

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

Cours 3 : A- Évolution de nos mémoires et rôle de l'hippocampe
B- Apprendre à associer,
de la liste d'épicerie aux championnats de mémoire



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

~~Cours 1:~~ A- Multidisciplinarité des sciences cognitives
B- D'où venons-nous ?

~~Cours 2:~~ En quoi le fonctionnement et l'organisation des neurones distingue le cerveau d'un ordinateur ?

Cours 3: A- Évolution de nos mémoires et rôle de l'hippocampe
B- Apprendre à associer, de la liste d'épicerie aux championnats de mémoire

Cours 4 : A- Cartographier notre connectome à différentes échelles
B- Imagerie cérébrale et réseaux fonctionnels

Cours 5 : A- Des réseaux qui oscillent à l'échelle du cerveau entier
B- Éveil, sommeil et rêve

Cours 6 : A- Penser à partir de ce que l'on perçoit : l'exemple de la lecture, la catégorisation, les concepts, les analogies
B- Les « fonctions supérieures » : langage, attention, conscience

Cours 7 : A- La cognition située dans un « corps-cerveau-environnement »
B- Exemples de modèles de cognition incarnée (Barsalou, Varela, Eliasmith)

Cours 8 : A- Libre arbitre et neuroscience
B- Vers une neuropédagogie ?



Moléculaire



Cellulaire



Cérébral



Individu

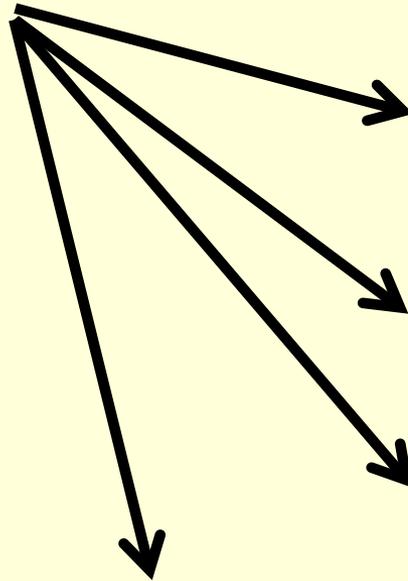
Psychologie

Corps



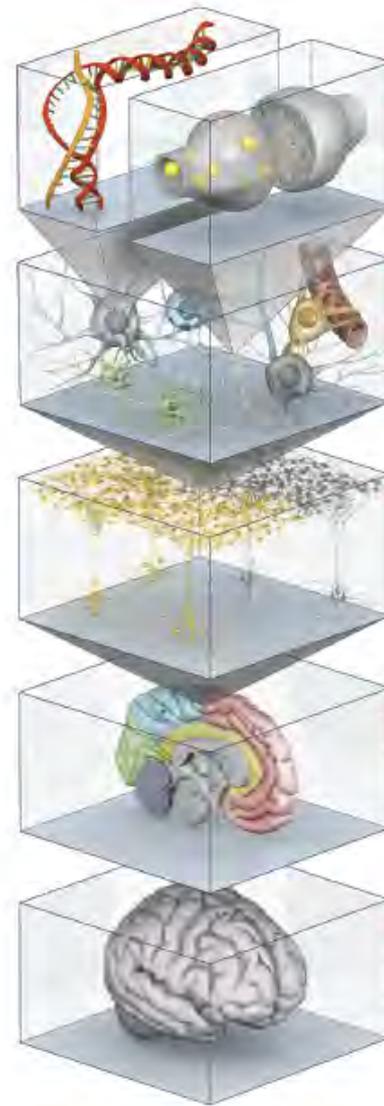
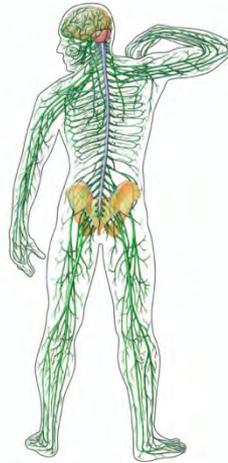
Social

Cours 3 :



Social
(corps-cerveau-
environnement)

De l'individu
(corps-cerveau)



Molecular

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

Cellular

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

Circuits

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

Regions

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

Whole Organ

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

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

Cours 3 : 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

Deux exemples où nos mémoires collaborent (orientation spatiale et langage)

Se souvenir de chaque jour de sa vie;

Les facteurs qui influencent la mémoire;

Trucs mnémotechniques;

« 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

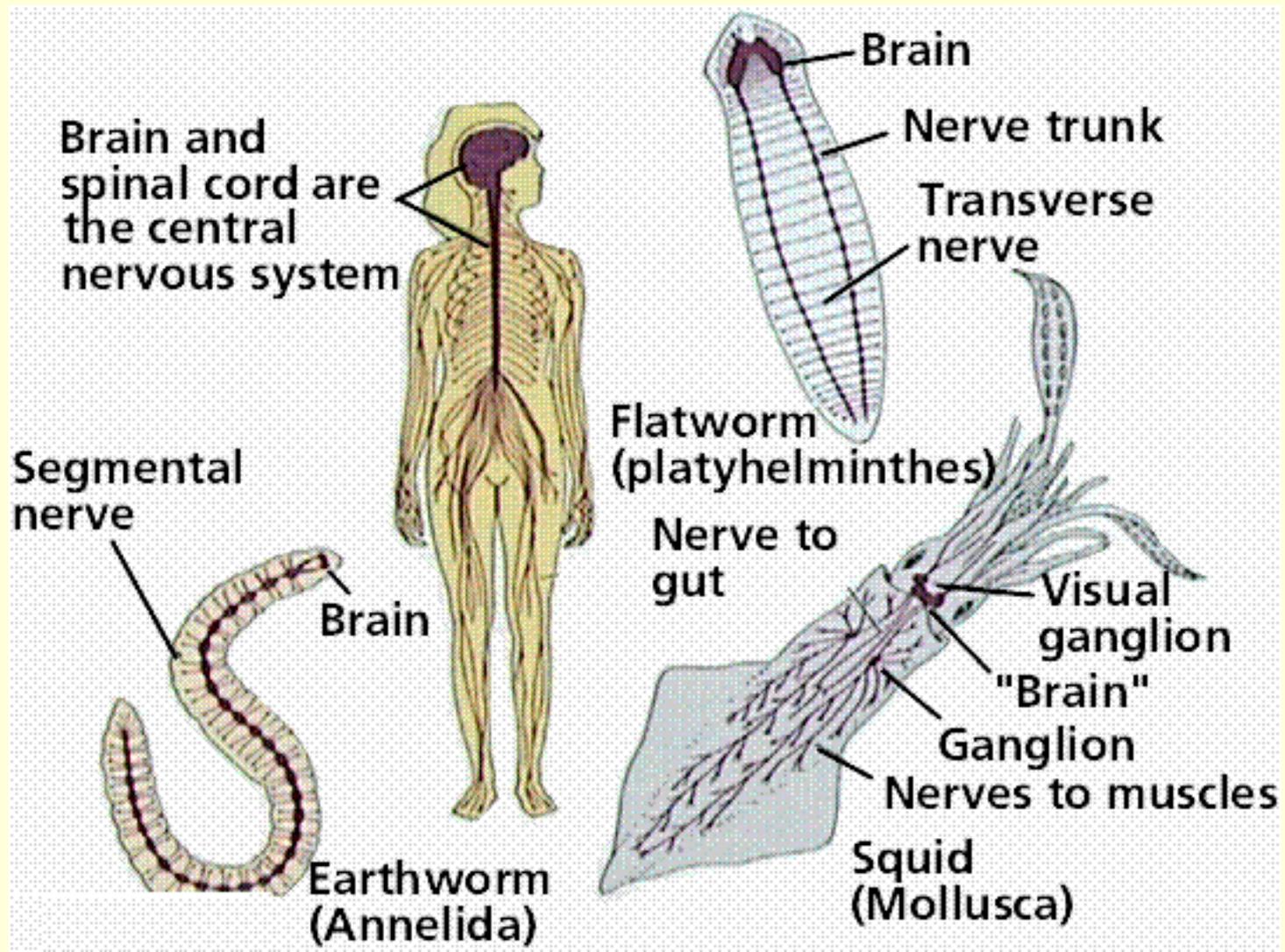
grâce à l'énergie du soleil

Animaux :

autonomie motrice

pour trouver leurs ressources
dans l'environnement

Systemes nerveux !

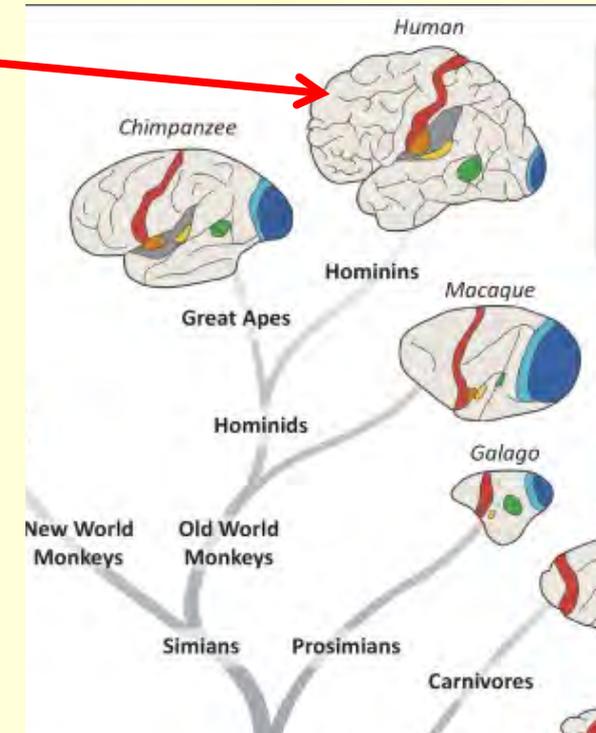
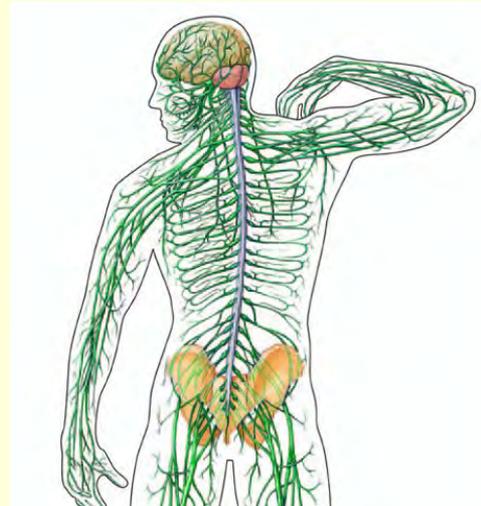


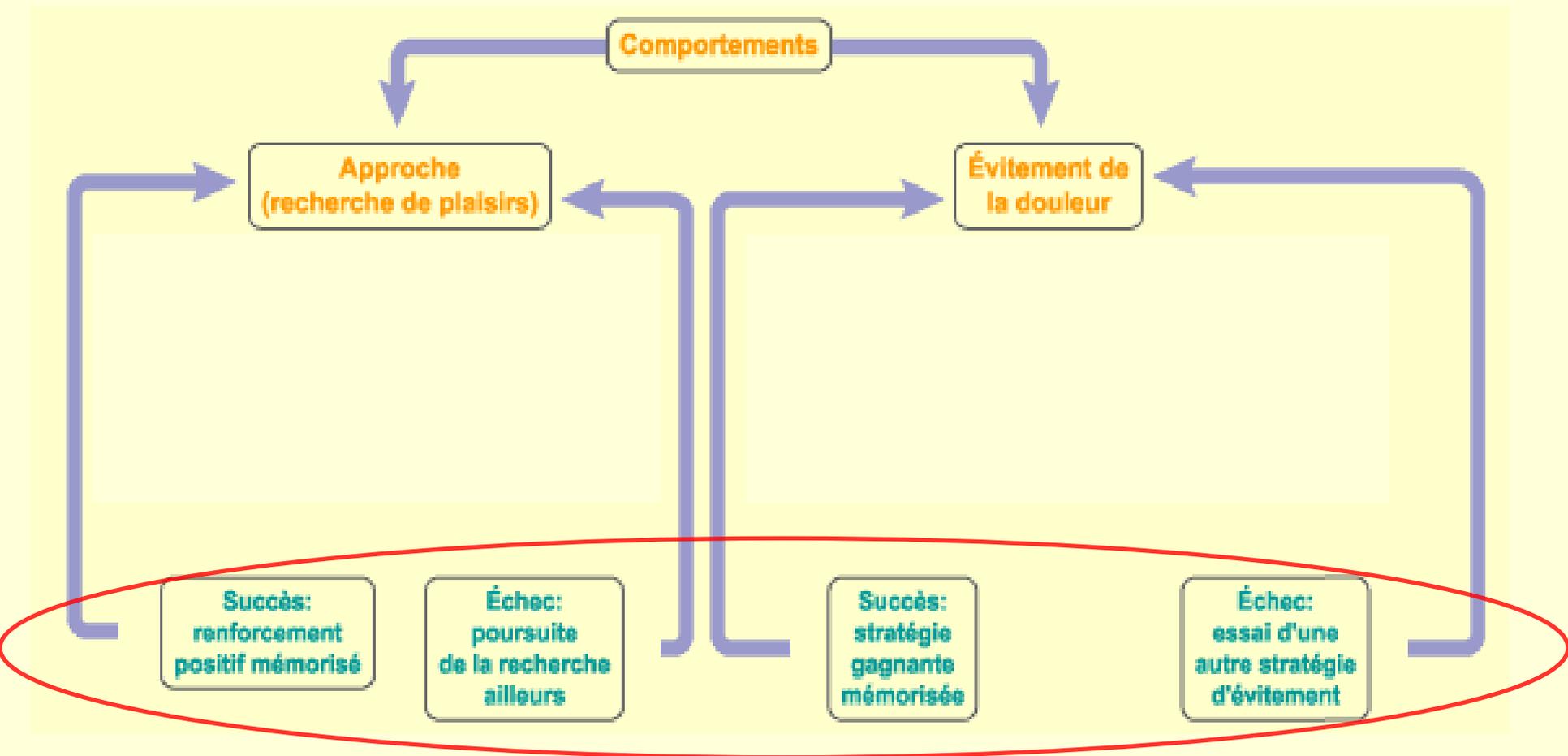
Que faisons-nous ?

...avec cette boucle sensori-motrice ,

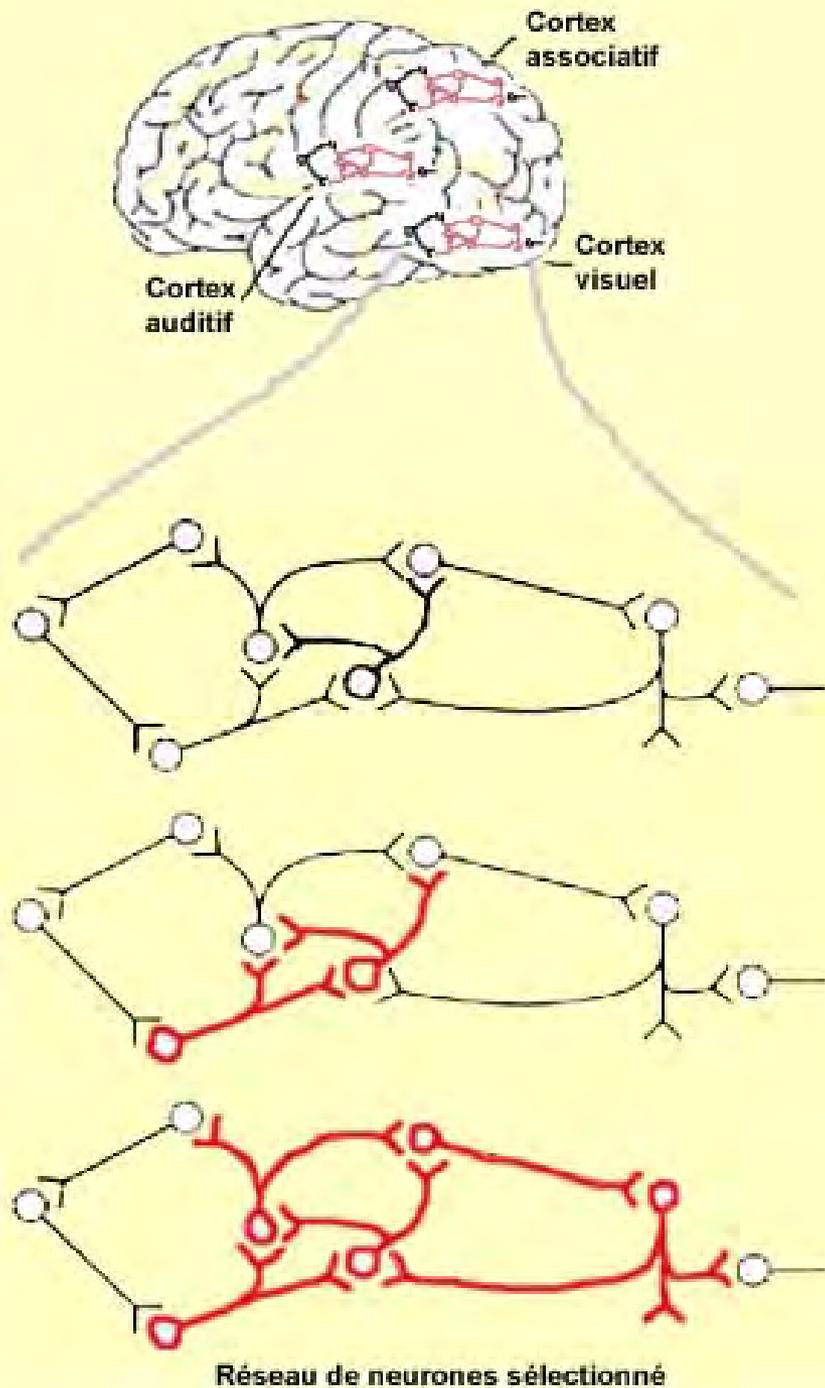
modulée par de plus en plus
« d'interneurones »,

bref avec ce système nerveux
d'un être humain

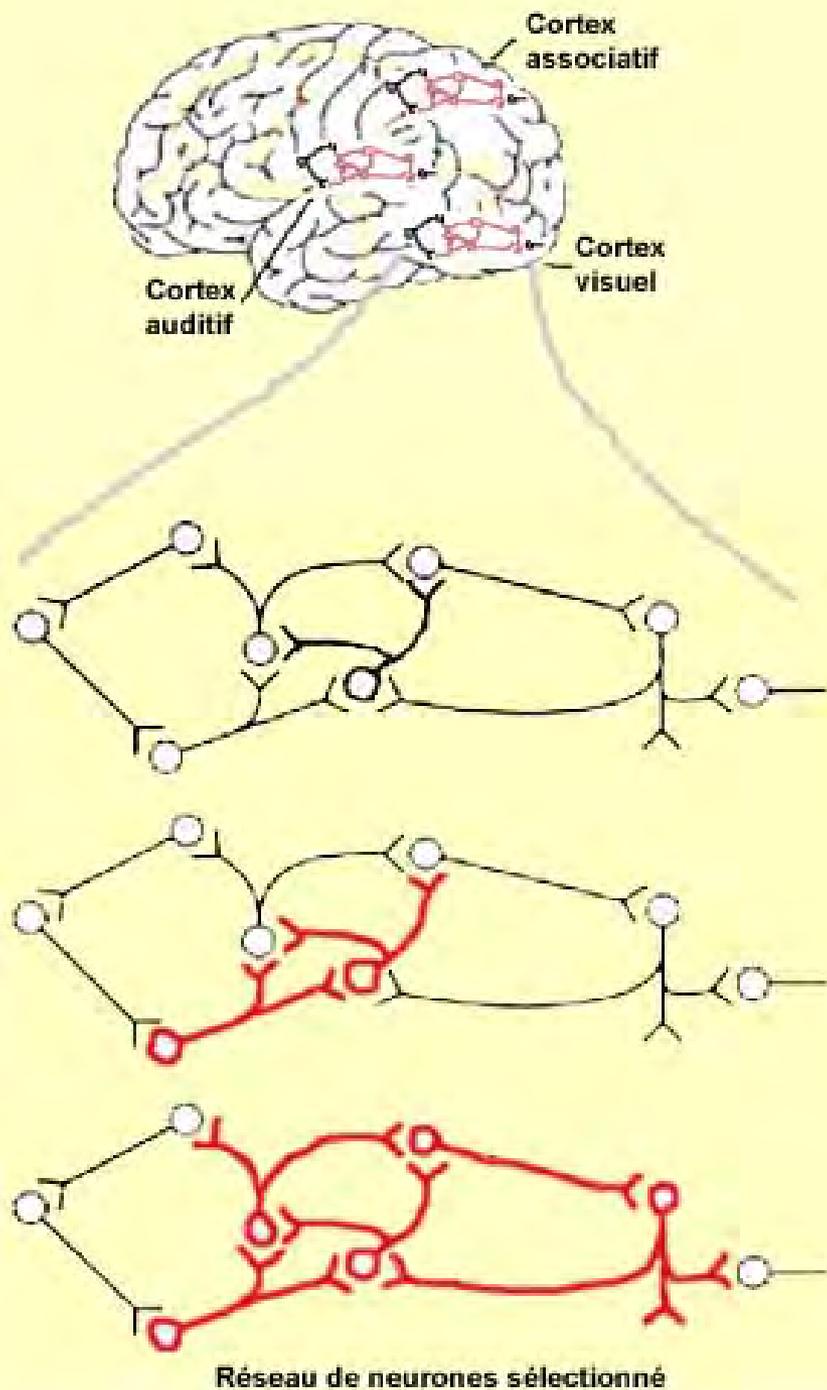




Apprentissage et mémorisation des « bons et mauvais coups »

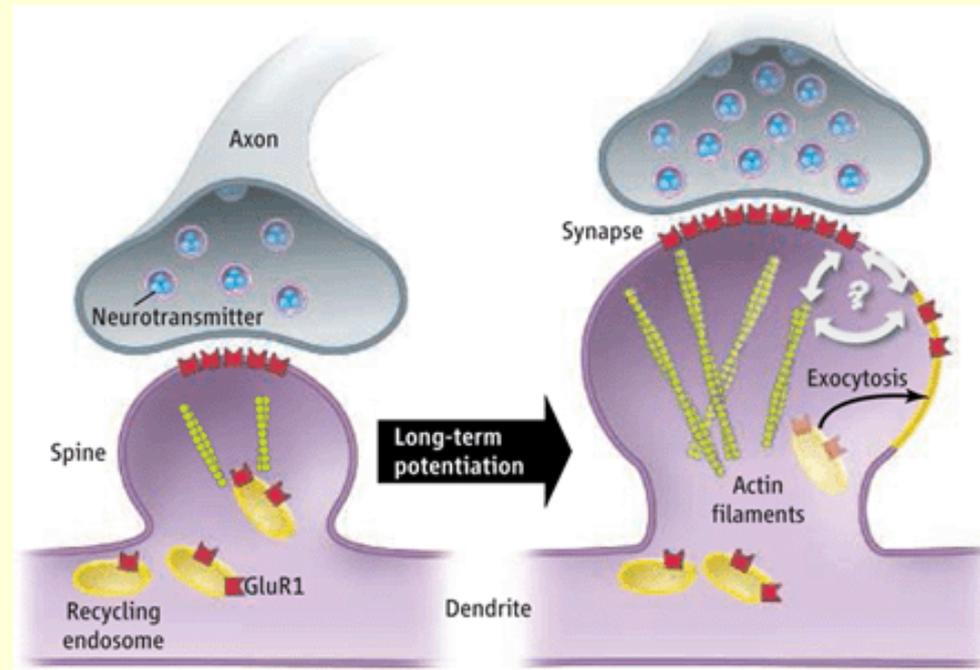


...on renforce des connexions pour former des groupes de neurones qui vont devenir **habitués** à travailler ensemble.

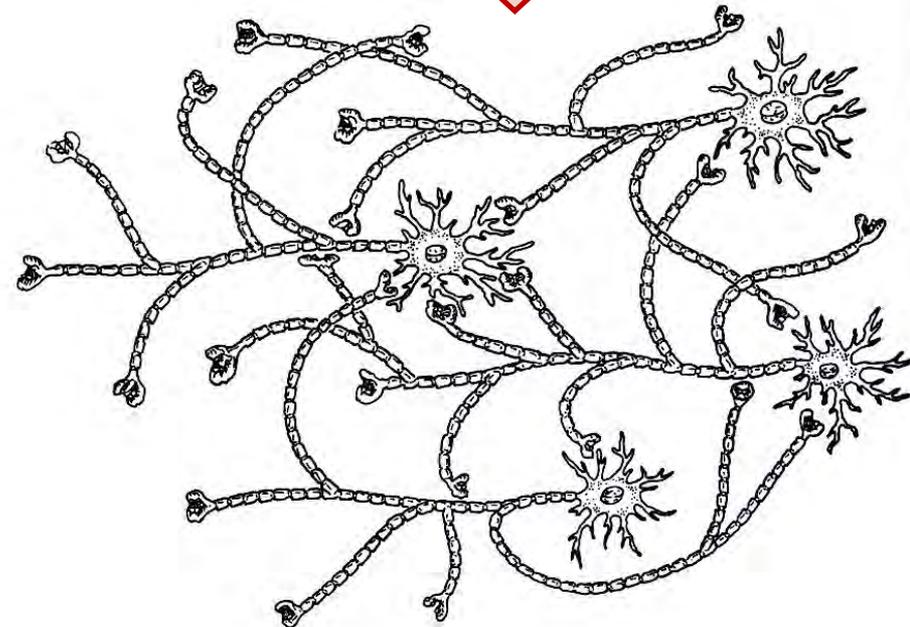
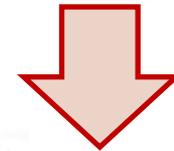
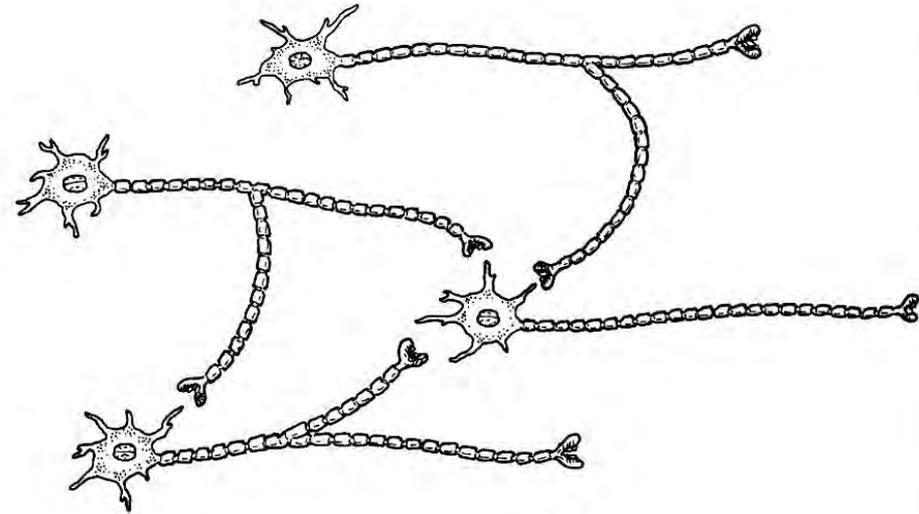


Comment ?

Grâce aux synapses qui se renforcent !

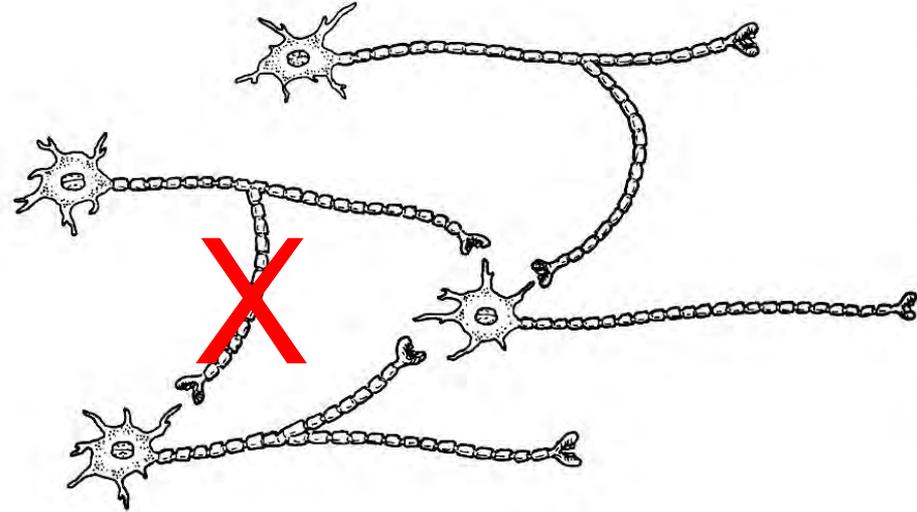


Ou encore : on crée de nouvelles connexions.



Ou encore : on crée de nouvelles connexions.

Ou on en élimine certaines.



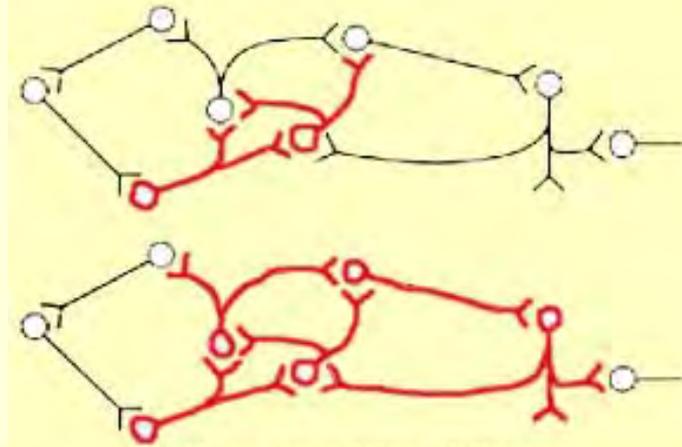


Neuromythe à oublier



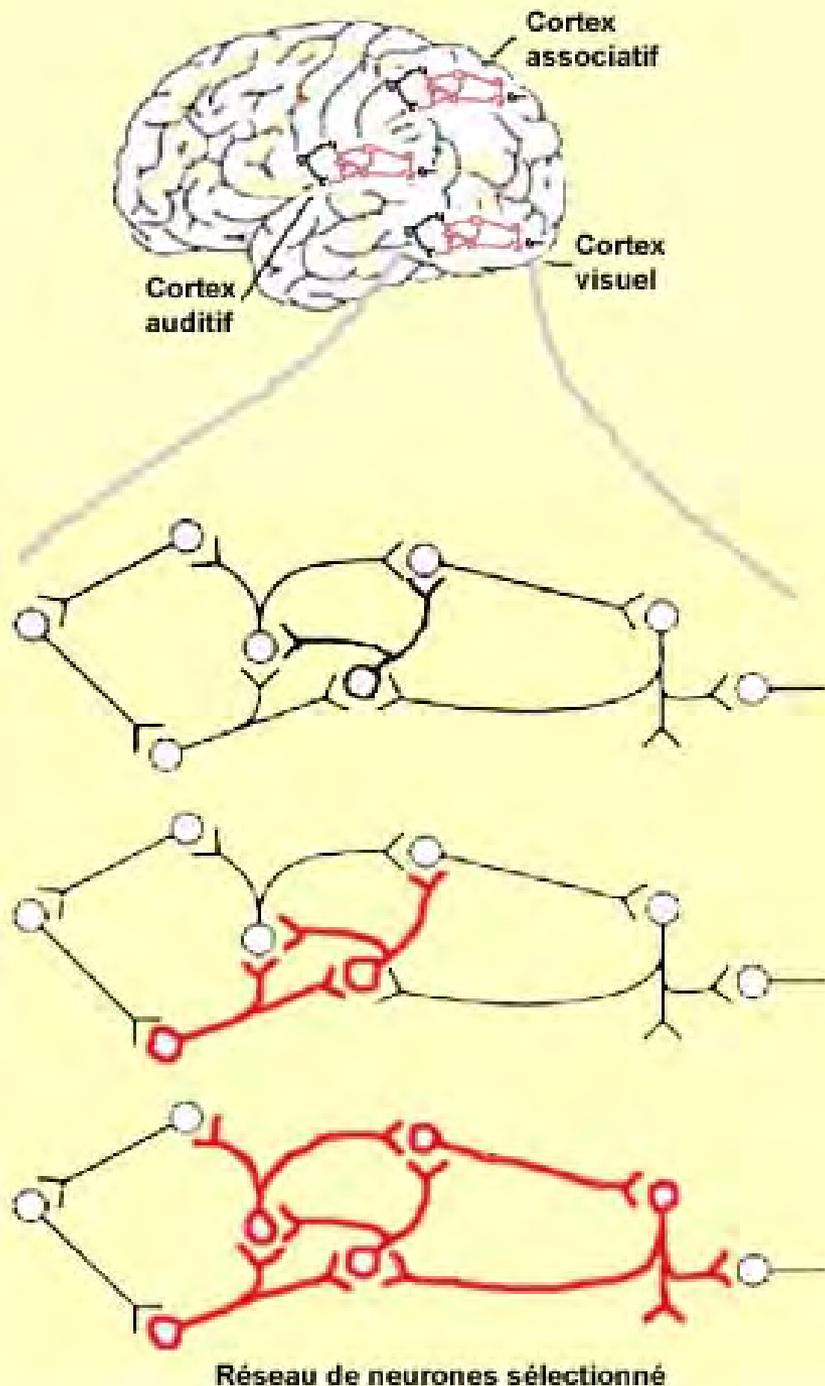
Notre cerveau n'étant jamais exactement le même jour après jour...

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



Réseau de neurones sélectionné





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

C'est cette plasticité cérébrale qui nous permet **d'apprendre** de nos expériences quotidiennes.

Elle est à la base de **NOS mémoires**.

Car plusieurs mécanismes rendent possible cette plasticité.

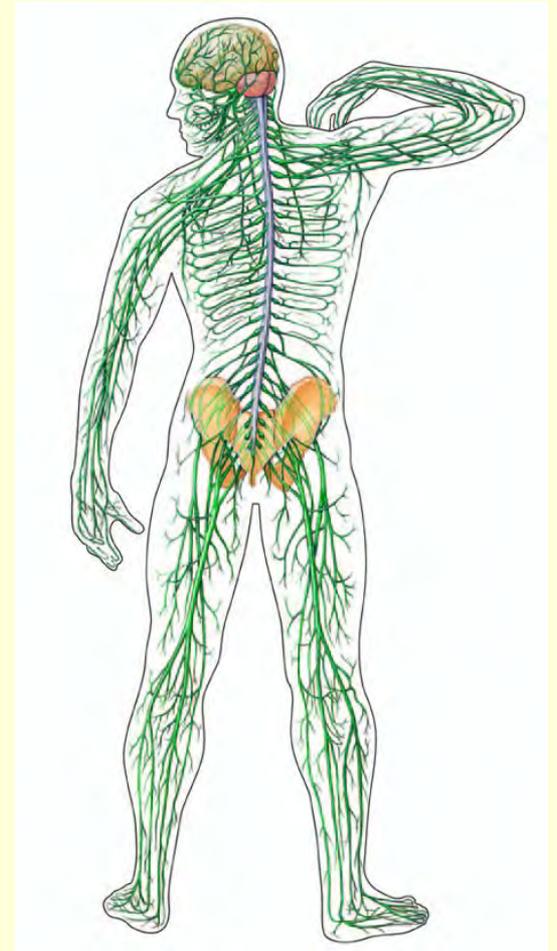
Une considération importante sur la mémoire
avant d'explorer l'évolution de ses mécanismes :

« 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. »

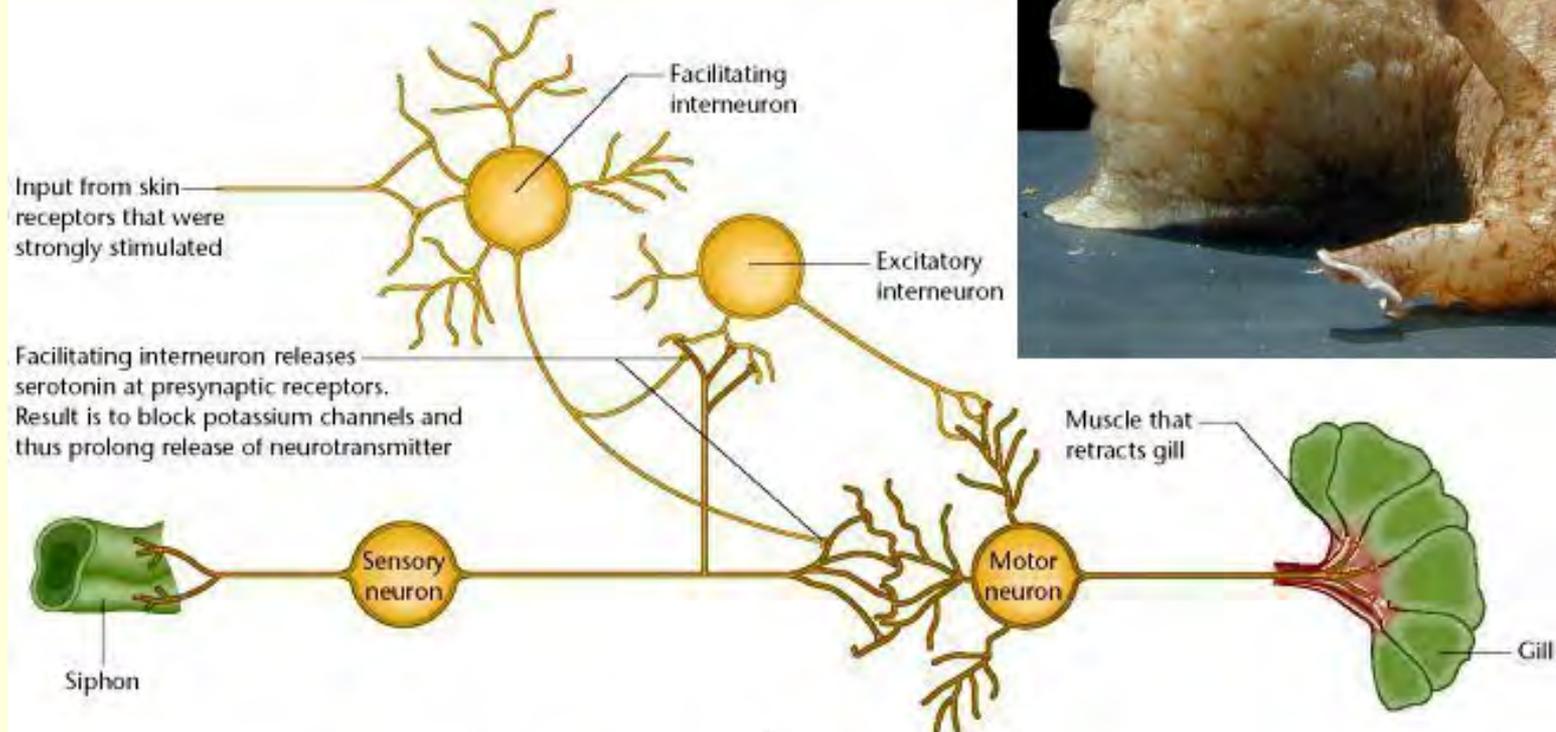
- Alain Berthoz

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

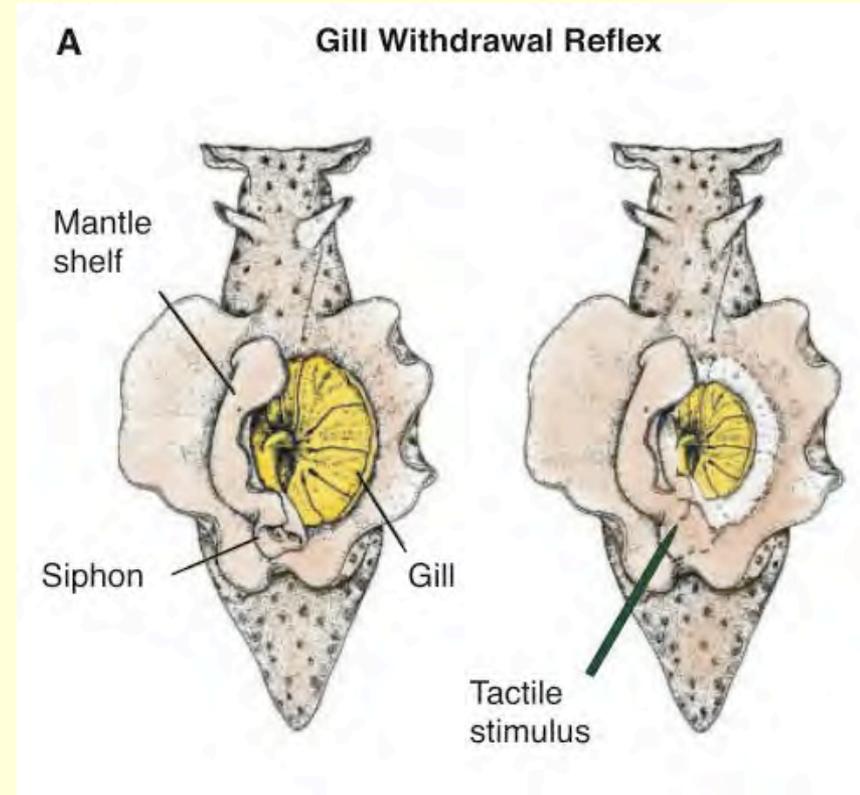


Déjà chez un mollusque comme l'aplysie,

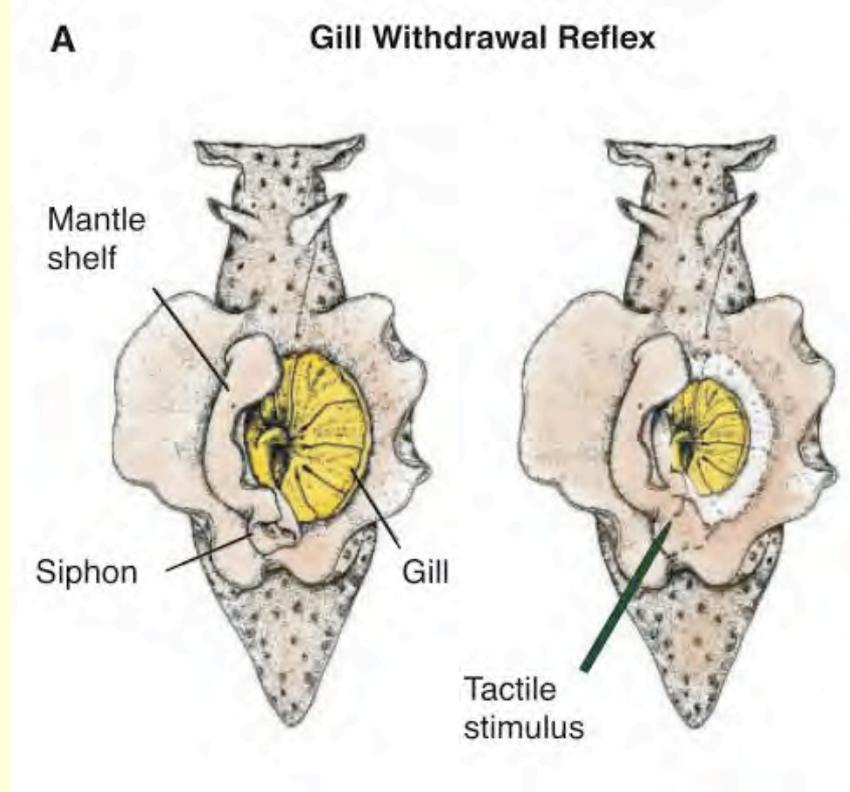
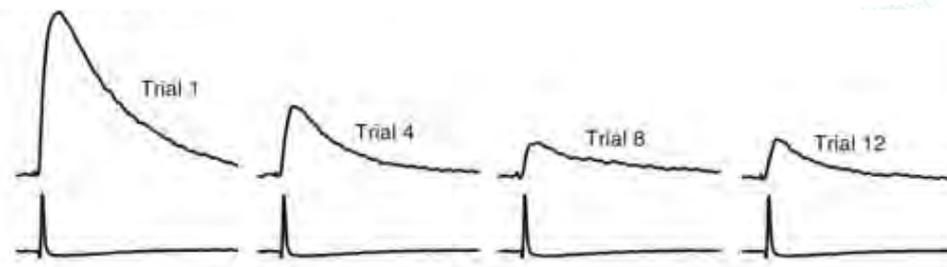
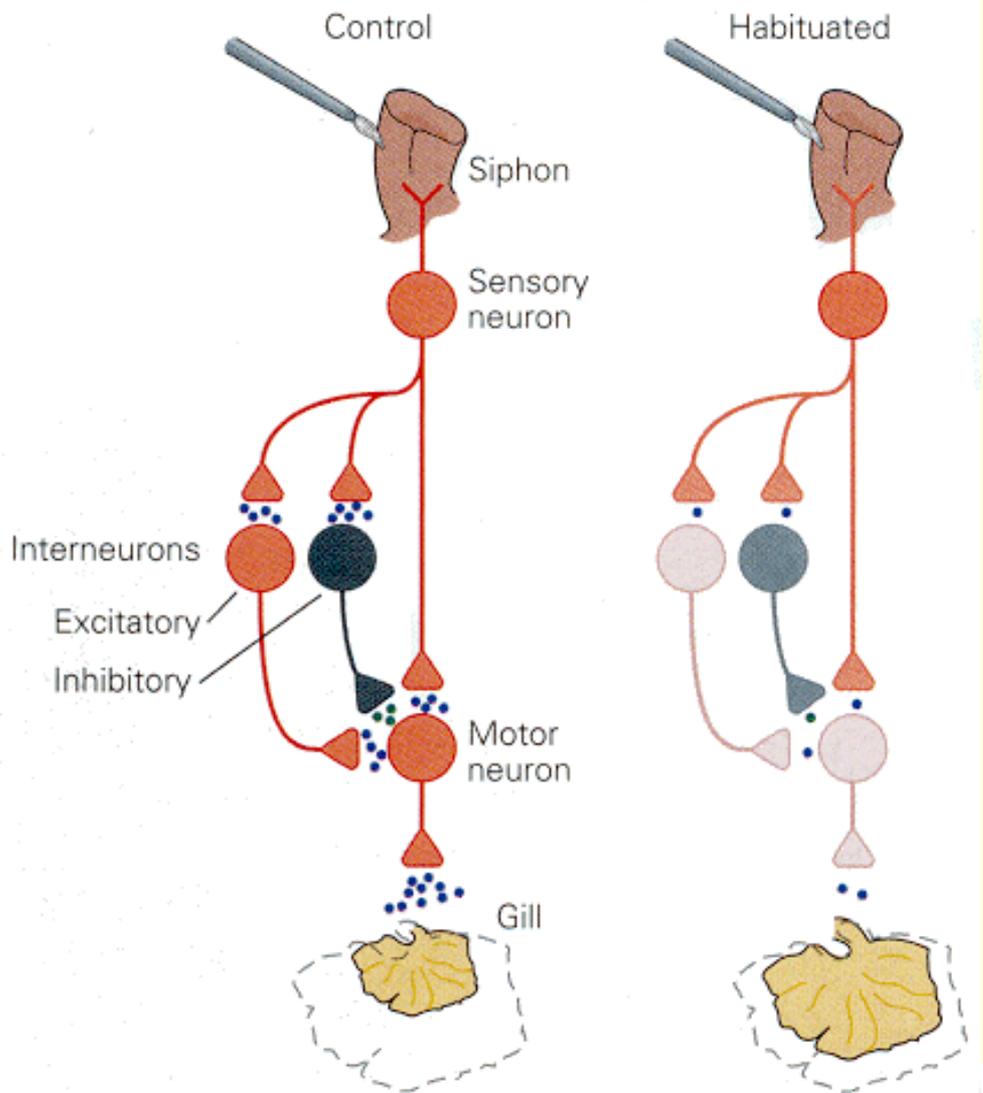
avec les circuits que font ses 20 000 neurones...



...on voit apparaître des formes
simples d'apprentissage et de
mémoire



L'habituation



L'habituaton

Exemple chez l'humain :

l'horloge que l'on n'entend plus

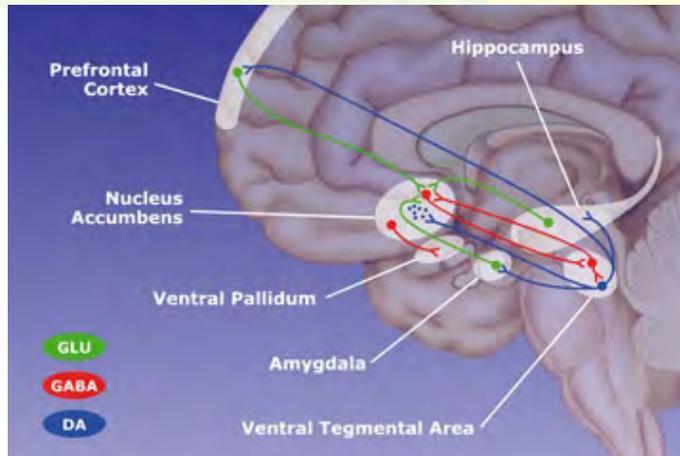
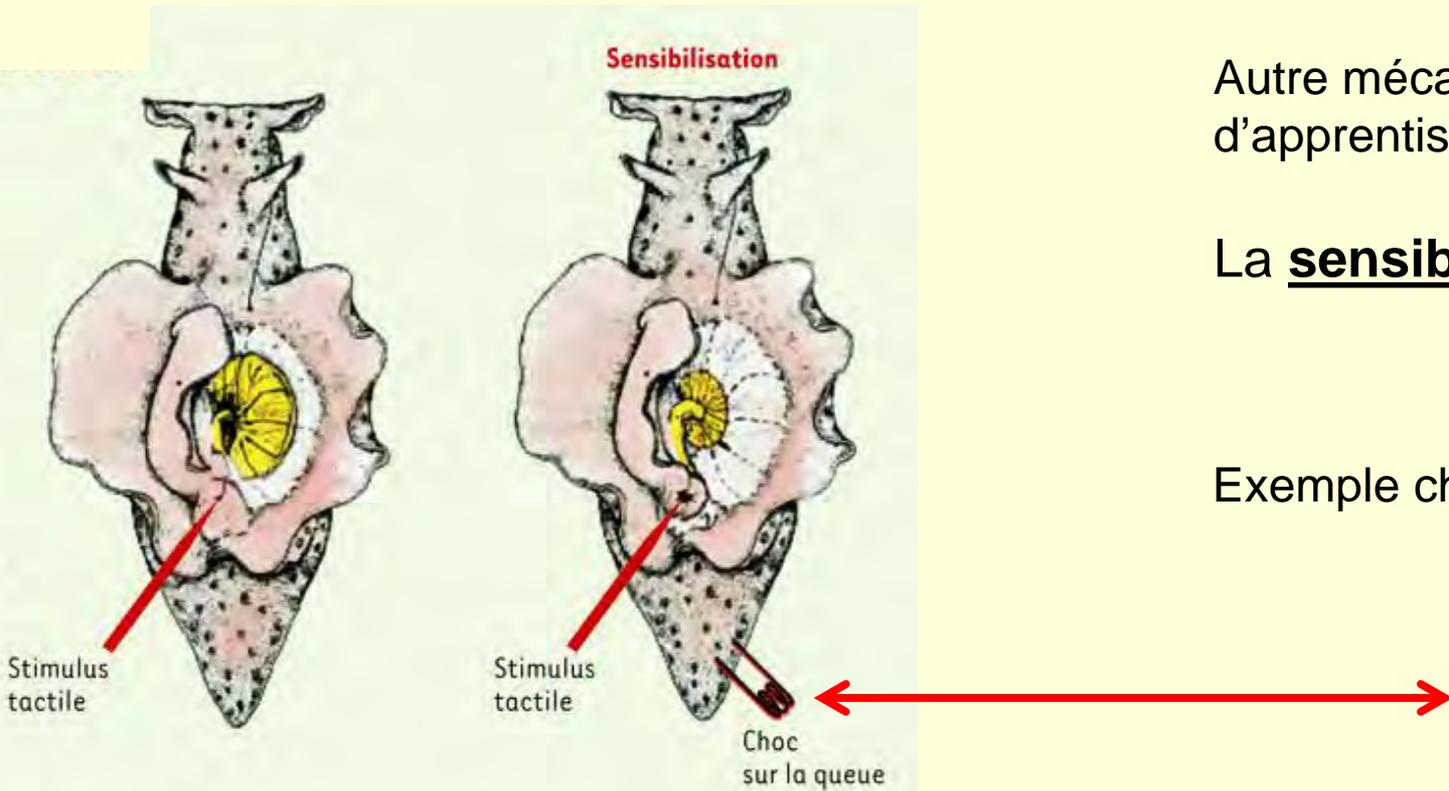


L'habitude

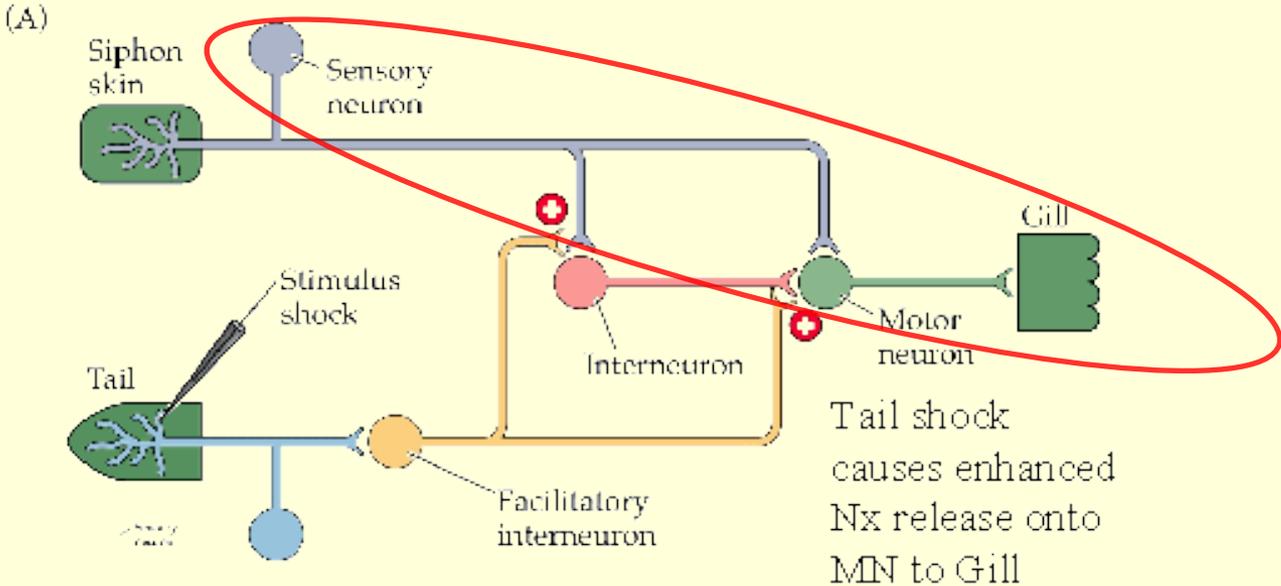
Autre mécanisme d'apprentissage :

La sensibilisation

Exemple chez l'humain :

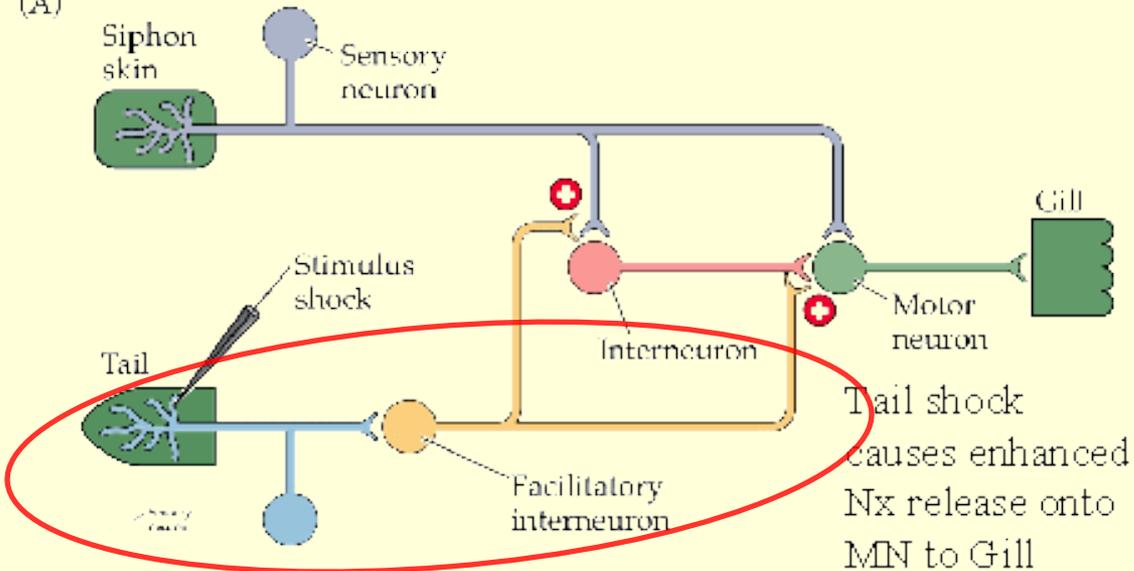


La sensibilisation

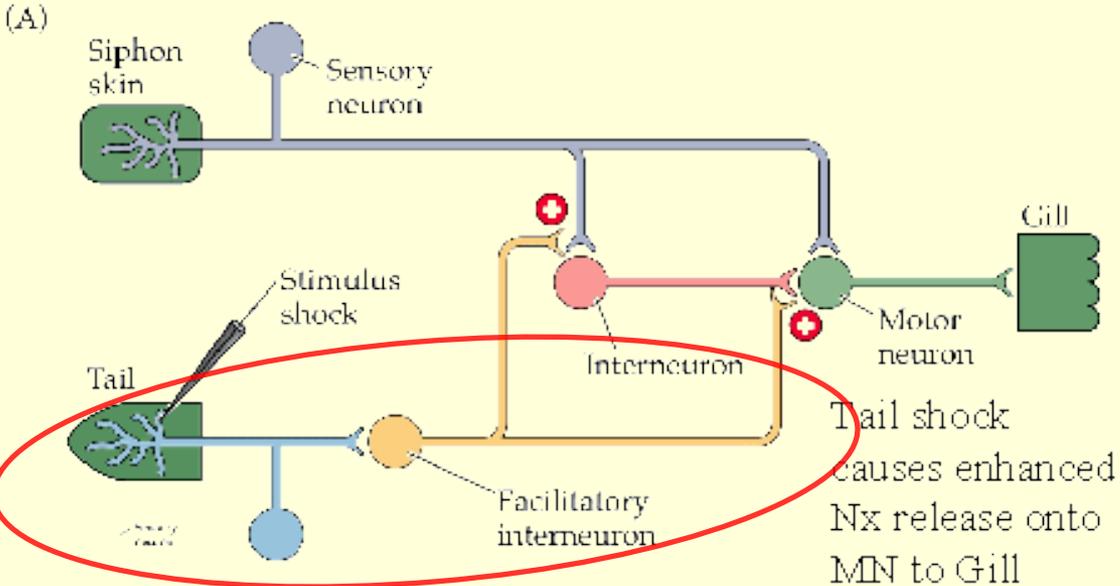


La sensibilisation

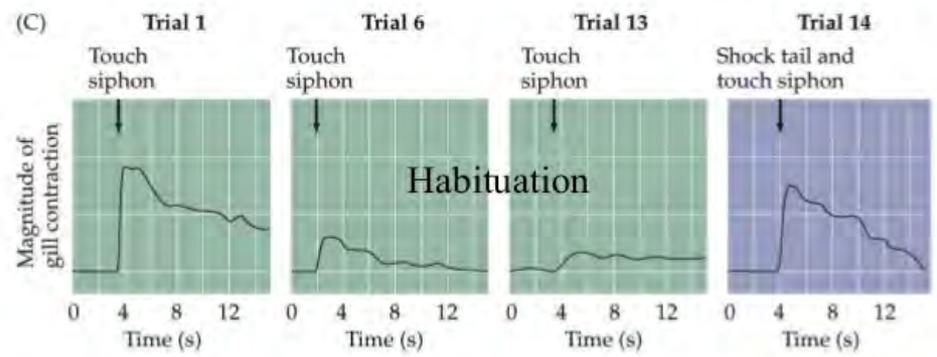
(A)



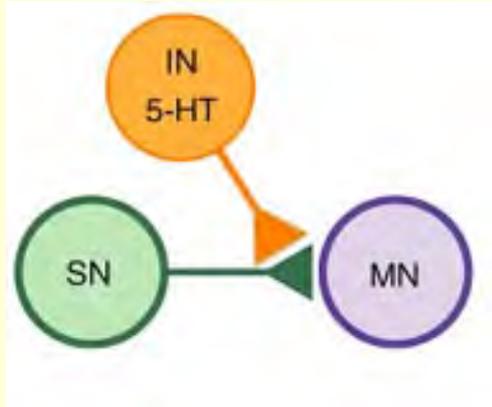
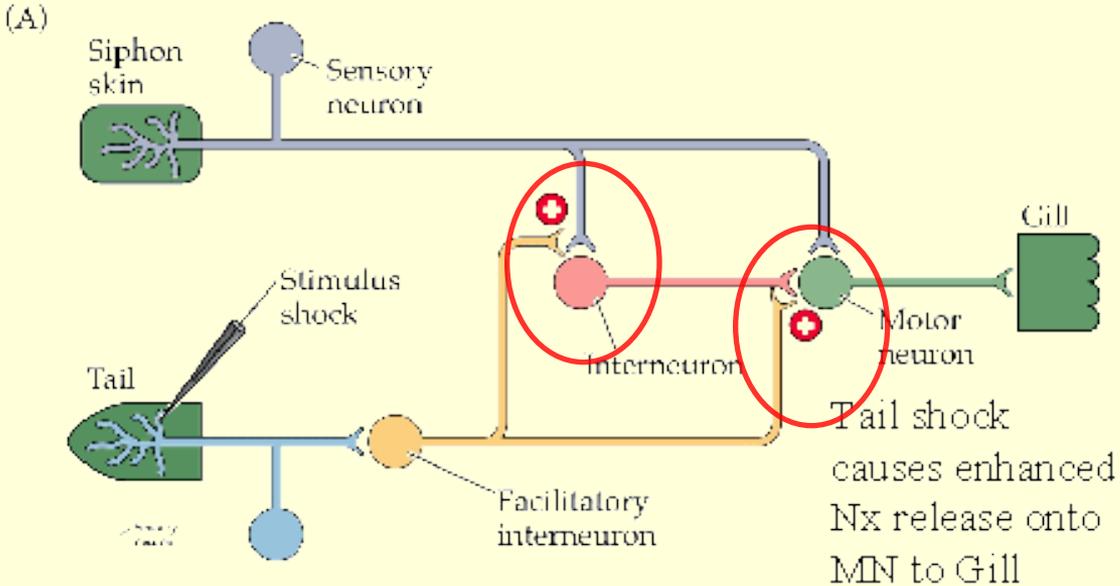
La sensibilisation



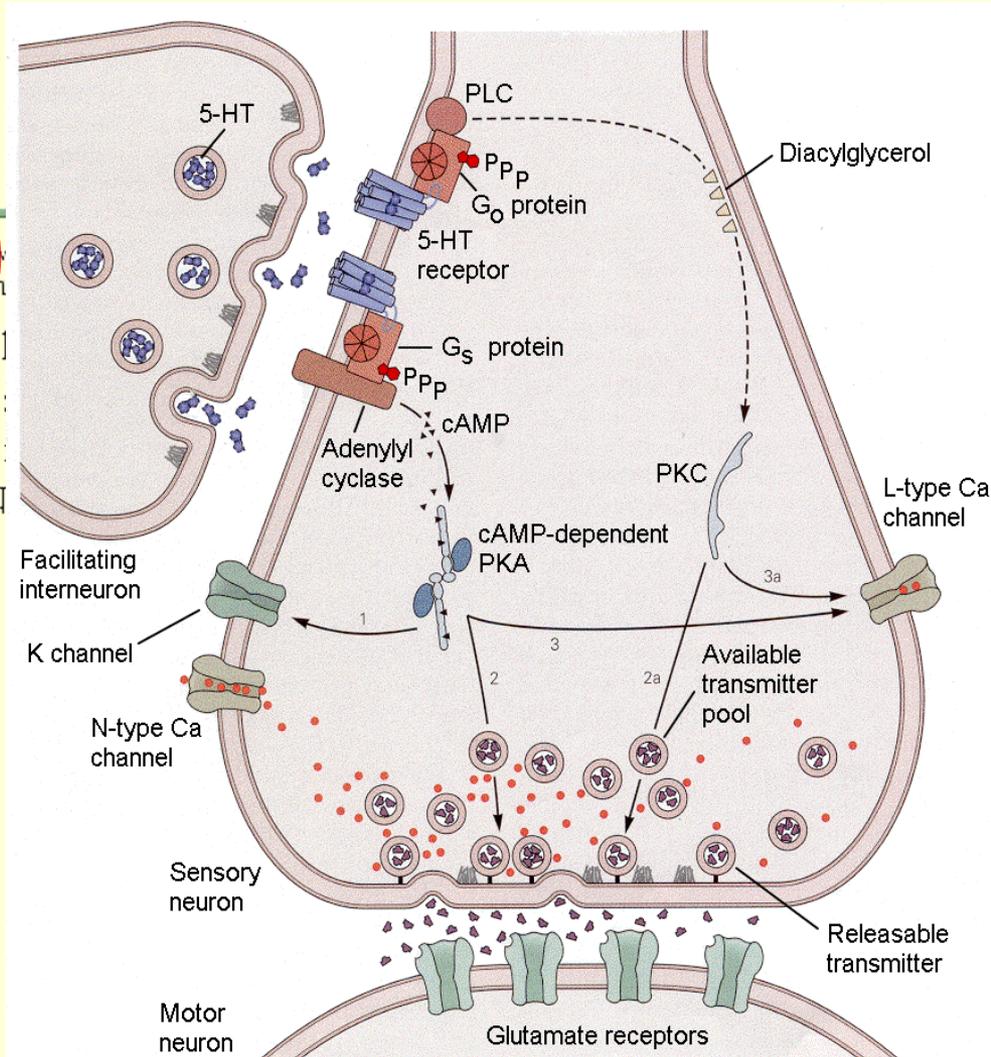
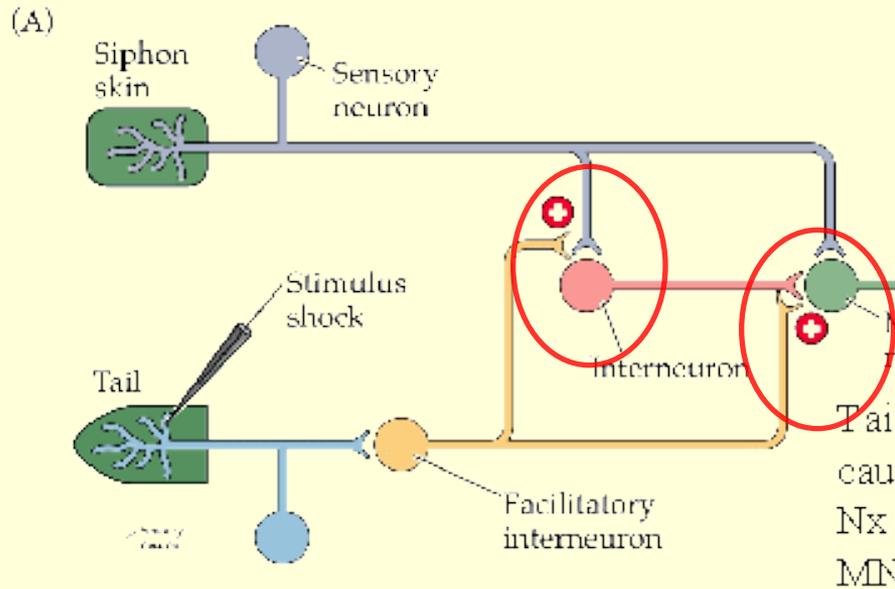
Short-term sensitization and habituation of the *Aplysia* gill withdrawal reflex



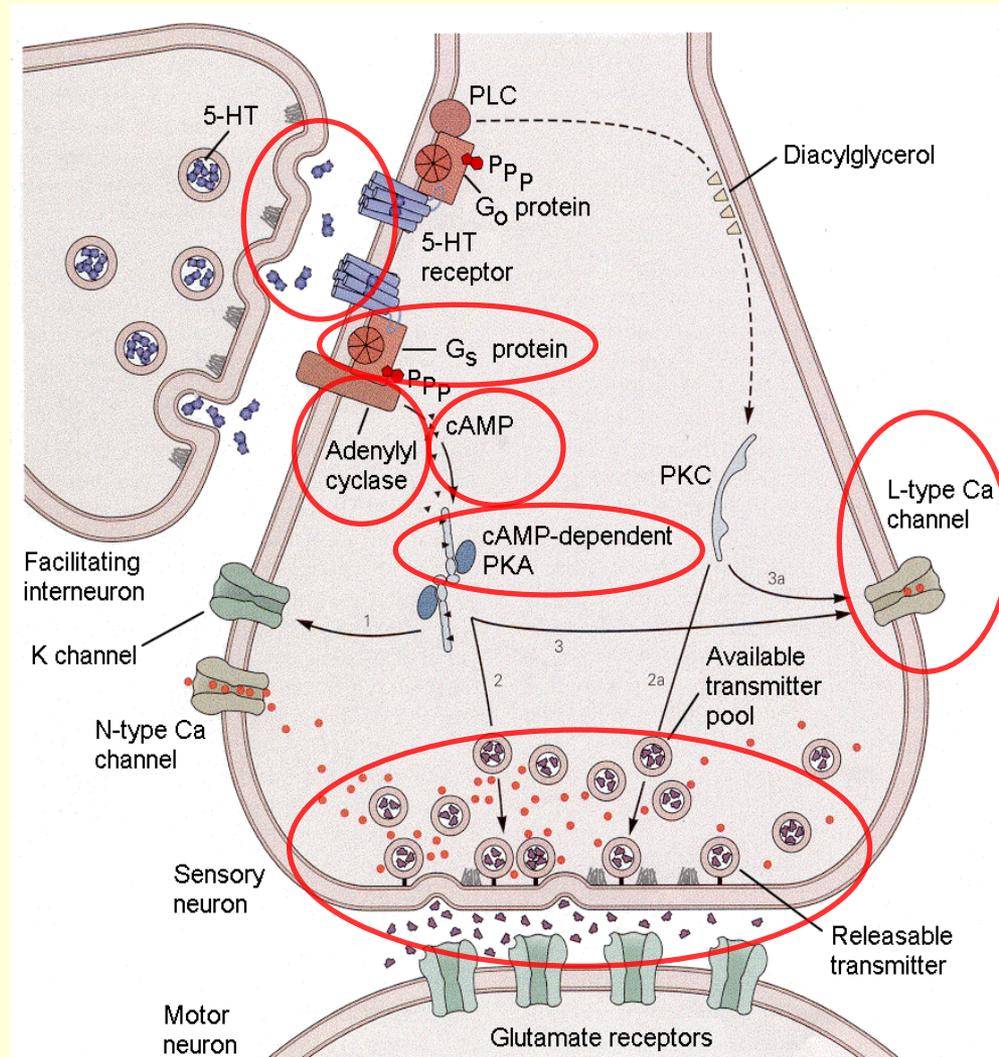
La sensibilisation



La sensibilisation



La sensibilisation

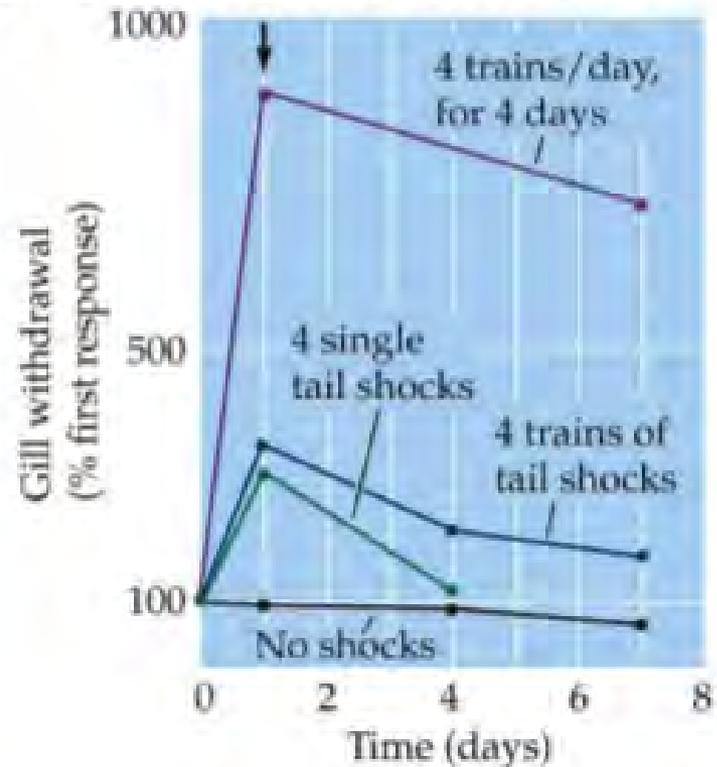
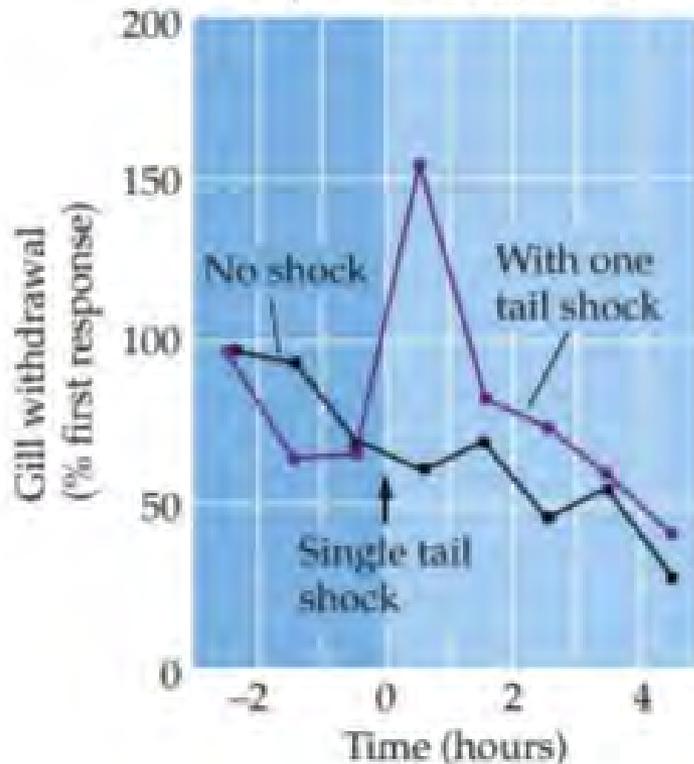


Sensitization in Aplysia

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

Sensitization of *Aplysia* gill withdrawal reflex

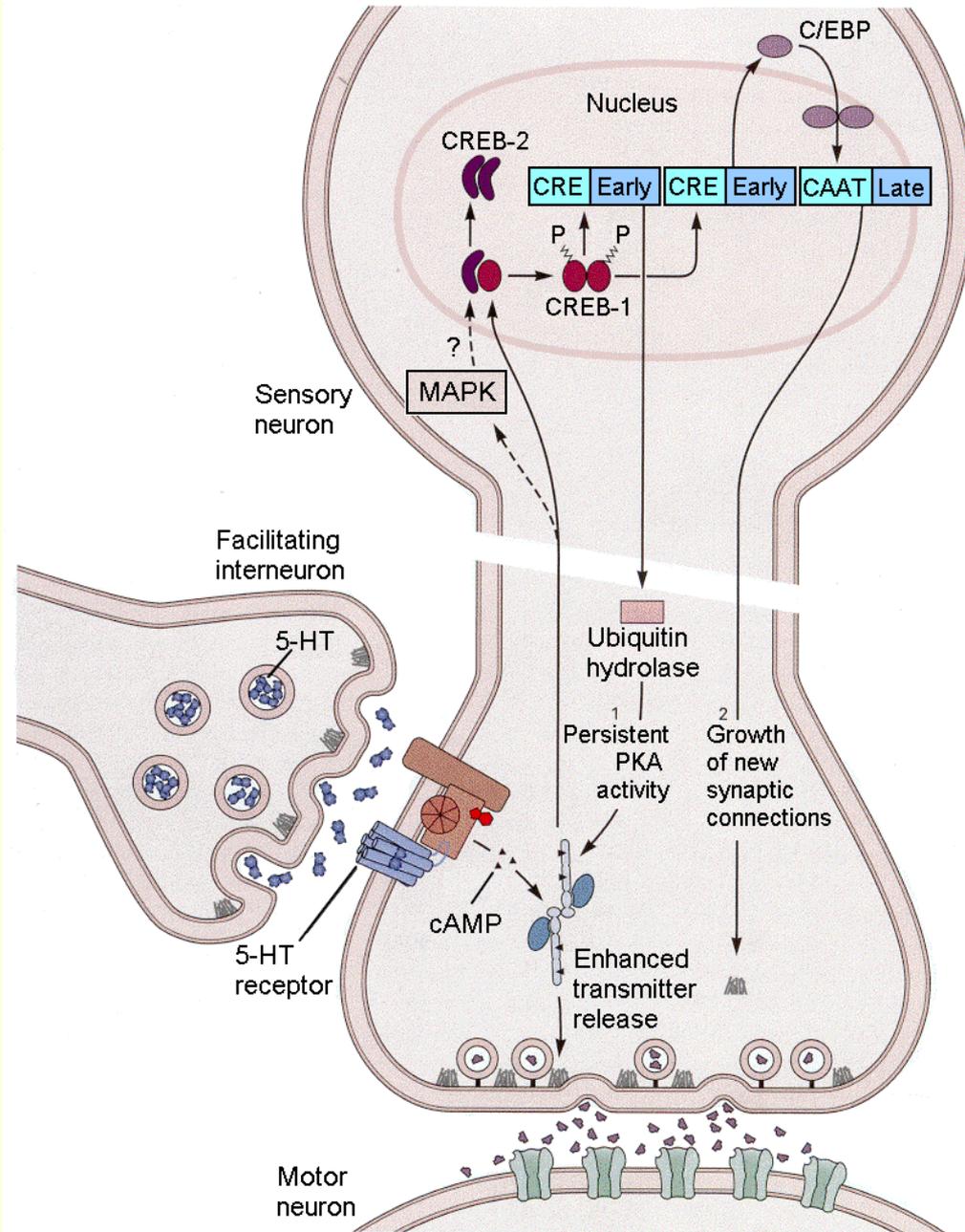
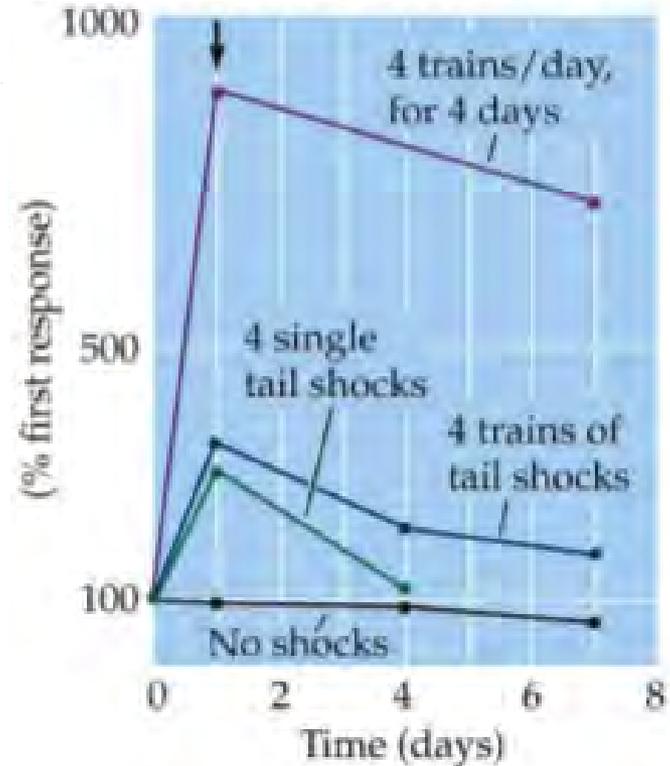
- 1 shock produces short term sensitization
- Four trains of shocks produces long term sensitization
 - Always compare to control with no shocks

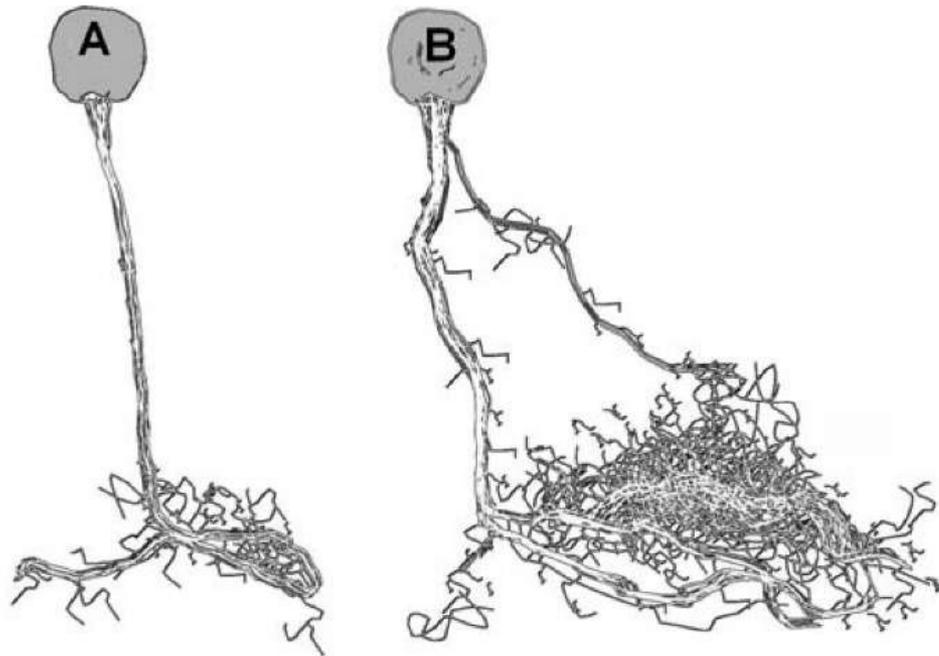
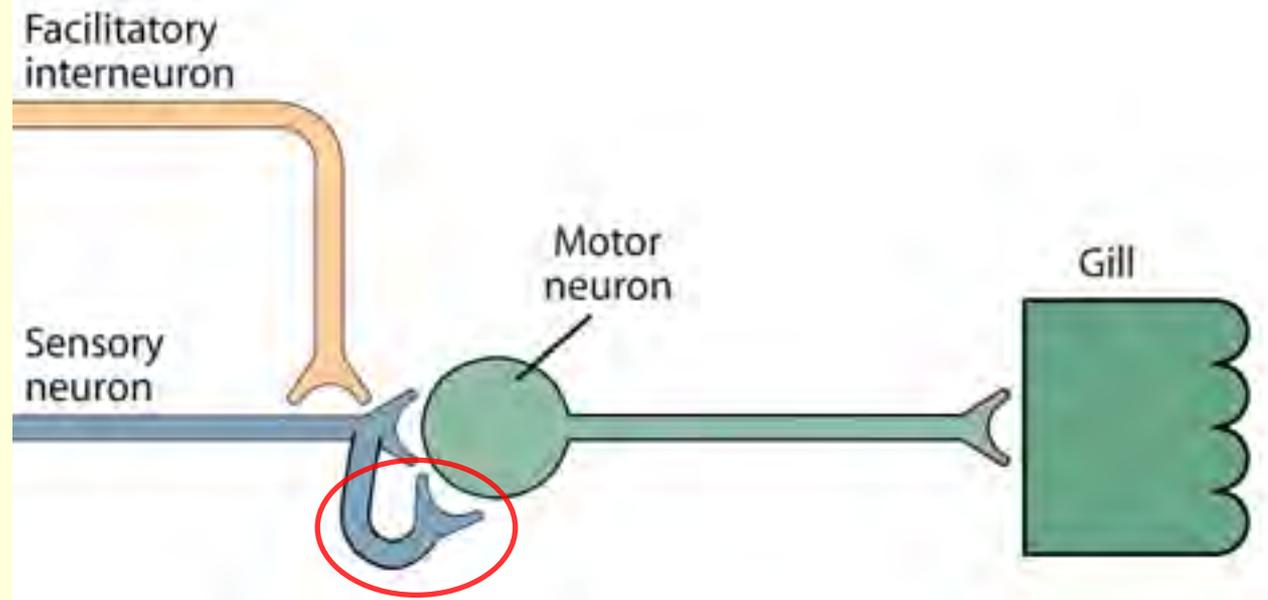


gill withdrawal reflex

rm sensitization
uces long term

ontrol with no shocks





Mémoires

Associatives

Non associatives

Conditionnement

classique et opérant

Habituation et Sensibilisation

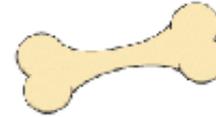
Conditionnement classique

On apprend que 2 stimuli sont associés.

Before conditioning

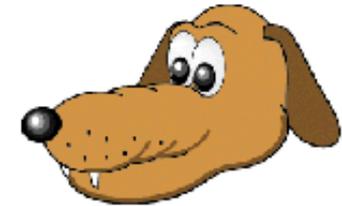
**FOOD
(UCS)**

**SALIVATION
(UCR)**



BELL

NO RESPONSE



During conditioning

**BELL +
FOOD
(UCS)**

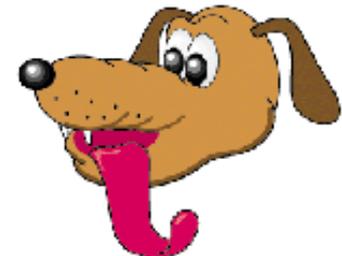
**SALIVATION
(UCR)**

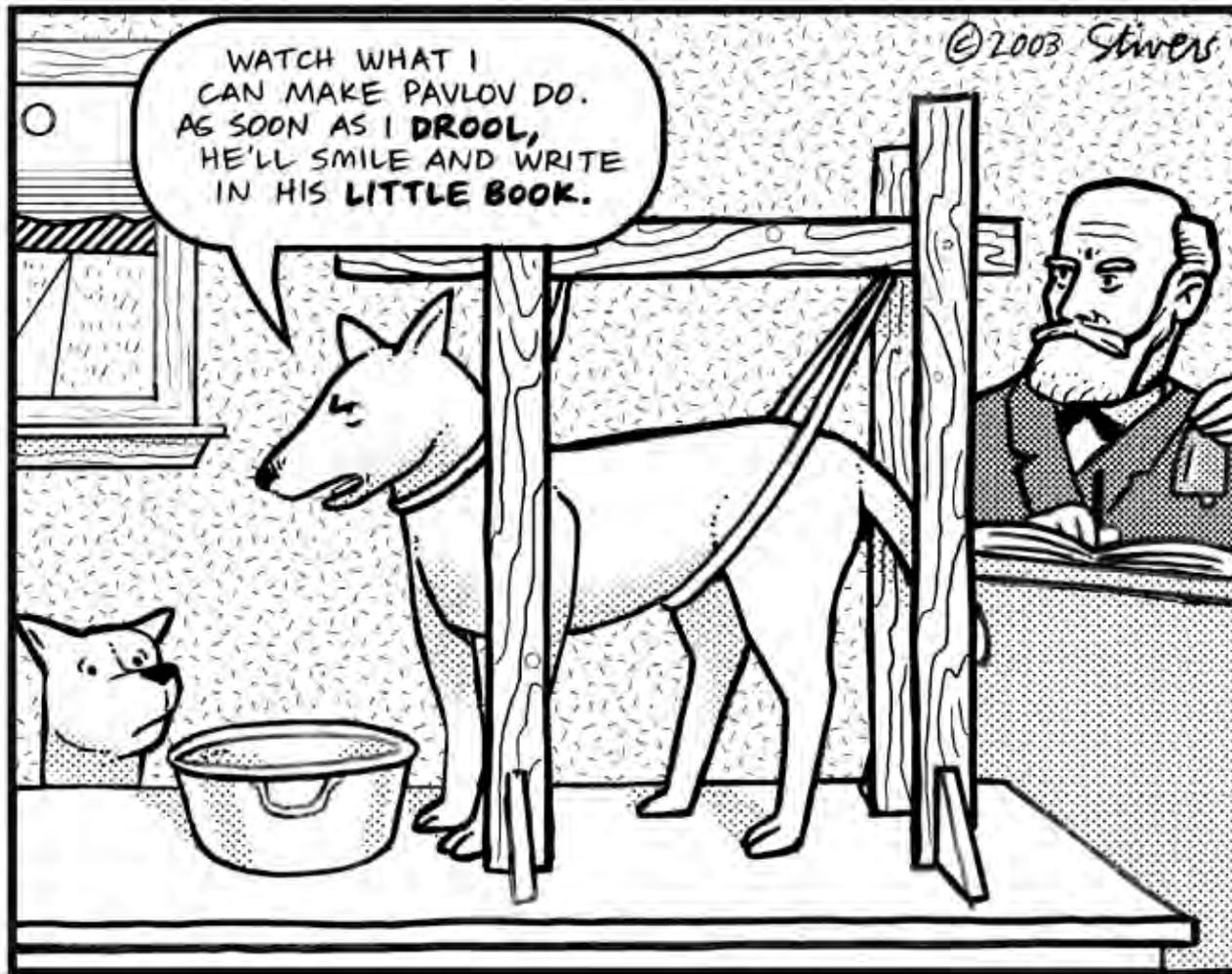


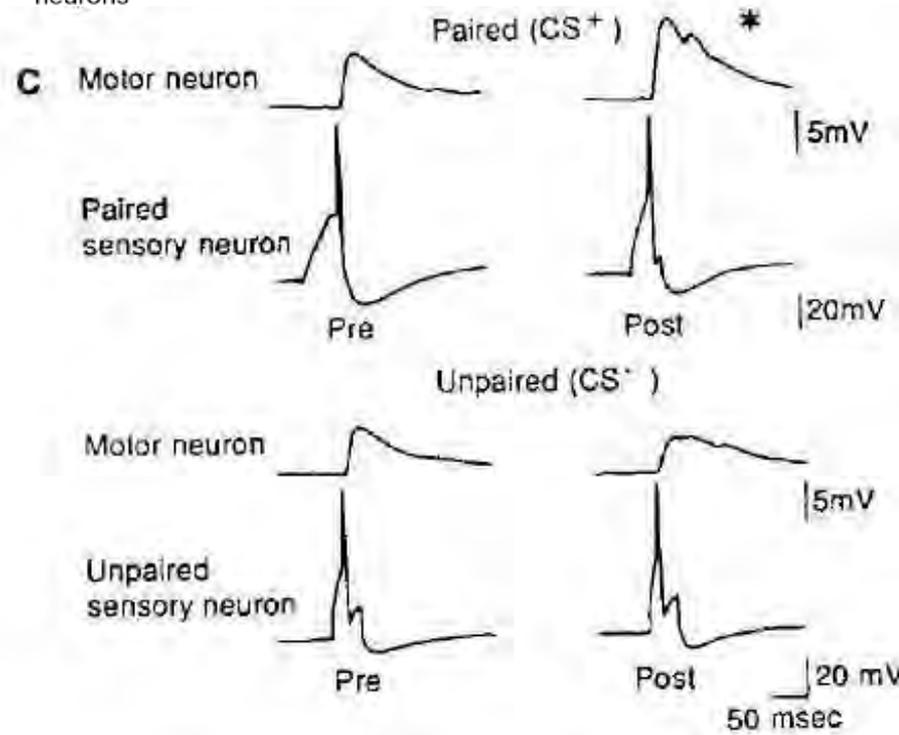
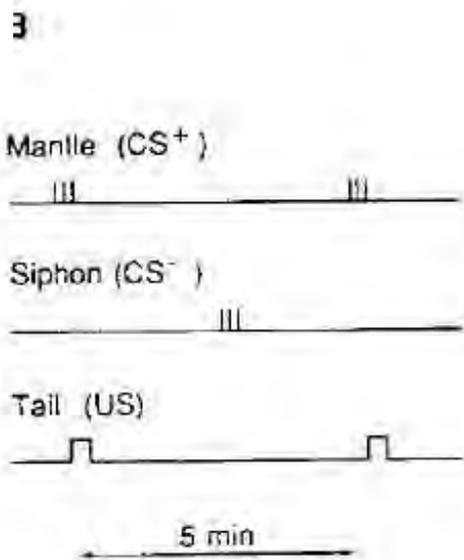
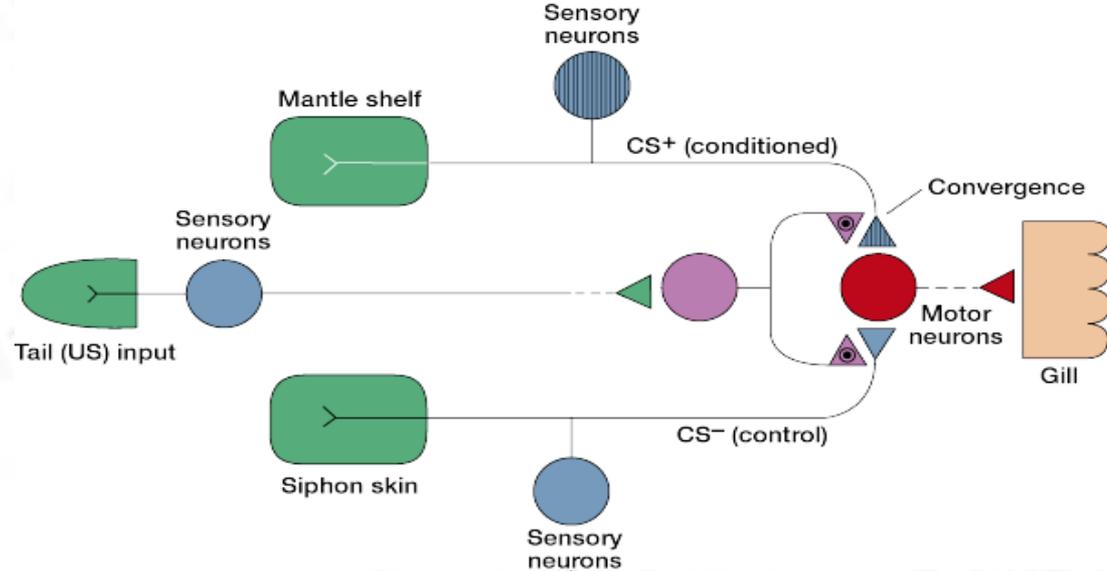
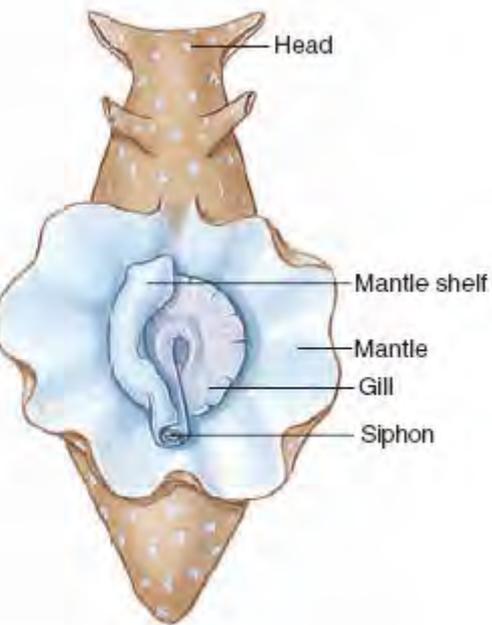
After conditioning

**BELL
(CS)**

**SALIVATION
(CR)**







Conditionnement classique...

...déjà chez l'aplysie

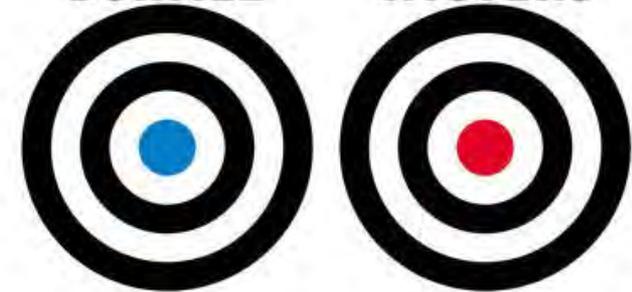
**TOUS LES JOURS
JE LAVE MON CERVEAU
AVEC LA PUB**



« 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. »

**LES MÉDIAS VEILLENT
DORMEZ CITOYENS**



- Henri Laborit



Éloge de la suite

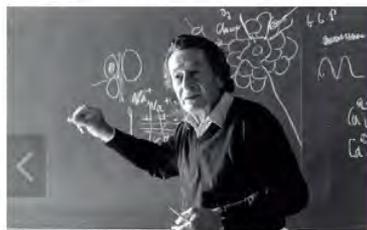
autour d'Henri Laborit et d'autres parcours qui l'ont croisé

À PROPOS
DU FILM
→

- POURQUOI CE FILM ?
- SYNOPSIS
- 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)



NON CLASSÉ

Ce site est en cours de construction et n'est pas prêt à être consulté ! Revenez nous voir le 21 novembre 2014...

Publié le 30 août 2014 • Laisser un commentaire

DERNIERS ARTICLES

COMME L'EAU QUI JAILLIT

Comme l'eau qui jaillit

Publié le 16 novembre 2014 • Laisser un commentaire

« Depuis ma tendre enfance, je m'arrête toujours devant un jet d'eau, parce que pour

OÙ ÊTES-VOUS ?

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

Le site a été lancé le 21 novembre 2014, date à



"Tant qu'on n'aura pas diffusé très largement à travers les Hommes de cette planète la façon dont fonctionne leur cerveau, la façon dont ils l'utilisent et tant que l'on n'aura pas dit que jusqu'ici cela a toujours été pour dominer l'autre, il y a peu de chance qu'il y ait quoi que ce soit qui change."

- Henri Laborit, dernière phrase du film *Mon oncle d'Amérique* (1980)

www.elogedelasuite.net

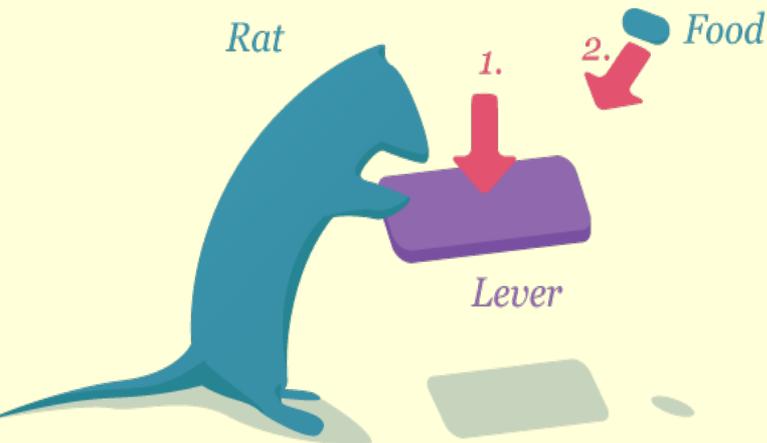
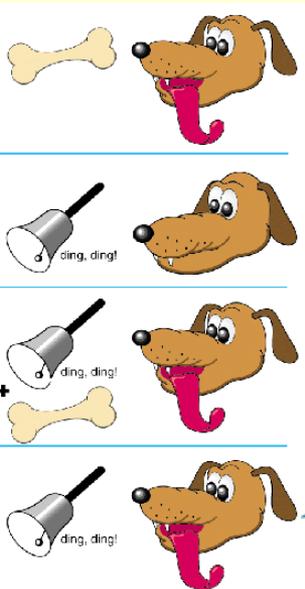
Né en 1914, Henri Laborit fut d'abord chirurgien de la marine française où il bouscula plusieurs concepts de la médecine.

Mémoires

Associatives

Conditionnement

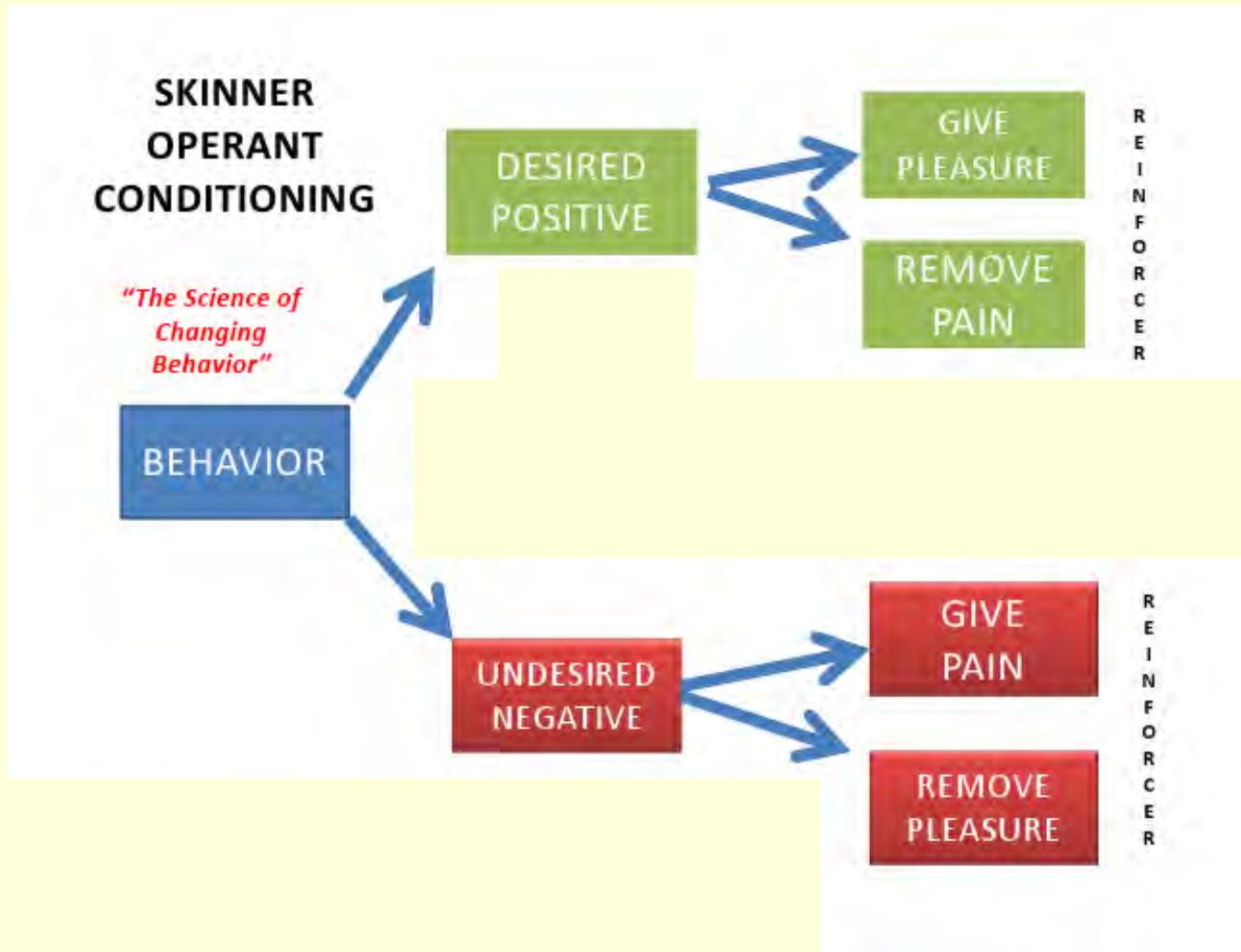
classique et **opérant positif**
(récompense)



Conditionnement opérant négatif (punition)

METTRE DE LA CRÈME SOLAIRE À LA PLAGE
METTRE DE LA CRÈME SOLAIRE À LA 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)

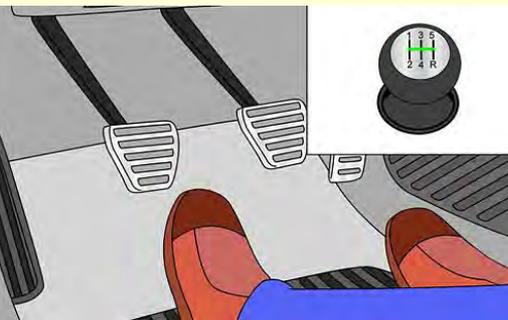
Non associatives

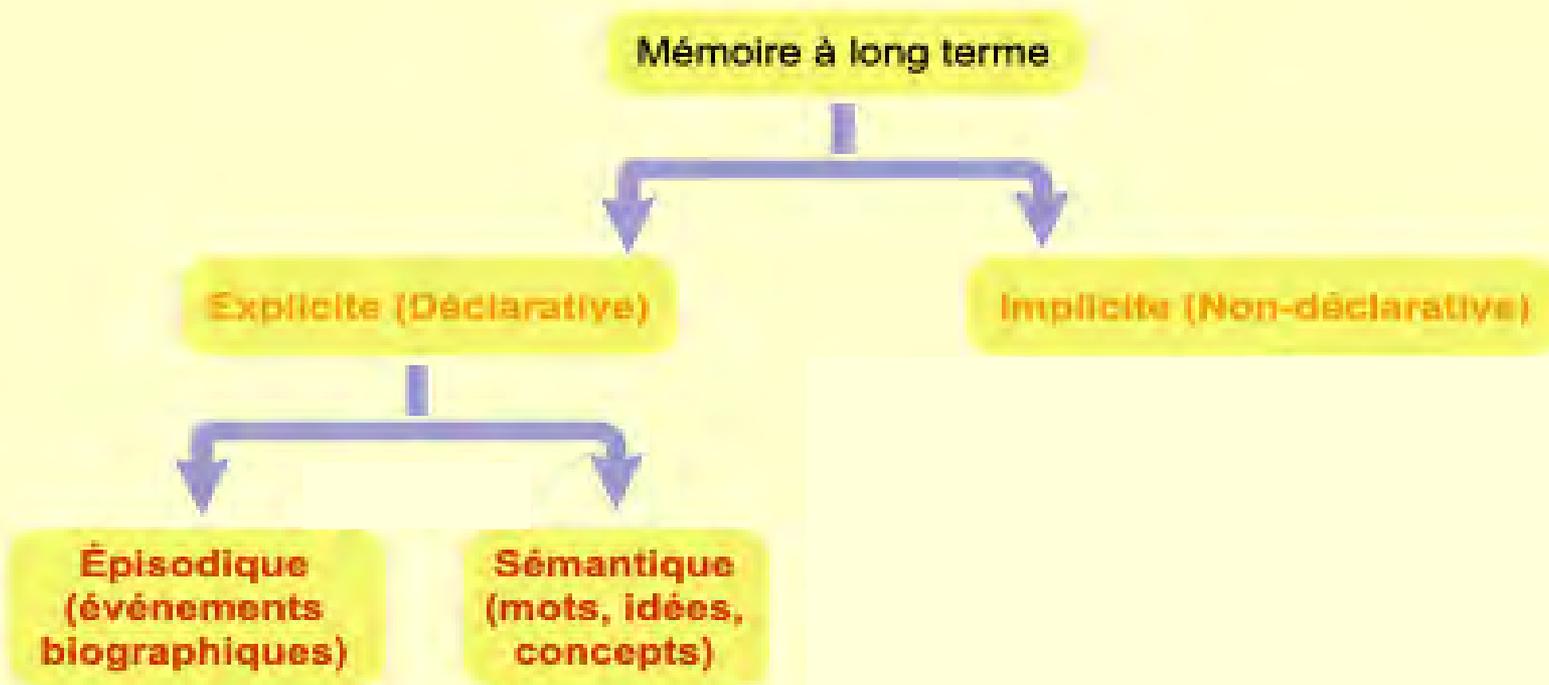
Habitude
Sensibilisation

Associatives

Conditionnement
classique et opérant

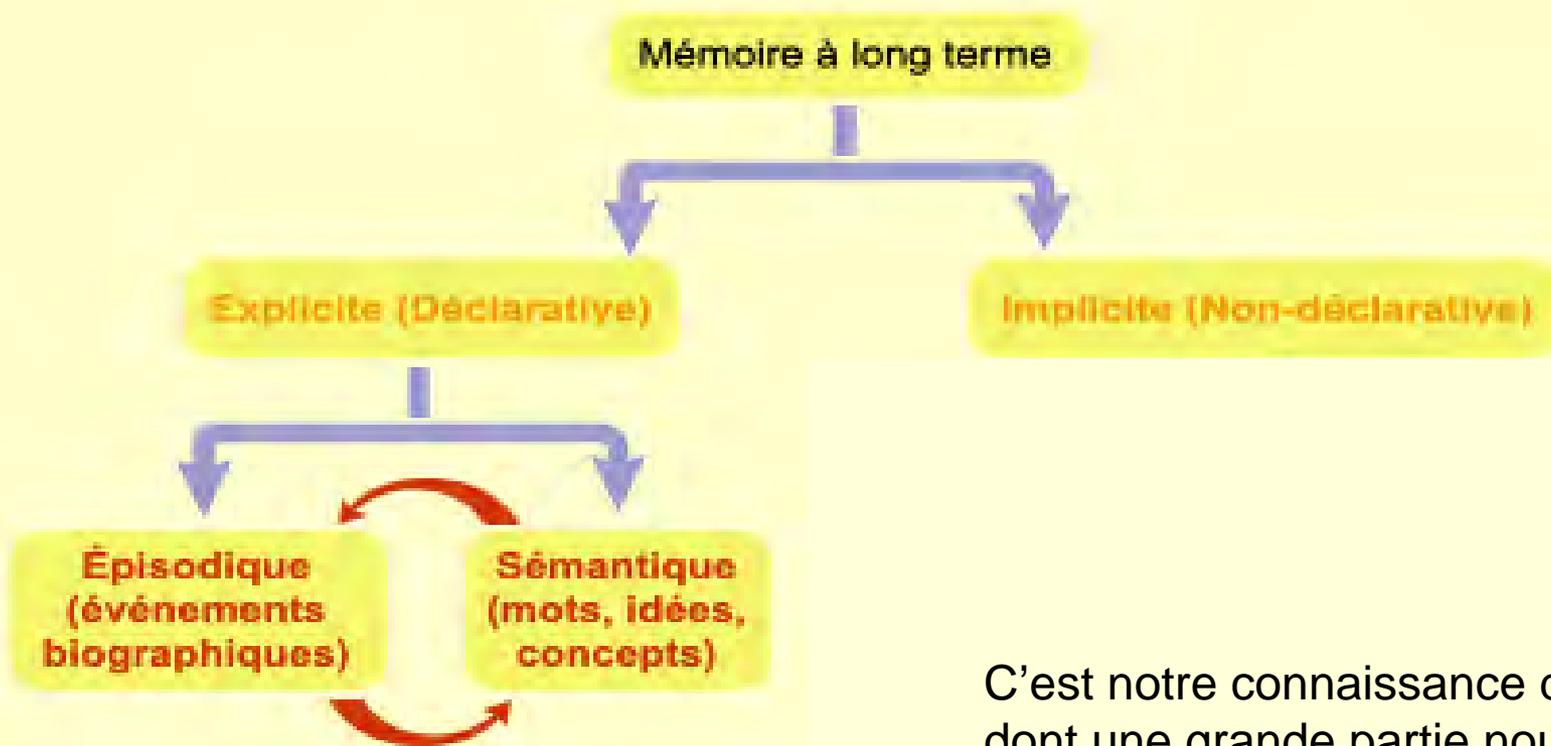
Procédurale
(habiletés)





Stockphoto/San Warren

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.

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

Deux exemples où nos mémoires collaborent (orientation spatiale et langage)

Se souvenir de chaque jour de sa vie;

Les facteurs qui influencent la mémoire;

Trucs mnémotechniques;

On retrouve dans le cerveau humain de multiples systèmes de mémoire qui cohabitent

et qui impliquent différentes structures cérébrales que l'on connaît de mieux en mieux.

Mémoire à long terme

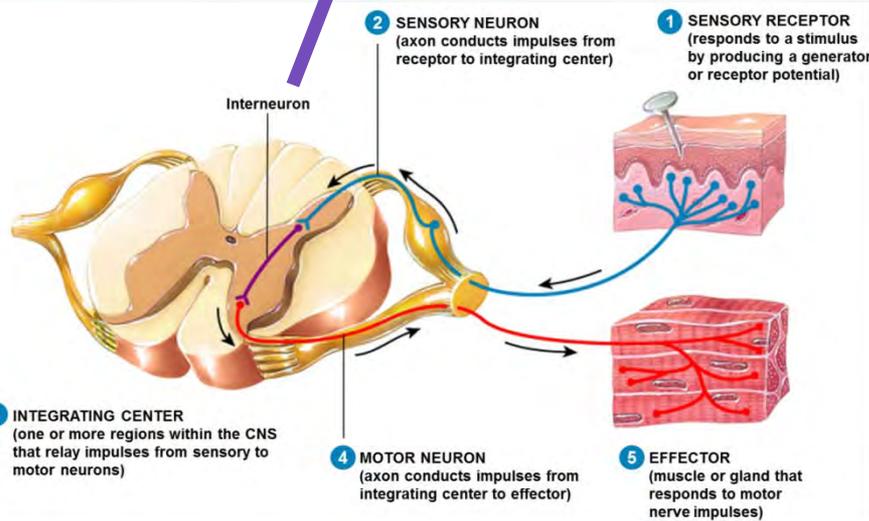
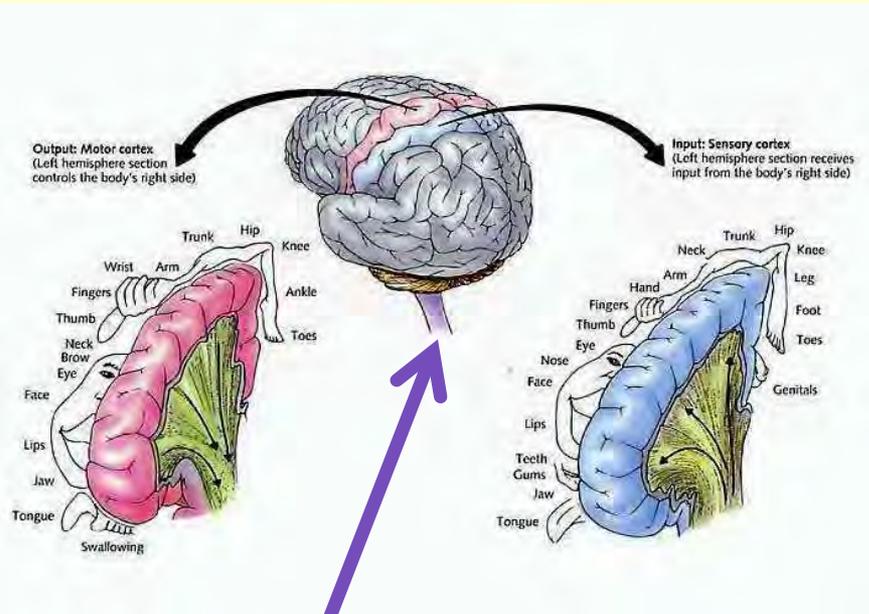
Implicite (Non-déclarative)

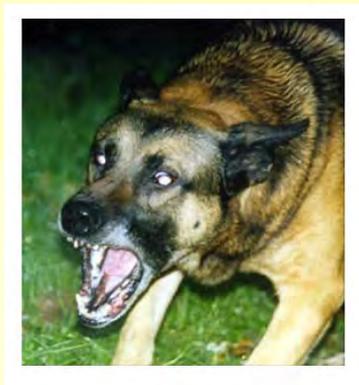
Non associatives

Habituation
Sensibilisation

Associatives

Conditionnement classique



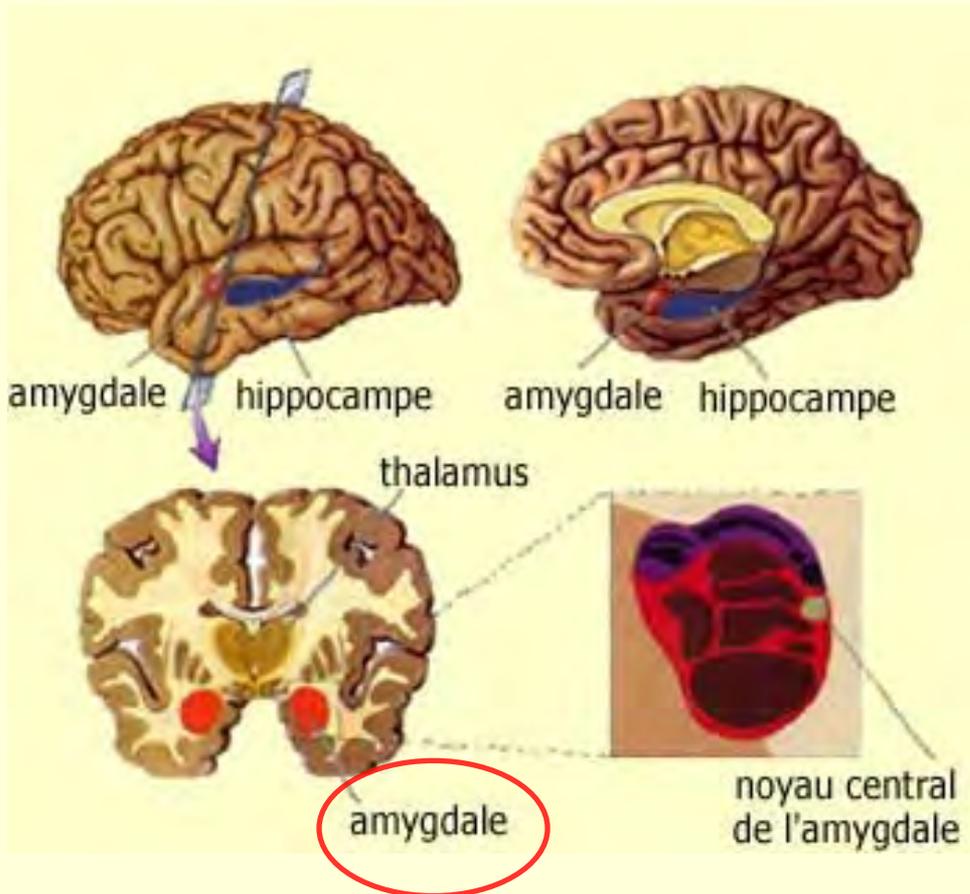


Peur conditionnée

Mémoire à long terme



Implicite (Non-déclarative)



Non associatives

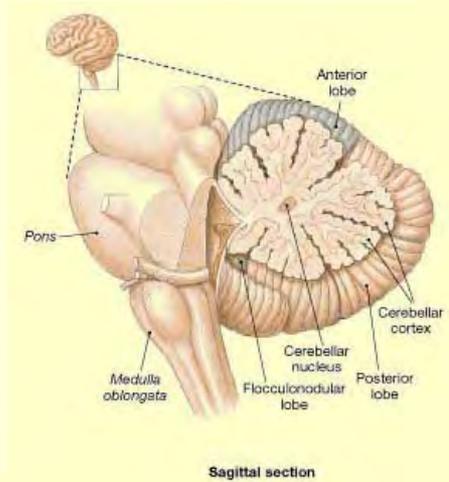
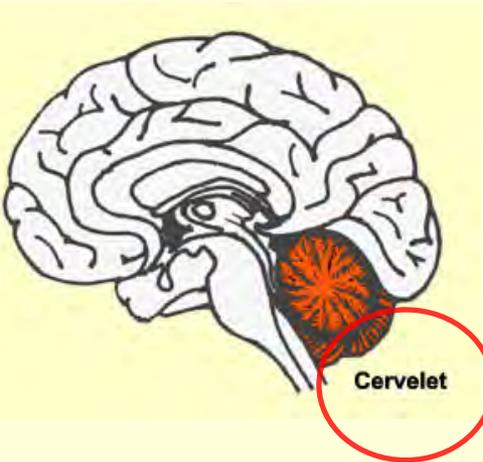
Habituation
Sensibilisation

Associatives

Conditionnement
classique

Mémoire à long terme

Implicite (Non-déclarative)



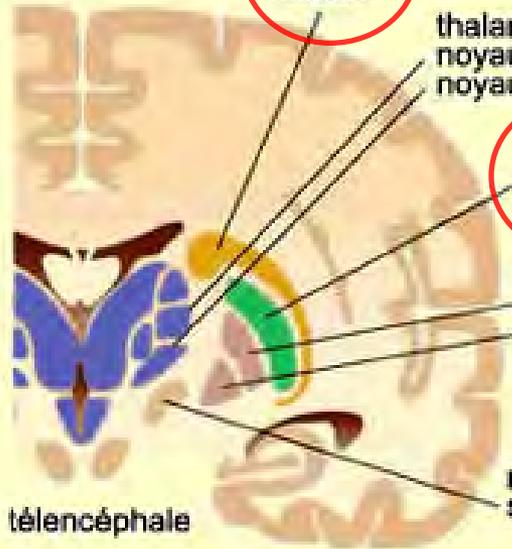
noyau caudé

thalamus
noyau ventral antérieur
noyau ventrolatéral

putamen

globus pallidus
division externe
division interne

noyau sous-thalamique

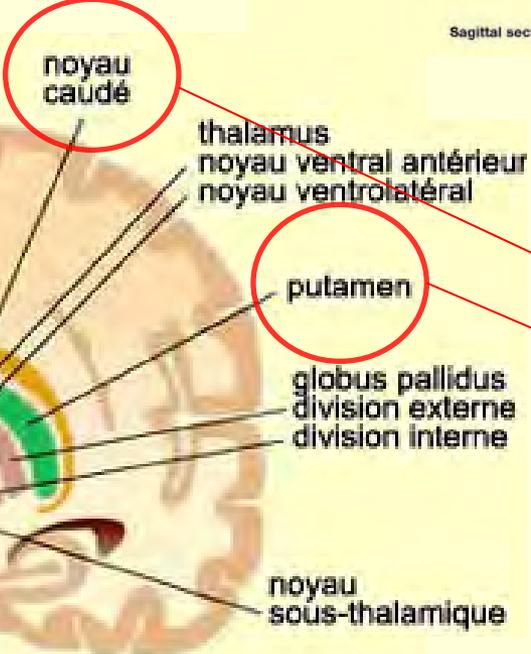
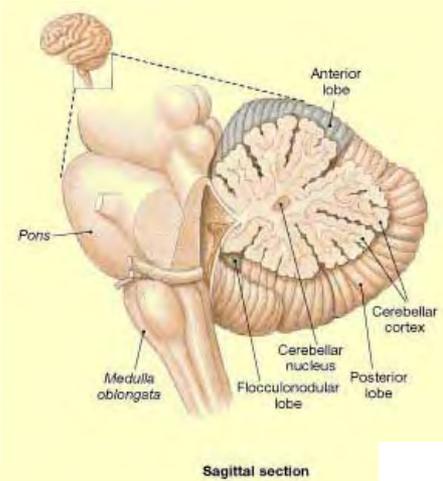
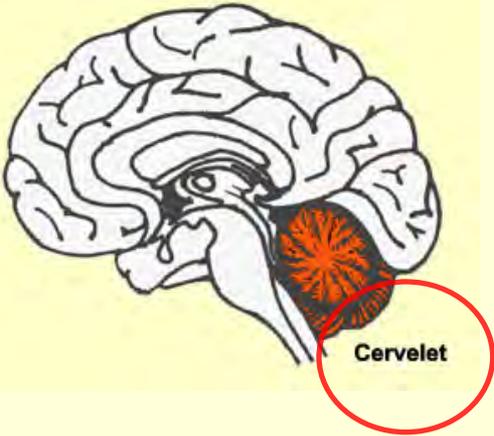


Conditionnement opérant

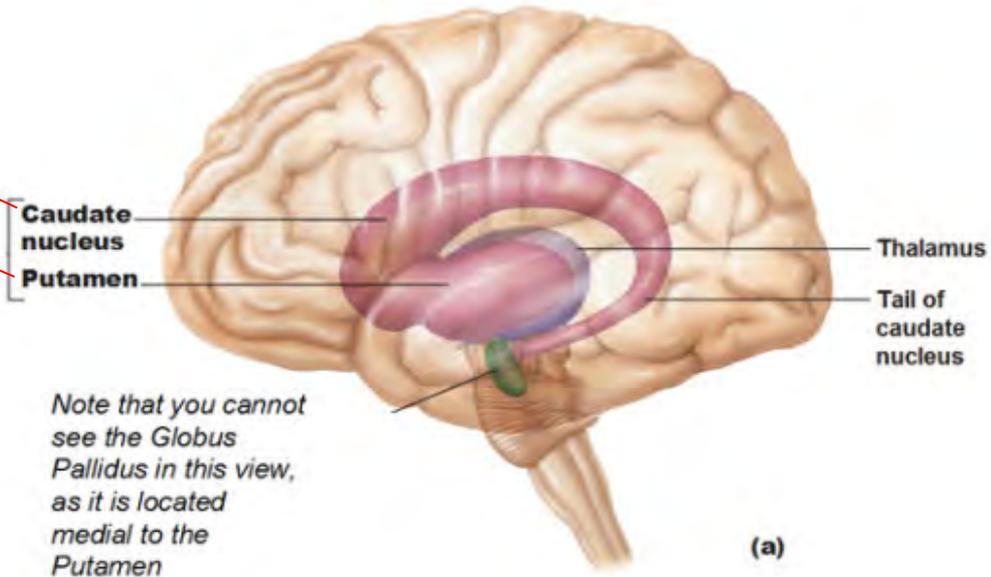
Procédurale (habiletés)

Mémoire à long terme

Implicite (Non-déclarative)



Basal Ganglia

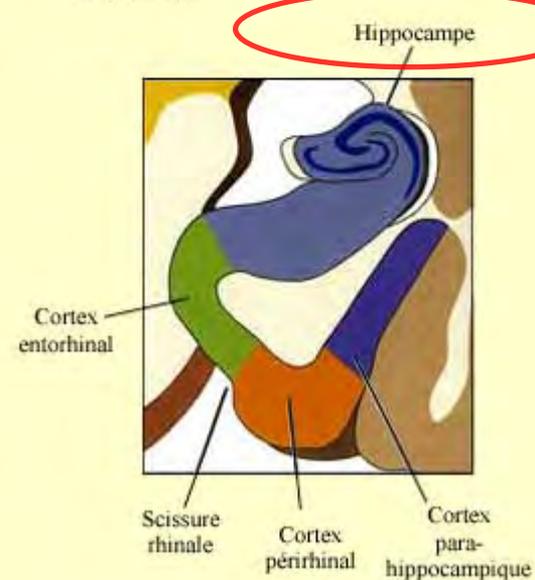
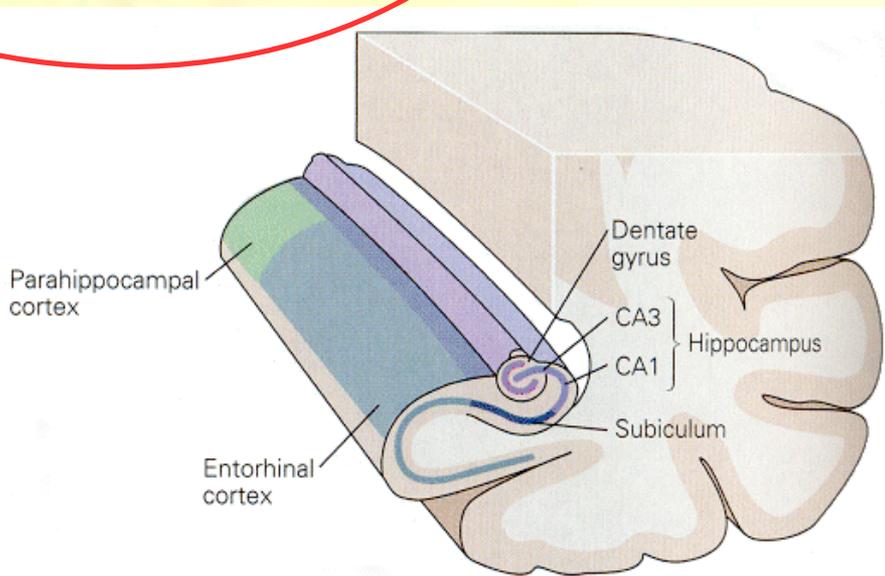
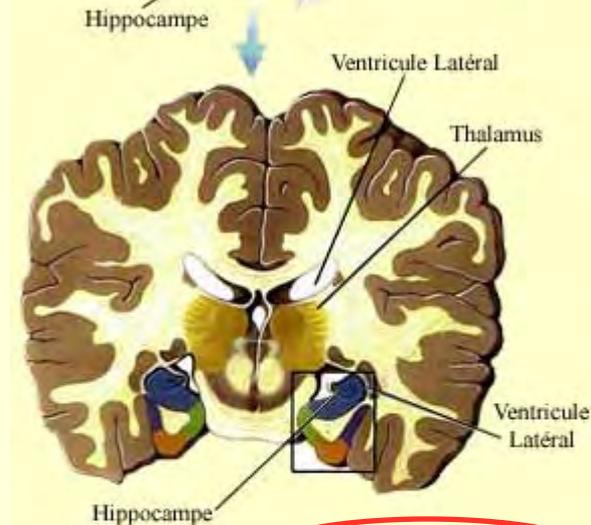
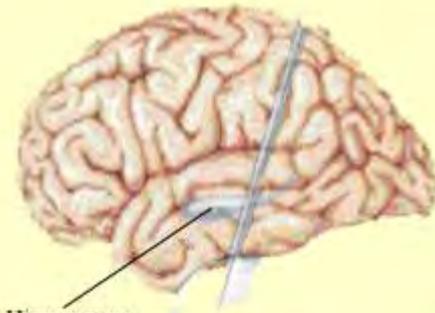


Mémoire à long terme

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

Deux exemples où nos mémoires collaborent (orientation spatiale et langage)

Se souvenir de chaque jour de sa vie;

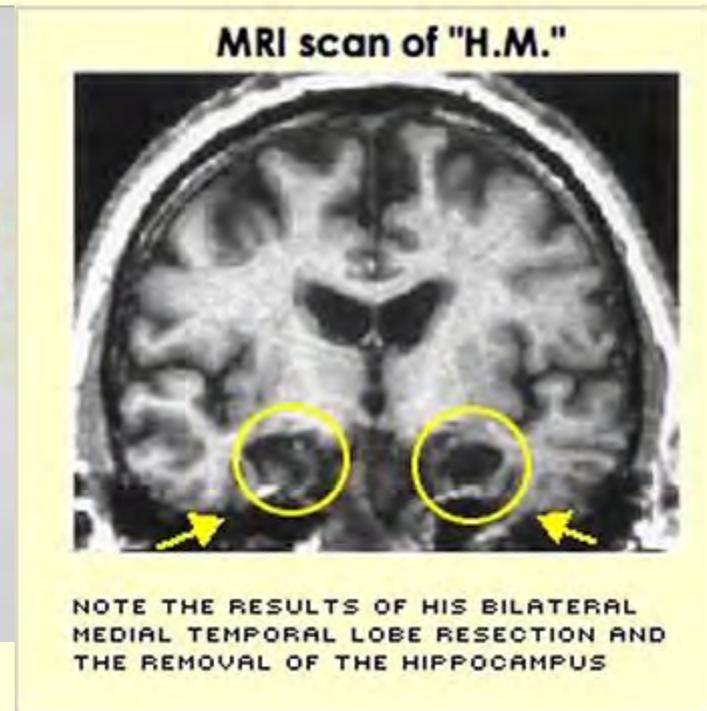
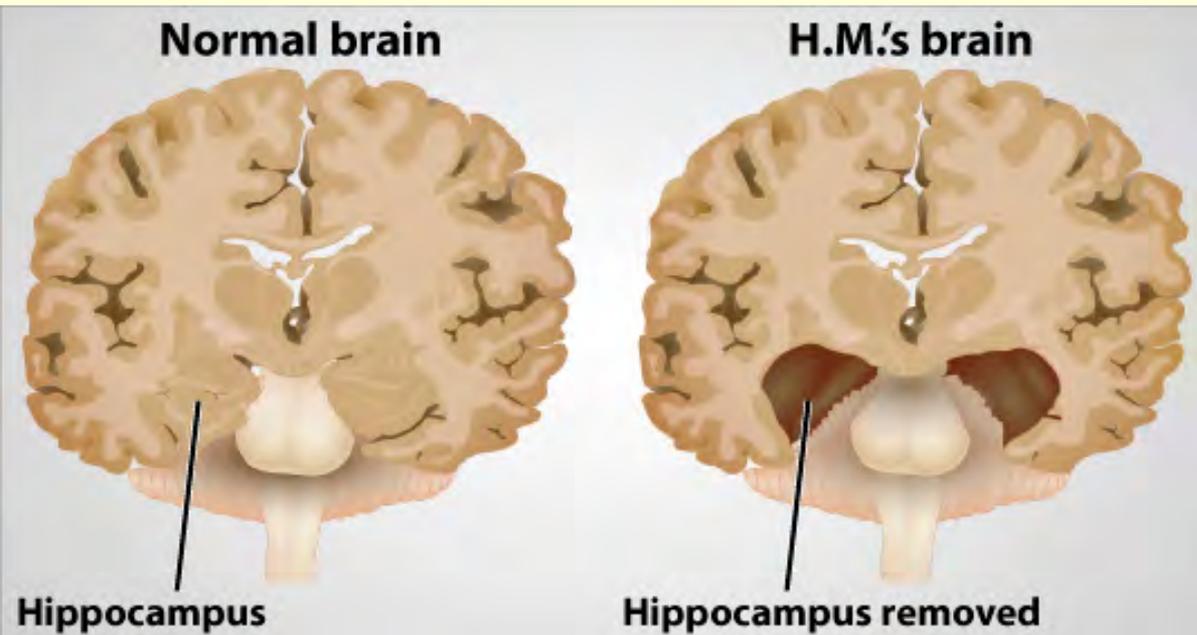
Les facteurs qui influencent la mémoire;

Trucs mnémotechniques;



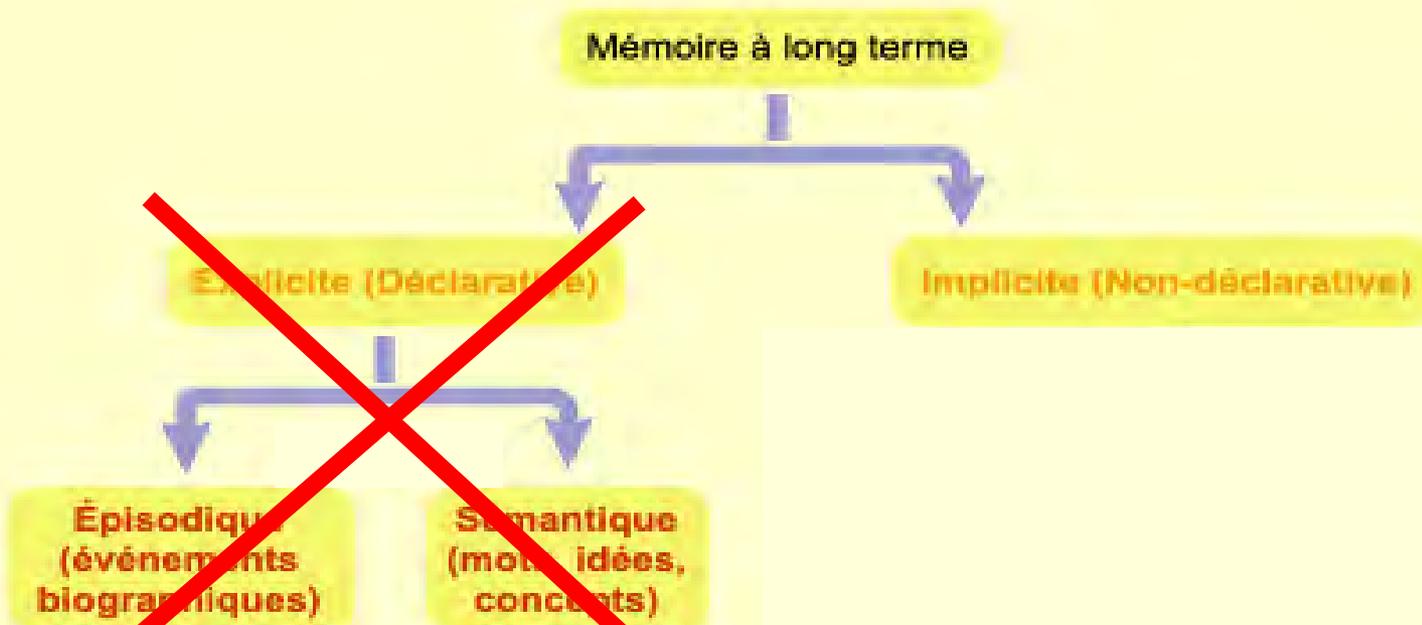
La personne ayant probablement contribué plus que quiconque à notre compréhension de la mémoire humaine (décédé en décembre 2008 à l'âge de 82 ans).

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.

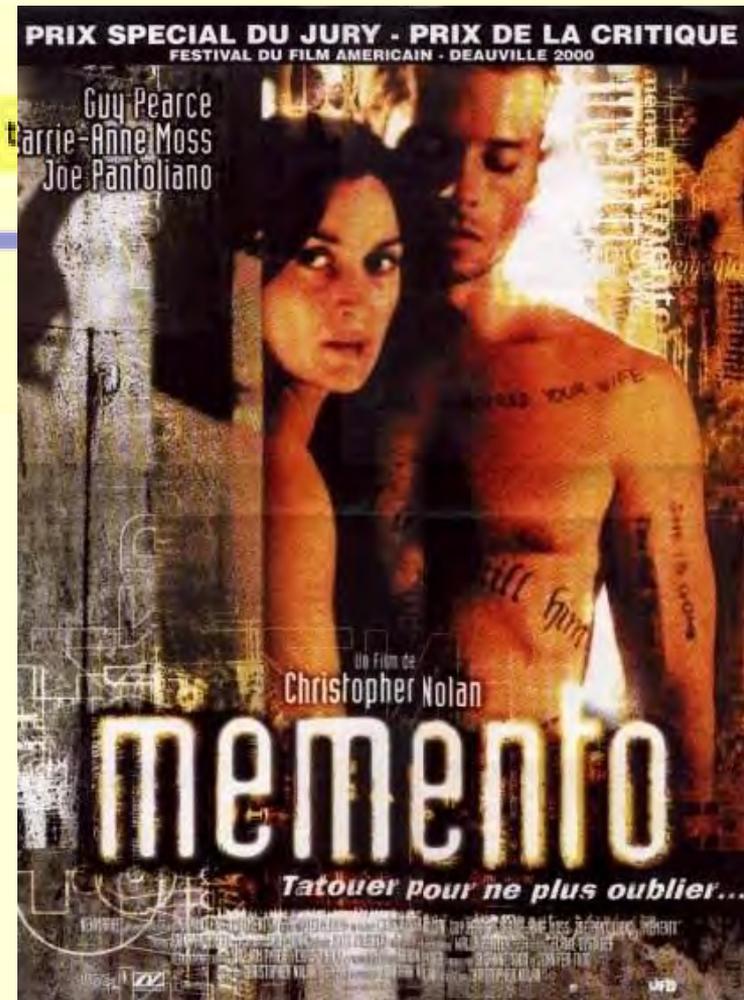


L'opération fut un succès pour contrôler l'épilepsie mais eut un effet secondaire imprévu : **H.M. avait perdu la capacité de retenir de nouvelles informations sur sa vie ou sur le monde** (mémoire déclarative).

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).



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).

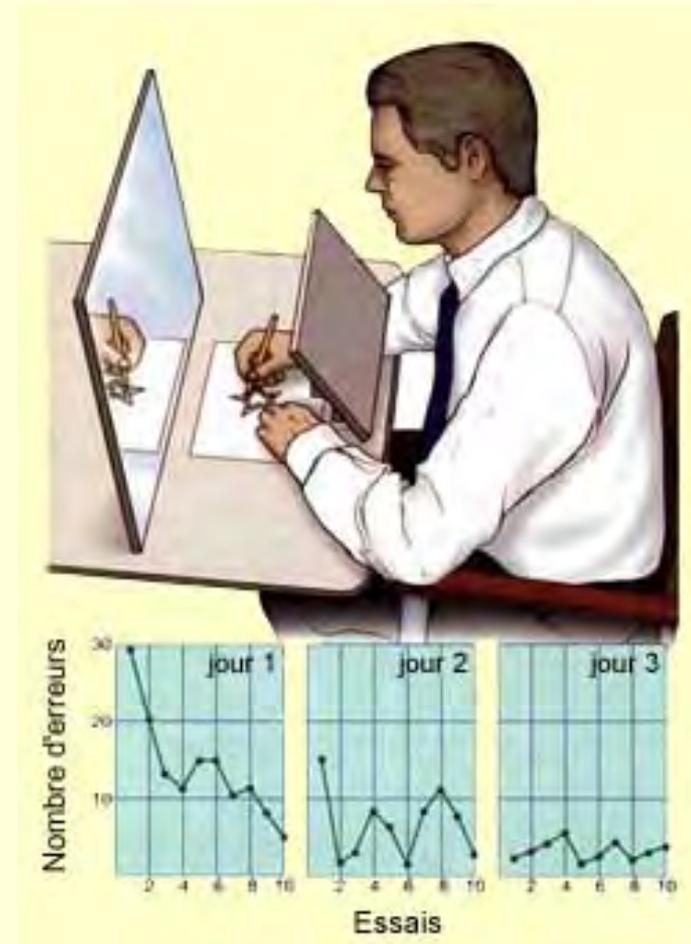


L'opération fut un succès pour contrôler l'épilepsie mais eut un effet secondaire imprévu : **H.M. avait perdu la capacité de retenir de nouvelles informations sur sa vie ou sur le monde** (mémoire déclarative).

Mais...



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



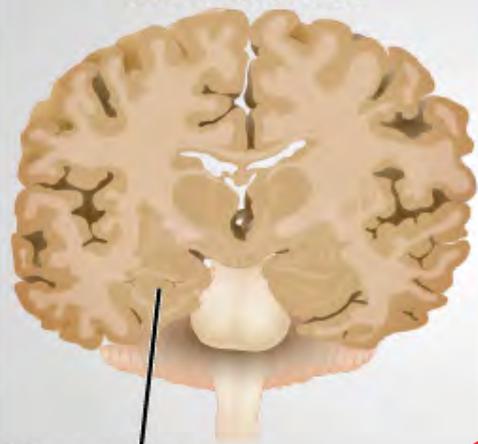
Mémoire à long terme

~~Explicite (Déclarative)~~

~~Épisodique
(événements
biographiques)~~

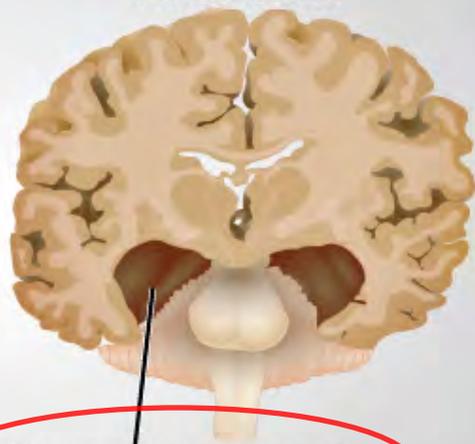
~~Sémantique
(mots, idées,
concepts)~~

Normal brain



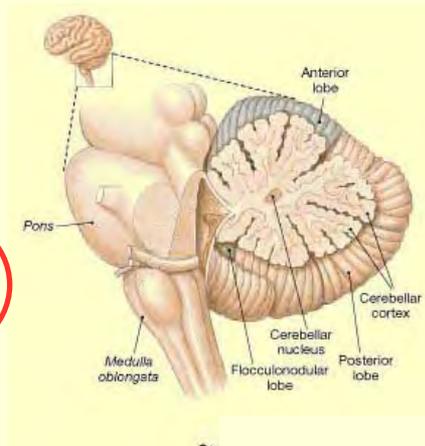
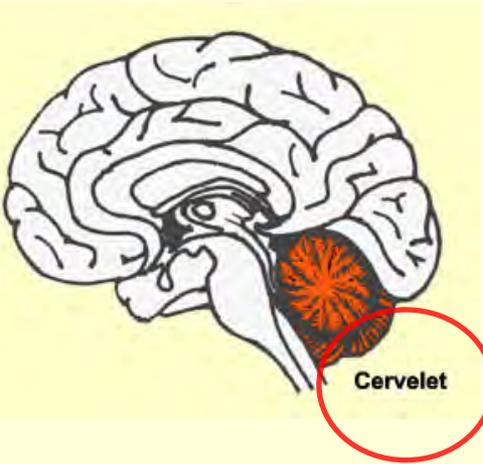
Hippocampus

H.M.'s brain



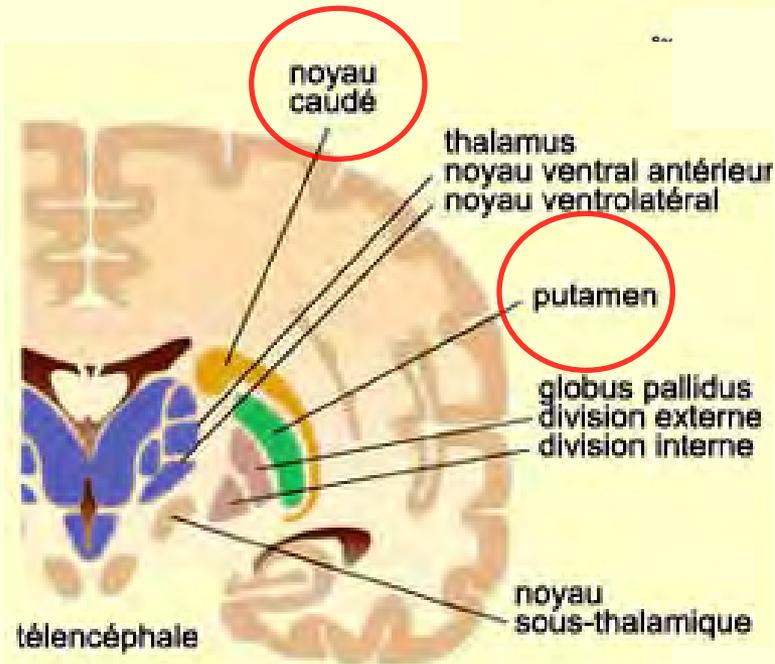
Hippocampus removed

Mémoire à long terme



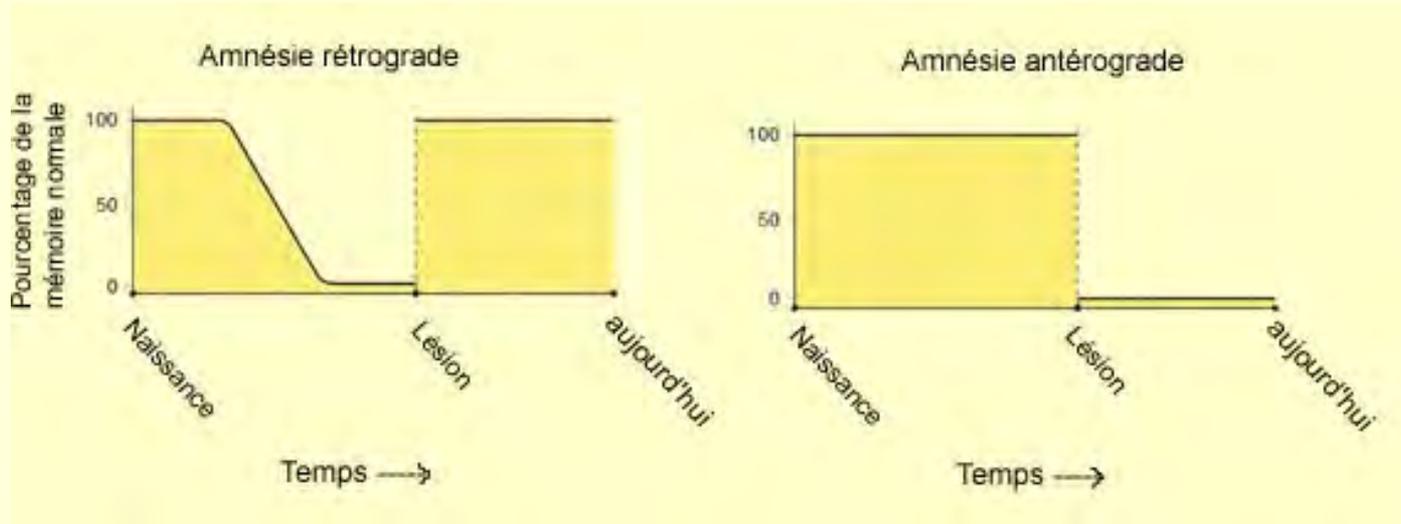
Implicite (Non-déclarative)

**Procédurale
(habiletés)**



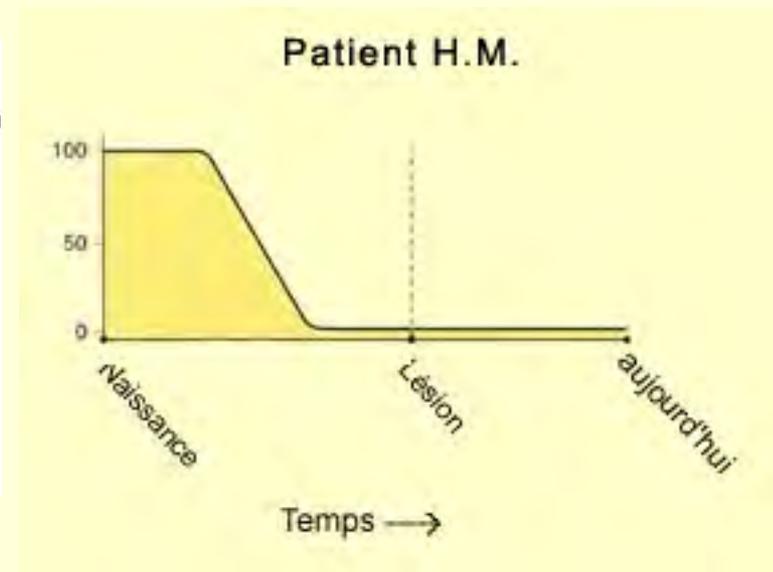
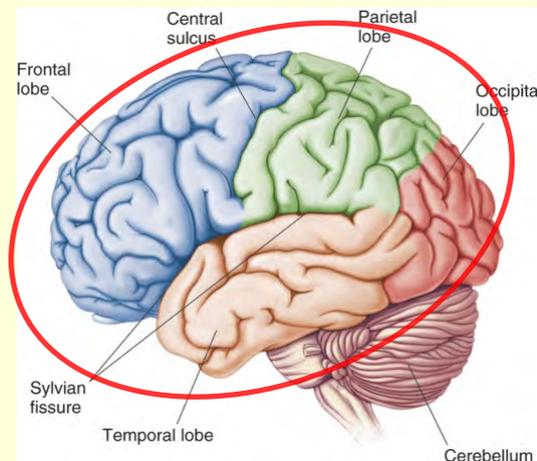
- En plus de cette amnésie « antérograde », H.M. avait une amnésie « **rétrograde** » **graduelle** (pouvait se rappeler d'avant l'opération, et de mieux en mieux à mesure qu'on reculait dans le temps)

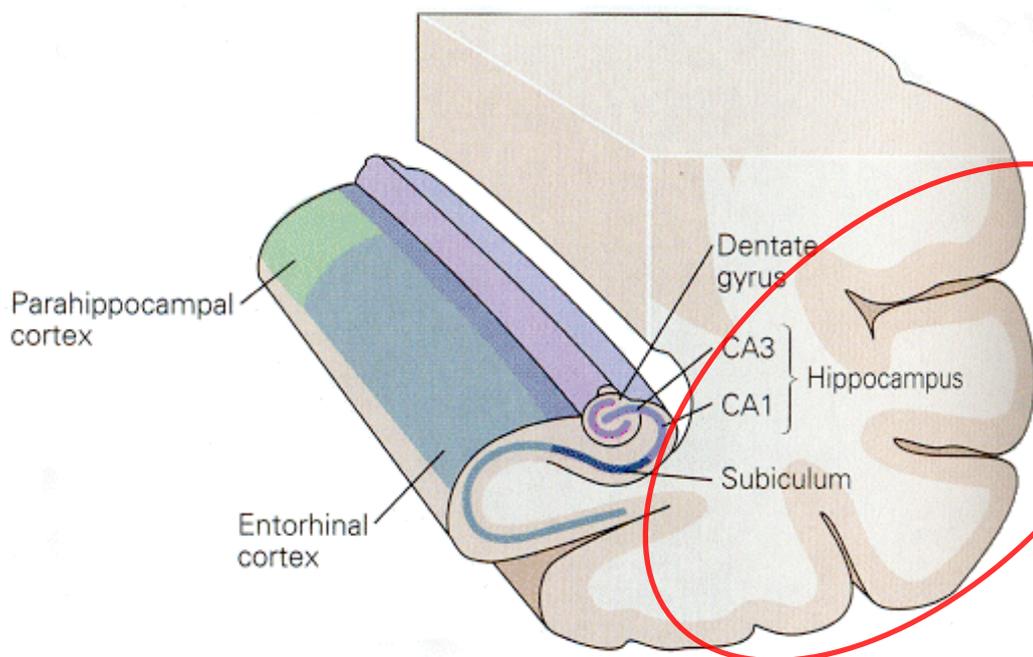
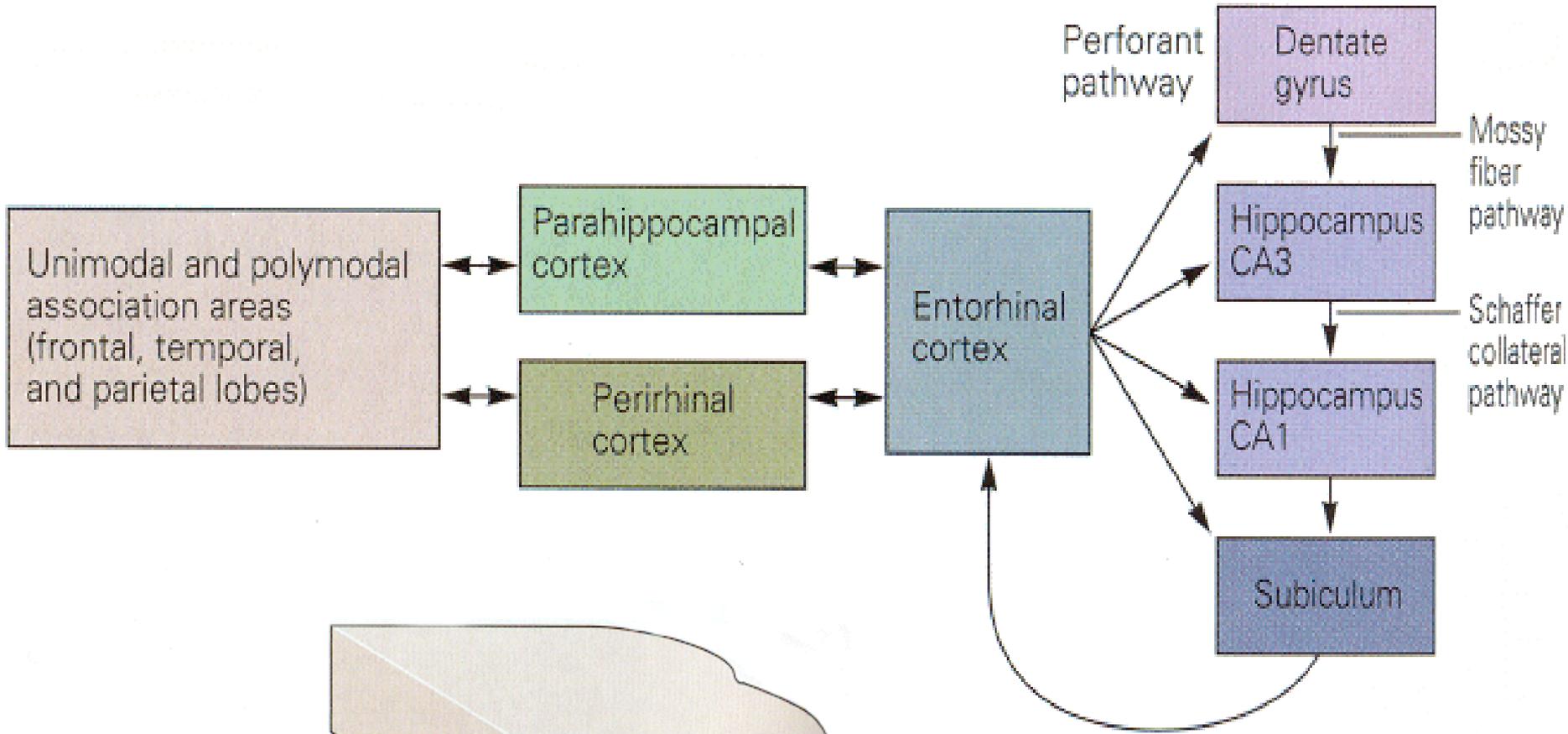


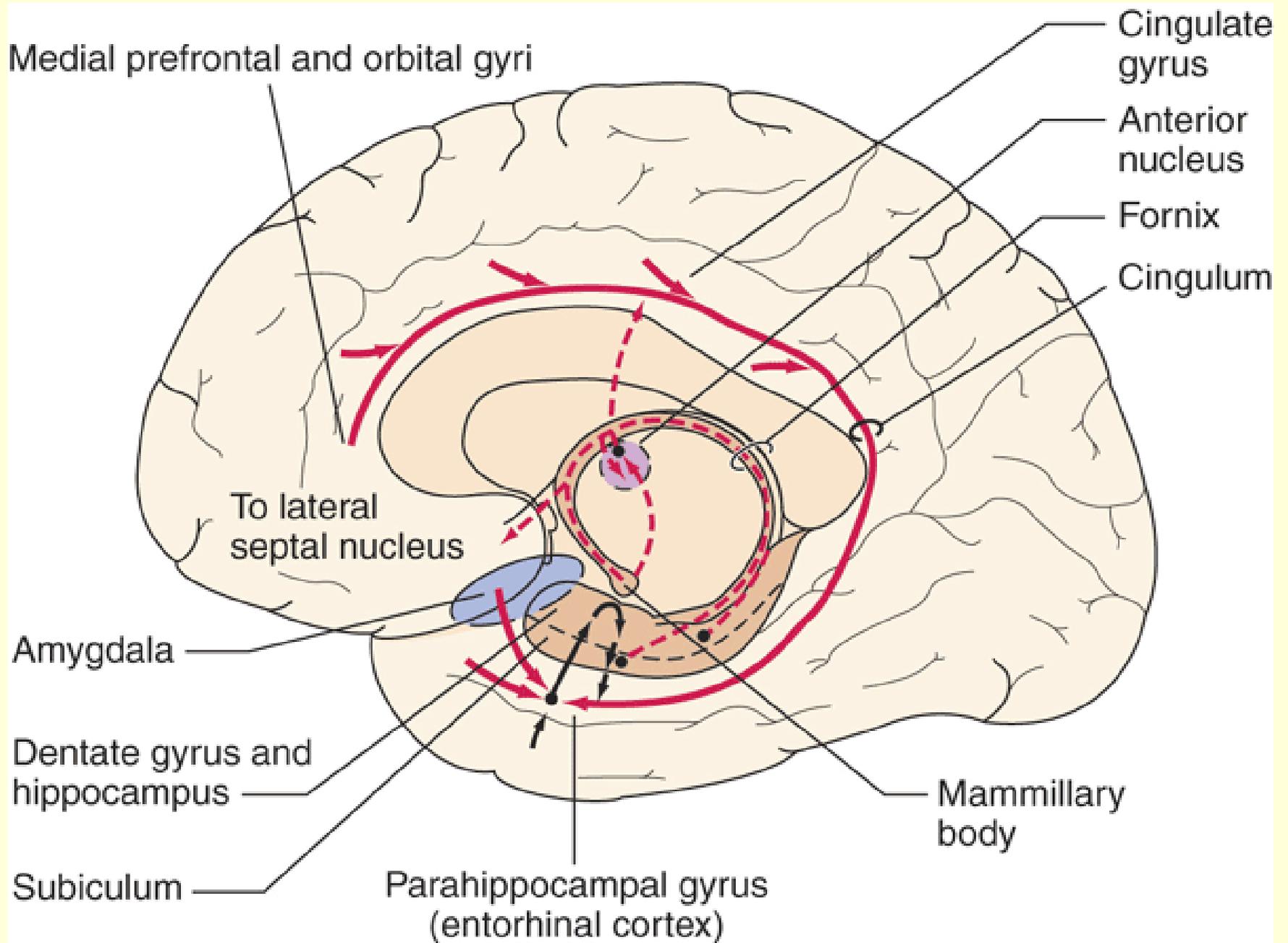


Les **très vieux souvenirs** semblent pouvoir se passer de l'hippocampe,

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



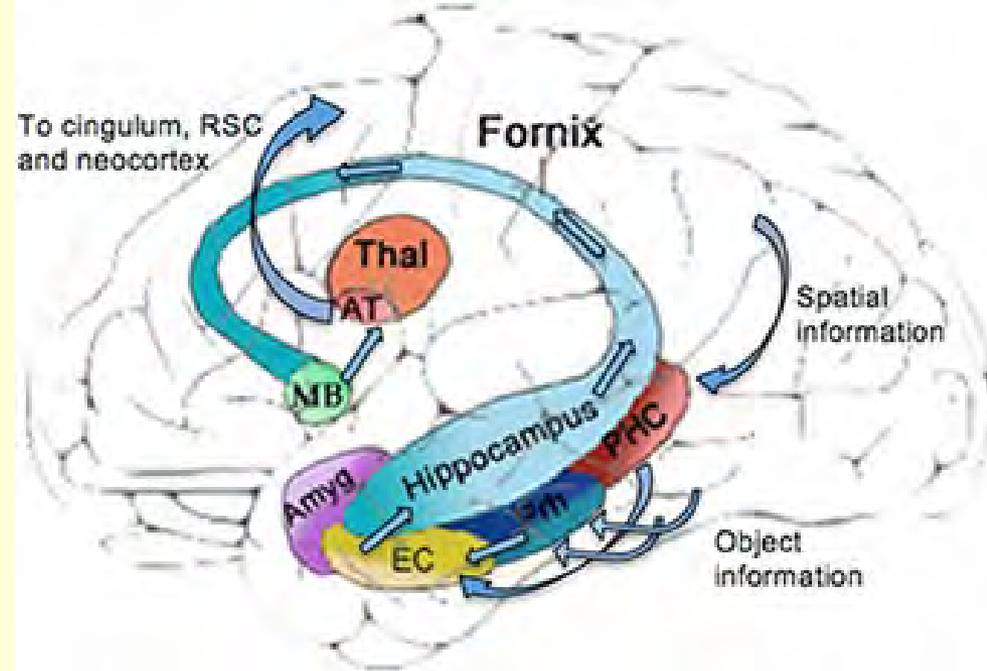




Conférence ISC 28 octobre 2016 :

«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.

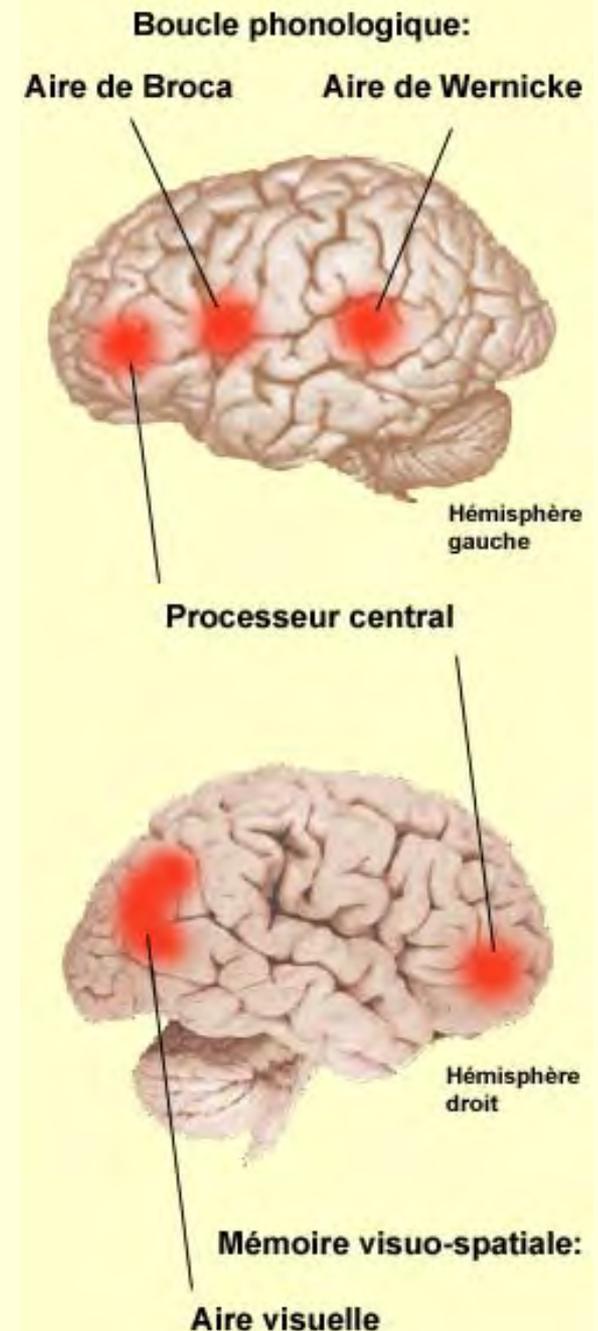
Donc encore une fois,
pas les mêmes structures cérébrales...



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...

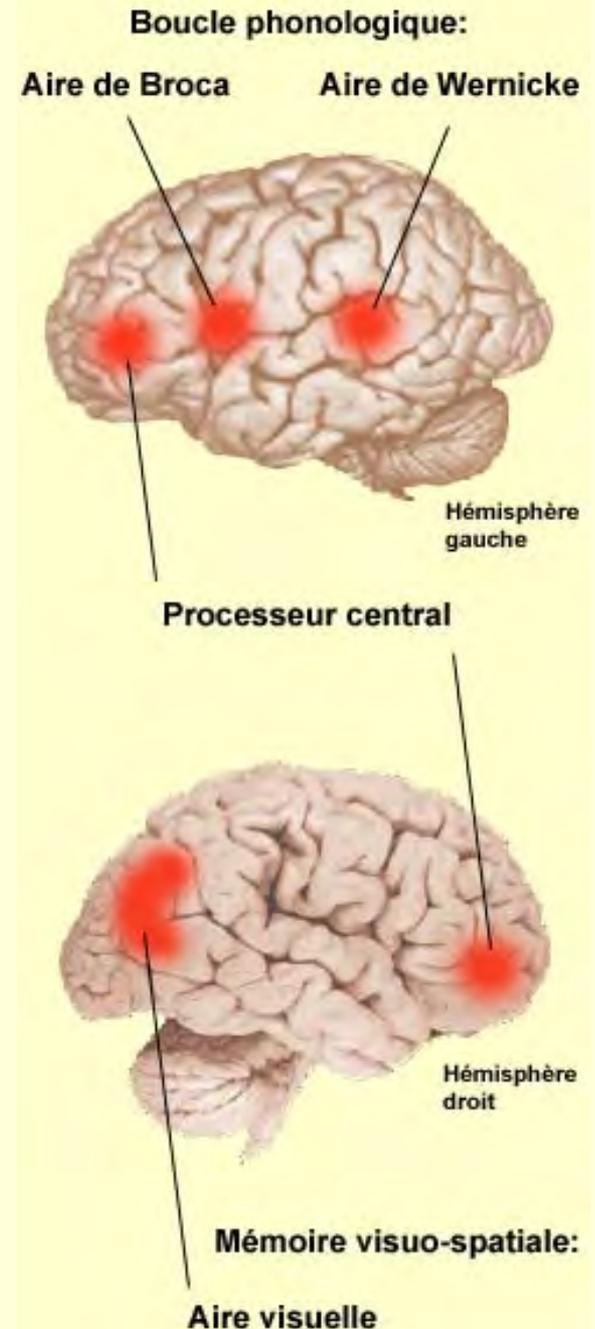
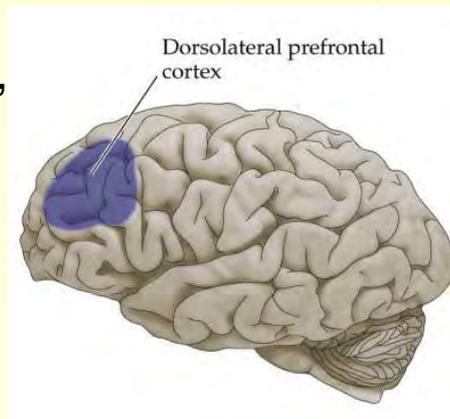


H.M. pouvait toutefois retenir des choses sur de courtes périodes.

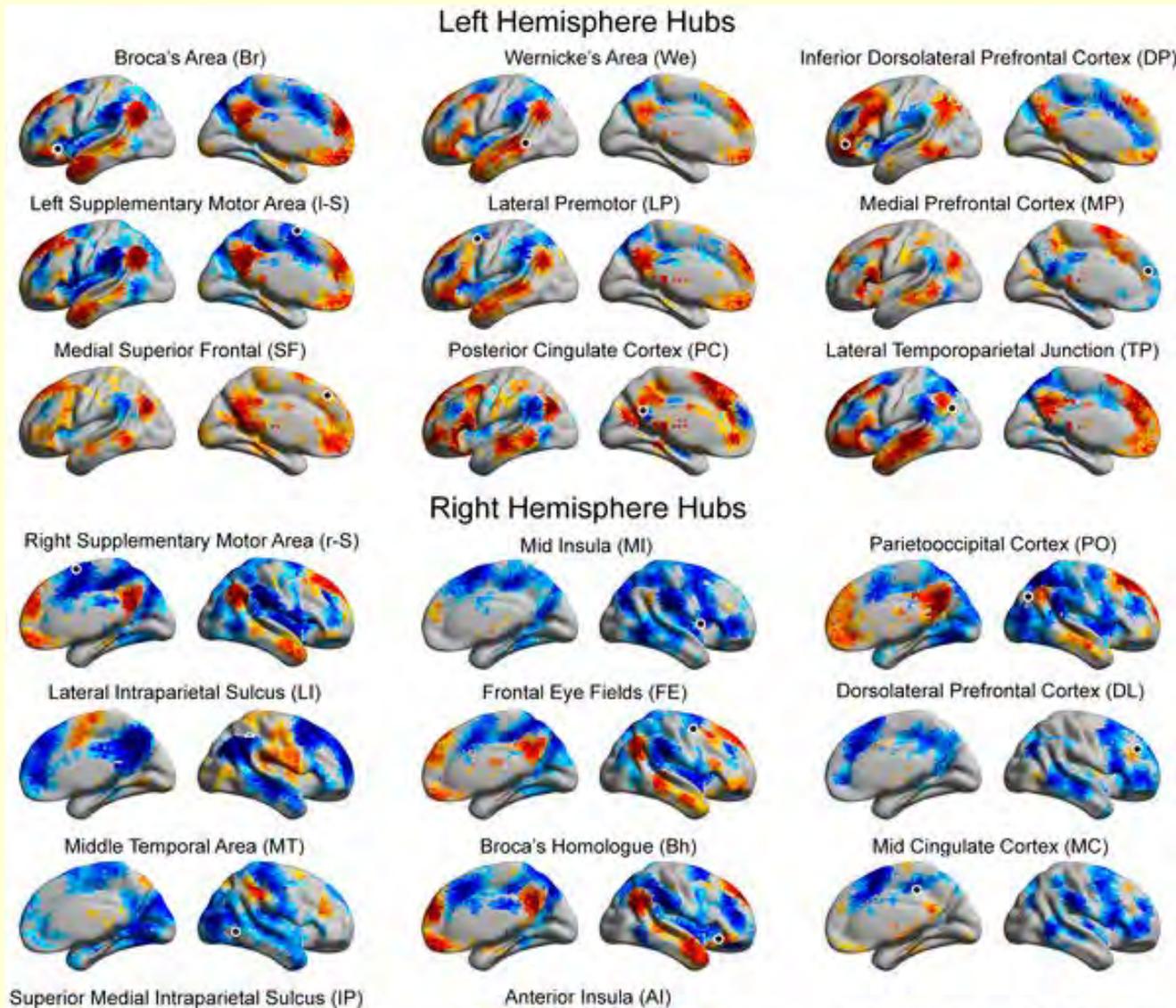
Sa **mémoire à court terme** (ou mémoire de travail) était intacte.

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

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



On va voir au cours 4 qu'une même région peut être impliquée dans différents réseaux cérébraux.



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 antérograde 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.

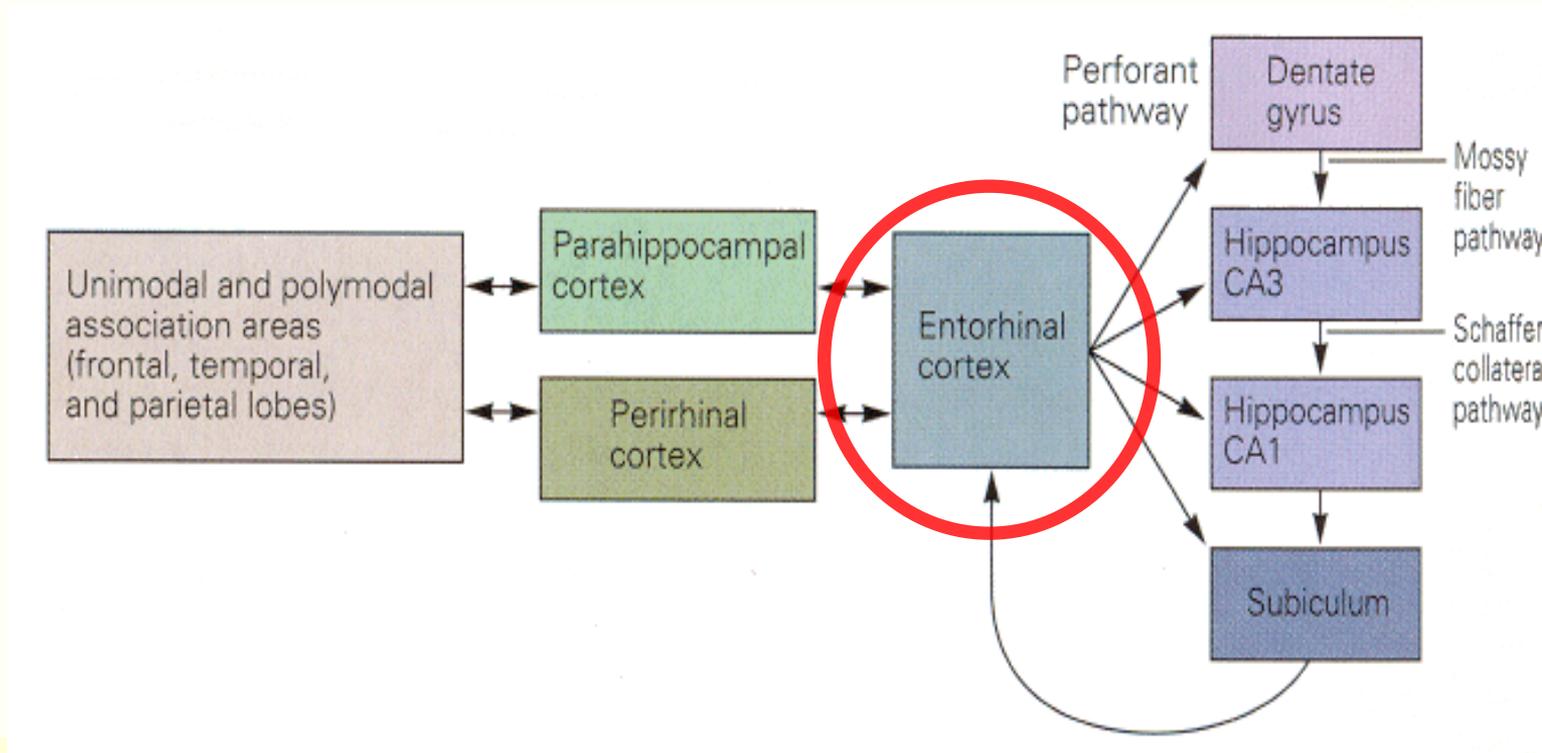
Forever Young: The Story of Patient H.M.

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.

Évolution des différents types de mémoire;

Structures cérébrales associées;

Le cas du patient H.M.;

Quelques mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP;

Neurogenèse;

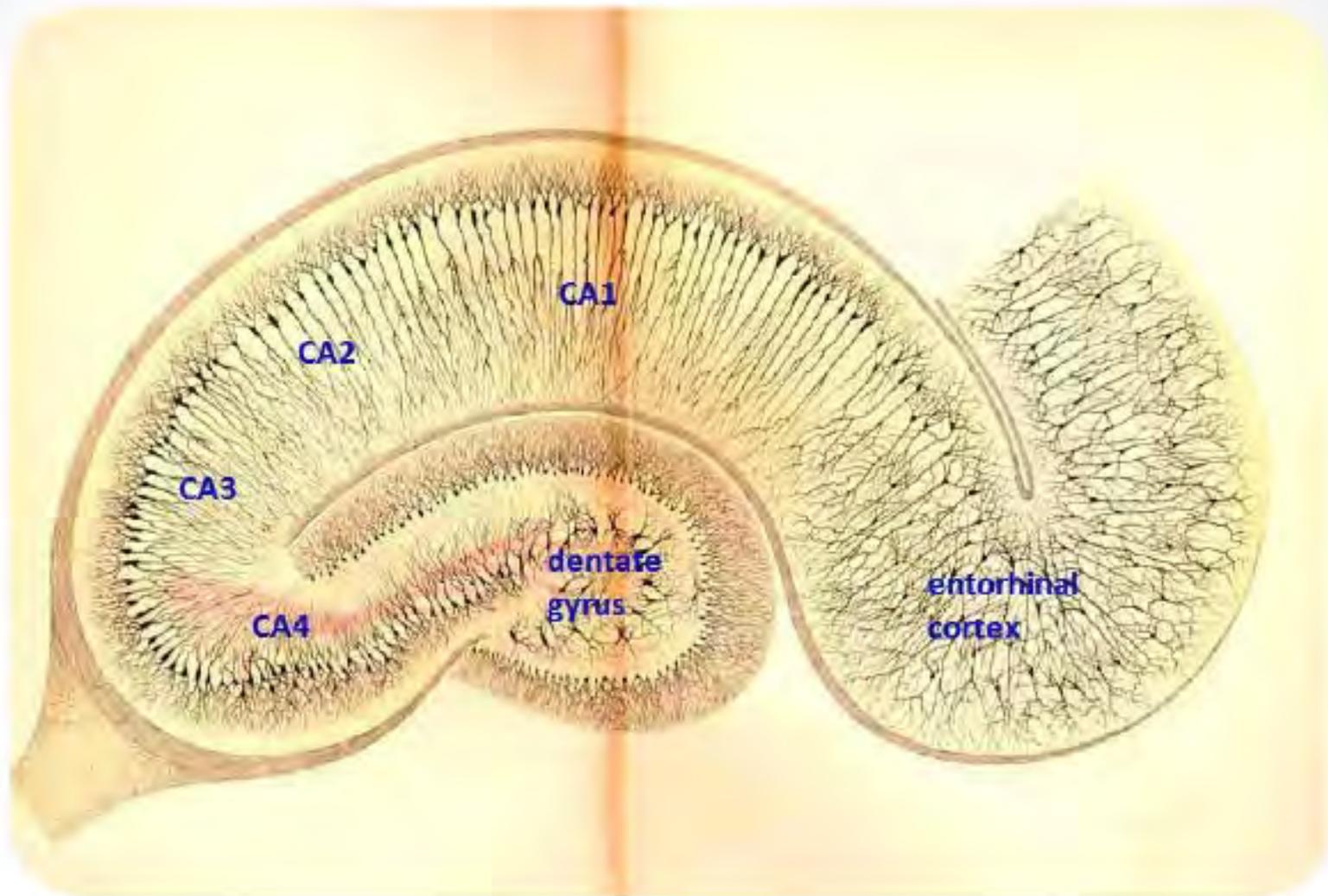
PAUSE

Deux exemples où nos mémoires collaborent (orientation spatiale et langage)

Se souvenir de chaque jour de sa vie;

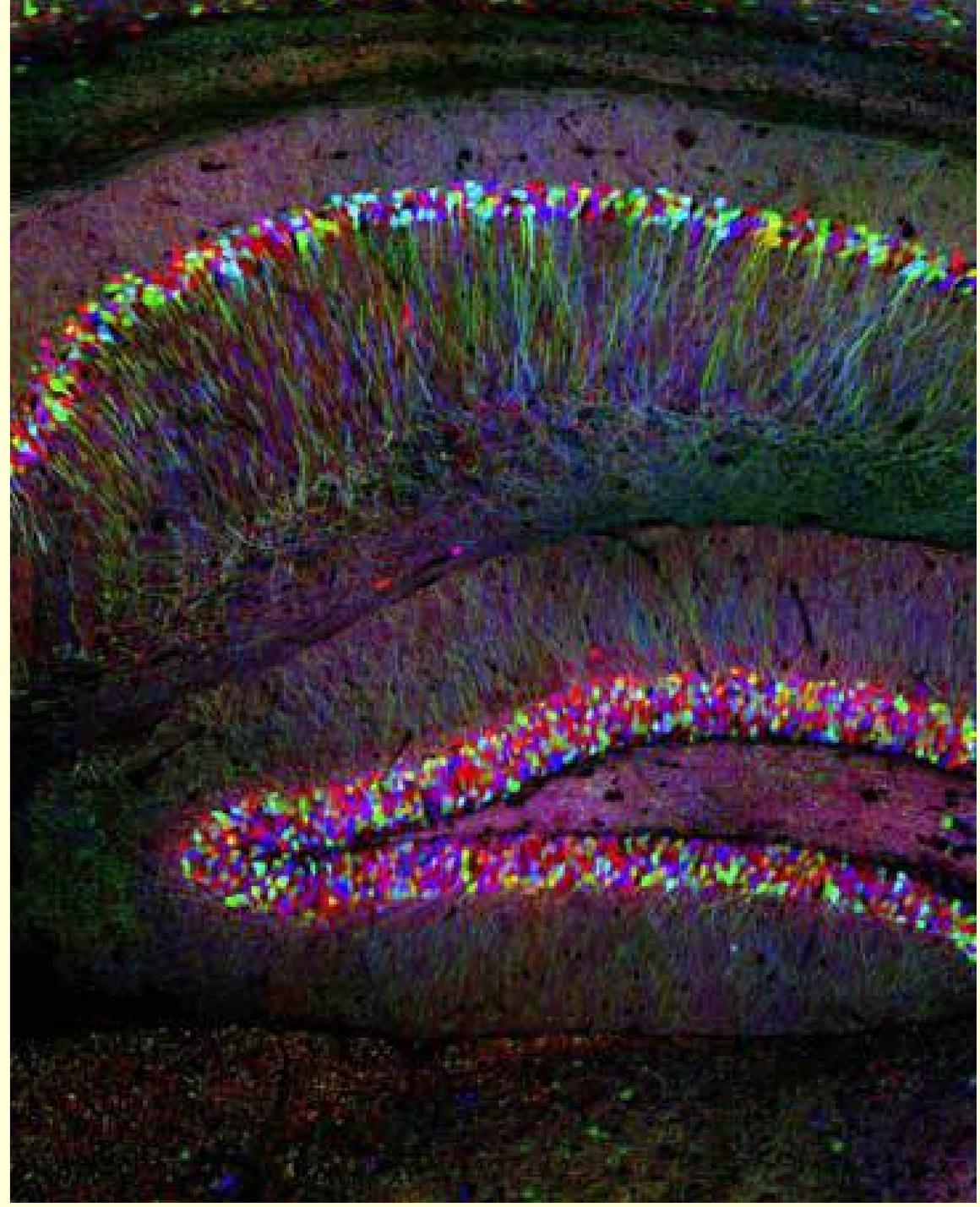
Les facteurs qui influencent la mémoire;

Trucs mnémotechniques;



Drawing of Hippocampus by Camilo Golgi

Subregions of the hippocampus exhibit histological differences.





Coloration Brainbow

NEWS FEATURE

NATURE | Vol 457 | 29 January 2009



MAKING CONNECTIONS

By turning neurons technicolour, Jeff Lichtman exposed the brain's wiring. **Jonah Lehrer** meets the 'unapologetic cell biologist' with ambitions to map every connection in the human brain.

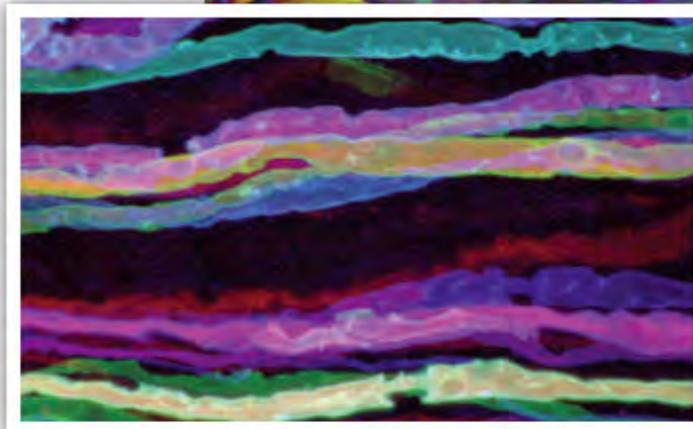
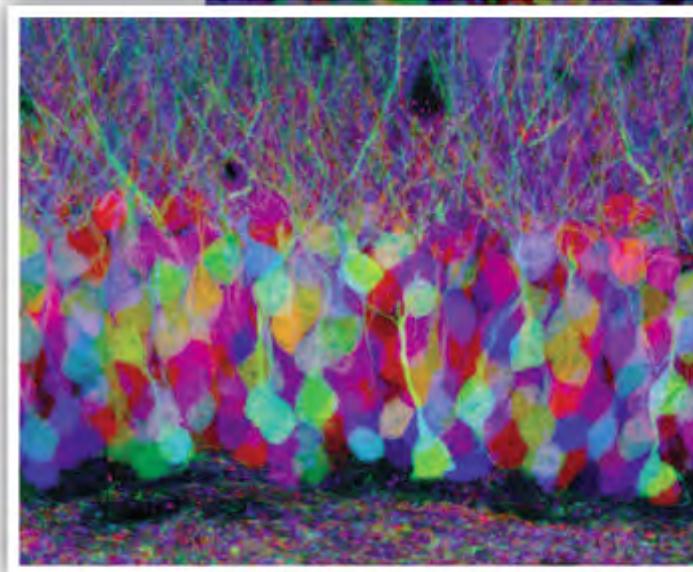
At first glance, Jeff Lichtman seems to be hanging long strips of sticky tape from the walls of his Harvard lab. The tape flutters in the breeze from the air-conditioner. But closer inspection

result is a seamless sliver of tissue, less than 10 nanometres thick and around 5 metres long, that is deposited on the plastic film spinning around the spools.

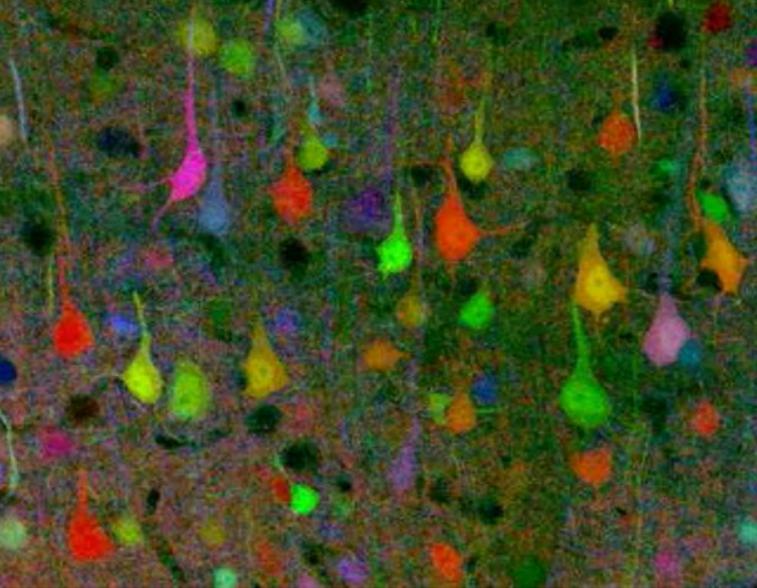
Although Lichtman appreciates the techni-

proponent of a new field that is working to create a connectome, a complete map of neural wiring in the mammalian brain. Currently, such a map exists only for the nematode *Caenorhabditis elegans*, which has 302 neurons.

C. SPENTER/AP



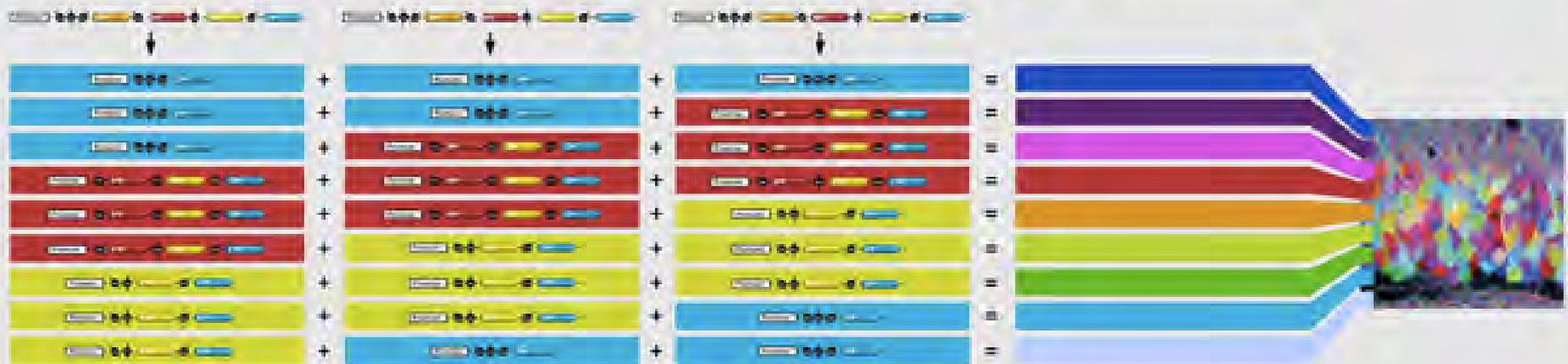
Brainbow-coloured nerve cells in the brainstem (main picture), in the dentate gyrus of the hippocampus (inset, top) and in a peripheral nerve.

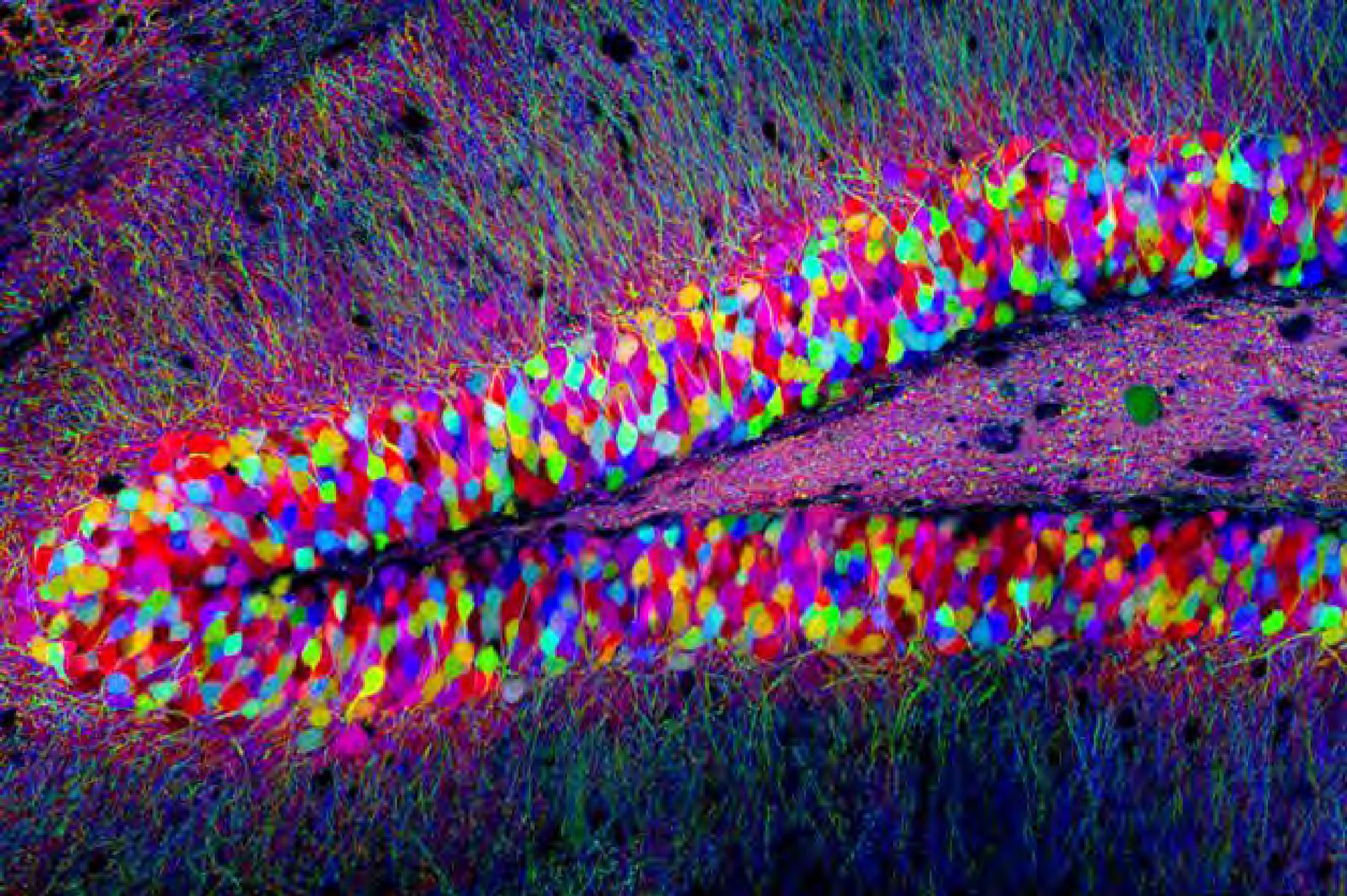


- Fonctionne par l'expression, dans chaque neurone, de **différents ratios** de variétés rouges, vertes et bleues d'un pigment fluorescent

Building Brainbow

Three copies of the genetic construct allow for the expression of multiple fluorophore color combinations.





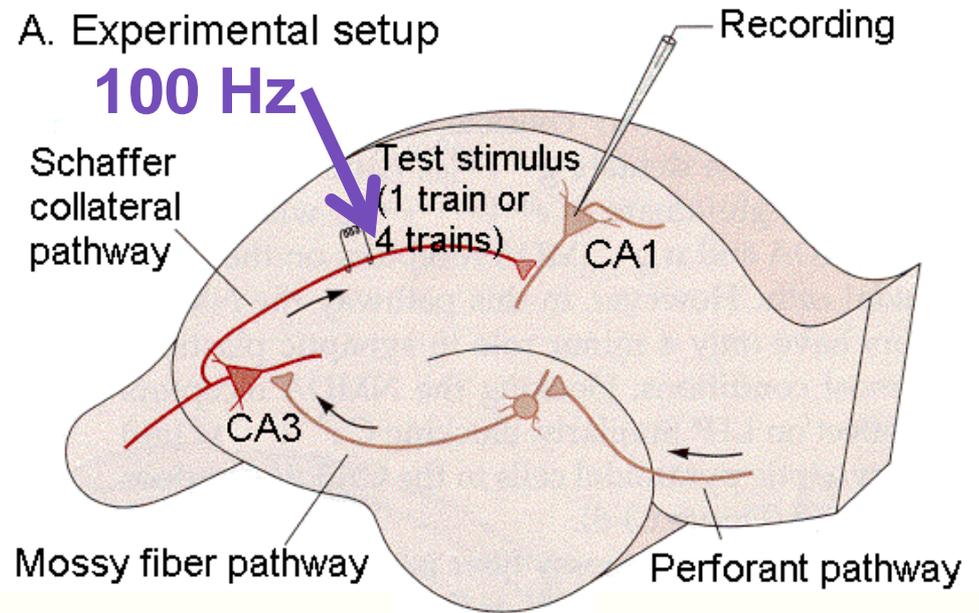
Neuroscience – Long-Term Potentiation

Carleton University

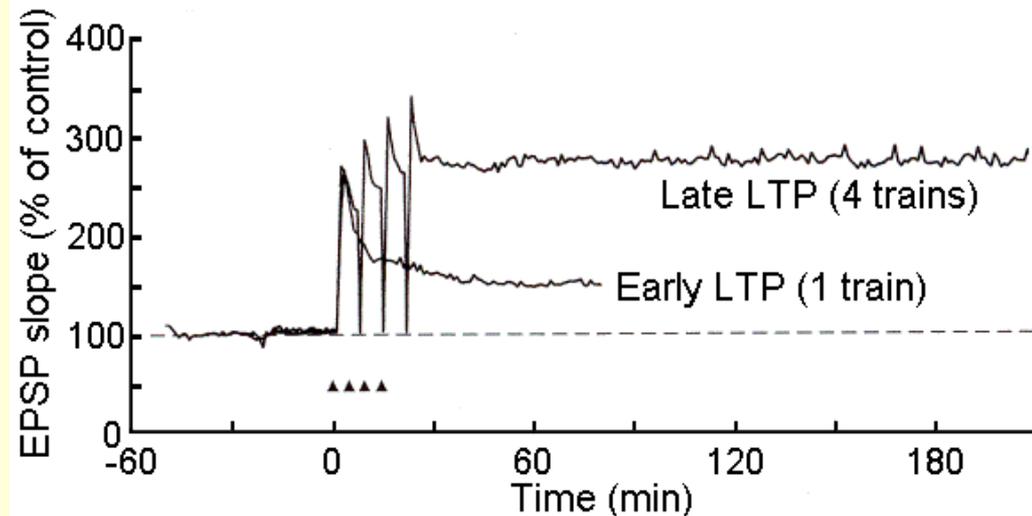
https://www.youtube.com/watch?v=vso9jgfp1_c

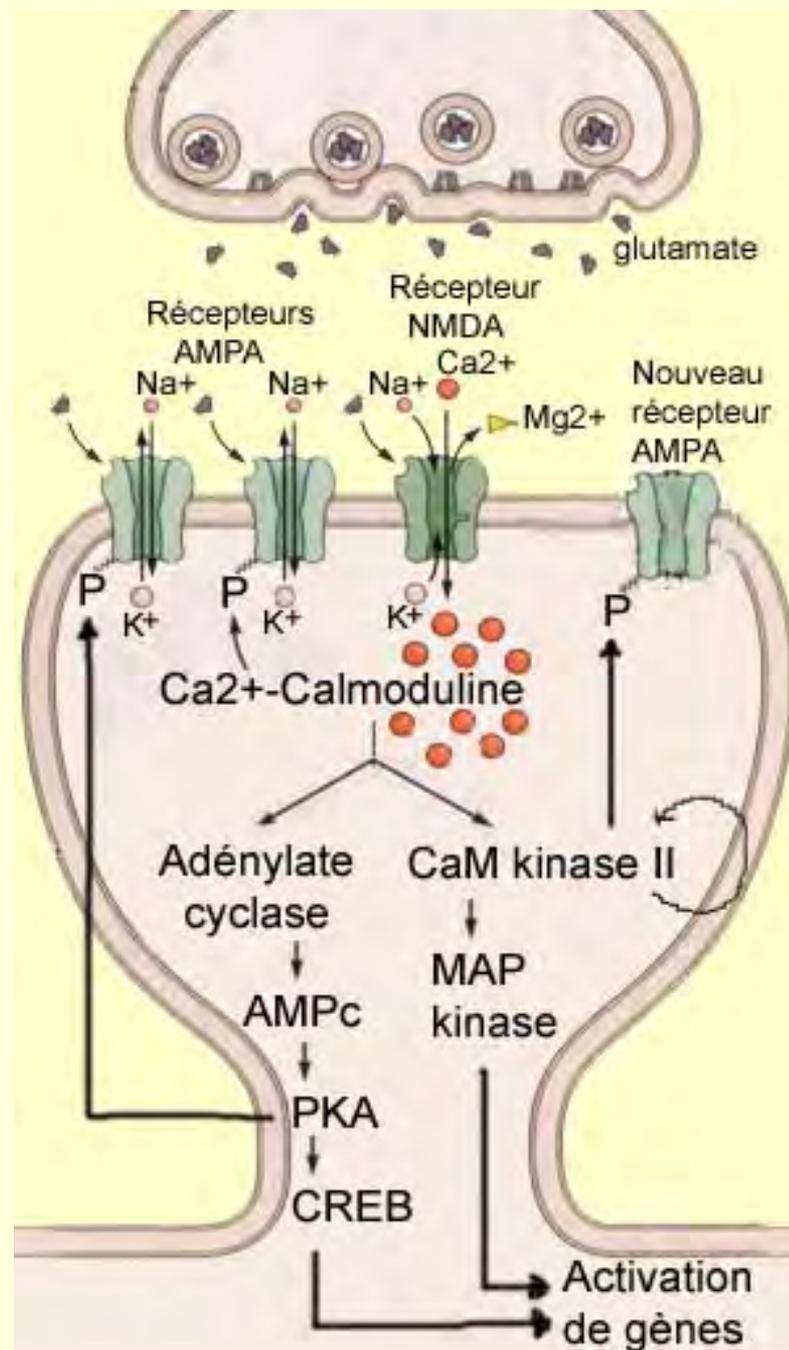
2:40 à 6:30

Les neurones de l'hippocampe sont importants parce que c'est là où, en 1973, on a découvert un phénomène qu'on appelle la **potentialisation à long terme (PLT)**.



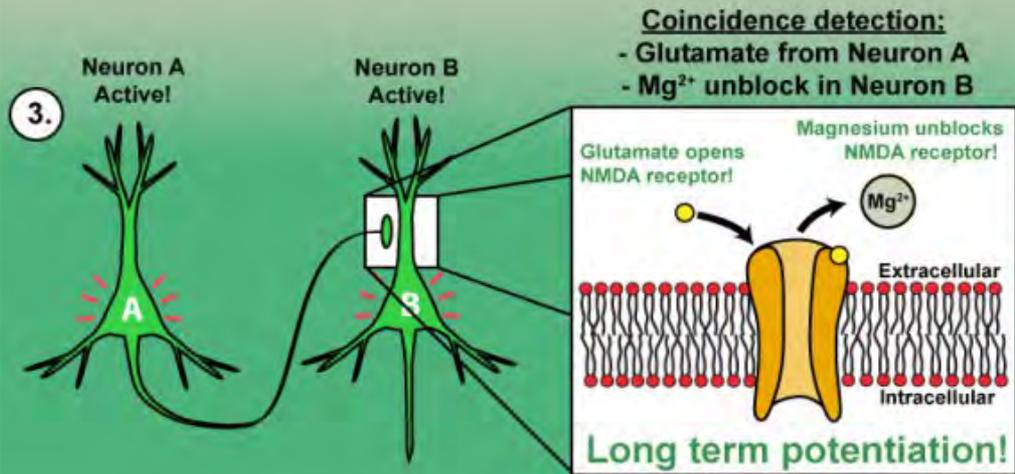
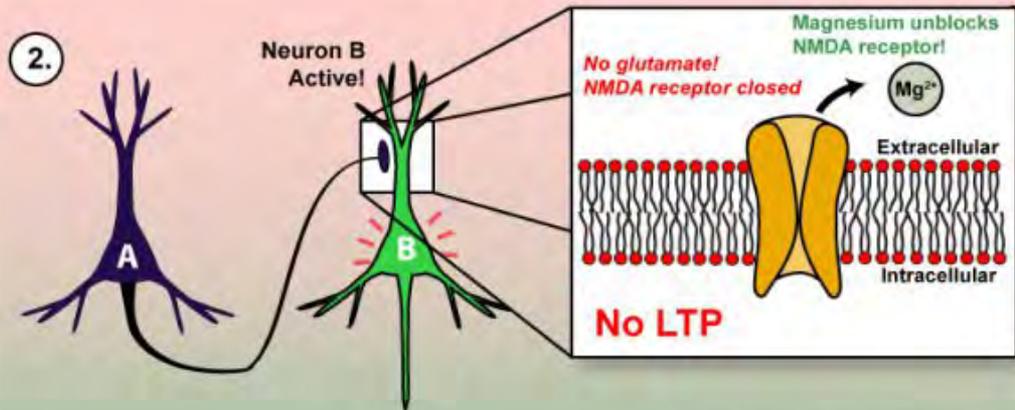
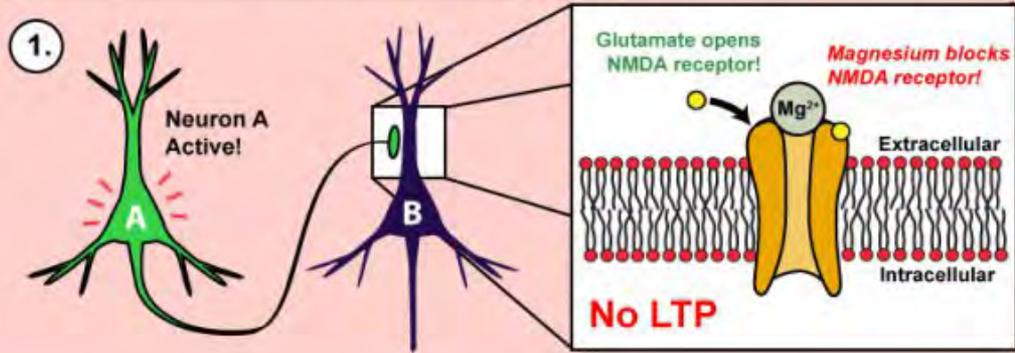
B. LTP in the hippocampus CA1 area



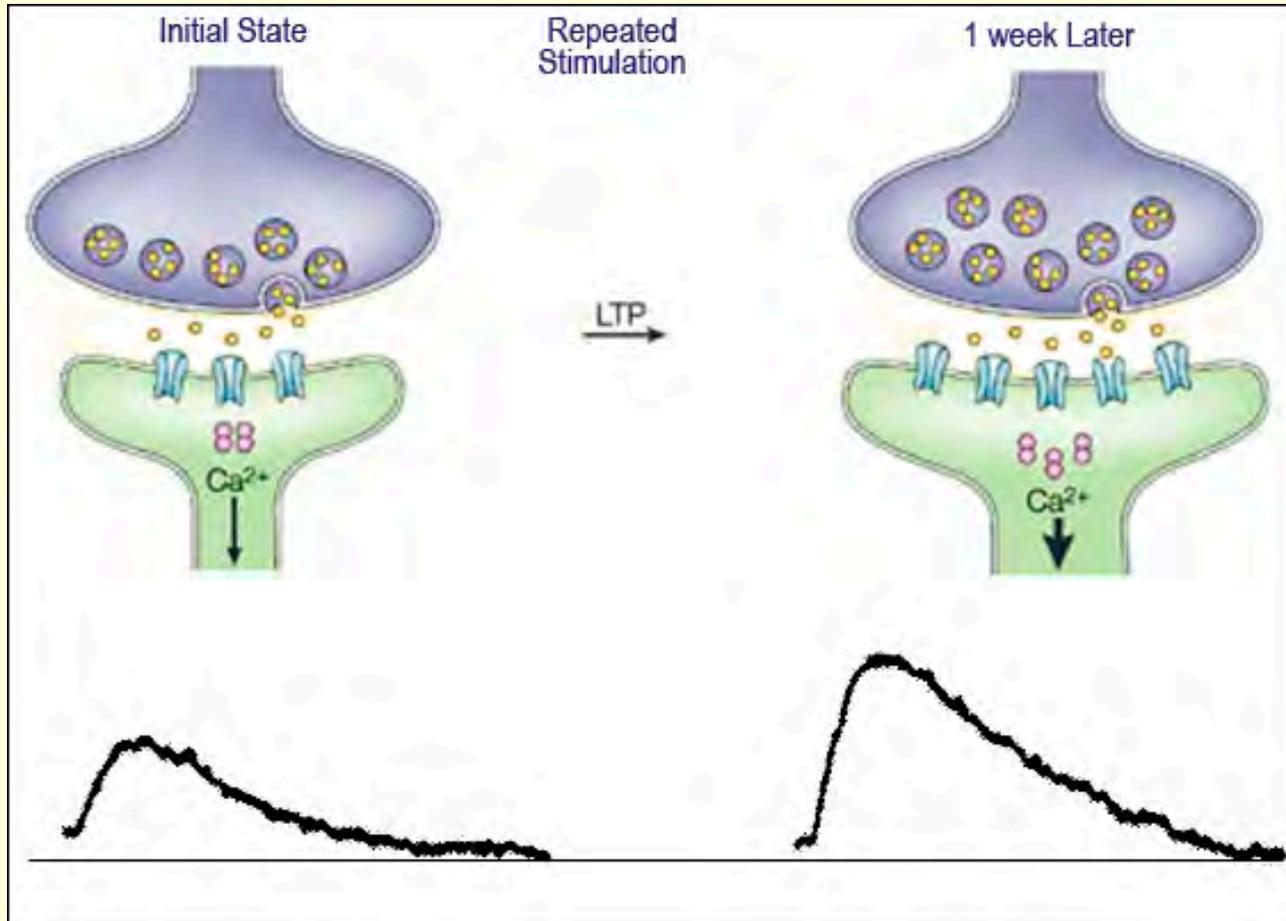


What a Coincidence!

Magnesium, NMDA Receptors, and LTP



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



Apprentissage que l'on peut qualifier ici de **non associatif**.

La PLT se produit aussi dans d'autres structures cérébrales que l'hippocampe, comme le **cortex**, par exemple.

La PLT n'est pas non plus le seul mécanisme cellulaire pouvant être à la base d'apprentissages.

Il y a aussi la « **dépression à long terme** », ou **DLT**.

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

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

Si la DLT est si commune, c'est probablement parce qu'elle jouerait un rôle essentiel dans la mémorisation.

Contribue-t-elle directement au stockage des souvenirs comme la PLT ou nous fait-elle seulement oublier les traces des anciens apprentissages pour nous permettre d'en acquérir de nouveaux, la question demeure ouverte.

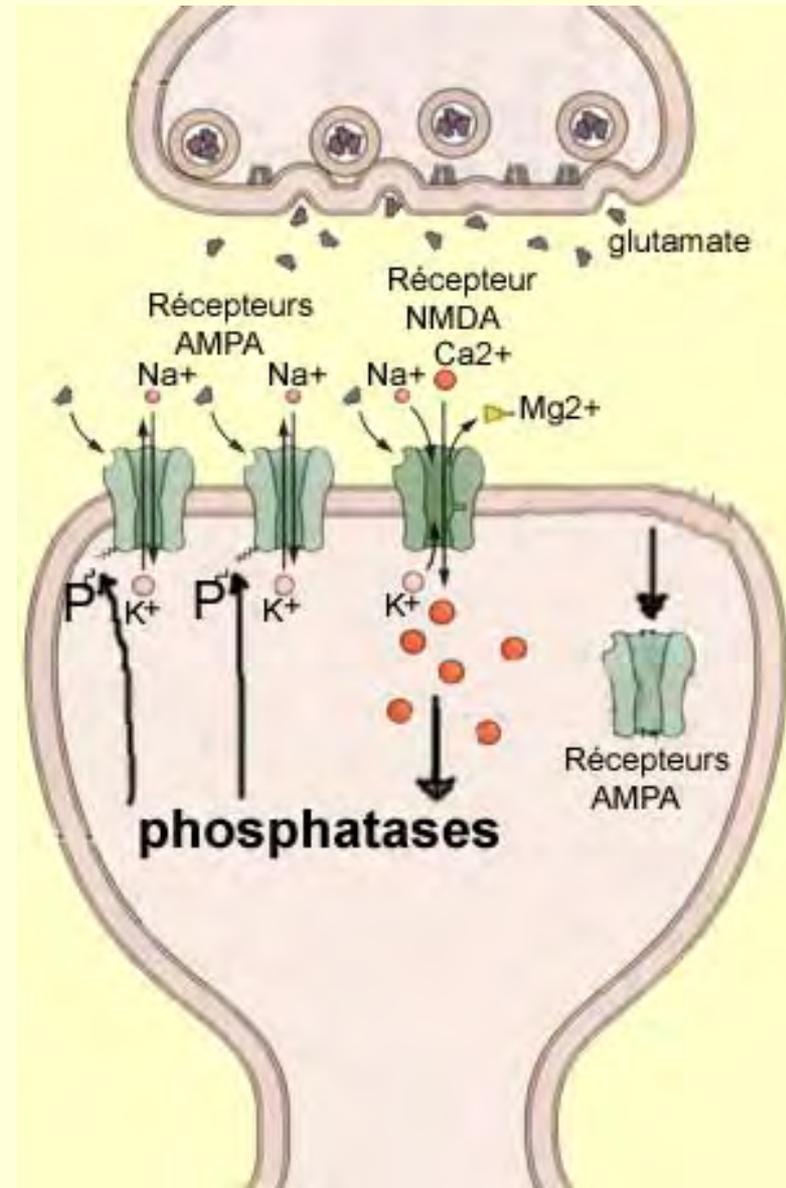
Certains modèles de la mémoire procédurale postulent par exemple que les réseaux nerveux du cervelet deviendraient plus performants en "déprimant" les synapses qui ont conduit à des erreurs lors d'un apprentissage moteur.

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)**.

Alors qu'on notait une **augmentation importante** du calcium intracellulaire pour la PLT, on observe une **faible augmentation** pour la DLT.

Ces niveaux différents de concentration du calcium intracellulaire vont amener l'activation de **seconds messagers distincts**.

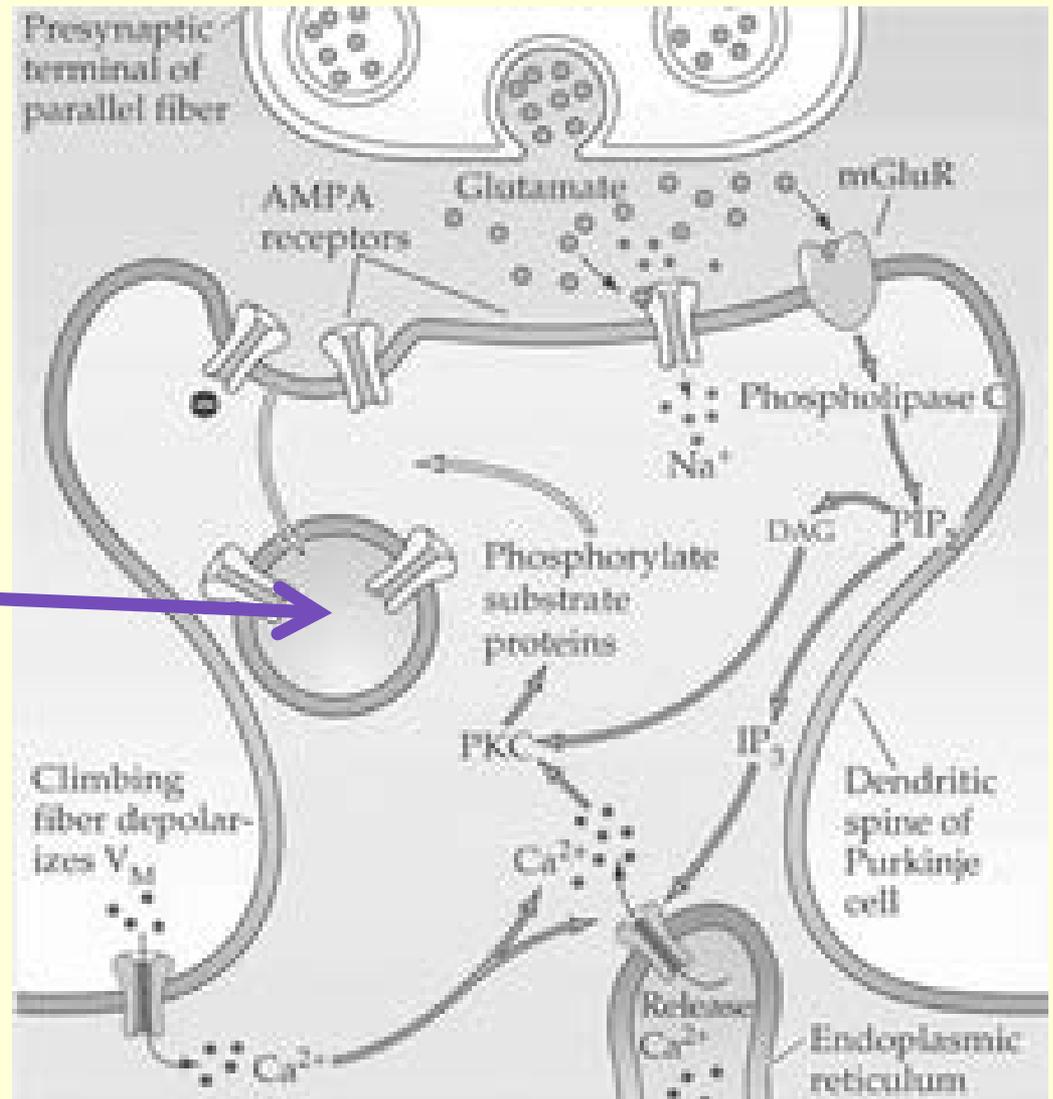
Dans le cas de la DLT cette faible augmentation activera des **phosphatases** qui vont enlever certains groupements phosphate aux récepteurs AMPA.



Parallèlement, on pense que **le nombre de récepteurs AMPA diminuerait** lors de la DLT.

Ces récepteurs seraient **enlevé** de la membrane post-synaptique et **mis en réserve**.

L'opération contraire de celle observée durant la PLT où de nouveaux récepteurs sont insérés dans la membrane.



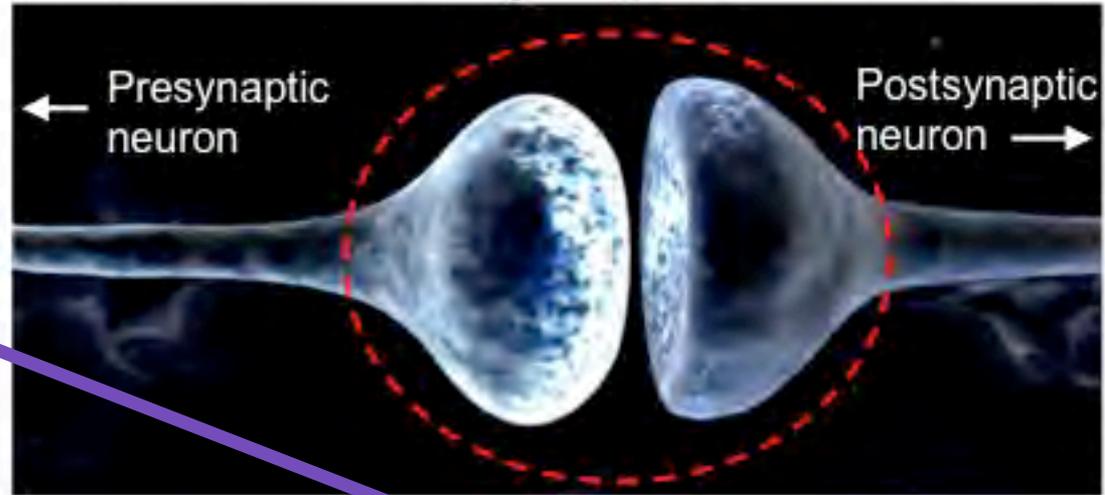
Du côté des apprentissages **associatifs** maintenant :

Un bon candidat est la **plasticité dépendante du temps d'occurrence des impulsions** (en anglais « Spike-timing-dependent plasticity » ou **STDP**)

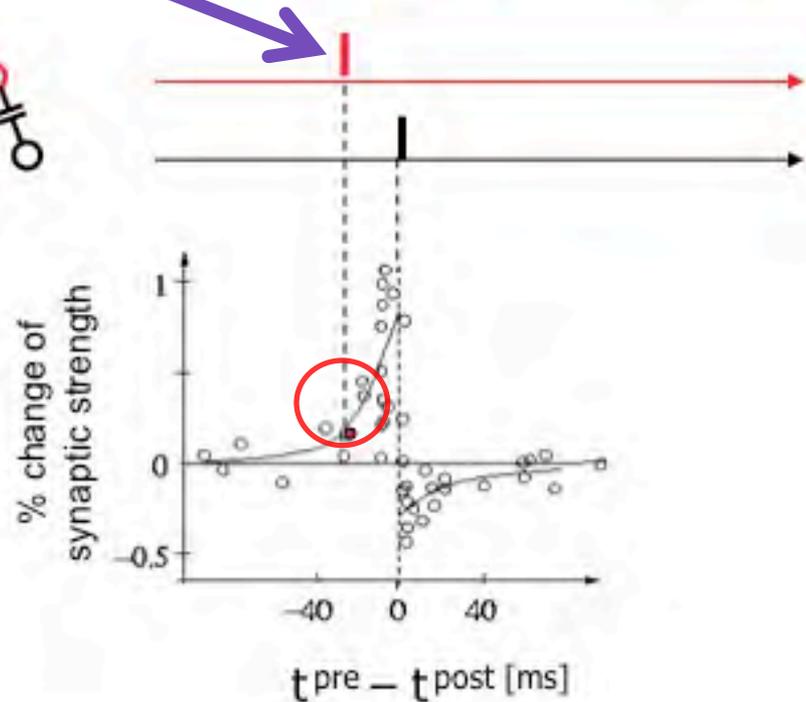
Il s'agit d'un autre processus de modification du poids des synapses découvert plus récemment (début – milieu des années 1990) par **Henry Markram**.

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



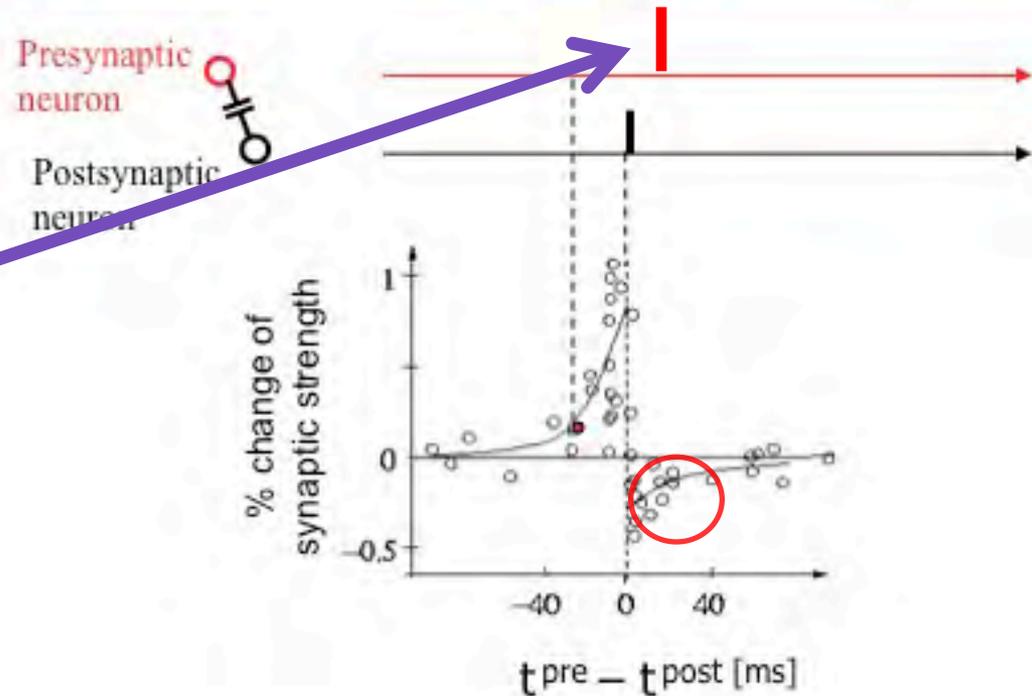
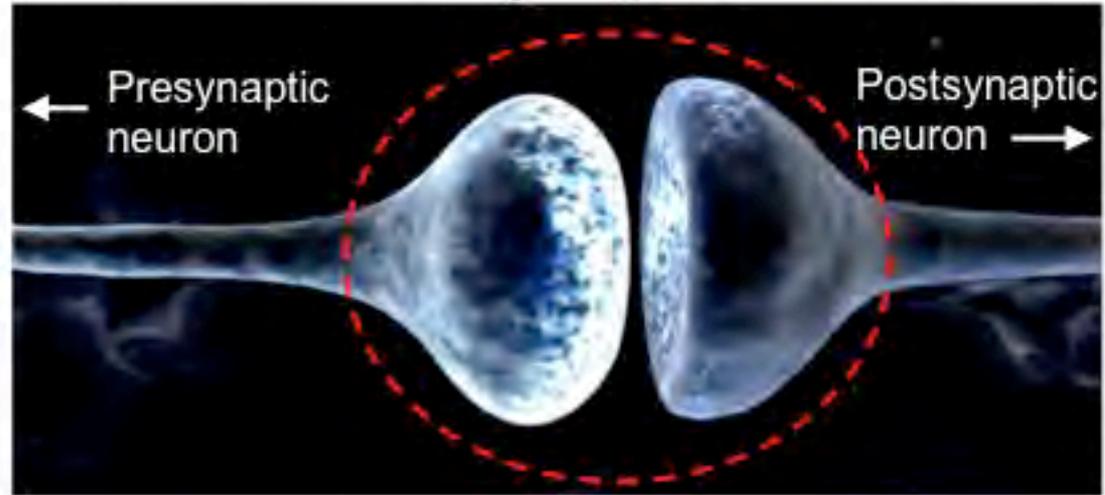
Presynaptic neuron 
Postsynaptic neuron



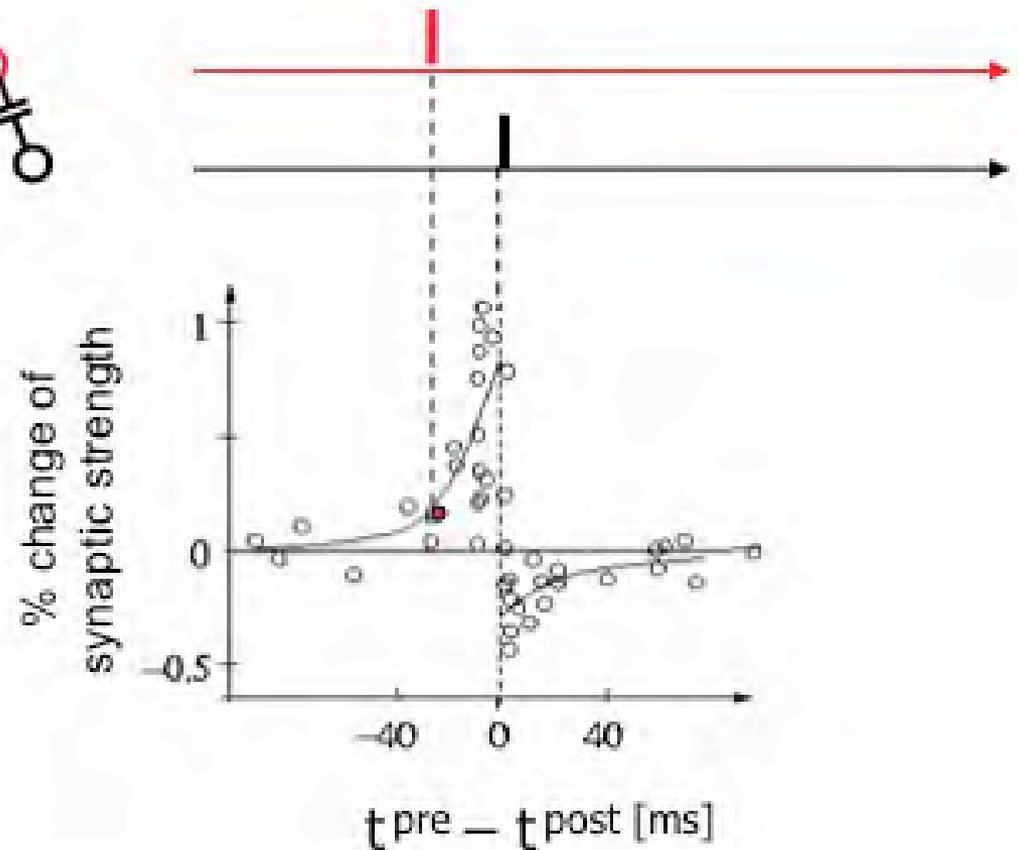
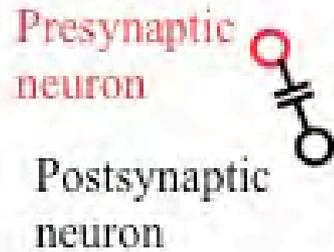
Si un neurone **pré-synaptique** tend, en moyenne, à faire feu tout juste **avant** que le neurone **post-synaptique** émette lui aussi un influx nerveux, alors cet input pré-synaptique va devenir **plus efficace**.

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.



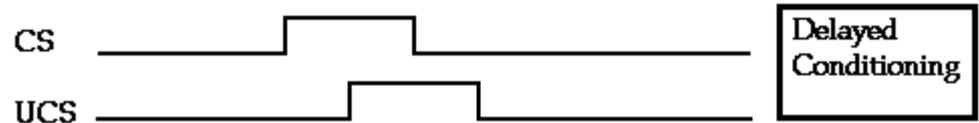
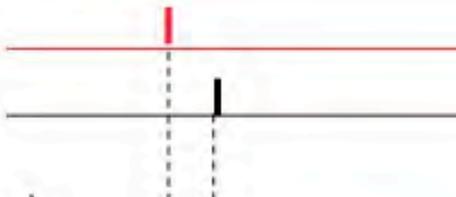
"Neurons that fire together wire together"

Plutôt "légèrement avant" que "together", 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.

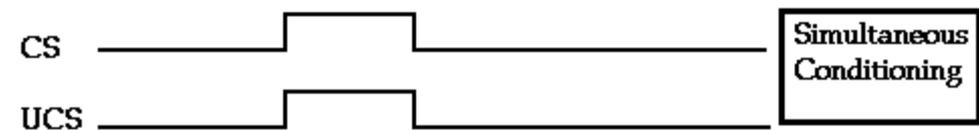
Presynaptic neuron
Postsynaptic neuron



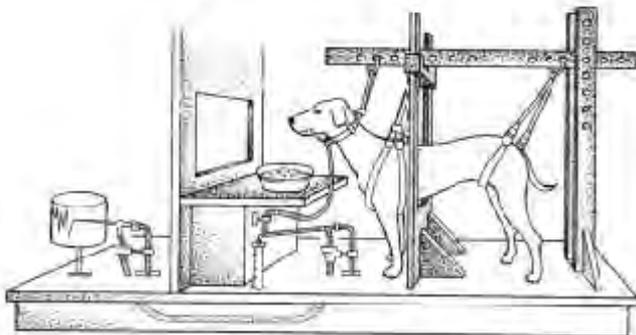
Easily established conditioning



Ease of conditioning depends on length of trace



Very little conditioning established



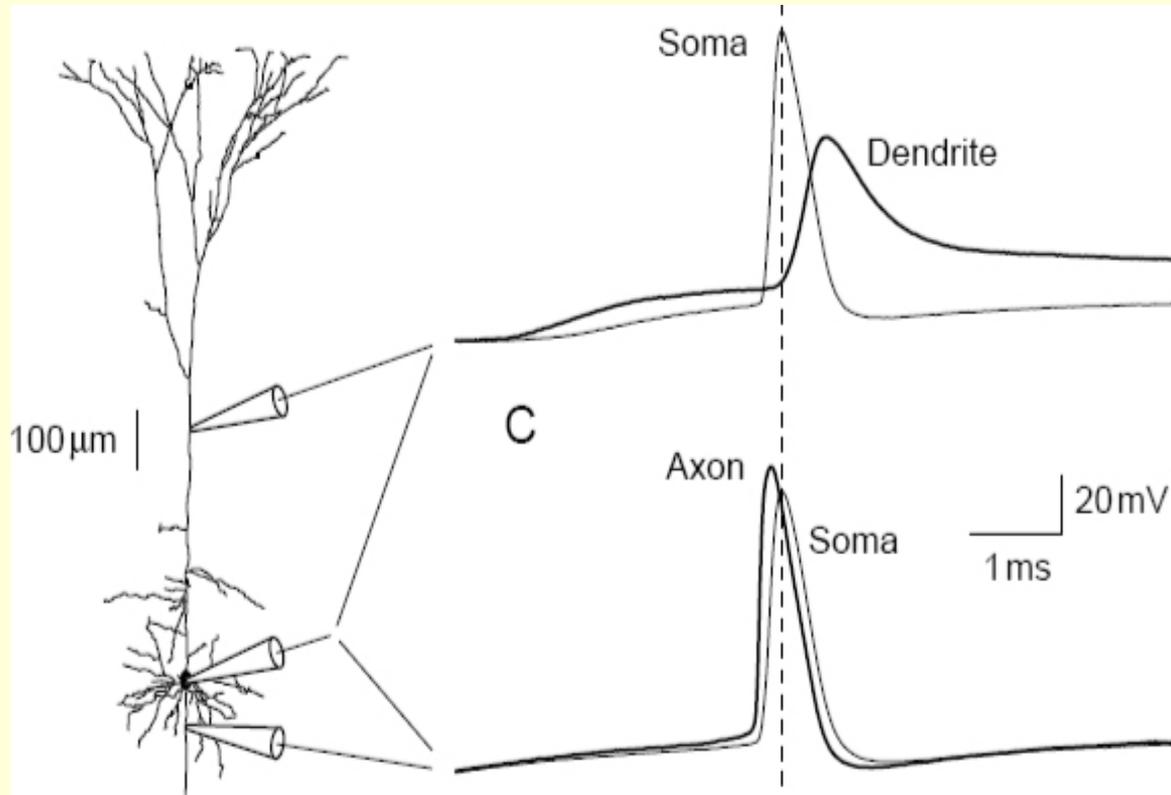
Mécanismes probables de la STDP

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).

Cette « **backpropagation** » est donc un phénomène qui n'était pas connu de la « théorie du neurone ».

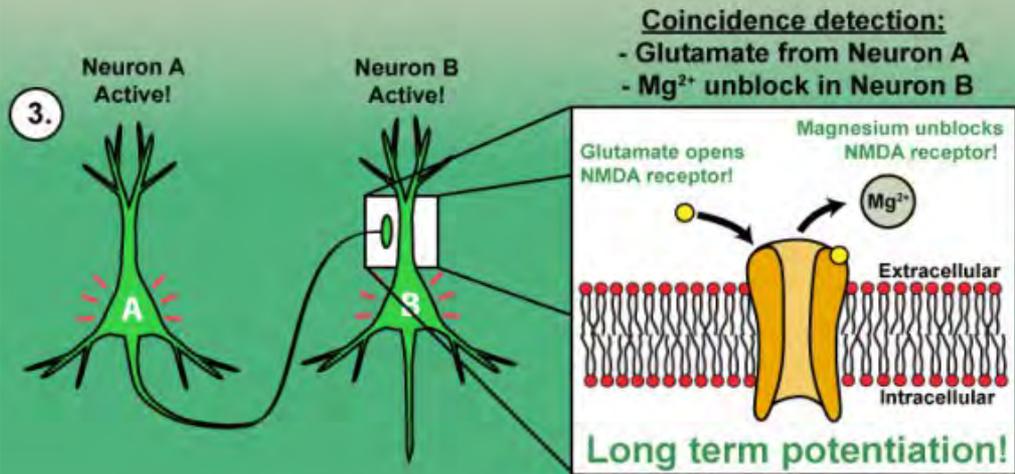
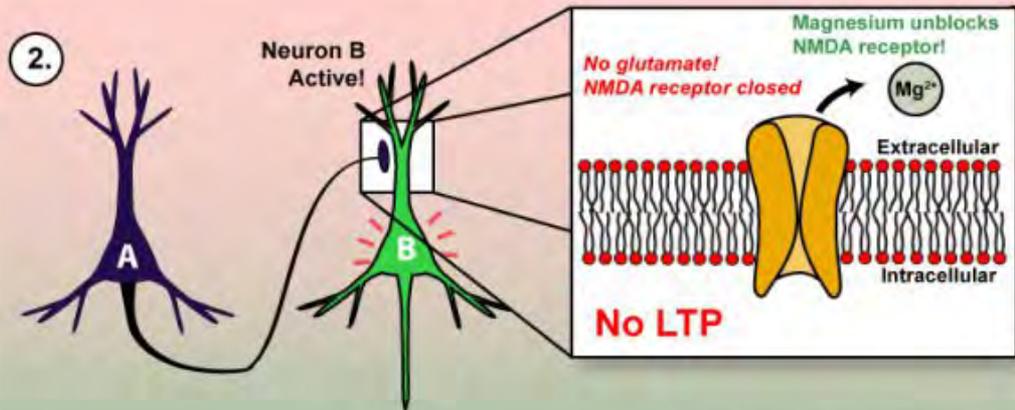
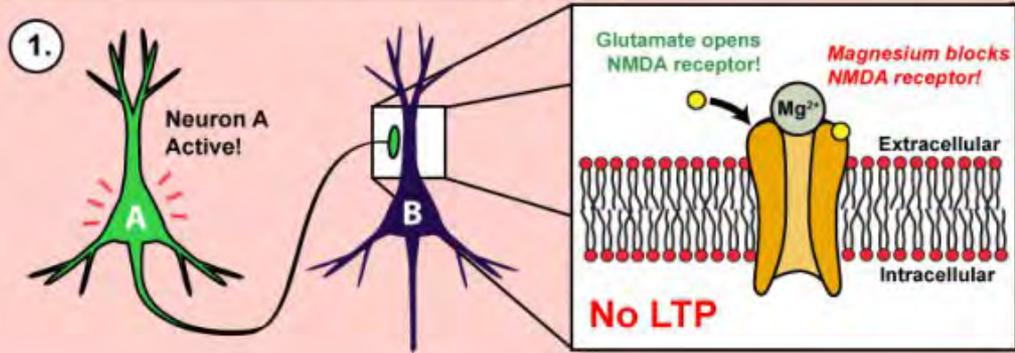
Or il semble que dans plusieurs neurones, elle se déploie spontanément dans les dendrites les plus proches du corps cellulaire **à chaque fois que le neurone fait feu**, par l'entremise de canaux calciques sensibles au voltage.

Et comme les récepteurs NMDA sont très sensibles au potentiel de membrane...



What a Coincidence!

Magnesium, NMDA Receptors, and LTP



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

PAUSE

Deux exemples où nos mémoires collaborent (orientation spatiale et langage)
Se souvenir de chaque jour de sa vie;
Les facteurs qui influencent la mémoire;
Trucs mnémotechniques;

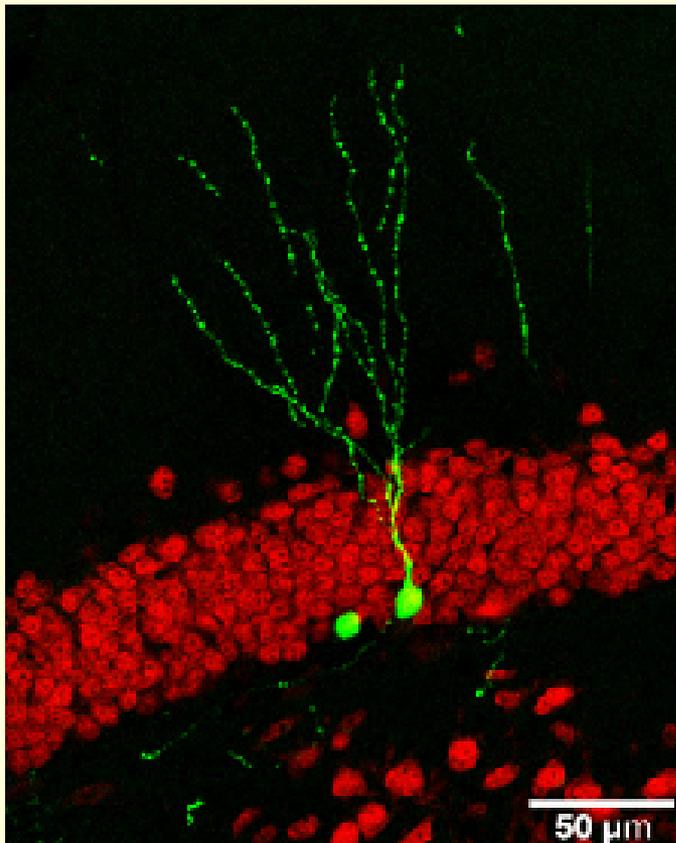
Neurogenèse

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.**



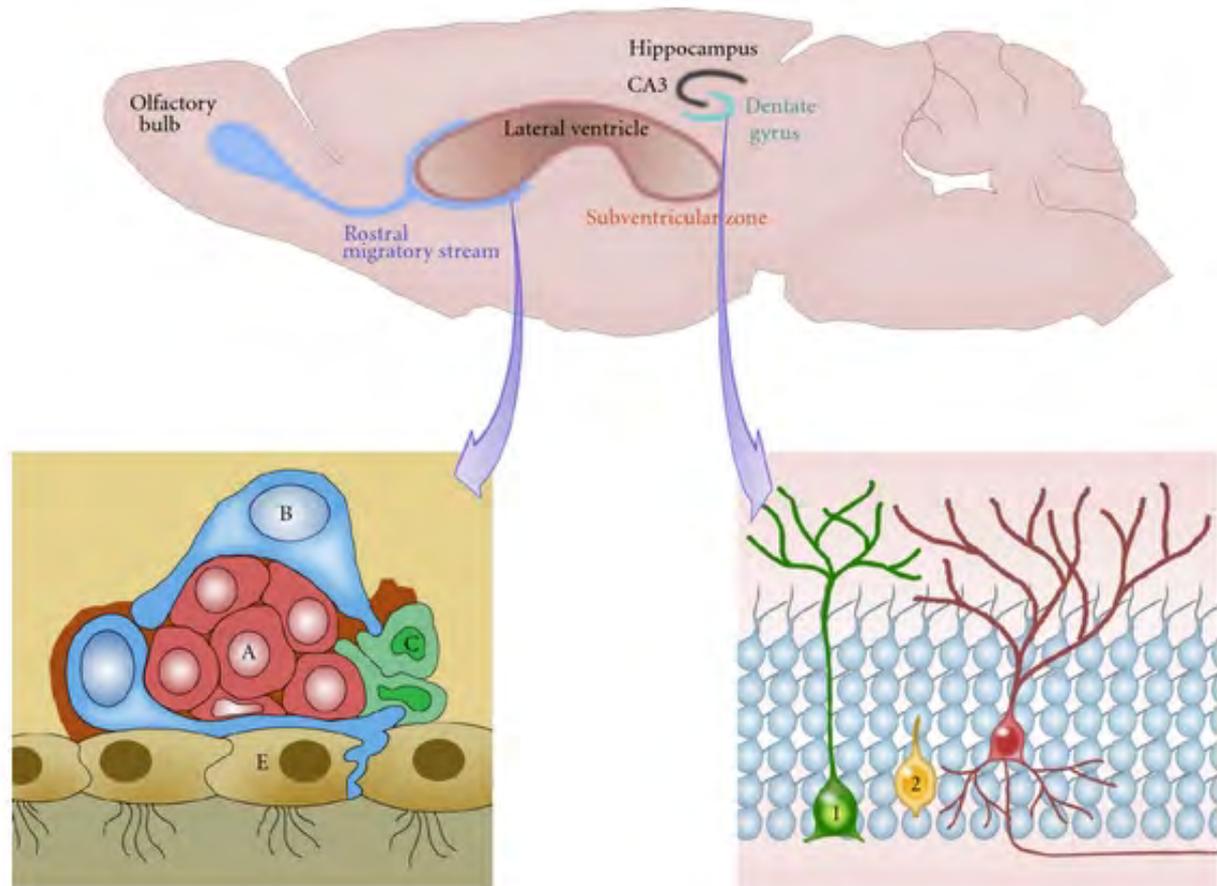
Nouveau neurone apparu dans l'hippocampe d'une souris adulte.

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

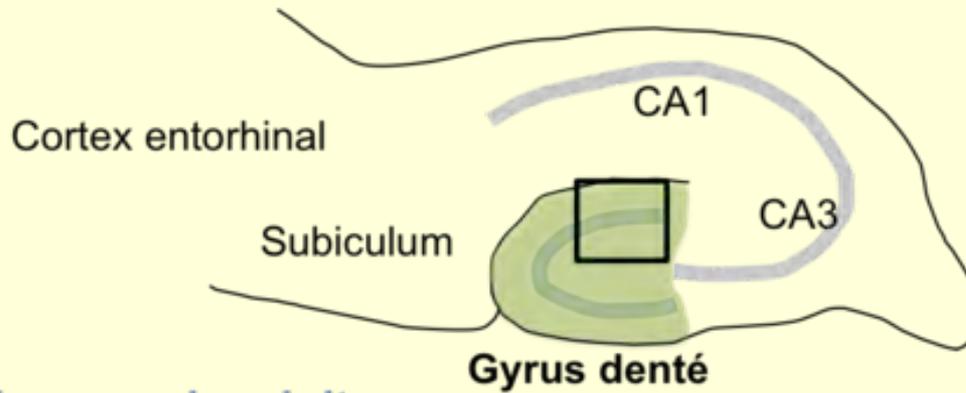
1) Le gyrus dentelé de l'hippocampe

(cerveau de rat)

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



Le gyrus dentelé de l'hippocampe



Cellule souche neurale adulte
(cellule de type I)



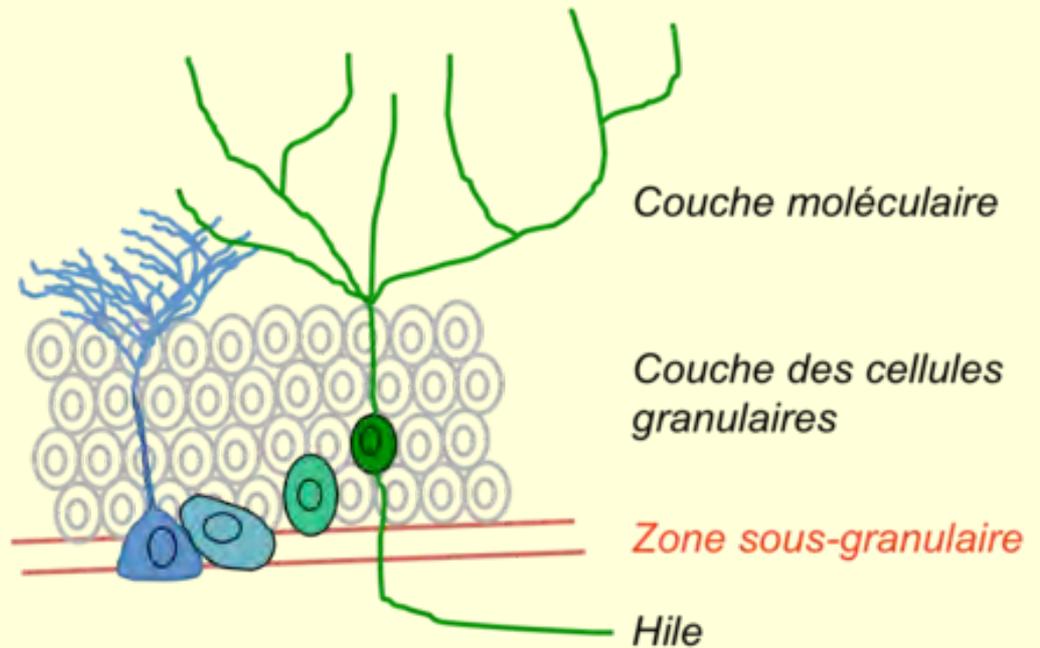
Cellules type II



Neuroblastes



Cellules granulaires



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

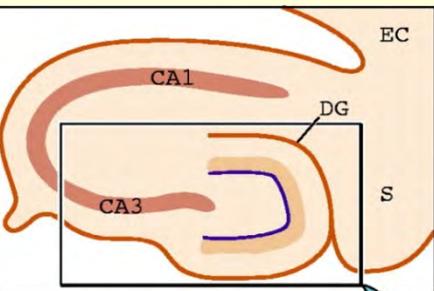


Après des travaux s'échelonnant sur plus d'une décennie,
une équipe suédoise a publié :

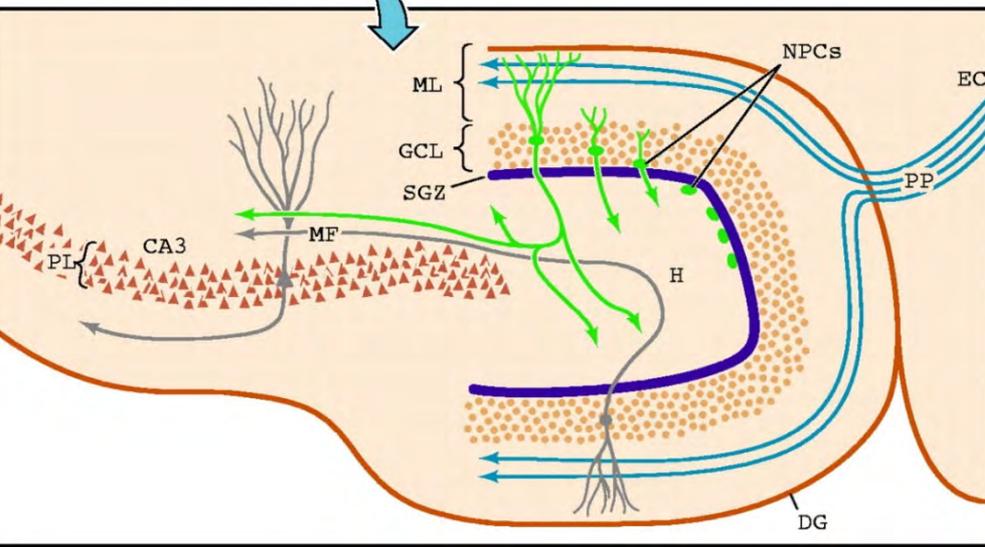
Dynamics of Hippocampal Neurogenesis in Adult Humans

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

Dans le gyrus
denté de
l'hippocampe (DG)

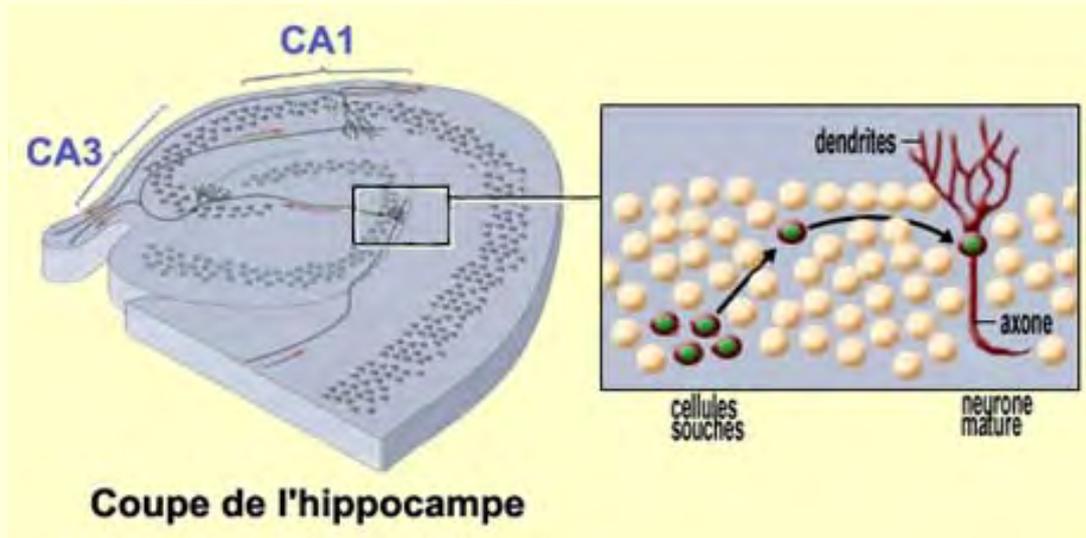


- environ 700 cellules se différencient en nouveaux neurones chaque jour dans chacun de nos hippocampes,



- soit 250 000 par année
(ou près de 2% de la population neuronale de l'hippocampe par année)

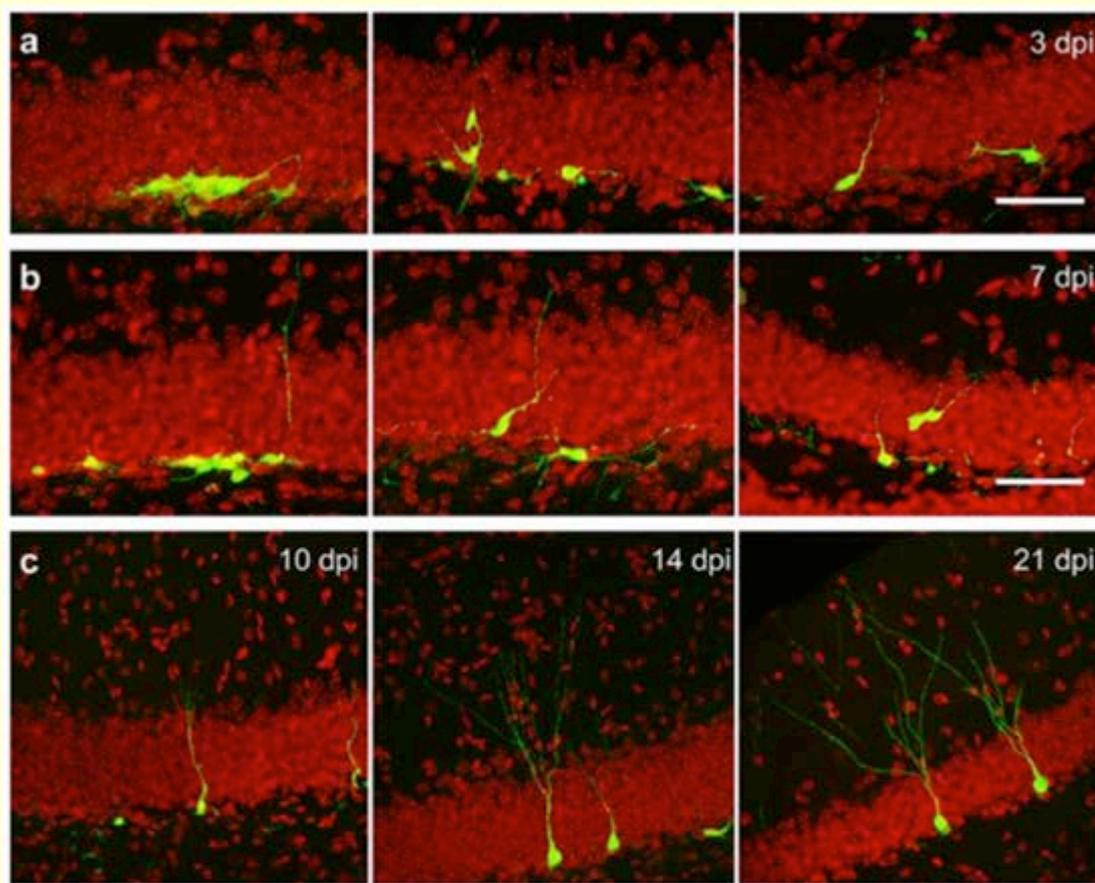
- près du tiers des cellules nerveuses de l'hippocampe subiraient ce renouvellement au cours d'une vie.



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.

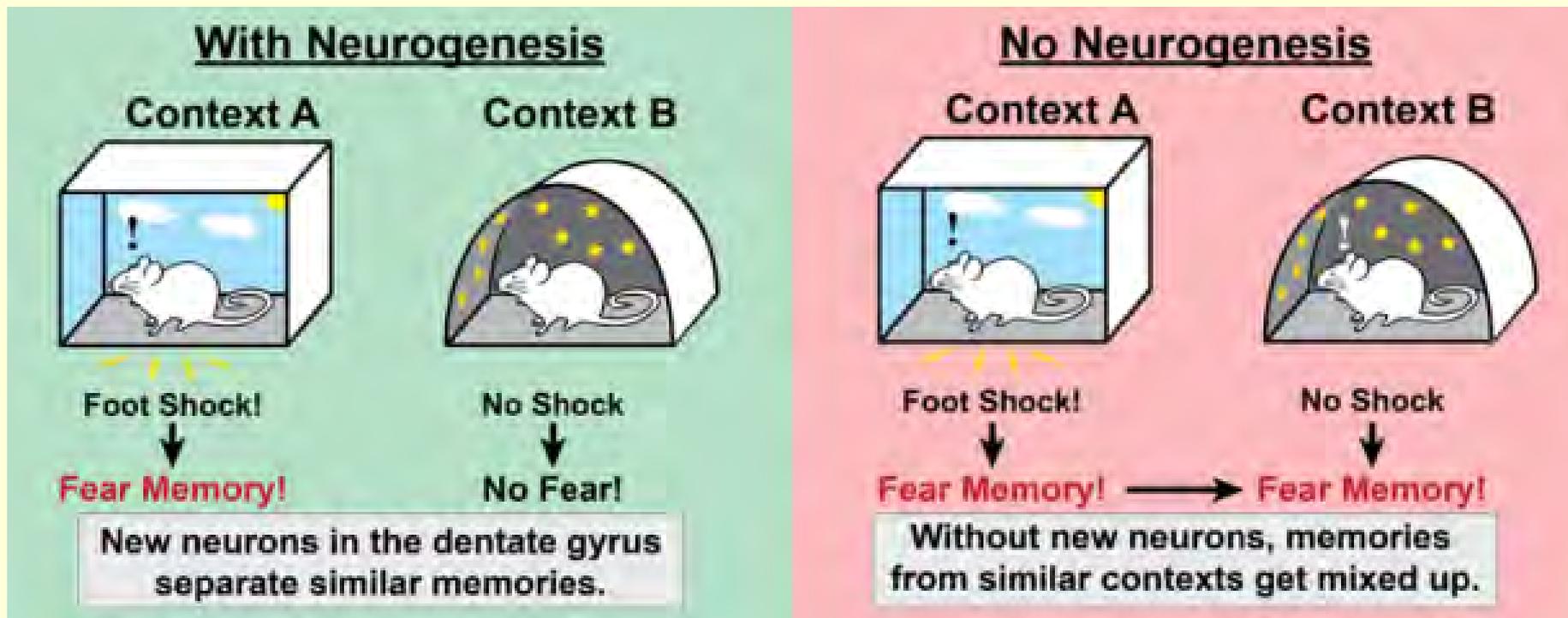
La neurogenèse permettrait aussi de mieux discerner deux souvenirs formés dans des contextes similaires (“**pattern separation**”).

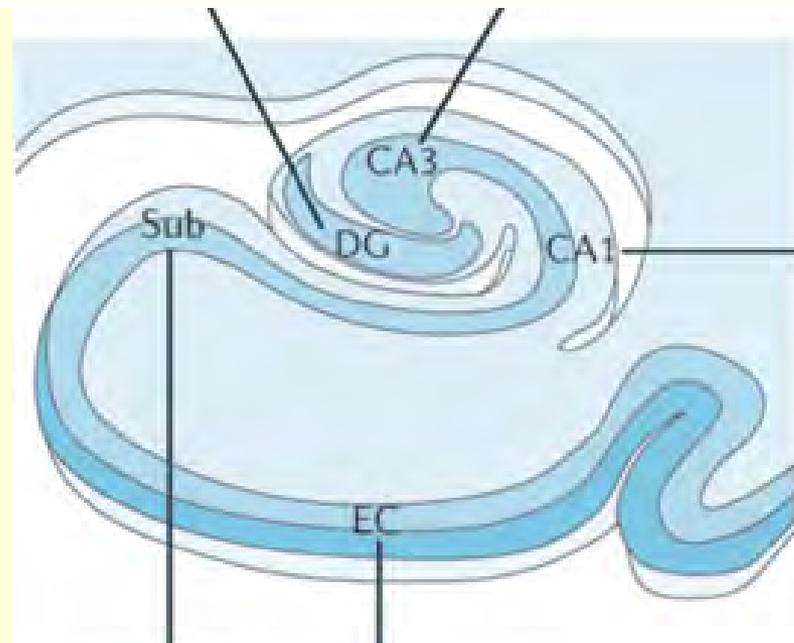


Resolving New Memories: Adult Neurogenesis

<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.

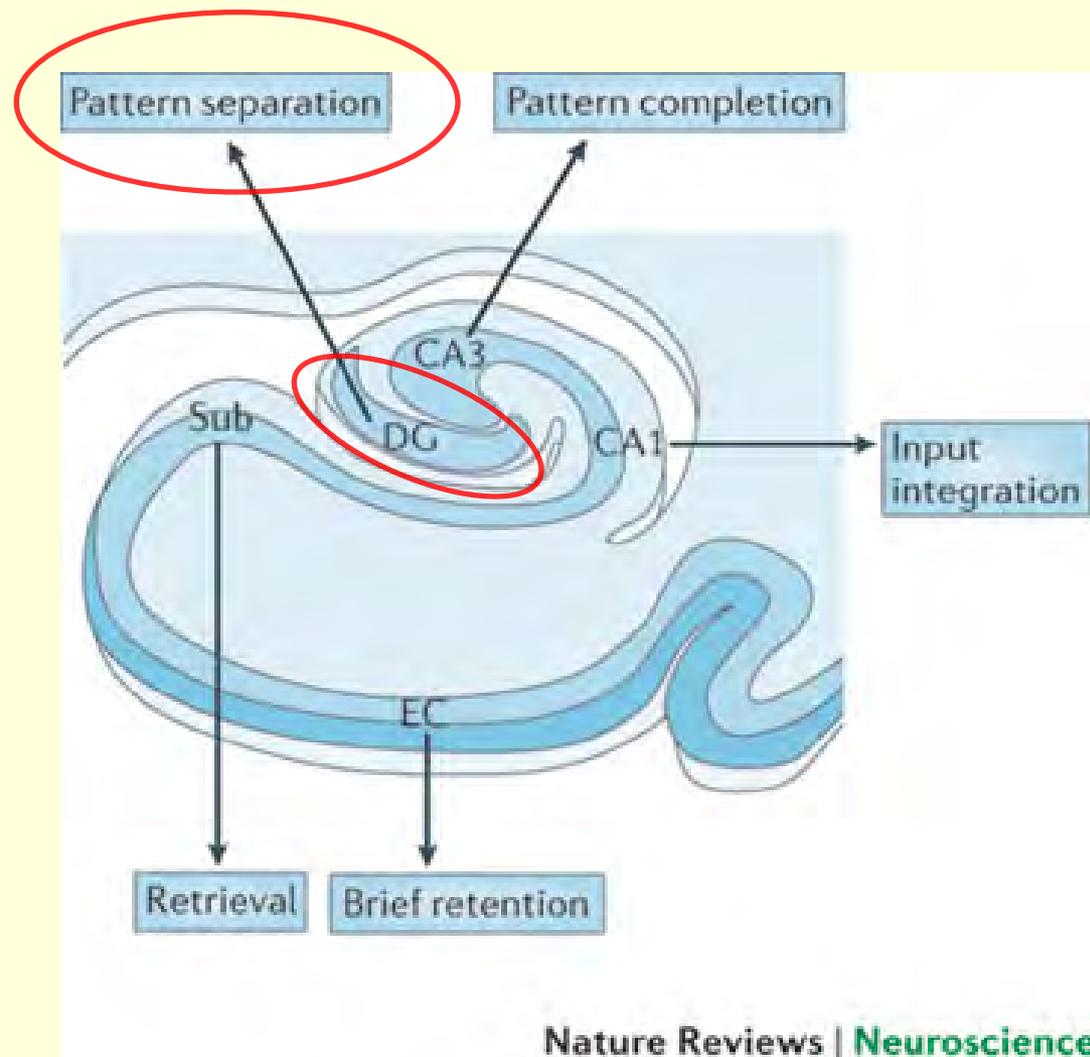
Mais chaque sous-région performerait également des **opérations computationnelles distinctes**, ce que cet article propose :

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**)



Nature Reviews | **Neuroscience**

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 :



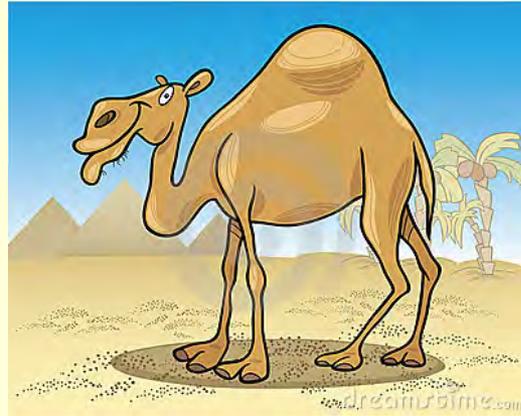
Concept de **différentiation** versus **spécialisation** des régions cérébrales que nous aborderons au cours 4 la semaine prochaine...

2 petits tests de mémoire pour après la pause.

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







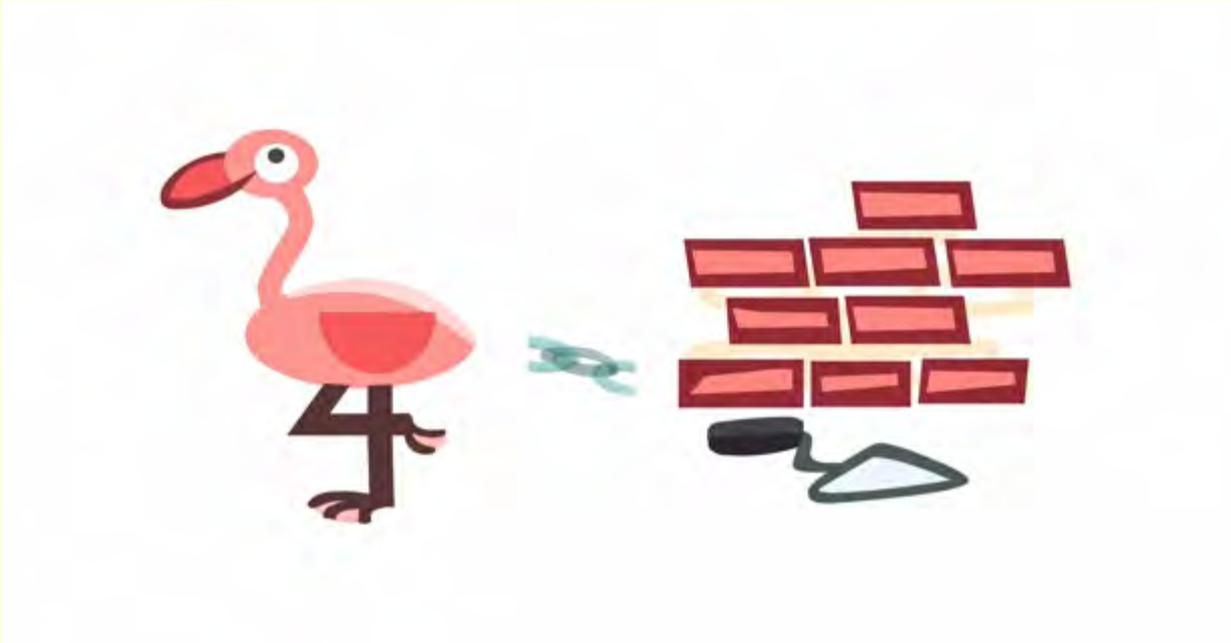




Fin du test 1

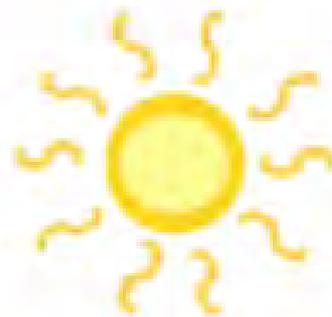
Début du test 2











Fin du test 2

On se revoit après la pause...

;-)

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

Cours 3 : A- Évolution de nos mémoires et rôle de l'hippocampe

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

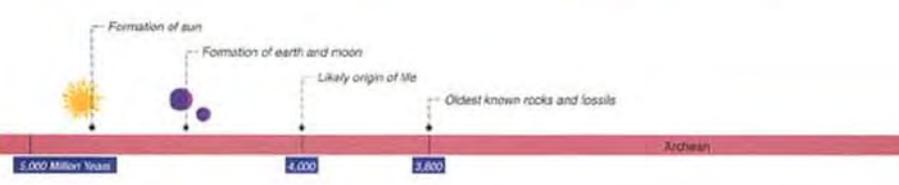
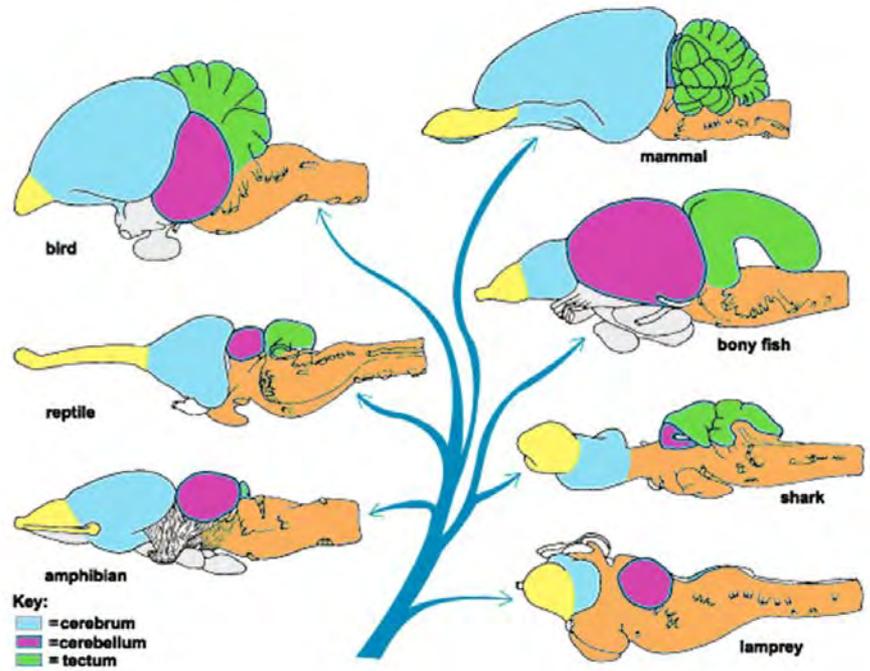


Évolution des différents types de mémoire;
Structures cérébrales associées;
Le cas du patient H.M.;
Quelques mécanismes mnésiques : LTP, DLT et STDP;
Neurogenèse;

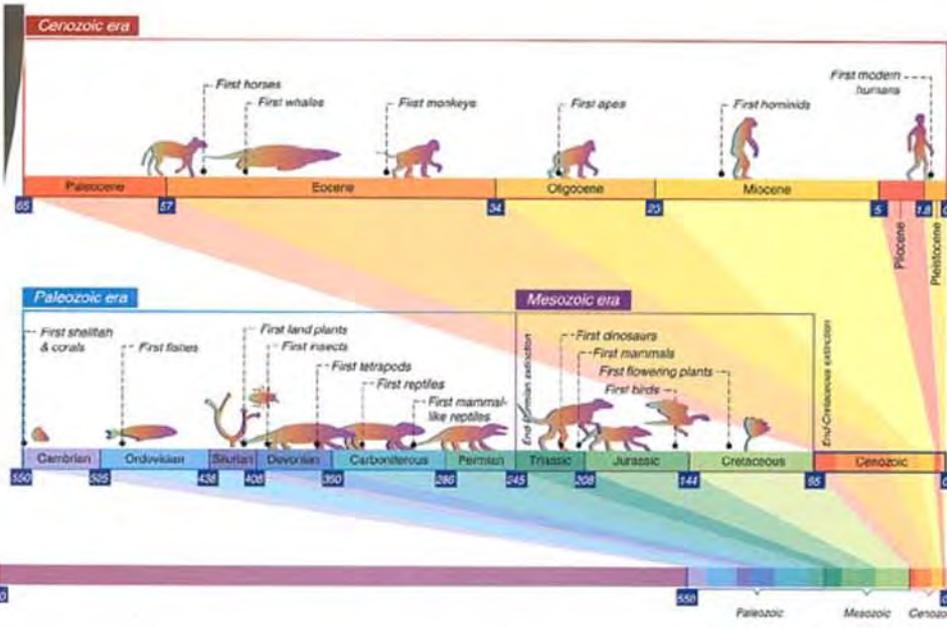
PAUSE

Deux exemples où nos mémoires collaborent (orientation spatiale et langage)

Se souvenir de chaque jour de sa vie;
Les facteurs qui influencent la mémoire;
Trucs mnémotechniques;



Notre cerveau, bricolage de l'évolution

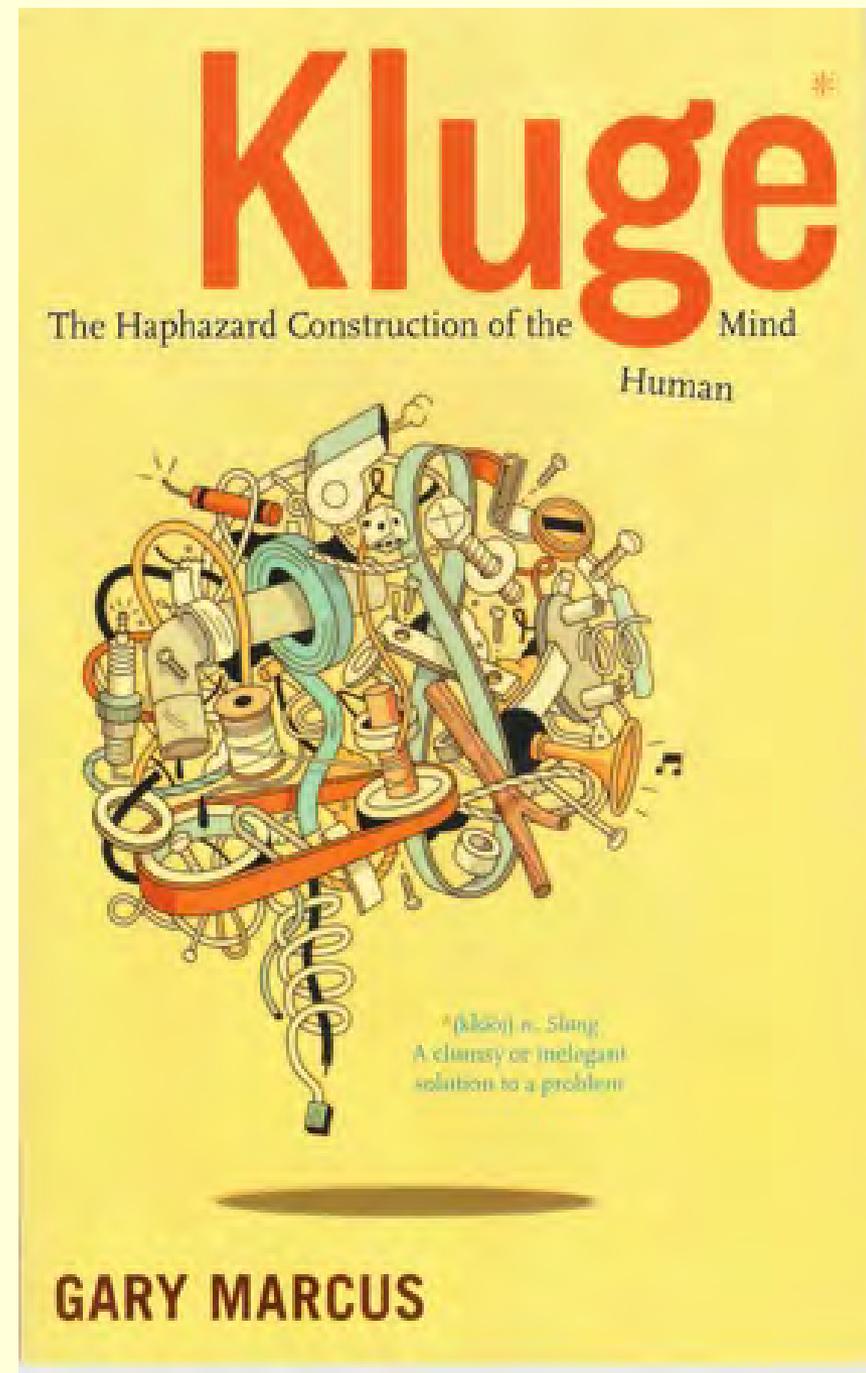




« L'évolution travaille sur ce qui existe déjà. [...]

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. Slang
A clumsy or inelegant
solution to a problem

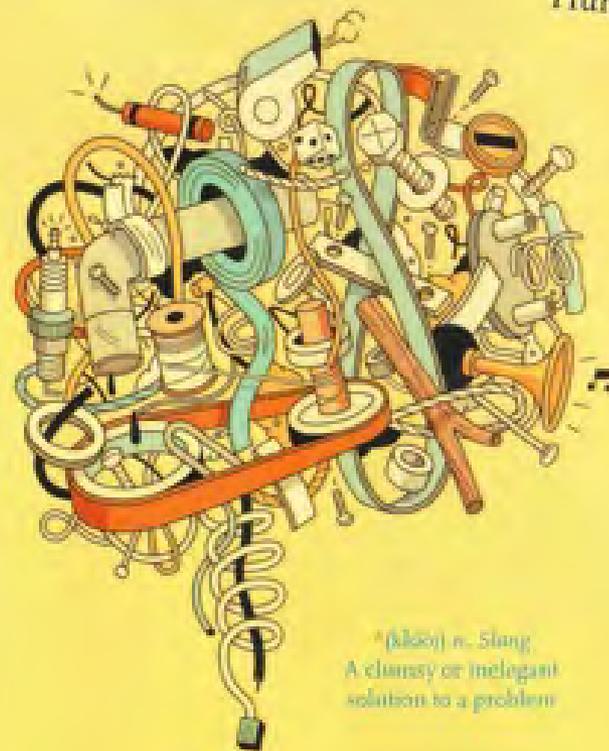
GARY MARCUS

Le bricolage
de l'évolution



Kluge

The Haphazard Construction of the Mind
Human



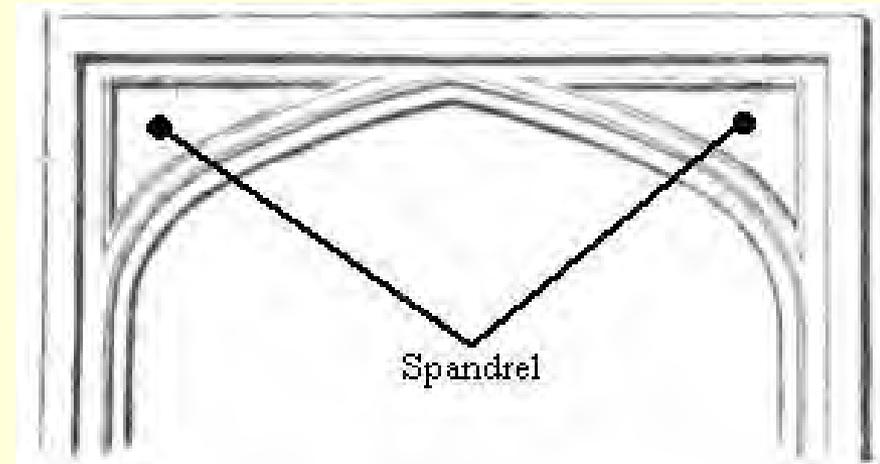
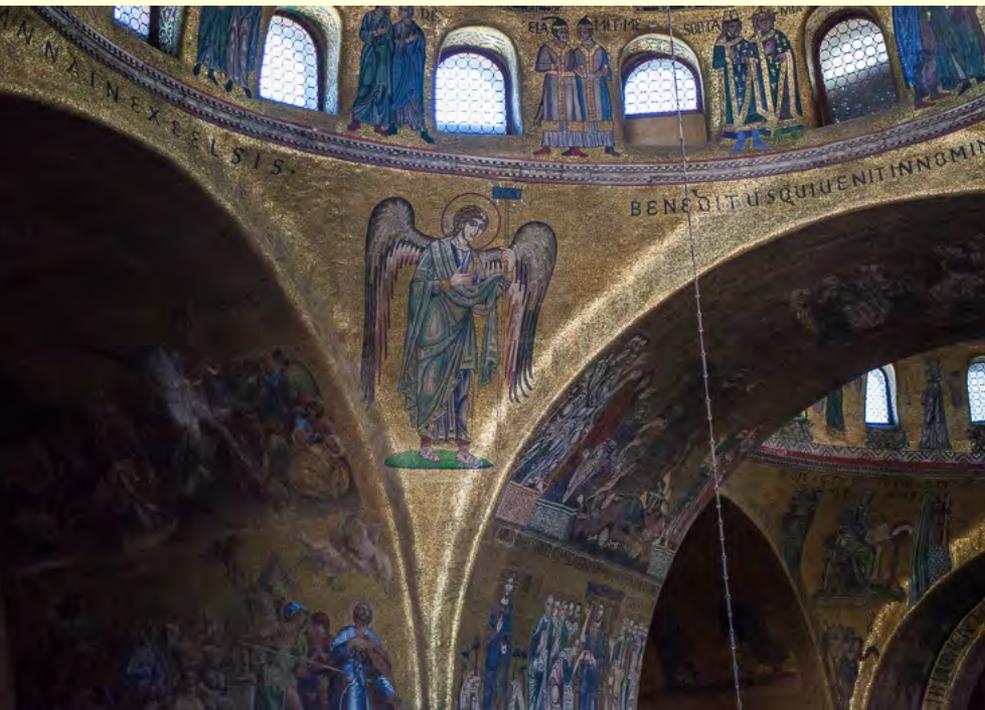
kluge n. Slang
A clumsy or inelegant
solution to a problem

GARY MARCUS



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

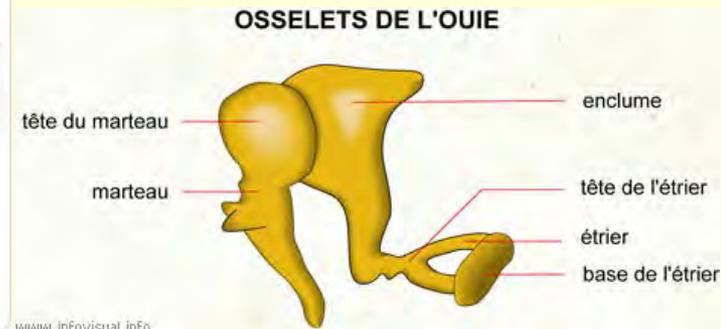
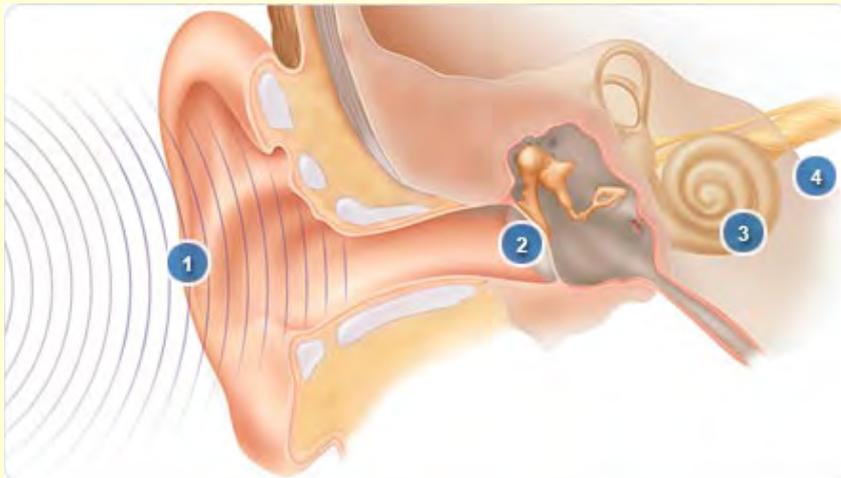
une structure biologique ayant évolué en vue d'une fonction précise mais qui se trouve **réutilisée** ou **recyclée** pour une autre fonction.





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

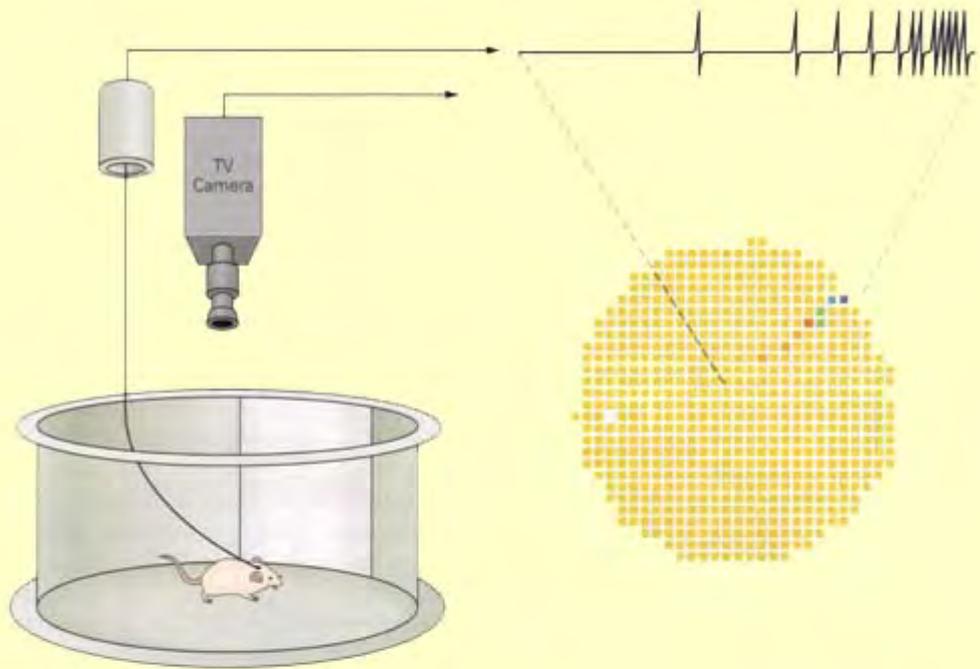
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2014/10/14/un-nobel-aux-travaux-sur-les-bases-neurales-de-lorientation-spatiale/>

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.

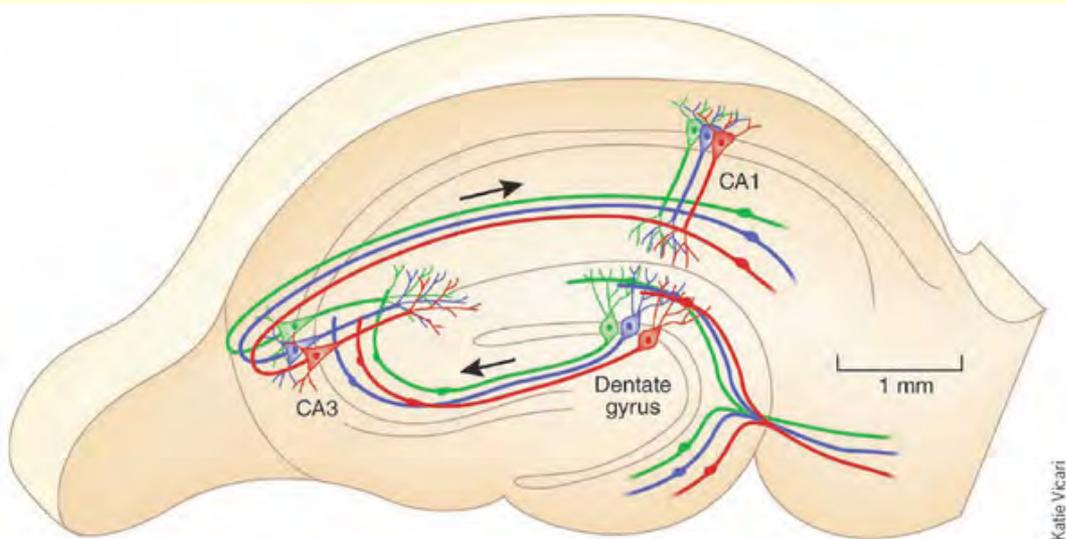
Et que la sélection naturelle a dû opérer là-dessus...



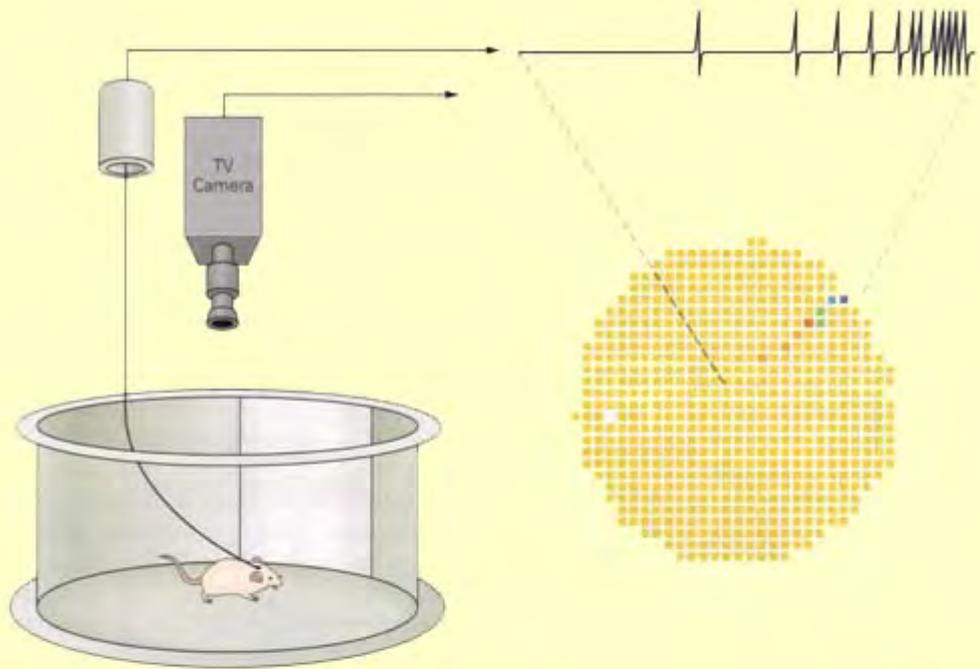


De sorte que, aujourd'hui, on possède tous cette capacité de se construire des cartes mentales pour s'orienter, comme le font d'ailleurs bien d'autres espèces animales.

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



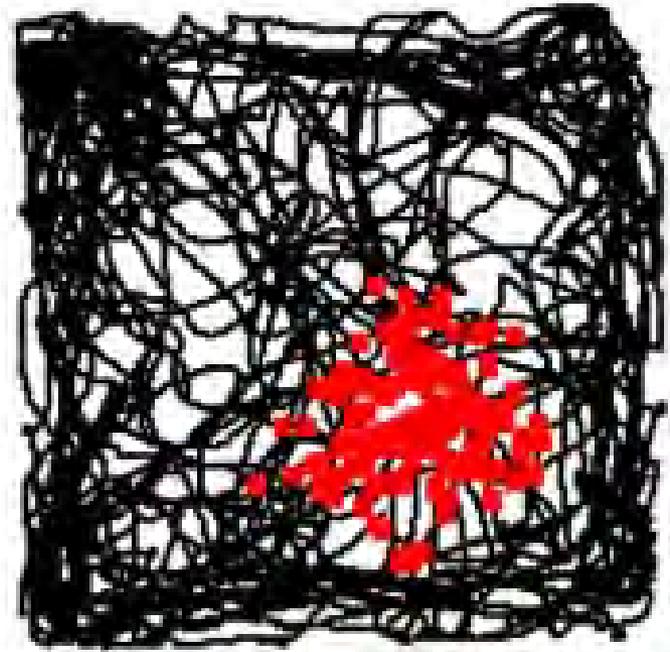
De sorte que, aujourd'hui, on possède tous cette capacité de se construire des cartes mentales pour s'orienter, comme le font d'ailleurs bien d'autres espèces animales.

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

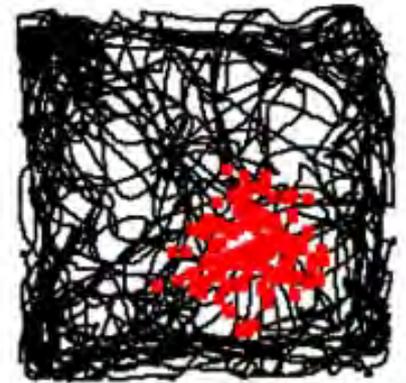
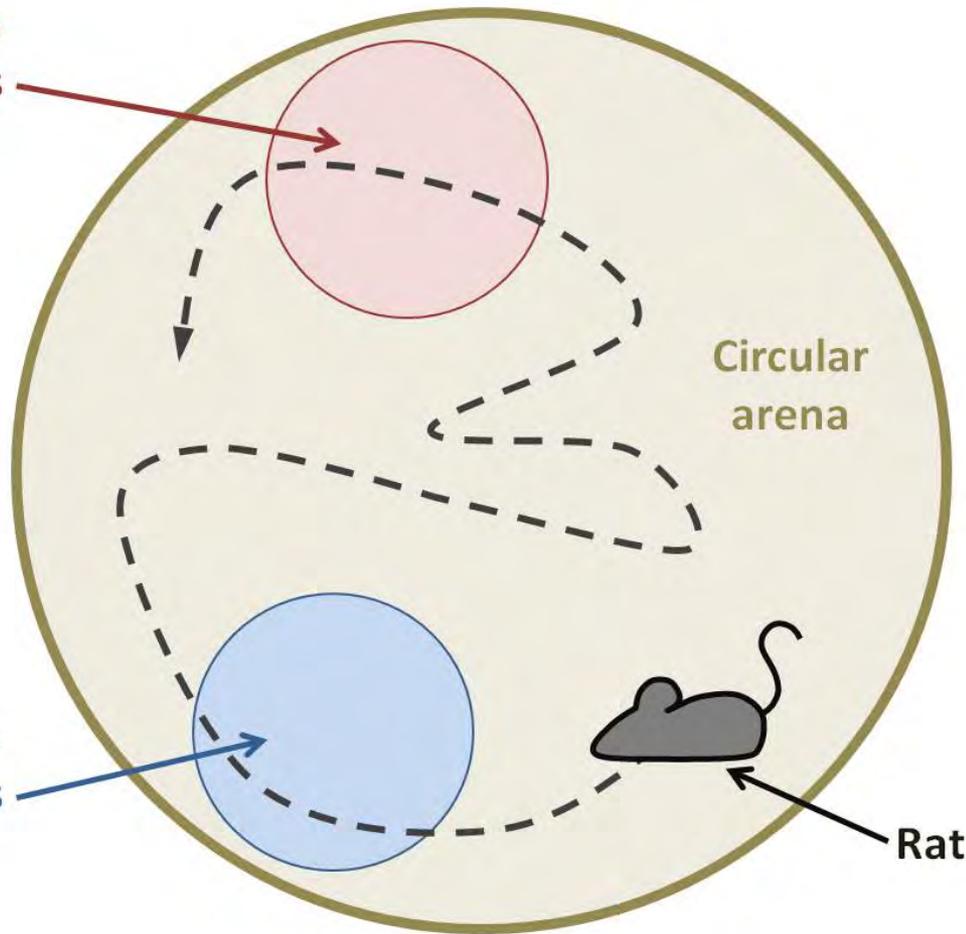
http://knowingneurons.com/2013/04/10/forming-memories-one-neuron-at-a-time/?blogsub=confirming#blog_subscription-2

You Are Here: Mapping The World With Neurons

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

Cell A fires
when rat is
here

Cell B fires
when rat is
here

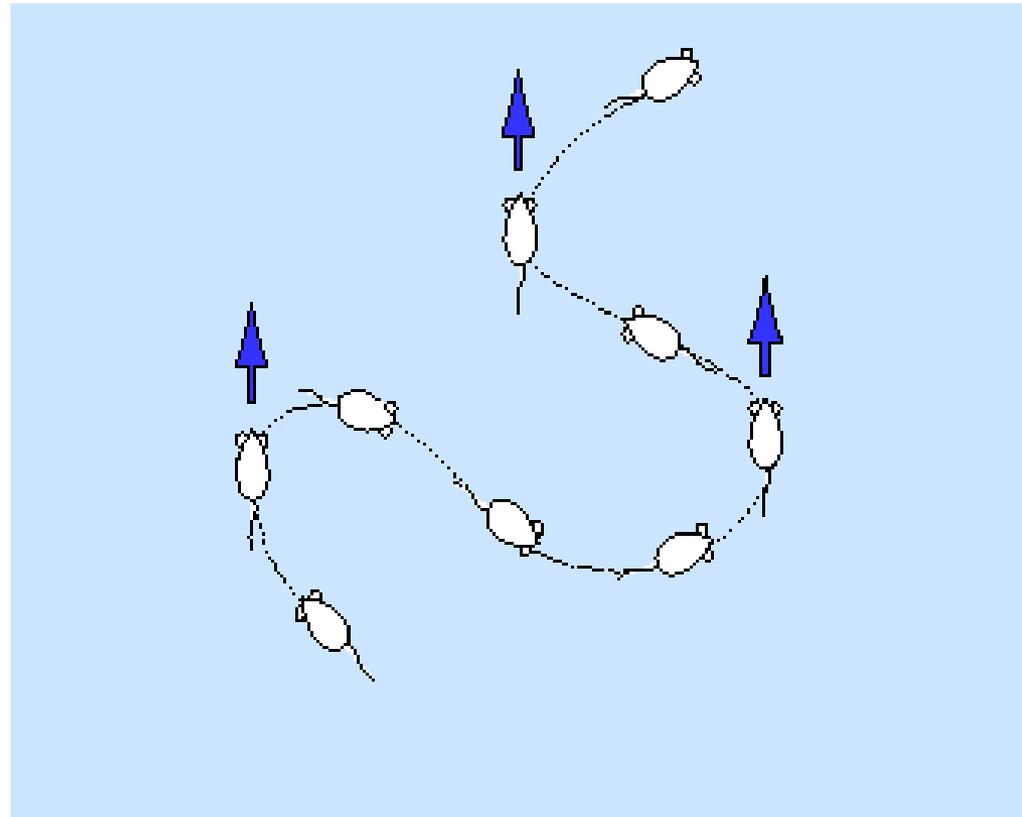


A place cell fires in one place in a square box

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):

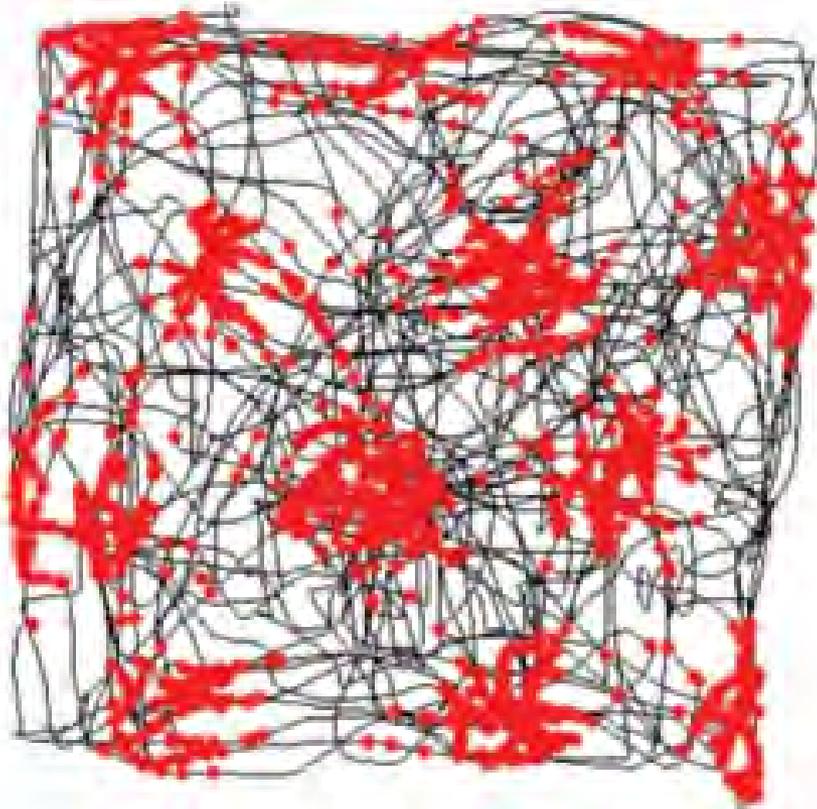
Representation of spatial orientation by the intrinsic dynamics of the head-direction cell ensemble: A theory. *Journal of Neuroscience* 16: 2112-2126.

<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

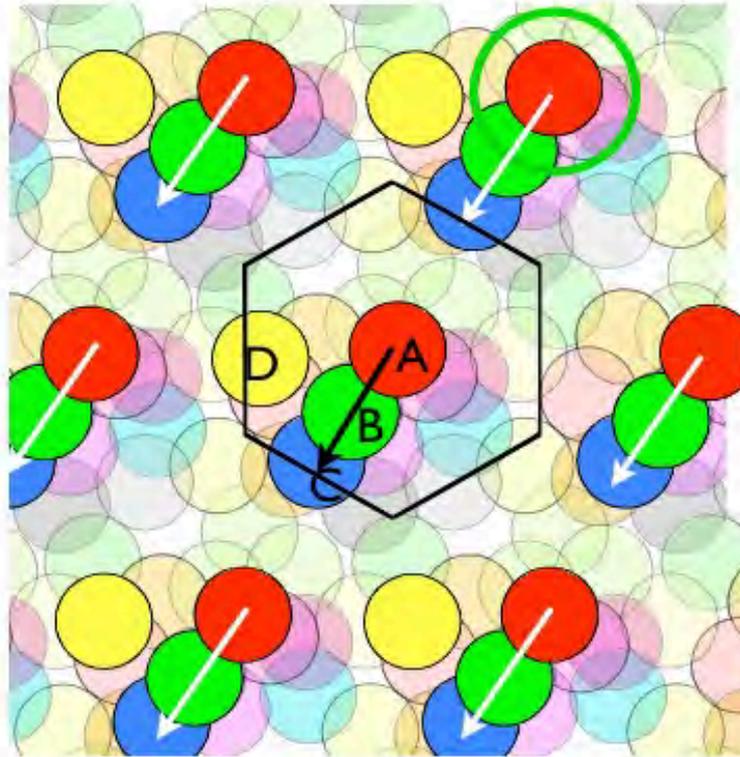
Grid Cell firing patterns in a module code movement distance and direction

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 :

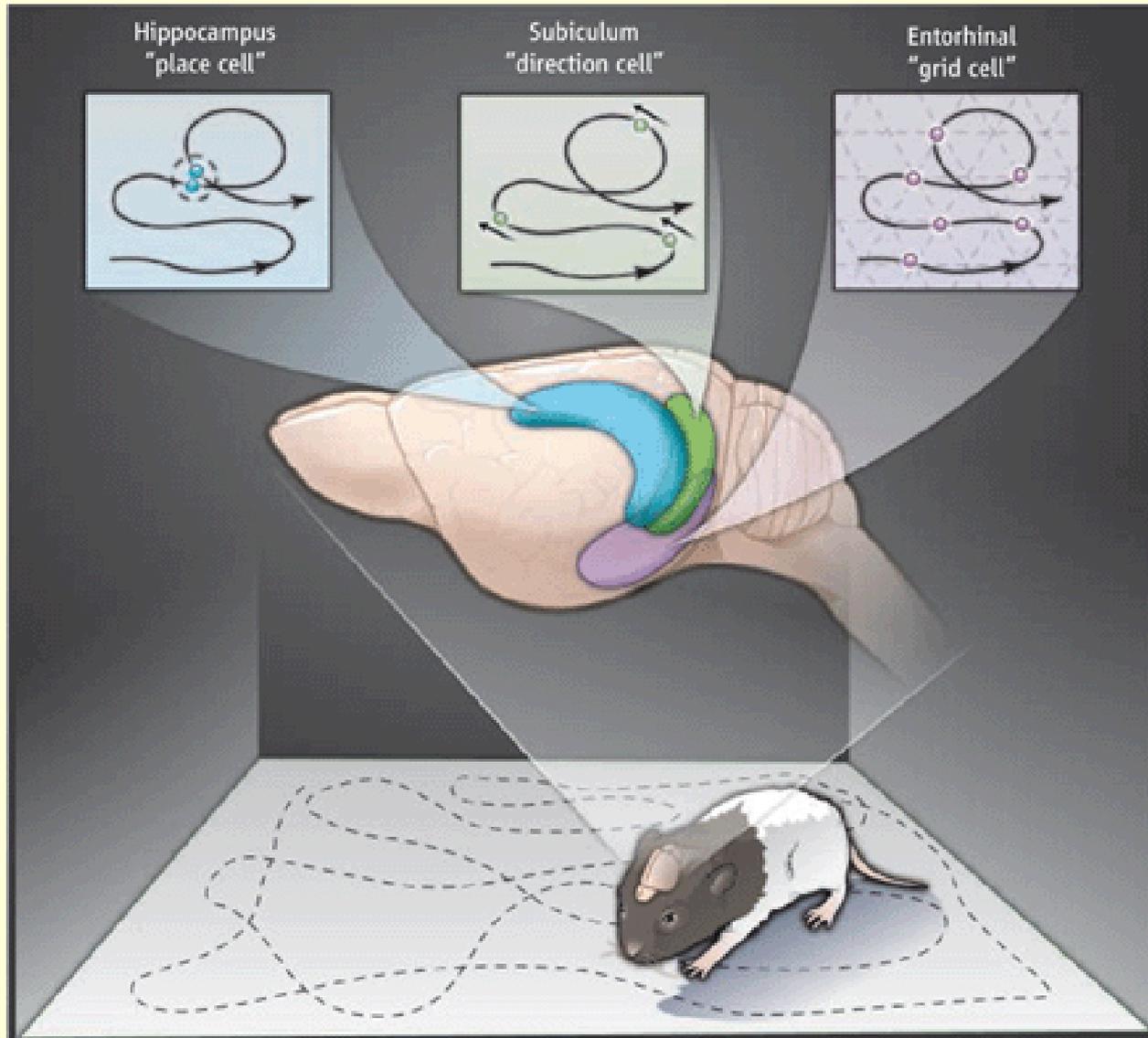
O'Keefe and Dostrovsky,
début 1970

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 :

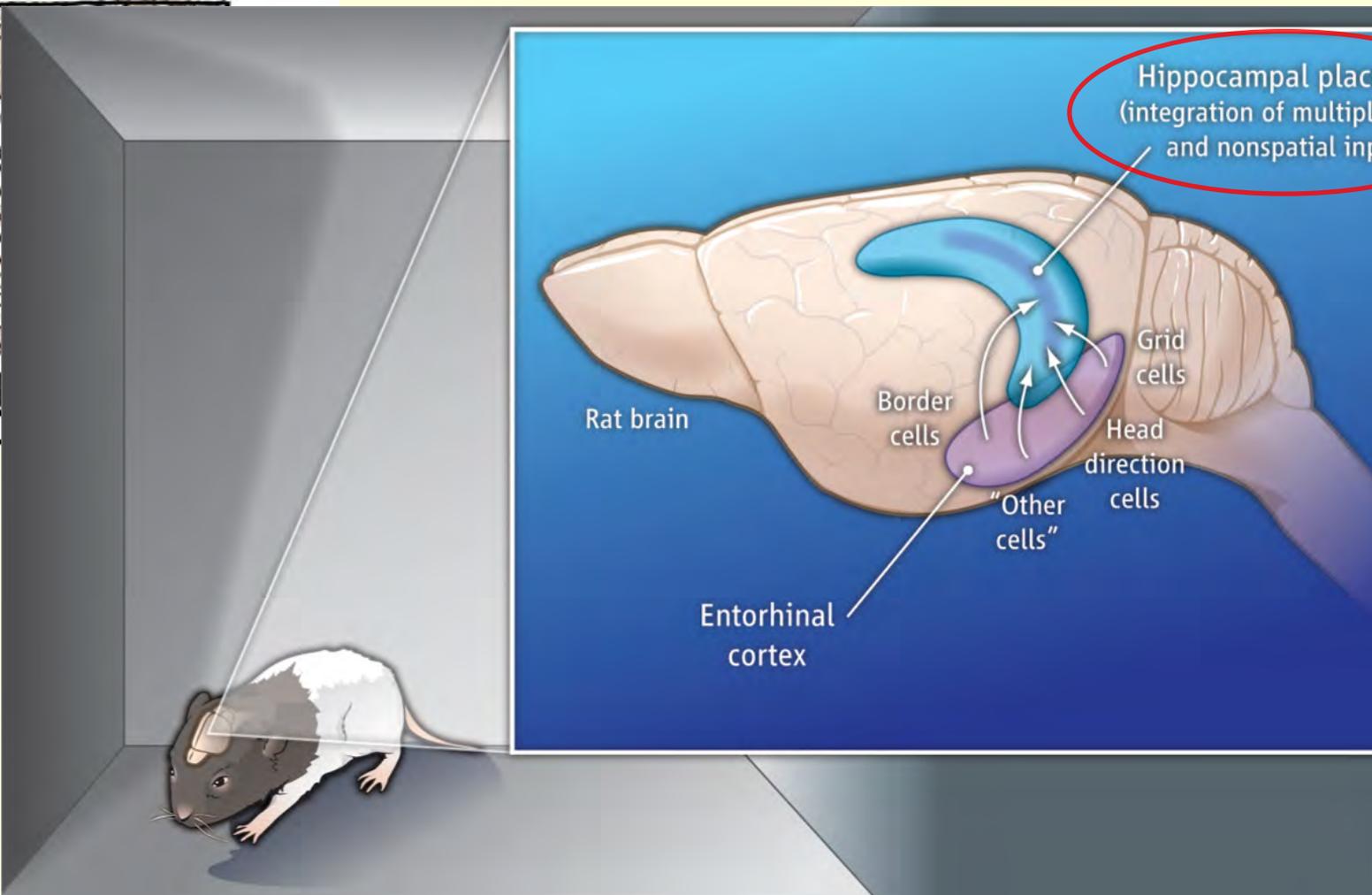
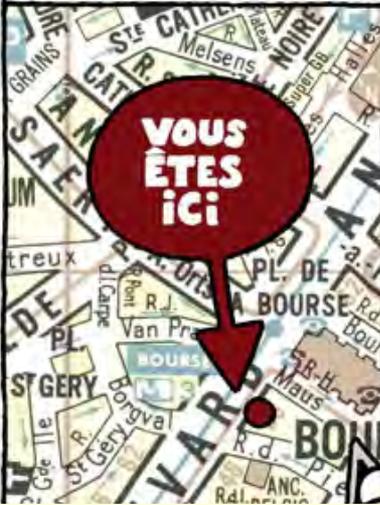
les cellules de lieu de l'hippocampe se comportent comme un navigateur sur l'océan, mettant à jour sa position en utilisant deux types d'input :

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.

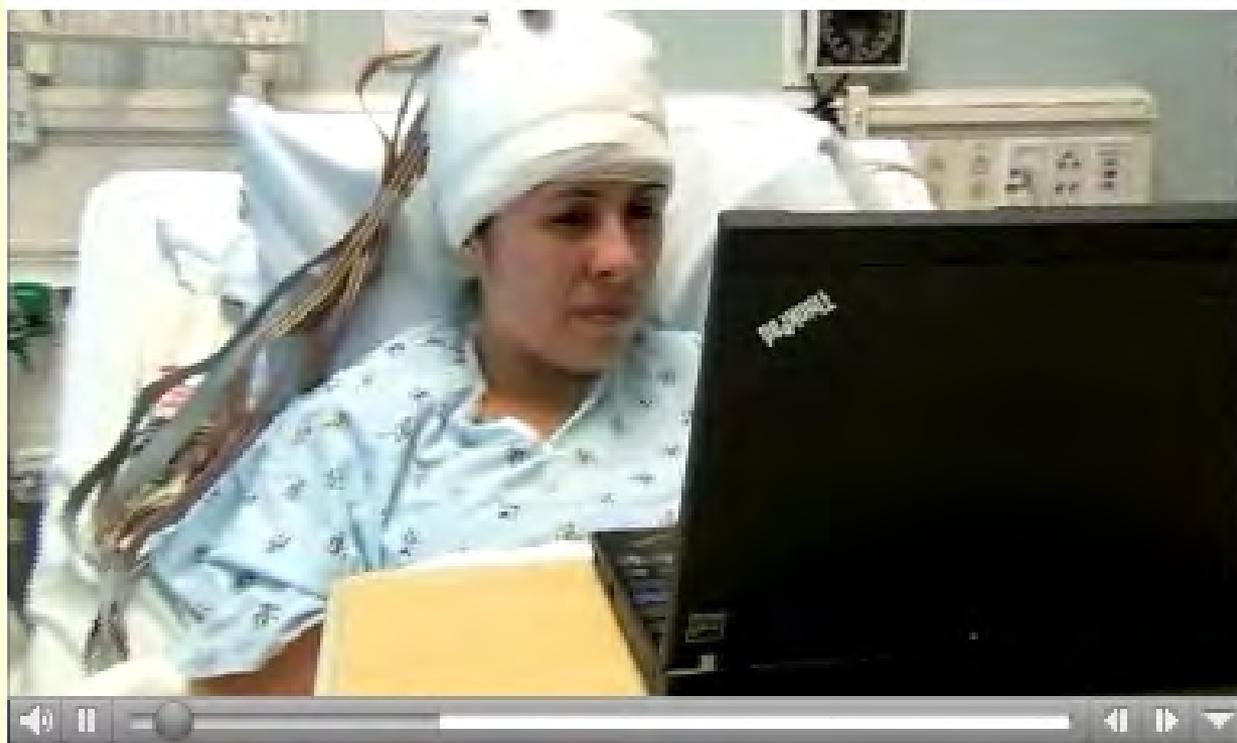
Mais qu'est-ce qui nous dit que les choses se passent de façon similaire chez l'humain ?

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

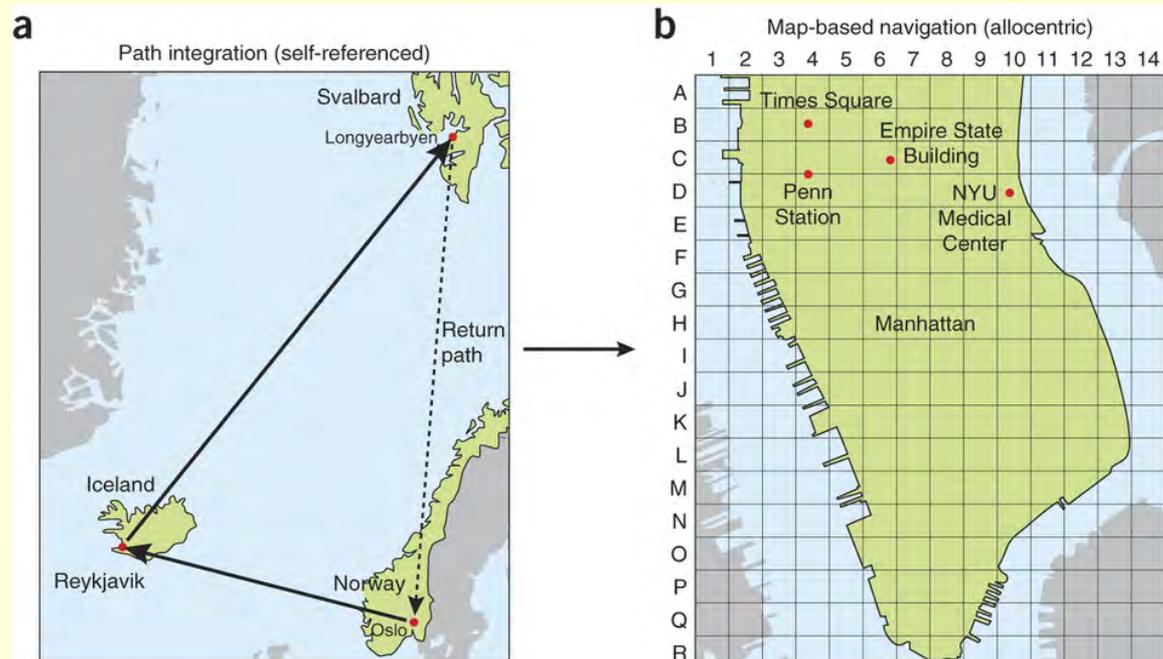
Les auteurs rappellent que pour naviguer dans l'espace, on dispose de **deux mécanismes interreliés** qui fonctionnent normalement ensemble :

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

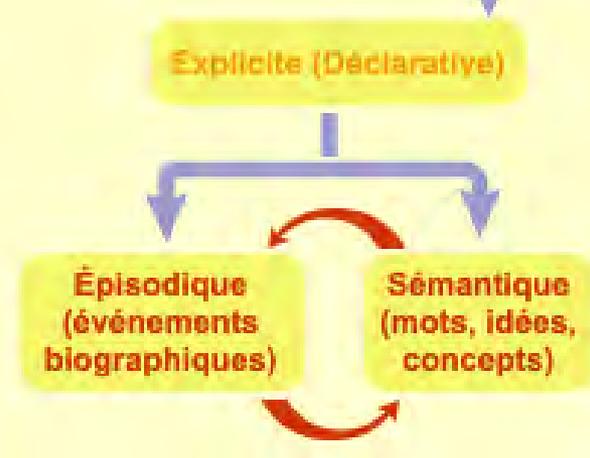
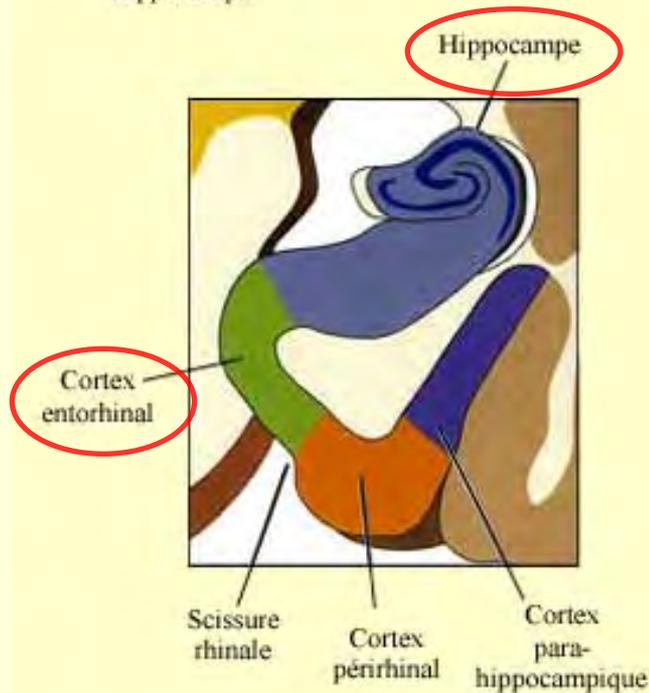
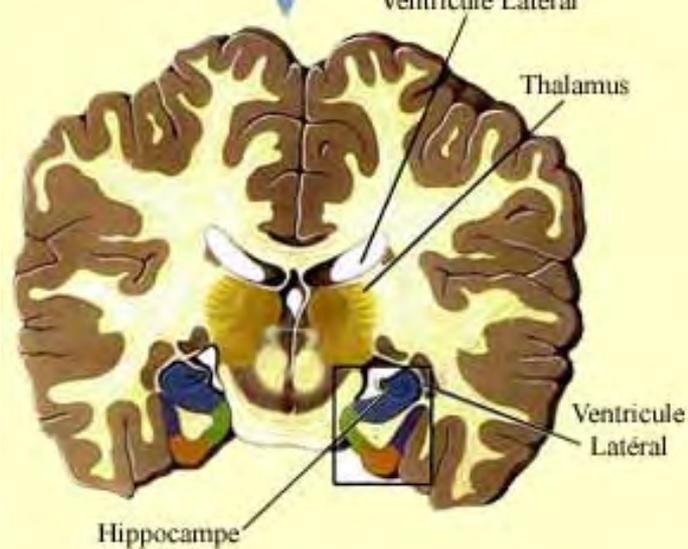
(peu d'indices ou
l'obscurité
favorisant par
exemple le système
egocentrique).



Or les structures
cérébrales
impliquées dans
la navigation
spatiale sont les
même qui sont
impliquées dans
la mémoire
déclarative
humaine,

soit
l'**hippocampe**

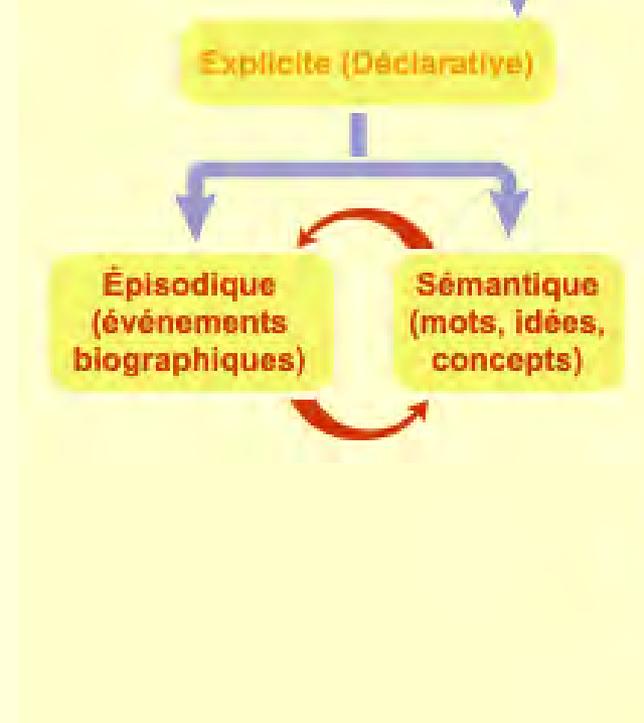
et le **cortex
entorhinal**.



Et comme pour la navigation, la mémoire déclarative prend deux formes distinctes :

la **mémoire sémantique**, celle de nos connaissances sur les choses dans le monde,

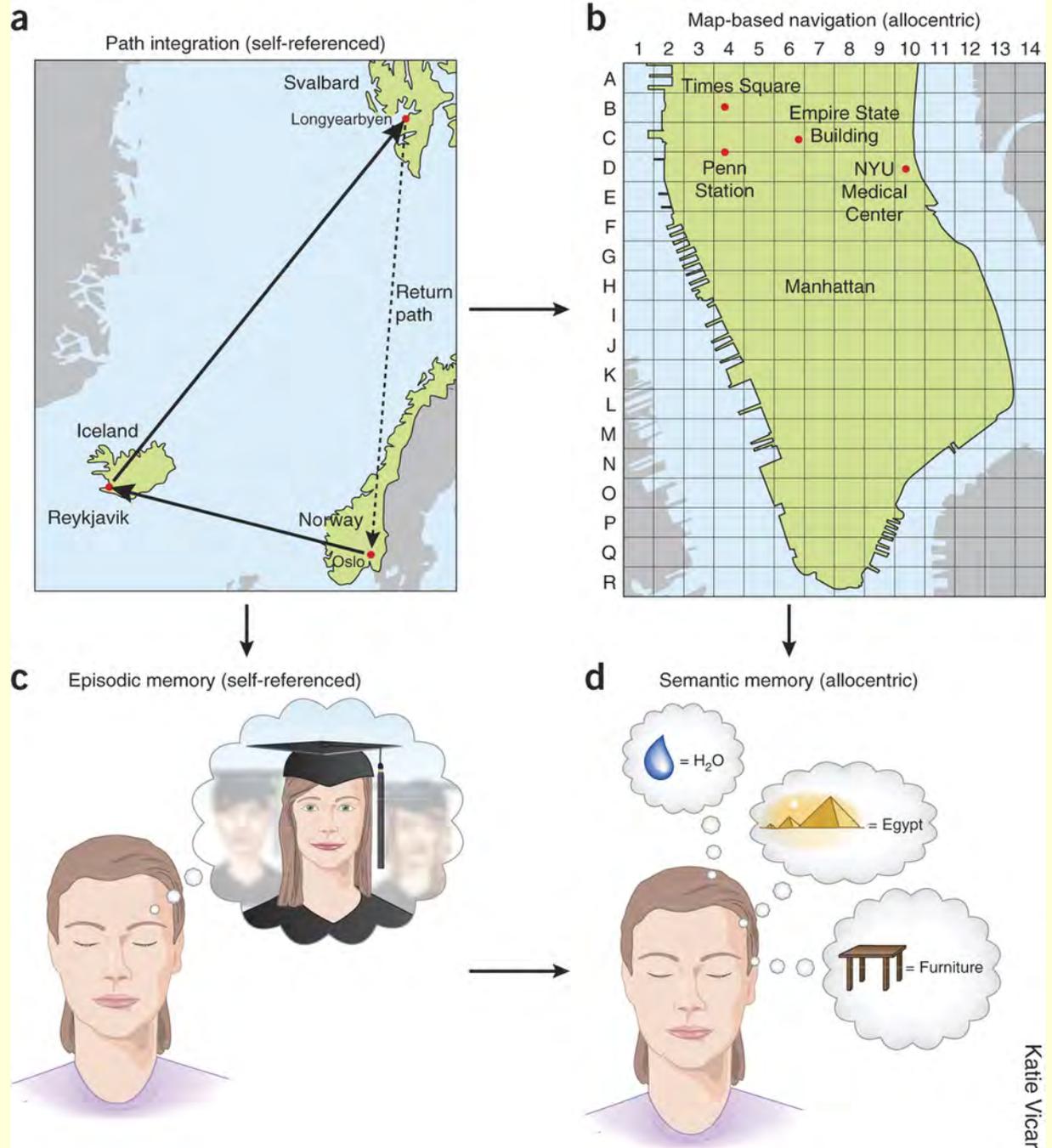
et la **mémoire épisodique**, celle de notre histoire de vie à la première personne.



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

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

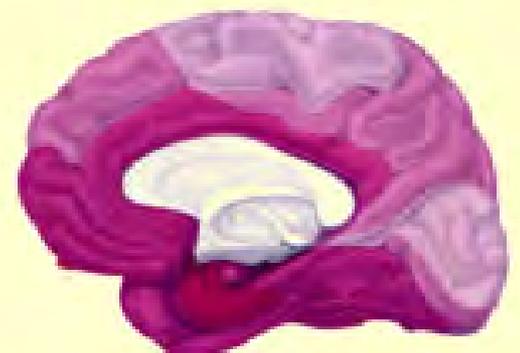
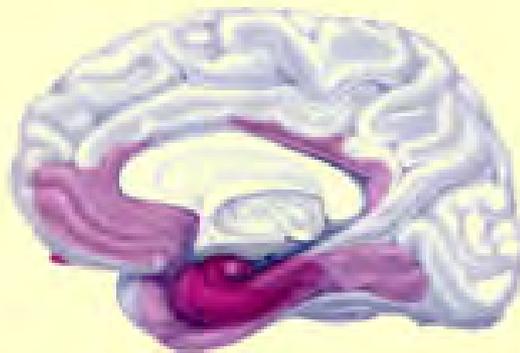
Et les mêmes réseaux de neurones supporteraient les **deux formes de voyage, spatiale et temporelle.**



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

pertes de mémoire

et désorientation.

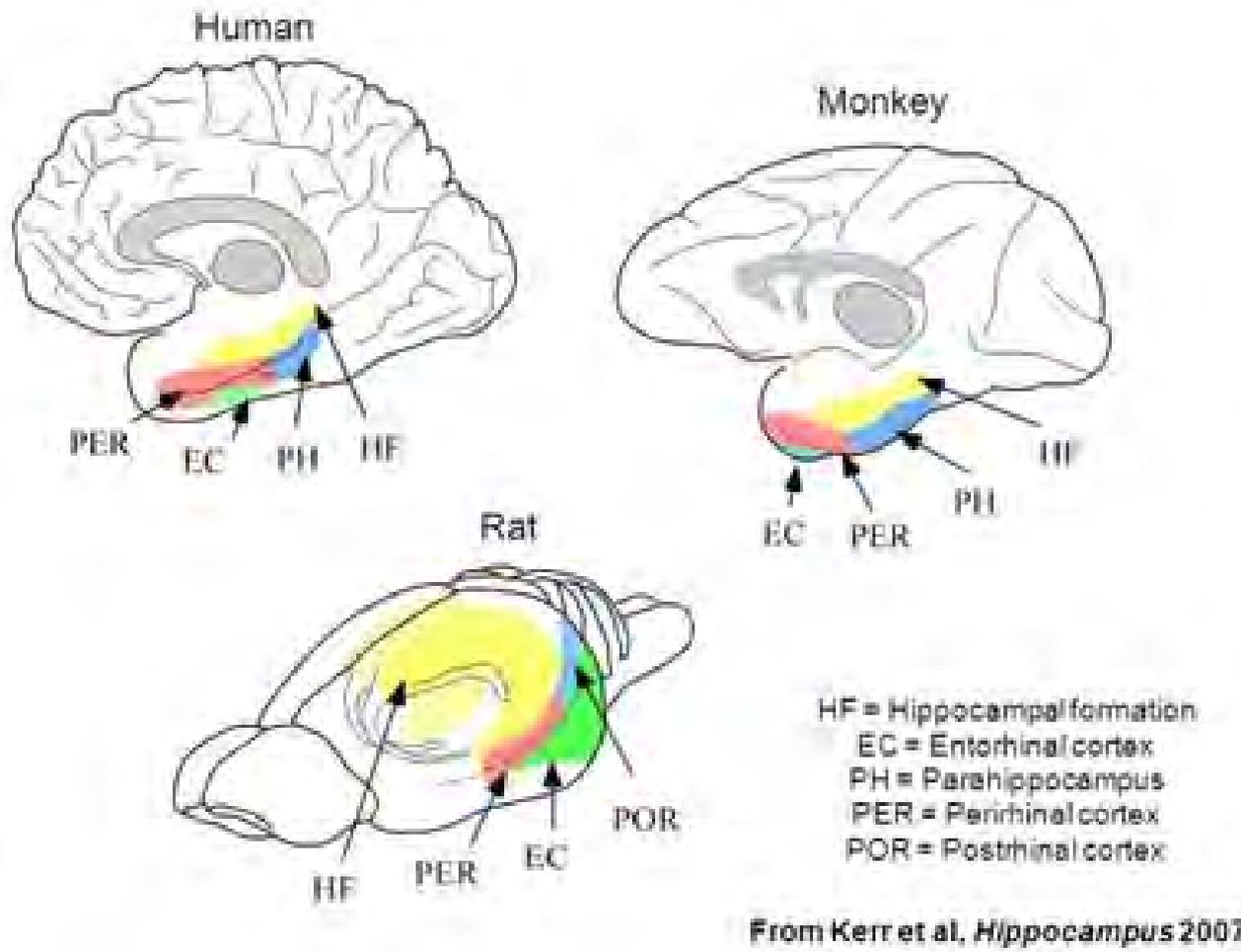


stade léger

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 »

Exemple 5 de recyclage / récupération :

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

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.

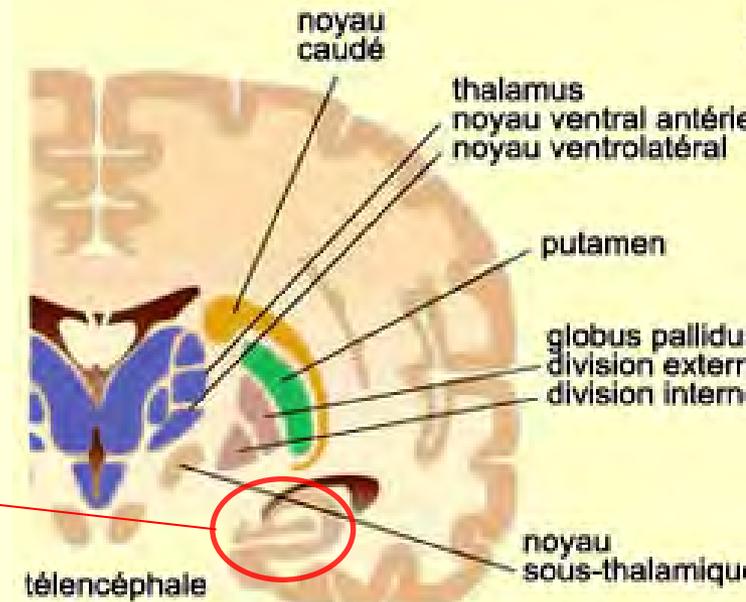
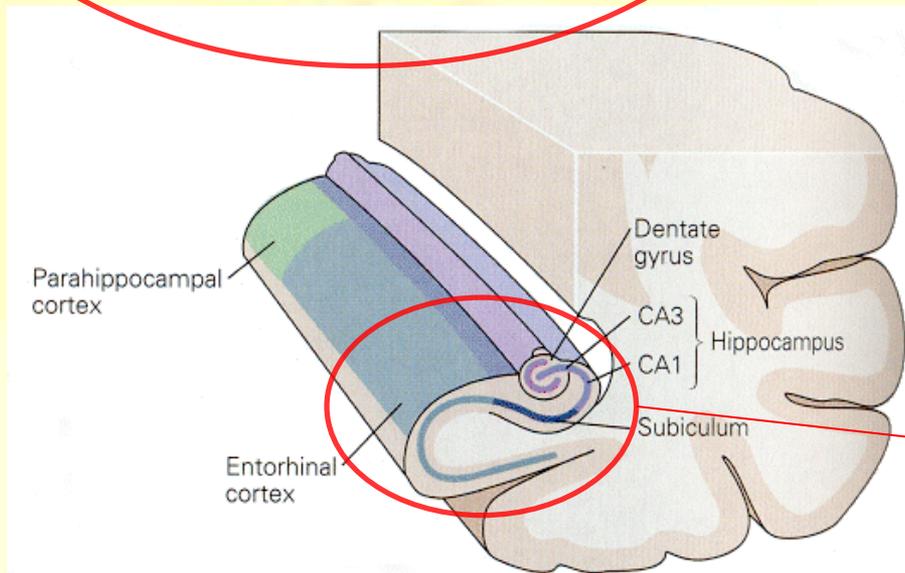
Explicite (Déclarative)

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

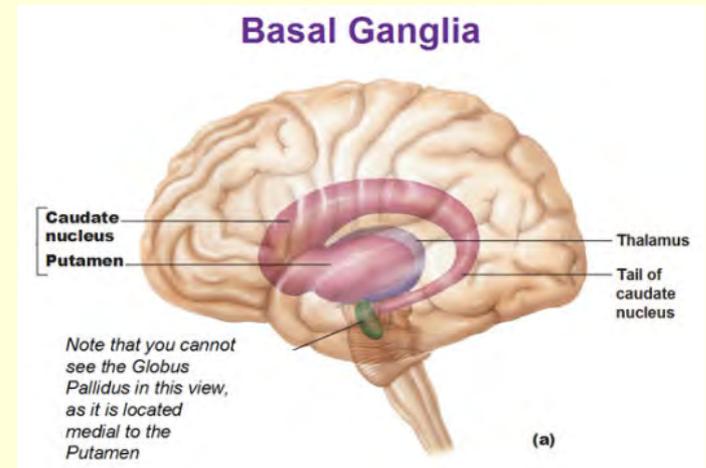
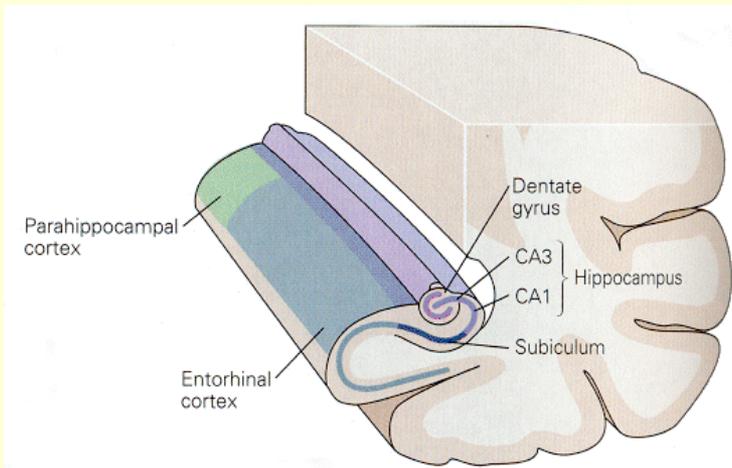
Comme la **mémoire déclarative** est impliquée dans l'apprentissage d'items et d'événements arbitraires en général, elle pourrait fort possiblement être utilisée dans l'apprentissage du **lexique**.

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

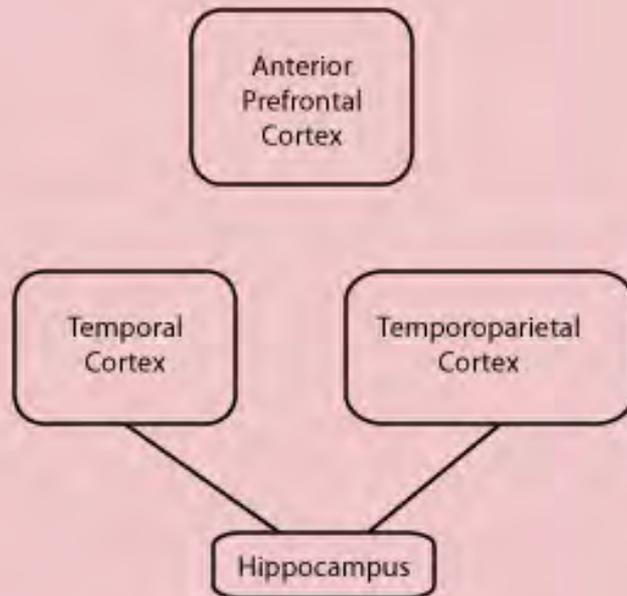
- **Grammaire** : règles, hiérarchies

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 procédurale implique les noyaux gris centraux.

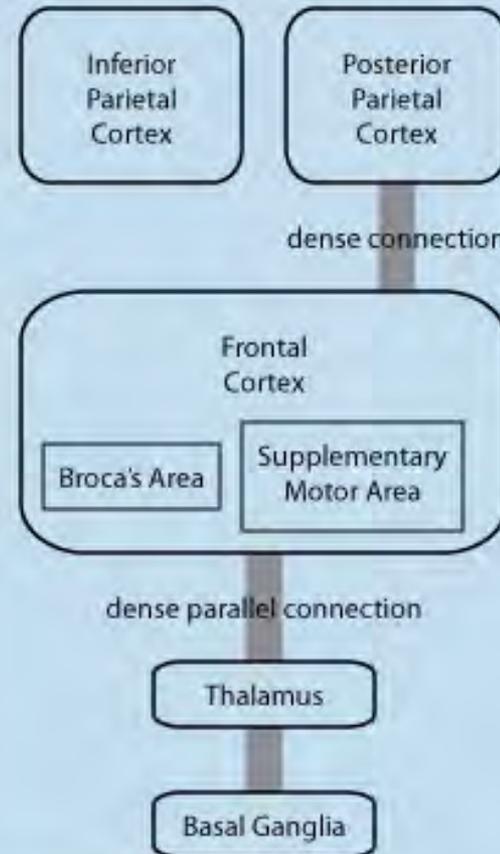


Declarative Memory System (Mental Lexicon)

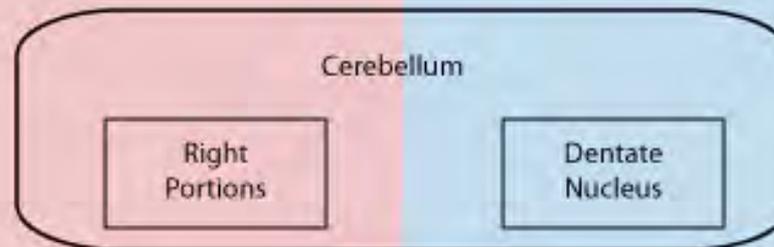


items arbitraires,
« quoi » ?

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).

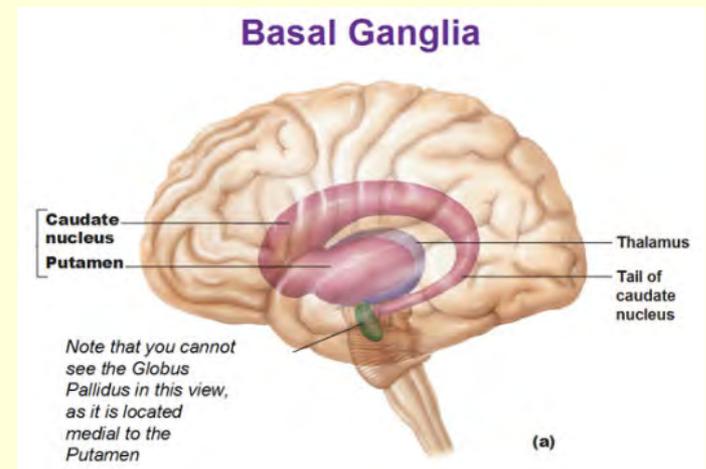
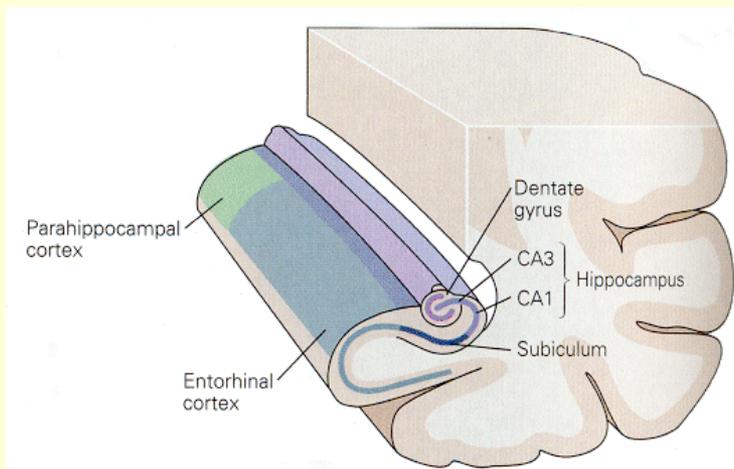
Cependant, ces régions ne semblent pas sollicitées lors de tâches lexicales / sémantiques chez l'adulte

(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

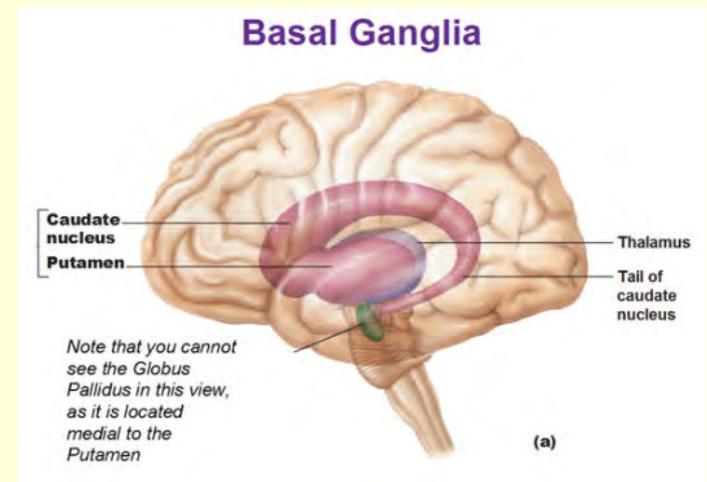
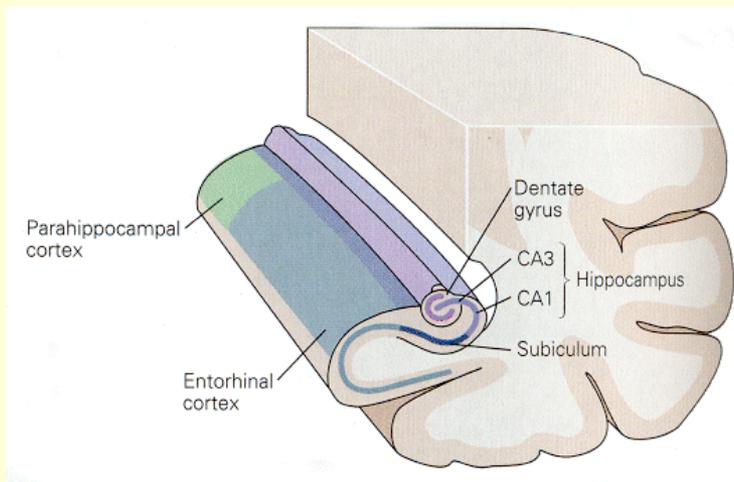
(Lieberman, Chang, Chiao, Bookheimer, & Knowlton, 2004; Ruschemeyer, Fiebach, Kempe, & Friederici, 2005; Ullman, in press).



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:

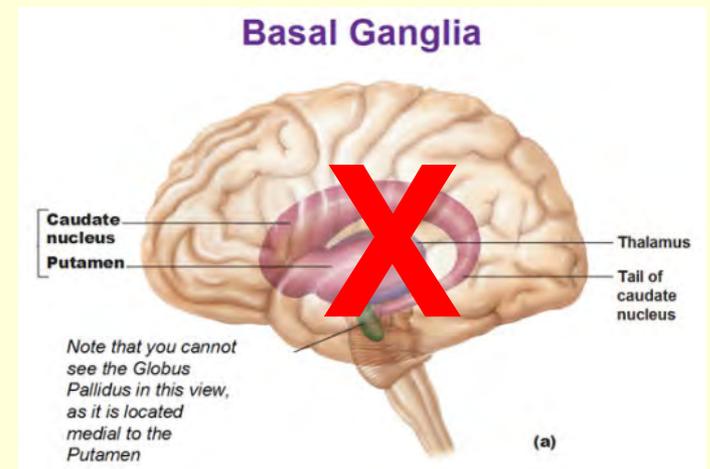
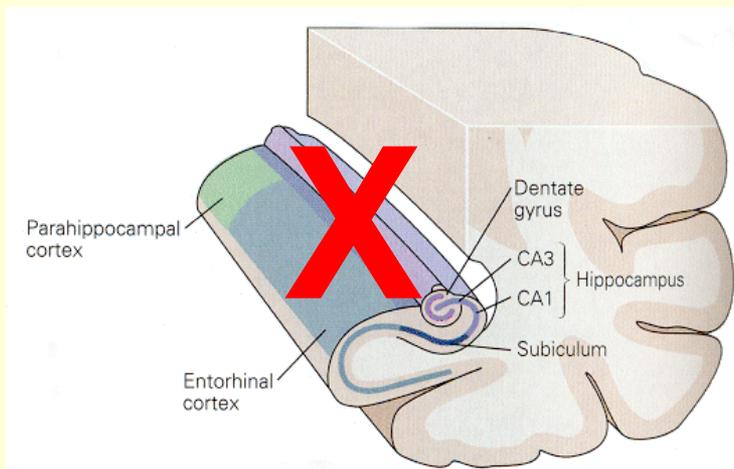
Plus il y a d'attention apportée à des instructions **explicites** (par exemple des règles de grammaire dans les cours de langue seconde), plus l'apprentissage linguistique sera dépendant du système déclaratif.

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).



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

PAUSE

Deux exemples où nos mémoires collaborent (orientation spatiale et langage)

Se souvenir de chaque jour de sa vie;

Les facteurs qui influencent la mémoire;

Trucs mnémotechniques;

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**.



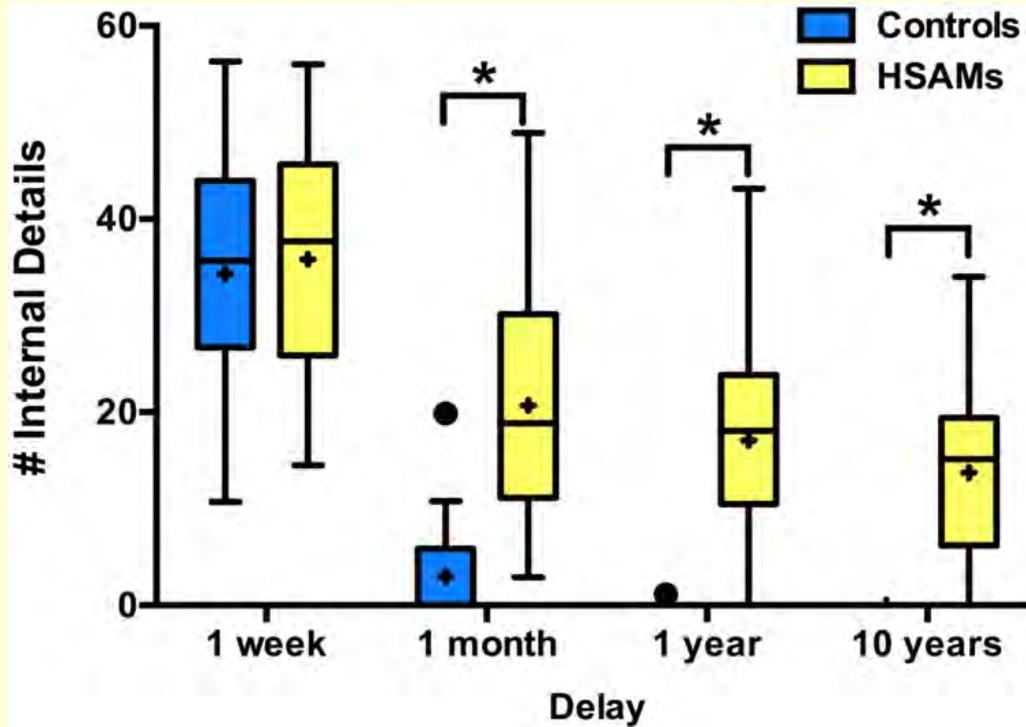
Au moment de la diffusion de l'émission, le 19 décembre 2010, on ne connaissait que 6 cas confirmés (les 5 de l'émission et Jill Price) de ce qui a été renommé **“highly superior autobiographical memory”**, or HSAM. (“Hyperthymesia”, McGaugh said, sounded “like a venereal disease”.)

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.

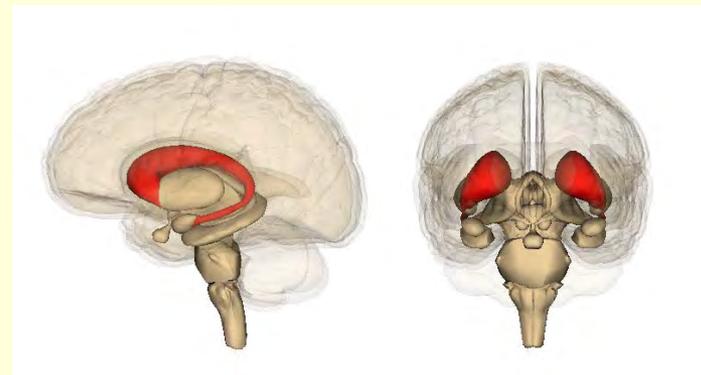
Enfin, presque... puisque les personnes HSAM, outre le fait qu'ils passent beaucoup de temps à penser à leurs souvenirs autobiographiques et à les organiser, semblent avoir des prédispositions à la **compulsion**.

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 !

“Every time they access that memory, it is easier because they have done it before – **repetition** is one of the surest ways to memorise information.”



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

Deux exemples où nos mémoires collaborent (orientation spatiale et langage)

Se souvenir de chaque jour de sa vie;

Les facteurs qui influencent la mémoire;

Trucs mnémotechniques;

Facteurs qui influencent le fonctionnement de notre mémoire :

- 1) On dit que "**L'attention** est le burin de la mémoire".



Le degré de vigilance, d'éveil, de concentration et l'effort conscient de répétition améliore les capacités mnésiques.

Facteurs qui influencent le fonctionnement de notre mémoire :

1) On dit que "**L'attention** est le burin de la mémoire".



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



Apprendre est plus facile lorsque le sujet vous passionne.
On peut avoir des difficultés dans matières scolaires imposées mais des mémoires phénoménales pour les statistiques de notre sport favori.

Facteurs qui influencent le fonctionnement de notre mémoire :

1) On dit que "**L'attention** est le burin de la mémoire".



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



3) 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,



Facteurs qui influencent le fonctionnement de notre mémoire :

4) Le **contexte** (le lieu, l'éclairage, l'odeur, les bruits, etc.) présent lors de la mémorisation s'enregistrent souvent avec les données à mémoriser.

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

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

Le premier devait enfile 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 sous l'eau, et vice-versa, mentionne Steve Masson.

Le **contexte** apporte donc un support à l'activation des connaissances, à la récupération en mémoire.»

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.**

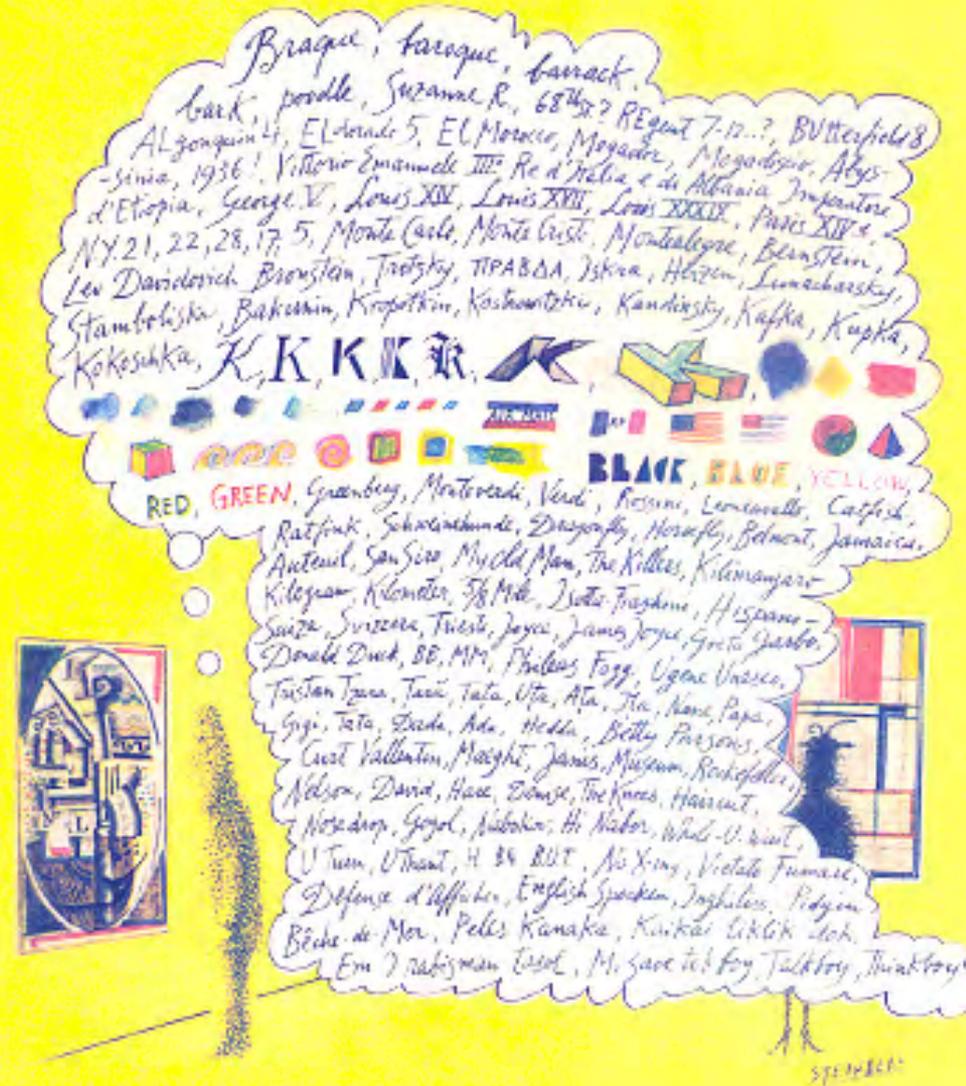
Maintenir son attention sur un objectif particulier malgré le changement de contexte est bien sûr possible, et aussi adaptatif, mais cela nous demande plus de concentration « top down » pour contrecarrer les impératifs « bottom up » du nouvel environnement.

Facteurs qui influencent le fonctionnement de notre mémoire :

Cette forte influence du contexte montre à quel point la mémoire est aussi fondamentalement **associative**:

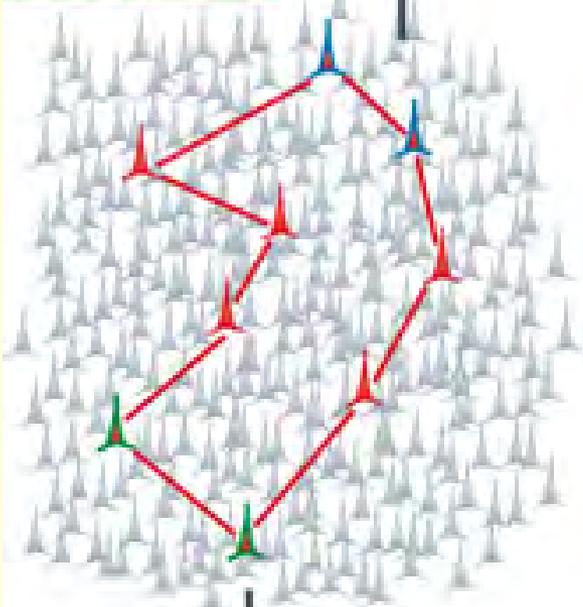
une chose nous en rappelle une autre, qui nous en rappelle une autre, etc.

Par conséquent, si l'on a un trou de mémoire, on peut s'aider en essayant de se rappeler des éléments du contexte, des **"indices de rappel"**.

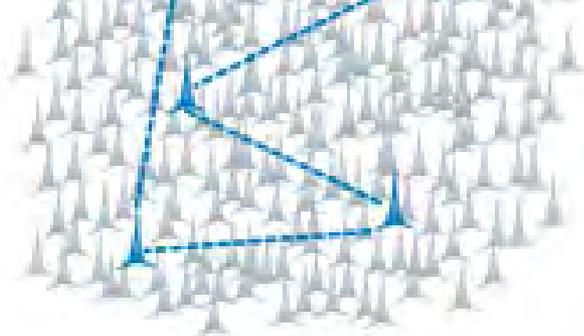




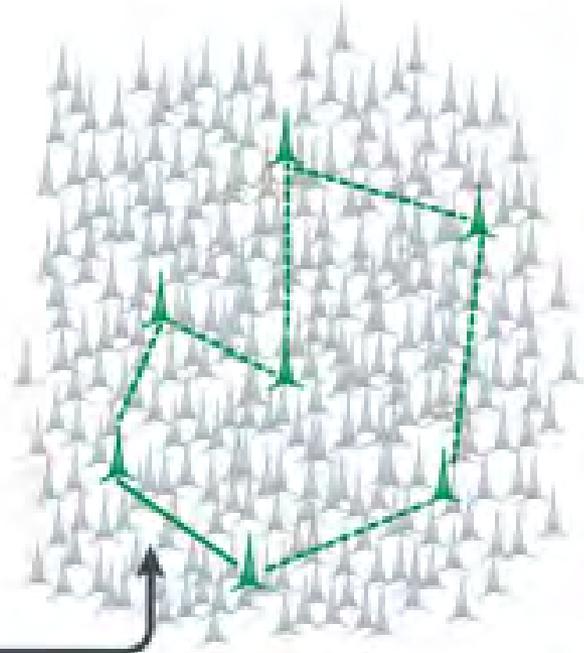
Luke Skywalker

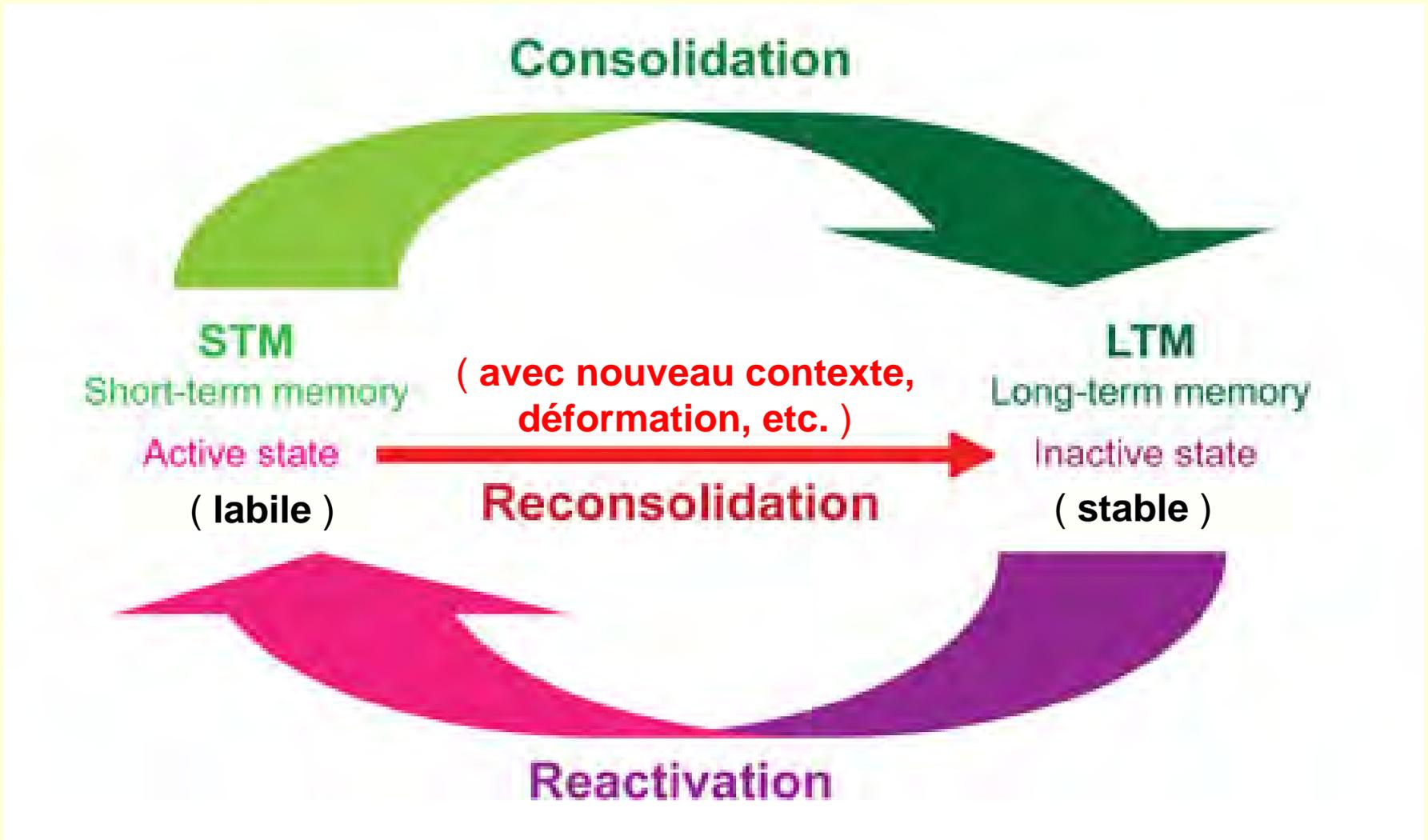


Yoda



Darth Vader





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))

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

Deux exemples où nos mémoires collaborent (orientation spatiale et langage)

Se souvenir de chaque jour de sa vie;
Les facteurs qui influencent la mémoire;

Trucs mnémotechniques;

Trucs mnémotechniques

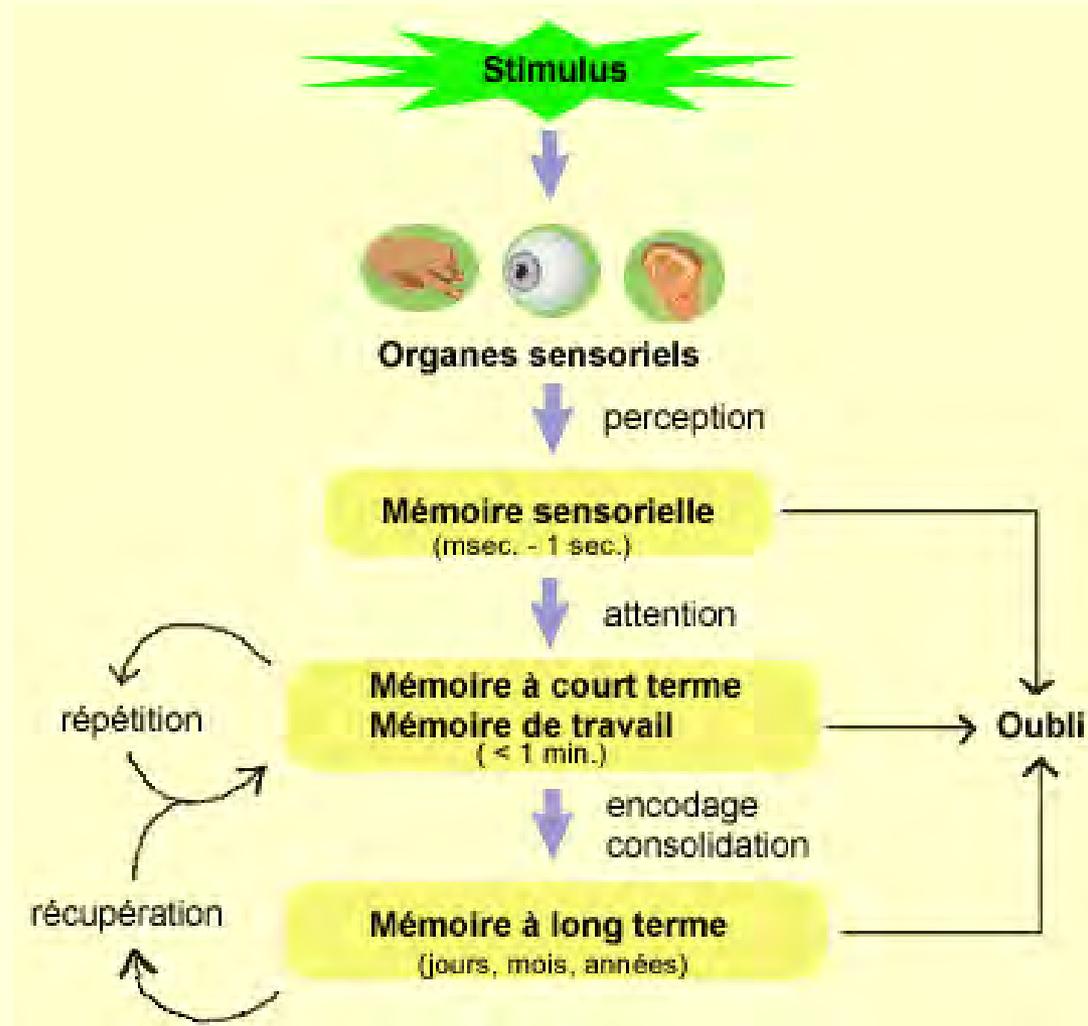
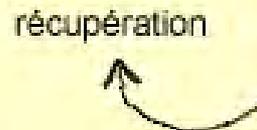
1) Répéter :

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)



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.»

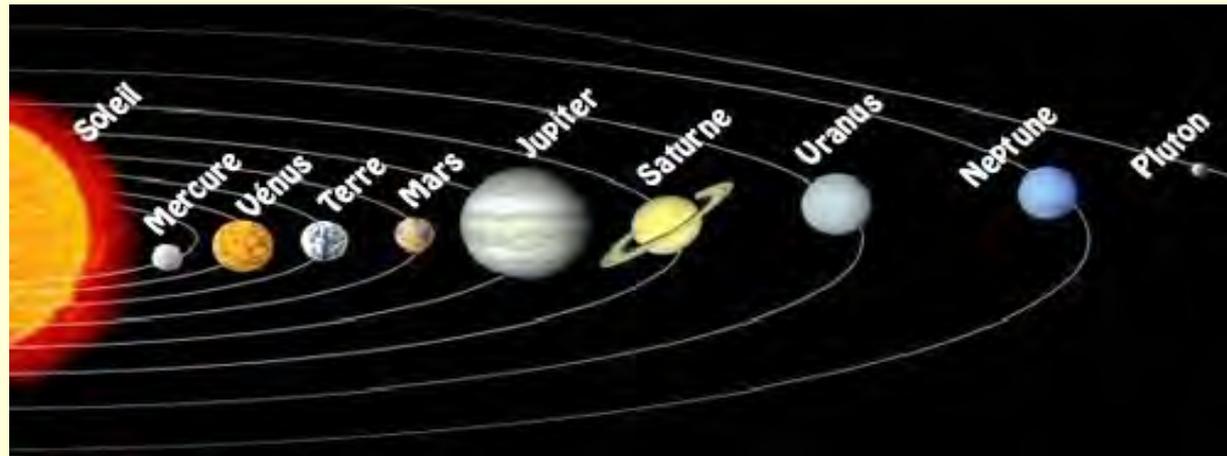
Trucs mnémotechniques

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 Une Nouvelle Planète."

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 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

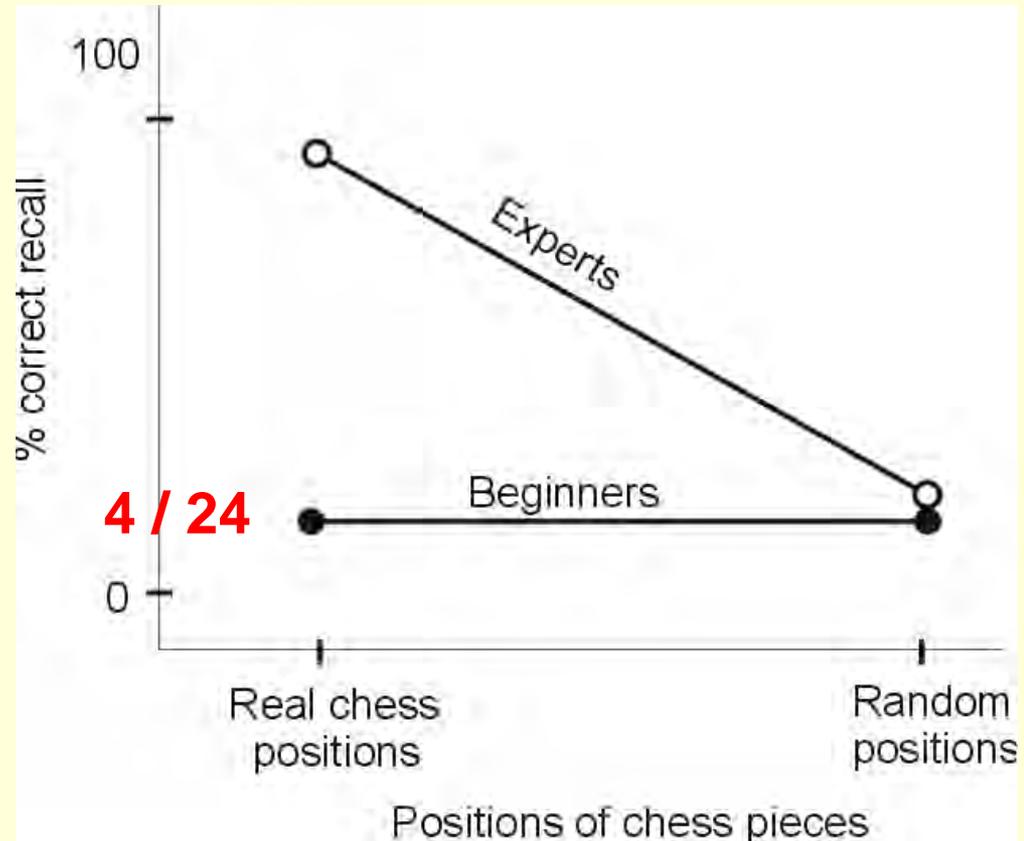
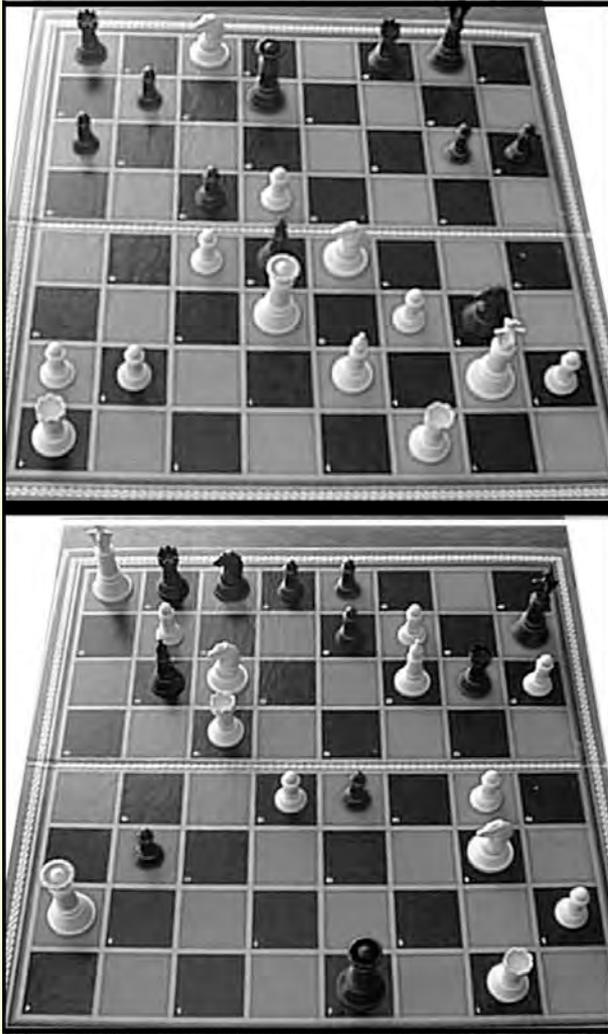


How experts recall chess positions

By Daniel Simons, on February 15th, 2012

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

5 s.



4 / 24

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

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

Méthode est utilisée depuis plus de deux mille ans !

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



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.

«J'associe une **personne** aux deux premiers chiffres, puis une **action** aux deux suivants et ensuite un **objet** pour les trois chiffres qui suivent.

Je construis ainsi des **chaînes «personnage-action-objet»** pour mémoriser les chiffres en séries de sept», explique le nouveau champion américain.

Un exemple concret

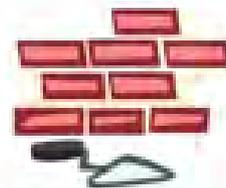
«Aujourd'hui, la première série de la compétition était 6-5-7-4-9-7-9.

Soixante-cinq représente ma serveuse préférée, Ashley, et 74 représente l'action de chevaucher un taureau. J'ai donc visualisé Ashley chevauchant un taureau. Puis 979 représente pour moi une camionnette. Alors, j'ai visualisé **Ashley chevauchant un taureau sur le siège arrière d'une camionnette.**

Cela m'a permis de mémoriser la première série de sept chiffres qui était 6 574 979»

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

Ça vous rappelle quelque chose ?





L'influence de l'âge sur diverses capacités cognitives



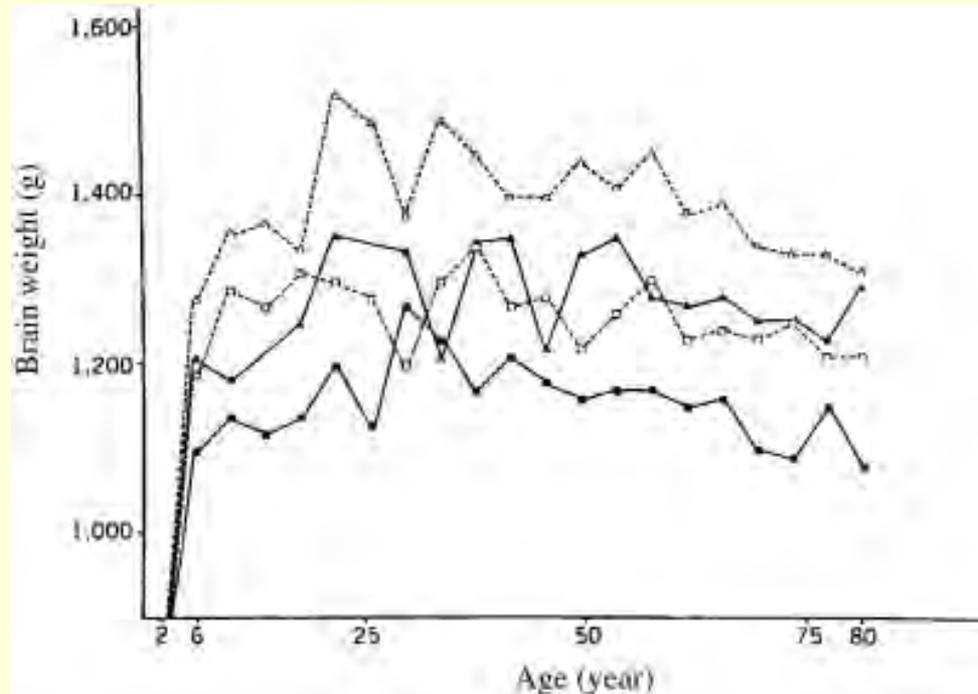
Old age begins at 27 as mental powers start to decline, scientists find

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

(2009)



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.

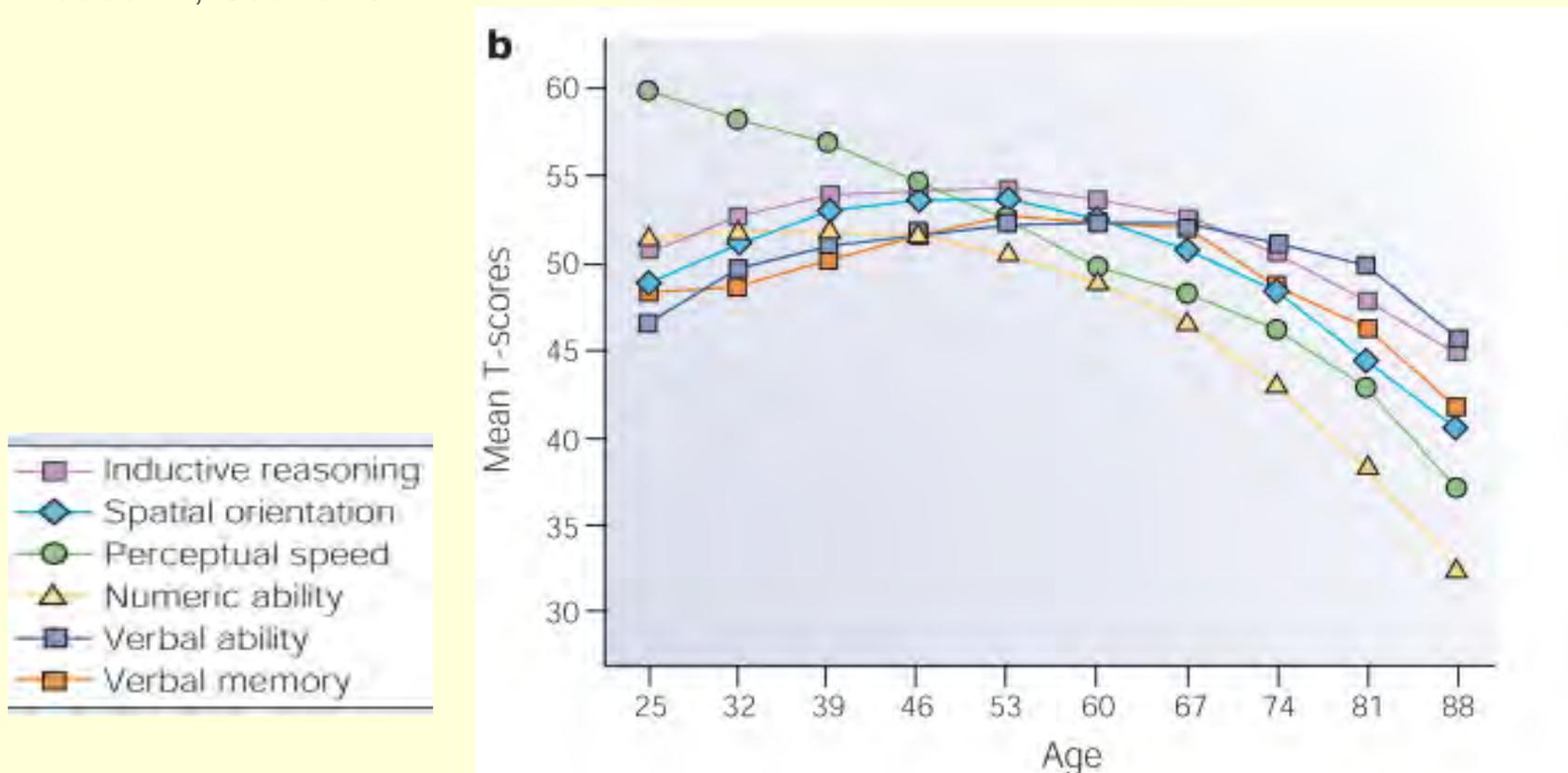
On perd donc environ 108 g de notre 1450 g initial pour descendre à 1342 g.

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.

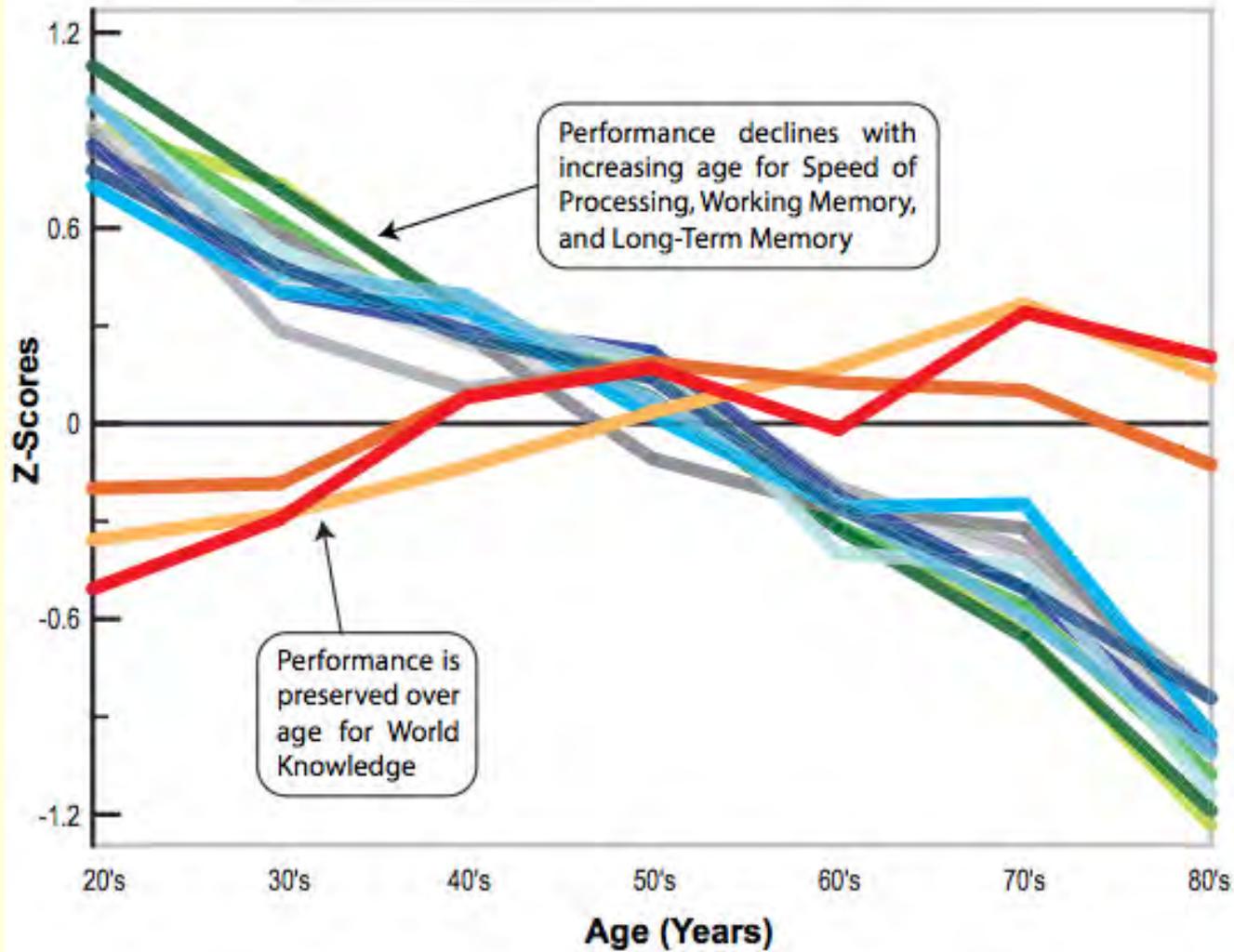
Insights into the ageing mind: a view from cognitive neuroscience.

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).



Jusqu'où peut aller la plasticité cérébrale ?

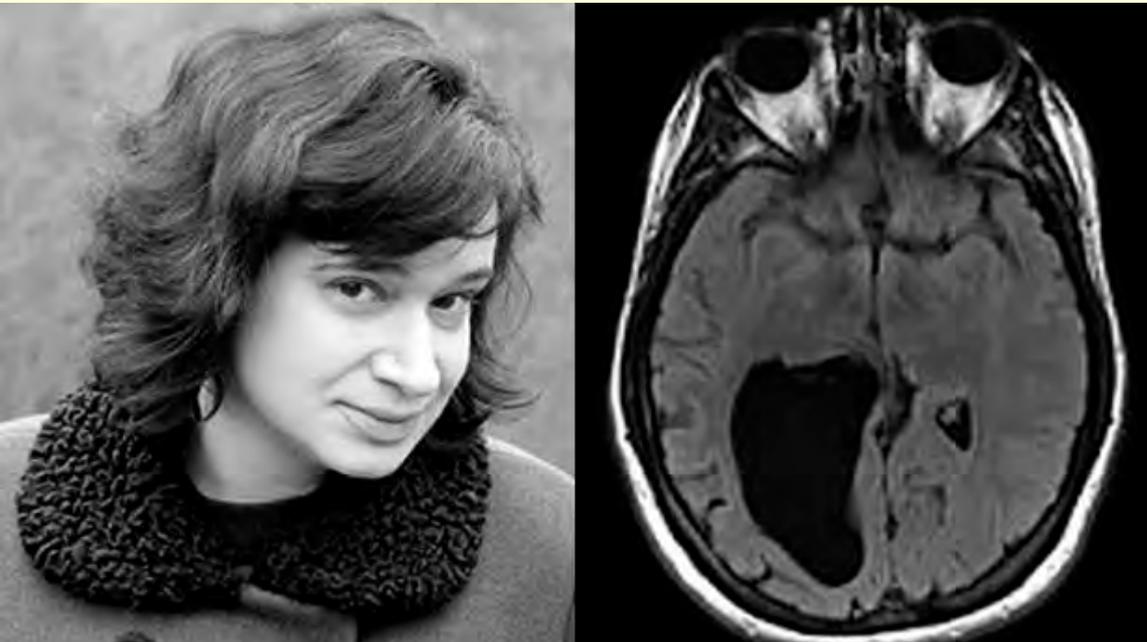
The woman with a lemon-sized hole in her brain

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

May 21, 2015

Cole Cohen grew up never knowing why she couldn't understand time or space. She wasn't able to read an analog clock, judge how fast a car was coming down the street, or figure out how long to hug someone.

Doctors repeatedly misdiagnosed and treated her for a number of learning disabilities, including ADD/ADHD and dyslexia. Finally, when she was 26, an occupational therapist suggested Cohen get an MRI.



The results were astounding: she had a hole in her brain the size of a lemon. Filled with spinal and brain fluid, the hole, doctors explained, was where the parietal lobe would have been. That's the part of the brain that controls spatial sense, number comprehension, sensory information and navigation.

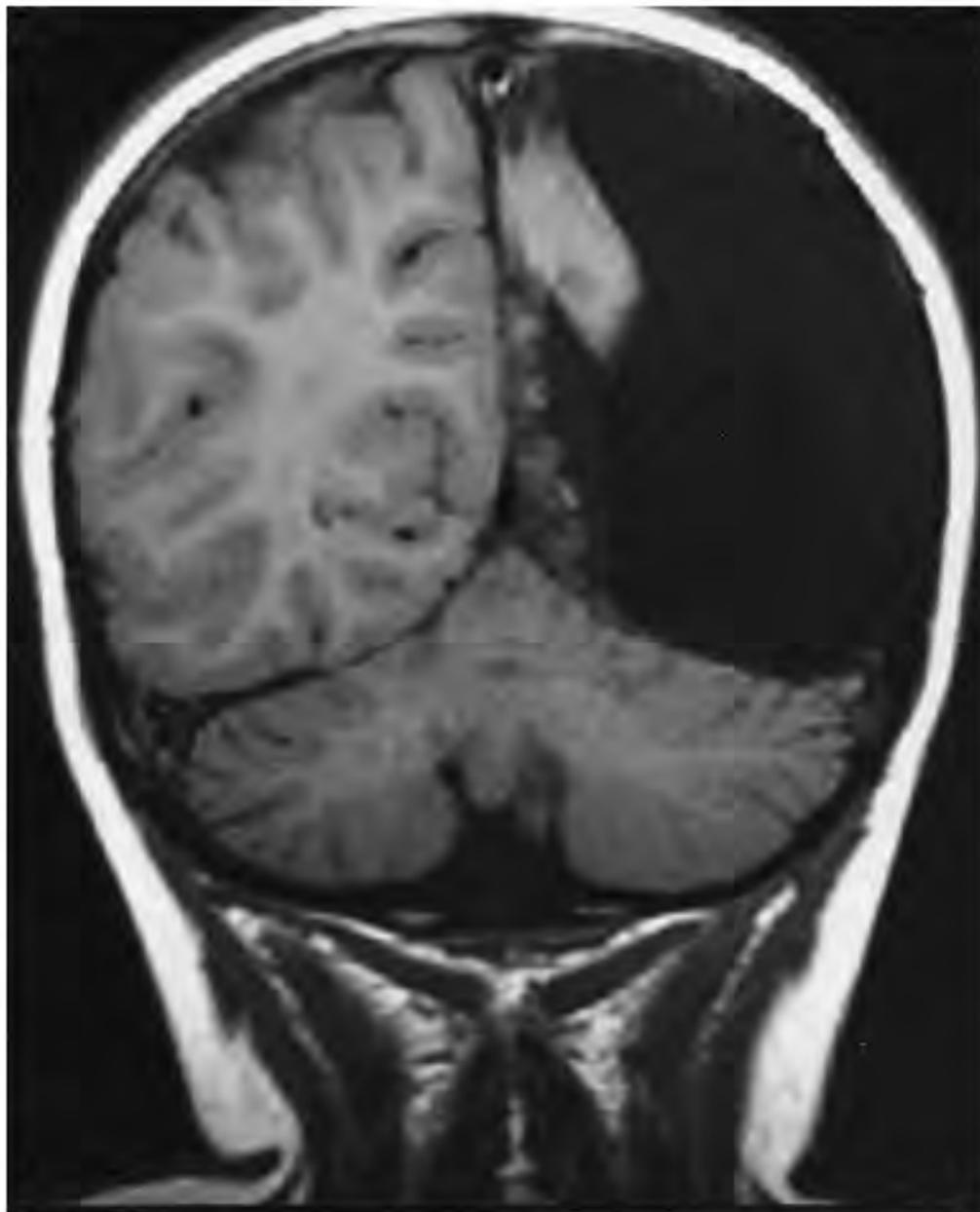
Clinical picture

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.



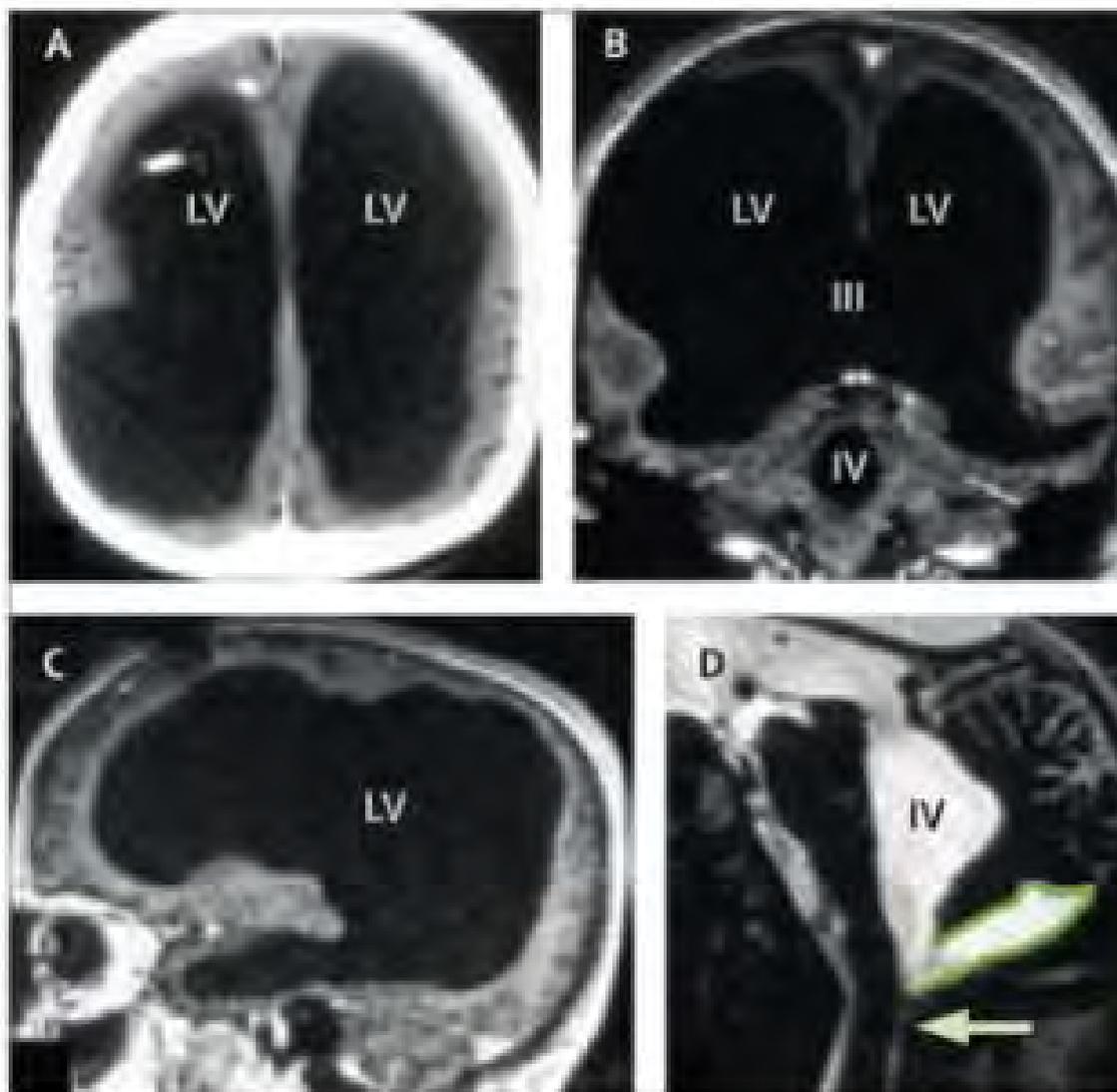


Figure: Massive ventricular enlargement, in a patient with normal social functioning

(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).