

Plan

Avant-midi :

1^{er} bloc : Perspective évolutive sur l'émergence des systèmes nerveux

2^e bloc : Développement, plasticité cérébrale, perception et action :
des processus dynamiques à différentes échelles de temps

Après-midi :

3^e bloc : De grands réseaux cérébraux transitoires :
Affordances et prise de décision, inconscient et langage conscient

4^e bloc : Le « cerveau-corps-environnement » :
stress et effet placebo, le grand cadre théorique du cerveau prédictif

Plan

2^e bloc : Développement, plasticité cérébrale, perception et action :
des processus dynamiques à différentes échelles de temps

Intro : des processus dynamiques à différentes échelles de temps

Survol du développement cérébral

Mécanismes de communication et de plasticité neuronale
(anciens et nouveaux)

L'engramme mnésique, ou les traces du souvenir

Ce qui favorise l'apprentissage (attention, inhibition, répétition, etc.)

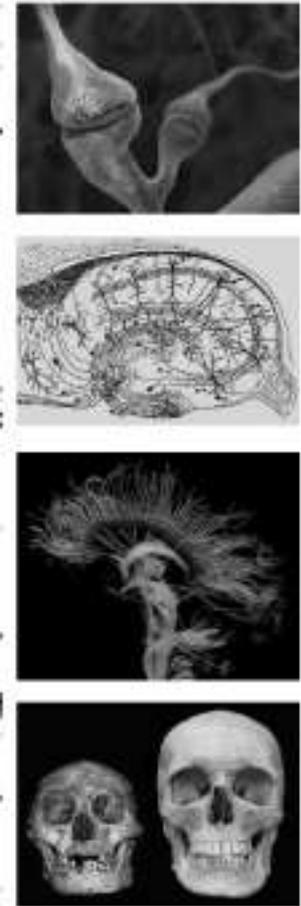
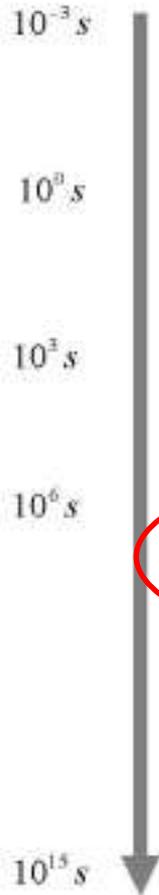
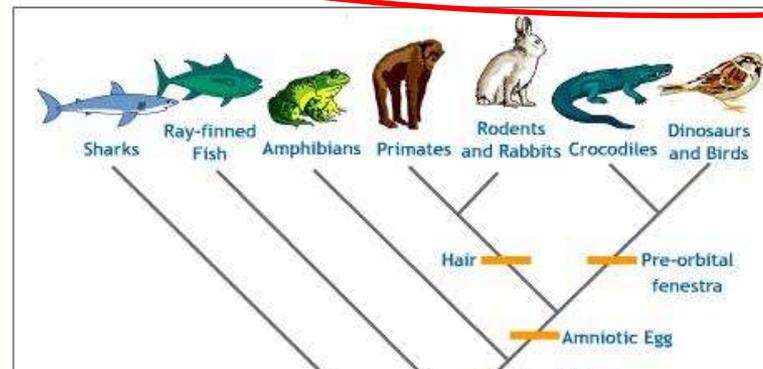
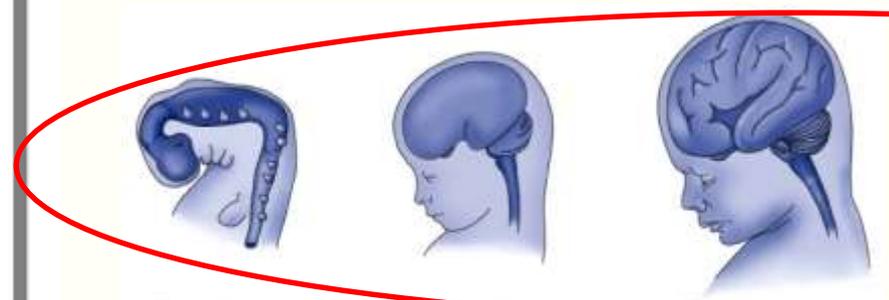
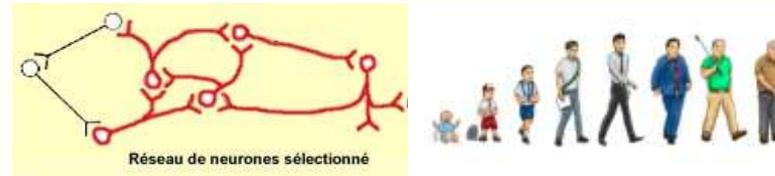
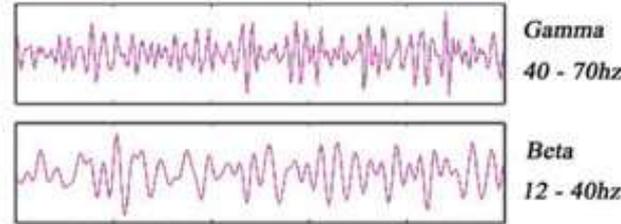
À différentes échelles de temps : que des processus dynamiques

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

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

Développement du système nerveux (incluant des mécanismes épigénétiques)

Évolution biologique qui façonne les plans généraux du système nerveux



Plan

2^e bloc : Développement, plasticité cérébrale, perception et action :
des processus dynamiques à différentes échelles de temps

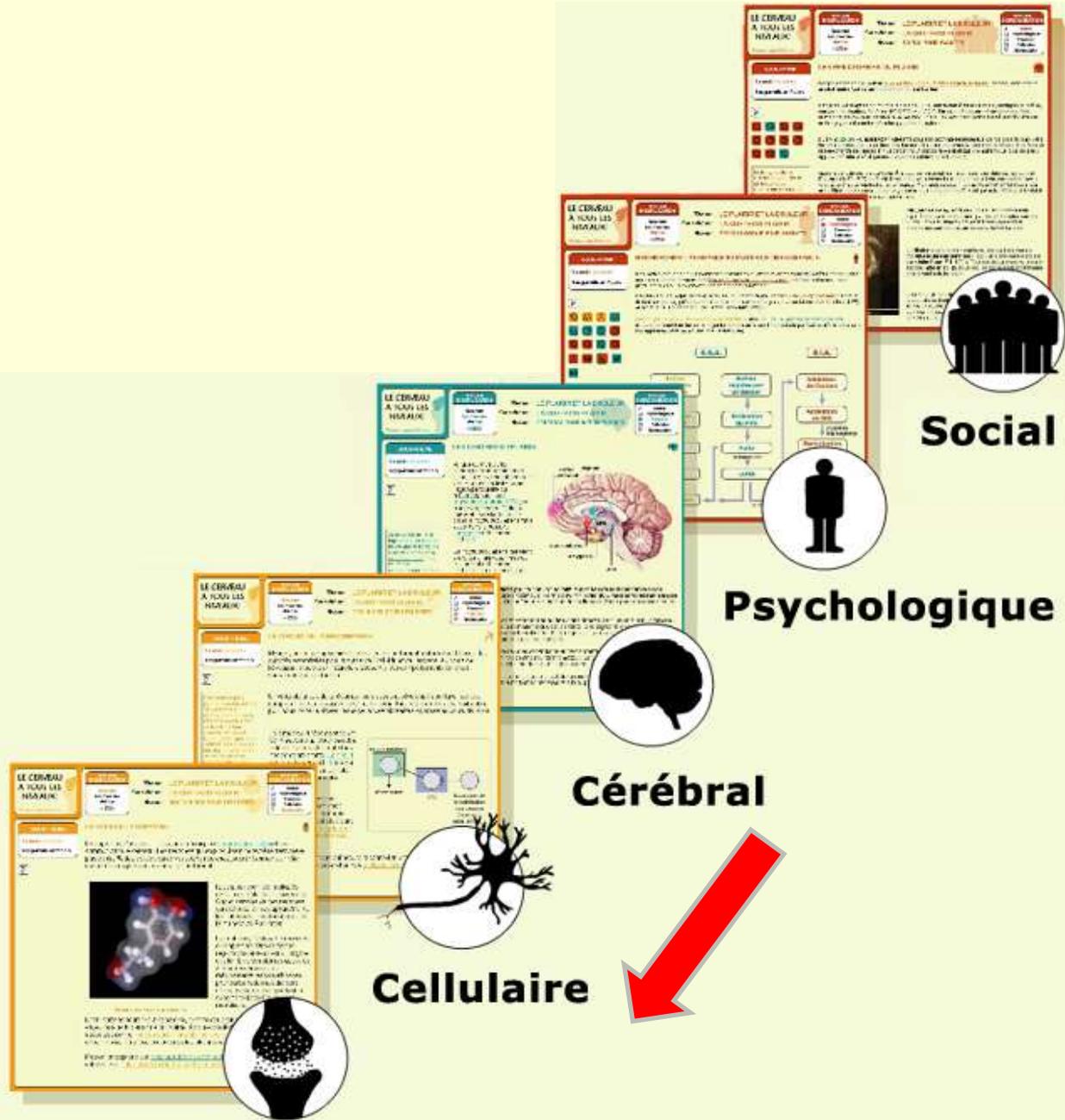
Intro : des processus dynamiques à différentes échelles de temps

Survol du développement cérébral

Mécanismes de communication et de plasticité neuronale
(anciens et nouveaux)

L'engramme mnésique, ou les traces du souvenir

Ce qui favorise l'apprentissage (attention, inhibition, répétition, etc.)



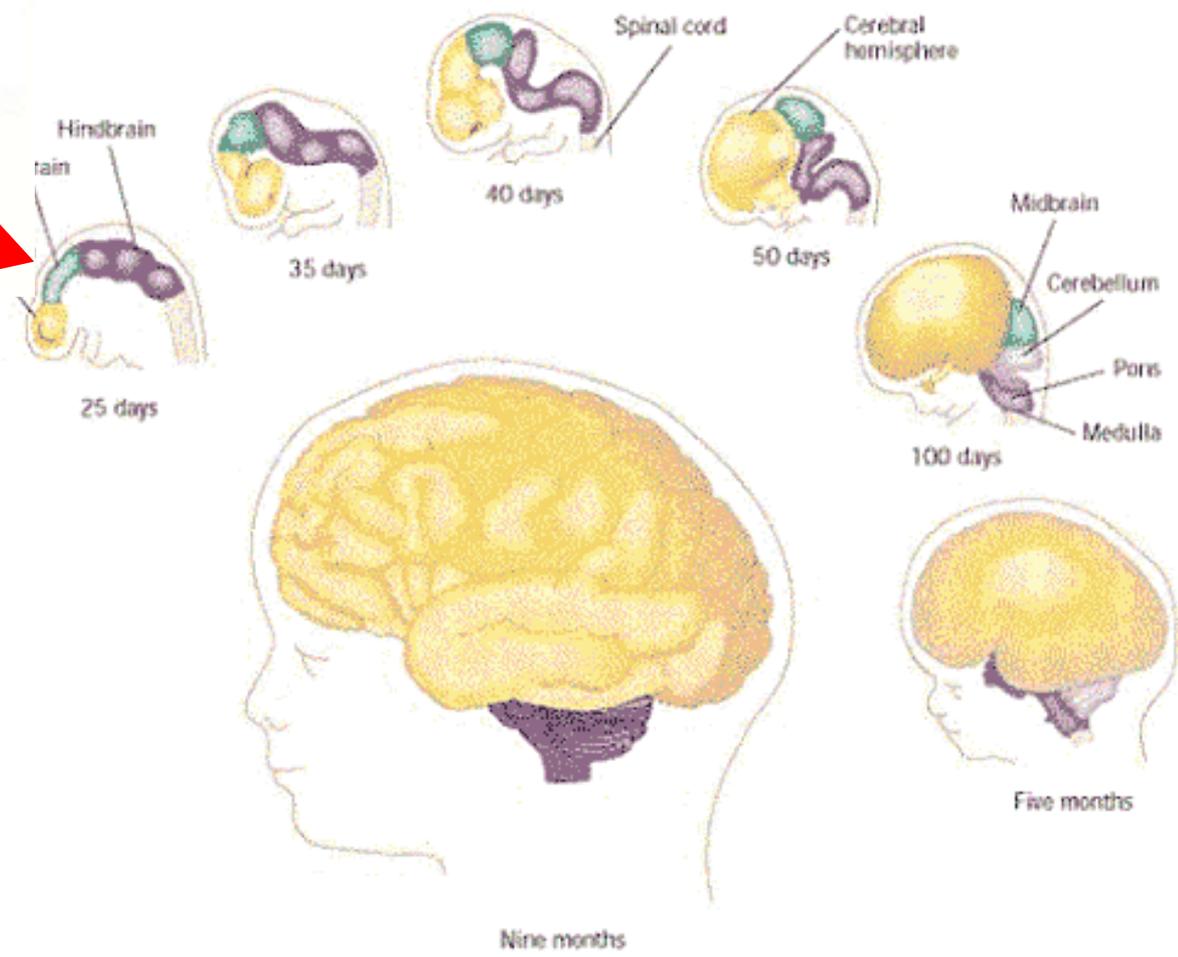
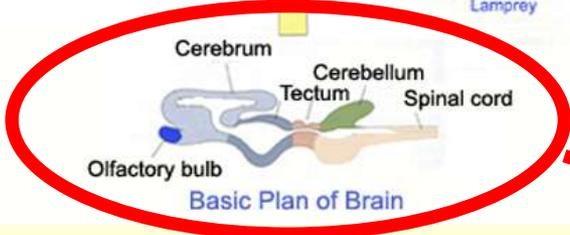
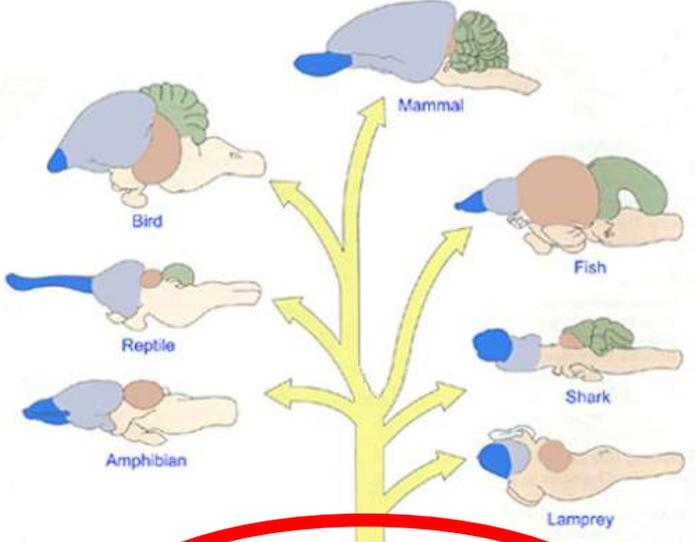
Social

Psychologique

Cérébral

Cellulaire

Moléculaire

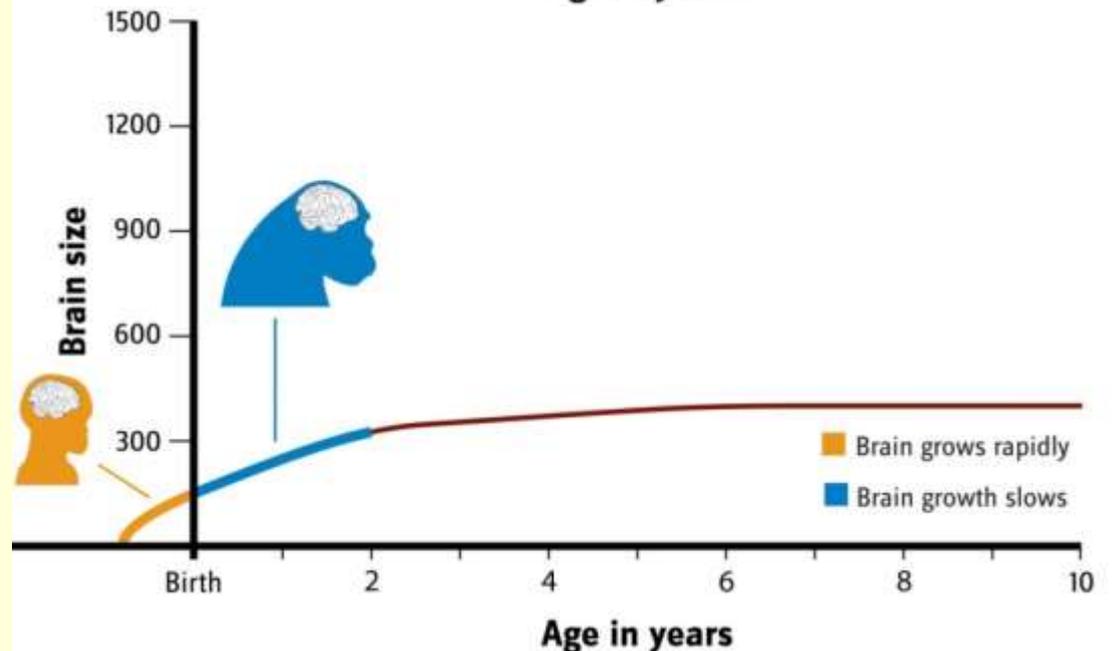
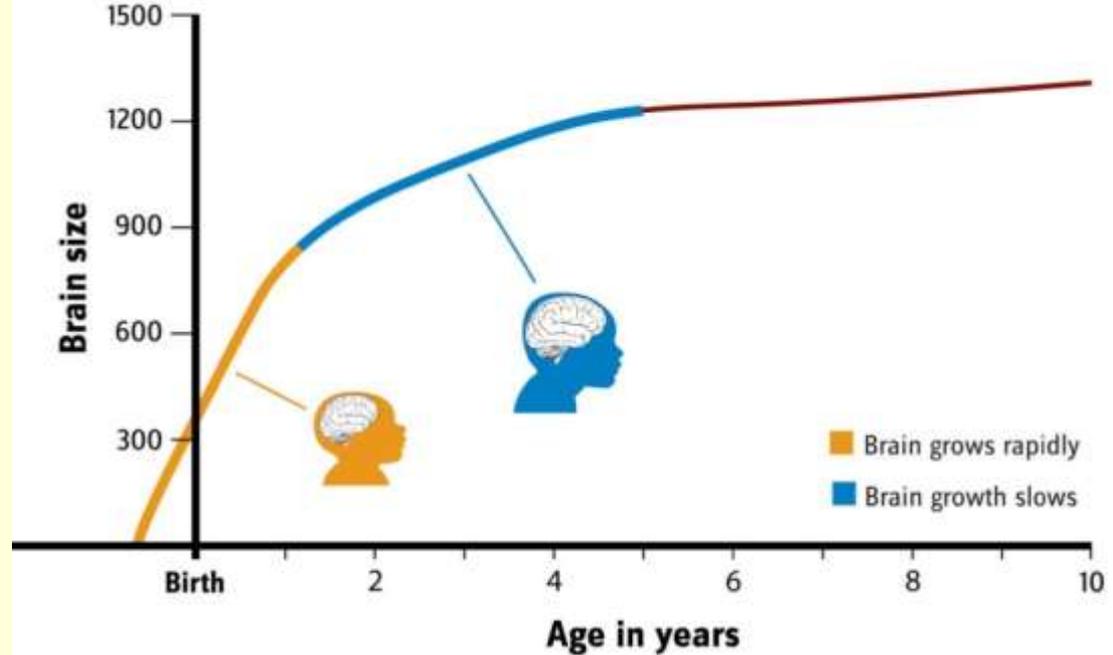


Notre volume cérébral est **trois fois plus grand** que celui du chimpanzé.

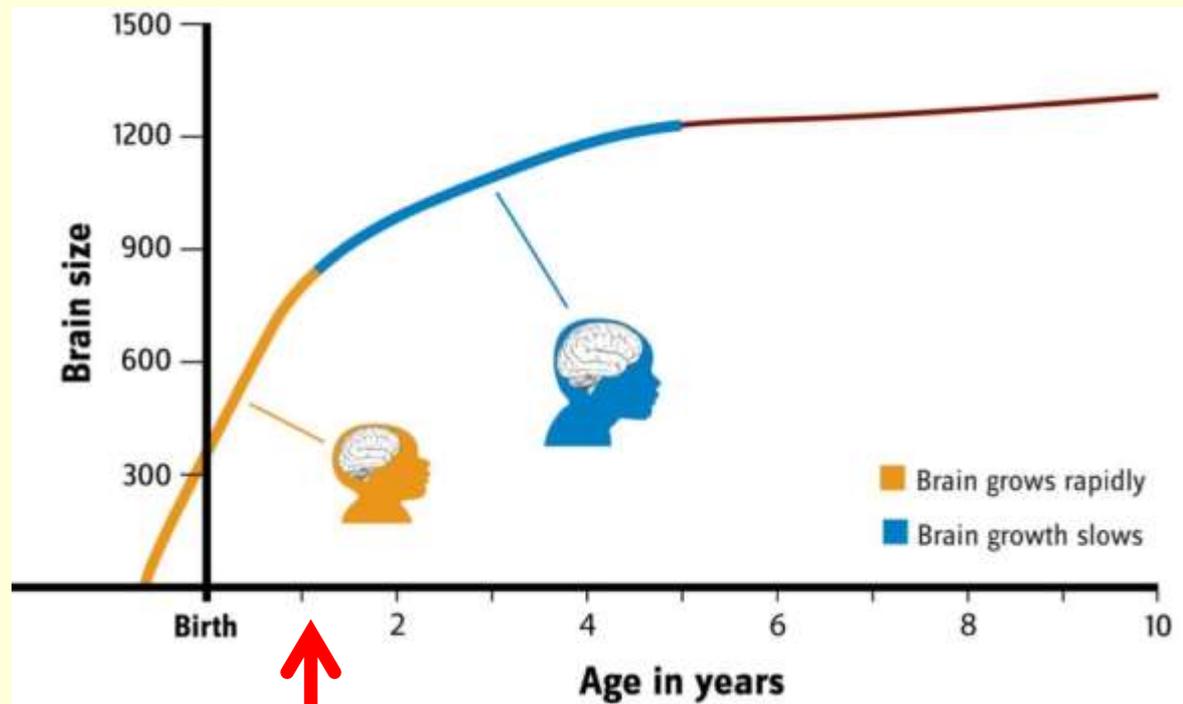
À la naissance, le cerveau humain ne représente toutefois que **25 %** du volume qu'il atteindra à l'âge adulte.

Chez le chimpanzé nouveau-né, cette proportion est de **40 %**.

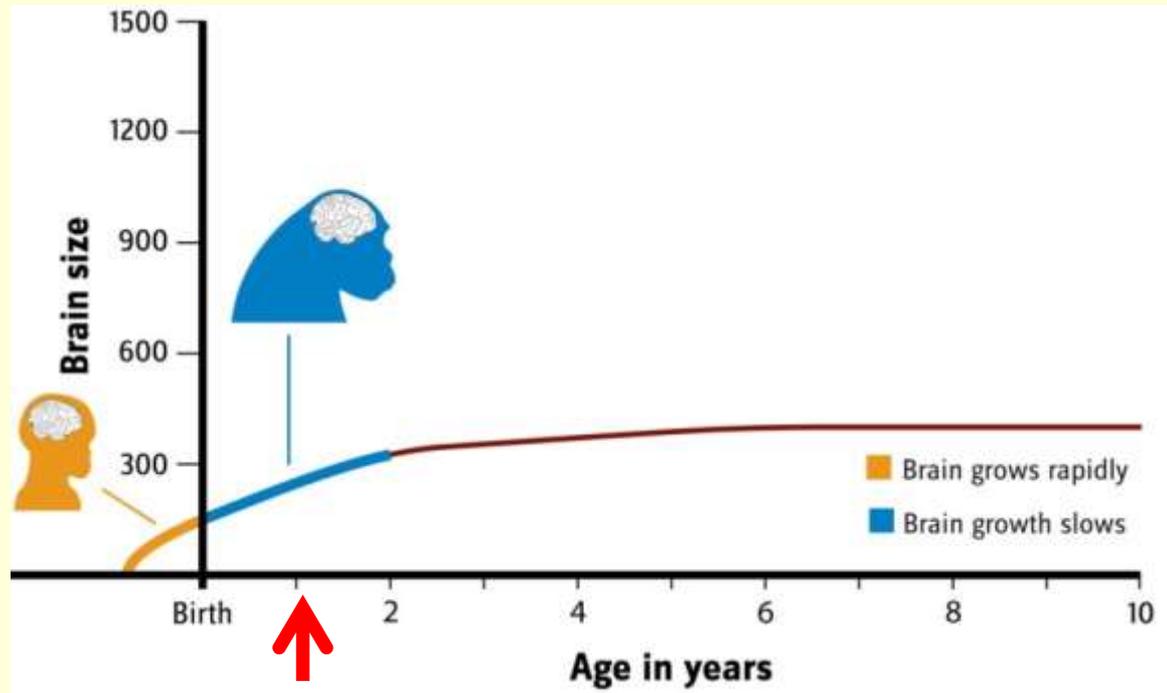
Le cerveau humain arrive au monde relativement **inachevé** : nous sommes **le moins précoce** de tous les primates (« **néoténie** »).



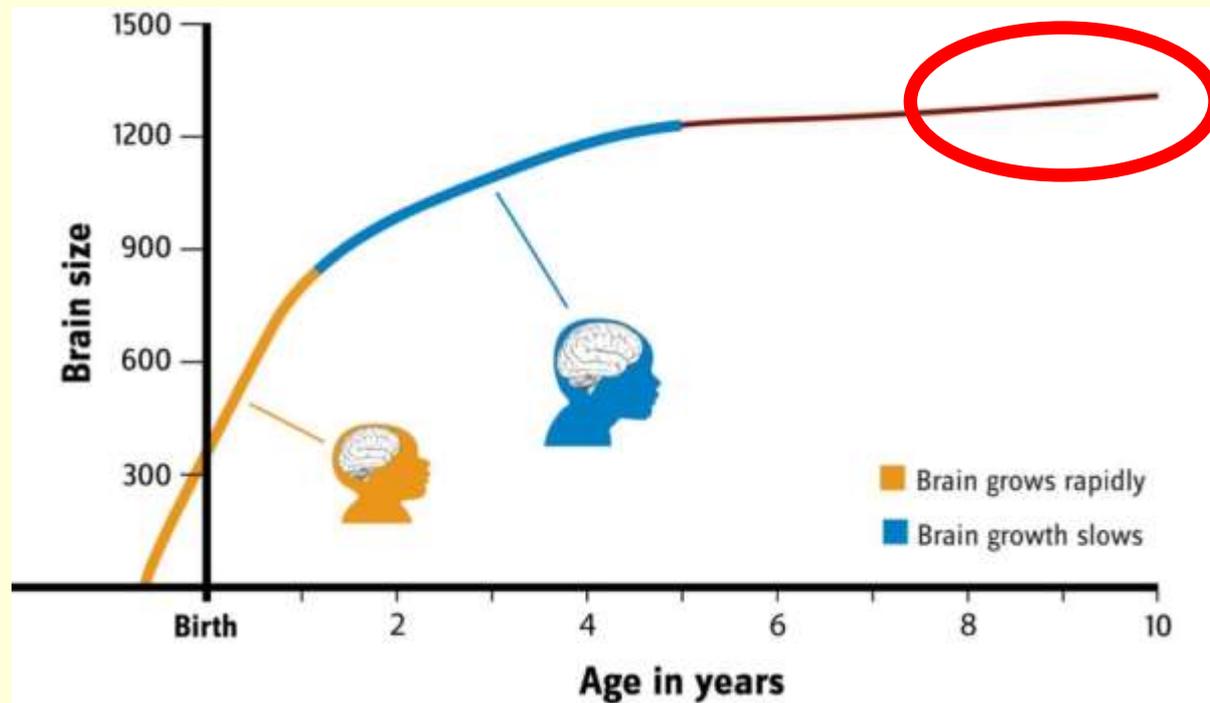
À un an, le cerveau n'a atteint que **50 %** de son volume final chez l'humain,



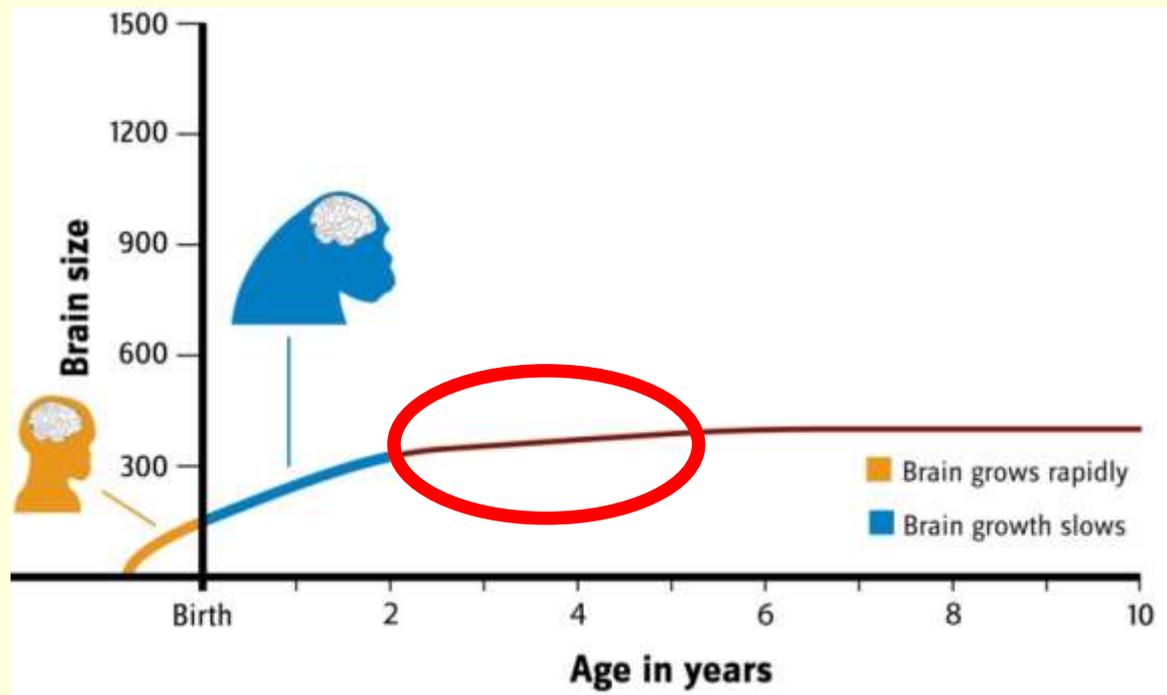
mais **80 %** chez notre plus proche parent



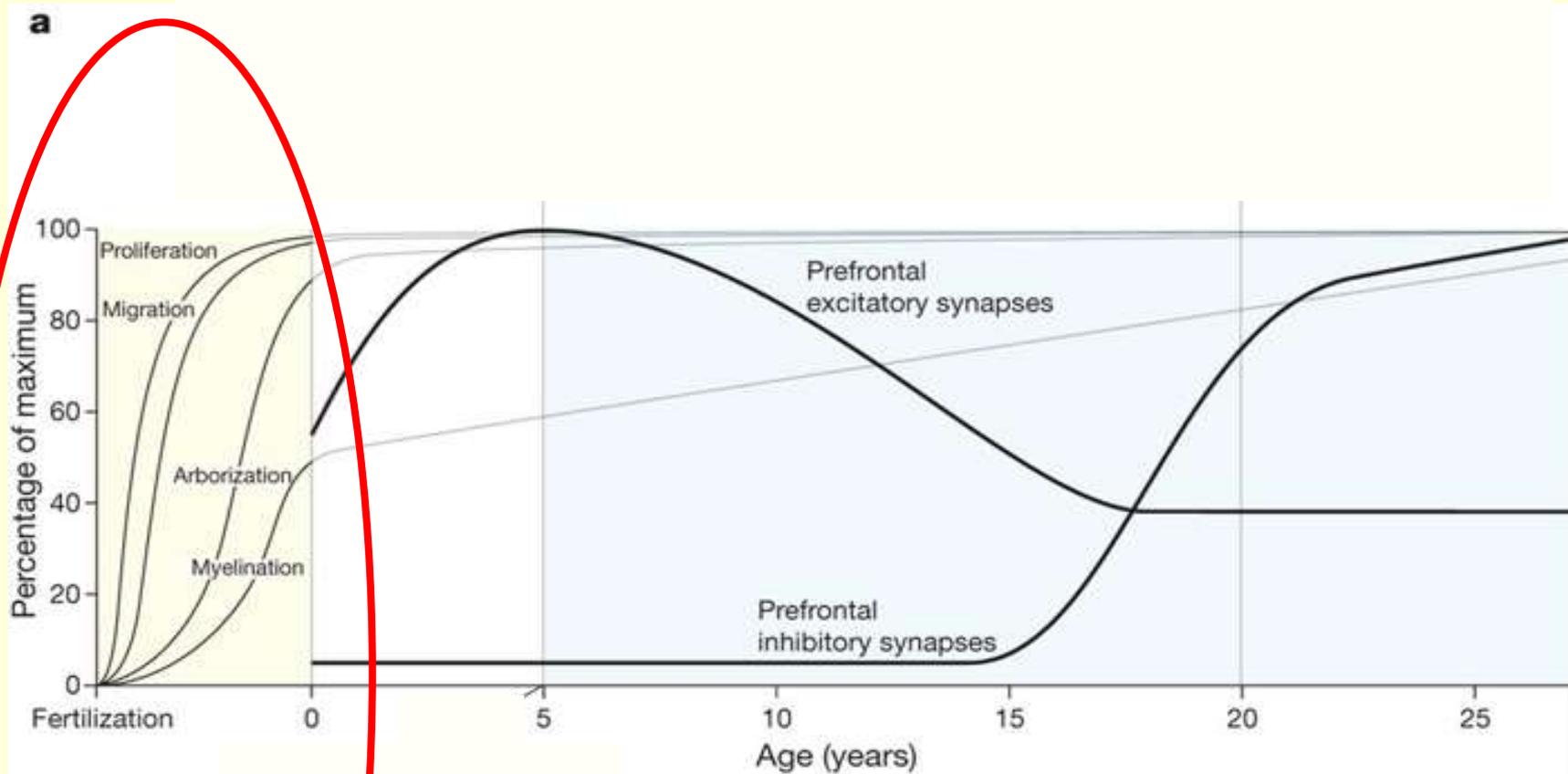
Le cerveau humain continue de croître jusqu'à **plus de dix ans.**

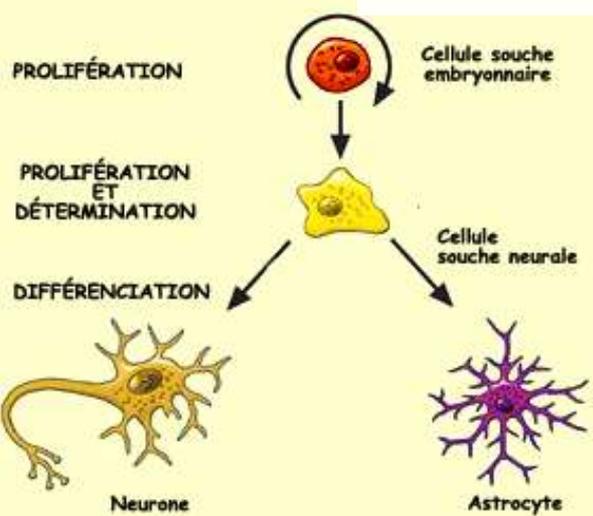
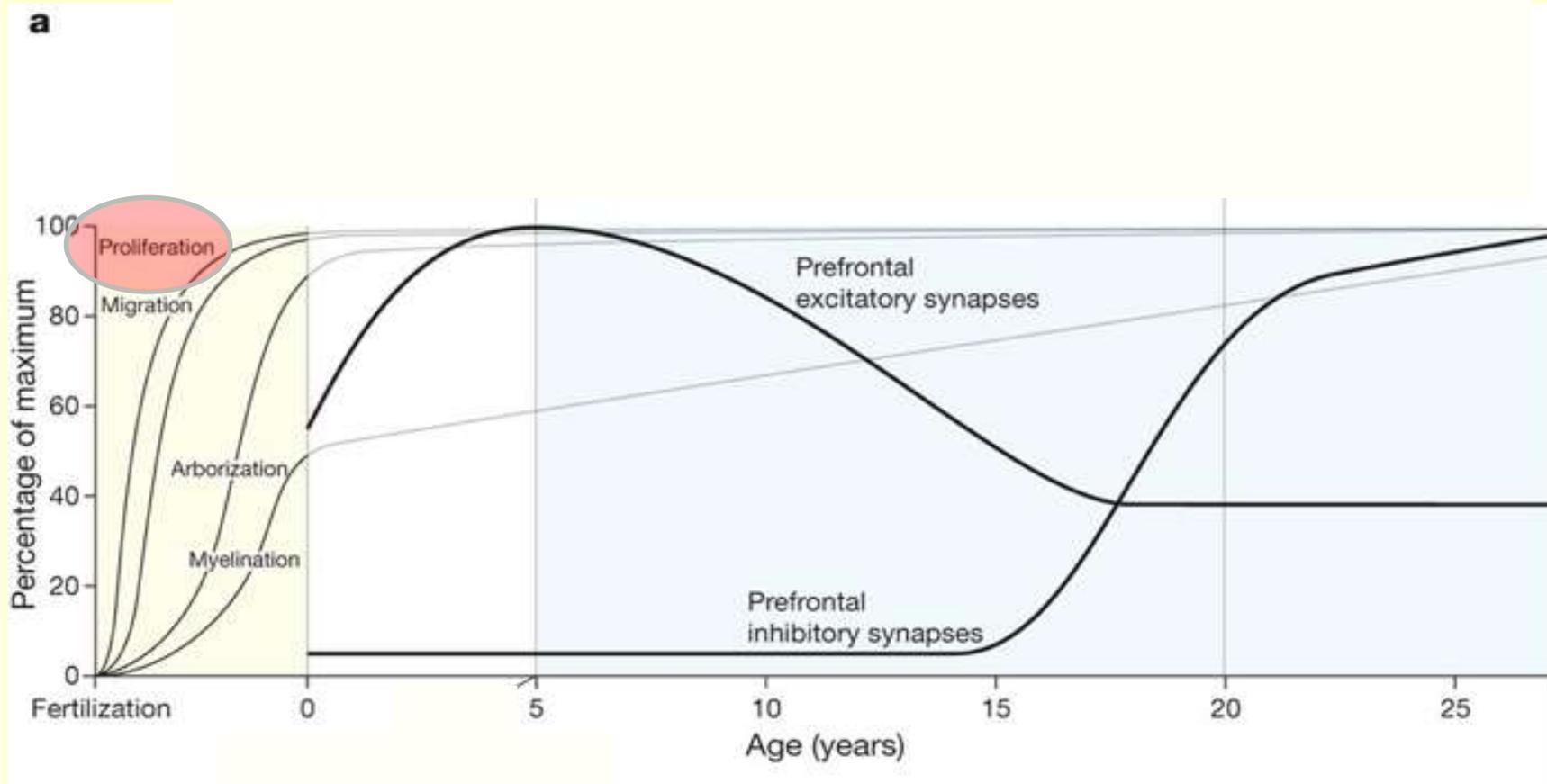


Celui du chimpanzé arrête à l'âge de **trois ou quatre ans.**

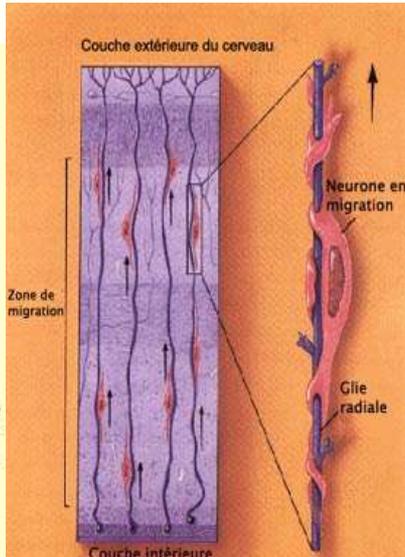
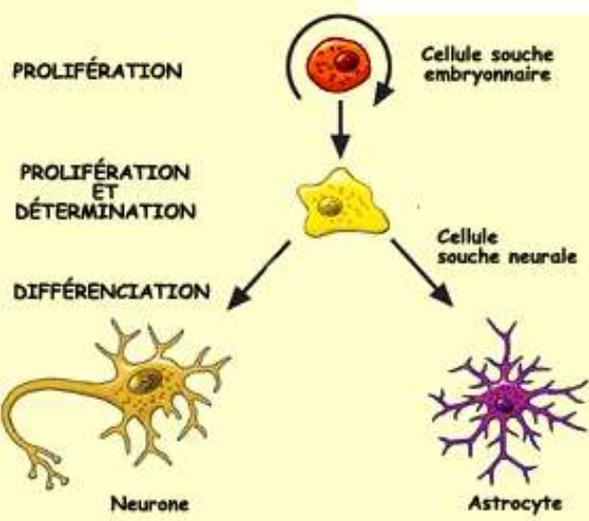
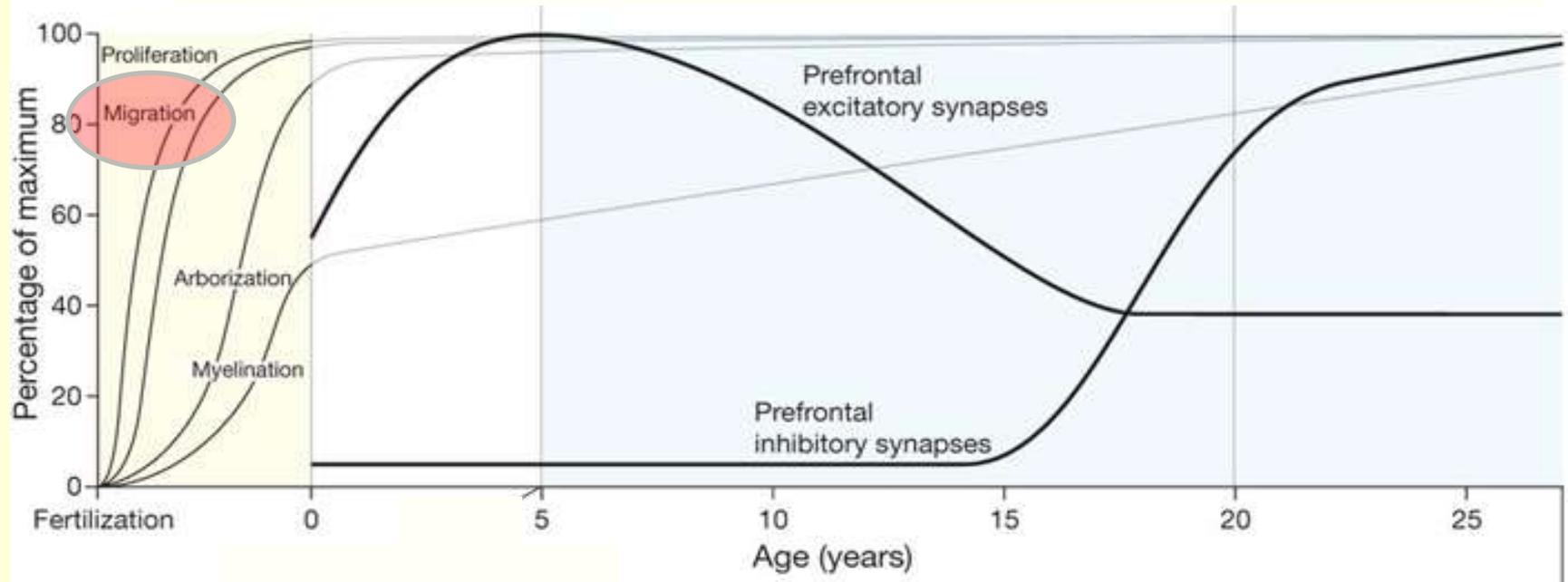


Donc beaucoup plus de temps pour les apprentissages **culturels** chez l'humain...

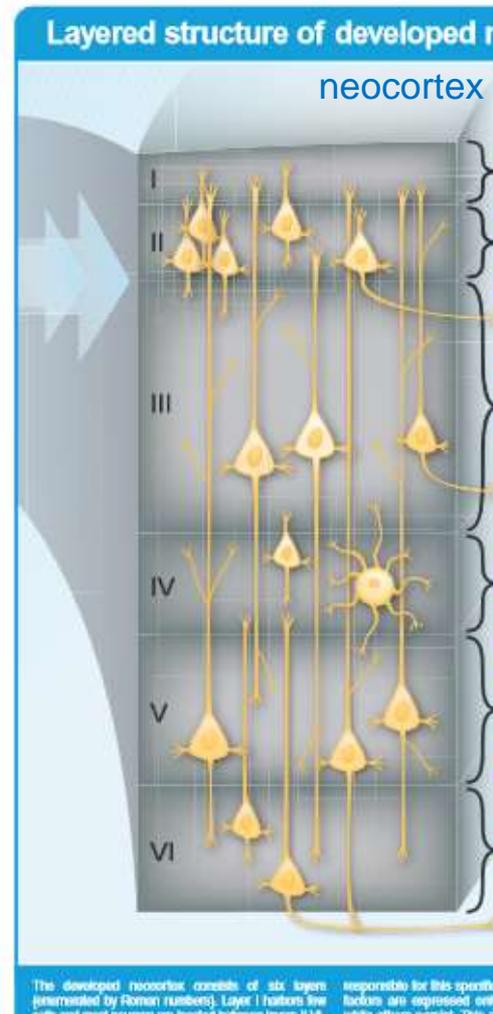
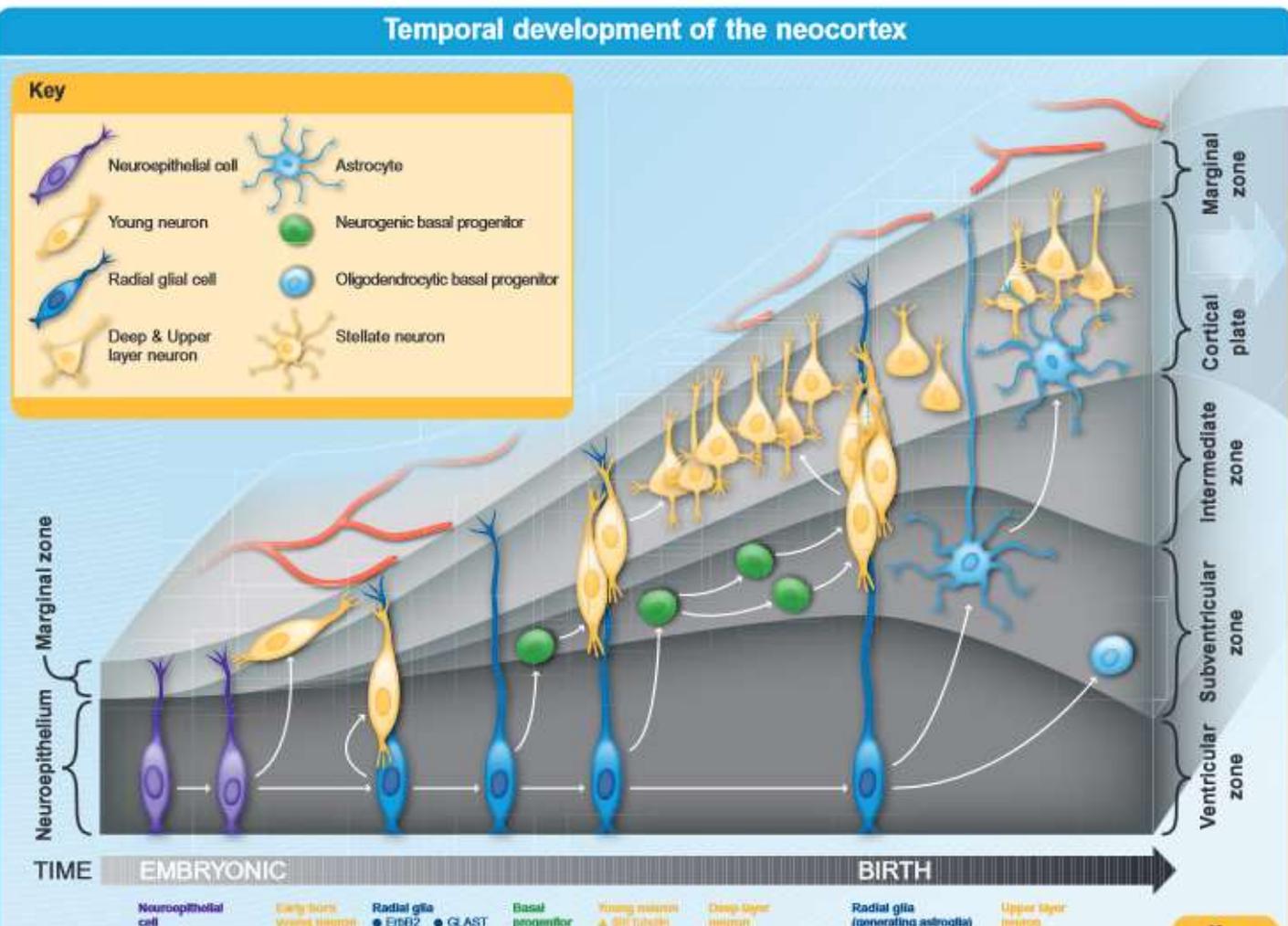




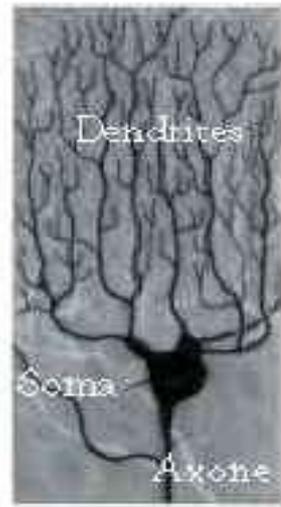
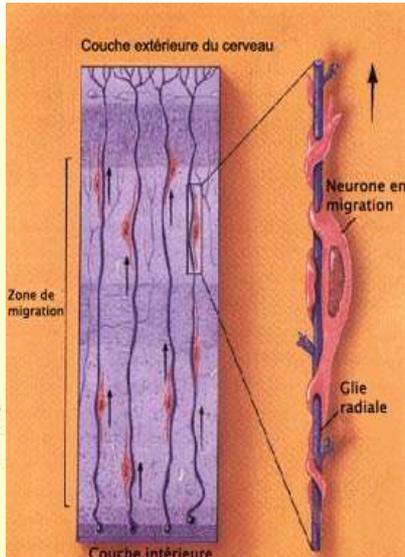
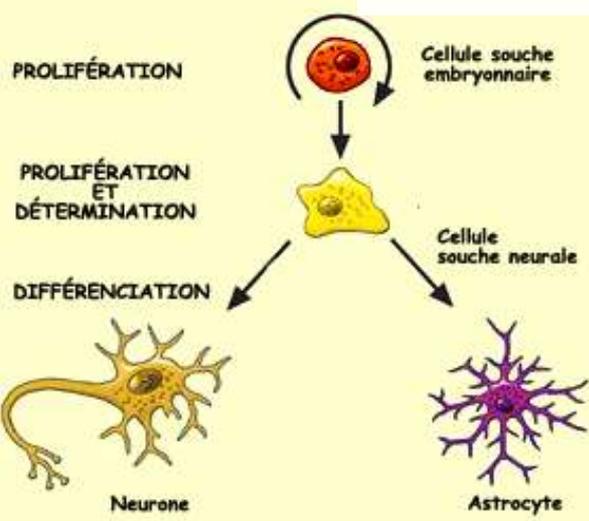
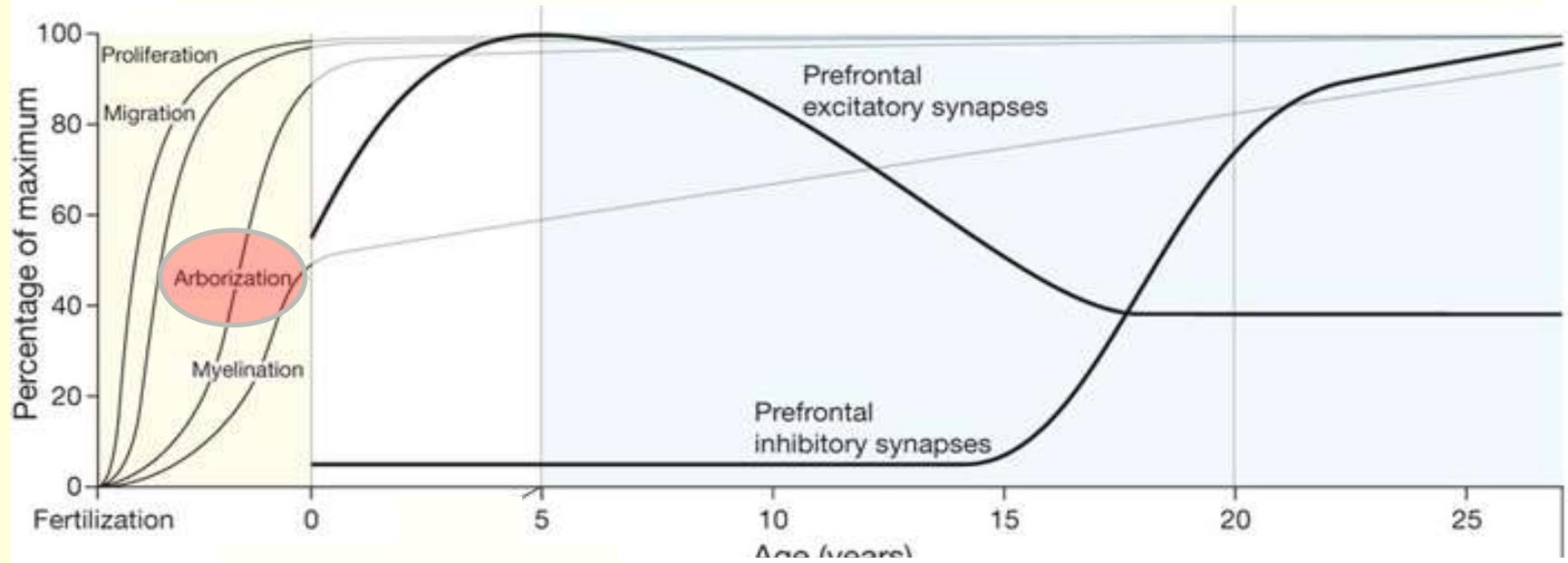
a



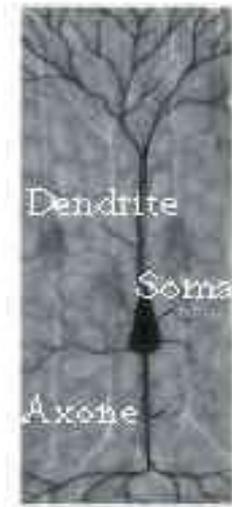
cela va globalement donner lieu à une véritable chorégraphie permettant par exemple ici aux **6 couches du cortex** de se structurer correctement.



a



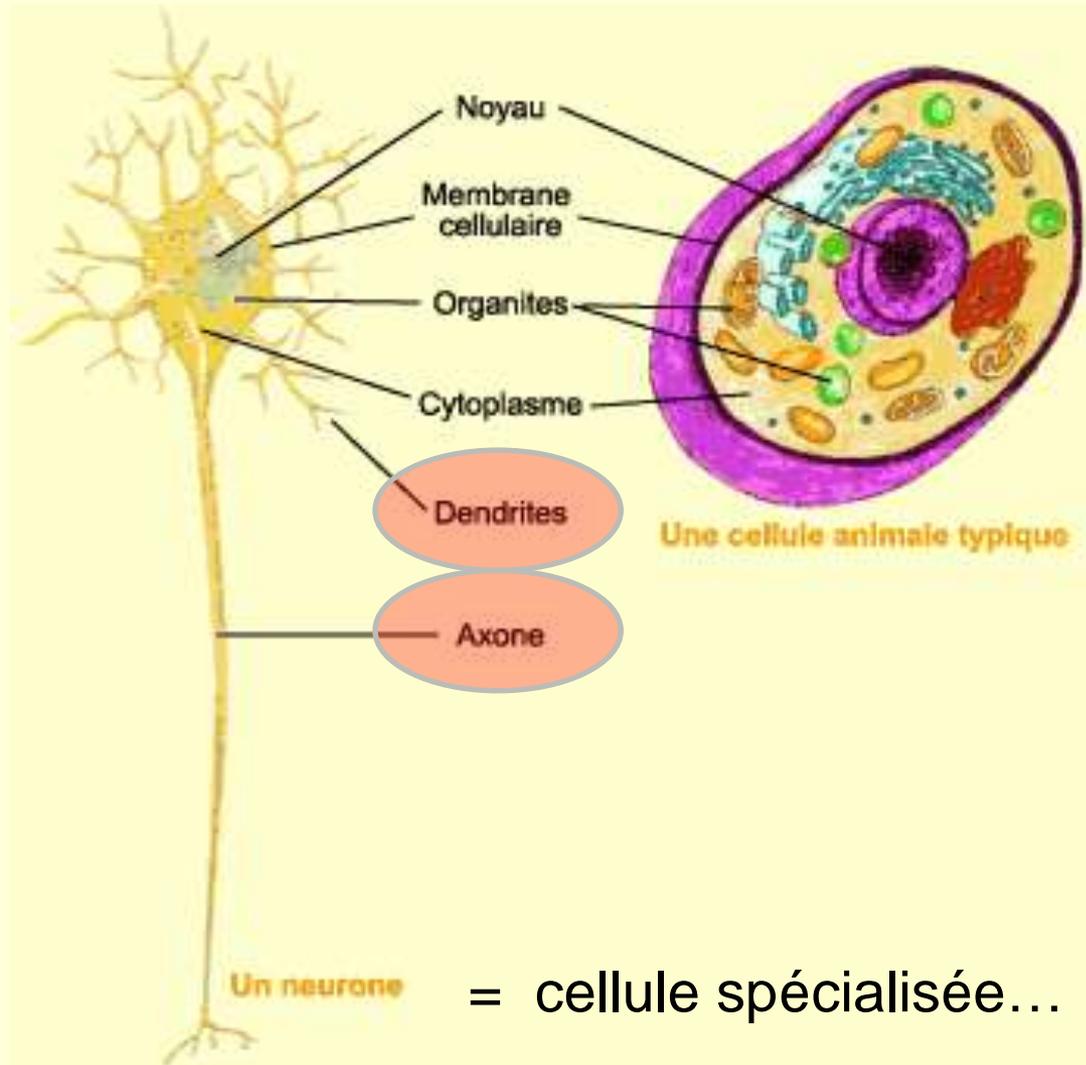
Cellule de Purkinje



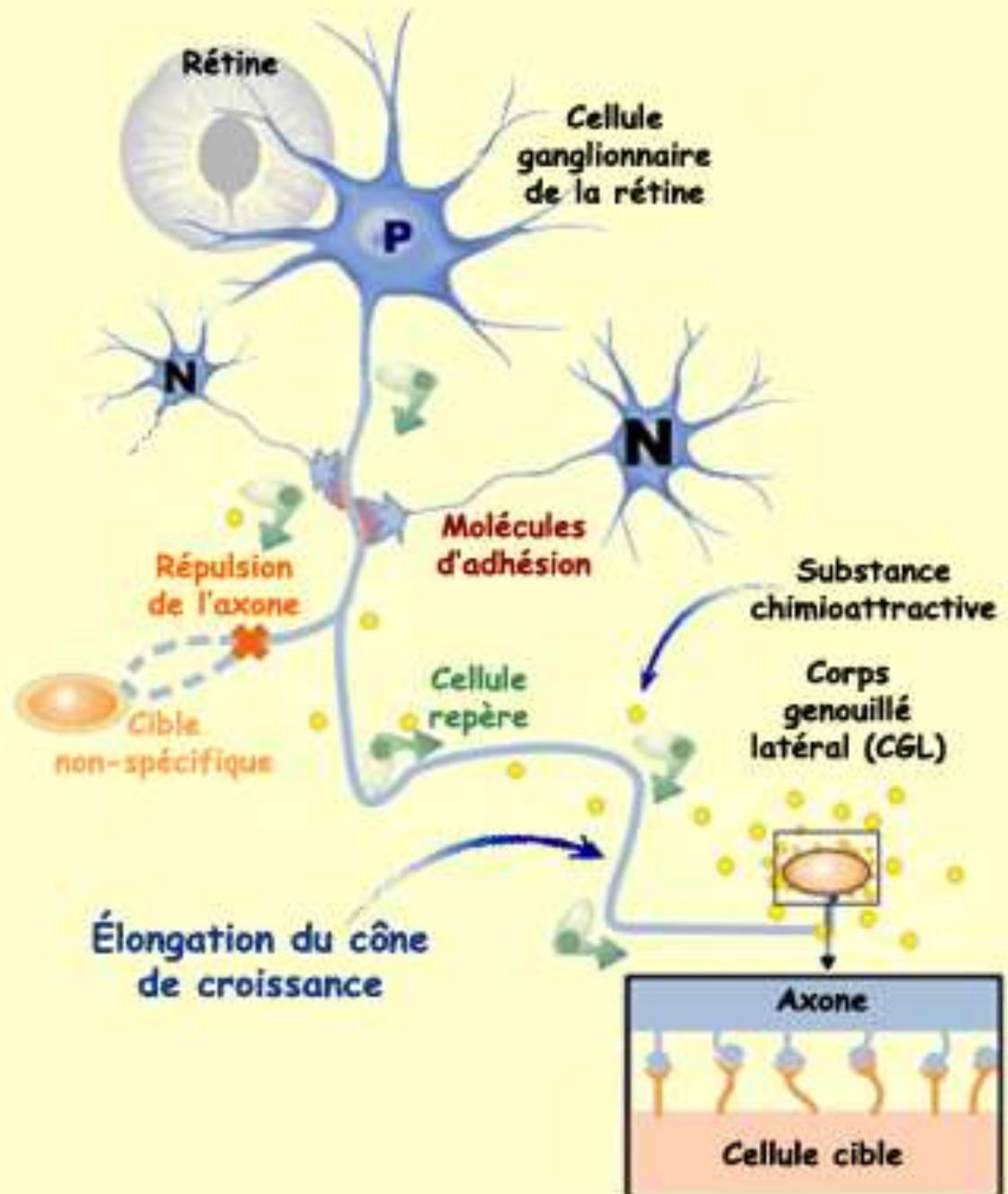
Neurone

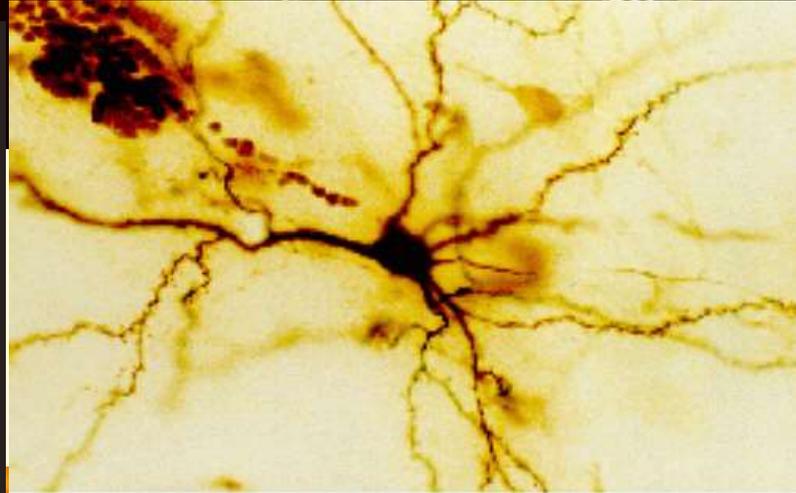
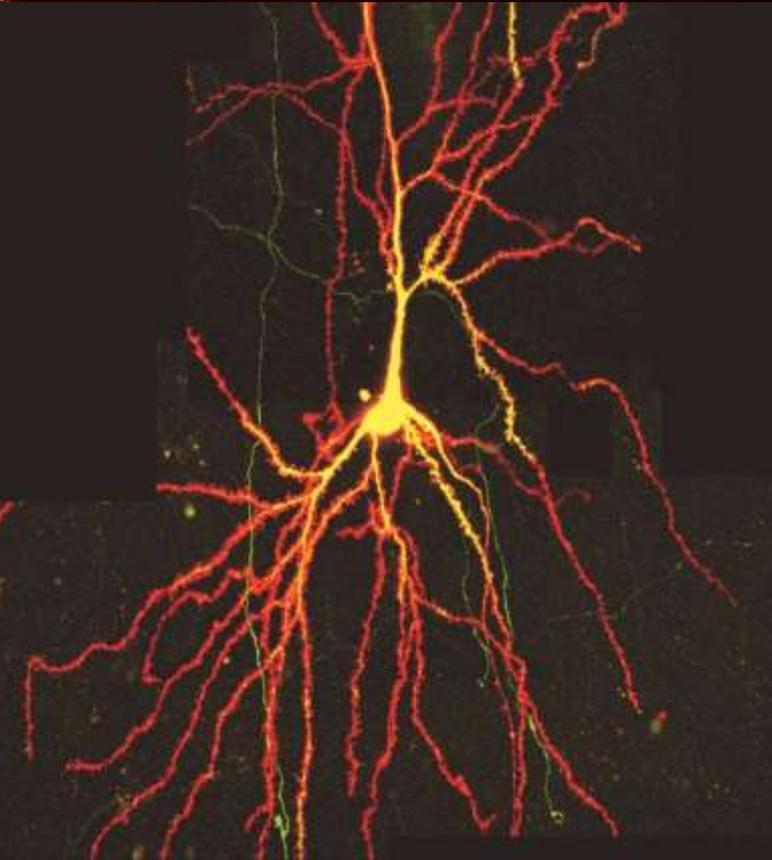
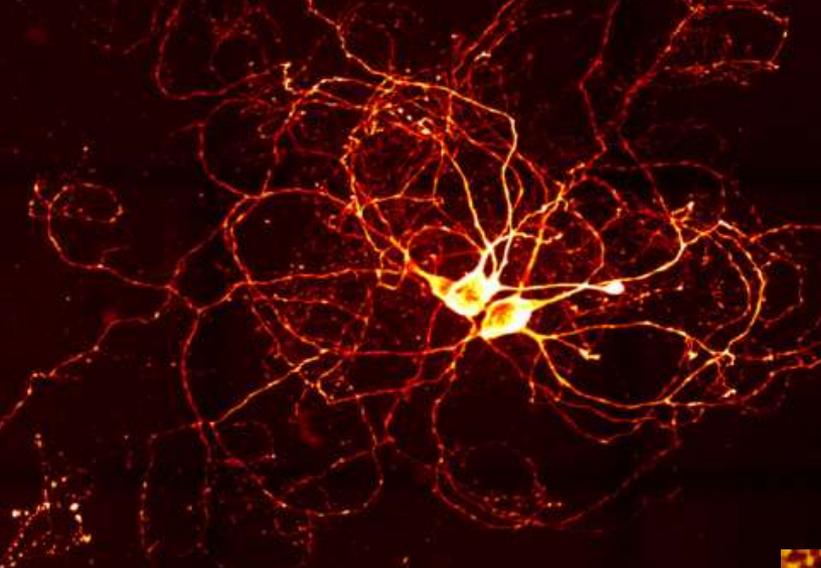


Neurone



Différents mécanismes collaborent pour permettre aux axones d'atteindre leur **cellule cible**;



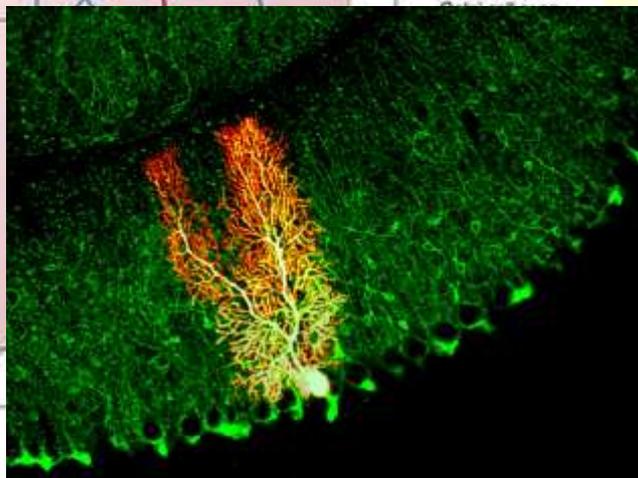
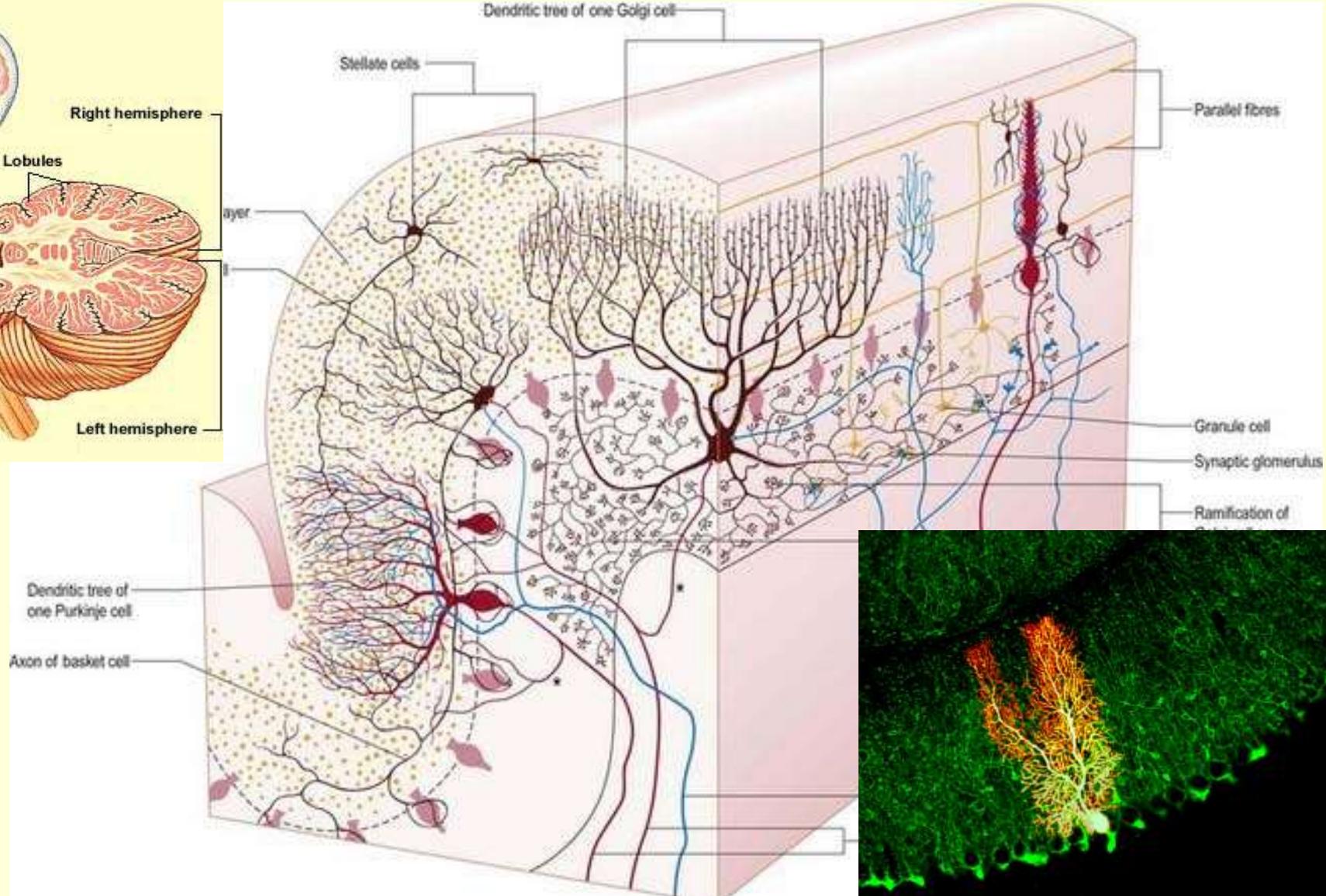
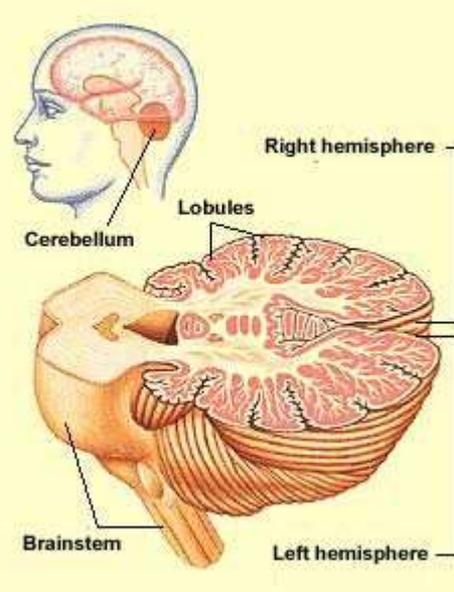


Très grand nombre de types de neurones différents

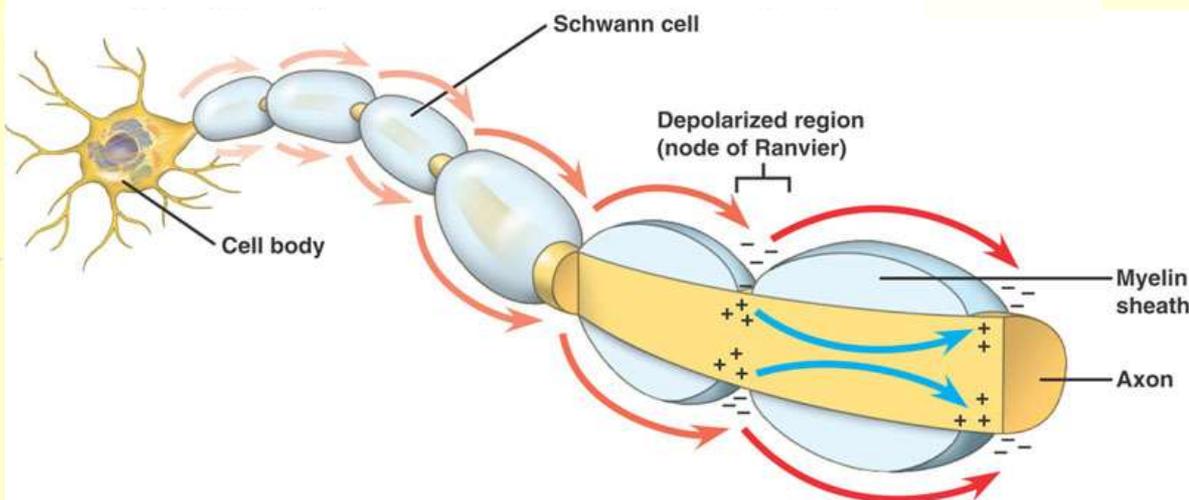
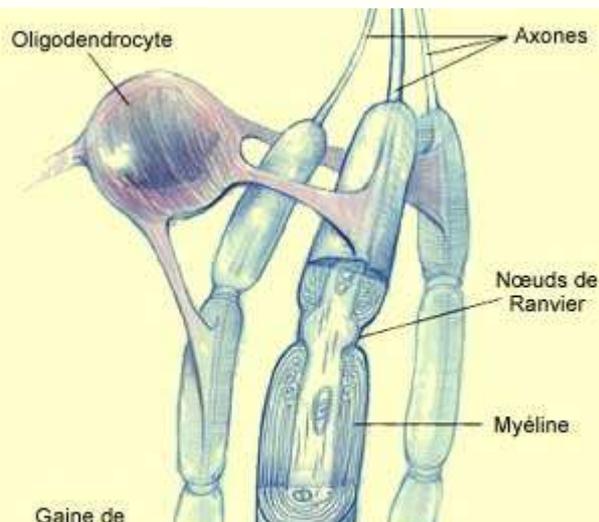
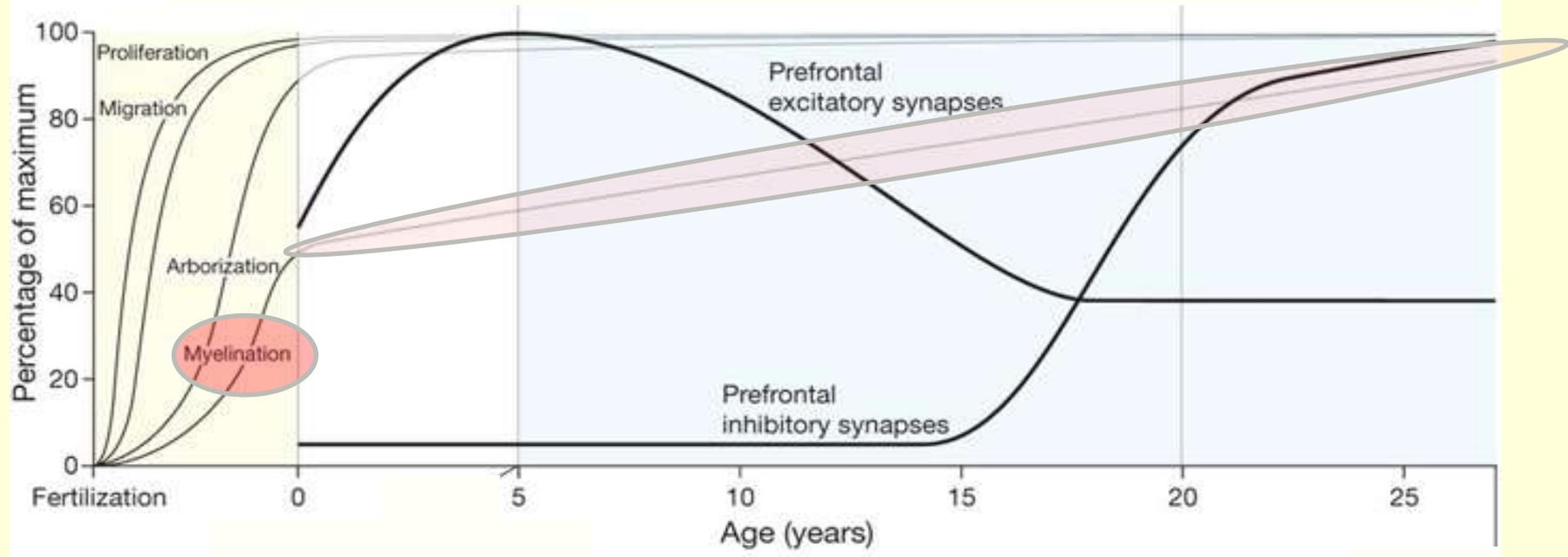
(estimé à plus de 1 000 et peut-être beaucoup plus, voire un continuum de types...).

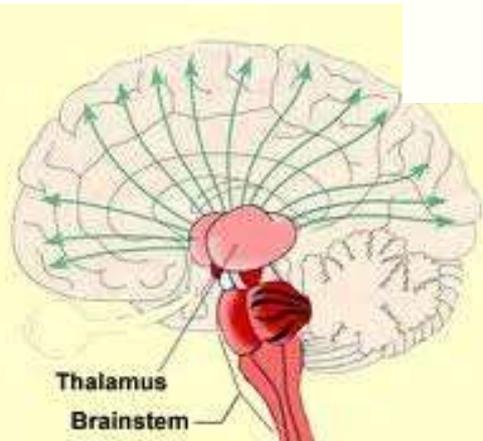
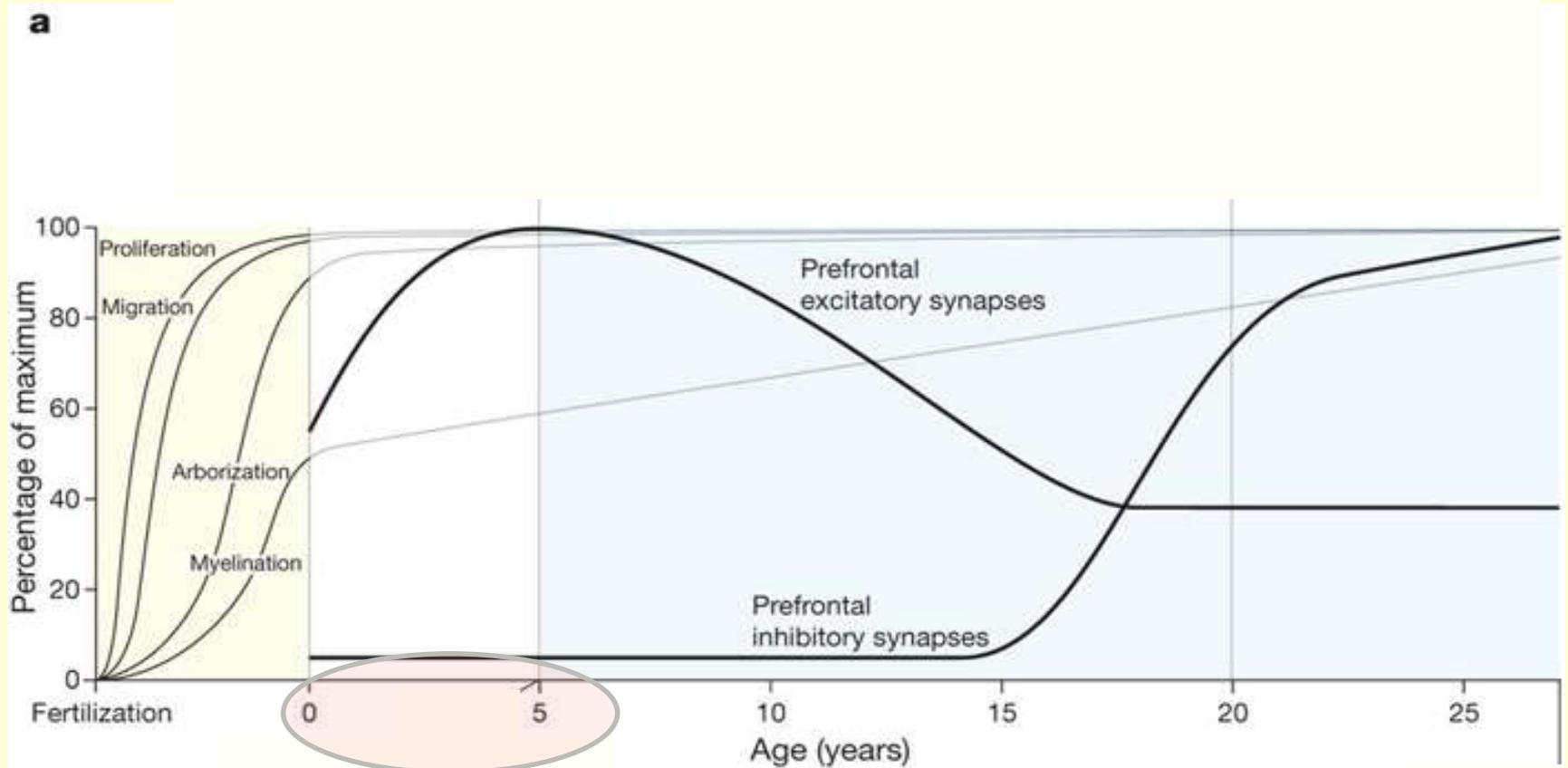
<http://jonlieffmd.com/blog/how-many-different-kinds-of-neurons-are-there>

Grande variabilité de forme des neurones qui s'explique par leur pattern de connectivité avec les autres neurones, qui lui-même dépend de la fonction de ce circuit nerveux.



a





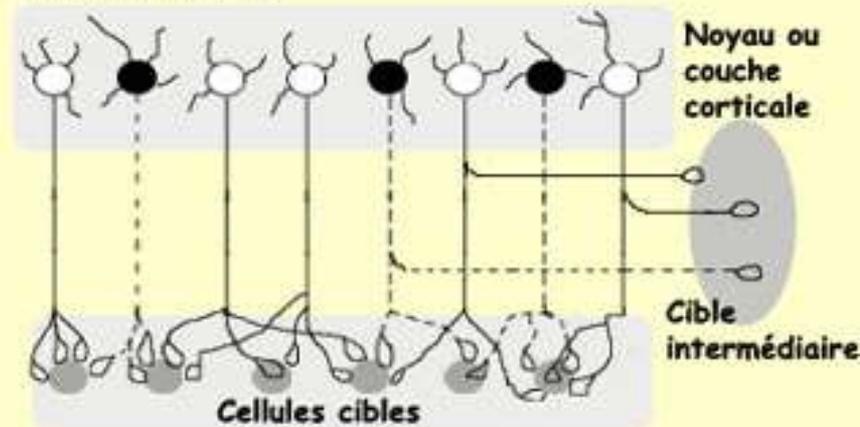
Et **après la naissance**, dans les **premières années de vie** surtout, les connexions entre les neurones vont être ajustée plus finement par les **inputs extérieurs** en provenance du thalamus.

Autrement dit, des **interactions** de l'enfant avec **l'environnement**.

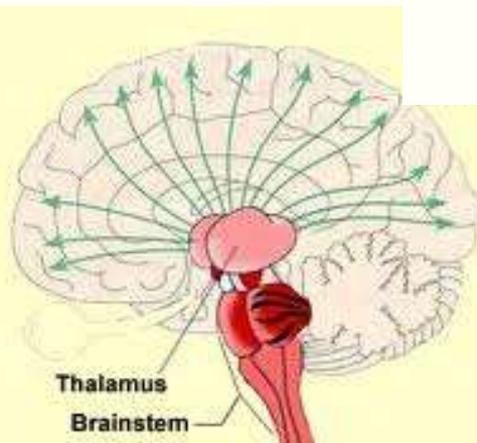
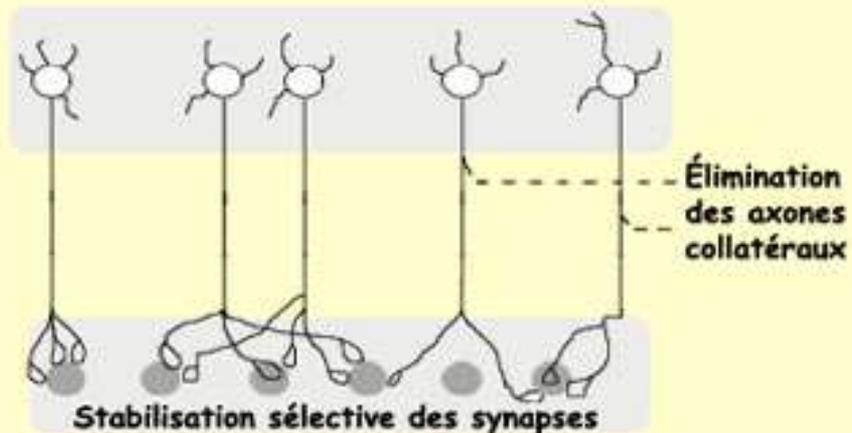
Durant ces interactions « online » certains mécanismes « **épigénétiques** » sont à l'œuvre comme :

- la **stabilisation** et **l'élimination** sélective de certaines synapses moins utilisées
- l'ajustement de la taille de la population neuronale par la **mort neuronale** (ou apoptose)

A Mort neuronale



B Ajustement des circuits neuronaux

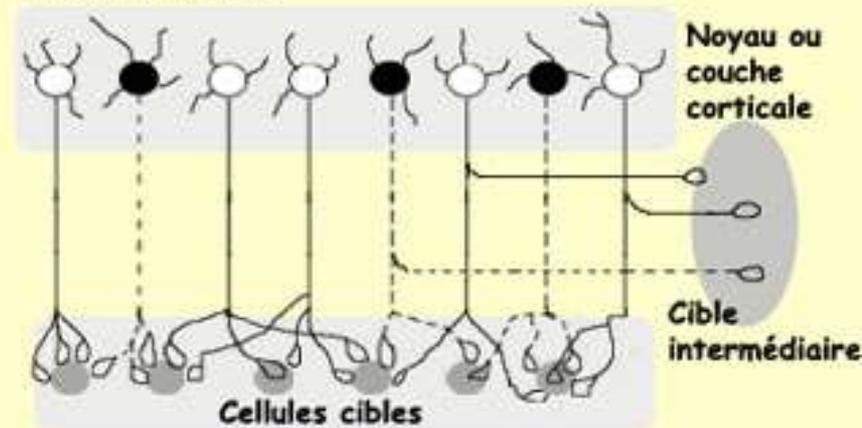


Durant ces interactions « online » certains mécanismes « **épigénétiques** » sont à l'œuvre comme :

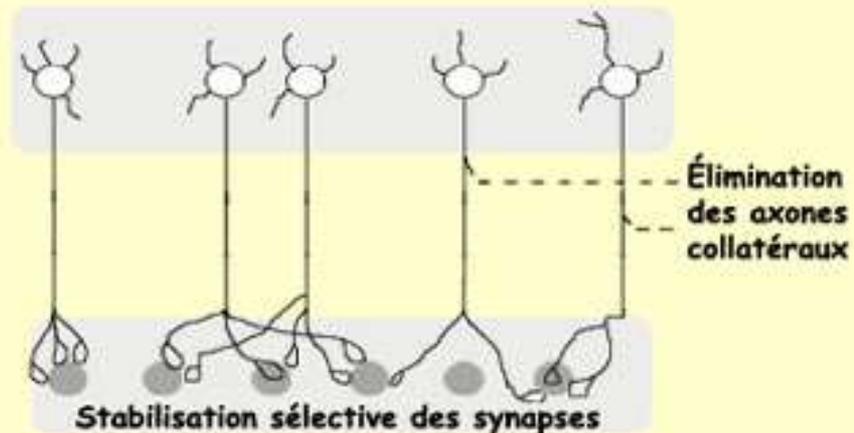
- la **stabilisation** et **l'élimination** sélective de certaines synapses moins utilisées
- l'ajustement de la taille de la population neuronale par la **mort neuronale** (ou apoptose)

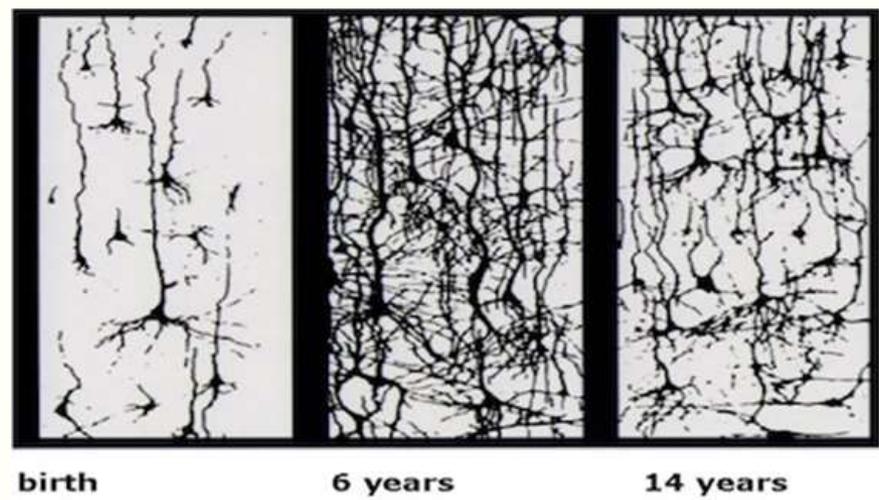
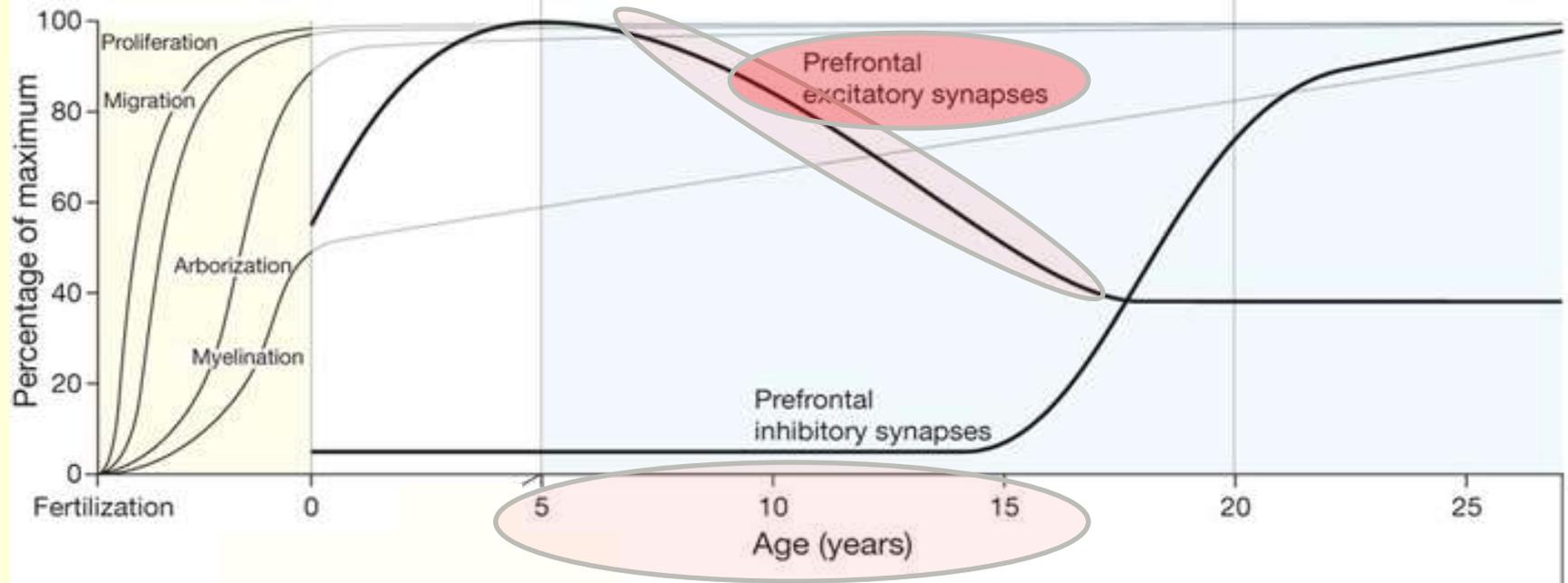
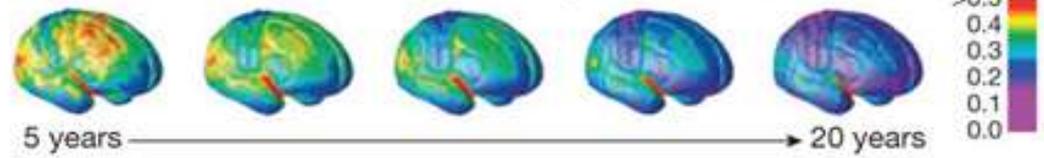
→ Orchestré par des **facteurs de croissance** sécrétés par les cellules cibles suite à des stimulations sensorielles en provenance du monde extérieur.

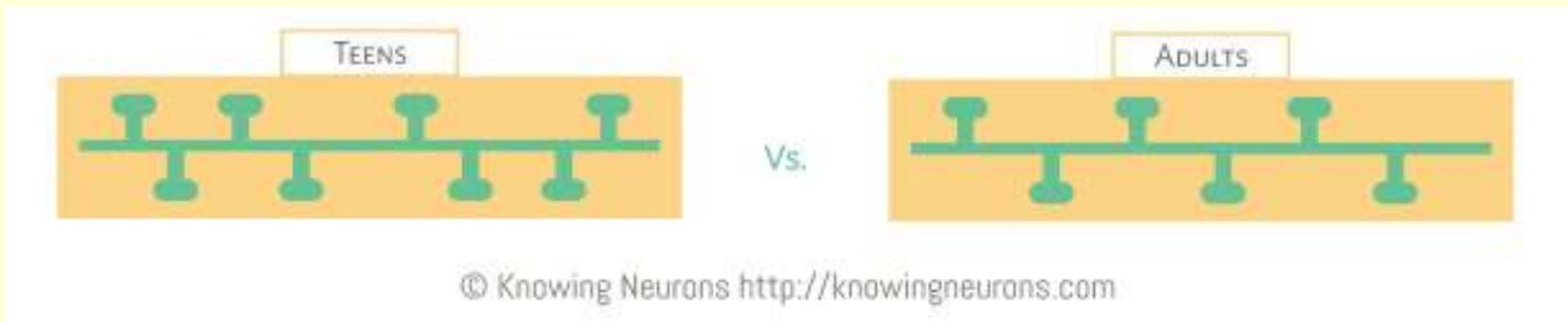
A Mort neuronale



B Ajustement des circuits neuronaux



a**Grey-matter volume changes during normal development**

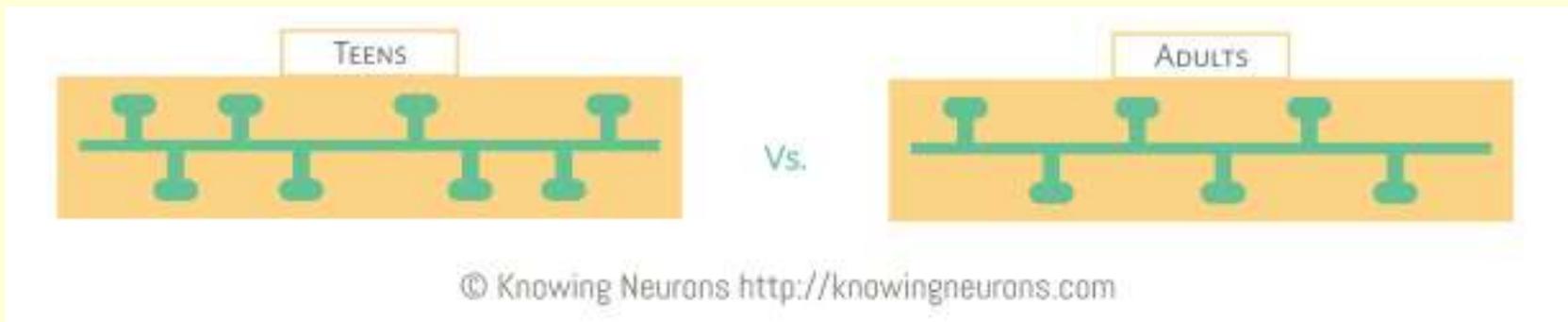


À la puberté, la **densité** des épines dendritiques dans le cortex préfrontal est de **deux à trois fois plus grande que chez l'adulte**.

Smells Like Teen Synapses: A Look Inside Adolescent Brains and Behaviors

Posted on November 18, **2015**

<http://knowingneurons.com/2015/11/18/smells-like-teen-synapses-a-look-inside-adolescent-brains-and-behaviors/>



Ce grand “réservoir” de connexions synaptiques va permettre au cerveau de s’adapter à son milieu...

...**en éliminant** les synapses moins utilisées durant l’adolescence sur la base des expériences rencontrées par la personne.

Et donc encore une fois « d’ajuster » notre identité à notre **culture**...

Plan

2^e bloc : Développement, plasticité cérébrale, perception et action :
des processus dynamiques à différentes échelles de temps

Intro : des processus dynamiques à différentes échelles de temps

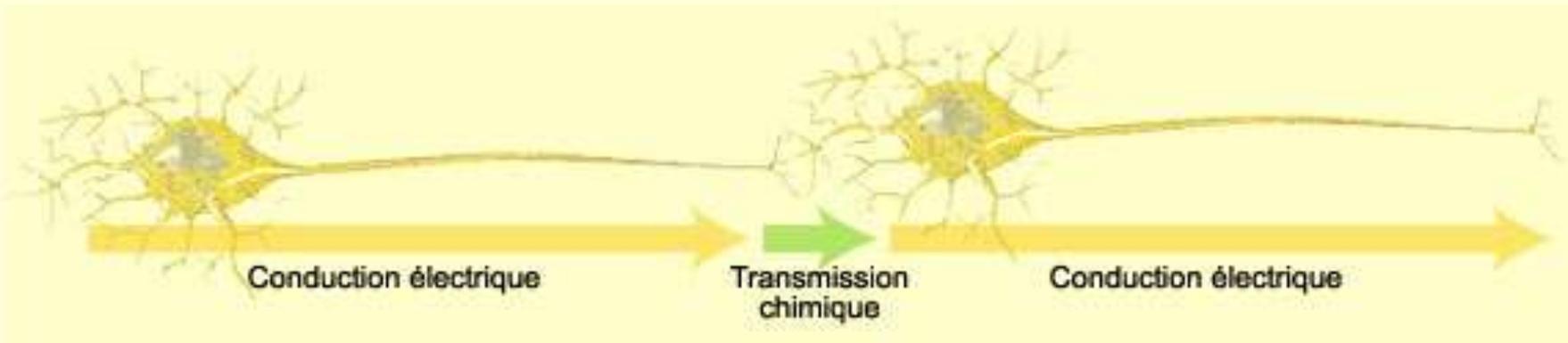
Survol du développement cérébral

Mécanismes de communication et de plasticité neuronale
(anciens et nouveaux)

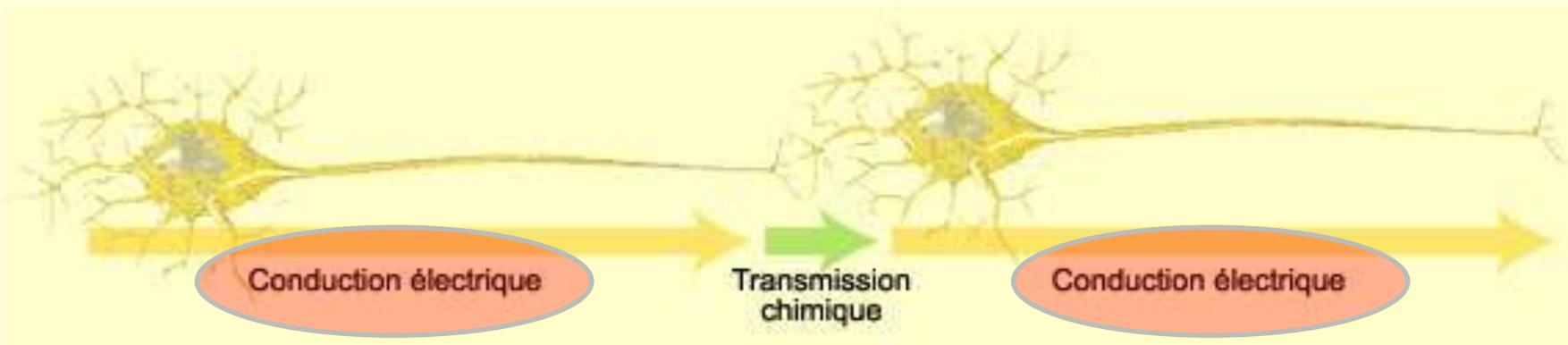
L'engramme mnésique, ou les traces du souvenir

Ce qui favorise l'apprentissage (attention, inhibition, répétition, etc.)

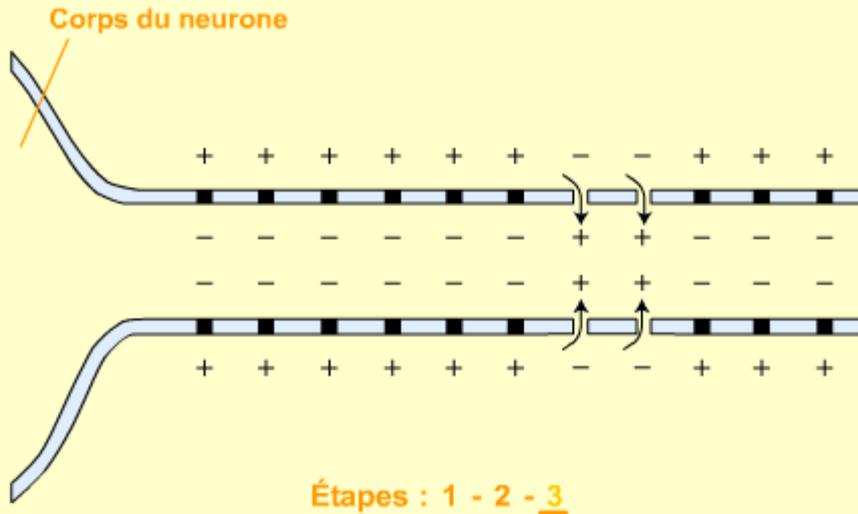
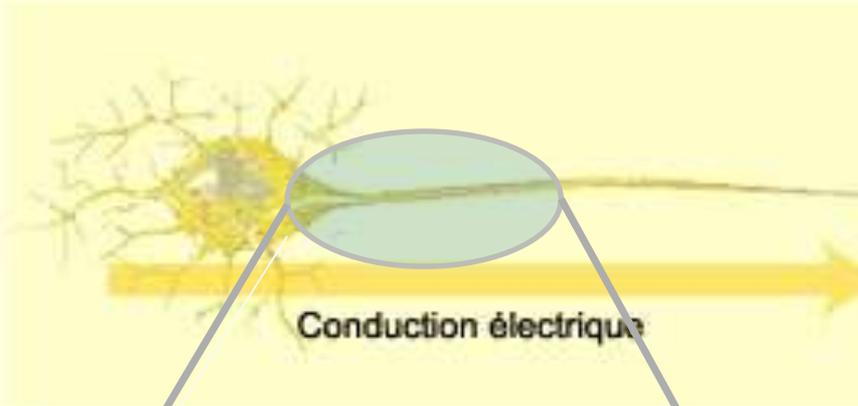
On finalise ainsi notre développement grâce à l'activité dans nos circuits de neurones

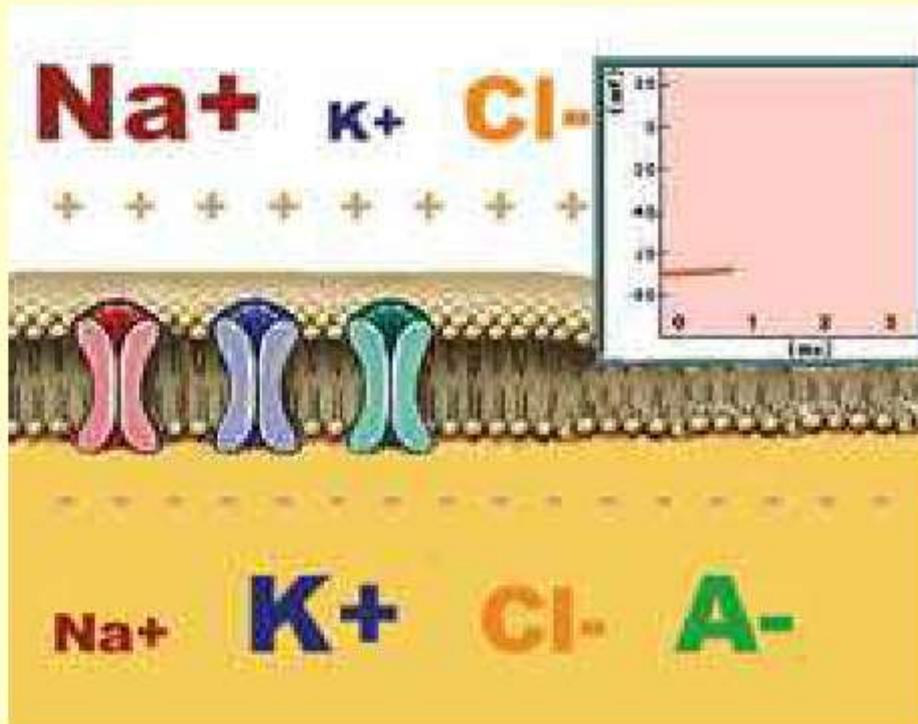


générée par les **interactions** répétées de notre boucle sensori-motrice avec notre **environnement**.

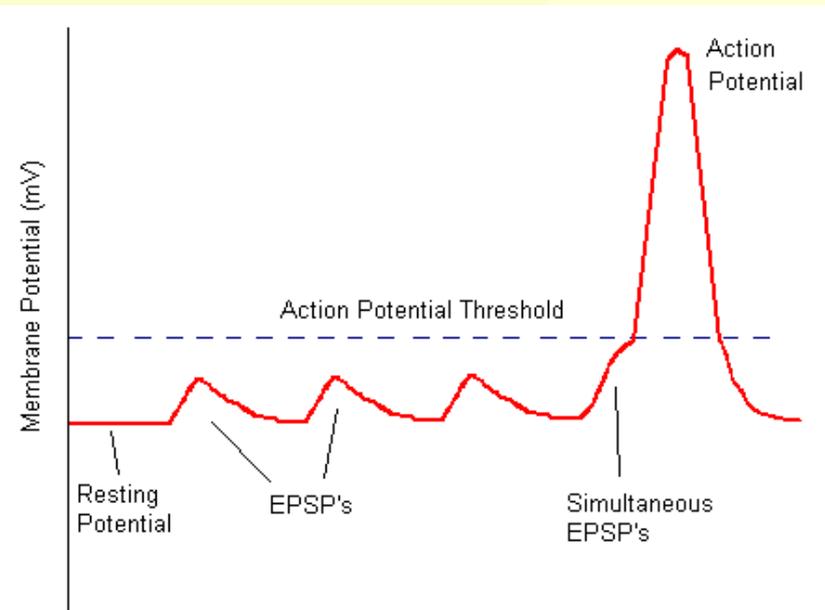


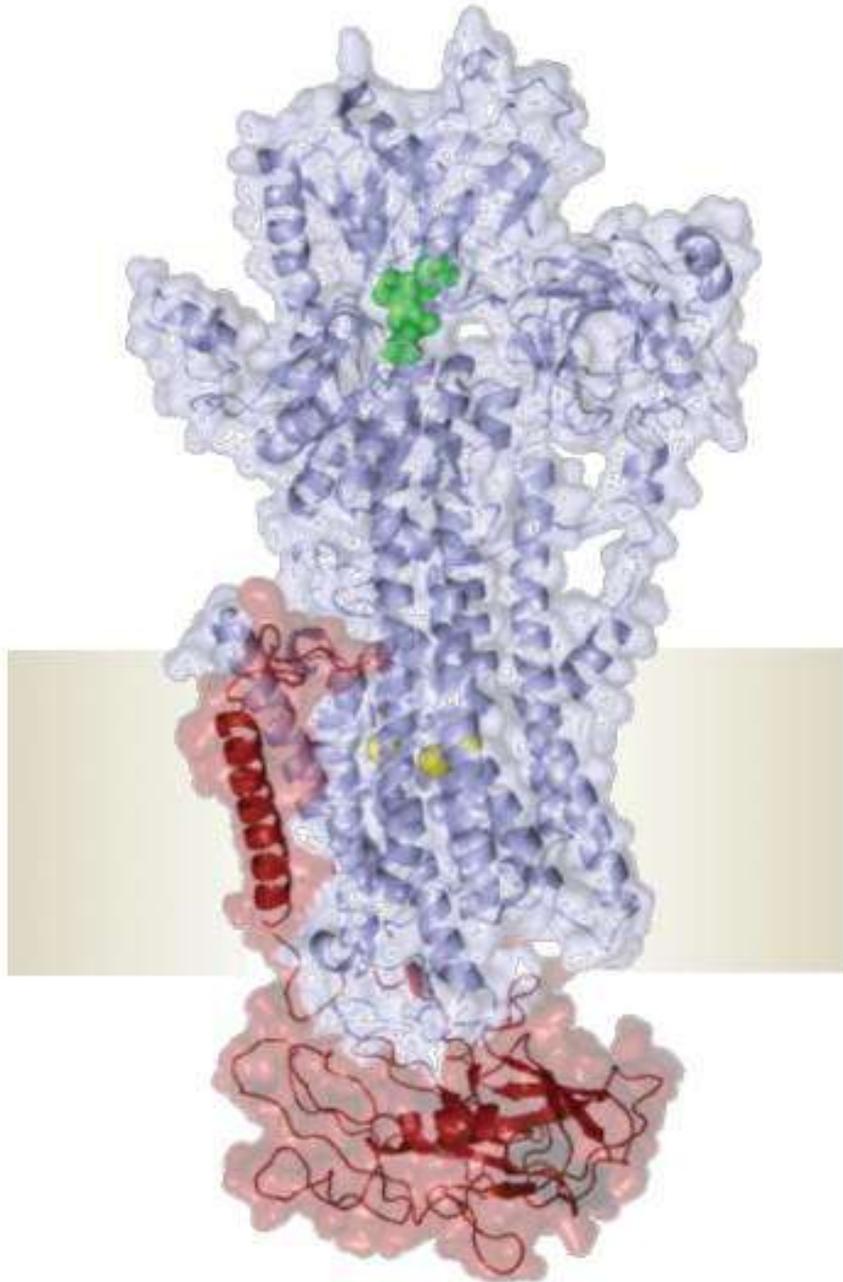
Cette activité nerveuses dans les circuits neuronaux est rendue possible par **deux mécanismes complémentaires**



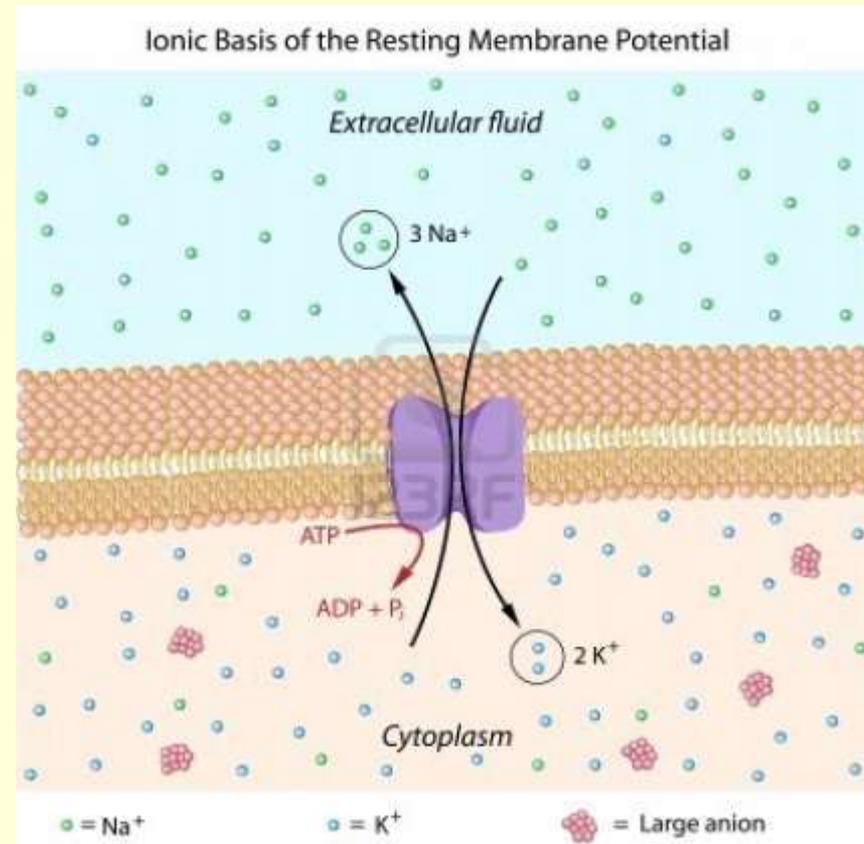


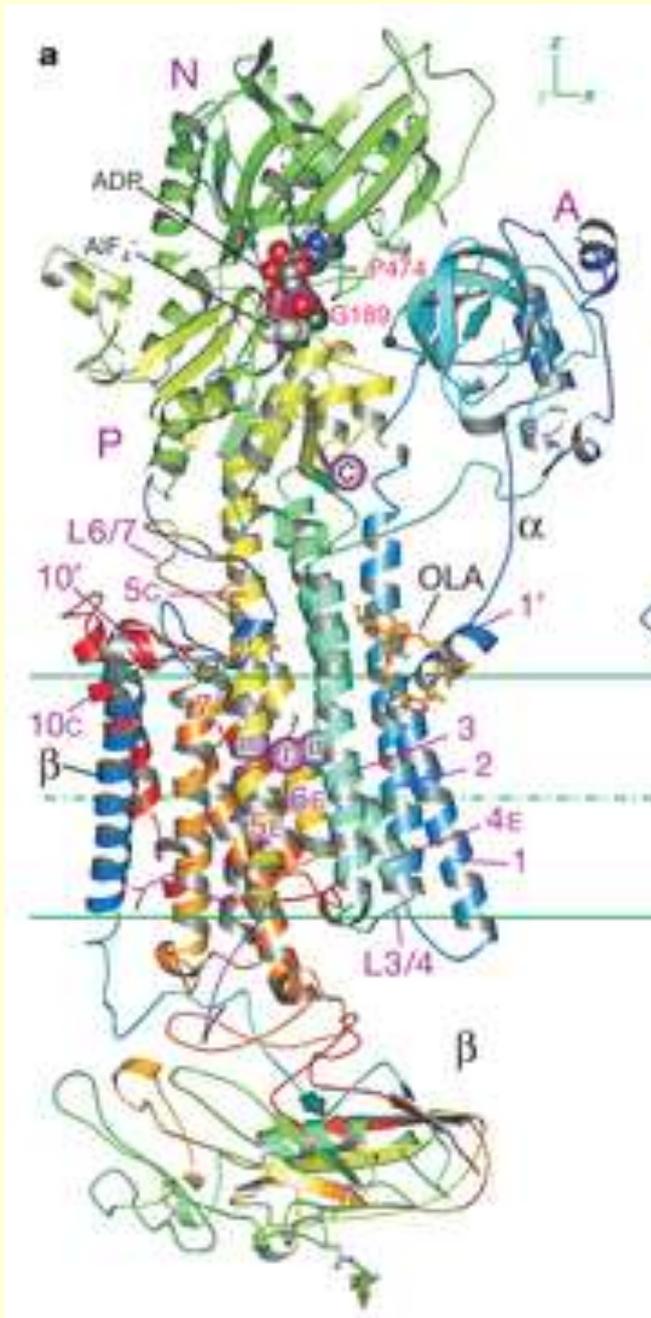
Étapes : 1 - 2 - 3 - 4





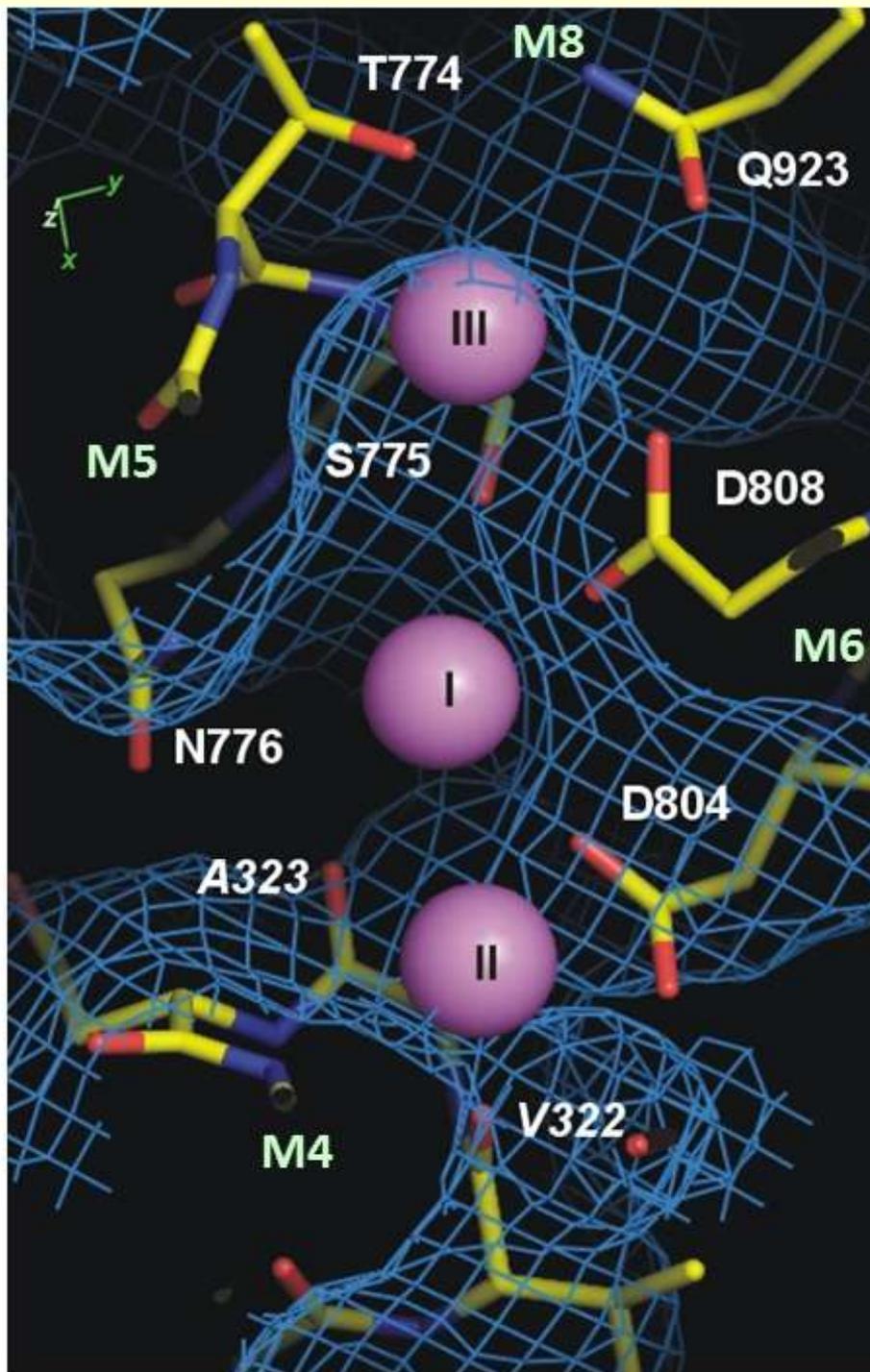
La pompe Na/K





C'est seulement en **2009**,
que sa structure globale
a pu être observée.

Mais on s'était toujours
demandé comment la pompe
faisait pour prendre des ions
sodium dans la première phase
de son travail, et des ions
potassium dans la deuxième,
sans se tromper.



Dans un articles publié dans ***Nature*** en octobre **2013** Kanai *et al.* ont pu démontrer que la clé réside dans le fait que

la pompe **change de conformation entre ces deux étapes**

et maintient ainsi le **potentiel de repos** du neurone

rendant possible les **potentiels d'action**,

et ultimement la **pensée...**

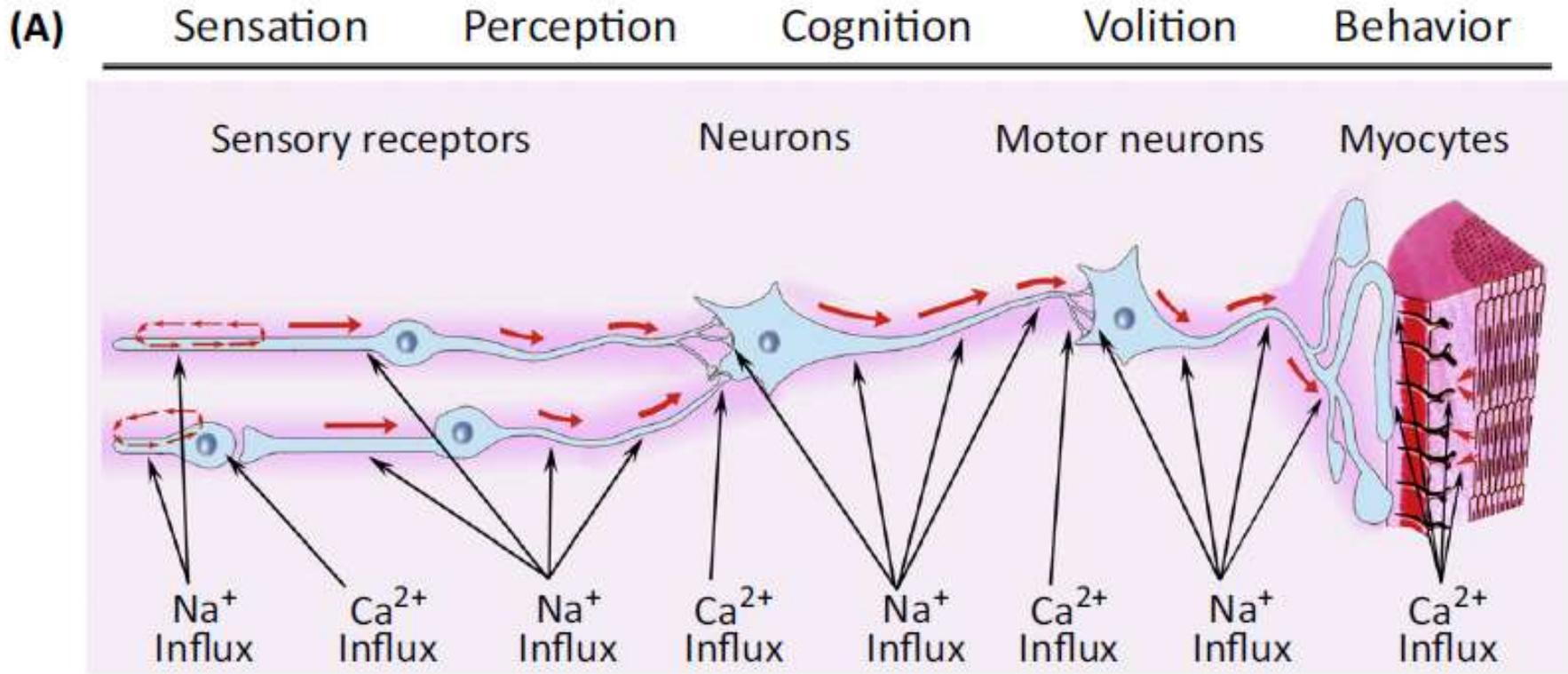
From membrane excitability to metazoan psychology

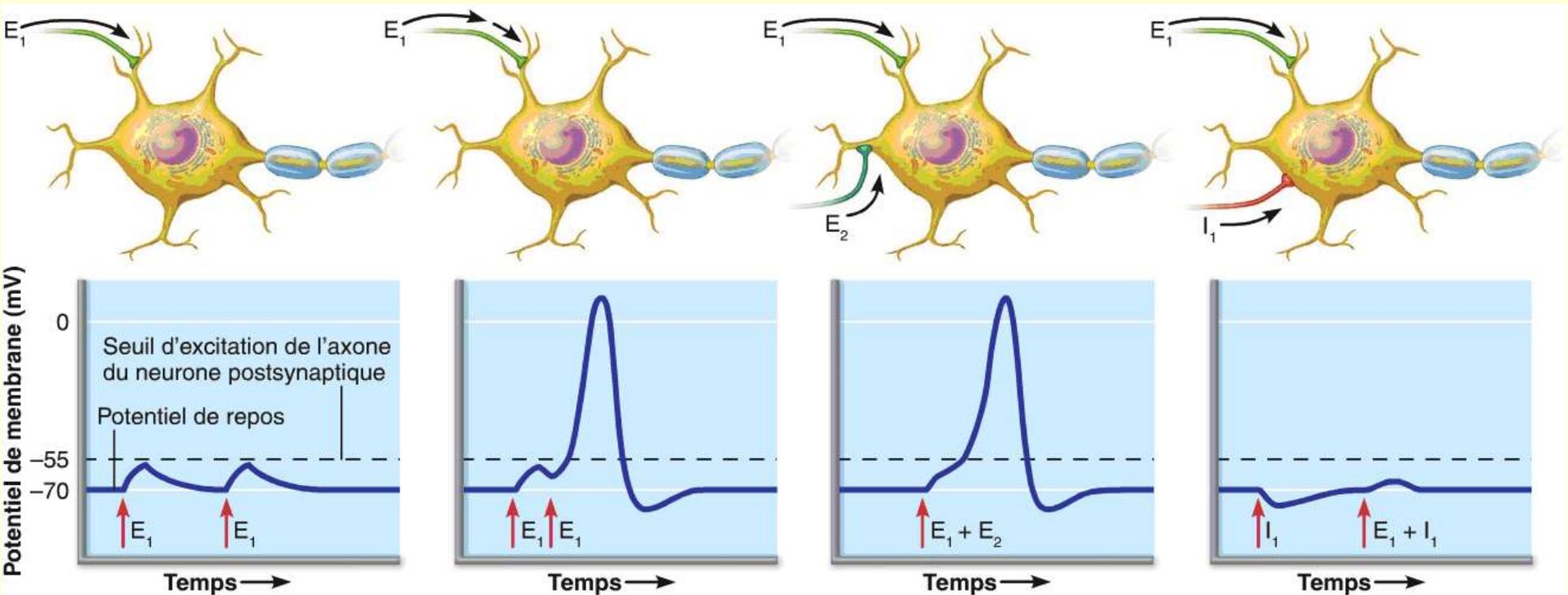
Trends in Neuroscience, Volume 37, Issue 12, p698–705, **December 2014**

<http://www.cell.com/trends/neurosciences/abstract/S0166-2236%2814%2900128-3?cc=y>

Et <http://www.blog-lecerveau.org/blog/2014/12/08/de-lexcitabilite-membranaire-a-la-conscience-subjective/>

- l'événement « premier » qui alerte en quelque sorte la cellule qu'il se passe « quelque chose » qui la concerne dans l'environnement seraient ces **ions positifs** qui entrent dans les neurones et se transmettent au suivant.
- et encore une fois, c'est à partir de là que s'élaborerait toute la psychologie animale jusqu'à la conscience humaine...





(a) **Pas de sommation ou stimulus infralaminaire:**
Pas de sommation des PPSE lorsque deux stimulus sont séparés dans le temps.

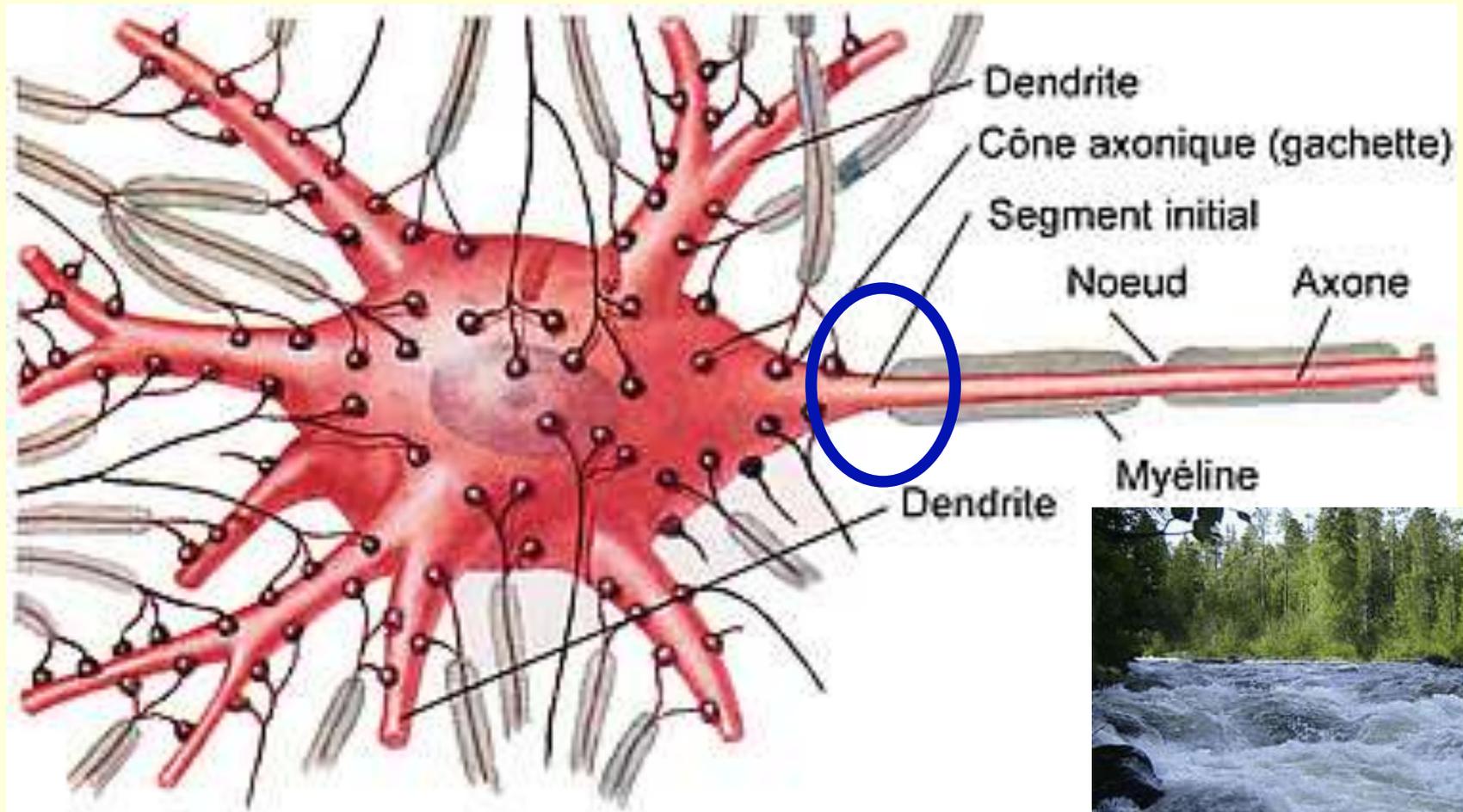
(b) **Sommation temporelle:**
Sommation des PPSE lorsque deux stimulus sont rapprochés dans le temps.

(c) **Sommation spatiale:**
Sommation des PPSE lorsque deux stimulus se produisent simultanément.

(d) **Sommation spatiale du PPSE et du PPSI:**
Annulation possible des changements de potentiel de membrane.

Concept / Cadre théorique :

Chaque neurone est un **intégrateur dynamique**

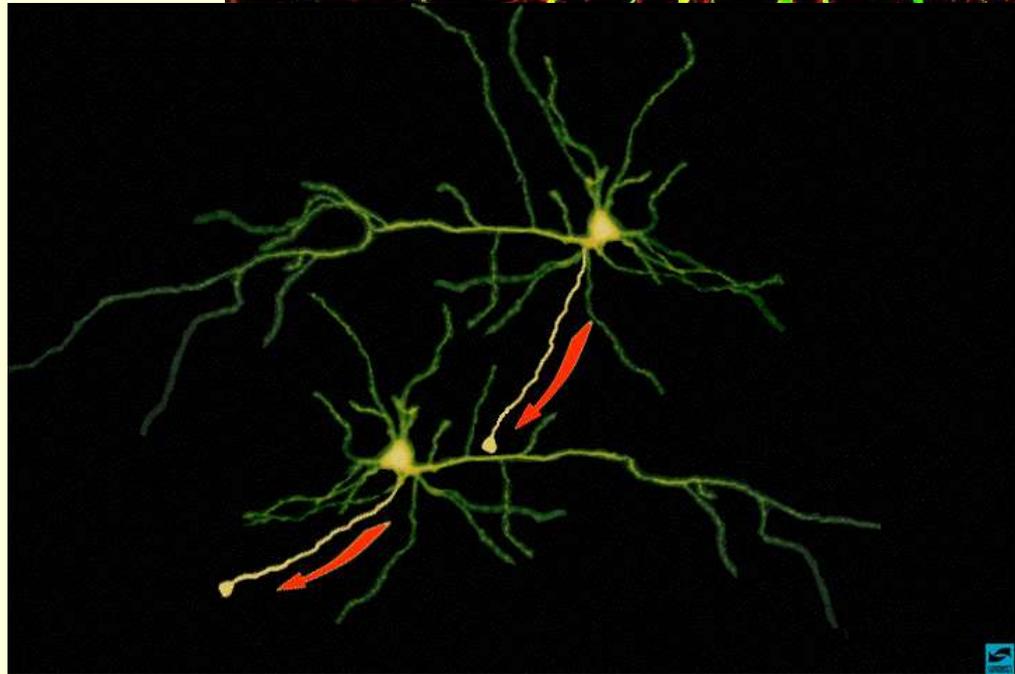
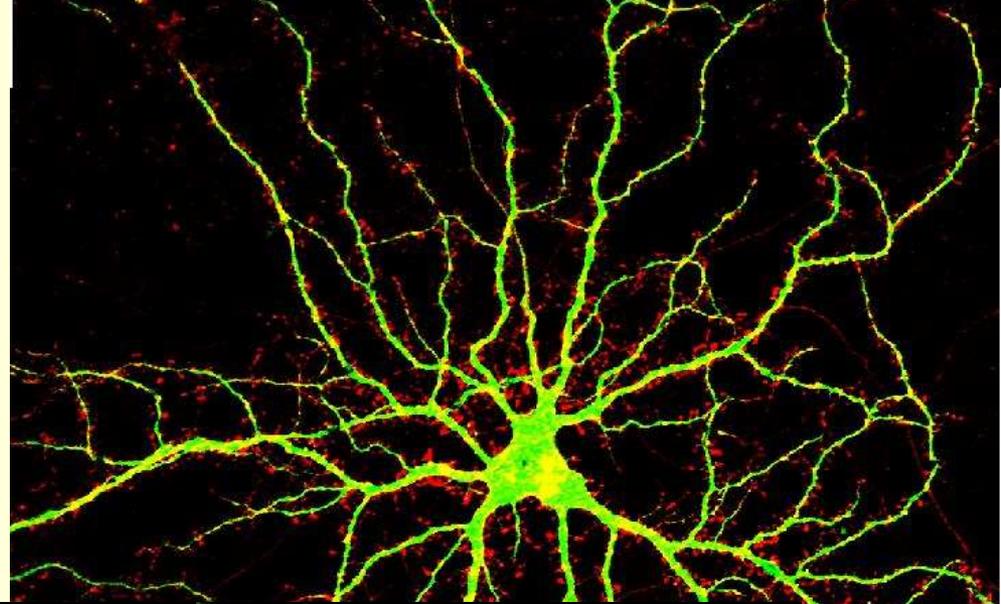


« Le fait qu'une cellule vivante se soit adaptée en une structure capable de recevoir et **d'intégrer** des données,

de **prendre des décisions** fondées sur ces données,

et **d'envoyer des signaux** aux autres cellules en fonction du résultat de cette intégration

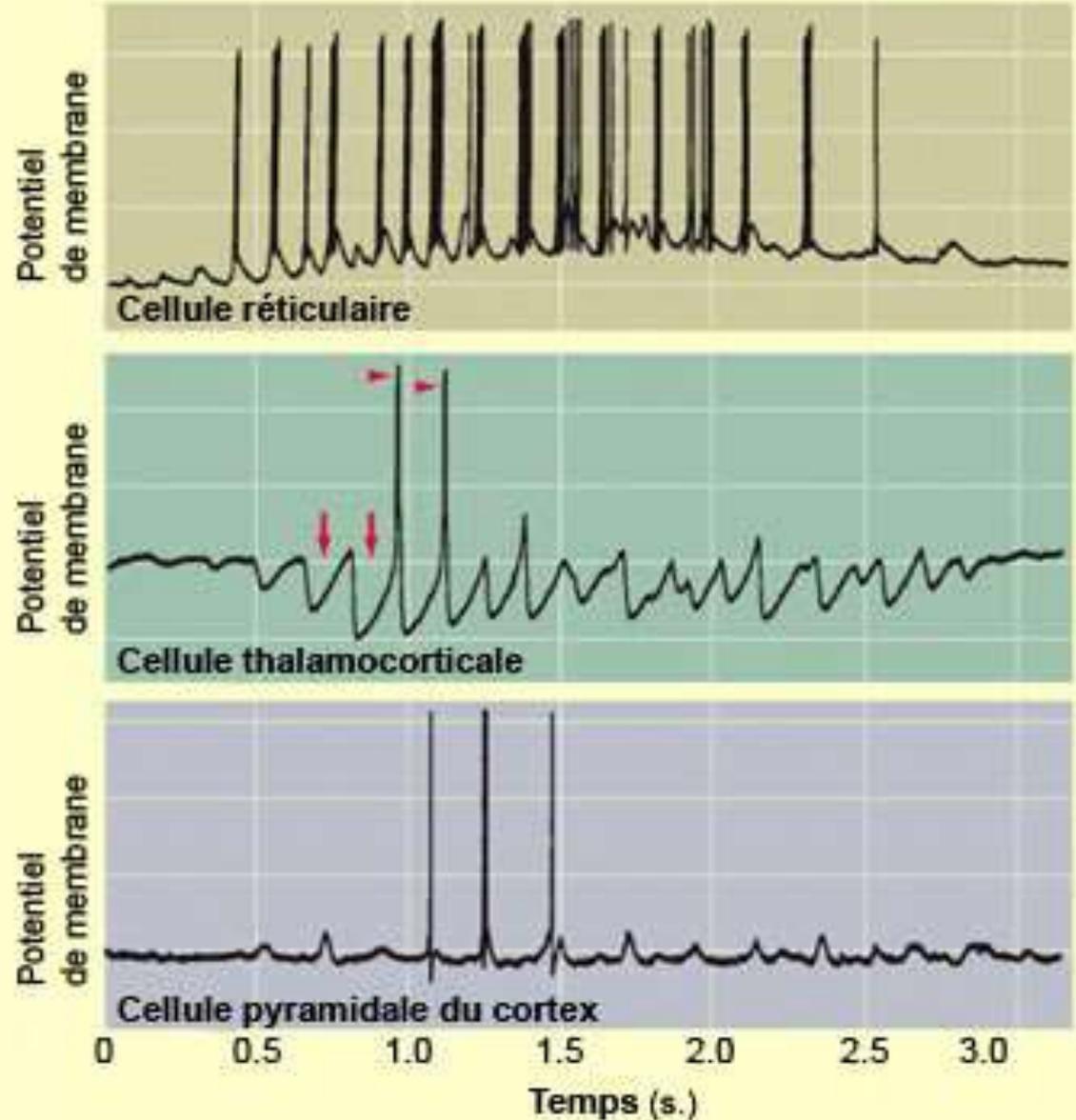
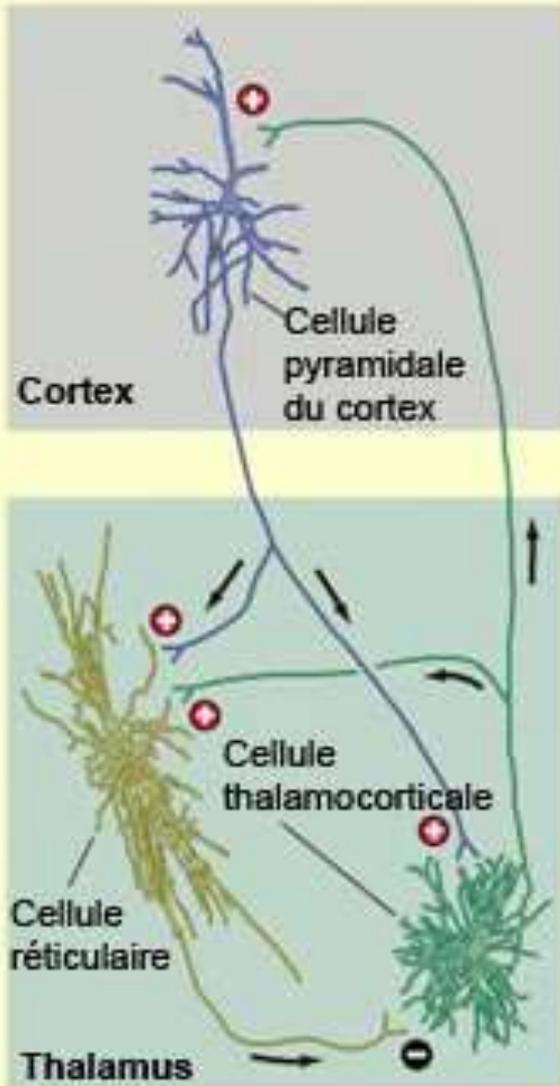
est un exploit remarquable de l'évolution. »

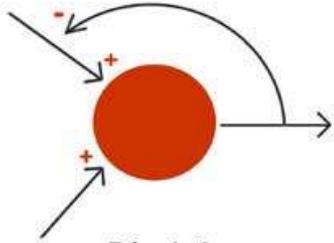
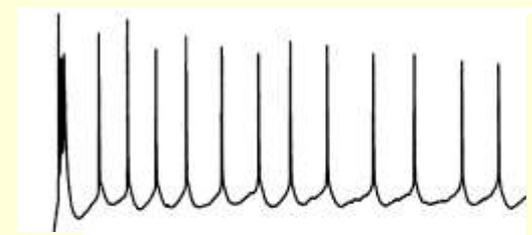
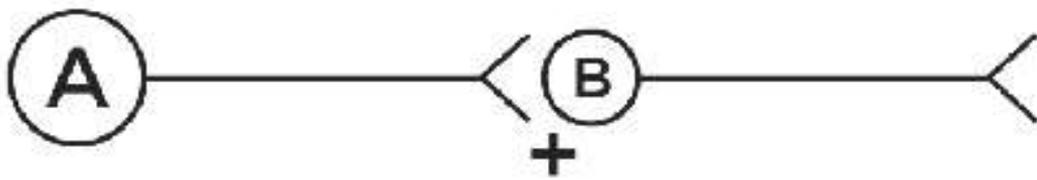


<http://m.cacm.acm.org/magazines/2011/8/114944-cognitive-computing/fulltext>

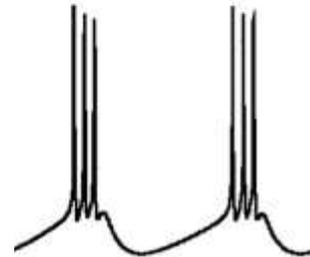
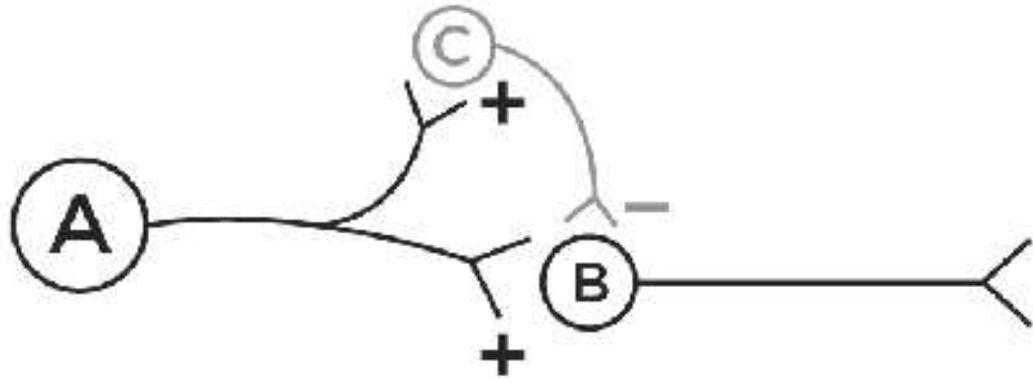
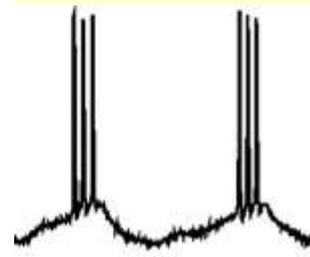
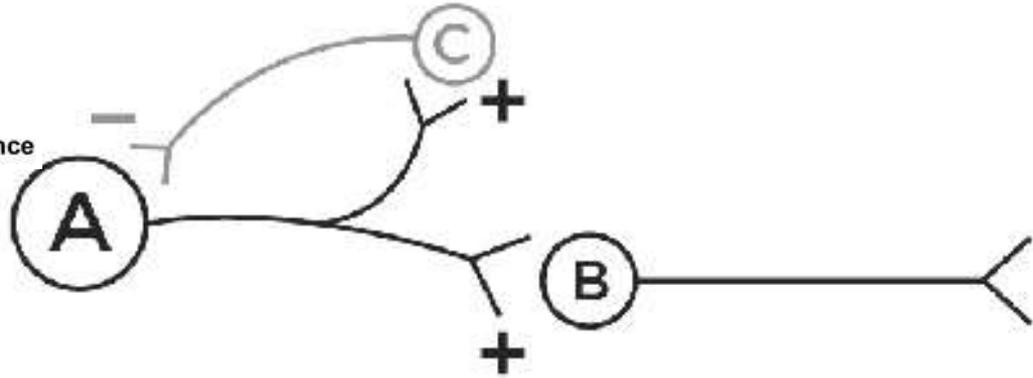
Dharmendra S. Modha, Rajagopal Ananthanarayanan, Steven K. Esser, Anthony Ndirango, Anthony J. Sherbondy, Raghavendra Singh, Communications of the ACM, Vol. 54 No. 8, Pages 62-71 (2011)

Deux neurones, trois neurones, quelques neurones (la grammaire de base du cerveau)





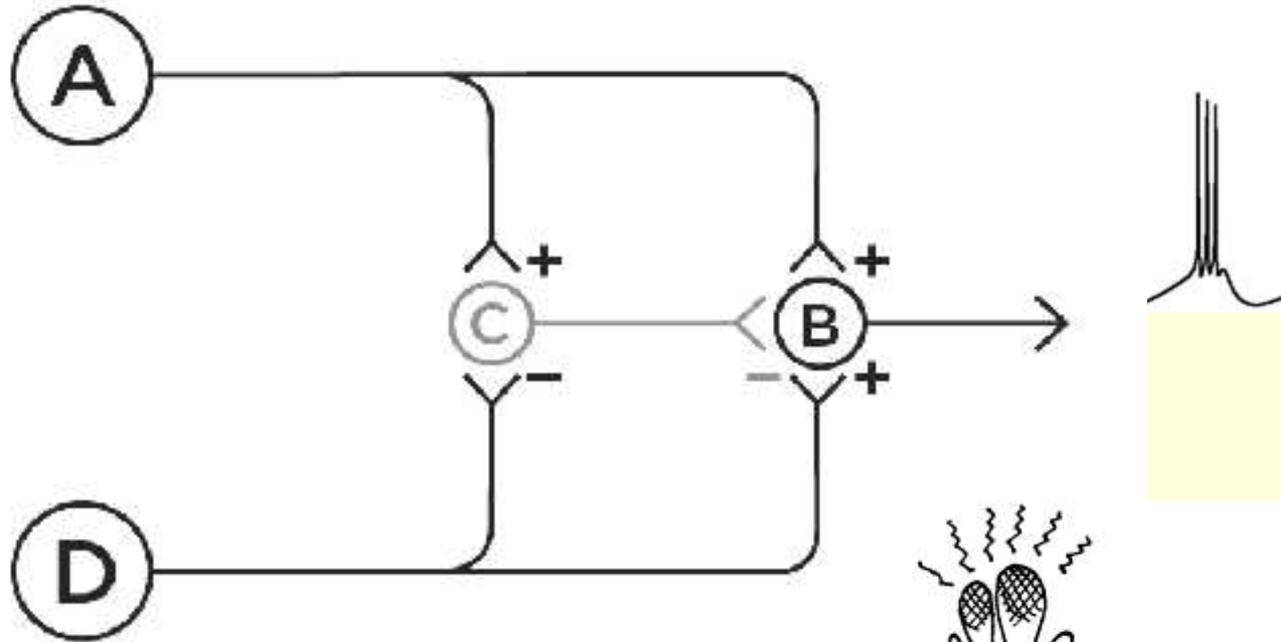
Régulation en constance



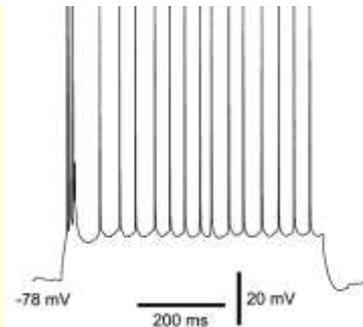
Deux manières d'augmenter le **contraste temporel** (« temporal sharpening »)

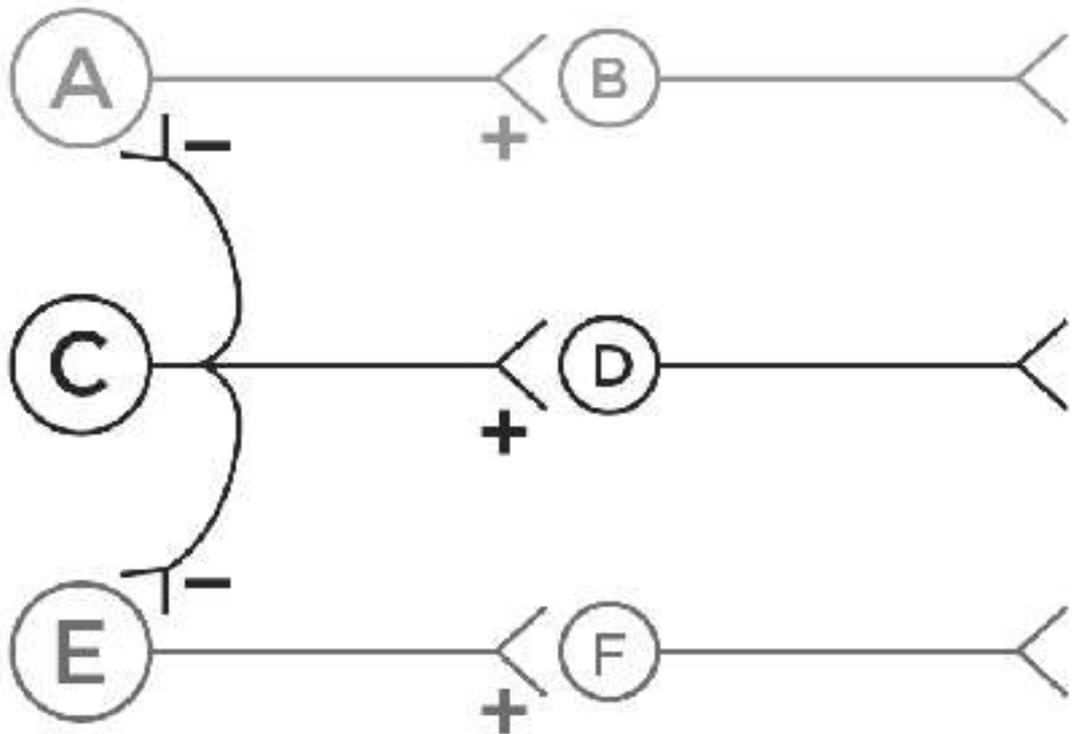


Douleur aguë

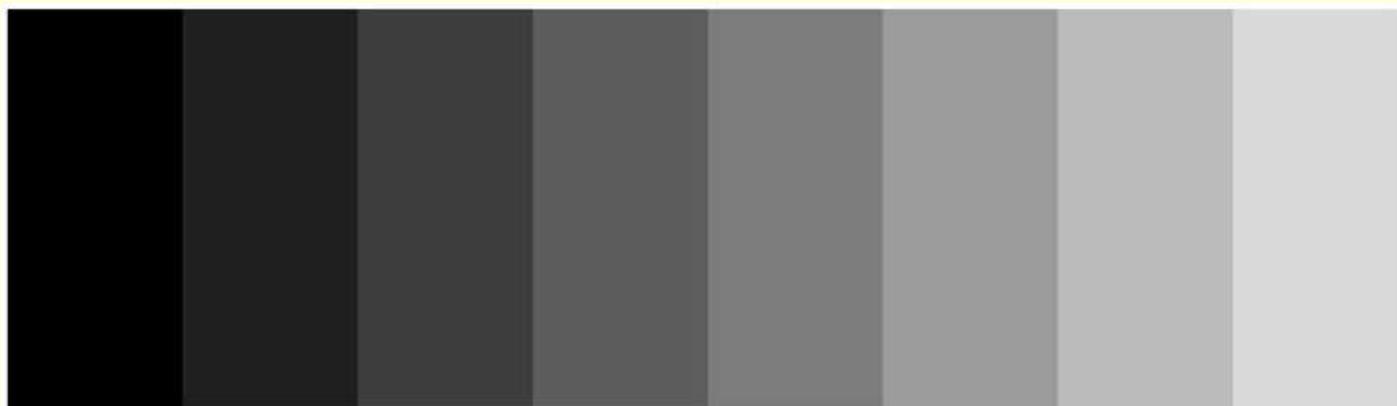
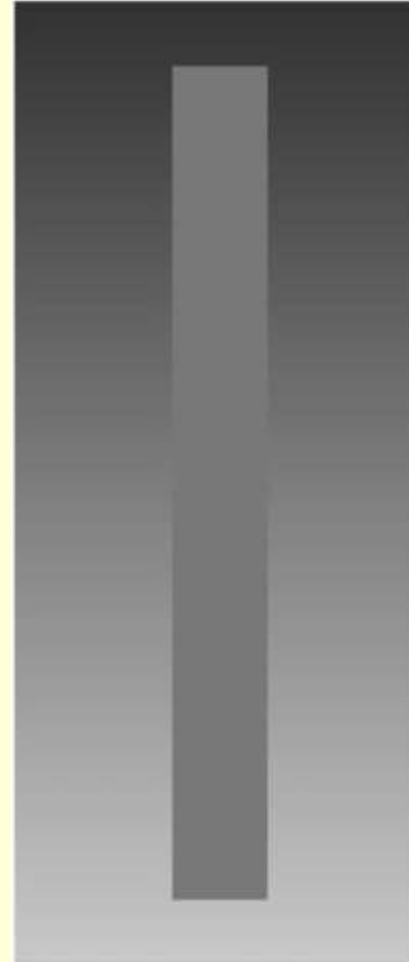


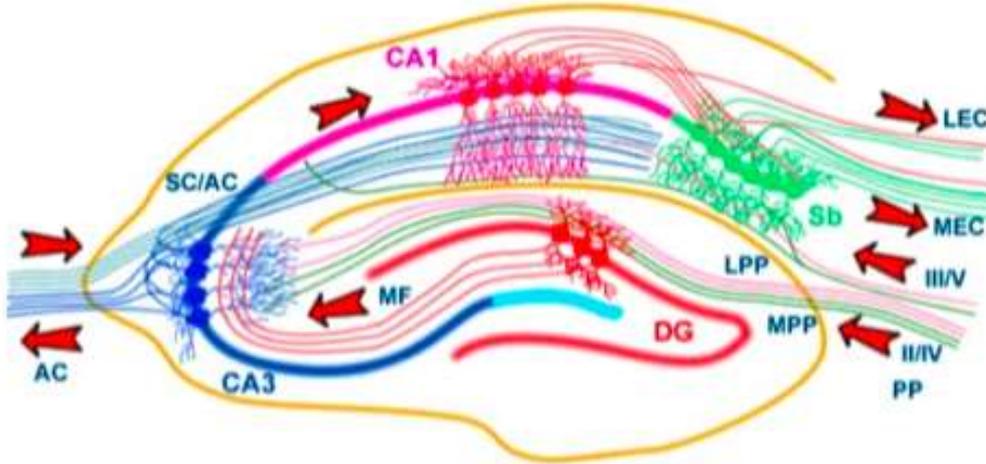
Douleur chronique



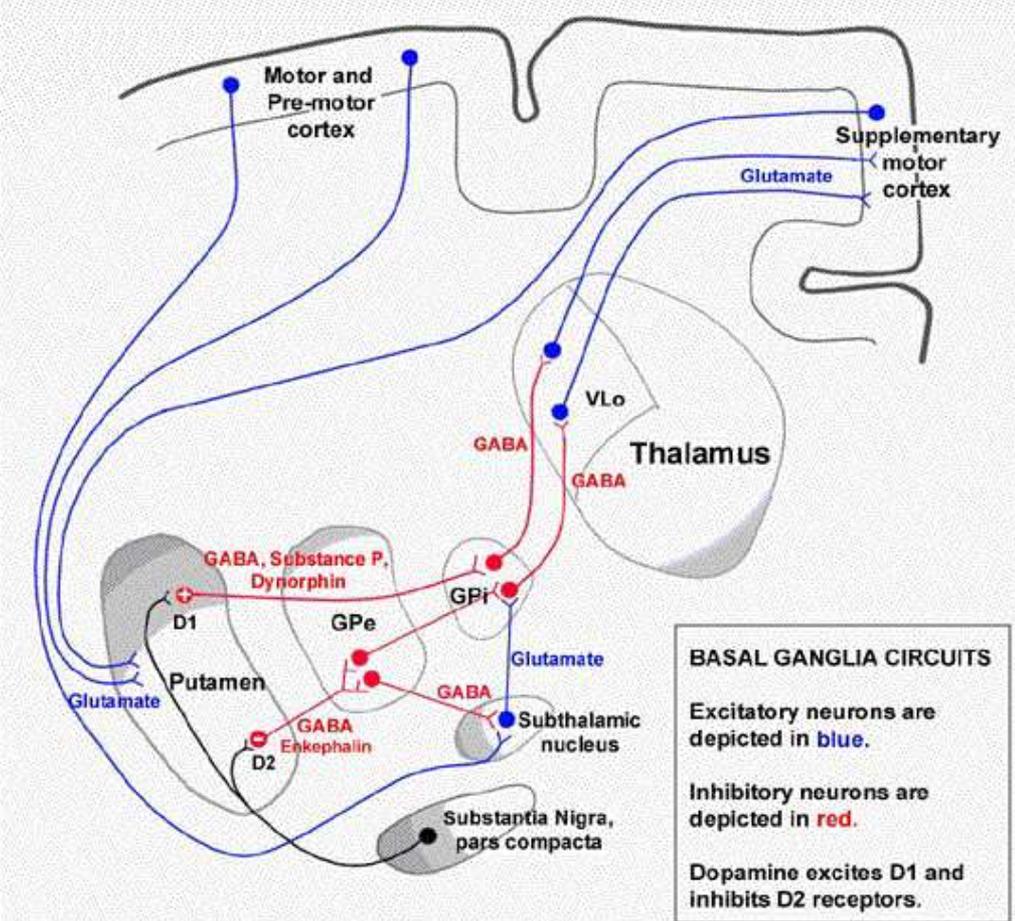


Inhibition latérale



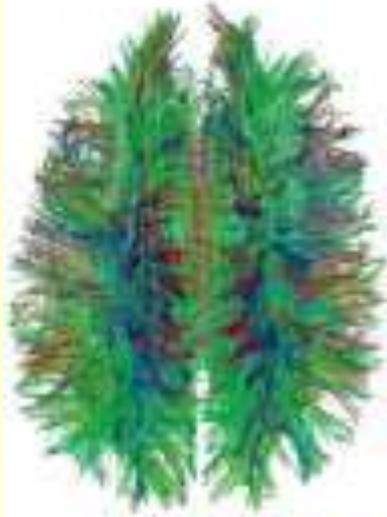


Il y a ensuite des circuits avec des milliers et des millions de neurones à l'échelle des différentes structures cérébrales (hippocampe, **noyaux gris centraux...**)



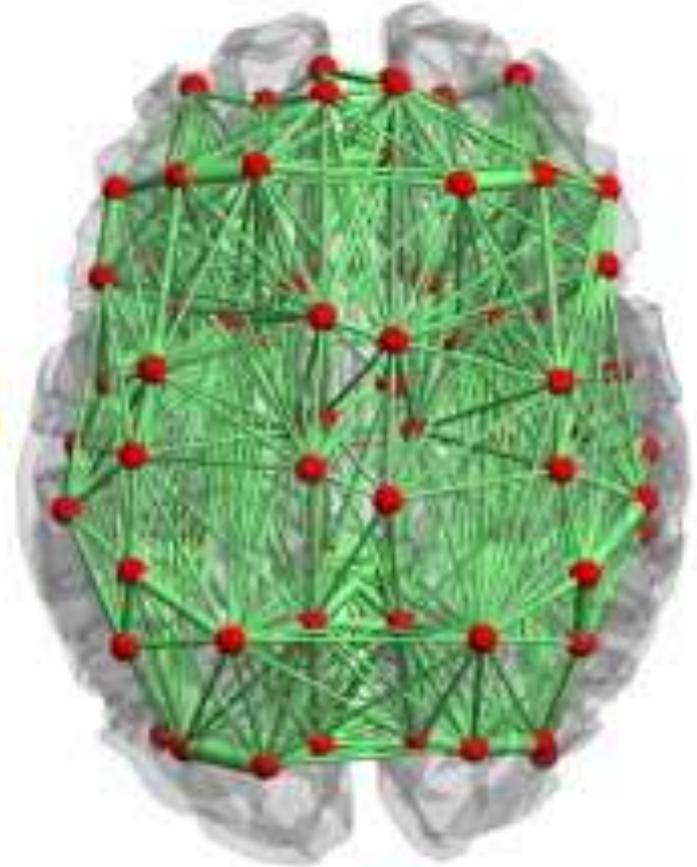
Et enfin des réseaux à l'échelle du **cerveau entier** qui relie des milliards de neurones !

Tractography



Parcellation template

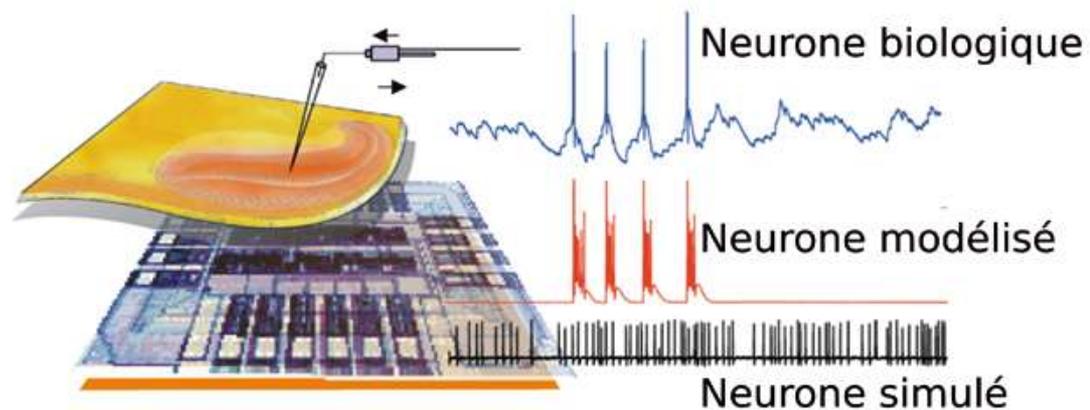
Brain network model



Vers les « neurosciences computationnelles »

qui regroupent des approches **mathématiques, physiques et informatiques** appliquées à la **compréhension du système nerveux**.

(l'expression date du milieu des années 1980)



Débat / Controverse :

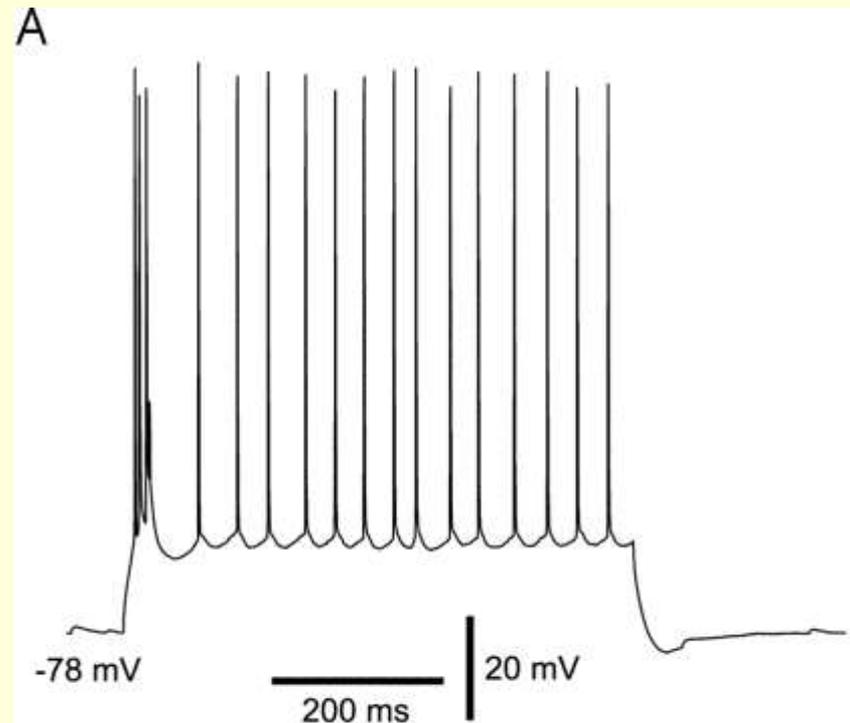
Quel type de computation ?

La réponse traditionnelle depuis les années 1960 était que le système nerveux effectue des computation **digitales** comme les ordinateurs (potentiel d'action = phénomène tout ou rien...).

Mais !

Les “véhicules computationnels” primaires du système nerveux, **les trains de potentiels d'action**, sont irrémédiablement graduels dans leur propriétés fonctionnelles. (bien qu'un seul potentiel d'action est un phénomène “tout ou rien”, donc binaire)

Autrement dit, la pertinence fonctionnelle du signal neuronal dépend d'aspects non digitaux du signal comme le **taux de décharge des potentiels d'action** et la **synchronisation de l'activité neuronale**.



Mais !

Les “véhicules computationnels” primaires du système nerveux, **les trains de potentiels d'action**, sont irrémédiablement graduels dans leur propriétés fonctionnelles. (bien qu'un seul potentiel d'action est un phénomène “tout ou rien”, donc binaire)

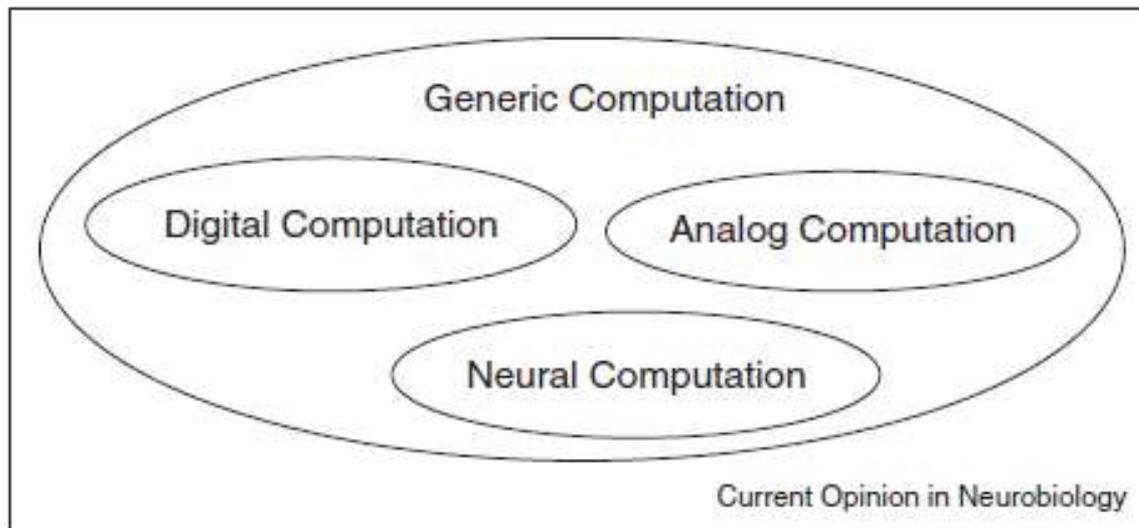
Autrement dit, la pertinence fonctionnelle du signal neuronal dépend d'aspects non digitaux du signal comme le **taux de décharge des potentiels d'action** et la **synchronisation de l'activité neuronale**.

Par conséquent, un signal neuronal typique n'est **pas une suite de “0” ou de “1”** sous quelque forme que ce soit et n'est donc pas une computation digitale.

Cela ne veut pas dire que la computation neuronale est de type analogique, i.e. qui utilise un signal continu.

Car, comme on l'a mentionné, le signal nerveux est fait d'unités fonctionnelles discontinues que sont les potentiels d'action.

Par conséquent, les computations neuronales semblent être ni digitales, ni analogues, **mais bien un genre distinct de computation.**



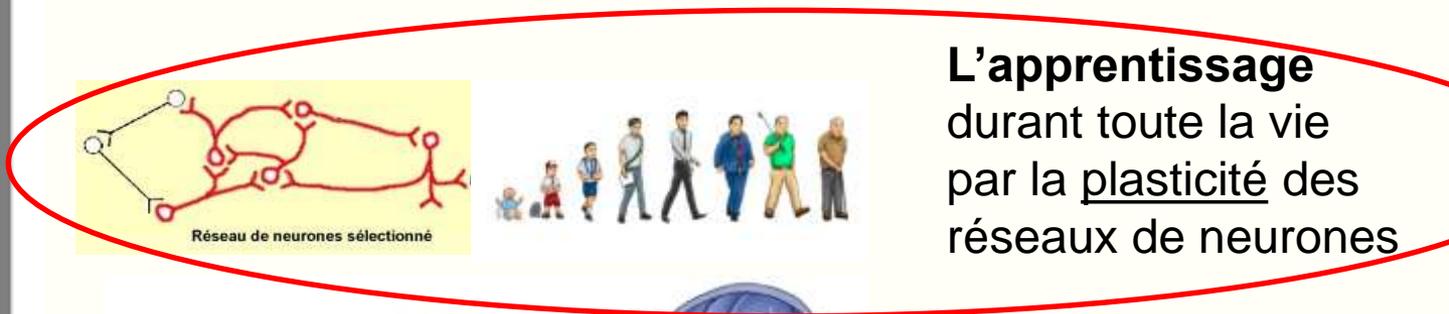
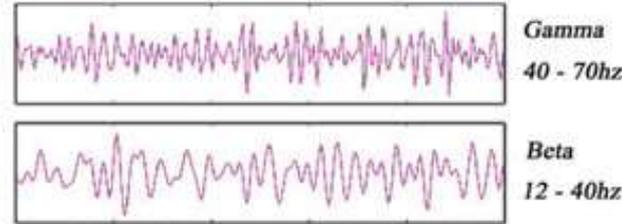
Some types of generic computation. Neural computation may sometimes be either digital or analog in character, but, in the general case, neural computation appears to be a distinct type of computation.

Piccinini, G., Shagrir, O. (2014). **Foundations of computational neuroscience.**

Current Opinion in Neurobiology, 25:25–30.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959438813002043>

À différentes échelles de temps : que des processus dynamiques

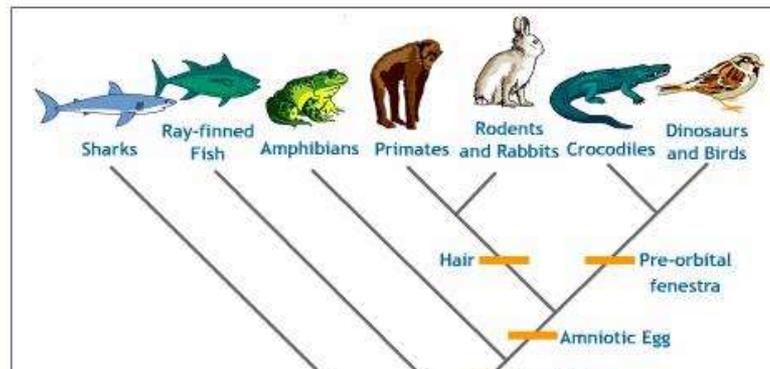
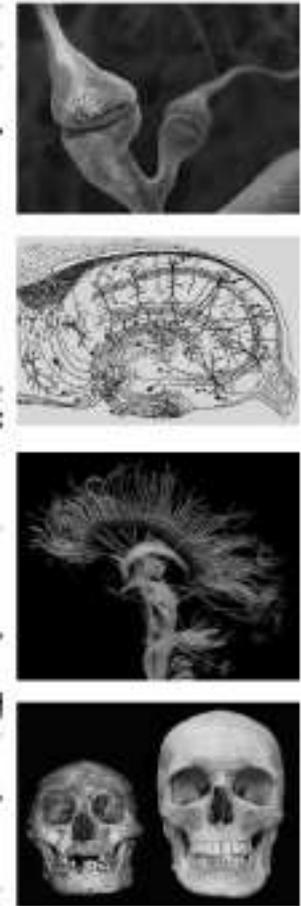
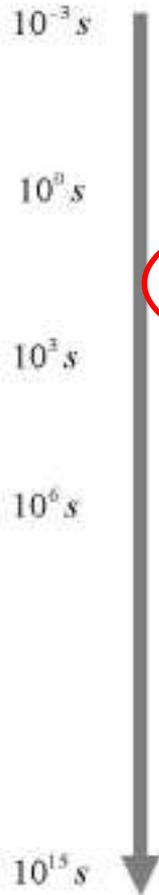
Perception et action devant des situations en temps réel grâce à des coalitions neuronales synchronisées temporairement

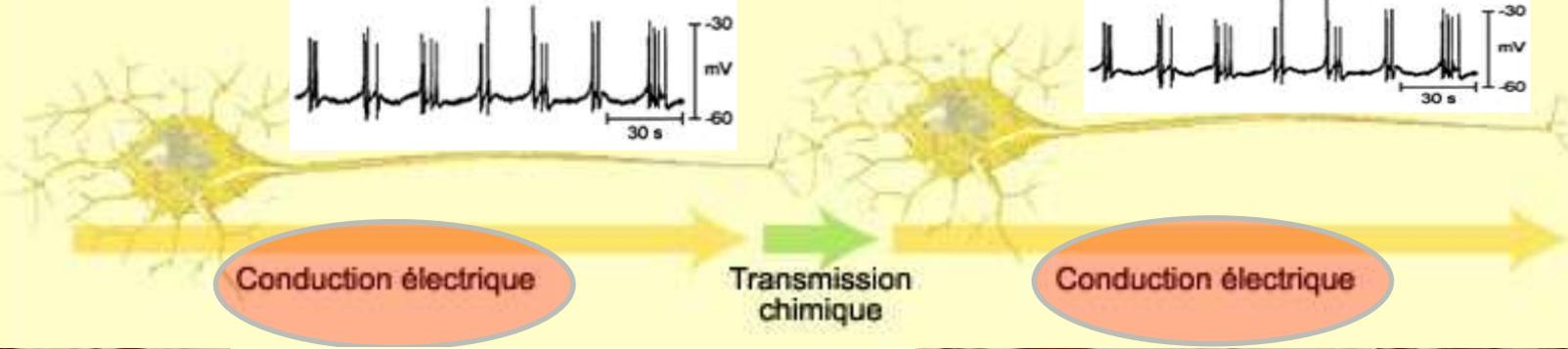


L'apprentissage durant toute la vie par la plasticité des réseaux de neurones

Développement du système nerveux (incluant des mécanismes épigénétiques)

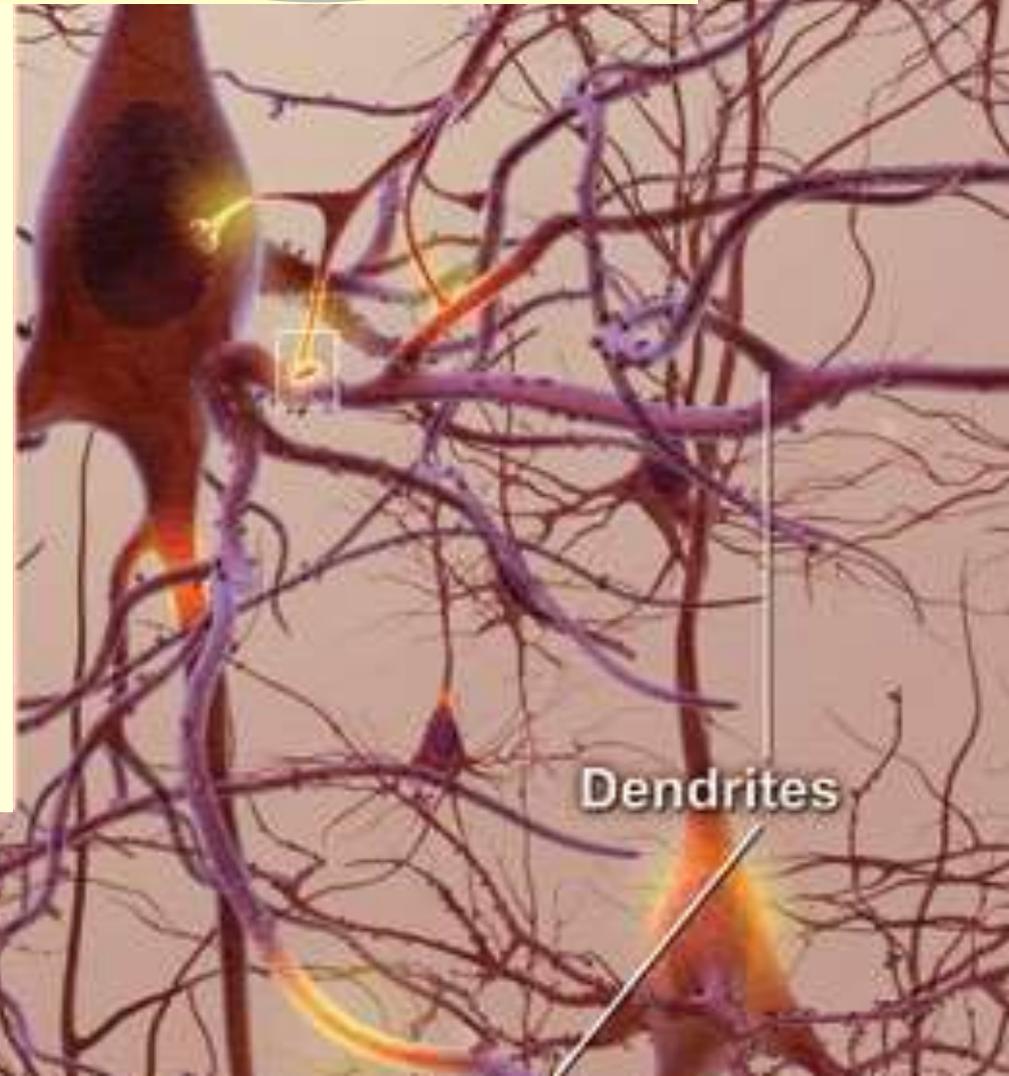
Évolution biologique qui façonne les plans généraux du système nerveux

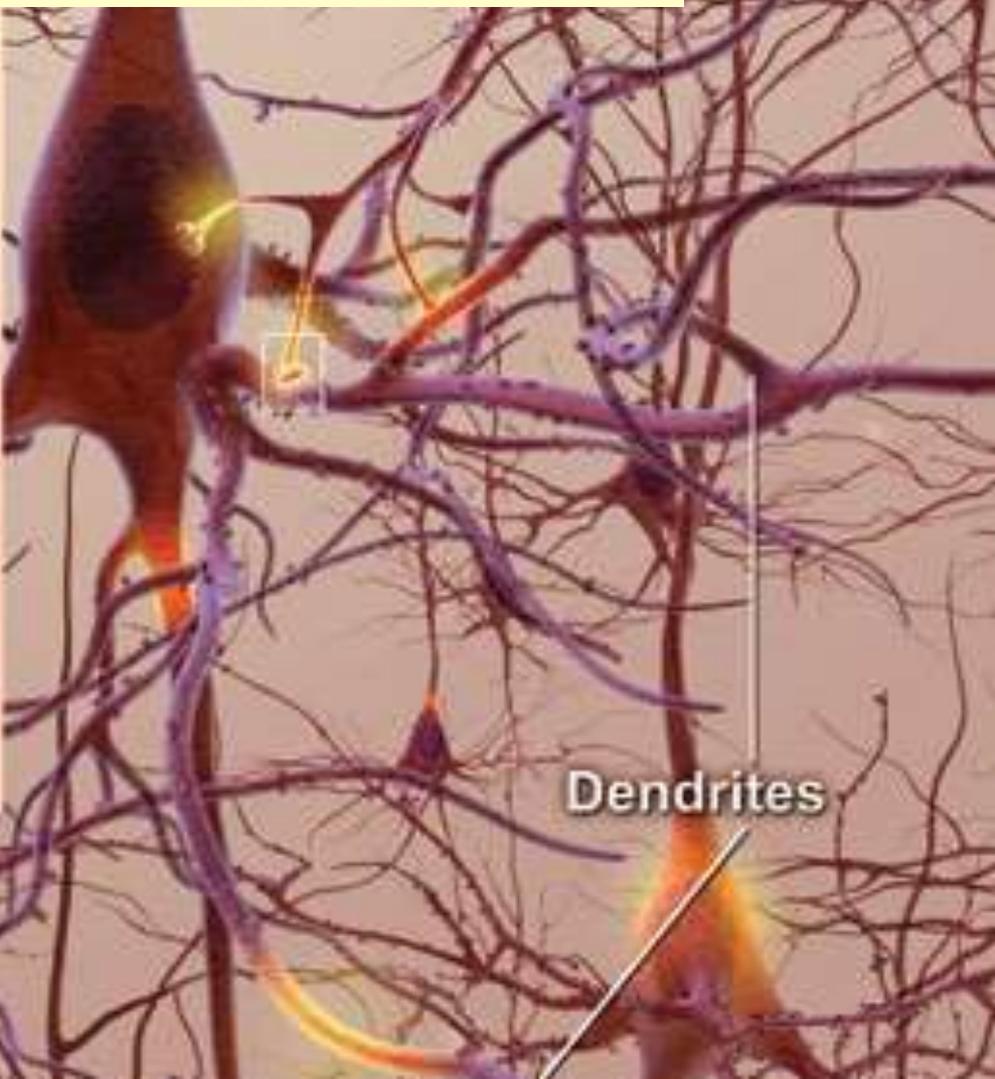
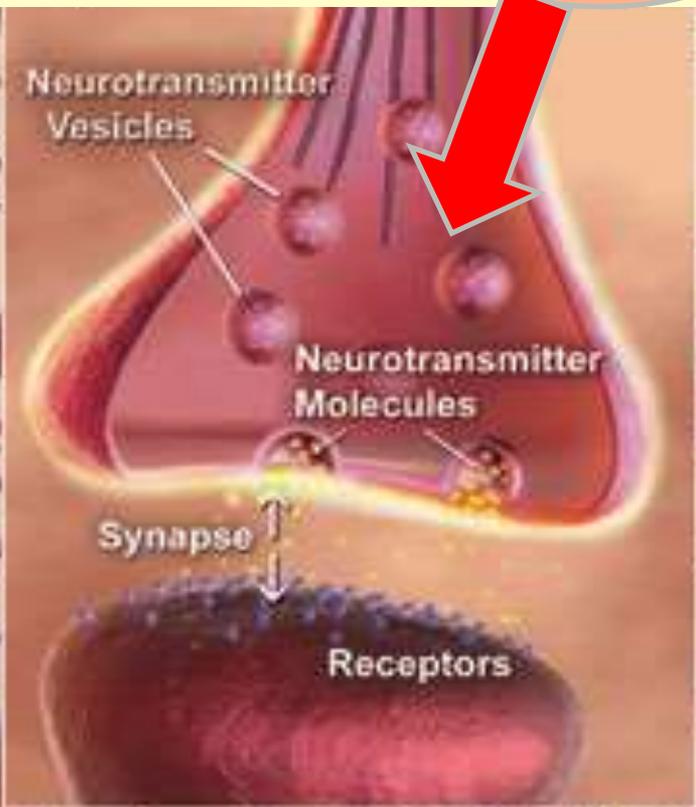
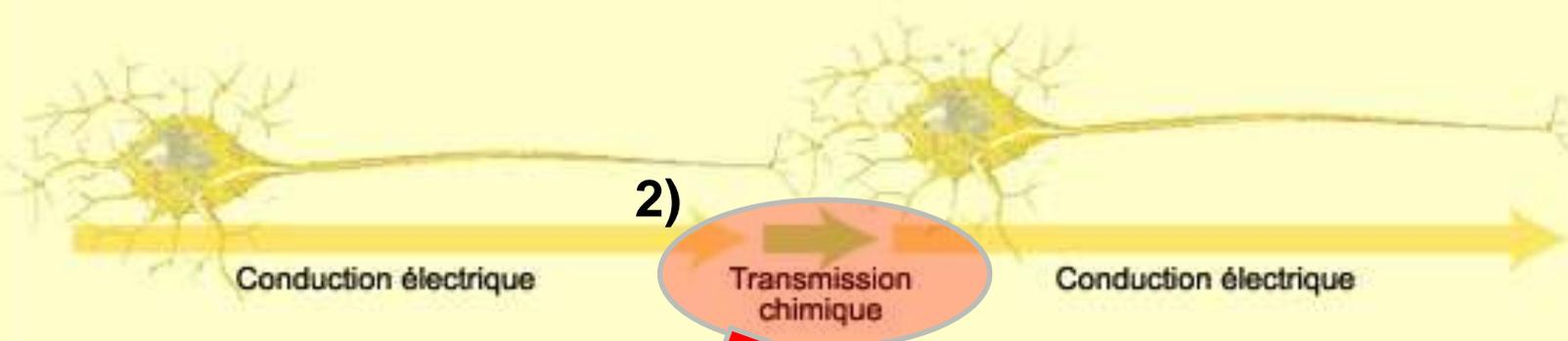




On a dit que la communication neuronale utilise deux grands mécanismes distincts :

1) on vient de voir la **conduction électrochimique**

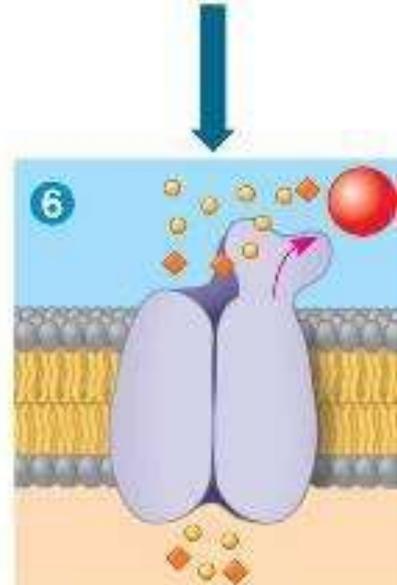
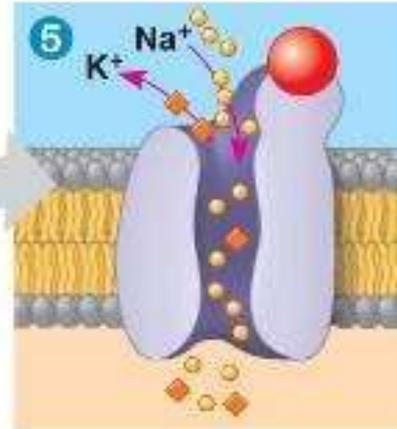
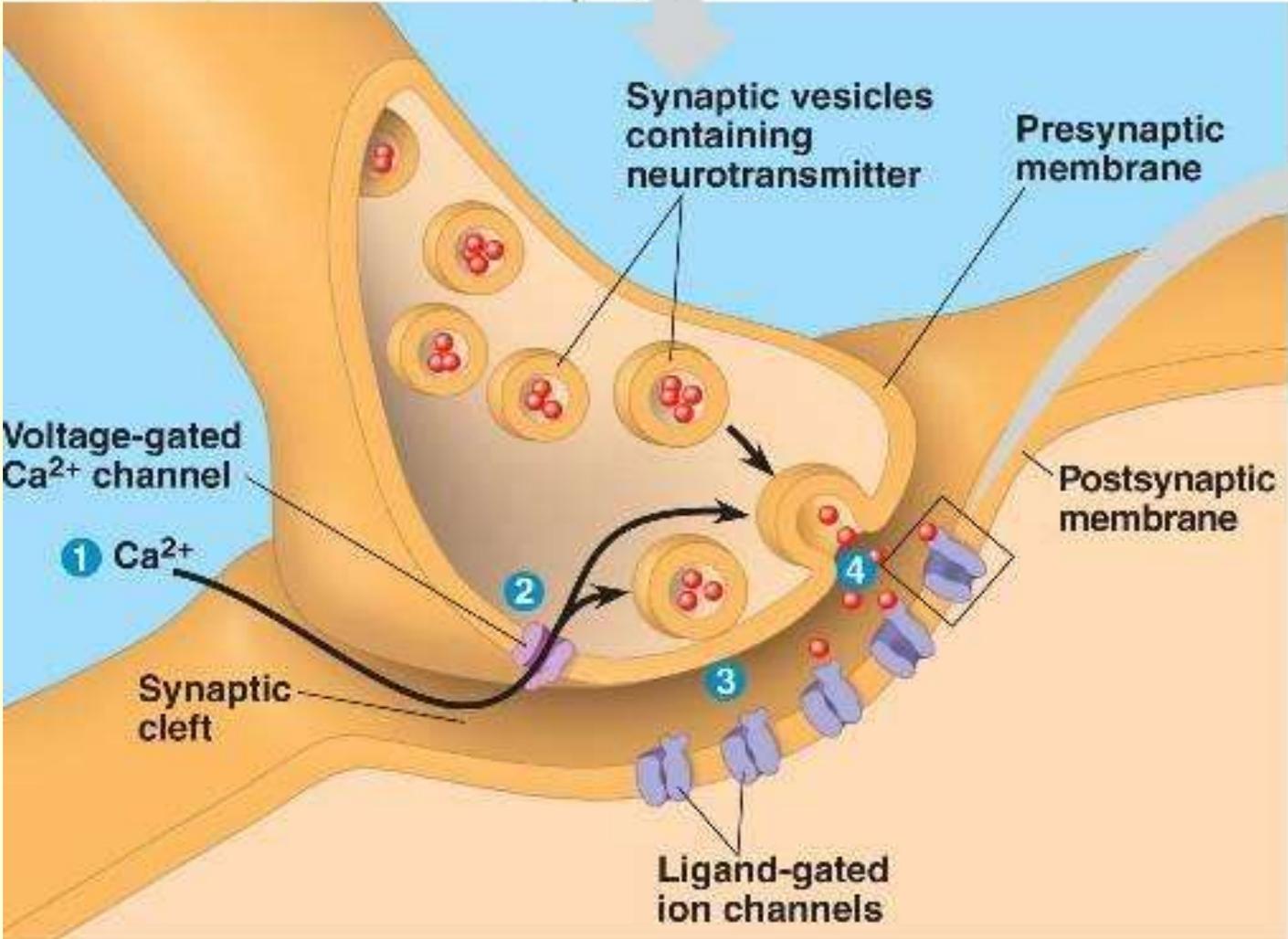
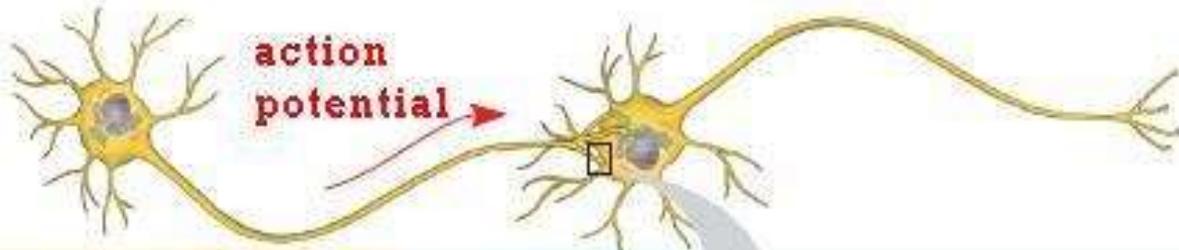


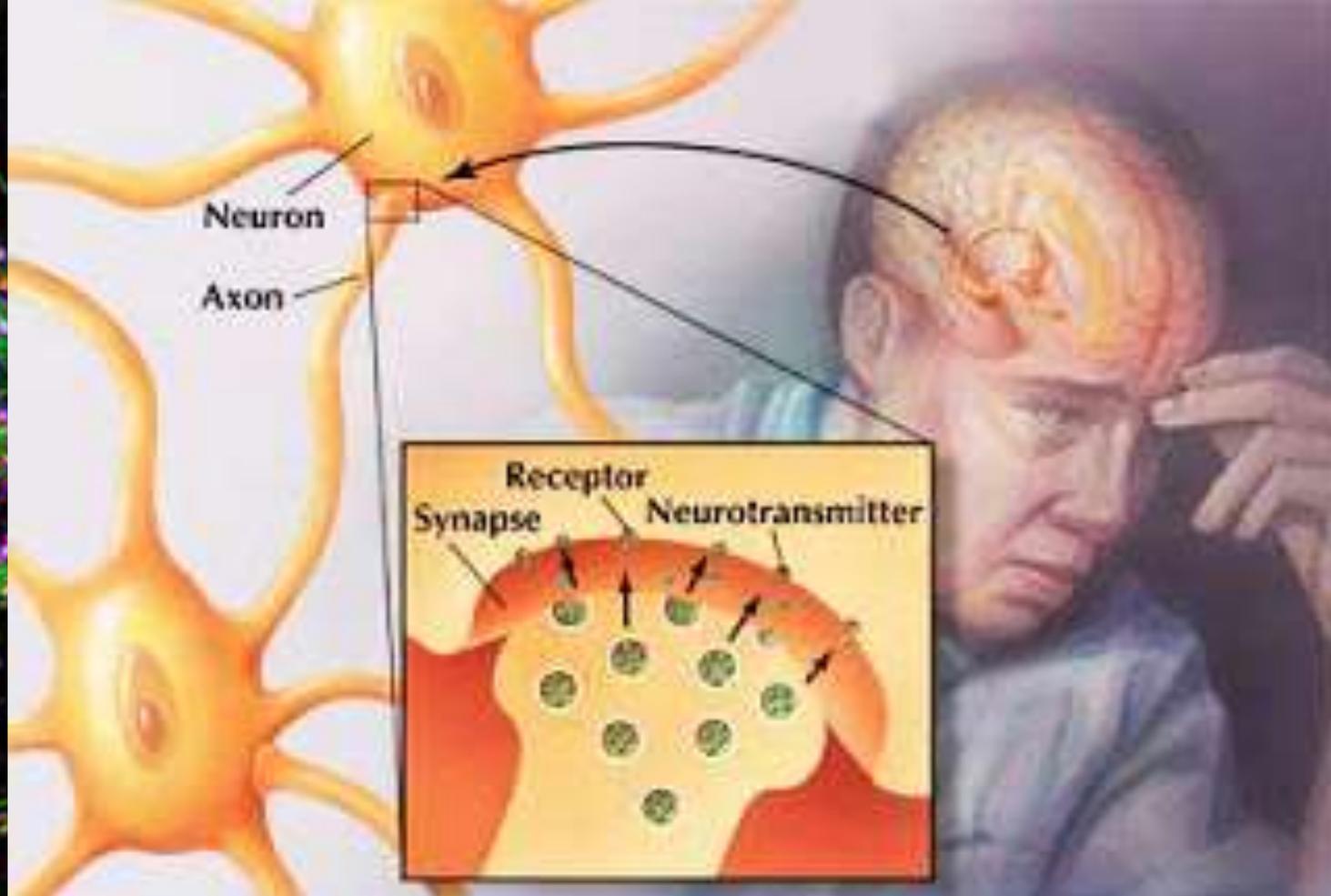


Presynaptic cell

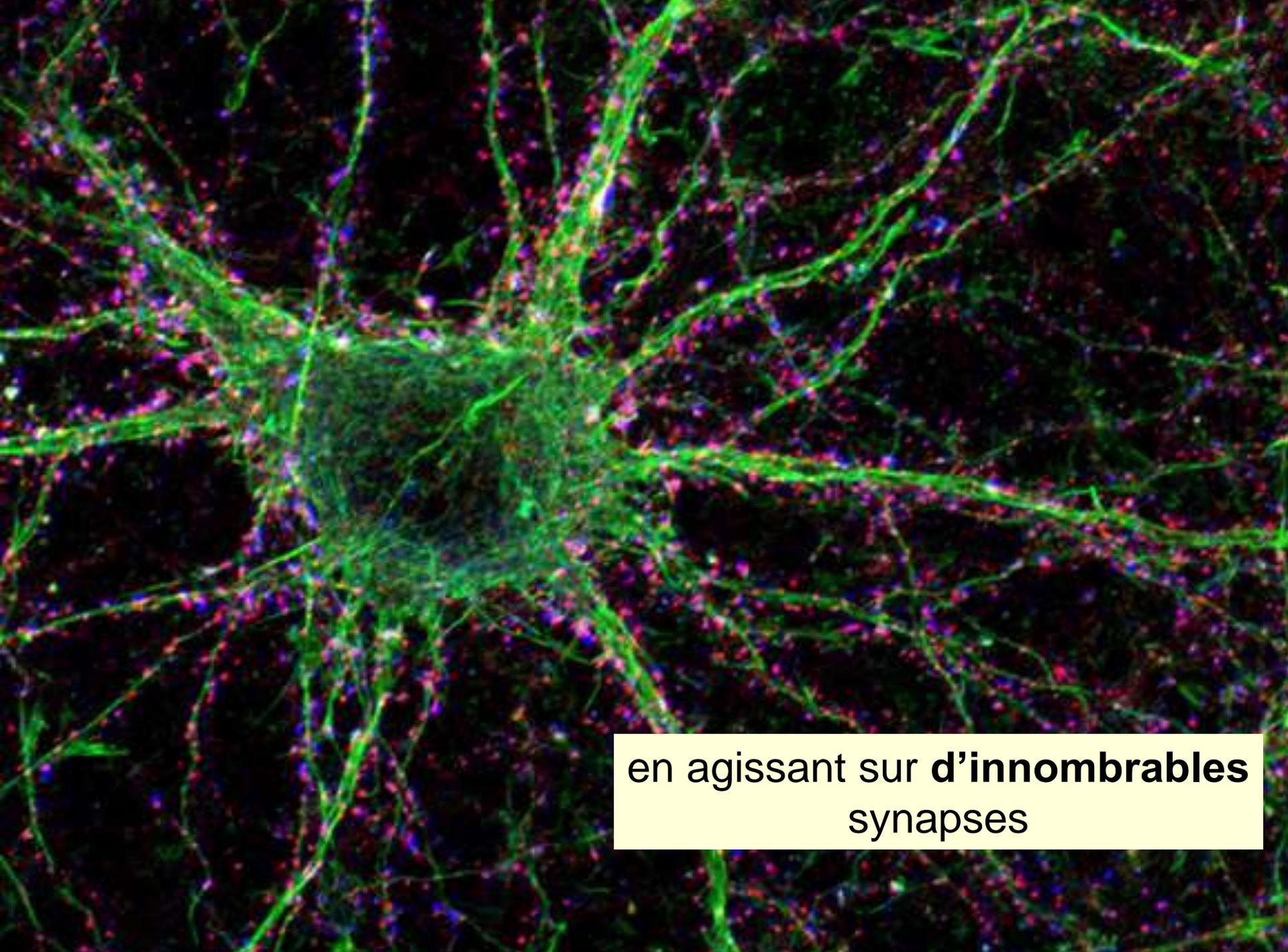
Postsynaptic cell

action potential

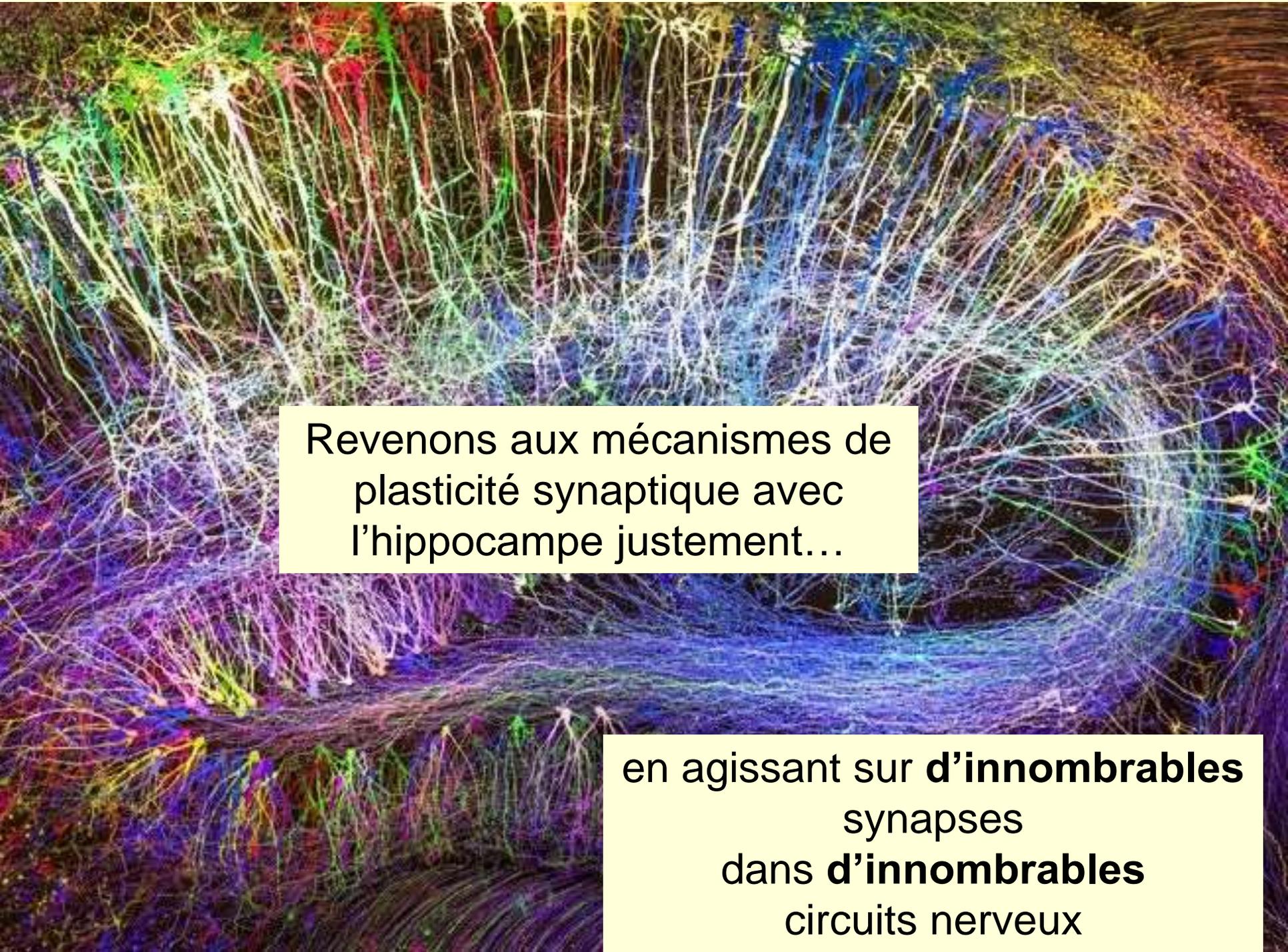




C'est à la synapse qu'agissent
la grande majorité des
médicaments et
des **drogues**



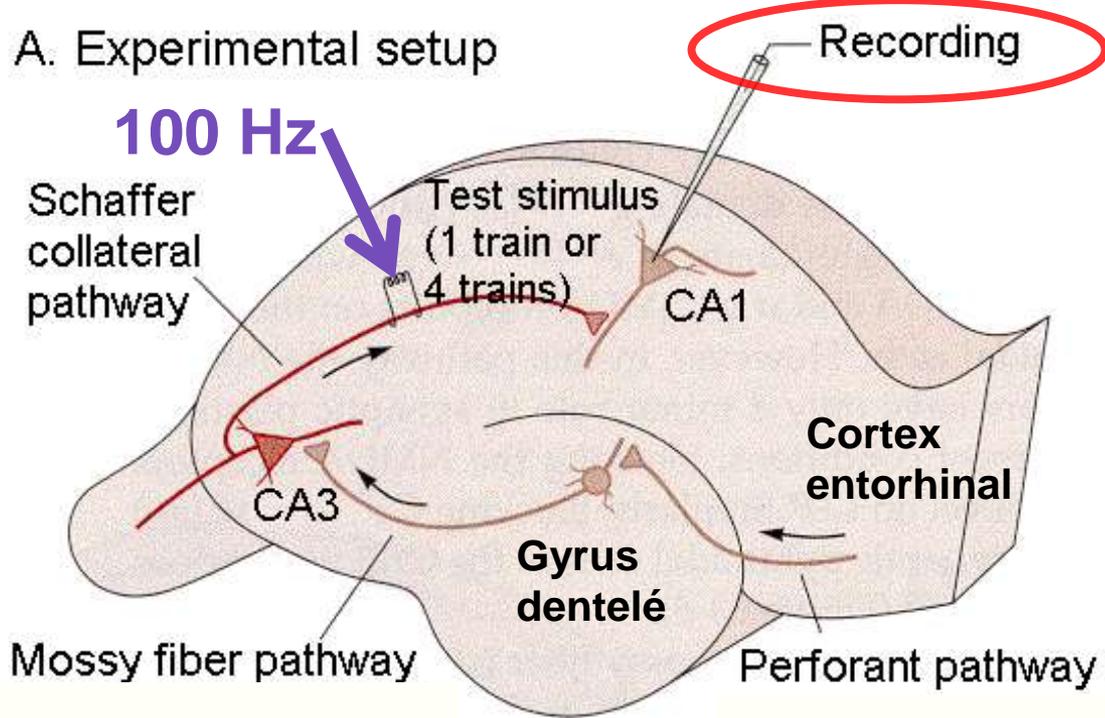
en agissant sur **d'innombrables**
synapses



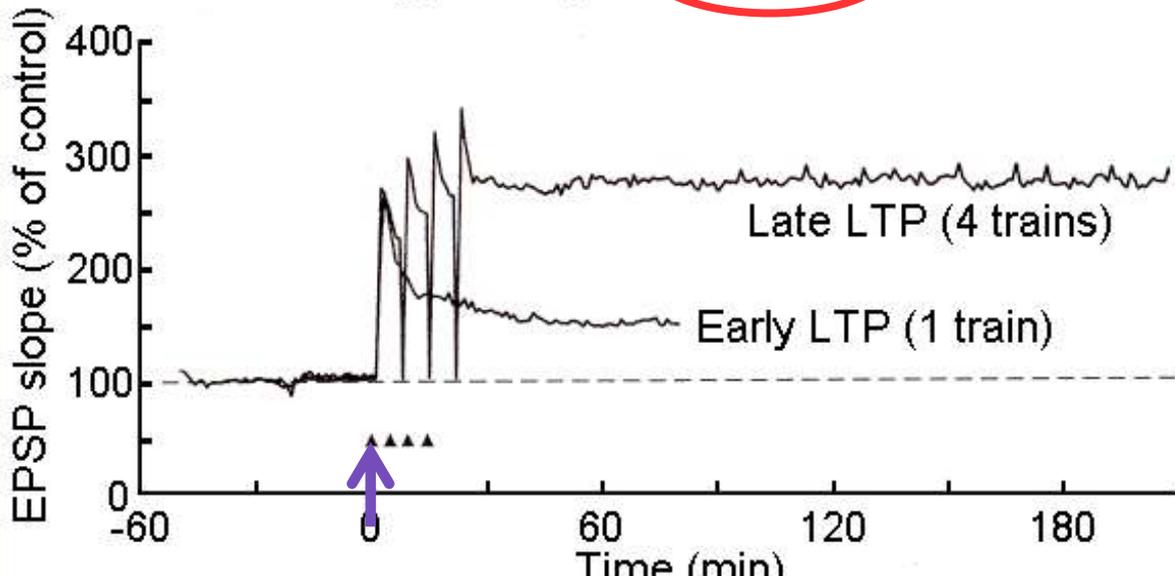
Revenons aux mécanismes de
plasticité synaptique avec
l'hippocampe justement...

en agissant sur **d'innombrables**
synapses
dans **d'innombrables**
circuits nerveux

A. Experimental setup



B. LTP in the hippocampus CA1 area



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

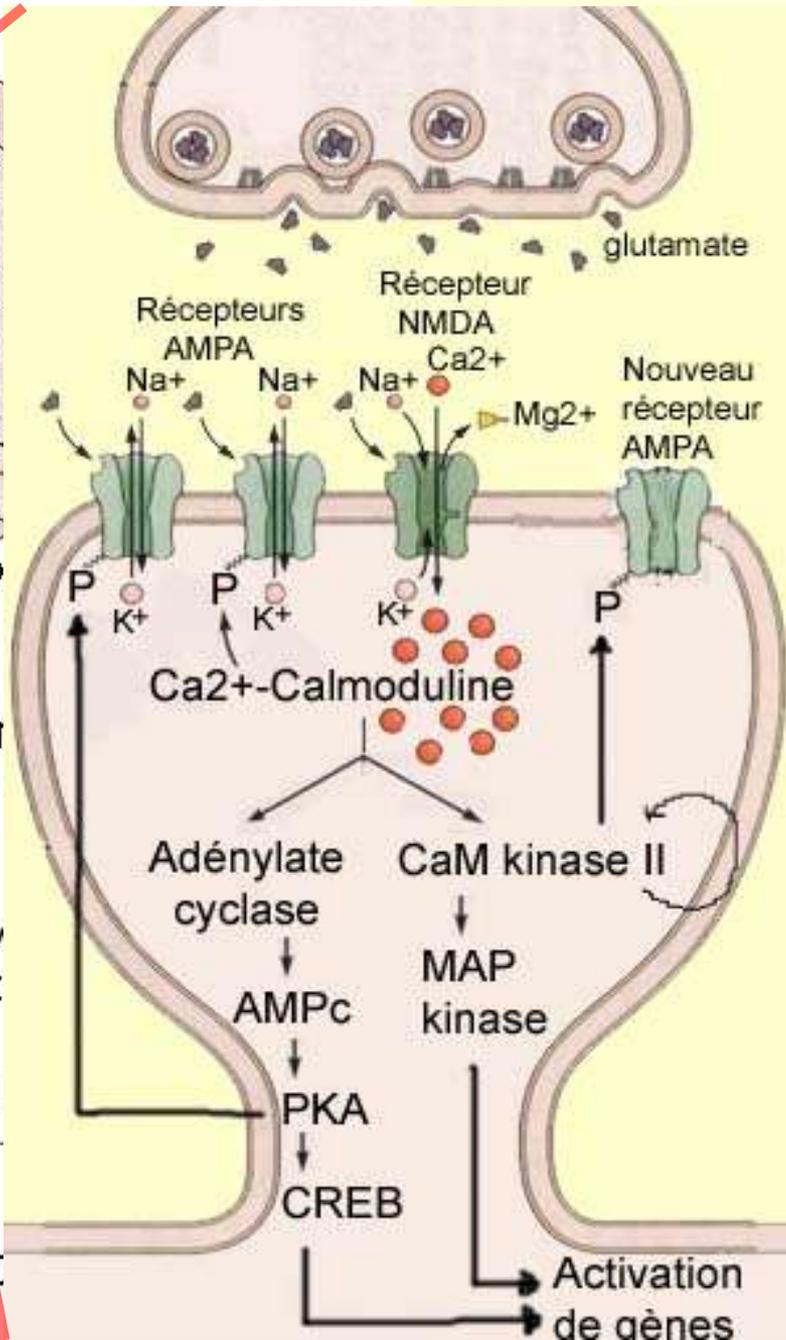
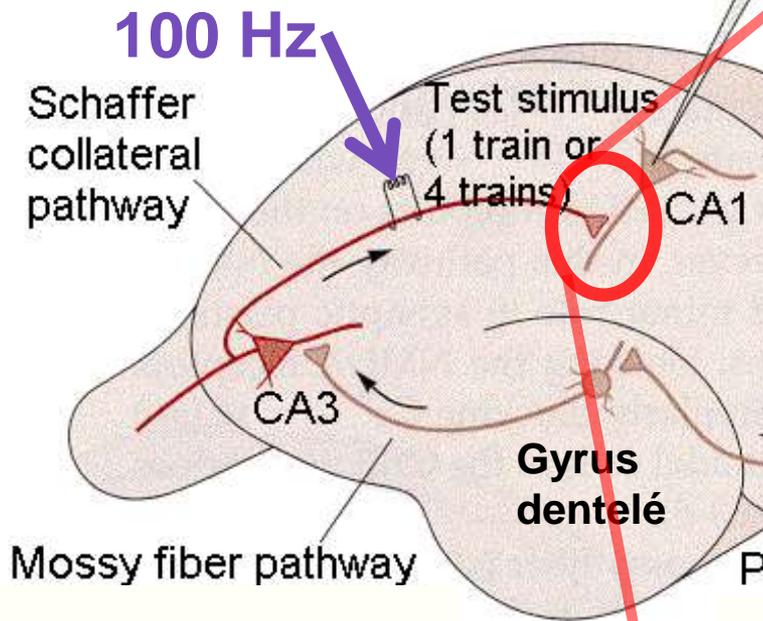
en stimulant à haute-
fréquence les
collatérales de Schaffer

Video : Neuroscience –
Long-Term Potentiation
Carleton University

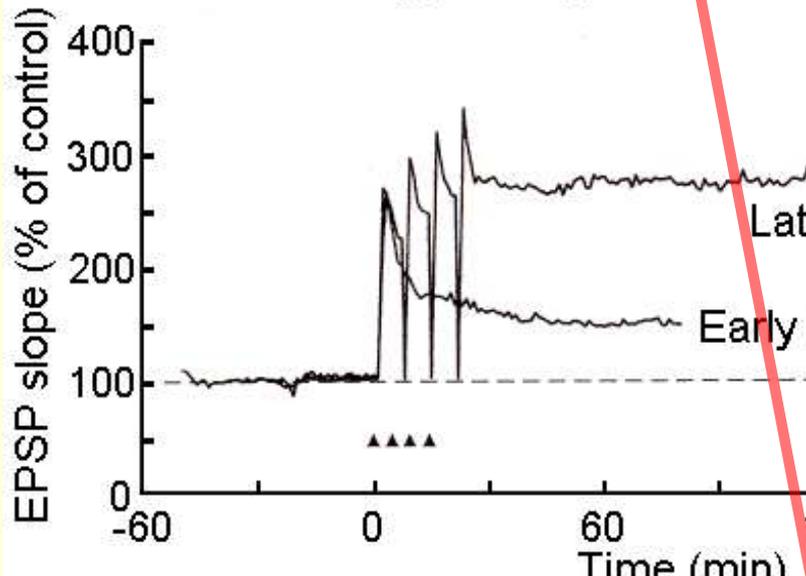
https://www.youtube.com/watch?v=vso9jgfp1_c

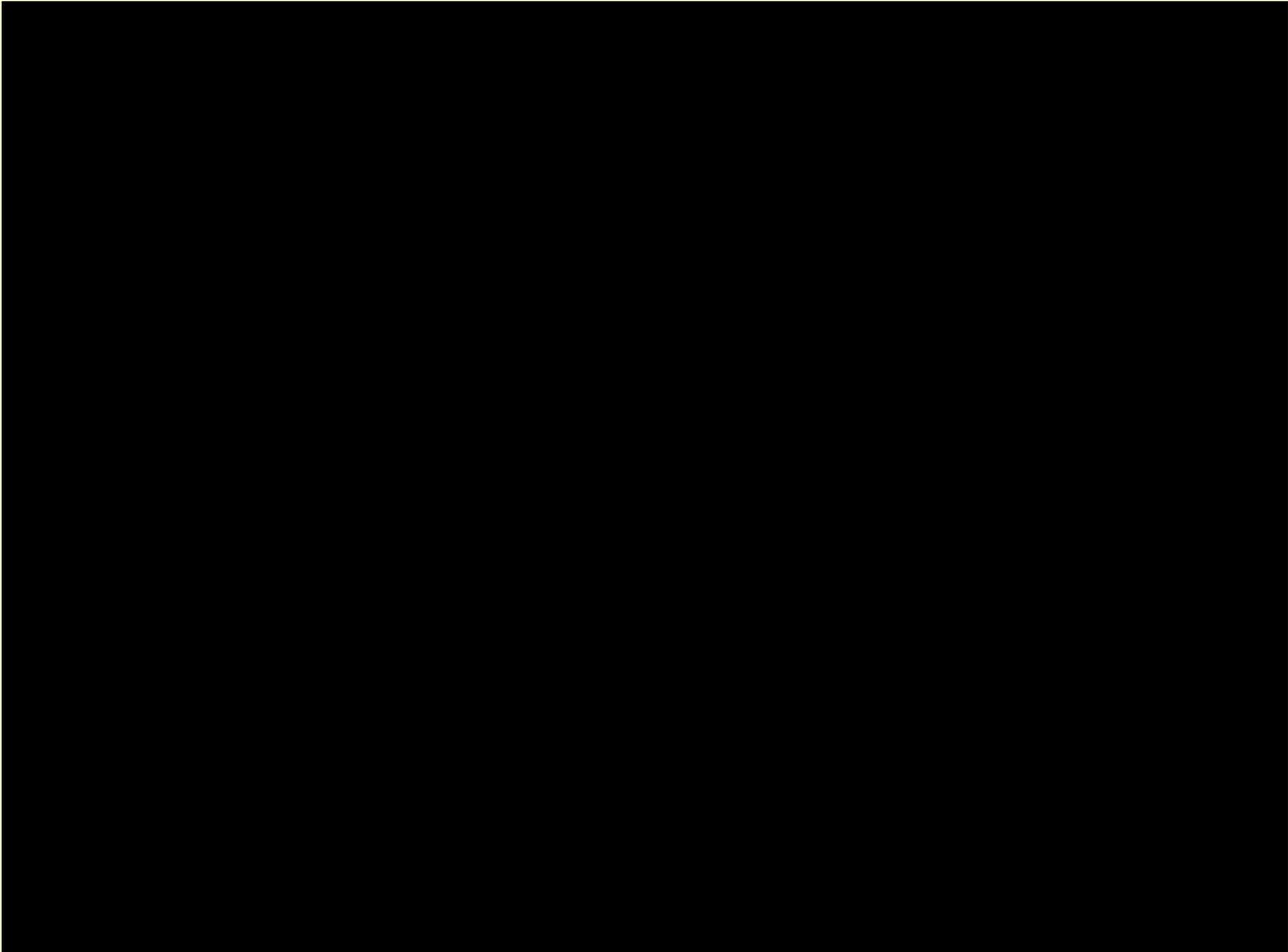
2:40 à 6:30

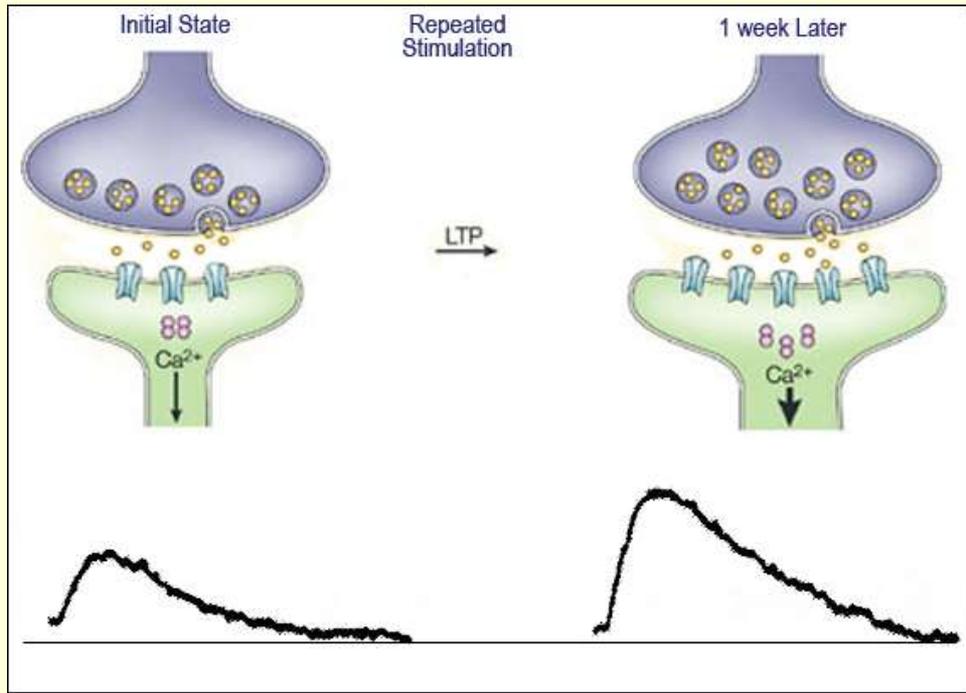
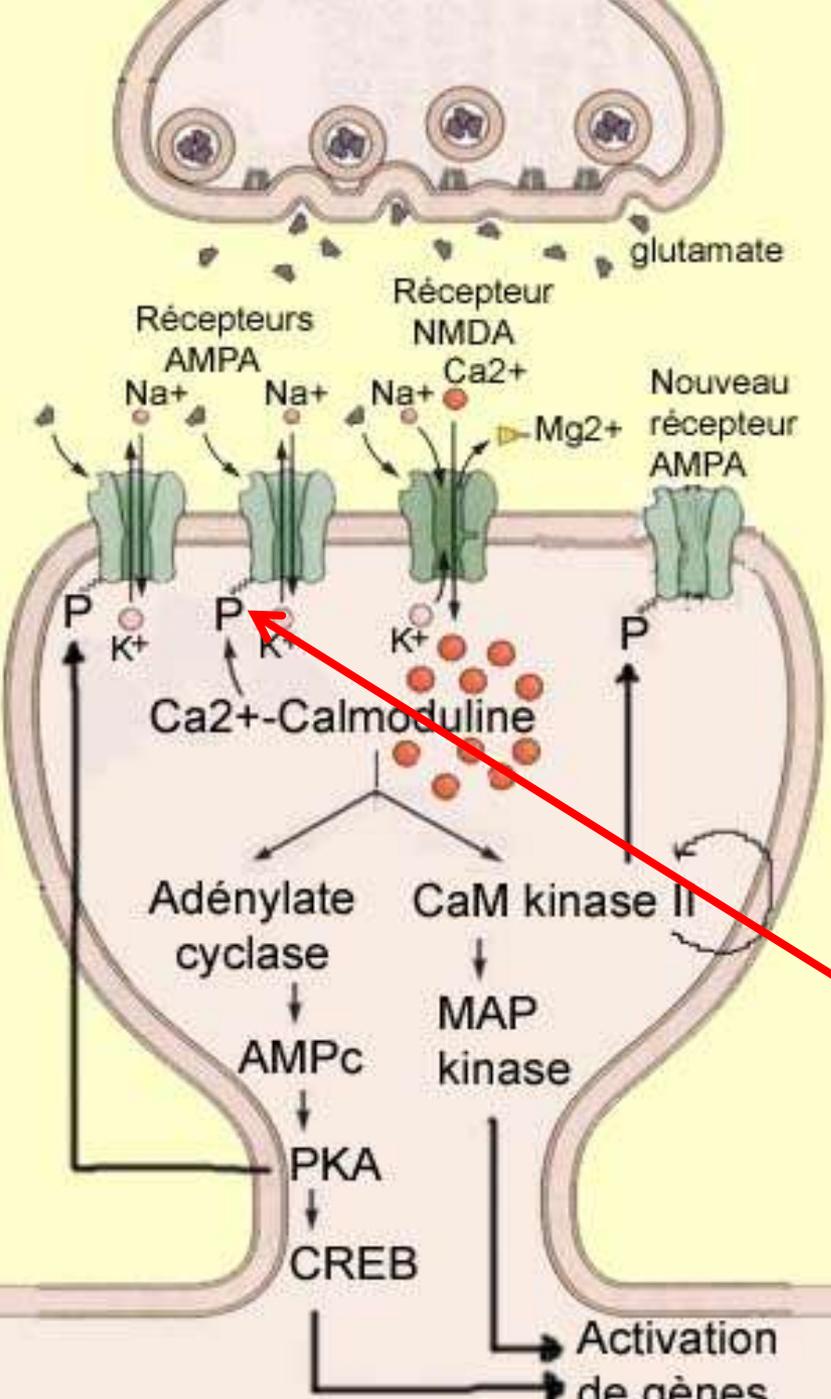
A. Experimental setup



B. LTP in the hippocampus CA1 area

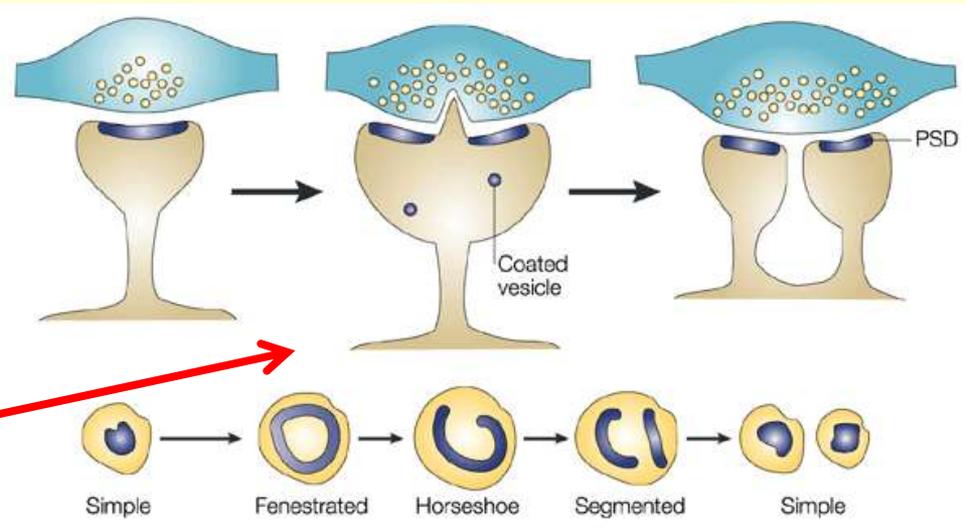
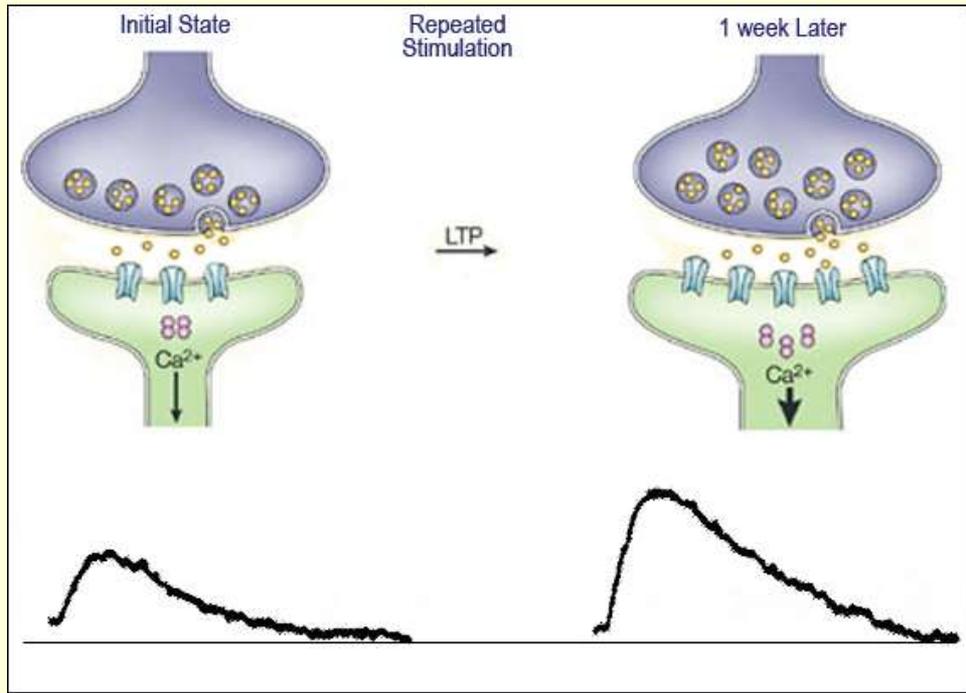
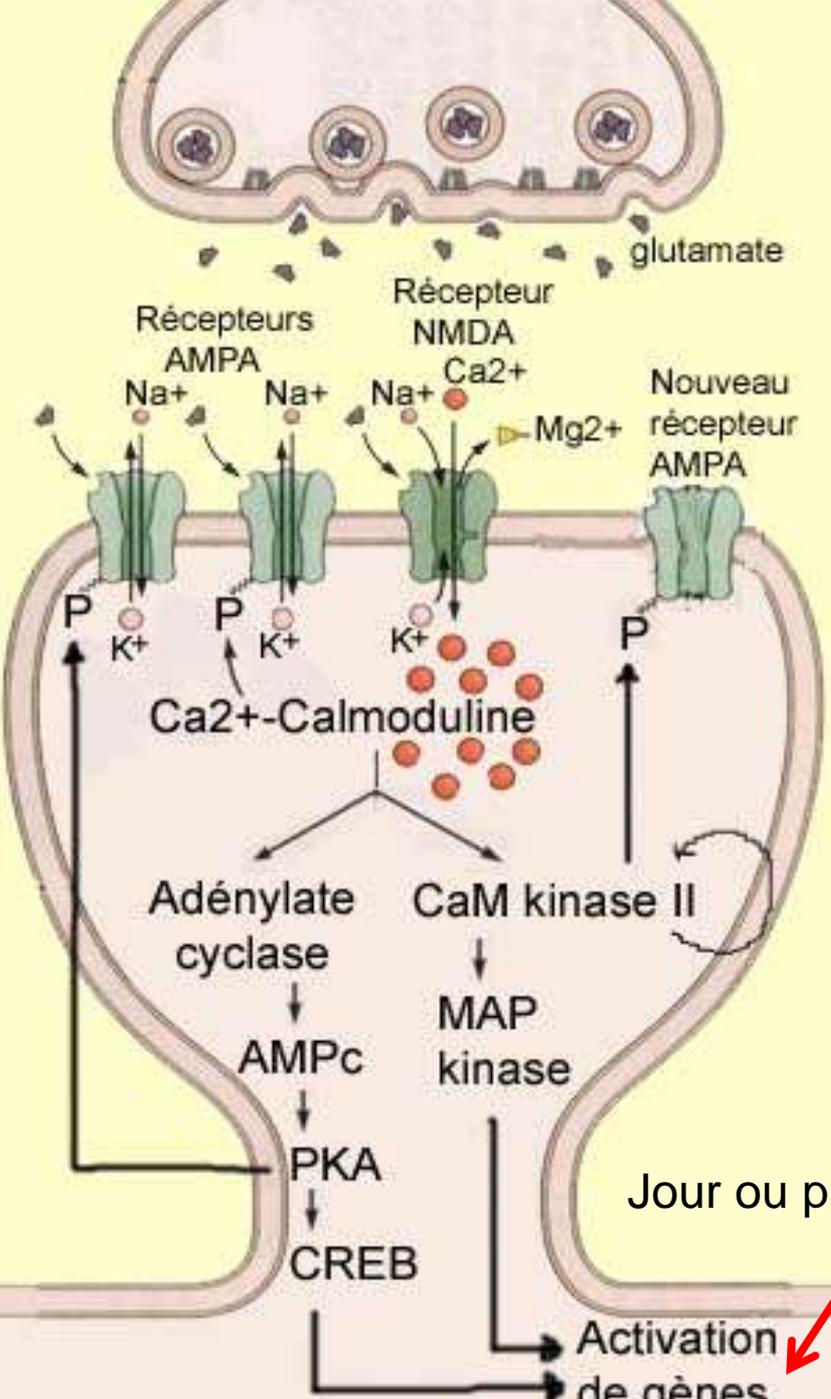




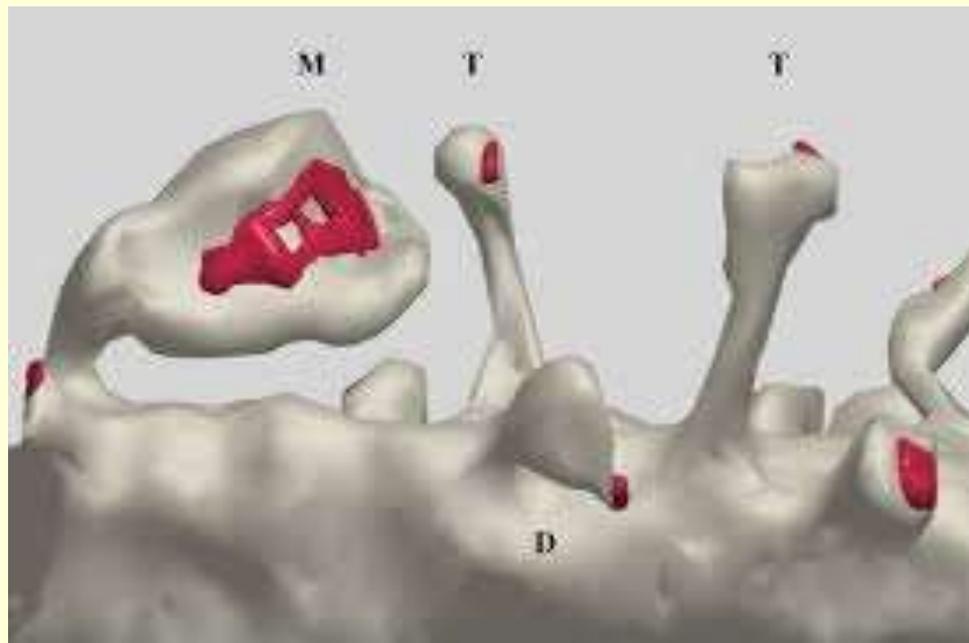


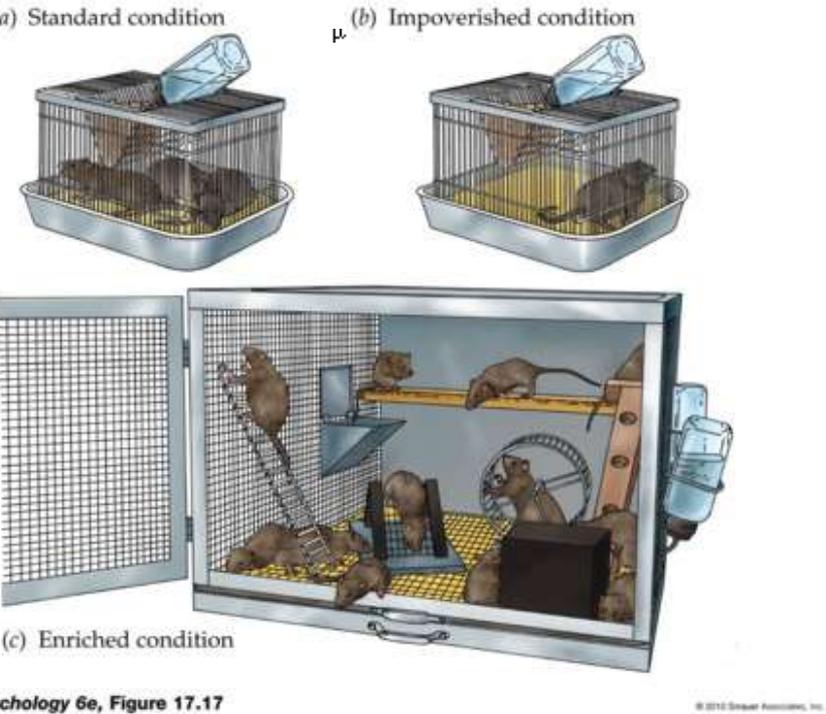
Ordre de grandeur temporelle :

Minutes ou heures



Jour ou plus





Documentaire :
Mon histoire d'amour avec le cerveau

(sur le parcours de la docteure Marian Diamond, une des fondatrices de la neuroscience moderne)

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

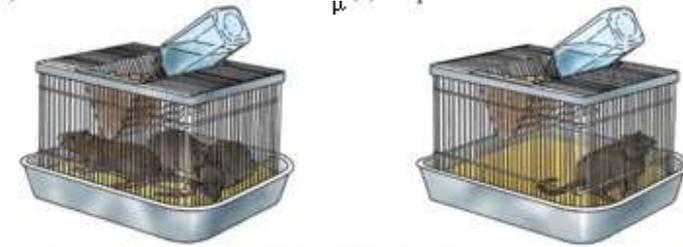


Début des années 1960



a) Standard condition

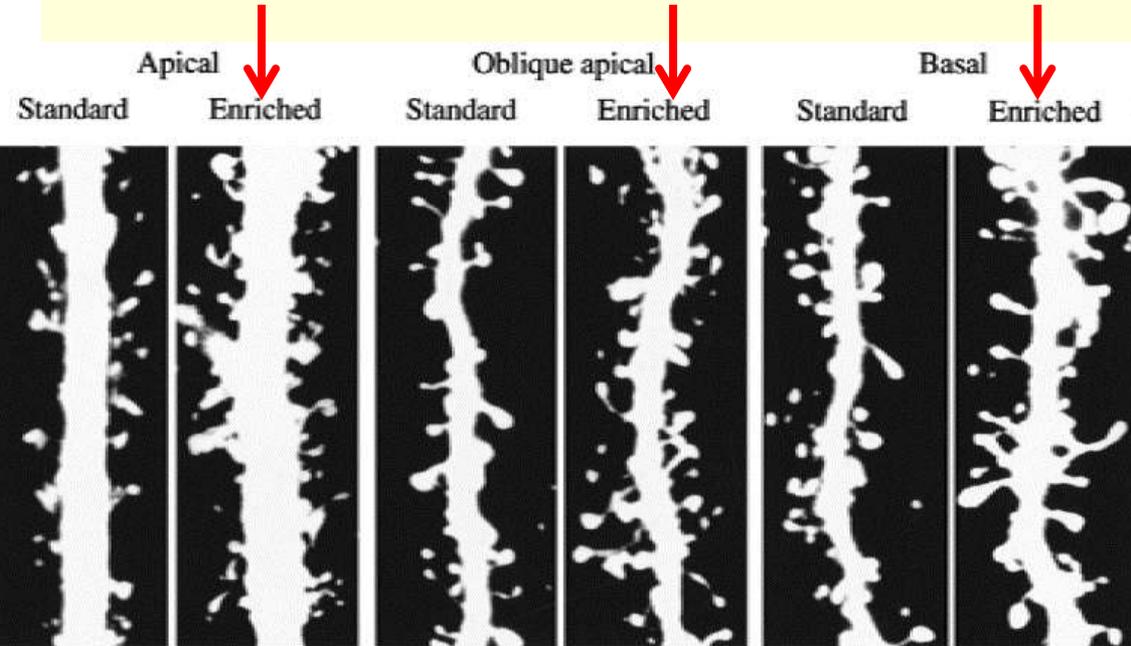
b) Impoverished condition



(c) Enriched condition

Psychology 6e, Figure 17.17

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



layer II/III

layer V/VI

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

Changes in grey matter induced by training

Nature, 2004

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

https://www.researchgate.net/publication/305381022_Neuroplasticity_changes_in_grey_matter_induced_by_training

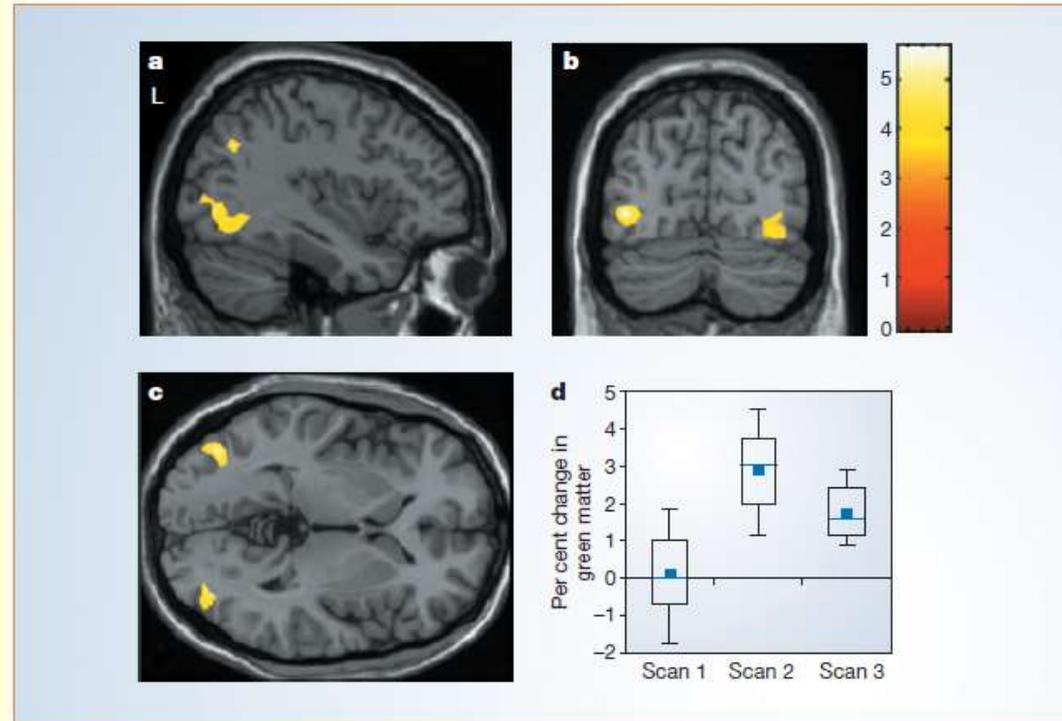


Figure 1 Transient changes in brain structure induced while learning to juggle. **a–c**, Statistical parametric maps showing the areas with transient structural changes in grey matter for the jugglers group compared with non-juggler controls. **a**, Sagittal view; **b**, coronal view; **c**, axial view.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

NATURE | 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**.

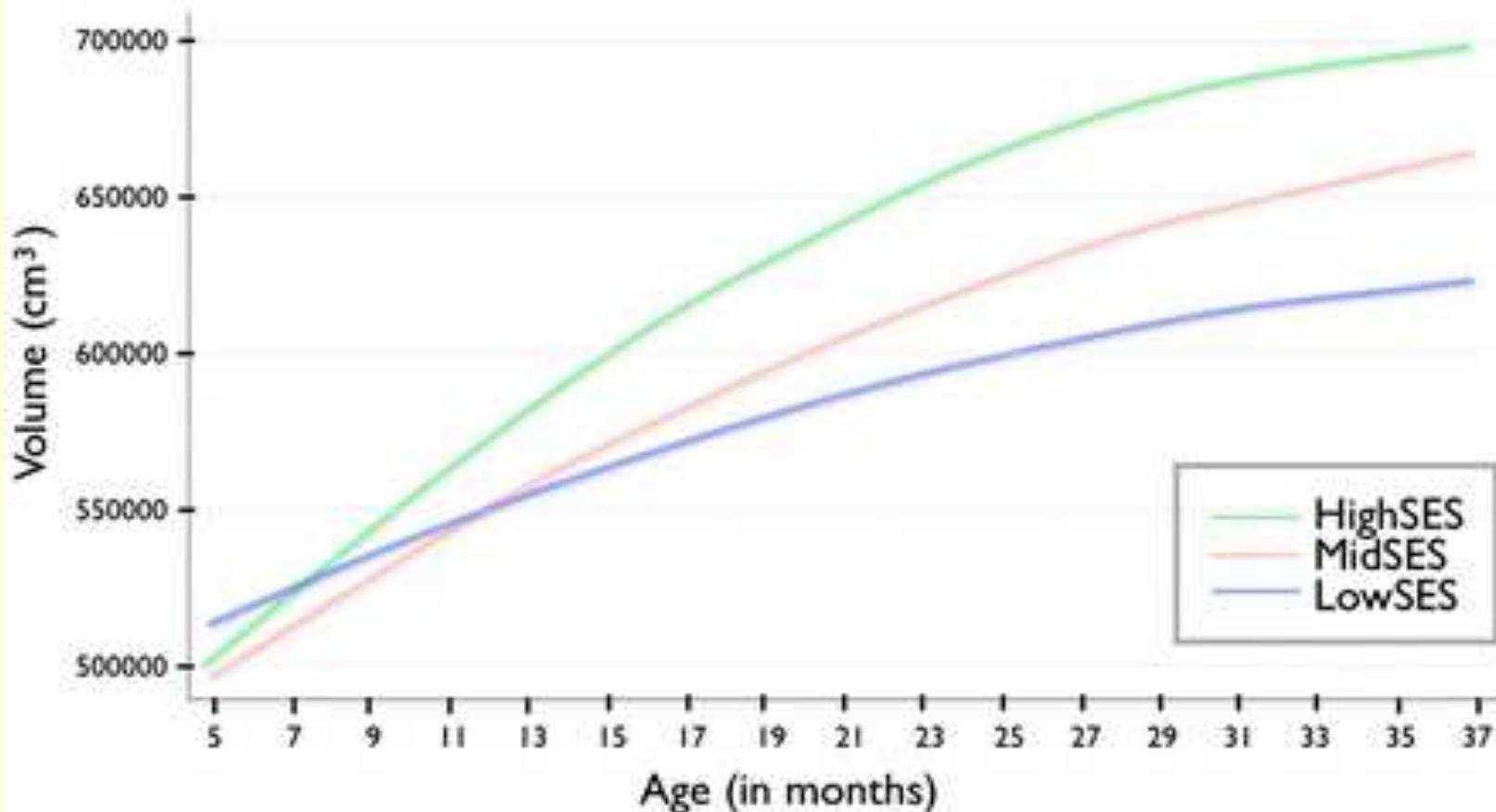
Wednesday, **February 03, 2016**

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

Total Gray Matter

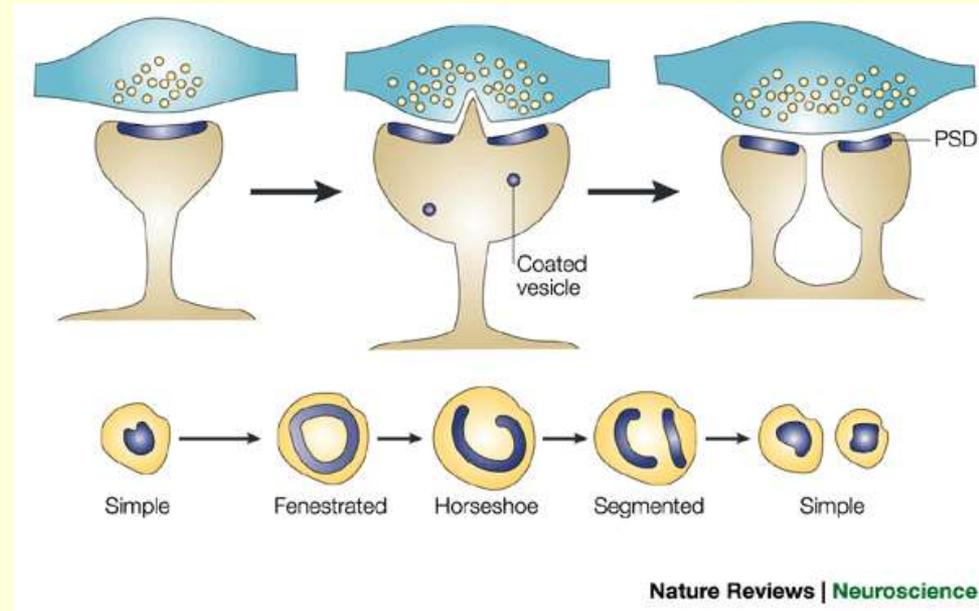
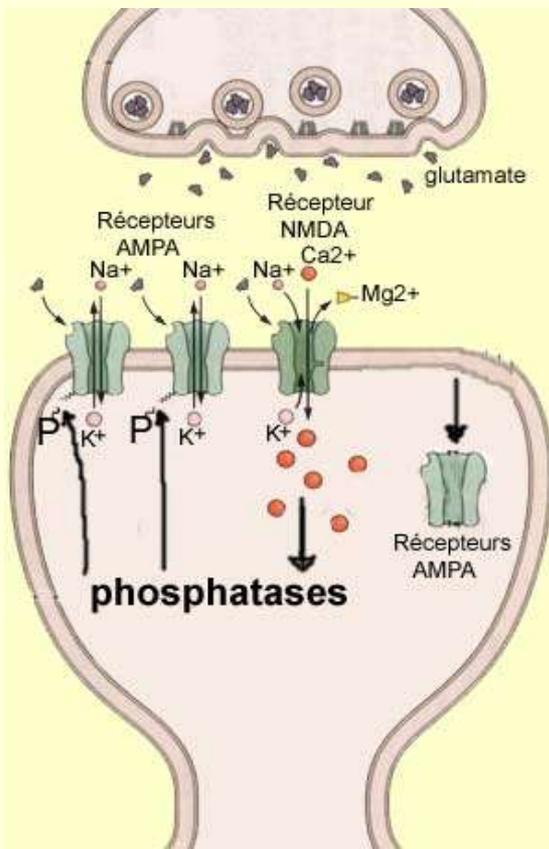
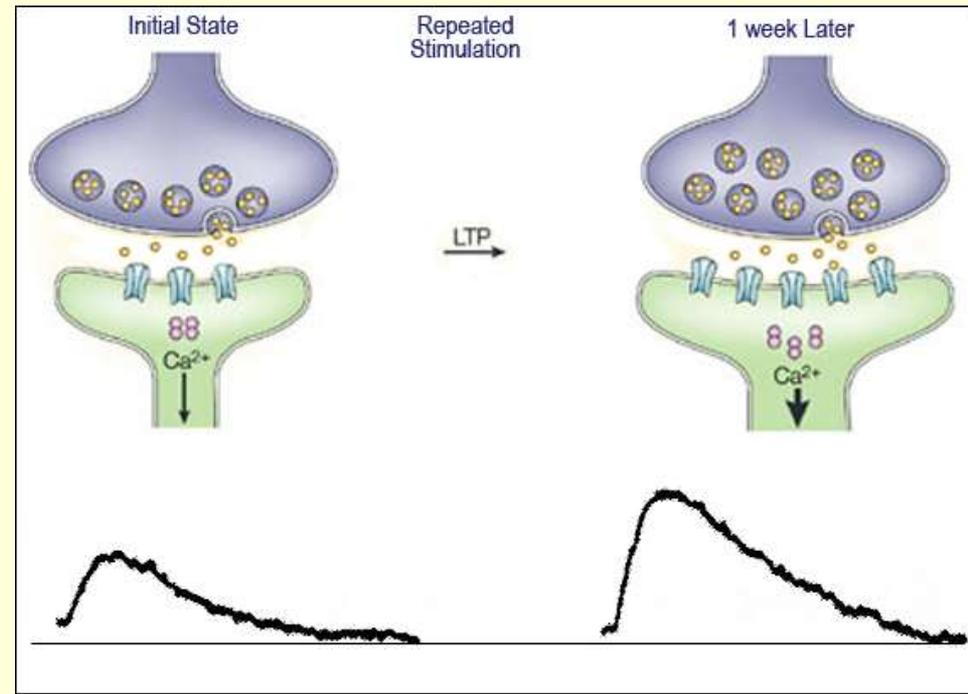
Surtout dans le lobe frontal et l'hippocampe.



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

Mais il y en a beaucoup d'autres !

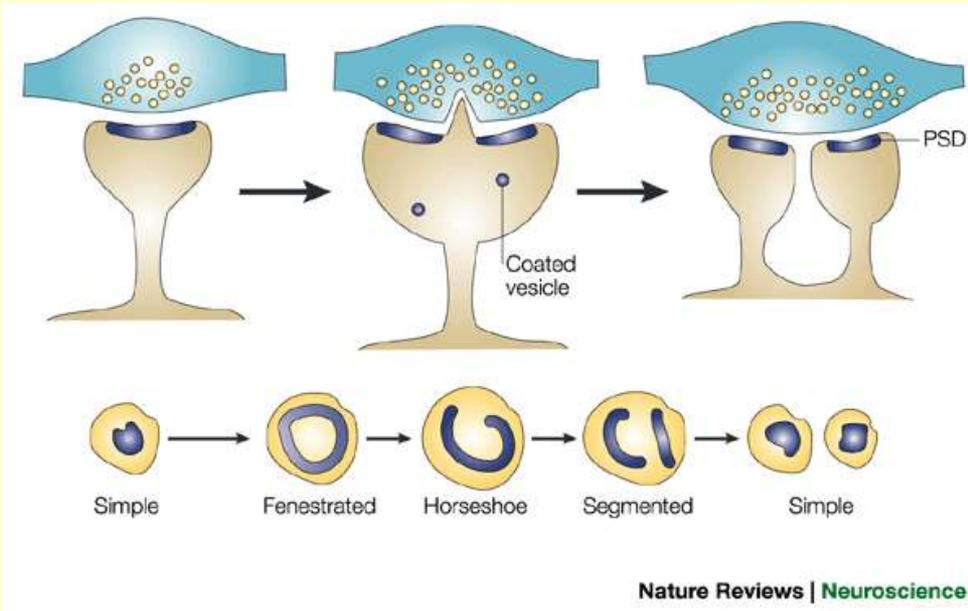
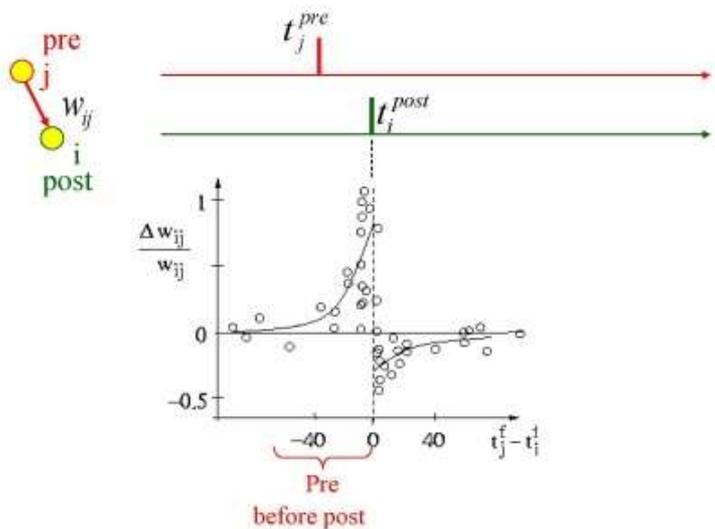
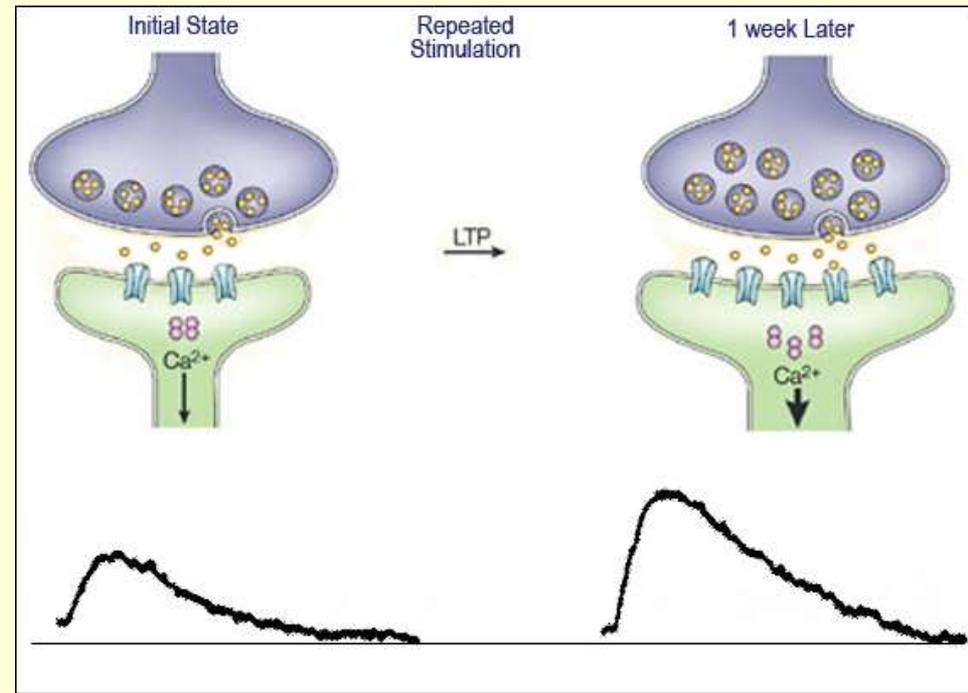
- La **dépression à long terme (DLT)**



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

Mais il y en a beaucoup d'autres !

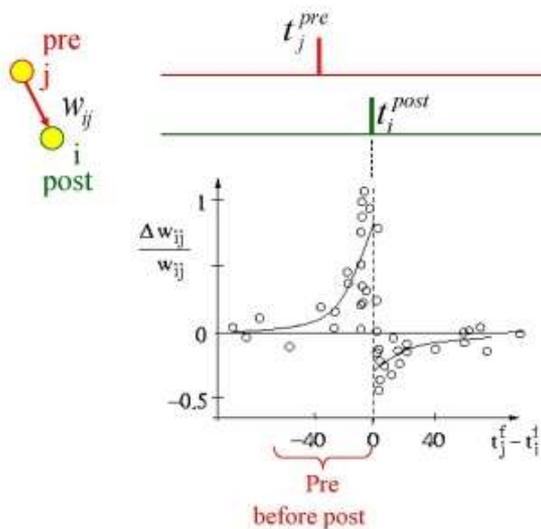
- La **dépression à long terme (DLT)**
- La **plasticité dépendante du temps d'occurrence des impulsions** (« Spike-timing-dependent plasticity » ou **STDP**)



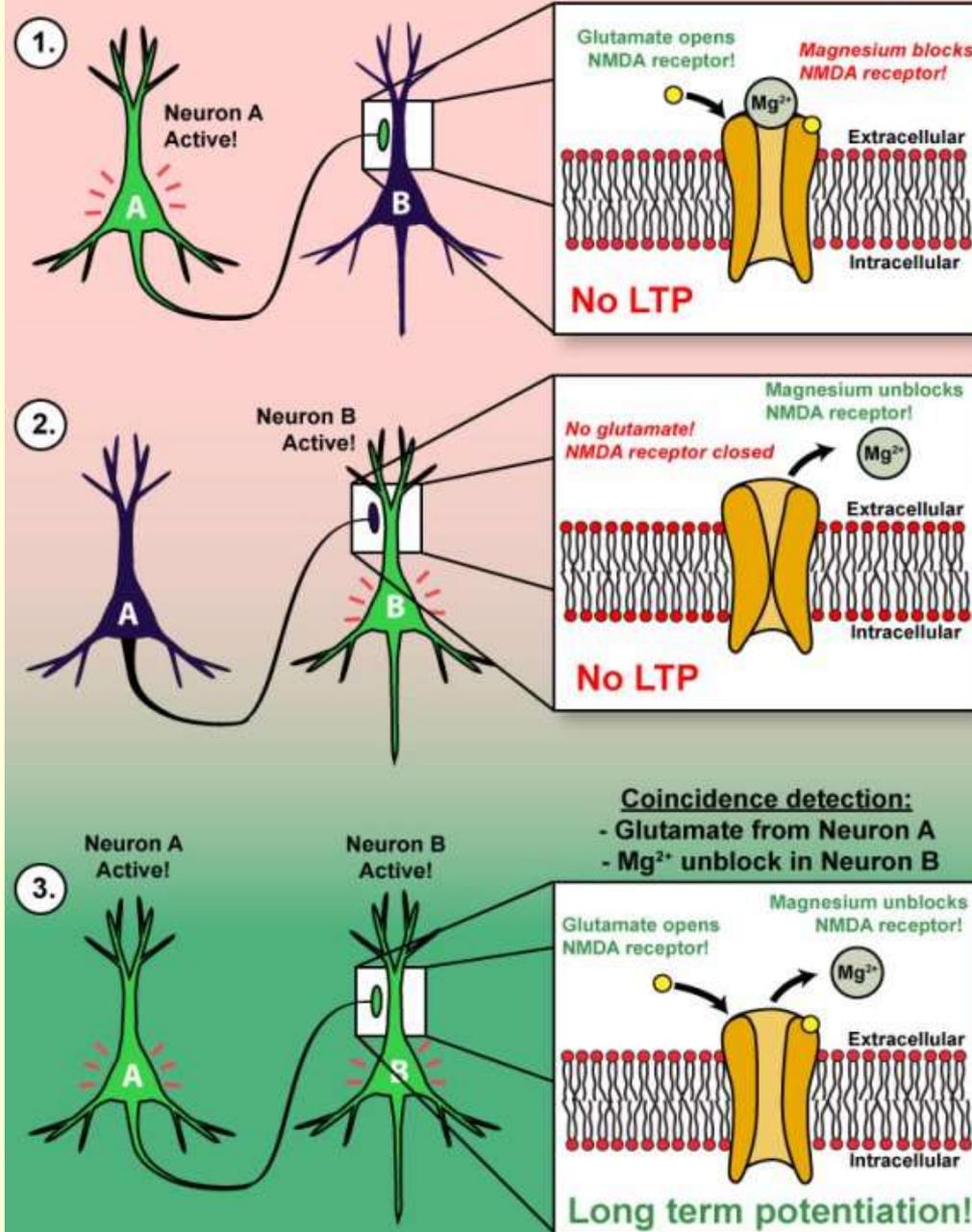
La **potentialisation à long terme (PLT)** est l'un des mécanismes les plus documentés derrière les phénomènes d'apprentissage et de mémoire.

Mais il y en a beaucoup d'autres !

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



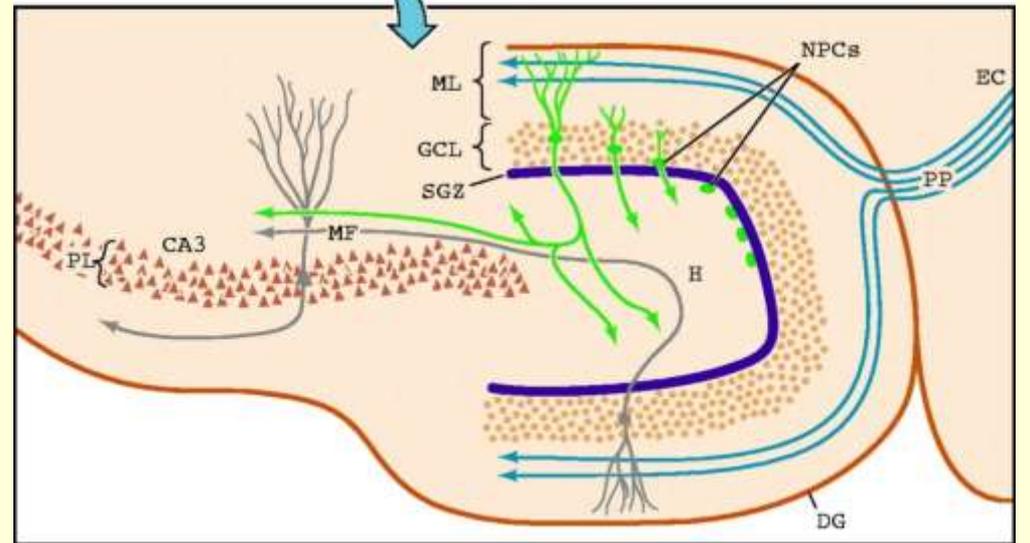
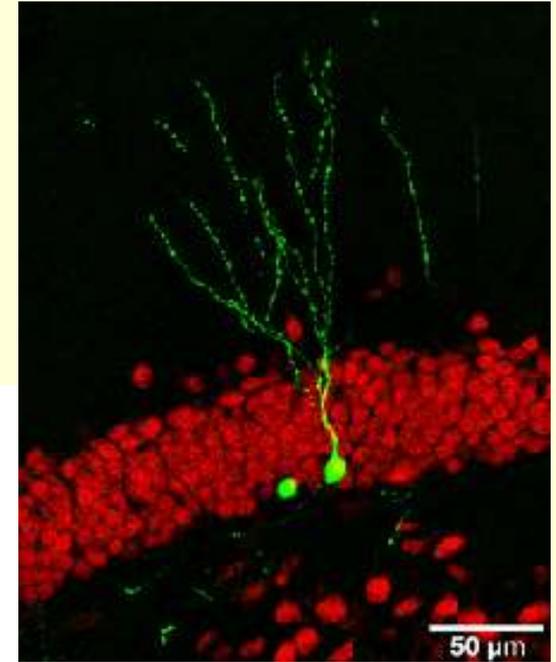
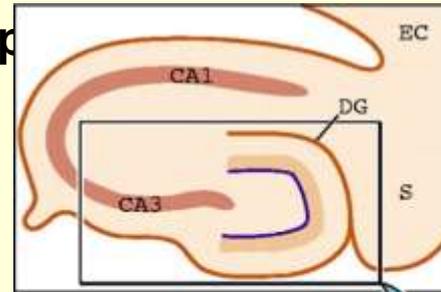
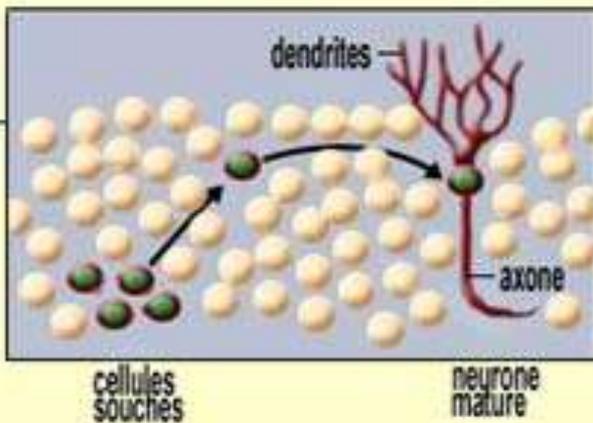
What a Coincidence! Magnesium, NMDA Receptors, and LTP



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

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...



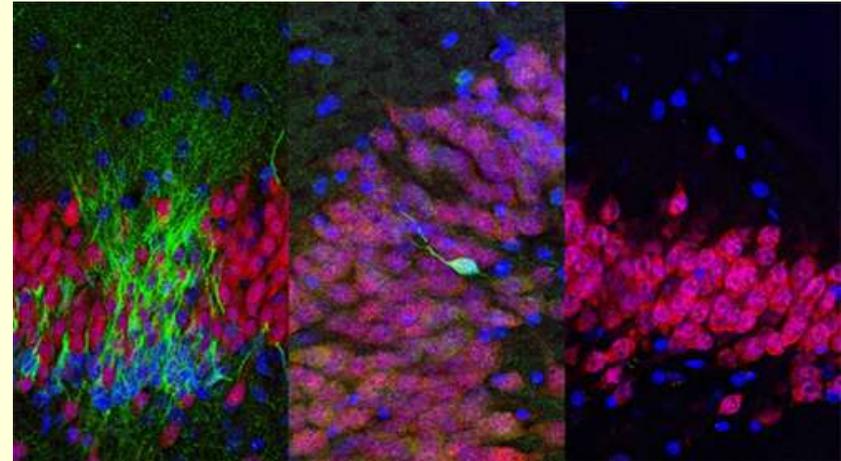
Débat / Controverse :

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

27 mars 2018

La neurogenèse dans le cerveau humain adulte remise en question

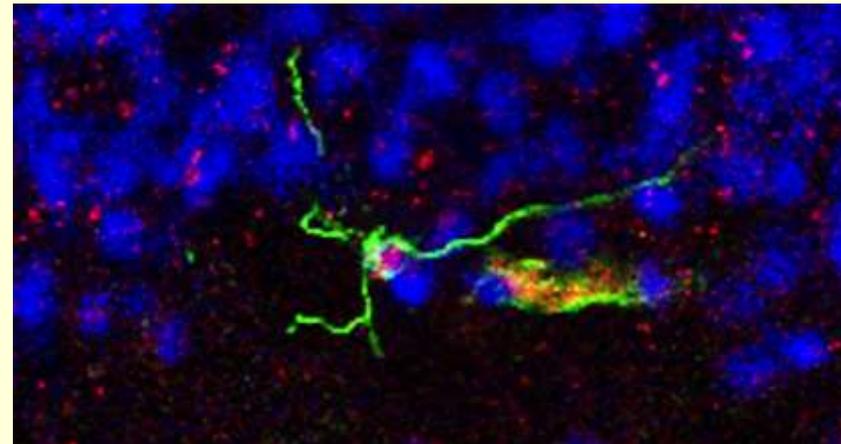
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2018/03/27/la-neurogenese-dans-le-cerveau-humain-adulte-remise-en-question/>



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/>



Le “coming out” de la synapse électrique

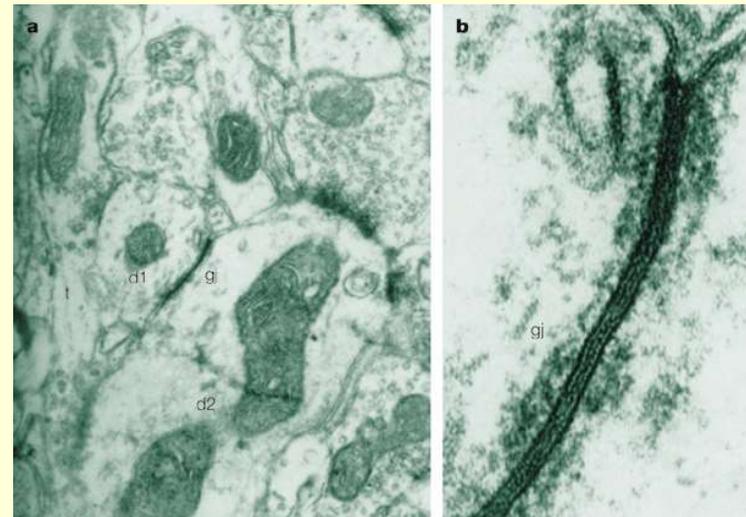
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2014/05/05/le-coming-out-de-la-synapse-electrique/>

Electrical synapses and their functional interactions with chemical synapses

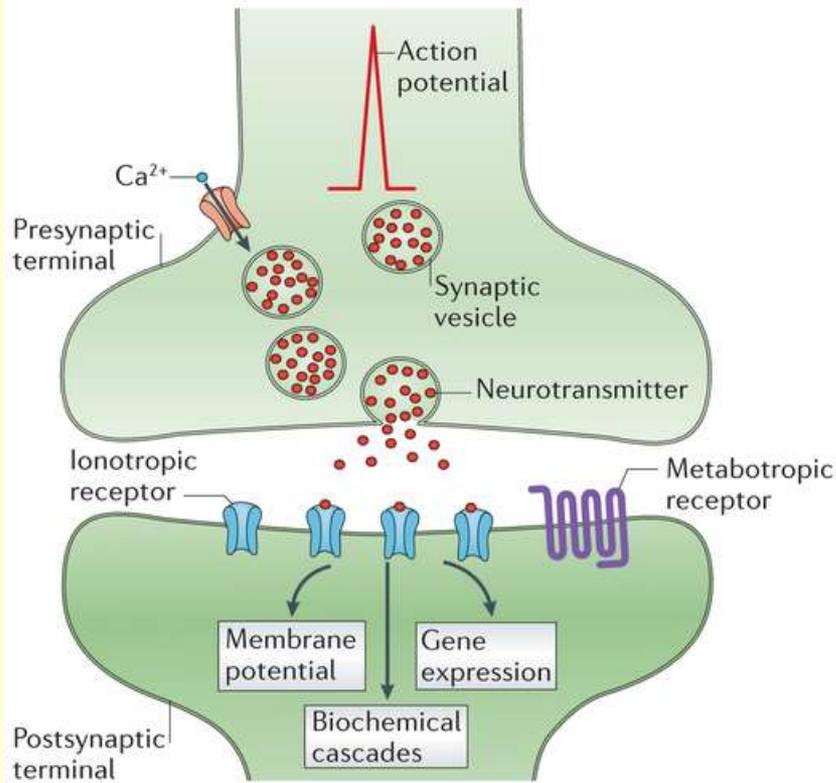
Alberto E. Pereda

Nature Reviews Neuroscience 15, 250–263 (2014)

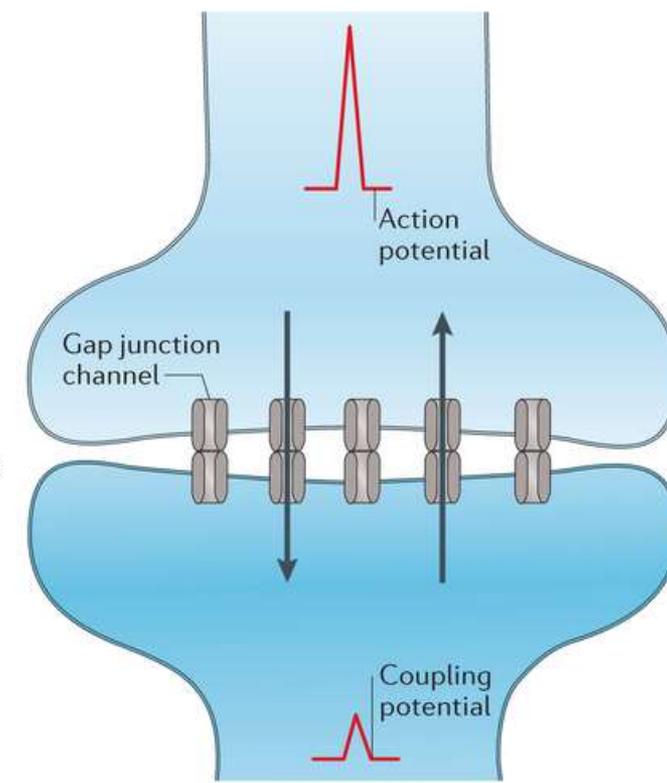
<http://www.nature.com/nrn/journal/v15/n4/full/nrn3708.html>



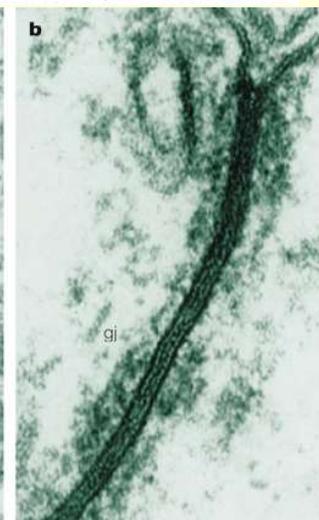
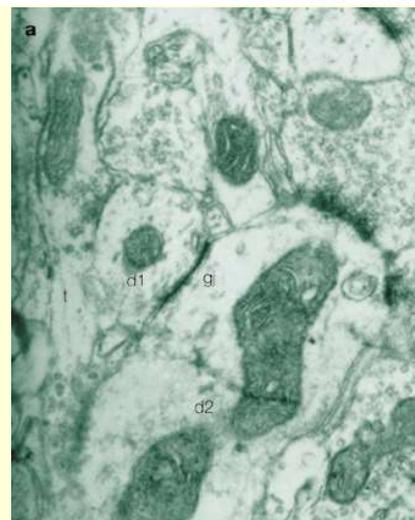
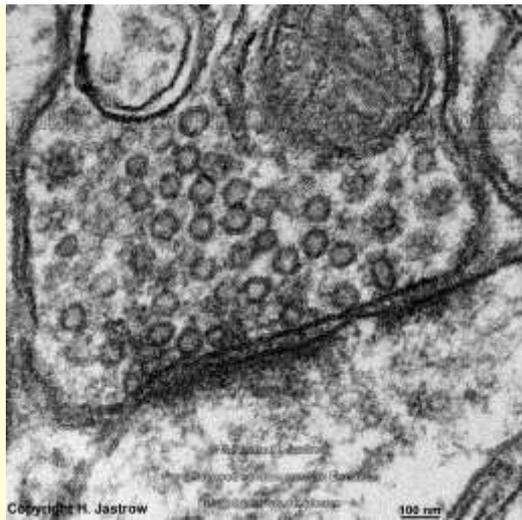
a Chemical synapse



b Electrical synapse

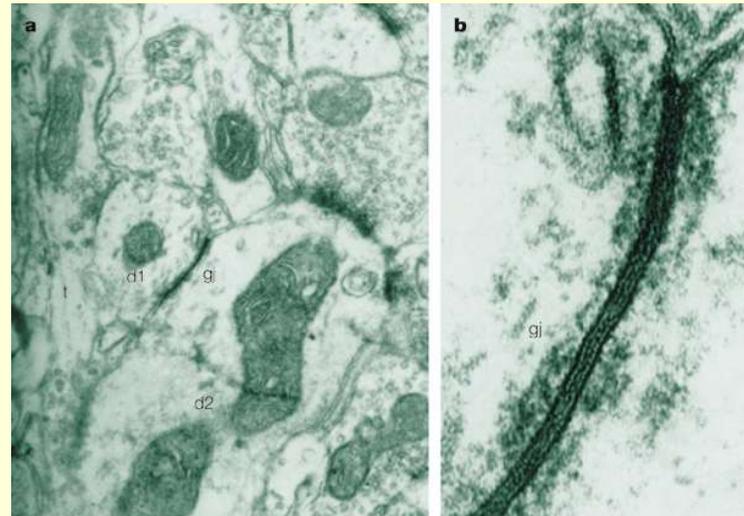


Nature Reviews | **Neuroscience**



Synchronisation :

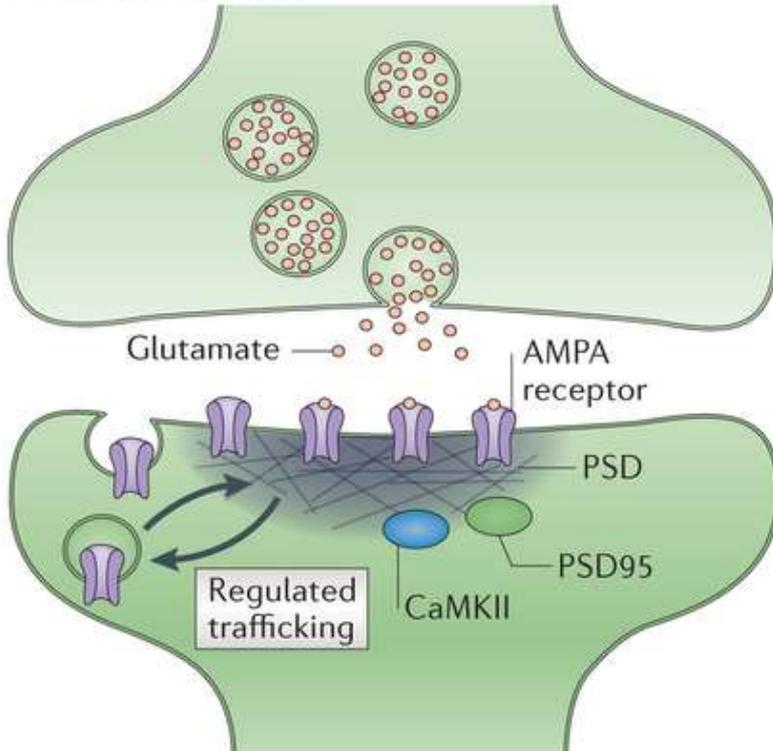
Les synapses électriques permettraient d'abord à de nombreux neurones de **synchroniser leur activité** en répartissant les excitations reçues par un neurone à ses voisins connectés par des synapses électriques.



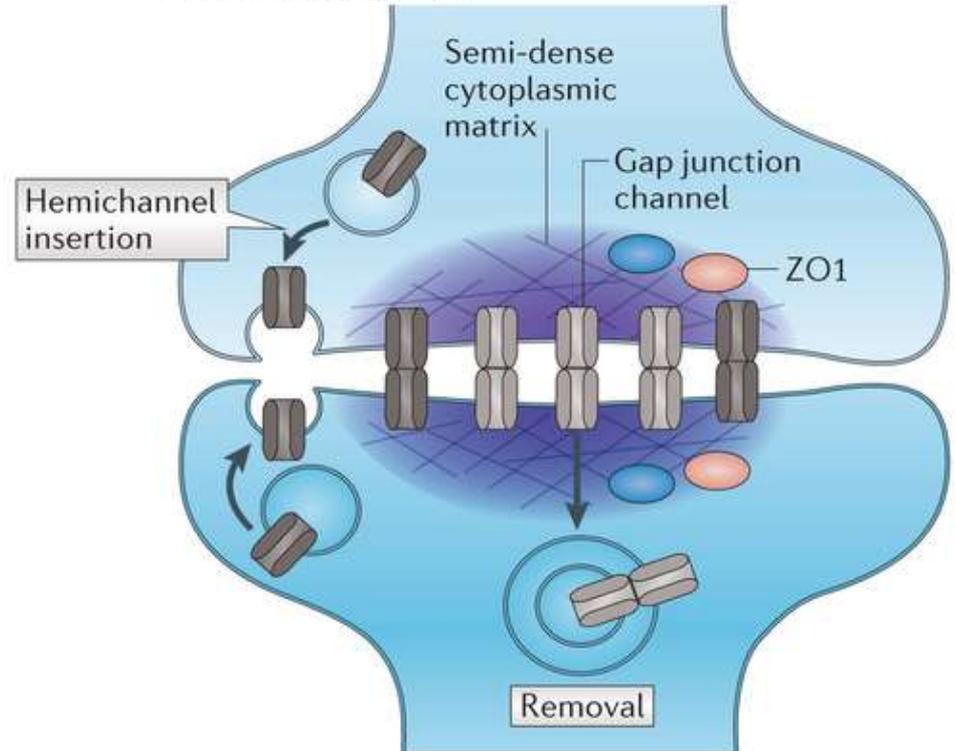
Plasticité :

De la même manière qu'un récepteur à un neurotransmetteur peut être modifié pour renforcer une synapse chimique, les molécules de **connexine** qui forment les synapses électriques peuvent être altérées afin d'en augmenter ou d'en diminuer la porosité, donc la facilité avec laquelle les petites molécules chargées peuvent la traverser !

a Chemical synapse

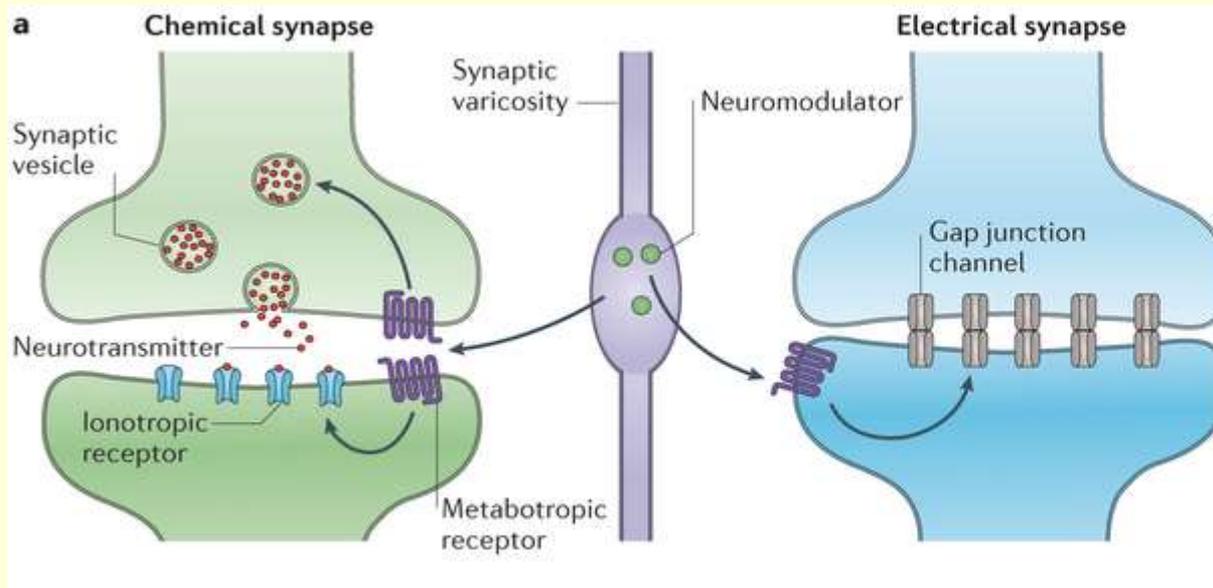


b Electrical synapse



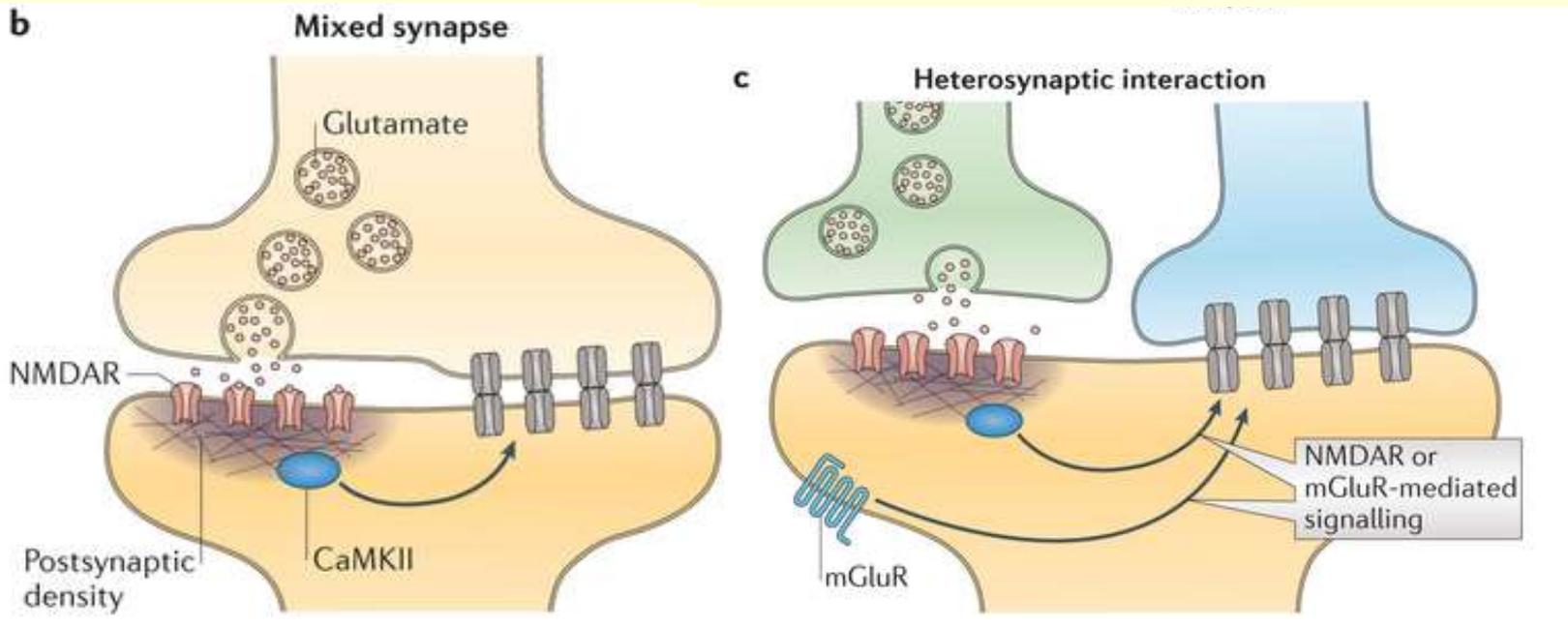
Neuromodulation :

Il existe même des **substances modulatrices des connexines**, comme la **dopamine**, émise par d'autres neurones à une certaine distance de la synapse électrique et qui, en se fixant sur des récepteurs spécifiques, vont activer des réactions biochimiques capables de modifier l'efficacité de la synapse électrique.

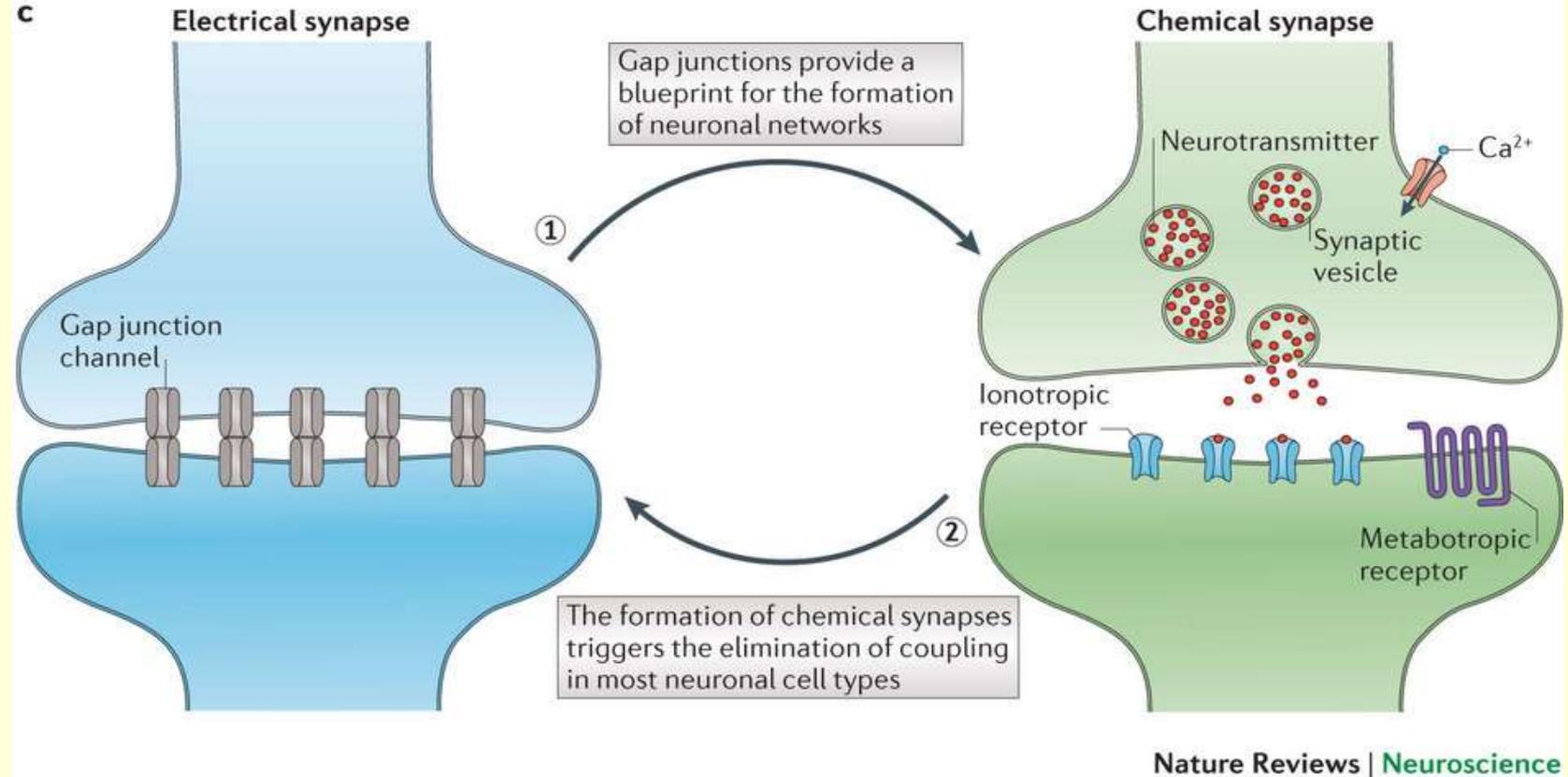


Synapses mixtes :

Le tableau se complique encore avec la découverte de **synapses** « **mixtes** » avec une composante chimique et une composante électrique dans la même région synaptique.

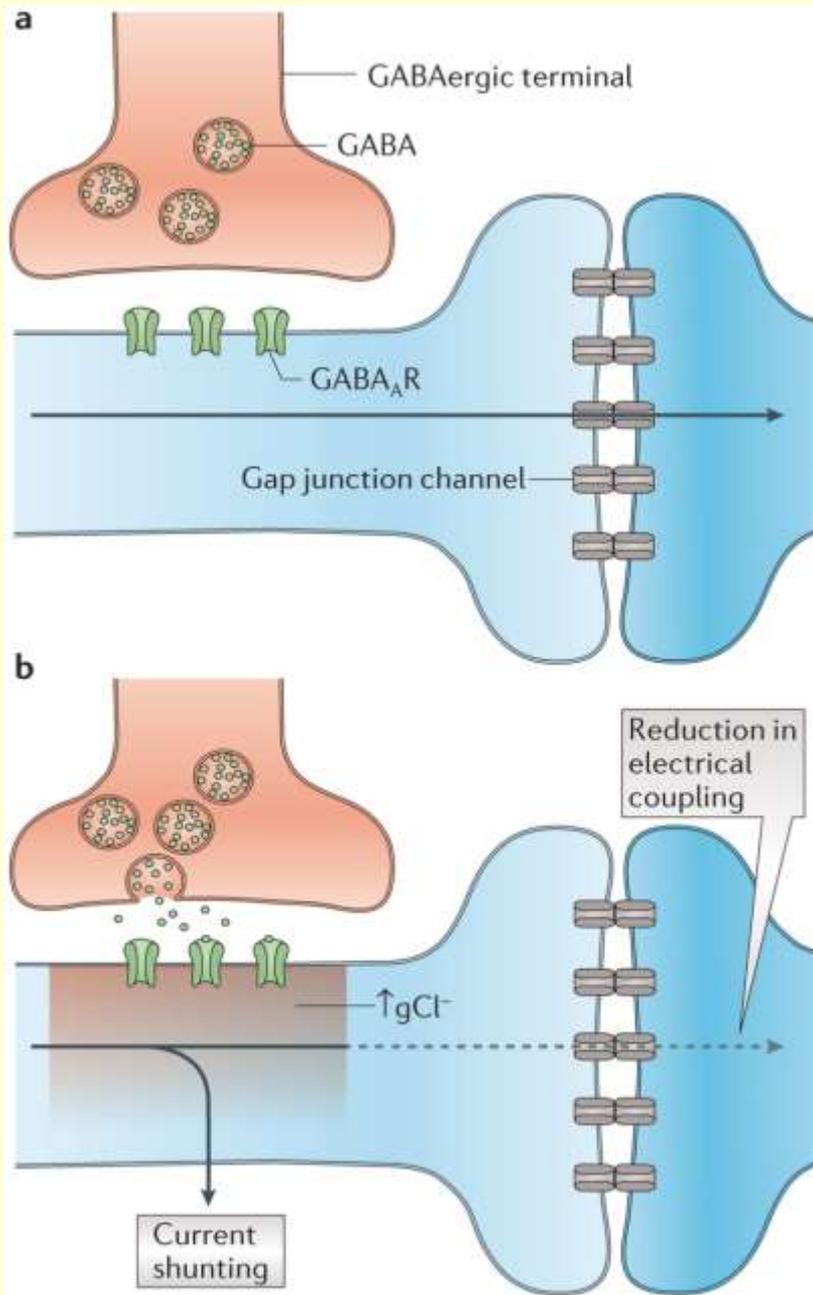


Ou mixtes
hétérosynaptiques.



Développement :

Sans parler de l'interaction entre les synapses électriques et chimique **durant le développement embryonnaire**, où l'activité électrique dans les réseaux de neurones due aux premières permet progressivement aux synapses chimiques de se mettre en place.



Et finalement, le dernier mais non le moindre...

Interneurone au GABA :

Le lien intime entre les interneurones au GABA et les synapses électrique où les premiers viennent court-circuiter l'influx nerveux afférent ce qui réduit l'efficacité du couplage électrique.

On en arrive en bout de ligne à une conception beaucoup moins tranchée entre les deux types de synapse **qui semblent indissociablement liées.**

NMDA receptor subunit diversity: impact on receptor properties, synaptic plasticity and disease

Pierre Paoletti, Camilla Bellone & Qiang Zhou

Nature Reviews Neuroscience 14, 383–400 (2013)

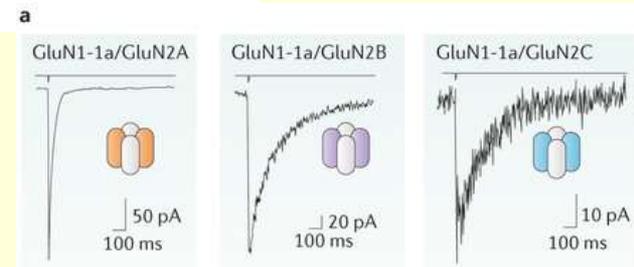
<http://www.nature.com/nrn/journal/v14/n6/full/nrn3504.html>

On savait que les récepteur NMDA forment des complexes de 4 sous-unités homologues.

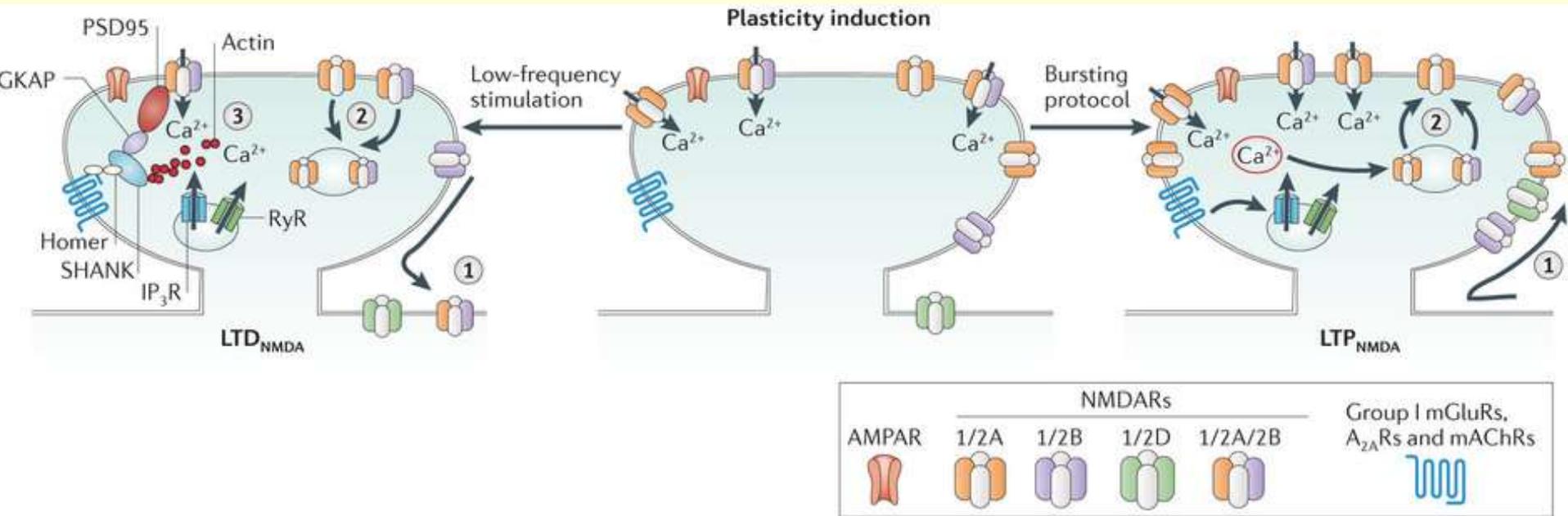
Ce que cet article va montrer, c'est que **la composition** du récepteur NMDA est elle-même **plastique** à cause de la combinatoire de différentes sous-unités, ce qui donne lieu à un grand **nombre de sous-types de récepteurs possibles**.



Avec différentes **propriétés biophysiques** du récepteur (par exemple la durée d'ouverture suite à la fixation du glutamate).



Avec cette **nouvelle forme de plasticité**, les sous-unités semblent mobiles et capables d'être échangées d'un récepteur à l'autre.



La cellule semble savoir comment ajuster la structure de ses propres composantes moléculaire en fonction de l'activité dans un circuits beaucoup plus large dont l'activité fluctue à l'échelle de la milliseconde...

Plan

2^e bloc : Développement, plasticité cérébrale, perception et action :
des processus dynamiques à différentes échelles de temps

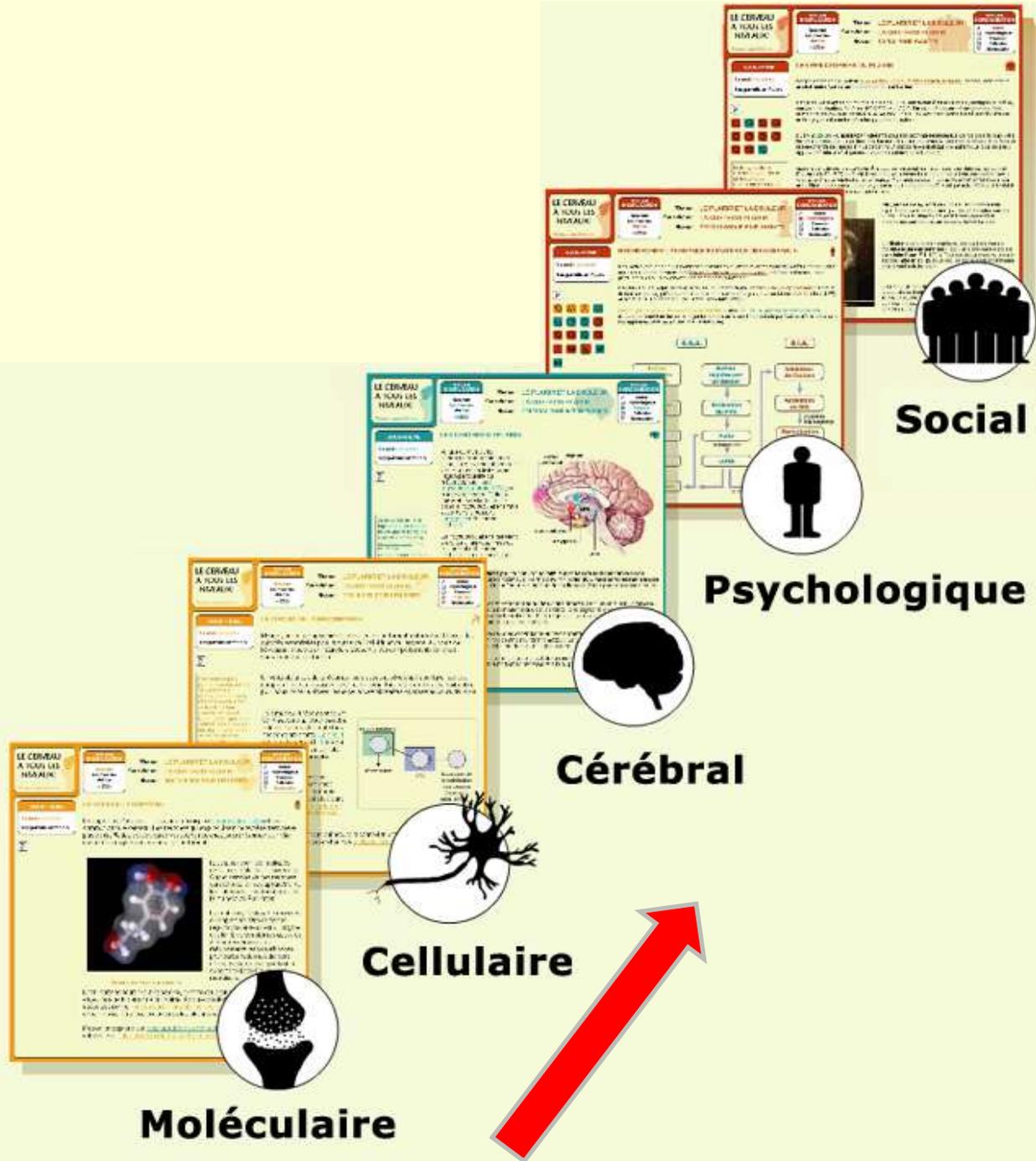
Intro : des processus dynamiques à différentes échelles de temps

Survol du développement cérébral

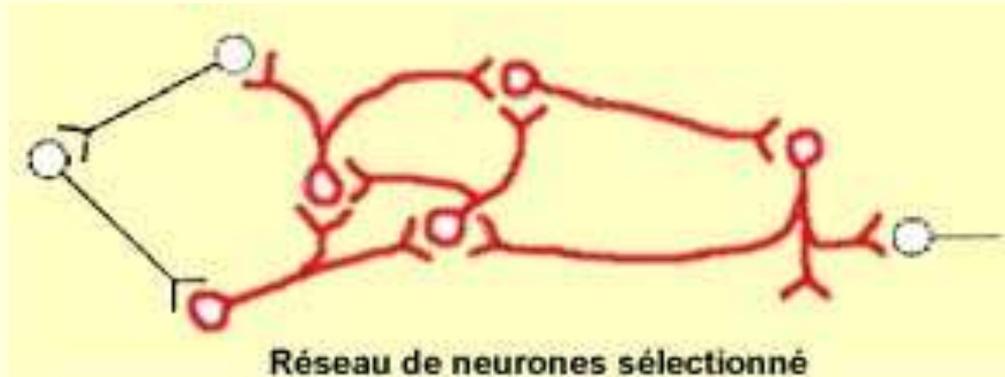
Mécanismes de communication et de plasticité neuronale
(anciens et nouveaux)

L'engramme mnésique, ou les traces du souvenir

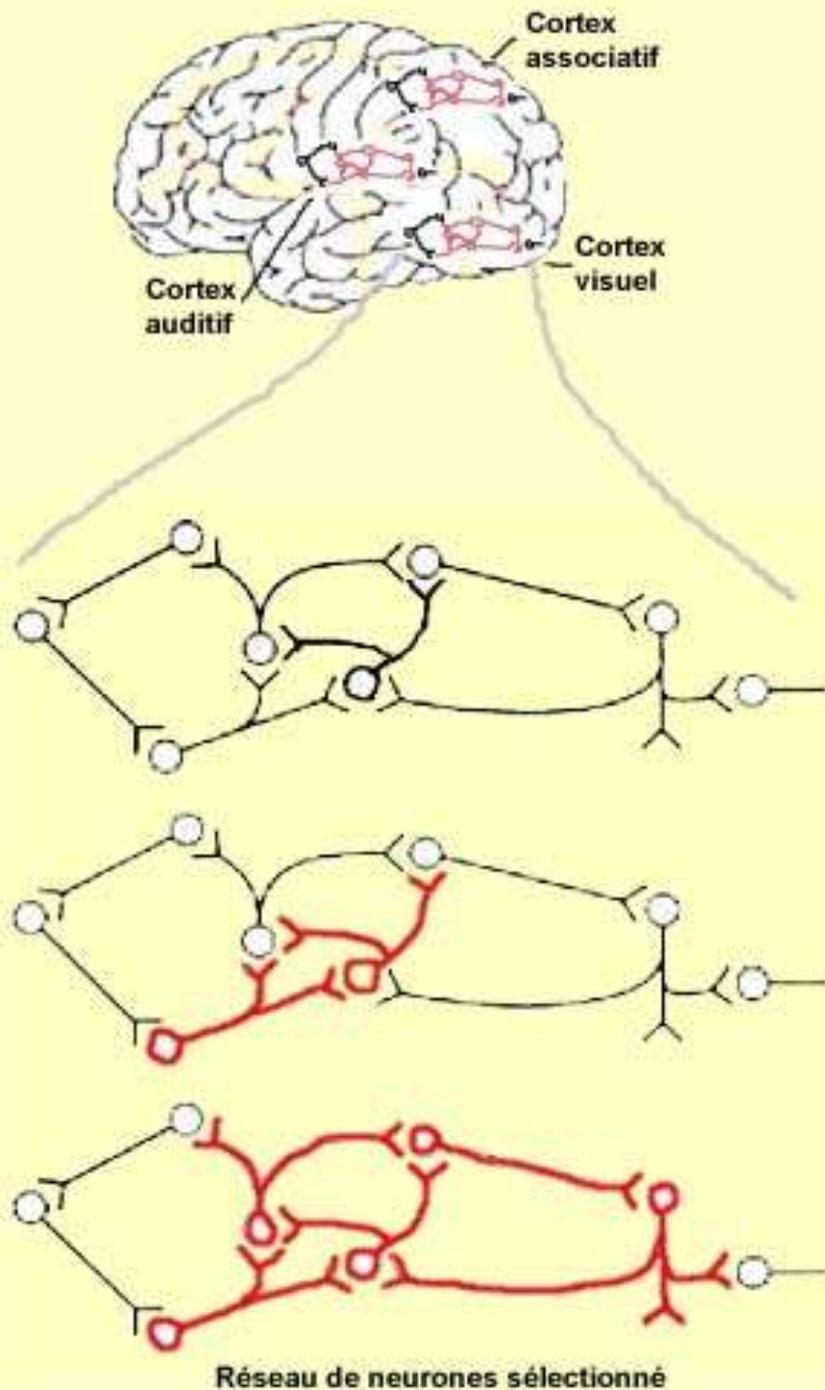
Ce qui favorise l'apprentissage (attention, inhibition, répétition, etc.)



Assemblées de neurones

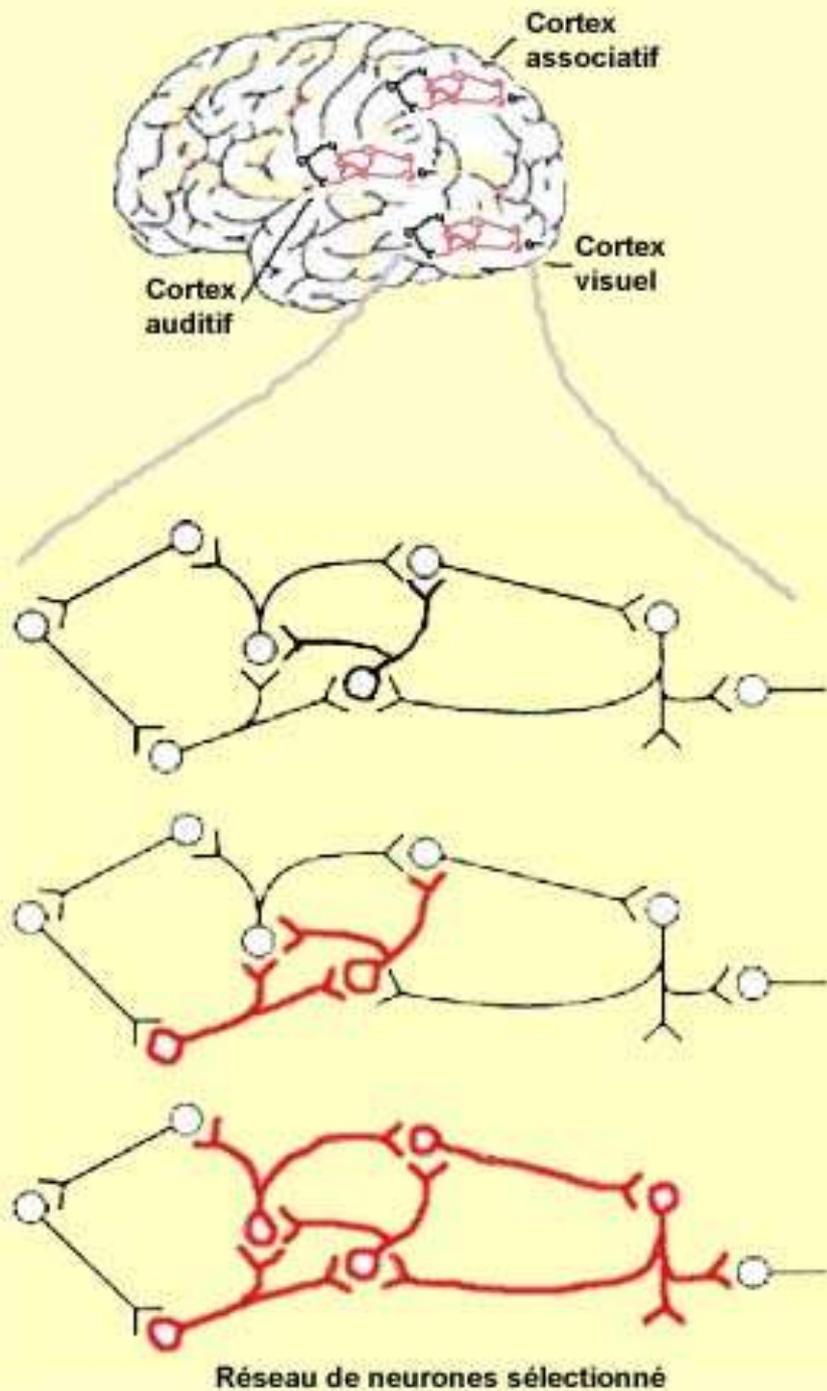


Étudier, s'entraîner, apprendre...



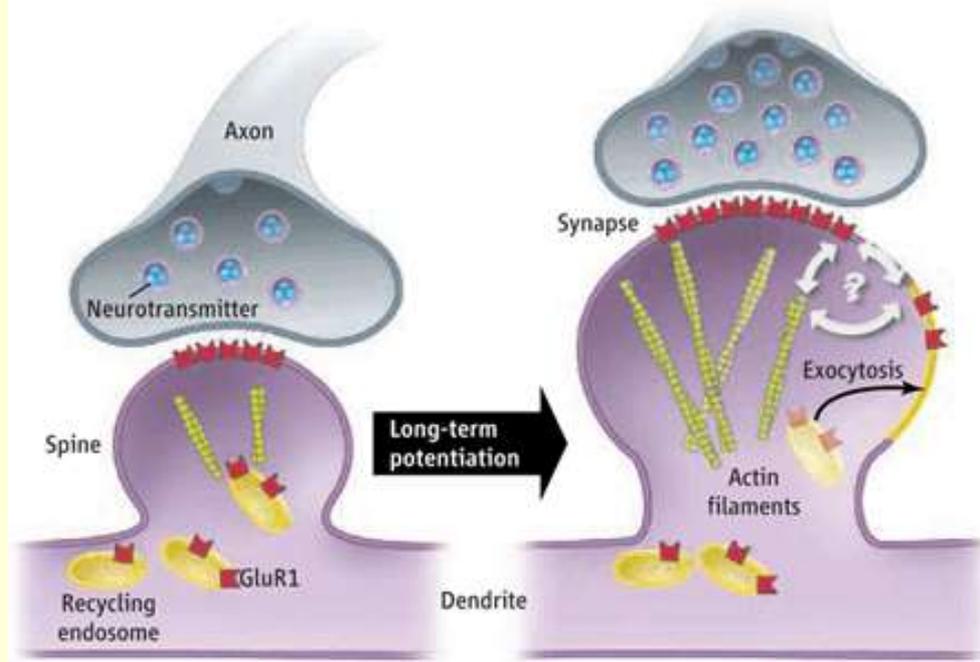
...c'est renforcer des connexions neuronales.

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



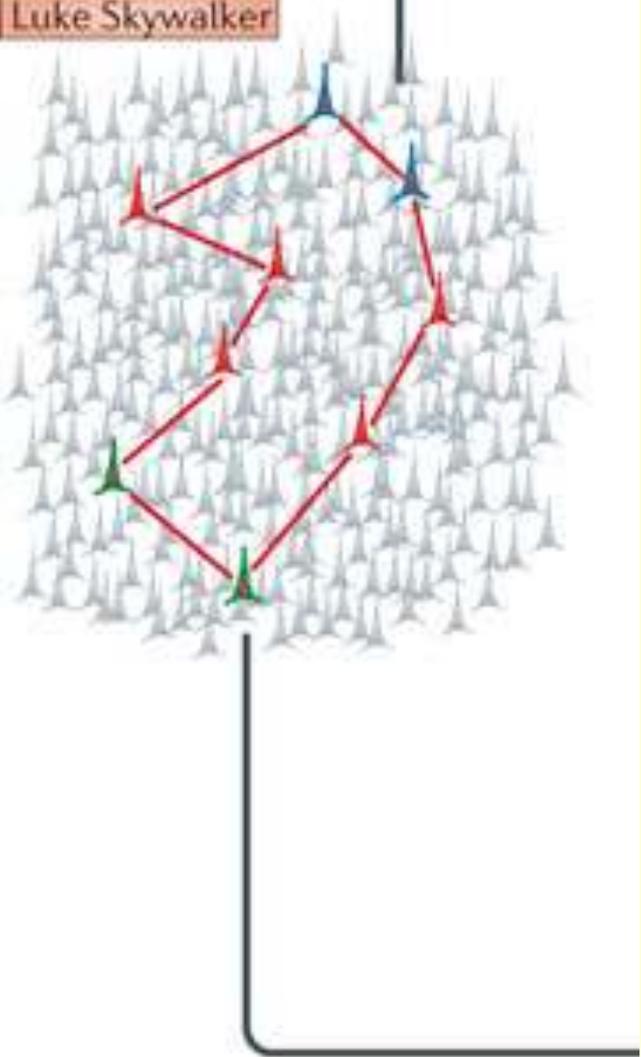
Comment ?

Grâce aux synapses qui varient leur efficacité !





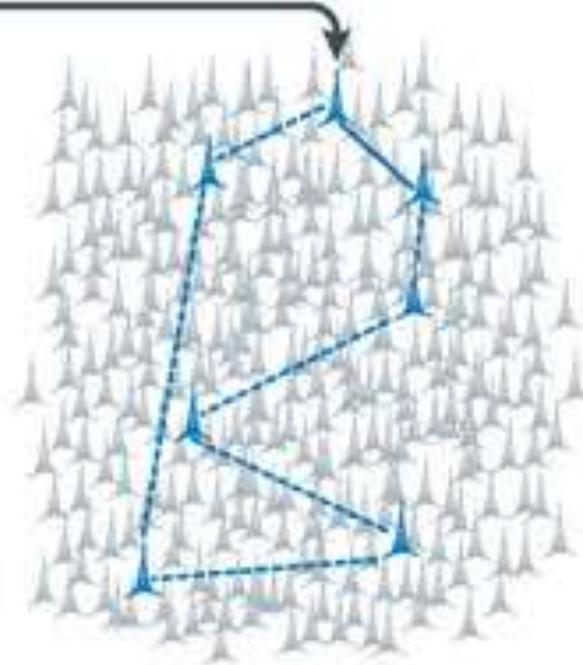
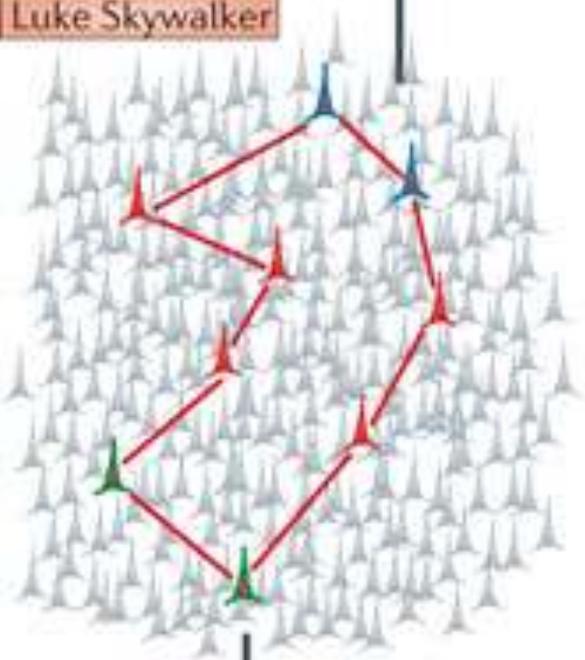
Luke Skywalker



Et ce sont ces réseaux de neurones sélectionnés qui vont constituer le support physique (ou « **l'engramme** ») d'un souvenir.

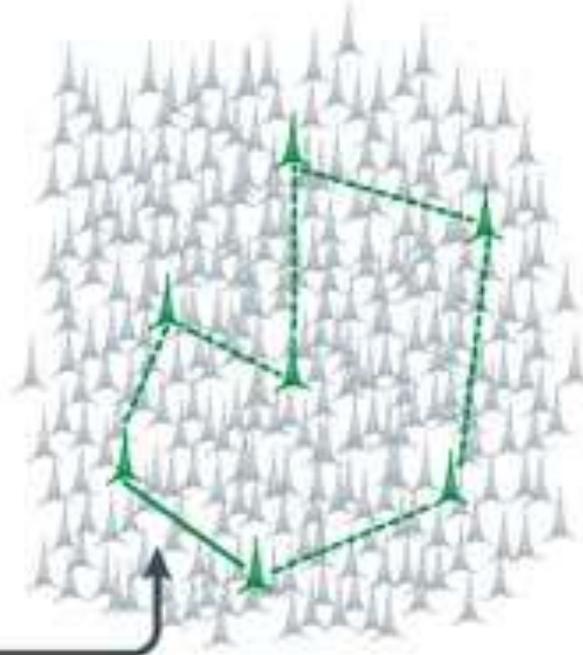


Luke Skywalker



Yoda

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



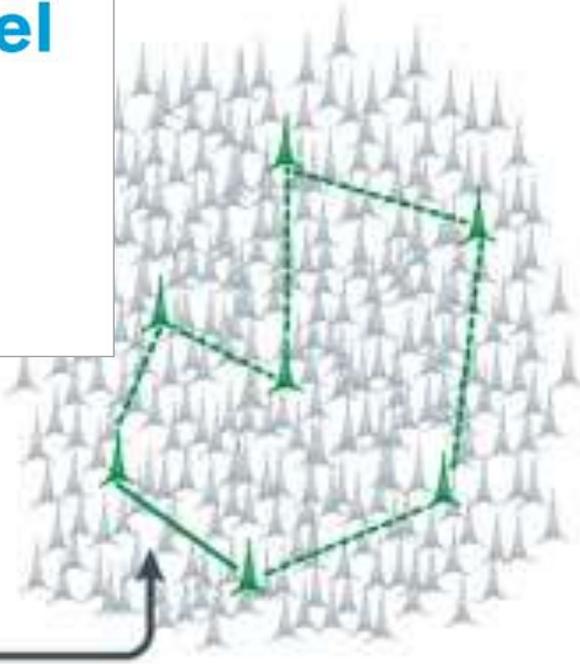
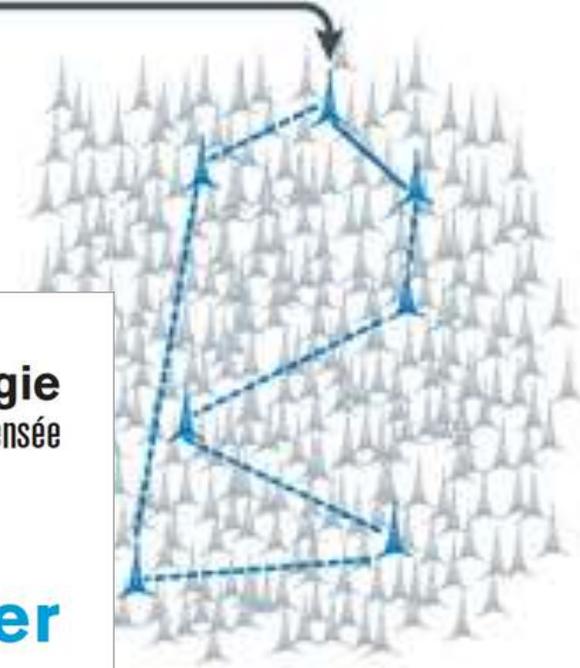
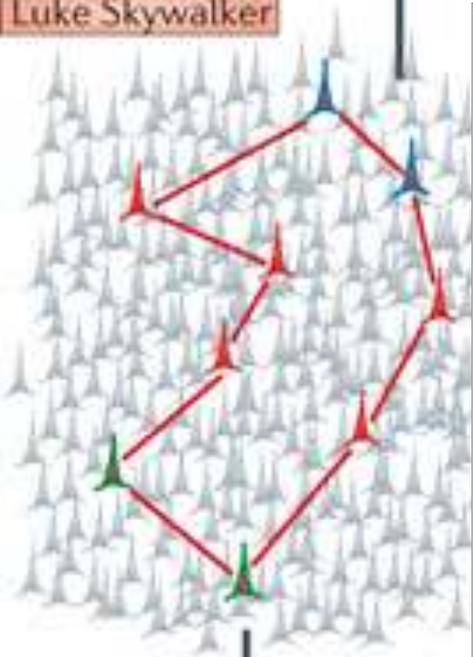
Darth Vader



Luke Skywalker



Yoda



A **L'Analogie**
Cœur de la pensée

**Douglas
Hofstadter
Emmanuel
Sander**


Odile
Jacob
sciences

(2013)



Darth Vader

L'oubli, mécanisme clé de la mémoire

http://www.lemonde.fr/sciences/article/2017/08/21/l-oubli-mecanisme-cle-de-la-memoire_5174858_1650684.html

21/08/2017

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

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

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

22 janvier 2019

Pourquoi l'oubli peut vous sauver la vie

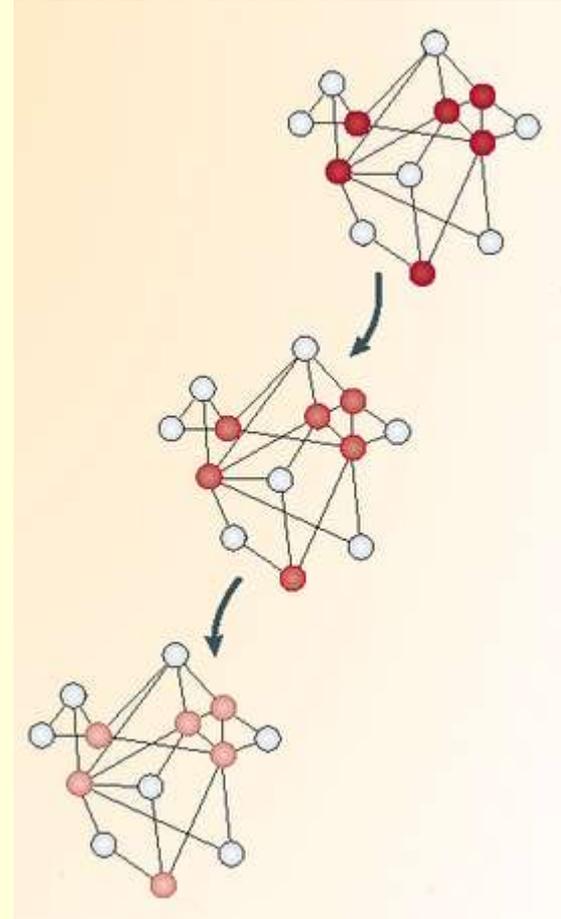
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2019/01/22/7844/>

Imaginez une gazelle qui s'est faite attaquer par un félin à un point d'eau mais qui a réussi à s'échapper.

Imaginez qu'elle repasse ensuite près du point d'eau et aperçoit un félin au loin entre les herbes.

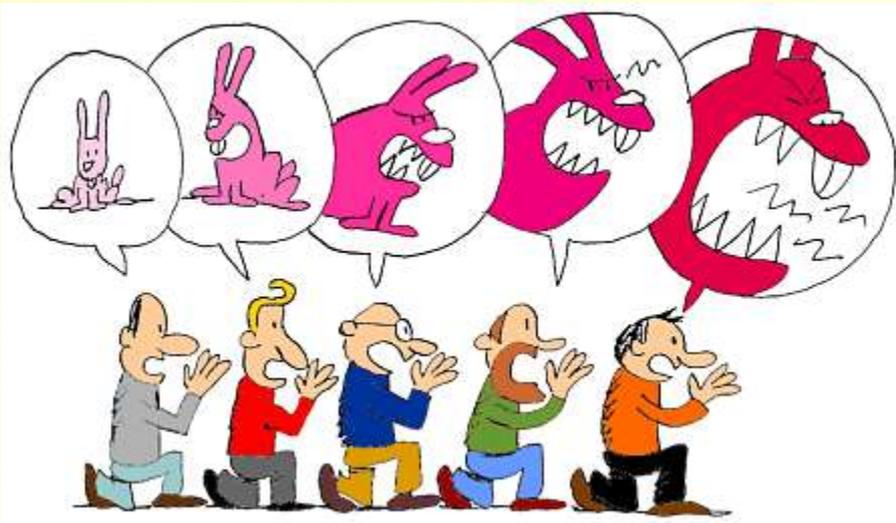
→ les individus ayant une super mémoire des détails qui ne vont pas se méfier de ces signaux un peu différents de ceux qu'ils ont mémorisés lors de l'attaque précédente ("overfitting") = mort très probable de la gazelle.

→ les individus ayant des mécanismes d'oubli et de généralisation vont reconnaître globalement le contexte dangereux et vont s'éloigner = survie avec des descendants



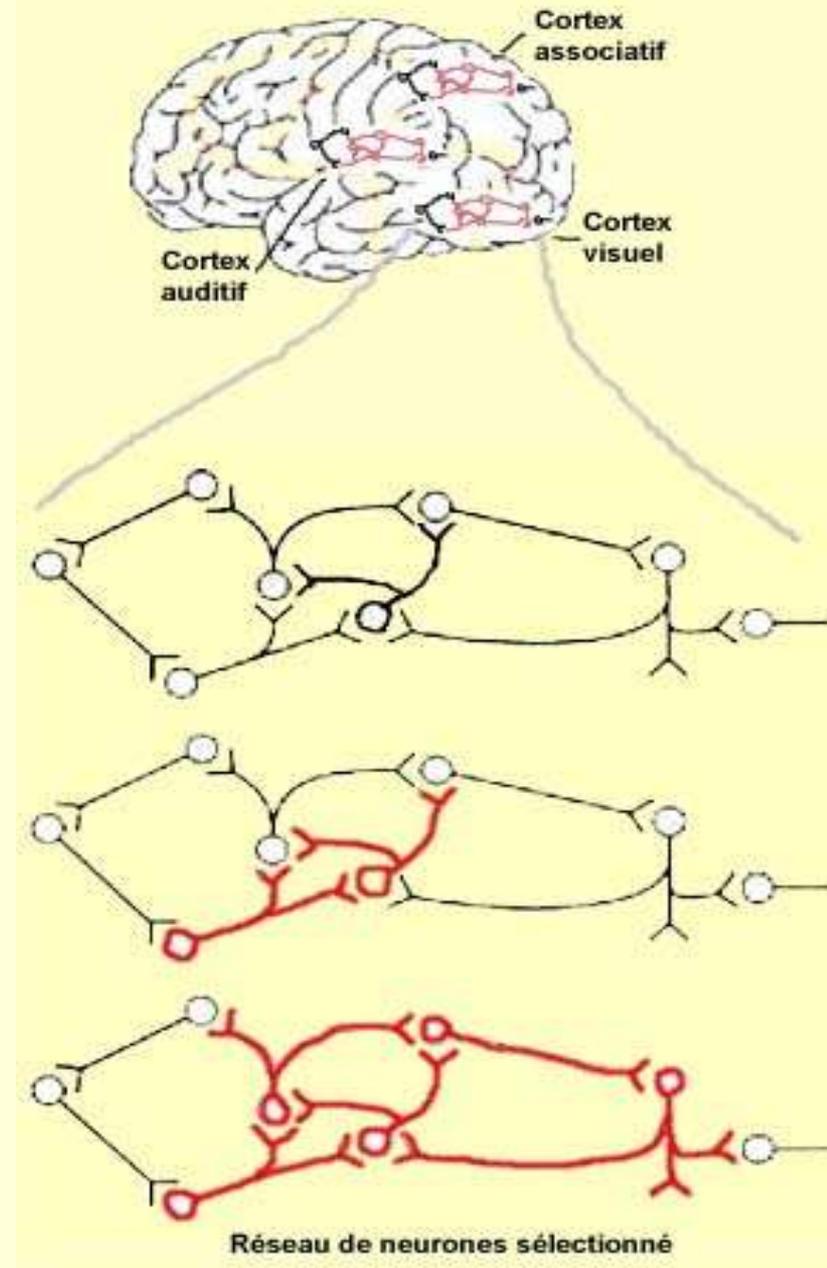
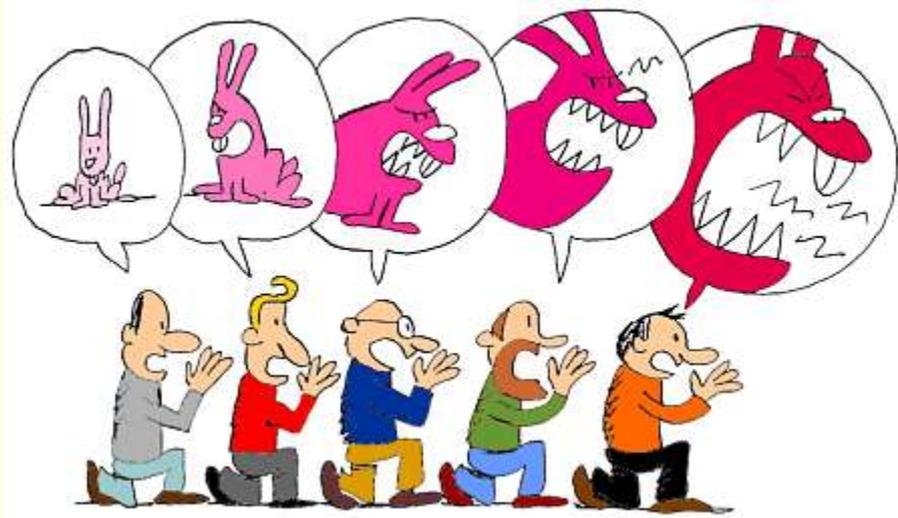
Question quiz :

Quelle serait la
meilleure
métaphore
pour la mémoire
humaine ?

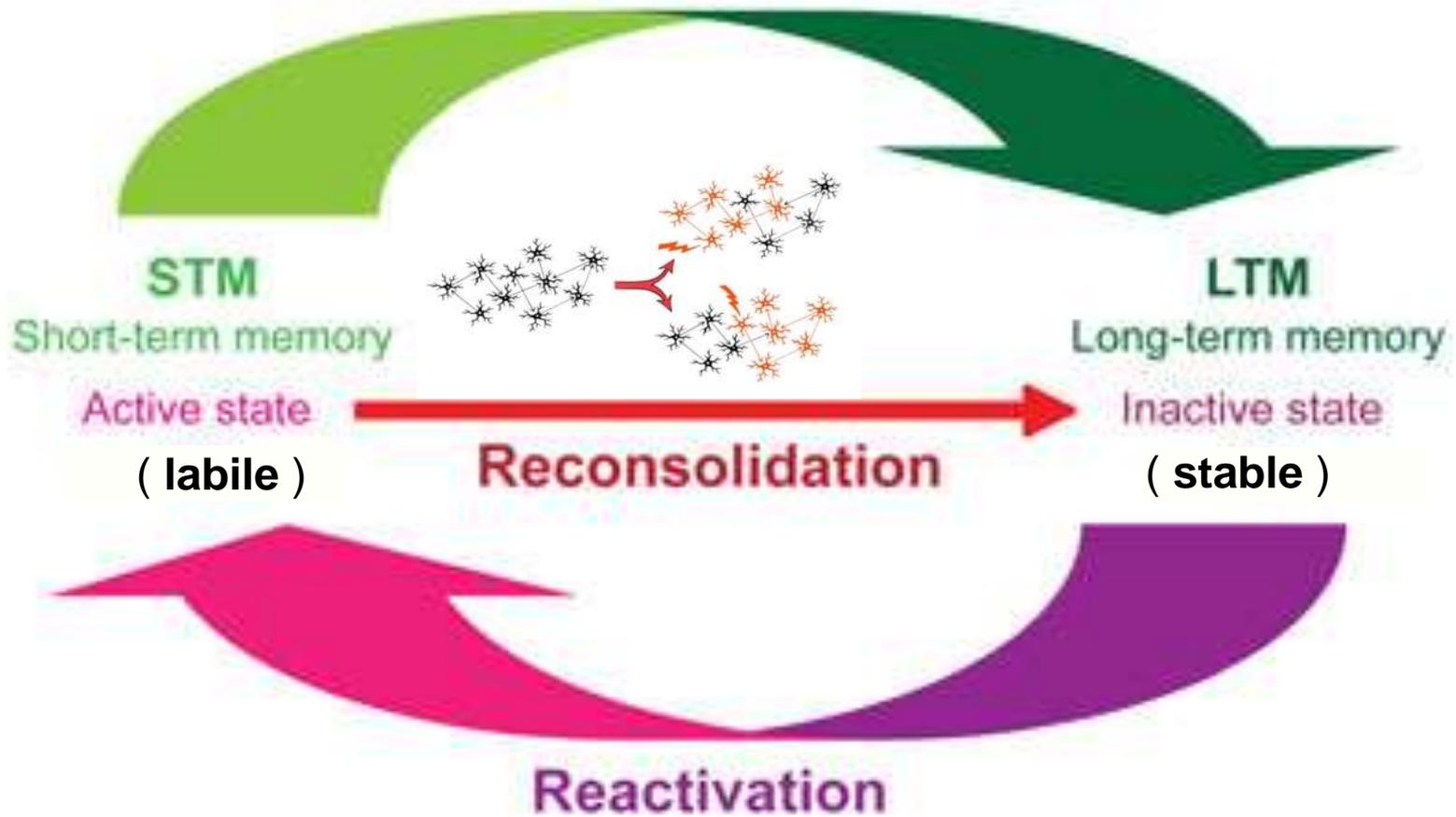


La mémoire humaine est forcément une **reconstruction**.

D'où des phénomènes comme les « faux souvenirs »...



Consolidation



STM

Short-term memory

Active state

(labile)

Reconsolidation

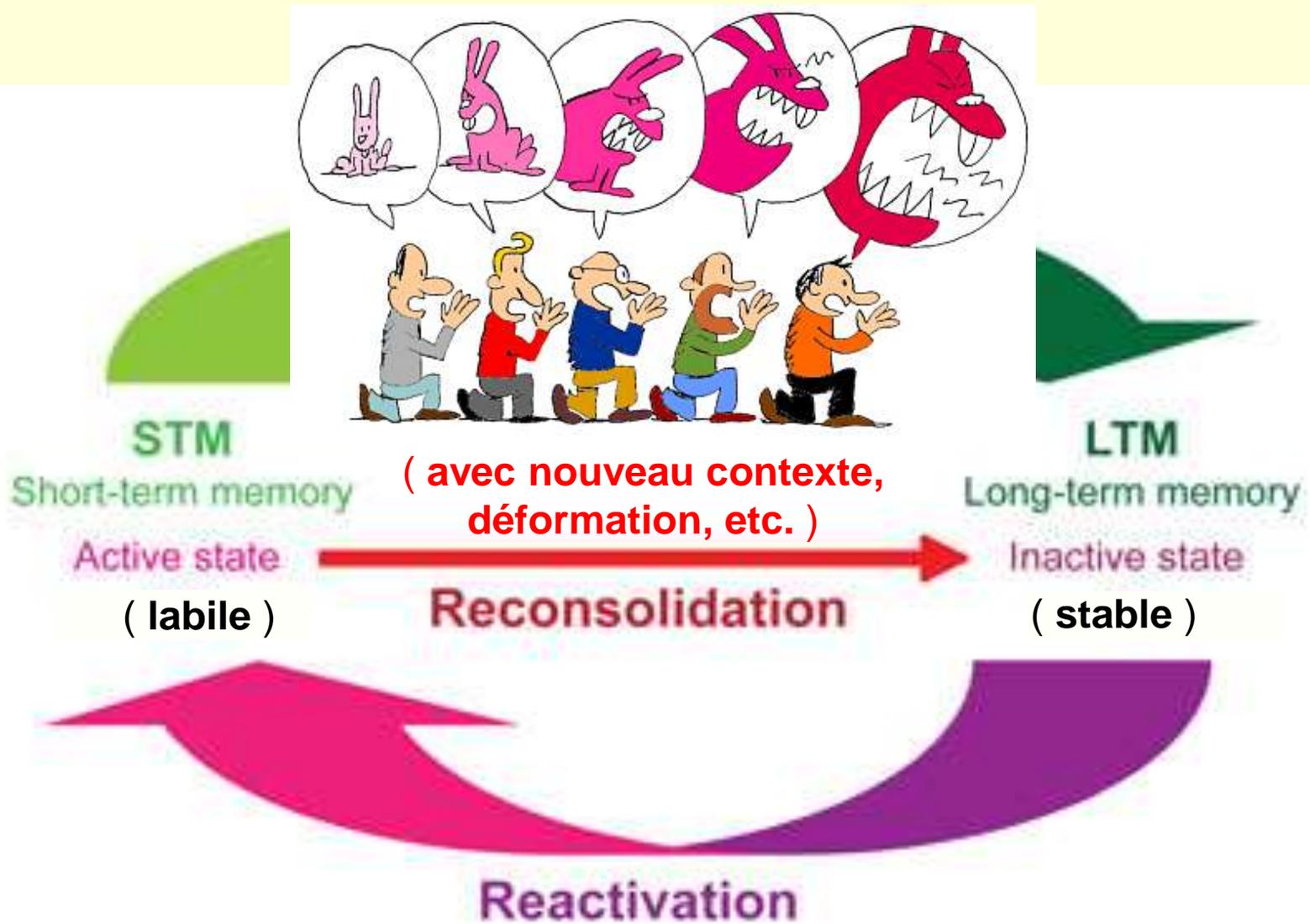
LTM

Long-term memory

Inactive state

(stable)

Reactivation



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

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

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

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

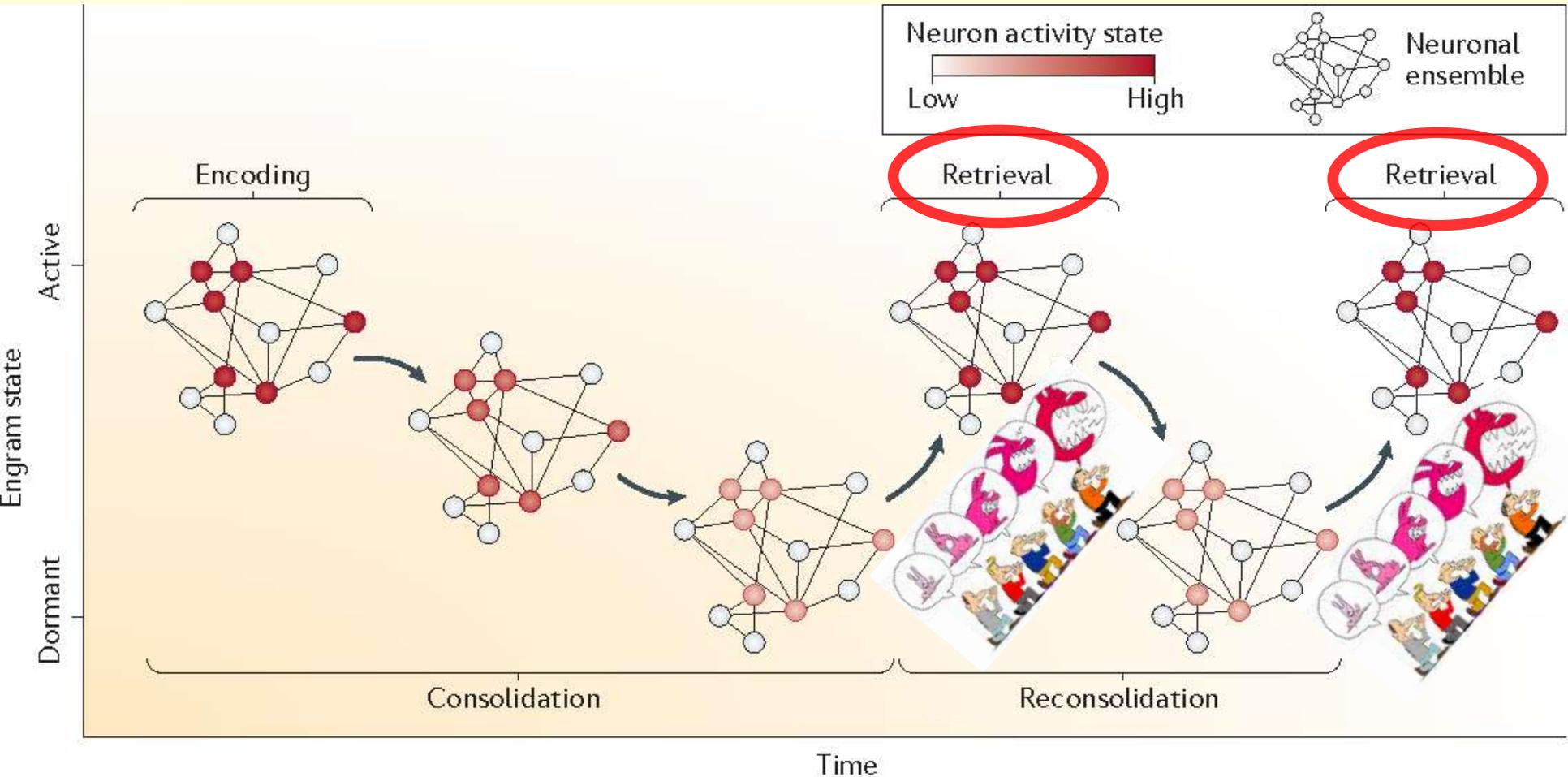


Figure 1 | The lifetime of an engram. The formation of an engram (encoding) involves strengthening of connections
<https://www.semanticscholar.org/paper/Finding-the-engram-Josselyn-K%C3%B6hler/269657152b4666ebd489ee54c2ab17534bb72496>

Multiple levels of analysis of an engram

Récapitulons :
**elle est où la trace
d'un souvenir dans
notre cerveau ?**

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

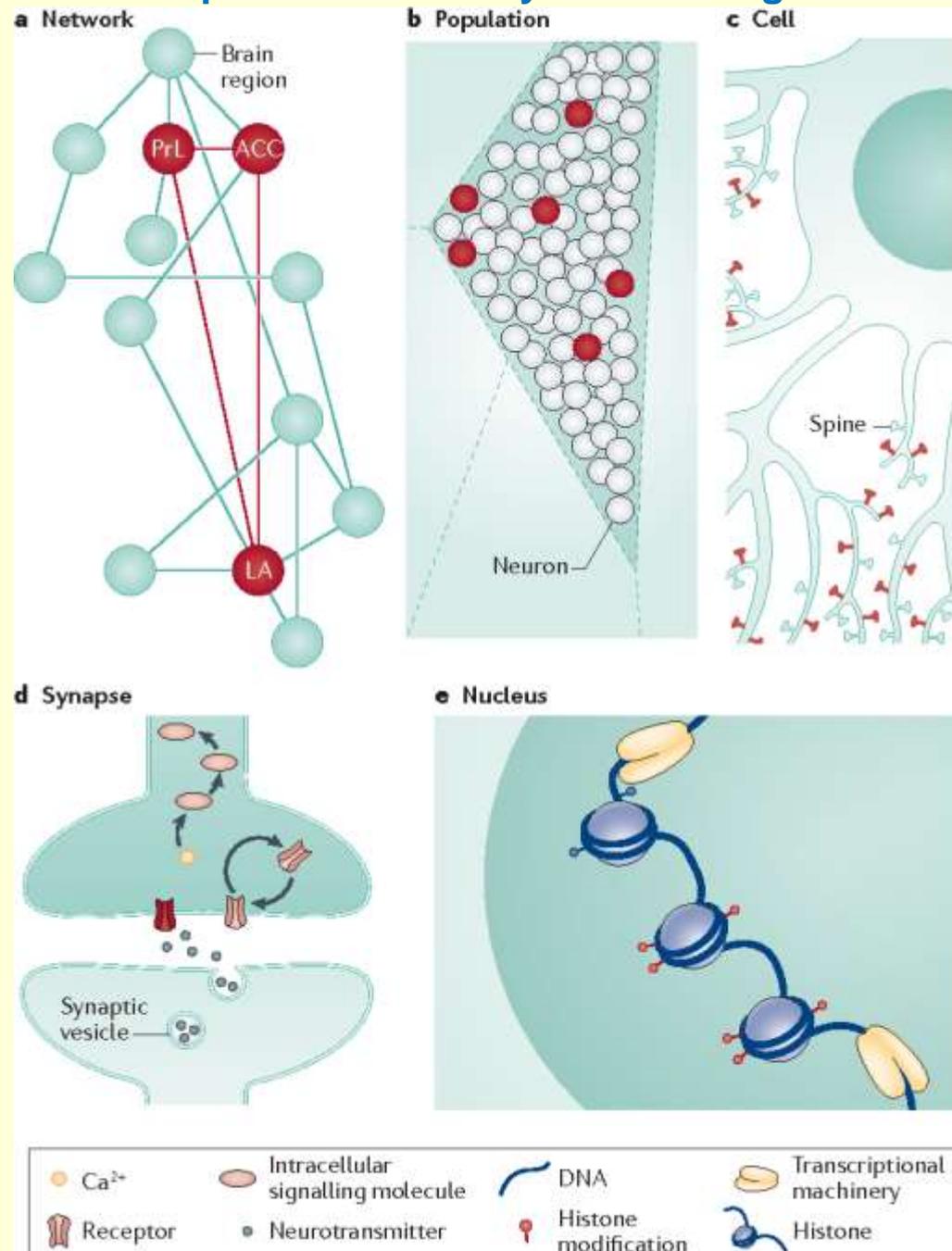
30 avril 2019

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

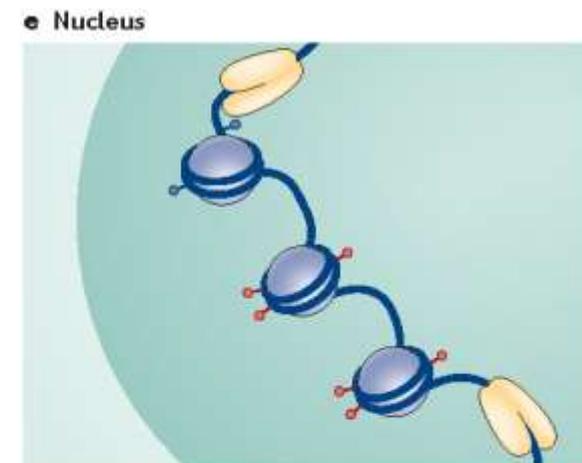
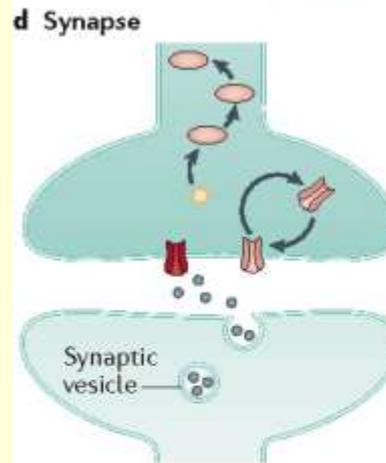
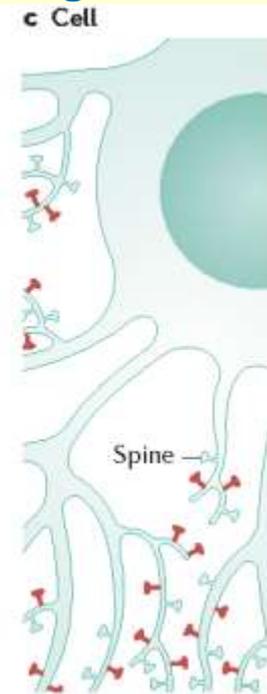
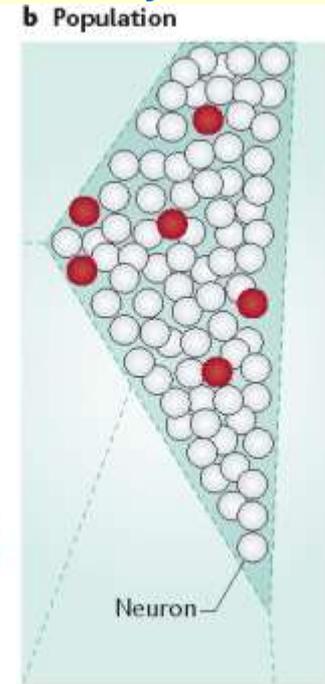
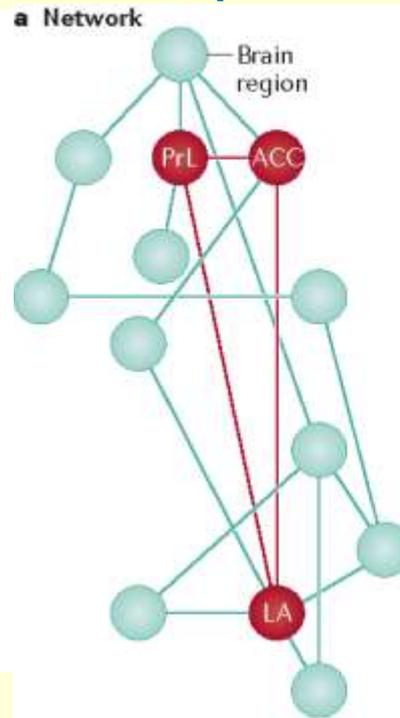
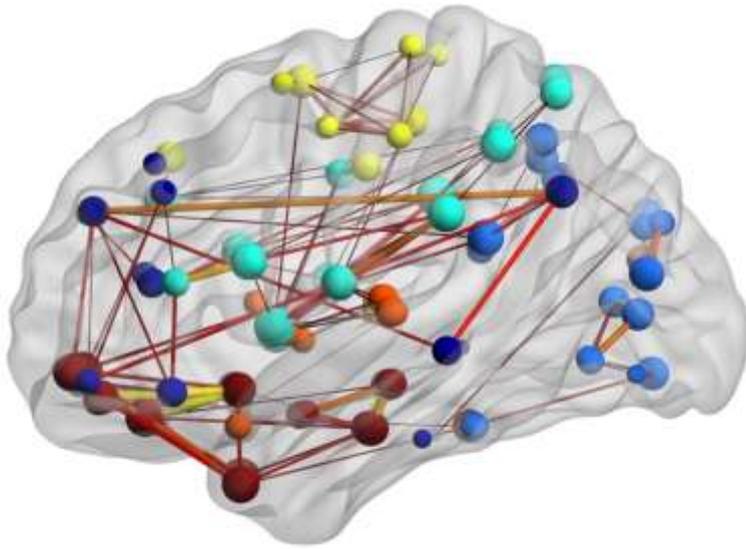
Finding the engram

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

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



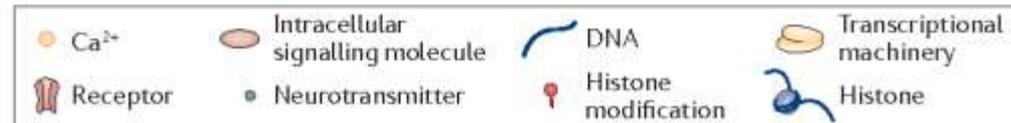
Multiple levels of analysis of an engram



Finding the engram

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

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



Plan

2^e bloc : Développement, plasticité cérébrale, perception et action :
des processus dynamiques à différentes échelles de temps

Intro : des processus dynamiques à différentes échelles de temps

Survol du développement cérébral

Mécanismes de communication et de plasticité neuronale
(anciens et nouveaux)

L'engramme mnésique, ou les traces du souvenir

Ce qui favorise l'apprentissage (attention, inhibition, répétition, etc.)

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

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

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

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

Social Cognitive and Affective Neuroscience

Soc Cogn Affect Neurosci. 2006 September; 1(2): 75–86.

doi: [10.1093/scan/nsl013](https://doi.org/10.1093/scan/nsl013)

PMCID: PMC1838571

NIHMSID: NIHMS16001

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

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

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

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

Abstract

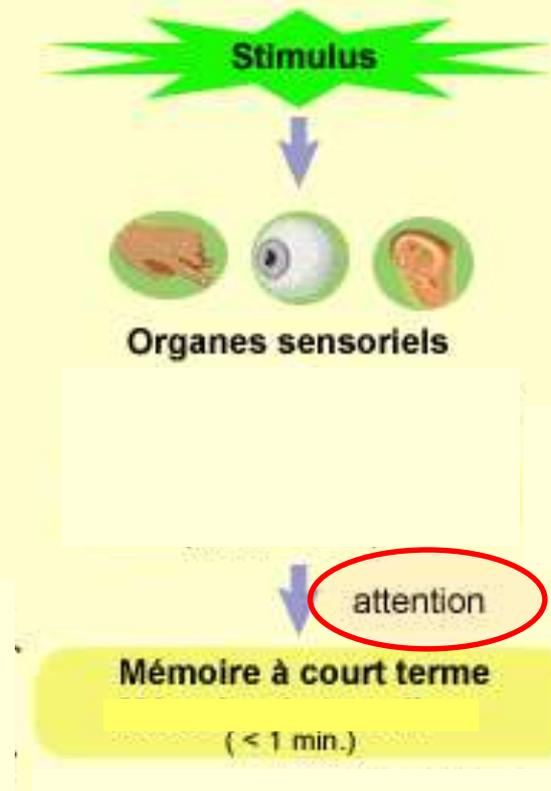
Go to:

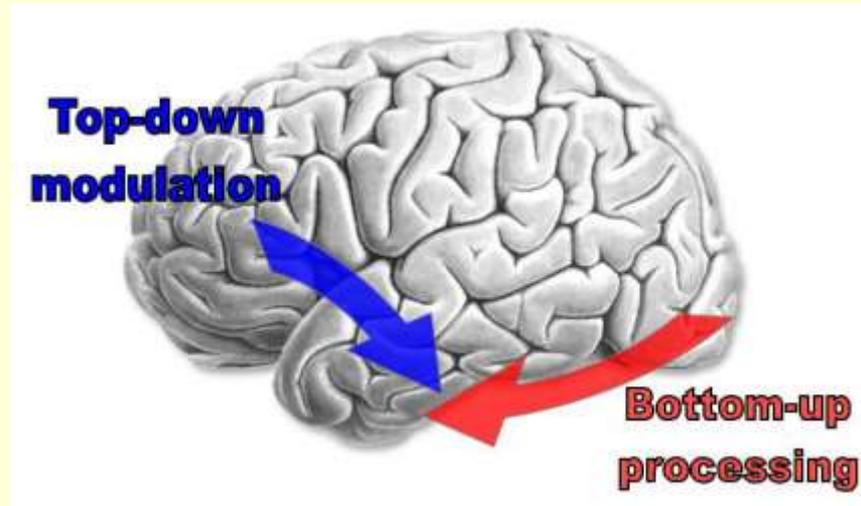
Students' beliefs and goals can powerfully influence their learning success. Those who believe intelligence is a fixed entity (entity theorists) tend to emphasize 'performance goals,' leaving them vulnerable to negative feedback and likely to disengage from challenging learning opportunities. In contrast,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

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

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

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



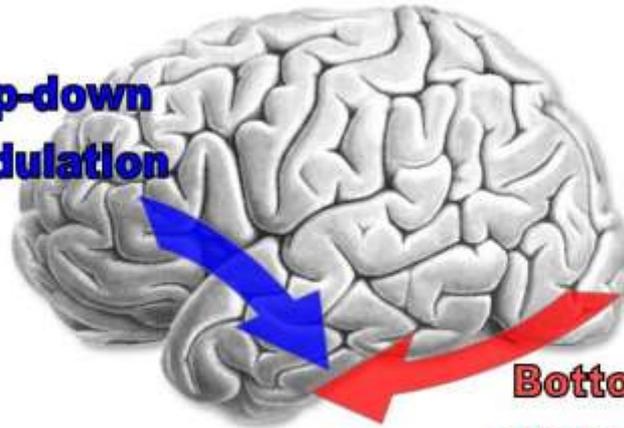


À une époque plus « calme et frugale », la recherche de **nouvelles ressources prometteuses** a été un mécanisme adaptatif fondamental de notre cerveau qui demeure donc très sensible au « bottom up ».





**Top-down
modulation**



**Bottom-up
processing**

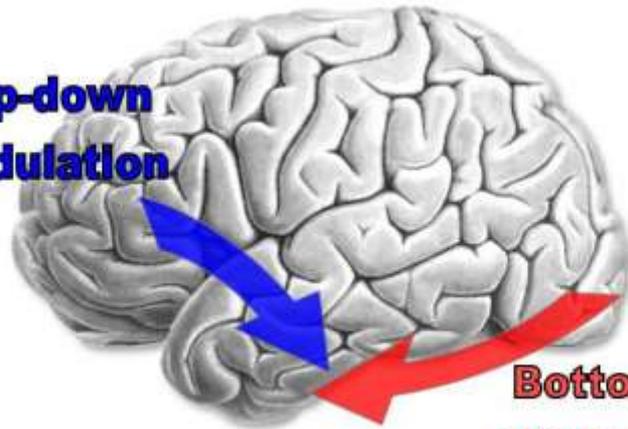


Des « fonctions exécutives »
comme **l'attention** peuvent être
sollicitées pour **contrer** des stimuli
« bottom up » trop intrusifs...





**Top-down
modulation**



**Bottom-up
processing**



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

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

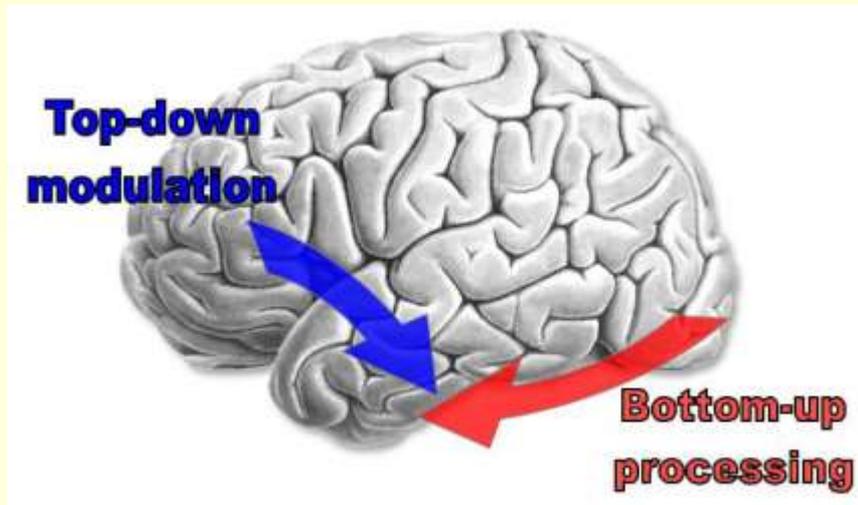
Par des « **voleurs d'attention** » !

- **Jean-Philippe Lachaux**

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



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



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



La « cécité attentionnelle »

La version « 2.0 »

http://www.youtube.com/watch?v=IGQmdoK_ZfY&feature=relmfu

Hahaha...

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

Clues

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

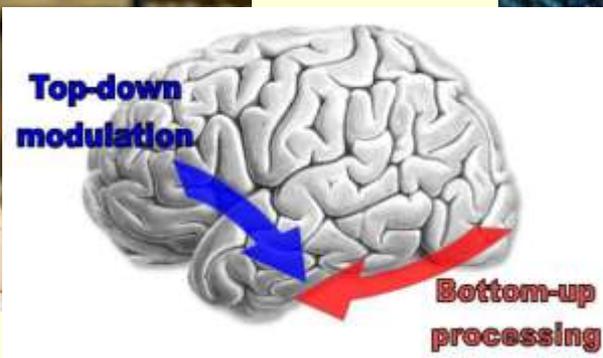
Person swap (Building on the work of Daniel Simons' original "[Door Study](#),")

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



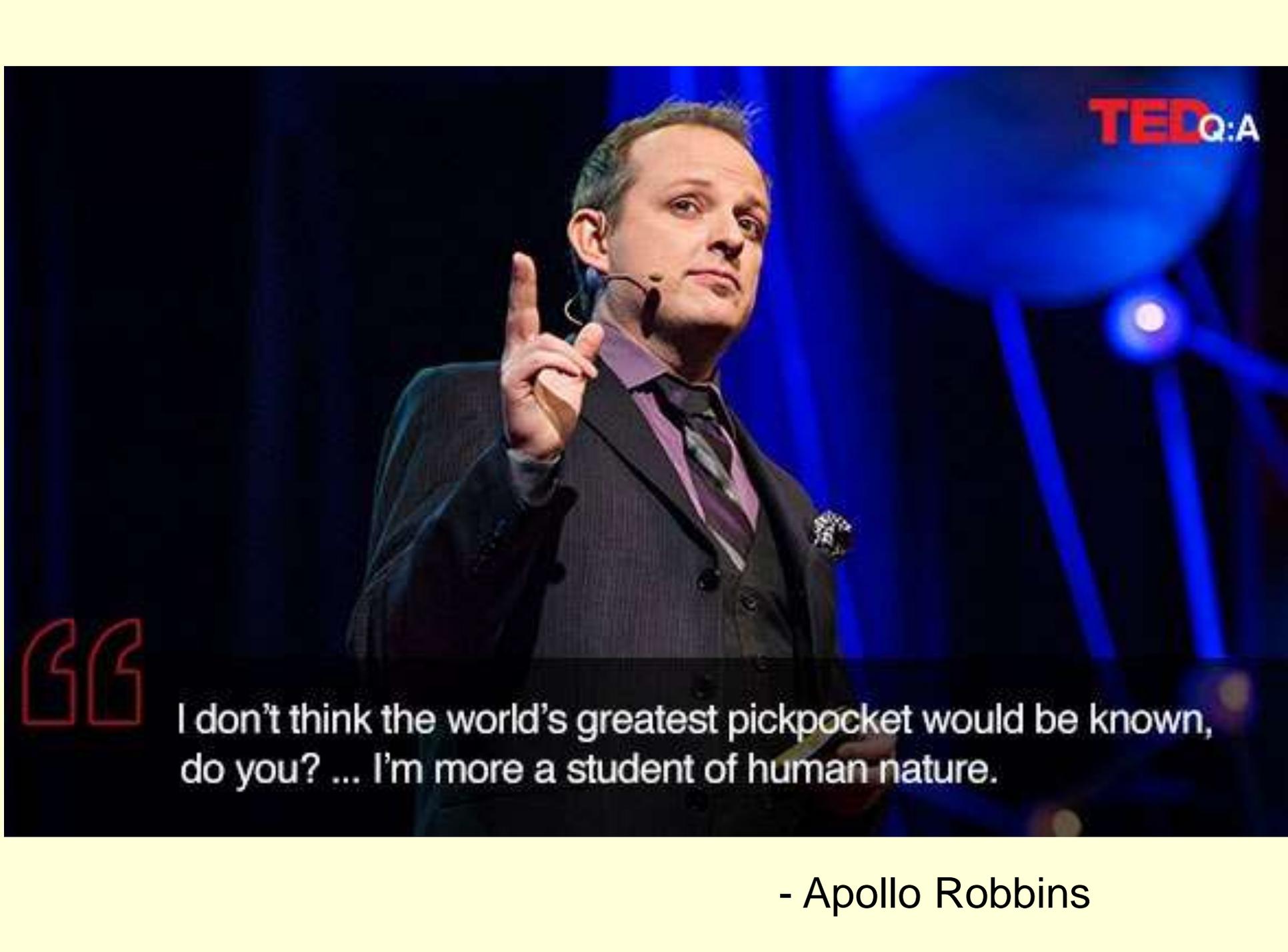
L'attention nous permet donc la **sélection** d'une information particulière parmi plusieurs autres qui sont « filtrées ».

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



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



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

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

- Apollo Robbins



http://www.youtube.com/watch?v=LoUSO_Mj1TQ

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

Neuroscience Meets Magic - by Scientific American

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

4:00 à 9:13 (5 minutes)

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



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

Rejoint l'hypothèse de l'attention comme « **faisceau attentionnel** » (Posner, 1980) considère que le traitement des stimuli soumis à ce faisceau feront l'objet d'un traitement approfondi, **au détriment des autres stimuli.**



http://www.youtube.com/watch?v=LoUSO_Mj1TQ

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

Neuroscience Meets Magic - by Scientific American

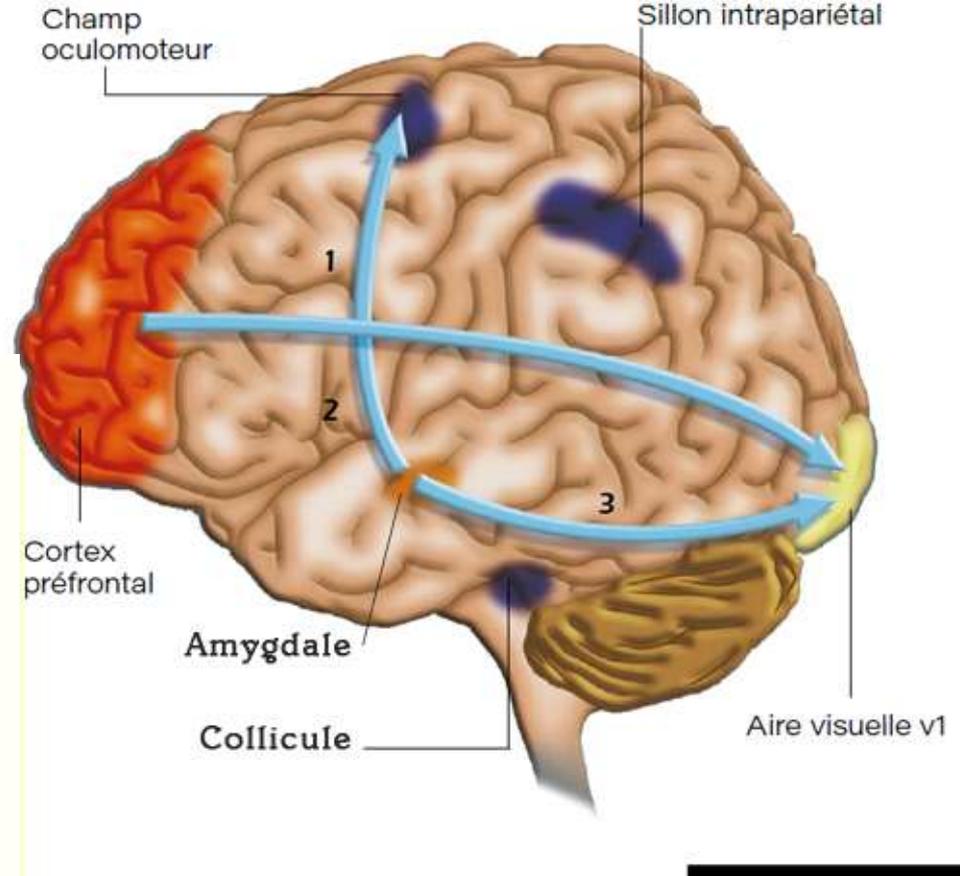
<http://www.youtube.com/watch?v=i80nVAwO5xU>

4:00 à 9:13 (5 minutes)

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

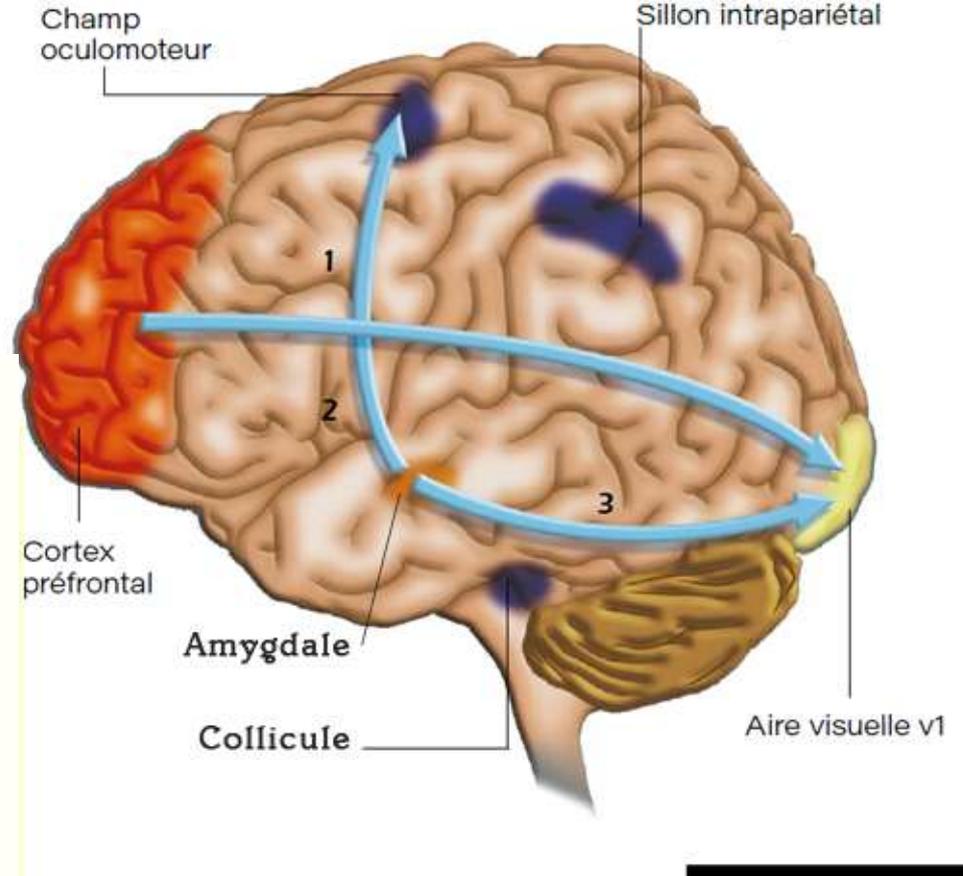


<http://www.youtube.com/watch?v=MG2HPtbV-80>

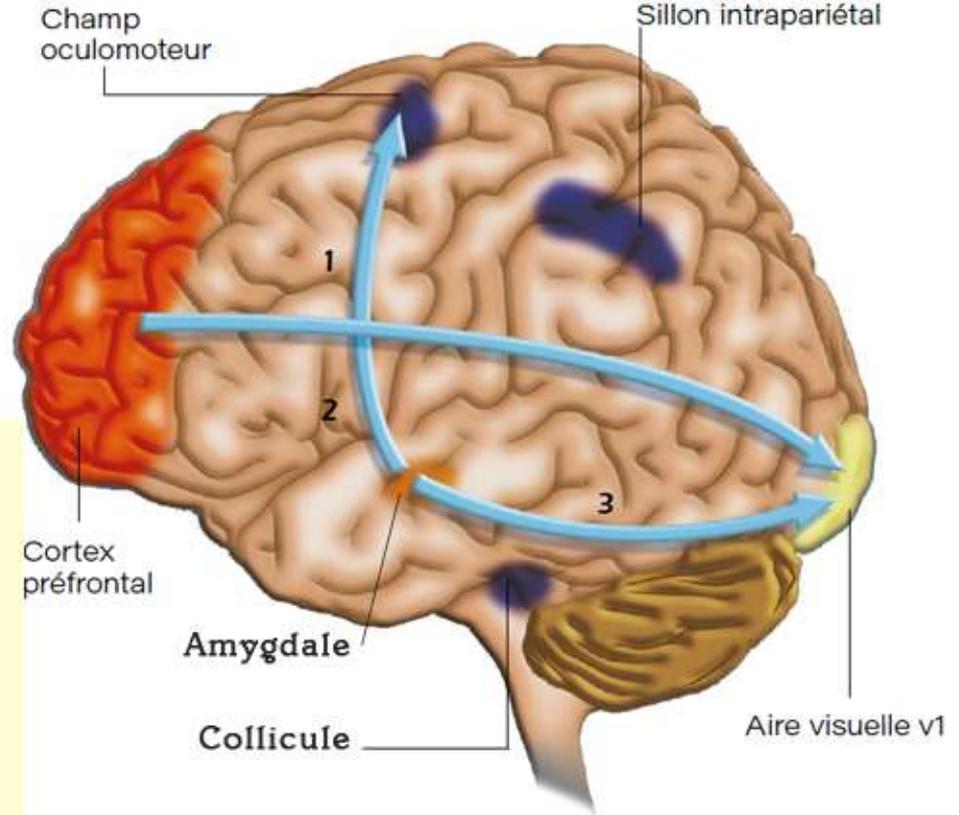
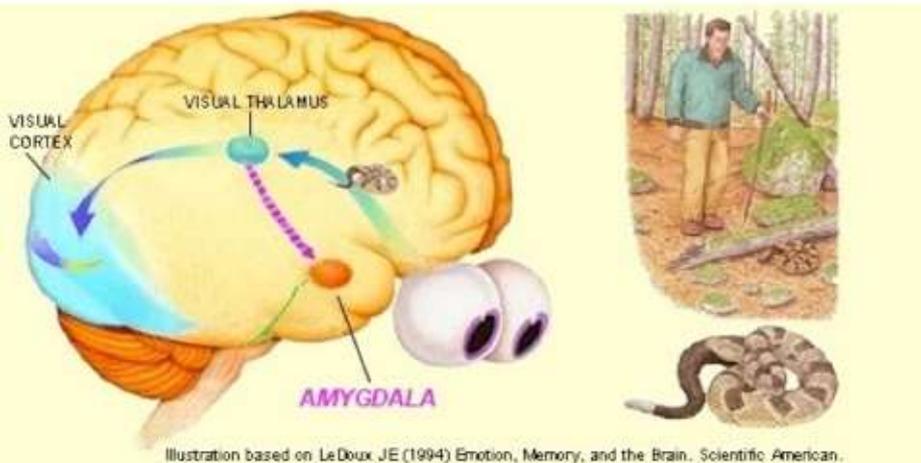


Le déplacement de l'attention en situation réelle peut ainsi se résumer à travers la scène suivante : au bord d'une rivière sinuant entre les feuilles mortes, un arbre est chargé de cerises rouges.

D'après des critères purement visuels, votre cerveau commence par établir une **carte de saillance**, avec une probabilité de déplacement des yeux vers la rivière qui présente des discontinuités de mouvement et de luminosité (60 pour cent des mouvements oculaires), vers les cerises, caractérisées par des discontinuités de forme et de couleur (30 pour cent des mouvements oculaires) et vers les feuilles mortes (10 pour cent).



Mais vous n'êtes pas venu ici par hasard : la veille, vous avez égaré un bijou dans les herbes. Dès lors, le **système exécutif**, piloté par le **cortex préfrontal**, active la trace mnésique du bijou égaré et agit sur l'aire visuelle primaire v1 pour **préactiver les neurones correspondant à la perception visuelle du bijou**. Il peut aussi **rehausser l'importance accordée à cette image** dans la carte de saillance préalablement établie. Au bout du compte, la probabilité de regarder la rivière ou les cerises diminue...



Un dernier événement peut se produire. Par exemple, à cet instant, une forme allongée apparaît dans les feuilles mortes. Votre **amygdale** détecte un **danger potentiel** et déplace votre oeil vers la forme en question, en prenant le contrôle de l'activité du champ oculomoteur frontal.

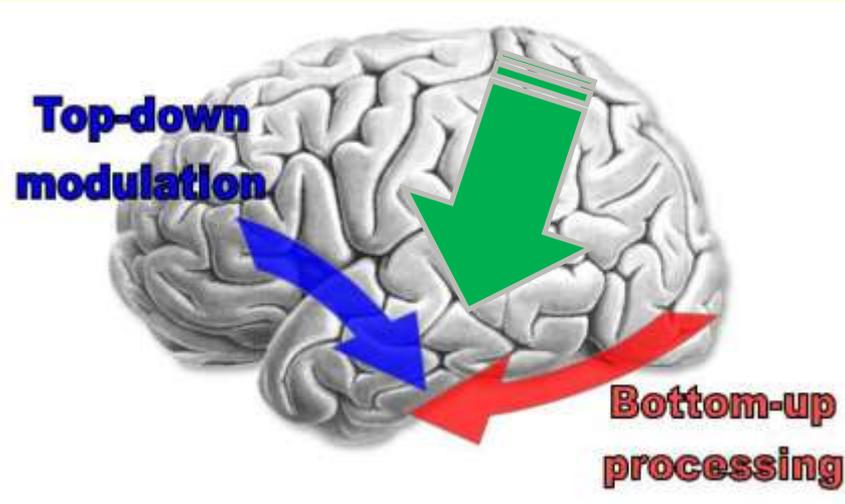
Au cours de cette séquence, **trois composantes clés de la gestion de l'attention** ont été successivement mobilisées. La carte de saillance, le contrôle exécutif et le détecteur de danger. Ces trois composantes peuvent rendre compte **d'une grande partie des situations attentionnelles que nous rencontrons.**

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^e tâches, les performances chutent...)

On peut aussi apprendre à **inhiber de façon top down** certains **automatismes** comportementaux ou de pensée qui sont **inappropriés** dans un contexte donné.



innés....

Le contrôle inhibiteur

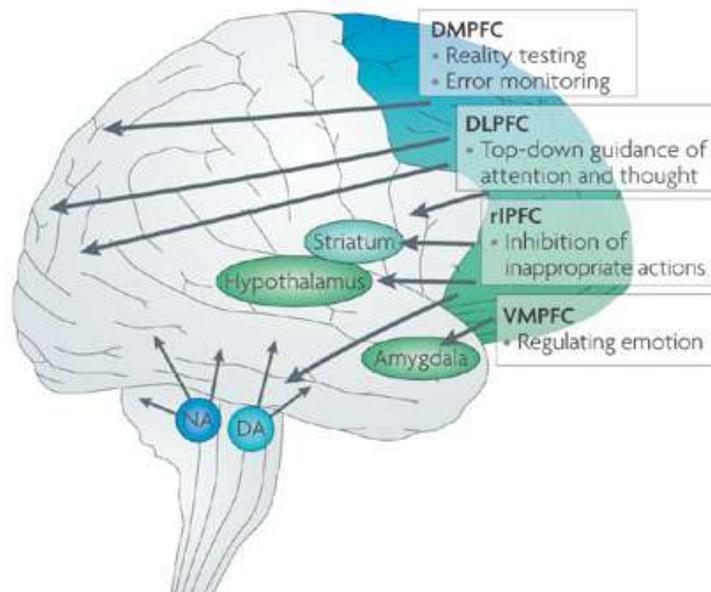


Le test du Chamallow

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

Bref, il faut...

a Prefrontal regulation during alert, non-stress conditions

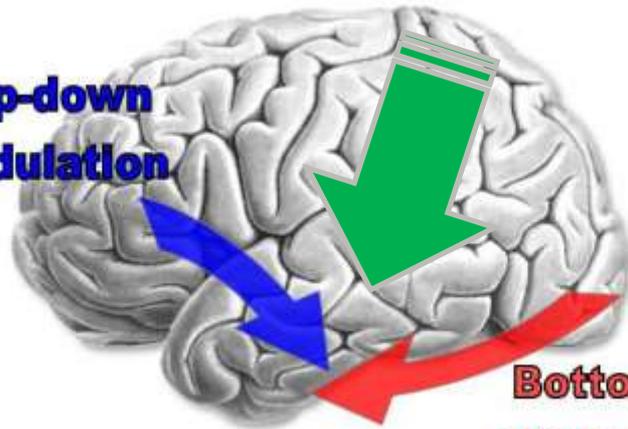


apprendre
à résister
olivier houdé



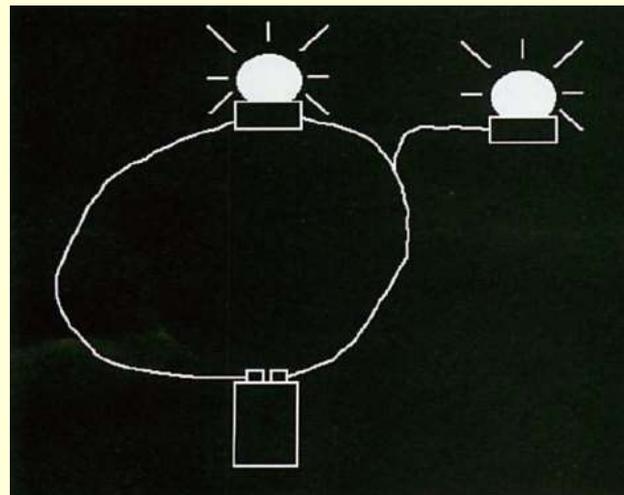


**Top-down
modulation**



**Bottom-up
processing**

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



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

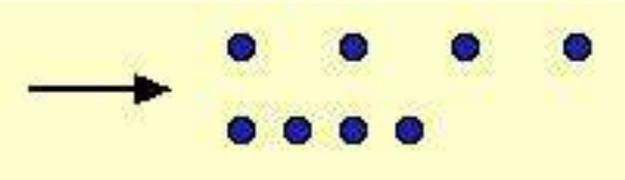
Exemple : Le test de Stroop : nommer la couleur de l'**encre**

JAUNE	BLEU	BLEU
NOIR	ROUGE	VERT
VIOLET	JAUNE	ROUGE
JAUNE	VERT	NOIR
BLEU	ROUGE	VIOLET
VERT	BLEU	JAUNE



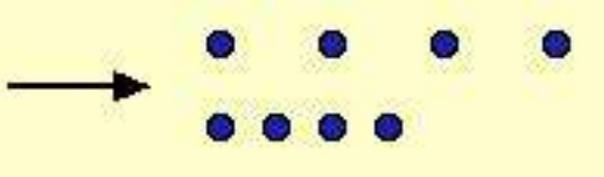
Ce que l'équipe de Houdé a mis en évidence, c'est que vers l'âge de 6-7 ans, ou avec l'aide d'un parent avant,

l'enfant parvient à mettre entre parenthèses sa croyance spontanée pour examiner la situation au moyen de ses outils logiques.





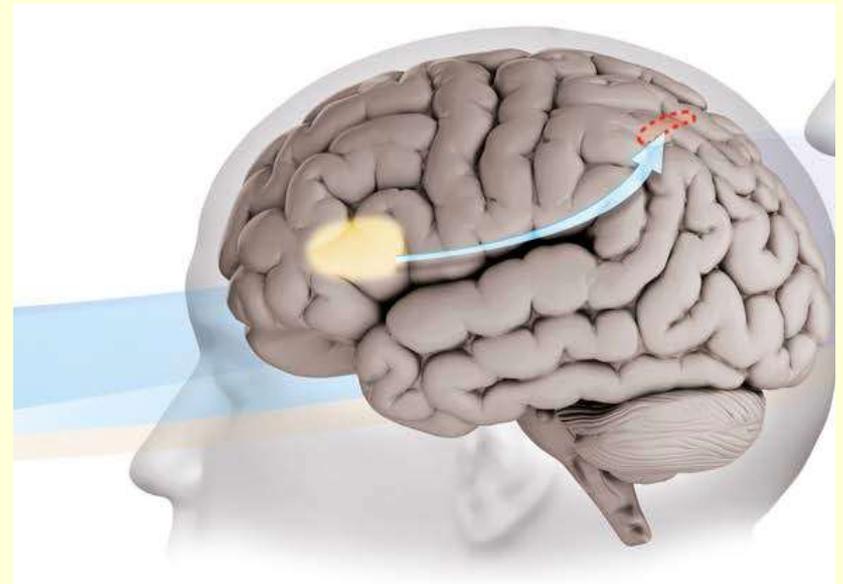
Ce que l'équipe de Houdé a mis en évidence, c'est que vers l'âge de 6-7 ans, ou avec l'aide d'un parent avant, **l'enfant parvient à mettre entre parenthèses sa croyance spontanée** pour examiner la situation au moyen de ses outils logiques.



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

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

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

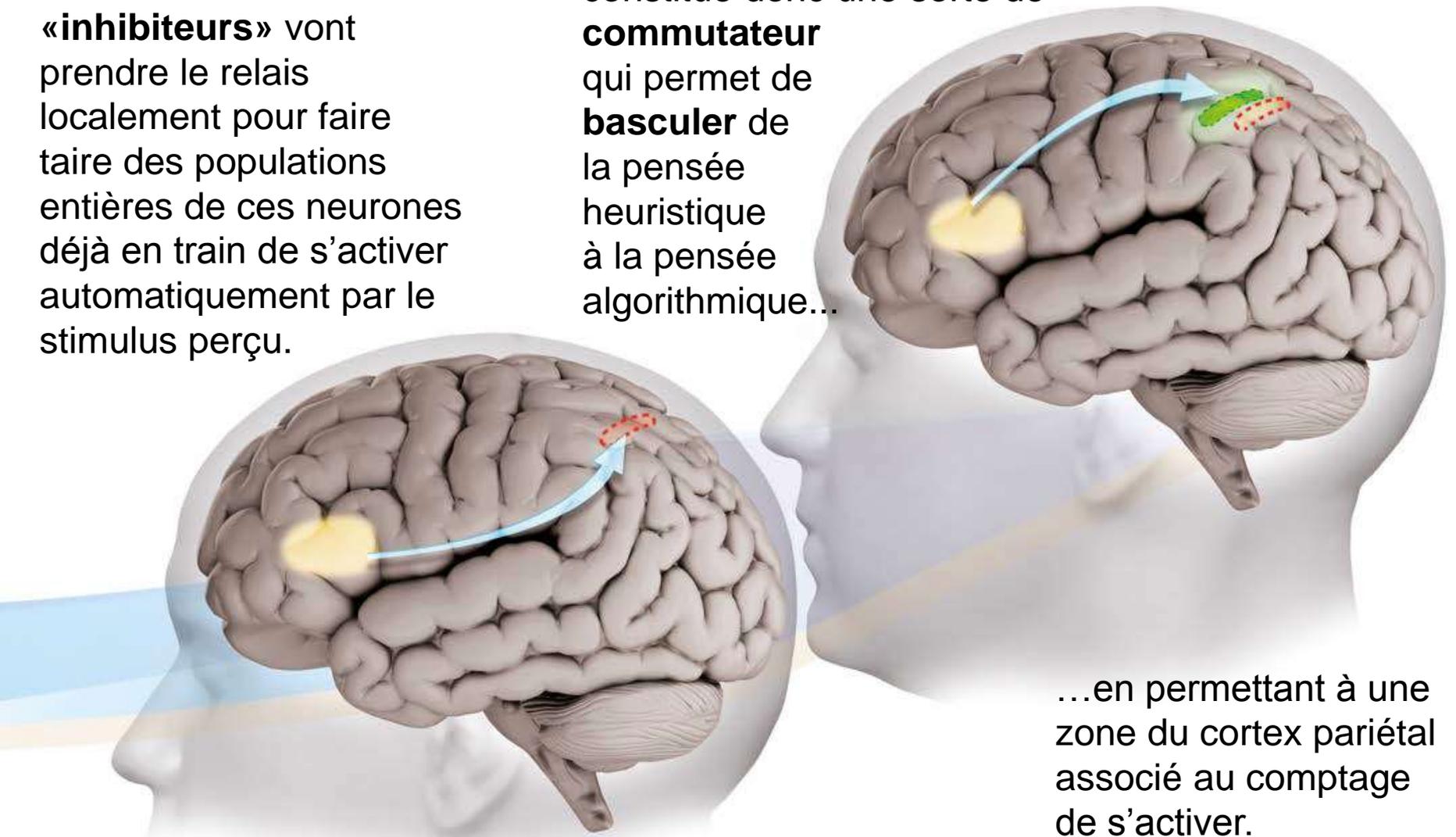


Dans ces zones, d'autres **neurones dits «inhibiteurs»** vont prendre le relais localement pour faire taire des populations entières de ces neurones déjà en train de s'activer automatiquement par le stimulus perçu.

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

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

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



Les trois systèmes cognitifs

Systeme heuristique

Pensée «automatique»
et intuitive

Fiabilité  Rapidité 



1

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

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

Systeme d'inhibition

Interrompt le système heuristique pour activer celui des algorithmes

→ *Fonction d'arbitrage*

3

Systeme algorithmique

Pensée réfléchie
«logico-mathématique»

Fiabilité  Rapidité 

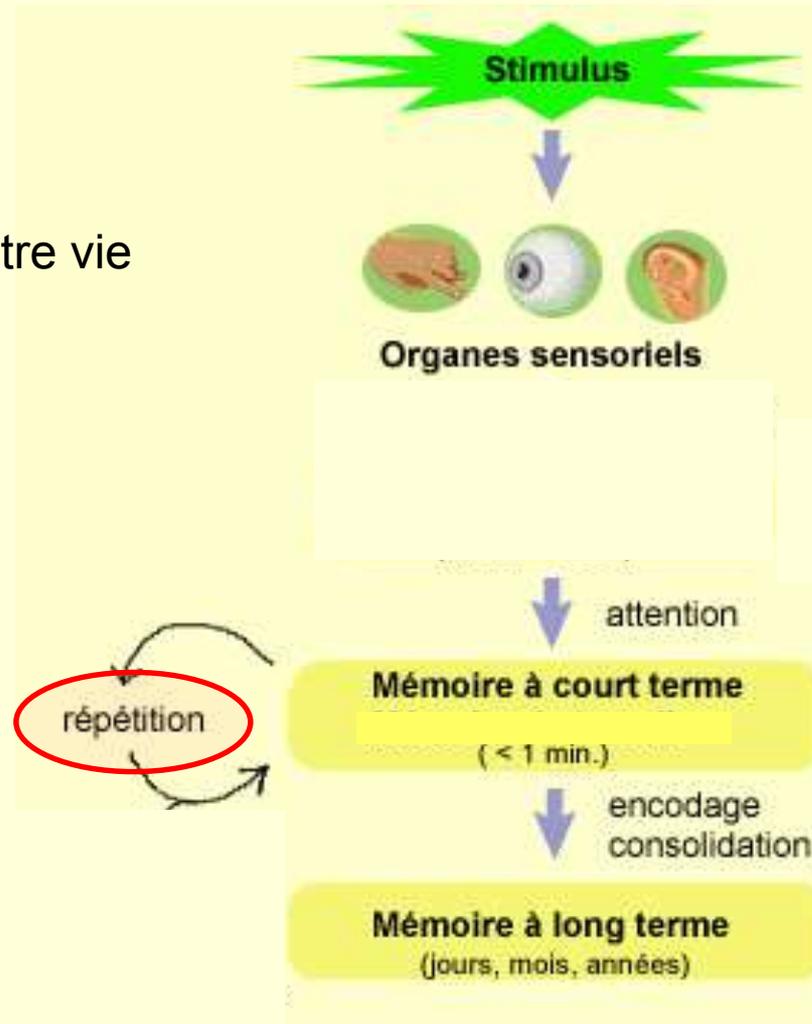


2

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

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

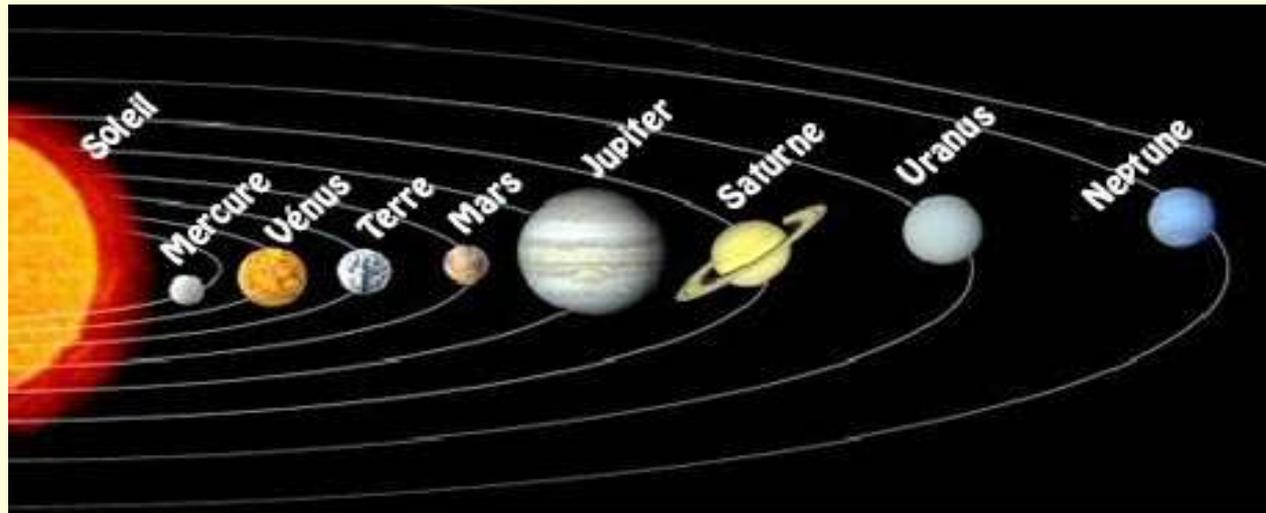
- Comprendre qu'on peut s'améliorer durant toute notre vie
- Porter attention
- Répéter



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

Combiner plusieurs éléments en un seul

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



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

Autre exemple :

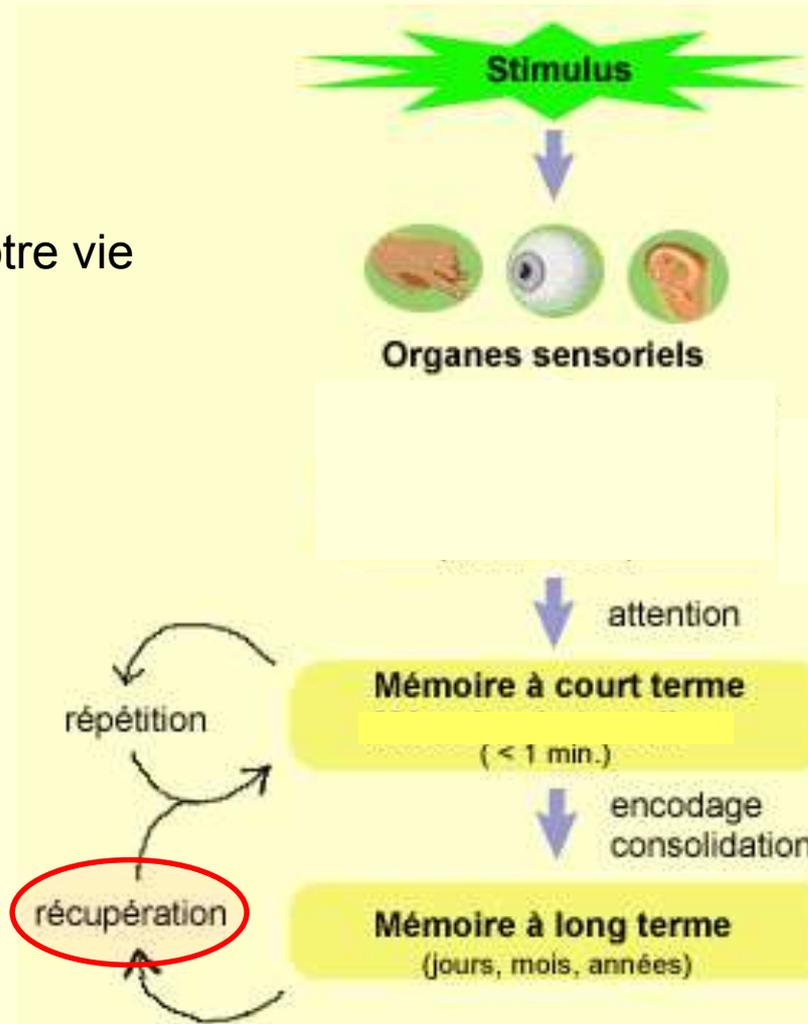
"Mais où est donc Carnior ?"

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

« chunking » : mémoire court terme limitée

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

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



Étude versus tests de rappel

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

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

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

Les meilleurs résultats de rappel deux jours plus tard sont :

groupe 1,

puis **groupe 2**

et finalement **groupe 3.**

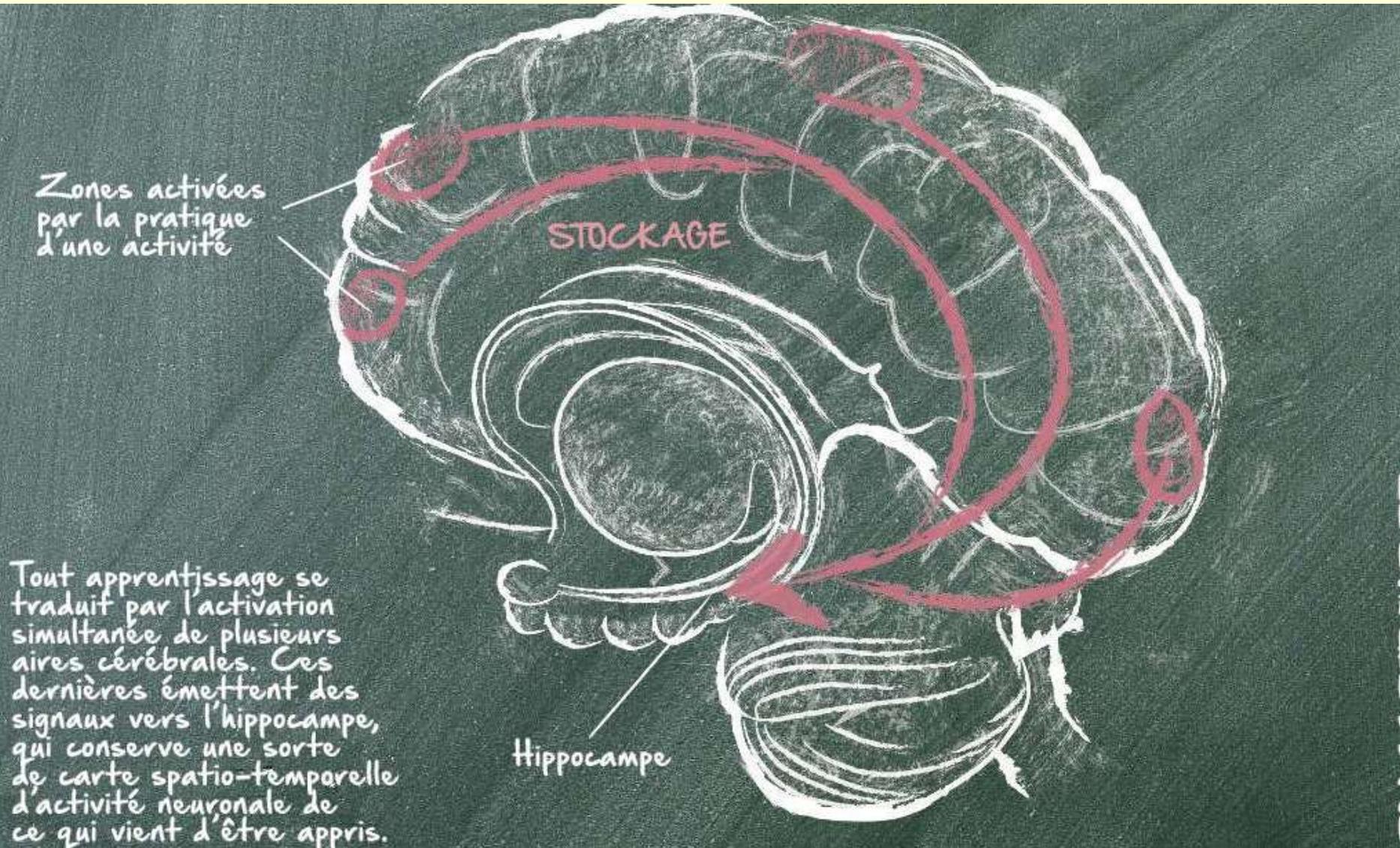
→ Faire des **tests de révision fréquents** nous force à récupérer en mémoire une information récemment apprise

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

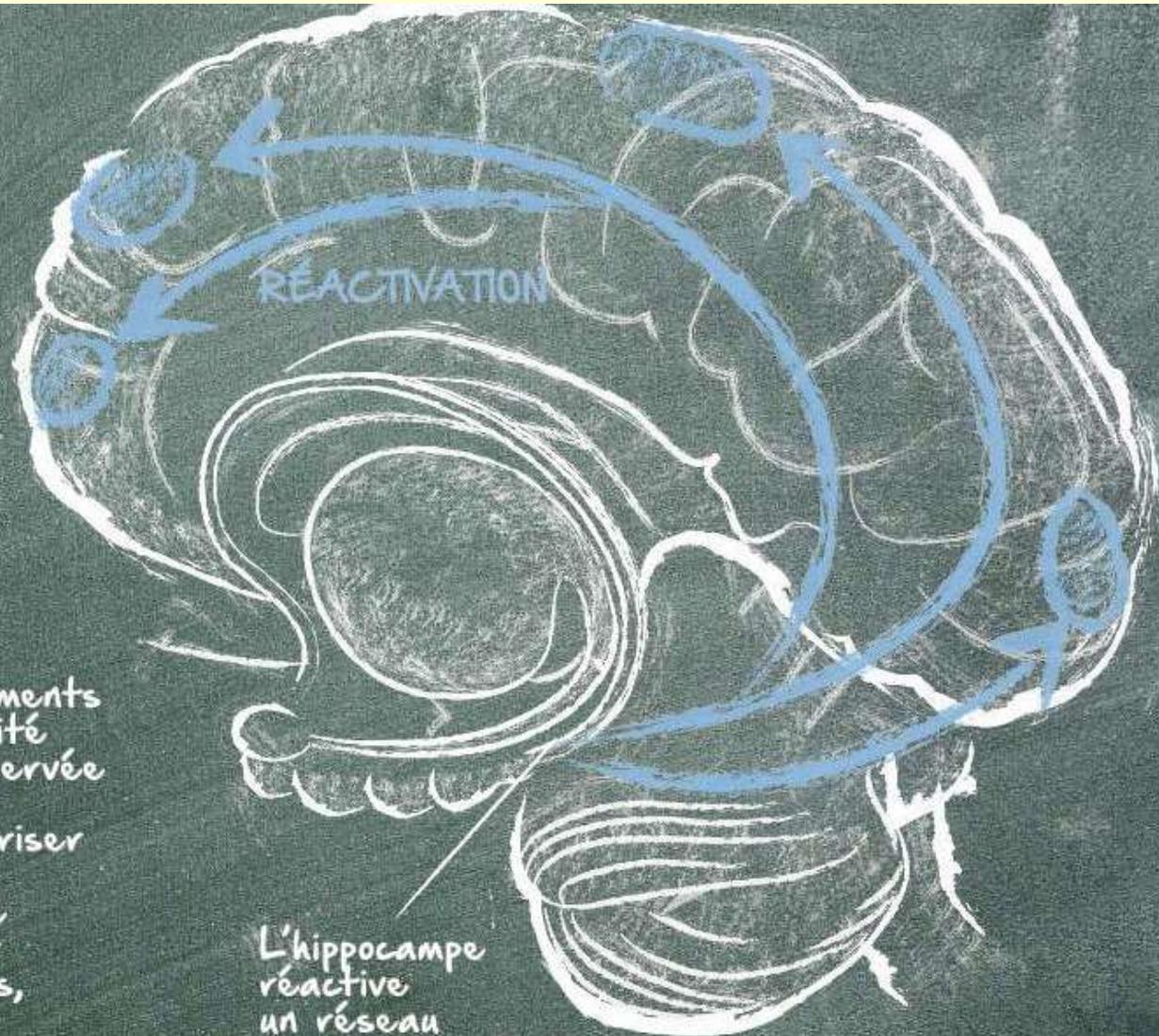
Concrètement, qu'est-ce qui peut favoriser l'apprentissage et la mémoire ?

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

Les apprentissage du jour...



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



Loin d'être inactif, le cerveau affiche pendant certains moments du sommeil une activité identique à celle observée pendant la veille. En effet, pour mémoriser les apprentissages récents, l'hippocampe réactive les réseaux de neurones impliqués, ce qui consolide l'apprentissage.

L'hippocampe réactive un réseau de neurones

Lundi, **15 juin 2015**

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

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

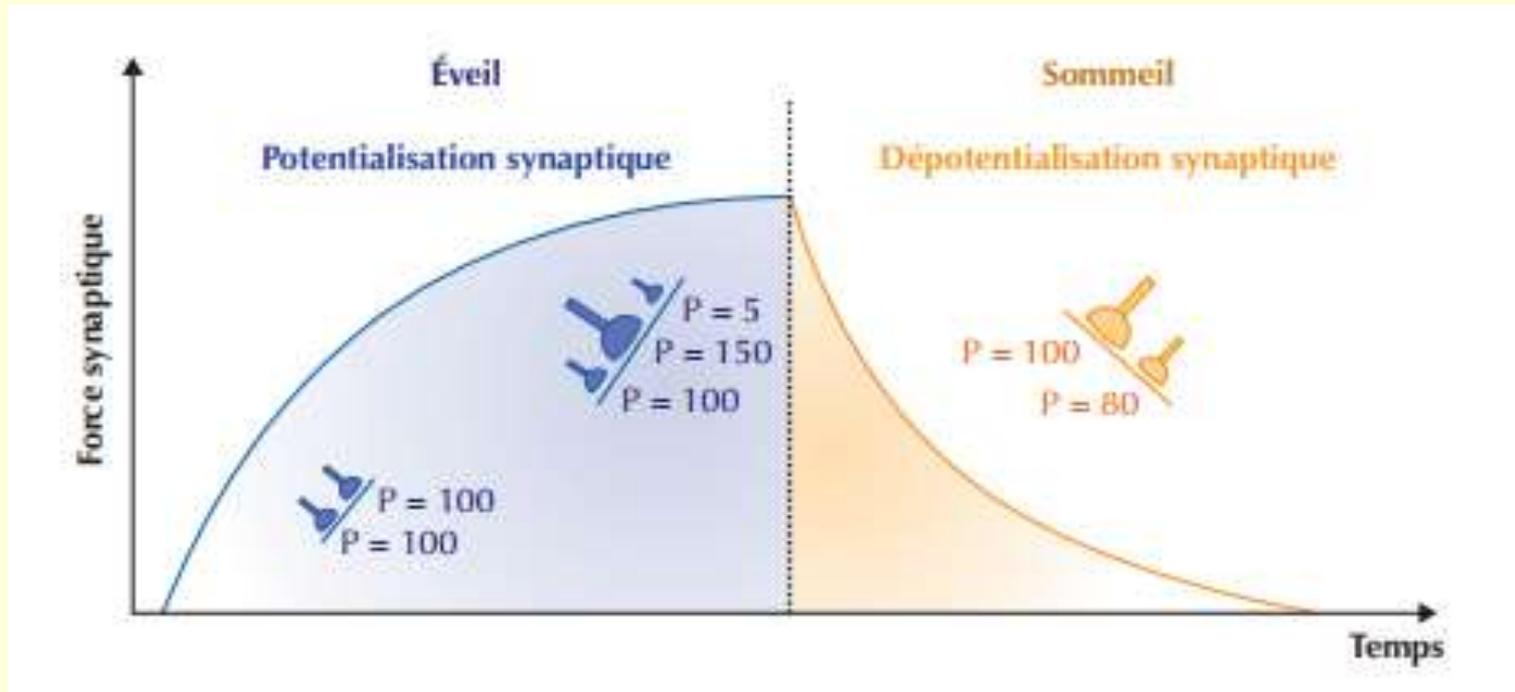
Il semble assez bien établi que les **oscillations lentes d'environ 0,75 Hz** qui se répandent largement dans tout le cerveau durant le sommeil profond **favorisent cette consolidation**.

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

Sommeil et « reset neuronal » [recalibrage synaptique] :

→ Durant l'éveil, des mécanismes de potentialisation synaptique sont à l'oeuvre

→ Durant le sommeil, diminution de l'ordre de 20% des **surfaces** de contact synaptiques;
→ Et diminution du **nombre** de récepteurs au glutamate dans les synapses excitatrices



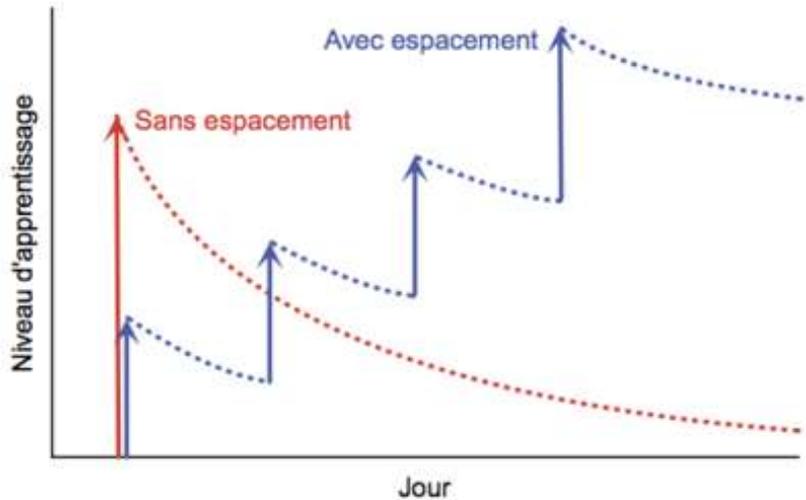


Fig. 1 – Comparaison des effets de deux pratiques d'enseignement (avec et sans espacement) sur l'apprentissage et l'oubli des élèves.

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

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

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

- Comprendre qu'on peut s'améliorer durant toute notre vie
- Porter attention
- Répéter
- Faire des tests de rappel
- Bien dormir et espacer les périodes d'apprentissage
- Être motivé



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

- Comprendre qu'on peut s'améliorer durant toute notre vie
- Porter attention
- Répéter
- Faire des tests de rappel
- Bien dormir et espacer les périodes d'apprentissage
- Être motivé
- Créer des liens, des associations, du sens

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

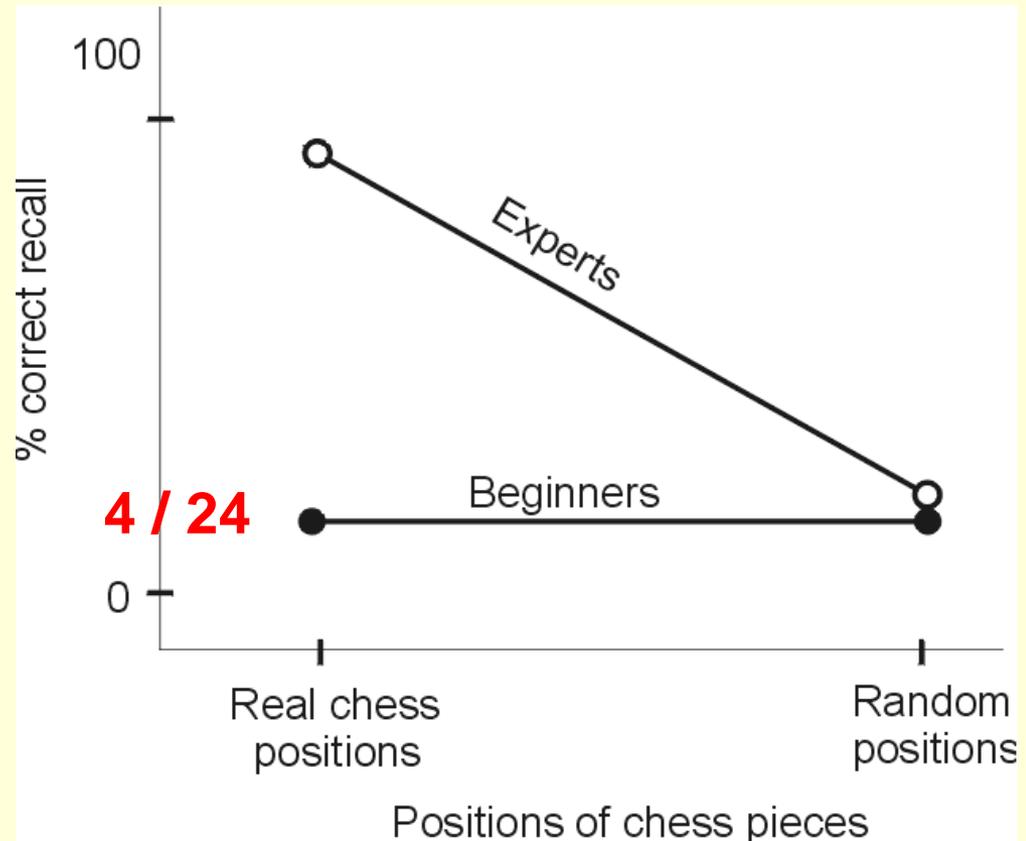
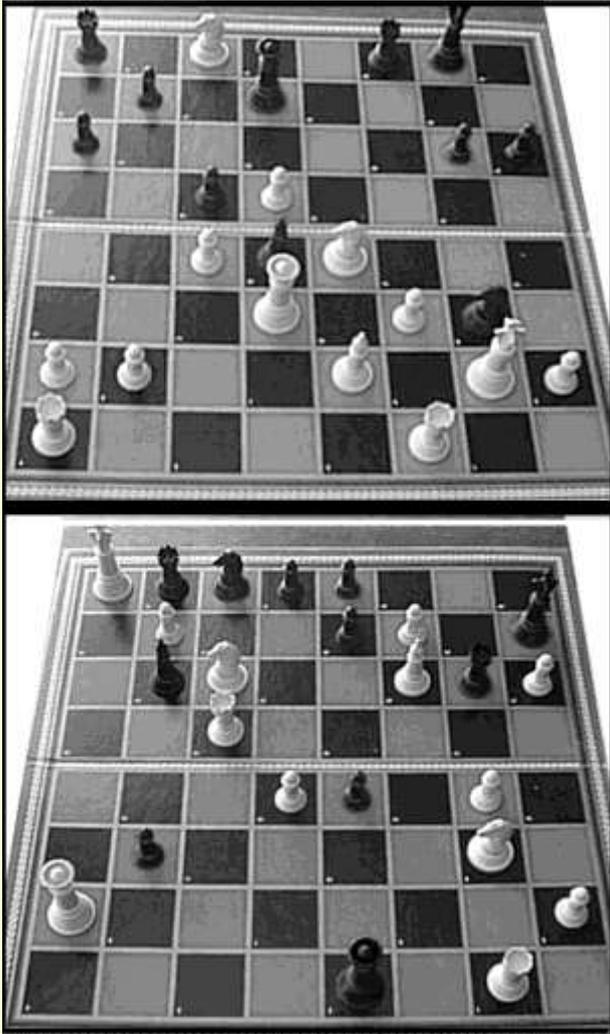
- Hélène Trocme Fabre

How experts recall chess positions

By Daniel Simons, on February 15th, 2012

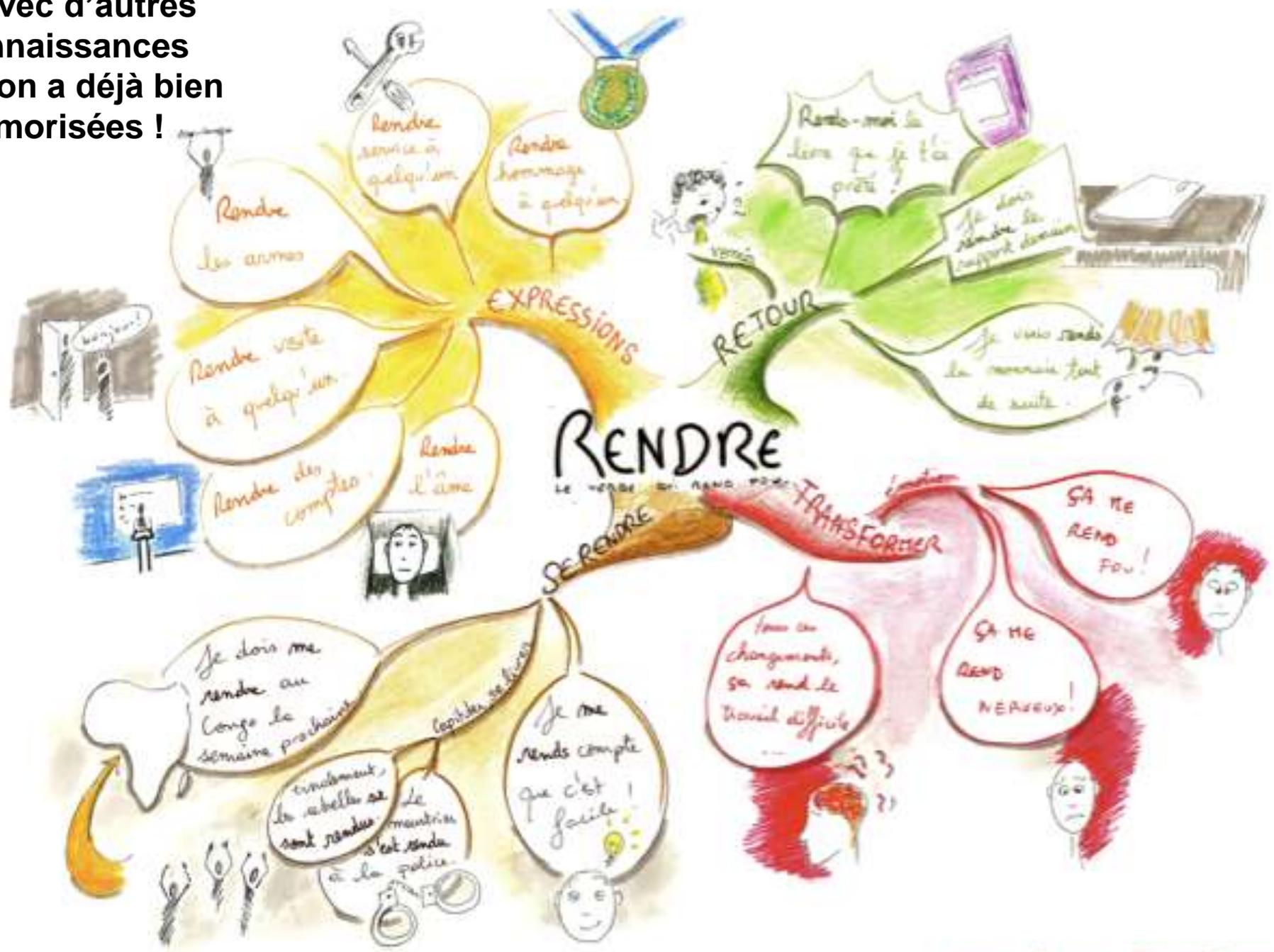
<http://theinvisiblegorilla.com/blog/2012/02/15/how-experts-recall-chess-positions/>

5 s.



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

...avec d'autres connaissances qu'on a déjà bien mémorisées !



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

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

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



Championnat de mémorisation: un sport extrême

Publié le 29 mars 2009

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



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

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

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

How to become a Memory Master :
Idriz Zogaj at TEDxGoteborg

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

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

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



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

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



Si la séquence **986607** est à retenir

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

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



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