

Jeudi 11 juin

Séance 1 : ~~Du Big Bang aux sociétés humaines,
en passant par l'évolution des systèmes nerveux~~

Séance 2 : ~~Ancienne et nouvelle « grammaire » de la communication neuronale~~

[dîner]

Séance 3 : Nos mémoires

Séance 4 : Cartographier notre connectome

Vendredi 12 juin

Séance 5 : Des réseaux qui oscillent à l'échelle du cerveau

Séance 6 : Les « fonctions supérieures »

[dîner]

Séance 7 : Le corps-cerveau-environnement

Séance 8 : Vers une « neuropédagogie » ?

Jeudi 11 juin

Séance 3 : Nos mémoires

Évolution des différents types de mémoire;

Structures cérébrales associées;

Le cas du patient H.M.;

Mémoire spatiale et déclarative;

Quelle coïncidence : la STDP;

Neurogenèse;

Se souvenir de chaque jour de sa vie;

Les facteurs qui influencent la mémoire;

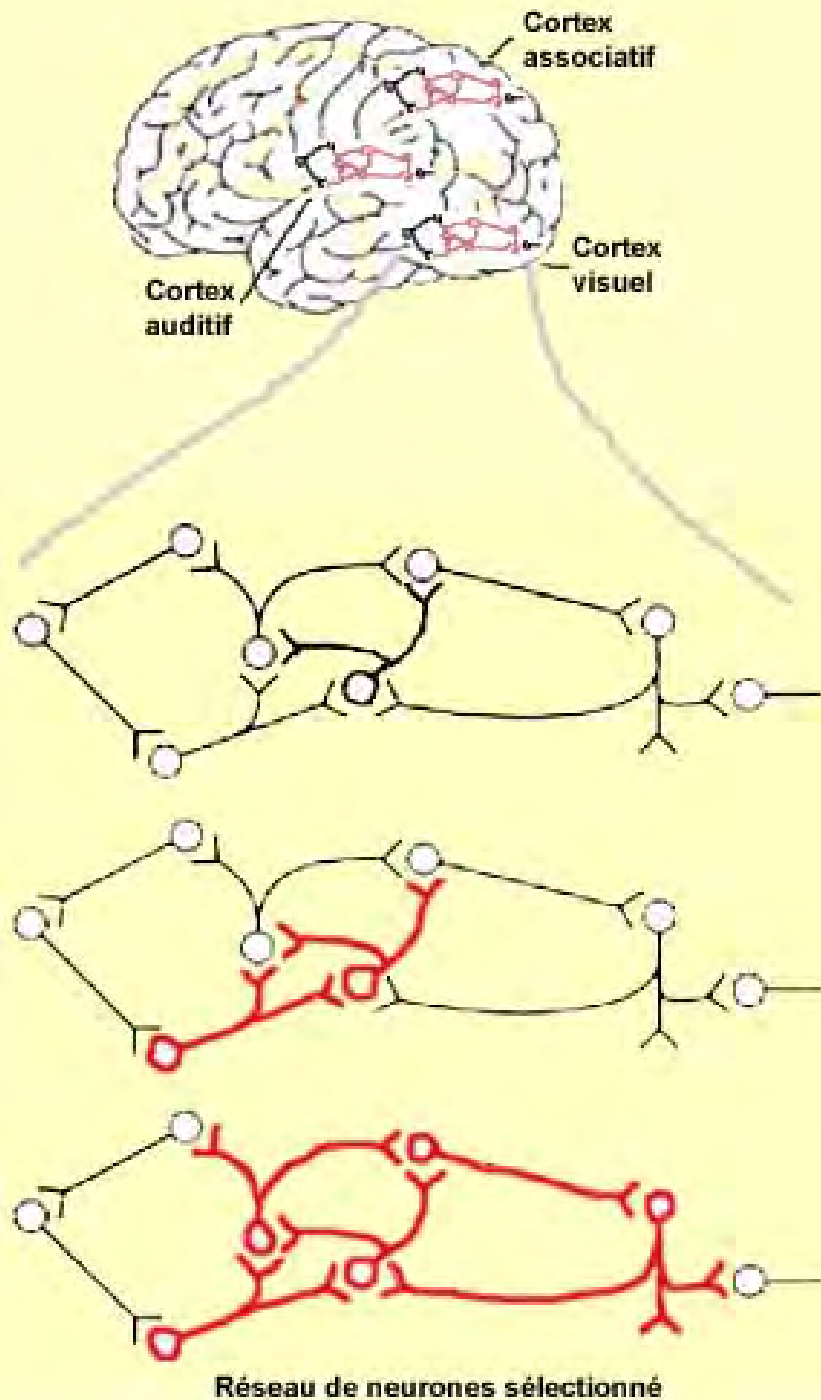
Trucs mnémotechniques;

Jusqu'où peut aller la plasticité cérébrale ?

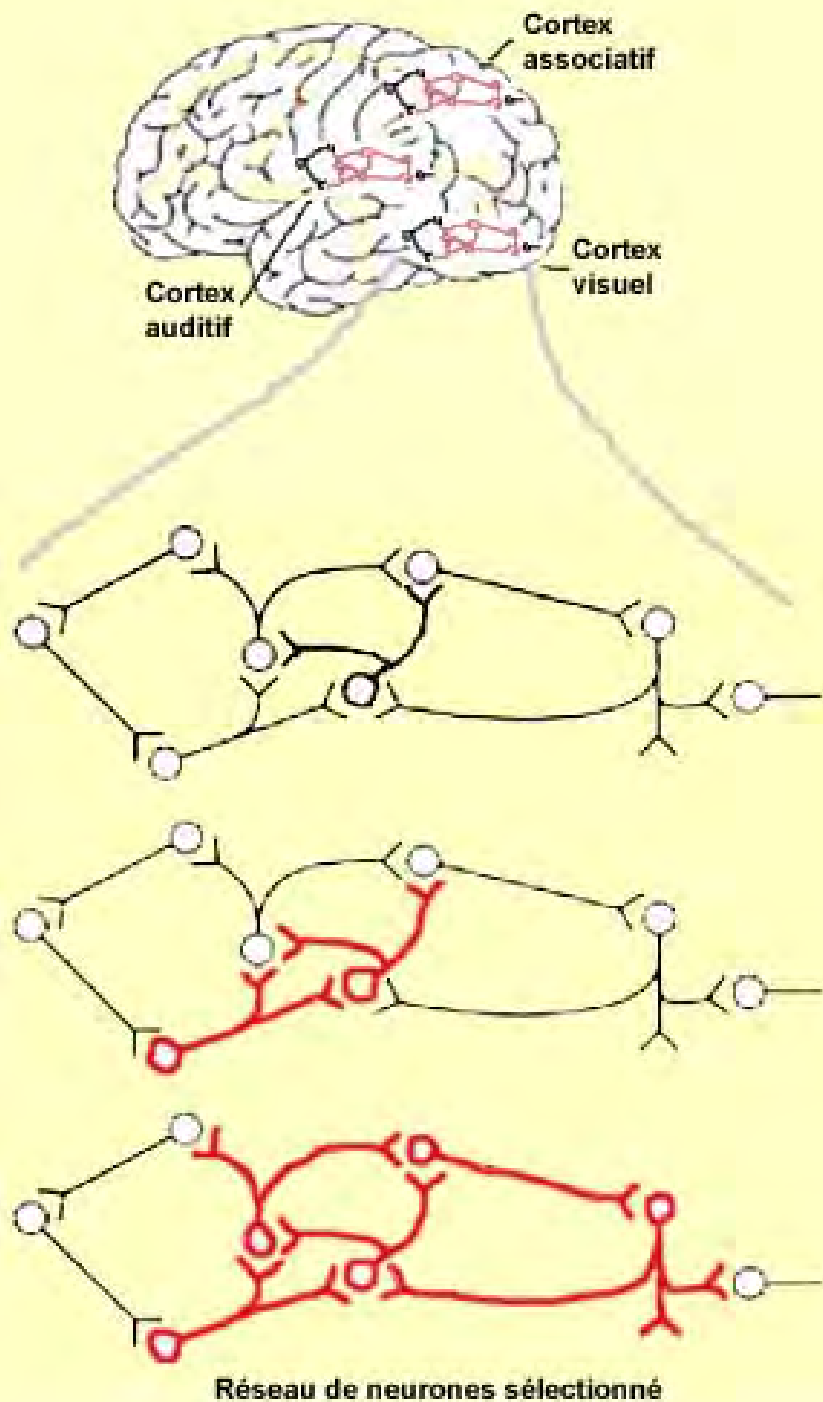


Quand on étudie,
quand on s'entraîne,

bref quand on **apprend...**

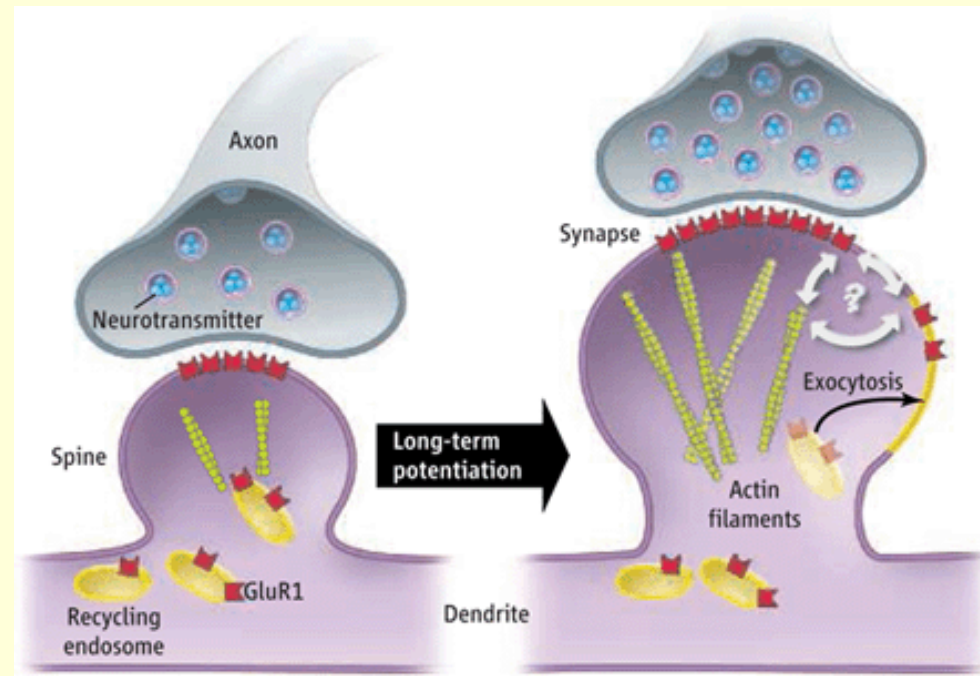


...on renforce des connexions pour former des groupes de neurones qui vont devenir **habitués** à travailler ensemble.

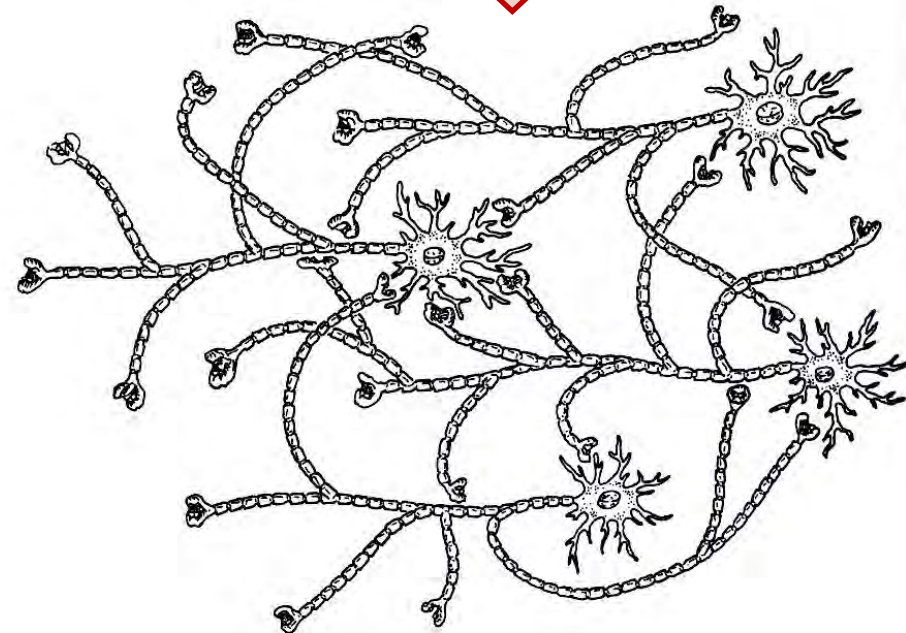
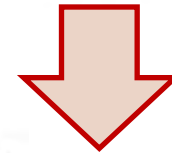
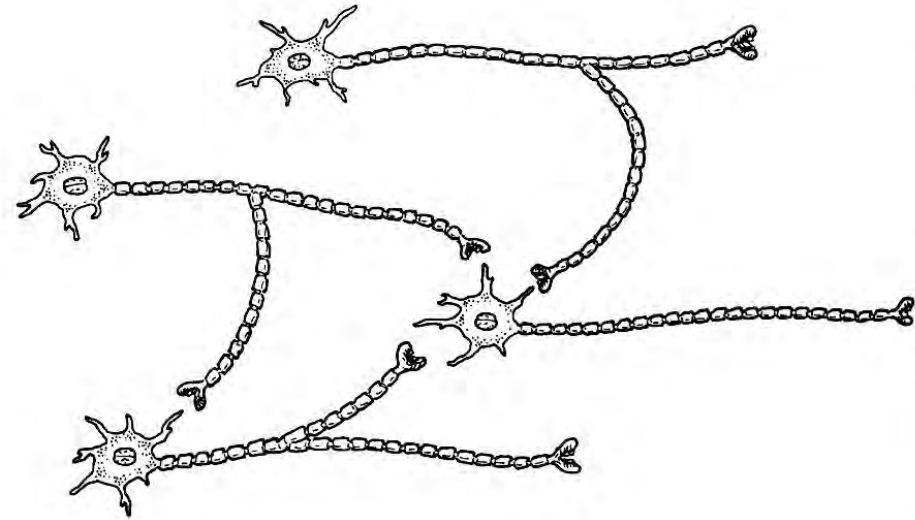


Comment ?

Grâce aux synapses qui se renforcent !

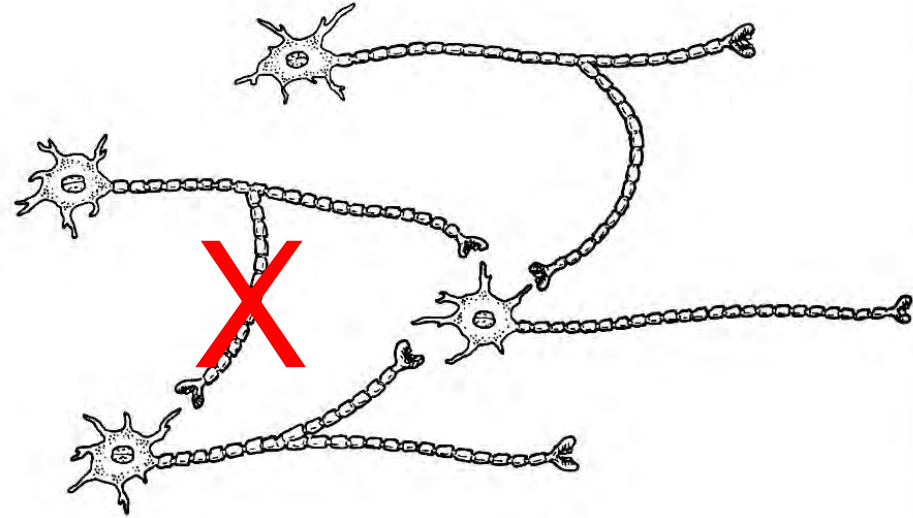


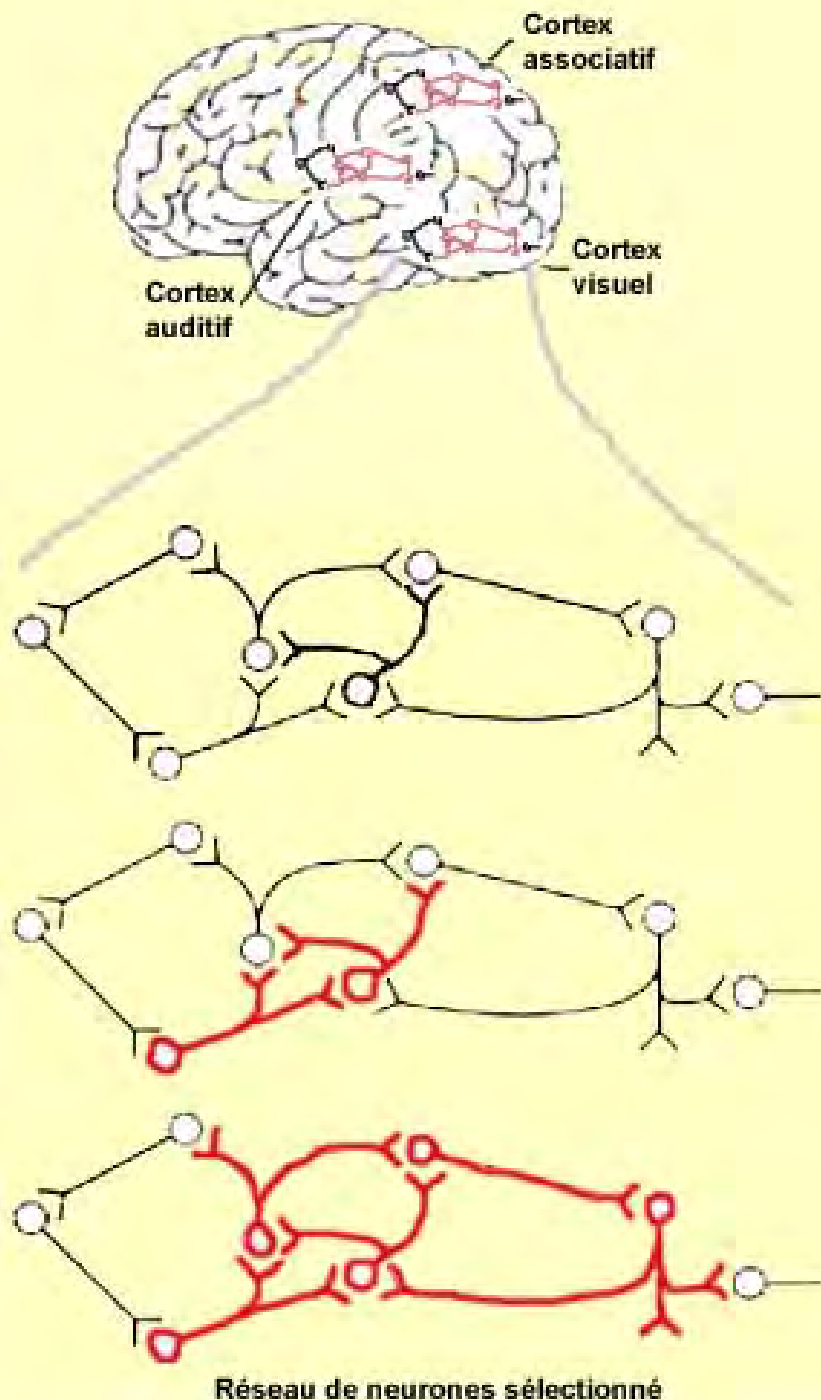
Ou encore : on crée de nouvelles connexions.



Ou encore : on crée de nouvelles connexions.

Ou on en élimine certaines.





La structure de ce réseau est donc extrêmement **plastique**,

elle peut se modifier elle-même;

Et c'est la base de notre **mémoire**.

En ce moment par exemple, votre cerveau est en train de modifier sa structure...

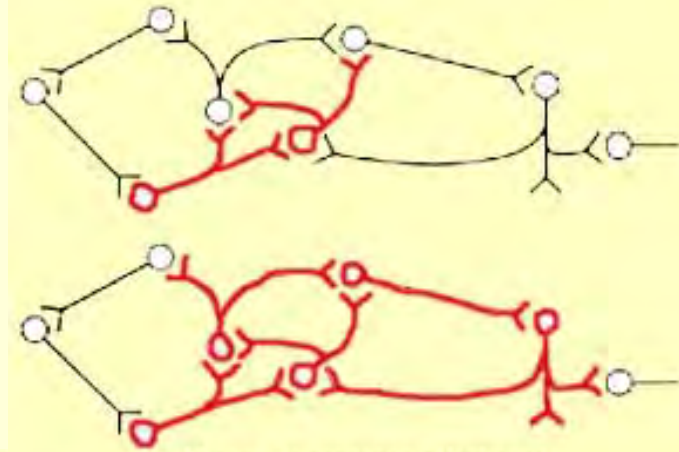


Neuromythe à oublier



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

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



Réseau de neurones sélectionné



Analogie intéressante

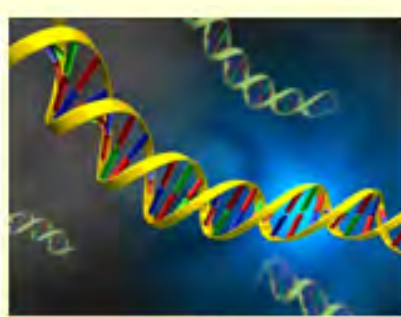


par **Jean-Claude Ameisen**
le samedi de 11h05 à 12h

sur les épaules de Darwin
«Vivre ensemble»



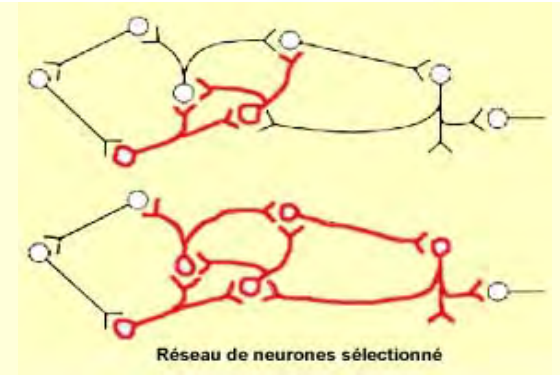
Podcast



Plans généraux
du système nerveux
provenant de nos gènes



Analogie intéressante



les **traces** qui se sont accumulées durant l'évolution (les mutations dans l'ADN) ont fait **diverger** les espèces;

les **traces** que laissent les expériences de notre vie dans notre système nerveux (circuits de neurones renforcés) nous font **diverger** de qui l'on était auparavant.

Pourquoi en est-il ainsi ?

Comment ces traces nous permettent-elles
d'apprendre ?

Comment sont-elles à l'origine de
différents systèmes de mémoire ?

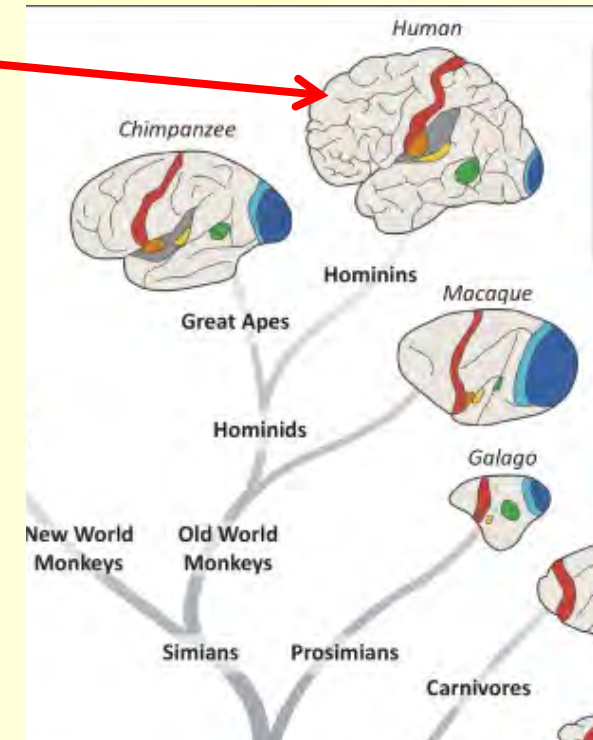
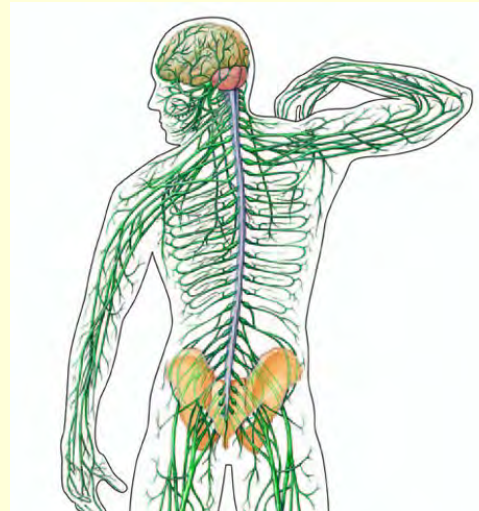
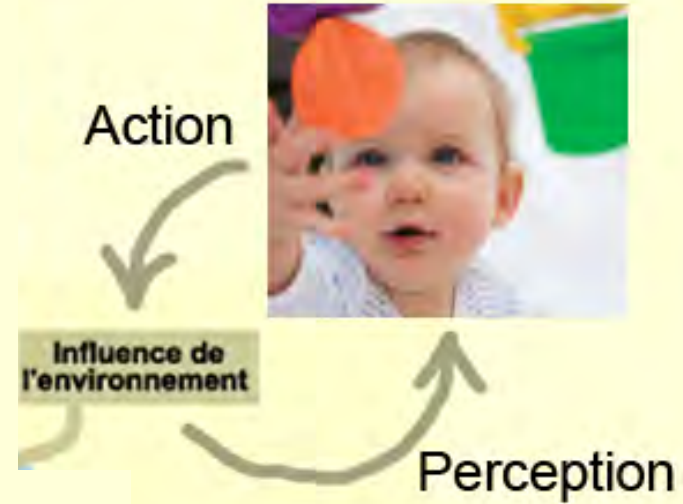
Encore une fois,
une perspective évolutive
est nécessaire...

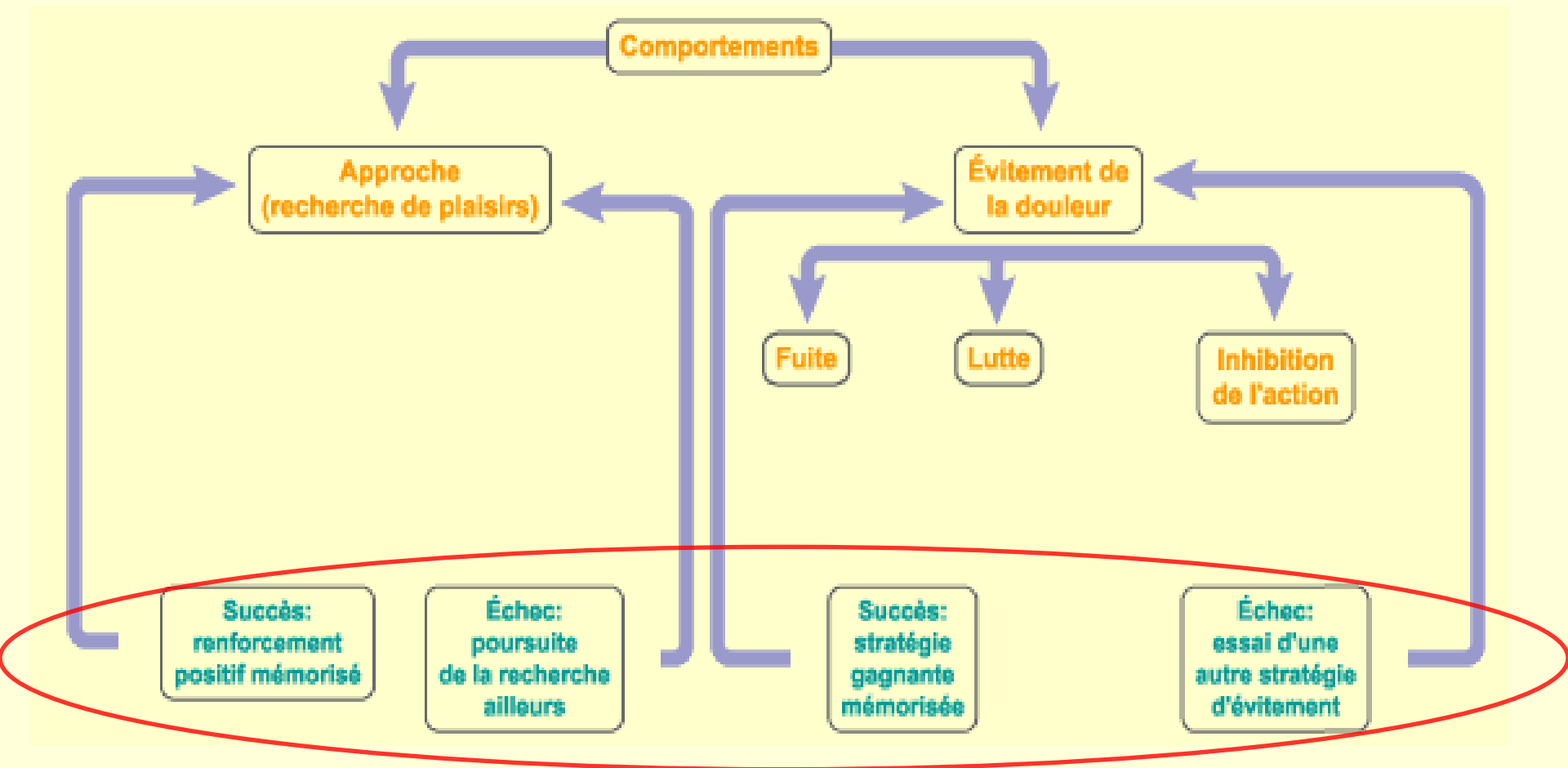
Que faisons-nous ?

...avec cette boucle sensori-motrice ,

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

bref avec ce système nerveux
d'un être humain



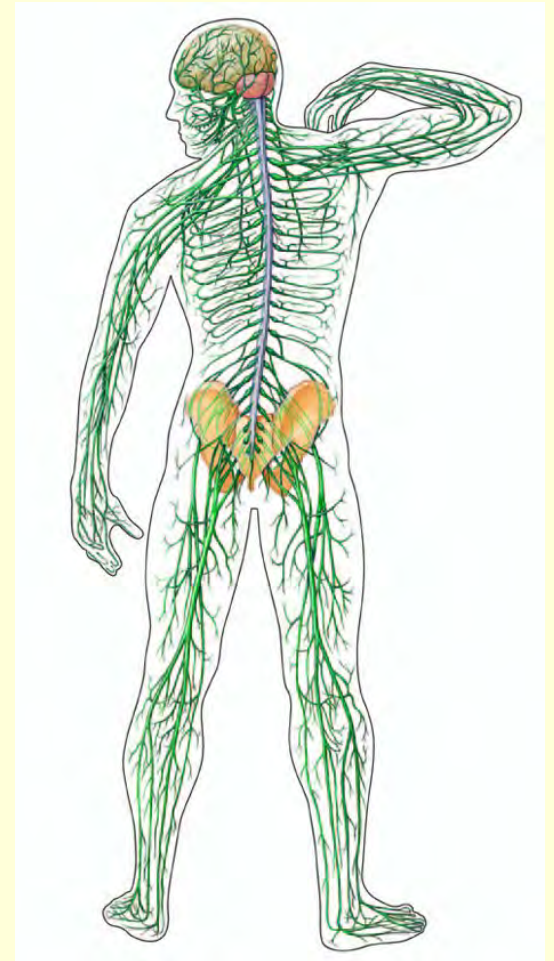


Apprentissage et mémoire

« 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



L'apprentissage

est le renforcement ou la création d'une réponse comportementale à un stimulus provenant d'un entraînement.

Combien d'entraînement ?

Parfois beaucoup, comme pour apprendre à conduire une voiture.

Parfois un seul essai, comme pour l'évitement d'un stimulus douloureux.



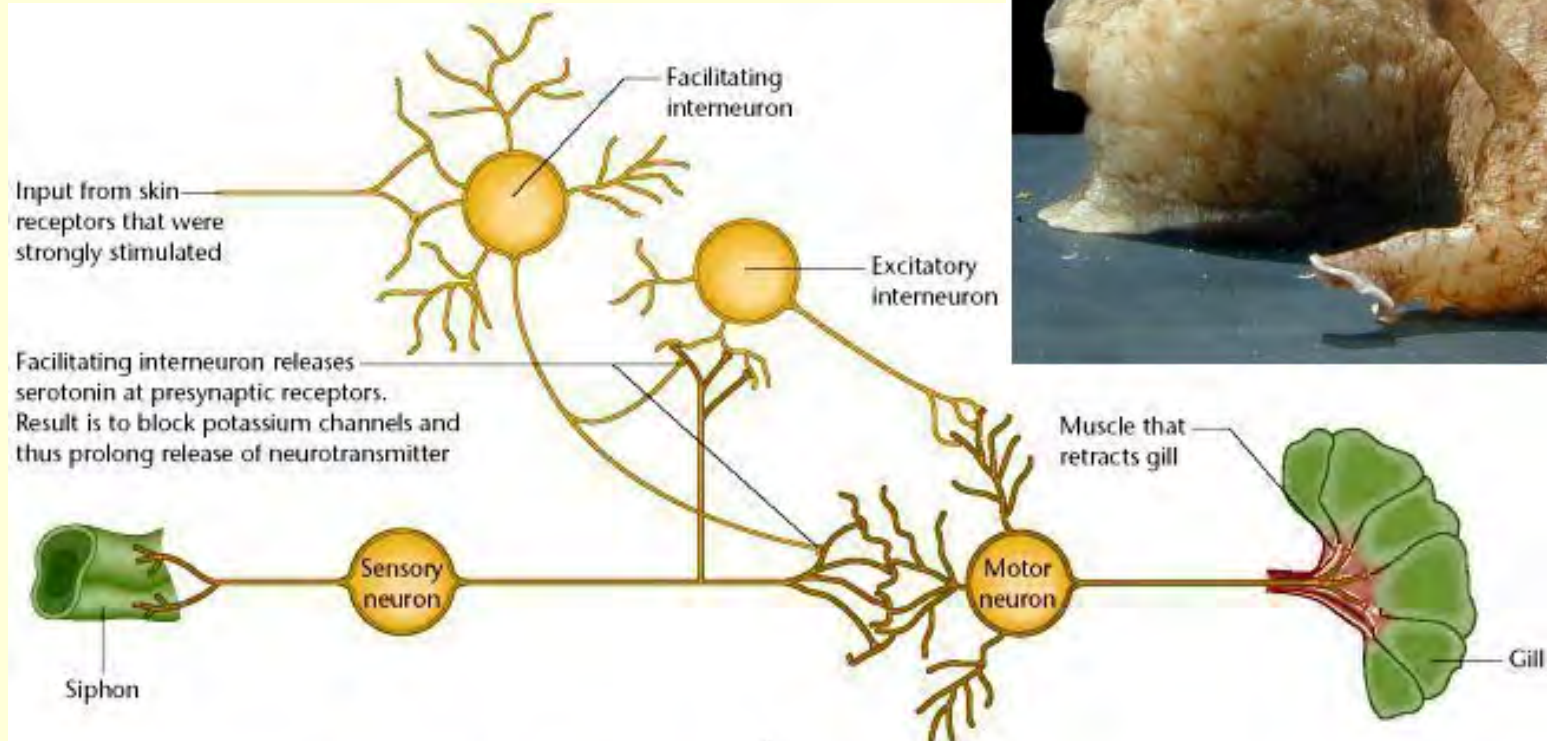
La **mémoire** est un processus par lequel ces connaissances sur le monde sont encodées, emmagasinées et, plus tard, rappelées.

Ces connaissances peuvent très bien être encodées et rappelées de manière inconsciente.

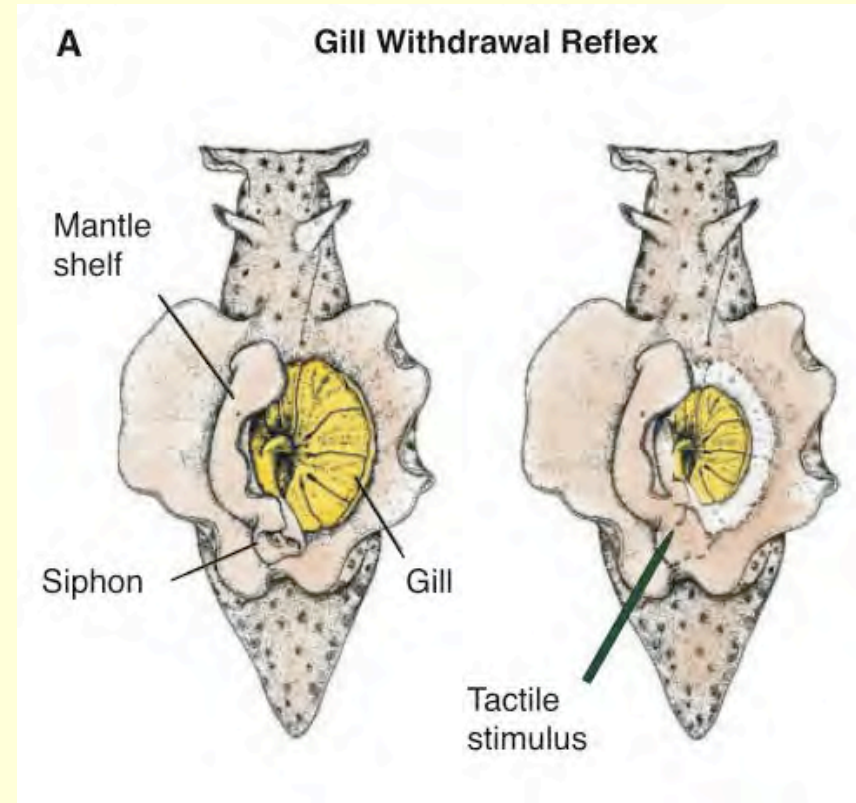


Déjà chez un mollusque comme l'aplysie,

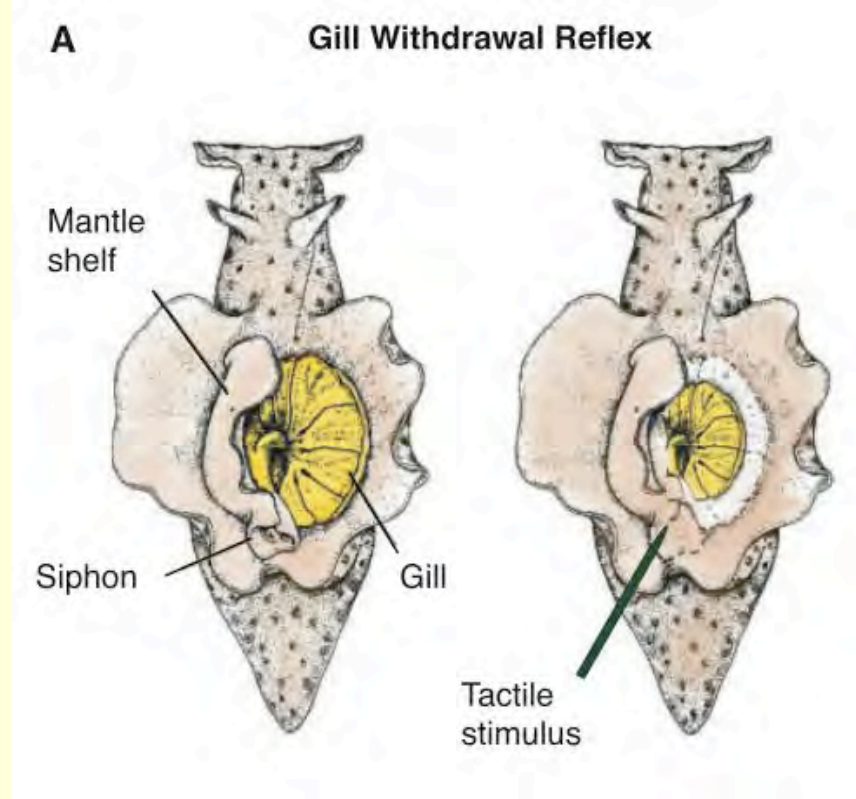
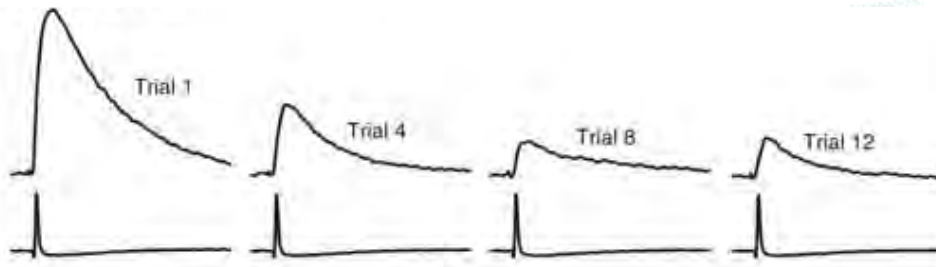
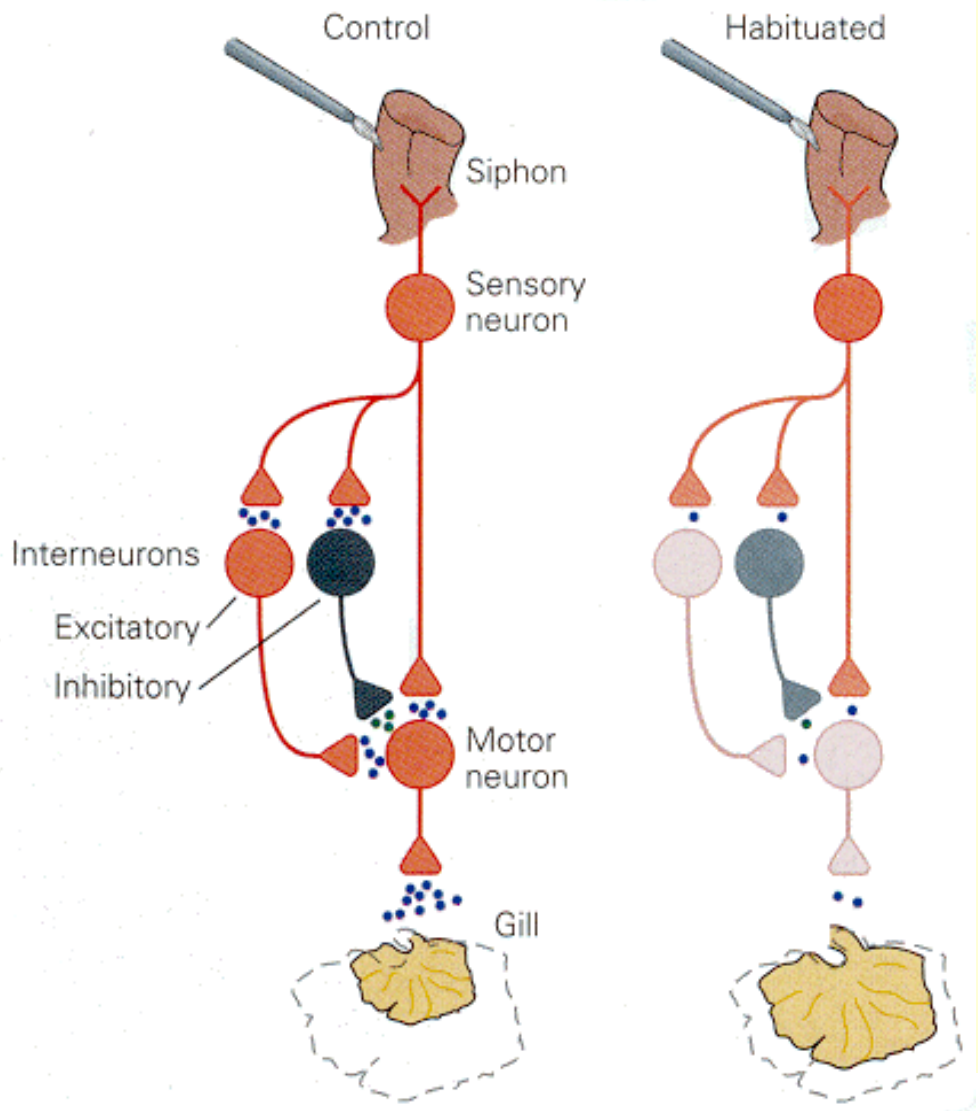
avec les circuits que font ses 20 000 neurones...



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



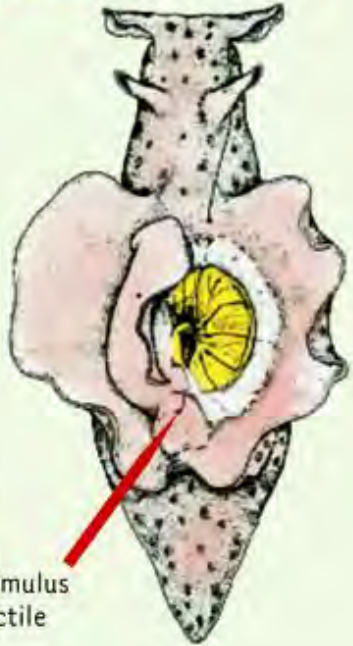
L'habituation



L'habituation

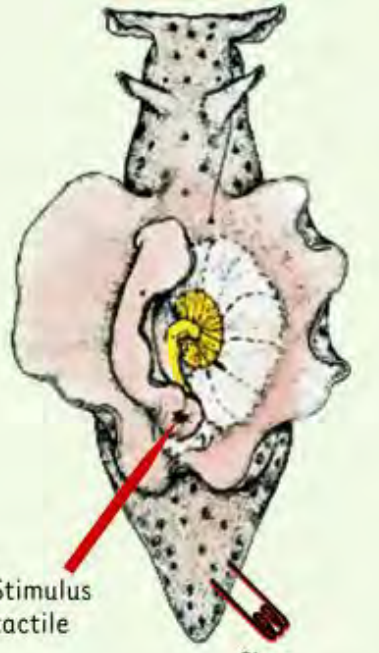
- Exemple : l'horloge que l'on n'entend plus

État de l'ouïe



Stimulus tactile

Sensibilisation



Stimulus tactile

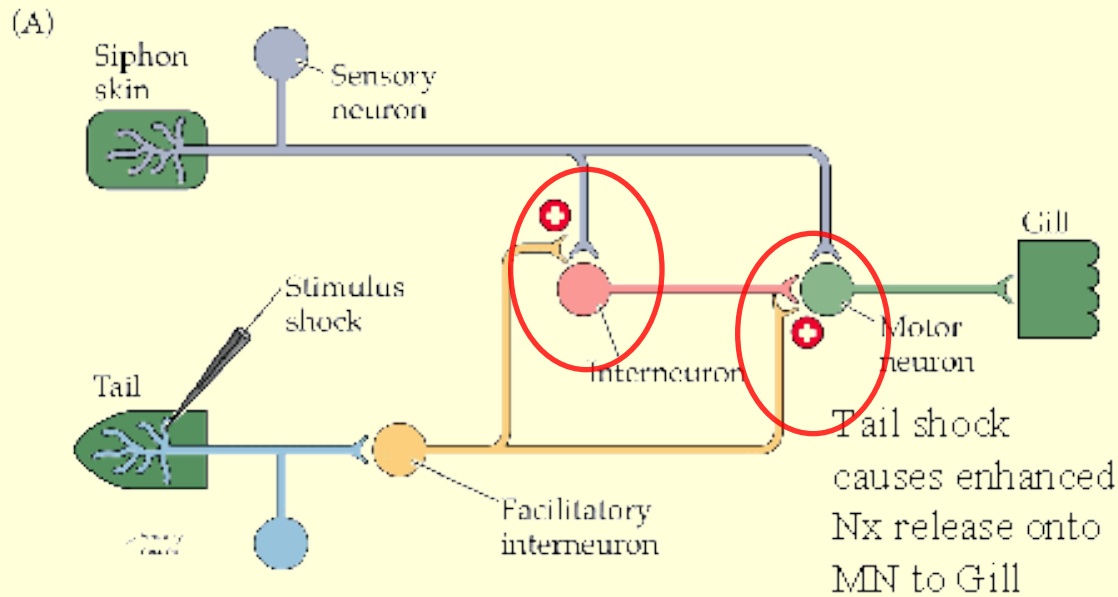
Choc sur la queue

Autre mécanisme d'apprentissage :

La sensibilisation

Exemple : on réagit davantage à un faible son après en avoir entendu un très fort

(on va sans doute remarquer la sonnerie de l'horloge après que le détecteur de fumée soit parti)



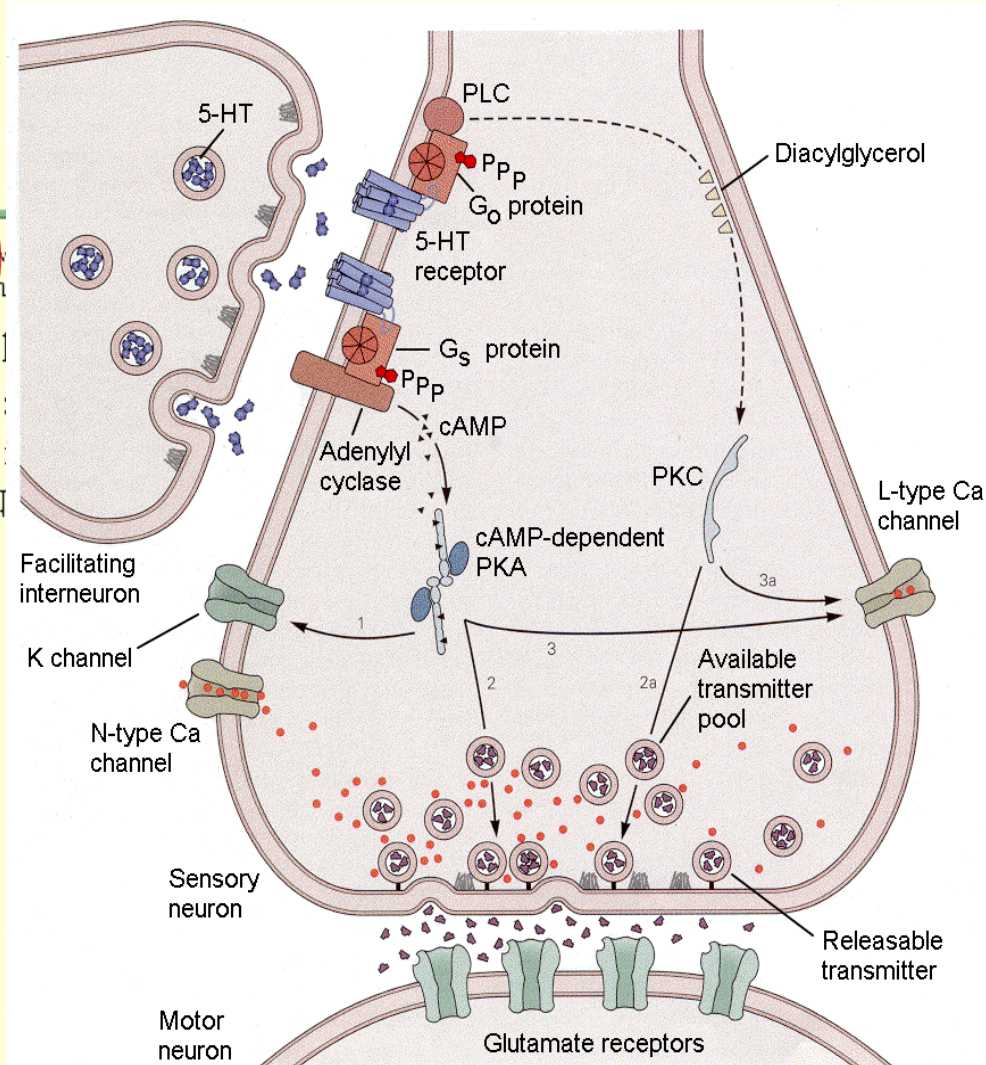
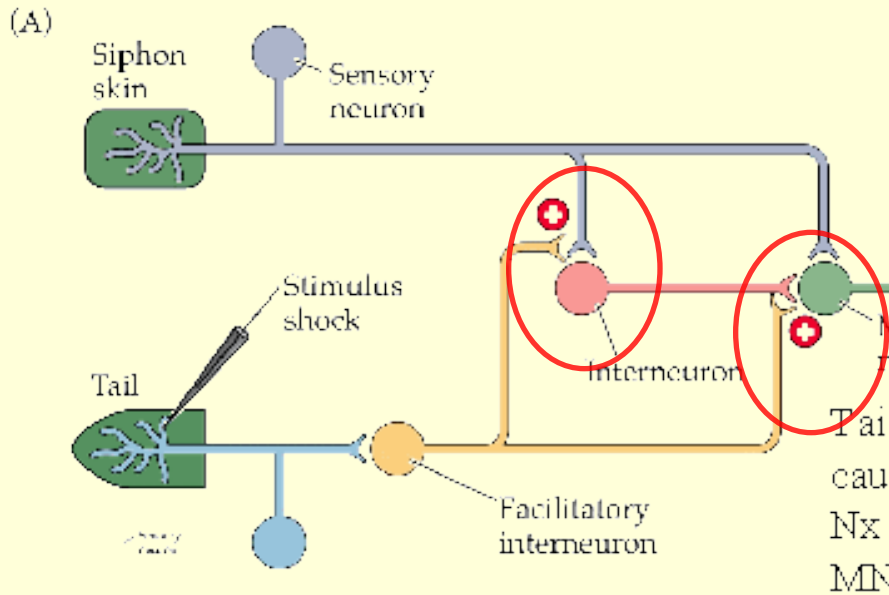
Autre mécanisme
d'apprentissage :

La sensibilisation



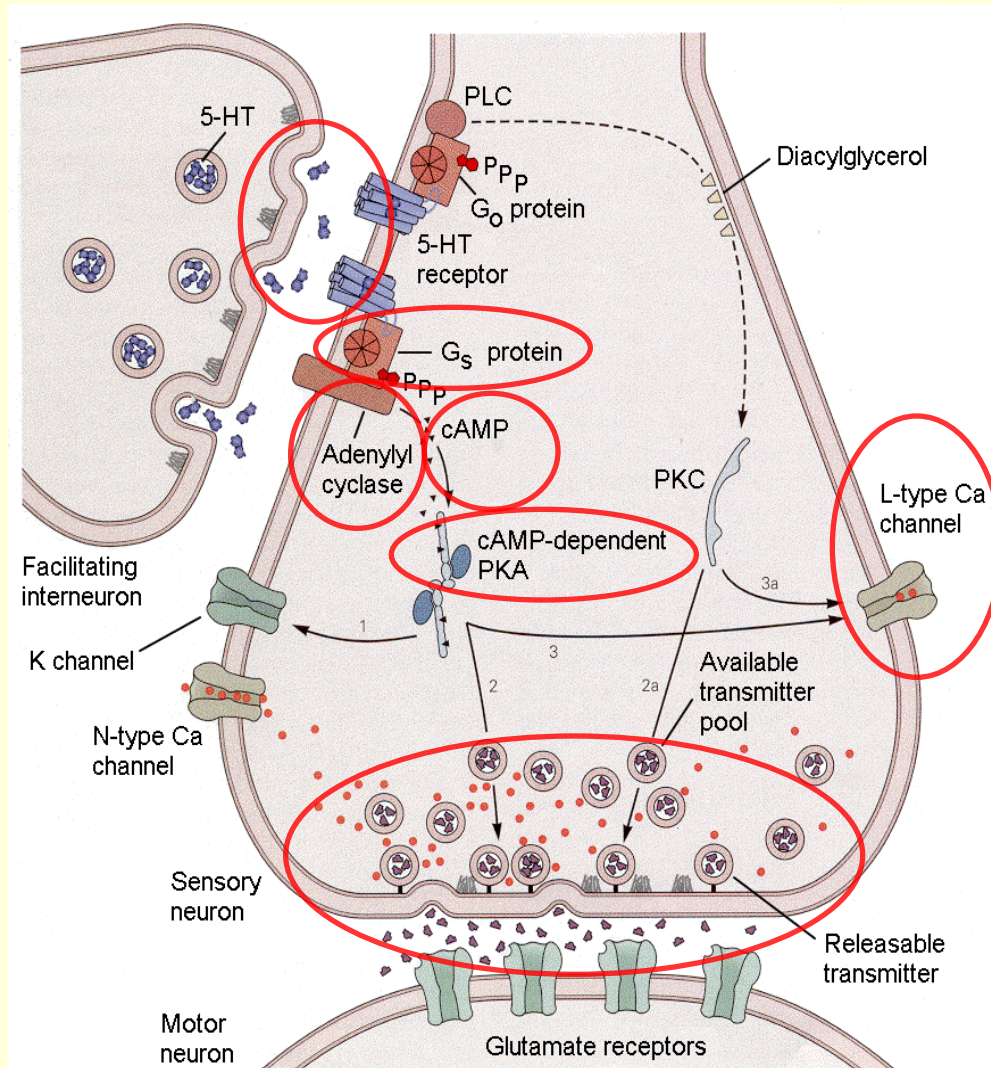
Autre mécanisme
d'apprentissage non-associatif :

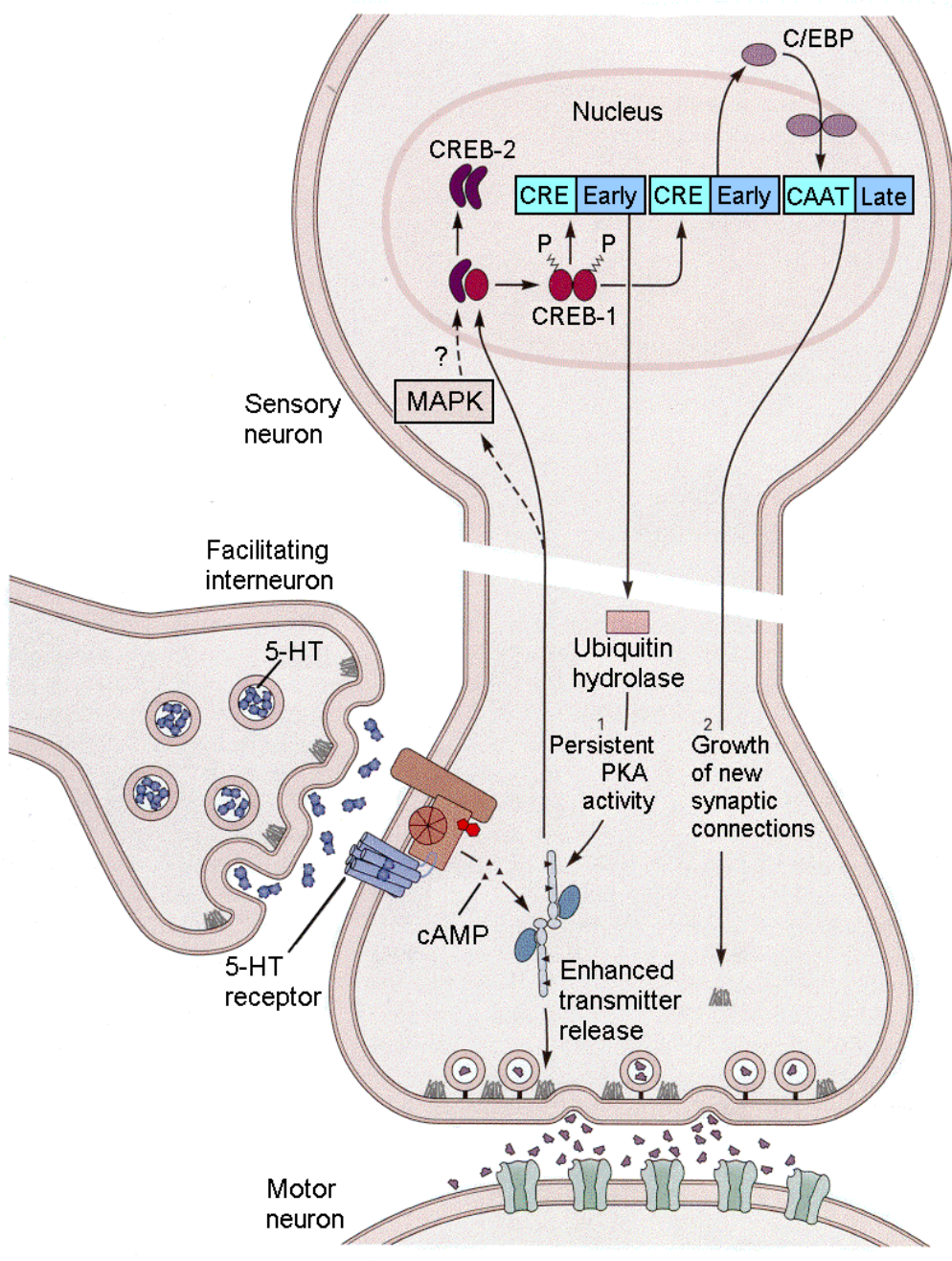
La sensibilisation



Autre mécanisme
d'apprentissage non-associatif :

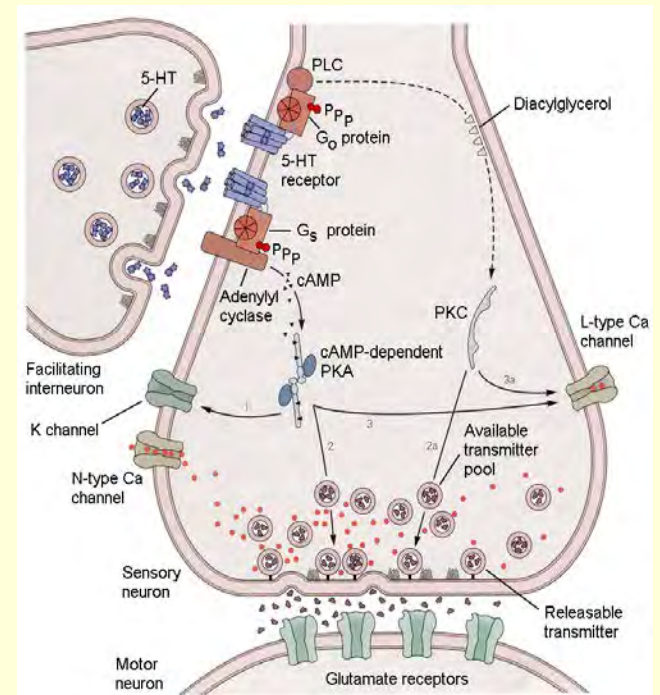
La sensibilisation





Selon le nombre de stimulations,
on peut avoir des changements
à **court terme** dans la synapse

mais aussi à **long terme**
dans le nombre des synapses



Et même chose pour l'habituation, à court et long terme...

Mémoires

Associatives

Non associatives

Conditionnement

classique et opérant

Habituation et Sensibilisation

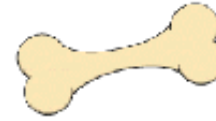
Conditionnement classique

On apprend que 2 stimuli sont associés.

Before conditioning

**FOOD
(UCS)**

**SALIVATION
(UCR)**



BELL

NO RESPONSE



During conditioning

**BELL +
FOOD
(UCS)**

**SALIVATION
(UCR)**

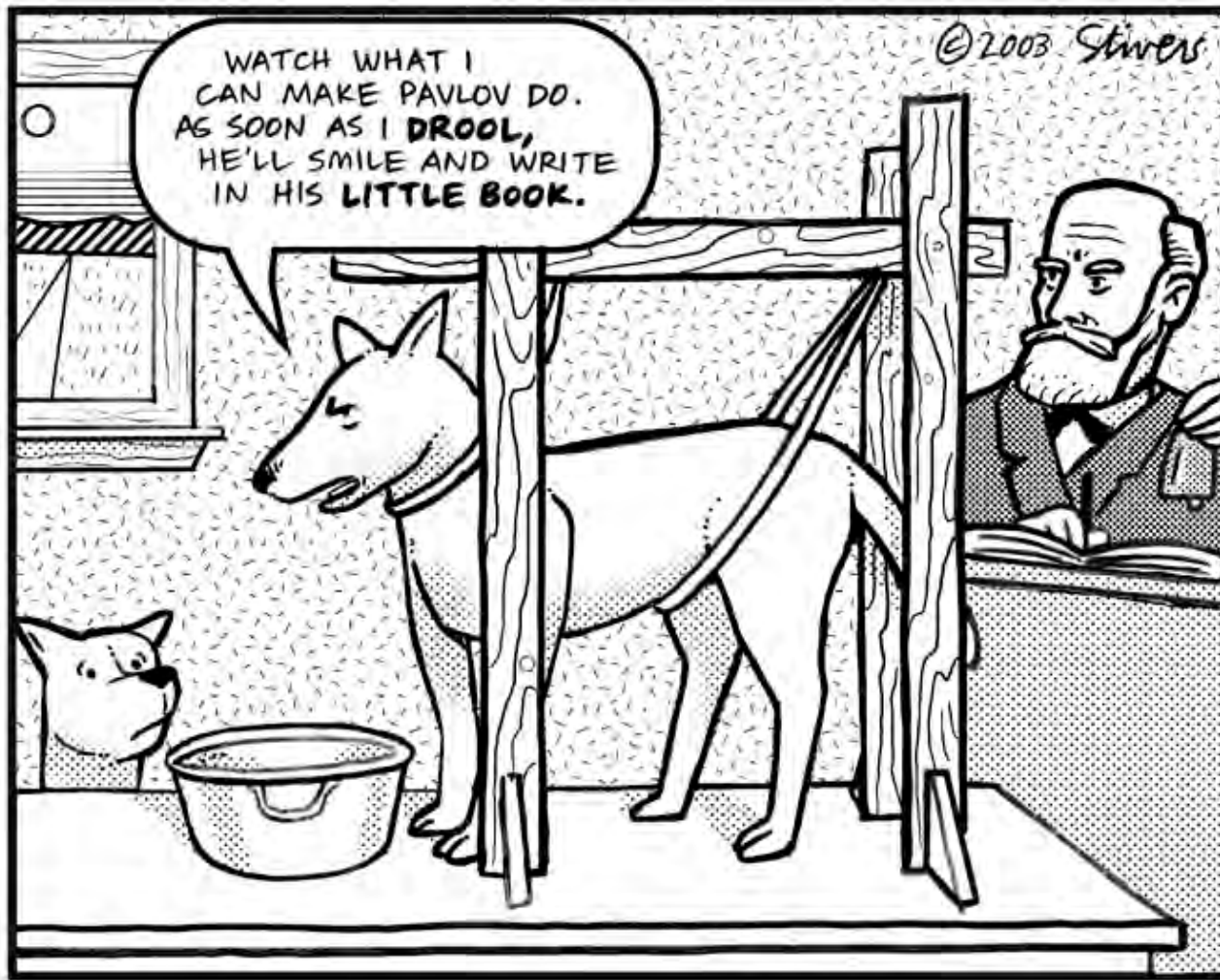


After conditioning

**BELL
(CS)**

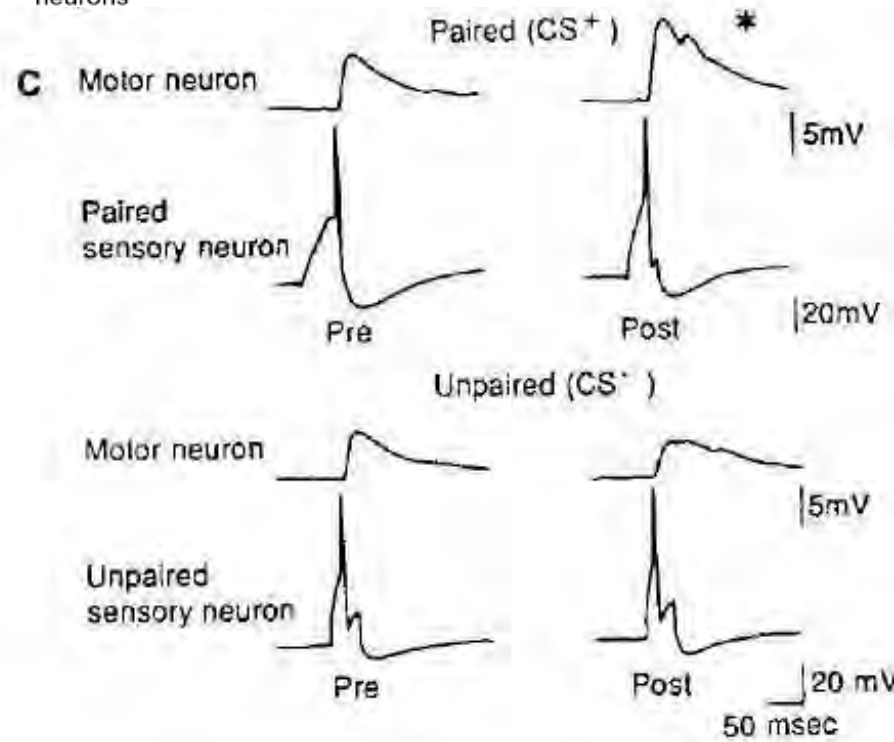
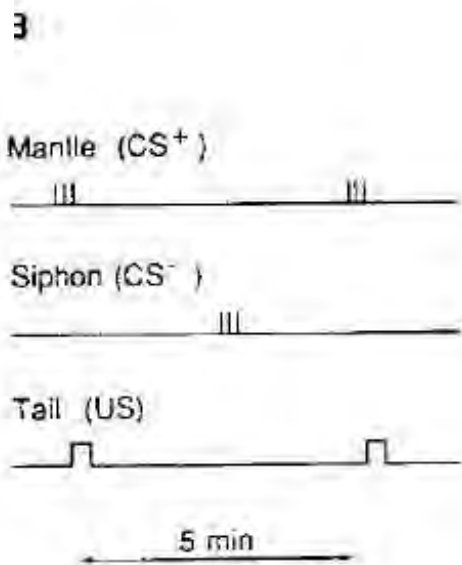
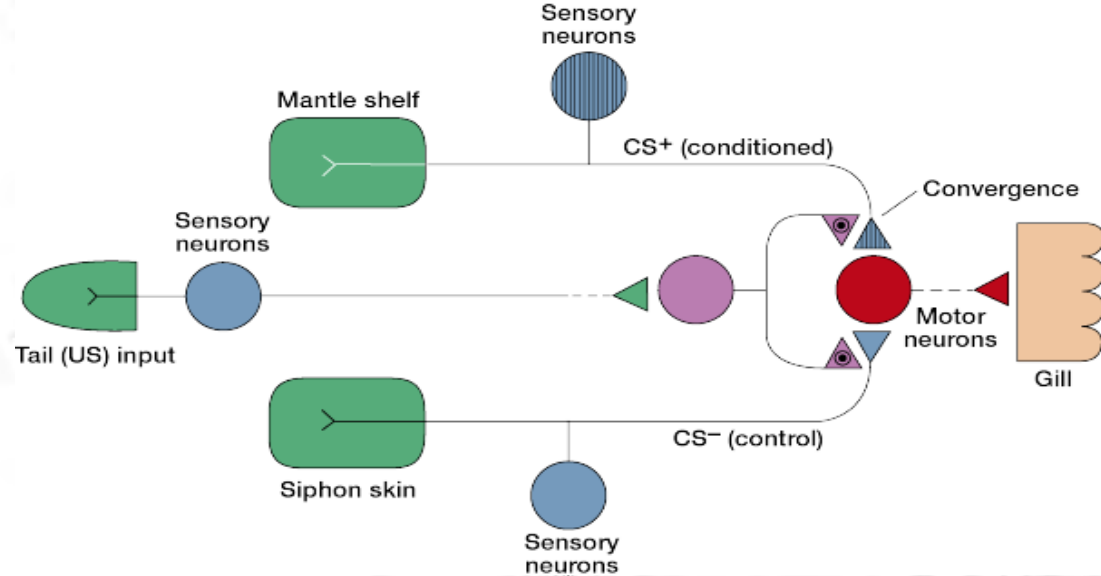
**SALIVATION
(CR)**





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

©2003 Stivers



Conditionnement classique...

...déjà chez l'aplysie

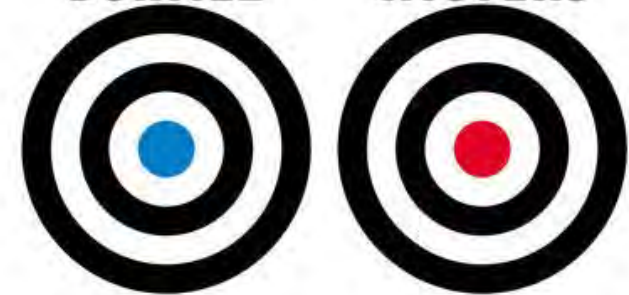
**TOUS LES JOURS
JE LAVE MON CERVEAU
AVEC LA PUB**



« 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

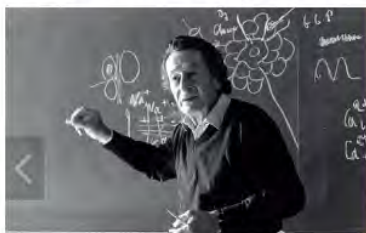
À PROPOS
DU FILM
→

- 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

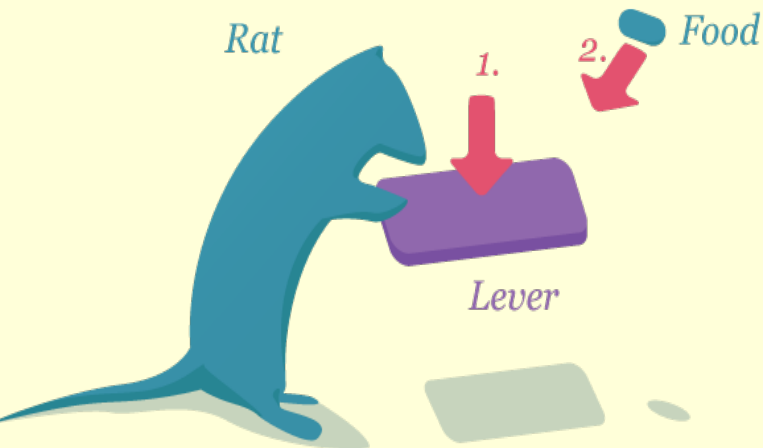
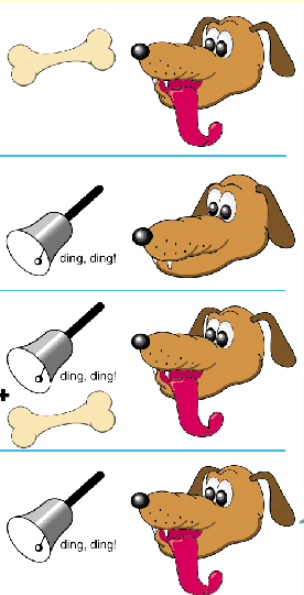
Né en 1914, Henri Laborit fut d'abord chirurgien de la marine française où il bouscula plusieurs concepts de la médecine.

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



Mémoire à long terme



« on apprend sans
s'en rendre compte »

Implicite (Non-déclarative)

Non associatives

Habituatation

Sensibilisation

Associatives

Conditionnement

classique et opérant

Mémoire à long terme

« on apprend sans
s'en rendre compte »

Implicite (Non-déclarative)

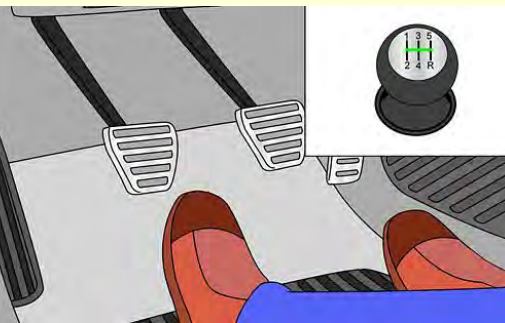
Non associatives

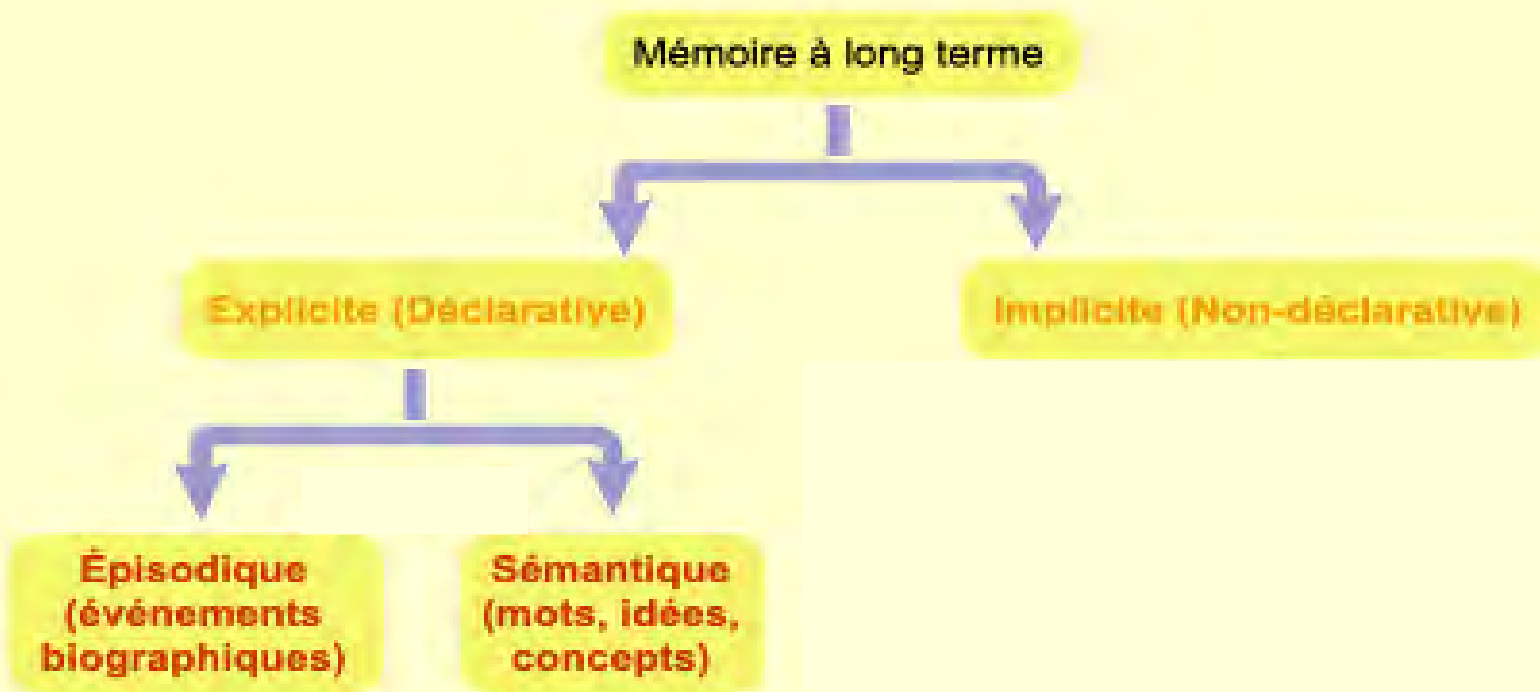
Habitude
Sensibilisation

Associatives

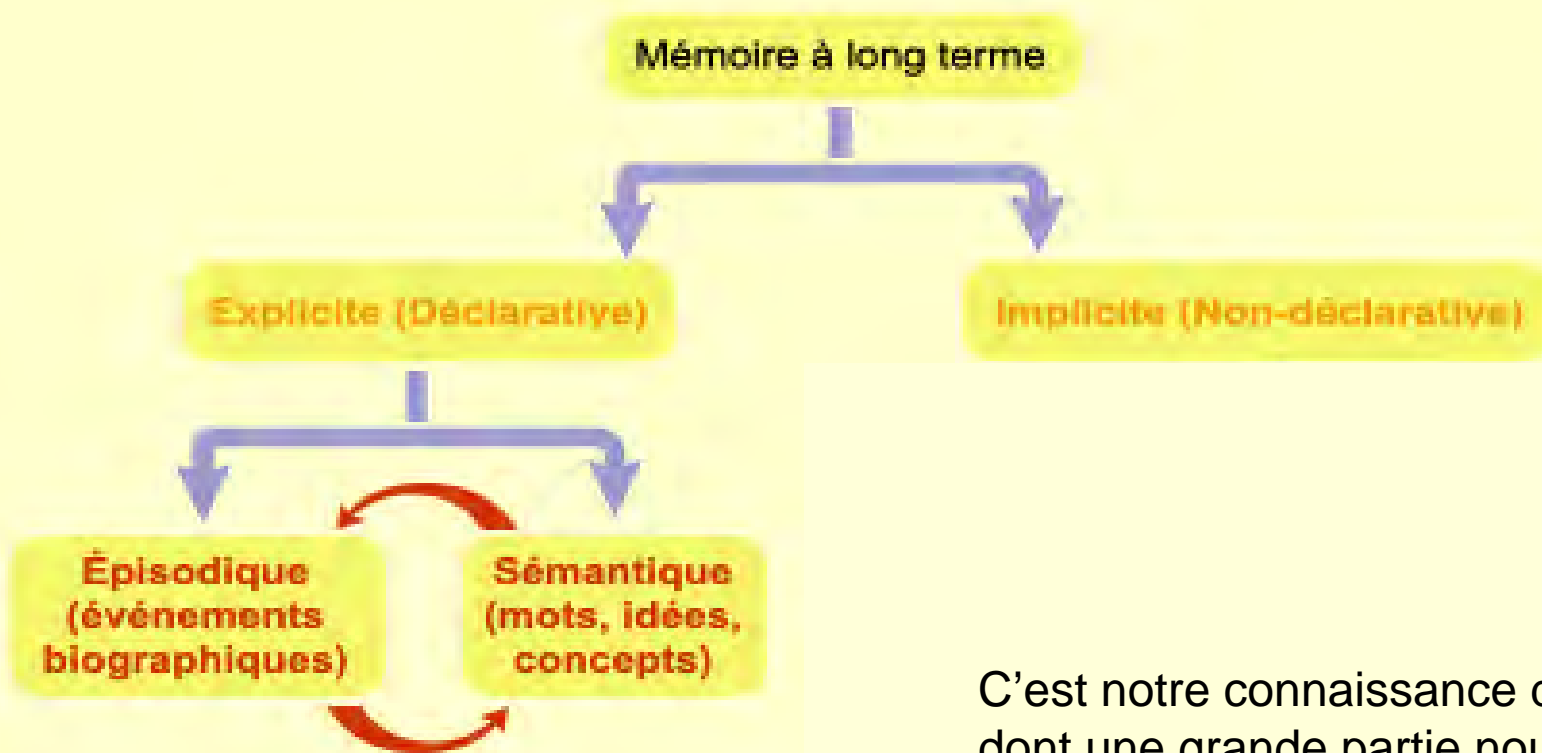
Conditionnement
classique et opérant

Procédurale
(habiletés)





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



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

La mère de Toto

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

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)

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



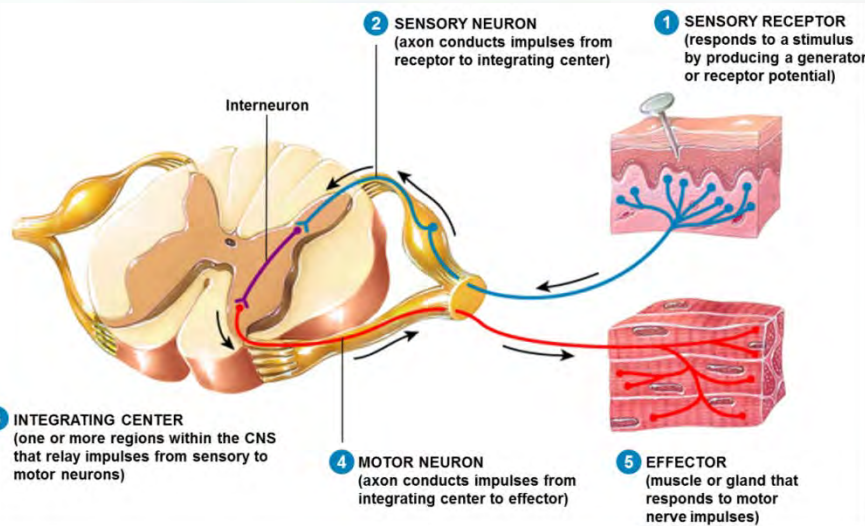
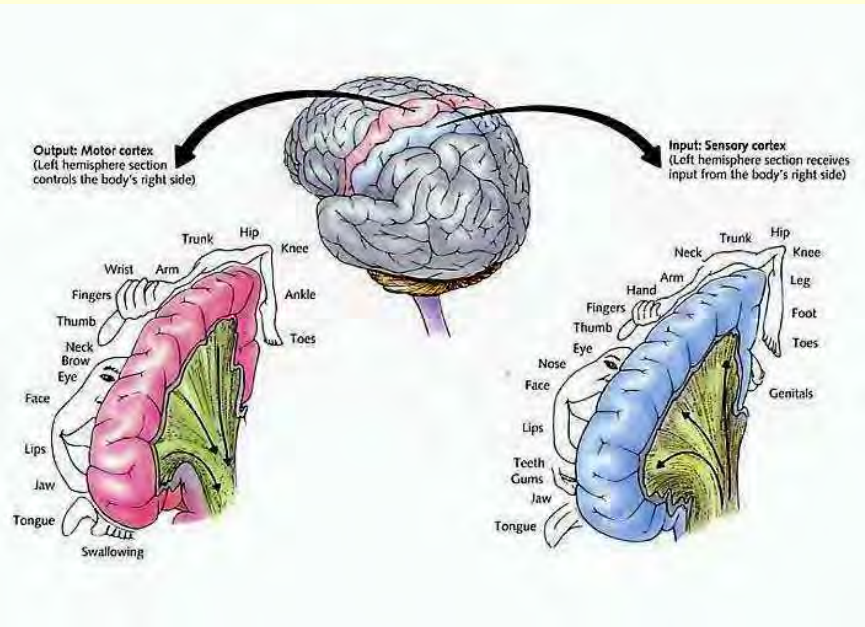
Implicite (Non-déclarative)

Non associatives

Habituation
Sensibilisation

Associatives

Conditionnement
classique



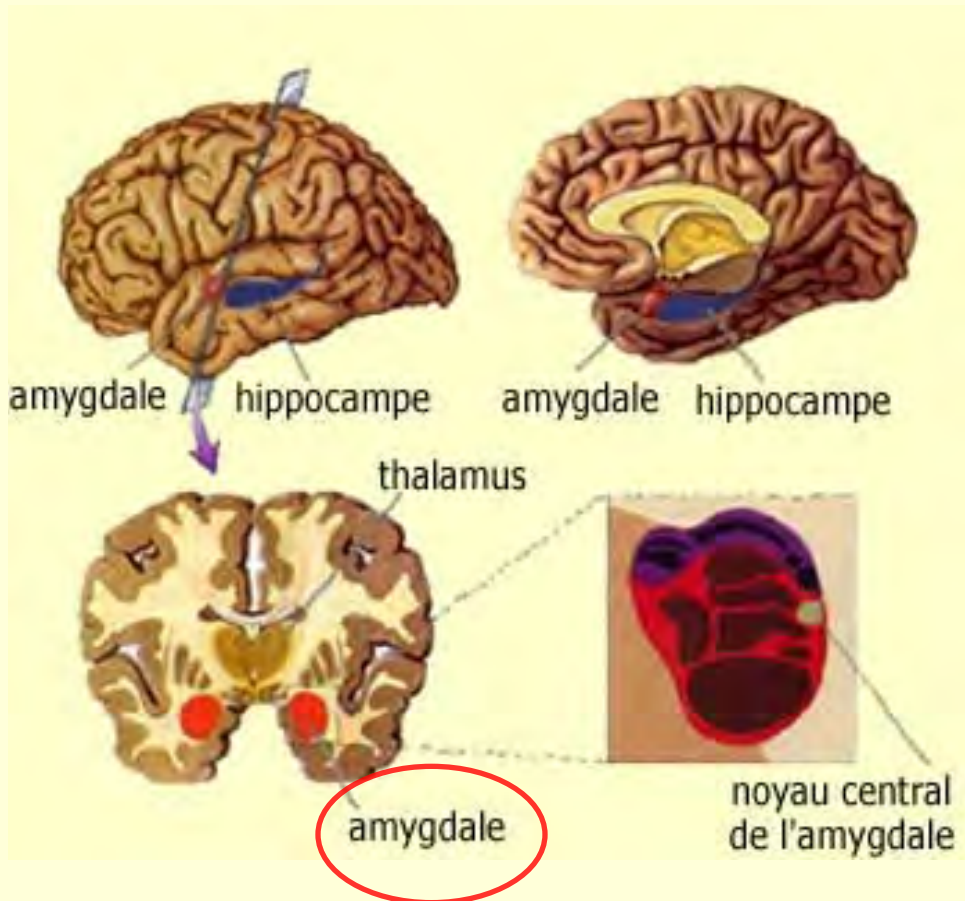


Peur conditionnée

Mémoire à long terme



Implicite (Non-déclarative)



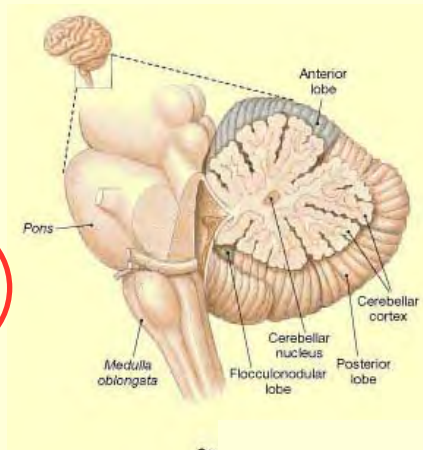
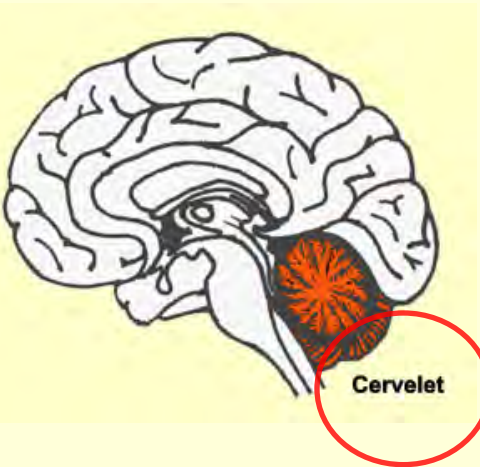
Non associatives

Habituation
Sensibilisation

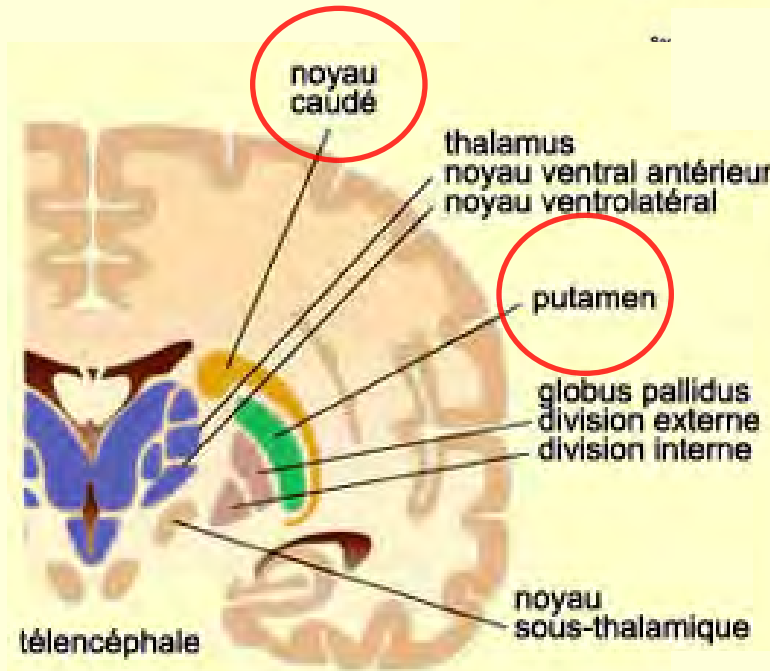
Associatives

Conditionnement
classique

Mémoire à long terme



Implicite (Non-déclarative)



Conditionnement opérant

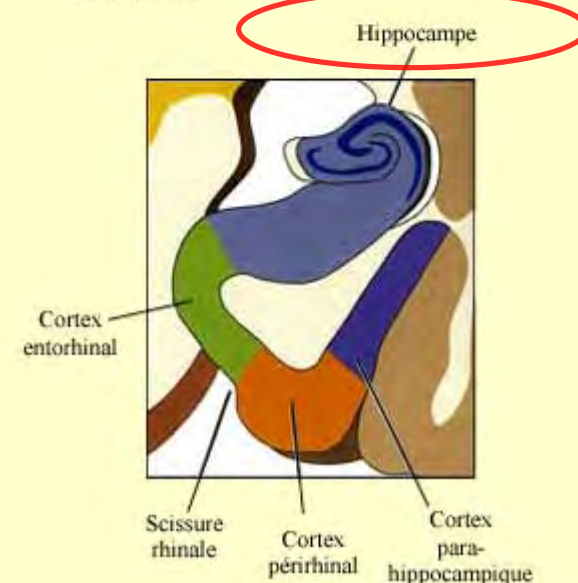
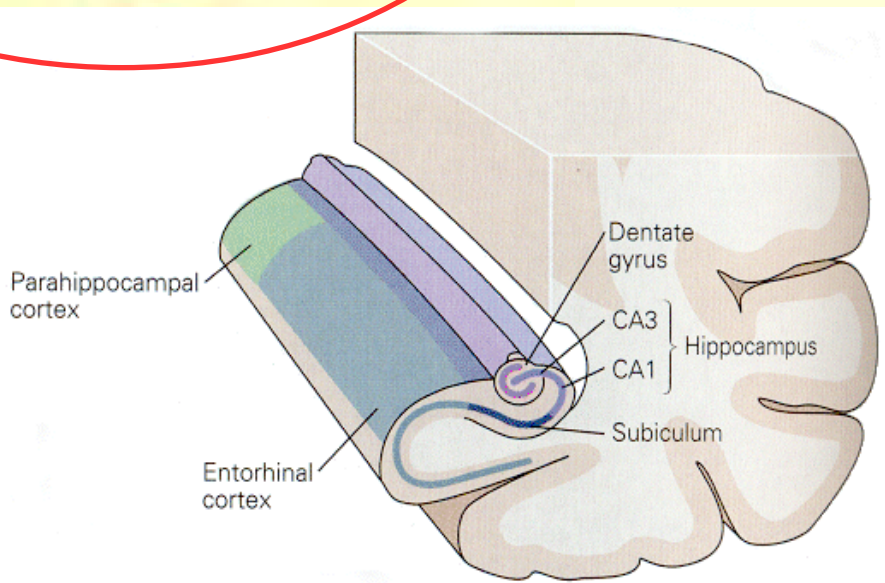
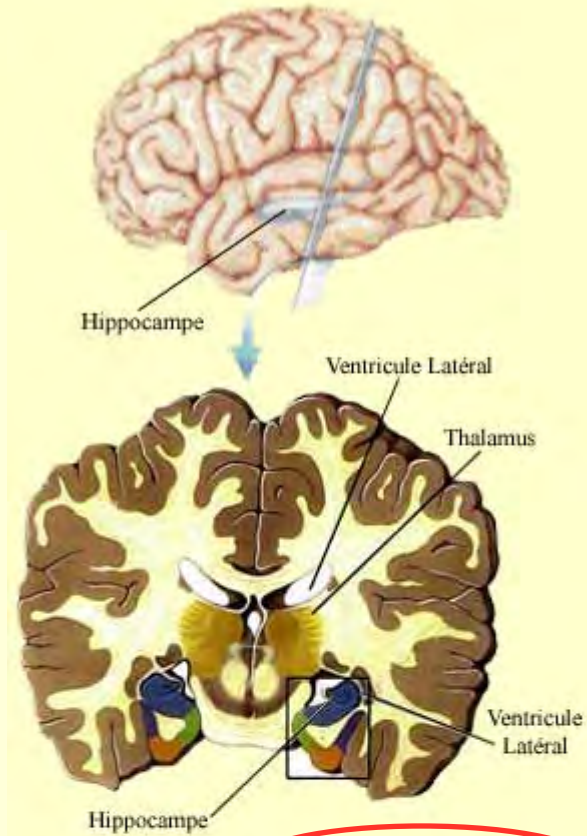
Procédurale (habiletés)

Mémoire à long terme

Explicite (Déclarative)

Épisodique
(événements
biographiques)

Sémantique
(mots, idées,
concepts)



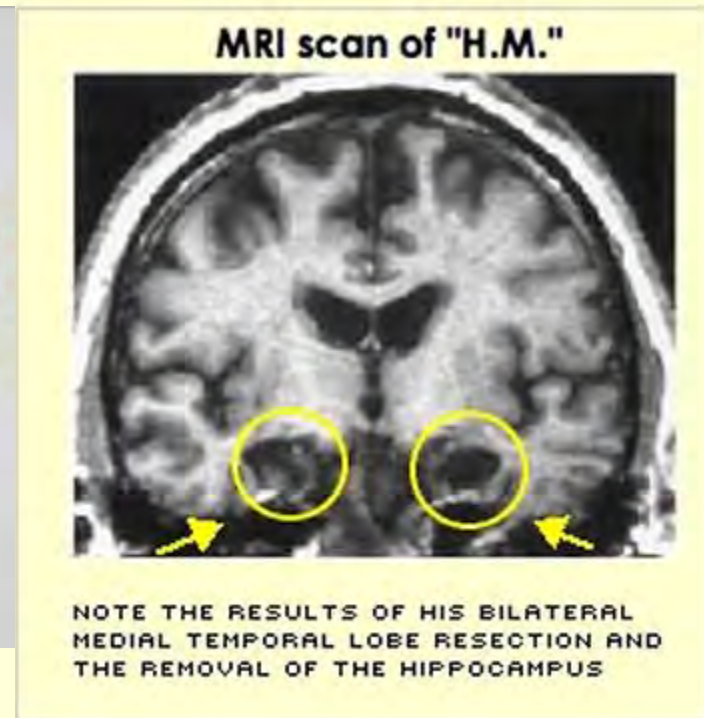
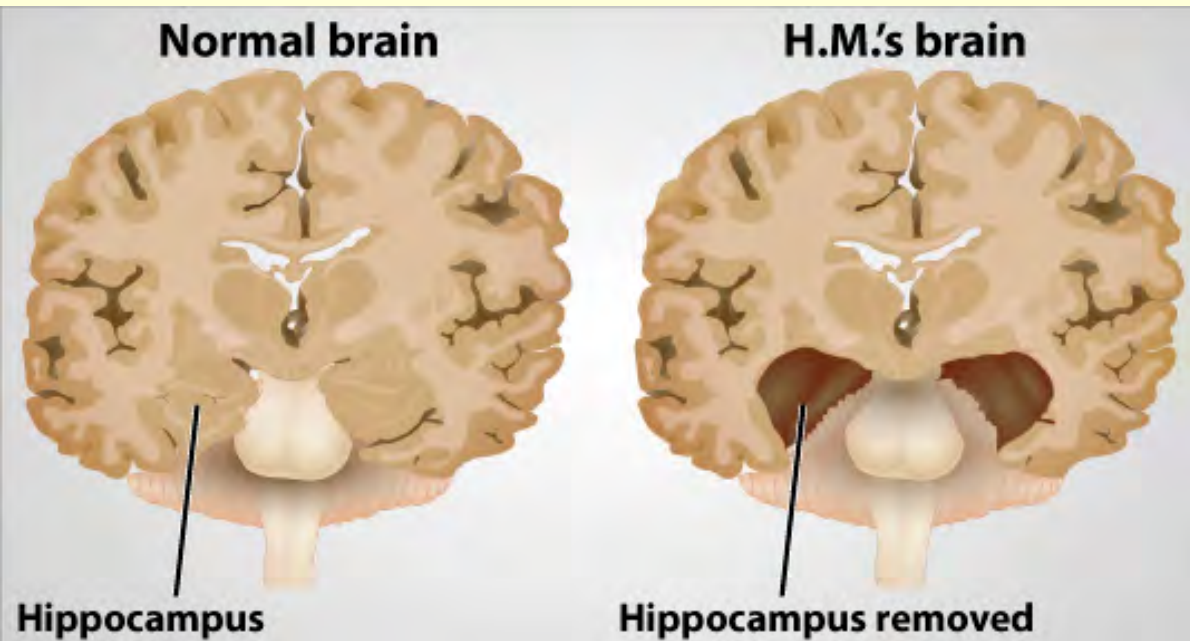
Au menu :

- Évolution des types de mémoire
- Structures cérébrales associées
- **Les mémoires humaines :**
 - **Le cas du patient H.M.**
 - Les facteurs qui les influencent au cours de la vie
 - Trucs mnémotechnique
 - Alzheimer : un peu d'espoir ?

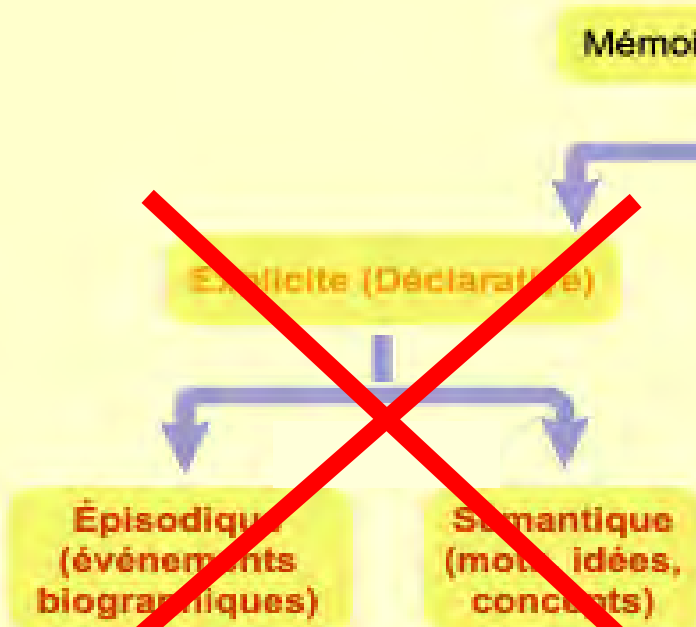


La personne ayant probablement contribué plus que quiconque à notre compréhension de la mémoire humaine (décédé en décembre 2008 à l'âge de 82 ans).

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



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

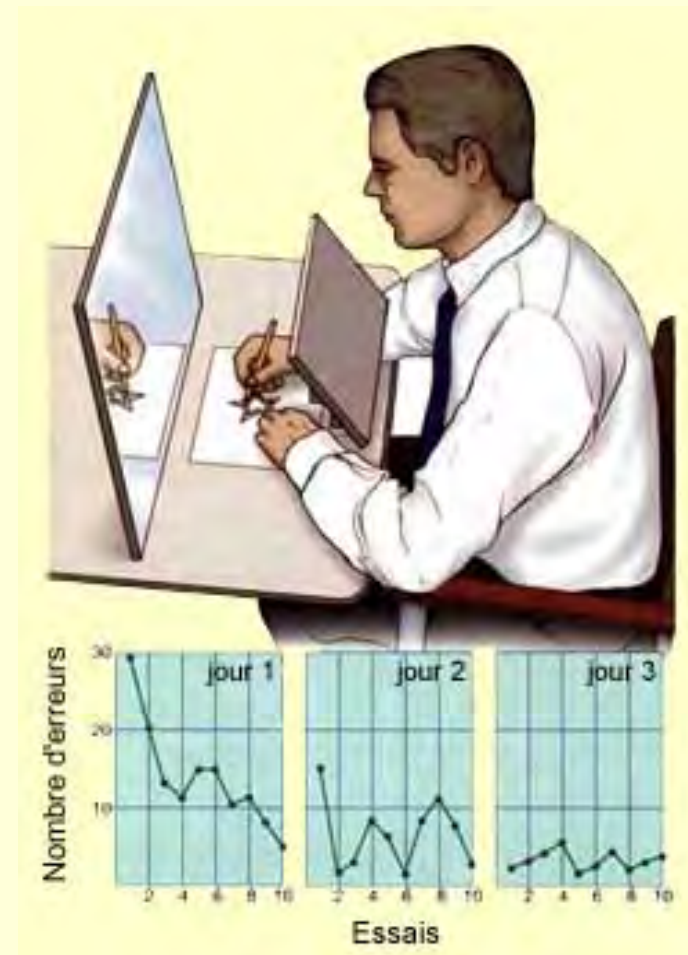


L'opération fut un succès pour contrôler l'épilepsie mais eut un effet secondaire imprévu : **H.M. avait perdu la capacité de retenir de nouvelles informations sur sa vie ou sur le monde** (mémoire déclarative).

Mais...



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



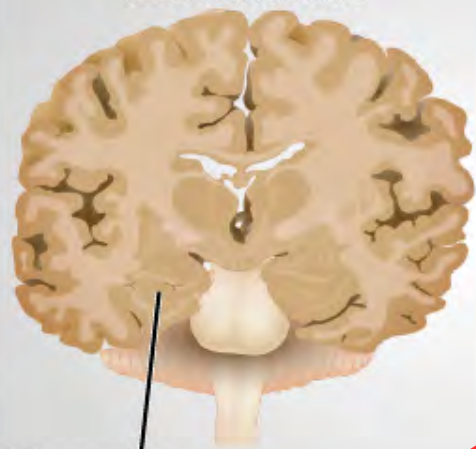
Mémoire à long terme

~~Explicite (Déclarative)~~

~~Épisodique
(événements
biographiques)~~

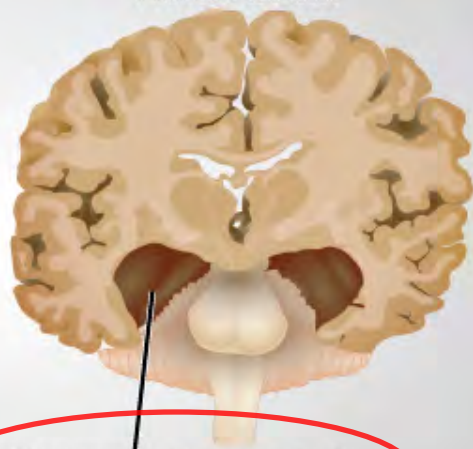
~~Sémantique
(mots, idées,
concepts)~~

Normal brain



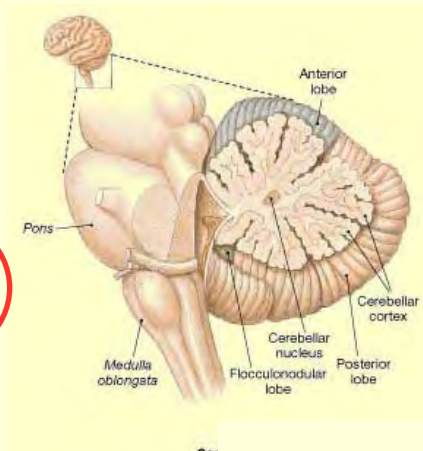
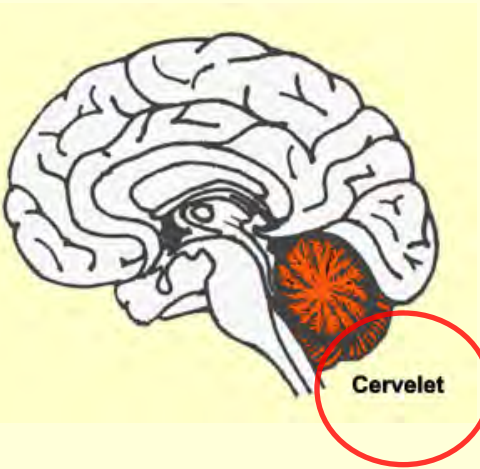
Hippocampus

H.M.'s brain



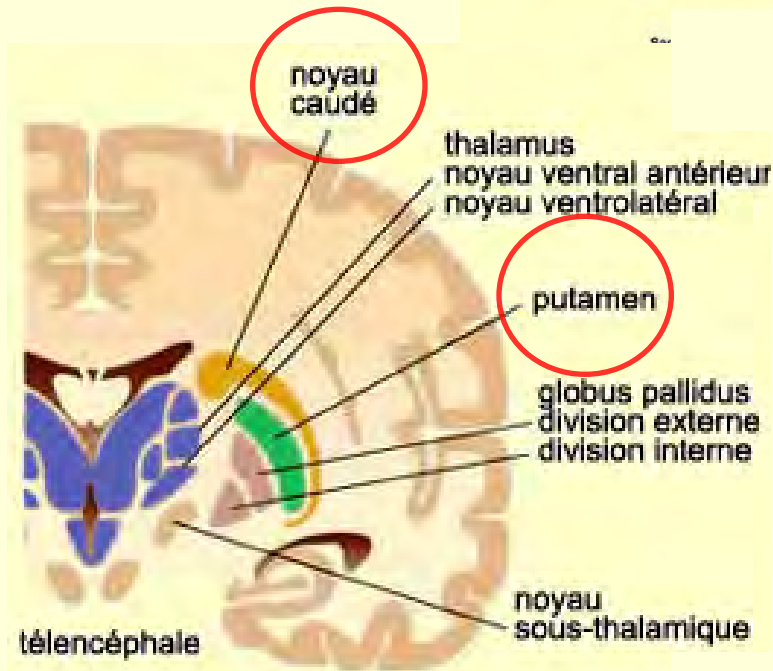
Hippocampus removed

Mémoire à long terme



Implicite (Non-déclarative)

Procédurale
(habiletés)

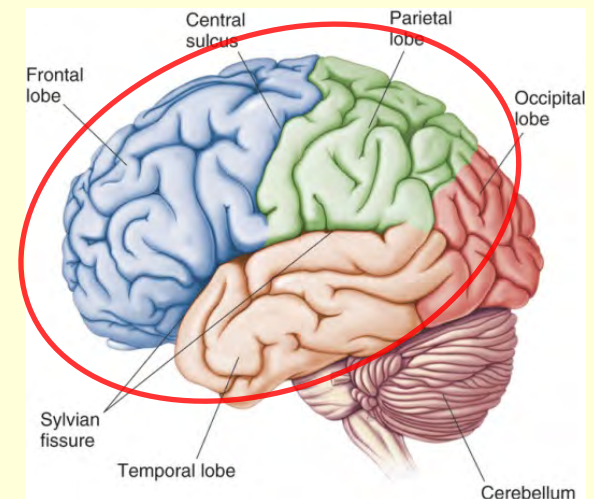


- En plus de cette amnésie « antérograde », H.M. avait une amnésie « **rétrograde** » **graduelle** (pouvait se rappeler d'avant l'opération, et de mieux en mieux à mesure qu'on reculait dans le temps)



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...



- 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)
- Par contre, H.M. pouvait retenir des choses sur de courtes périodes. Sa **mémoire à court terme** (ou mémoire de travail) était intacte.

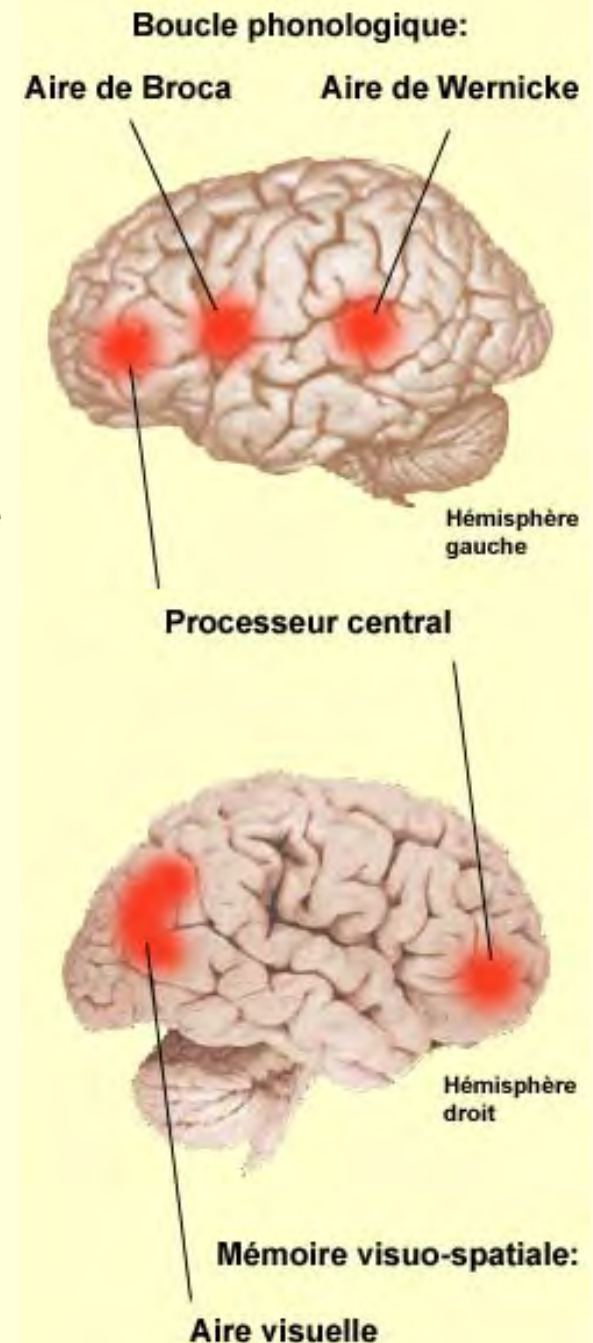
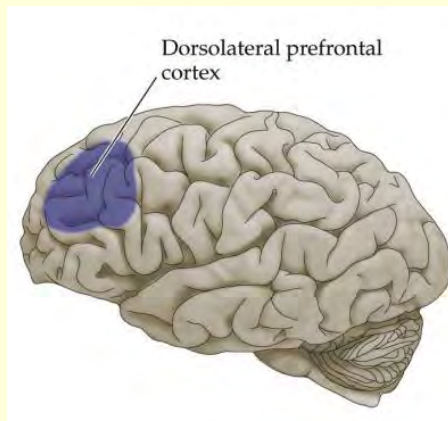


Donc encore une fois, pas les mêmes structures cérébrales...

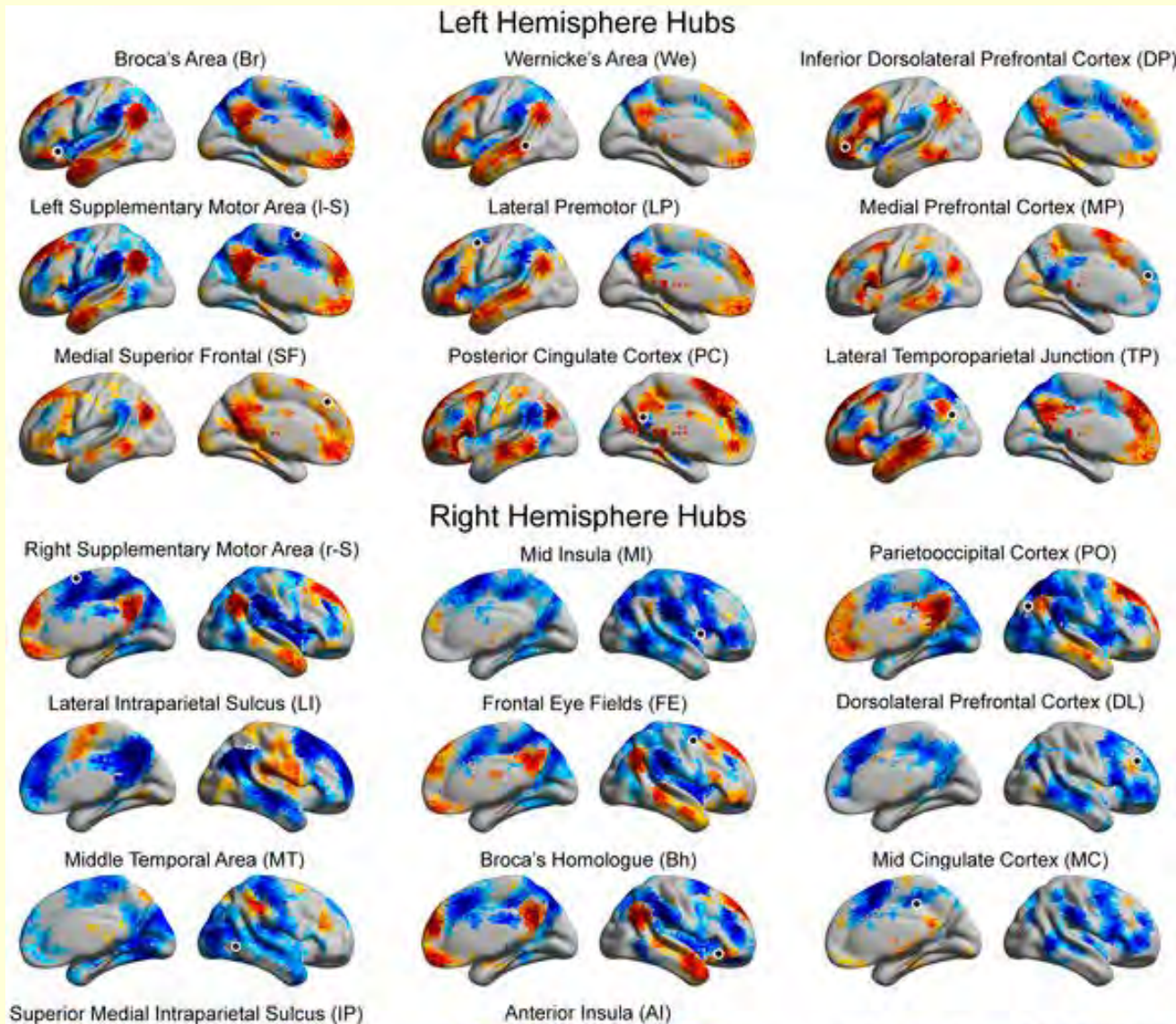
- Par contre, H.M. pouvait retenir des choses sur de courtes périodes. Sa **mémoire à court terme** (ou mémoire de travail) était intacte.

Donc, 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 demain 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.

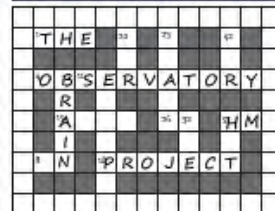
Comme l'amnésie antérograde de H.M. était extrêmement bien documentée au niveau de ses capacités psychologiques, on pourra encore continuer à chercher des corrélations entre celles-ci et l'anatomie particulière de son cerveau.

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.

- **Exemple d'actualité : un Nobel pour les travaux sur les neurones de l'orientation spatiale**

Mardi, 14 octobre 2014

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

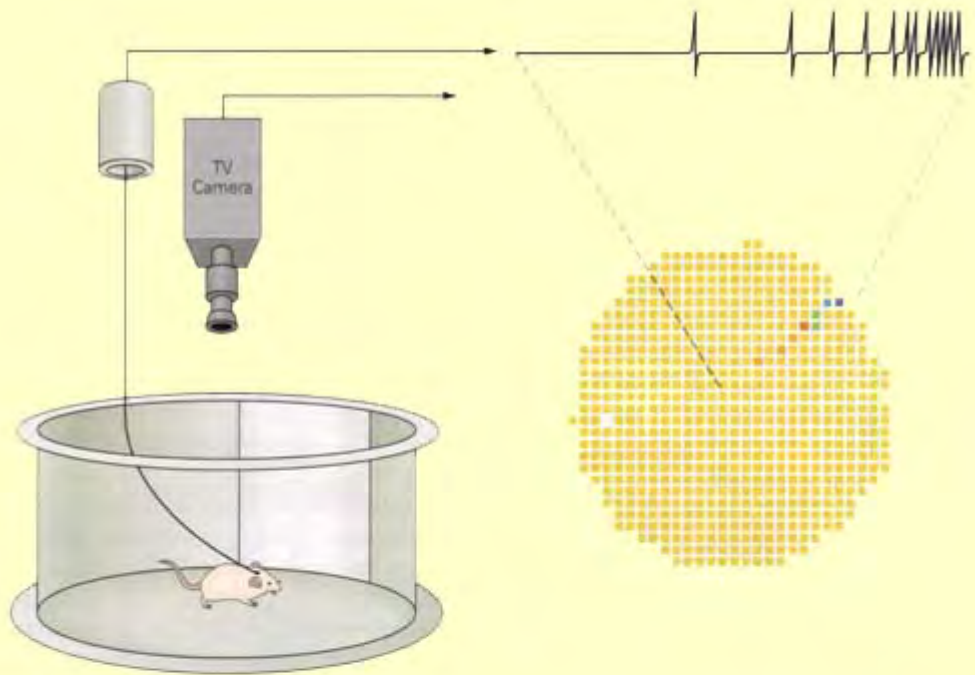
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2014/10/14/un-nobel-aux-travaux-sur-les-bases-neurales-de-lorientation-spatiale/>

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.

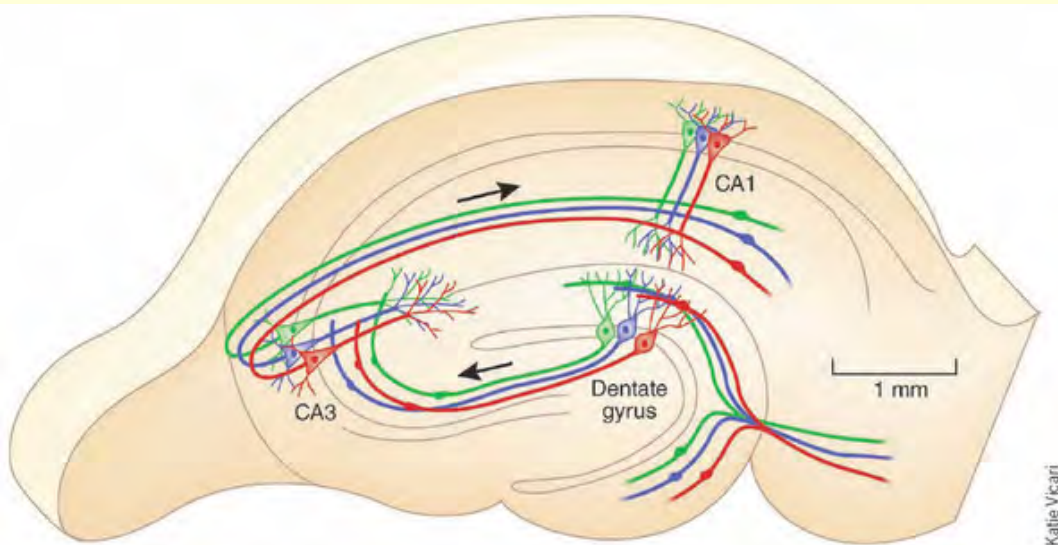
Et que la sélection naturelle a dû opérer là-dessus...



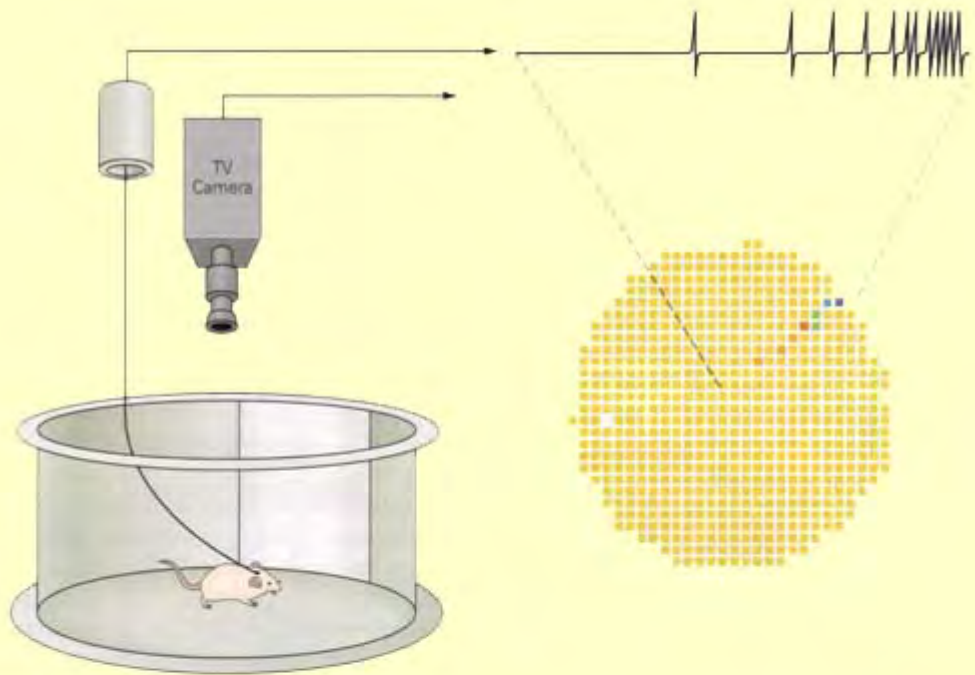


De sorte que, aujourd'hui, on possède tous cette capacité de se construire des cartes mentales pour s'orienter, comme le font d'ailleurs bien d'autres espèces animales.

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.



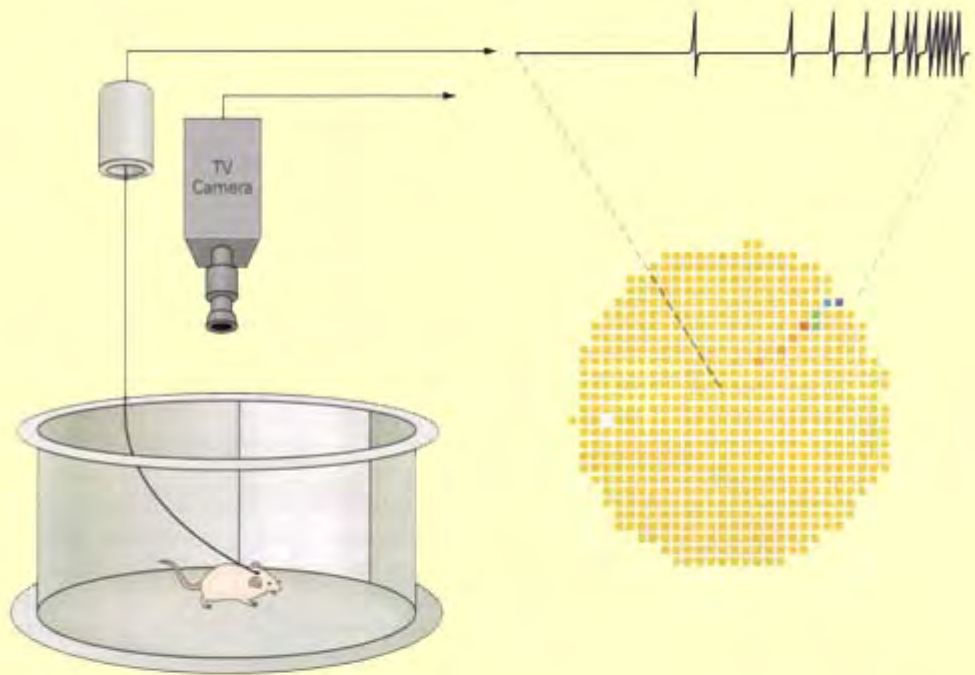
1. Souris normale



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.



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.

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

Forming Memories, One Neuron at a Time

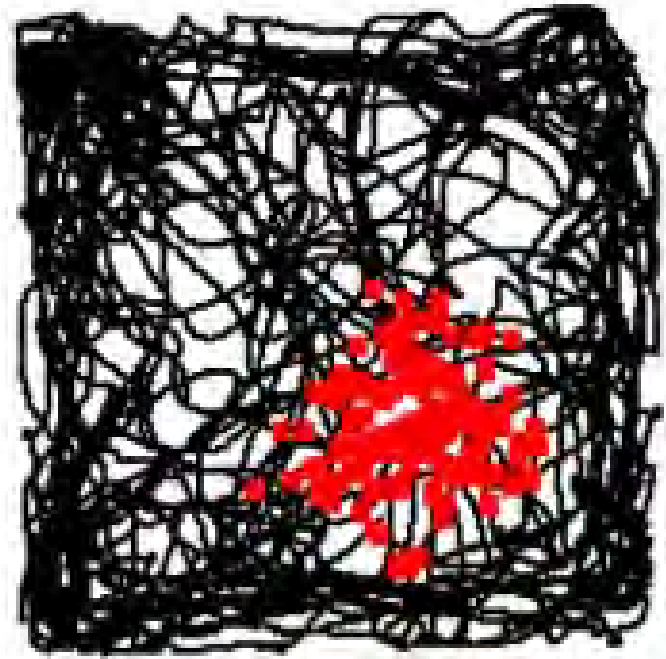
http://knowingneurons.com/2013/04/10/forming-memories-one-neuron-at-a-time/?blogsub=confirming#blog_subscription-2

You Are Here: Mapping The World With Neurons

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

On a bientôt compris qu'à chaque endroit dans la cage on pouvait trouver de ces « cellules de lieu »

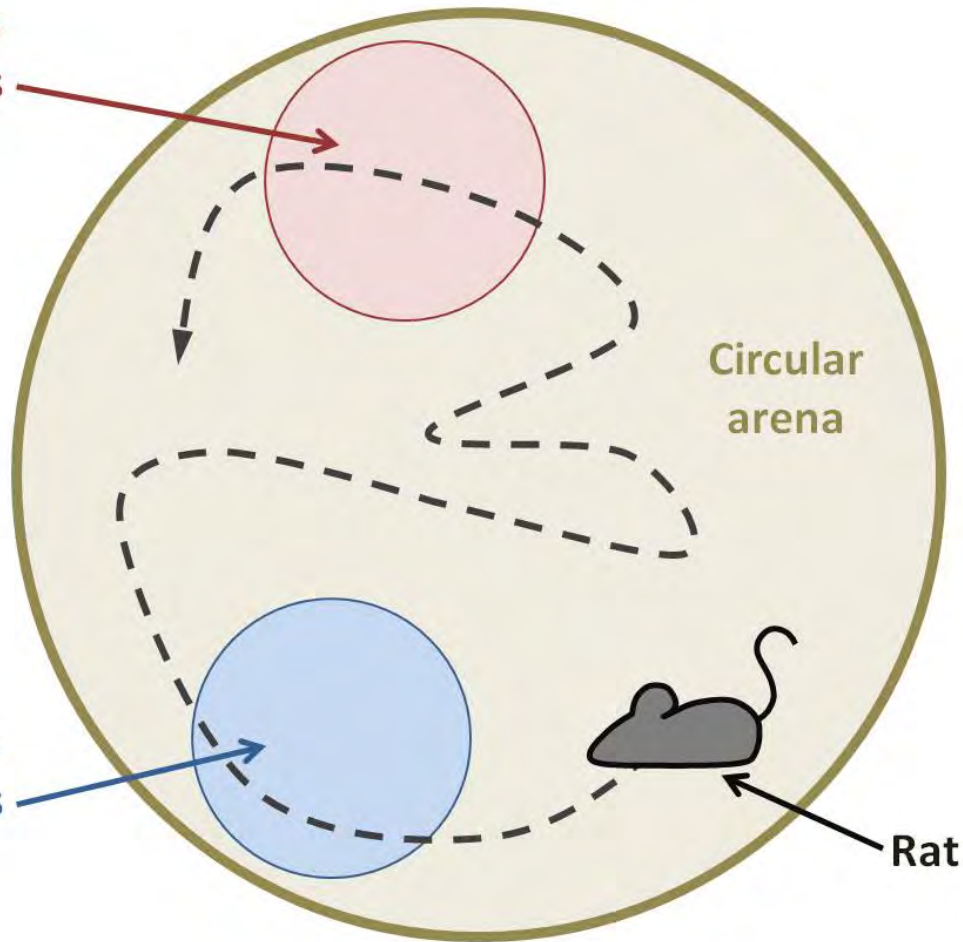
(« place cells », en anglais) dont l'augmentation d'activité pouvait renseigner l'animal sur l'endroit où il se trouvait.



A place cell fires in one place in a square box

Cell A fires
when rat is
here

Cell B fires
when rat is
here

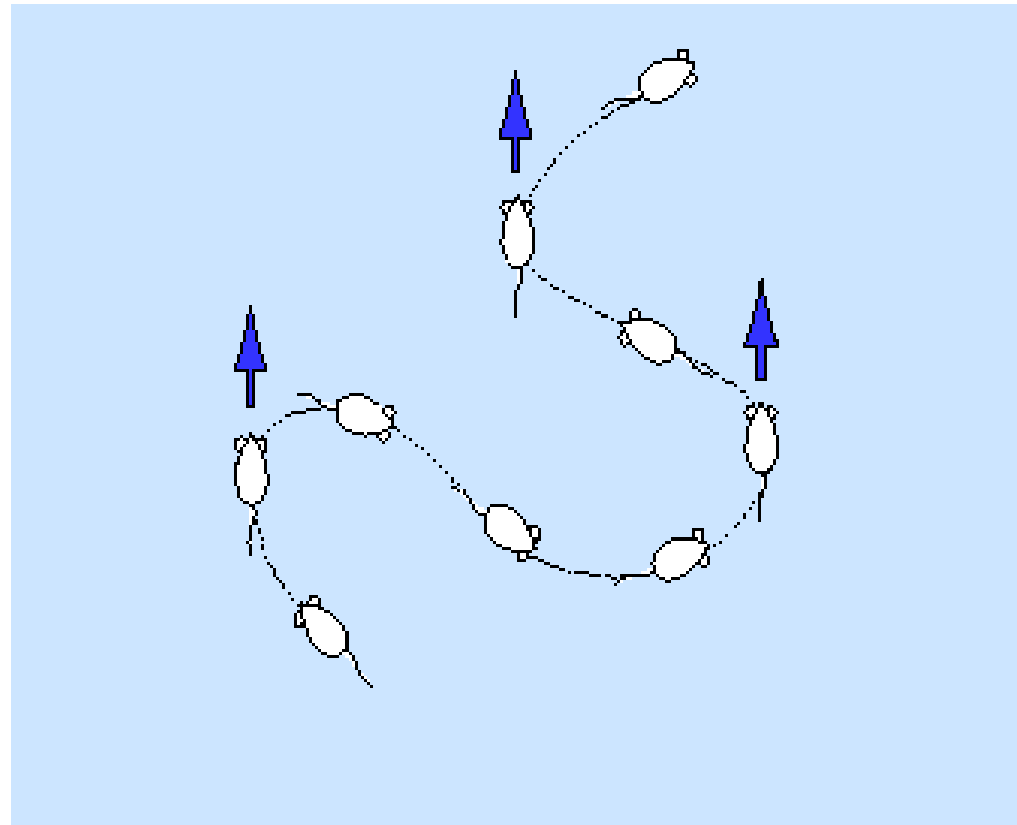


A place cell fires in one place in a square box

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):

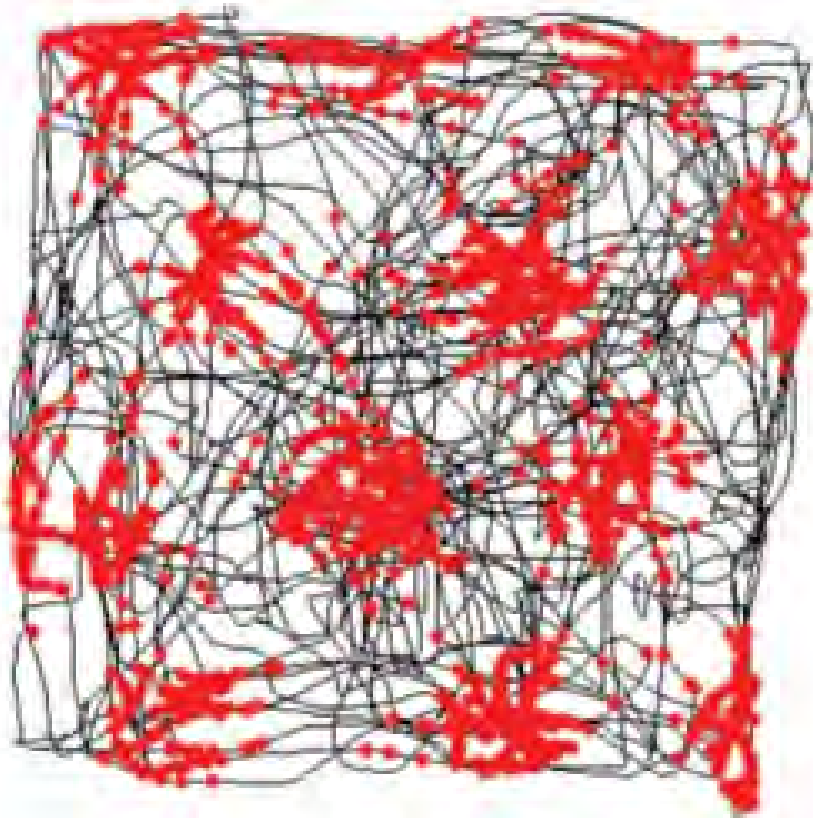
Representation of spatial orientation by the intrinsic dynamics of the head-direction cell ensemble: A theory. *Journal of Neuroscience* 16: 2112-2126.

<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

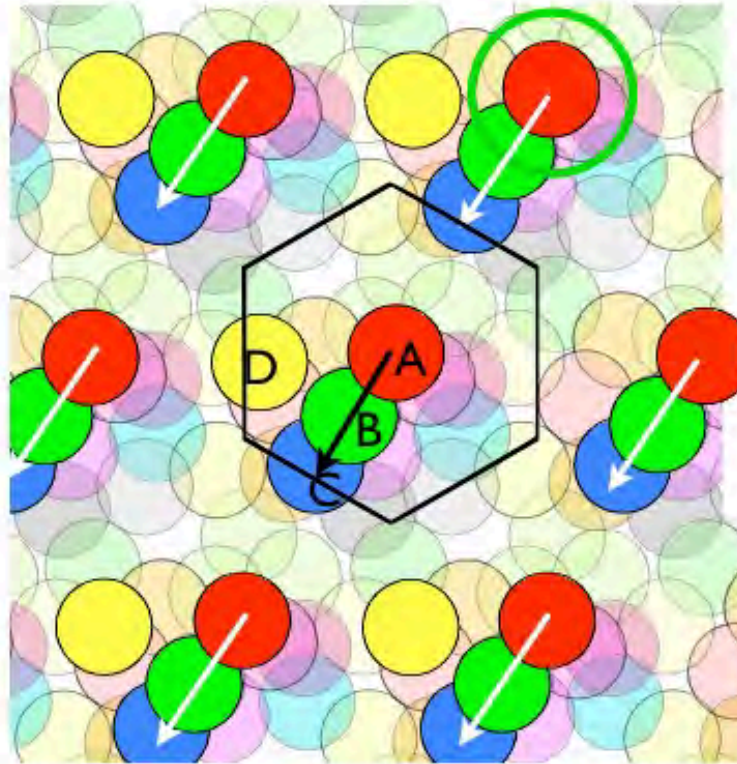
Grid Cell firing patterns in a module code movement distance and direction

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, la vitesse, la distance et la direction d'un mouvement projeté ou rappelé. C'est ce qui constituerait ce qu'on appelle le "**code des grid cells**". Un code qui est un excellent candidat à la navigation mentale.

Cellules de lieu :

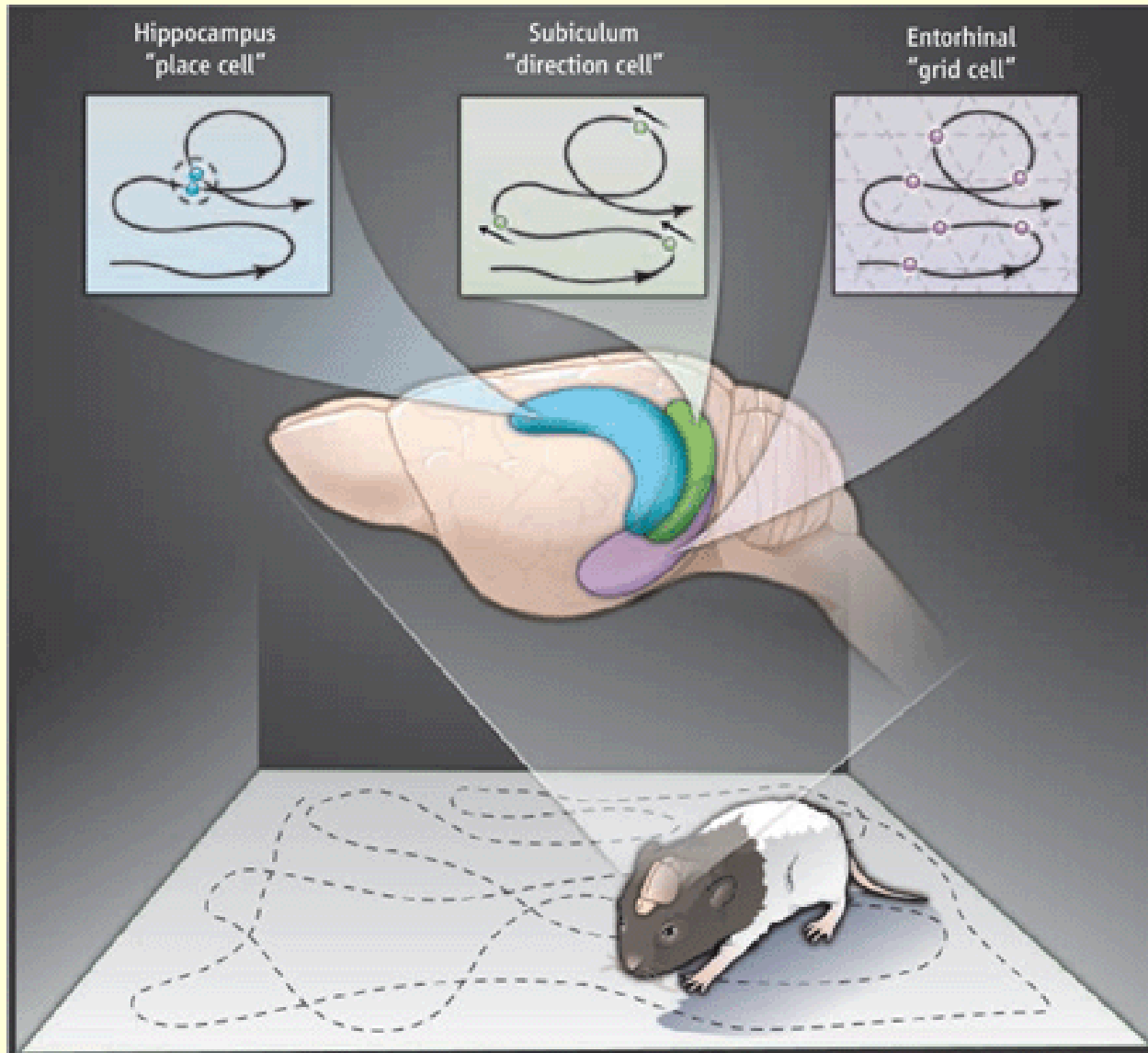
O'Keefe and Dostrovsky,
début 1970

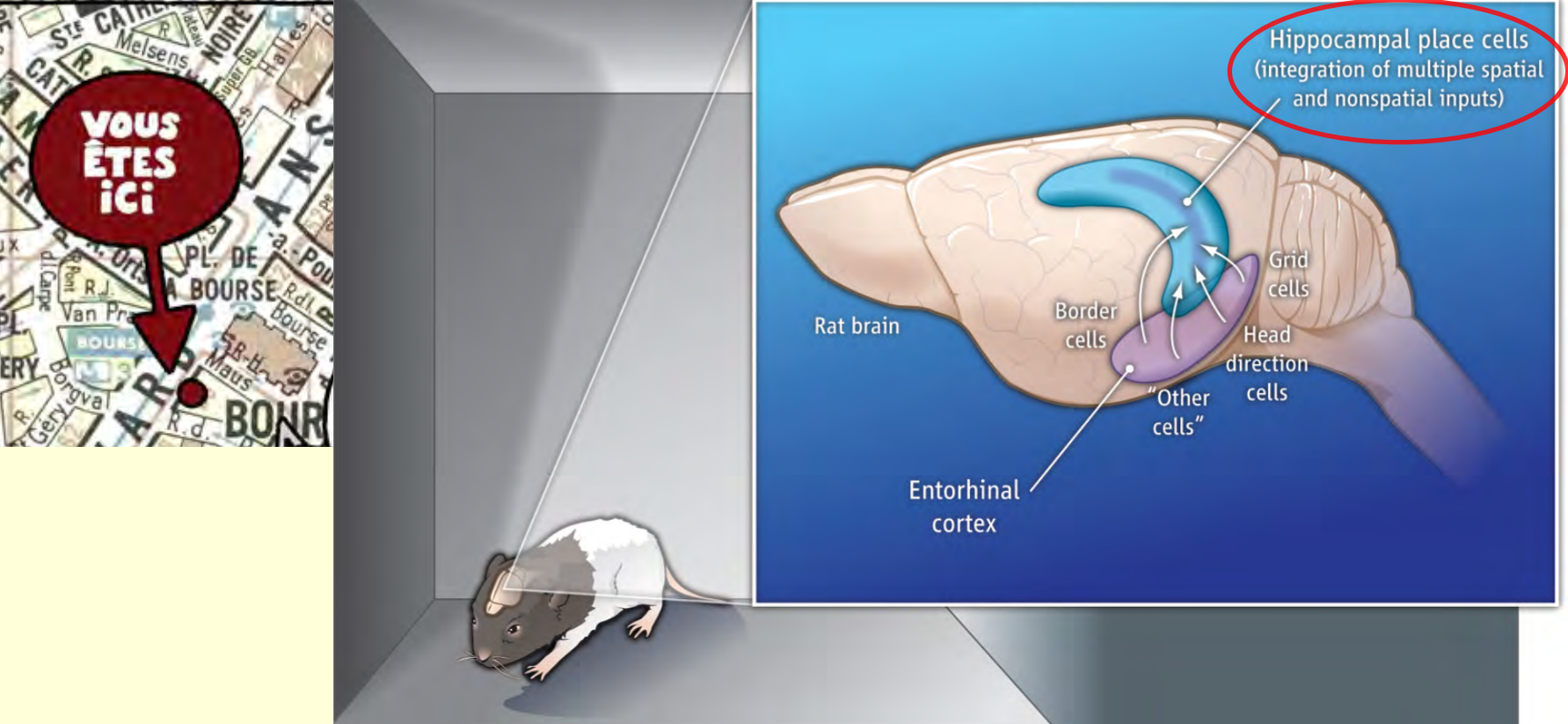
Les cellules de direction de la tête

J. B. Ranck Jr.,
Milieu 1980

« Grid cells » :

Edvard and May-Britt Moser
Milieu 2000





Mais ces **cellules de lieu**, pour déterminer cette position, reçoivent constamment les inputs d'autres cellules, notamment les **cellules de direction de la tête** et les **cellules de quadrillage**.



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**.

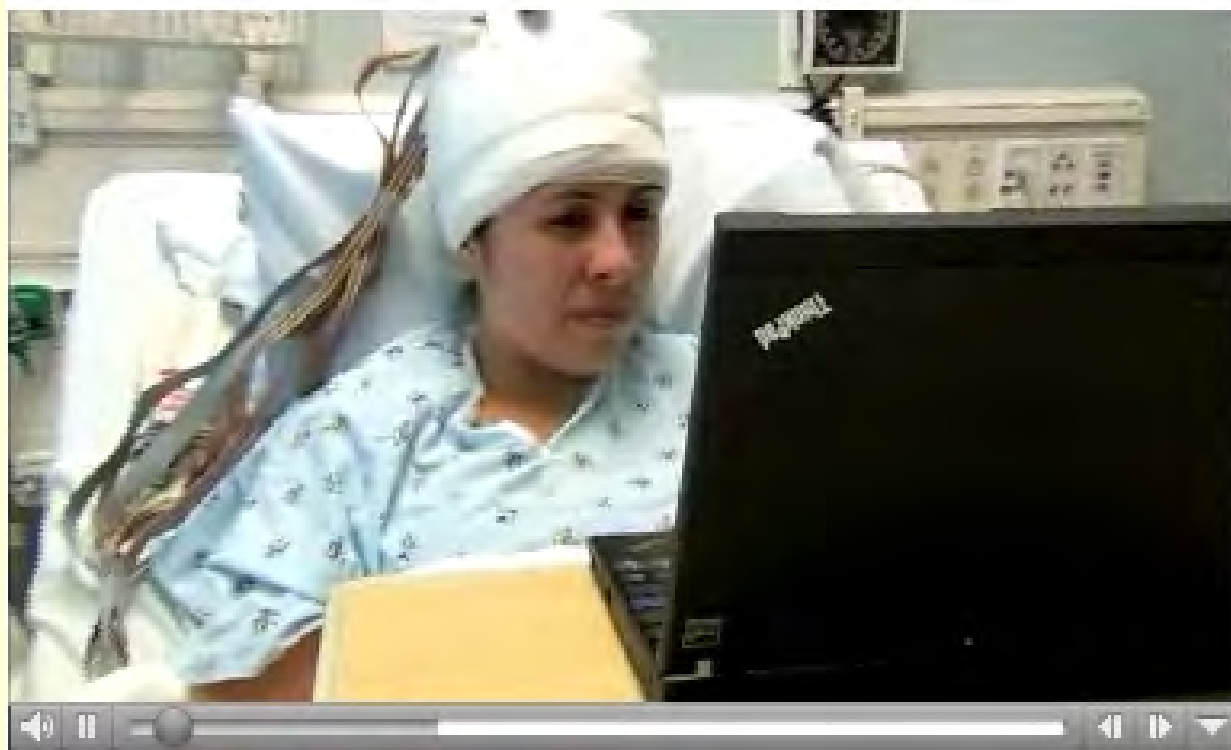
Mais qu'est-ce qui nous dit que les choses se passent de façon similaire chez l'humain ?

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.

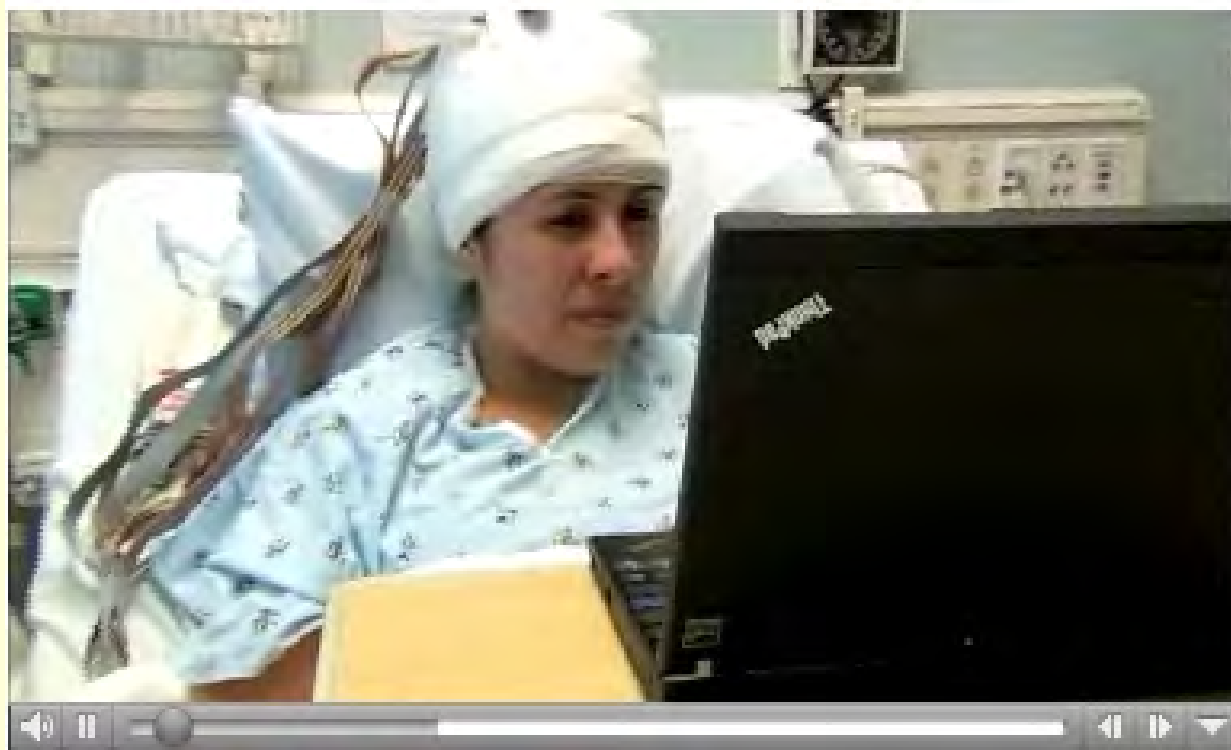
Et ils ont réussi à mettre en évidence des cellules de quadrillage avec un jeu vidéo d'une ville virtuelle.



*“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) Published online 04 August 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

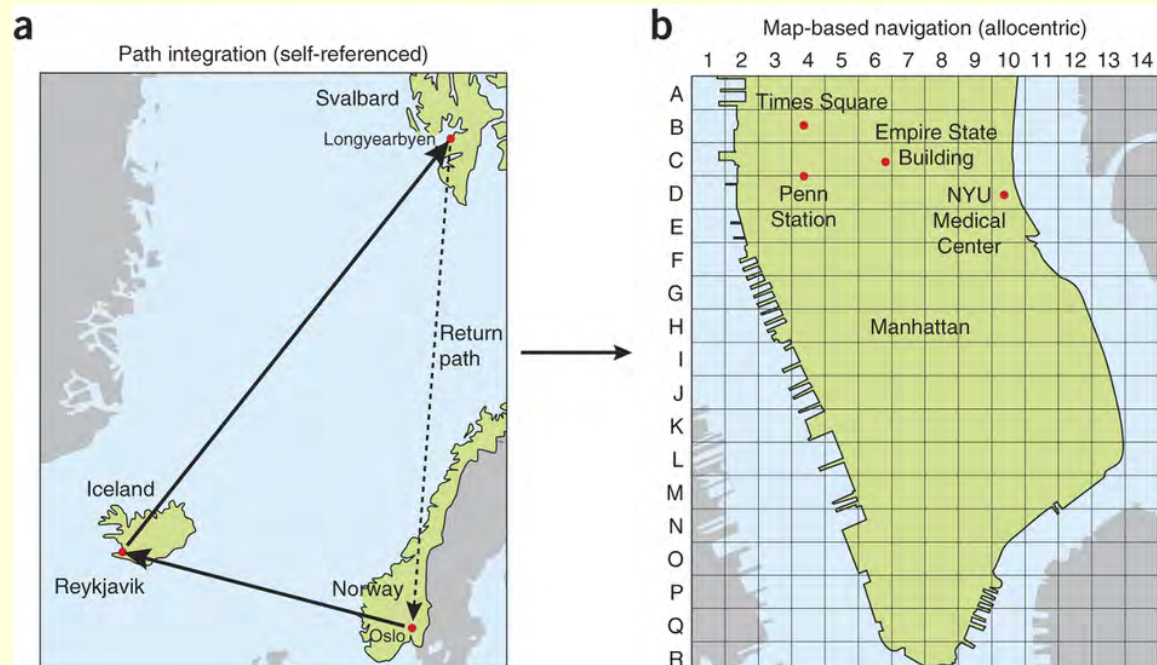
Published online 28 **January 2013**

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

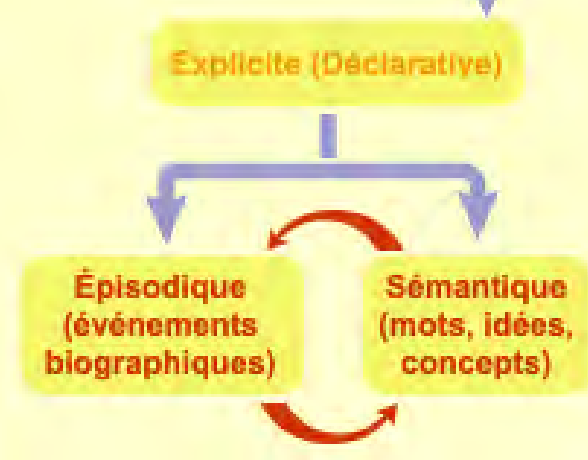
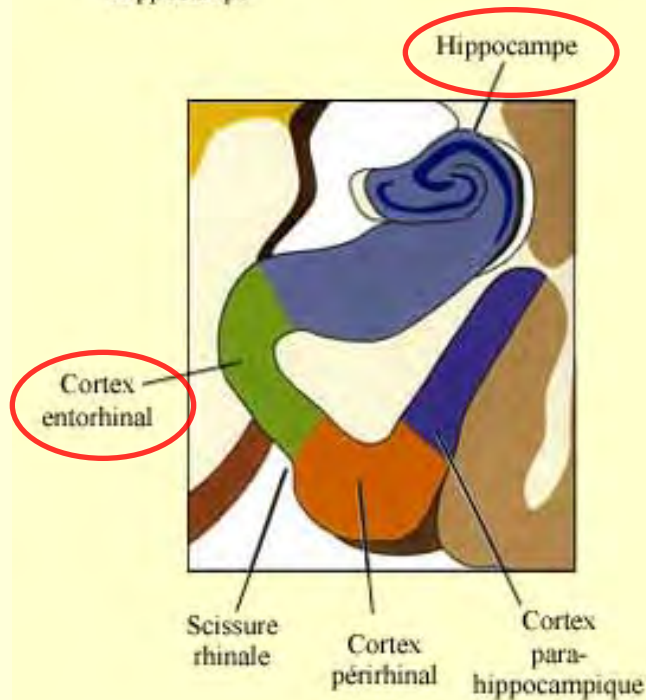
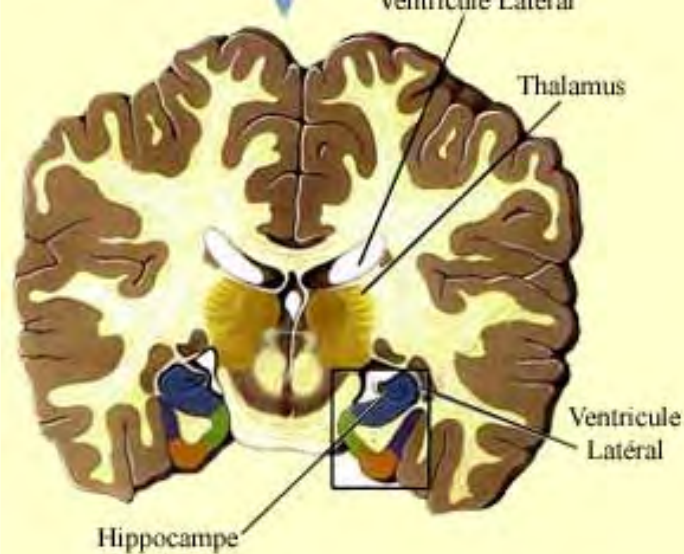
Les auteurs rappellent que pour naviguer dans l'espace, on dispose de **deux mécanismes interreliés** qui fonctionnent normalement ensemble :

- 1) Navigation **egocentrique** (“parcours mental”) : calcule les coordonnées basées sur l'intégration des déplacements et la connaissance des positions préalables
- 2) Navigation **allocentrique**: donne de l'information statique dans un cadre de référence (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).



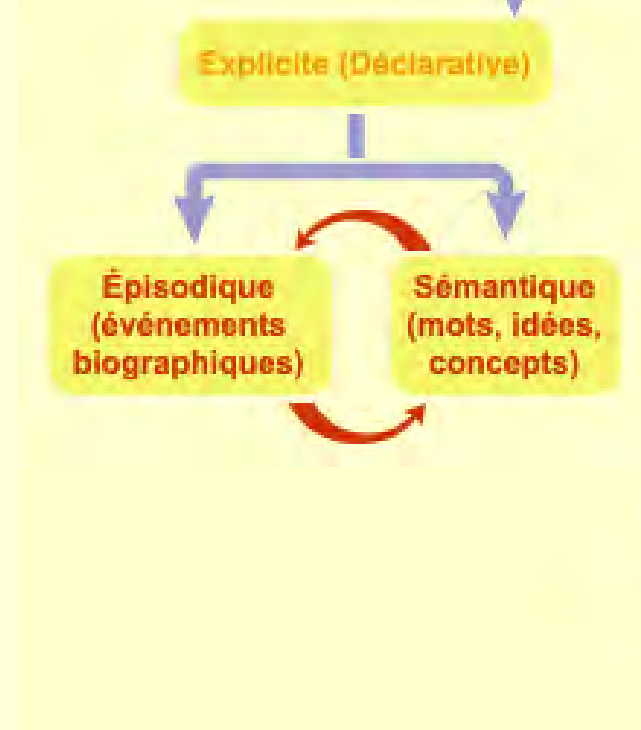
Or les structures cérébrales impliquées dans la navigation spatiale sont les même qui sont impliquées dans la mémoire déclarative humaine, soit **l'hippocampe et le cortex entorhinal**.



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,

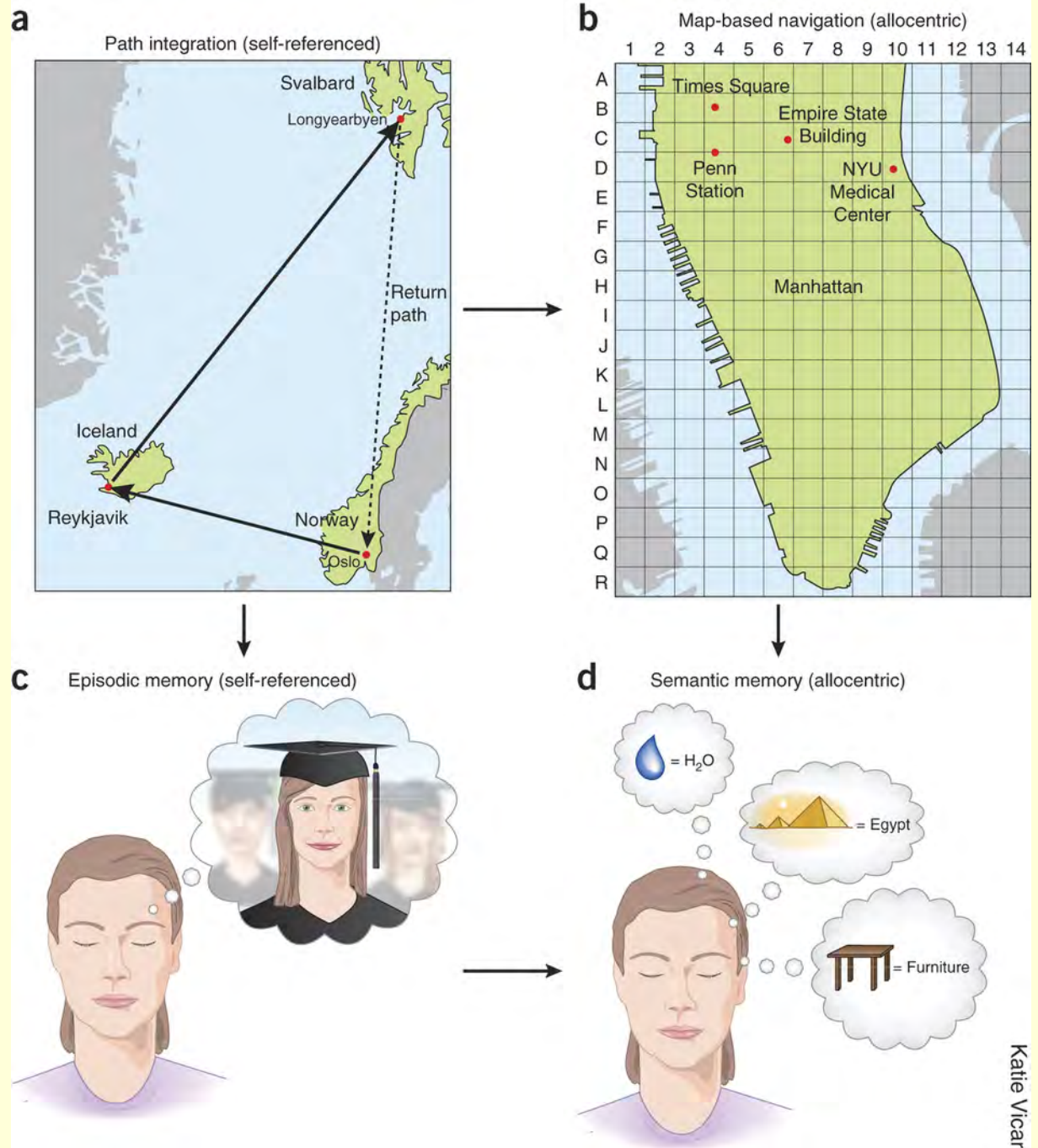
et la **mémoire épisodique**, celle de notre histoire de vie à la première personne.



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

et notre mémoire **épisodique** de nos capacités de navigation egocentrique.

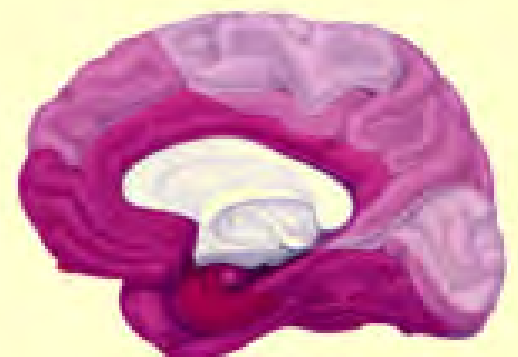
Et les mêmes réseaux de neurones supporteraient les **deux formes de voyage, spatiale et temporelle**.



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

pertes de mémoire

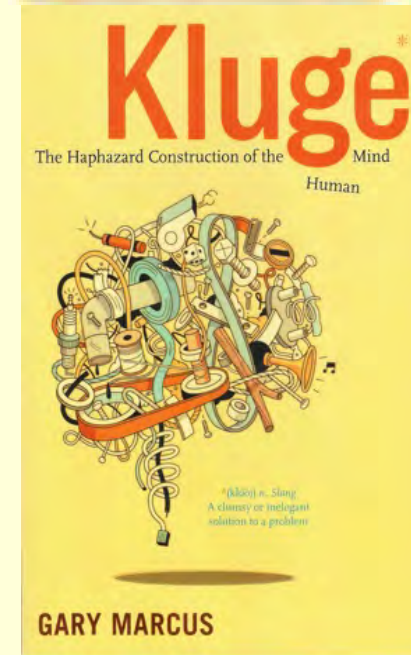
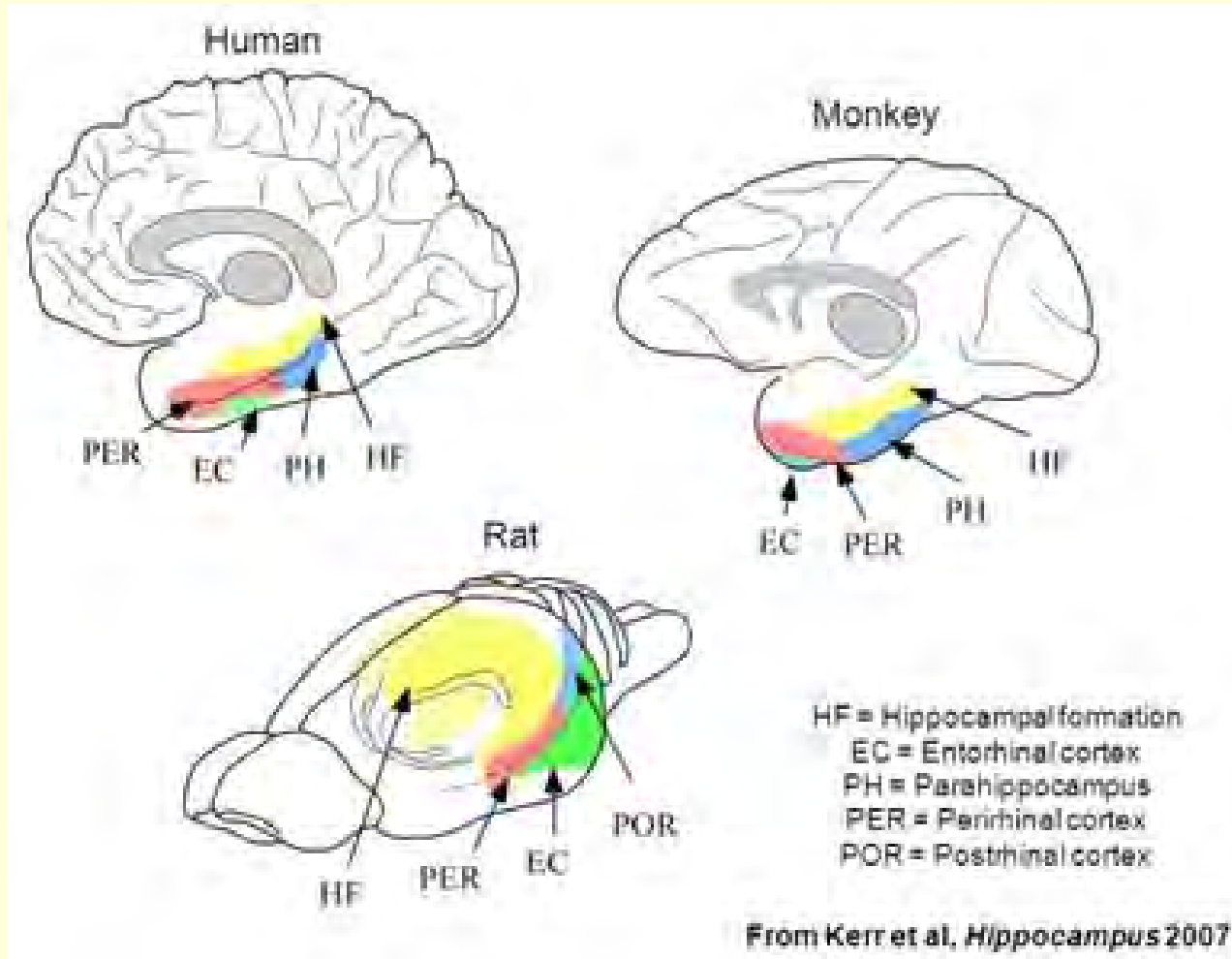
et désorientation.



stade léger

stade modéré

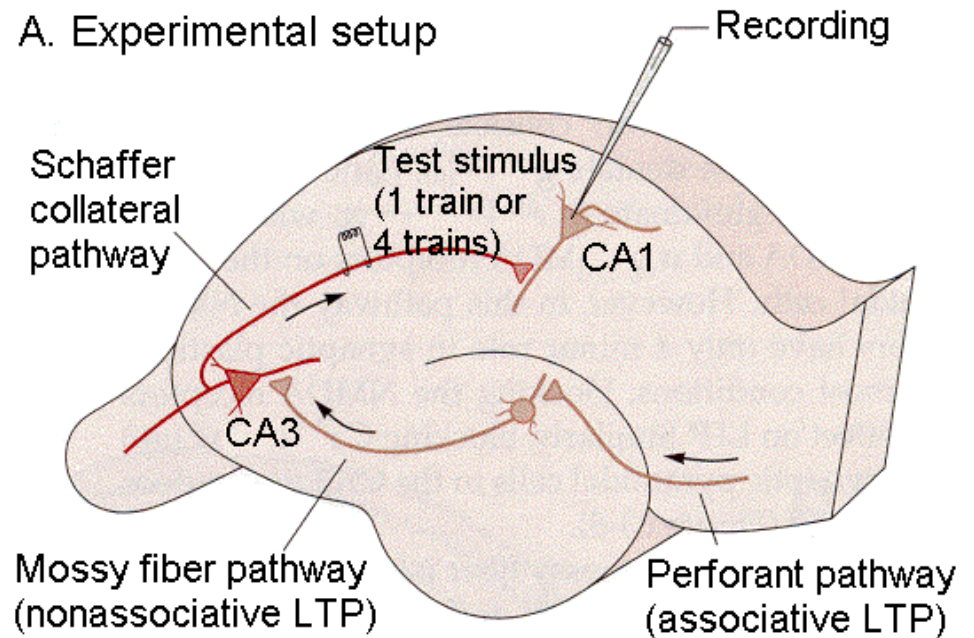
stade avancé



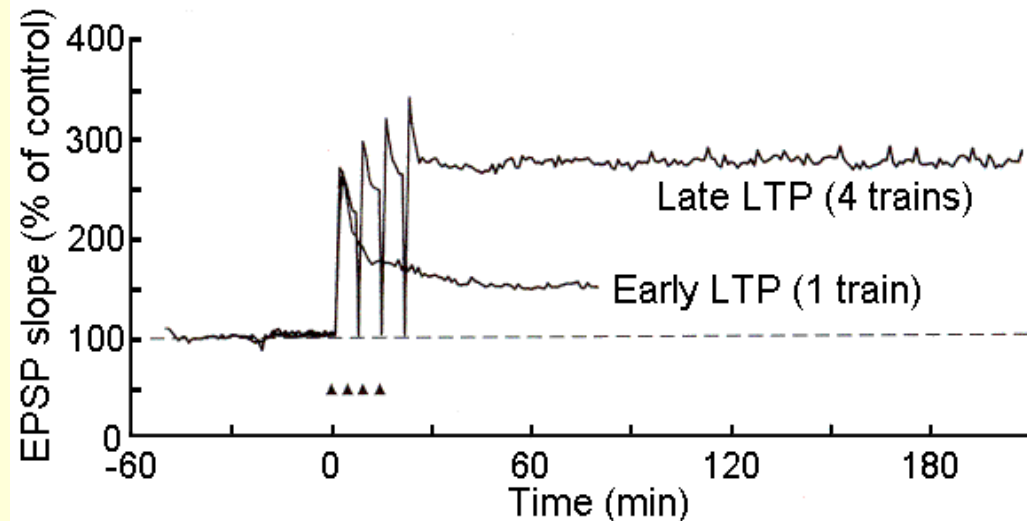
D'où leur hypothèse d'une continuité phylogénétique de la navigation spatiale et de la mémoire chez les mammifères, y compris chez l'humain :

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

Les neurones de l'hippocampe sont aussi 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



[Petite parenthèse...





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.

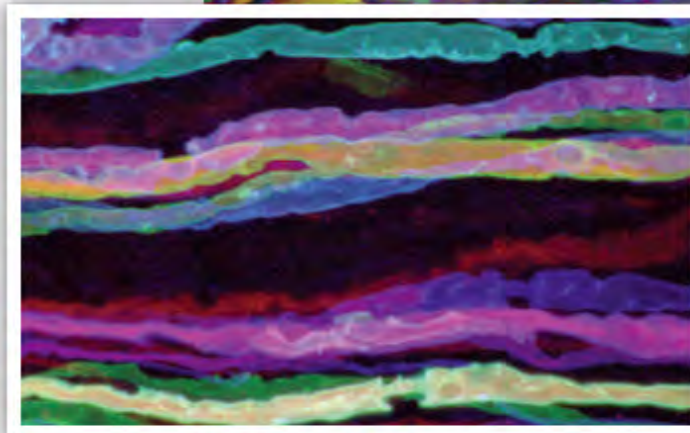
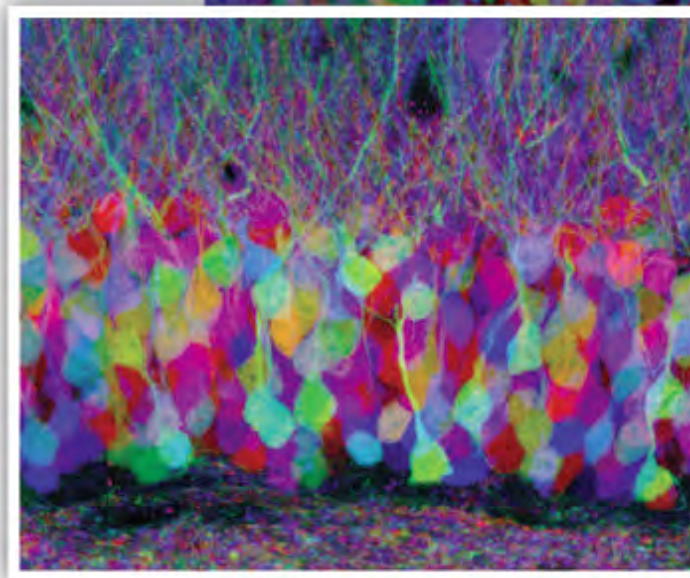
At first glance, Jeff Lichtman seems to be hanging long strips of sticky tape from the walls of his Harvard lab. The tape flutters in the breeze from the air-conditioner. But closer inspection

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.

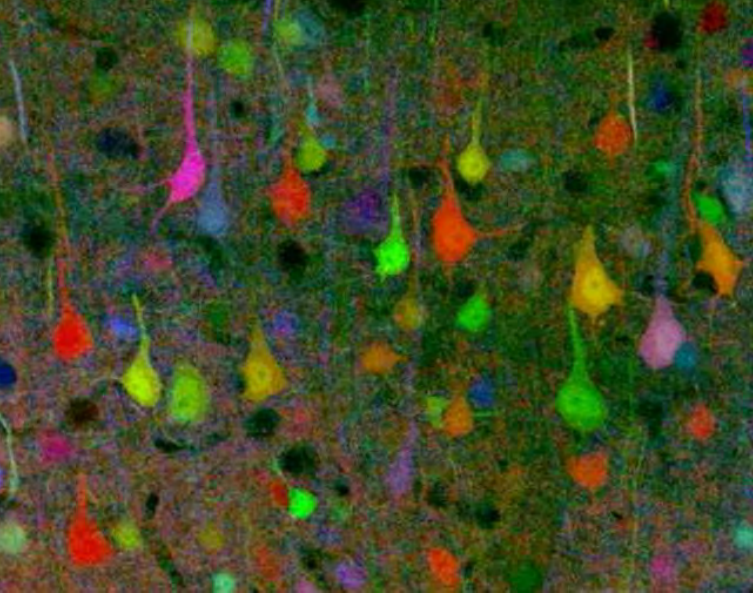
Although Lichtman appreciates the techni-

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



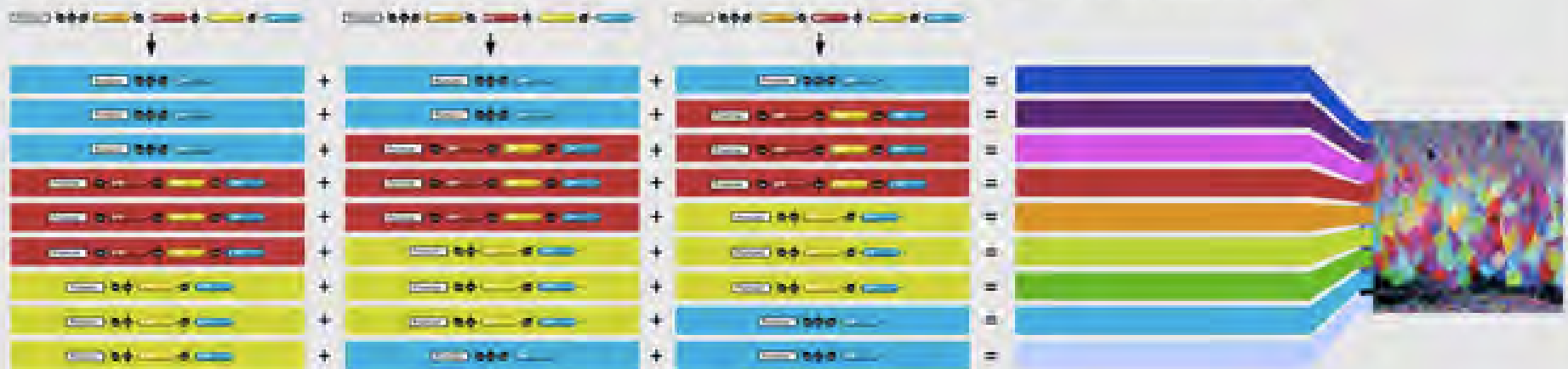
Brainbow-coloured nerve cells in the brainstem (main picture), in the dentate gyrus of the hippocampus (inset, top) and in a peripheral nerve.

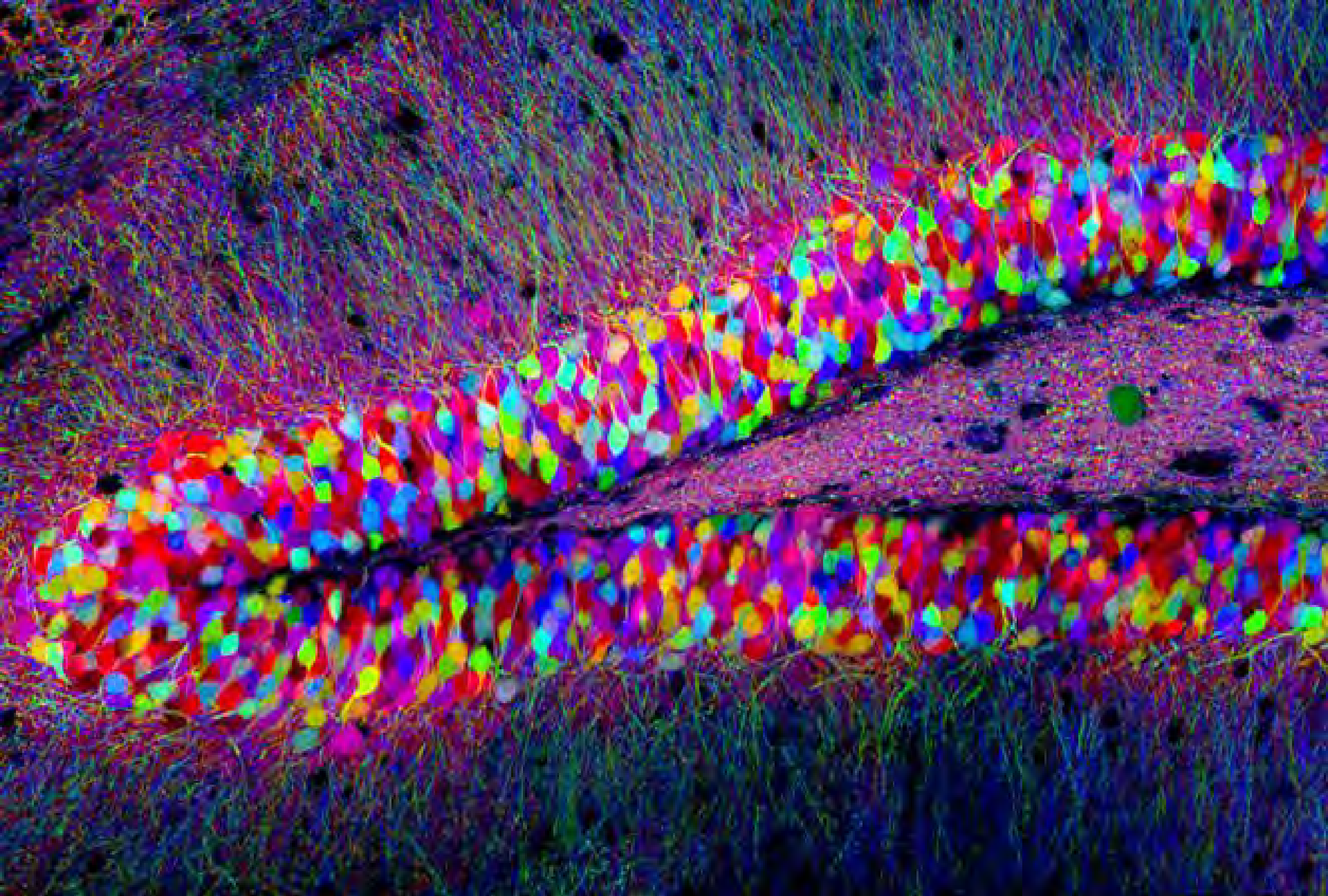


- Fonctionne par l'expression, dans chaque neurone, de **différents ratios** de variétés rouges, vertes et bleues d'un pigment fluorescent

Building Brainbow

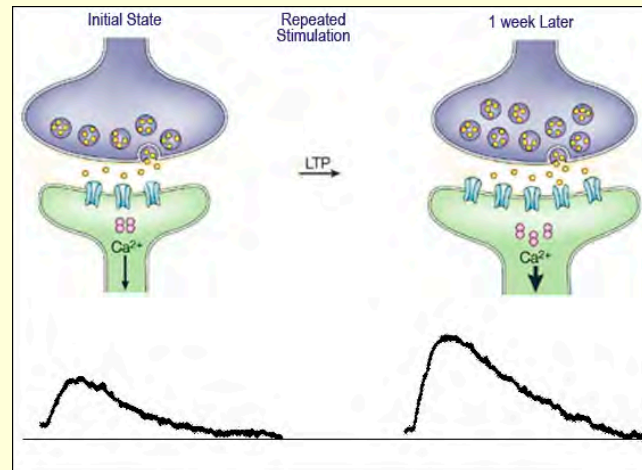
Three copies of the genetic construct allow for the expression of multiple fluorophore color combinations.





...fermer la parenthèse]

On a parlé de **potentialisation à long terme (PLT)** comme l'un des mécanismes les plus certains derrière les phénomènes d'apprentissage et de mémoire.



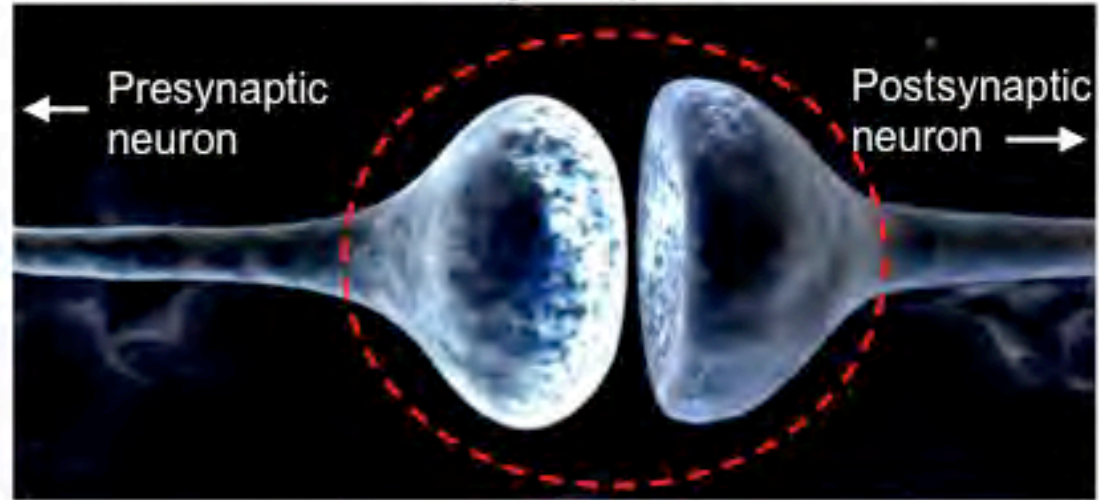
Mais la PLT n'est pas le seul mécanisme cellulaire pouvant être à la base d'apprentissages associatifs.


La **plasticité dépendante du temps d'occurrence des impulsions** (en anglais « Spike-timing-dependent plasticity » ou **STDP**) est un autre processus de modification du poids des synapses découvert plus récemment (début – milieu des années 1990).

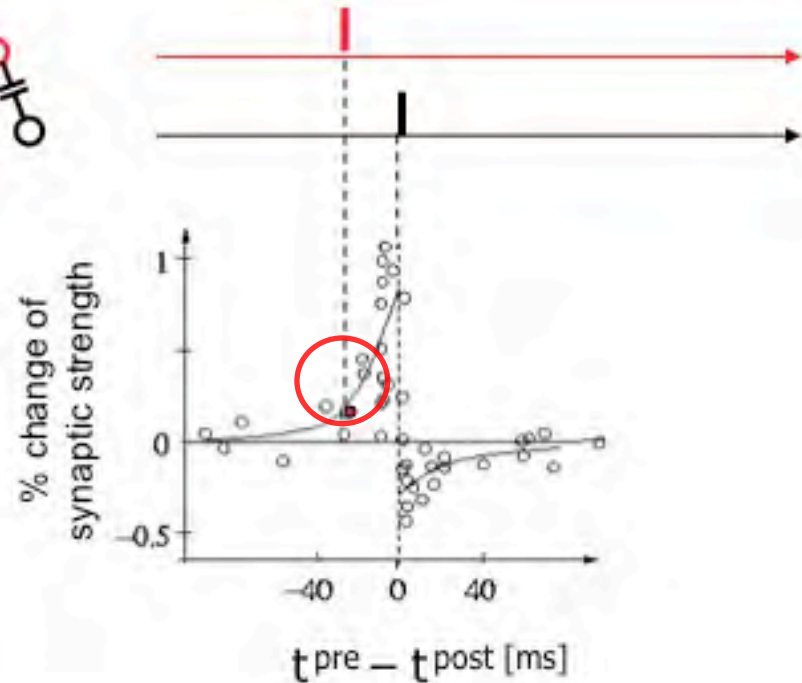
La STDP fut démontrée définitivement par **Henry Markram** alors dans le laboratoire de Bert Sakmann en 1993 avec l'article complet finalement publié en **1997**.

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

synapse



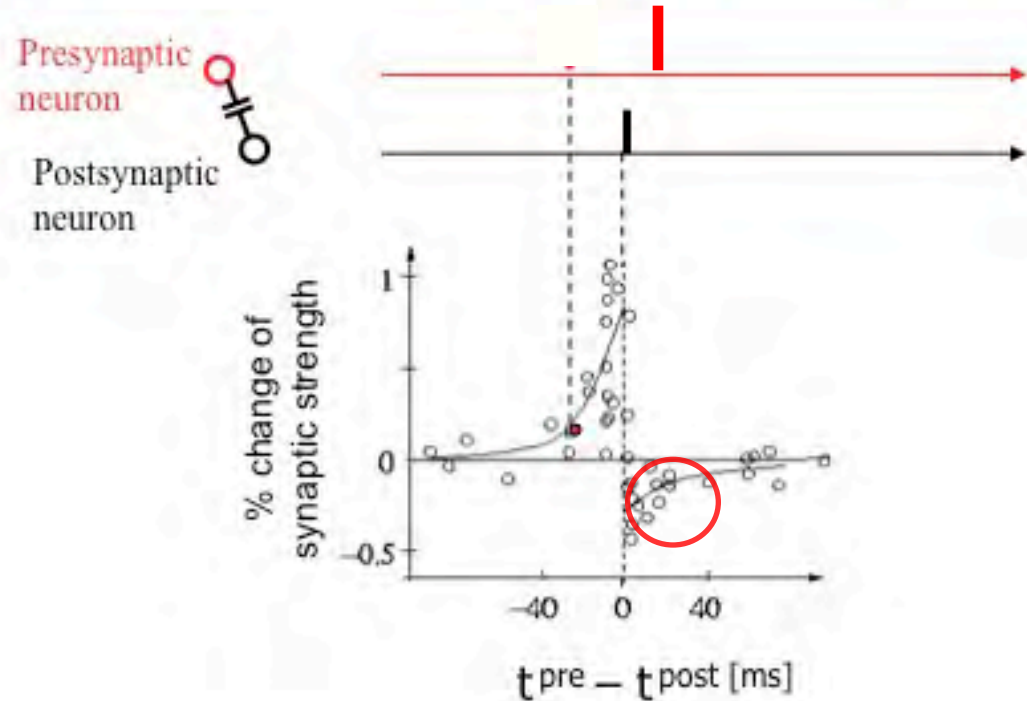
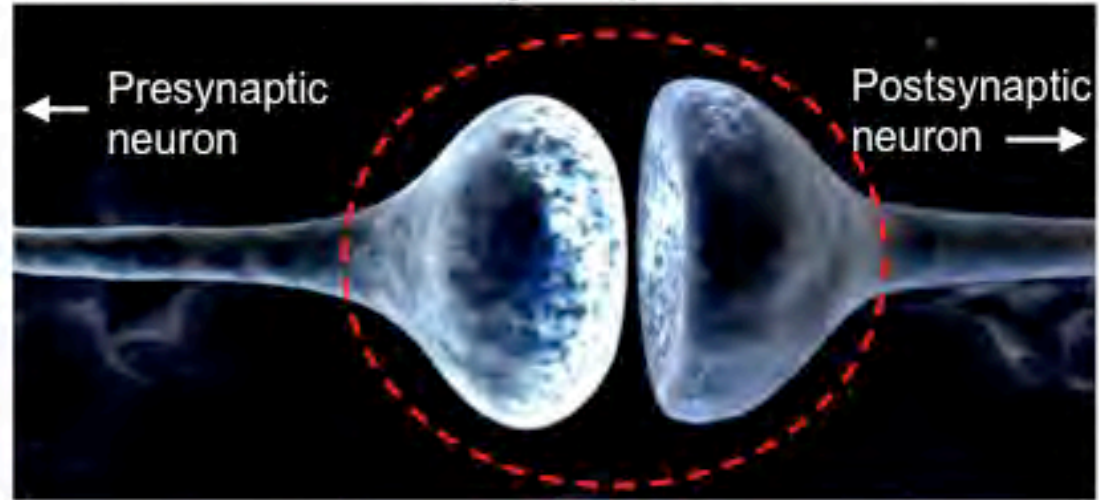
Presynaptic neuron 
Postsynaptic neuron



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

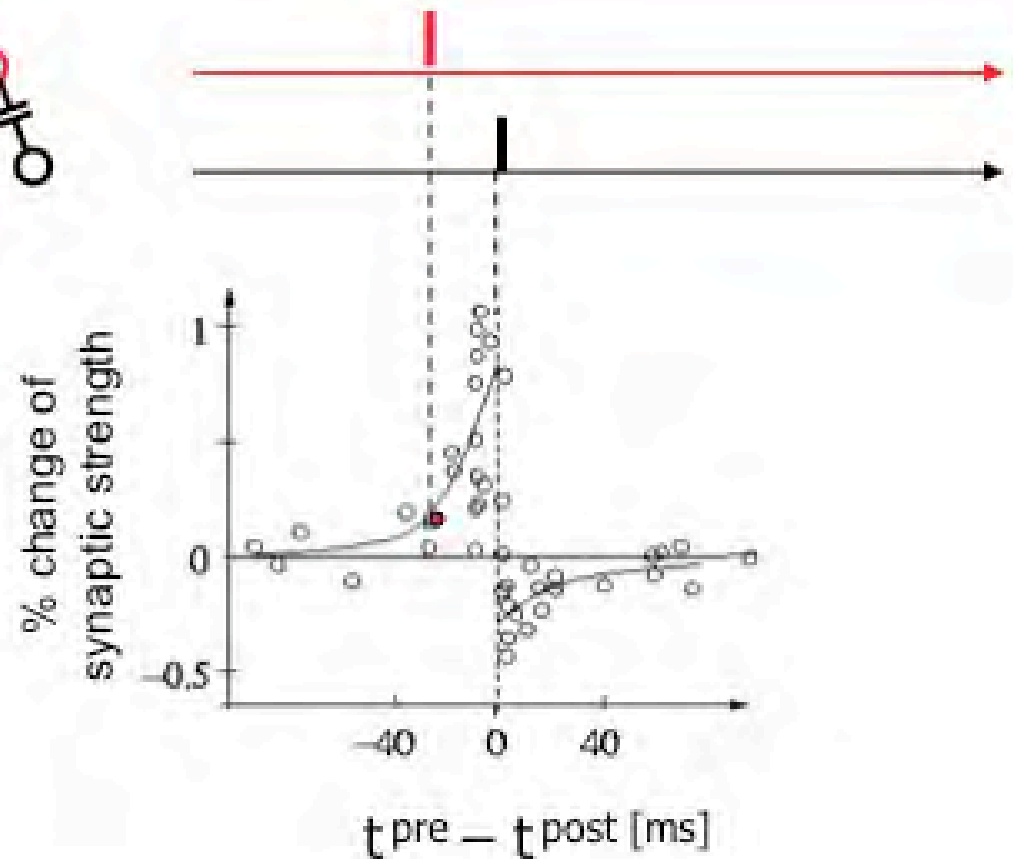
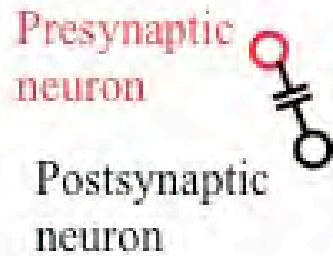
Mais si l'input pré-synaptique arrive immédiatement **après** le déclenchement du potentiel d'action du neurone post-synaptique, **alors il sera par la suite moins efficace**.

synapse



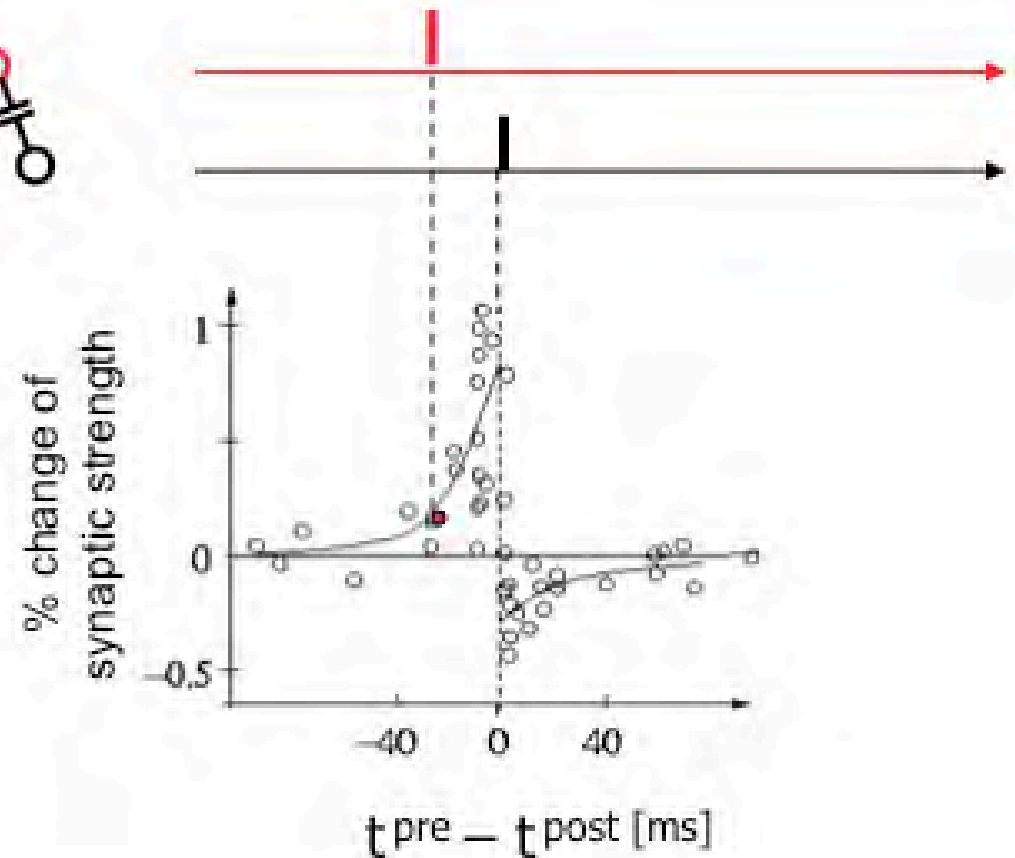
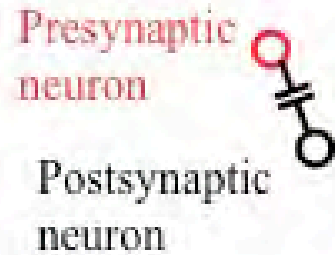
Tout se passe comme si l'input qui peut être la cause de l'excitation du neurone post-synaptique voyait l'importance de sa contribution synaptique future augmentée

(et l'inverse pour les inputs qui arrivent après et ne peuvent pas en être la cause).



La fenêtre temporelle est de l'ordre de 5 à 40 ms, tant avant l'activité dans le neurone post-synaptique pour une augmentation que après pour une diminution de l'efficacité synaptique.

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.

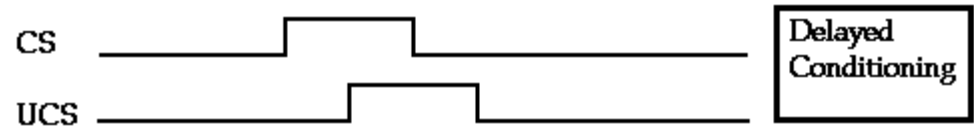
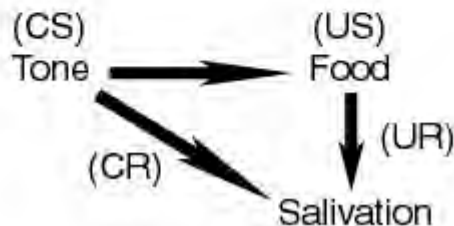
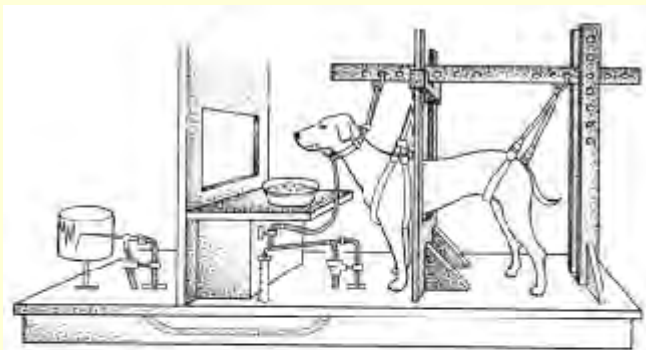


"Neurons that fire together wire together"

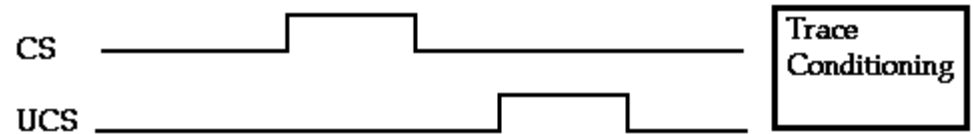
Plutôt "légèrement avant" que "together", car si deux neurones font feu **exactement en même temps** (donc pas de relation causale possible entre eux), il y a peu ou **pas d'effet, ni dans un sens, ni dans l'autre**.

Mais si l'activité dans le neurone pré-synaptique **prédit de façon constante** et dans la fenêtre temporelle optimale décrite l'activité dans le neurone post-synaptique, alors un renforcement robuste de cette synapse apparaît.

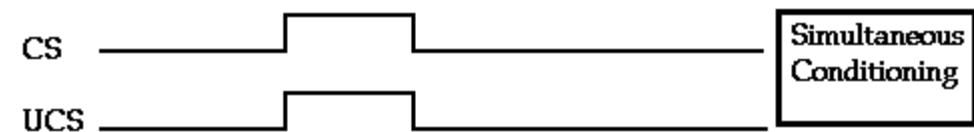
Renforcement qui fait écho au niveau cellulaire à ce que l'on observe au niveau comportemental dans le **conditionnement classique**, avec en plus la même importance fondamentale au niveau de la séquence temporelle des stimuli.



Easily established conditioning



Ease of conditioning depends on length of trace



Very little conditioning established

Mécanismes probables de la STDP

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

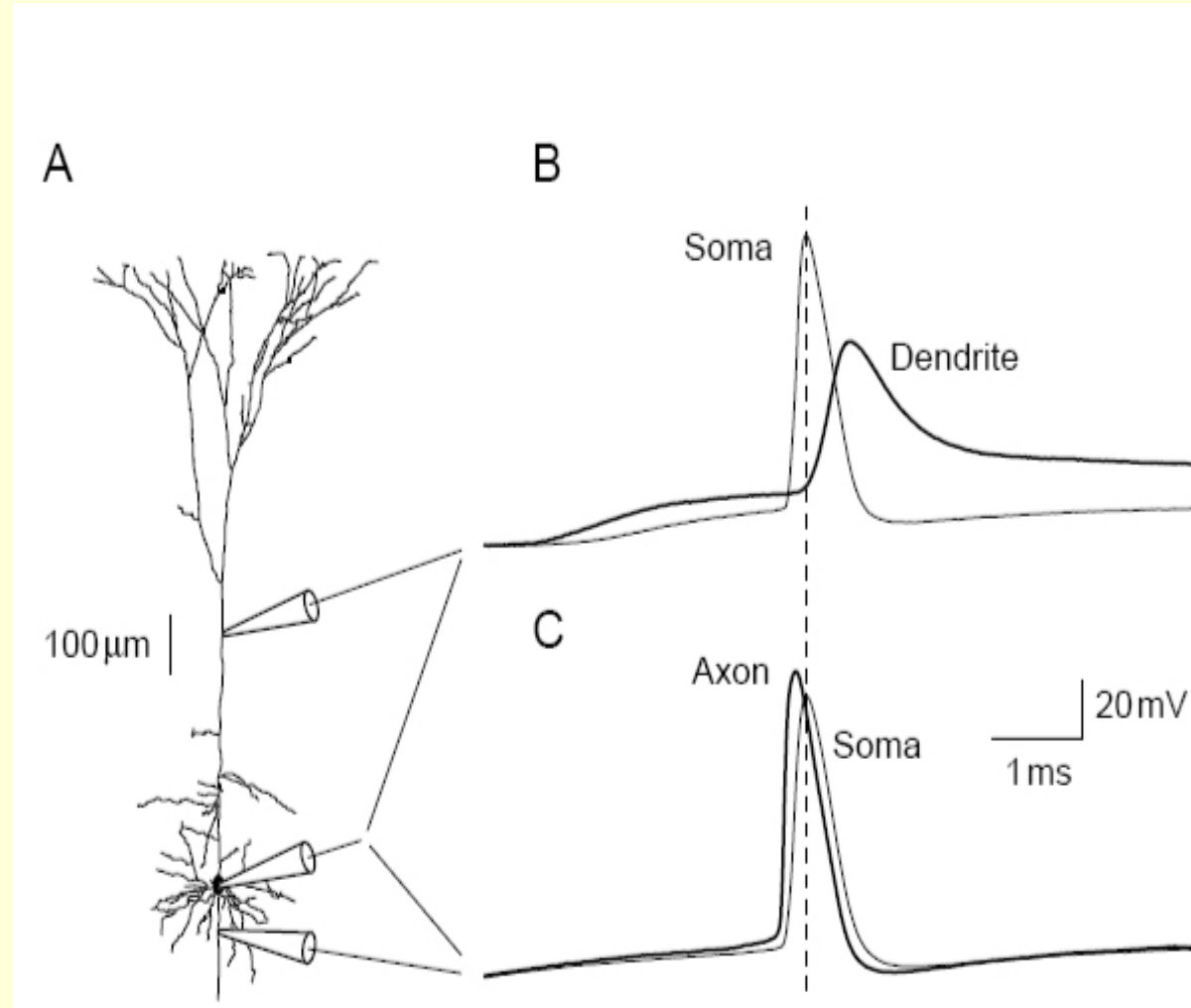
Or le déclenchement d'un **potentiel d'action dans le neurone post-synaptique** provoque souvent également une dépolarisation dans tout le réseau dendritique de ce neurone par « **rétropropagation** » (« **neural backpropagation** », en anglais).

Cette « **backpropagation** », on l'avait mentionnée quand on avait parlé des **synapses électriques**.

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.

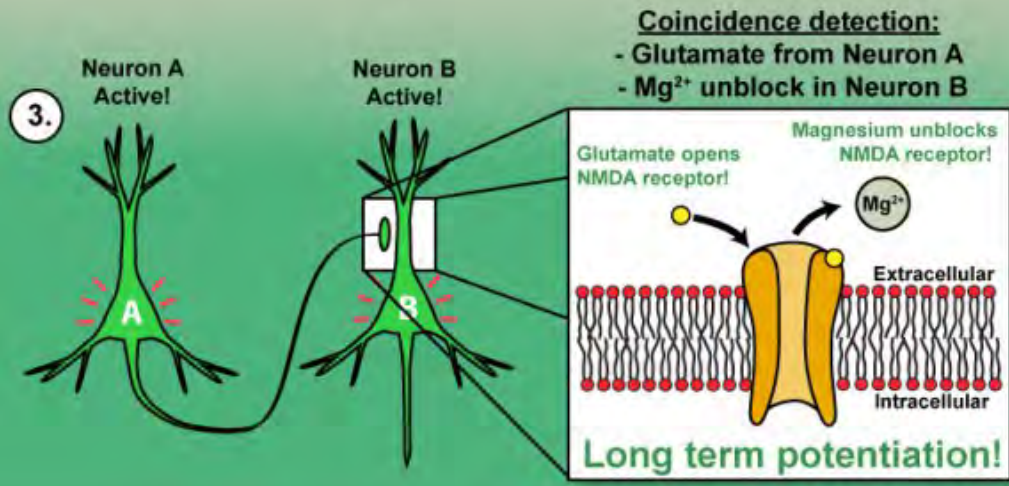
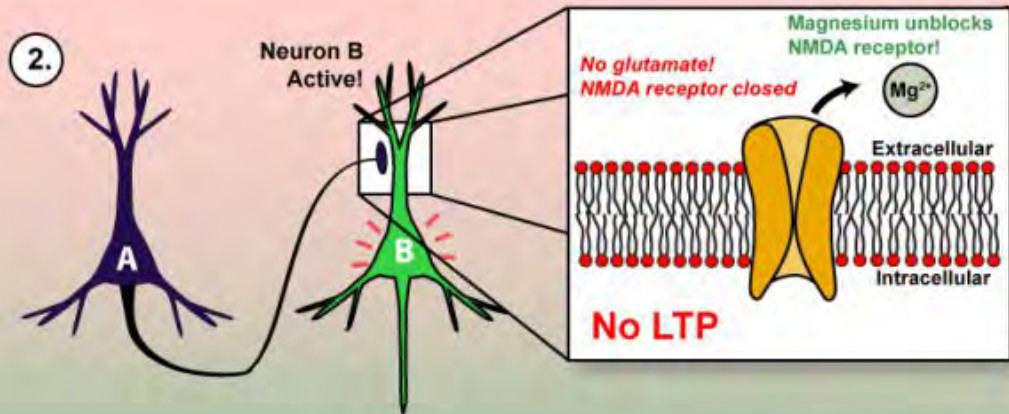
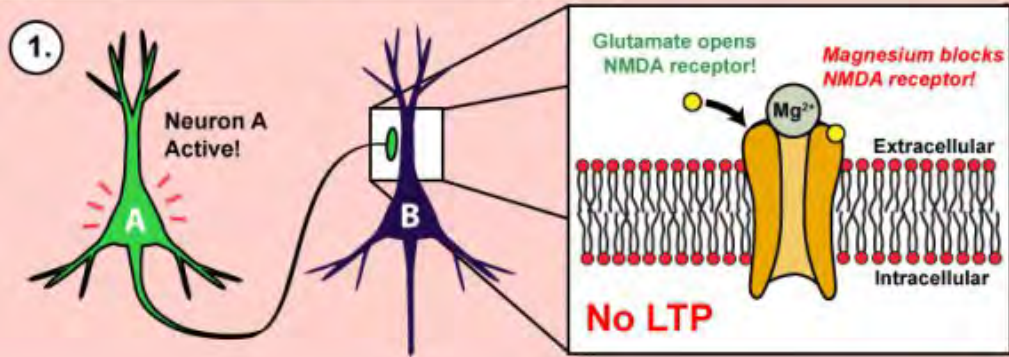
Les potentiels excitateurs **générés aux synapses** ne sont, pour leur part, pas suffisamment important pour activer ces canaux calciques sensibles au voltage.

Par conséquent, on pense que les dépolarisations qui se déploient par backpropagation surviennent **seulement lorsque le neurone produit des potentiels d'action**.



What a Coincidence!

Magnesium, NMDA Receptors, and LTP



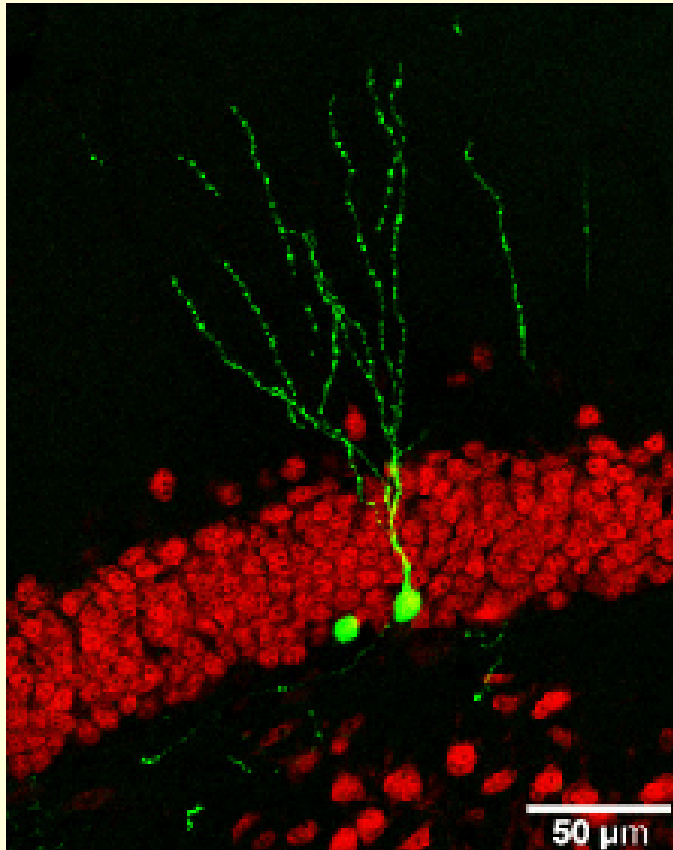
Neurogenèse

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.**



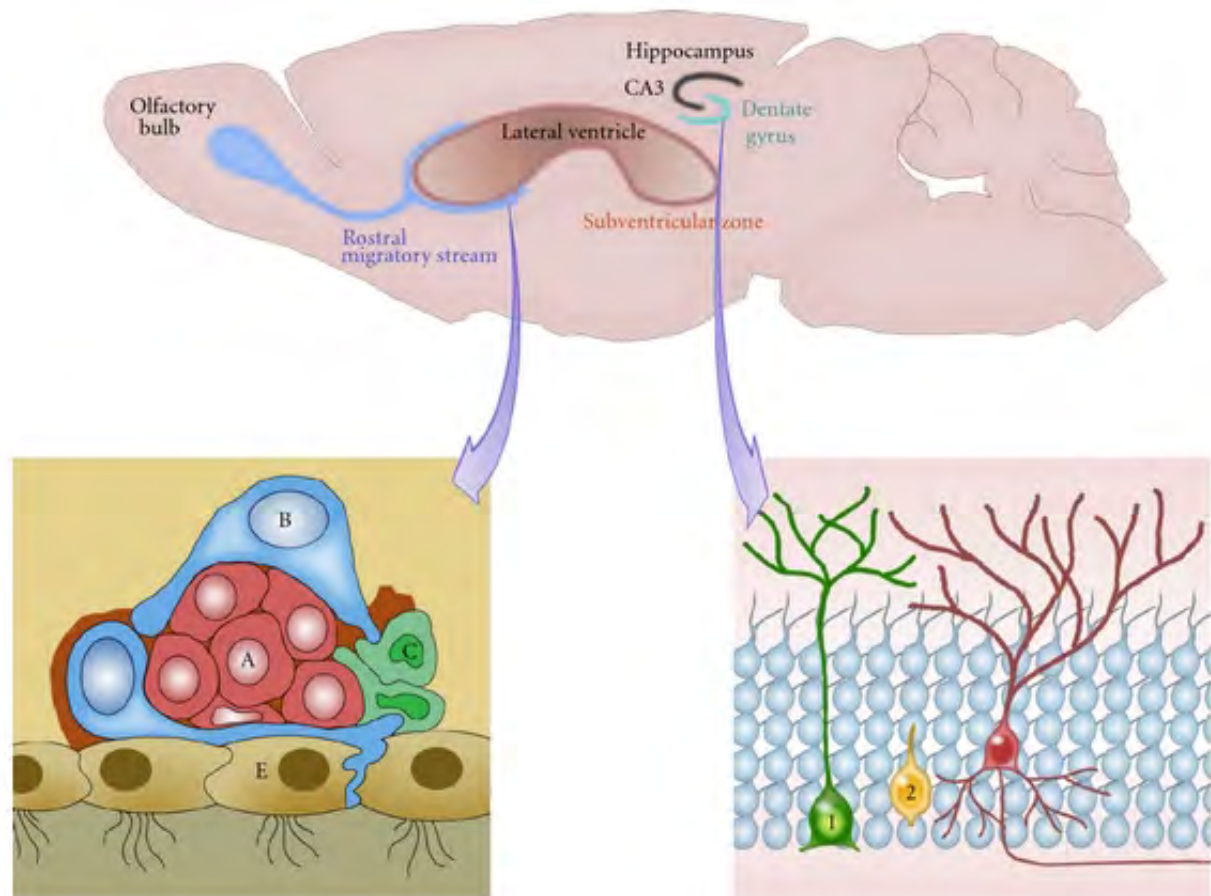
Nouveau neurone apparu dans l'hippocampe d'une souris adulte.

On sait aujourd'hui que la neurogenèse se déroule principalement dans deux régions du cerveau des mammifères **adultes**, dont l'être humain :

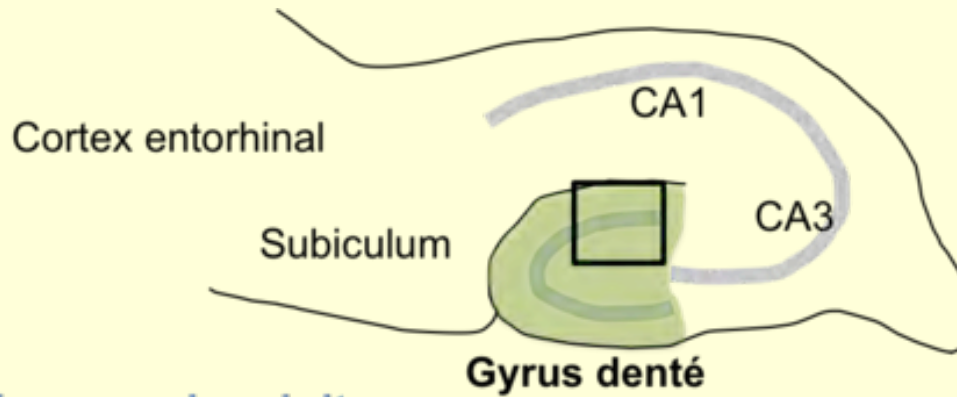
1) Le gyrus dentelé de l'hippocampe

(cerveau de rat)

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



1) Le gyrus dentelé de l'hippocampe



Cellule souche neurale adulte
(cellule de type I)



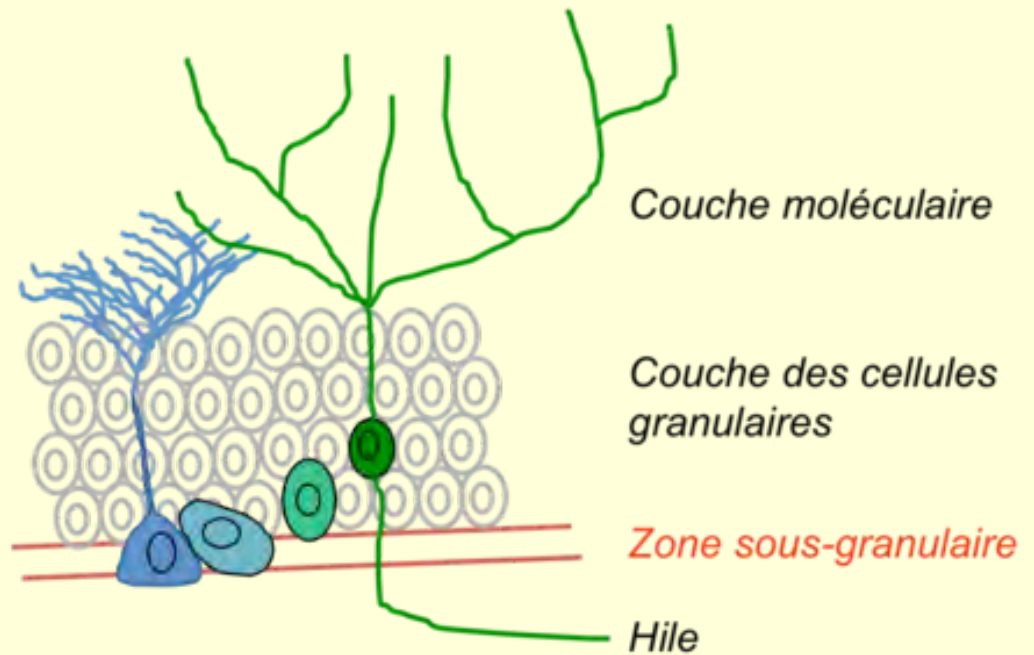
Cellules type II



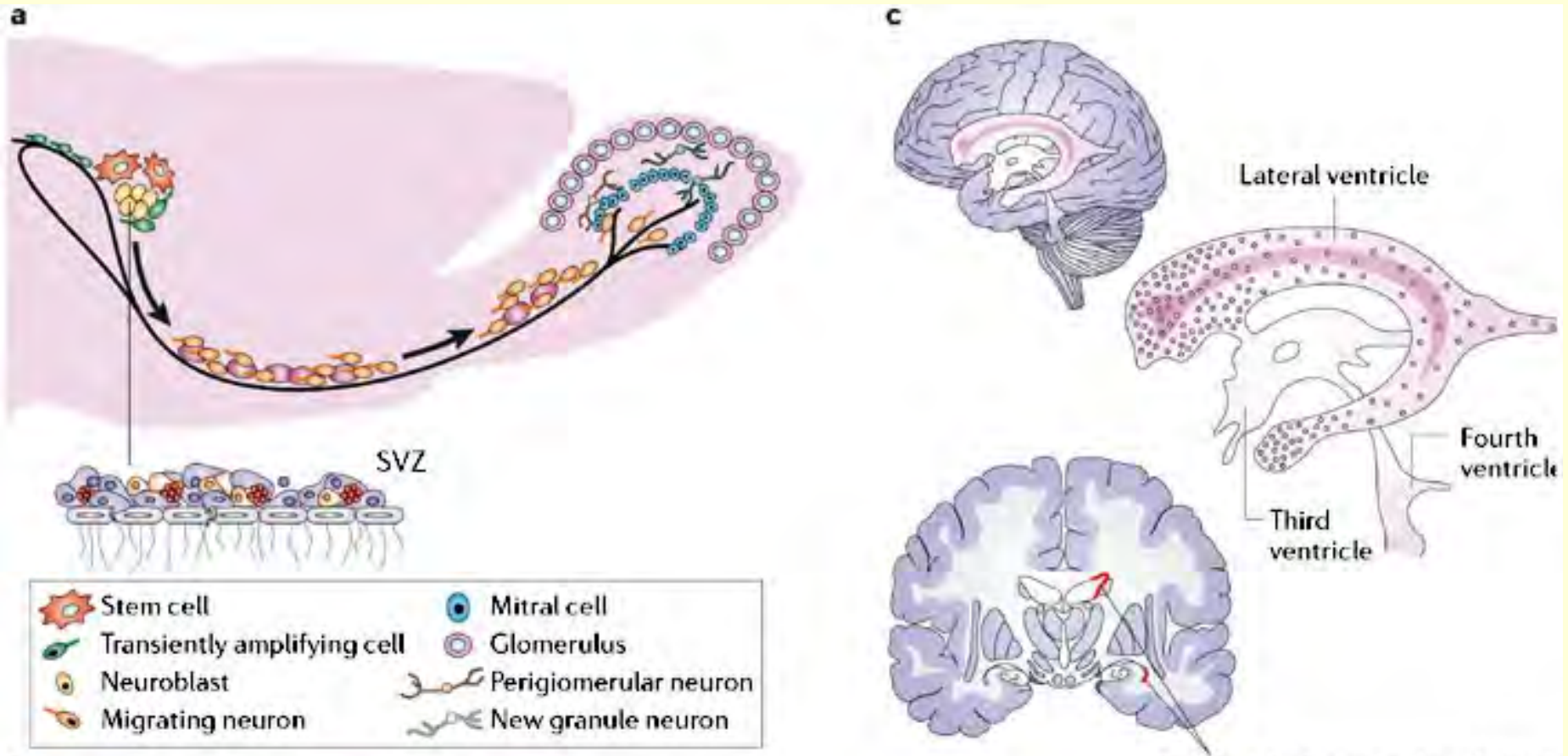
Neuroblastes



Cellules granulaires



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



Après des travaux s'échelonnant sur plus d'une décennie,
une équipe suédoise vient de publier :

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

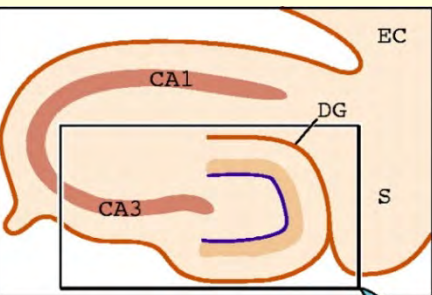


Après des travaux s'échelonnant sur plus d'une décennie, **une équipe suédoise vient de publier :**

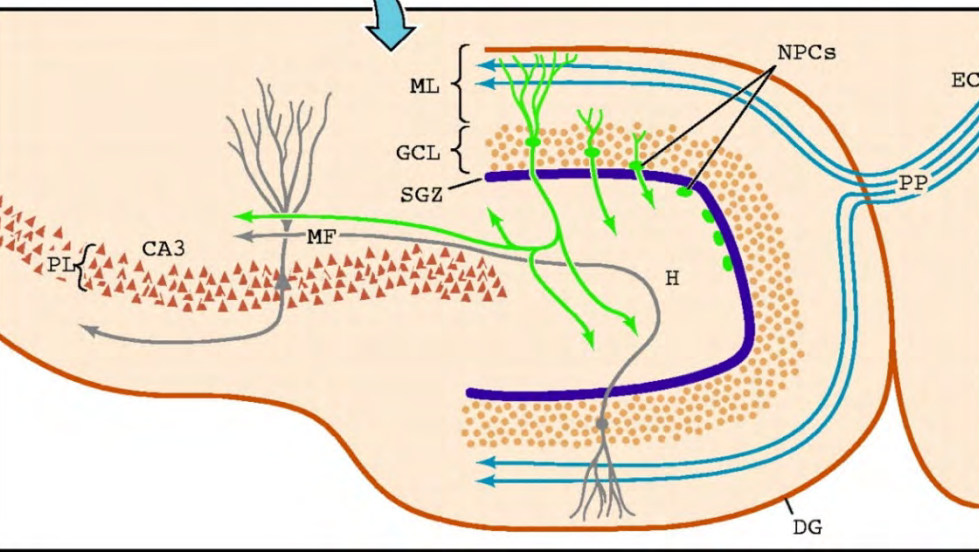
Dynamics of Hippocampal Neurogenesis in Adult Humans

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

Dans le gyrus denté de l'hippocampe (DG)



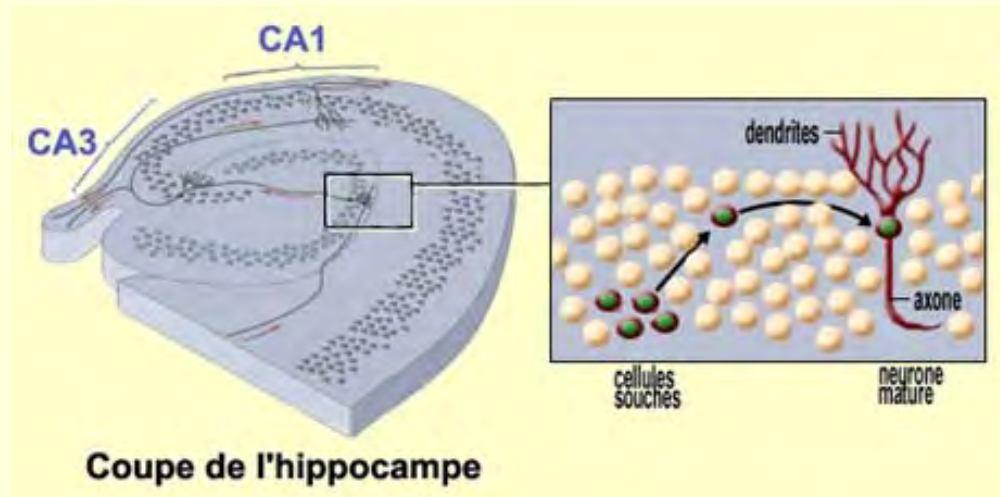
- environ 700 cellules se différencient en nouveaux neurones chaque jour dans chacun de nos hippocampes,



- soit 250 000 par année

(ou près de 2% de la population neuronale de l'hippocampe)

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



Autres données qui se confirment pour 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.



L'exercice régulier : un remède contre l'anxiété

Or on sait aussi que l'exercice régulier **favorise la neurogenèse**.

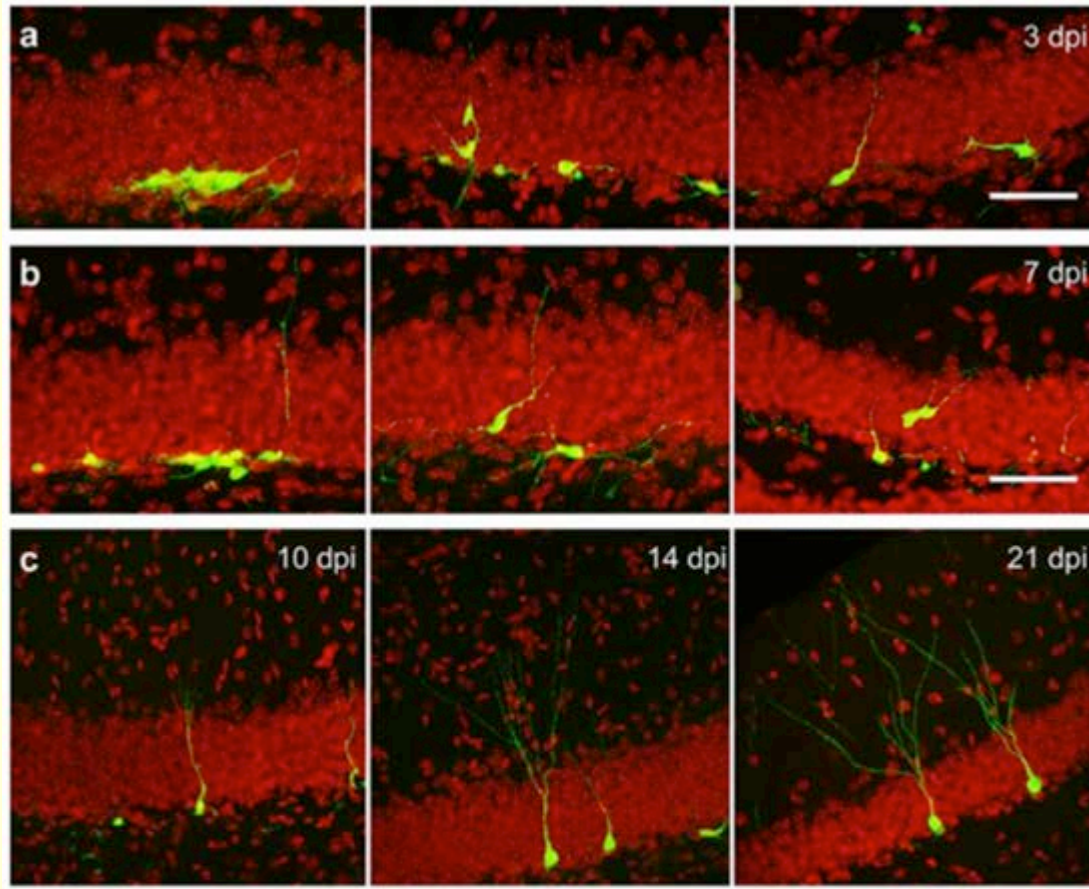
Ces jeunes neurones étant très excitables par toutes sortes de stimuli, on se retrouvait donc devant des observations **en apparence contradictoires** où l'exercice génère à la fois les conditions neuronales qui nous mettent sur le qui-vive et cette impression subjective de calme apportée par la pratique sportive régulière.

C'est ce paradoxe qu'Elizabeth Gould et son équipe viennent d'élucider dans un article publié en **mai 2013** dans *The Journal of Neuroscience*.

La clé de l'énigme résidait **dans le type de ces nouveaux neurones** produits en plus grande quantité dans la partie ventrale de l'hippocampe appelée gyrus dentelé : des **interneurones au GABA**, un neurotransmetteur qui inhibe (ou ralentit) l'activité des autres neurones.

D'où l'**effet calmant** global que l'on associe à une anxiété moindre...

Sur les fonctions possibles
de la neurogenèse :

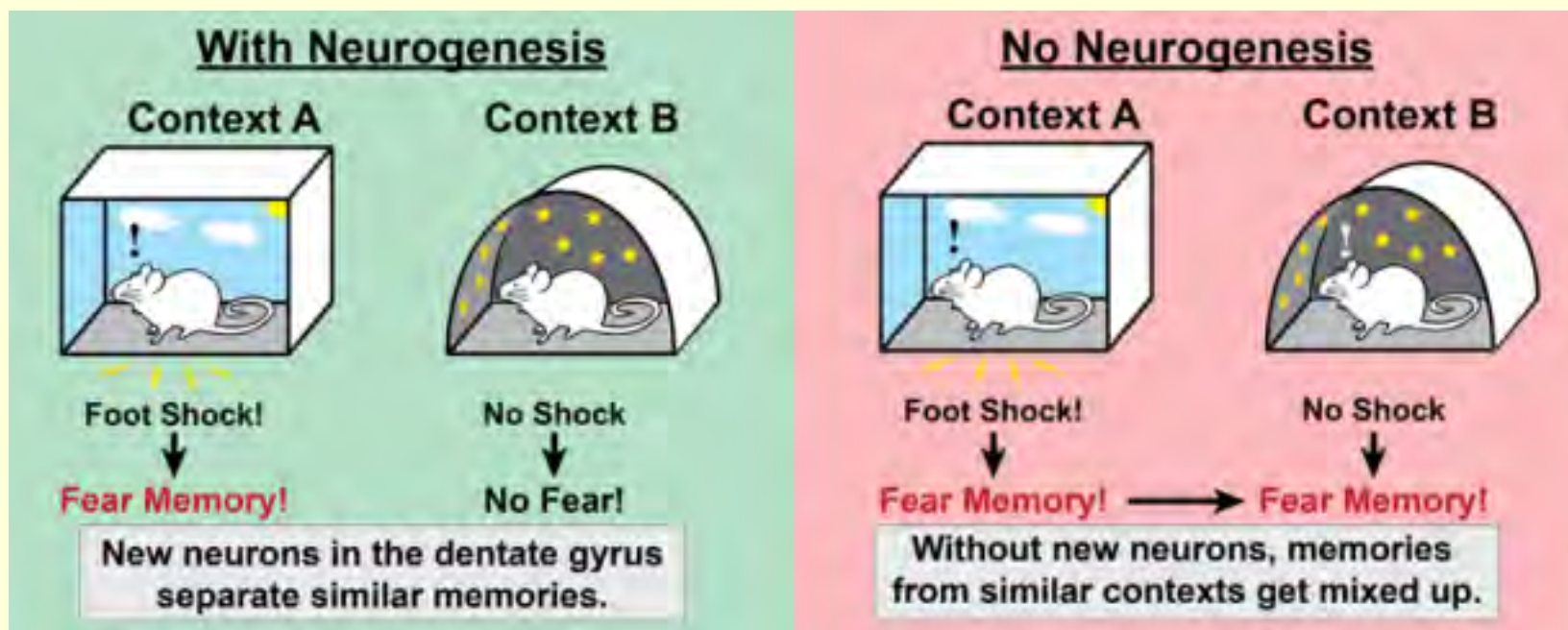


- Permettrait de séparer deux souvenirs formés dans des contextes similaires (“**pattern separation**”).

**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.



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 désormais 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%.





Le premier cas documenté, le cas A.J., remonte à peine à 2006. Comme tous les autres découverts par la suite, A.J. n'est pas autiste et n'a pas les capacités de calcul de certains autistes qui peuvent dire quel jour tombait le 7 février il y a 100 ans, par exemple.

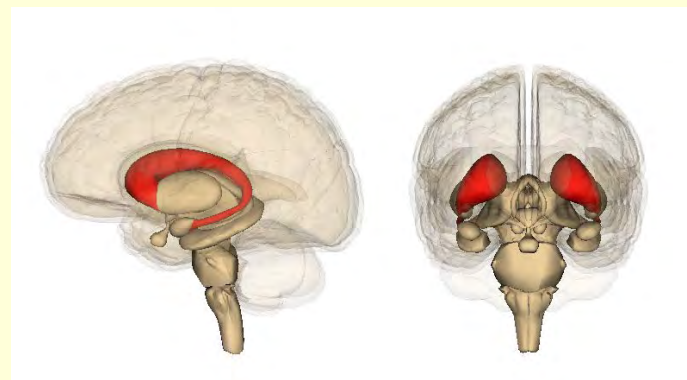
Au contraire, ce sont des gens tout à fait « normaux » en ce qui concerne le reste de leur vie.

Enfin, presque... puisque les hyperthymésiques, 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 !



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.

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.

La mémoire est donc 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"**.



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,



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

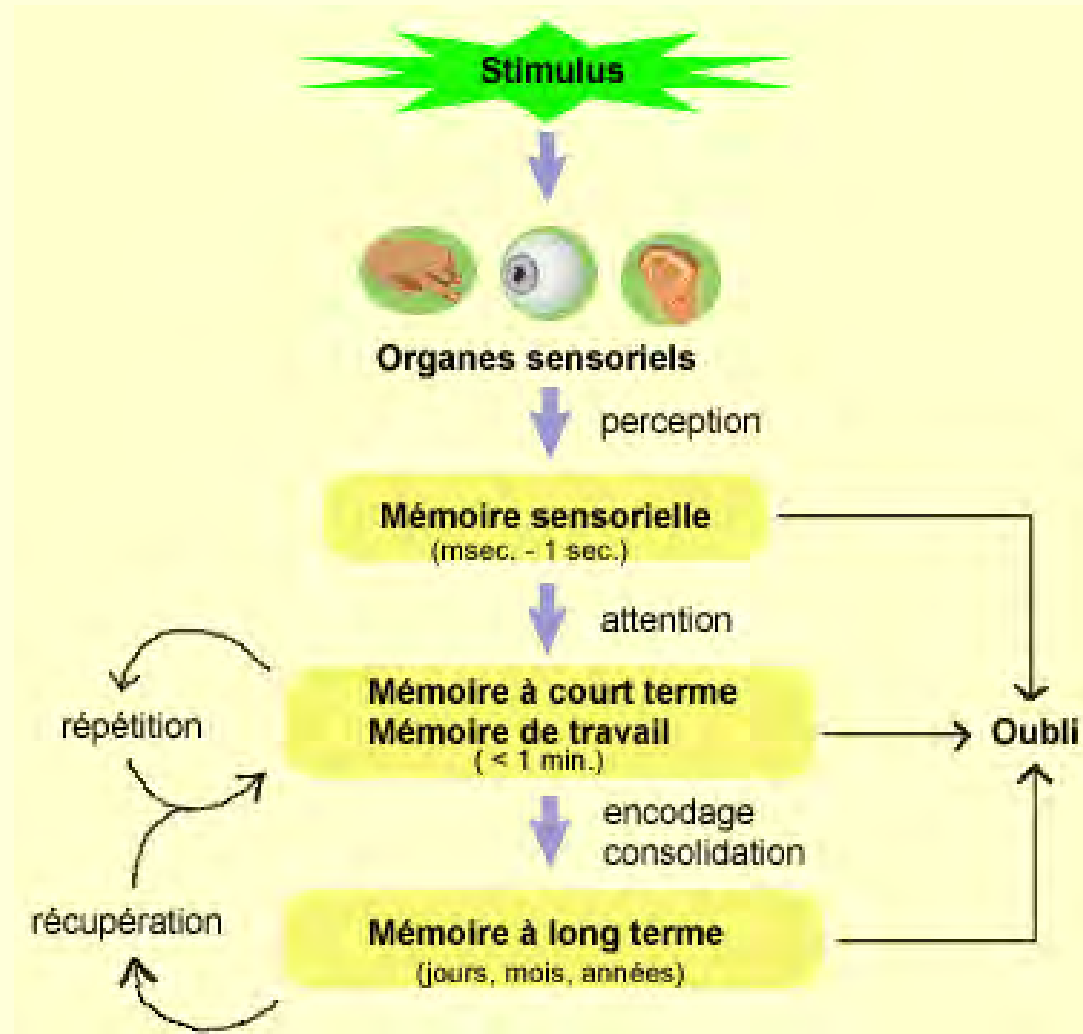
http://lecerveau.mcgill.ca/flash/capsules/outil_jaune08.html

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.

Prend de l'**attention**
et de la **motivation**



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

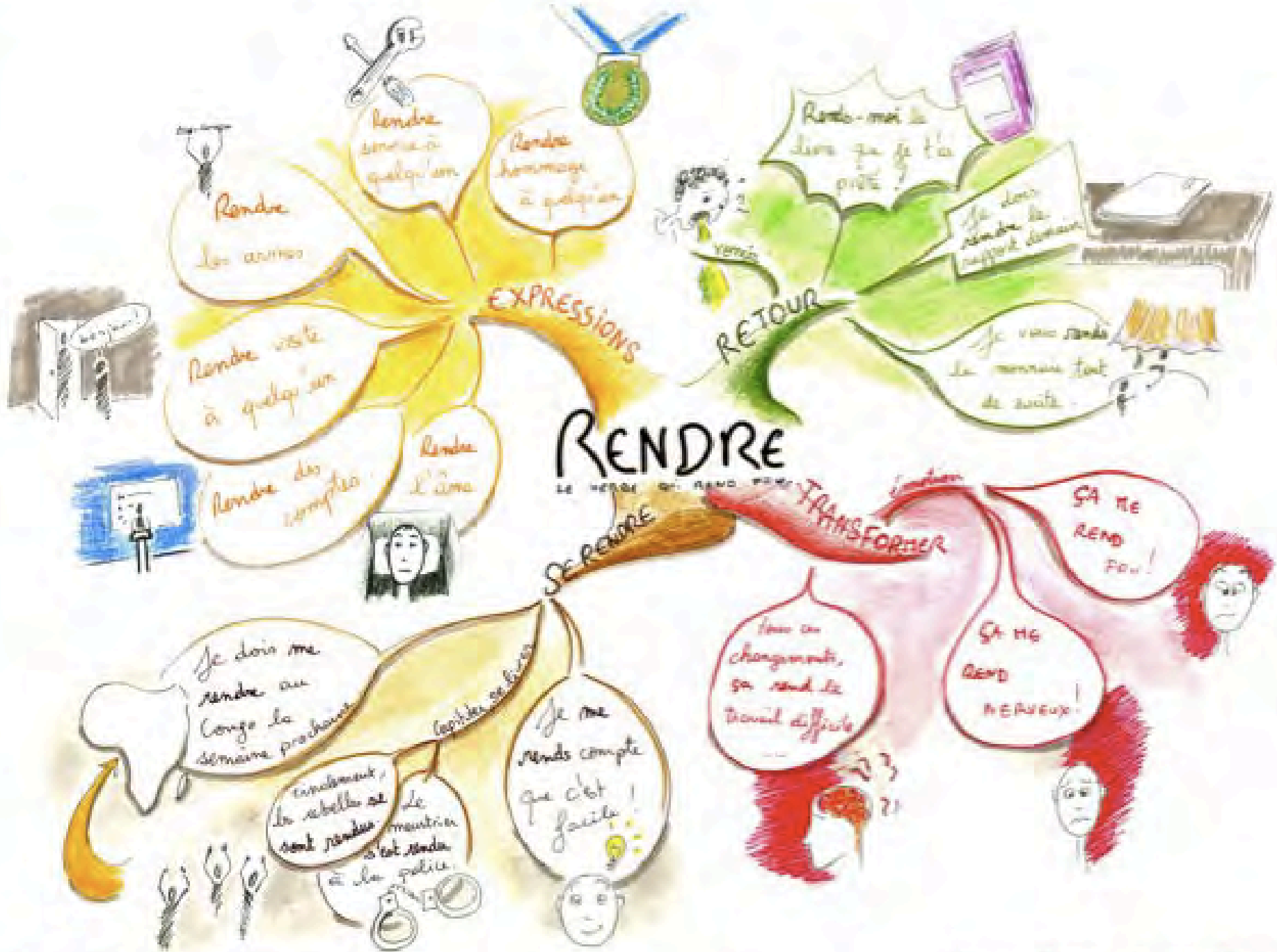
2) Combiner plusieurs éléments en un seul

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

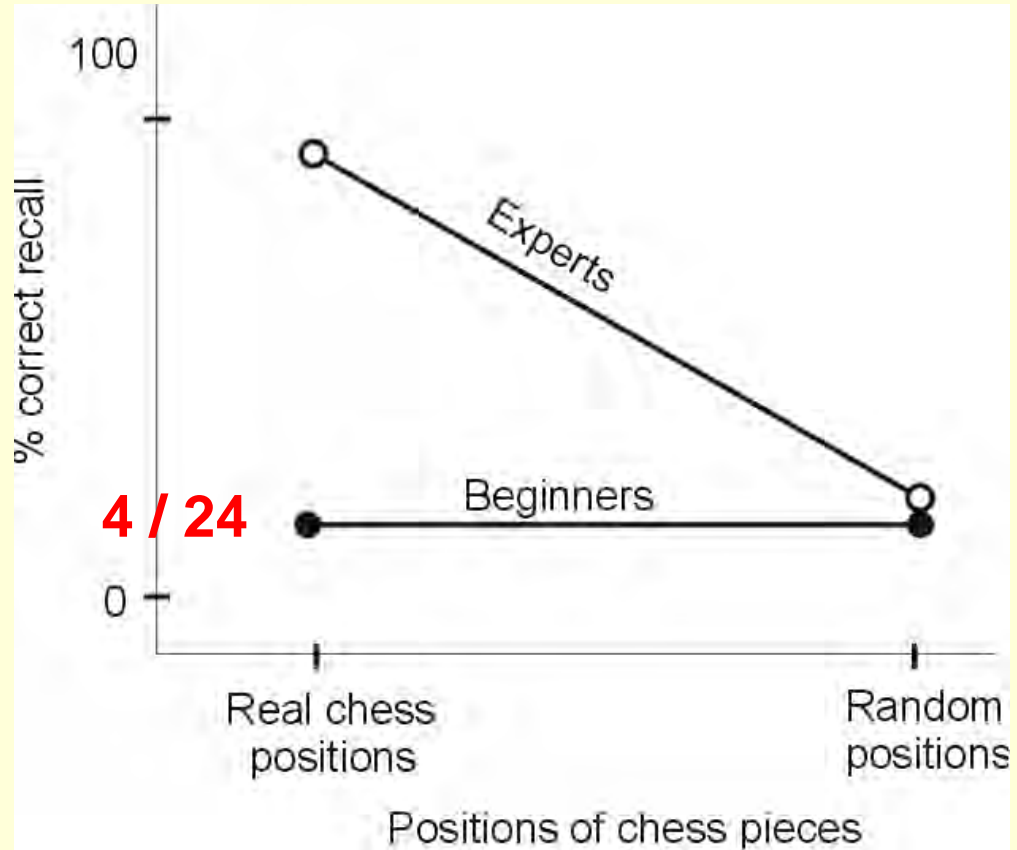
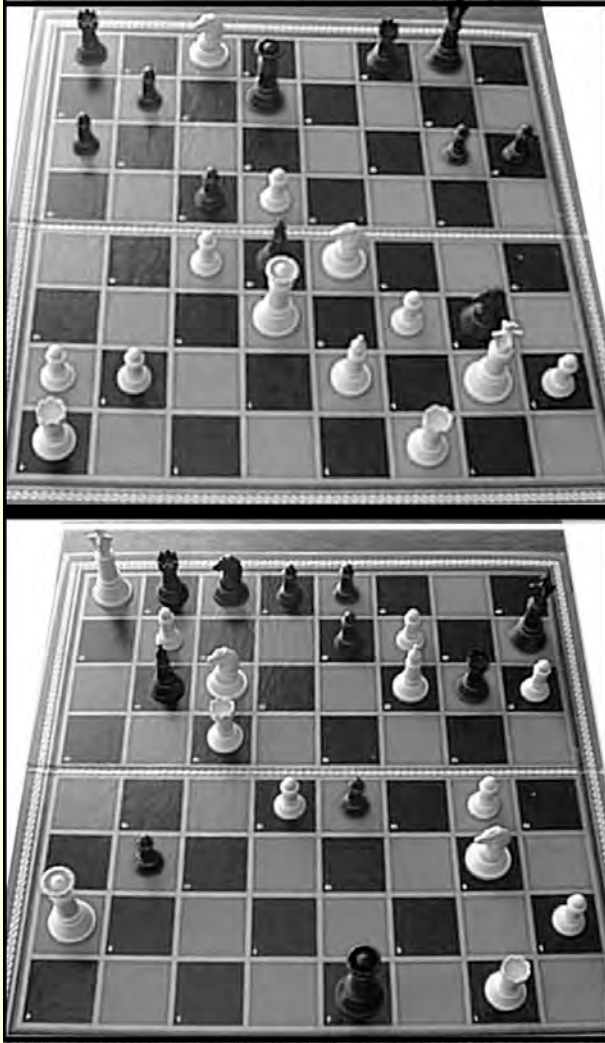


How experts recall chess positions

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.



Lors d'un banquet où il était invité, une catastrophe survient: les piliers tombent et le toit s'effondre sur les invités.

Heureusement pour lui, Simonide a quitté quelques minutes avant. On veut alors rendre hommage aux disparus mais on ne sait plus qui étaient là et leur corps sont irrécupérables. On fait alors appel à Simonide qui, en se rappelant des différents lieux de la salle de banquet, sera capable de se rappeler le visage et l'identité de chacun.

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

4) et 5) exploitent la valeur affective, le contexte, la curiosité...

Deux exemples :



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.

«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.

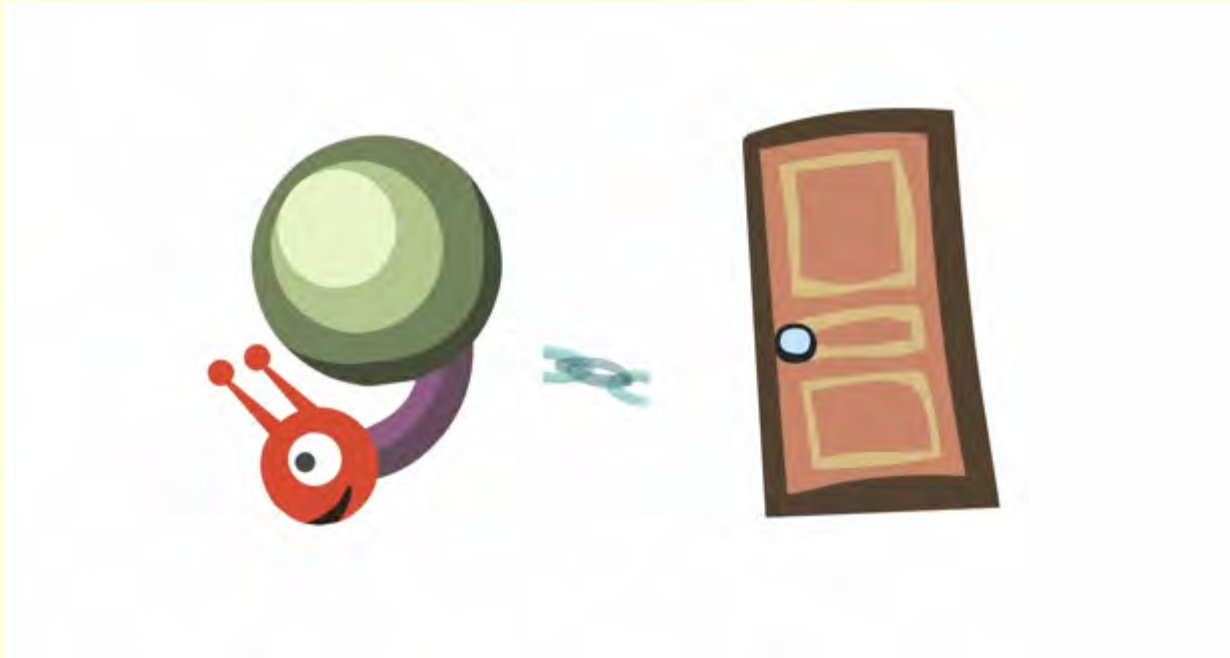
Un exemple concret

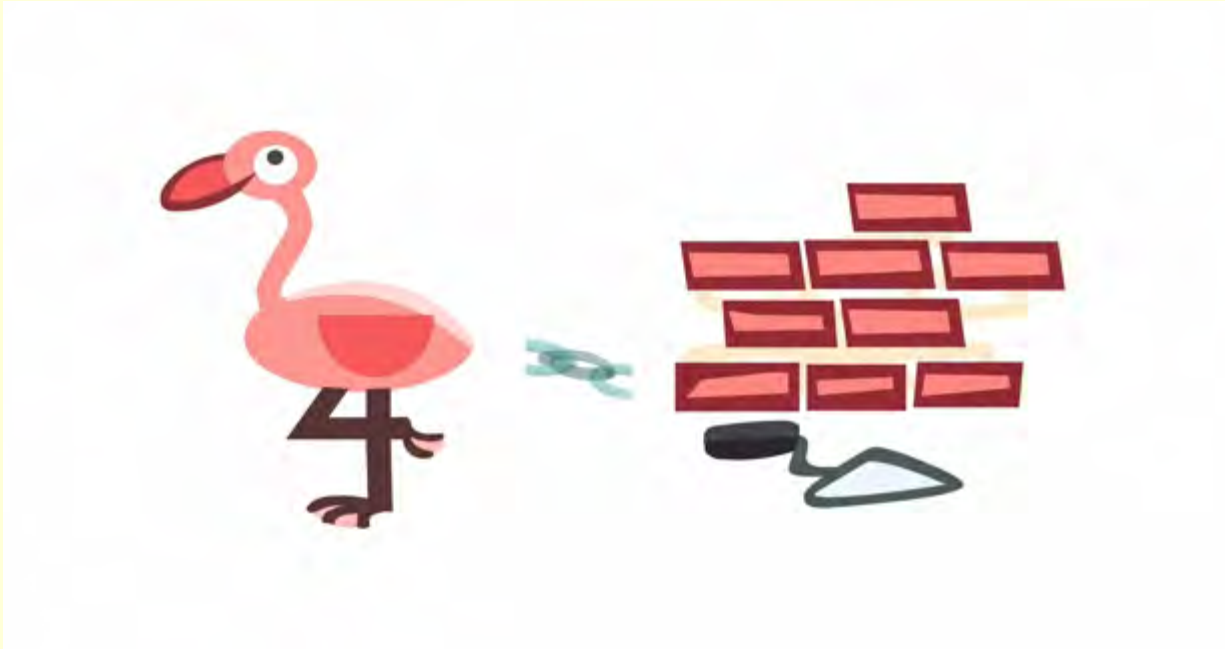
«Aujourd'hui, la première série de la compétition était 6-5-7-4-9-7-9.

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 »)







On verra ce qui vous en restera
un peu plus tard...

;-)

Pour conclure sur l'apprentissage et
de la mémoire, une question :

ça peut aller jusqu'où,
la plasticité cérébrale ?

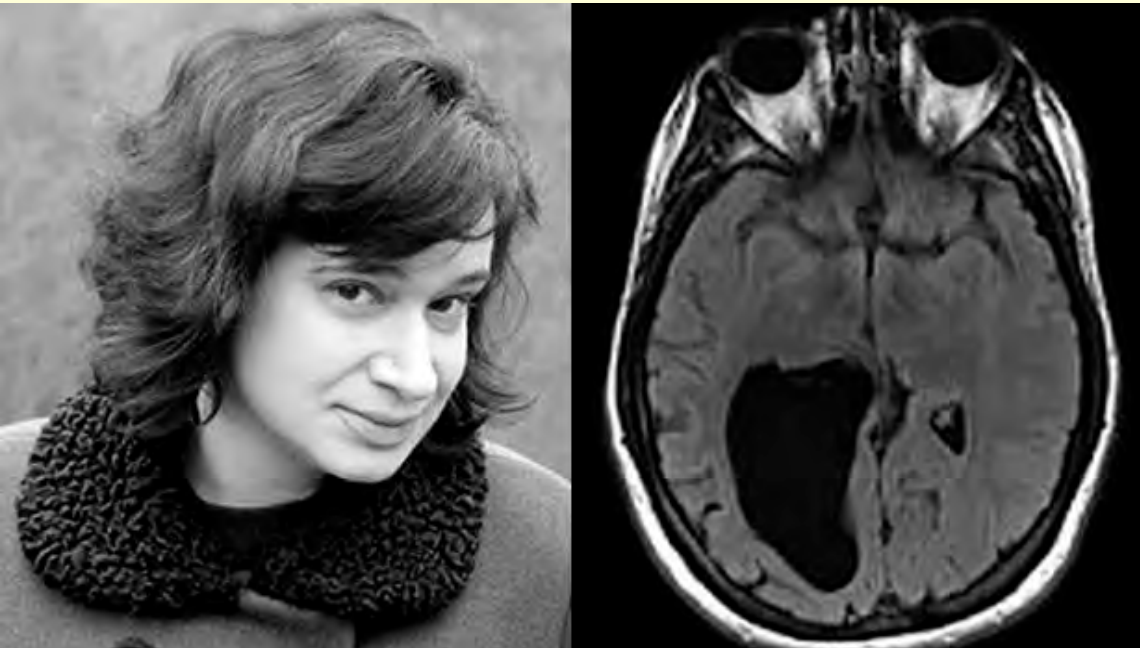
The woman with a lemon-sized hole in her brain

<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.

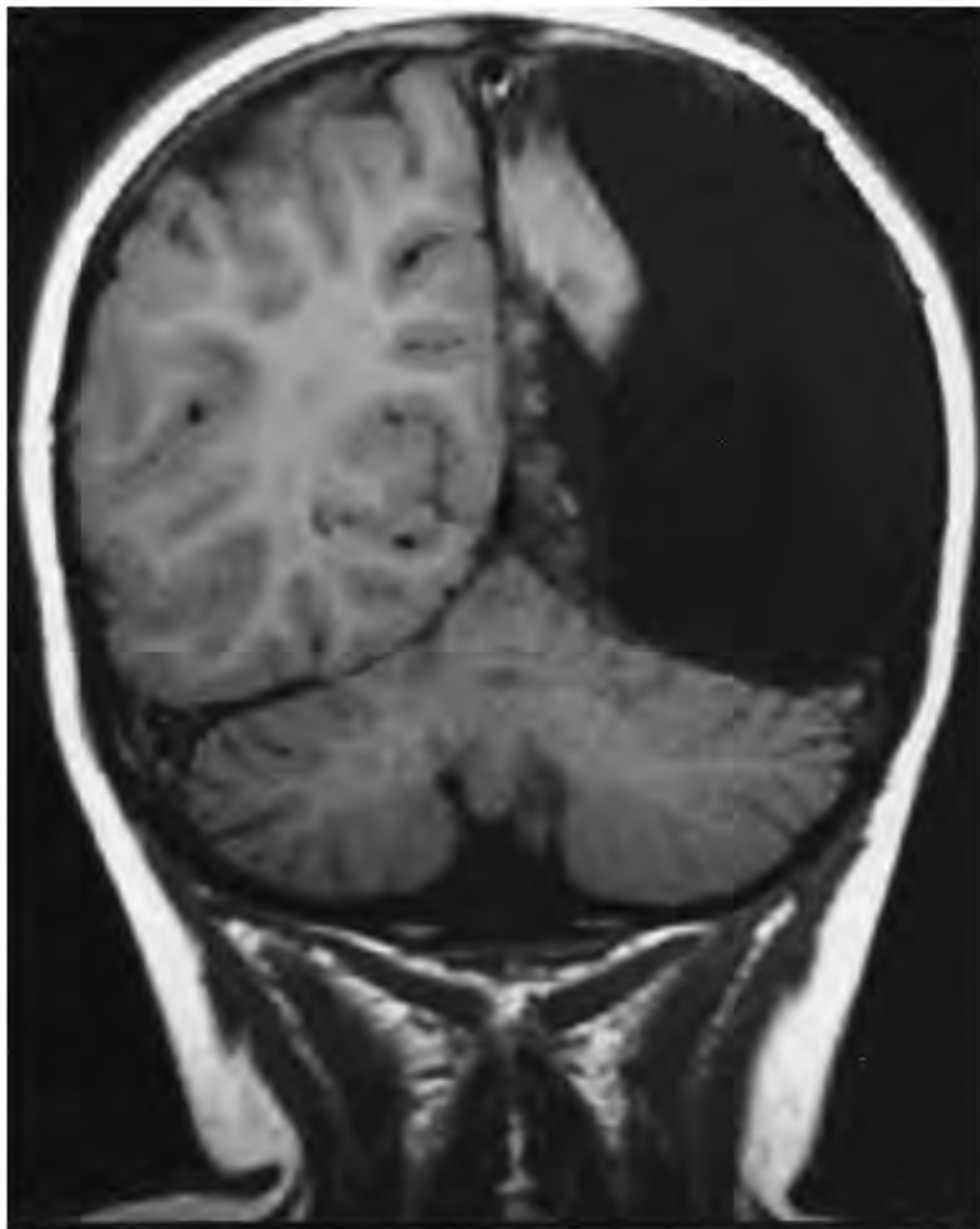
Clinical picture

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.



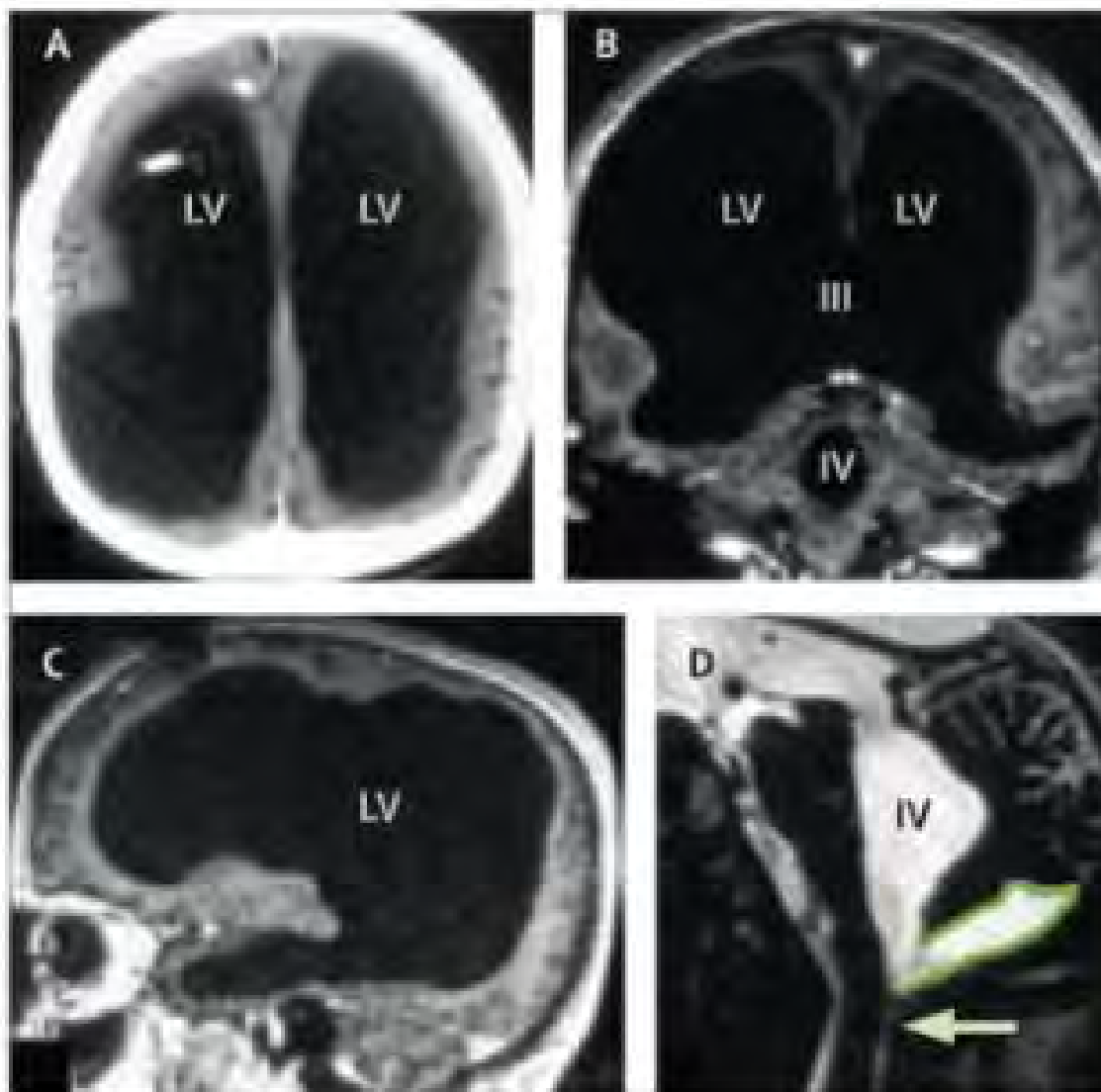


Figure: Massive ventricular enlargement, in a patient with normal social functioning

(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).