

# Plan

**Avant-midi** : « sur les aspects du fonctionnement et des nouveautés »

~~1<sup>er</sup> bloc~~ : ~~La base : une perspective évolutive par niveaux d'organisation~~

~~2<sup>e</sup> bloc~~ : ~~Des dogmes qui tombent du neuronal au cérébral~~

**Après-midi** : « sur les liens que l'on peut faire avec l'apprentissage et la pédagogie »

**3<sup>e</sup> bloc** : Plasticité cérébrale, apprentissage  
et facteurs qui influencent nos mémoires

**4<sup>e</sup> bloc** : De nouveaux paradigmes pour mieux comprendre le fonctionnement  
du « cerveau-corps-environnement »

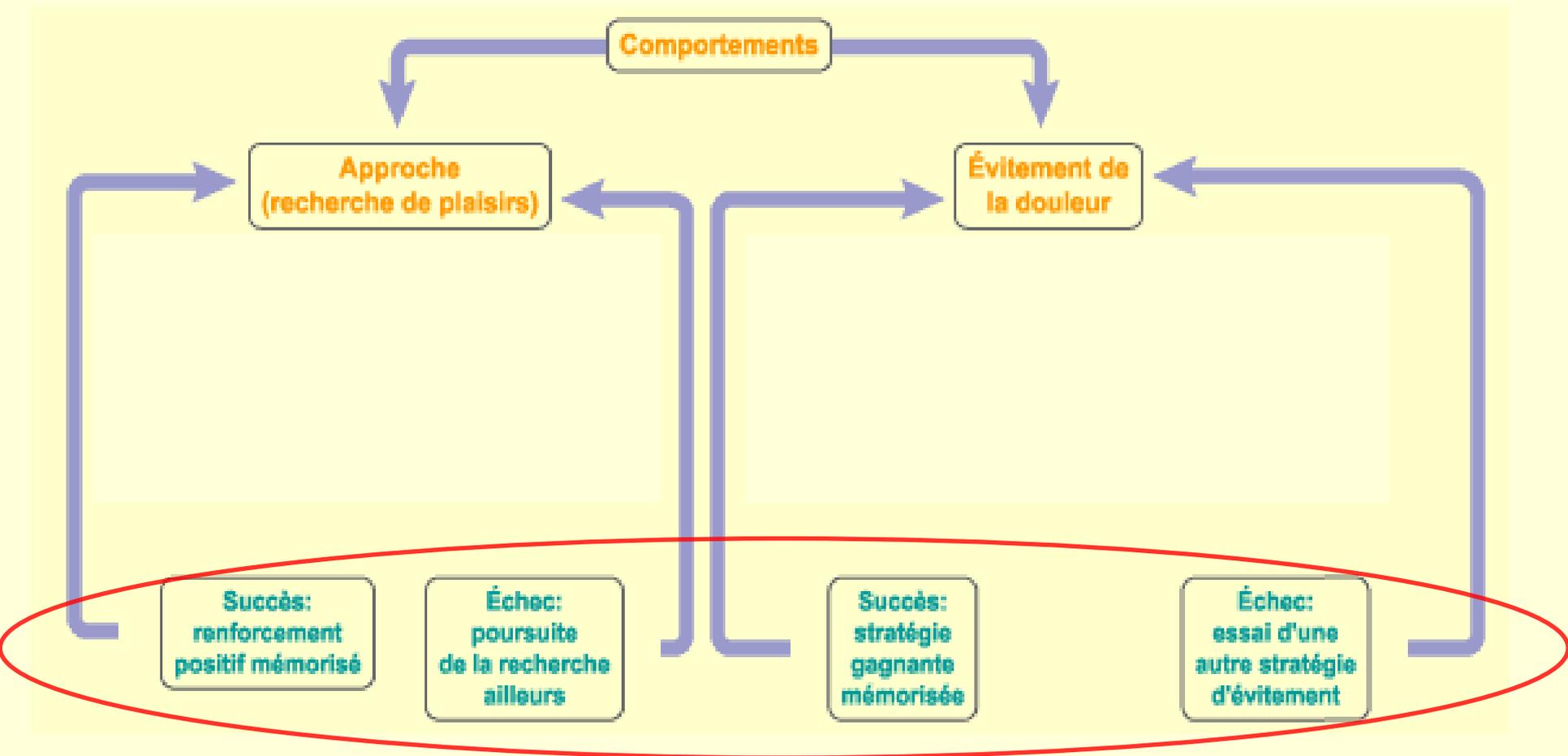


**Comportements**

**Approche  
(recherche de plaisirs)**

**Évitement de  
la douleur**





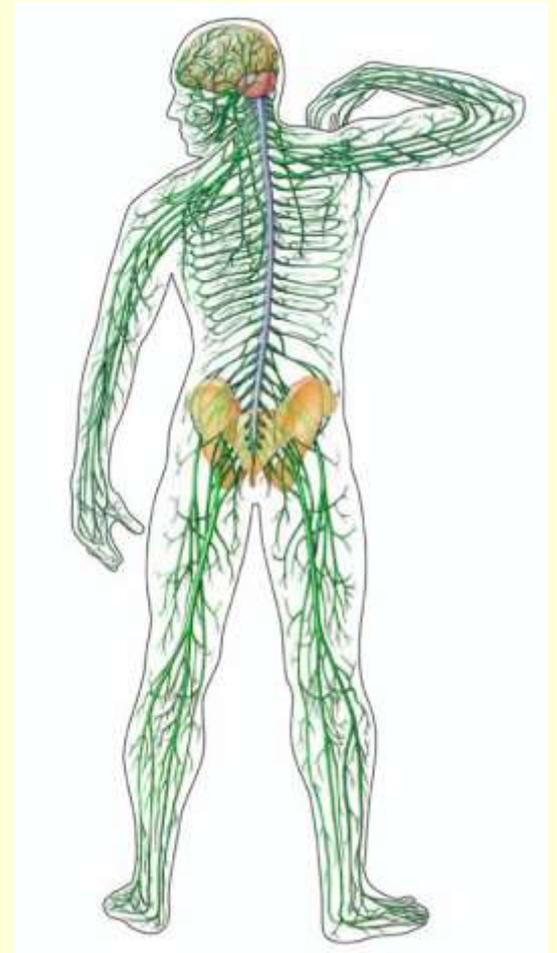
# Apprentissage et mémorisation des « bons et mauvais coups »

« 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.



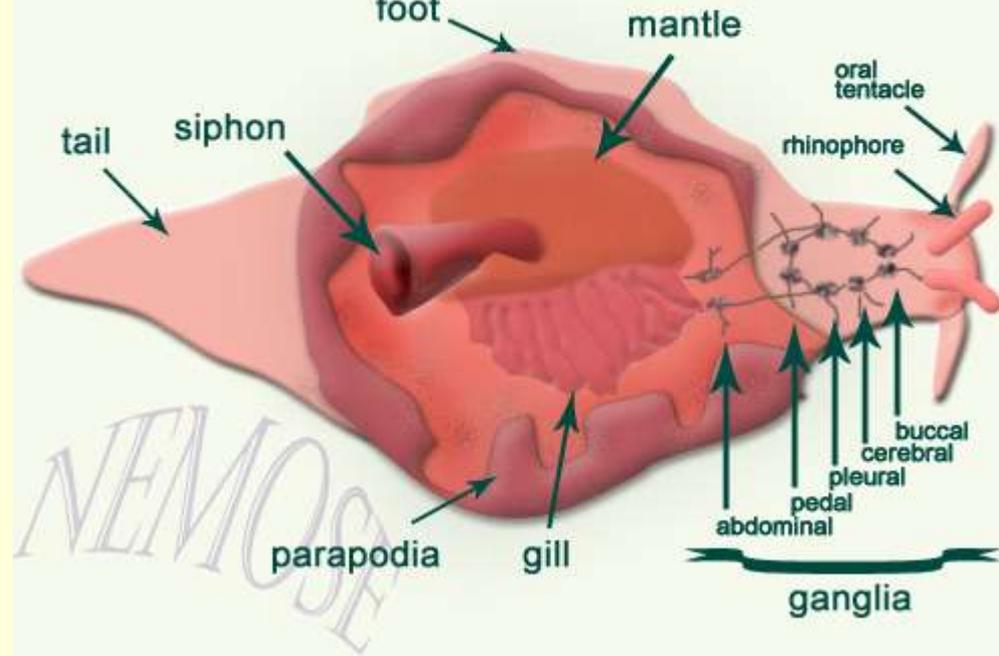
**Percevoir** le chaos du monde et en faire ressortir du **sens**,  
**prévoir** ce qui va s'y passer,  
et y **agir** souvent **très rapidement**,  
voilà le rôle du système nerveux.

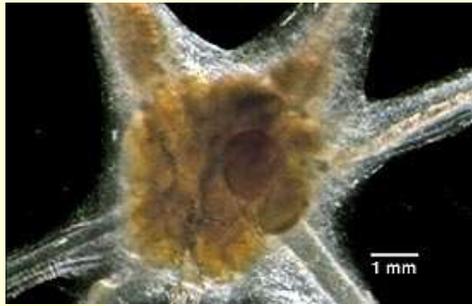
(contrairement par exemple au système endocrinien ou immunitaire, plus lent)



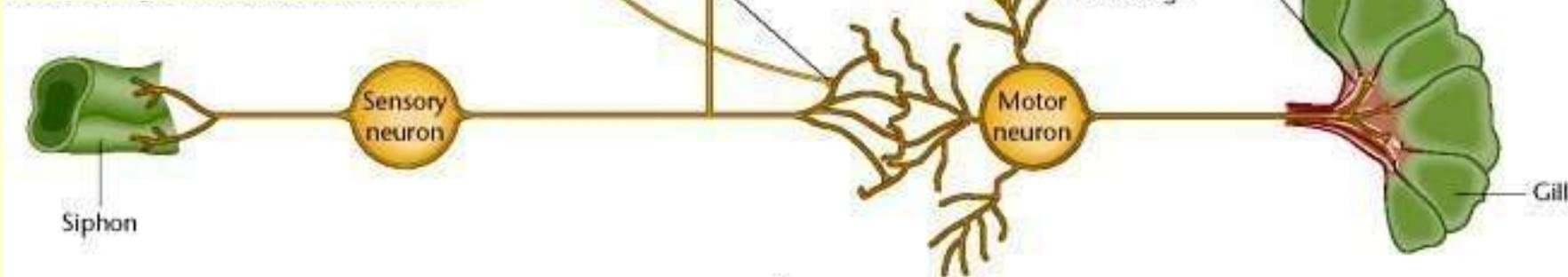
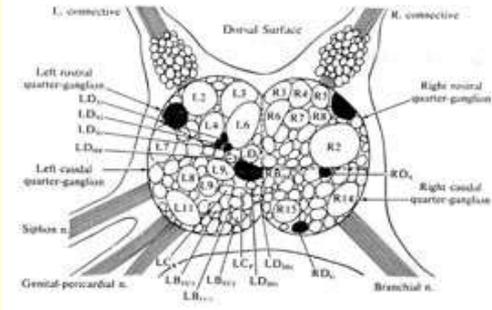
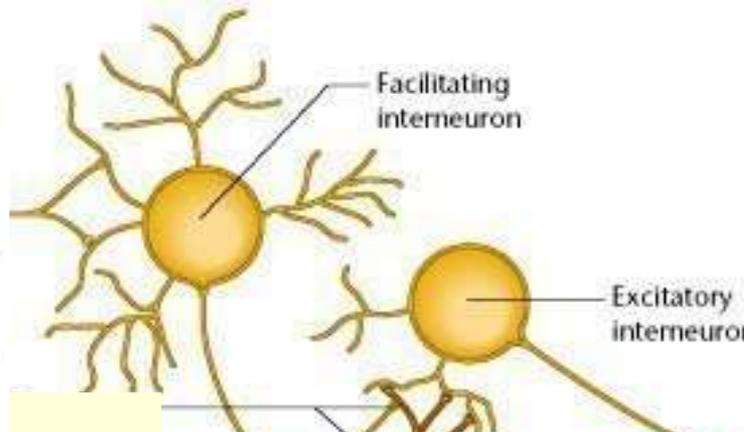


**Aplysie**  
(mollusque marin)



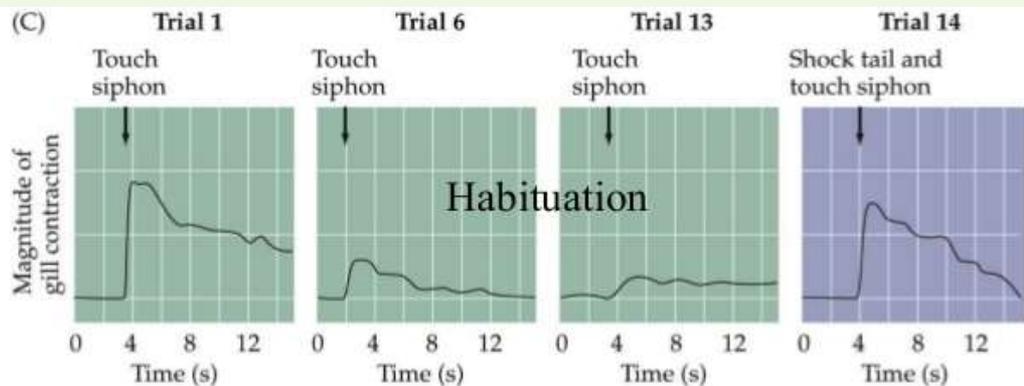
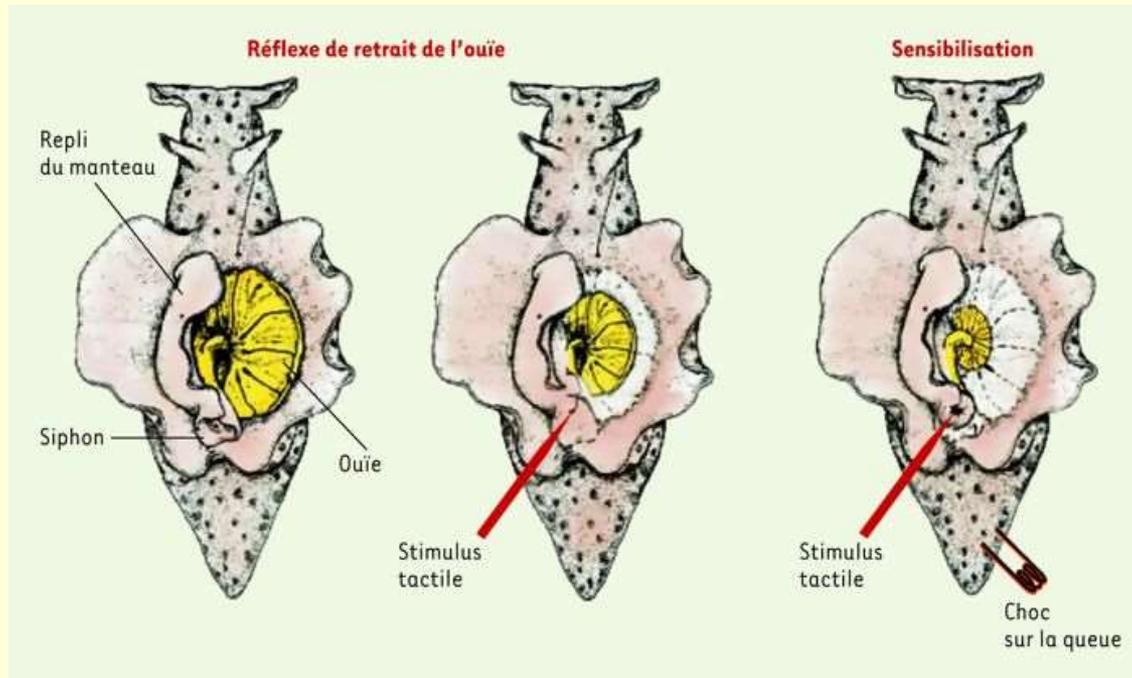


On voit apparaître des « **interneurones** » qui ne sont ni sensoriels ni moteurs.



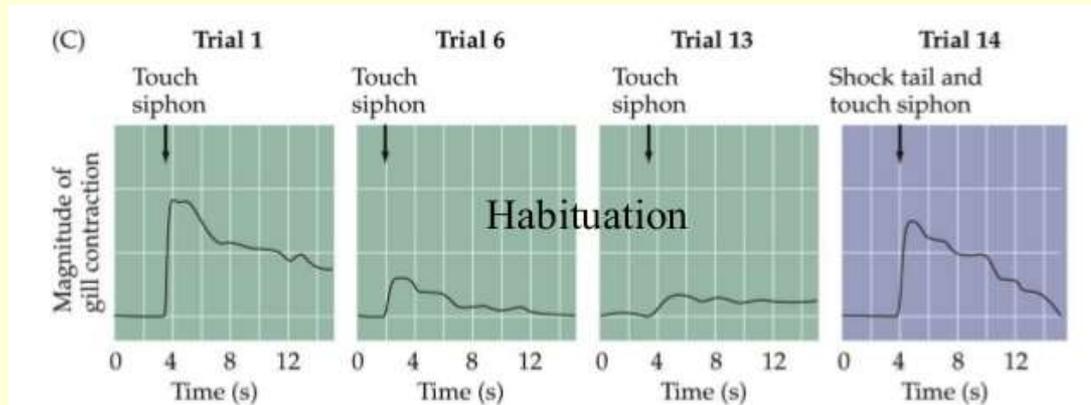
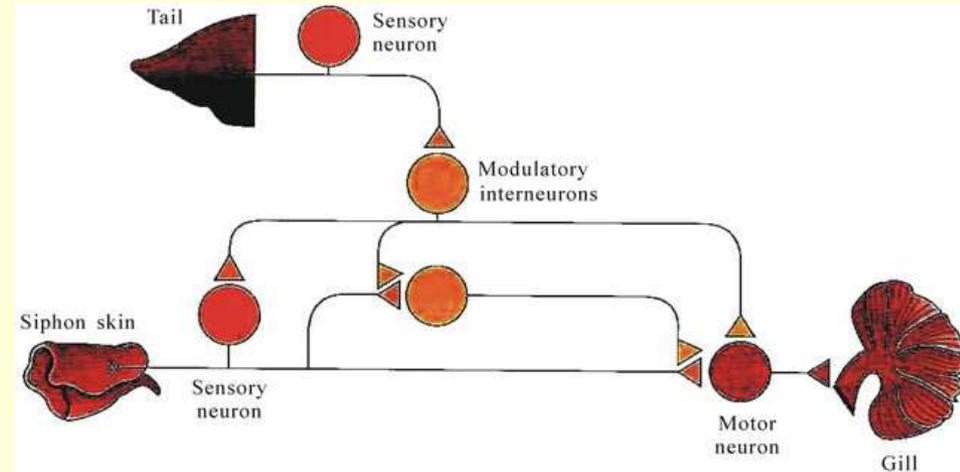
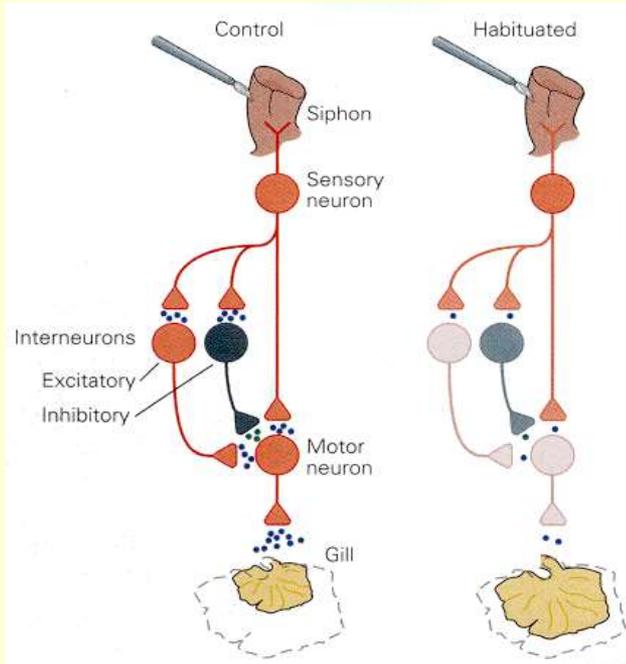
Boucle sensorimotrice

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



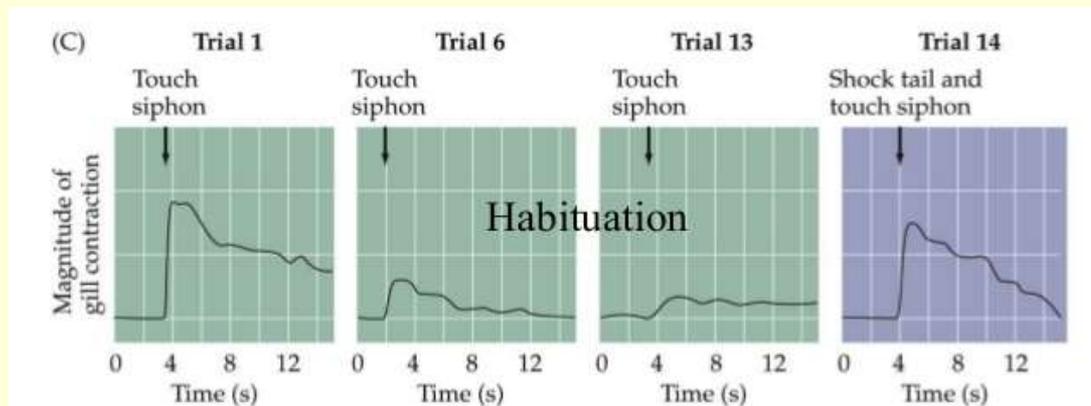
Sensibilisation

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



Sensibilisation

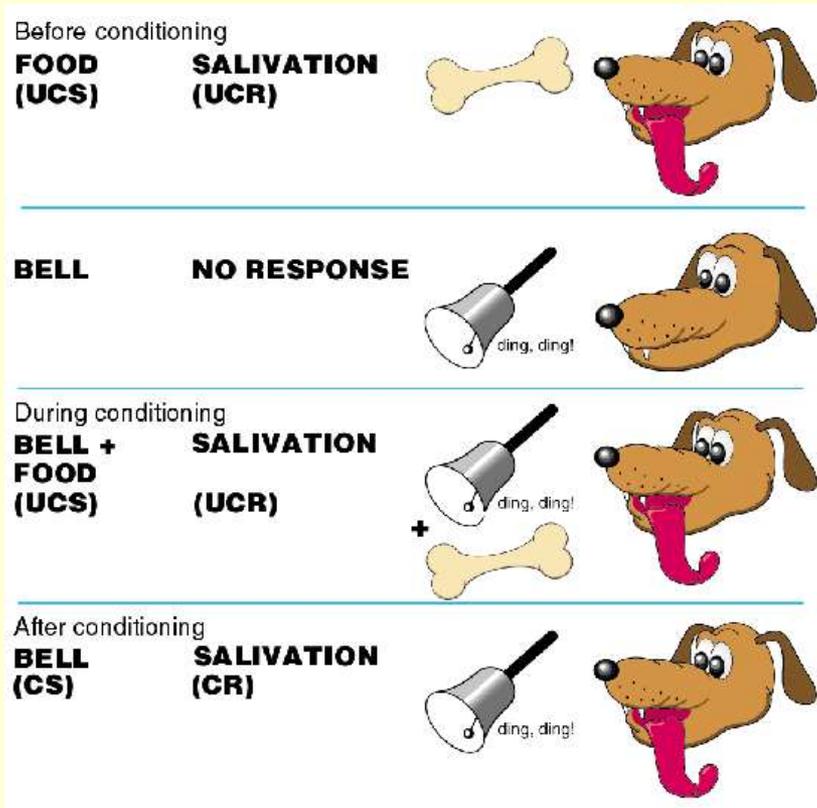
# Des formes d'apprentissage et de mémoire qui demeurent présentes chez l'humain...



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.



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.

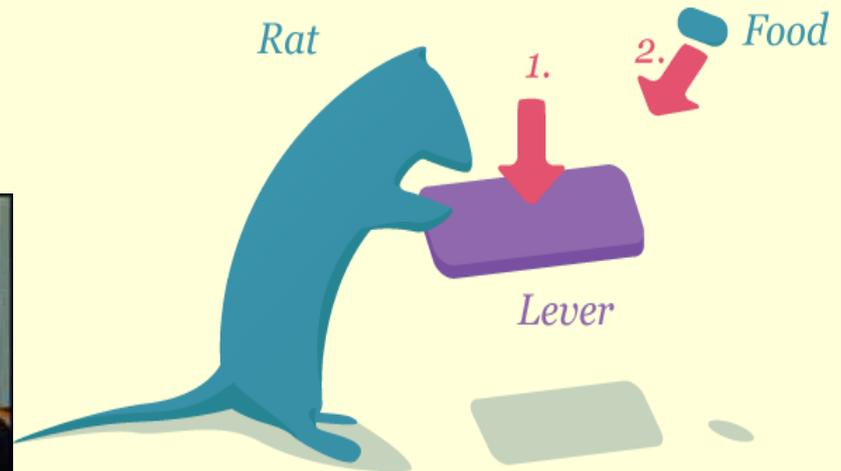


Tout comme d'autres formes **d'apprentissage** qui vont aussi apparaître assez tôt dans l'évolution :

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.



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.





# We're not addicted to smartphones, we're addicted to **social interaction**

<https://www.mcgill.ca/newsroom/channels/news/were-not-addicted-smartphones-were-addicted-social-interaction-284522>

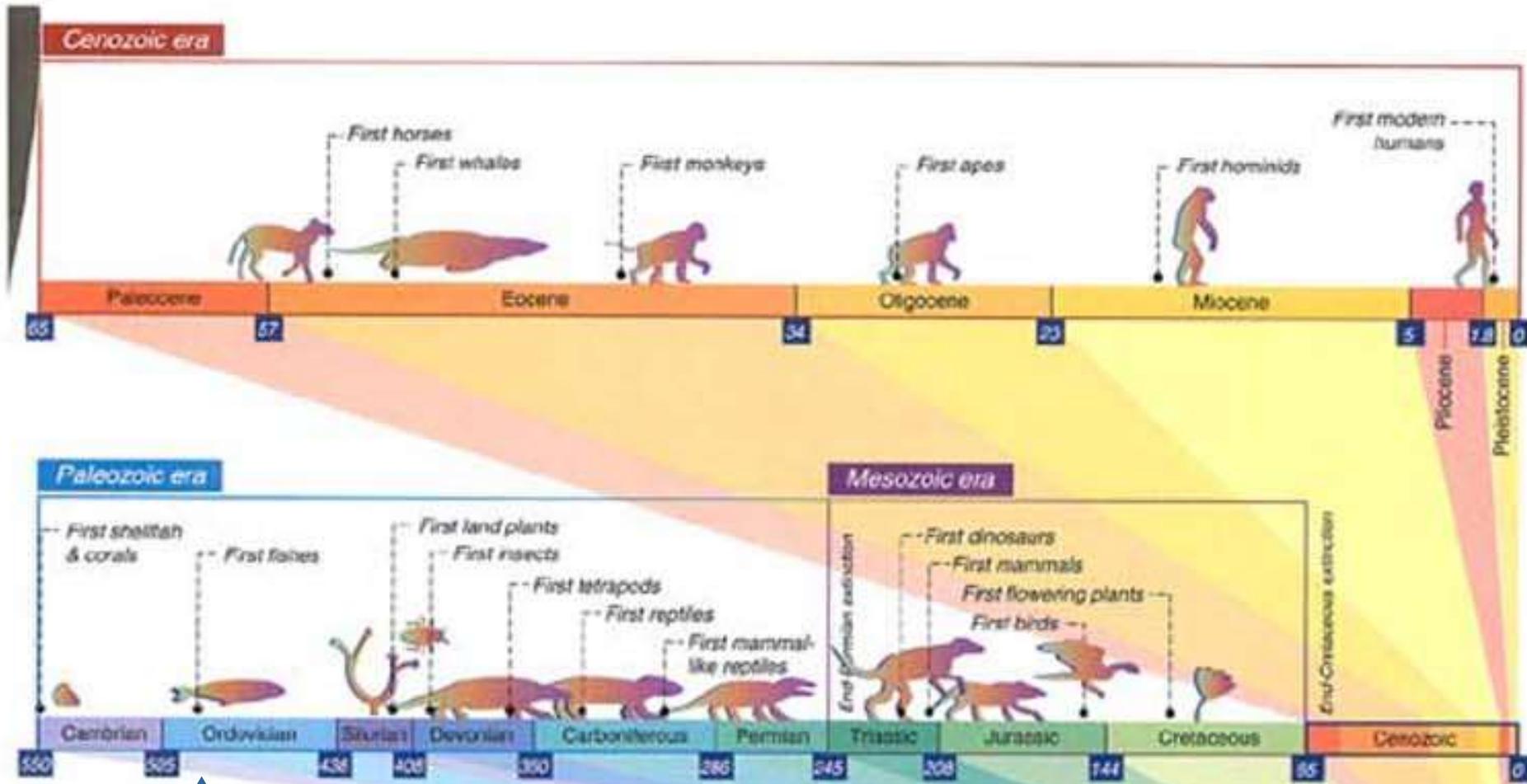
Front. Psychol., 20 February 2018 |  
**Hypernatural Monitoring: A Social Rehearsal Account of Smartphone Addiction**

[Samuel P. L. Veissière](#)<sup>1,2,3,4\*</sup> and [Moriah Stendel](#)<sup>1,3,4</sup>  
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.00141/full>



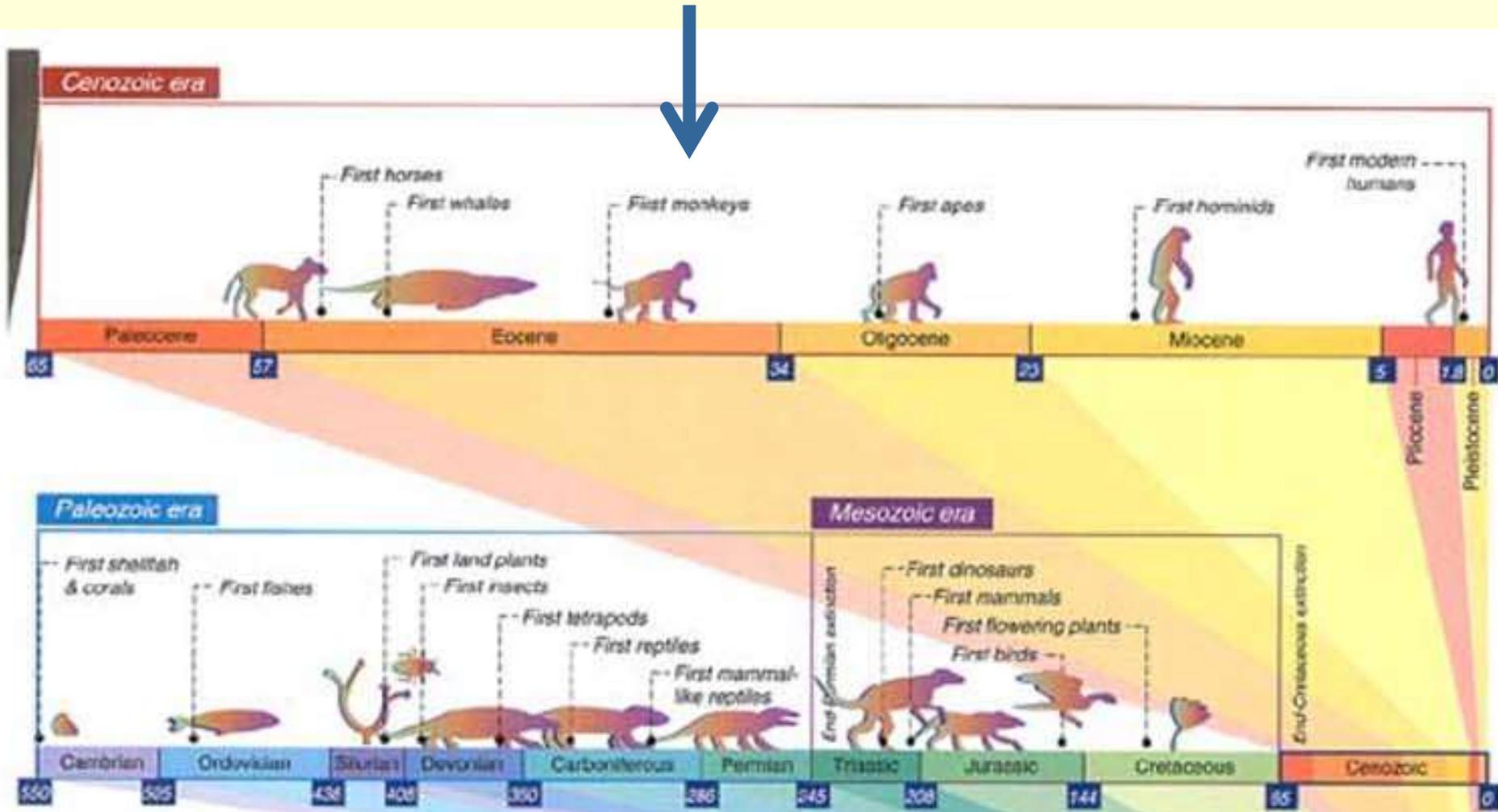
En guise de conclusion, si **un millénaire** vaut à **une seconde** :

- les premiers vertébrés (des poissons primitifs) seraient apparus il y a un peu plus de **5 jours**.



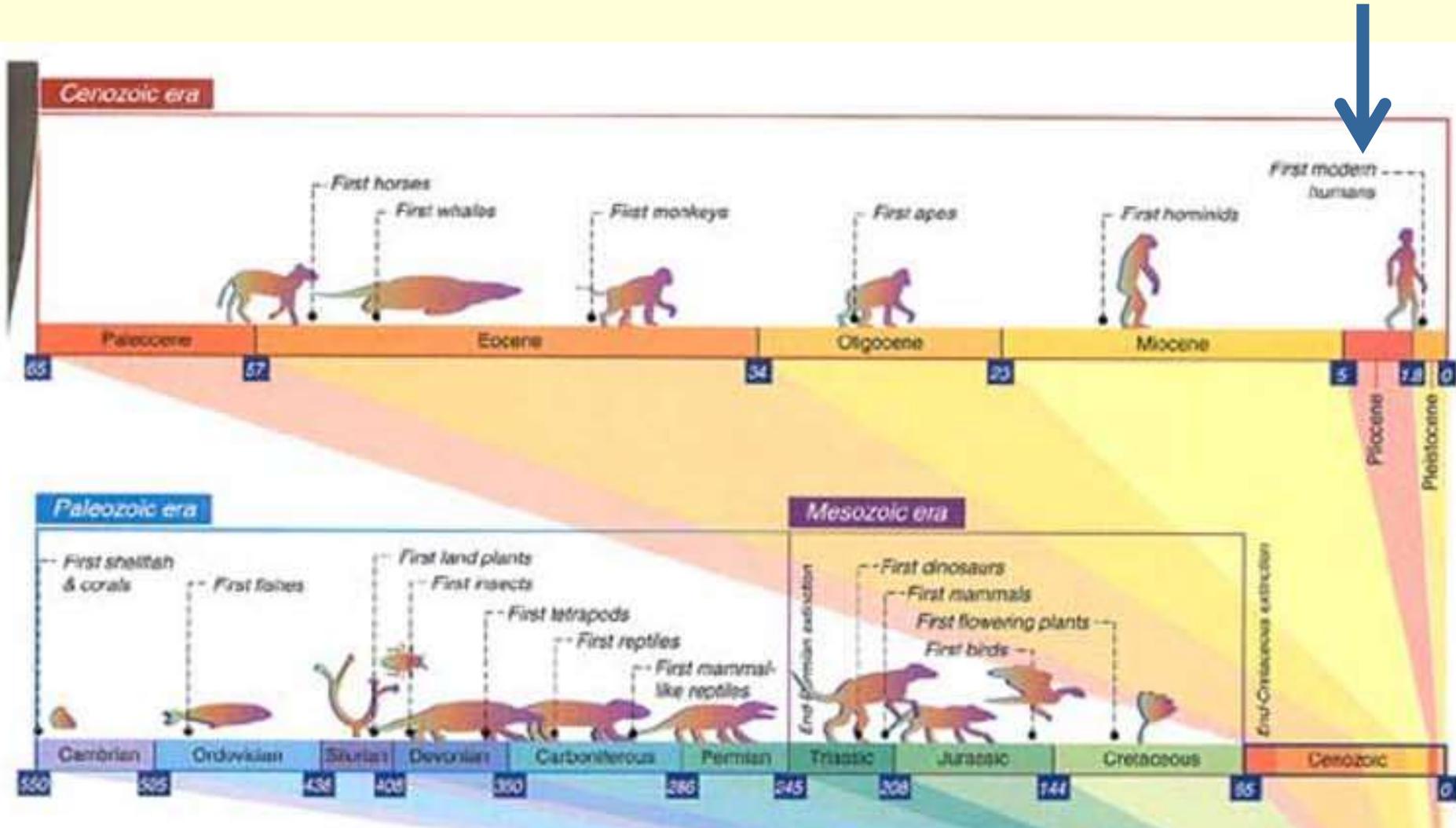
En guise de conclusion, si **un millénaire** vaut à **une seconde** :

- les premiers primates il y a près de **21h** (sur 5 jours)



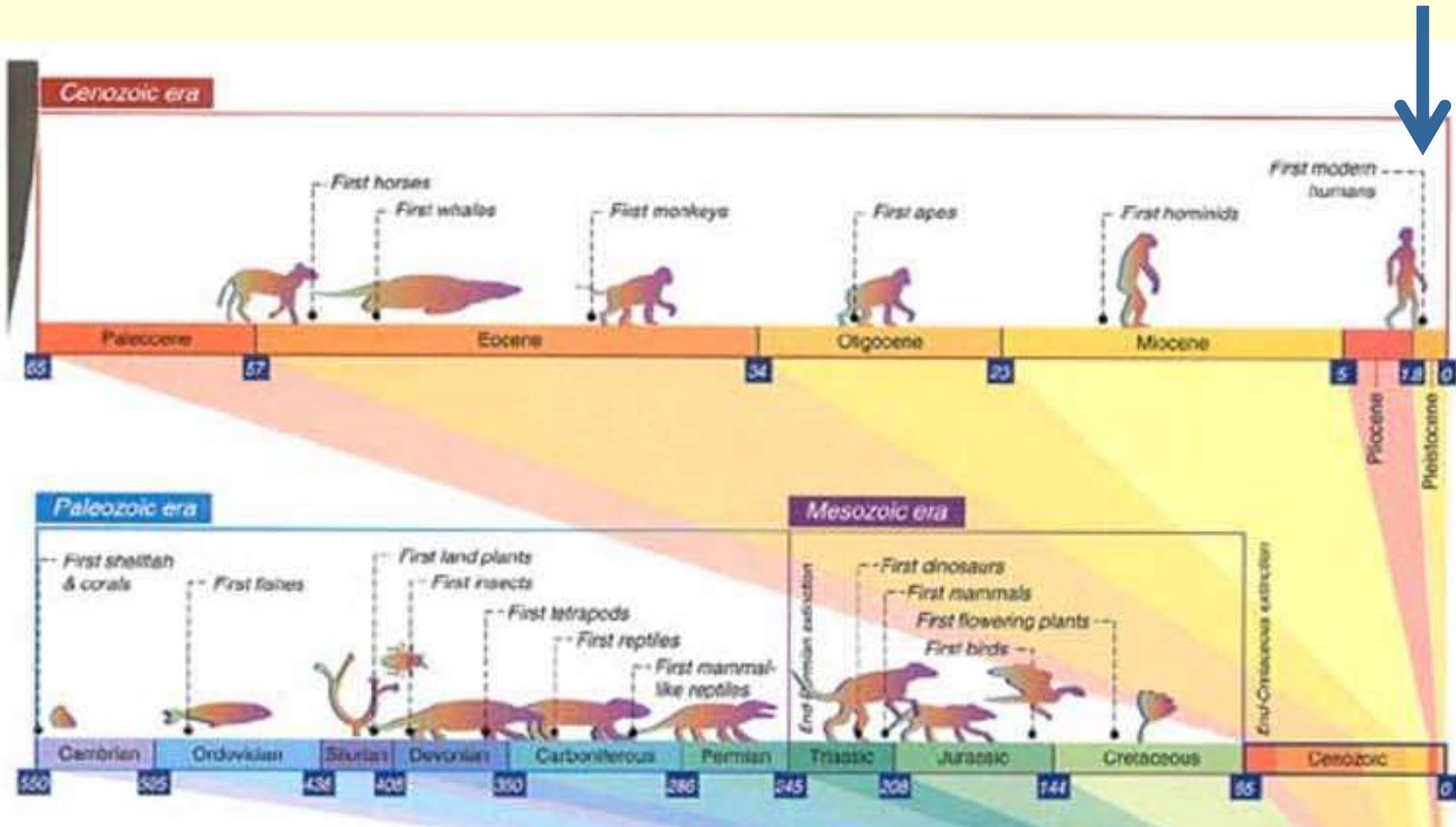
En guise de conclusion, si **un millénaire** vaut à **une seconde** :

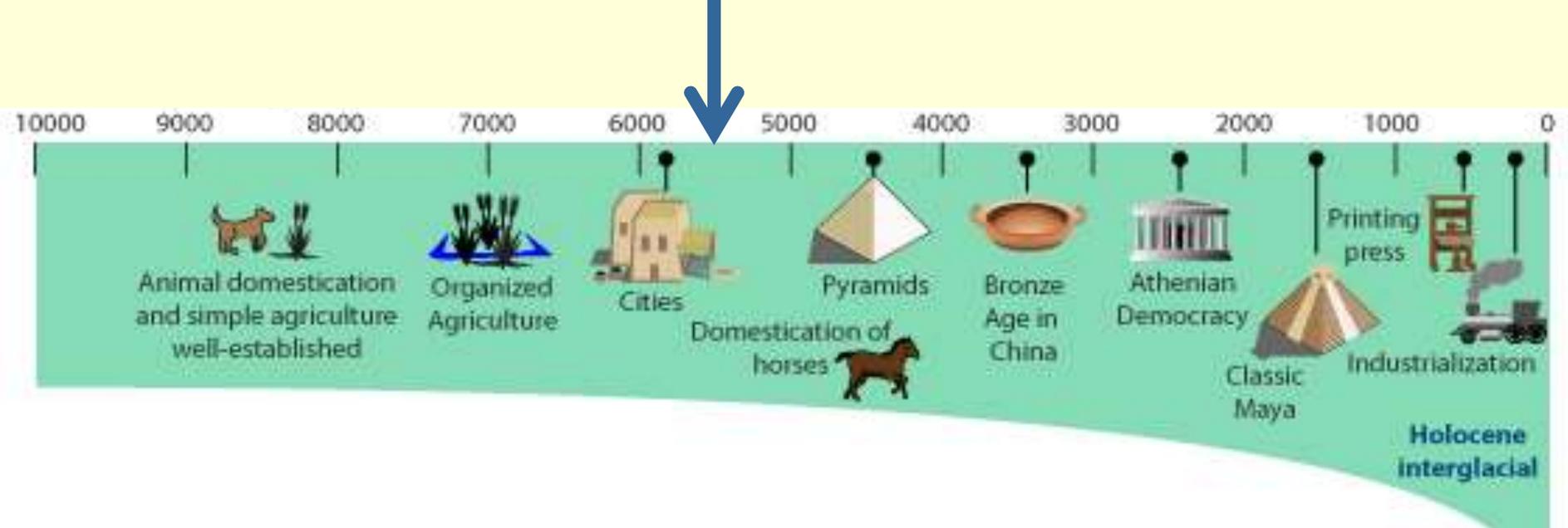
- notre genre Homo il y a environ **41 minutes** (sur 5 jours)



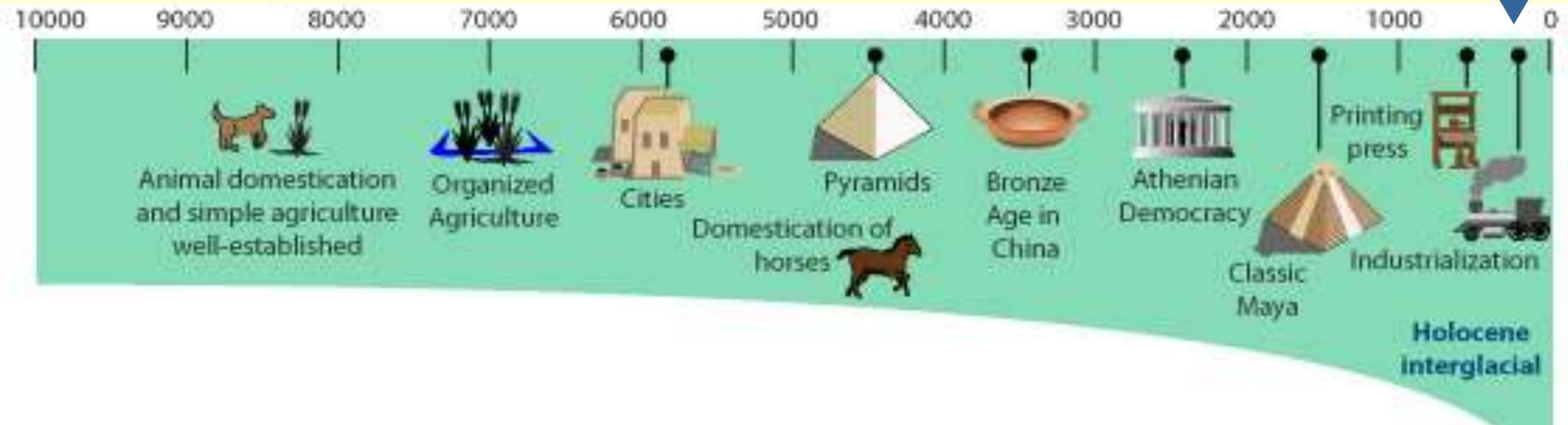
En guise de conclusion, si **un millénaire** vaut à **une seconde** :

- notre espèce Homo sapiens il y a environ **3 minutes** (sur 5 jours)

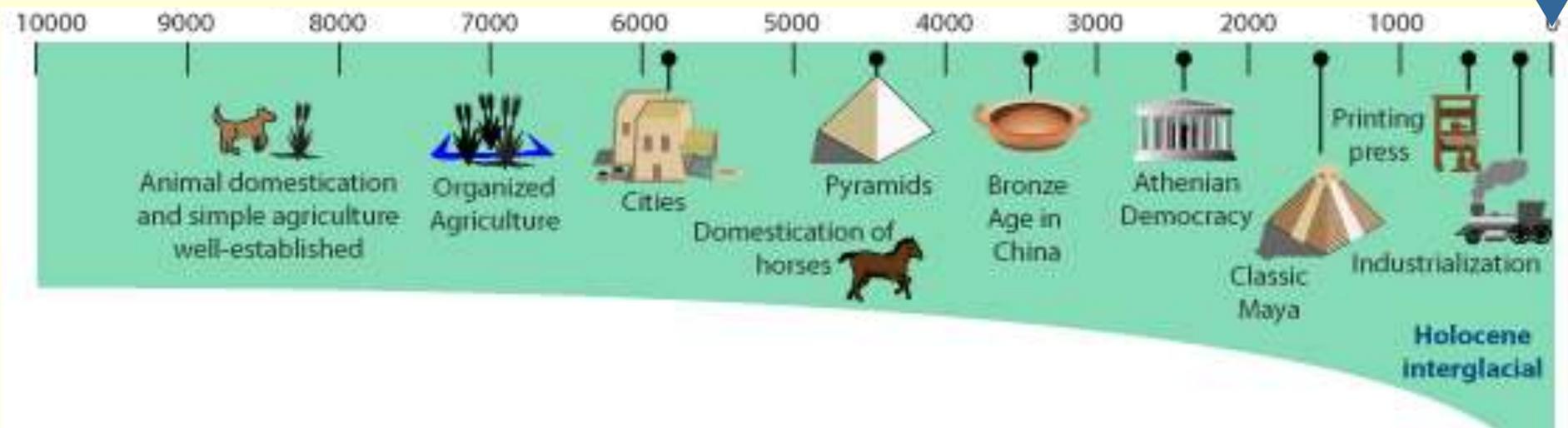




- ce qu'on appelle l'Histoire qui débute avec les traces écrites de nos cultures humaines ne durerait que **5-6 secondes** (sur 5 jours)



- les 3 derniers siècles de la révolution industrielle ne représentent que **0,3 secondes** (sur 5 jours)



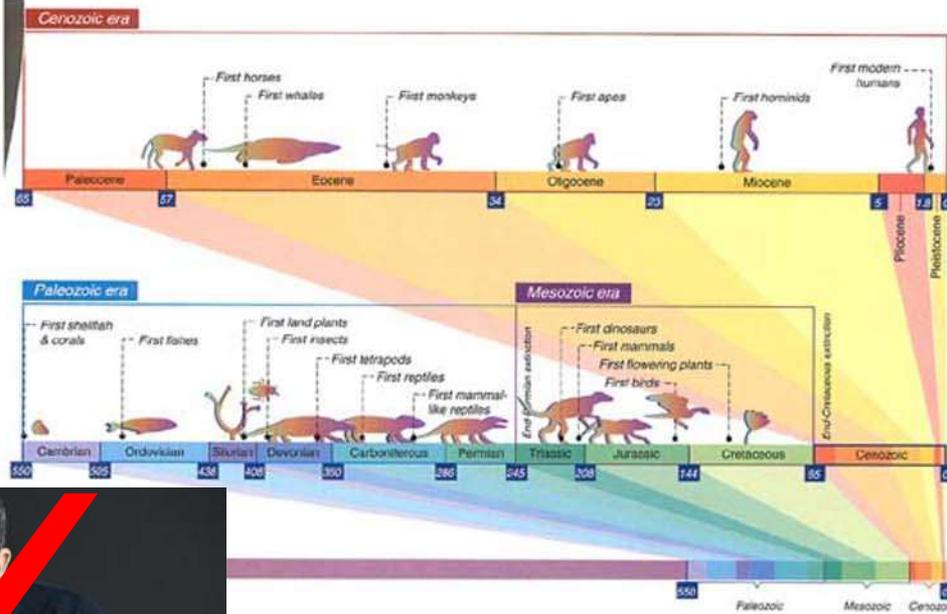
- l'avènement des réseaux sociaux sur Internet ?  
**Un centième de seconde !**  
(sur 5 jours)



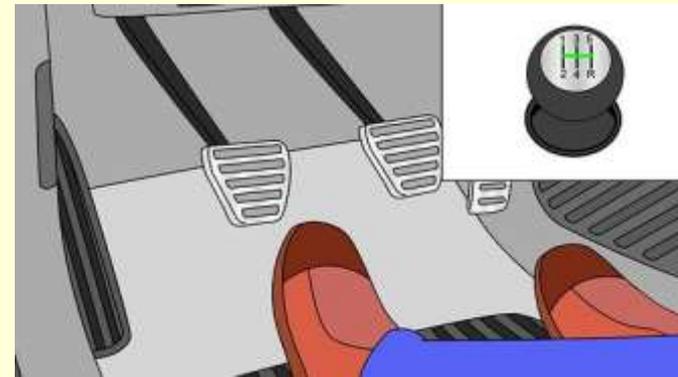
Et après ça on se demande pourquoi on devient surexcitée quand on reçoit un « Like » ou un texto à toutes les dix secondes...

On n'a pas évolué pour ça !

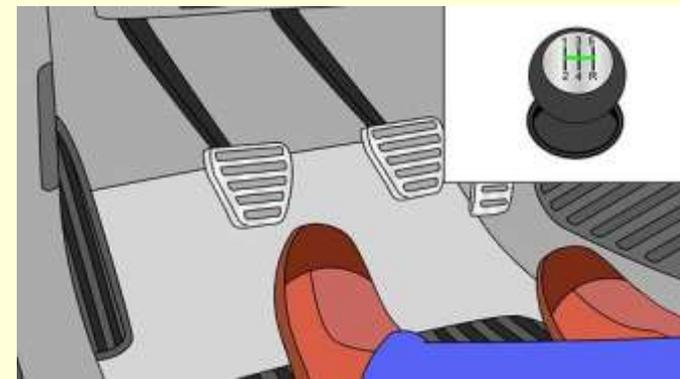
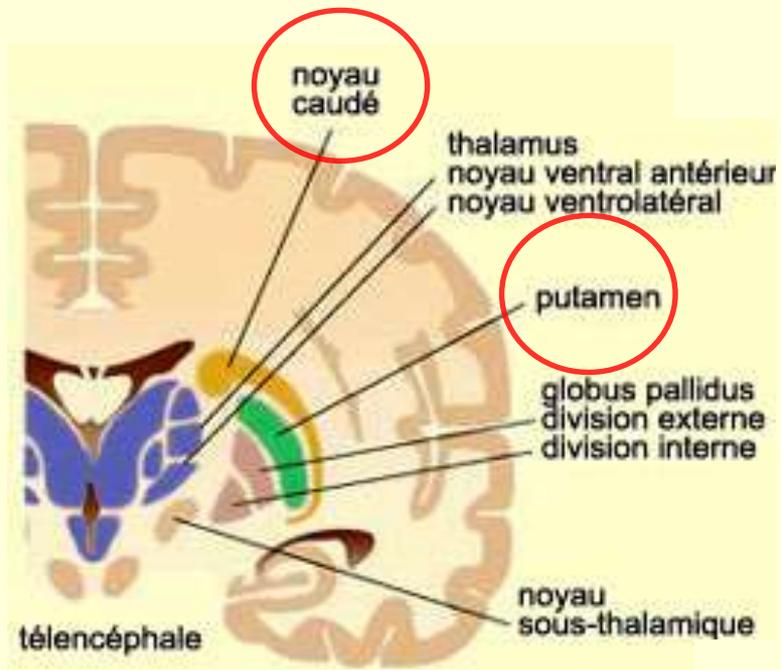
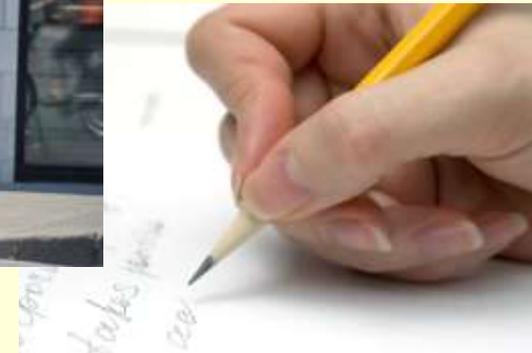
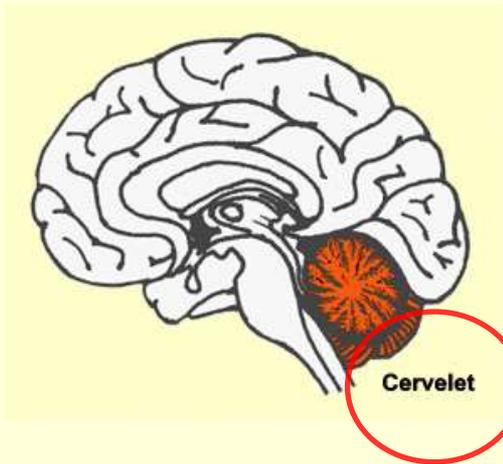
On a évolué pour être capable de trouver nos ressources et fuir les dangers sans se casser la gueule...



# La mémoire procédurale (celle des habiletés motrices)



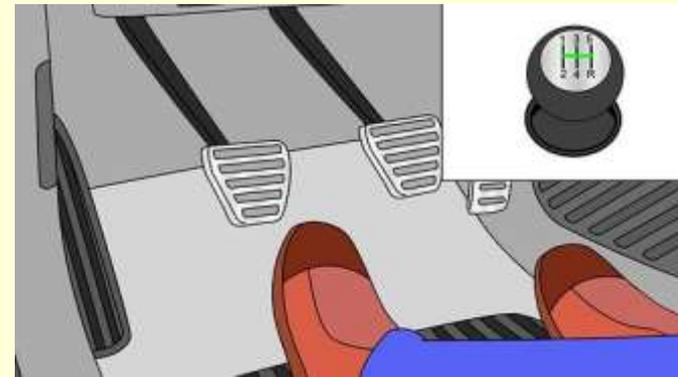
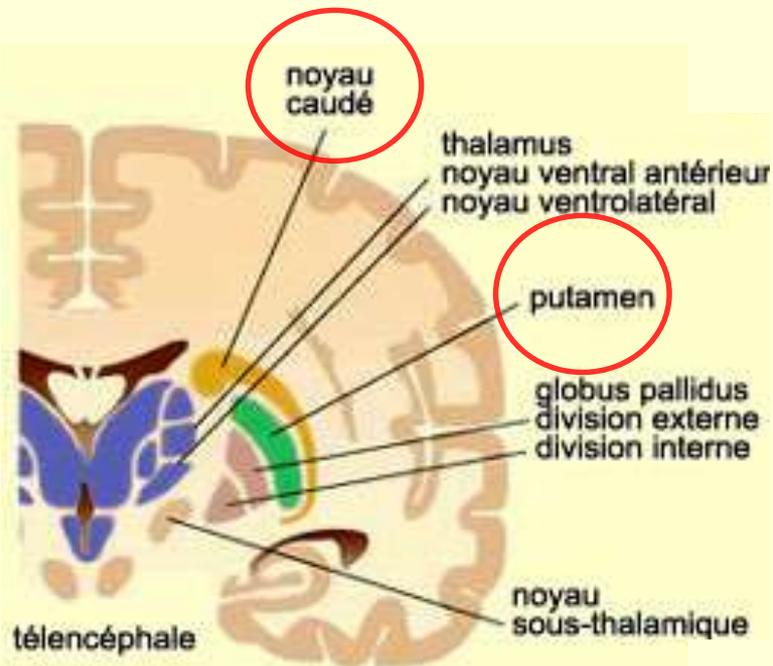
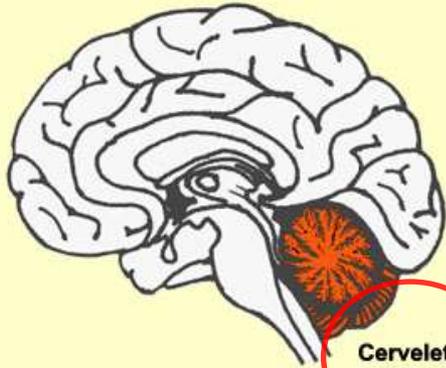
# La mémoire procédurale (celle des habiletés motrices)



# La mémoire procédurale (celle des habiletés motrices)

Mémoire à long terme

Implicite (Non-déclarative)

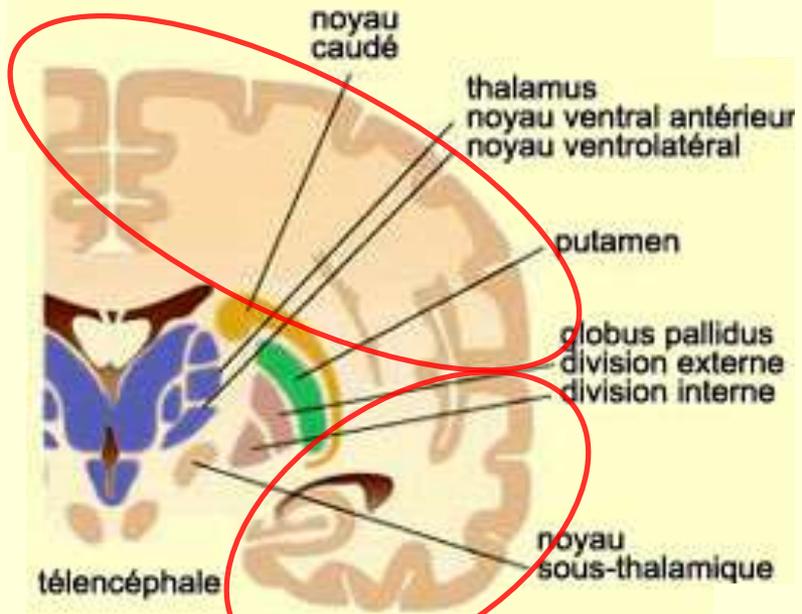
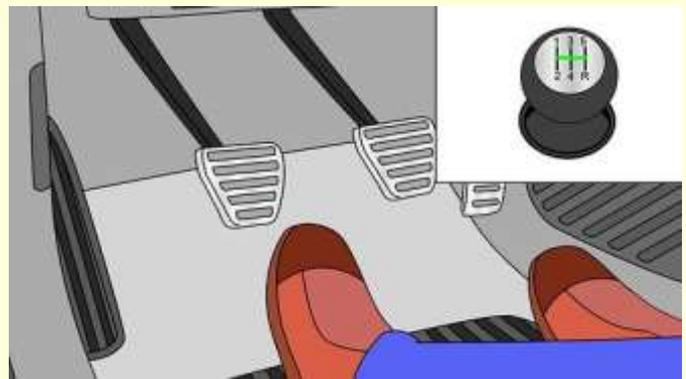


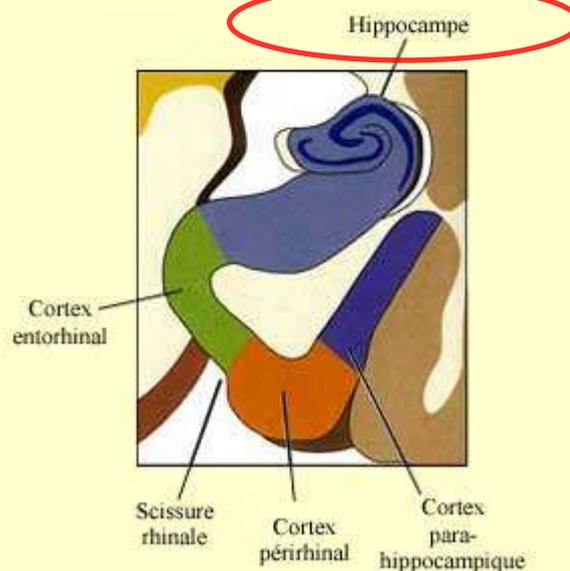
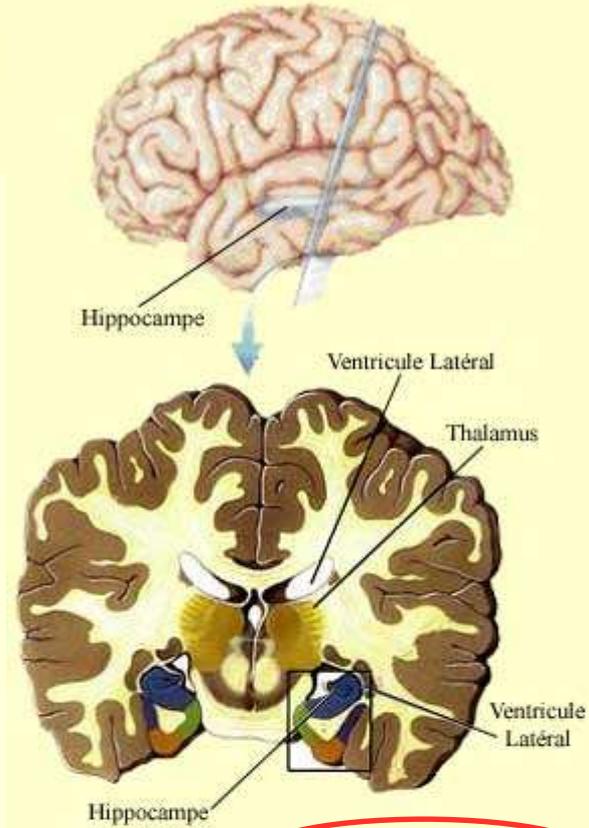
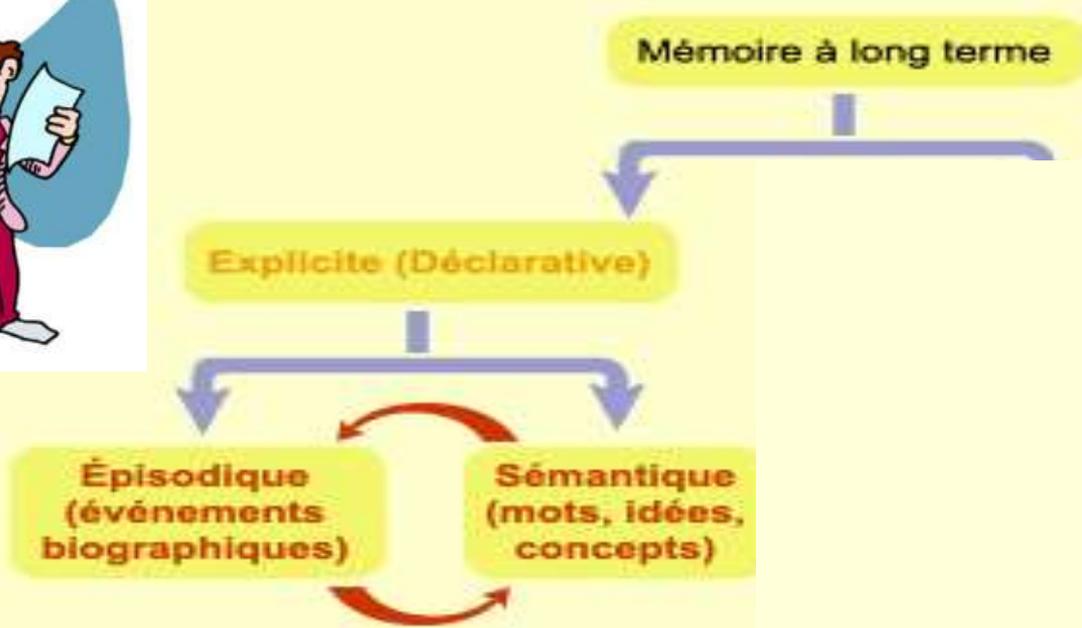


# Mémoire à long terme

Explicite (Déclarative)

Implicite (Non-déclarative)



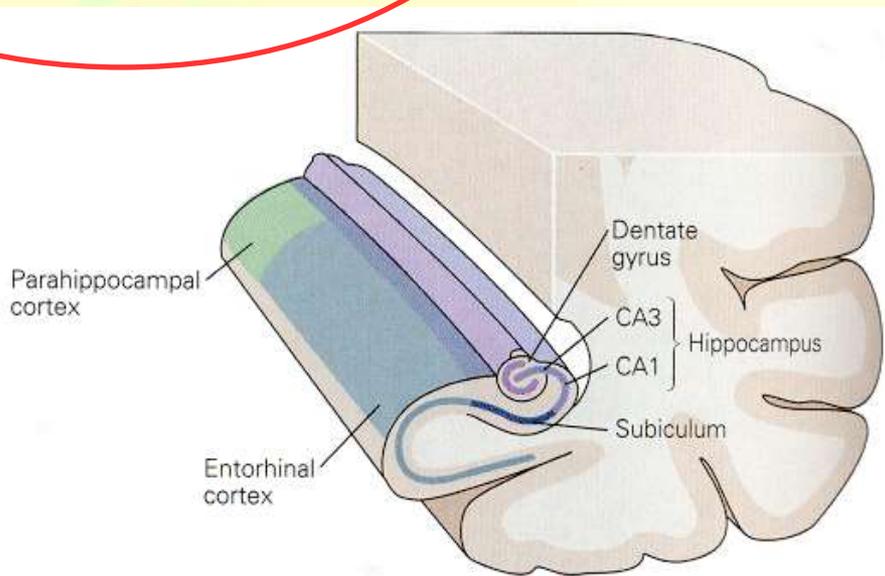
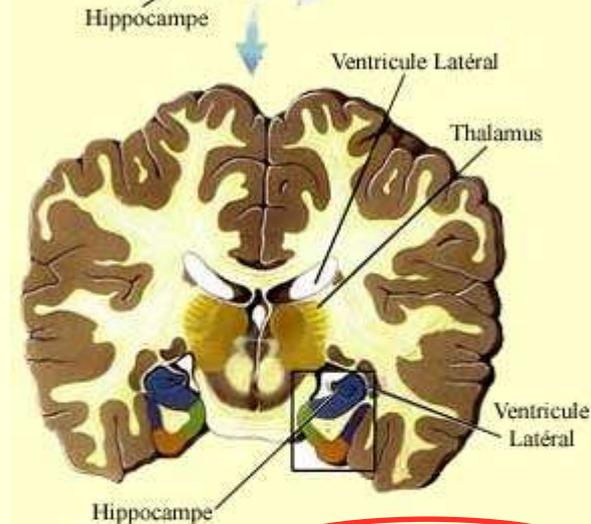
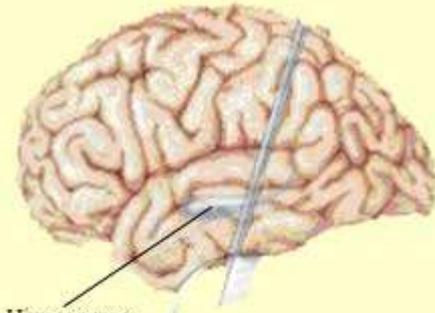


# Mémoire à long terme

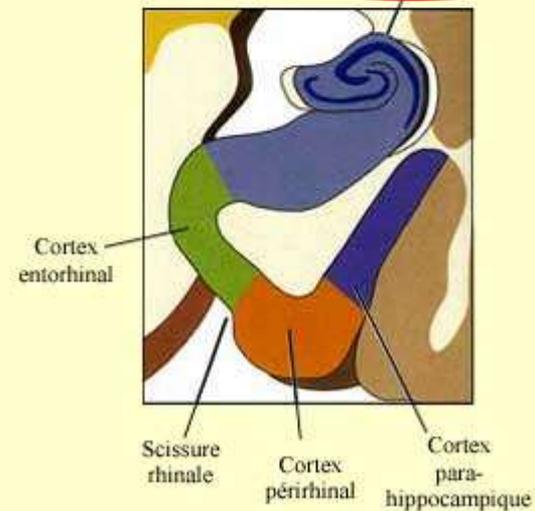
## Explicite (Déclarative)

Épisodique  
(événements  
biographiques)

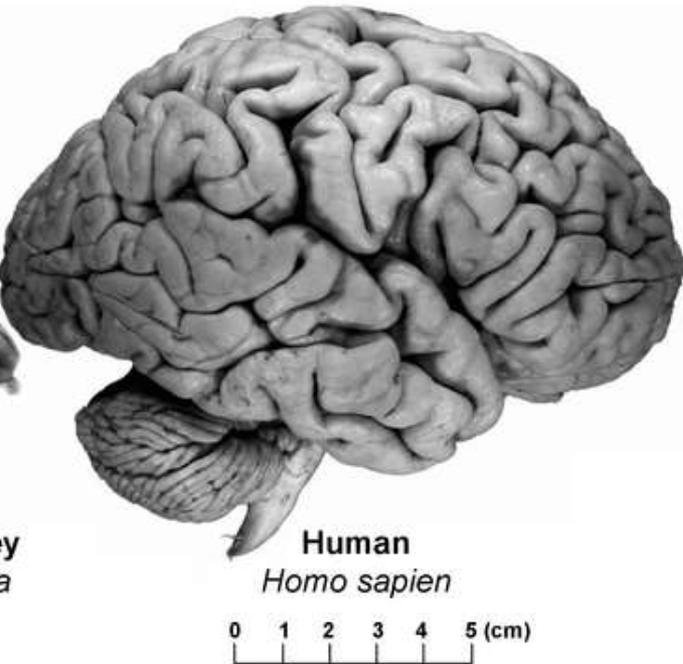
Sémantique  
(mots, idées,  
concepts)



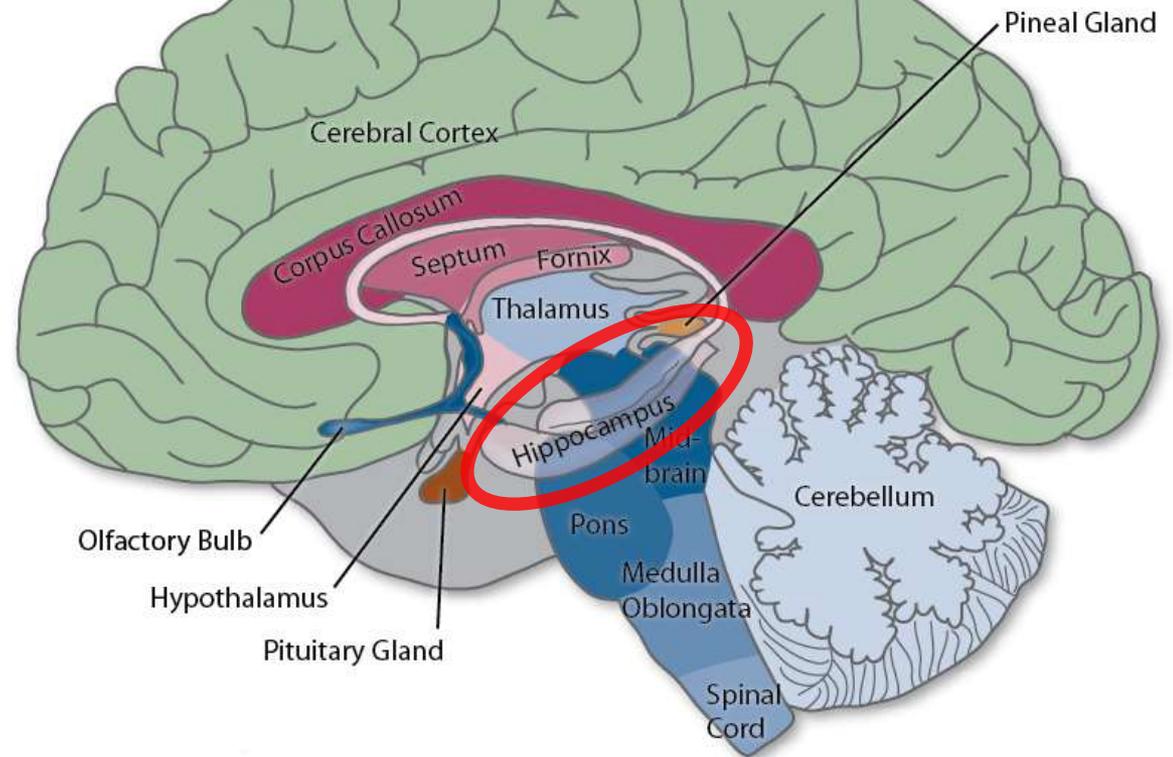
Hippocampe



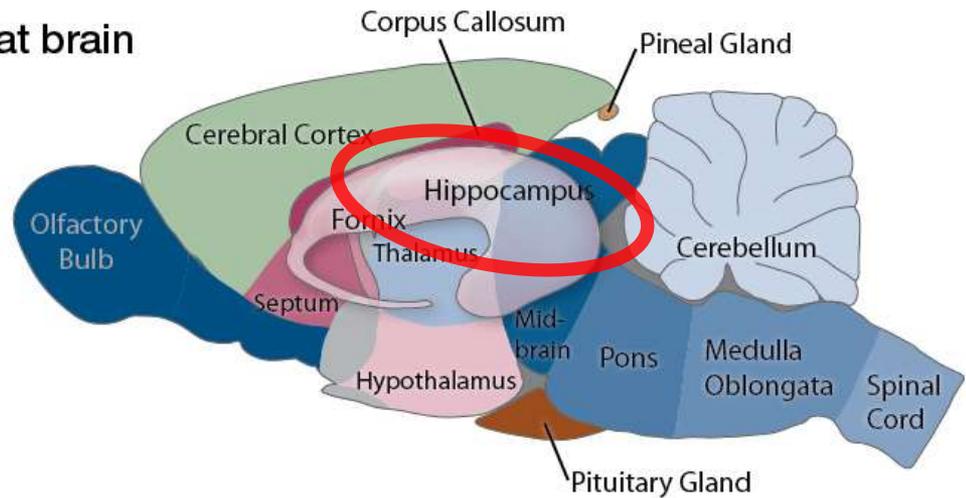
De l'hippocampe de rat à l'hippocampe humain :  
la notion de **recyclage neuronal**



## Human brain

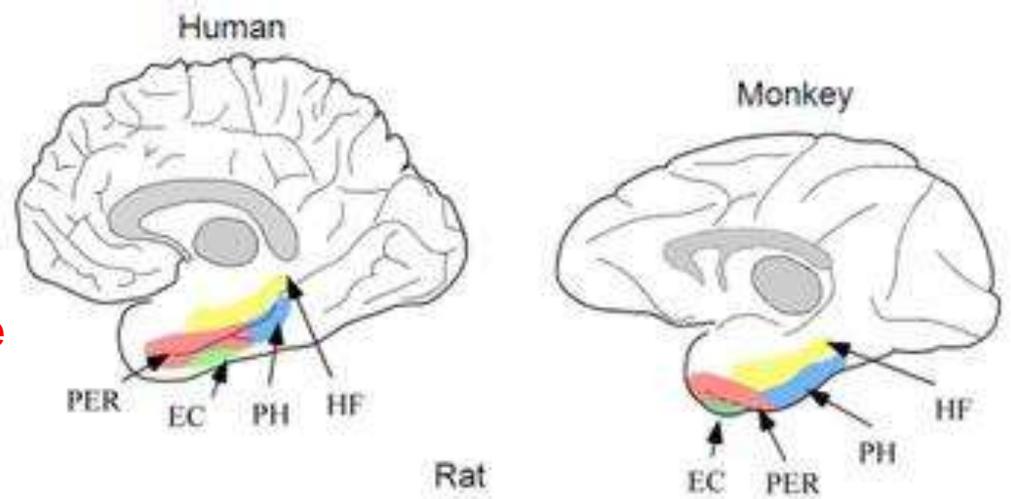
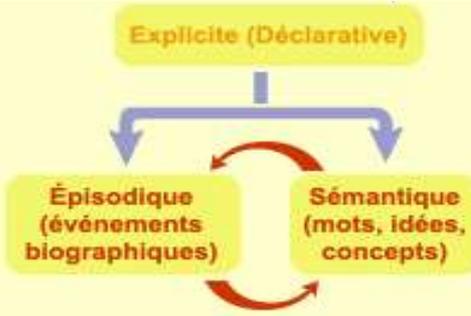


## Rat brain



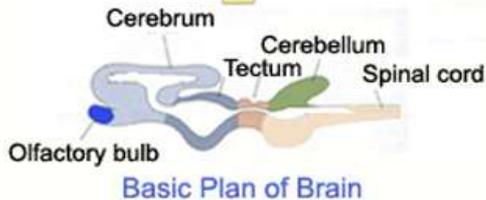
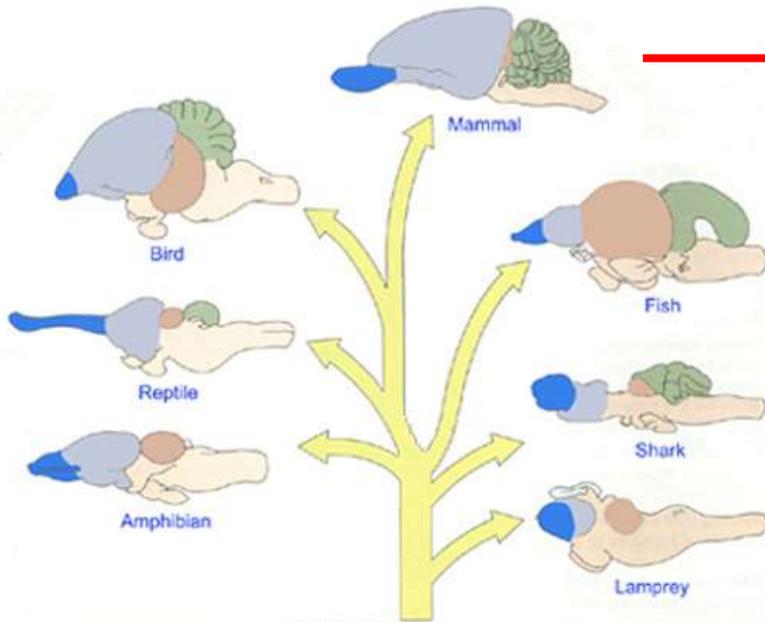
**Brown rat**  
*Rattus norvegicus*

**Navigation spatiale + Mémoire déclarative**



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

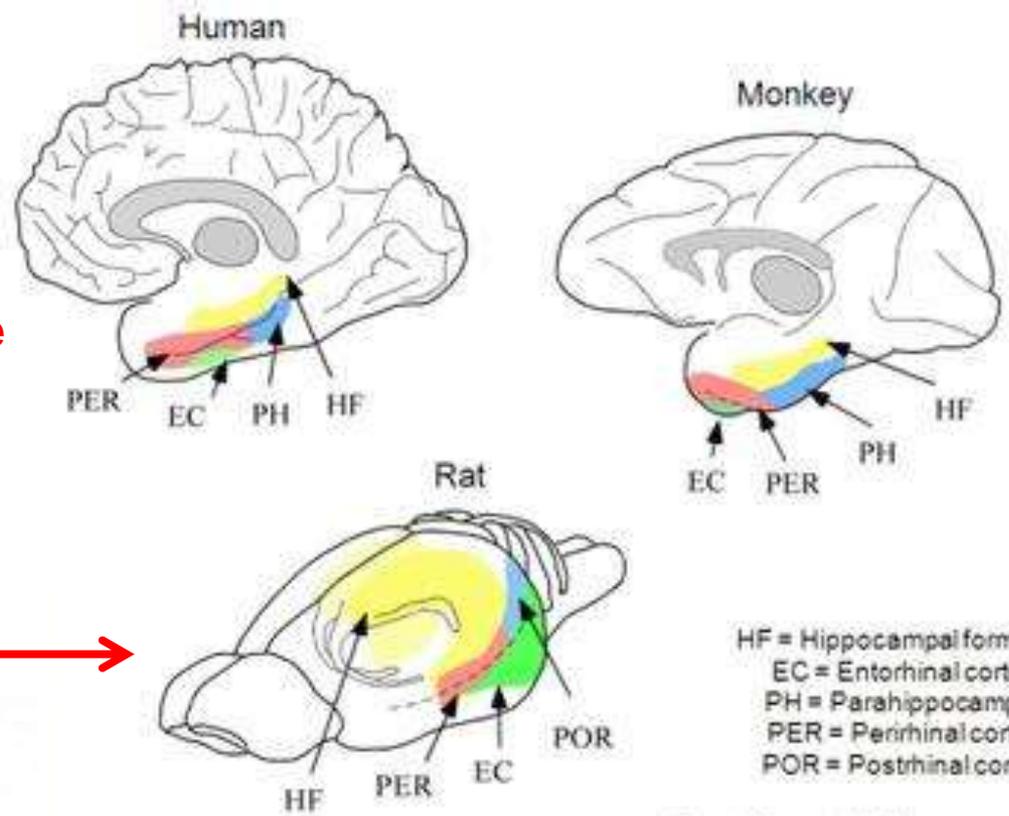
From Kerr et al, *Hippocampus* 2007



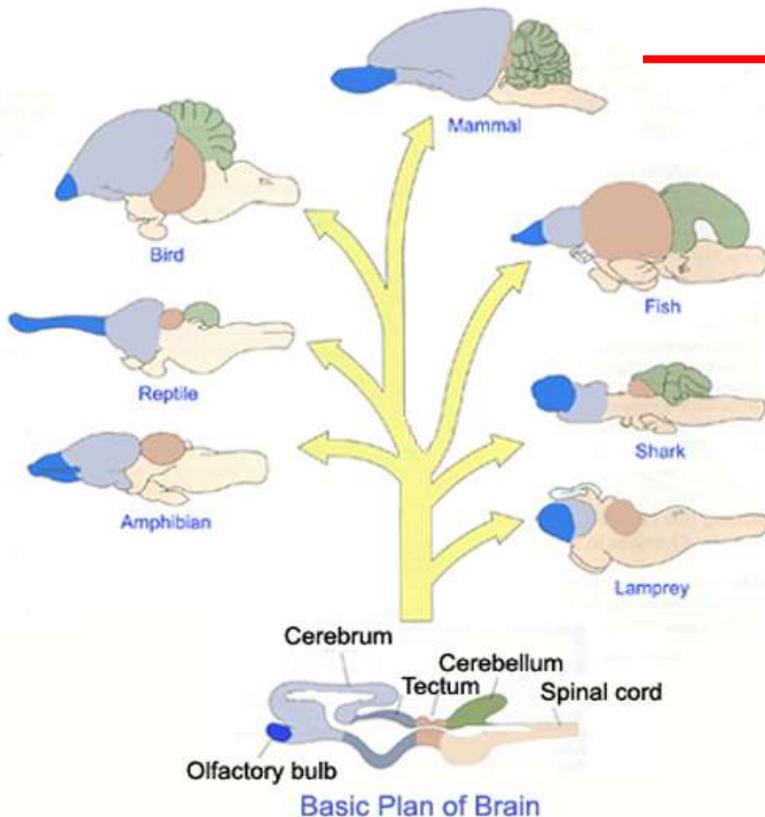
**Navigation spatiale**

→ hypothèse d'une **continuité phylogénétique** 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

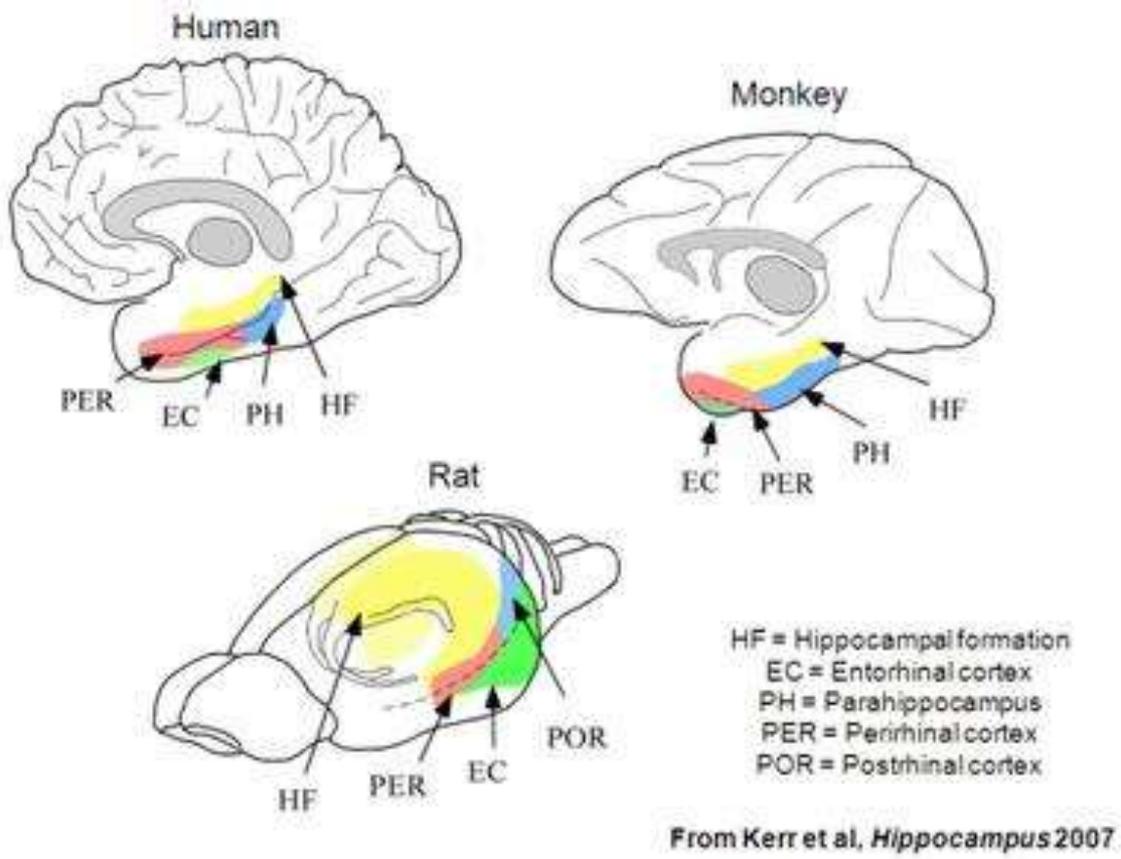
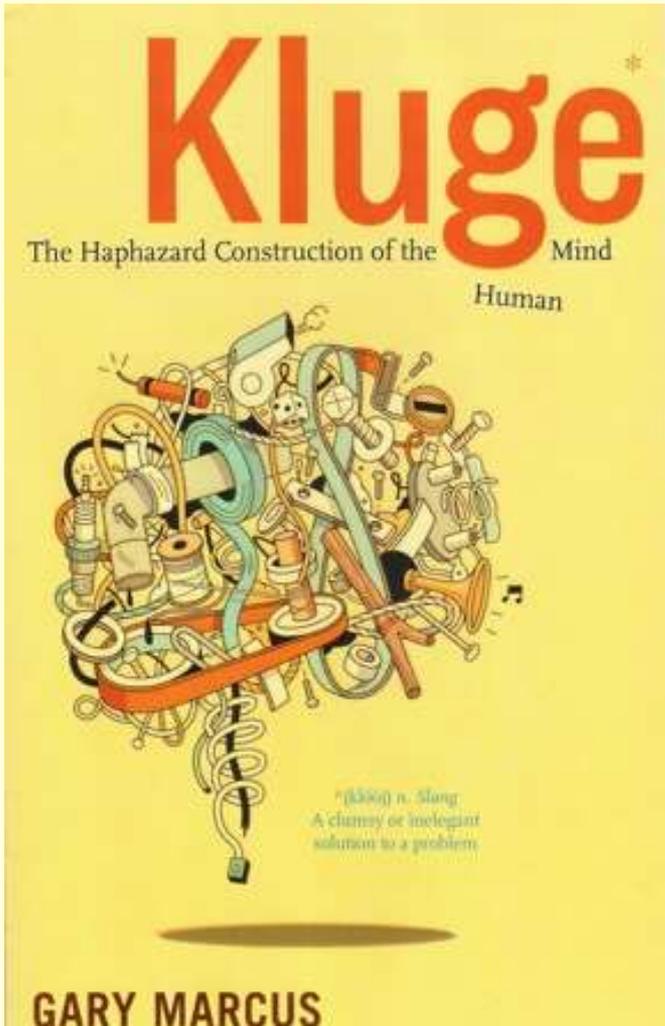
György Buzsáki & Edvard I Moser

January 2013

[http://www.nature.com/neuro/journal/v16/n2/full/nn.3304.html?WT.ec\\_id=NEURO-201302](http://www.nature.com/neuro/journal/v16/n2/full/nn.3304.html?WT.ec_id=NEURO-201302)



**Navigation spatiale  
+  
Mémoire déclarative**



**Navigation spatiale**

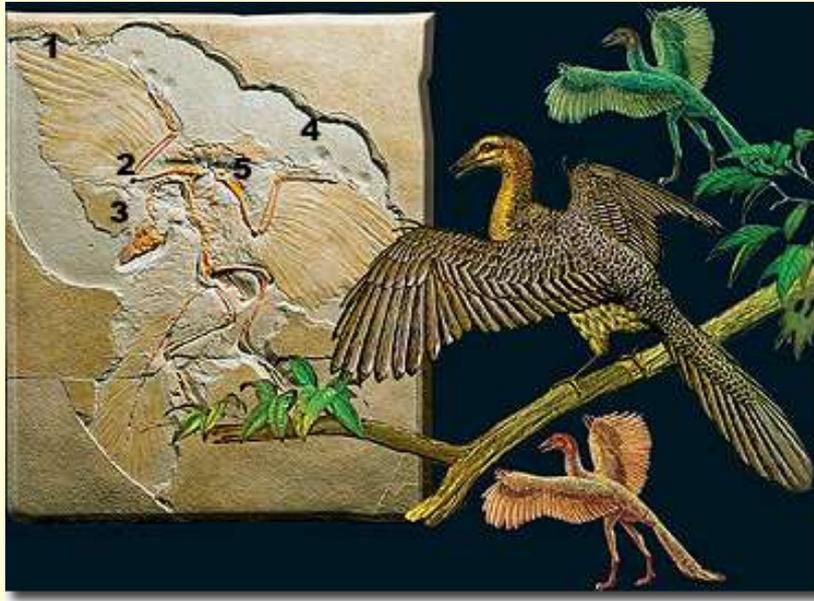
**« Recyclage neuronal »**



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

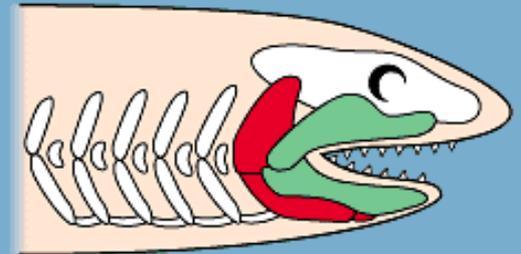
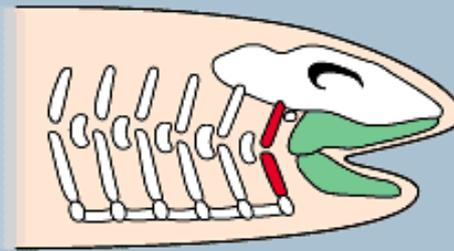
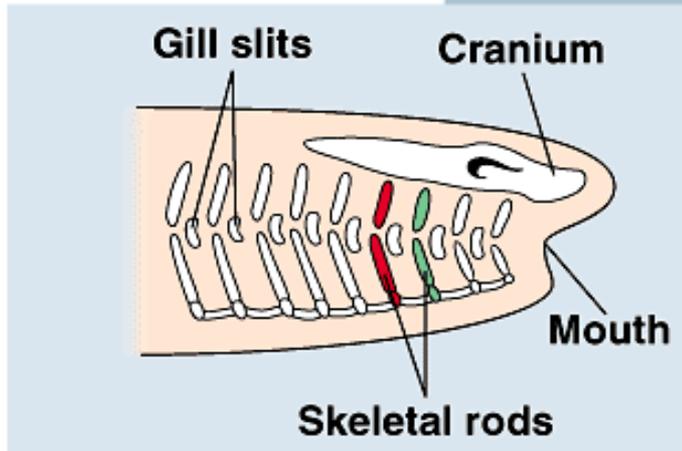
La sélection naturelle opère à la manière **non d'un ingénieur, mais d'un bricoleur**; un bricoleur qui ne sait pas encore ce qu'il va produire, mais **recupère** tout ce qui lui tombe sous la main. »

- François Jacob  
(Le Jeu des possibles, 1981)



Autres exemples :

les plumes de l'oiseau,  
d'abord apparue pour  
la thermorégulation  
et recyclées ensuite pour le vol

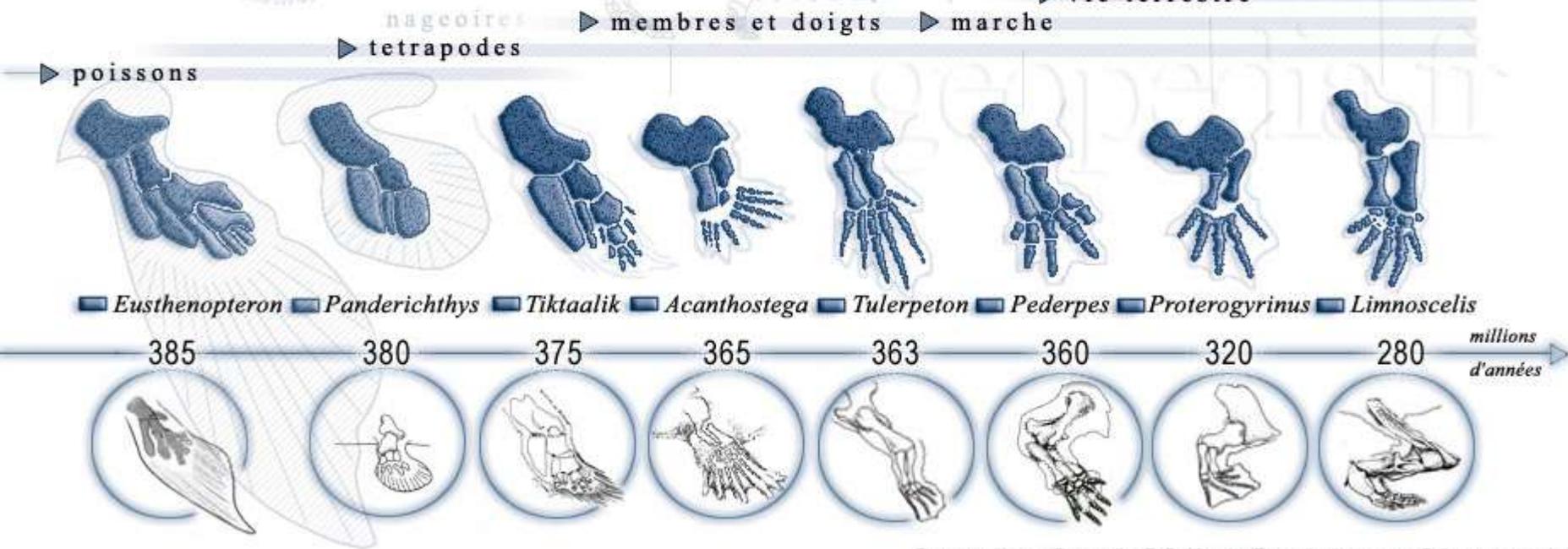


DEVONIEN

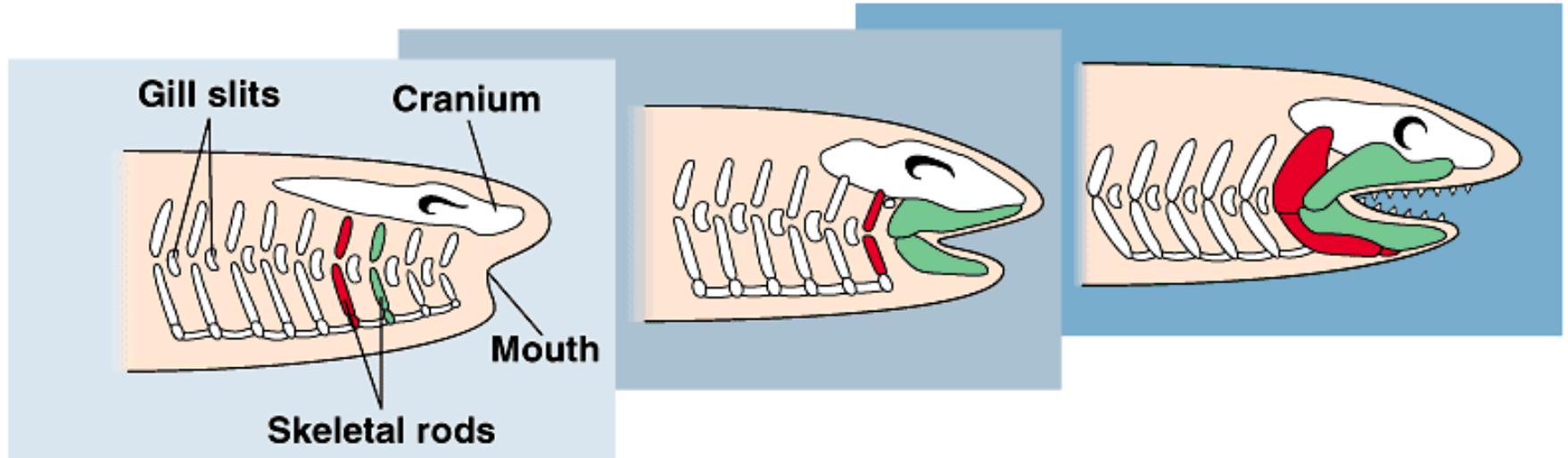
CARBONIFERE

# L'évolution de la marche...

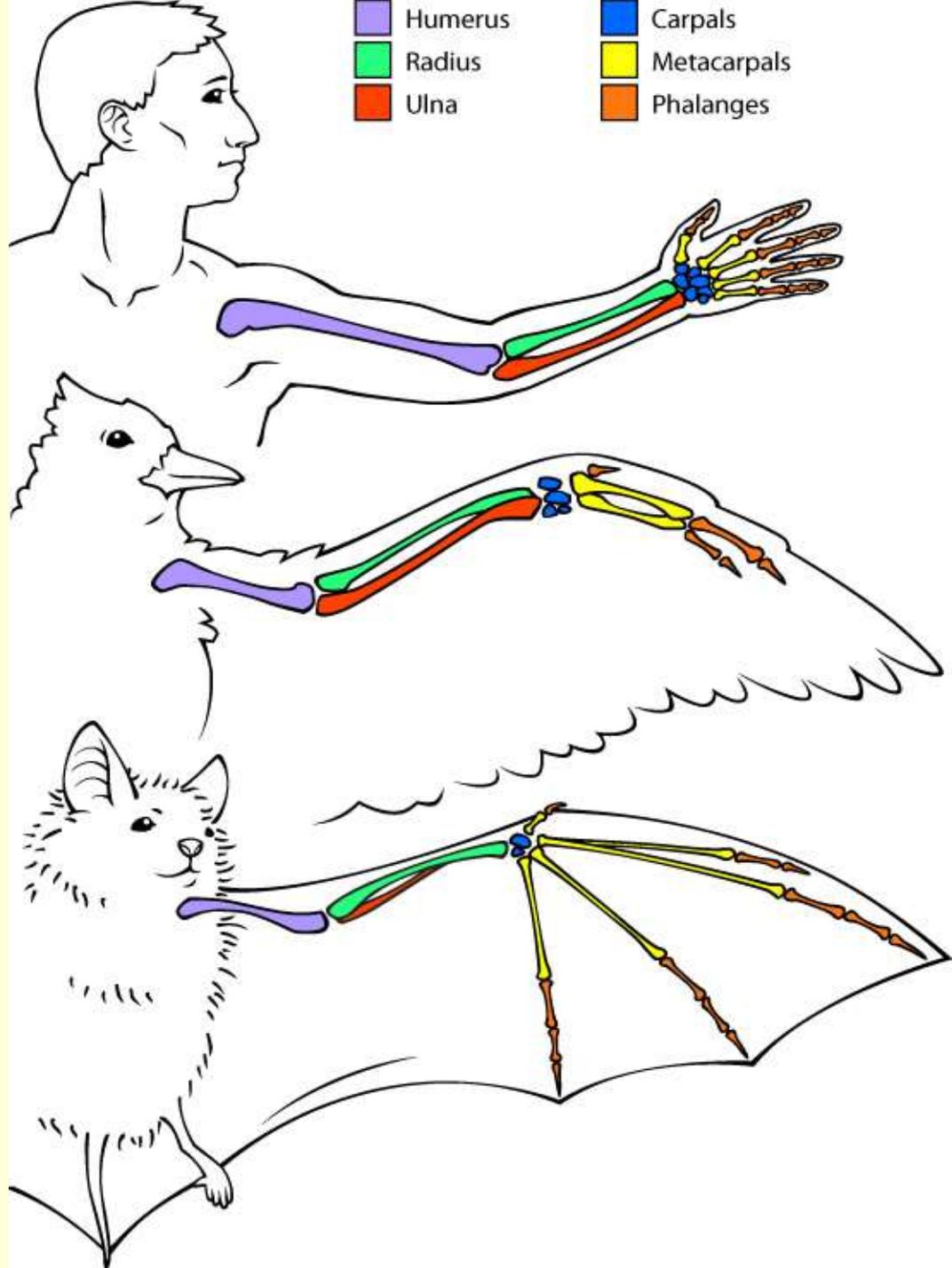
...des premiers tétrapodes aux ancêtres des reptiles.



Source: Nexus/Genedia, D.C. Murnby/Devoniantimes.com, Science magazine



- Humerus
- Radius
- Ulna
- Carpals
- Metacarpals
- Phalanges

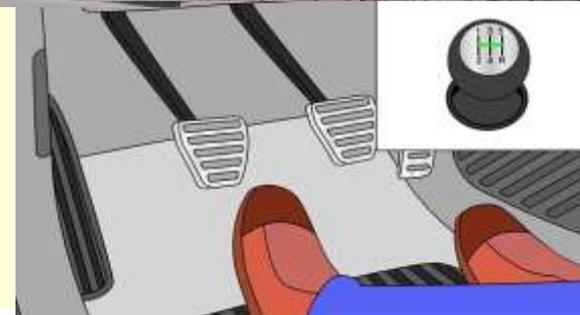


Autre exemple de recyclage neuronal :

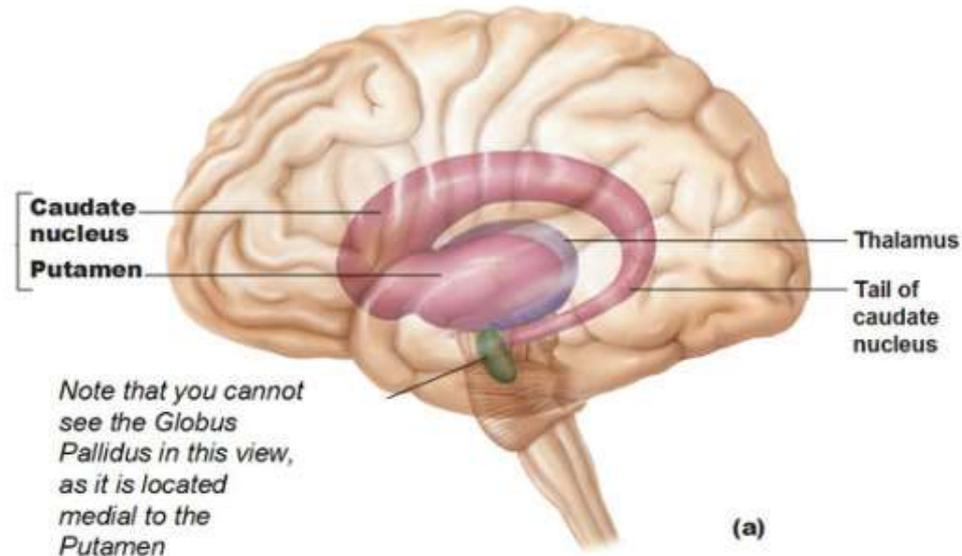


Comme la **mémoire procédurale** est impliquée dans l'apprentissage implicite par exemple de **séquences** ou de **règles** :

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



## Basal Ganglia



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

Michael T. Ullman (2016)

# 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

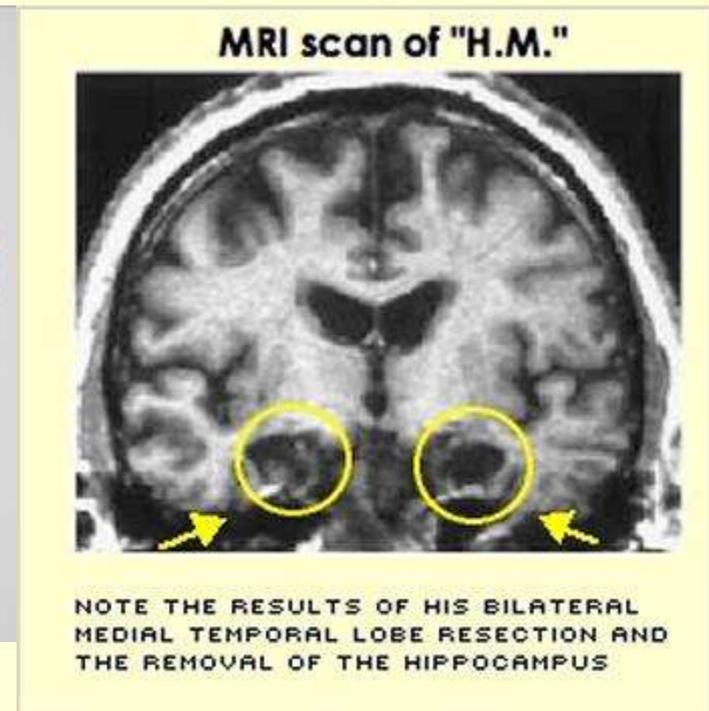
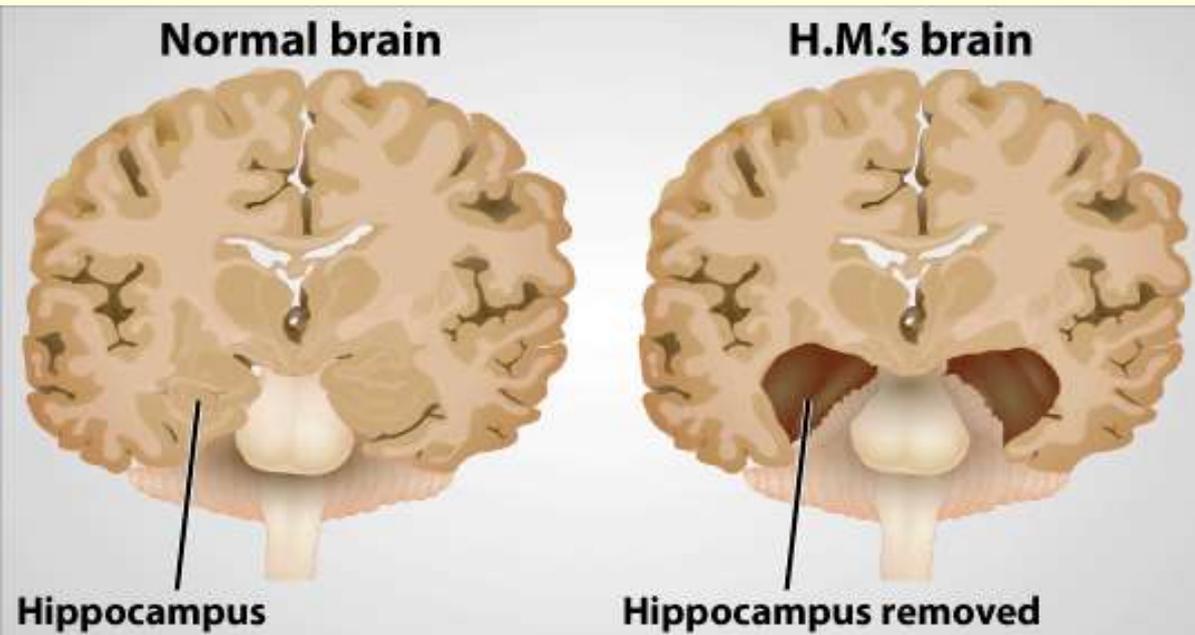


L'ablation de l'hippocampe chez le patient H.M.

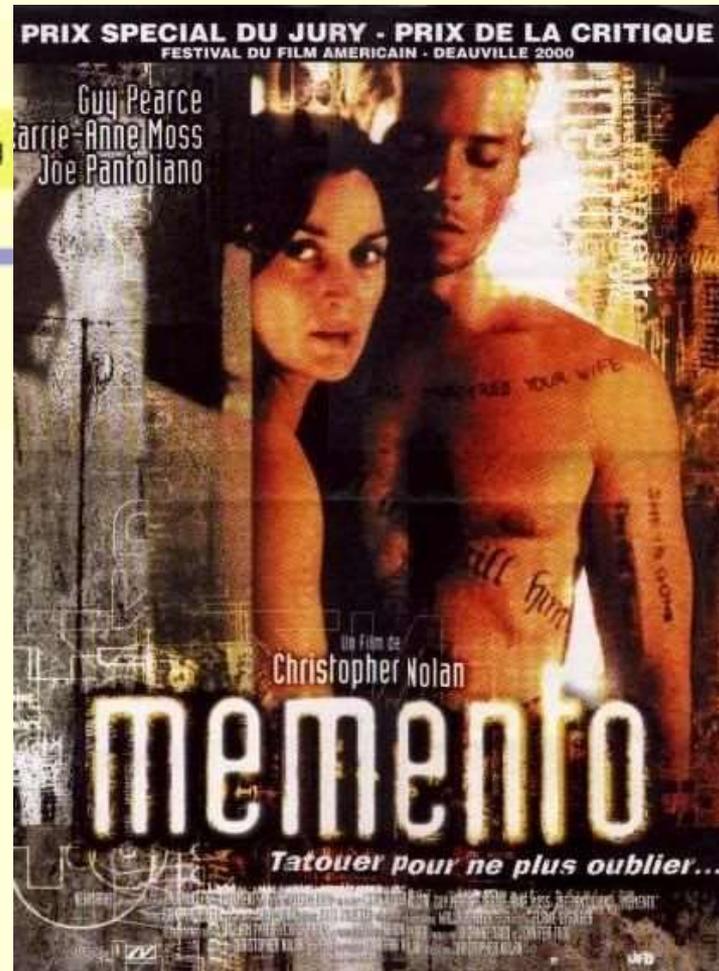
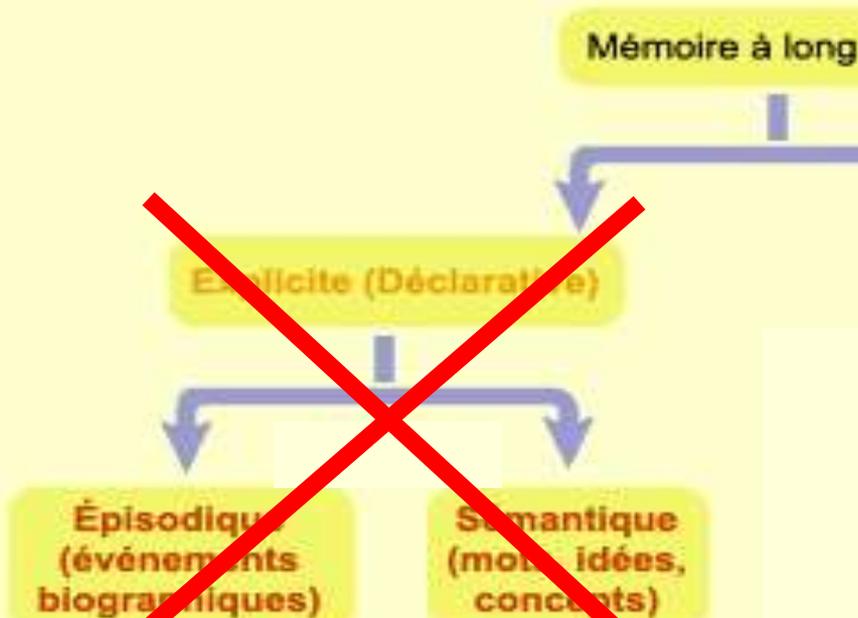


La personne ayant probablement contribué plus que quiconque à notre compréhension de la mémoire humaine (décédé en décembre 2008 à l'âge de 82 ans).

**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).



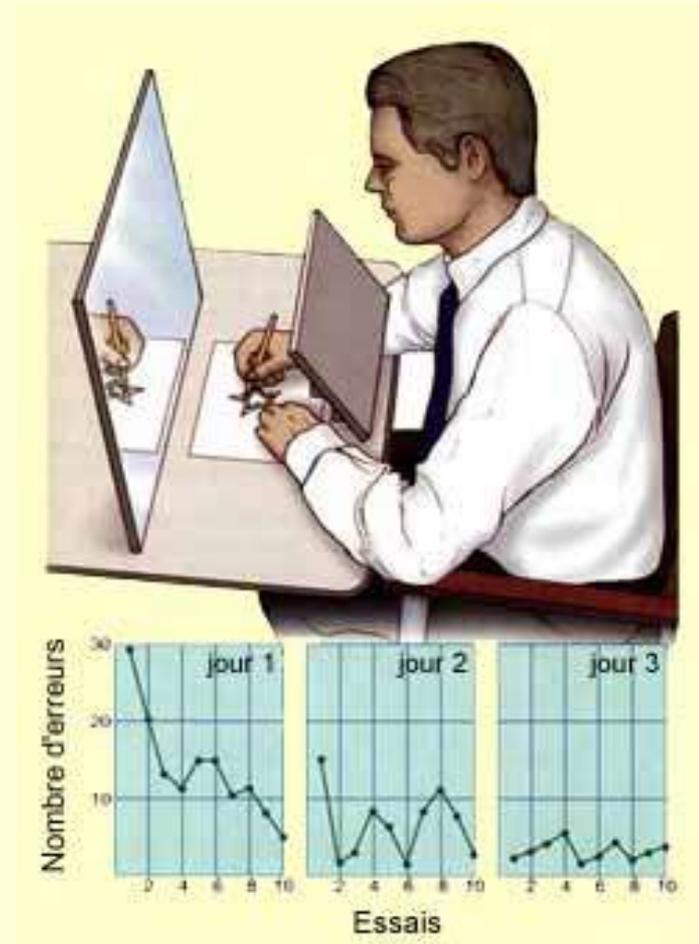
(2000)

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.



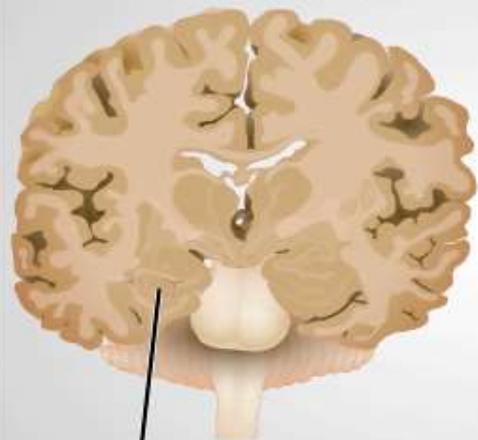
Mémoire à long terme

~~Explicite (Déclarative)~~

~~Épisodique  
(événements  
biographiques)~~

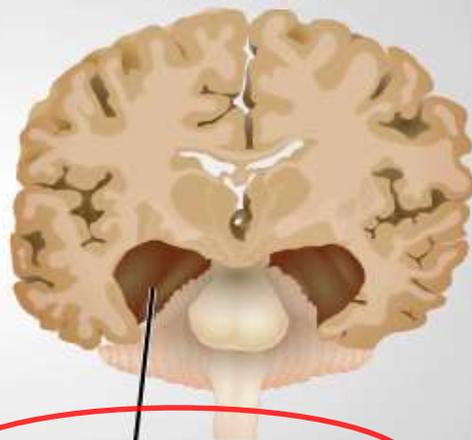
~~Sémantique  
(mots, idées,  
concepts)~~

Normal brain



Hippocampus

H.M.'s brain

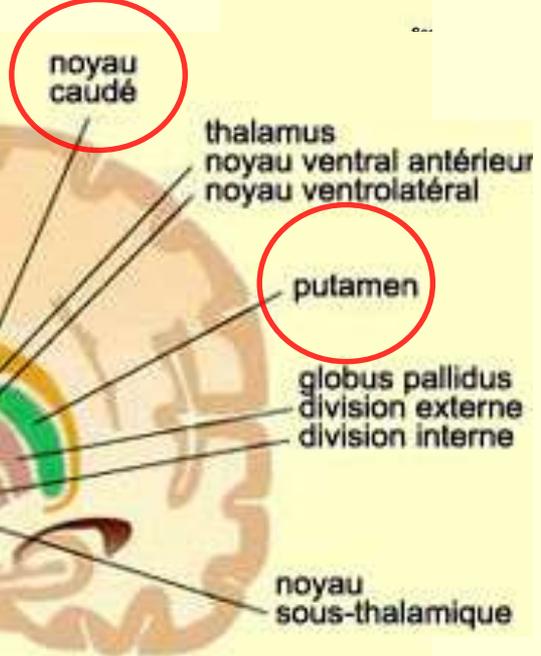
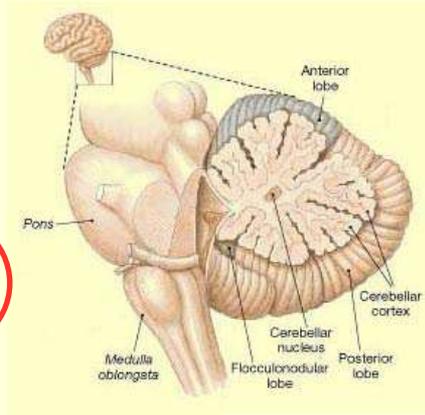
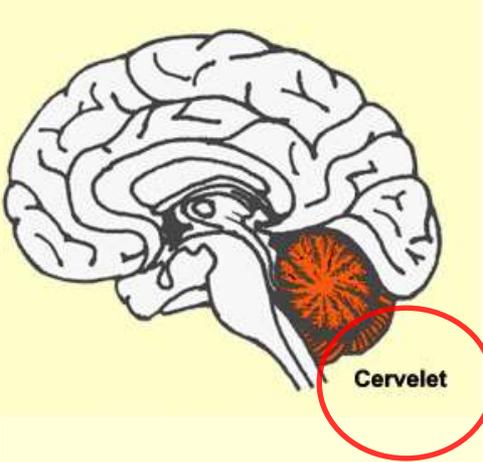


Hippocampus removed

Mémoire à long terme

Implicite (Non-déclarative)

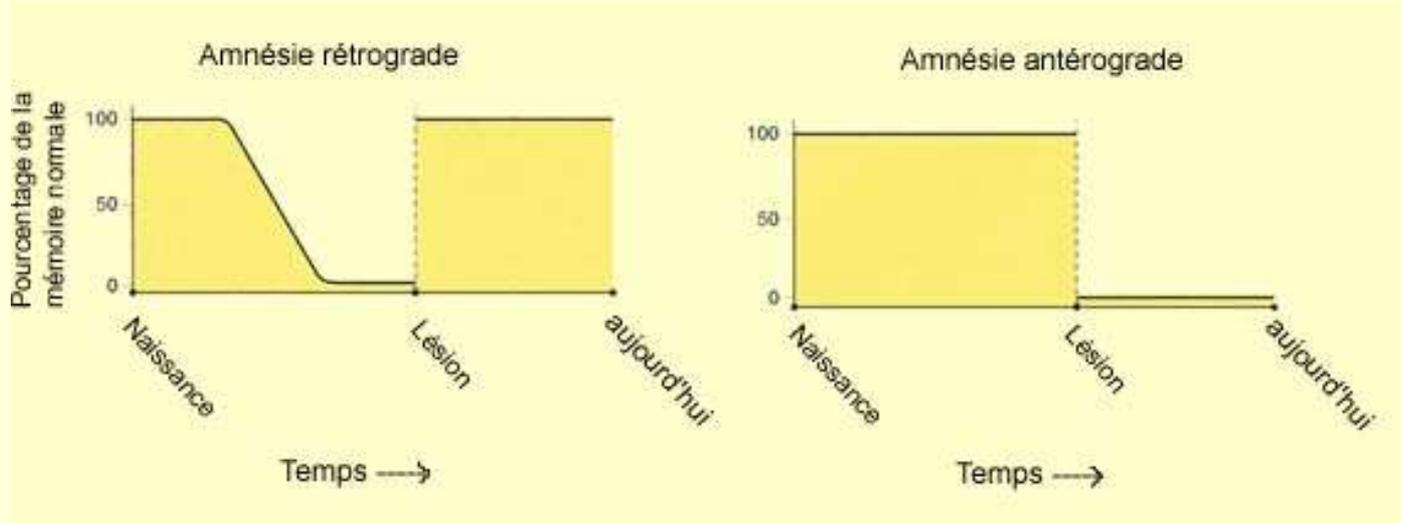
Procédurale  
(habiletés)



téleencéphale

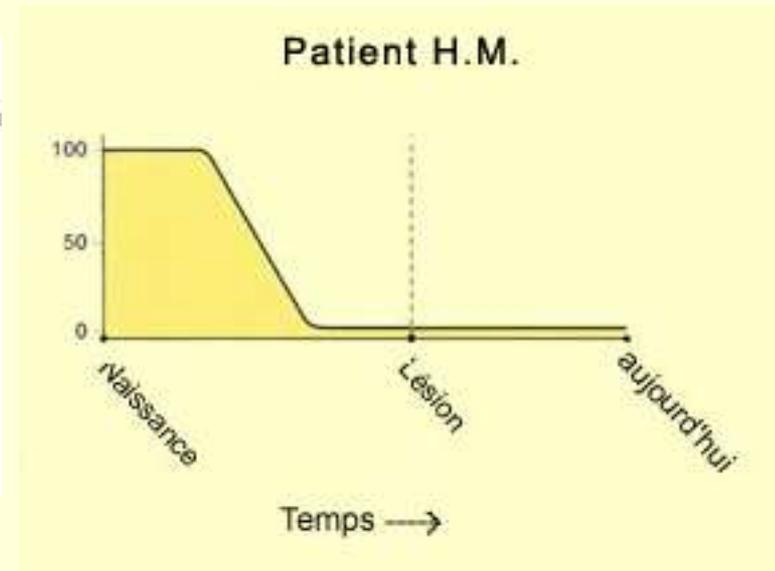
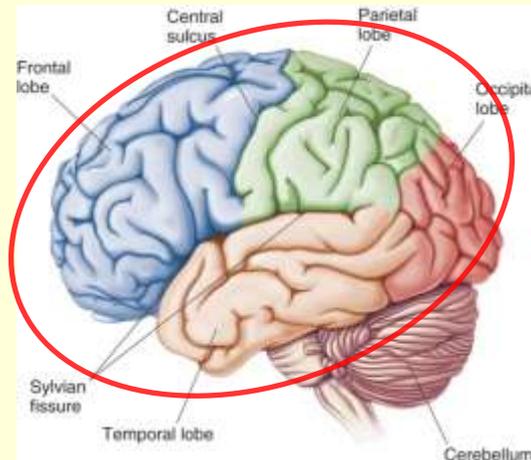
- En plus de cette amnésie « antérograde », H.M. avait une amnésie « **rétrograde** » **graduelle** (avait oublié ce qui s'était passé avant l'opération, mais avait gardé ses souvenirs anciens, d'enfance, etc.)





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

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



→ On a découvert des connexions excitatrices très fortes entre les neurones pyramidaux excitateur et des interneurons inhibiteurs qui **sont extrêmement plastiques** et qui seraient spécifique au **cortex** humain.

Plasticity in Single Axon  
Glutamatergic Connection to GABAergic Interneurons  
Regulates Complex Events in the Human Neocortex

November 9, 2016

<http://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.2000237>

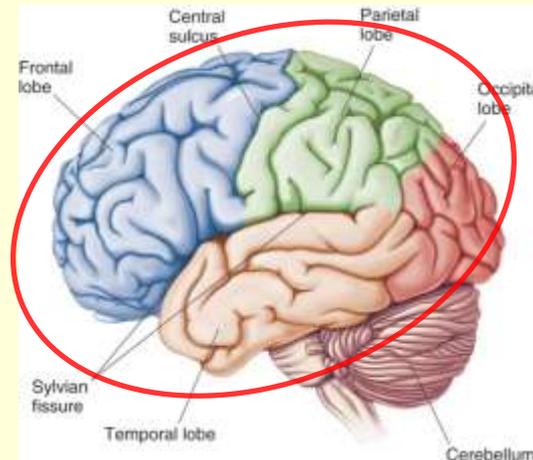
Are human-specific plastic  
cortical synaptic connections what makes us human?

February 01, 2017

[http://mindblog.dericbownds.net/2017/02/are-human-specific-plastic-cortical.html?utm\\_source=feedburner&utm\\_medium=feed&utm\\_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29](http://mindblog.dericbownds.net/2017/02/are-human-specific-plastic-cortical.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29)

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

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



→ On a découvert des connexions excitatrices très fortes entre les neurones pyramidaux excitateur et des interneurons inhibiteurs qui **sont extrêmement plastiques** et qui seraient spécifique au **cortex** humain.

Plasticity in Single Axon  
Glutamatergic Connection to GABAergic Interneurons  
Regulates Complex Events in the Human Neocortex

November 9, 2016

<http://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.2000237>

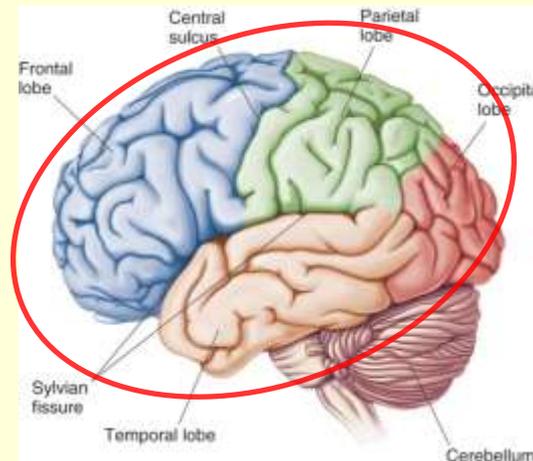
Are human-specific plastic  
cortical synaptic connections what makes us human?

February 01, 2017

[http://mindblog.dericbownds.net/2017/02/are-human-specific-plastic-cortical.html?utm\\_source=feedburner&utm\\_medium=feed&utm\\_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29](http://mindblog.dericbownds.net/2017/02/are-human-specific-plastic-cortical.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29)

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

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



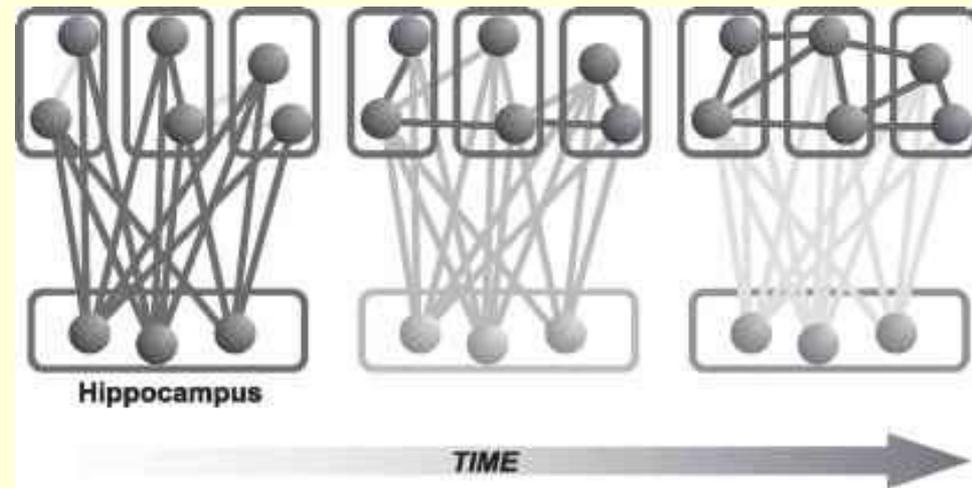
Mais lesquels ?

Épisodiques ?

Sémantiques ?

## 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



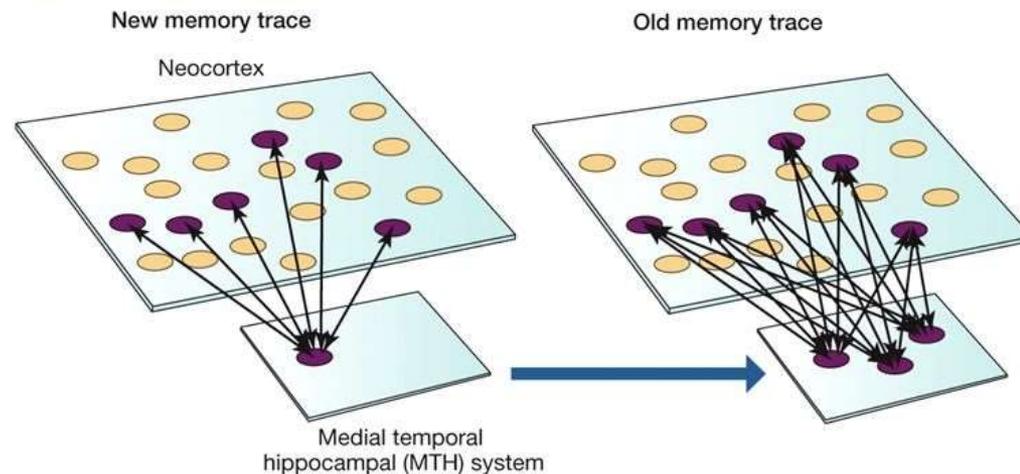
<https://www.alpfmedical.info/remote-memory/the-standard-model-of-memory-consolidation-versus-the-multiple-trace-theory-two-divergent-views-of-the-same-process.html>

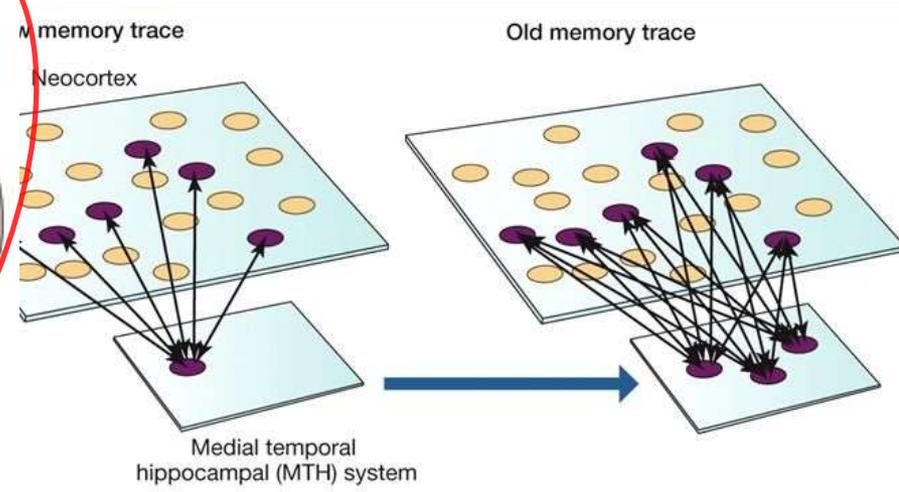
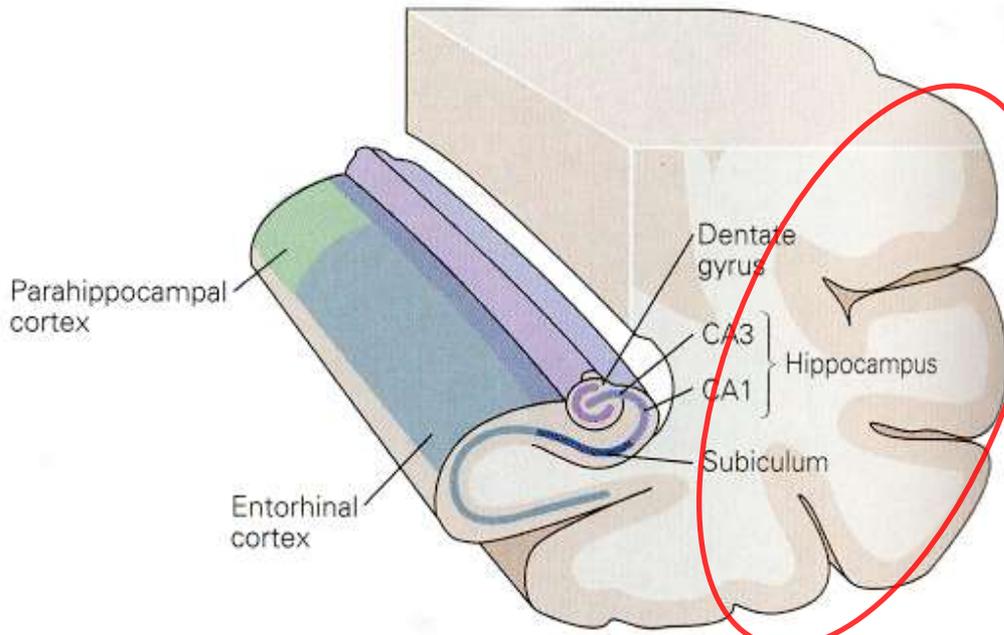
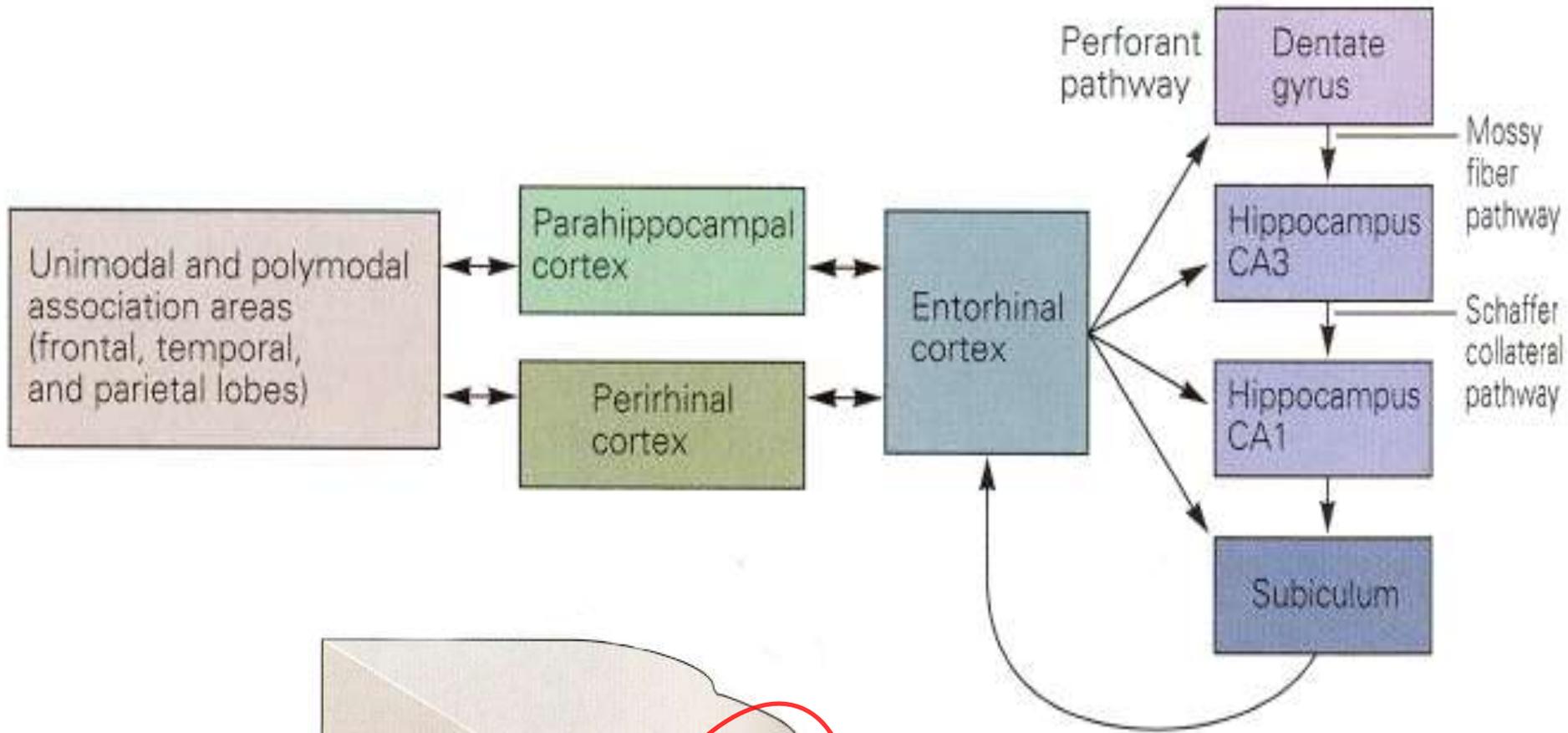
## La « théorie des traces multiples » (« multiple memory trace theory »)

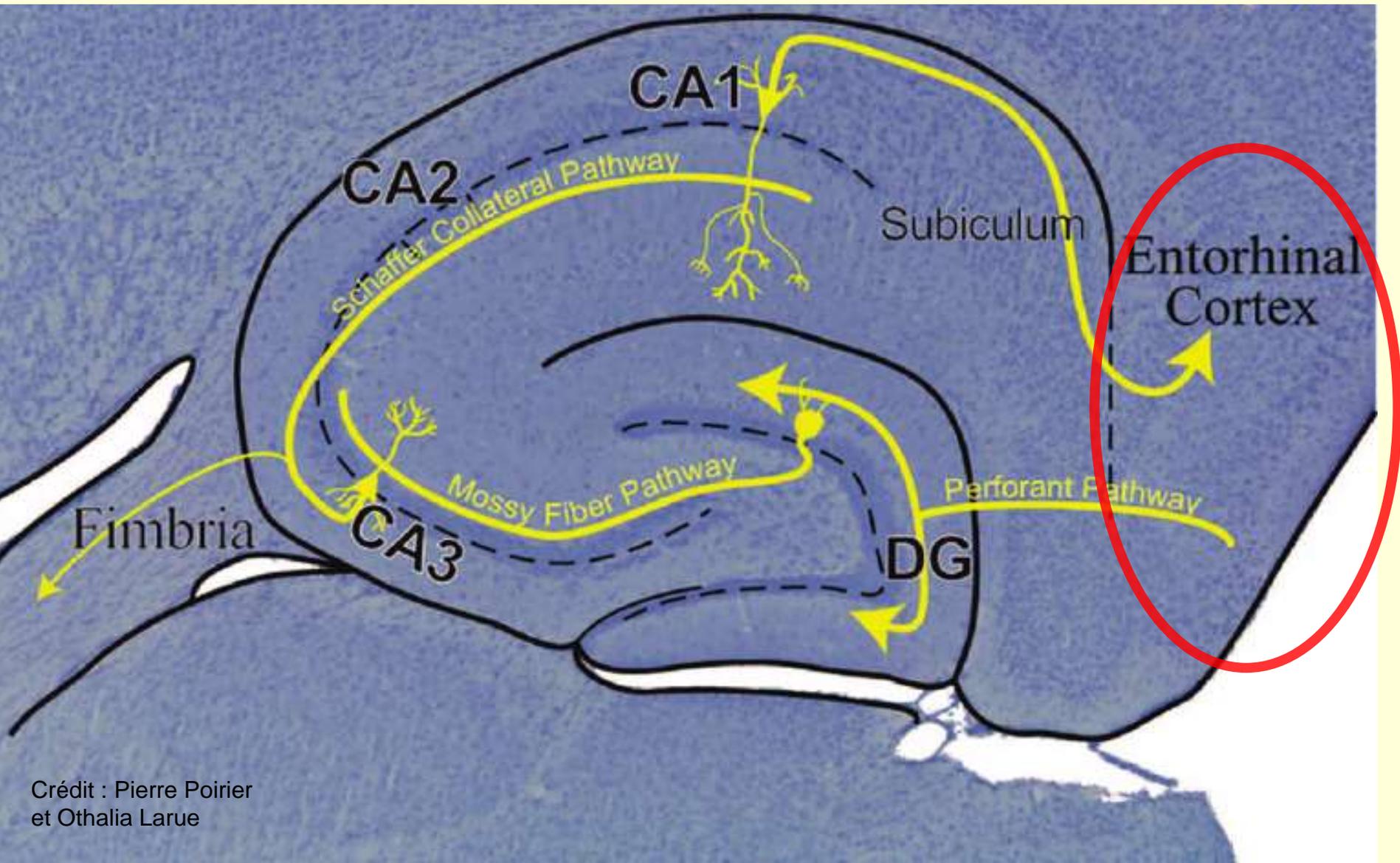
→ Depuis 20 ans, suite à des études de lésions causant des amnésies...

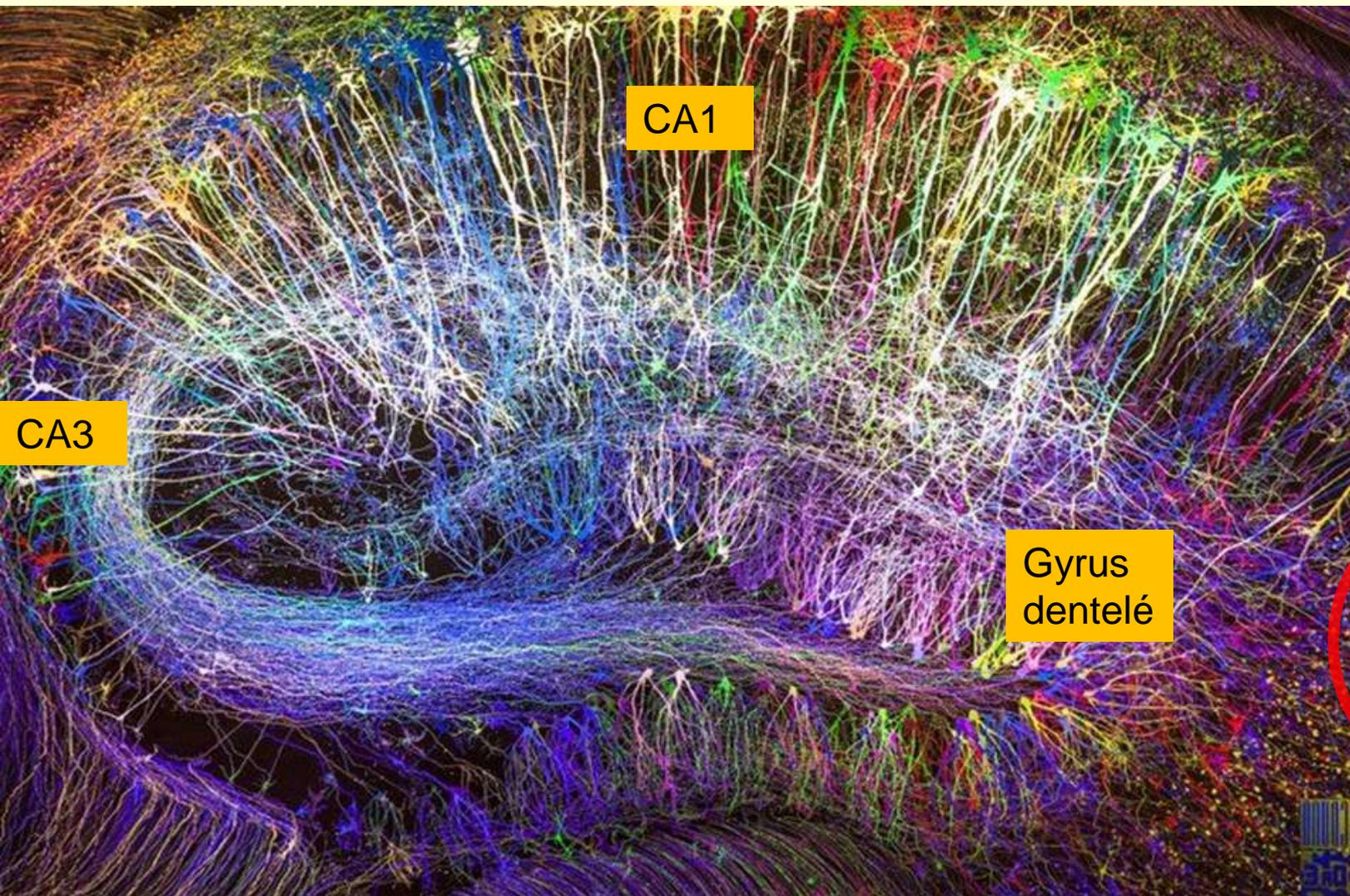
### Multiple Trace Theory

- 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)
- Les souvenirs **épisodiques** demeureront dans l'hippocampe









CA1

CA3

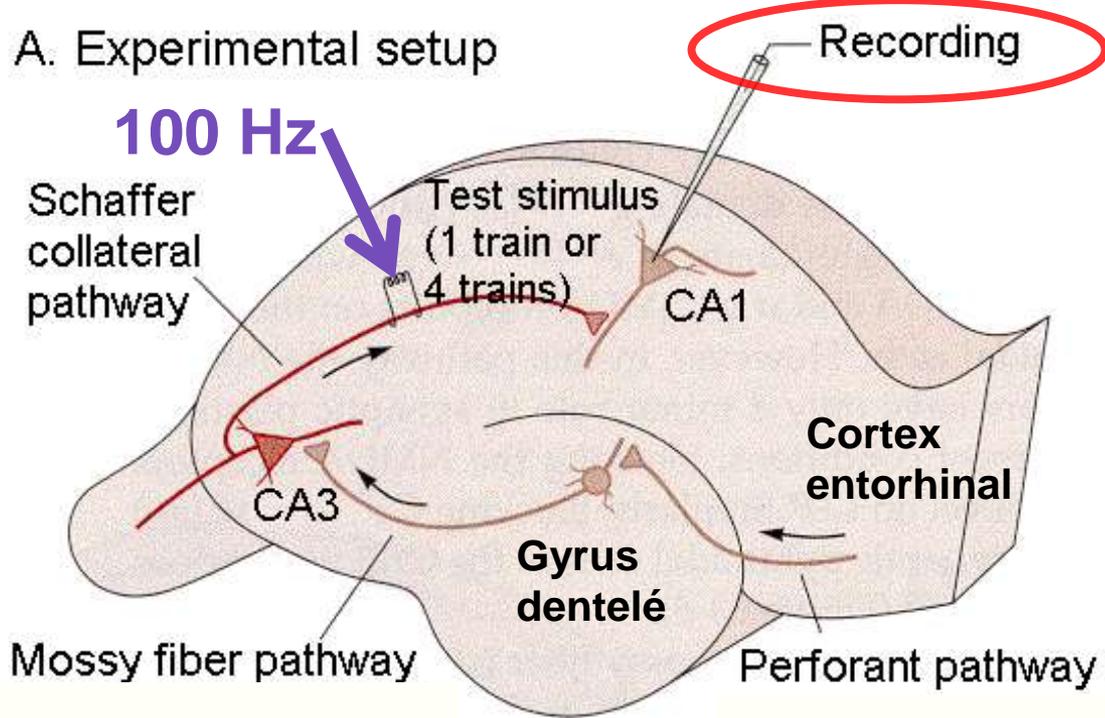
Gyrus  
dentelé

Cortex  
entorhinal

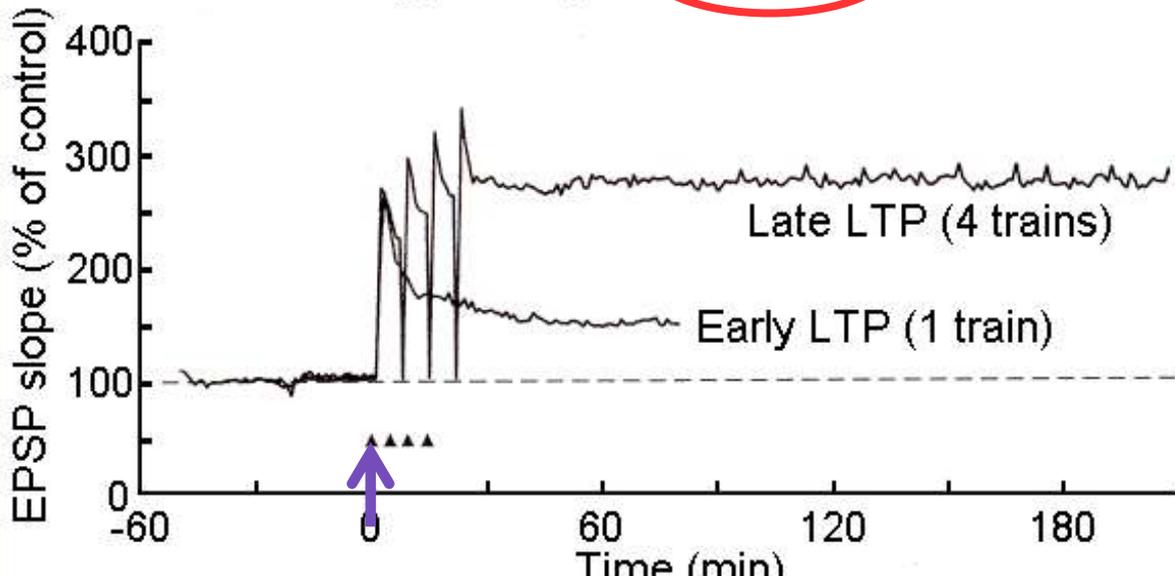
Coloration « Brainbow »

Quelques mécanismes mnésiques :  
LTP, DLT, STDP, etc.

### 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)**

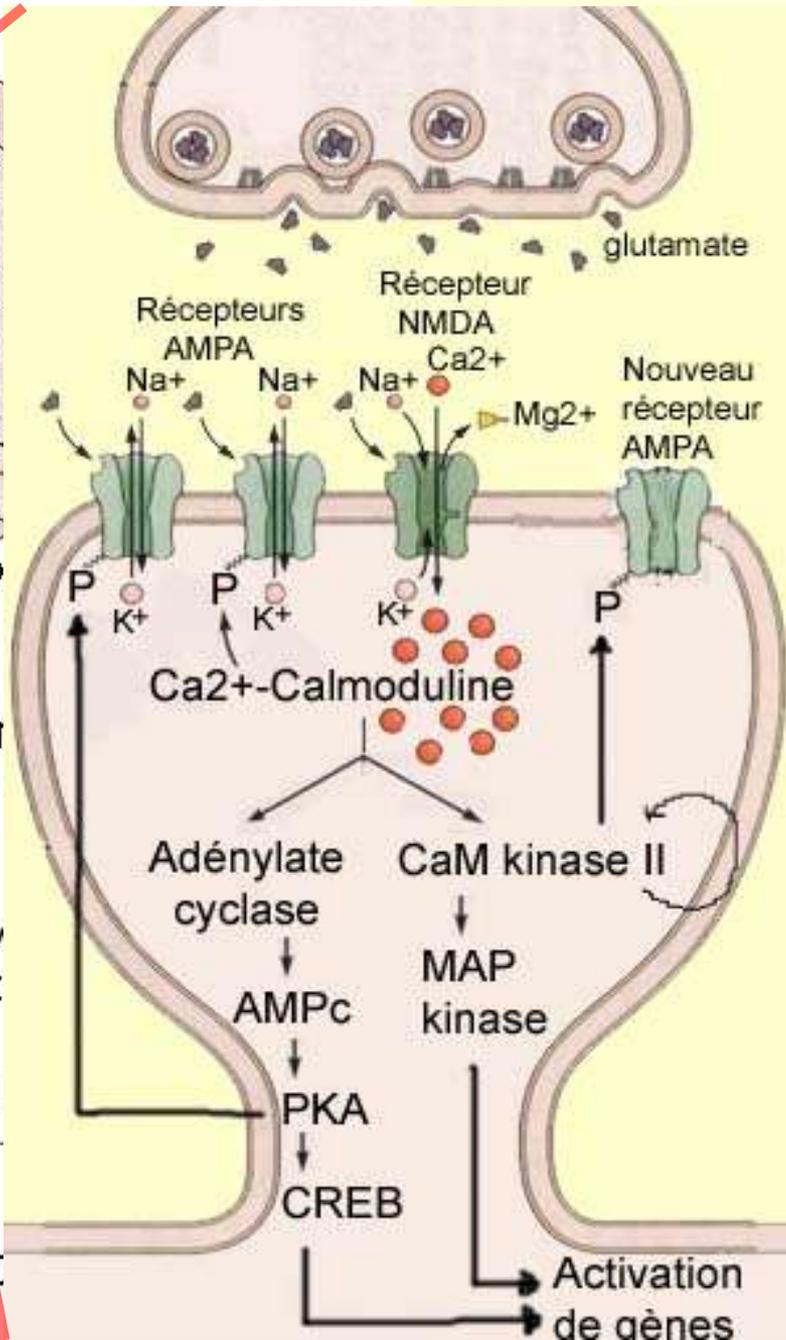
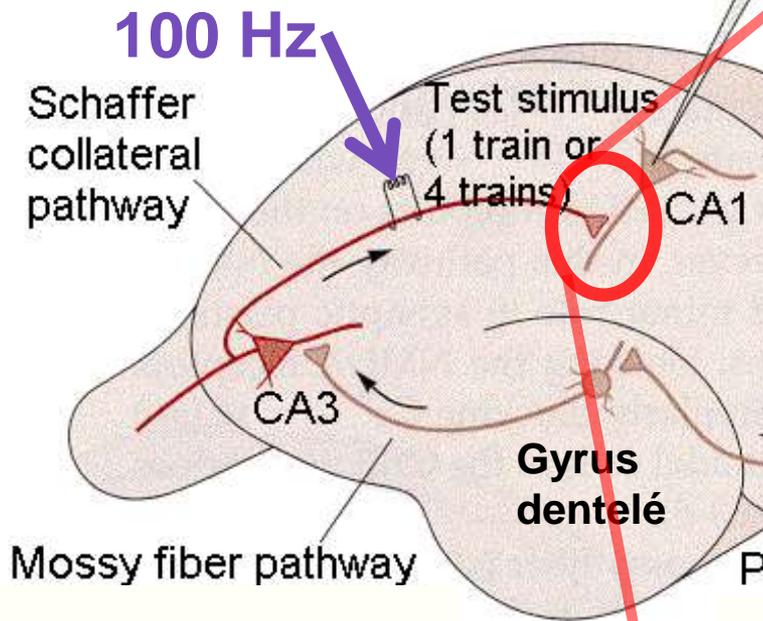
en stimulant à haute-  
fréquence les  
collatérales de Schaffer

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

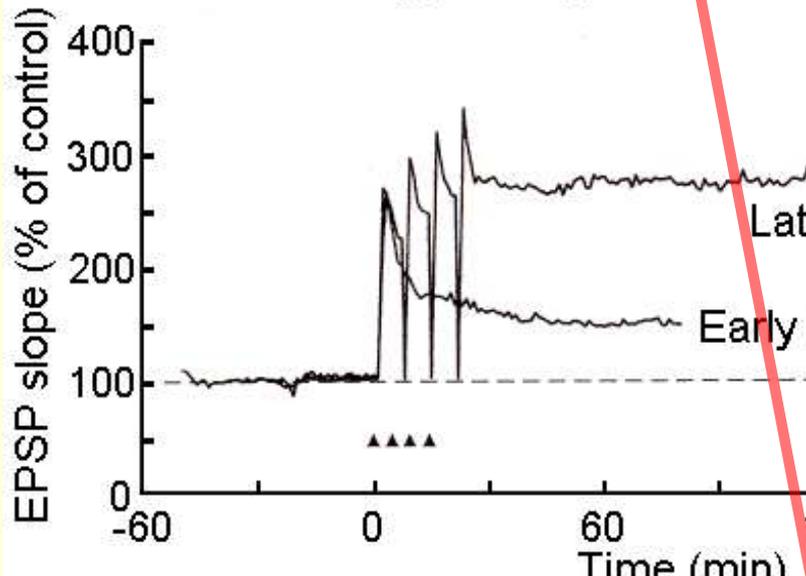
[https://www.youtube.com/watch?v=vso9jgfp1\\_c](https://www.youtube.com/watch?v=vso9jgfp1_c)

2:40 à 6:30

### A. Experimental setup

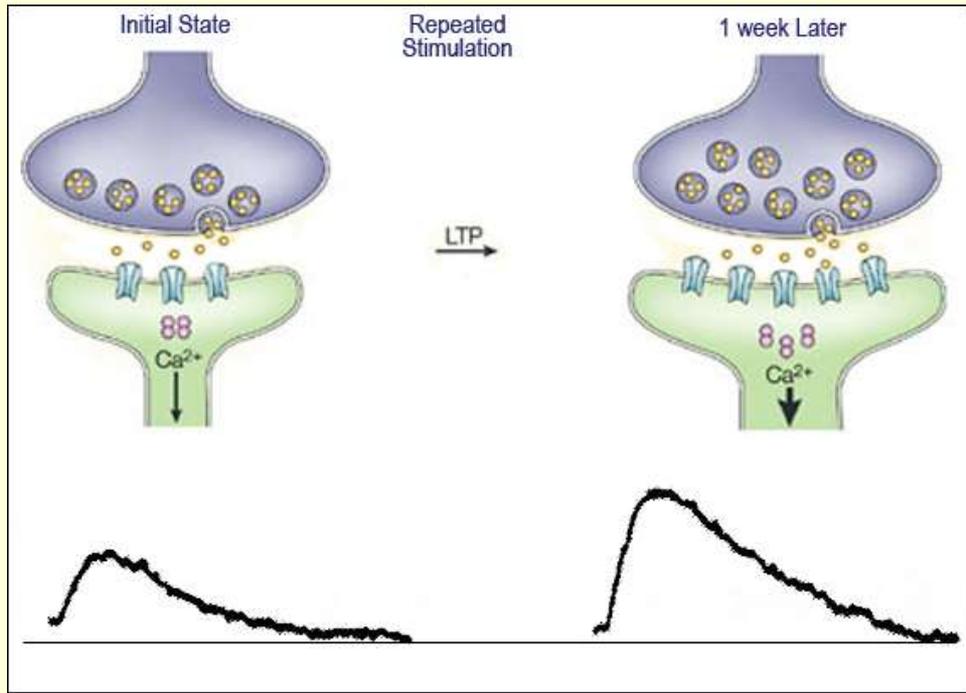
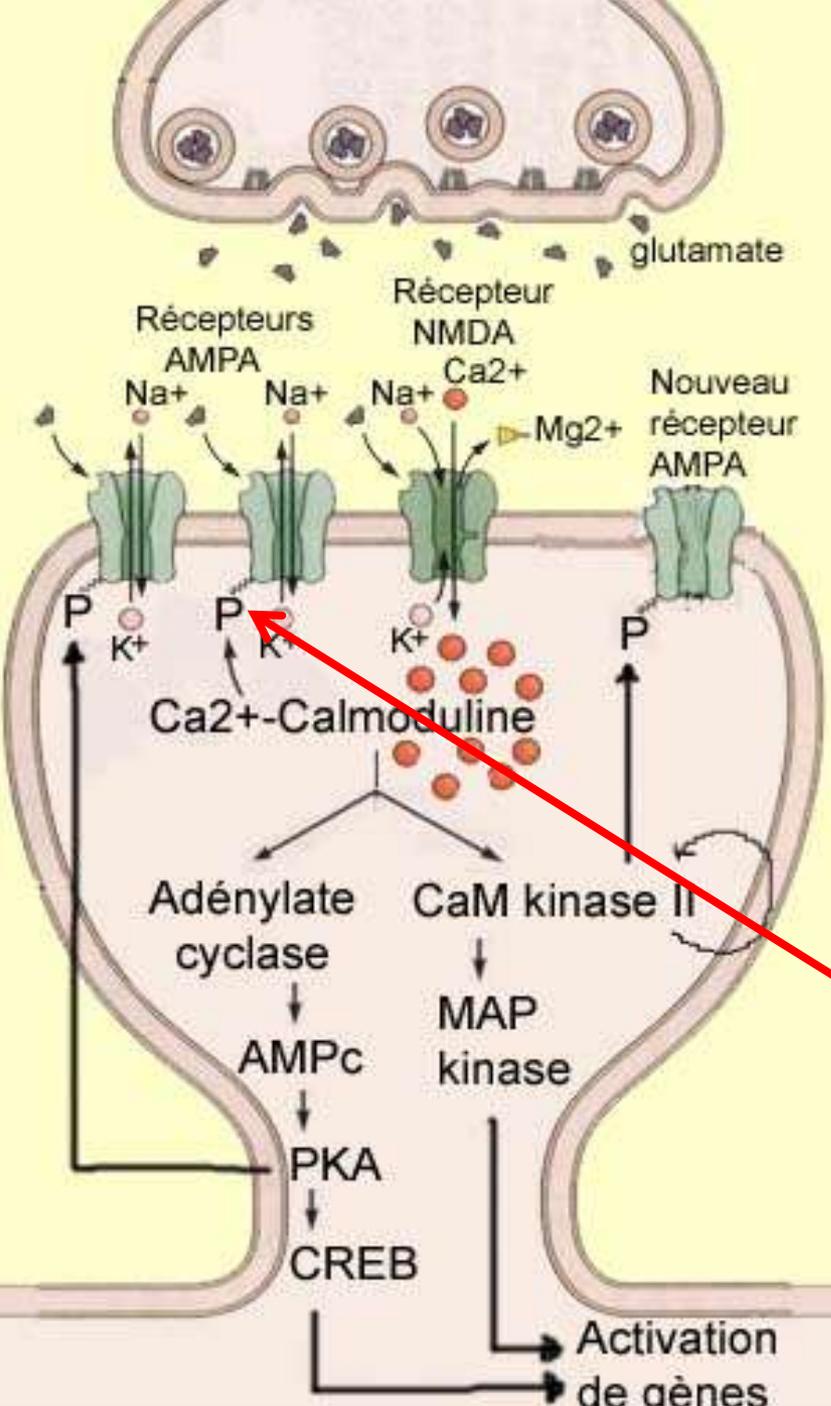


### B. LTP in the hippocampus CA1 area



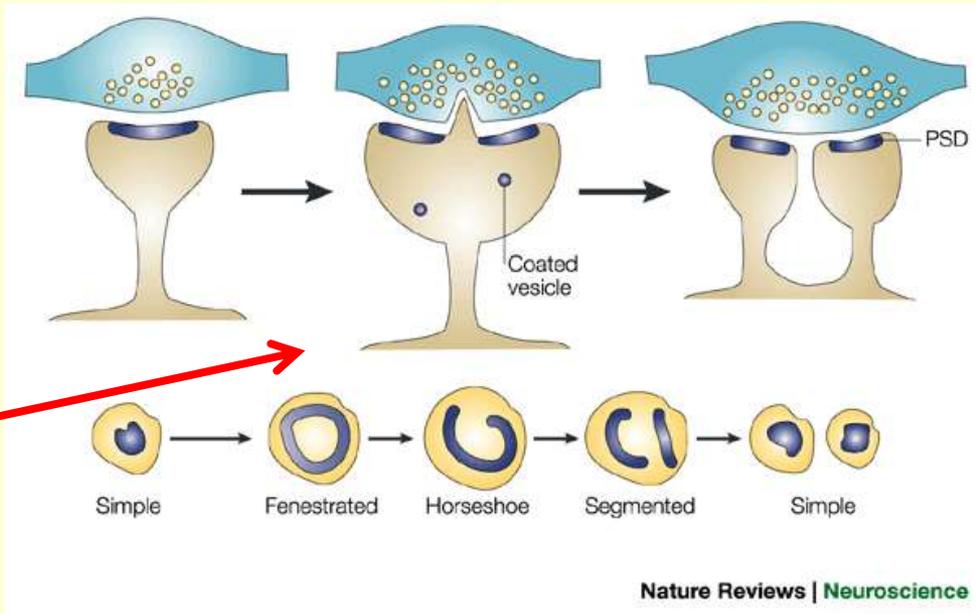
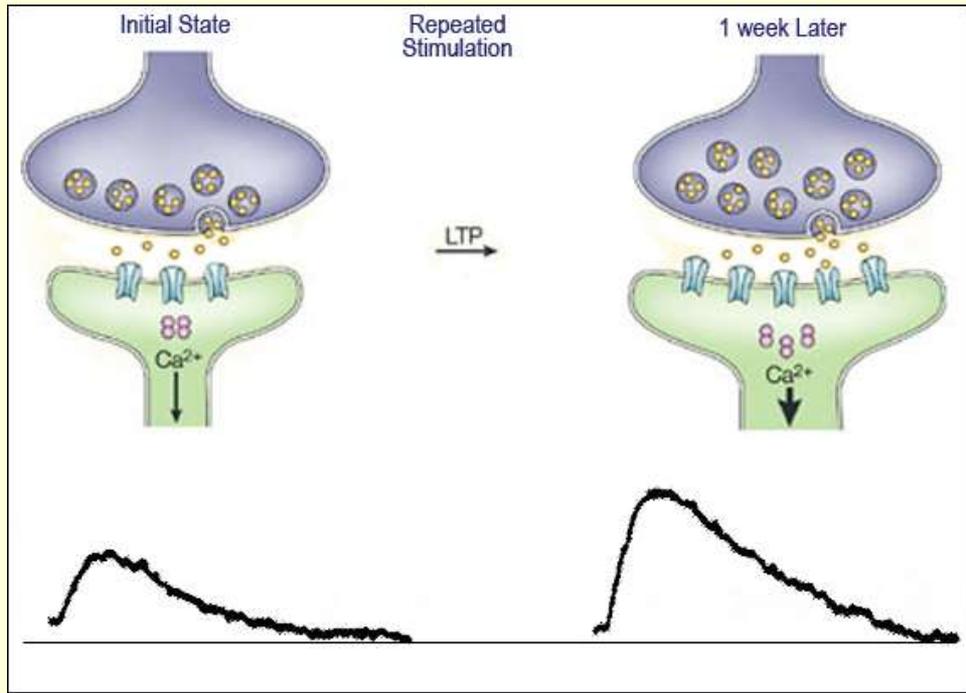
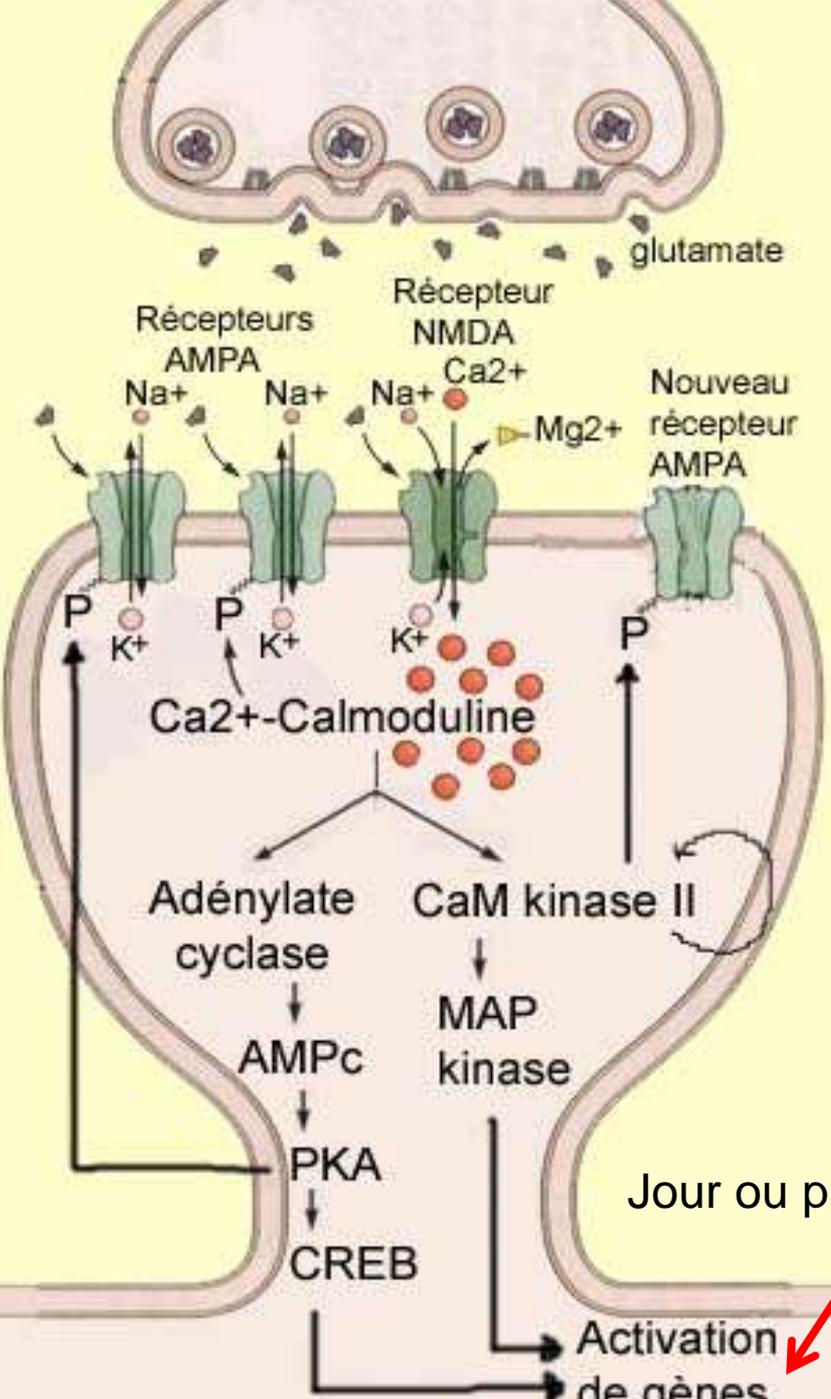
**PLT** : un des phénomènes de plasticité à la base de l'apprentissage

[http://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i\\_07/i\\_07\\_m/i\\_07\\_m\\_tra/i\\_07\\_m\\_tra.html](http://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i_07/i_07_m/i_07_m_tra/i_07_m_tra.html)



**Ordre de grandeur temporelle :**

Minutes ou heures



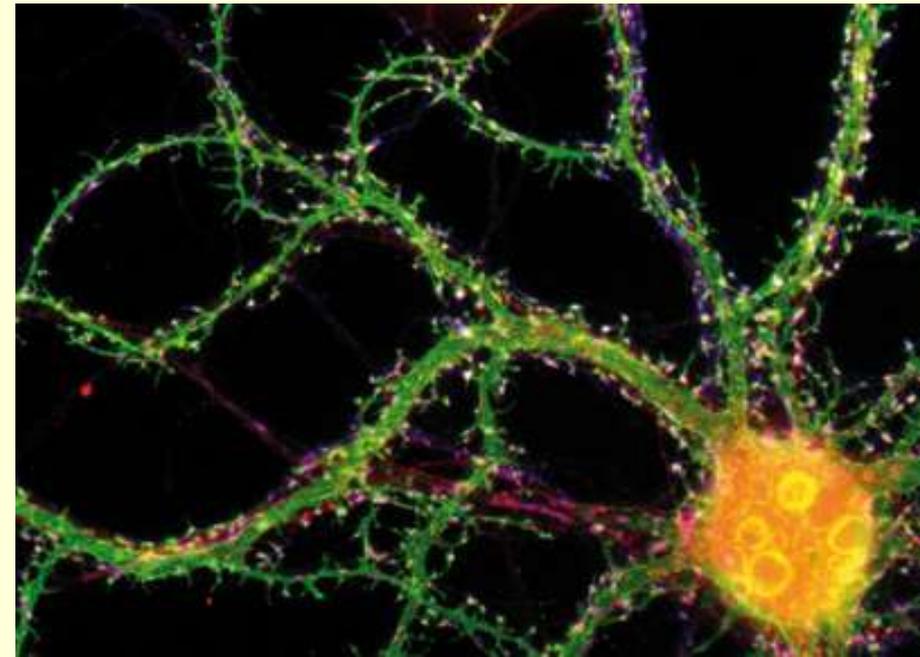
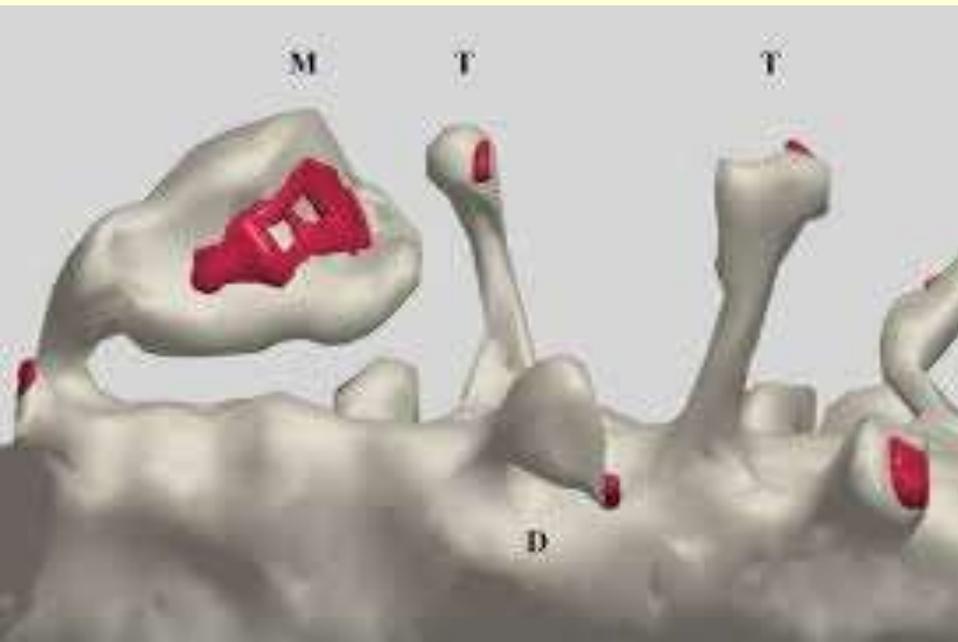
Jour ou plus



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

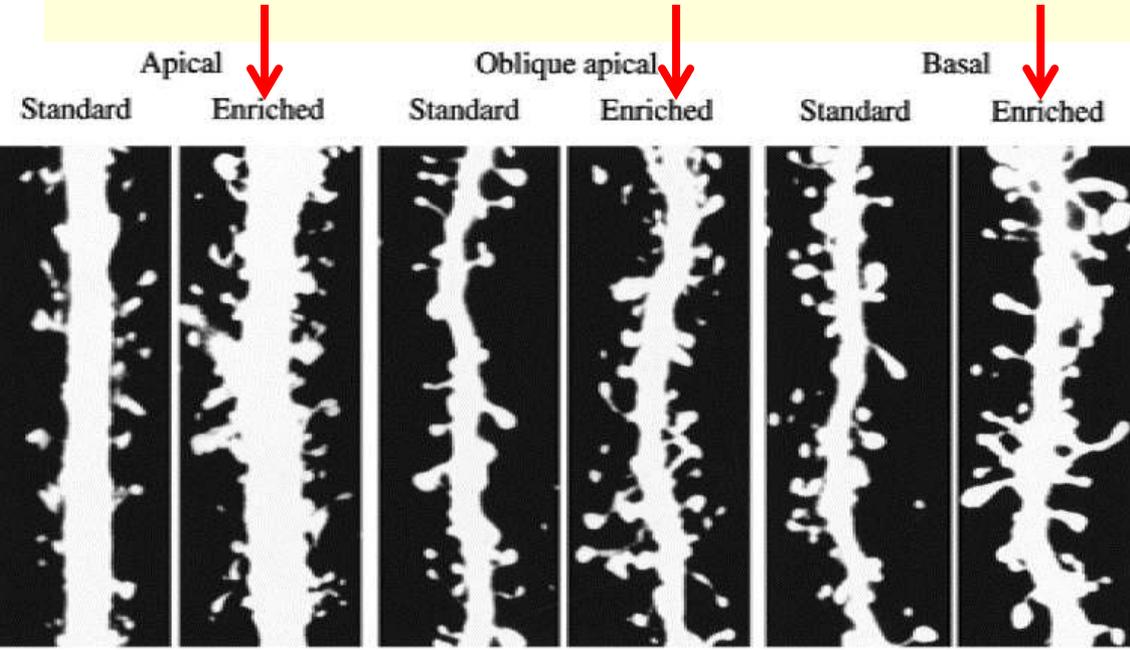
b) Impoverished condition



(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.

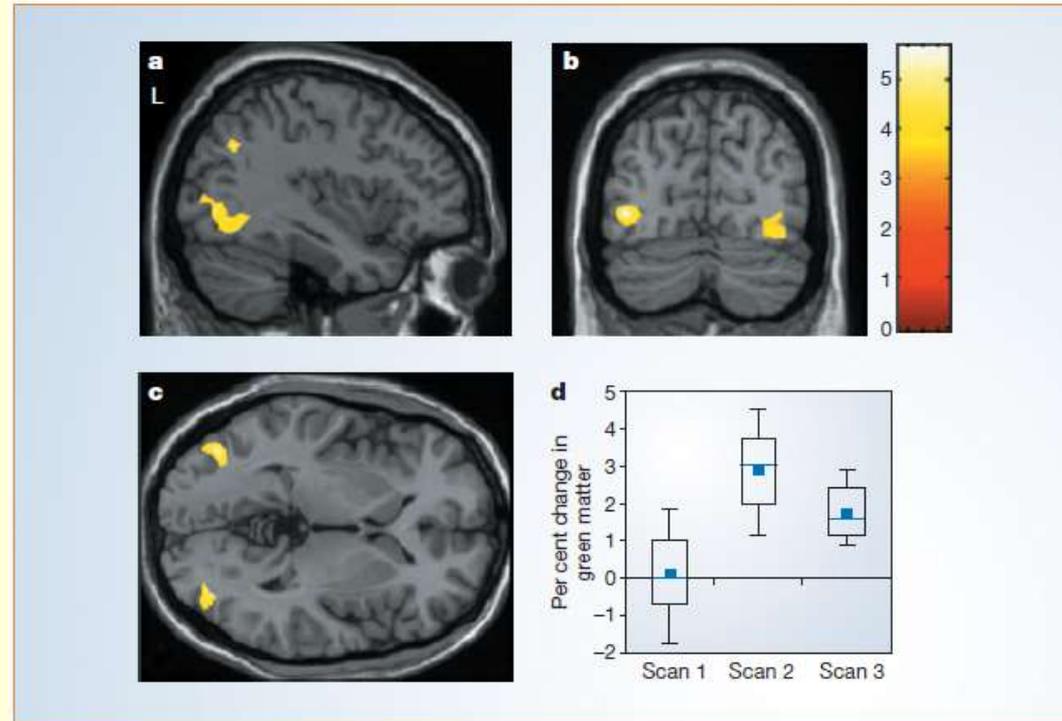
layer V/VI

# 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**.

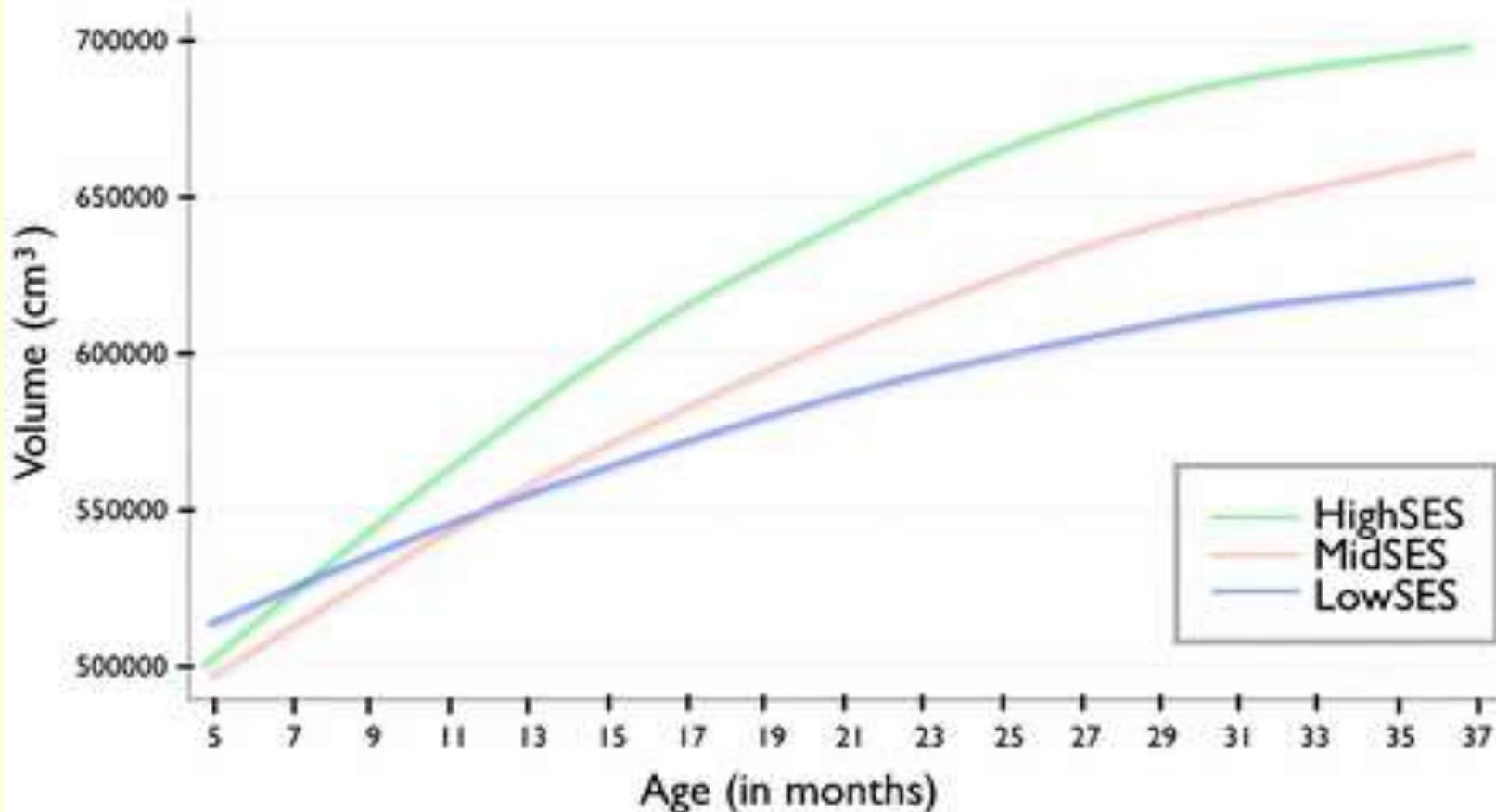
Wednesday, **February 03, 2016**

# 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

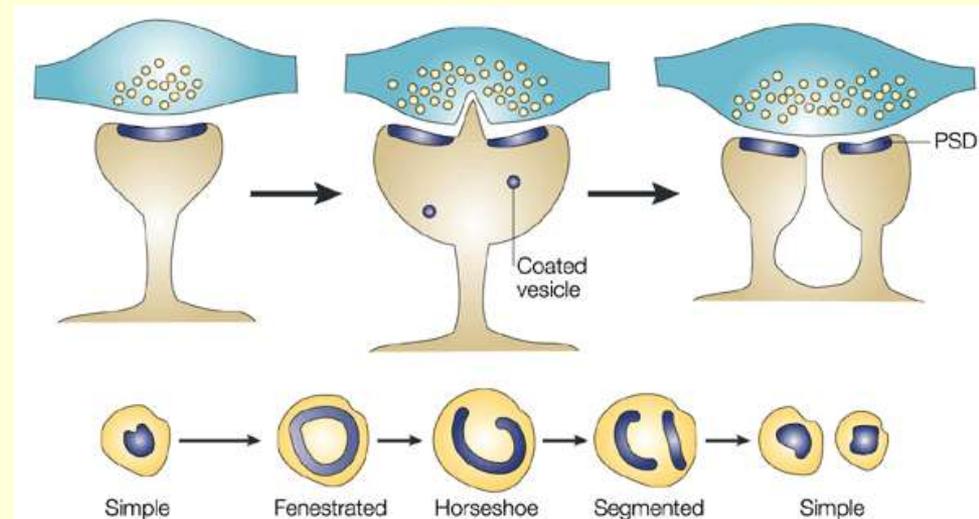
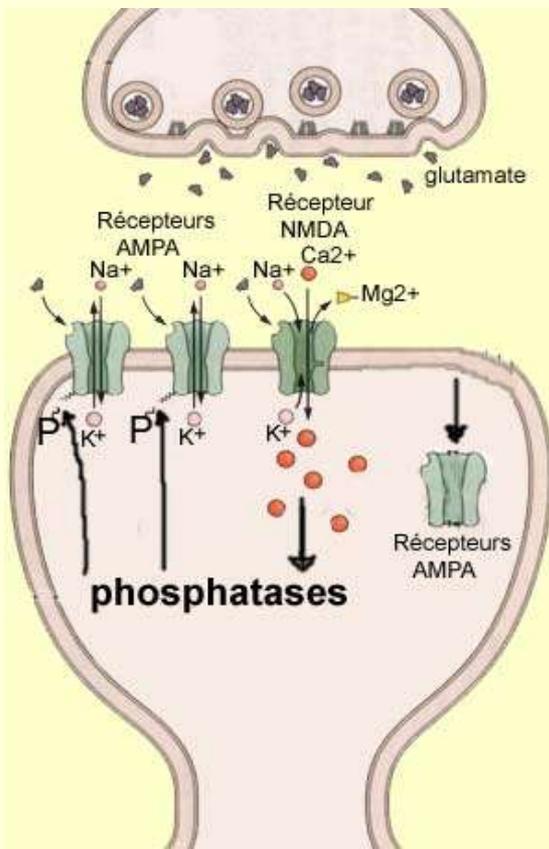
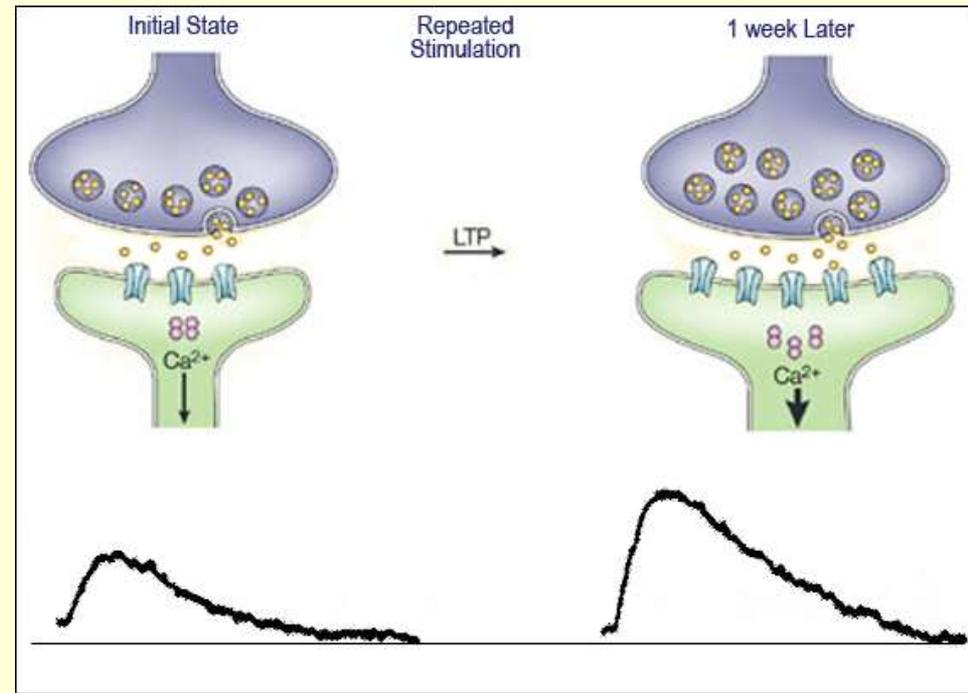
Surtout dans le lobe frontal et l'hippocampe.



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 !

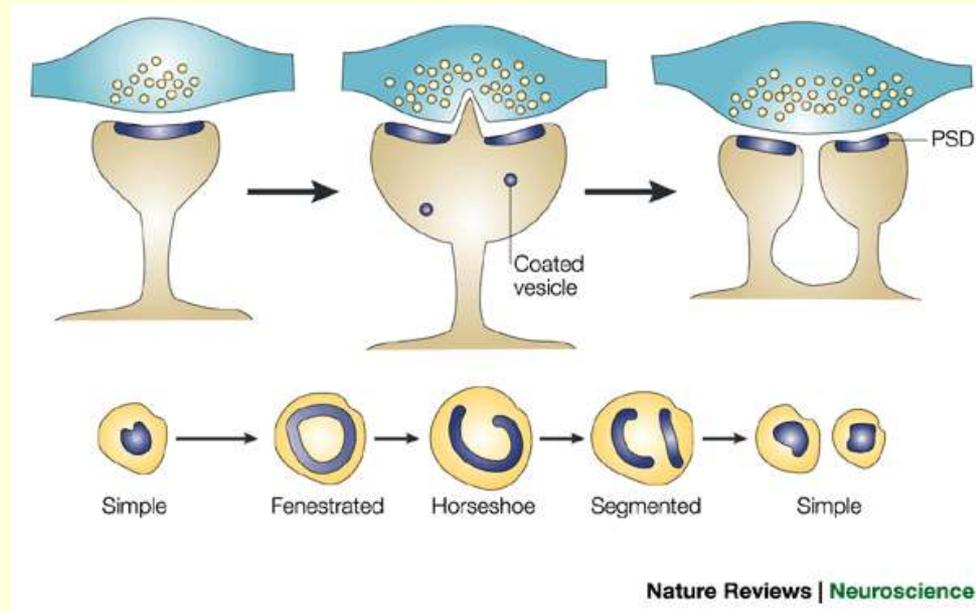
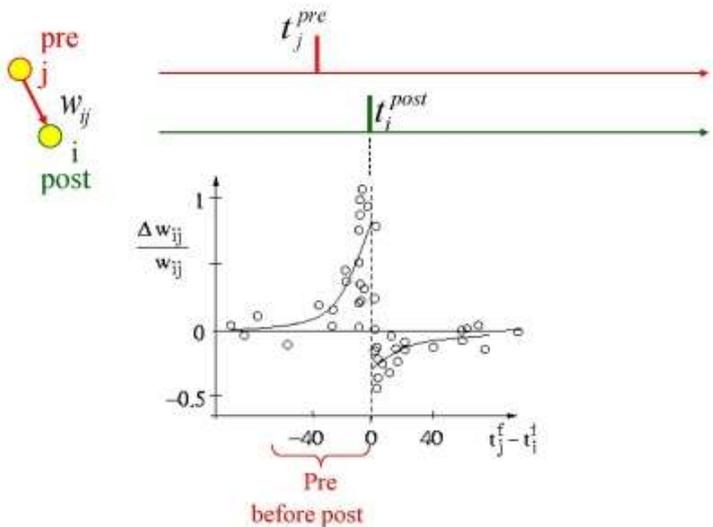
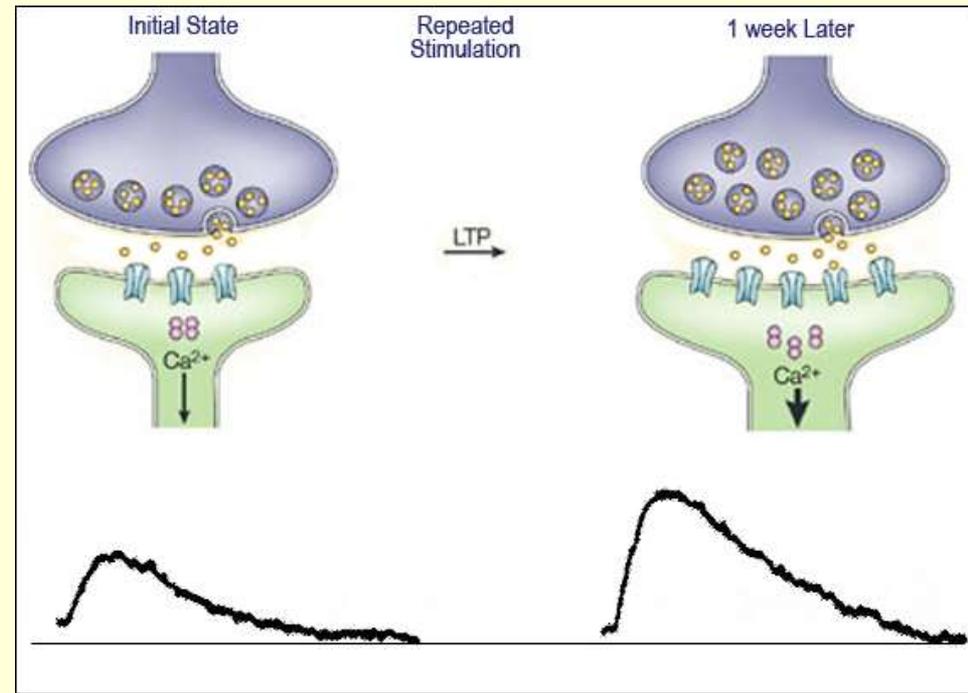
- La **dépression à long terme (DLT)**



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)

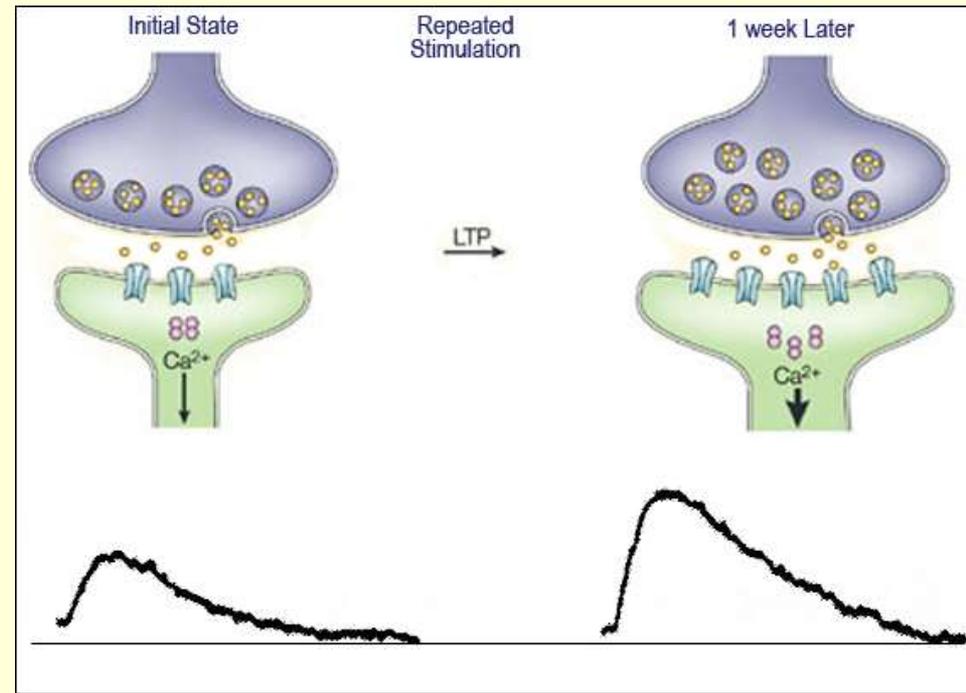
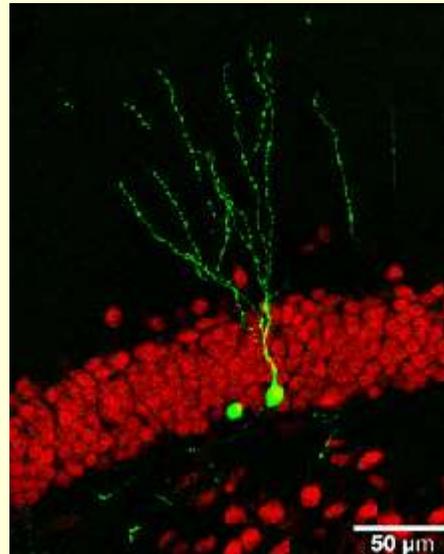
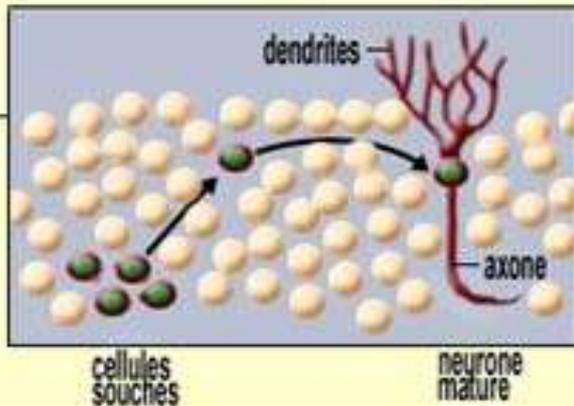


La **potentialisation à long terme (PLT)** est l'un des mécanismes les plus documentés derrière les phénomènes d'apprentissage et de mémoire.

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...



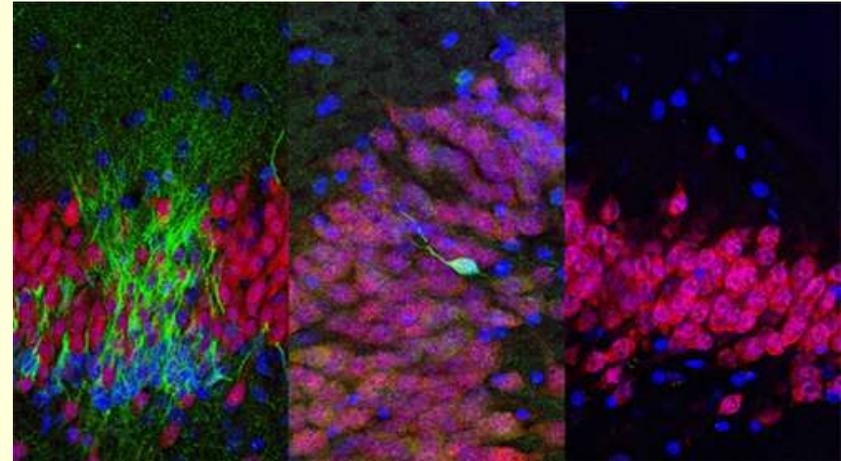
# Débat / Controverse :

**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/>

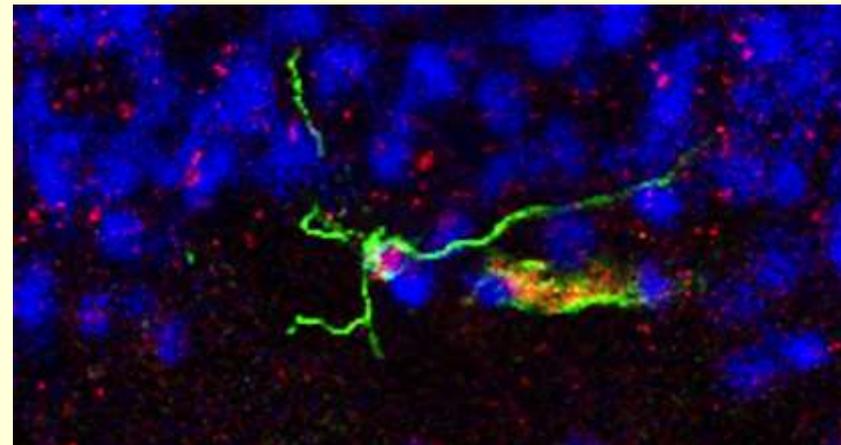


17 avril 2018

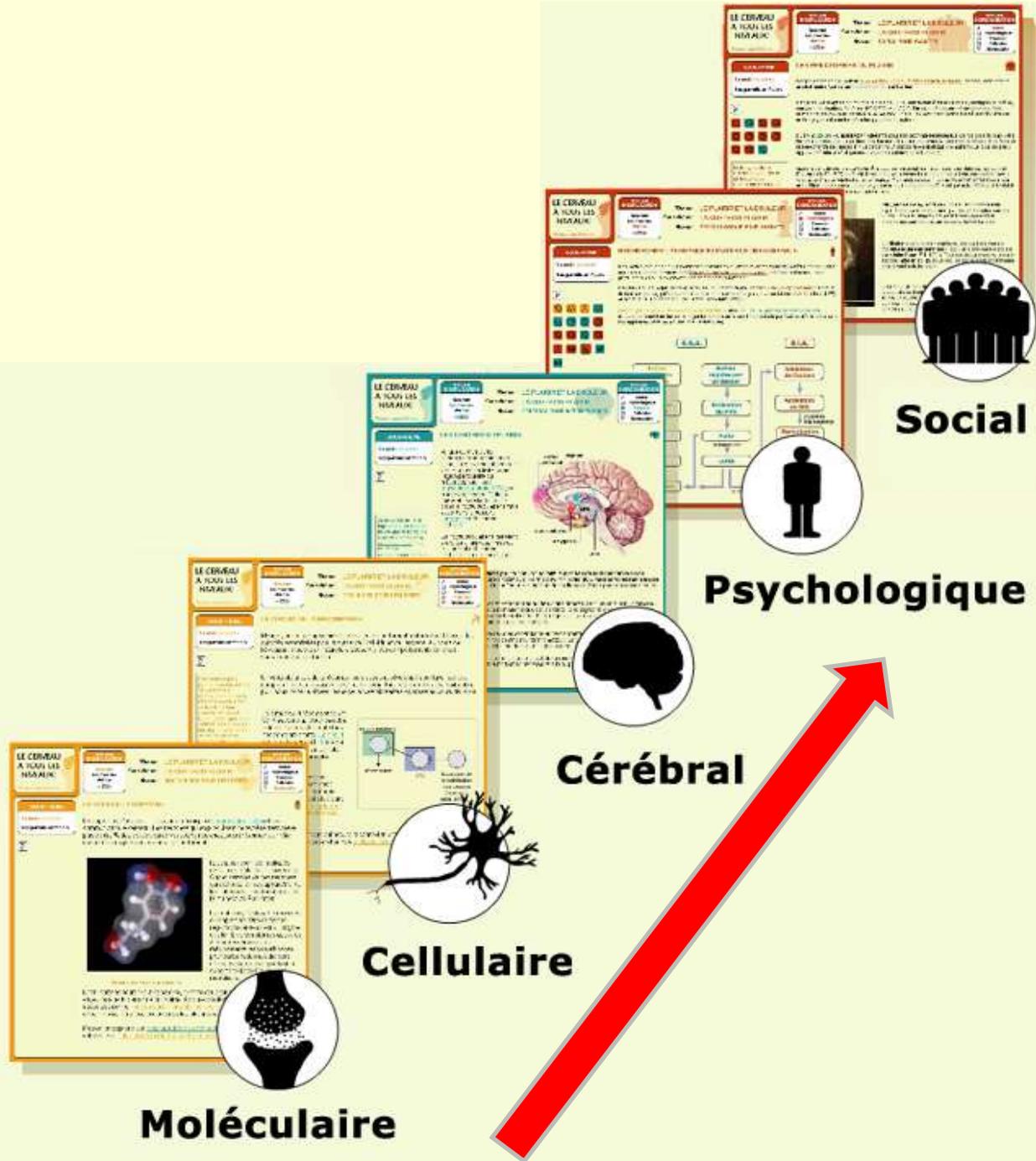
## Neurogenèse dans le cerveau humain adulte ?

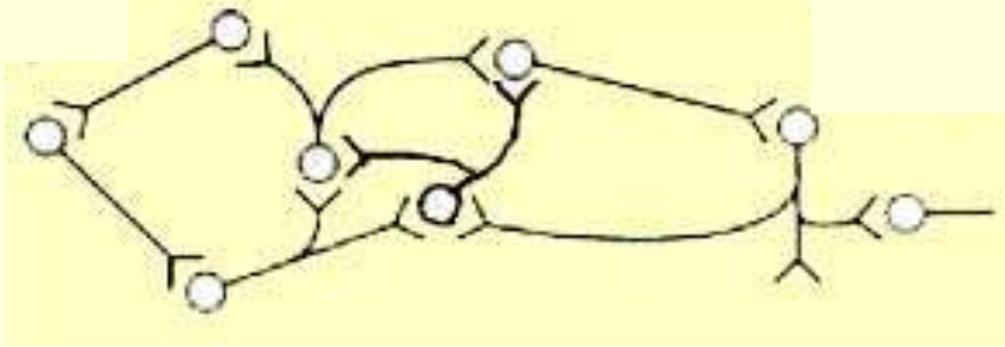
Après le récent « non », un « oui » tout aussi affirmatif !

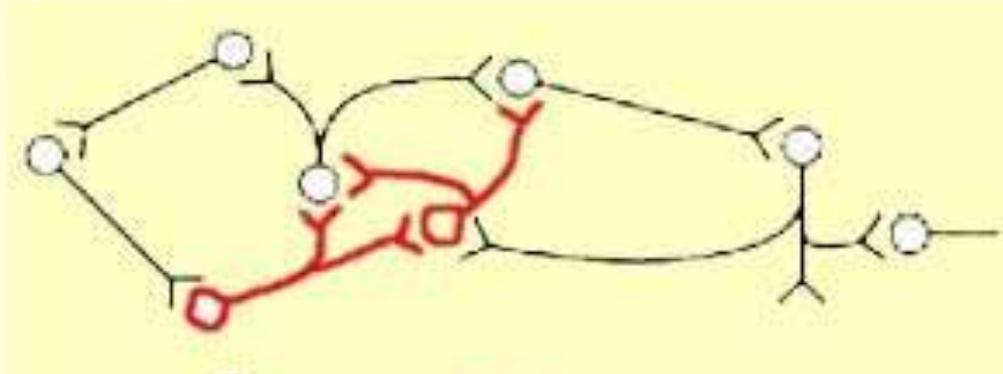
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2018/04/17/neurogenese-dans-le-cerveau-humain-adulte-apres-le-recent-non-un-oui-tout-aussi-affirmatif/>



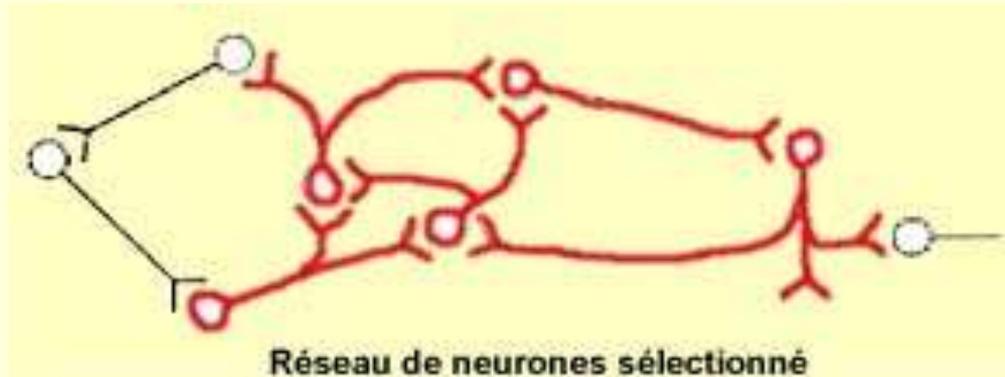
La trace physique ou « **l'engramme** » d'un souvenir



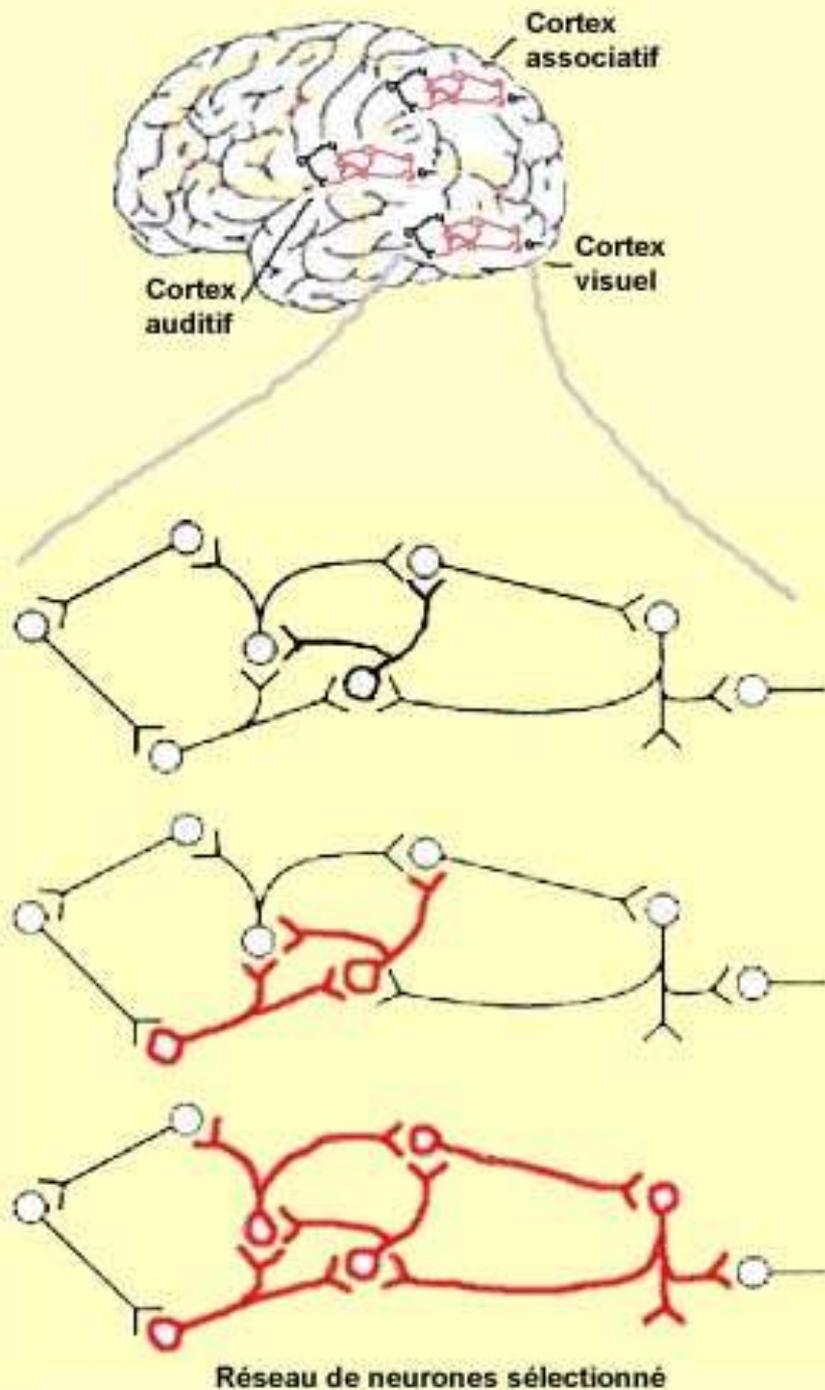




# Assemblées de neurones

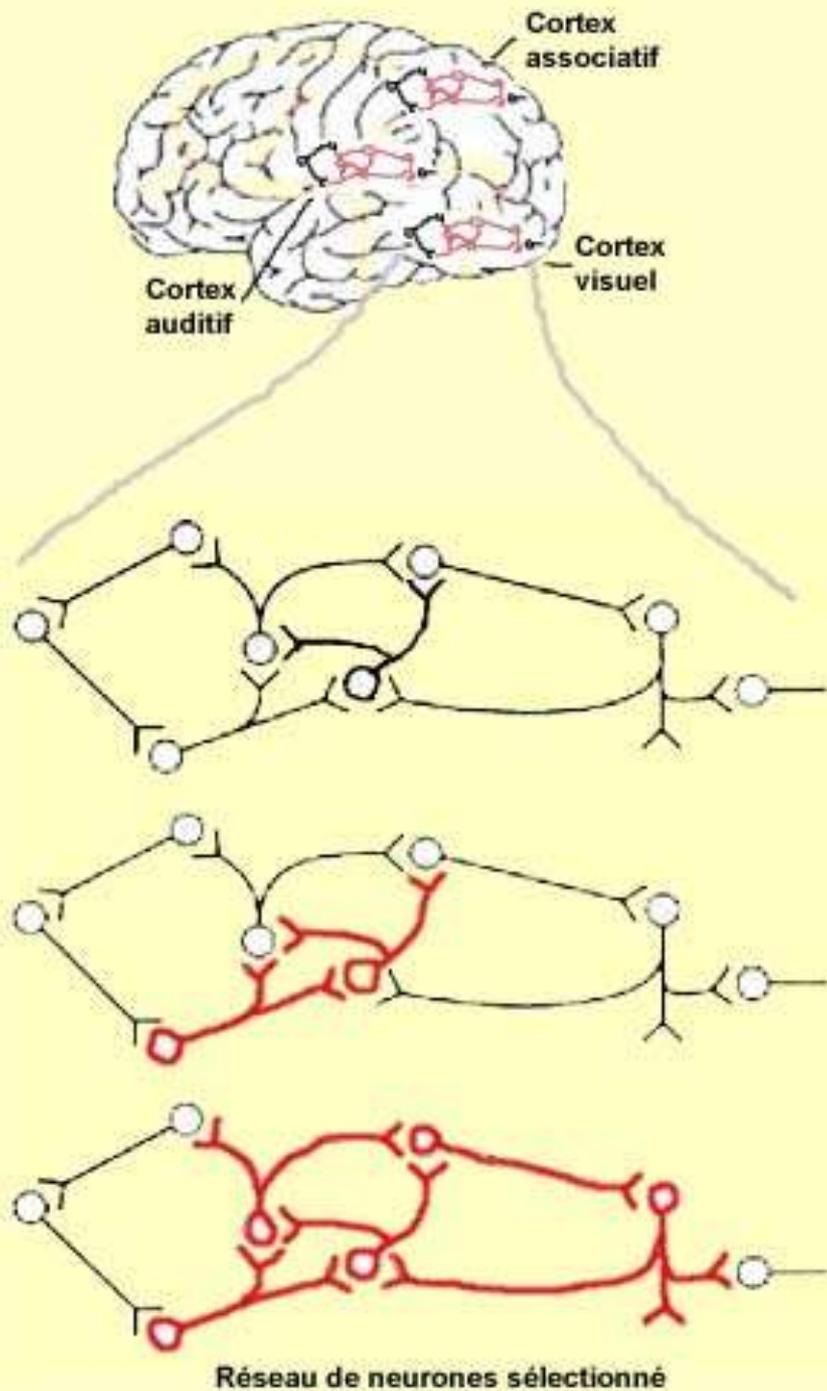


Étudier, s'entraîner, apprendre...



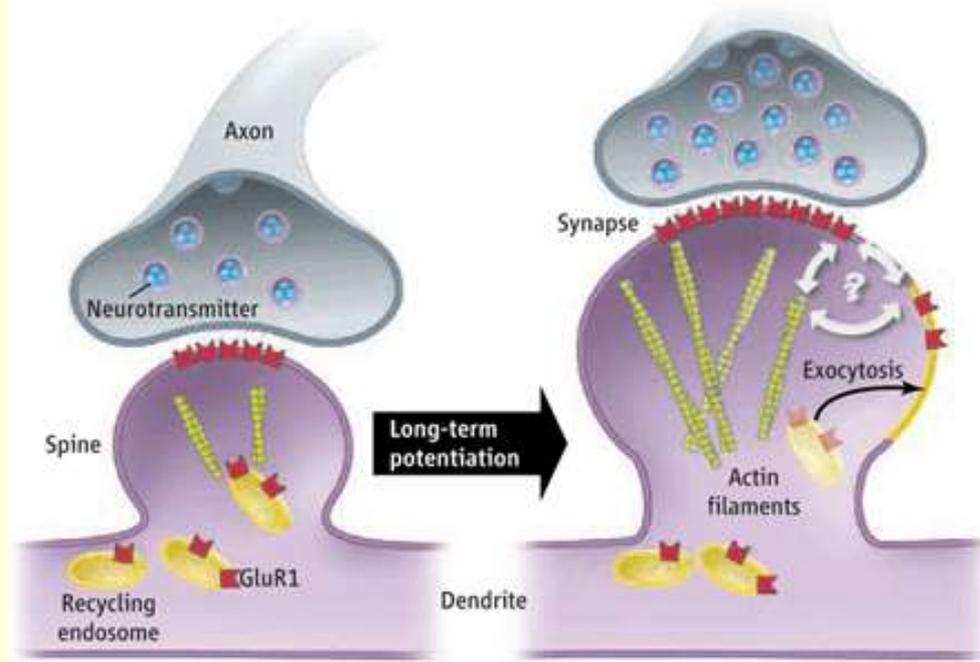
...c'est renforcer des connexions neuronales.

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



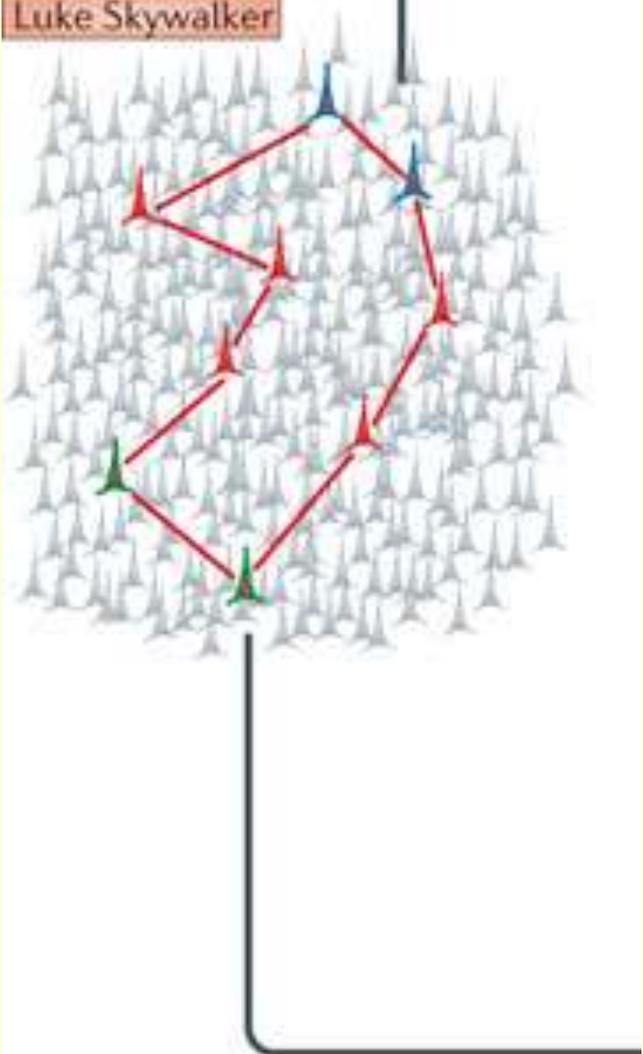
Comment ?

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>

BMC Biol. 2016; 14: 40. Published online **2016** May 19.

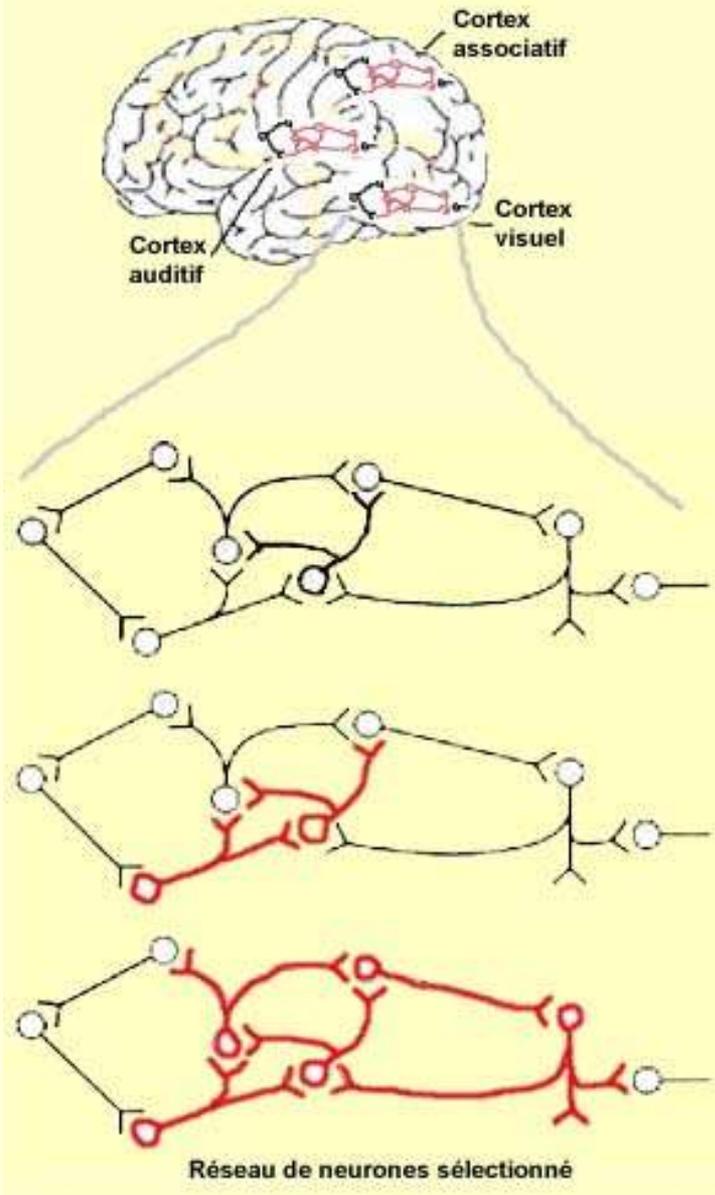
## **What is memory? The present state of the engram**

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4874022/>

→ Il y a consensus que la modification de l'efficacité synaptique par des mécanismes comme la PLT ou la DLT représente un mécanisme fondamental pour la formation **d'engrammes mnésiques** distribués dans de multiples régions cérébrales

→ Le “poids synaptique” (l'efficacité d'une synapse) contrôlerait **l'accessibilité** de l'information encodée

→ Et la connectivité particulière d'une assemblée de neurone contrôlerait la **spécificité** de l'information encodée



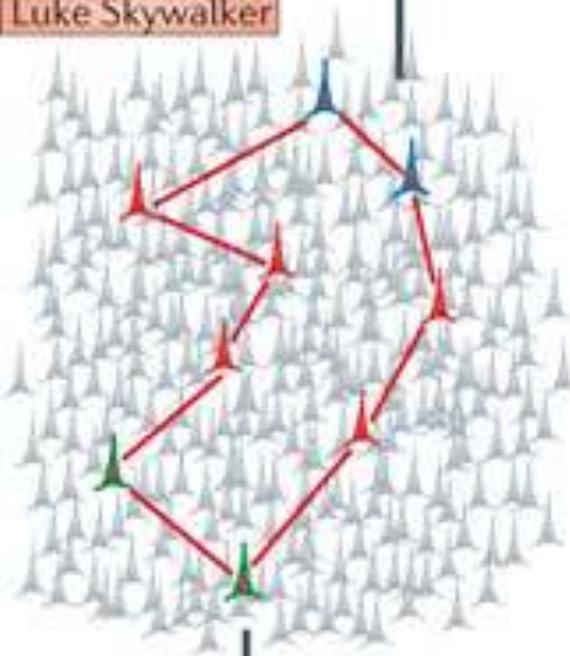
La théorie de Semon contenait implicitement l'idée d'un mécanisme de rappel appelé **“pattern completion”**

“**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.**”

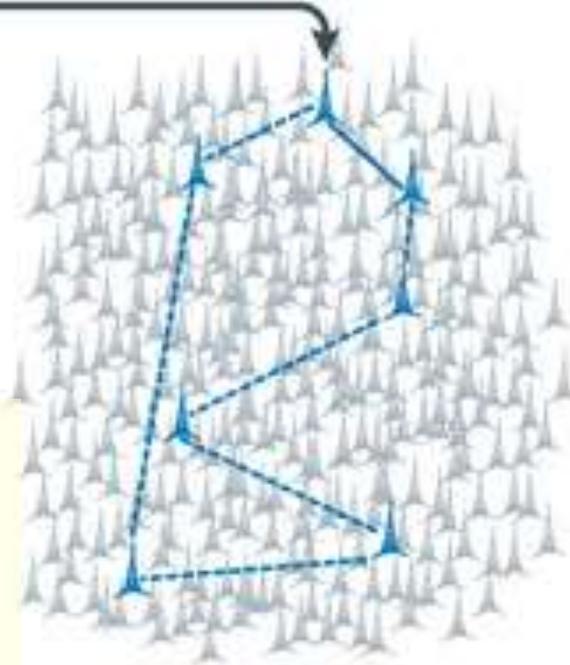


Luke Skywalker

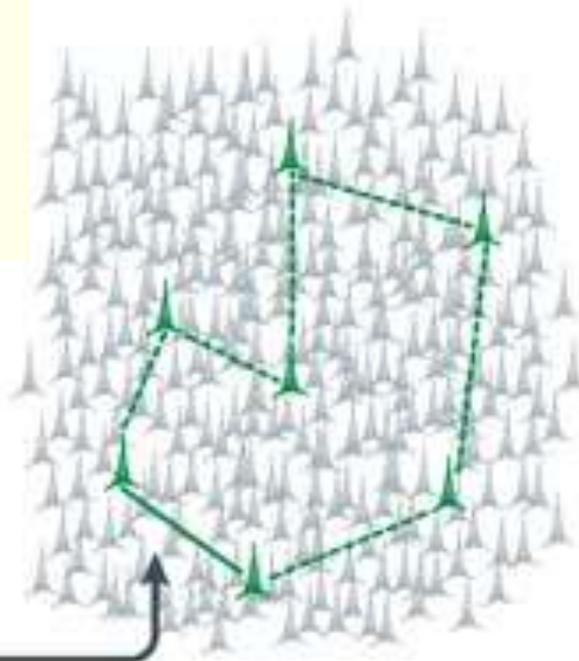


C'est aussi de cette façon qu'un concept ou un souvenir

peut en évoquer d'autres...



Yoda



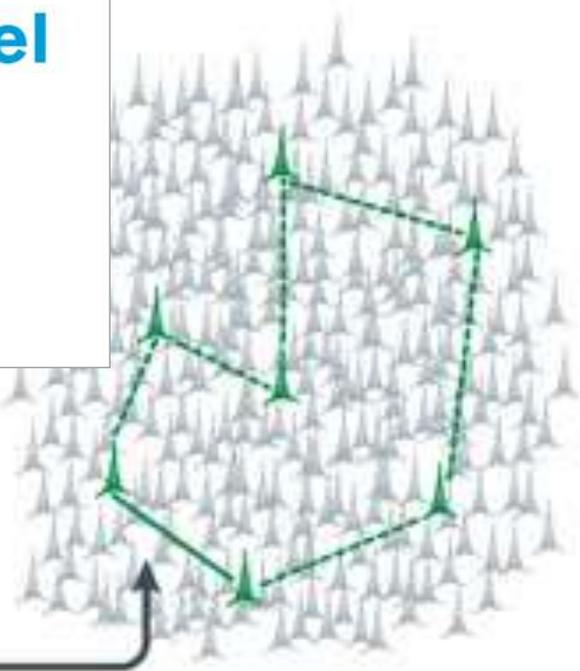
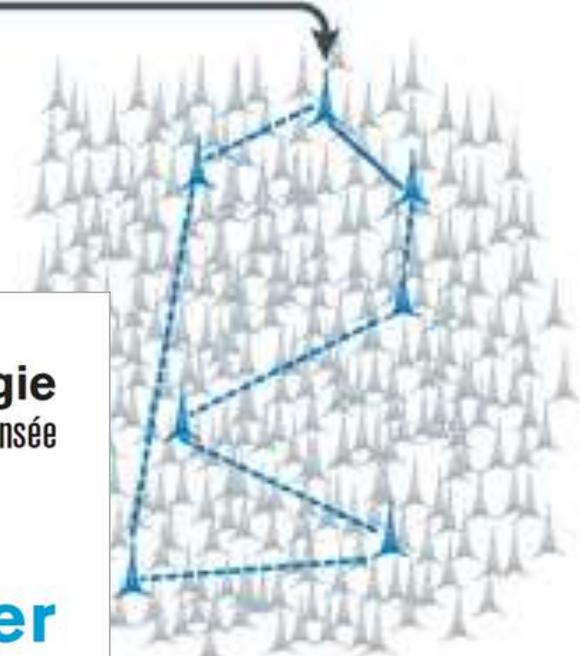
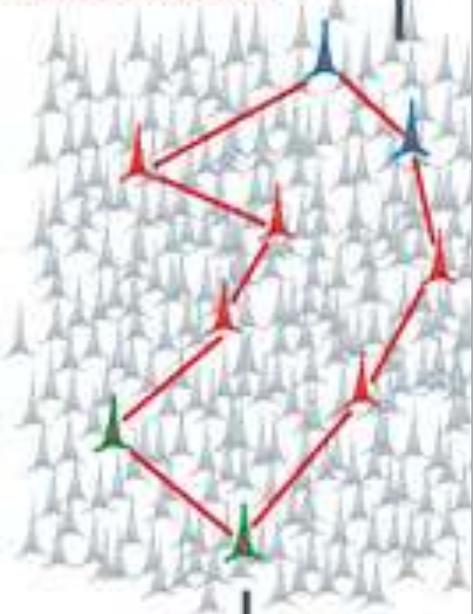
Darth Vader



Luke Skywalker



Yoda



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

**Douglas  
Hofstadter  
Emmanuel  
Sander**

  
Odile  
Jacob  
sciences

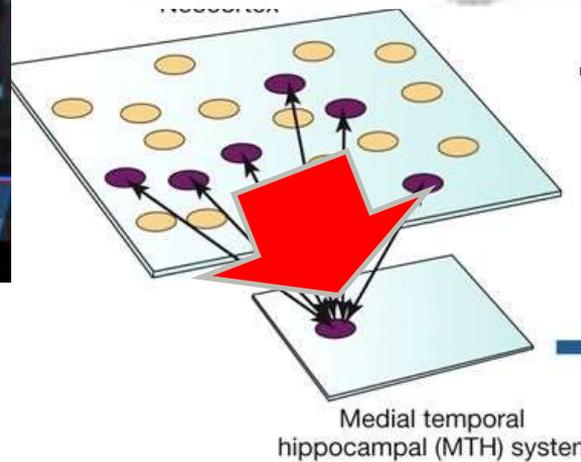
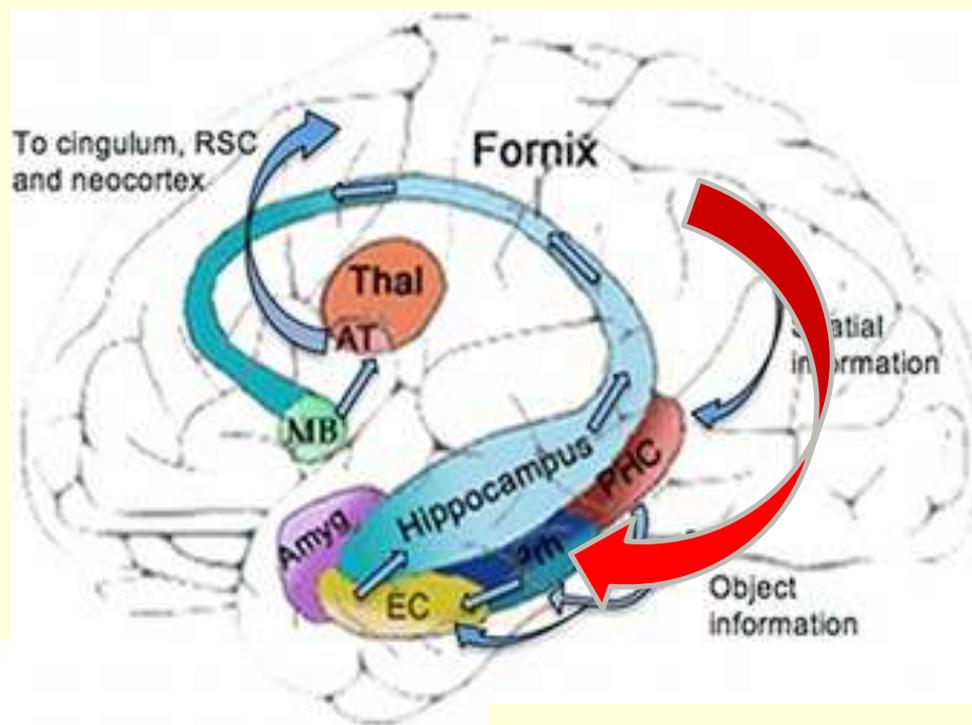
(2013)



Darth Vader

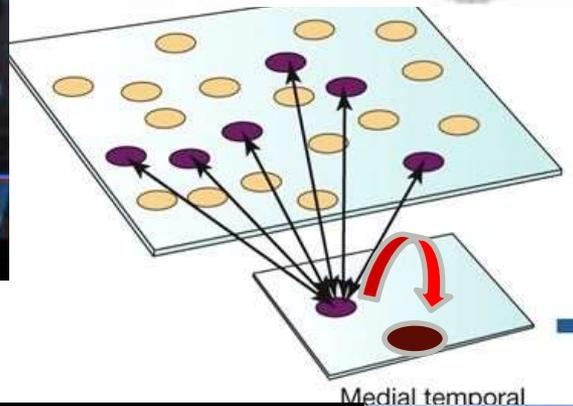
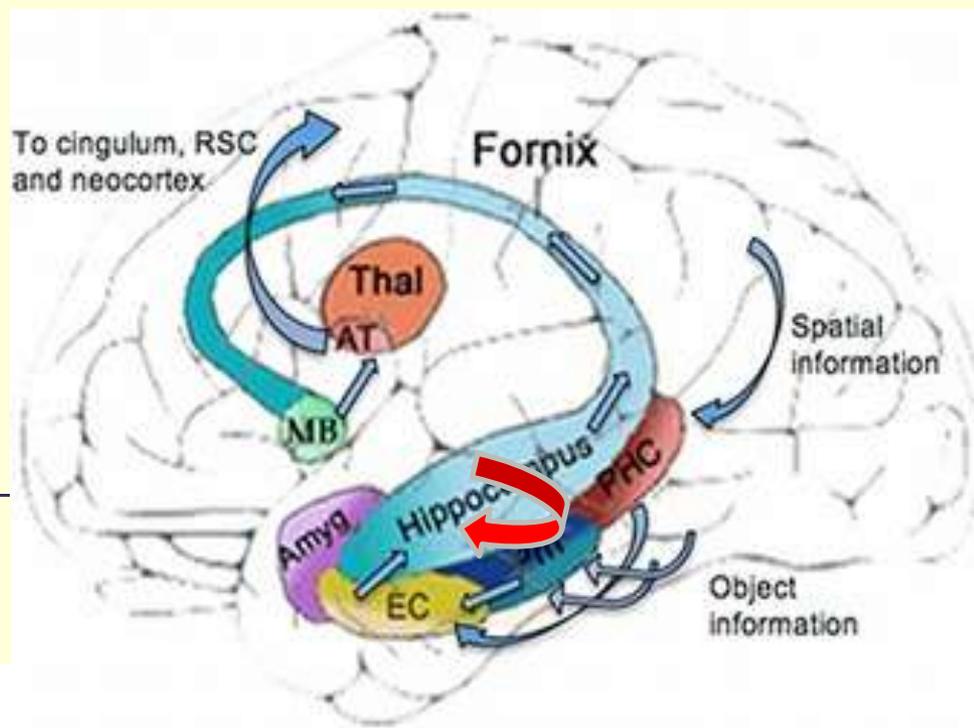
# La « théorie des traces multiples »

Exemple :



# La « théorie des traces multiples »

Exemple :



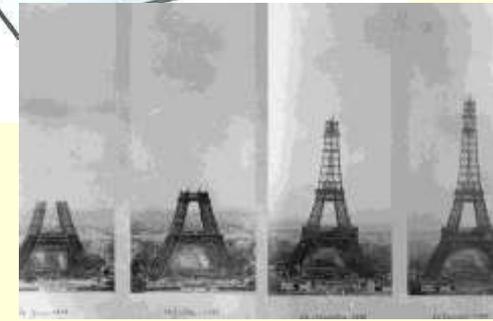
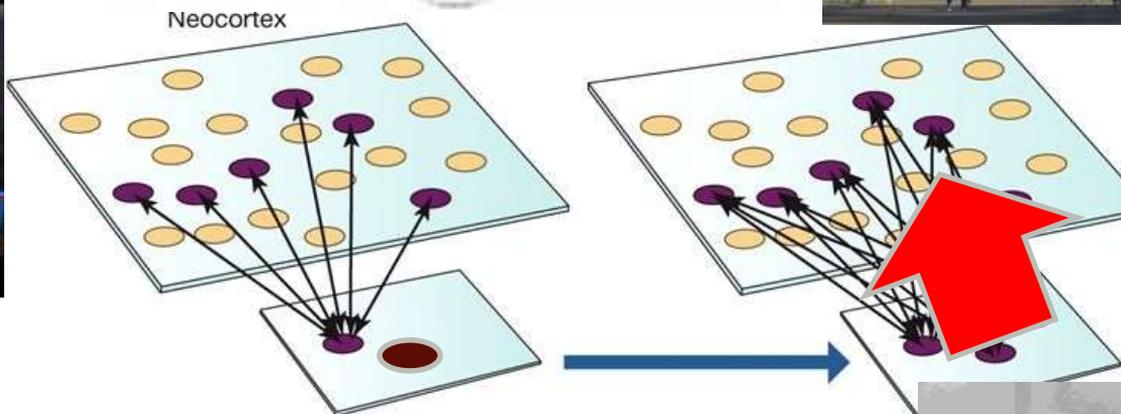
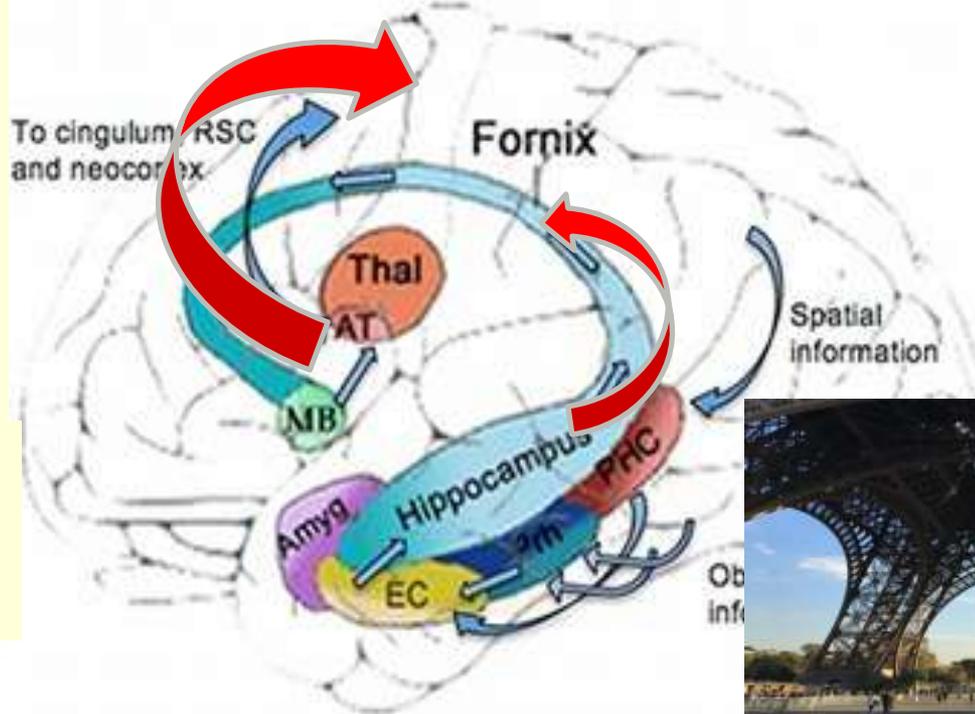
- Les souvenirs épisodiques demeurent dans l'hippocampe



« J'avais rencontré Alain par hasard sous la tour Eiffel... »

# La « théorie des traces multiples »

Exemple :



## 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

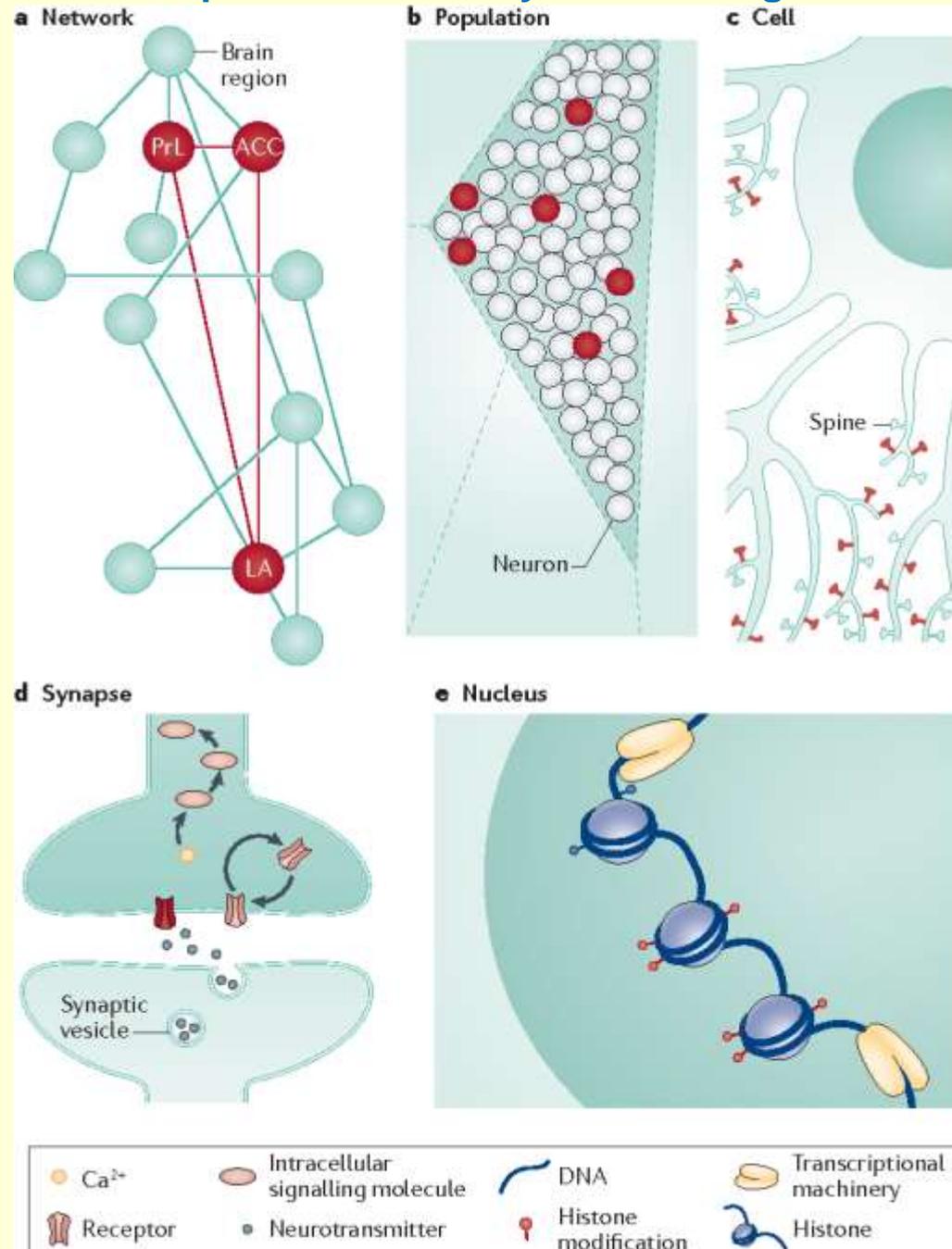
30 avril 2019

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

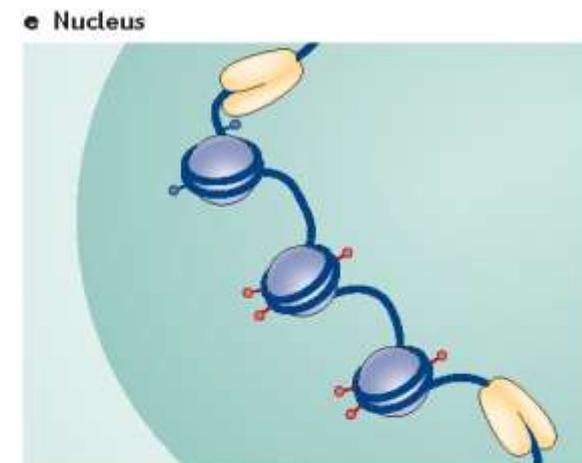
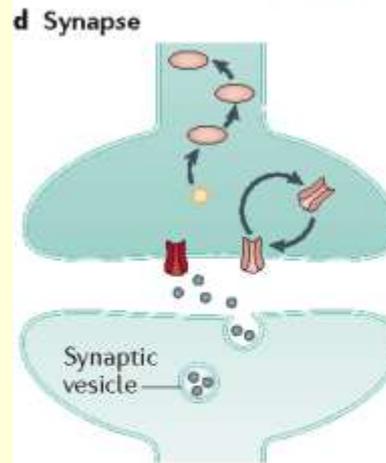
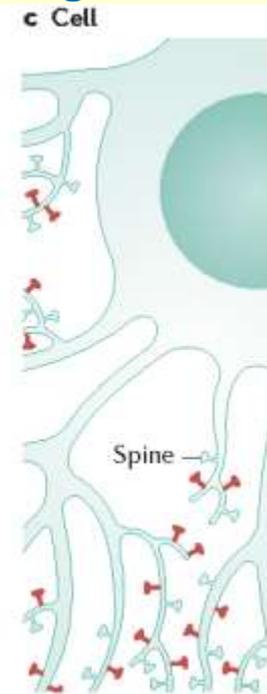
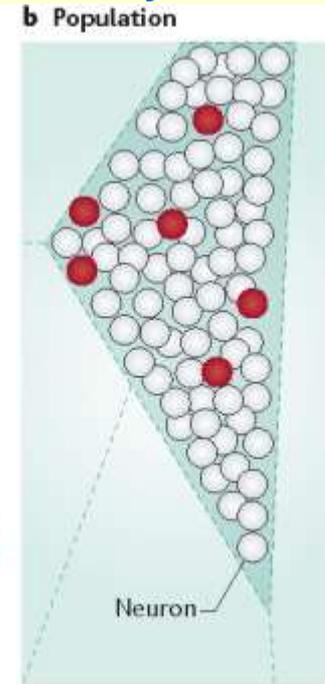
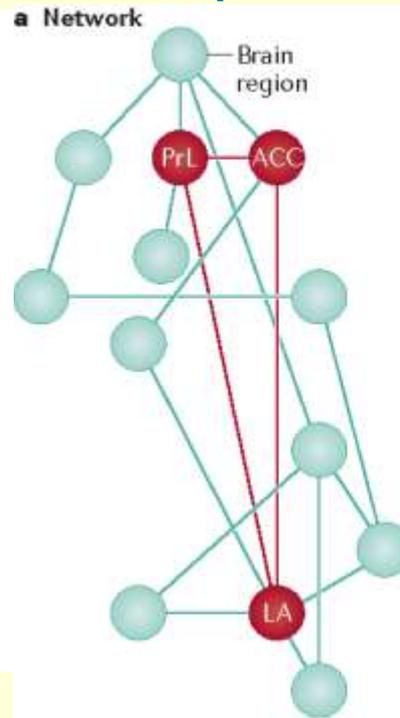
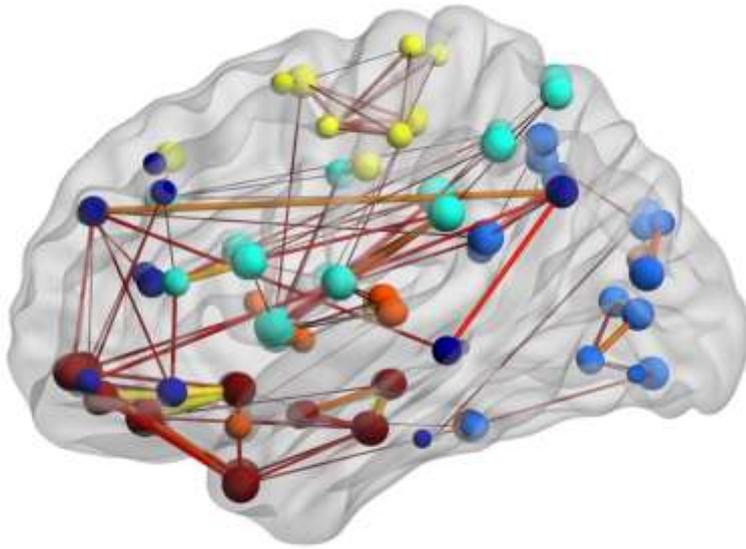
## Finding the engram

•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>



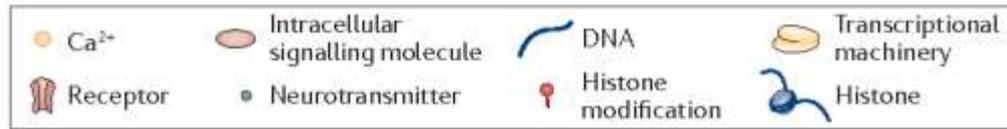
# Multiple levels of analysis of an engram



## Finding the engram

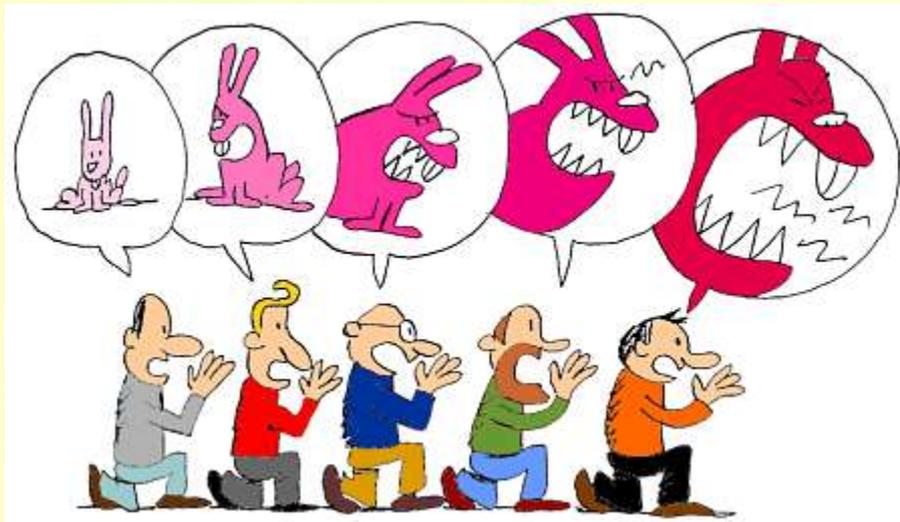
•Sheena A. Josselyn, Stefan Köhler, Paul W. Frankland  
**2015** in Nature Reviews Neuroscience

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



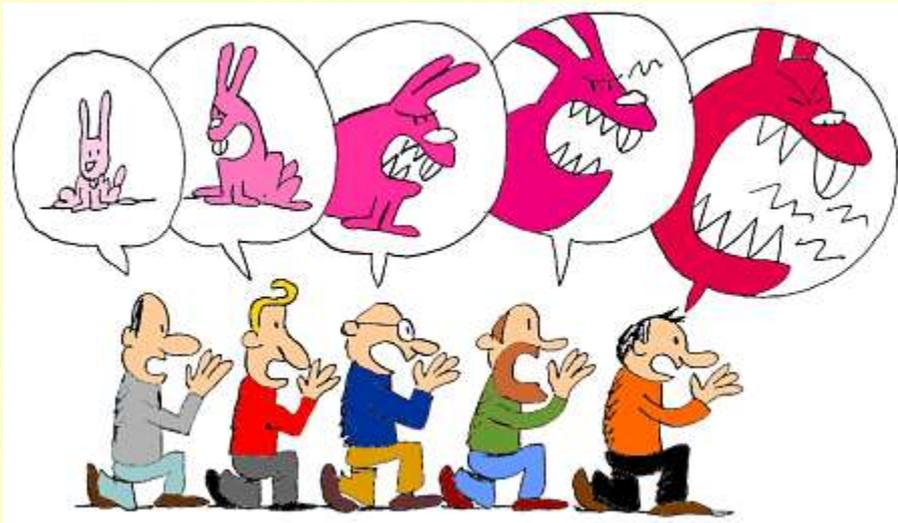
Question quiz :

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



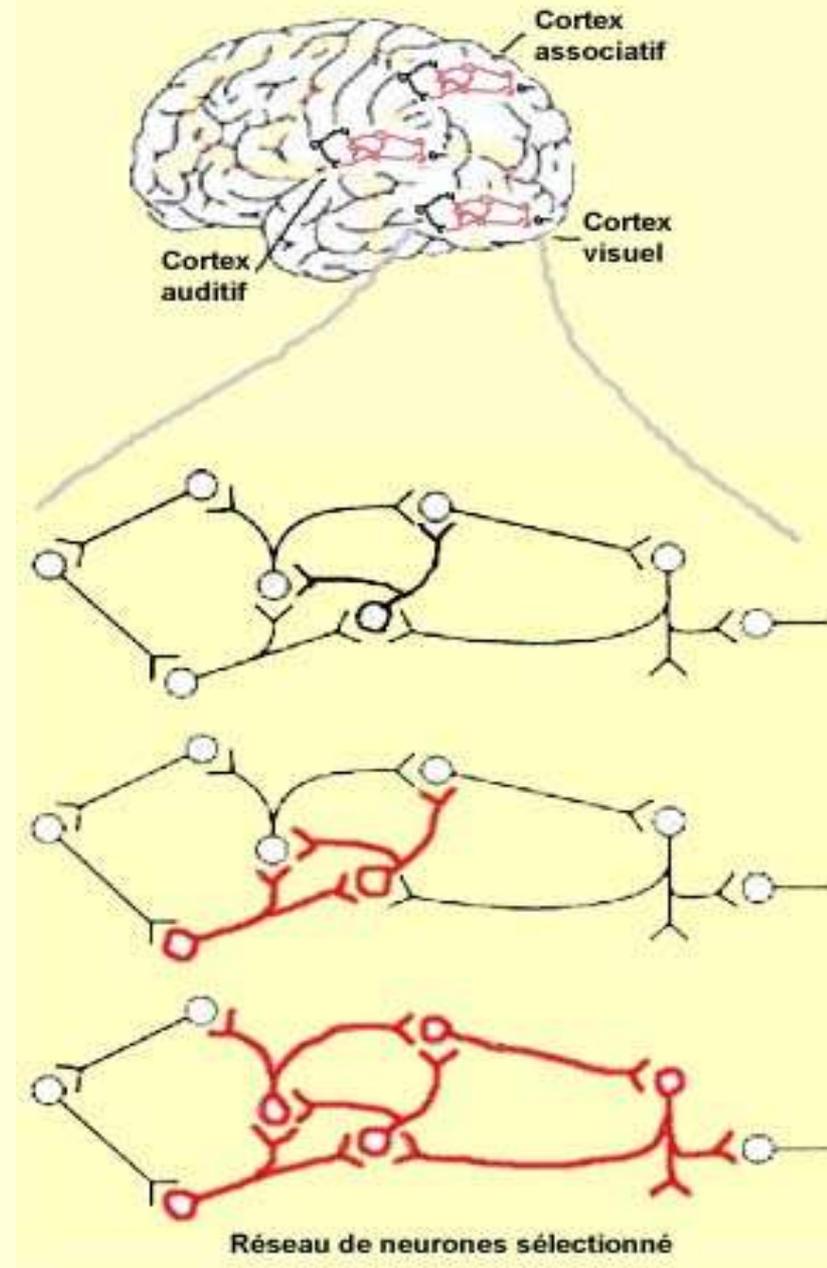
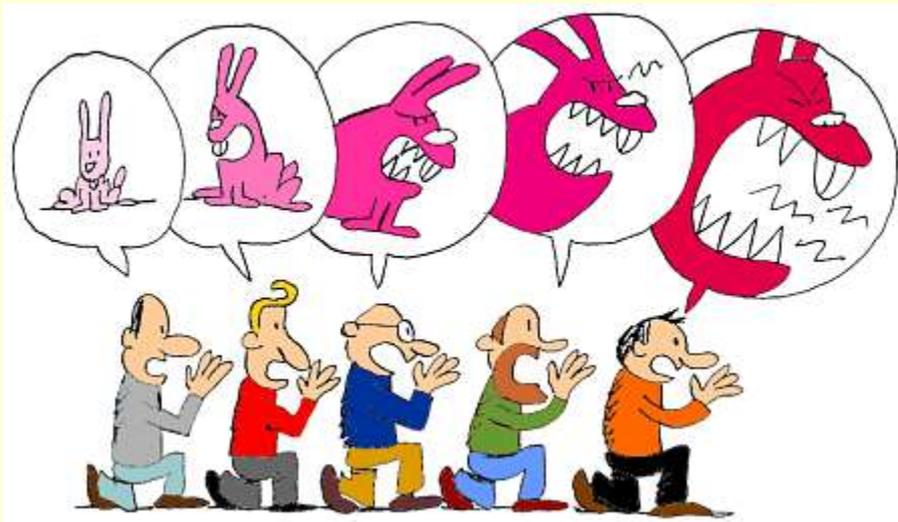
Question quiz :

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

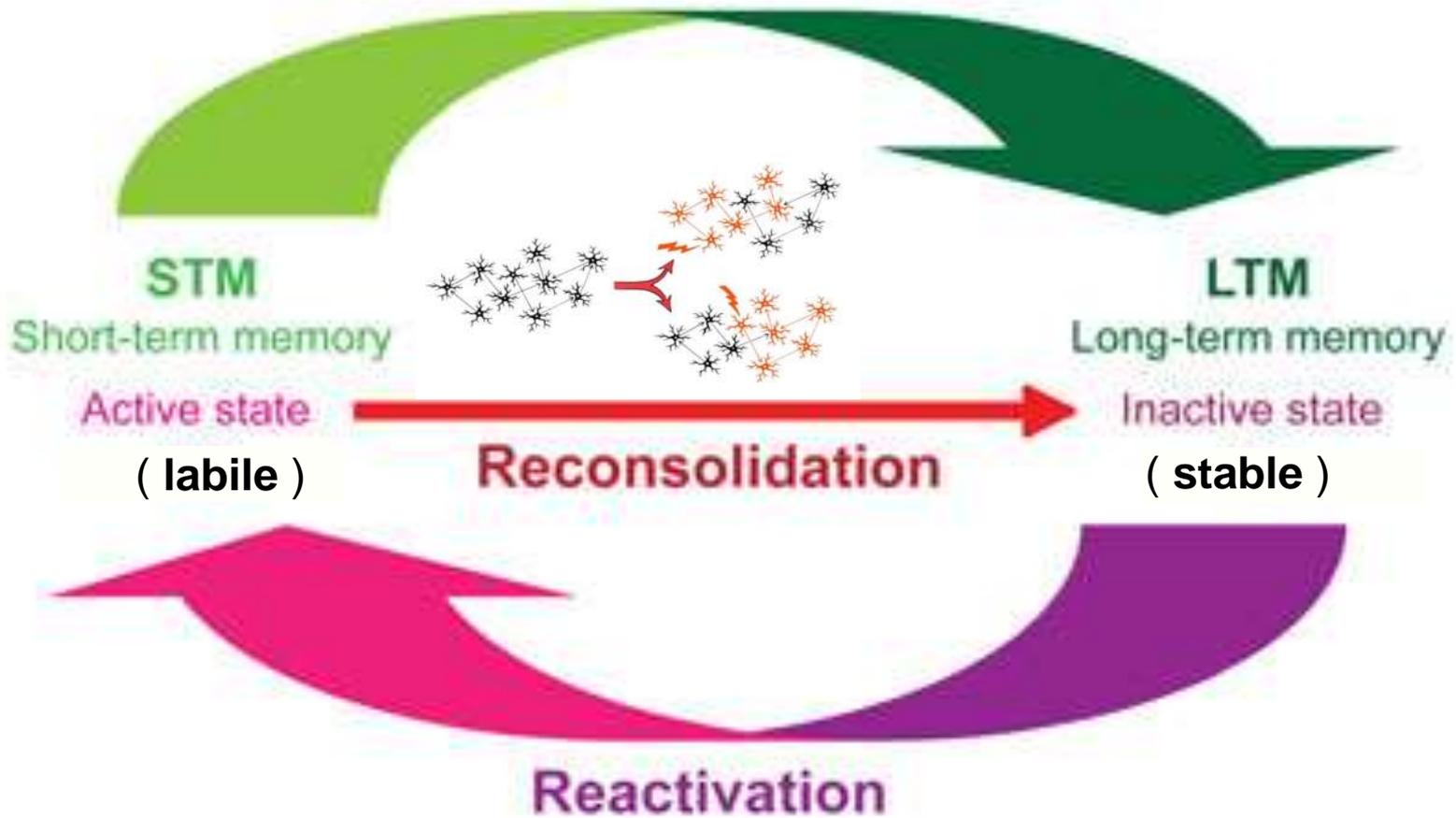


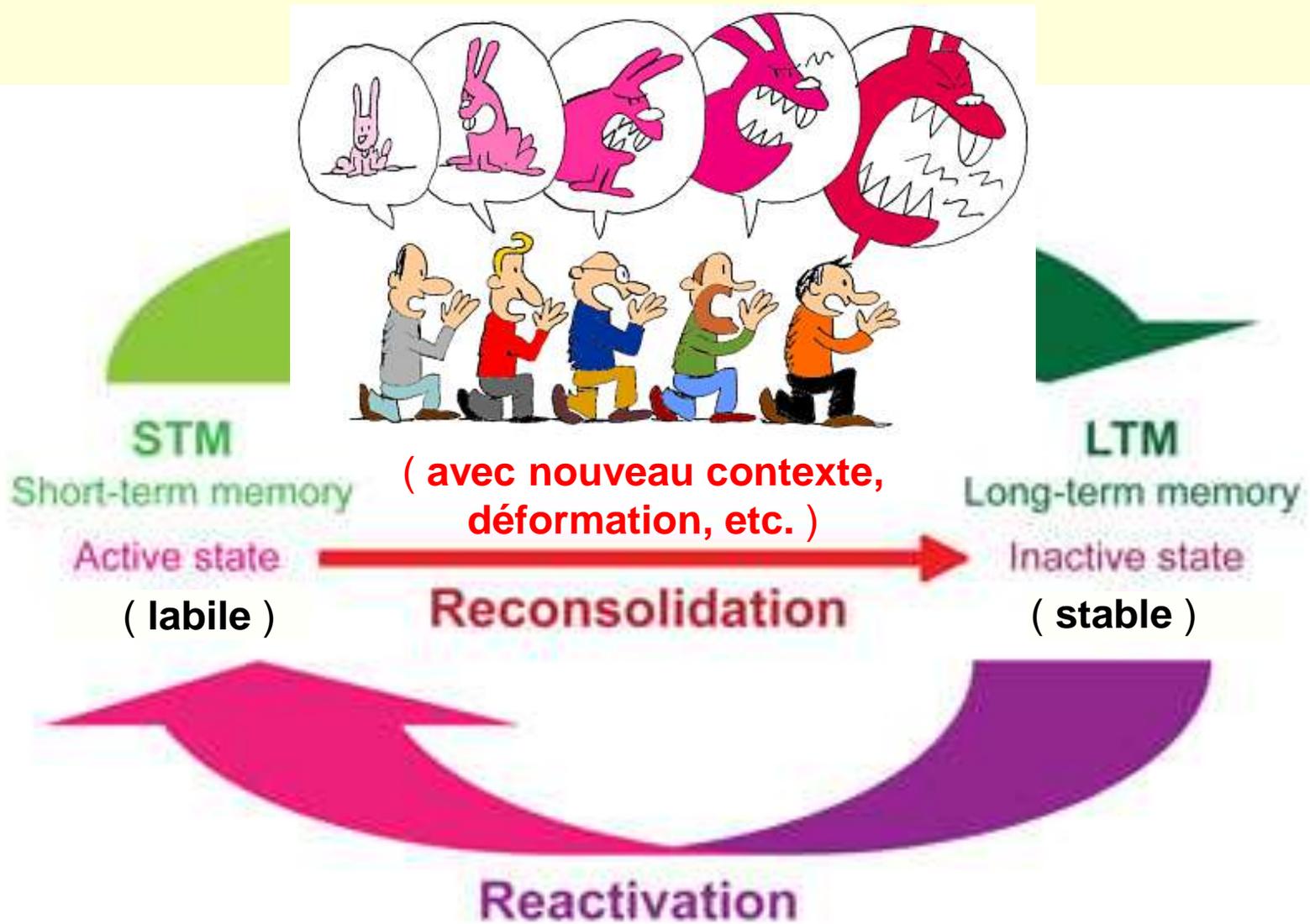
La mémoire humaine est forcément une **reconstruction**.

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



# Consolidation





**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))

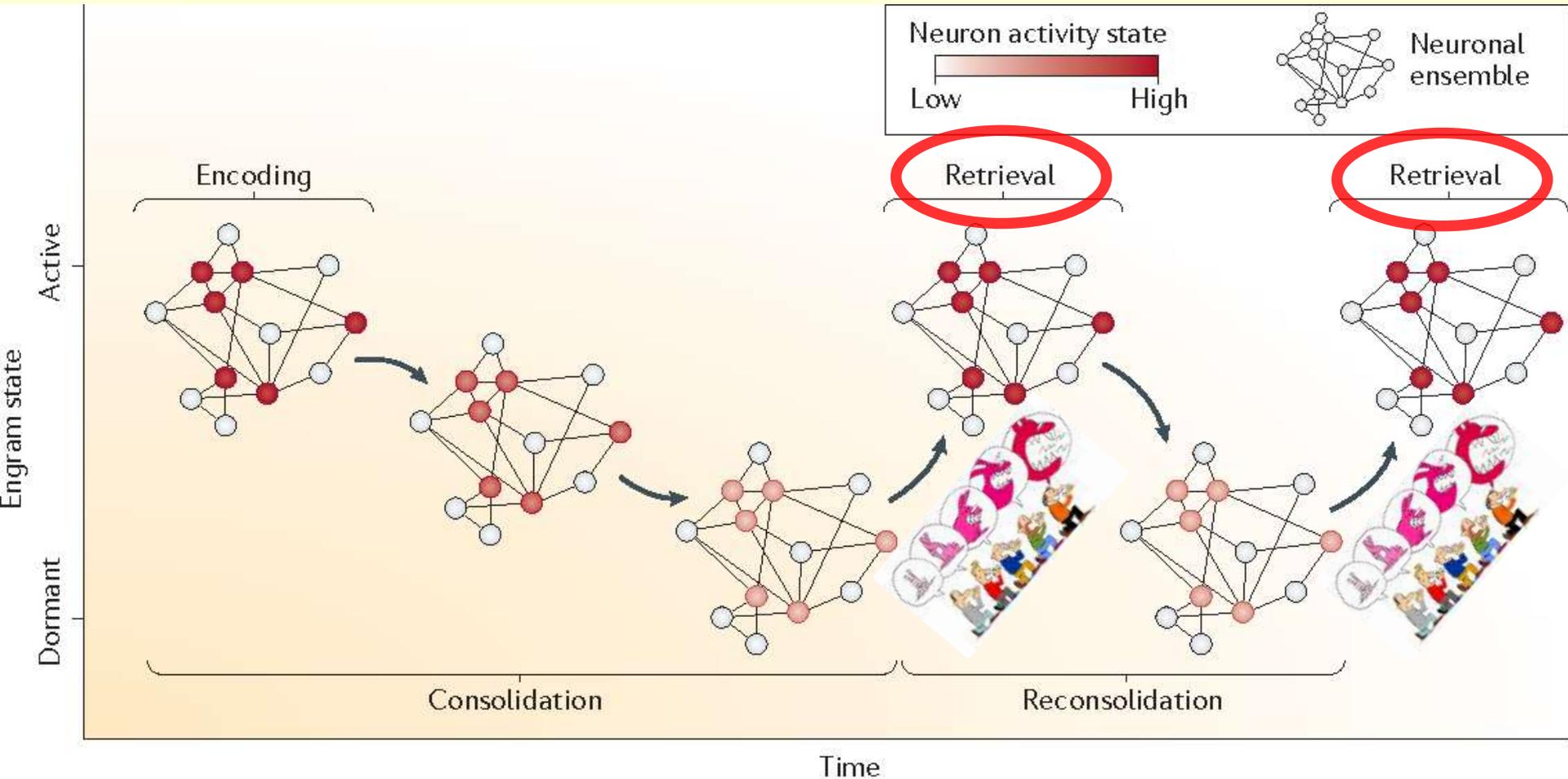


Figure 1 | The lifetime of an engram. The formation of an engram (encoding) involves strengthening of connections  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Finding-the-engram-Josselyn-K%C3%B6hler/269657152b4666ebd489ee54c2ab17534bb72496>

# 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.

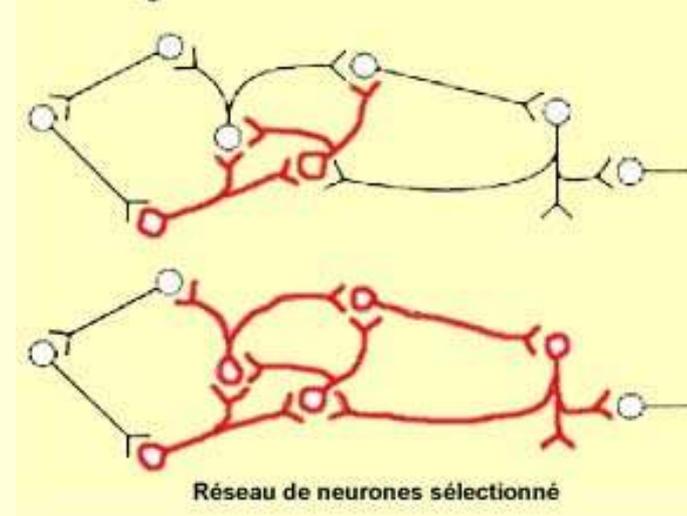
Dans le cabinet du thérapeute, cela se traduit par la prise d'un médicament, le **Propranolol**, un bêtabloquant capable d'inhiber la production des hormones de stress relâchées quand un souvenir traumatisant refait surface. Absorbé par le patient 90 minutes avant qu'il passe en revue ses souvenirs difficiles, 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.

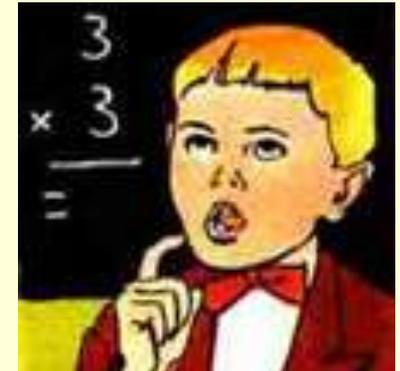
# Concrètement, qu'est-ce qui peut favoriser l'apprentissage et la mémoire ?

- 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.

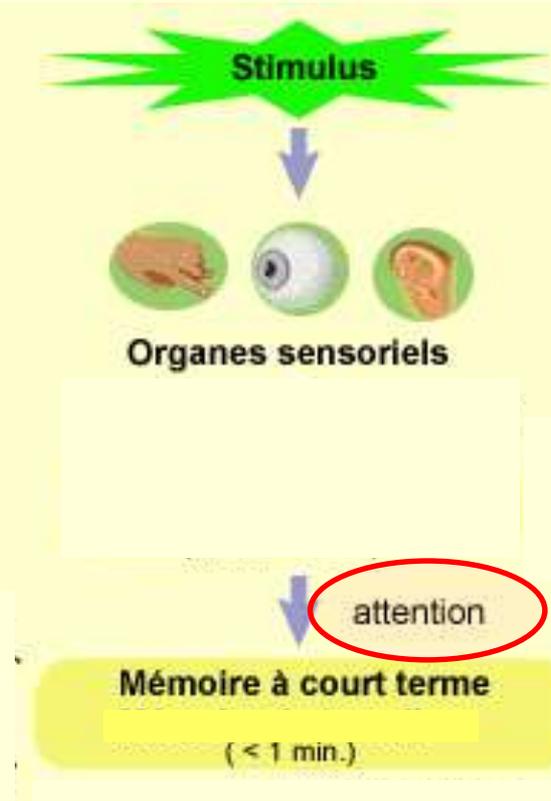
**Au début** du suivi, les performances en mathématiques des élèves fixistes et évolutifs étaient **comparables**.

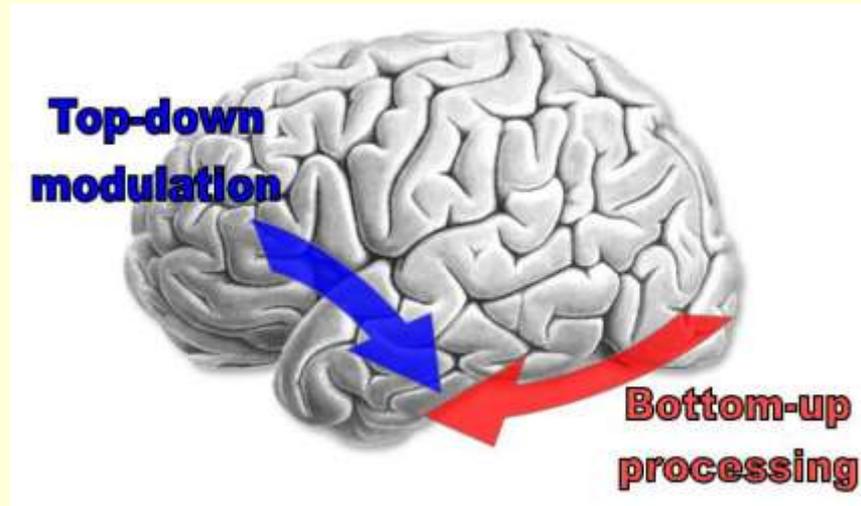
Mais **lorsque les difficultés** d'acquisition des notions **sont devenues plus ardues**, les évolutifs ont surpassé leurs camarades fixistes.

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

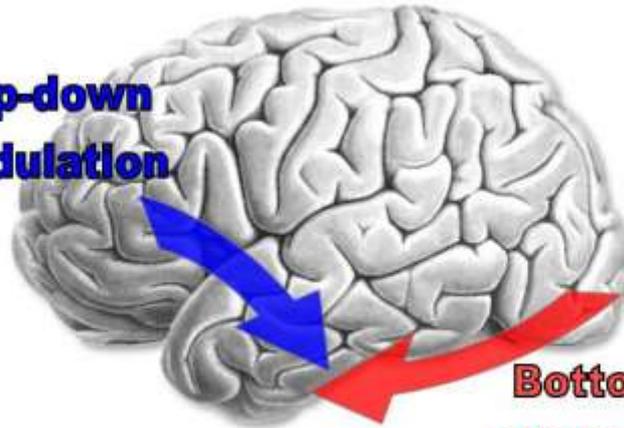




À une époque plus « calme et frugale », la recherche de **nouvelles ressources prometteuses** a été un mécanisme adaptatif fondamental de notre cerveau qui demeure donc très sensible au « bottom up ».



**Top-down  
modulation**



**Bottom-up  
processing**

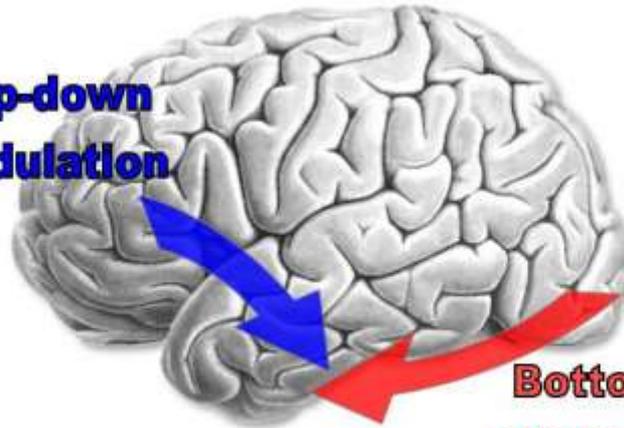


Des « fonctions exécutives »  
comme **l'attention** peuvent être  
sollicitées pour **contrer** des stimuli  
« bottom up » trop intrusifs...





**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. »

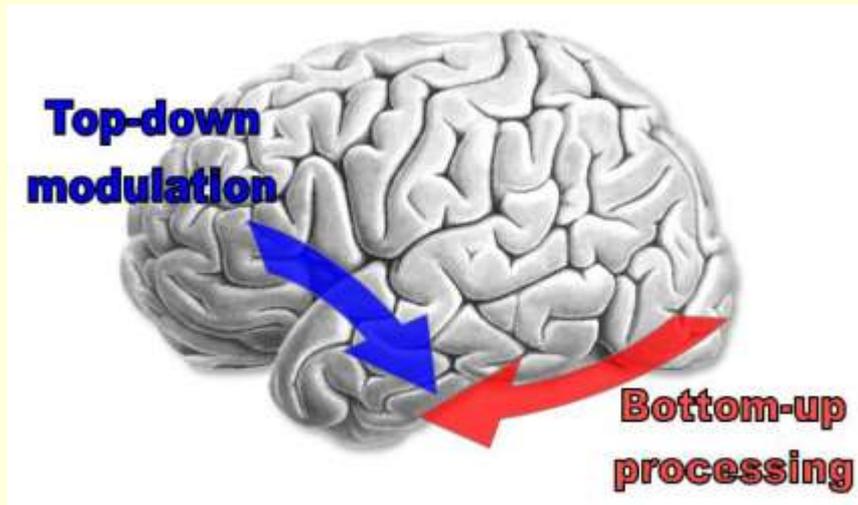
Par des « **voleurs d'attention** » !

- **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.



Au point de nous rendre « **aveugles** » à des choses qui peuvent être assez surprenantes...



# La « cécité attentionnelle »

La version « 2.0 »

[http://www.youtube.com/watch?v=IGQmdoK\\_ZfY&feature=relmfu](http://www.youtube.com/watch?v=IGQmdoK_ZfY&feature=relmfu)

Hahaha...

<http://www.youtube.com/watch?v=z9aUseqqCiY>

Clues

<http://www.youtube.com/watch?v=ubNF9QNEQLA>

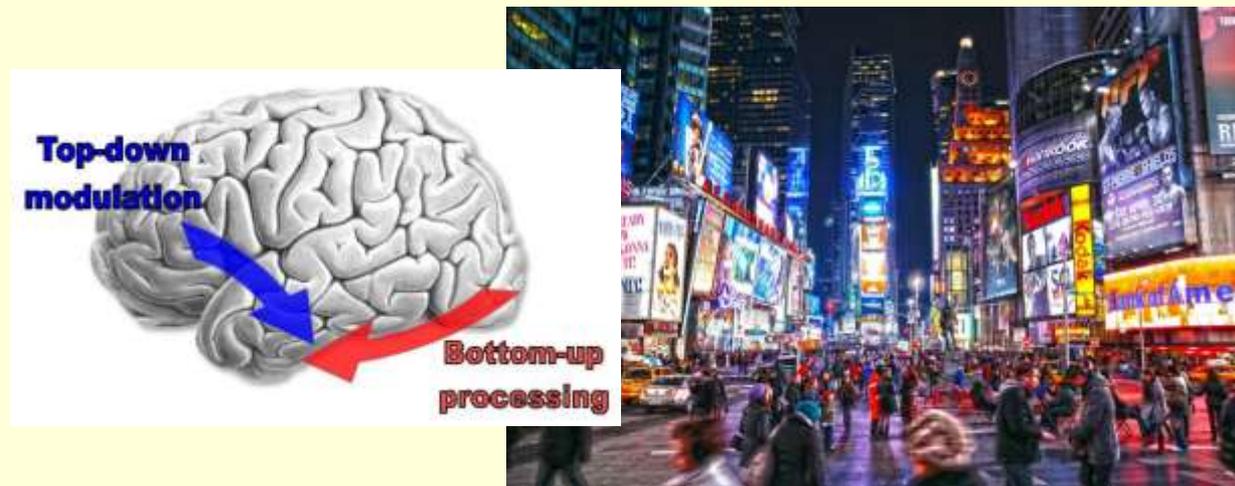
Person swap (Building on the work of Daniel Simons' original "[Door Study](#),")

<http://www.whatispsychology.biz/perception-change-blindness-video>



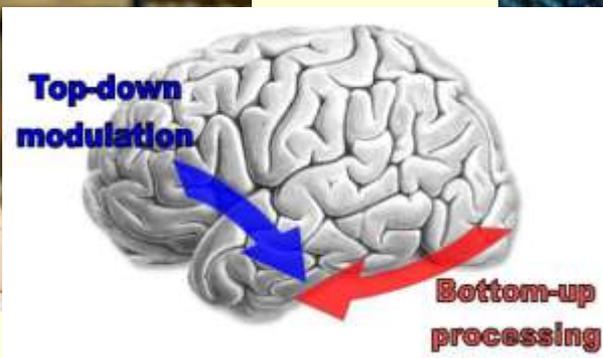
L'attention nous permet donc la **sélection** d'une information particulière parmi plusieurs autres qui sont « filtrées ».

Cette sélection peut être influencée par des stimuli saillants **bottom up**,



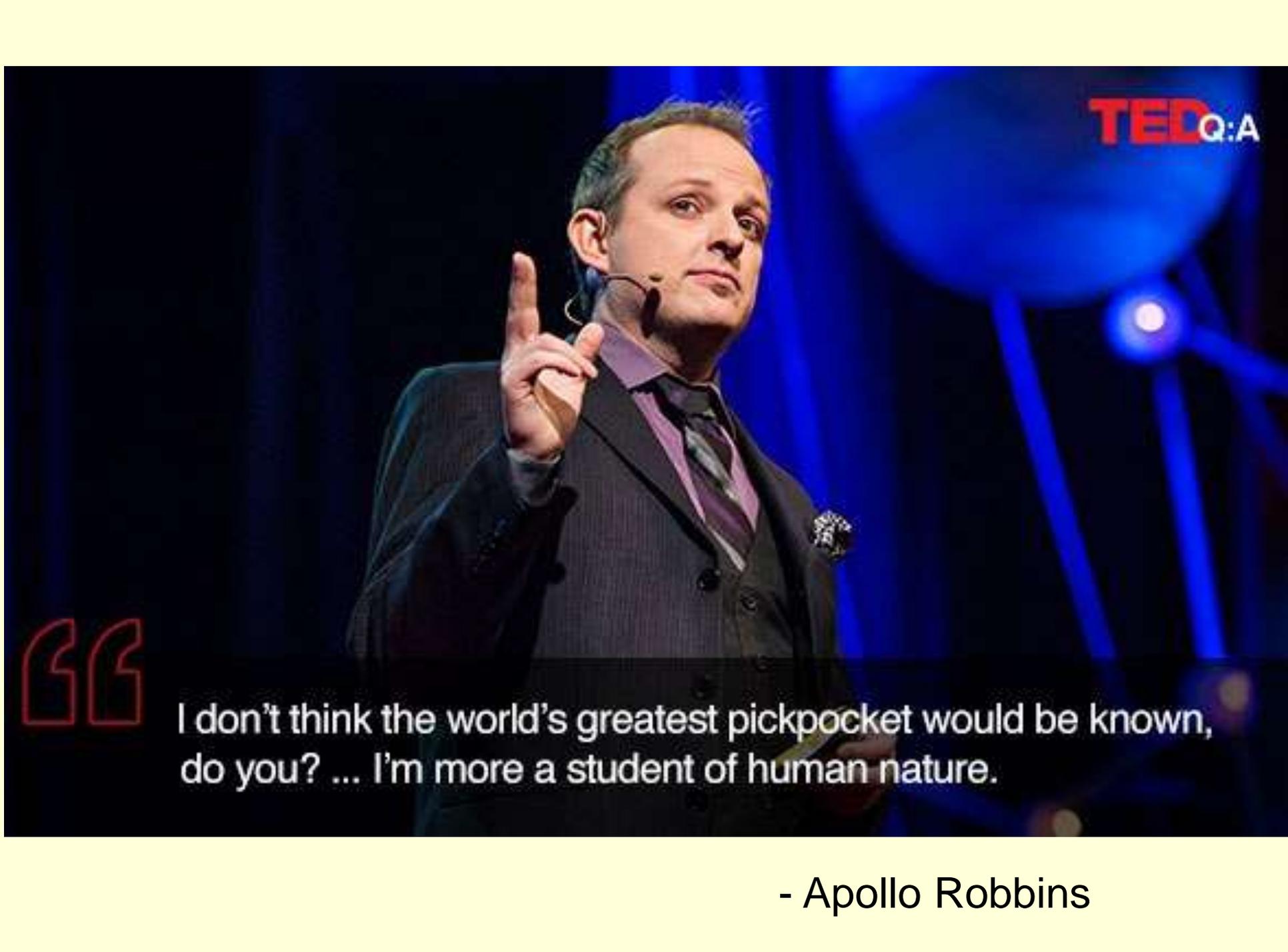
L'attention nous permet donc la **sélection** d'une information particulière parmi plusieurs autres qui sont « filtrées ».

Cette sélection peut être influencée par des stimuli saillants **bottom up**,  
une concentration **top down**...



...ou encore  
elle peut être  
influencée ou  
manipulée par  
une **autre personne.**



A man in a dark suit and purple shirt is speaking on a stage. He is gesturing with his right hand, pointing upwards. The background is dark with blue lighting and a large, stylized blue figure. The TED Q:A logo is in the top right corner.

“ I don't think the world's greatest pickpocket would be known, do you? ... I'm more a student of human nature.

- Apollo Robbins



[http://www.youtube.com/watch?v=LoUSO\\_Mj1TQ](http://www.youtube.com/watch?v=LoUSO_Mj1TQ)

(2:37 à 5: 25 (3 min.), sur le faisceau de l'attention)

## Neuroscience Meets Magic - by Scientific American

<http://www.youtube.com/watch?v=i80nVAwO5xU>

**4:00 à 9:13 (5 minutes)**

(notions abordées : Top down control,  
Bottom up control, mirror neurons)



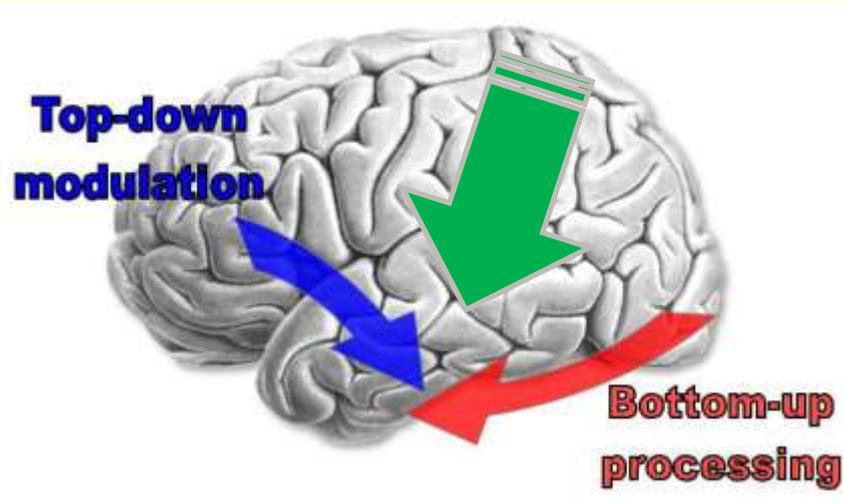
<http://www.youtube.com/watch?v=MG2HPtbV-80>

## 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



## Le test du Chamallow

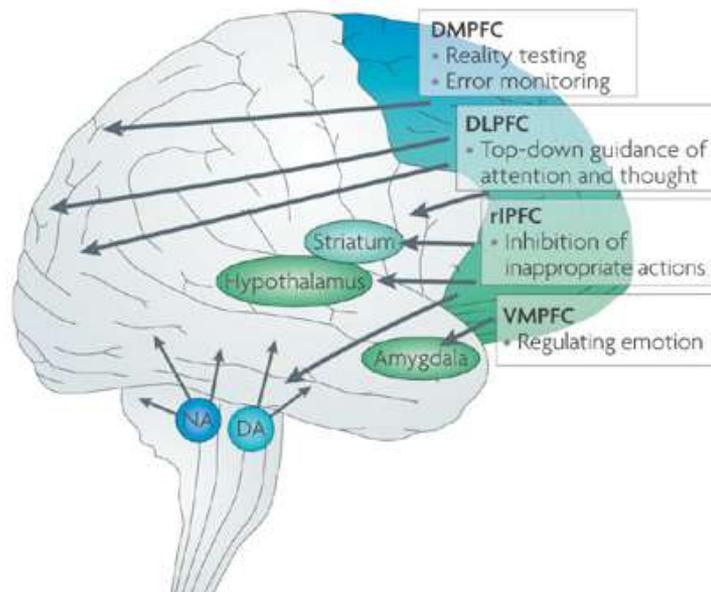
<https://www.youtube.com/watch?v=QEQLSJ0zcpQ>

# Le contrôle inhibiteur



**Bref, il faut...**

a Prefrontal regulation during alert, non-stress conditions

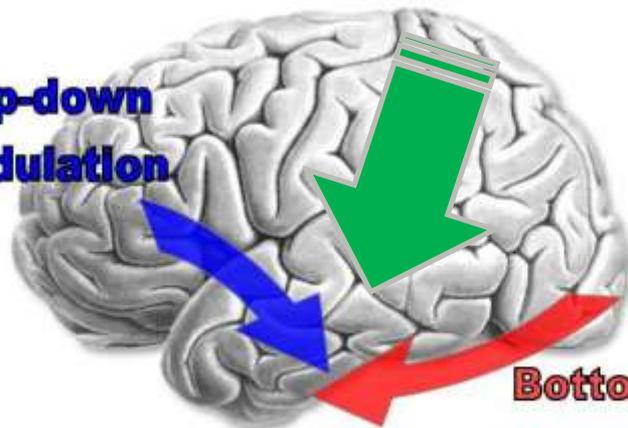


apprendre  
à résister  
olivier houdé



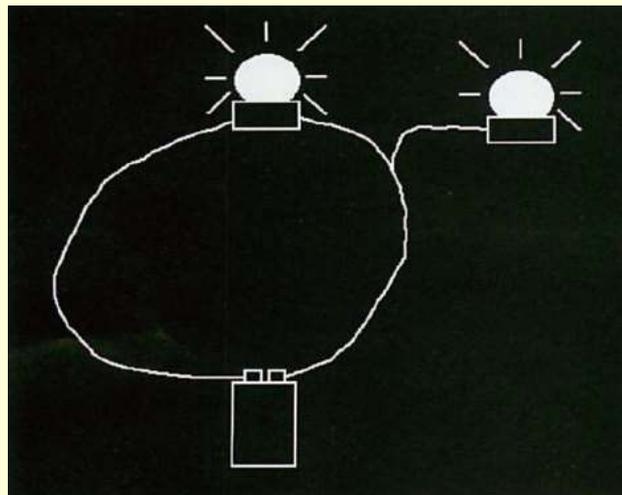


**Top-down  
modulation**



**Bottom-up  
processing**

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



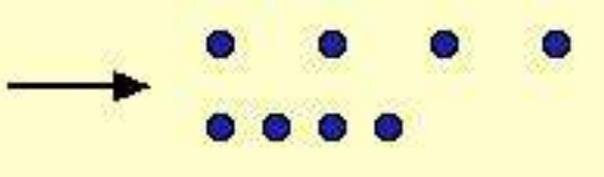
On peut aussi résister **aux interférences non-pertinente**.

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





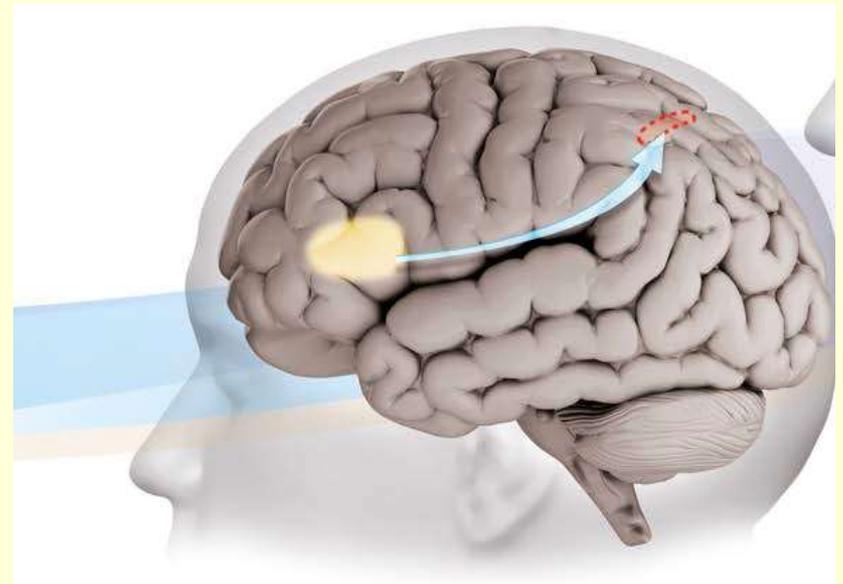
Ce que l'équipe de Houdé a mis en évidence, c'est que vers l'âge de 6-7 ans, ou avec l'aide d'un parent avant, **l'enfant parvient à mettre entre parenthèses sa croyance spontanée** pour examiner la situation au moyen de ses outils logiques.



À ce moment, on observe une activation au niveau du cortex **cortex préfrontal inférieur**.

Or on sait que les neurones de cette régions projettent leur axone vers d'autres zones du cerveau impliquées dans ces automatismes de pensée

(le **sillon intrapariétal latéral**, par exemple).

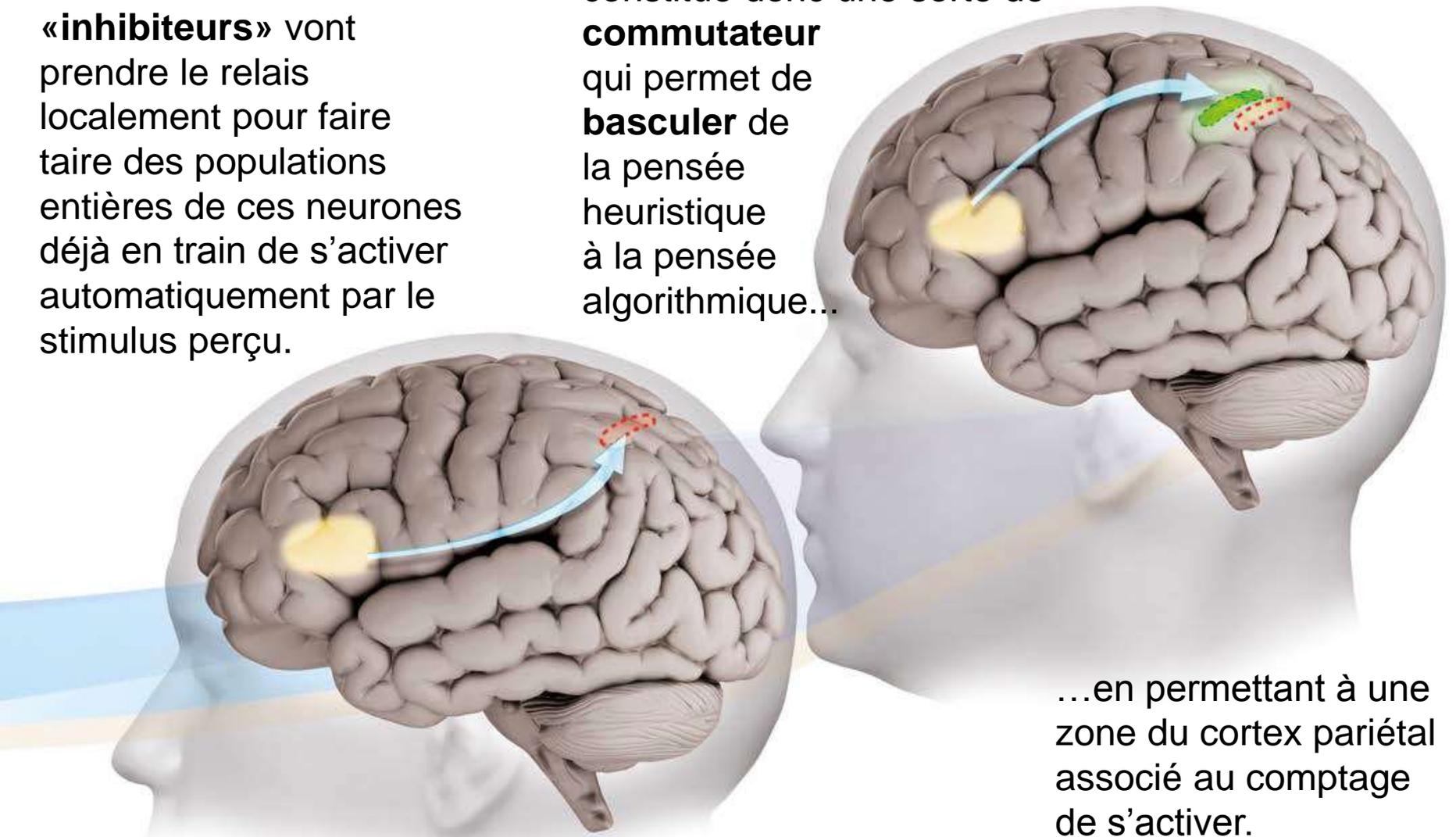


Dans ces zones, d'autres **neurones dits «inhibiteurs»** vont prendre le relais localement pour faire taire des populations entières de ces neurones déjà en train de s'activer automatiquement par le stimulus perçu.

Ce cortex préfrontal inférieur constitue donc une sorte de **commutateur** qui permet de **basculer** de la pensée heuristique à la pensée algorithmique...

...en permettant à une zone du cortex pariétal associé au comptage de s'activer.

Bref, le **cortex préfrontal inférieur permet de bloquer les automatismes mentaux** pour activer une pensée discursive et logique.



# Les trois systèmes cognitifs

## Systeme heuristique

Pensée «automatique»  
et intuitive

Fiabilité  Rapidité 



1

Anatomiquement, le système inhibiteur est la région du cerveau qui se développe le plus **tardivement** et le plus **lentement**.

Le système heuristique et celui algorithmique **coexistent très tôt**, sans doute dès le début du développement, c'est-à-dire dans les premiers mois de la vie.

## Systeme d'inhibition

Interrompt le système heuristique pour activer celui des algorithmes

→ *Fonction d'arbitrage*

3

## Systeme algorithmique

Pensée réfléchie  
«logico-mathématique»

Fiabilité  Rapidité 



2

La maturation du cortex préfrontal commence seulement à **partir de 12 mois** et elle dure **jusqu'à l'âge adulte**.

# MIEUX COMPRENDRE COMMENT LE CERVEAU SURMONTE DES RÉFLEXES DE LA PENSÉE

CONFÉRENCE DE GRÉGOIRE BORST

École d'été en neuroéducation de l'UQAM (juin 2019)

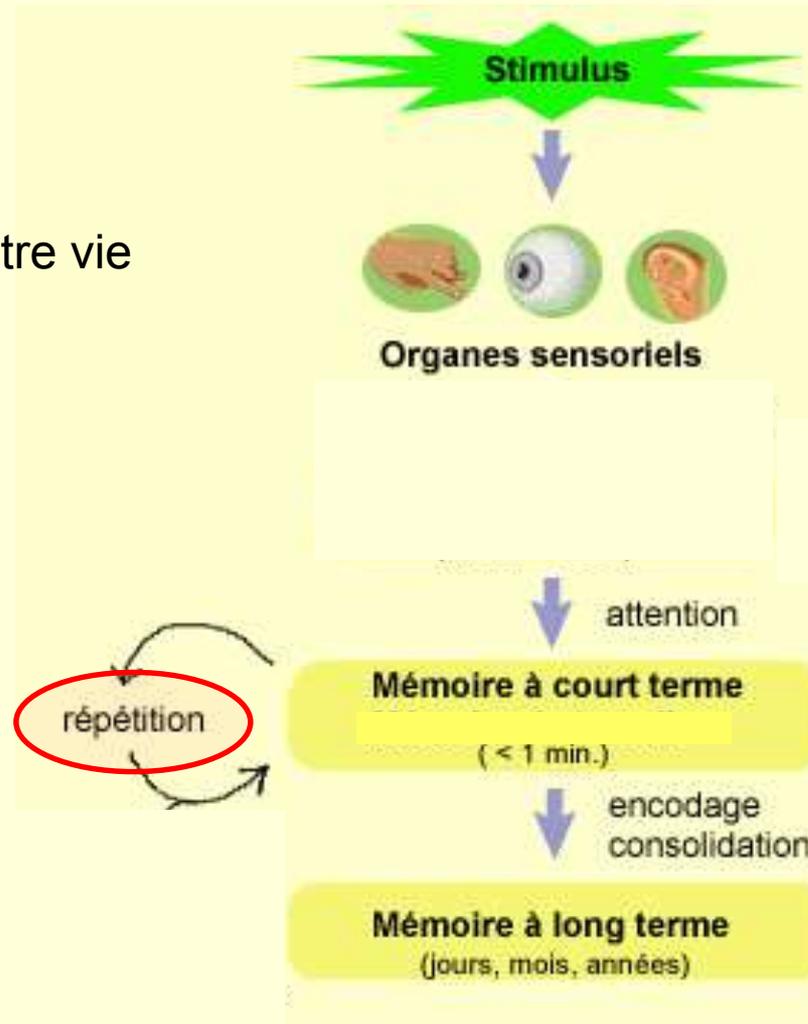
<https://www.associationneuroeducation.org/videos-ecole-ete-2019>

Grégoire Borst et son équipe ont ainsi utilisé la **métacognition** pour apprendre aux enfants à reconnaître les contextes difficiles où leurs automatismes peuvent leur jouer des tours.

Concrètement, **recupérer une connaissance ou éviter un piège ne demanderait pas les mêmes ressources cognitives**. Quand il faut éviter un piège, il faut inhiber les réflexes de la pensée. Or, la connaissance peut être acquise sans parvenir toutefois à éviter le piège. Le but de l'enseignant via les exercices ou évaluations n'est pas le même selon qu'il désire évaluer l'acquisition de la connaissance en elle-même, ou la capacité à éviter les pièges qui sont liés à cette connaissance.

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

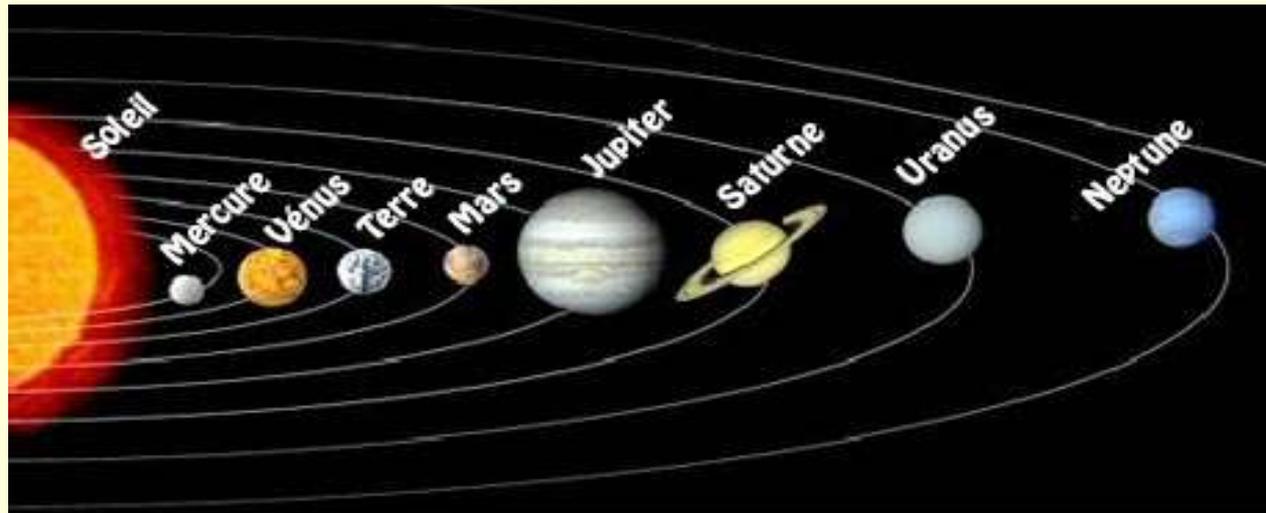
- Comprendre qu'on peut s'améliorer durant toute notre vie
- Porter attention
- Répéter



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 :

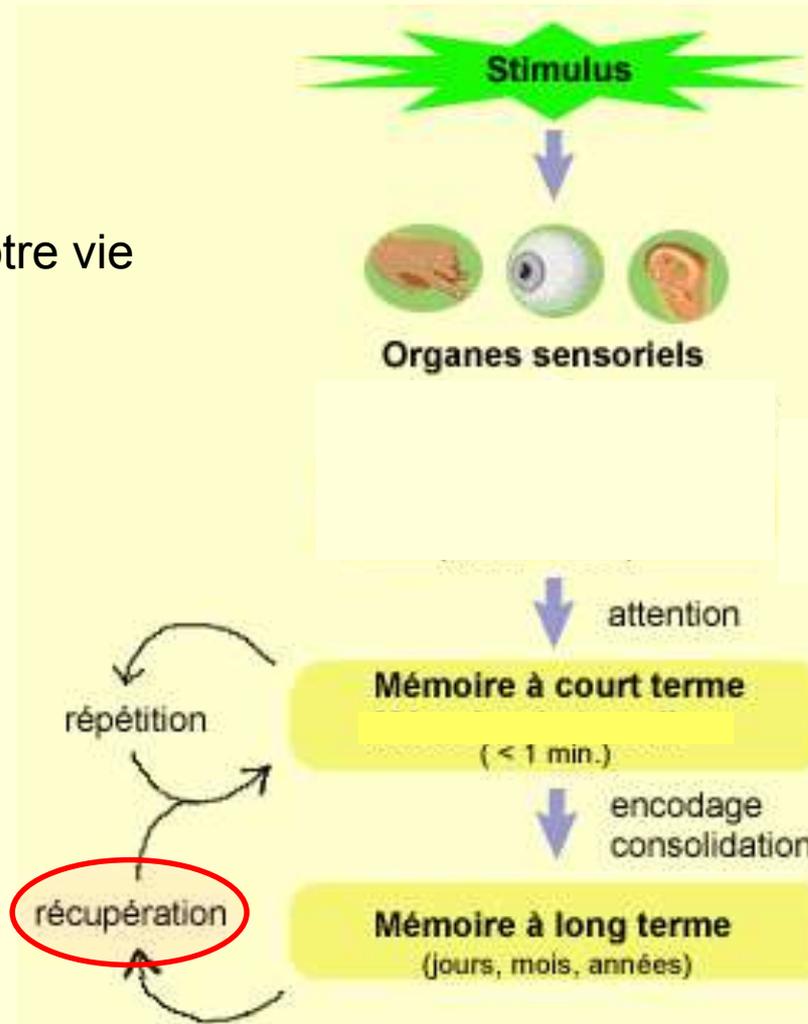
"Mais où est donc Carnior ?"

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.**

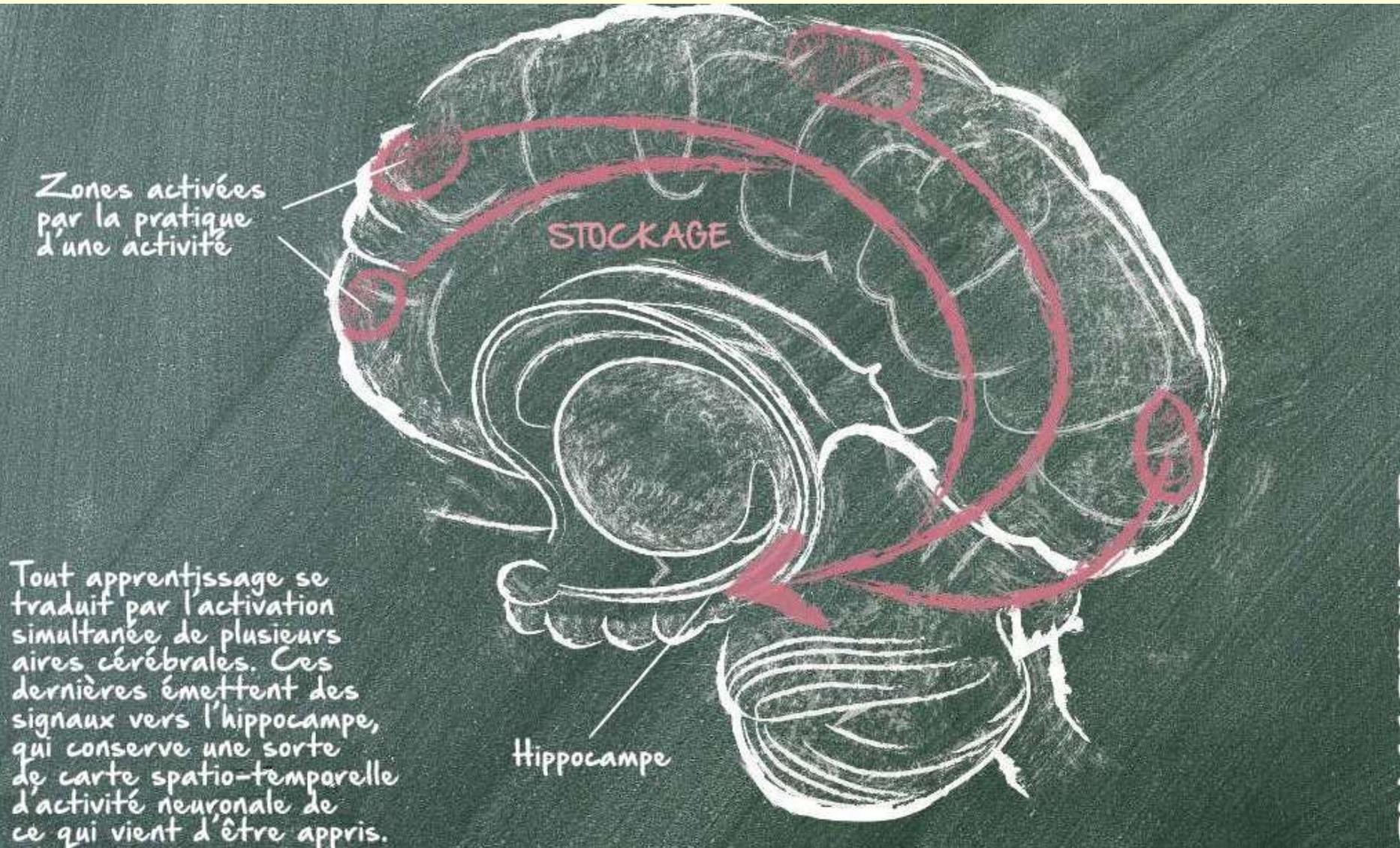
→ Faire des **tests de révision fréquents** nous force à récupérer en mémoire une information récemment apprise

→ Ce rappel est suivi d'une **reconsolidation** qui permet le **stockage plus profond** de cette information en mémoire à long terme.

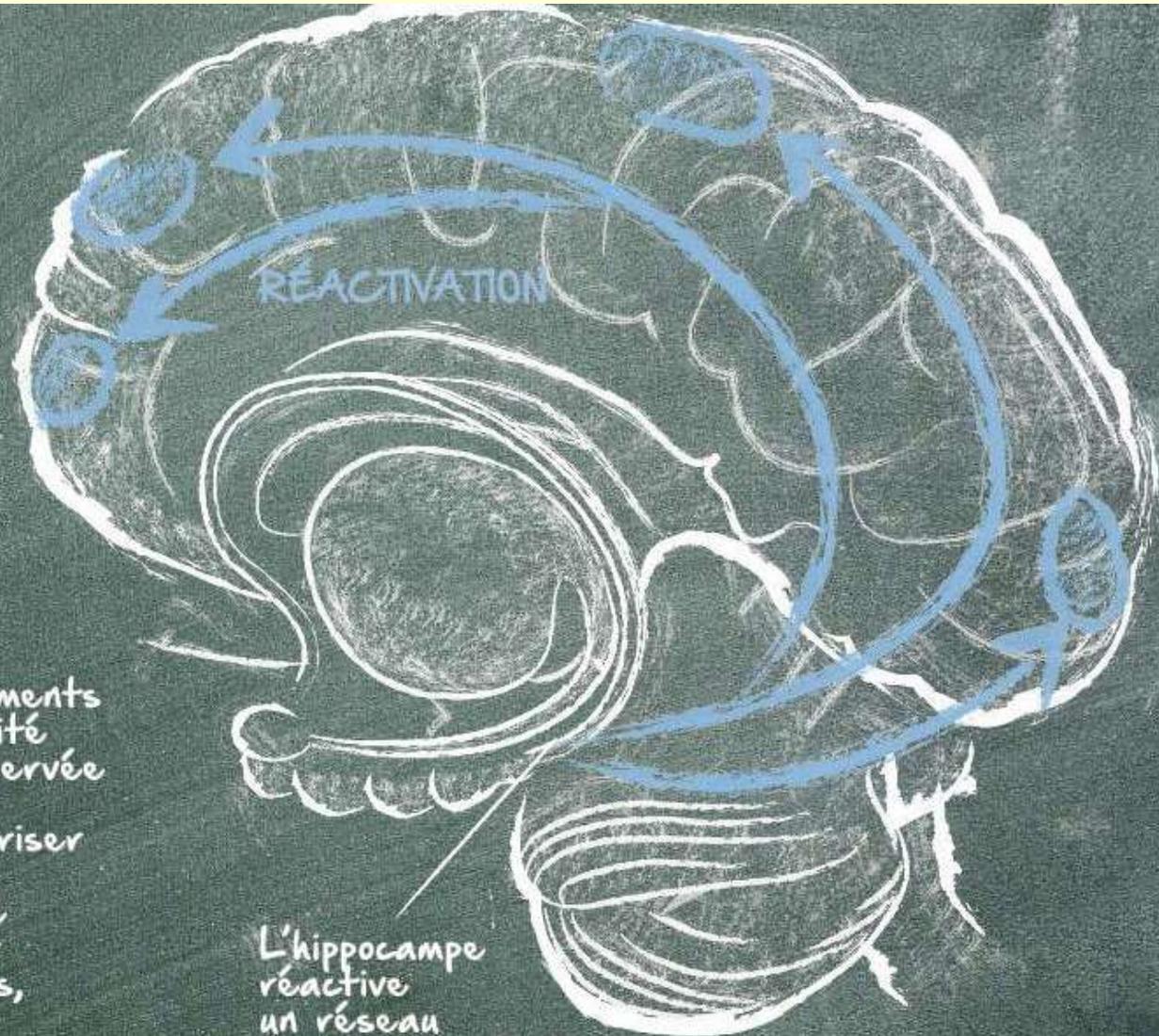
# Concrètement, qu'est-ce qui peut favoriser l'apprentissage et la mémoire ?

- 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

Lundi, **15 juin 2015**

## **De l'importance des oscillations cérébrales lentes durant le sommeil profond**

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2015/06/15/4595/>

Il semble assez bien établi que les **oscillations lentes d'environ 0,75 Hz** qui se répandent largement dans tout le cerveau durant le sommeil profond **favorisent cette consolidation**.

Ce qui est différent des oscillations **thêta de 4 à 8 Hz** qui elles favoriseraient **l'encodage** dans l'hippocampe.

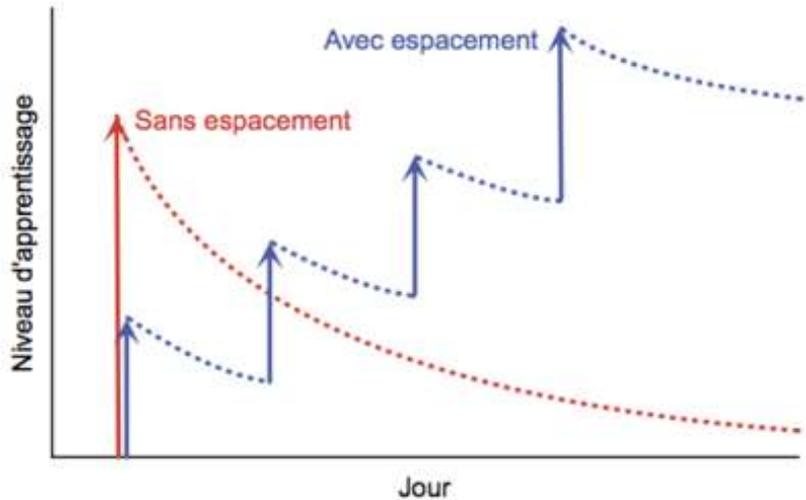


Fig. 1 – Comparaison des effets de deux pratiques d'enseignement (avec et sans espacement) sur l'apprentissage et l'oubli des élèves.

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. »**

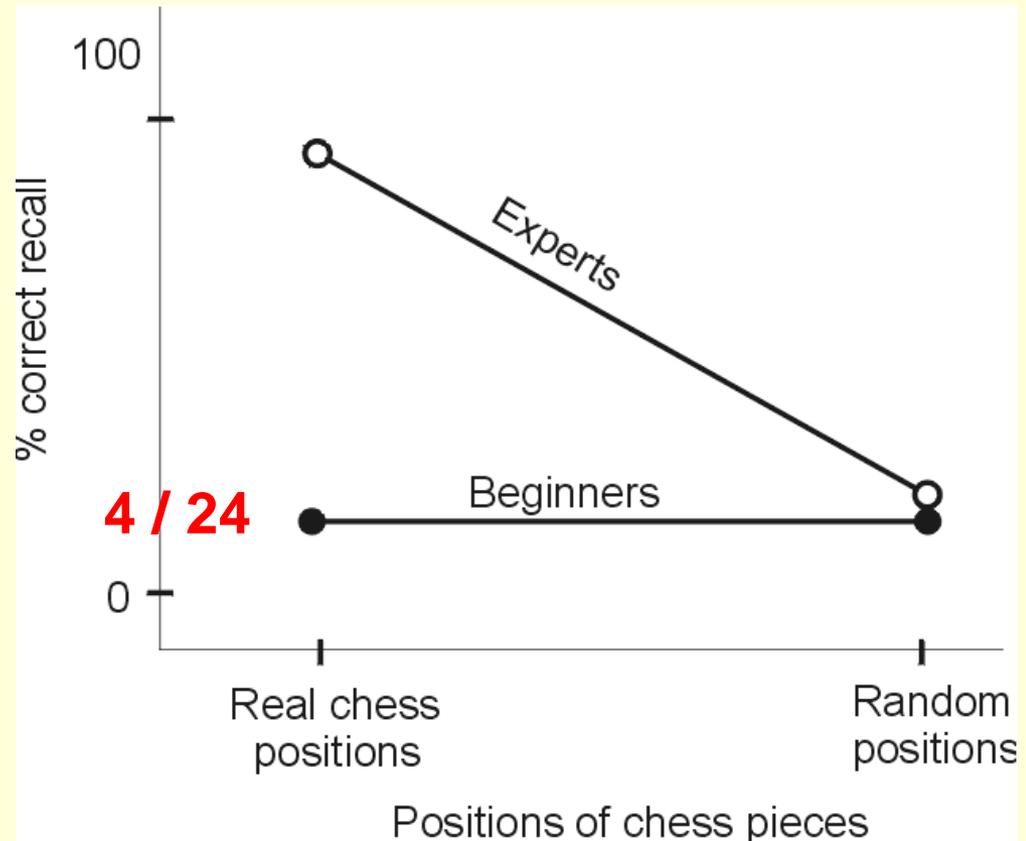
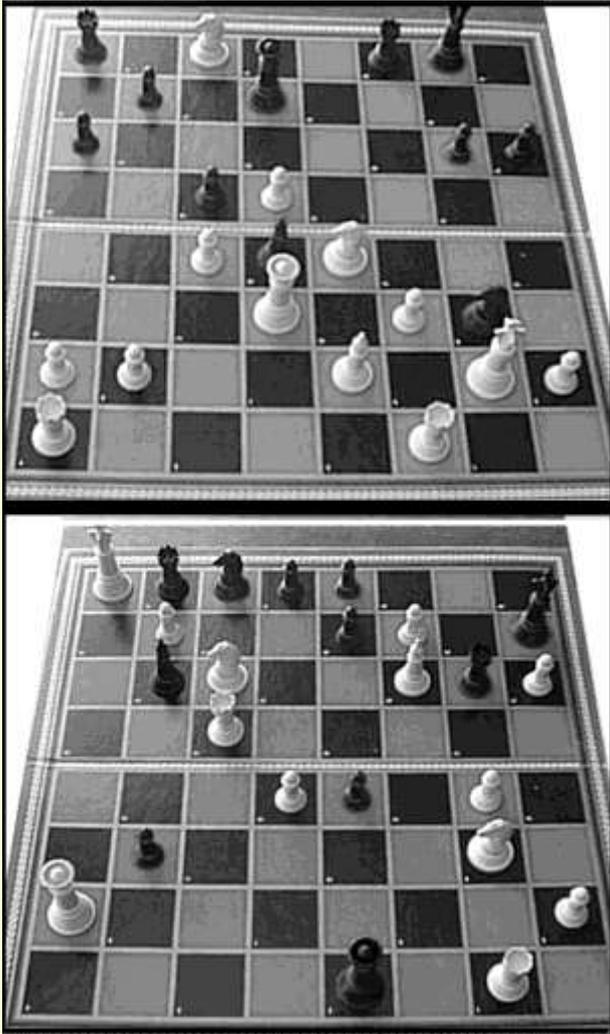
- Hélène Trocme Fabre

# 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.



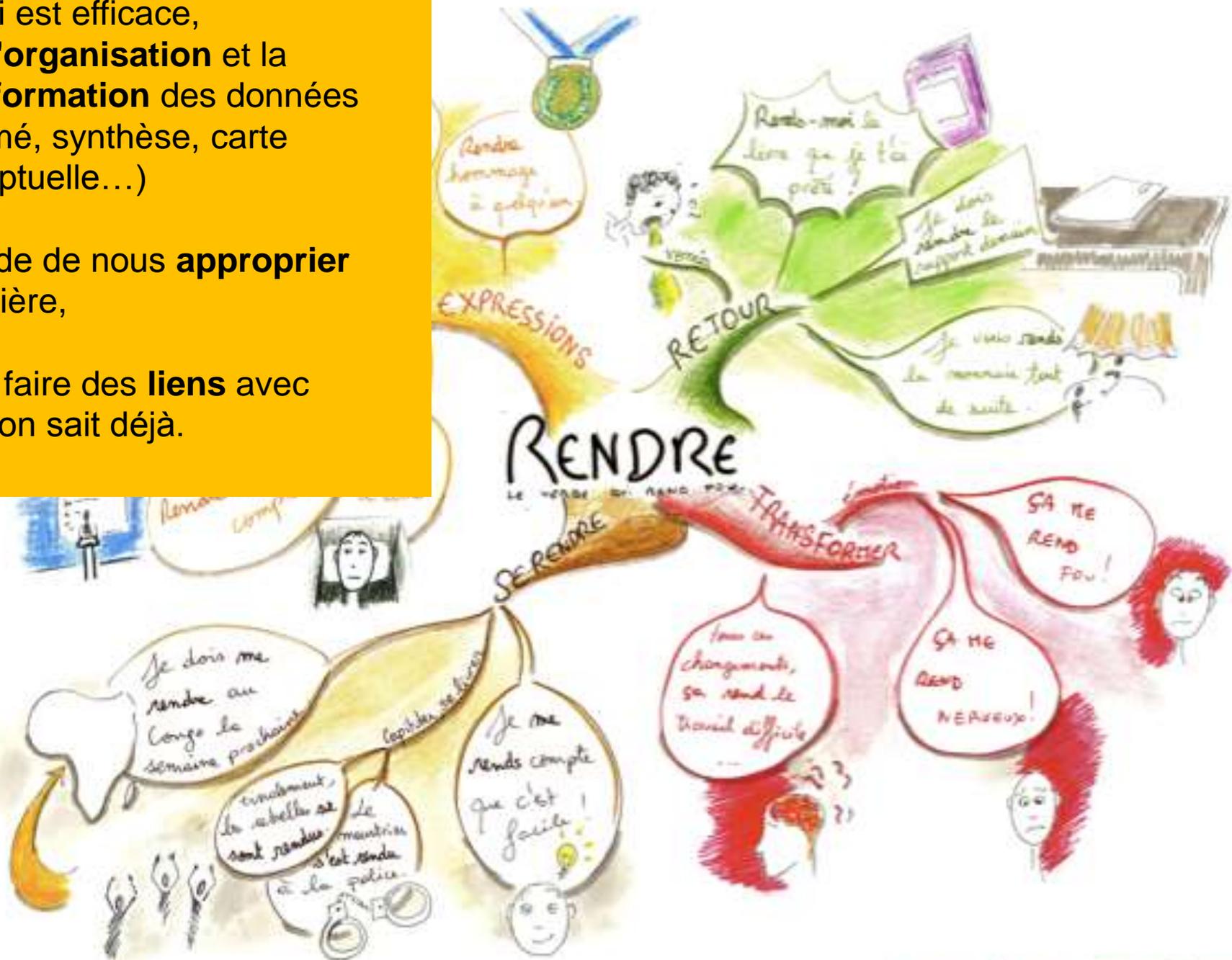
4 / 24

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. »

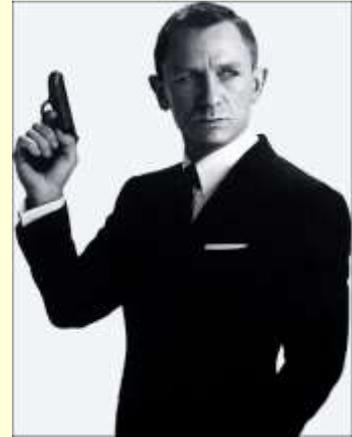
« The next time you want to remember something, **make a fun story of it** »

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.

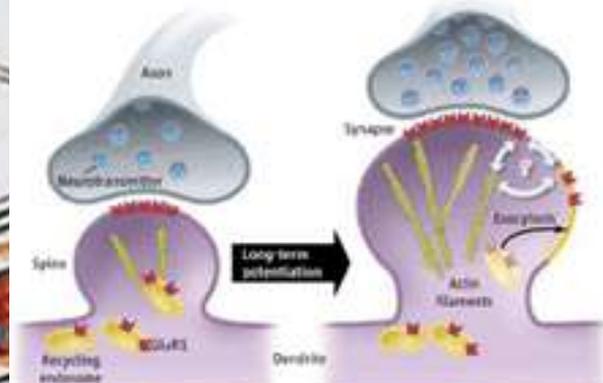
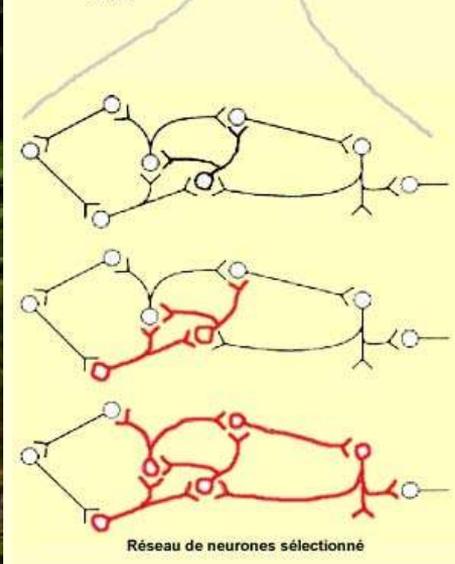
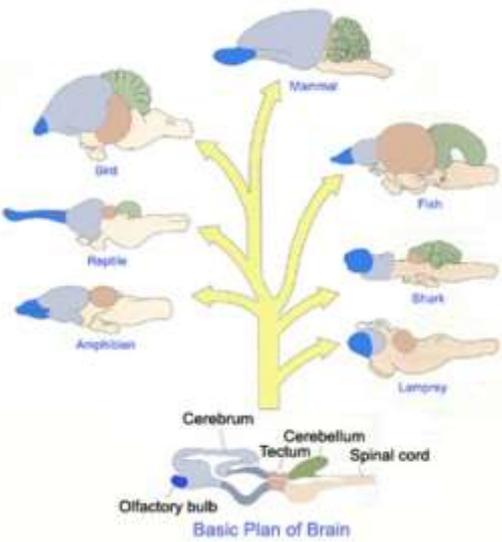


Et au fur et à mesure, on place  
ces scènes dans un **palais de  
mémoire** pour en retenir l'ordre.

Une métaphore qui résume  
ce qu'on a vu jusqu'ici  
et qui va nous amener  
vers la suite...







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



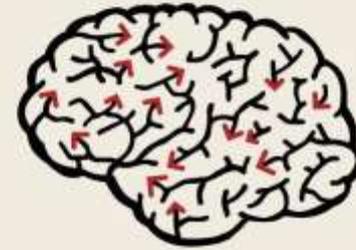
*The*  
BRAIN'S WAY  
*of* HEALING

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  
111

'Doidge has identified  
potential one in medicine  
111

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

# Les principes de l'enseignement efficace

<http://rire.ctreq.qc.ca/2016/02/enseignement-efficace/>

**1. La révision quotidienne** est une composante importante de l'enseignement efficace. Elle permet de renforcer les connexions entre les différents contenus abordés. Ainsi, le rappel automatique de ces informations chez l'élève libère sa mémoire à court terme lors des activités faisant appel à la résolution de problème et à la créativité par exemple.

## **2. Présenter la nouvelle matière par petites étapes**

Notre mémoire de travail est limitée : elle ne retient que quelques informations à la fois. Il faut donc éviter de la surcharger, et ce, en présentant la nouvelle matière de façon fractionnée et en s'assurant de la maîtrise de cette matière avant d'ajouter d'autres informations.

## **3. Poser des questions**

Les enseignants les plus efficaces passent plus de la moitié du temps en classe à expliquer, à faire des démonstrations et à poser des questions aux élèves. Ces questions fréquentes permettent à l'enseignant de suivre l'évolution du niveau de compréhension de la matière par les élèves.

## **4. Offrir des modèles**

Les élèves ont besoin de soutien cognitif pour les aider à apprendre un nouveau contenu. Pour offrir un tel soutien, l'enseignant peut faire du modelage en donnant un exemple tout en réfléchissant à haute voix, afin que les élèves comprennent le raisonnement derrière les actions posées.

## **5. La pratique guidée**

Les élèves ont besoin de temps pour récapituler, élaborer et synthétiser la nouvelle matière afin qu'elle puisse être transférée dans leur mémoire à long terme. Les enseignants efficaces consacrent plus de temps à la pratique guidée.

## **6. Vérifier la compréhension des élèves**

À la suite d'un enseignement, les enseignants moins efficaces demandent au groupe d'élèves s'ils ont des questions, et tiennent pour acquis qu'ils comprennent s'ils n'en ont pas. Les enseignants les plus efficaces vérifient quant à eux la compréhension individuelle de chaque élève après chacune des étapes d'enseignement, et ils poursuivent la pratique guidée au besoin.

## **7. Viser un taux de réussite élevé**

Pour qu'un apprentissage soit optimal, le taux de réussite des élèves dans la réalisation de tâches liées à cet apprentissage devrait être autour de 80%. Ainsi, les élèves apprennent tout en étant exposés à des défis stimulants mais réalistes.

## **8. Fournir un étayage pour les contenus plus complexes**

L'étayage est un soutien temporaire à l'apprentissage. Il peut consister pour l'enseignant à faire du modelage, à faire une démonstration en réfléchissant à haute voix, ou encore à fournir des rappels visuels ou une liste à cocher aux élèves.

# THE PRINCIPLES OF INSTRUCTION

## TAKEN FROM THE INTERNATIONAL ACADEMY OF EDUCATION

This poster is from the work of Barak Rosenshine who based these ten principles of instruction and suggested classroom practices on:

- research on how the brain acquires and uses new information
- research on the classroom practices of those teachers whose students show the highest gains
- findings from studies that taught learning strategies to students.

Copyright

**HOW2**  
teachinghow2s.com

## 9. La pratique autonome

Les moments de pratique autonome permettent de consolider les apprentissages et de les automatiser pour libérer la mémoire de travail.

## 10. Des révisions chaque semaine et chaque mois

Faire l'effort de récupérer en mémoire une information récemment apprise permet le stockage de cette information en mémoire à long terme. Plus on s'entraîne souvent à réactiver cette information, plus les connexions entre celle-ci et les prochaines notions se feront facilement.

**01 DAILY REVIEW**



MO TU WE TH FR

Daily review is an important component of instruction. It helps strengthen the connections of the material learned. Automatic recall frees working memory for problem solving and creativity.

**02 NEW MATERIAL IN SMALL STEPS**



Our working memory is small, only handling a few bits of information at once. Avoid its overload — present new material in small steps and proceed only when first steps are mastered.

**03 ASK QUESTIONS**



The most successful teachers spend more than half the class time lecturing, demonstrating and asking questions. Questions allow the teacher to determine how well the material is learned.

**04 PROVIDE MODELS**



Students need cognitive support to help them learn how to solve problems. Modelling, worked examples and teacher thinking out loud help clarify the specific steps involved.

**05 GUIDE STUDENT PRACTICE**



Students need additional time to rephrase, elaborate and summarise new material in order to store it in their long-term memory. More successful teachers built in more time for this.

**06 CHECK STUDENT UNDERSTANDING**



Less successful teachers merely ask "Are there any questions?" No questions are taken to mean no problems. False. By contrast, more successful teachers check on all students.

**07 OBTAIN HIGH SUCCESS RATE**



A success rate of around 80% has been found to be optimal, showing students are learning and also being challenged. Better teachers taught in small steps followed by practice.

**08 SCAFFOLDS FOR DIFFICULT TASKS**



Scaffolds are temporary supports to assist learning. They can include modelling, teacher thinking aloud, cue cards and checklists. Scaffolds are part of cognitive apprenticeship.

**09 INDEPENDENT PRACTICE**



Independent practice produces 'overtlearning' — a necessary process for new material to be recalled automatically. This ensures no overloading of students' working memory.

**10 WEEKLY & MONTHLY REVIEW**



WEEK 1 WEEK 2 WEEK 3 WEEK 4 WEEK 5 WEEK 6 WEEK 7 WEEK 8

The effort involved in recalling recently-learned material embeds it in long-term memory. And the more this happens, the easier it is to connect new material to such prior knowledge.

→ Les sciences cognitives (et la « neuro-éducation ») ne veulent pas remplacer la pédagogie.

→ Mais elles ont accumulé tellement de résultats sur le fonctionnement du cerveau que ne pas en tenir compte serait se priver de savoirs pertinents.

**Par exemple** : une étude récemment publiée a montré que lorsque nous calculons mentalement combien font  $12 + 3$ , le cerveau réagit de la même façon que s'il visualisait le passage de 12 à 15 sur une règle graduée.

Pour le cerveau, le calcul mental s'apparenterait, dans une certaine mesure, à un **déplacement spatial**.

Ce qui plaide pour l'utilisation dans les classes des supports pédagogiques mettant en évidence ce lien: **bouliers, règles, dessins, jeux et logiciels éducatifs** parce que c'est comme cela que le cerveau traite les quantités !