

# Cours #3 de 4

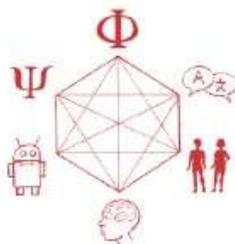
## Apprentissage, mémoire, sommeil et rêve

**1<sup>ère</sup> partie :** Des milliers et des millions de neurones : nos mémoires et leurs structures cérébrales associées

**2<sup>e</sup> partie :** Éveil, sommeil et rêve : des réseaux de milliards de neurones qui oscillent à l'échelle du cerveau entier



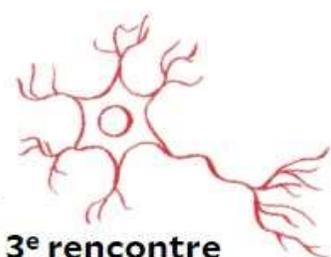
# Sommaire



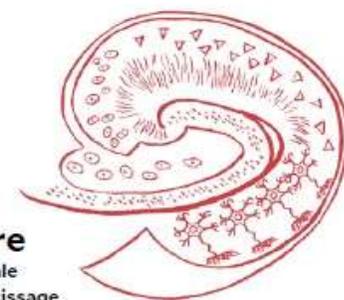
**1<sup>re</sup> rencontre**  
Le « connais-toi toi-même »  
de Socrate à l'heure  
des sciences cognitives  
p. 29



**2<sup>e</sup> rencontre**  
De la « poussière d'étoile »  
à la vie: l'évolution qui fait  
qu'on est ici aujourd'hui  
p. 55

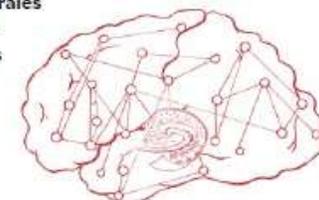


**3<sup>e</sup> rencontre**  
L'humain découvre la grammaire  
de base de son système nerveux  
p. 95



**4<sup>e</sup> rencontre**  
La plasticité neuronale  
à la base de l'apprentissage  
et de la mémoire  
p. 127

**5<sup>e</sup> rencontre**  
Des structures cérébrales  
reliées en réseaux de  
milliards de neurones  
p. 169

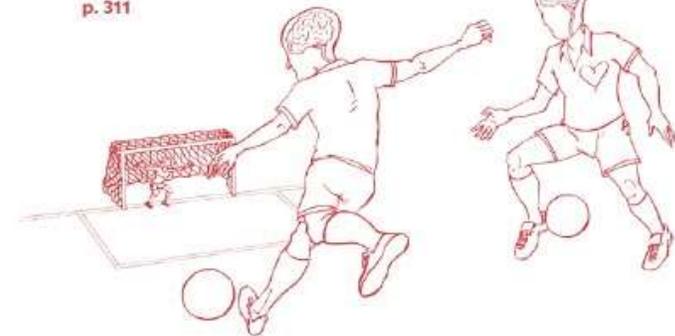


**6<sup>e</sup> rencontre**  
L'activité dynamique de nos  
rythmes cérébraux durant  
l'éveil, le sommeil et le rêve  
p. 219

**7<sup>e</sup> rencontre**  
Cerveau et corps ne font  
qu'un: l'origine des émotions  
p. 269



**8<sup>e</sup> rencontre**  
Prédire et simuler le monde  
pour décider quoi faire  
p. 311



**Prologue**  
Sur la pertinence de ce livre  
p. 9

**Épilogue**  
Boucler la boucle:  
nos multiples « soi »  
p. 533

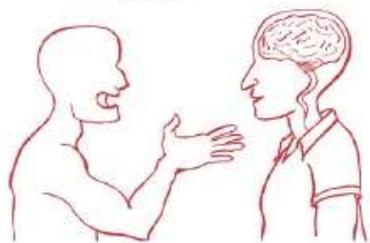
**12<sup>e</sup> rencontre**  
Cultures et institutions sociales:  
des vieux mondes dystopiques  
aux utopies concrètes  
p. 465

**11<sup>e</sup> rencontre**  
*Where is my mind?* Conscience  
humaine et questions existentielles  
p. 427

**10<sup>e</sup> rencontre**  
Rationalisation, motivations  
inconscientes et cerveau prédictif  
p. 391



**9<sup>e</sup> rencontre**  
Le langage: émergence  
de mondes symboliques  
communs et tremplin  
pour la pensée  
p. 355



## Cours #1 de 4

### NOTRE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Du Big Bang à la conscience sociale



## 2<sup>e</sup> rencontre

# De la « poussière d'étoile » à la vie: l'évolution qui fait qu'on est ici aujourd'hui

Où l'on constate d'abord que « nous sommes faits de poussières d'étoiles », ce qui nous amènera à considérer le passage de l'évolution cosmique à l'évolution chimique. On pourra alors aborder la grande transition suivante et se demander: « qu'est-ce que la vie? » À partir de là, on verra comment la reproduction et la sélection naturelle ont constitué des moteurs essentiels à notre évolution. Tout comme le passage aux multicellulaires et à la spécialisation cellulaire qui permet d'expliquer l'origine des systèmes nerveux. La complexification de celui-ci chez les vertébrés permettra de raffiner les comportements jusqu'à l'expansion spectaculaire du volume cérébral durant l'homínisation et tout ce que ça va rendre possible chez l'être humain. On terminera en abordant les « niveaux d'organisation » et les « propriétés émergentes », deux concepts fondamentaux pour comprendre tout ça et la suite de notre aventure.

BD J'ai voulu venir chez Alin parce qu'on va s'intéresser aujourd'hui aux origines de la vie et du système nerveux des animaux.

YDR Ça fait toujours plaisir de venir faire un tour chez nos vieux potes en campagne. J'ai beau être un Montréalais jusqu'à la moelle, y'a une partie de moi qui me crie aux deux mois de sortir de la ville. Et ici, dans le fond du rang 8 à Saint-Adrien, c'est une des places où j'me sens bien. On en a tu fait des partys pis des feux de camp jusqu'à pas d'heure en regardant les étoiles?

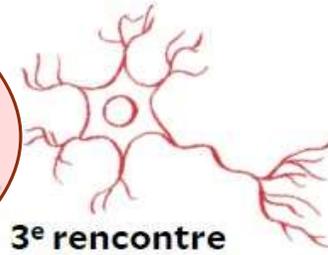
BD C'est justement pour ça que j'ai voulu qu'on vienne ici: pour remonter jusqu'aux étoiles, la seule façon de comprendre vraiment d'où il vient, notre système nerveux!

YDR Ça sonne comme l'intrigue au début d'un épisode, ça. T'es pas pire en scénarisation, finalement, toi... (rires)

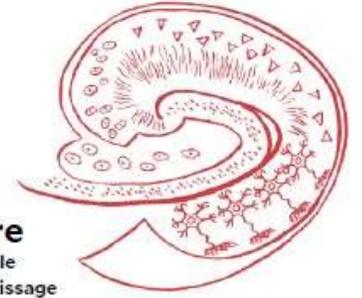
BD Tu te souviens, on en était venus à la conclusion qu'il fallait tenir compte de la structure particulière de notre système nerveux parce que c'est



2<sup>e</sup> rencontre  
De la « poussière d'étoile »  
à la vie: l'évolution qui fait  
qu'on est ici aujourd'hui  
p. 55

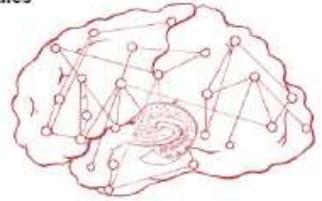


3<sup>e</sup> rencontre  
L'humain découvre la grammaire  
de base de son système nerveux  
p. 95



4<sup>e</sup> rencontre  
La plasticité neuronale  
à la base de l'apprentissage  
et de la mémoire  
p. 127

5<sup>e</sup> rencontre  
Des structures cérébrales  
reliées en réseaux de  
milliards de neurones  
p. 169



6<sup>e</sup> rencontre  
L'activité dynamique de nos  
rythmes cérébraux durant  
l'éveil, le sommeil et le rêve  
p. 219

7<sup>e</sup> rencontre  
Cerveau et corps ne font  
qu'un: l'origine des émotions  
p. 269



8<sup>e</sup> rencontre  
Prédire et simuler le monde  
pour décider quoi faire  
p. 311



# Sommaire



## Prologue

Sur la pertinence de ce livre  
p. 9

## Épilogue

Boucler la boucle:  
nos multiples « soi »  
p. 533

## 12<sup>e</sup> rencontre

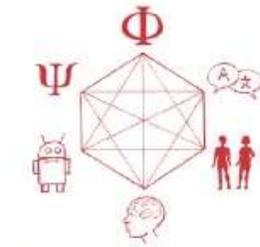
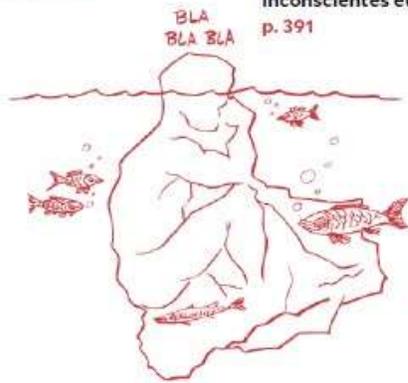
Cultures et institutions sociales:  
des vieux mondes dystopiques  
aux utopies concrètes  
p. 465

## 11<sup>e</sup> rencontre

*Where is my mind?* Conscience  
humaine et questions existentielles  
p. 427

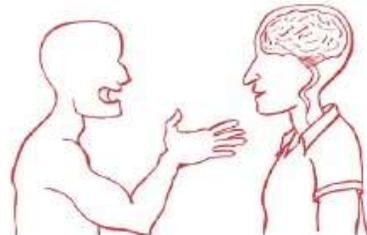
## 10<sup>e</sup> rencontre

Rationalisation, motivations  
inconscientes et cerveau prédictif  
p. 391



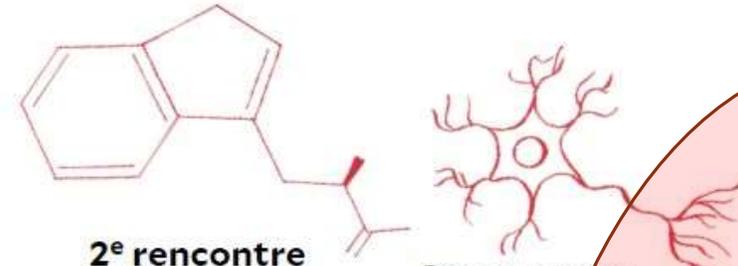
## 1<sup>re</sup> rencontre

Le « connais-toi toi-même »  
de Socrate à l'heure  
des sciences cognitives  
p. 29



## 9<sup>e</sup> rencontre

Le langage: émergence  
de mondes symboliques  
communs et tremplin  
pour la pensée  
p. 355

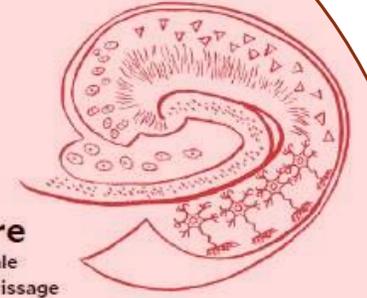


## 2<sup>e</sup> rencontre

De la « poussière d'étoile »  
à la vie: l'évolution qui fait  
qu'on est ici aujourd'hui  
p. 55

## 3<sup>e</sup> rencontre

L'humain découvre la grammaire  
de base de son système nerveux  
p. 95

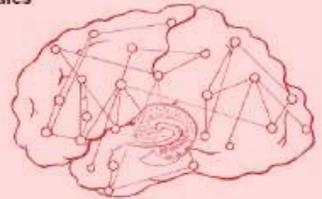


## 4<sup>e</sup> rencontre

La plasticité neuronale  
à la base de l'apprentissage  
et de la mémoire  
p. 127

## 5<sup>e</sup> rencontre

Des structures cérébrales  
reliées en réseaux de  
milliards de neurones  
p. 169



## 6<sup>e</sup> rencontre

L'activité dynamique de nos  
rythmes cérébraux durant  
l'éveil, le sommeil et le rêve  
p. 219



## 7<sup>e</sup> rencontre

Cerveau et corps ne font  
qu'un: l'origine des émotions  
p. 269

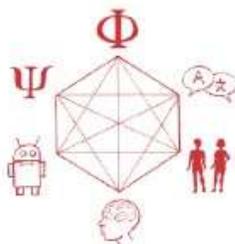
## 8<sup>e</sup> rencontre

Prédire et simuler le monde  
pour décider quoi faire  
p. 311



# Cours #3 de 4

# Sommaire



**1<sup>re</sup> rencontre**  
Le « connais-toi toi-même »  
de Socrate à l'heure  
des sciences cognitives  
p. 29

**Prologue**  
Sur la pertinence de ce livre  
p. 9

**Épilogue**  
Boucler la boucle:  
nos multiples « soi »  
p. 533

**12<sup>e</sup> rencontre**  
Cultures et institutions sociales:  
des vieux mondes dystopiques  
aux utopies concrètes  
p. 465

**11<sup>e</sup> rencontre**  
*Where is my mind?* Conscience  
humaine et questions existentielles  
p. 427

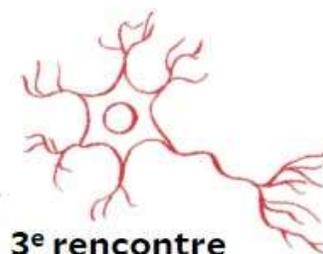
**10<sup>e</sup> rencontre**  
Rationalisation, motivations  
inconscientes et cerveau prédictif  
p. 391

**9<sup>e</sup> rencontre**  
Le langage: émergence  
de mondes symboliques  
communs et tremplin  
pour la pensée  
p. 355

## Cours #4 de 4



**2<sup>e</sup> rencontre**  
De la « poussière d'étoile »  
à la vie: l'évolution qui fait  
qu'on est ici aujourd'hui  
p. 55

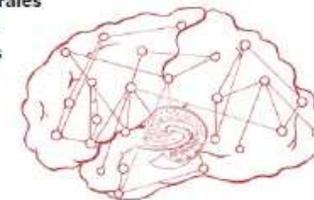


**3<sup>e</sup> rencontre**  
L'humain découvre la grammaire  
de base de son système nerveux  
p. 95



**4<sup>e</sup> rencontre**  
La plasticité neuronale  
à la base de l'apprentissage  
et de la mémoire  
p. 127

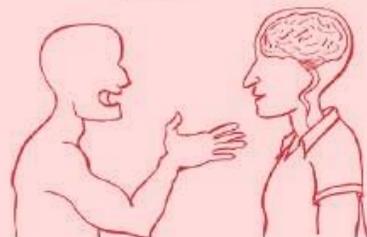
**5<sup>e</sup> rencontre**  
Des structures cérébrales  
reliées en réseaux de  
milliards de neurones  
p. 169



**6<sup>e</sup> rencontre**  
L'activité dynamique de nos  
rythmes cérébraux durant  
l'éveil, le sommeil et le rêve  
p. 219

**7<sup>e</sup> rencontre**  
Cerveau et corps ne font  
qu'un: l'origine des émotions  
p. 269

**8<sup>e</sup> rencontre**  
Prédire et simuler le monde  
pour décider quoi faire  
p. 311



Boulevard Saint-Laurent  
et avenue des Pins,  
samedi 2 juillet 2022



## 4<sup>e</sup> rencontre

# La plasticité neuronale à la base de l'apprentissage et de la mémoire

Après son développement, notre cerveau garde la capacité de se modifier durant toute notre vie. Pour comprendre pourquoi, on va d'abord considérer **l'évolution de nos différents types de mémoire**, des plus anciennes et élémentaires aux plus récentes impliquant l'hippocampe et le cortex cérébral. On exposera ensuite les conséquences désastreuses sur l'apprentissage et la mémoire de **l'ablation de l'hippocampe chez le patient H.M.** On verra comment les **synapses se renforcent** pour créer la **trace physique** ou « l'engramme » d'un souvenir. Les processus de **l'encodage des souvenirs à long terme et leur rappel** permettront par la suite de mieux comprendre plusieurs **des facteurs qui influencent l'apprentissage et la mémoire.** Et l'on terminera par une plongée au cœur de **quelques mécanismes cellulaires à la base de la plasticité synaptique.**



**YDR** Ça fait du bien les terrasses qui débordent dans la rue comme ça. De voir qu'on reprend un peu d'espace à ce que l'auto nous a volé depuis des décennies...

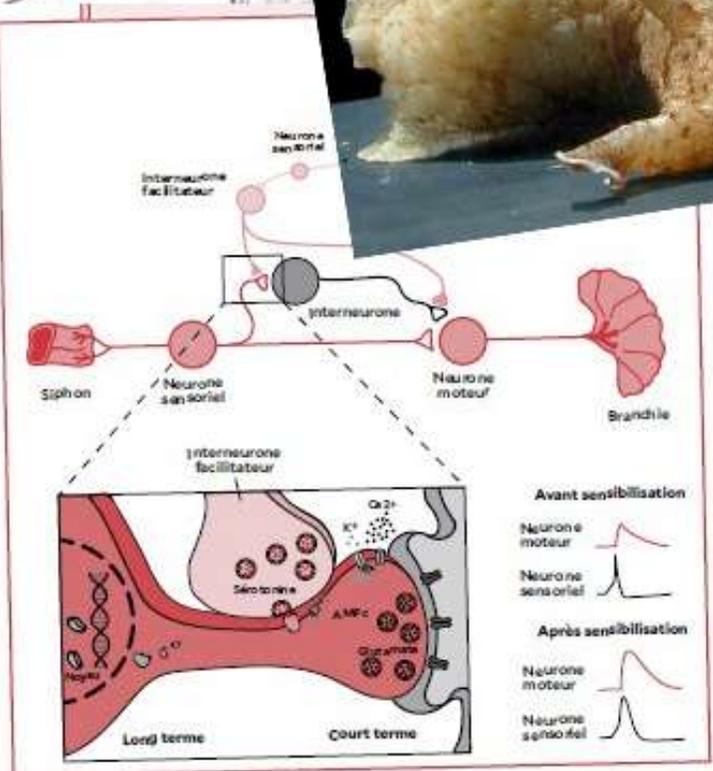
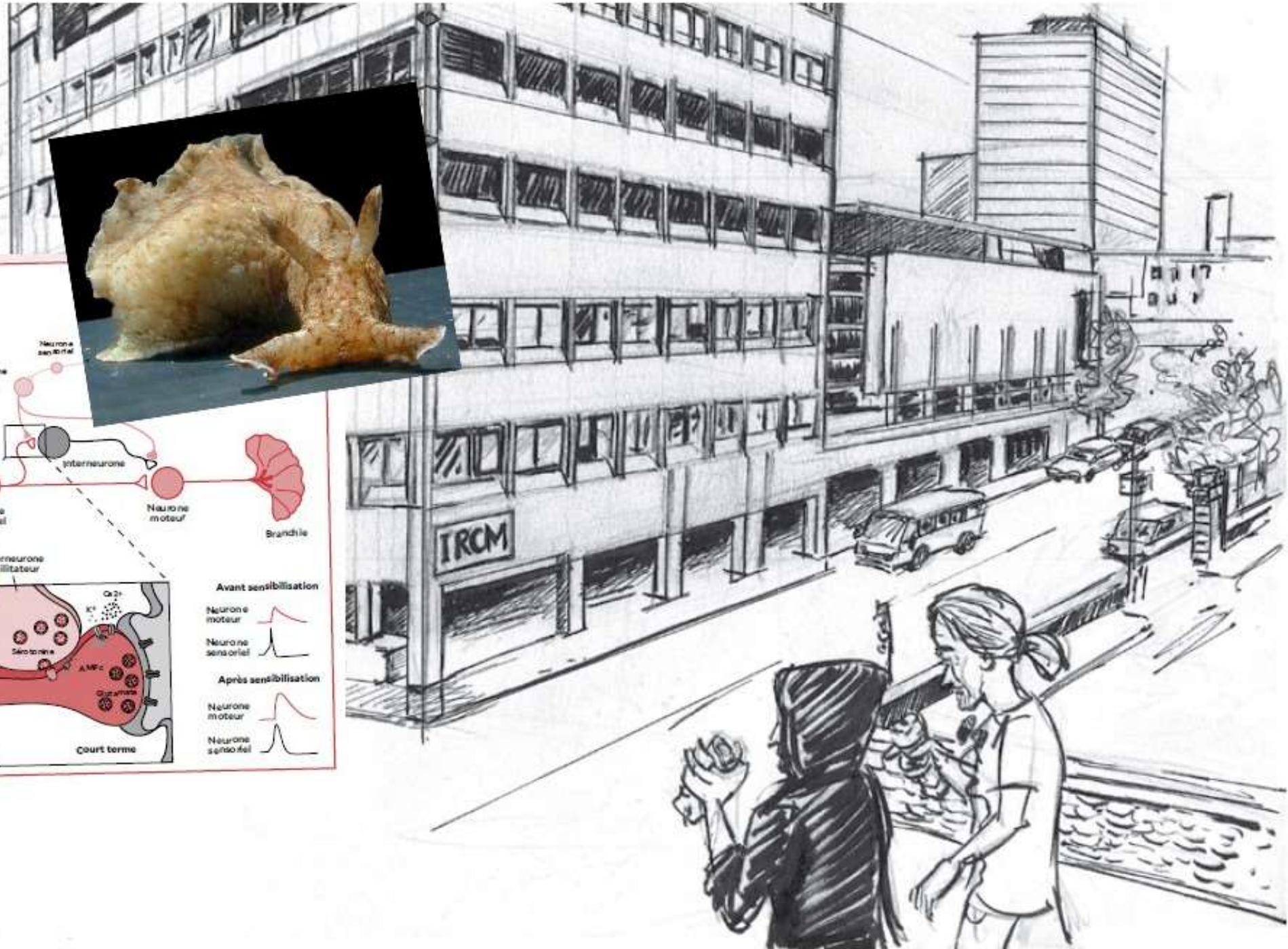
**BD** En tout cas, merci pour ton matériel de prise de son. C'est vraiment une bonne idée de m'avoir proposé ça. Sinon, on aurait été obligé de rester assis, alors que là, avec tes petits micros-cravates sans fil, c'est super, on va pouvoir jaser en marchant tantôt et tout va être enregistré! J'ai même plus besoin de ma petite enregistreuse.

**YDR** Je pourrai pas nous filmer, par contre. Mais bon... je me suis rendu compte en réécoutant un

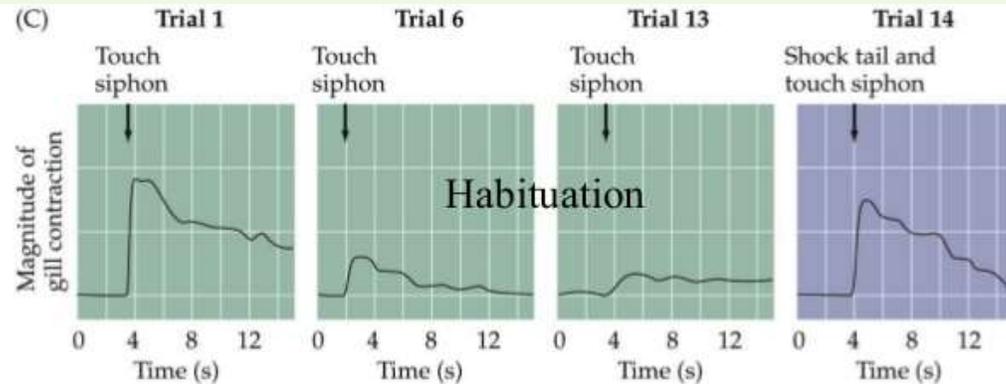
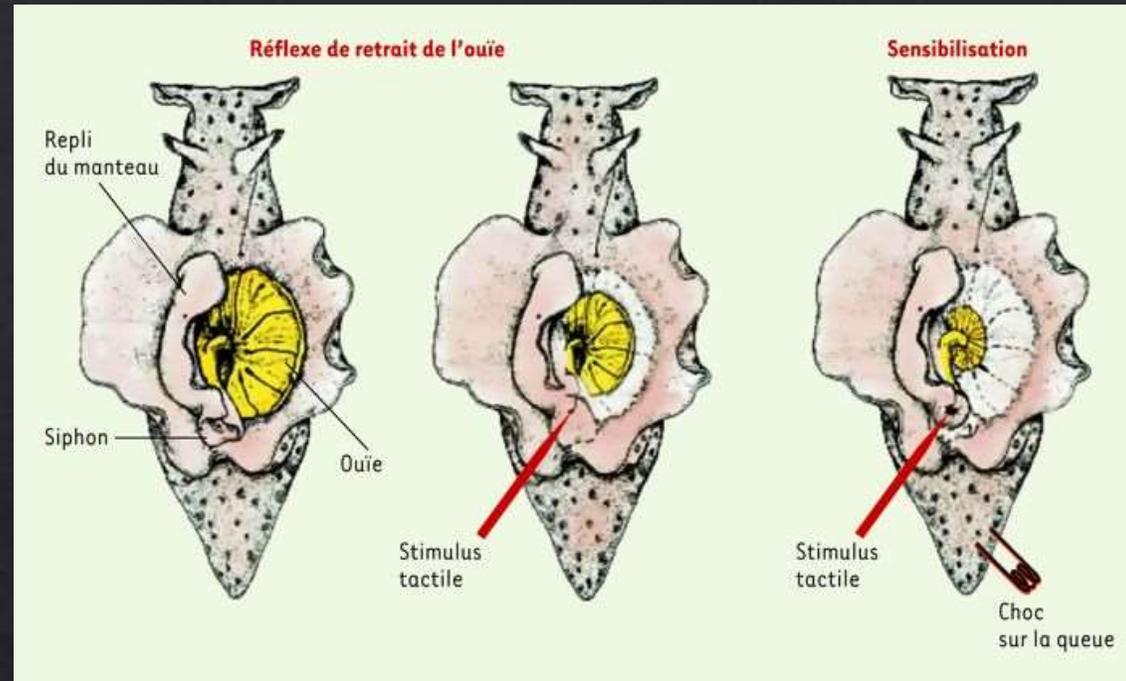
peu mon matériel que des heures et des heures de plan fixe de types qui parlent de protéines pis de neurones, c'était peut-être pas ce qu'il y a de plus cinématographique... Alors on va continuer juste avec le son, comme tu voulais, pis j'avais pouvoir me concentrer sur mon rôle d'emmerdeur de service. (rires)

**BD** Très content, en tout cas, de retrouver mon emmerdeur préféré sur Saint-Laurent, une rue chargée de souvenirs et particulièrement bien adaptée à ce dont on va parler aujourd'hui.

**YDR** Ah ouais? C'est quoi le sujet?



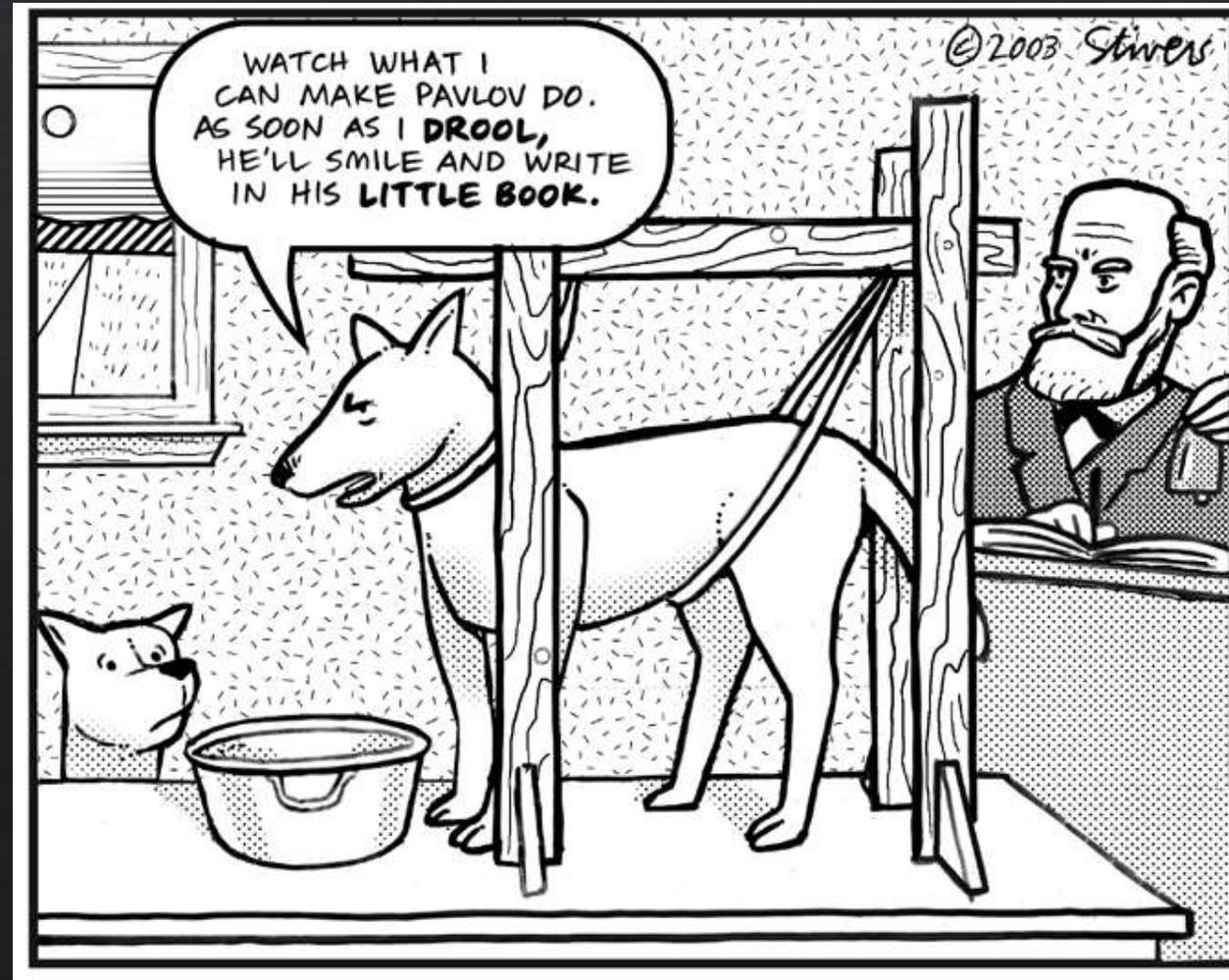
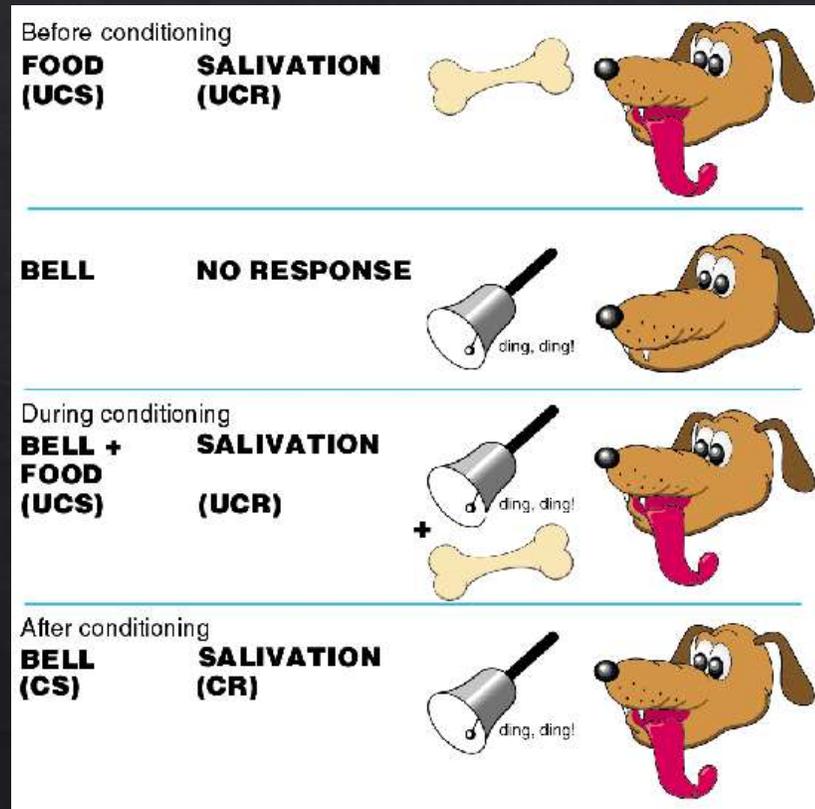
Déjà, dans les systèmes nerveux les plus primitifs, on voit apparaître des formes simples d'apprentissage et de mémoire comme...



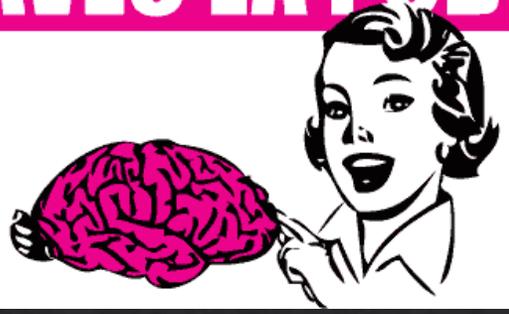
Sensibilisation

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

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



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



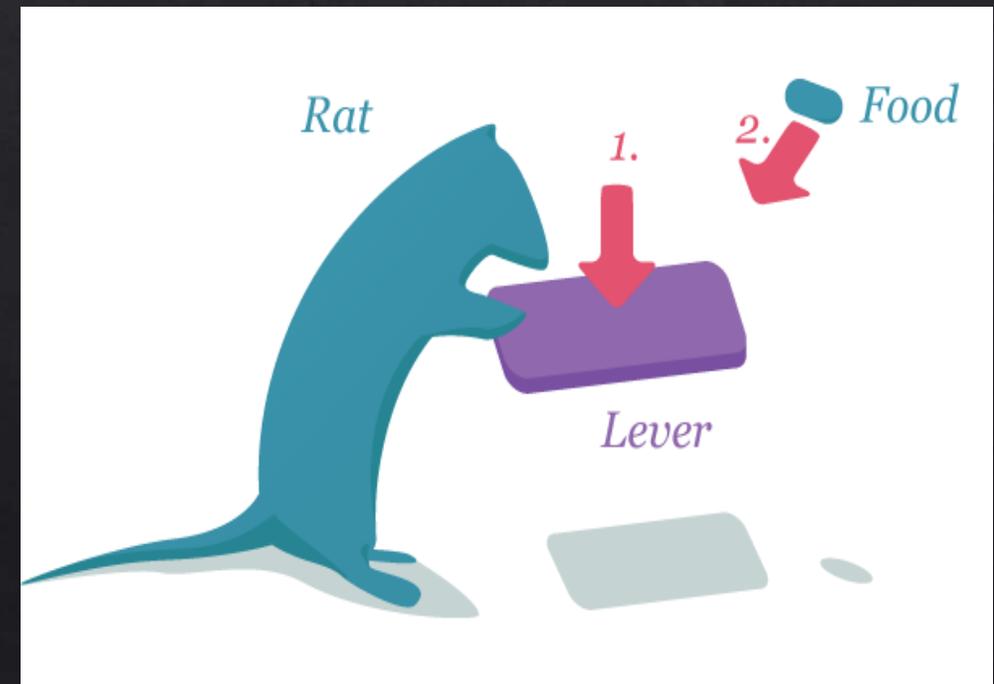
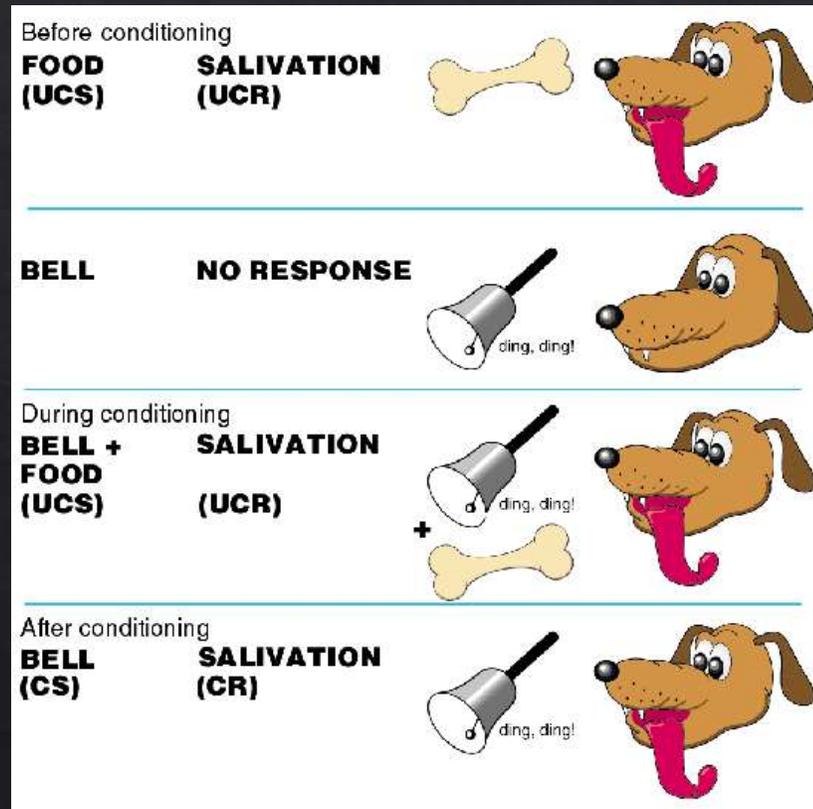
**LES MÉDIAS VEILLENT  
DORMEZ CITOYENS**

Two target symbols are positioned below the text. The left target has a blue center, and the right target has a red center. Both targets consist of three concentric black rings.

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

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

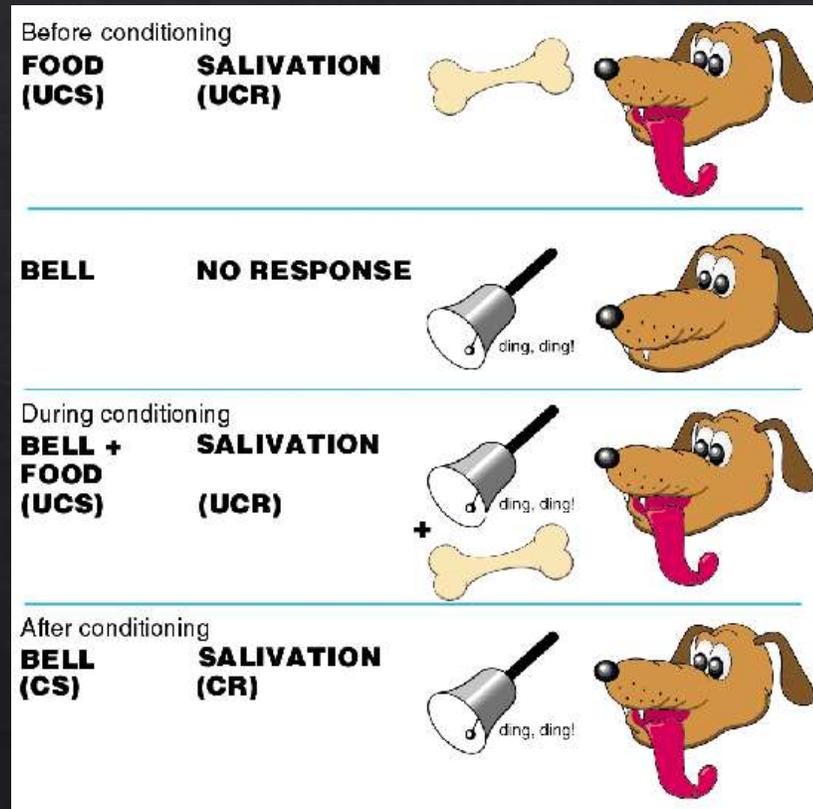
Le **conditionnement opérant**, où l'on apprend qu'avoir tel comportement amène une récompense.



Et qui sont encore très importantes chez l'humain !

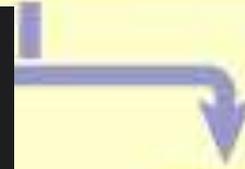
Le **conditionnement classique**,  
où l'on apprend que 2 stimuli  
sont associés.

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





Mémoire à long terme



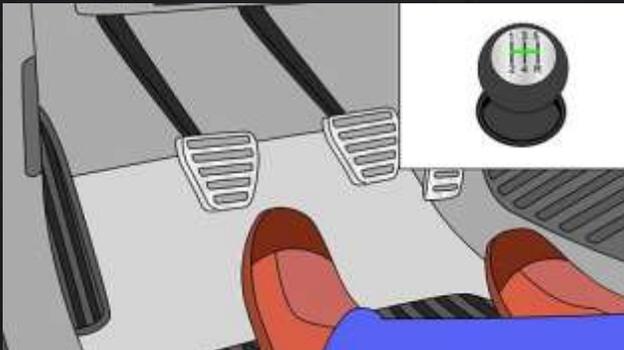
« on apprend sans  
s'en rendre compte »

Implicite (Non-déclarative)



Non associatives

**Habitude**  
**Sensibilisation**



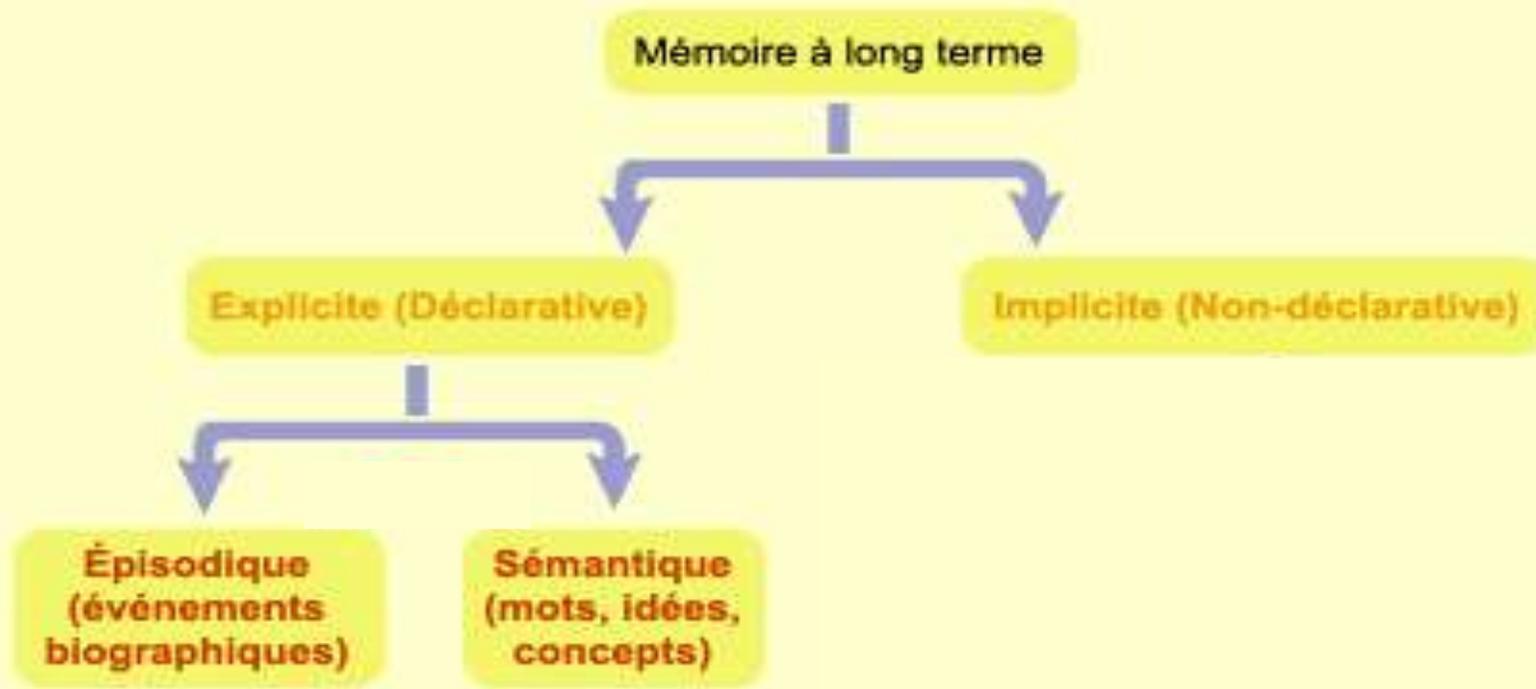
Associatives

*Conditionnement  
classique et opérant*



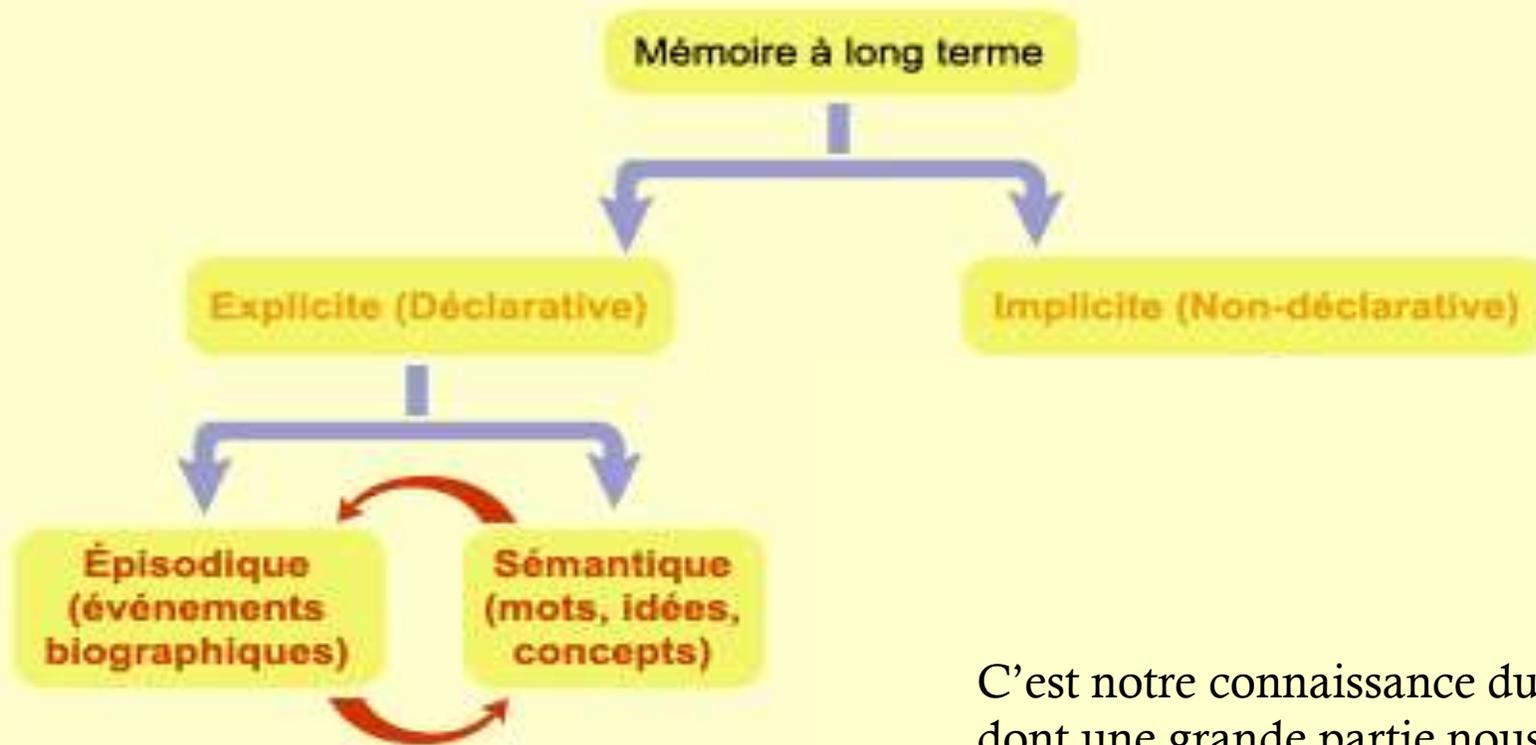
**Procédurale**  
(habiletés)





Certain parts of the brain show volume reductions with age, especially the prefrontal cortex and hippocampus. Both are important to the functioning of episodic memory, which plays a critical role in remembering past events.

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.



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

# L'oubli, mécanisme clé de la mémoire

[http://www.lemonde.fr/sciences/article/2017/08/21/1-oubli-mecanisme-cle-de-la-memoire\\_5174858\\_1650684.html](http://www.lemonde.fr/sciences/article/2017/08/21/1-oubli-mecanisme-cle-de-la-memoire_5174858_1650684.html)

21/08/2017

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

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

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

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

22 janvier 2019

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

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

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





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).

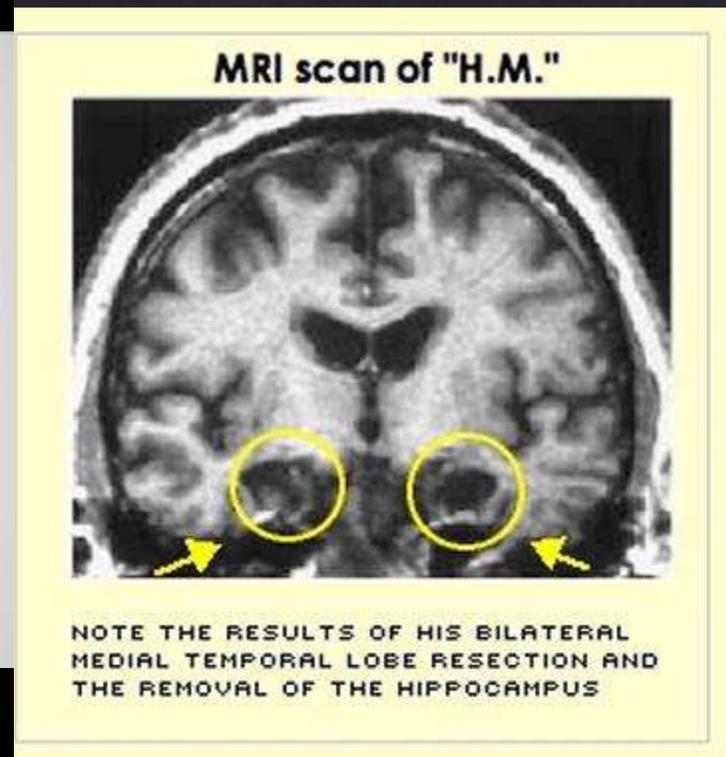
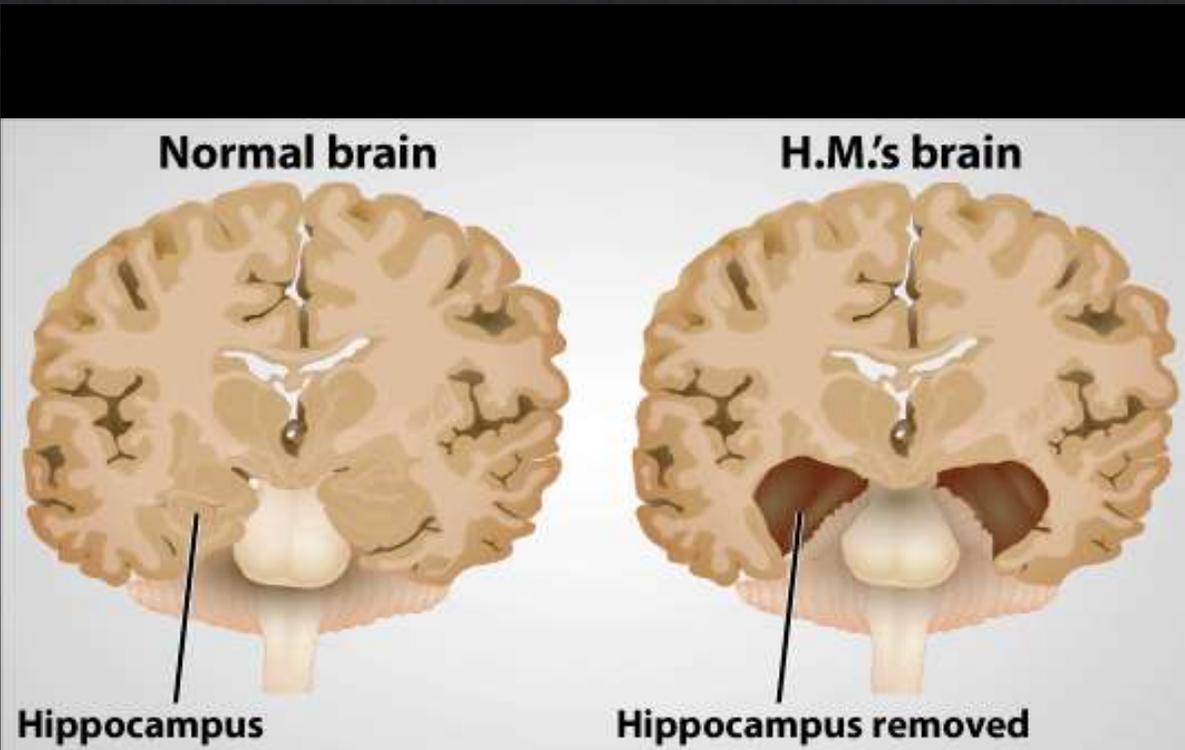
L'ablation de l'hippocampe chez **le patient H.M.**



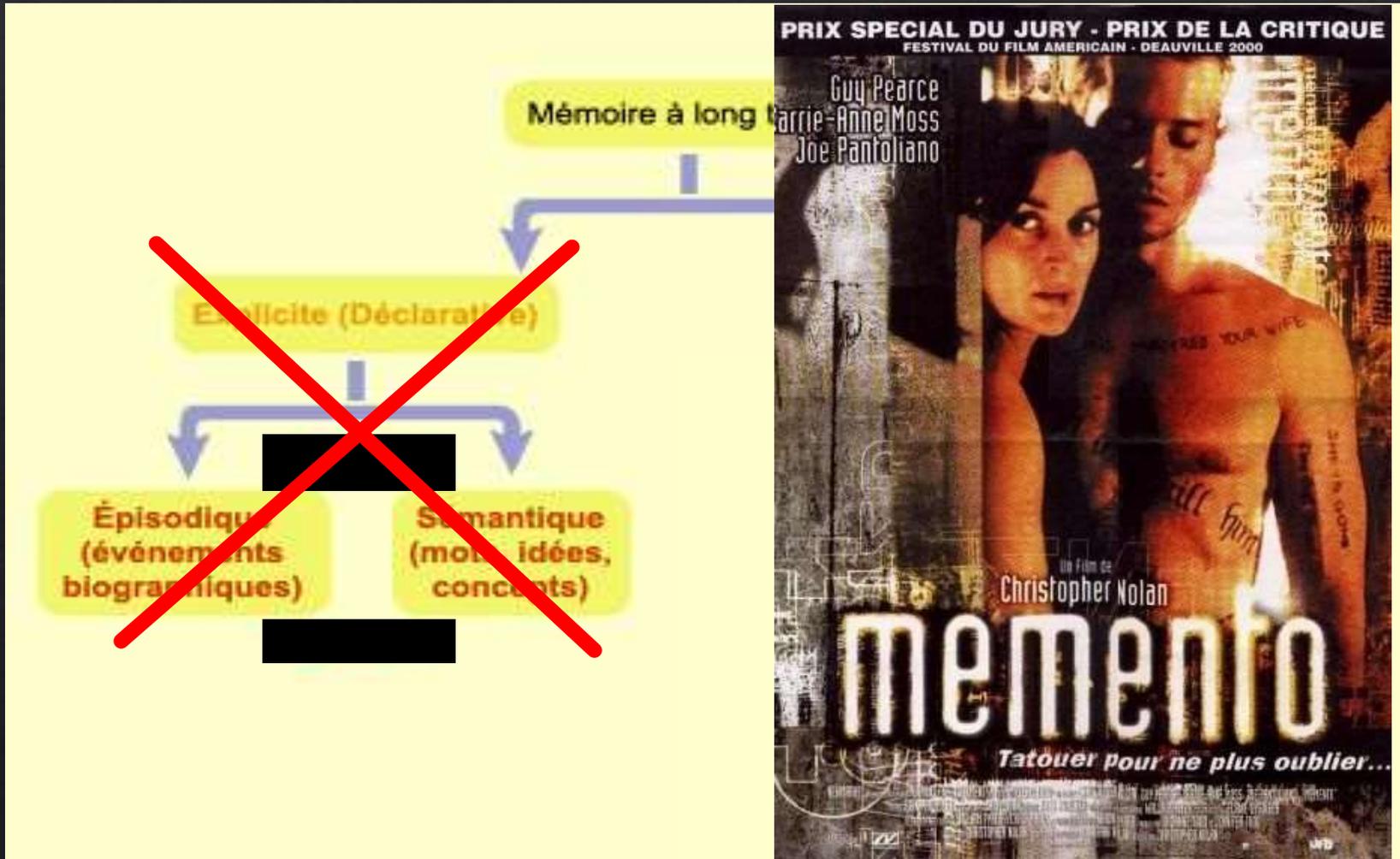


La personne ayant probablement contribué plus que quiconque à notre compréhension de la mémoire humaine (décédé en décembre 2008 à l'âge de 82 ans).

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



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

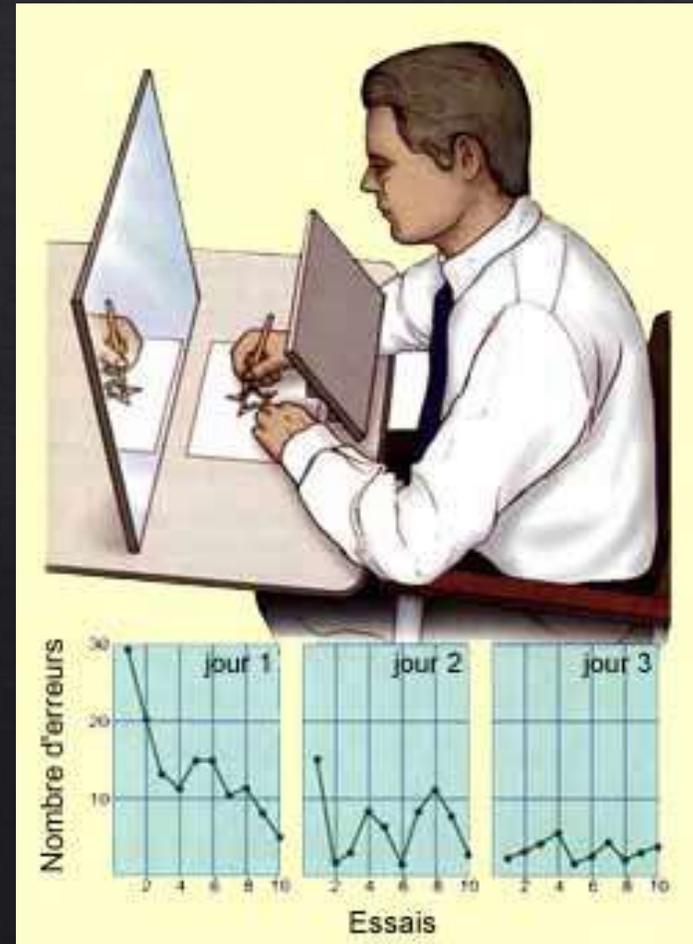


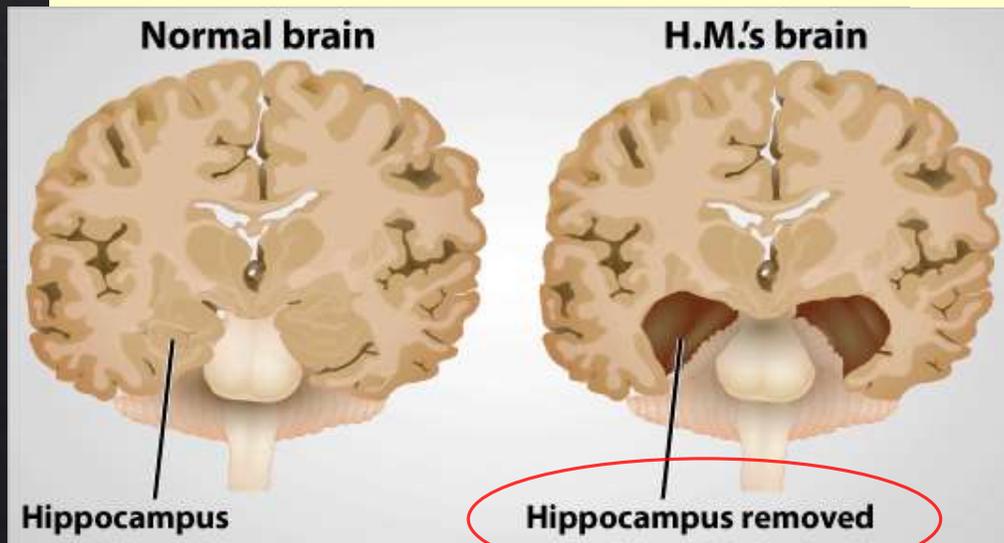
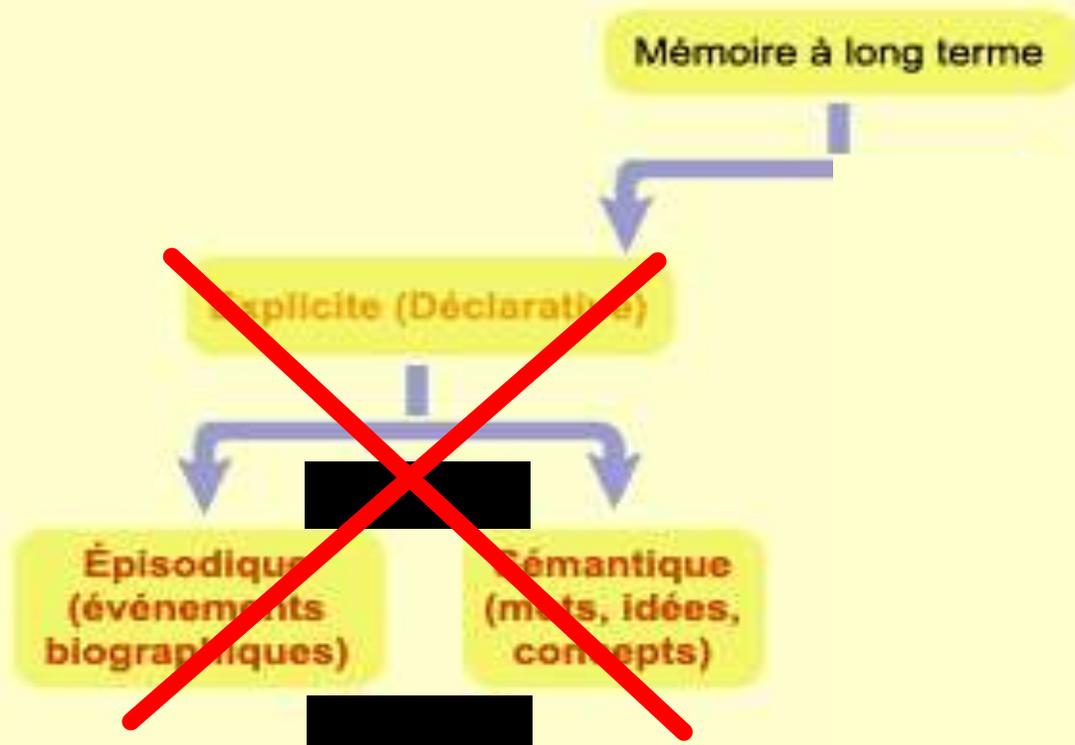
L'opération fut un succès pour contrôler l'épilepsie mais eut un effet secondaire imprévu : **H.M. avait perdu la capacité de retenir de nouvelles informations sur sa vie ou sur le monde** (mémoire déclarative).

Mais...



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

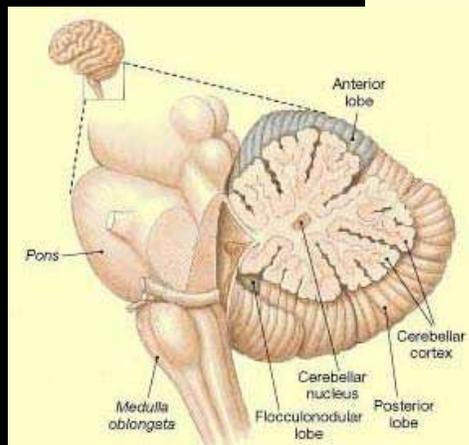
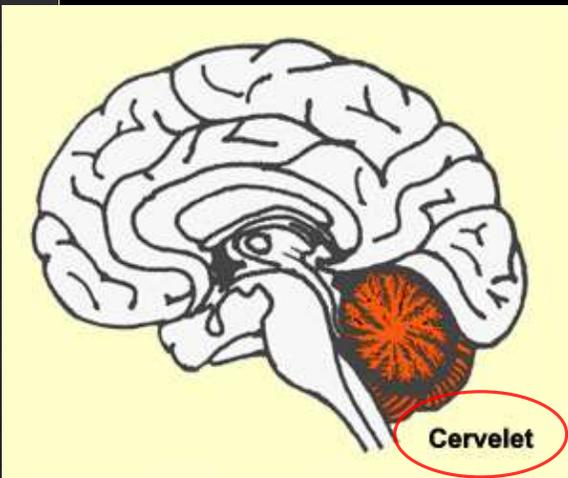




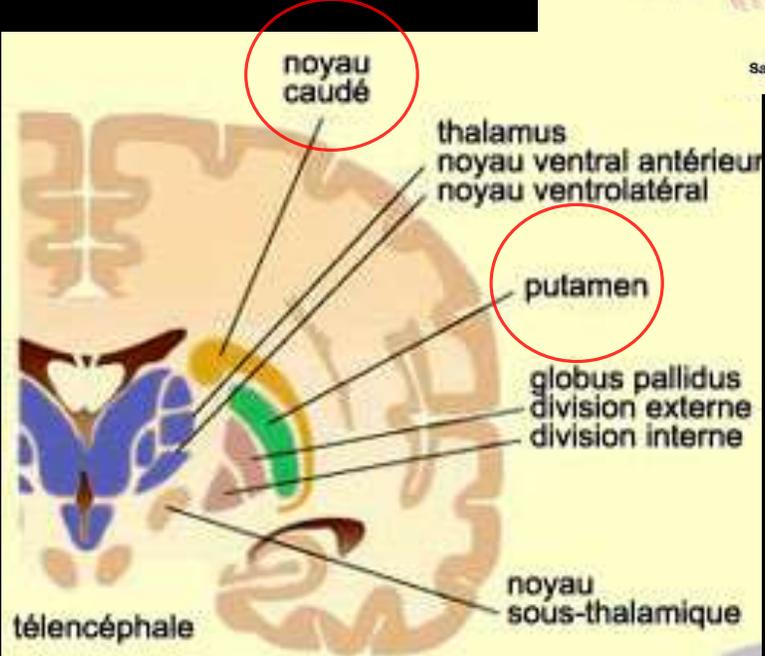
Mémoire à long terme

Implicite (Non-déclarative)

Procédurale  
(habiletés)



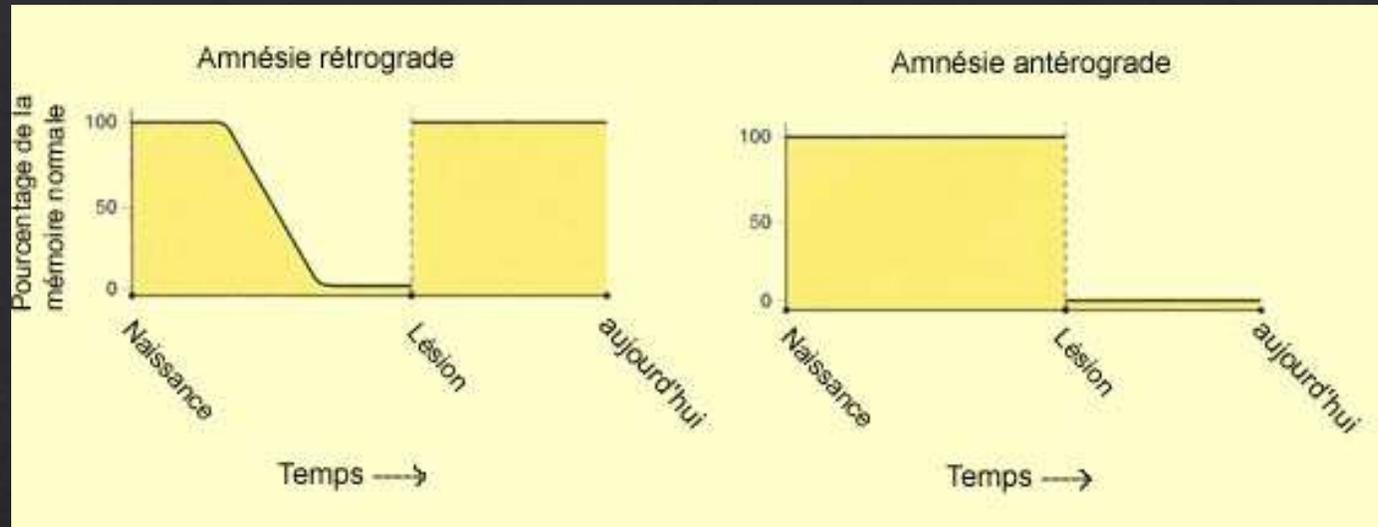
Sagittal section



tha

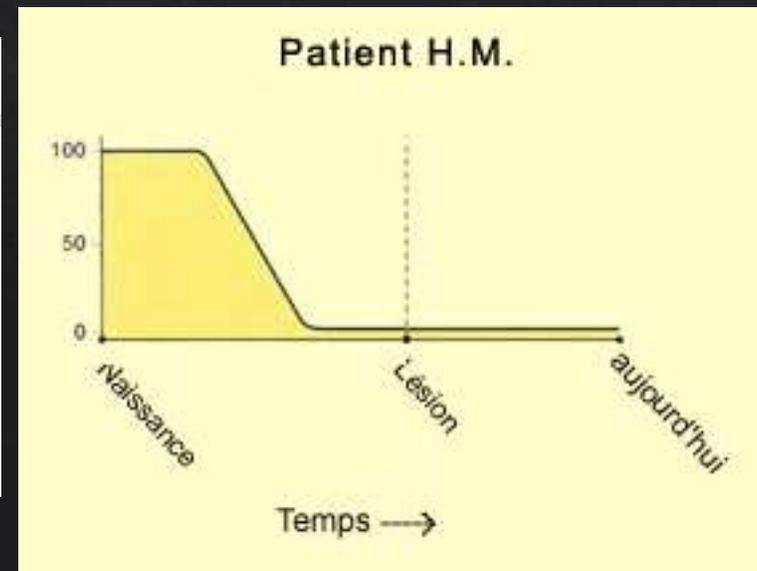
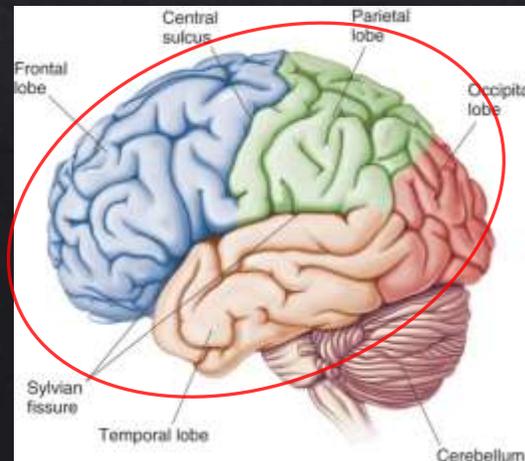
- En plus de cette amnésie « antérograde », H.M. avait une amnésie « **rétrograde** » **graduelle** (avait oublié ce qui s'était passé avant l'opération, mais avait gardé ses souvenirs anciens, d'enfance, etc.)





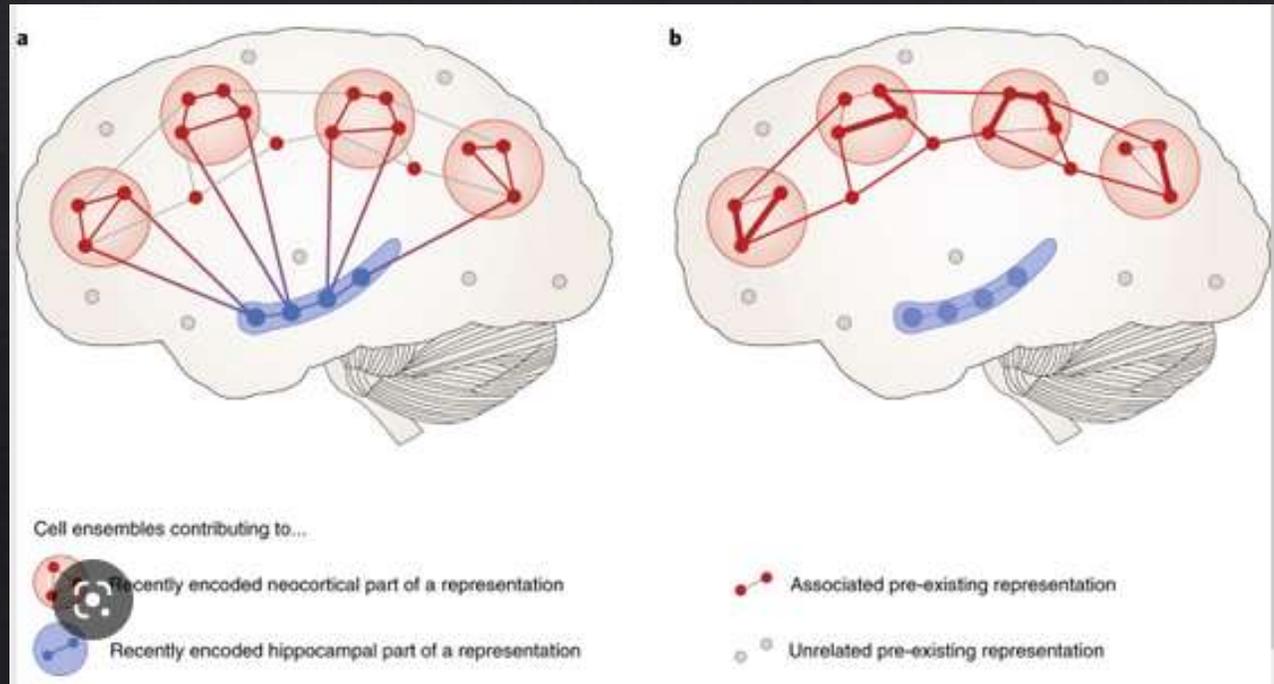
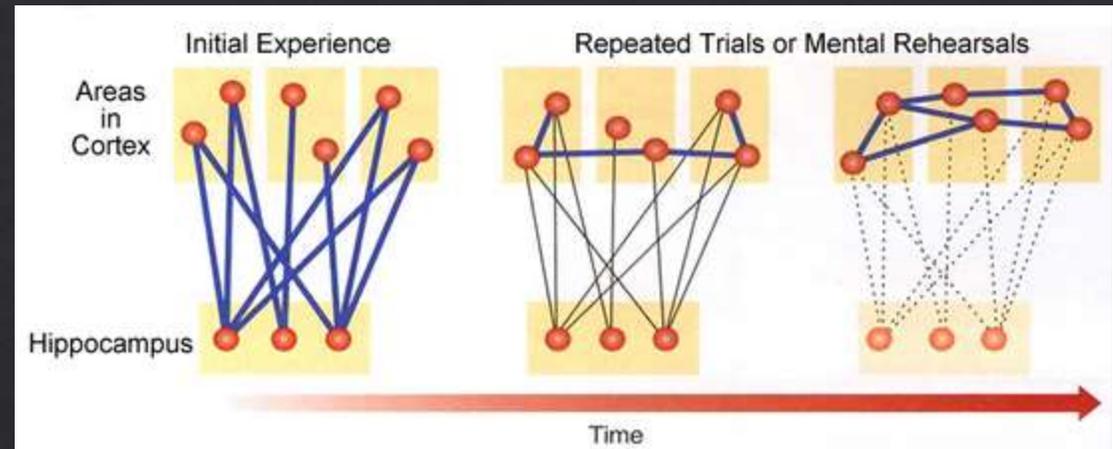
Les très vieux souvenirs semblent pouvoir se passer de l'hippocampe,

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



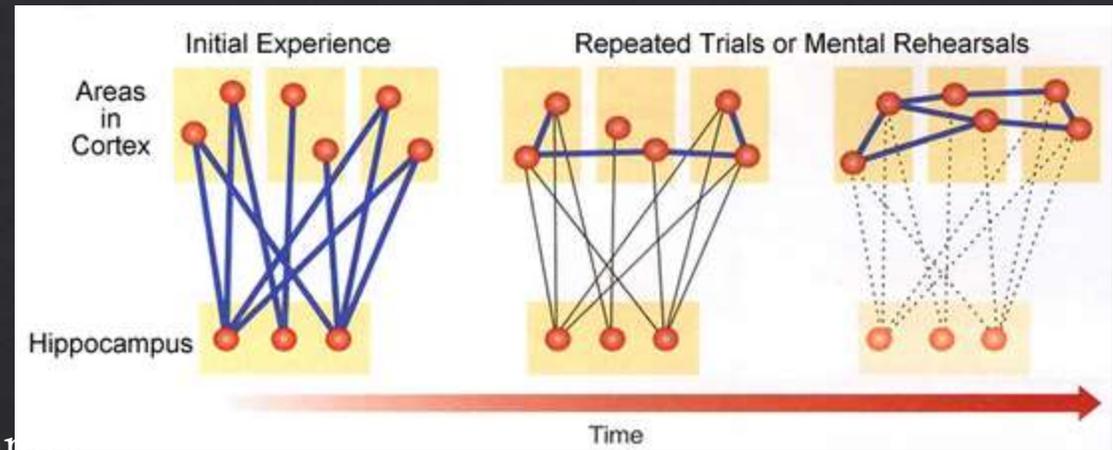
## Le « modèle de la consolidation standard »

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



## Le « modèle de la consolidation standard »

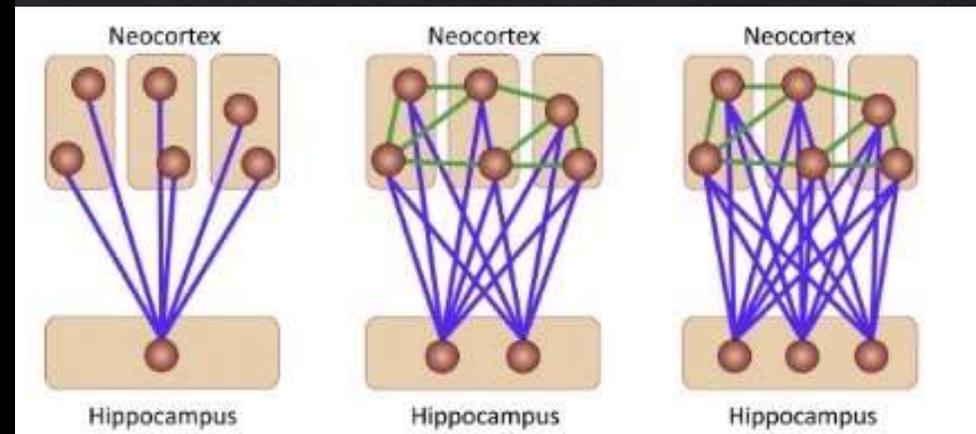
- Les souvenirs sont formés en premier dans l'hippocampe
- Avec le temps, ils se transfèrent dans le cortex
- Donc rôle **transitoire** de l'hippocampe



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

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

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



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

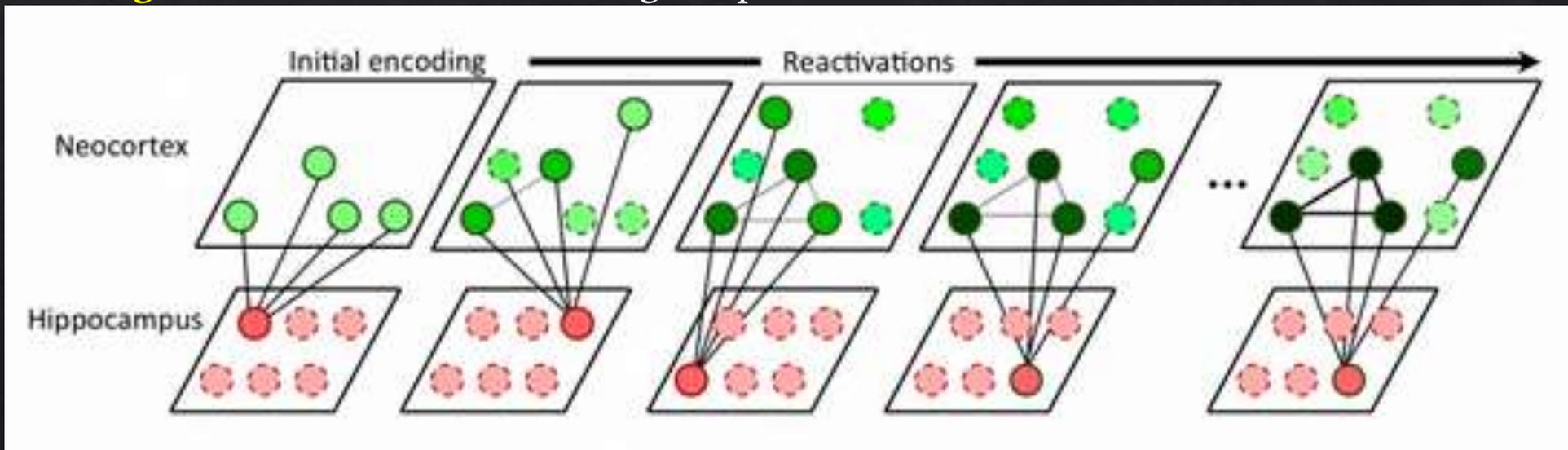
## La théorie des traces compétitives

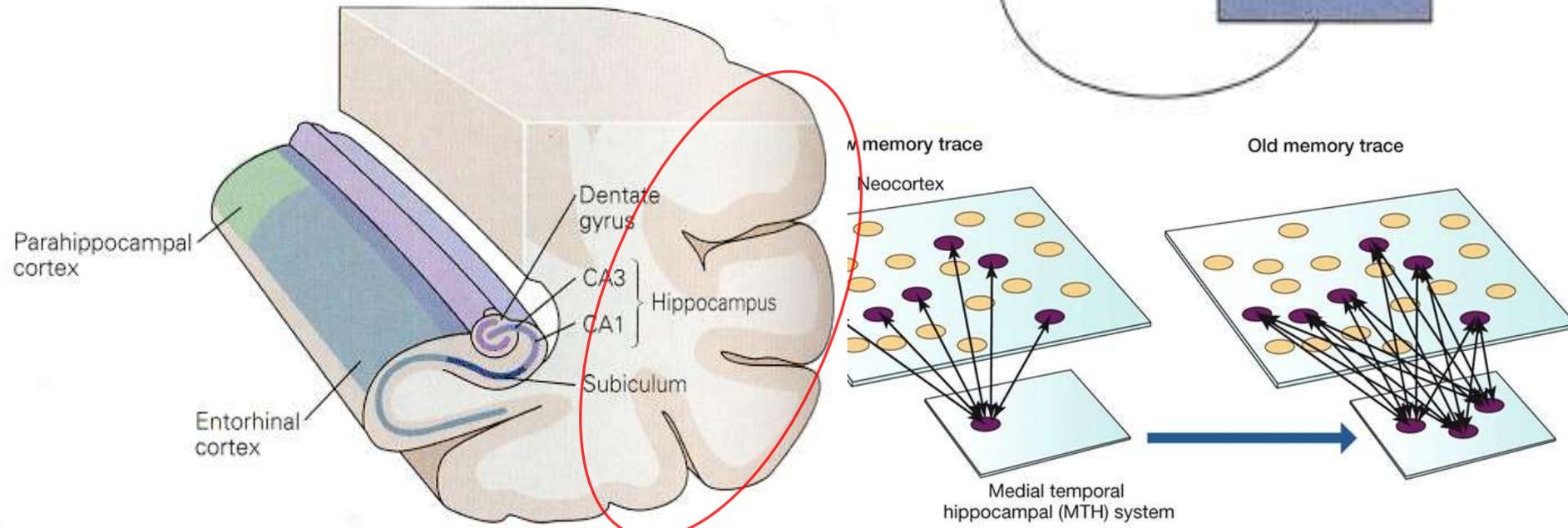
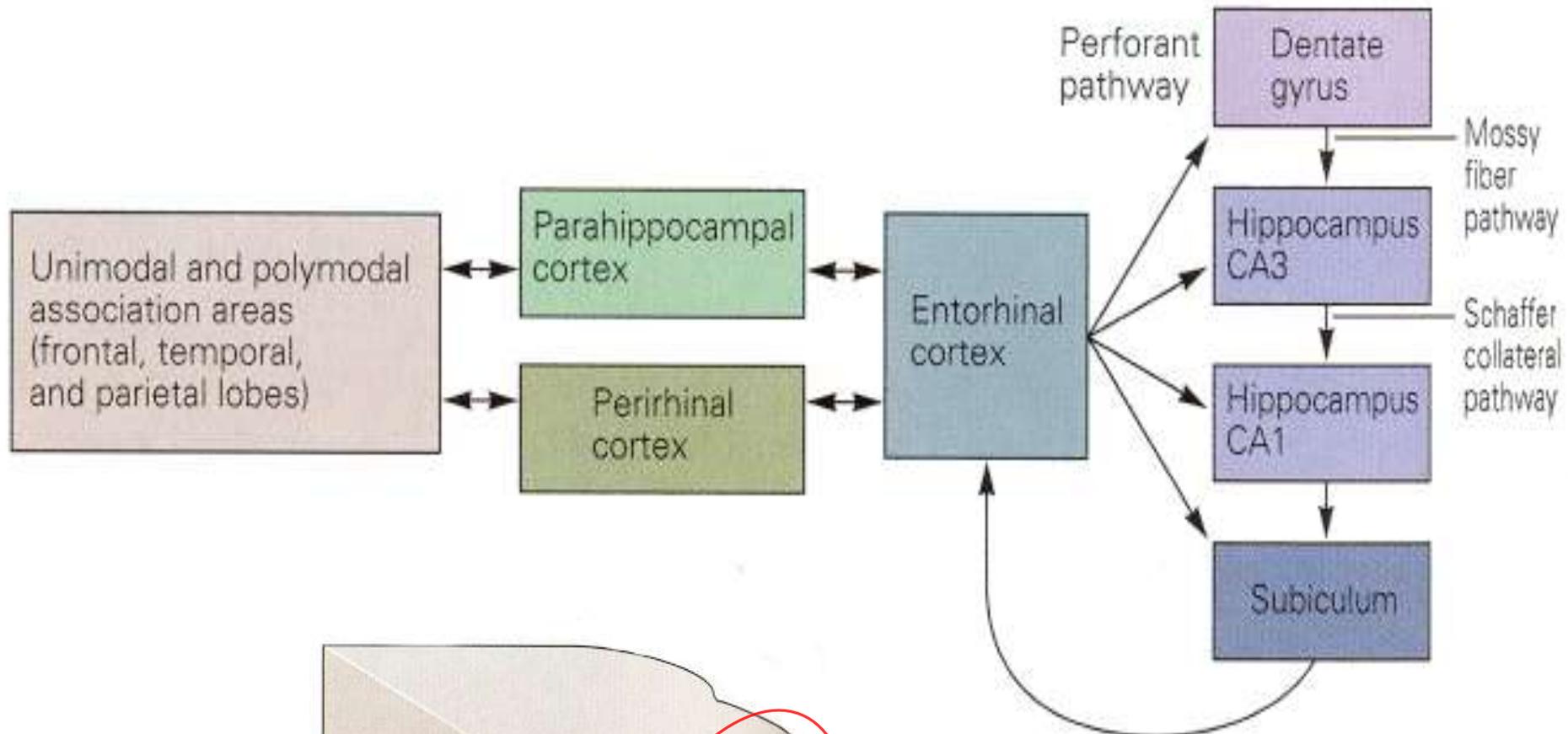
Considère la distinction entre souvenirs épisodiques et sémantiques comme **trop tranchée et simpliste**.

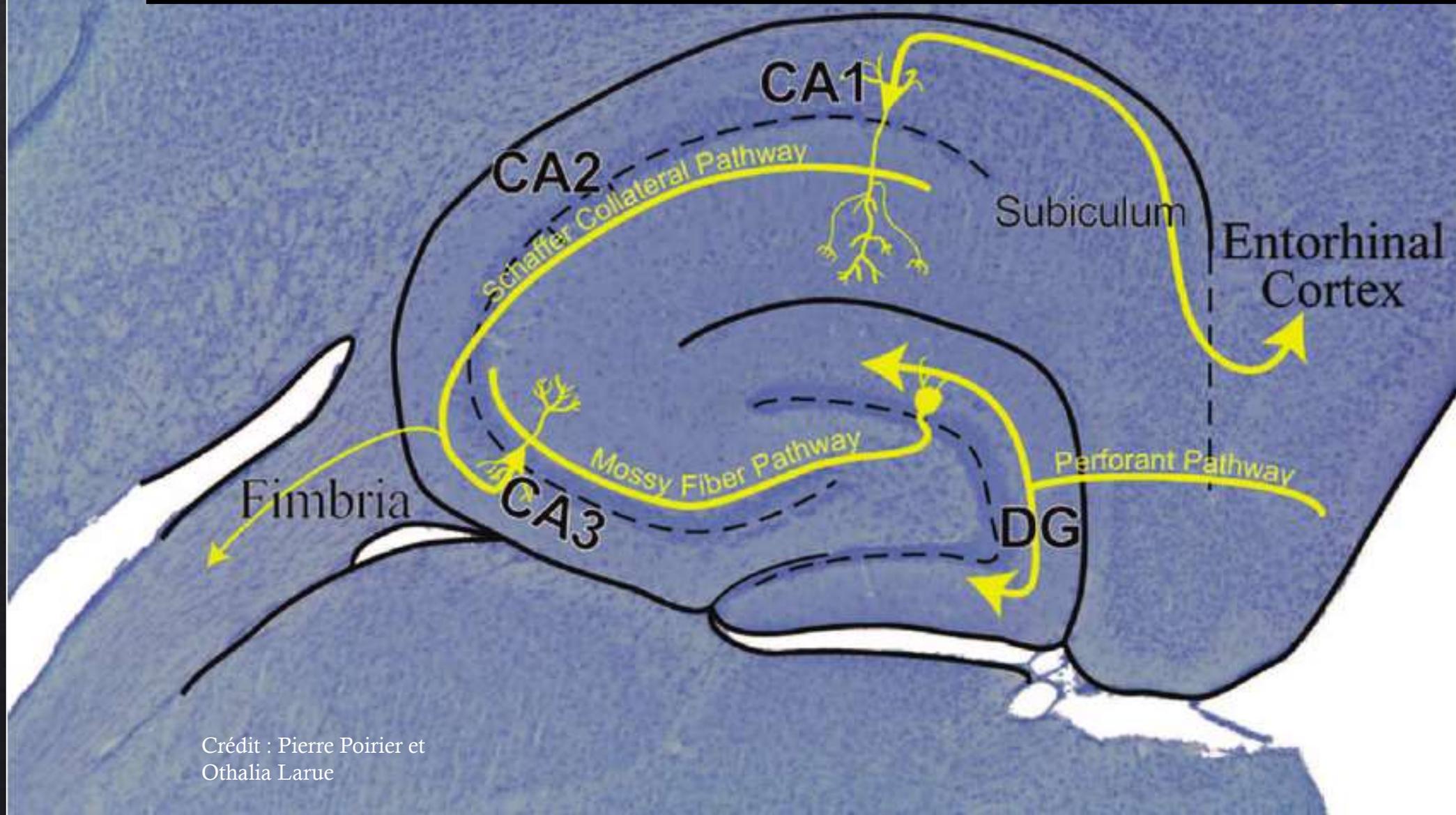
Envisage plutôt la fonction de l'hippocampe, quand on se rappelle de quelque chose, **comme en étant une de « recontextualisation »**.

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

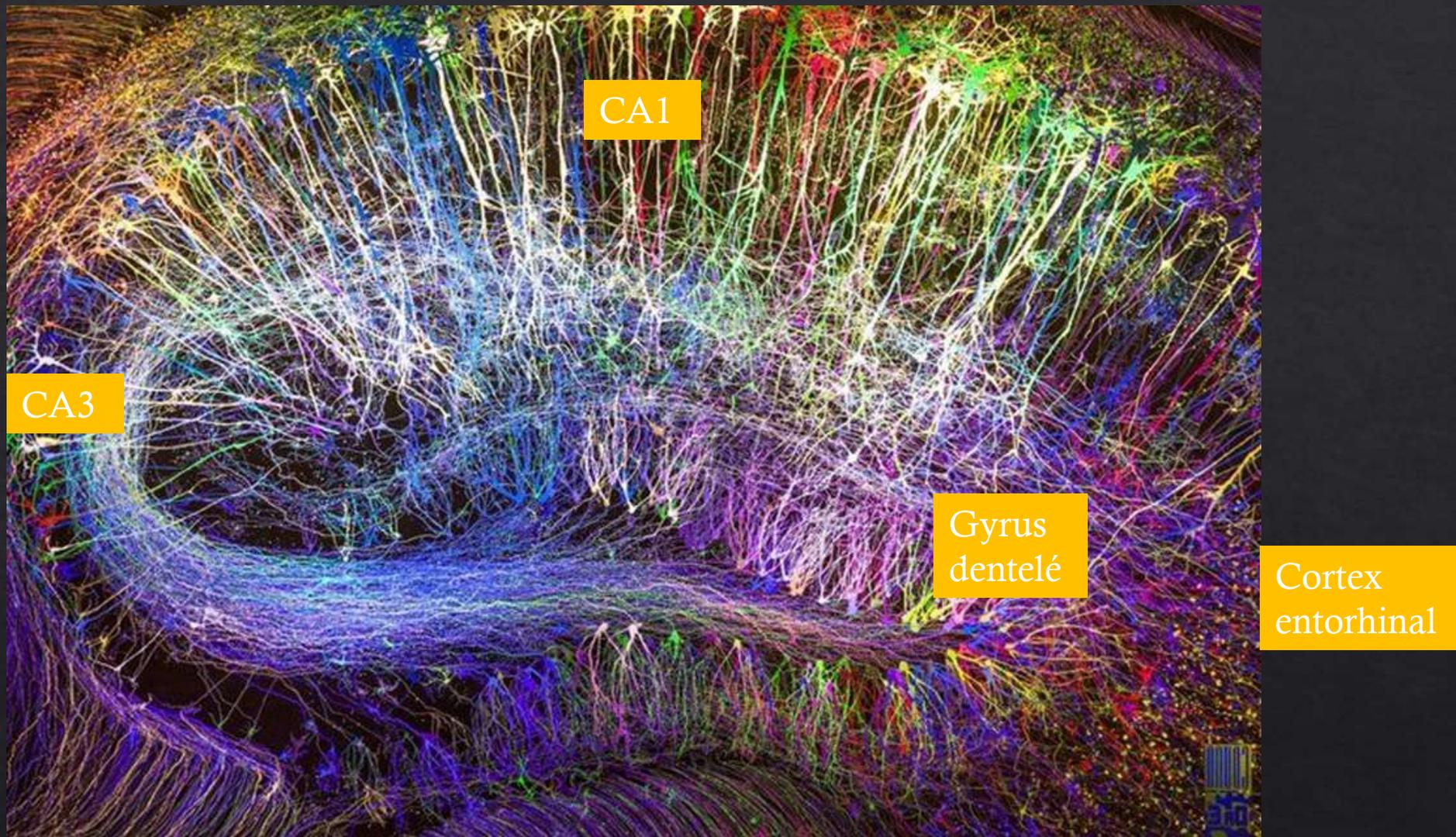
Avec le temps, le rappel répété d'un souvenir dans différents contextes produit entre les engrammes corticaux correspondant une « **interférence compétitive** », phénomène qui va solidifier à la longue **ce qui constitue le cœur de cet engramme** au détriment de ses régions plus variables.





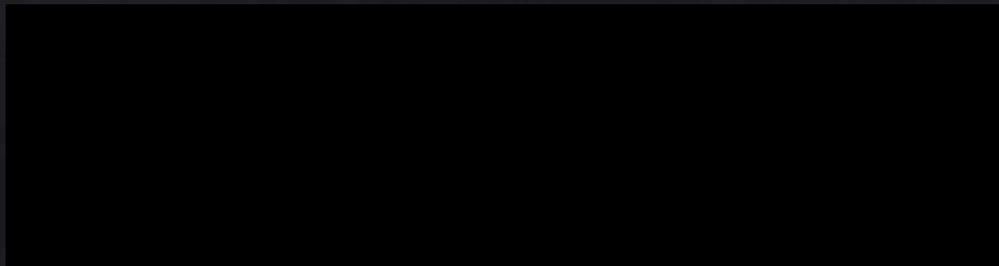


Crédit : Pierre Poirier et  
Othalia Larue

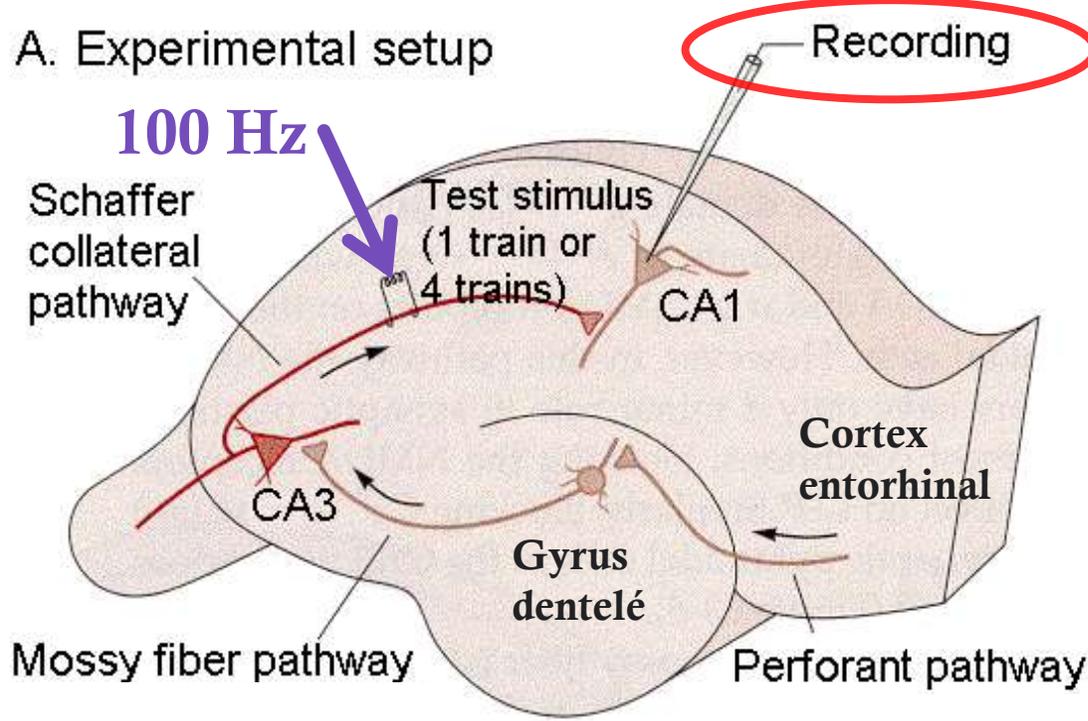


Coloration « **Brainbow** »

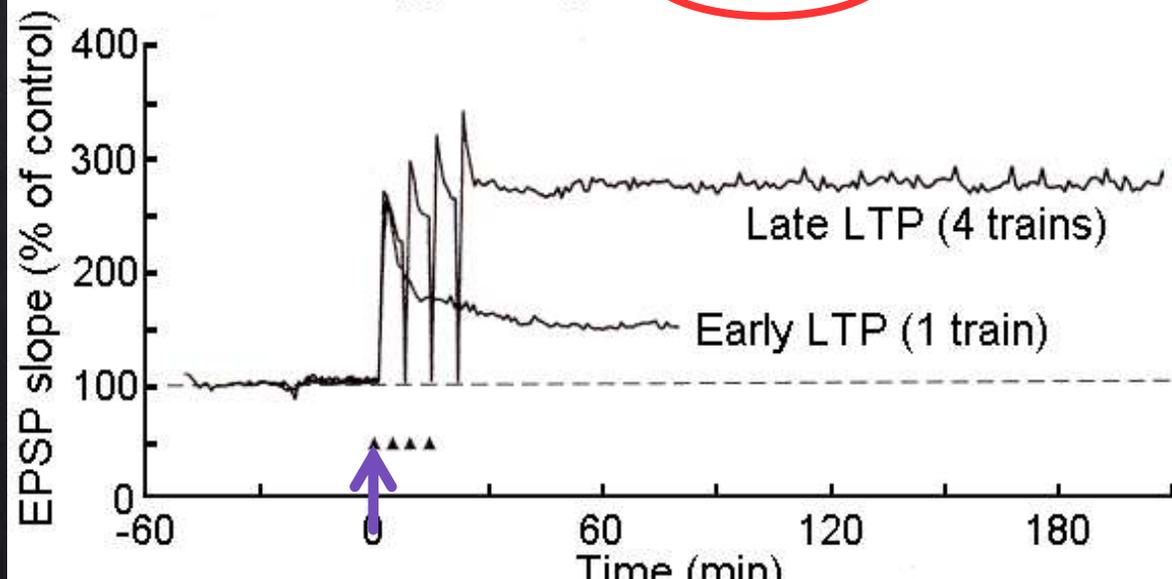
Quelques **mécanismes** cellulaires  
à la base de notre mémoire



### A. Experimental setup



### B. LTP in the hippocampus CA1 area

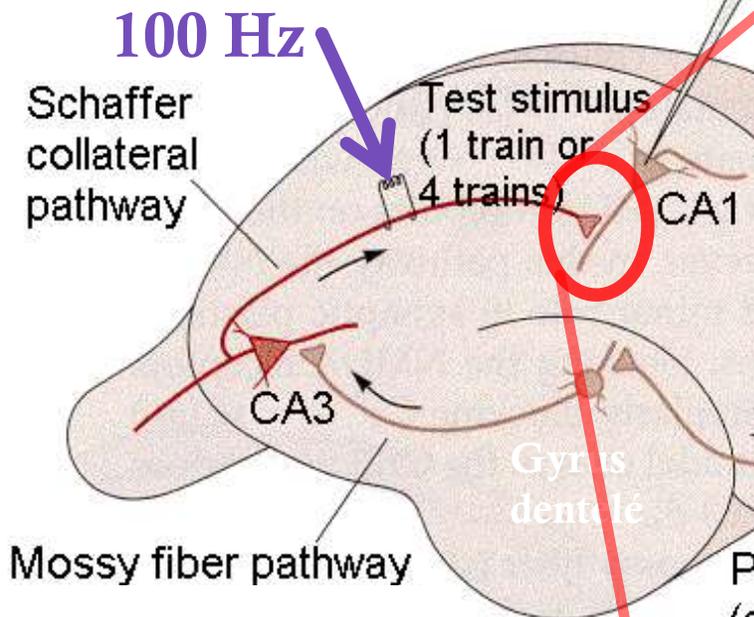


En 1973,  
on a découvert dans  
les neurones de  
l'hippocampe un  
phénomène qu'on appelle  
la **potentialisation à long  
terme (PLT)**

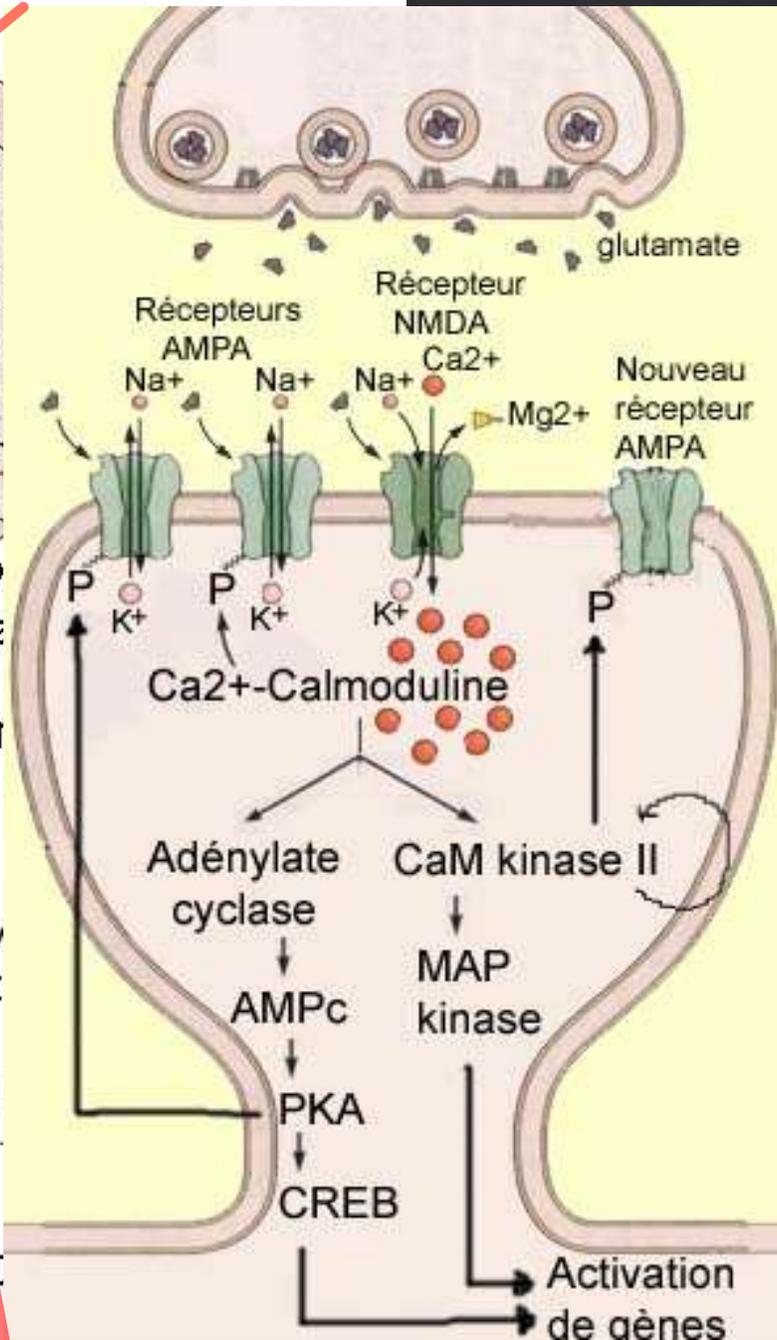
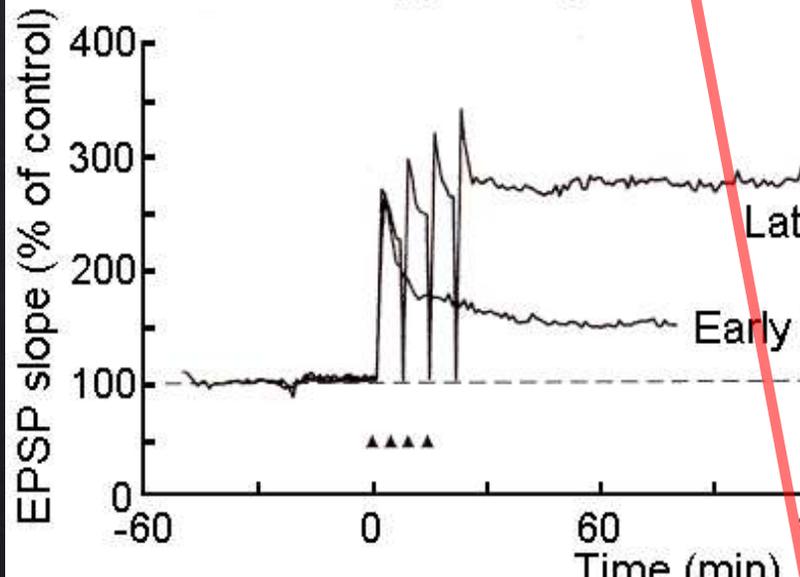
en stimulant à haute-  
fréquence les collatérales  
de Schaffer

Video : Neuroscience –  
**Long-Term Potentiation**  
Carleton University  
[https://www.youtube.com/watch?v=vso9jgfpI\\_c](https://www.youtube.com/watch?v=vso9jgfpI_c)  
2:40 à 6:30

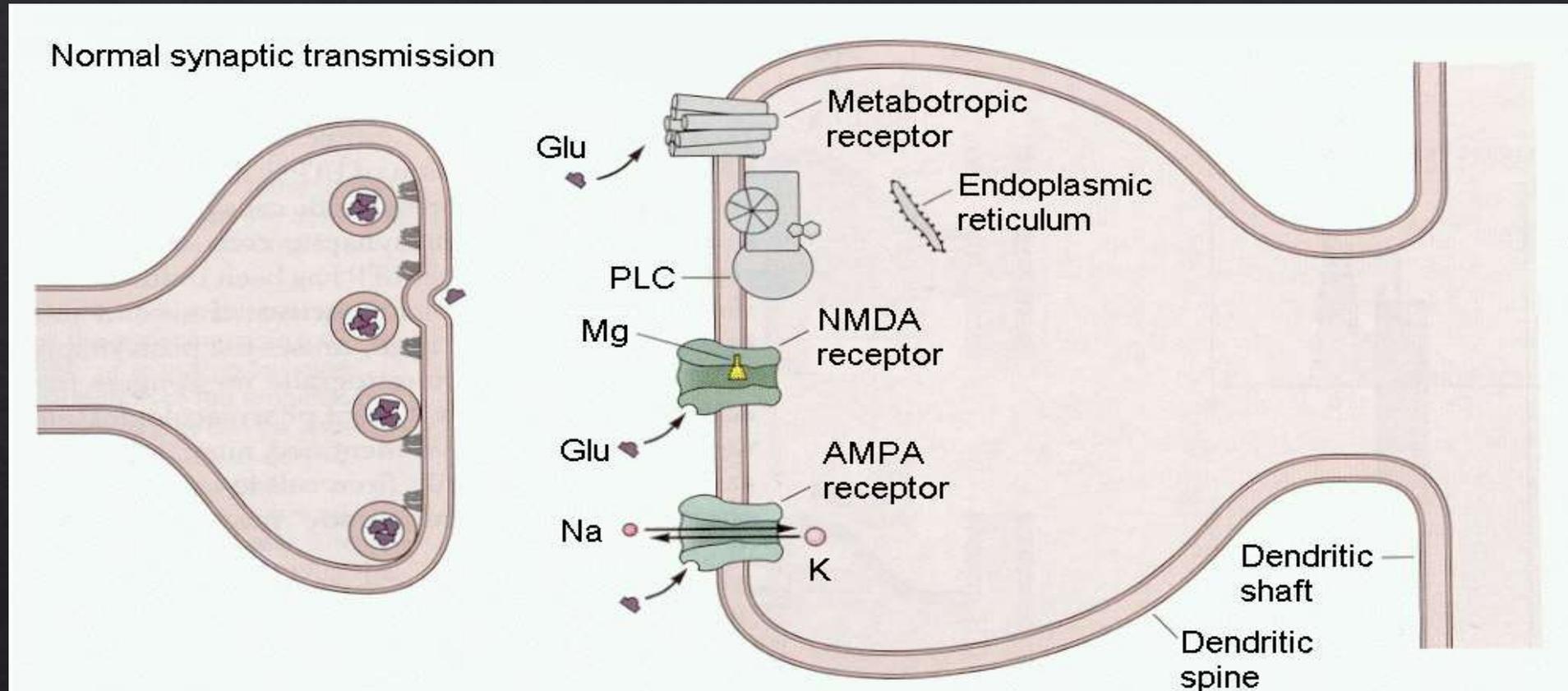
### A. Experimental setup



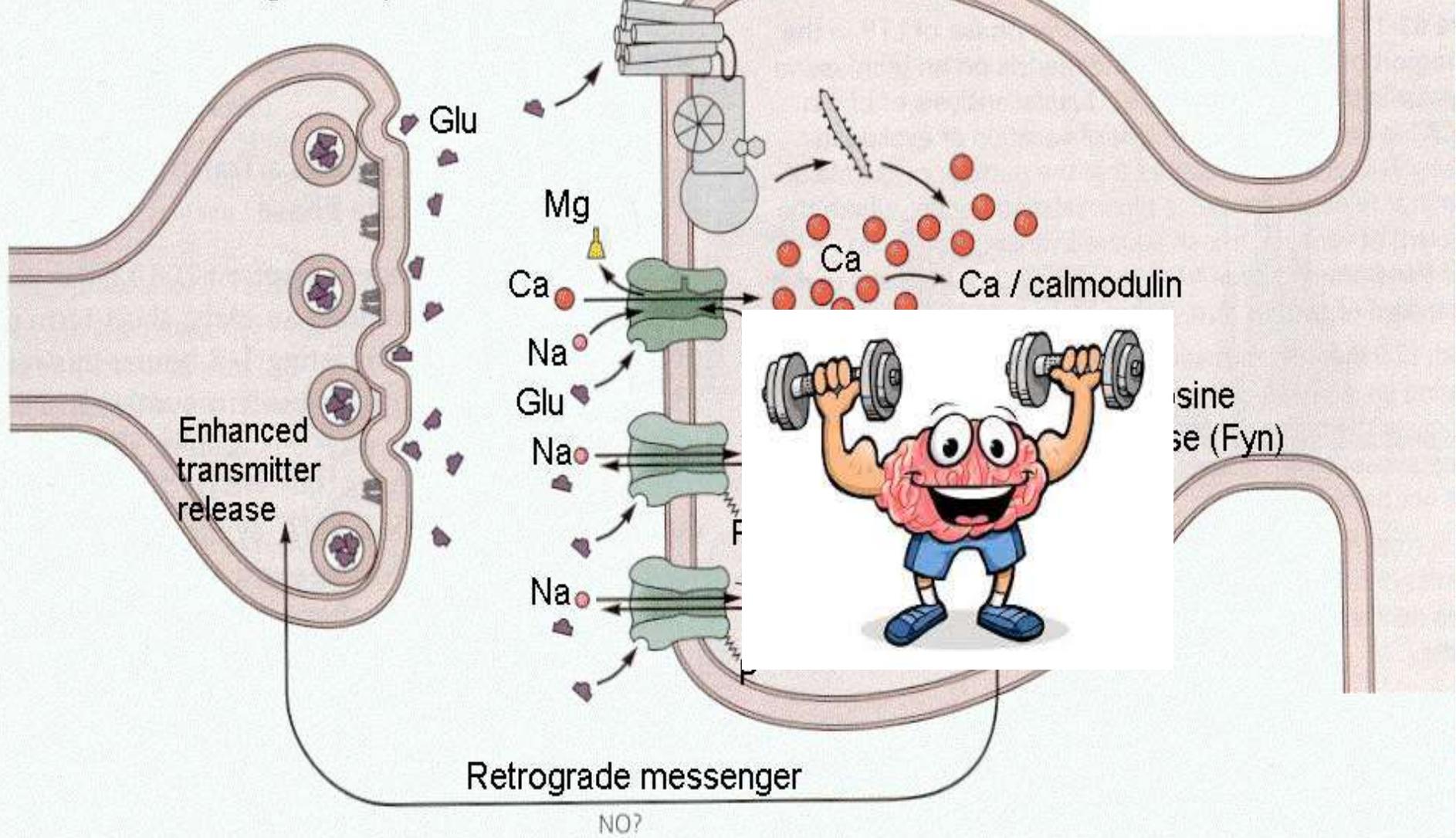
### B. LTP in the hippocampus CA1 and CA3

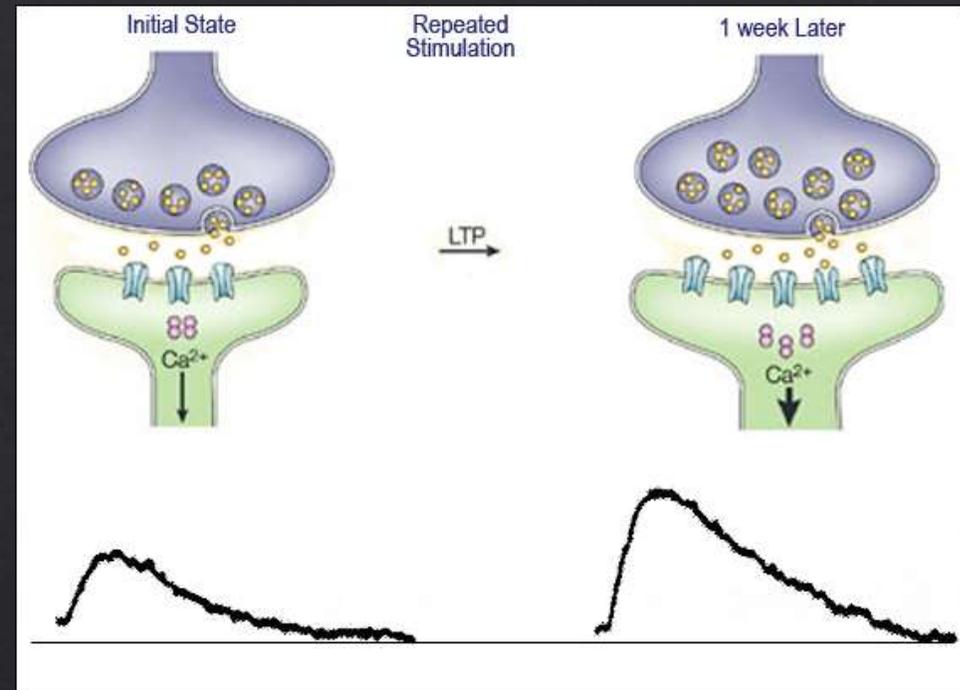
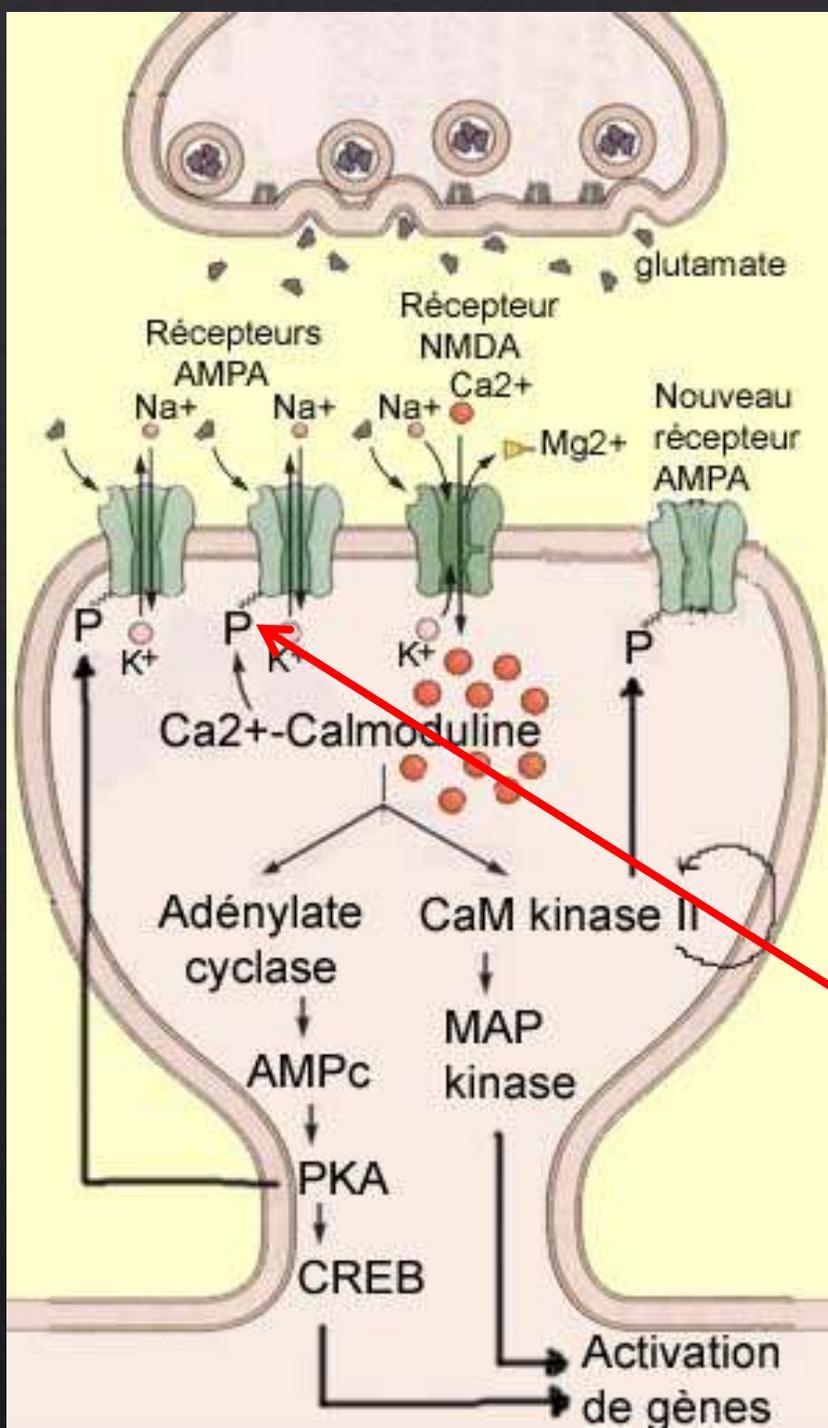


Ce sont aussi ces neurotransmetteurs  
et ces récepteurs qui permettent **d'apprendre...**



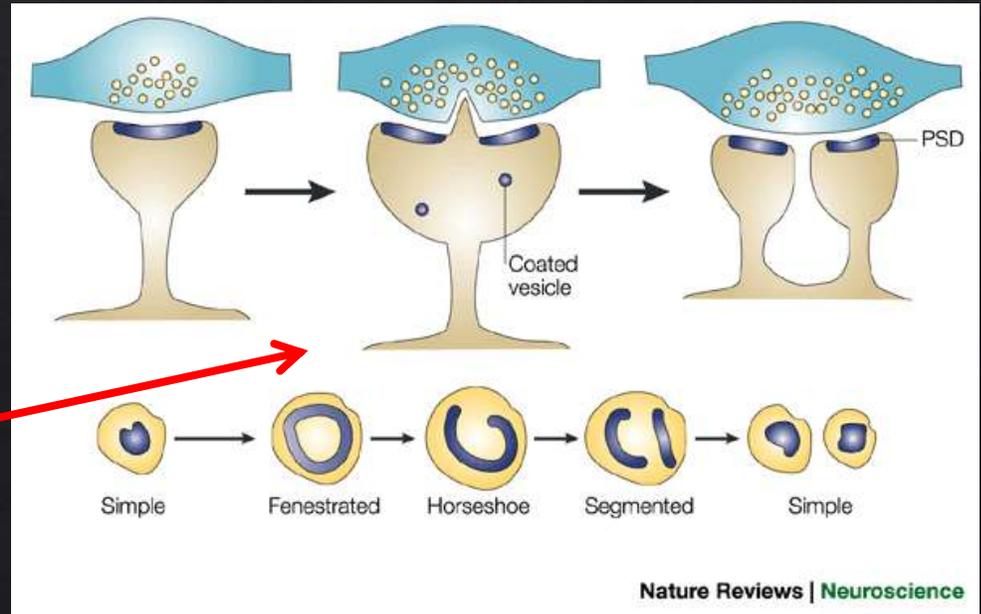
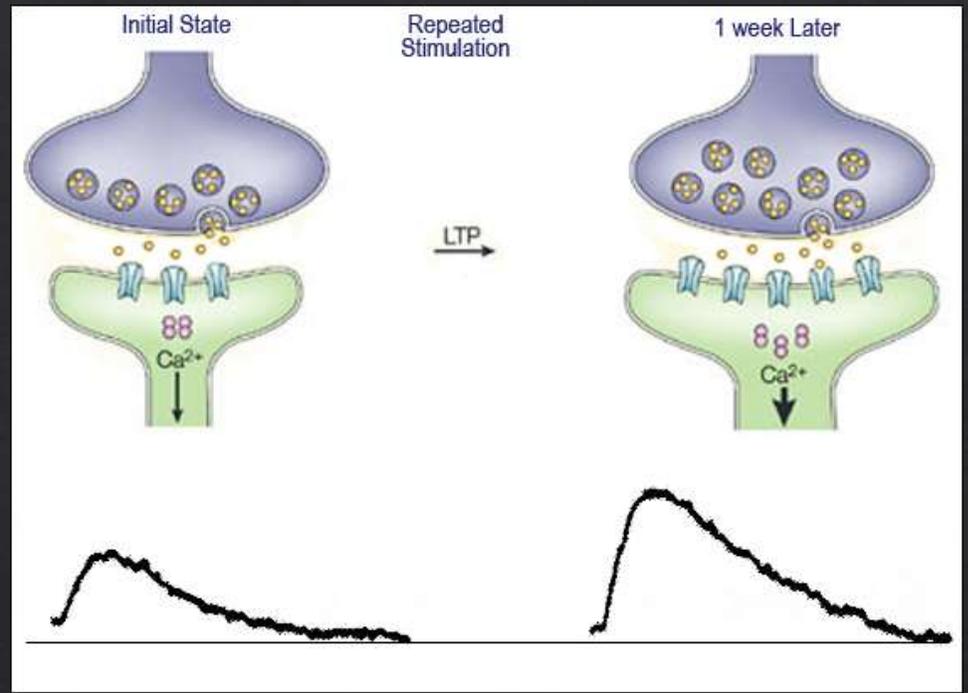
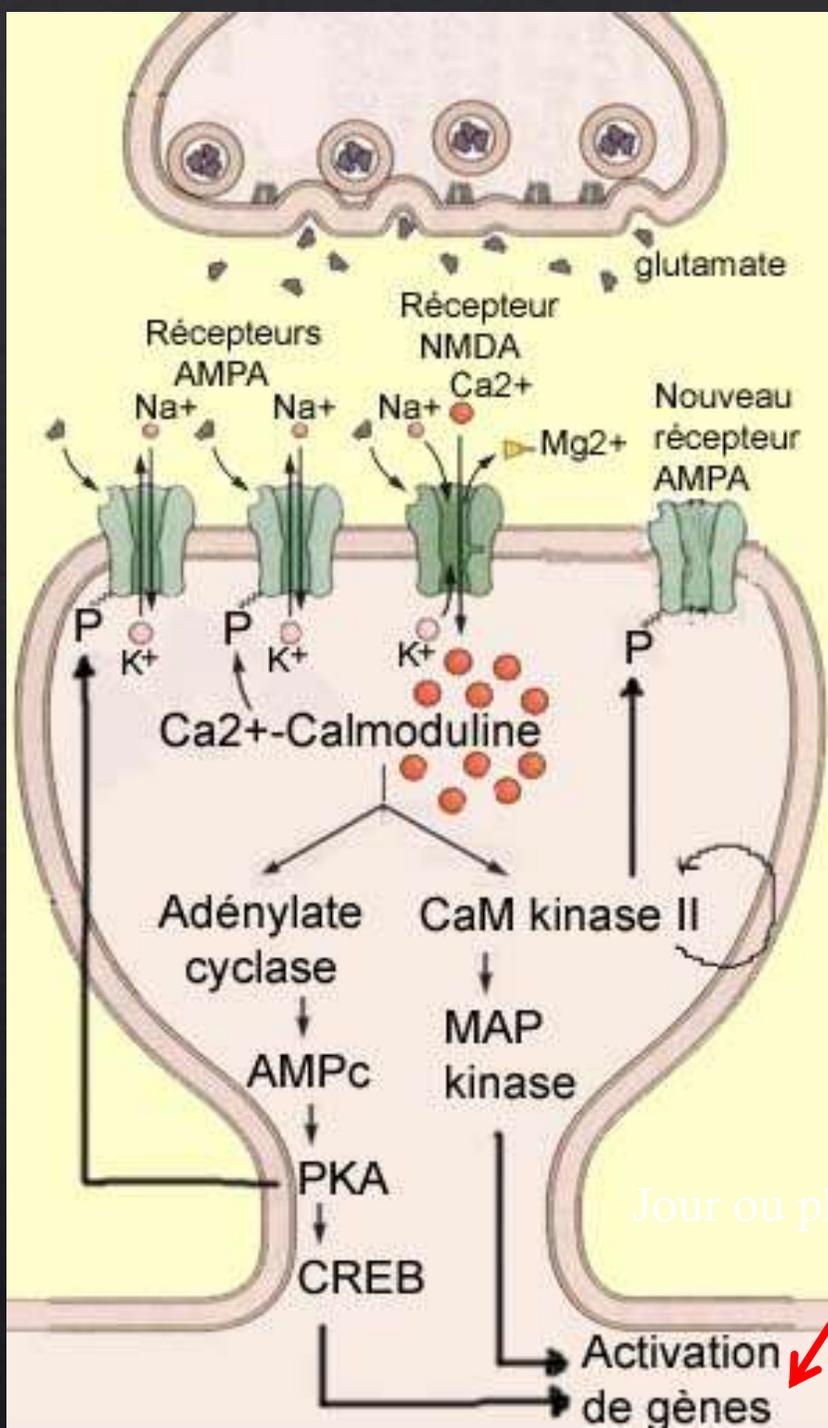
# Induction of long-term potentiation





Ordre de grandeur temporelle :

Minutes ou heures



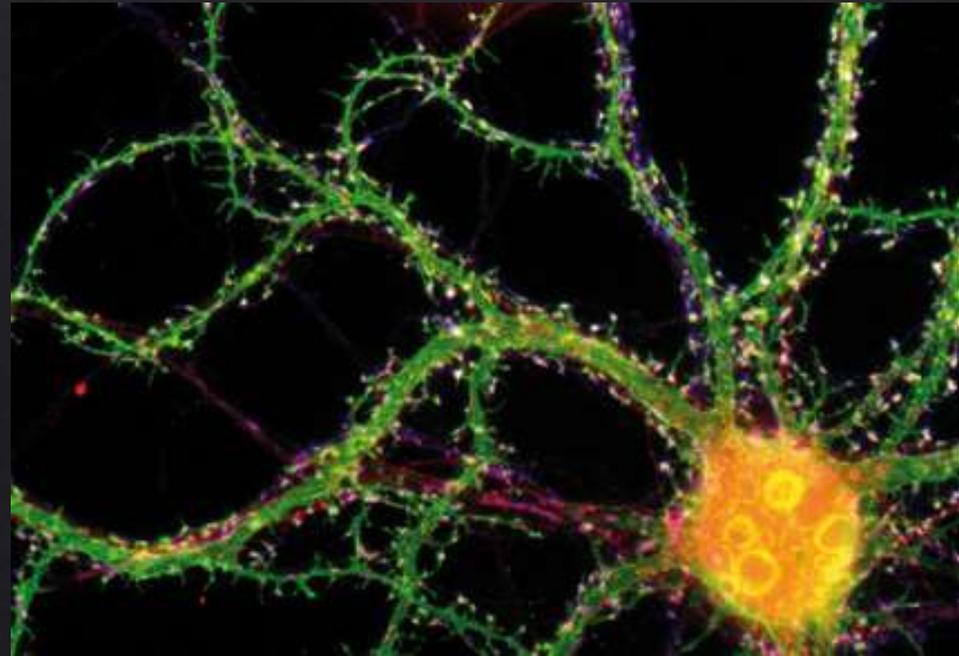
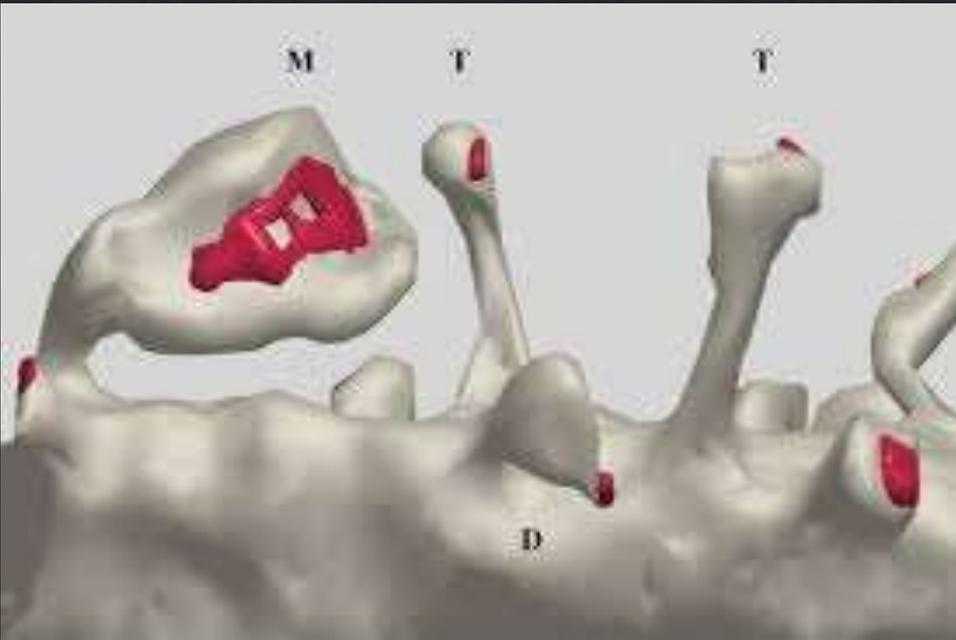
Jour ou plus



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

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

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



(a) Standard condition



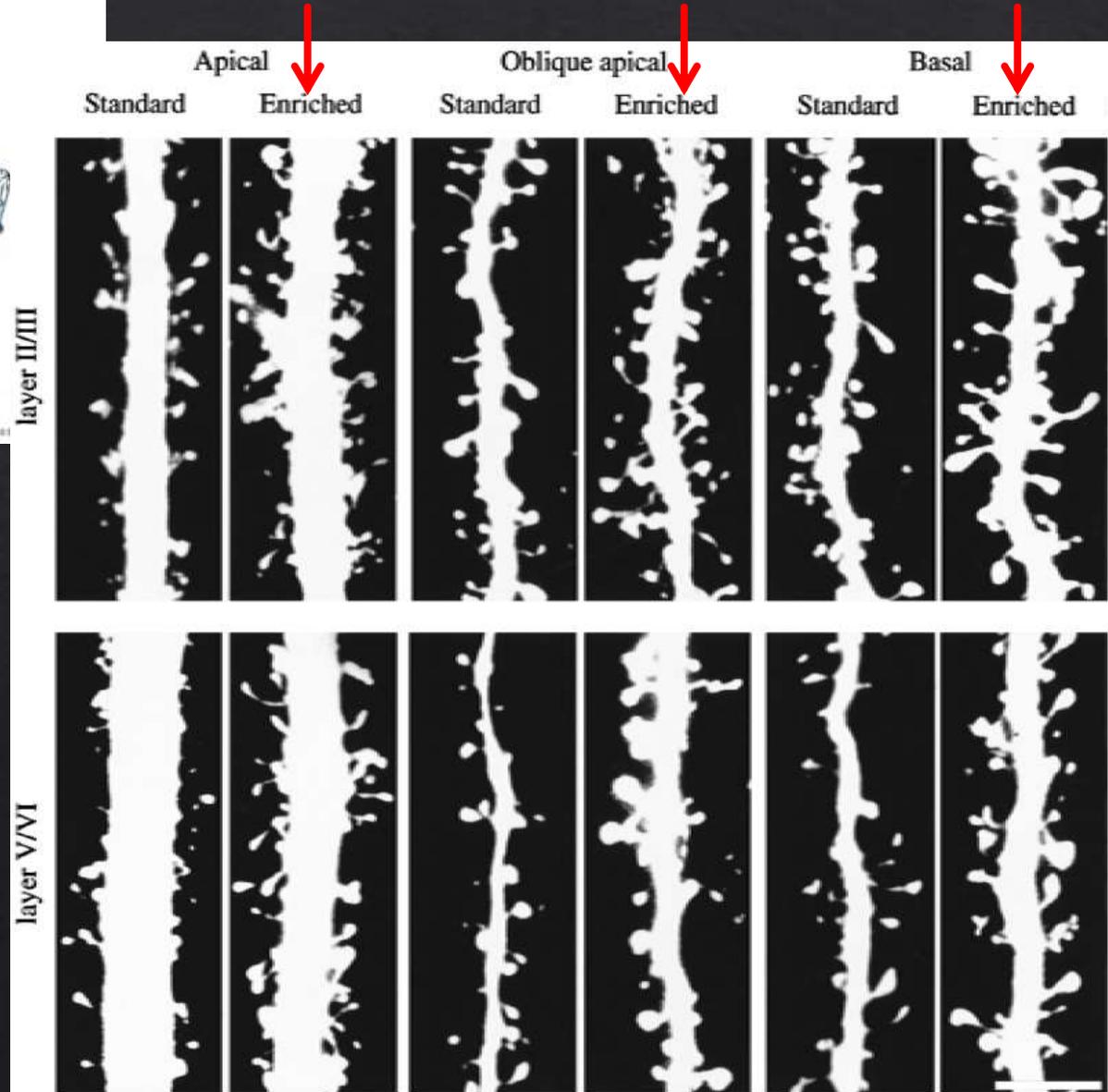
(b) Impoverished condition



(c) Enriched condition

Biological Psychology 6e, Figure 17.17

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



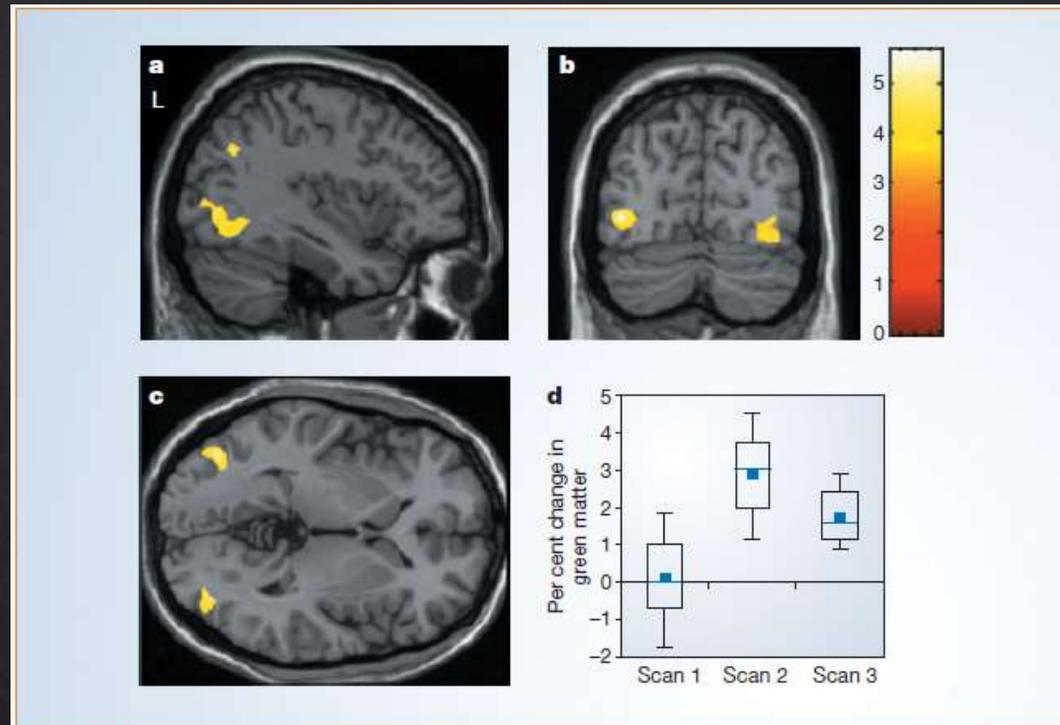
Épines dendritique de neurones du cortex somatosensoriel de rats adultes ayant grandi dans des cages **standard** ou dans un environnement **enrichi** durant 3 semaines.

# Changes in grey matter induced by training

Nature, 2004

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

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



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

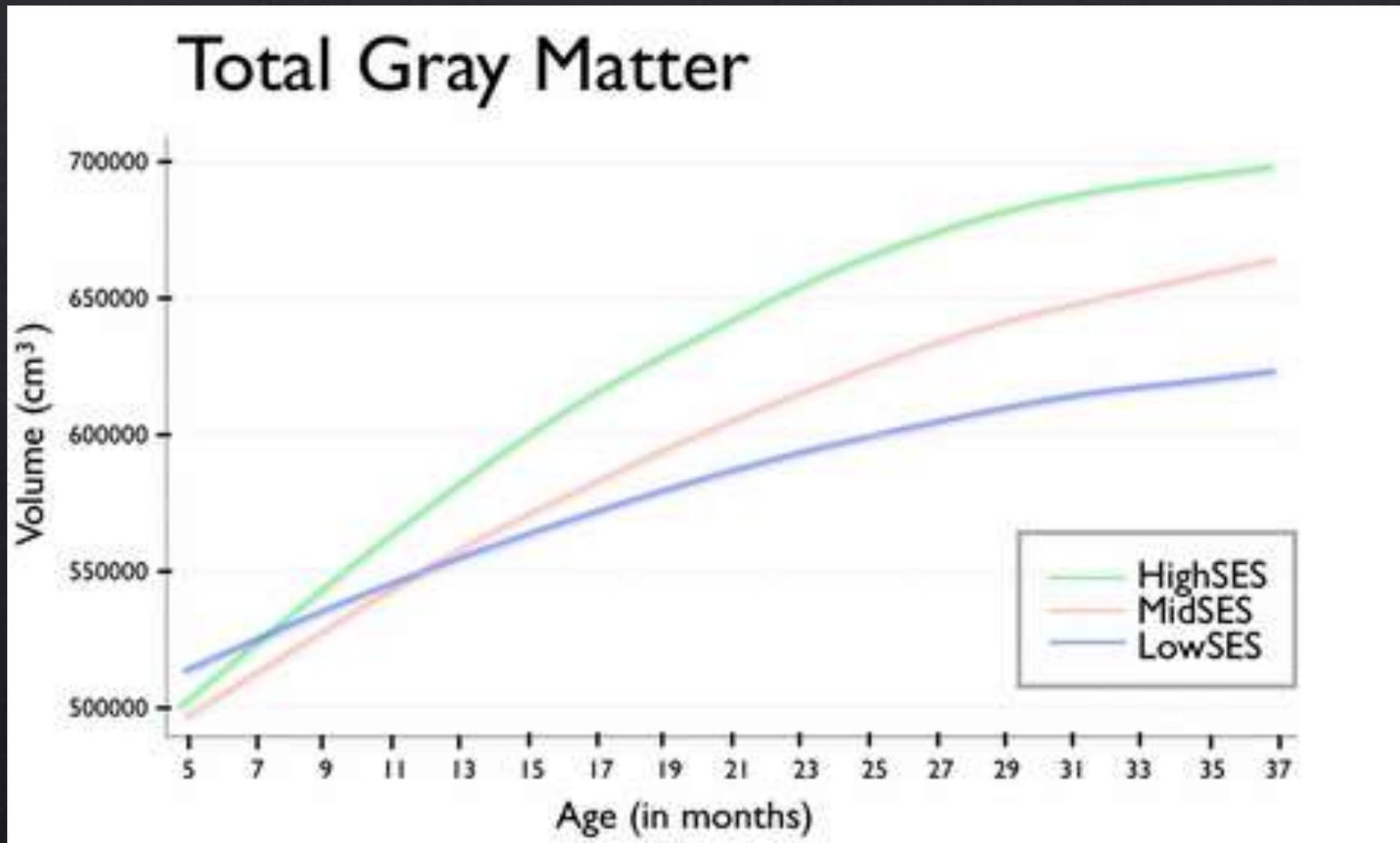
NATURE | VOL427 | 22 JANUARY 2004 | www.nature.com/nature

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

Wednesday, February 03, 2016

## The neuroscience of poverty.

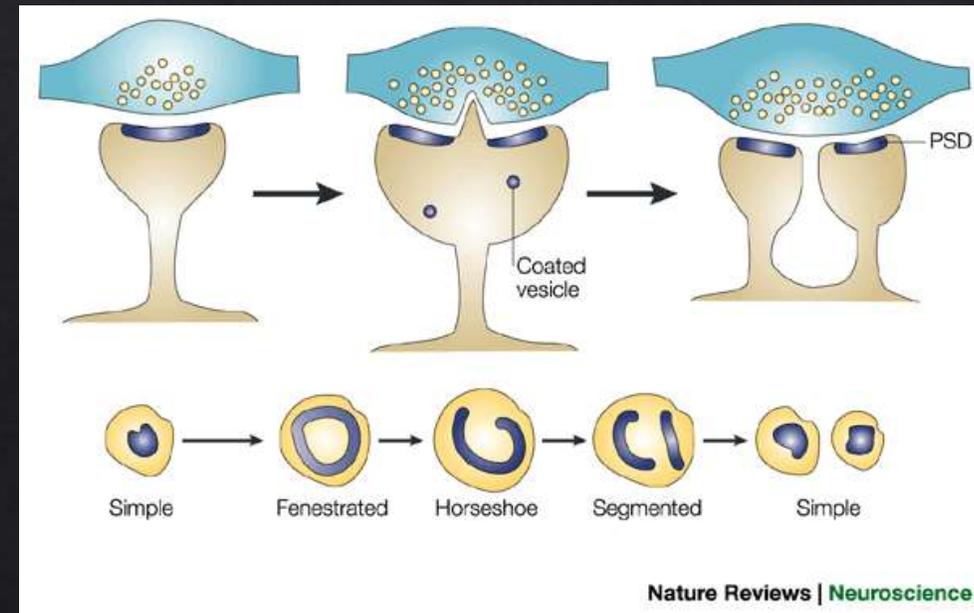
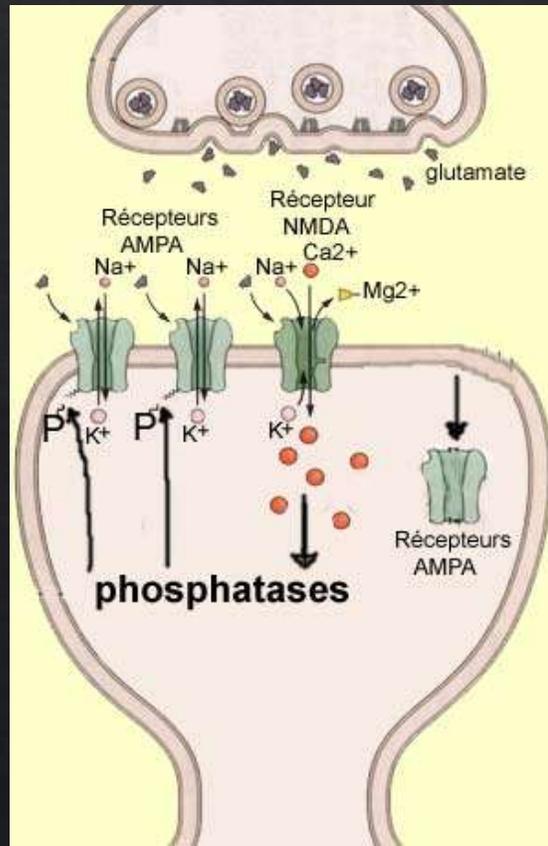
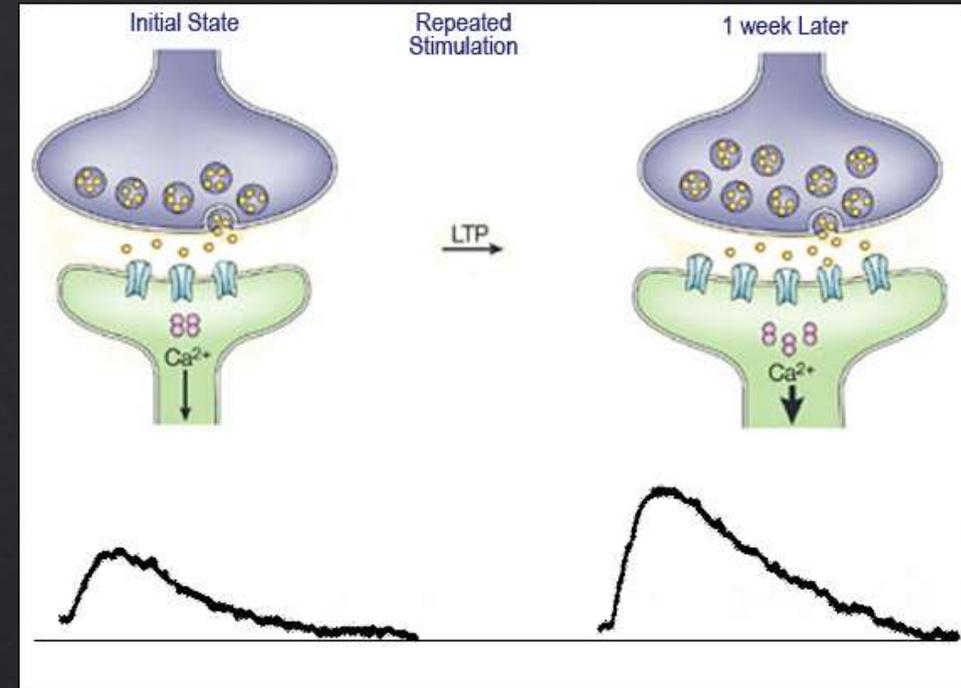
[http://mindblog.dericbownds.net/2016/02/the-neuroscience-of-poverty.html?utm\\_source=feedburner&utm\\_medium=feed&utm\\_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29](http://mindblog.dericbownds.net/2016/02/the-neuroscience-of-poverty.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29)



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

Mais il y en a beaucoup d'autres !

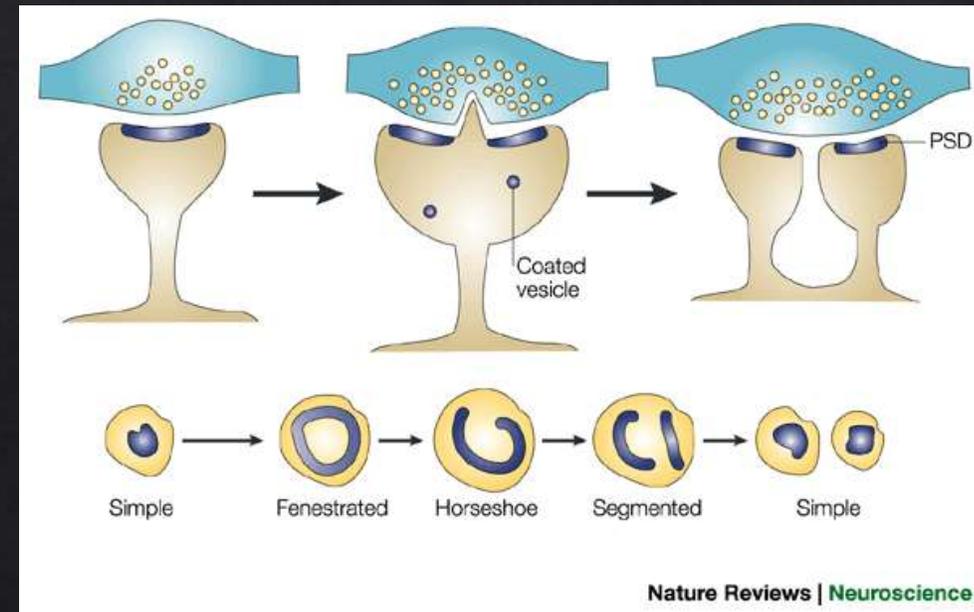
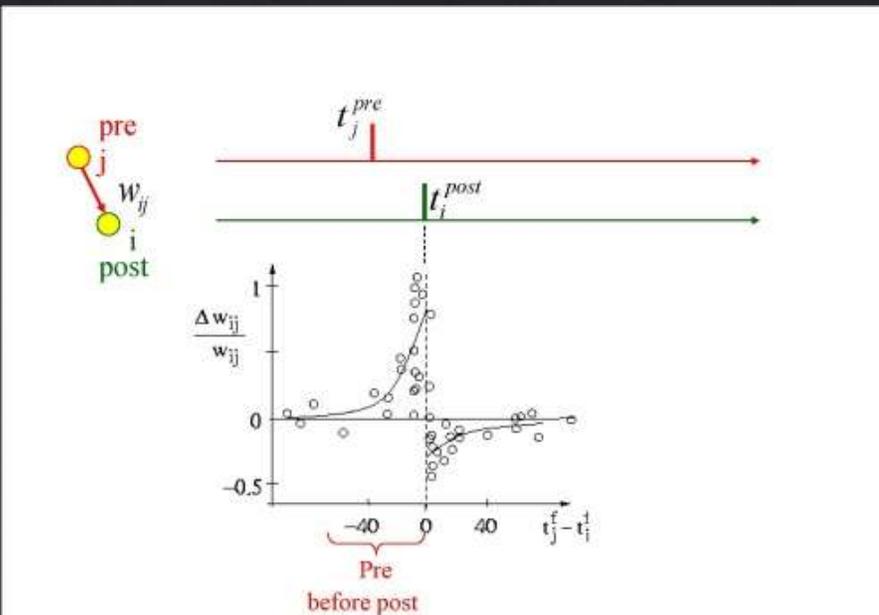
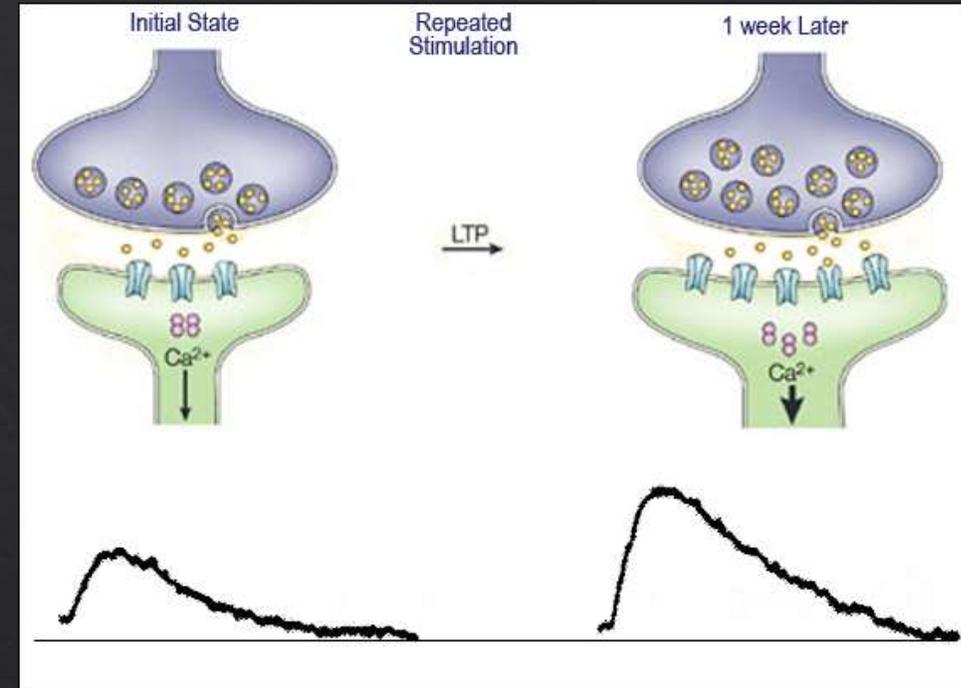
- La **dépression à long terme (DLT)**



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

Mais il y en a beaucoup d'autres !

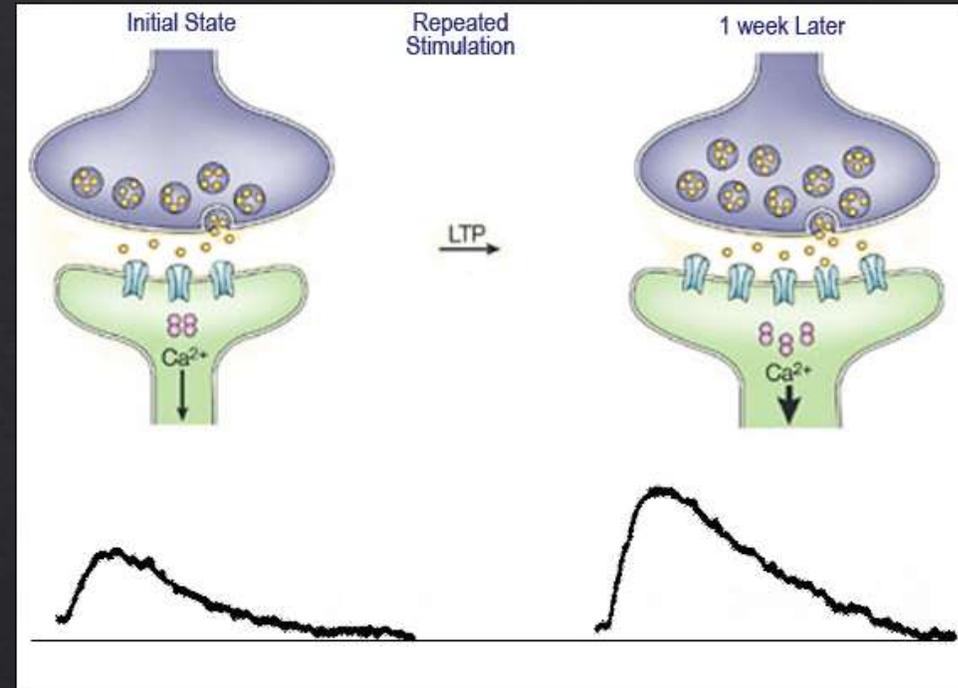
- La **dépression à long terme (DLT)**
- La **plasticité dépendante du temps d'occurrence des impulsions** (« Spike-timing-dependent plasticity » ou STDP)



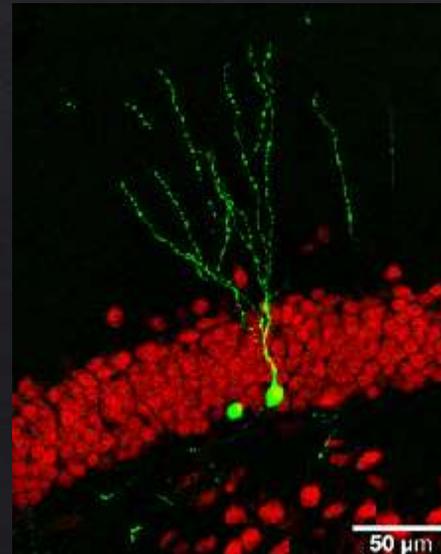
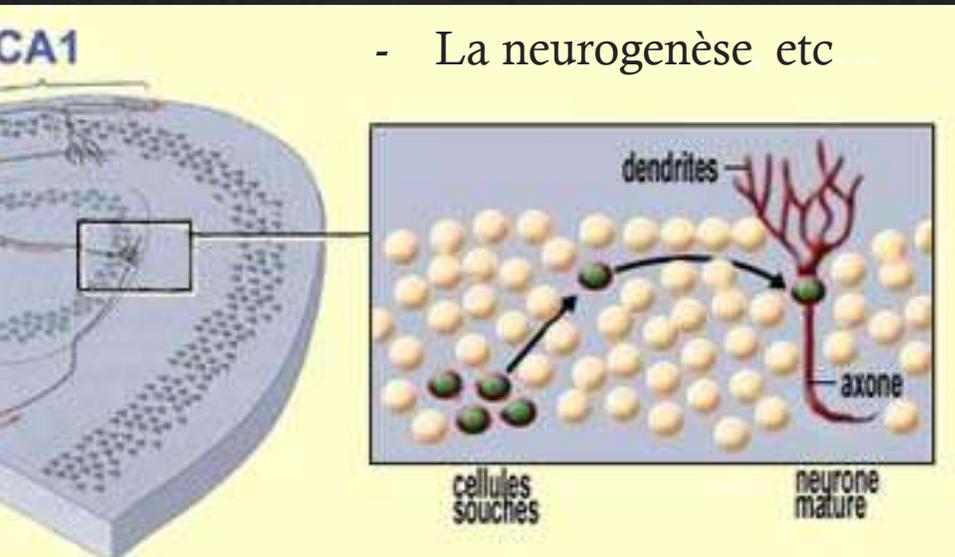
La **potentialisation à long terme (PLT)** est l'un des mécanismes les plus documentés derrière les phénomènes d'apprentissage et de mémoire.

Mais il y en a beaucoup d'autres !

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



- La neurogenèse etc ...



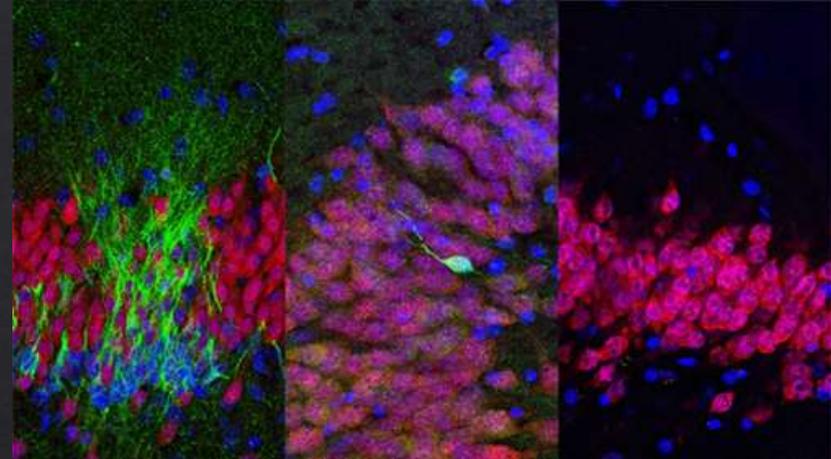
## Débat / Controverse :

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

27 mars 2018

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

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

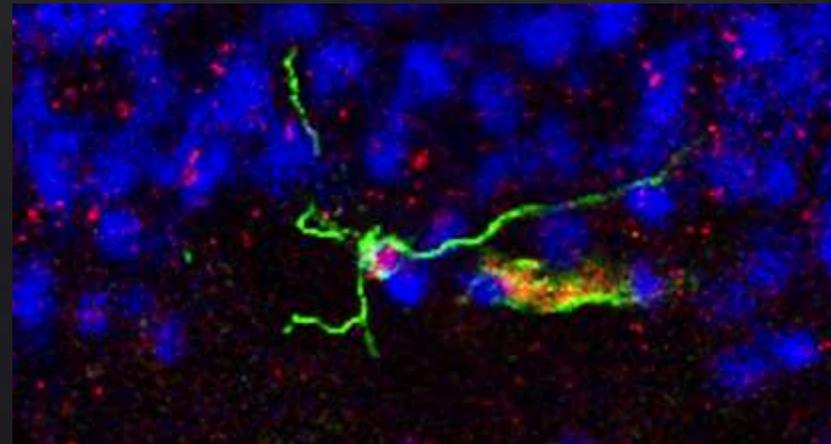


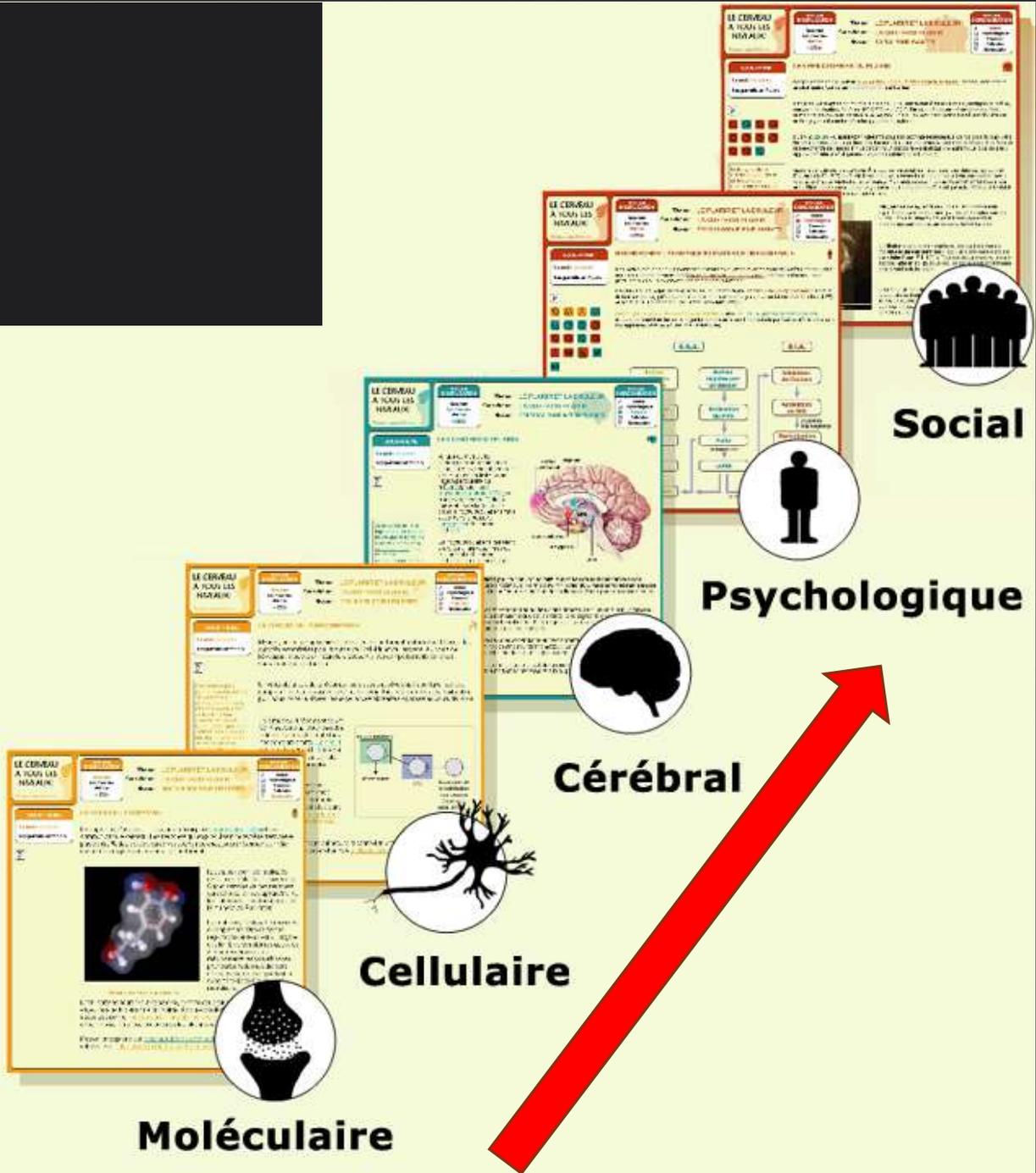
17 avril 2018

### Neurogenèse dans le cerveau humain adulte ?

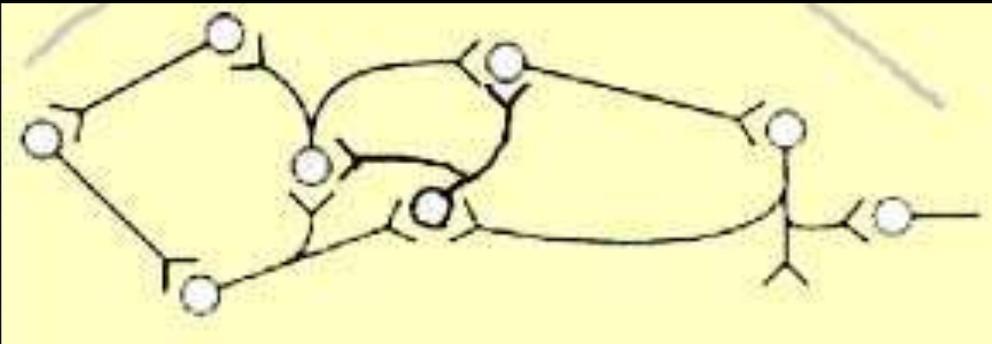
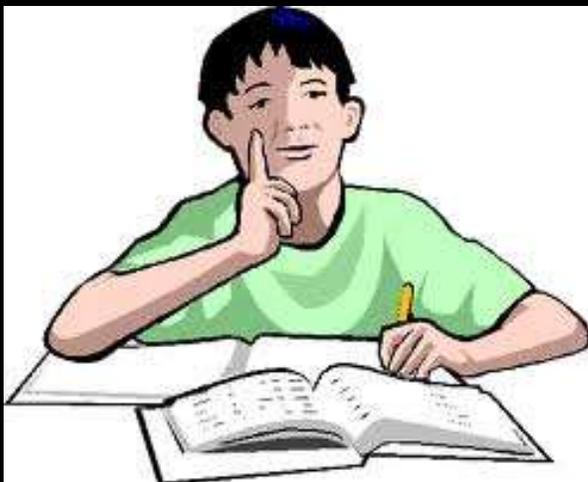
Après le récent « non », un « oui »  
tout aussi affirmatif !

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

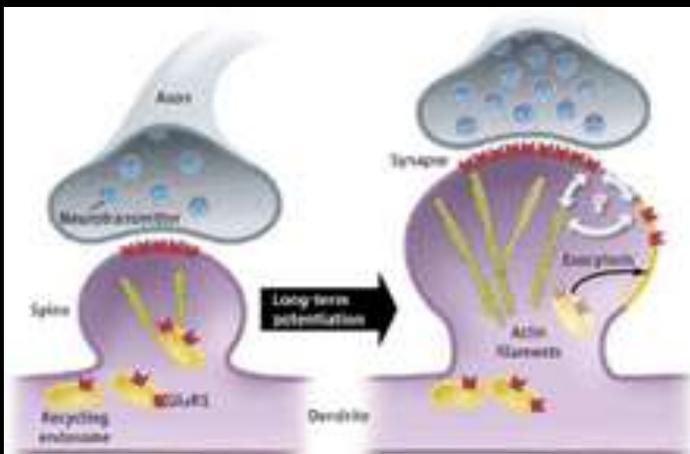
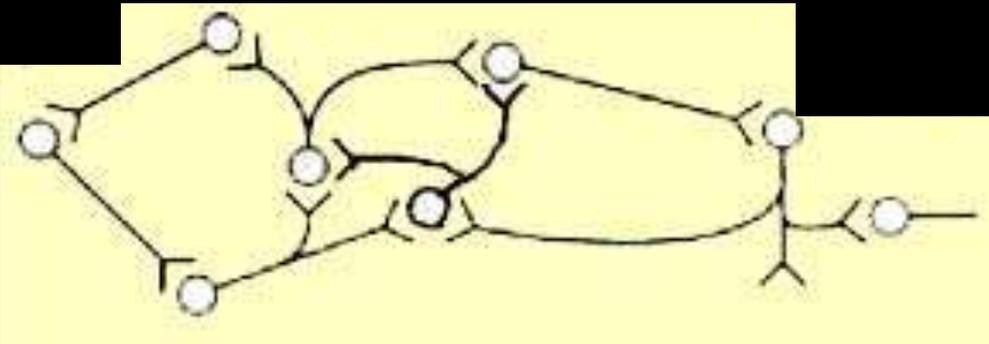
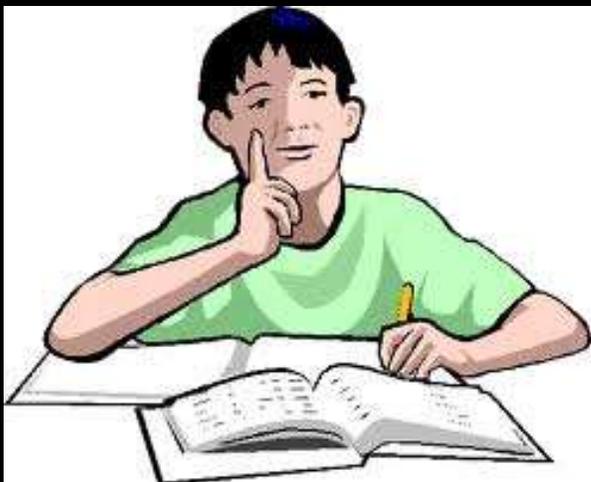


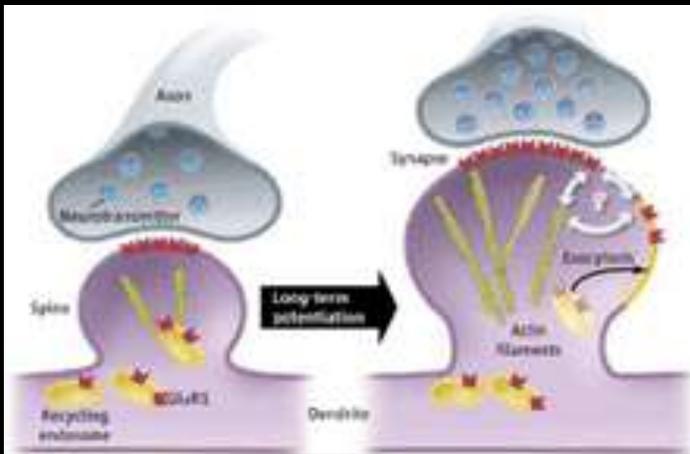
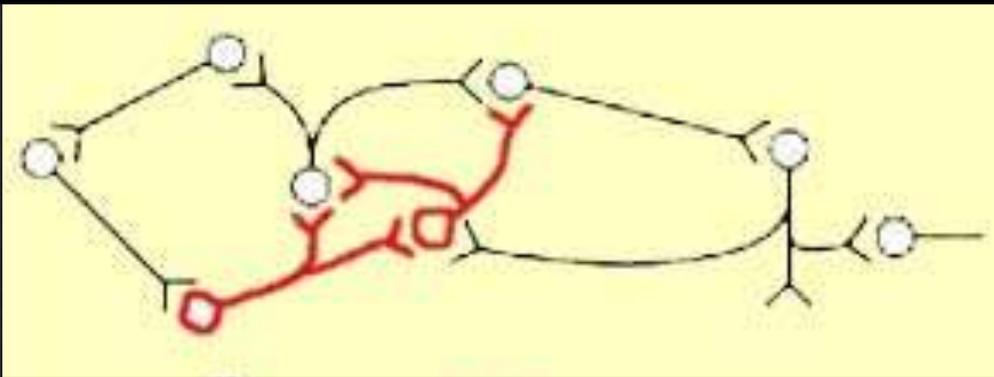
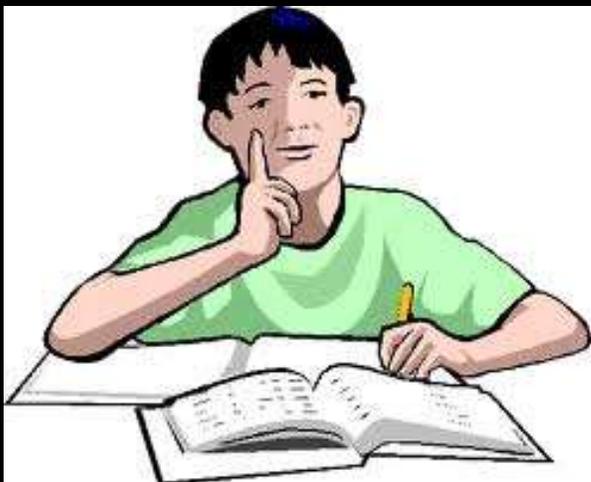


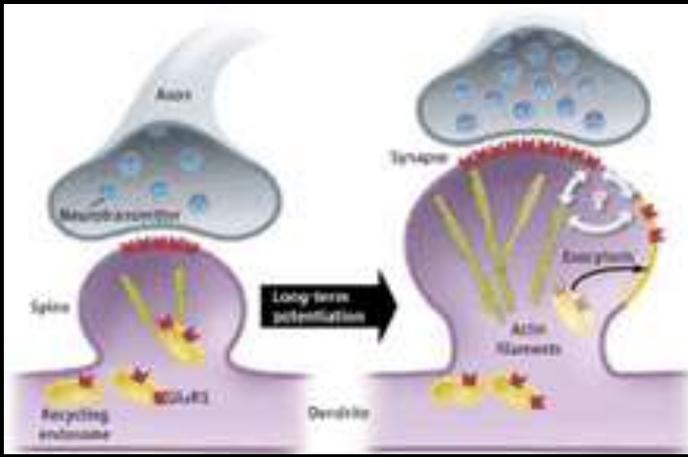
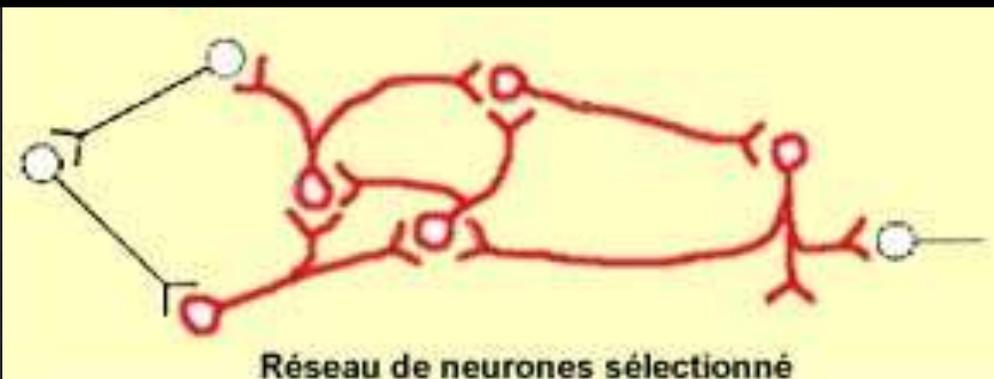
La trace physique  
ou « l'engramme »  
d'un souvenir



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

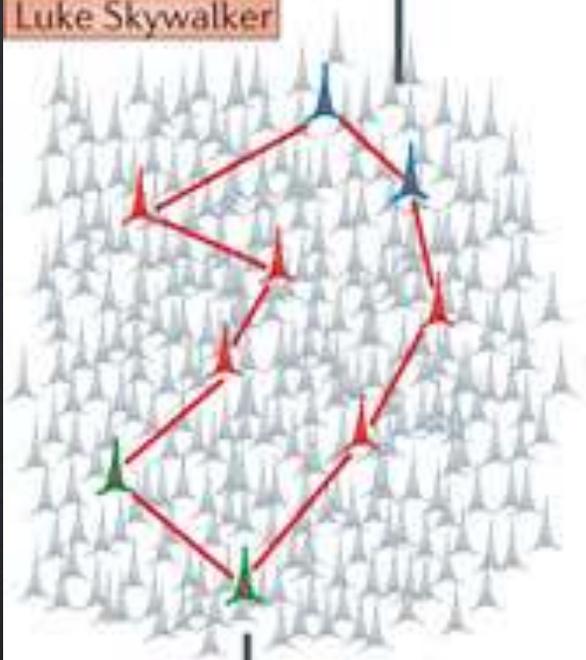








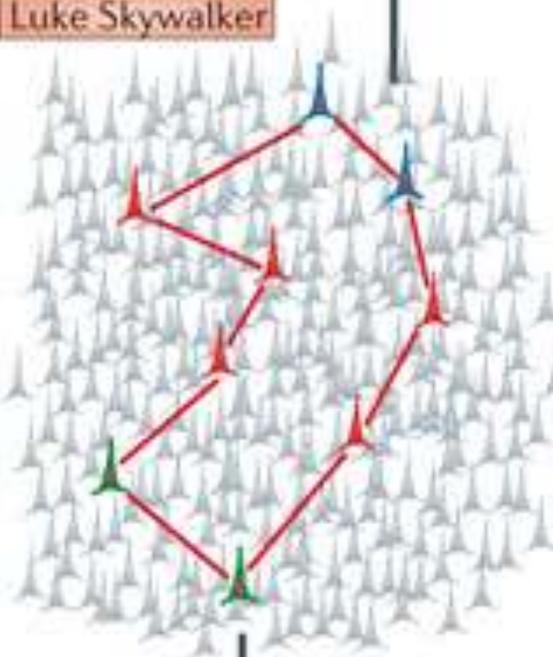
Luke Skywalker



Et ce sont ces réseaux de neurones sélectionnés qui vont constituer ce qu'on appelle l'engramme d'un souvenir.



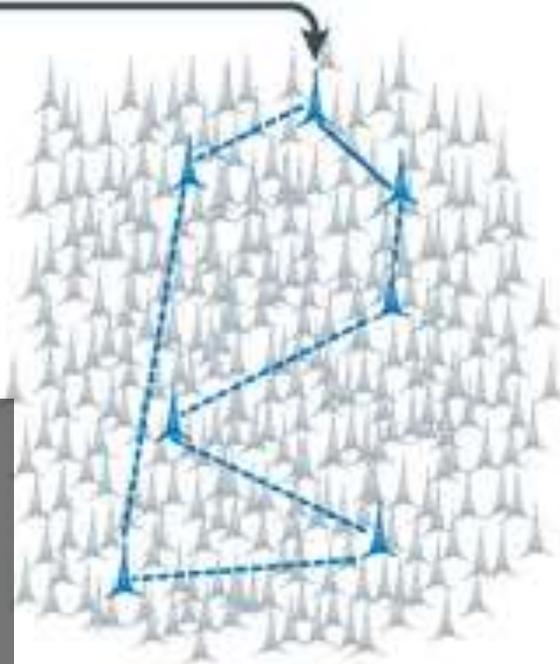
Luke Skywalker



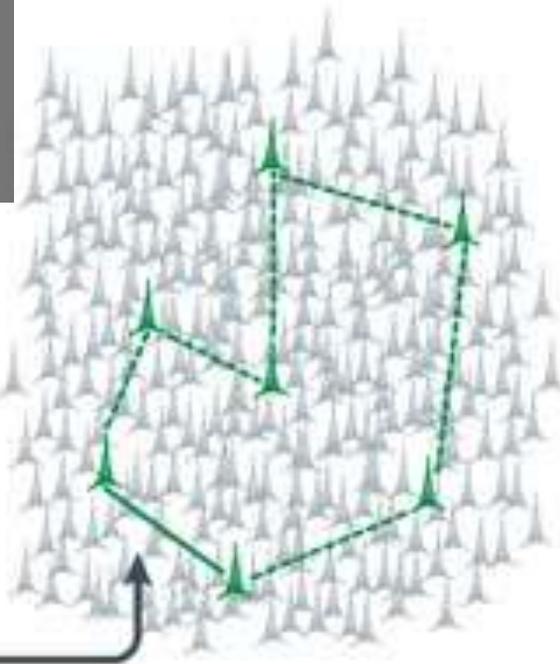
C'est aussi de cette façon qu'un concept ou un souvenir peut en évoquer un autre...



Yoda

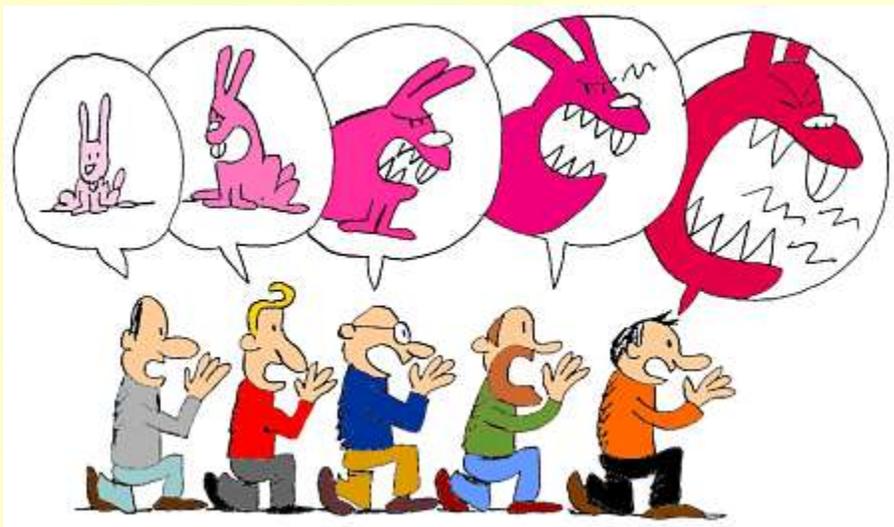


Darth Vader



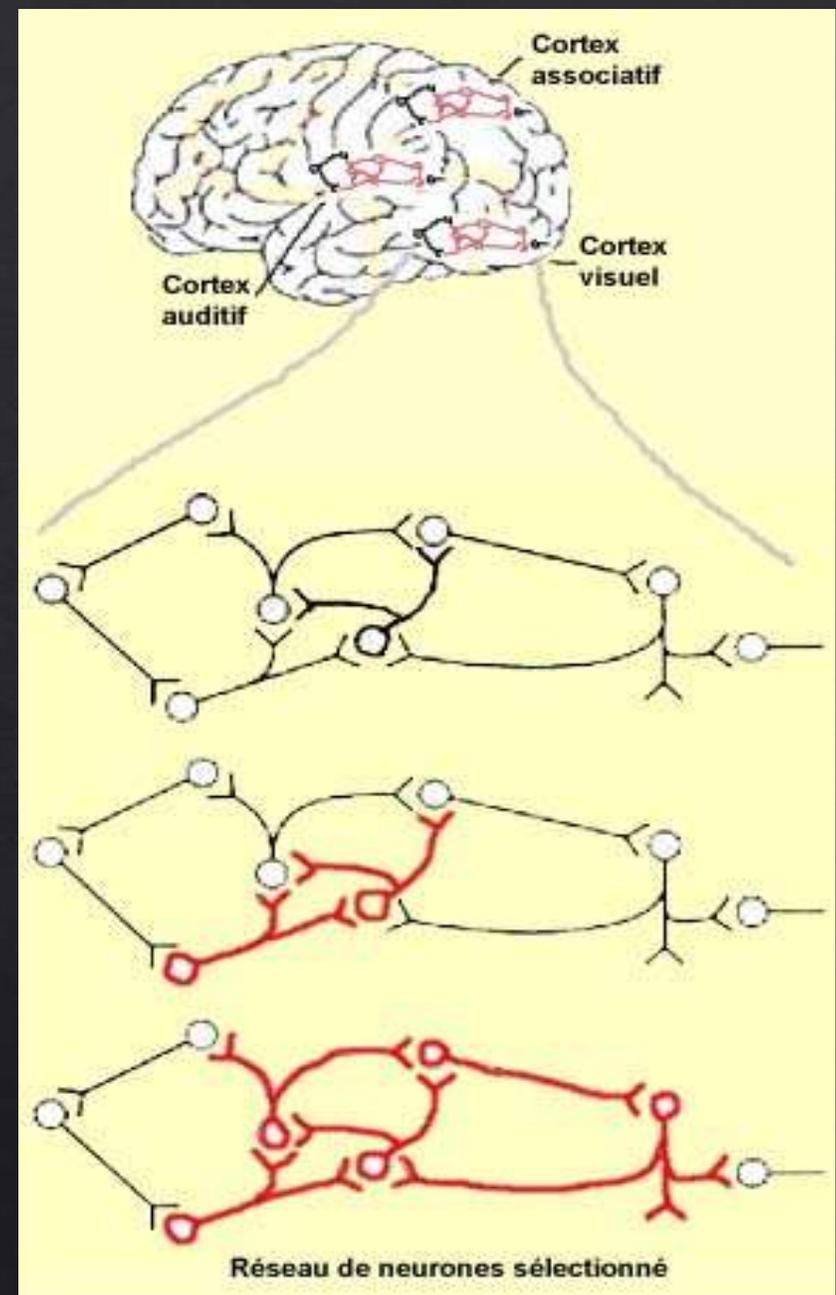
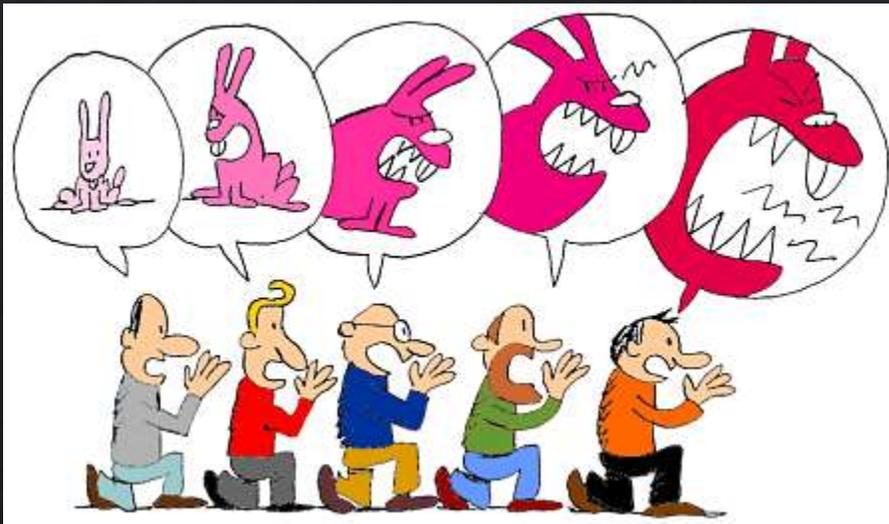
Question quiz :

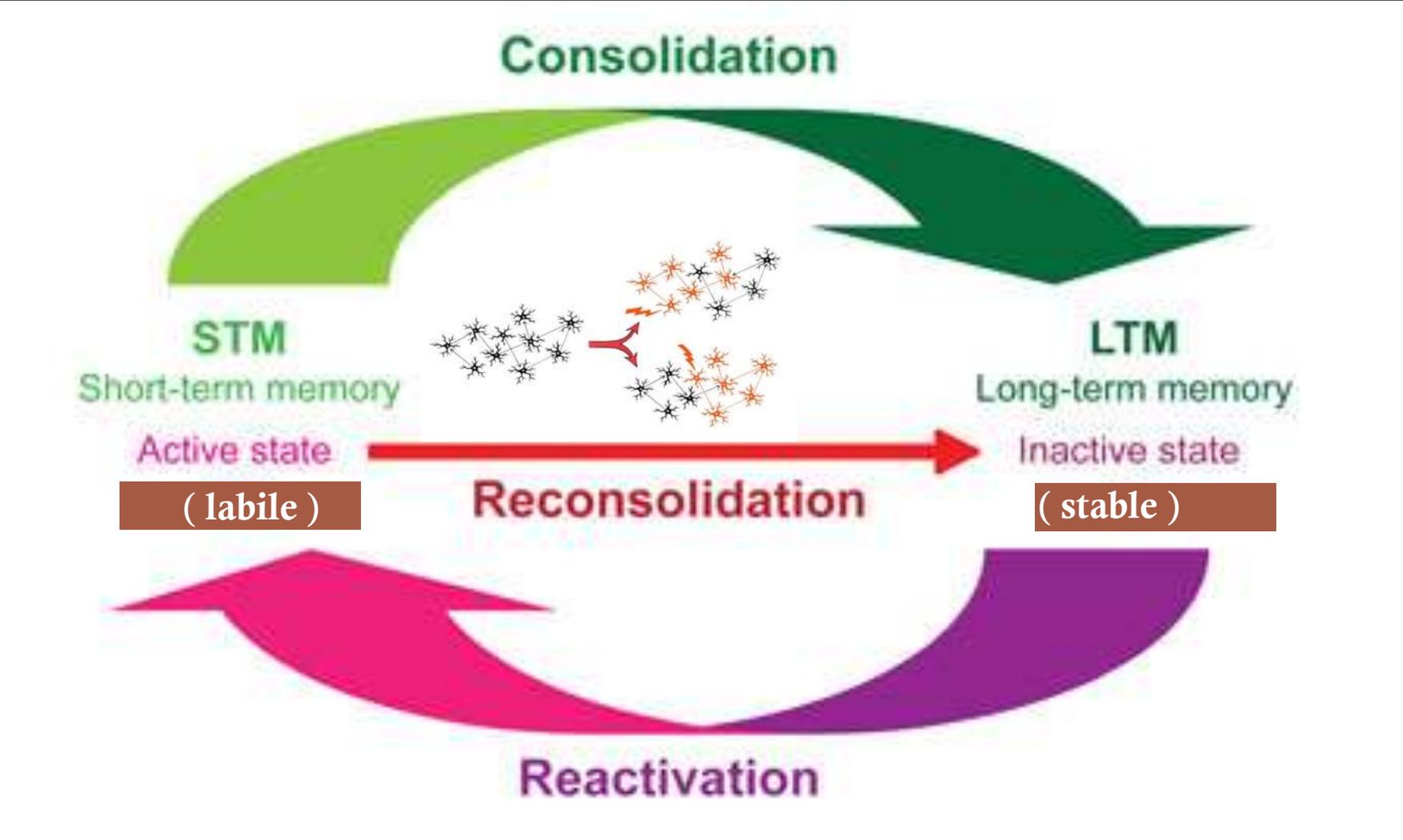
Sachant cela, quelle  
serait la meilleure  
**métaphore**  
pour la mémoire  
humaine ?

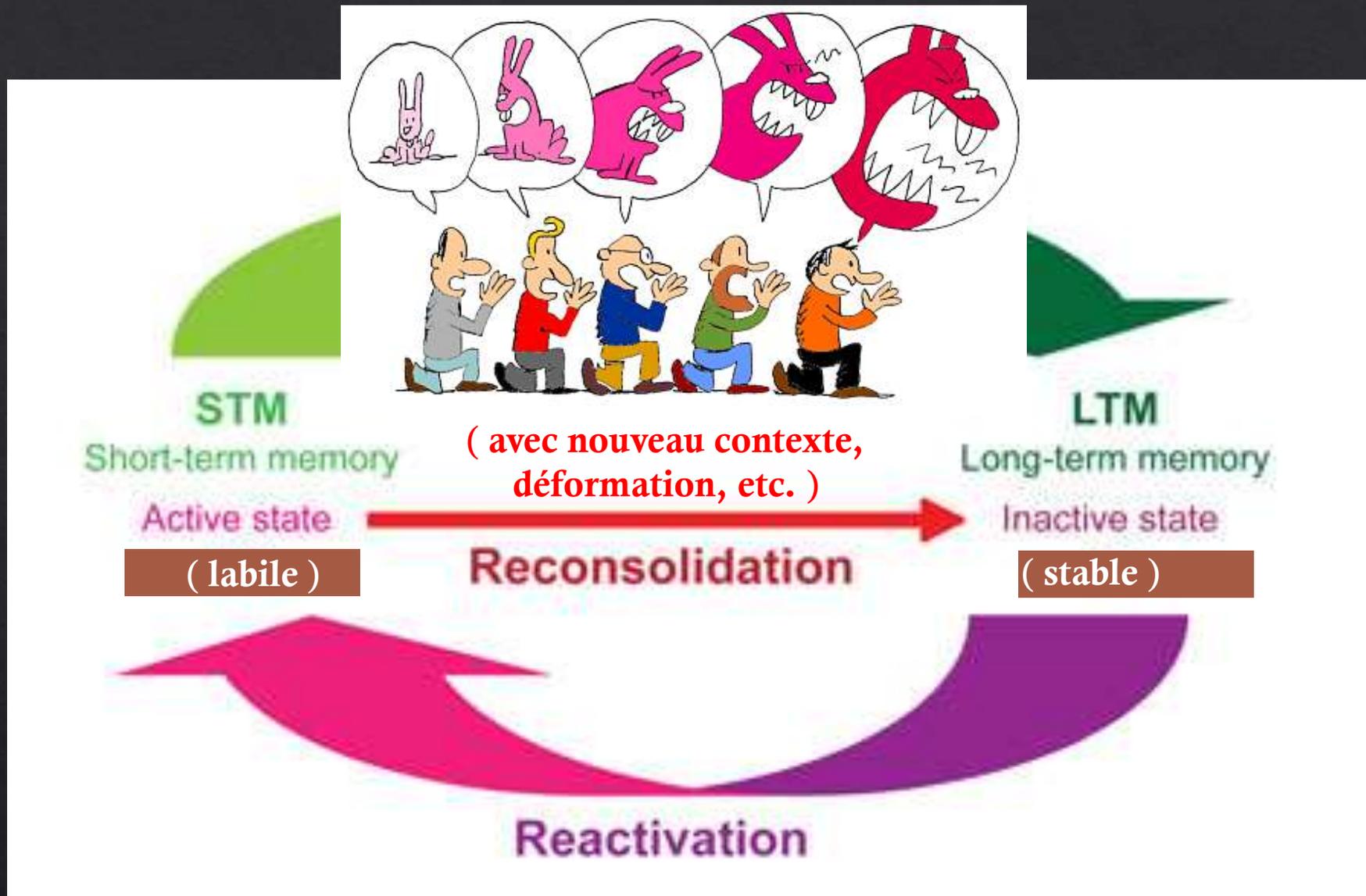


La mémoire humaine est forcément une **reconstruction**.

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







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

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

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

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

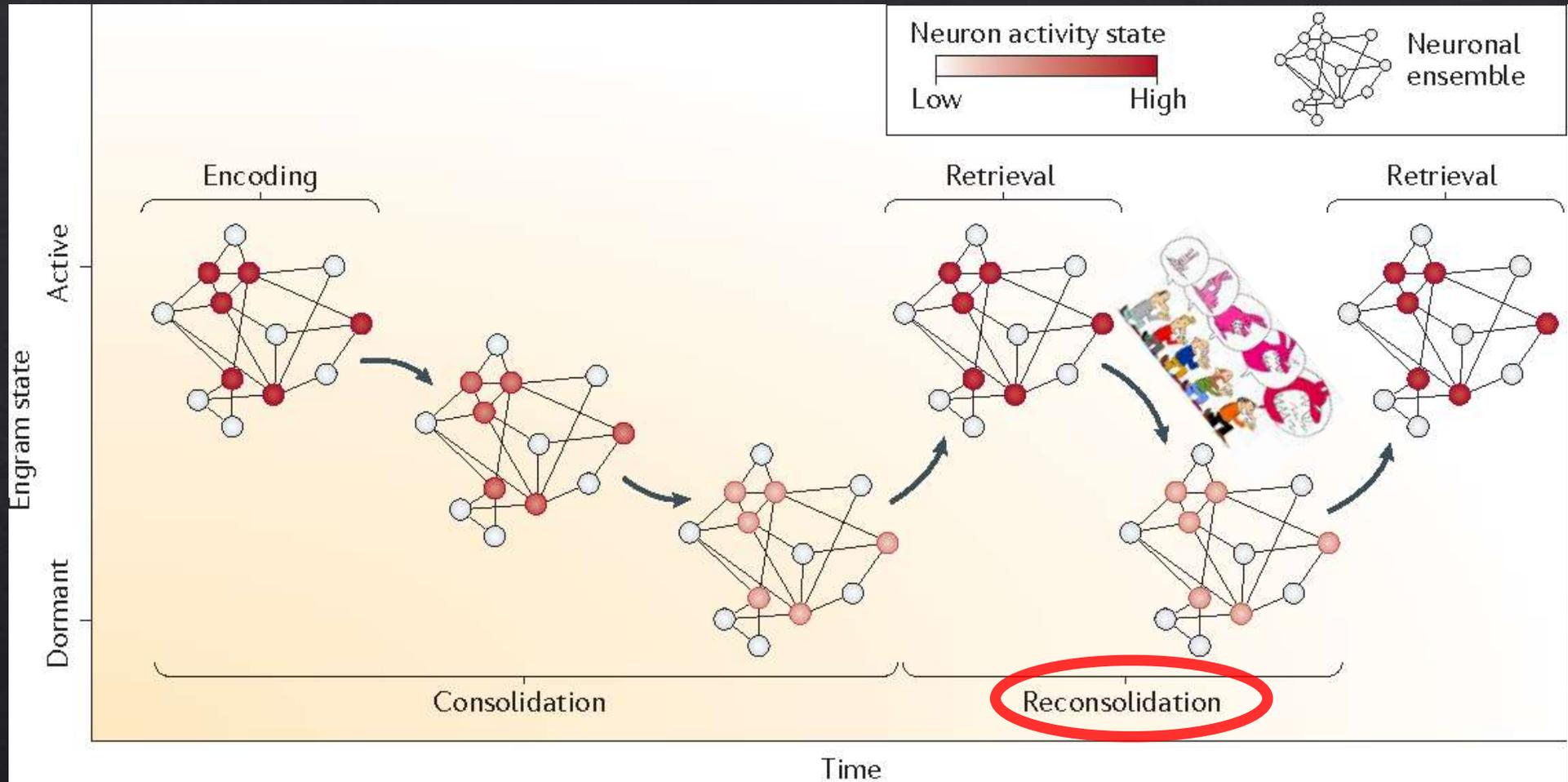


Figure 1 | The lifetime of an engram. The formation of an engram (encoding) involves strengthening of connections  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Finding-the-engram-Josselyn-K%C3%B6hler/269657152b4666ebd489ee54c2ab17534bb72496>

# Peut-on effacer les souvenirs?

1. Les méandres de la mémoire

Isabelle Paré

15 décembre 2018

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

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

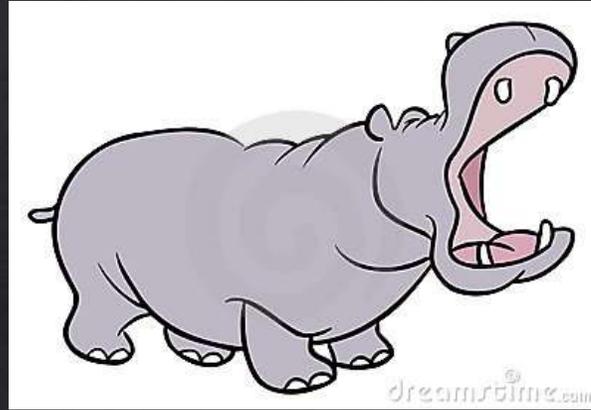
« Cette approche se fonde sur le fait que lorsque les symptômes émanent d'un événement traumatique, **si on diminue les souvenirs émotifs liés à cet événement, on diminuera les symptômes** », explique le chercheur, aussi clinicien. L'objectif n'est donc pas d'effacer le souvenir, insiste-t-il, mais plutôt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

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

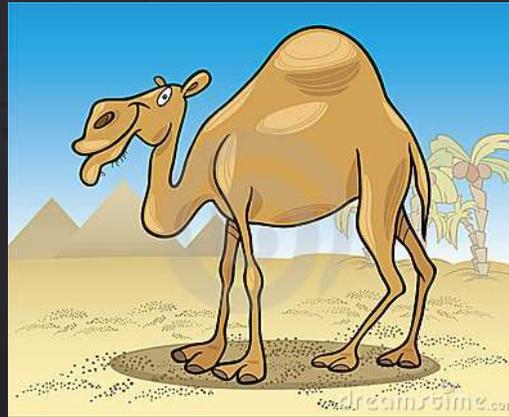
Après **six séances**, le souvenir factuel reste, mais les symptômes, domptés par le Propranolol, ont disparu de la mémoire.

2 petits tests de mémoire.

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





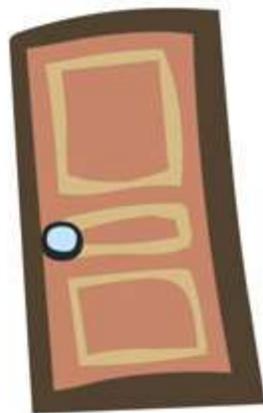


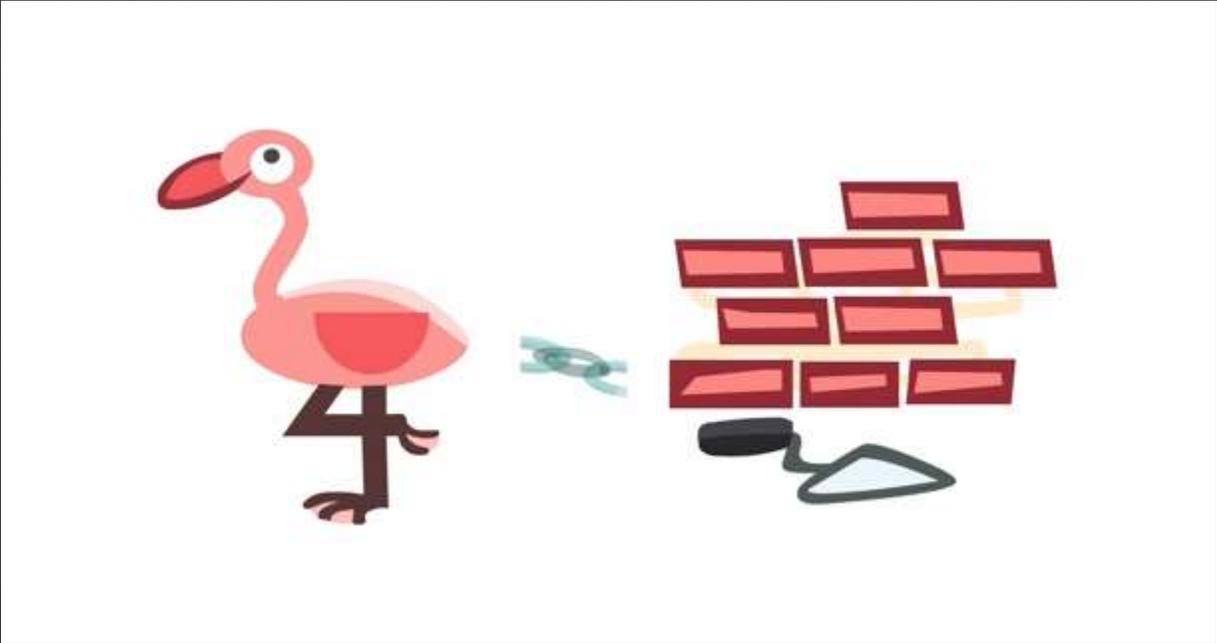




Fin du test 1

Début du test 2









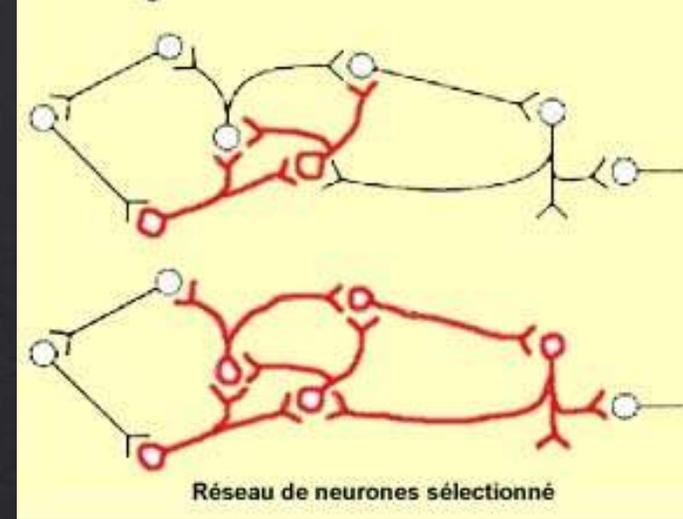


Fin du test 2



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

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



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



9

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

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

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

## Social Cognitive and Affective Neuroscience

Soc Cogn Affect Neurosci. 2006 September; 1(2): 75–86.  
doi: [10.1093/scan/nsl013](https://doi.org/10.1093/scan/nsl013)

PMCID: PMC1638571  
NIHMSID: NIHMS16001

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

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

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

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

#### Abstract

[Go to:](#)

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

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

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

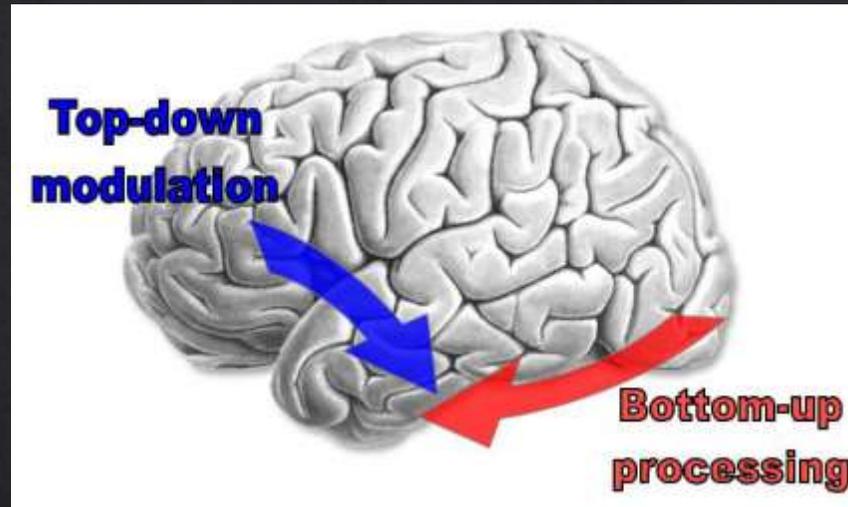
**Au début** du suivi, les performances en mathématiques des élèves fixistes et évolutifs étaient **comparables**.

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

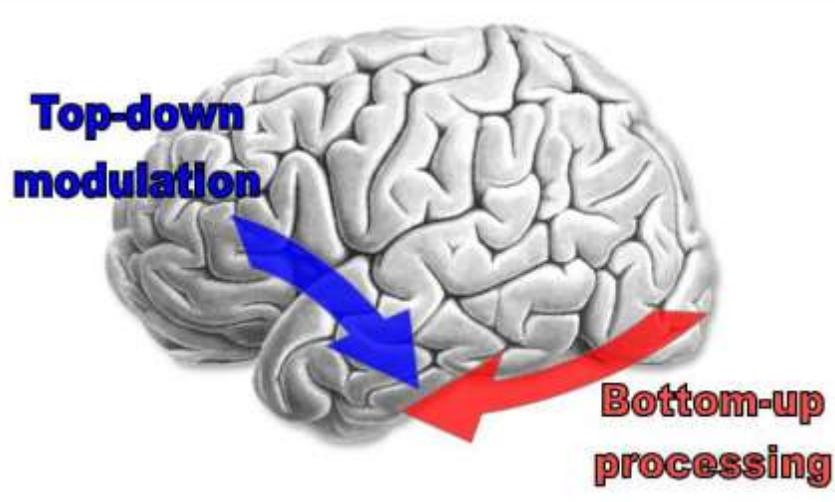
Le fait de s'être focalisés sur l'apprentissage, l'effort et la persévérance, dans une logique de transformation graduelle, avait porté ses fruits.

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

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



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



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

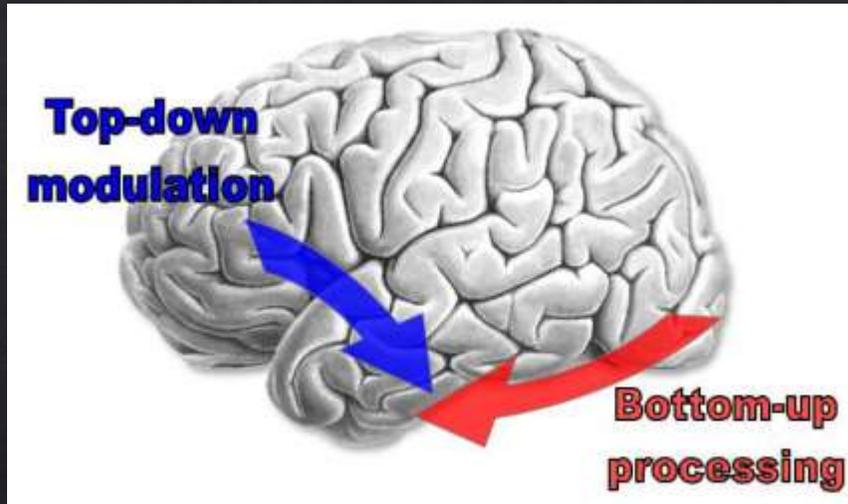
Nous pouvons l'orienter et la focaliser, mais elle peut aussi nous échapper, être captée par des événements ou objets extérieurs. »

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

- **Jean-Philippe Lachaux**

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

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



## Limite de l'attention :

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

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

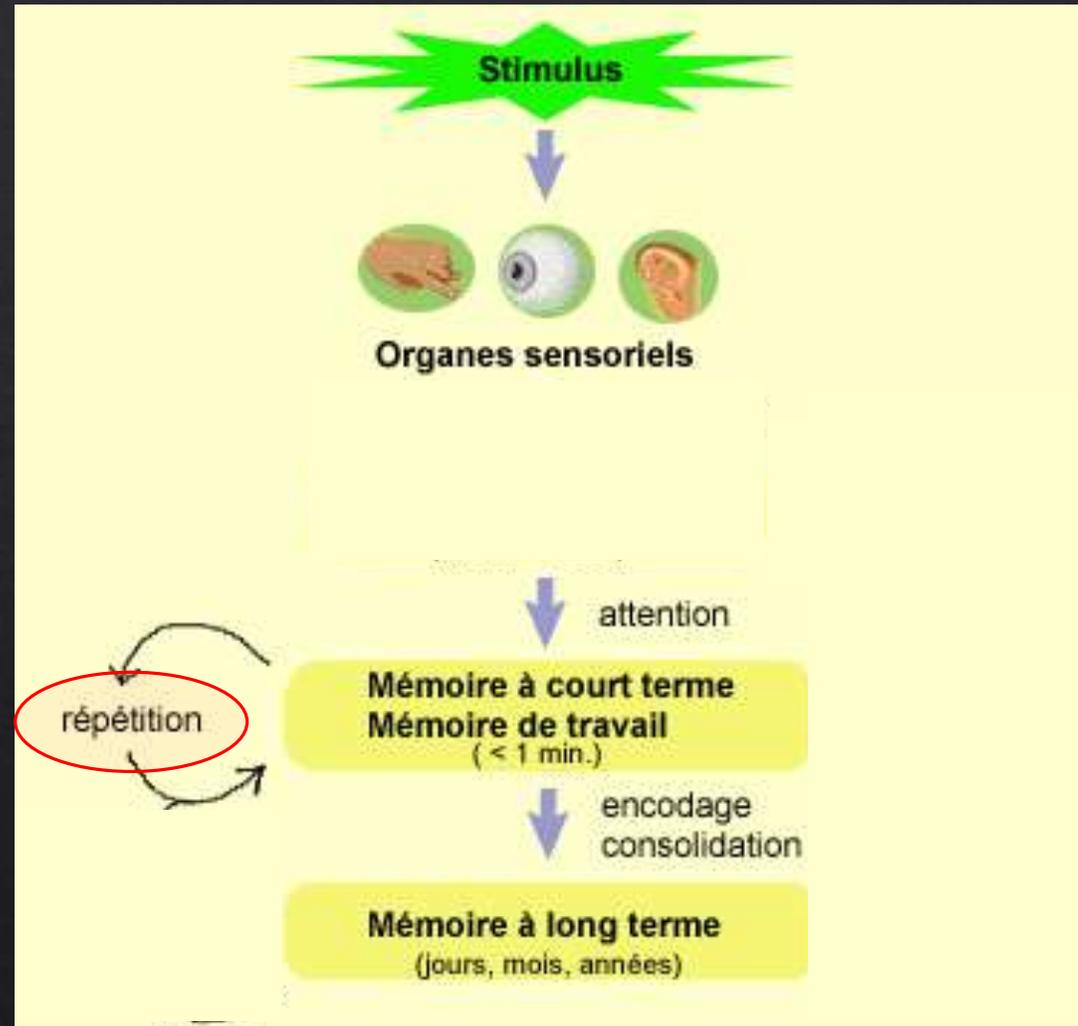
David Cades, de l'Université George Mason, en Virginie, aux États-Unis

Les résultats de cette étude montrent que, au fil de leur entraînement, les joueurs supportent de mieux en mieux les interruptions : ils parviennent à revenir vite à leur tâche principale, sans que cette dernière en pâtisse trop. Finalement, ils arrivent à mener les deux de front : conduite des opérations et surveillance des avions.

Toutefois, **ils n'acquièrent pas une capacité générale à être interrompus**, mais seulement une capacité à être interrompu par une exigence précise. Dès que l'on change la nature des distracteurs, la capacité de résistance à la distraction retombe au niveau précédant l'entraînement. Il faut alors réapprendre à s'habituer au nouveau type d'interruption...

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

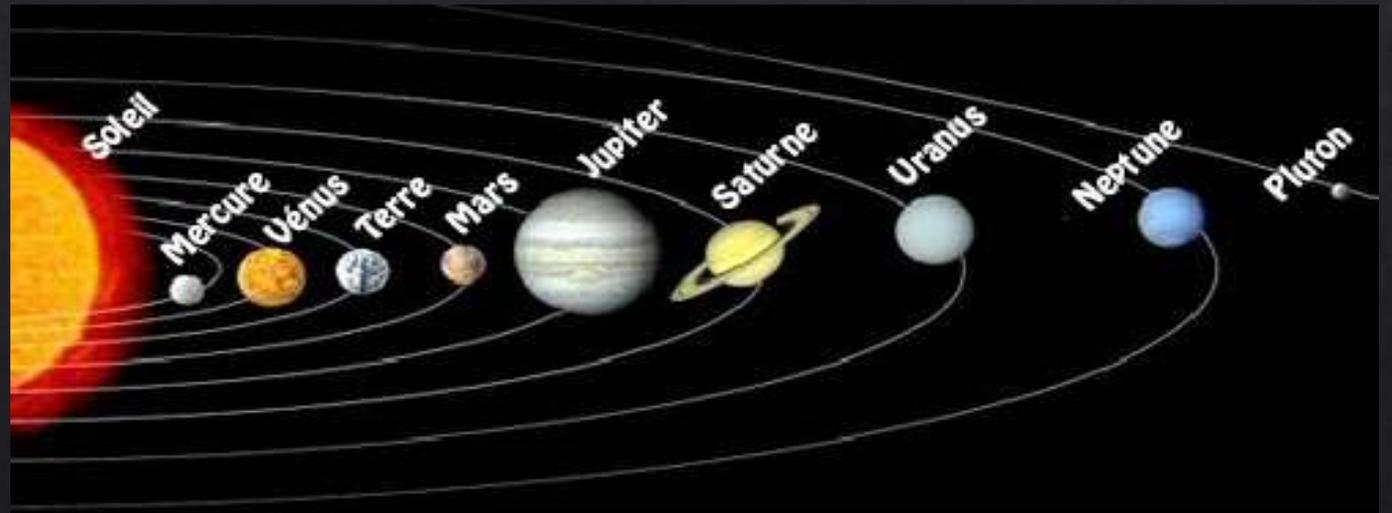
- Comprendre qu'on peut s'améliorer durant toute notre vie
- Porter attention
- **Répéter**



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

### Combiner plusieurs éléments en un seul

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



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

Autre exemple :

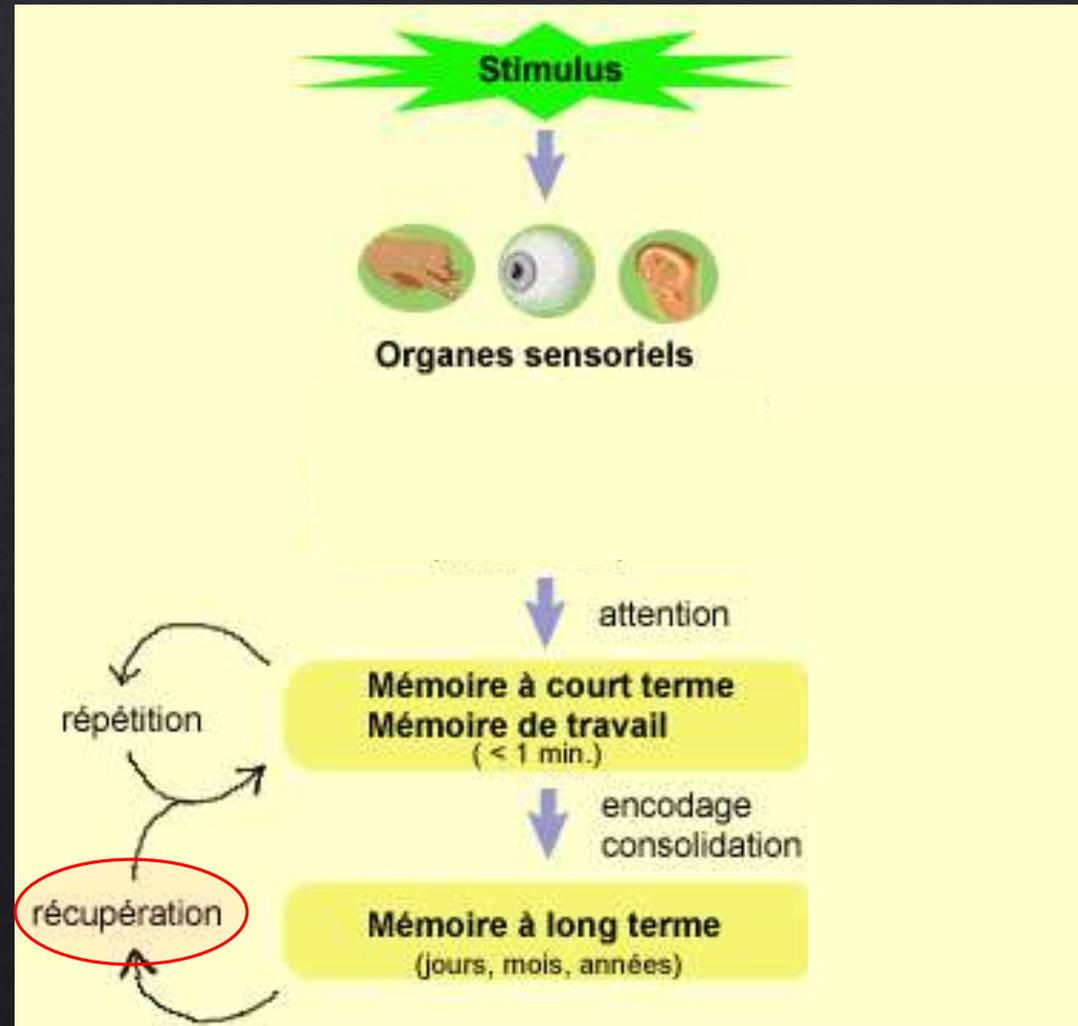
"Mais où est donc Carnior ?"

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

« chunking » : mémoire court terme limitée

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

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



## Étude versus tests de rappel

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

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

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

Les meilleurs résultats de rappel deux jours plus tard sont :

groupe 1,

puis **groupe 2**

et finalement **groupe 3.**

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

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

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

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





- Comprendre qu'on peut s'améliorer durant toute notre vie
- Porter attention
- Répéter
- Faire des tests de rappel
- Être motivé
- **Créer des liens, des associations, du sens**

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

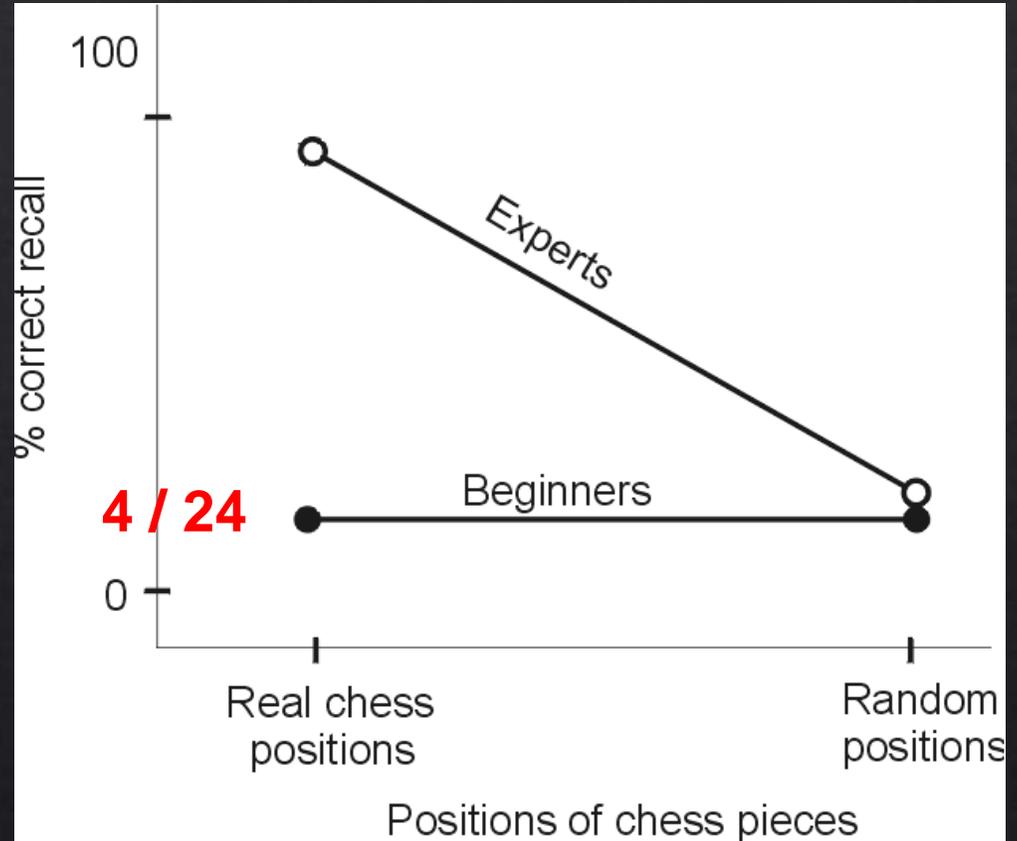
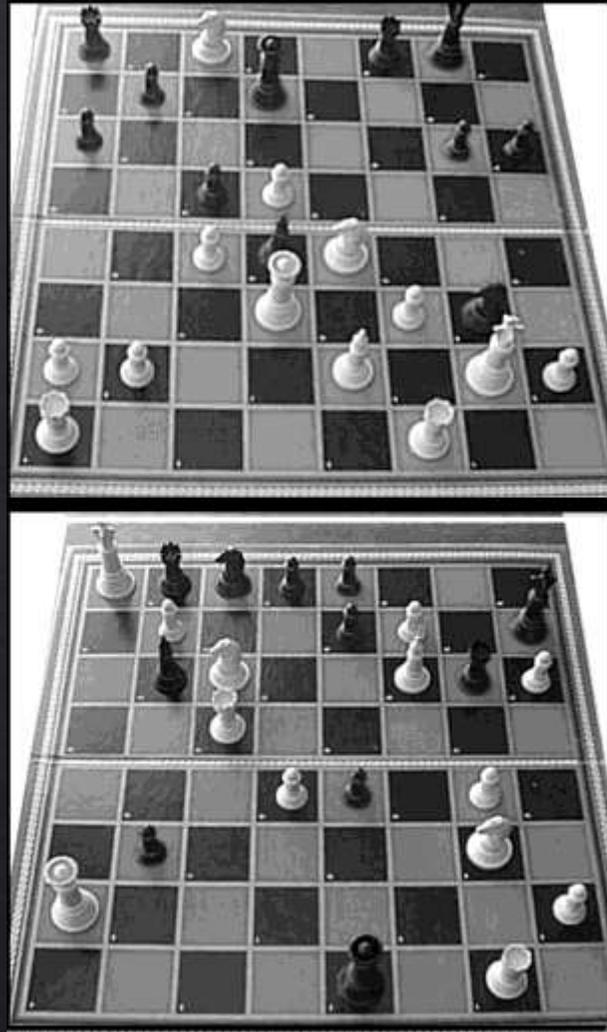
- Hélène Trocme Fabre

# How experts recall chess positions

By Daniel Simons, on February 15th, 2012

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

5 s.



4 / 24

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

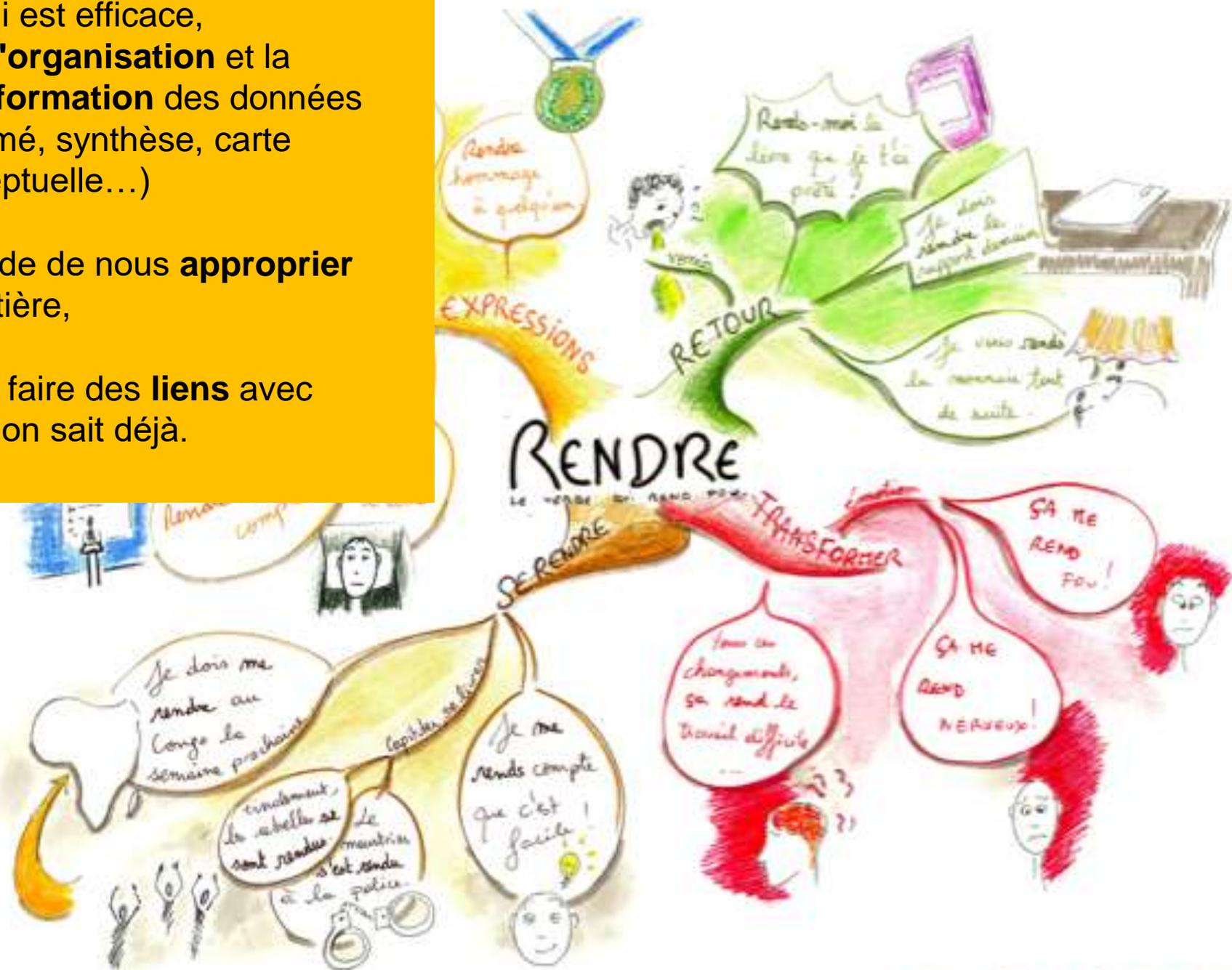
## Map ou carte

(parmi d'autres) que l'on a vu. Le reportage de est un amme. A cet s arbres iques sont des entales. Le ap a été par la ularisé par zan dans ses s livres. Dans le e l'entreprise, e les cartes depuis très os. Le milieu de ement s'y est vement. nt, les études ques sur té des cartes sont rares, et 'a pu

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

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

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



# Championnat de mémorisation: un sport extrême

Publié le 29 mars 2009

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



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

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

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

How to become a Memory Master :  
Idriz Zogaj at TEDxGoteborg

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

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

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



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

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



Si la séquence **986607** est à retenir

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

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



### L'art de la mémorisation

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

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

- Comprendre qu'on peut s'améliorer durant toute notre vie
- Porter attention
- Répéter
- Faire des tests de rappel
- Être motivé
- Créer des liens, des associations, du sens
- **Associer des items à un trajet bien connu aide à les retenir en ordre**

Cette méthode est utilisée depuis plus de deux mille ans !

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



## Un Art de la Mémoire

13 mai 2017

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

27 mai 2017

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

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



Donc pour retenir une liste :

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

Liste d'épicerie :

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



Liste d'épicerie :

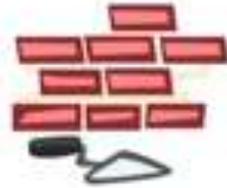
- Yogourt grec
- Bagel
- Mangue
- Jus d'orange



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

Ça vous rappelle quelque chose ?





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

Un dernier point, qui va nous amener vers la suite de cette séance...

- **Espacer les périodes d'apprentissage et bien dormir**

qui se produit lorsqu'on  
se allouées à un certain  
consacre quatre heures  
à une seule journée, on

**Apprentissage a  
ues : améliorer  
inuer l'oubli.**

usage des élèves s'élève,  
jour (voir la ligne rouge  
et prévisible : lorsque les  
usage cessent de s'activer  
cessent et peuvent même

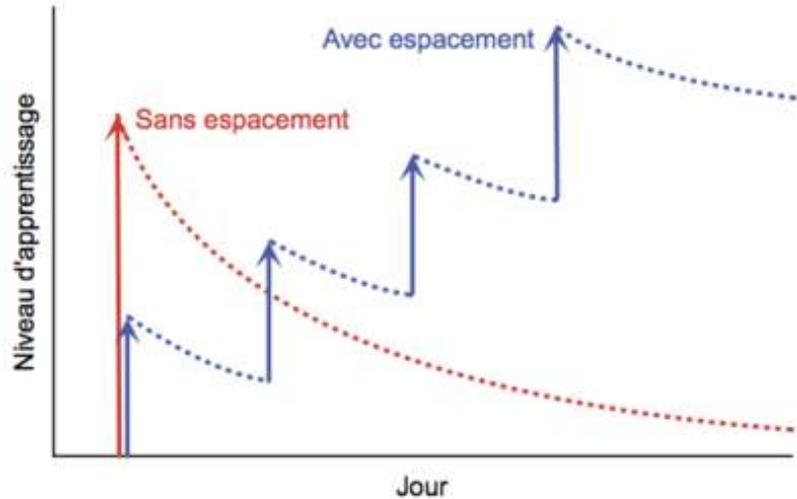


Fig. 1 – Comparaison des effets de deux pratiques d'enseignement (avec et sans espacement) sur l'apprentissage et l'oubli des élèves.

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

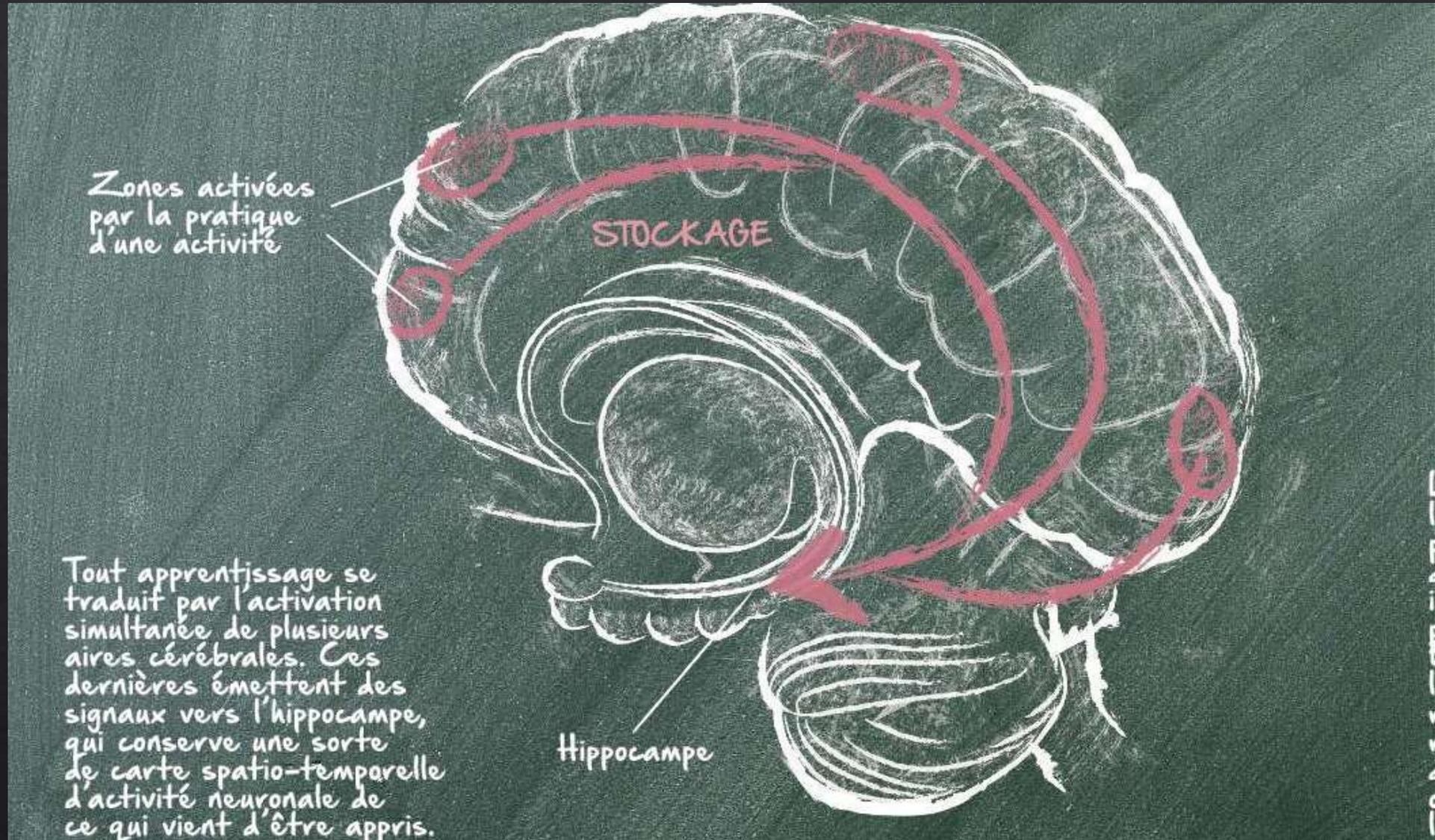
- 4 x 30 min marche mieux que de 1 x 2h
- donc espacer les périodes d'étude (pas 3h avant l'examen)

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

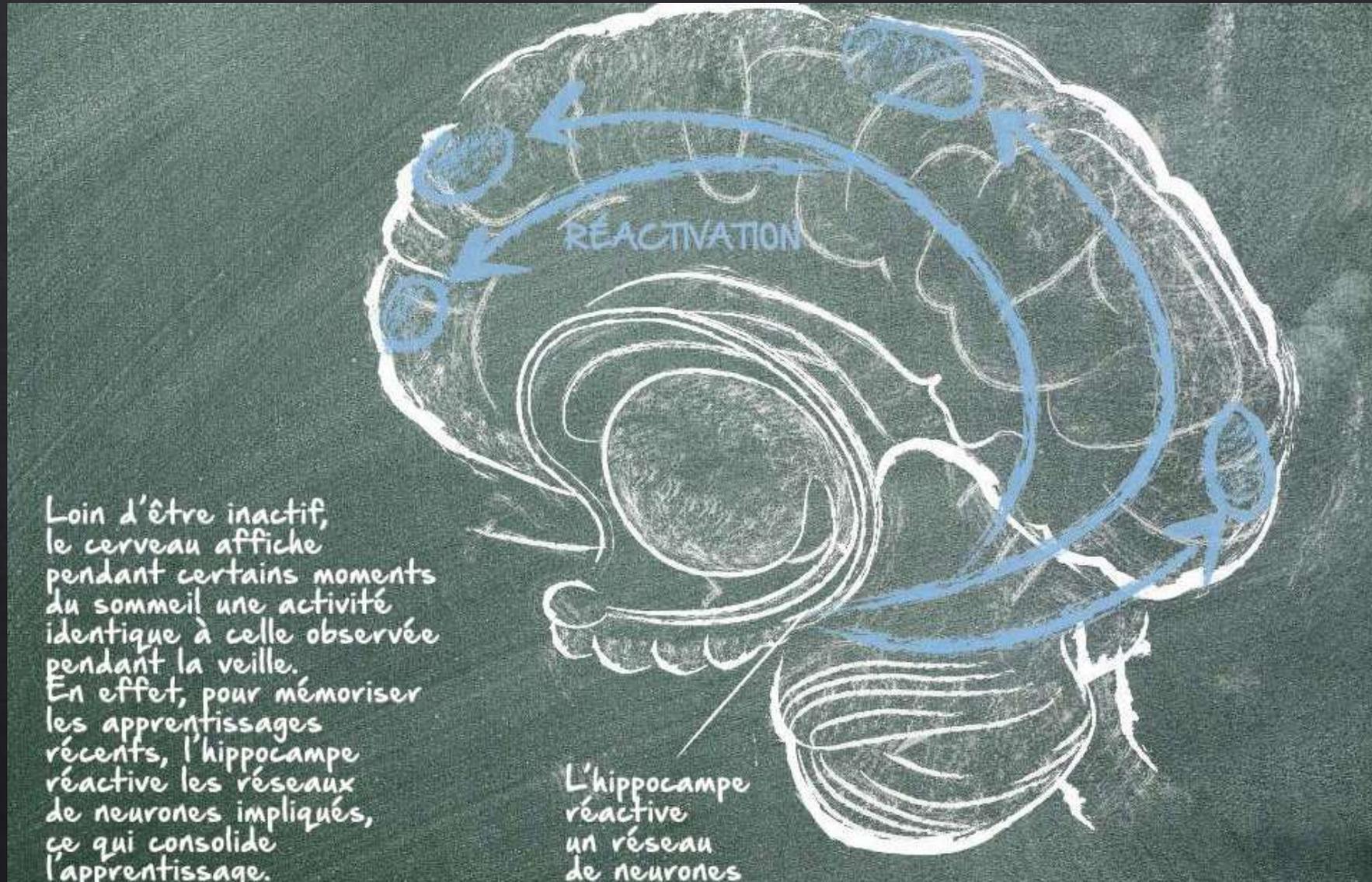
Un dernier point, qui va nous amener vers la suite de cette séance...

- **Espacer les périodes d'apprentissage et bien dormir**

## Les apprentissage du jour...



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



Lundi, 15 juin 2015

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

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

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

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

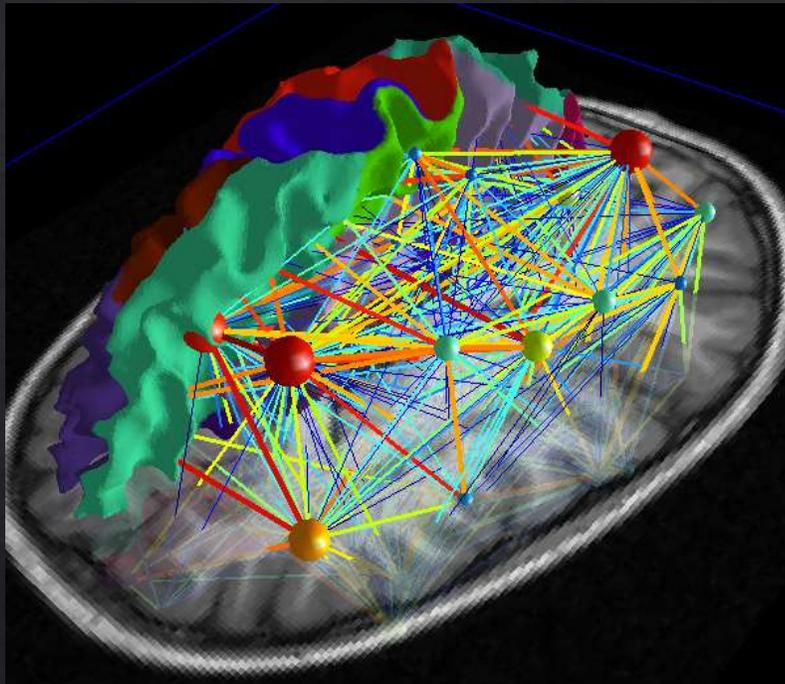
# Cours #3 de 4

## Apprentissage, mémoire, sommeil et rêve

2<sup>e</sup> partie : Éveil, sommeil et rêve : des réseaux de milliards de neurones qui oscillent à l'échelle du cerveau entier



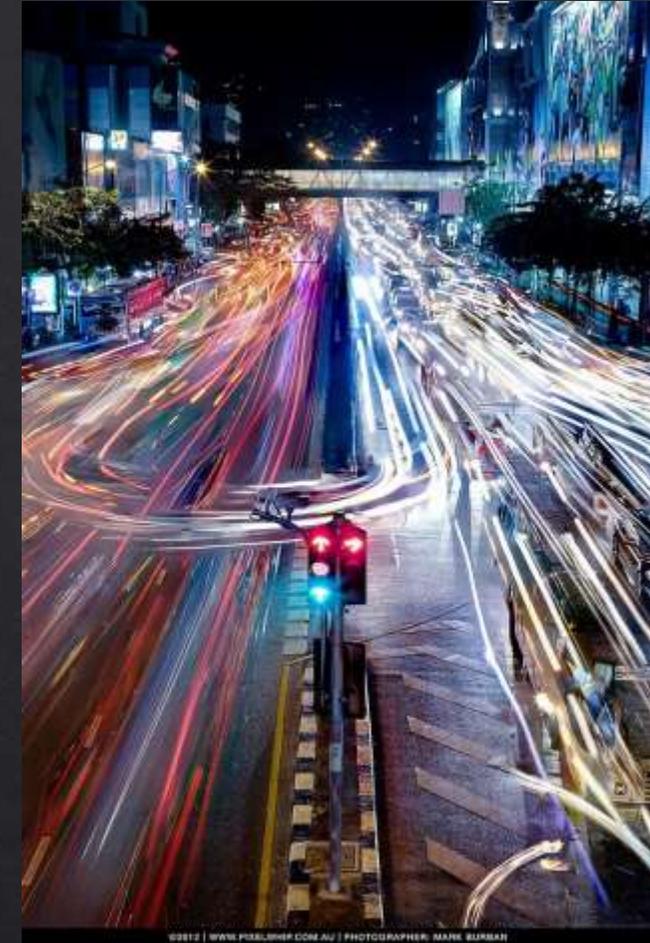
Repartons des grands réseaux cérébraux  
que l'on a évoqué aux séances précédentes :



Une cartographie ou une photo des routes nous indique où les routes passent, donc les chemins possibles.



Mais elle ne nous indique pas...



...l'**intense** trafic du matin et du soir versus le **calme** du milieu de journée, la **direction** prédominante du trafic à ces différents moments, ses **cycles** plus lents comme la tranquillité des vacances d'été et de Noël versus la plus grande activité le reste de l'année, etc.

Et ces rythmes ne sont pas les mêmes en banlieue qu'au centre-ville.



EEG powered by BCLAB | SIFT

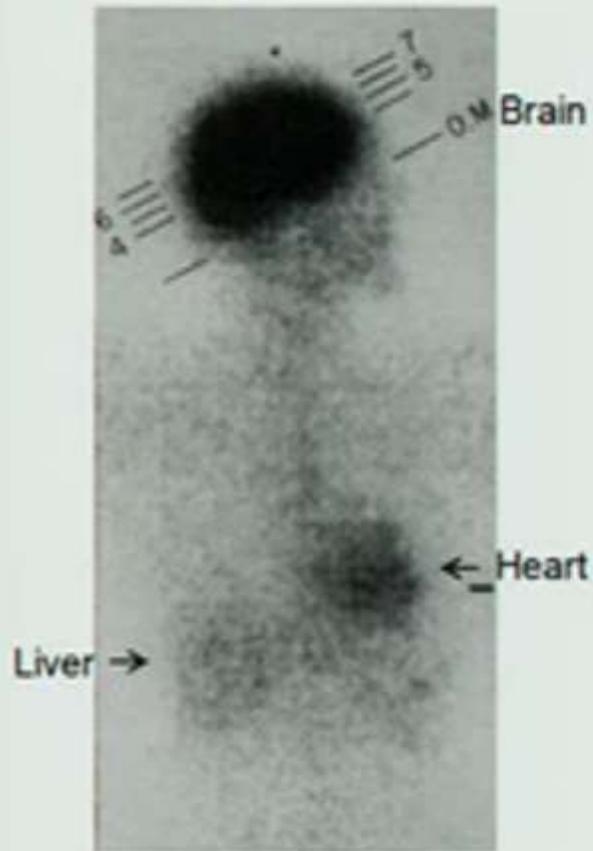


©2012 | WWW.PIXLIMMER.COM.AU | PHOTOGRAPHER: MARK BLIKSBAN

Et ce sera la même chose pour le cerveau qui possède **toutes sortes de rythmes à différentes échelles de temps**

et selon les régions observées.

## Resting Metabolism



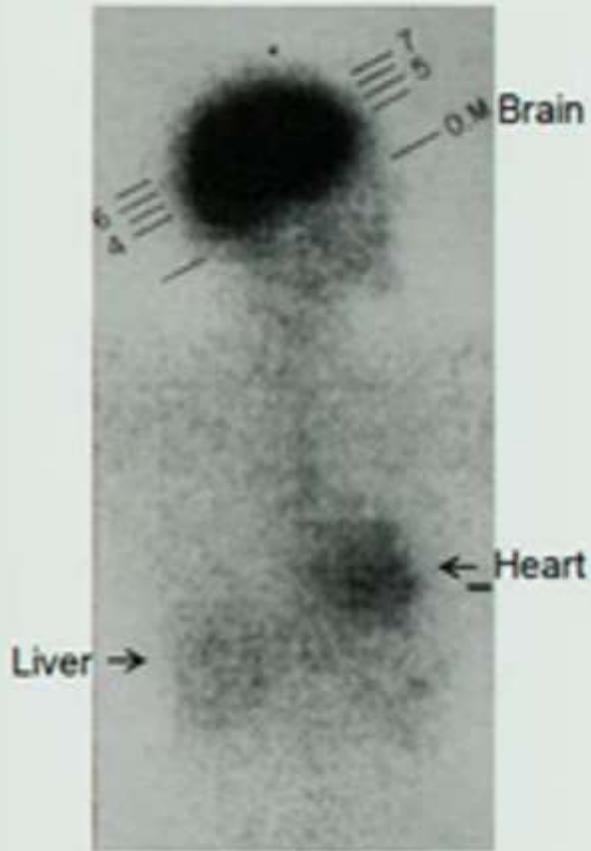
Alavi & Reivich (2002)

Le cerveau ne représente environ que 2 % du poids du corps humain.

Pourtant, il mobilise en permanence environ 20 % du sang et de l'oxygène de notre organisme

Pourquoi ?

## Resting Metabolism

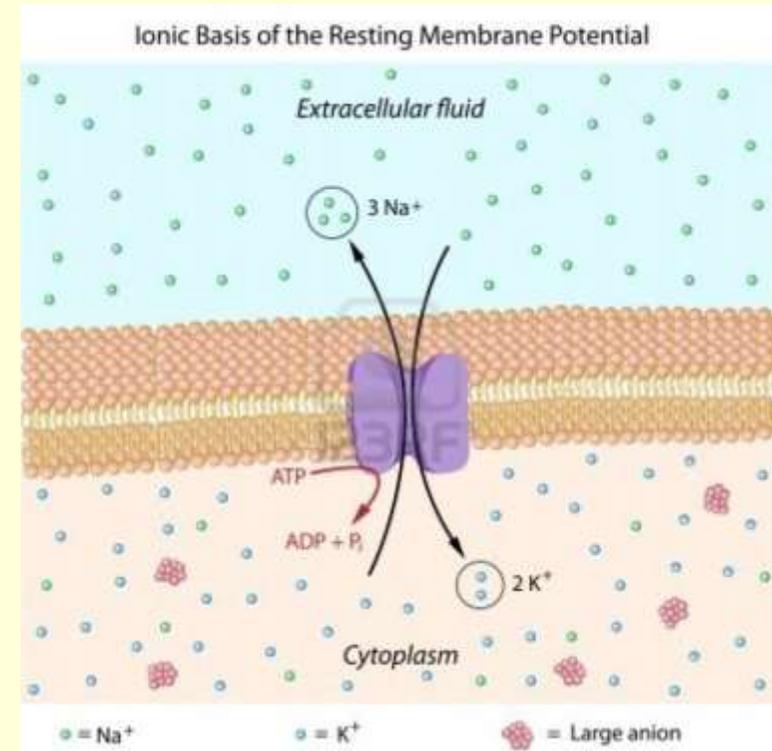


Alavi & Reivich (2002)

Dans le cerveau, le pourcentage du “budget” énergétique cellulaire attribué à la pompe sodium / potassium avoisine les **50%** !

L'activité spontanée nécessite de **recréer constamment les gradients ioniques** avec la « pompe » sodium / potassium qui a **besoin d'énergie** pour fonctionner.

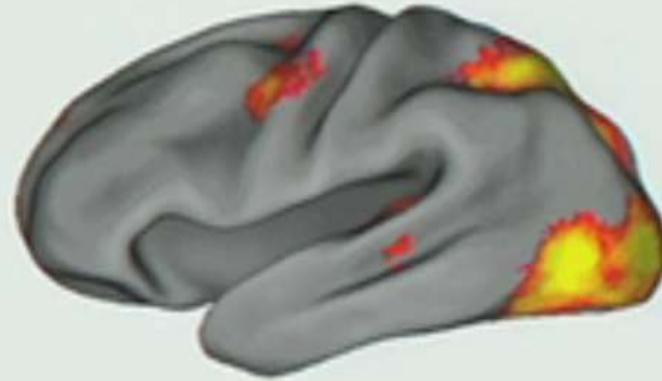
<http://en.citizendium.org/wiki/Na,K-ATPase>



# An Historical View

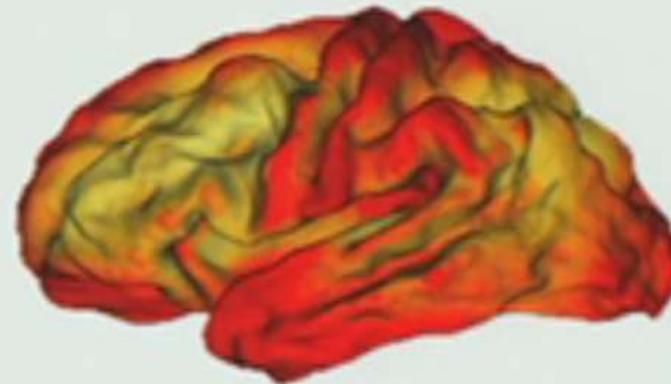
**Reflexive**  
(Sir Charles Sherrington)

**A**



**Intrinsic**  
(T. Graham Brown)

**B**

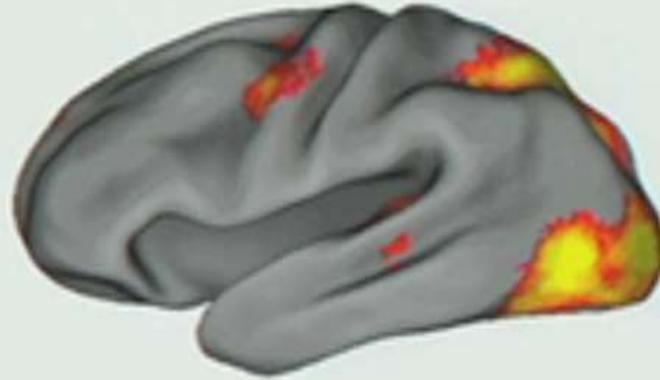


Boutade  
mnémotechnique:

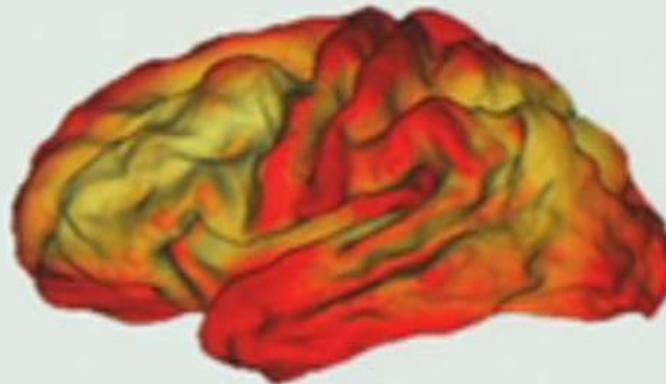
« Il pleut tout  
le temps  
dans notre  
cerveau ! »

# An Historical View

**Reflexive**  
(Sir Charles Sherrington)



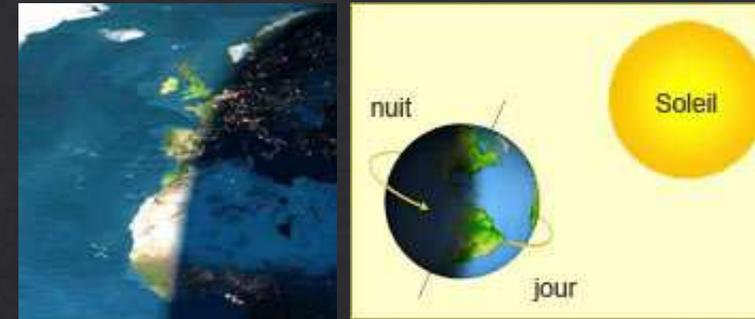
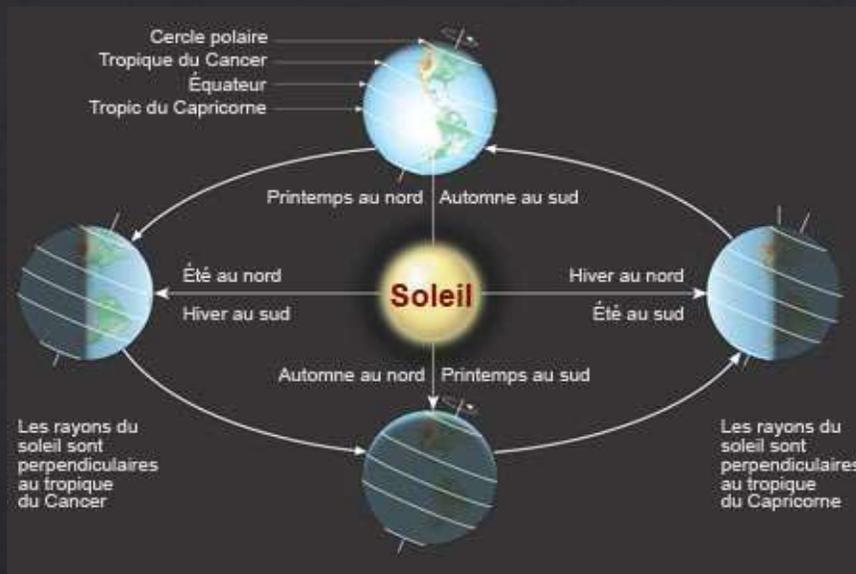
**Intrinsic**  
(T. Graham Brown)



**Cette activité  
endogène a  
tendance à être  
cyclique.**

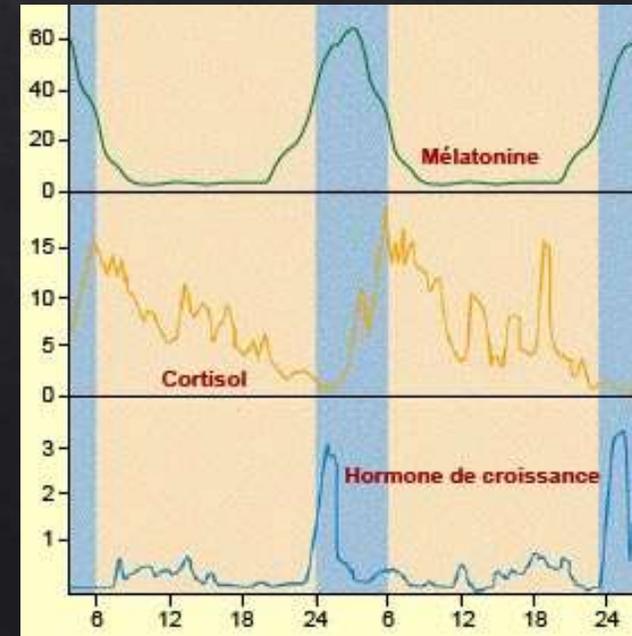
Boutade  
mnémotechnique:

« Il pleut tout  
le temps  
dans notre  
cerveau ! »



On connaît beaucoup de phénomènes cycliques dans la nature...

...et dans le corps humain.



The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2017.  
**Discoveries of Molecular Mechanisms Controlling the Circadian Rhythm**

[https://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/2017/advanced-medicineprize2017.pdf](https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2017/advanced-medicineprize2017.pdf)

« Qui veut voyager loin ménage sa monture »

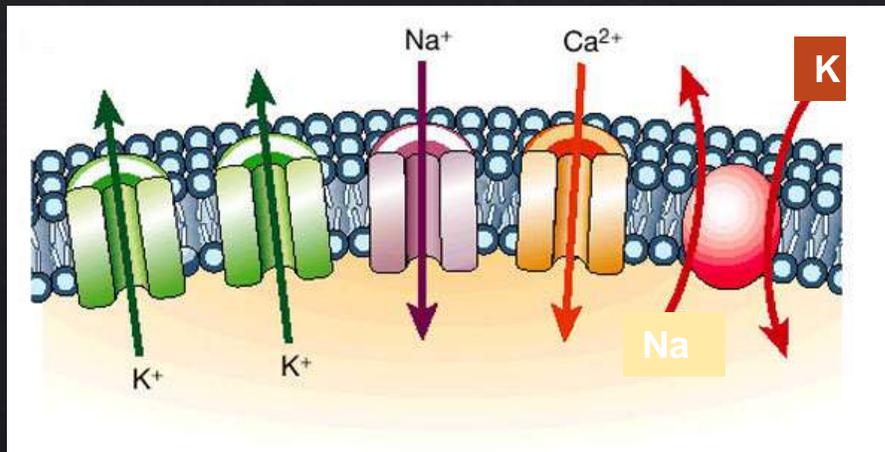
7 octobre 2017 Par Jean Claude Ameisen

<https://www.franceinter.fr/emissions/sur-les-epaules-de-darwin/sur-les-epaules-de-darwin-07-octobre-2017>

György Buzsáki : les phénomènes **fluctuants (ou cycliques)** comme les oscillations neuronales sont omniprésents dans la nature.

Il suffit que **deux forces s'opposent** pour que le calme plat soit rapidement **remplacé par un rythme**.

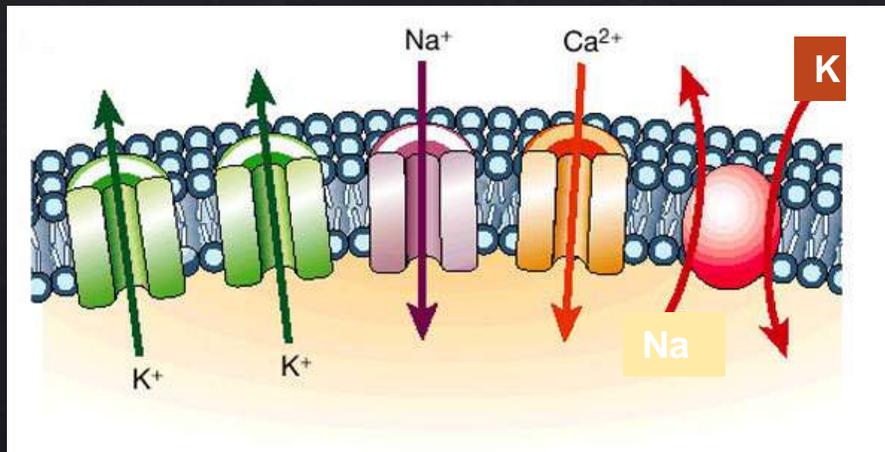
Et notre cerveau regorge de forces qui s'opposent, à commencer par les **canaux ioniques** qui **dépolarisent** ou **hyperpolarisent** les neurones.



György Buzsáki : les phénomènes **fluctuants (ou cycliques)** comme les oscillations neuronales sont omniprésents dans la nature.

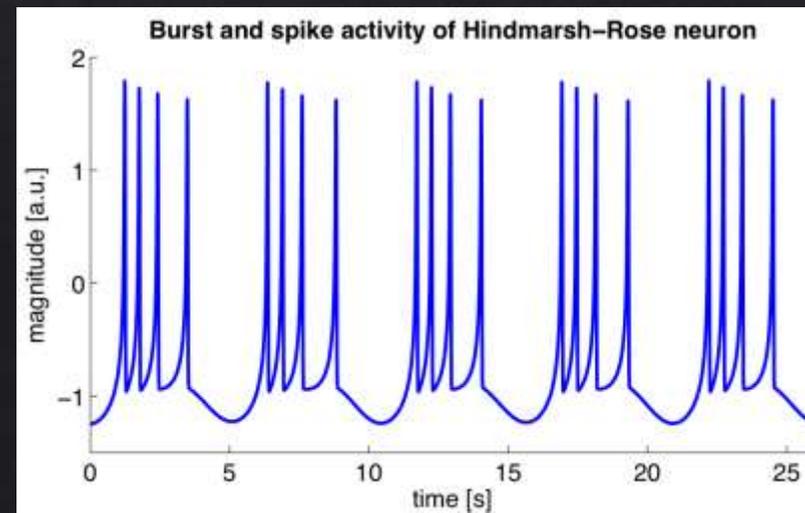
Il suffit que **deux forces s'opposent** pour que le calme plat soit rapidement **remplacé par un rythme**.

Et notre cerveau regorge de forces qui s'opposent, à commencer par les **canaux ioniques** qui **dépolarisent** ou **hyperpolarisent** les neurones.

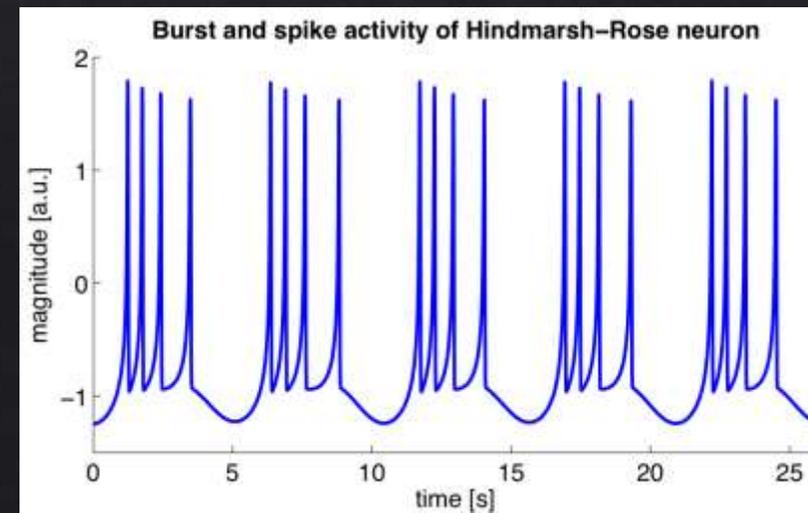
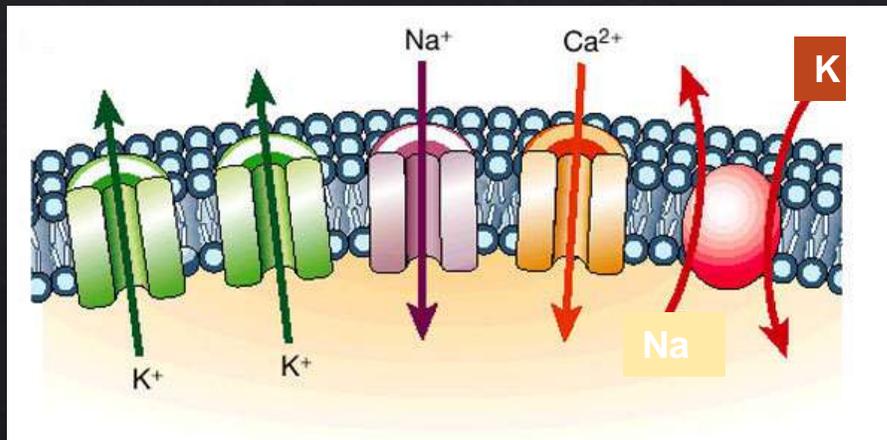
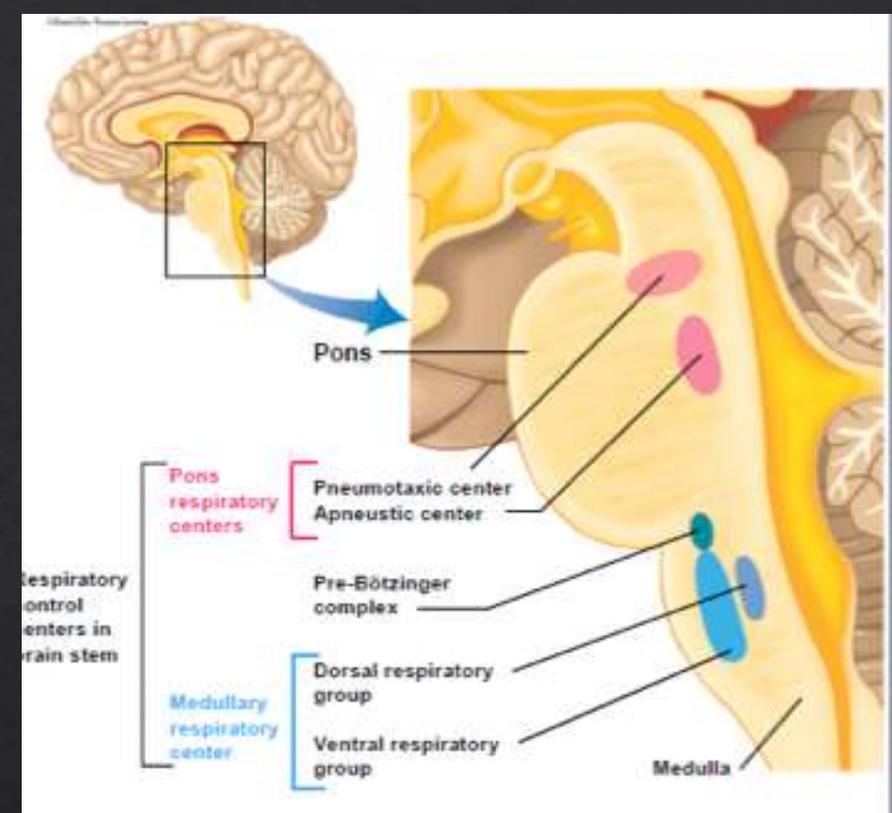


Et c'est ce qui va permettre à de nombreux neurones d'avoir une **activité spontanée**

dont le rythme et la signature varie, mais qui peuvent faire des **bouffées rythmiques**, par exemple.

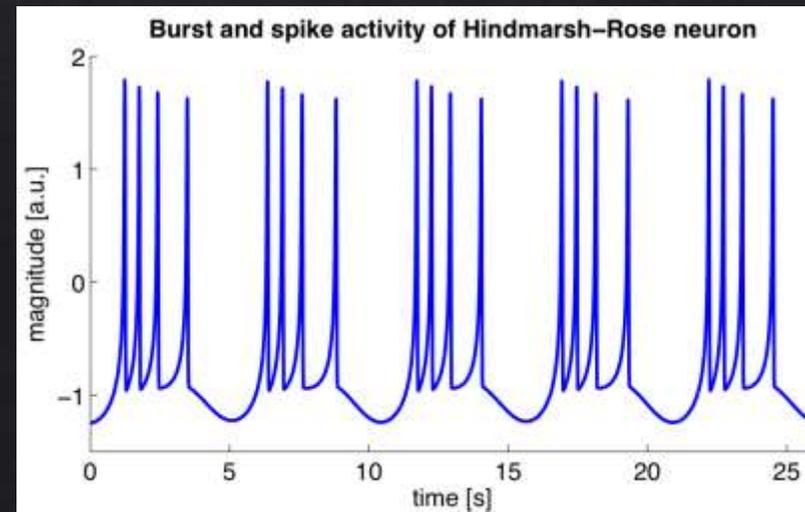
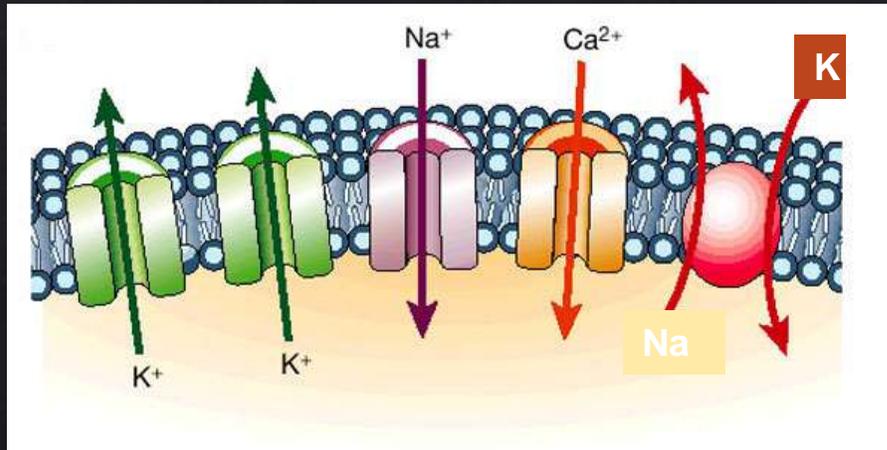


Exemple :  
les centres respiratoires du  
tronc cérébral



Donc première façon de générer des rythmes :

- par les propriétés **intrinsèque** de la membrane du neurone (« endogenous bursting cells »)

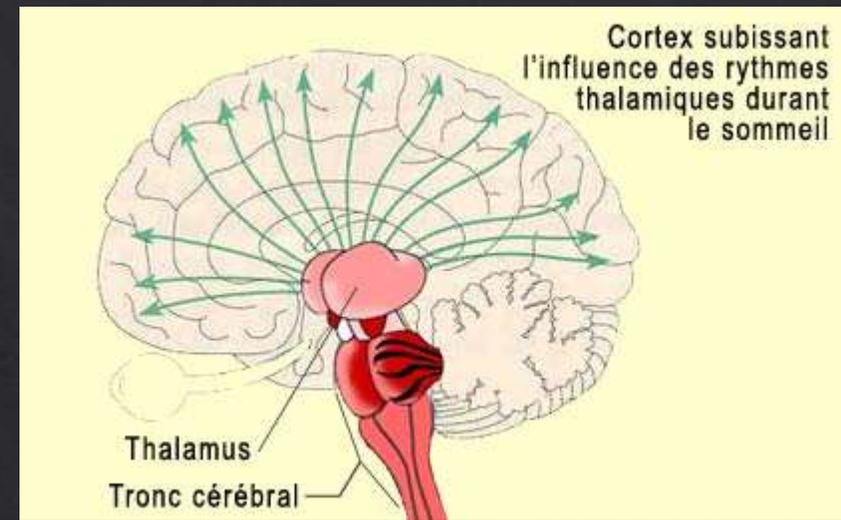


Donc première façon de générer des rythmes :

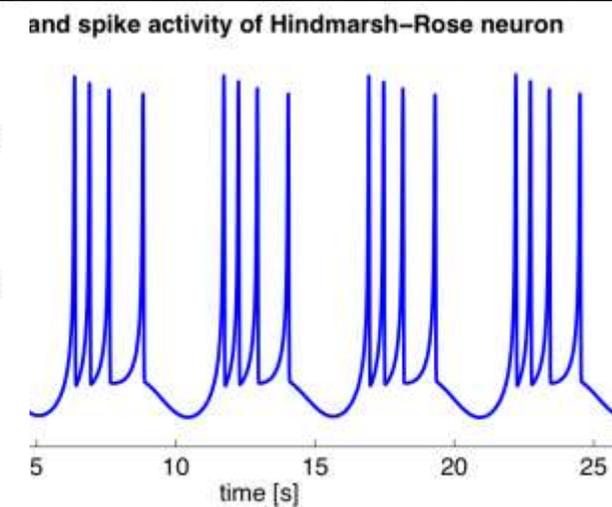
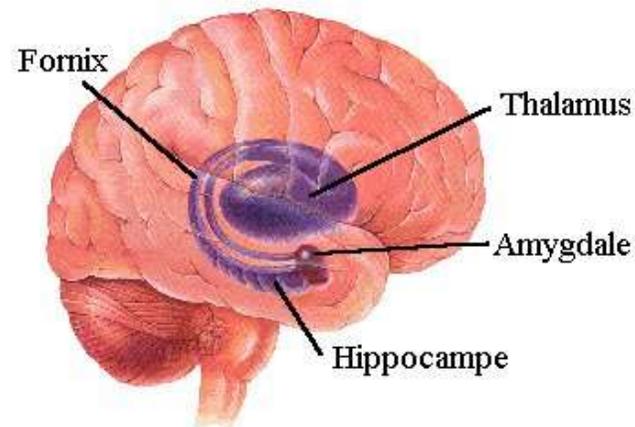
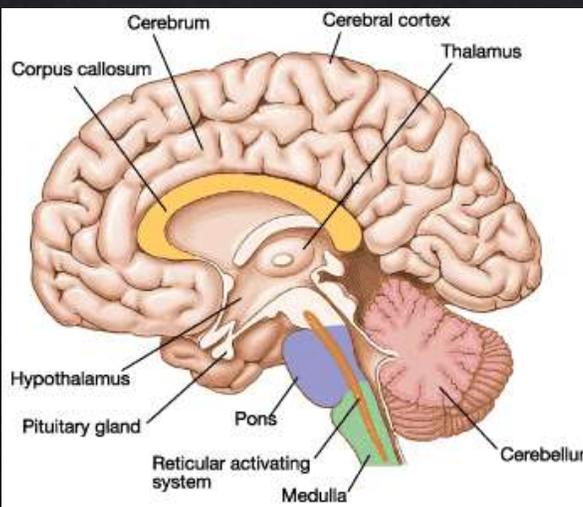
- par les propriétés **intrinsèque** de la membrane du neurone (« endogenous bursting cells »)

**Thalamus** : presque tous les neurones

**Cortex** : certains neurones



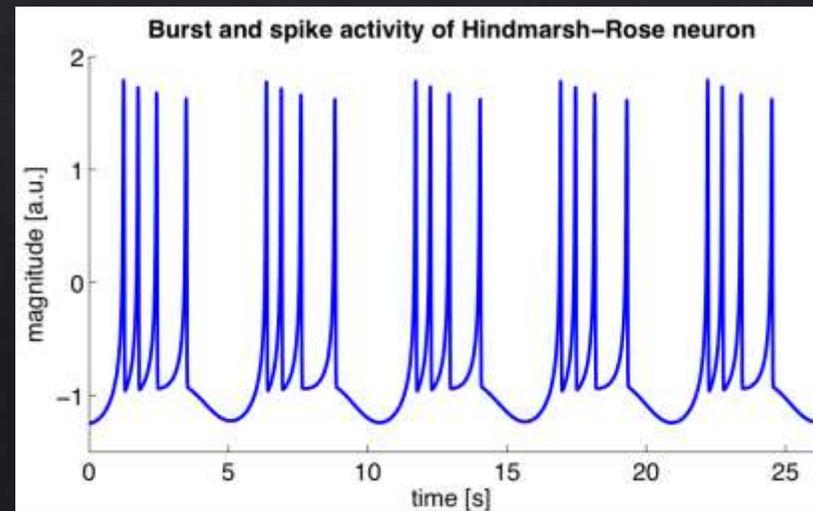
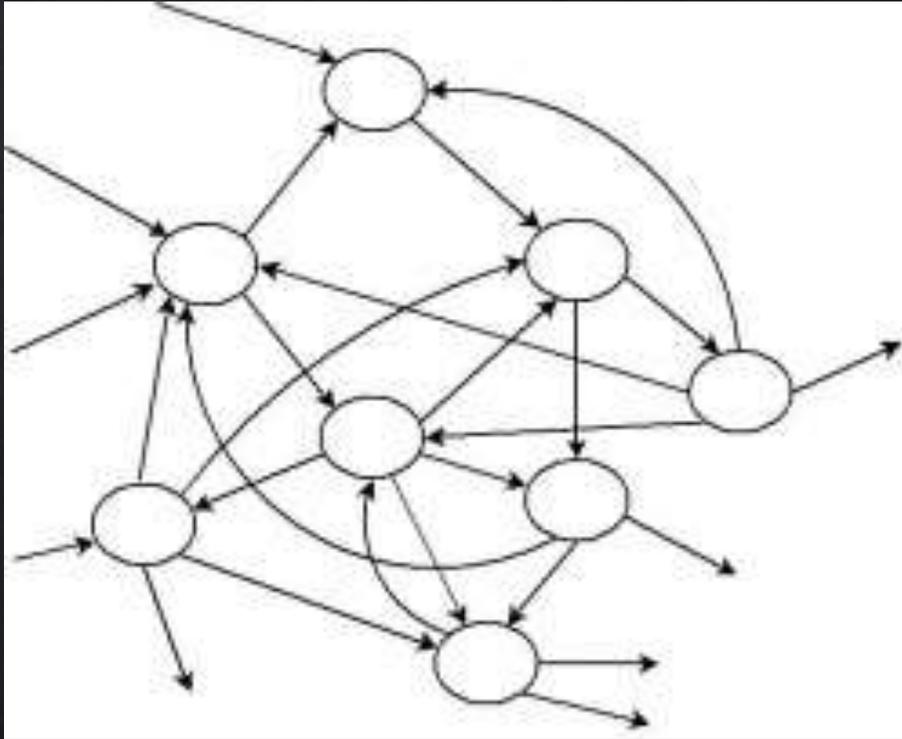
On peut alors distinguer des « **pacemaker cells** » (ex.: thalamus) et des « **follower cells** » (ex.: cortex)



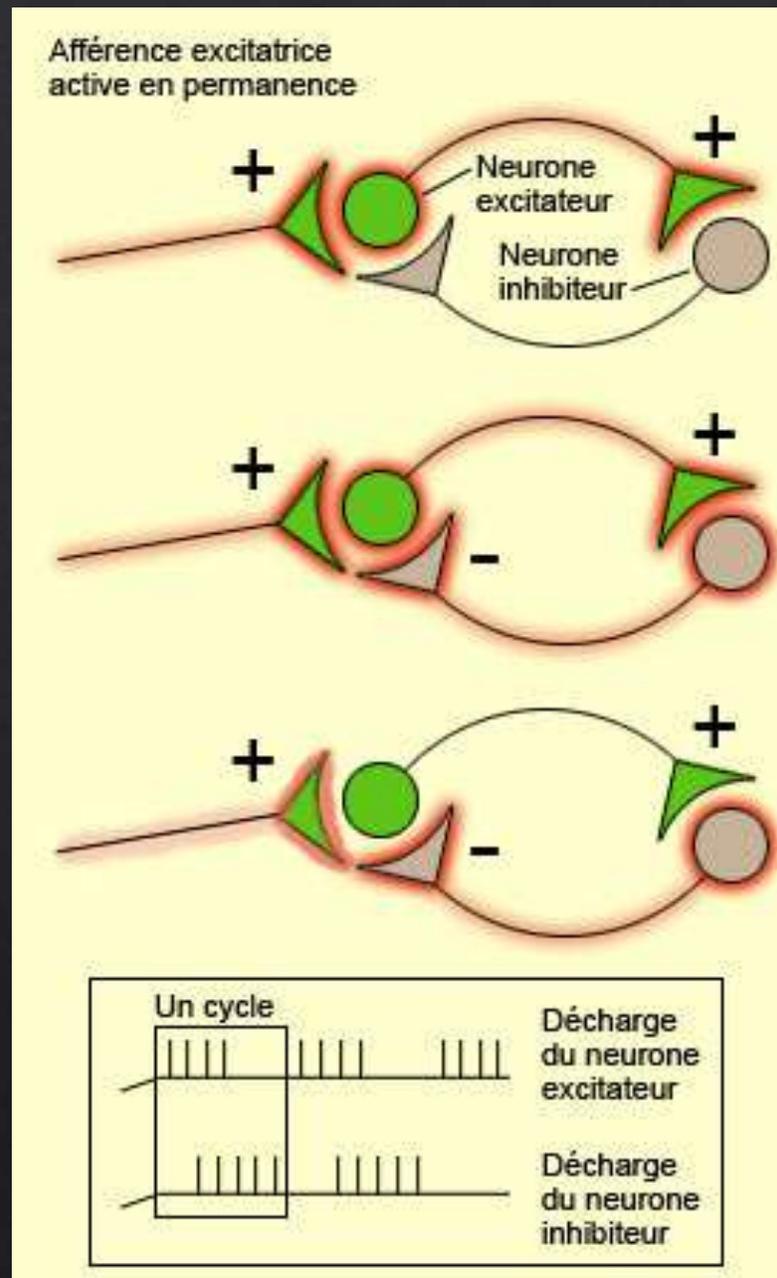
La deuxième façon de générer des rythmes :

par les **propriétés du réseau**, c'est-à-dire par des **boucles**

(excitation-inhibition ou inhibition-inhibition)

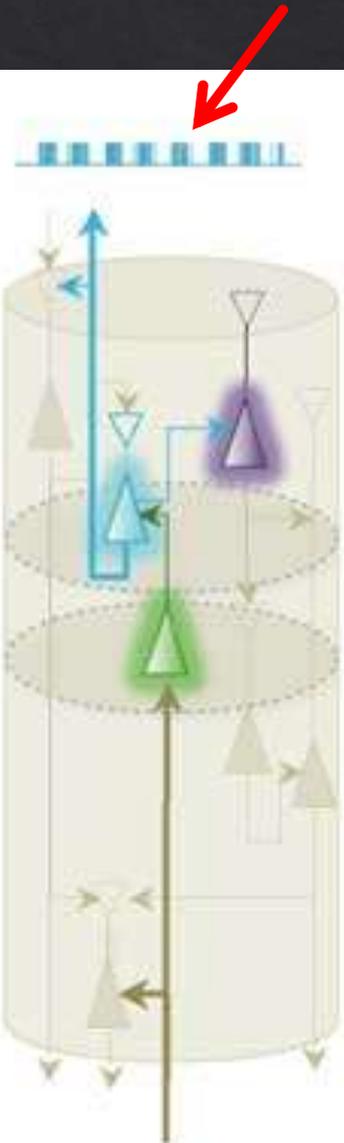


Exemple d'activité rythmique  
générée par une boucle  
« excitation-inhibition » entre  
un **neurone pyramidal**  
et un **interneurone**.



ant  
type  
ons  
driven  
g  
ons

**b**



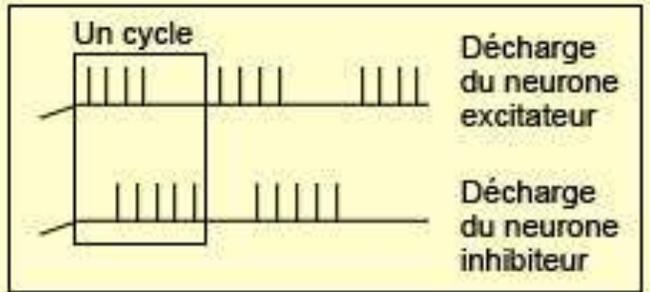
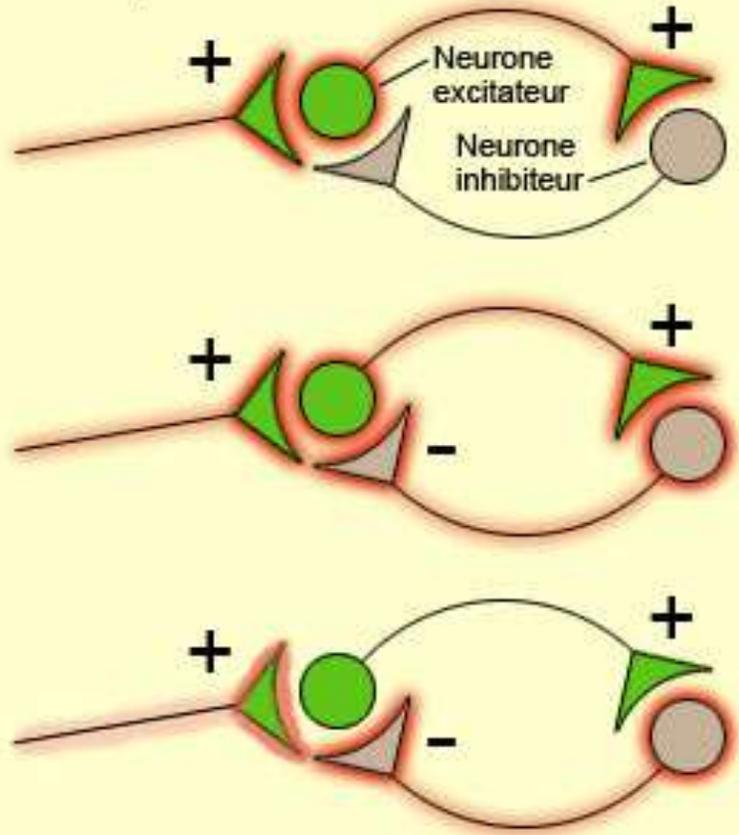
Temporally organized spike trains

Theta (delta)

Layer IV

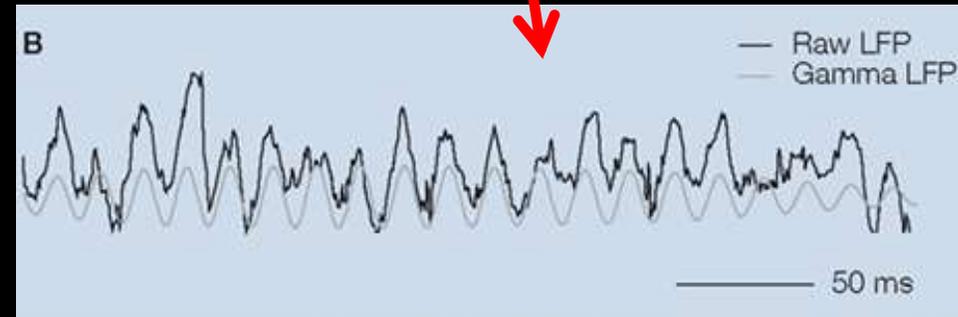
Continuous modulated stimulus-driven spike trains

Afférence excitatrice active en permanence



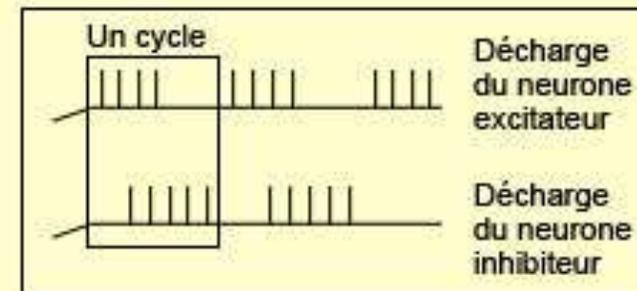
L'équilibre entre l'activité de neurones utilisant des neurotransmetteurs **excitateurs** et **inhibiteurs** est donc primordial pour nos fonctions cognitives car il permet de générer des **patterns d'activité complexes**.

Les deux neurotransmetteurs qui font en quelque sorte le "travail de base" dans le cerveau sont le **glutamate** (excitateur) et le **GABA** (inhibiteur).



Excitation and Inhibition: The Yin and Yang of the Brain

[http://knowingneurons.com/2017/01/25/excitation-inhibition/?ct=t\(RSS\\_EMAIL\\_CAMPAIGN\)](http://knowingneurons.com/2017/01/25/excitation-inhibition/?ct=t(RSS_EMAIL_CAMPAIGN))



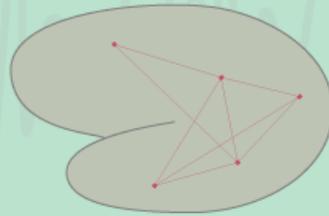
Like a sandpile, the **brain** is balanced at the edge of stability.



Both **excitation** and **inhibition** attract the brain toward distinct patterns of relatively simple activity.

The balance of excitation and inhibition creates a **critical state**.

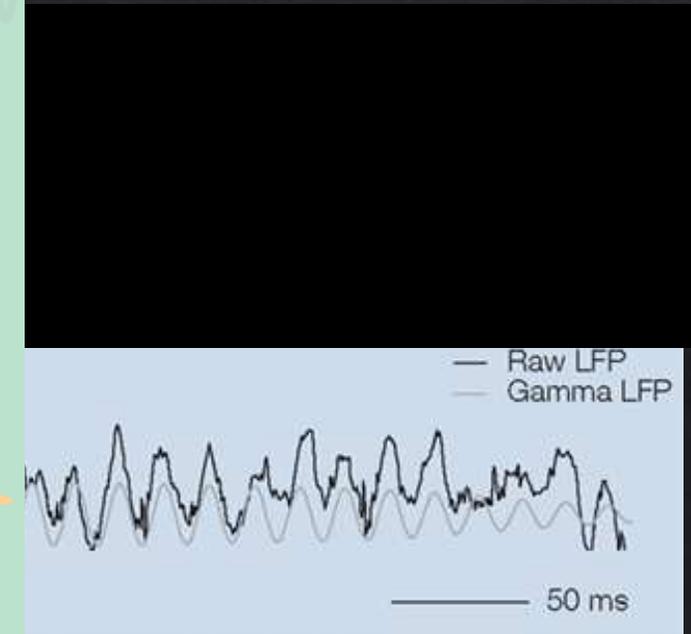
In the critical state, the brain can generate complex **activity** spanning many time scales.



As you build a sandpile, it grows **bigger** until its slope reaches a certain steepness that results in a critical state.



Adding more sand then triggers **avalanches** of many spatial scales, ranging from a few grains to sizable portions of the sandpile itself.



## Imagine this:

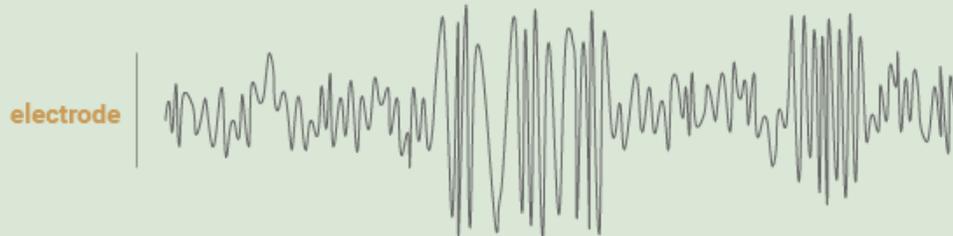
The pile is built from **glass beads**.  
The smooth beads do not stick well, and the fragile pile collapses once it reaches a critical mass.



This is analogous to a state of excessive neural **excitation**:

storms of excitatory bursting interrupt complex signaling and form **seizures**.

### excessive neural excitation



Un cerveau qui serait entièrement dominé par le **glutamate** serait seulement capable de **s'exciter** et de produire des **rafales répétées** d'activité comme lors d'une **crise d'épilepsie**.

## Imagine this:

Now the pile is built from **wet sand**: the wet sand is sticky, resulting in few avalanches as the cohesiveness of the sand is too high.



This is analogous to a state of excessive neural **inhibition**:

excitatory drive cannot overcome the suffocating grip of synaptic inhibition, hampering neural computations that depend on complex signaling.

### excessive neural inhibition

electrode



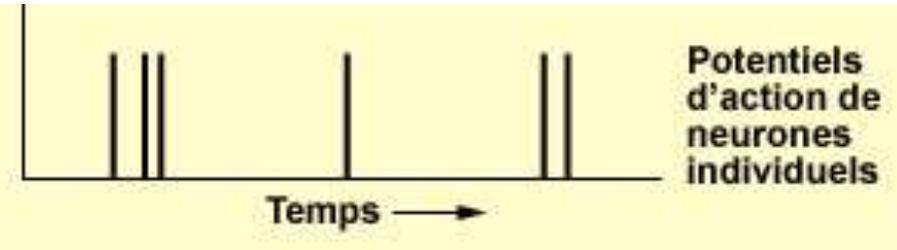
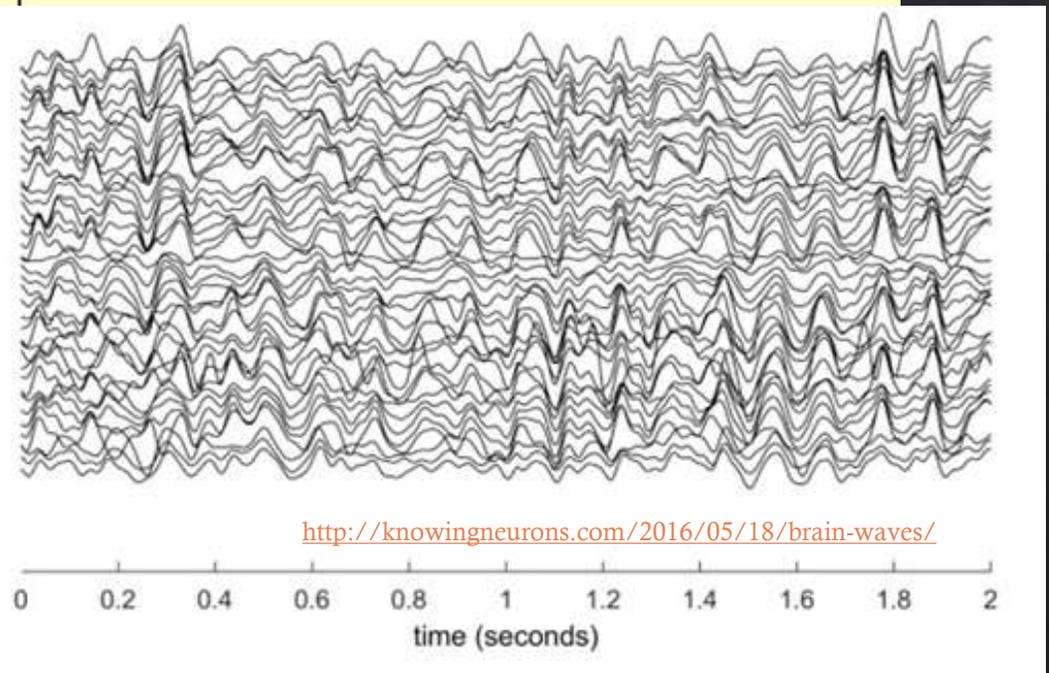
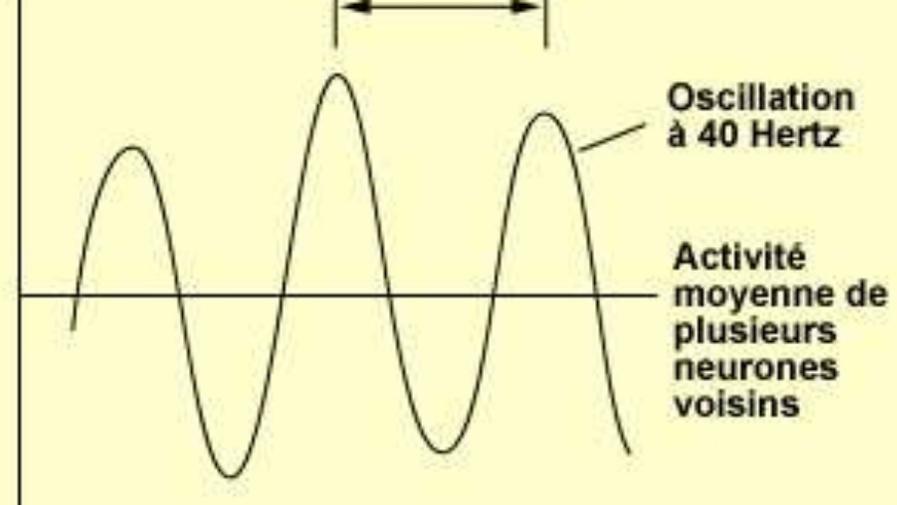
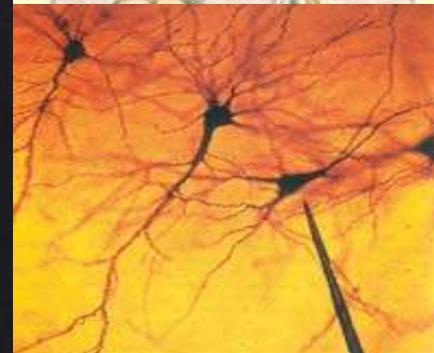
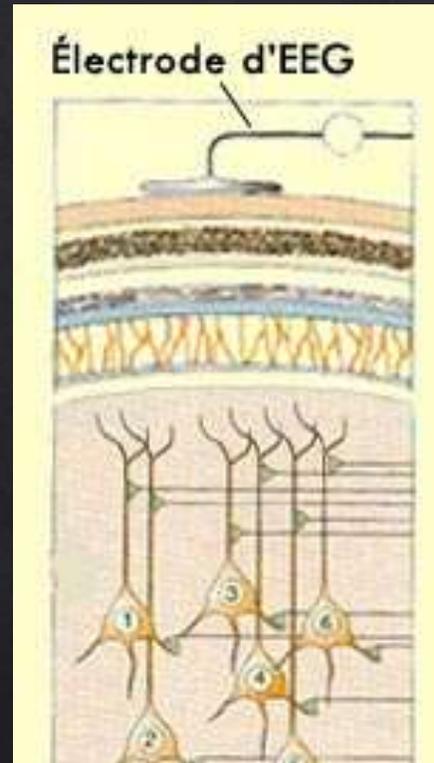
À l'opposé, un cerveau qui serait entièrement dominé par le **GABA** serait extrêmement silencieux, donc avec **très peu de synchronisation** d'activité possible

(nécessaire pour une communication cérébrale adéquate)

EEG :  
niveau « macro »

“Local field potentials” :  
niveau « meso »

Potentiels d'action :  
niveau « micro »



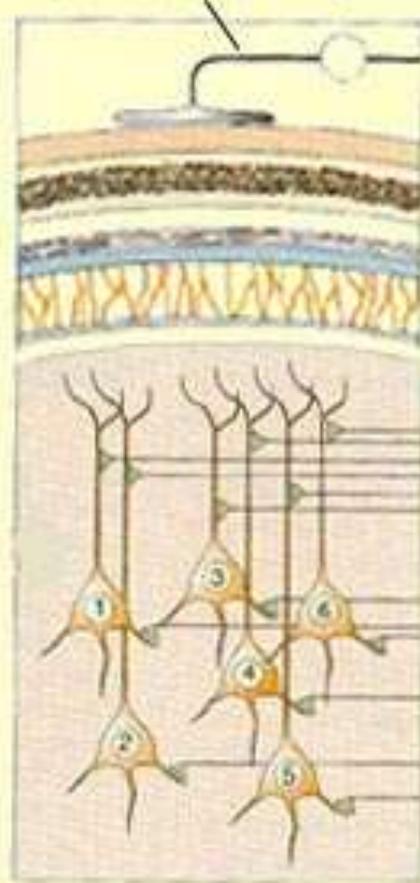


## L'électroencéphalographie

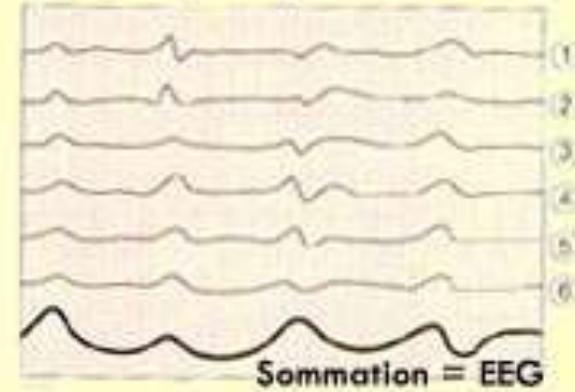
fournit une mesure encore plus générale de l'activité des populations de neurones corticaux

(une **sommation de nombreux LFPs**).

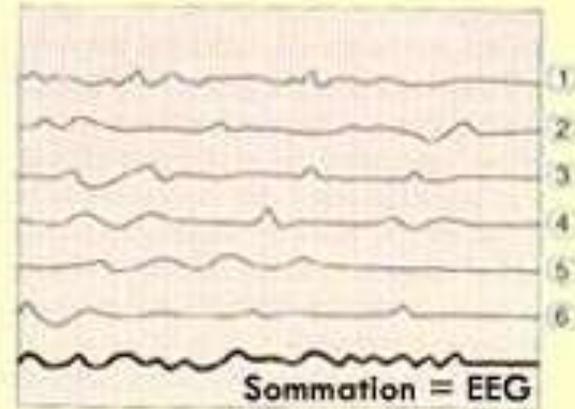
Électrode d'EEG

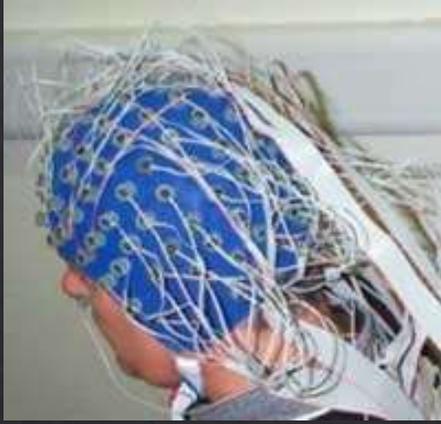


Décharges synchronisées



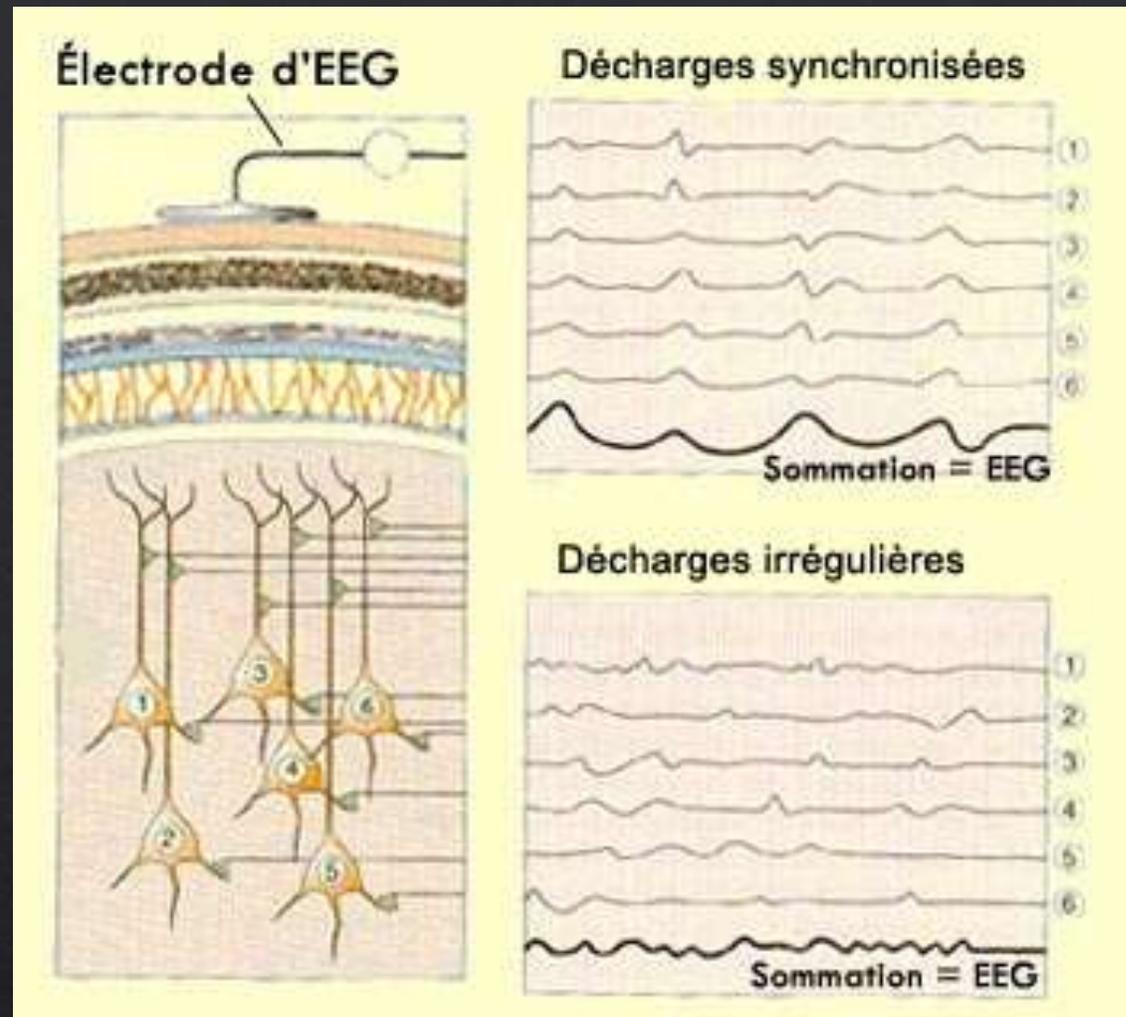
Décharges irrégulières



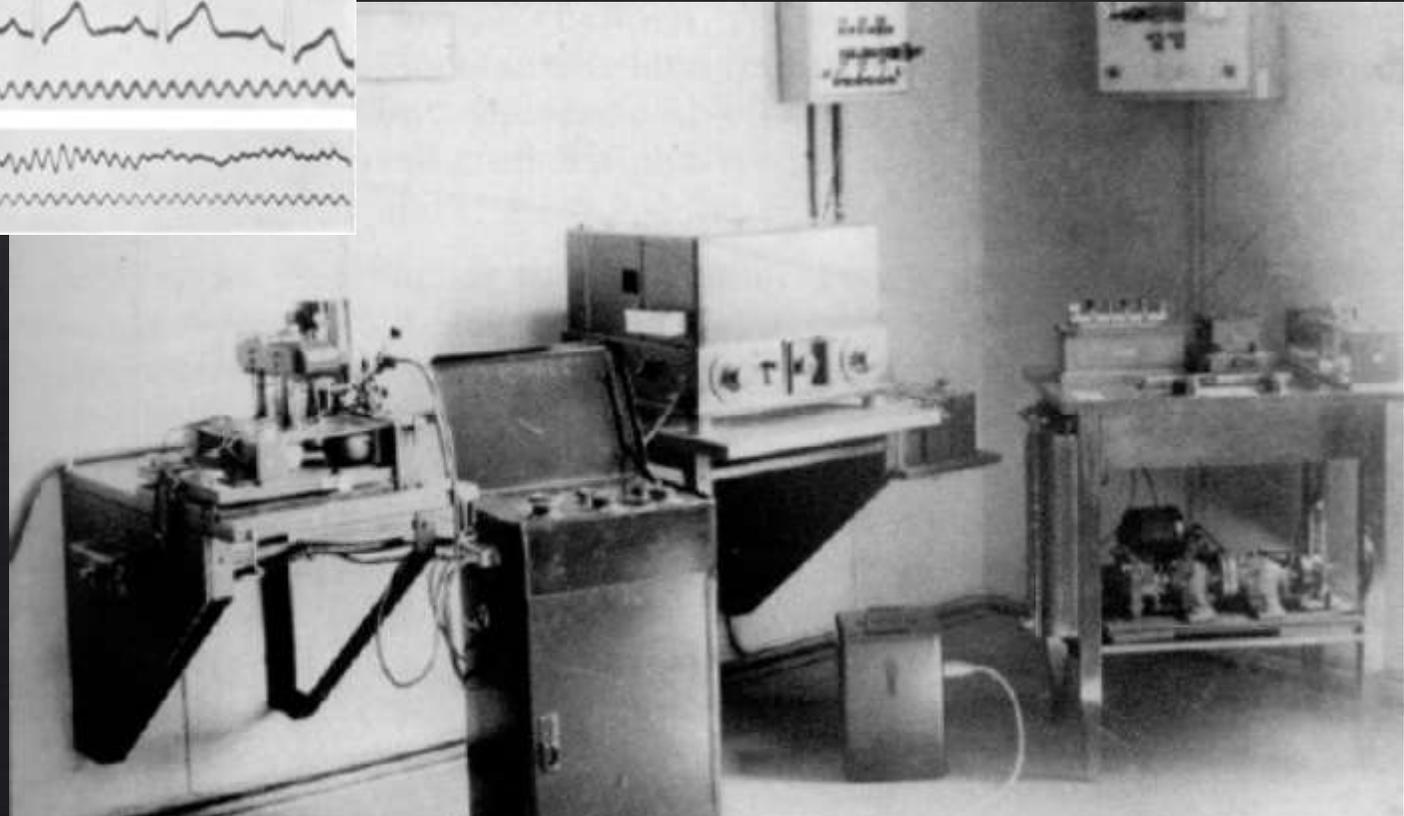


L'EEG capte donc toujours l'activité synchrone de populations entières de **milliers ou de millions de neurones**.

Comme le voltage diminue avec le carré de la distance, l'activité dans les **structures sous-corticales** est plus difficile à détecter.



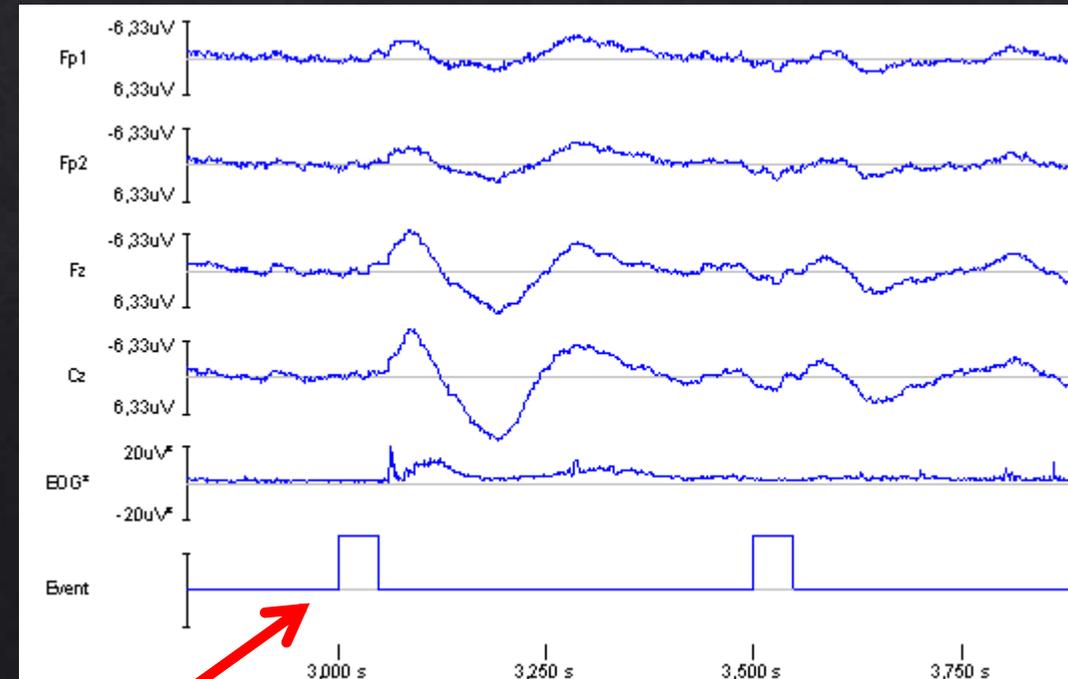
- Premier enregistrement d'un EEG chez l'humain : Hans Berger, en **1924**



Dans les années **1970** : développement permettant de relier l'activité corticale de l'EEG avec la présentation d'un **stimulus** (**potentiels évoqués**)



**Exemple** : Kutas et Hillyard trouve en **1980** que lorsque le dernier mot d'une phrase est anormal, l'EEG montre une déflexion négative environ 400 millisecondes après.

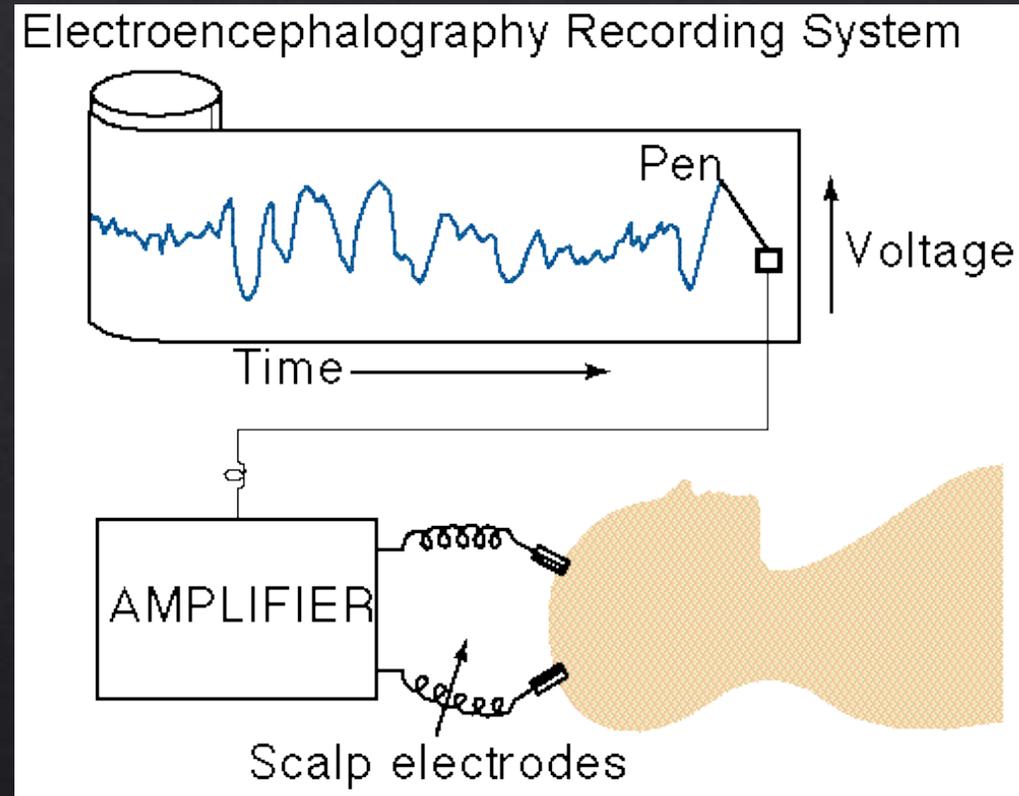


L'électroencéphalographie (EEG) est donc une technique **non invasive** pour enregistrer l'activité du cerveau.

Mesure directe de cette activité électrique, contrairement à l'imagerie cérébrale.

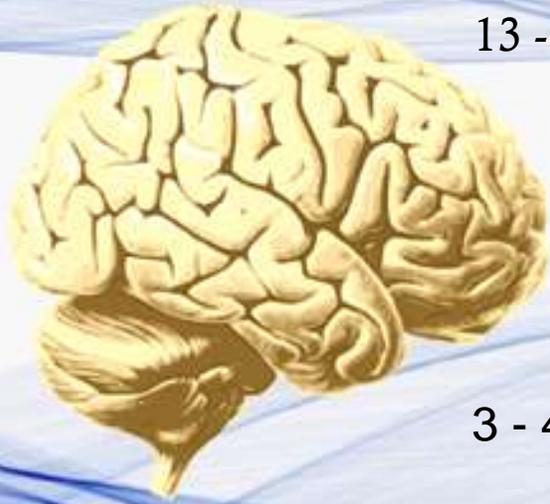
Traditionnellement **peu d'info sur la localisation spatiale** de l'activité

mais **bonne résolution temporelle** (millisecondes)

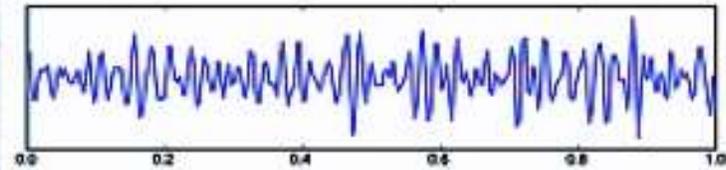


Les oscillations recueillies, dont la fréquence va de  $< 1$  Hz à  $> 100$  Hz, correspond à **l'activité globale** des neurones du cerveau en temps réel (**comparé à l'IRMf où il n'y a qu'un scan total du cerveau par seconde !**)

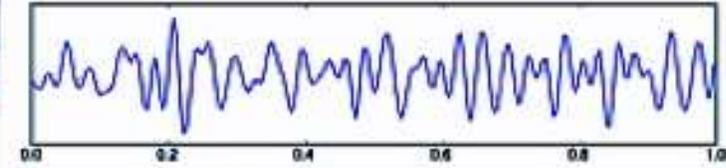
# EEG brainwaves



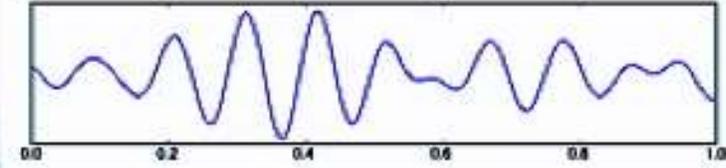
> 30 - 35 Hz **Gamma**  
Problem solving,  
concentration



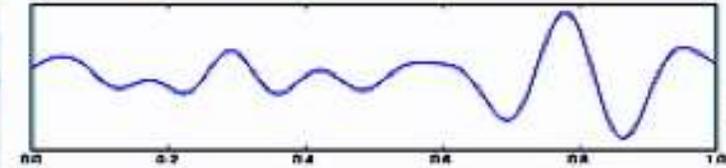
13 -15 à 30 Hz **Beta**  
Busy, active mind



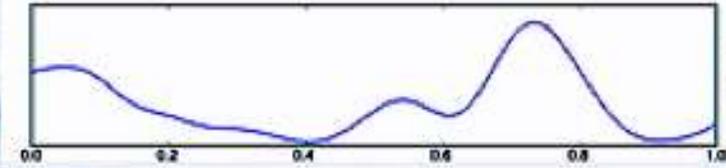
8 à 12 Hz **Alpha**  
Reflective, restful



3 - 4 à 7- 8 Hz **Theta**  
Drowsiness

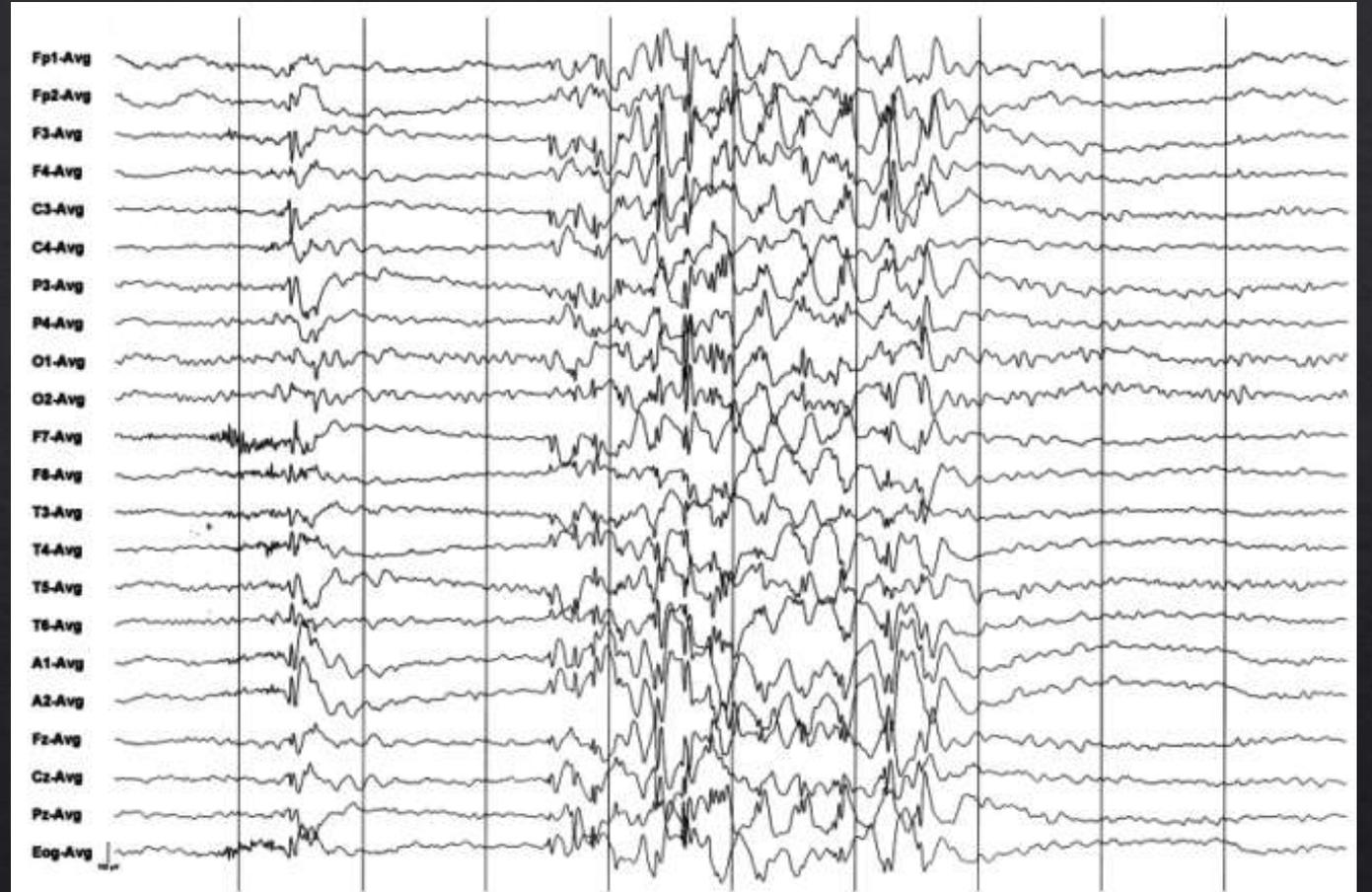


0,5 à 3 -4 Hz **Delta**  
Sleep, dreaming





- Utilisation fréquente en neurologie : détection de foyers **épileptiques**
- Aussi : diagnostic de coma, de mort cérébrale
- Outil important pour la recherche sur **le sommeil**



ÉVEIL



On passe environ **le tiers** de notre vie à dormir et à rêver !

SOMMEIL PROFOND



RÊVE



ÉVEIL



SOMMEIL PROFOND



RÊVE



Si on analyse les caractéristiques de ces deux types de sommeil et de l'éveil, on note d'importantes **différences physiologiques** un peu partout dans l'organisme.



- Durant l'éveil, les **sensations** sont vives et proviennent de l'environnement extérieur.

## SOMMEIL PROFOND



- Quant au sommeil lent, les sensations sont absentes ou très atténuées.

## RÊVE



- Elles sont également vives durant les rêves du sommeil paradoxal, mais générées intérieurement cette fois-ci.



- Quand on est éveillé, l'**activité motrice** est volontaire et pratiquement continue.

## SOMMEIL PROFOND



Durant le sommeil lent, elle est occasionnelle et involontaire.

## RÊVE



Et lors du sommeil paradoxal, elle est inexistante (sauf pour les mouvements oculaires rapides). En réalité, les mouvements sont commandés par le cerveau mais sont bloqués et non réalisés, d'où une atonie musculaire généralisée.



**La pensée** est plutôt logique et évolue chez l'individu éveillé.

## SOMMEIL PROFOND

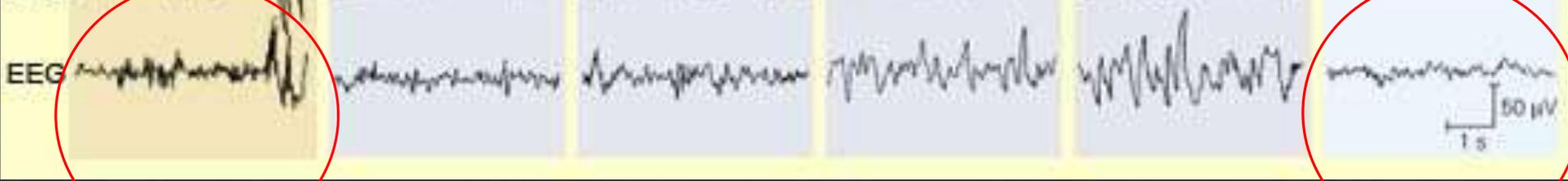


La pensée devient répétitive avec l'apparition du sommeil lent.

## RÊVE



Elle est carrément illogique et étrange durant les rêves.



ÉVEIL

I

II

III

IV

REM

SOMMEIL PROFOND

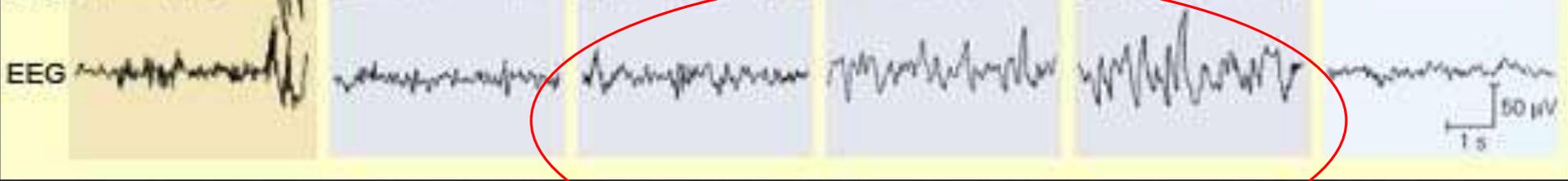
RÊVE



- Durant l'éveil, les **sensations sont vives** et proviennent de l'environnement **extérieur**.

- Elles sont également **vives** durant les rêves du sommeil paradoxal, mais générées **intérieurement** cette fois-ci.

→ Il est intéressant de noter que le tracé de l'EEG est semblable pour l'éveil et le sommeil paradoxal avec sa faible amplitude et sa fréquence élevée.



ÉVEIL

I

II

III

IV

REM



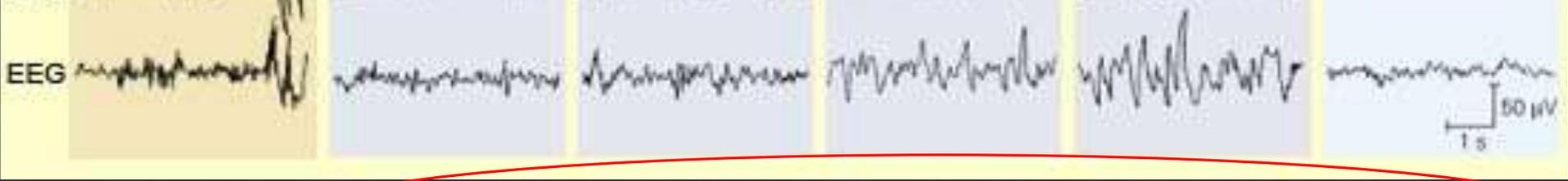
SOMMEIL PROFOND

RÊVE



- Quant au sommeil lent, les sensations sont absentes ou très atténuées.

→ C'est le contraire pour le sommeil lent qui montre plutôt une grande amplitude et un rythme lent.



ÉVEIL

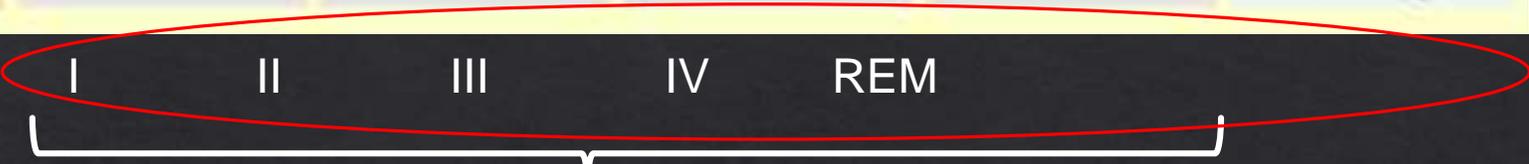
I

II

III

IV

REM

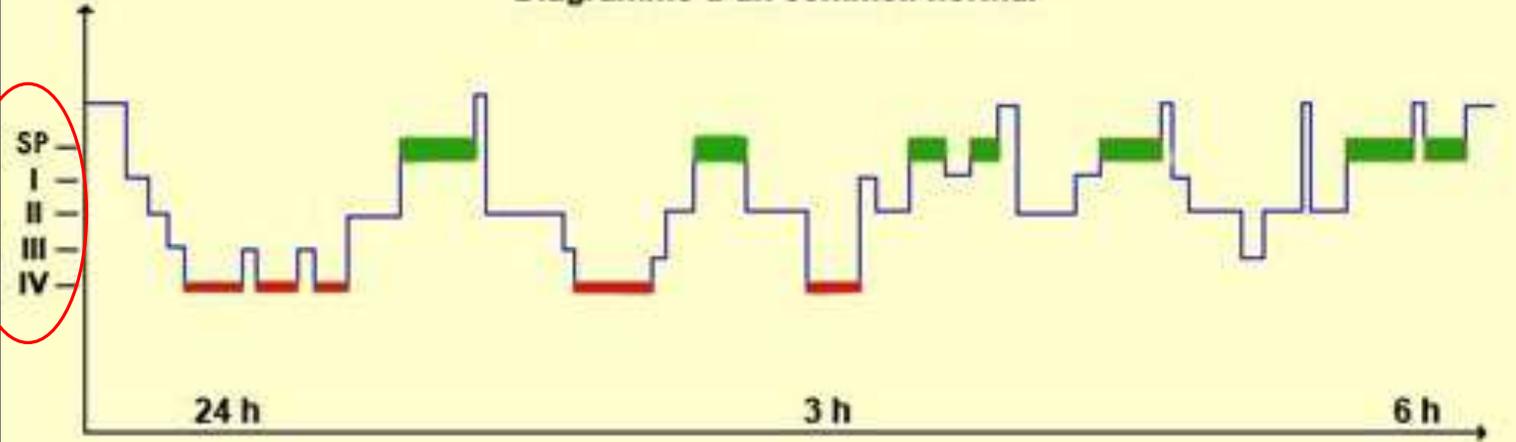


SOMMEIL PROFOND

RÊVE



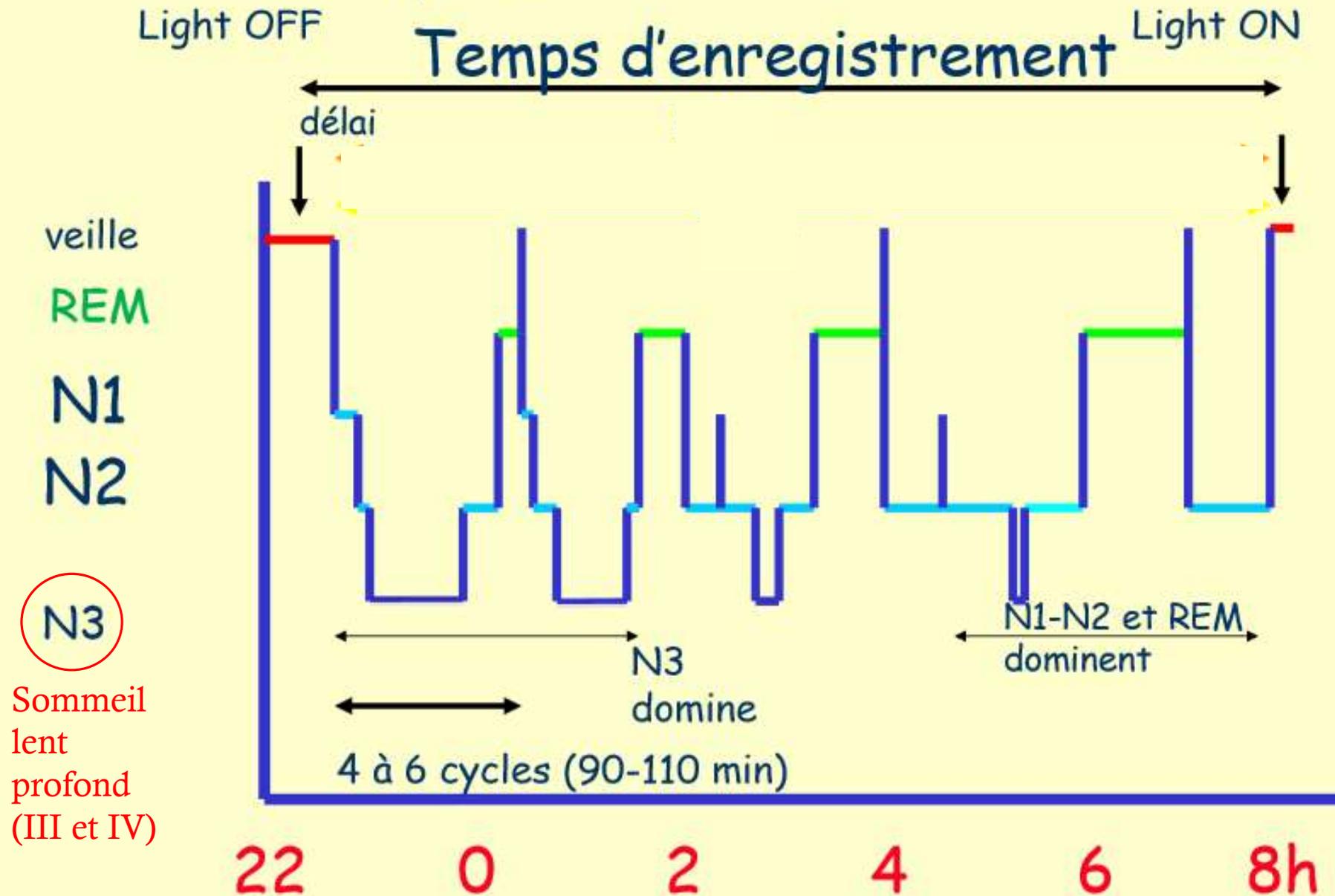
Diagramme d'un sommeil normal



Sommeil lent : I à IV —  
 Sommeil profond : IV —

Sommeil paradoxal : V —

# Hypnogramme Normal



N3  
Sommeil  
lent  
profond  
(III et IV)

# Pourcentages et durées des stades

REM: 20-25%

Veille: < 5%

Stade N1: 2-5 %

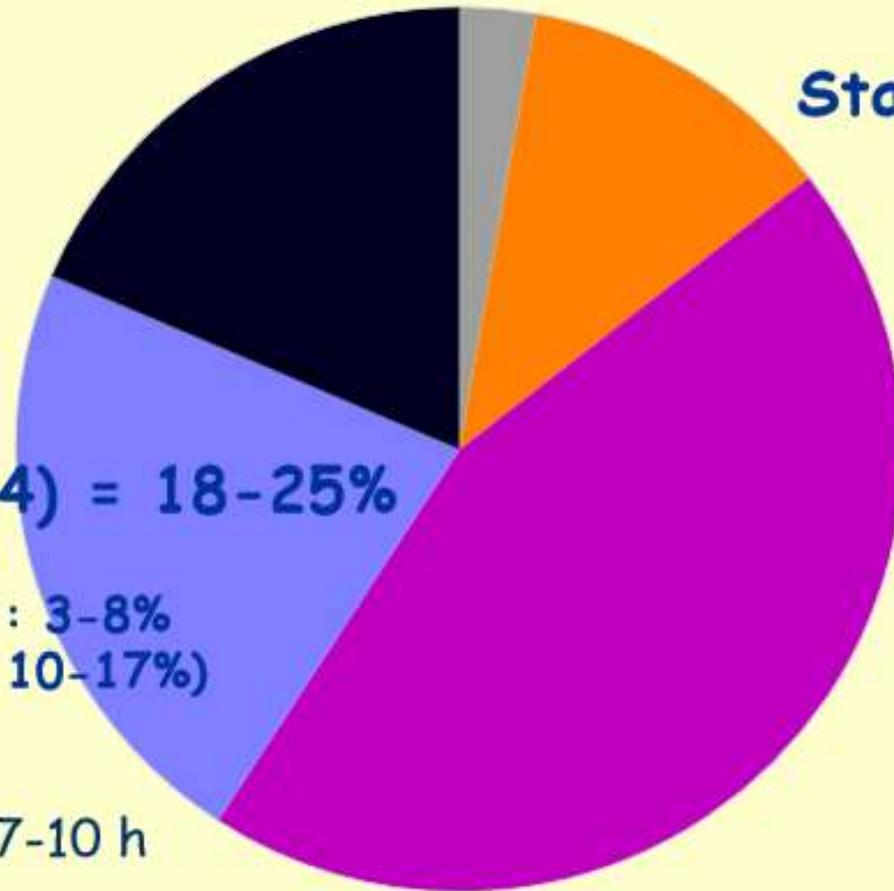
Stade N2: 45%-55%

N3 (3+4) = 18-25%

(Stade 3 : 3-8%  
Stade 4: 10-17%)

NREM : 75-80%

PTS = 7-10 h

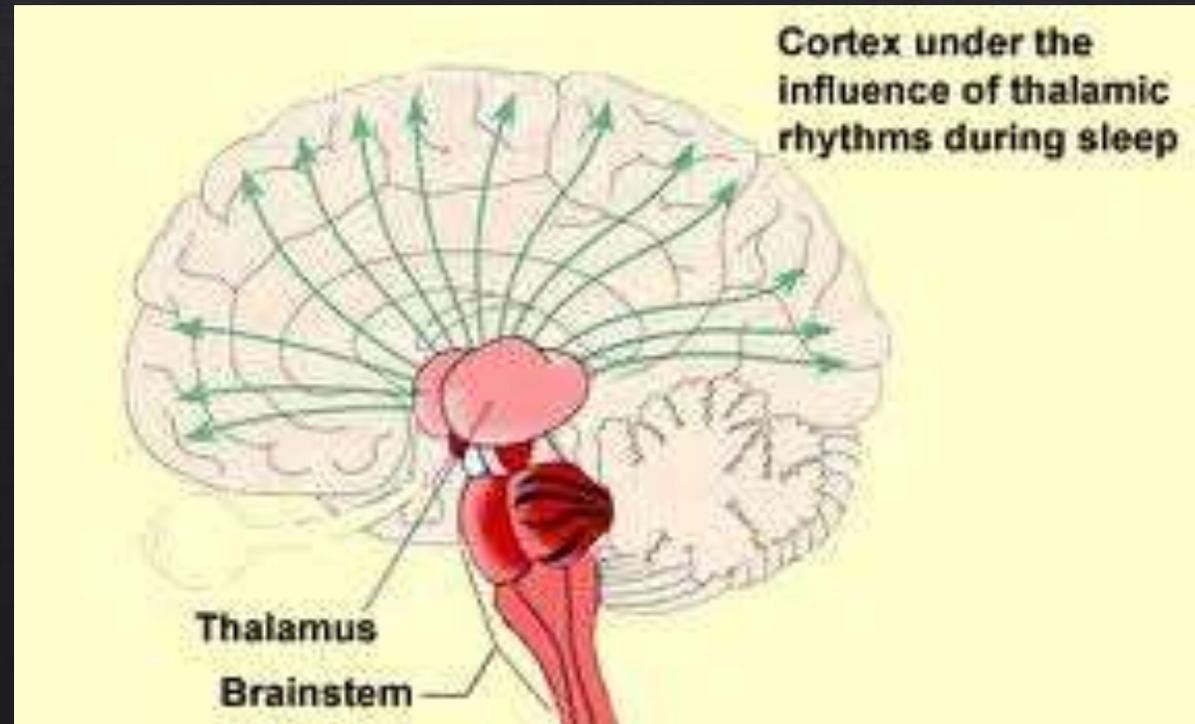


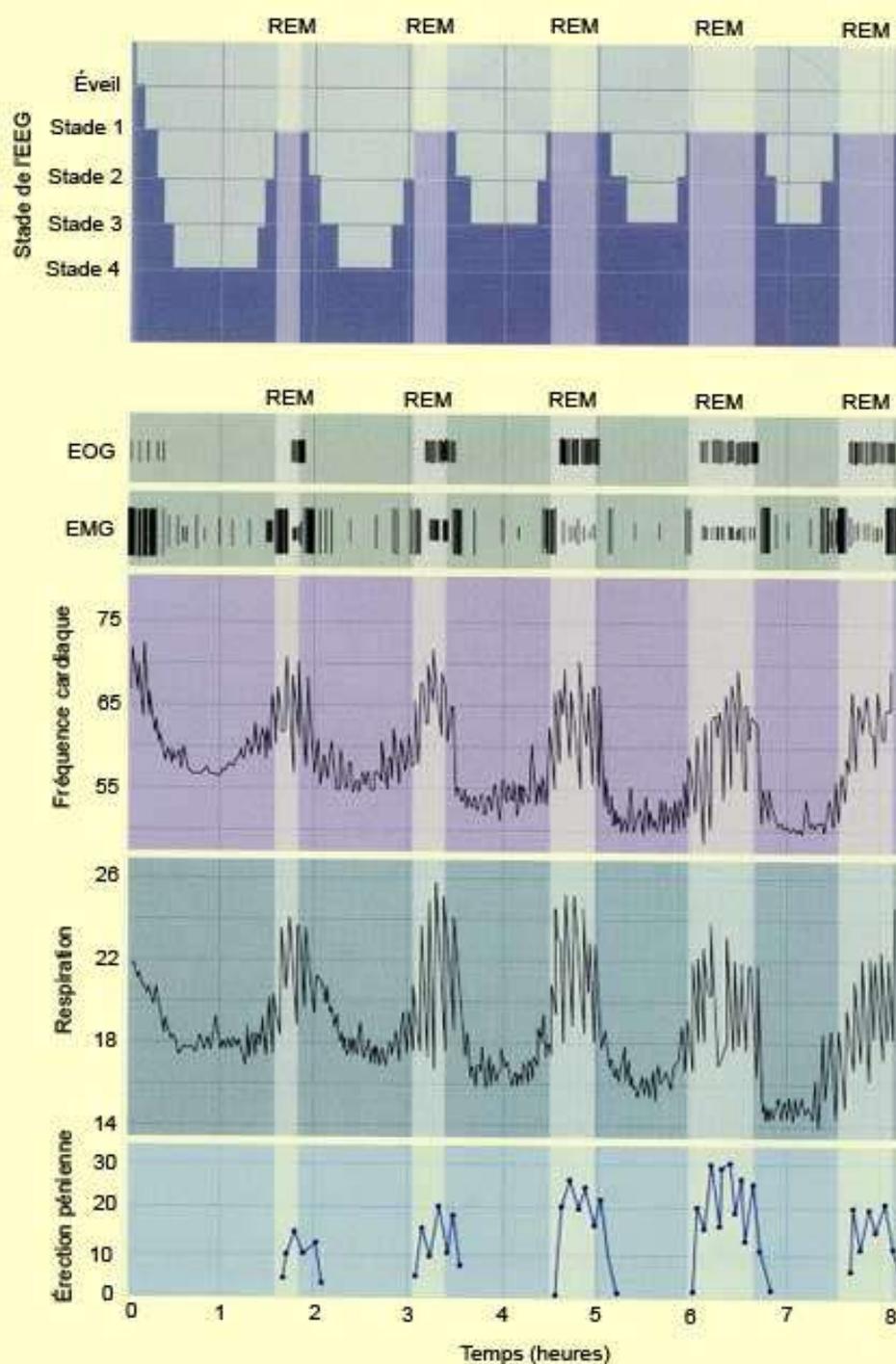
**Le sommeil lent** semble correspondre à un état fait pour le **repos**.

**Le métabolisme général de l'organisme diminue** : température, consommation d'énergie, fréquence cardiaque, respiration, fonction rénale, tout cela ralentit conformément à la prépondérance du système parasympathique durant cette phase du sommeil.

Les rythmes lents de l'électroencéphalogramme (ou EEG) durant le sommeil lent indiquent que **le cerveau semble également au repos**.

La grande synchronisation de l'activité neuronale qu'on y observe, **résultat d'une activité autonome du thalamus** plutôt que de son rôle de « relais » habituel, va dans le même sens, à savoir que la plus grande partie de l'information sensorielle n'atteint même pas le cortex durant cette phase.





L'alternance du sommeil lent et paradoxal est aussi une alternance entre un état **économe** et un état **énergivore** du cerveau.

Les neurones corticaux, qui sont activés de façon synchrone et fonctionnent en quelque sorte au ralenti durant le sommeil lent, **réduisent en effet d'un tiers** leur consommation de glucose et d'oxygène.

En sommeil paradoxal, au contraire, les neurones sont hyperactifs et **consomment autant sinon plus** de glucose et d'oxygène que lorsque nous sommes éveillés.

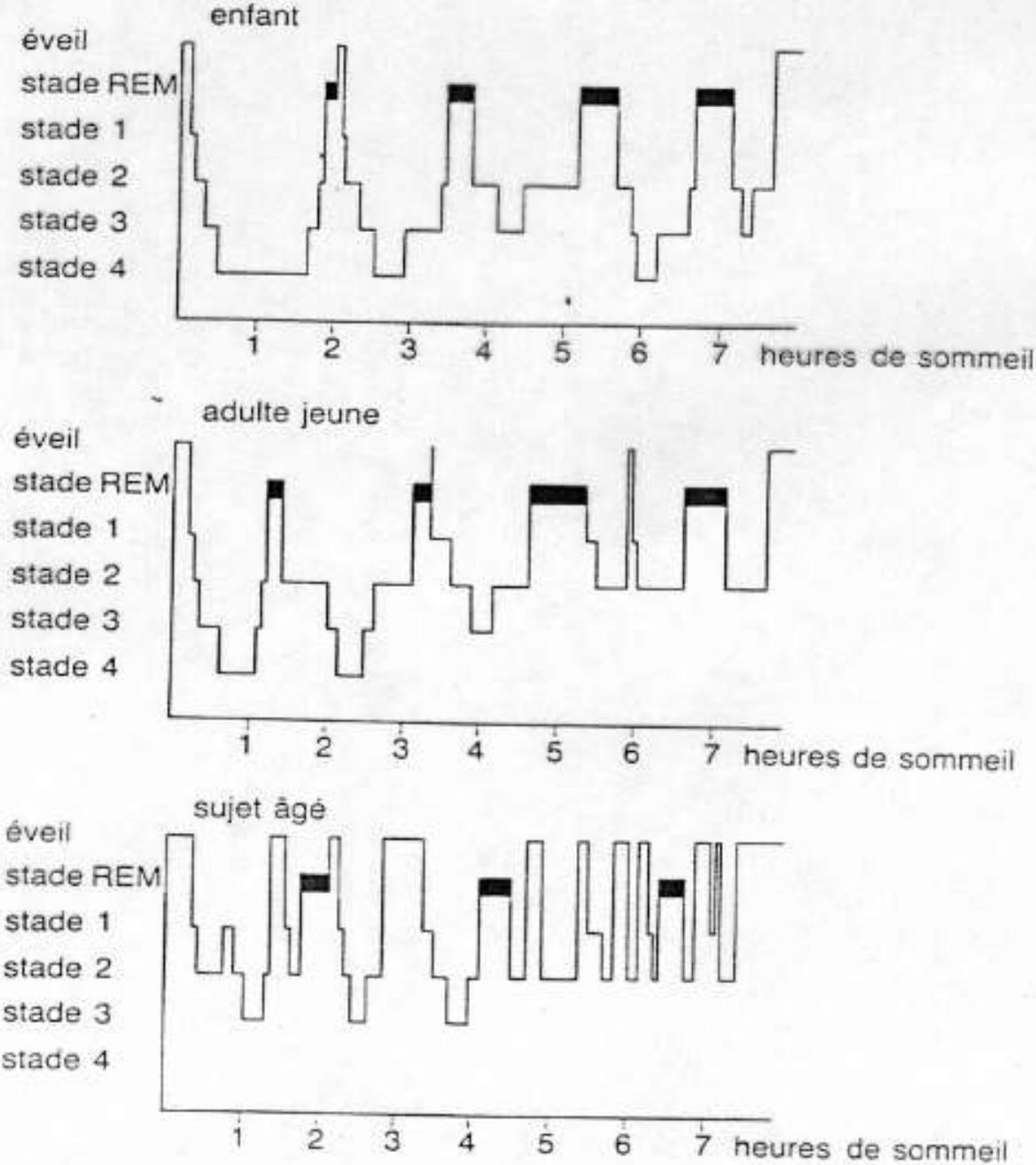


Fig. 6: Exemples d'hypnogrammes obtenus chez un enfant, un adulte jeune et un sujet âgé.

Mécanismes neuronaux produisant le sommeil :

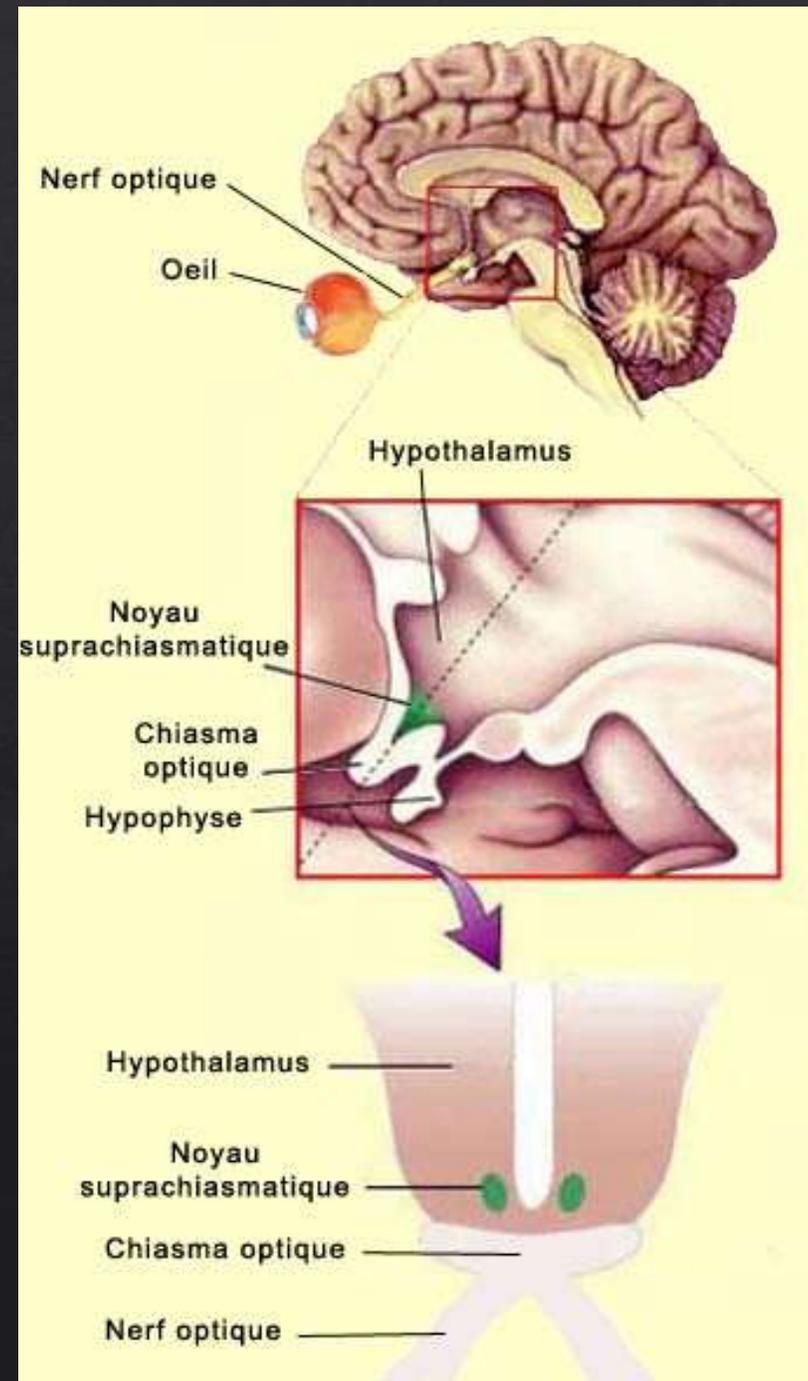
Pourquoi et comment on **s'endort** ?

Il semble que **deux** processus doivent se superposer correctement dans l'organisme pour que l'on puisse s'endormir.

Le **premier** est un rythme dit « circadien », c'est-à-dire réglé sur une période de 24 heures par notre horloge biologique, et qui orchestre la sécrétion cyclique de plusieurs hormones dont la **mélatonine**, impliquée dans le sommeil.

Cette « horloge centrale » est située dans les **noyaux suprachiasmatiques** situés juste au-dessus du chiasma optique, l'endroit où les deux nerfs optiques se croisent.

Cette position stratégique permet aux noyaux suprachiasmatiques de recevoir des prolongements du nerf optique qui lui indique le niveau d'intensité lumineuse ambiante.



Le **deuxième** processus est l'accumulation de substances « hypnogènes » durant les 16 heures de la journée, substances qui induisent une envie de dormir ne disparaissant qu'avec le sommeil.

L'endormissement ne serait donc possible que lorsque, d'une part, votre horloge biologique a amené votre organisme dans une conformation hormonale favorable au sommeil, et d'autre part que cela fait un bon moment que vous n'avez pas dormi.

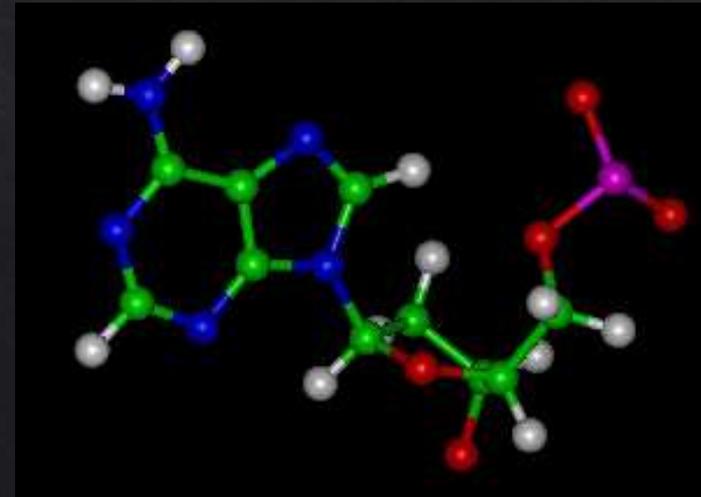
C'est aussi ce qu'on appelle **la dette de sommeil**, qui s'accumule durant toute la journée.

Et en général les deux sont en phase (mais en voyage, le décalage horaire peut les déphaser).

L'un de ces facteurs hypnogènes les plus étudiés est l'**adénosine**, une petite molécule qui agit comme neuromodulateur au niveau de très nombreuses synapses du cerveau.

Depuis très longtemps, des antagonistes naturels des récepteurs de l'adénosine sont ingérés par l'être humain pour se garder éveillé plus longtemps. La caféine du café ou la théophylline du thé, qui sont deux de ces substances, sont bien connues pour leur effet stimulant.

C'est au début des années 1980 que la raison pour laquelle tant de gens boivent du café pour se réveiller devint évidente : la caféine, la substance psychoactive du café, empêche l'adénosine de se fixer sur certains neurones du cerveau.



L'adénosine est un produit de la dégradation de l'ATP (adénosine triphosphate), la molécule qui sert de « monnaie énergétique » à nos différentes fonctions cellulaires. La production d'adénosine reflète donc le niveau d'activité des neurones et des cellules gliales.

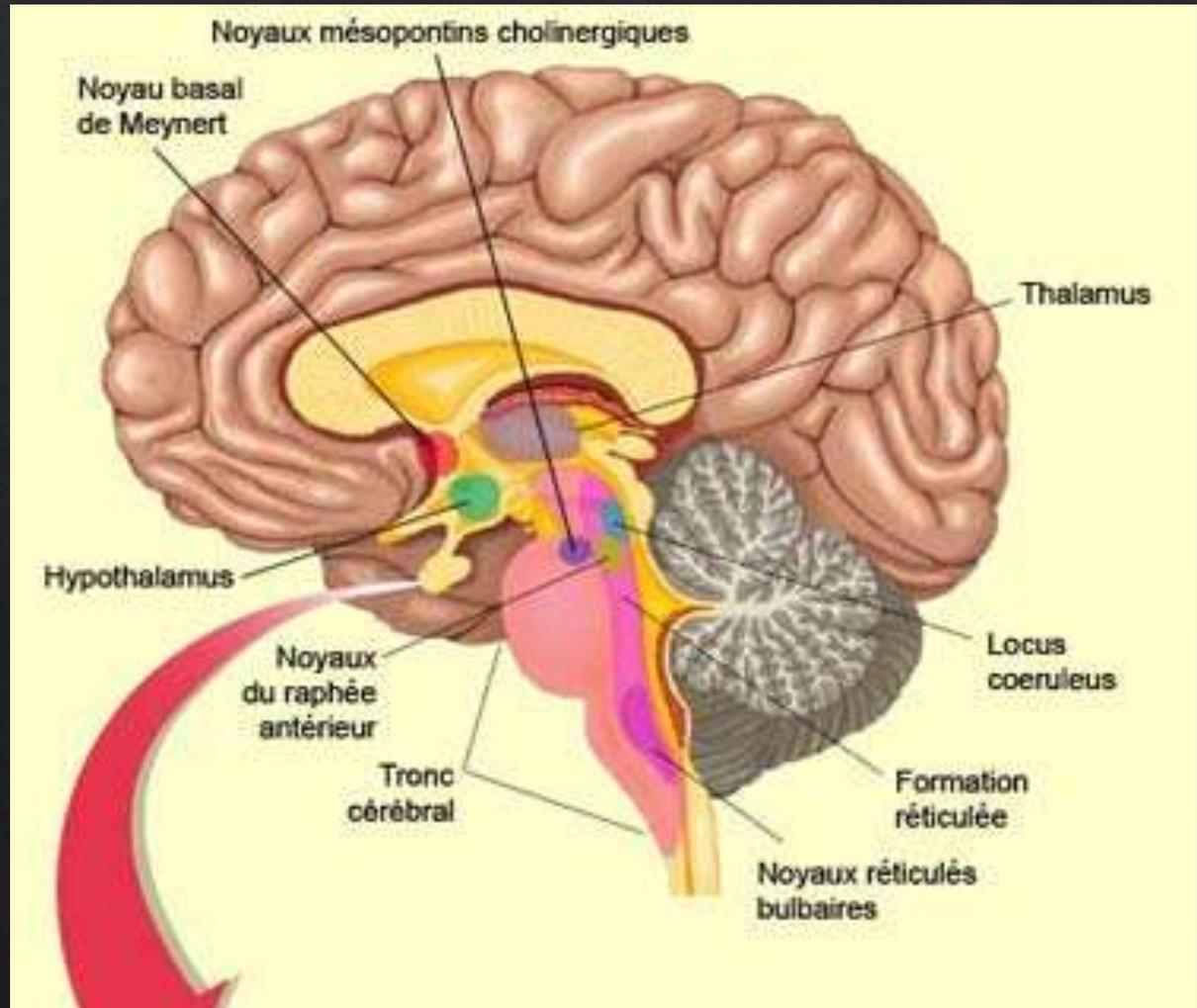
La forte activité cérébrale durant l'éveil entraîne une forte consommation d'ATP et par conséquent **l'accumulation d'adénosine**.

L'augmentation d'adénosine, en déclenchant le sommeil lent durant lequel le cerveau est moins actif, amène donc celui-ci dans une phase de récupération dont il aurait absolument besoin.

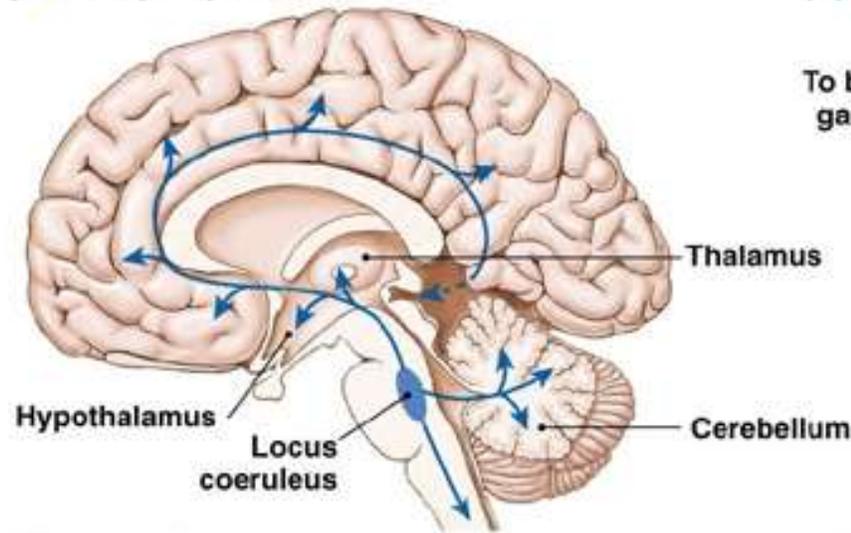
# Les régulations complexes entre éveil et sommeil

Neuromodulateurs de l'éveil

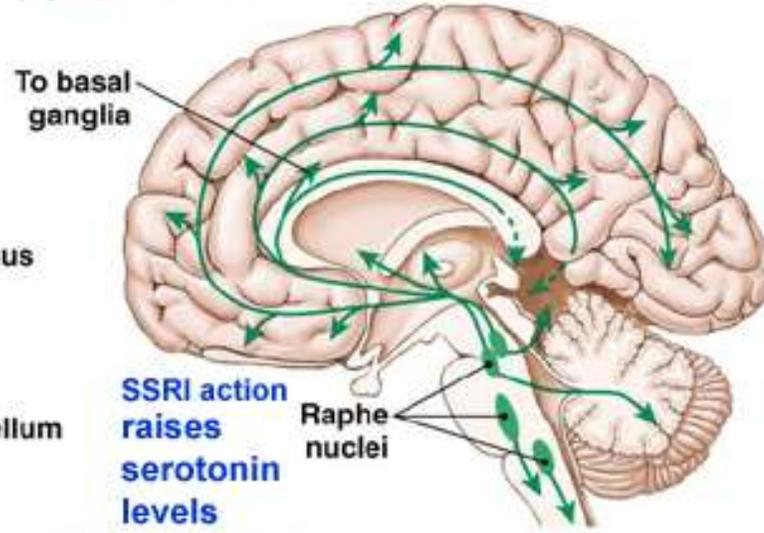
Être éveillé n'est pas le fruit du travail d'un « centre de l'éveil » dans le cerveau mais bien le résultat de l'activation d'un réseau complexe et redondant d'une **dizaine de groupes de neurones** répartis de l'hypothalamus au bulbe rachidien.



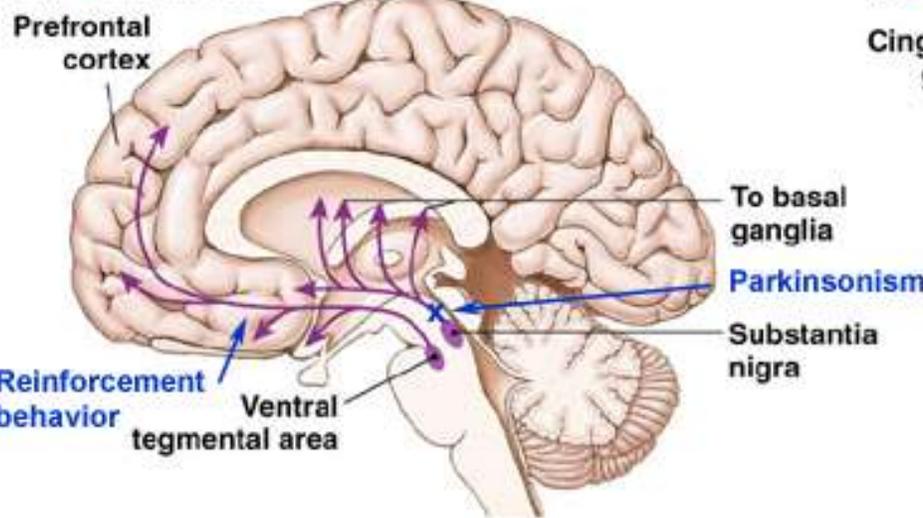
(a) ● Norepinephrine



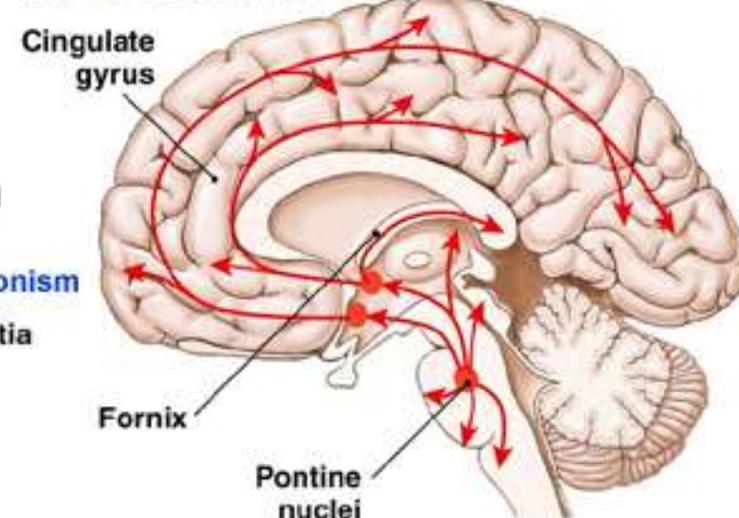
(b) ● Serotonin



(c) ● Dopamine

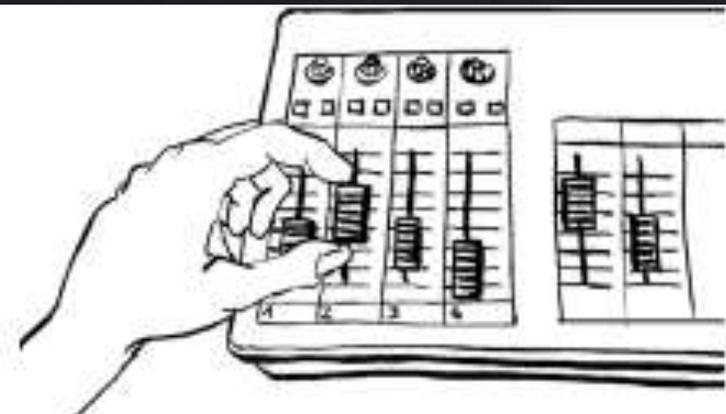


(d) ● Acetylcholine

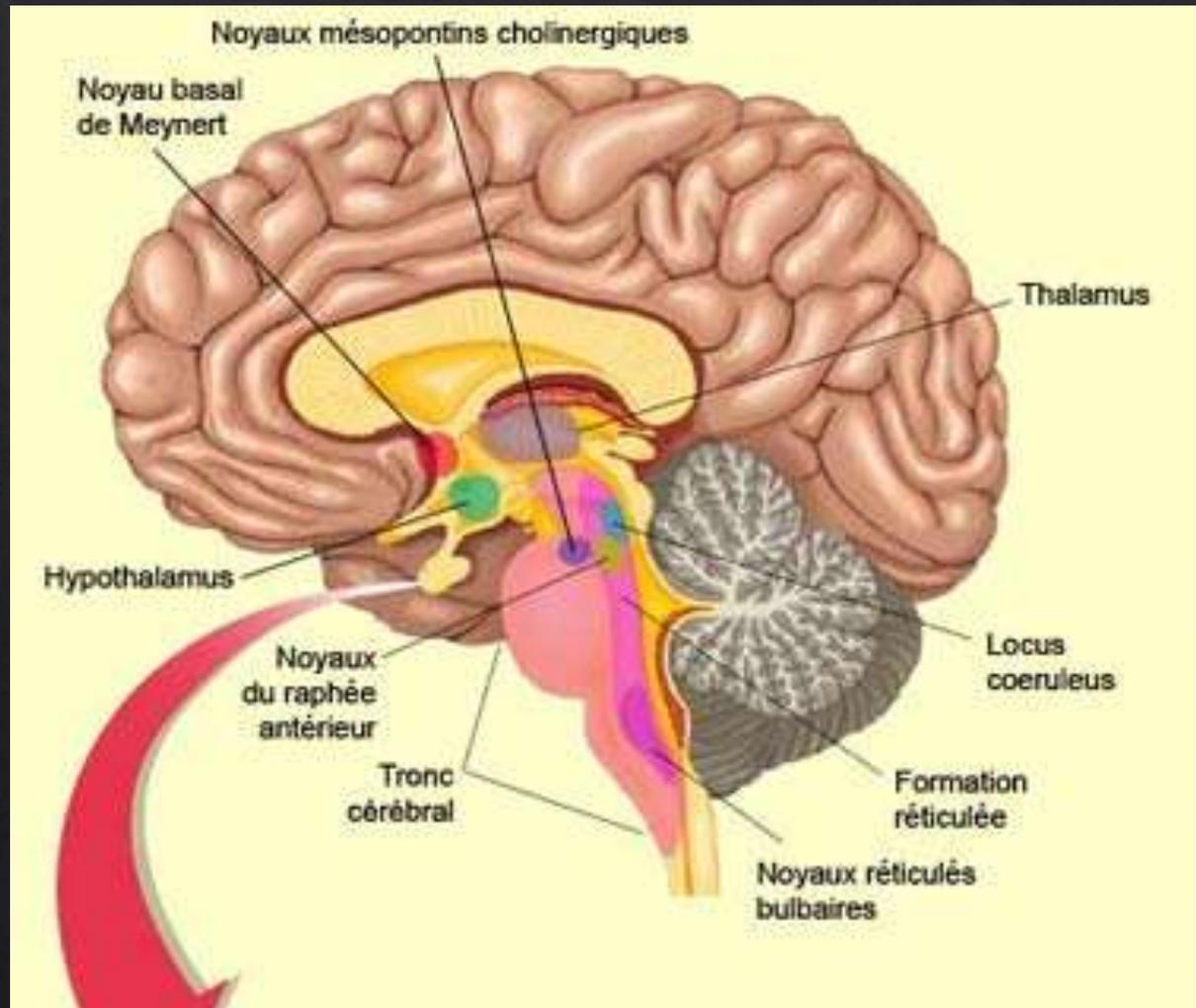


Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Fig. 9-19



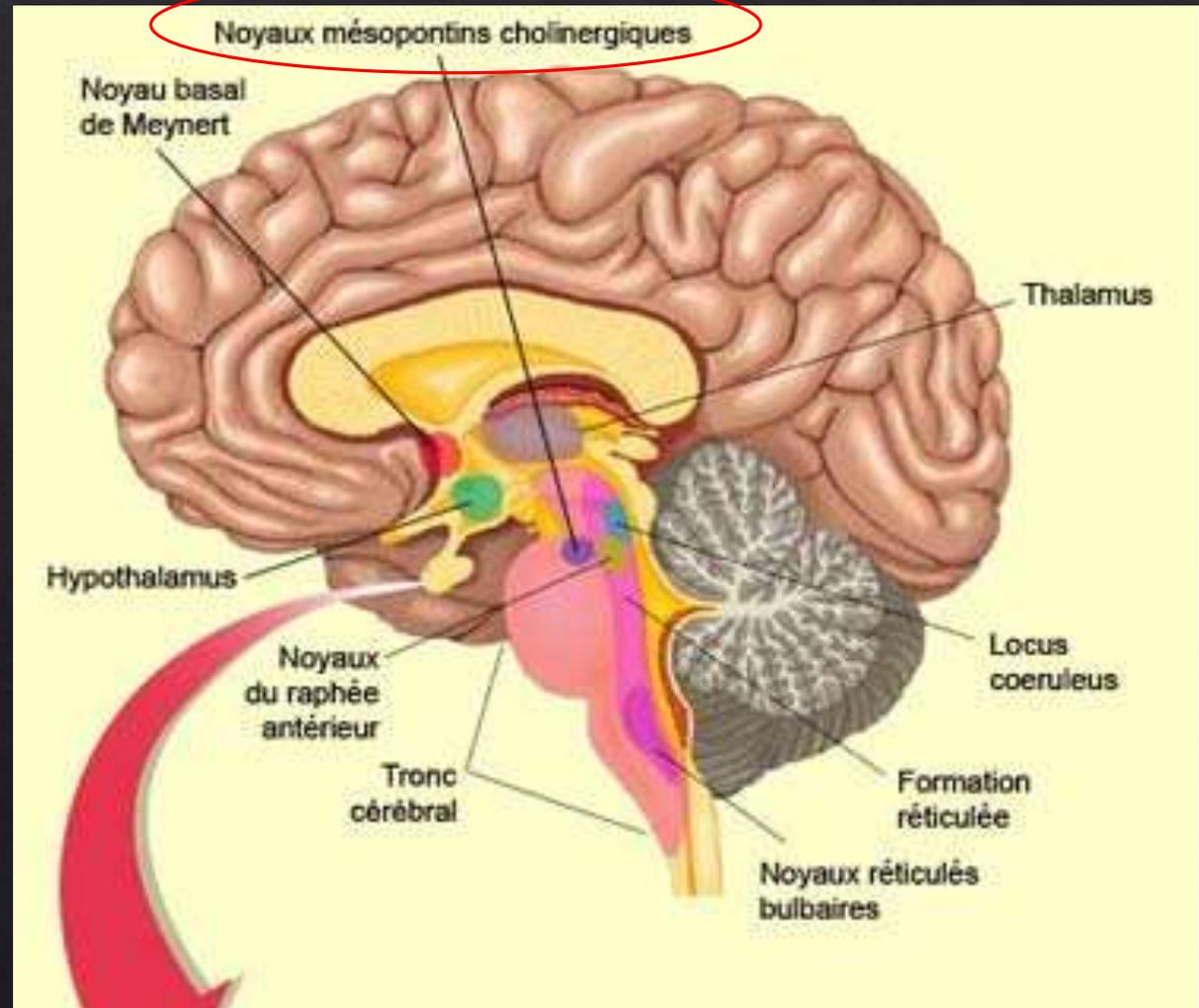
Ces neurones communiquent entre eux grâce à différents neurotransmetteurs mais ont tous en commun de **diminuer ou d'arrêter leur activité pendant le sommeil.**



**Les noyaux mésopontins cholinergiques, qui se projettent sur le thalamus.**

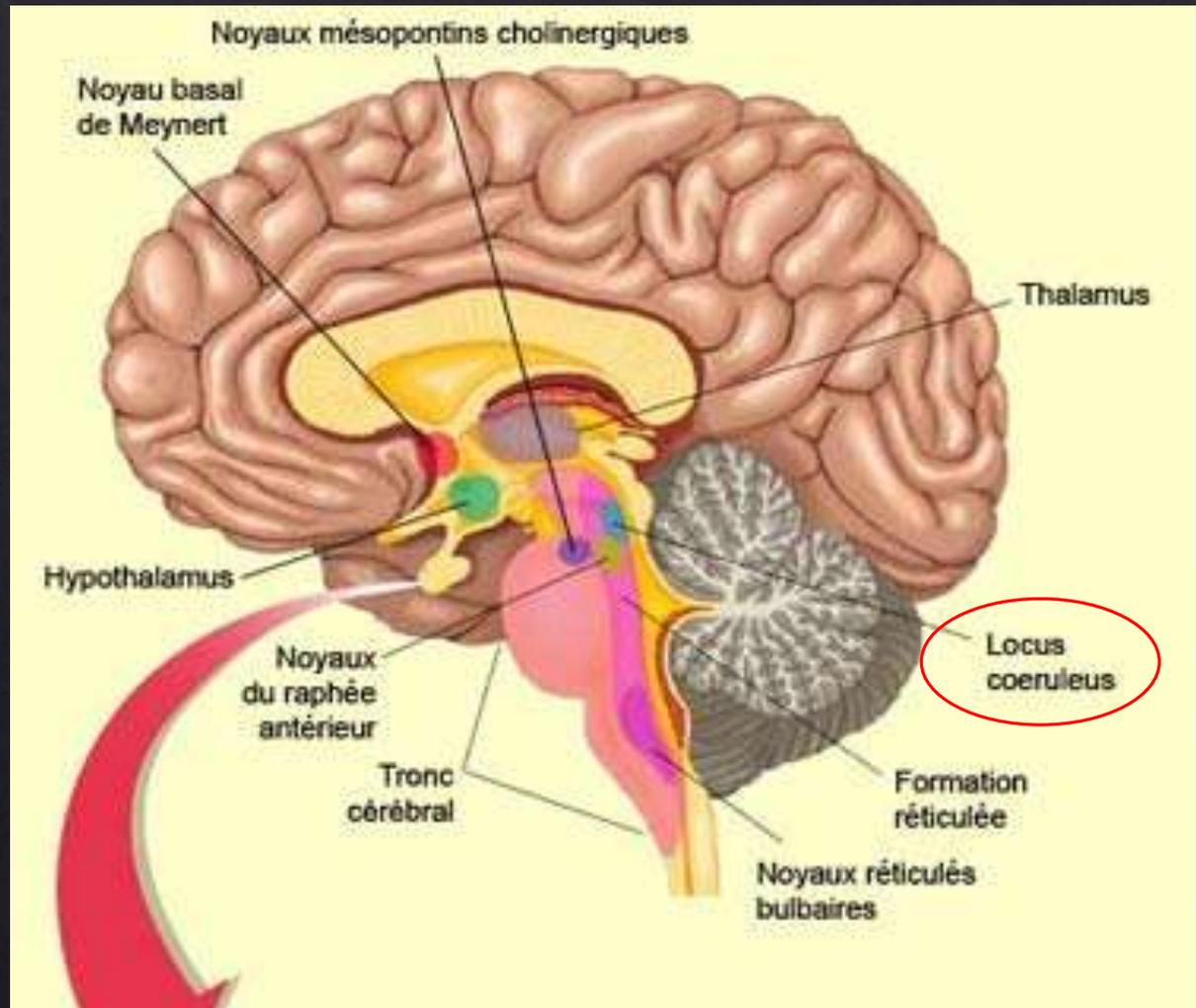
L'acétylcholine produite par ces noyaux exerce une double action : elle diminue l'activité du noyau réticulaire thalamique appartenant au système du sommeil ; et elle active les neurones thalamocorticaux impliqués dans l'éveil.

(sont aussi actifs pendant le sommeil paradoxal)

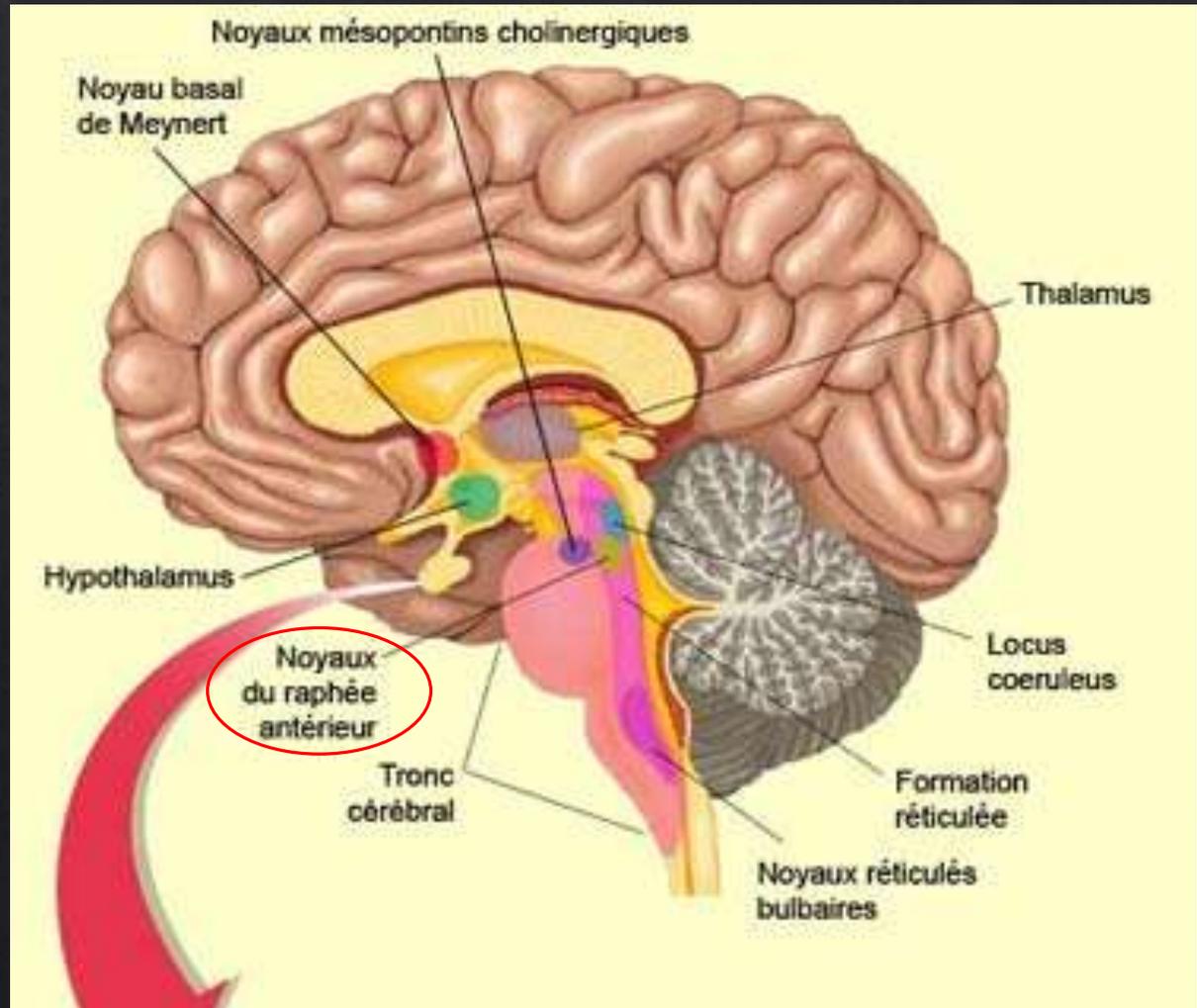


**Les noyaux du locus coeruleus**, situés dans la partie dorsale du pont, et dont les projections noradrénergiques influencent des structures cérébrales comme le thalamus, l'hippocampe et le cortex.

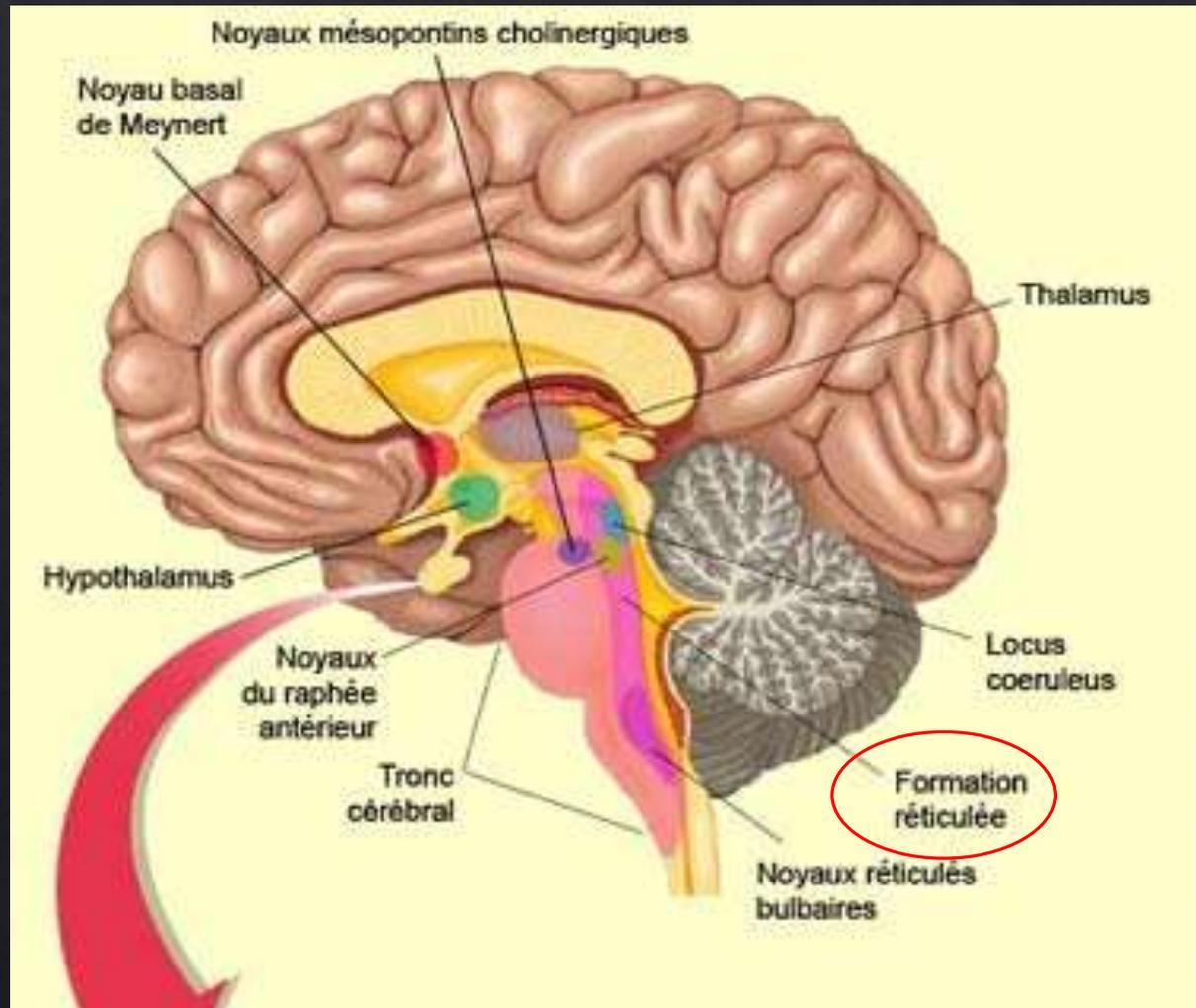
L'activité du locus coeruleus est maximale chez le sujet éveillé et actif, réduite durant un éveil calme, encore plus réduite en sommeil lent, et complètement abolie en sommeil paradoxal.



**Les noyaux sérotoninergiques du raphé antérieur** (ou supérieur), qui projettent de la sérotonine vers l'hypothalamus et le cortex. Actifs pendant l'éveil, l'effet global des noyaux du raphé antérieur est éveillant.

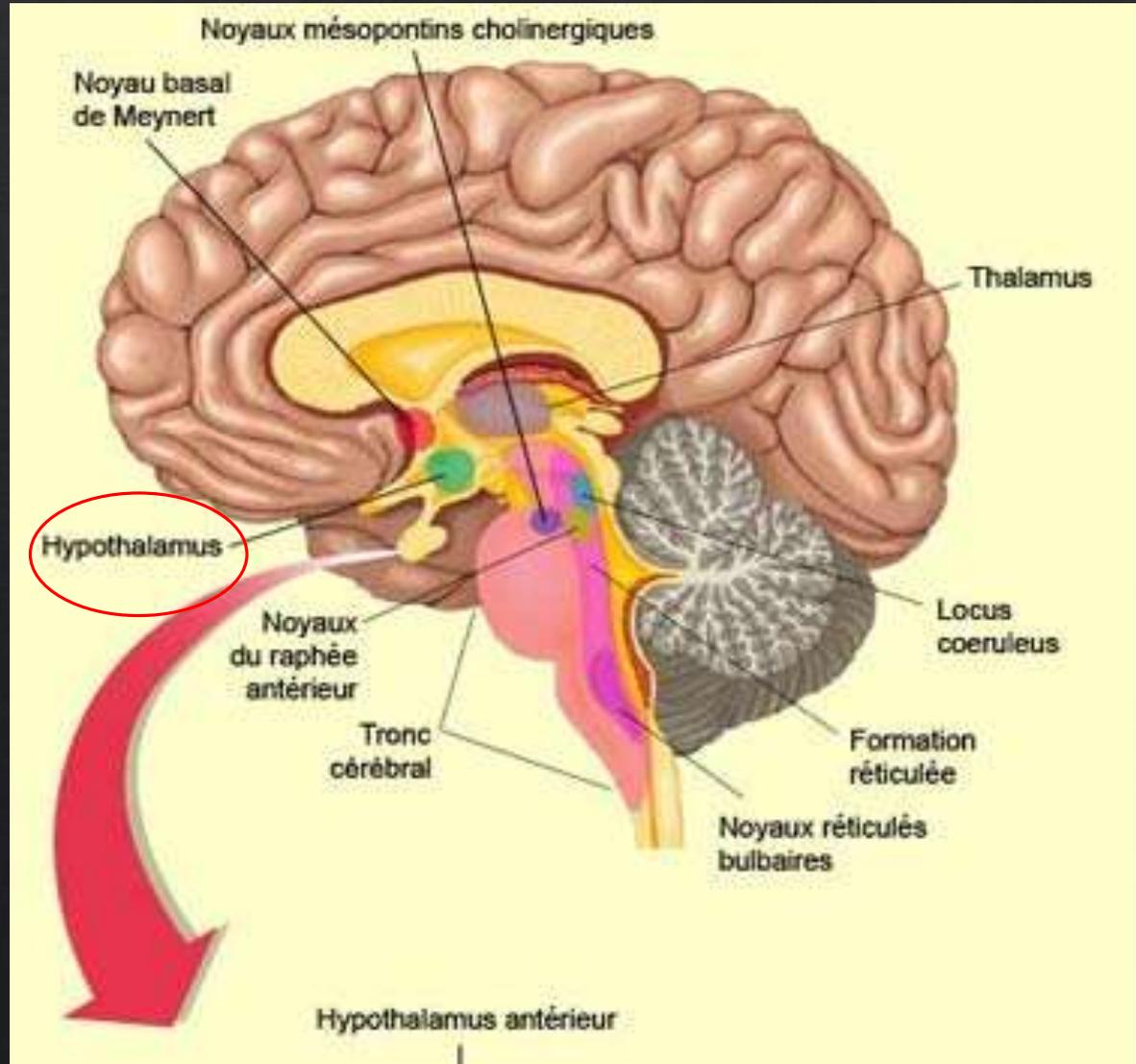


La formation réticulée mésencéphalique, qui se projette massivement sur les noyaux thalamiques, qui vont ensuite influencer tout le cortex. Son rôle en est un de désynchronisateur du cortex au sens large, favorisant l'éveil mais aussi le sommeil paradoxal.



Dans l'hypothalamus postérieur, certains neurones à **histamine** sont actifs dès le réveil, mais sont complètement silencieux durant le sommeil paradoxal.

Ces neurones envoient leurs projections sur l'ensemble du cerveau et notamment sur les autres neurones de l'éveil qu'ils contribuent à activer.

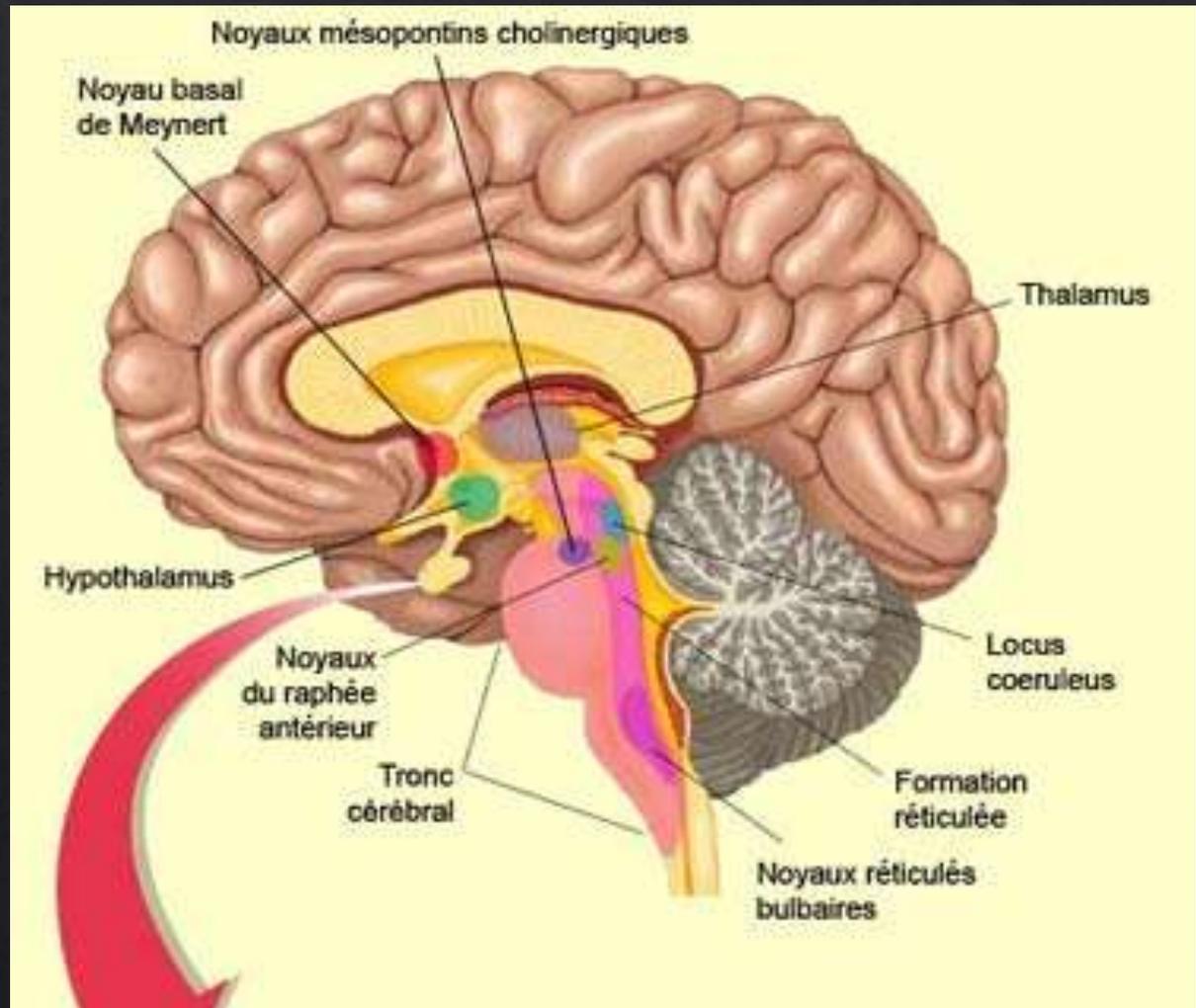


L'ensemble de ces structures du tronc cérébral reçoit des **collatérales des afférences sensorielles et végétatives** qui participent ainsi au maintien de leur activité.

Cette organisation redondante explique aussi pourquoi l'inactivation d'un seul système est suivie, après quelques jours, d'une **récupération complète de l'éveil**.

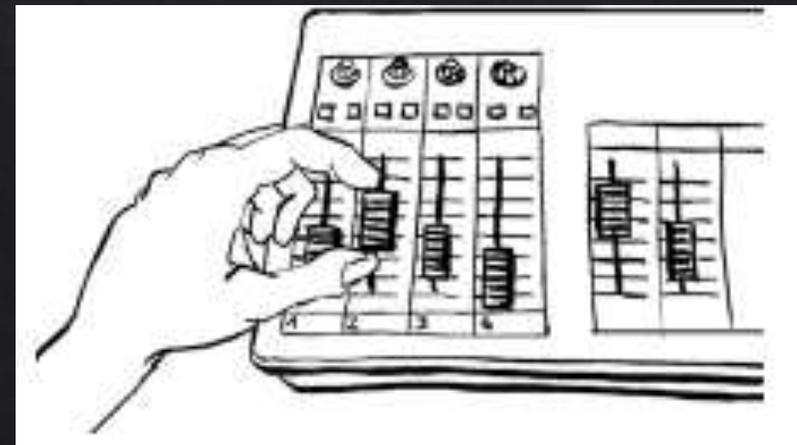
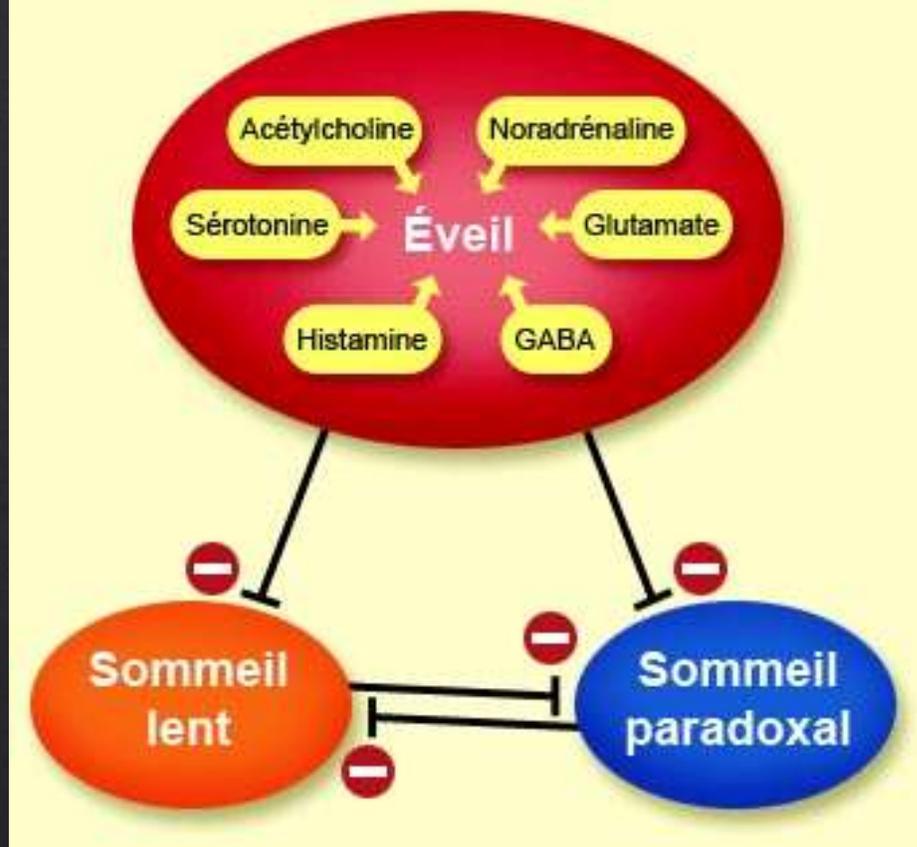
Aucune des structures décrites, prise isolément, n'est donc indispensable à l'activation corticale.

Il n'existe pas un interrupteur «on-off» **unique** de l'éveil ni du sommeil.



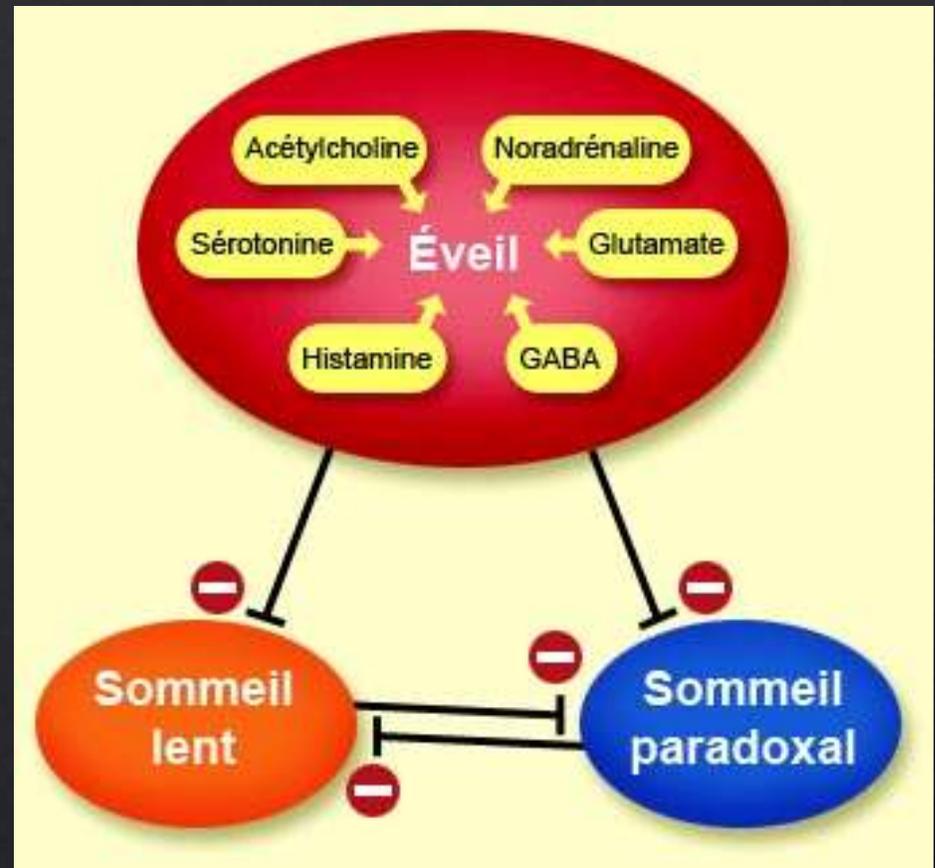
Les populations neuronales associées à l'éveil, au sommeil lent et au sommeil paradoxal fonctionnent donc un peu comme différents **interrupteurs** :

l'une d'entre elle entre en activité quand l'activité cesse dans l'autre, et vice versa.



Les populations neuronales associées à l'éveil, au sommeil lent et au sommeil paradoxal fonctionnent donc un peu comme différents **interrupteurs** :

l'une d'entre elle entre en activité quand l'activité cesse dans l'autre, et vice versa.



Mais d'autre part, un deuxième mécanisme parallèle favorise l'éveil : **l'inhibition du sommeil**.

Et les deux types de sommeil, **lent** et **paradoxal**, semblent faire l'objet d'une inhibition séparée par des circuits de l'éveil distincts.

# Les régulations complexes entre éveil et sommeil

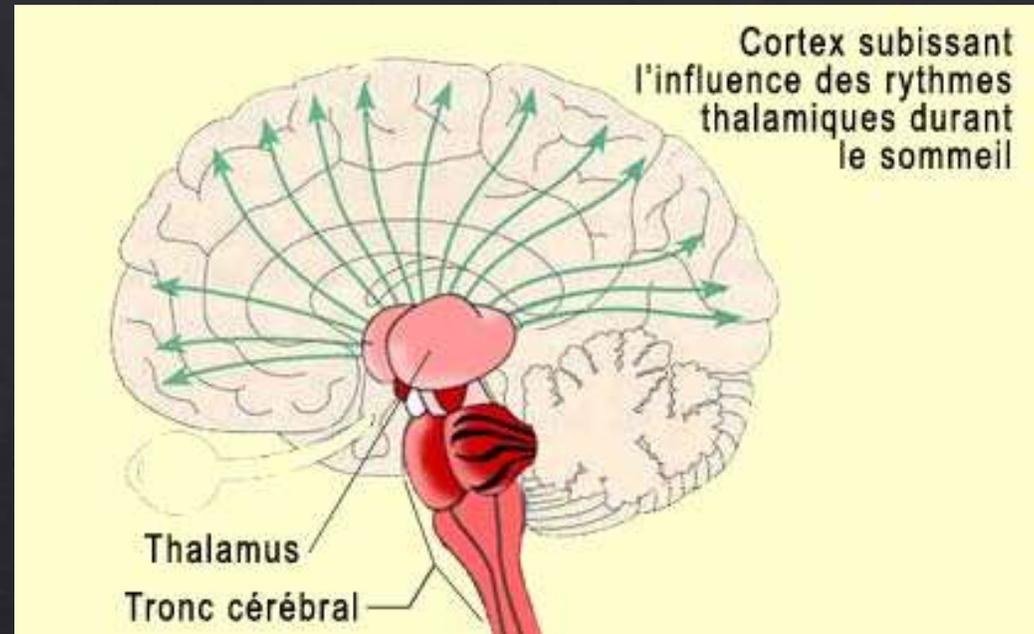
## Neuromodulateurs du **sommeil**

→ Le cerveau doit mener une véritable lutte contre lui-même en désactivant le puissant système de vigilance-éveil.

Car c'est l'ensemble de ces signaux  
d'éveil qui vont cesser de parvenir au  
cortex avec l'avènement du sommeil  
lent.

Car c'est l'ensemble de ces signaux d'éveil qui vont cesser de parvenir au cortex avec l'avènement du sommeil lent.

Ils seront interrompus au niveau du thalamus, véritable voie d'accès au cortex qui est grandement influencée par les systèmes neuromodulateurs diffus du tronc cérébral.

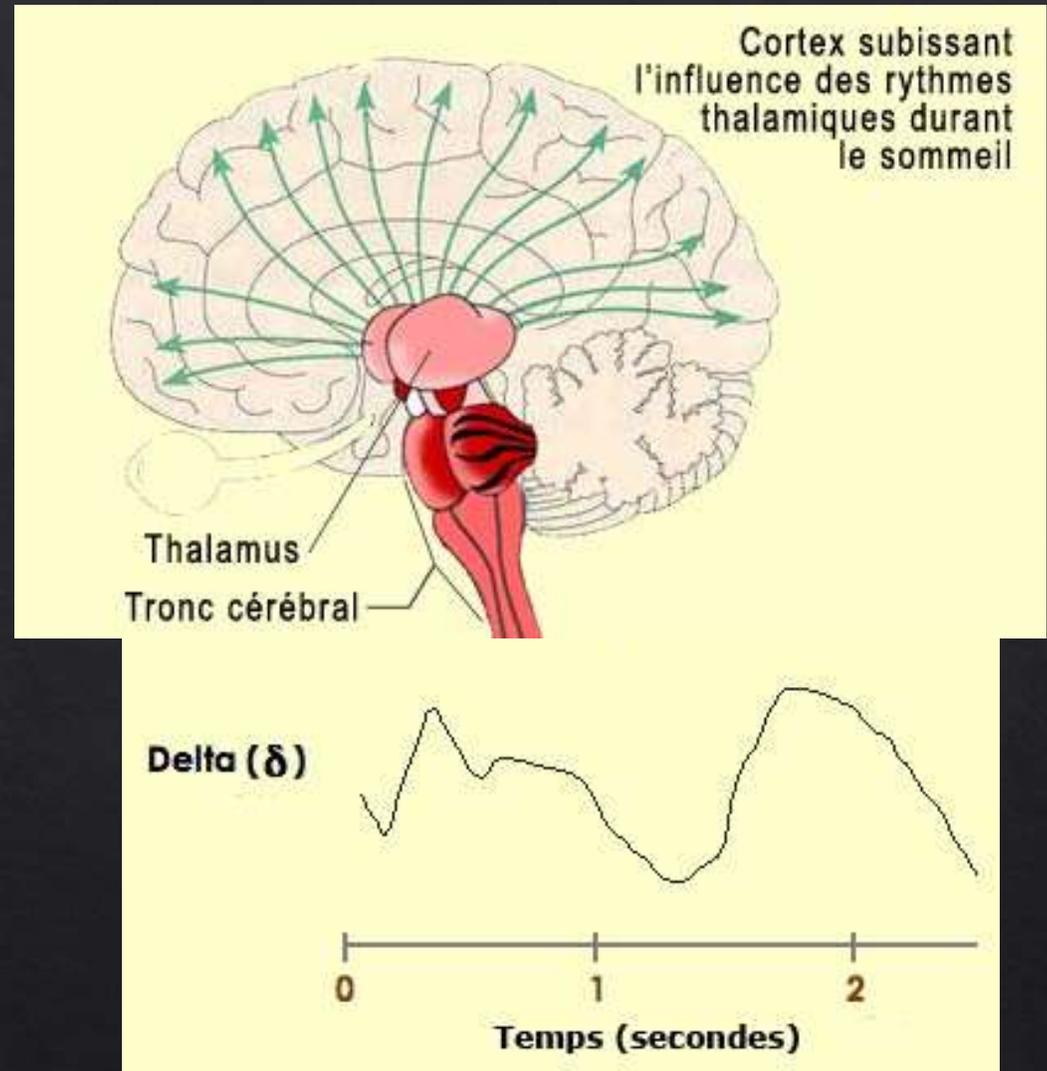


Plus précisément, c'est l'activité rythmique qui se met alors en place dans les neurones thalamo-corticaux de la région intra-laminaire du thalamus qui provoque cette déconnexion corticale des signaux internes et externes

tandis que **l'hypothalamus antérieur** inonde progressivement le cerveau de GABA (acide gamma aminobutyrique) jusqu'à la mise au silence complet de tous les systèmes d'éveil.

Le **sommeil lent** apparaît donc avec la disparition des effets cholinergiques de l'éveil qui libère les neurones « pacemaker » du noyau réticulaire thalamique.

Ceux-ci vont alors entraîner à leur rythme les neurones thalamo-corticaux qui vont à leur tour induire leurs « ondes lentes » dans tout le cortex.

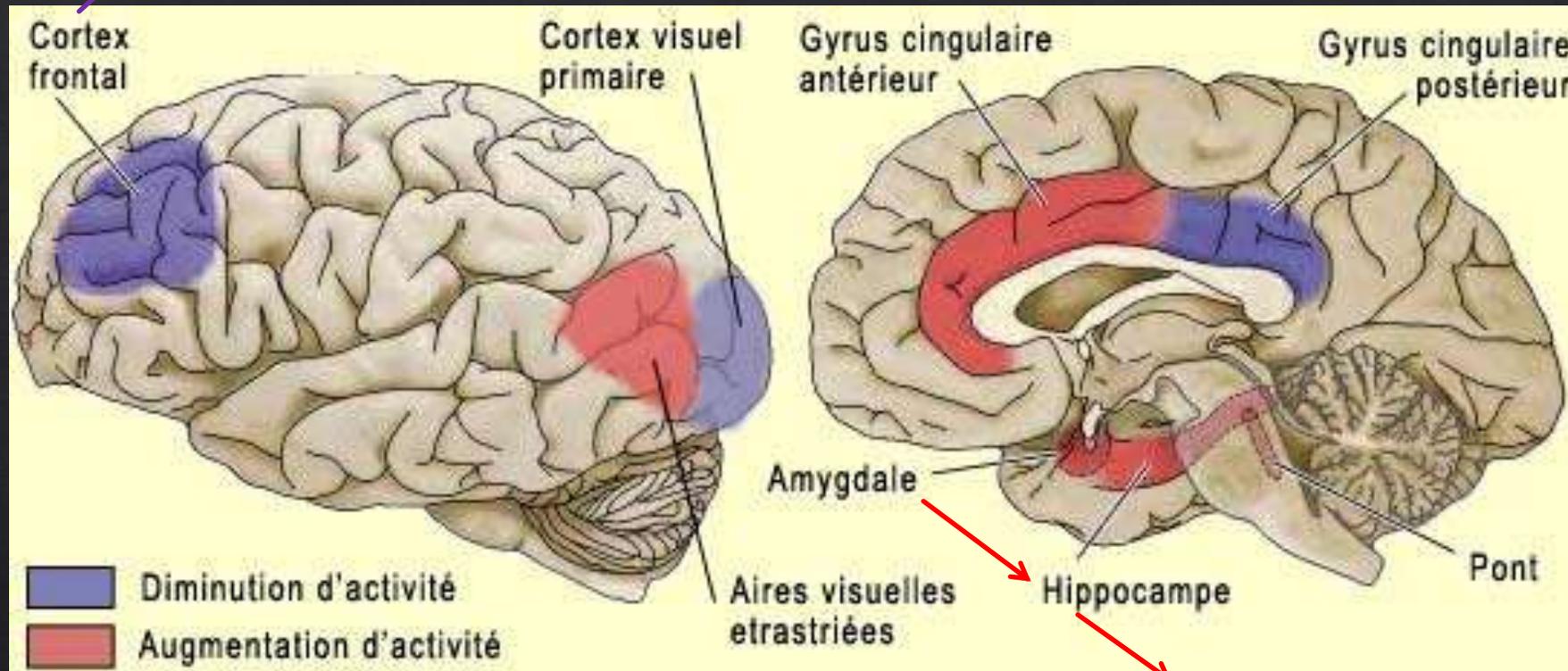


Les régulations complexes entre éveil et sommeil

La nuit avance et l'on se met à **rêver**...

# Variation d'activité cérébrale typique durant le REM (versus l'éveil)

impliqué dans la pensée consciente et le jugement, sa faible activité pourrait rendre compte des rêves bizarre, illogiques



(analyse de scènes visuelles complexes durant le sommeil paradoxal)

« émotions »

# Pourquoi on rêve ?

L'une des hypothèses part du constat qu'à la naissance, l'enfant consacre huit heures par jour au sommeil paradoxal et un peu plus encore durant sa vie intra-utérine.

Et aussi sur le fait que chez le jeune nourrisson, la paralysie musculaire étant imparfaite durant son sommeil paradoxal, celui-ci émet volontiers des mimiques correspondant aux expressions faciales de base comme la peur, le dégoût ou l'étonnement, alors qu'il est encore incapable d'offrir un simple sourire à sa mère durant l'éveil !

Or, ces expressions faciales, on le sait, relèvent d'une programmation génétique destinée à assurer, au sein de l'espèce, une communication élémentaire. Certains pensent donc que l'expression de notre patrimoine génétique dans le système nerveux du nourrisson aurait besoin des stimulations endogènes intenses qui surviennent durant les rêves pour compléter le câblage de nos circuits cérébraux.

D'où cette **hypothèse développementale sur les rêves.**

Comment ça explique qu'on continue à rêver une fois adulte ?

D'où l'« **hypothèse de la préservation de la personnalité** » proposée par des gens comme Michel Jouvet au début des années 1990.

Elle suggère que chez l'humain adulte, **le sommeil paradoxal contribuerait à préserver la personnalité de l'individu ou à la modifier** en fonction de l'expérience vécue. Pour qu'elle soit le plus adaptée possible à son environnement.

Cette approche élargie, où le rêve contribue à la fois à maintenir les bases génétiques de la communication émotionnelle et de la personnalité, cadre bien dans une perspective évolutive.

Tout comme d'ailleurs la **théorie de la simulation de menaces** proposée au début des années 2000 par des gens comme Antti Revonsuo.

L'idée étant qu'en simulant des situations menaçantes comme dans les rêves où on est poursuivi, on peut tester des moyens d'y échapper.

Et ces simulations auraient été avec le temps étendues plus largement, incluant toutes sortes de situations sociales malaisantes qui sont plus fréquentes dans nos vies d'aujourd'hui.

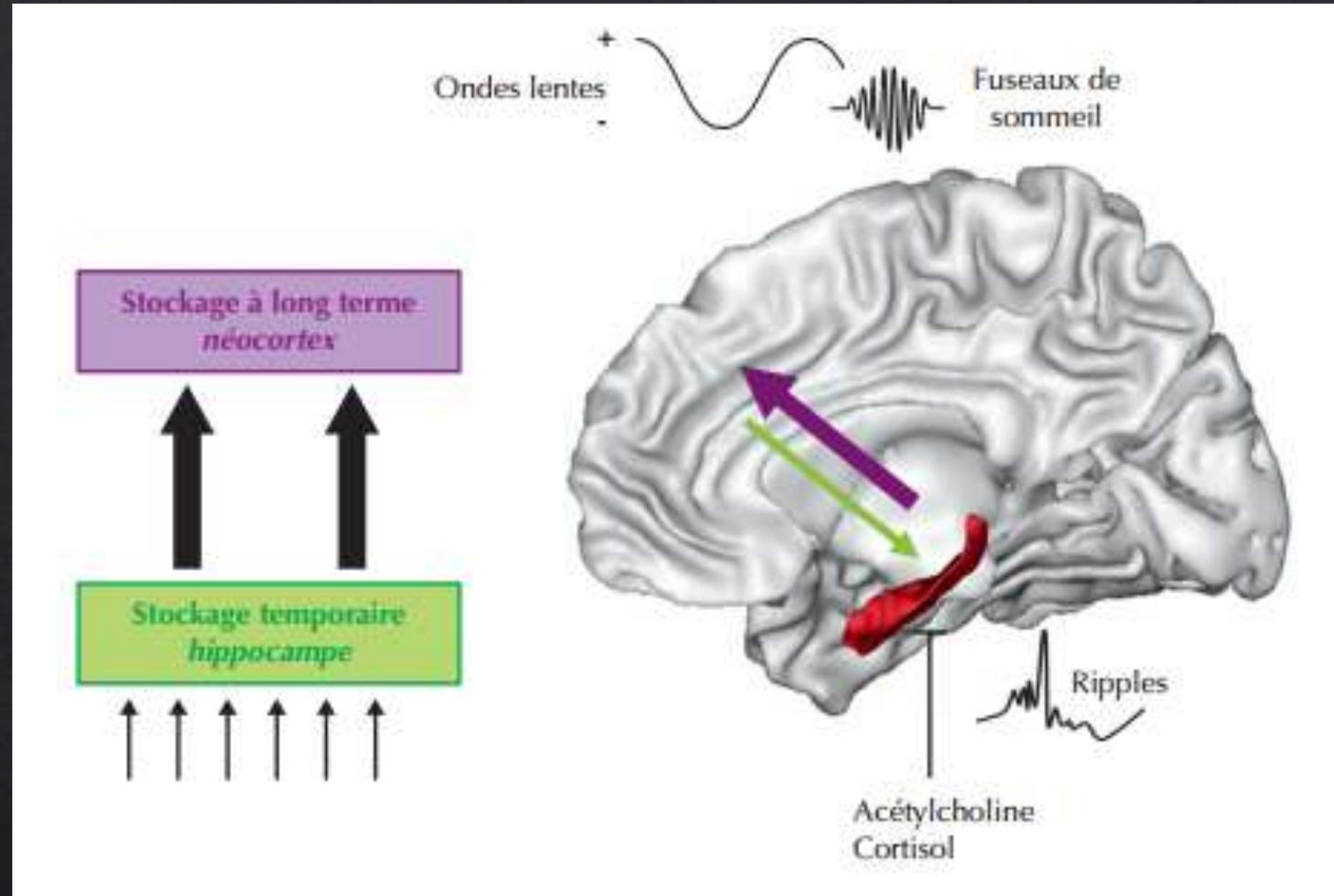
Plus récemment encore, t'as le modèle « NEXTUP » – pour **Network Exploration to Understand Possibilities** – qui vient d'être proposé par Antonio Zadra and Robert Stickgold dans leur livre de 2021 intitulé *When Brains Dream*, et qui élargit encore davantage cette idée de simulation.

Les rêves seraient ainsi une sorte de terrain de jeu où on imaginerait des situations inédites parce que formées par l'association de souvenirs disparates afin de tester nos réactions émotionnelles face à ces situations imaginaires.

Et comme émotion et signification sont intimement liés, comme on va le voir la prochaine fois, les rêves nous permettraient d'évaluer et d'extraire du sens de ces histoires-là, ce qui nous aiderait à adopter dans la vraie vie des comportements plus adaptés à des situations probables parce qu'issues du mélange de souvenirs récents et plus anciens.

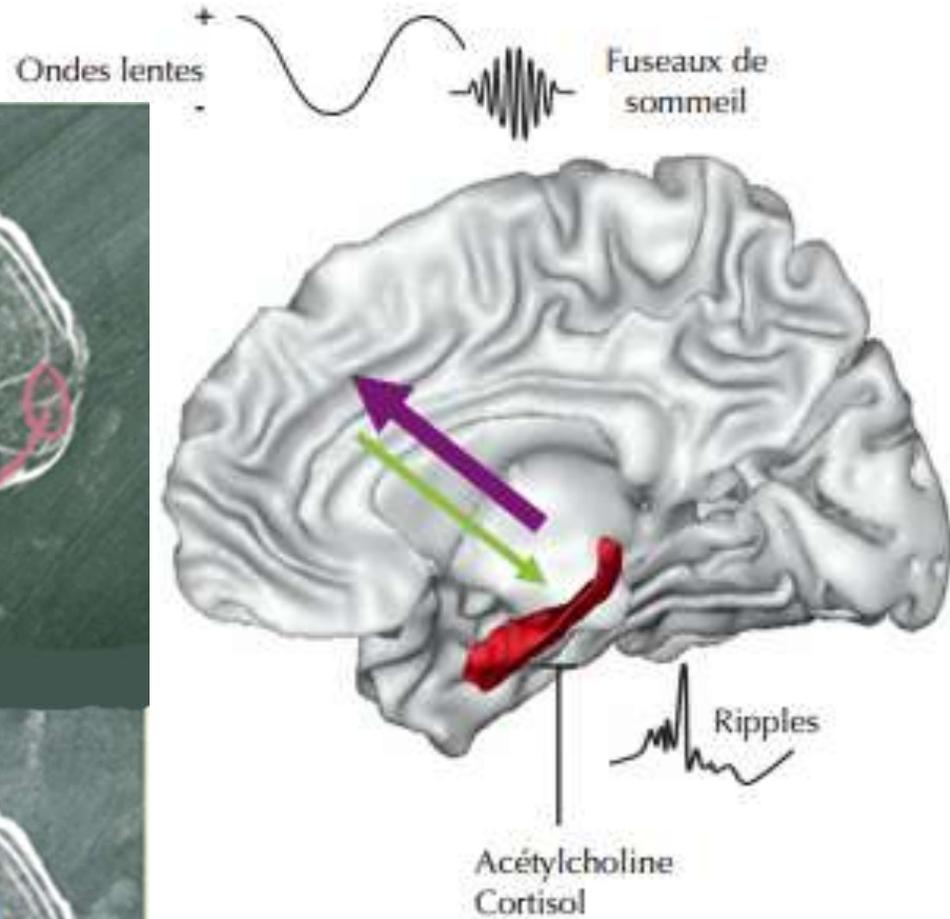
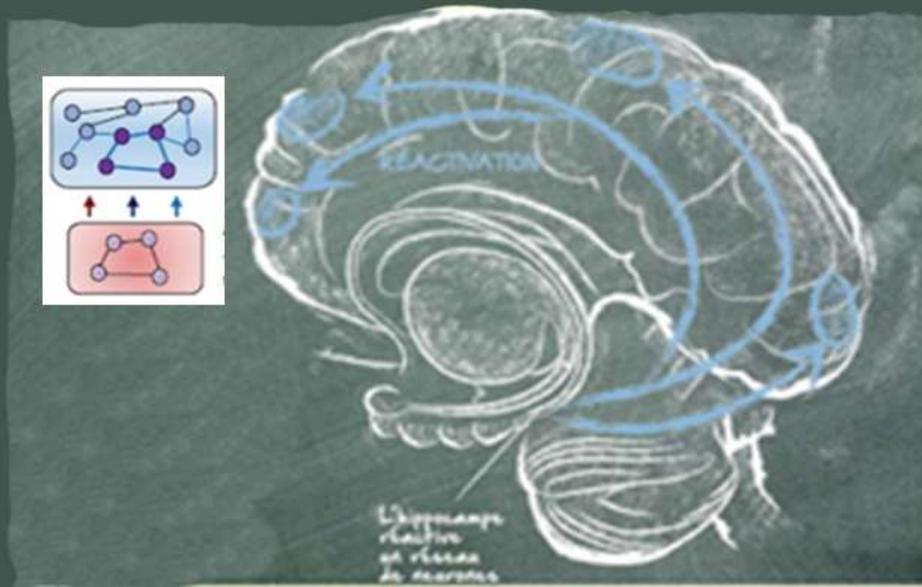
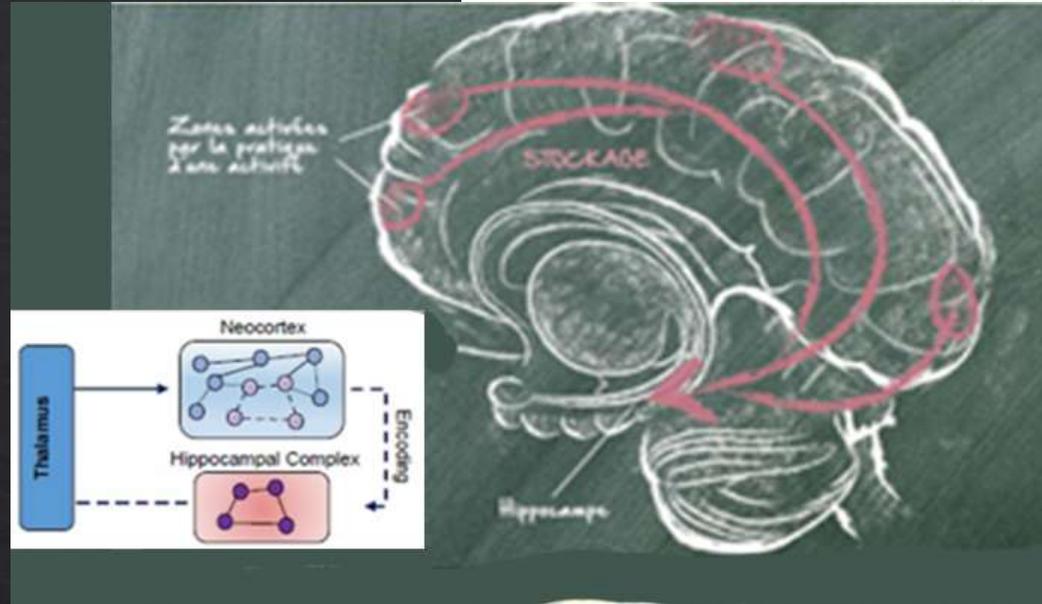
Mais un mélange qui semble se faire surtout au niveau sémantique, par analogies de sens, ce qui donnerait à nos rêves cet aspect métaphorique.

# Rôle du sommeil dans la consolidation de la mémoire :

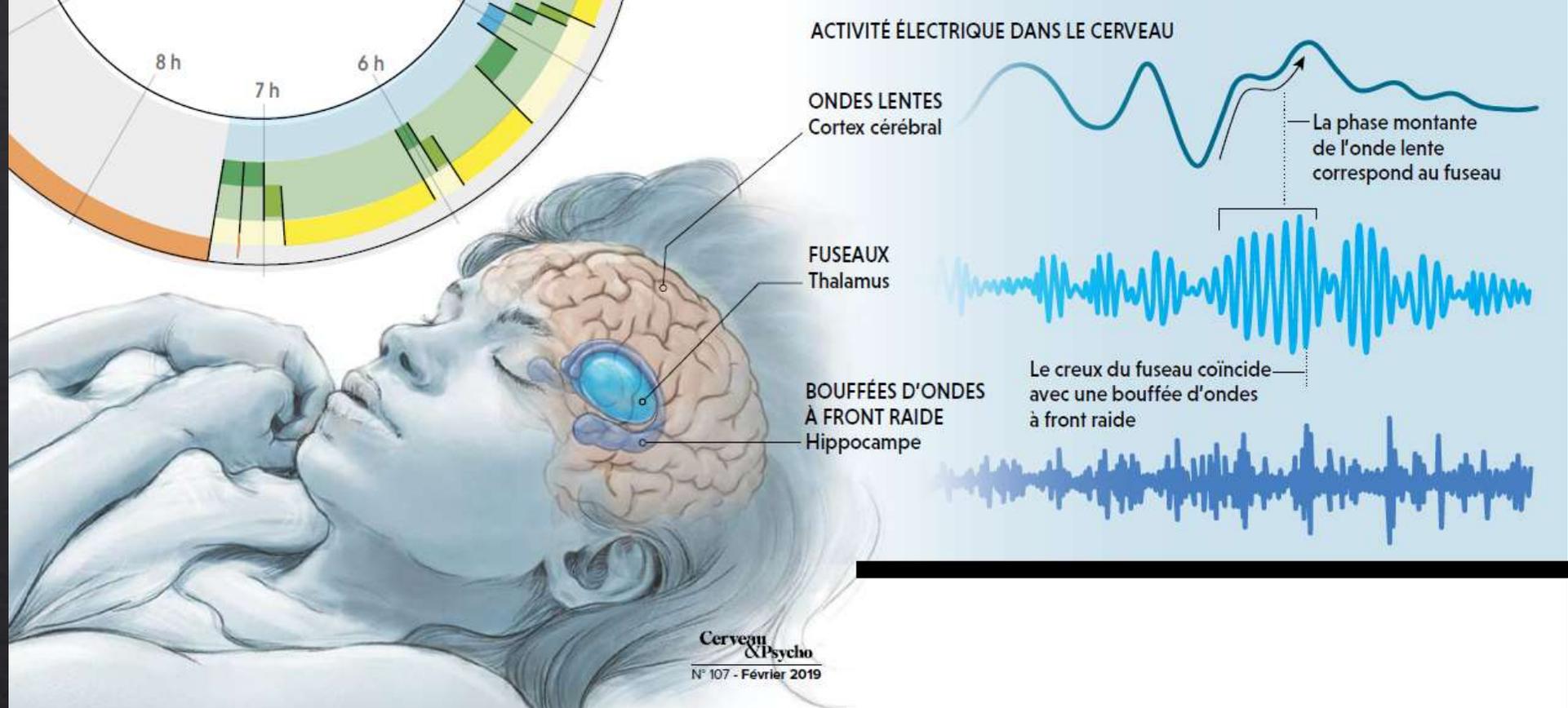


# Rôle du sommeil dans la consolidation de la mémoire :

## Éveil



## Sommeil



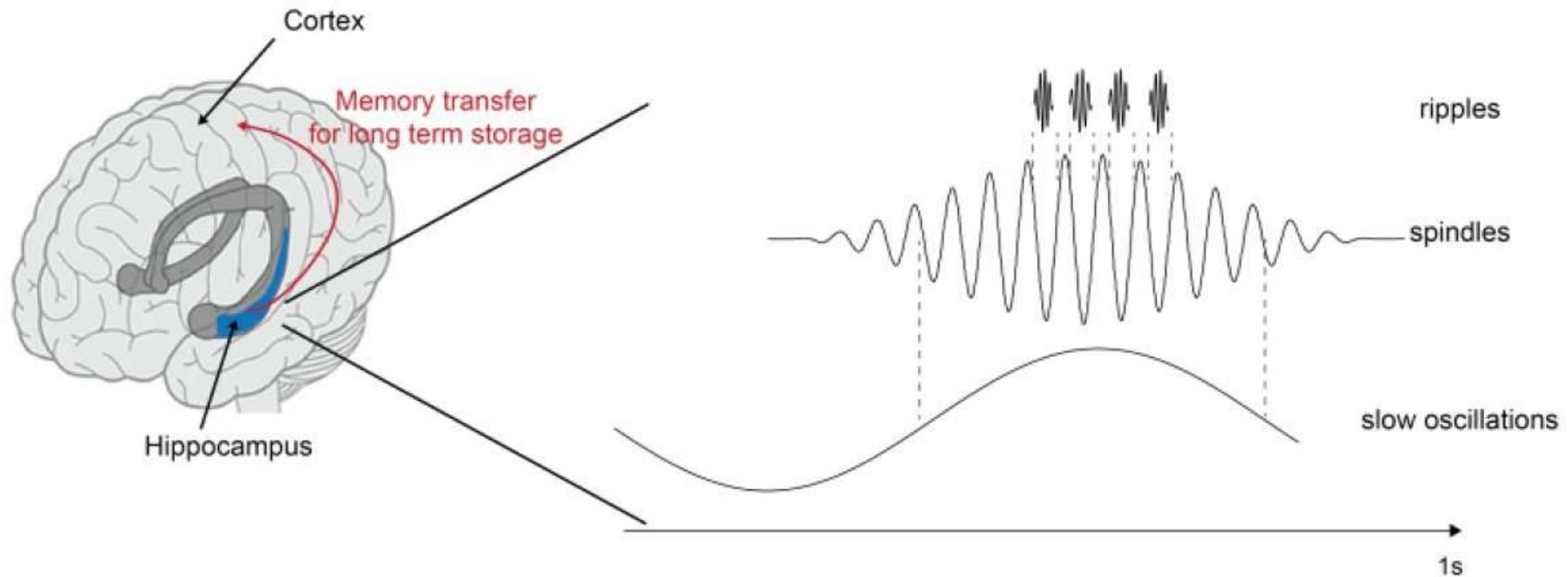
Les rythmes cérébraux fournissent des indices sur la façon dont le sommeil aide à stocker des souvenirs.

Chaque ondes lentes ou ondes delta, comptant de 0,5 à 4 oscillations par seconde, comporte une phase **descendante**, durant laquelle les neurones sont **silencieux**, et une phase **montante**, durant laquelle ils **reprennent leur activité**.

Comment apprendre en dormant

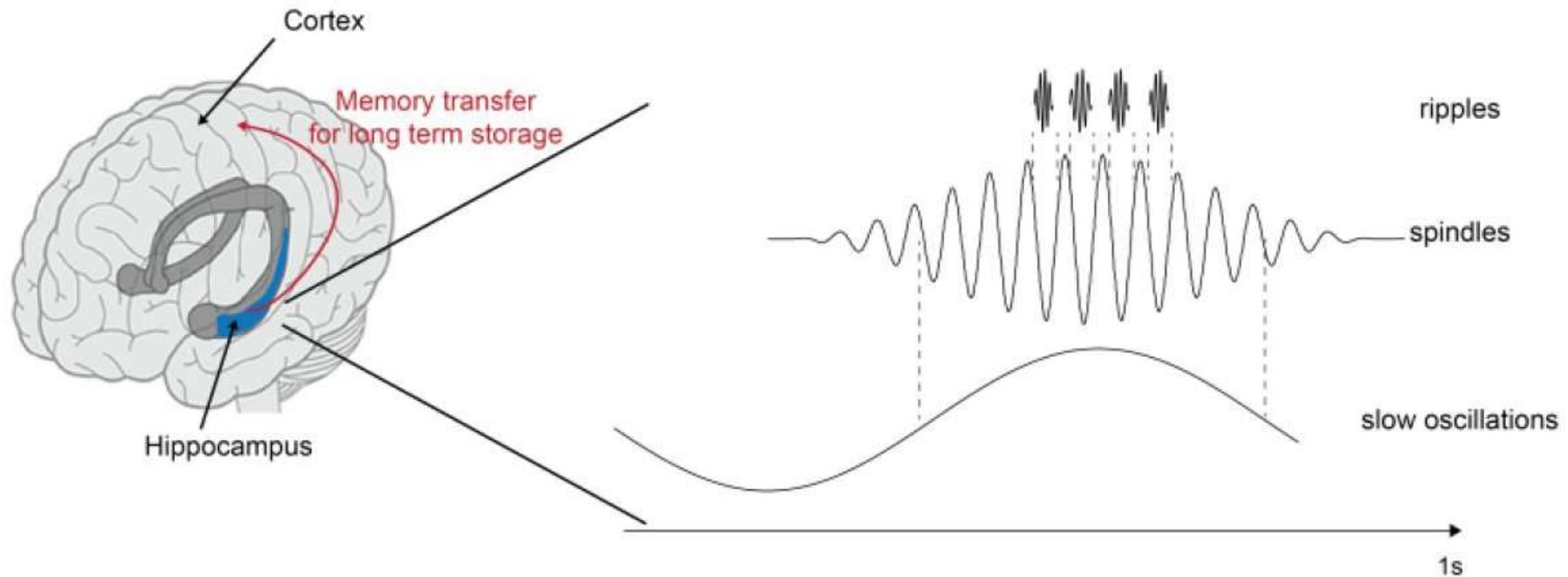
Par Ken A. Paller et Delphine Oudiette.

Cerveau & Psycho, N° 107 - [Février 2019](#)



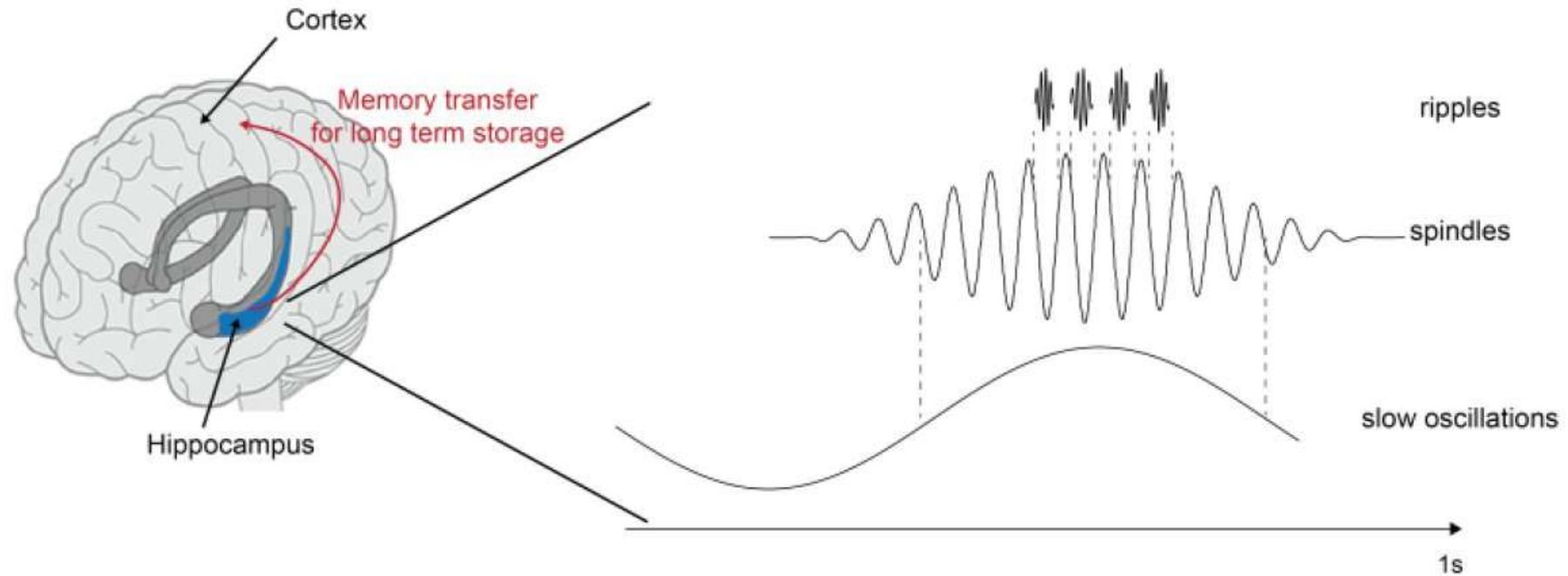
La phase ascendante coïncide souvent avec des « **fuseaux de sommeil** » émis par le thalamus, de brèves accélérations de 12 à 15 oscillations par seconde pendant 0,5 à 2 secondes.

Ils surviennent à leur propre rythme, environ toutes les 5 secondes, et coordonnent l'activité de bouffées d'ondes de haute fréquence (150 à 200 hertz) nommées **ondes à front raide**. Localisées dans l'hippocampe, ces oscillations coïncident avec la réactivation neuronale des souvenirs.



Pendant tout ce temps, les **ondes lentes** continuent de jouer le **rôle de chef d'orchestre** : leurs oscillations mesurées dans le cortex coordonnent le rythme des fuseaux du sommeil et des bouffées d'ondes à front raide.

Un dialogue entre l'hippocampe et le cortex **impliquant tous ces rythmes cérébraux** déclenche le processus dit de consolidation, un processus qui permet aussi de dégager des points communs et d'en extraire l'information essentielle, précieuse pour **anticiper de nouvelles situations**.



“we see that SOs, spindles and ripples are **functionally coupled** in the hippocampus.

And we hypothesize that they provide **fine-tuned temporal frames** for the transfer of memory traces to the neocortex.”

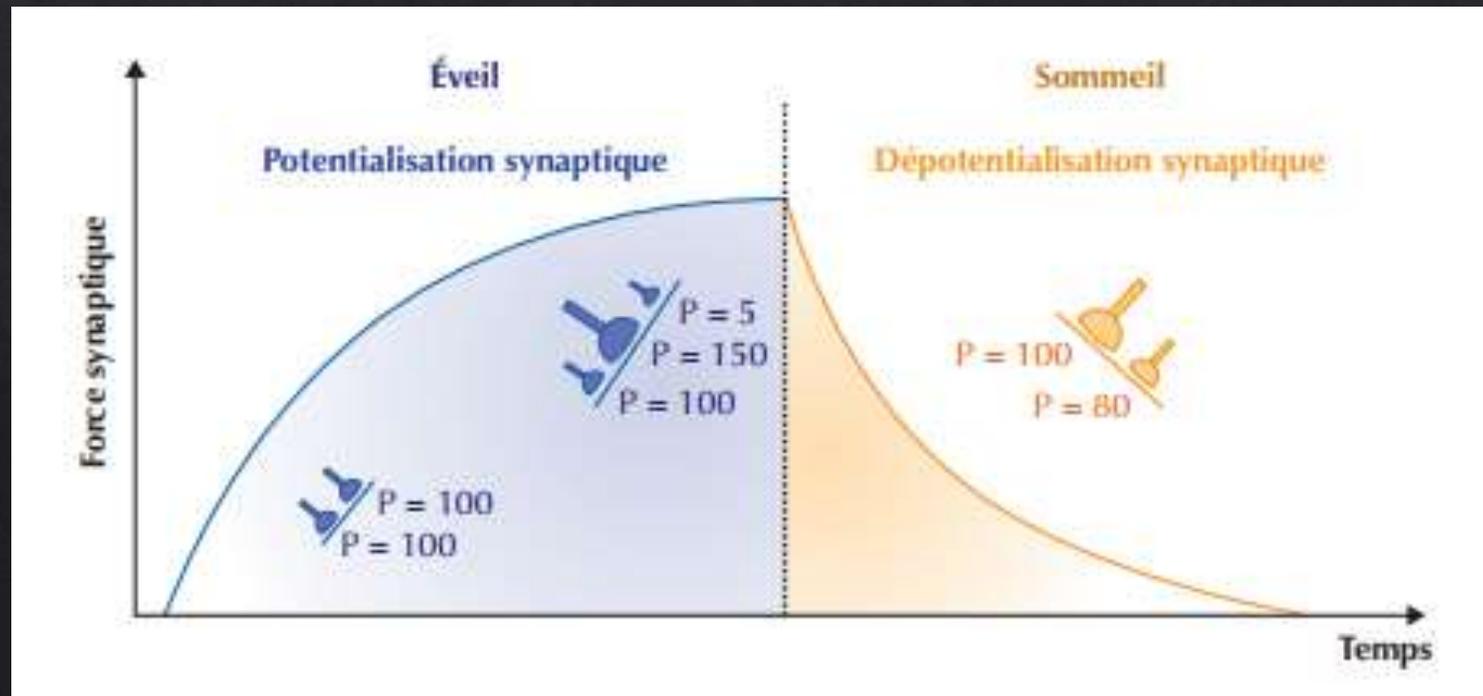
**Brain consolidates memory with three-step brainwave**

September 21, 2015

<https://www.sciencedaily.com/releases/2015/09/150921133948.htm>

## Sommeil et « reset neuronal » [recalibrage synaptique] :

- Diminution de l'ordre de 20% des surfaces de contact synaptiques durant le sommeil;
- Diminution du nombre de récepteur au glutamate dans les synapses excitatrices durant le sommeil



2015 Jan 16.

## Sleep, Memory & Brain Rhythms

Brendon O. Watson and György Buzsáki

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4474162/>

“ This theory then postulates that sleep performs a **combination** of **consolidation** and **homeostasis** [**recalibrage synaptique**] that promotes optimal knowledge retention as well as optimal waking brain function.”

« Le sommeil est le prix à payer par notre cerveau pour sa plasticité, sa capacité d'apprendre. »

Les travaux de Jeff Liff pointent vers une fonction essentielle :  
**l'élimination des déchets** produits durant le jour par le cerveau, et qui  
se ferait surtout la nuit.

**Jeff Liff: One more reason to get a good night's sleep**

<https://tedsummaries.com/2014/10/15/jeff-liff-one-more-reason-to-get-a-good-nights-sleep/>

13 février 2019

## Le système glymphatique : les égouts du cerveau

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2019/02/13/7884/>

Durant le **sommeil** l'espace intercellulaire s'accroît jusqu'à 60 % permettant une meilleure circulation du fluide.

(les cellules du cerveau se contractent et ouvrent par le fait même un espace le long des vaisseaux par où le liquide céphalo-rachidien va s'écouler)



13 février 2019

## Le système glymphatique : les égouts du cerveau

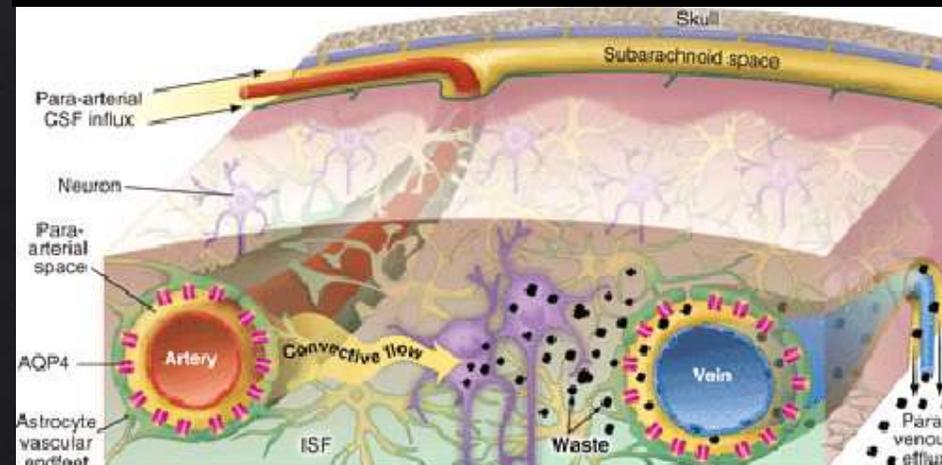
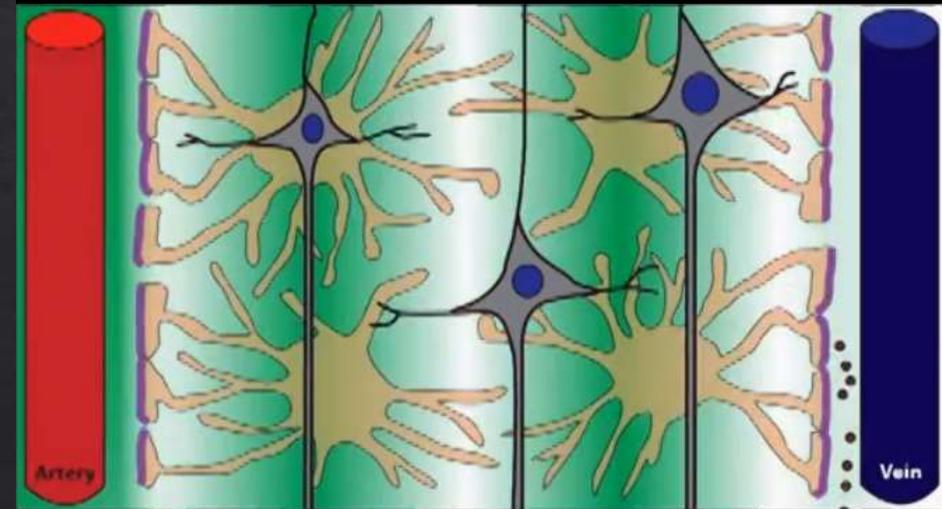
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2019/02/13/7884/>

Durant le **sommeil** l'espace intercellulaire s'accroît jusqu'à 60 % permettant une meilleure circulation du fluide.

(les cellules du cerveau se contractent et ouvrent par le fait même un espace le long des vaisseaux par où le liquide céphalo-rachidien va s'écouler)

L'évacuation de la protéine  **$\beta$ -amyloïde** se révèle « *deux fois plus efficace* » chez les souris **endormies** que chez les souris éveillées.

<https://www.lessymboles.com/je-dors-donc-jelimine/>



## Deep sleep cleanses the brain

28.2.2019

[https://www.helsinki.fi/en/news/health-news/deep-sleep-cleanses-the-brain?utm\\_source=facebook&utm\\_medium=social\\_owned&utm\\_campaign=news&fbclid=IwAR0uKuQ5xodbcmEOts85vAukNMy-9GB4iIsEB8r3OkCqbqPIShSviuKNN8o](https://www.helsinki.fi/en/news/health-news/deep-sleep-cleanses-the-brain?utm_source=facebook&utm_medium=social_owned&utm_campaign=news&fbclid=IwAR0uKuQ5xodbcmEOts85vAukNMy-9GB4iIsEB8r3OkCqbqPIShSviuKNN8o)

Six different drug combinations were used to anaesthetise mice in the study.

The researchers found that drug combinations containing **dexmedetomidine**, which reduces the noradrenergic signalling of the brain, achieved a state of deep, **slow-wave sleep** closely resembling natural sleep.

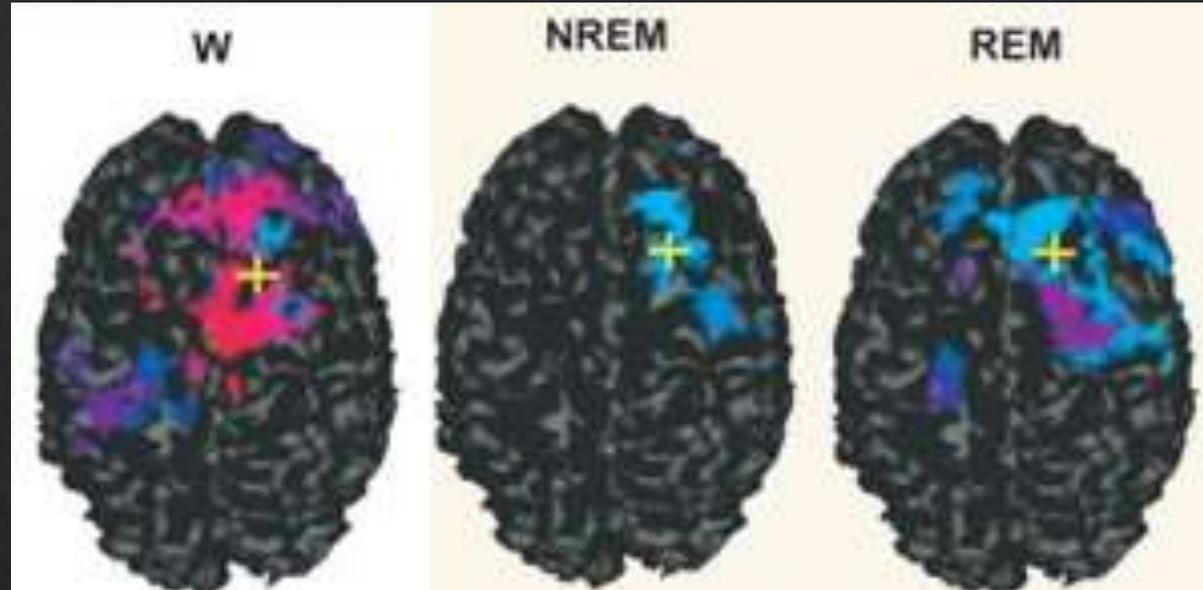
“Dexmedetomidine **improved glymphatic clearance** and is already in clinical use.

Voilà déjà une fonction importante qui justifie de bonnes nuits de sommeil.

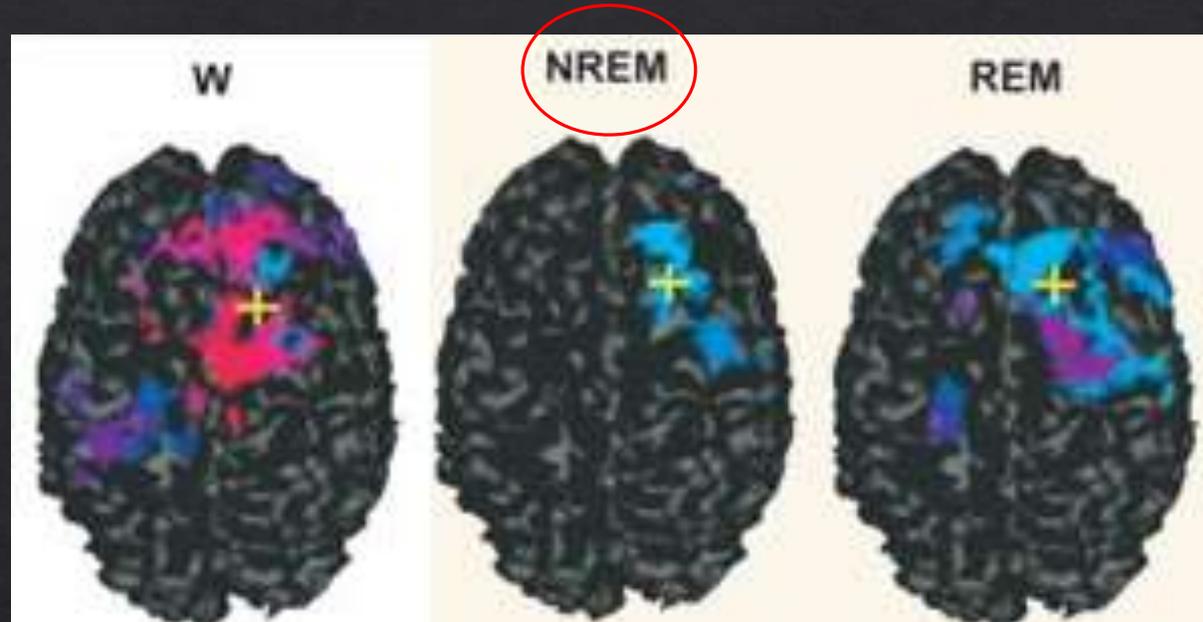
Sans compter que d'autres études ont démontré qu'une diminution du sommeil est associé à une augmentation de protéines bêta-amyloïde dans le cerveau.

Sommeil et (perte de) conscience

En 2010, Giulio Tononi et son équipe ont publiée dans la revue *Cognitive Neuroscience* une étude où l'on a employé la stimulation magnétique transcrânienne (SMT) dans trois états suivants :



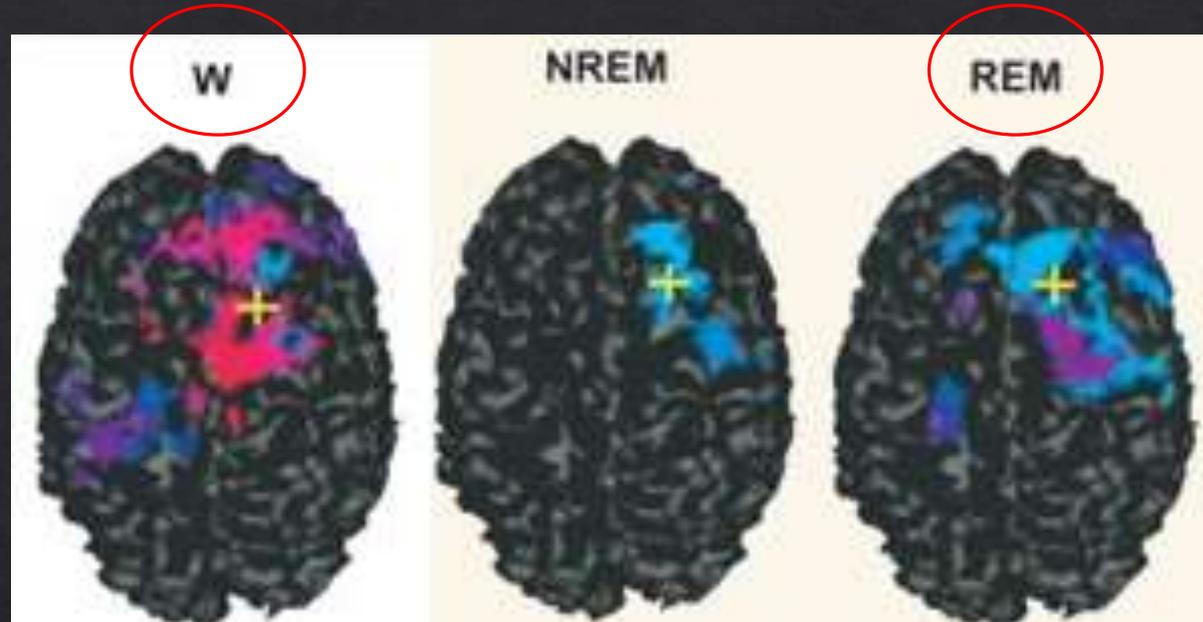
En 2010, Giulio Tononi et son équipe ont publiée dans la revue *Cognitive Neuroscience* une étude où l'on a employé la stimulation magnétique transcrânienne (SMT) dans trois états suivants :



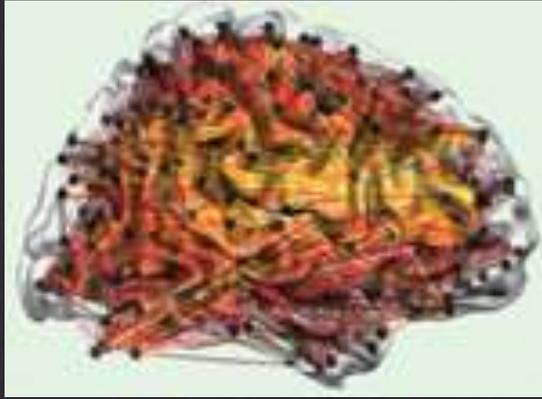
pendant qu'ils enregistraient l'activité cérébrale évoquée par ce stimulus par électroencéphalogramme (EEG).

**L'activité cérébrale en sommeil profond est plus locale et stéréotypée,** indiquant possiblement une dégradation du dialogue incessant entre le thalamus et de larges pans du cortex durant l'éveil.

En 2010, Giulio Tononi et son équipe ont publiée dans la revue *Cognitive Neuroscience* une étude où l'on a employé la stimulation magnétique transcrânienne (SMT) dans trois états suivants :



À l'inverse, **durant le sommeil paradoxal**, période où l'on rêve, donc où l'on a l'impression d'avoir des sensations conscientes et de vivre plein d'aventures, la SMT produisait des **patterns d'activation corticaux plus étendu qui étaient similaire à ceux observés à l'état de veille.**



Cela correspond aussi à ce que Douglass Godwin et son équipe ont observé en analysant la connectivité fonctionnelle du cerveau de leurs sujets lorsqu'ils disaient avoir perçu consciemment une image qui leur était brièvement présentée :

une **réduction soudaine de la modularité fonctionnelle du cerveau** au profit d'une communication neuronale à grande échelle dans l'ensemble des circuits cérébraux.

Benali et ses collègues ont observé, avec une technique d'imagerie cérébrale mesurant la connectivité fonctionnelle entre différentes régions du cerveau, une **fragmentation modulaire de l'activité cérébrale quand on s'endort en sommeil profond** et qu'on perd ce qu'on appelle la conscience.

Et ils font l'hypothèse que **cette réorganisation en de plus en plus de petites unités d'intégration modulaire** qui apparaît avec le sommeil profond empêche le cerveau de faire cette **intégration globale qui semble nécessaire à la conscience**.