

Un petit voyage dans notre cerveau à tous les niveaux

Alliance culturelle - Ahuntsic

novembre 2025



2002

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

- Mode d'emploi
- Visite guidée
- Plan du site
- Diffusion
- Présentations
- Nouveautés
- English

Recherche... > site + blogue

www.lecerveau.mcgill.ca

Principes fondamentaux



Du simple au complexe

- Anatomie des niveaux d'organisation
- Fonction des niveaux d'organisation



Le bricolage de l'évolution

- Notre héritage évolutif



Le développement de nos facultés

- De l'embryon à la morale



Le plaisir et la douleur

- La quête du plaisir
- Les paradis artificiels
- L'évitement de la douleur



Les détecteurs sensoriels

- La vision



Le corps en mouvement

- Produire un mouvement volontaire

Fonctions complexes



Au cœur de la mémoire

- Les traces de l'apprentissage
- Oubli et amnésie



Que d'émotions

- Peur, anxiété et angoisse
- Désir, amour, attachement



De la pensée au langage

- Communiquer avec des mots



Dormir, rêver...

- Le cycle éveil - sommeil - rêve
- Nos horloges biologiques



L'émergence de la conscience

- Le sentiment d'être soi

Dysfonctions



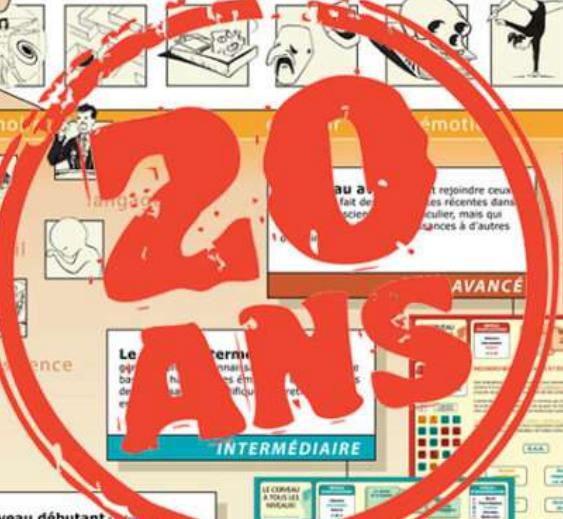
Les troubles de l'esprit

- Dépression et maniaco-dépression
- Les troubles anxieux
- La démence de type Alzheimer

Nouveau! "L'école des profs"

2022

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!
un site web interactif sur les comportements humains
www.lecerveau.mcgill.ca



The website interface features several sections:

- mémoire**: Shows a timeline from birth to old age.
- sommeil**: Illustrations of different sleep stages.
- émotion**: A central section with a brain icon and text about emotions.
- mouvement**: Illustrations of movement and balance.
- sens**: Illustrations related to sensory perception.
- AVANCE**: A section with a brain icon and text about advanced topics.
- INTERMÉDIAIRE**: A section with a brain icon and text about intermediate topics.
- DÉBUTANT**: A section with a brain icon and text about basic topics.
- Le niveau débutant**: Describes the brain as a complex organ with no specific knowledge.
- Le niveau social**: Examines social codes and interactions.
- Le niveau psychologique**: Explores subjective impressions.
- Le niveau cérébral**: Focuses on brain regions involved in behavior.
- Le Cerveau à tous les niveaux**: Describes the site's purpose as a scientific communication tool for researchers and the public.
- Le niveau moléculaire**: Focuses on molecular processes like neurotransmitters and receptors.
- Le niveau cellulaire**: Focuses on neuron structure and connections.

At the bottom, there are links to experience, history, researcher, and link capsules, along with a footer containing the McGill University logo and the text "Institut des neurosciences, de la santé mentale et des comportements (INSMI)".

www.lecerveau.mcgill.ca

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

[Retour à l'accueil](#)

Niveau d'explication

Débutant

Intermédiaire

Avancé



Le plaisir
et la douleur

Thème

[Le plaisir et la douleur](#)



Sous-thème

[La quête du plaisir](#)

[Les paradis artificiels](#)

[L'évitement de la
douleur](#)

Liens



[À ce sujet sur le blogue...](#)

[L'ocytocine contribue au lien
amoureux chez l'homme](#)

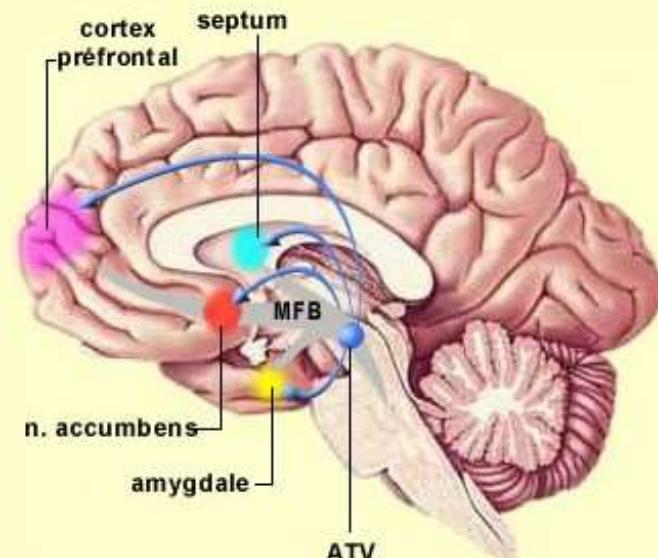
[Ces molécules qui nous font
courir](#)

[Pour une école qui donne
vraiment envie d'apprendre](#)

LES CENTRES DU PLAISIR

À l'arrivée d'un signal annonçant une récompense, donc après traitement sensoriel par le cortex, l'activité d'une région particulière du mésencéphale, [l'aire tegmentale ventrale \(ATV\)](#), se trouve augmentée. Celle-ci libère alors de la [dopamine](#) dans le noyau accumbens mais aussi dans le septum, [l'amygdale](#) et le cortex préfrontal.

Le noyau accumbens intervient alors dans l'activation motrice de l'animal et le cortex préfrontal dans la focalisation de l'attention.



Ces régions sont reliées par ce que l'on appelle le faisceau de la récompense ou du plaisir. En terme neuro-anatomique, ce faisceau fait partie du « **medial forebrain bundle (MFB)** » dont l'activation mène à la répétition de l'action gratifiante pour en consolider les traces nerveuses.

Décrit par James Olds et Peter Milner au début des années 1960, le MFB est un faisceau d'axones qui part de la formation réticulée, traverse l'aire tegmentale ventrale, passe au niveau de l'hypothalamus latéral et continue jusqu'au noyau accumbens ainsi qu'à l'amygdale, au septum et au cortex préfrontal.

1

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

[Retour à l'accueil](#)

Niveau d'explication

[Débutant](#)[Intermédiaire](#)[Avancé](#)

Le plaisir
et la douleur



La quête
du plaisir

cérébral
intermédiaire

Niveau d'organisation

- Social
- Psychologique
- Cérébral
- Cellulaire
- Moléculaire

Thème

Le plaisir et la douleur



Sous-thème

[La quête du plaisir](#)

[Les paradis artificiels](#)

[L'évitement de la
douleur](#)

Liens



À ce sujet sur le blogue...

[L'ocytocine contribue au lien
amoureux chez l'homme](#)

[Ces molécules qui nous font
courir](#)

[Pour une école qui donne
vraiment envie d'apprendre](#)

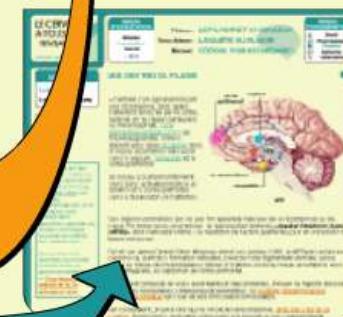
Niveau d'explication

[Débutant](#)[Intermédiaire](#)[Avancé](#)

Débutant

Intermédiaire

Avancé



LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

[Retour à l'accueil](#)

Niveau d'explication

Débutant

Intermédiaire

Avancé



Le plaisir
et la douleur



La quête
du plaisir

cérébral
intermédiaire

Niveau d'organisation

- △ Social
- Psychologique
- Cérébral
- Cellulaire
- ▽ Moléculaire

Thème

Le plaisir et la douleur



Sous-thème

[La quête du plaisir](#)

[Les paradis artificiels](#)

[L'évitement de la
douleur](#)

Niveau d'organisation

- △ Social
- Psychologique
- Cérébral
- Cellulaire
- ▽ Moléculaire



Social



Psychologique



Cérébral



Cellulaire

Moléculaire

Liens



À ce sujet sur le blogue...

[L'ocytocine contribue au lien amoureux chez l'homme](#)

[Ces molécules qui nous font courir](#)

[Pour une école qui donne vraiment envie d'apprendre](#)

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

- Mode d'emploi
- Visite guidée
- Plan du site
- Diffusion
- Présentations
- Nouveautés
- English

Recherche -> site + blogue

www.lecerveau.mcgill.ca

Principes fondamentaux



Du simple au complexe

- Anatomie des niveaux d'organisation
- Fonction des niveaux d'organisation



Le bricolage de l'évolution

- Notre héritage évolutif



Le développement de nos facultés

- De l'embryon à la morale



Le plaisir et la douleur

- La quête du plaisir
- Les paradis artificiels
- L'évitement de la douleur



Les détecteurs sensoriels

- La vision



Le corps en mouvement

- Produire un mouvement volontaire

Fonctions complexes



Au cœur de la mémoire

- Les traces de l'apprentissage
- Oubli et amnésie



Que d'émotions

- Peur, anxiété et angoisse
- Désir, amour, attachement



De la pensée au langage

- Communiquer avec des mots



Dormir, rêver...

- Le cycle éveil - sommeil - rêve
- Nos horloges biologiques



L'émergence de la conscience

- Le sentiment d'être soi

Dysfonctions



Les troubles de l'esprit

- Dépression et maniaco-dépression
- Les troubles anxieux
- La démence de type Alzheimer

2014

Nouveau! "L'école des profs"

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

[Accueil du site](#)

Recherche -> blogue

Billets par catégorie

Abonnez-vous !

NOUVELLES
RÉCENTES
SUR LE CERVEAU

Lundi, 5 septembre 2016

« La cognition incarnée », séance 1 : Survol historique des sciences cognitives et présentation du cours



Comme promis il y a deux semaines, voici donc un bref aperçu du premier cours sur la « cognition incarnée » que je donnerai mercredi à 18h au local A-1745 du pavillon Hubert-Aquin de l'UQAM. Et

Faire un don

nous permet de continuer

Après nous avoir appuyés pendant plus de dix ans, des resserrements budgétaires ont forcé l'INSMT à interrompre le financement du Cerveau à tous les niveaux le 31 mars 2013.

Malgré tous nos efforts (et malgré la reconnaissance de notre travail par les organismes approchés), nous ne sommes pas parvenus à trouver de nouvelles sources de

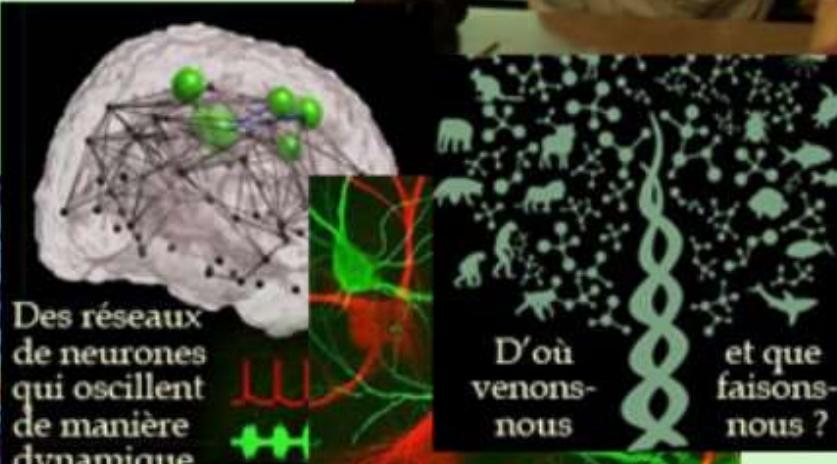


Cours intensifs de perfectionnement en neurosciences cognitives

(cliquez ici pour les détails)

Fonctions supérieures,
libre arbitre
et éducation

Vers une cognition incarnée



Ancienne et nouvelle grammaire de la communication neuronale



« Neurotroubadour » !



Notre cerveau à tous les niveaux

10 séances pour 10 ans d'UPop !

Automne 2019 - Hiver 2020



ACCUEIL HORAIRE À PROPOS ARCHIVES PROPOSER UNE ACTIVITÉ FAIRE UN DON

www.upopmontreal.com

DES COURS
DONNÉS DANS **GRATUITS**
les BARS et **les CAFÉS**

Mars
2020

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Accueil du site

lundi, 16 mars 2020

Ces très petits êtres qui bouleversent nos vies

Recherche -> blogue

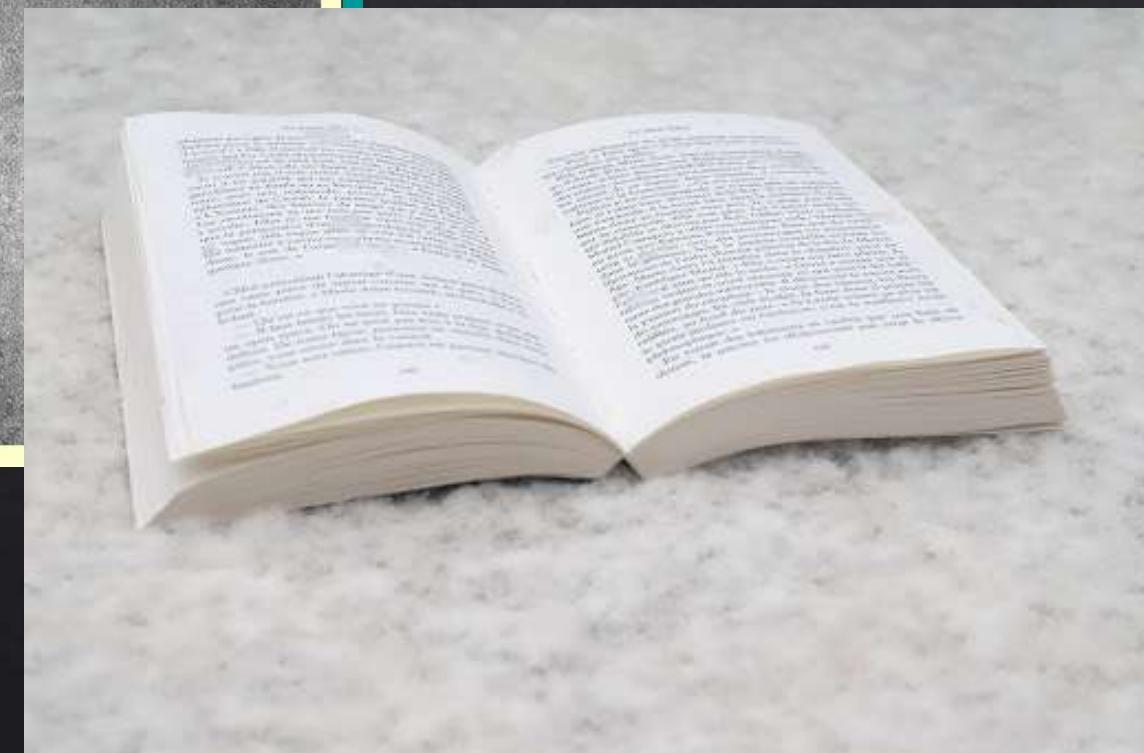
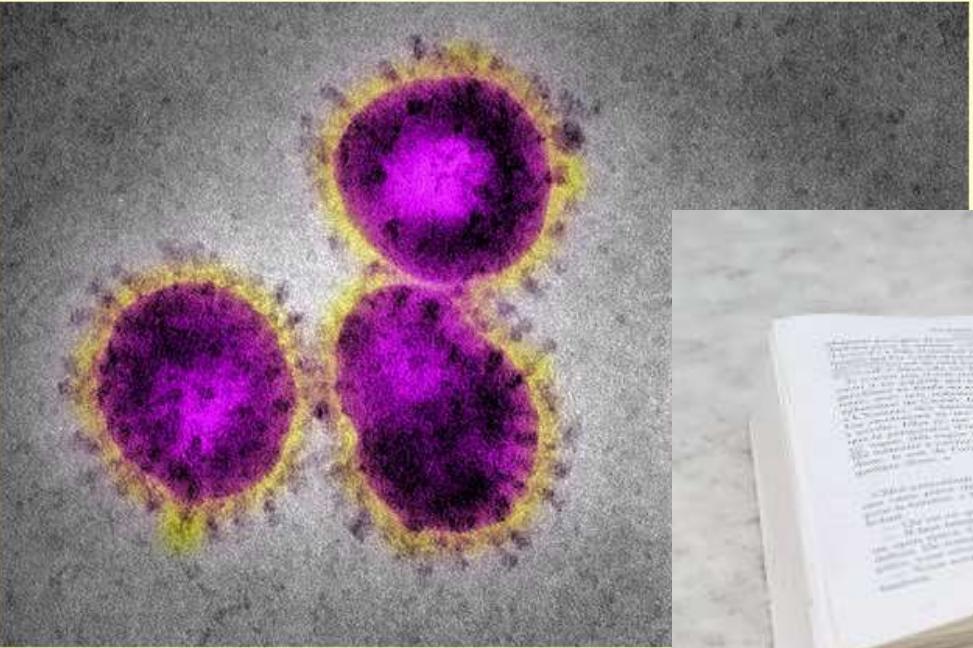
Billets par catégorie

Abonnez-vous !

NOUVELLES RÉCENTES SUR LE CERVEAU

Deric Bownds' Mindblog

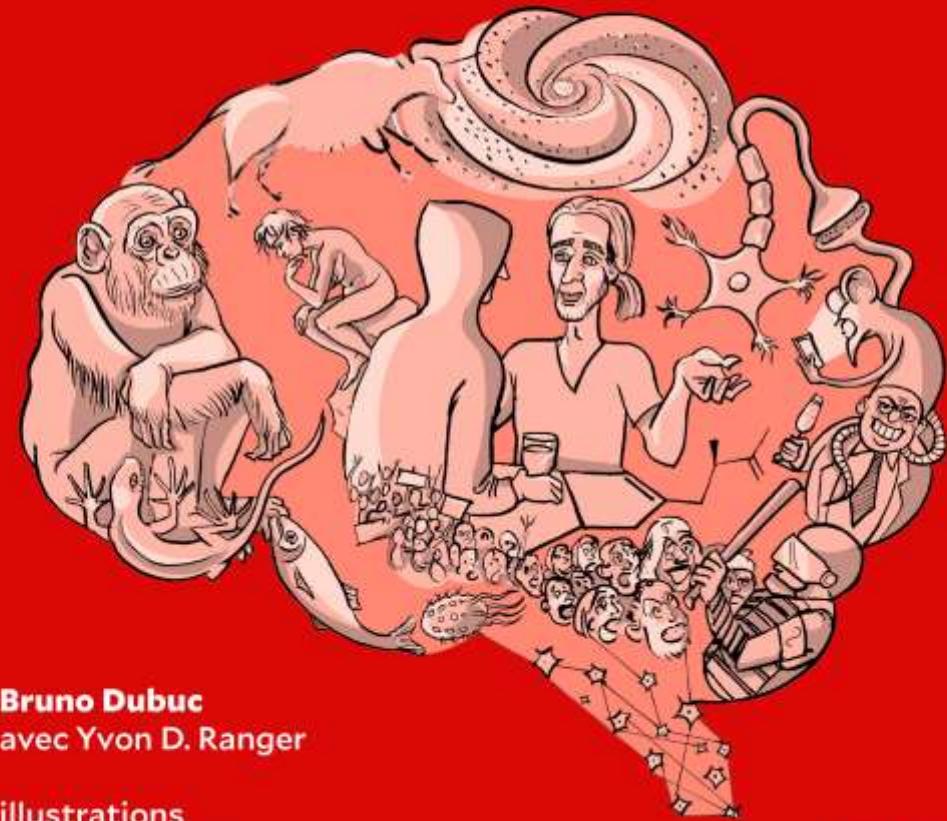
Music can be infectious like a virus - the same mathematical model works for both



2024

NOTRE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

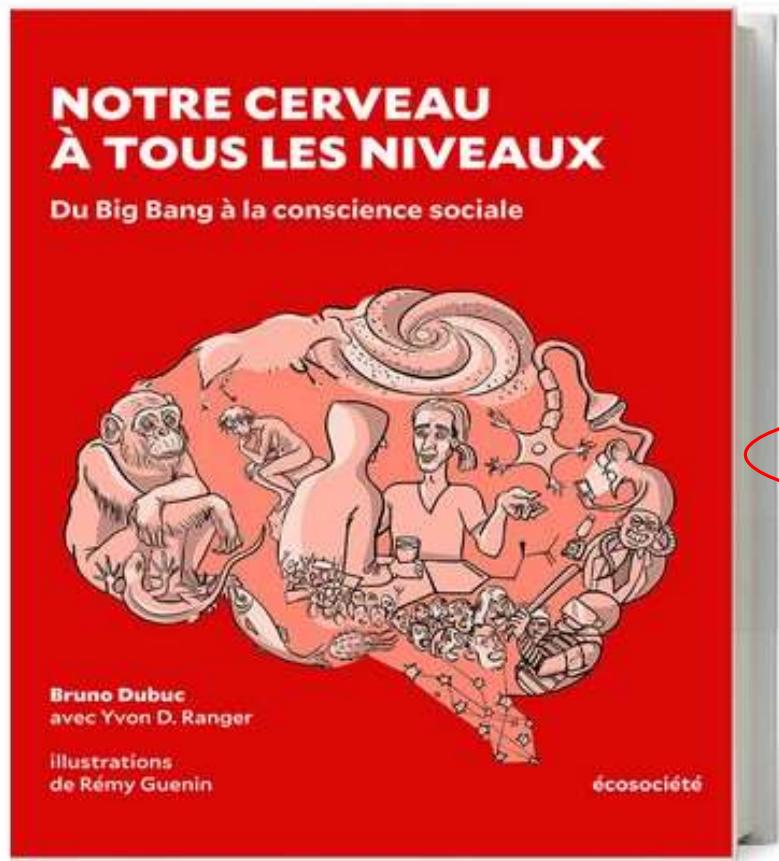
Du Big Bang à la conscience sociale



Bruno Dubuc
avec Yvon D. Ranger

illustrations
de Rémy Guenin

écosociété



Acheter

Achat direct à l'auteur

(avec bonus pour lui et vous)

En librairie (Les libraires)

Notre cerveau à tous les niveaux

Du Big Bang à la conscience sociale

Ce dialogue entre un vulgarisateur scientifique et un cinéaste militant est à la fois un ouvrage de référence sur le cerveau, le récit de notre compréhension de la pensée humaine, et une réflexion éthique et politique où l'enjeu qui se dessine n'est rien d'autre que l'avenir de notre espèce.

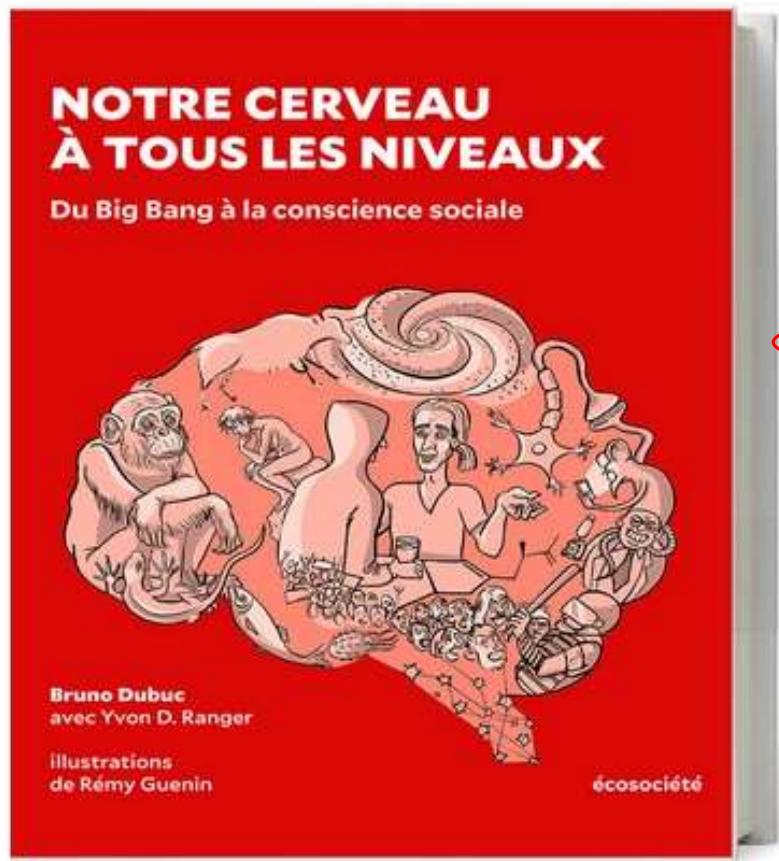
[Sommaire et Table](#)

[En savoir plus sur le livre](#)

[Toutes les références cliquables](#)

[Pages retirées du livre par manque d'espace](#)

<https://livre.blog-lecerveau.org>



Acheter

Achat direct à l'auteur

(avec bonus pour lui et vous)

En librairie (Les libraires)

Notre cerveau à tous les niveaux

Du Big Bang à la conscience sociale

Ce dialogue entre un vulgarisateur scientifique et un cinéaste militant est à la fois un **ouvrage de référence sur le cerveau**, le récit de notre compréhension de la pensée humaine, et une **réflexion éthique et politique** où l'enjeu qui se dessine n'est rien d'autre que l'avenir de notre espèce.

[Sommaire et Table](#)

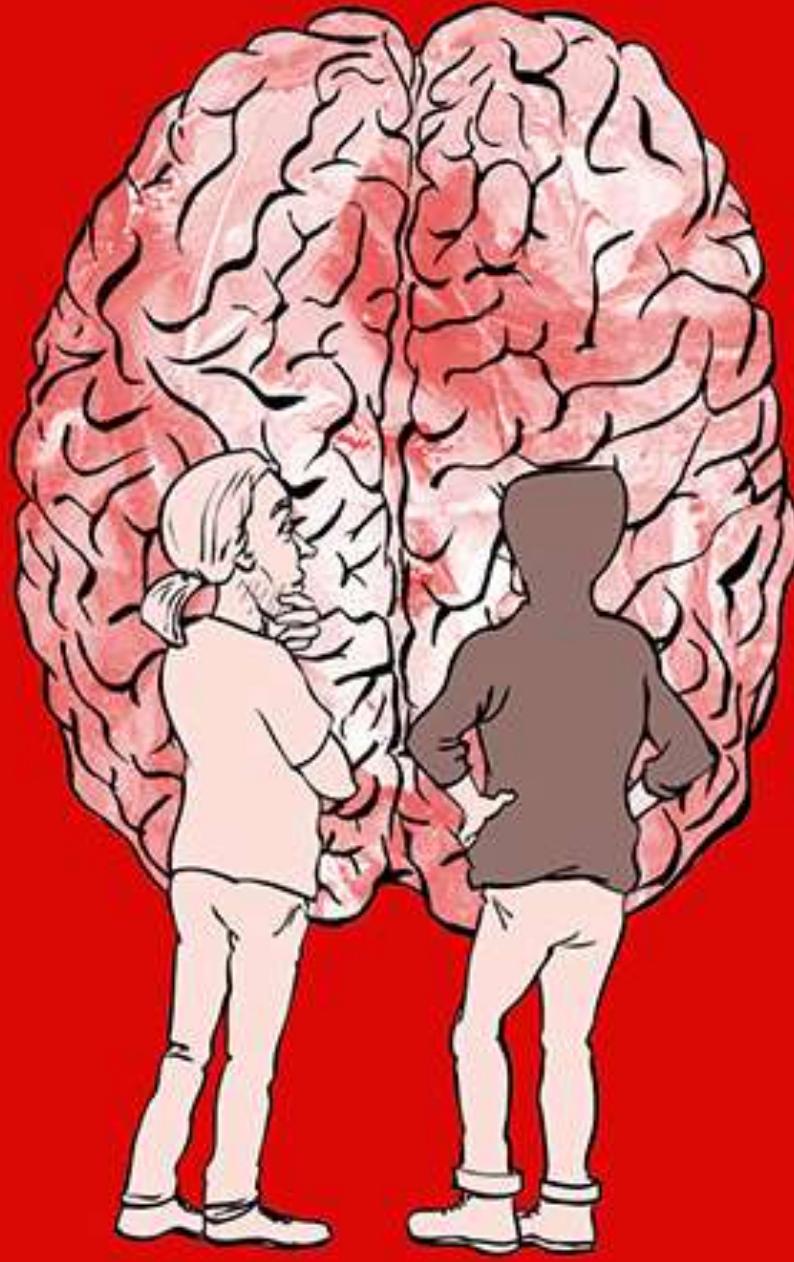
[En savoir plus sur le livre](#)

[Toutes les références cliquables](#)

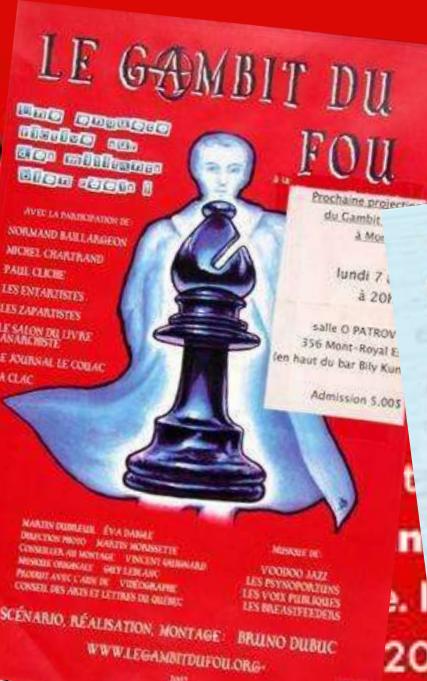
[Pages retirées du livre par manque d'espace](#)

<https://livre.blog-lecerveau.org>

Détenteur d'une maîtrise en neurobiologie de l'Université de Montréal, **Bruno Dubuc** est vulgarisateur scientifique. Depuis 2002, il anime le site web *Le cerveau à tous niveaux* (www.lecerveau.mcgill.ca), une référence tant auprès du milieu scientifique que du grand public. Il fait aussi partie depuis 2014 du collectif derrière l'Upop Montréal, dont les activités s'inscrivent dans le sillage des universités populaires.



Militant anticapitaliste, **Yvon D. Ranger** est journaliste et cinéaste. Il a coordonné de 2002 à 2014 le mensuel indépendant satirique *Le Couac*, tout en réalisant une vingtaine de courts métrages, cinq longs métrages et une web série, tous à saveur politique.



Sommaire



Prologue

Sur la pertinence de ce livre
p. 9

Epilogue

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

12^e rencontre

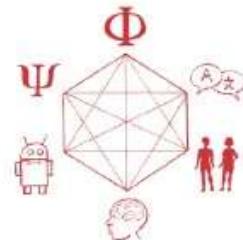
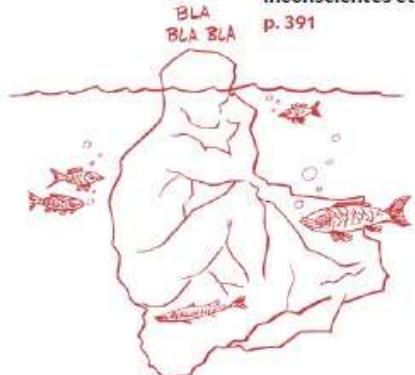
Cultures et institutions sociales:
des vieux mondes dystopiques
aux utopies concrètes
p. 465

11^e rencontre

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

10^e rencontre

Rationalisation, motivations
inconscientes et cerveau prédictif
p. 391



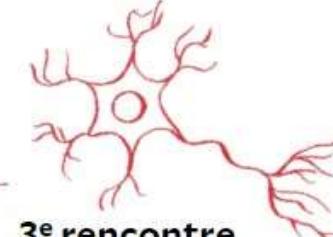
1^e rencontre

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



2^e rencontre

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



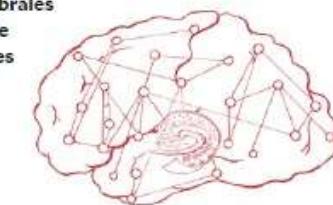
3^e rencontre

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



4^e rencontre

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



5^e rencontre

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

6^e rencontre

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



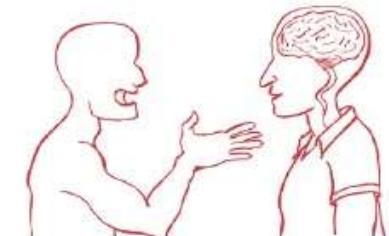
contre

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



8^e rencontre

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



Sommaire



Prologue
Sur la pertinence de ce livre
p. 9

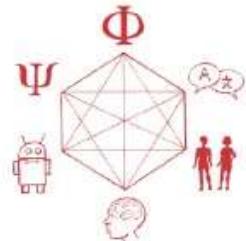
Épilogue
Boucler la boucle:
nos multiples «soi»
p. 533

12^e rencontre
Cultures et institutions soi
des vieux mondes dystopiques
aux utopies concrètes
p. 465

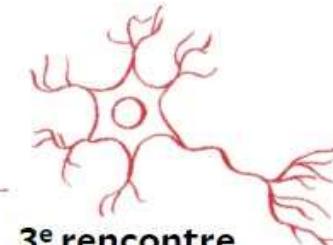
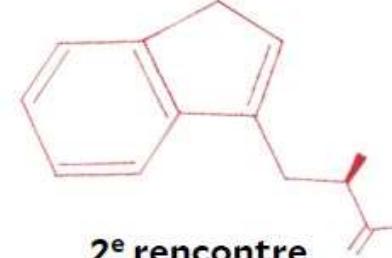
11^e rencontre
Where is my mind? Conscience
humaine et questions existentielles
p. 427

10^e rencontre
Rationalisation, motivations
inconscientes et cerveau prédictif
p. 391

Derrière le
moindre fait
social, il y a
tout ça...



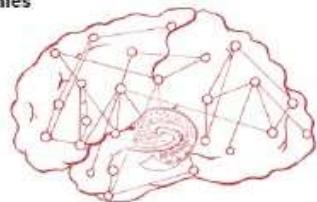
1^e rencontre
Le «connais-toi toi-même»
de Socrate à l'heure
des sciences cognitives
p. 29



3^e rencontre
L'humain découvre la grammaire
de base de son système nerveux
p. 95



4^e rencontre
La plasticité neuronale
à la base de l'apprentissage
et de la mémoire
p. 127

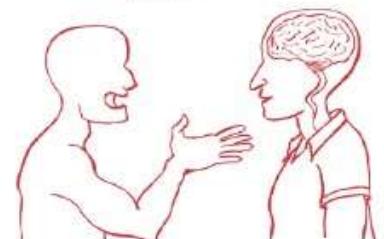


5^e rencontre
Des structures cérébrales
relées en réseaux de
milliards de neurones
p. 169

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



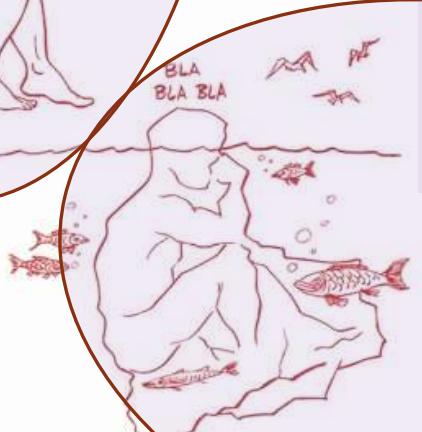
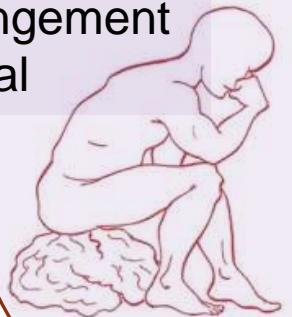
7^e rencontre
Cerveau et corps ne font
qu'un: l'origine des émotions
p. 269



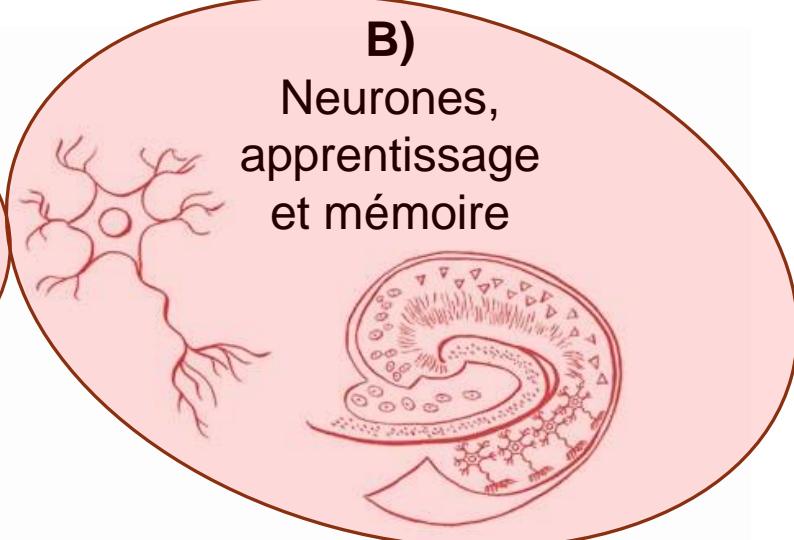
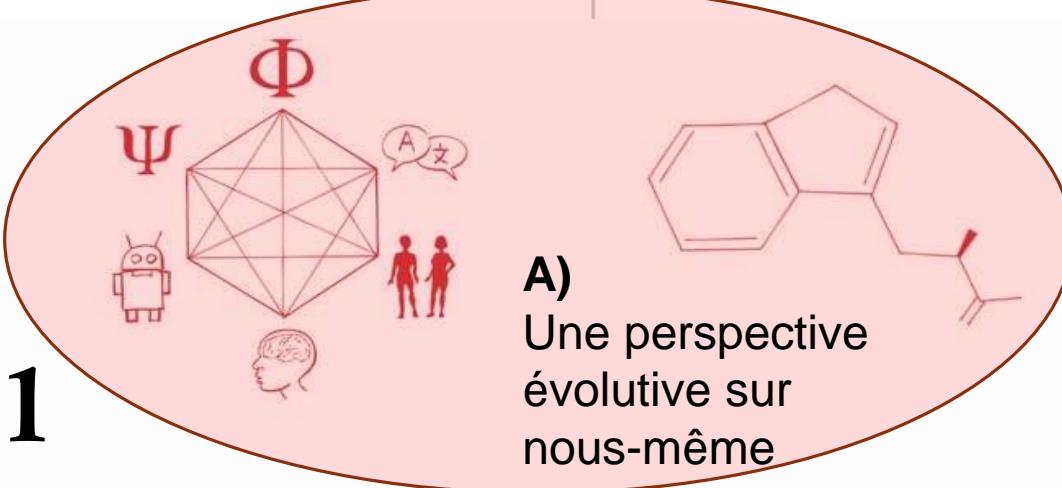
Plan des 3 séances



B)
« Nature humaine » et changement social



#1



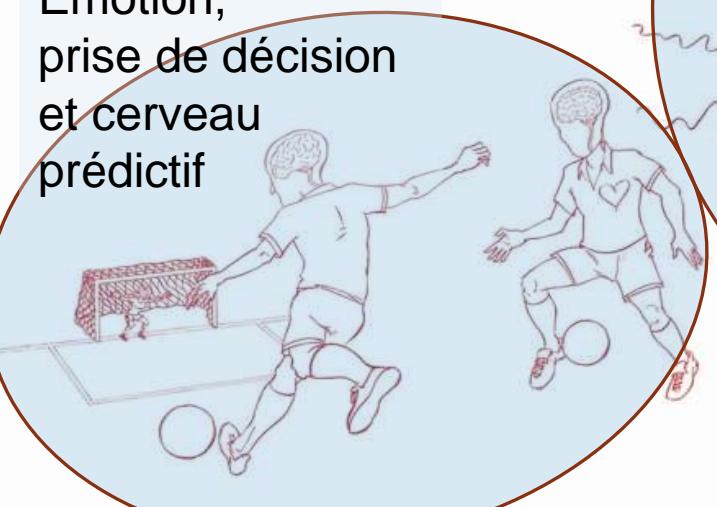
#2

#3

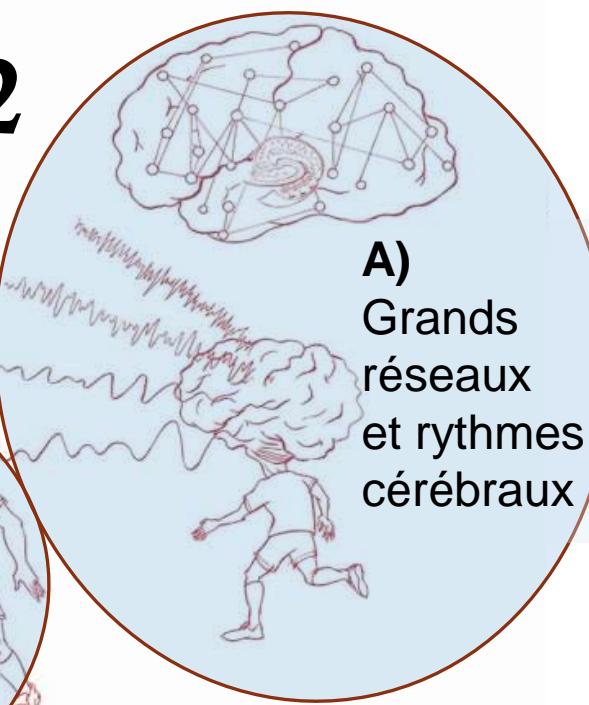
A)
Langage, analogies et motivations inconscientes



B)
Émotion, prise de décision et cerveau prédictif



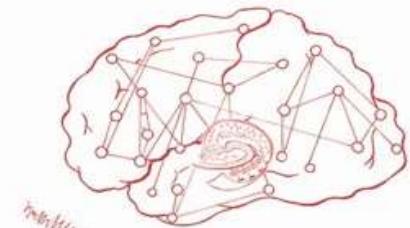
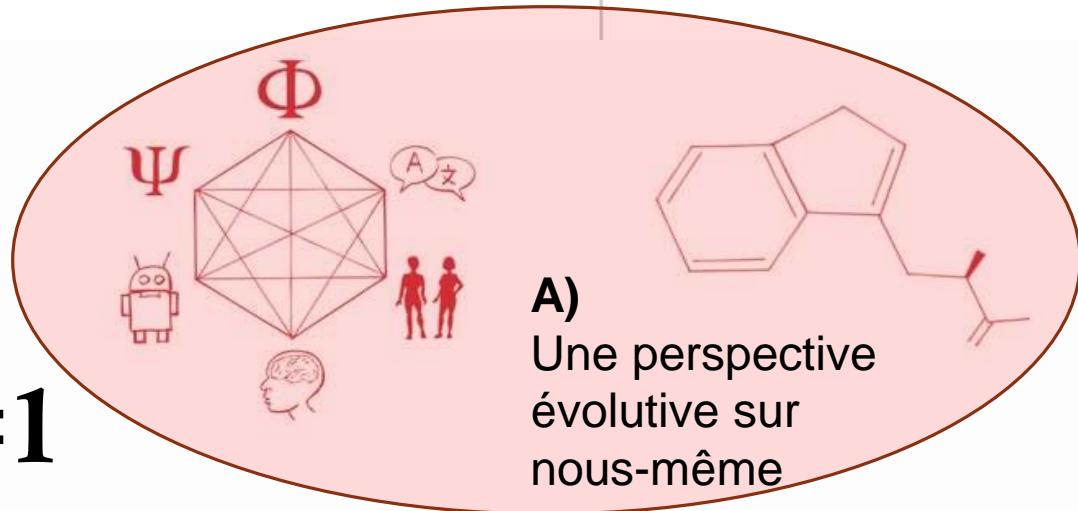
A)
Grands réseaux et rythmes cérébraux



Plan des 3 séances



#1

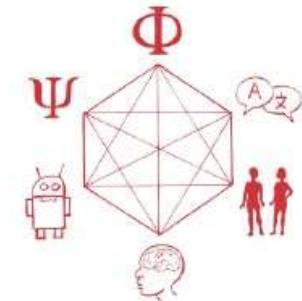




1^{re} rencontre

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

Où l'on prend conscience qu'au cœur même du projet des sciences cognitives, il y a le **cerveau humain qui tente de se comprendre lui-même**! Et que pour apprivoiser cette vertigineuse circularité, la **méthode scientifique peut nous aider**. Mais ce qu'est réellement la science et comment elle fonctionne est malheureusement encore trop mal compris dans la population en général. D'où l'**importance de la vulgarisation scientifique** dont on appliquera les principes en commençant par un **bref survol de l'histoire des sciences cognitives au xx^e siècle**.



BD Donc, prêt pour le début de notre grande aventure?

YDR Pas le choix, c'a l'air... (rires)

BD Je t'avertis tout de suite, aujourd'hui je vais te lancer pas mal d'affaires pour que tu sentes un peu l'ampleur de la tâche qui nous attend et les remises en question que ça exige. Je te demande juste de ne pas « trop » faire l'avocat du diable, de me laisser déballer mon sac, bref de me faire confiance. Même si en sortant d'ici tu vas sans doute, comme je te connais, te demander à quoi ça rime concrètement tout ça. Mais faut bien commencer quelque part.

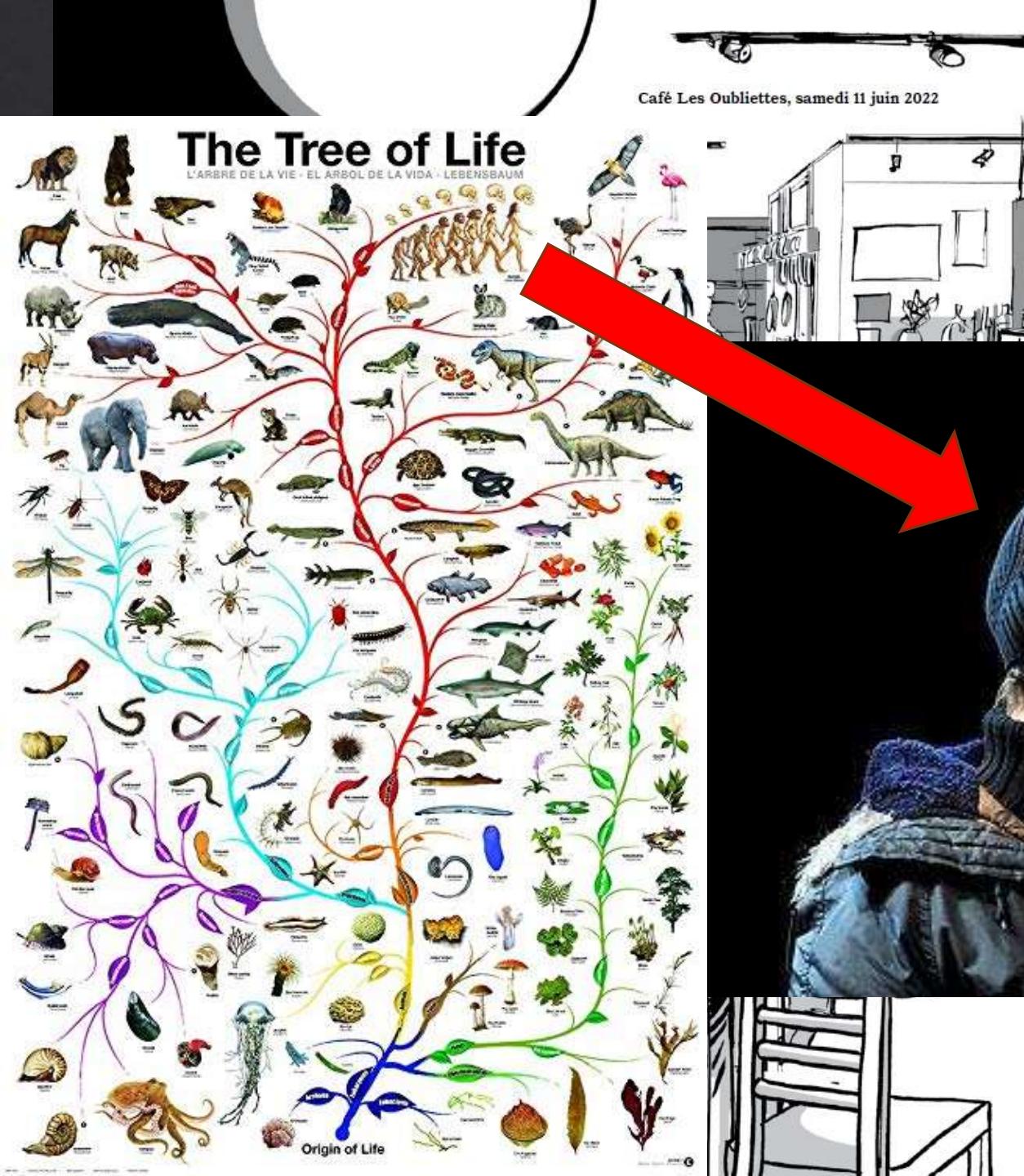
YDR Je t'ai dit que j'allais essayer d'embarquer dans ton délire, pis c'est ce que j'veais faire. Même si mes attentes sont pas très élevées...

BD J'ai aussi voulu qu'on commence nos rencontres au café Les Oubliettes parce que c'est ici

que j'ai donné un cours de l'UPop Montréal¹ à l'automne 2019 et à l'hiver 2020. Les 10 séances que j'avais montées pour ce cours ont constitué une sorte de banc d'essai pour structurer le contenu dont j'aimerais te jaser durant nos rencontres. En fait, à partir de mars 2020, à cause de la COVID-19, j'ai dû donner les trois dernières séances en ligne. Mais dans les deux cas, ça a été enregistré en vidéo et on peut tout réécouter sur ma chaîne YouTube², ce qui peut être un bon complément à nos échanges. Chose certaine, ça a pas été facile de trouver un chemin pédagogique dans toutes ces connaissances qui couvrent plusieurs disciplines. J'espère que celui que j'ai peaufiné depuis quelques années va réussir à t'intéresser. Même si on donnera juste un aperçu bien partiel de tout ce qu'il aurait à dire. Euh... Qu'est-ce que tu fais?

YDR Ben, parlant de films sur YouTube, je sors mon stock.

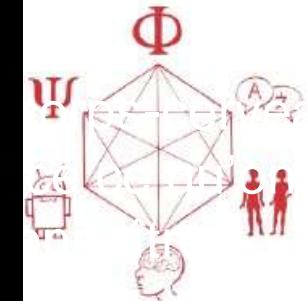
BD Quel stock?



1^{re} rencontre

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

Le seul cerveau qui tente
de se comprendre lui-même !



UPop Montréal¹ à l'a-
0. Les 10 séances que
urs ont constitué une
structurer le contenu
nt nos rencontres. En
à cause de la COVID-
dernières séances en
as, ça a été enregistré
écouter sur ma chaîne
un bon complément à
ne, ça a pas été facile
agogique dans toutes
vrent plusieurs disci-
je j'ai peaufiné depuis
r à t'intéresser. Même
qu bien partie de tout
Qu'est-ce que tu fais?

si mes attentes sont pas très élevées...

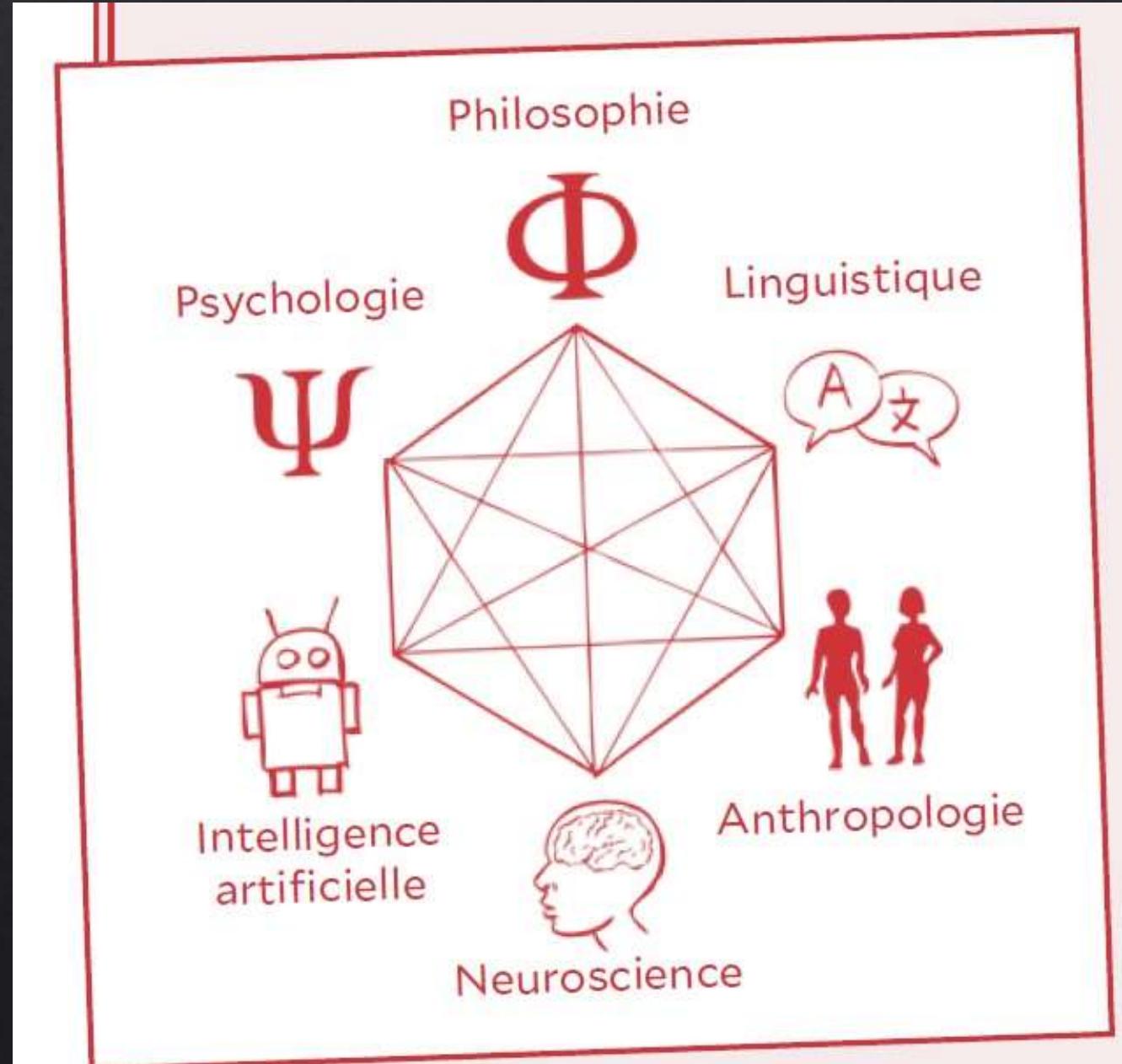
YDR Ben, parlant de films sur YouTube, je sors
mon stock.

BD Quel stock?

La science, et en particulier les « sciences cognitives », peuvent nous aider.

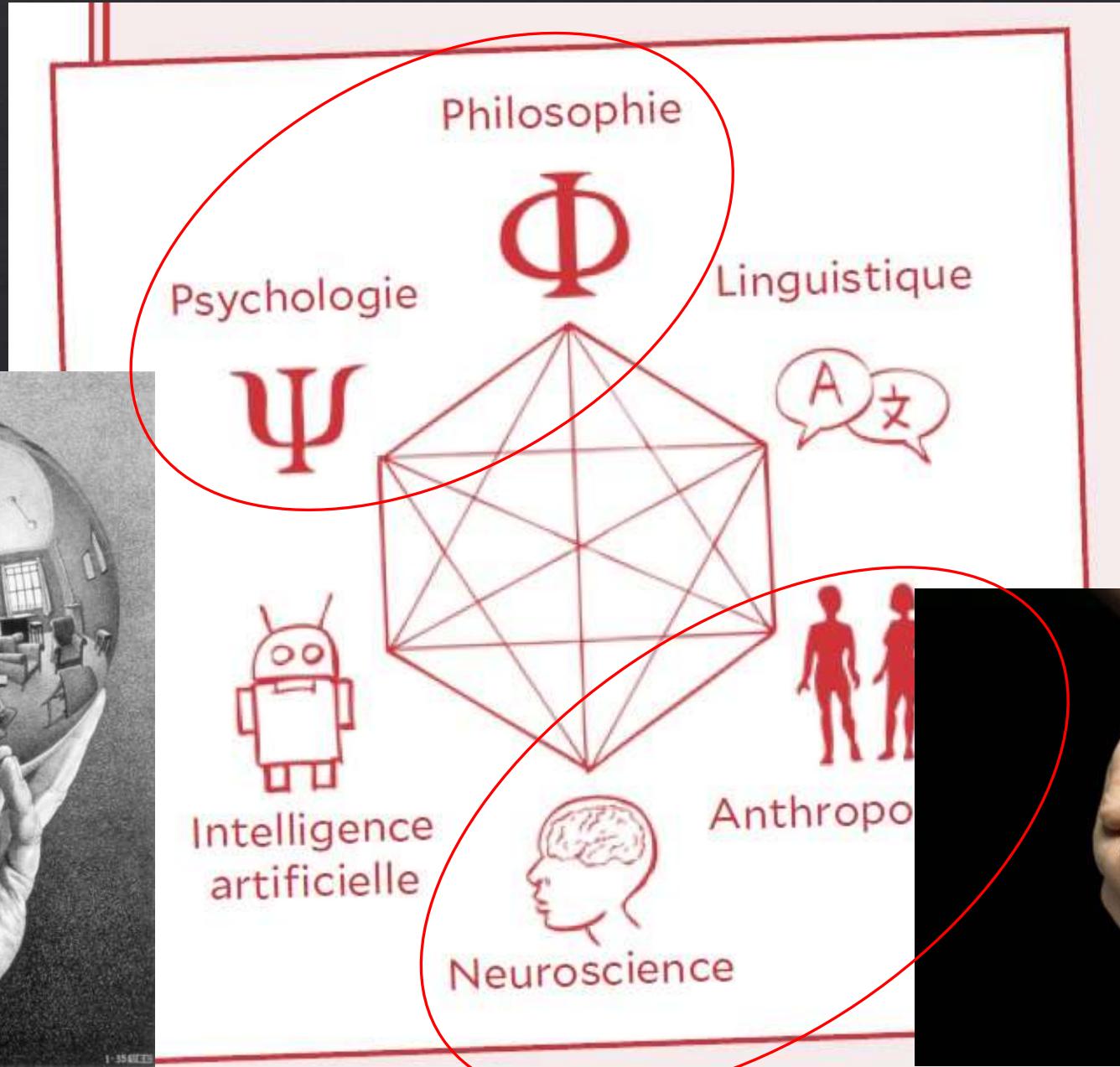
Démarche
nécessairement
transdisciplinaire

que j'aborde
en tant que
« généraliste »...

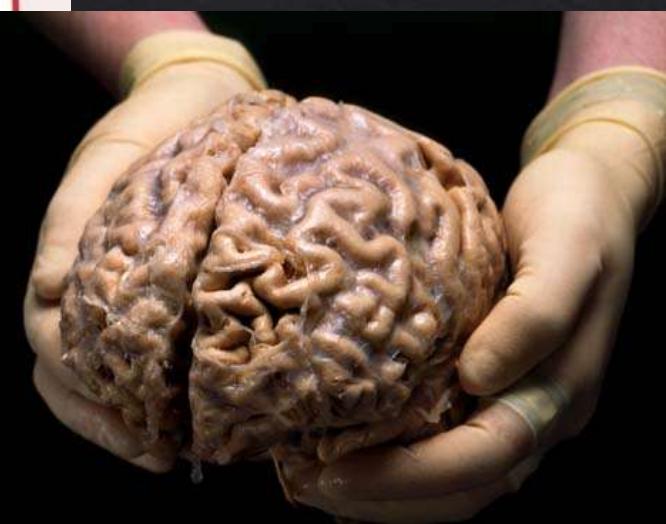


La science, et en particulier les « sciences cognitives », peuvent nous aider.

Se voir de l'intérieur,
en tant que sujet qui
en possède un et qui
ressent les états
physiques de
son cerveau
« à la 1^{ère} personne »)



Voir le cerveau
de l'extérieur,
comme n'importe quel
autre **objet** qu'on
peut étudier
« à la 3^e personne »)

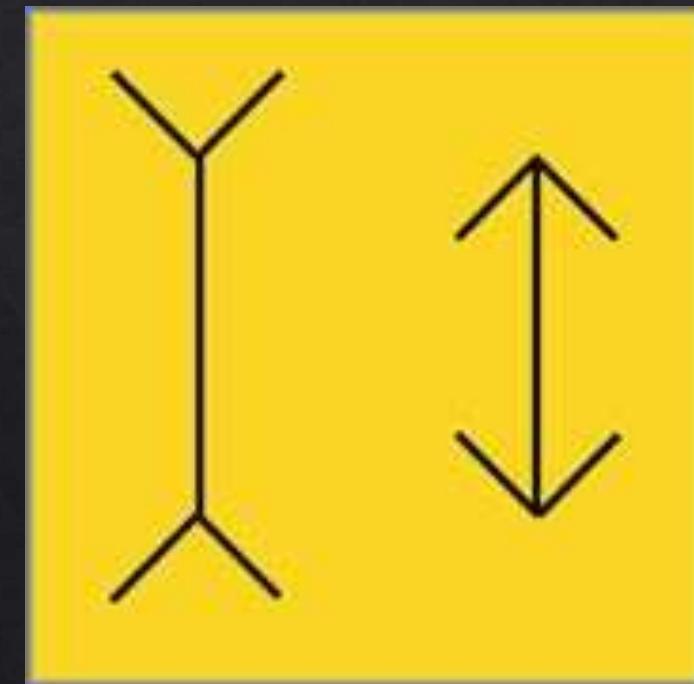


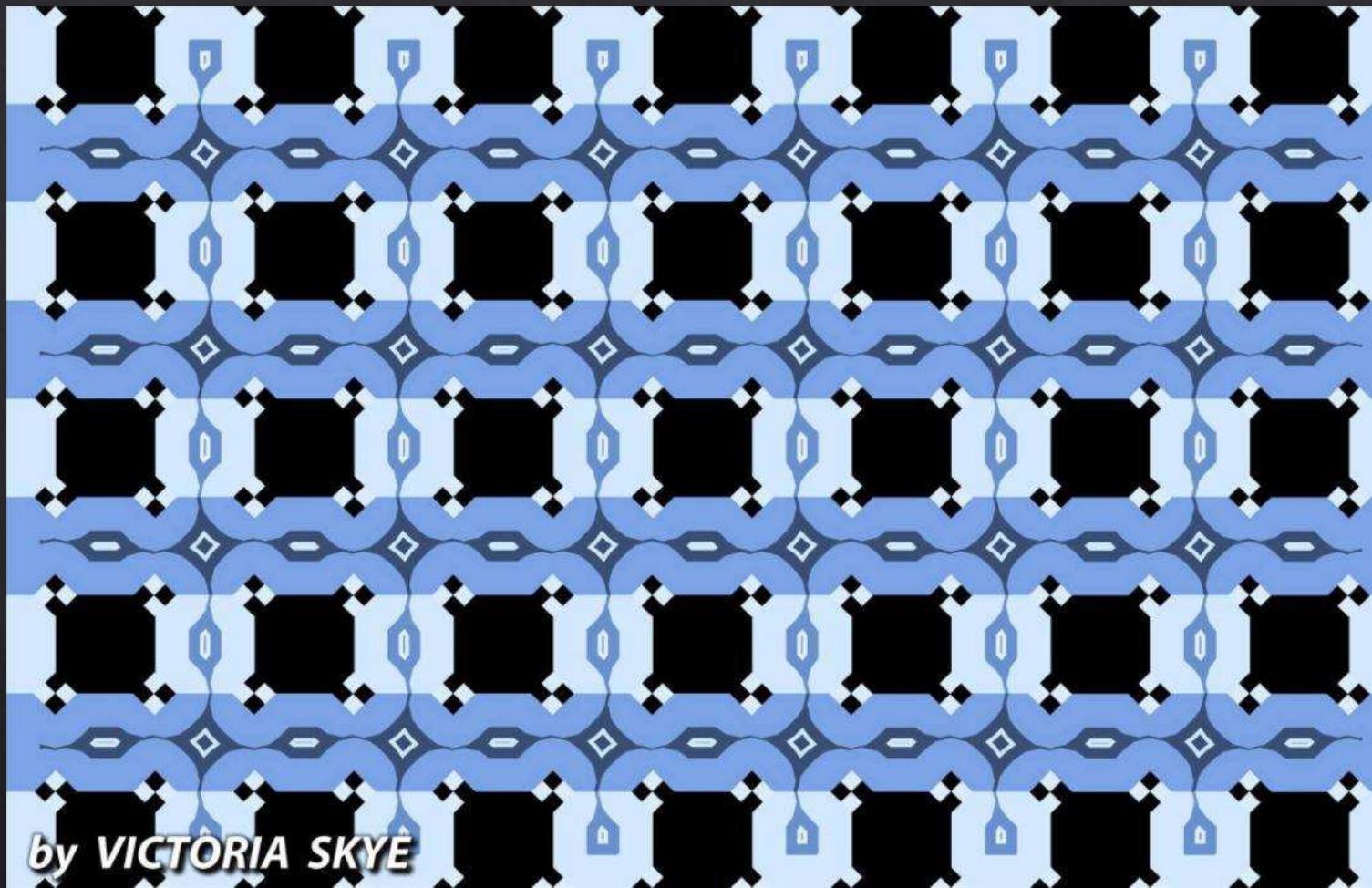
Connaître notre cerveau et se connaître, beau projet
(qui donne un peu le vertige par sa circularité...)

Mais comment connaissons-nous les choses ?

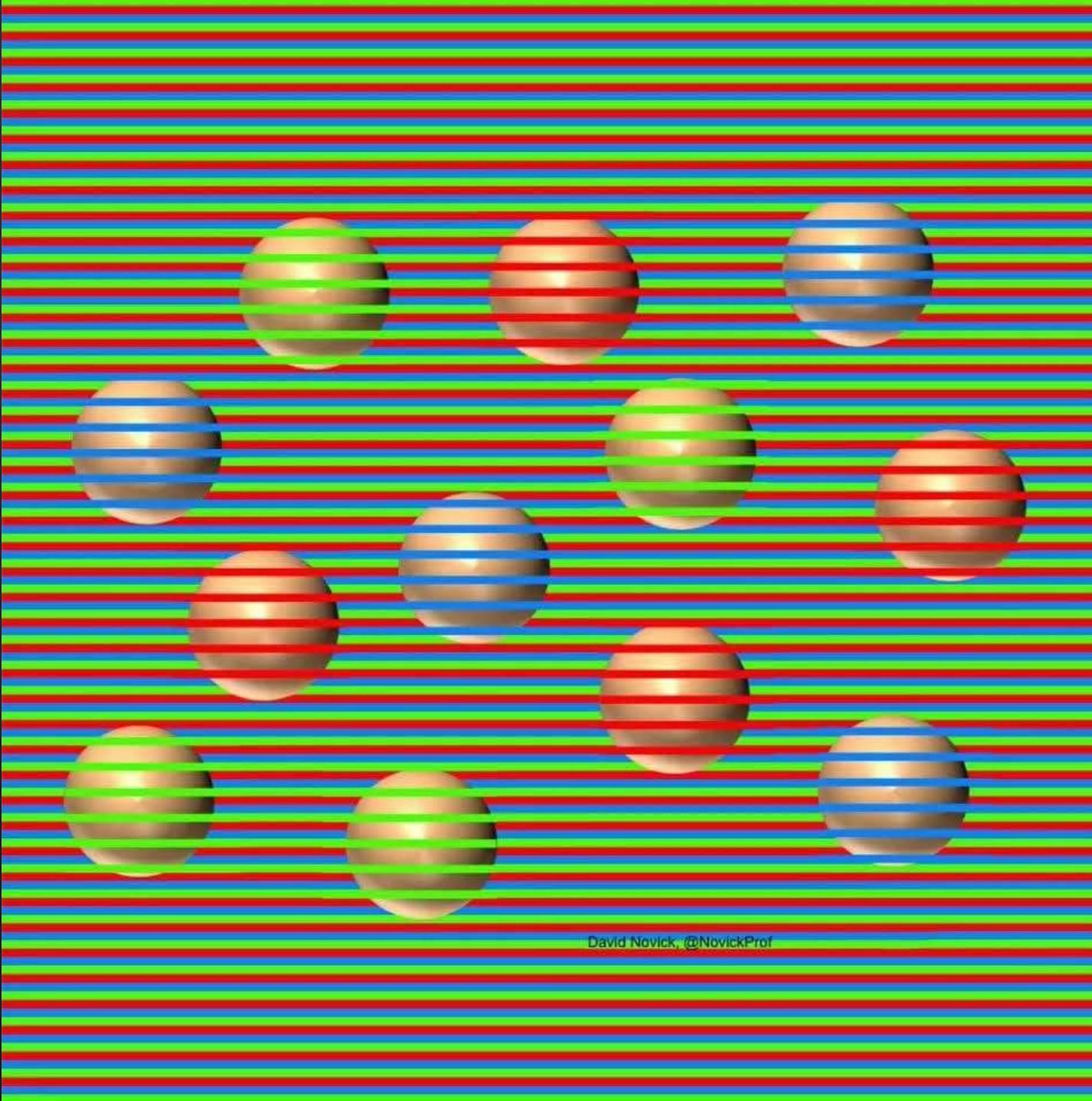
En s'en faisant simplement des représentations internes
qui seraient un « miroir du monde » ?

Les illusions d'optique montrent plutôt que
« nos sens peuvent nous tromper »...

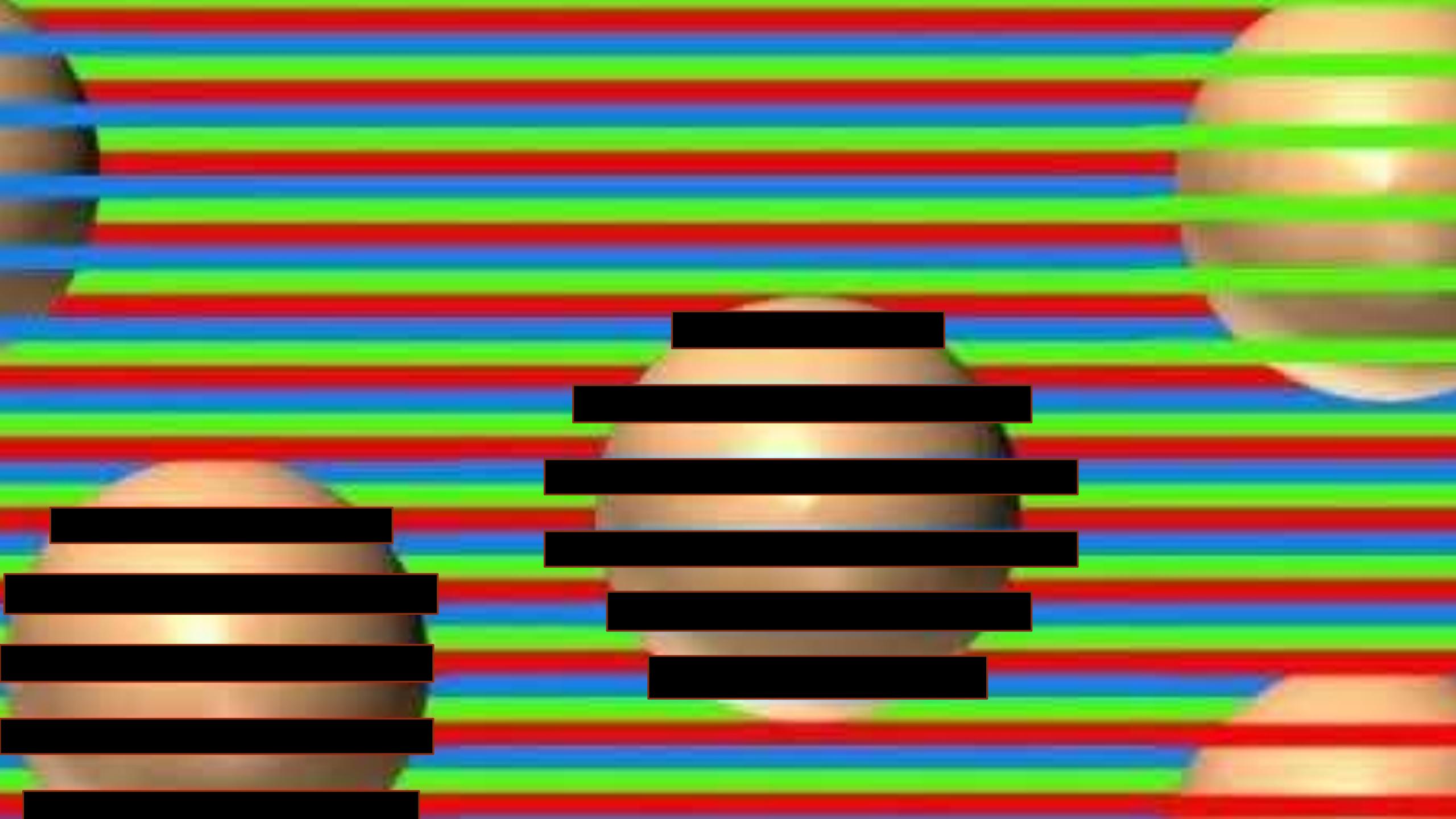


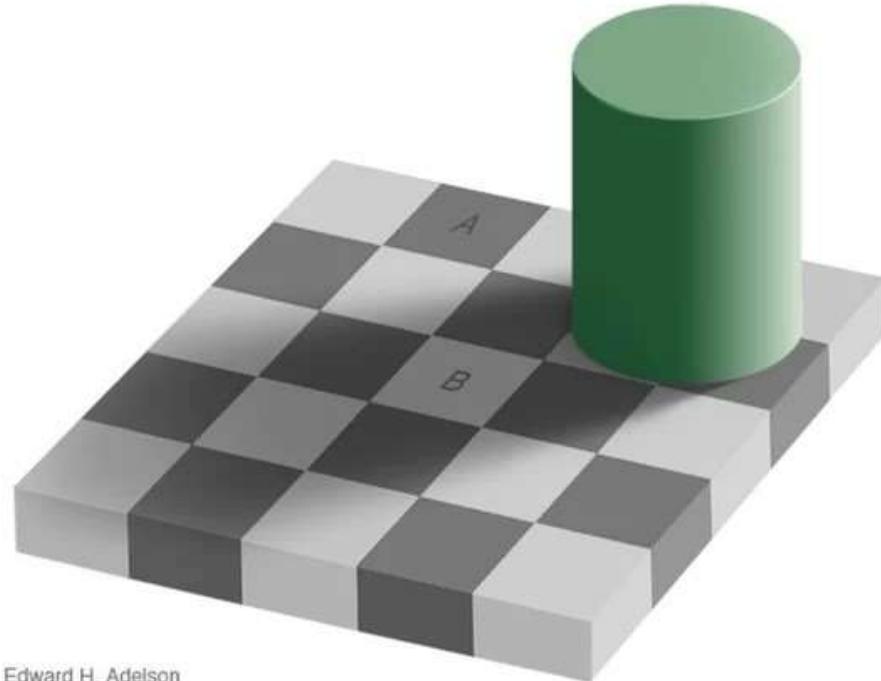


by VICTORIA SKYE

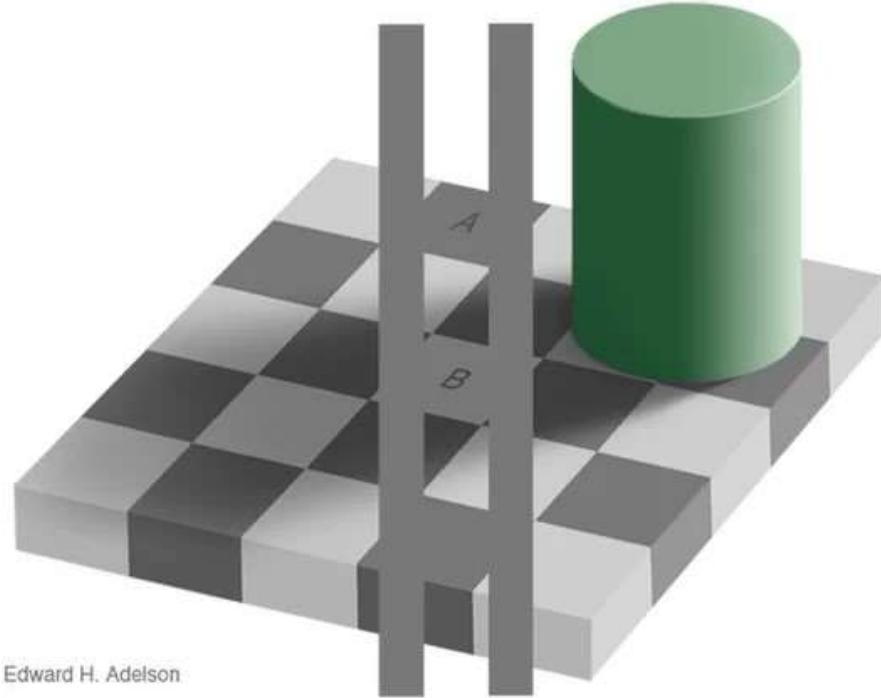


David Novick, @NovickProf





Edward H. Adelson

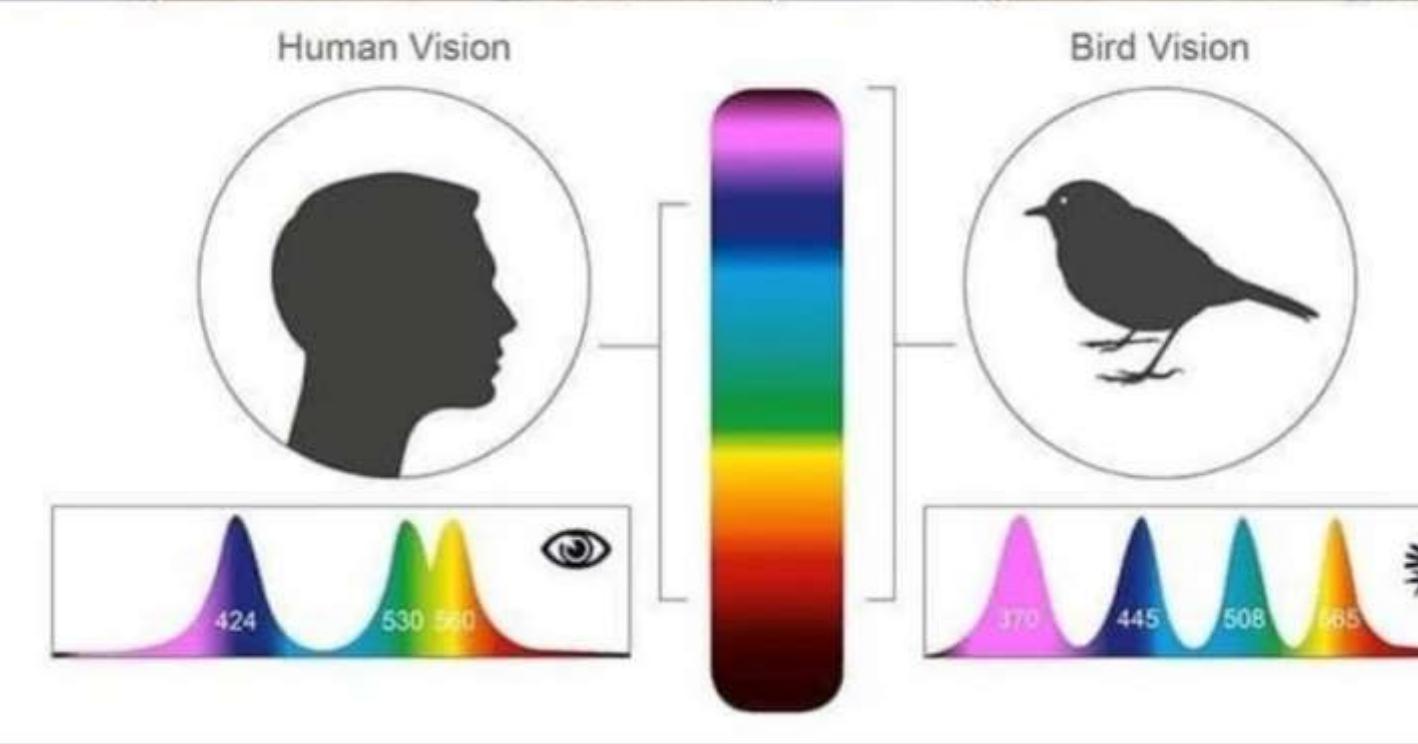


Edward H. Adelson

Les illusions d'optiques révèlent que le monde de nos perceptions n'est pas un « miroir » du monde extérieur mais bien une **interprétation**, une **construction**, ou une **simulation**, faite par notre système nerveux à partir de ce que nos sens peuvent capter du monde.



sonar
retour écho



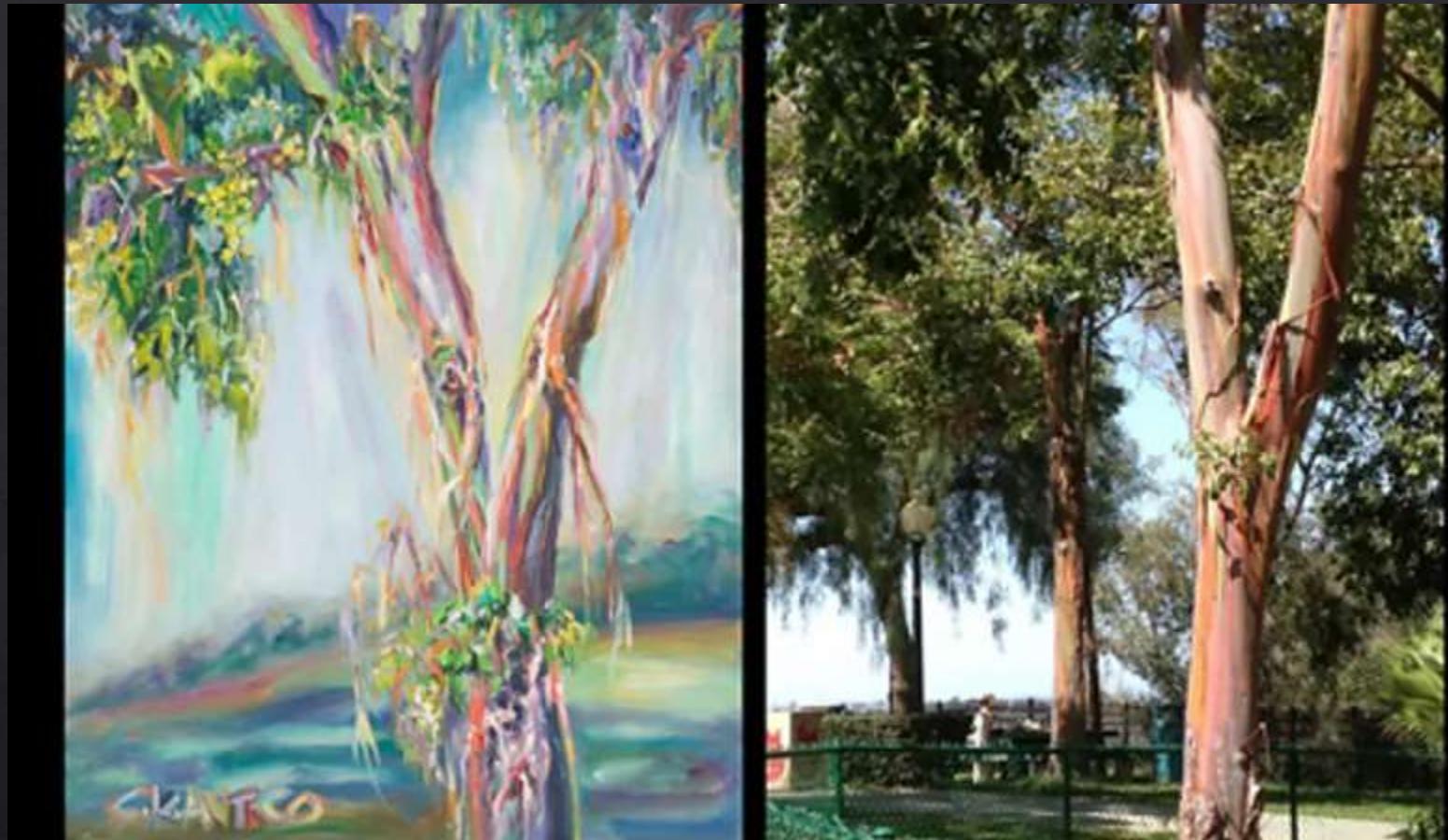
The UV light is represented here as a magenta color for our understanding, but it is a "false color" as UV light, by definition, has no color.
<https://www.freeastroscience.com/2023/09/unseen-world-exploring-diversity-of.html>

The women with superhuman vision

<https://www.bbc.com/future/article/20140905-the-women-with-super-human-vision> (2014)

Des personnes comme Concetta Antico peuvent voir des couleurs invisibles pour la plupart d'entre nous grâce à une variante d'un gène qui influence le développement de leur rétine qui les rend « **tétrachromates** ».

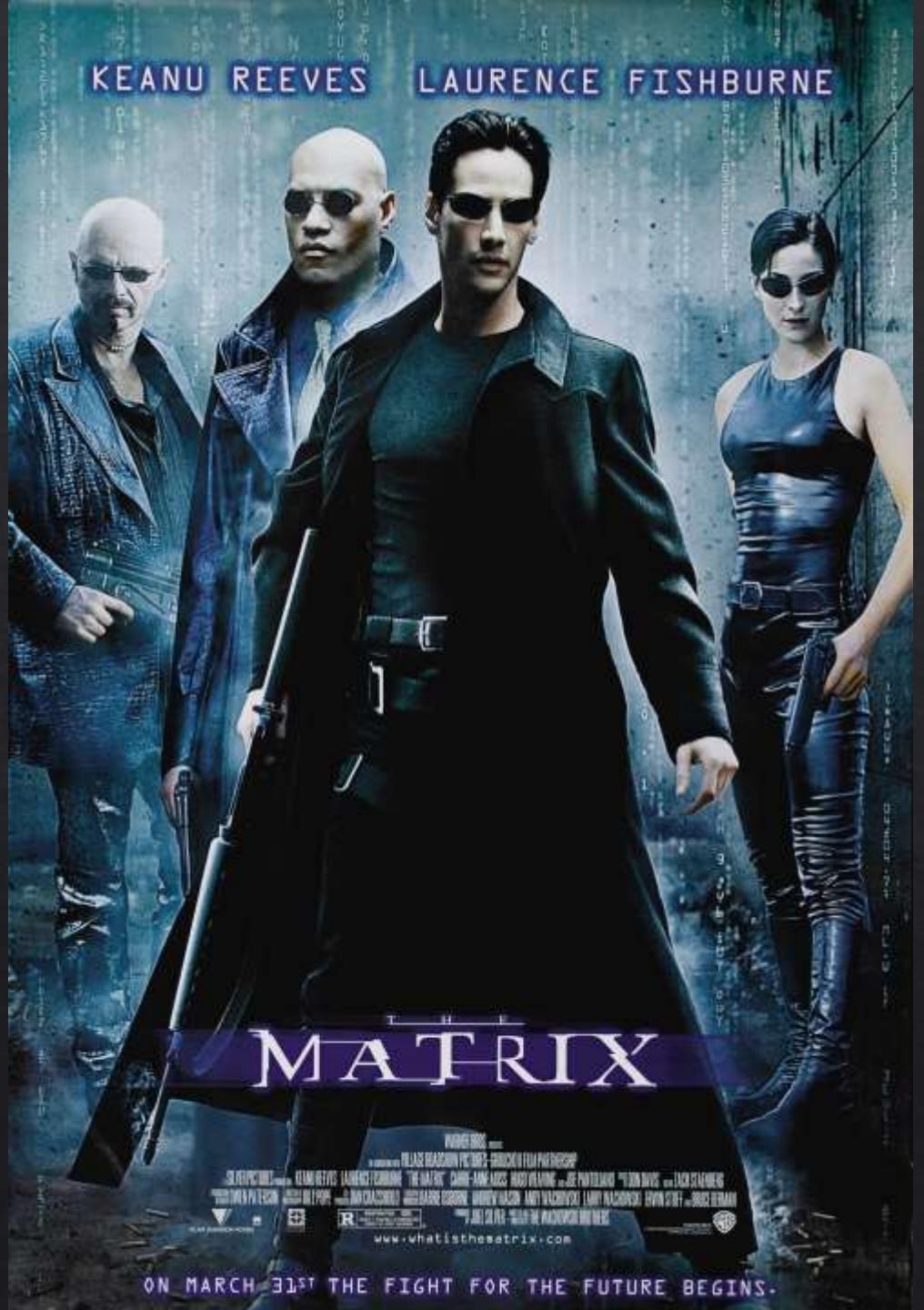
Les tétrachromates étant déjà rares, Concetta Antico est particulièrement intéressante car en tant qu'artiste, elle est capable d'évoquer pour nous comment elle voit le monde.



Comparer la peinture d'Antico avec la scène originale donne une idée des nuances supplémentaires qu'elle voit.

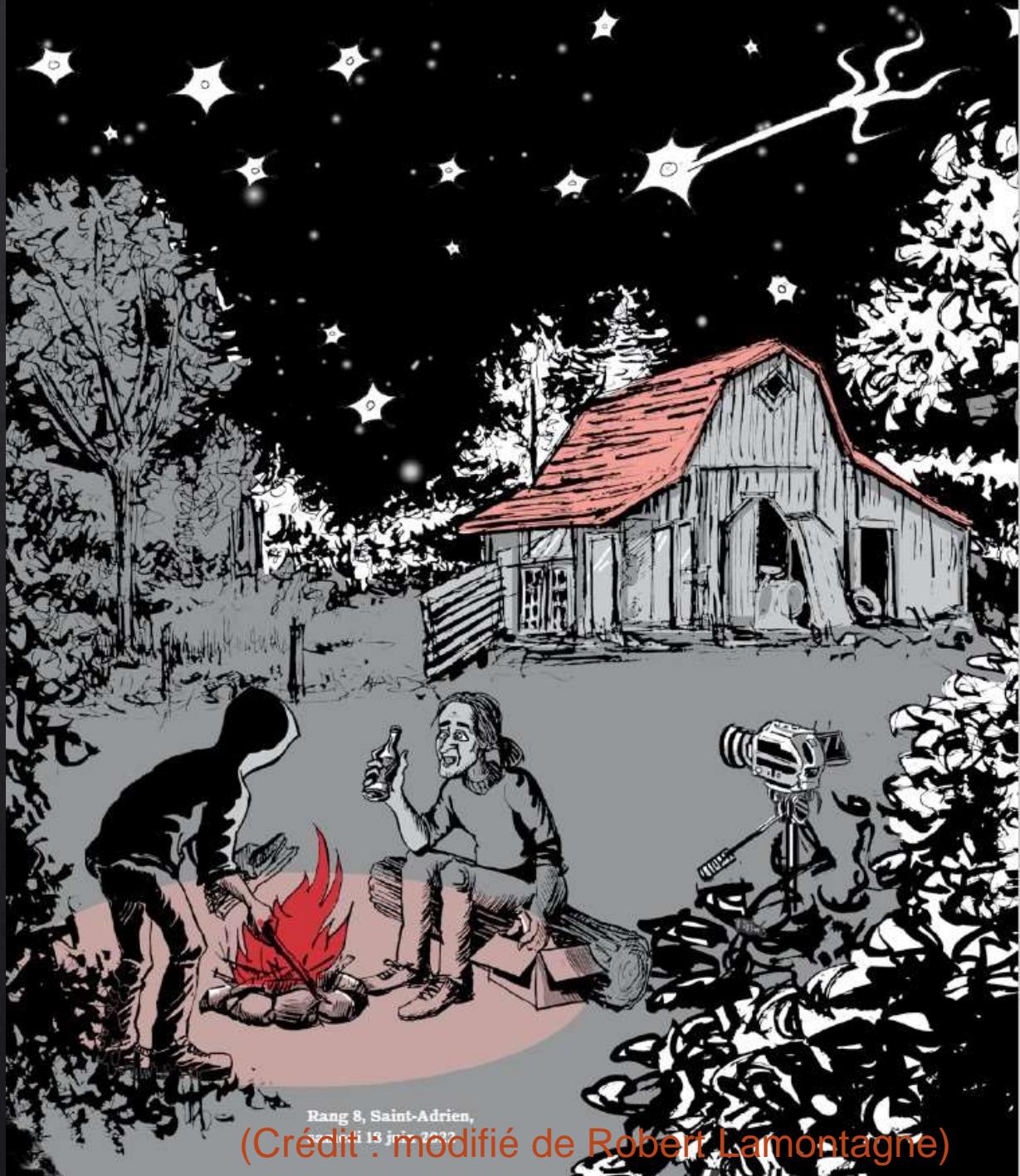


Autrement dit, **la structure particulière de notre corps** (et en particulier de notre système nerveux) va déterminer ce qui pourra être connaissable pour nous.



La structure de notre corps et de notre cerveau étant le fruit d'une très **longue évolution**, c'est ce qu'on va maintenant aborder...
si vous choisissez la pilule rouge!





2^e rencontre

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

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

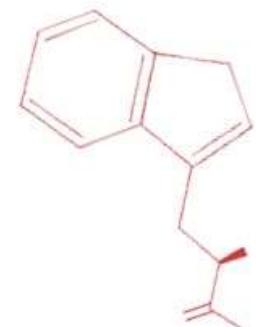
BD J'ai voulu venir chez Alin parce qu'on va s'intéresser aujourd'hui aux origines de la vie et du système nerveux des animaux.

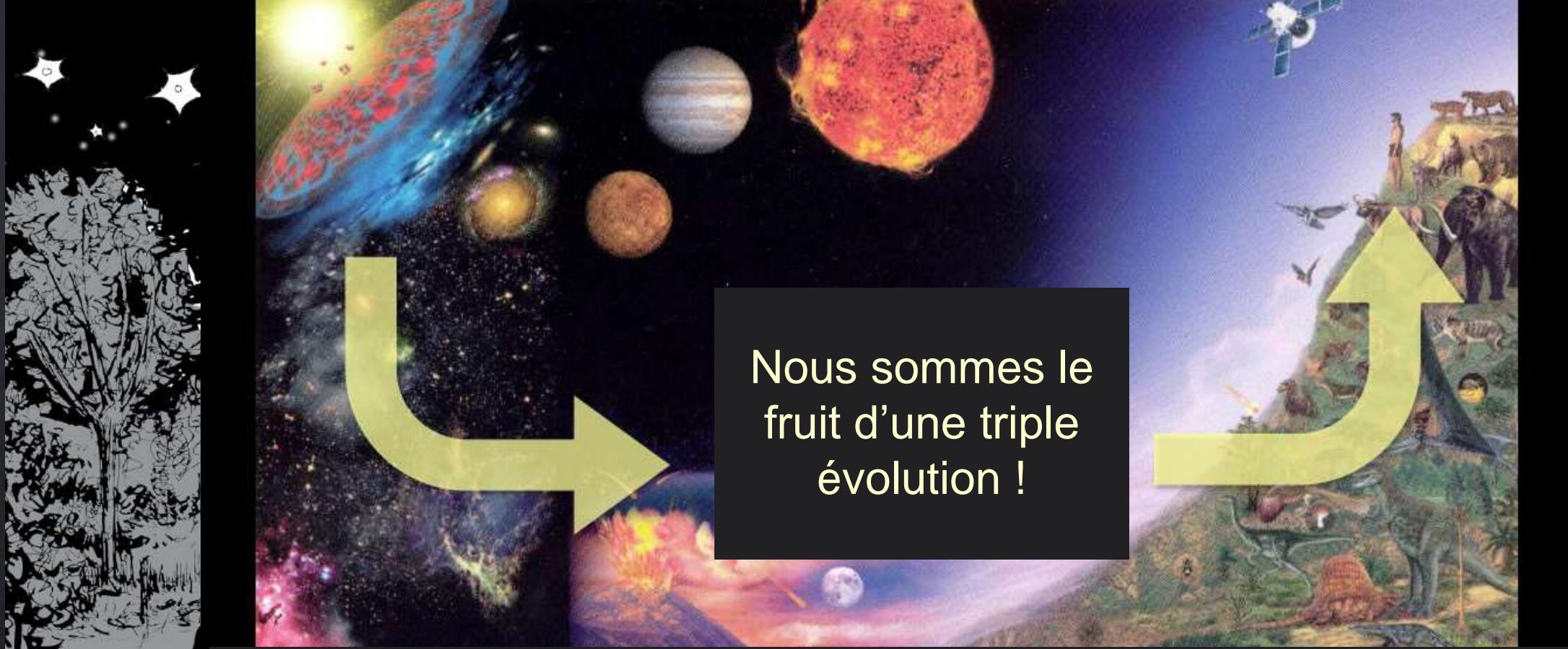
YDR Ça fait toujours plaisir de venir faire un tour chez nos vieux potes en campagne. J'ai beau être un Montréalais jusqu'à la moelle, y'a une partie de moi qui me crie aux deux mois de sortir de la ville. Et ici, dans le fond du rang 8 à Saint-Adrien, c'est une des places où j'me sens bien. On en a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

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

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

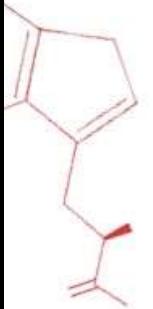
BD Tu te souviens, on en était venus à la conclusion qu'il fallait tenir compte de la structure particulière de notre système nerveux parce que c'est





(Crédit : modifié de Robert Lamontagne)

» it



voulu qu'on
x étoiles, la
d'où il vient,

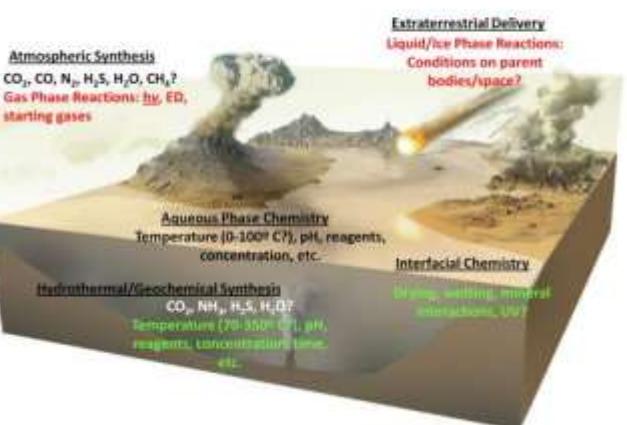
à début d'un
ation, finale-

à la conclu-
structure par-
ce que c'est

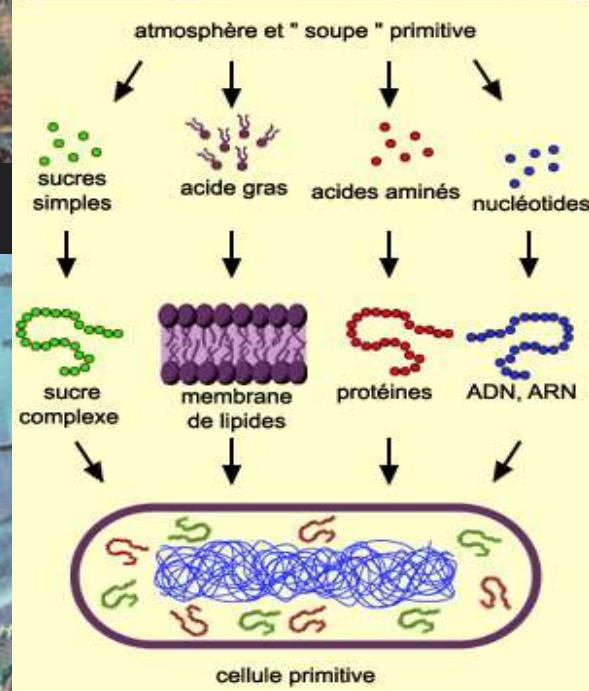


» it

Tableau Périodique des Éléments



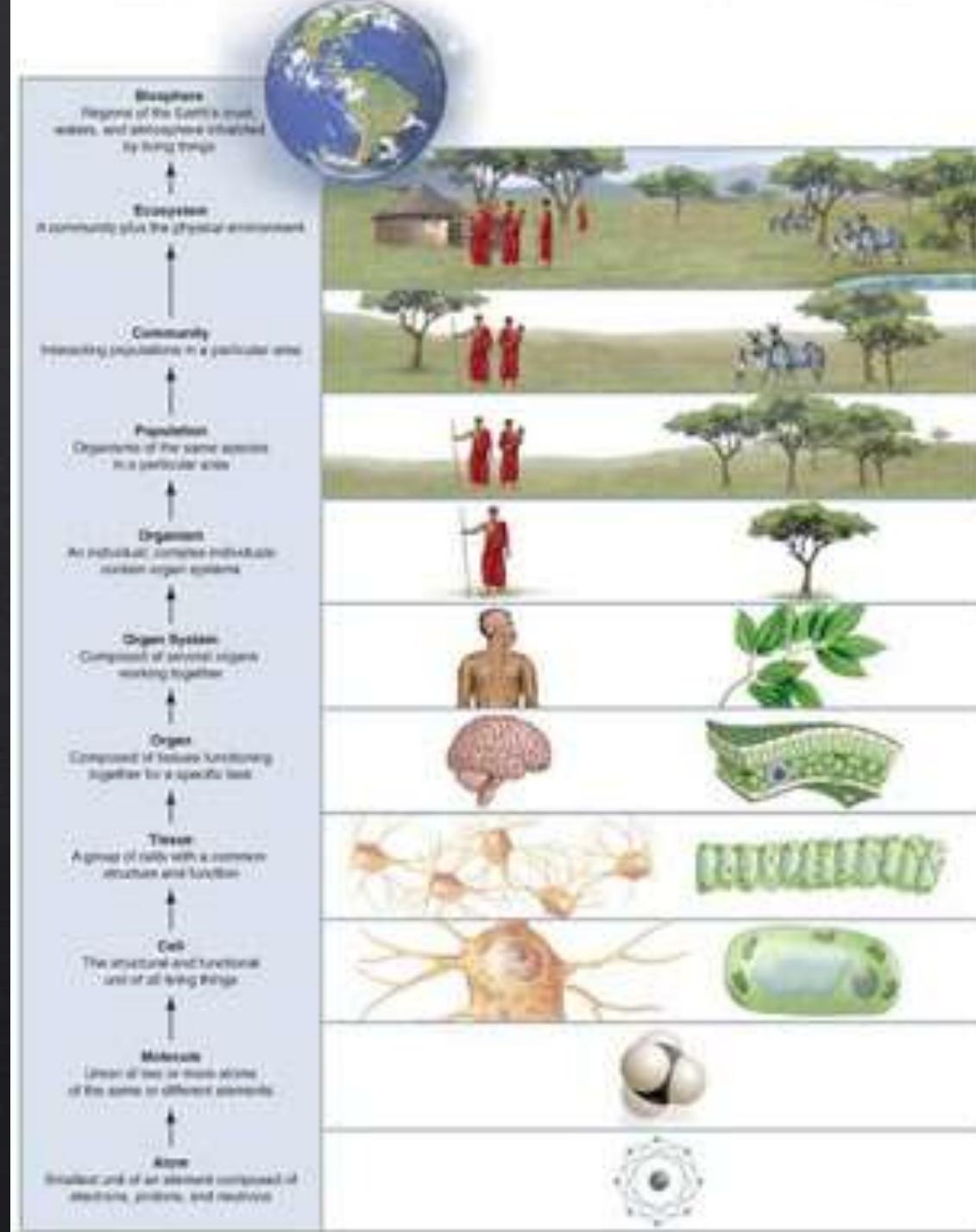
Évolution cosmique, chimique et biologique



(Crédit : modifié de Robert Lamont)

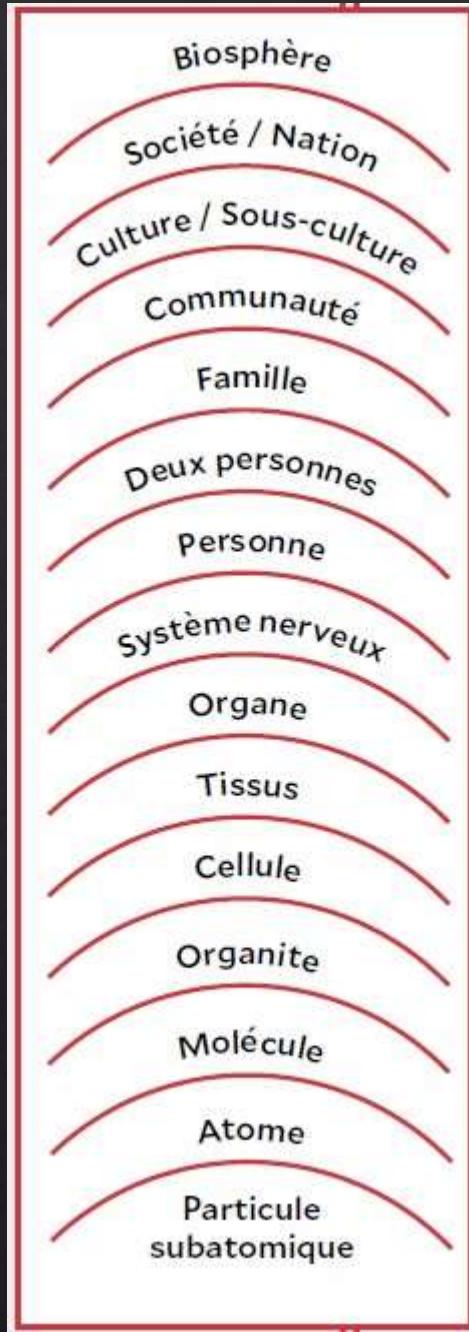
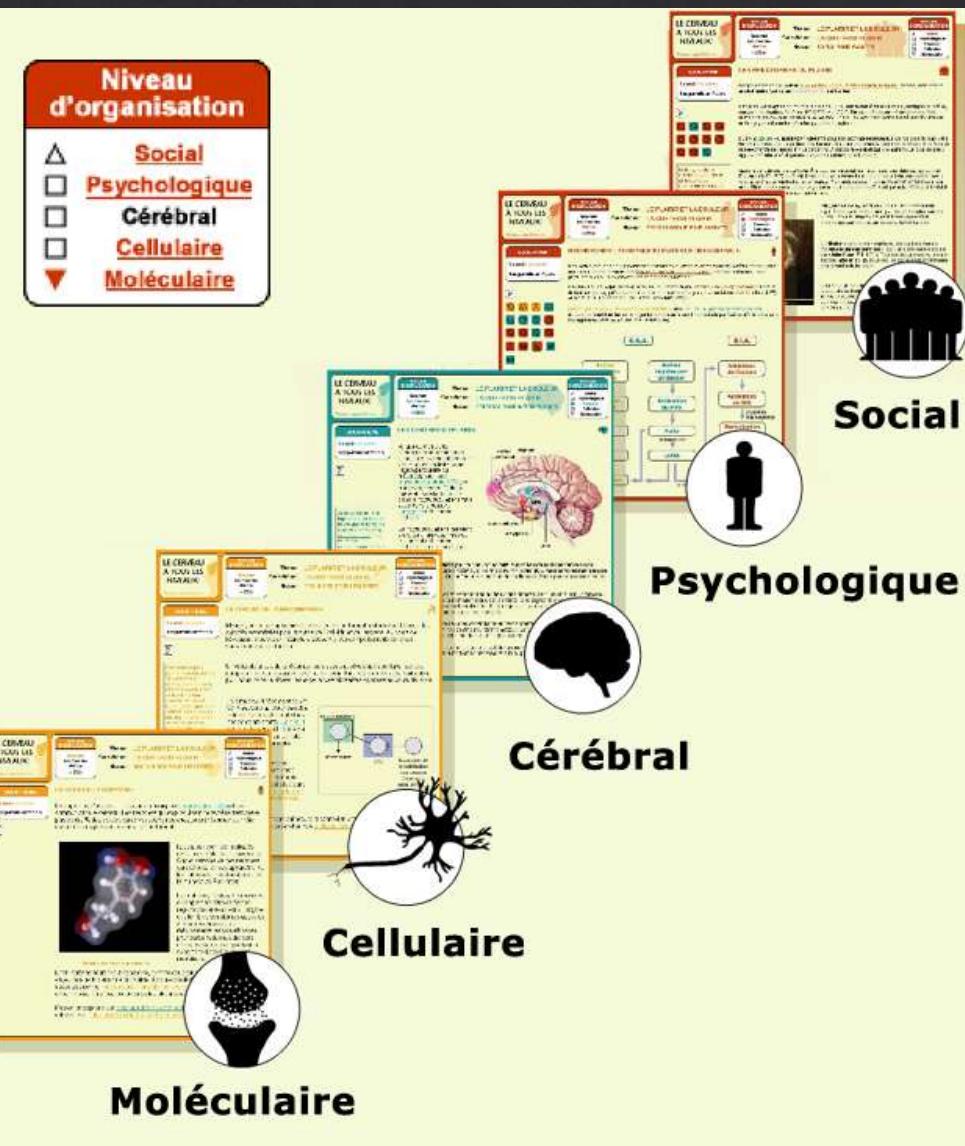
Propriétés émergentes

qui vont nous accompagner tout le long de notre parcours



Niveau
d'organisation

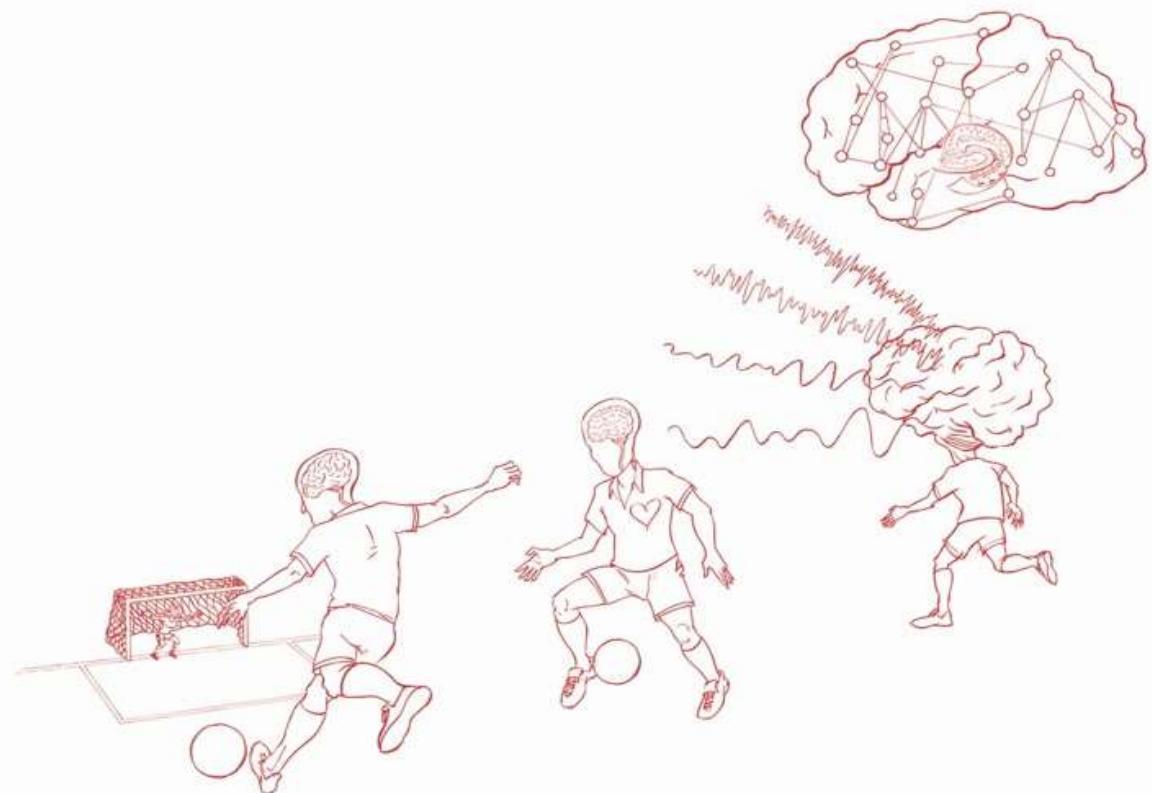
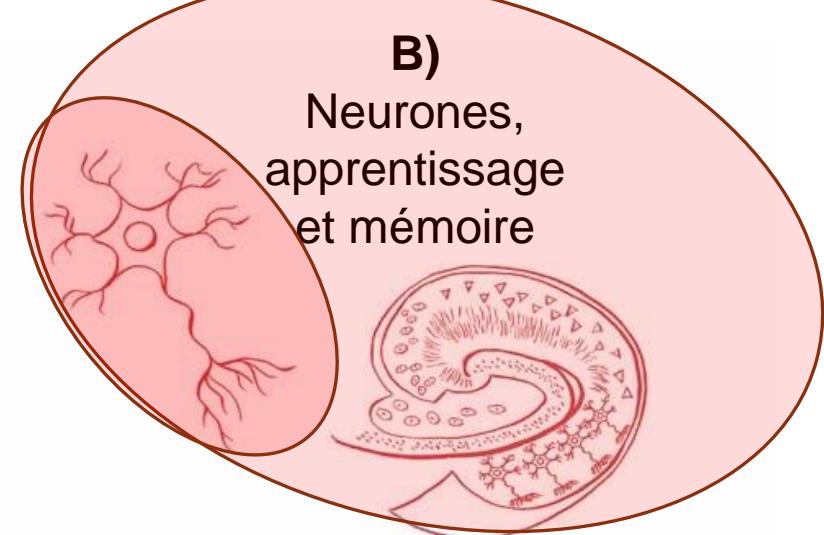
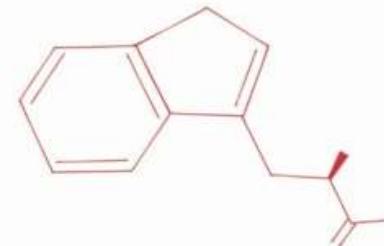
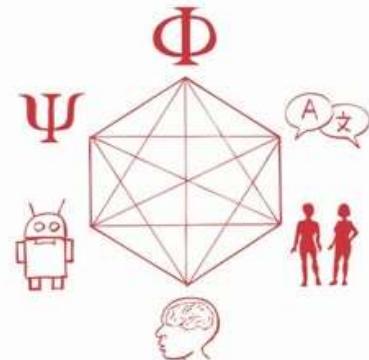
- △ Social
- Psychologique
- Cérébral
- Cellulaire
- ▼ Moléculaire

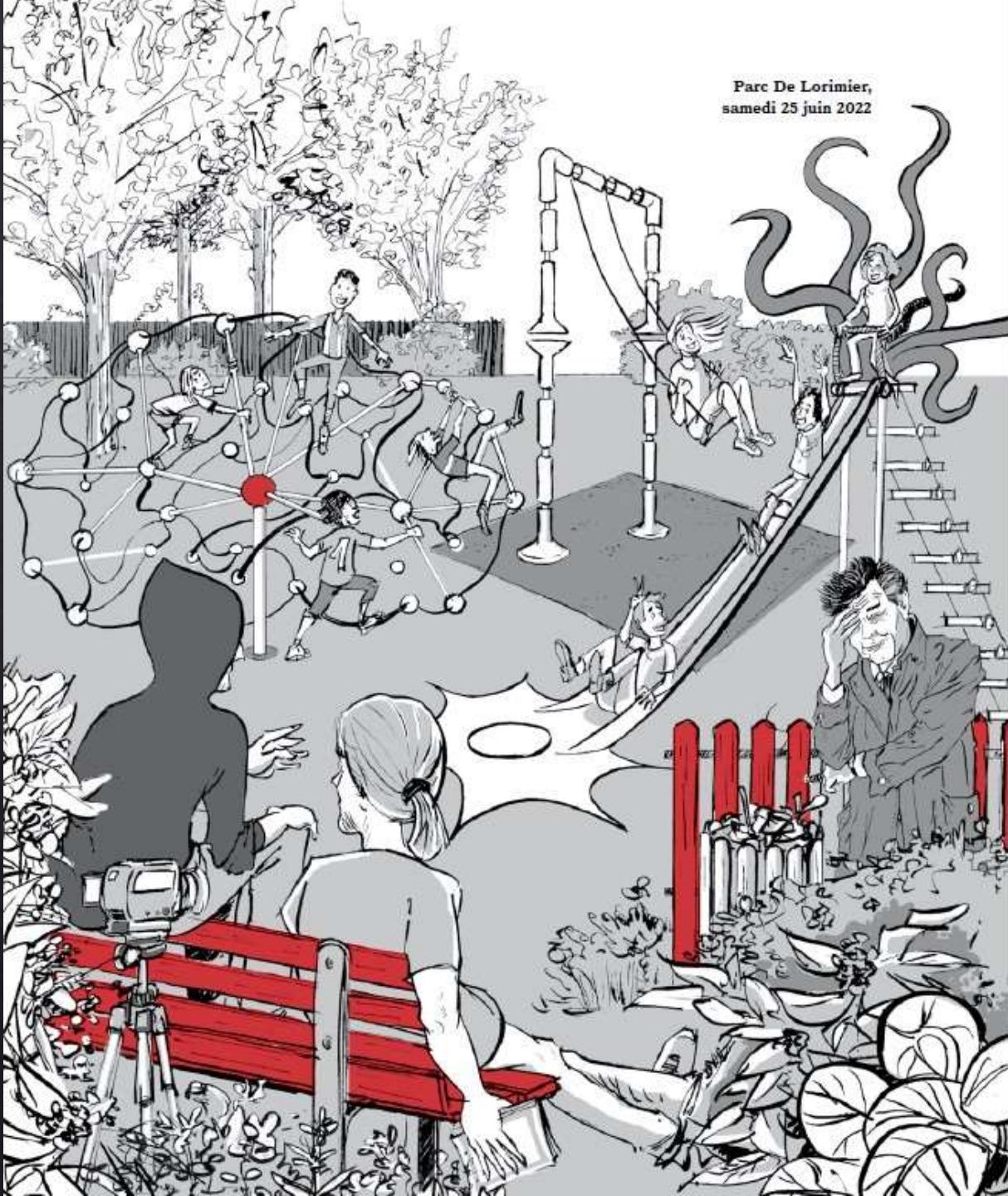


Niveaux d'organisation

→ Ce qui fait la complexité du vivant,
et en particulier des systèmes nerveux

Plan des 3 séances





Parc De Lorimier,
samedi 25 juin 2022

3^e rencontre L'humain découvre la grammaire de base de son système nerveux

Où, après avoir retracé le tortueux chemin ayant mené à l'**élaboration de la « théorie du neurone » au début du xx^e siècle**, on décrira un peu la chorégraphie des neurones et des cellules gliales durant le développement du cerveau. On verra comment les neurones déploient leurs dendrites et leur axone et ce qui produit l'**élagage neuronal** pour raffiner les circuits de neurones. Et comme celui-ci dépend de l'activité nerveuse, on devra se demander c'est quoi cet **influx nerveux** qui permet la **communication rapide entre les neurones**? Ce qui nous amènera à parler du rôle essentiel de la **transmission chimique au niveau de la synapse** pour que le neurone intègre tous les messages qu'il reçoit et transmette le **résultat de ce calcul**. Et pour ne pas donner l'impression que tout ça n'est pas si compliqué, au fond, on présentera des **dogmes qui sont remis en question** et l'on montrera que **le cerveau est bien différent d'un ordinateur**.

YDR Je suis déjà venu ici une couple de fois jouer avec mon gars quand y'était petit.

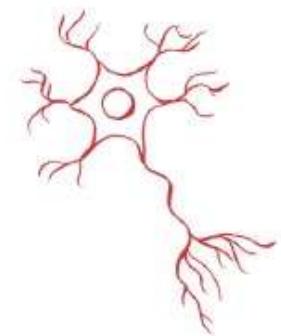
BD Nous on habitait pas loin, alors on venait souvent. J'ai tellement vu le mien se pétter la gueule dans ces jeux-là! Il essayait de grimper partout, souvent plus sur l'armature du jeu que sur le jeu comme tel, d'ailleurs!

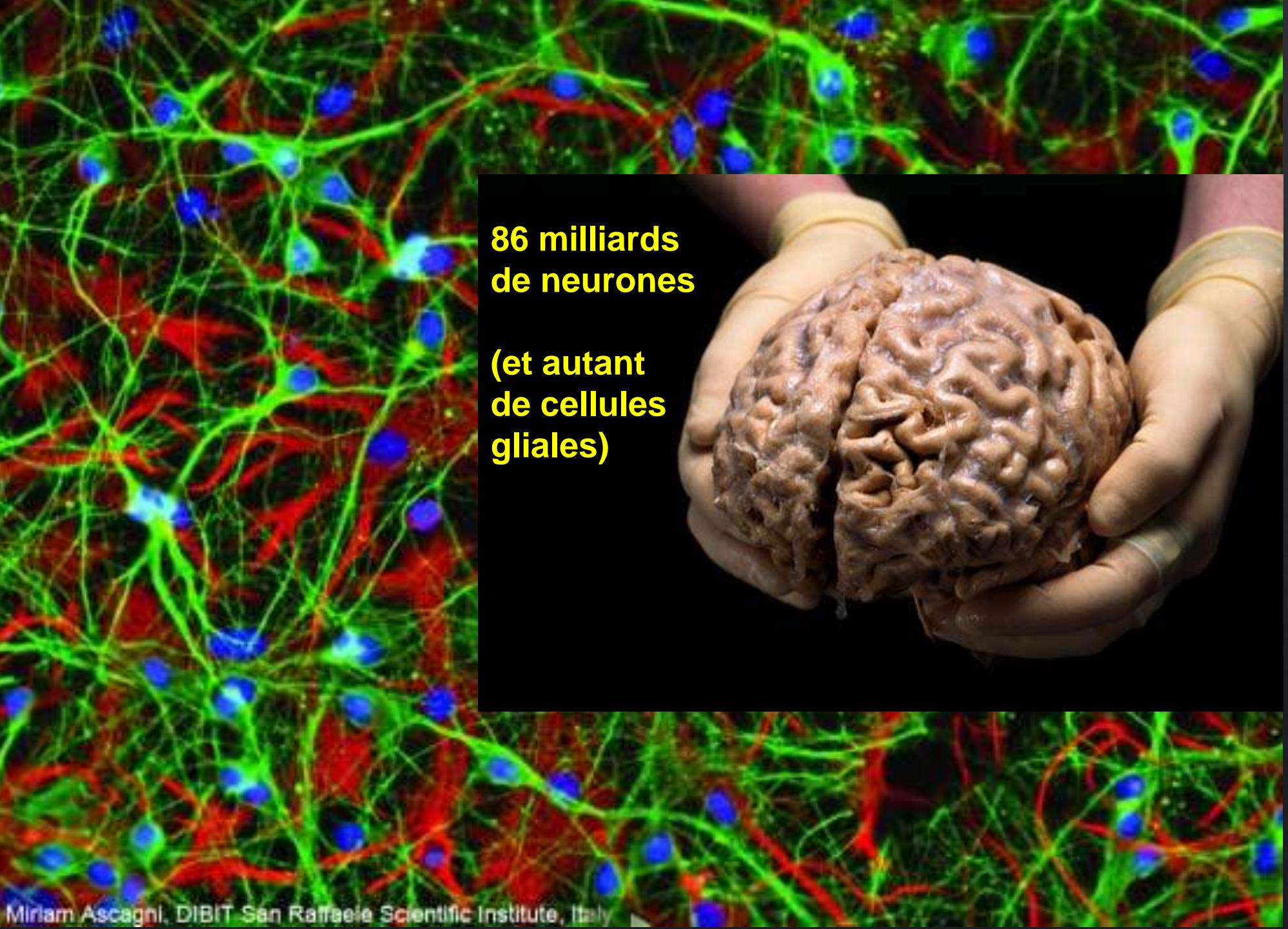
YDR (rire) Ouais, le mien aussi, ça l'air que c'est comme c'a qu'on apprend!

BD En fait, nos enfants ne sont pas différents de tous les jeunes des autres animaux. Ils ont cette

curiosité pour leur environnement qui les amène à tout tripoter. C'est essentiel non seulement pour leur développement moteur, mais aussi pour leur développement cognitif, parce que ce qu'on apprend avec nos mains, avec les objets, on va plus tard pouvoir le transférer pour faire des raisonnements plus abstraits. Mais avant d'arriver à ces facultés plus complexes, j'aimerais te parler aujourd'hui du fonctionnement de base de notre système nerveux et de la façon dont il se met en place durant nos premières années de vie.

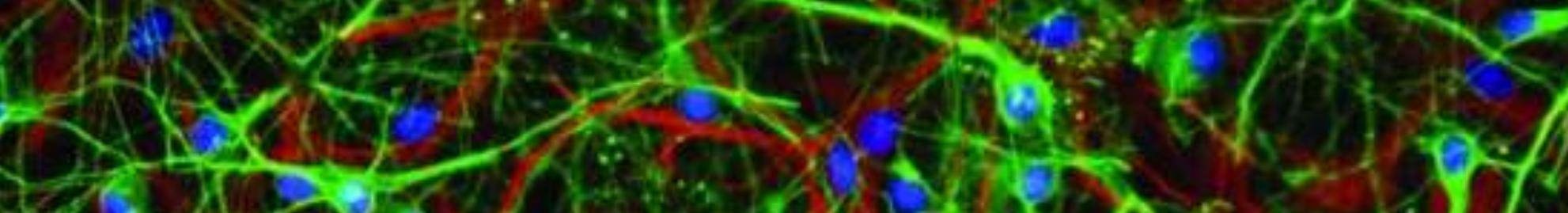
YDR D'où notre présence ici devant cette aire de jeu, je suppose...



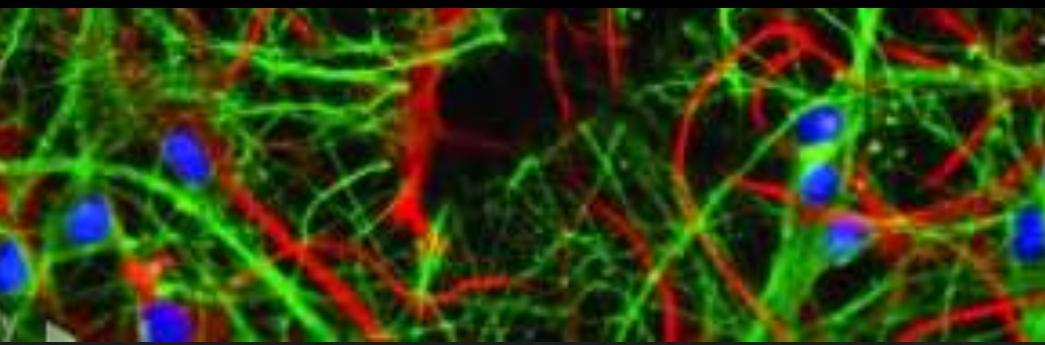
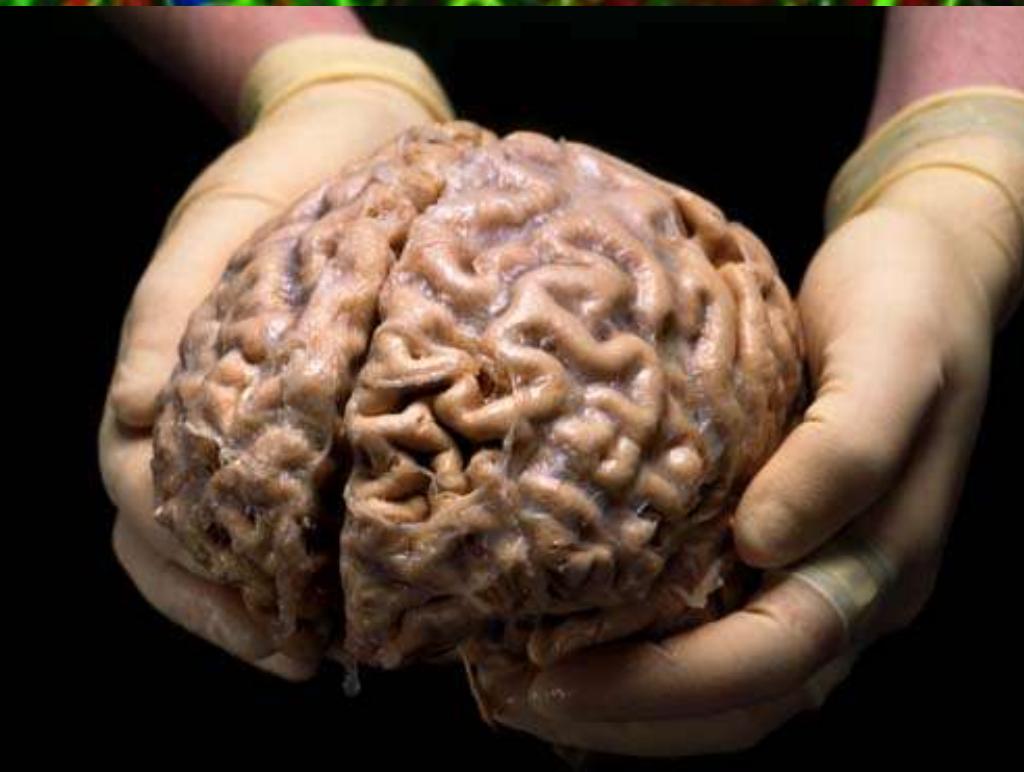
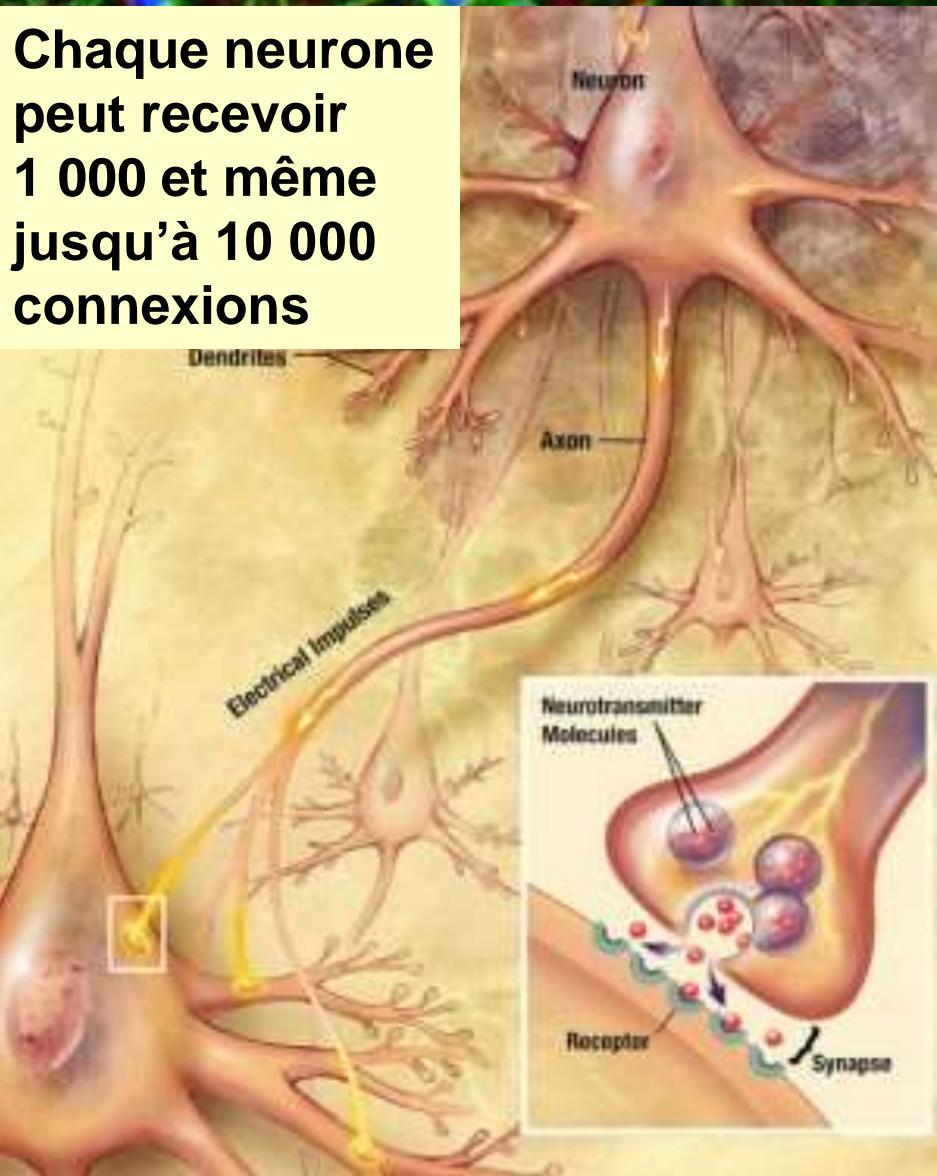


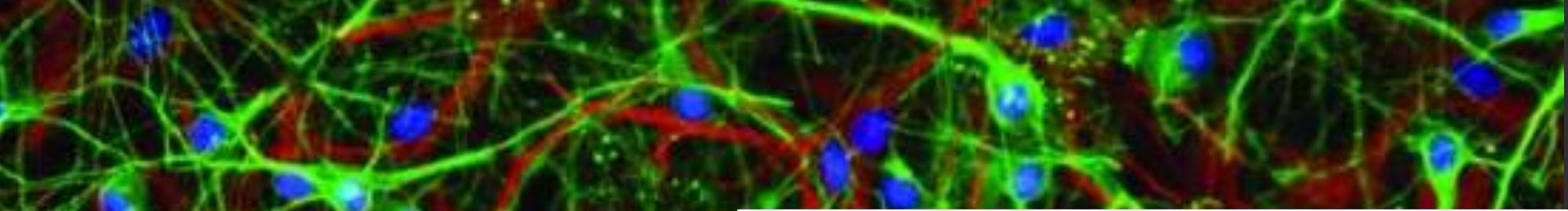
**86 milliards
de neurones
(et autant
de cellules
gliales)**



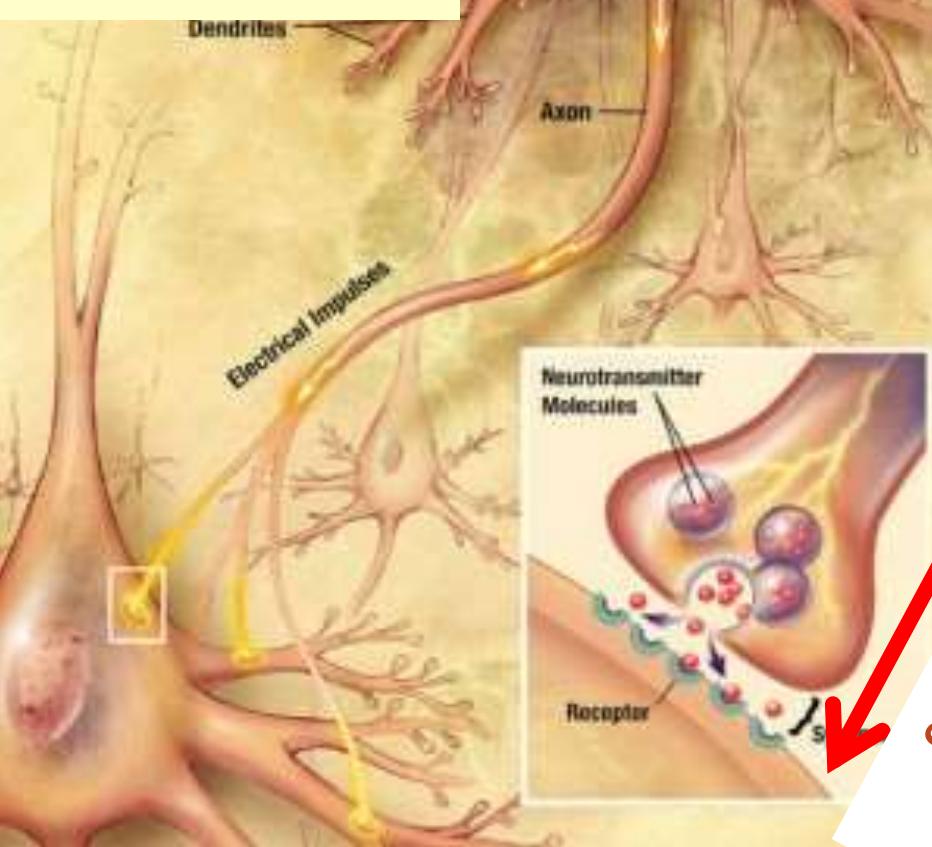


Chaque neurone peut recevoir 1 000 et même jusqu'à 10 000 connexions





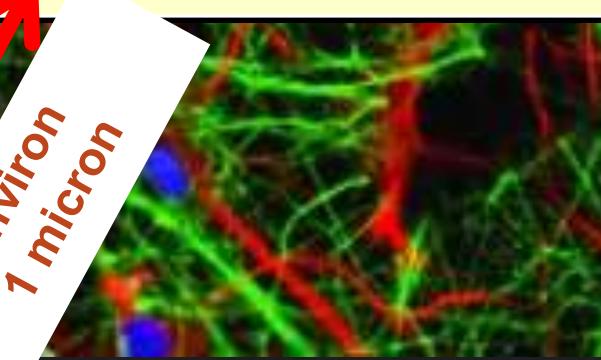
Chaque neurone peut recevoir 1 000 et même jusqu'à 10 000 connexions



Si l'on comptait 1 000 connexions pour 86 milliards de neurones à raison de une par seconde, cela prendrait environ...

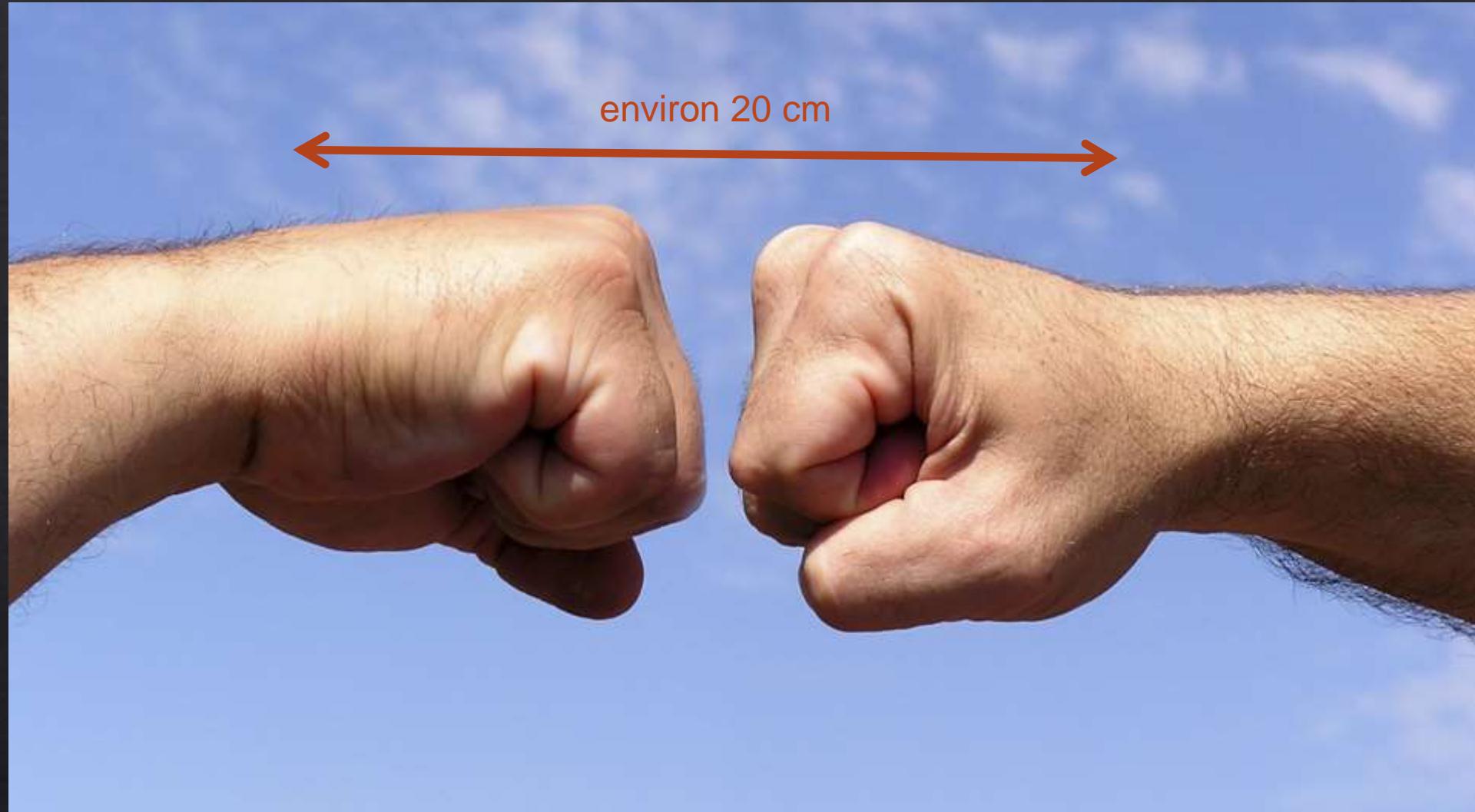
...2,7 millions d'années !

Donc il aurait fallu commencer un peu avant l'apparition d'*Homo habilis* (premier *Homo* il y a 2,5 millions d'années)

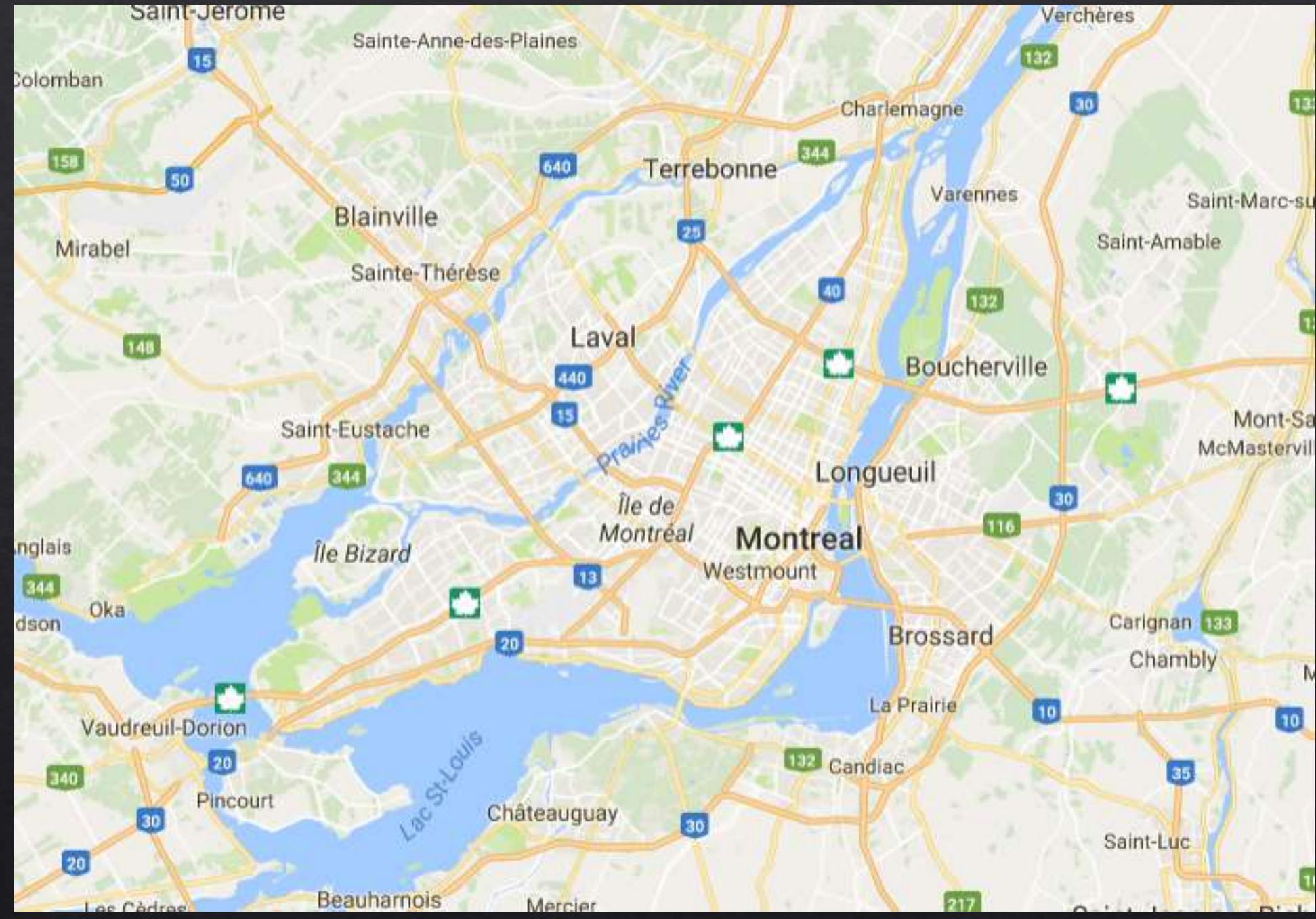


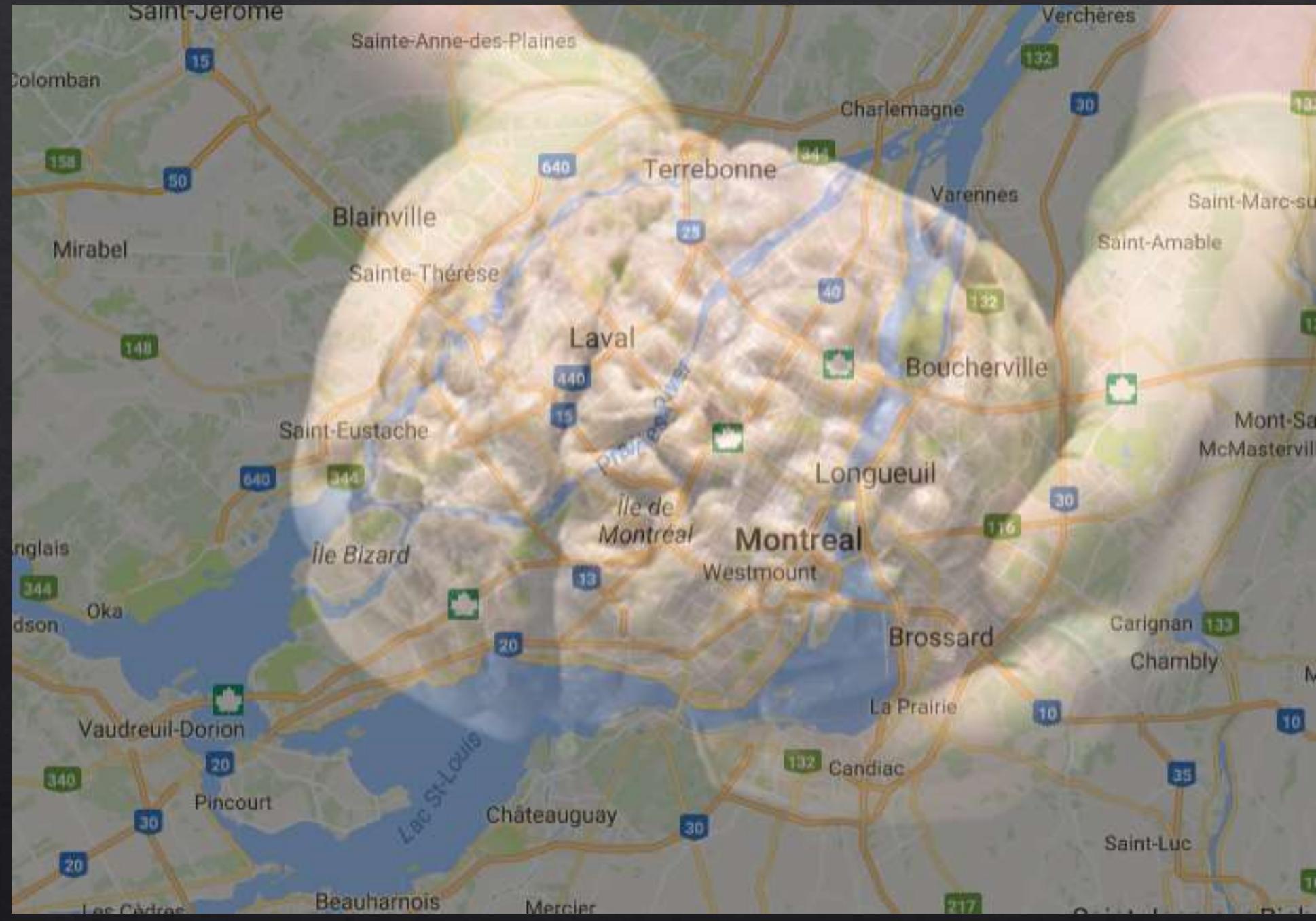


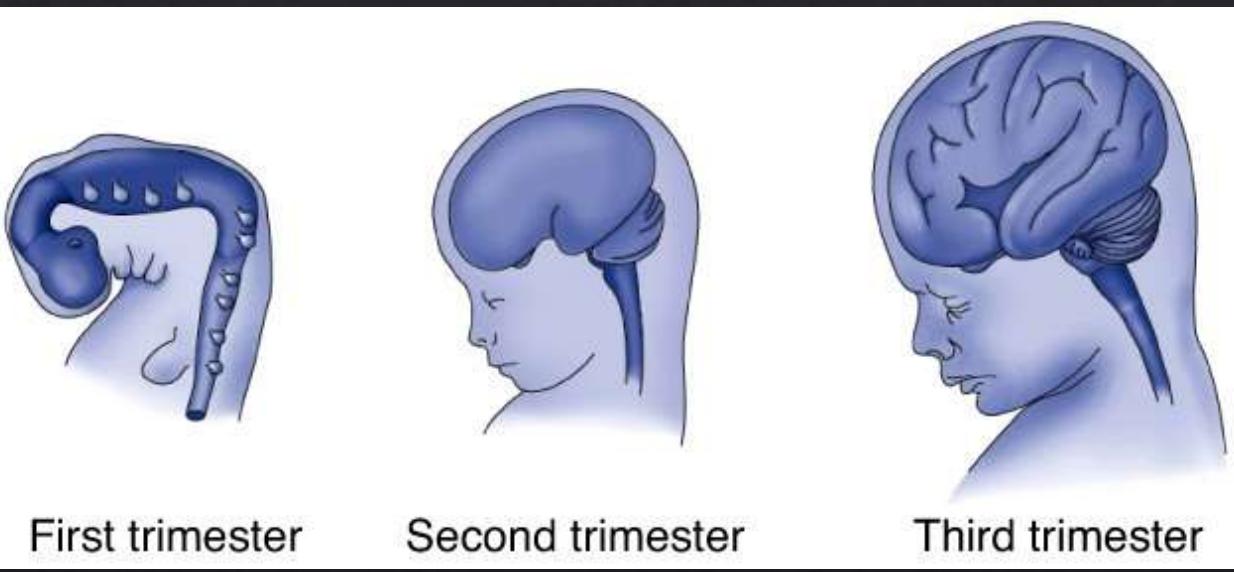
Quelle devrait être la taille d'un cerveau
dont les synapses auraient la taille de deux poings ?



$$\text{Alors : } 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} / 0,000\ 001 \text{ m} = 40\ 000 \text{ m} = \mathbf{40 \text{ km}}$$



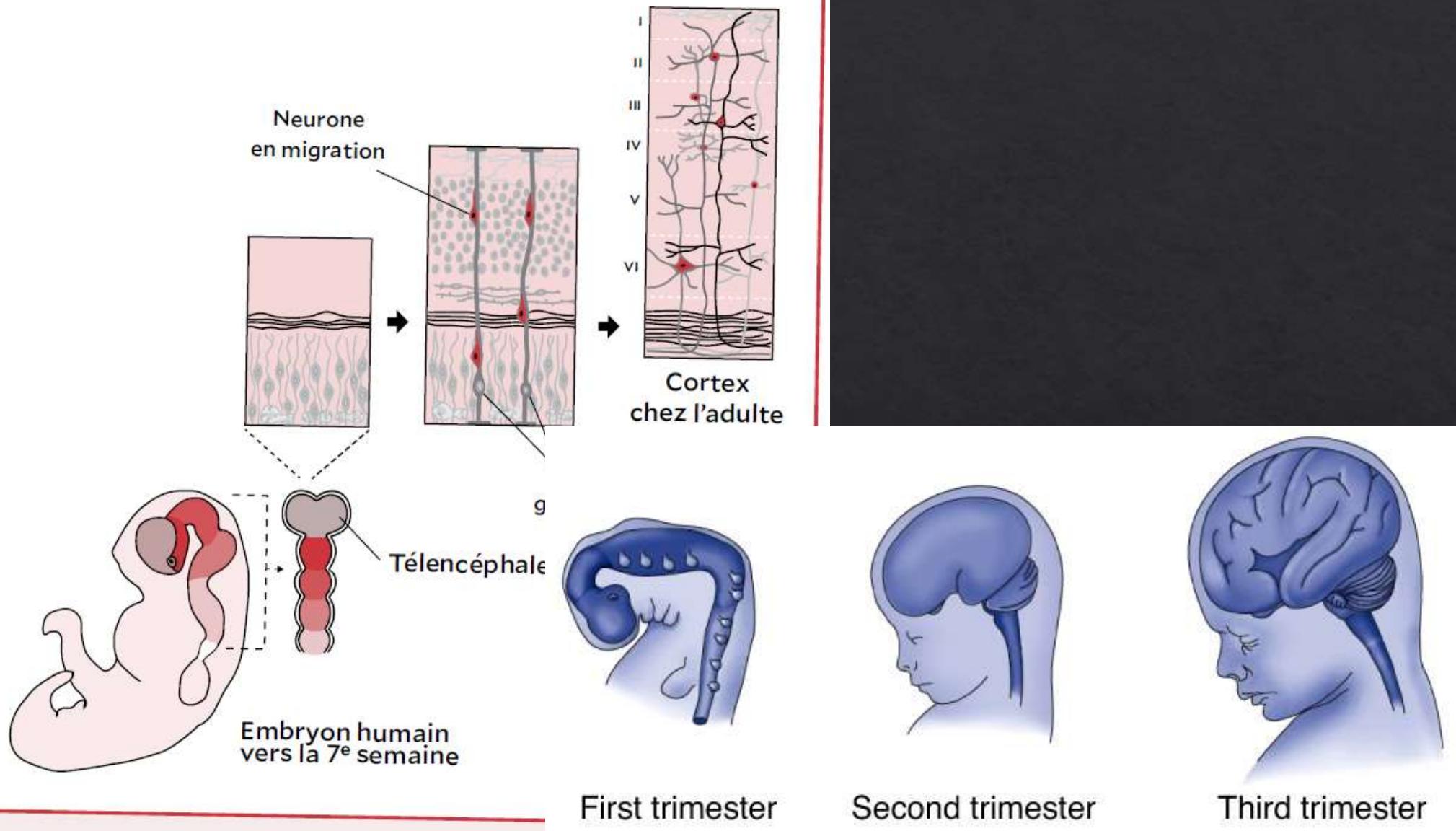


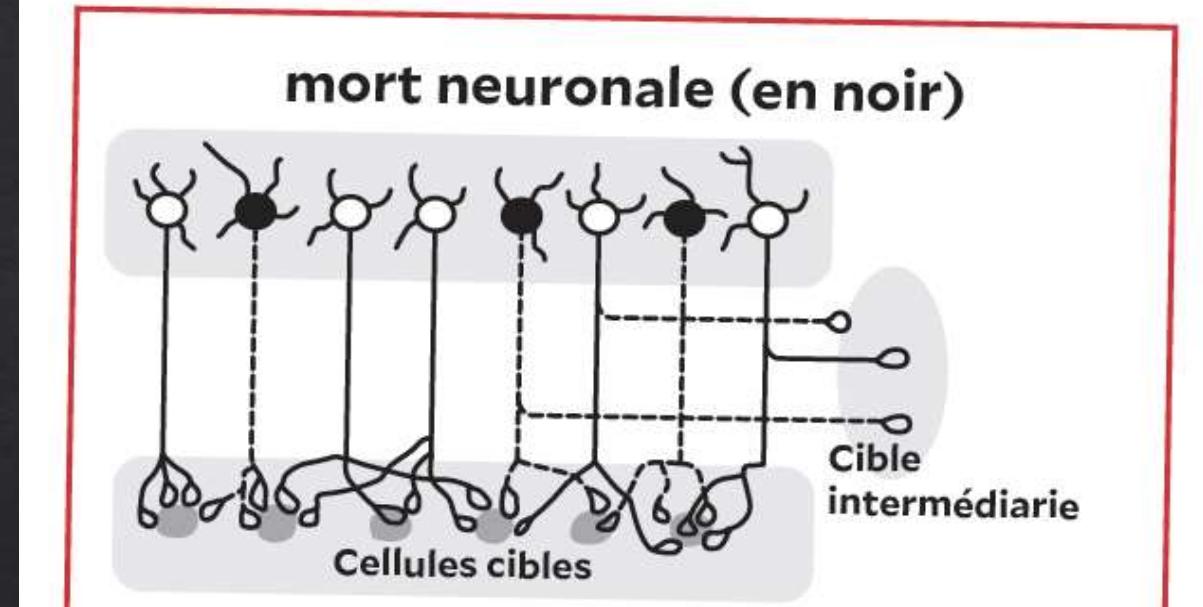
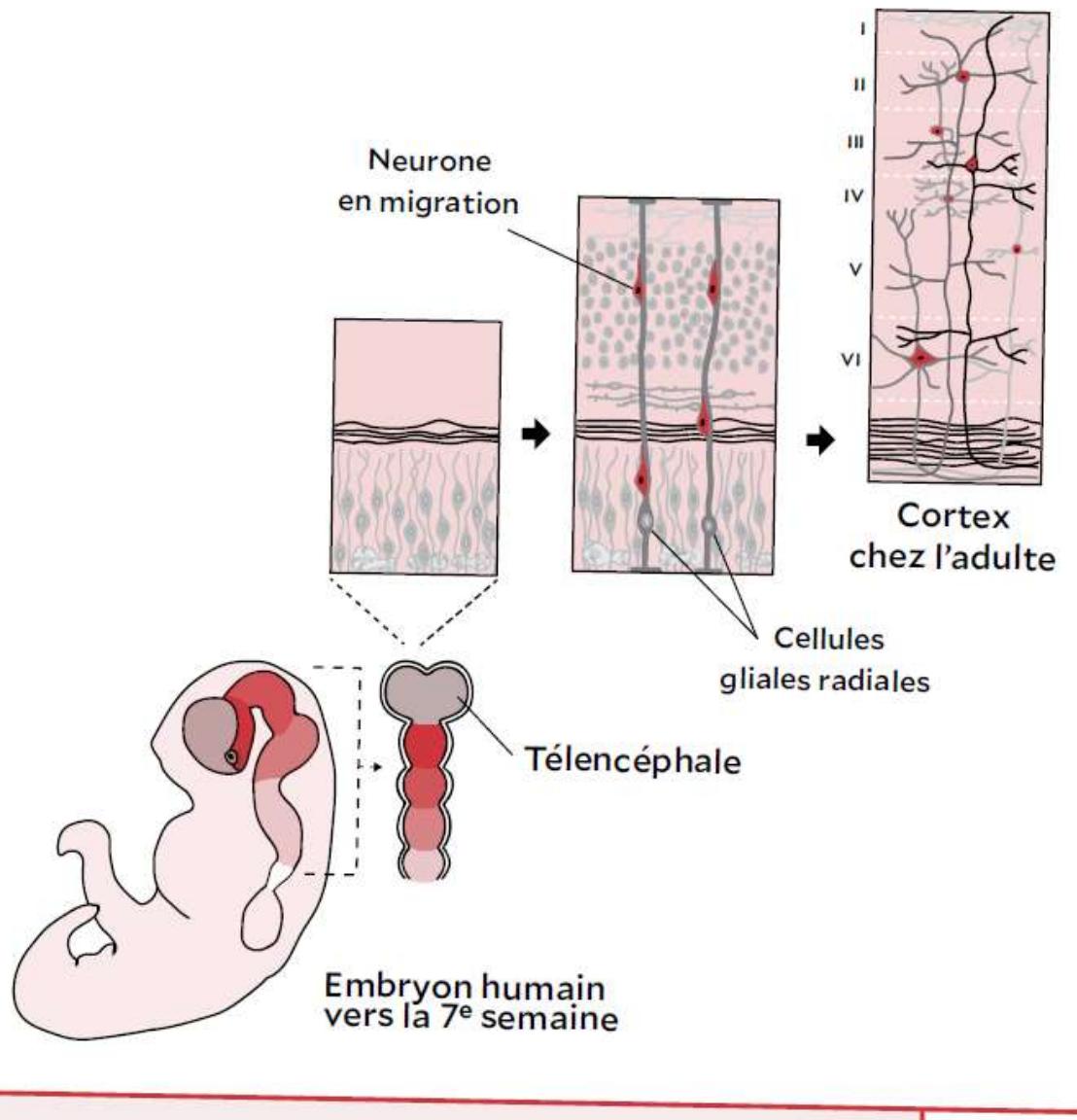


First trimester

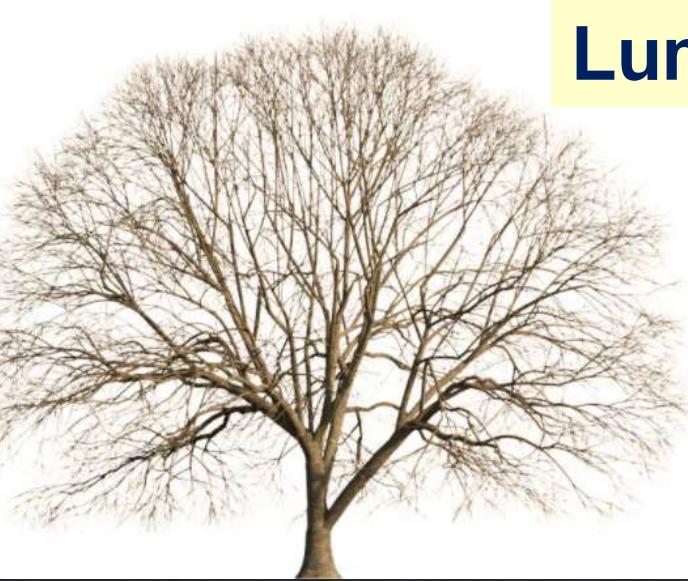
Second trimester

Third trimester





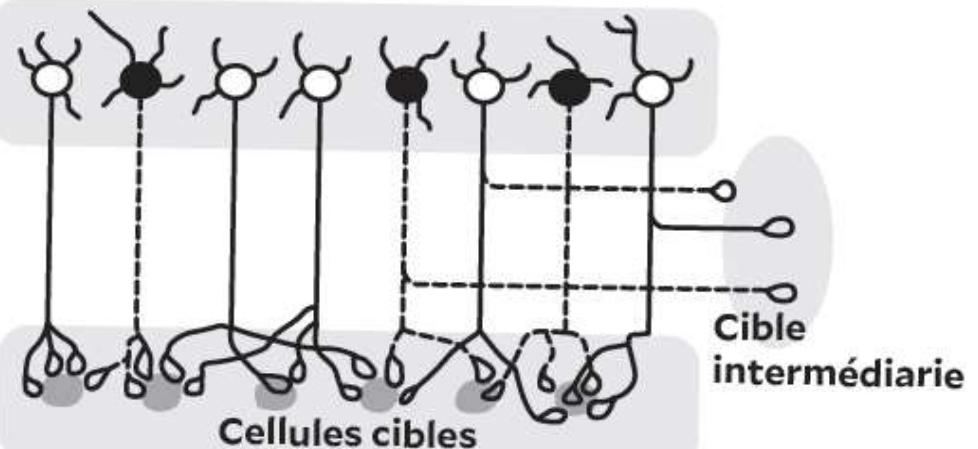
Lumière



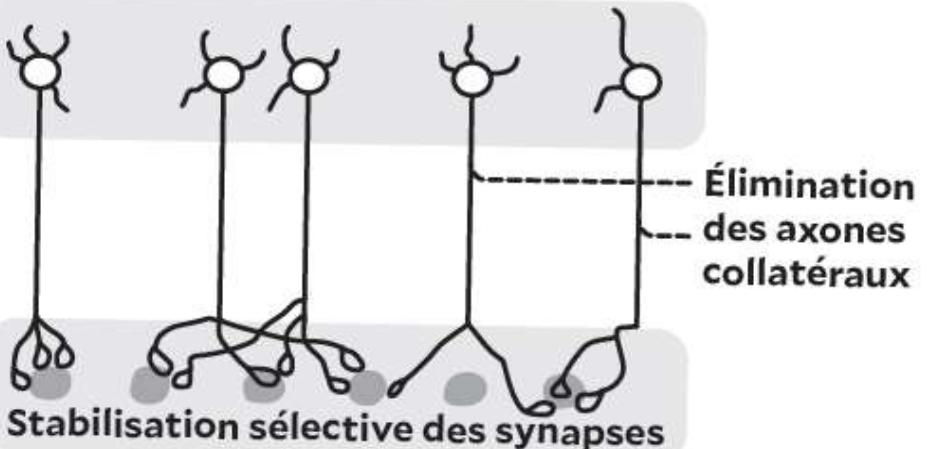
Neurotrophines

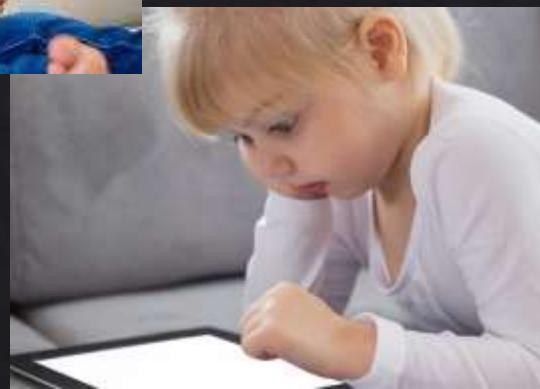


mort neuronale (en noir)



Ajustement des circuits neuronaux

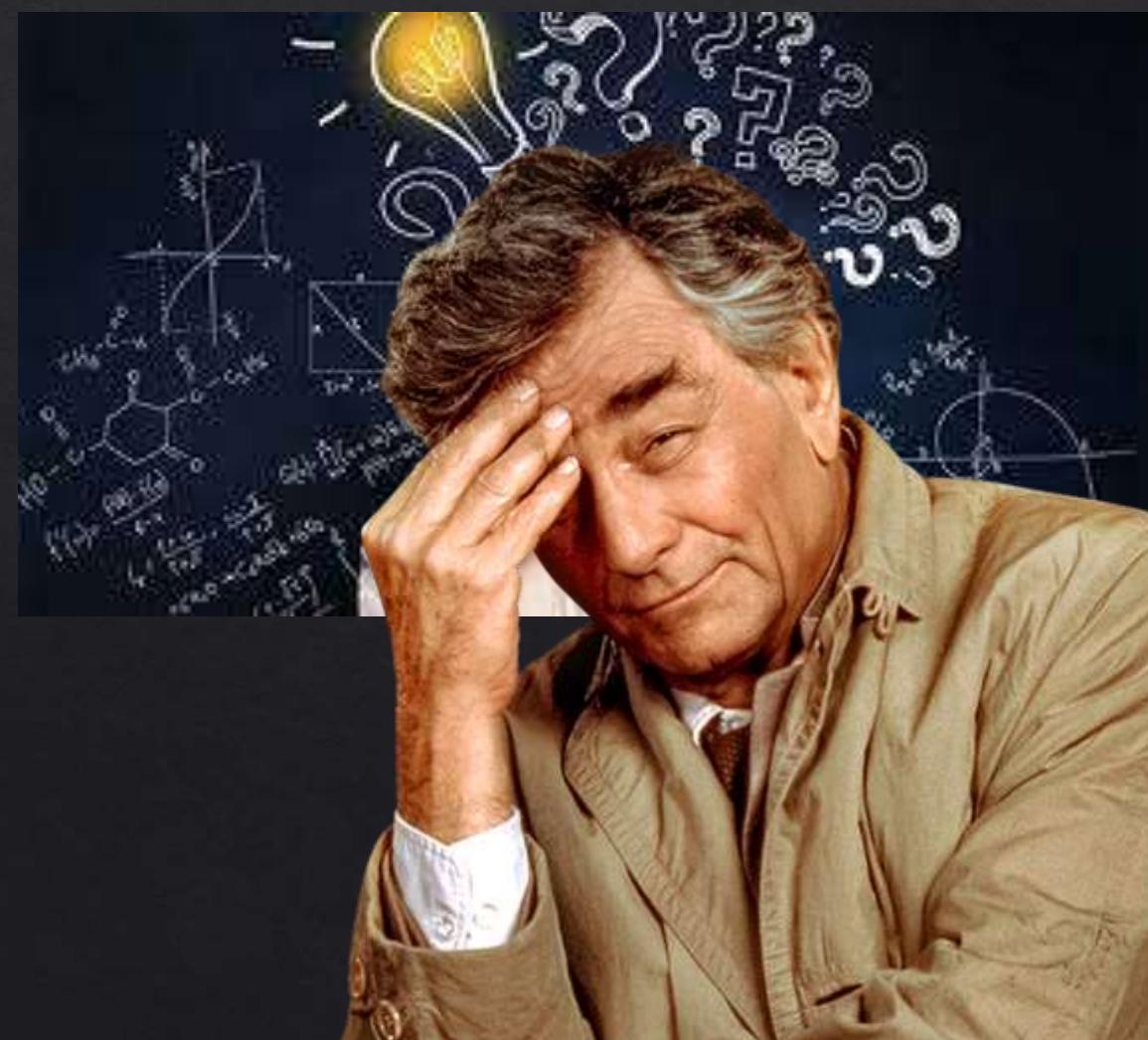


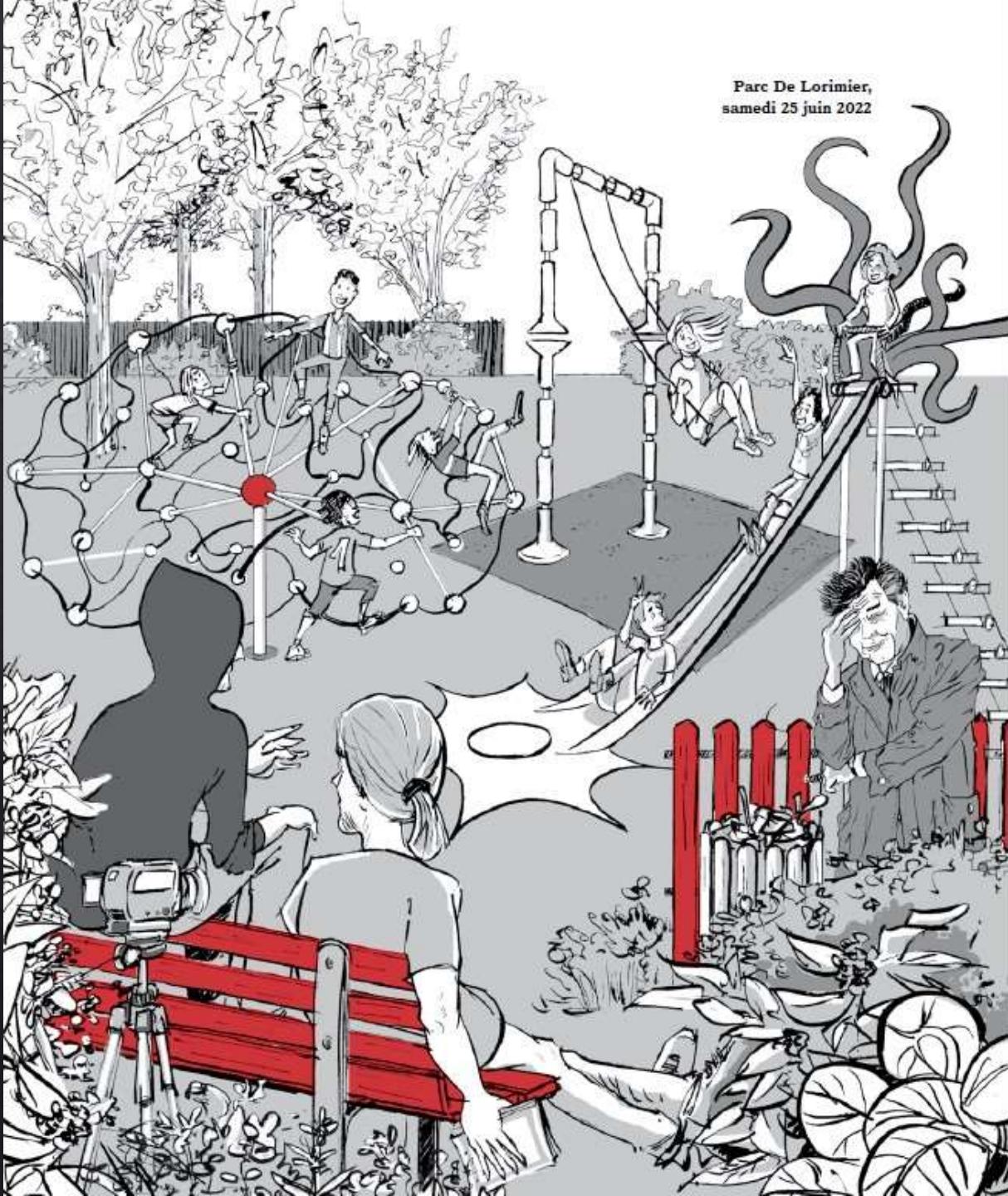


Ce qu'on apprend concrètement (« online »)...



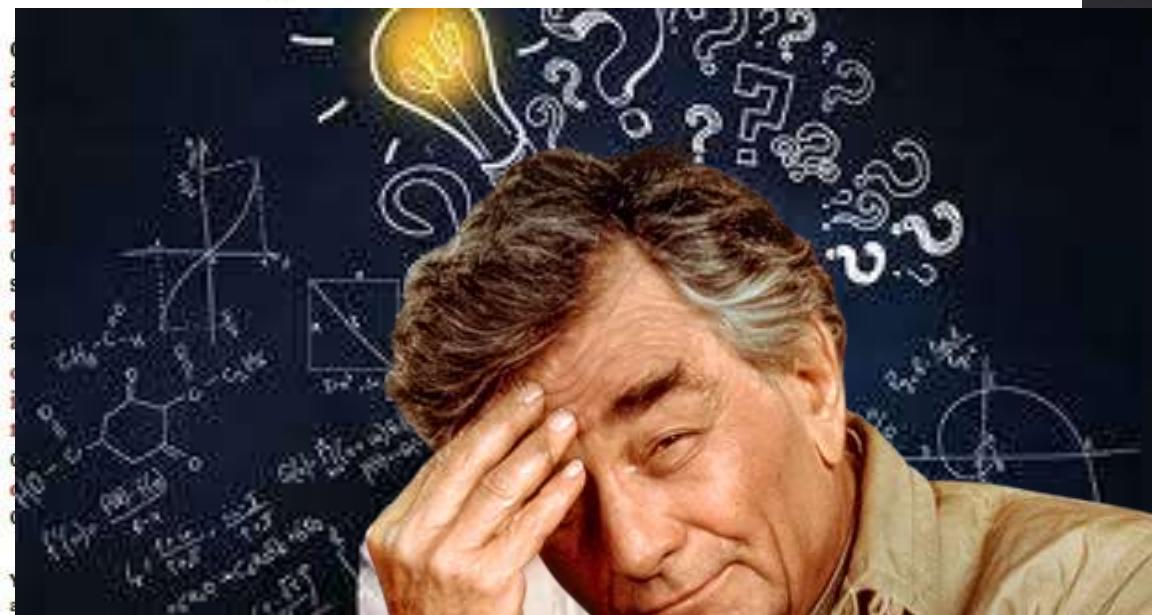
...va rendre possible plus tard une pensée plus abstraite (« offline »).





Parc De Lorimier,
samedi 25 juin 2022

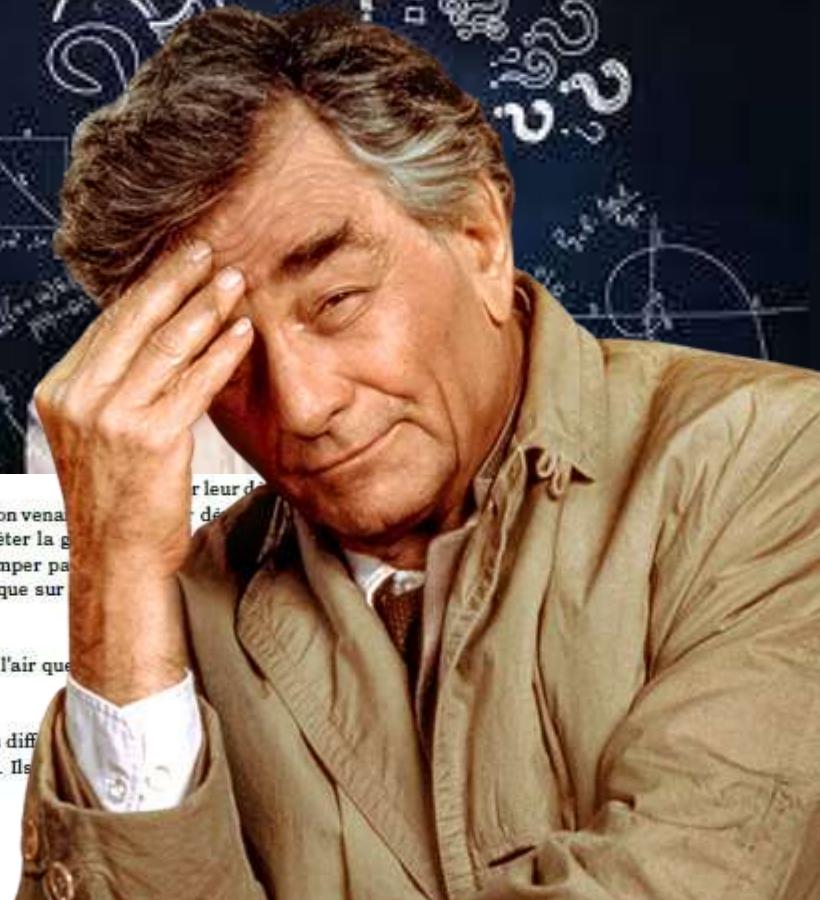
3^e rencontre L'humain découvre la grammaire de base de son système nerveux



BD Nous on habitait pas loin, alors on venait. J'ai tellement vu le mien se péter la gueule dans ces jeux-là ! Il essayait de grimper pas souvent plus sur l'armature du jeu que sur une poubelle comme tel, d'ailleurs !

YDR (rire) Ouais, le mien aussi, ça l'air que comme c'a qu'on apprend !

BD En fait, nos enfants ne sont pas différents des autres animaux. Ils



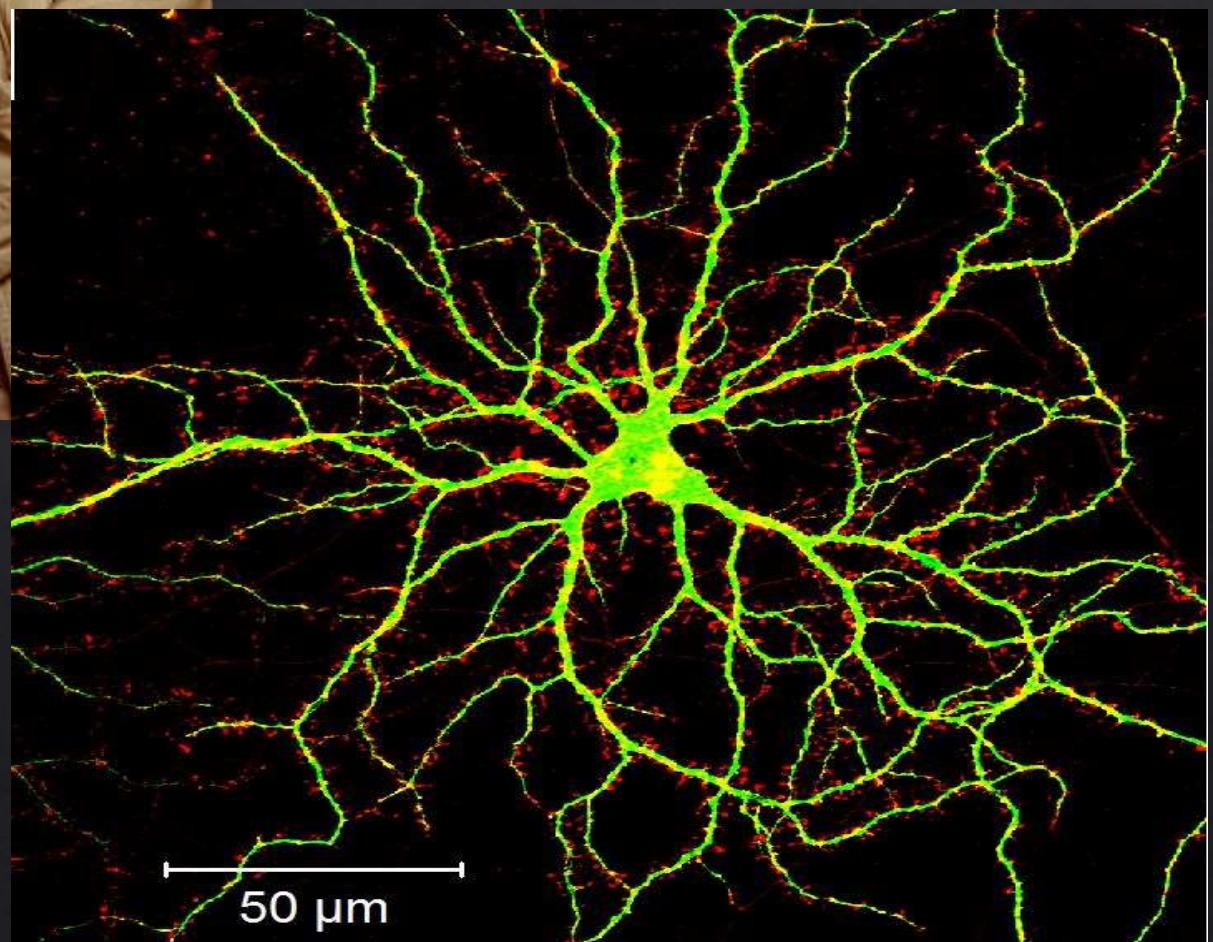
« Le fait qu'une cellule vivante se soit adaptée en une structure capable de recevoir et d'intégrer des données,

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. »

- Dharmendra S. Modha



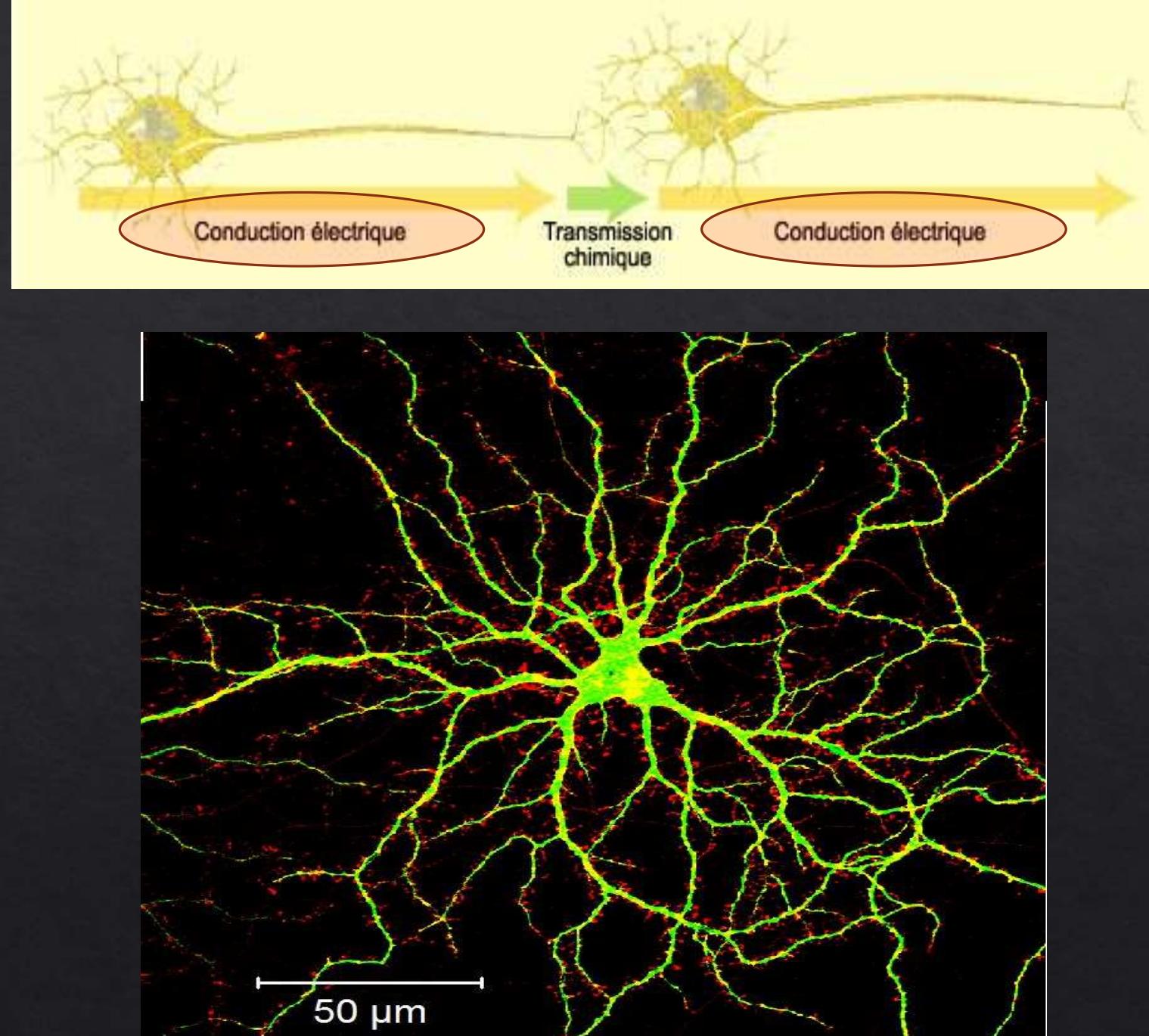
« Le fait qu'une cellule vivante se soit adaptée en une structure capable de recevoir et d'intégrer des données,

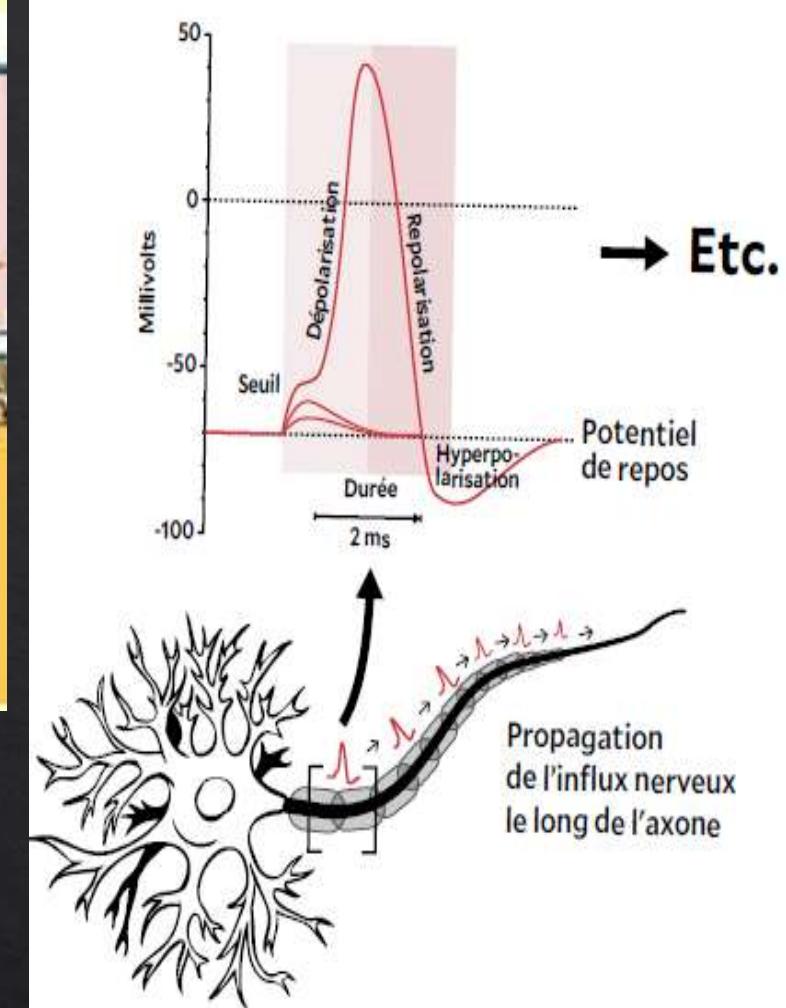
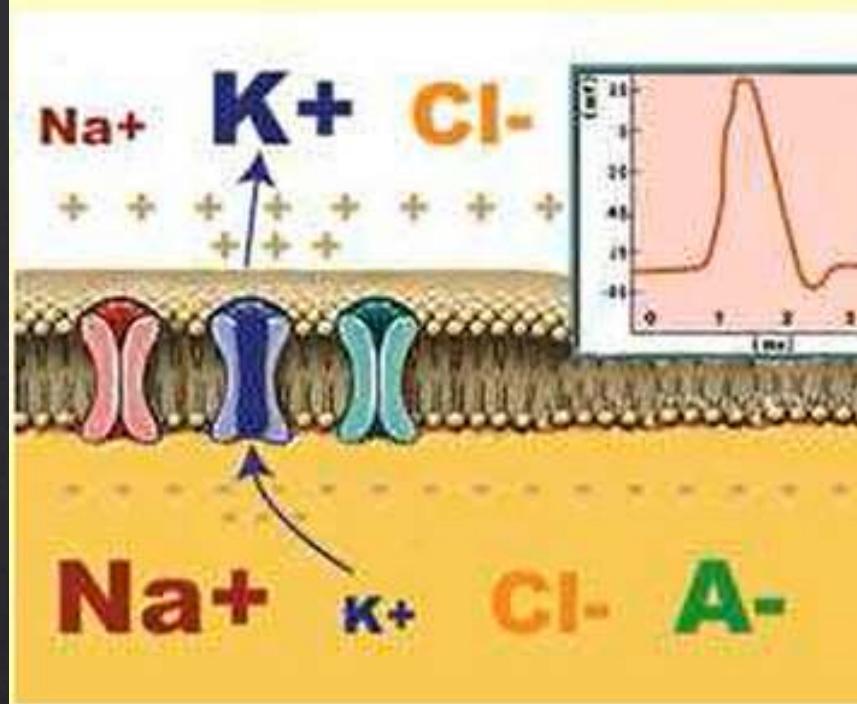
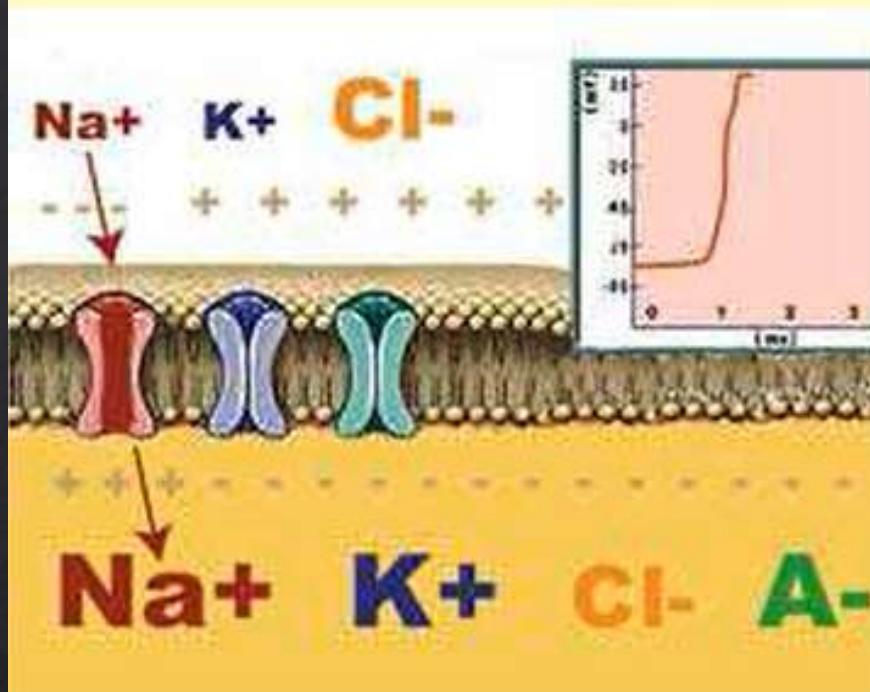
de prendre des décisions fondées sur ces données,

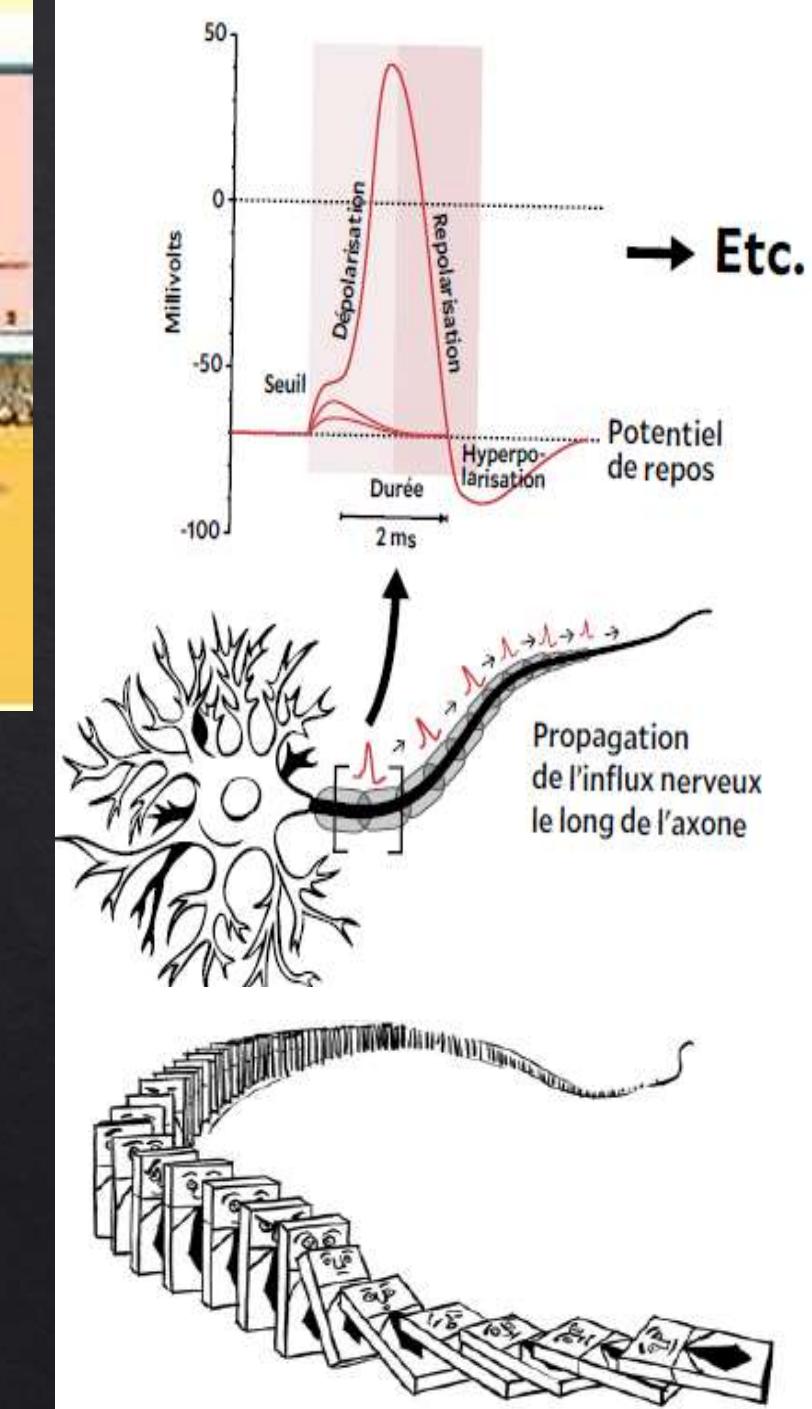
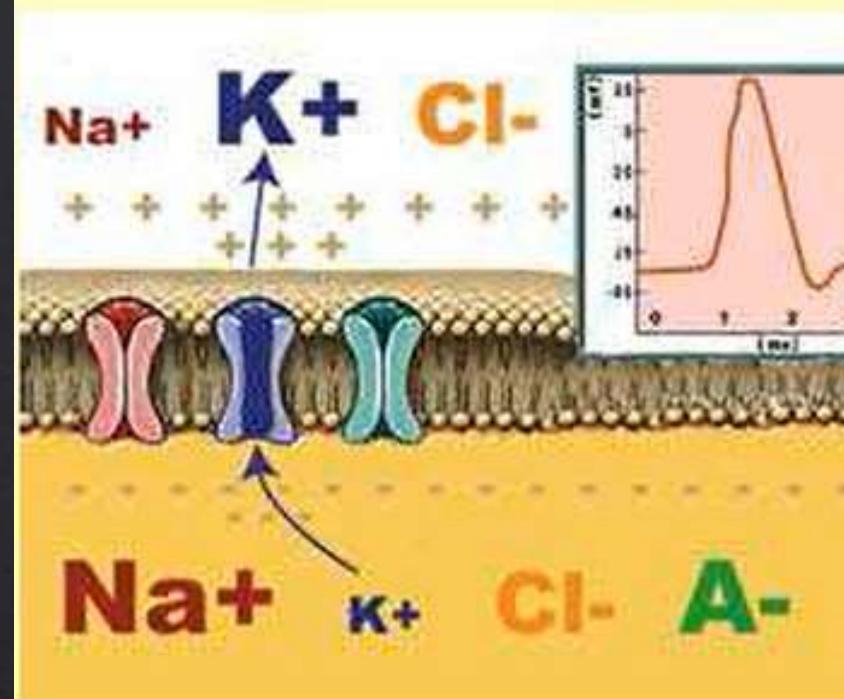
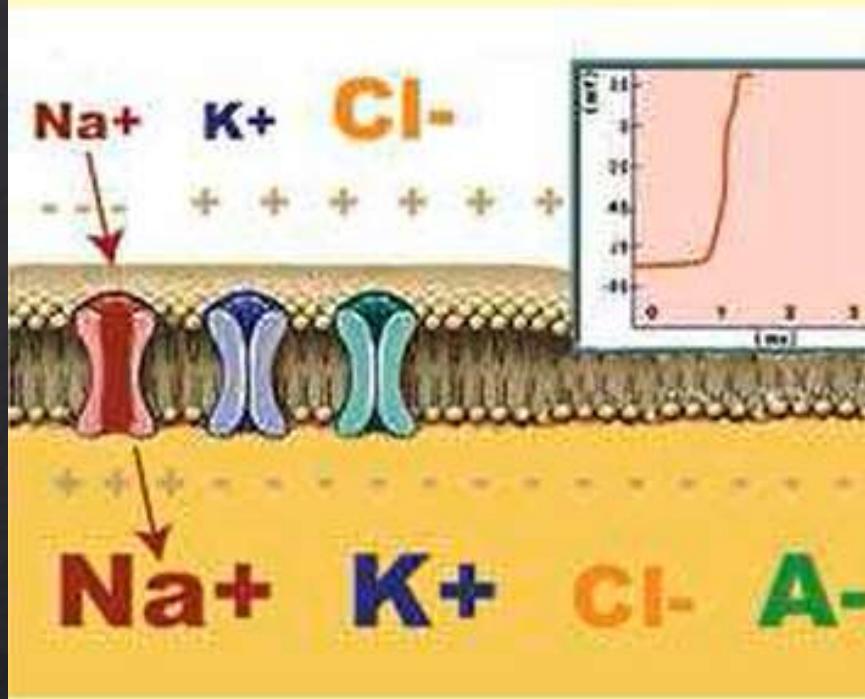
et d'envoyer des signaux aux autres cellules en fonction du résultat de cette intégration

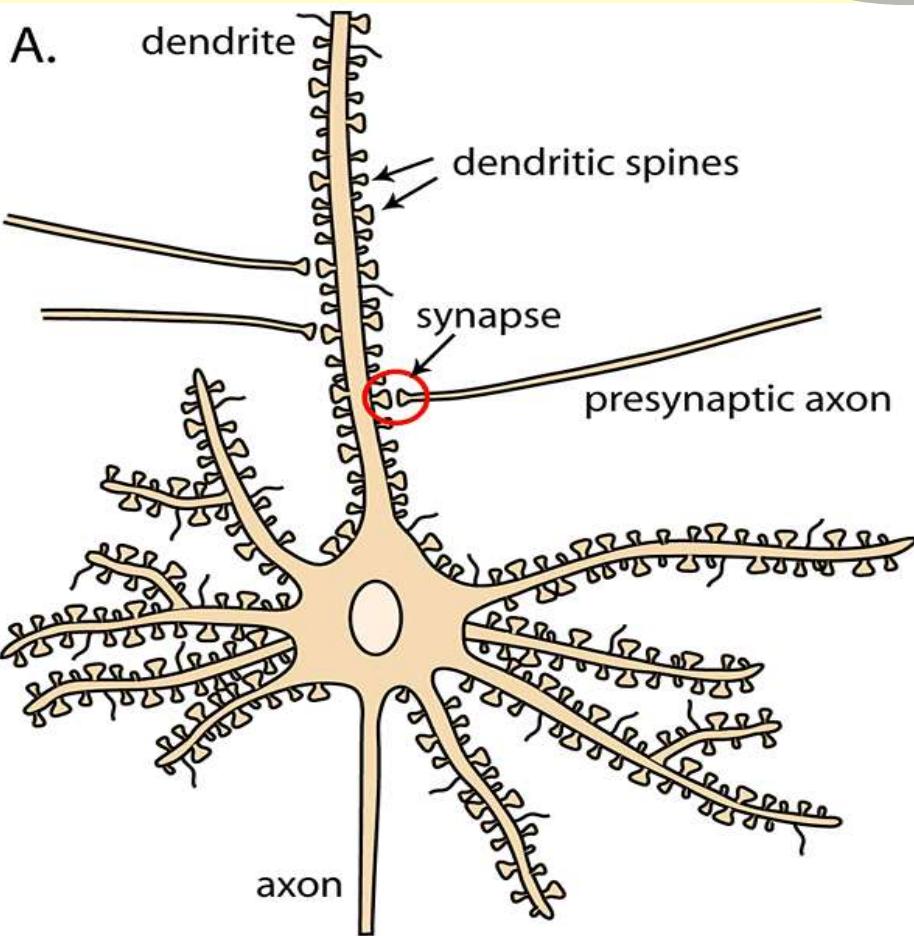
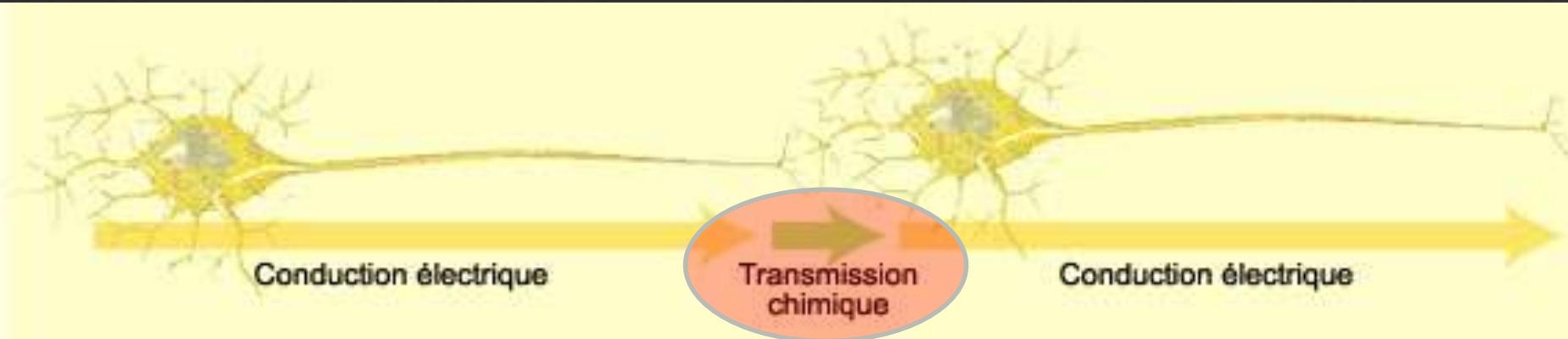
est un exploit remarquable de l'évolution. »

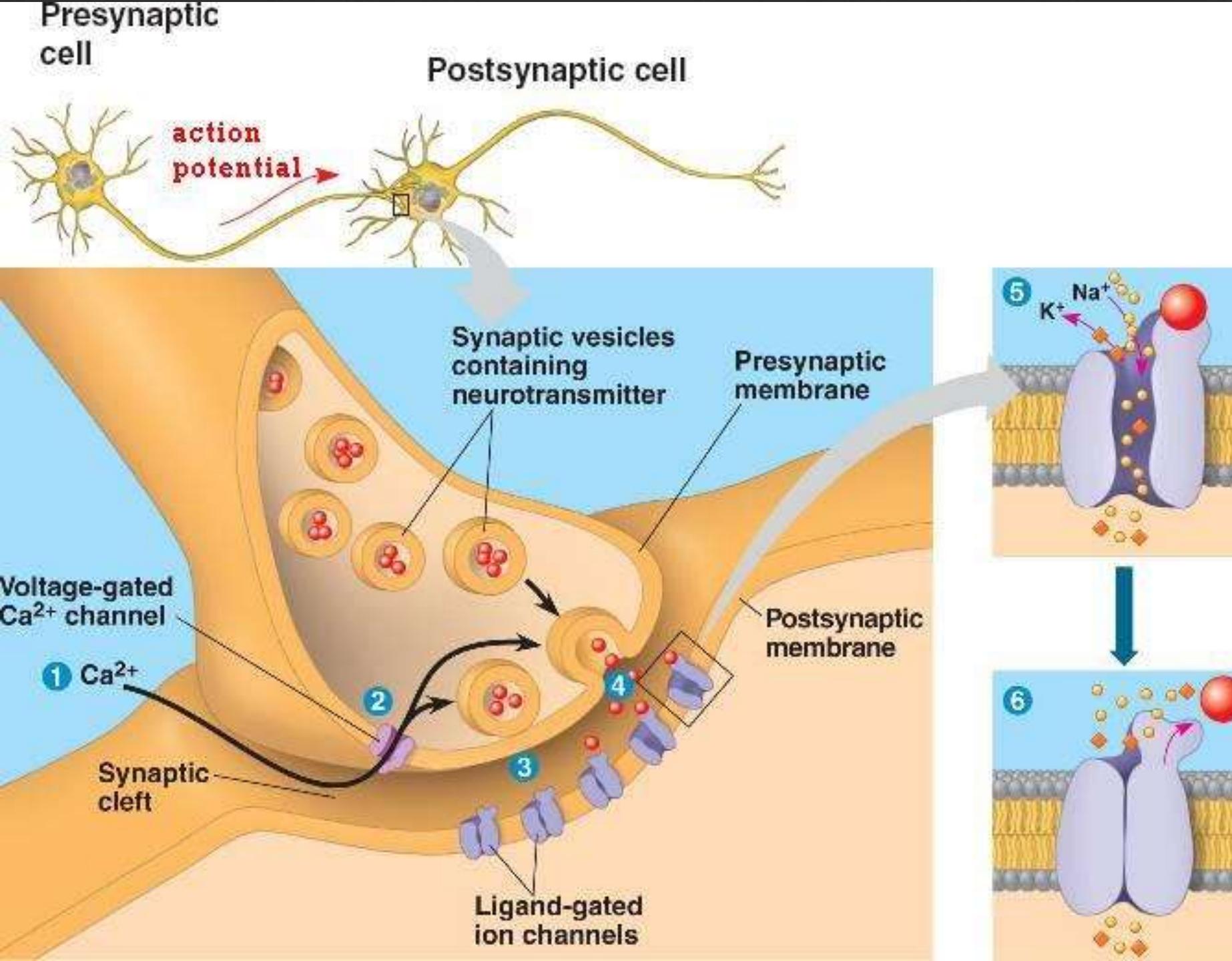
- Dharmendra S. Modha

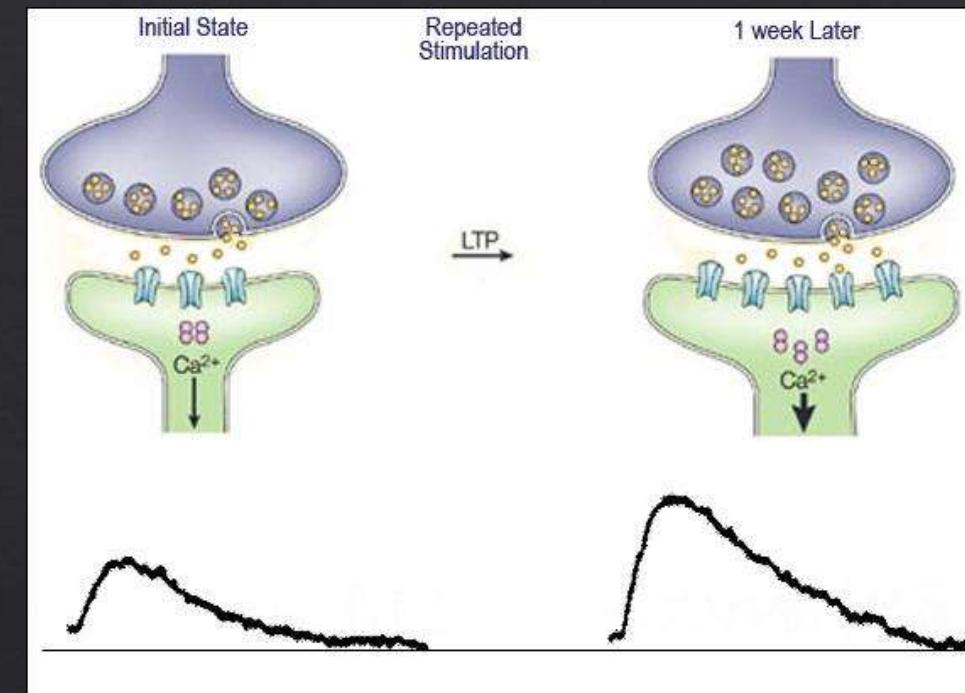
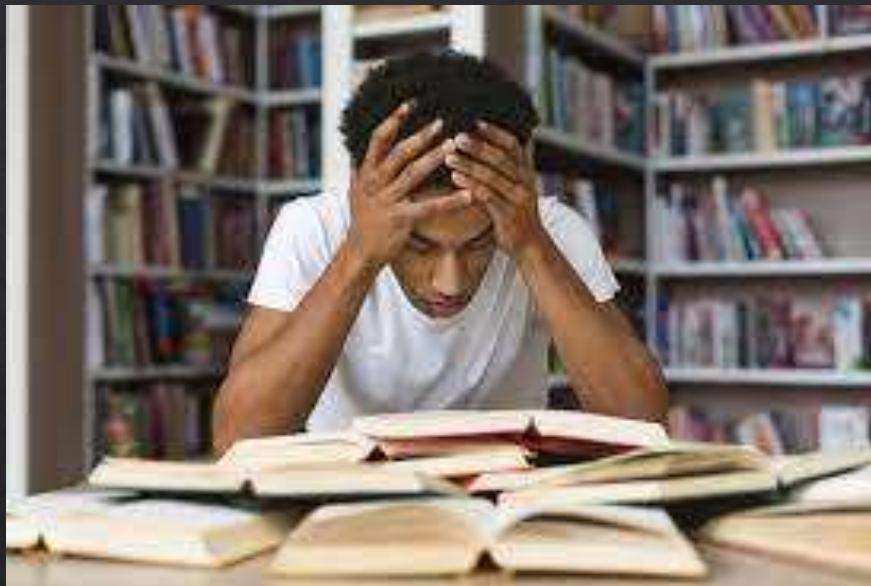


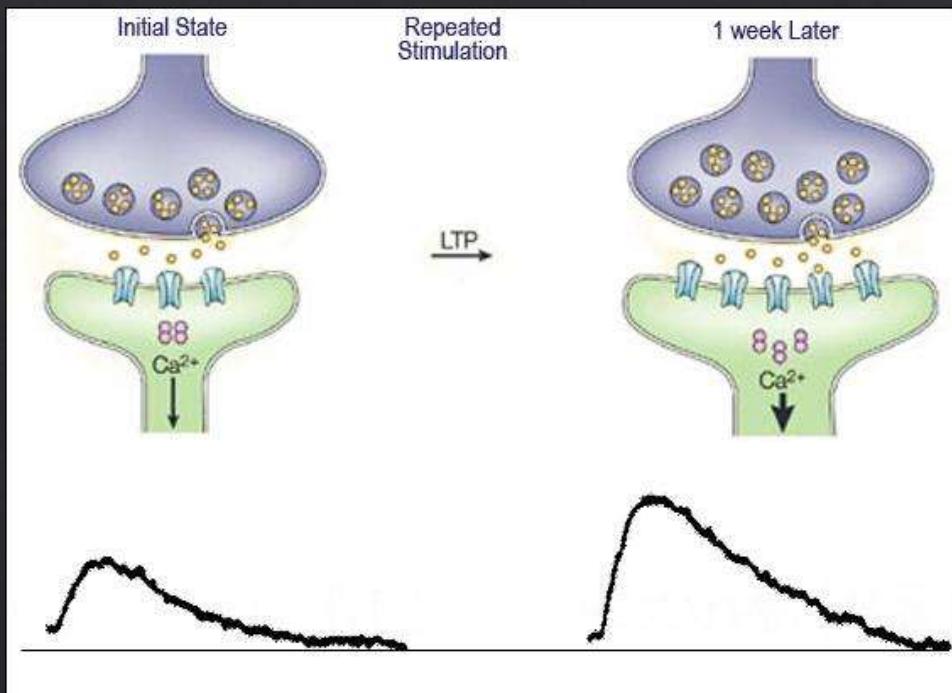
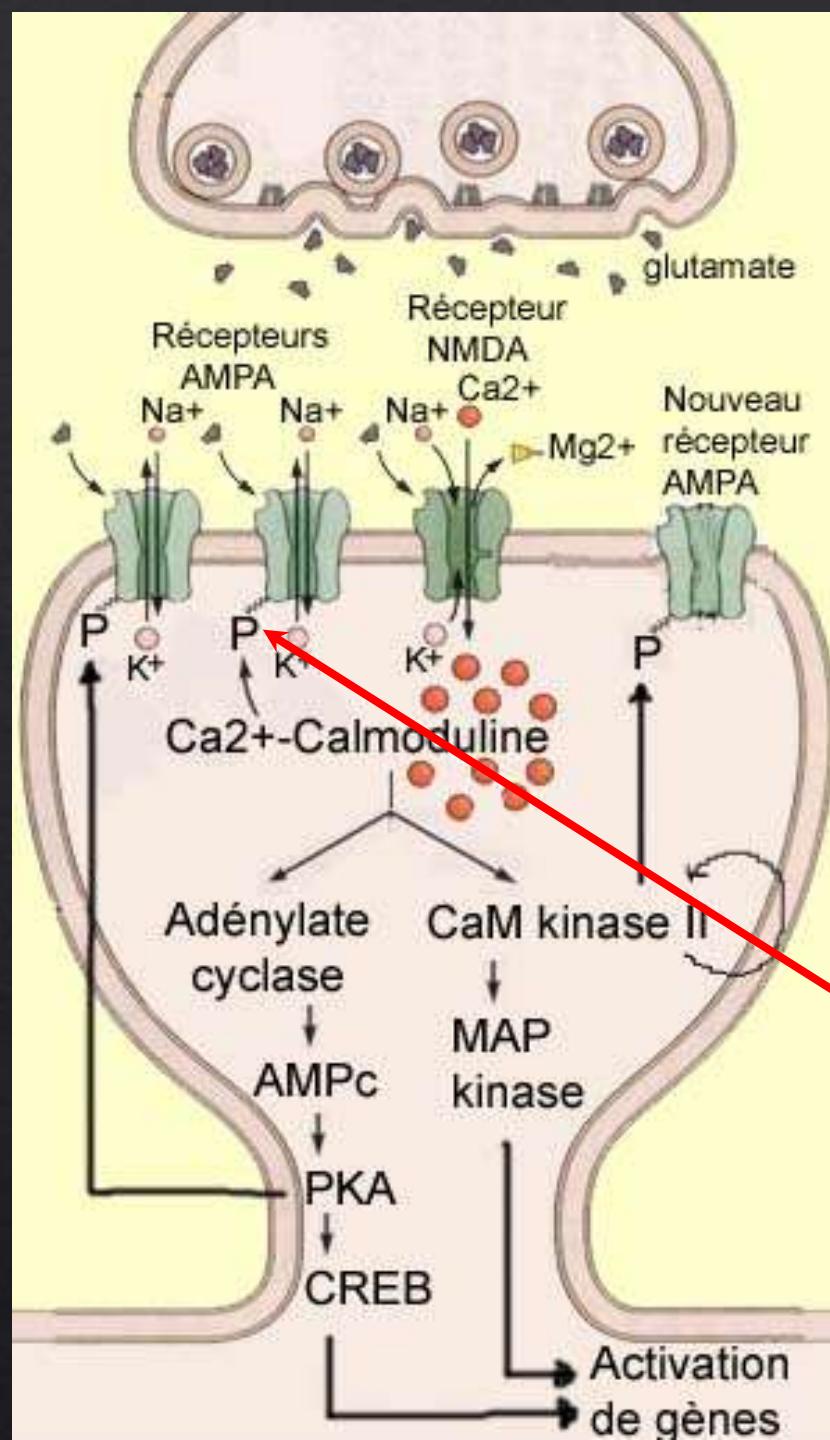






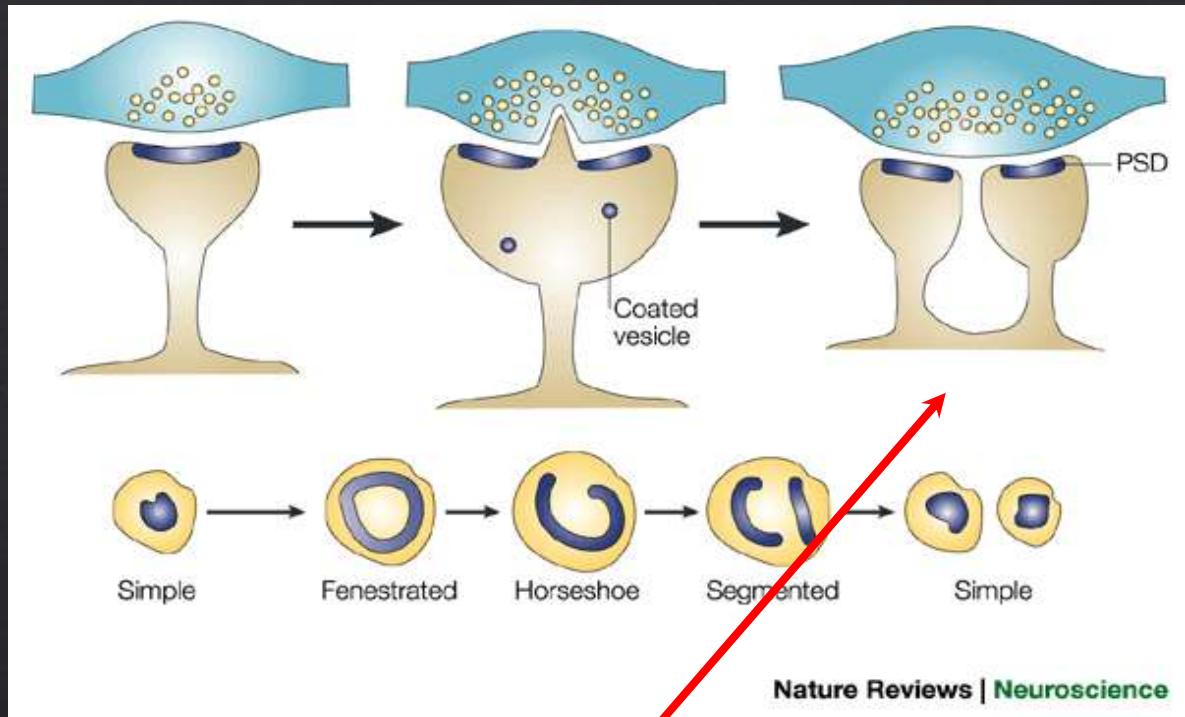
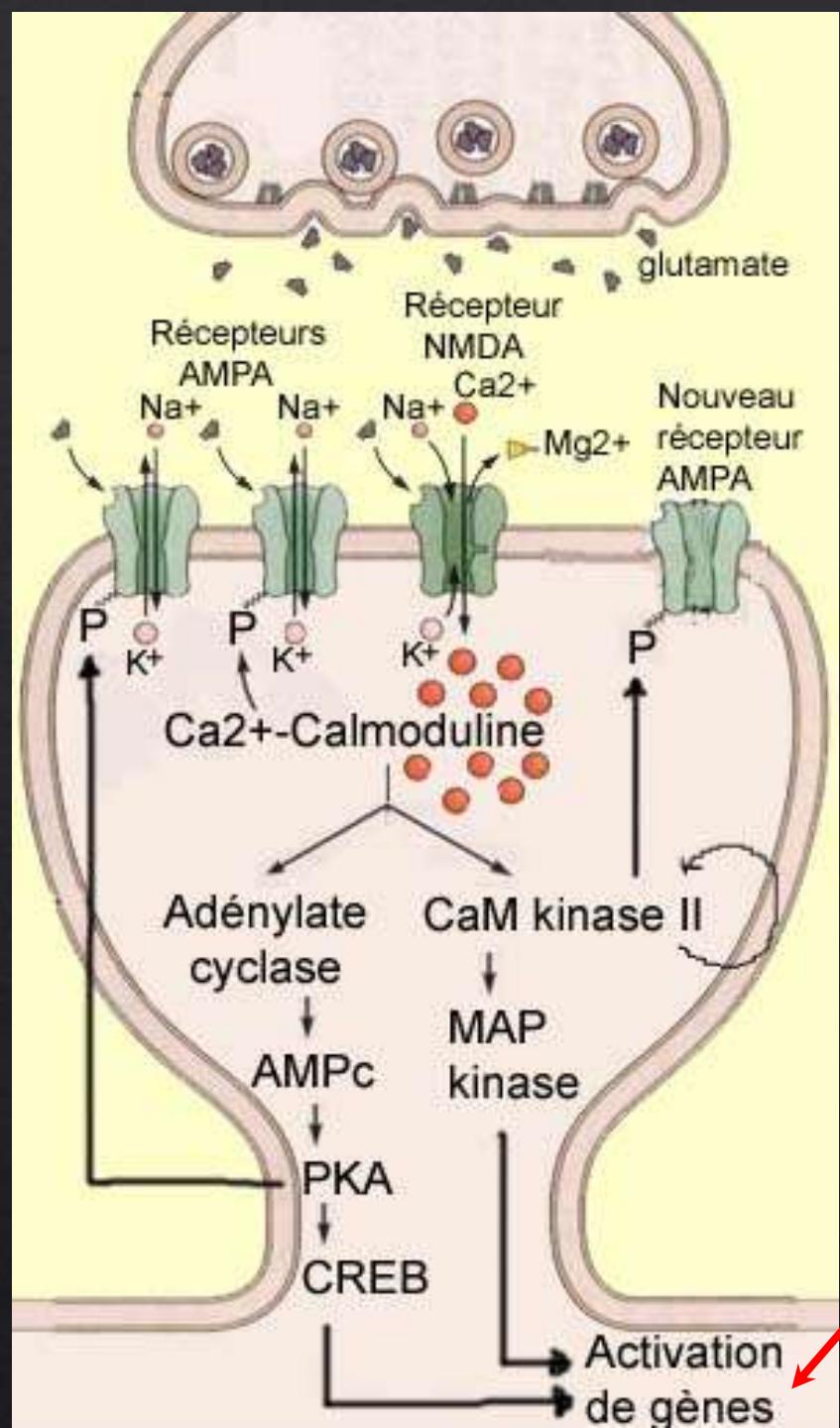






Ordre de grandeur temporelle :

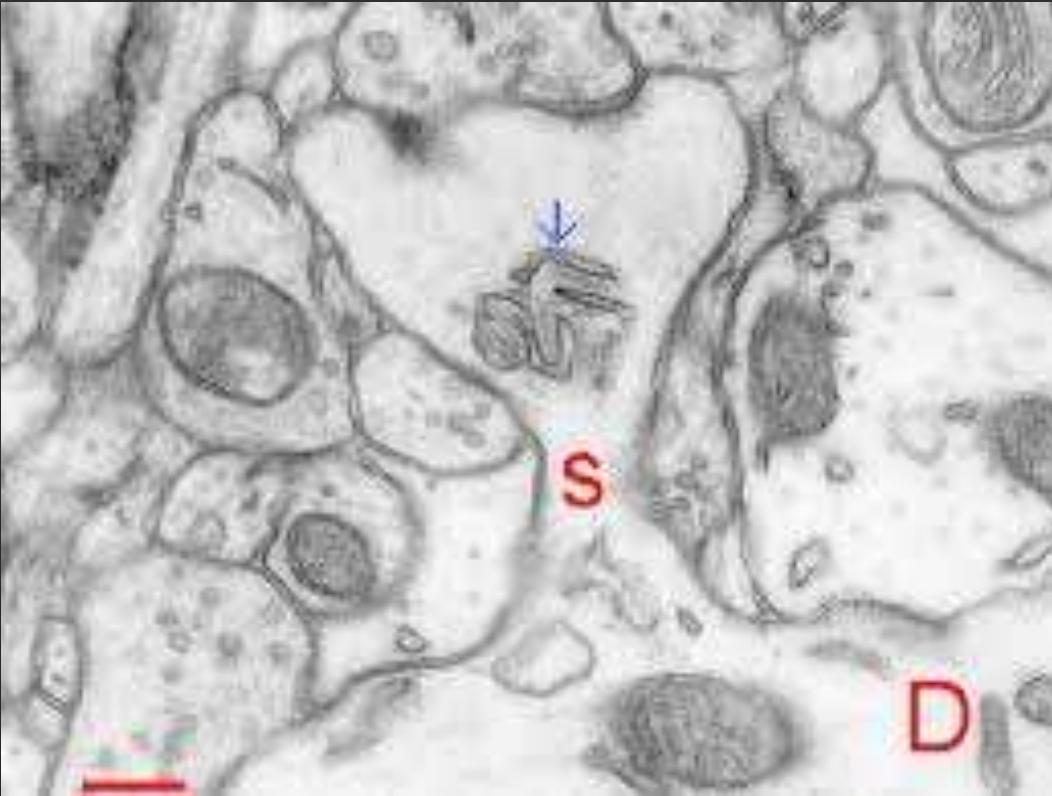
Minutes ou heures



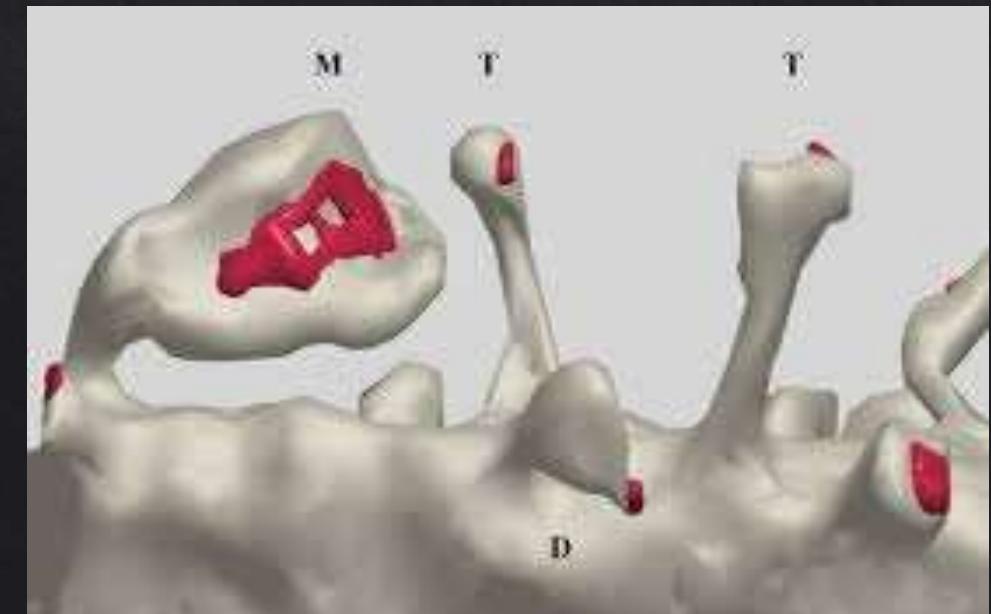
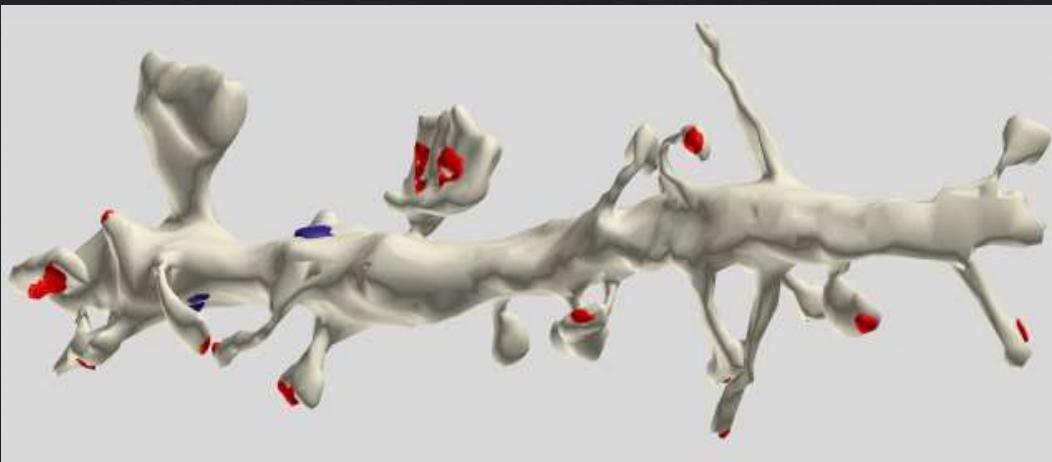
Ordre de grandeur temporelle :

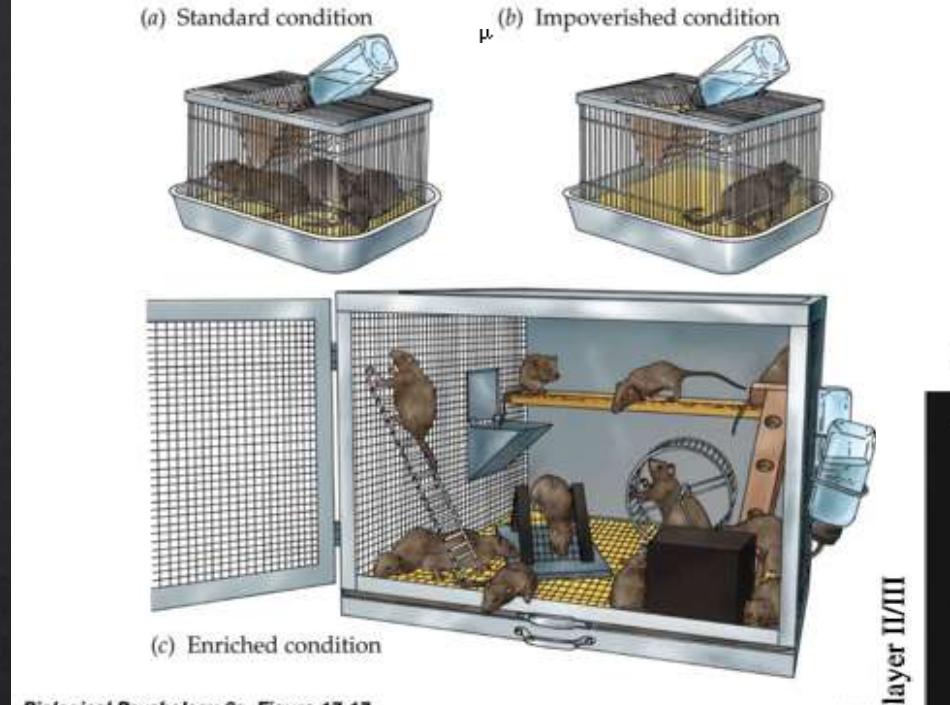
Minutes ou heures

Jour ou plus



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

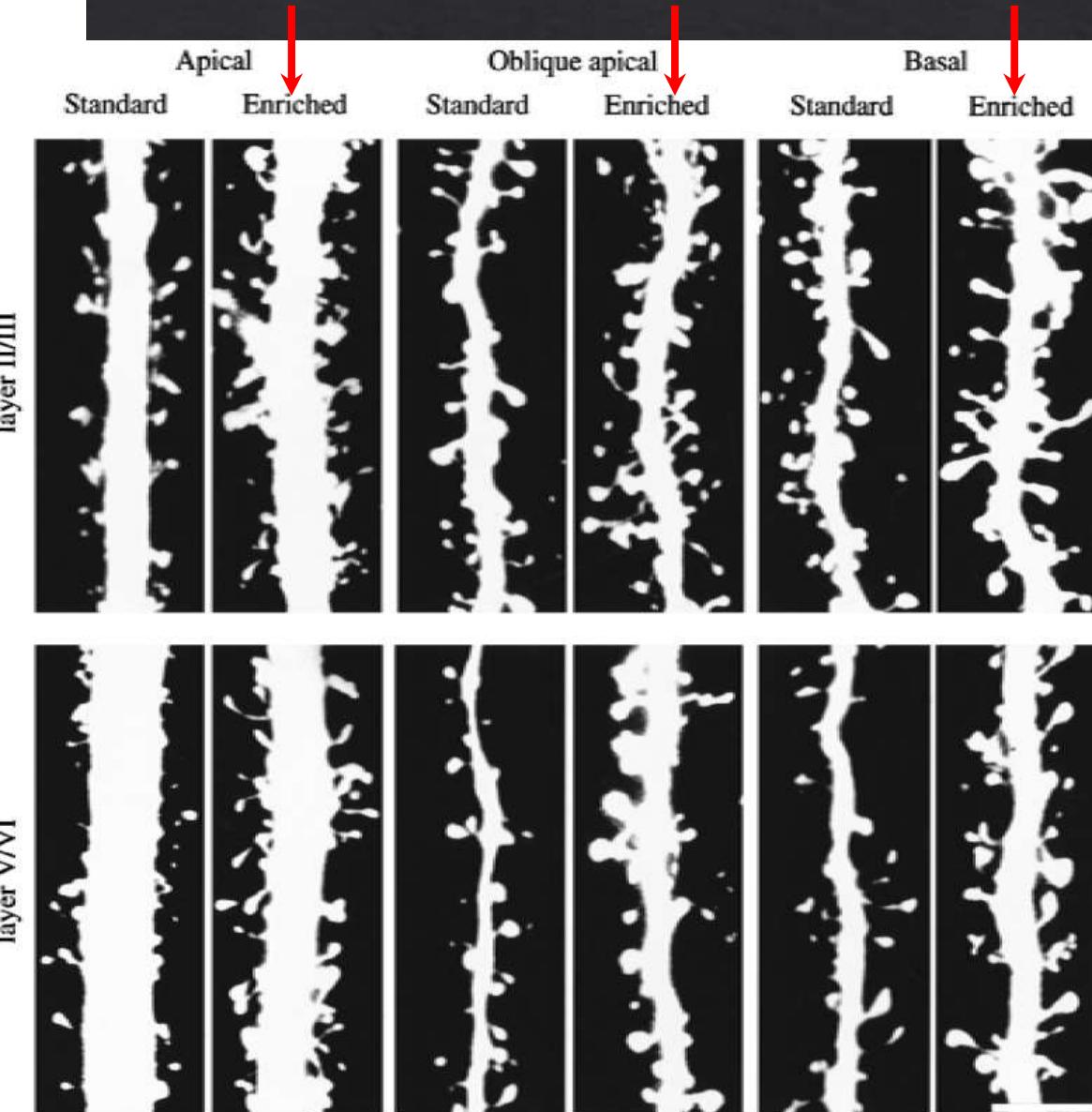




Biological Psychology 6e, Figure 17.17

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

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.



Changes in grey matter induced by training

Nature, 2004

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

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

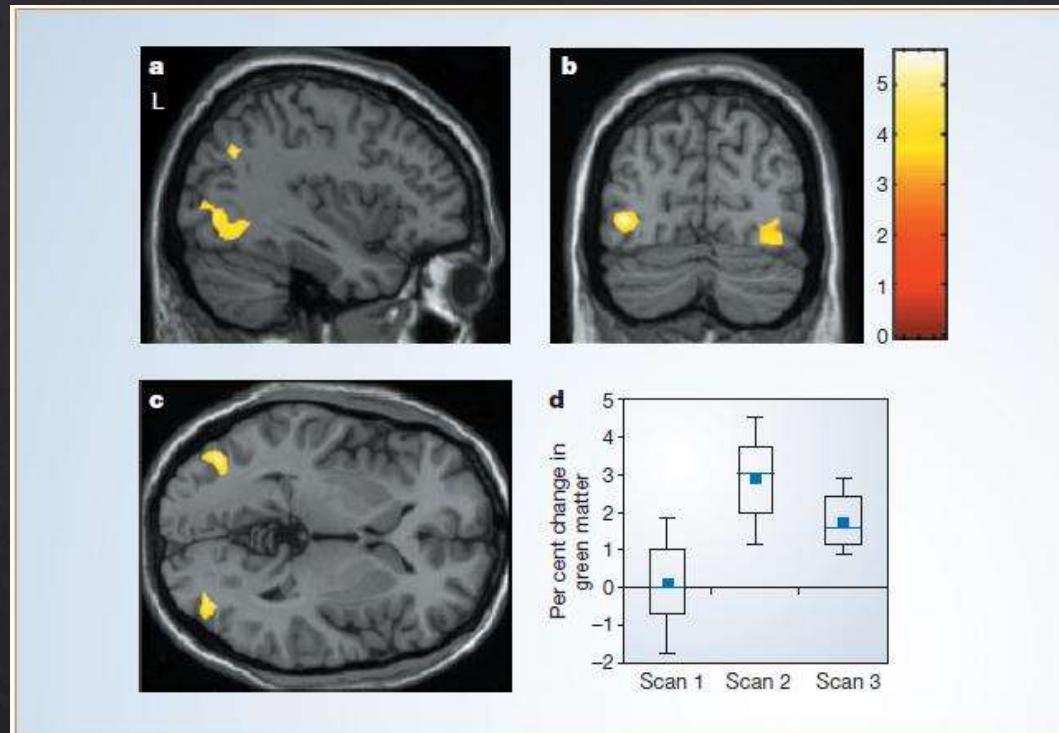
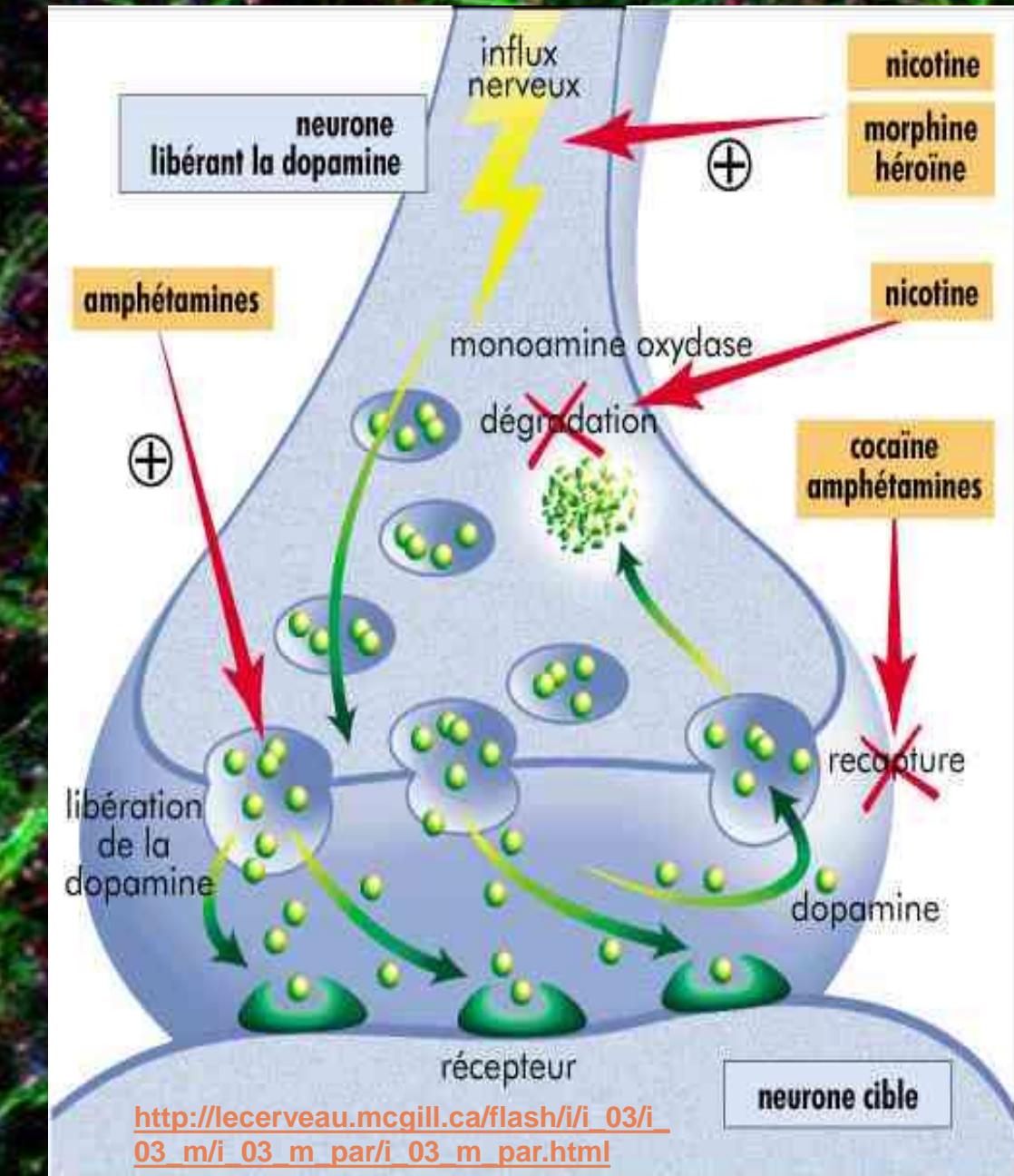
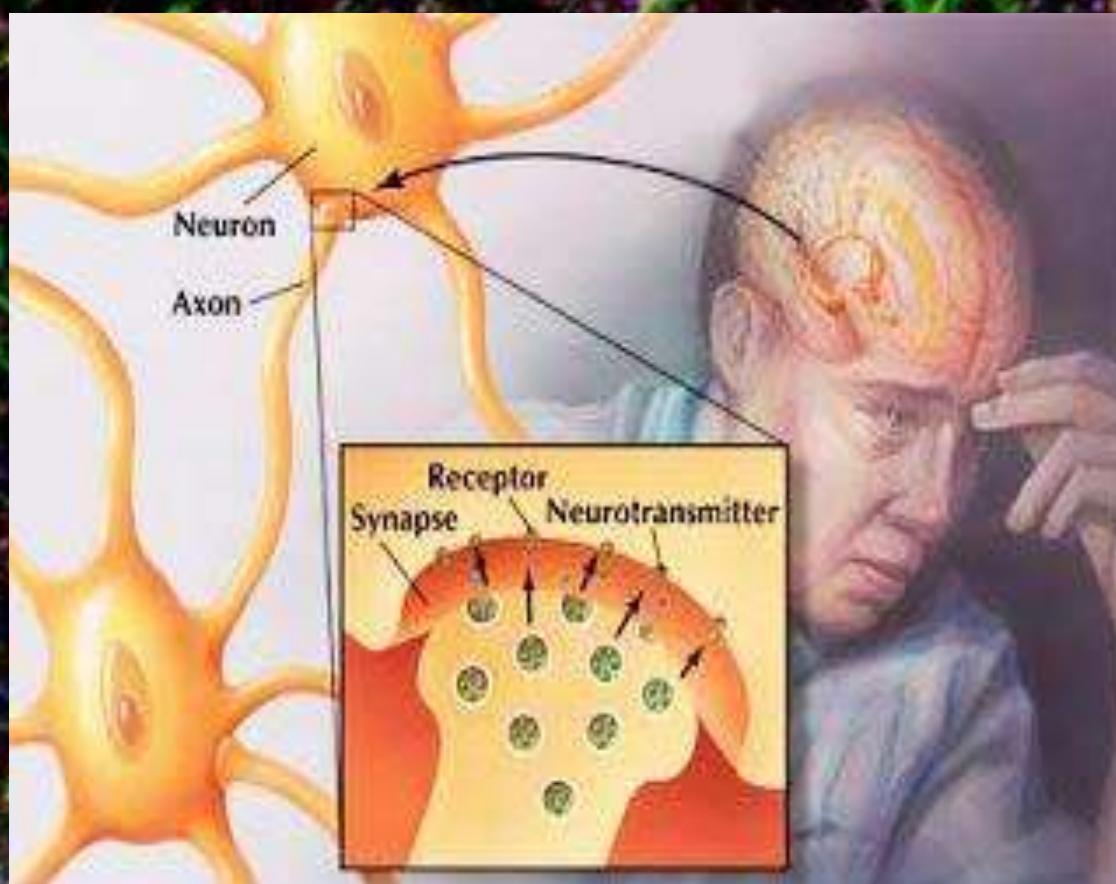


Figure 1 Transient changes in brain structure induced while learning to juggle. **a–c**, Statistical parametric maps showing the areas with transient structural changes in grey matter for the jugglers group compared with non-juggler controls. **a**, Sagittal view; **b**, coronal view; **c**, axial view.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

NATURE | VOL 427 | 22 JANUARY 2004 | www.nature.com/nature

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

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





« 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,

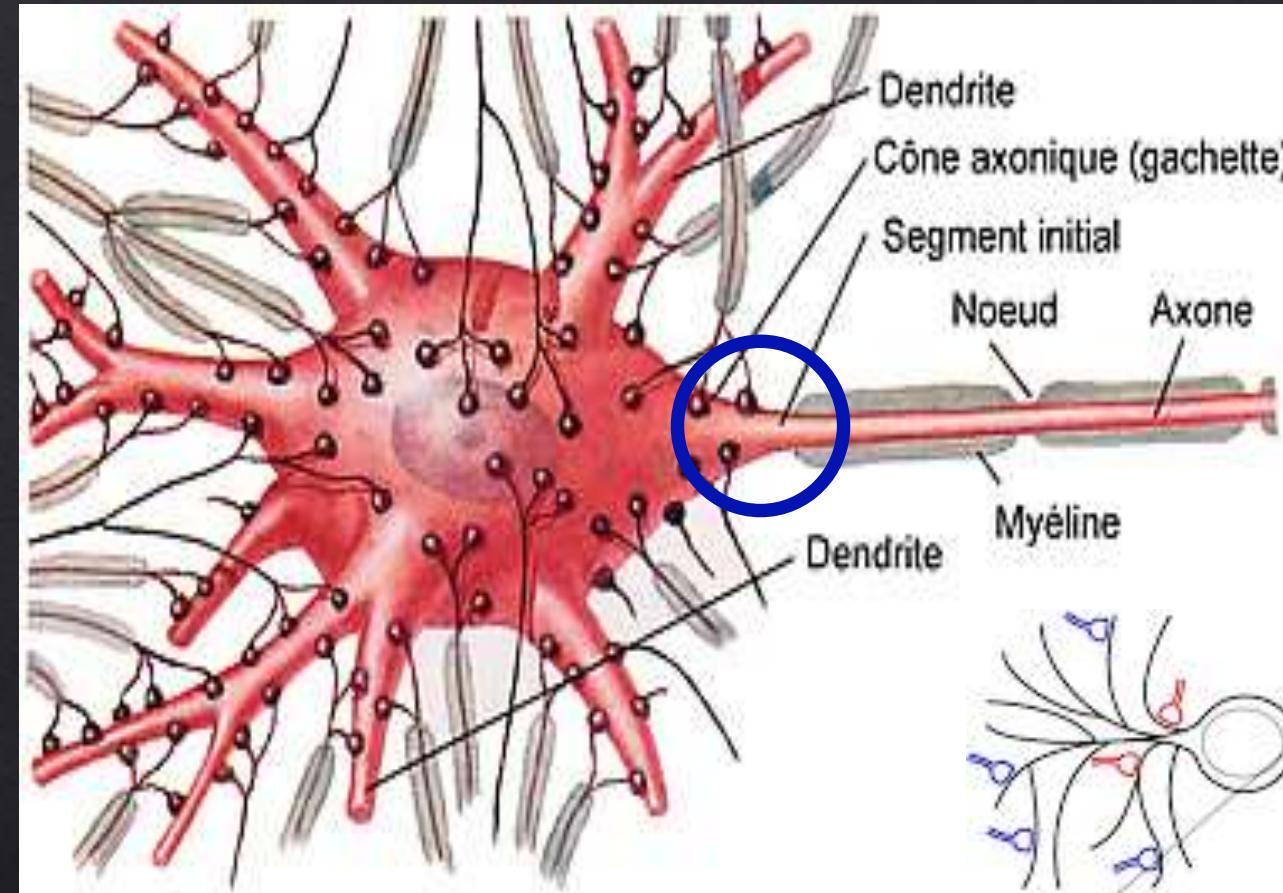
et **d'envoyer des signaux** aux autres cellules en fonction du résultat de cette *intégration*

est un exploit remarquable de l'évolution. »

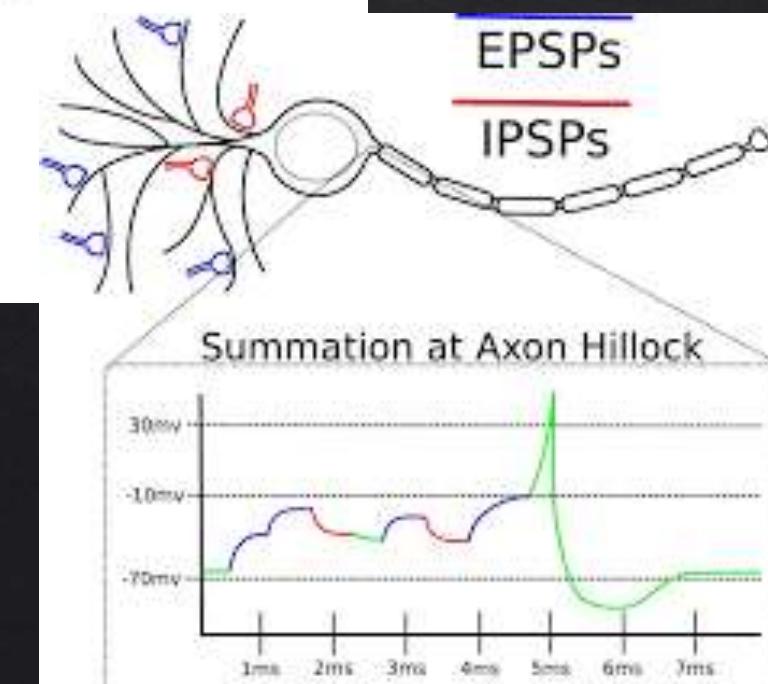
- Dharmendra S. Modha

De petits potentiels excitateurs ou inhibiteurs sont donc **constamment générés** sur les dendrites et le corps cellulaire du neurone et leur intensité diminue avec la distance

(phénomène passif contrairement au potentiel d'action).



Mais ! Cela amène la possibilité de **sommation ou d'intégration** de leurs effets **excitateurs ou inhibiteurs**.



Et à tout moment, si cette intégration amène le potentiel de membrane au-delà d'un certain seuil dans la **zone gâchette du début de l'axone**, alors il y a déclenchement d'un potentiel d'action dans le second neurone.

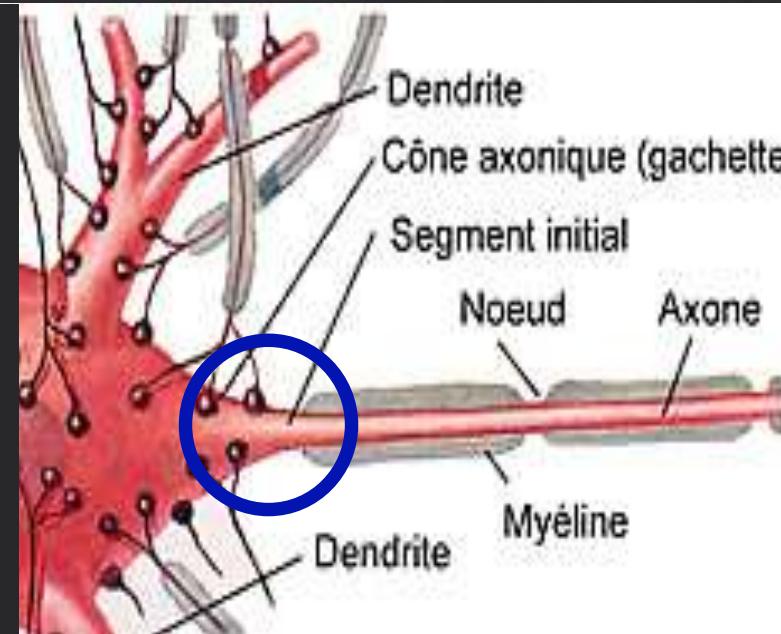
« Le fait qu'une cellule vivante se soit adaptée en une structure capable de recevoir et d'intégrer des données,

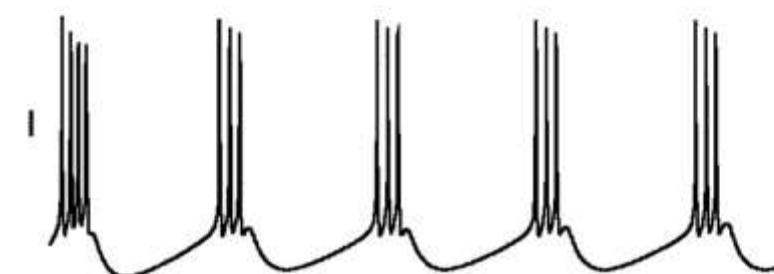
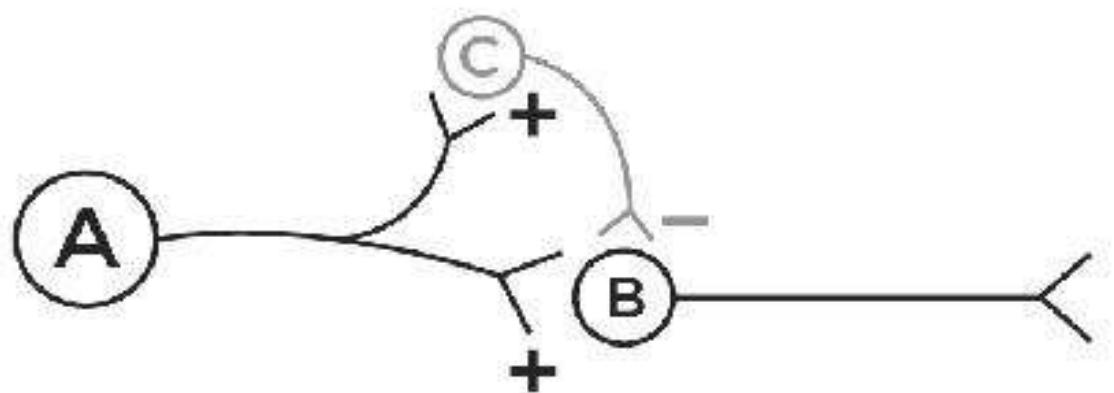
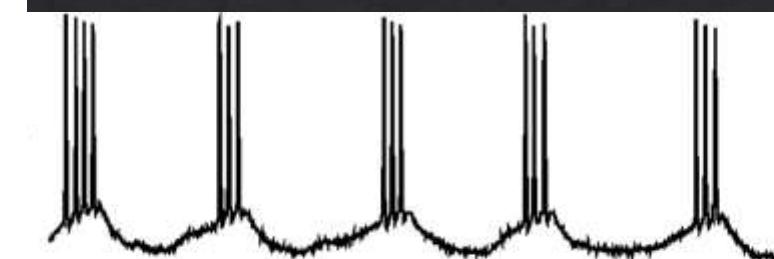
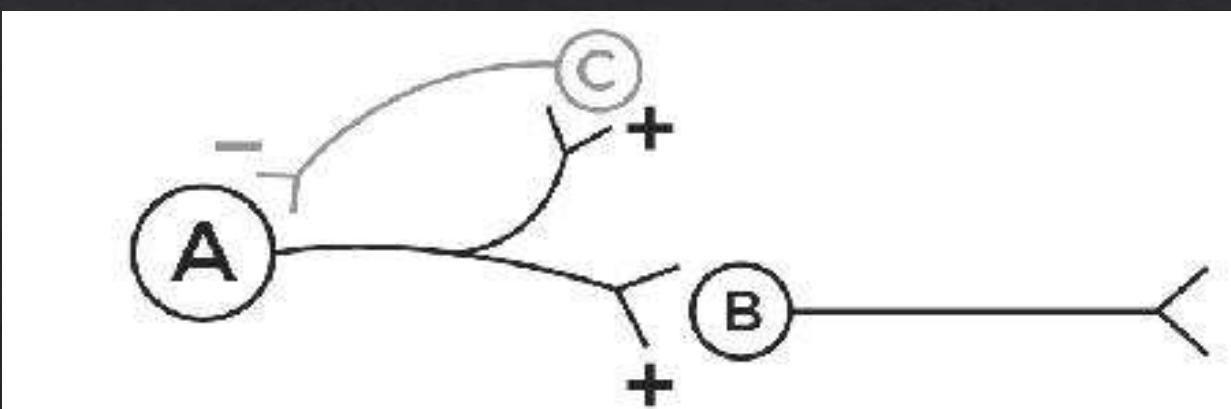
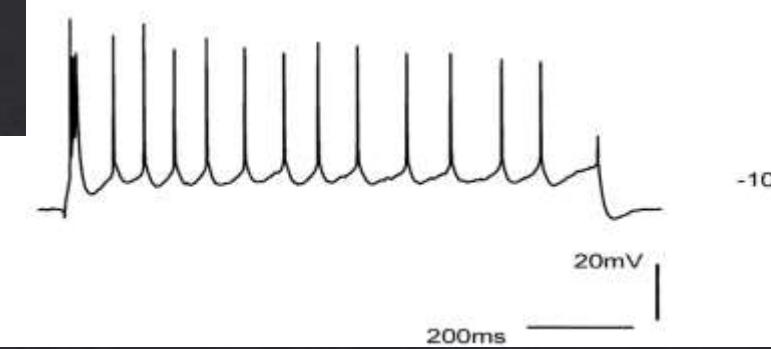
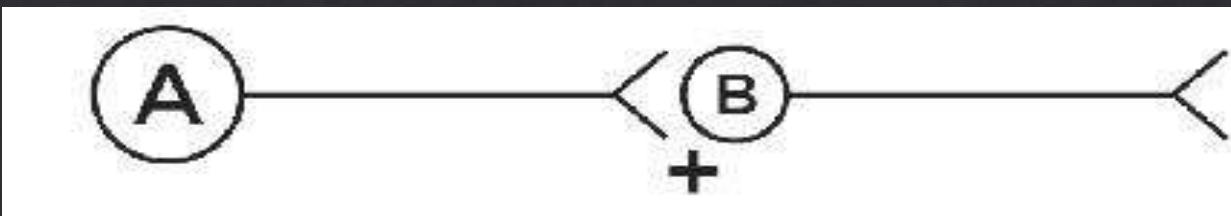
de prendre des décisions fondées sur ces données,

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

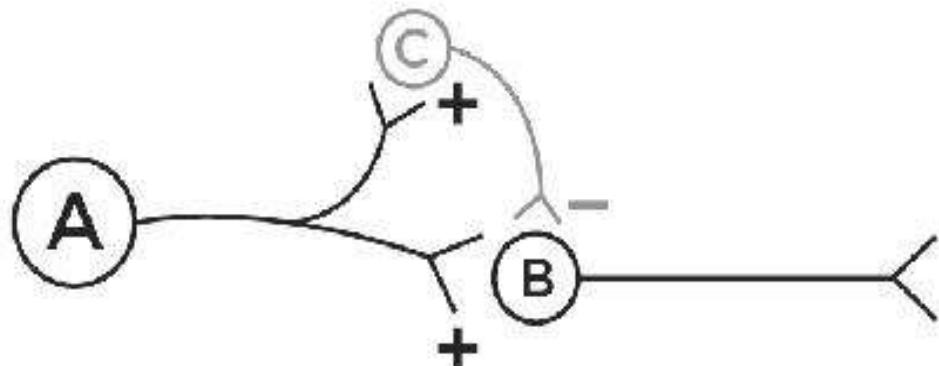
est un exploit remarquable de l'évolution. »

- Dharmendra S. Modha

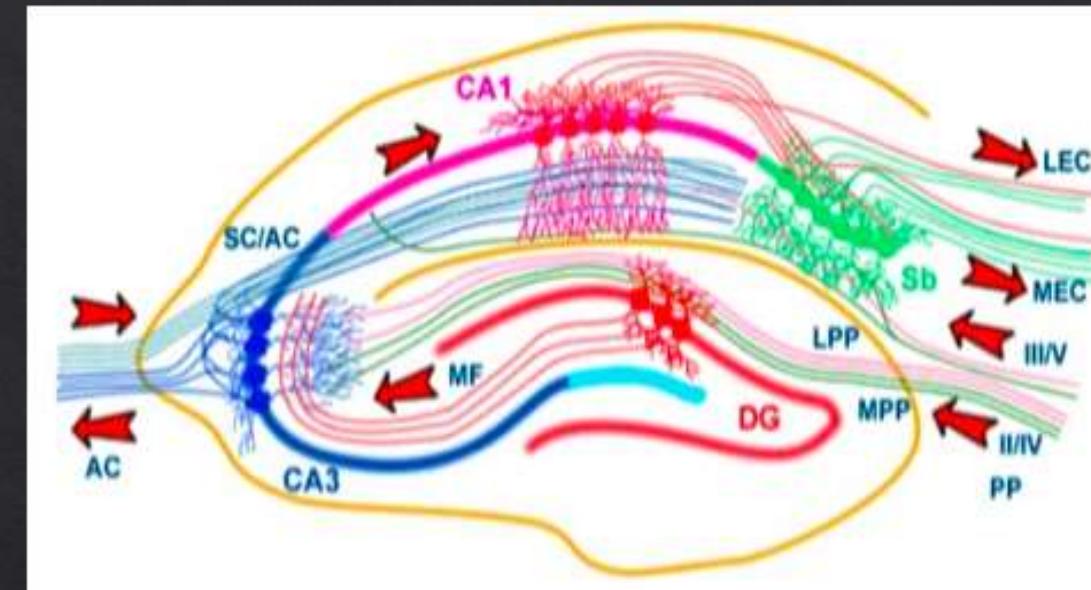




Deux manières d'augmenter le **contraste temporel** (« temporal sharpening »)

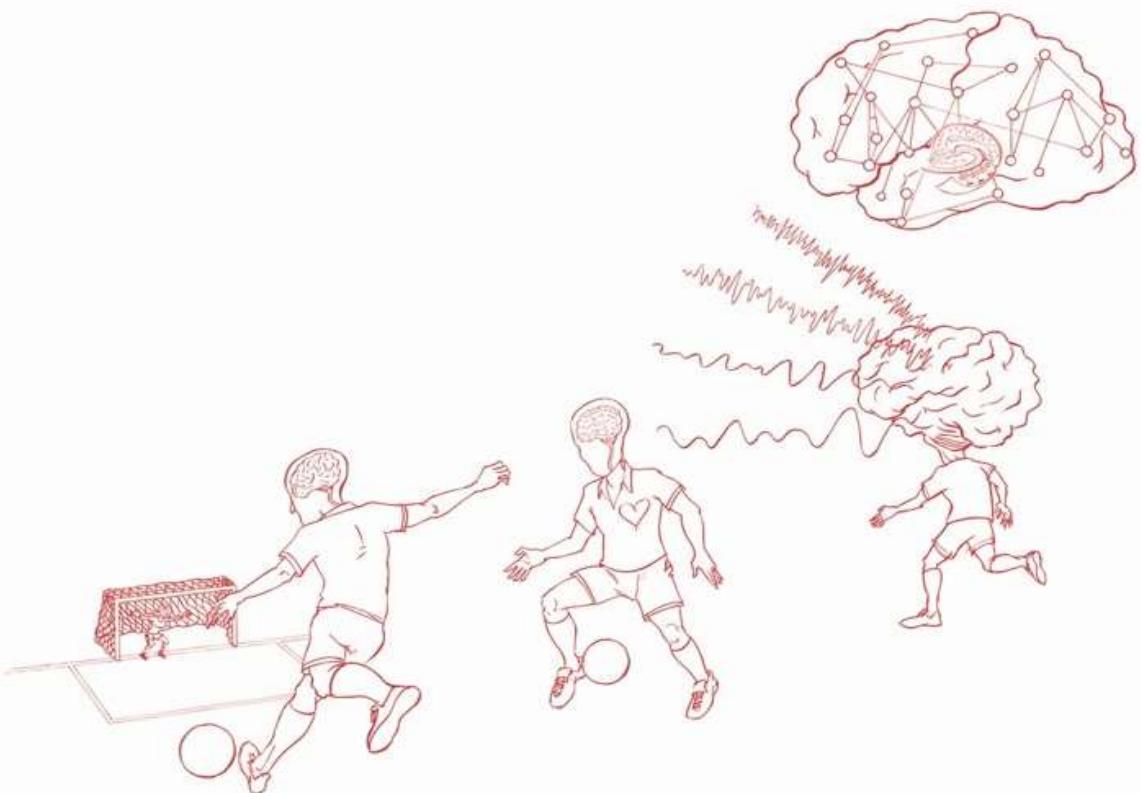
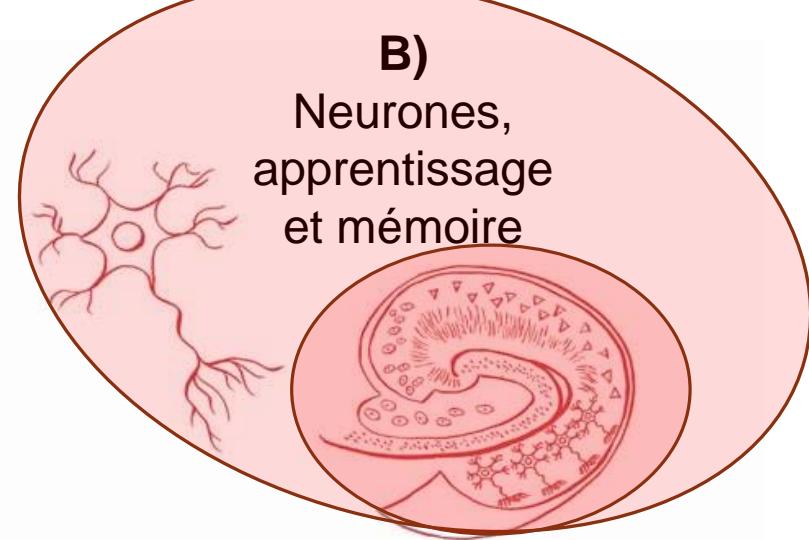
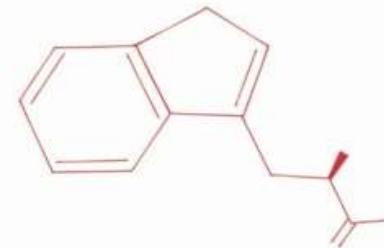
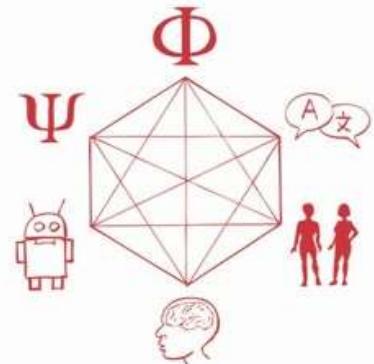


On va maintenant passer de quelques neurones...



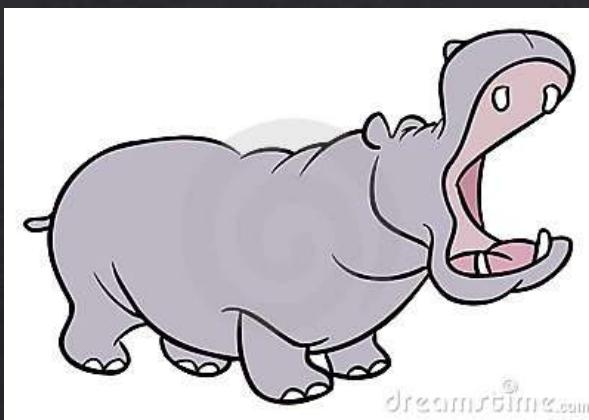
...à des circuits de millions de neurones
dans des structures (comme l'hippocampe)

Plan des 3 séances

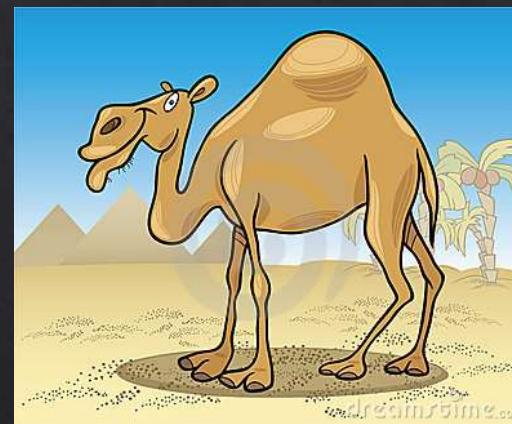


2 petits tests de mémoire pour après la pause.

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





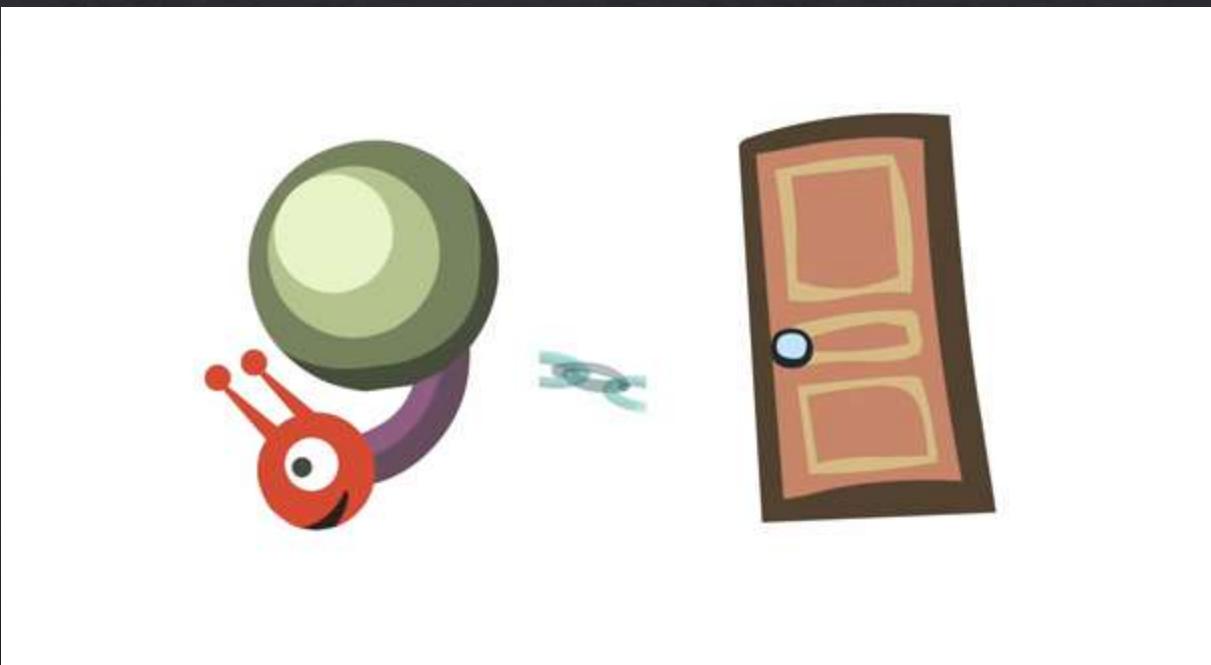


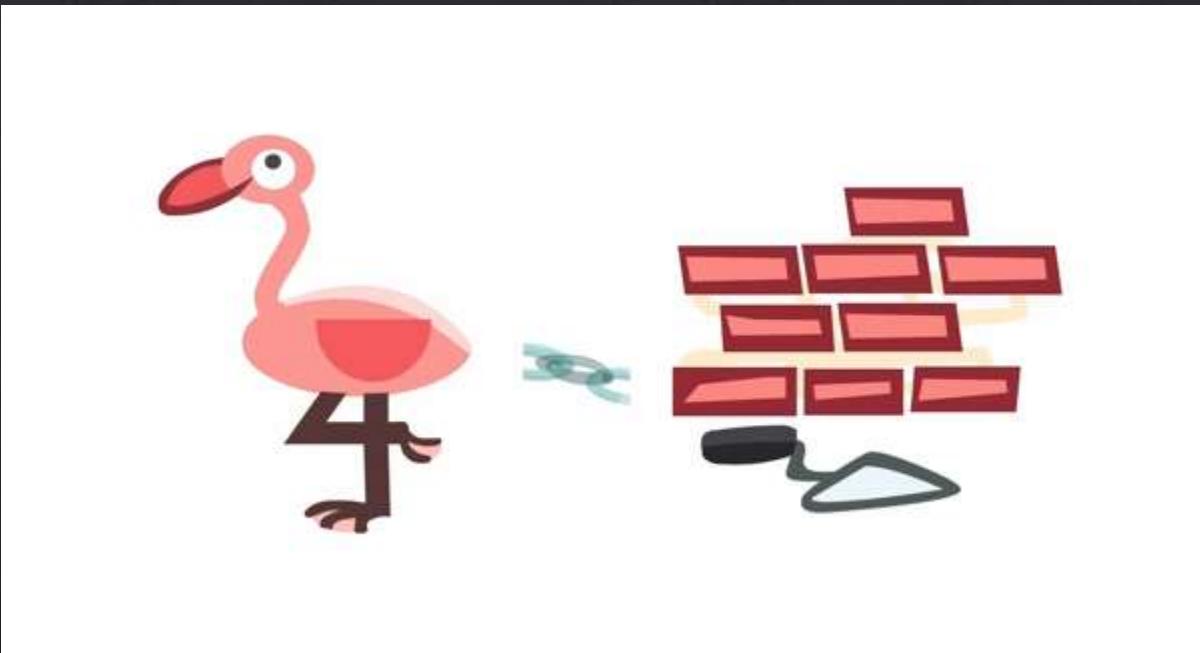




Fin du test 1

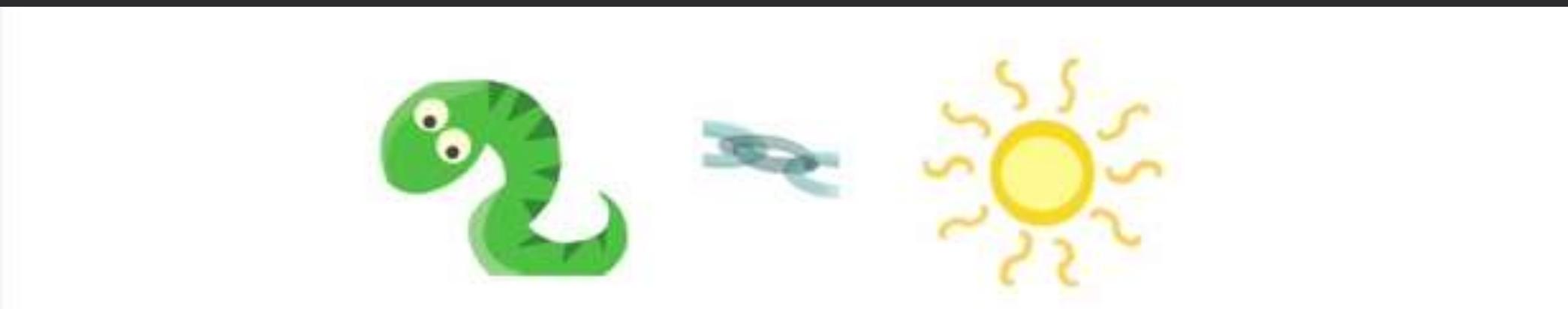
Début du test 2











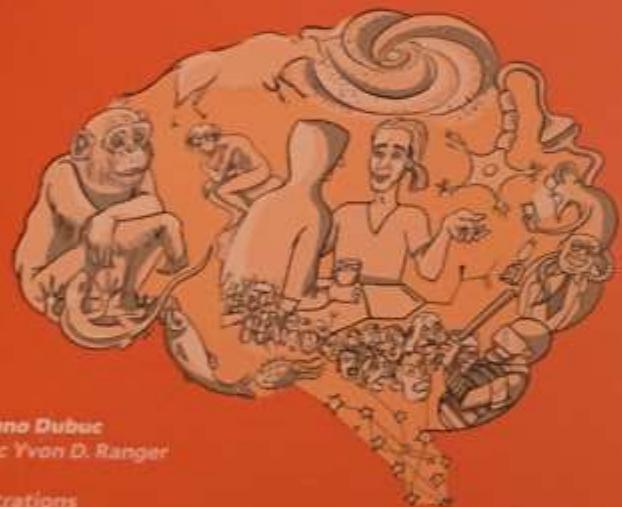
Fin du test 2

On se revoit après la pause...

;-)

NOTRE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Du Big Bang à la conscience sociale



Bruno Dubuc
avec Yvon D. Ranger

Illustrations
de Rémy Guenin

écosociété

NOTRE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Du Big Bang à la conscience sociale



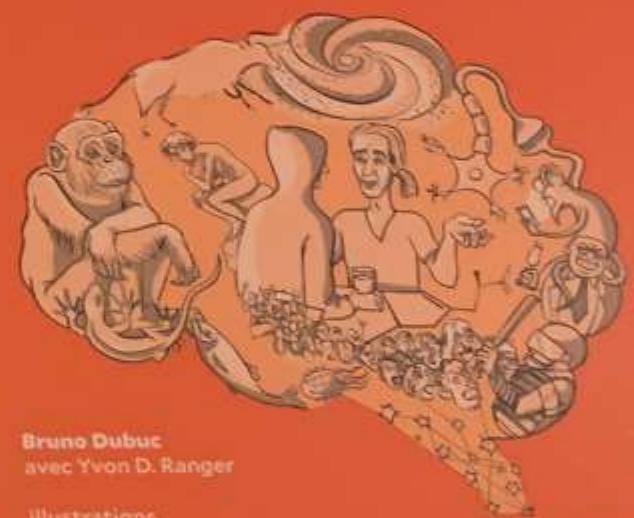
Bruno Dubuc
avec Yvon D. Ranger

Illustrations
de Rémy Guenin

écosociété

NOTRE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Du Big Bang à la conscience sociale



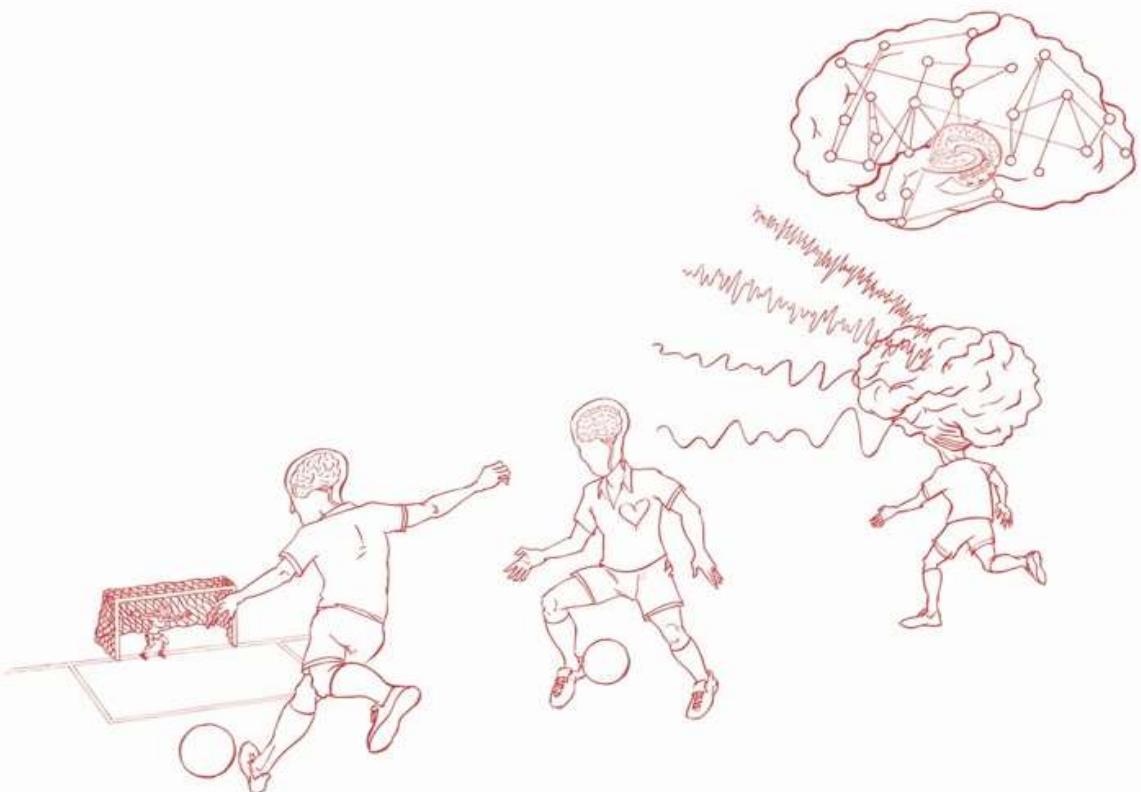
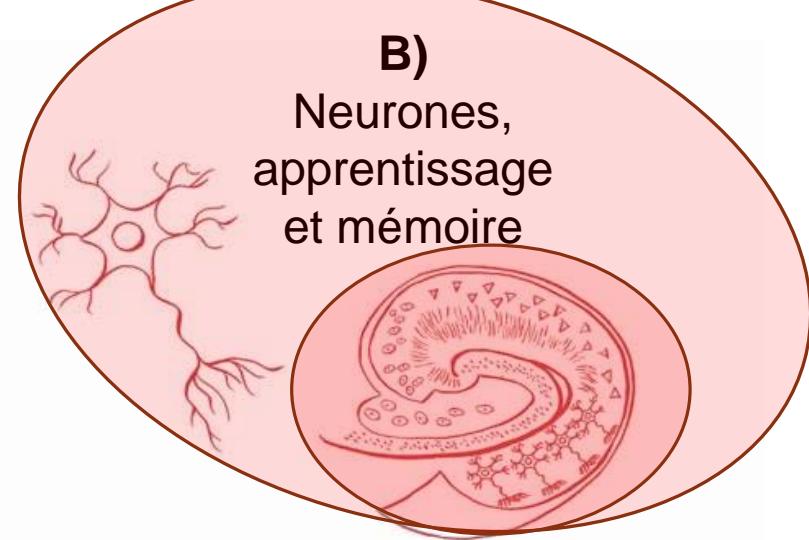
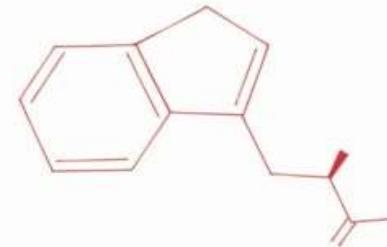
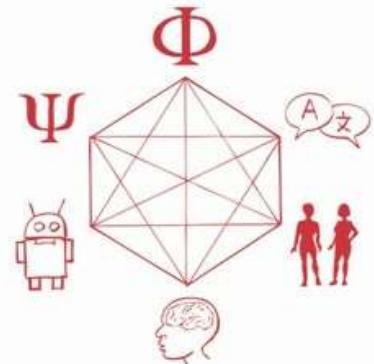
Bruno Dubuc
avec Yvon D. Ranger

Illustrations
de Rémy Guenin

écosociété

Petit carnet de bord: 50 t (Circa) à Chy
Vente en cours:
-500 / chm (500 non livrées)
-500
-500
-500
-500
-500
-500
-500

Plan des 3 séances



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



4^e rencontre

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

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



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

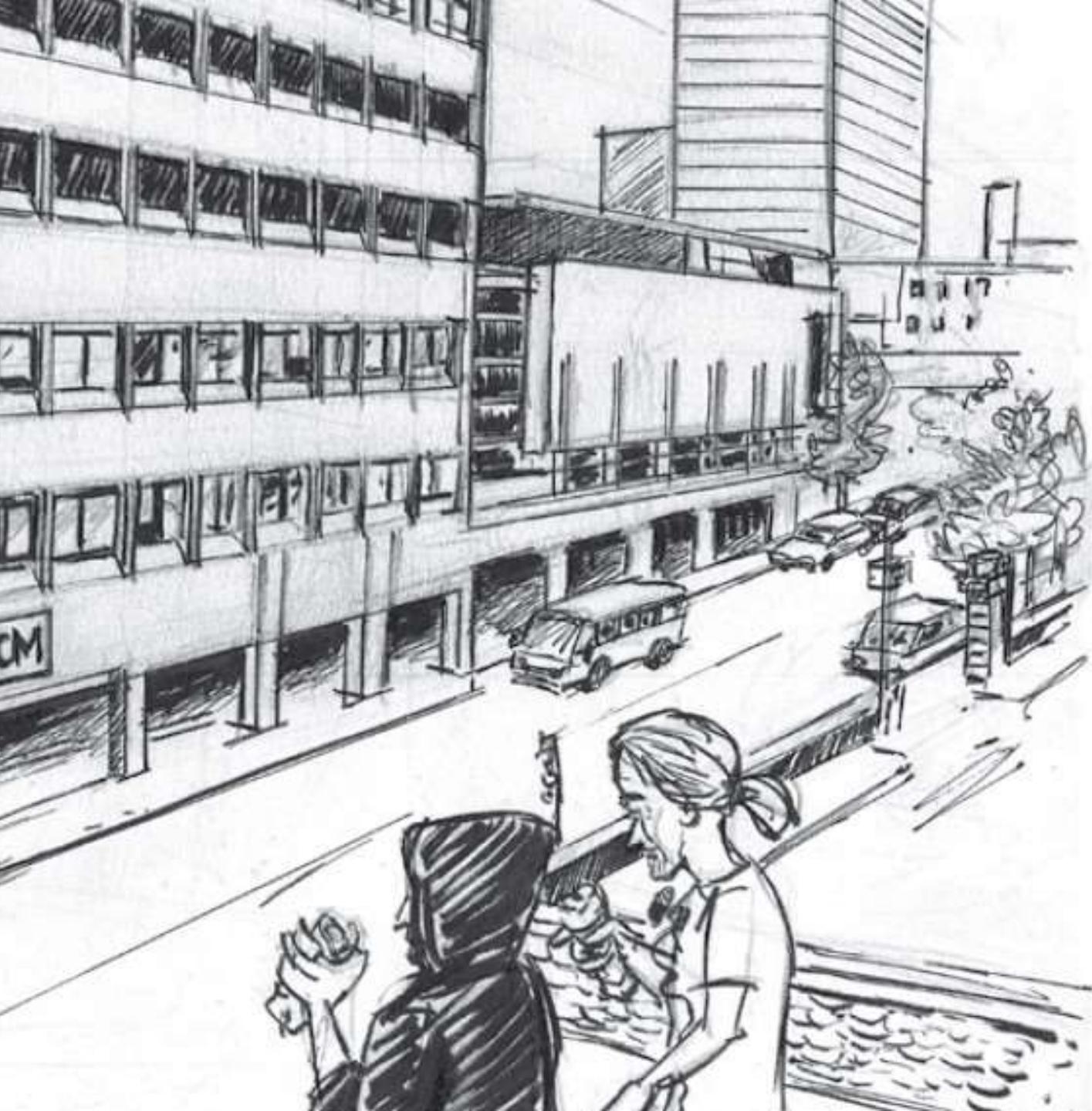
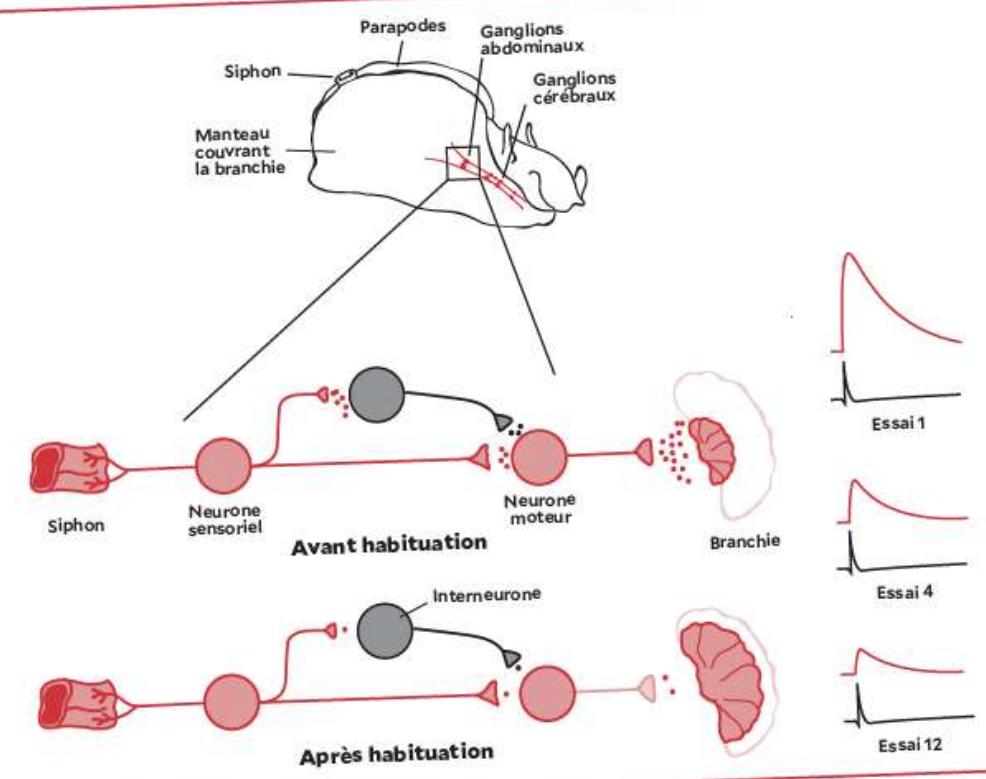
BD En tout cas, merci pour ton matériel de prise de son. C'est vraiment une bonne idée de m'avoir proposé ça. Sinon, on aurait été obligé de rester assis, alors que là, avec tes petits micros-cravate-sans fil, c'est super, on va pouvoir jaser en marchant tantôt et tout va être enregistré! J'ai même plus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

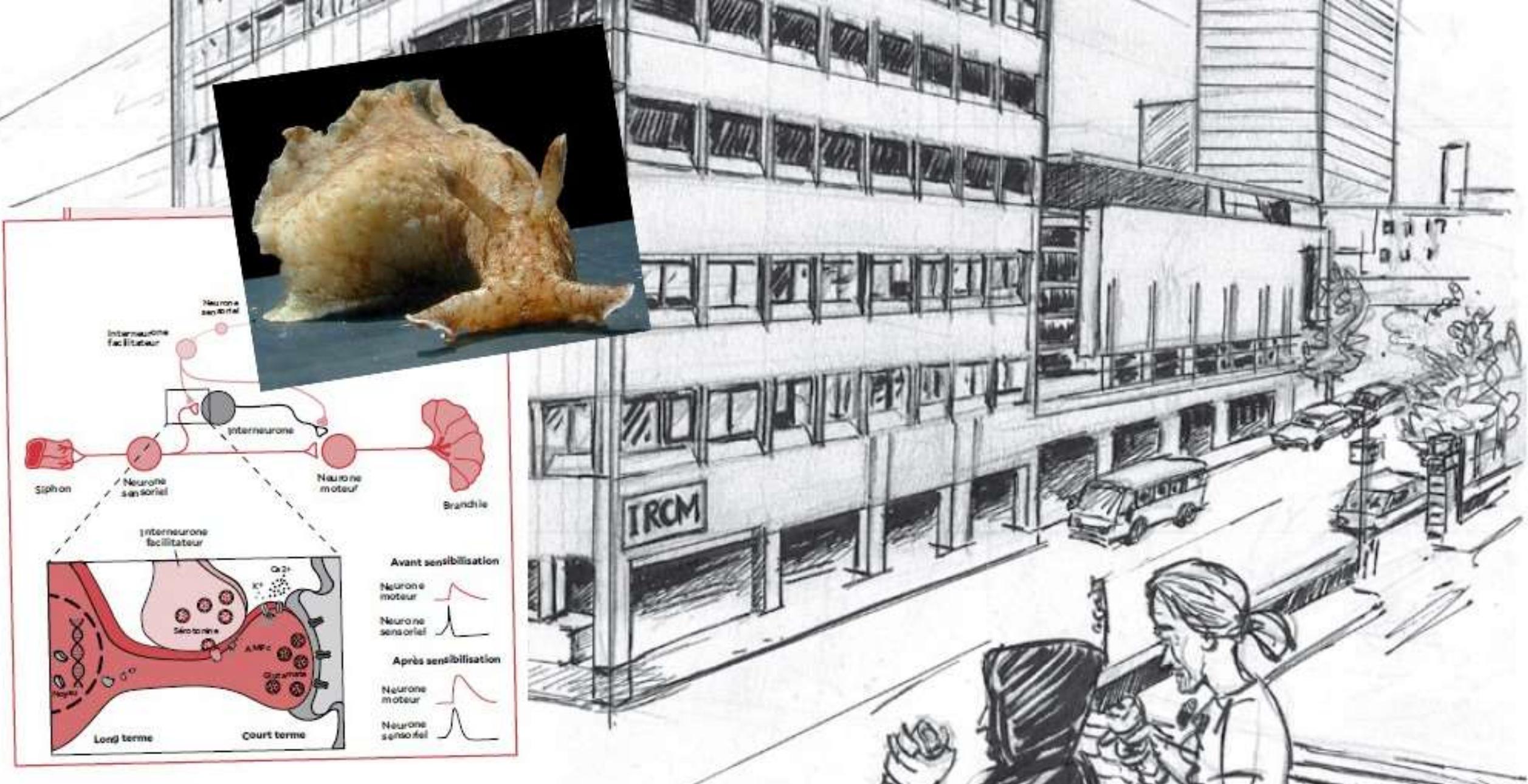
YDR Je pourrai pas nous filmer, par contre. Mais bon... je me suis rendu compte en réécoulant un

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

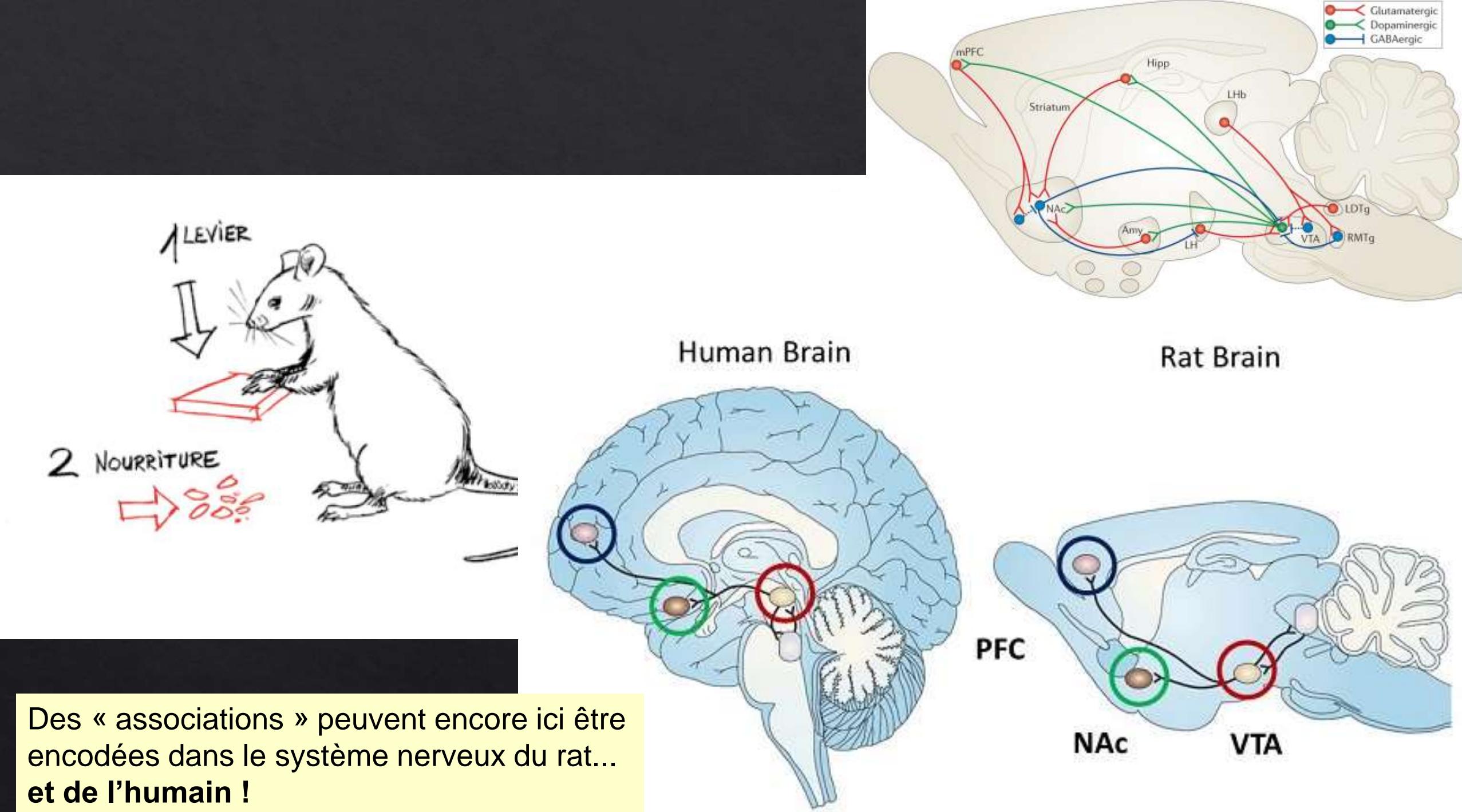
BD Très content, en tout cas, de retrouver mon emmerdeur préféré sur Saint-Laurent, une rue chargée de souvenirs et particulièrement bien adaptée à ce dont on va parler aujourd'hui

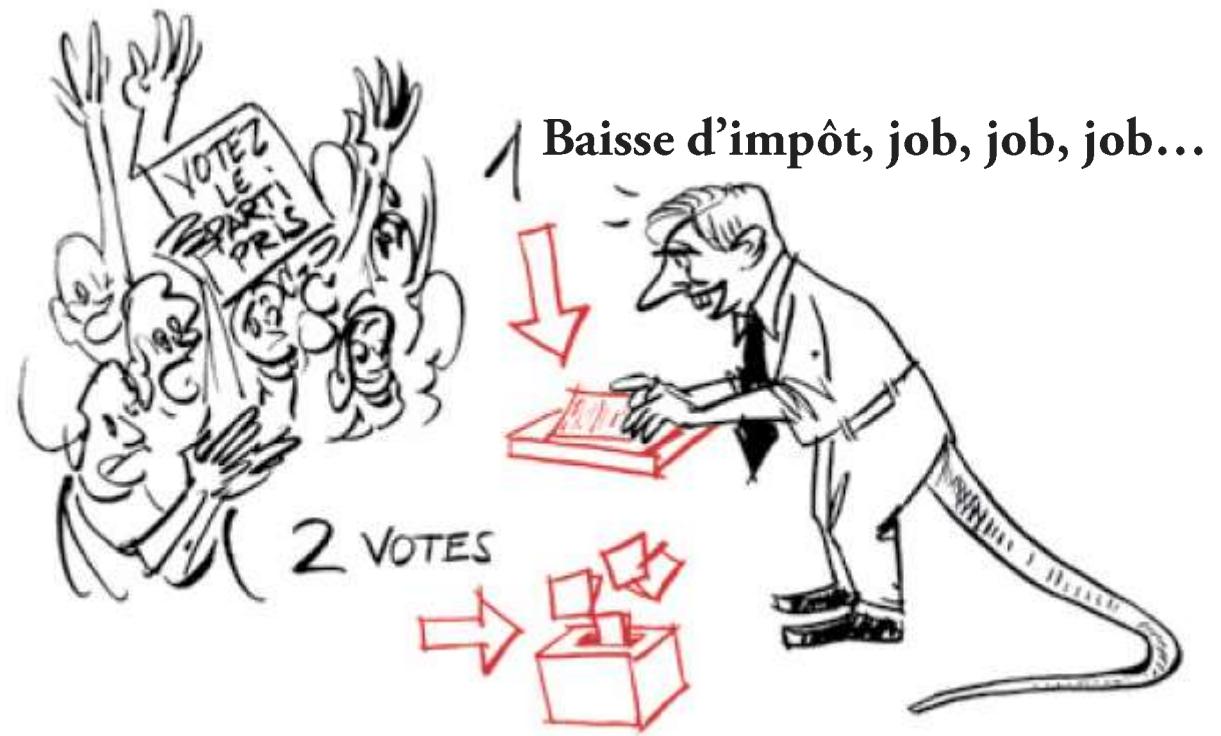
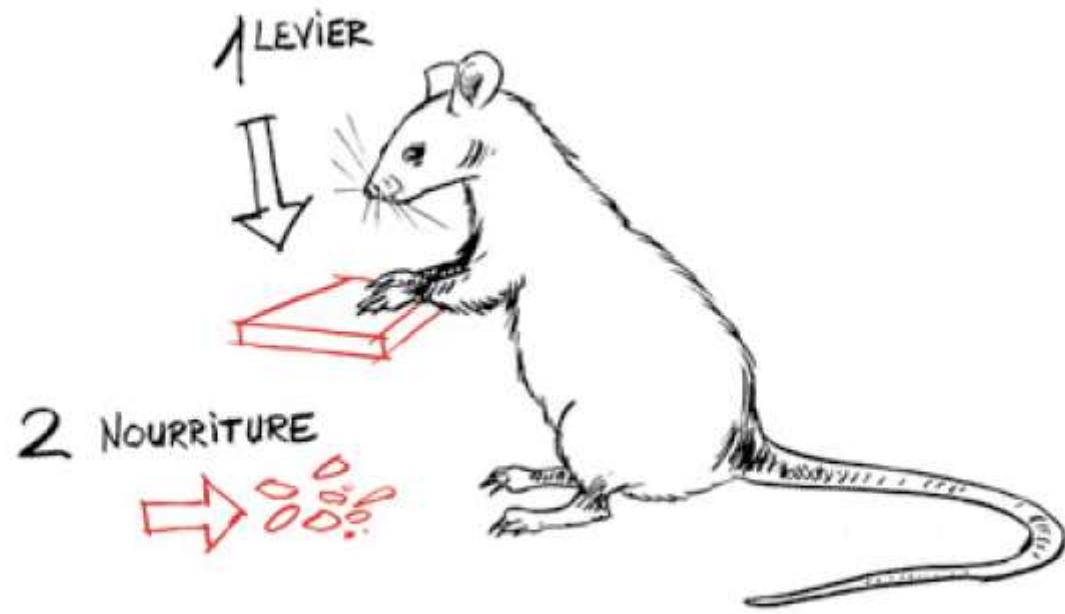
YDR Ah ouais? C'est quoi le sujet?

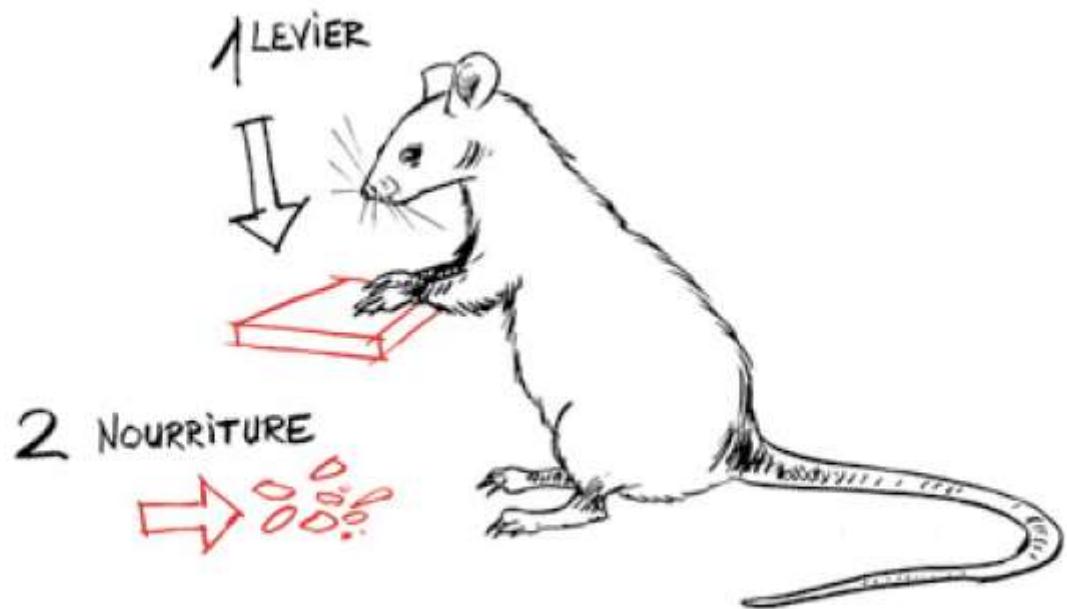




Des « régularités du monde » peuvent déjà être encodées dans le système nerveux de l'Aplysie.









Mémoire à long terme

« on apprend sans
s'en rendre compte »

Implicite (Non-déclarative)

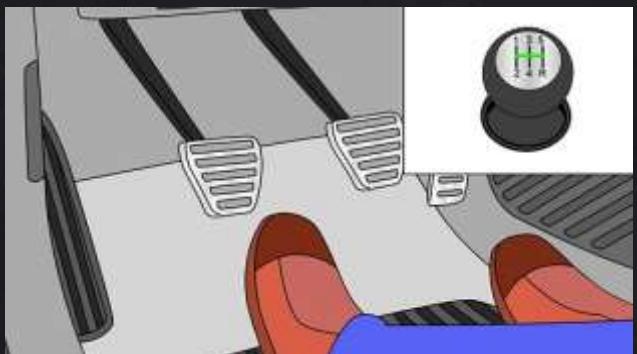


Non
associatives

Habituation
Sensibilisation

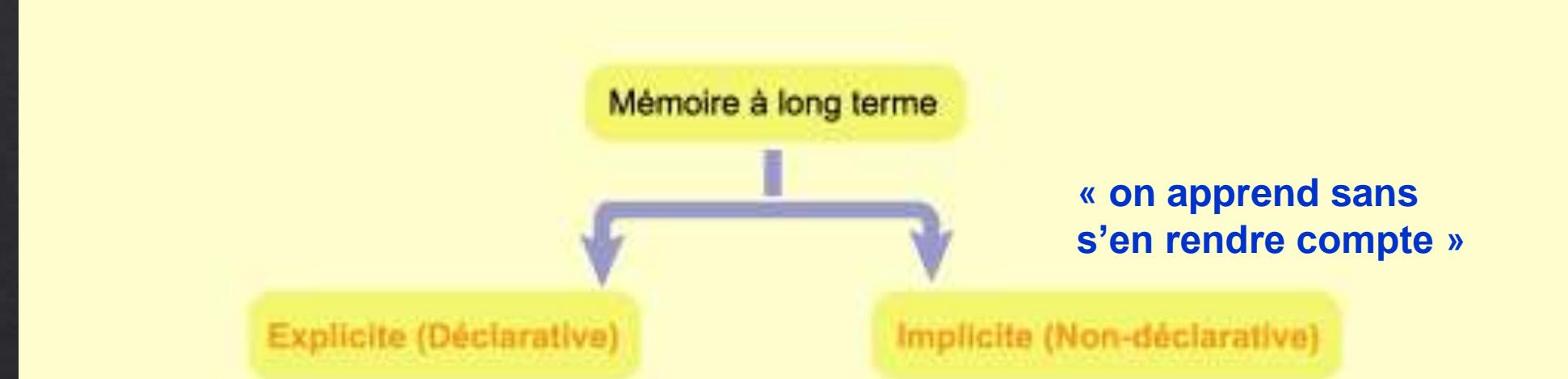
Associatives

*Conditionnement
classique et opérant*



Procédurale
(habiletés)





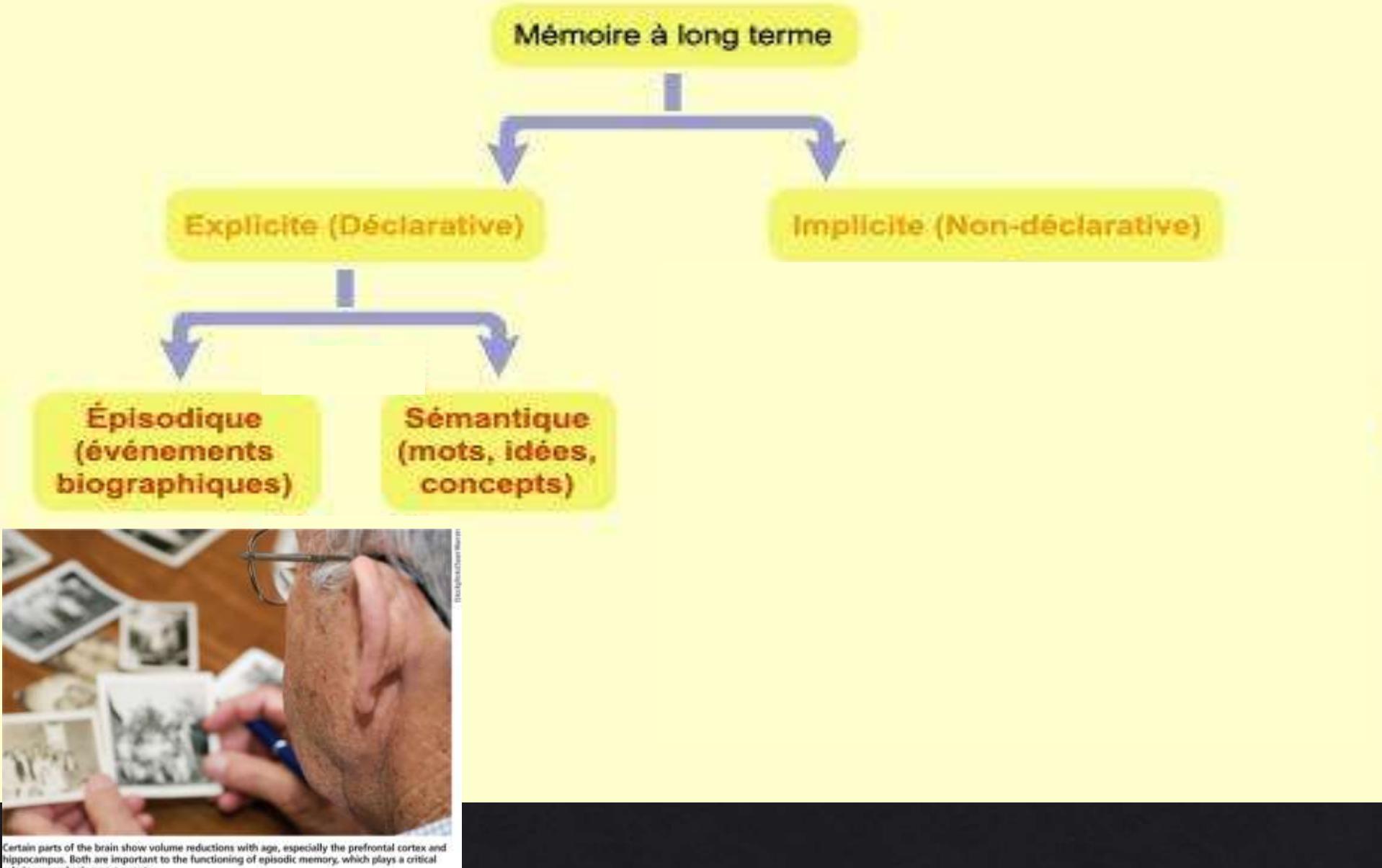
Non
associatives

Habituation
Sensibilisation

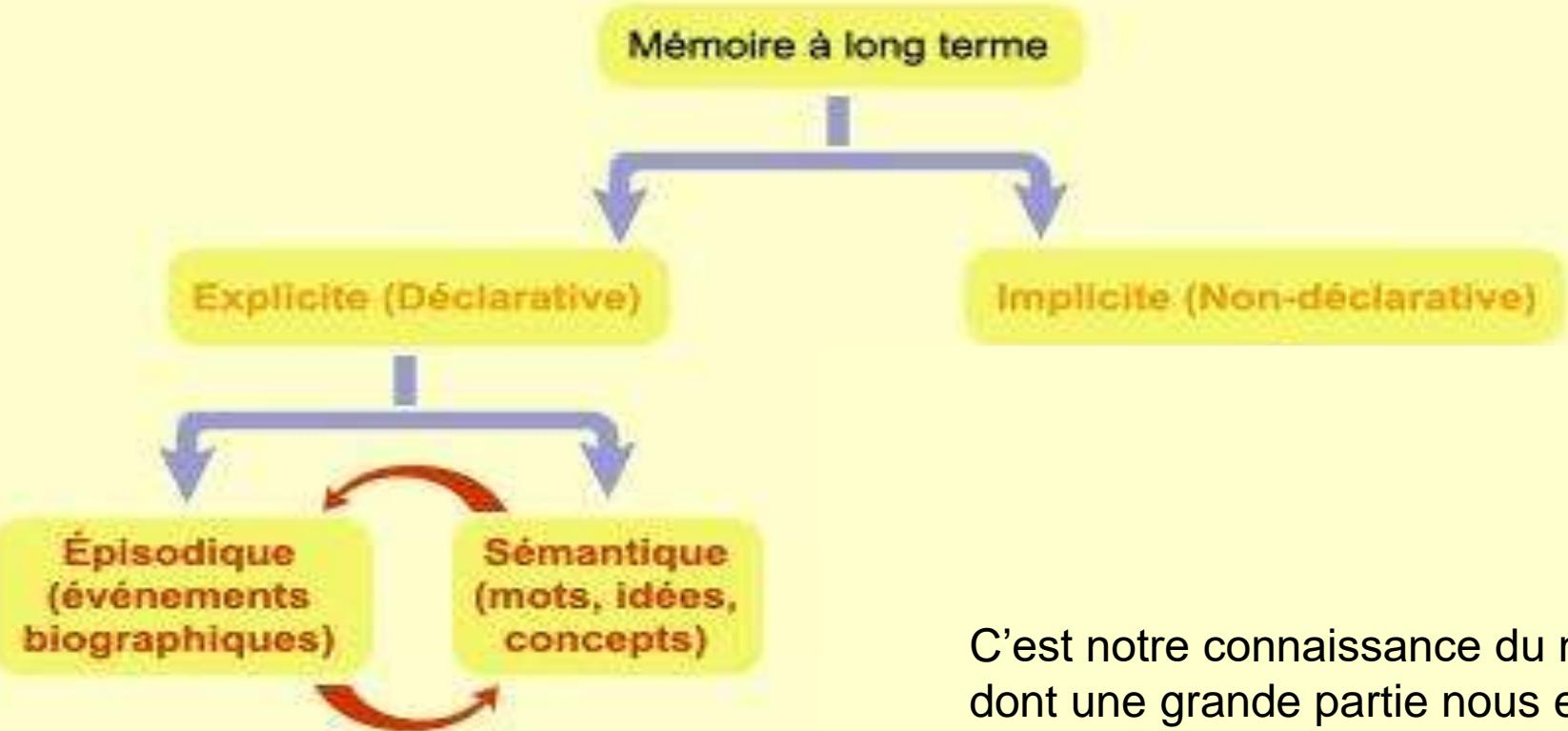
Associatives

*Conditionnement
classique et opérant*

Procédurale
(habiletés)



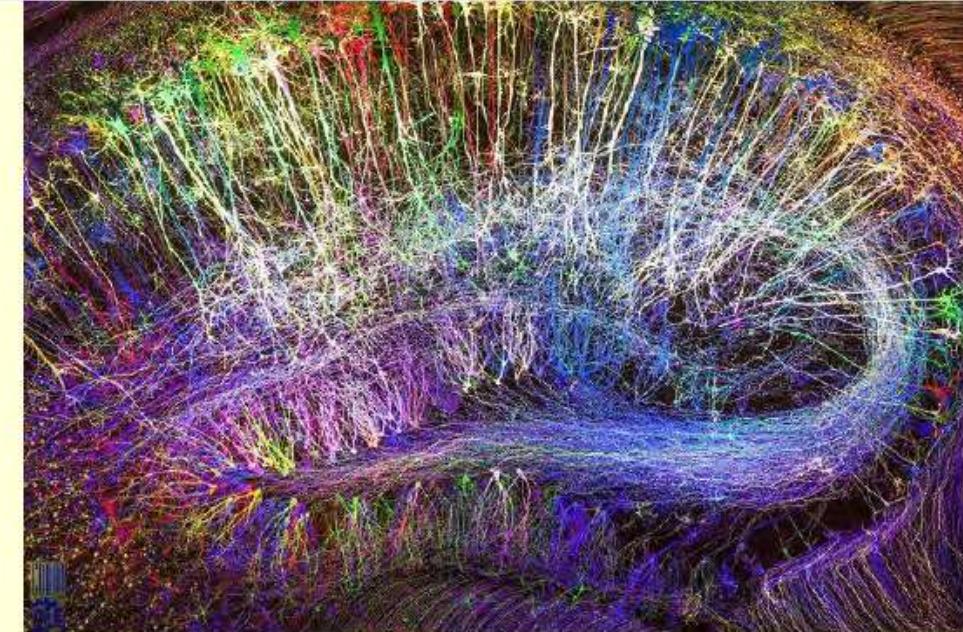
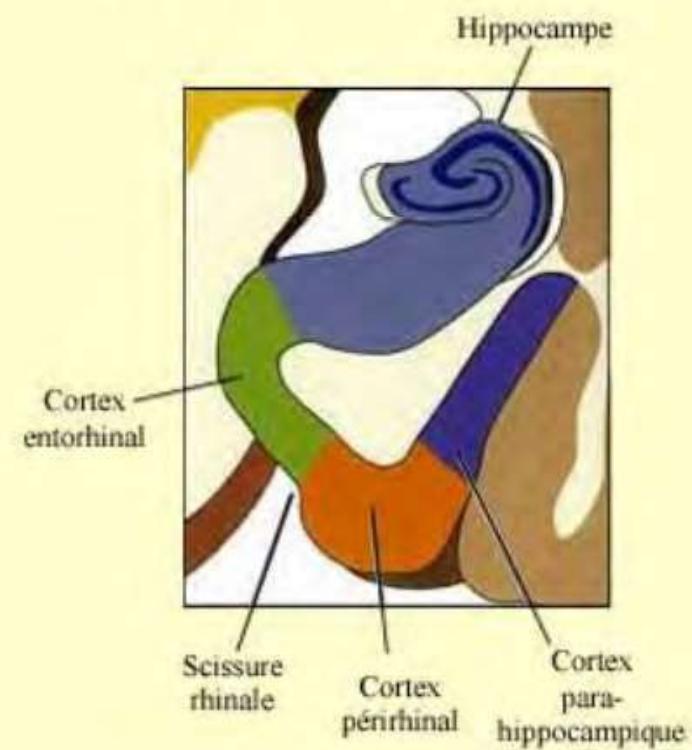
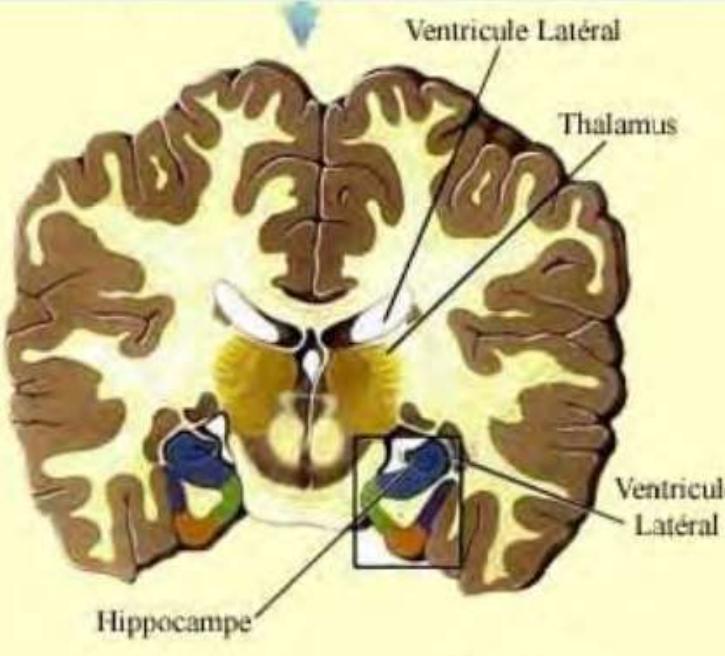
On est l'acteur des événements
qui sont mémorisés avec tout leur contexte et leur charge émotionnelle.



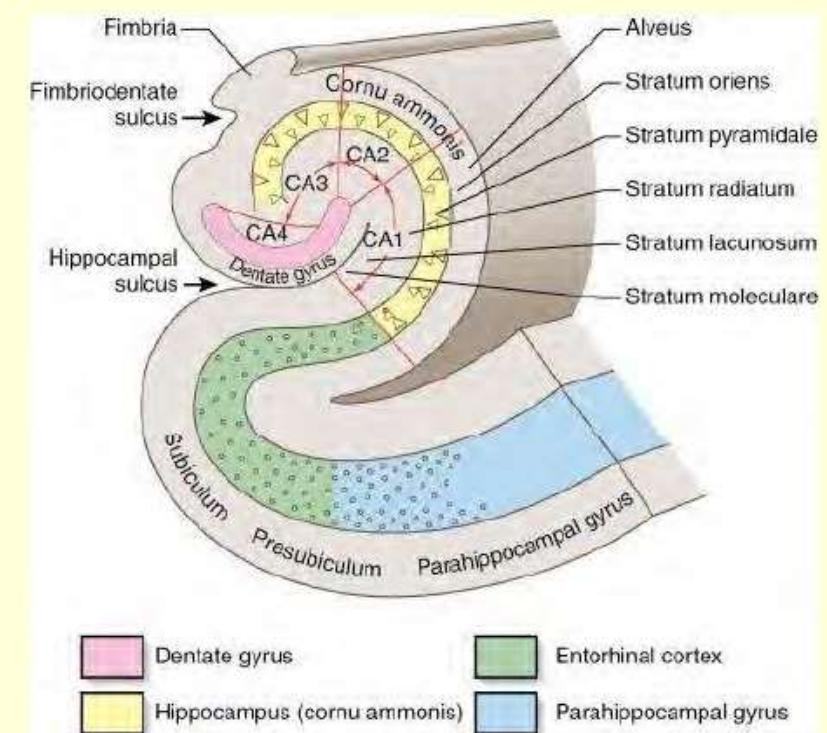
C'est notre connaissance du monde dont une grande partie nous est accessible rapidement et sans effort.

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

L'hippocampe est une structure cérébrale particulièrement impliquée dans la mémoire déclarative humaine.

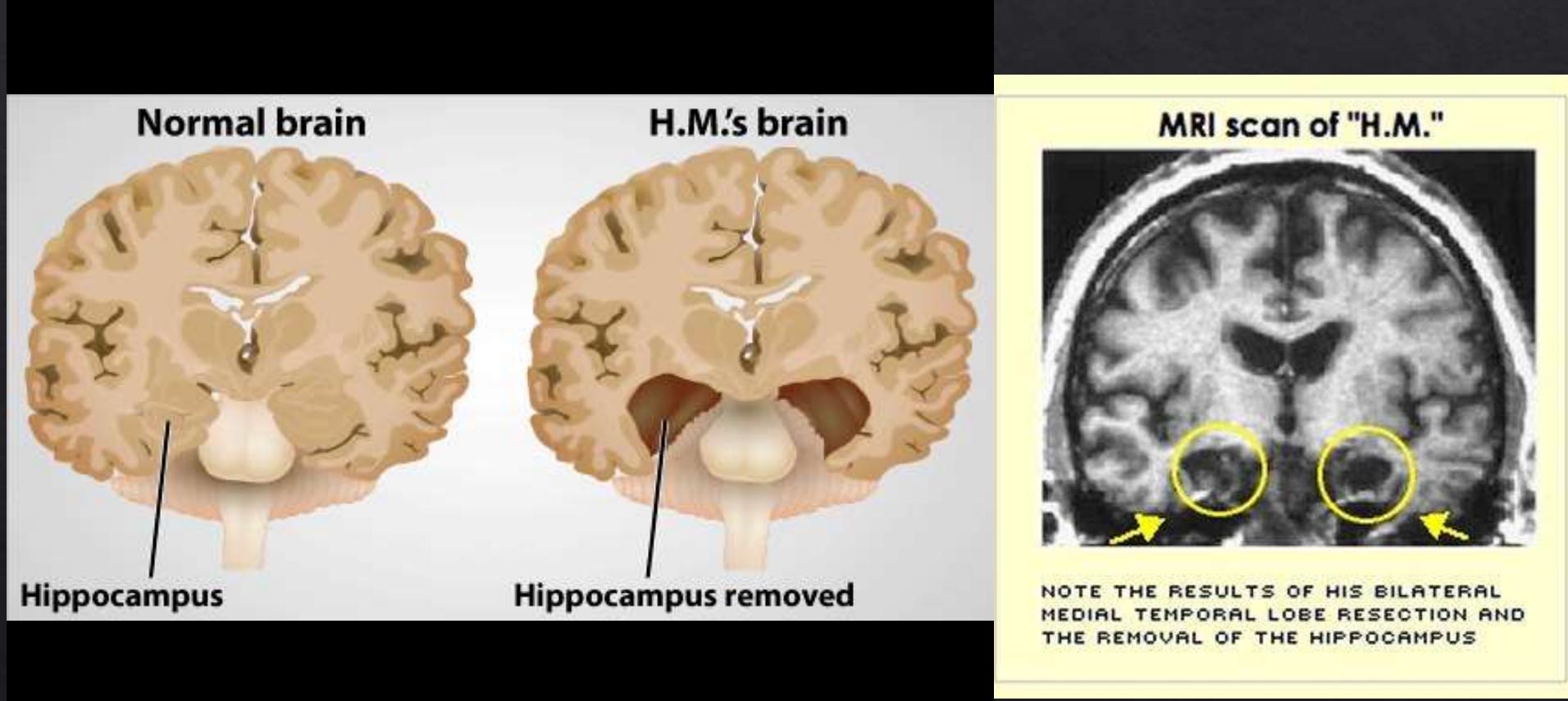


Hippocampe



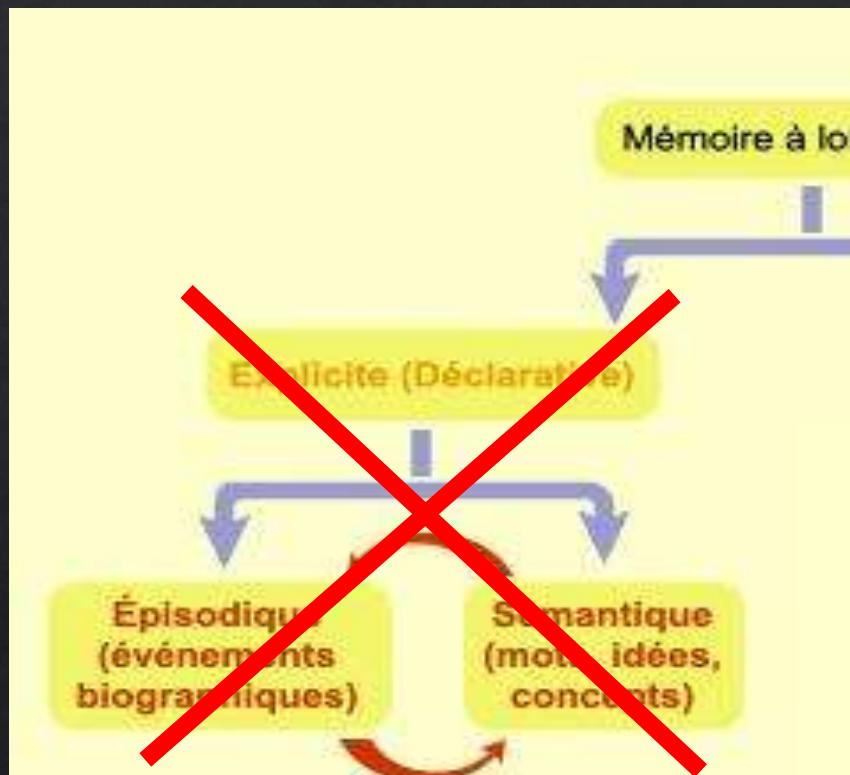


Henry Molaison (le fameux « patient H.M. ») était un jeune épileptique auquel on avait enlevé en 1953, à l'âge de 27 ans, les deux **hippocampes** cérébraux pour diminuer ses graves crises d'épilepsie.



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

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

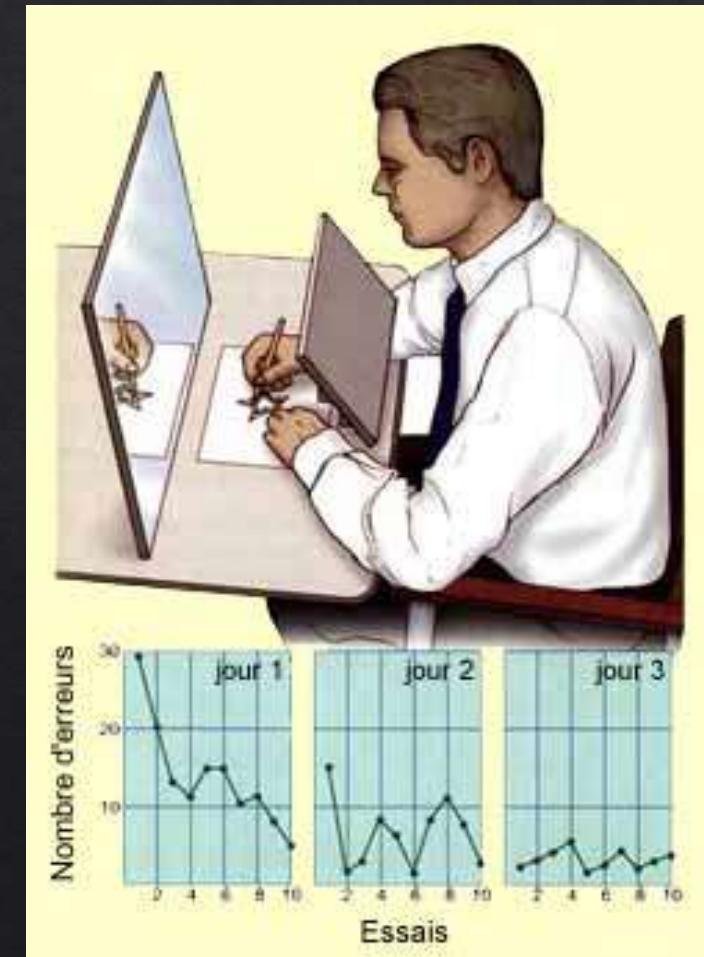


L'opération fut un succès pour contrôler l'épilepsie mais eut un effet secondaire imprévu : **H.M. avait perdu la capacité de retenir de nouvelles informations sur sa vie ou sur le monde** (mémoire déclarative).

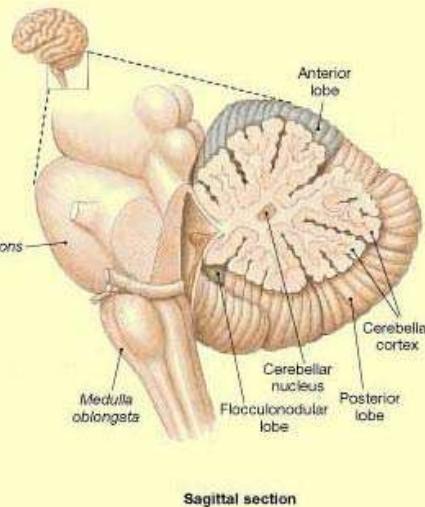
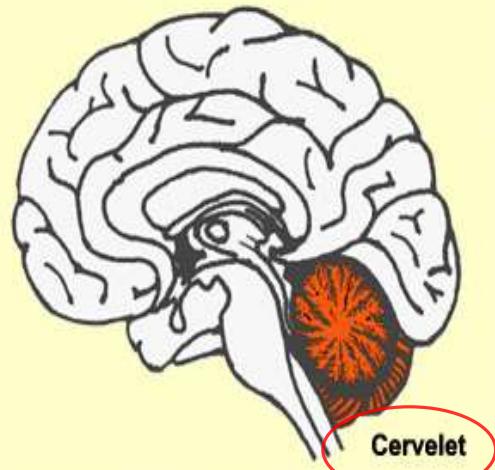
Mais...



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

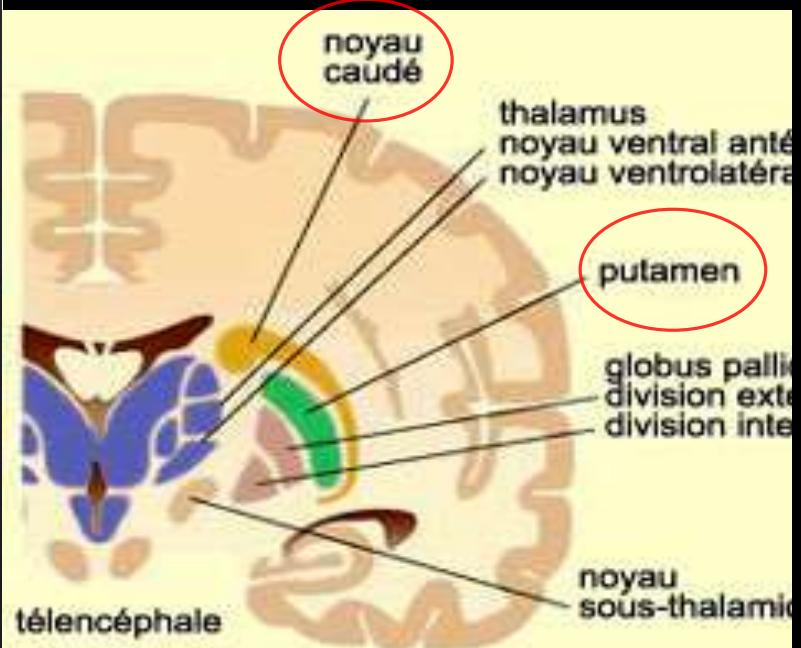


Mémoire à long terme



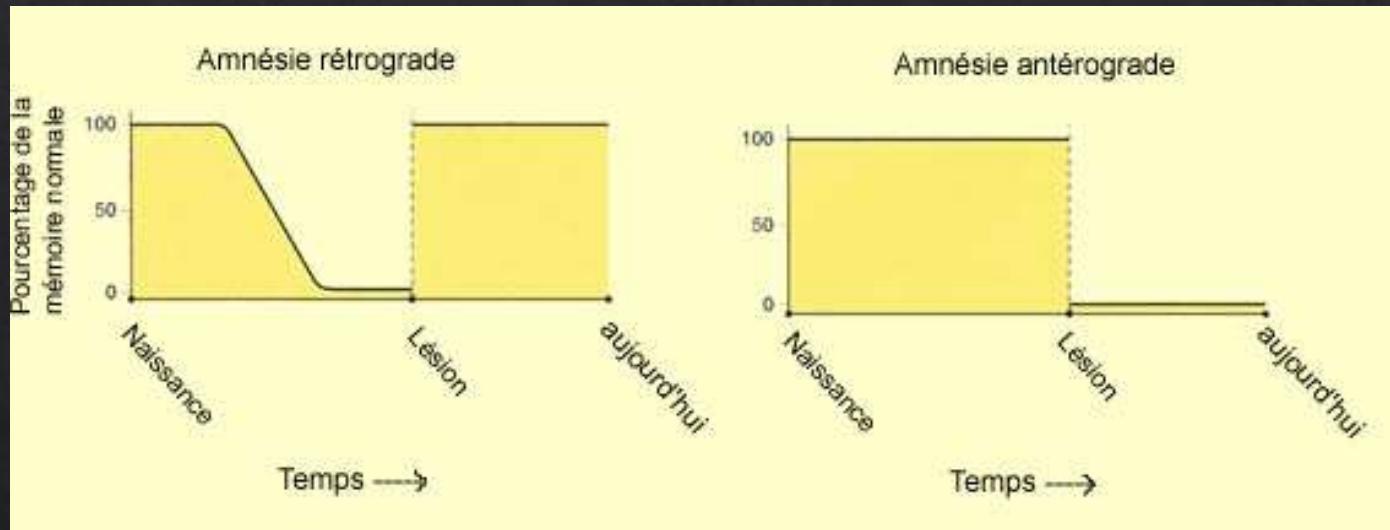
Implicite (Non-déclarative)

Procédurale
(habiletés)



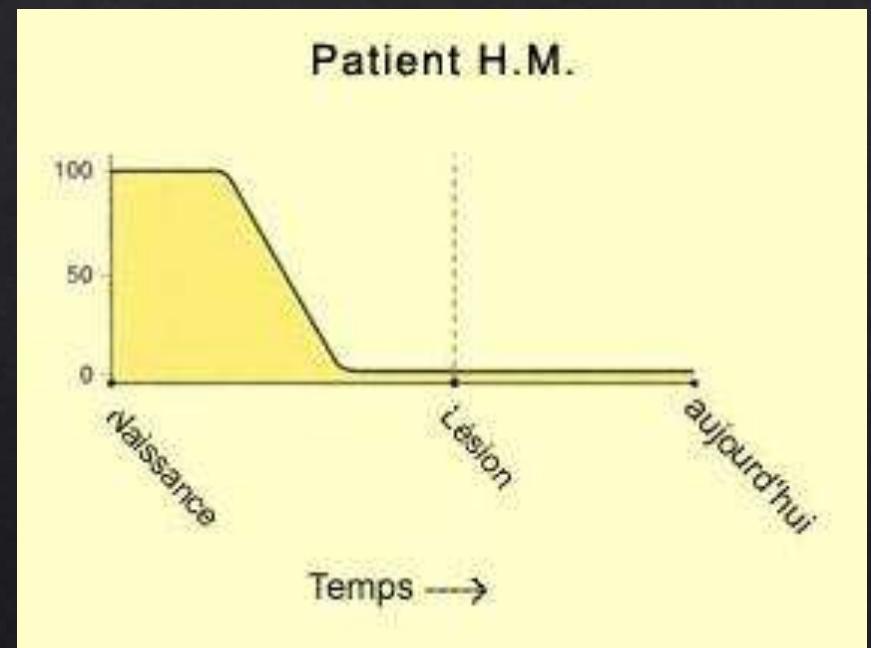
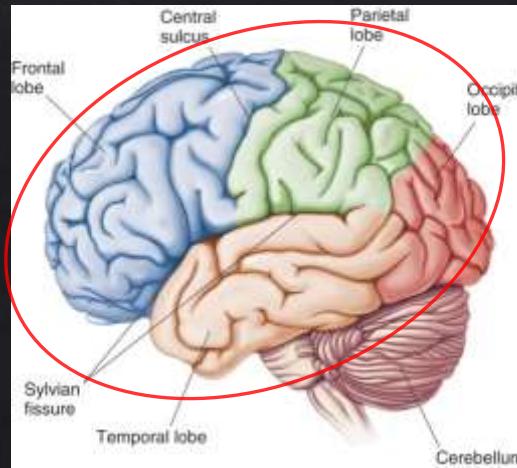
- En plus de cette amnésie « antérograde », H.M. avait une amnésie « rétrograde » graduelle

(avait oublié ce qui s'était passé avant l'opération, mais avait gardé ses souvenirs anciens d'enfance)



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

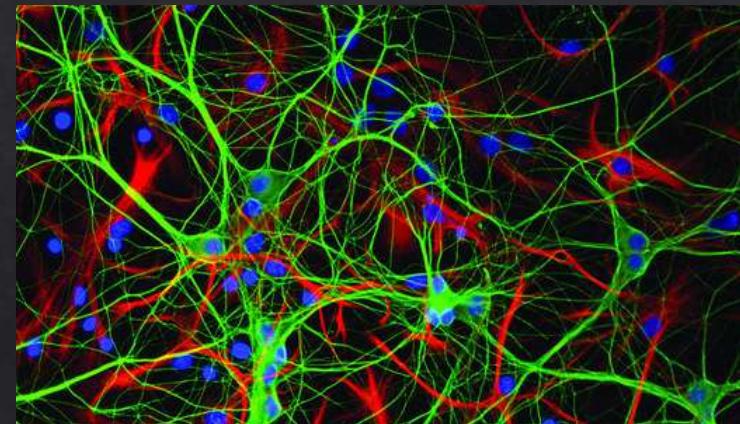
Comment y voir plus clair ?

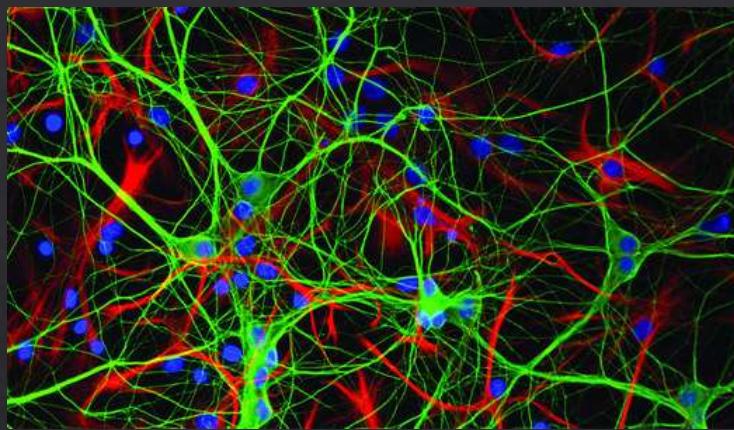
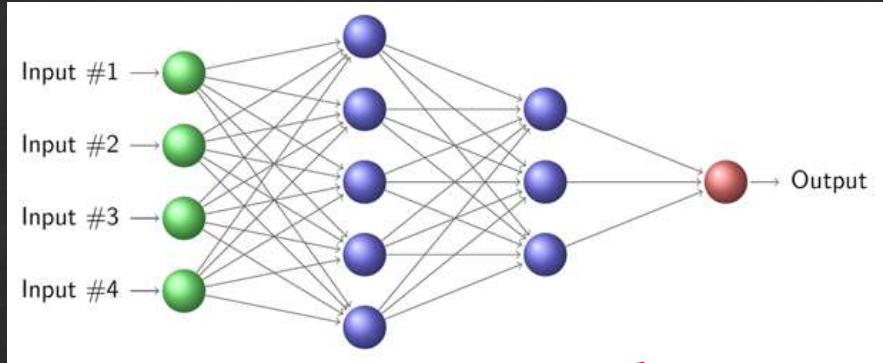


→ Ça va prendre des modèles !

Un **modèle** scientifique est une représentation simplifiée

de ce qu'on ne peut pas voir directement pour différentes raisons :
trop petit, trop grand, trop complexe (comme dans le cas du cerveau).



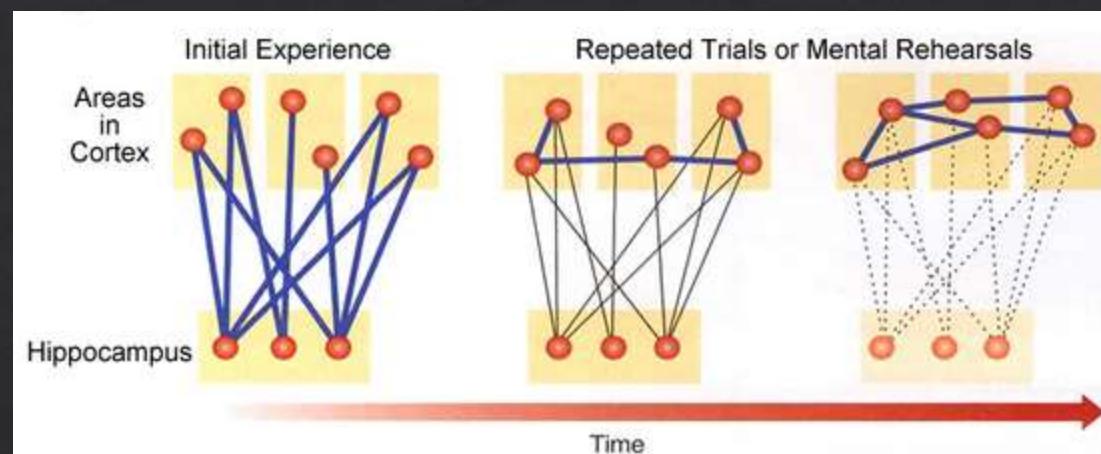


Le modèle renvoie donc à une **approximation** de la réalité et à une sélection de certains de ses éléments.

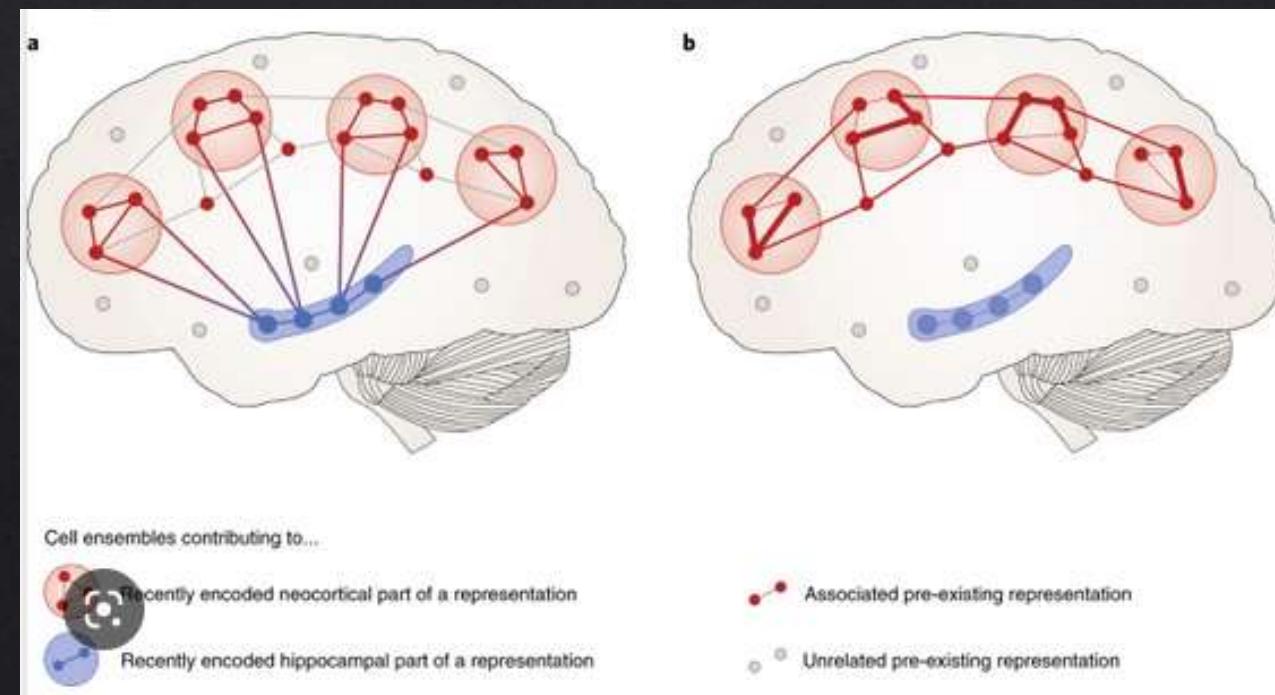
« Tous les modèles sont faux, mais certains sont utiles ».

Le « modèle de la consolidation standard »

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

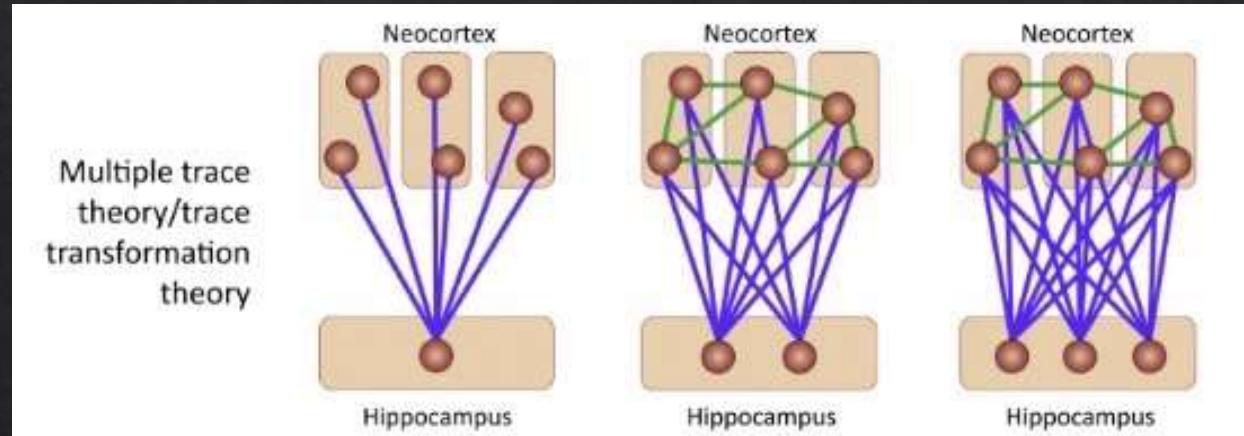


Il rend assez bien compte des données du patient H.M.



Depuis quelques décennies, suite à d'autres études de lésions causant des amnésies...

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



Seuls les souvenirs **sémantiques** seraient encodés dans le **cortex**
et + de réactivations =
+ d'index créés dans l'hippocampe

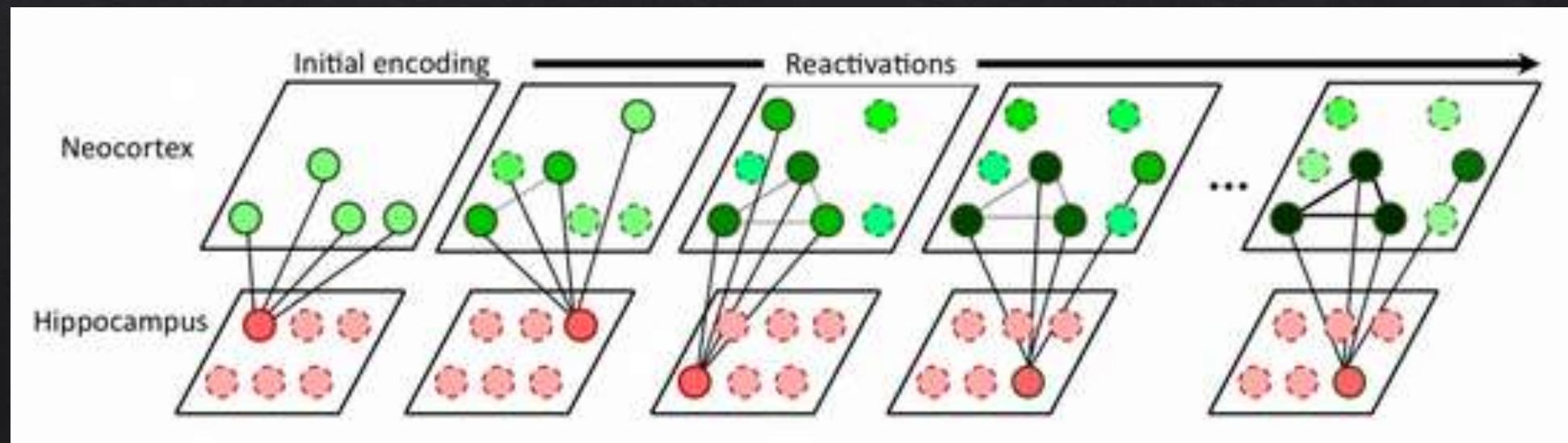
La théorie des traces compétitives

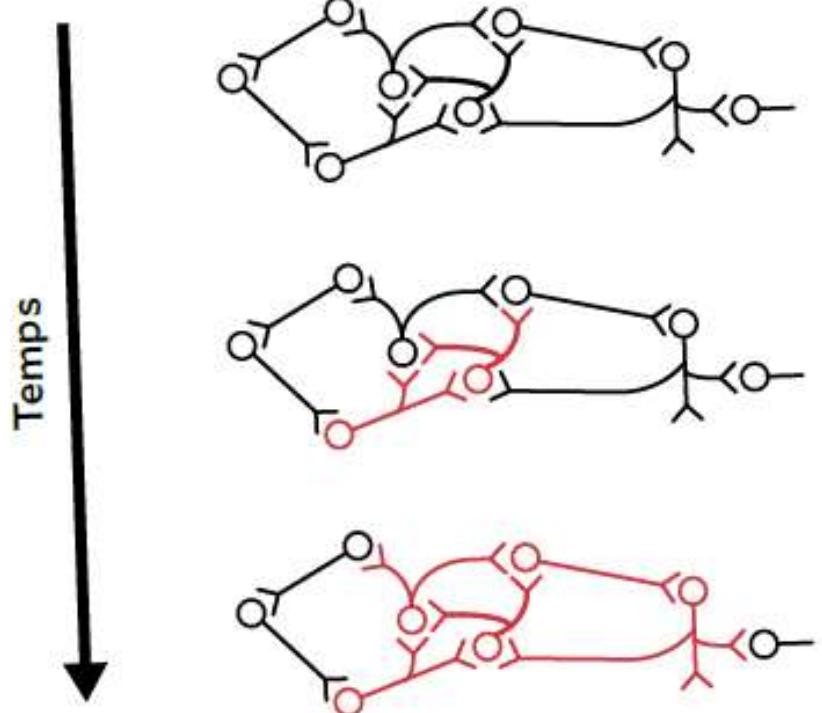
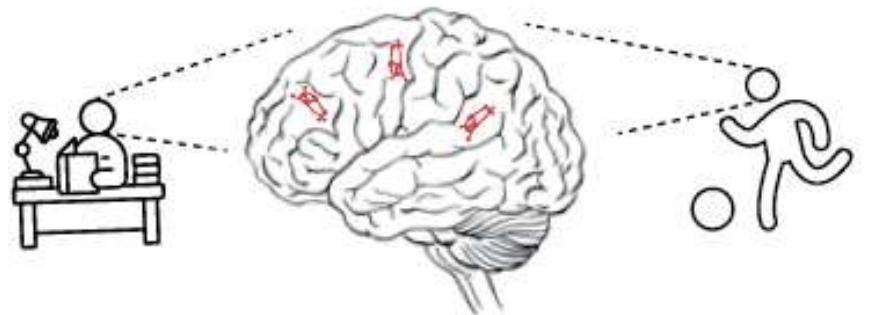
Considère la distinction entre souvenirs épisodiques et sémantiques comme **trop tranchée et simpliste**.

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

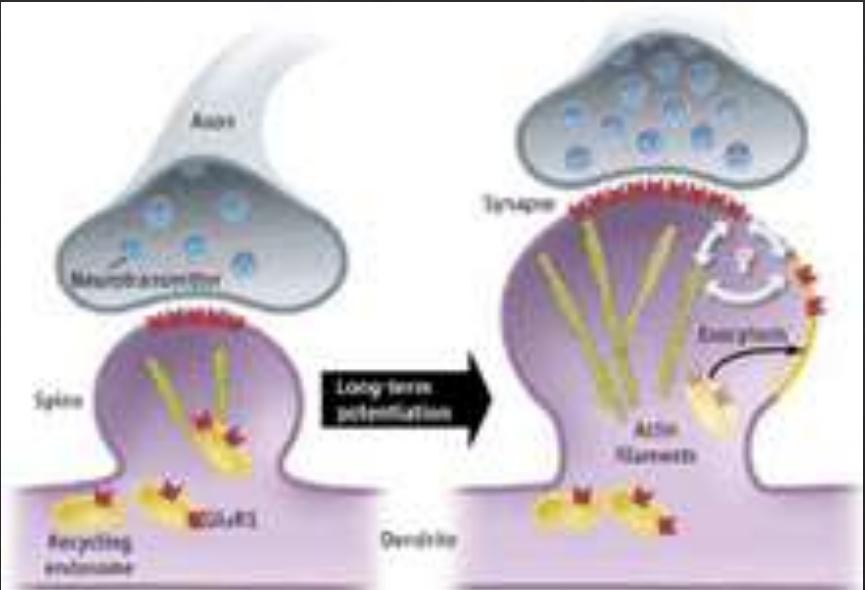
Avec le temps, le rappel répété d'un souvenir **dans différents contextes** produit entre les **engrammes** corticaux correspondant une « **interférence compétitive** »,

phénomène qui va solidifier à la longue ce qui constitue le **cœur de cet engramme** au détriment de ses régions plus variables.

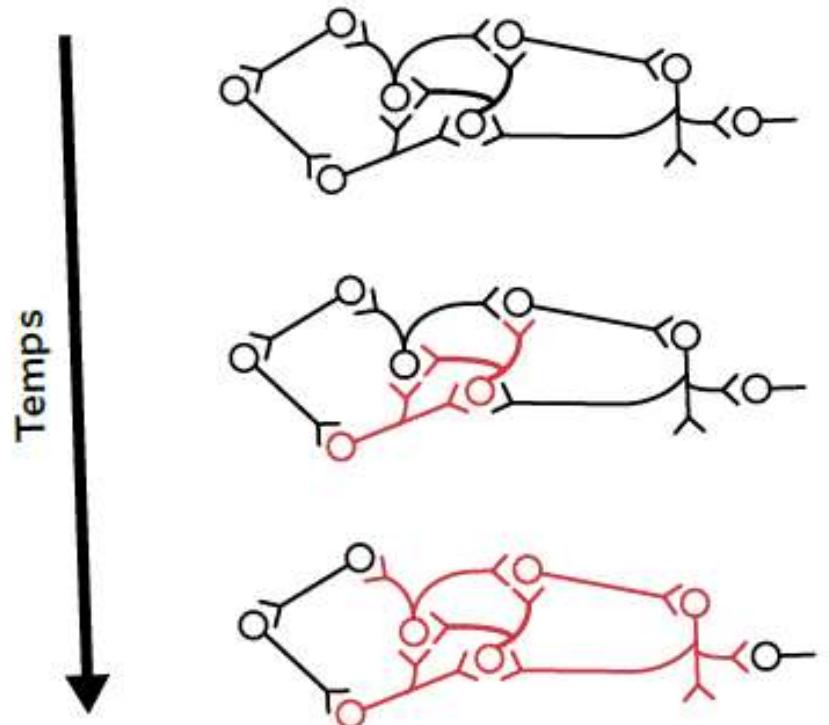
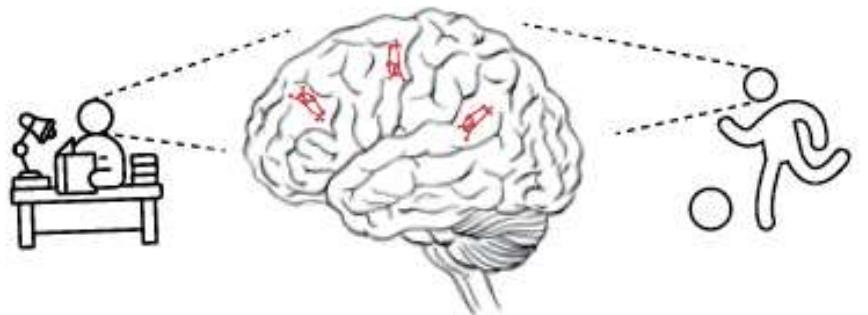




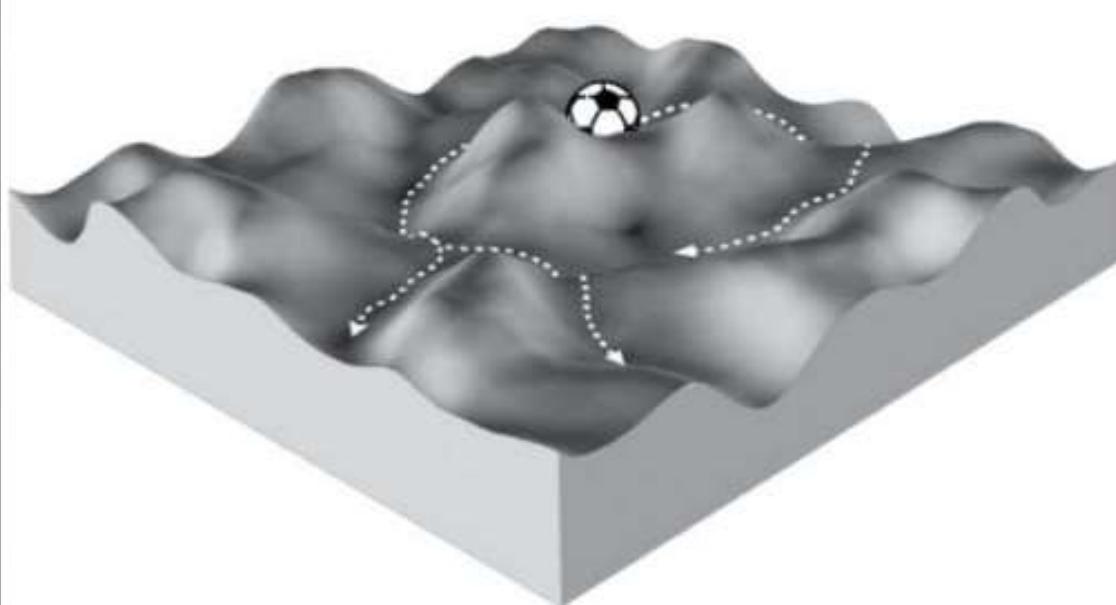
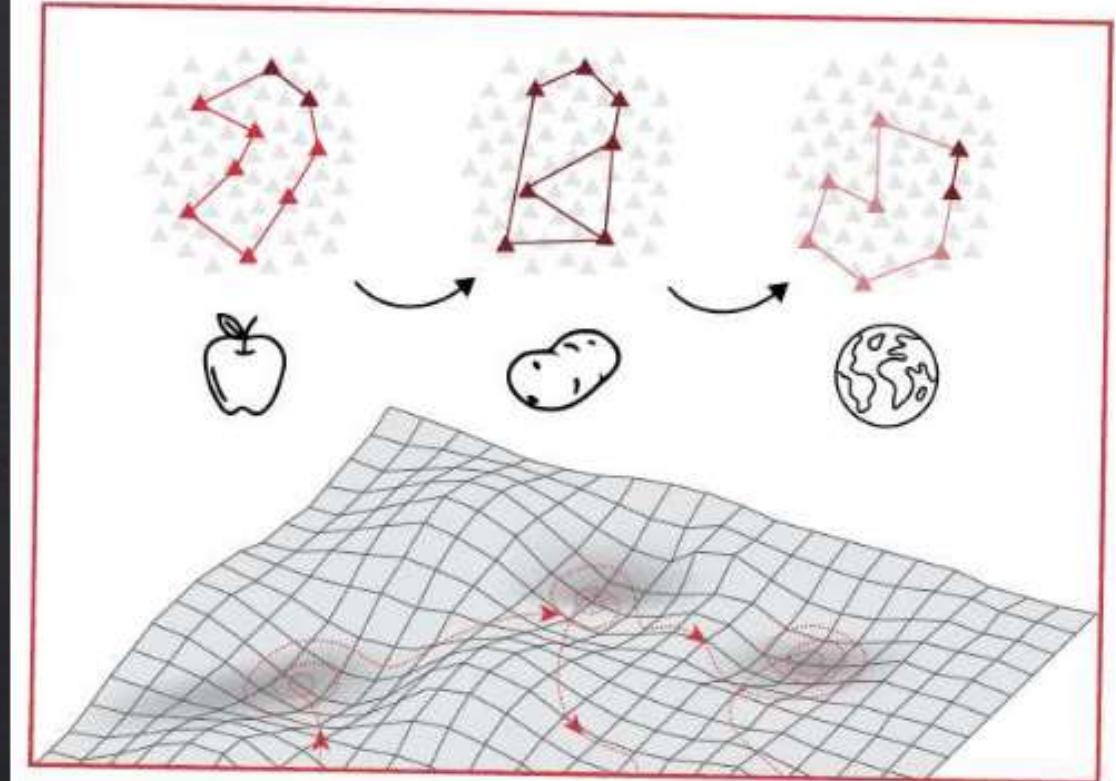
Réseau de neurones sélectionné

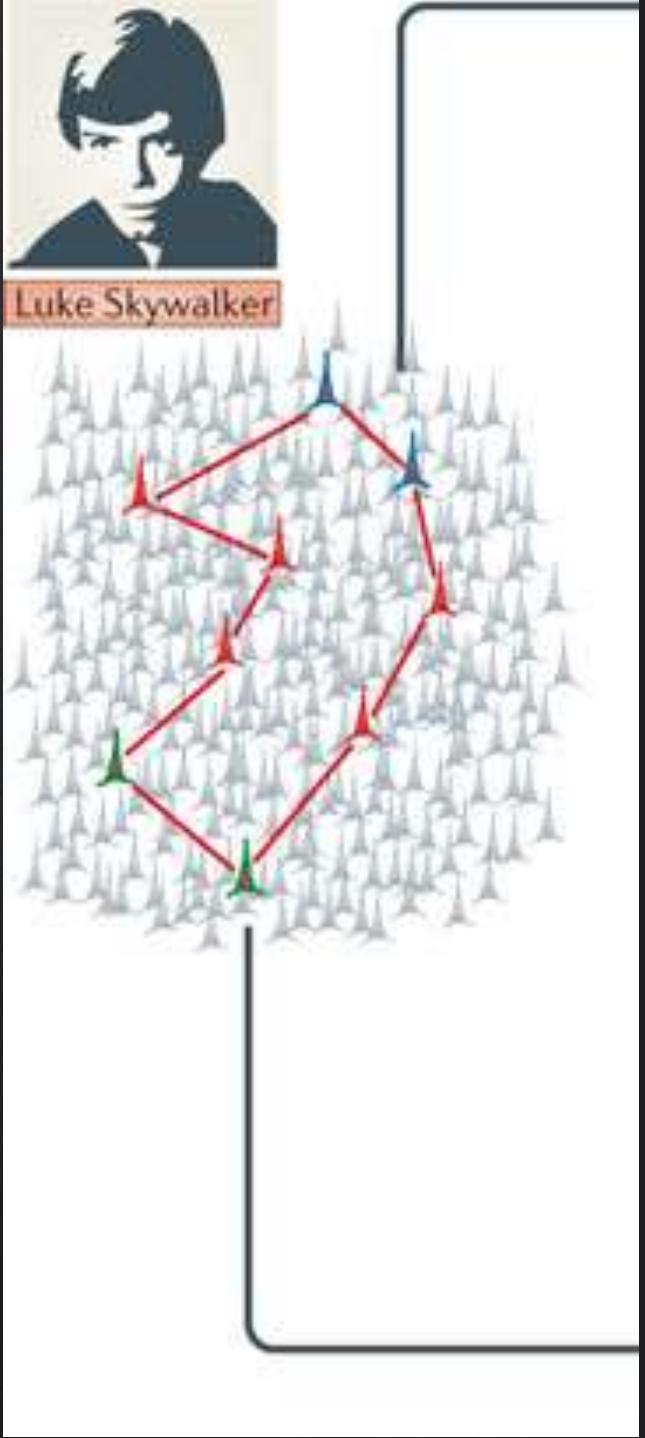


Engramme



Réseau de neurones sélectionné

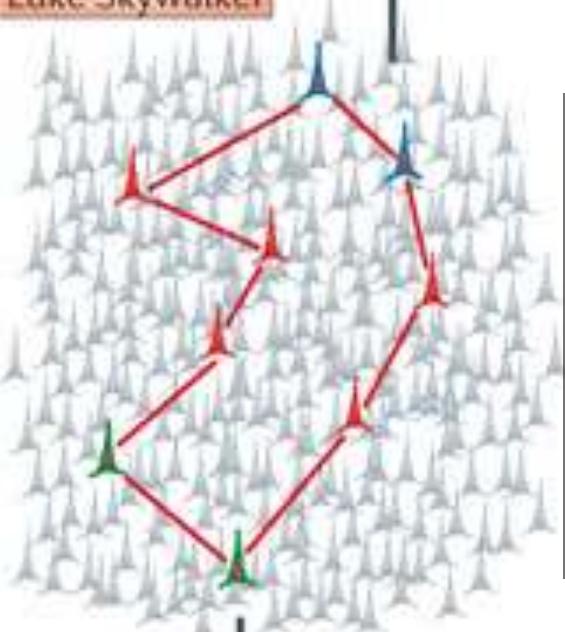




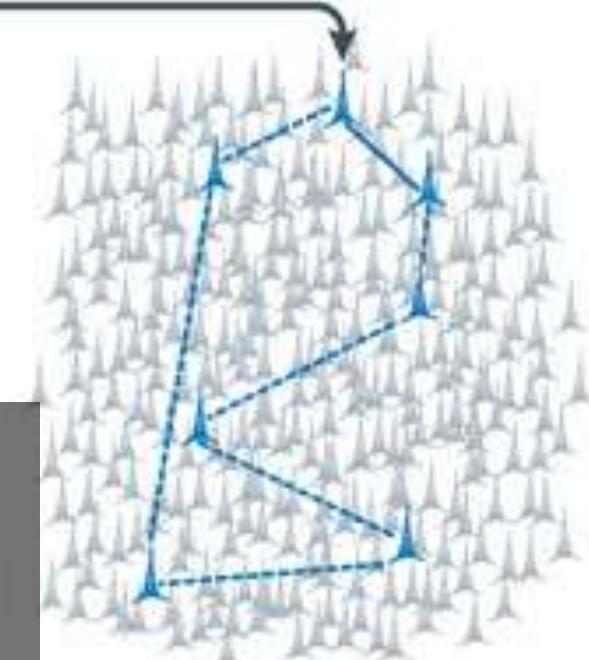
Et ce sont ces réseaux de neurones sélectionnés qui vont constituer ce qu'on appelle **l'engramme** d'un souvenir.



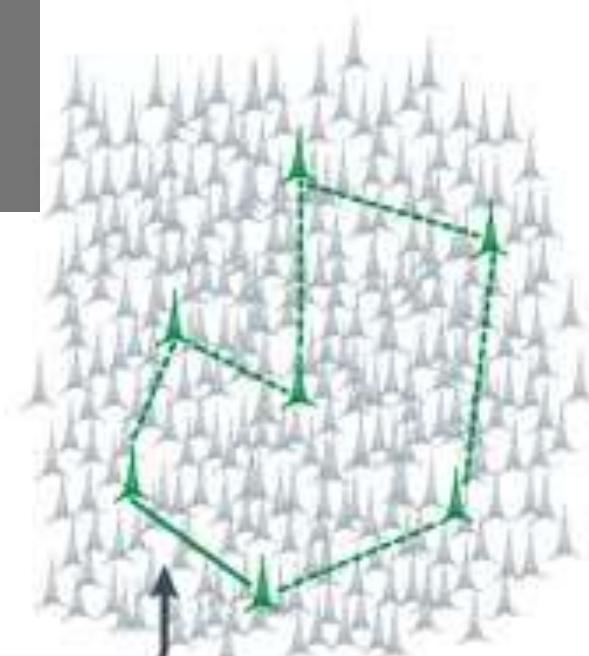
Luke Skywalker



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



Yoda

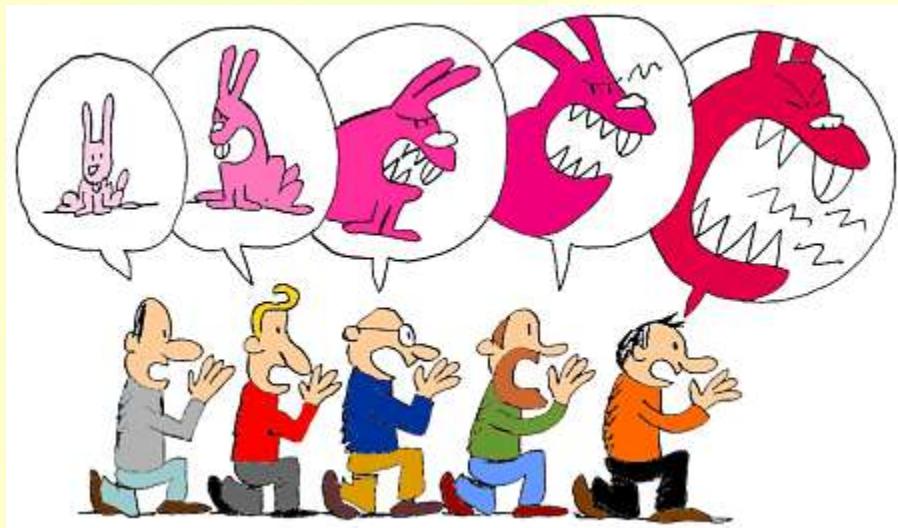


Darth Vader



Question quiz :

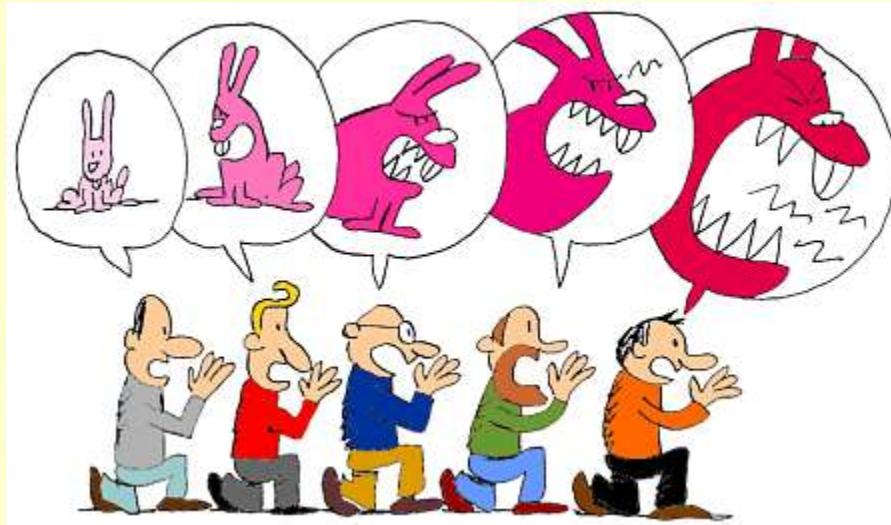
Sachant cela, quelle serait la meilleure **métaphore** pour la mémoire humaine ?





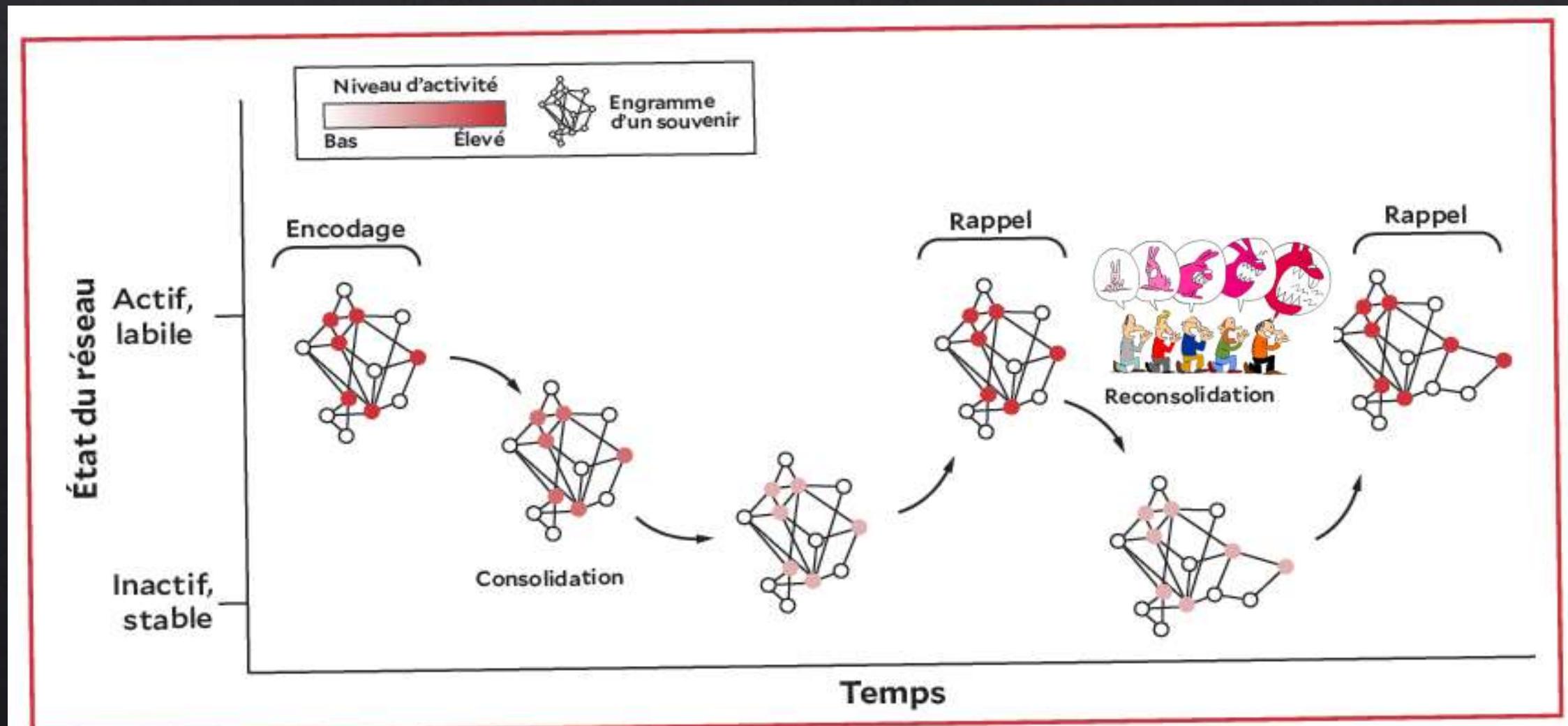
Question quiz :

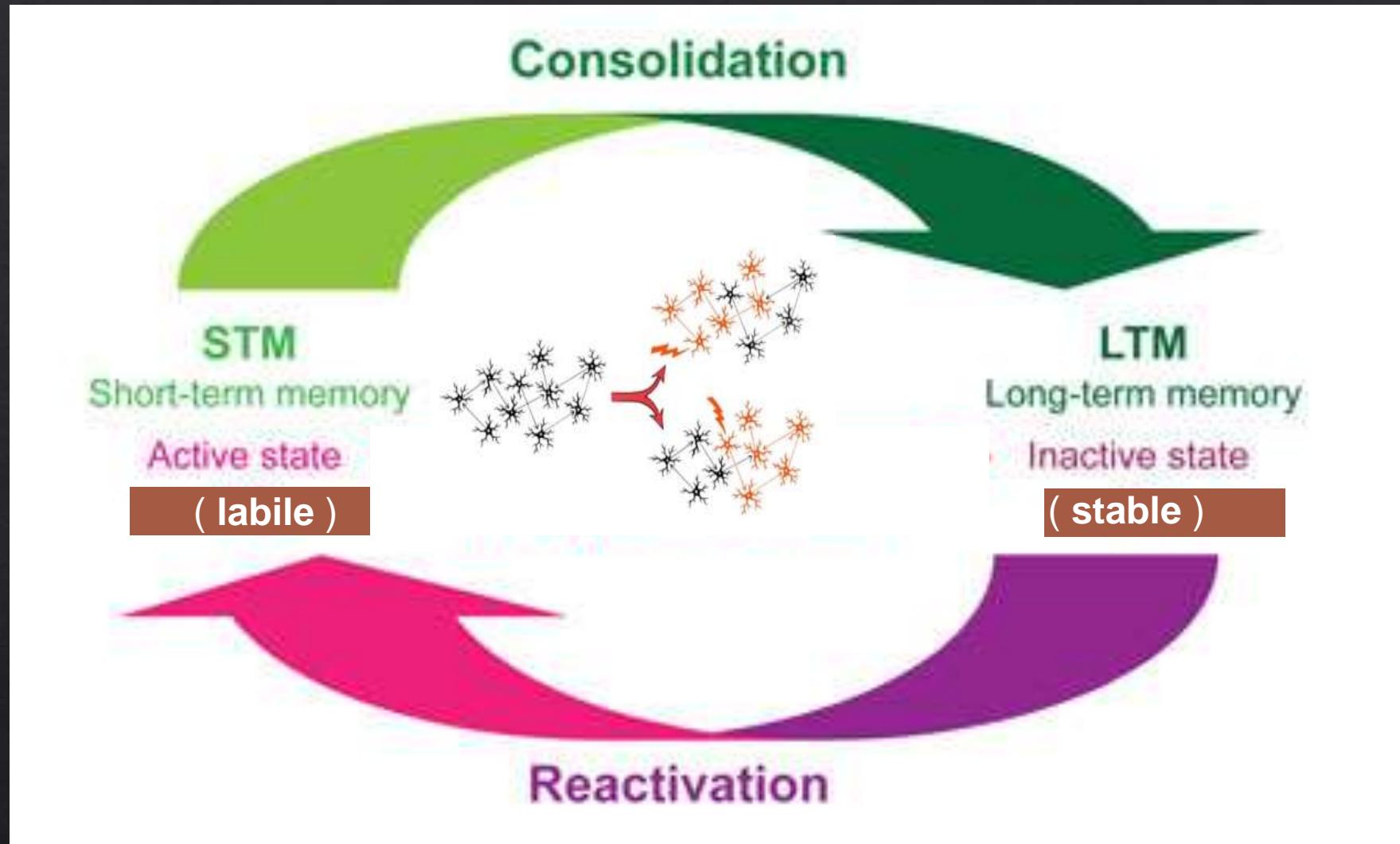
Sachant cela, quelle serait la meilleure
métaphore
pour la mémoire
humaine ?

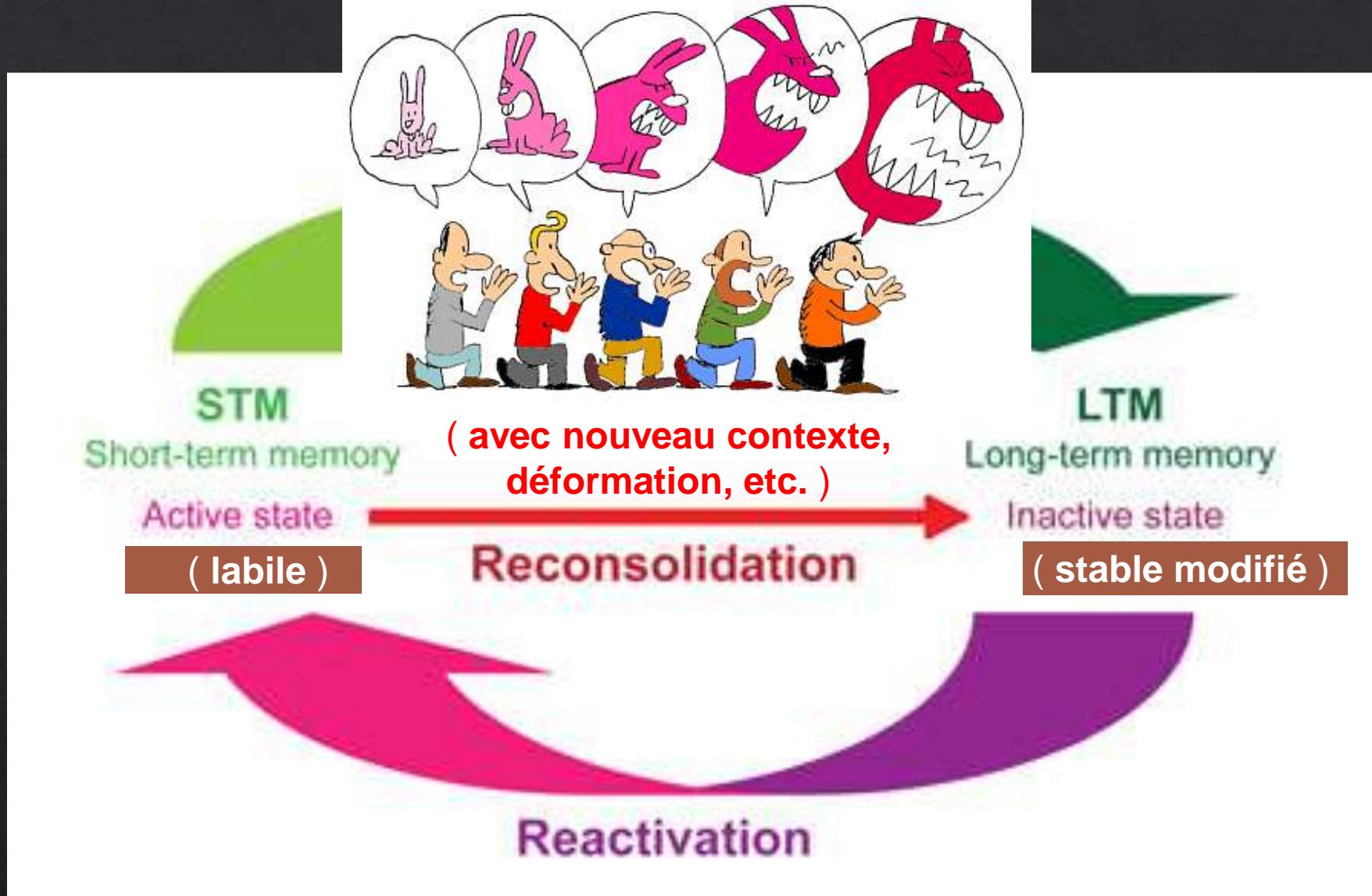


La mémoire humaine est forcément une reconstruction.

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







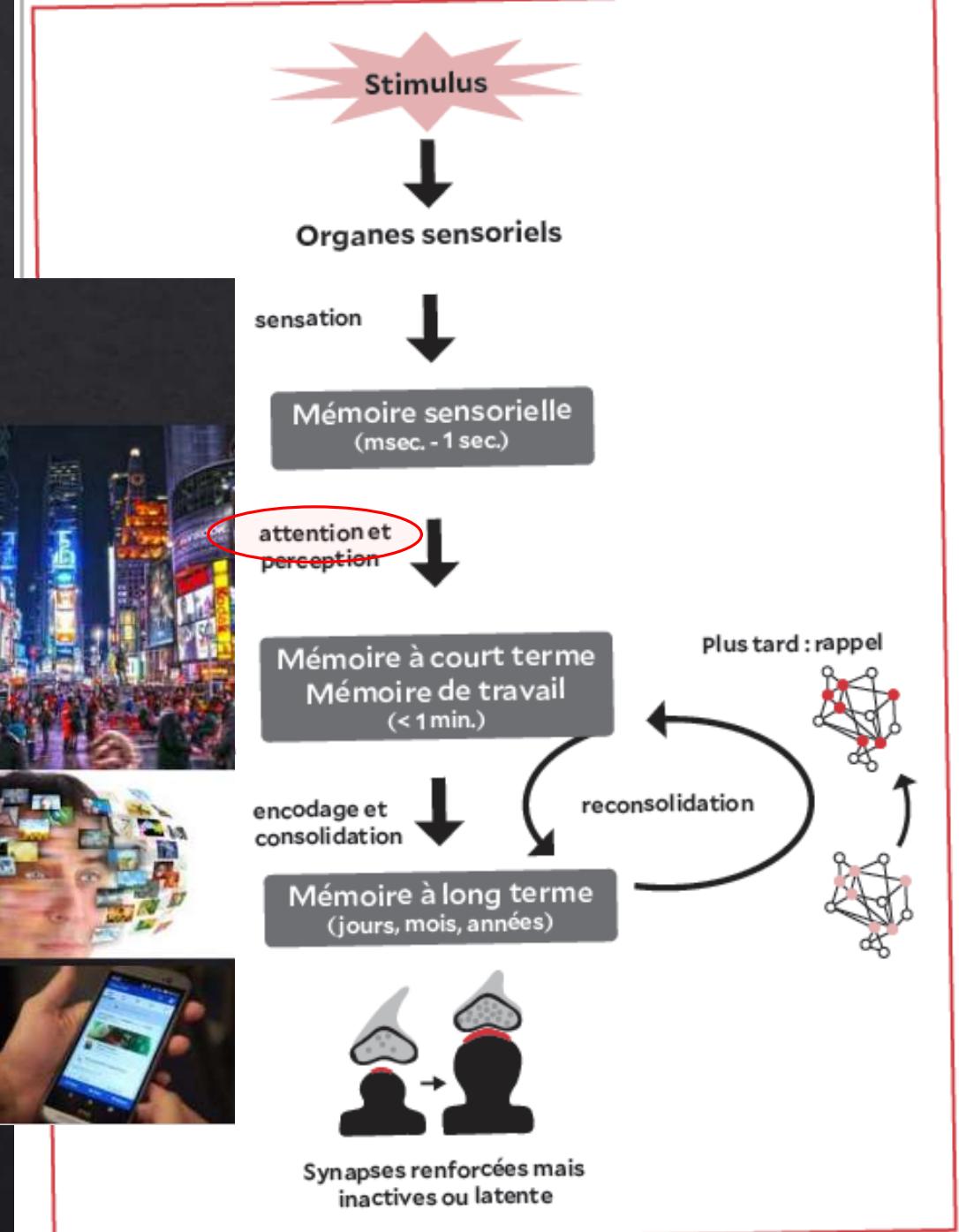
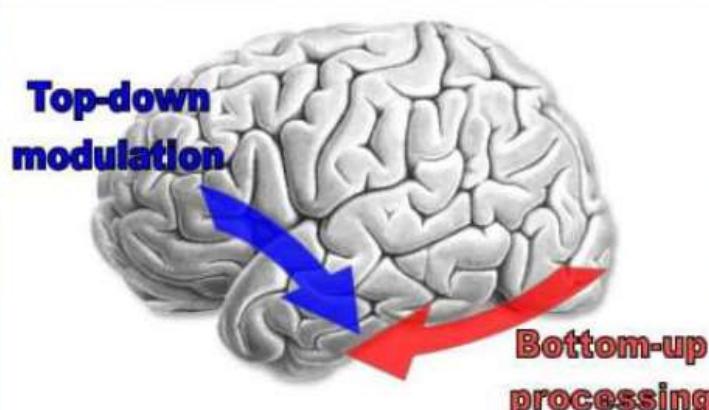
Memory retrieval and the passage of time: from reconsolidation and strengthening to extinction.

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

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

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

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



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

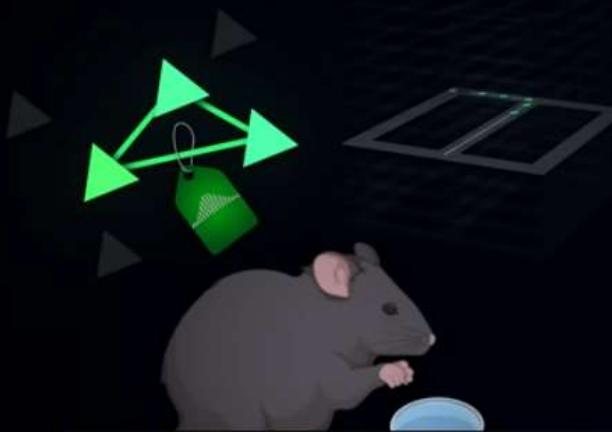
Nous pouvons l'orienter et la focaliser, mais elle peut aussi nous échapper, être captée par des événements ou objets extérieurs. »

Parle des « **voleurs d'attention** » ! - Jean-Philippe Lachaux

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

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

Awake ripples tag memories for later consolidation during sleep

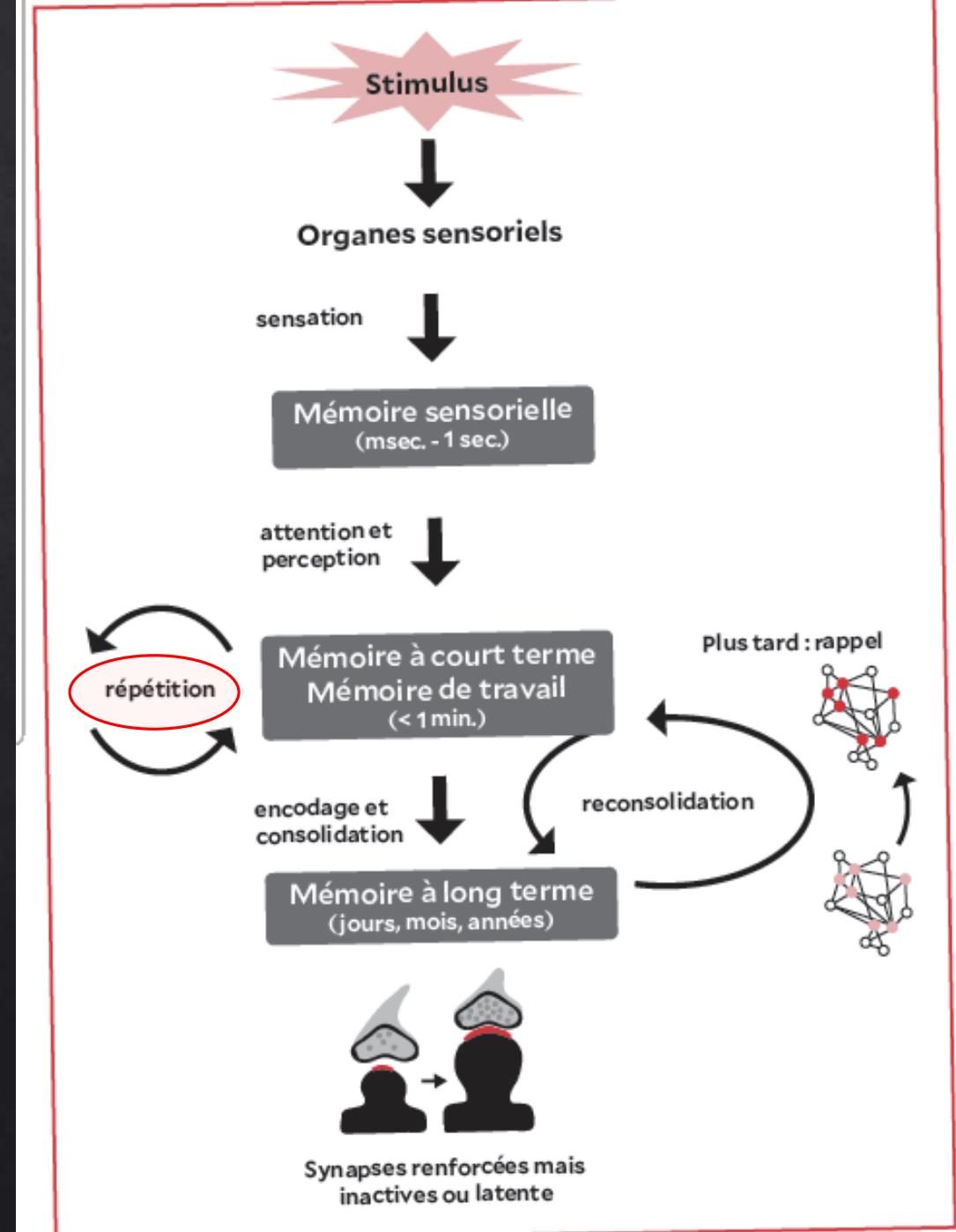


But why not consolidate memories immediately during these awake replays?

Comment votre cerveau choisit ce dont il doit se souvenir

Artem Kirsanov

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

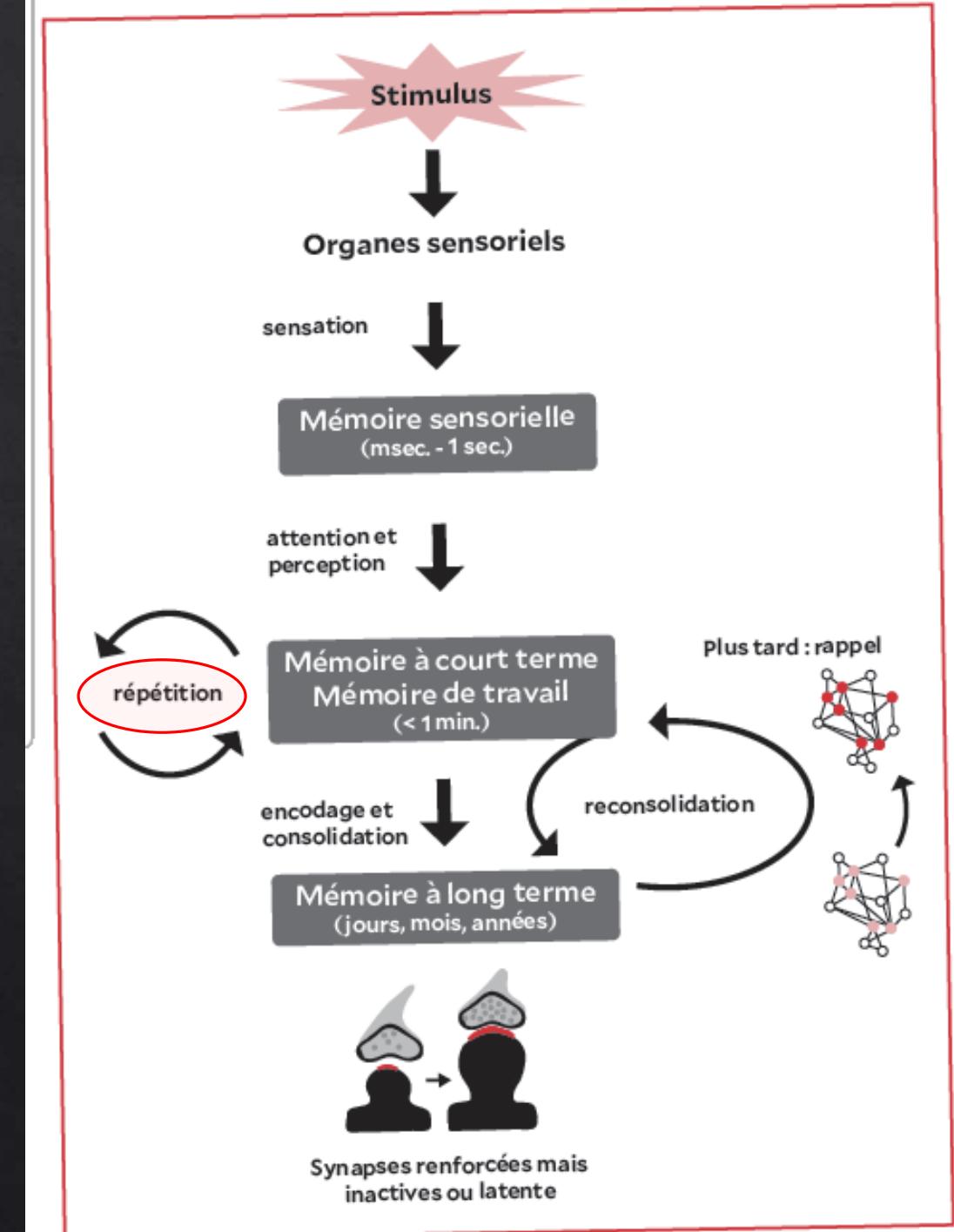


Concrètement, qu'est-ce qui peut favoriser l'apprentissage et la mémoire sachant tout ça ?

Devant la **capacité limitée** de notre mémoire de travail, on peut **combiner plusieurs éléments en un seul** (« chunking ») :

Pour les 8 planètes (Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune) :
« Mon Vieux Tu Me Jette Sur Un Nuage. »

Pour les conjonctions de coordination (Mais, Où, Et, Donc, Car, Ni, Or) :
« Mais où est donc Carnior ? »



Étude versus tests de rappel

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

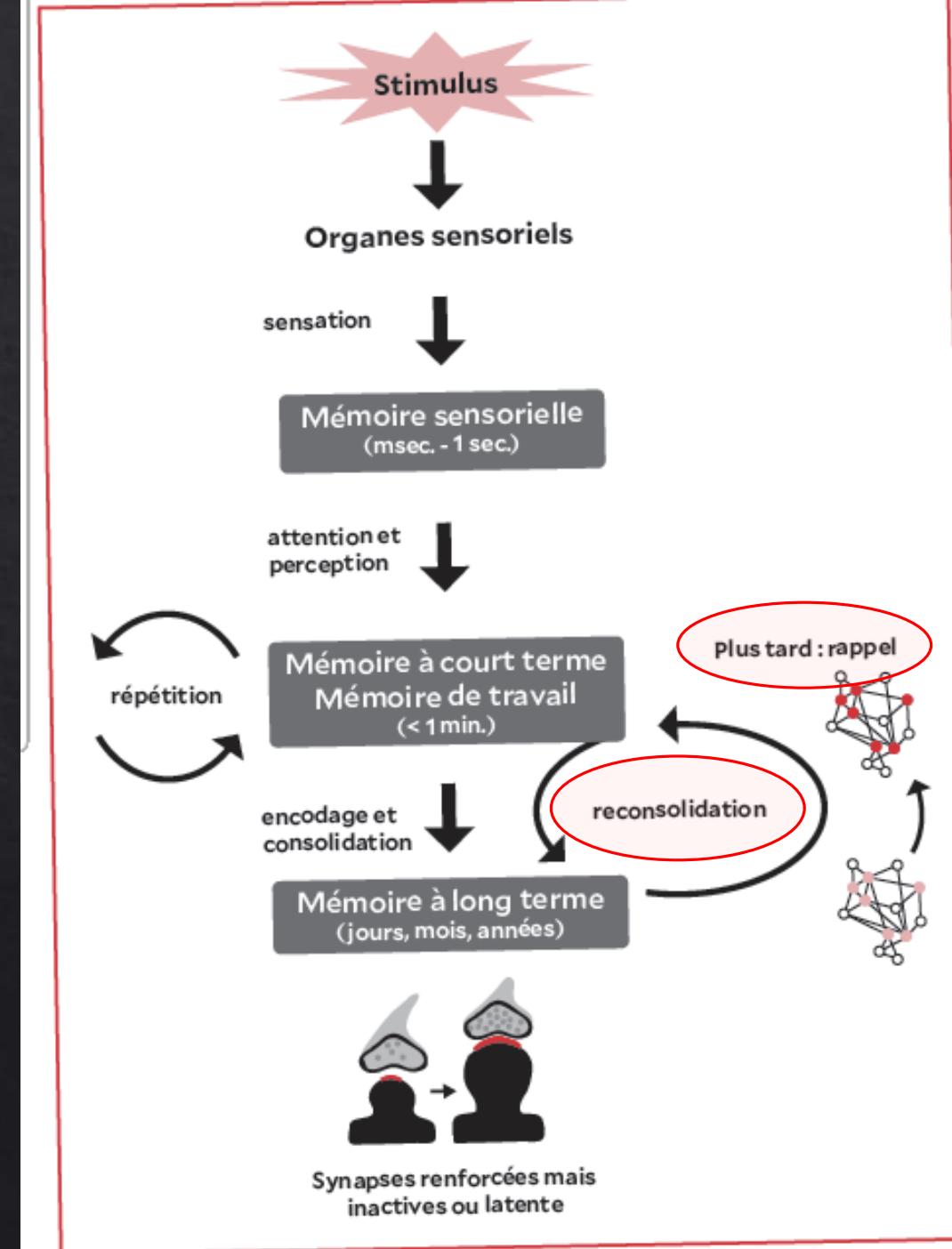
Groupe 2 : 6 blocs d'étude, 2 tests (ÉT ÉÉ ÉT ÉÉ)

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

Les meilleurs résultats de rappel 2 jours plus tard :

groupe 1, puis **groupe 2** et finalement **groupe 3**.

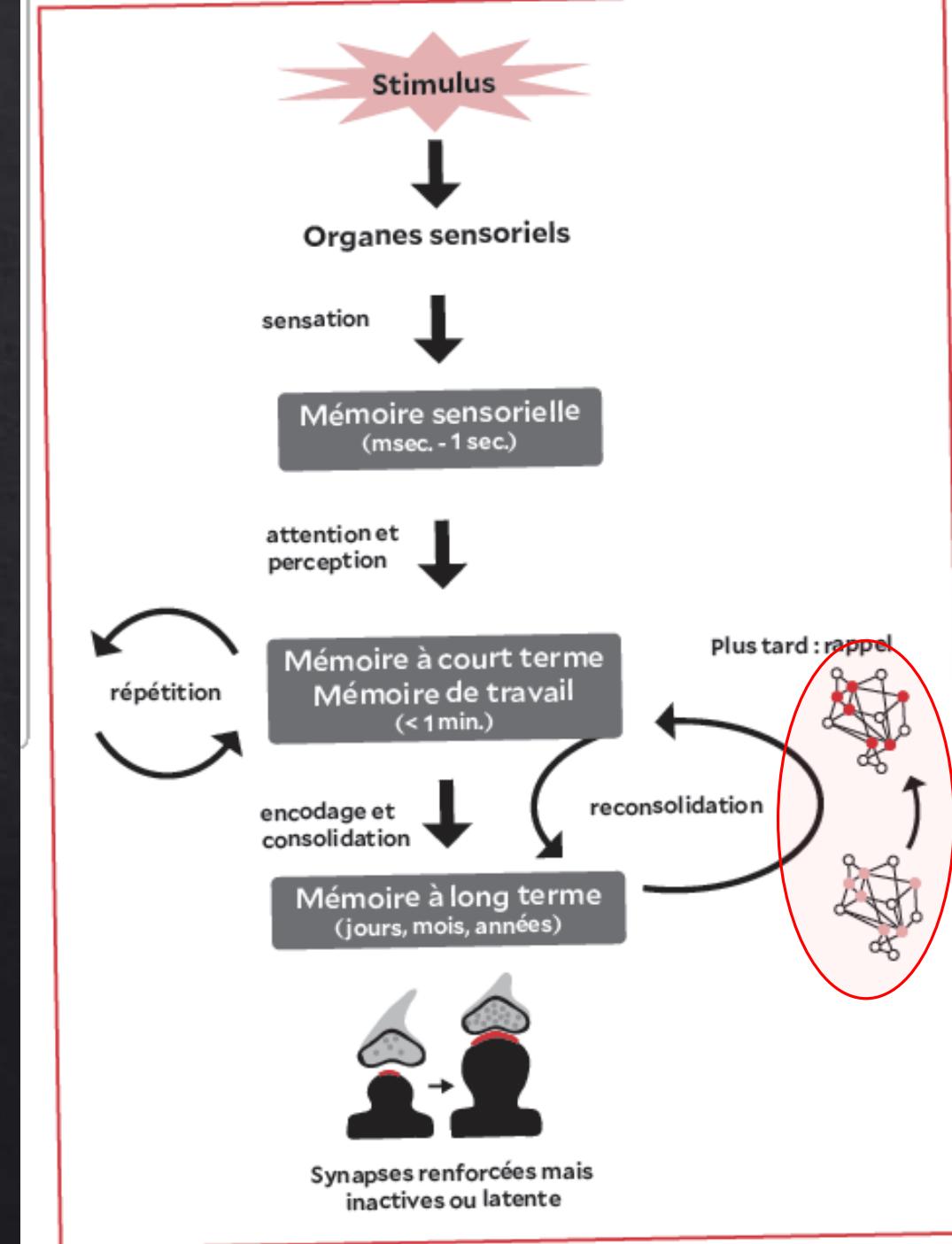
- Faire des **tests de révision fréquents** nous force à récupérer en mémoire une information récemment apprise
- Ce rappel est suivi d'une **reconsolidation** qui permet le **stockage plus profond** de cette information en mémoire à long terme.



- Créer des liens,
des associations, du sens

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

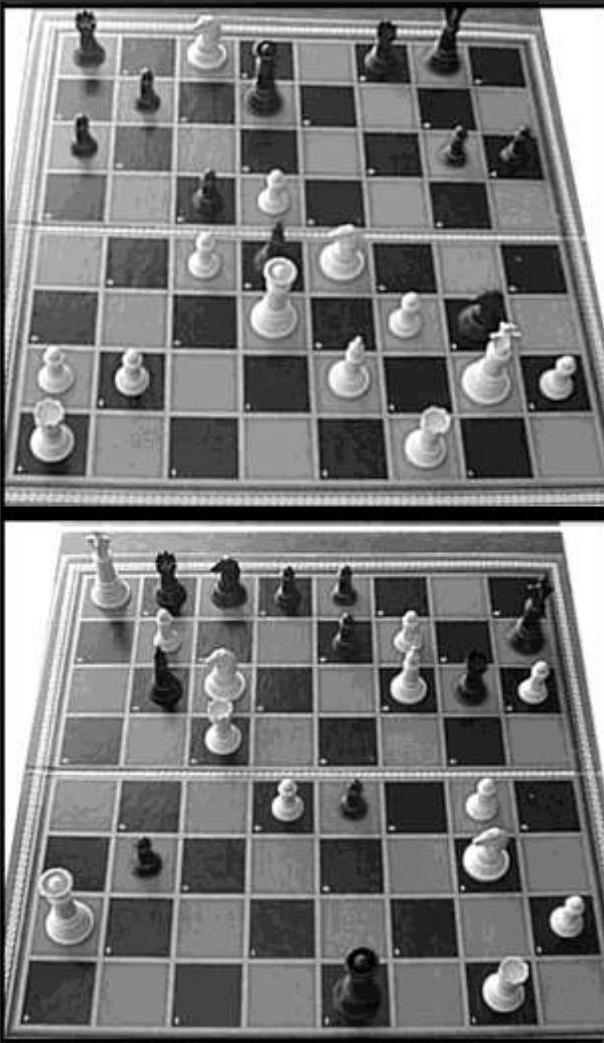
- Hélène Trocmé Fabre



How experts recall chess positions

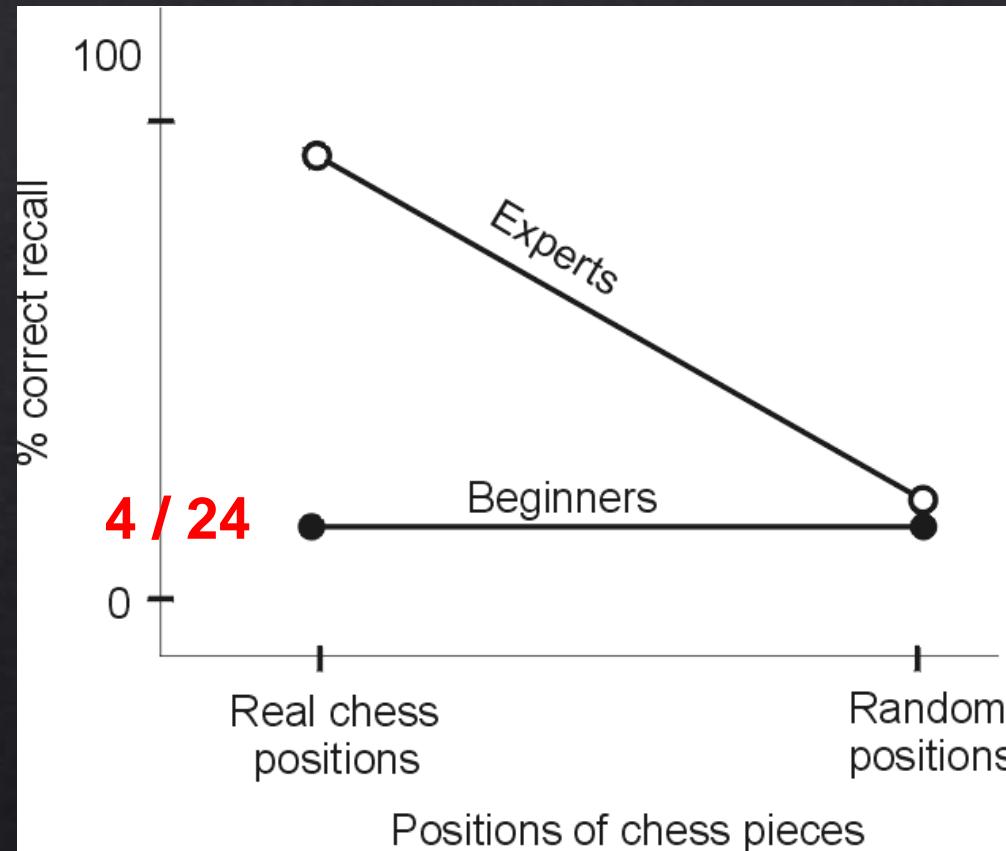
By Daniel Simons, on February 15th, 2012

5 s.



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

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



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>

Donc pour retenir une liste :

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

Liste d'épicerie :

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



Liste d'épicerie :

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



Liste d'épicerie :

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





Liste d'épicerie :

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



Liste d'épicerie :

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



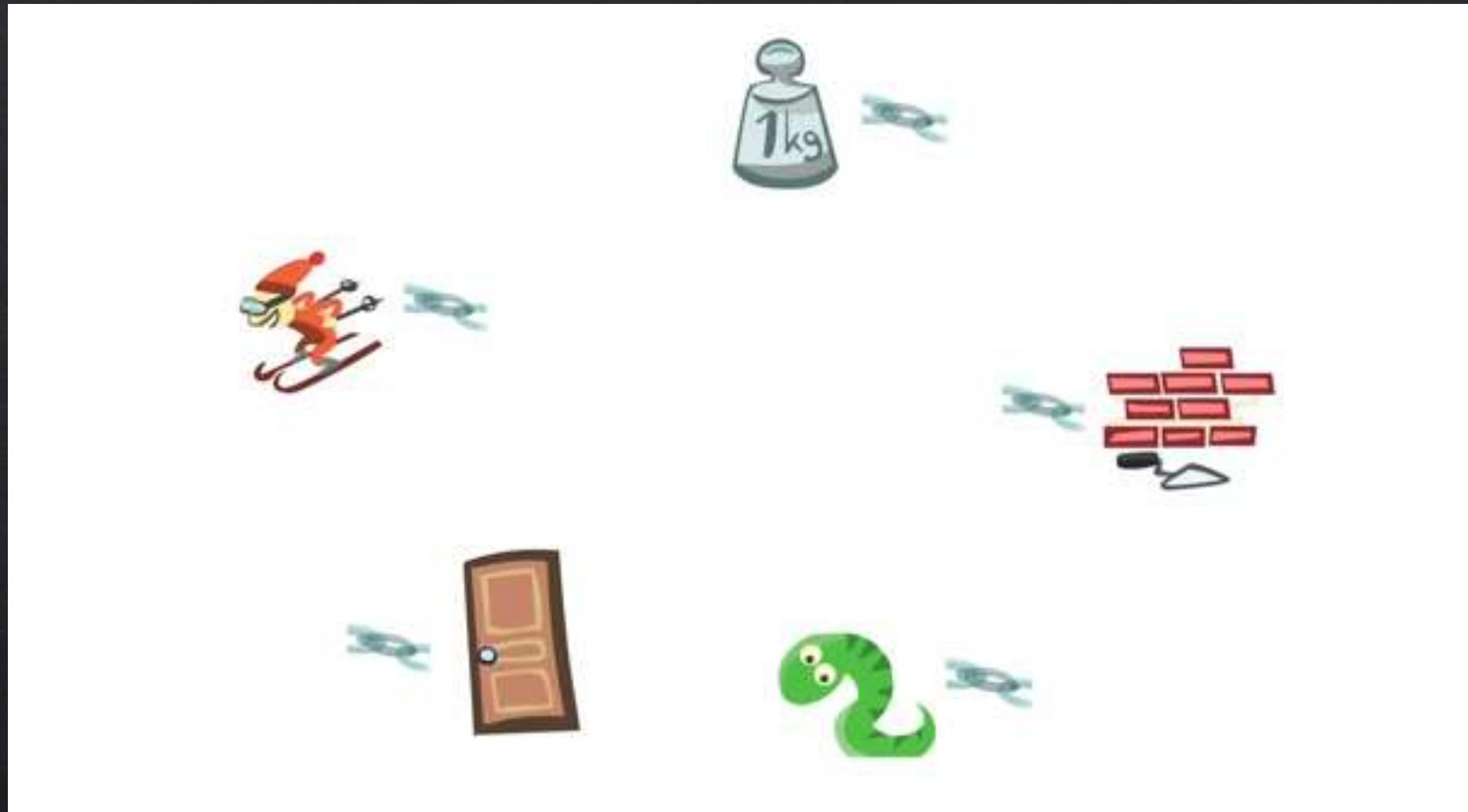
Liste d'épicerie :

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



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

Ça vous rappelle quelque chose ?





En espérant avoir laissé
quelques traces dans
vos forets de neurones...

;-)

