

Plan du cours

- ~~Cours 1:~~ A- Vue d'ensemble et multidisciplinarité des sciences cognitives
B- Du Big Bang aux primates (- 13,7 milliards d'années à - 65 millions d'années)
- ~~Cours 2:~~ A- Des primates aux sociétés humaines (de - 65 millions d'années à 1900)
B- De la théorie du neurone au piège du « cerveau-ordinateur » (1900-1980)
- ~~Cours 3:~~ A- Le développement du système nerveux et sa cartographie anatomique (1980 et +)
B- Imagerie cérébrale fonctionnelle : voir nos réseaux cérébraux s'activer
- Cours 4 : A- Évolution de nos mémoires et rôle de l'hippocampe
B- Apprendre à associer, de la liste d'épicerie aux championnats de mémoire
- Cours 5 : A- Des réseaux qui oscillent à l'échelle du cerveau entier
B- Éveil, sommeil et rêve
- Cours 6 : A- « Cerveau – Corps » : la cognition incarnée (1990 et +)
(liens système nerveux, hormonal et immunitaire)
B- « Cerveau – Corps – Environnement » (cognition située et prise de décision)
- Cours 7 : A- Les « fonctions supérieures » : l'exemple de la lecture et de l'attention
B- Les analogies, les concepts et leur représentation cérébrale
- Cours 8 : A- Quelques grandes questions à la lumière des sciences cognitives modernes
B- Vers où aller maintenant : plaidoyer pour une pédagogie qui tient compte de tout ça!

L'apport des neurosciences... à tous les niveaux !

Cours 4 :

A- Évolution de nos mémoires et rôle de l'hippocampe

B- Apprendre à associer, de la liste d'épicerie
aux championnats de mémoire

Évolution des différents types de mémoire;

Structures cérébrales associées;

Le cas du patient H.M.;

Quelques mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP;

Neurogenèse;

PAUSE

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

Se souvenir de chaque jour de sa vie;

Les facteurs qui influencent la mémoire;

Trucs mnémotechniques;

L'influence de l'âge sur diverses capacités cognitives

Jusqu'où peut aller la plasticité cérébrale ?

Bonus #1 : Exemples de recyclage et de réutilisation neuronal

Bonus #2 : Détails des mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP

« La seule raison d'être d'un être vivant, c'est **d'être**,
c'est-à-dire de **maintenir sa structure.** »

- Henri Laborit





Plantes :

photosynthèse

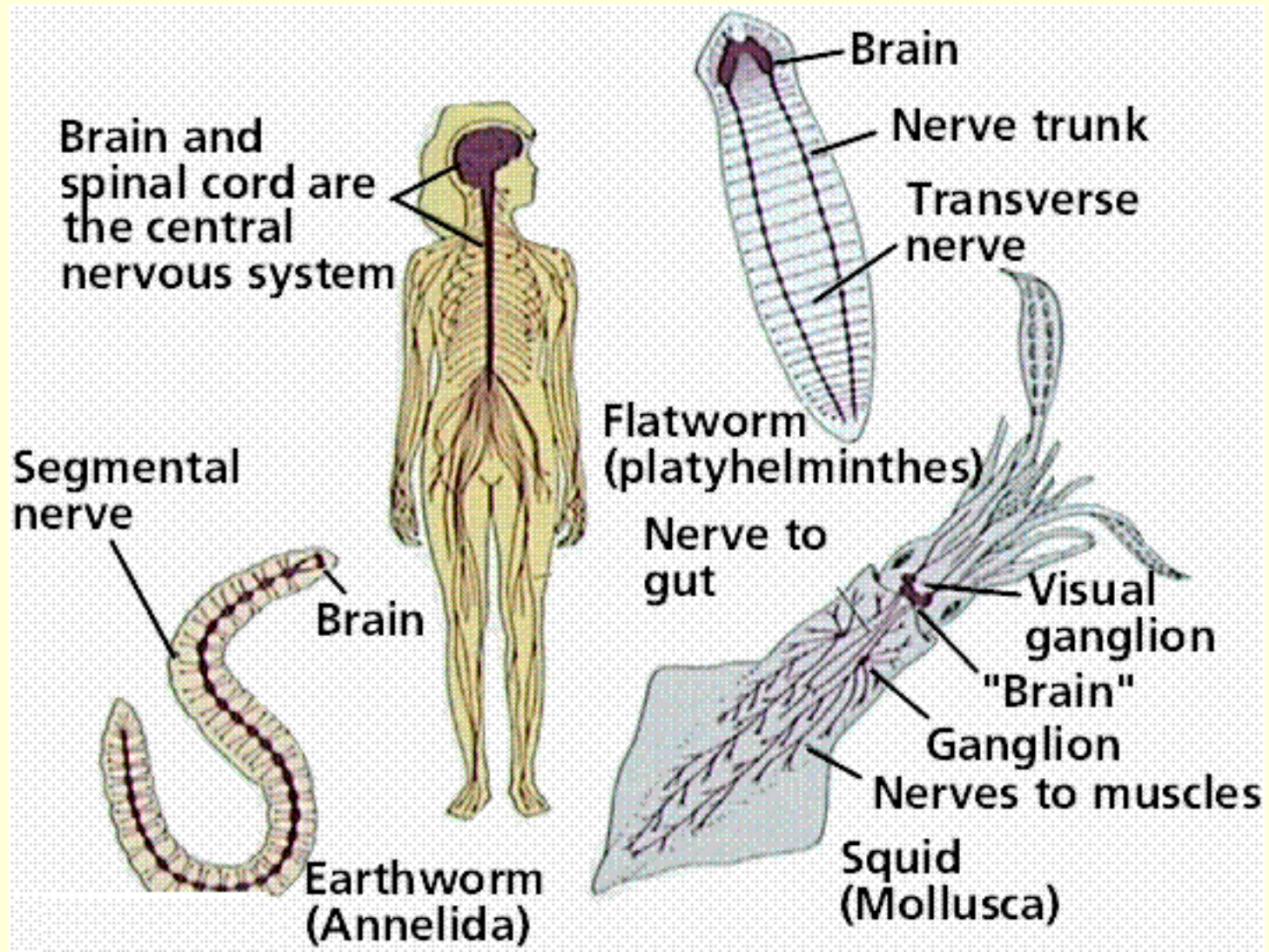
grâce à l'énergie du soleil

Animaux :

autonomie motrice

pour trouver leurs ressources
dans l'environnement

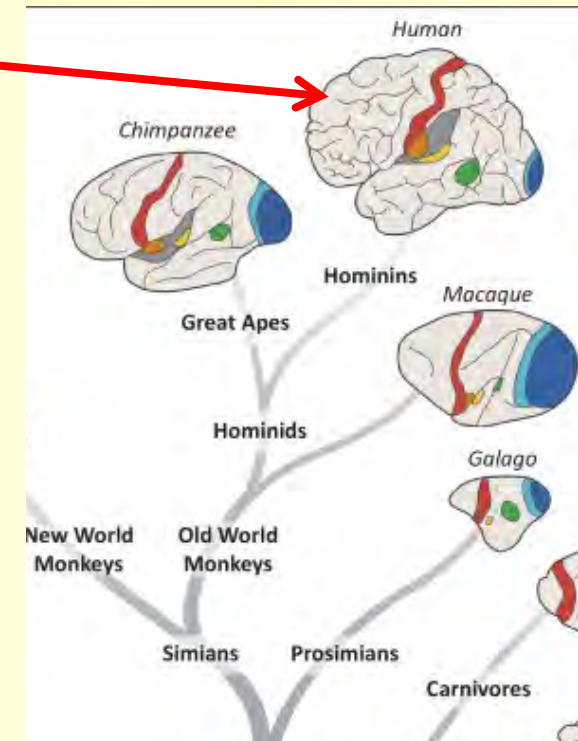
Systemes nerveux !

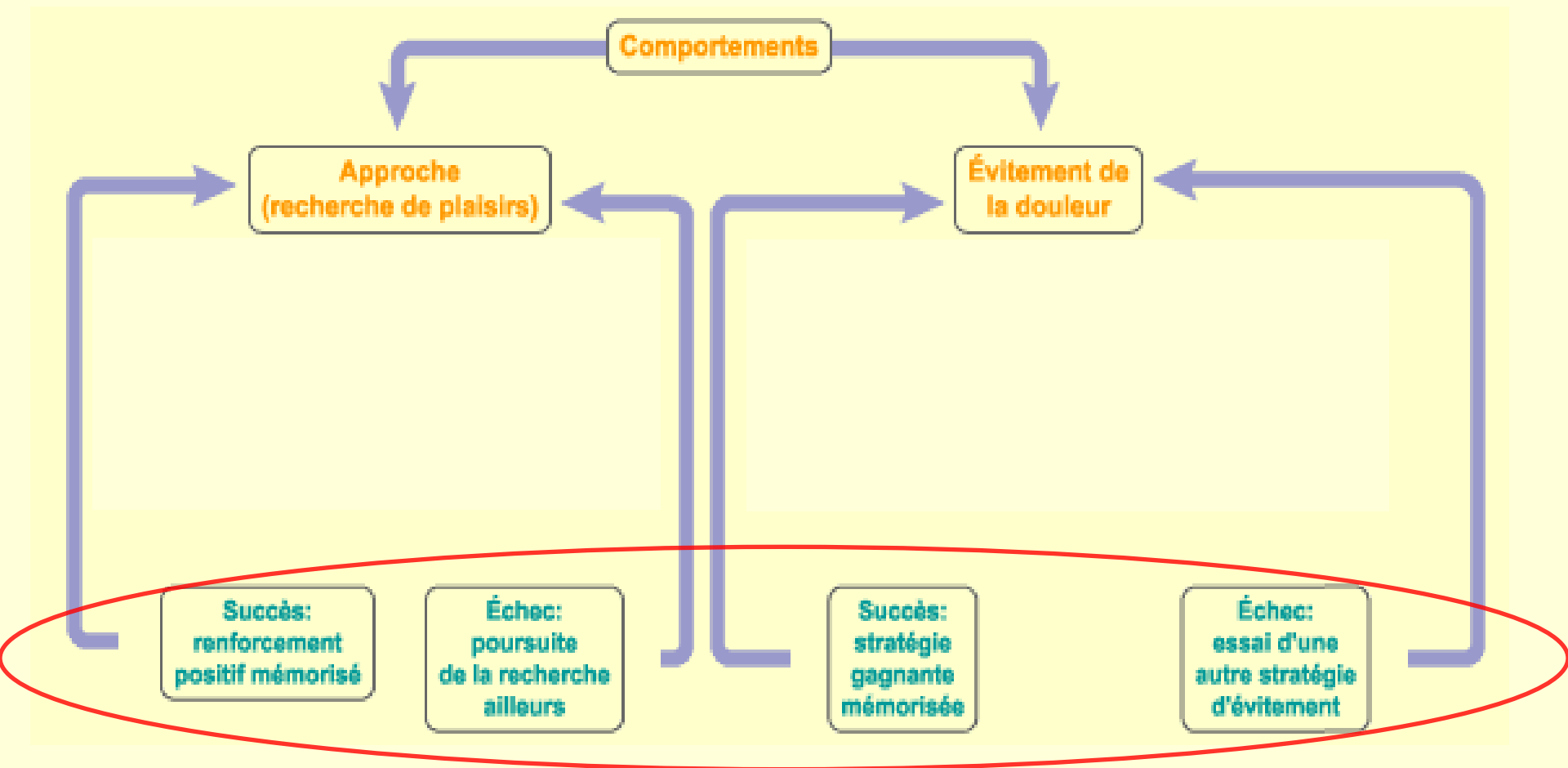


Que faisons-nous ?

...avec cette boucle sensori-motrice ,

modulée par de plus en plus
« d'interneurones »





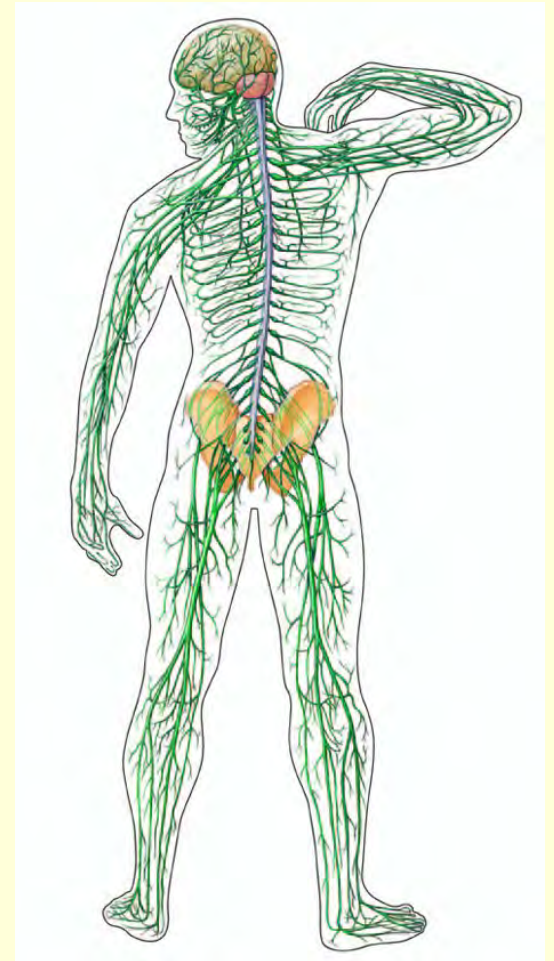
Apprentissage et mémorisation des « bons et mauvais coups »

« 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.** »

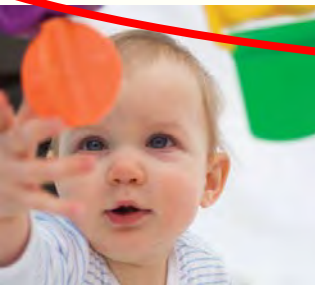
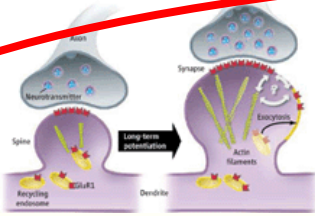
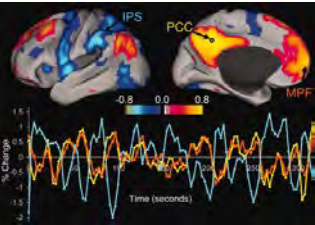
- Alain Berthoz

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



Échelle de temps :

Processus dynamiques :



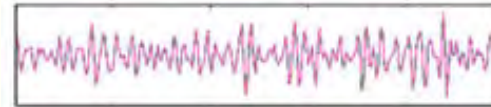
$10^{-3} s$

$10^{11} s$

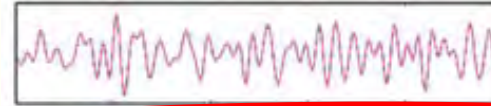
$10^1 s$

$10^6 s$

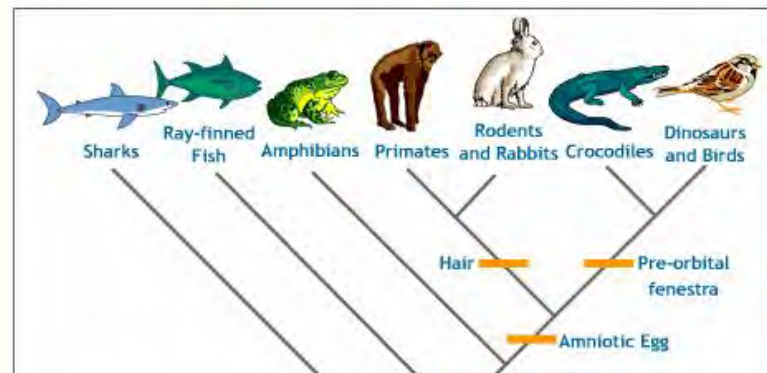
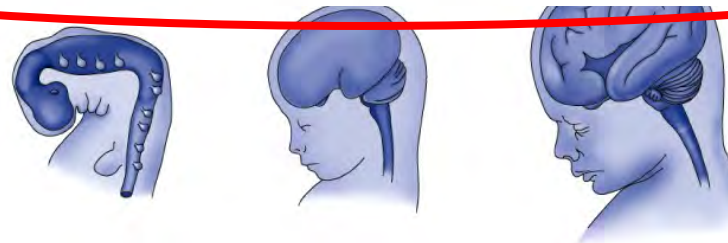
$10^{13} s$



Gamma
40 - 70hz



Beta
12 - 40hz

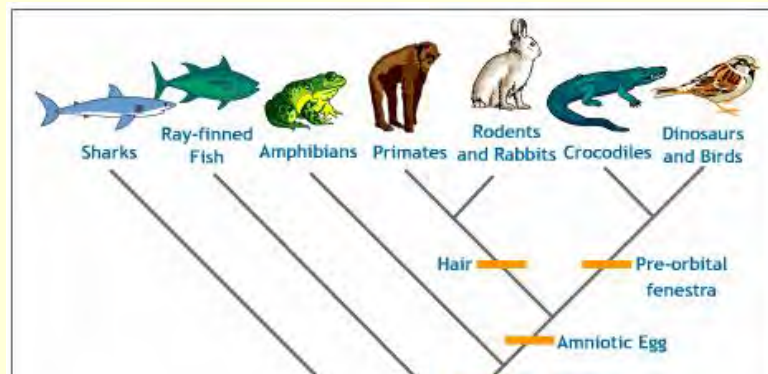
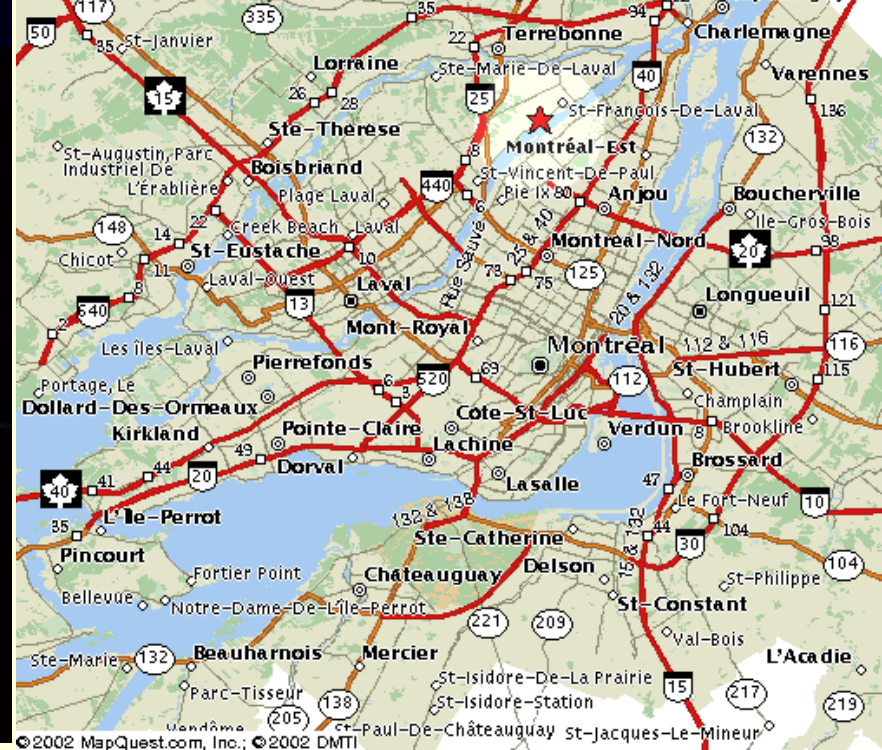
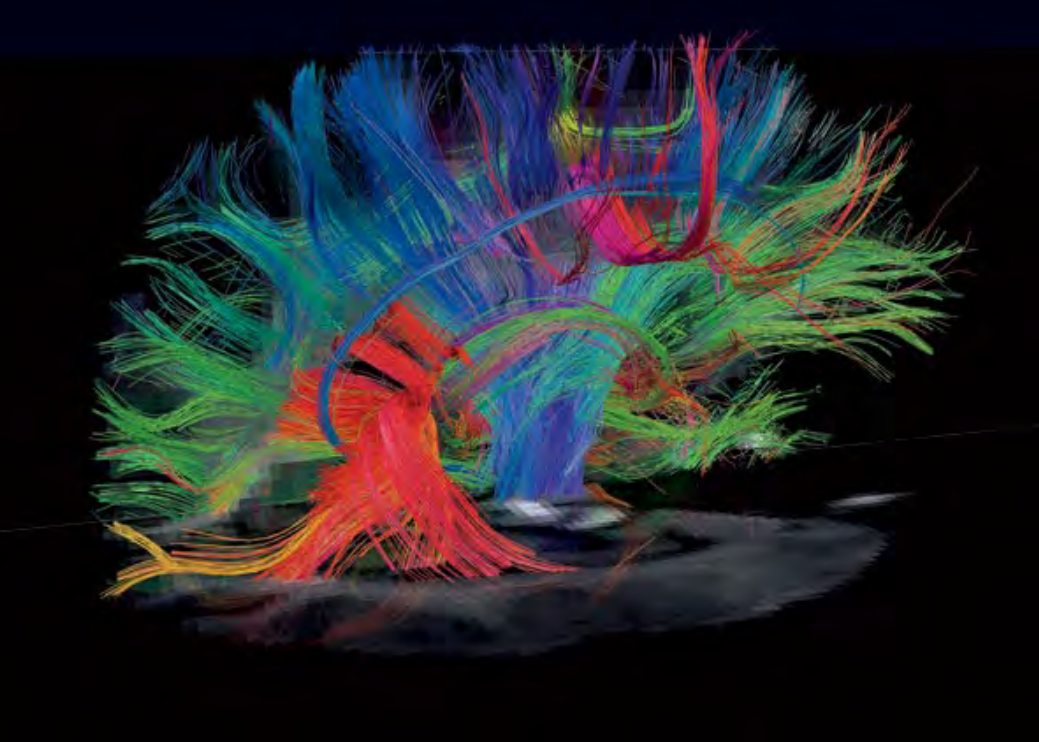


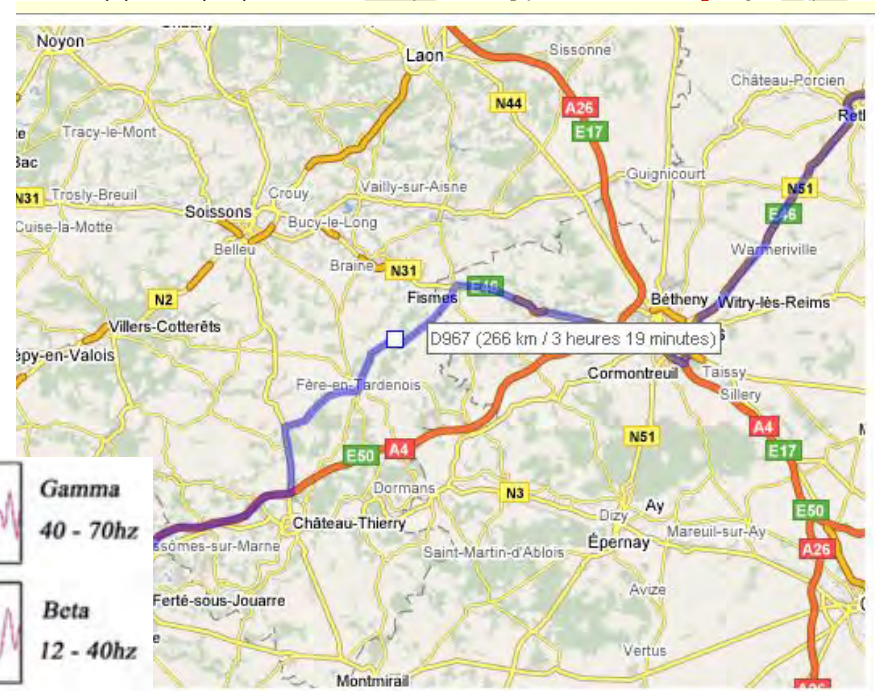
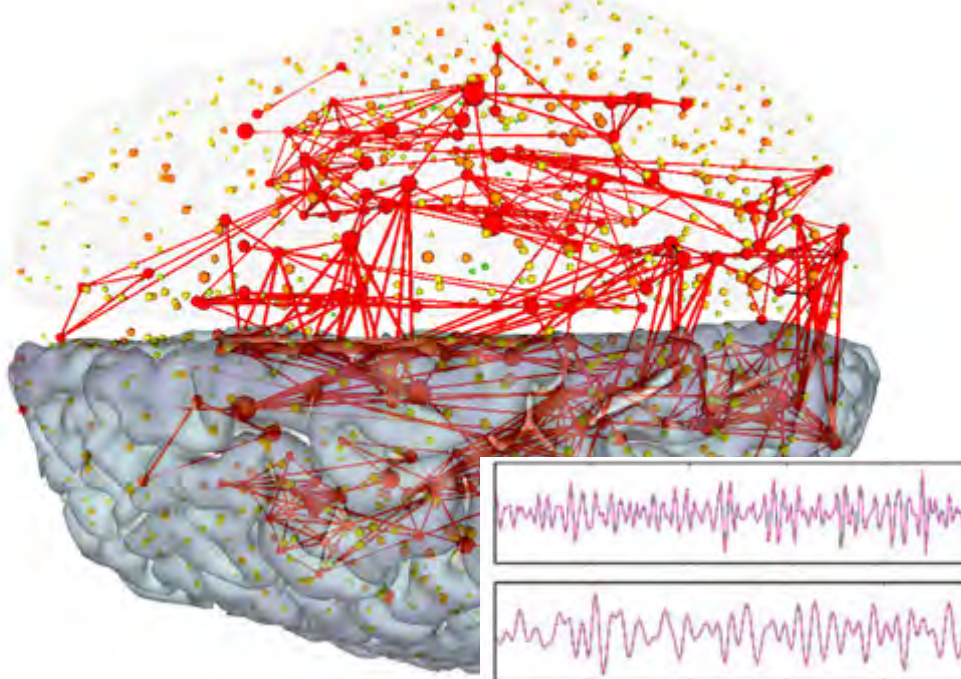
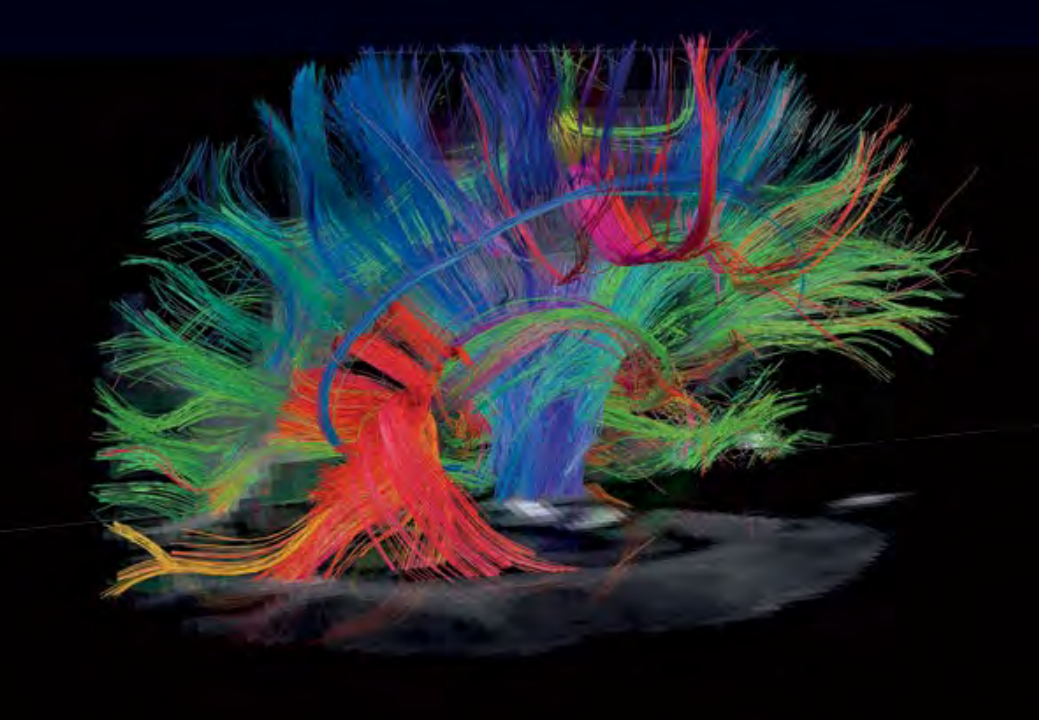
Perception et action devant des situations en temps réel grâce à des coalitions neuronales synchronisées temporairement

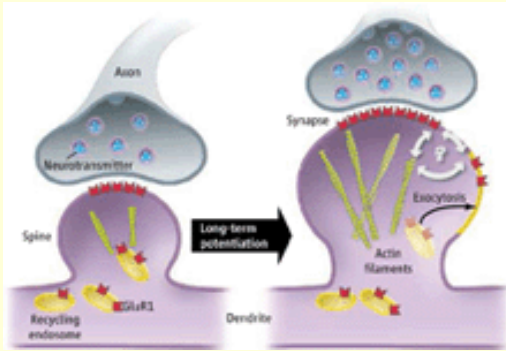
L'apprentissage durant toute la vie par la plasticité des réseaux de neurones

Développement du système nerveux par des mécanismes épigénétiques

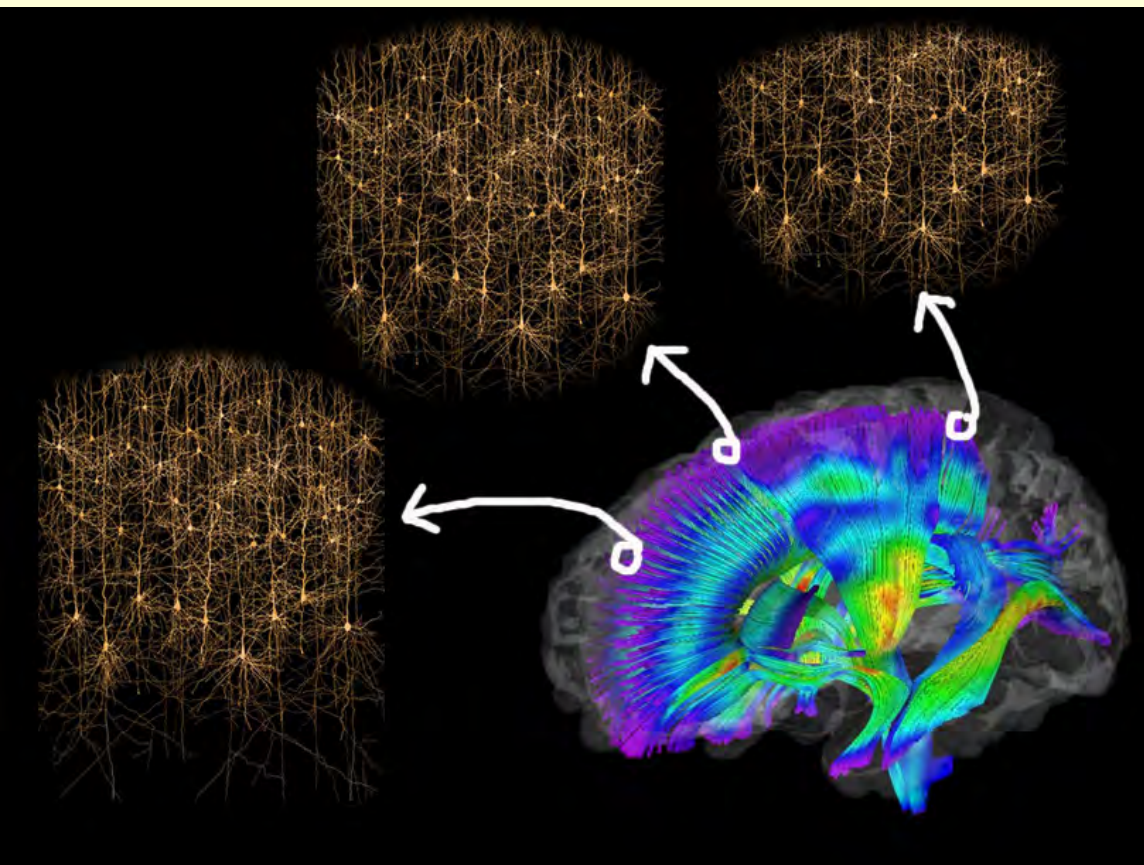
Évolution biologique qui façonne les plans généraux du système nerveux





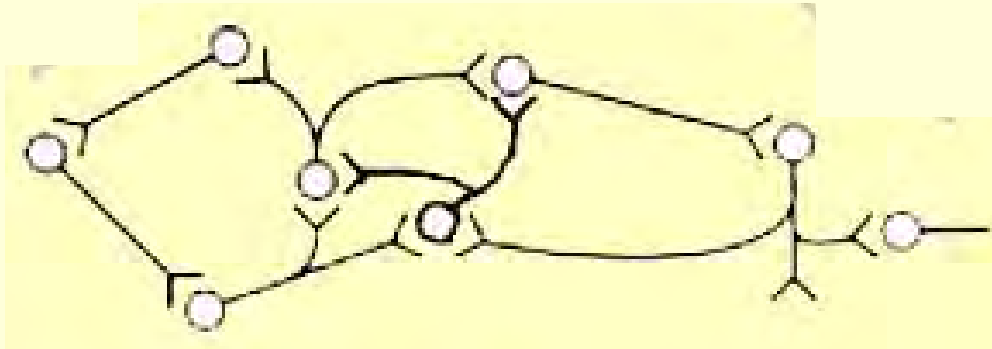


L'apprentissage
durant toute la vie
par la plasticité des
réseaux de neurones



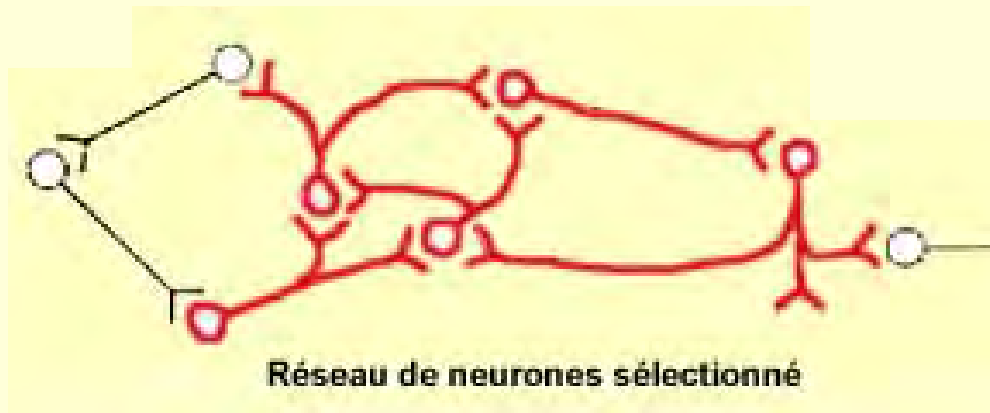


Qu'arrive-t-il lorsqu'on apprend ?

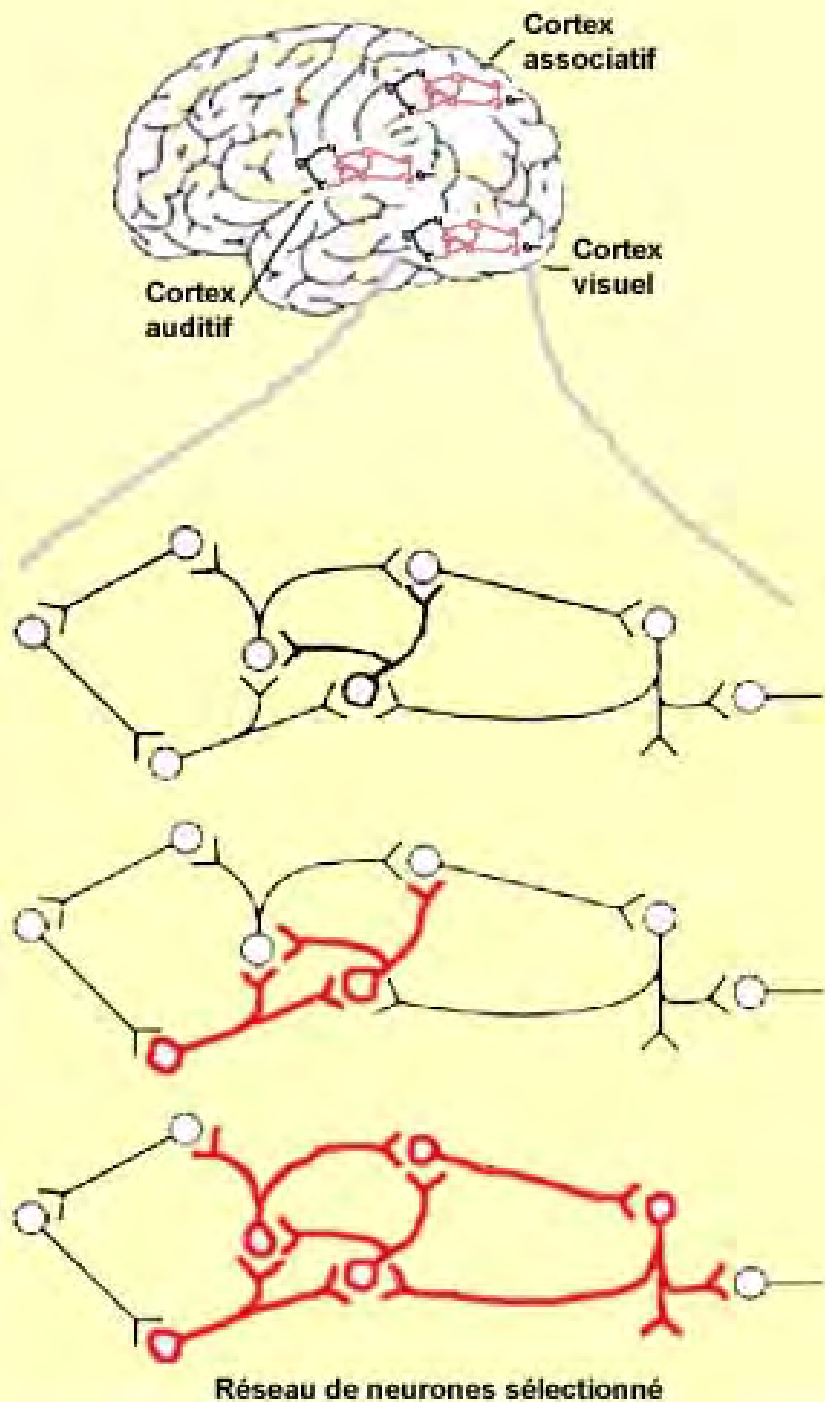




Qu'arrive-t-il lorsqu'on apprend ?

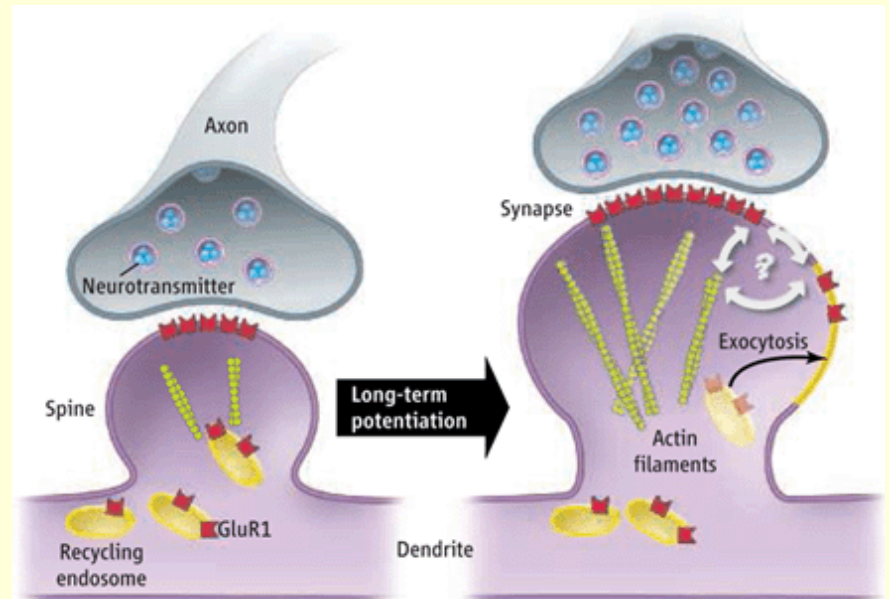


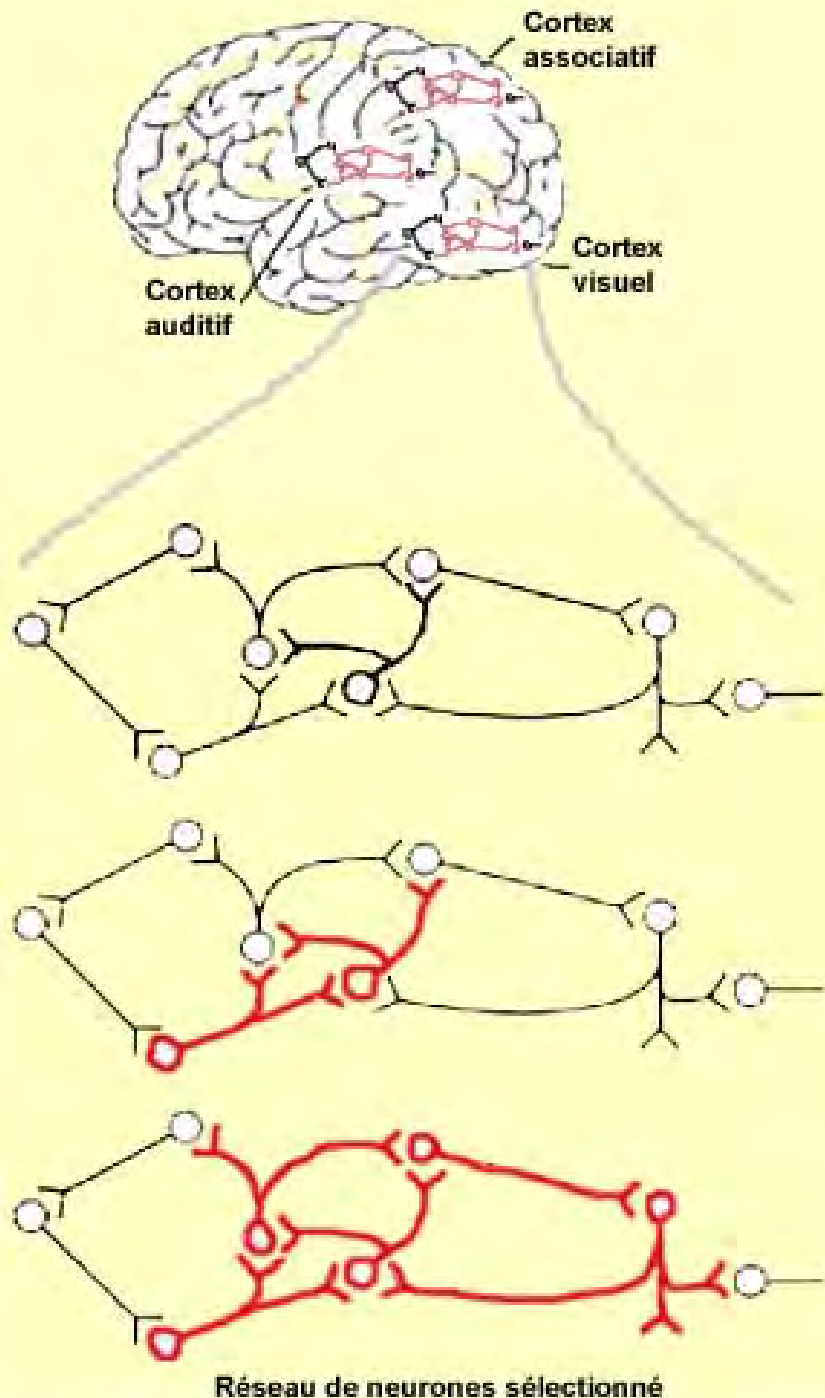
On va renforcer des connexions pour former des groupes de neurones qui vont devenir **habitués** à travailler ensemble.



Comment ?

Grâce à cette capacité
qu'ont nos synapses
de modifier
leur efficacité !





Cette capacité de nos circuits de neurones de se réorganiser constamment est ce qu'on appelle la **plasticité cérébrale** (ou neuroplasticité).

Et c'est cette plasticité cérébrale qui nous permet **d'apprendre** et de **mémoriser** de nouvelles choses.

Elle est donc à la base de **NOS mémoires**, car **plusieurs mécanismes** rendent possible cette plasticité.

Quand et comment a-t-on découvert ces mécanismes ?

7 000 000 000
(cortex seulement)



85 000 000 000
16 000 000 000
(cortex seulement)

760 000 000

Problème :

Très difficile d'étudier
directement le
cerveau humain dû
à la quantité
astronomique de
neurones et à leur
petite taille.

200 000 000

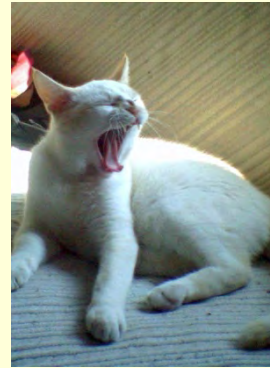
20 000



Diamètre d'un
neurone :

10, **20**, 50,

100 microns
(0,1 mm)



Diamètre d'un neurone :
jusqu'à 1000 microns
(1 mm !)

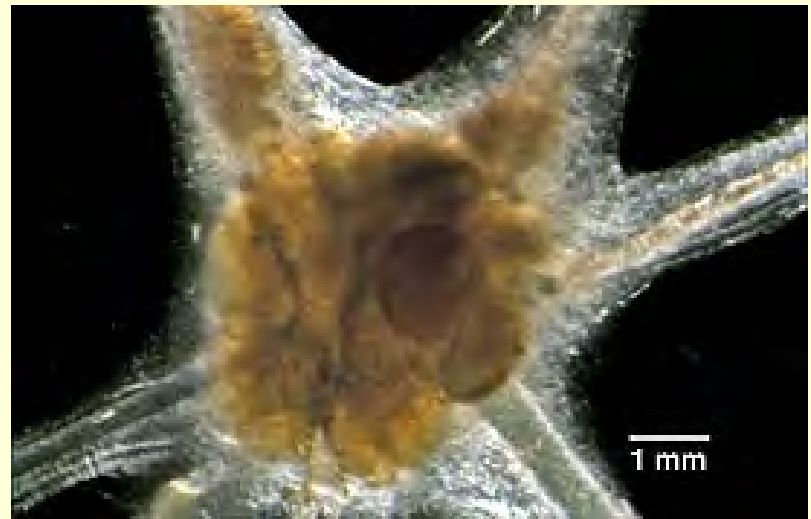
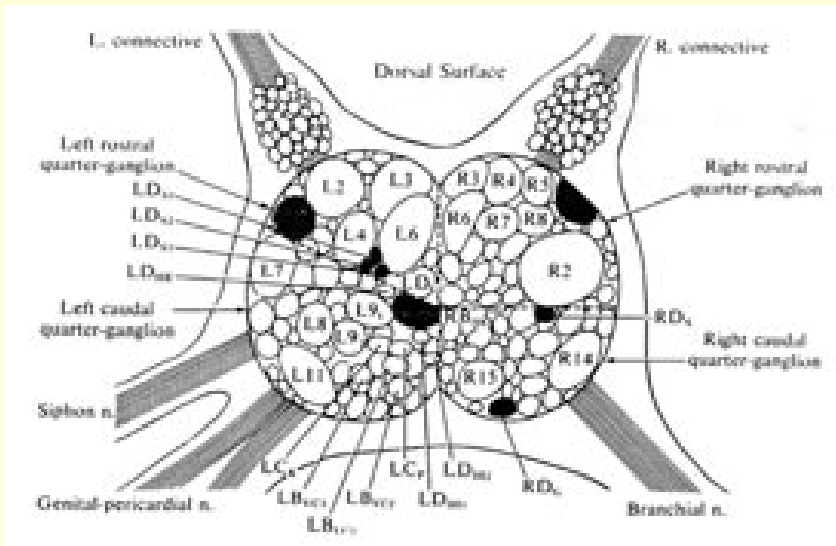
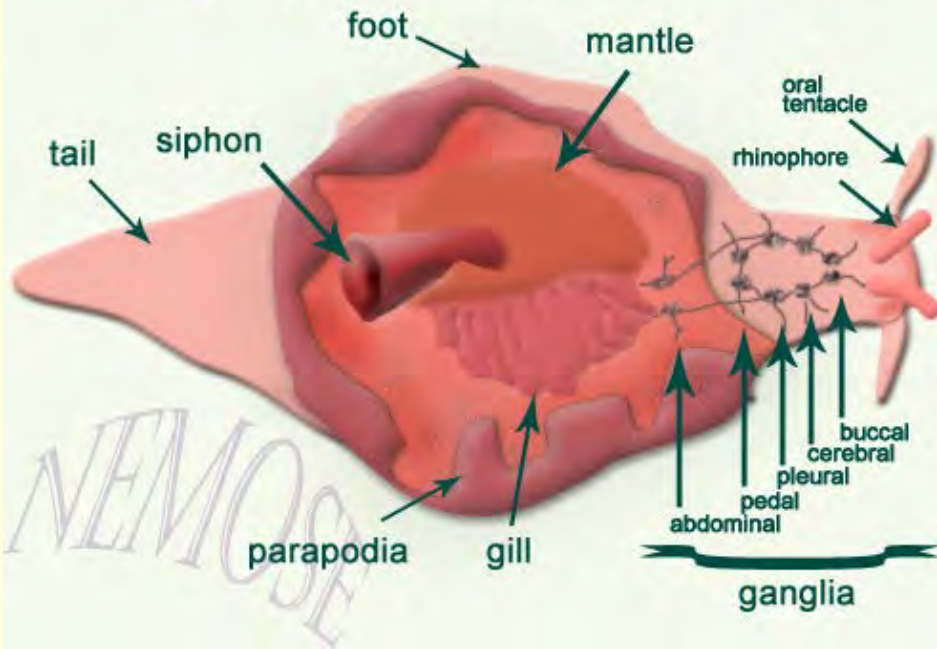
L'**aplysie** est donc devenu l'un des premier modèle pour étudier les changements neuronaux qui accompagnent l'apprentissage et la mémoire.



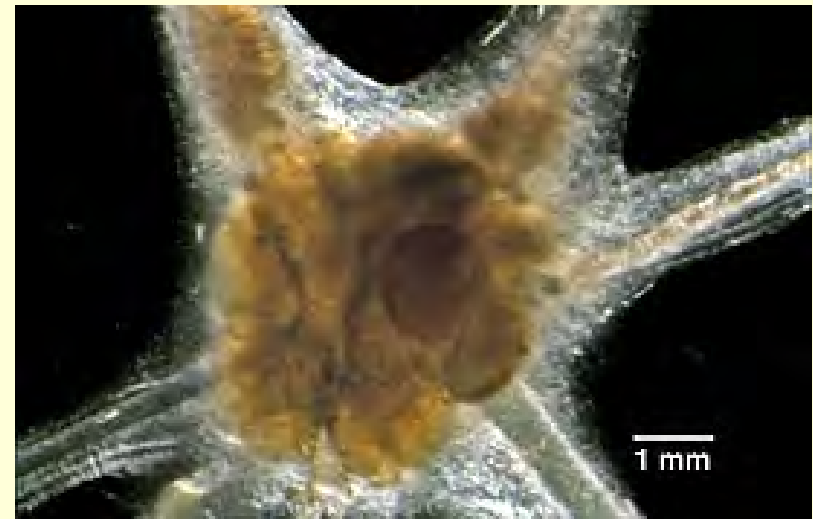
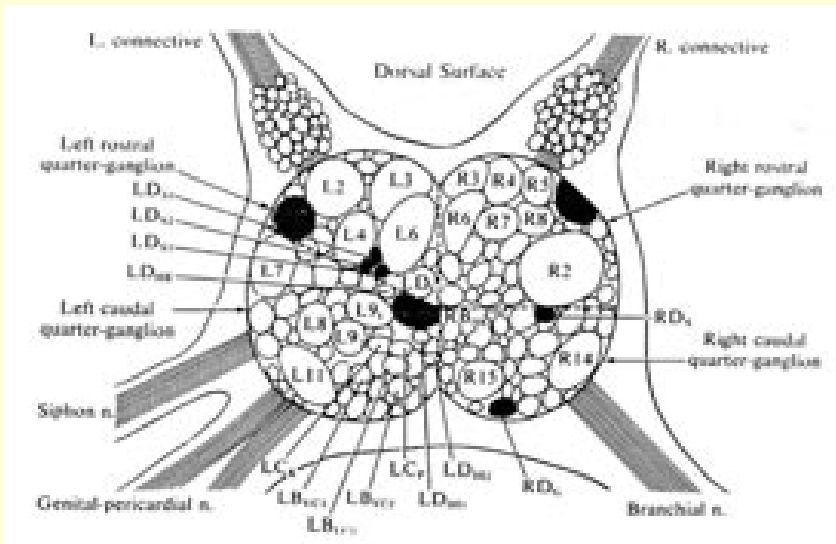
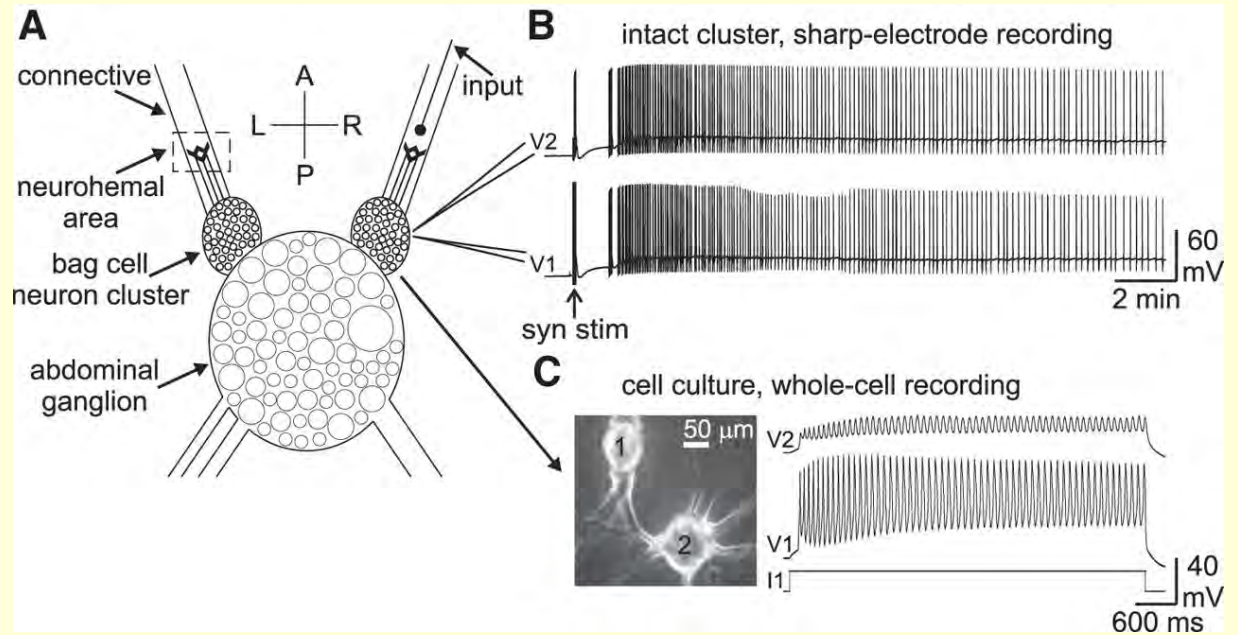
Durant les années 1970, alors que se constituaient les neurosciences comme champ de recherche spécialisé, **d'autres systèmes vivants simples** où l'on pouvait mettre les changements neuronaux en relation avec des formes d'apprentissage simples ont aussi été utilisés :

- the flexion reflex of cats ([Spencer et al. 1966](#));
- the eye-blink response of rabbits ([Thompson et al. 1983](#));
- the escape reflex of *Tritonia* ([Willows and Hoyle 1969](#)), and various behavioral modifications in *Hermisenda* ([Alkon 1974](#)),
- *Pleurobranchaea* ([Mpitsos and Davis 1973](#)),
- *Limax* ([Gelperin 1975](#)),
- crayfish ([Krasne 1969](#)),
- and honeybees ([Menzel and Erber 1978](#)).

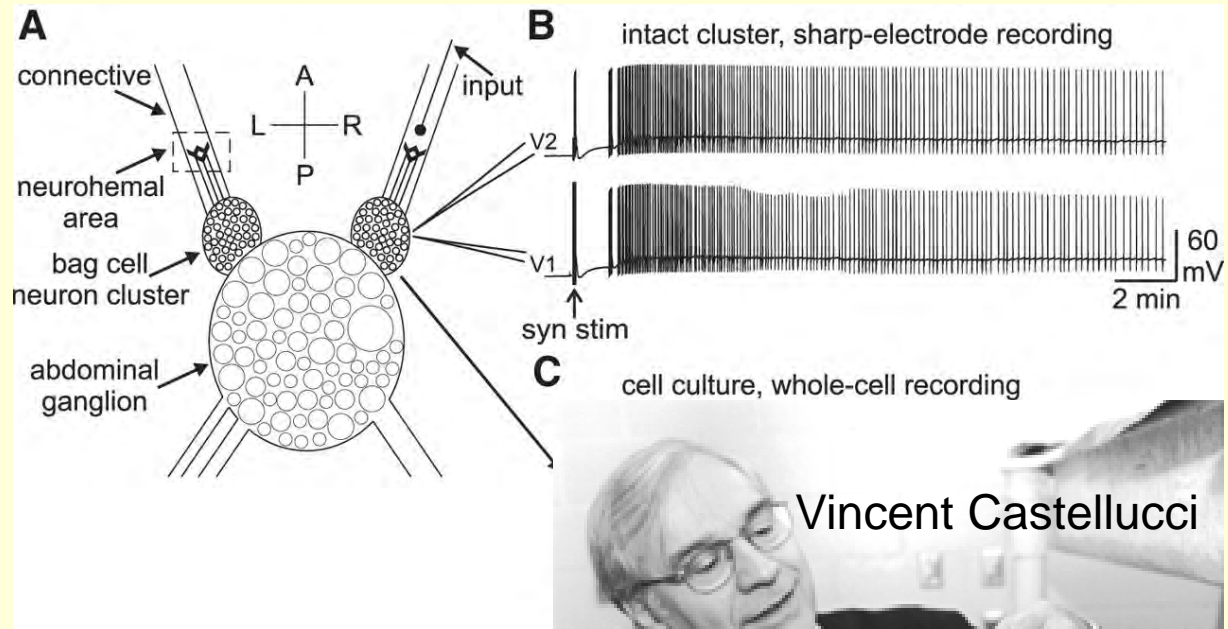
Aplysia californica



Ces systèmes nerveux rudimentaires vont permettre d'identifier **les sites** dans les circuits nerveux **où ont lieu les modifications** grâce à des enregistrements électrophysiologiques dans des neurones identifiables.



Ces systèmes nerveux rudimentaires vont permettre d'identifier **les sites** dans les circuits nerveux **où ont lieu les modifications** grâce à des enregistrements électrophysiologiques dans des neurones identifiables.



Lesson 5 - The role of Neurons in Memory formation

Eric Kandel



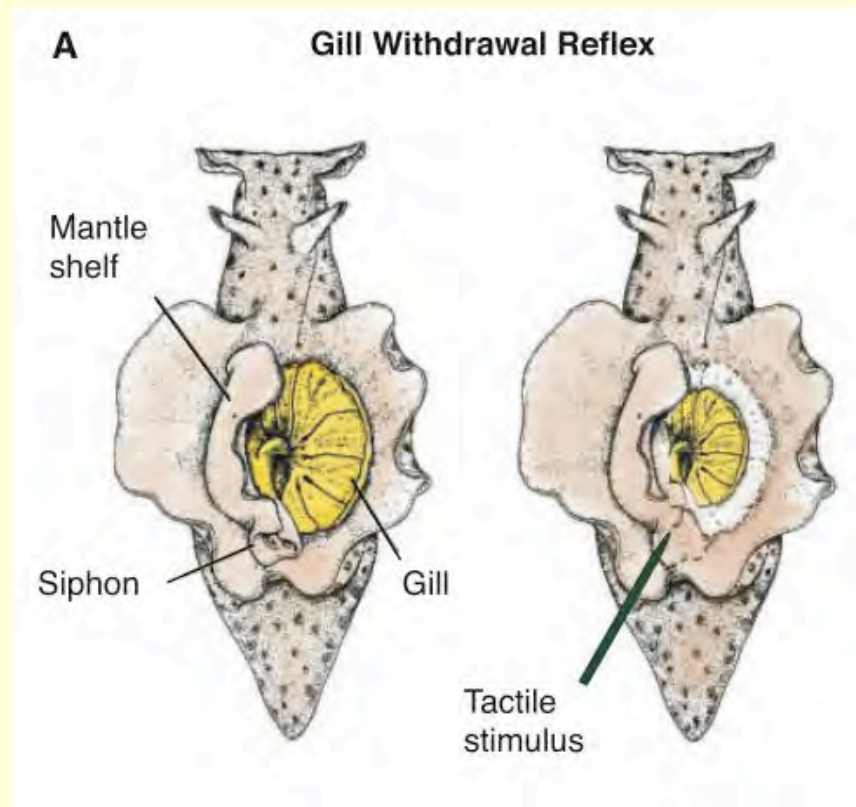
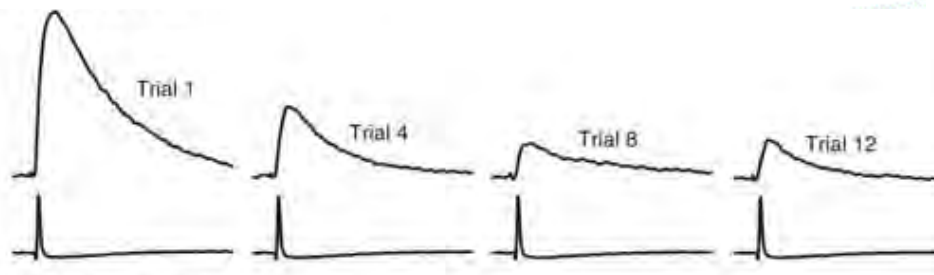
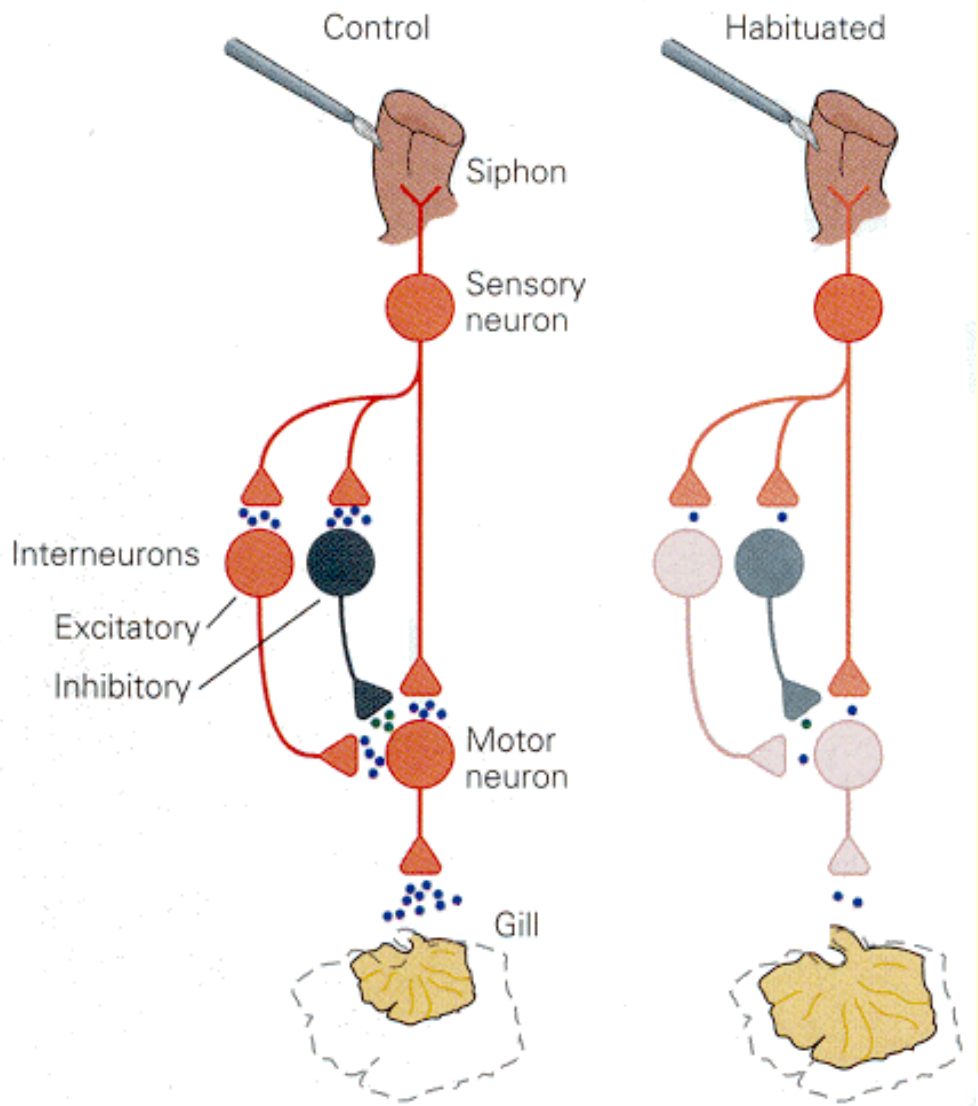
Friday, 13 April 2012



Vincent Castellucci

Sur les épaules de Darwin,
par Jean Claude Ameisen
Dans l'oubli de nos métamorphoses
samedi 18 juin 2016

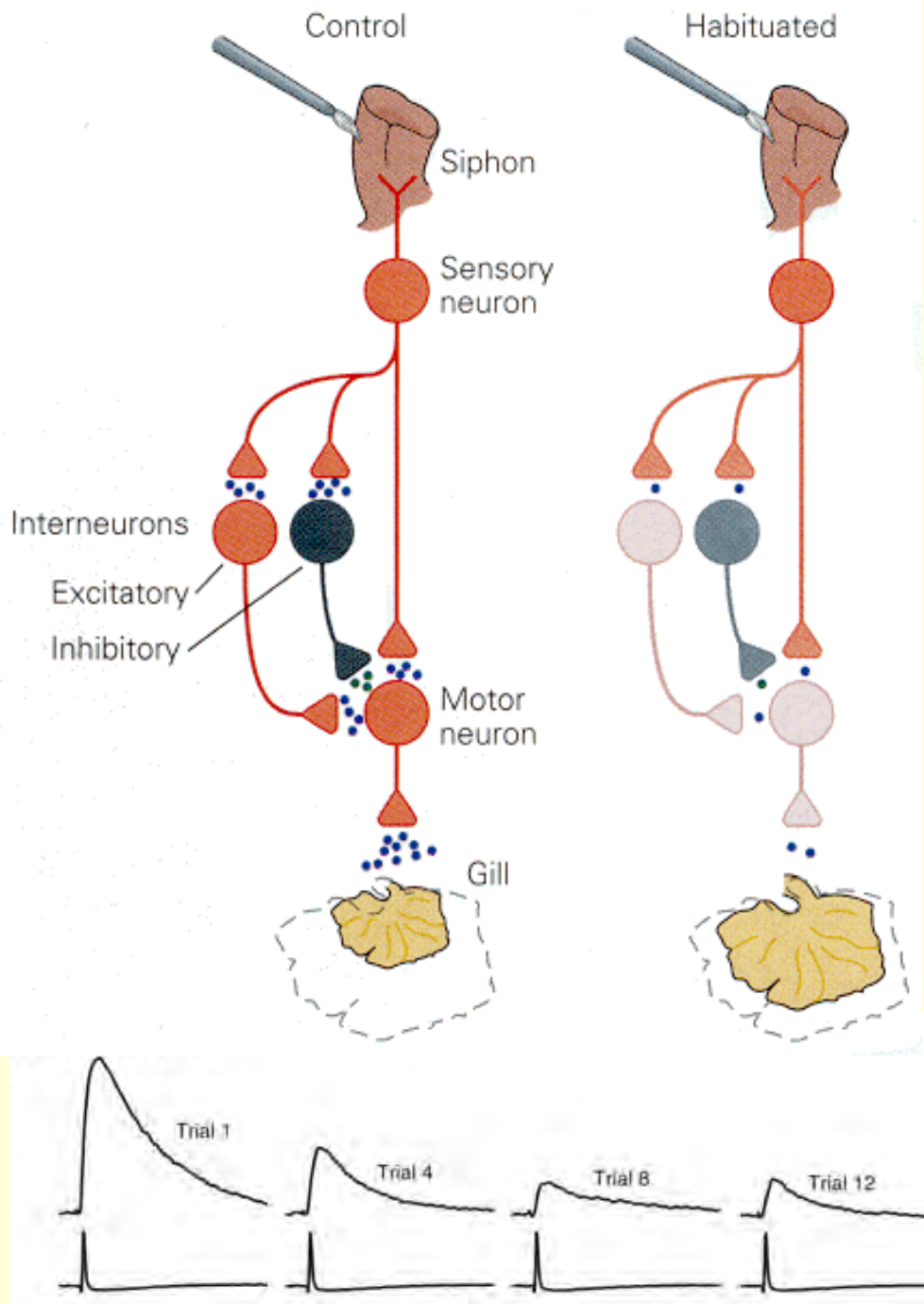
<https://www.franceinter.fr/emissions/sur-les-epaules-de-darwin/sur-les-epaules-de-darwin-18-juin-2016>



L'habituation

Au niveau synaptique :

diminution de la libération
des neurotransmetteurs.



« Des stimulations répétées produisent une diminution de la probabilité de relâchement de neurotransmetteurs à la synapse sensori-motrice.

Il s'agit d'un **mécanisme pré-synaptique** causé par une diminution de l'entrée d'ions calcium au bout du nerf sensoriel. »

Pinsker H, Kuppermann I, **Catellucci V**, **Kandel E**.

Habituation and dishabituation of the gill withdrawal reflex in *Aplysia*.
 Science. **1970**;167:1740–1742.

Exemple chez l'humain :

l'horloge que l'on n'entend plus



L'habituation

« Although habituation is possibly the simplest form of learning,

we still do not fully understand the neurobiological basis of habituation in any organism.”

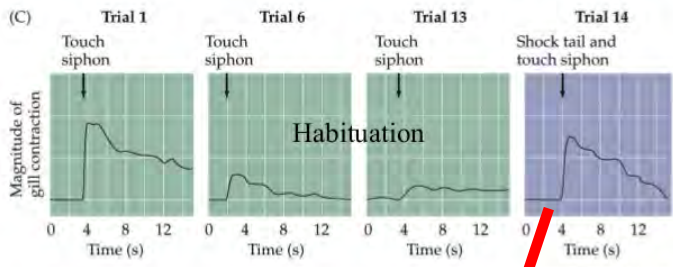
(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2998902/>)

Neurobiology of Learning and Memory, [Volume 92, Issue 2](#), September **2009**, Pages 147-154

Habituation in *Aplysia*: The Cheshire Cat of neurobiology, David L.Glanzman

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1074742709000793>

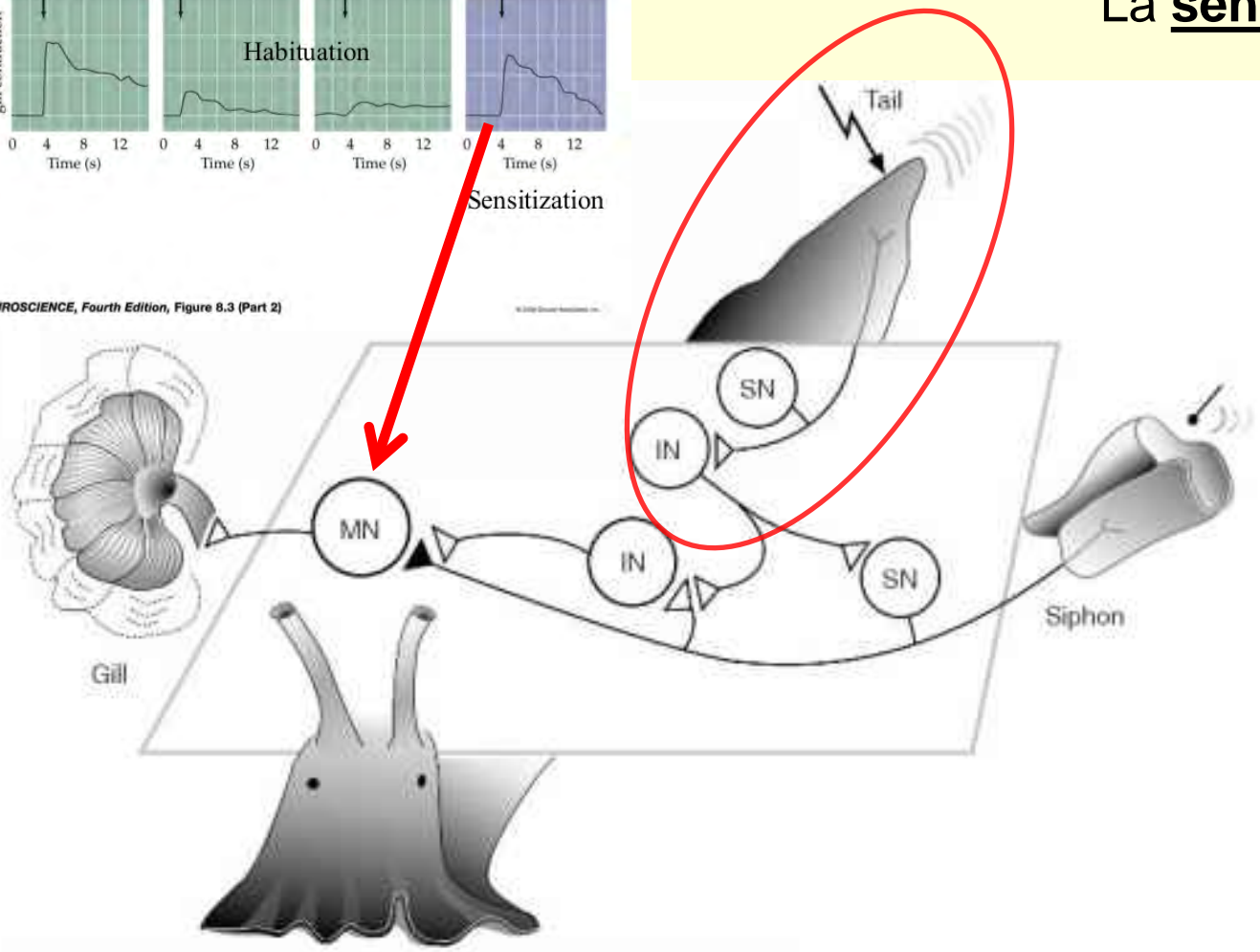
Short-term sensitization and habituation of the *Aplysia* gill withdrawal reflex



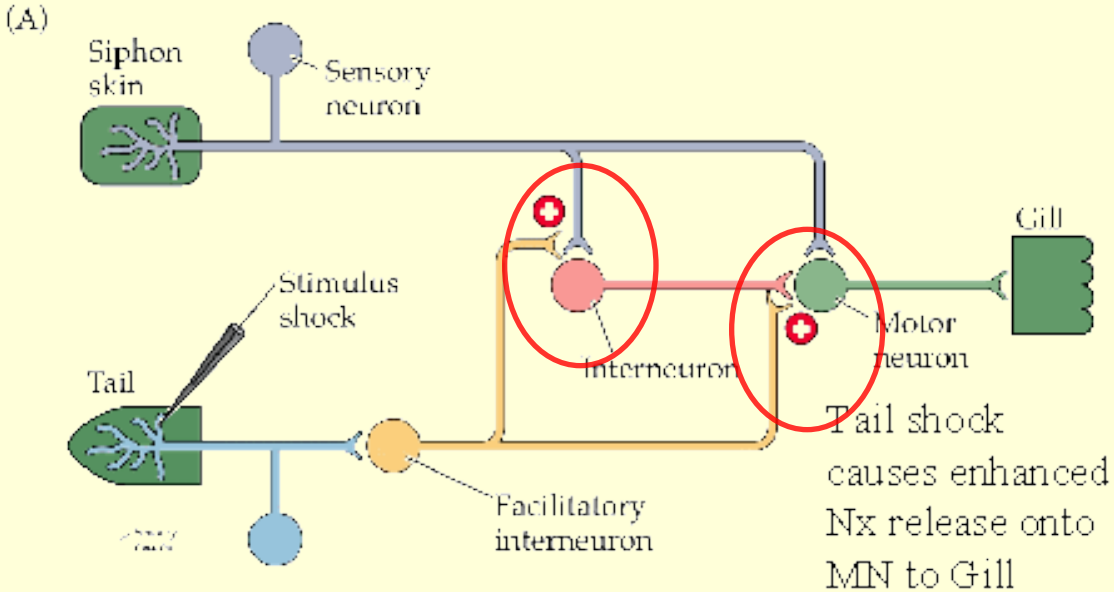
Autre mécanisme d'apprentissage :

La sensibilisation

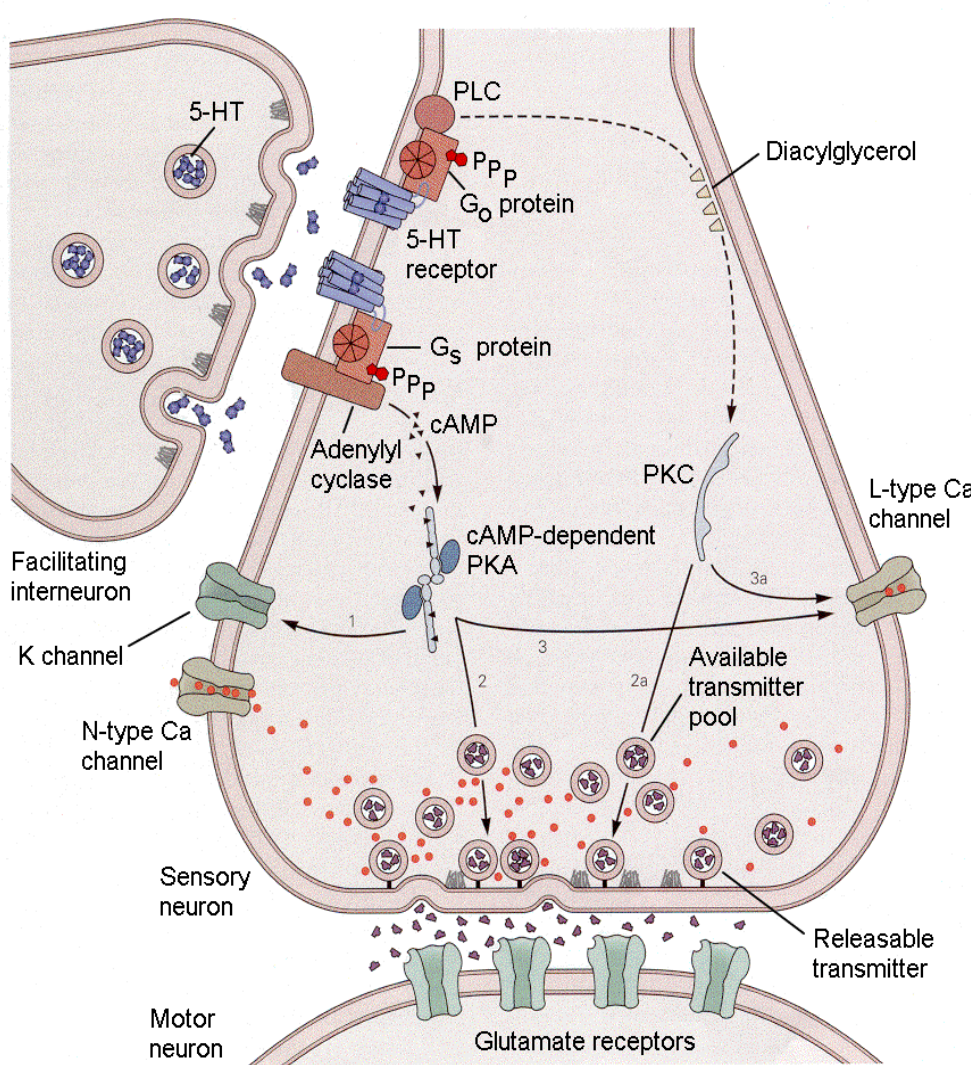
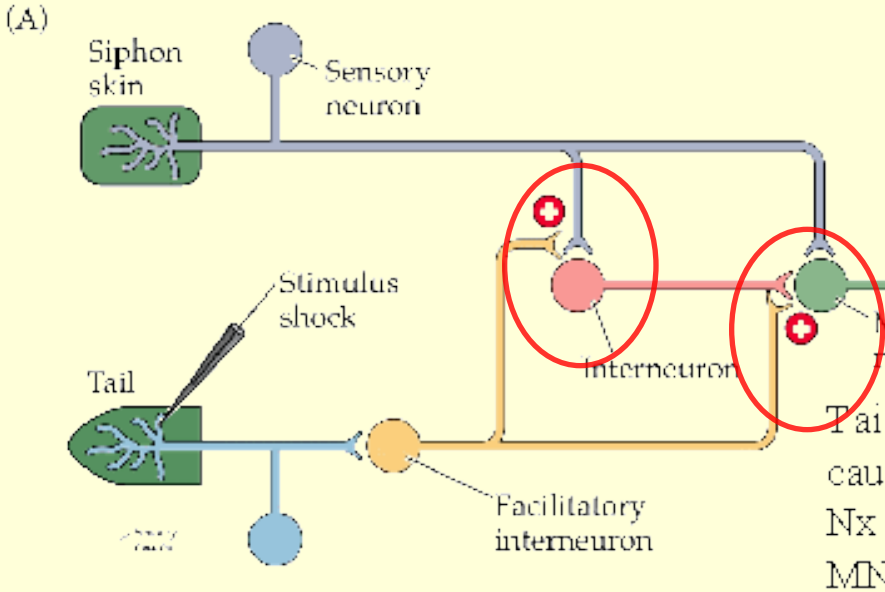
NEUROSCIENCE, Fourth Edition, Figure 8.3 (Part 2)



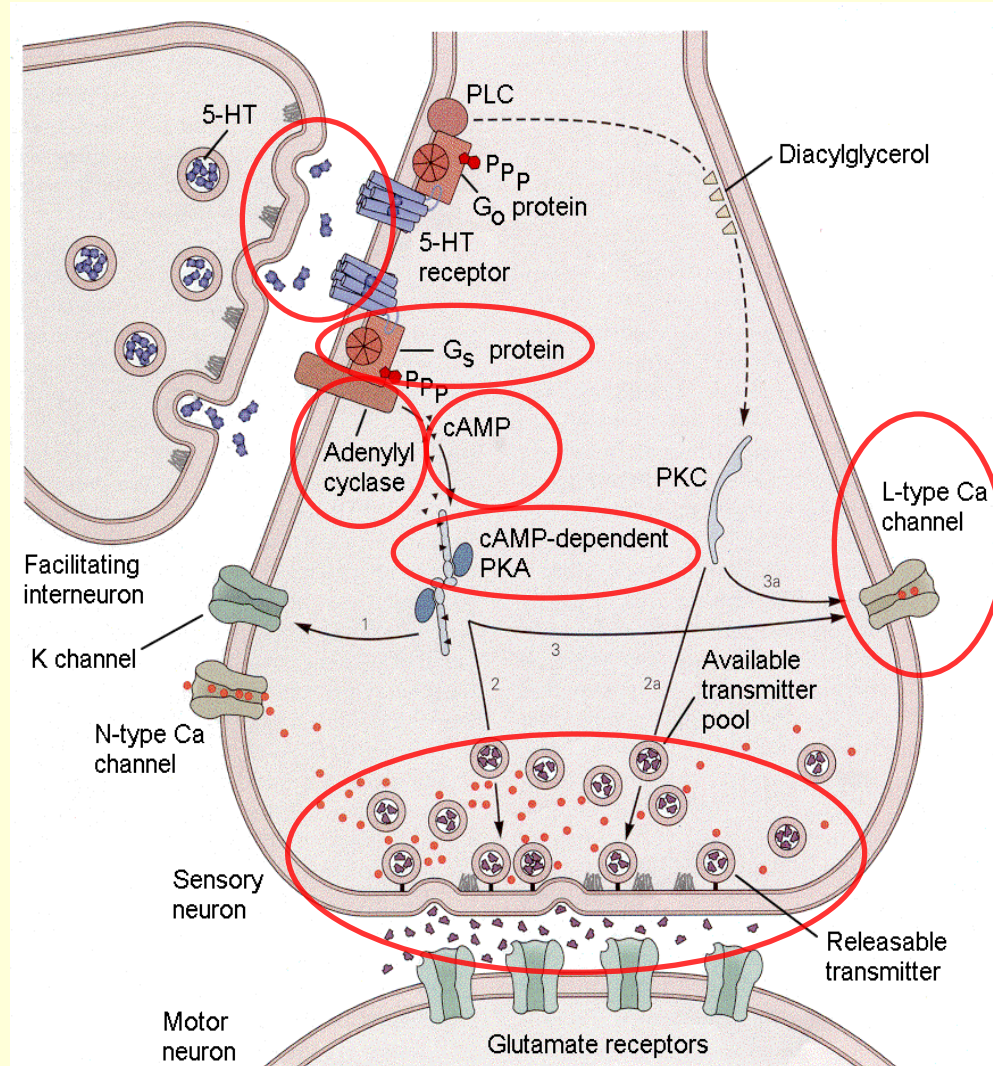
La sensibilisation



La sensibilisation



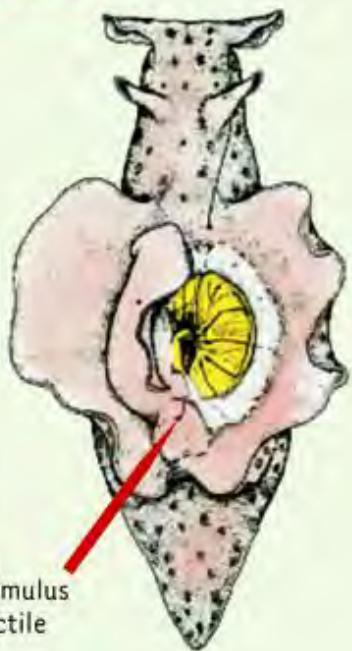
La sensibilisation



Sensitization in Aplysia

https://www.youtube.com/watch?v=qUOMeCQ_OtA

Sensibilisation



La sensibilisation

Exemple chez l'humain :

Choc sur la queue



Mémoires

Associatives

Non associatives

Conditionnement

classique et opérant

Habituation et Sensibilisation

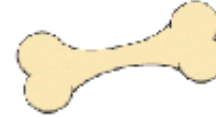
Conditionnement classique

On apprend que 2 stimuli sont associés.

Before conditioning

**FOOD
(UCS)**

**SALIVATION
(UCR)**



BELL

NO RESPONSE



During conditioning

**BELL +
FOOD
(UCS)**

**SALIVATION
(UCR)**

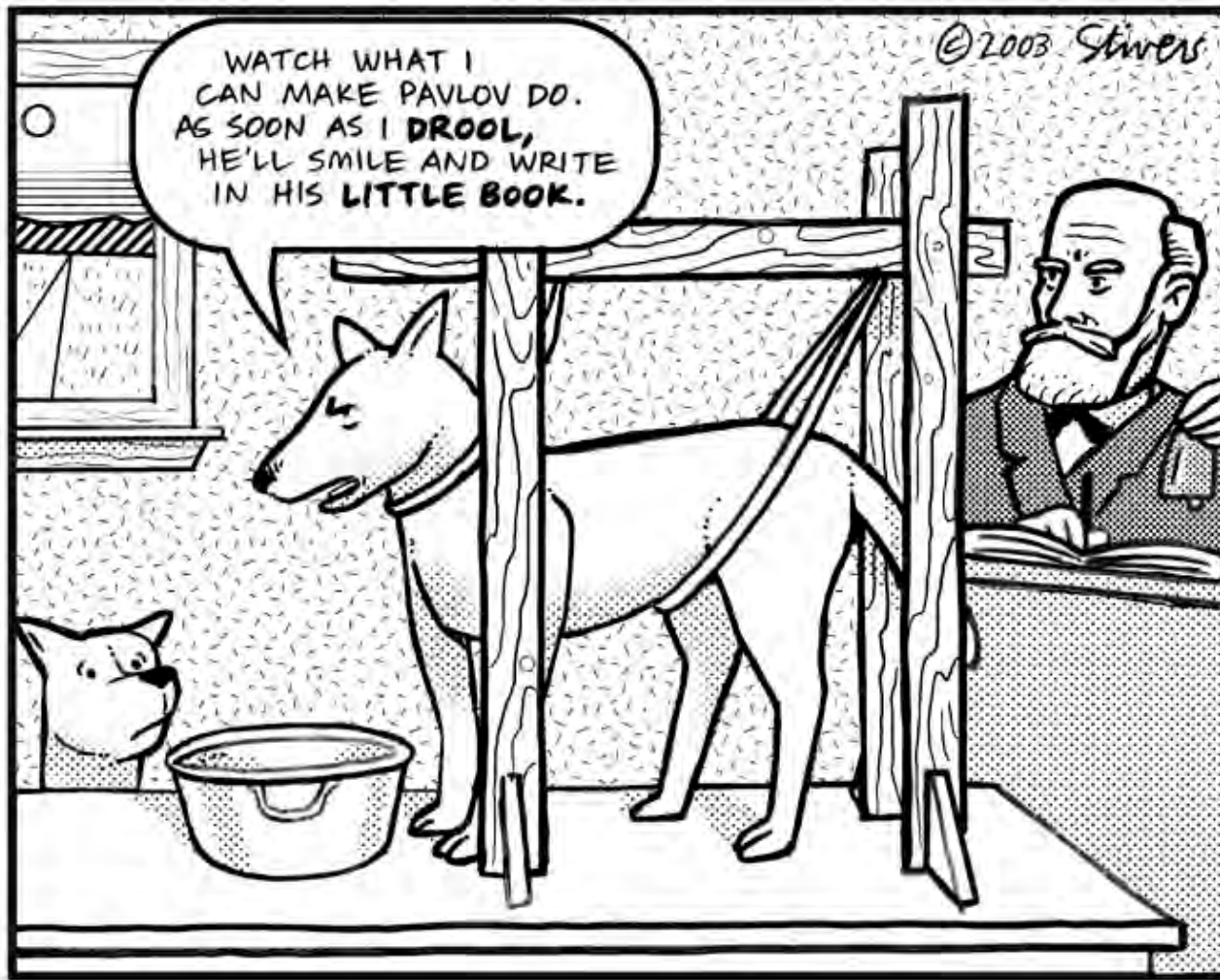


After conditioning

**BELL
(CS)**

**SALIVATION
(CR)**





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**

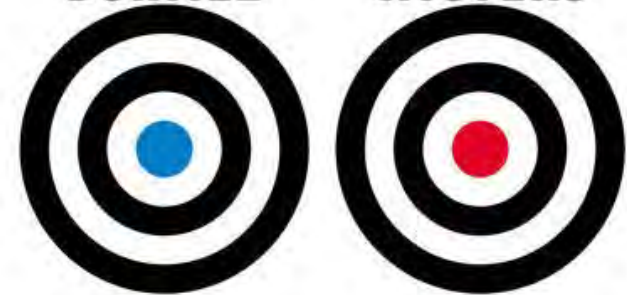


« Je suis effrayé par les automatismes qu'il est possible de créer à son insu dans le système nerveux d'un enfant.

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'œuvre 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.

Mémoires

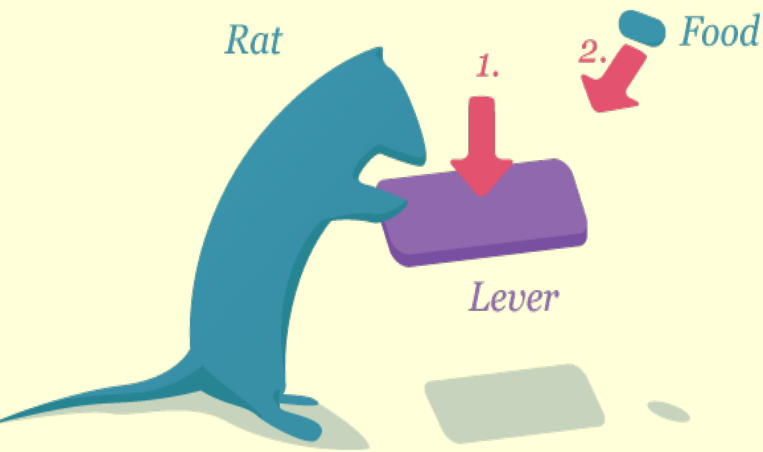
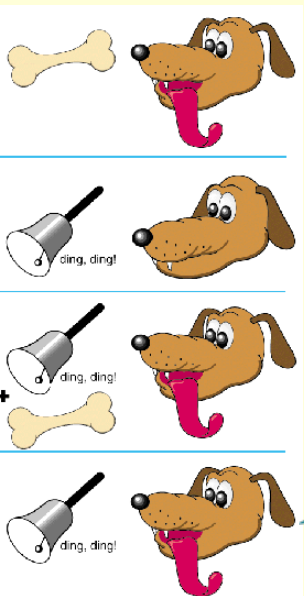
Associatives

Non associatives

Conditionnement

Habituation et Sensibilisation

classique et opérant positif (récompense)

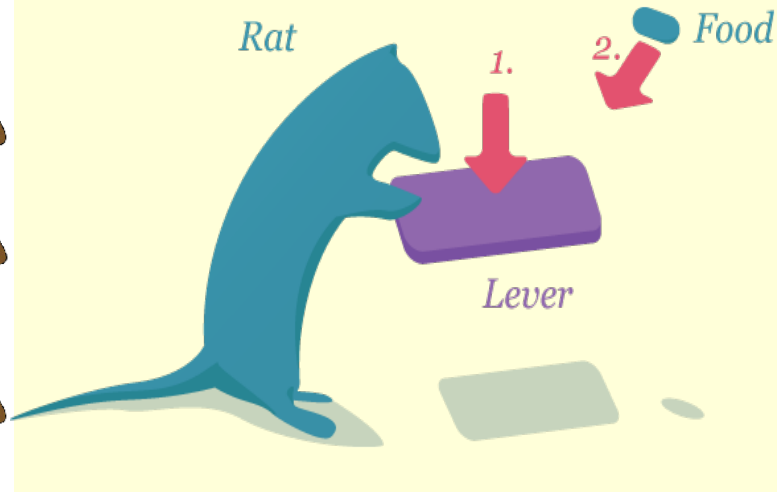
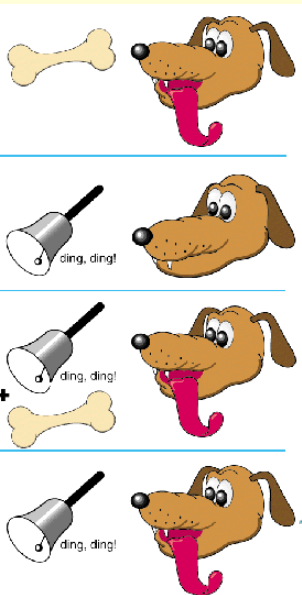


Mémoires

Associatives

Conditionnement

classique et *opérant positif*
(récompense)



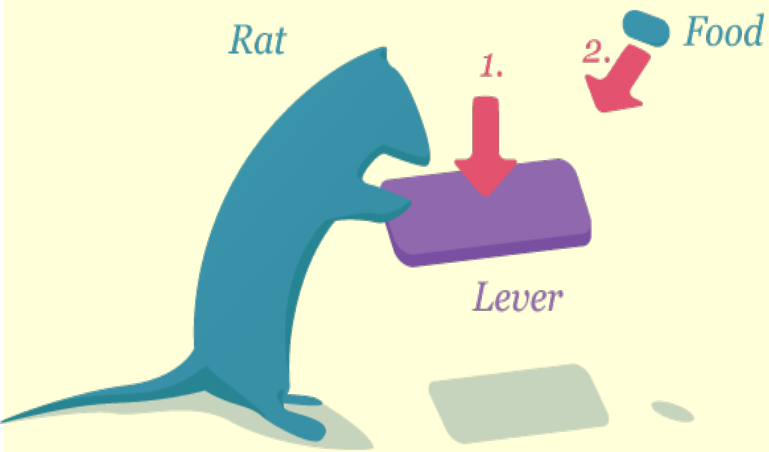
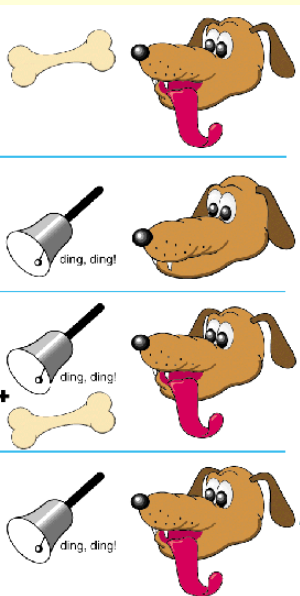
Qu'est-ce qui rapporte plus d'argent aux États-Unis que les films, les parcs d'amusement thématiques et le baseball RÉUNIS ?

Mémoires

Associatives

Conditionnement

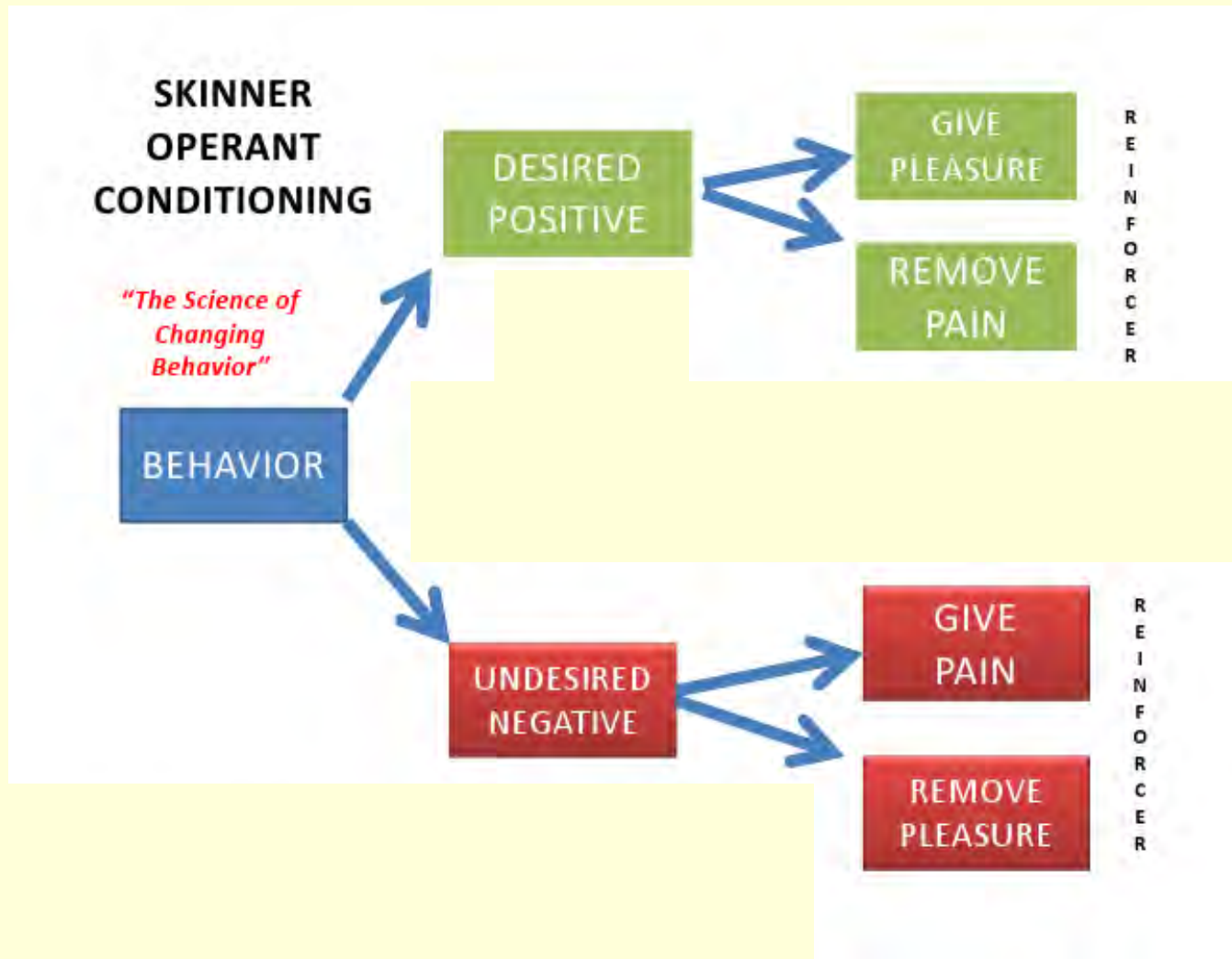
classique et opérant positif (récompense)



Conditionnement opérant négatif (punition)

METTRE DE LA CRÈME SOLAIRE À LA PLAGE
METTRE DE LA CRÈME SOLAIRE À LA PLAGE
METTRE DE LA CRÈME SOLAIRE À LA PLAGE
METTRE DE LA CRÈME SOLAIRE À LA PLAGE
METTRE DE LA CRÈME SOLAIRE À LA PLAGE
METTRE DE LA CRÈME SOLAIRE À LA PLAGE
METTRE DE LA CRÈME SOLAIRE À LA PLAGE
METTRE DE LA CRÈME SOLAIRE À LA PLAGE
METTRE DE LA CRÈME SOLAIRE À LA PLAGE
METTRE DE LA CRÈME SOLAIRE À LA PLAGE
METTRE DE LA CRÈME SOLAIRE À LA P





Plus la récompense ou la punition est **proche** du comportement dans le temps, plus le conditionnement est efficace.

Mémoire à long terme

« on apprend sans
s'en rendre compte »

Implicite (Non-déclarative)

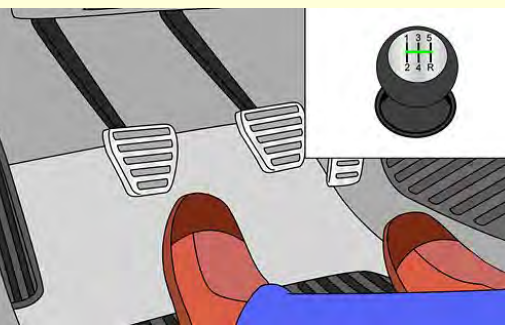
Non associatives

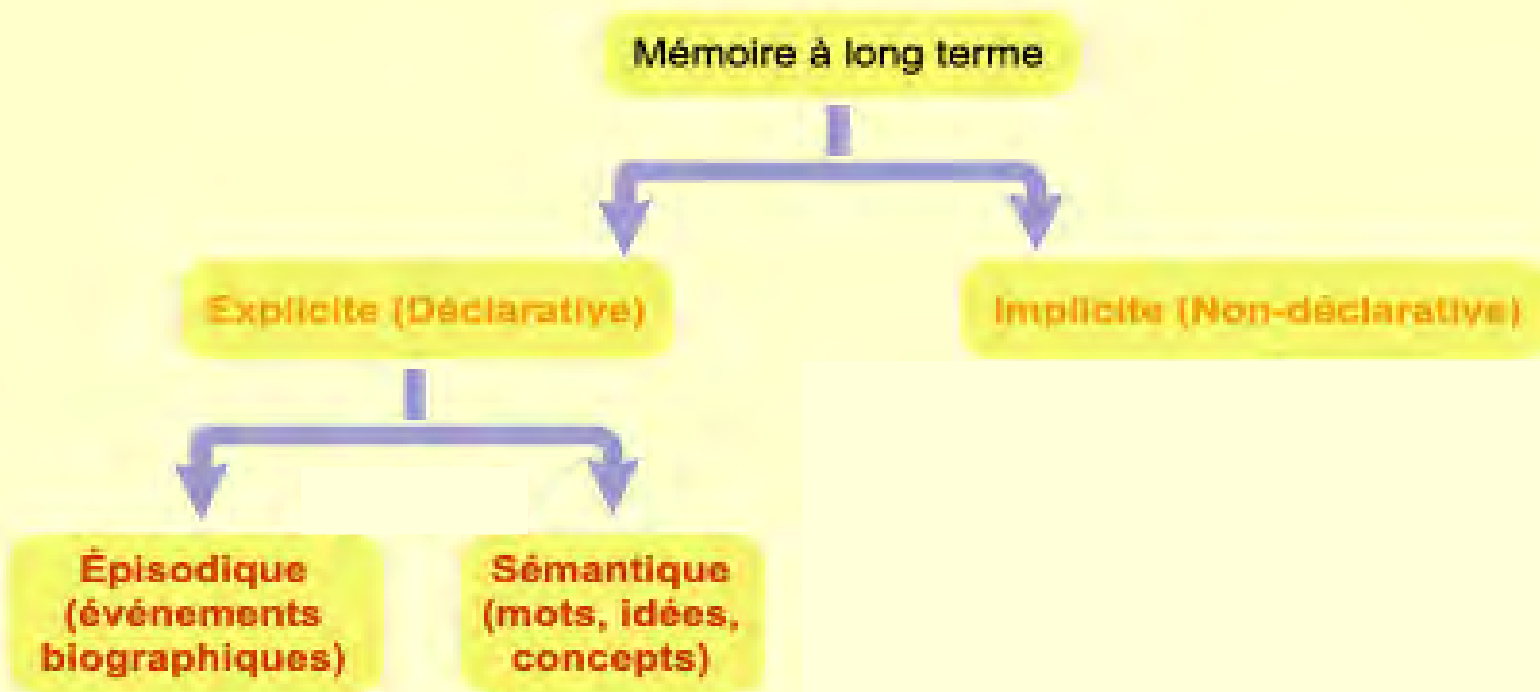
Habitude
Sensibilisation

Associatives

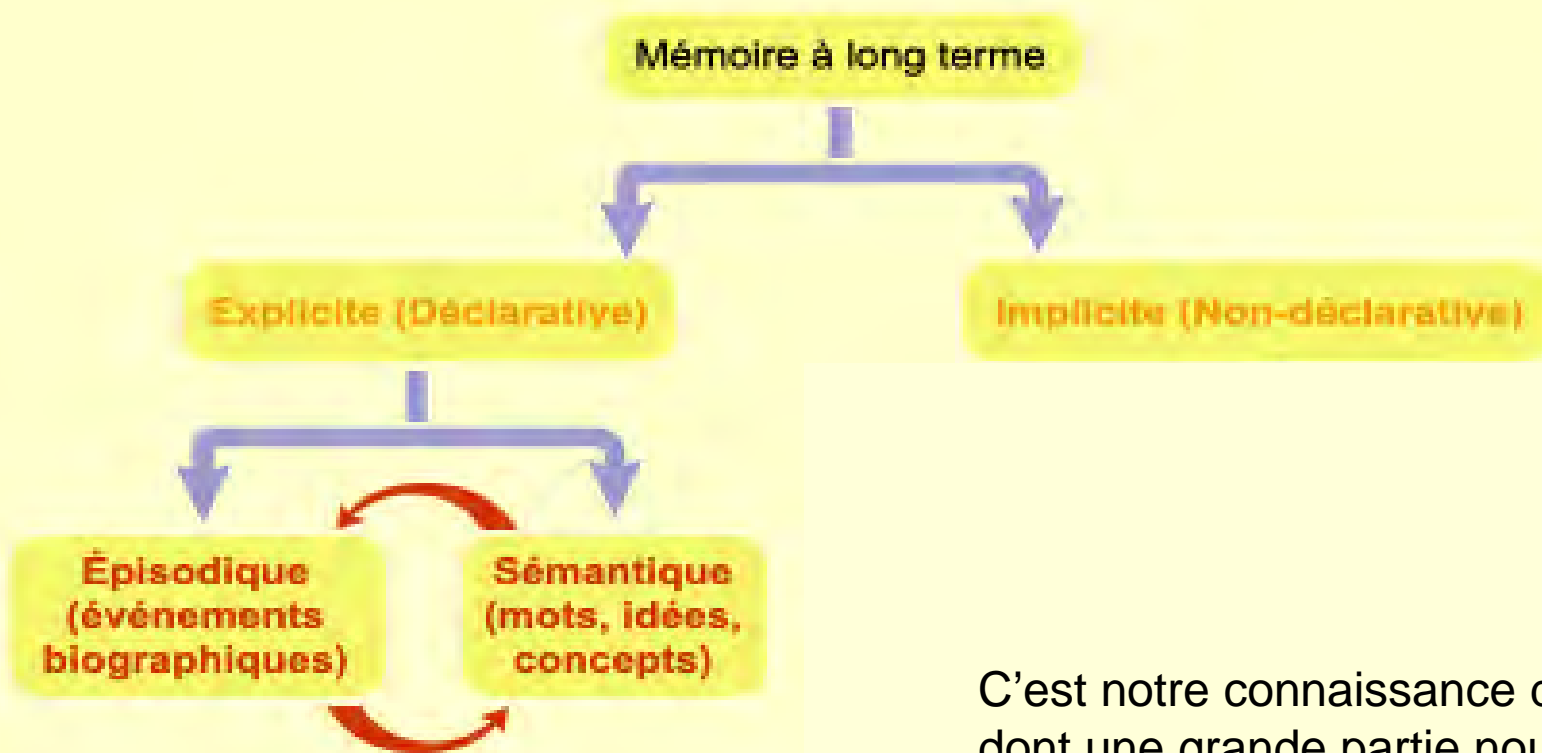
Conditionnement
classique et opérant

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

21/08/2017

C'est parce que les détails de nos souvenirs s'effacent que nous pouvons agir, nous adapter au quotidien, acquérir de nouvelles connaissances.

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

Cet oubli « positif » rend notre mémoire performante, nous permet de **forger des concepts et d'adapter nos comportements aux situations nouvelles.**

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

Mémoire à long terme

Explicite (Déclarative)

Implicite (Non-déclarative)

Épisodique
(événements
biographiques)

Sémantique
(mots, idées,
concepts)

Non associatives

Habitude
Sensibilisation

Associatives

Conditionnement
classique et opérant

Procédurale
(habiletés)

Évolution des différents types de mémoire;

Structures cérébrales associées;

Le cas du patient H.M.;

Quelques mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP;

Neurogenèse;

PAUSE

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

Se souvenir de chaque jour de sa vie;

Les facteurs qui influencent la mémoire;

Trucs mnémotechniques;

L'influence de l'âge sur diverses capacités cognitives

Jusqu'où peut aller la plasticité cérébrale ?

Bonus #1 : Exemples de recyclage et de réutilisation neuronal

Bonus #2 : Détails des mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP

Mémoire à long terme

Explicite (Déclarative)

Implicite (Non-déclarative)

Épisodique
(événements
biographiques)

Sémantique
(mots, idées,
concepts)

Non associatives

Habitude
Sensibilisation

Associatives

Conditionnement
classique et opérant

Procédurale
(habiletés)

Où ?



Peut-on associer ces différents types de mémoires à différentes structures cérébrales ?

Sans revenir sur la question de la **spécialisation des aires cérébrales** abordée la semaine dernière,

on peut dire de manière générale que les différents mécanismes associés à ces différents types de mémoire ne sont pas répartis uniformément dans le cerveau.



Où ?

Mémoire à long terme

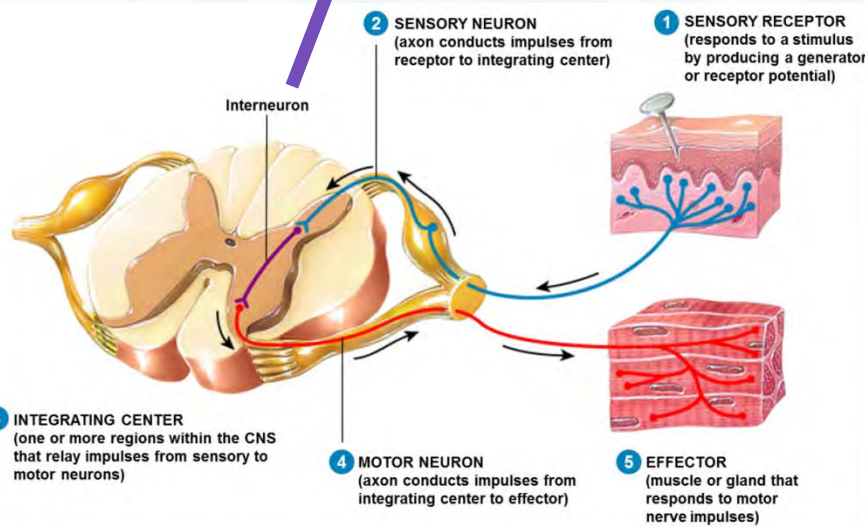
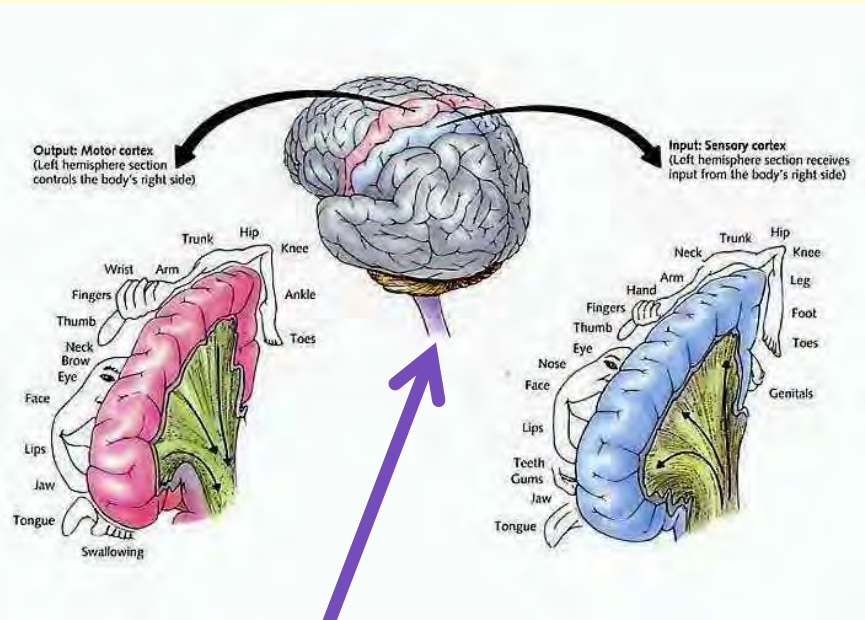
Implicite (Non-déclarative)

Non associatives

Habituation
Sensibilisation

Associatives

Conditionnement classique



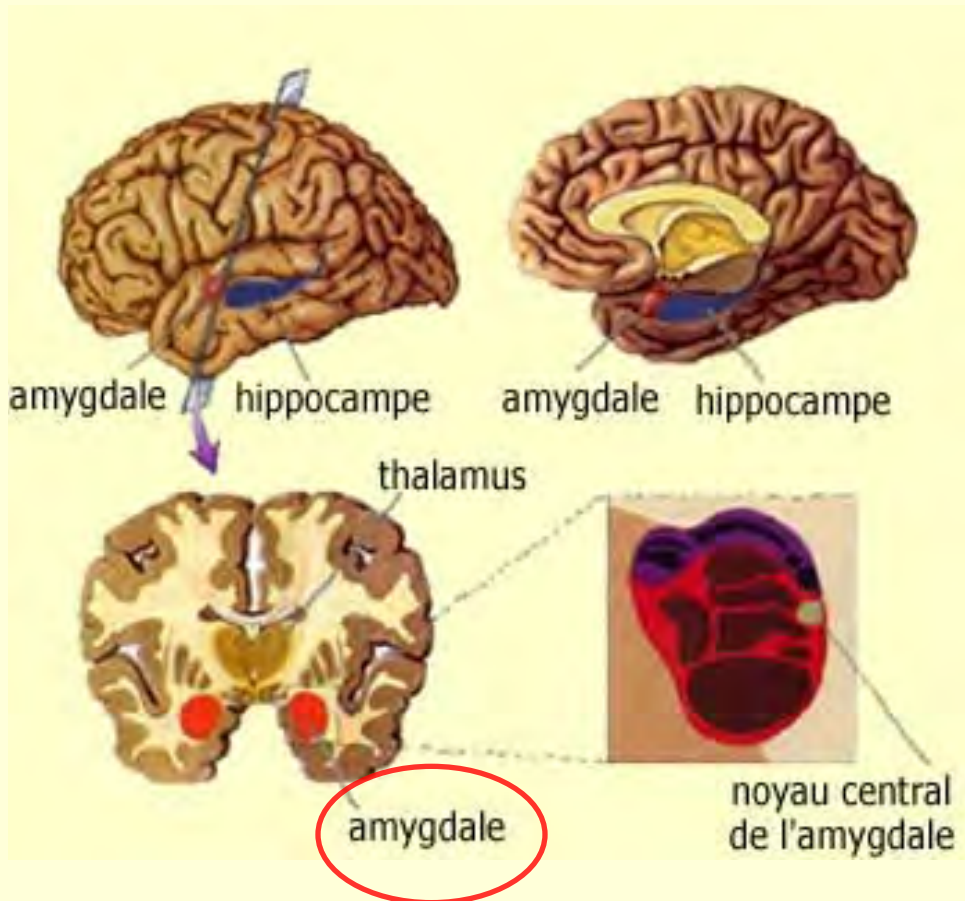


Mémoire à long terme



Implicite (Non-déclarative)

Peur conditionnée



Non associatives

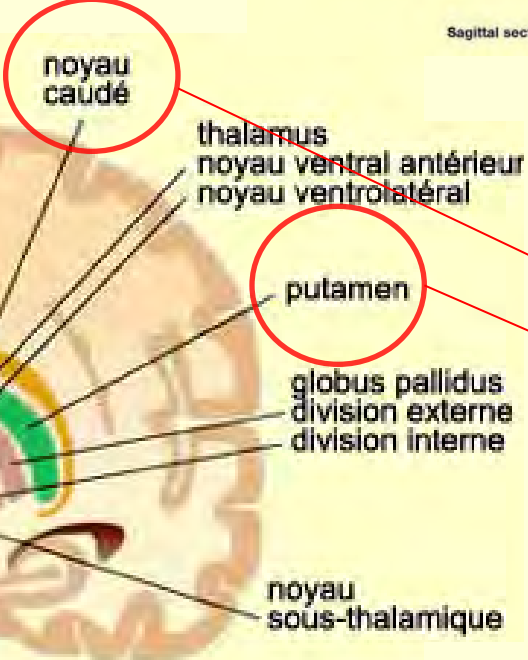
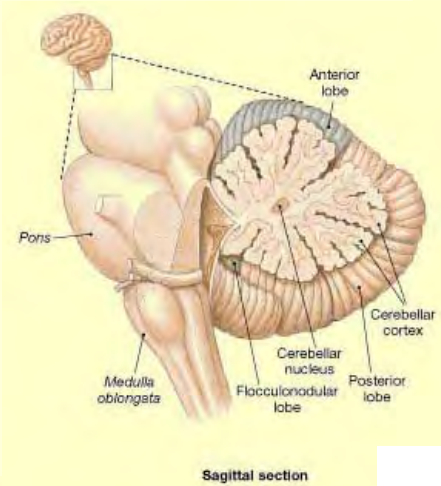
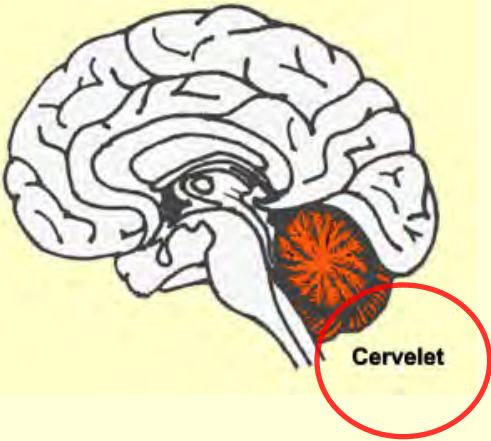
Habituation
Sensibilisation

Associatives

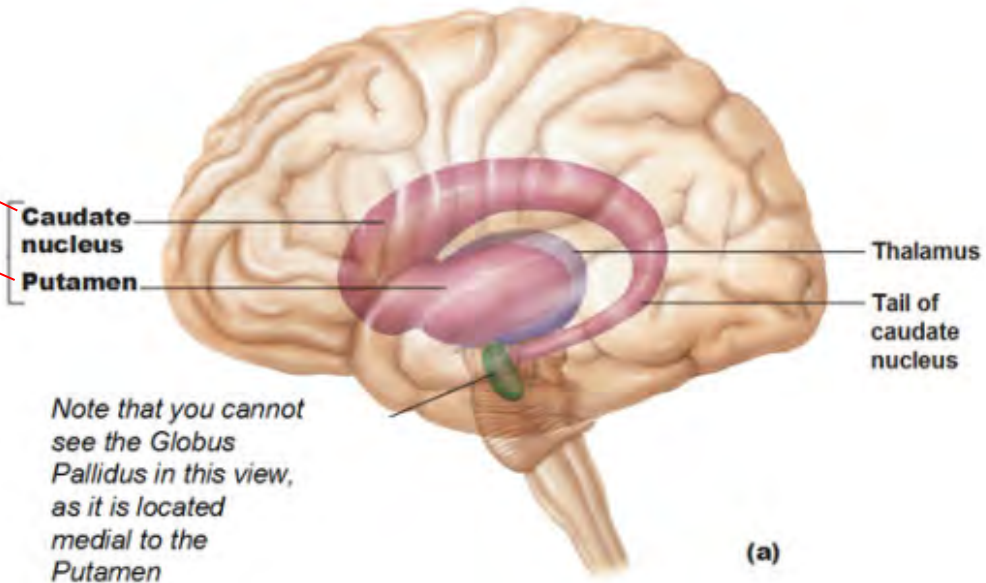
Conditionnement
classique

Mémoire à long terme

Implicite (Non-déclarative)



Basal Ganglia

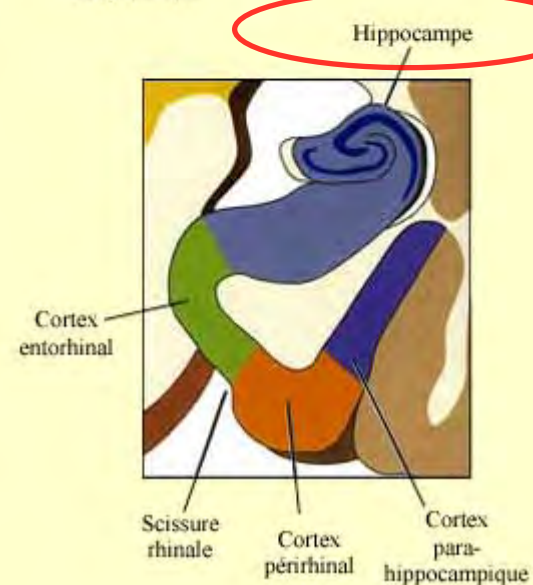
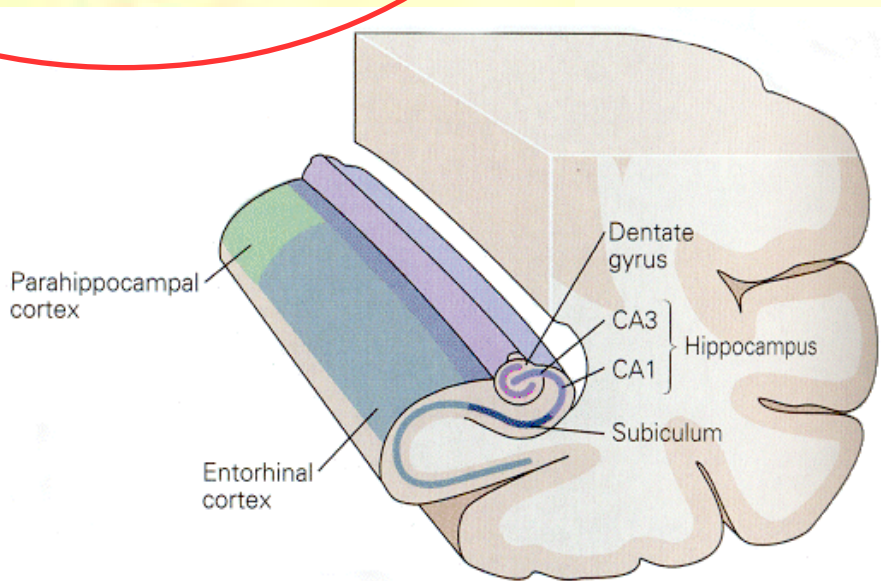
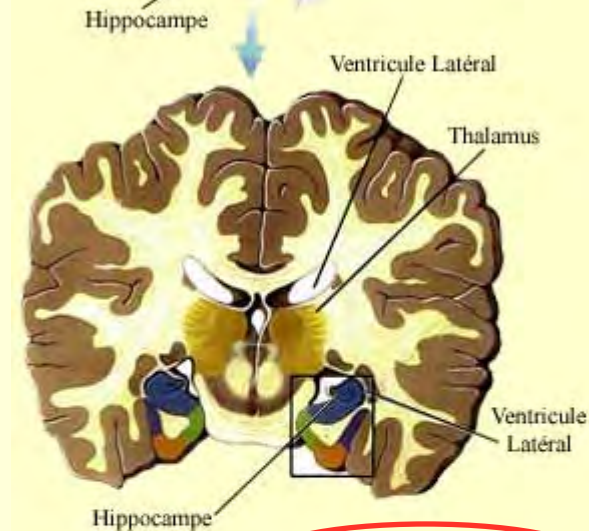


Mémoire à long terme

Explicite (Déclarative)

Épisodique
(événements
biographiques)

Sémantique
(mots, idées,
concepts)



Évolution des différents types de mémoire;

Structures cérébrales associées;

Le cas du patient H.M.;

Quelques mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP;

Neurogenèse;

PAUSE

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

Se souvenir de chaque jour de sa vie;

Les facteurs qui influencent la mémoire;

Trucs mnémotechniques;

L'influence de l'âge sur diverses capacités cognitives

Jusqu'où peut aller la plasticité cérébrale ?

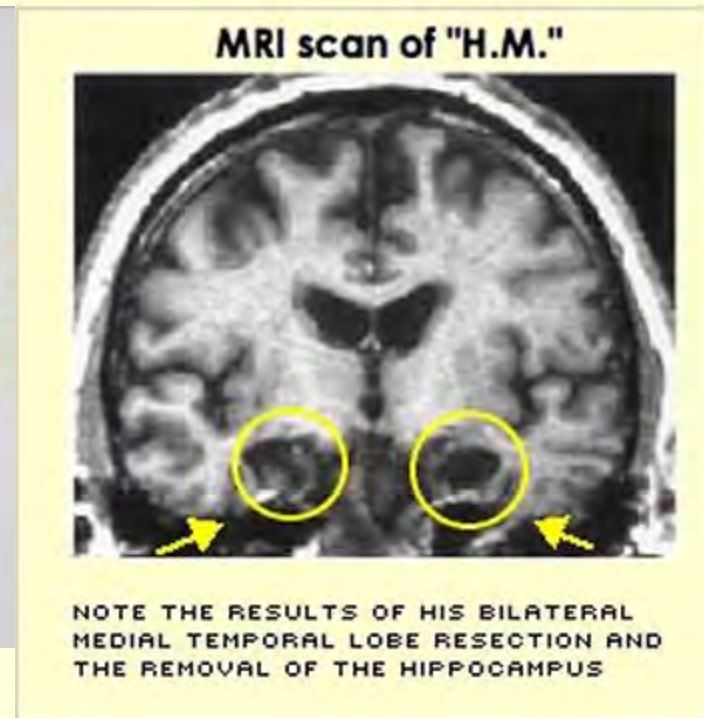
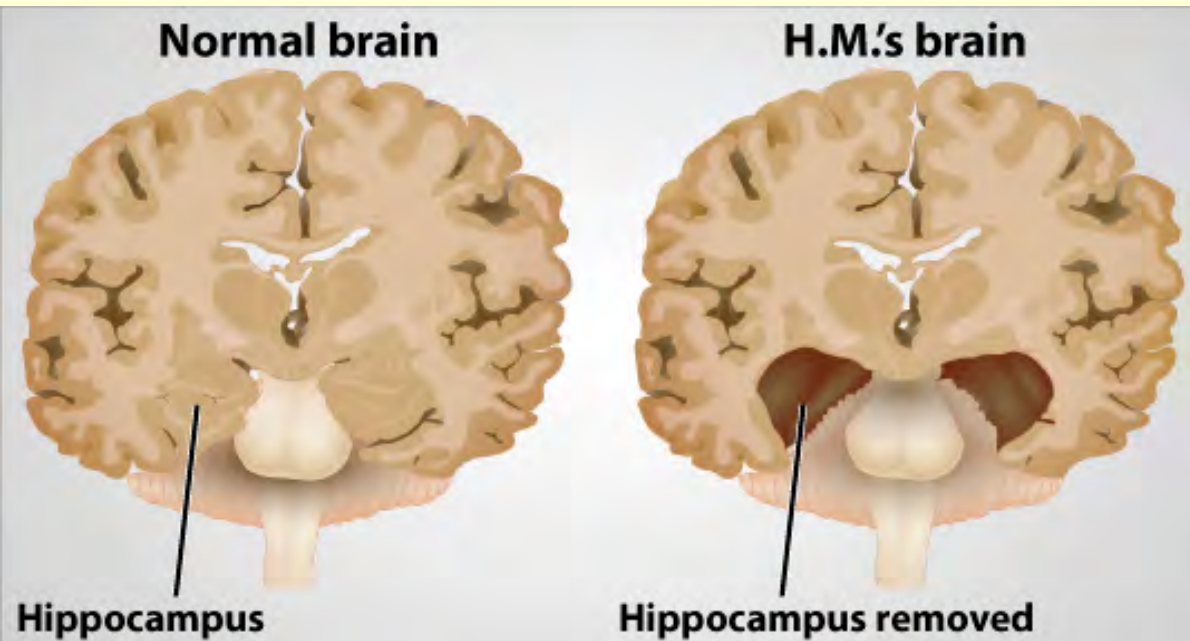
Bonus #1 : Exemples de recyclage et de réutilisation neuronal

Bonus #2 : Détails des mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP

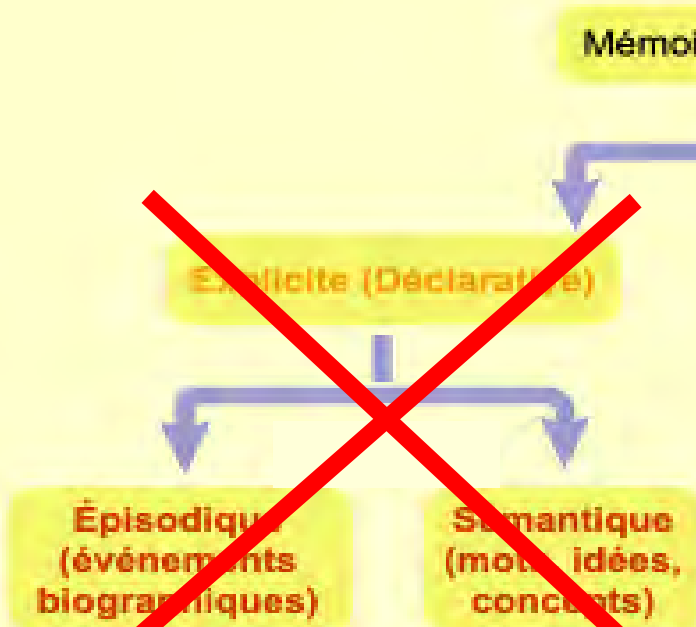


La personne ayant probablement contribué plus que quiconque à notre compréhension de la mémoire humaine (décédé en décembre 2008 à l'âge de 82 ans).

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).

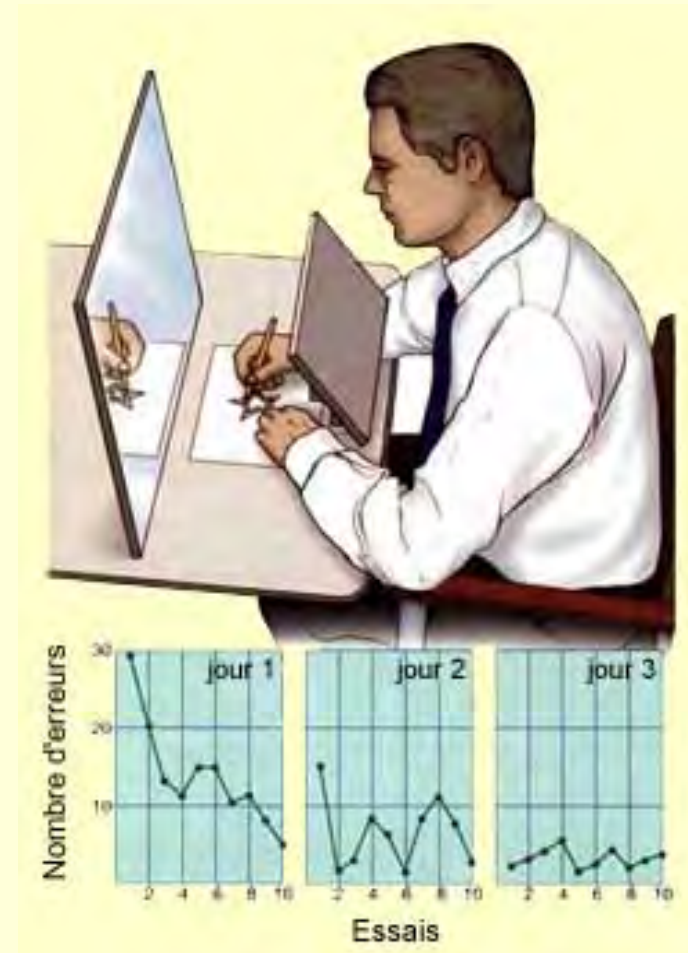


L'opération fut un succès pour contrôler l'épilepsie mais eut un effet secondaire imprévu : **H.M. avait perdu la capacité de retenir de nouvelles informations sur sa vie ou sur le monde** (mémoire déclarative).

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)~~

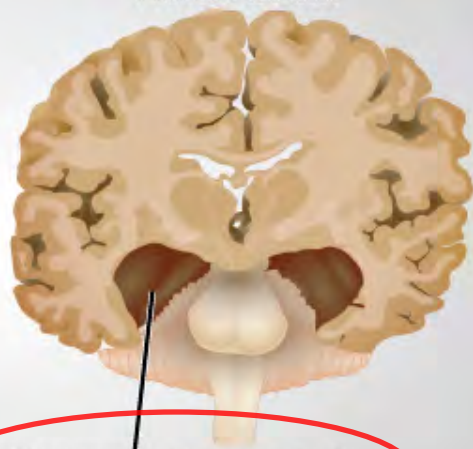
~~Sémantique
(mots, idées,
concepts)~~

Normal brain



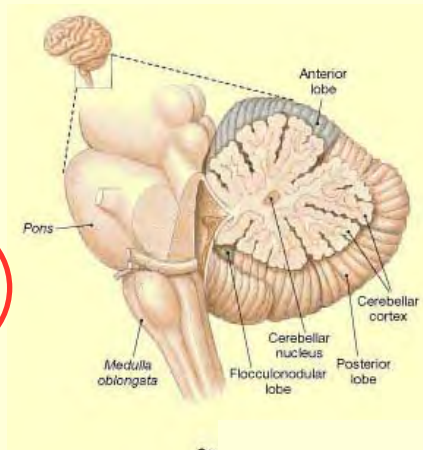
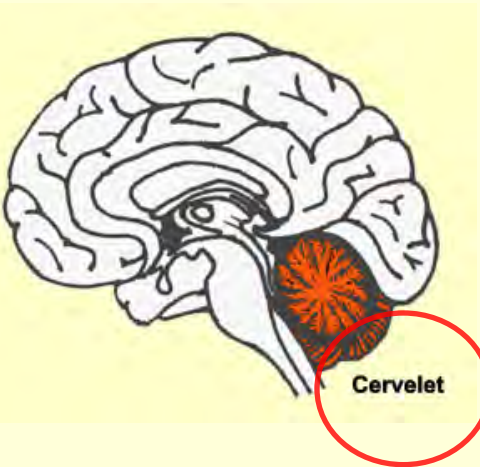
Hippocampus

H.M.'s brain



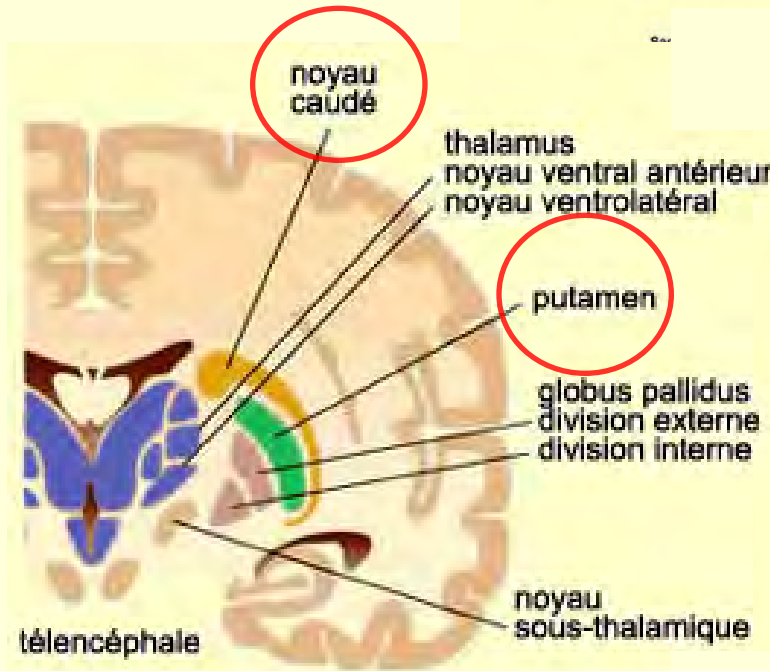
Hippocampus removed

Mémoire à long terme



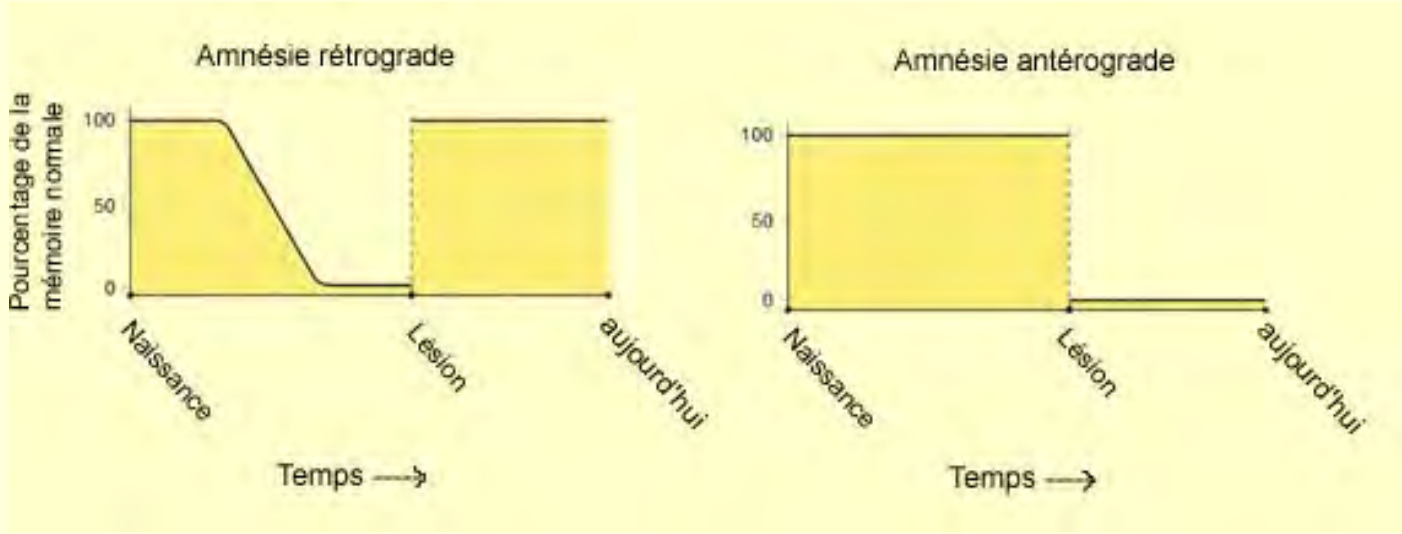
Implicite (Non-déclarative)

Procédurale
(habiletés)

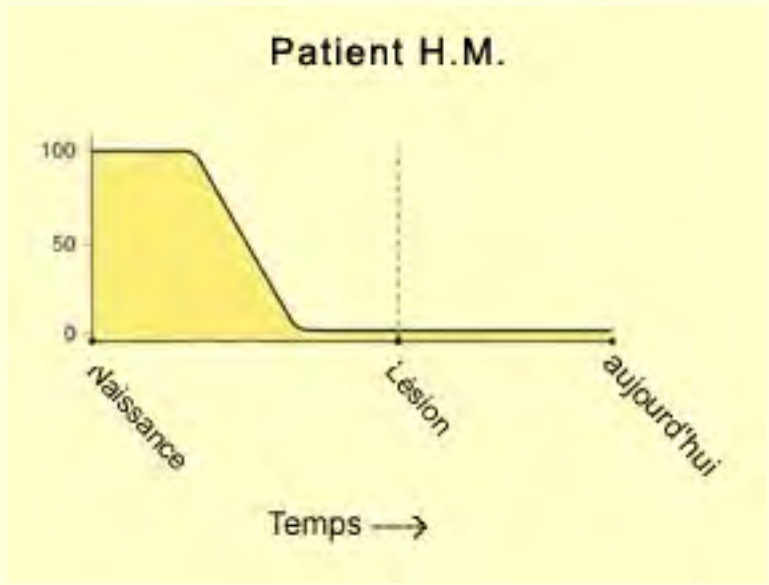
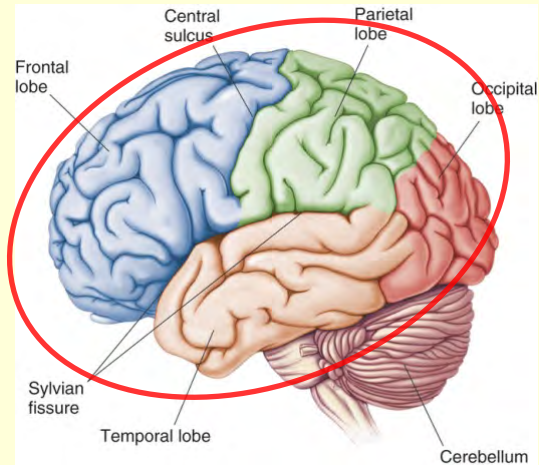


- En plus de cette amnésie « antérograde », H.M. avait une amnésie « **rétrograde** » **graduelle** (pouvait se rappeler d'avant l'opération, et de mieux en mieux à mesure qu'on reculait dans le temps)





Les très vieux souvenirs semblent pouvoir se passer de l'hippocampe, comme si la trace pouvait être transférée au cortex de façon complète et définitive...



On a découvert des connexions excitatrices très fortes entre les neurones pyramidaux 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>

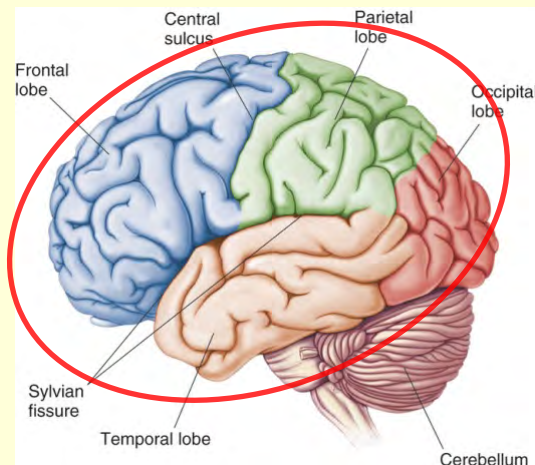
Are human-specific plastic cortical synaptic connections what makes us human?

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

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

comme si la trace pouvait être transférée au cortex de façon complète et définitive...



Chez la souris, le cortex ne semble pas sollicité dans les quelques jours qui suivent un apprentissage.

Et on a pu montrer que les traces mnésiques sont alors présentes dans le cortex, mais **immatures** ou **silencieuses**.

Rules of memory 'beautifully' rewritten

7 April **2017**

<http://www.bbc.com/news/health-39518580>

Neuropsychologue, 97 ans et toujours au travail

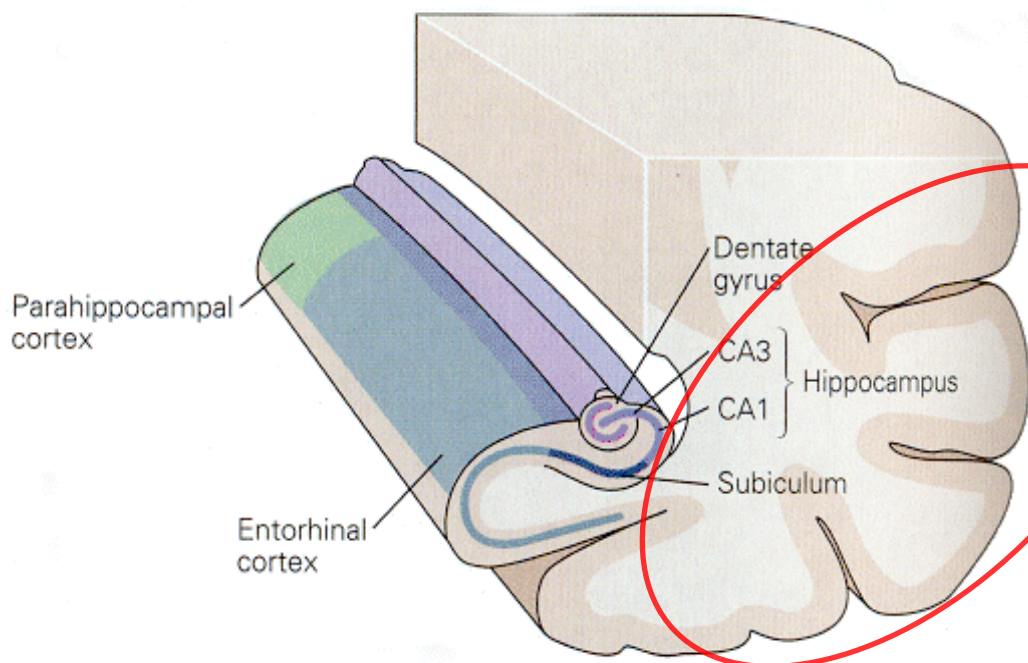
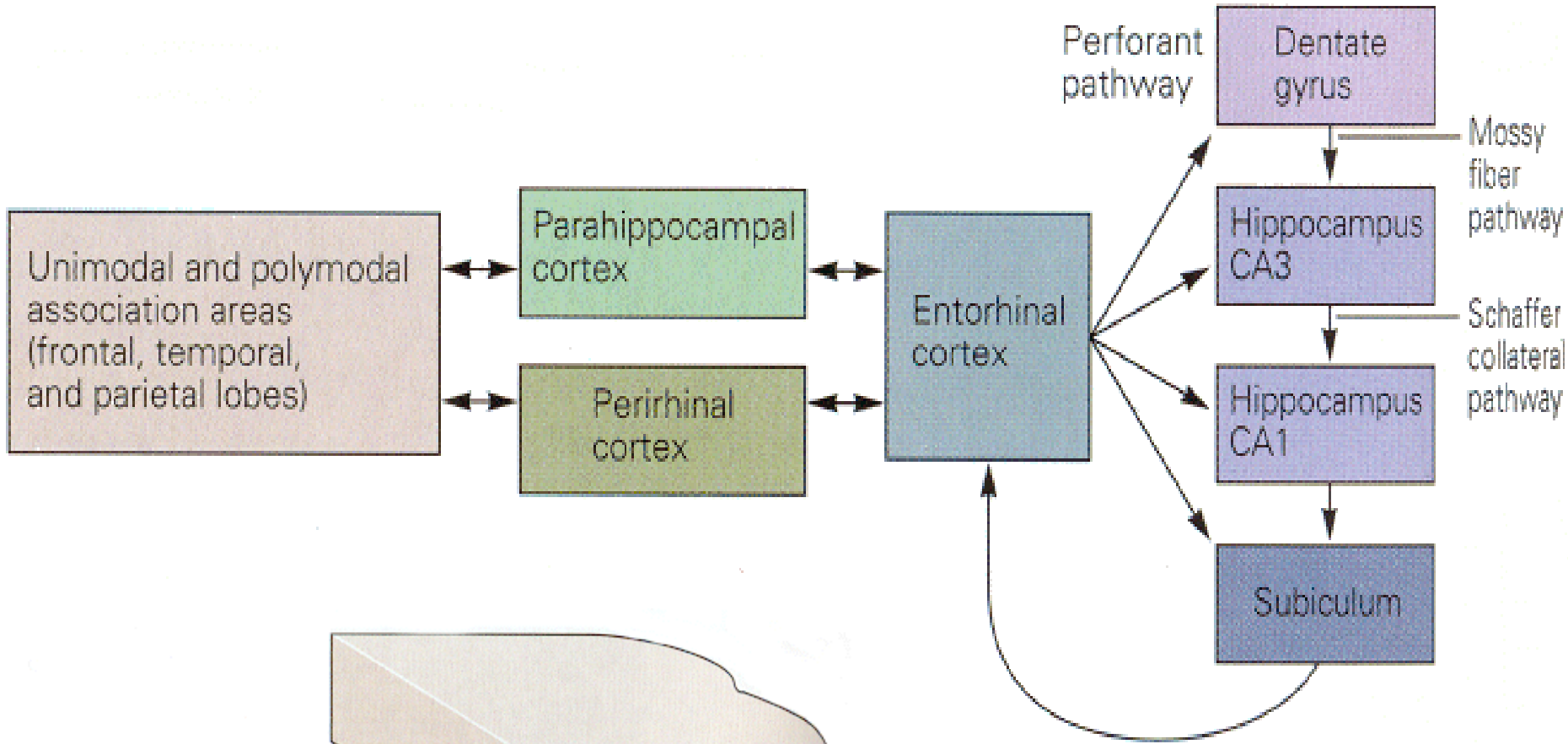
Mardi 9 février 2016

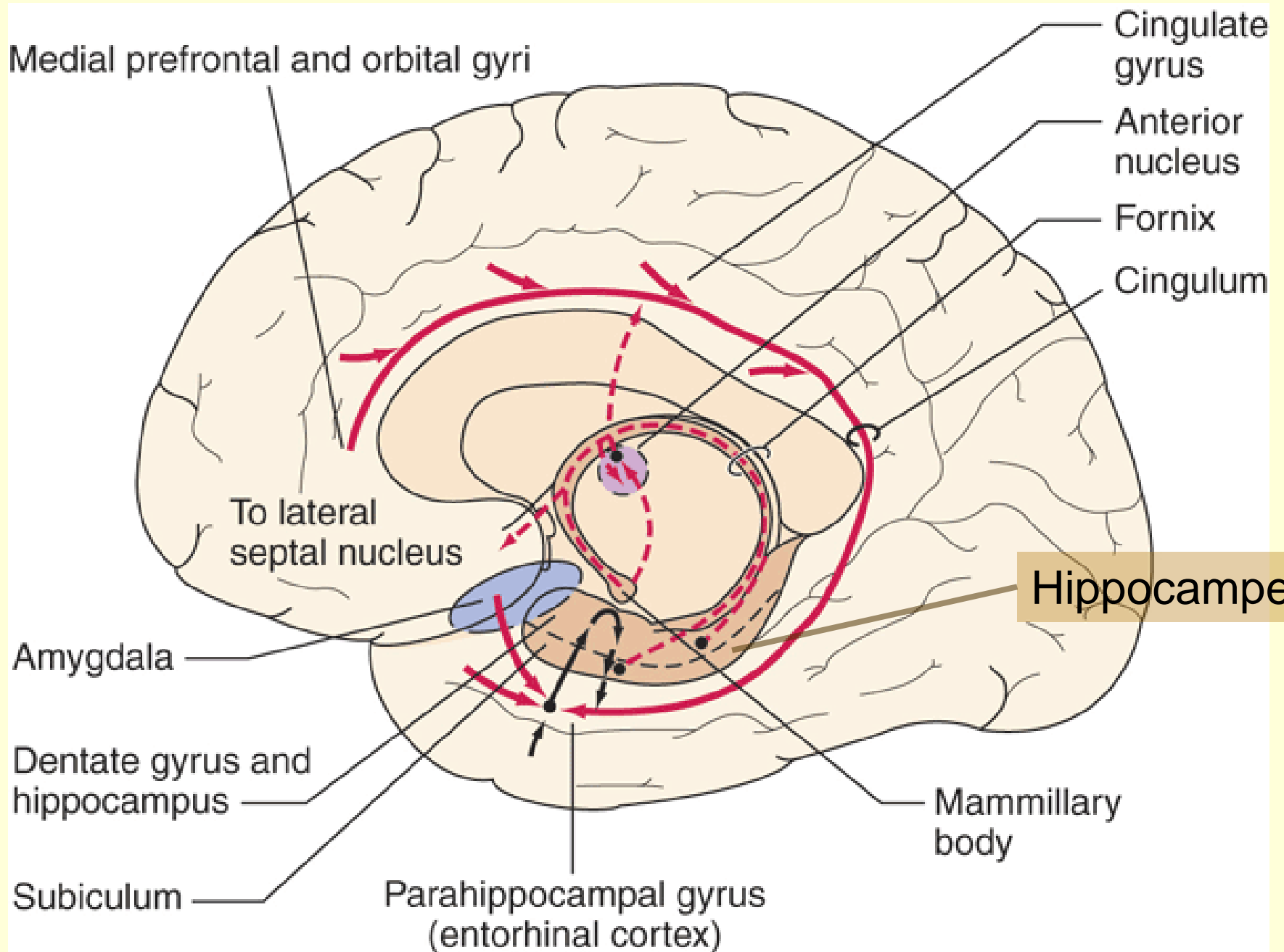
[http://ici.radio-
canada.ca/emissions/le_15_18/2014-
2015/chronique.asp?idChronique=397417](http://ici.radio-canada.ca/emissions/le_15_18/2014-2015/chronique.asp?idChronique=397417)



Brenda Milner, neuropsychologue à
l'Université McGill Photo : Institut de
neurologie de Montréal / Université McGill

- L'hippocampe réalise un système de mémoire conservant l'information d'une à deux années précédentes
- L'hippocampe sert à la consolidation de mémoires emmagasinées ailleurs
- L'hippocampe n'est pas impliqué dans l'apprentissage procédural.





Conférence ISC 28 octobre 2016 :

«Hippocampal contributions to memory and mental construction»

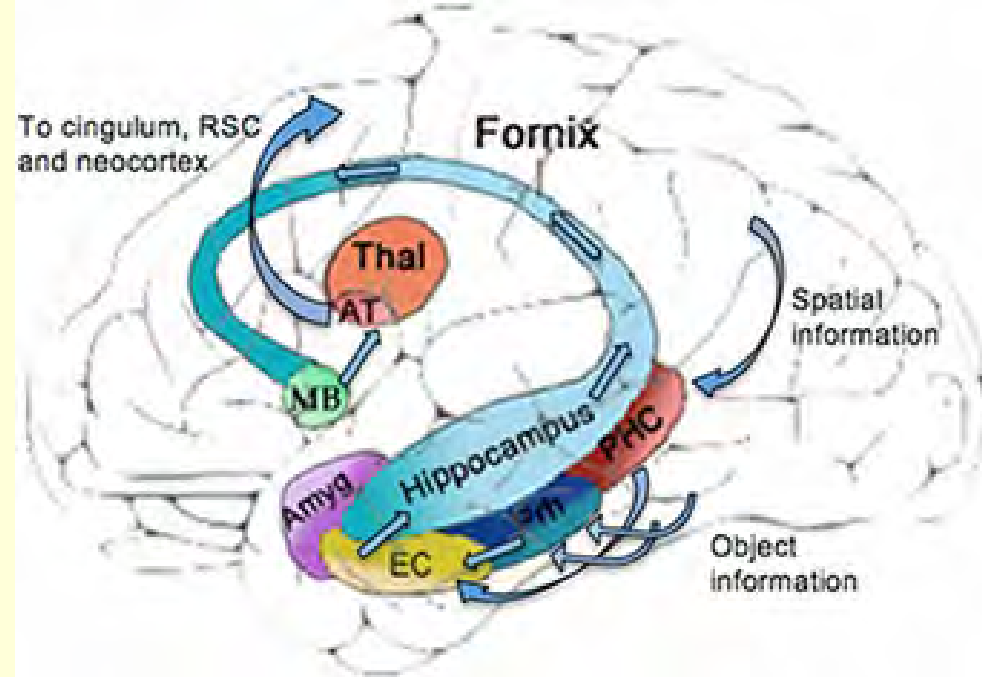
Signy Sheldon, du département de psychologie de l'Université McGill

Hippocampe : the « hub » of a network (obtient ses infos des autres régions cérébrales)

Spécialisation fonctionnelle sur son axe longitudinal :

- **Antérieur** : aspects plus larges (thématiques, autobiographique...)
- **Postérieur** : « more fine grained » (spatial, ex.: chauffeurs de taxi londonniens...)

Impliqué dans des tâches **non reliées à la mémoire** : se rappeler du passé et **planifier l'avenir** = overlap !



« 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

H.M. pouvait toutefois retenir des choses sur de courtes périodes.

Sa **mémoire à court terme**
(ou mémoire de travail) était intacte.

Donc encore une fois,
pas les mêmes structures cérébrales...



H.M. pouvait toutefois retenir des choses sur de courtes périodes.

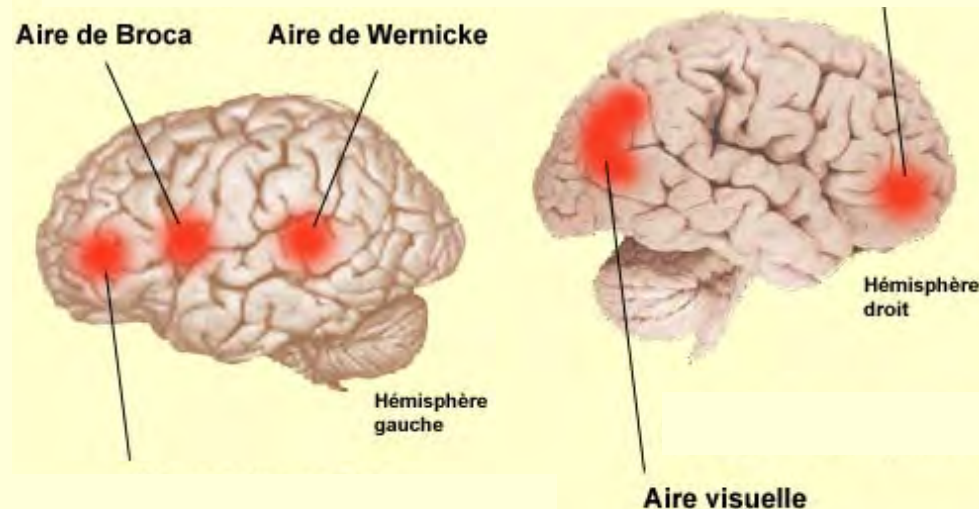
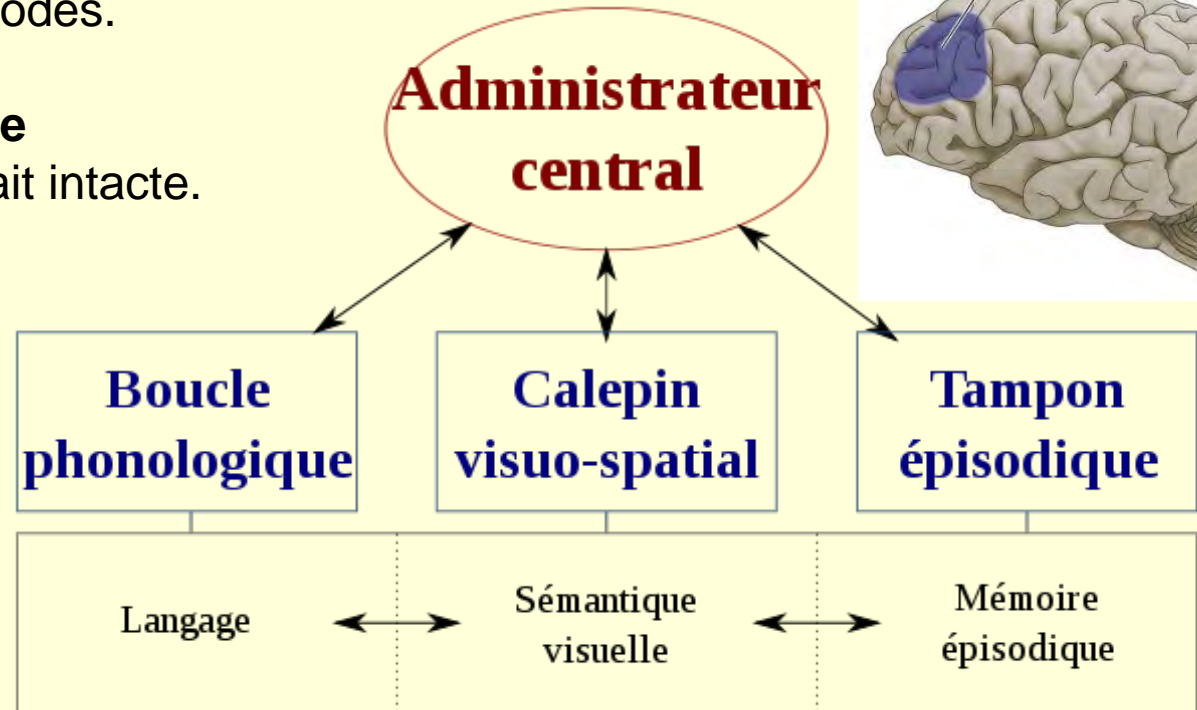
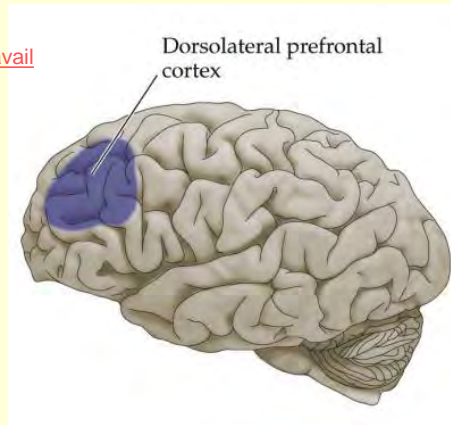
Sa **mémoire à court terme** (ou mémoire de travail) était intacte.

Donc encore une fois, pas les mêmes structures cérébrales...

Oui... et non !
Car certaines, comme le cortex préfrontal dorsolatéral est impliqué dans les deux types de mémoire, à court et à long terme.

Modèle de Baddeley :

https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9moire_de_travail

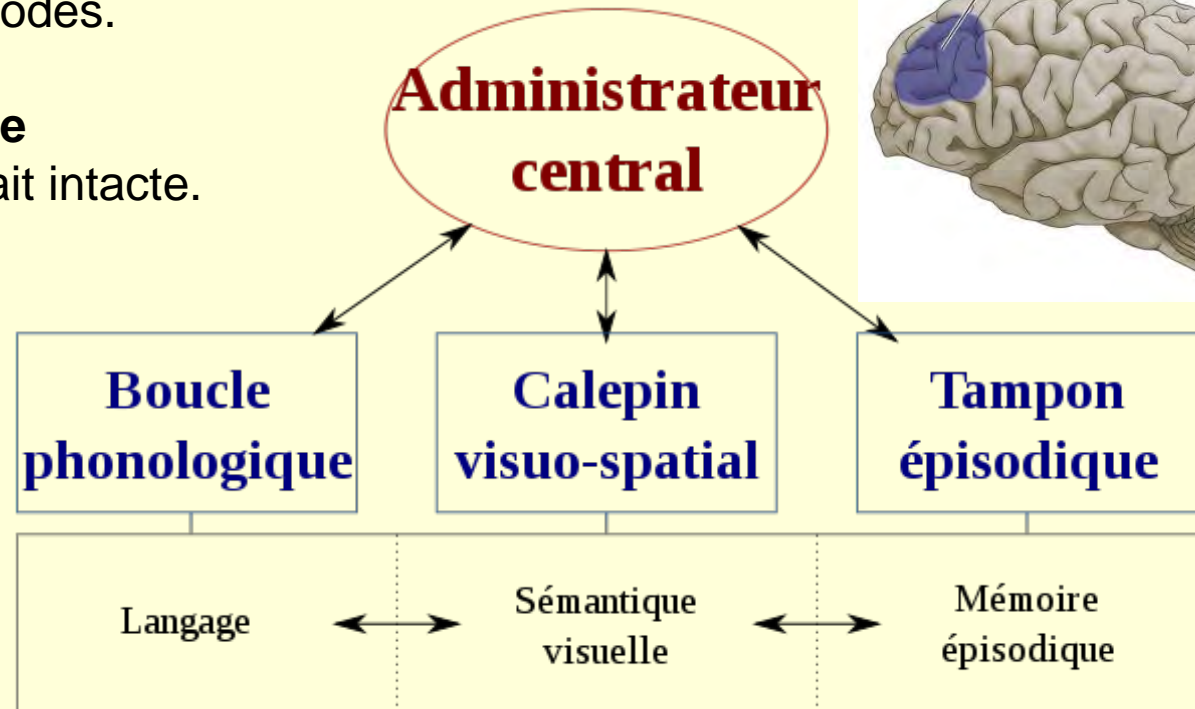
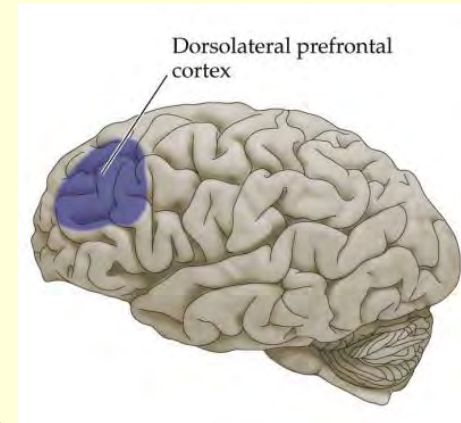


H.M. pouvait toutefois retenir des choses sur de courtes périodes.

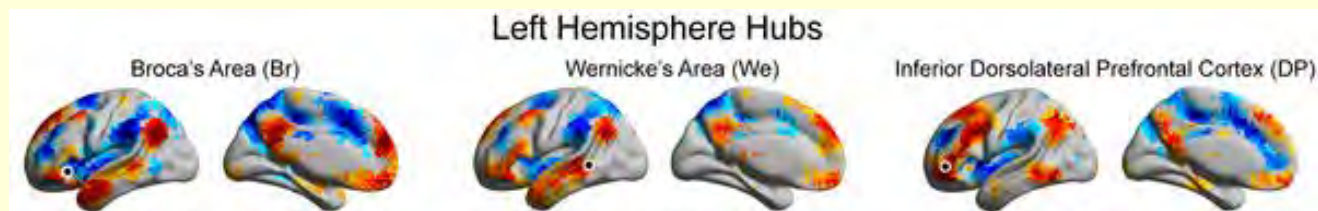
Sa **mémoire à court terme** (ou mémoire de travail) était intacte.

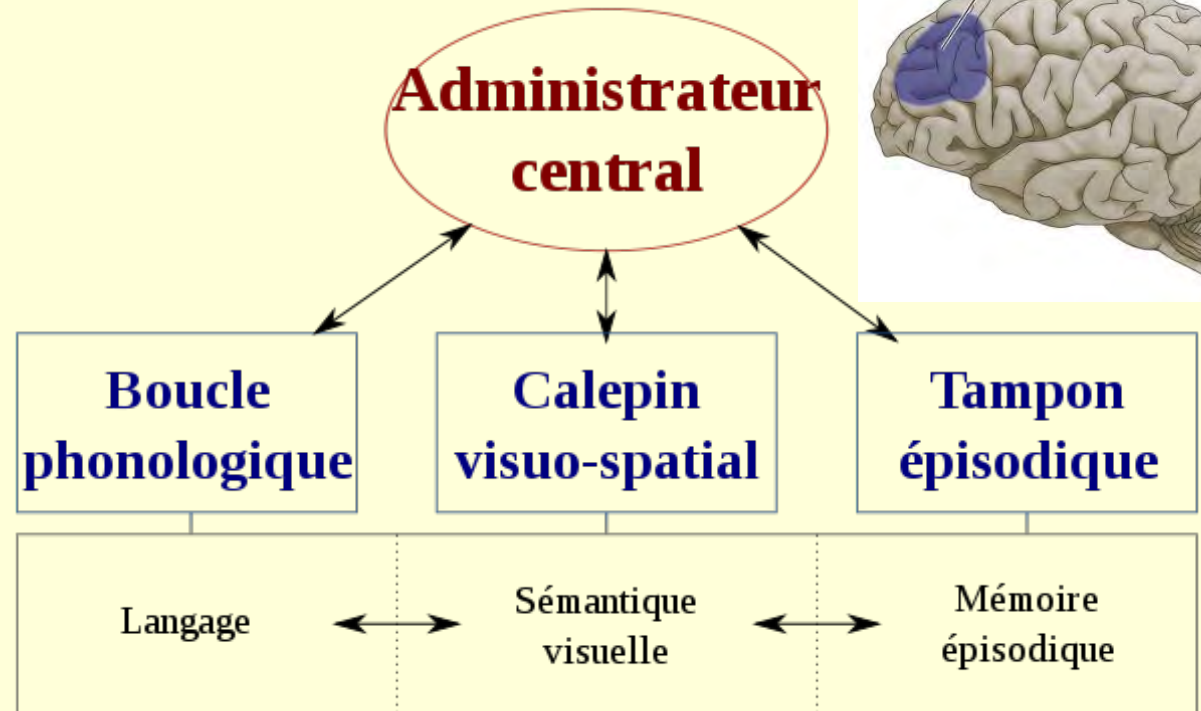
Donc encore une fois, pas les mêmes structures cérébrales...

Oui... et non !
Car certaines, comme le cortex préfrontal dorsolatéral est impliqué dans les deux types de mémoire, à court et à long terme.



Car on a vu la semaine dernière qu'une même région pouvait être impliquée dans **différents réseaux** cérébraux.





Friday, July 07, 2017

Working memory isn't just in the frontal lobes.

http://mindblog.dericbownds.net/2017/07/working-memory-isnt-just-in-frontal.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29

“Taken together, our findings reveal neurologically dissociable **PFC** and **parieto-occipital** systems

and suggest that parallel, bidirectional oscillatory systems form the basis of working memory.”

Pour clore l'histoire de H.M.:

Son cerveau a été coupé en près de 2600 minces tranches qui ont été numérisées et rendues accessibles gratuitement sur Internet.

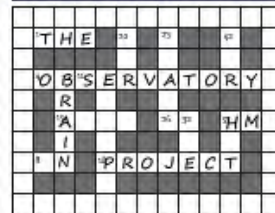
Comme l'amnésie de H.M. était extrêmement bien documentée au niveau de ses **capacités psychologiques**, on pourra encore continuer à chercher des corrélations entre celles-ci et **l'anatomie** particulière de son cerveau.

Postmortem examination of patient H.M.'s brain based on histological sectioning and digital 3D reconstruction

<http://www.nature.com/ncomms/2014/140128/ncomms4122/full/ncomms4122.html>

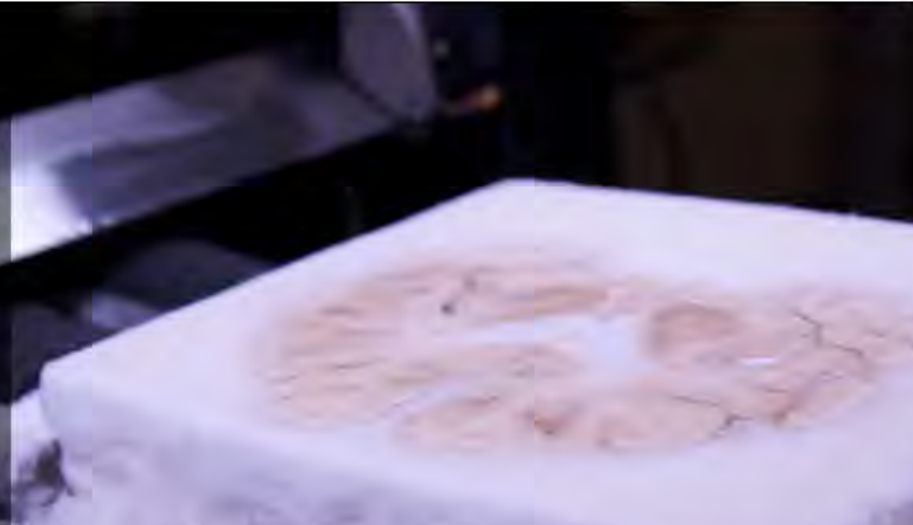
Published 28 January **2014**

THE BRAIN OBSERVATORY™ UC San Diego HOME | PROJECT HM | ARTICLES | VIDEOS



DECONSTRUCTING HENRY
THE RE-EXAMINATION OF THE BRAIN OF PATIENT H.M.
THE BRAIN OBSERVATORY

The frozen block of gelatin and brain was sectioned on a heavy-duty microtome for 53 hours straight. Five blades were used in the process.



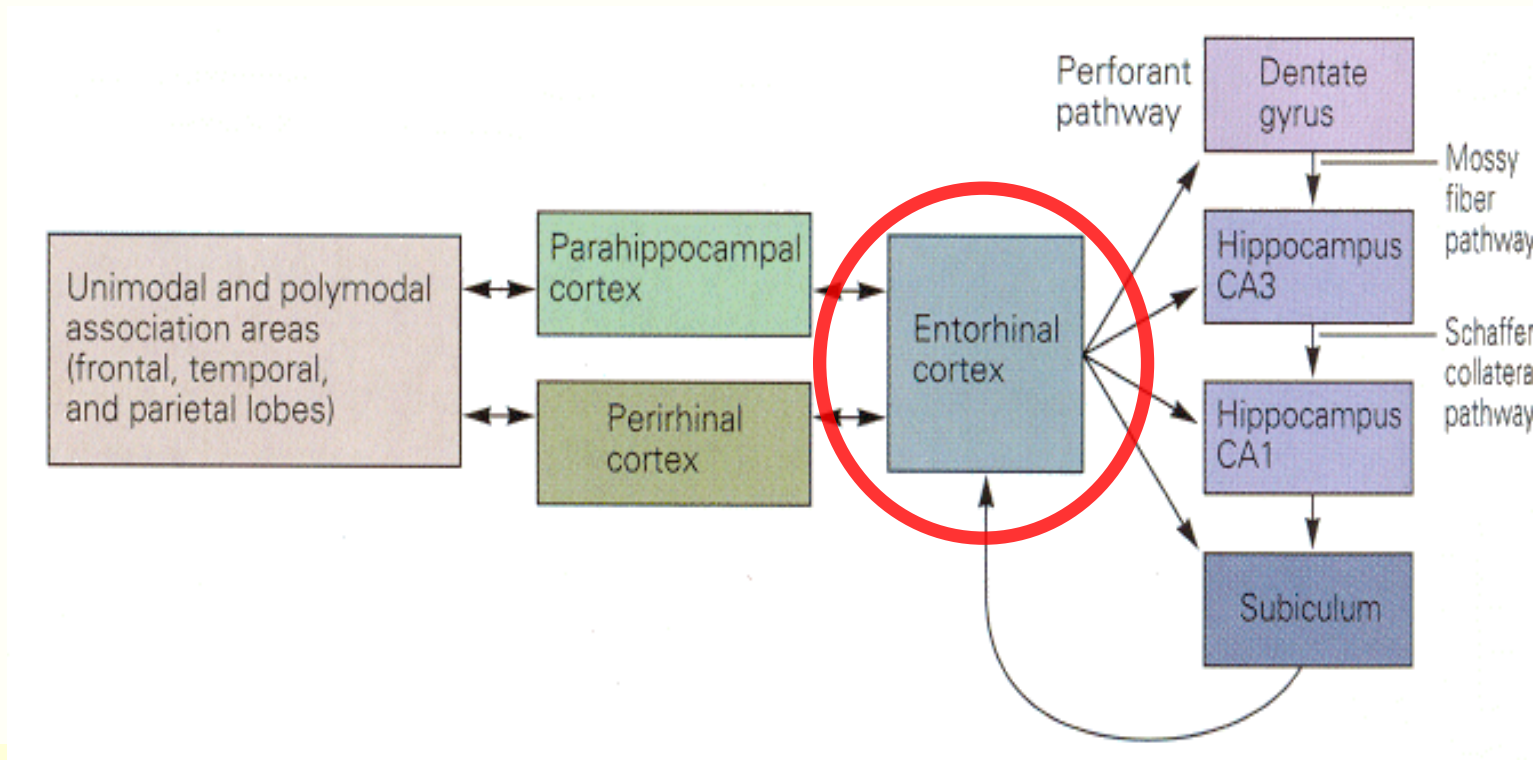
Forever Young: The Story of Patient H.M.

October 14, **2015** by Kate Fehlhaber

<http://knowingneurons.com/forever-young-the-story-of-patient-h-m/>

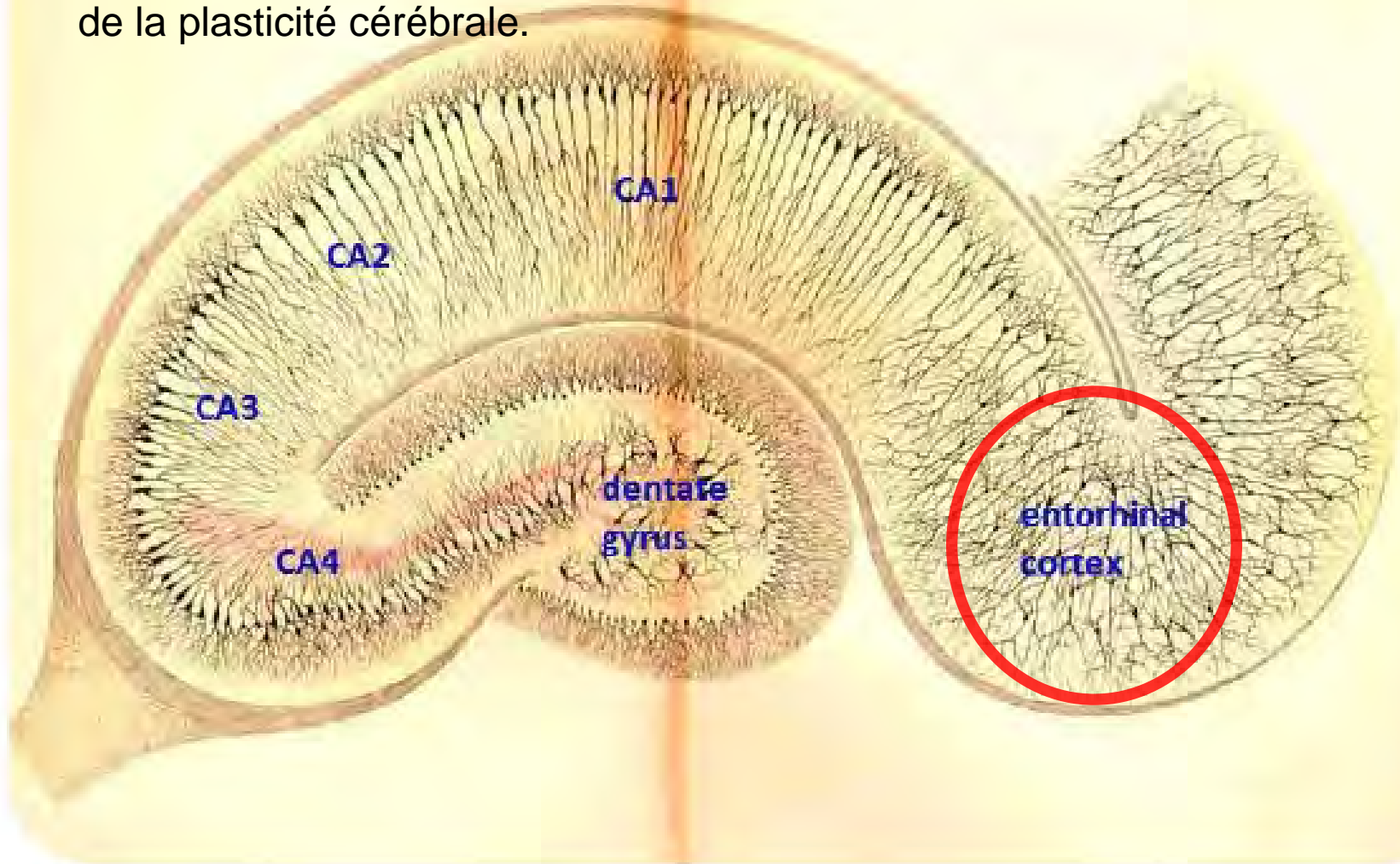
Plus de 50 ans après son opération, ces images ont montré qu'il y avait étonnamment une **proportion non négligeable de l'hippocampe** qui avait été laissée intacte.

Mais d'autres régions, comme le **cortex entorhinal** (situé entre l'hippocampe et le reste du cortex), qui n'avaient pas été explicitement ciblées par la chirurgie avaient, elles, été enlevées, suggérant que ces régions ont aussi un rôle important à jouer dans la mémoire.



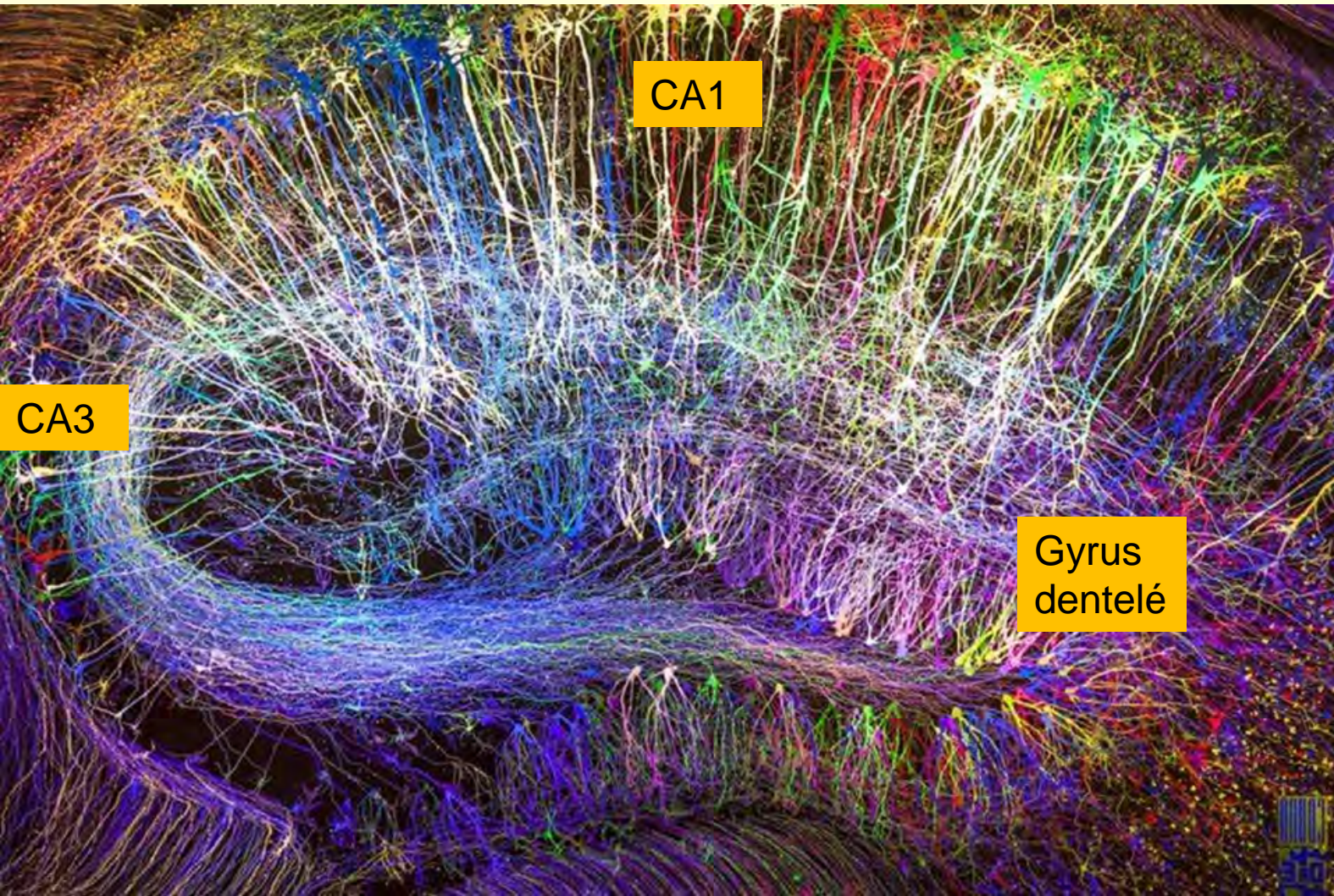
Mais d'autres régions, comme le **cortex entorhinal** (situé entre l'hippocampe et le reste du cortex), qui n'avaient pas été explicitement ciblées par la chirurgie avaient, elles, été enlevées, suggérant que ces régions ont aussi un rôle important à jouer dans la mémoire.

Détaillons un peu l'hippocampe pour aller vers les mécanismes neuronaux de la plasticité cérébrale.

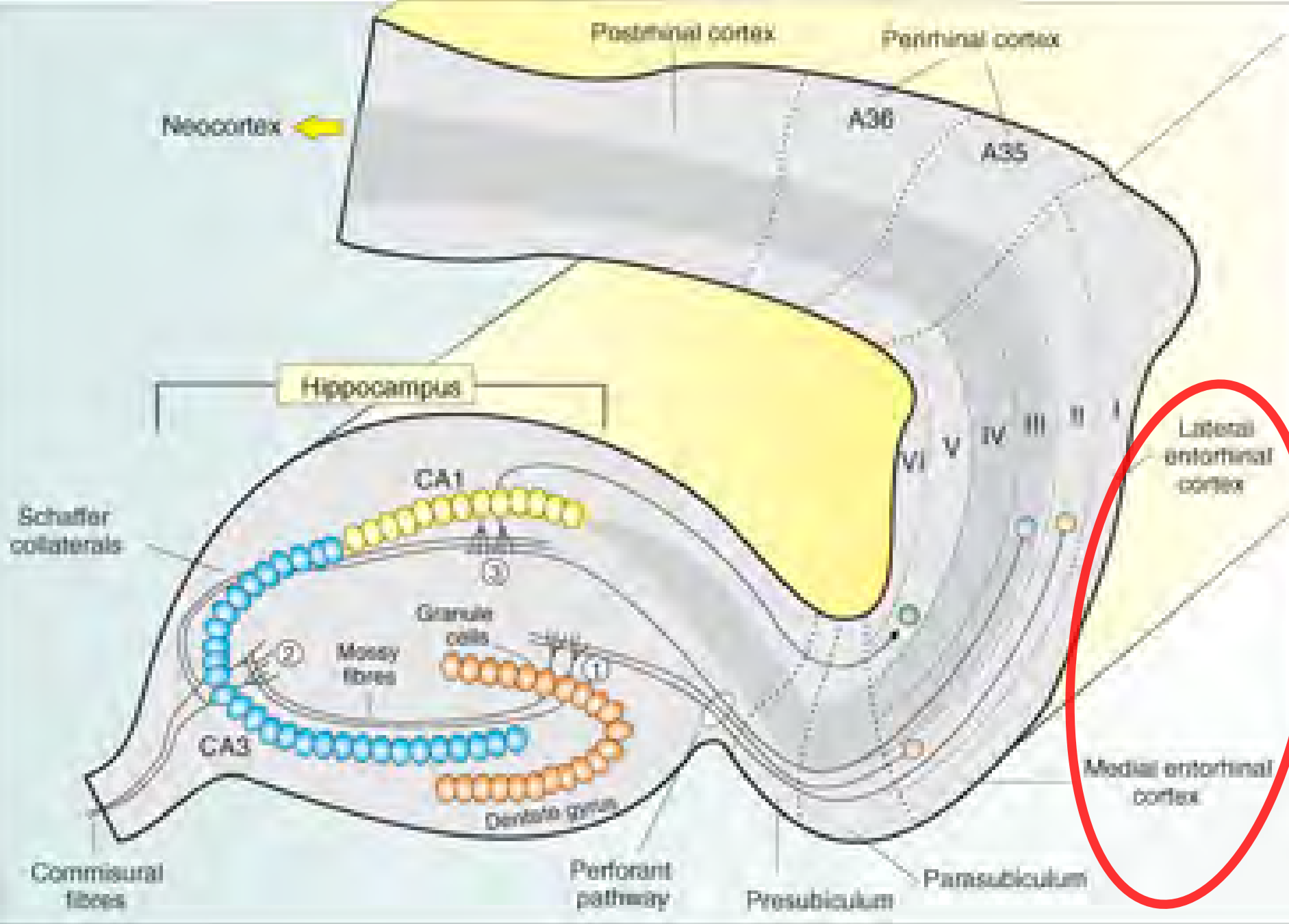


Drawing of Hippocampus by Camilo Golgi

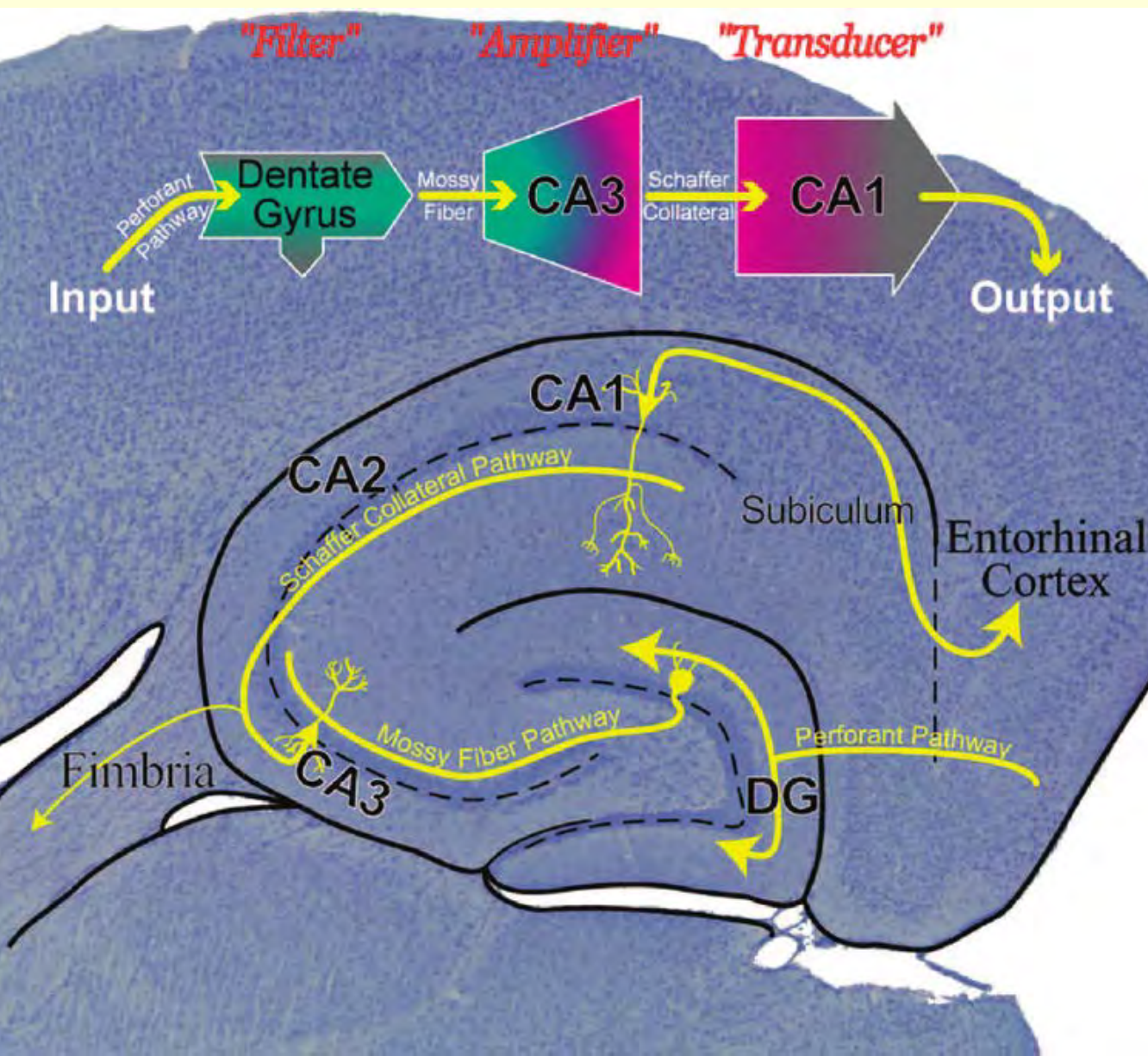
Subregions of the hippocampus exhibit histological differences.



Coloration « **Brainbow** »



L'hippocampe reçoit des **inputs** correspondant aux représentations corticales à un instant donné.



Évolution des différents types de mémoire;

Structures cérébrales associées;

Le cas du patient H.M.;

Quelques mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP;

Neurogenèse;

PAUSE

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

Se souvenir de chaque jour de sa vie;

Les facteurs qui influencent la mémoire;

Trucs mnémotechniques;

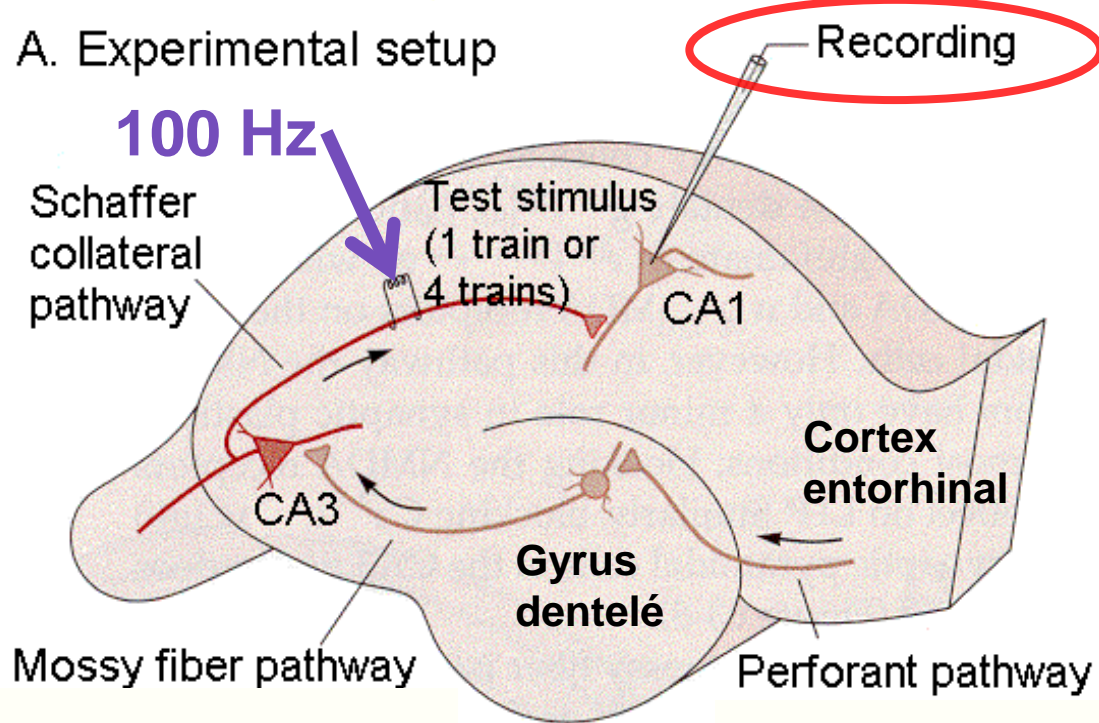
L'influence de l'âge sur diverses capacités cognitives

Jusqu'où peut aller la plasticité cérébrale ?

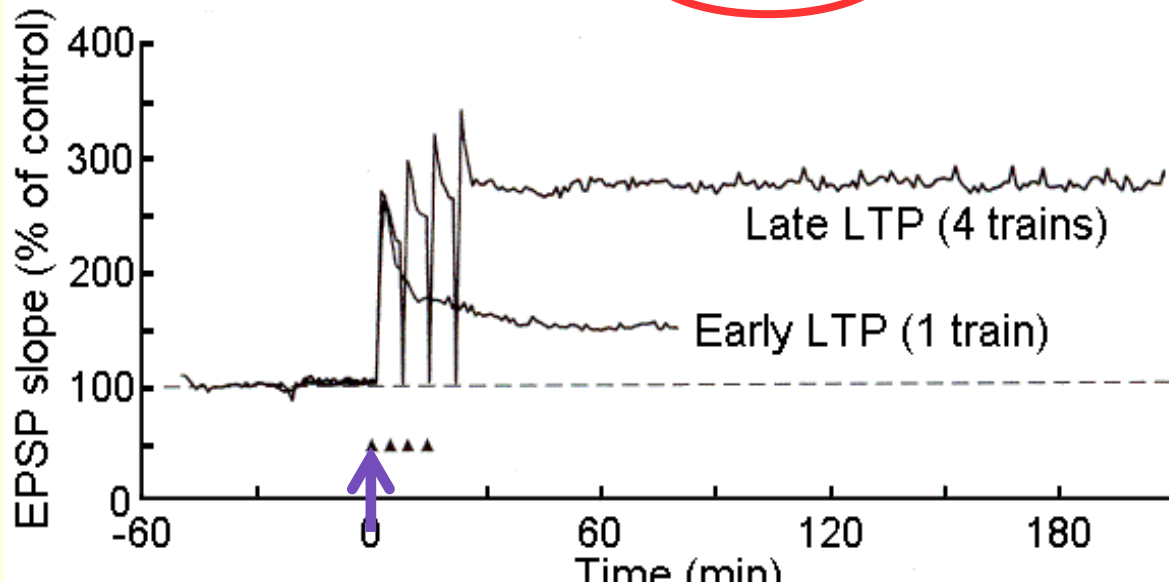
Bonus #1 : Exemples de recyclage et de réutilisation neuronal

Bonus #2 : Détails des mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP

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)**

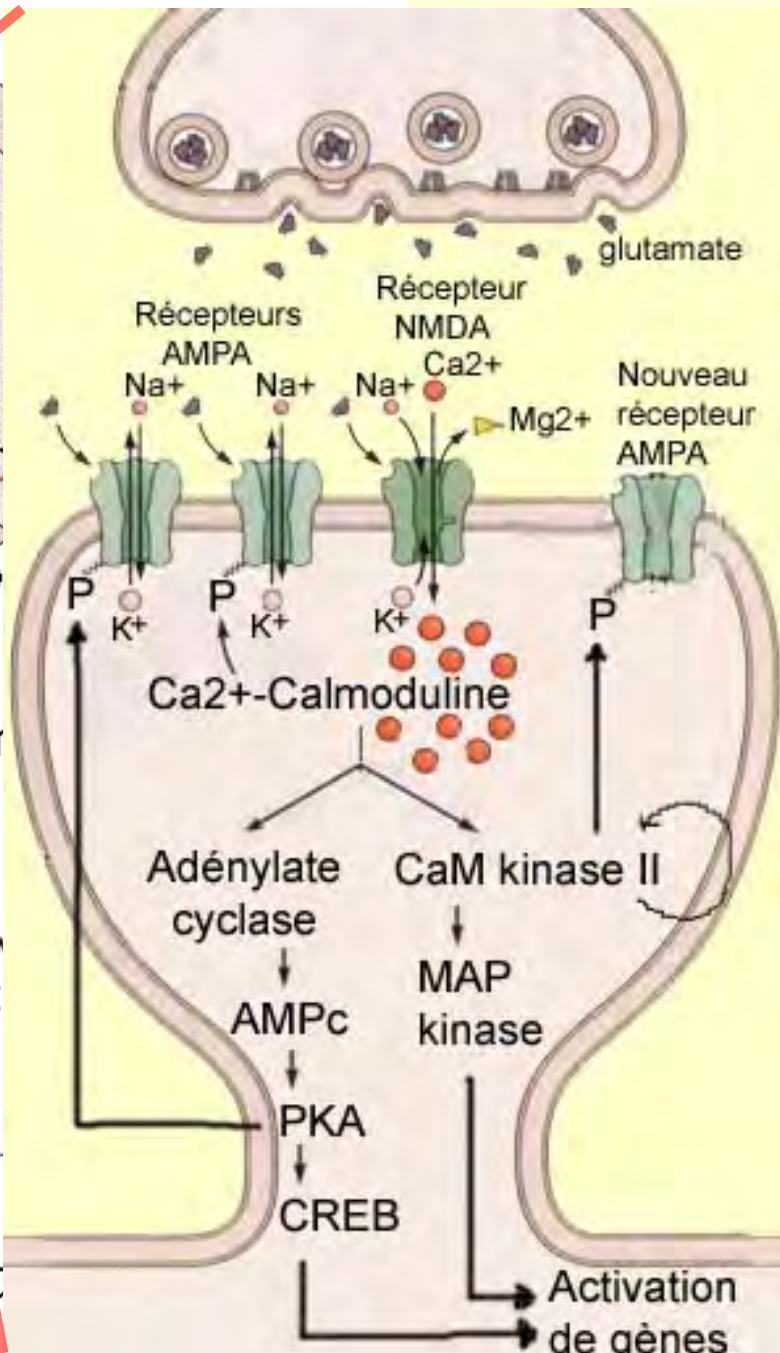
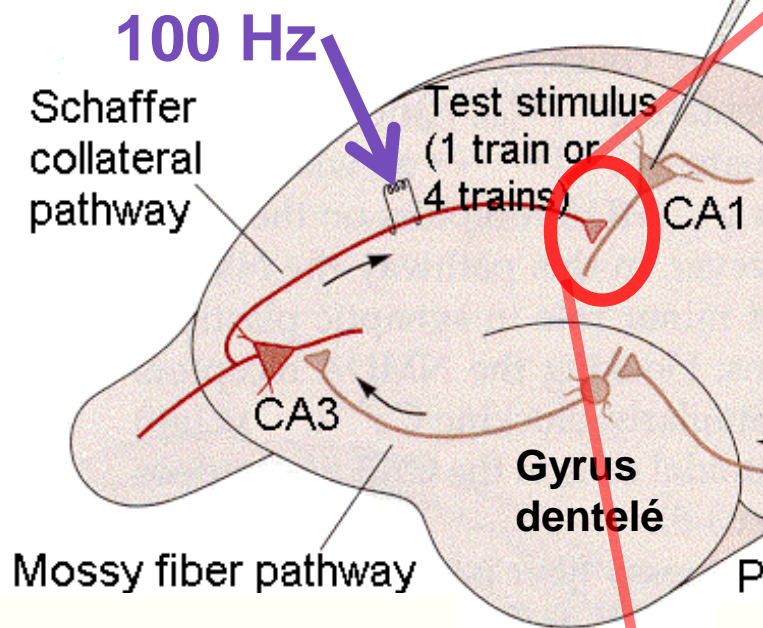
en stimulant à haute-fréquence les collatérales de Schaffer

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

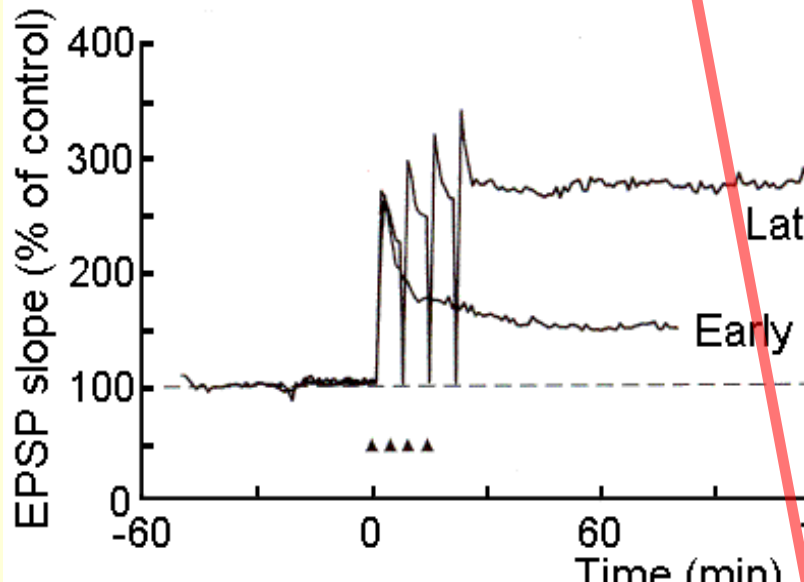
https://www.youtube.com/watch?v=vso9jgfp1_c

2:40 à 6:30

A. Experimental setup



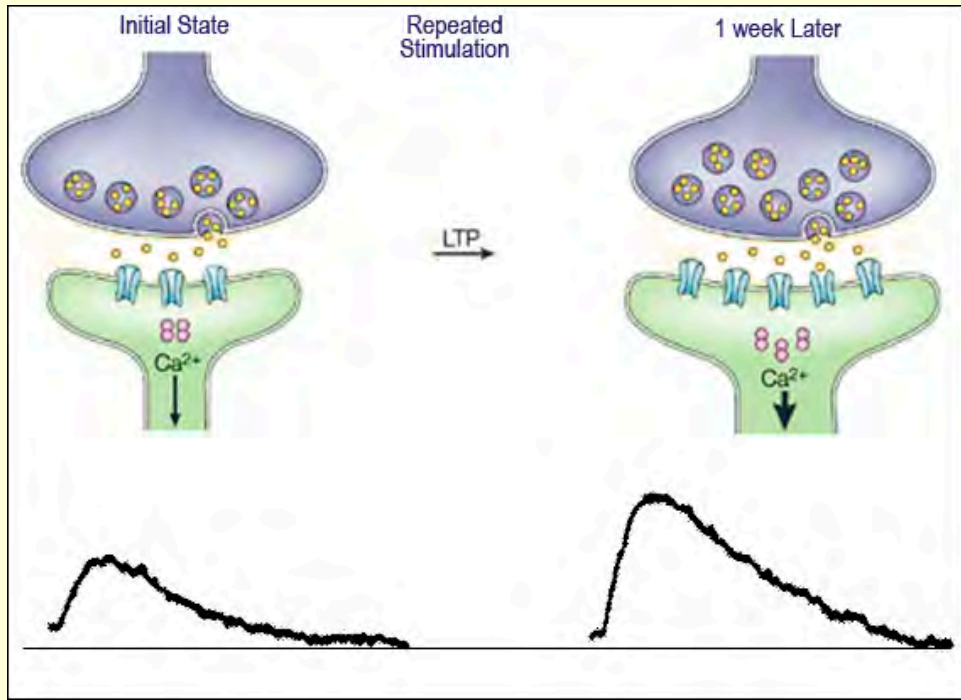
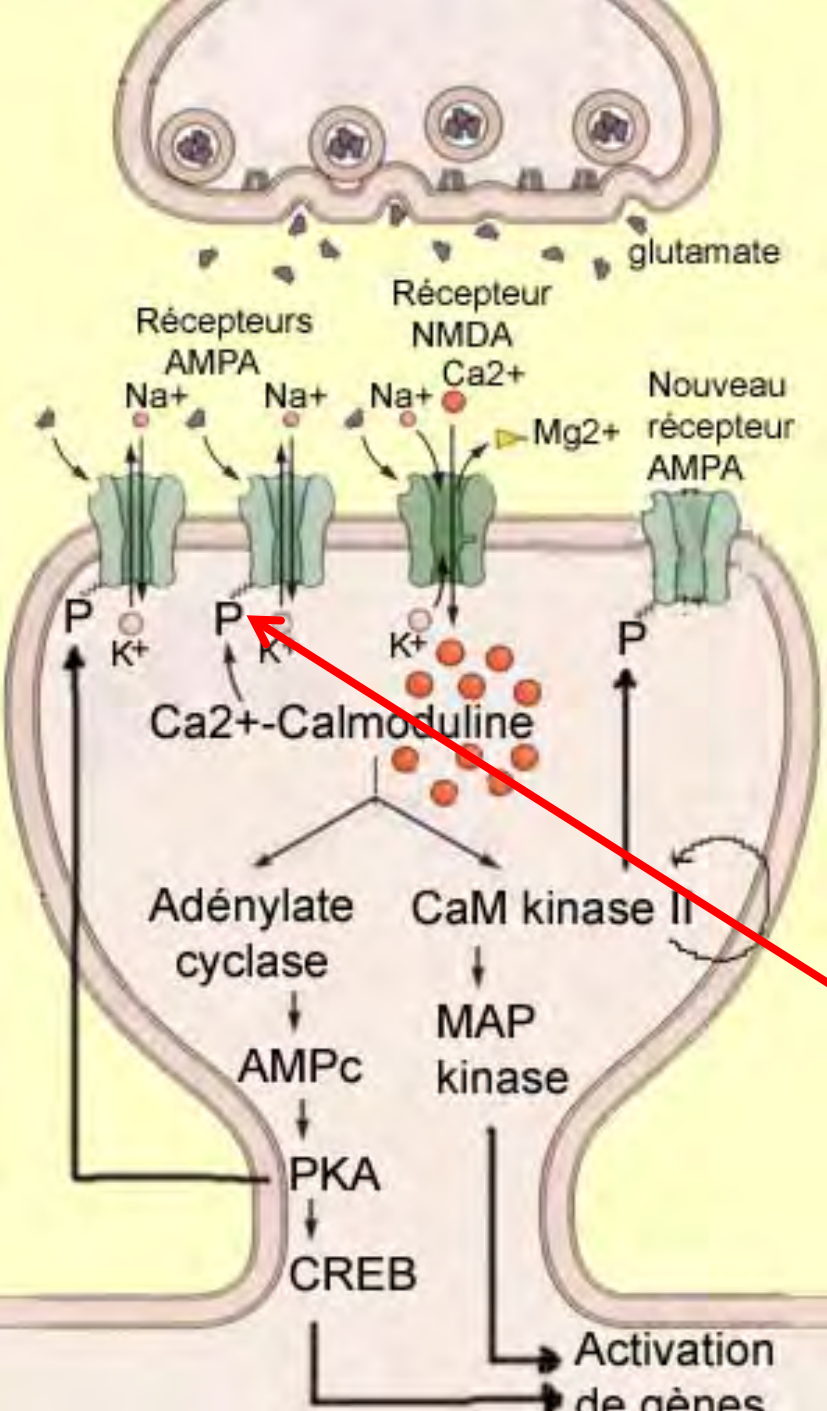
B. LTP in the hippocampus CA1 and CA3





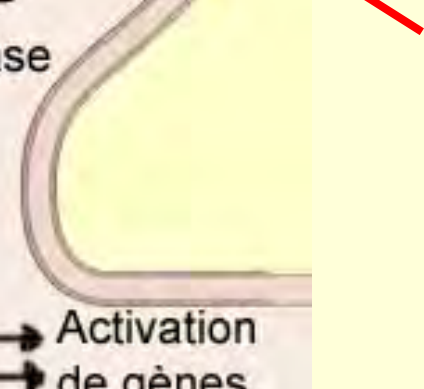
PLT : un des phénomènes de plasticité à la base de l'apprentissage
(on en avait dit un mot avec cette diapo au [cours 2](#))

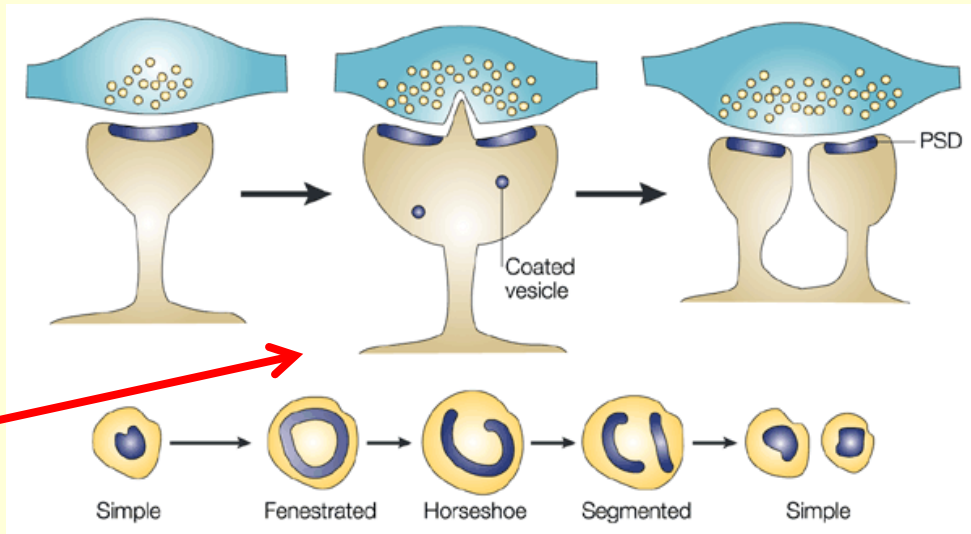
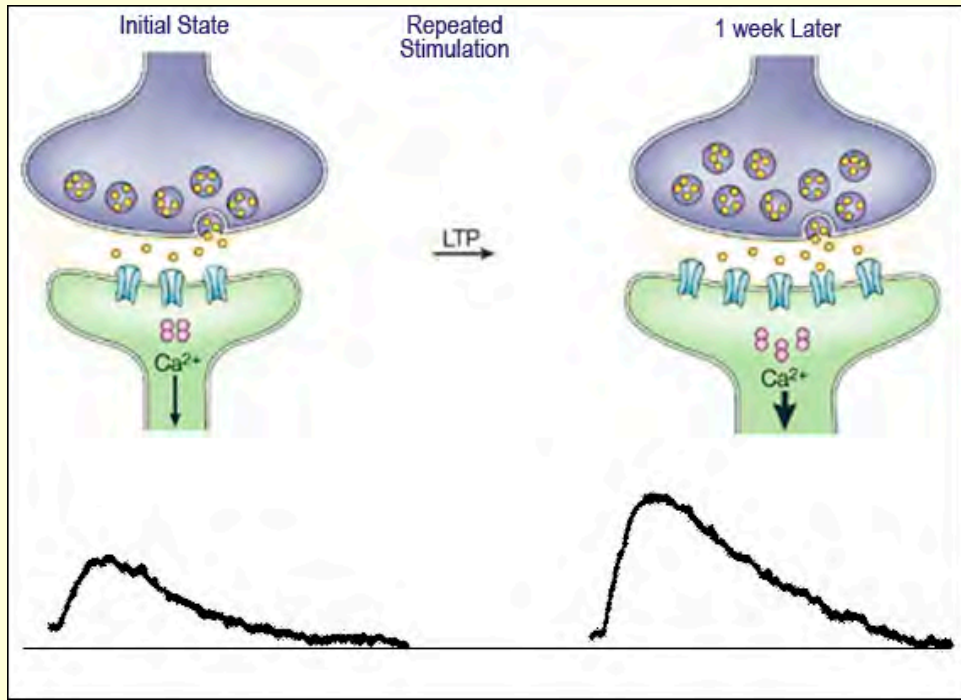
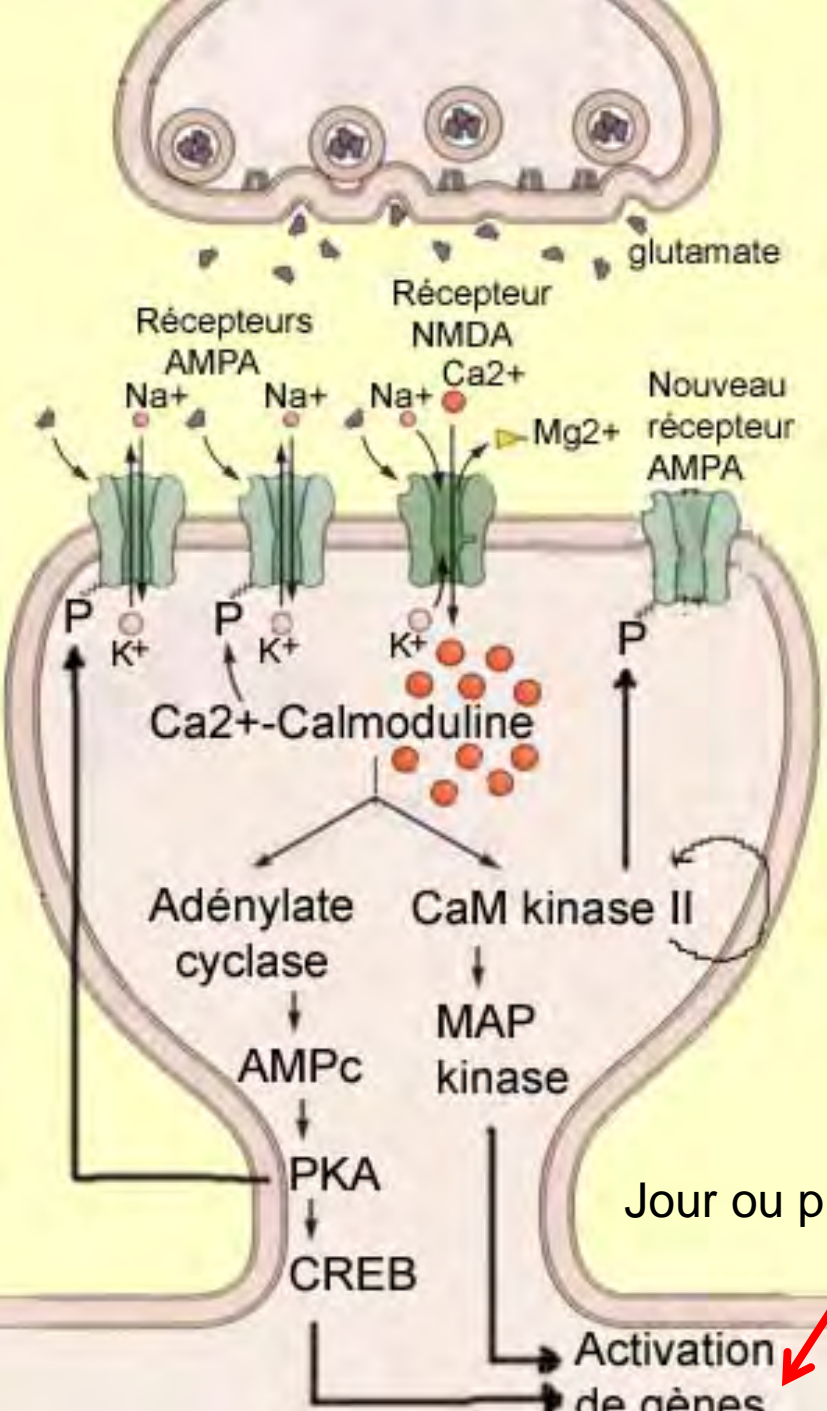
http://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i_07/i_07_m/i_07_m_tra/i_07_m_tra.html



Ordre de grandeur temporelle :

Minutes ou heures

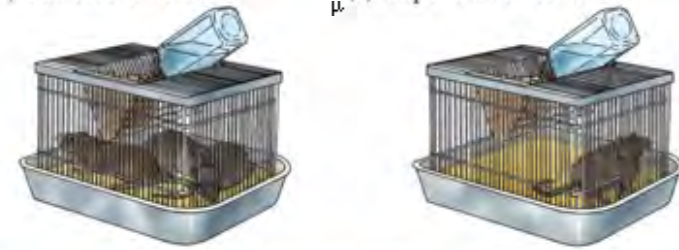




Jour ou plus

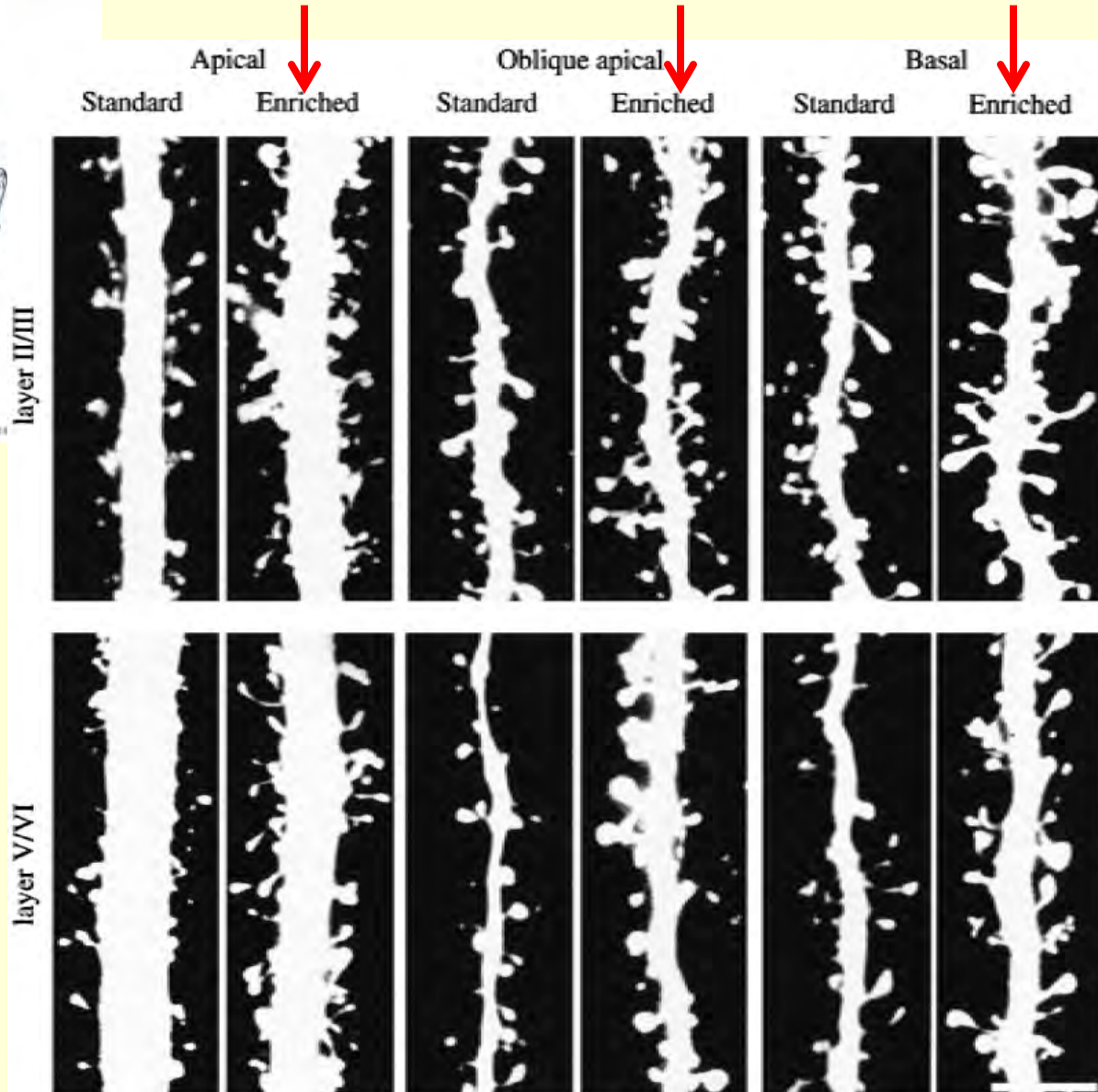
a) Standard condition

b) Impoverished 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

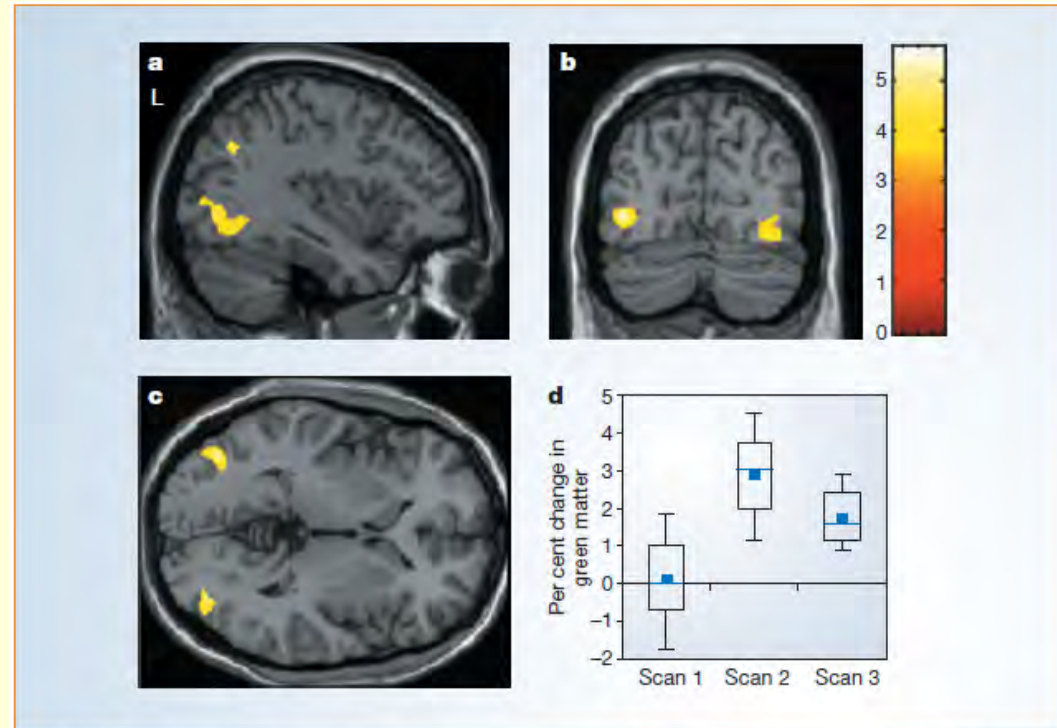


Figure 1 Transient changes in brain structure induced while learning to juggle. **a–c**, Statistical parametric maps showing the areas with transient structural changes in grey matter for the jugglers group compared with non-juggler controls. **a**, Sagittal view; **b**, coronal view; **c**, axial view. 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 | VOL 427 | 22 JANUARY 2004 | www.nature.com/nature

Par la suite :

- Chauffeurs de taxi
- Méditation
- Etc.

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

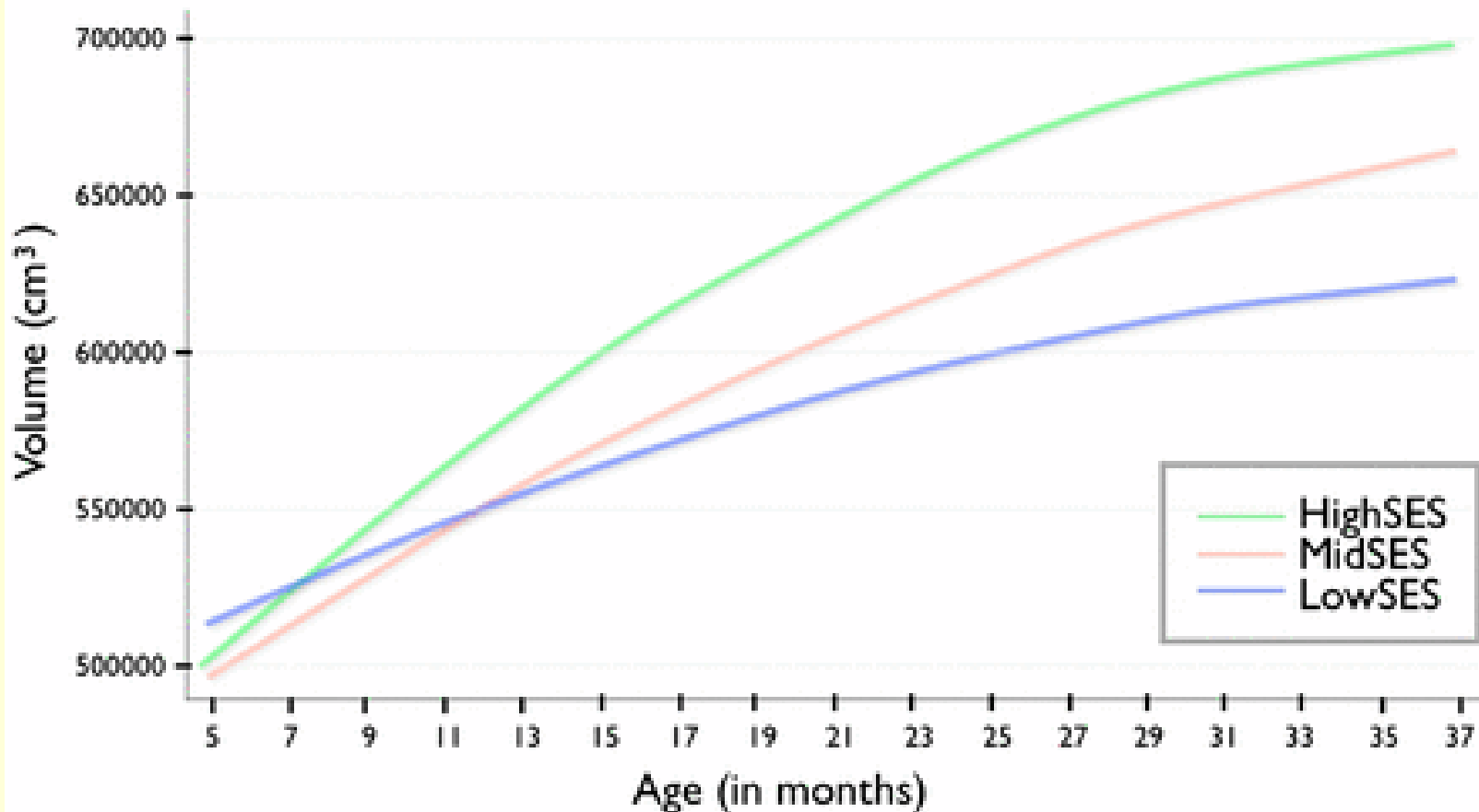
Wednesday, **February 03, 2016**

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

Total Gray Matter

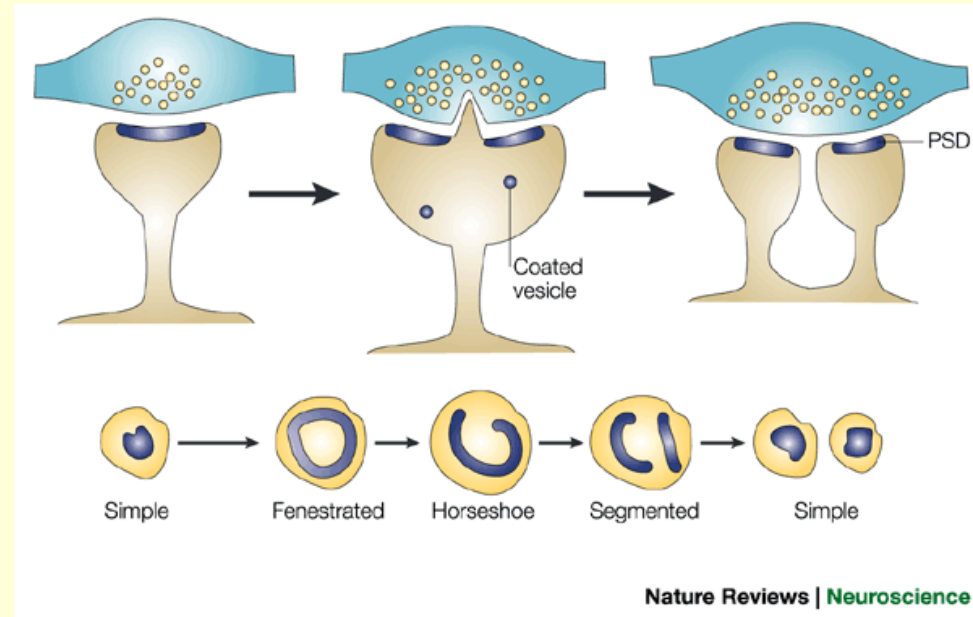
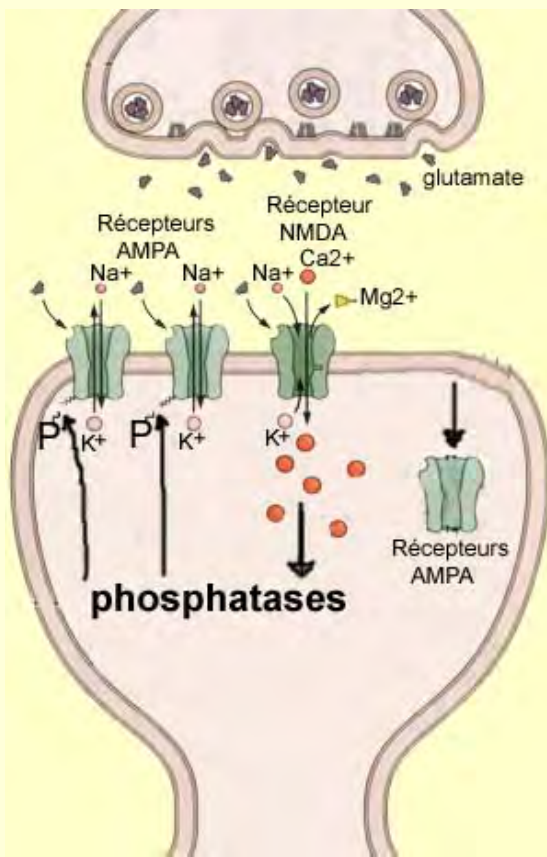
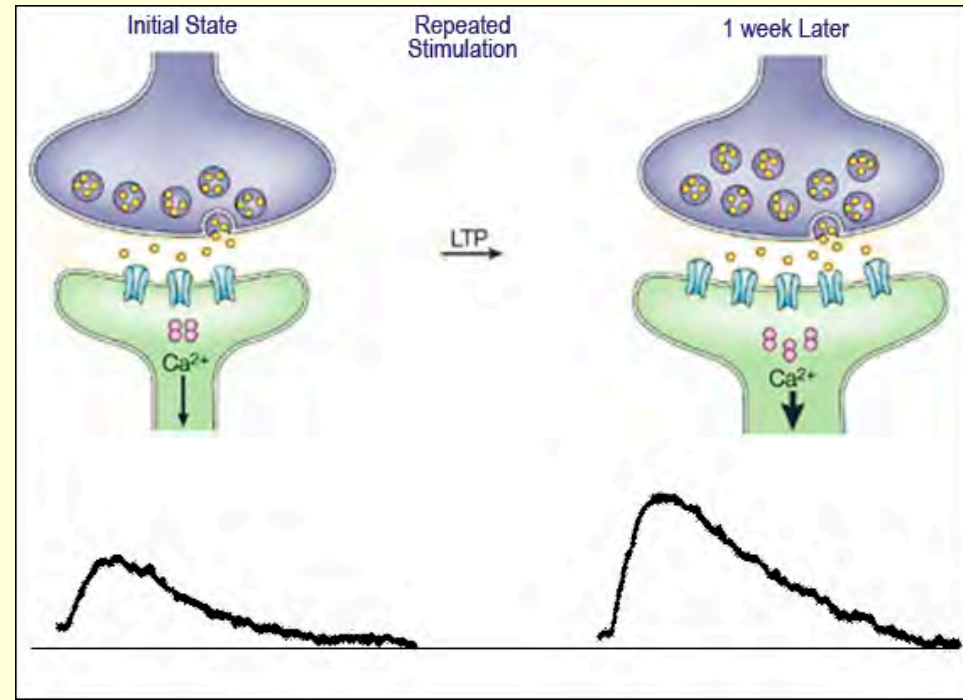
Surtout dans le lobe frontal et l'hippocampe.



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 !

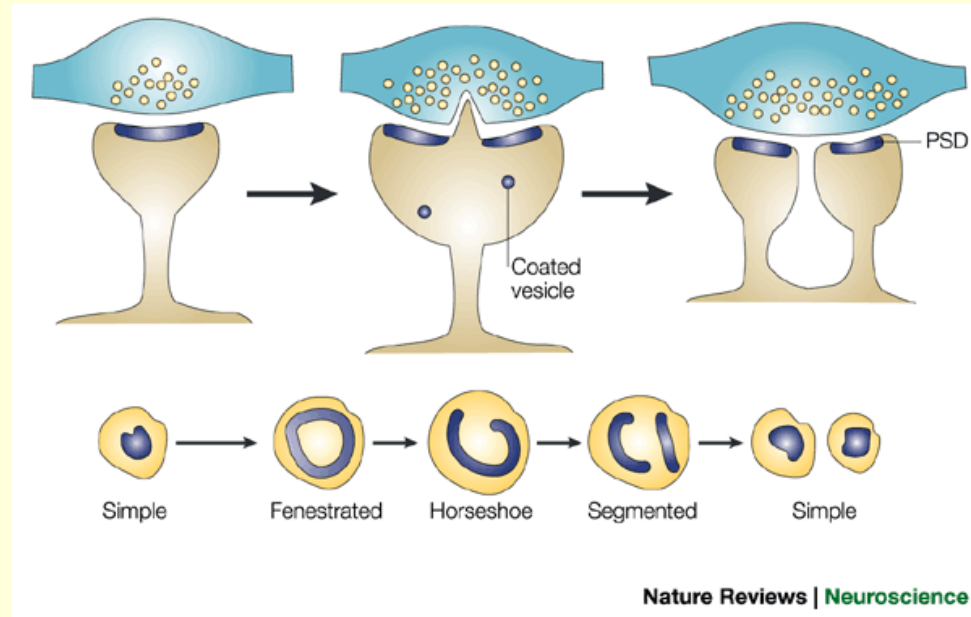
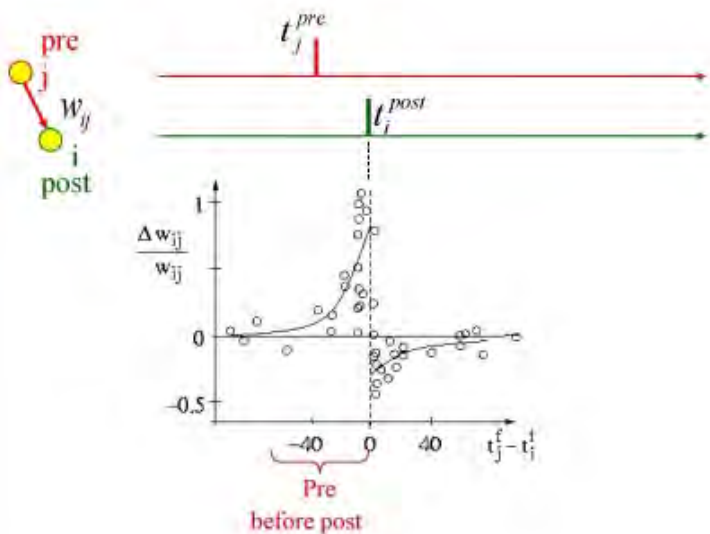
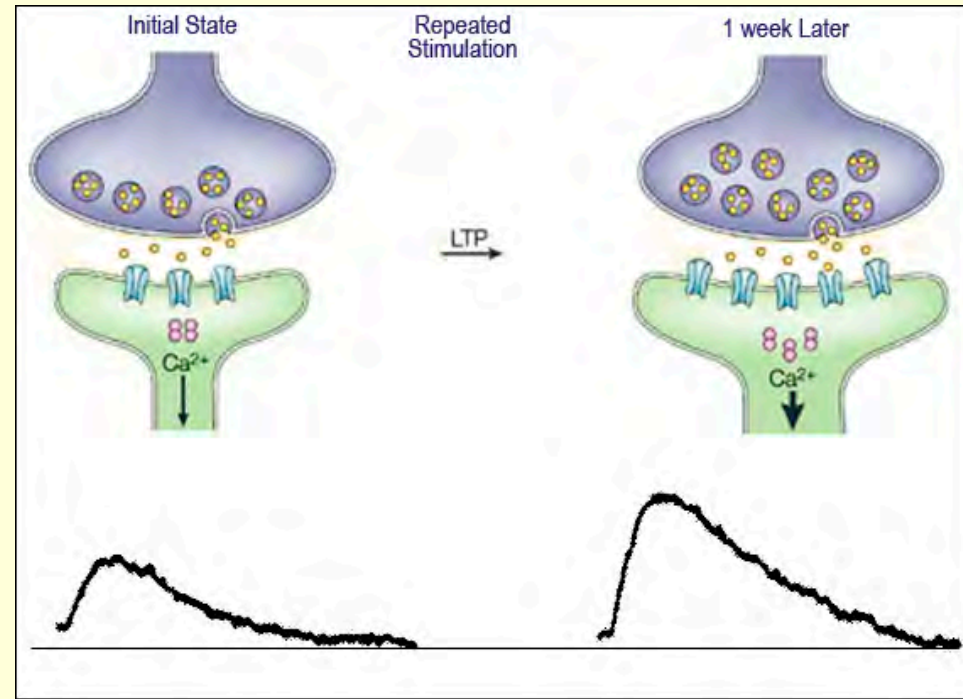
- La **dépression à long terme (DLT)**



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**)

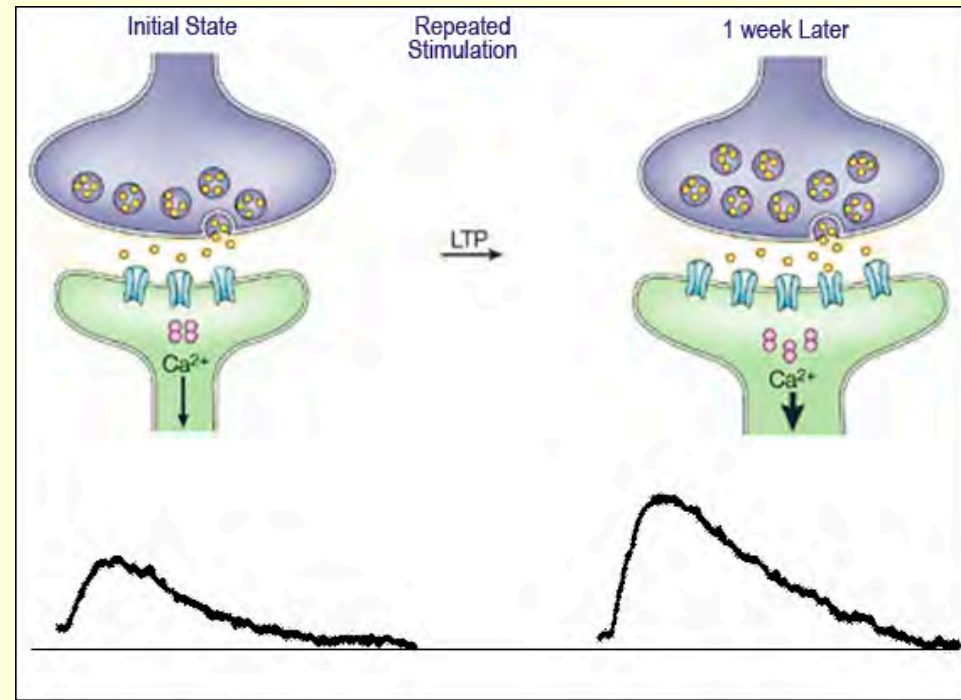
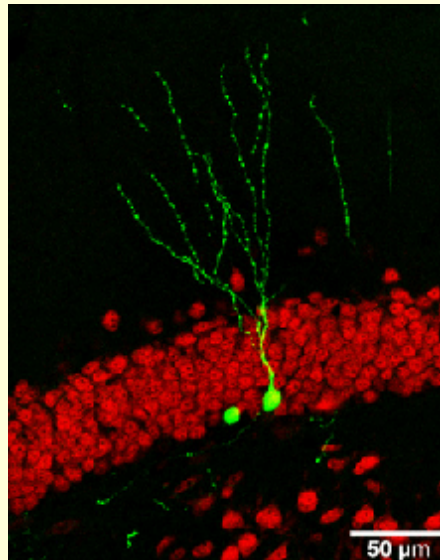
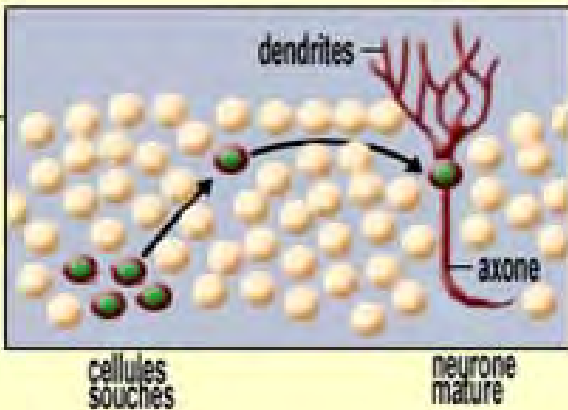


La **potentialisation à long terme (PLT)** est l'un des mécanismes les plus documentés derrière les phénomènes d'apprentissage et de mémoire.

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...



Évolution des différents types de mémoire;
Structures cérébrales associées;
Le cas du patient H.M.;
Quelques mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP;
Neurogenèse;

PAUSE

Se souvenir de chaque jour de sa vie;
Les facteurs qui influencent la mémoire;
Trucs mnémotechniques;
L'influence de l'âge sur diverses capacités cognitives
Jusqu'où peut aller la plasticité cérébrale ?

Bonus #1 : Exemples de recyclage et de réutilisation neuronal

Bonus #2 : Détails des mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP

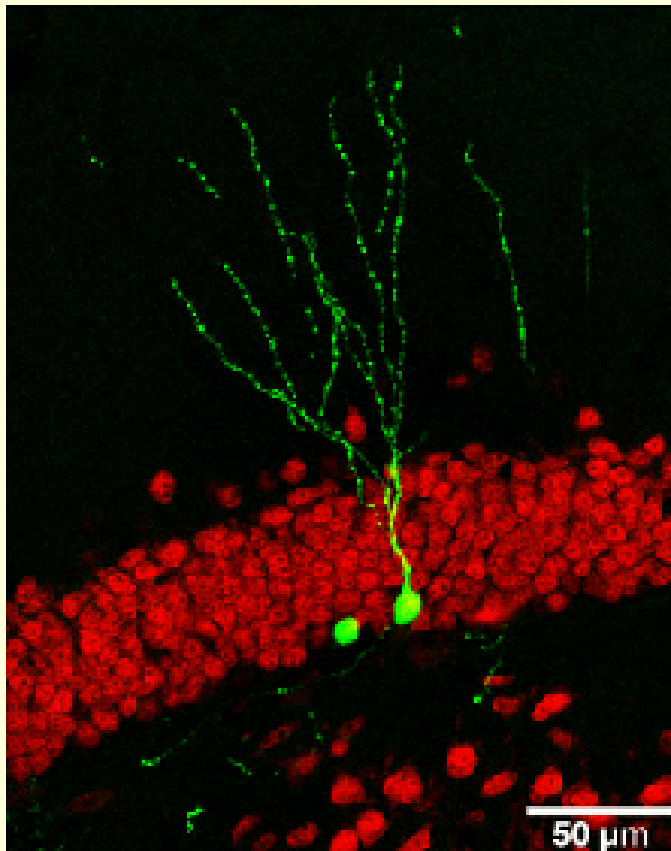
Neurogenèse

Depuis plus d'un siècle, on tenait pour un **dogme** le fait qu'il ne se développait pas de nouveaux neurones dans le cerveau humain adulte.

On naissait avec notre stock maximal de neurones, et celui-ci ne faisait que décroître tout au long de notre vie...

En **1992** et **1993**, Elizabeth Gould mentionne dans deux articles plusieurs signes de la naissance de nouveaux neurones dans **l'hippocampe de rat adulte.**

Depuis une quinzaine d'années, on sait que certaines parties du cerveau des primates, y compris l'être humain, maintiennent leur capacité de **produire de nouveaux neurones** durant toute la vie **adulte.**



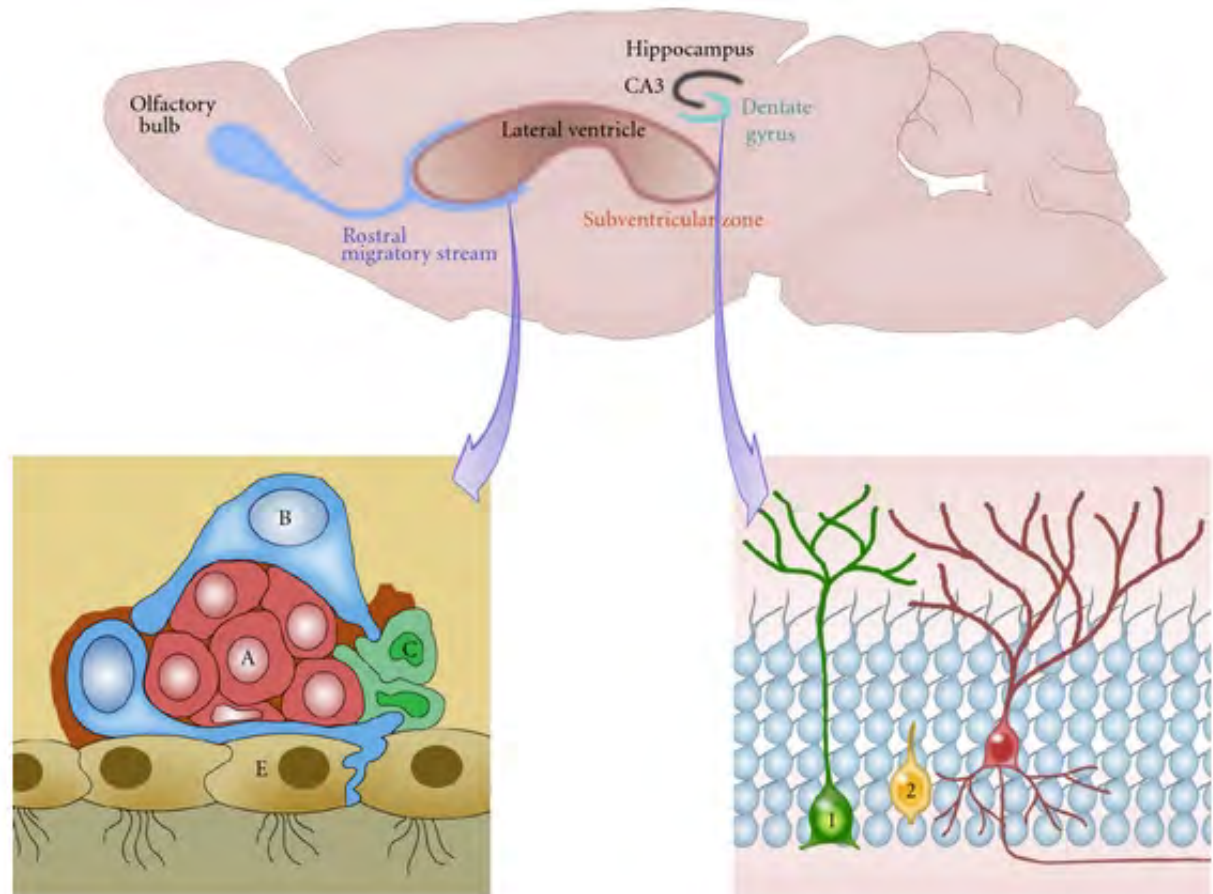
Nouveau neurone apparu dans l'hippocampe d'une souris adulte.

La neurogenèse se déroulerait principalement dans deux régions du cerveau des mammifères **adultes**, dont l'être humain :

1) Le gyrus dentelé de l'hippocampe

(cerveau de rat)

2) La zone sous-ventriculaire, (située sous la paroi des ventricules latéraux)



Après des travaux s'échelonnant sur plus d'une décennie,
une équipe suédoise a publié :

Dynamics of Hippocampal Neurogenesis in Adult Humans

Kirsty L. Spalding et al., Volume 153, Issue 6, 6 June
2013, Pages 1219–1227

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2013/07/01/sur-les-epaules-de-darwin/>



par **Jean-Claude Ameisen**
le samedi de 11h05 à 12h

sur les épaules de Darwin

- accueil
- écoutez le direct
- programmes
- émissions
- chroniques

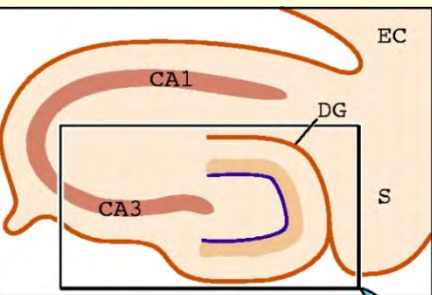


Après des travaux s'échelonnant sur plus d'une décennie,
une équipe suédoise a publié :

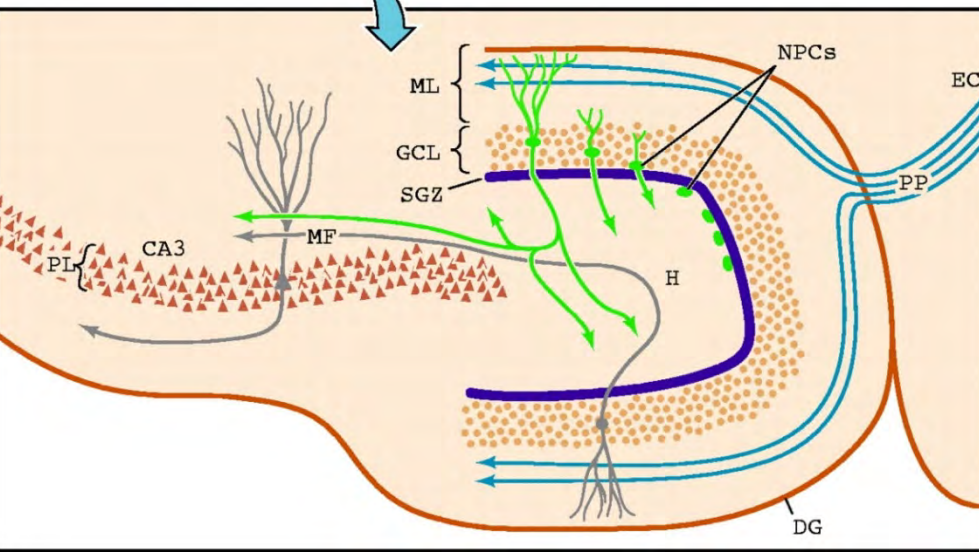
Dynamics of Hippocampal Neurogenesis in Adult Humans

Kirsty L. Spalding et al., Volume 153, Issue 6, 6 June
2013, Pages 1219–1227

Dans le gyrus
denté de
l'hippocampe (DG)



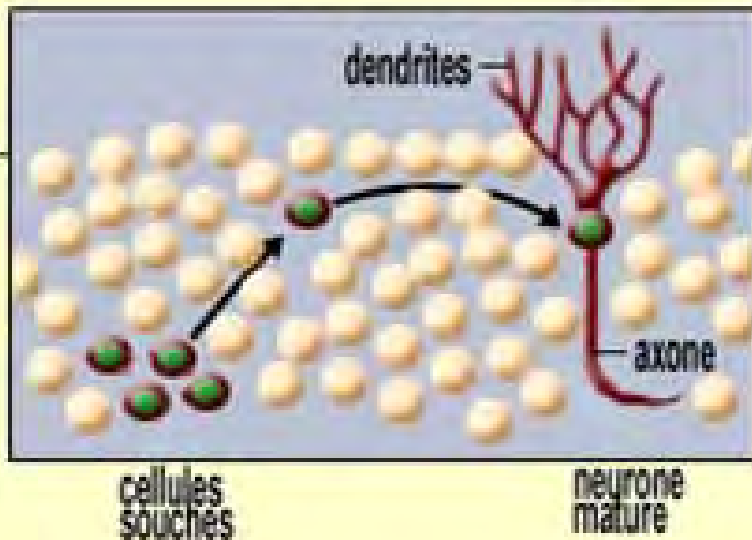
- environ 700 cellules se différencient en nouveaux neurones chaque jour dans chacun de nos hippocampes,



- soit 250 000 par année (ou près de 2% de la population neuronale de l'hippocampe par année)
- près du tiers des cellules nerveuses de l'hippocampe subiraient ce renouvellement au cours d'une vie.

→ Plus récemment, en **2016**,
le même laboratoire a mis en évidence que les néoneurones apparus
à l'âge adulte (dans le bulbe olfactif de la souris) sont particulièrement
dynamiques :

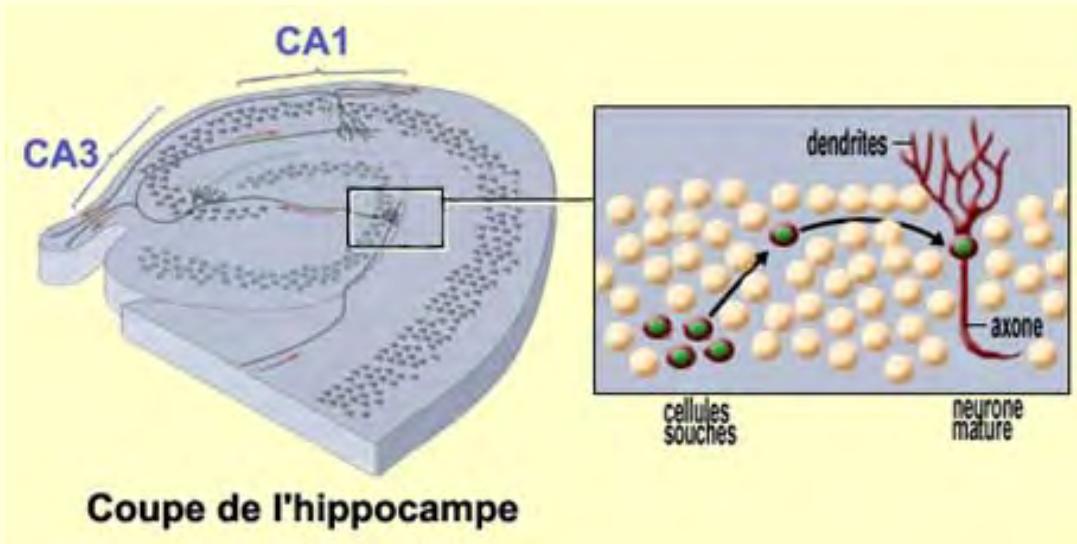
20 % des connexions établies entre ces neurones et ceux préexistants
sont modifiées quotidiennement, soit **20 fois plus que ce que l'on
observe chez un neurone classique.**



Activation of adult-born neurons facilitates learning and memory

Mariana Alonso et al., Nature Neuroscience
(**2012**)

<http://www.nature.com/neuro/journal/v15/n6/abs/nn.3108.html>



Autres données intéressantes sur la neurogenèse dans l'hippocampe :

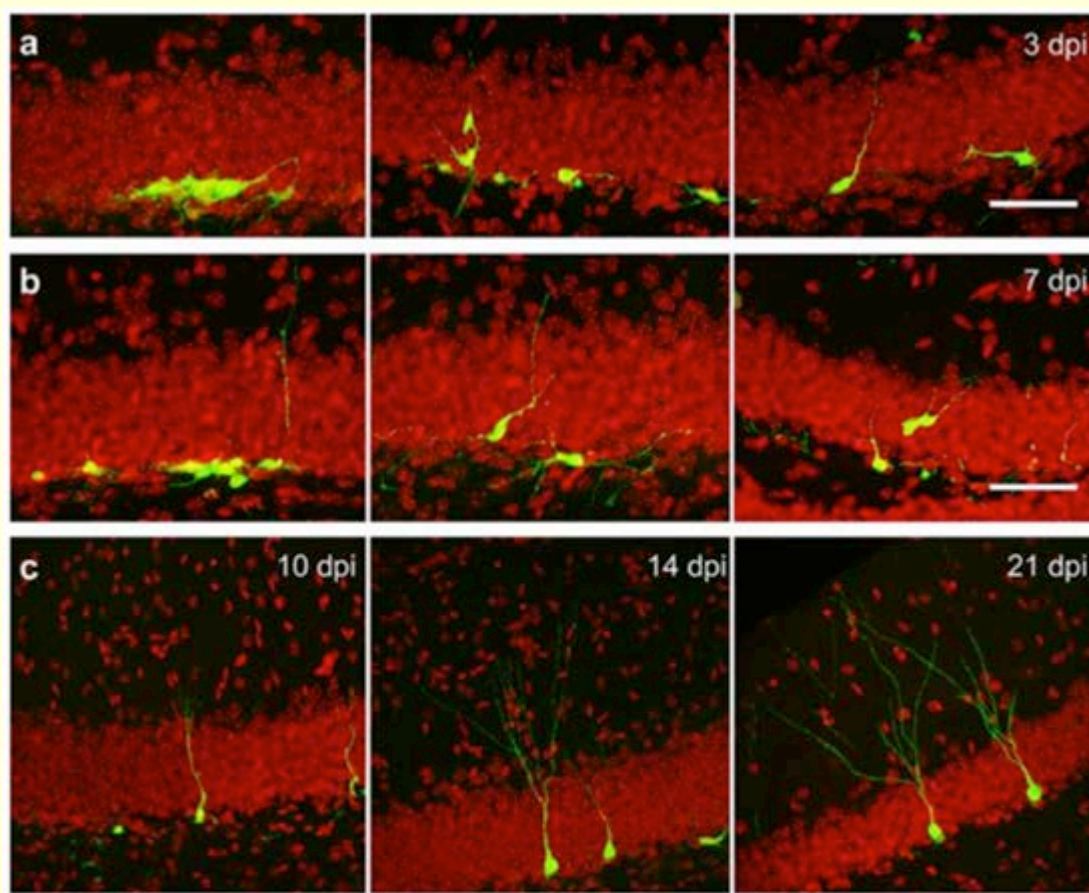
- le stress, qui est un facteur aggravant de la dépression, **diminue** la neurogenèse.
- les antidépresseurs, qui améliorent souvent les symptômes de la dépression, **augmentent** aussi la neurogenèse.
- L'exercice, qui améliore le moral des sujets normaux comme des personnes en dépression, **favorise** la neurogenèse.

6 règles d'or pour que votre cerveau continue à fabriquer de nouveaux neurones

Publié le 12-09-2016

<http://www.sciencesetavenir.fr/sante/cerveau-et-psy/20160909.OBS7789/6-regles-d-or-pour-que-votre-cerveau-continue-de-fabriquer-de-nouveaux-neurones.html>

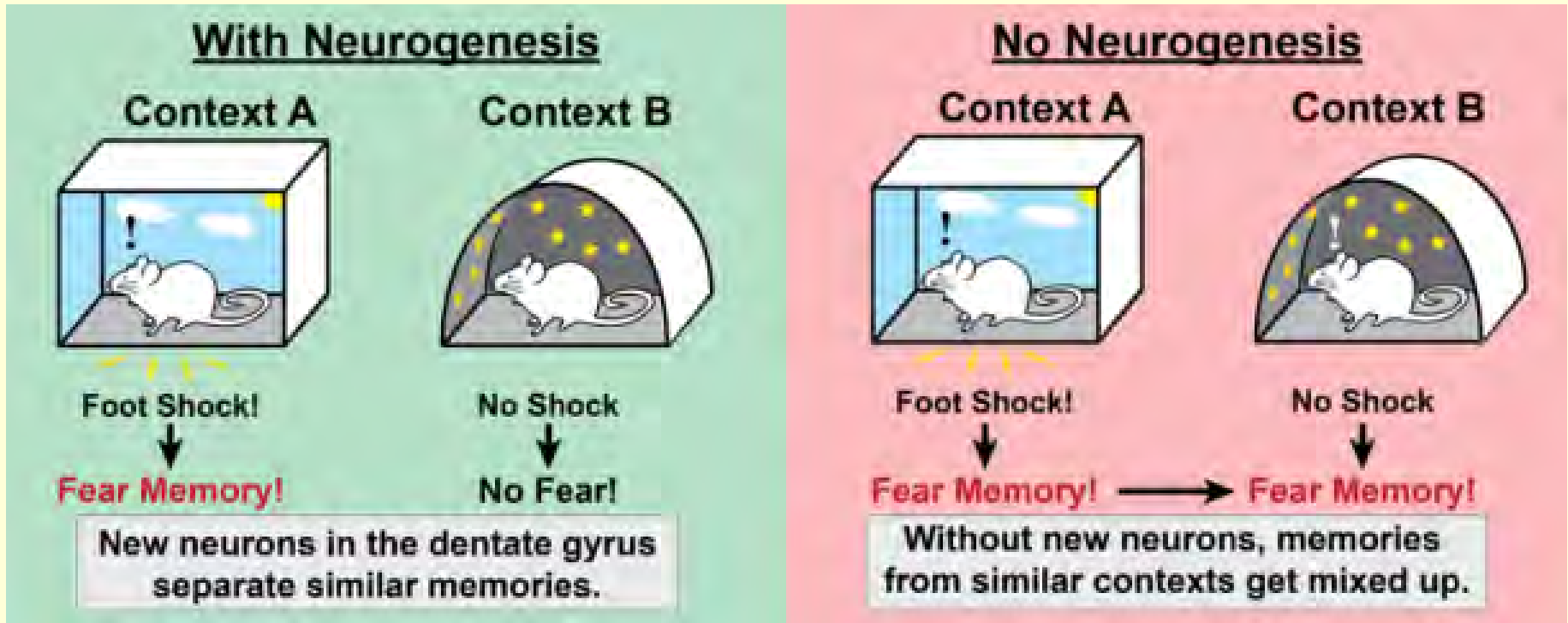
La neurogenèse permettrait aussi de mieux discerner deux souvenirs formés dans des contextes similaires (“**pattern separation**”).



Resolving New Memories: Adult Neurogenesis

<http://knowingneurons.com/2014/02/05/resolving-new-memories-adult-neurogenesis/>

Susumo Tonegawa a démontré (2012) que si l'on empêche le gyrus dentelé de produire de nouveaux neurones, les souvenirs formés dans des contextes similaires deviennent flous et peuvent se confondre.



Différentes sous-régions de l'hippocampe peuvent être activées lors d'une tâche donnée alors que l'information circule à travers les circuits de l'hippocampe.

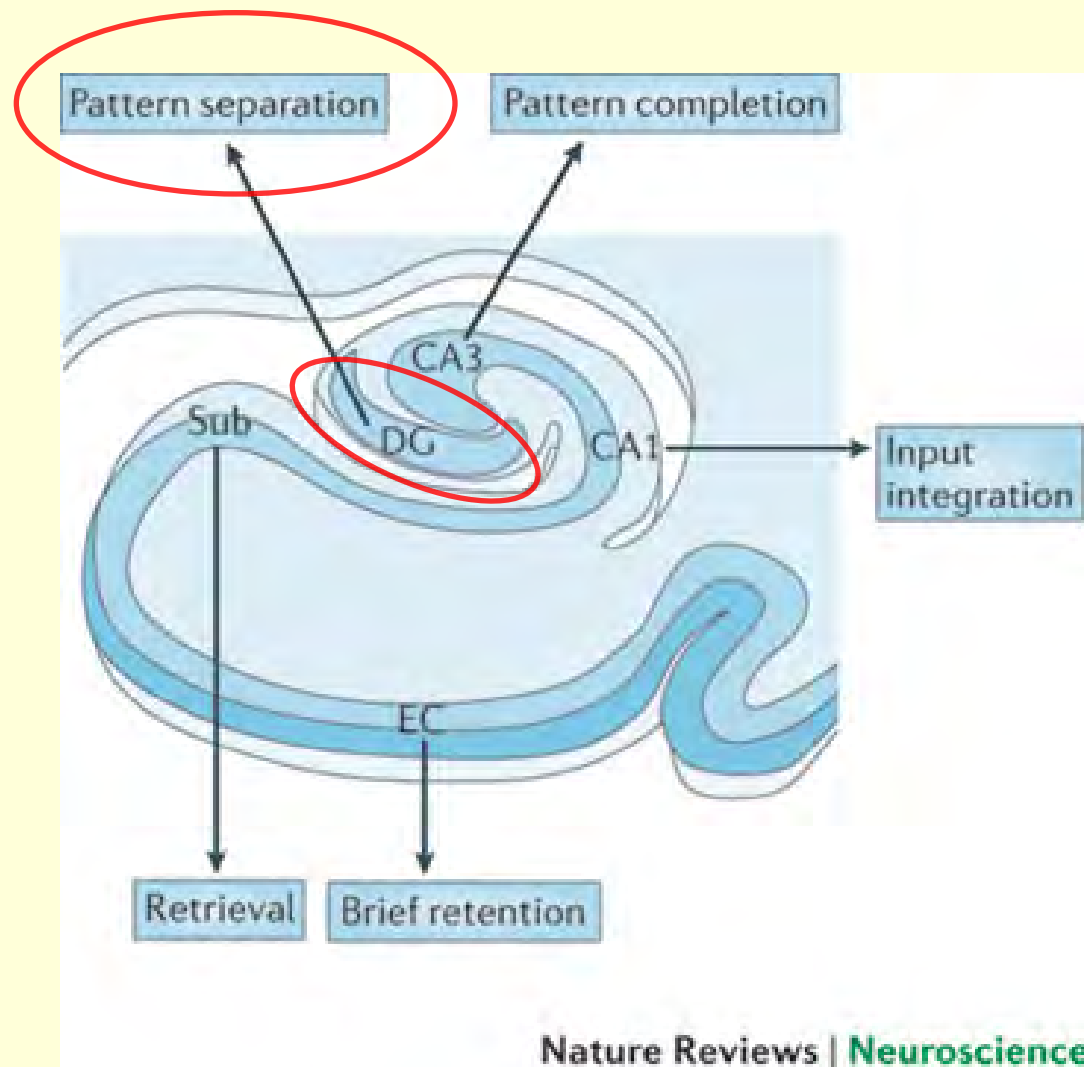
Mais chaque sous-région performerait également des **opérations computationnelles distinctes**, ce que cet article propose :

A proposed 'functional map' of the hippocampal circuit.

In : [A pathophysiological framework of hippocampal dysfunction in ageing and disease](#)

Scott A. Small, Scott A. Schobel, Richard B. Buxton, Menno P. Witter & Carol A. Barnes

Nature Reviews Neuroscience 12, 585-601 (October **2011**)



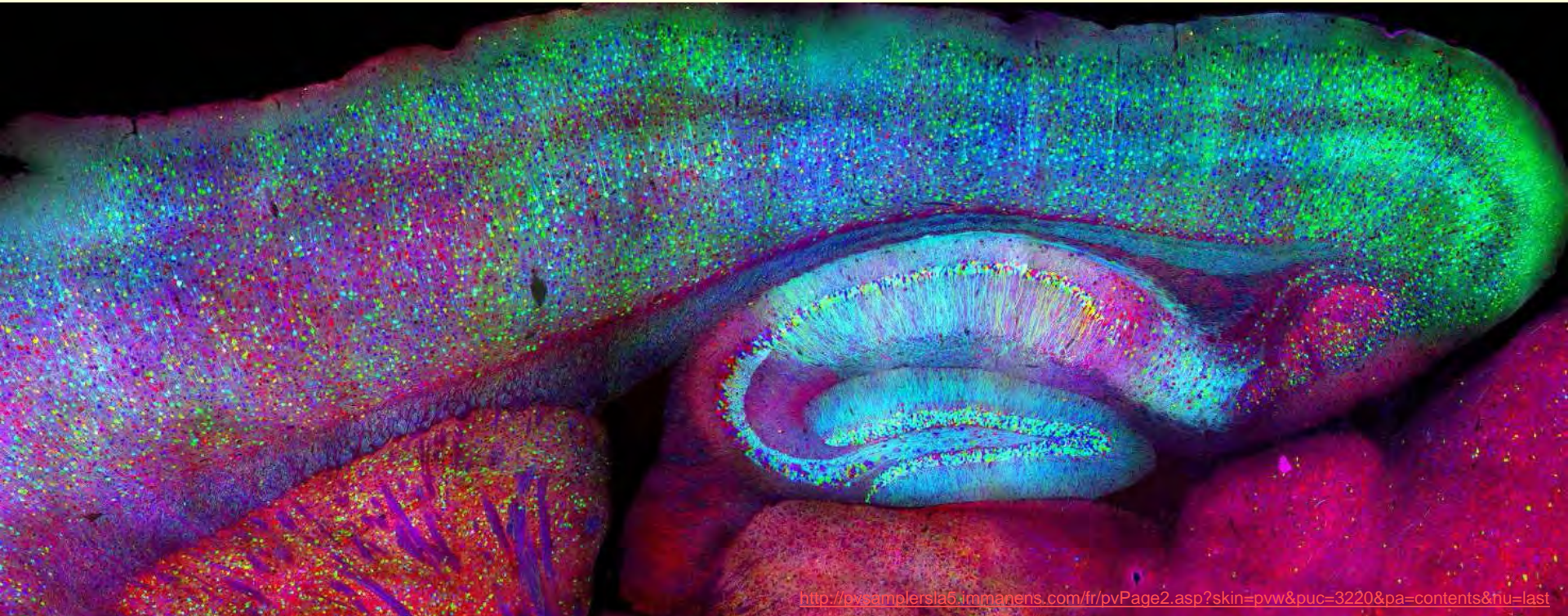
Distinct roles of medial and lateral entorhinal cortex in spatial cognition. Van Cauwenbergh T et al. **2012**

Functional correlates of the lateral and medial entorhinal cortex: objects, path integration and local-global reference frames James J. Knierim, Joshua P. Neunuebel, Sachin S. Deshmukh **2013**.

Différentes sous-régions de l'hippocampe peuvent être activées lors d'une tâche donnée alors que l'information circule à travers les circuits de l'hippocampe.

Mais chaque sous-région performerait également des **opérations computationnelles distinctes**, ce que cet article propose :

Concept de **différentiation** versus **spécialisation** des régions cérébrales que nous avons abordé au cours 3 la semaine dernière...

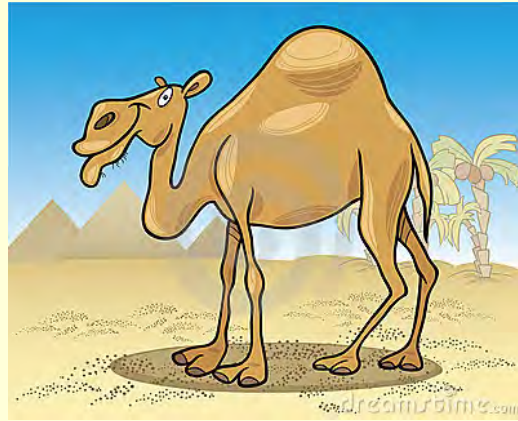


2 petits tests de mémoire pour après la pause.

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





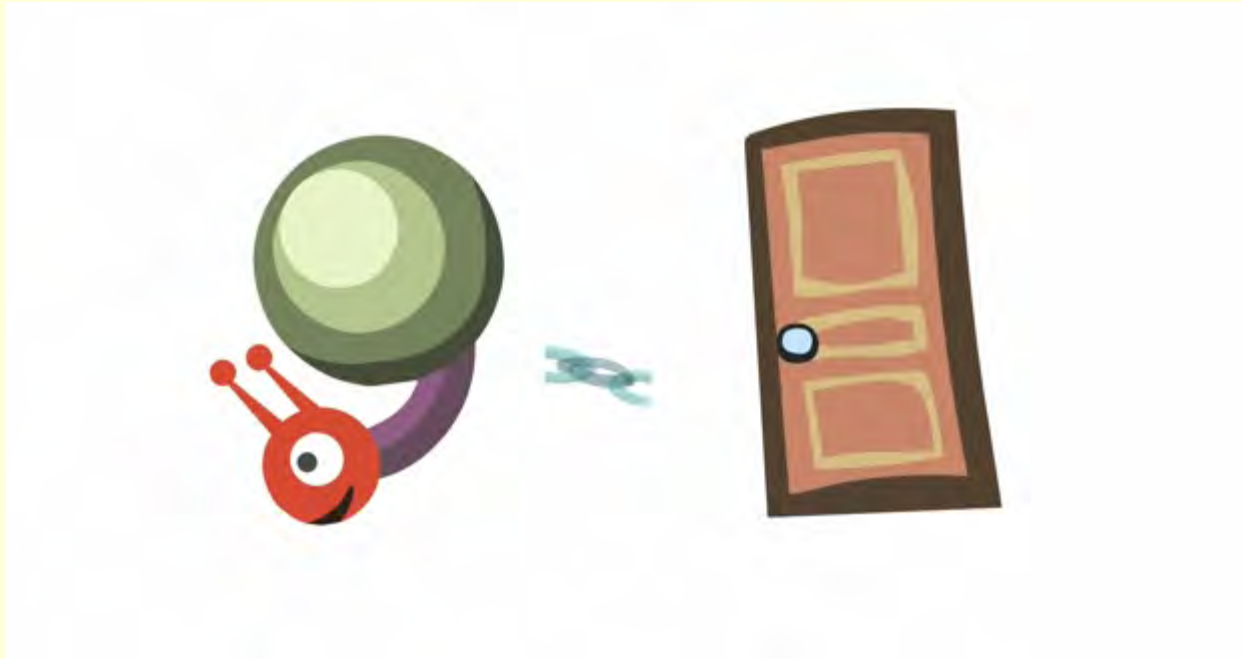


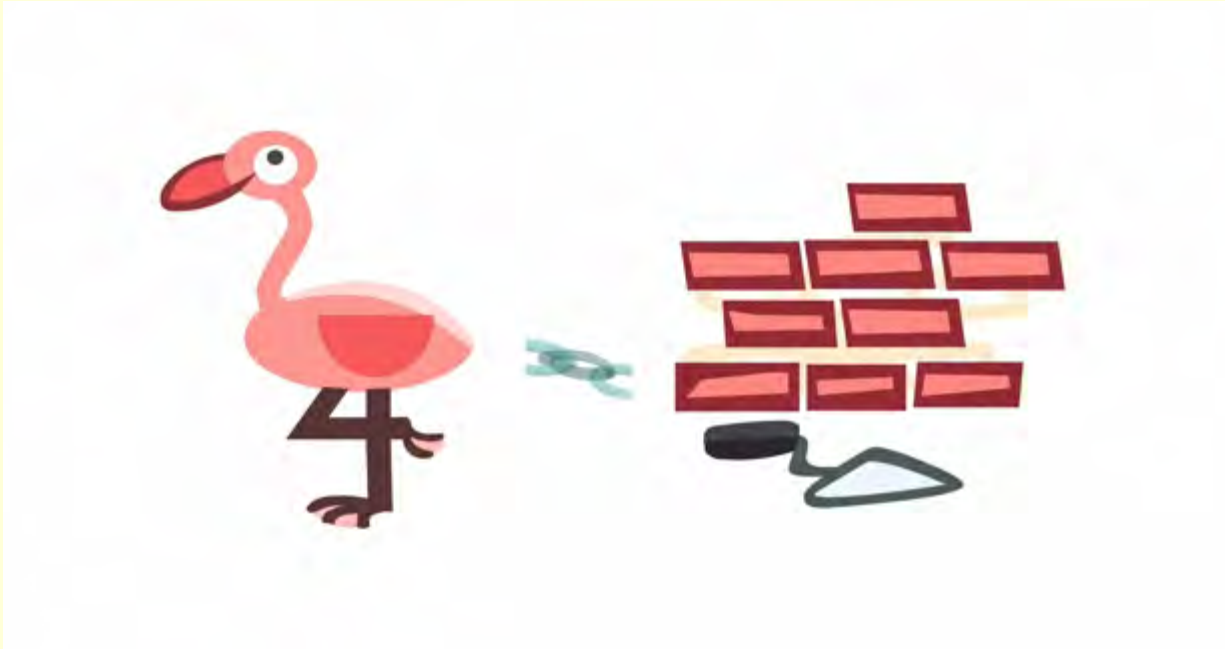




Fin du test 1

Début du test 2











Fin du test 2

On se revoit après la pause...

;-)

Cours 3 :

A- Évolution de nos mémoires
et rôle de l'hippocampe (1970 et +)

B- Apprendre à associer, de la liste d'épicerie
aux championnats de mémoire

Évolution des différents types de mémoire;
Structures cérébrales associées;
Le cas du patient H.M.;
Quelques mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP;
Neurogenèse;

PAUSE

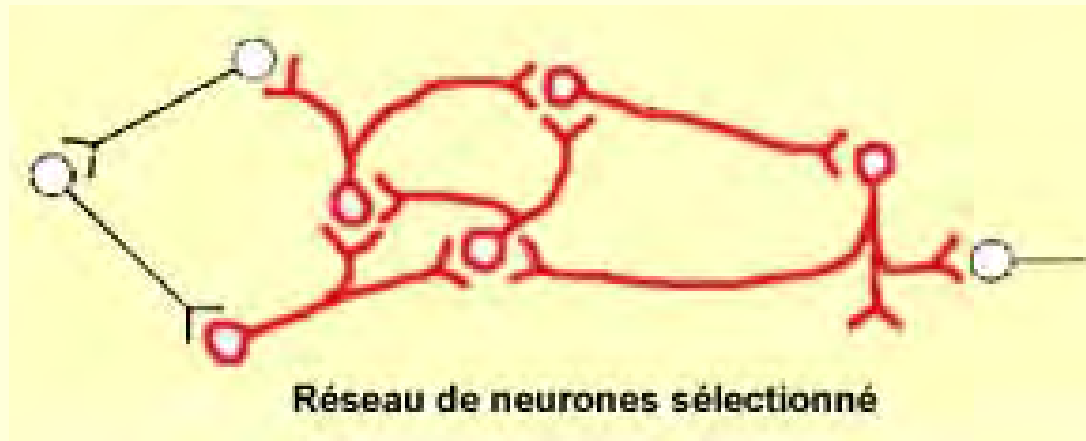
La trace physique ou « l'engramme » d'un souvenir

Se souvenir de chaque jour de sa vie;
Les facteurs qui influencent la mémoire;
Trucs mnémotechniques;
L'influence de l'âge sur diverses capacités cognitives
Jusqu'où peut aller la plasticité cérébrale ?

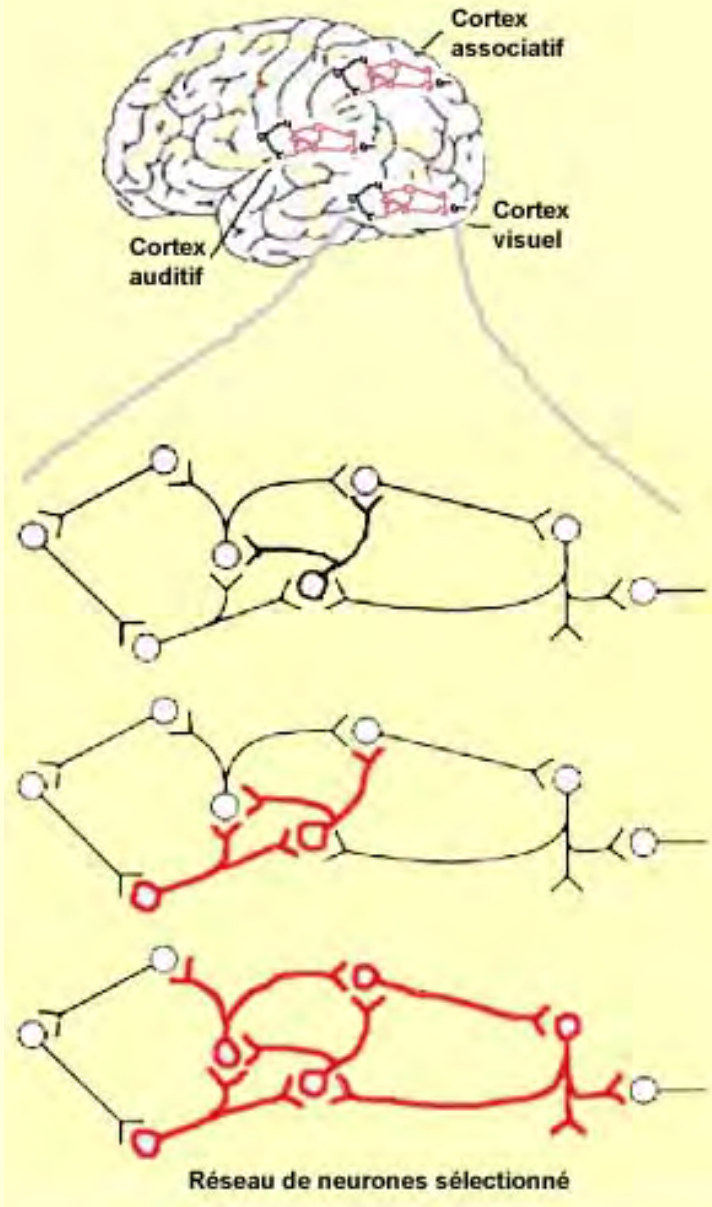
Bonus #1 : Exemples de recyclage et de réutilisation neuronal

Bonus #2 : Détails des mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP

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



Quand un sujet expérimente quelque chose, un ensemble de stimuli sélectionnés à partir de cette expérience active des populations de neurones ce qui induit des **changements chimiques ou physiques durables dans leurs connexions** (l'engramme),
chacune contribuant ainsi au stockage de la mémoire.



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,

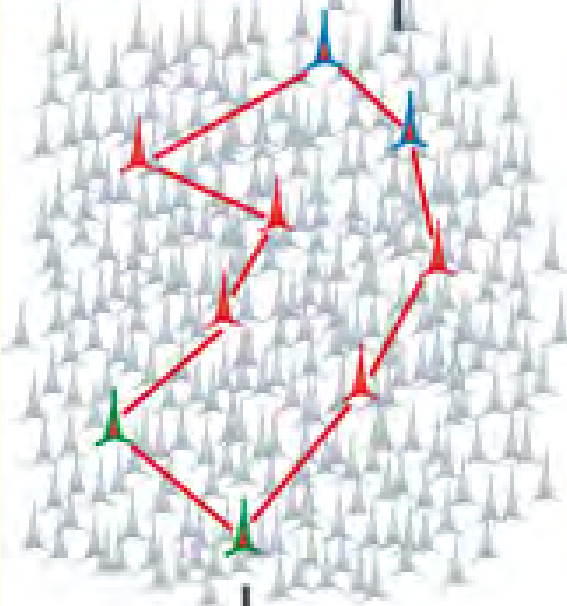
ces neurones constituant l'engramme sont **réactivés** pour évoquer **le rappel de ce souvenir spécifique.**”



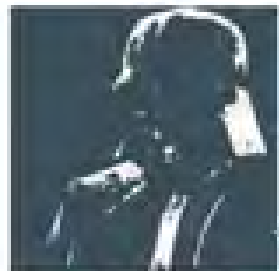
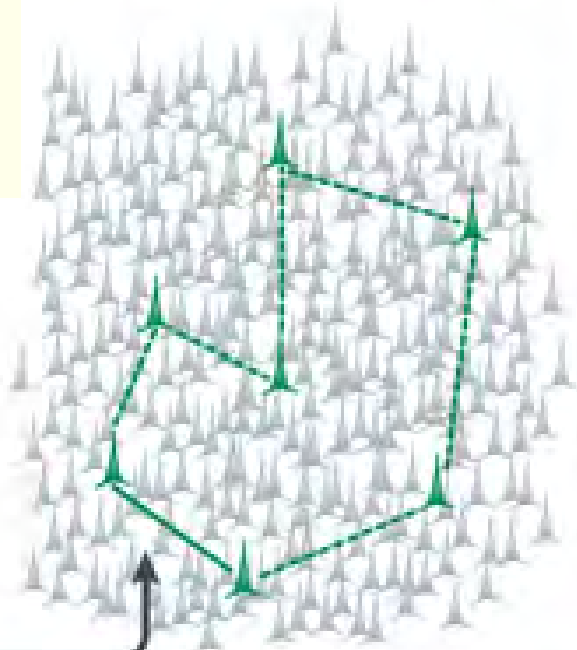
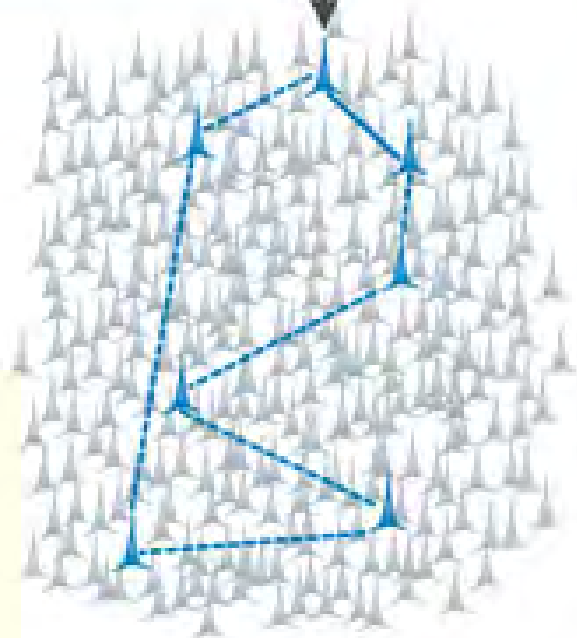
Luke Skywalker



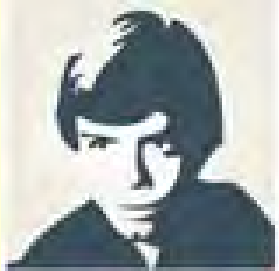
Yoda



C'est aussi de cette façon qu'un concept ou un souvenir peut en évoquer un autre...



Darth Vader



Luke Skywalker



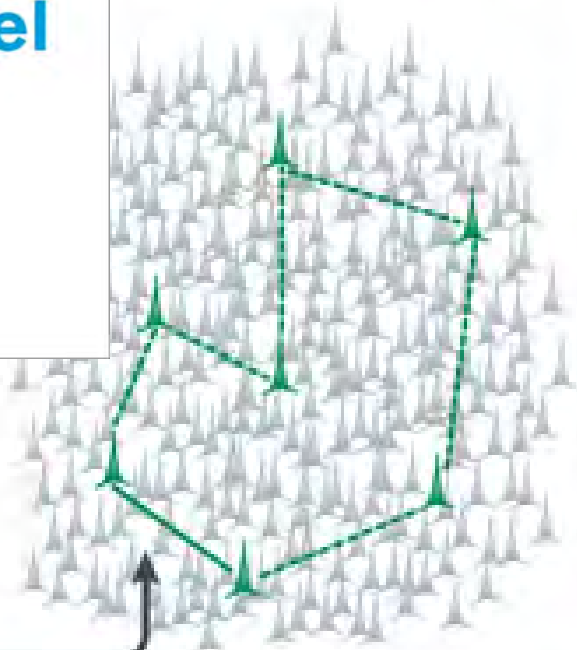
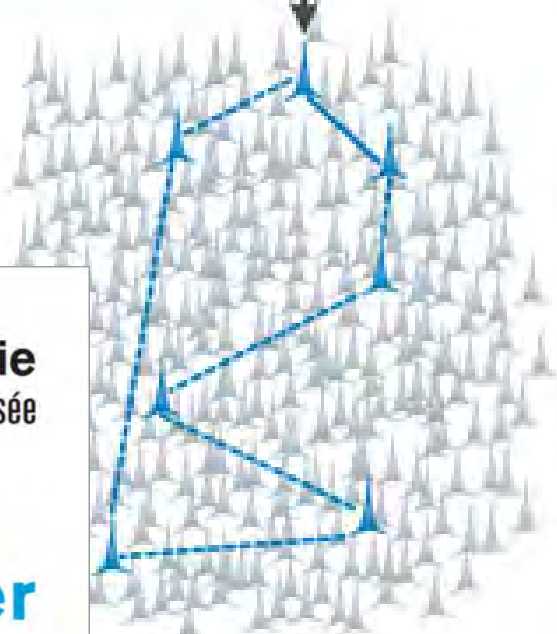
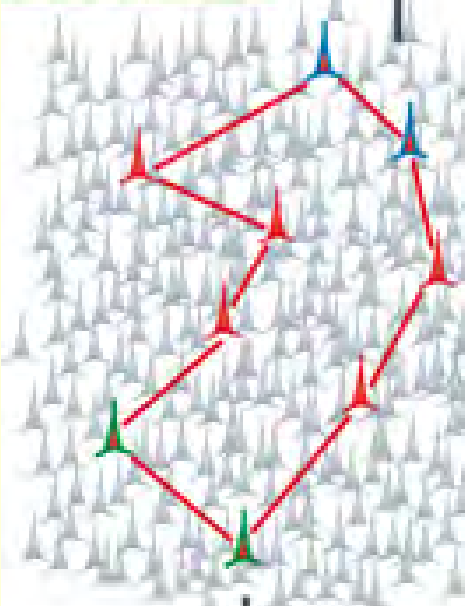
Yoda

JA **L'Analogie**
Cœur de la pensée

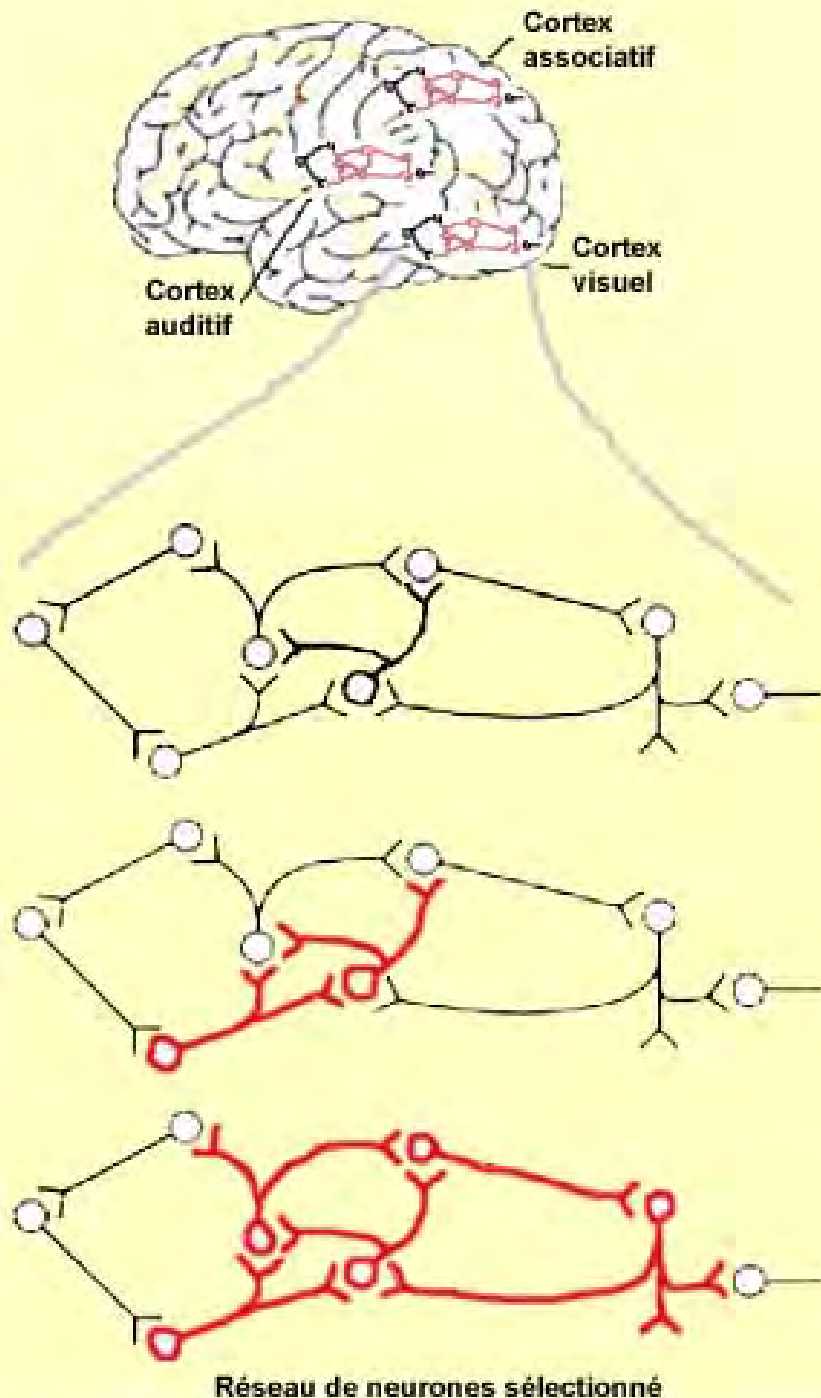
**Douglas
Hofstadter
Emmanuel
Sander**



(2013)



Darth Vader



L'engramme, c'est-à-dire le substrat physique de notre mémoire au niveau cellulaire serait donc ces **réseaux ou « assemblées de neurones » sélectionnés**

(les "cell assemblies" de Donald Hebb).

L'engramme : où en sommes-nous aujourd'hui ?

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>

“By combining activity-dependent gene expression system and **optogenetics**, we have established a system where we can identify and manipulate neurons **that are active during the formation of a memory.**

[...] activation of these cells induced the recall of the associated memory, indicating that these **cells are sufficient for the memory**

[and are] **the cellular basis of memory engram.**”

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

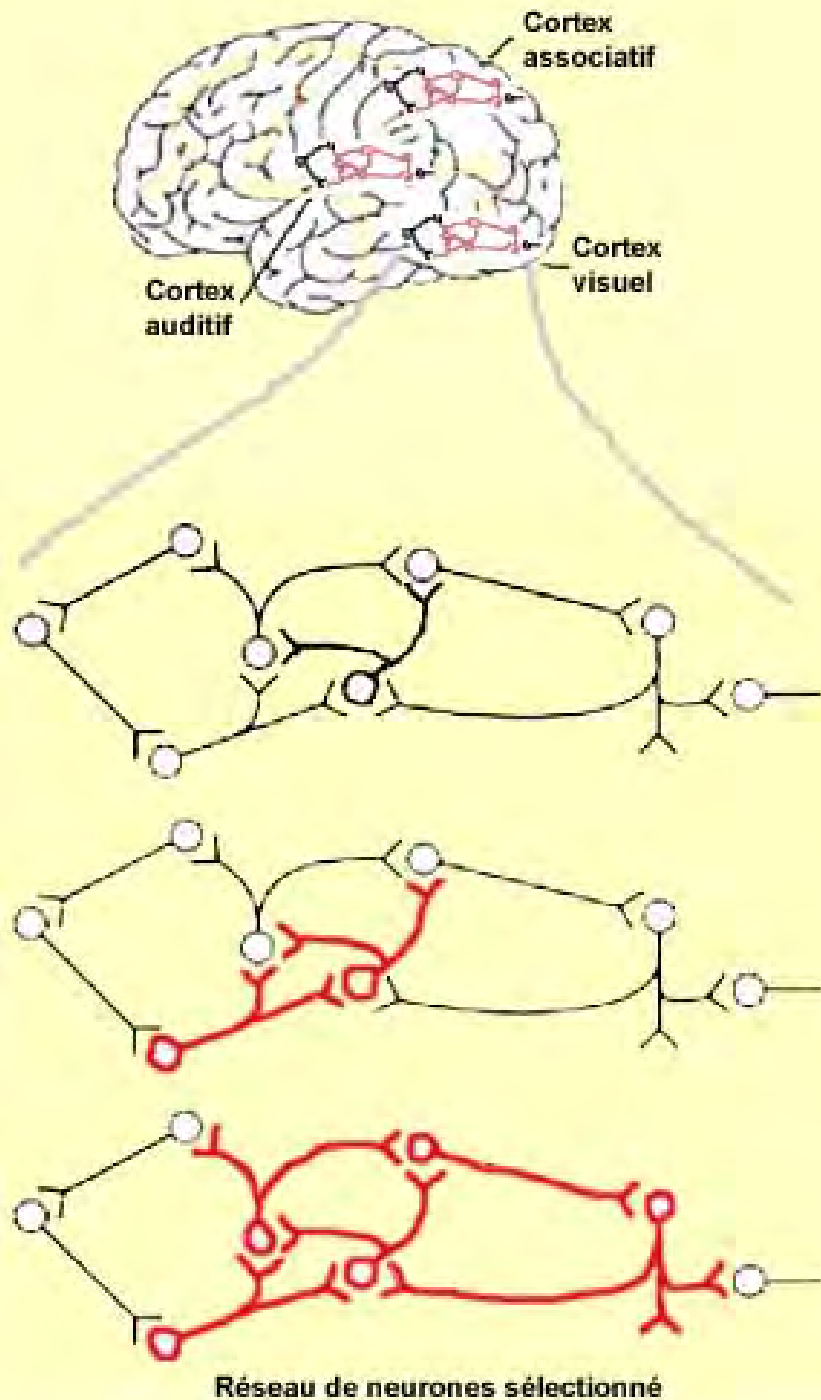
What is memory? The present state of the engram

<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

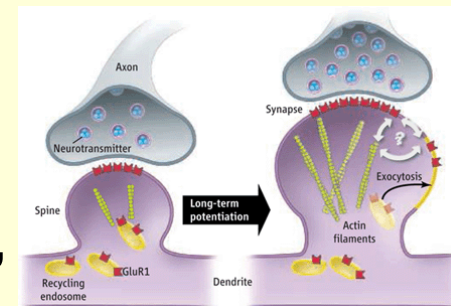
→ Le “poids synaptique” (l'efficacité d'une synapse) contrôlerait **l'accessibilité** de l'information encodée

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



Donc quand on étudie ou qu'on s'entraîne :

on modifie l'efficacité de certaines synapses,



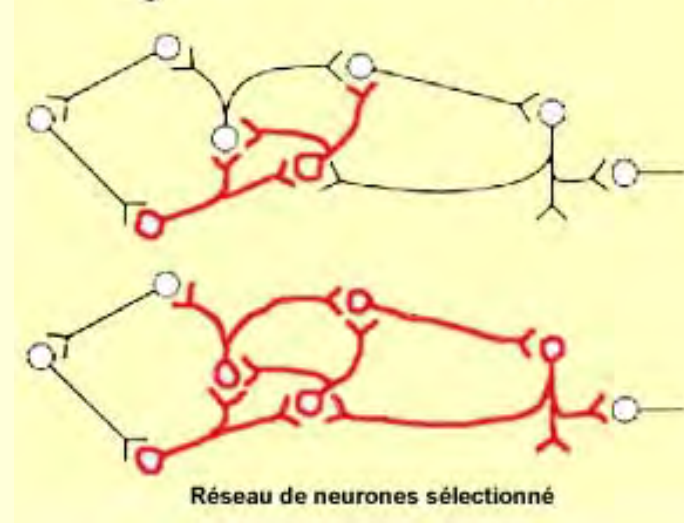
et on sélectionne ainsi des neurones qui vont devenir « **habitués de travailler ensemble** ».

Par conséquent, notre **mémoire** n'est pas stockée dans notre cerveau comme l'est celle d'un ordinateur sur un disque dur ou un livre dans un tiroir ou une étagère



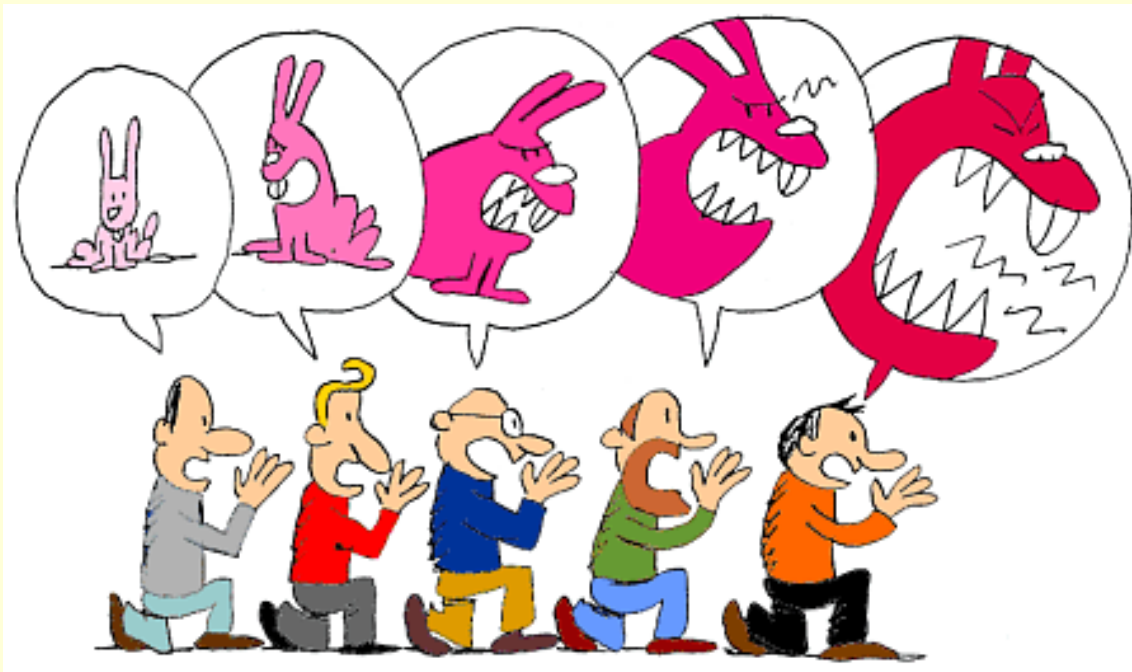
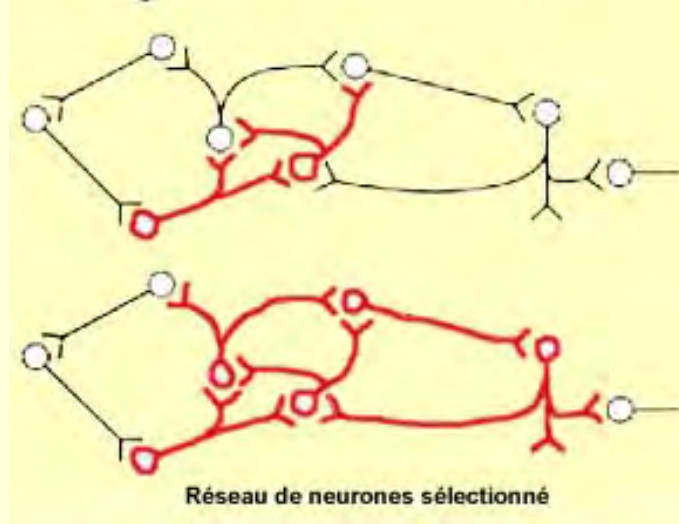
Ces synapses n'étant jamais exactement les mêmes jour après jour...

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



Ces synapses n'étant jamais exactement les mêmes jour après jour...

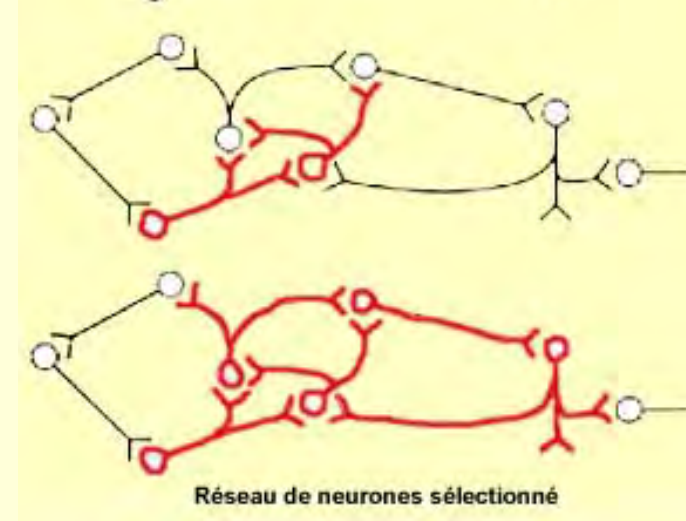
La mémoire humaine est forcément une **reconstruction**.



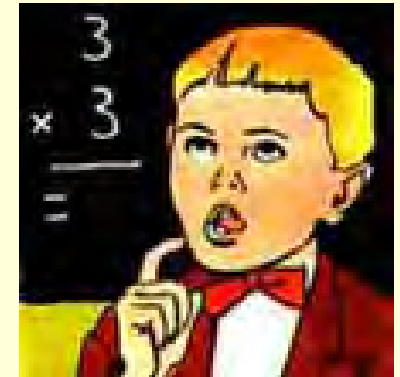
D'où, par exemple, le phénomène des « faux souvenirs ».

Ces synapses n'étant jamais exactement les mêmes jour après jour...

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



Ça veut aussi 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 très faibles et tardives...)

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 très faible et
tardives...)



Ça veut aussi 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 très faible et tardives...)

En **2006**, Carol Dweck a démontré qu'expliquer aux jeunes (ici de 5^e 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](#),¹ [Brady Butterfield](#),² [Justin Lamb](#),¹ [Catherine Good](#),³ and [Carol S. Dweck](#)⁴

[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

Évolution des différents types de mémoire;
Structures cérébrales associées;
Le cas du patient H.M.;
Quelques mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP;
Neurogenèse;

PAUSE

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

Se souvenir de chaque jour de sa vie;

Les facteurs qui influencent la mémoire;

Trucs mnémotechniques;

L'influence de l'âge sur diverses capacités cognitives

Jusqu'où peut aller la plasticité cérébrale ?

Bonus #1 : Exemples de recyclage et de réutilisation neuronal

Bonus #2 : Détails des mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP

À l'autre extrême de l'histoire de H.M. : Se souvenir de chaque jour de notre vie

Une vingtaine de personnes connues à ce jour ont une **mémoire épisodique** exceptionnellement supérieure qui leur donne accès à ce qu'elles ont fait un jour précis de leur vie, mais il y a 10, 20, voir même 30 ans après !

Ces personnes vivant avec ce que l'on nomme le « **syndrome hyperthymésique** », peuvent ainsi se rappeler de ce qu'elles ont fait virtuellement chaque jour de leur vie.

Dans cette émission, les réponses des sujets hyperthymésiques pouvaient être vérifiées et démontraient **un taux de véracité avoisinant les 100%**.

1^{er} cas documenté: **Jill Price** ("AJ")

(**2000** pour sa découverte,
2003 pour la première présentation de son cas, et **2006** pour la publication de l'article)



Total recall: the people who never forget

An extremely rare condition may transform our understanding of memory

8 February 2017

<https://www.theguardian.com/science/2017/feb/08/total-recall-the-people-who-never-forget>



Pour tester la mémoire de Jill Price en 2000 quand elle est venue le rencontrer, James McGaugh a pris **le livre "20th Century Day by Day"** qu'il venait de recevoir et s'est mis à lui poser des questions à propos des événements évoqués dans le livre en partant de 1974, année où Price rapporte avoir commencé à tout se rappeler sur sa vie.

"When did the Iranian hostage crisis begin?"

After a brief pause, she answered, "4 November 1979."

"No, that's not right," he said. "It was 5 November."

"It was 4 November," she said.

He checked another source: **Price was right; the book was wrong.**

Et la plupart de ses autres réponses étaient bonnes aussi :

"What day did the Los Angeles police beat taxi driver Rodney King? Sunday, 3 March 1991.

What happened on 16 August 1977? Elvis Presley died in his Graceland bathroom. It was a Tuesday. When did Bing Crosby die? Friday, 14 October 1977, on a golf course in Spain.

Price heard it on the radio in the car while her mother drove her to soccer practice."

McGaugh avait étudié la mémoire pendant plusieurs décennies et n'avait jamais rien vu de semblable.

Au fil des tests, il devint clair que la mémoire **autobiographique** de Price était incomparable.

Pourtant, pour des **détails qui n'étaient pas reliés à elle personnellement**, elle n'était pas meilleure que vous et moi !

Si elle se souvenait de la date du début de la crise des otages en Iran, c'était parce qu'elle se décrit comme une "news junkie" et qu'elle **avait fait de ce détail une partie de son histoire personnelle** le jour où c'est arrivé.

Elle dit que les matières scolaires avaient été "une torture" pour elle tellement elle avait de la **difficulté** à se rappeler les faits et les graphiques !

Si les détails ne sont pas reliés à elle ou à ses intérêts, elle les oublie comme nous. Comme la fois où on lui a demandé de fermer les yeux et de décrire ce que portaient ses interviewers avec qui elle venait de passer plusieurs heures: elle en fut **incapable**.

Même chose lorsqu'on lui demande de regarder des séries de chiffres au hasard et de les mémoriser en une courte période de temps : elle dit que ça lui est **impossible**.



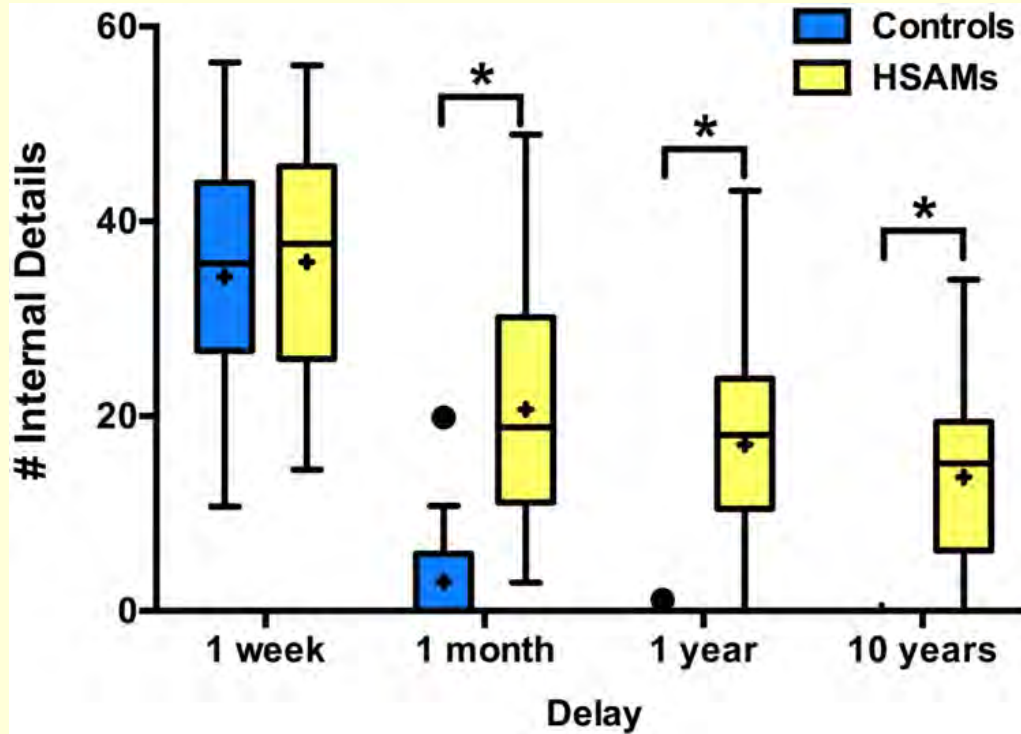
Au moment de la diffusion de l'émission, le 19 décembre 2010, on ne connaissait que 6 cas confirmés (les 5 de l'émission et Jill Price) de ce qui a été renommé "**highly superior autobiographical memory**", or HSAM. ("Hyperthymesia", McGaugh said, sounded "like a venereal disease".)

Et en **2011**, même après que des millions de personnes en eurent entendu parlé à cause de l'émission (et même après les 600 courriels reçu par McGaugh le lendemain...), on ne connaissait que **22 personnes** ayant une HSAM.

Highly Superior Autobiographical Memory: Quality and Quantity of Retention Over Time

Aurora K. R. LePort^{1,2}, Shauna M. Stark^{1,2}, James L. McGaugh^{1,2} and Craig E. L. Stark^{1,2,*}
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4720782/>

Total # of
internal
details
recalled
over time.



Ces gens ne sont **pas autiste** et n'ont pas les capacités de calcul de certains autistes qui peuvent dire quel jour tombait le 7 février il y a 100 ans, par exemple.

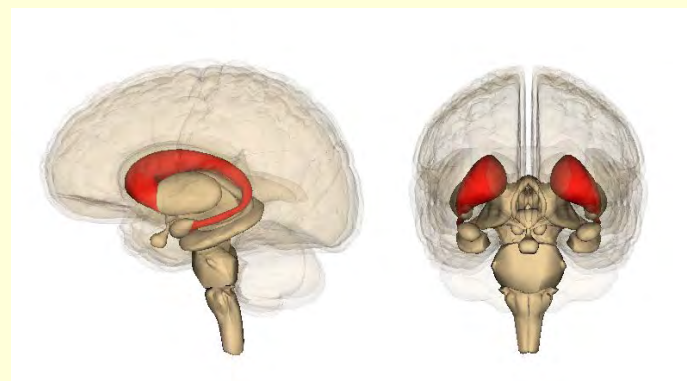
Au contraire, ce sont des gens tout à fait « normaux » en ce qui concerne le reste de leur vie.

Enfin, presque... puisque les personnes HSAM, outre le fait qu'ils passent beaucoup de temps à penser à leurs souvenirs autobiographiques et à les organiser, semblent avoir des prédispositions à la **compulsion**.

Sans souffrir du **trouble obsessionnel-compulsif (TOC)**, ils sont extrêmement sensibles à l'ordre, à la vérification, à la propreté, etc., toutes ces choses qui sont exacerbées chez les personnes souffrant du TOC.



Les résultats préliminaires des études d'imagerie cérébrale avec quelques cas d'hyperthymésie vont d'ailleurs en ce sens, montrant par exemple des **noyaux caudés** plus volumineux, une structure impliquée dans les habitudes motrices et... le TOC !



Aussi :

Augmentation de la taille du **gyrus parahippocampique**, une région dont certaines études ont montré qu'elle serait impliquée durant le rappel de souvenirs émotionnels.

Augmentation du “**uncinate fascicle**”, un faisceau reliant les cortex frontaux et temporaux qui serait impliqué dans la rétention des souvenirs épisodiques.

On sait que ce qu'on fait souvent change le cerveau anatomiquement : par exemple, les **chauffeurs de taxi de Londres** ont montré dans une étude de 2011 une augmentation du volume de matière grise dans **l'hippocampe postérieur médian** et une diminution de volume dans **l'hippocampe antérieur**.

Donc :

Toujours difficile de déterminer si ces changements anatomique sont la cause où le résultats de performances exceptionnelles, comme pour les chauffeurs de taxi ou les personnes HSAM.

Les personnes HSAM sont également sujettes à différentes formes de “distorsions mnésiques” et de **faux souvenirs** comme nous le sommes tous.

“The findings suggest that no one, not even a “memory wizard”, is immune to the **reconstructive mechanisms** that enable memory distortions.”

Pour le Dr. McGaugh :

“the real question at the heart of HSAM wasn’t why his subjects remember, **but why we forget.**”

“The overall summary of all of this is that **they’re bad forgetters,**” he said.

And forgetting is what humans do; often what we need to do.

Évolution des différents types de mémoire;
Structures cérébrales associées;
Le cas du patient H.M.;
Quelques mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP;
Neurogenèse;

PAUSE

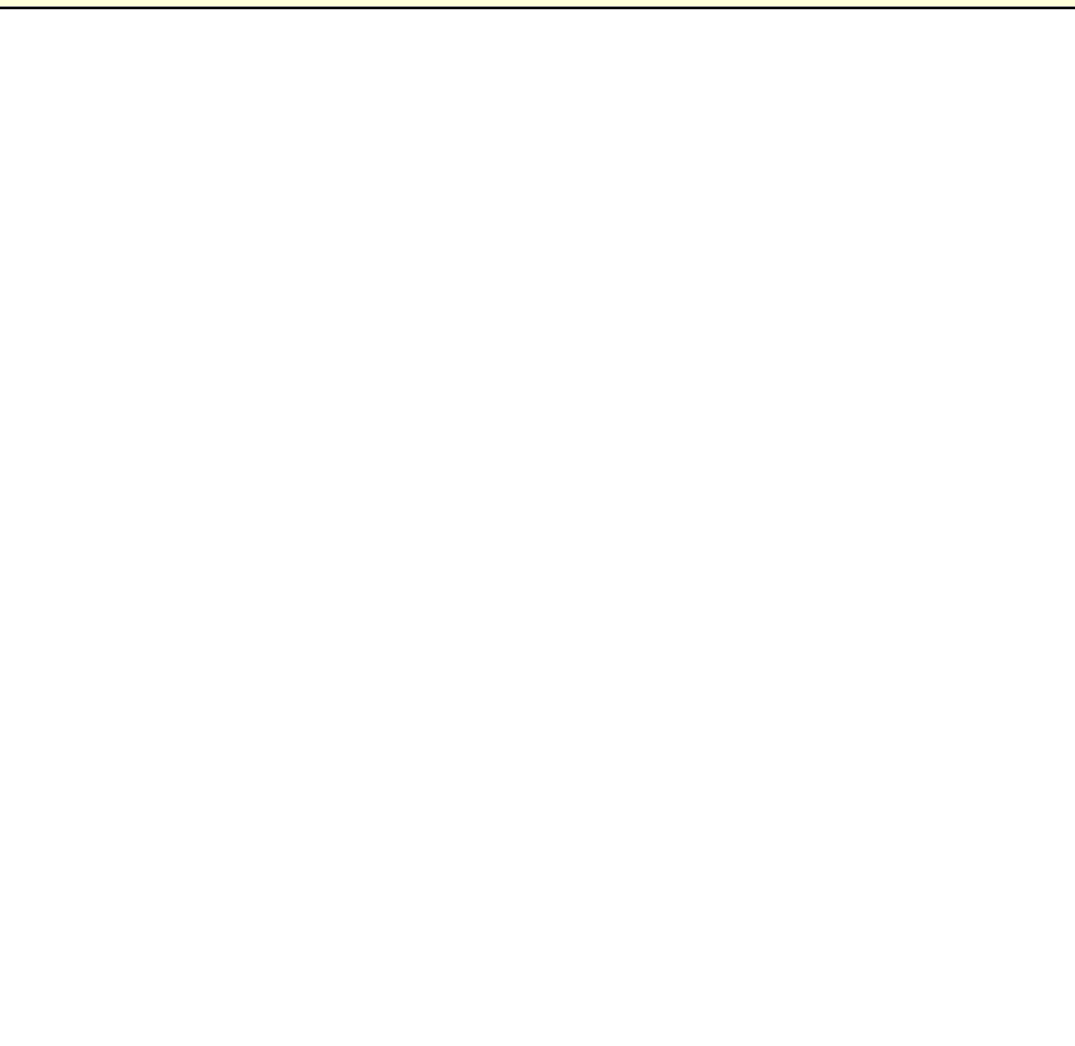
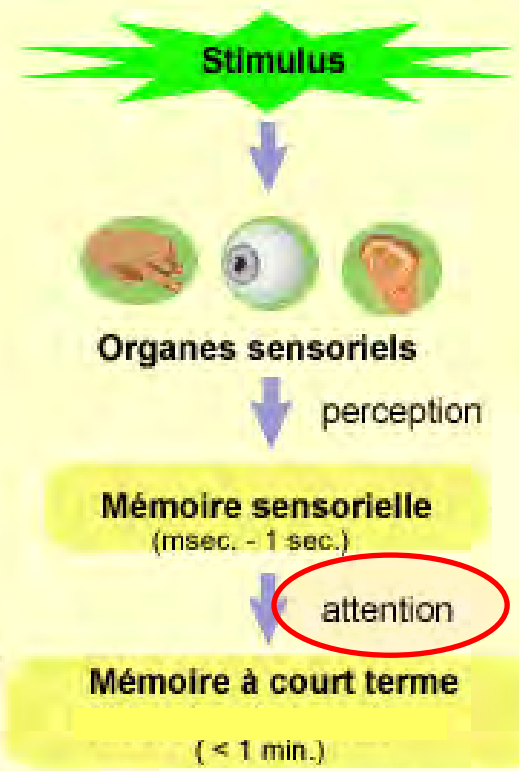
La trace physique ou « l'engramme » d'un souvenir
Se souvenir de chaque jour de sa vie;

Les facteurs qui influencent la mémoire;

Trucs mnémotechniques;
L'influence de l'âge sur diverses capacités cognitives
Jusqu'où peut aller la plasticité cérébrale ?

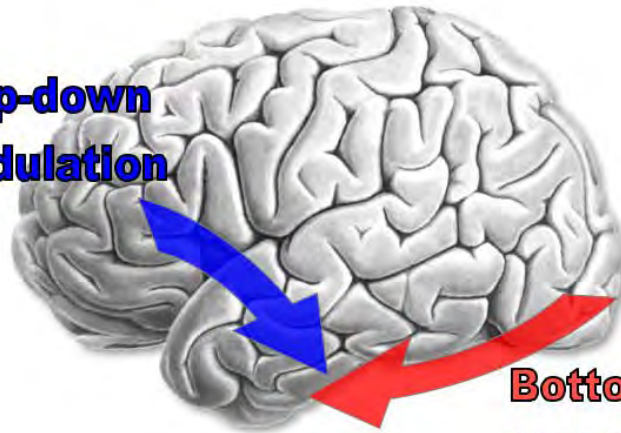
Bonus #1 : Exemples de recyclage et de réutilisation neuronal

Bonus #2 : Détails des mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP





**Top-down
modulation**



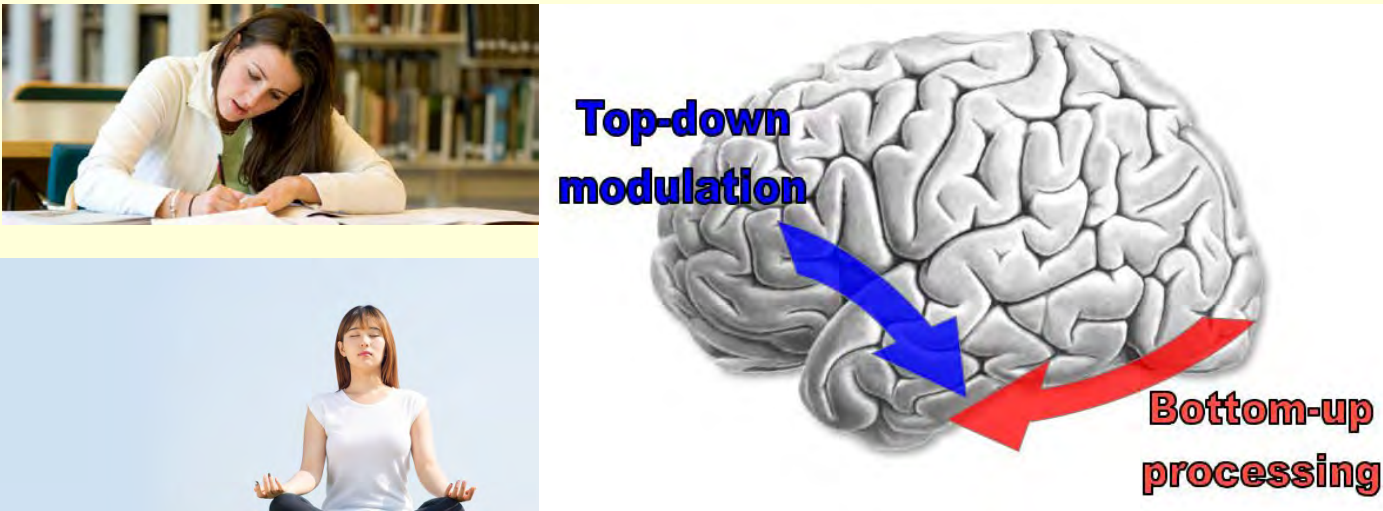
**Bottom-up
processing**



"L'attention est le burin de la mémoire".

Vous ne serez pas surpris d'apprendre que le degré de vigilance, d'éveil, ou de concentration améliore les capacités mnésiques.

L'**attention** fait partie de ce que l'on appelle les « fonctions exécutives » qui sont une famille de processus typiquement « **top down** ».



On a l'habitude d'y inclure des processus généraux comme :

- la mémoire de travail
- le contrôle inhibiteur
- la flexibilité cognitive

[Cours 7]

Facteurs qui influencent le fonctionnement de notre mémoire :

La **motivation**, l'intérêt, le besoin ou la nécessité sont des facteurs qui favorisent la mémoire.



Les **valeurs affectives** attribuées au matériel à mémoriser influence son souvenir.

" Ce qui touche le coeur se grave dans la mémoire ", disait déjà Voltaire...



« Flashbulb memory » : fait intervenir la **noradrénaline**, neurotransmetteur libéré en plus grande quantité lorsque nous sommes excités ou tendus.

En **2009**, Min Jaong Kang et ses collègues ont publié une étude d'imagerie cérébrale qui montre que les participants qui s'adonnaient à un jeu de questions-réponses de culture générale,

retiennent mieux les questions où ils avaient des connaissances préalables sur le sujet,

mais n'en savaient pas assez pour donner la réponse, de sorte qu'ils étaient très curieux de la connaître.



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

- Hélène Trocme Fabre,

On va revenir dans un instant sur le caractère **associatif** de notre mémoire...



Facteurs qui influencent le fonctionnement de notre mémoire :

Le **contexte** (le lieu, l'éclairage, l'odeur, les bruits, etc.) présent lors de la mémorisation est donc important et s'enregistrent fréquemment avec les données à mémoriser.

Pour démontrer l'importance du **contexte** dans l'apprentissage, des chercheurs américains ont formé deux groupes.

Le premier devait enfileur un maillot, un masque et un tuba, puis mémoriser une liste de mots **sous l'eau.**

Le deuxième devait mémoriser la même liste **à l'extérieur** de l'eau.

Les participants du premier groupe avaient plus de facilité à se rappeler des mots lorsque le test de rappel se faisait sous l'eau qu'à l'extérieur de l'eau.

Et vice-versa pour le second groupe.

En classe de neuroéducation
Steve Masson apprend aux futurs enseignants comment
maximiser le potentiel du cerveau de leurs élèves.

11 Novembre 2015

http://www.actualites.uqam.ca/2015/neuroeducation-maximiser-potentiel-cerveau-eleves?utm_categorieinterne=traficdrivers&utm_contenuinterne=envoyer_cbp

Quand changer de pièce nous fait oublier ce qu'on allait y faire

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2016/06/06/quand-changer-de-piece-nous-fait-oublier-ce-quon-allait-y-faire/>

Le « **doorway effect** ».

On a tous vécu cela : on est dans une pièce de notre maison, on pense à un truc à faire, on se déplace dans une autre pièce et, arrivé là, on se demande ce qu'on est venu y faire !

On peut voir cette défaillance mnésique comme un mécanisme **adaptatif** de notre **mémoire de travail** limitée.

Pour comprendre pourquoi, il faut rappeler que décider d'accomplir une tâche qui **nécessite de retenir notre intention** un petit moment va être soumis au **contexte** dans lequel cette tâche est mémorisée.



Dans une étude de 2011, grâce à un dispositif ingénieux en réalité virtuelle, **une personne changeait de pièce, mais revenait ensuite à la pièce originale** avec un objet soustrait temporairement à sa vue car caché dans une boîte.

Or quand on questionnait les sujets sur le contenu de la boîte, les réponses étaient moins précises et plus lentes même lorsque la personne était revenue dans la pièce originale, démontrant que **c'était essentiellement le fait d'être passé dans une autre pièce** (et non le fait d'être ou non dans la pièce originale), **qui avait fragilisé ou effacé le souvenir.**

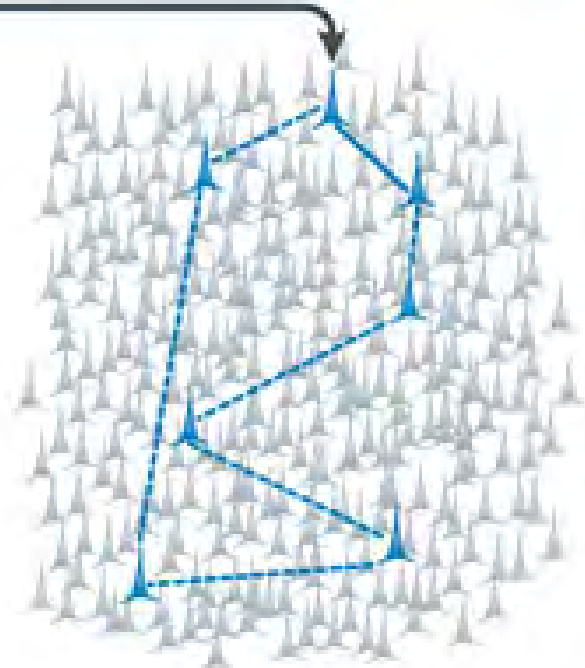
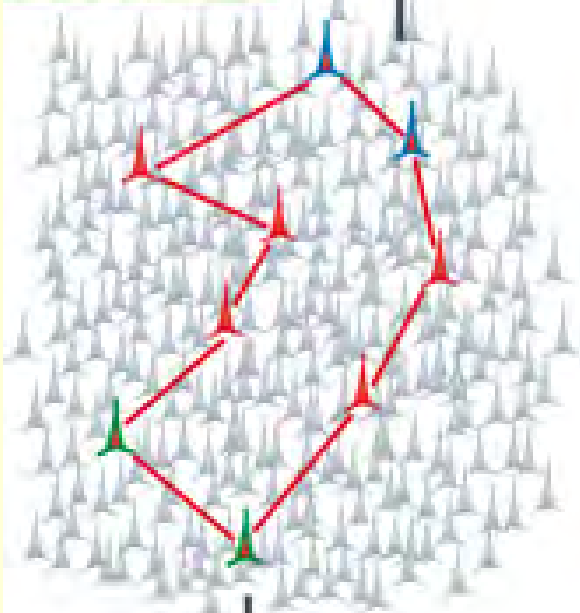
On entrevoit ainsi la valeur adaptative d'un tel phénomène en considérant la capacité limitée de notre mémoire de travail.

Sorti d'un contexte particulier et immergé dans un autre, de nouveaux défis se présentent à nous et nous devons y faire face, en « vidant » par exemple notre mémoire de travail pour y stocker autre chose.

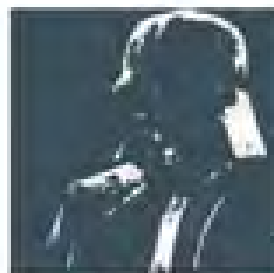
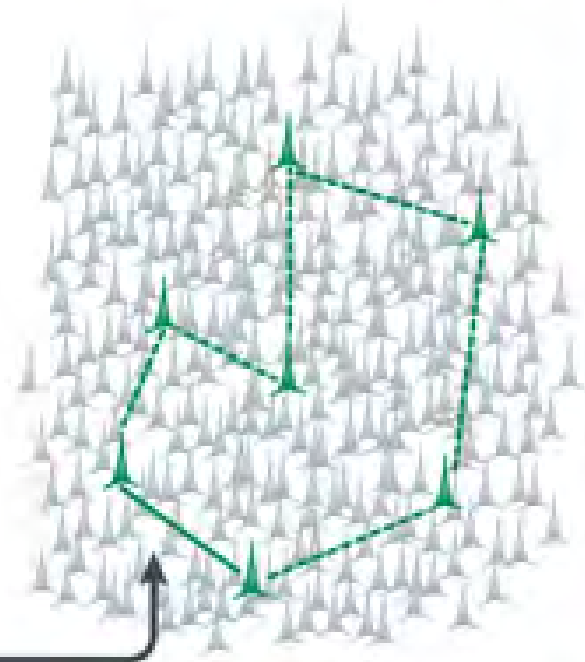
Maintenir son attention sur un objectif particulier malgré le changement de contexte est bien sûr possible, et aussi adaptatif, mais cela nous demande plus de concentration « top down » pour contrecarrer les impératifs « bottom up » du nouvel environnement.



Luke Skywalker



Yoda



Darth Vader

Nos **connaissances sémantiques** préalables ont une répartition spatiale particulière sur le cortex.

Et cela permettrait **d'arrimer** des souvenirs nouveaux à proximité de souvenirs anciens qui ont un sens similaire.

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

- Hélène Trocme Fabre,

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Mémoriser : les « pourquoi » et les « comment »

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2012/07/16/memoriser-les-pourquoi-et-les-comment/>



Nos **connaissances sémantiques** préalables ont une répartition spatiale particulière sur le cortex.

Et cela permettrait **d'arrimer** des souvenirs nouveaux à proximité de souvenirs anciens qui ont un sens similaire.

En **2016**, une équipe a même tenté d'établir une première carte sémantique générale sur le cortex :

Natural speech reveals the semantic maps that tile human cerebral cortex

Alexander G. Huth, Wendy A. de Heer, Thomas L. Griffiths, Frederic E. Theunissen & Jack L. Gallant
(Nature, 2016)

Vidéo :

<http://gallantlab.org/index.php/publications/natural-speech-reveals-the-semantic-maps-that-tile-human-cerebral-cortex/>

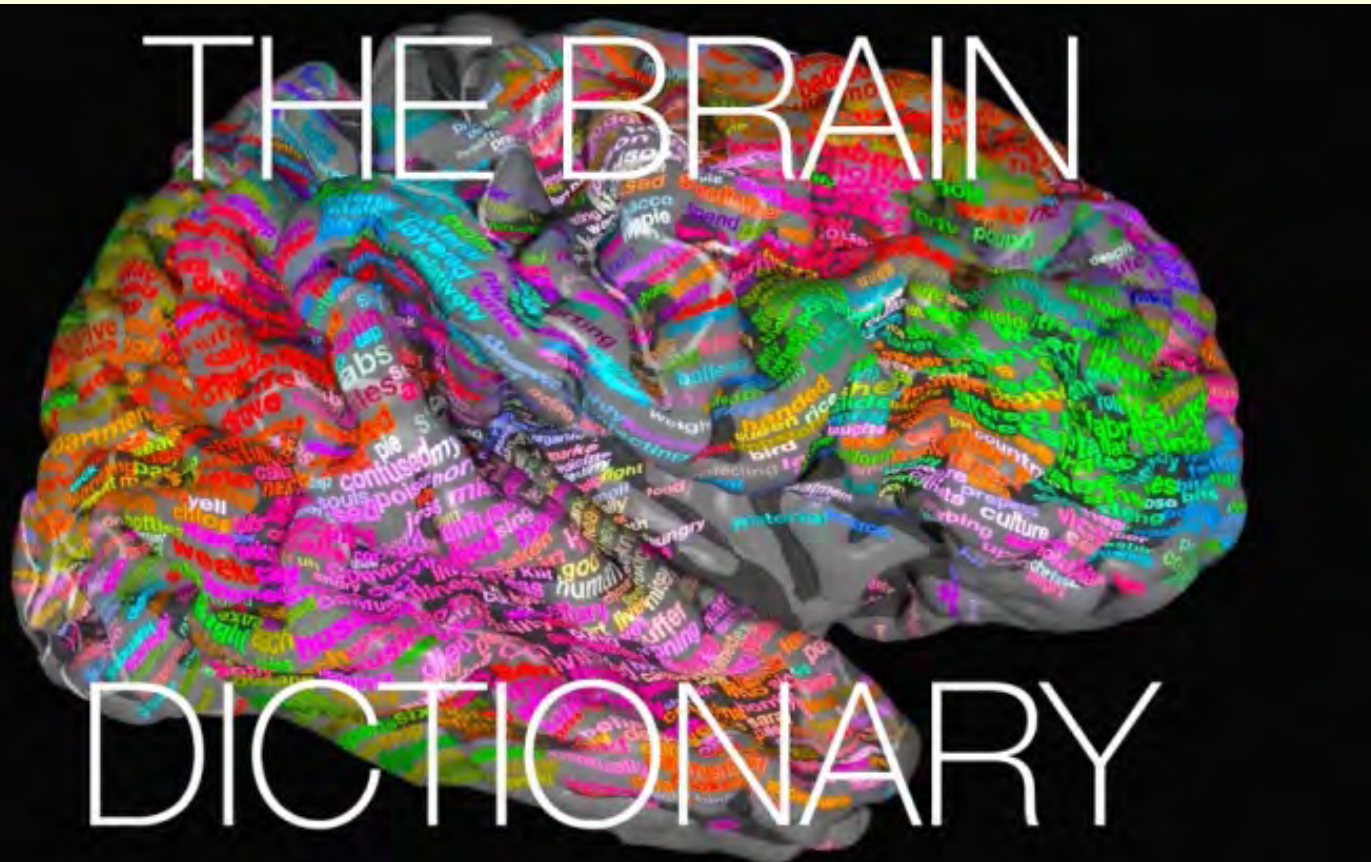


Can Neuroscience Explain the Mandela Effect?

1 February 2017

[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))

→ Et les zones d'activation quand une personne entend les mots sont en général cohérentes avec la modalité sensori-motrice ayant un lien avec le sens du mot (exemple : “rayure” dans le cortex visuel”)



→ Souvent aussi :

activité à plusieurs endroits associés à différents sens d'un mot (« top » avec notion de nombre, mais aussi de buildings);

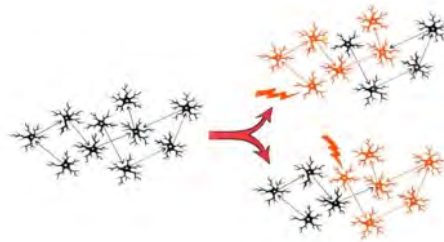
activité aussi pas seulement dans lobe temporal gauche associé au langage mais répartis un peu partout dans les deux hémisphères.

Consolidation



STM

Short-term memory



LTM

Long-term memory

Active state
(labile)

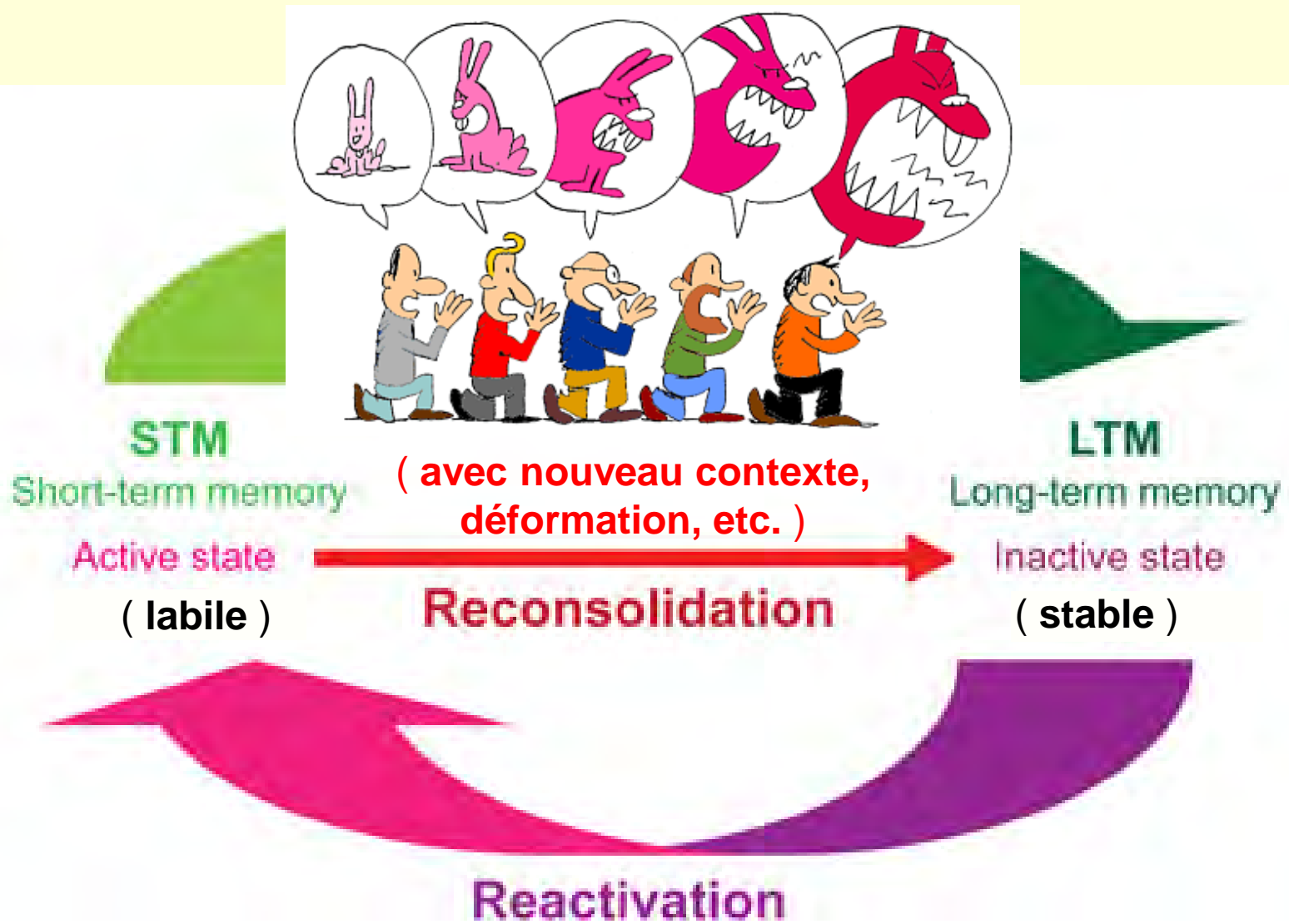


Reconsolidation

Inactive state
(stable)



Reactivation



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

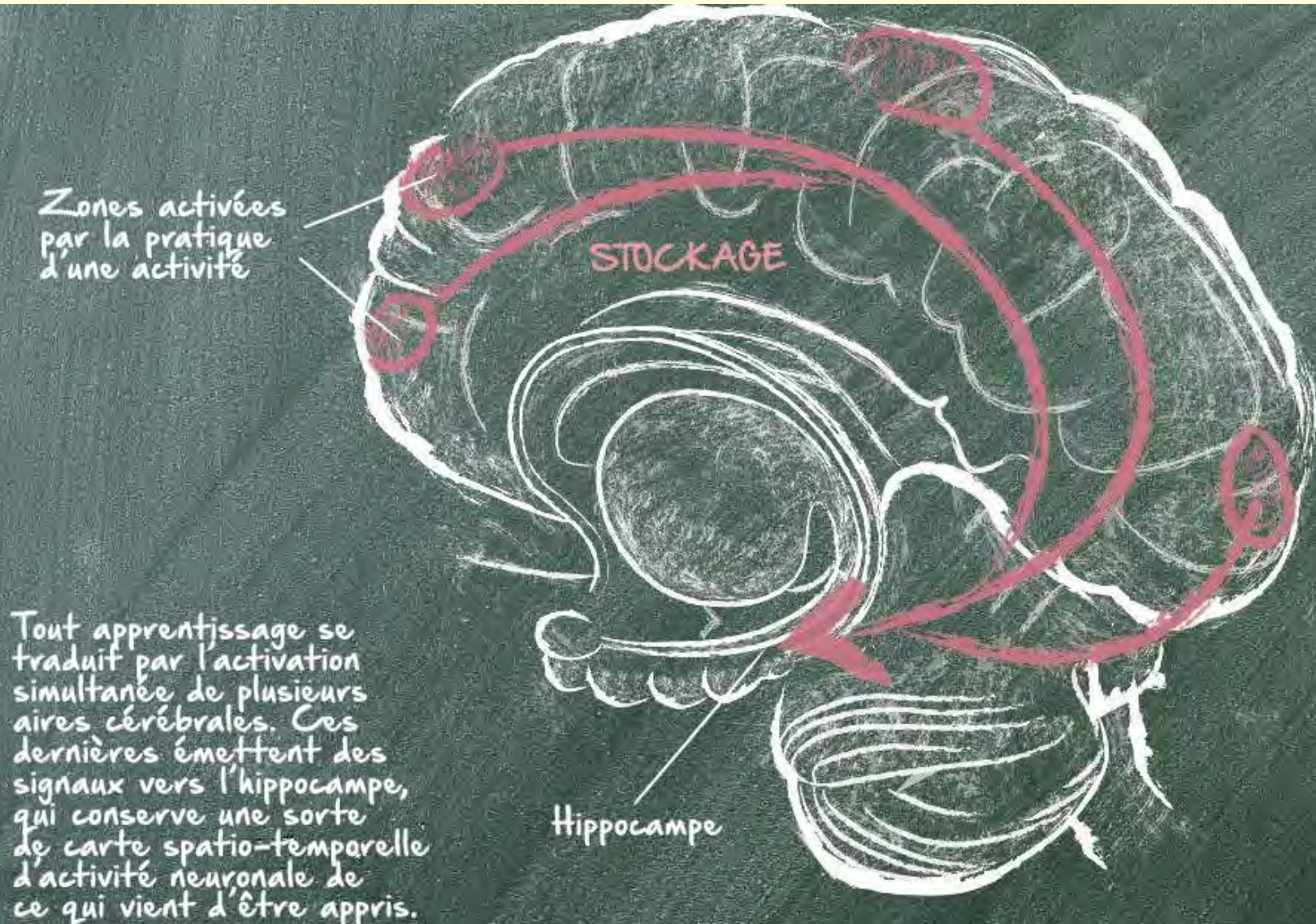
Inda MC, Muravieva EV, Alberini CM. Journal of Neuroscience 2011 Feb 2; 31(5):1635-43.

<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))

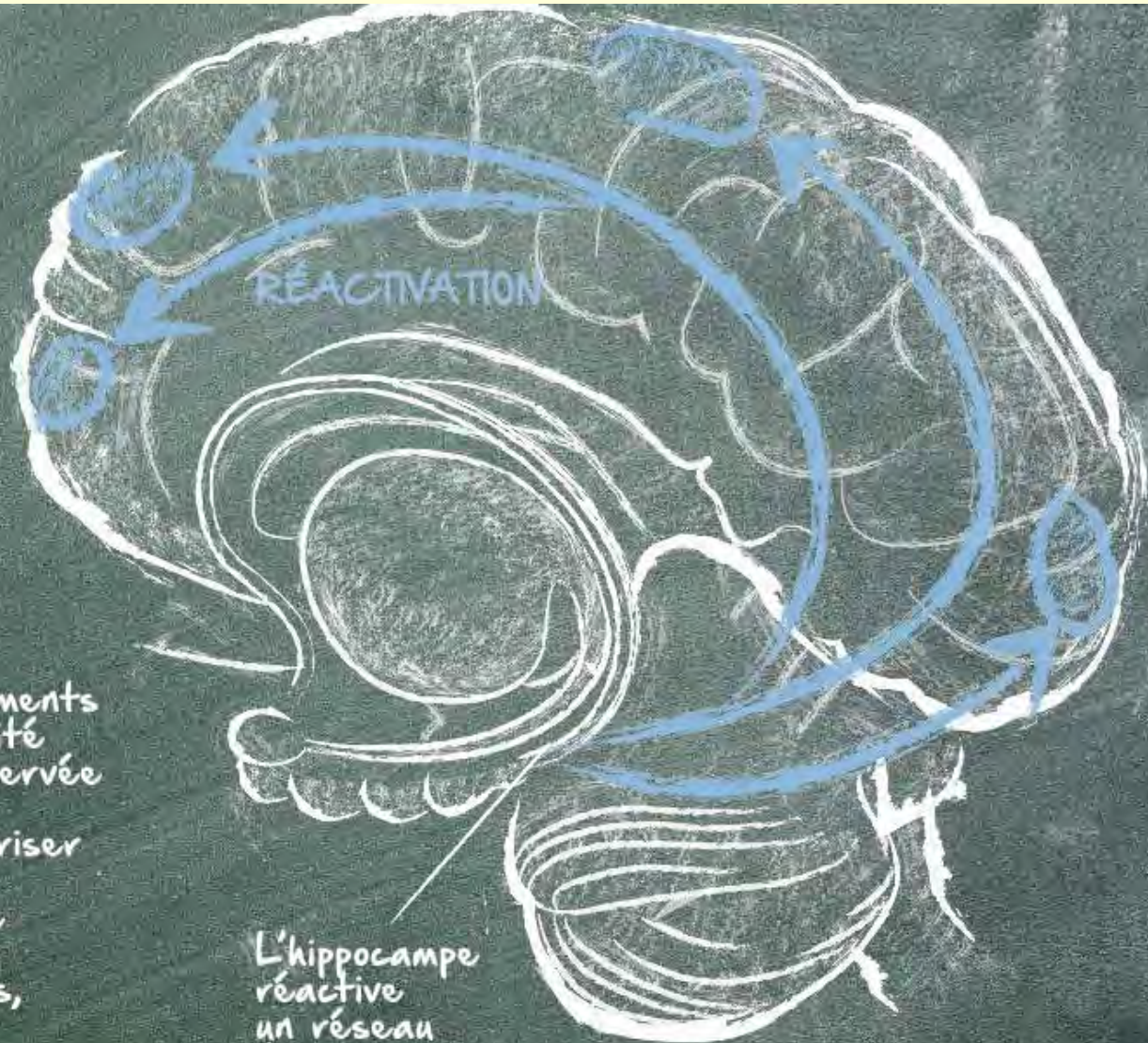
Le **sommeil** intervient dans la **consolidation** des apprentissages.

Les apprentissage du jour...



Le **sommeil** intervient dans la **consolidation** des apprentissages.

Les apprentissage du jour... sont **réactivés 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

« Il semble que la mémoire est d'abord stockée dans l'hippocampe pour une durée maximale d'une quinzaine de jours, et que celui-ci transfère ensuite les données dans différentes parties du cortex. »

- Daniel Choquet, directeur de recherche au CNRS.

Après une période d'apprentissage, une période de **sommeil**, même courte, améliorerait donc ce transfert et contribuerait à :

- La **mémorisation à long terme**
- La généralisation
- La découverte de généralité (*insight*)

Causal evidence for the role of REM sleep theta rhythm in contextual memory consolidation.

Boyce R, Glasgow SD, Williams S, et coll., Science **2016**, 352:812-6.

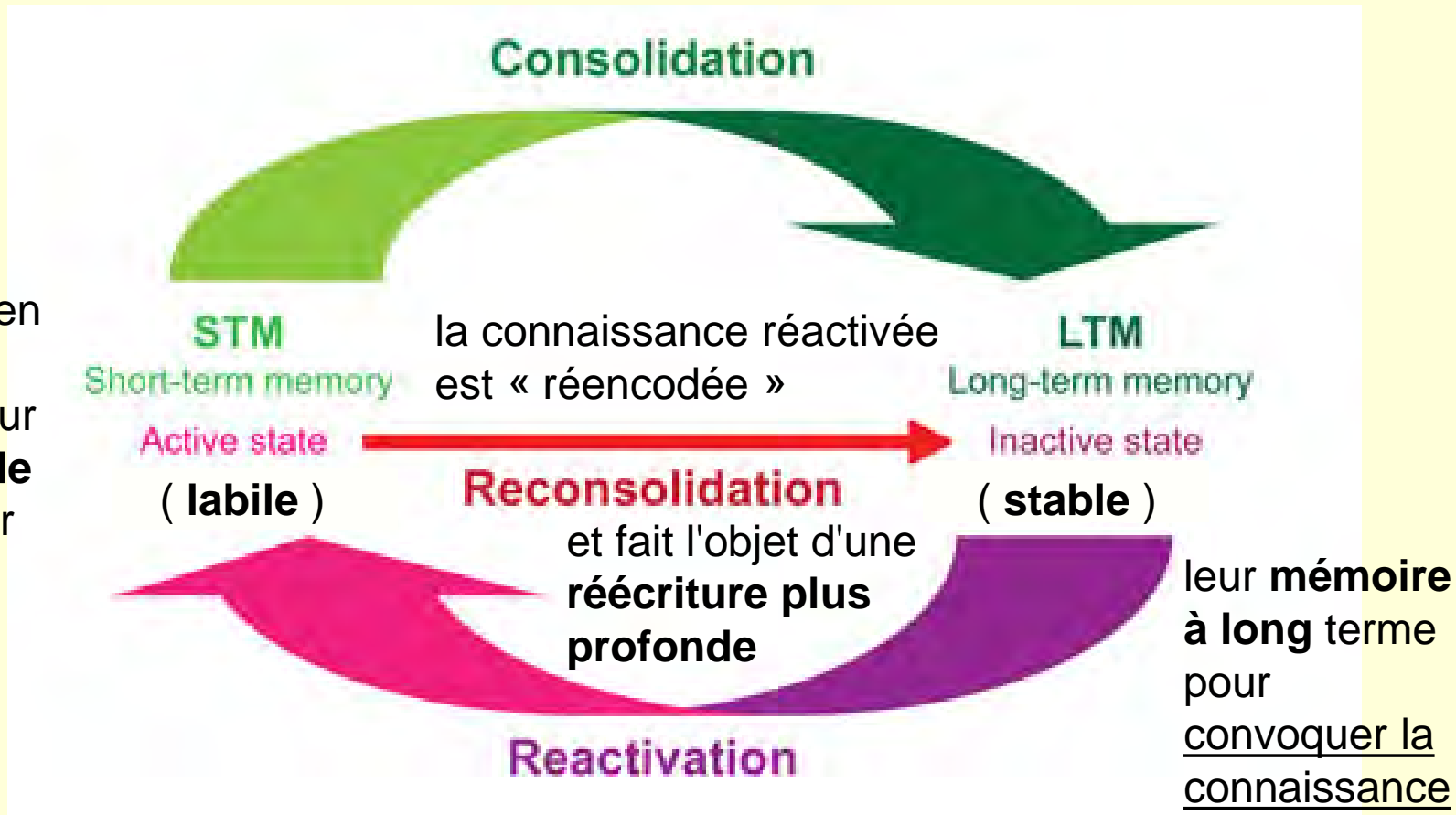
<https://www.google.ca/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwidpaWlr5rUAhUI6IMKHaeHAAuMQFggvMAE&url=http%3A%2F%2Futmemoryclub.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2013%2F07%2Fcausal-evidence-for-the-role-of-REM-sleep-theta-rhythm-in-contextual-memory-consolidation.pdf&usg=AFQjCNHIFe-KWgzE114C409dF9fUJw4znm&cad=rja>

Sleep 'resets' brain connections crucial for memory and learning, study reveals. Ian Sample, 23 August **2016**

<https://www.theguardian.com/science/2016/aug/23/sleep-resets-brain-connections-crucial-for-memory-and-learning-study-reveals>

Questionner les élèves sur des notions qui viennent d'être apprises
aide beaucoup à l'apprentissage car :

ils doivent en effet faire travailler leur **mémoire de travail** pour traiter la question,



Parler du cerveau aux élèves change tout

Un phénomène relié : la **confabulation**

Le cerveau essaie de remplir des trous dans nos souvenirs en y ajoutant des **fait et des expériences inventées de toute pièce**.

Contrairement au mensonge, il n'y a pas d'intention de tromper les autres avec la confabulation. La personne croit vraiment que les détails "remémorés" (i.e. fabriqués inconsciemment par elle) sont vrais.

La confabulation est associée à plusieurs désordres neurologiques (Alzheimer's, syndrome de Korsakoff, épilepsie, schizophrénie, etc.) mais se rencontre aussi chez les gens en santé.

L'exemple de Alexander Hamilton qui fut l'un des pères fondateurs des États-Unis mais jamais président. Quand on demande aux gens d'énumérer tous les présidents des États-Unis, plusieurs vont l'inclure...

Considérant ces propriétés de nos mémoires,
on peut développer **des stratégies pour les améliorer**
(des « trucs mnémotechniques »).

Neuroscience et apprentissage : 5 choses à garder à l'esprit

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/capsules/outil_jaune08.html

Évolution des différents types de mémoire;

Structures cérébrales associées;

Le cas du patient H.M.;

Quelques mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP;

Neurogenèse;

PAUSE

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

Se souvenir de chaque jour de sa vie;

Les facteurs qui influencent la mémoire;

Trucs mnémotechniques;

L'influence de l'âge sur diverses capacités cognitives

Jusqu'où peut aller la plasticité cérébrale ?

Bonus #1 : Exemples de recyclage et de réutilisation neuronal

Bonus #2 : Détails des mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP

Trucs mnémotechniques

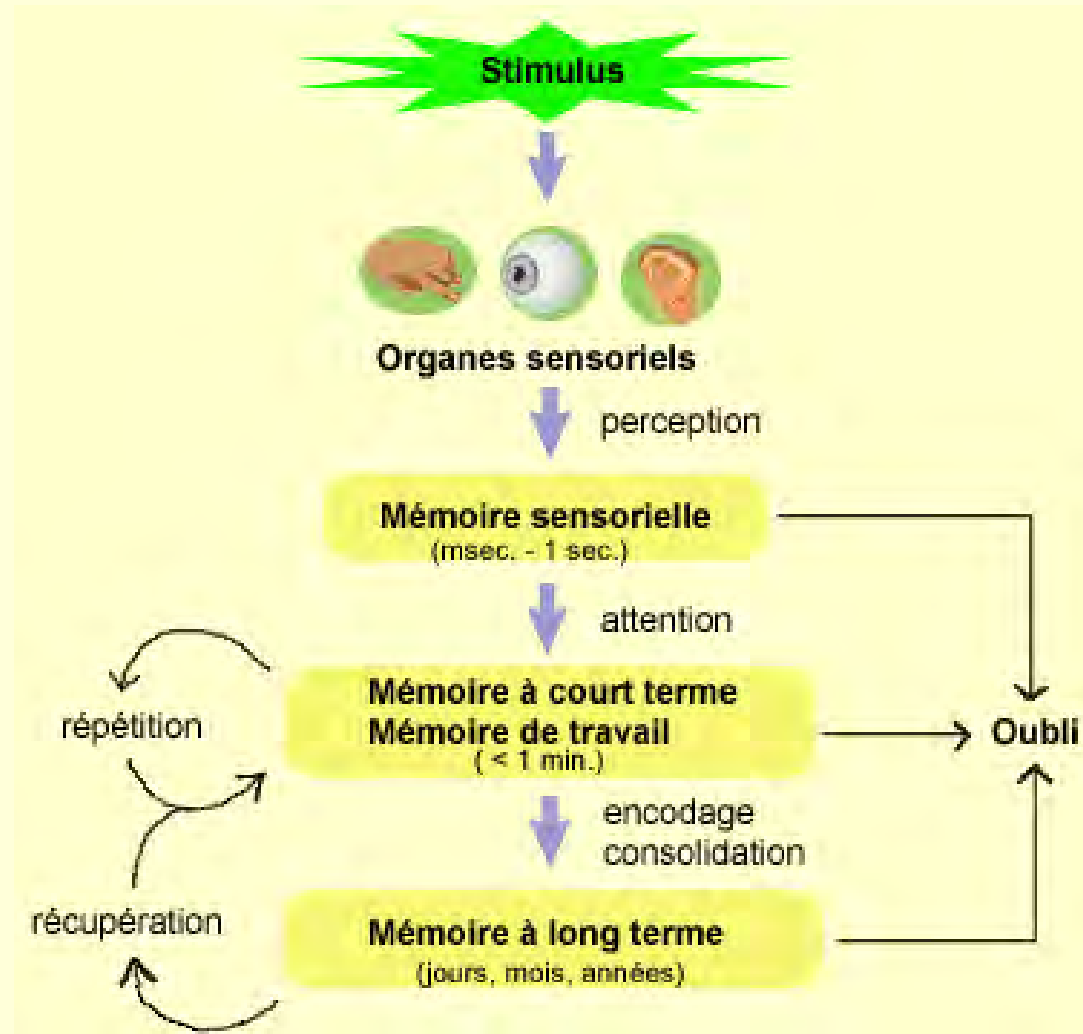
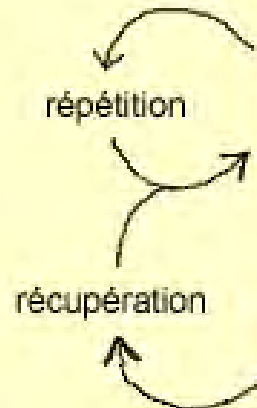
1) Répéter :

on essaie de garder l'information à mémoriser le plus longtemps possible dans notre mémoire à court terme, en se la répétant constamment.

(motivation)



(réactivation)



Pour contrer l'oubli, il y a certains principes qui semblent faire consensus (mais des débats subsistent sur leur degré d'efficacité respectif)

L'apprentissage est optimal lorsque l'enfant **alterne apprentissage et test immédiat et répété** de ses connaissances.

→ Il y a alors un **engagement actif** qui favorise la mémorisation (davantage que la lecture passive)

Cela permet à l'enfant d'apprendre à **savoir quand il ne sait pas** (métacognition)

The critical importance of retrieval for learning.

Karpicke JD, Roediger HL 3rd.

Science. **2008**

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18276894>

Groupe 1 : 4 study, 4 test (ST ST ST ST)

Groupe 2 : 6 study, 2 test (ST SS ST SS)

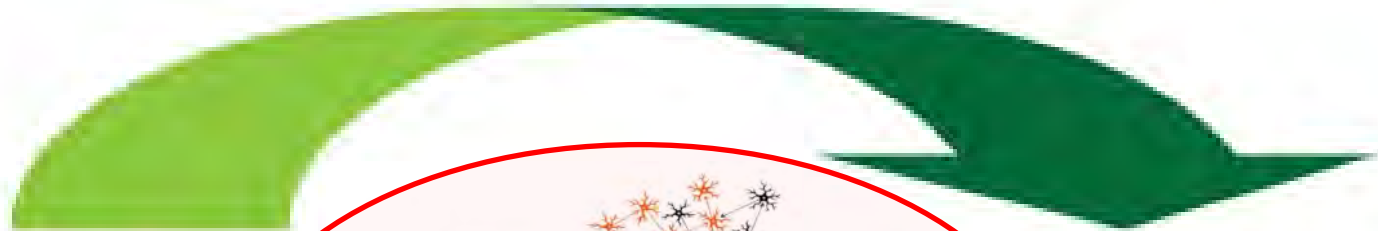
Groupe 3 : 8 study, 0 test (SS SS SS SS)

Les meilleurs résultats de rappel deux jours plus tard sont : groupe 1, puis 2 et 3.

Deux éléments de discussion intéressants :

- Quand les étudiants ont le contenu à étudier devant eux, ils ont tendance à croire qu'ils le connaissent mieux que ce qu'ils savent réellement
 - Évoque un phénomène plus large qu'on se fie plus à « **l'environnement extérieur** » qu'on en est conscient...
- On a l'impression que faire un test de rappel, c'est mesurer simplement le rappel, comme on mesure un objet (ce qui ne change pas l'objet)
 - Mais lire, se souvenir, lire, se souvenir, c'est **réactiver à chaque fois des réseaux de neurones.**

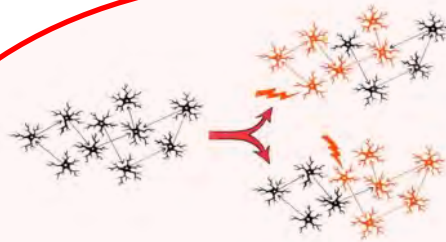
Consolidation



STM

Short-term memory

Active state
(labile)



LTM

Long-term memory

Inactive state
(stable)



Reconsolidation



Reactivation

En classe de neuroéducation

Steve Masson apprend aux futurs enseignants comment maximiser le potentiel du cerveau de leurs élèves.

Par Jean-François Ducharme

11 Novembre 2015

«Dès que l'on arrête d'utiliser ses connexions neuronales, les réseaux s'affaiblissent et peuvent même disparaître. **L'oubli** est donc un phénomène tout à fait naturel.»

Cela expliquerait pourquoi **l'écart en lecture entre des élèves de milieux favorisés et défavorisés est plus important au début de la deuxième année qu'à la fin de la première.**

«L'hypothèse la plus plausible est que les enfants de milieux favorisés ont gardé contact avec des livres durant l'été et que leurs connexions neuronales associées à la lecture sont restées actives.»

Trucs mnémotechniques

1) Répéter

Mémoire à court terme
Mémoire de travail
(< 1 min.)

2) 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).

Ou encore :

Les numéros de téléphone

514 279-8763 (Amérique du nord)

01 84 95 36 48 33 (France)

« chunking » : mémoire à court terme limitée

Trucs mnémotechniques

1) Répéter

2) Combiner plusieurs éléments en un seul

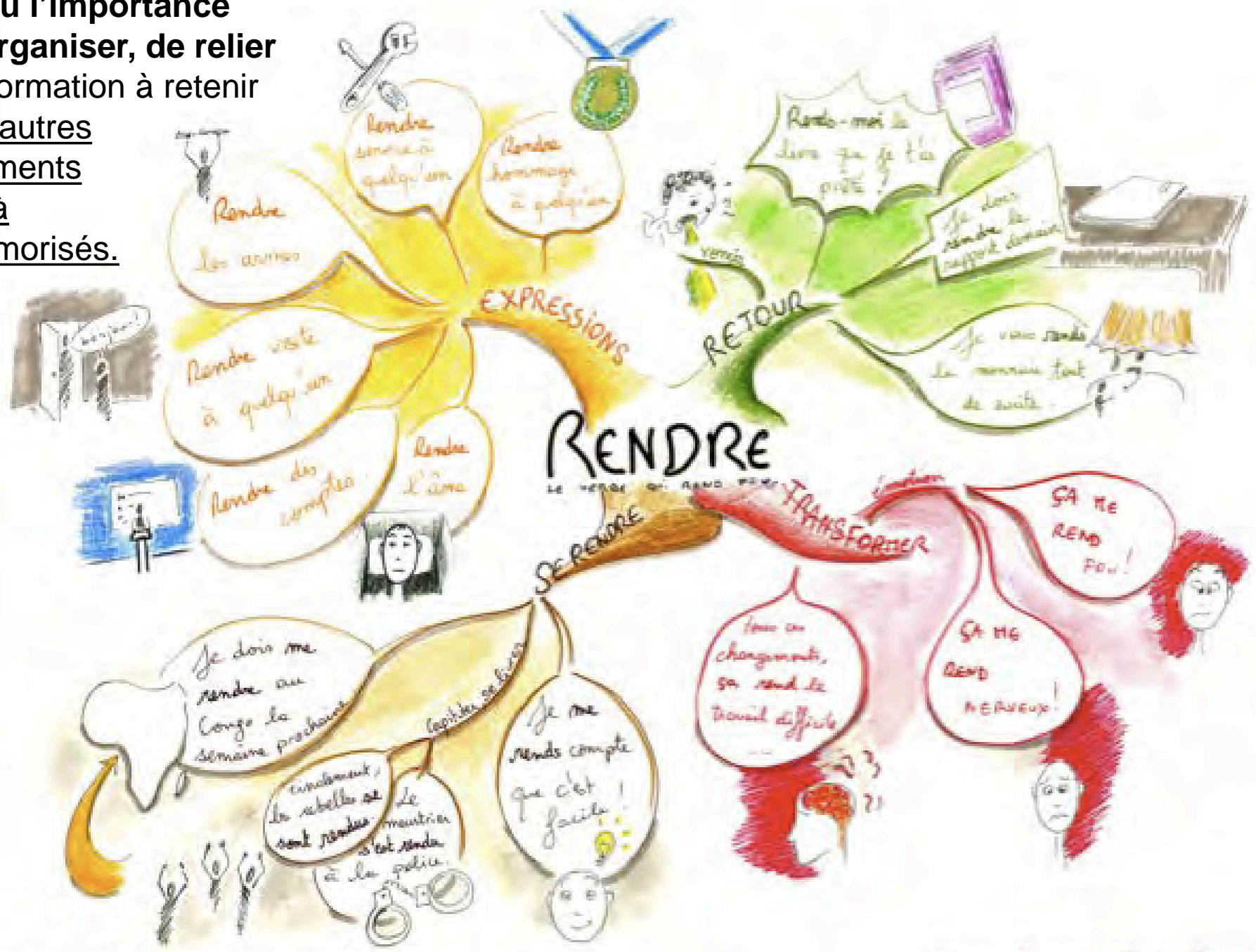
Avec l'aspect **associatif** de nos mémoires

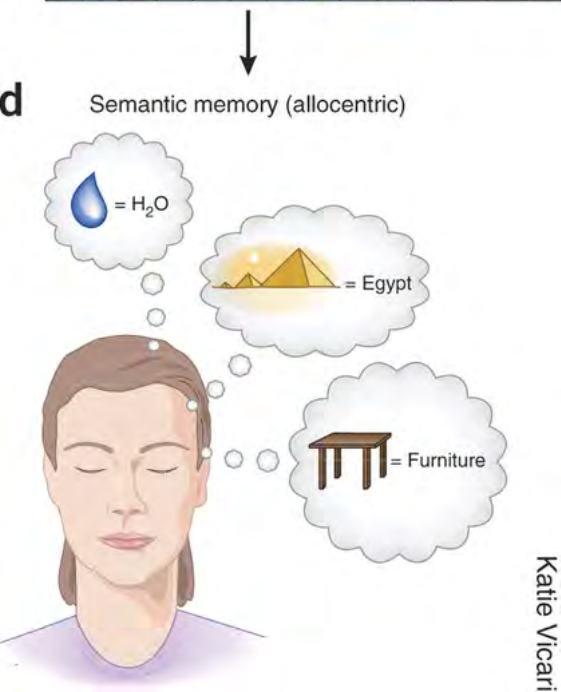
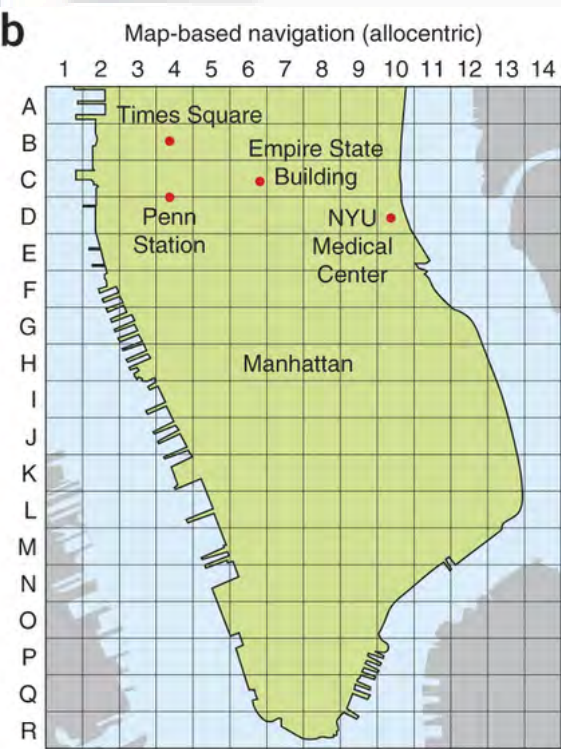
3) Organiser

on relie l'information à retenir à
d'autres éléments déjà mémorisés
dans sa mémoire à long terme.

Deux exemples

D'où l'importance
d'organiser, de relier
l'information à retenir
à d'autres
éléments
déjà
mémorisés.





[Voir Bonus #1]

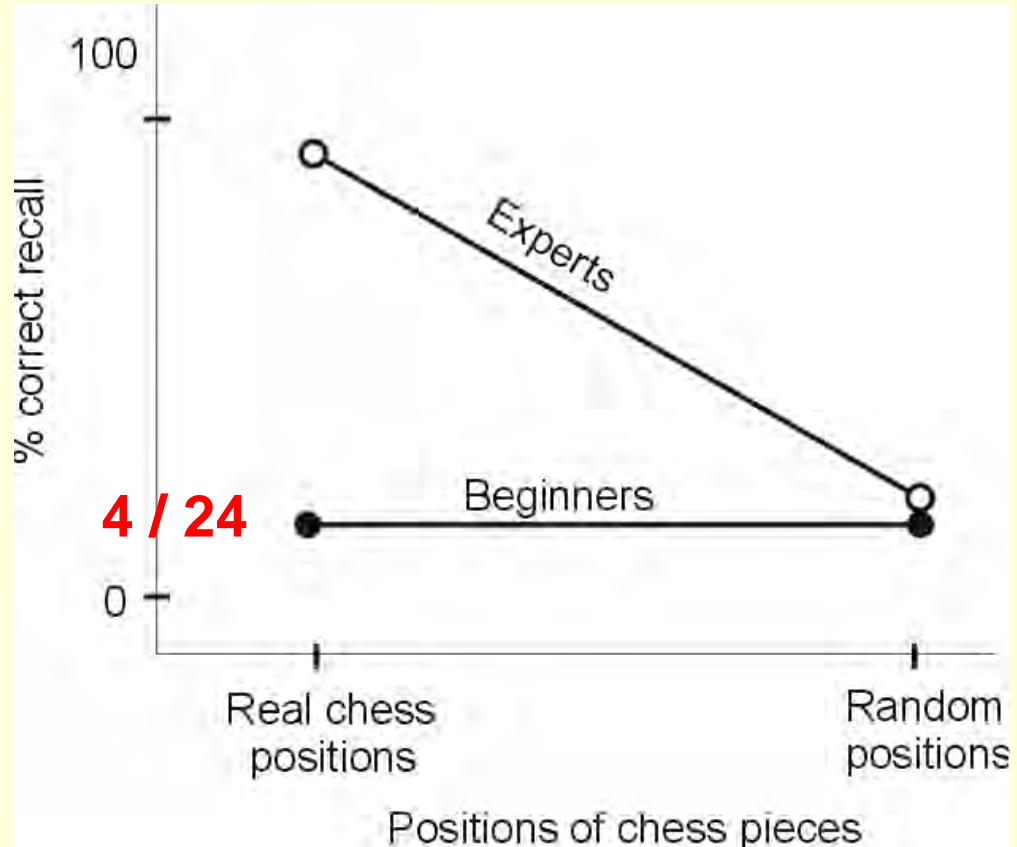
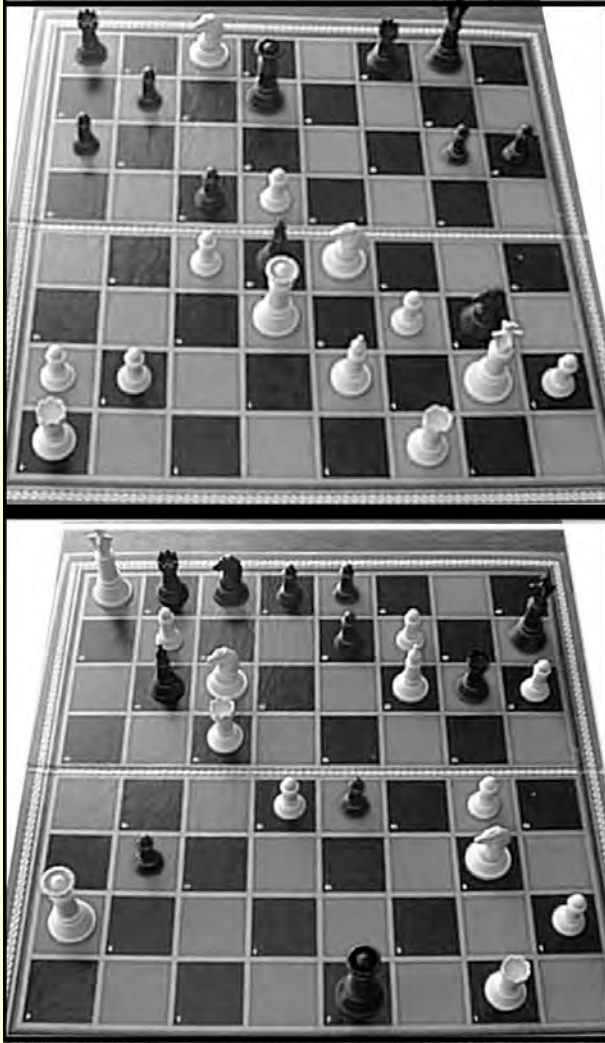


How experts recall chess positions

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)

Trucs mnémotechniques

1) Répéter

2) Combiner plusieurs éléments en un seul

Avec l'aspect **associatif** de nos mémoires

3) Organiser

4) Associer à des lieux connus

On sait depuis très longtemps qu'associer de nouvelles choses à des choses connues (comme un lieu familier) 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>



Trucs mnémotechniques

1) Répéter

2) Combiner plusieurs éléments en un seul

Avec l'aspect **associatif** de nos mémoires

3) Organiser

4) Associer à des lieux connus

5) Associer à des images mentales fortes

Plus l'association est surprenante,
plus on a de chance de s'en souvenir



Liste d'épicerie :

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



How to become a Memory Master : Idriz Zogaj at TEDxGoteborg

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



Type normal avec une mémoire normale qui commence à s'intéresser par hasard aux techniques de mémorisation à l'âge de 25 ans.

Il affirme qu'avec un mois d'entraînement, on peut tous apprendre à mémoriser l'ordre des 52 cartes d'un paquet brassé en les regardant une fois en moins de 5 minutes !

[mais il cherche sa voiture dans un stationnement s'il n'a pas porté attention à l'endroit où il l'avait stationné !]



« 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 »

**Les champions d'aujourd'hui
ne font que les pousser les
trucs découverts dans la
Grèce Antique.**

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>

À raison d'au moins deux heures et demie par jour, il s'est préparé pour les sept épreuves pendant trois mois.

«Depuis le 1er décembre dernier, j'ai mémorisé 1116 jeux de cartes (mélangées) et des séries de 175 nombres aléatoires 640 fois», dit le Texan. [...]

Lors du 12e championnat américain de mémorisation, il a battu pas moins de deux records nationaux.

Il est parvenu à mémoriser **l'ordre exact d'un jeu de 52 cartes mélangées en 1 minutes 37 secondes** et

il a retenu une séquence de 167 chiffres aléatoires en 5 petites minutes.

« Pour les nombres, l'un des systèmes couramment employés par les mnémonistes pour se préparer aux championnats 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.

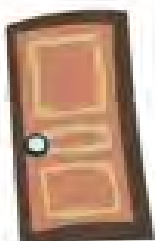
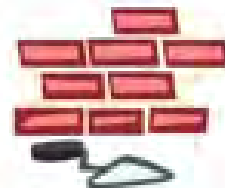
Pour le 98, on peut faire le lien avec la Coupe du monde de football et voir Zidane shootant dans un ballon.

Ainsi, n'importe quelle série de six chiffres peut être transformée en une image unique en combinant le **personnage du premier nombre** avec **l'action du second nombre**, sur une **tierce personne définie par le troisième nombre** : 986607 devient Zidane (98) qui embroche (66) James Bond (07).

Il suffit de placer cette scène dans un **palais de mémoire** et d'en ajouter d'autres sur le parcours pour retenir une longue suite de chiffres. »

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

Ça vous rappelle quelque chose ?





Évolution des différents types de mémoire;
Structures cérébrales associées;
Le cas du patient H.M.;
Quelques mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP;
Neurogenèse;

PAUSE

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

Se souvenir de chaque jour de sa vie;

Les facteurs qui influencent la mémoire;

Trucs mnémotechniques;

L'influence de l'âge sur diverses capacités cognitives

Jusqu'où peut aller la plasticité cérébrale ?

Bonus #1 : Exemples de recyclage et de réutilisation neuronal

Bonus #2 : Détails des mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP

L'influence de l'âge sur diverses capacités cognitives

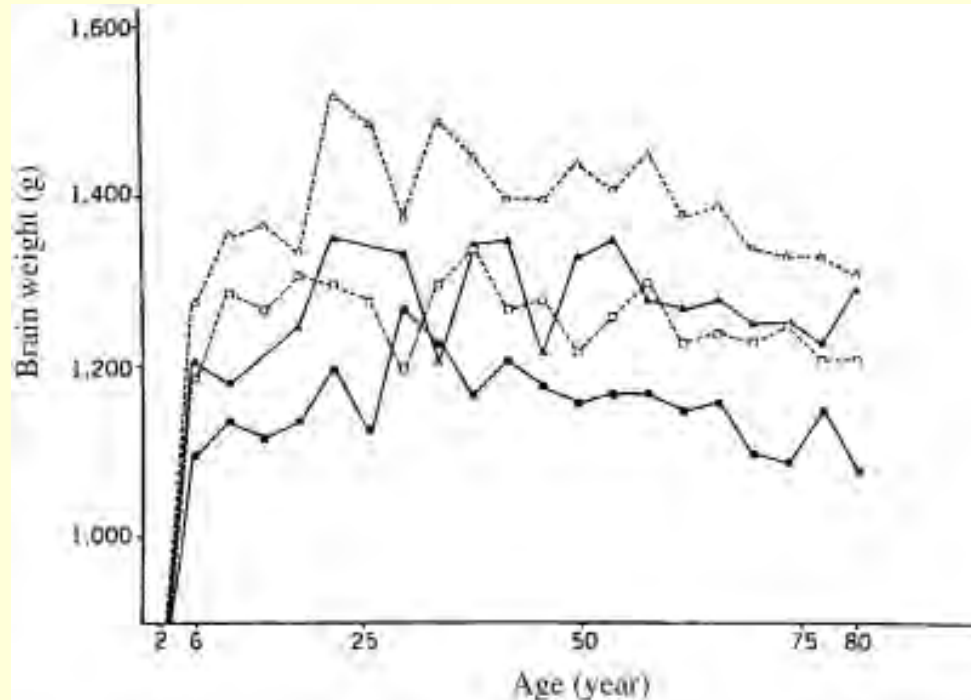


Old age begins at 27 as mental powers start to decline, scientists find (2009)

<http://www.telegraph.co.uk/news/newsttopics/howaboutthat/4995546/Old-age-begins-at-27-as-mental-powers-start-to-decline-scientists-find.html>



Int J Neurosci. 2009; 119(5):691-731. **Whole brain size and general mental ability: a review.** Rushton JP, Ankney CD.



La perte de masse du cerveau est d'environ 2 grammes par année à partir de 26 ans jusqu'à 80 ans.

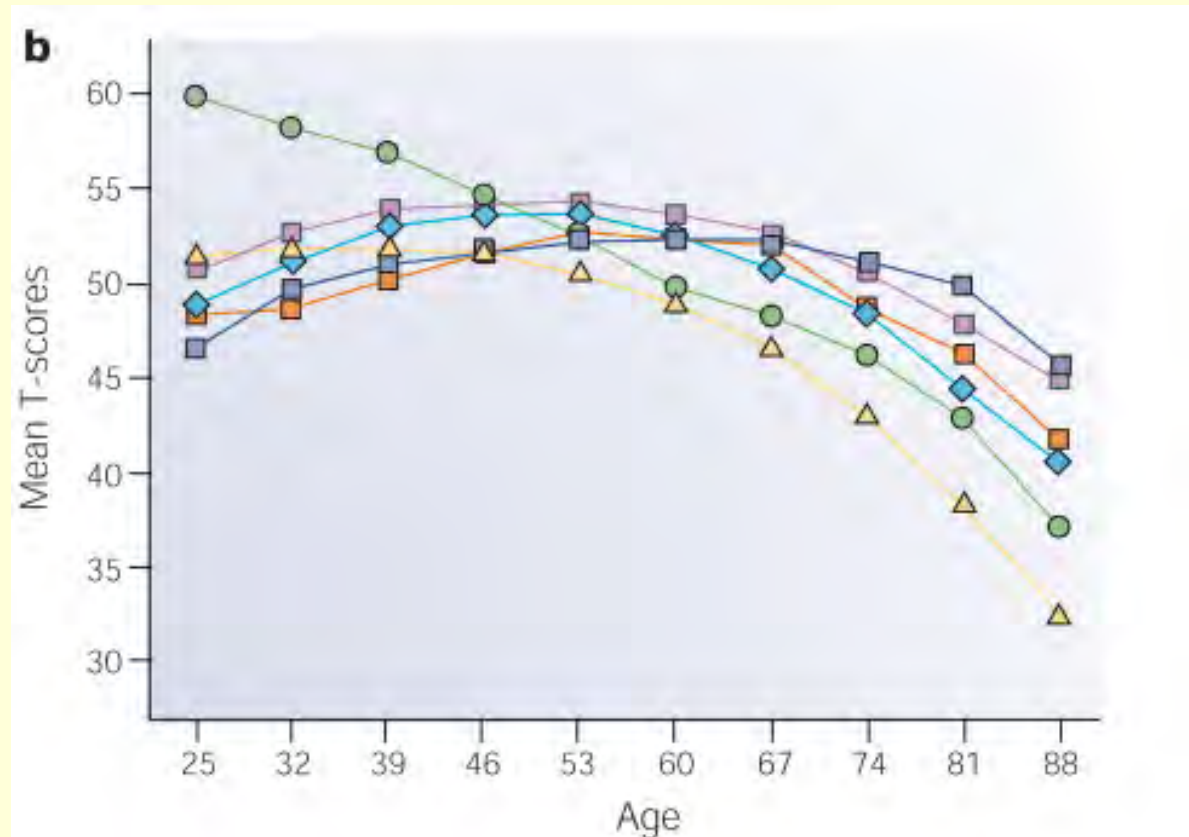
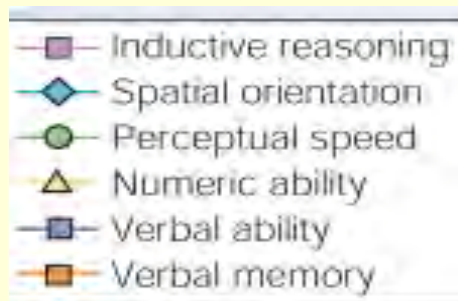
On perd donc environ 108 g de notre 1450 g initial pour descendre à 1342 g.

Une perte de 7,5% au total. Après l'âge de 80 ans, le taux de perte passe à 5 g par année environ.

Nat Rev Neurosci. **2004** Feb;5(2):87-96.

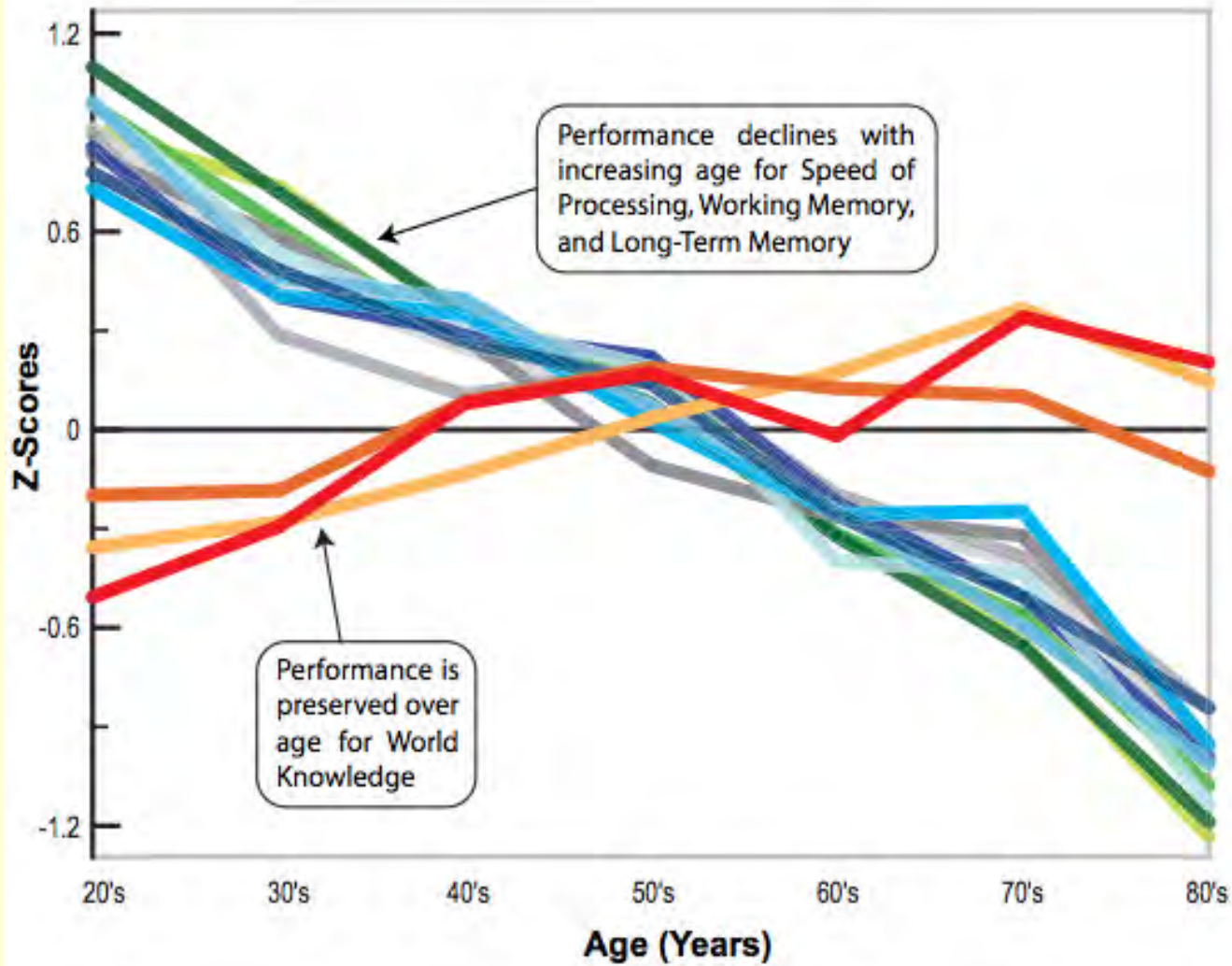
Insights into the ageing mind: a view from cognitive neuroscience.

Hedden T, Gabrieli JD.



Alors que certaines fonctions cognitives ont leur maximum autour de l'âge de **25 ans** (ce qui correspond à la masse maximum du cerveau),

plusieurs autres n'atteignent leur maximum passé **50 ans** (comme le raisonnement inductif ou les habileté verbales).



Évolution des différents types de mémoire;
Structures cérébrales associées;
Le cas du patient H.M.;
Quelques mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP;
Neurogenèse;

PAUSE

La trace physique ou « l'engramme » d'un souvenir
Se souvenir de chaque jour de sa vie;
Les facteurs qui influencent la mémoire;
Trucs mnémotechniques;
L'influence de l'âge sur diverses capacités cognitives
Jusqu'où peut aller la plasticité cérébrale ?

Bonus #1 : Exemples de recyclage et de réutilisation neuronal

Bonus #2 : Détails des mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP

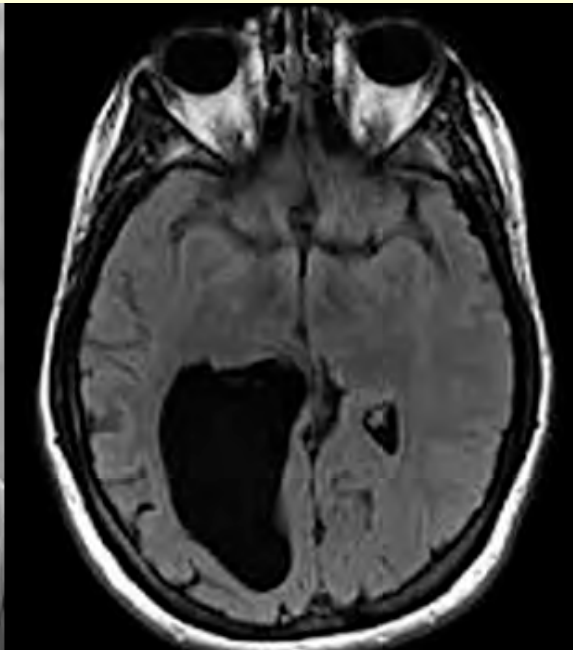
The woman with a lemon-sized hole in her brain

<http://www.cbsnews.com/news/cole-cohen-woman-with-lemon-sized-hole-in-her-brain/>

May 21, 2015

Cole Cohen a grandi sans jamais savoir pourquoi elle ne pouvait pas comprendre le temps et l'espace. Elle n'était pas non plus capable de lire l'heure sur un cadran analogique, évaluer la vitesse d'une voiture qui approche dans la rue, ou encore savoir combien de temps faire une accolade à quelqu'un.

Les médecins se confondaient en diagnostics, incluant TDAH et dyslexie. Finalement, quand elle a eu 26 ans, quelqu'un lui suggéra de passer un scan d'IRM.



Les résultats furent renversants : elle avait un trou dans son cerveau de la taille d'un citron. Rempli de liquide cérébro-spinal, le trou se retrouvait où son **lobe pariétal** aurait dû être, une région du cerveau impliquée dans la navigation spatiale, la compréhension des nombres, certaines informations sensorielles, etc.

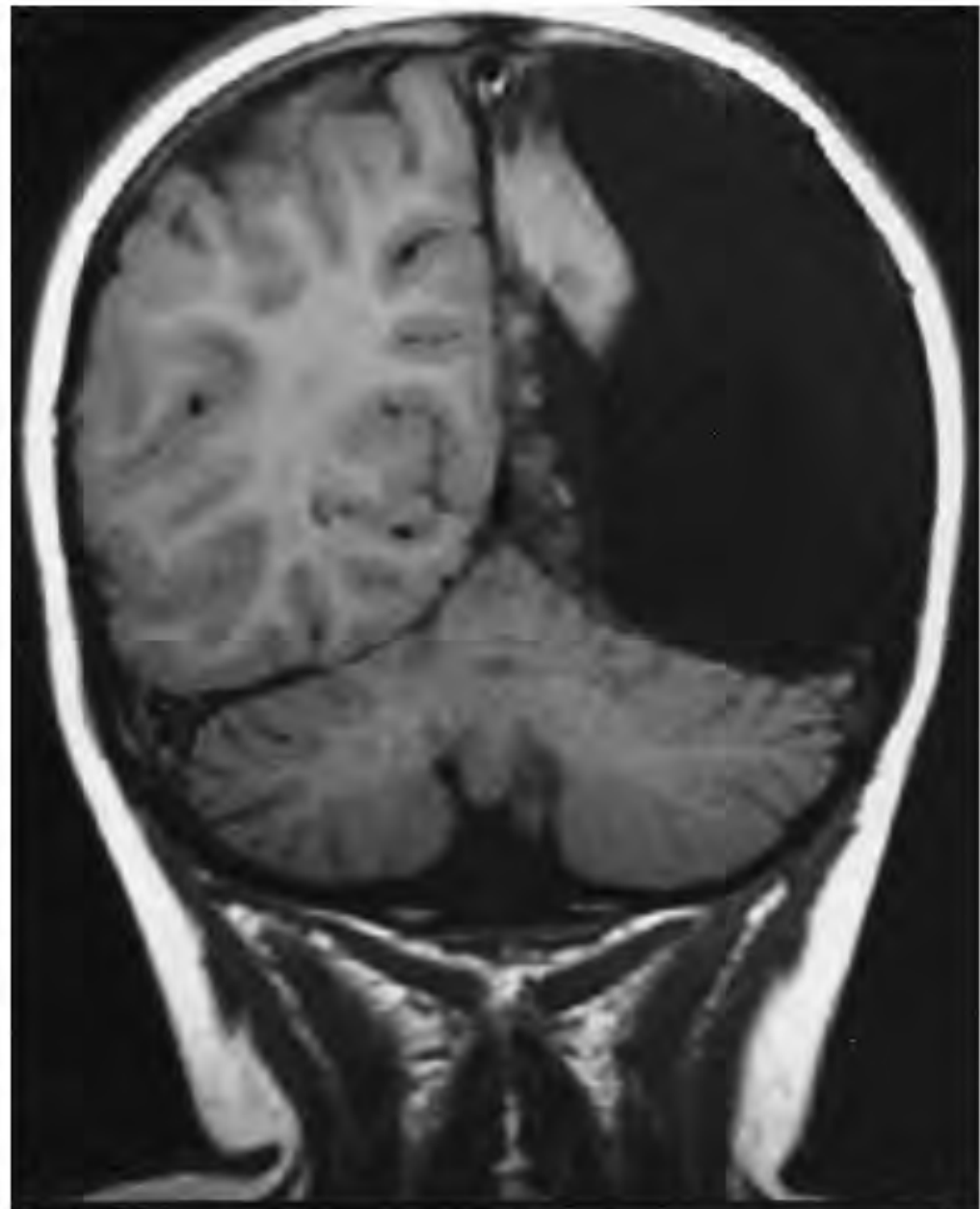
Clinical picture

The Lancet, 359, February 6, 2002

Half a brain

*Johannes Borgstein,
Caroline Grootendorst*

This 7-year-old girl had a hemispherectomy at the age of 3 for Rasmussen syndrome (chronic focal encephalitis). Intractable epilepsy had already led to right-sided hemiplegia and severe regression of language skills. Though the dominant hemisphere was removed, with its language centres and the motor control for the left side of her body, the child is fully bilingual in Turkish and Dutch, while even her hemiplegia has partially recovered and is only noticeable by a slight spasticity of her left arm and leg. She leads an otherwise normal life.



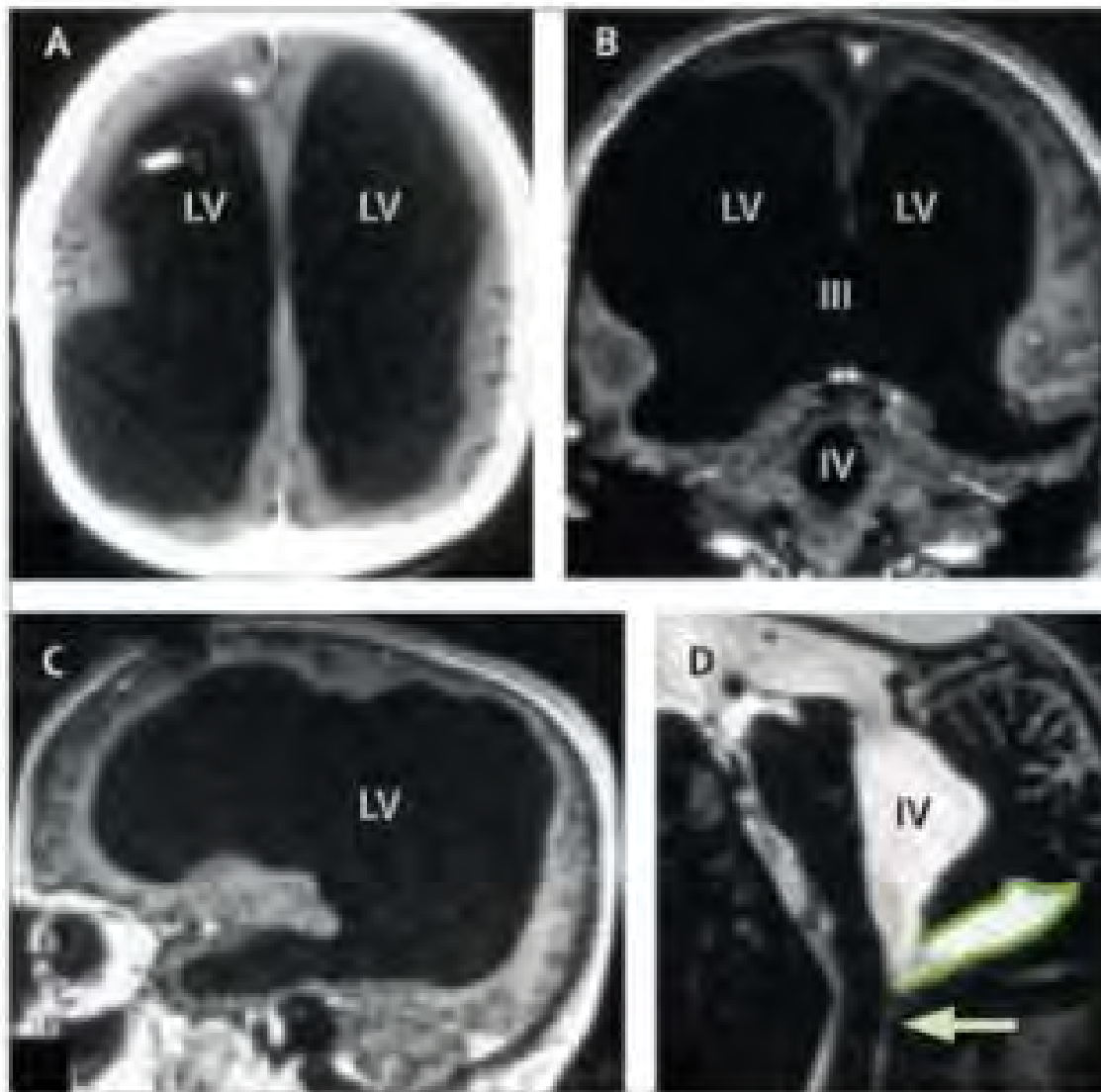


Figure: Massive ventricular enlargement, in a patient with normal social functioning

(A) CT; (B, C) T1- weighted MRI, with gadolinium contrast; (D) T2-weighted MRI. LV=lateral ventricle. III=third ventricle. IV=fourth ventricle. Arrow=Magendie's foramen. The posterior fossa cyst is outlined in (D).

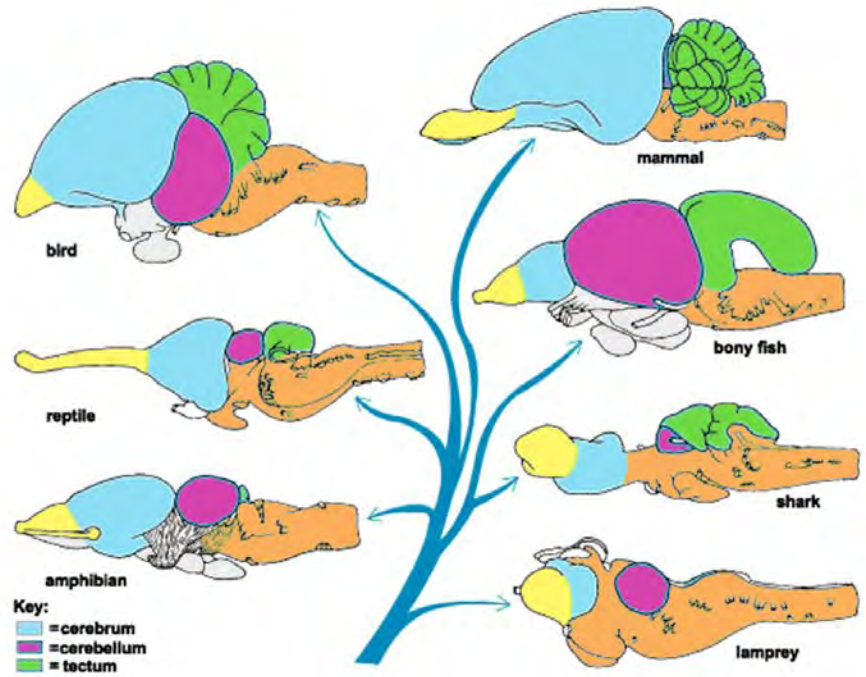
Évolution des différents types de mémoire;
Structures cérébrales associées;
Le cas du patient H.M.;
Quelques mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP;
Neurogenèse;

PAUSE

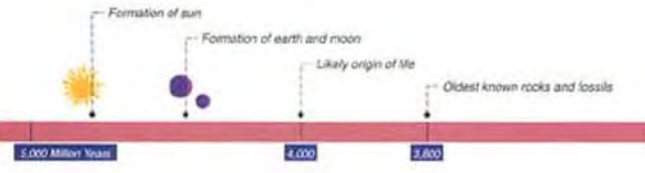
La trace physique ou « l'engramme » d'un souvenir
Se souvenir de chaque jour de sa vie;
Les facteurs qui influencent la mémoire;
Trucs mnémotechniques;
L'influence de l'âge sur diverses capacités cognitives
Jusqu'où peut aller la plasticité cérébrale ?

Bonus #1 : Exemples de recyclage et de réutilisation neuronal

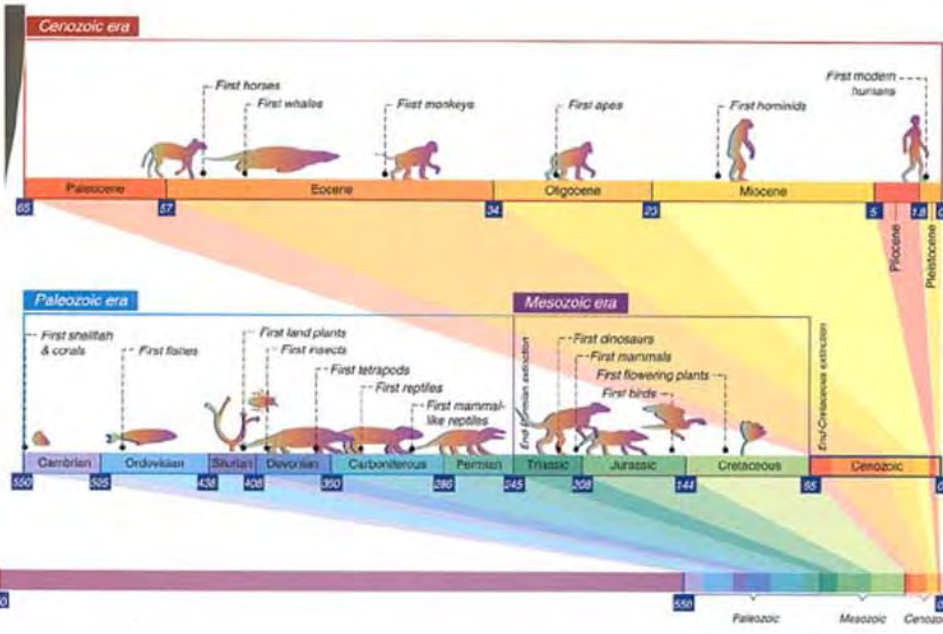
Bonus #2 : Détails des mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP



Key:
 = cerebrum
 = cerebellum
 = tectum



Notre cerveau, bricolage de l'évolution

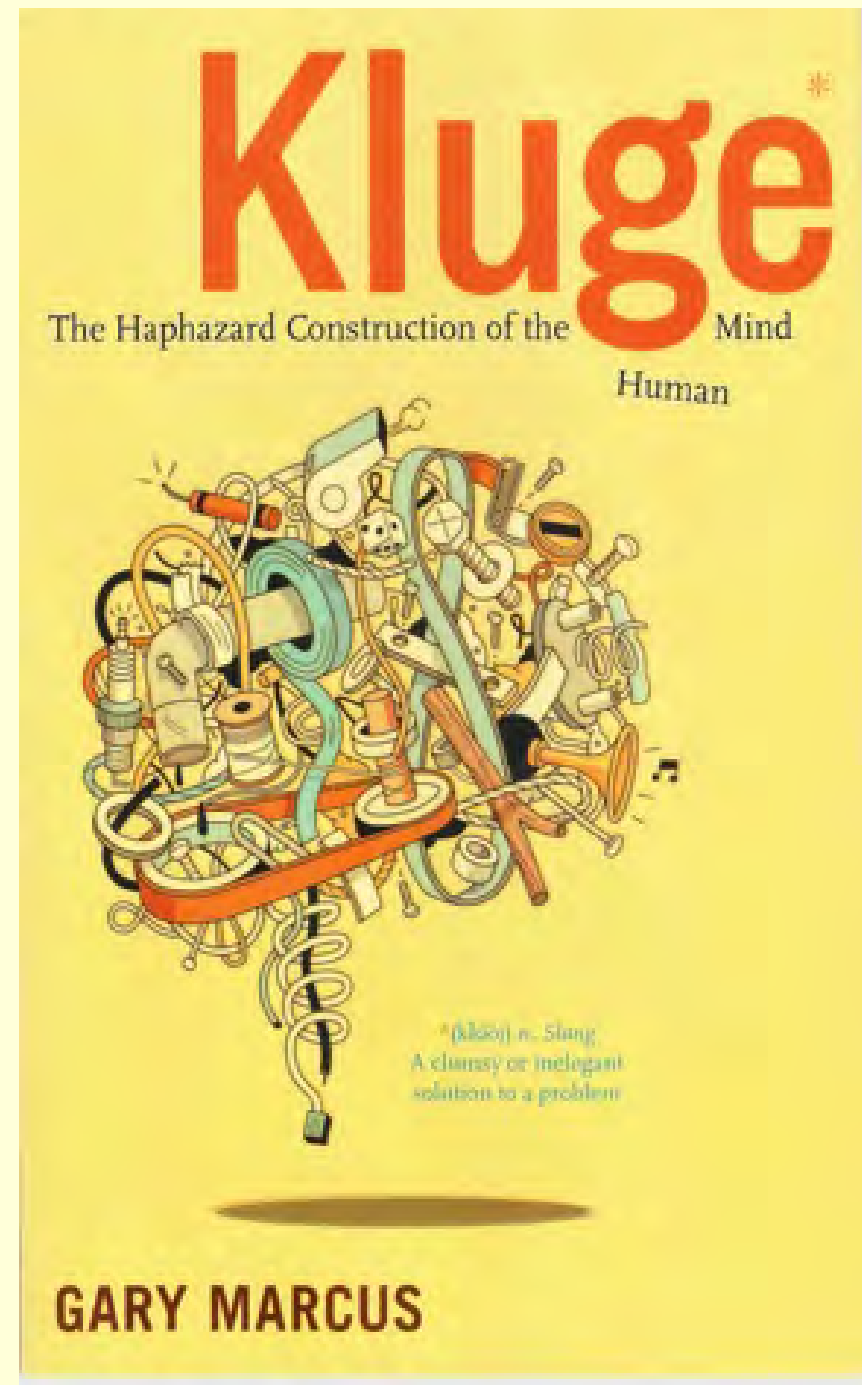




« L'évolution travaille sur ce qui existe déjà. [...]

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)



kluge n. - Slung
A clumsy or inelegant
solution to a problem

GARY MARCUS

Le bricolage
de l'évolution



Kluge

The Haphazard Construction of the Mind
Human



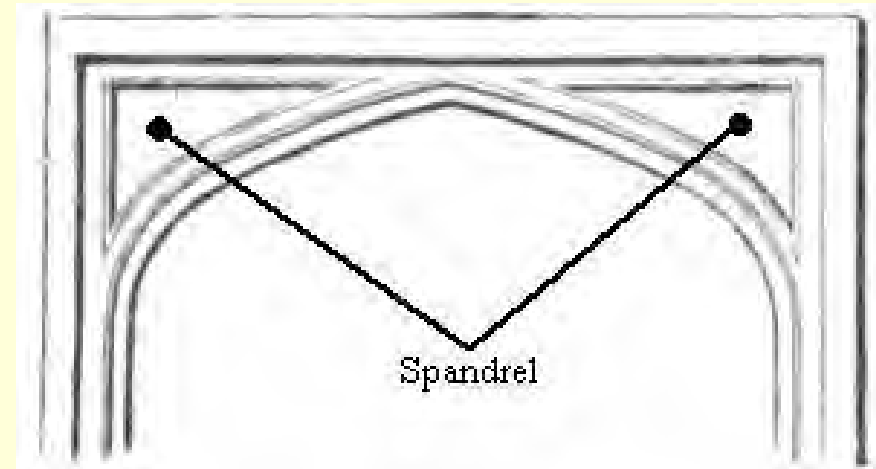
*(klōg) n. Slang
A clumsy or inelegant
solution to a problem*

GARY MARCUS



Cette idée de bricolage s'apparente au concept d'« **exaptation** » (S. Jay Gould) :

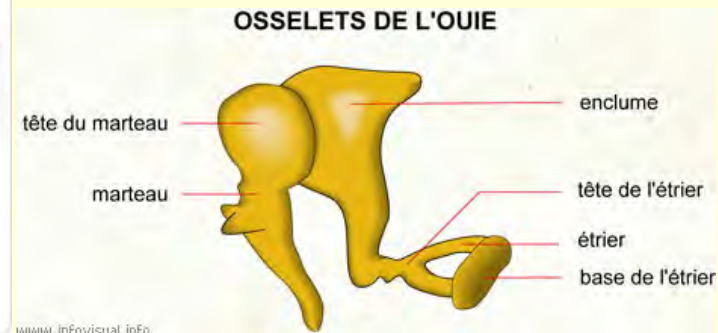
une structure biologique ayant évolué en vue d'une fonction précise mais qui se trouve **réutilisée** ou **recyclée** pour une autre fonction.





Exemple 2 : les plumes de l'oiseau, d'abord apparue pour la thermorégulation

Exemple 3 : les osselets de l'oreille interne, d'abord apparus comme des os de la mâchoire



Exemple 4 :

la mémoire déclarative comme recyclage
de **la mémoire spatiale**

Mardi, 14 octobre 2014

Un Nobel pour les travaux sur les neurones de l'orientation spatiale

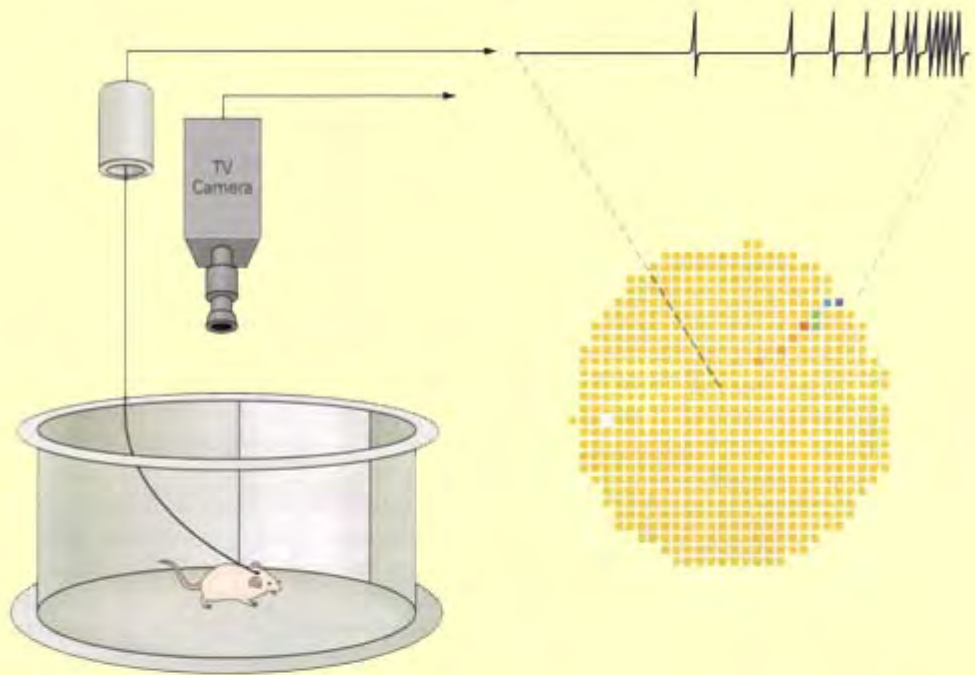
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2014/10/14/un-nobel-aux-travaux-sur-les-bases-neurales-de-lorientation-spatiale/>

Prix Nobel de médecine 2014 attribué à Américano-Britannique John O'Keefe et au couple norvégien May-Britt et Edvard Moser pour leur recherches sur le «**GPS** interne» du cerveau.

Mais bien avant l'invention de ce gadget, nos ancêtres chasseurs-cueilleurs ont su s'orienter dans leur environnement pour migrer, suivre le gibier ou simplement retrouver leur campement.

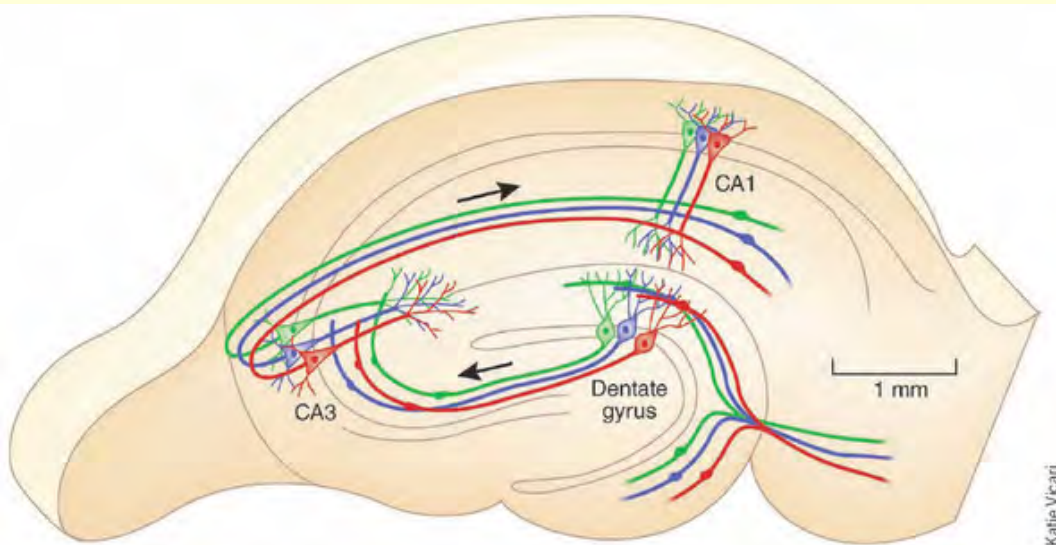
Et que la sélection naturelle a dû opérer là-dessus...



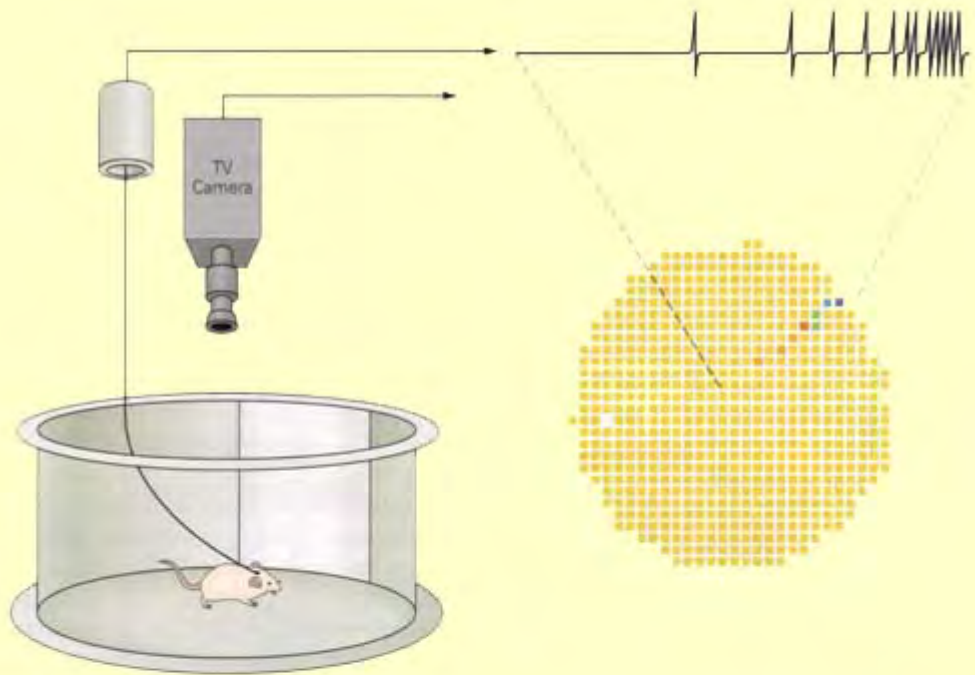


De sorte que, aujourd'hui, on possède tous cette capacité de se construire des cartes mentales pour s'orienter, comme le font d'ailleurs bien d'autres espèces animales.

C'est d'ailleurs avec les **rats** que John O'Keefe a fait ses expériences, au début des années 1970, grâce à un dispositif innovateur permettant à l'animal de se déplacer librement et d'enregistrer en même temps l'activité de neurones de l'hippocampe.



Tranche d'**hippocampe** de rat.



1. Souris normale



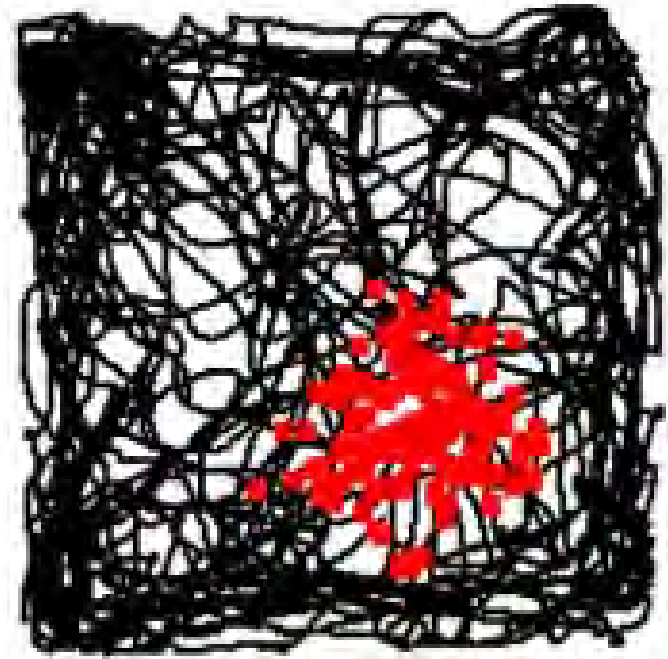
De sorte que, aujourd'hui, on possède tous cette capacité de se construire des cartes mentales pour s'orienter, comme le font d'ailleurs bien d'autres espèces animales.

C'est d'ailleurs avec les **rats** que John O'Keefe a fait ses expériences, au début des années 1970, grâce à un dispositif innovateur permettant à l'animal de se déplacer librement et d'enregistrer en même temps l'activité de neurones de l'hippocampe.

O'Keefe observe que certains neurones de l'hippocampe devenaient plus actifs quand l'animal se trouvait dans à **un endroit particulier** dans sa cage, et pas ailleurs.

On a bientôt compris qu'à chaque endroit dans la cage on pouvait trouver de ces « cellules de lieu » (« **place cells** », en anglais)

dont l'augmentation d'activité pouvait renseigner l'animal sur l'endroit où il se trouvait.



A place cell fires in one place in a square box

Article récent (**2013**) sur les **place cells** :

Forming Memories, One Neuron at a Time

http://knowingneurons.com/2013/04/10/forming-memories-one-neuron-at-a-time/?blogsub=confirming#blog_subscription-2

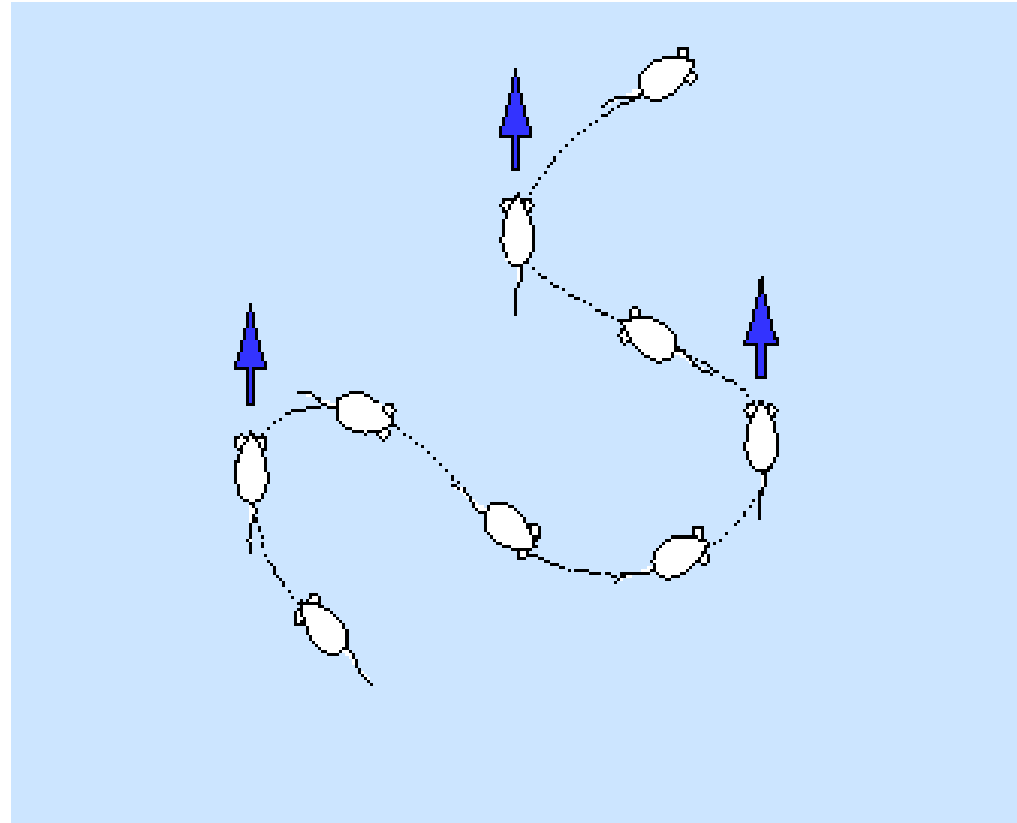
You Are Here: Mapping The World With Neurons

<http://knowingneurons.com/2013/04/08/you-are-here-mapping-the-world-with-neurons/>

Un peu plus tard, dans les années 1980, J. B. Ranck Jr. montre que d'autres neurones d'une région voisine de l'hippocampe augmentent leur activité cette fois-ci quand **la tête du rat pointe dans une direction précise** dans le plan horizontal.

Et encore une fois, toutes les directions sont couvertes par l'ensemble de cette population de "**head-direction cell**".

Preferred Direction of a Single Head-Direction Cell



Kechen Zhang (1996):

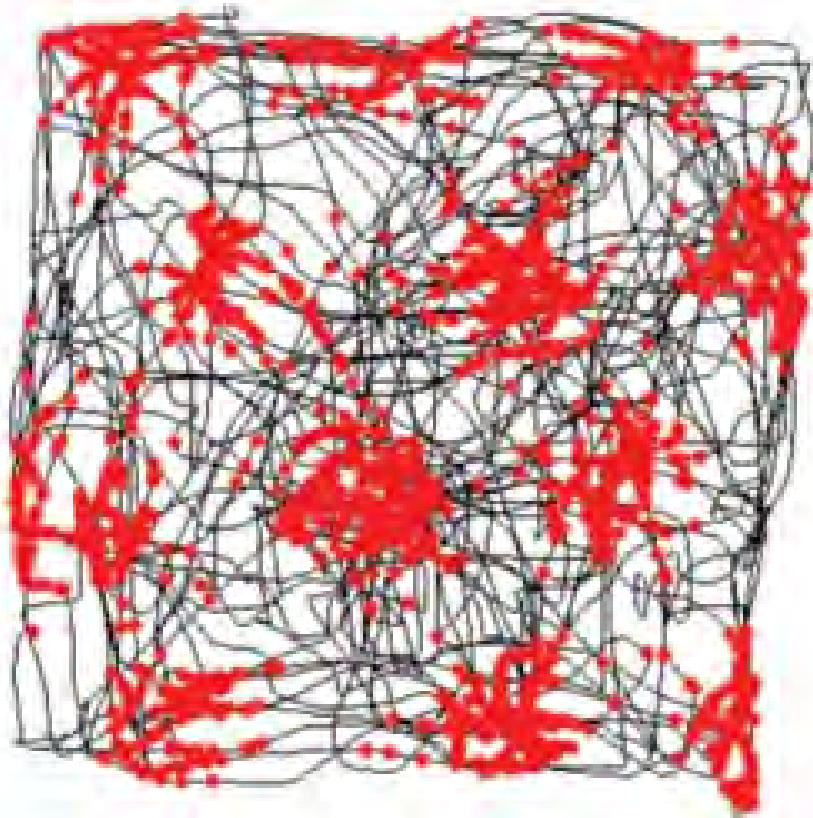
Representation of spatial orientation by the intrinsic dynamics of the head-direction cell ensemble: A theory. *Journal of Neuroscience* 16: 2112-2126.

<http://cnl.salk.edu/~zhang/jns-hd-600dpi-scanned.pdf>

Mais c'est la découverte des **cellules de quadrillage** ou de **grille** (« **grid cells** », en anglais), par May-Britt et Edvard Moser au milieu des années 2000, qui allait révéler toute la complexité de notre système de navigation.

Cette fois, les neurones semblaient s'activer un peu n'importe où quand le rat se promenait dans la cage.

Mais en cartographiant sur une longue période tous les endroits provoquant une activation pour l'une de ces cellules situées dans le cortex enthorinal (la « porte d'entrée » de l'hippocampe), les Moser ont constaté que la cellule faisait feu à intervalle régulier dans l'espace, et que l'ensemble de ces points formait une **véritable grille hexagonale** quadrillant tout l'espace.



A grid cell (from Hafting et al) fires in evenly spaced peaks all over the box

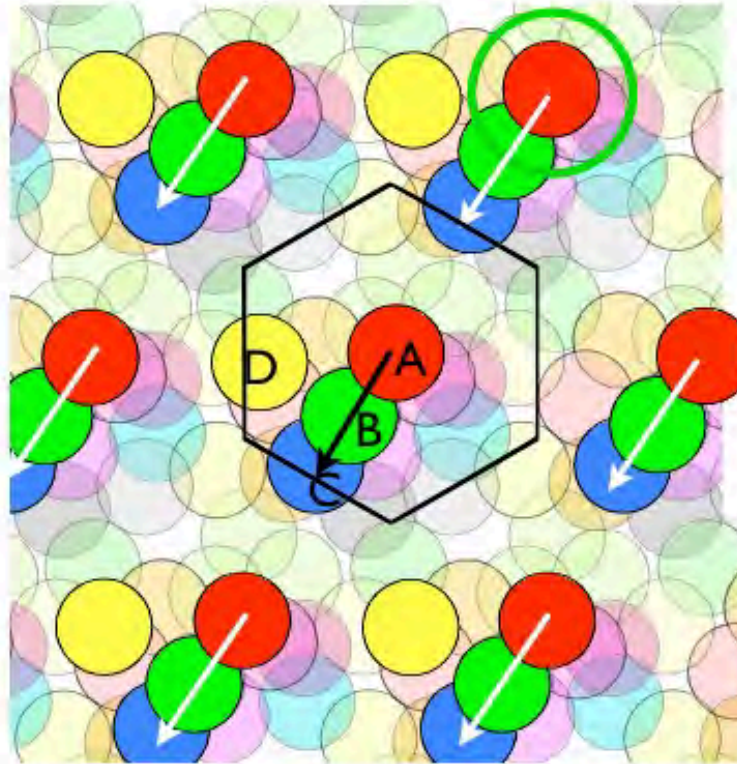
Grid Cell firing patterns in a module code movement distance and direction

When animal is on a bump of Grid Cell A and moves a particular distance and direction, Grid Cells B and C will fire.

firing: A → B → C

=

from position A move
SW a certain distance



Chaque grid cell va avoir sa propre grille, légèrement décalée des autres

(ici on voit les 4 grilles de 4 grid cells de différentes couleurs)

Cela veut dire que quand le rat se déplace, différentes grid cells vont être successivement activées.

Et cela pourrait aussi fonctionner **dans l'autre sens** :

une séquence d'activation de grid cells pourrait évoquer, pour l'animal **immobile**, la vitesse, la distance et la direction d'un mouvement projeté ou rappelé.

Ce qui en fait un mécanisme fort intéressant pour la **navigation mentale**.

Cellules de lieu :

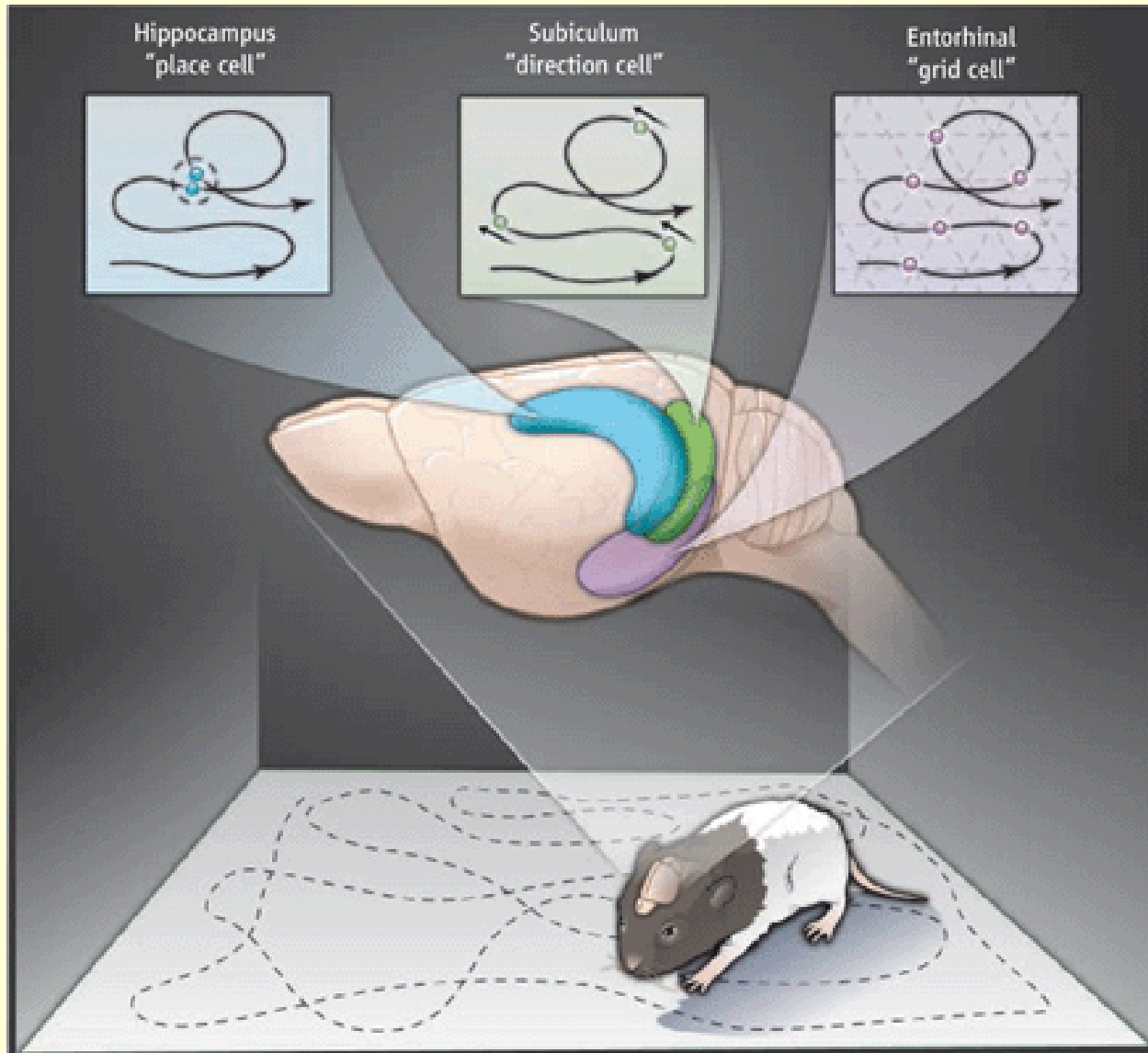
O'Keefe and Dostrovsky,
début 1970

Les cellules de direction de la tête

J. B. Ranck Jr.,
Milieu 1980

« Grid cells » :

Edvard and May-Britt Moser
Milieu 2000





Donc l'idée qui émerge est la suivante :

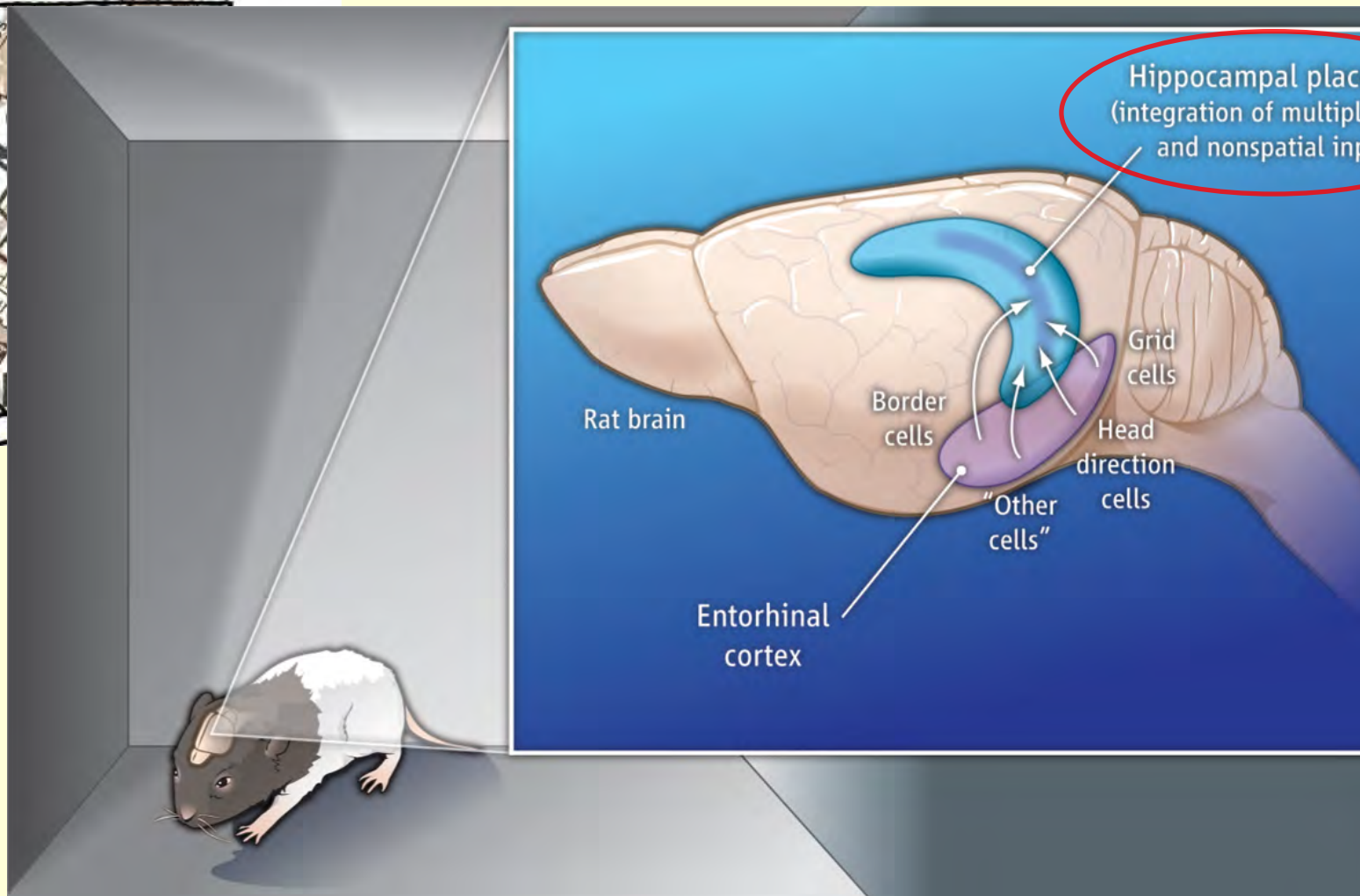
les cellules de lieu de l'hippocampe se comportent comme un navigateur sur l'océan, mettant à jour sa position en utilisant deux types d'input :

la navigation **mentale** et **à vue**.

Le système de grid cells serait responsable de la navigation **mentale**,

et d'autres voies de l'hippocampe apporteraient de l'information sensorielle pour la navigation **à vue**.

(notamment des stimuli visuels...)



Et les cellules de lieu, pour déterminer la position de l'animal, recevraient donc constamment les inputs de toutes ces autres cellules.

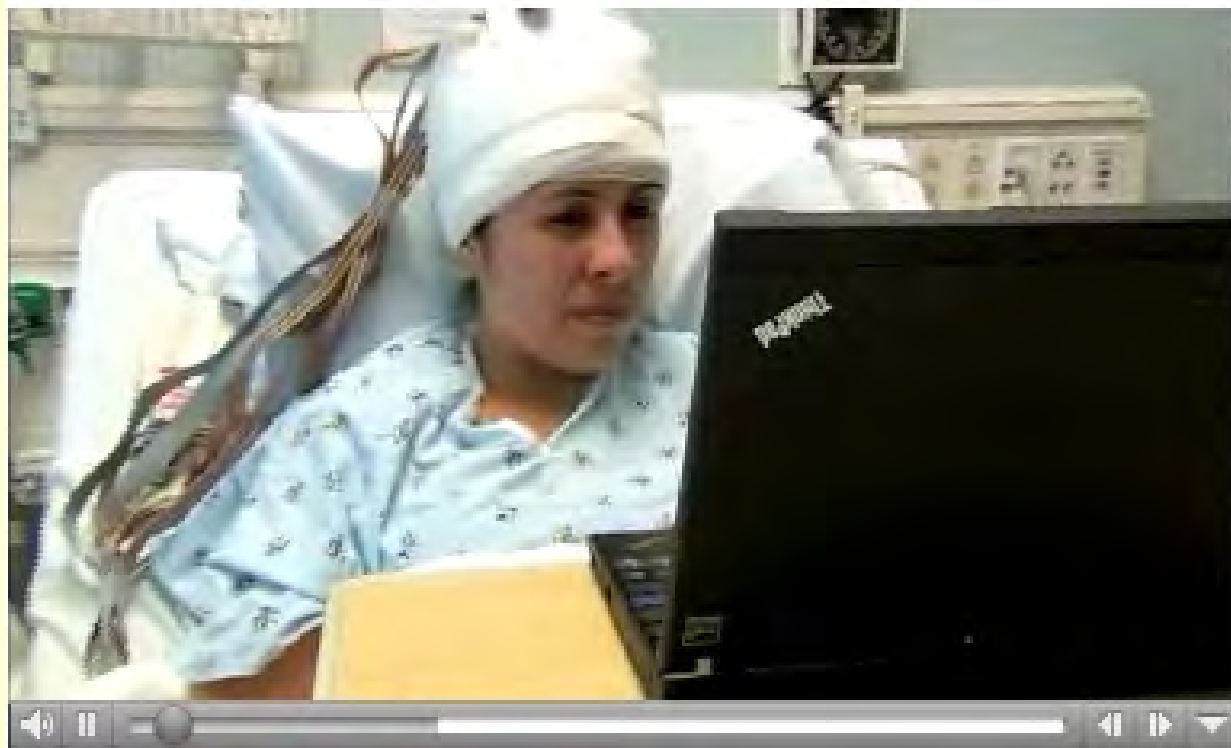
Mais qu'est-ce qui nous dit que les choses se passent de façon similaire chez l'humain ?

Pas évident, en effet, d'enregistrer directement des cellules de quadrillage chez un humain avec des électrodes enfoncées dans son hippocampe pendant qu'il se promène dans un parc...



Une étude publiée en **2013** a toutefois profité du fait qu'un patient alité en attente d'une chirurgie pour l'épilepsie avait des électrodes intracrâniennes dans l'hippocampe.

Et ils ont réussi à mettre en évidence des cellules de quadrillage avec un jeu vidéo d'une ville virtuelle.



Une étude publiée en **2013** a toutefois profité du fait qu'un patient alité en attente d'une chirurgie pour l'épilepsie avait des électrodes intracrâniennes dans l'hippocampe.

Et ils ont réussi à mettre en évidence des cellules de quadrillage avec un jeu vidéo d'une ville virtuelle.

*“The ‘virtual-reality’ gamble worked. Firing rate maps constructed on the layout of the simulated town had **grid-like patterns, showing that humans have grid cells.**”*

Direct recordings of grid-like neuronal activity in human spatial navigation

Joshua Jacobs et al.

Nature Neuroscience 16, 1188–1190 (**2013**)

Et les hypothèses n'ont pas tardées
pour faire d'autres liens rats / humains.

Dont celle-ci, fort intéressante...

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

György Buzsáki & Edvard I Moser

Published online 28 **January 2013**

http://www.nature.com/neuro/journal/v16/n2/full/nn.3304.html?WT.ec_id=NEURO-201302

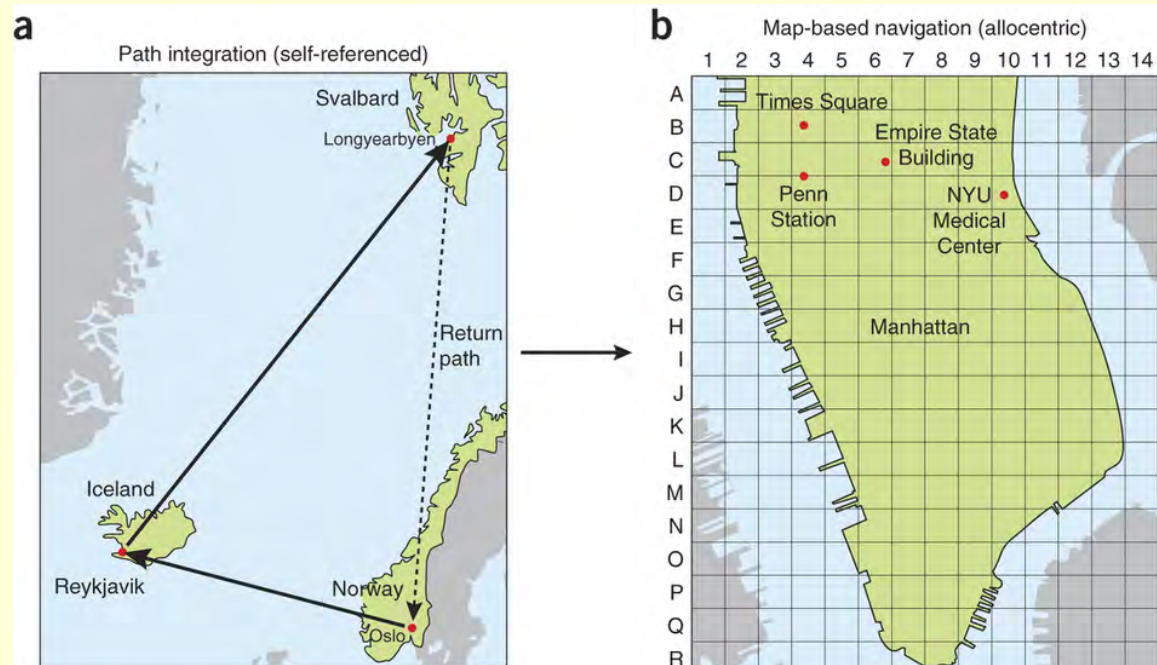
Les auteurs rappellent que pour naviguer dans l'espace, on dispose de **deux mécanismes interreliés** qui fonctionnent normalement ensemble :

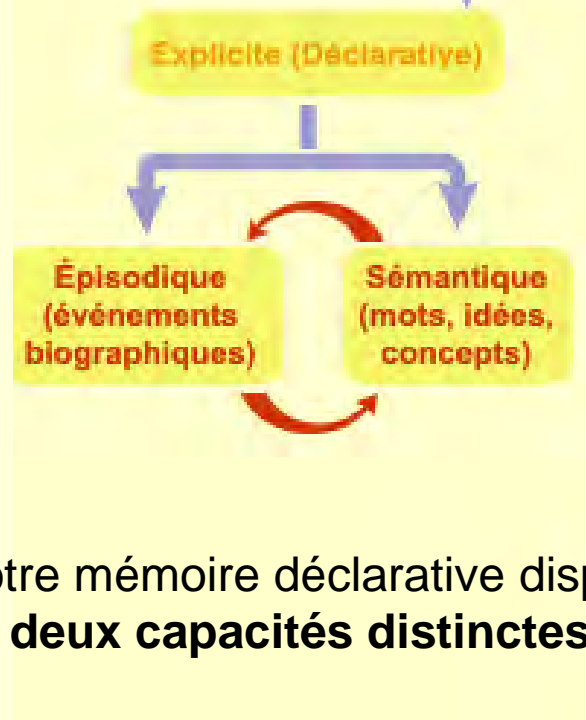
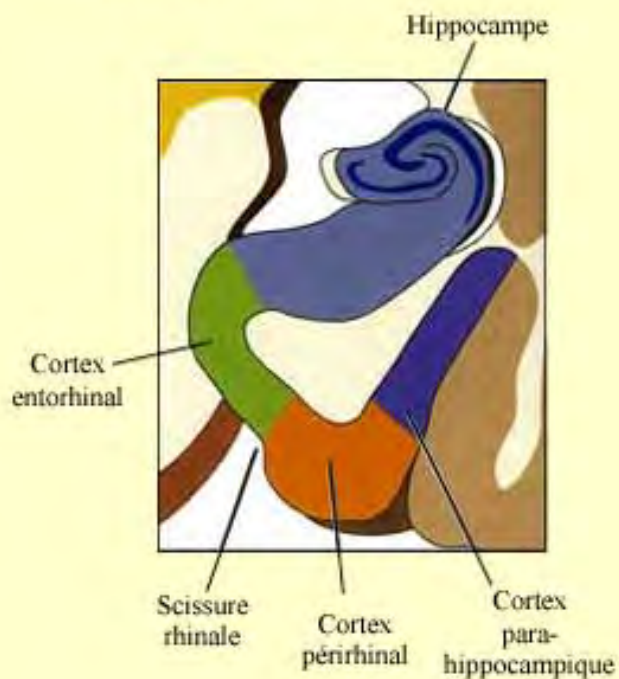
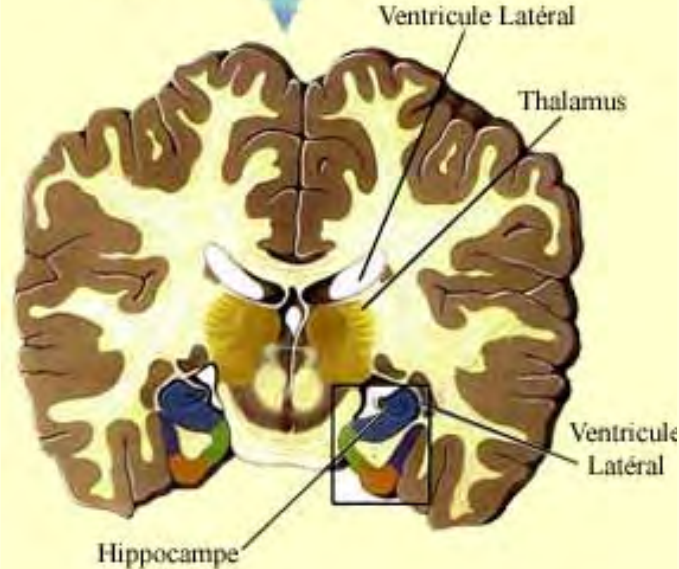
1) la “**navigation mentale**”,
basé sur l'intégration des
déplacements préalables

- 2) la “**navigation à vue**”,
basée sur les relations
spatiales entre les indices
dans l'environnement);

La **disponibilité**
plus ou moins
grande d'indices
extérieurs peut
toutefois **favoriser**
plus ou moins l'une
des deux stratégies

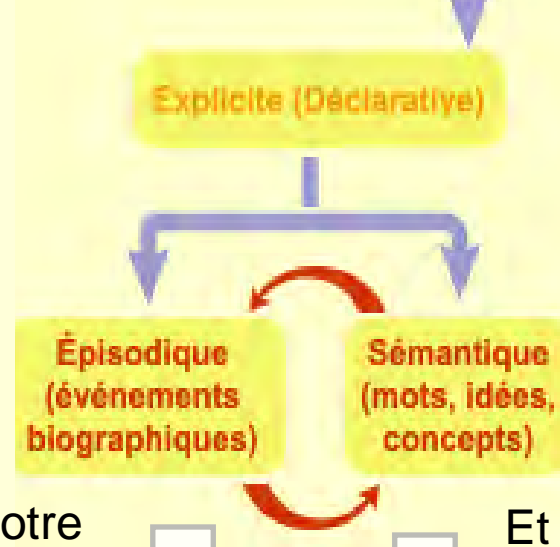
(peu d'indices ou
l'obscurité
favorisant par
exemple le système
egocentrique).





Notre mémoire déclarative dispose de **deux capacités distinctes...**

...qui dépendent aussi de **l'hippocampe.**



On pense que notre mémoire **épisodique** dériverait des capacité de parcours mental de nos cellules de gille.

Et notre mémoire **sémantique** des capacités de navigation « à vue » de nos cellules de lieu.

c Episodic memory (self-referenced)



d Semantic memory (allocentric)



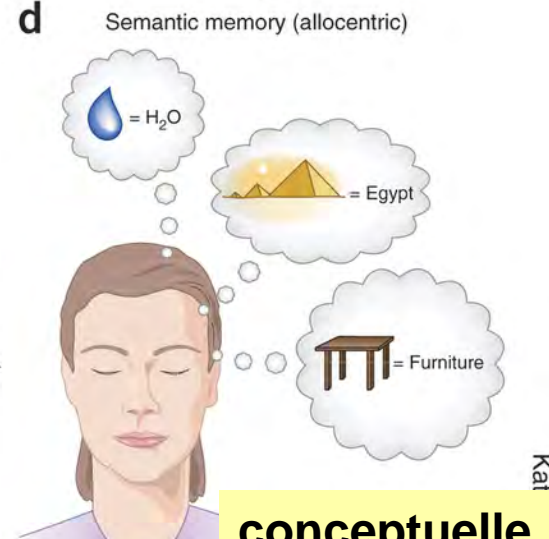
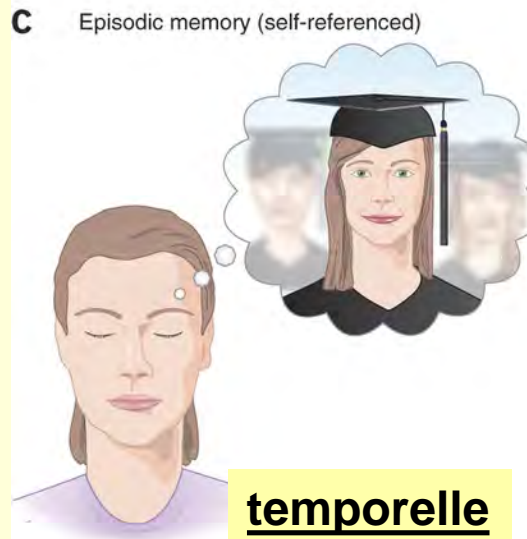
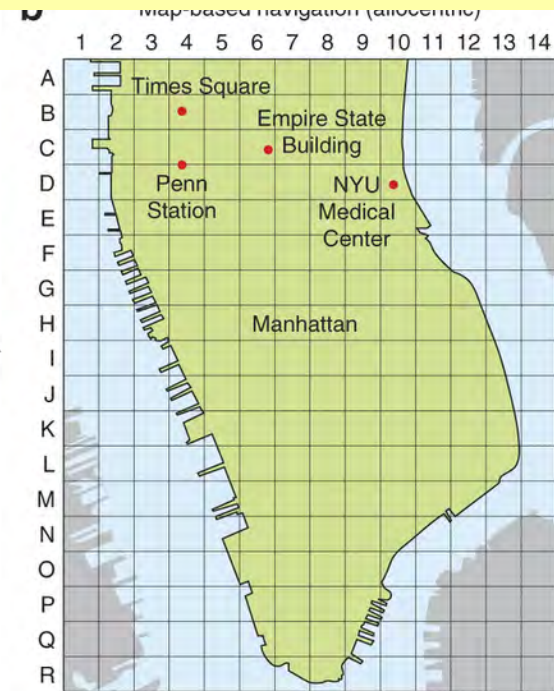
mais aussi encore spatiale :

navigation mentale

+

navigation « à vue »

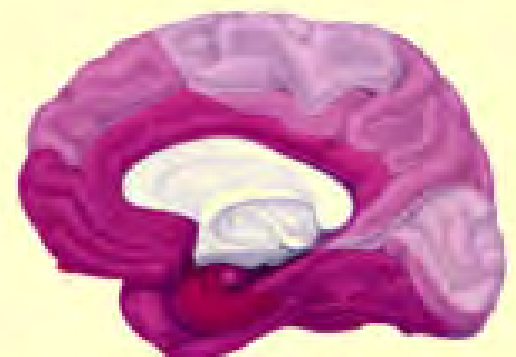
Chez l'humain, les mêmes réseaux de neurones supporteraient donc **différentes formes de navigation :**



Ce qui s'accorde avec les premiers symptômes que l'on observe avec l'Alzheimer :

pertes de mémoire

et désorientation.

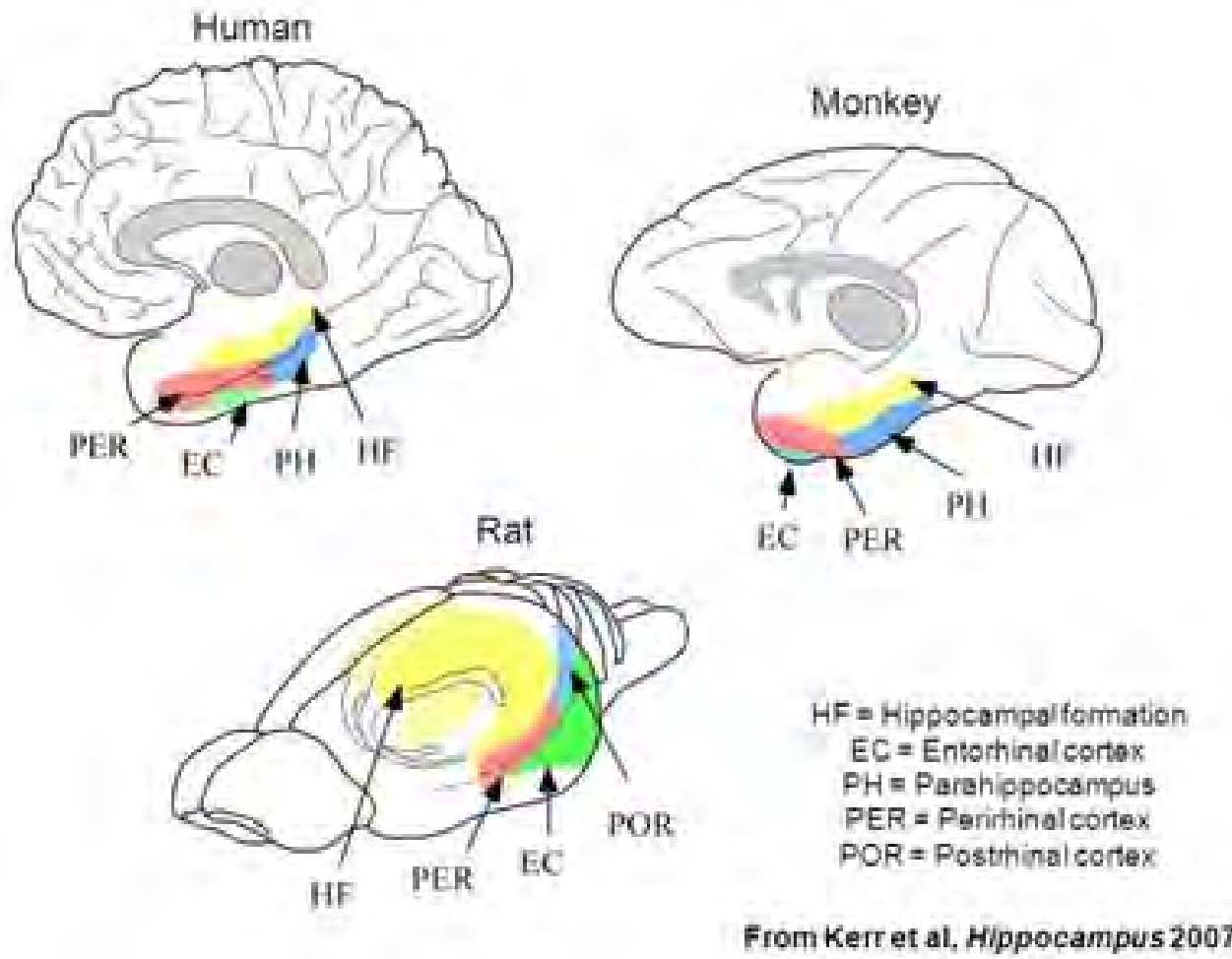


stade léger

stade modéré

stade avancé

Le bricolage de l'évolution



D'où leur **hypothèse d'une continuité phylogénétique de la navigation spatiale et de la mémoire** chez les mammifères, y compris chez l'humain :

« we propose that **mechanisms of memory and planning have evolved from mechanisms of navigation** in the physical world”

Autre exemple de recyclage / récupération :

Le rôle de **mémoire déclarative** et **procédurale** dans le langage

Mémoire à long terme

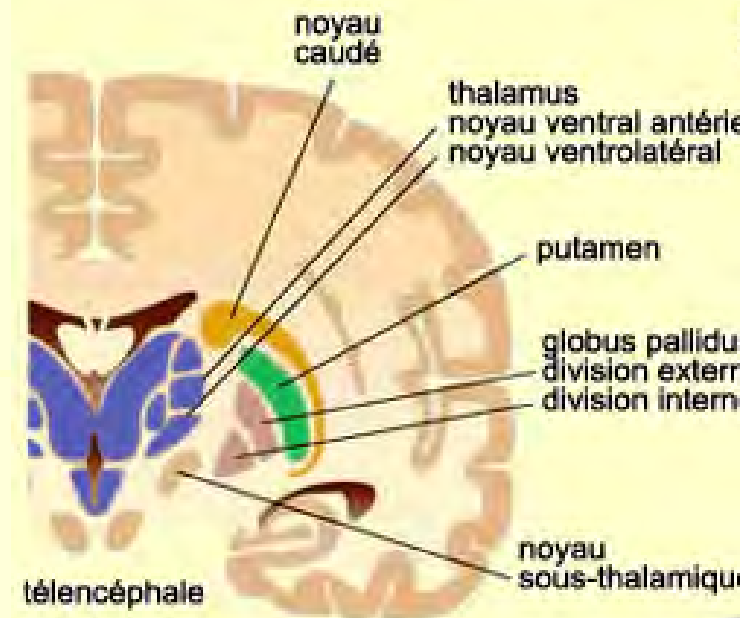
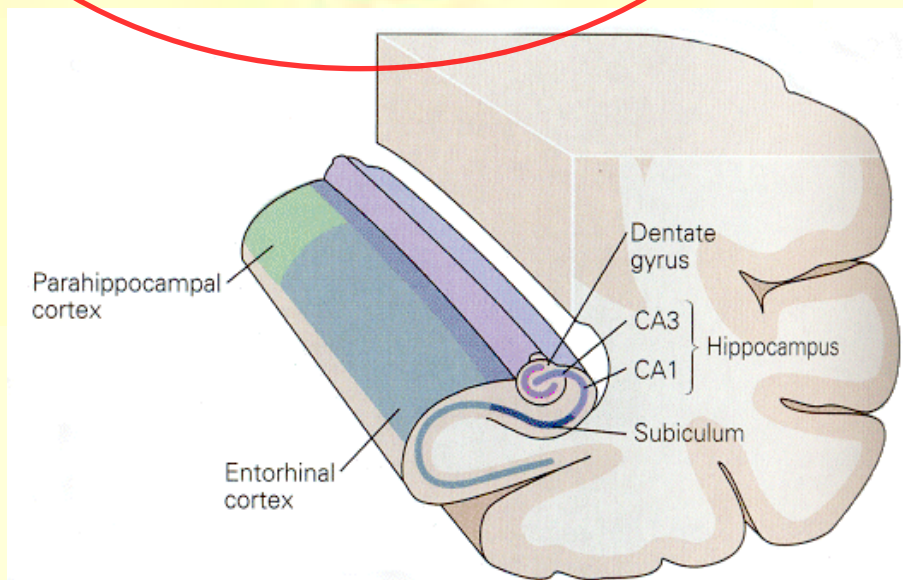
Explicite (Déclarative)

Implicite (Non-déclarative)

Épisodique
(événements
biographiques)

Sémantique
(mots, idées,
concepts)

Procédurale
(habiletés)



Les deux systèmes peuvent être à l'oeuvre en même temps lors d'un apprentissage, i.e. fonctionner de manière parallèle, pour contribuer chacune à leur façon à la mémorisation.

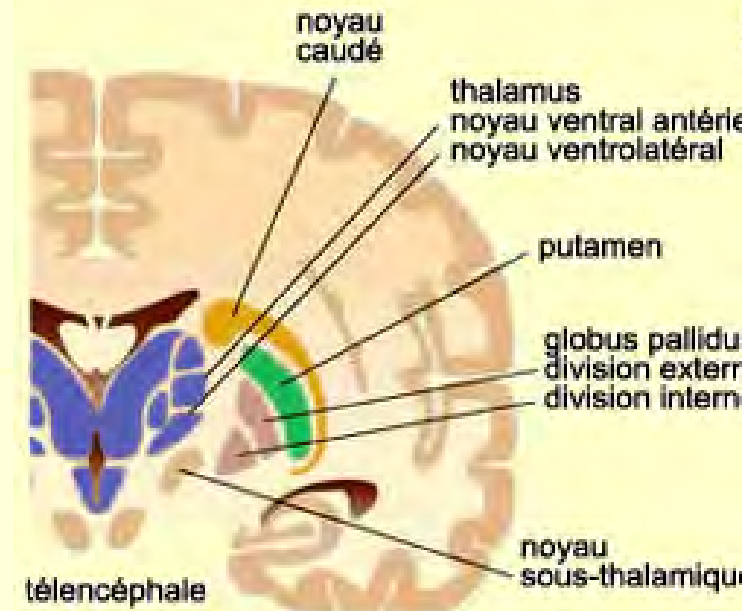
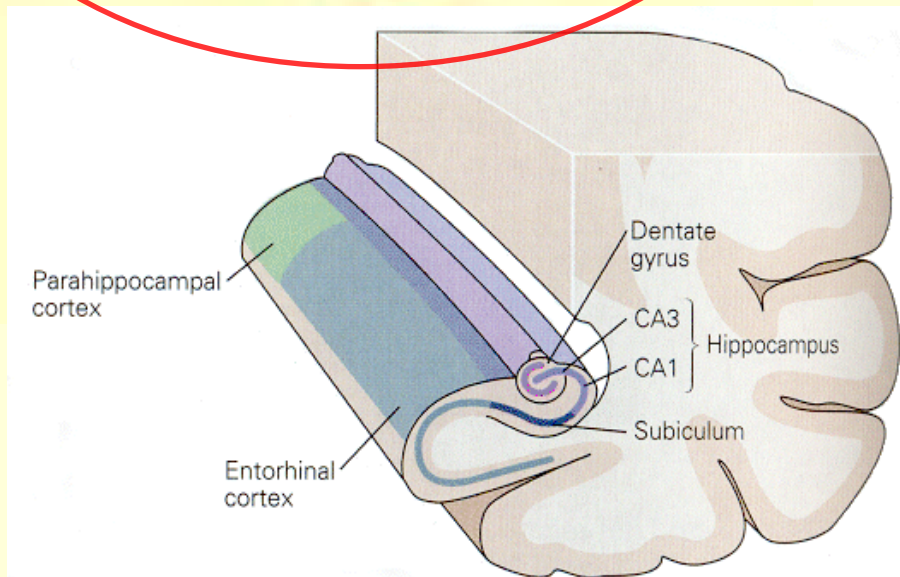
Explicite (Déclarative)

Implicite (Non-déclarative)

Procédurale
(habiletés)

Épisodique
(événements
biographiques)

Sémantique
(mots, idées,
concepts)



Prenons l'exemple du **langage** avec les travaux de Michael Ullman :

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

Michael T. Ullman (2016)

https://www.google.ca/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjej_DK8KvSAhUh_4MKHZdSBG4QFggcMAA&url=https%3A%2F%2Fbrainlang.georgetown.edu%2Fsites%2Fbrainlang%2Ffiles%2Fdocuments%2Fullman_bookchapter_16_1.pdf&usq=AFQjCNEFg1WC_il6gNGtanEa4Dk2B5yHAA

Part des deux constats suivants :

- une langue doit être **apprise**.
- la mémoire **déclarative** et **procédurale** peuvent être considérées comme les deux systèmes de mémoire les plus importants en terme d'étendu des tâches et de fonctions qui leur sont associées.

D'où la proposition du « **declarative / procedural (DP) model** » qui propose que ces systèmes de mémoire sont **réutilisés ou recyclés** pour l'apprentissage du **langage**.

Rappel de base sur le langage :

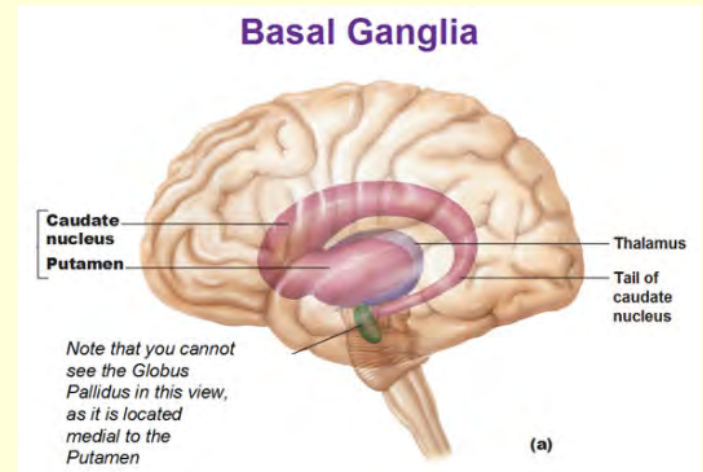
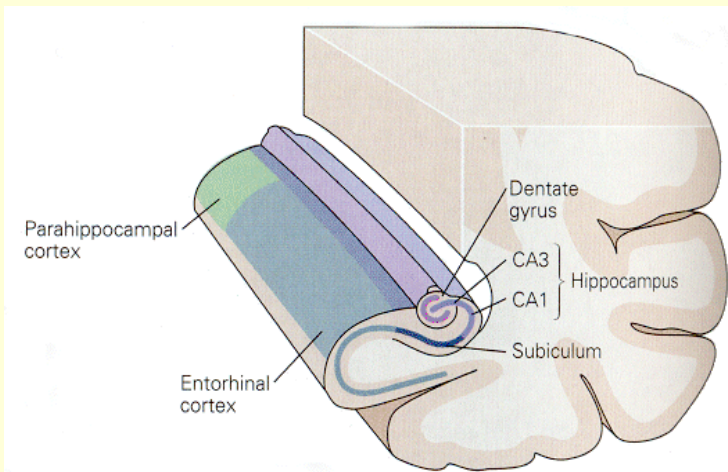
- **Lexique** : mots et leur signification, irrégularités de certains verbes
- **Grammaire** : règles, hiérarchies

Comme la **mémoire déclarative** est impliquée dans l'apprentissage d'items et d'événements arbitraires en général, elle pourrait fort possiblement être utilisée dans l'apprentissage du **lexique**.

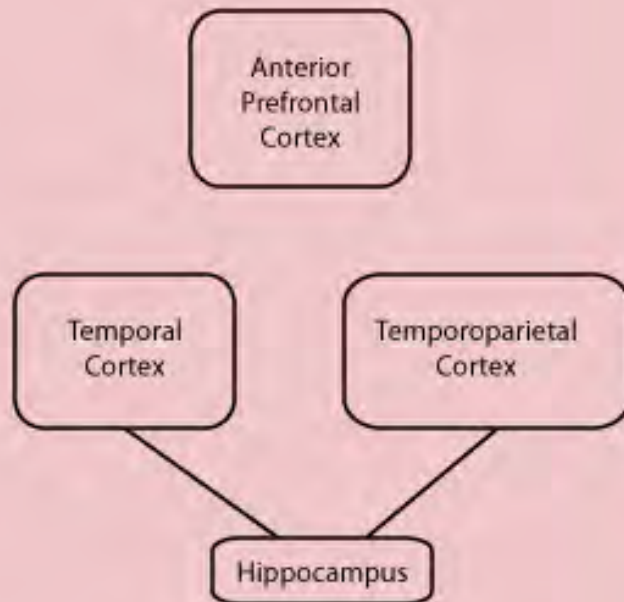
Comme la **mémoire procédurale** est impliquée dans l'apprentissage implicite par exemple de séquences, de règles ou de catégories, elle pourrait être mise à profit pour l'apprentissage de la grammaire.

La mémoire déclarative implique l'hippocampe pour céder ensuite la place à un rôle prépondérant du néocortex.

La mémoire procédurale implique les noyaux gris centraux.

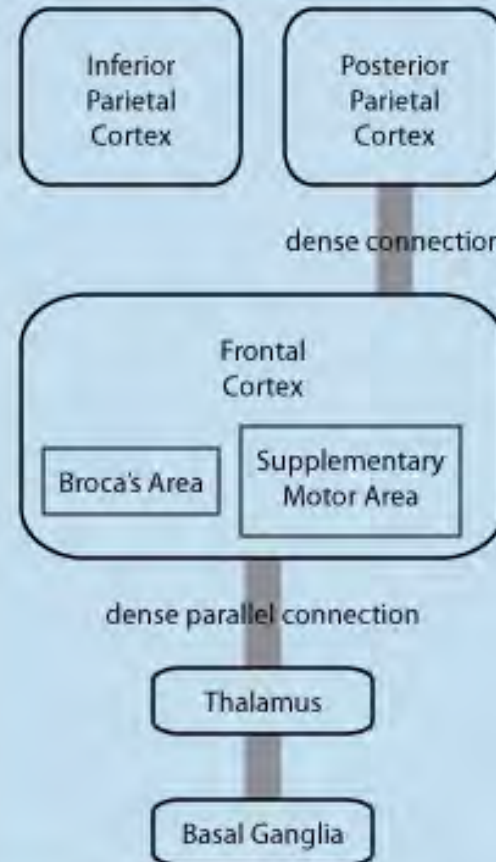


Declarative Memory System (Mental Lexicon)

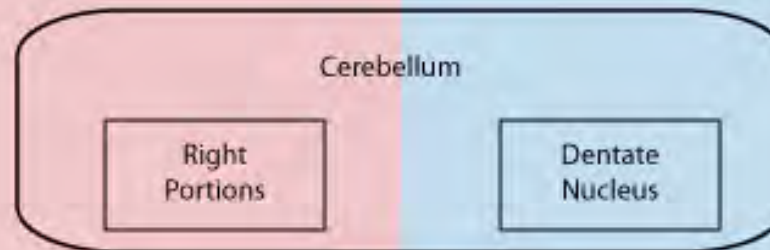


items arbitraires,
« quoi » ?

Procedural Memory System (Mental Grammar)



règles, habiletés,
« comment » ?



Certaines données de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) vont en ce sens :

L'apprentissage des mots augmente l'activité des structures du lobe temporal médian, incluant **l'hippocampe**.

(Breitenstein et al., 2005; Davis & Gaskell, 2009).

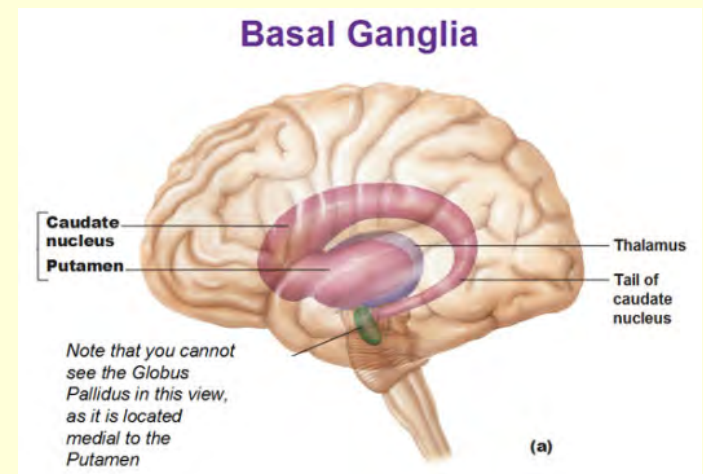
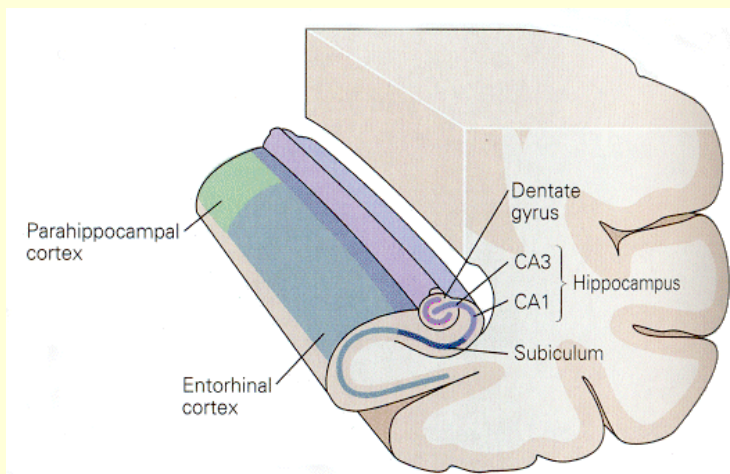
Cependant, ces régions ne semblent pas sollicitées lors de tâches lexicales / sémantiques chez l'adulte

(Binder, Desai, Graves, & Conant, 2009; Ullman, 2004).

Résultats inconsistants jusqu'à maintenant, bien que certains patterns émergent.

L'acquisition de la grammaire dans ses stades précoces peut solliciter des **structures du lobe temporal médian** en plus des structures du **noyau caudé**, avec un maintien de l'activité de ce dernier

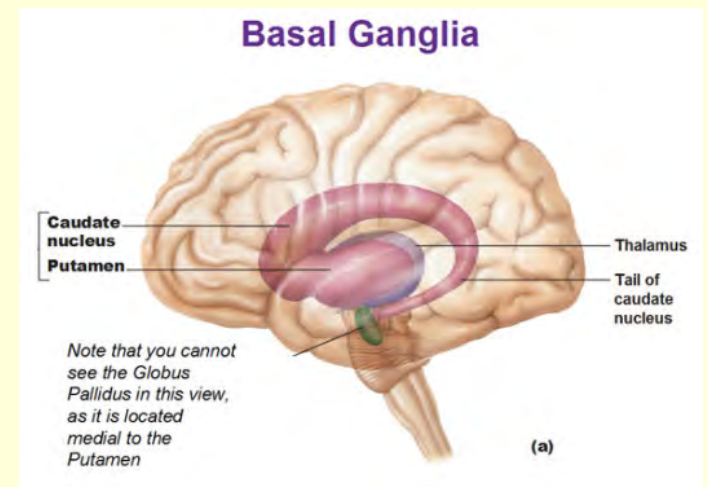
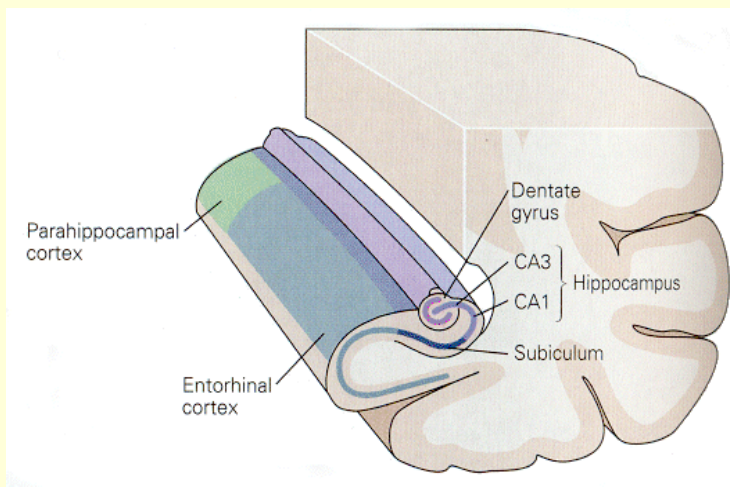
(Lieberman, Chang, Chiao, Bookheimer, & Knowlton, 2004; Ruschemeyer, Fiebach, Kempe, & Friederici, 2005; Ullman, in press).



La mémoire **déclarative** pourrait acquérir l'information **en premier** grâce à ses capacités d'acquisition rapide.

Le système **procédural** pourrait en même temps faire un apprentissage analogue graduel, qui pourra éventuellement être traité rapidement et **automatiquement**.

C'est ce qui semble se passer pour la grammaire qui devient avec le temps grandement automatisée.



Le **contexte** d'apprentissage peut aussi influencer lequel des deux systèmes sera prédominant.

Des instructions explicites (par exemple d'une séquence), ou encore une attention consciente portée à un input et aux règles ou aux patterns, peut augmenter l'apprentissage dans la mémoire **déclarative**.

À l'opposé, **l'absence d'instructions explicites**, comme un grand niveau de complexité des règles ou des patterns (qui diminuent donc la capacité à les détecter), peuvent tous diriger l'apprentissage vers la mémoire **procédurale**.

Conséquence sur l'apprentissage d'une langue maternelle versus langue seconde:

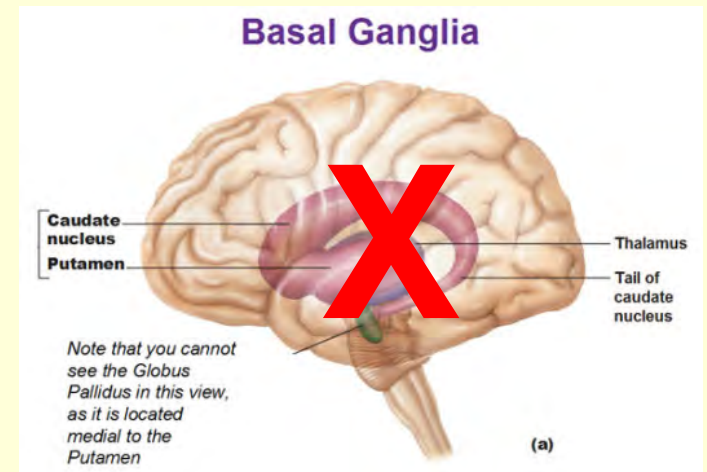
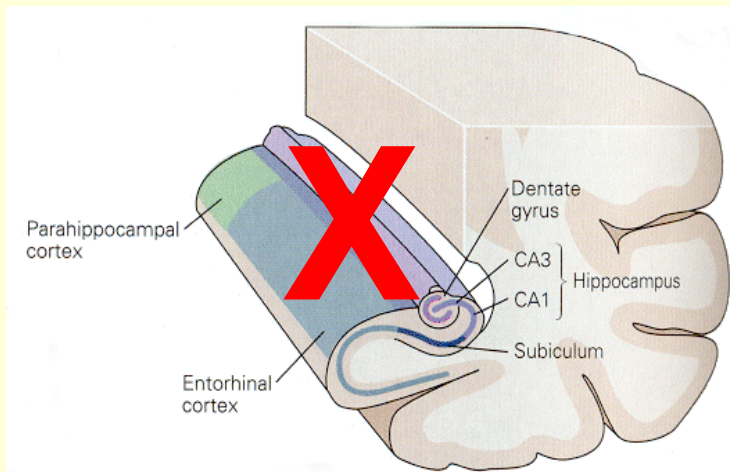
Plus il y a d'attention apportée à des instructions **explicites** (par exemple des règles de grammaire dans les cours de langue seconde), plus l'apprentissage linguistique sera dépendant du système déclaratif.

Et **moins** il y en aura, **ou plus les règles seront complexes**, plus ce sera la mémoire procédurale qui entrera en jeu (comme dans les cours d'immersion linguistique, ce qui amènera un traitement plus similaire à une langue maternelle).

Des patients Alzheimer avec **lésions qui s'étendent à tout le lobe temporal** ont plus de difficulté avec la grammaire de langue seconde qu'avec la grammaire de langue **maternelle**.

Et au contraire, des patients avec des **lésions aux circuits des noyaux gris centraux et cortex frontal** (suite à ACV ou maladie de Parkinson) ont des problèmes de grammaire plus grands dans leur langue **maternelle** que dans leur langue **seconde**.

(Hyltenstam & Stroud, 1989; Johari et al., 2013; Zanini, Tavano, & Fabbro, 2010).



Is Moral Disgust Just Bad Evolution?

Robert Sapolsky

<https://www.youtube.com/watch?v=BavY9XqOrKA>

Published on May 6, 2017

Have you ever witnessed something that made you sick to your stomach? Have you listened in on a story so evil that you felt you might faint? Humans are different from other animals because we have a mind for symbolism. No act is spared from our moral judgement. This knack for metaphor complicates our lives, and that is evident at a neurological level.

Robert Sapolsky, professor of biology and neurology at Stanford University, explains that **our insular cortex evolved to teach us to feel disgusted by things that would harm us: the taste of rotten fruit, the smell of infection—those triggers set off a visceral reaction (like nausea, gagging, vomiting)**. Gradually, our societies developed a concept of moral transgression, and **rather than evolve a new brain region to process that, it was (and is) funneled through the insular cortex**.

Our bodies can't tell the difference between moral and visceral disgust, which is why we very often mistake things that are viscerally strange with bad or immoral. This explains why people are so judgmental about alternative lifestyles, and feel confident labeling things as "wrong" and "right". Awareness of this misattributed impulse reaction can hopefully help us pause and think beyond our faulty wiring.

Évolution des différents types de mémoire;
Structures cérébrales associées;
Le cas du patient H.M.;
Quelques mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP;
Neurogenèse;

PAUSE

La trace physique ou « l'engramme » d'un souvenir
Se souvenir de chaque jour de sa vie;
Les facteurs qui influencent la mémoire;
Trucs mnémotechniques;
L'influence de l'âge sur diverses capacités cognitives
Jusqu'où peut aller la plasticité cérébrale ?

Bonus #1 : Exemples de recyclage et de réutilisation neuronal

Bonus #2 : Détails des mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP



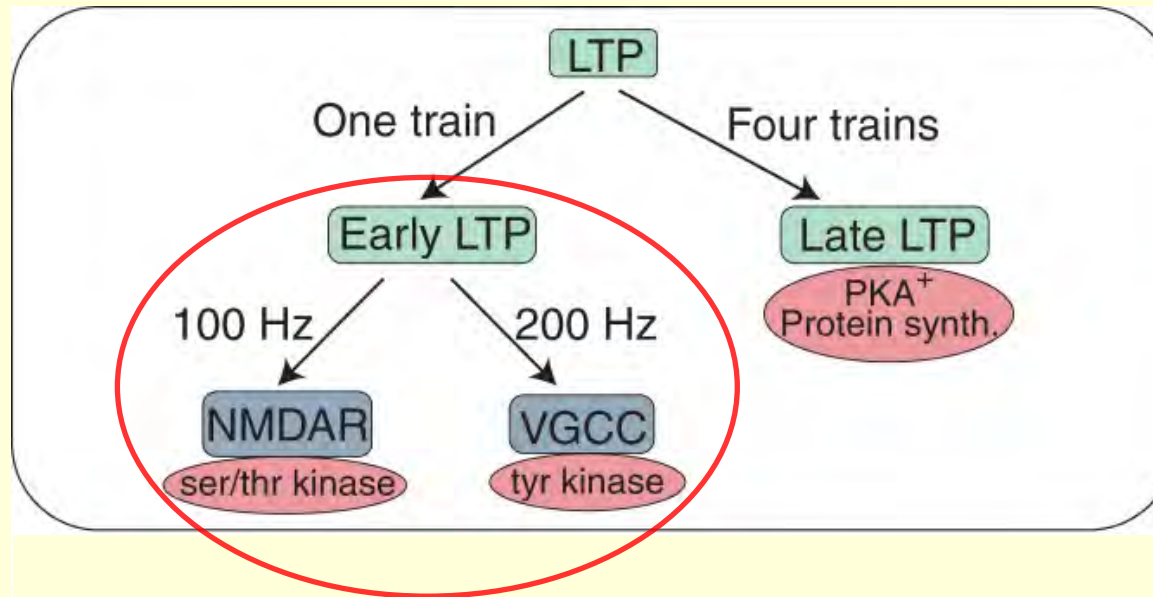
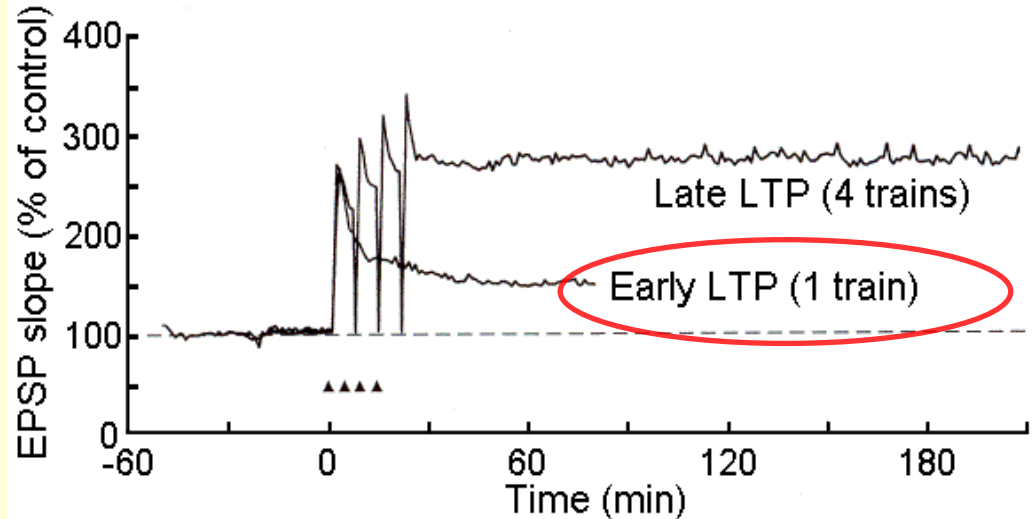
PLT : un des phénomènes de plasticité à la base de l'apprentissage
(on en avait dit un mot avec cette diapo au [cours 2](#))

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i_07/i_07_m/i_07_m_tra/i_07_m_tra.html

On connaît **différents enzymes** impliqués dans les différents types d'expression de la PLT ("early" et "late" LTP).

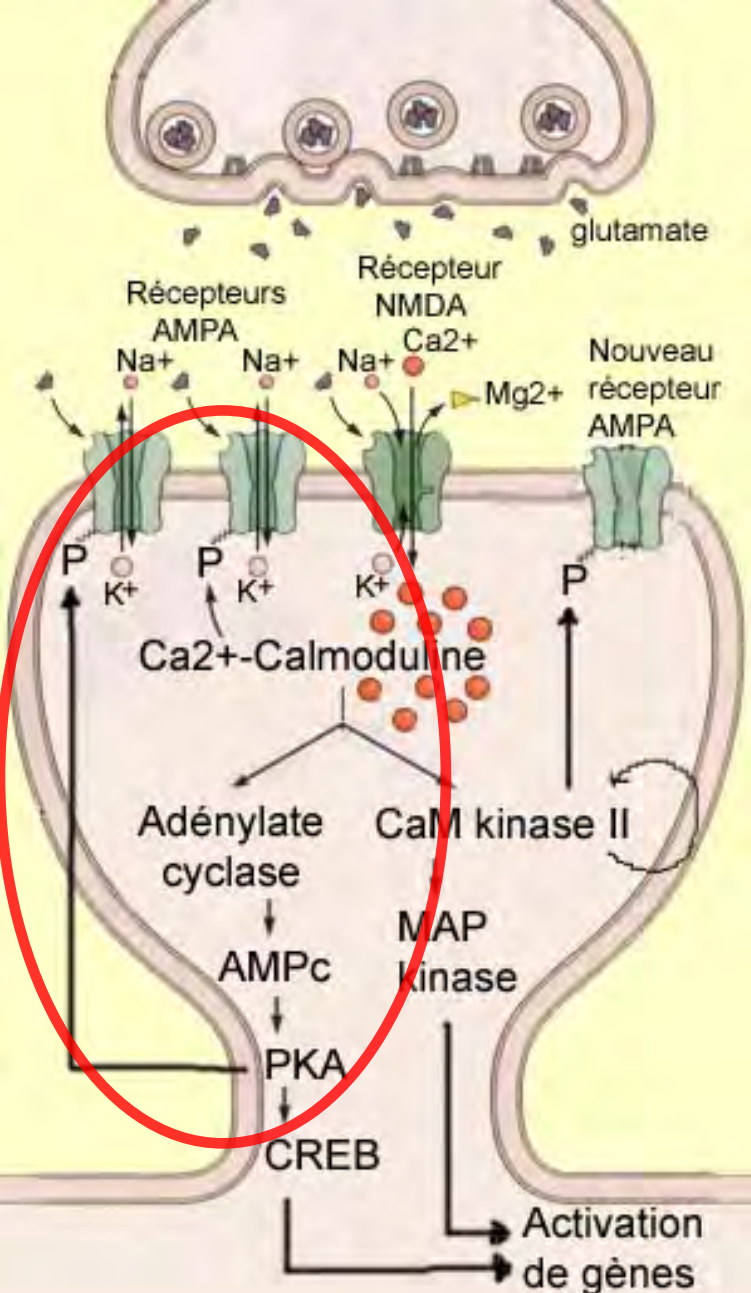
La **"early" LTP** dure 1-2 heures et ne requiert pas de synthèse protéique.

B. LTP in the hippocampus CA1 area

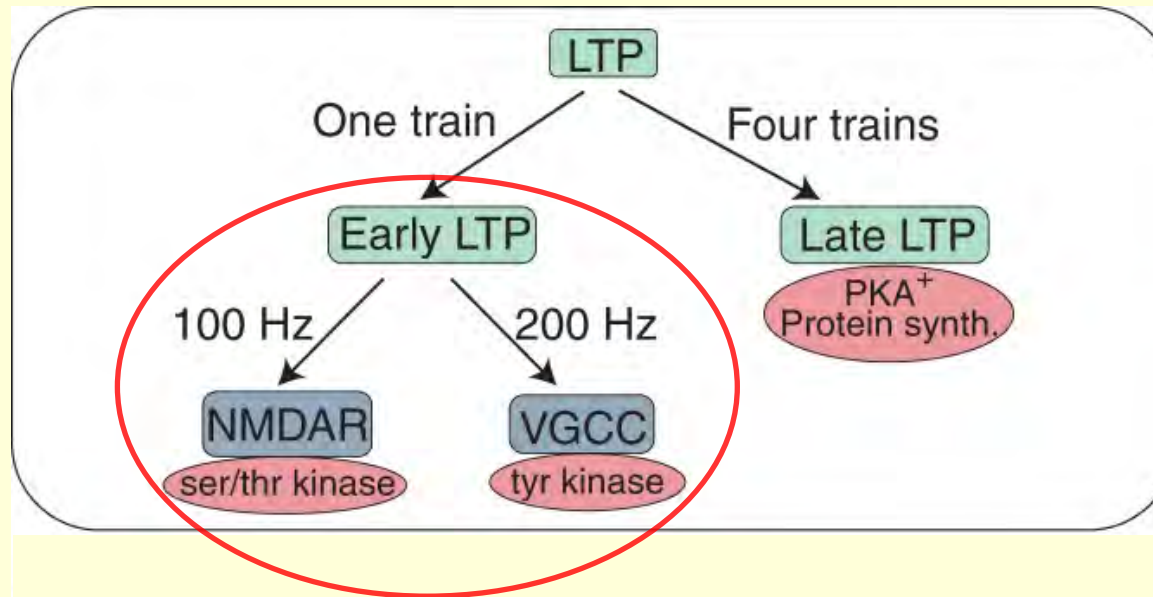
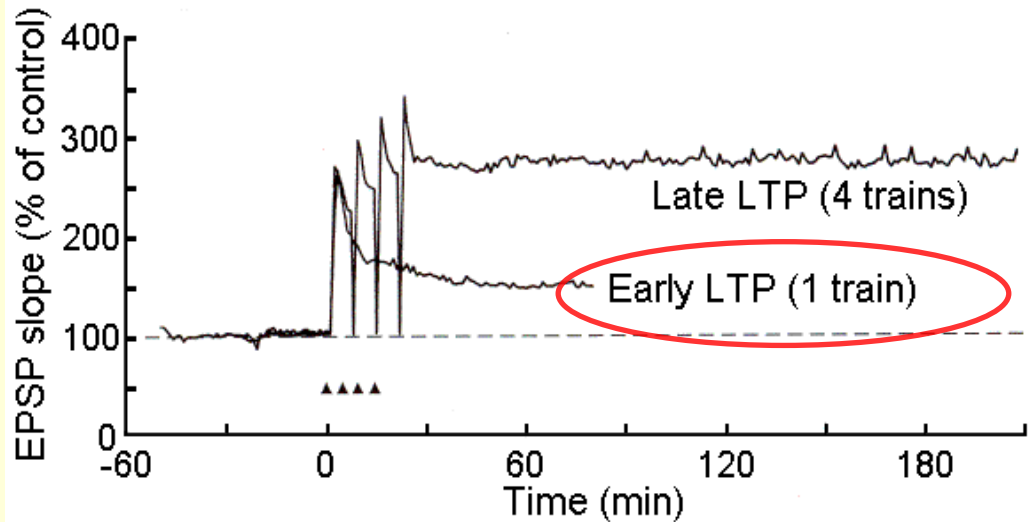


Synapses and Memory Storage

Mark Mayford,¹ Steven A. Siegelbaum,² and Eric R. Kandel²



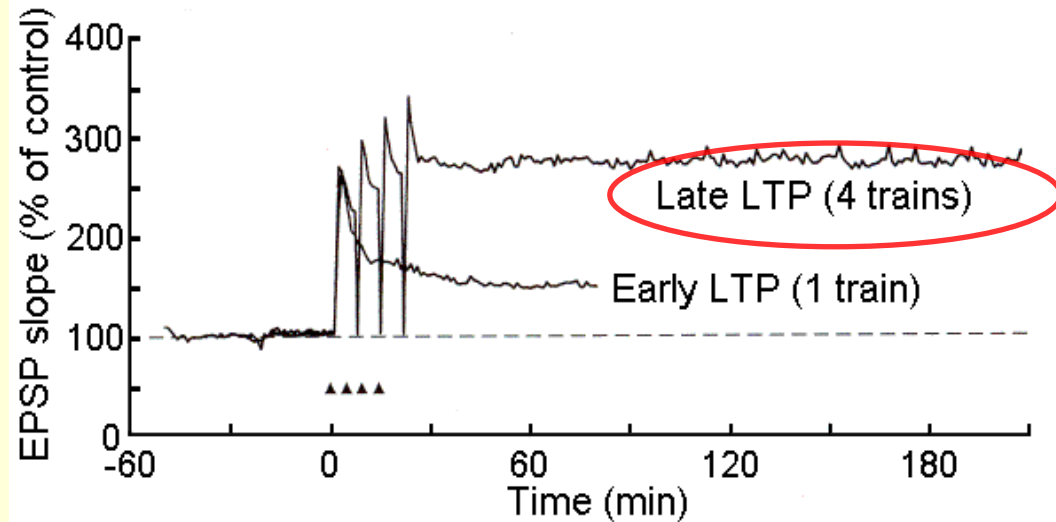
B. LTP in the hippocampus CA1 area



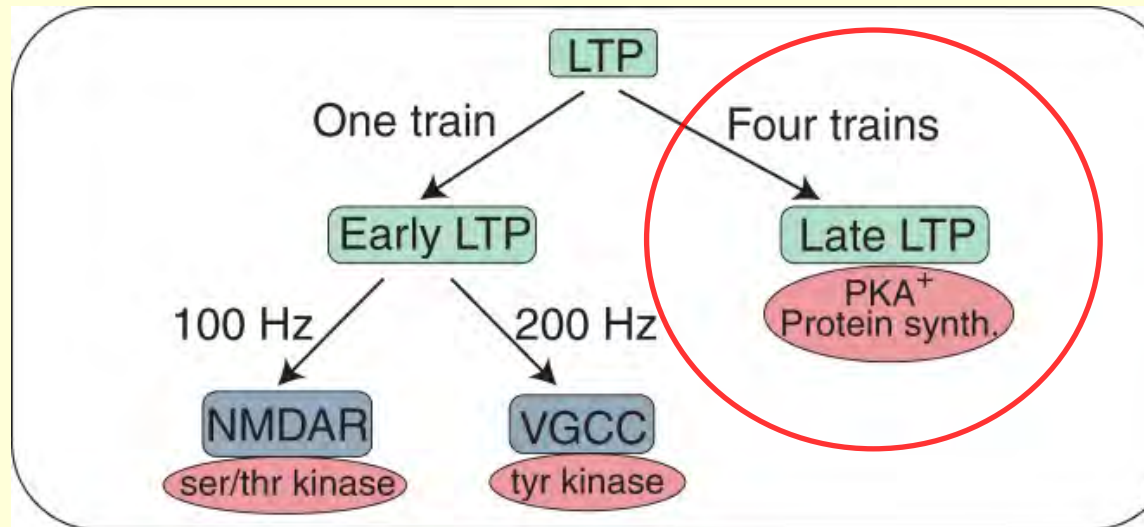
Synapses and Memory Storage

[Mark Mayford](#),¹ [Steven A. Siegelbaum](#),² and [Eric R. Kandel](#)²

B. LTP in the hippocampus CA1 area

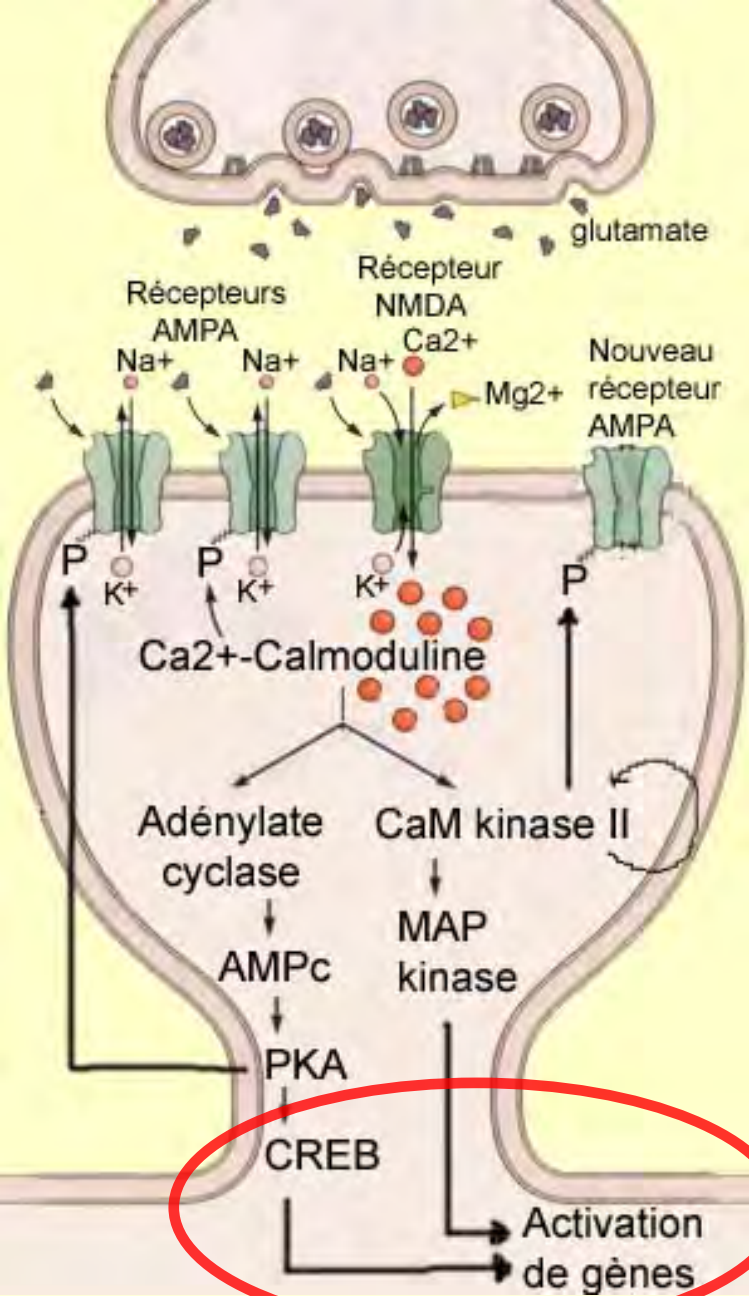


La “late” LTP est plus durable et nécessite la synthèse de nouvelles protéines.

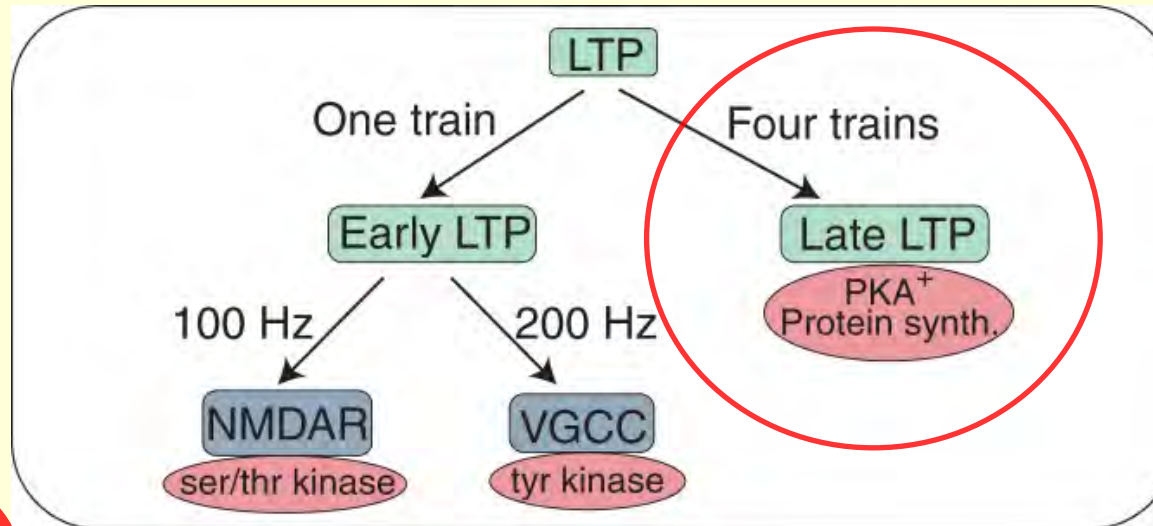
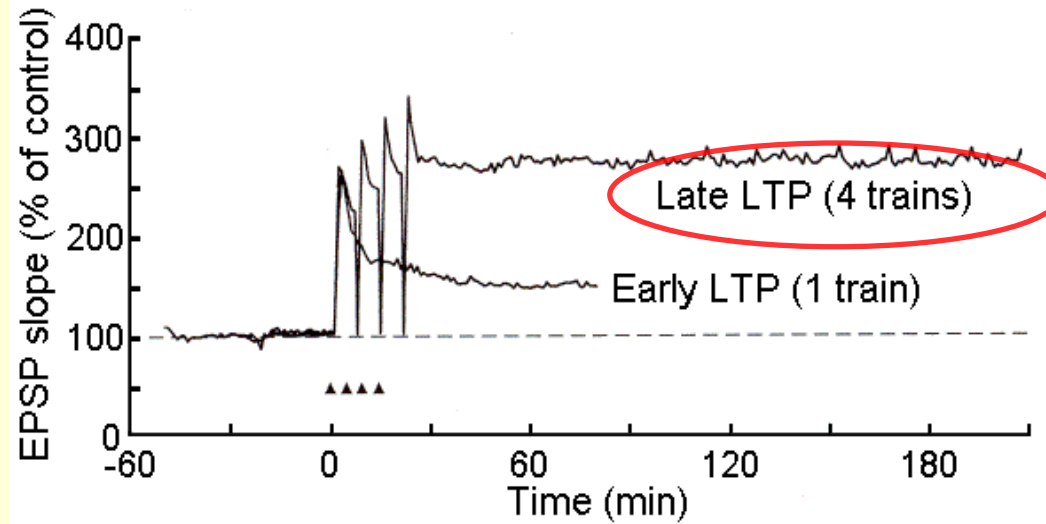


Synapses and Memory Storage

Mark Mayford,¹ Steven A. Siegelbaum,² and Eric R. Kandel²

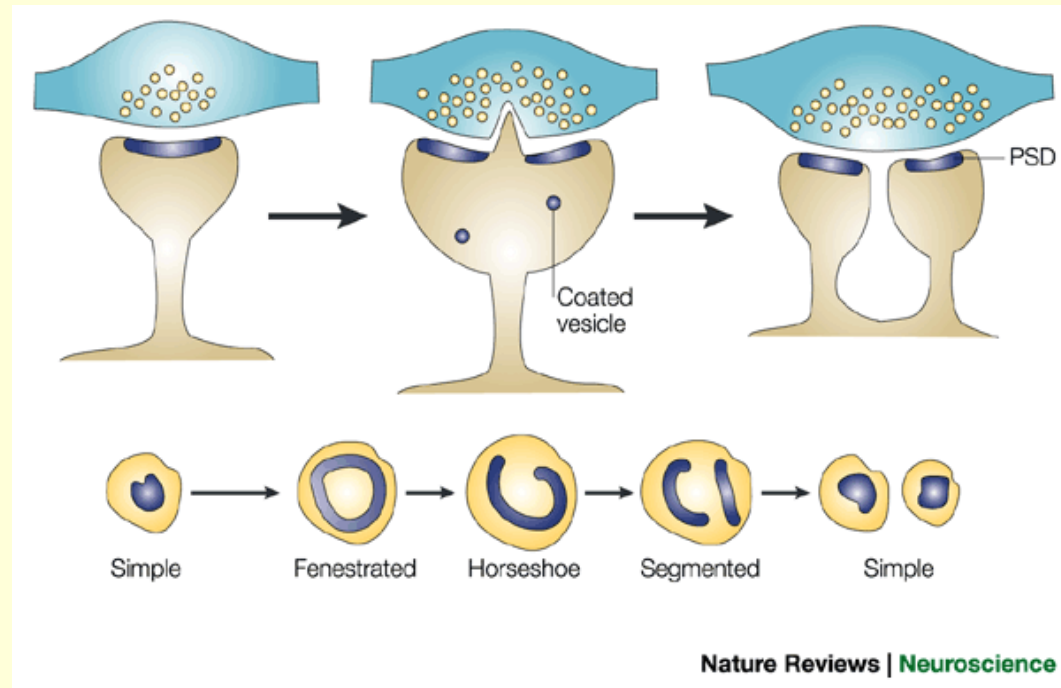
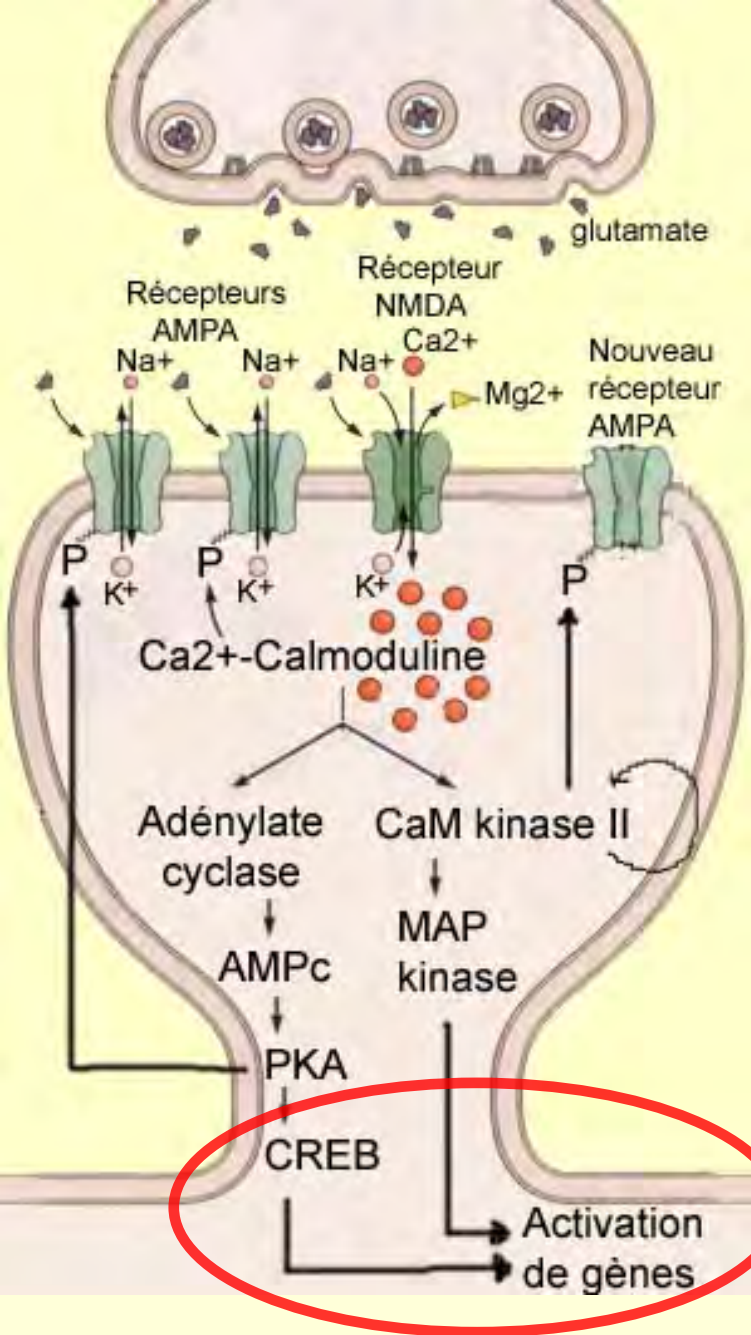


B. LTP in the hippocampus CA1 area

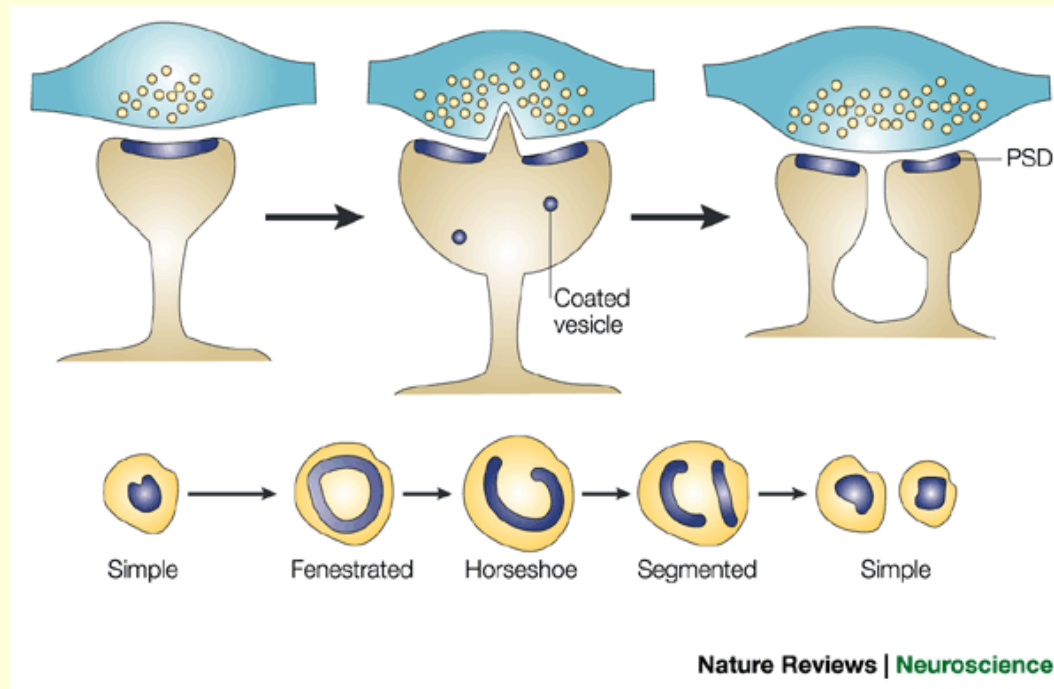


Synapses and Memory Storage

[Mark Mayford](#),¹ [Steven A. Siegelbaum](#),² and [Eric R. Kandel](#)²



La taille et la forme de ces épines dendritiques ne sont **pas fixes** mais peuvent être au contraire **très plastique**.



Exemple :

“Growth of new dendritic spines in motor cortex neurons following motor learning”

(Xu et al. **2009**).

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3367555/>

Mais aussi :

“**Spine shrinkage during LTD**”

Structural dynamics of dendritic spines in memory and cognition

[http://www.cell.com/trends/neurosciences/fulltext/S0166-2236\(10\)00002-0](http://www.cell.com/trends/neurosciences/fulltext/S0166-2236(10)00002-0)

(Kasai et al. **2010**).



En effet, la PLT n'est pas le seul mécanisme cellulaire pouvant être à la base d'apprentissages...

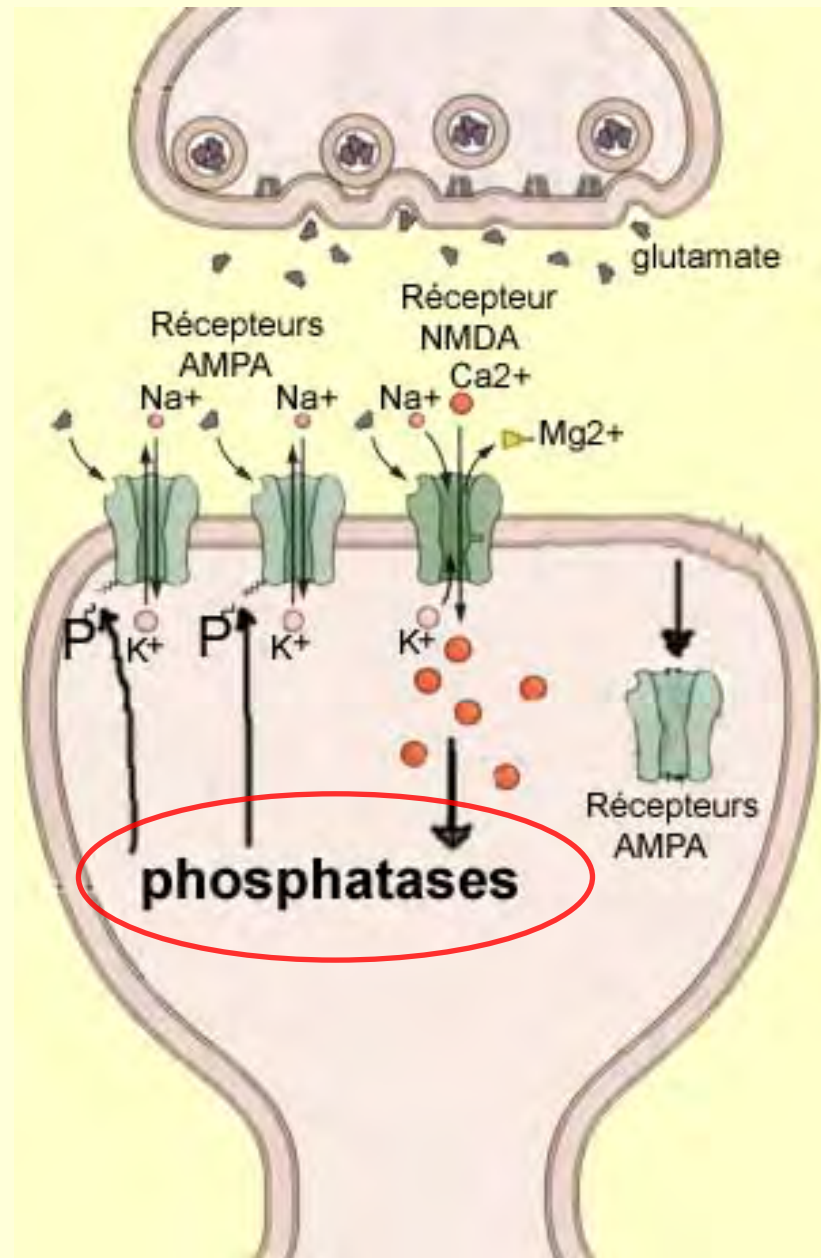
Dépression à long terme (DLT)

À l'inverse de la PLT déclenchée par une stimulation synaptique à haute fréquence, la DLT est produite par des influx nerveux arrivant à la synapse à **basse fréquence (1 à 5 Hertz)**.

La synapse subit alors une transformation inverse à la PLT : au lieu de voir son efficacité augmentée, la connexion synaptique **est affaiblie**.

Dans le cas de la PLT, beaucoup de calcium rendra actif des protéines **kinases**, tandis que le peu de calcium libéré par la DLT activera plutôt des **phosphatases** (qui vont déphosphoryler les canaux AMPA).

Beaucoup étudiée dans le cervelet, elle se produit aussi dans les synapses du cortex, de l'hippocampe, du striatum, etc.



La PLT et la DLT ont été identifiées et étudiées surtout en utilisant des stimulations électrique artificielles qui activaient **un très grand nombre de fibres nerveuses**, un pattern d'activation probablement assez loin de ce qui se passe réellement in vivo.

Mais dans les années **1990**, des manipulations plus subtiles et sans doute plus proches de ce qui se passe naturellement dans le cerveau allaient mener à la découverte d'un autre phénomène de plasticité,

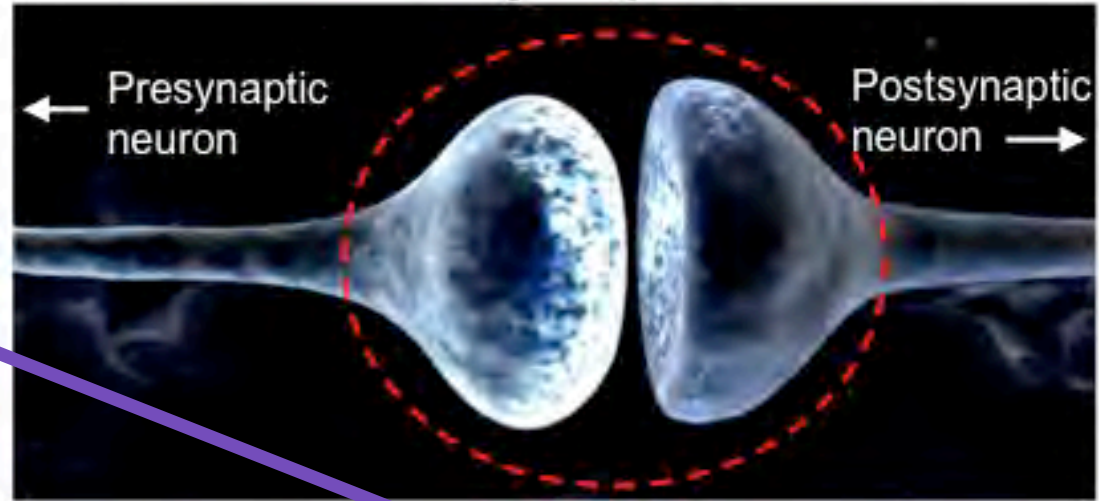
la **plasticité dépendante du temps d'occurrence des impulsions**


(en anglais « Spike-timing-dependent plasticity » ou **STDP**).

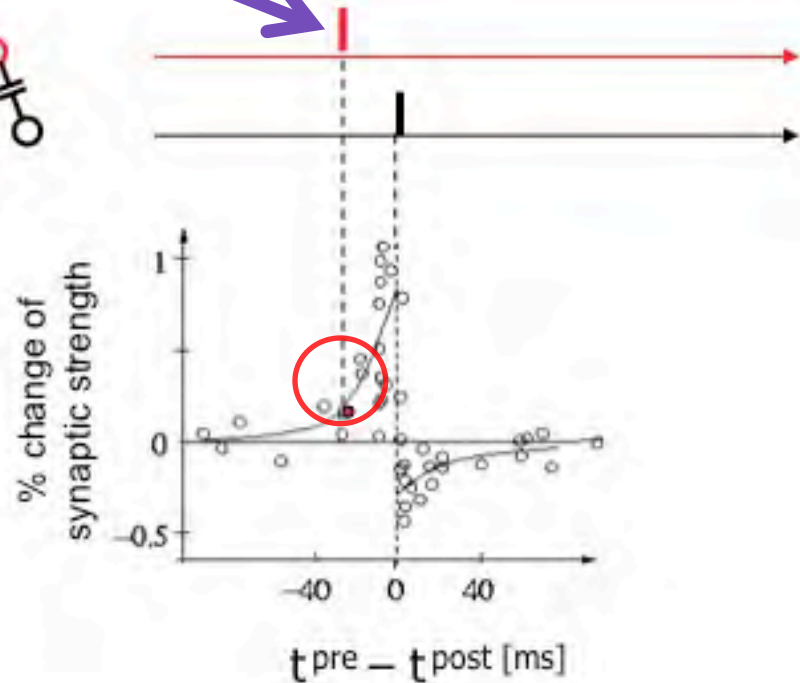
([Markram et al. 1997](#); [Magee and Johnston 1997](#))

Si un neurone **pré-synaptique** tend, en moyenne, à faire feu tout juste **avant** que le neurone **post-synaptique** émette lui aussi un influx nerveux, alors cet input pré-synaptique va devenir **plus efficace**.

synapse



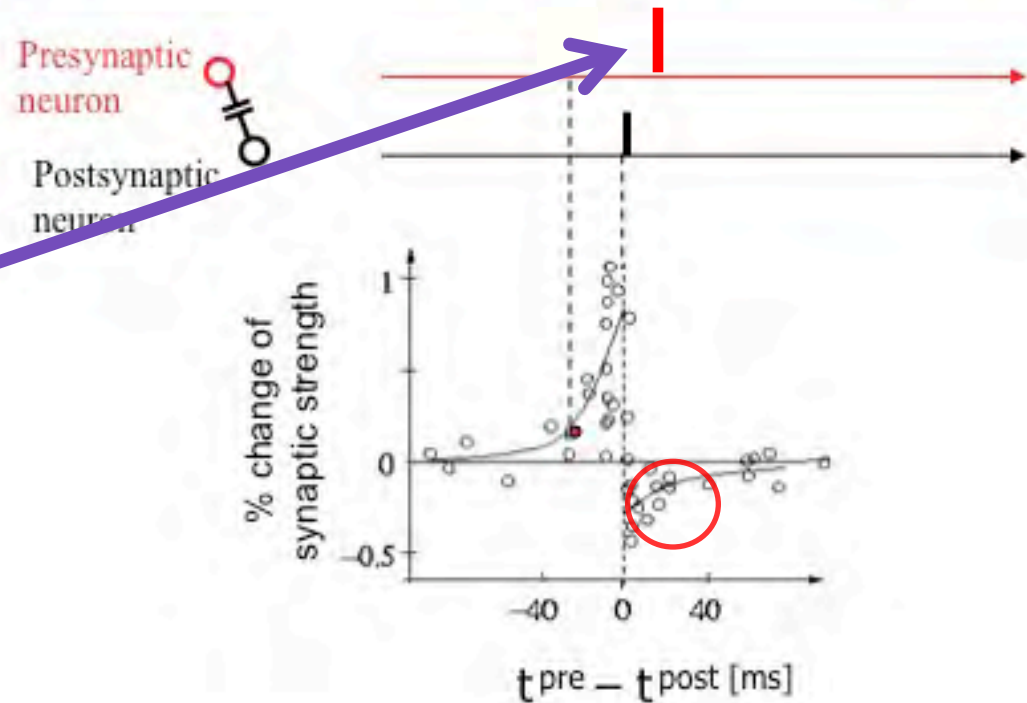
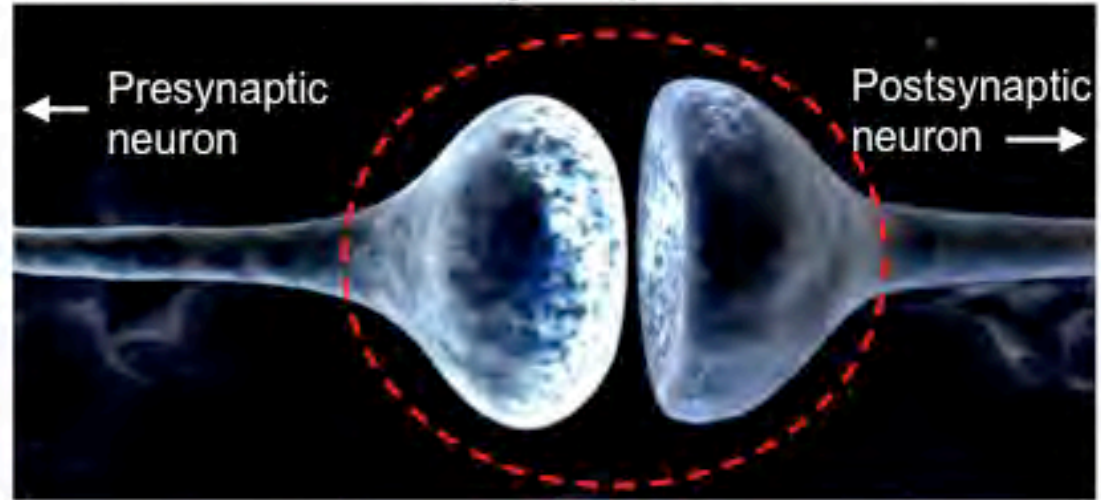
Presynaptic neuron 
Postsynaptic neuron



Si un neurone **pré-synaptique** tend, en moyenne, à faire feu tout juste **avant** que le neurone **post-synaptique** émette lui aussi un influx nerveux, alors cet input pré-synaptique va devenir **plus efficace**.

Mais si l'input pré-synaptique arrive immédiatement **après** le déclenchement du potentiel d'action du neurone post-synaptique, **alors il sera par la suite moins efficace**.

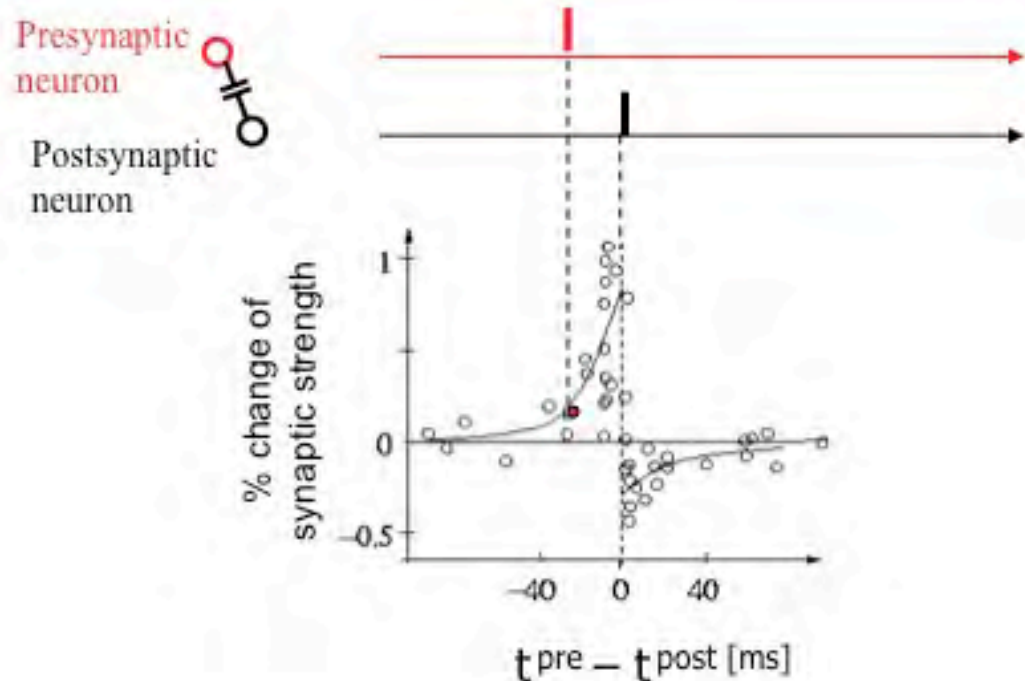
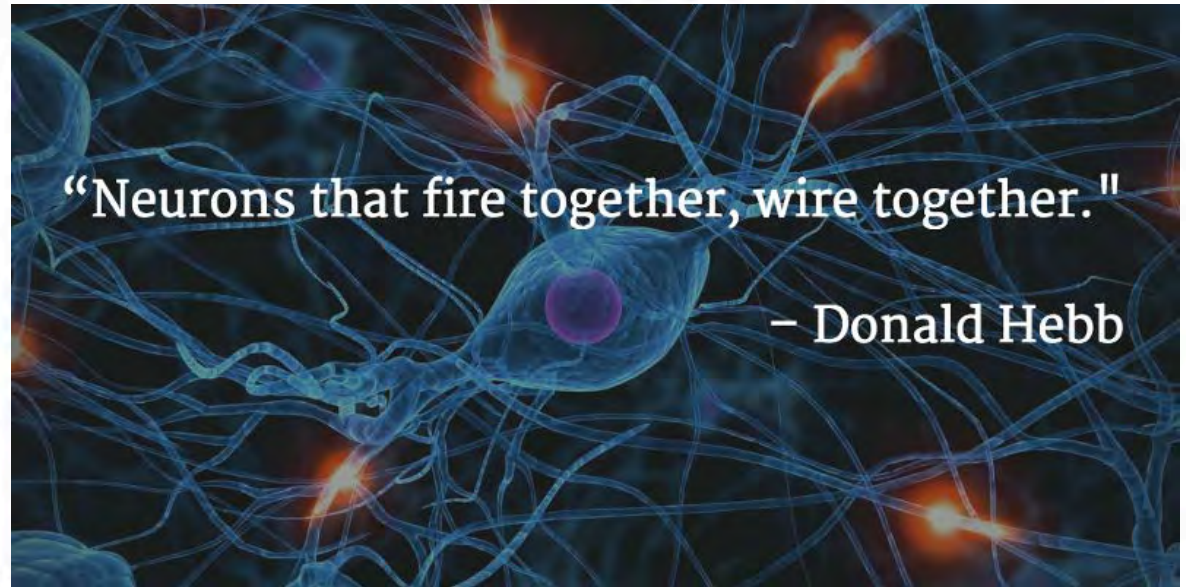
synapse



Plusieurs explications concernant le **rôle fonctionnel** de ce phénomène ont été avancées, notamment qu'il pourrait être un substrat à la règle classique d'apprentissage de Hebb.

Plutôt "légèrement avant" que "together" (10-20 ms),

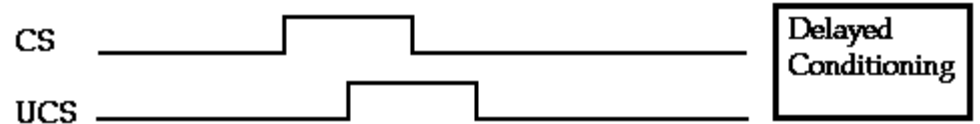
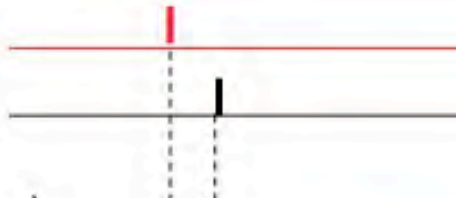
car si deux neurones font feu **exactement en même temps** (donc pas de relation causale possible entre eux), il y a peu ou **pas d'effet, ni dans un sens, ni dans l'autre.**



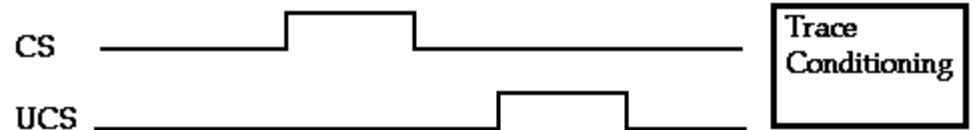
Mais si l'activité dans le neurone pré-synaptique **prédit de façon constante** celle du neurone post-synaptique, alors un renforcement robuste de cette synapse apparaît.

Renforcement qui fait écho au niveau cellulaire à ce que l'on observe au niveau comportemental dans le **conditionnement classique**, avec en plus la même importance fondamentale au niveau de la séquence temporelle des stimuli.

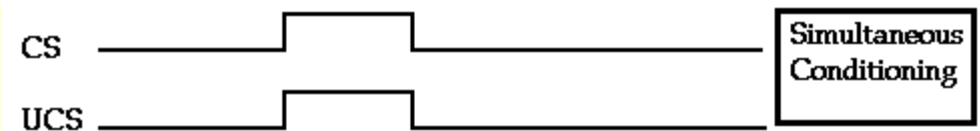
Presynaptic neuron
Postsynaptic neuron



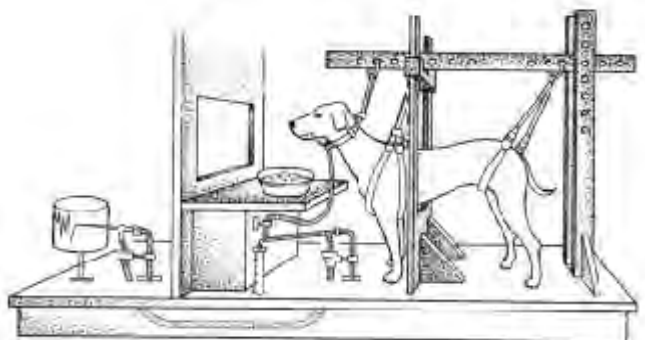
Easily established conditioning



Ease of conditioning depends on length of trace



Very little conditioning established

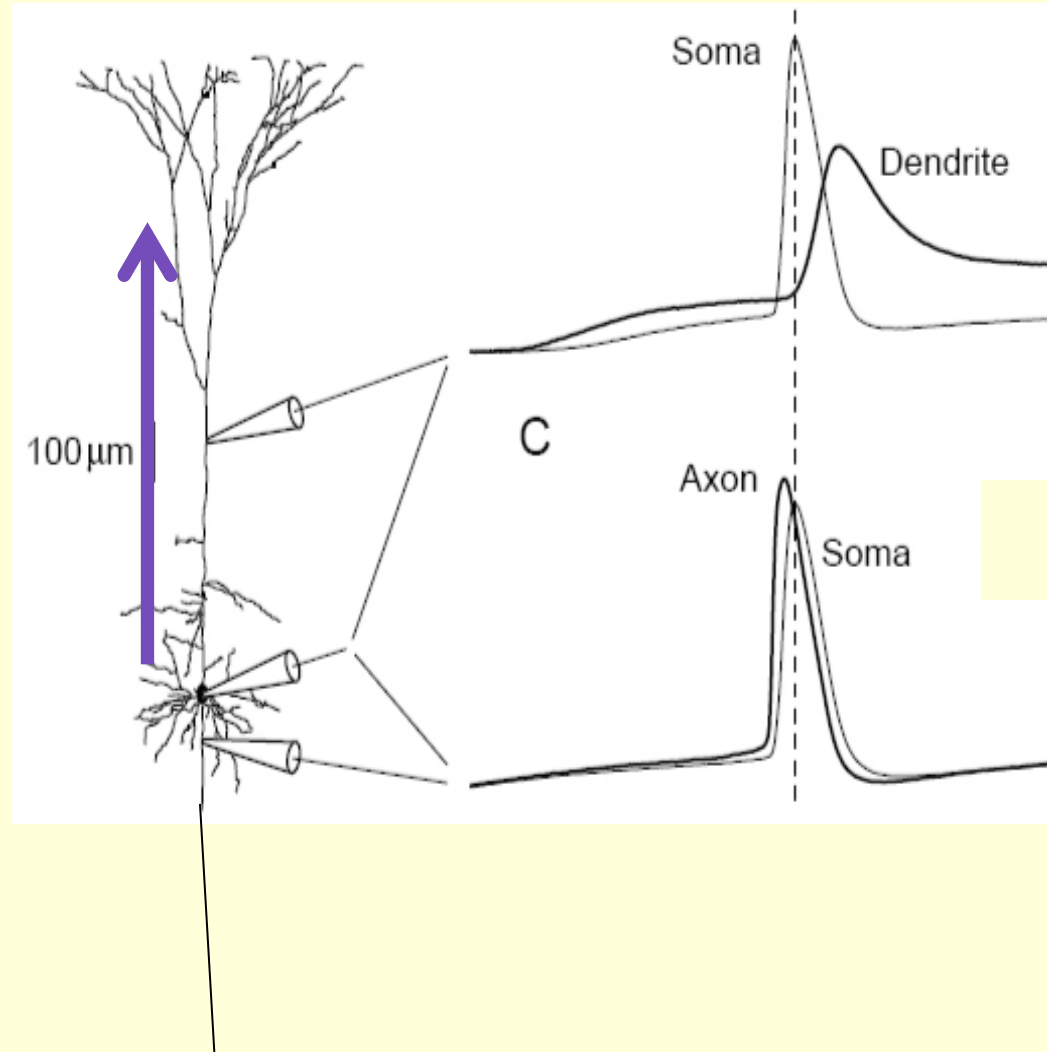


Mécanismes probables de la STDP

Les récepteurs NMDA sont très sensibles au potentiel de membrane (comme on l'a vu avec la LTP).

Or le déclenchement d'un **potentiel d'action dans le neurone post-synaptique** provoque souvent également une dépolarisation dans tout le réseau dendritique de ce neurone par « **rétropropagation** » (« **neural backpropagation** », en anglais).

Or il semble que dans plusieurs neurones, elle se déploie spontanément dans les dendrites les plus proches du corps cellulaire **à chaque fois que le neurone fait feu**, par l'entremise de canaux calciques sensibles au voltage.



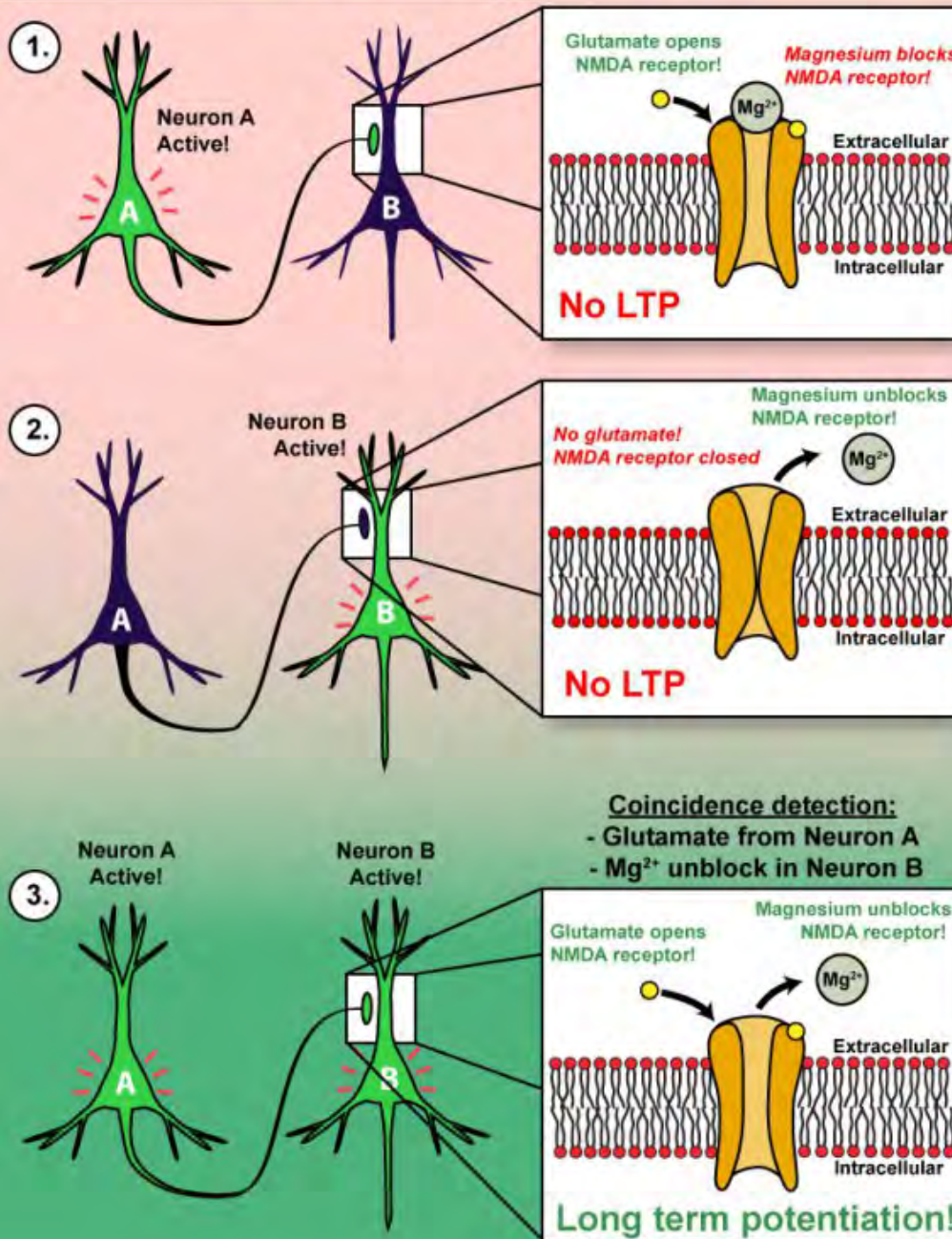
Et il y aurait un
« **timing** » idéal
pour la STDP par
rapport au
moment où l'influx
nerveux est
déclenché dans
le neurone **post-
synaptique**
(généralant la
rétropropagation
dans ses
dendrites)

et le
déclenchement
d'un influx
nerveux dans le
neurone **pré-
synaptique**
quelques
millisecondes
avant.

Et il y aurait un « **timing** » idéal pour la STDP par rapport au moment où l'influx nerveux est déclenché dans le neurone **post-synaptique** (générant la rétropropagation dans ses dendrites)

et le déclenchement d'un influx nerveux dans le neurone **pré-synaptique** quelques millisecondes avant.

What a Coincidence! Magnesium, NMDA Receptors, and LTP



[J Neurosci.](#) 2008
Mar
26;28(13):3310-
23. doi:
10.1523/JNEURO
SCI.0303-
08.2008.

**Requirement of
an allosteric
kinetics of
NMDA receptors
for spike timing-
dependent
plasticity.**

[Urakubo H¹,](#)
[Honda M,](#)
[Froemke RC,](#)
[Kuroda S.](#)

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18367598>

<http://knowingneurons.com/2013/05/30/what-a-coincidence/>

Et l'on continue de découvrir des mécanismes et des lieux de **plasticité** où l'on n'en attendait pas...