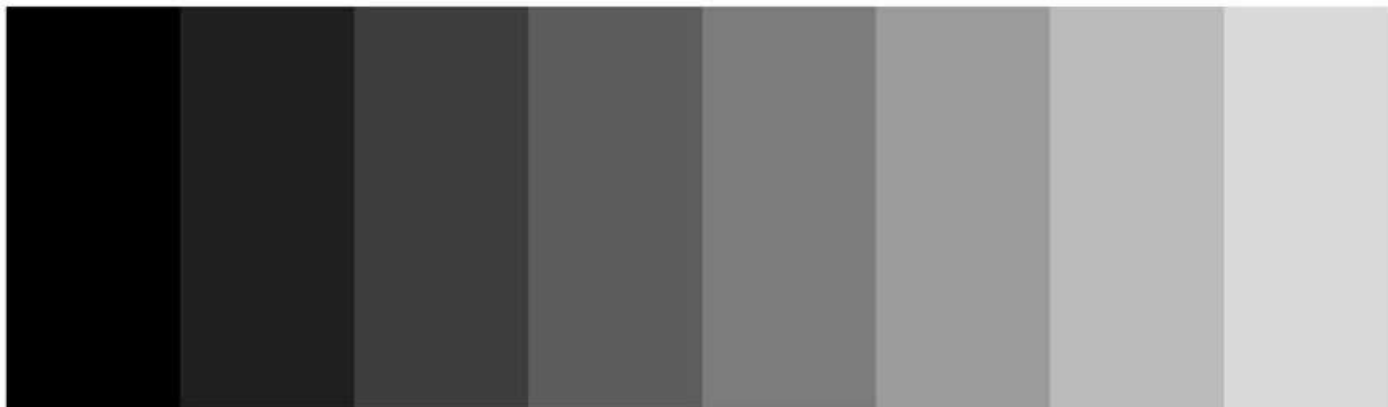
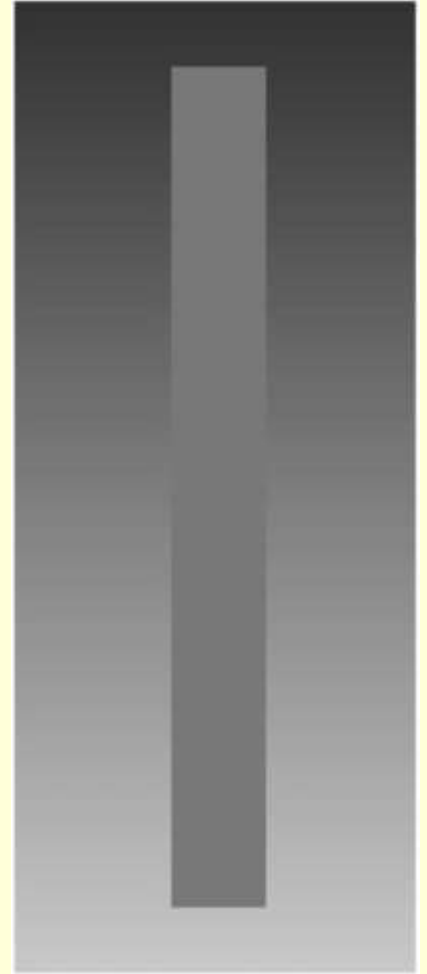


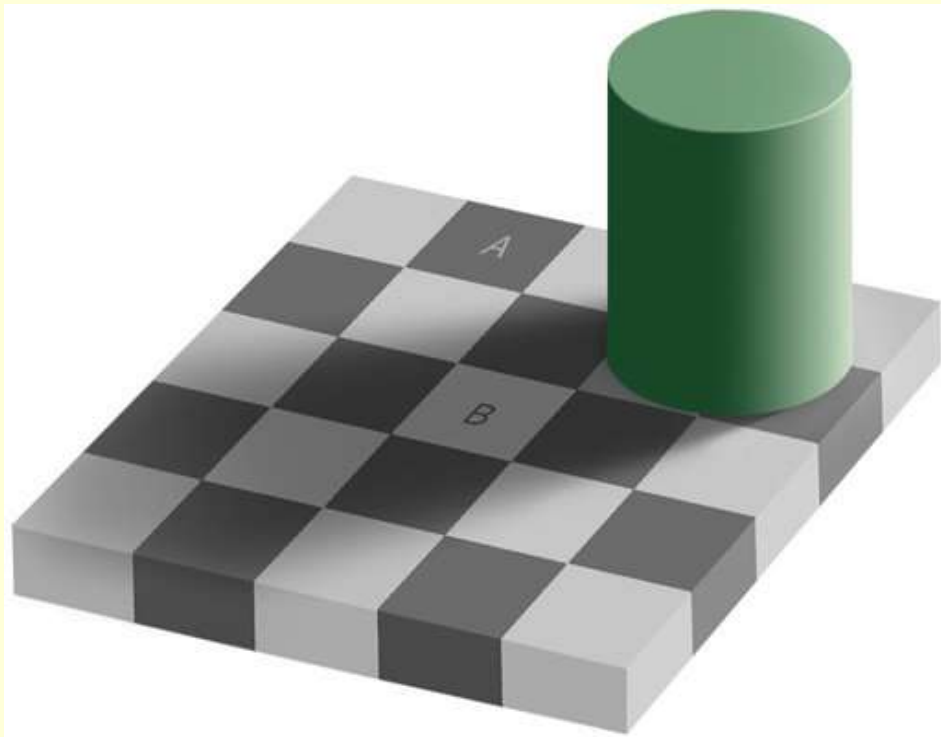
Régulation en constance



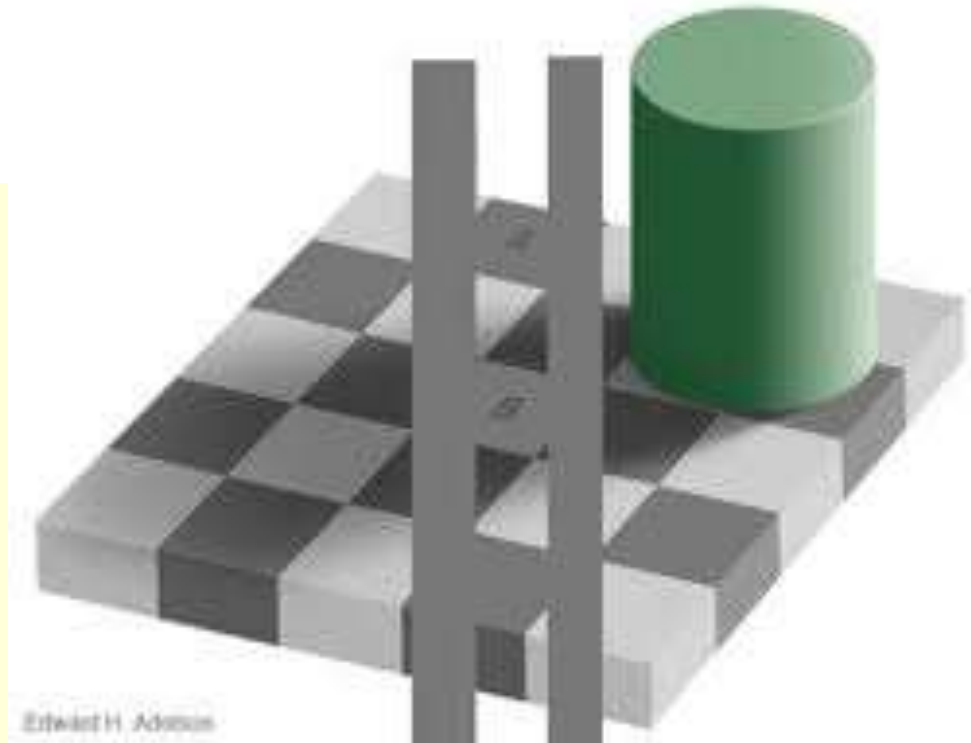


**Inhibition latérale**



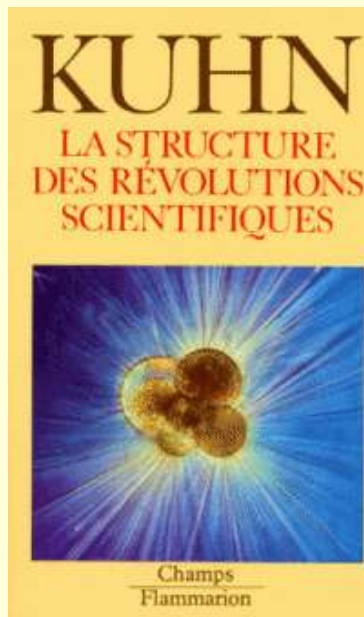


Échiquier d'Adelson





## Mise à jour de la théorie du neurone



Où comment se rappeler qu'une théorie scientifique n'est **pas une vérité immuable**, mais une explication acceptée par la communauté scientifique à une époque donnée et toujours **susceptible d'être invalidée ou complétée**.

On va donc  
mettre la hache  
dedans et voir  
ce qui ne tient  
plus la route et  
qui lui manque...

## La théorie (ou doctrine) du neurone :

1) **Le neurone** est l'unité structurelle



neurone **dans une direction**  
(des dendrites à l'axone, via le corps  
cellulaire).

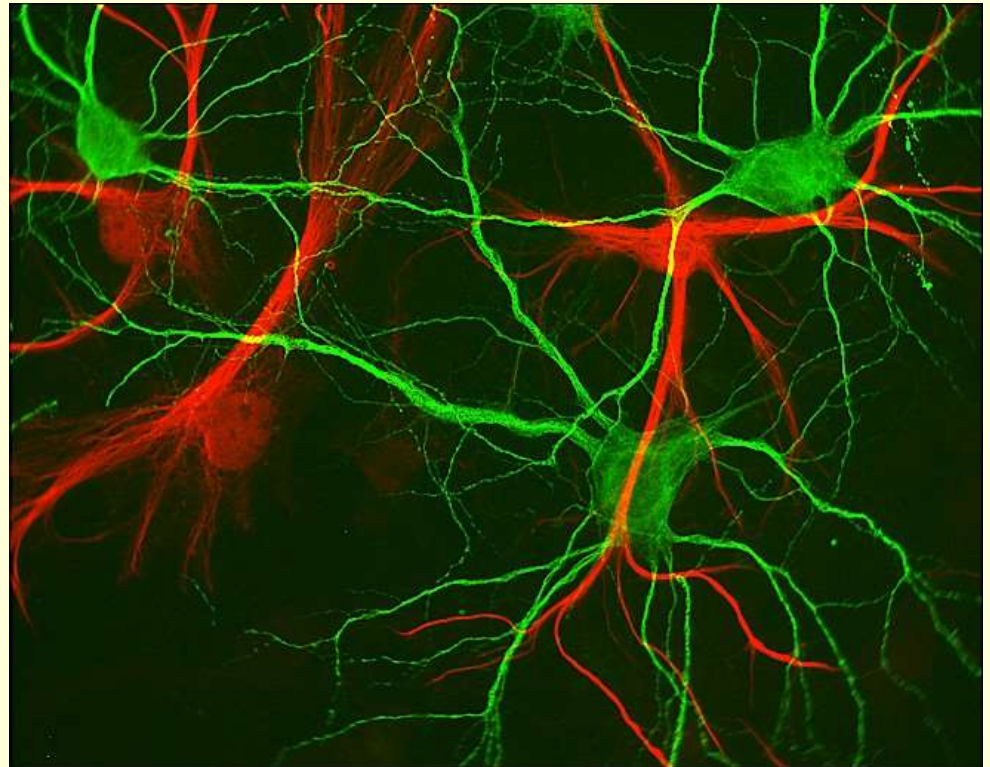
## La théorie du neurone :

1) ~~Le neurone~~ est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

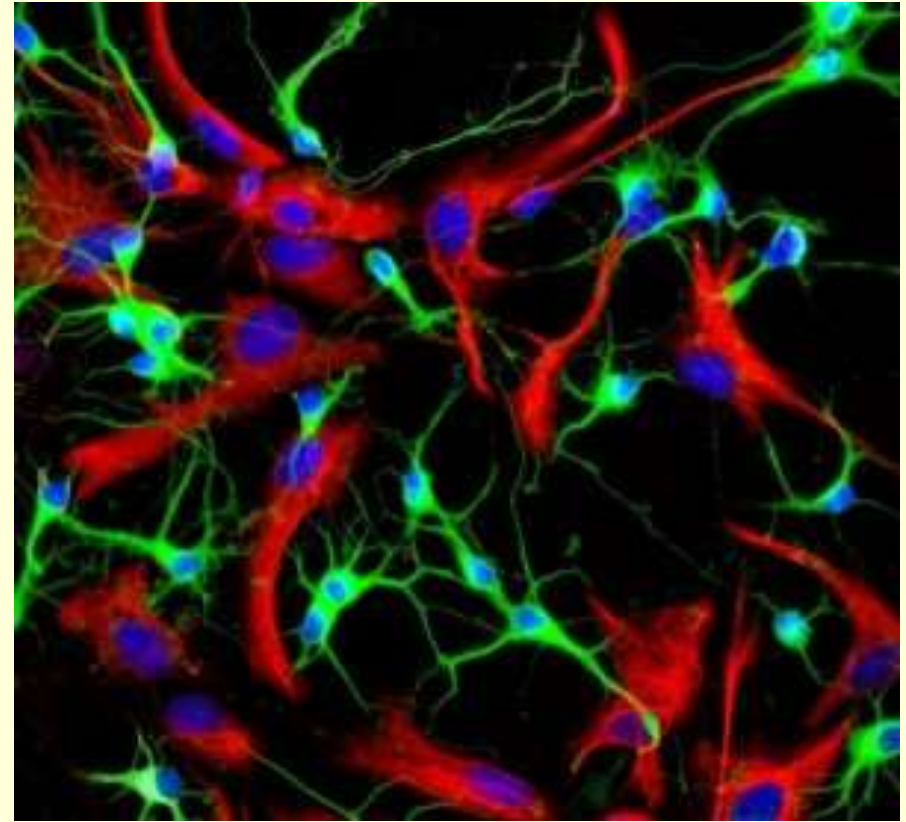
Il y a aussi « l'autre moitié du cerveau » :

**les cellules gliales !**

(en rouge ici,  
et les neurones en vert)



Les cellules gliales, encore en rouge ici



**86 000 000 000**  
**cellules gliales**

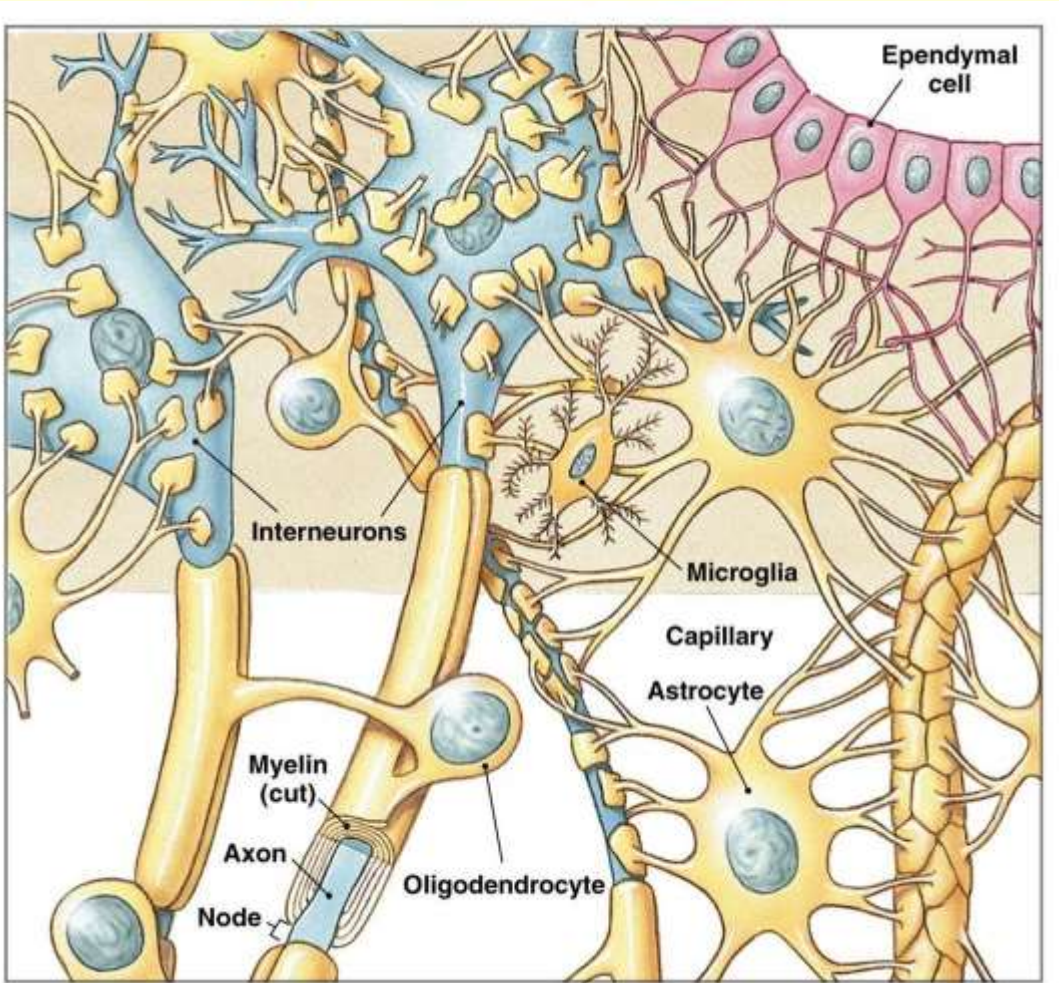
**+**

**86 000 000 000**  
**neurones !**

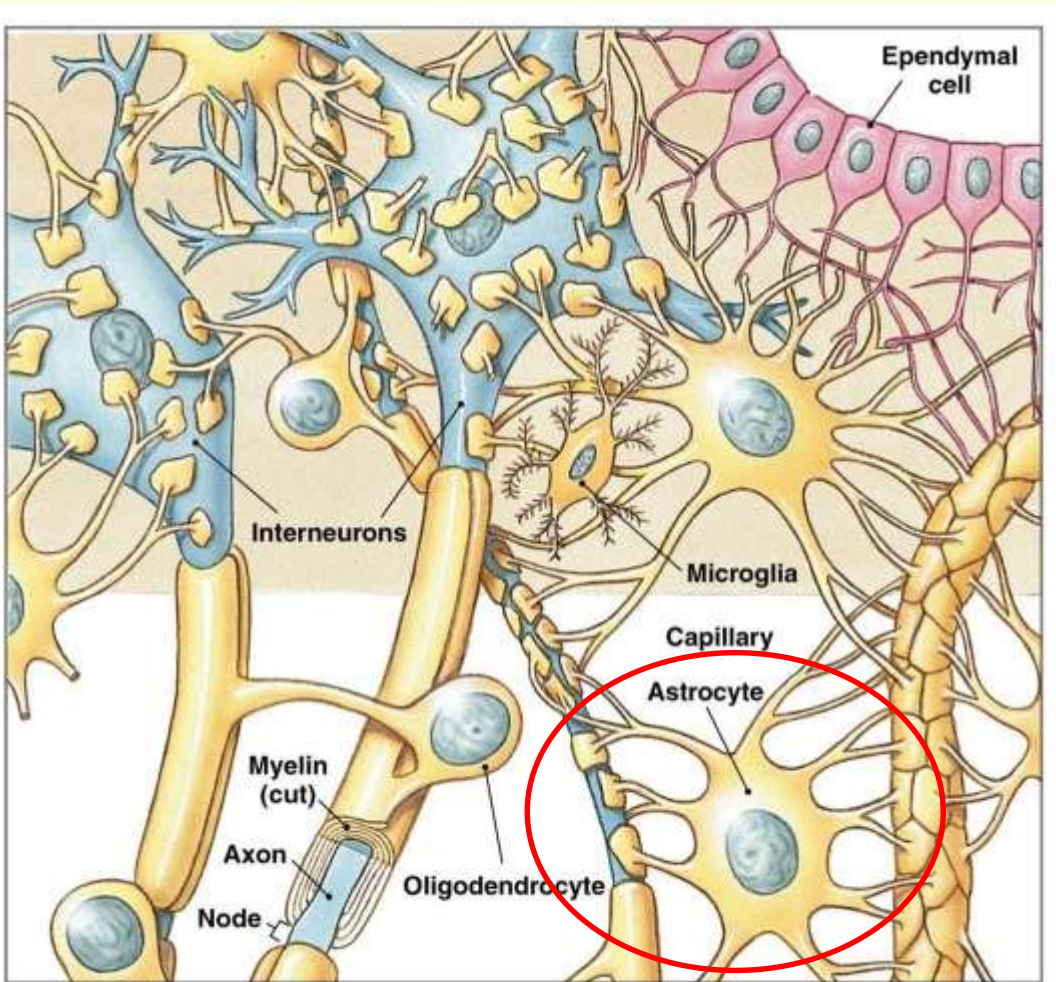


# Différents types de cellules gliales

(en jaune sur ce schéma; les neurones en bleu)



# Différents types de cellules gliales

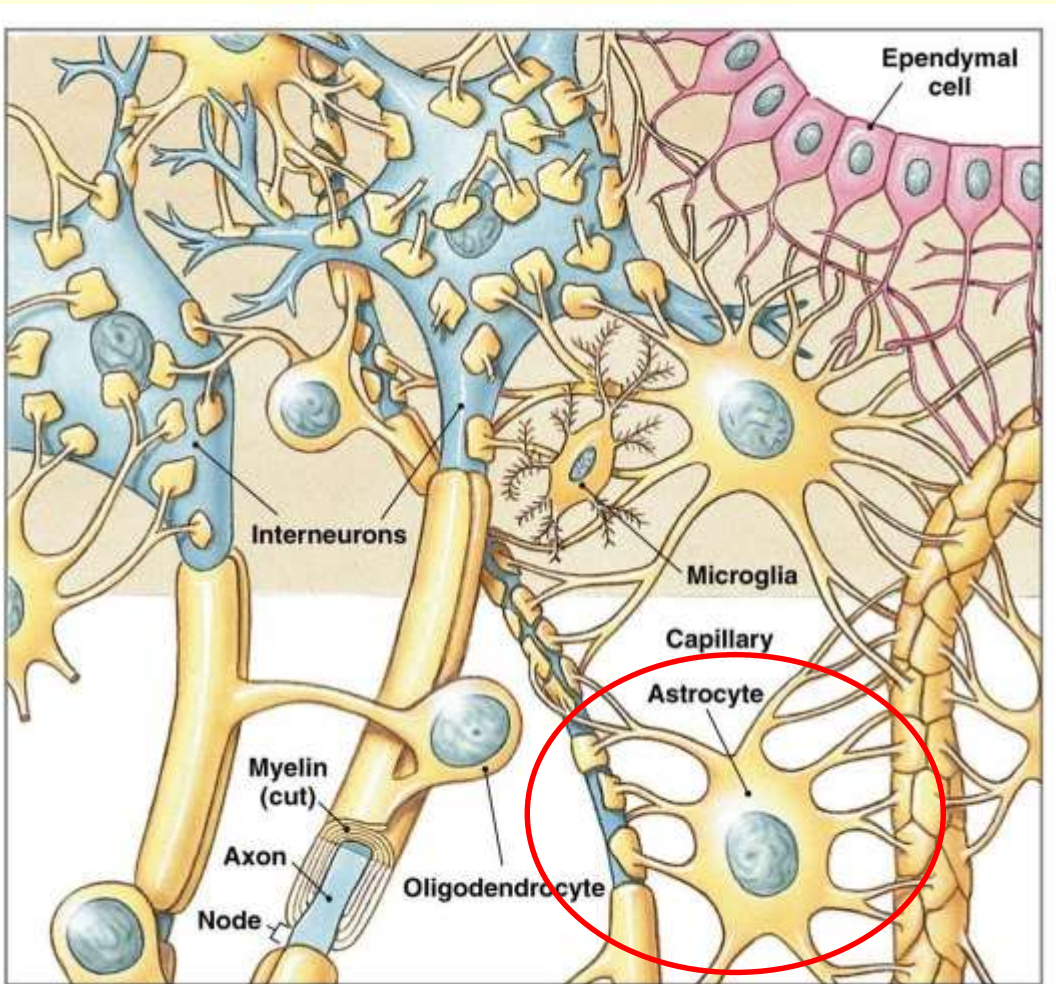


La **microglie** : les macrophages du cerveau.

Les **oligodendrocytes** constituent la gaine de myéline qui entourent les axones de nombreux neurones.

Les **astrocytes** approvisionnent les neurones en nutriments et assurent l'équilibre du milieu extracellulaire.

# Différents types de cellules gliales



Quelques mots sur les astrocytes qui montrent qu'ils n'assurent **définitivement pas** qu'un rôle de soutien ou de nutrition !

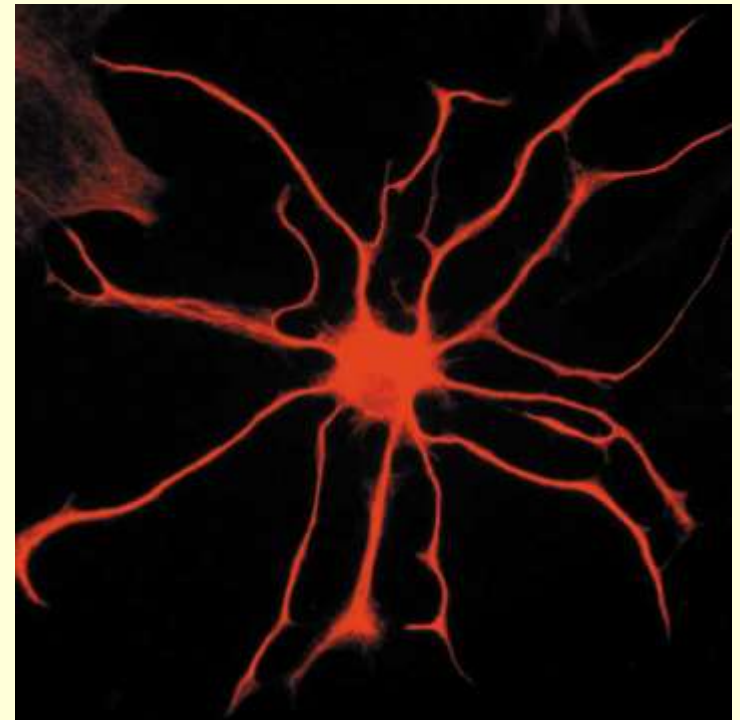
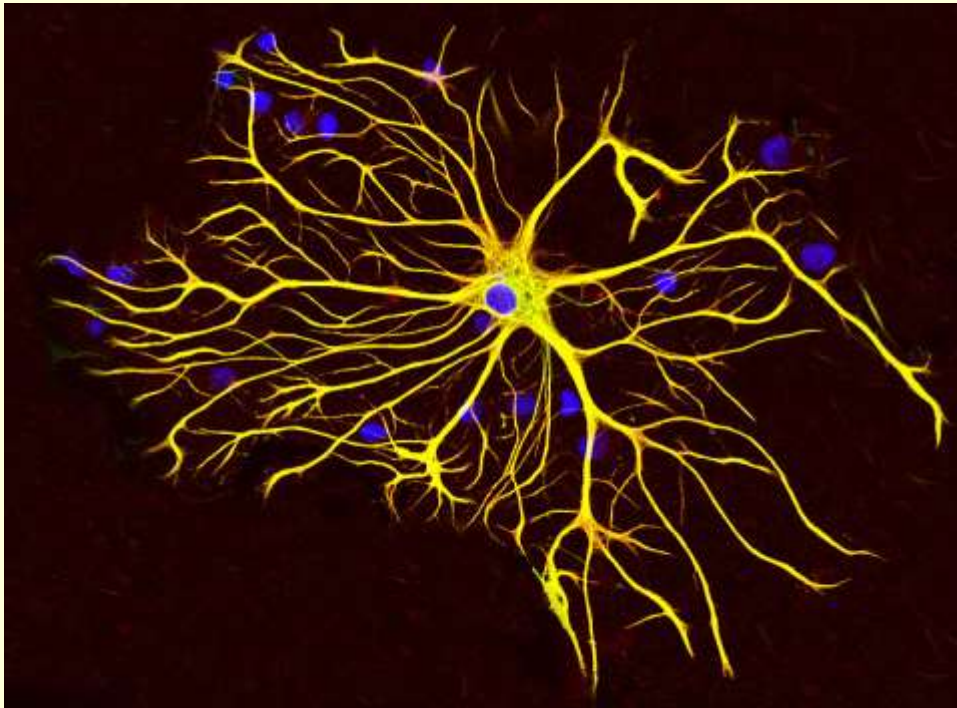
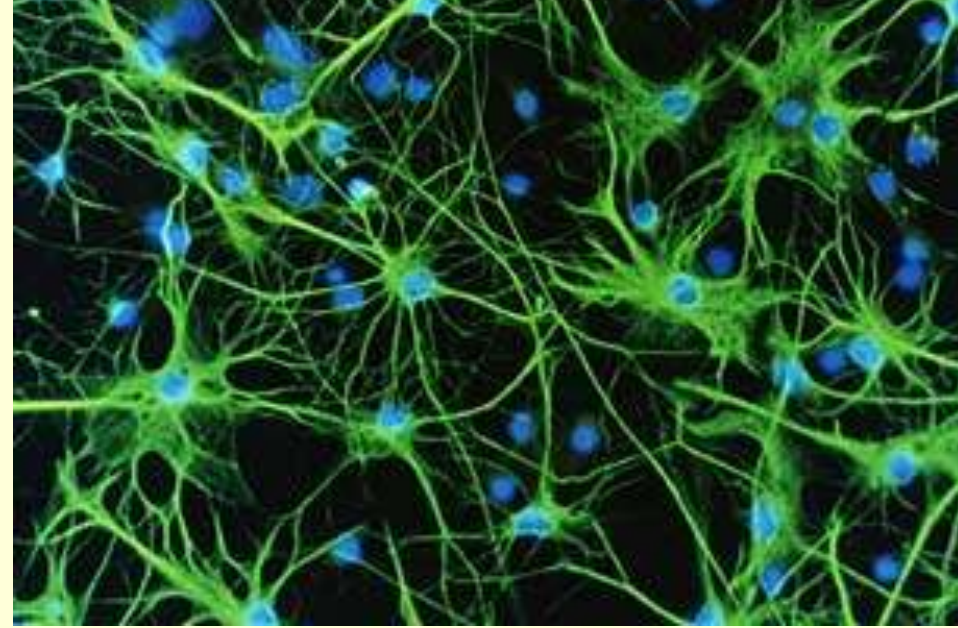
Les **astrocytes** approvisionnent les neurones en nutriments et assurent l'équilibre du milieu extracellulaire.

# Astrocytes

## Fantastic Astrocyte Diversity

August 2, **2015**

[http://jonlieffmd.com/blog/fantastic-astrocyte-diversity?utm\\_source=General+Interest&utm\\_campaign=3a0ae2f9c3-RSS\\_EMAIL\\_CAMPAIGN&utm\\_medium=email&utm\\_term=0\\_471703a831-3a0ae2f9c3-94278693](http://jonlieffmd.com/blog/fantastic-astrocyte-diversity?utm_source=General+Interest&utm_campaign=3a0ae2f9c3-RSS_EMAIL_CAMPAIGN&utm_medium=email&utm_term=0_471703a831-3a0ae2f9c3-94278693)



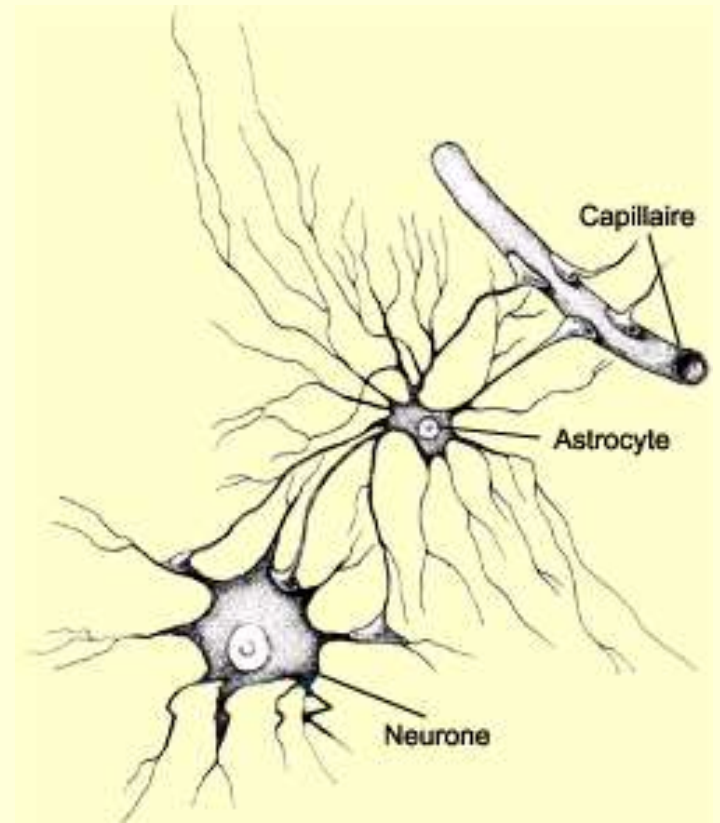
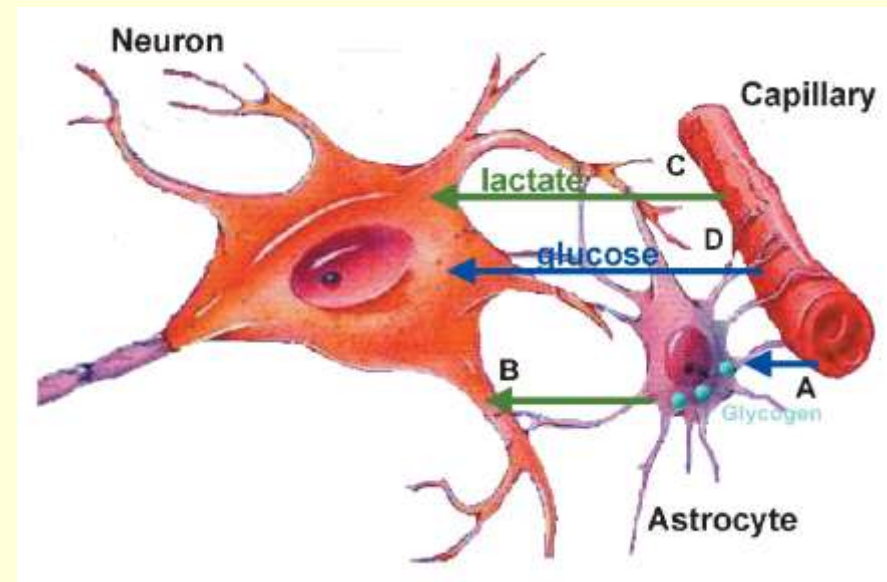


## Astrocytes

On connaît depuis longtemps leur rôle de pourvoyeur du glucose nécessaires à l'activité nerveuse.

Grâce à leurs "pieds" apposés contre la paroi des capillaires sanguins cérébraux, le glucose peut pénétrer dans les astrocytes où il est partiellement métabolisé et retransmis aux neurones.

Et l'on sait qu'une activité neuronale plus intense dans une région du cerveau favorise un apport plus élevé de glucose **en activant le travail des astrocytes.**



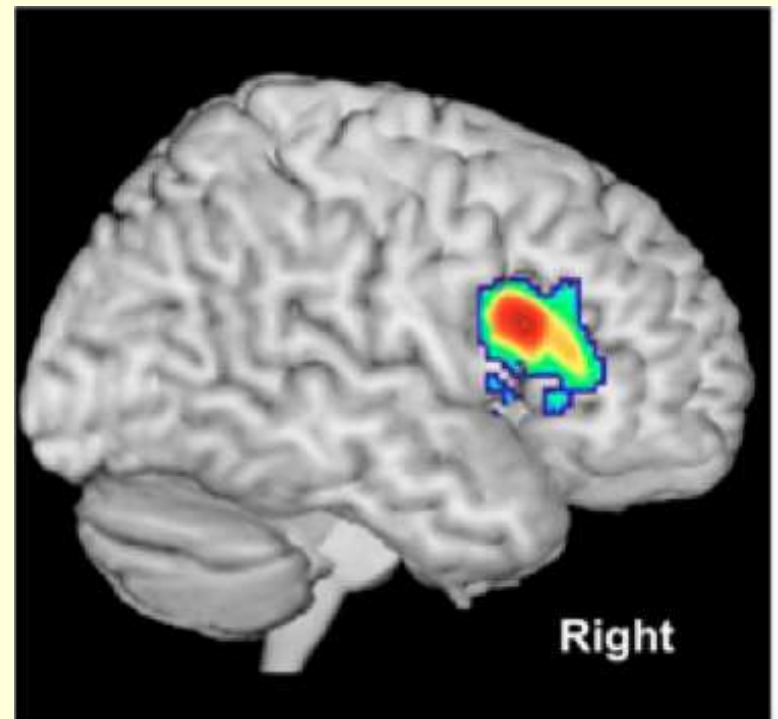
## Astrocytes

On connaît depuis longtemps leur rôle de pourvoyeur du glucose nécessaires à l'activité nerveuse.

Grâce à leurs "pieds" apposés contre la paroi des capillaires sanguins cérébraux, le glucose peut pénétrer dans les astrocytes où il est partiellement métabolisé et retransmis aux neurones.

Et l'on sait qu'une activité neuronale plus intense dans une région du cerveau favorise un apport plus élevé de glucose **en activant le travail des astrocytes.**

C'est d'ailleurs le phénomène exploité par l'imagerie cérébrale...



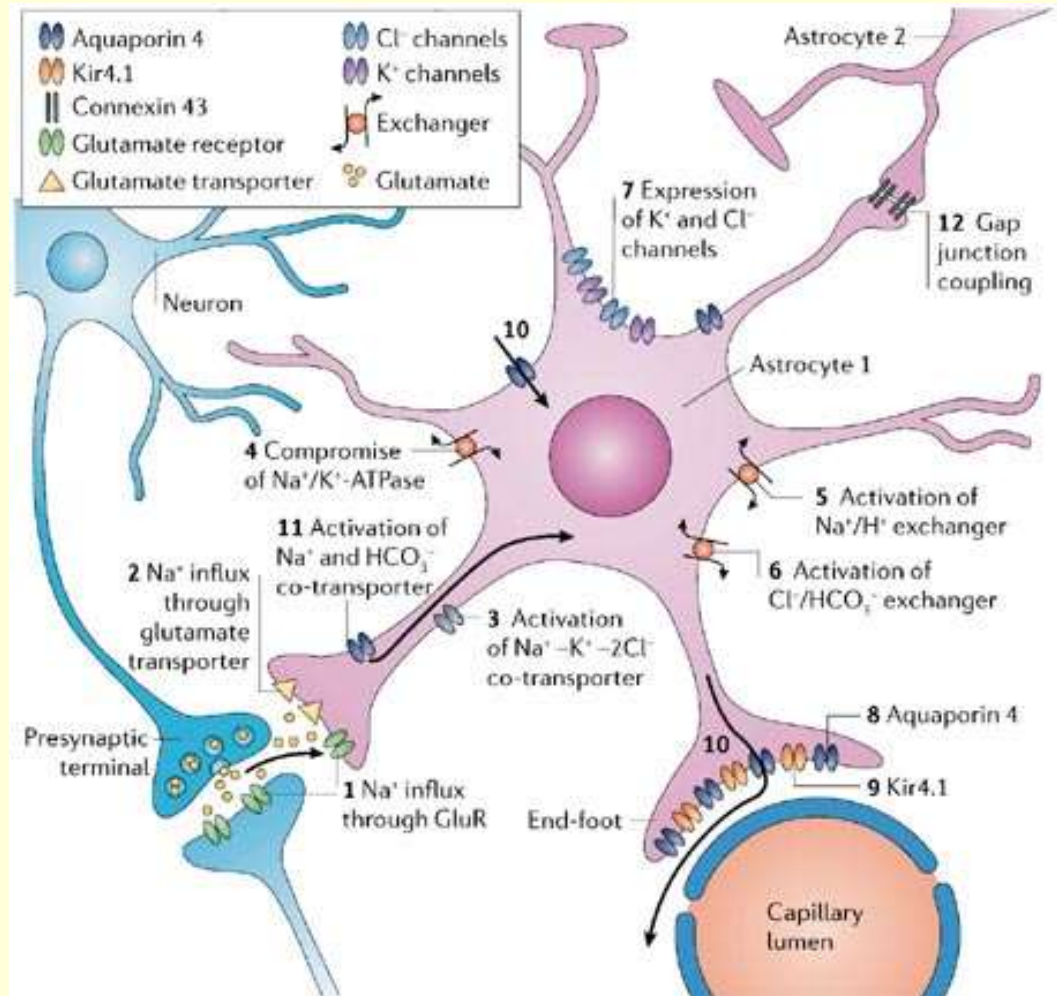
# Glutamate Released from Glial Cells Synchronizes Neuronal Activity in the Hippocampus

María Cecilia Angulo, Andreï S. Kozlov, Serge Charpak, and Etienne Audinat. *The Journal of Neuroscience*,

4 August 2004.

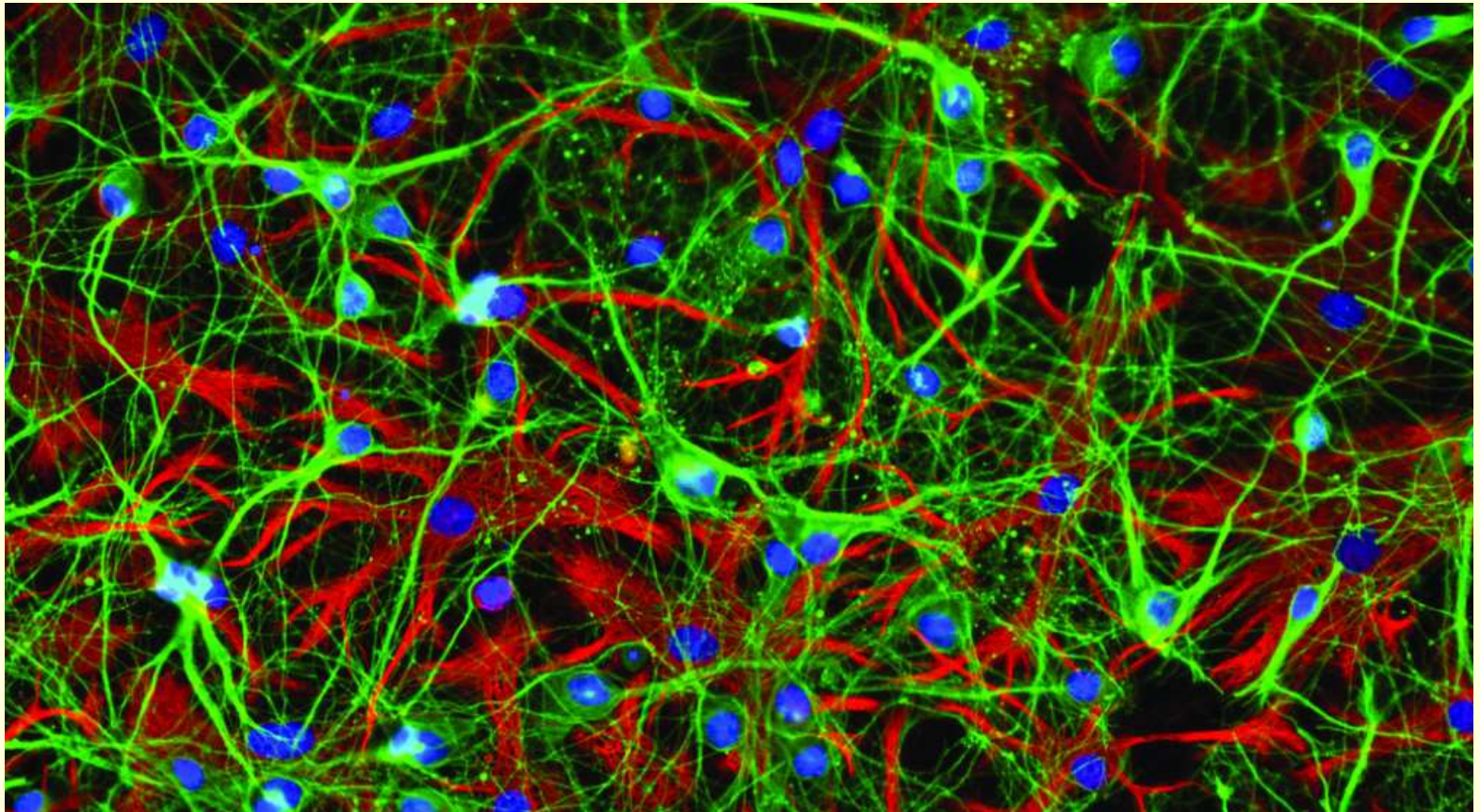
Cet article démontre que du **glutamate** relâché par des cellules gliales génère un courant transitoire

dans les neurones pyramidaux d'hippocampe de rats par l'entremise de **récepteurs NMDA**.



Un astrocyte peut être connecté à des milliers de différents neurones, pouvant ainsi contrôler leur excitabilité.

Le glutamate relâché par les cellules gliales pourrait ainsi contribuer à **synchroniser l'activité neuronale** dans l'hippocampe. [cous #4

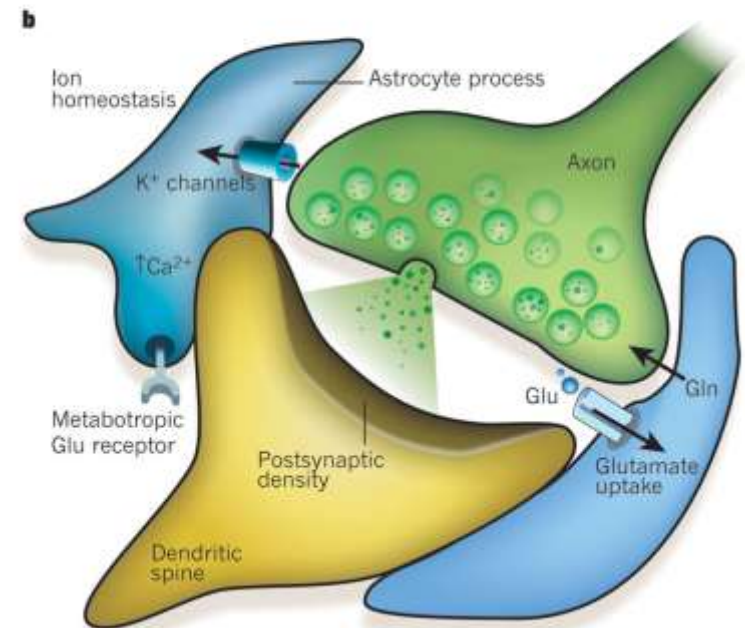
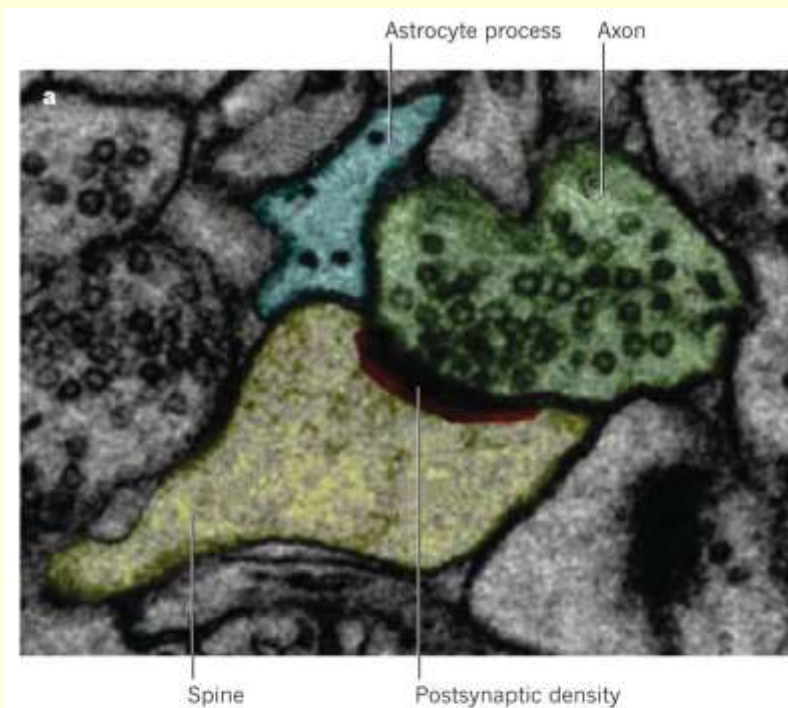


*Neurons and astrocytes isolated from rat hippocampus stained for DNA (blue), neuronal-specific  $\beta$ III-tubulin (green) and astrocyte-specific GFAP (red).*

# Tripartite synapses : astrocytes process and control synaptic information

Trends in Neuroscience, Perea G, Navarrete M, Araque A. **2009**

“**One human astrocyte** (an intricate, bush-like cell) can encompass, and therefore influence, **two million synapses**<sup>9</sup>.”



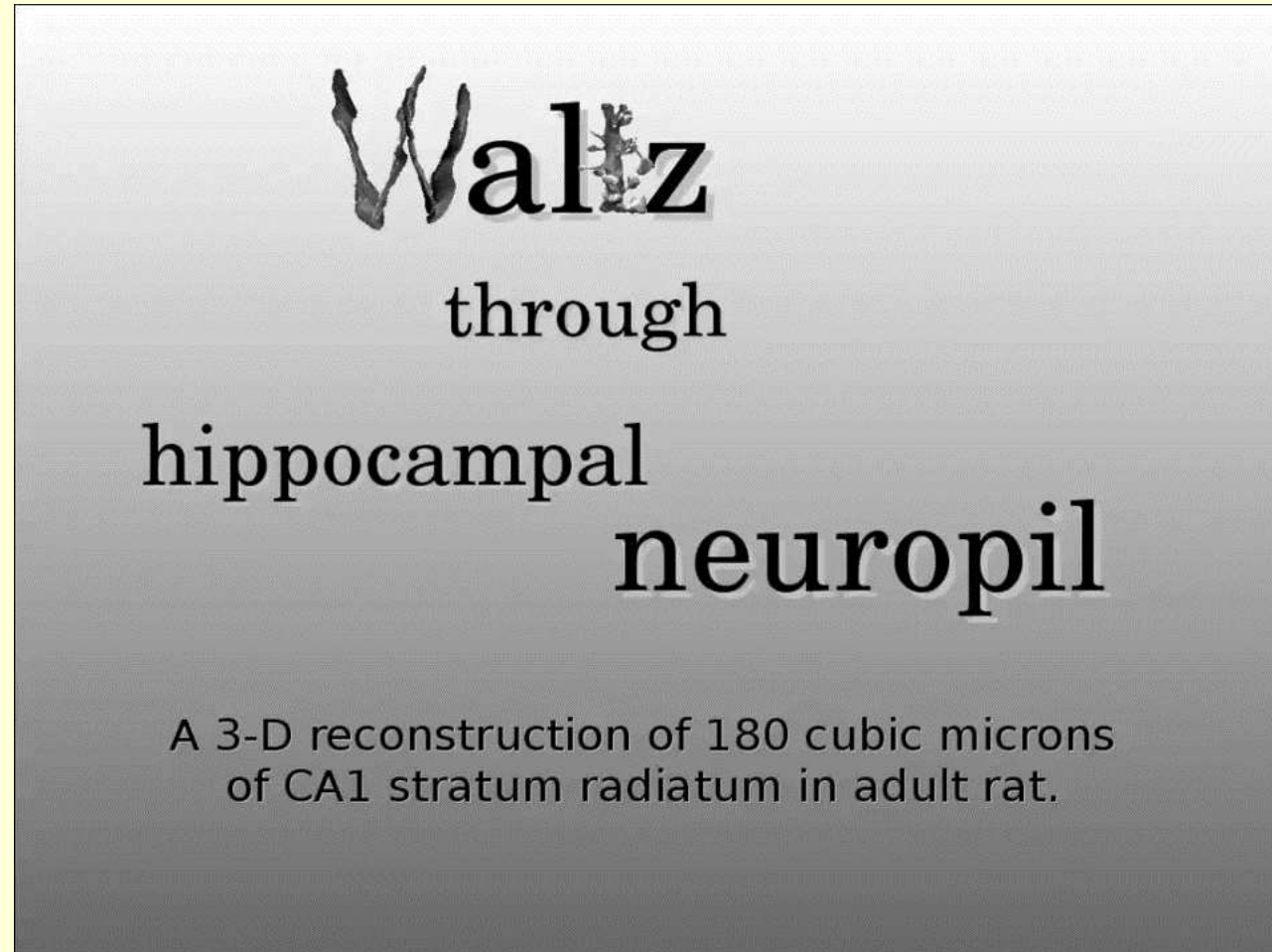
## **Richesse et complexité structurale du neurone**

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2013/03/25/richeesse-et-complexite-structurale-du-neurone/>

Reconstruction of a block of hippocampus from a rat approximately **5 micrometers on a side** from serial section transmission electron microscopy in the lab of Kristen Harris at the University of Texas at Austin in collaboration with Terry Sejnowski at the Salk Institute and Mary Kennedy at Caltech.

En bleu les **cellules gliales**  
**(0:45 à 2:00):**

<http://www.youtube.com/watch?v=FZT6c0V8fW4>



**Ultrastructural Analysis of Hippocampal Neuropil from the Connectomics Perspective**  
**Neuron**, Volume 67, Issue 6, p1009–1020, 23 September **2010**

<http://www.cell.com/neuron/abstract/S0896-6273%2810%2900624-0>

Bref :

“**Most neuroscientists are still extremely** “neuron-centric,” thinking almost exclusively in terms of neuronal activity when explaining brain function, while ignoring glia..”

- Mo Costandi,  
scientific writer

"It's very obvious that we have to redefine our approach to the brain, and to stop dividing it into neurons and glia.“

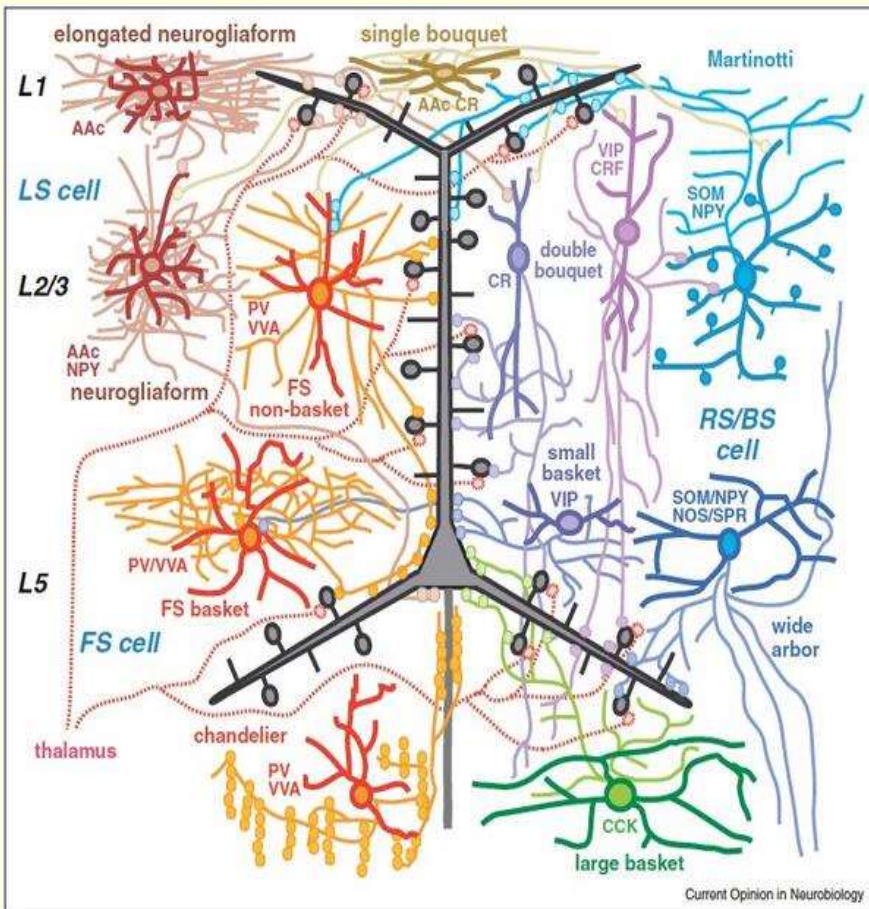
- Alexei Verkhratsky,  
neurophysiologist,  
University of Manchester

THE  
OTHER BRAIN



From Dementia to Schizophrenia,  
How New Discoveries about the  
Brain Are Revolutionizing Medicine  
and Science

R. DOUGLAS FIELDS, Ph.D.



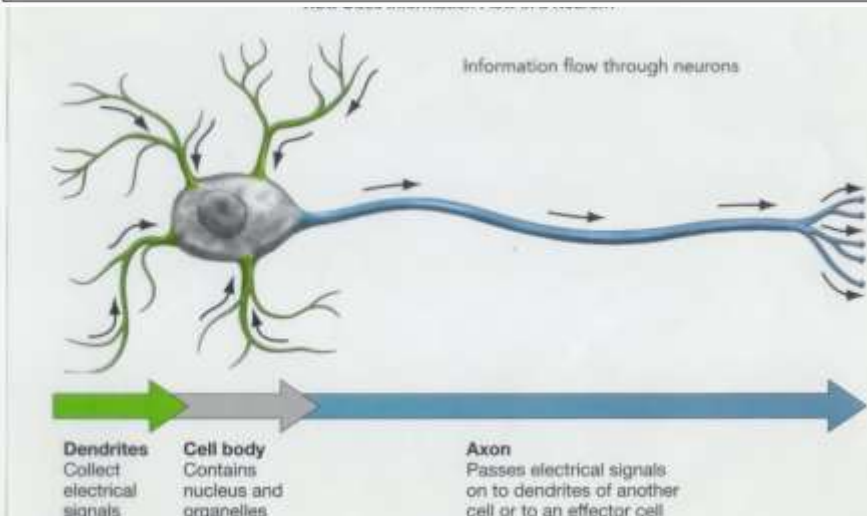
## La « théorie du neurone » :

1) ~~Le neurone est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;~~

2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles;**

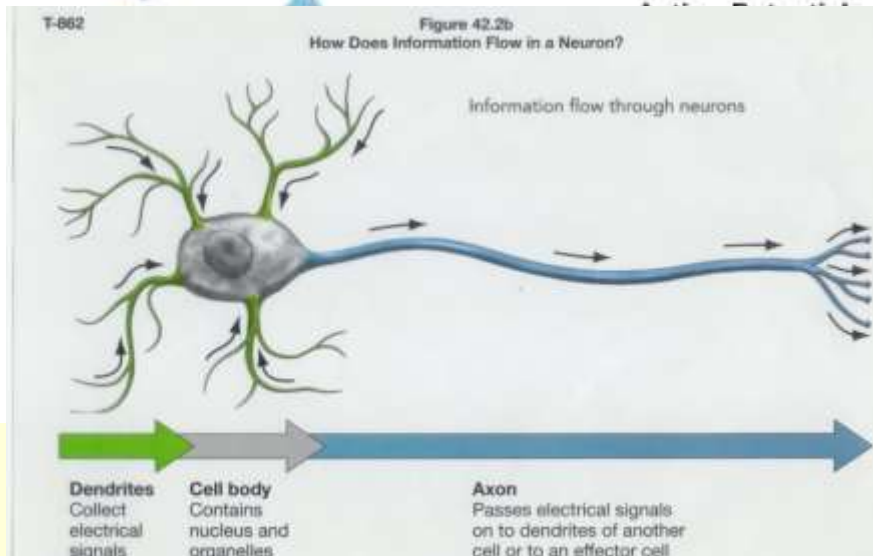
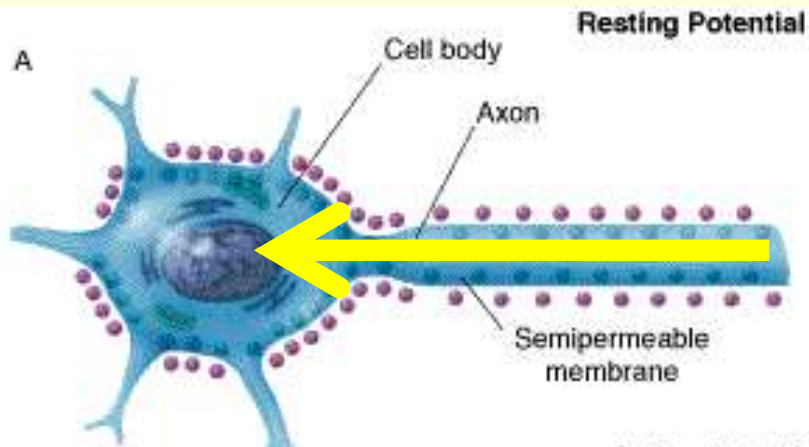
3) ~~Un neurone est composé de 3 parties : les dendrites, le corps cellulaire et l'axone;~~

4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).





Des couplages électriques donnent lieu à des potentiels d'action antidromiques.



La « théorie du neurone » :

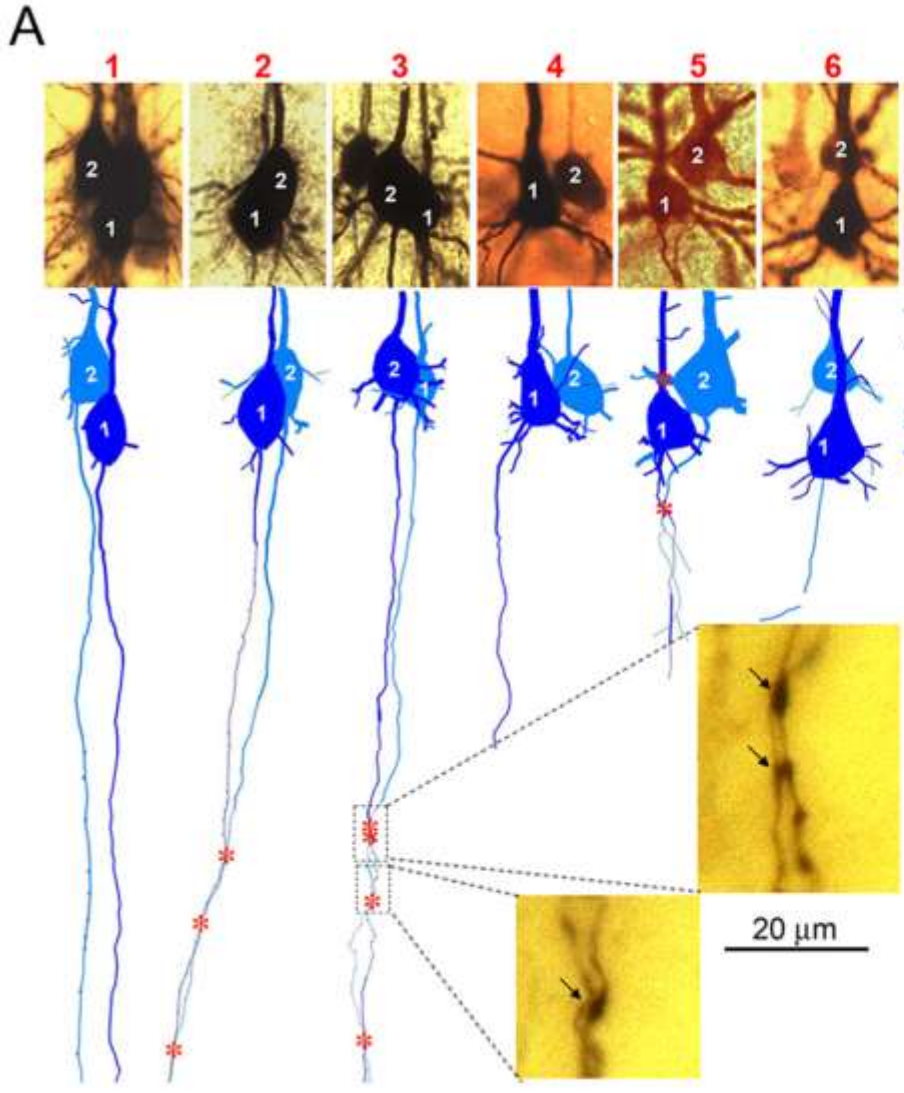
1) **Le neurone** est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles**;

3) Un neurone est composé de 3 parties : les **dendrites**, le **corps cellulaire** et l'**axone**;

4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).

# Données physiologiques :



Gap junctions create gaps that connect animal cells.

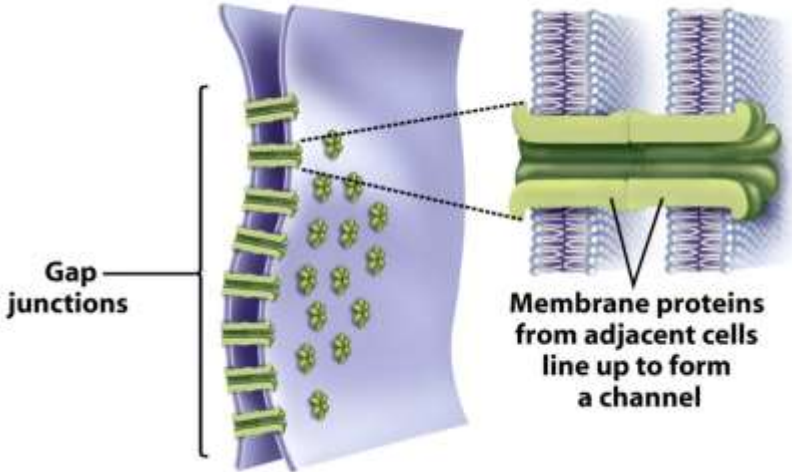
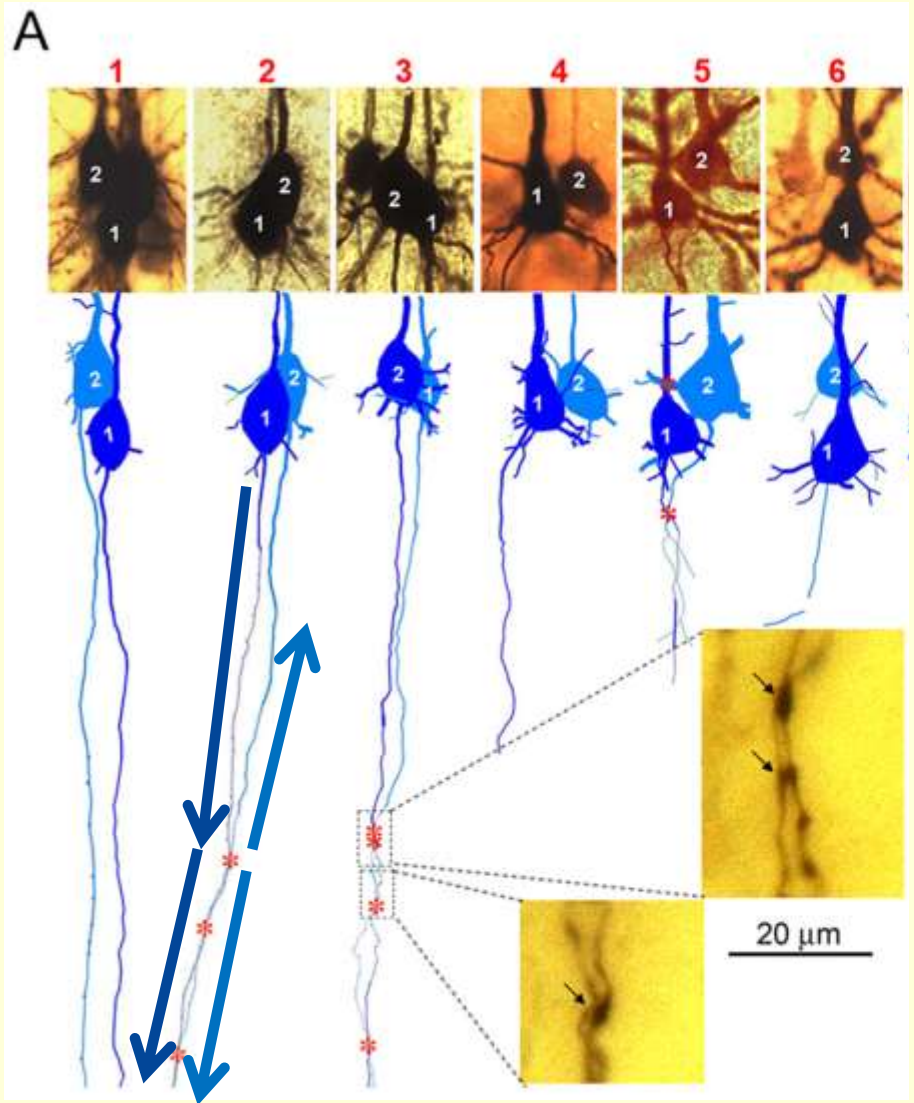


Figure 8-13b part 2 Biological Science, 2/e



**Gap junctions create gaps that connect animal cells.**

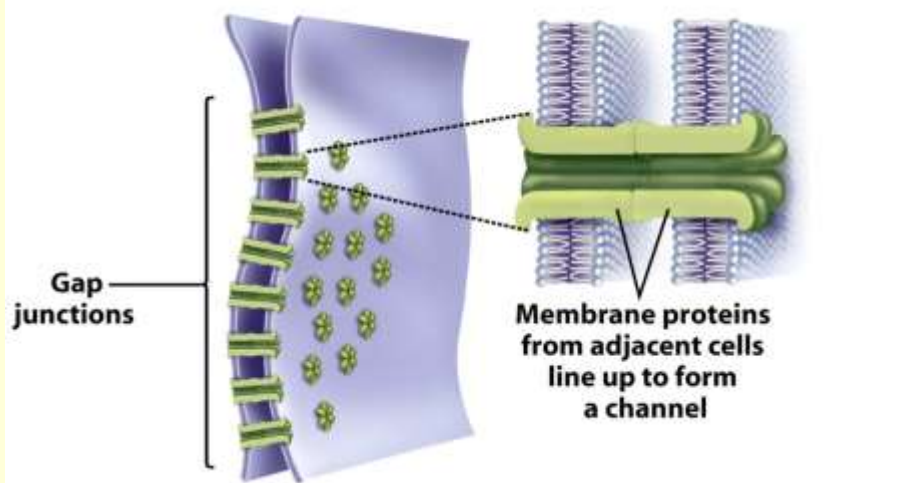
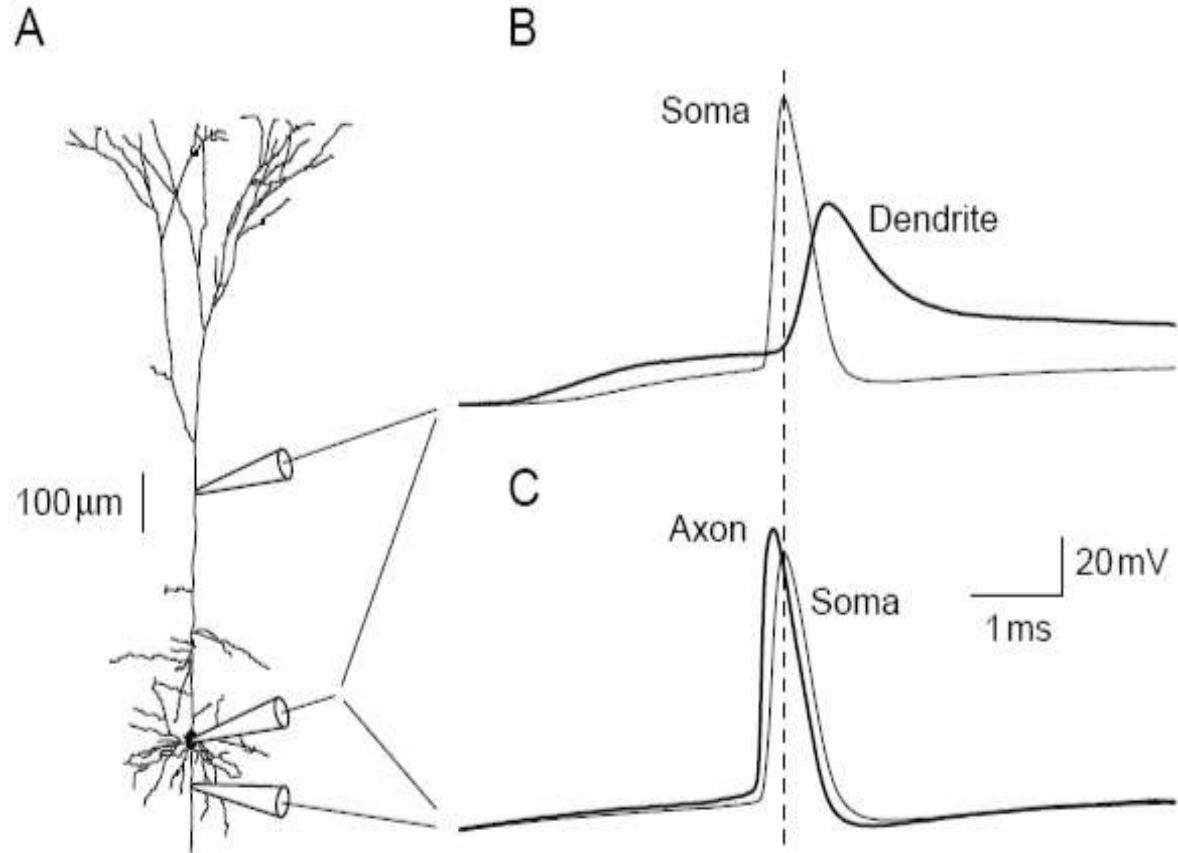
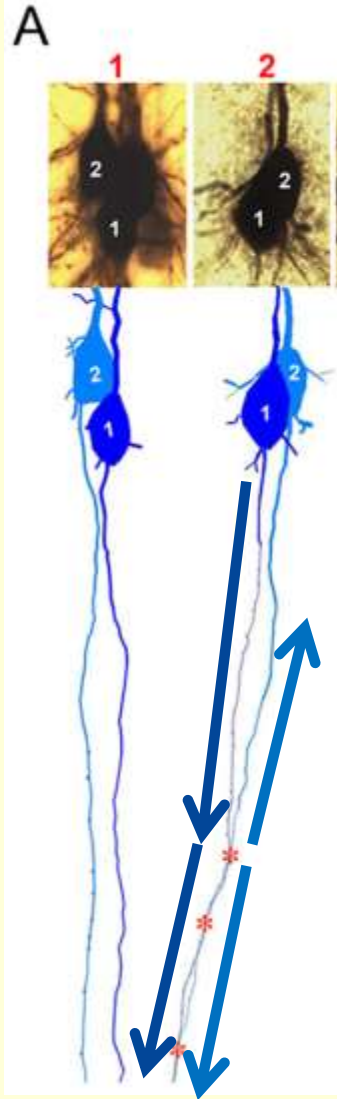


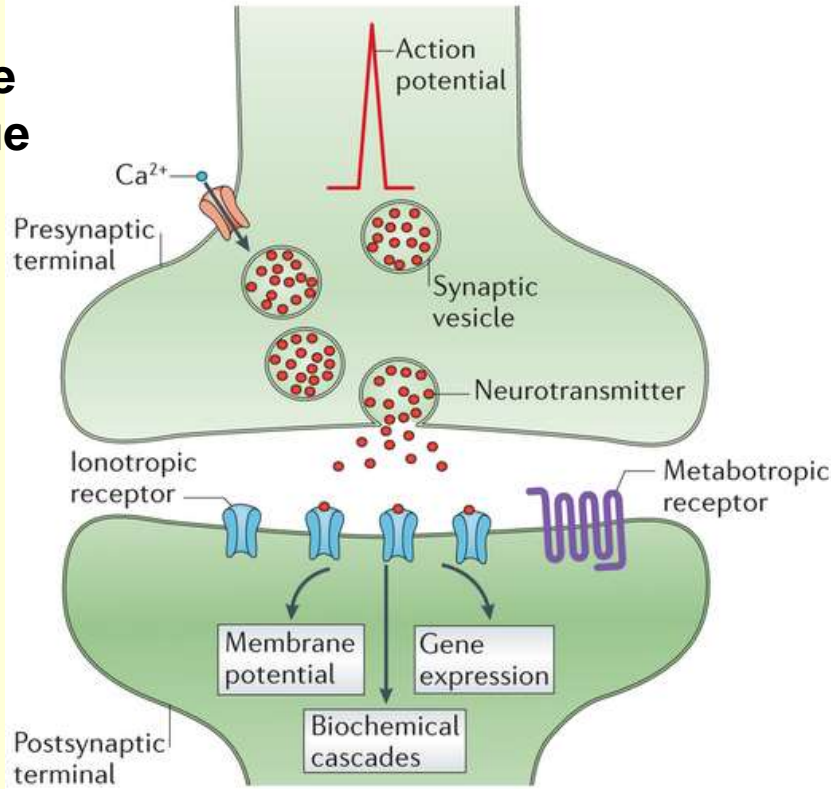
Figure 8-13b part 2 Biological Science, 2/e

On connaissait le phénomène depuis longtemps...

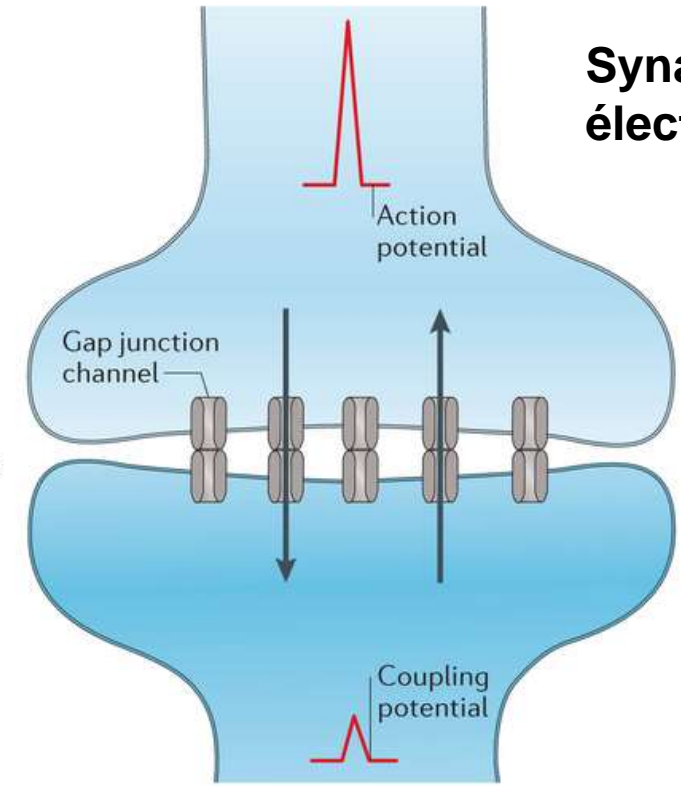


# Synapse chimique

a Chemical synapse

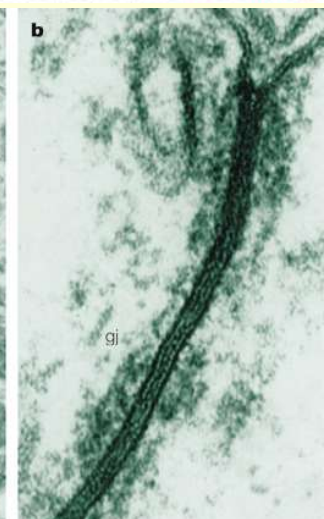
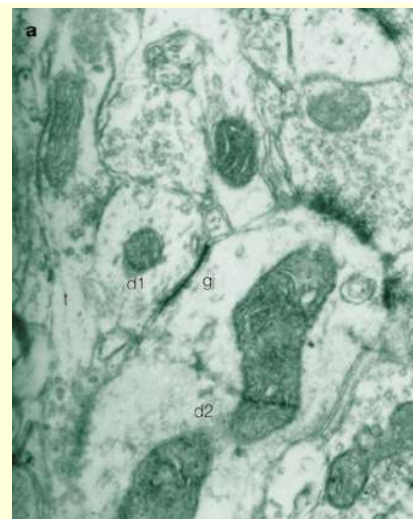


b Electrical synapse



# Synapse électrique

Nature Reviews | Neuroscience



## Le “coming out” de la synapse électrique

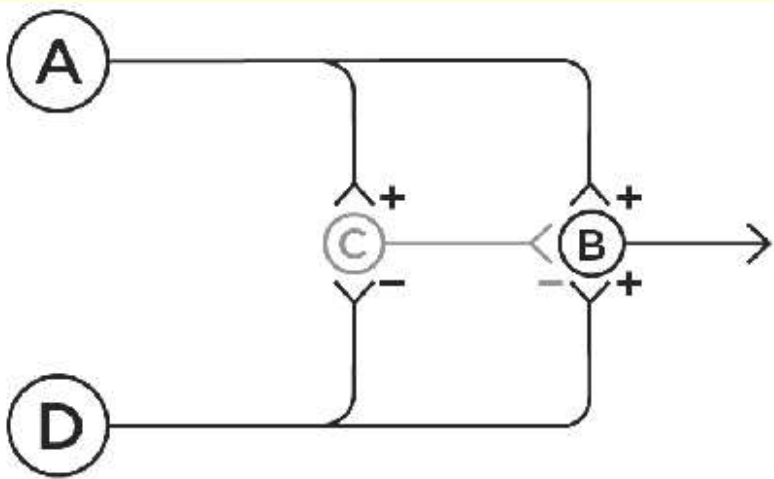
[http://www.blog-lecerveau.org/blog/2014/05/05/  
le-coming-out-de-la-synapse-electrique/](http://www.blog-lecerveau.org/blog/2014/05/05/le-coming-out-de-la-synapse-electrique/)

## Electrical synapses and their functional interactions with chemical synapses

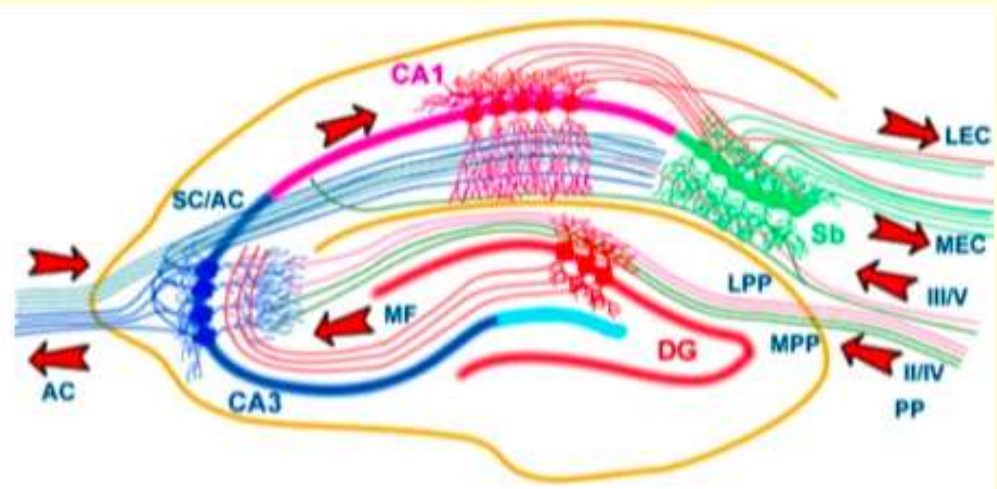
Alberto E. Pereda

Nature Reviews Neuroscience 15, 250–  
263 (2014)

<http://www.nature.com/nrn/journal/v15/n4/full/nrn3708.html>



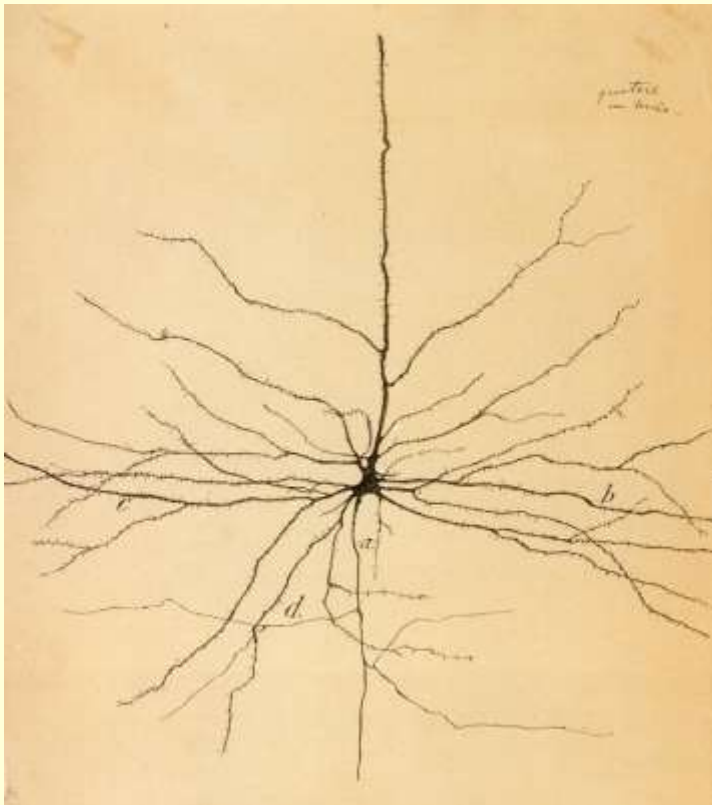
On va passer de quelques neurones...



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

## Cours 2

A) Un neurone, deux neurones, quelques neurones  
(la grammaire de base du cerveau)



Neurone pyramidal du cortex moteur

B) Des milliers et des millions de neurones :  
Nos mémoires et leurs structures cérébrales associées



Stockphoto/Jean Warren



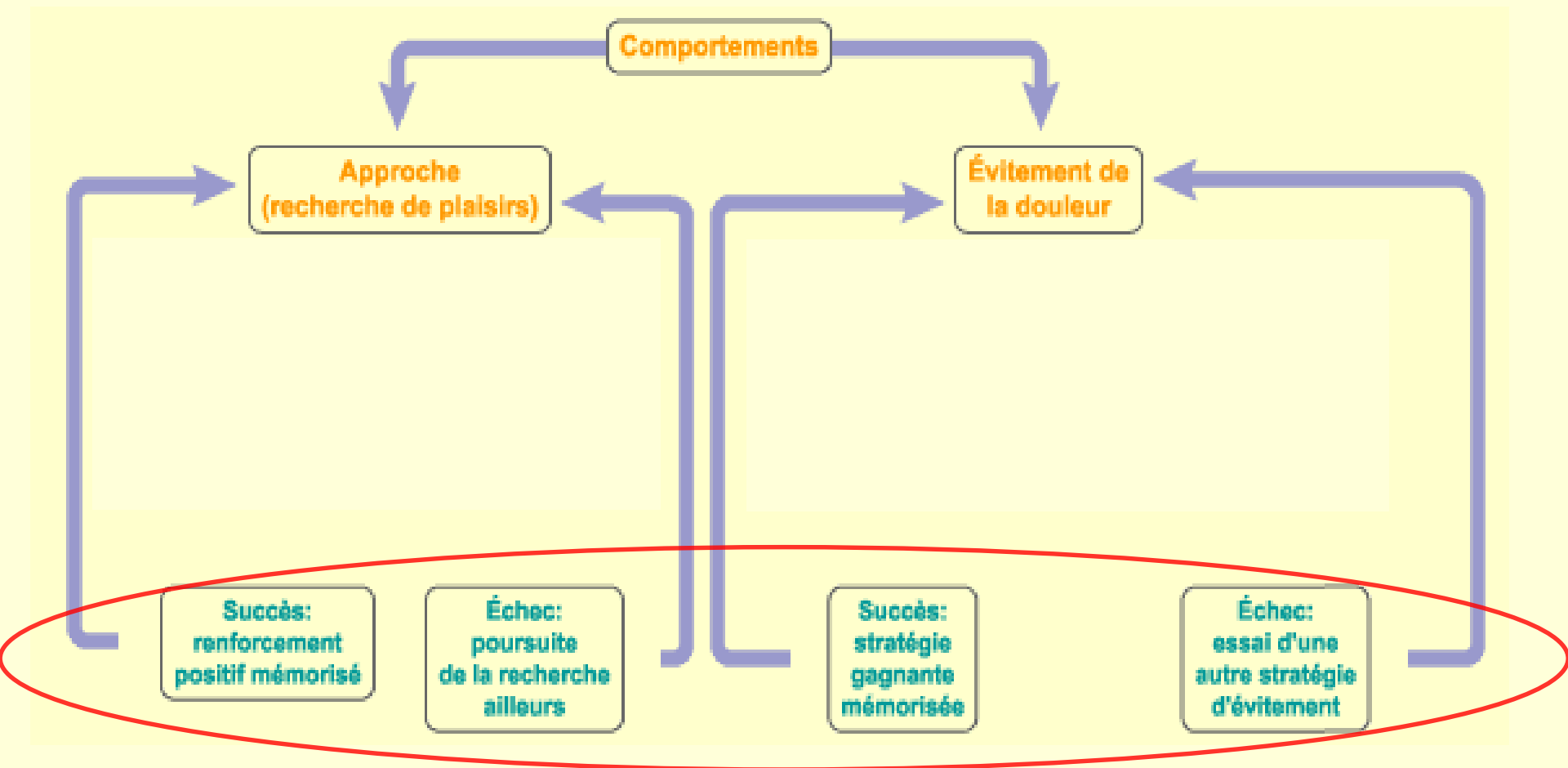
## Évolution des différents types de mémoire

L'ablation de l'hippocampe chez **le patient H.M.**

Quelques **mécanismes** cellulaires à la base de notre mémoire

La trace physique ou « **l'engramme** » d'un souvenir

Concrètement, qu'est-ce qui peut **favoriser l'apprentissage et la mémoire ?**



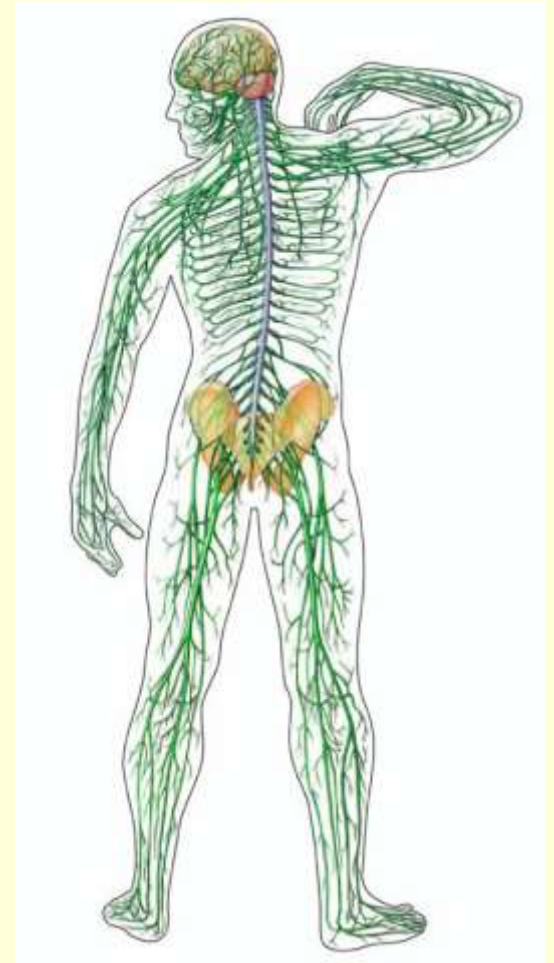
# Apprentissage et mémorisation des « bons et mauvais coups »

« La mémoire du passé n'est pas faite pour se souvenir du passé, elle est faite pour prévenir le futur.

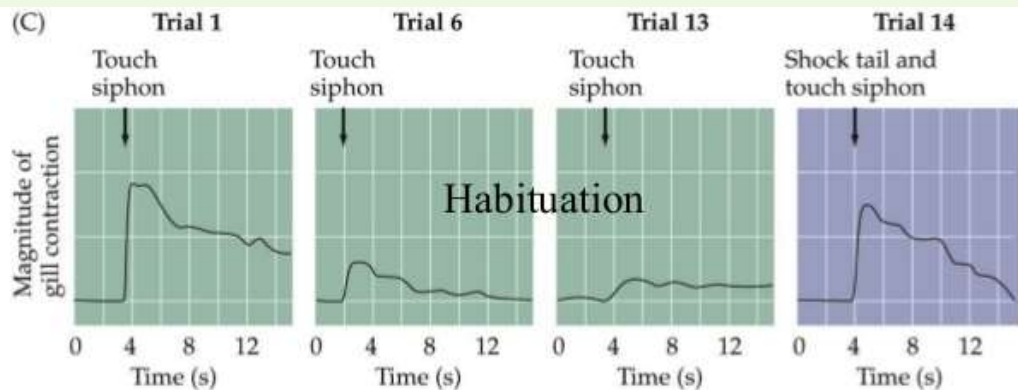
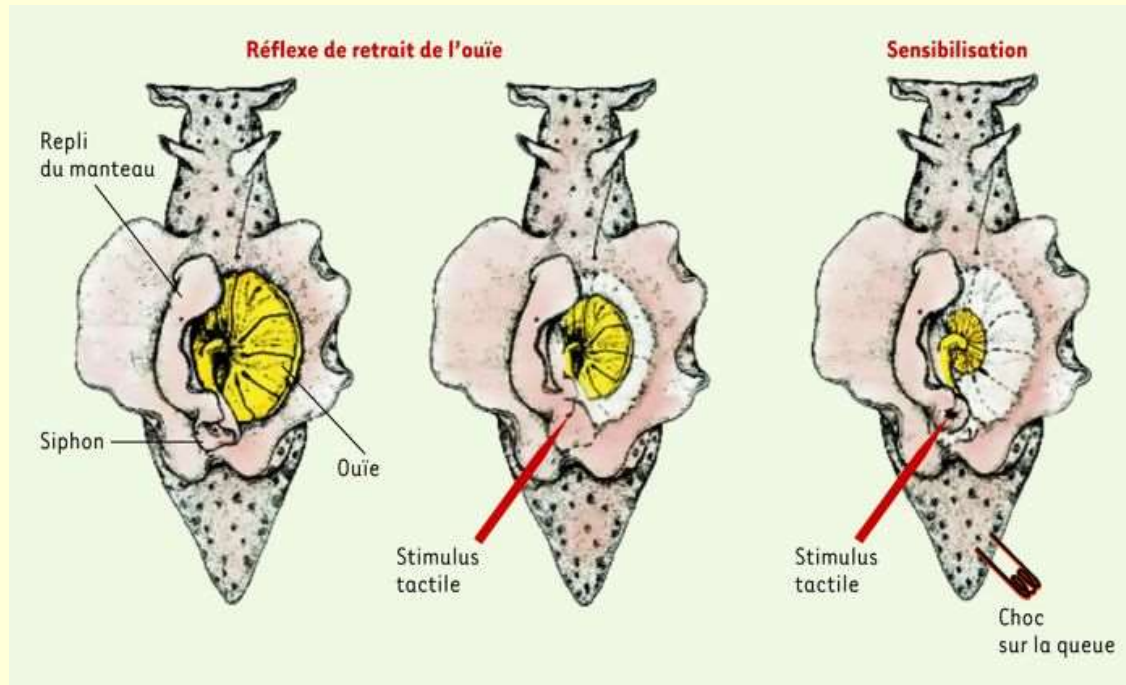
La mémoire est un instrument de **prédiction.** »

- Alain Berthoz

→ Pouvoir se souvenir de ses bons et mauvais coups amène un **avantage adaptatif** certain.

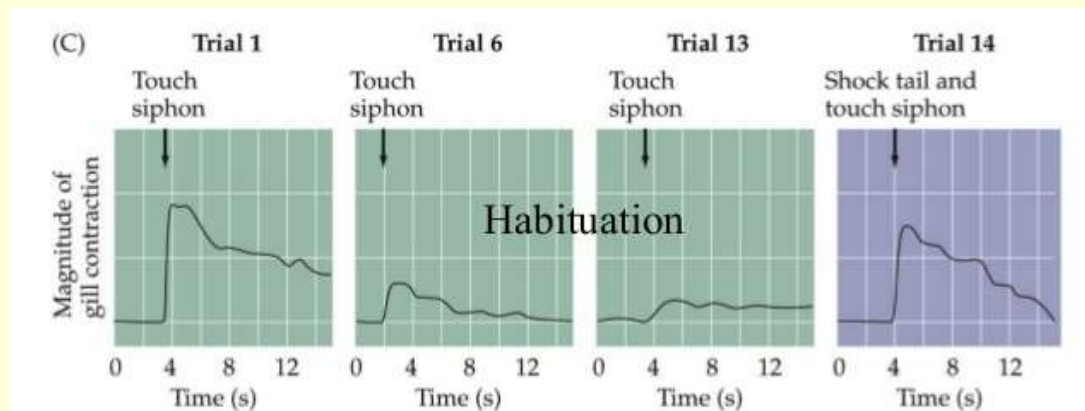
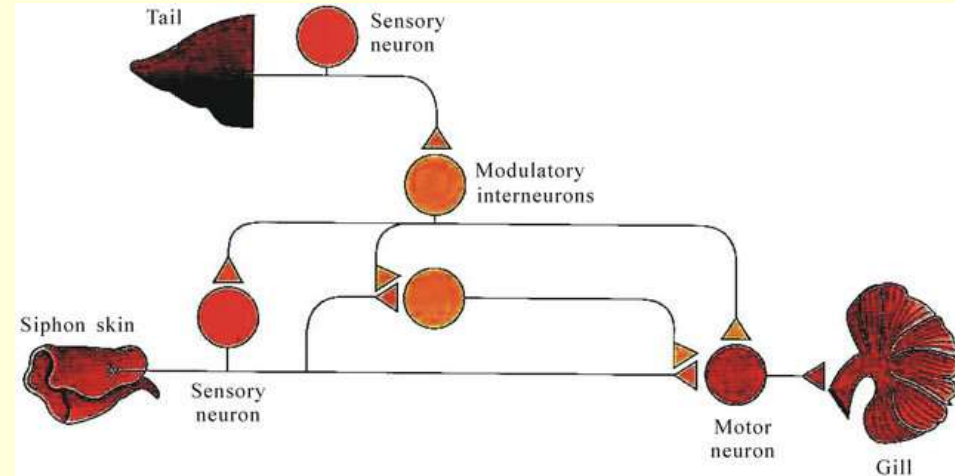
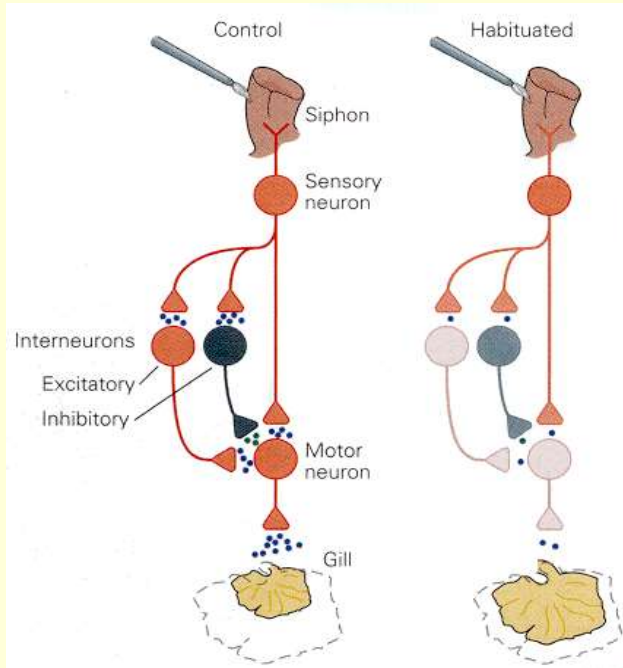


Et déjà, dans les systèmes nerveux les plus primitifs, on voit apparaître des formes simples **d'apprentissage** et de **mémoire** comme...



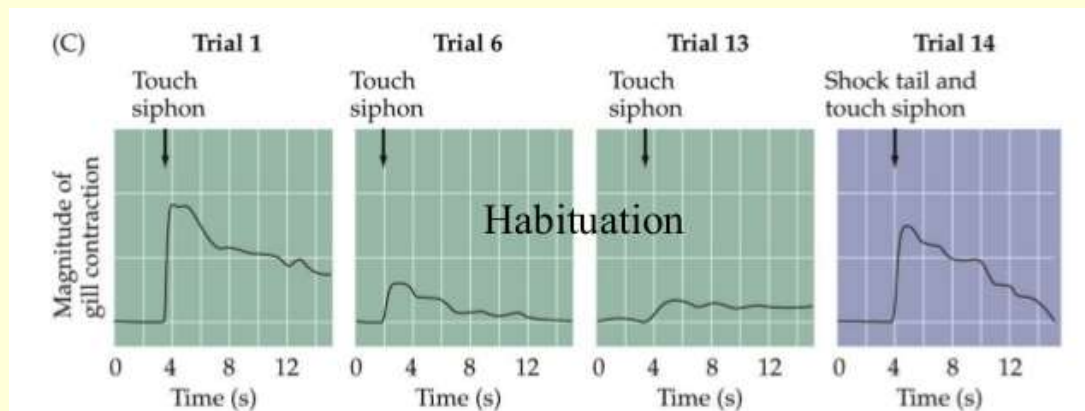
Sensibilisation

Et déjà, dans les systèmes nerveux les plus primitifs, on voit apparaître des formes simples **d'apprentissage** et de **mémoire** comme...



Sensibilisation

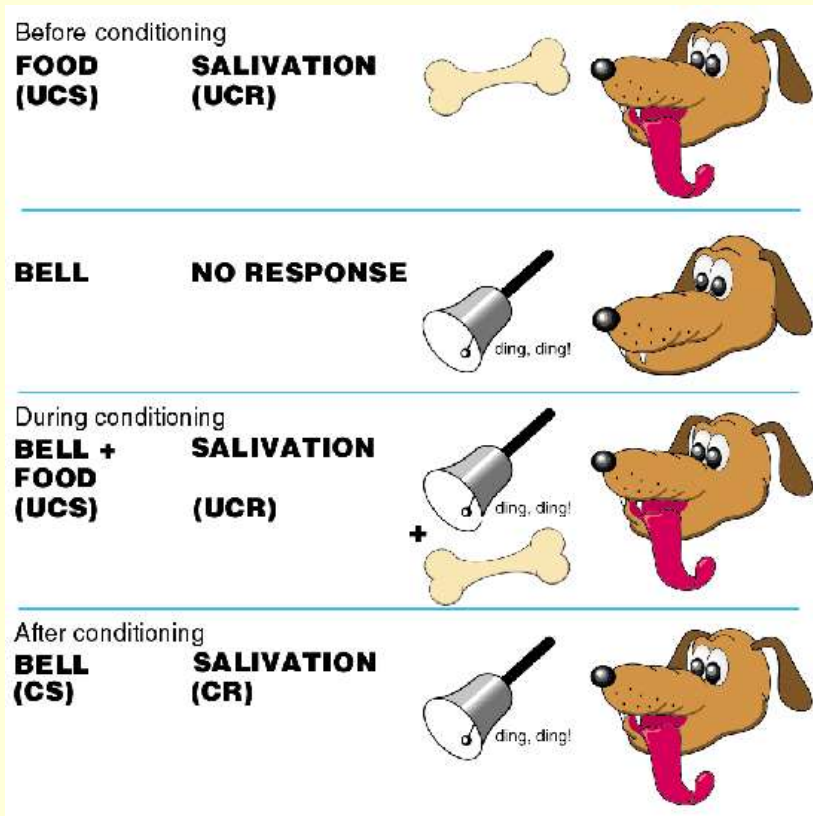
# Des formes d'apprentissage et de mémoire qui demeurent présentes chez l'humain !

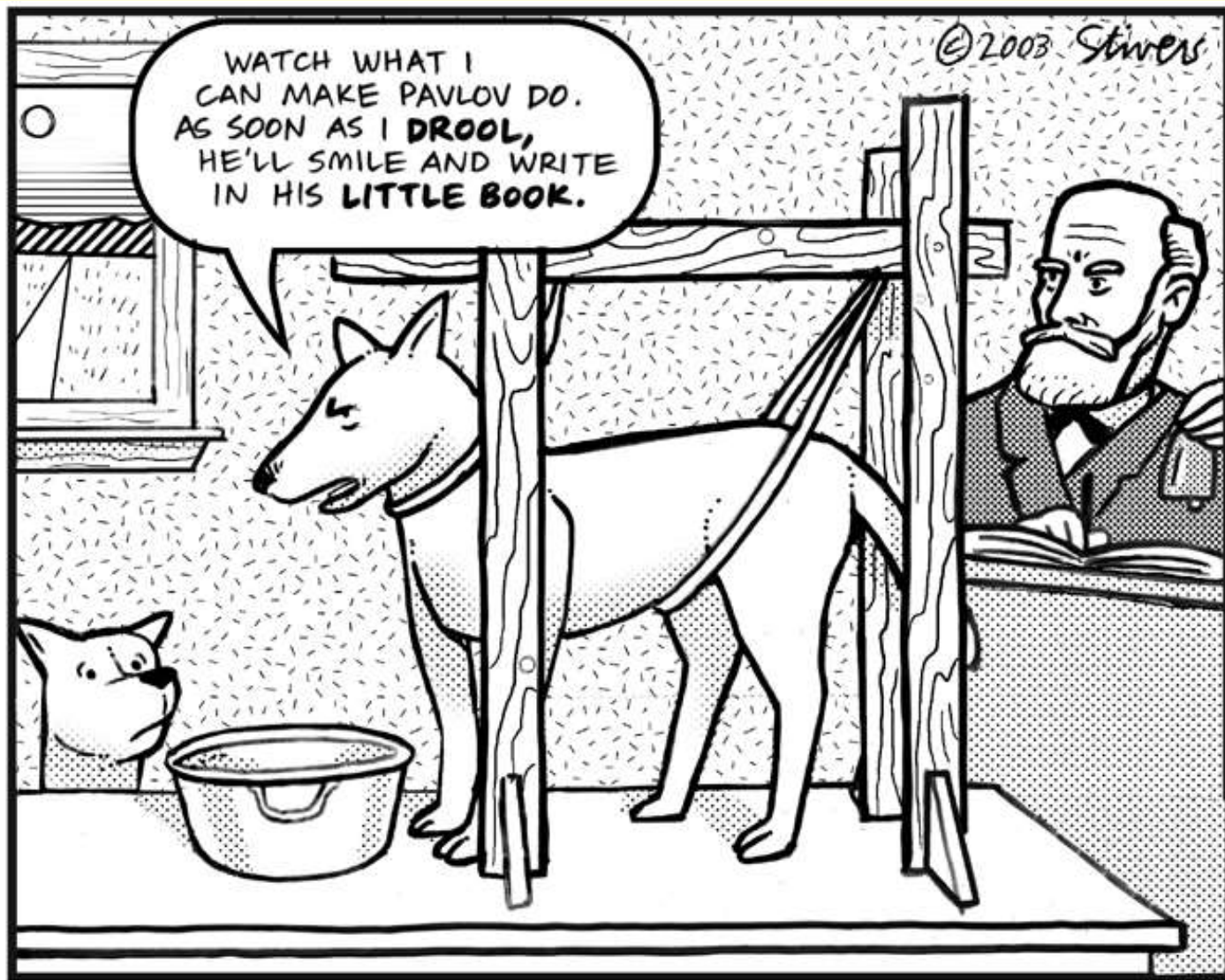


Sensibilisation

Tout comme d'autres formes d'apprentissage qui vont aussi **apparaître assez tôt dans l'évolution** :

Le **conditionnement classique**, où l'on apprend que 2 stimuli sont associés.





WATCH WHAT I  
CAN MAKE PAVLOV DO.  
AS SOON AS I **DROOL**,  
HE'LL SMILE AND WRITE  
IN HIS **LITTLE BOOK**.

©2003 Stivers



**TOUS LES JOURS  
JE LAVE MON CERVEAU  
AVEC LA PUB**

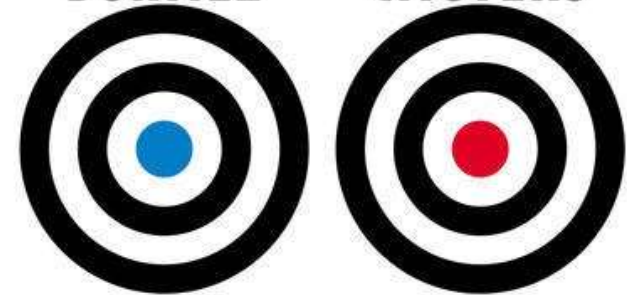


« Je suis effrayé par les automatismes qu'il est possible de créer à son insu dans le système nerveux d'un enfant.

Il lui faudra dans sa vie d'adulte une chance exceptionnelle pour s'évader de cette prison, s'il y parvient jamais. »

- Henri Laborit

**LES MÉDIAS VEILLENT  
DORMEZ CITOYENS**





# Éloge de la suite

autour d'Henri Laborit et d'autres parcours qui l'ont croisé

À PROPOS  
DU FILM  
→

- POURQUOI CE FILM ?
- FINANCEMENT
- PERSONNAGES
- BANDE-ANNONCE

- POURQUOI CE SITE ?
- BIOGRAPHIES
- LIVRES
- ARTICLES
- AUDIO
- VIDÉO
- PHOTOS
- CITATIONS
- CONTACT

LA SUITE... (INFLUENCES DEPUIS SON DÉCÈS EN 1995, ET PROJETS EN COURS)



LE FILM !

Découvrez le film « Sur les traces d'Henri Laborit » associé à ce site !

Publié le 21 novembre 2014 • Laisser un commentaire

Consultez les sections du menu en haut à droite de la page pour tout

DERNIÈRES PUBLICATIONS SUR LE SITE :

OÙ ÊTES-VOUS ?



LA SUITE... / LE FILM !

Sur les traces d'Henri Laborit – Partie 2 : Biologie

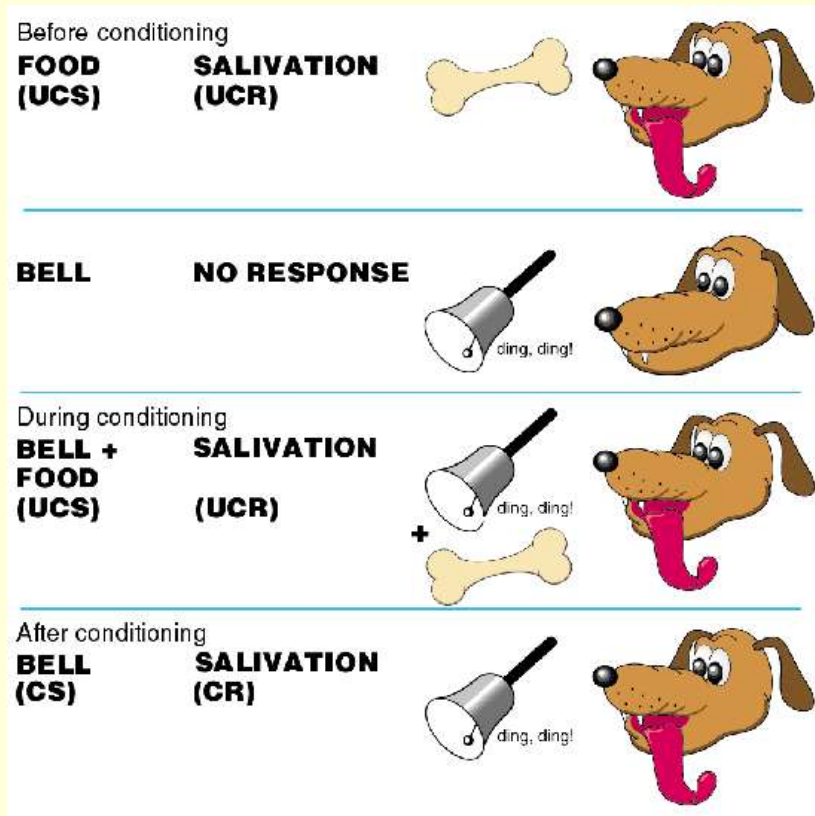
Vous êtes sur un site web qui tente de rassembler le plus de documents possible autour de l'oeuvre d'Henri Laborit dans le but d'en faire profiter gratuitement le plus grand nombre. Un film en préparation sur des parcours qui ont croisé Laborit utilise également ce site comme vitrine.

www.elogedelasuite.net

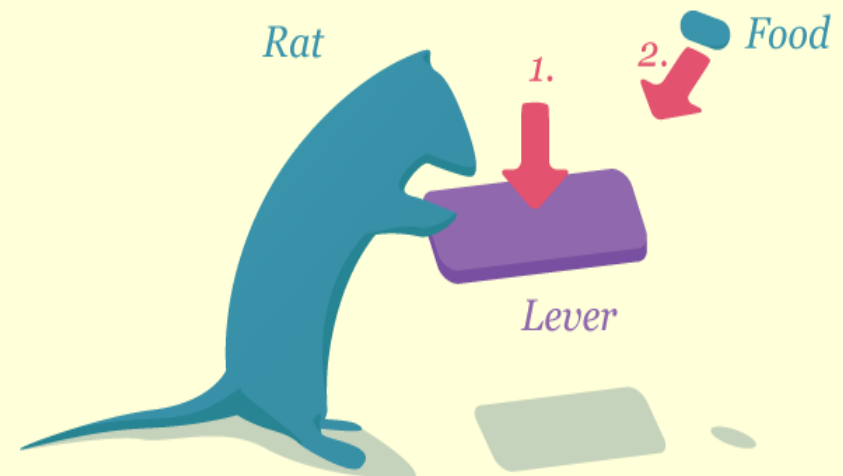
Né en 1914, Henri Laborit fut d'abord chirurgien de la marine française où il bouscula plusieurs concepts de la médecine.

Tout comme d'autres formes d'apprentissage qui vont aussi **apparaître assez tôt dans l'évolution** :

Le **conditionnement classique**, où l'on apprend que 2 stimuli sont associés.

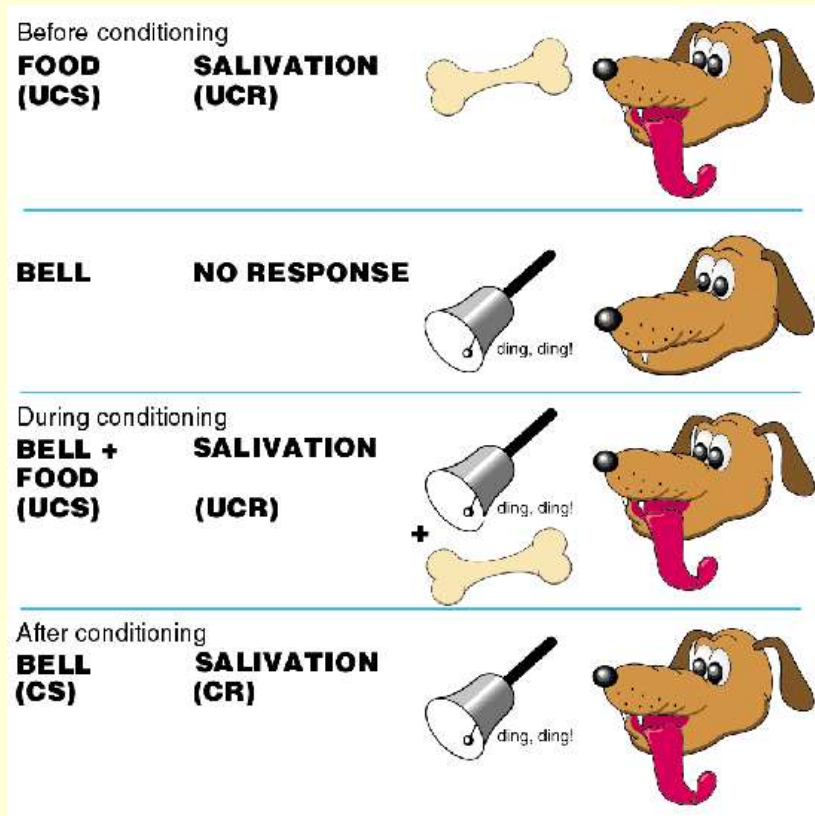


Le **conditionnement opérant**, où l'on apprend qu'avoir tel comportement amène une récompense.



Et qui sont encore très importantes chez l'humain !

Le **conditionnement classique**,  
où l'on apprend que 2 stimuli  
sont associés.



Le **conditionnement opérant**,  
où l'on apprend qu'avoir tel  
comportement amène une  
récompense.



## Mémoire à long terme

« on apprend sans  
s'en rendre compte »

**Implicite (Non-déclarative)**

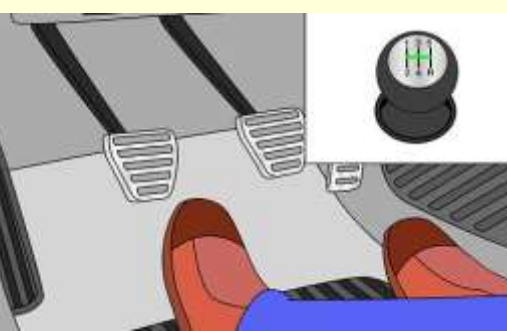
Non associatives

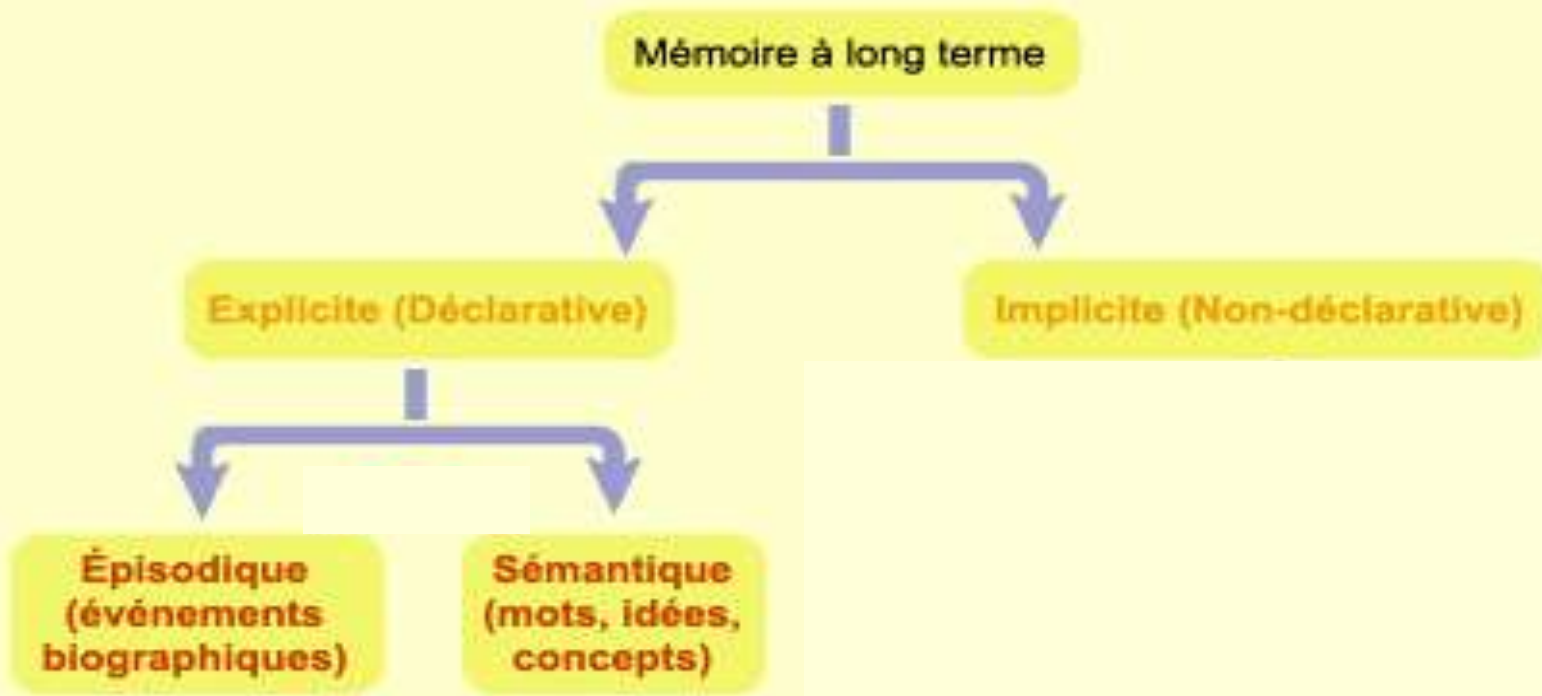
**Habitude**  
**Sensibilisation**

Associatives

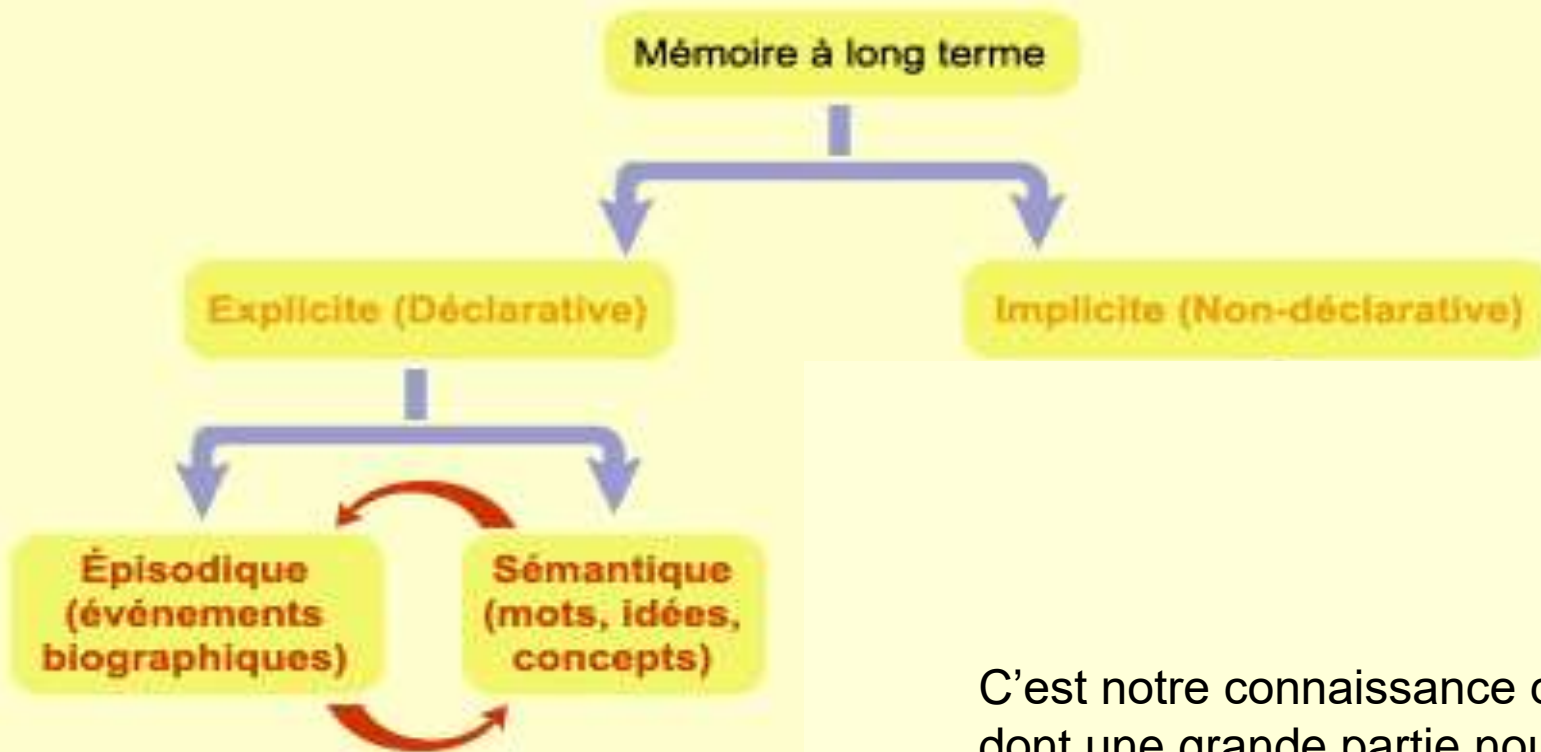
**Conditionnement**  
**classique et opérant**

**Procédurale**  
(habiletés)





On est l'acteur des événements qui sont mémorisés avec tout leur contexte et leur charge émotionnelle.



C'est notre connaissance du monde dont une grande partie nous est accessible rapidement et sans effort.

La mère de Toto

Elle devient indépendante du contexte spatio-temporel de son acquisition.

# L'oubli, mécanisme clé de la mémoire

[http://www.lemonde.fr/sciences/article/2017/08/21/l-oubli-mecanisme-cle-de-la-memoire\\_5174858\\_1650684.html](http://www.lemonde.fr/sciences/article/2017/08/21/l-oubli-mecanisme-cle-de-la-memoire_5174858_1650684.html)

21/08/2017

Une « bonne mémoire »  
doit **parvenir à effacer l'accessoire, le superflu, les détails.**

Cet oubli « positif » nous permet  
de **forger des concepts, des catégories et des analogies**

et d'adapter nos comportements aux **situations nouvelles.**

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

22 janvier 2019

**Pourquoi l'oubli peut vous sauver la vie**

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2019/01/22/7844/>

“La mémoire est un instrument  
de **prédiction.**” - Alain Berthoz





**Évolution** des différents types de mémoire

L'ablation de l'hippocampe chez **le patient H.M.**

Quelques **mécanismes** cellulaires à la base de notre mémoire

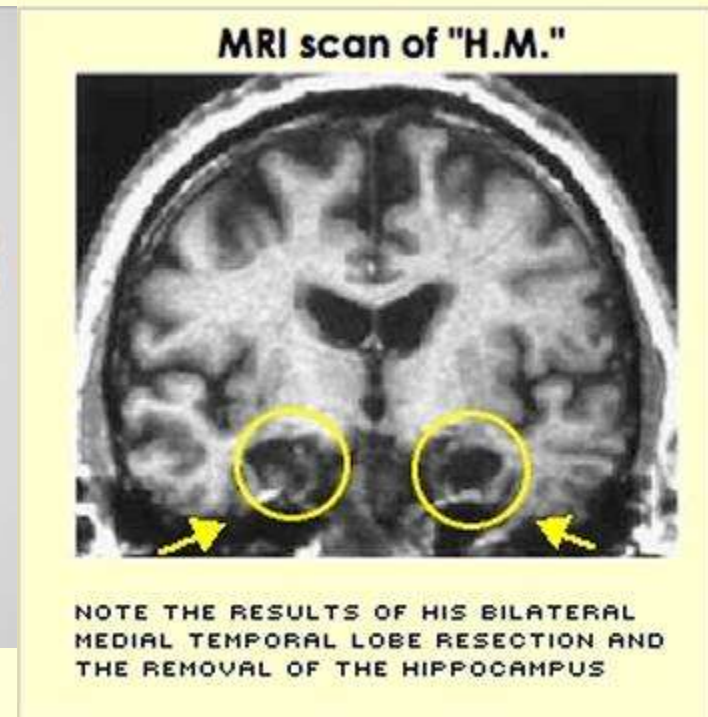
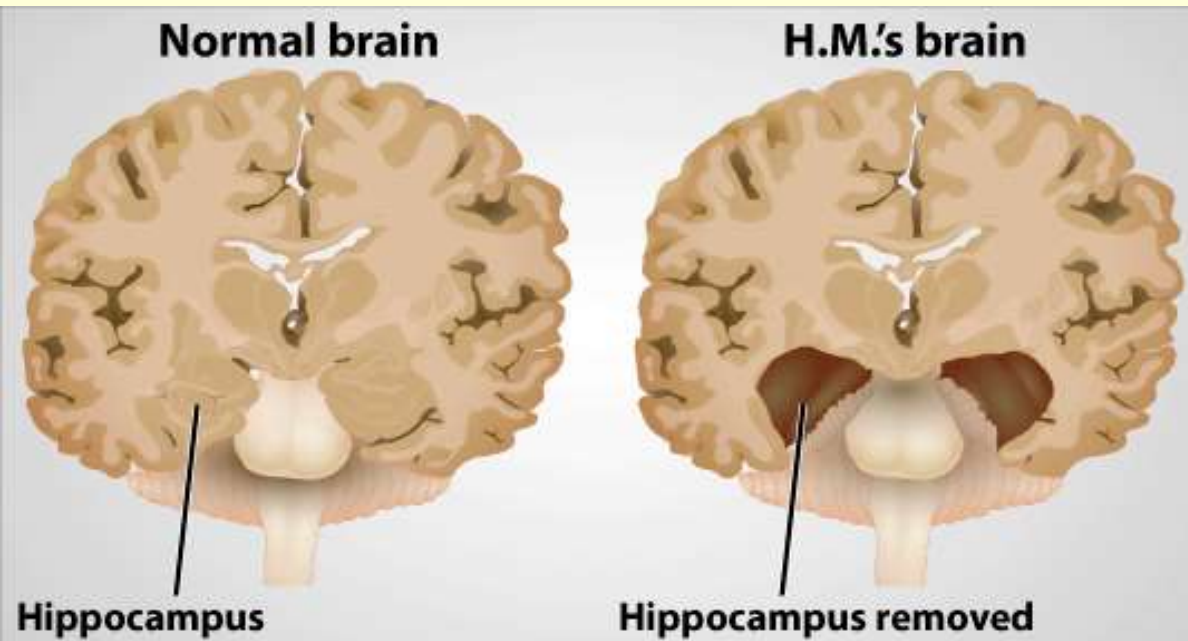
La trace physique ou « **l'engramme** » d'un souvenir

Concrètement, qu'est-ce qui peut **favoriser l'apprentissage et la mémoire ?**

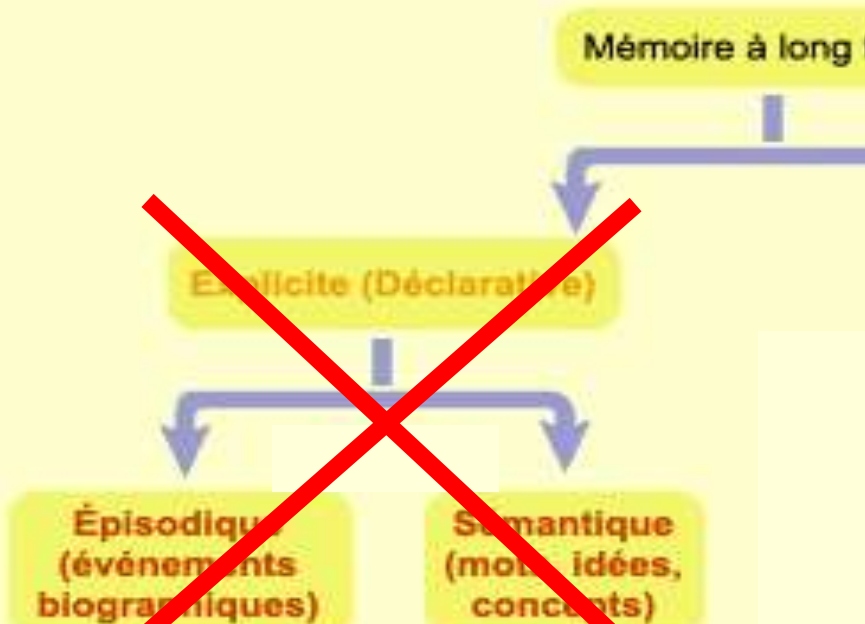


La personne ayant probablement contribué plus que quiconque à notre compréhension de la mémoire humaine (décédé en décembre 2008 à l'âge de 82 ans).

**Henry Molaison** (le fameux « patient H.M. ») était un jeune épileptique auquel on avait enlevé en 1953, à l'âge de 27 ans, les deux **hippocampes** cérébraux pour diminuer ses graves crises d'épilepsie.



L'opération fut un succès pour contrôler l'épilepsie mais eut un effet secondaire imprévu : **H.M. avait perdu la capacité de retenir de nouvelles informations sur sa vie ou sur le monde** (mémoire déclarative).

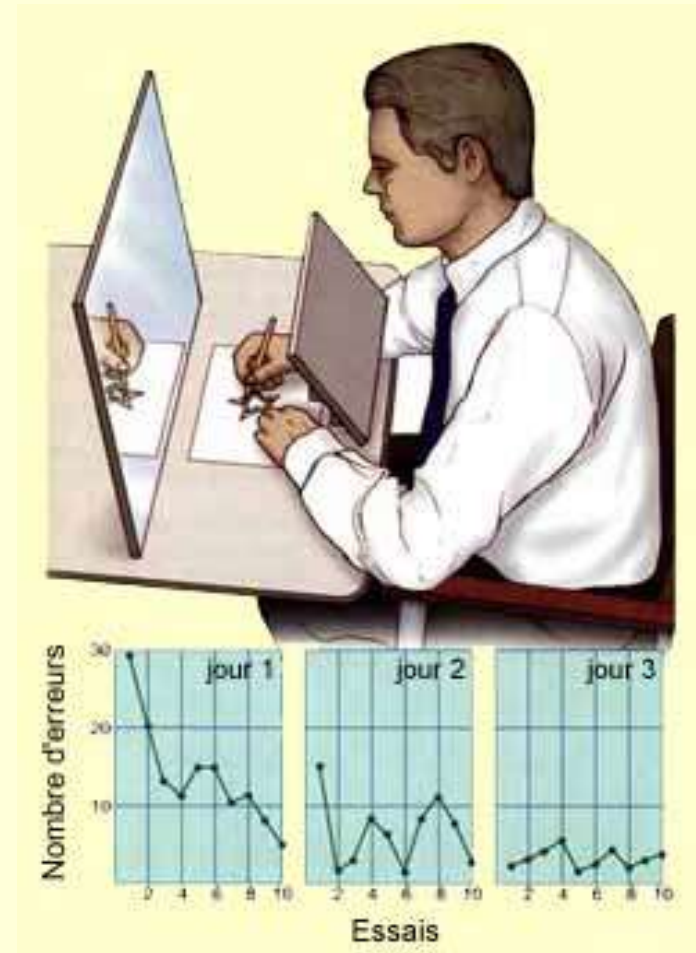


L'opération fut un succès pour contrôler l'épilepsie mais eut un effet secondaire imprévu : **H.M. avait perdu la capacité de retenir de nouvelles informations sur sa vie ou sur le monde** (mémoire déclarative).

Mais...



La **mémoire procédurale**, faite d'automatismes sensorimoteurs inconscients, **était préservée**, ce qui suggérait des voies nerveuses différentes.



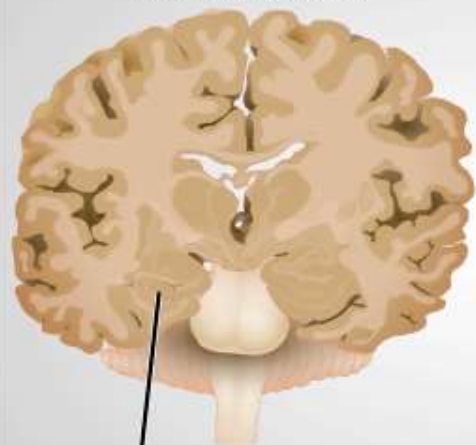
Mémoire à long terme

~~Explicite (Déclarative)~~

~~Épisodique  
(événements  
biographiques)~~

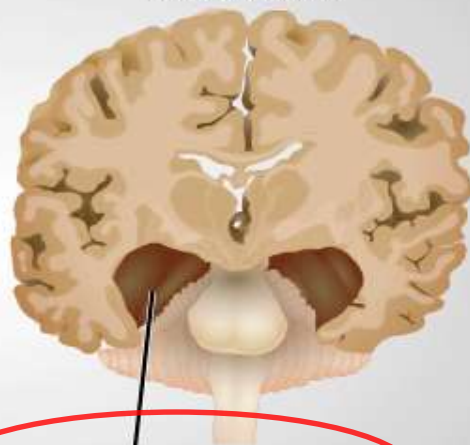
~~Sémantique  
(mots, idées,  
concepts)~~

Normal brain



Hippocampus

H.M.'s brain

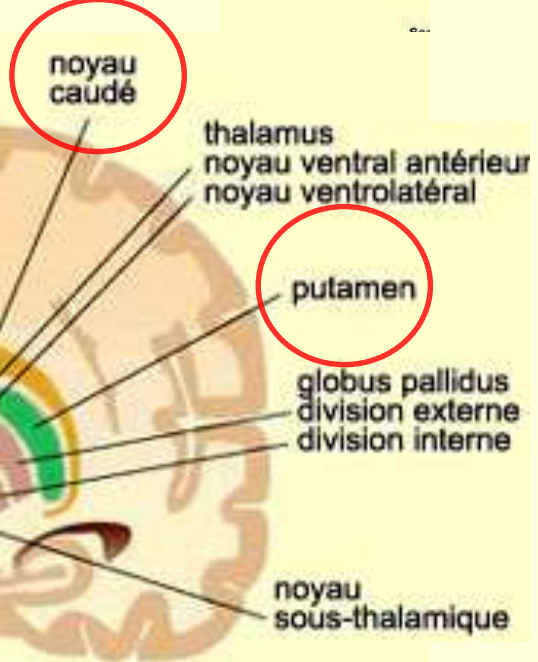
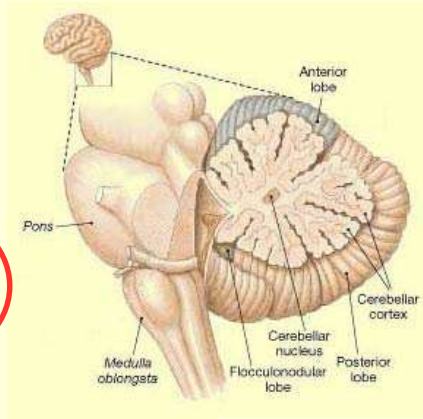
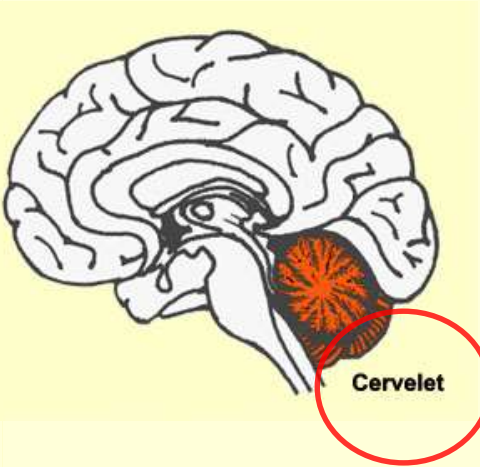


Hippocampus removed

Mémoire à long terme

Implicite (Non-déclarative)

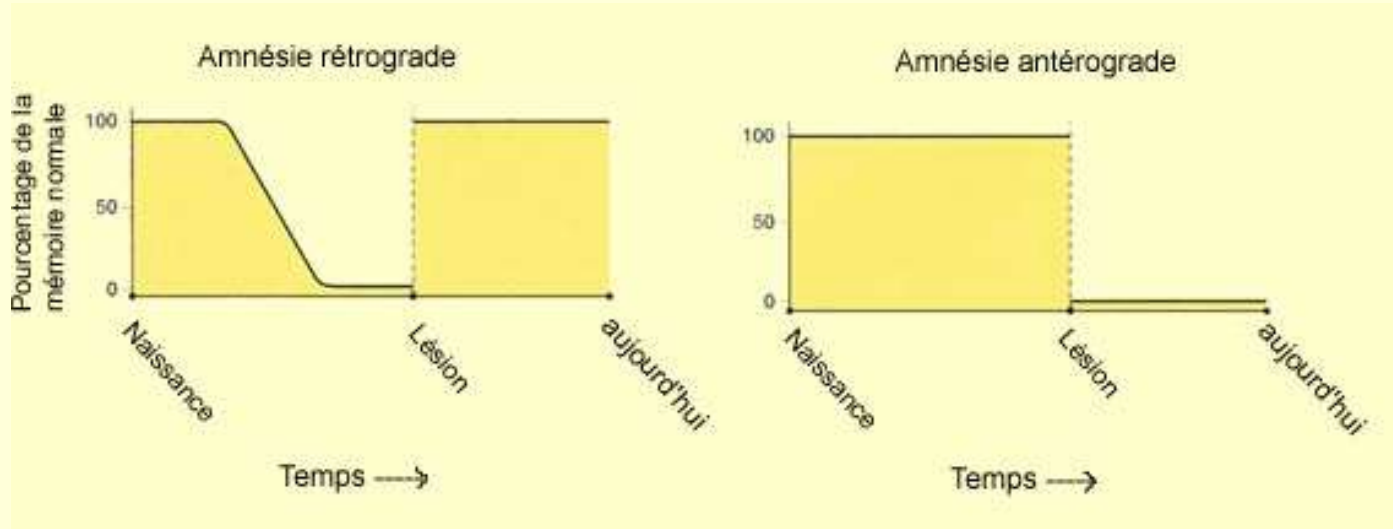
Procédurale  
(habiletés)



téleencéphale

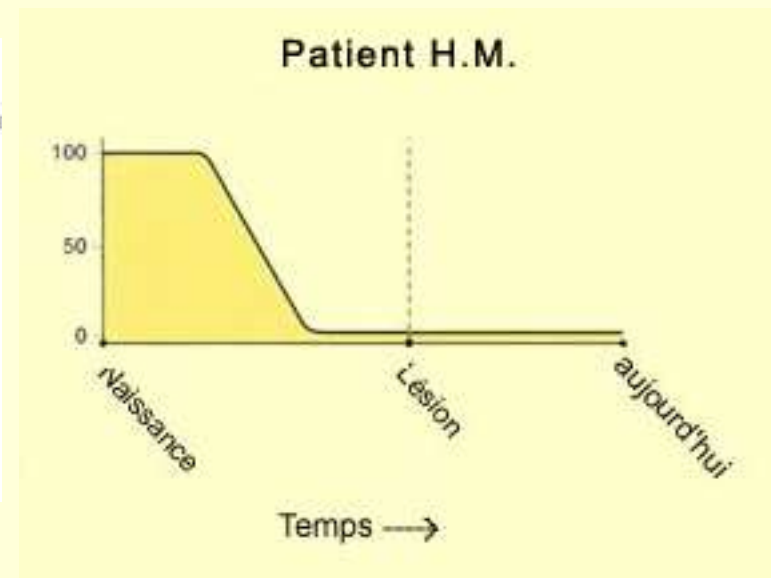
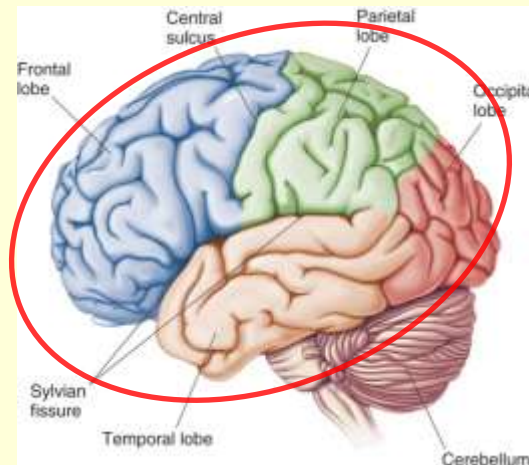
- En plus de cette amnésie « antérograde », H.M. avait une amnésie « **rétrograde** » **graduelle** (avait oublié ce qui s'était passé avant l'opération, mais avait gardé ses souvenirs anciens, d'enfance, etc.)





Les très vieux souvenirs semblent pouvoir se passer de l'hippocampe,

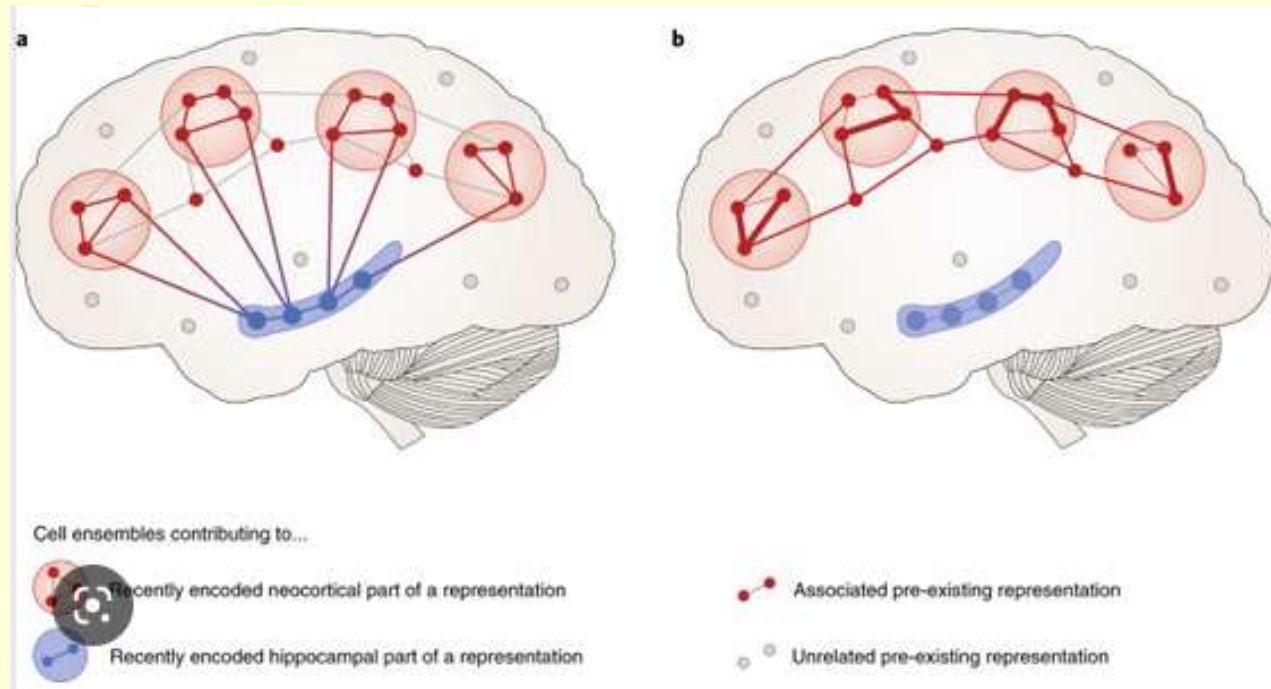
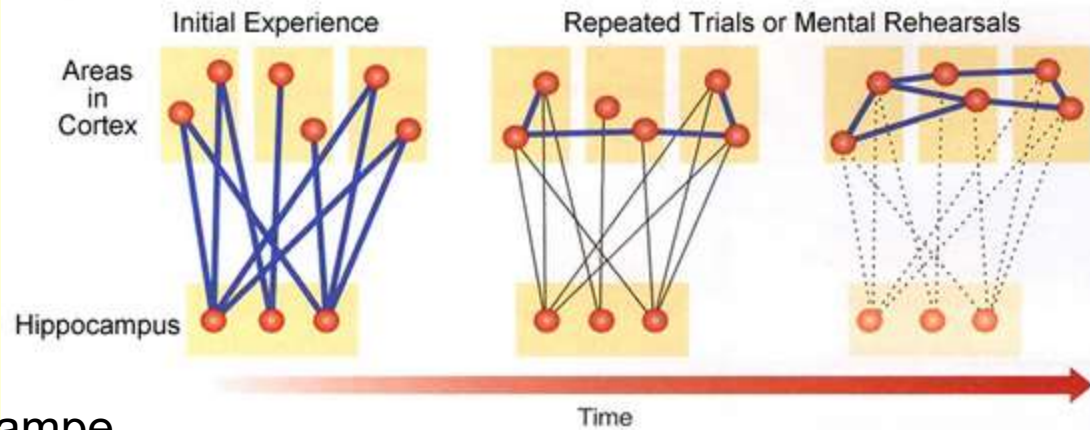
comme si la trace pouvait être transférée au cortex...





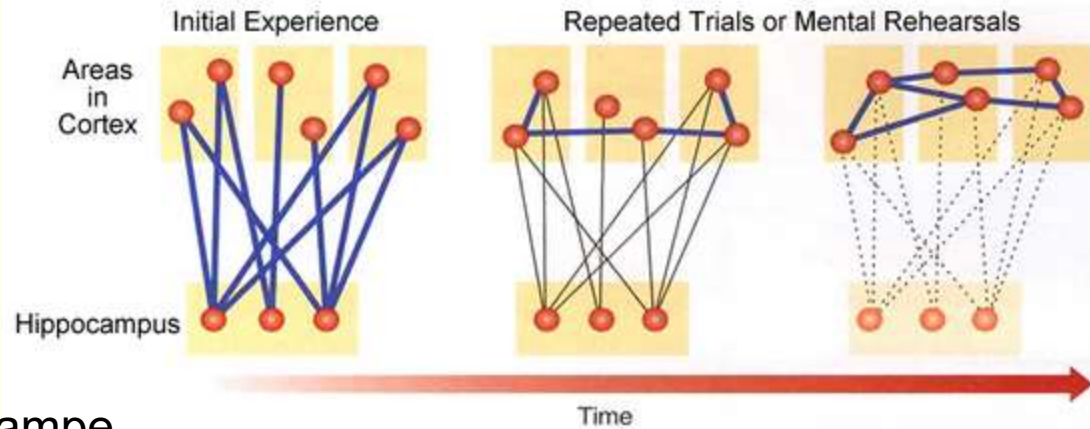
## Le « modèle de la consolidation standard »

- Les souvenirs sont formés en premier dans l'hippocampe
- Avec le temps, ils se transfèrent dans le cortex
- Donc rôle **transitoire** de l'hippocampe



## Le « modèle de la consolidation standard »

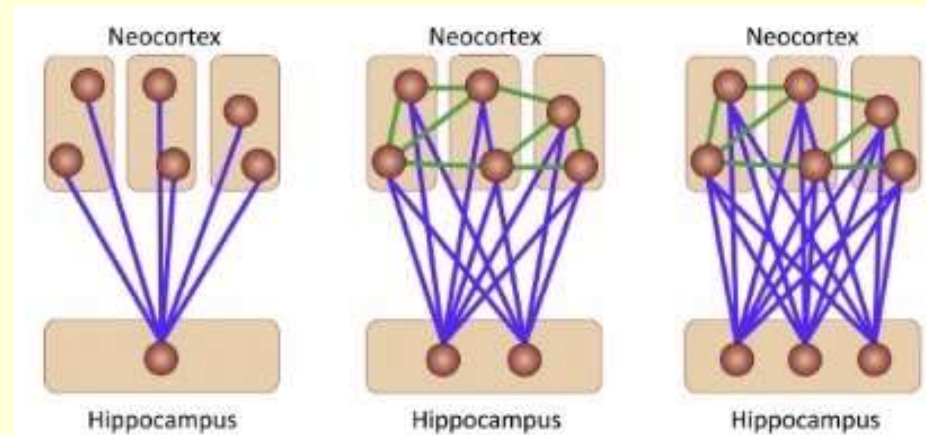
- Les souvenirs sont formés en premier dans l'hippocampe
- Avec le temps, ils se transfèrent dans le cortex
- Donc rôle **transitoire** de l'hippocampe



## La « théorie des traces multiples » (« multiple memory trace theory »)

→ Depuis 20 ans, suite à des études de lésions causant des amnésies...

- Les souvenirs sont encore formés en premier dans l'hippocampe
- Mais seulement les souvenirs **sémantiques** seront encodés dans le **cortex** (et + de réactivations = + d'index créés dans l'hippocampe)



- L'hippocampe serait toujours nécessaire pour le rappel d'un souvenir **épisodique**, contrairement à la théorie standard, et ce, peu importe l'âge de ce souvenir.

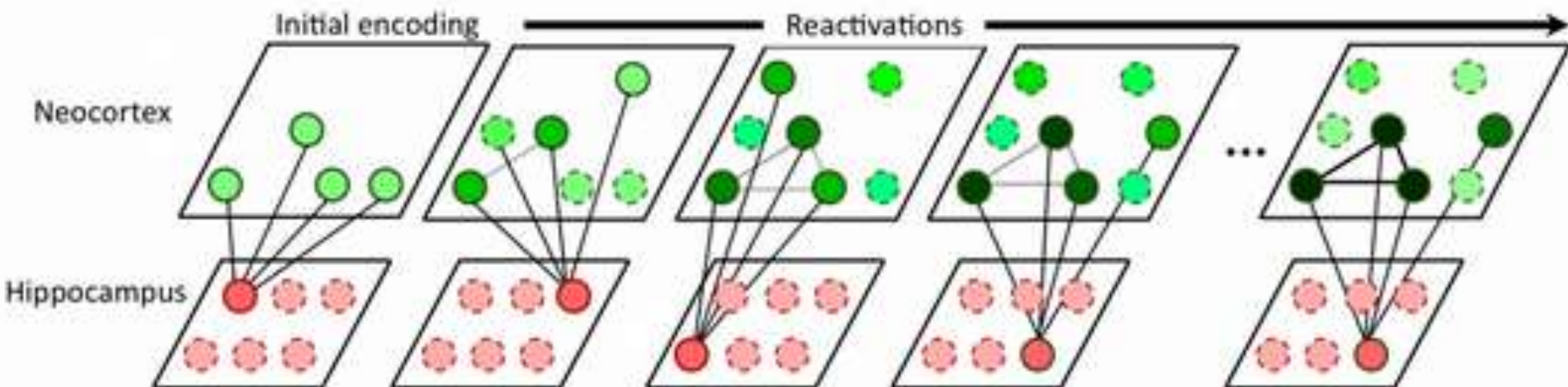
## La théorie des traces compétitives

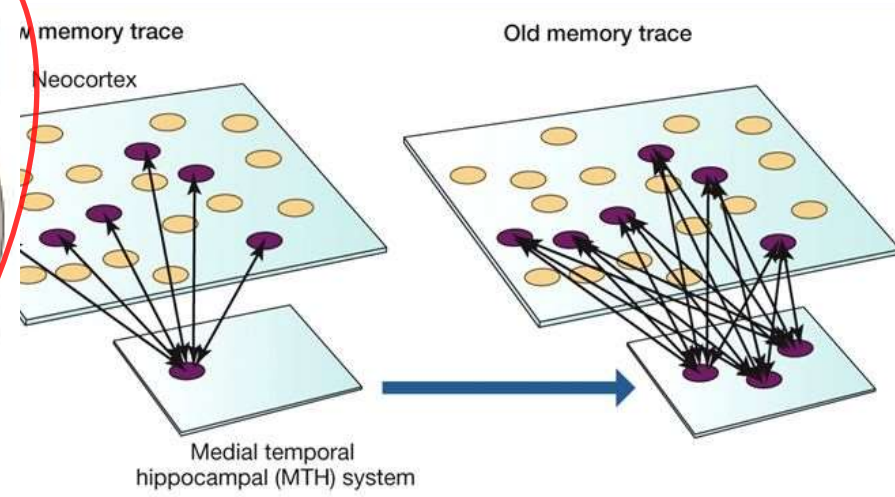
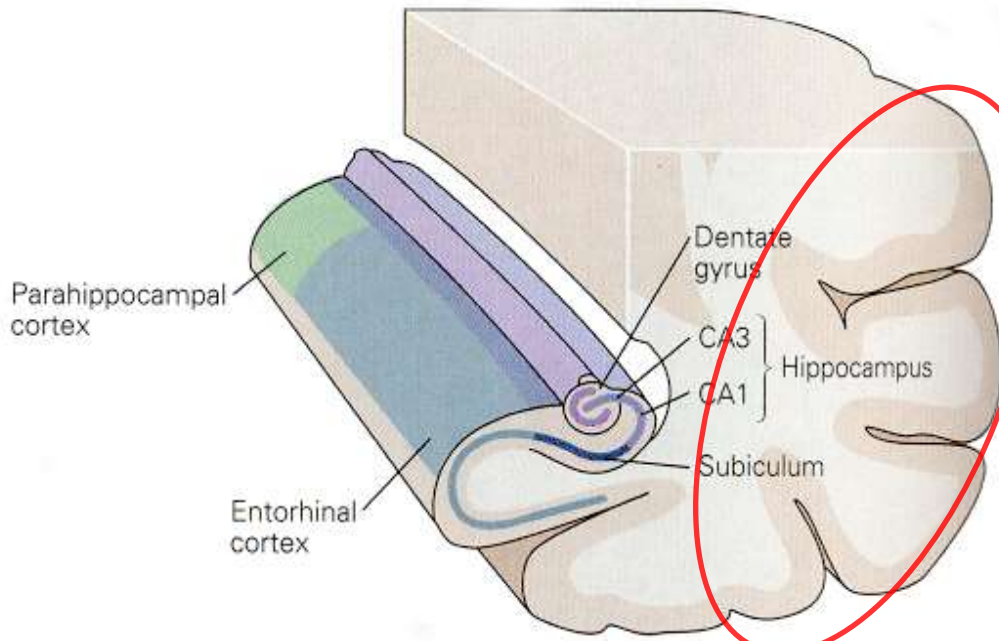
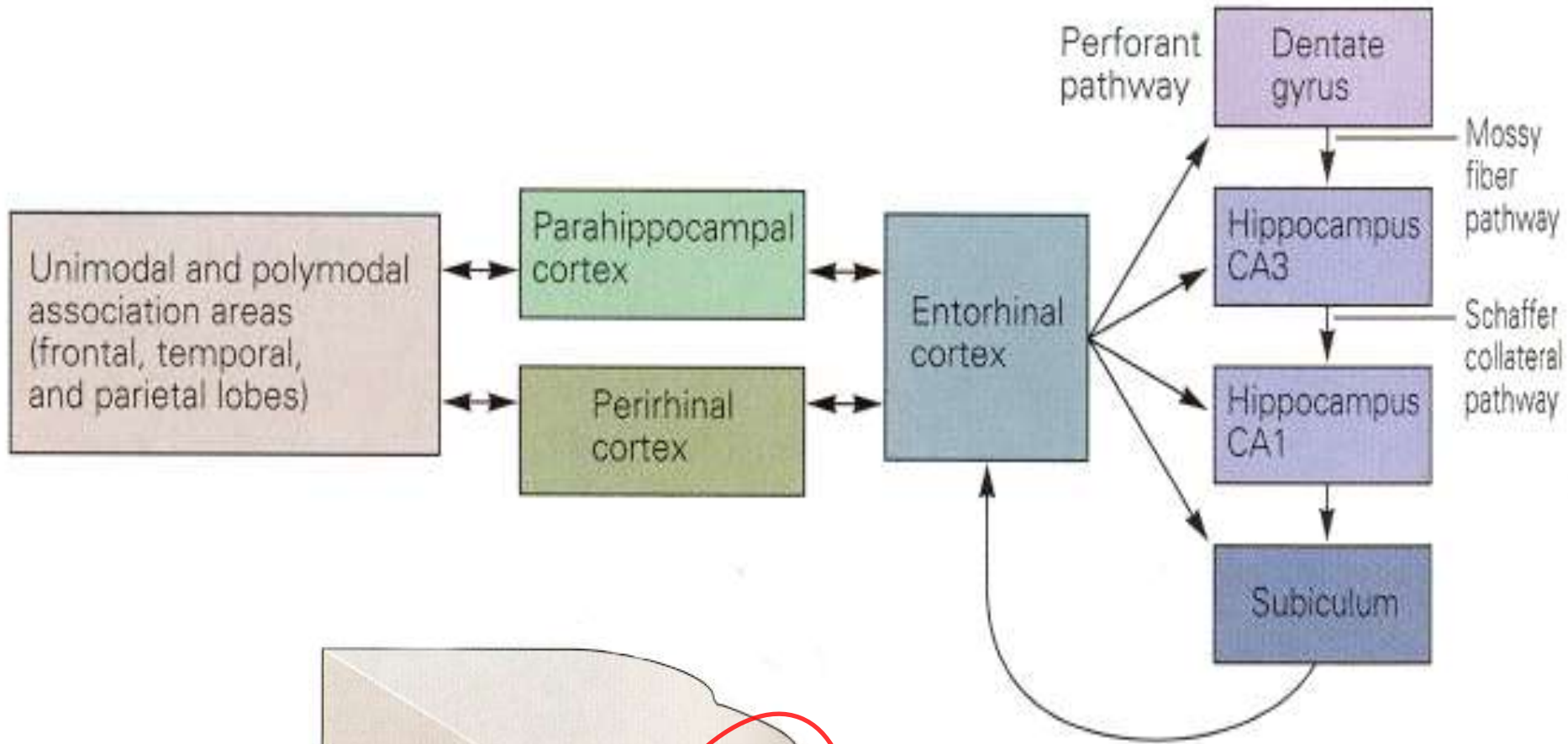
Considère la distinction entre souvenirs épisodiques et sémantiques comme **trop tranchée et simpliste**.

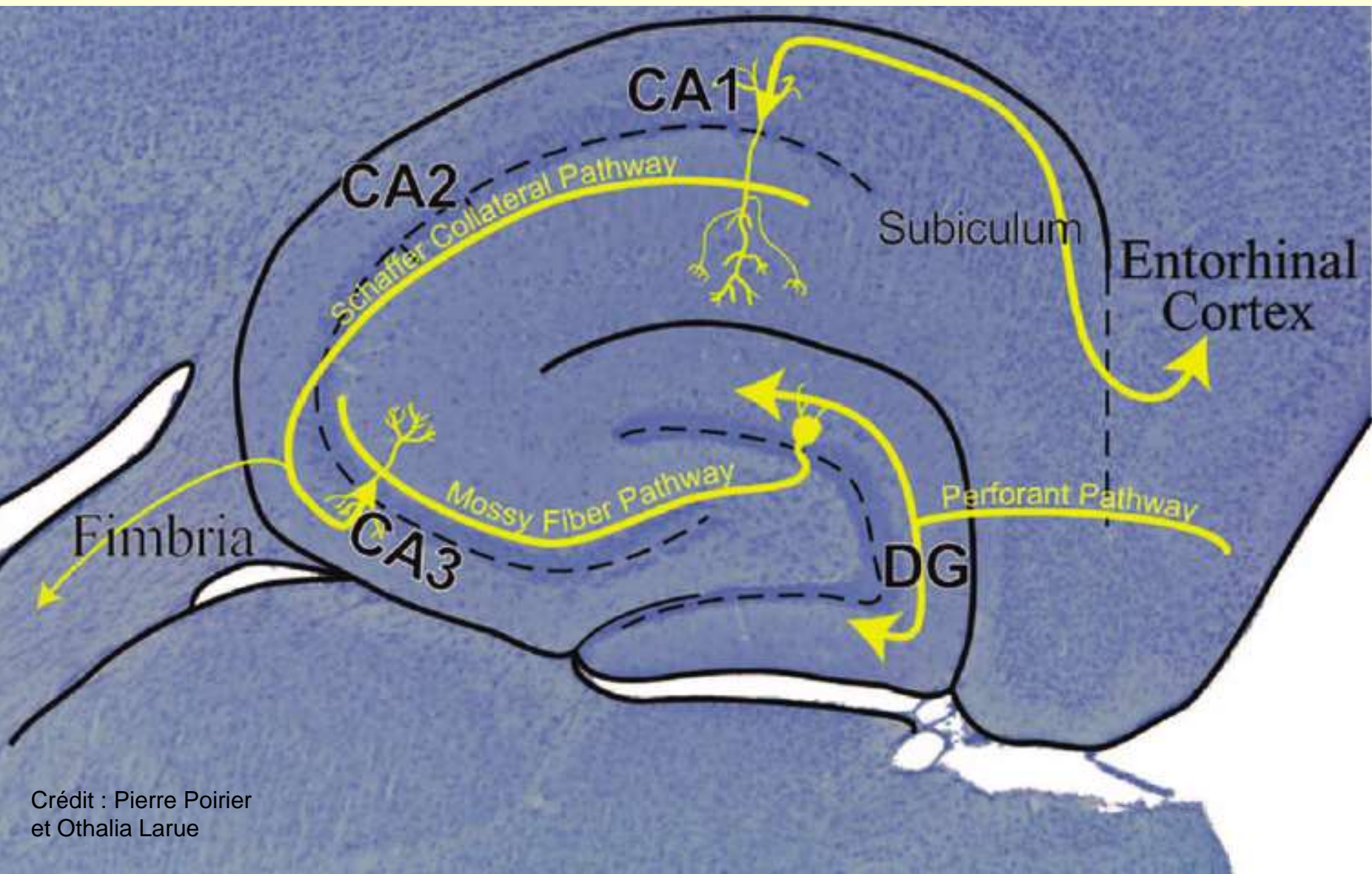
Envisage plutôt la fonction de l'hippocampe, quand on se rappelle de quelque chose, **comme en étant une de « recontextualisation »**.

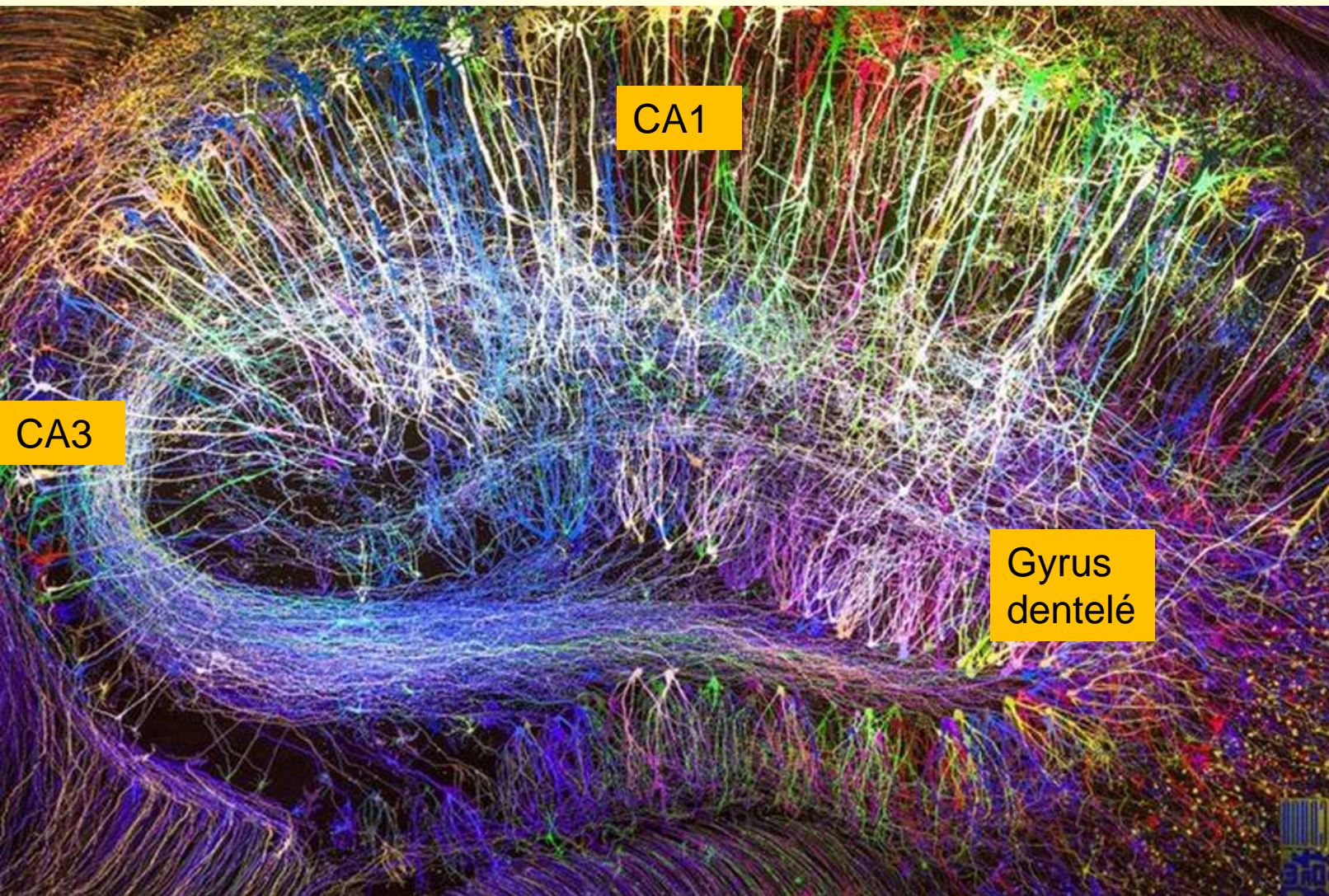
Chaque fois qu'on se rappelle un souvenir, l'hippocampe le réencoderait dans le cortex de manière similaire **mais non identique**.

Avec le temps, le rappel répété d'un souvenir dans différents contextes produit entre les engrammes corticaux correspondant une « **interférence compétitive** », phénomène qui va solidifier à la longue ce qui constitue le **cœur de cet engramme** au détriment de ses régions plus variables.









CA1

CA3

Gyrus  
dentelé

Cortex  
entorhinal

Coloration « **Brainbow** »

**Évolution** des différents types de mémoire

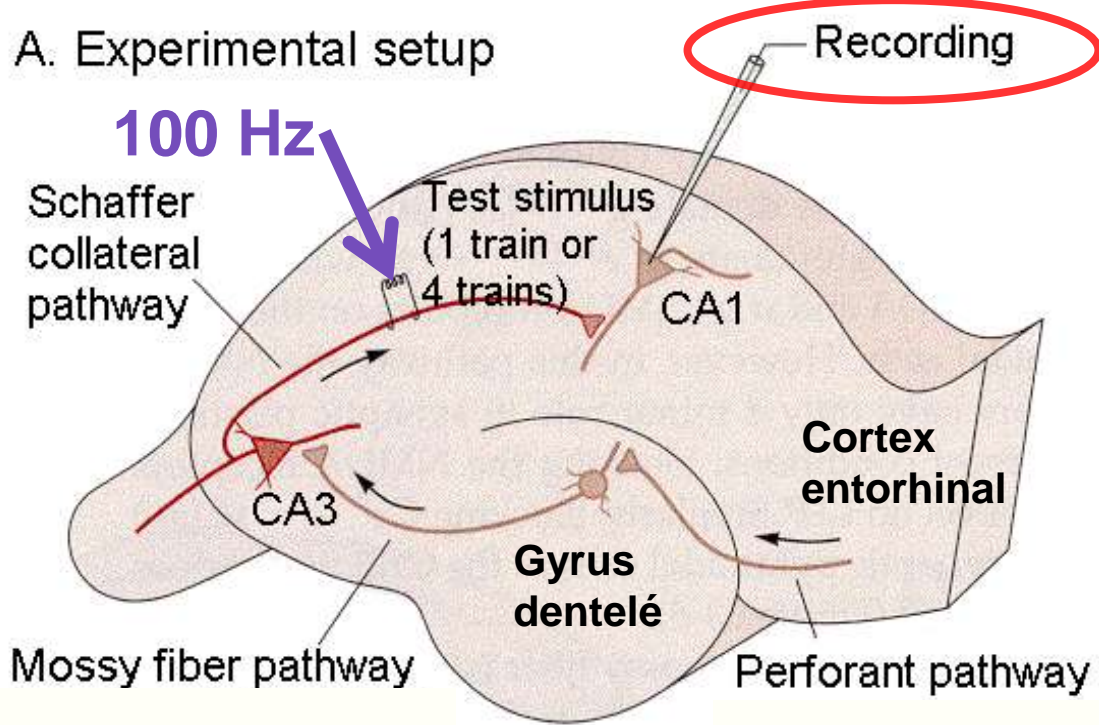
L'ablation de l'hippocampe chez **le patient H.M.**

Quelques **mécanismes** cellulaires à la base de notre mémoire

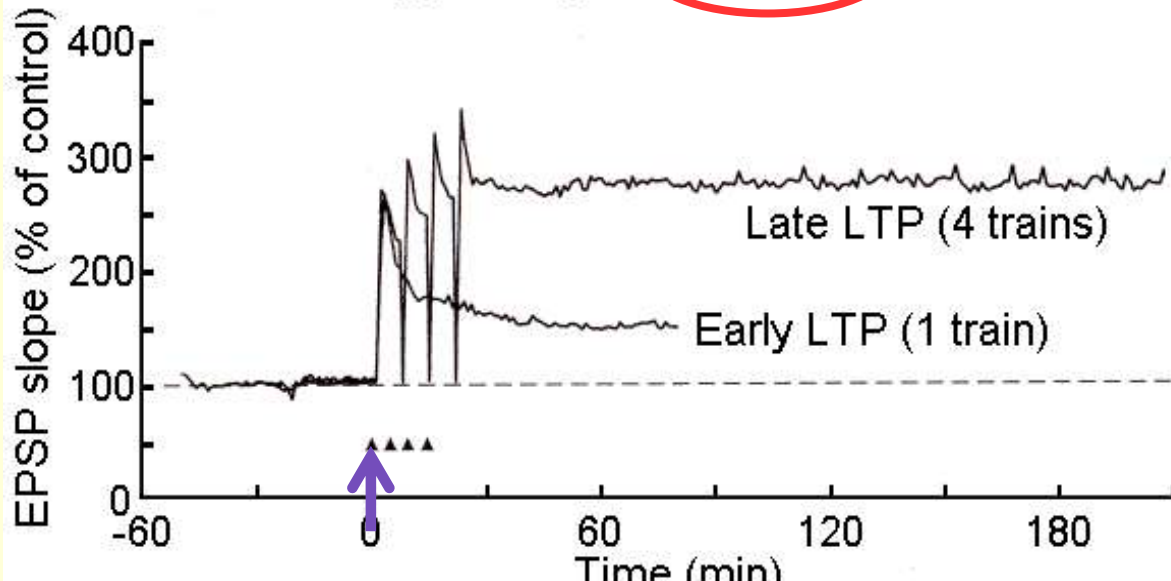
La trace physique ou « **l'engramme** » d'un souvenir

Concrètement, qu'est-ce qui peut **favoriser l'apprentissage et la mémoire ?**

### A. Experimental setup



### B. LTP in the hippocampus CA1 area



En 1973,  
on a découvert dans  
les neurones de  
l'hippocampe un  
phénomène qu'on  
appelle la  
**potentialisation à long  
terme (PLT)**

en stimulant à haute-  
fréquence les  
collatérales de Schaffer

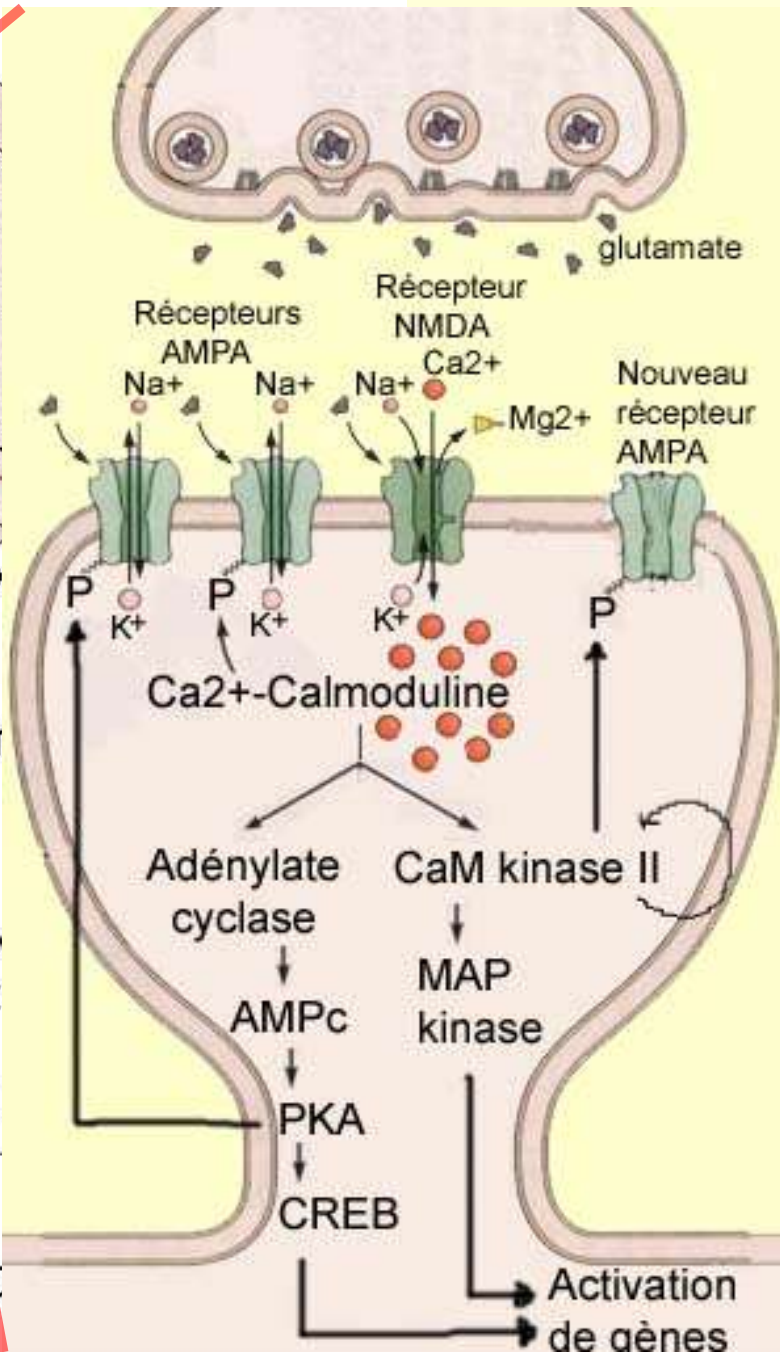
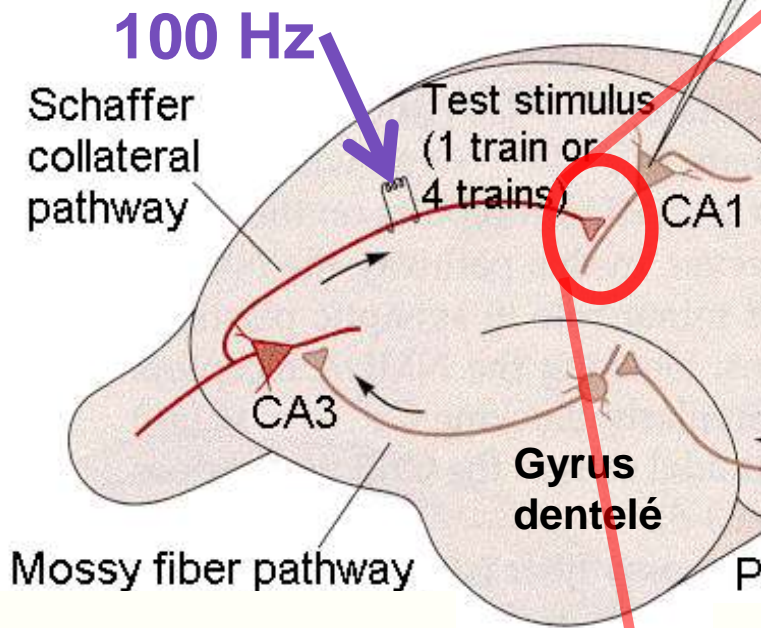
Video : Neuroscience –  
**Long-Term Potentiation**  
Carleton University

[https://www.youtube.com/watch?v=vso9jgfp1\\_c](https://www.youtube.com/watch?v=vso9jgfp1_c)

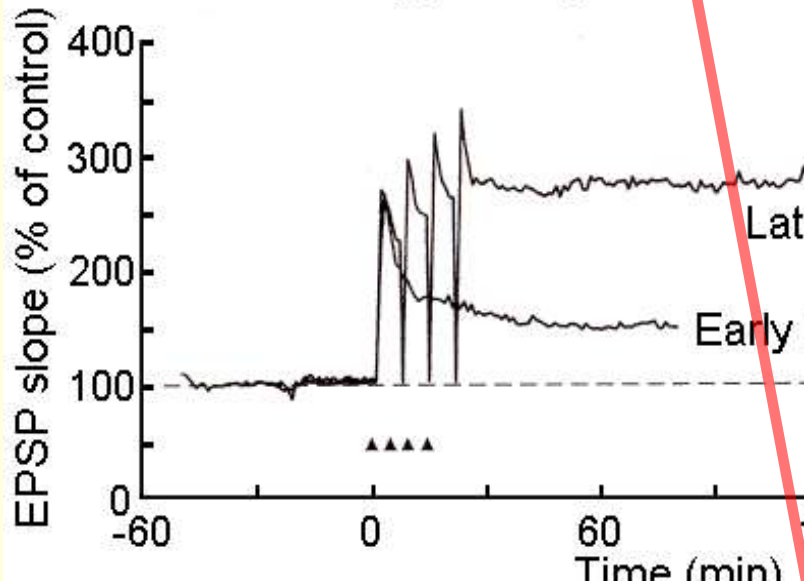
2:40 à 6:30

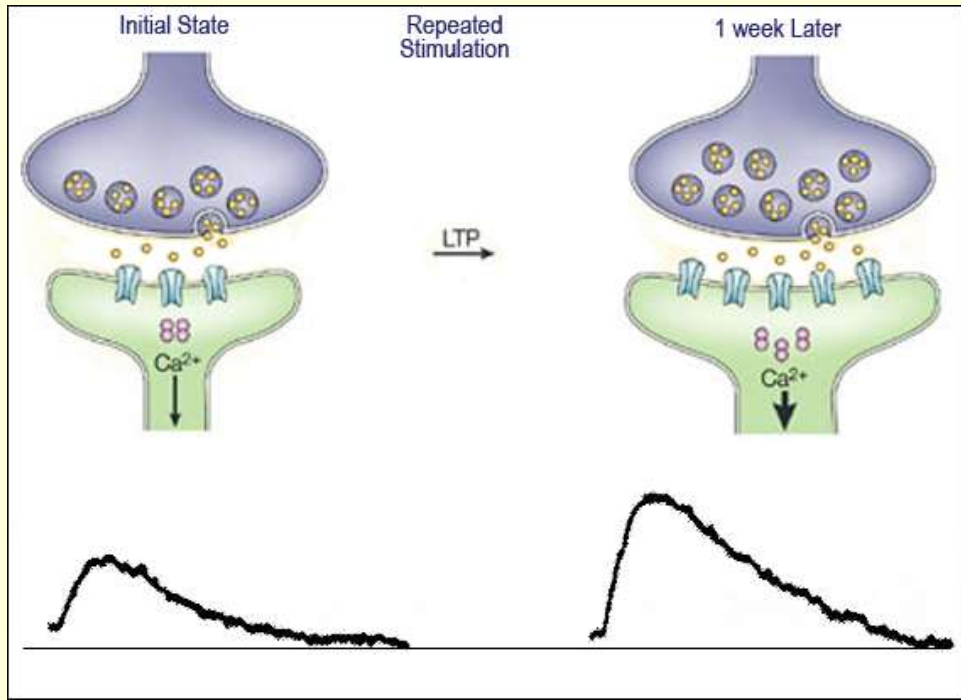
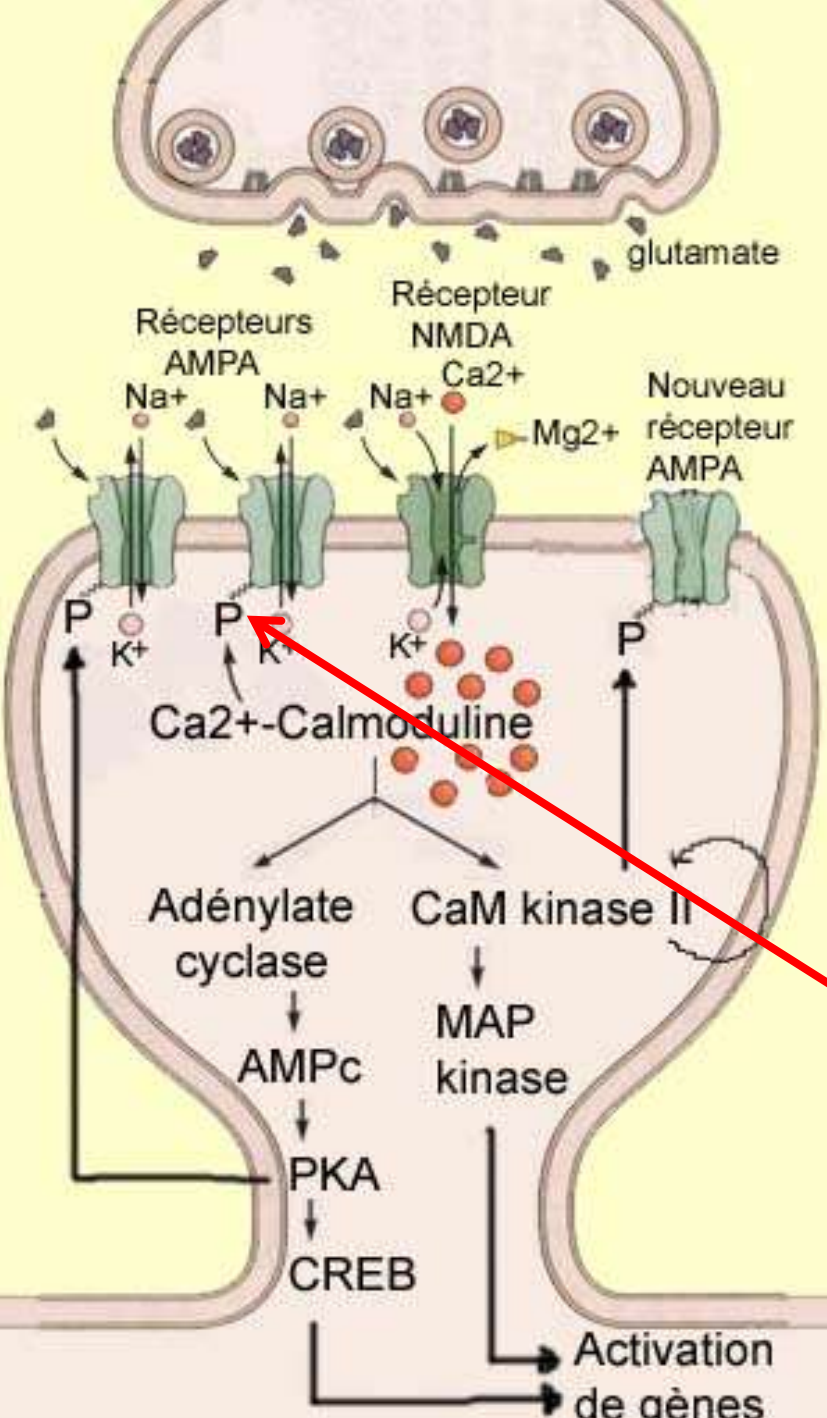


### A. Experimental setup



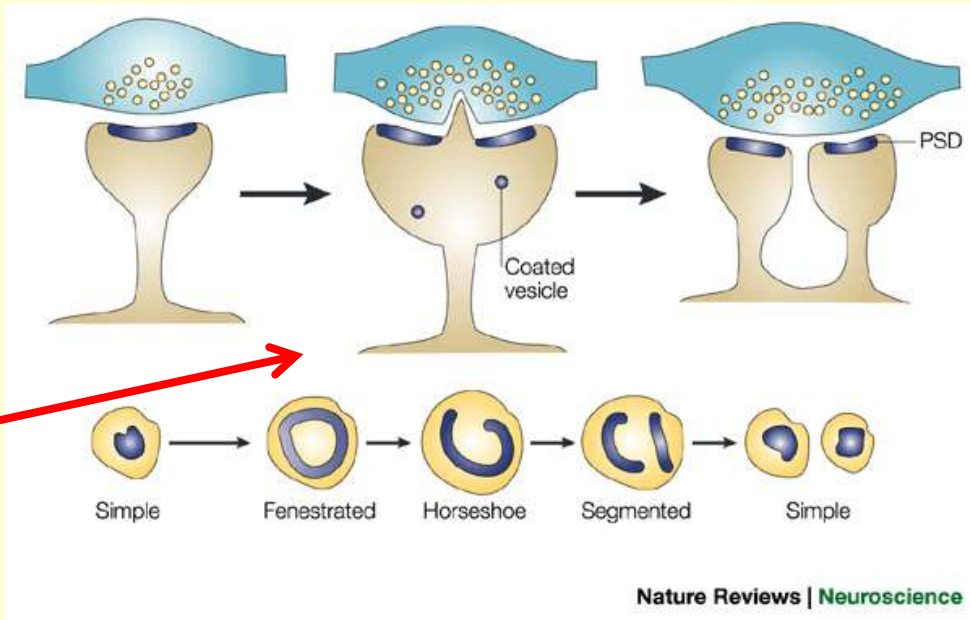
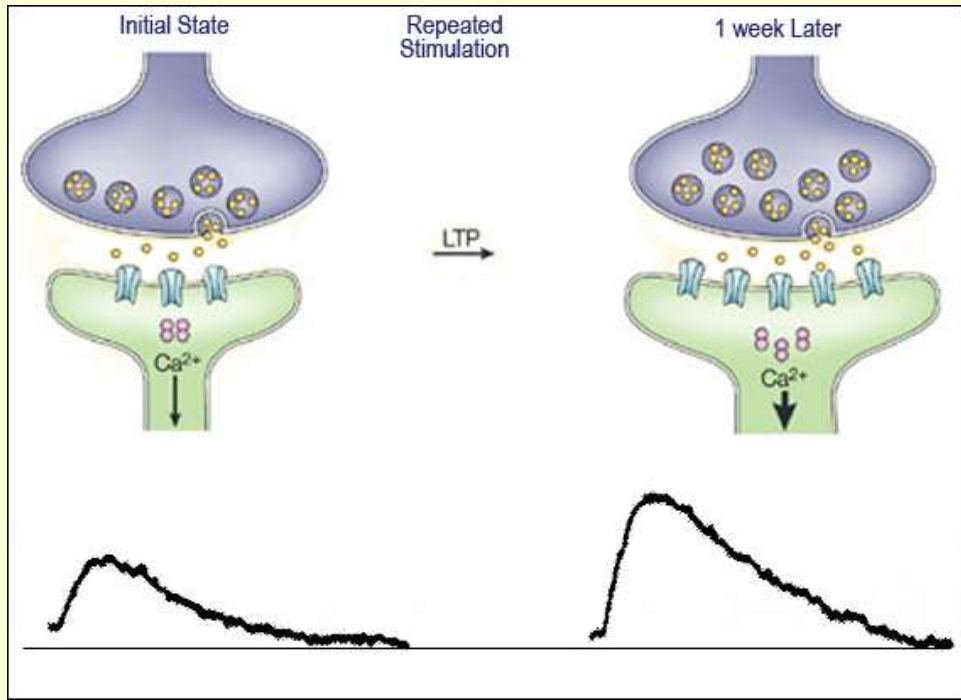
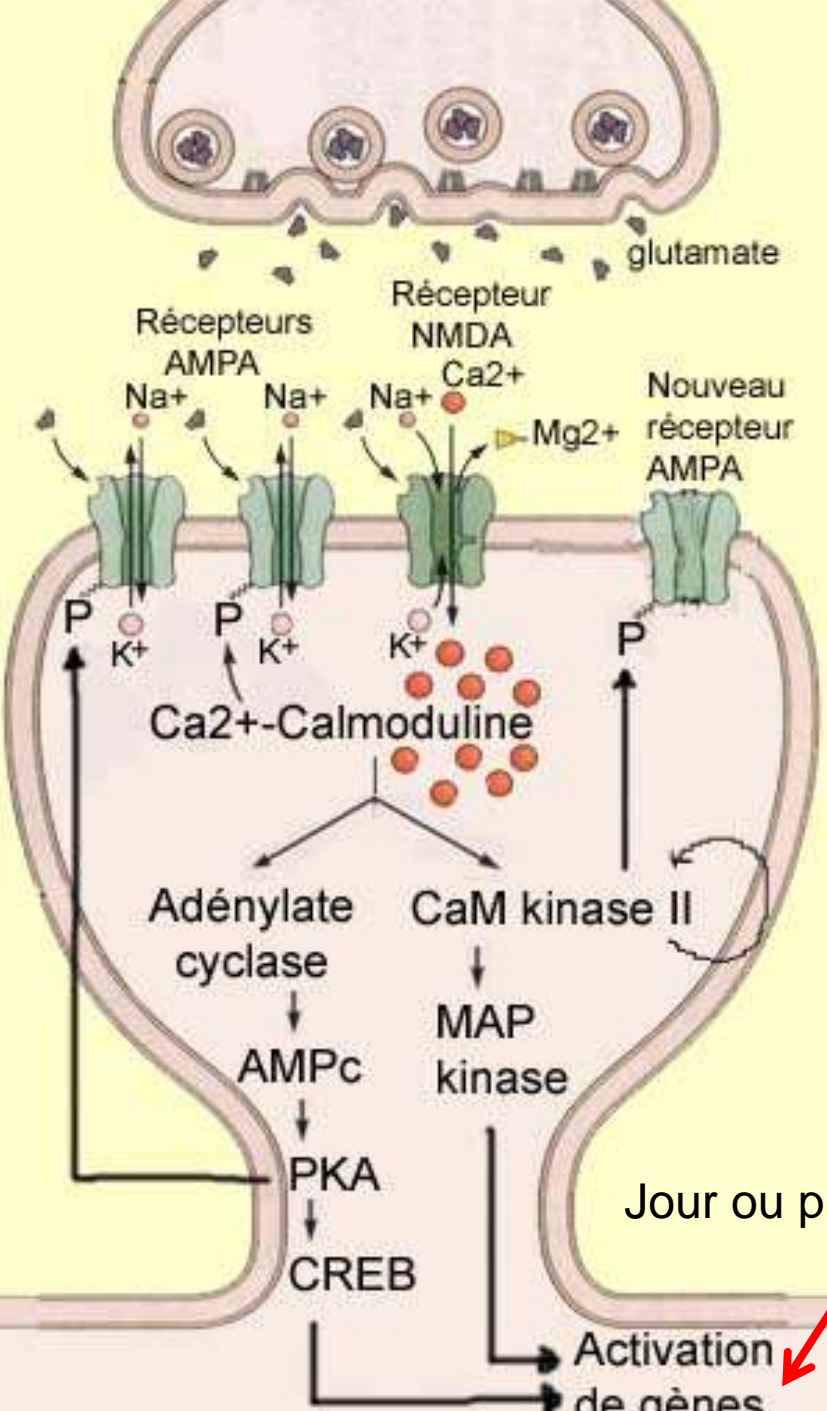
### B. LTP in the hippocampus CA1 and CA3





**Ordre de grandeur temporelle :**

Minutes ou heures



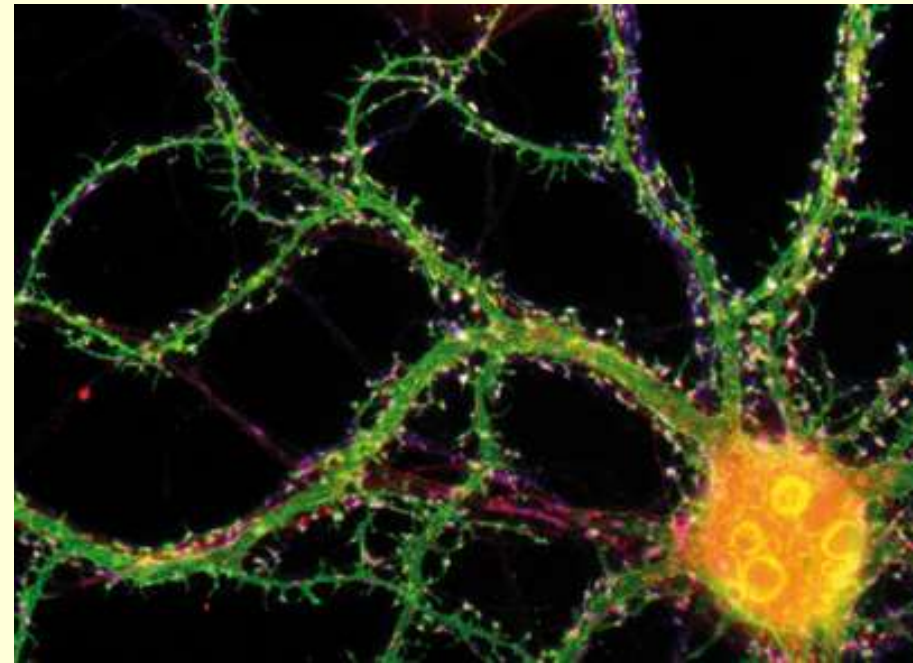
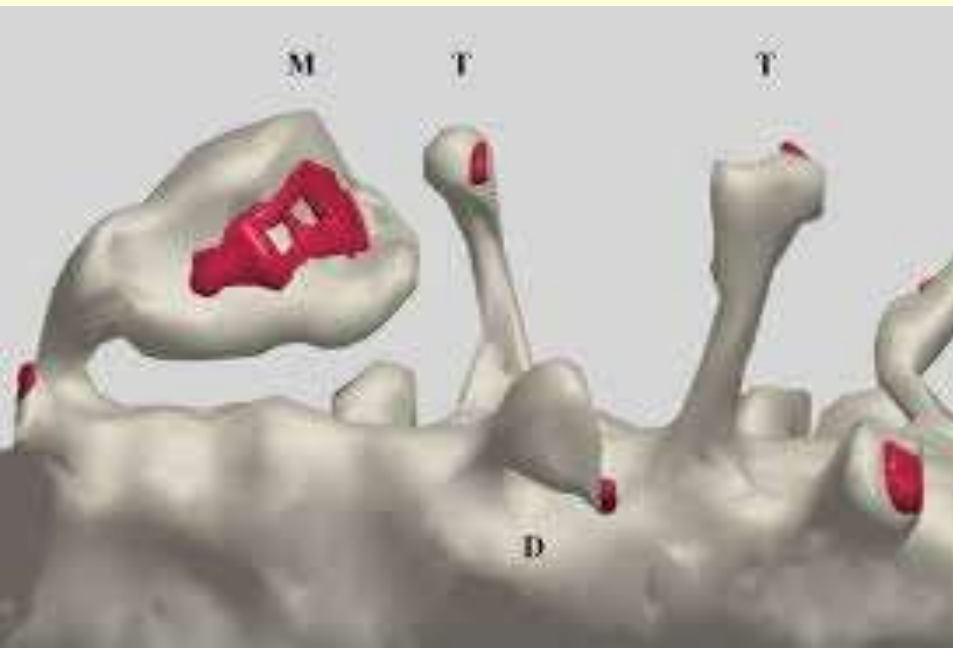
Jour ou plus



Nos diverses interactions quotidiennes avec le monde font augmenter d'environ 20% la surface du bout de l'axone et de l'épine dendritique qui se font face.

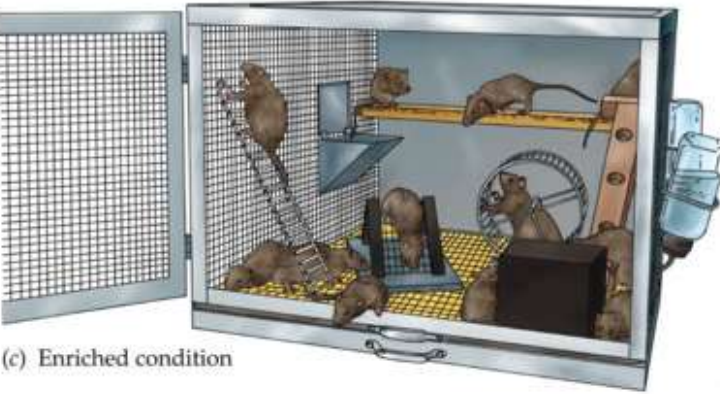
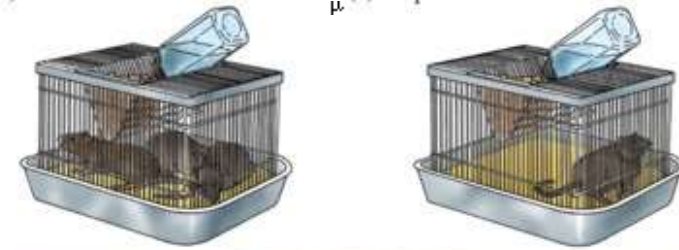
Et l'inverse se produit durant la nuit : une diminution d'environ 20% de la surface synaptique (sauf peut-être pour celles des souvenirs marquants de la journée).

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2018/02/27/les-traces-neurales-de-nos-souvenirs-conceptuels/>



a) Standard condition

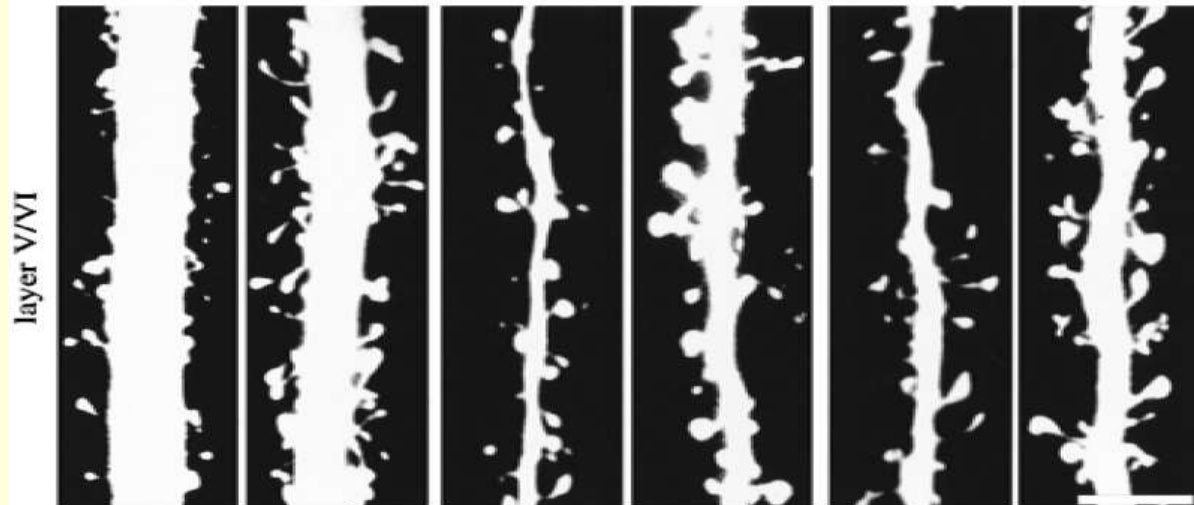
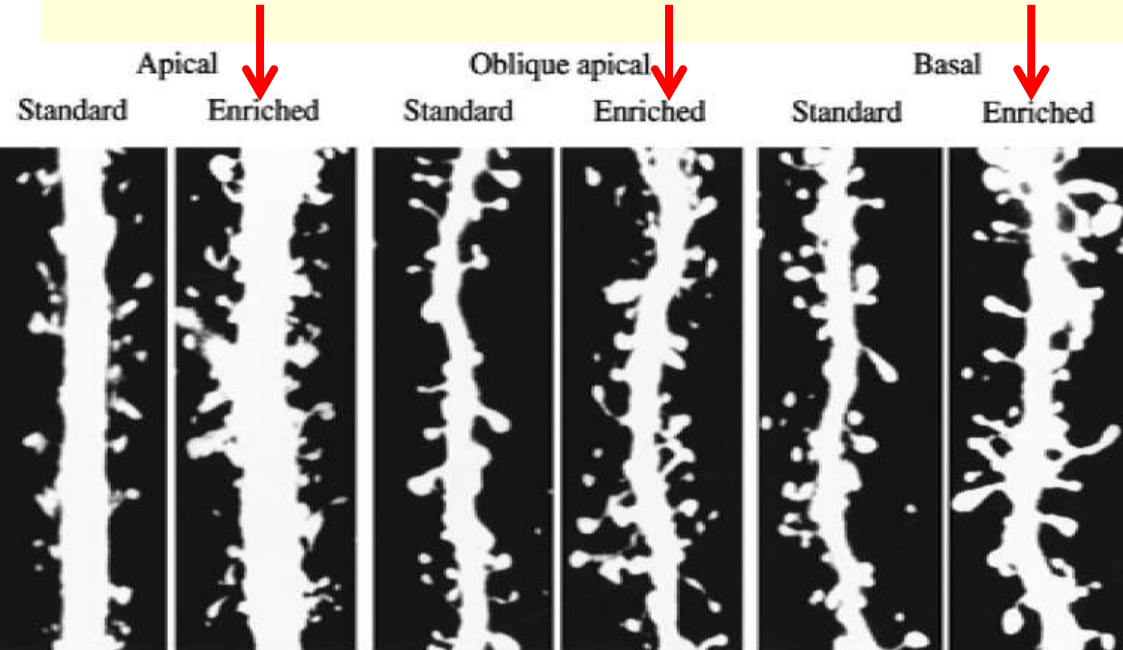
b) Impoverished condition



(c) Enriched condition

Psychology 6e, Figure 17.17

Les neurones pyramidaux du groupe venant de l'environnement **enrichi** ont davantage d'épines dendritiques que ceux des rats du groupe standard à la fois dans les couches II/III et V/VI.



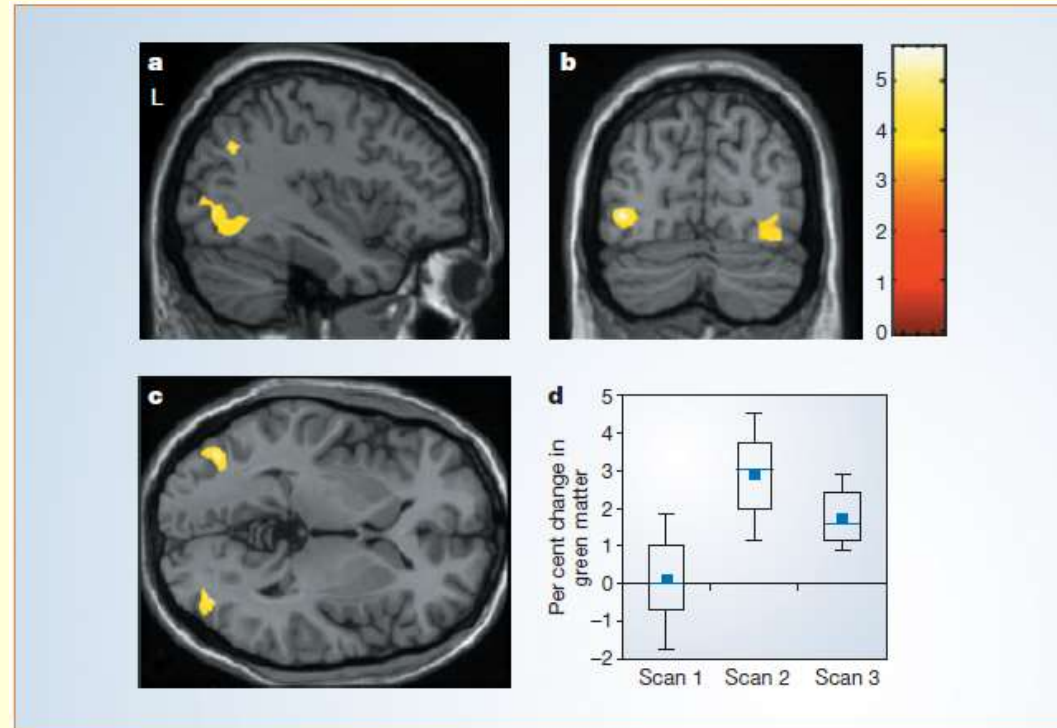
Épines dendritique de neurones du cortex somatosensoriel de rats adultes ayant grandi dans des cages **standard** ou dans un environnement **enrichi** durant 3 semaines.

# Changes in grey matter induced by training

Nature, 2004

Bogdan Draganski\*, Christian Gaser†, Volker Busch\*, Gerhard Schuierer‡, Ulrich Bogdahn\*, Arne May\*

[https://www.researchgate.net/publication/305381022\\_Neuroplasticity\\_changes\\_in\\_grey\\_matter\\_induced\\_by\\_training](https://www.researchgate.net/publication/305381022_Neuroplasticity_changes_in_grey_matter_induced_by_training)



**Figure 1** Transient changes in brain structure induced while learning to juggle. **a–c**, Statistical parametric maps showing the areas with transient structural changes in grey matter for the jugglers group compared with non-juggler controls. **a**, Sagittal view; **b**, coronal view; **c**, axial view. The increase in grey matter is shown superimposed on a normalized T1 image. The left side (L) of the brain is indicated. A significant expansion in grey matter was found between the first and second scans in the mid-temporal area (hMT/V5) bilaterally (left:  $x, -43; y, -75; z, -2$ , with  $Z = 4.70$ ; right:  $x, 33; y, -82; z, -4$ , with  $Z = 4.09$ ) and in the left posterior intraparietal sulcus ( $x, -40; y, -66; z, 43$  with  $Z = 4.57$ ), which had decreased by the time of the third scan. Colour scale indicates Z scores, which correlate with the significance of the change. **d**, Relative grey-matter change in the peak voxel in the left hMT for all jugglers over the three time points. The box plot shows the standard deviation, range and the mean for each time point.

NATURE | VOL427 | 22 JANUARY 2004 | www.nature.com/nature

**Augmentation** de l'épaisseur de 2 régions du cortex 3 mois après être devenu « **expert** », puis **diminution** après 3 mois **d'inactivité**.

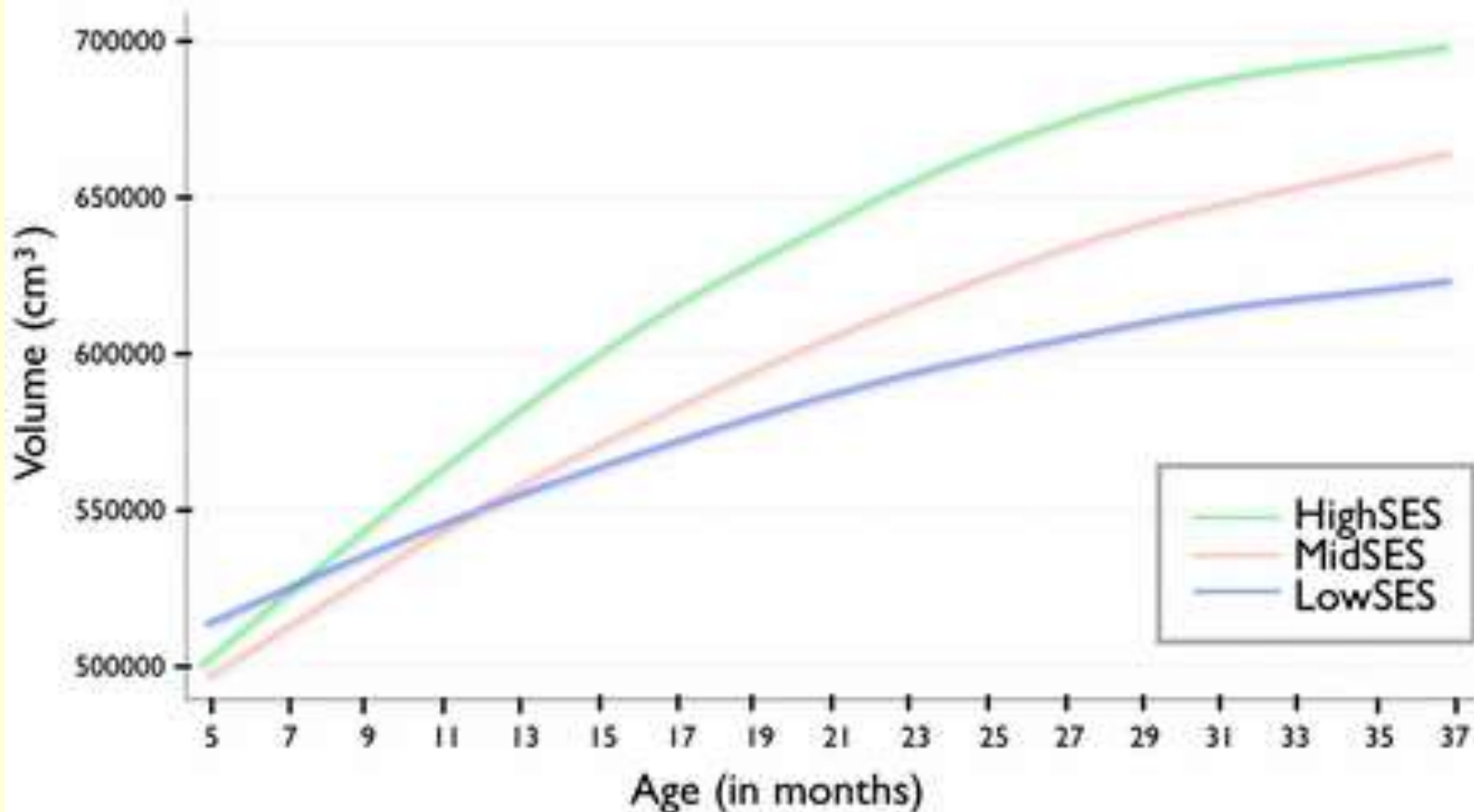
Wednesday, **February 03, 2016**

# The neuroscience of poverty.

[http://mindblog.dericbownds.net/2016/02/the-neuroscience-of-poverty.html?utm\\_source=feedburner&utm\\_medium=feed&utm\\_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29](http://mindblog.dericbownds.net/2016/02/the-neuroscience-of-poverty.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29)

## Total Gray Matter

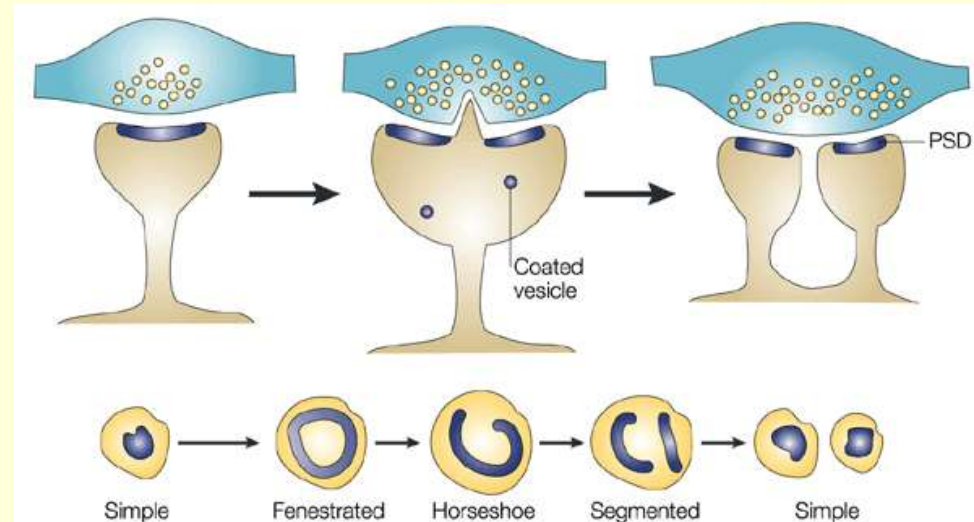
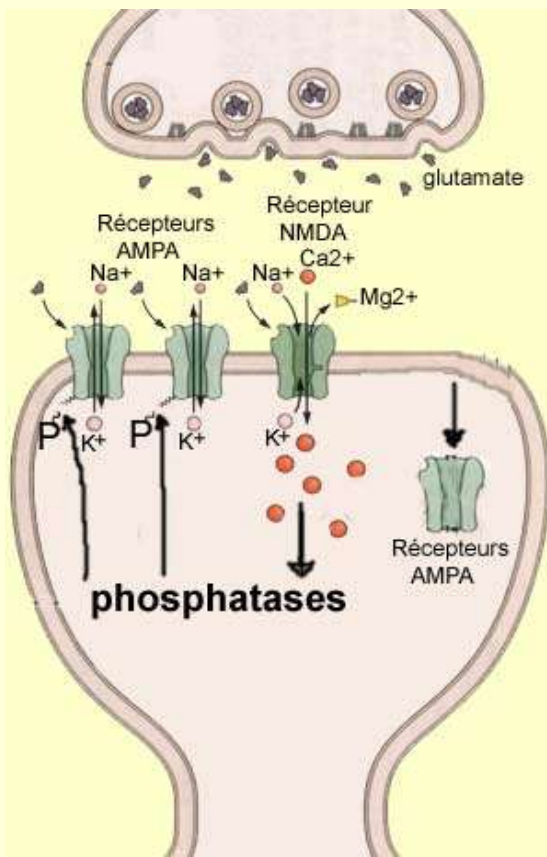
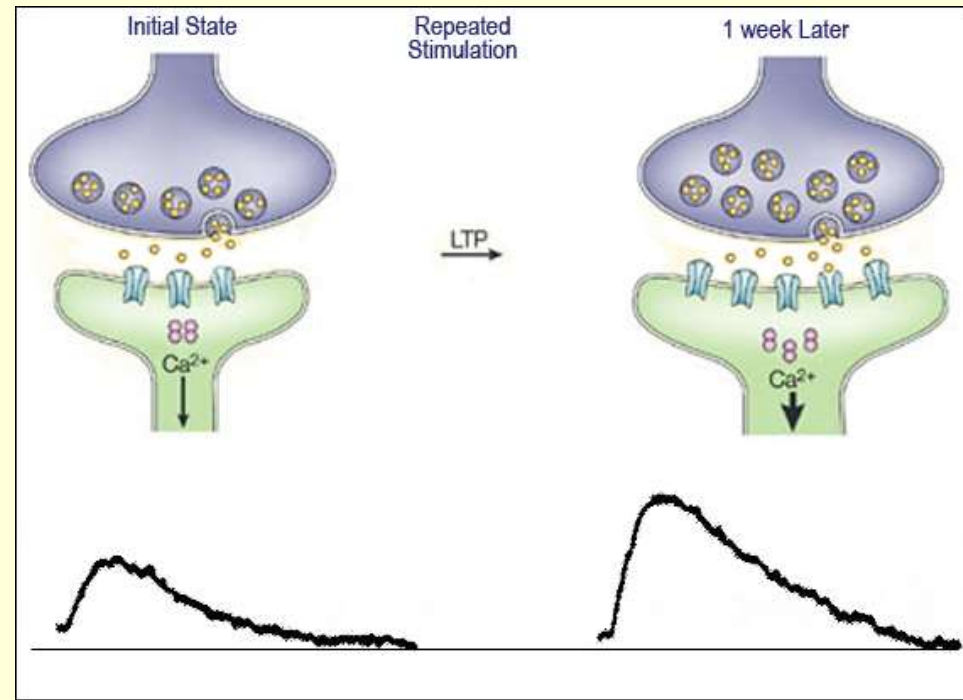
Surtout dans le lobe frontal et l'hippocampe.



La **potentialisation à long terme (PLT)** est l'un des mécanismes les plus documentés derrière les phénomènes d'apprentissage et de mémoire.

Mais il y en a beaucoup d'autres !

- La **dépression à long terme (DLT)**

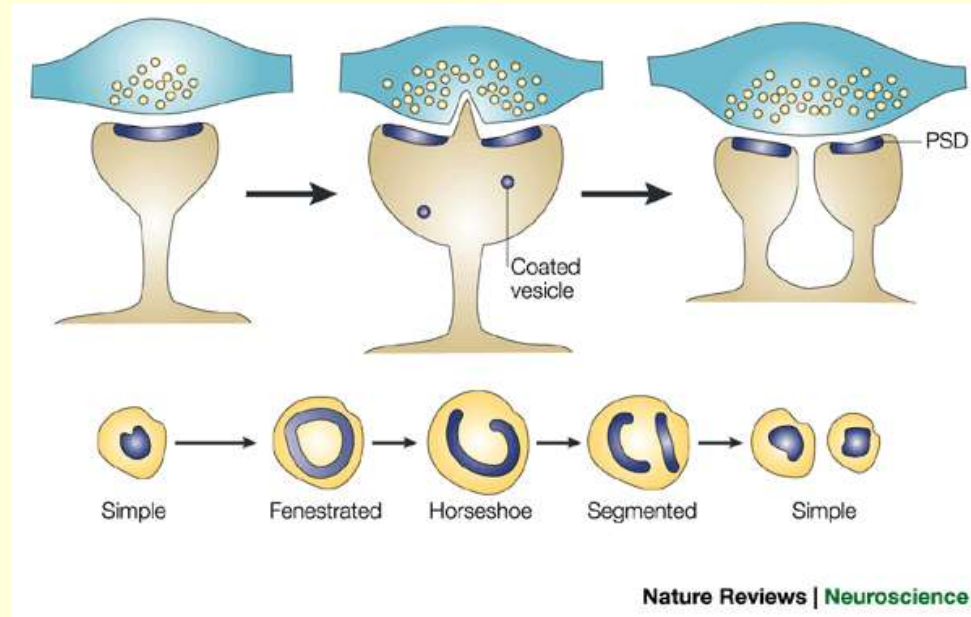
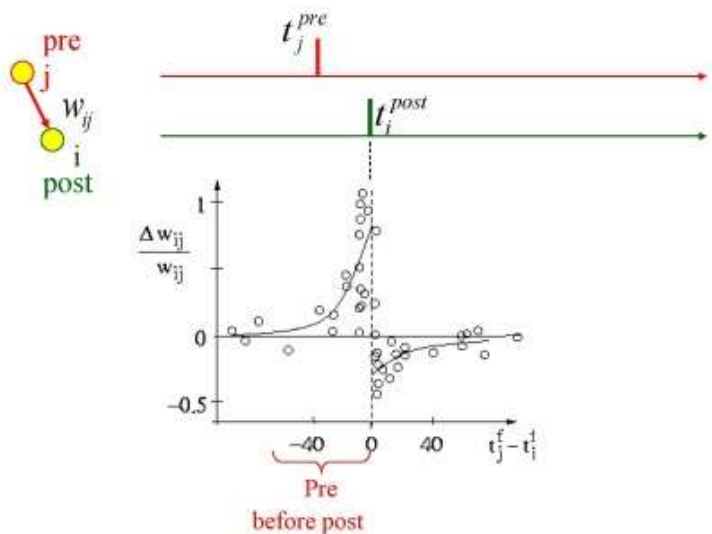
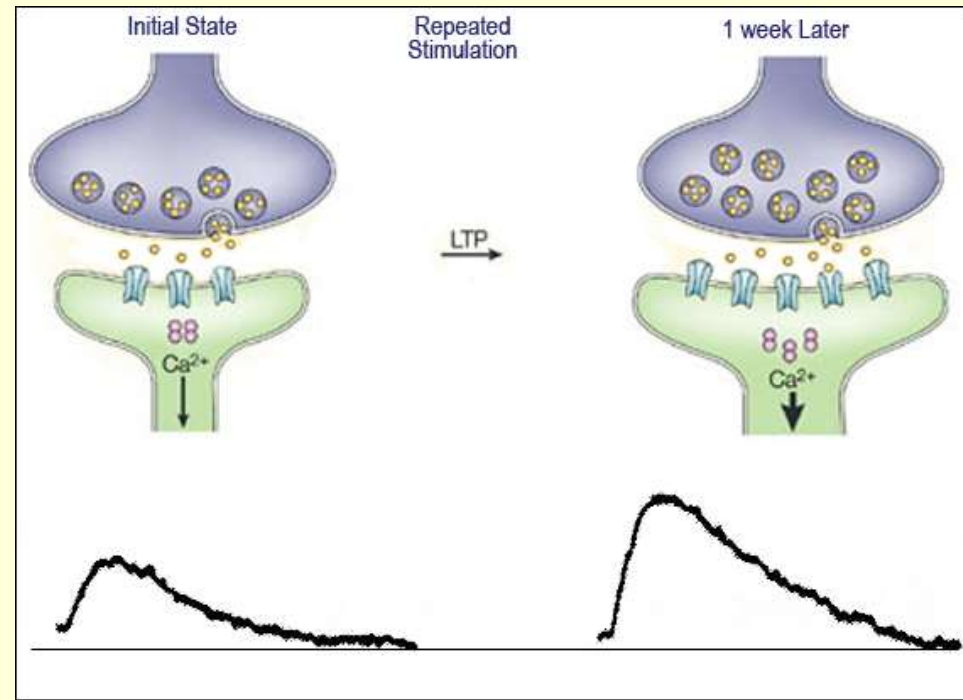




La **potentialisation à long terme (PLT)** est l'un des mécanismes les plus documentés derrière les phénomènes d'apprentissage et de mémoire.

Mais il y en a beaucoup d'autres !

- La **dépression à long terme (DLT)**
- La **plasticité dépendante du temps d'occurrence des impulsions** (« Spike-timing-dependent plasticity » ou STDP)

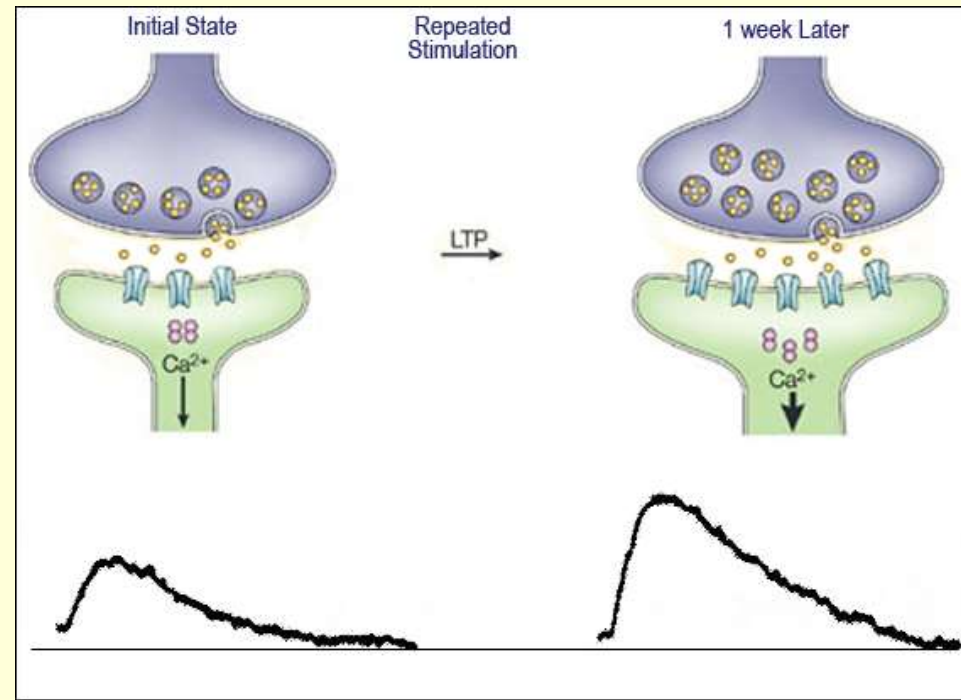
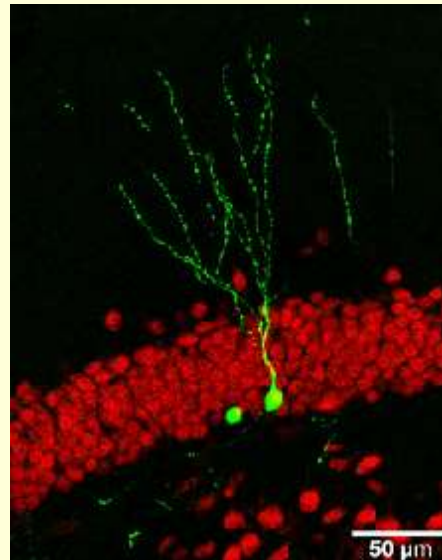
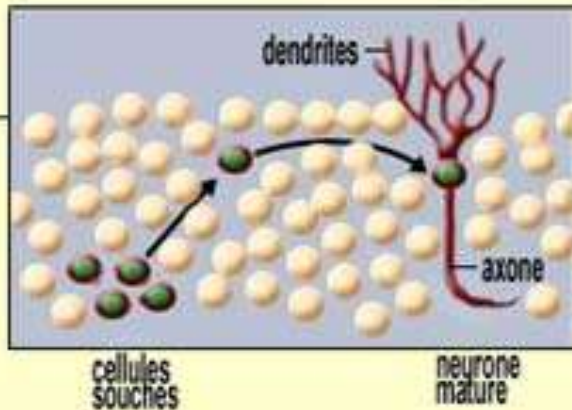


La **potentialisation à long terme (PLT)** est l'un des mécanismes les plus documentés derrière les phénomènes d'apprentissage et de mémoire.

Mais il y en a beaucoup d'autres !

- La **dépression à long terme (DLT)**
- La **plasticité dépendante du temps d'occurrence des impulsions** (« Spike-timing-dependent plasticity » ou STDP)

- La neurogenèse, etc...



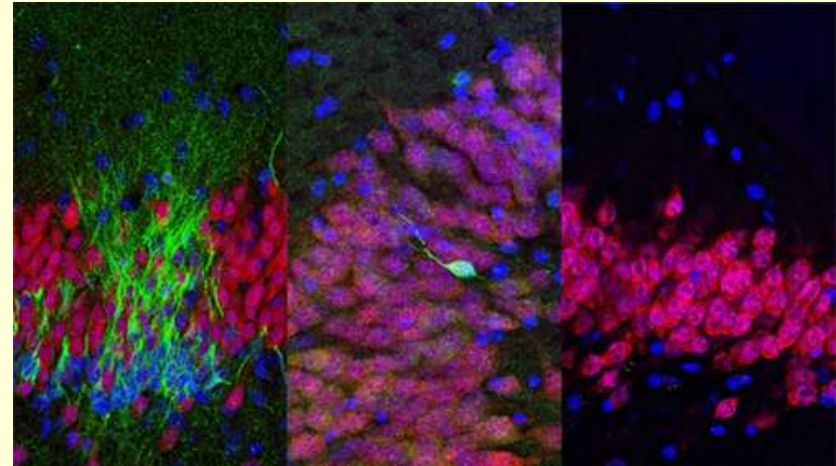
# Débat / Controverse :

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

27 mars 2018

## La neurogenèse dans le cerveau humain adulte remise en question

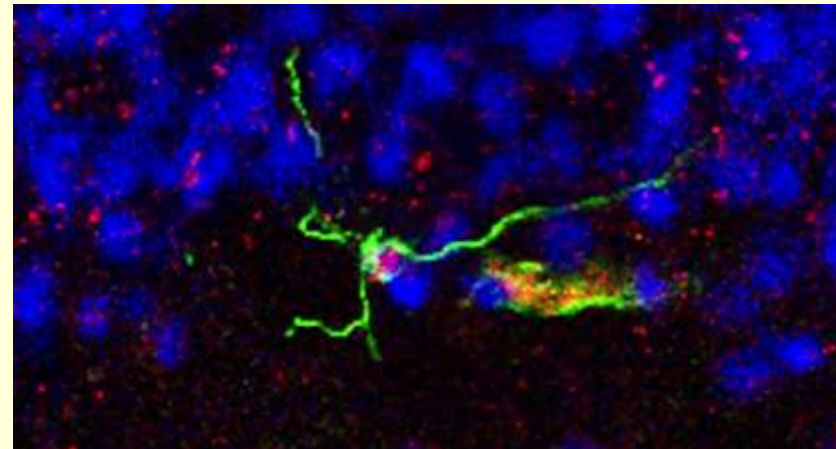
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2018/03/27/la-neurogenese-dans-le-cerveau-humain-adulte-remise-en-question/>



17 avril 2018

## Neurogenèse dans le cerveau humain adulte ? Après le récent « non », un « oui » tout aussi affirmatif !

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2018/04/17/neurogenese-dans-le-cerveau-humain-adulte-apres-le-recent-non-un-oui-tout-aussi-affirmatif/>



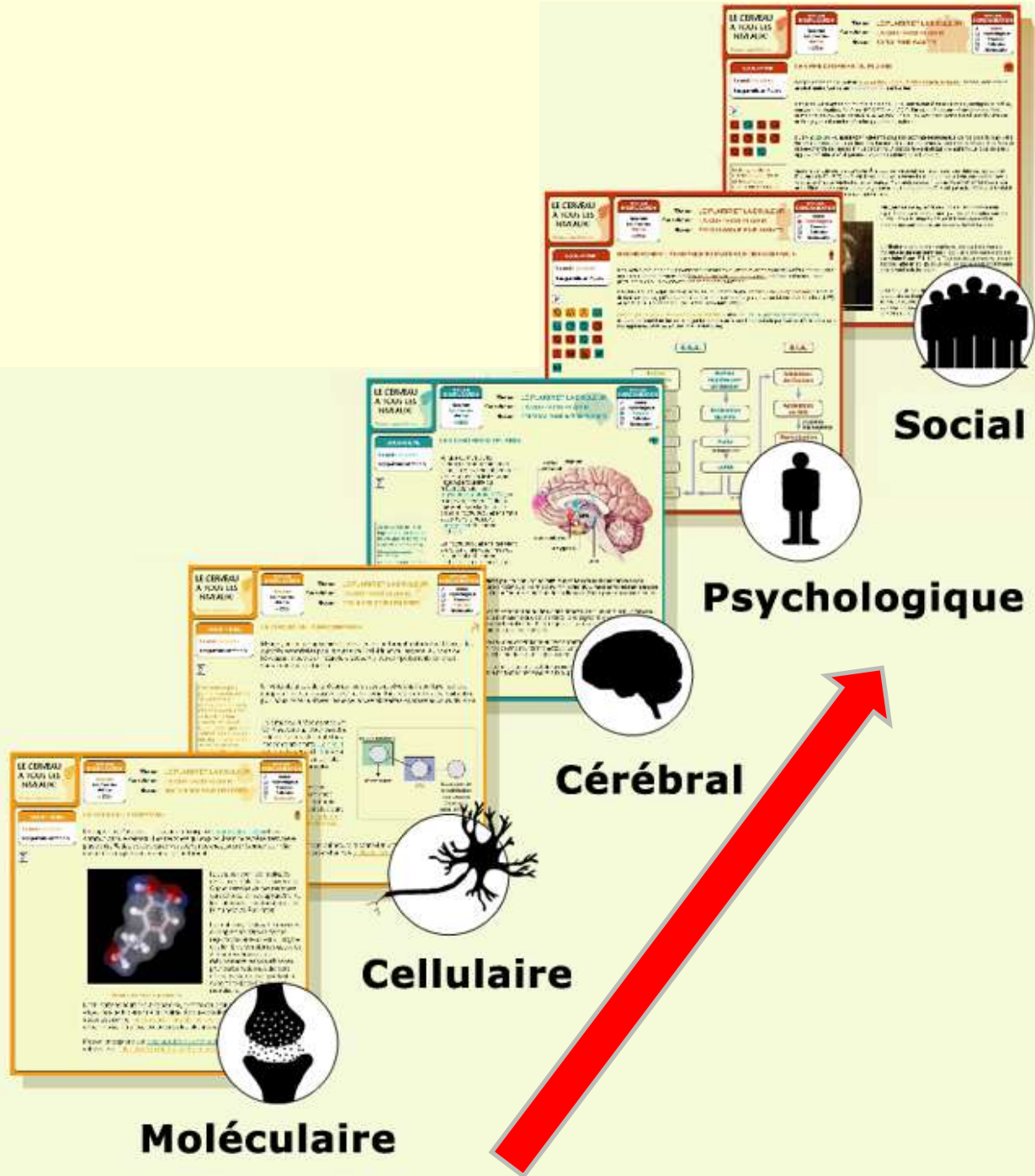
**Évolution** des différents types de mémoire

L'ablation de l'hippocampe chez **le patient H.M.**

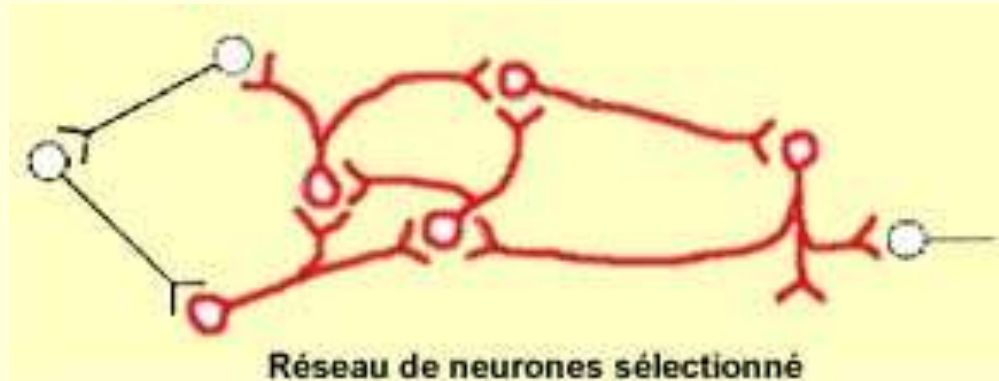
Quelques **mécanismes** cellulaires à la base de notre mémoire

La trace physique ou « **l'engramme** » d'un souvenir

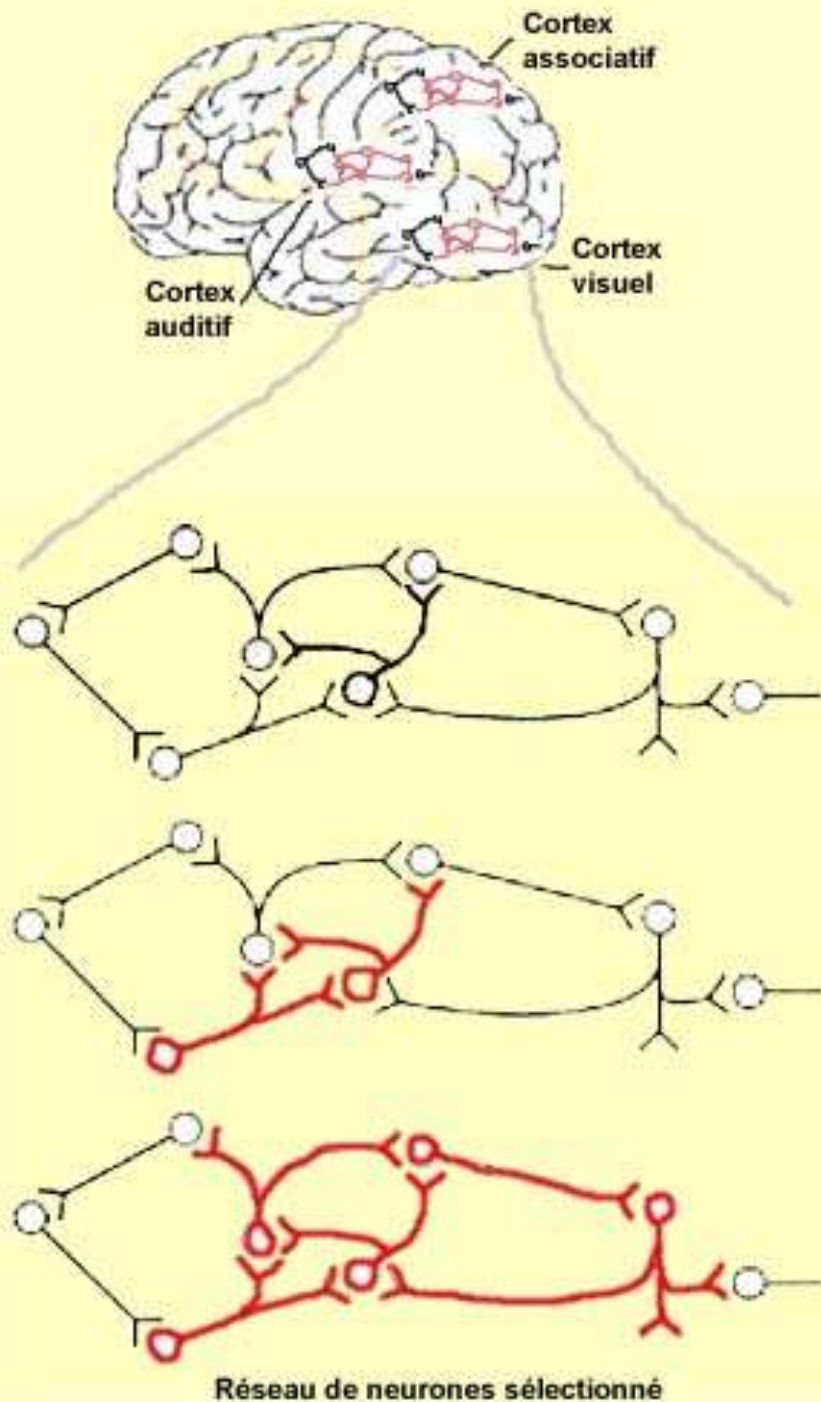
Concrètement, qu'est-ce qui peut **favoriser l'apprentissage et la mémoire ?**



# Assemblées de neurones

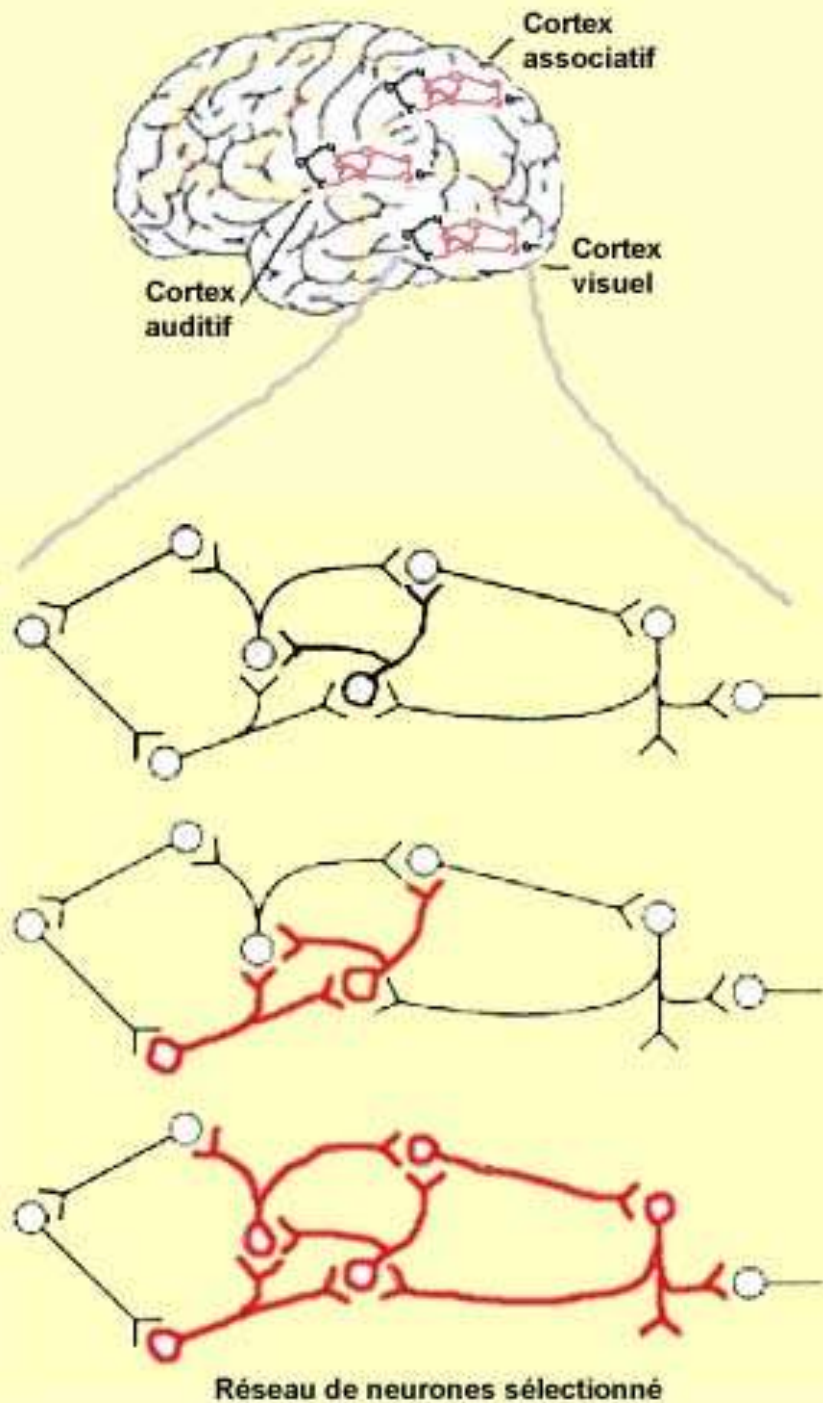


Étudier, s'entraîner, apprendre...



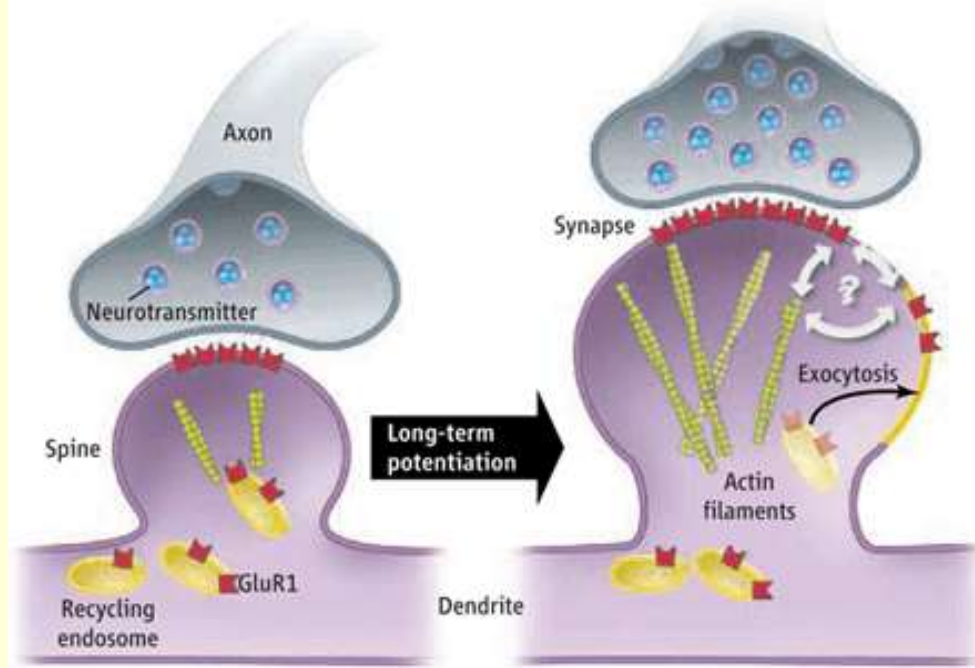
...c'est renforcer des connexions neuronales.

pour former des groupes de neurones qui vont devenir **habitués** de travailler ensemble.



Comment ?

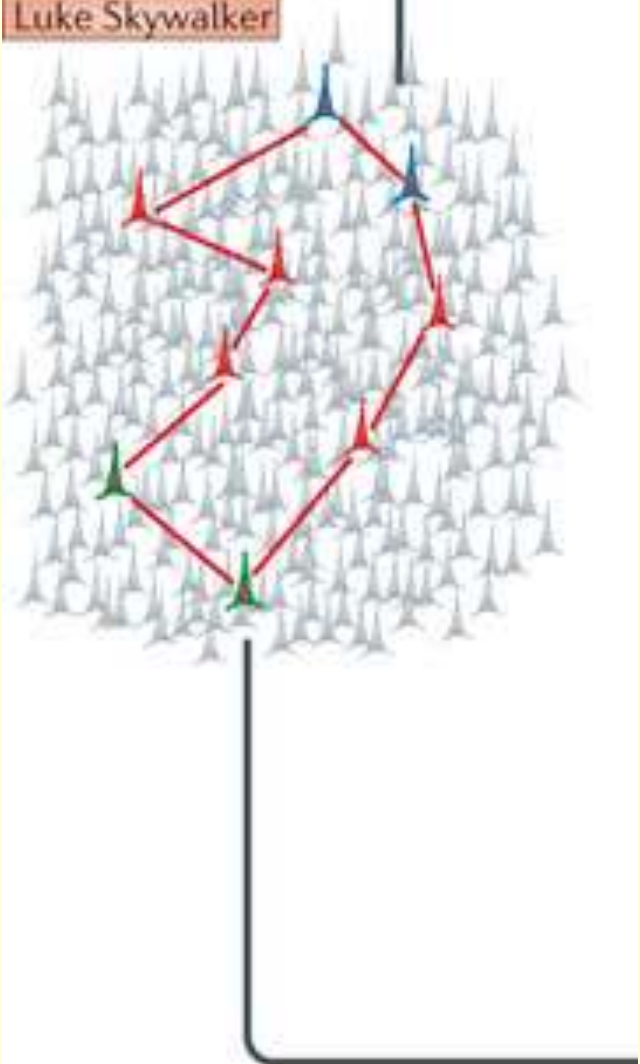
Grâce aux synapses qui varient leur efficacité !







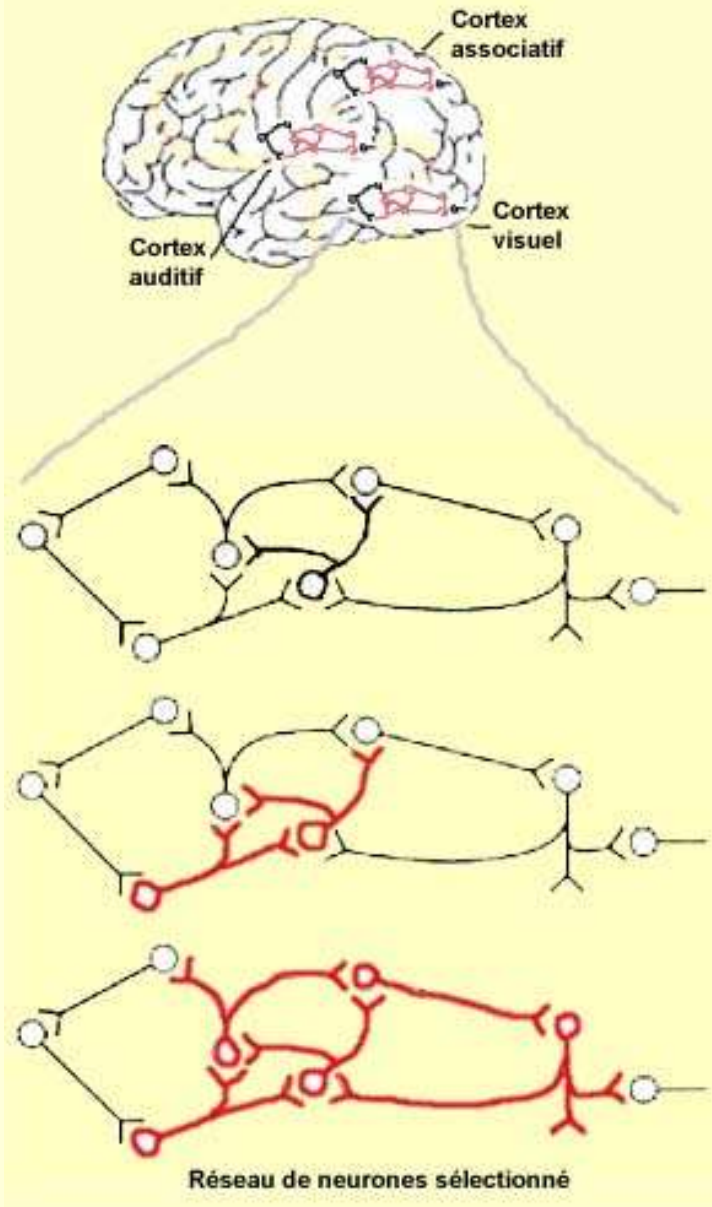
Luke Skywalker



Au début du 20e siècle, le biologiste allemand Richard Semon avait proposé sa théorie de **l'engramme** mnésique (“engram theory of memory” ([Semon 1923](#)))

Plusieurs expériences ont récemment confirmé que ces réseaux de neurones sélectionnés constituent « **l'engramme** » d'un souvenir.

**Identification and Manipulation of Memory Engram Cells (2014)**  
[Xu Liu](#), [Steve Ramirez](#), [Roger L. Redondo](#) and [Susumu Tonegawa](#)  
<http://symposium.cshlp.org/content/79/59.full>



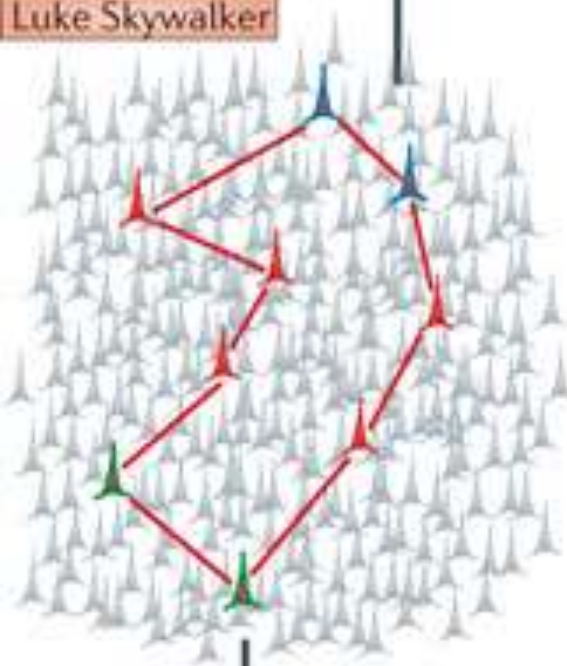
La théorie de Semon contenait implicitement l'idée d'un mécanisme de rappel appelé **“pattern completion”**

“**si une partie** des stimuli originaux sont rencontrés à nouveau,

ces neurones constituant l'engramme sont **réactivés** pour évoquer **le rappel de ce souvenir spécifique.**”

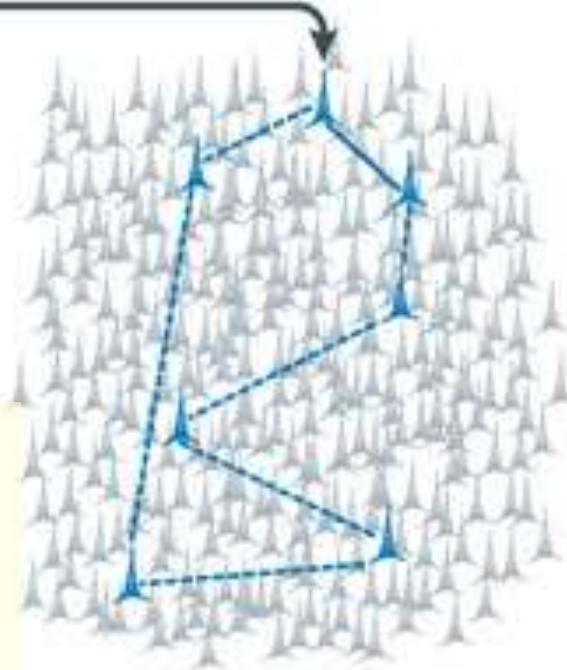


Luke Skywalker

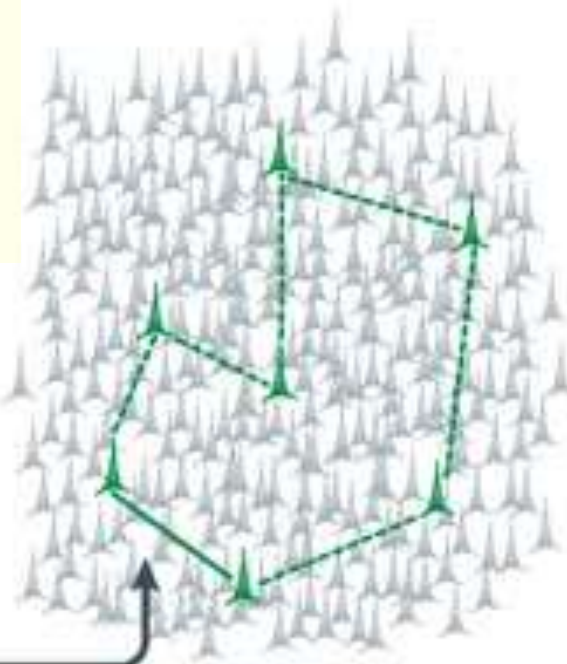


C'est aussi de cette façon qu'un concept ou un souvenir

peut en évoquer d'autres...



Yoda



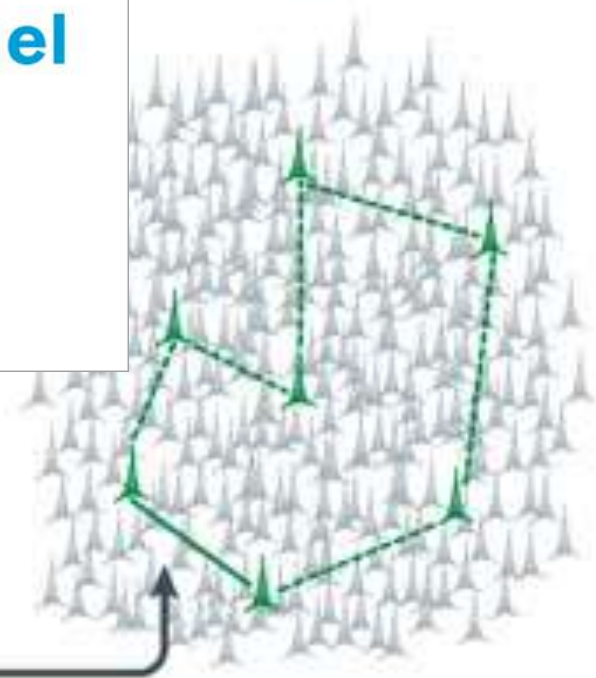
Darth Vader



Luke Skywalker




Yoda



*A* **L'Analogie**  
Cœur de la pensée

**Douglas  
Hofstadter  
Emmanuel  
Sander**

  
Odile  
Jacob  
sciences

(2013)



Darth Vader

## Multiple levels of analysis of an engram

Récapitulons :  
**elle est où la trace  
d'un souvenir dans  
notre cerveau ?**

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

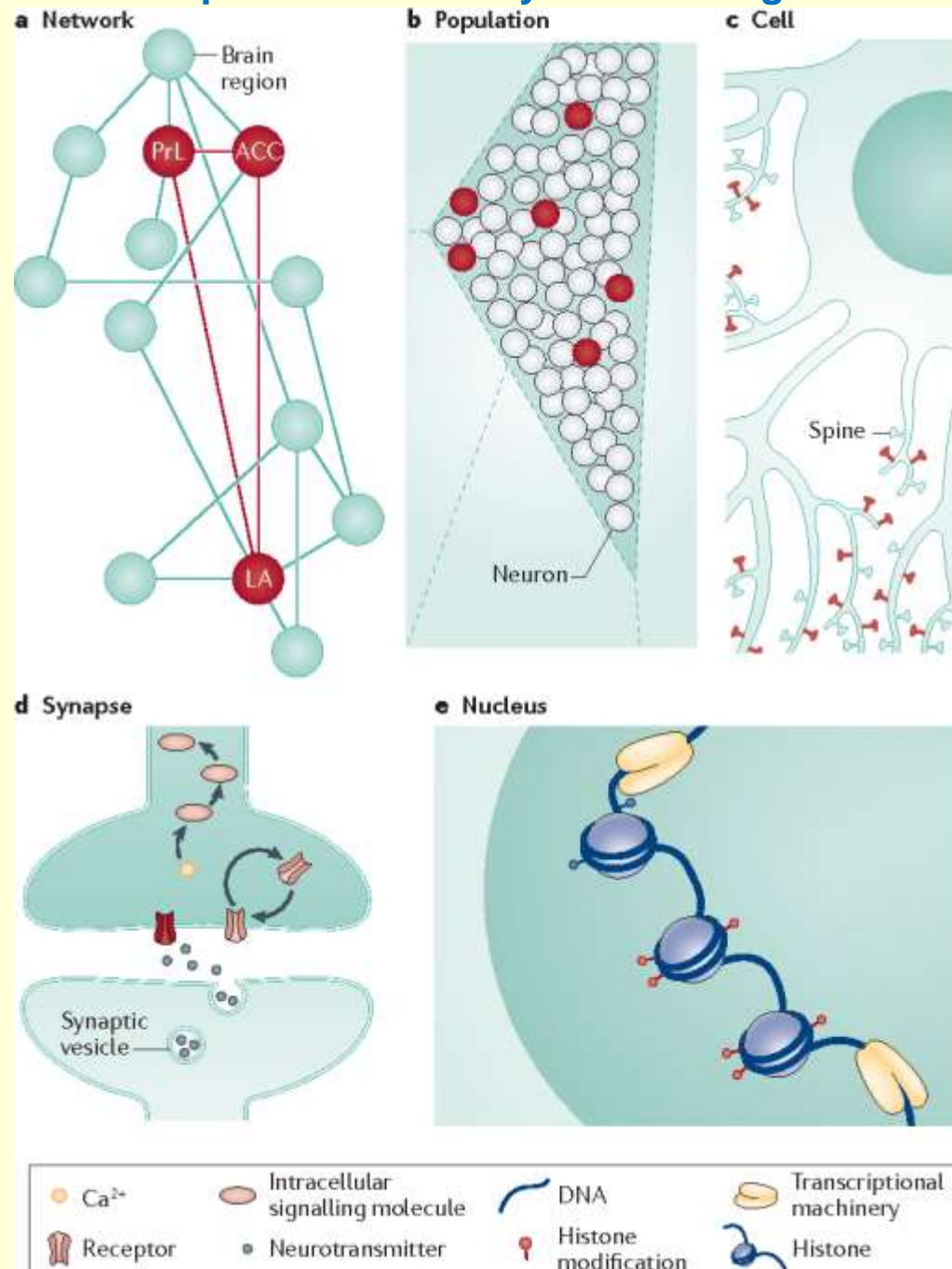
30 avril 2019

Les multiples niveaux  
d'organisation du vivant, plus  
que jamais au cœur des  
sciences cognitives

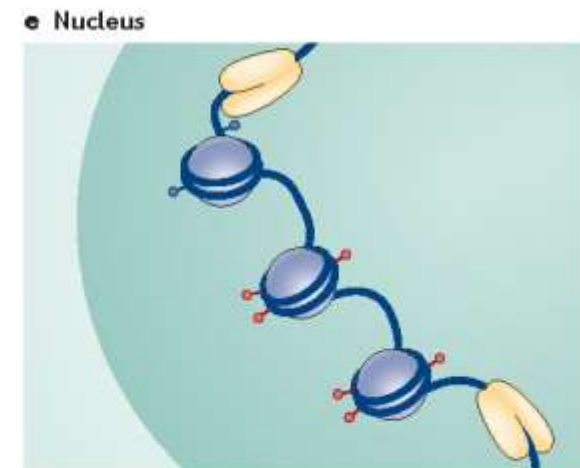
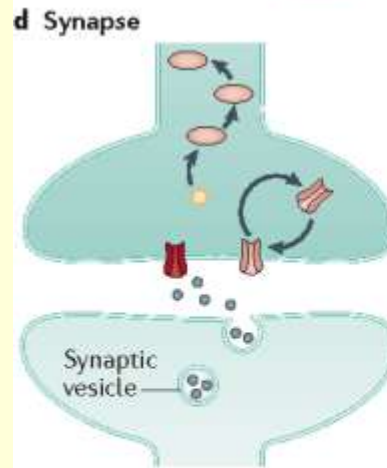
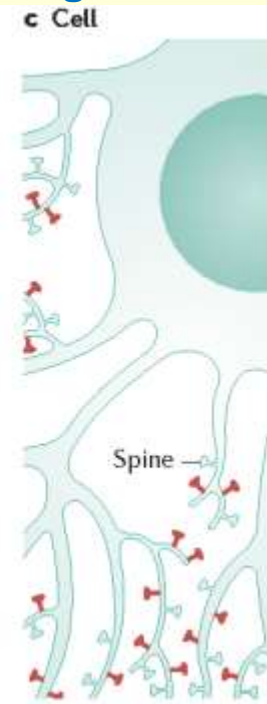
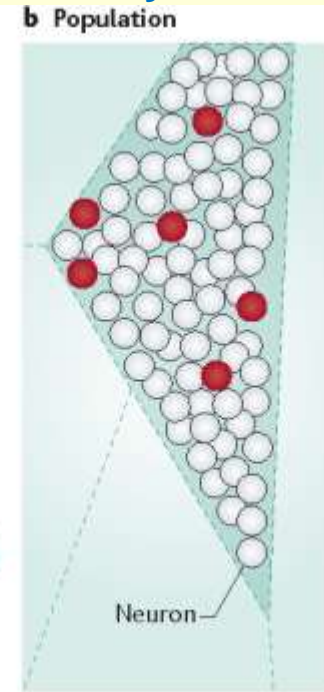
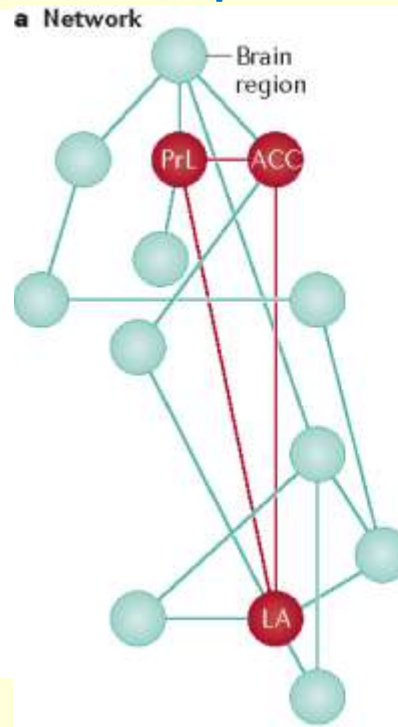
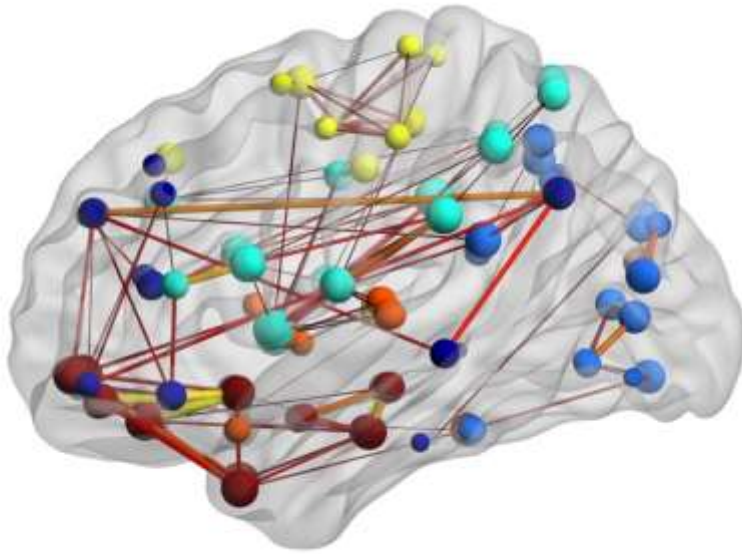
## Finding the engram

•Sheena A. Josselyn, Stefan  
Köhler, Paul W. Frankland  
**2015** in Nature Reviews  
Neuroscience

<https://www.semanticscholar.org/paper/Finding-the-engram-Josselyn-K%C3%B6hler/269657152b4666ebd489ee54c2ab17534bb72496>



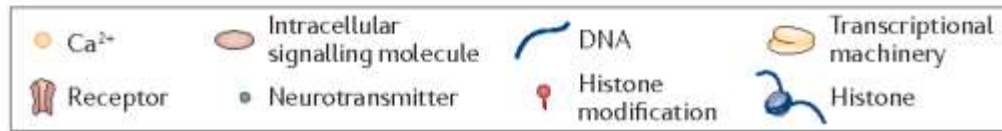
# Multiple levels of analysis of an engram



## Finding the engram

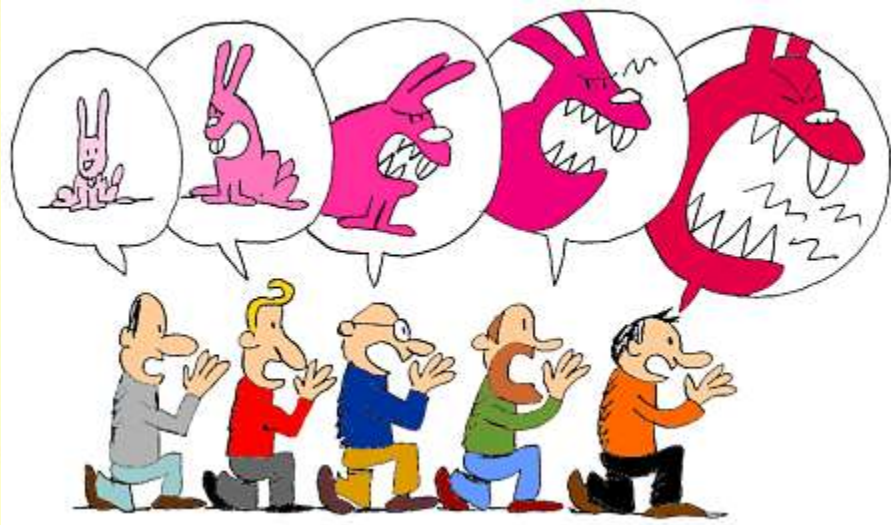
•Sheena A. Josselyn, Stefan Köhler, Paul W. Frankland  
**2015** in Nature Reviews Neuroscience

<https://www.semanticscholar.org/paper/Finding-the-engram-Josselyn-K%C3%B6hler/269657152b4666ebd489ee54c2ab17534bb72496>



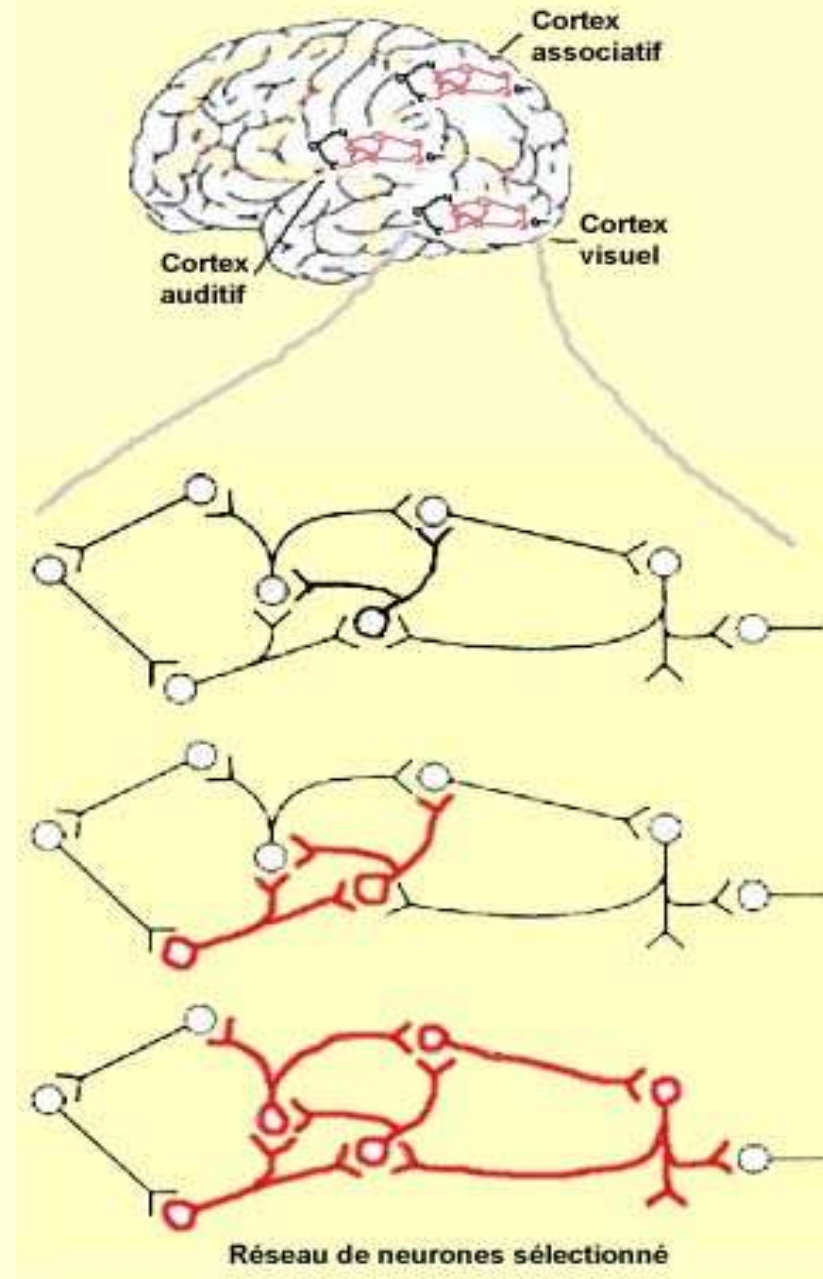
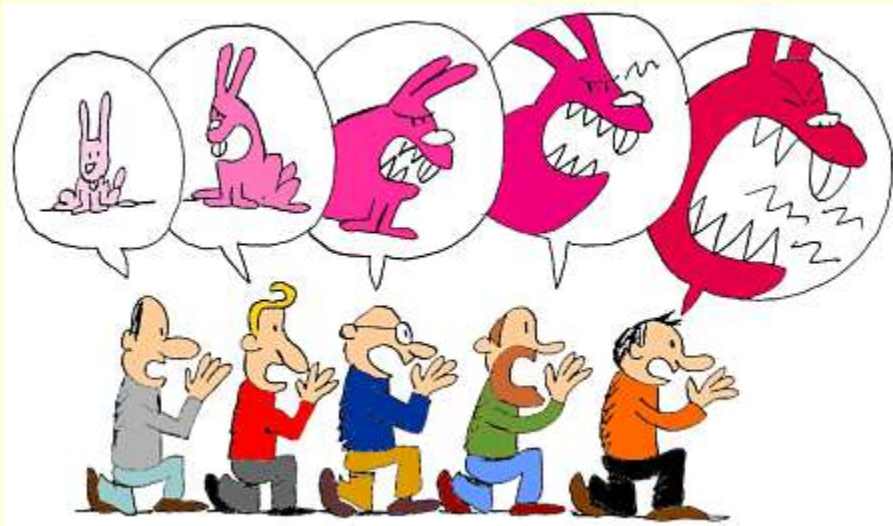
Question quiz :

Sachant cela, quelle  
serait la meilleure  
**métaphore**  
pour la mémoire  
humaine ?

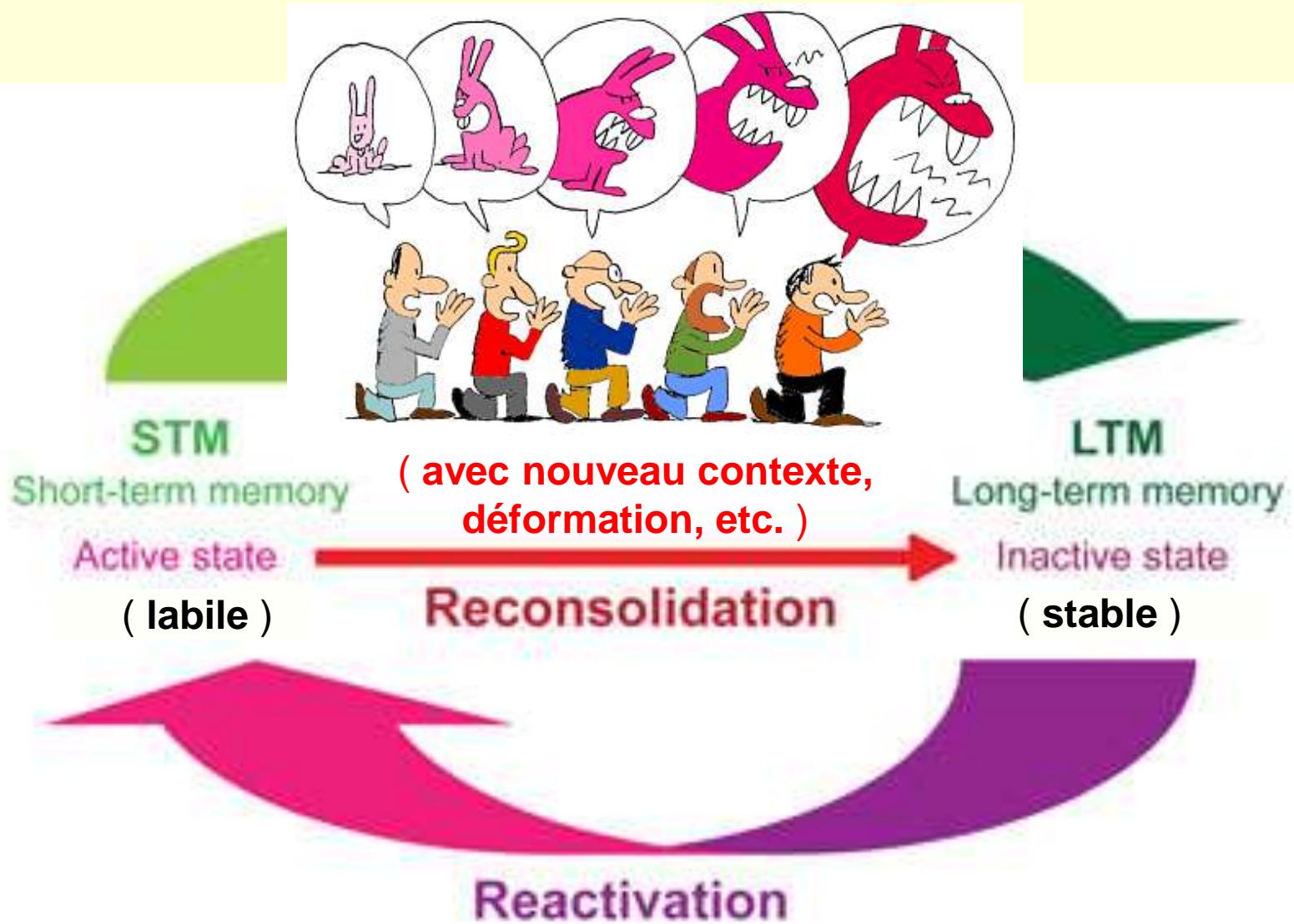


La mémoire humaine est forcément une **reconstruction**.

Notre cerveau, et donc notre **identité**, n'est donc jamais exactement la même au fil des jours...







**Memory retrieval and the passage of time: from reconsolidation and strengthening to extinction.**

Inda MC, Muravieva EV, Alberini CM. Journal of Neuroscience 2011 Feb 2; 31(5):1635-43.

<http://www.hfsp.org/frontier-science/awardees-articles/function-memory-reconsolidation-function-time>

[http://knowingneurons.com/2017/02/01/mandela-effect/?ct=t\(RSS\\_EMAIL\\_CAMPAIGN\)](http://knowingneurons.com/2017/02/01/mandela-effect/?ct=t(RSS_EMAIL_CAMPAIGN))

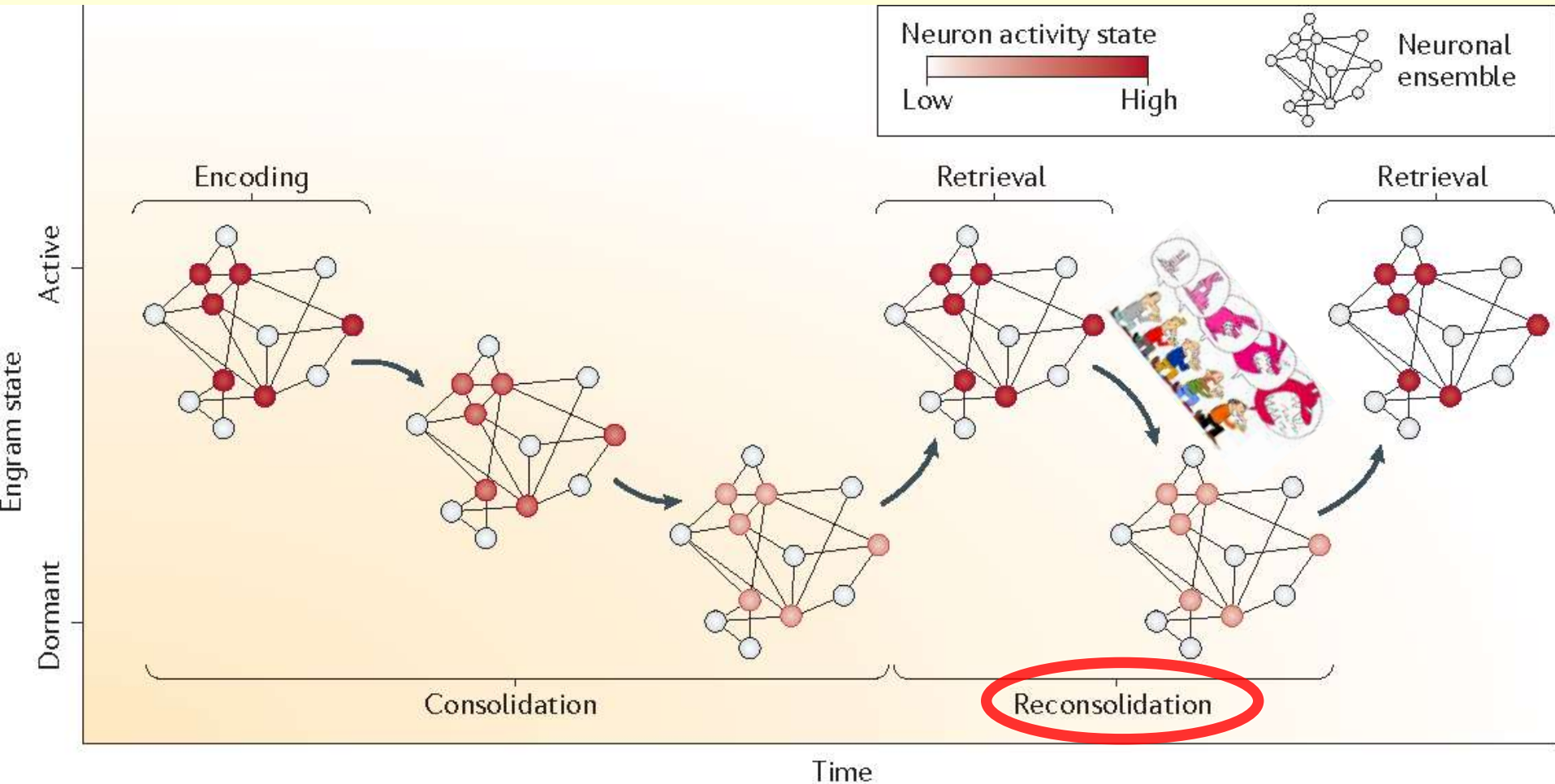


Figure 1 | The lifetime of an engram. The formation of an engram (encoding) involves strengthening of connections  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Finding-the-engram-Josselyn-K%C3%B6hler/269657152b4666ebd489ee54c2ab17534bb72496>

# Peut-on effacer les souvenirs?

1. Les méandres de la mémoire

[Isabelle Paré](#)

15 décembre 2018

<https://www.ledevoir.com/societe/543662/peut-on-effacer-les-souvenirs>

L'approche du Dr. **Alain Brunet**, de l'hôpital Douglas à Verdun :

« Cette approche se fonde sur le fait que lorsque les symptômes émanent d'un événement traumatique, **si on diminue les souvenirs émotifs liés à cet événement, on diminuera les symptômes** », explique le chercheur, aussi clinicien. L'objectif n'est donc pas d'effacer le souvenir, insiste-t-il, mais plutôt de **le dépouiller des émotions extrêmes** qui l'accompagnent.

Dans le cabinet du thérapeute, cela se traduit par la prise d'un médicament, le **Propranolol**, un bêtabloquant capable d'inhiber la production des hormones de stress relâchées quand un souvenir traumatisant refait surface. Absorbé par le patient 90 minutes avant qu'il passe en revue ses souvenirs difficiles, le Propranolol permet à celui-ci de « **restocker** » **ce souvenir en le délitant des sensations physiques adverses** qu'il générerait au départ.

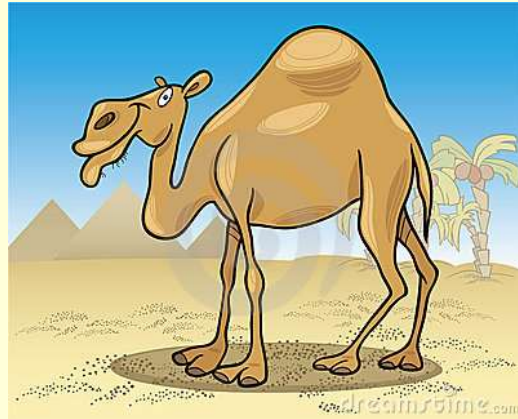
Après **six séances**, le souvenir factuel reste, mais les symptômes, domptés par le Propranolol, ont disparu de la mémoire.

2 petits tests de mémoire.

Il s'agit de retenir dans l'ordre les duos d'objets suivants.







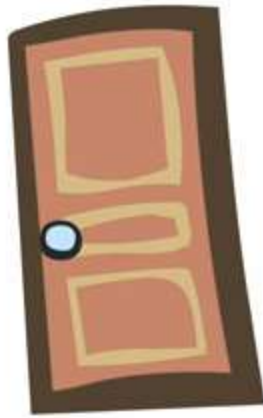






Fin du test 1

Début du test 2











Fin du test 2



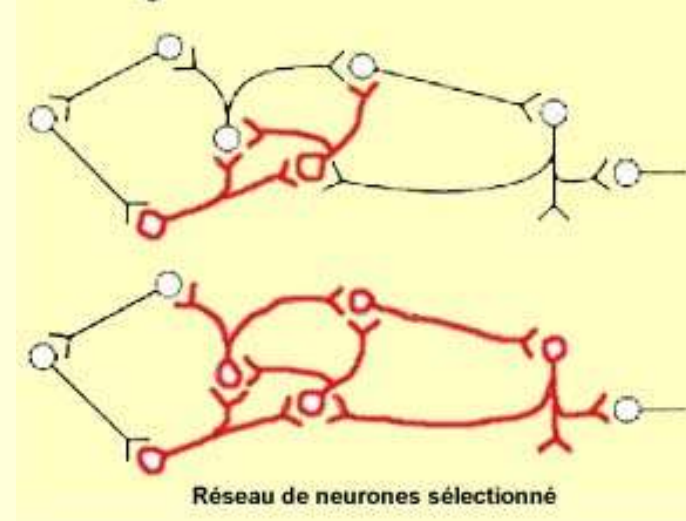
# Concrètement, qu'est-ce qui peut favoriser l'apprentissage et la mémoire ?



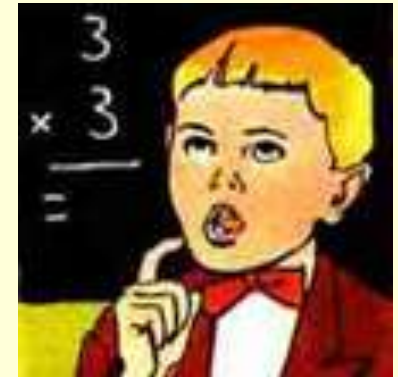
## Concrètement, qu'est-ce qui peut favoriser l'apprentissage et la mémoire ?

- Comprendre qu'on peut s'améliorer durant toute notre vie

L'apprentissage et la mémoire étant des processus de reconstruction constants, cela veut dire que **l'intelligence** (« whatever that means ... ») ce n'est **pas** quelque chose qui est **fixé d'avance**.



On peut tous **apprendre et s'améliorer** durant toute notre vie parce que notre cerveau se modifie constamment.



(il y a bien sûr des courbes de déclin des facultés cognitives, en particulier mnésiques, mais certaines sont plutôt faible et tardives...)

En **2006**, Carol Dweck a démontré qu'expliquer aux jeunes (ici de 5<sup>e</sup> année) que leur cerveau est **plastique** (et peut donc développer de nouvelles habiletés avec la **pratique et l'effort**) a des effets positifs sur leur apprentissage futur :

- meilleure attitude après des erreurs ou des échecs;
- motivation plus forte pour atteindre la maîtrise d'une compétence.

## Social Cognitive and Affective Neuroscience

Soc Cogn Affect Neurosci. 2006 September; 1(2): 75–86.

doi: [10.1093/scan/nsl013](https://doi.org/10.1093/scan/nsl013)

PMCID: PMC1838571

NIHMSID: NIHMS16001

### Why do beliefs about intelligence influence learning success? A social cognitive neuroscience model

[Jennifer A. Mangels](#),<sup>1</sup> [Brady Butterfield](#),<sup>2</sup> [Justin Lamb](#),<sup>1</sup> [Catherine Good](#),<sup>3</sup> and [Carol S. Dweck](#)<sup>4</sup>

[Author information](#) ▶ [Article notes](#) ▶ [Copyright and License information](#) ▶

This article has been [cited by](#) other articles in PMC.

#### Abstract

Go to:

Students' beliefs and goals can powerfully influence their learning success. Those who believe intelligence is a fixed entity (entity theorists) tend to emphasize 'performance goals,' leaving them vulnerable to negative feedback and likely to disengage from challenging learning opportunities. In contrast, students who believe intelligence is malleable (incremental theorists) tend to emphasize 'learning goals' and rebound better from occasional failures. Guided by cognitive neuroscience models of top-down, goal-directed behavior, we use event-related potentials (ERPs) to understand how these beliefs influence attention to information associated with successful error correction. Focusing on waveforms associated with conflict detection and error correction in a test of general knowledge, we found evidence indicating that entity theorists oriented differently toward negative performance feedback, as indicated by an enhanced anterior frontal P3 that was also positively correlated with concerns about proving ability relative to others. Yet, following negative feedback, entity theorists demonstrated less sustained memory-related activity (left temporal negativity) to corrective information, suggesting reduced effortful conceptual encoding of this material—a strategic approach that may have contributed to their reduced error correction on a subsequent surprise retest. These results suggest that beliefs can influence learning success through top-down biasing of attention and conceptual processing toward goal-congruent information.

**Keywords:** Dm, episodic memory, P3a, TOI, achievement motivation

En 2007, **Dweck** et son équipe ont étudié l'évolution des performances scolaires de 373 élèves qui avaient une conception **fixiste** (un élève est doué ou non) ou **évolutive** (un élève qui travaille évolue, se transforme et s'améliore) des enfants.

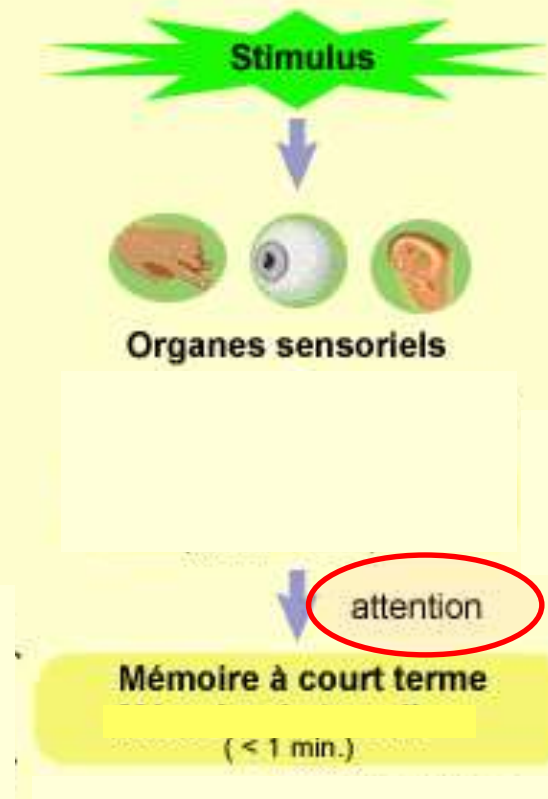
**Au début** du suivi, les performances en mathématiques des élèves fixistes et évolutifs étaient **comparables**.

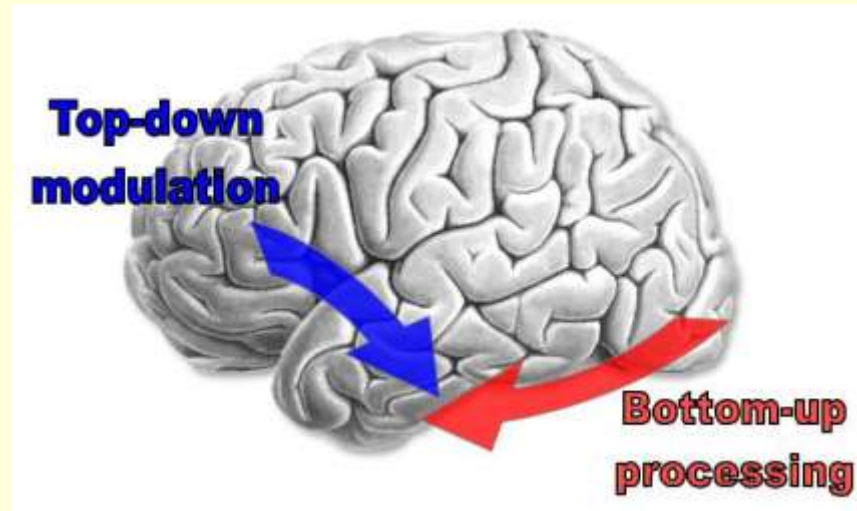
Mais **lorsque les difficultés** d'acquisition des notions **sont devenues plus ardues**, les évolutifs ont surpassé leurs camarades fixistes.

Le fait de s'être focalisés sur l'apprentissage, l'effort et la persévérance, dans une logique de transformation graduelle, avait porté ses fruits.

# Concrètement, qu'est-ce qui peut favoriser l'apprentissage et la mémoire ?

- Comprendre qu'on peut s'améliorer durant toute notre vie
- Porter attention



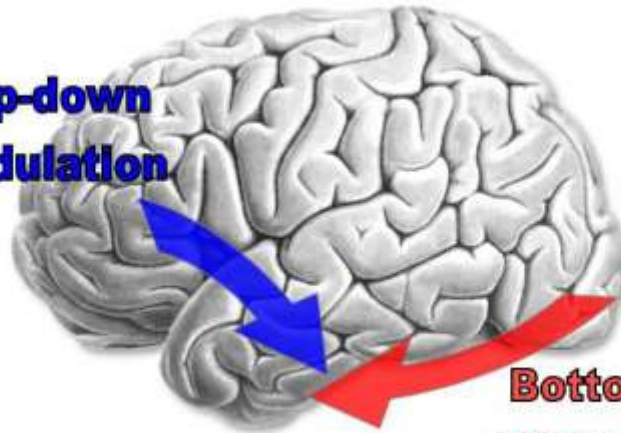


À une époque plus « calme et frugale », la recherche de **nouvelles ressources prometteuses** a été un mécanisme adaptatif fondamental de notre cerveau qui demeure donc très sensible au « bottom up ».





**Top-down  
modulation**



**Bottom-up  
processing**



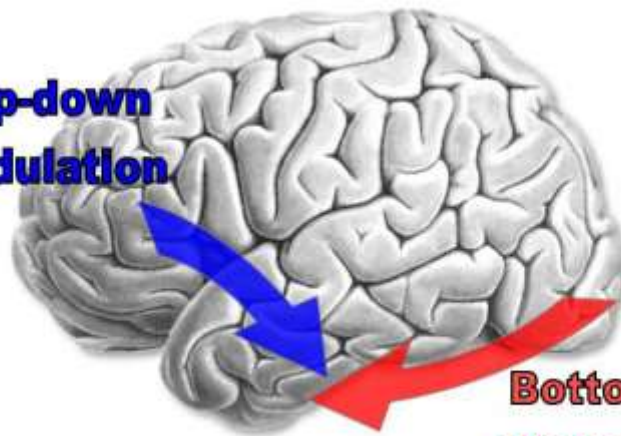
Des « fonctions exécutives »  
comme **l'attention** peuvent être  
sollicitées pour **contrer** des stimuli  
« bottom up » trop intrusifs...







**Top-down  
modulation**



**Bottom-up  
processing**



« Nous sommes à la fois **maîtres** et **esclaves** de notre attention.

Nous pouvons l'orienter et la focaliser, mais elle peut aussi nous échapper, être captée par des événements ou objets extérieurs. »

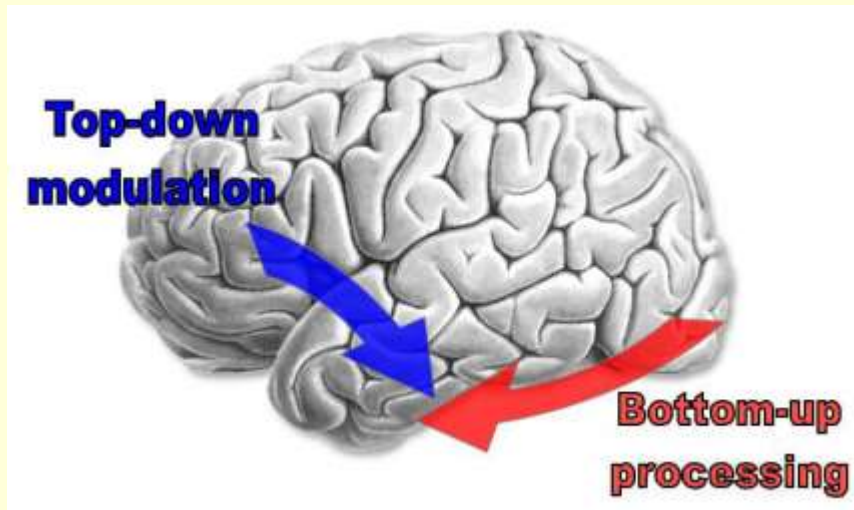
Par des « **voleurs d'attention** » !

- **Jean-Philippe Lachaux**

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2013/03/11/2463/>



Le contrôle du « haut vers le bas » (ou « **top down** ») peut aussi constituer un formidable **filtre** qui nous empêche d'être distrait par d'autres stimuli que ceux qui concerne la tâche à effectuer.

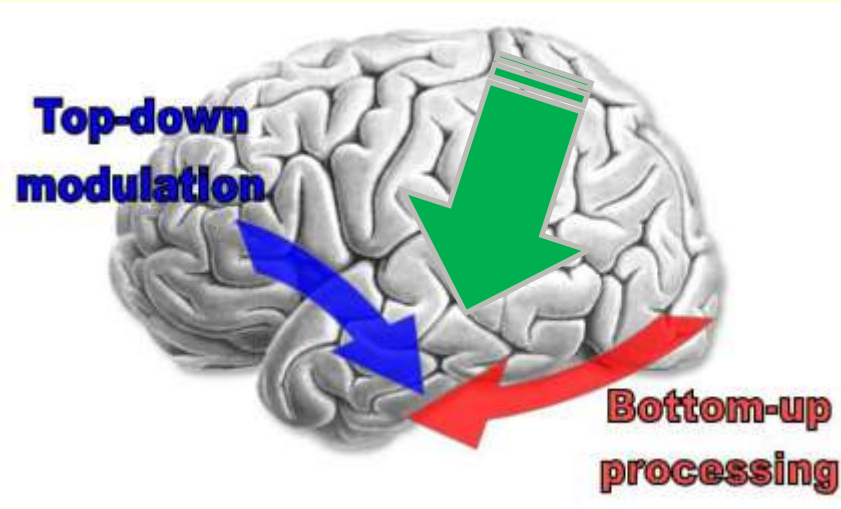


## Limite de l'attention :

On ne peut pas réaliser deux tâches véritablement en même temps  
(à part bien sûr les comportements devenus automatiques...)

« **multitasking** » → on peut apprendre à alterner rapidement entre **deux** tâches  
(mais si on introduit une 3<sup>e</sup> tâches, les performances chutent...)

On peut aussi **apprendre** à **inhiber de façon top down** certains **automatismes** comportementaux ou de pensée qui sont **inappropriés** dans un contexte donné.



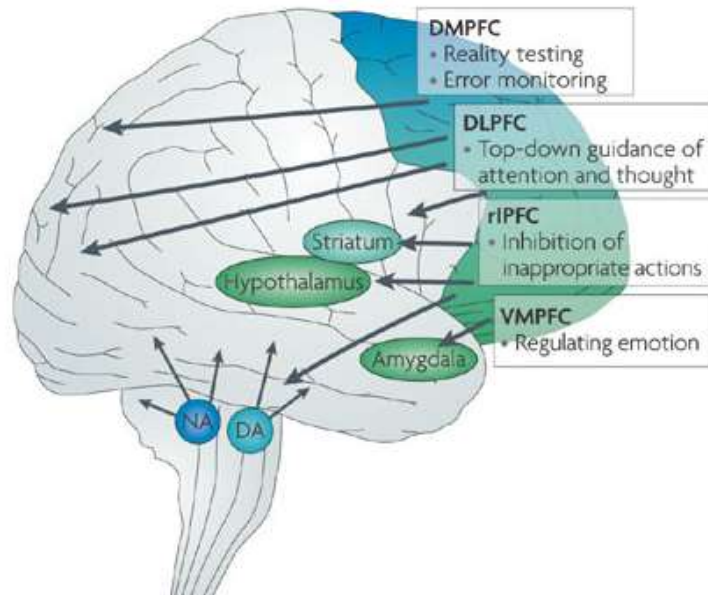
innés....

# Le contrôle inhibiteur



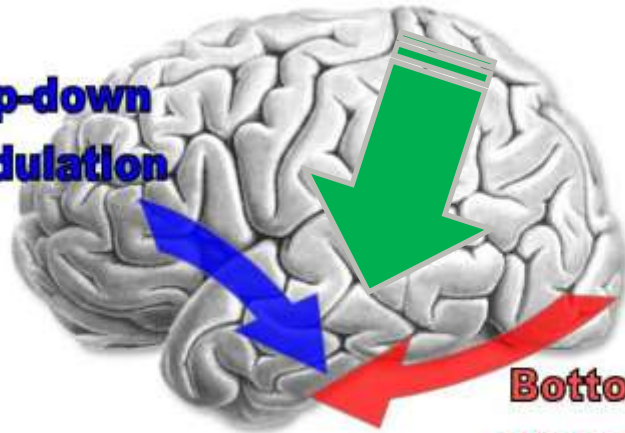
Bref, il faut...

a Prefrontal regulation during alert, non-stress conditions



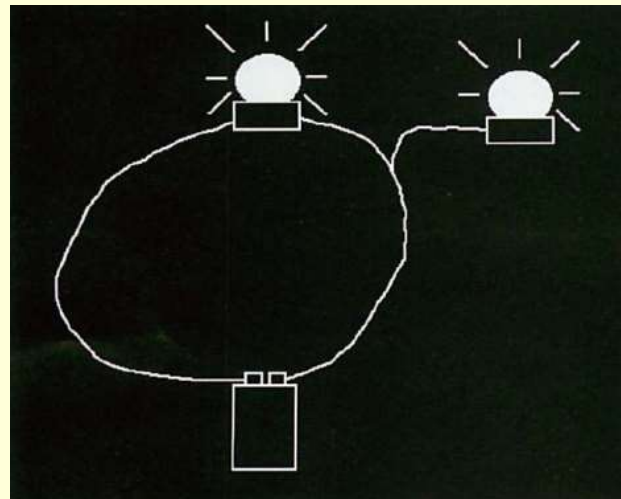


**Top-down  
modulation**



**Bottom-up  
processing**

La réponse à inhiber  
peut être aussi  
**acquise....**



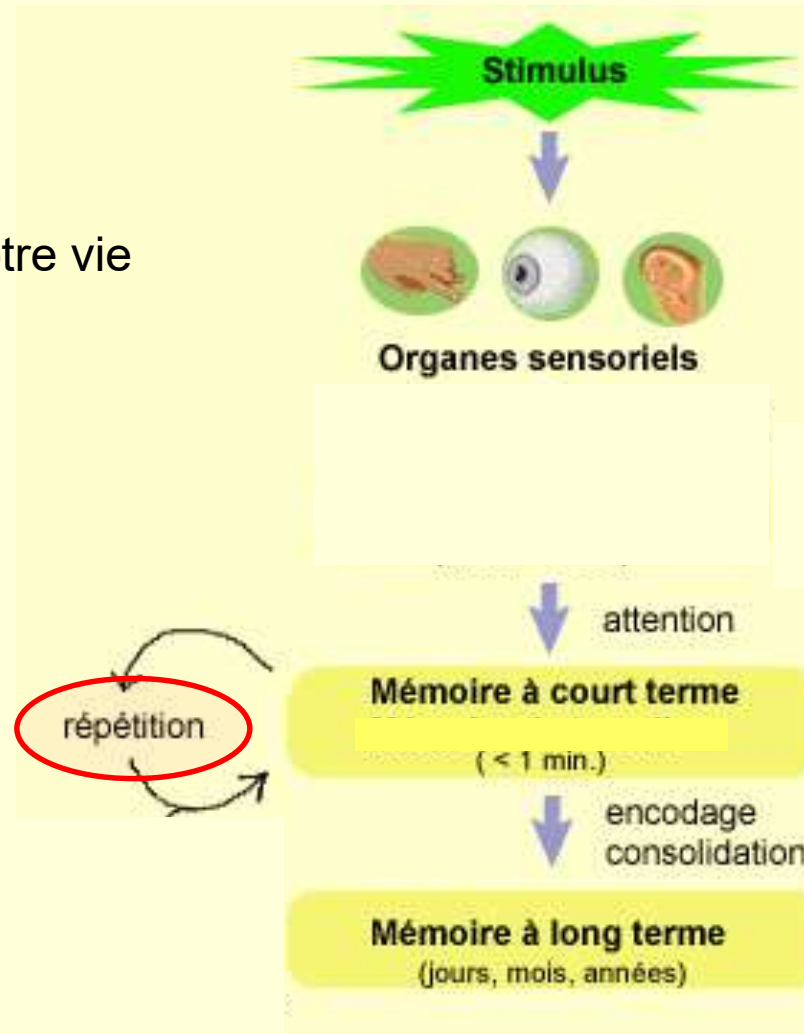
On peut aussi résister **aux interférences non-pertinente**.

Exemple : Le test de Stroop : nommer la couleur de l'**encre**



# Concrètement, qu'est-ce qui peut favoriser l'apprentissage et la mémoire ?

- Comprendre qu'on peut s'améliorer durant toute notre vie
- Porter attention
- Répéter

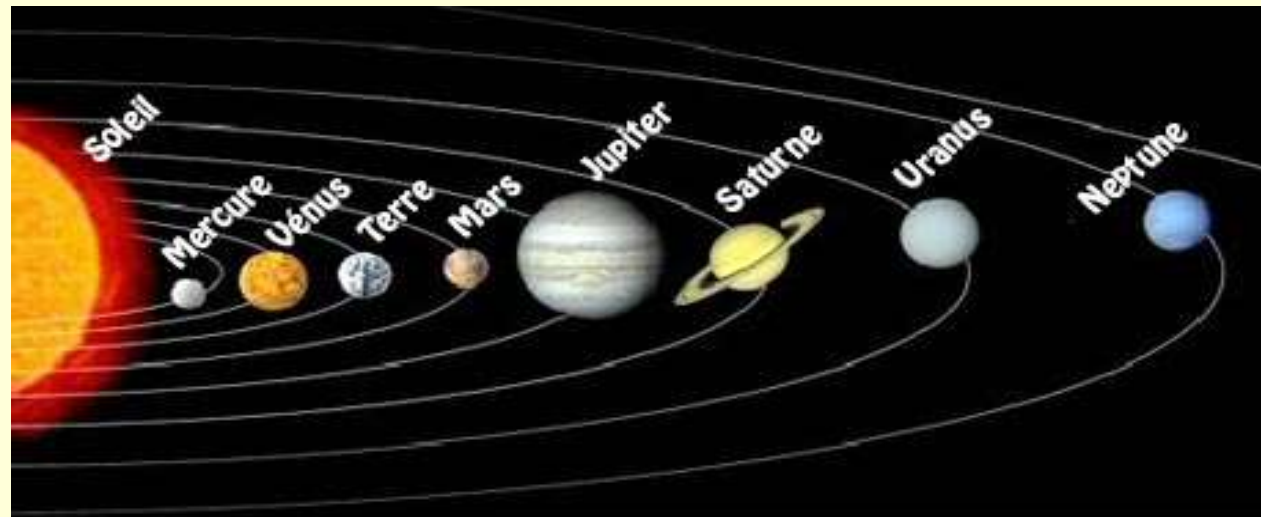




Devant la **capacité limitée** de notre mémoire de travail, on a découvert certains « trucs mnémotechniques ».

### **Combiner plusieurs éléments en un seul**

En regroupant plusieurs items dans un tout qui fait du sens, on réduit le nombre d'items à mémoriser, ce qui facilite la rétention.



Ex. : "Mon Vieux Tu Me Jette Sur Un Nuage."

Autre exemple :

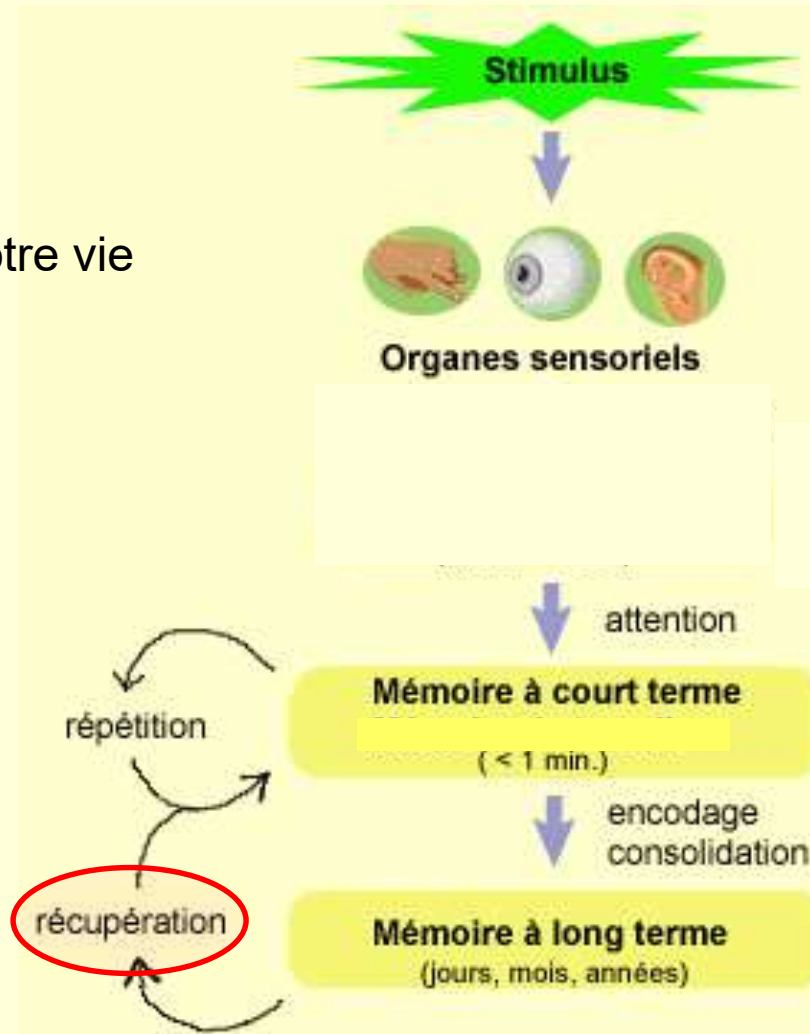
"Mais où est donc Carnior ?"

Pour retenir les conjonctions de coordination  
(Mais, Où, Et, Donc, Car, Ni, Or).

« chunking » : mémoire court terme limitée

# Concrètement, qu'est-ce qui peut favoriser l'apprentissage et la mémoire ?

- Comprendre qu'on peut s'améliorer durant toute notre vie
- Porter attention
- Répéter
- Faire des tests de rappel



## Étude versus tests de rappel

**Groupe 1** : 4 blocs d'étude, 4 tests (ÉT ÉT ÉT ÉT)

**Groupe 2** : 6 blocs d'étude, 2 tests (ÉT ÉÉ ÉT ÉÉ)

**Groupe 3** : 8 blocs d'étude, 0 test (ÉÉ ÉÉ ÉÉ ÉÉ)

**Les meilleurs résultats de rappel deux jours plus tard sont :**

**groupe 1,**

puis **groupe 2**

et finalement **groupe 3.**

## Étude versus tests de rappel

**Groupe 1** : 4 blocs d'étude, 4 tests (ÉT ÉT ÉT ÉT)

**Groupe 2** : 6 blocs d'étude, 2 tests (ÉT ÉÉ ÉT ÉÉ)

**Groupe 3** : 8 blocs d'étude, 0 test (ÉÉ ÉÉ ÉÉ ÉÉ)

**Les meilleurs résultats de rappel deux jours plus tard sont :**

**groupe 1,**

puis **groupe 2**

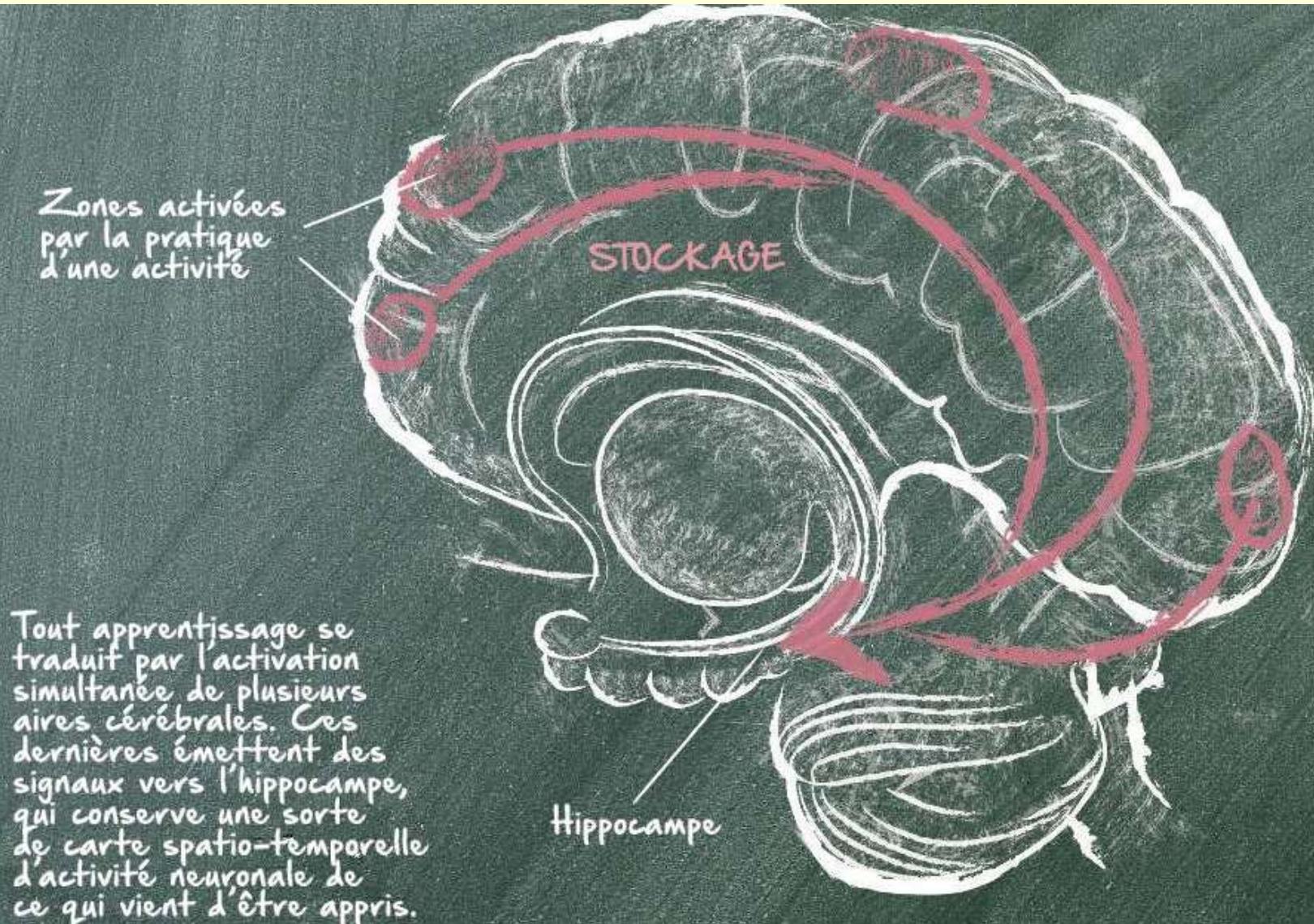
et finalement **groupe 3.**

- Faire des **tests de révision fréquents** nous force à récupérer en mémoire une information récemment apprise
- Ce rappel est suivi d'une **reconsolidation** qui permet le **stockage plus profond** de cette information en mémoire à long terme.

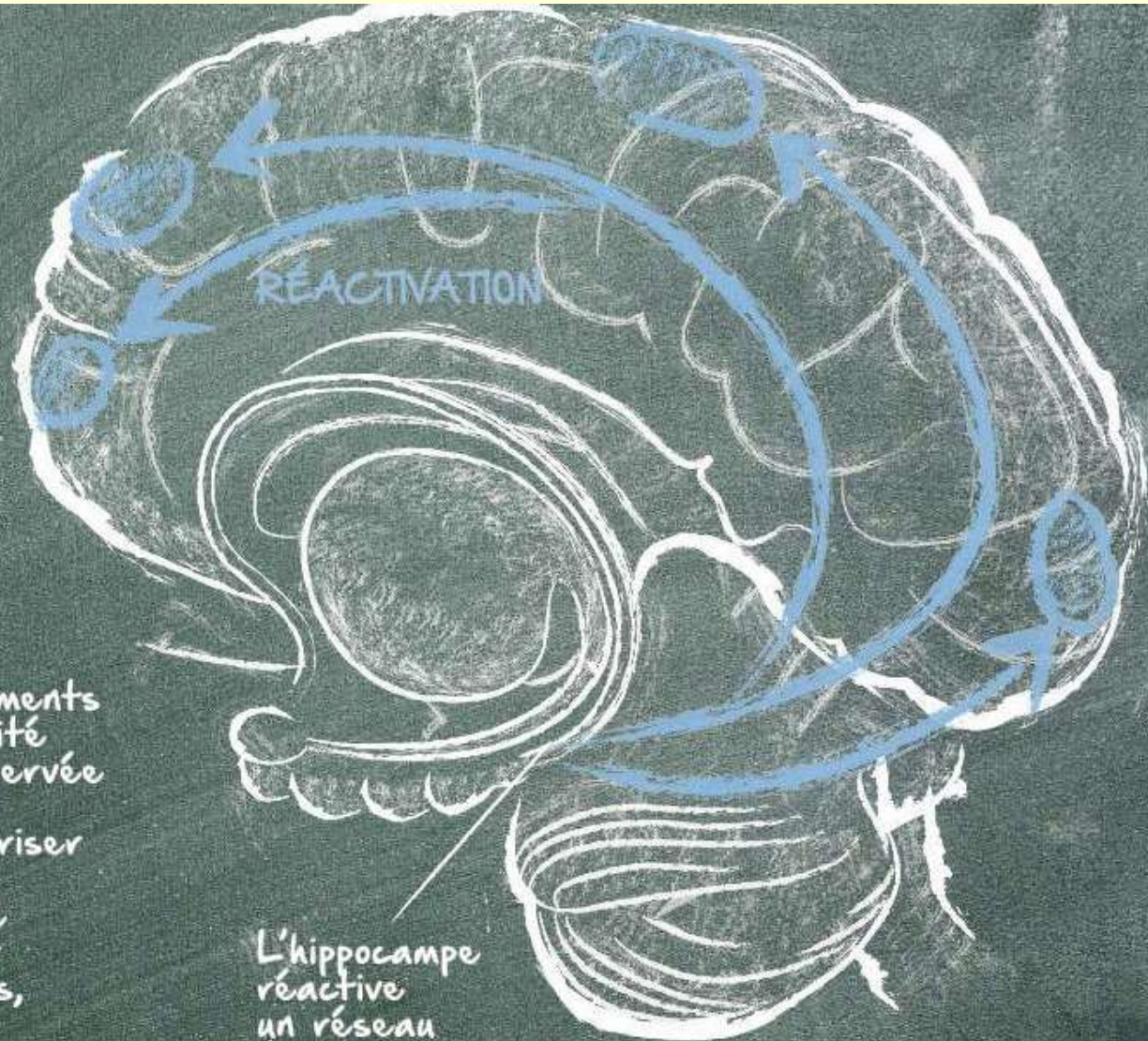
# Concrètement, qu'est-ce qui peut favoriser l'apprentissage et la mémoire ?

- Comprendre qu'on peut s'améliorer durant toute notre vie
- Porter attention
- Répéter
- Faire des tests de rappel
- Bien dormir

## Les apprentissage du jour...



Les apprentissages du jour... sont **réactivés et consolidés la nuit.**



Loin d'être inactif, le cerveau affiche pendant certains moments du sommeil une activité identique à celle observée pendant la veille. En effet, pour mémoriser les apprentissages récents, l'hippocampe réactive les réseaux de neurones impliqués, ce qui consolide l'apprentissage.

L'hippocampe réactive un réseau de neurones



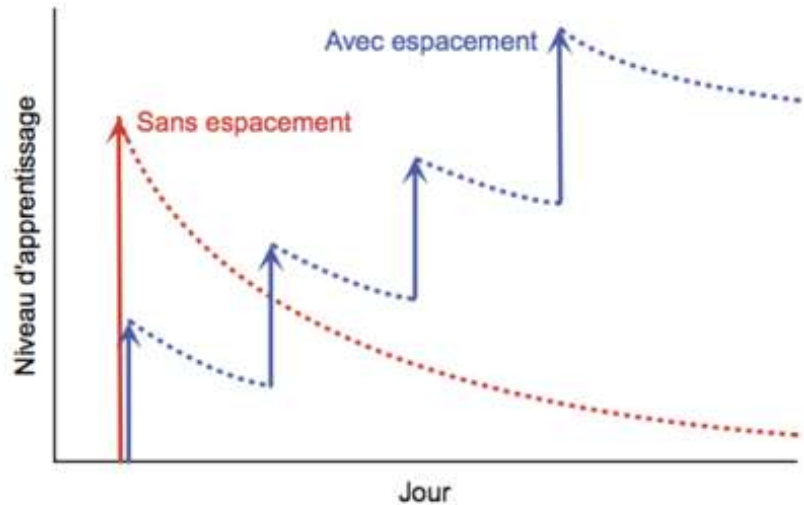


Fig. 1 – Comparaison des effets de deux pratiques d'enseignement (avec et sans espacement) sur l'apprentissage et l'oubli des élèves.

Un simple **espacement des périodes d'apprentissage** semble avoir un **effet bénéfique** (en plus du sommeil) :

- 4 x 30 min marche mieux que de 1 x 2h
- donc espacer les périodes d'étude (pas 3h avant l'examen)

# Concrètement, qu'est-ce qui peut favoriser l'apprentissage et la mémoire ?

- Comprendre qu'on peut s'améliorer durant toute notre vie
- Porter attention
- Répéter
- Faire des tests de rappel
- Bien dormir et espacer les périodes d'apprentissage
- Être motivé



# Concrètement, qu'est-ce qui peut favoriser l'apprentissage et la mémoire ?

- Comprendre qu'on peut s'améliorer durant toute notre vie
- Porter attention
- Répéter
- Faire des tests de rappel
- Bien dormir et espacer les périodes d'apprentissage
- Être motivé
- Créer des liens, des associations, du sens

**« Apprendre c'est accueillir le nouveau dans le déjà là. »**

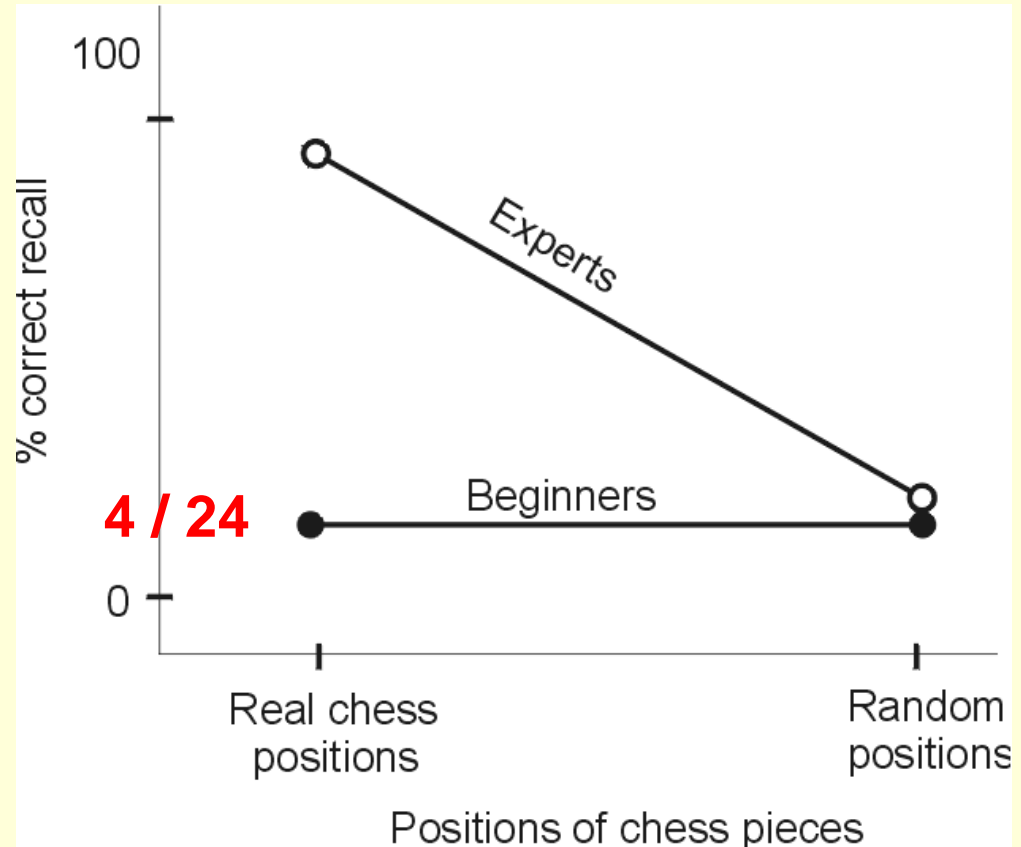
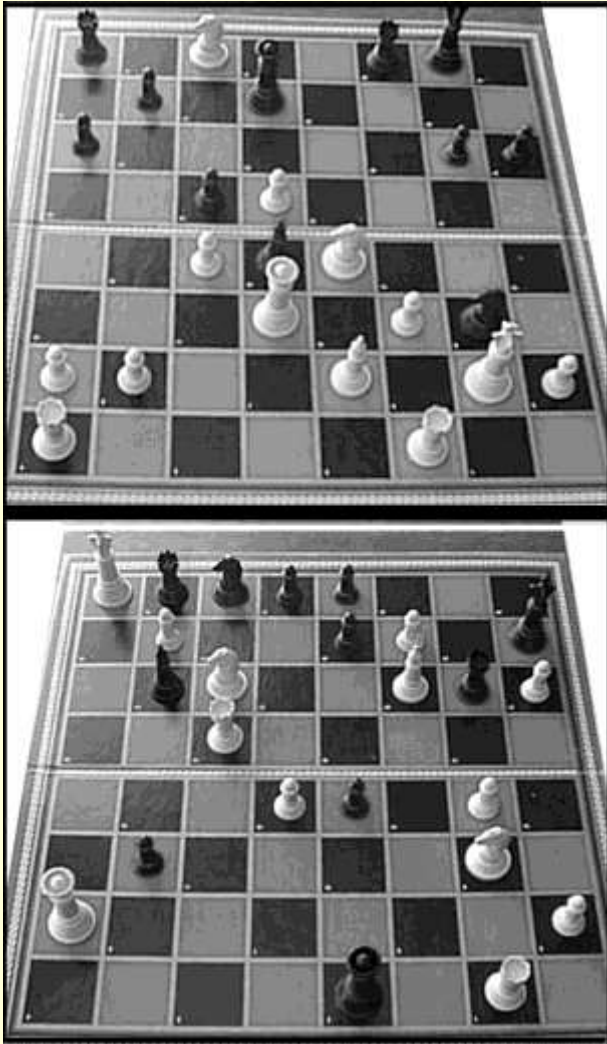
- Hélène Trocme Fabre

# How experts recall chess positions

By Daniel Simons, on February 15th, 2012

<http://theinvisiblegorilla.com/blog/2012/02/15/how-experts-recall-chess-positions/>

5 s.

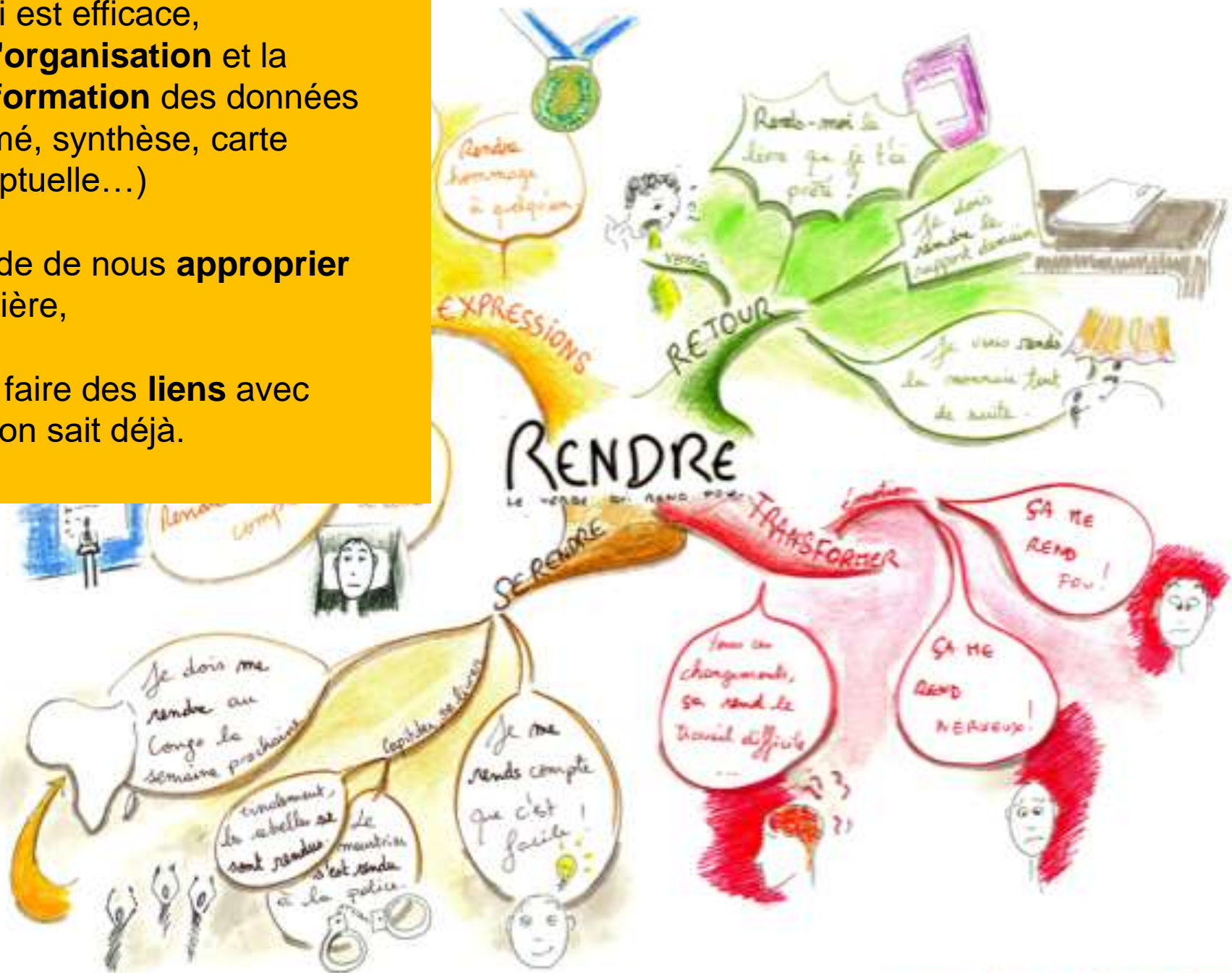


A **meaningful** configuration (**top**)  
and a random configuration (bottom)

Ce qui est efficace, c'est **l'organisation** et la **transformation** des données (résumé, synthèse, carte conceptuelle...)

C'est de de nous **appropriier** la matière,

bref à faire des **liens** avec ce qu'on sait déjà.



# Championnat de mémorisation: un sport extrême

Publié le 29 mars 2009

<http://www.lapresse.ca/vivre/sante/200903/29/01-841335-championnat-de-memorisation-un-sport-extreme.php>



Parviennent par exemple à mémoriser **l'ordre exact d'un jeu de 52 cartes mélangées en 1 minutes 37 secondes.**

« It's all about **having fun.** And letting the brain makes strong connections. »

« The next time you want to remember something, **make a fun story of it** »

How to become a Memory Master :  
Idriz Zogaj at TEDxGoteborg

<https://www.youtube.com/watch?v=9ebJlcZMx3c>

Pour les nombres, l'un des systèmes couramment employés par les champion du monde de mémoire consiste à représenter chaque nombre de 0 à 99 par **une personne dans une action.**

Le 07 peut être incarné par James Bond qui tire au pistolet.



Pour le 66, on peut voir le diable embrochant des enfants avec sa fourche.

Pour le 98, on peut faire le lien avec la Coupe du monde de football de 1998 et voir Zidane shootant dans un ballon.



Si la séquence **986607** est à retenir

ils imaginent Zidane (98) qui embroche (66) James Bond (07).

Et ensuite on passe  
à six autres chiffres  
comme 548231, etc.



## L'art de la mémorisation

<https://ici.radio-canada.ca/ohdio/premiere/emissions/dessine-moi-un-matin/segments/entrevue/433921/memoire-technique-apprendre-cerveau>

Et au fur et à mesure, on place ces scènes dans un **palais de mémoire** pour en retenir l'ordre.



# Concrètement, qu'est-ce qui peut favoriser l'apprentissage et la mémoire ?

- Comprendre qu'on peut s'améliorer durant toute notre vie
- Porter attention
- Répéter
- Faire des tests de rappel
- Bien dormir et espacer les périodes d'apprentissage
- Être motivé
- Créer des liens, des associations, du sens
- Associer des items à un trajet bien connu aide à les retenir

Cette méthode est utilisée depuis plus de deux mille ans !

La première mention d'une association lieux/objets remonterait au poète grec **Simonides de Céos** né en 556 av. J.-C.



## Un Art de la Mémoire

13 mai 2017

<https://www.franceinter.fr/emissions/sur-les-epaules-de-darwin/sur-les-epaules-de-darwin-13-mai-2017>

27 mai 2017

**Le Mnémoniste (sur le patient de A. Luria)**

<https://www.franceinter.fr/emissions/sur-les-epaules-de-darwin/sur-les-epaules-de-darwin-27-mai-2017>



Donc pour retenir une liste :

associer des images mentales  
**surprenantes** à des lieux **connus**

Liste d'épicerie :

- Yogourt grec
- Bagel
- Mangue
- Jus d'orange



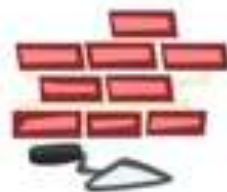
## Liste d'épicerie :

- Yogourt grec
- Bagel
- Mangue
- Jus d'orange



- 1) Créer une image mentale flyée pour l'association
- 2) La situer dans l'espace (en un « trajet »)

Ça vous rappelle quelque chose ?





NEW YORK TIMES BESTSELLER  
NORMAN DOIDGE, M.D.  
*Author of*  
THE BRAIN THAT CHANGES ITSELF



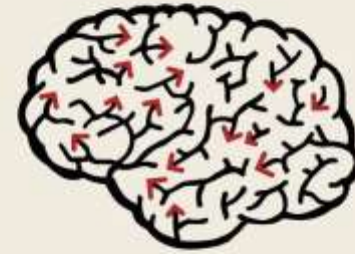
*The*  
BRAIN'S WAY  
*of* HEALING

REMARKABLE DISCOVERIES  
AND RECOVERIES FROM  
FRONTIERS OF NEUROPLASTICITY

2007

NORMAN DOIDGE

The Brain that  
Changes Itself



Stories of Personal Triumph from  
the Frontiers of Brain Science

'The power of positive  
credibility'

'Doidge has identified  
potential one in medicine'

2015

☆☆☆ L'esprit d'ouverture ☆☆☆

NORMAN DOIDGE

Les étonnants  
pouvoirs  
de transformation  
du cerveau

Guérir grâce  
à la neuroplasticité

PRÉFACE DE  
MICHEL CYMES

2008

☆☆☆ L'Esprit d'ouverture ☆☆☆

NORMAN DOIDGE

Guérir  
grâce à  
la neuroplasticité



Découvertes remarquables  
à l'avant-garde de la recherche  
sur le cerveau

2016



En espérant avoir laissé  
quelques traces dans  
vos forets de neurones...

; -)

