

- Dans les marges du journalisme
- Notre cerveau à tous les niveaux. 10 ans, 10 séances — saison 1
- Cafés philosophiques. 10 ans, 10 discussions — saison 1
- L'UPop dans les quartiers de Montréal
- L'Imaginaire colonial. Violence, colonialisme et pouvoir en Nouvelle-France
- L'investissement éthique, qu'est-ce que ça vaut ?
- Artistes au travail ! Observation du processus créatif d'artistes
- Série À bras le corps : À la rencontre de citoyen·ne·s qui s'investissent



Illustration : Ramon Vitesse

NOV.
13 **Notre cerveau à tous les niveaux. 10 ans, 10 séances — saison 1**
3: L'humain découvre la grammaire de base de son système nerveux
Mercredi, 19h, Café Les Oubliettes

NOV.
18 **Cafés philosophiques. 10 ans, 10 discussions — saison 1**
Sciences cognitives et libre arbitre : de nouveaux paradigmes qui éclairent la question
Lundi, 19h, Café Les Oubliettes

NOV.
19 **L'Imaginaire colonial. Violence, colonialisme et pouvoir en Nouvelle-France**
Des Renards aux Natchez : Empire, esclavage et génocide en Amérique.
Mardi, 19h, Station Ho.st

NOV.
20 **Série À bras le corps : À la rencontre de citoyen·ne·s qui s'investissent**
Histoire des vélos fantômes de Montréal
Mercredi, 19h, Station Ho.st

NOV.
25 **Cafés philosophiques. 10 ans, 10 discussions — saison 1**
Ces films où il ne se passe rien. Que peut le cinéma?
Lundi, 19h, Café Les Oubliettes

 Inscrivez-vous sur notre liste d'envoi hebdomadaire pour recevoir l'horaire des cours de la semaine.

Votre courriel

INSCRIVEZ-MOI



Notre cerveau à tous les niveaux

10 séances pour 10 ans d'UPop !
Automne 2019 - Hiver 2020

Les **mercredis** aux deux semaines, 19h

Café **Les Oubliettes**, dès le 16 octobre

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

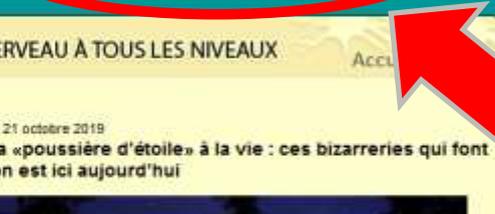
- Mode d'emploi
- Visite guidée
- Plan du site
- Diffusion
- Présentations
- Nouveautés
- English

Recherche -> site + blogue

Google Re



Nouveau! "L'école des profs"



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**
 - Posture

Fonctions complexes

- Au cœur de la mémoire**
 - Les traces de l'apprentissage
 - Dûbi 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 mélancolie-dépression
 - Les troubles anxieux
 - La démence de type Alzheimer

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Accueil

Recherche -> blogue

Billets par catégorie

Abonnez-vous!

NOUVELLES RÉCENTES SUR LE CERVEAU

Deric Bownds' Mindblog

The Metamorphosis of the Western Soul

Shape of your heart is determined by whether you run or sit.

The default mode network represents esthetic appeal.

Cross-national negativity bias in reacting to news

An update on the science of 'free will'

BrainFacts.org Blog

RSS Error: WP HTTP Error: Connection

Lundi, 21 octobre 2019

De la «poussière d'étoile» à la vie : ces bizarreries qui font qu'on est ici aujourd'hui



Le cours «Notre cerveau à tous les niveaux» donné dans le cadre de la 10^e année d'existence de l'UPop Montréal a donc débuté mercredi dernier dans le café Les Oubliettes rempli à pleine capacité (arrivez tôt la prochaine fois pour avoir de bonnes places!). Comme je le ferai pour chaque séance, j'ai mis le pdf du Power Point de cette première présentation au bas de la page [L'école des profs de mon site](#) ou directement en suivant [ce lien](#). Pour le Facebook Live de cette première séance elle demeure disponible pour visionnement ici. Comme je l'ai expliqué dans un [billet antérieur](#) présentant la démarche générale du cours, je vais soulever aujourd'hui quelques questions générales qui seront abordées mercredi le 30 octobre lors de notre deuxième séance intitulée « De la «poussière d'étoile» à la vie : ces bizarreries qui font qu'on est ici aujourd'hui ».

On a vu la semaine dernière que devant certaines illusions d'optique, on est troublé de constater que « nos sens peuvent nous tromper ». C'est-à-dire que le monde de nos perceptions n'est peut-être pas un « miroir »

Après nous avoir appuyés pendant plus de dix ans, des donateurs budgétaires ont décidé d'interrompre le financement de 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 financement. Nous nous voyons contraints de nous en remettre aux dons de nos lecteurs et lectrices pour continuer de mettre à jour et d'alimenter en contenu le blogue et le site.

Soyez assurés que nous faisons le maximum pour poursuivre notre mission de vulgarisation des neurosciences dans l'esprit premier d'internet, c'est-à-dire dans un souci de partage de l'information, gratuit et sans publicité.

En vous remerciant chaleureusement de votre soutien, qu'il soit moral ou monétaire,

Bruno Dubuc, Patrick Robert, Denis Paquet et Al Daigen

Faire un don

<http://lecerveau.mcgill.ca>

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

Principes fondamentaux

Du simple au complexe

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

Le bricolage de l'évolution

Fonctions complexes

Au cœur de la mémoire

- Les traces de l'apprentissage
- Oubli et amnésie

Que d'émotions

NOTRE CERVEAU A TOUS LES NIVEAUX. 10 ANS, 10 SEANCES — SAISON 1

Présentation

Ce cours voudrait présenter comment les sciences cognitives conçoivent aujourd'hui le cerveau et le corps humain, ainsi que les phénomènes socioculturels qui en découlent. Vaste programme qui ne peut se réaliser qu'en adoptant une perspective évolutive sur l'émergence de ces systèmes dynamiques faits de multiples niveaux d'organisation. Du Big Bang au langage, de la perception à l'action et de l'apprentissage à la prédiction et à la prise de décision, nous verrons comment l'impératif de rester en vie et de donner du sens à cette vie se manifeste chez l'humain.

Aux 5 séances de l'automne résumées ci-contre s'ajouteront 5 autres séances à l'hiver :

6. Les rythmes cérébraux : se synchroniser pour mieux régner
7. Tout ce qui précède permet de simuler le monde pour décider quoi faire
8. Cerveau et corps ne font qu'un et sont constamment affectés par l'environnement
9. Conscient, inconscient et langage : quel est ce « je » qui se dit libre?
10. Morale de l'histoire : notre espèce a-t-elle de l'avenir ?

Professeur-e(s)

Bruno Dubuc

Bruno Dubuc détient une maîtrise en neurobiologie et a fait de la vulgarisation scientifique pour des séries télé et des magazines pendant une dizaine d'années. Depuis 2002, il est rédacteur du site web et du blogue www.lecerveau.mcgill.ca ainsi que conférencier sur les neurosciences. Il aime aussi utiliser les régions associatives de son cerveau en collant ensemble des images et des sons pour faire ce qu'on appelle des films. Son dernier porte sur Henri Laborit, tout comme le site web qu'il lui a consacré au www.slogedelasuite.net

www.upopmontreal.com

Plan de session

Au café Les Oubliettes, 6201, rue De Saint-Vallier



OCT 16 Le « connais-toi toi-même » de Socrate à l'heure des sciences cognitives

Mercredi, 19h, Café Les Oubliettes

Où l'on commencera par se demander ce qu'on entend par « connaître » ? Puis qu'est-ce qu'on peut connaître ? Et qu'est-ce que la science nous apporte en tant qu'outil particulier pour comprendre le monde ? Et quel est l'apport des sciences cognitives pour se connaître soi-même ? On en profitera aussi pour clarifier le sens de certains concepts plus spécifiquement employés dans les sciences cognitives comme celui de subjectivité, de représentation, de signification, d'information, de niveau d'organisation, système dynamique, etc.

Plan :

L'observateur observé, ou le cerveau humain qui tente de comprendre lui-même.

C'est compliqué parce que des atomes à la conscience, il y a de nombreux niveaux d'organisation spatiaux et temporels.

Face à cette complexité, la méthode scientifique nous aide.

De l'importance de la qualité de vulgariser tout ça.

[PDF du Power Point de cette séance.](#)

[Facebook Live de la séance.](#)

science of 'free will'

BrainFacts.org
Blog

RSS Error. WP HTTP
Error: Connection

séance elle demeure disponible pour visionnement en ligne comme le fait expliqué dans un [billet](#) antérieur présentant la démarche générale du cours, je vais soulever aujourd'hui quelques questions générales qui seront abordées mercredi le 30 octobre lors de notre deuxième séance intitulée « De la « poussière d'étoile » à la vie : ces bizarreries qui font qu'on est ici aujourd'hui ».

On a vu la semaine dernière que devant certaines illusions d'optique, on est troublé de constater que « nos sens peuvent nous tromper ». C'est-à-dire que le monde de nos perceptions n'est peut-être pas un « miroir »

de votre monde, il y a de nombreux niveaux d'organisation spatiaux et temporels, il faut un soutien, qu'il soit moral ou monétaire,

Bruno Dubuc, Patrick Robert,
Denis Paquet et Al Daigen

Faire un don

Plan du cours

5 séances à l'automne
5 séances à l'hiver

Séance 3 :
L'humain découvre la grammaire de base de son système nerveux

Séance 4 :
Des circuits de millions de neurones : plaisir, douleur, apprentissage, mémoire

Séance 5 :
Cartographier des réseaux de milliards de neurones à l'échelle du cerveau entier

Séance 2 :
De la « poussière d'étoile » à la vie : ces bizarreries qui font qu'on est ici aujourd'hui

Séance 6 :
Les rythmes cérébraux : se synchroniser pour mieux régner

Séance 1 :
Le « connais-toi toi-même » de Socrate à l'heure des sciences cognitives

Séance 7 :
Tout ce qui précède permet de simuler le monde pour décider quoi faire

Séance 10 :
Morale de l'histoire : notre espèce a-t-elle de l'avenir ?

Séance 9 :
Conscient, inconscient et langage : quel est ce « je » qui se dit libre ?

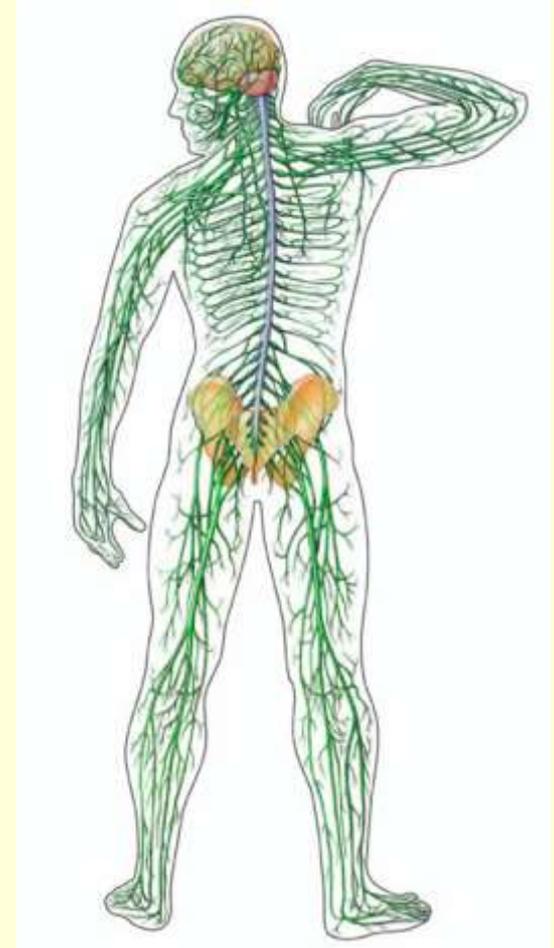
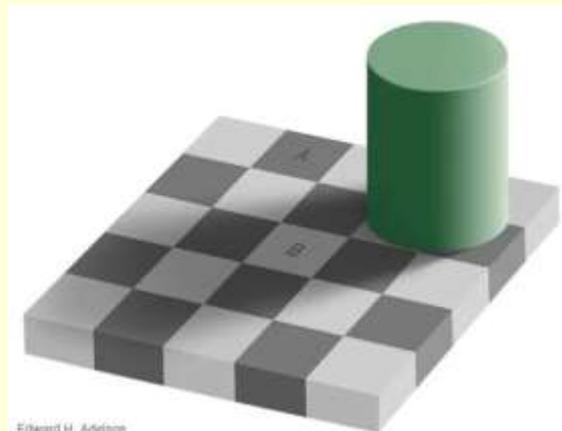
Séance 8 :
Cerveau et corps ne font qu'un et sont constamment affectés par l'environnement



Séance 1 :
Le « connais-toi
toi-même » de
Socrate à l'heure
des sciences
cognitives

Il y a un mois...

→ **la structure particulière de notre corps**
(et en particulier de notre système nerveux)
détermine ce qui pourra être
connaissable pour nous





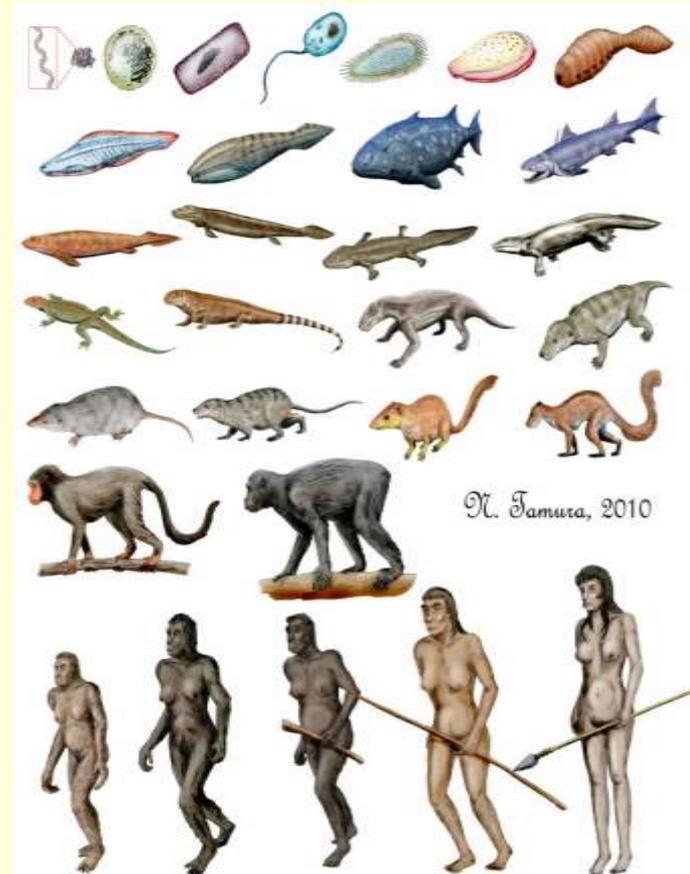
Séance 1 :
Le « connais-toi
toi-même » de
Socrate à l'heure
des sciences
cognitives



Séance 2 :
De la « poussière
d'étoile »
à la vie : ces
bizarreries qui
font qu'on est ici
aujourd'hui

Il y a 2
semaines...

→ cette structure est le fruit d'une très
longue évolution





Vous êtes nés il y a
13,8 milliards
d'années

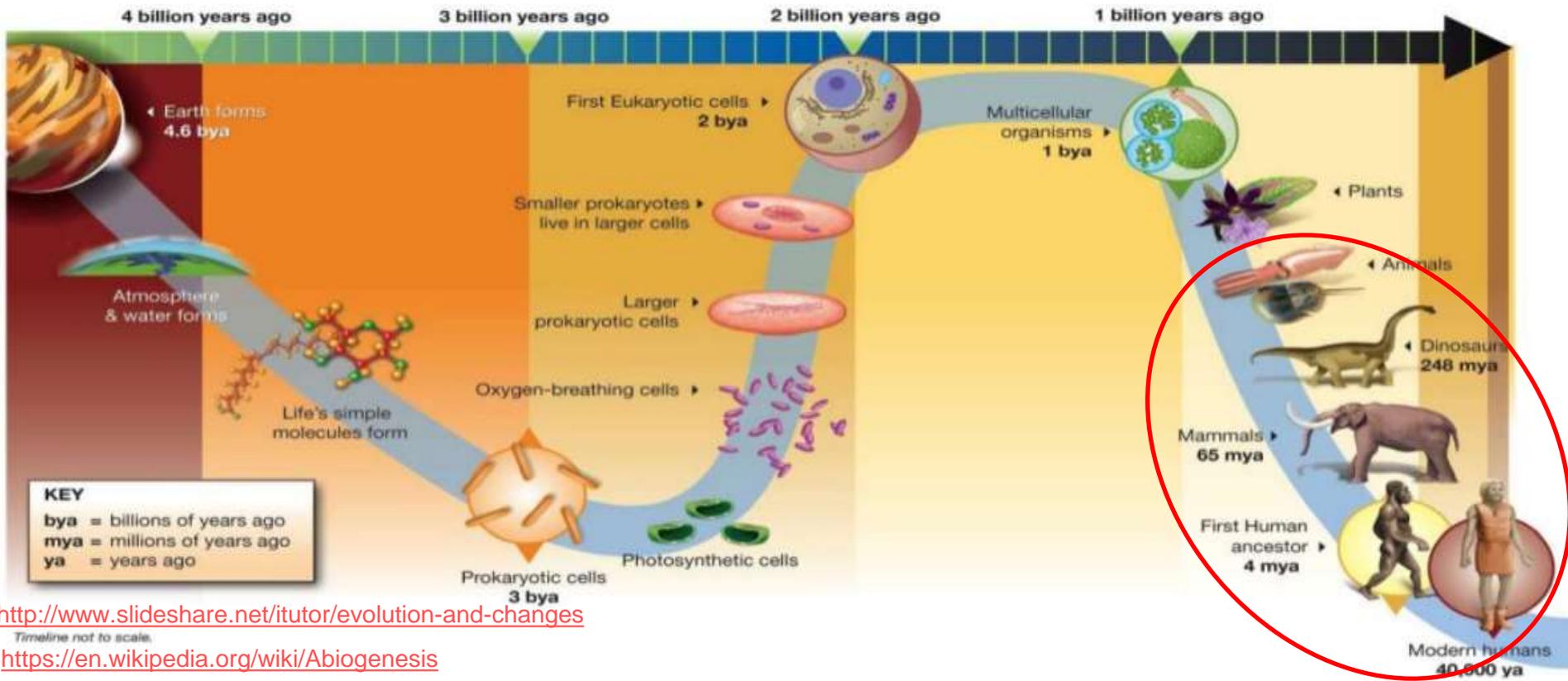
Évolution cosmique,

chimique

et biologique

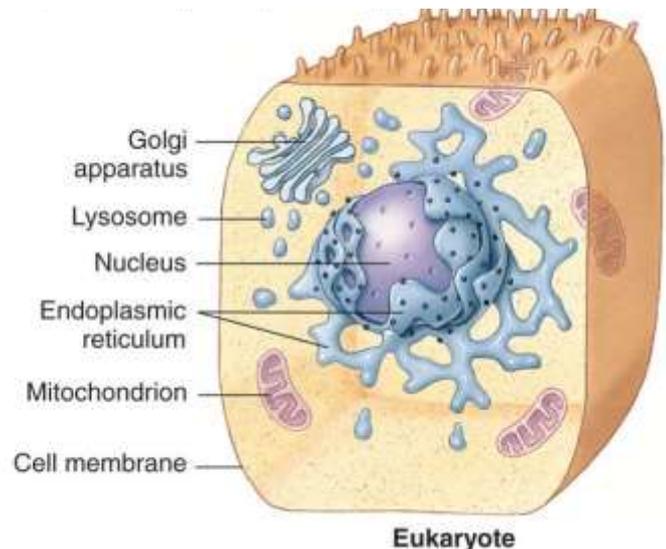
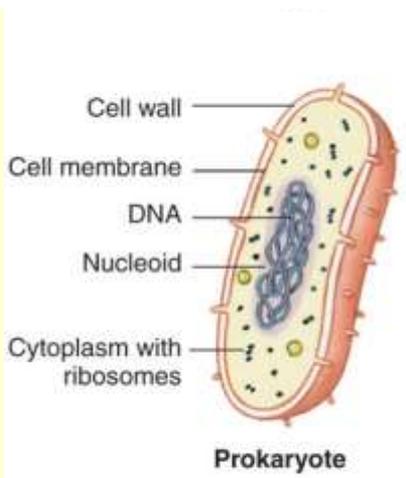


(Crédit : modifié de Robert Lamontagne)



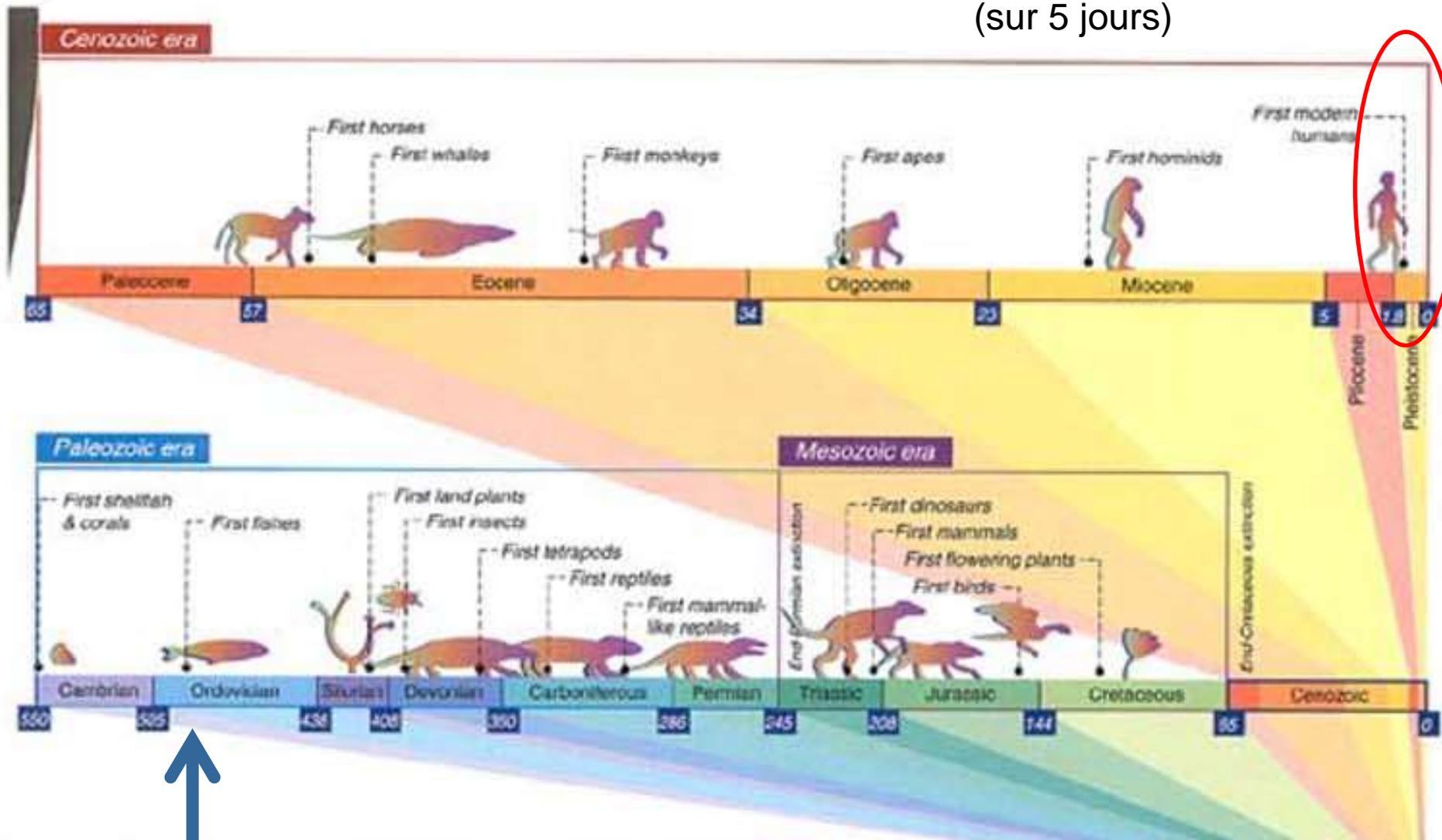
<http://www.slideshare.net/itutor/evolution-and-changes>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Abiogenesis>

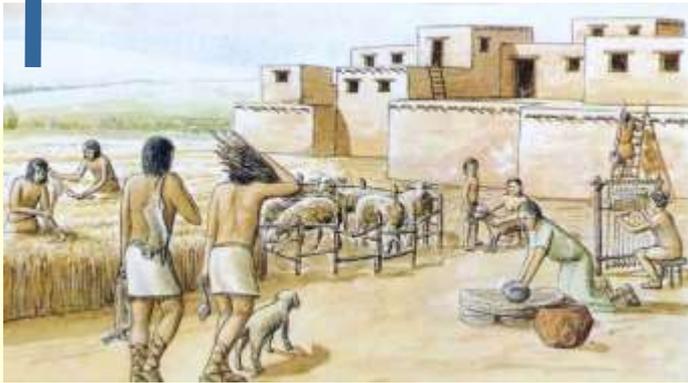
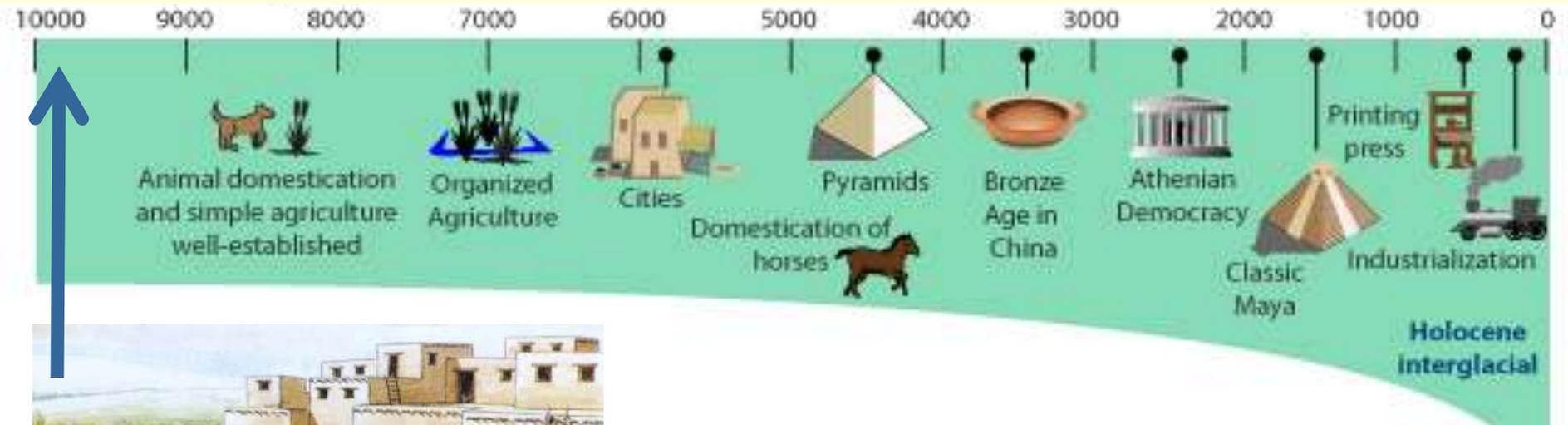


Si un millénaire valait une seconde :

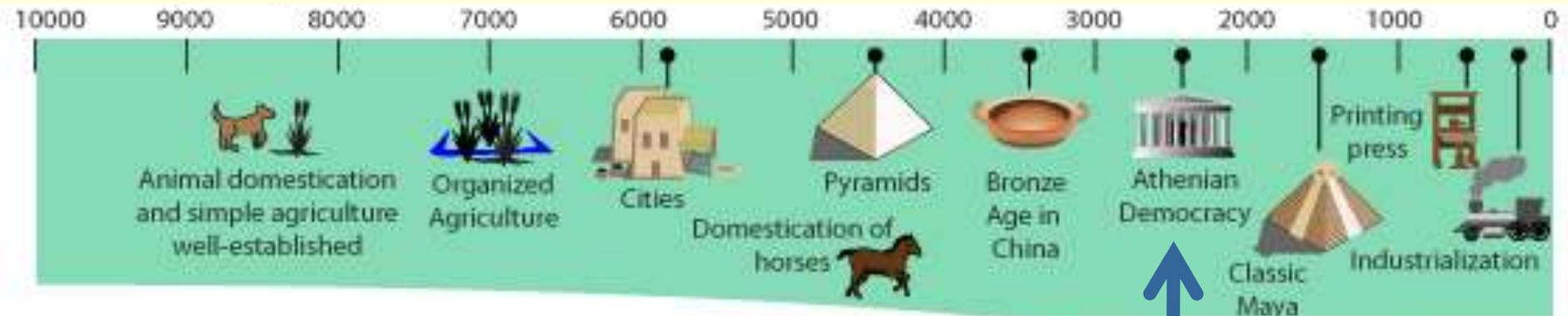
- notre espèce Homo sapiens
il y a environ **3 minutes**
(sur 5 jours)



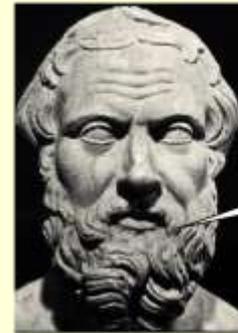
- les premiers vertébrés (des poissons primitifs)
seraient apparus il y a un peu plus de **5 jours**



le néolithique,
 (domestication animale et agriculture)
 il y a environ **10 secondes**
 (sur 5 jours)



Il y a environ 2 500 ans,
(2,5 secondes sur nos 5 jours)
 des Homo sapiens formulent
 des hypothèses sur la nature
 de la **matière...**



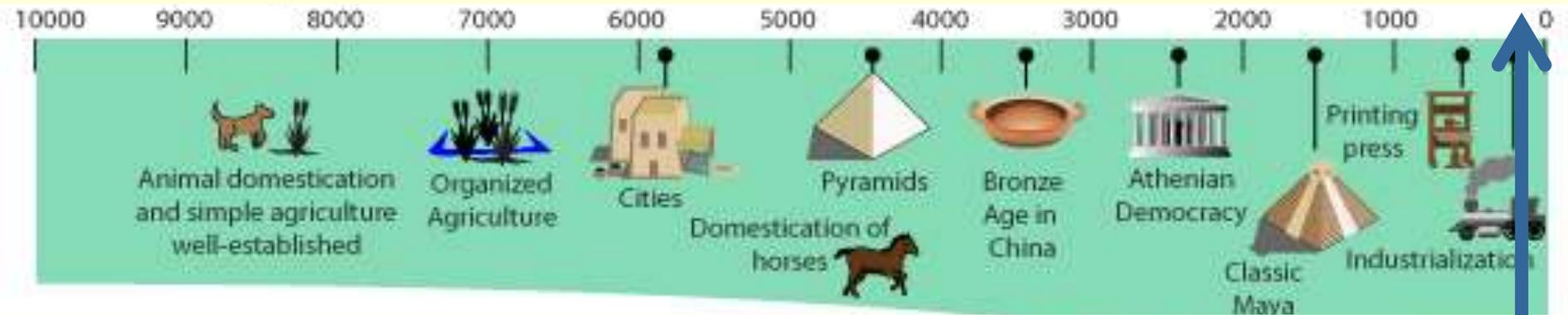
DEMOCRITE
 IV^{ème} siècle AVJC

La matière est constituée
 de corpuscules invisibles à
 cause de leur extrême
 petitesse, indivisibles et
 éternels.

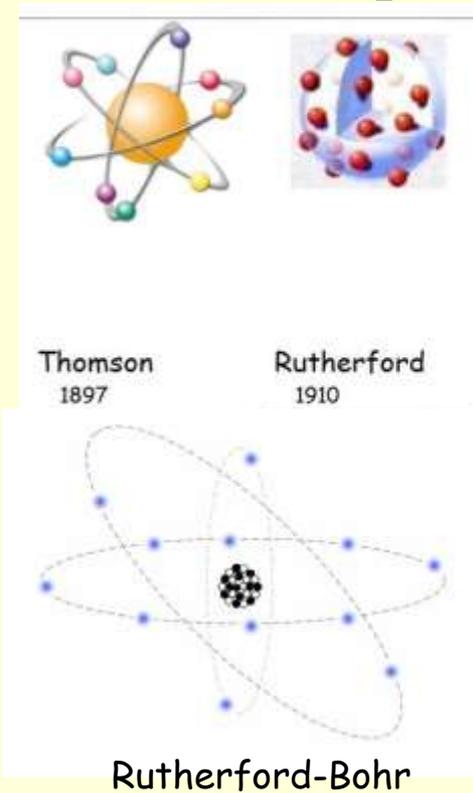
Mais non ! On sait
 tous que la matière
 est constituée des
 quatre éléments:
 l'eau, la terre, le feu
 et l'air...

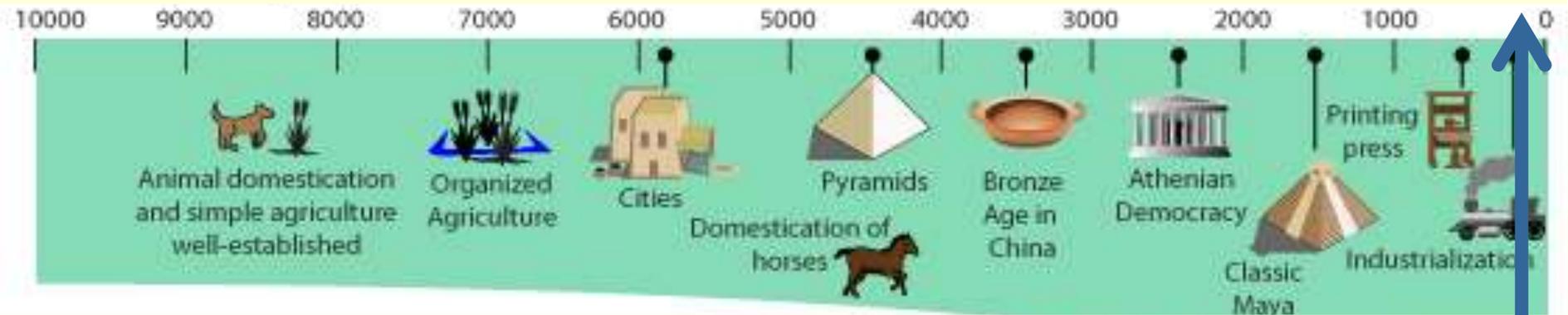


ARISTOTE
 IV^{ème} siècle AVJC

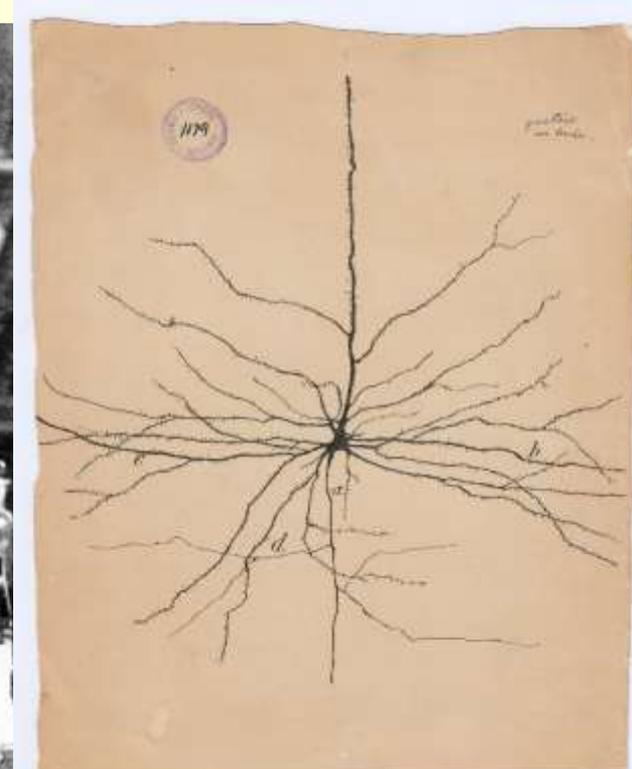
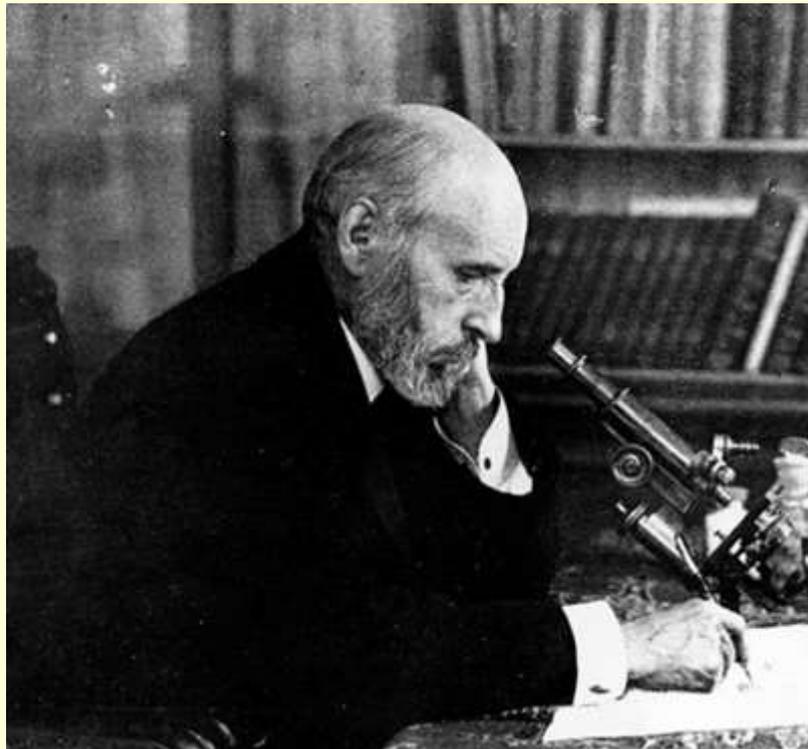


- Fin XIX siècle, soit il y a **0,1 secondes** (sur 5 jours) : modèle atomique moderne





- Fin XIX siècle, soit il y a **0,1 secondes** (sur 5 jours) :
premiers
dessins précis
des **neurones**





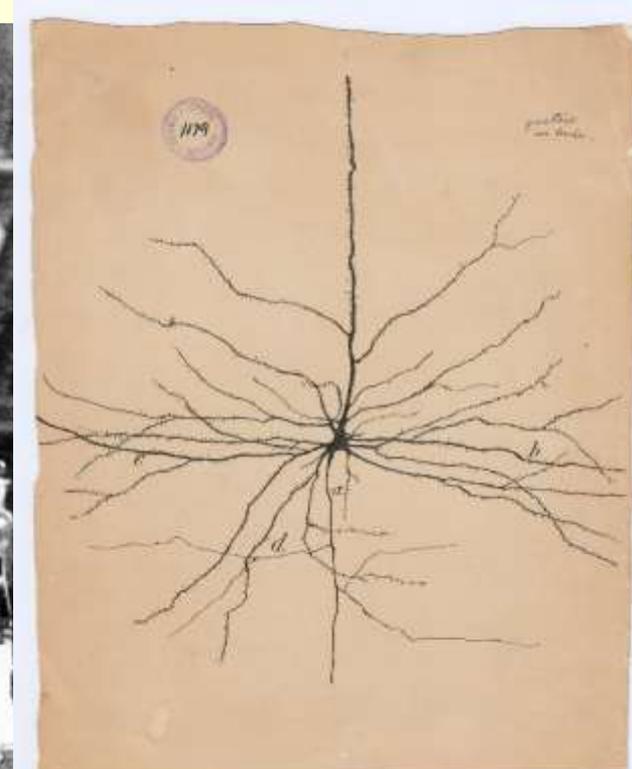
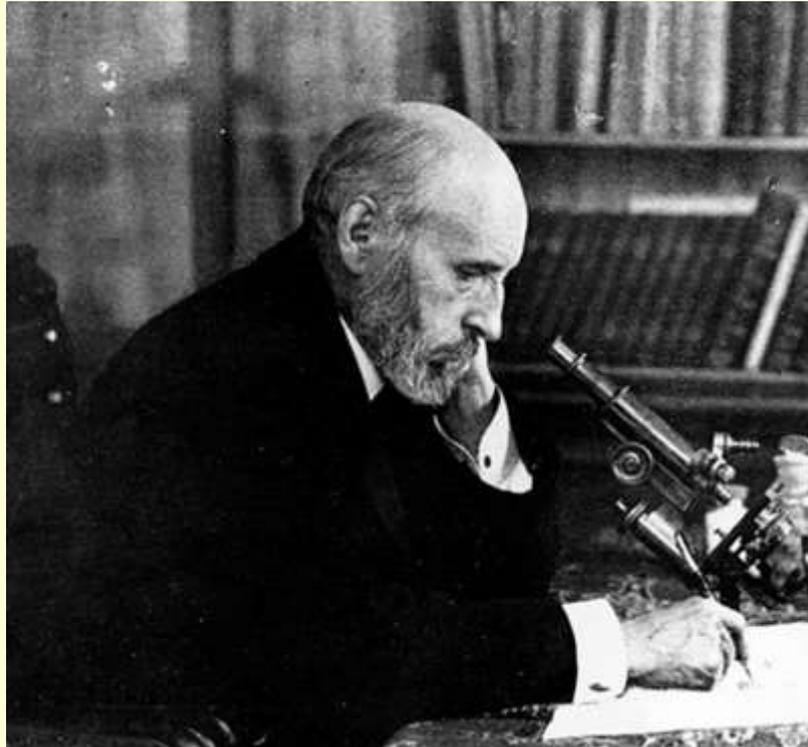
Séance 1 :
**Le « connais-toi
toi-même » de
Socrate à l'heure
des sciences
cognitives**



Séance 2 :
**De la « poussière
d'étoile »
à la vie : ces
bizarreries qui
font qu'on est ici
aujourd'hui**



Séance 3:
**L'humain
découvre la
grammaire de
base de son
système nerveux**





Séance 1 :
**Le « connais-toi
toi-même » de
Socrate à l'heure
des sciences
cognitives**



Séance 2 :
**De la « poussière
d'étoile »
à la vie : ces
bizarreries qui
font qu'on est ici
aujourd'hui**



Séance 3:
**L'humain
découvre la
grammaire de
base de son
système nerveux**

Plan de ce soir

L'élaboration de la « théorie du neurone » au début du XXe siècle

La chorégraphie des neurones et des cellules gliales durant le **développement** du cerveau

Le neurone déploie ses dendrites et son axone

La conduction électrique permet la communication rapide par l'influx nerveux

La transmission chimique au niveau de la synapse amène de la souplesse

Le neurone intègre constamment tous les messages qu'il reçoit

L'élagage neuronal pour raffiner les circuits

Les nombreuses mises à jour de la « théorie du neurone »

Après la pause et quelques questions/échanges:

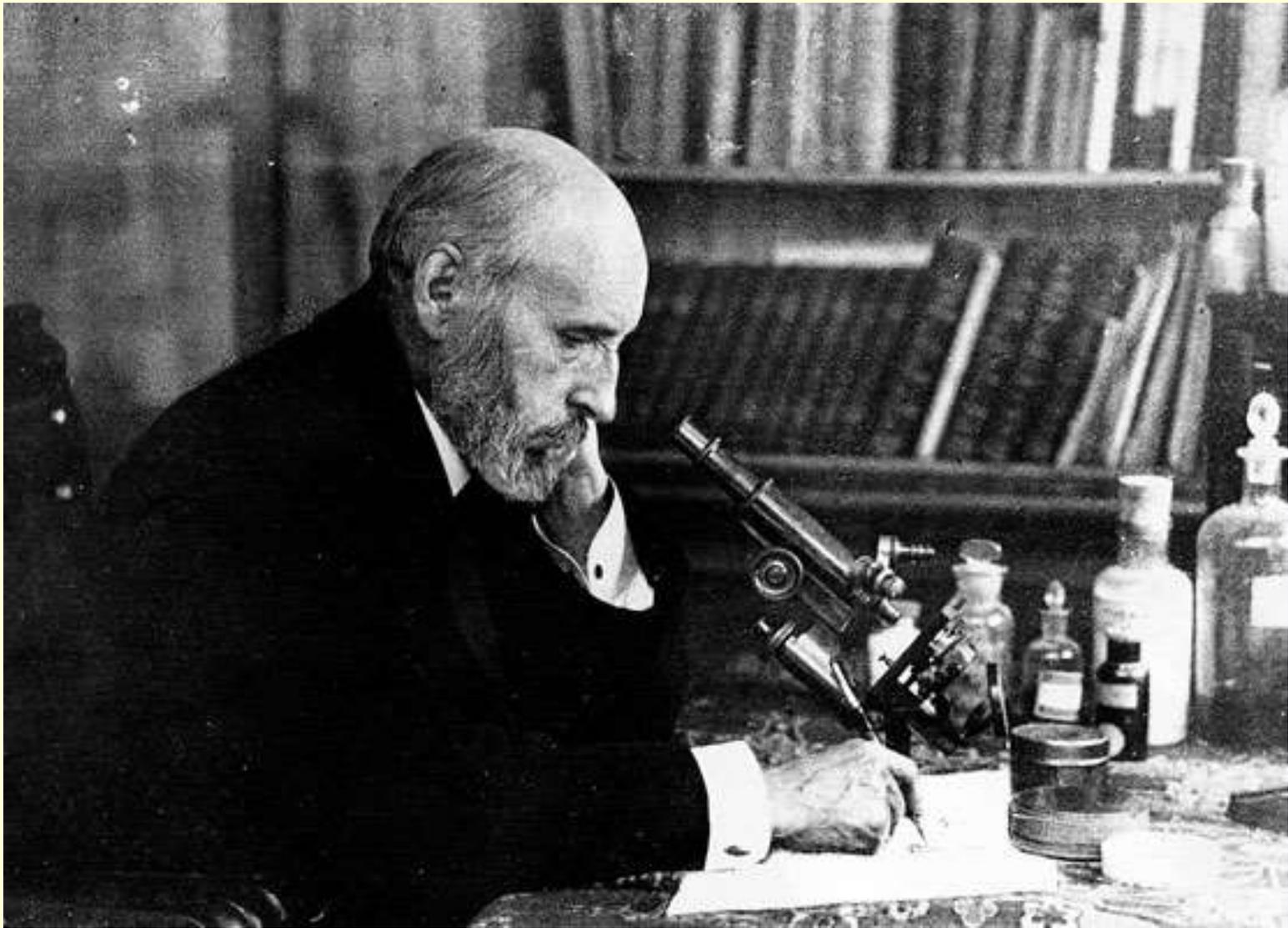
Le cerveau est bien différent d'un ordinateur

Reprenons notre
histoire à la fin du

XIX SIÈCLE

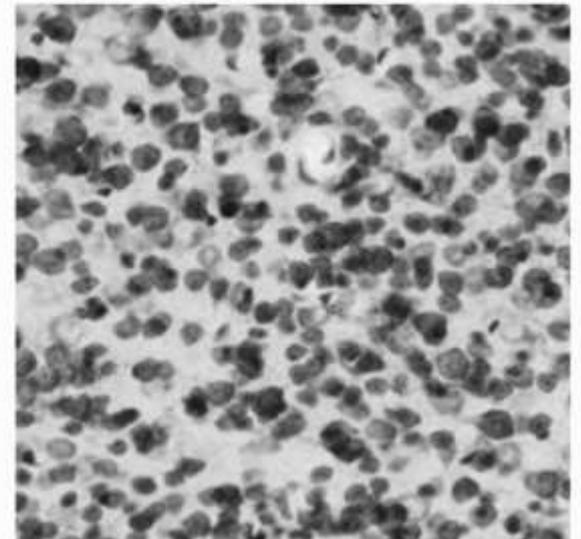
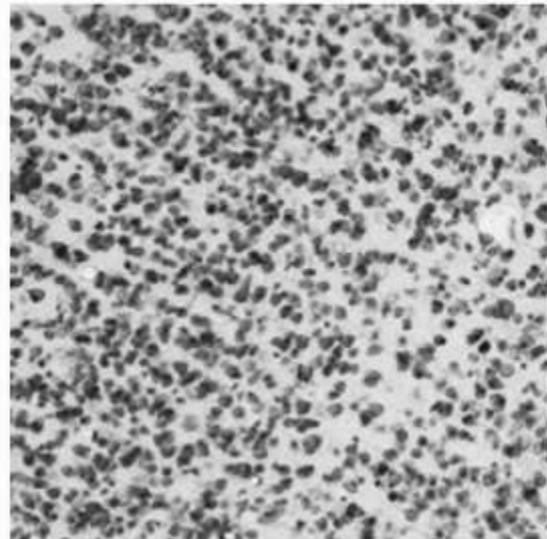
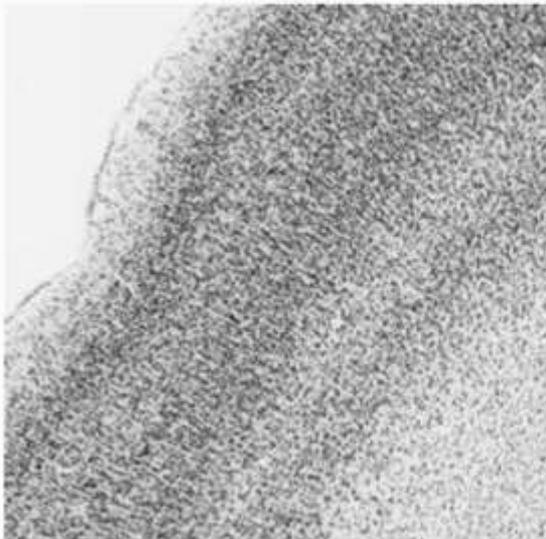
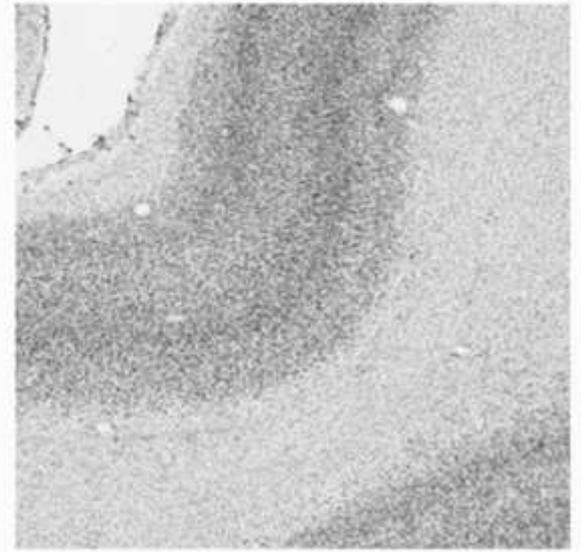
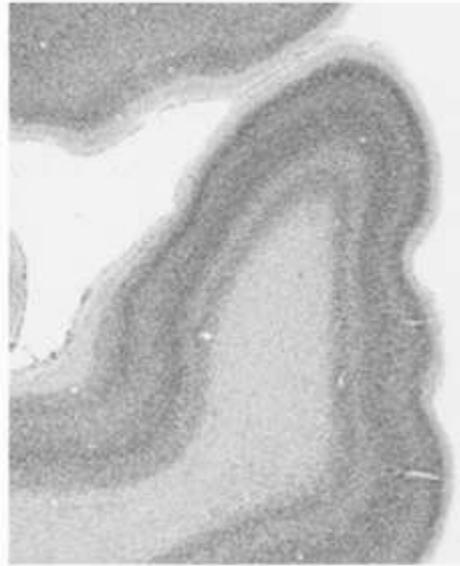
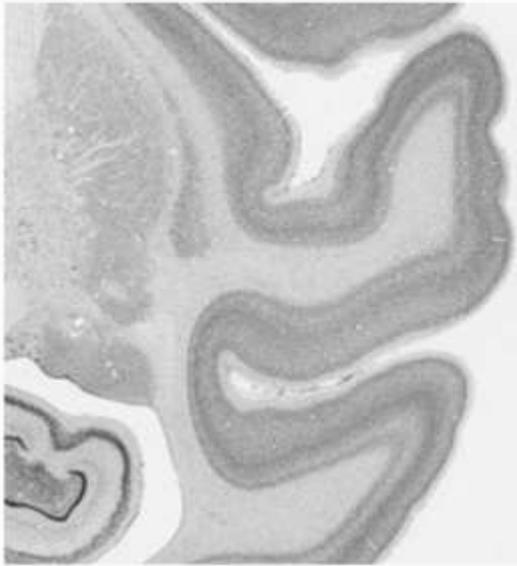




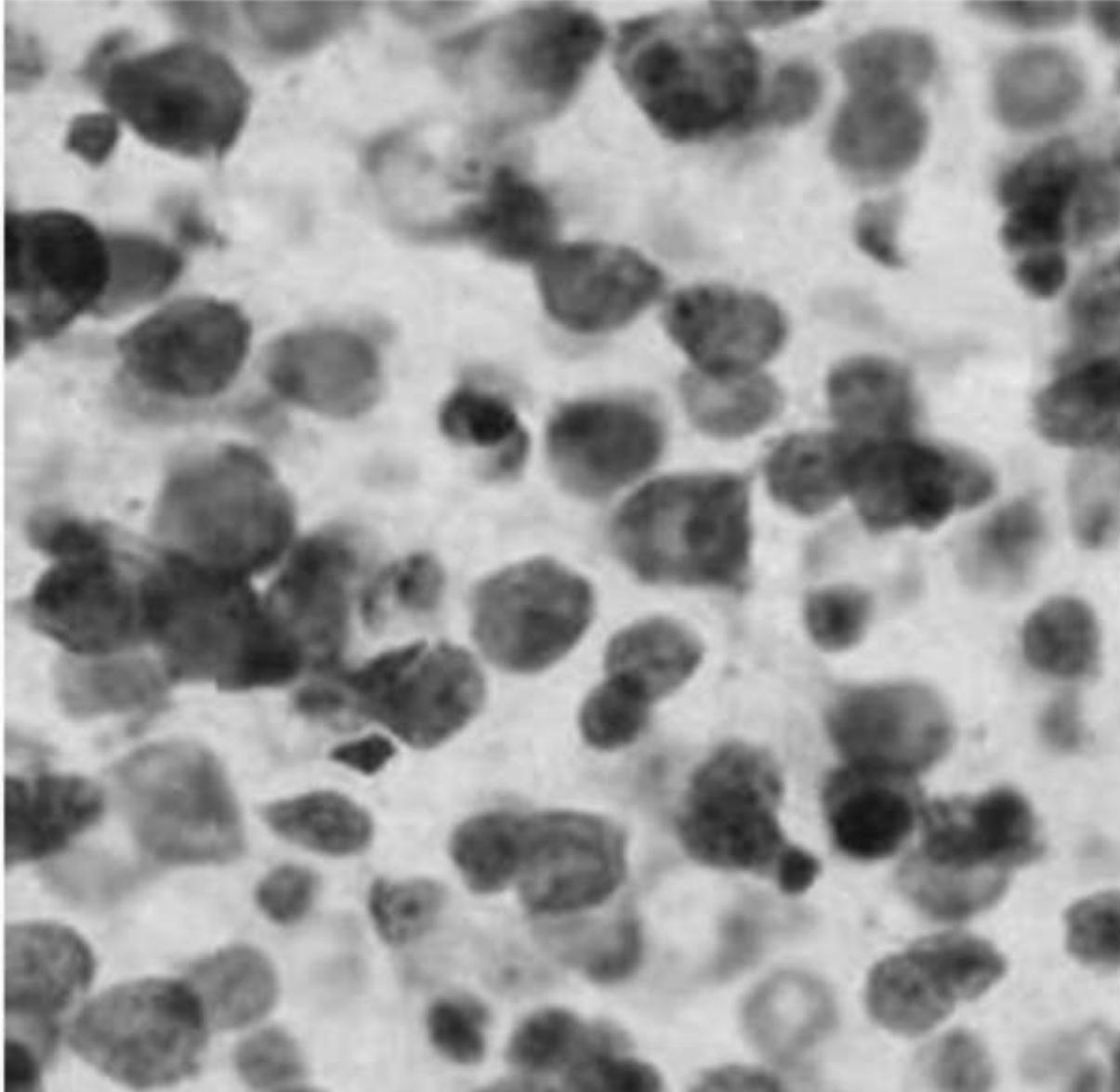


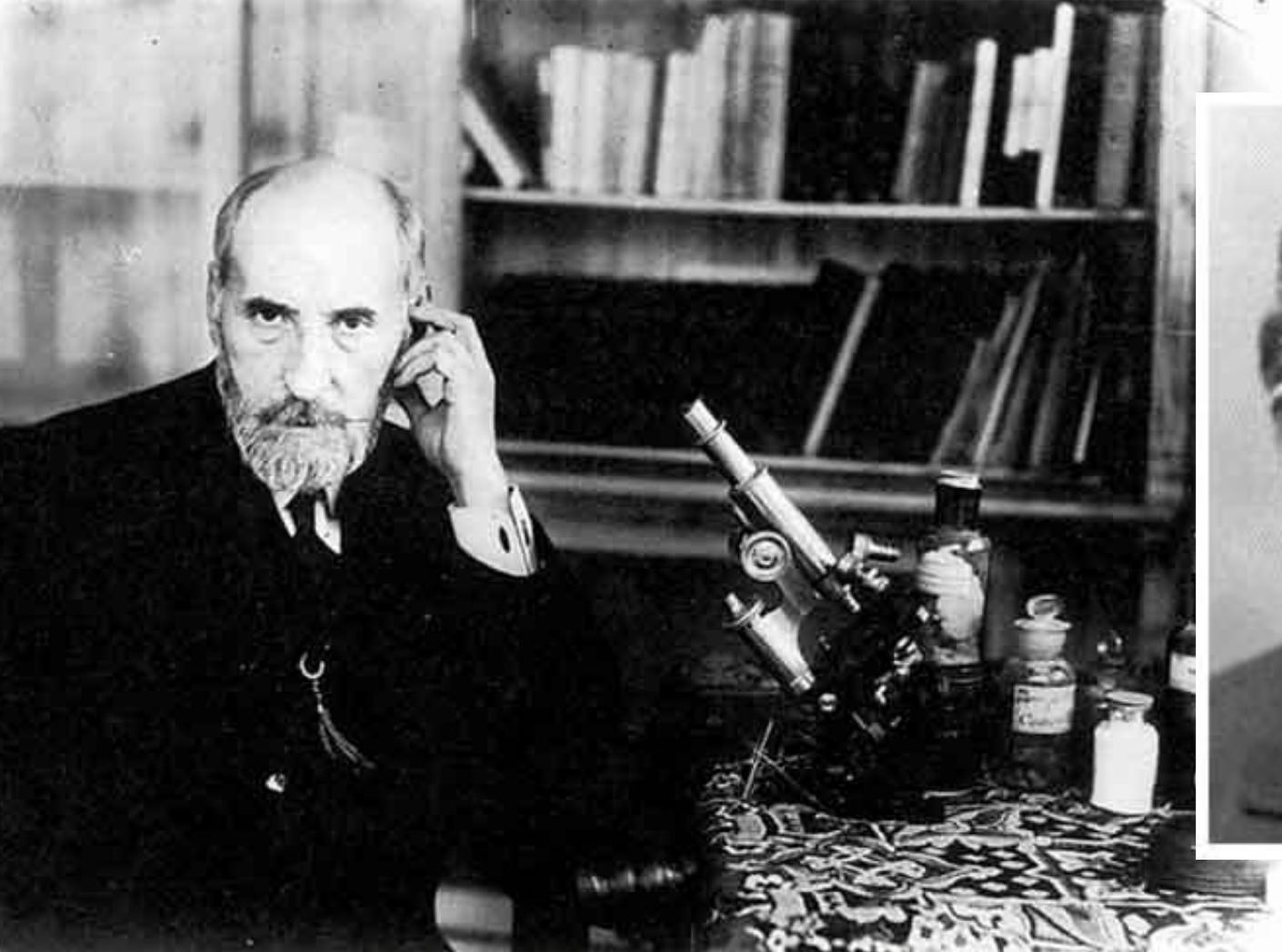
Vers la fin du XIXe siècle, certains Homo sapiens commencent à se demander comment s'organise la **matière cérébrale** qui les fait **penser...**

zoom in sur sa région foncée, aussi appelée matière grise...



matière grise : corps cellulaires des cellules du cerveau, les neurones

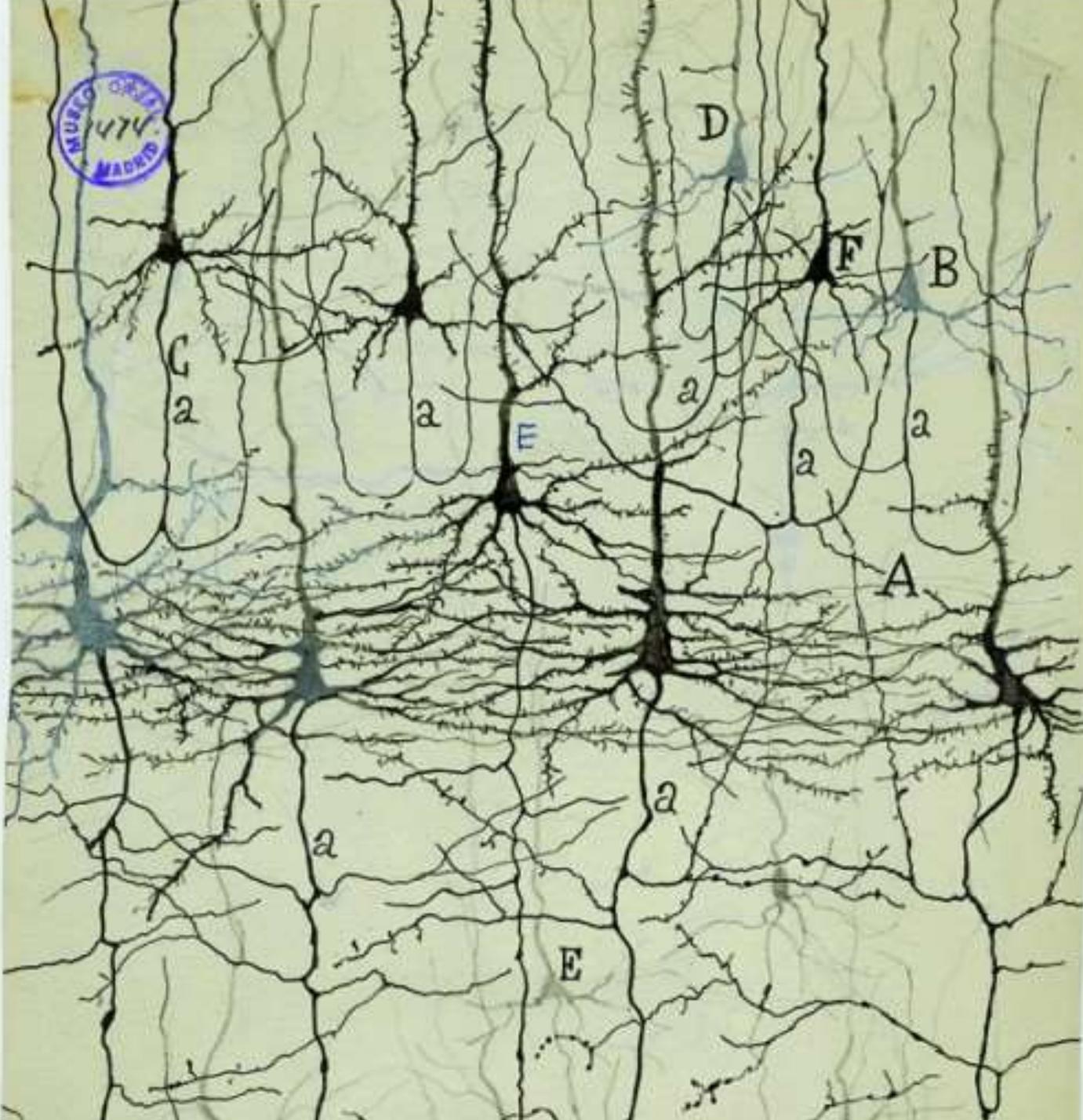




Santiago Ramon y Cajal



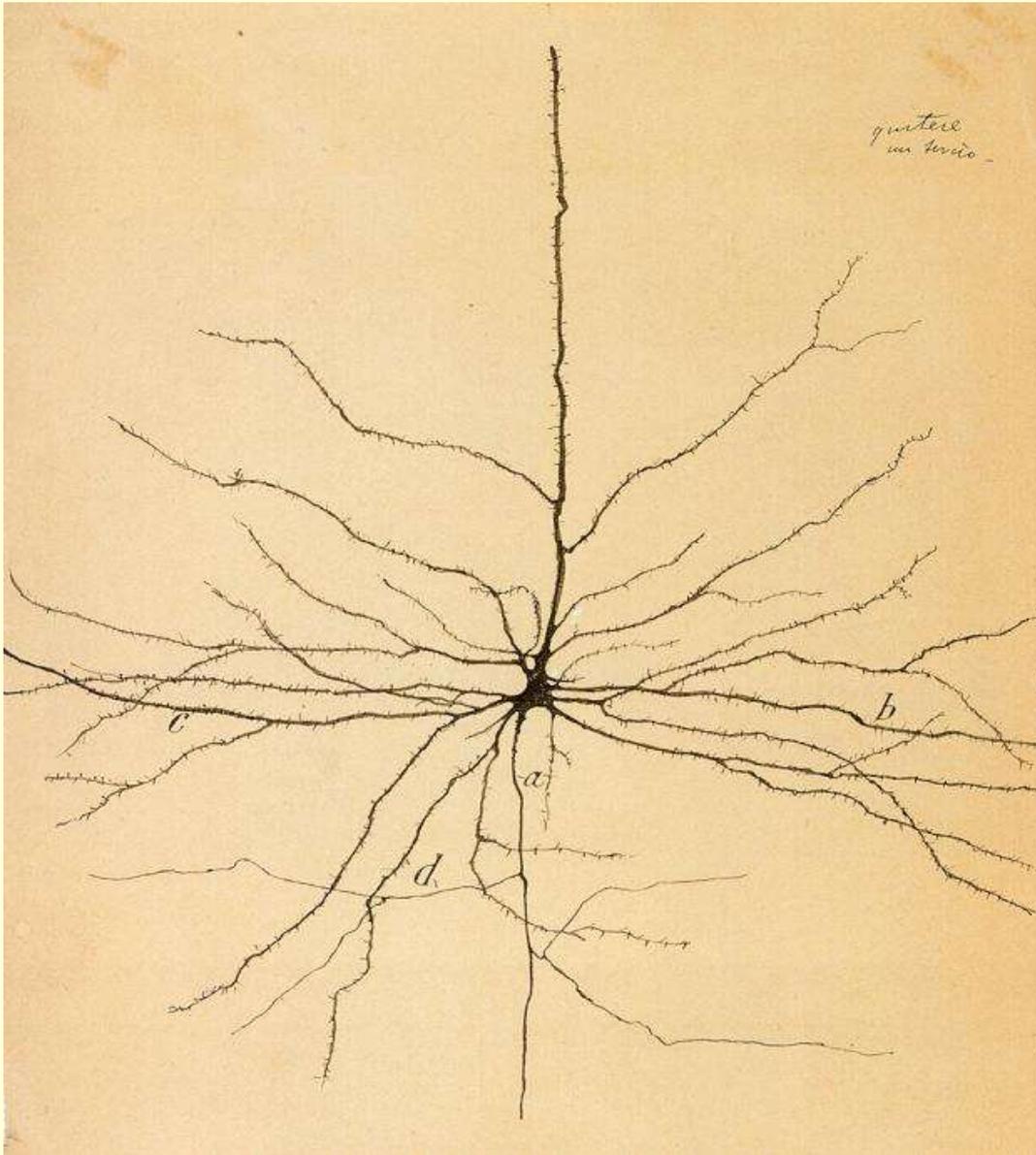
Camillo Golgi



Golgi défendait le **paradigme dominant** de l'époque :

l'idée que le système nerveux était constitué d'un **maillage fusionné**

ne comportant **pas de cellules isolées.**



Mais Cajal va montrer, à l'aide de la coloration de Golgi, que les neurones semblent plutôt former des **cellules distinctes** les unes des autres.

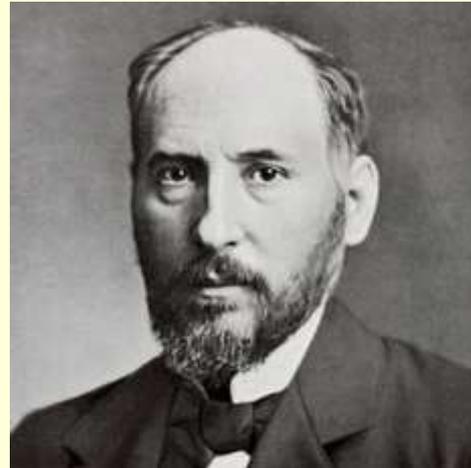


Neurone pyramidal du cortex moteur

Golgi et Cajal obtiennent le Prix Nobel de physiologie ou médecine en 1906.

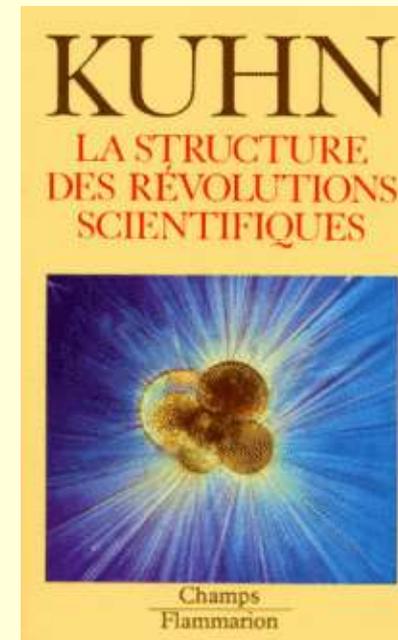


Dans son discours de réception du prix, Golgi défendit la **théorie réticulaire**.

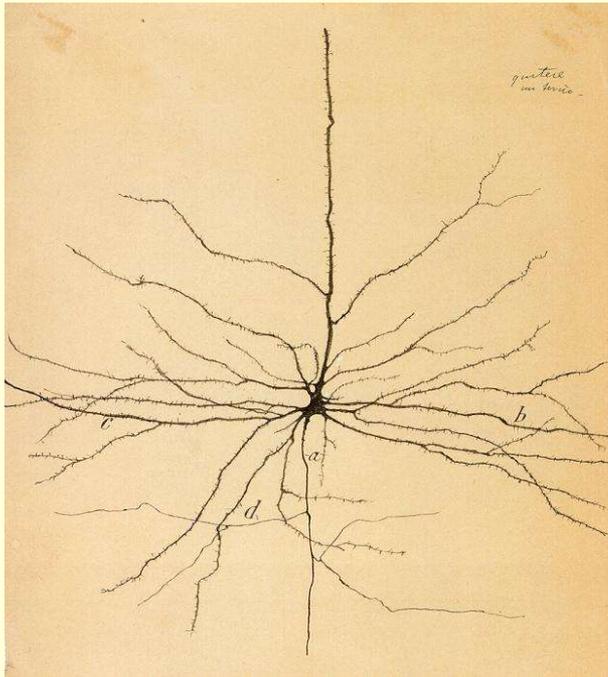


Cajal, qui parlait après lui, contredit la position de Golgi et exposa sa **théorie du neurone...**

qui fut bientôt admise.



Le terme n'existait pas encore,
mais on allait assister à un **changement de paradigme...**

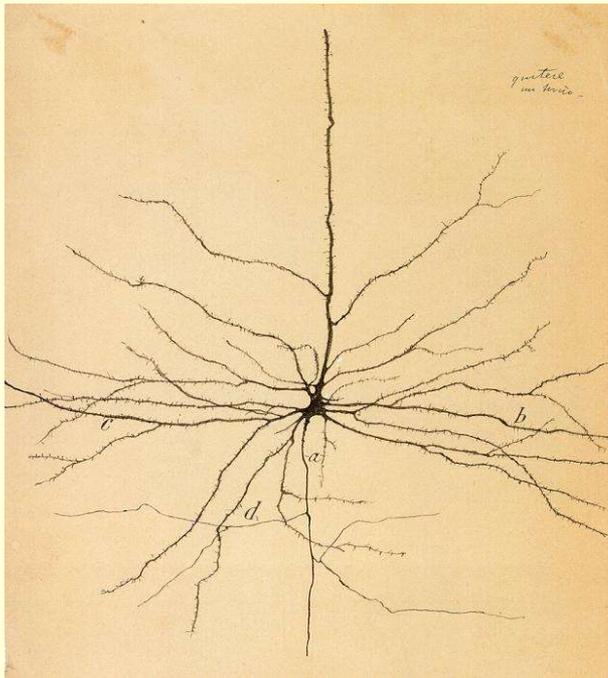


Neurone pyramidal du cortex moteur

La théorie (ou doctrine) du neurone :

→ Pour expliquer l'abc des neurones,

mais on va voir à la fin de la séance
que chacun des points de cette théorie
peut aujourd'hui être remis en question !



Neurone pyramidal du cortex moteur

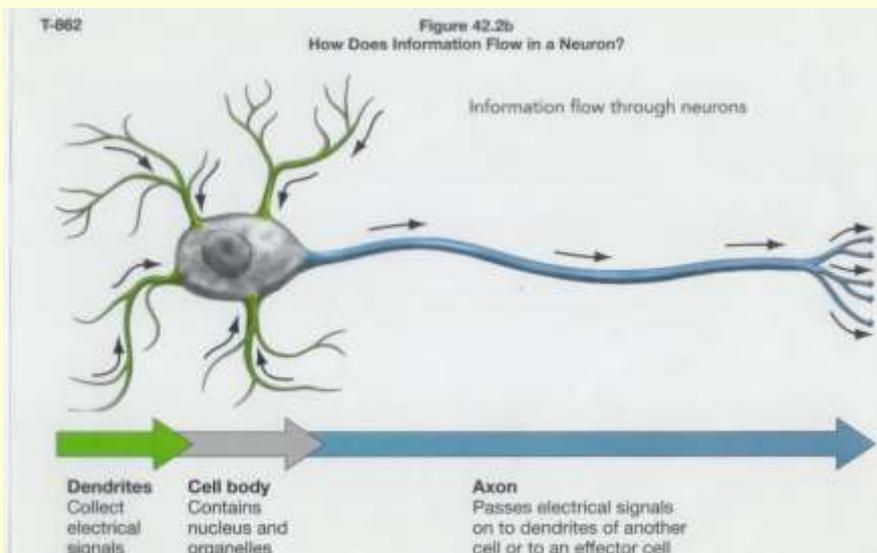
La théorie (ou doctrine) du neurone :

1) **Le neurone** est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles**;

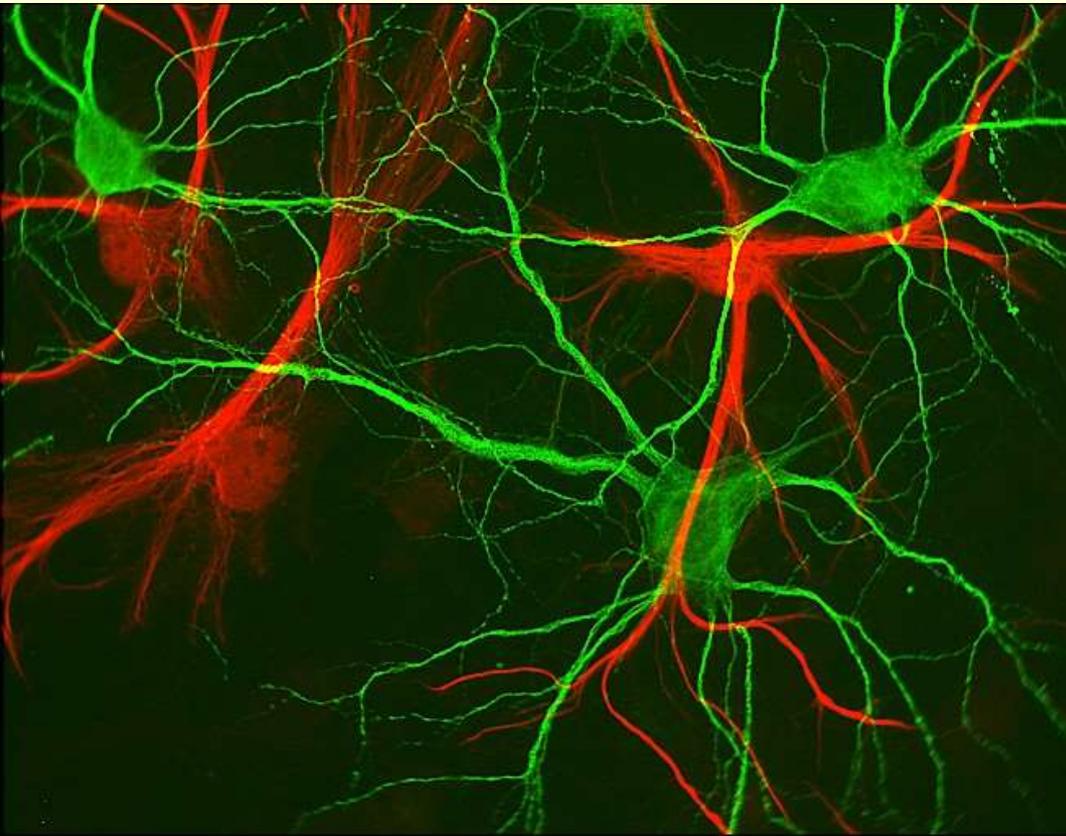
3) Un neurone est composé de 3 parties : les **dendrites, le corps cellulaire et l'axone**;

4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).



La théorie (ou doctrine) du neurone :

1) ~~Le neurone est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;~~

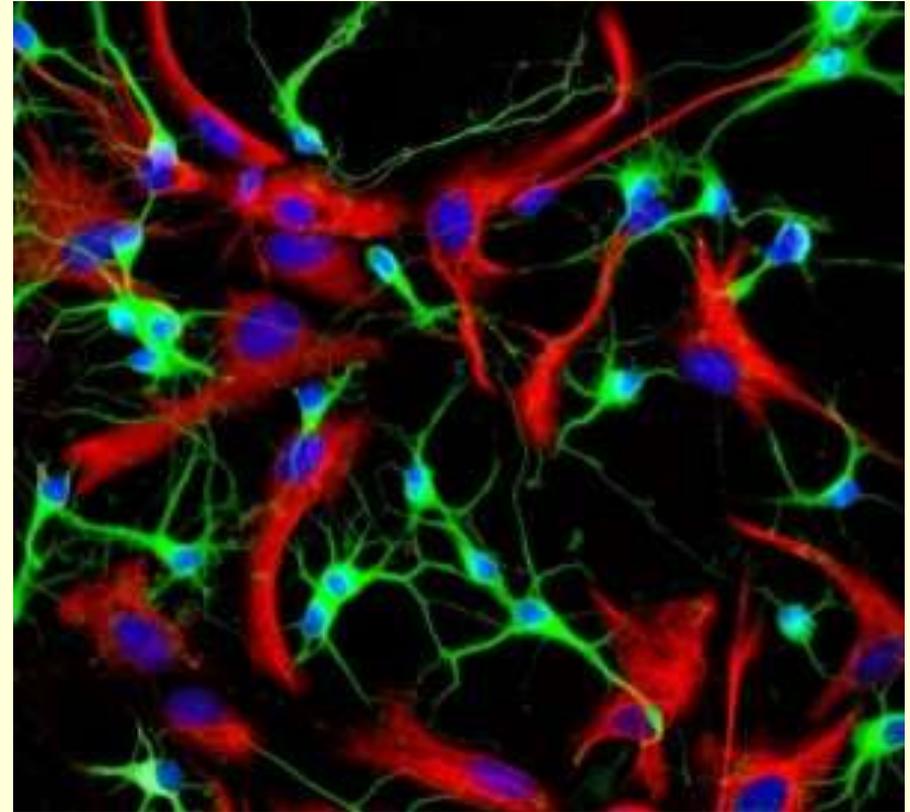


Je vous signale tout de suite
« l'autre moitié du cerveau » :

les cellules gliales !

(en rouge ici,
et les neurones en vert)

Les cellules gliales, encore en rouge ici



85 000 000 000
cellules gliales

Cellules qui
n'émettent pas
d'influx nerveux...

+

...et dont on va détailler
les différents types à la
fin de la séance

85 000 000 000
neurones !



Séance 3:

**L'humain
découvre la
grammaire de
base de son
système nerveux**

Plan de ce soir

L'élaboration de la « théorie du neurone » au début du XXe siècle

La chorégraphie des neurones et des cellules gliales durant le **développement** du cerveau

Le neurone déploie ses dendrites et son axone

La conduction électrique permet la communication rapide par l'influx nerveux

La transmission chimique au niveau de la synapse amène de la souplesse

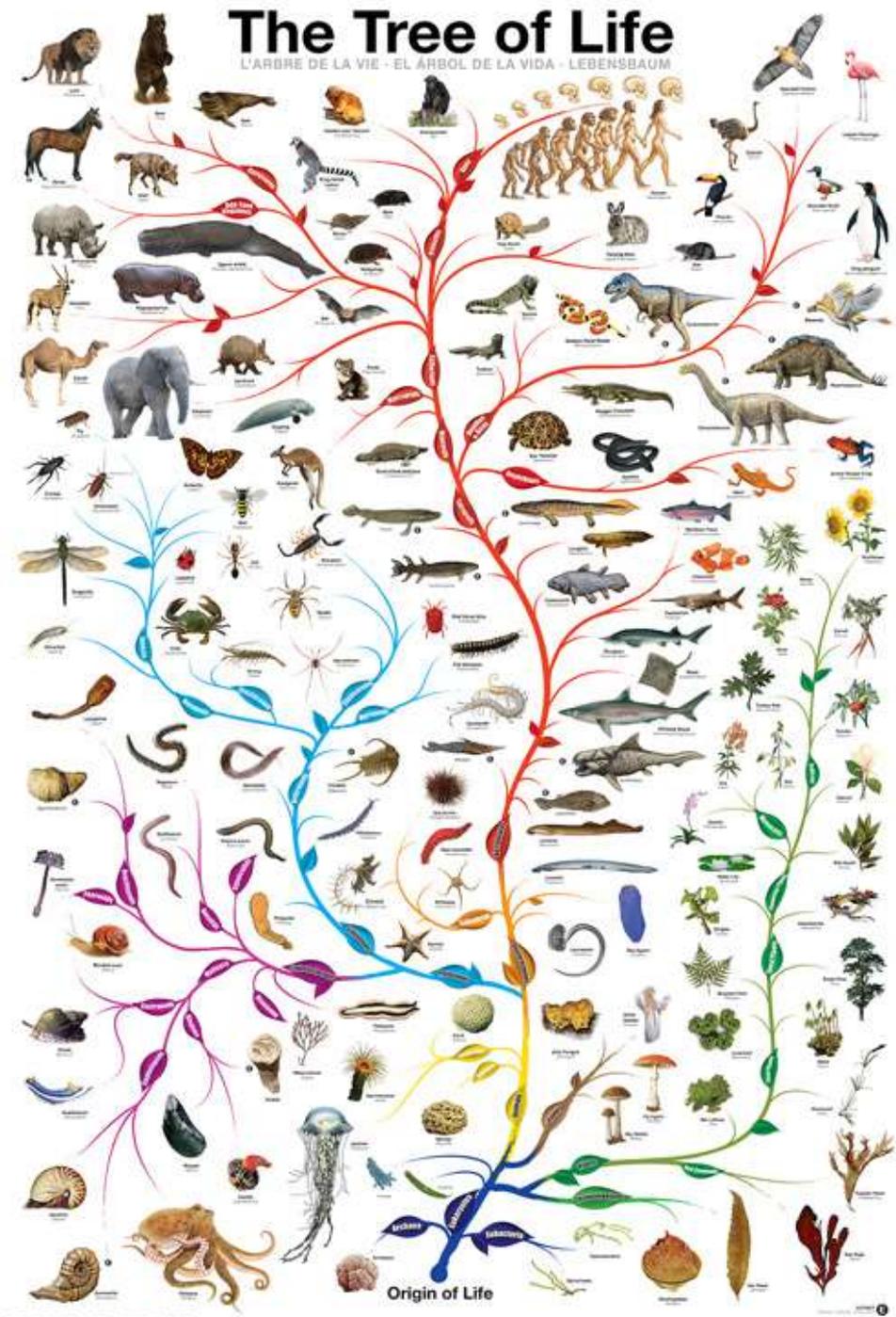
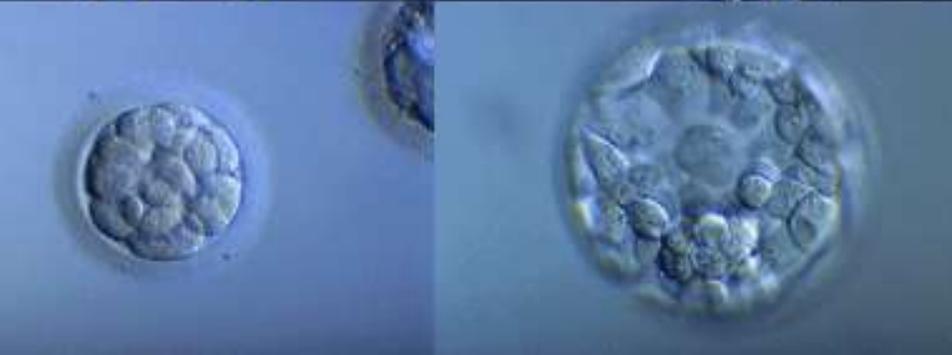
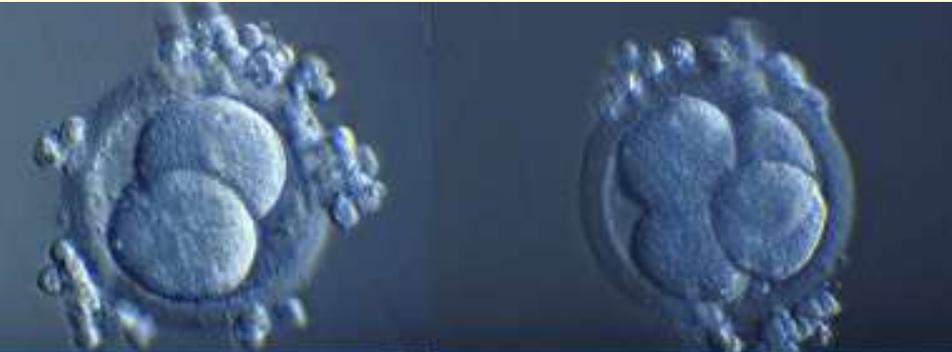
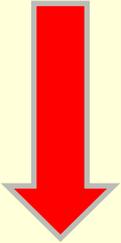
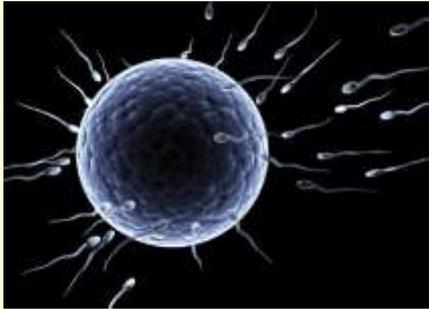
Le neurone intègre constamment tous les messages qu'il reçoit

L'élagage neuronal pour raffiner les circuits

Les nombreuses mises à jour de la « théorie du neurone »

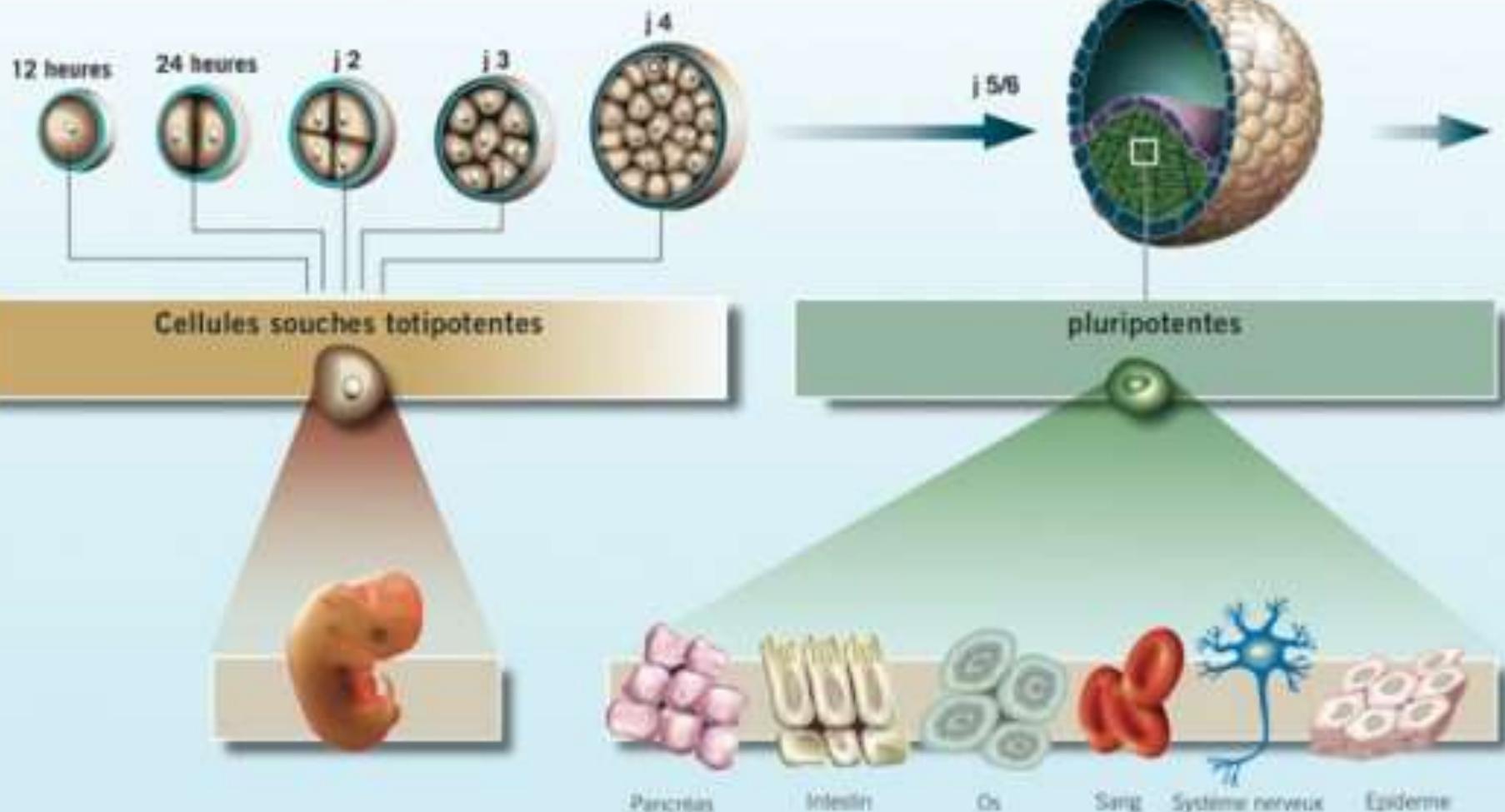
Après la pause et quelques questions/échanges:

Le cerveau est bien différent d'un ordinateur



Quatre types de cellules souches

PRÉEMBRYON
STADE BLASTOCYTE



Issues des premières divisions de l'œuf fécondé, ces cellules sont indifférenciées et immortelles. Dites totipotentes, elles sont celles ayant la plus grande capacité de différenciation. Une seule d'entre elles – si elle était réimplantée dans un utérus – permettrait d'aboutir à un individu complet.

Présentes dans la masse interne du préembryon au stade de blastocyste, ces cellules pluripotentes sont immortelles et capables de se différencier en n'importe lequel des 200 types cellulaires. C'est sur ces fameuses « cellules souches embryonnaires humaines » (GSEH) que se concentre la recherche biomédicale actuelle.

Quatre types de cellules souches

PRÉEMBRYON
STADE BLASTOCYTE

Sur les épaules de Darwin

Comme un fleuve qui remonterait son cours

23 septembre 2017, Par Jean Claude Ameisen

<https://www.franceinter.fr/emissions/sur-les-epaules-de-darwin/sur-les-epaules-de-darwin-23-septembre-2017>

Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors.

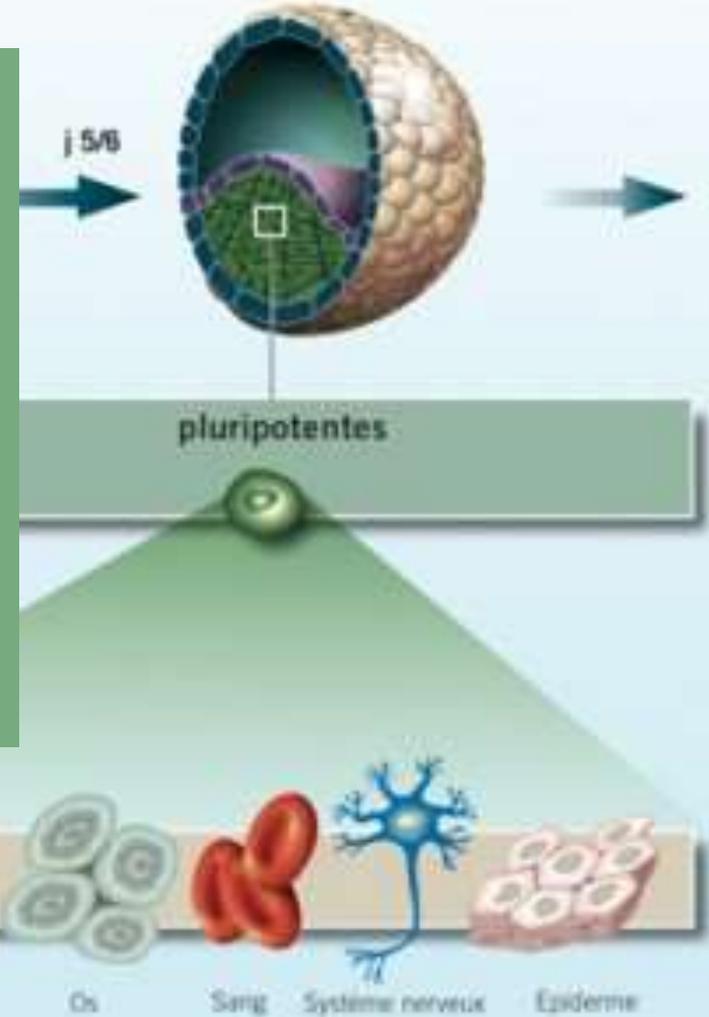
Takahashi K, Tanabe K, Ohnuki M, et coll.

Cell 2007, 131:861-72.

Watch a single cell become a complete organism in six pulsing minutes of timelapse

https://aon.co/video/watch-a-single-cell-become-a-complete-organism-in-six-pulsing-minutes-of-timelapse?fbclid=IwAR13a0L3oYq_uro6eMGaNNMGJFEV8mM5d0A4xq4P41g_0BngfRCiGa

Ou <https://vimeo.com/316043708> [0:00, 1:45, 3:00]



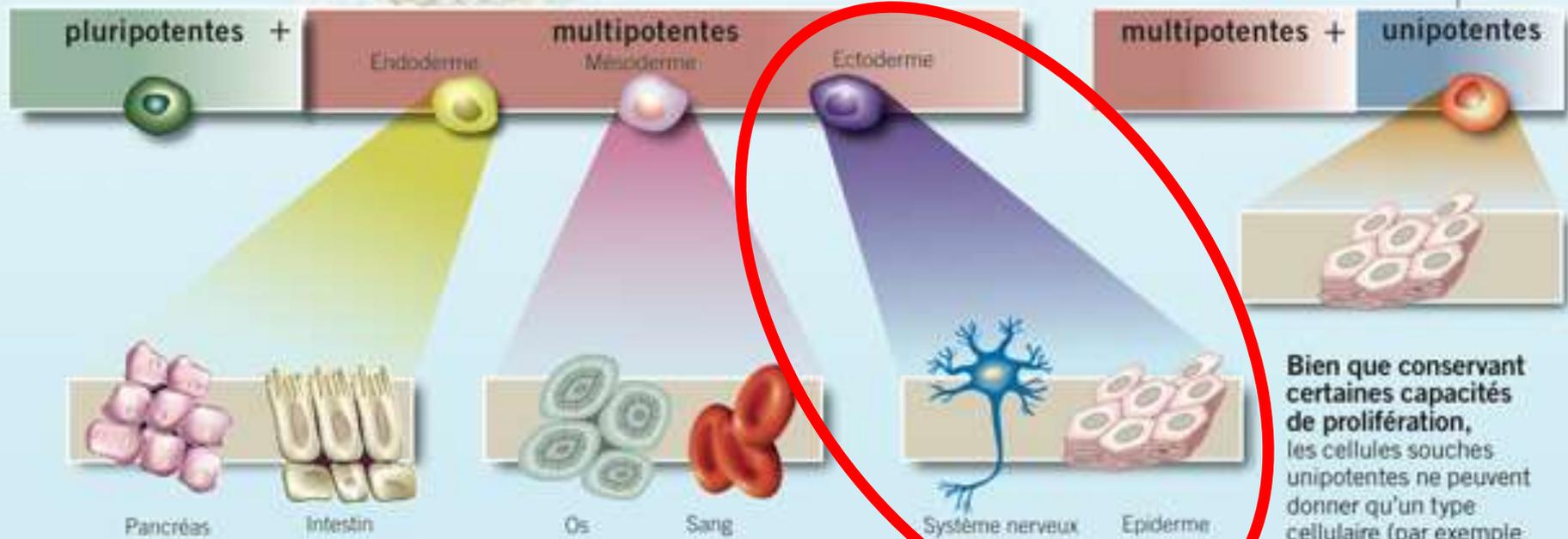
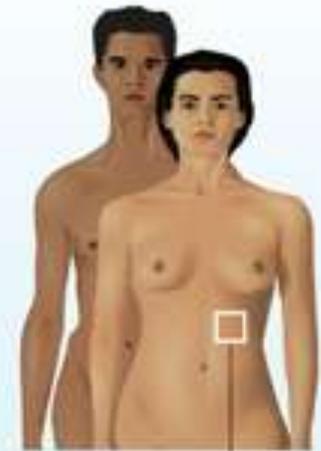
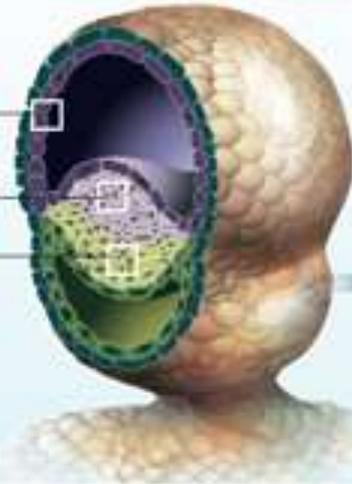
Issues des premières divisions de l'œuf fécondé, ces cellules sont indifférenciées et immortelles. Dites totipotentes, elles sont celles ayant la plus grande capacité de différenciation. Une seule d'entre elles – si elle était réimplantée dans un utérus – permettrait d'aboutir à un individu complet.

Présentes dans la masse interne du préembryon au stade de blastocyste, ces cellules pluripotentes sont immortelles et capables de se différencier en n'importe lequel des 200 types cellulaires. C'est sur ces fameuses « cellules souches embryonnaires humaines » (GSEH) que se concentre la recherche biomédicale actuelle.

EMBRYON IMPLANTÉ

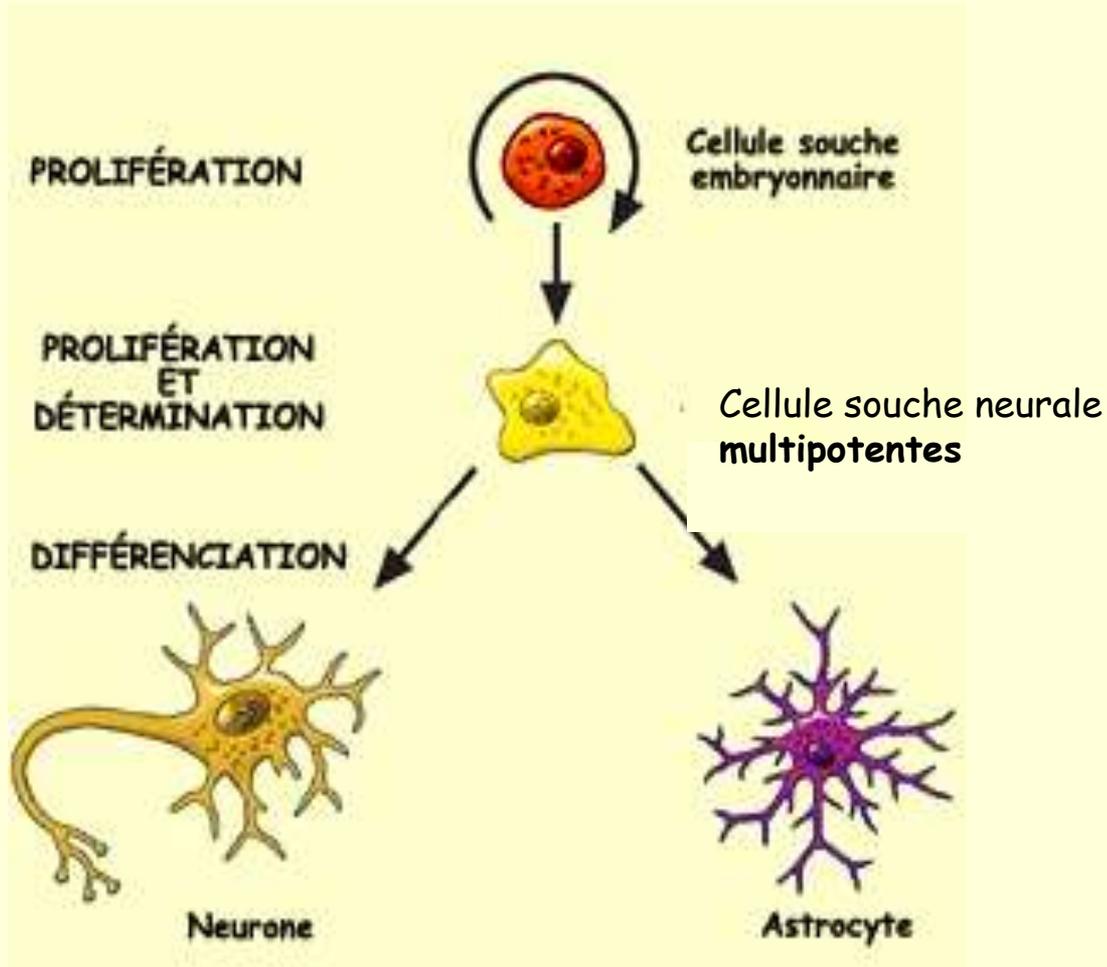
FŒTUS

Ectoderme
Mésoderme
Endoderme



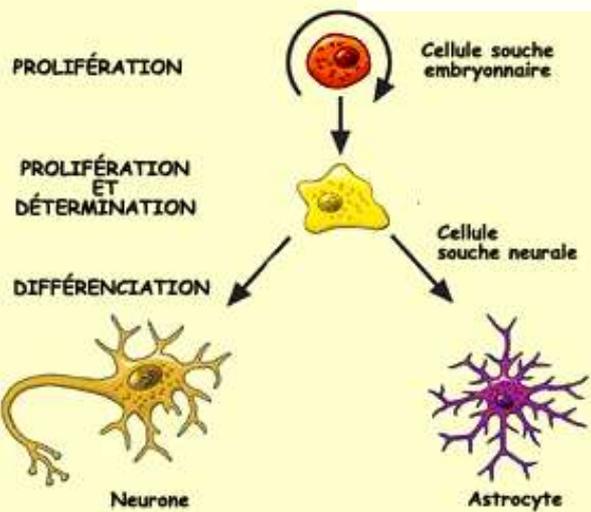
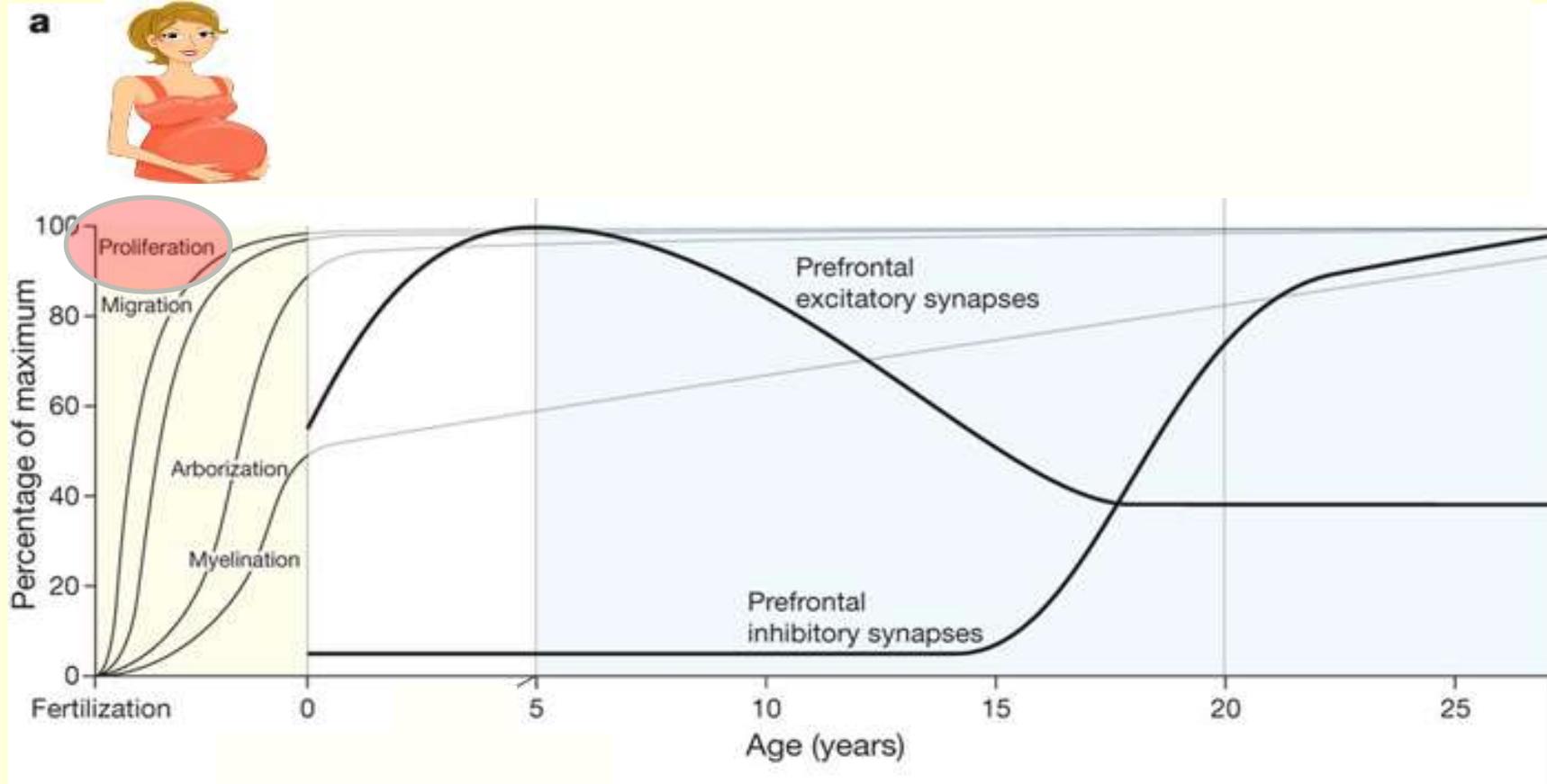
Bien que conservant certaines capacités de prolifération, les cellules souches unipotentes ne peuvent donner qu'un type cellulaire (par exemple hépatocytes du foie ou kératinocytes de la peau). Un organisme adulte conserve aussi des niches de cellules souches multipotentes.

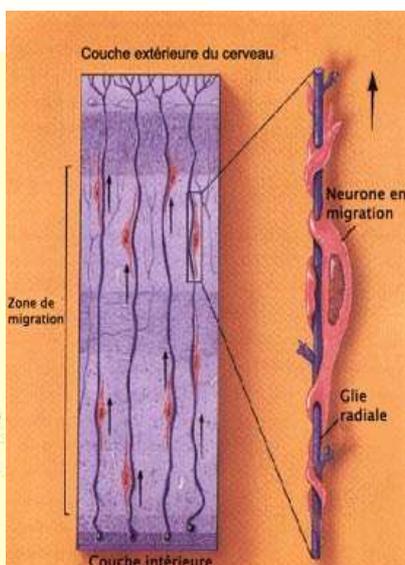
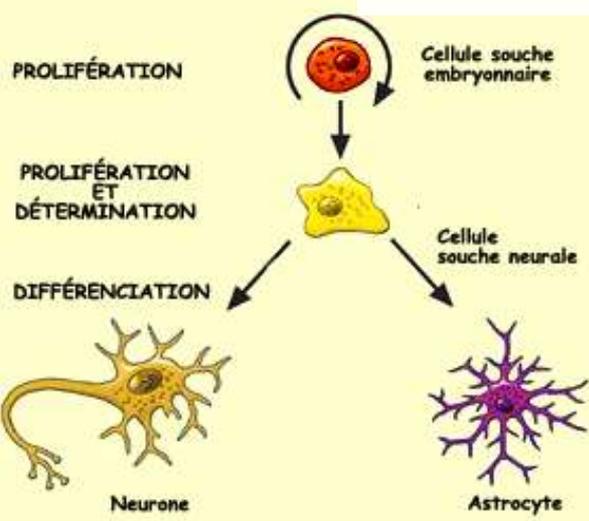
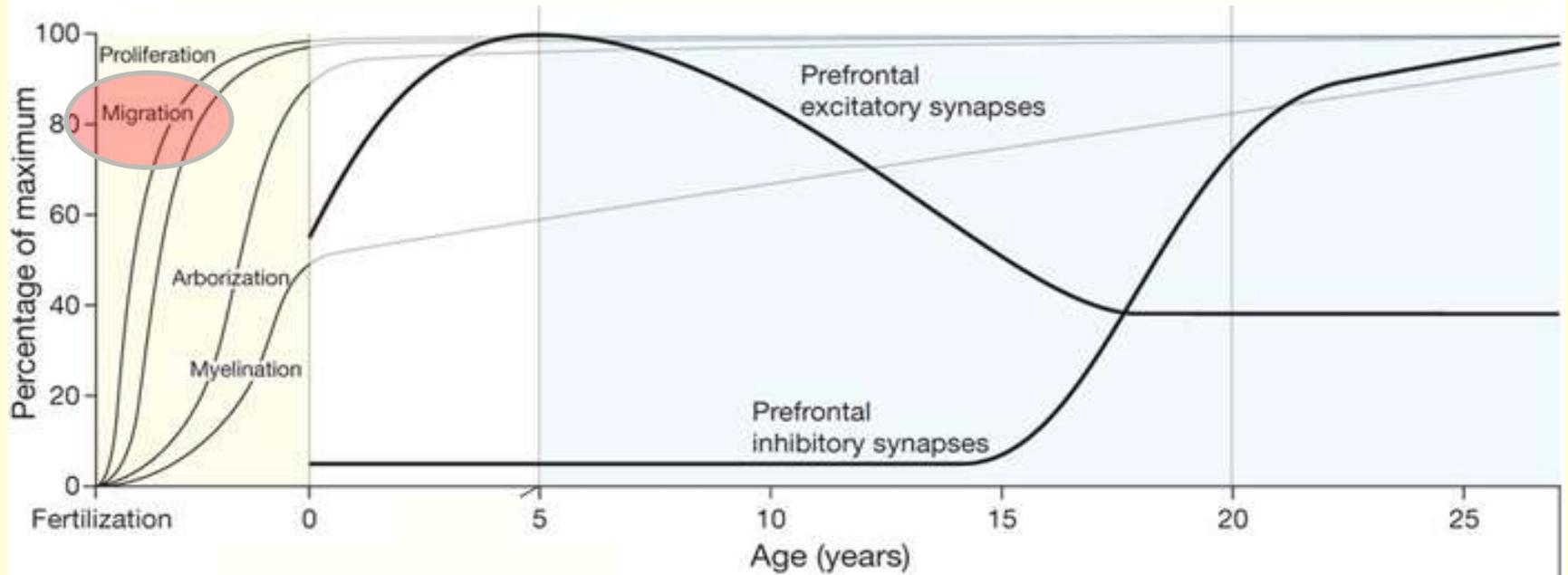
Hébergées dans des zones restreintes des différents tissus fœtaux ou adultes, les cellules souches multipotentes, appelées « cellules souches adultes », ne peuvent donner naissance qu'à un seul organe (en fonction du feuillet embryonnaire d'origine : mésoderme, endoderme ou ectoderme). Elles sont, en revanche, à l'origine de plusieurs types de cellules différenciées dudit organe. Une cellule souche hématopoïétique, par exemple, peut donner n'importe laquelle des cellules sanguines (globule rouge, globule blanc, plaquette...).

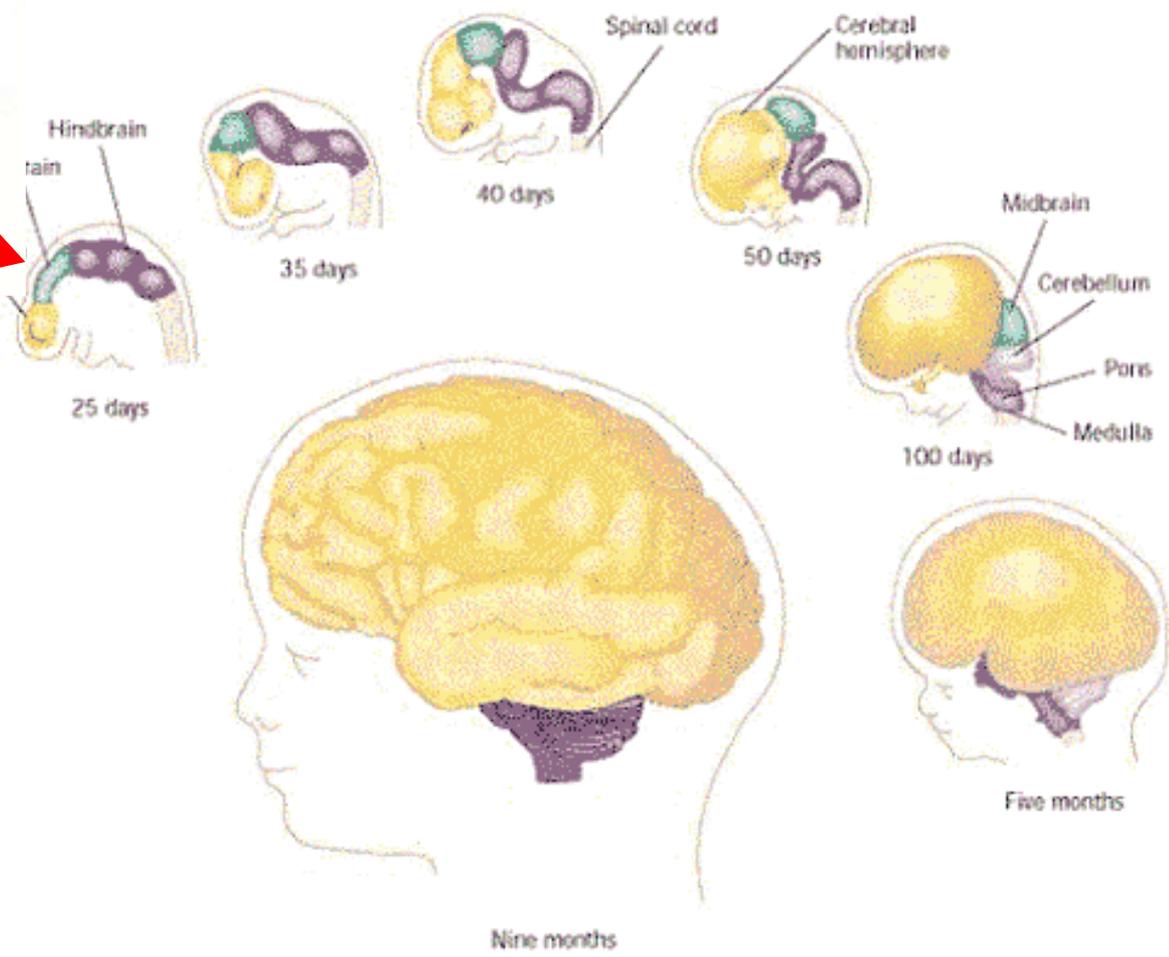
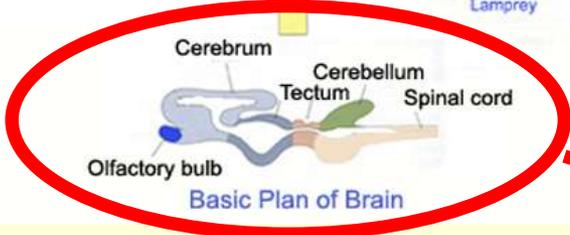
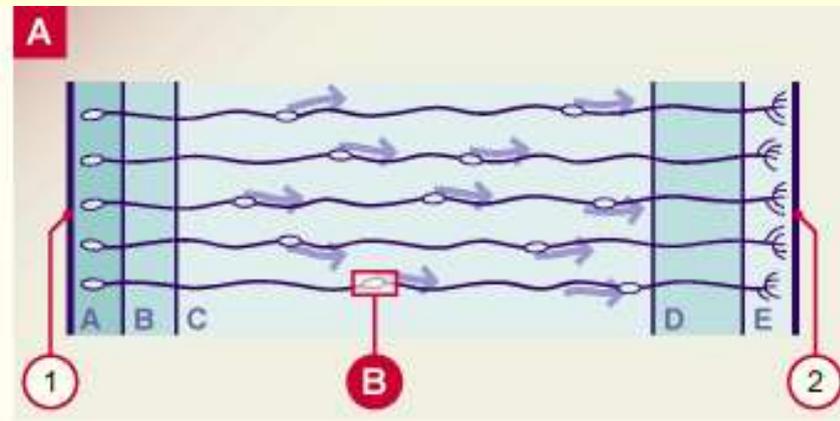
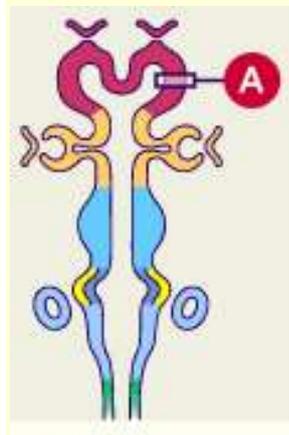
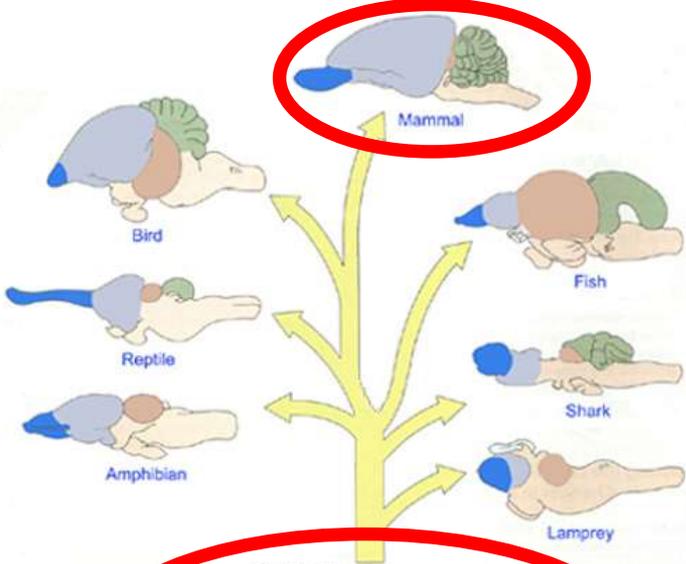


→ Expression des gènes spécifiques aux **neurones**

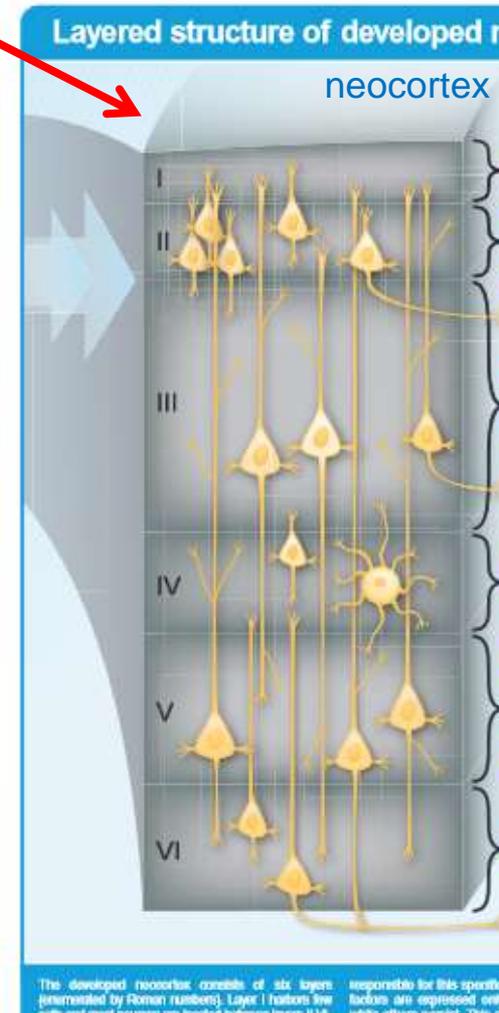
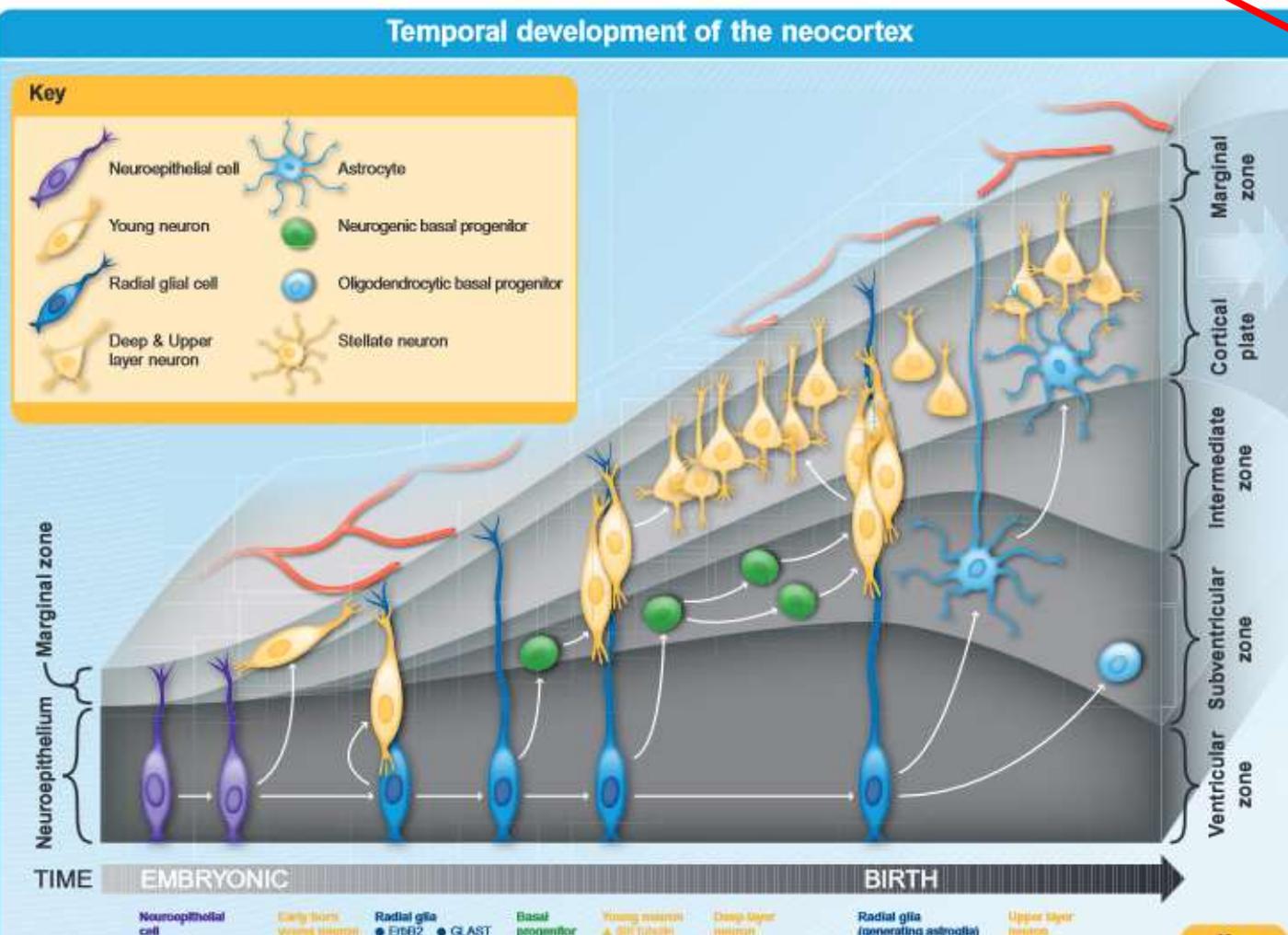
→ Expression des gènes spécifiques aux **cellules gliales**

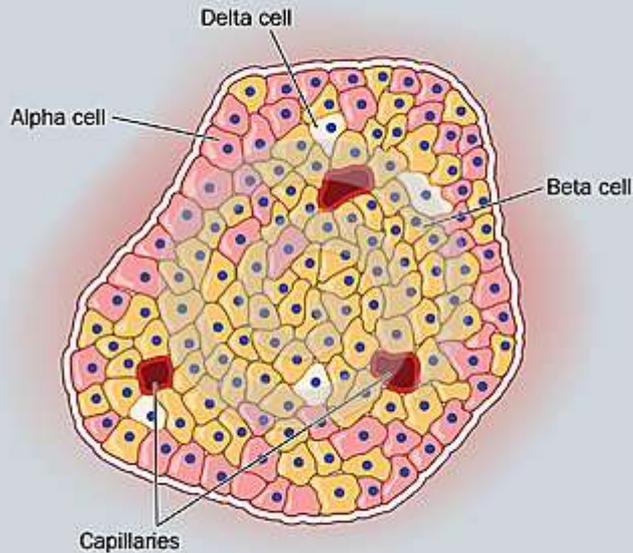






cela va globalement donner lieu à une véritable **chorégraphie** qui va par exemple ici, grâce à l'interaction des cellules gliales radiales et des jeunes neurones, permettre aux **6 couches du cortex** de se structurer correctement.



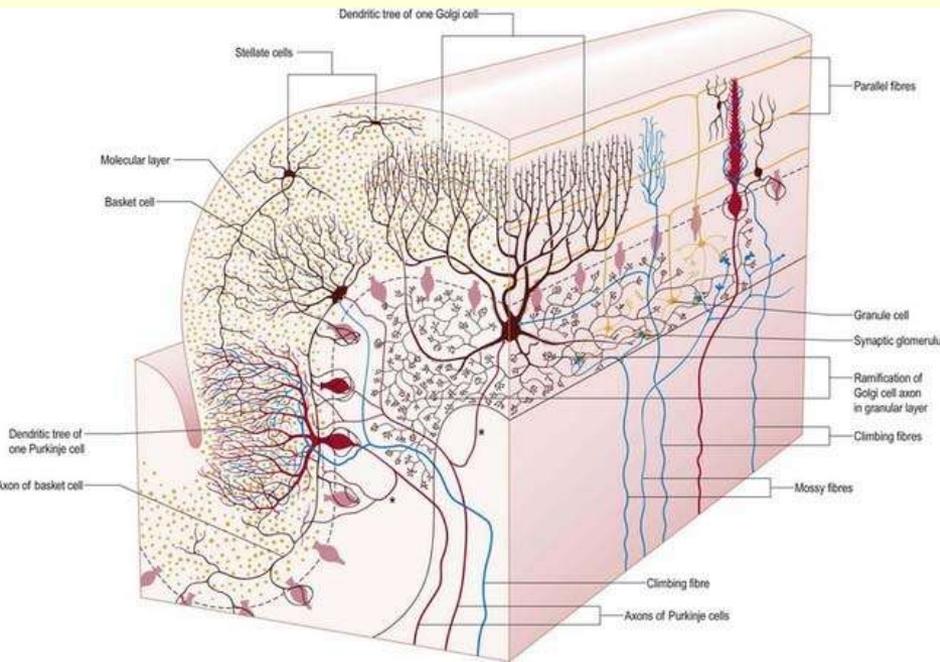


dreamstime.com

Car contrairement aux cellules du corps humain qui font partie de populations **homogènes**

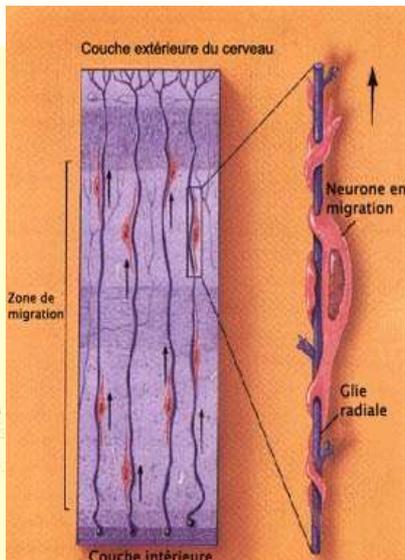
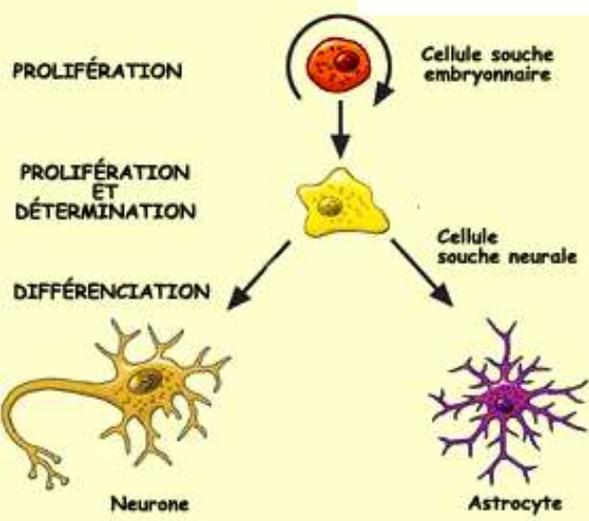
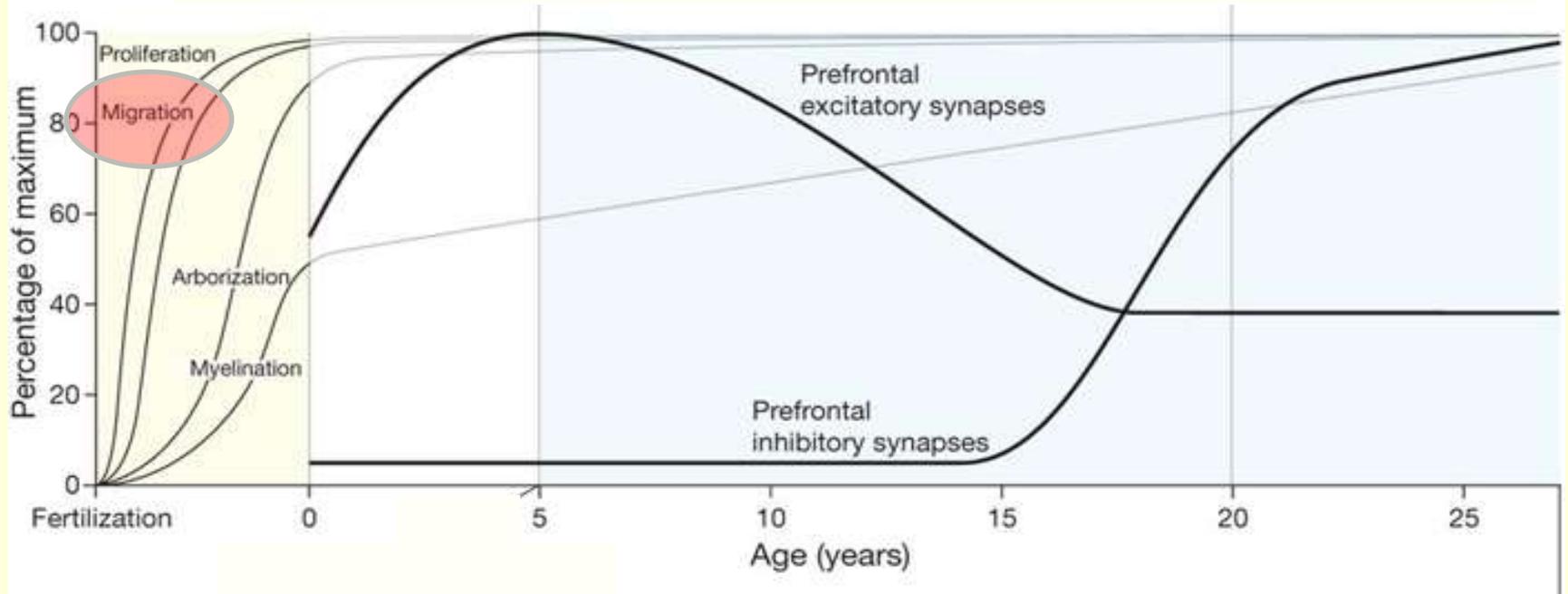
(par exemple ici une cellule bêta du **pancréas** va sécréter de l'insuline peu importe où elle est située dans le pancréas),

le développement du **système nerveux** pose un problème particulier puisque la **position** d'un neurone donné est déterminante pour sa **fonction**

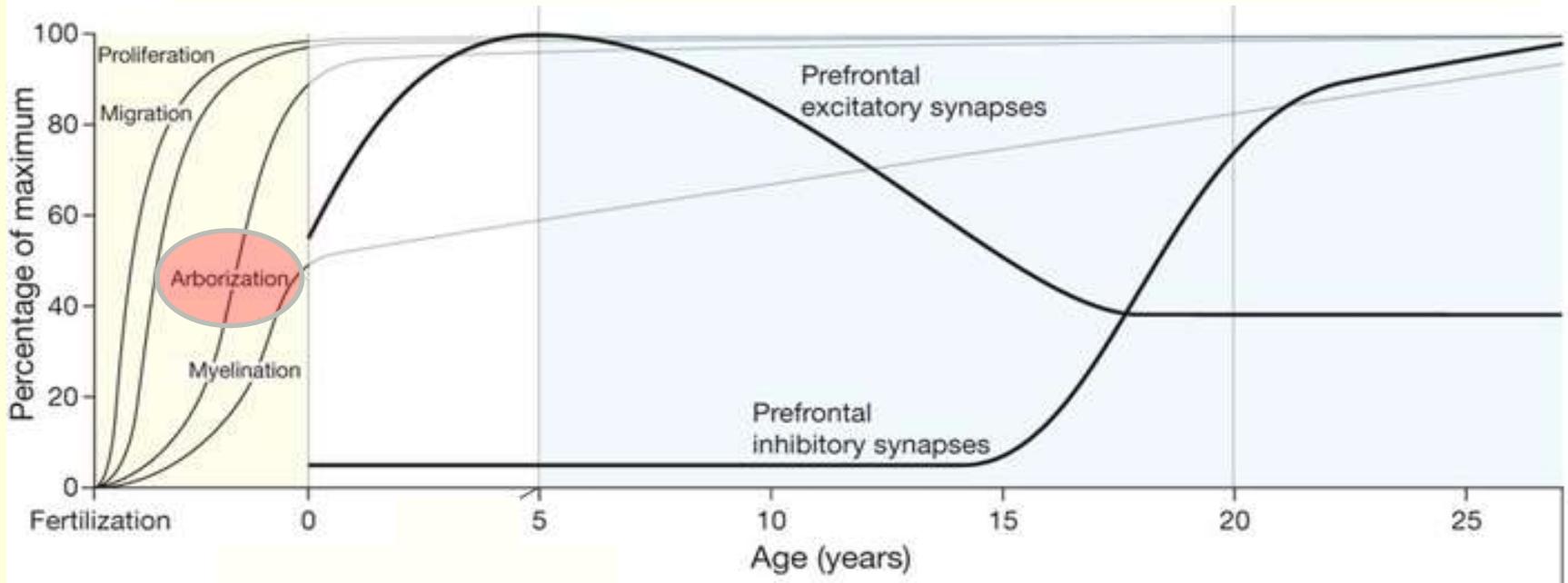


parce que l'endroit où un neurone va se placer détermine **les connexions qu'il fera avec ses semblables.**

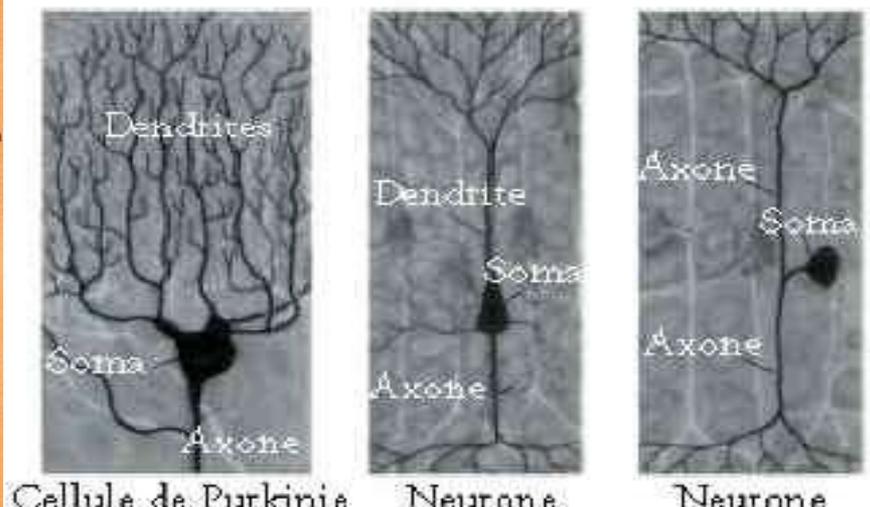
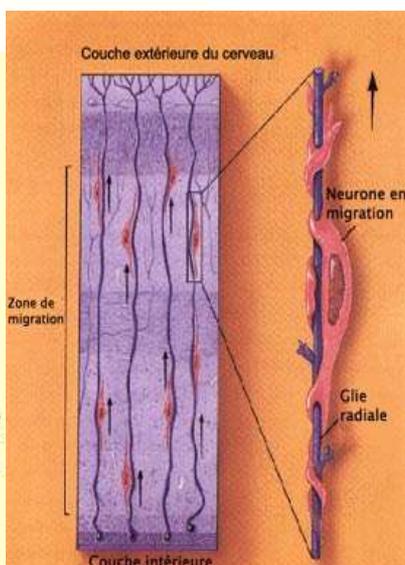
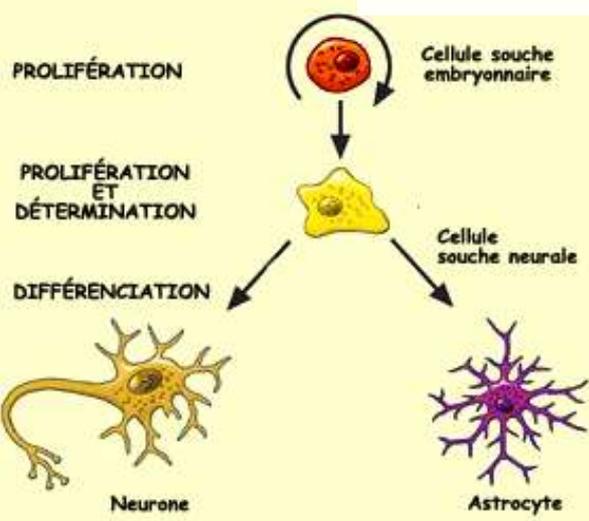


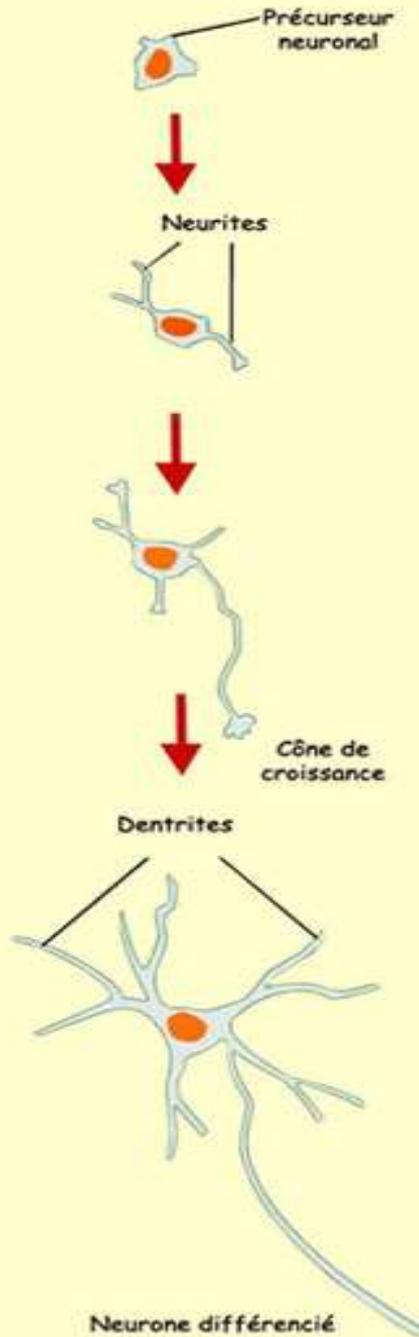


Après la migration arrive donc l'étape...



...d'arborisation





Arborisation :

développement des **prolongements** qui caractérisent les neurones

Séance 3:

**L'humain
découvre la
grammaire de
base de son
système nerveux**

Plan de ce soir

L'élaboration de la « théorie du neurone » au début du XXe siècle

La chorégraphie des neurones et des cellules gliales durant le **développement** du cerveau

Le neurone déploie ses dendrites et son axone

La conduction électrique permet la communication rapide par l'influx nerveux

La transmission chimique au niveau de la synapse amène de la souplesse

Le neurone intègre constamment tous les messages qu'il reçoit

L'élagage neuronal pour raffiner les circuits

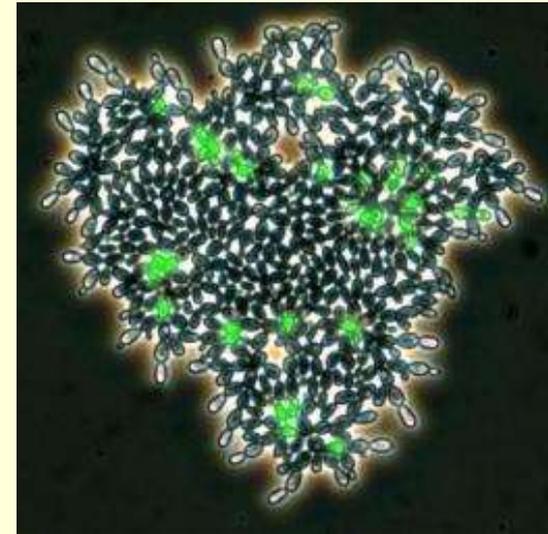
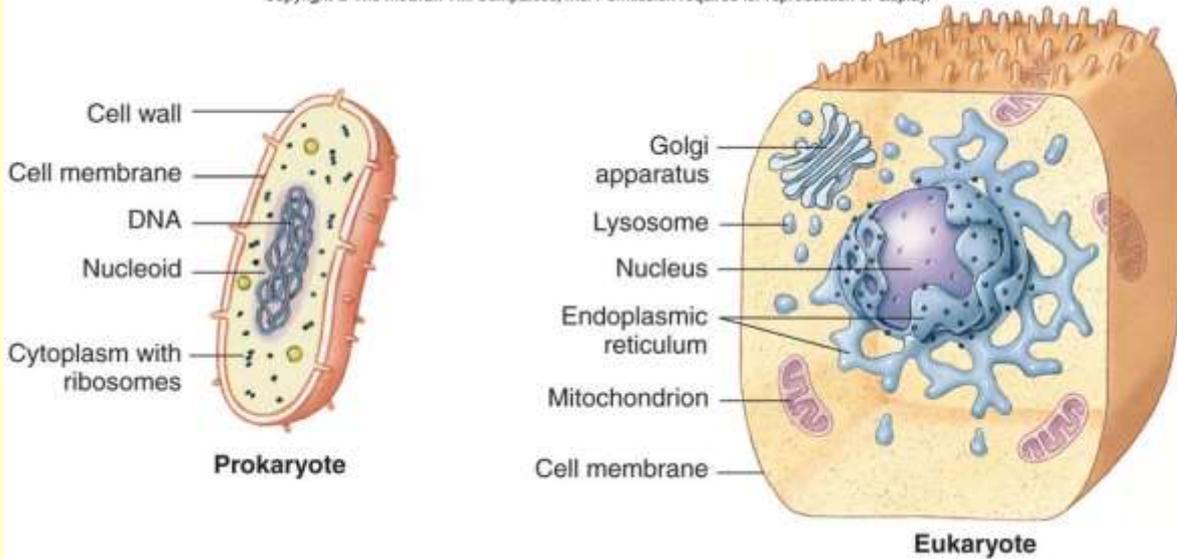
Les nombreuses mises à jour de la « théorie du neurone »

Après la pause et quelques questions/échanges:

Le cerveau est bien différent d'un ordinateur

Vous vous souvenez de ce qu'apporte le passage des **unicellulaires** aux **pluricellulaires** ?

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



→ le phénomène de **spécialisation cellulaire**



cellule
pancréatique



cellule
cardiaque



cellule
sanguine



cellule
pulmonaire



ovule



cellule
osseuse



cellule
de la rate



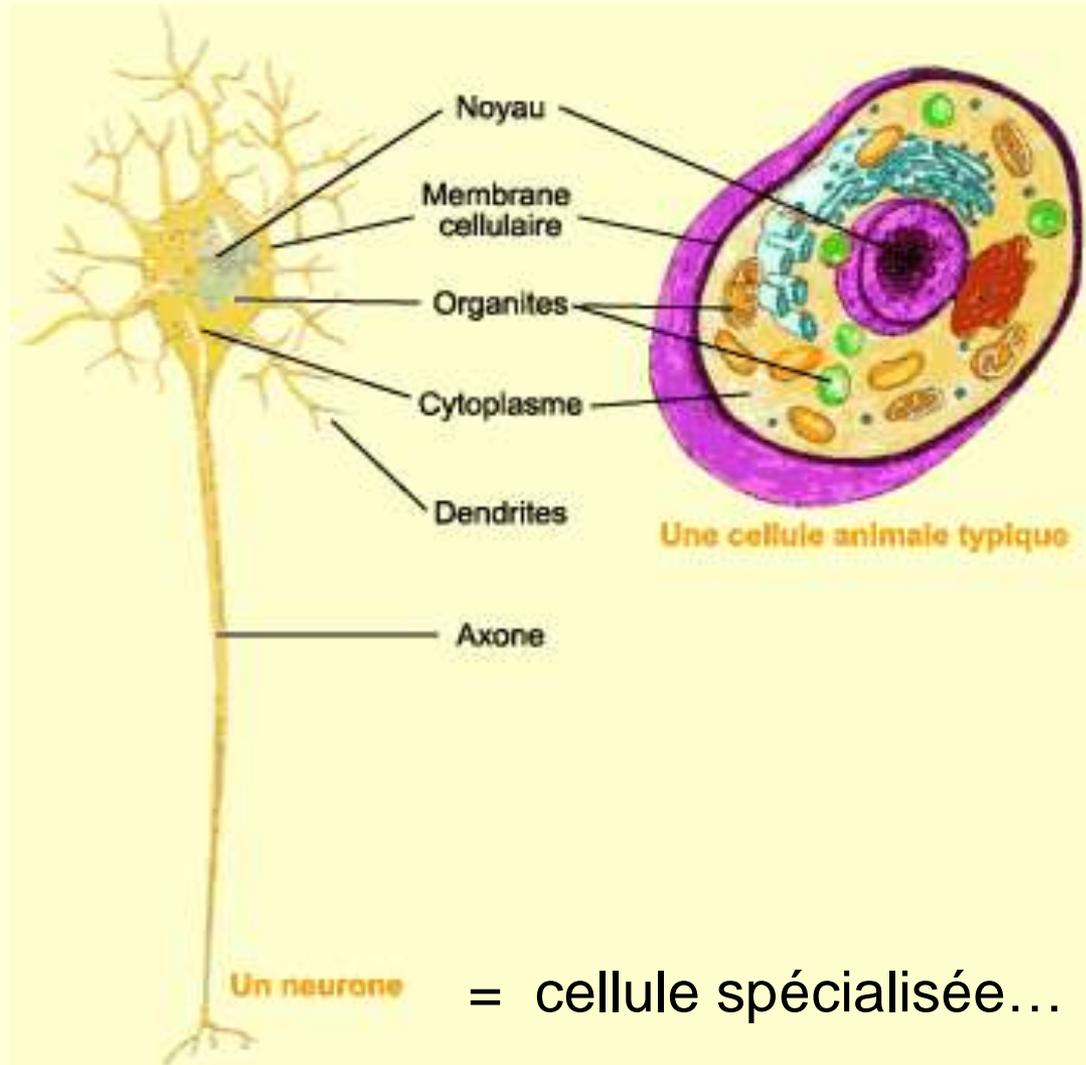
cellule
musculaire

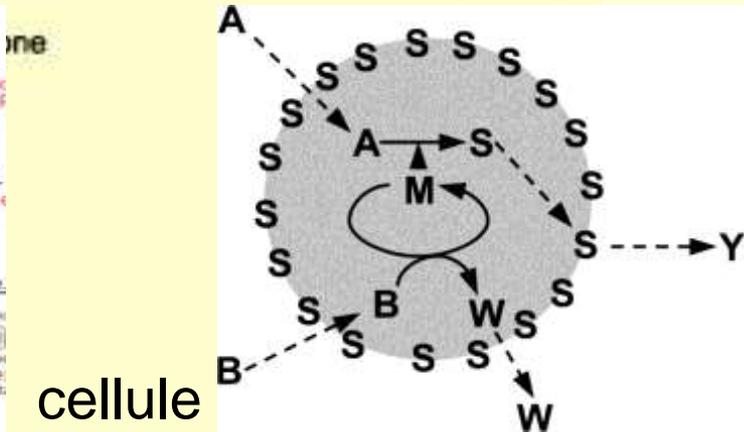
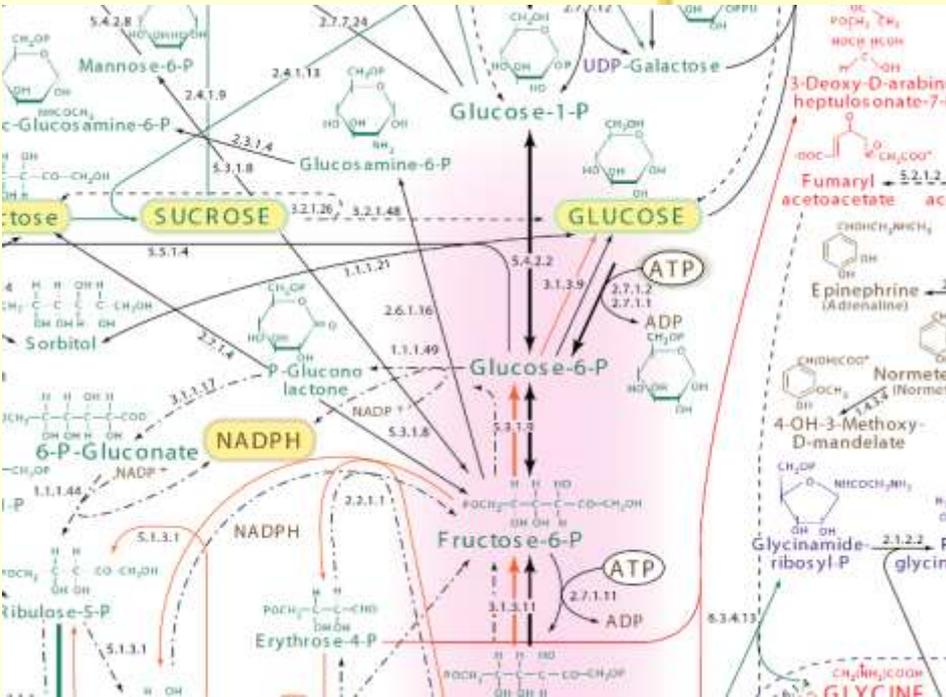
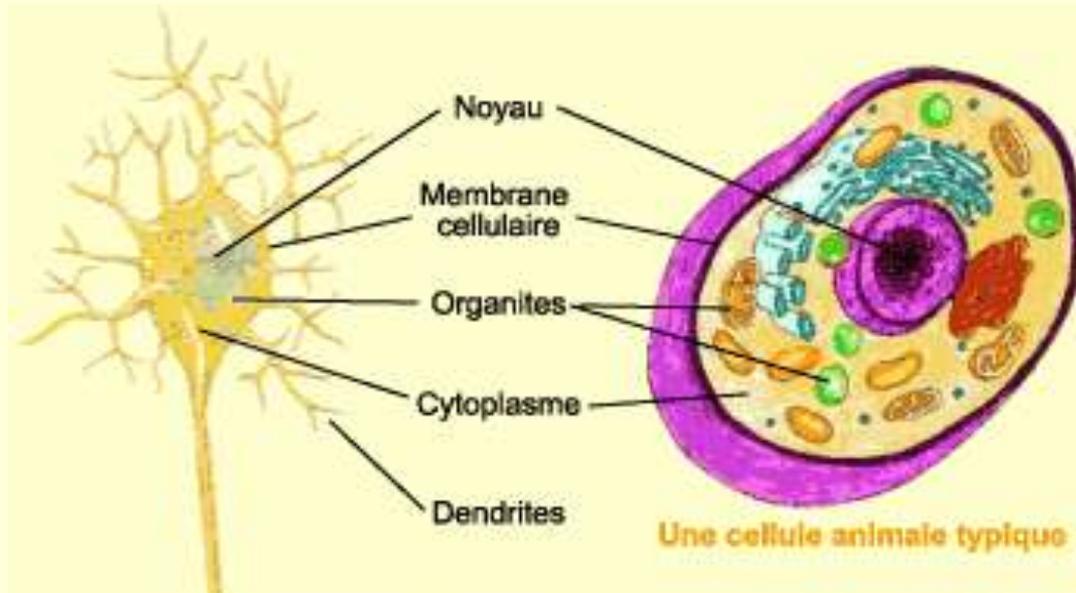


cellule
du cerveau

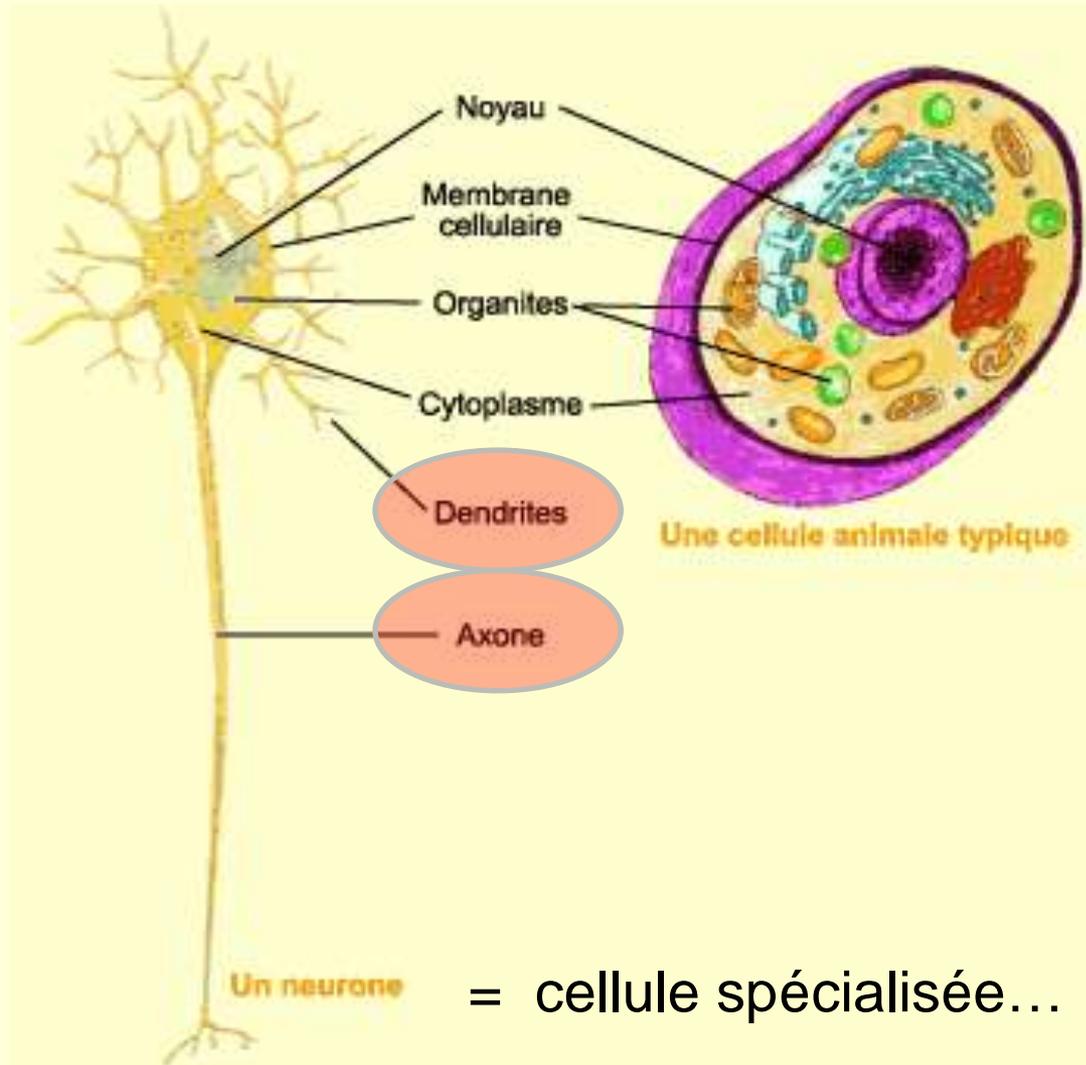


cellule
du foie



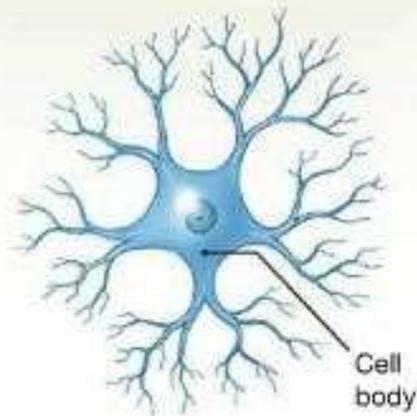


cellule



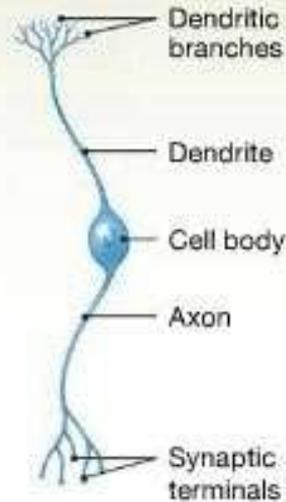
A Structural Classification of Neurons.

Anaxonic neuron



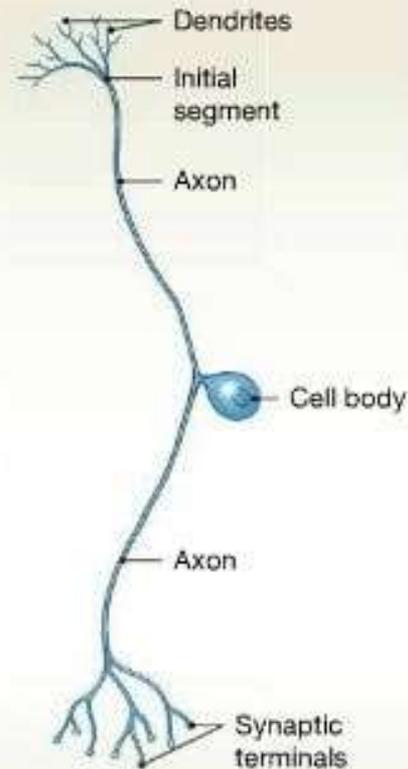
a Anaxonic neurons have more than two processes, but axons cannot be distinguished from dendrites.

Bipolar neuron



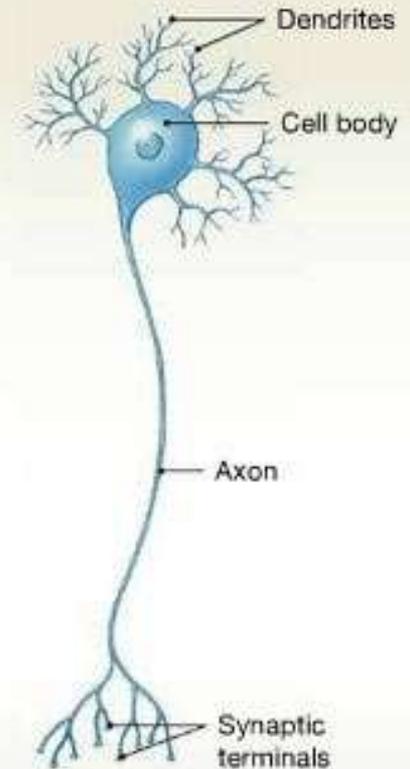
b Bipolar neurons have two processes separated by the cell body.

Unipolar neuron

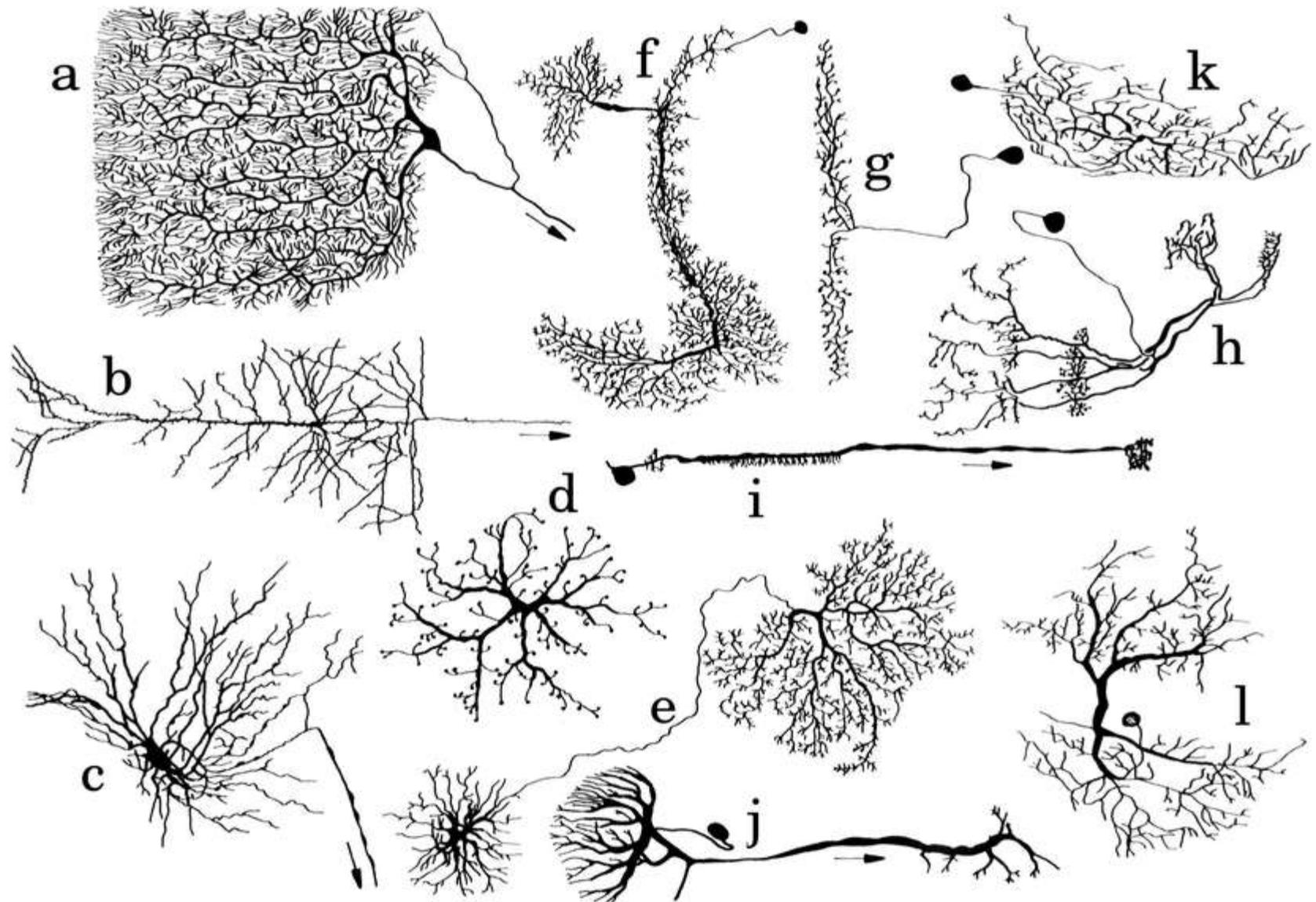


c Unipolar neurons have a single elongate process, with the cell body situated off to the side.

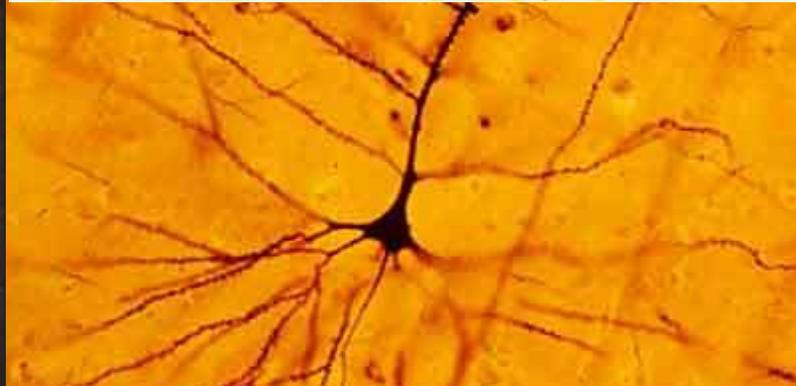
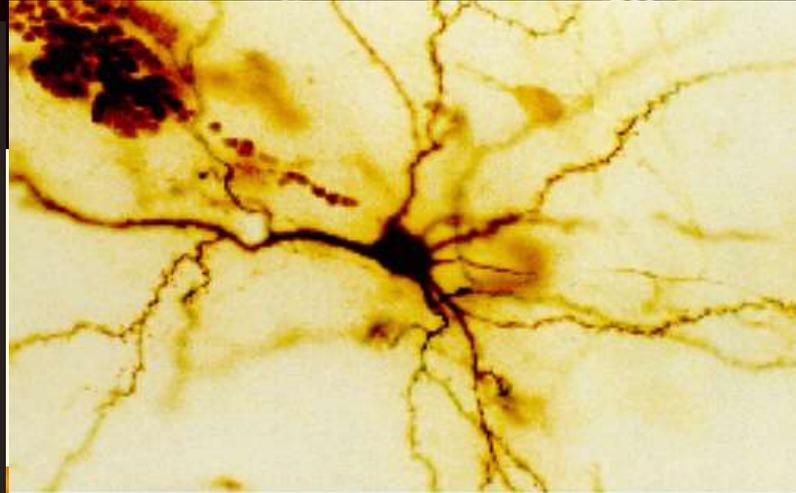
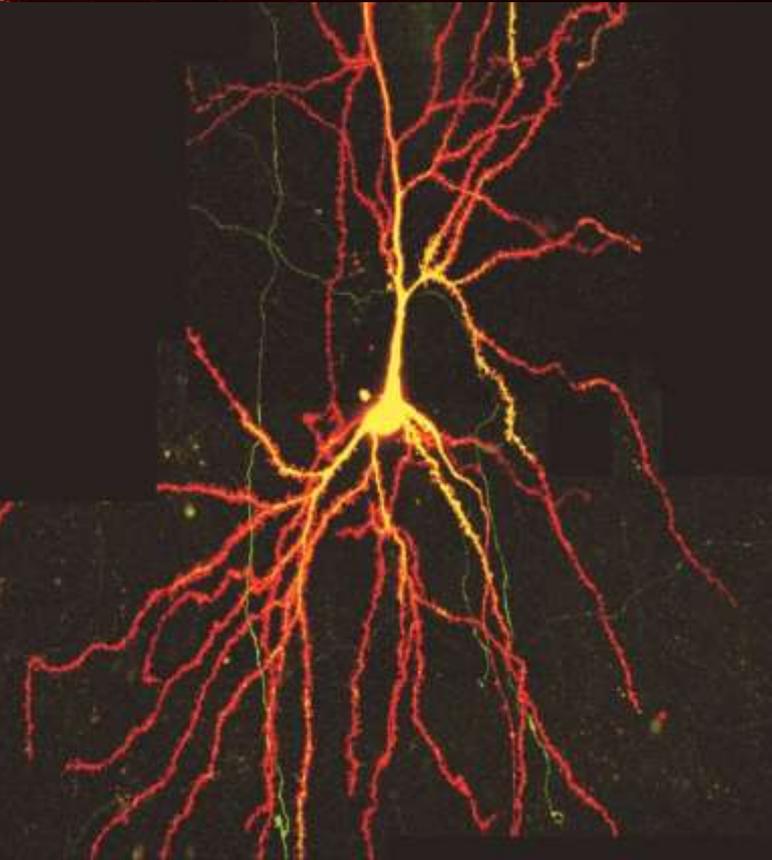
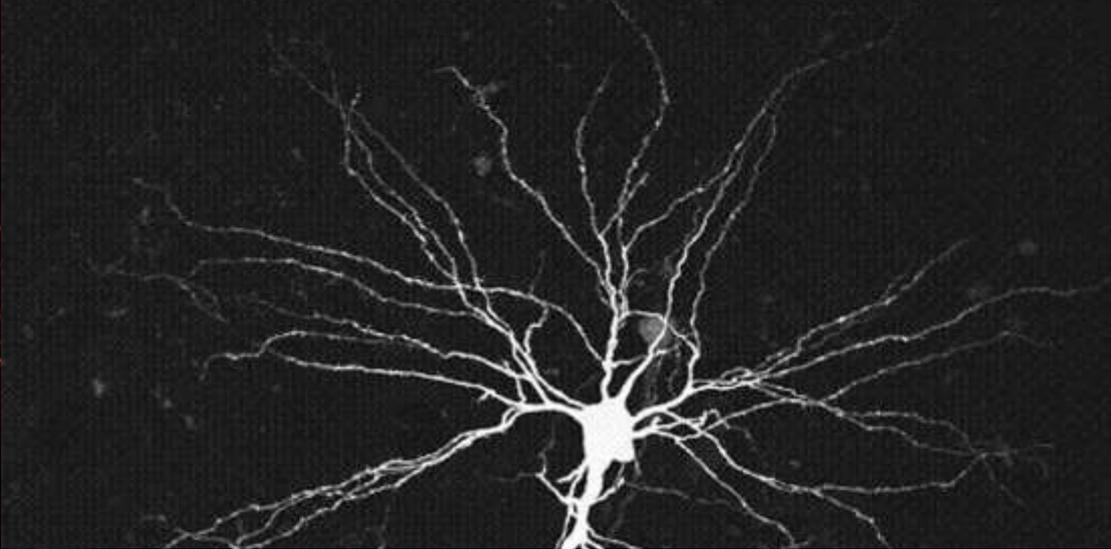
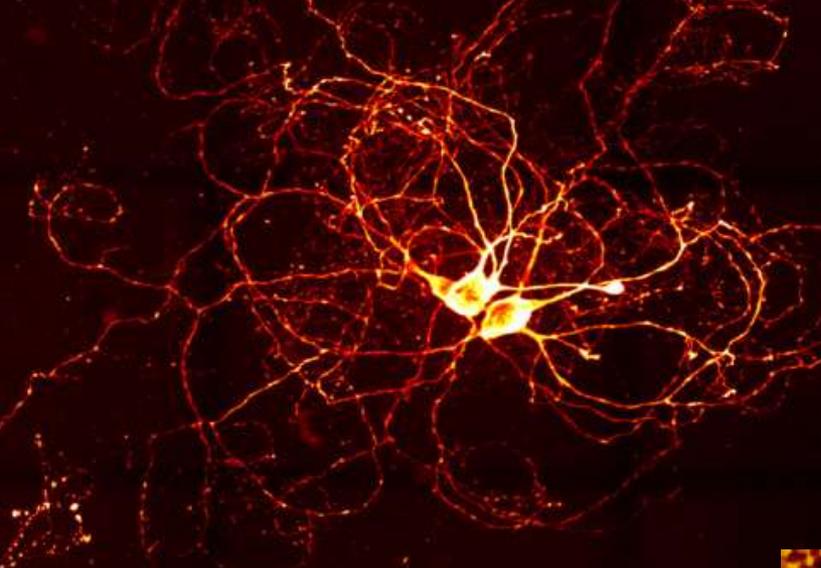
Multipolar neuron



d Multipolar neurons have more than two processes; there is a single axon and multiple dendrites.



Anatomical diversity of neuronal cells: a Purkinje neuron from human b pyramidal neuron (rabbit) c motor neuron (cat) d,e horizontal neuron (cat) f pre-motor interneuron (locust) g visual amacrine neuron (fly) h multipolar neuron (fly) i visual monopolar neuron (fly) j visual interneuron (locust) k pre-motor interneuron (crayfish) l mechanical sensory neuron (crayfish); The arrows indicate the signal output zone. (from Cajal, Fisher and Boycott, Burrows, Strausfeld, O'Shea, Rowell and Reichert). The illustration has been taken from: H. Reichert; Neurobiologie, page 23 [9].



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>

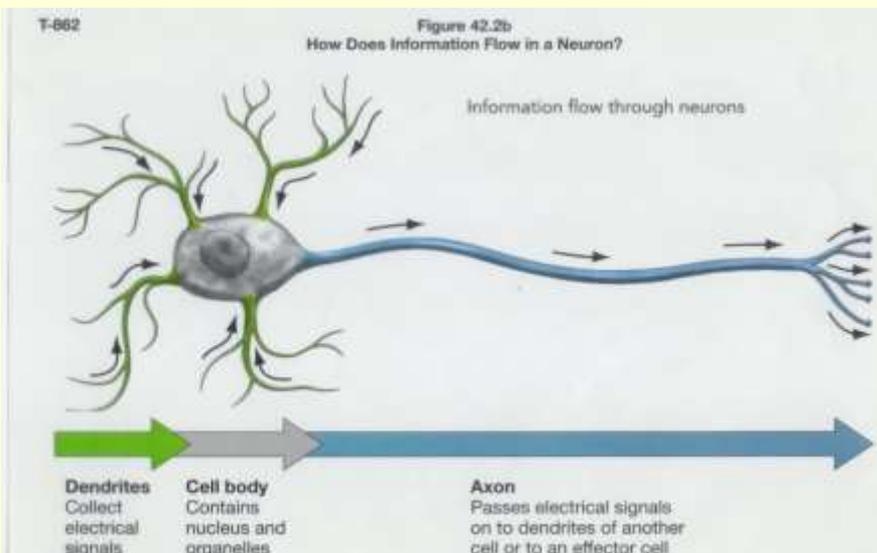
La théorie (ou doctrine) du neurone :

1) ~~Le neurone est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;~~

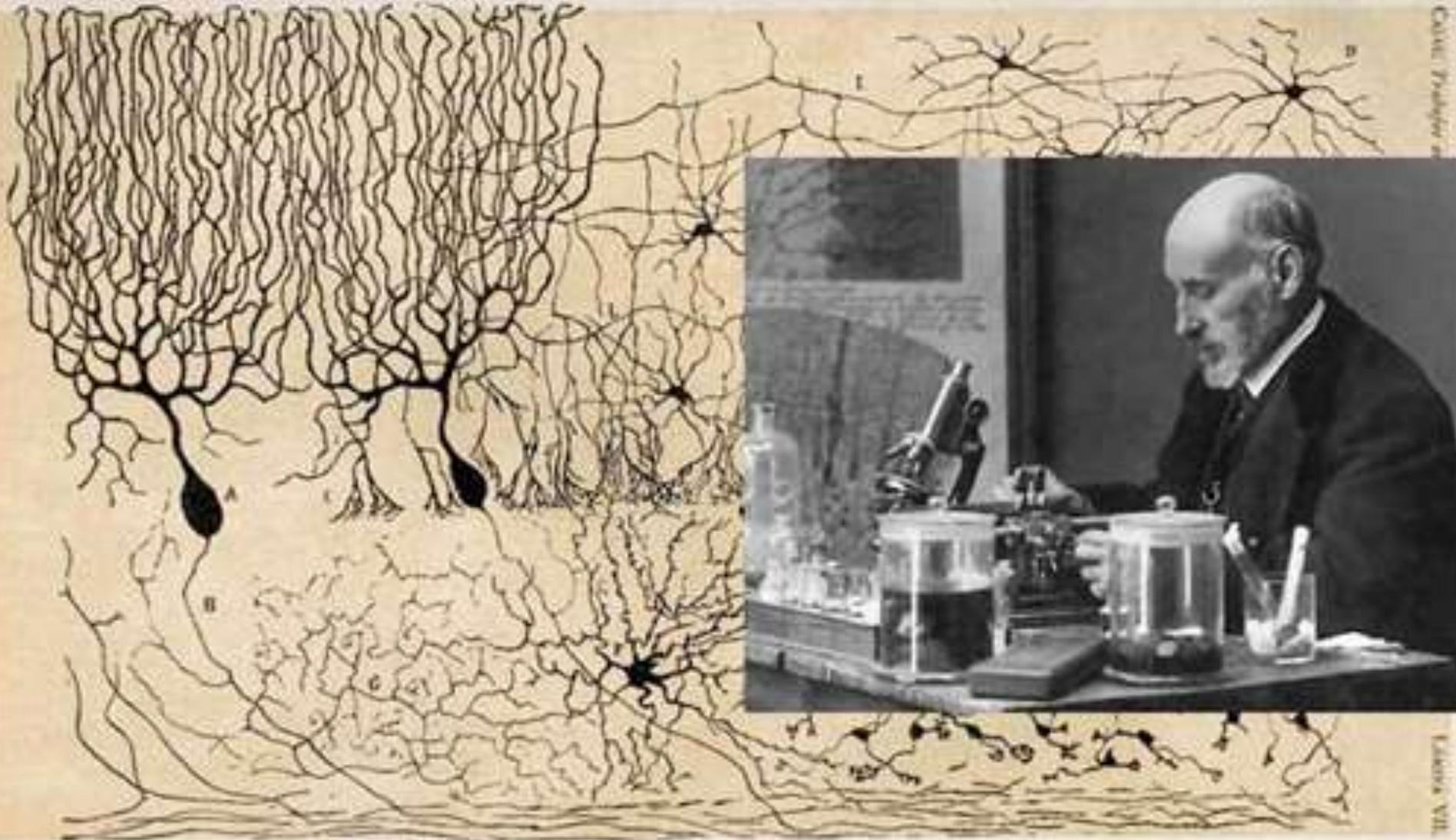
2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles;**

3) ~~Un neurone est composé de 3 parties : les dendrites, le corps cellulaire et l'axone ;~~

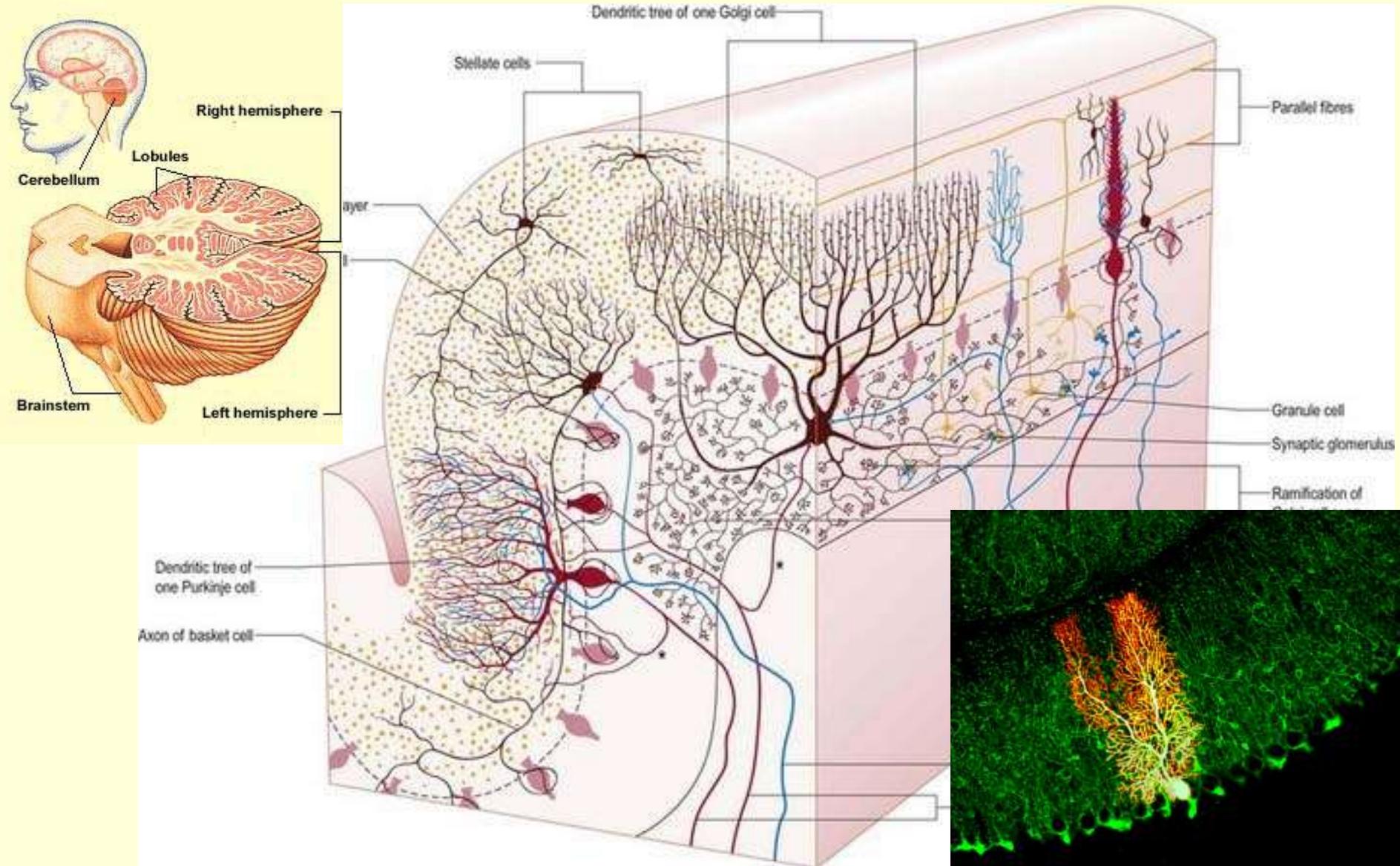
4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).

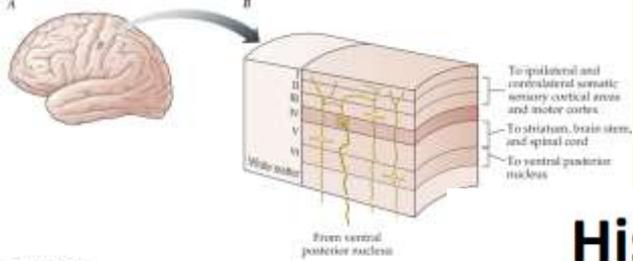


Même Cajal avait déjà conscience de la grande diversité de formes des neurones...



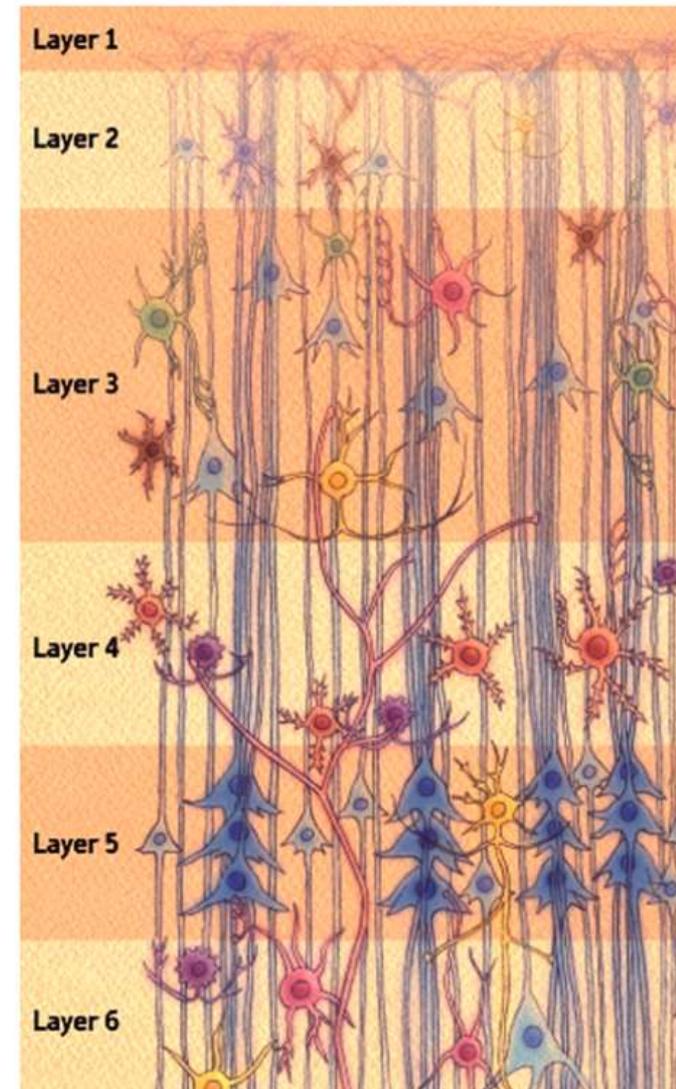
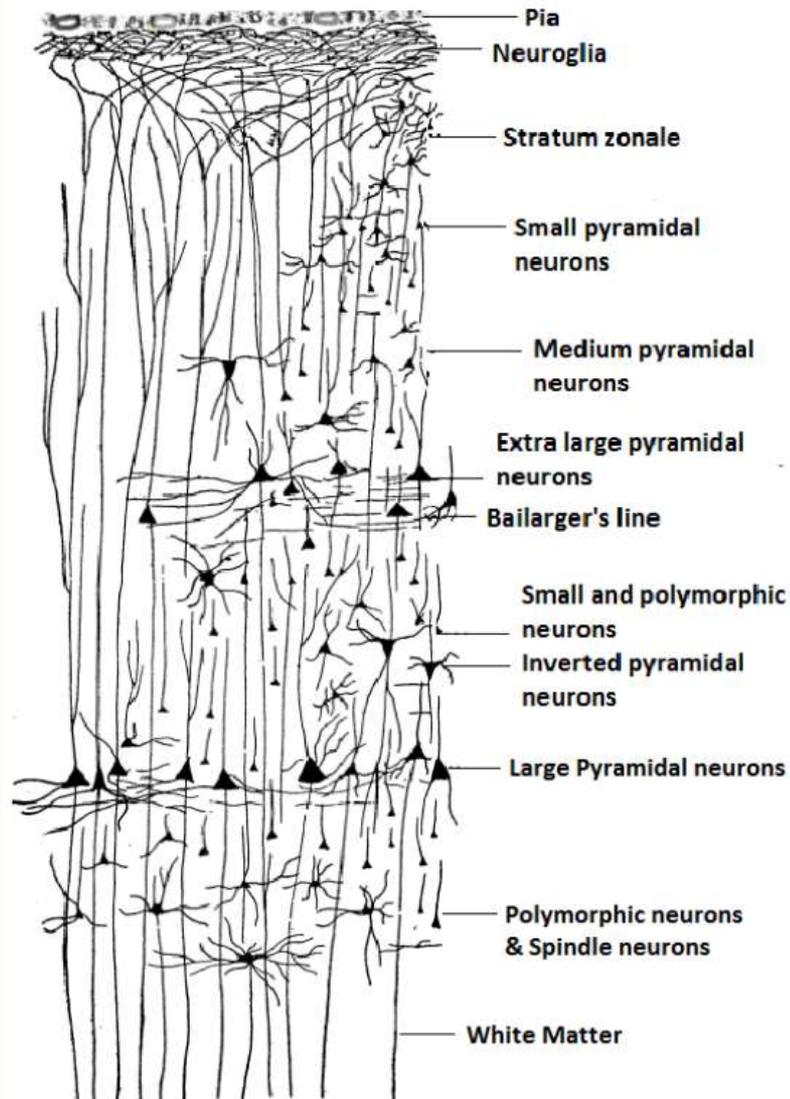
Cette variabilité de forme s'explique par le pattern de connectivité entre les neurones, qui va déterminer les capacité computationnelles d'un circuit nerveux donné.

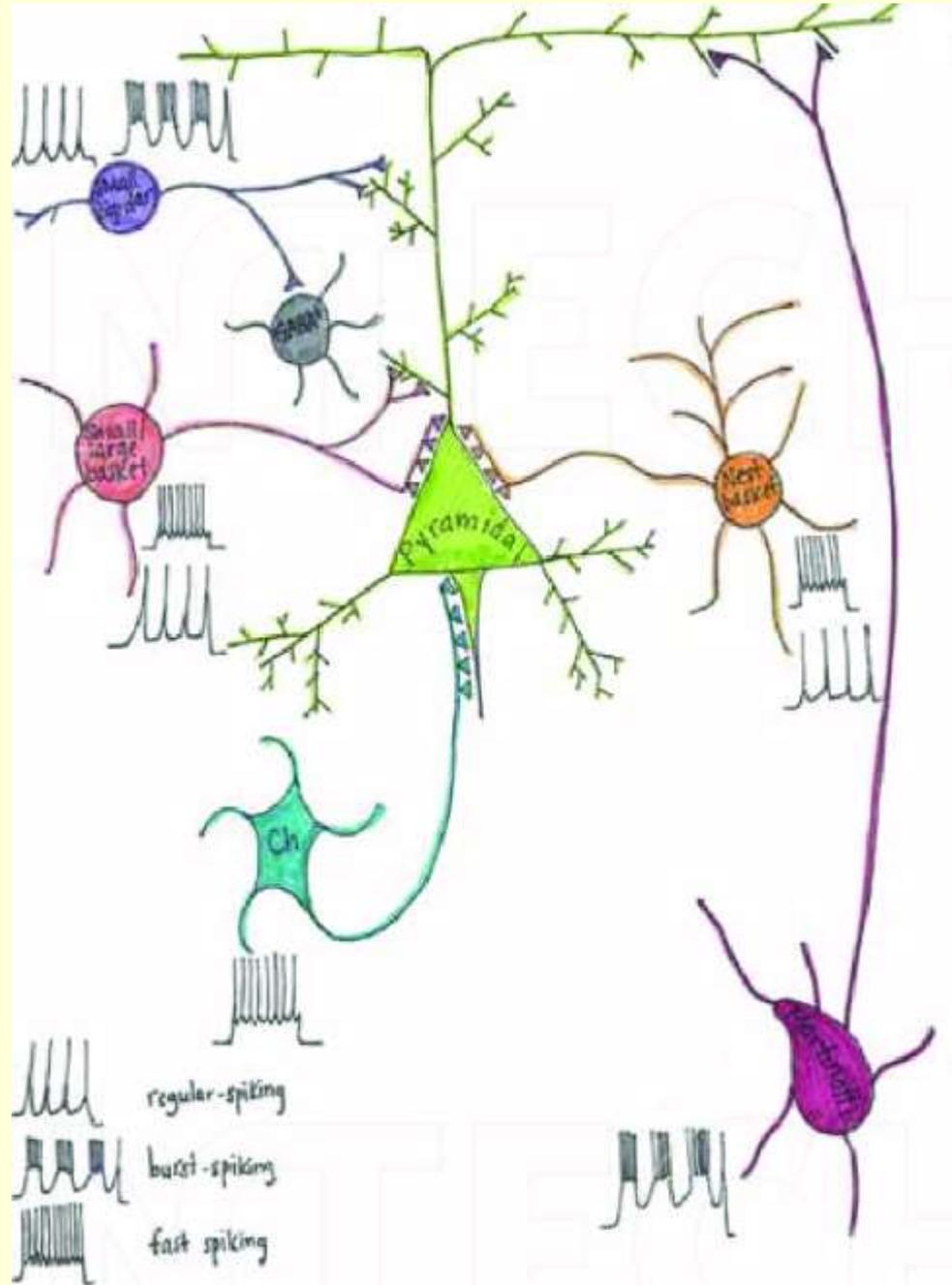
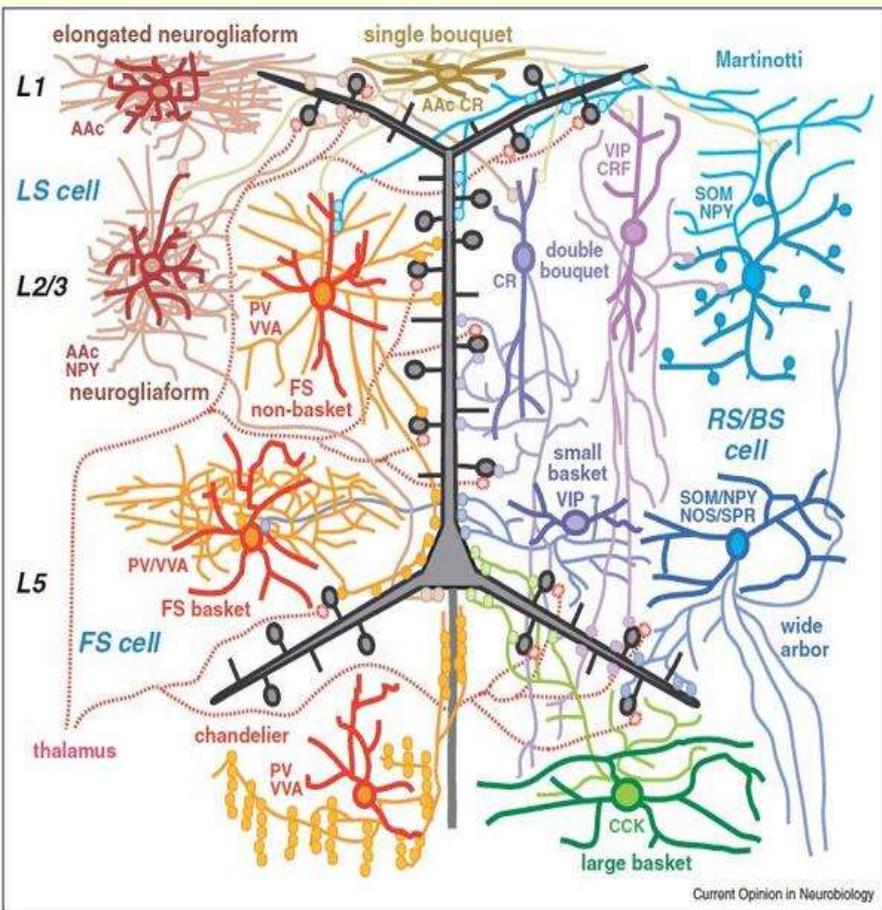




Source: John P. Marler
Neuroanatomy Text and Atlas, Fourth Edition,
http://www.elsevier.com
Copyright © 2004 Elsevier. All rights reserved.

Histological Structure of the Cerebral Cortex

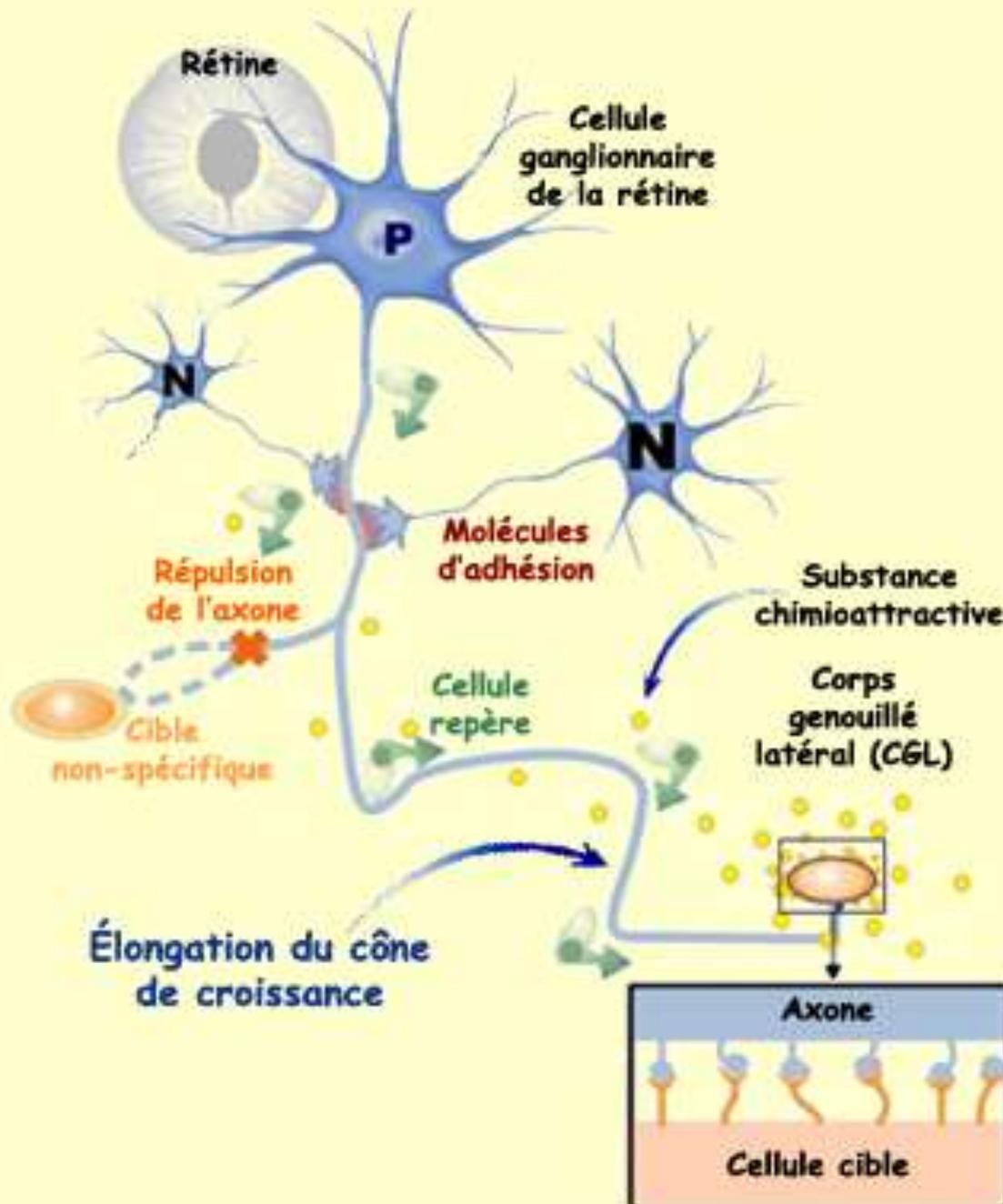
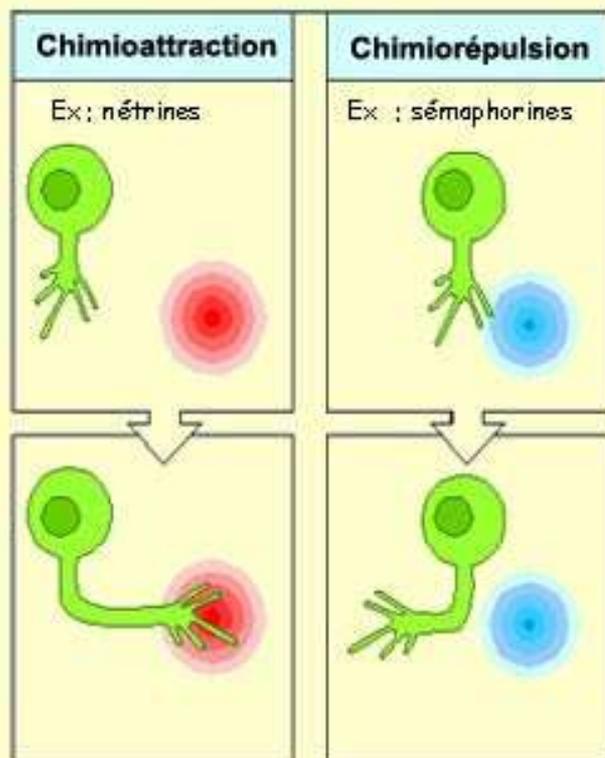


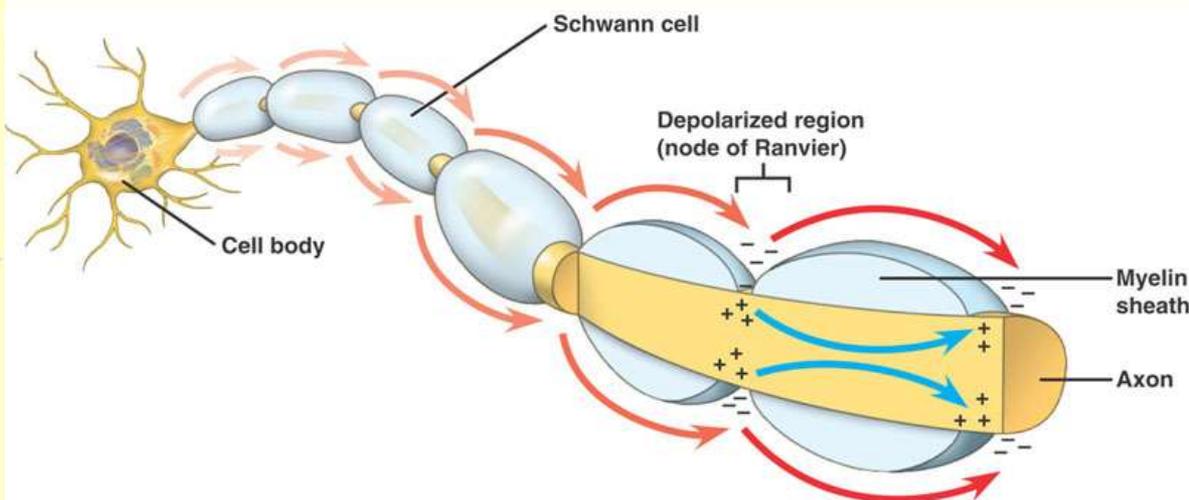
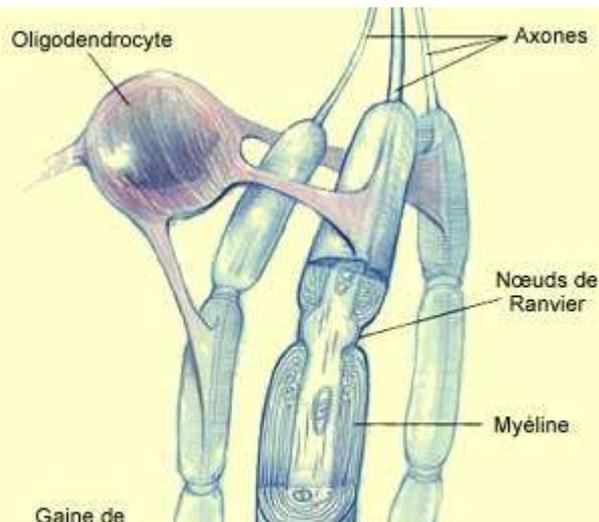
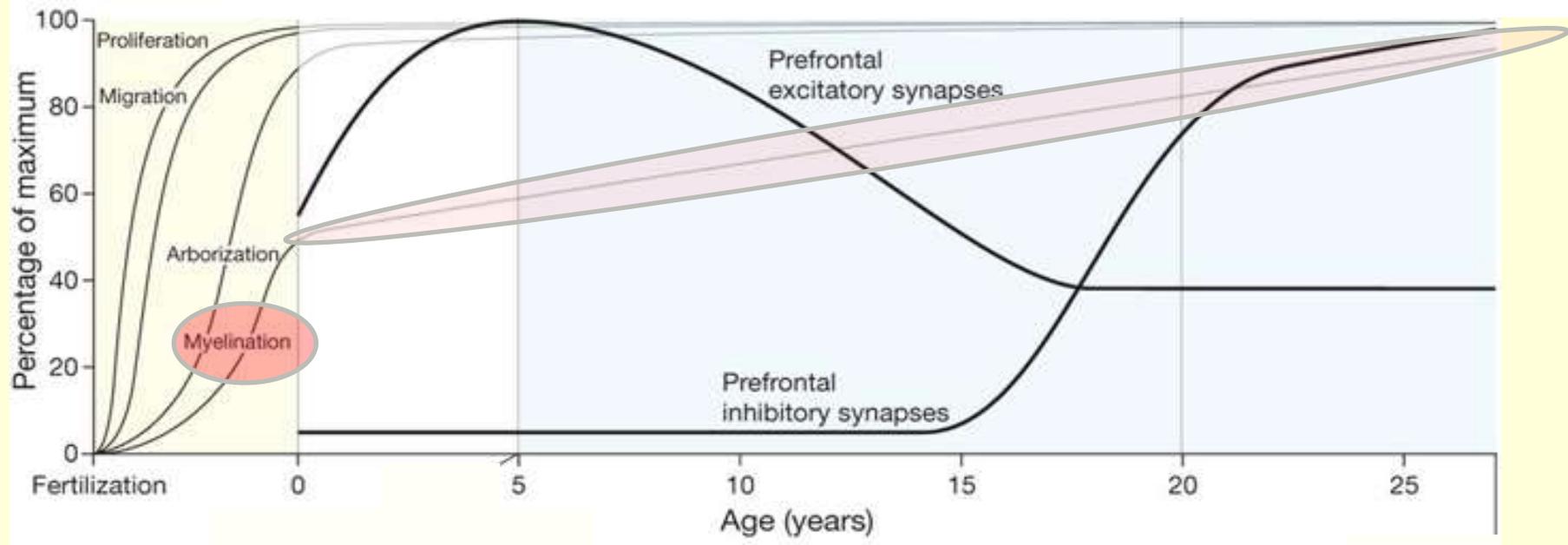


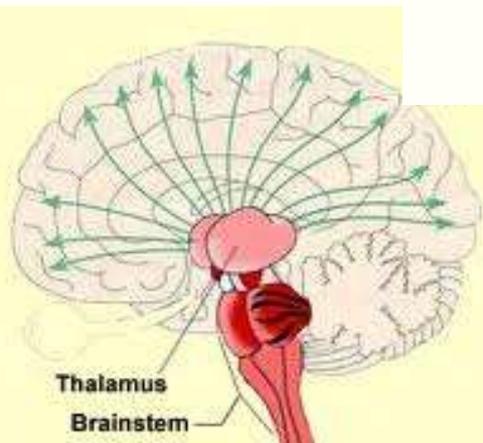
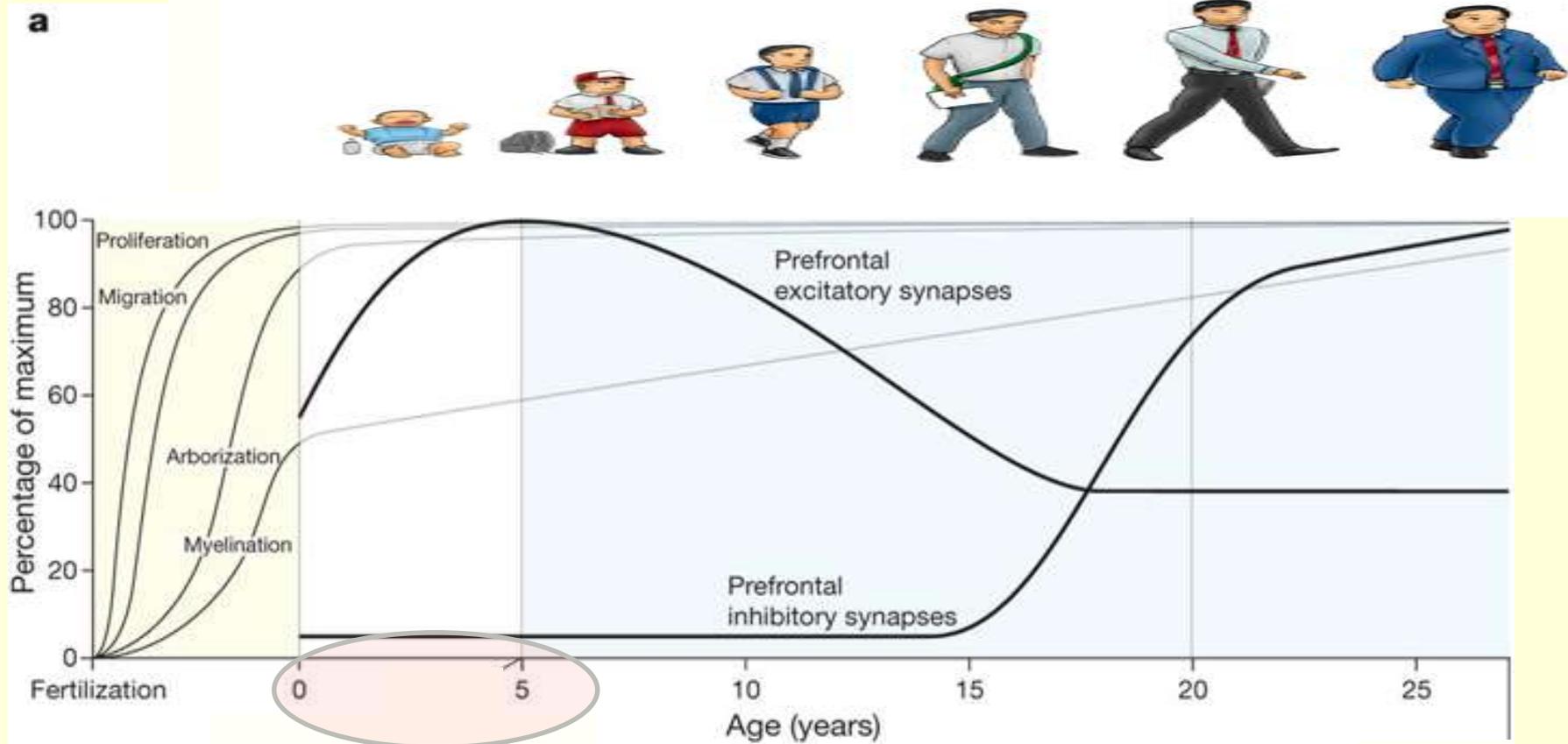
Les neurones ont leur identité anatomique...

...et physiologique !

Une fois le neurone positionné, différents mécanismes vont permettre aux **axones** d'atteindre leur **cellule cible**.





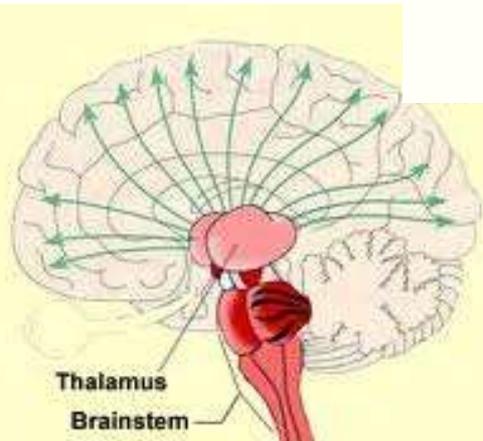


Et **après la naissance**, dans les **premières années de vie** surtout, les connexions entre les neurones vont être ajustée plus finement par les **inputs extérieurs** en provenance du thalamus.

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

Cela suppose qu'il y a déjà beaucoup d'influx nerveux qui circulent dans les neurones.

Mais qu'est-ce que **l'influx nerveux** ?



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**.

Séance 3:

**L'humain
découvre la
grammaire de
base de son
système nerveux**

Plan de ce soir

L'élaboration de la « théorie du neurone » au début du XXe siècle

La chorégraphie des neurones et des cellules gliales durant le **développement** du cerveau

Le neurone déploie ses dendrites et son axone

La conduction électrique permet la communication rapide par l'influx nerveux

La transmission chimique au niveau de la synapse amène de la souplesse

Le neurone intègre constamment tous les messages qu'il reçoit

L'élagage neuronal pour raffiner les circuits

Les nombreuses mises à jour de la « théorie du neurone »

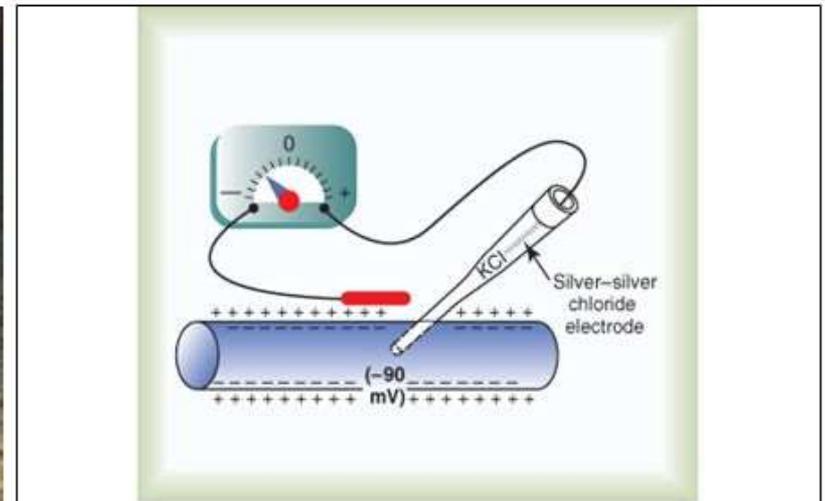
Après la pause et quelques questions/échanges:

Le cerveau est bien différent d'un ordinateur



Hodgkin-Huxley Expts, 1952

Squid Giant Axon



© Elsevier, Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.com

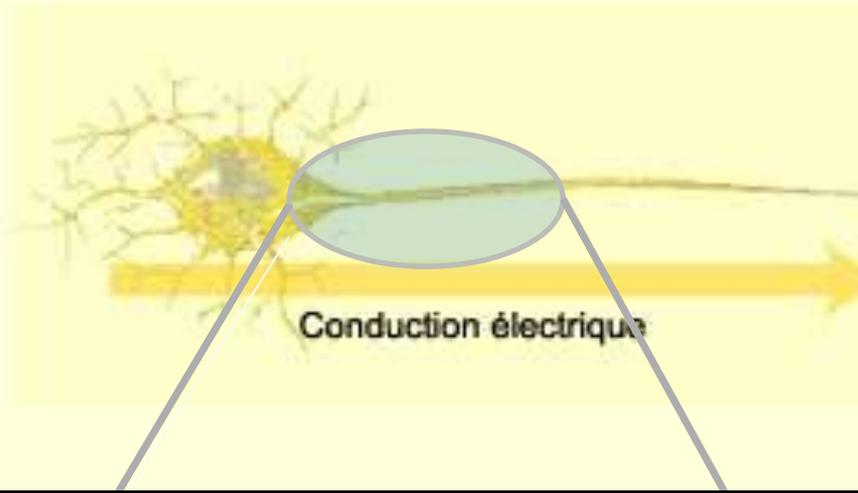
Few neurons, large diameter

Large enough to insert microelectrodes

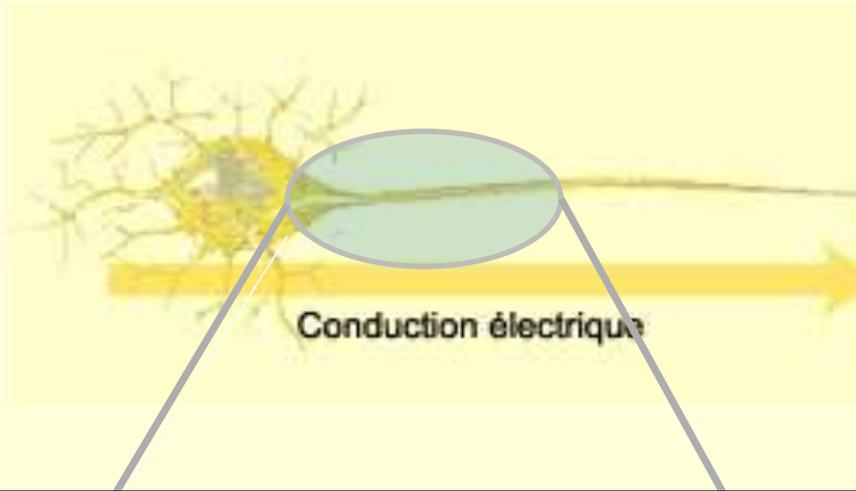
Stimulating microelectrodes (inject current) to disturb cell with electrical stimuli

Recording microelectrodes (see current changes in cell and record them)

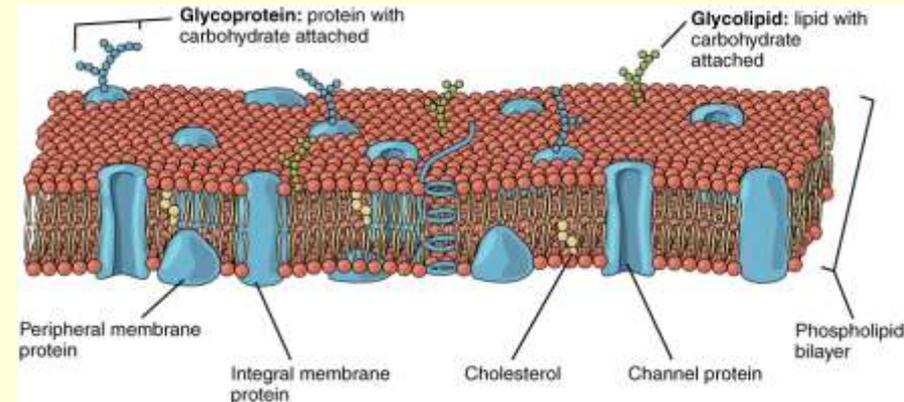
<http://www.science.smith.edu/departments/NeuroSci/courses/bio330/squid.html>



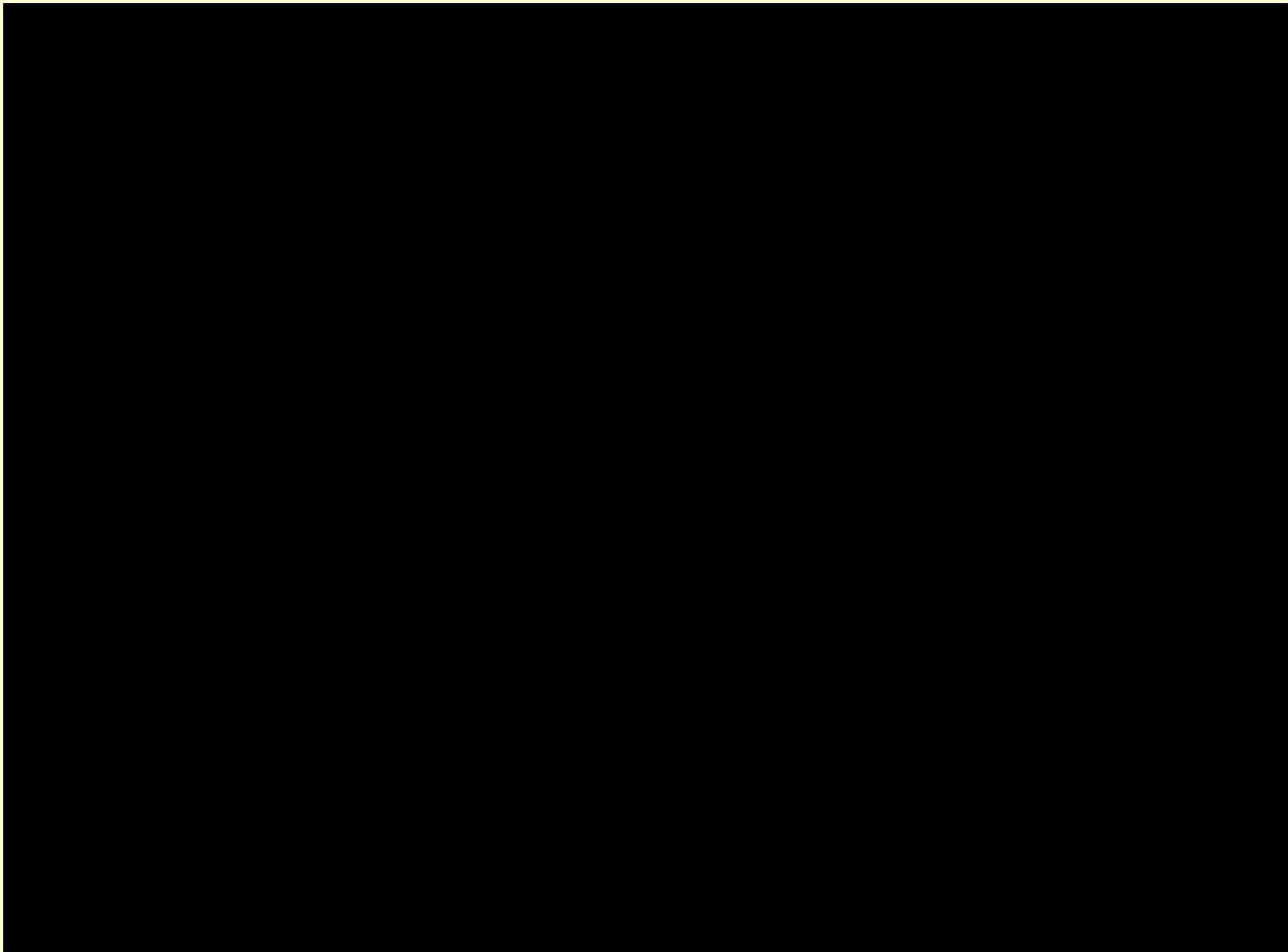
- Les neurones baignent dans du liquides physiologiques
- De nombreuses substances se dissocient en ions chargés dans ce liquide (Ex.: NaCl en Na⁺ et Cl⁻)
- Ces particules chargées ne se répartissent pas également à l'intérieur et à l'extérieur du neurone : l'intérieur est environ 70 millivolts plus négatif que l'extérieur
- Les neurones ont une membrane semi-perméable qui vont permettre le passage sélectifs de certains ions à travers elle, générant ainsi l'influx nerveux

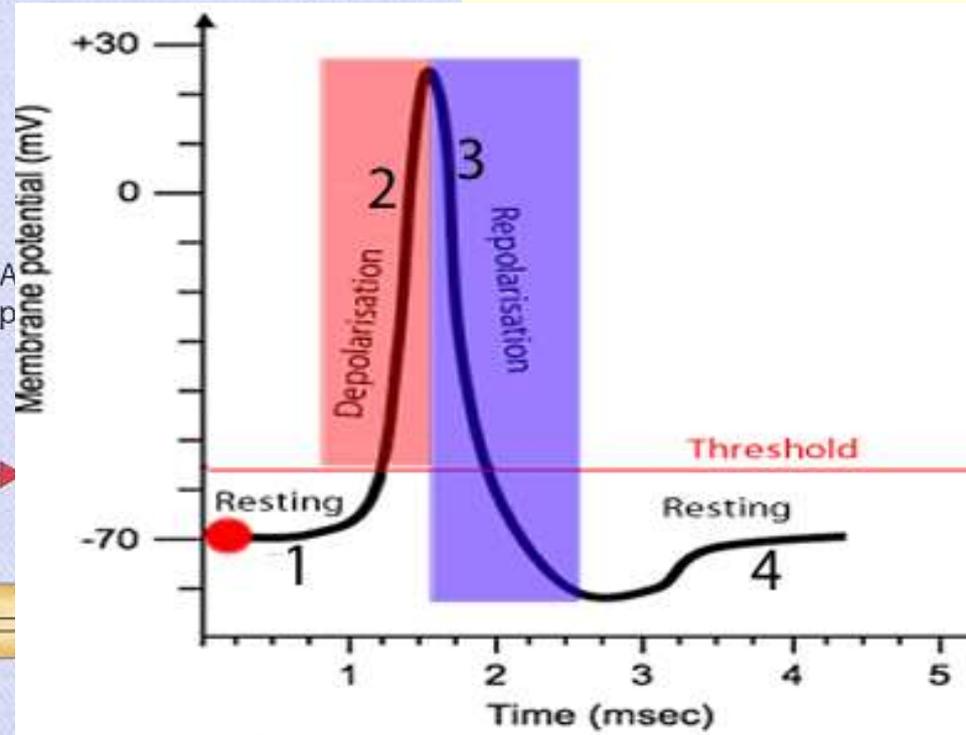
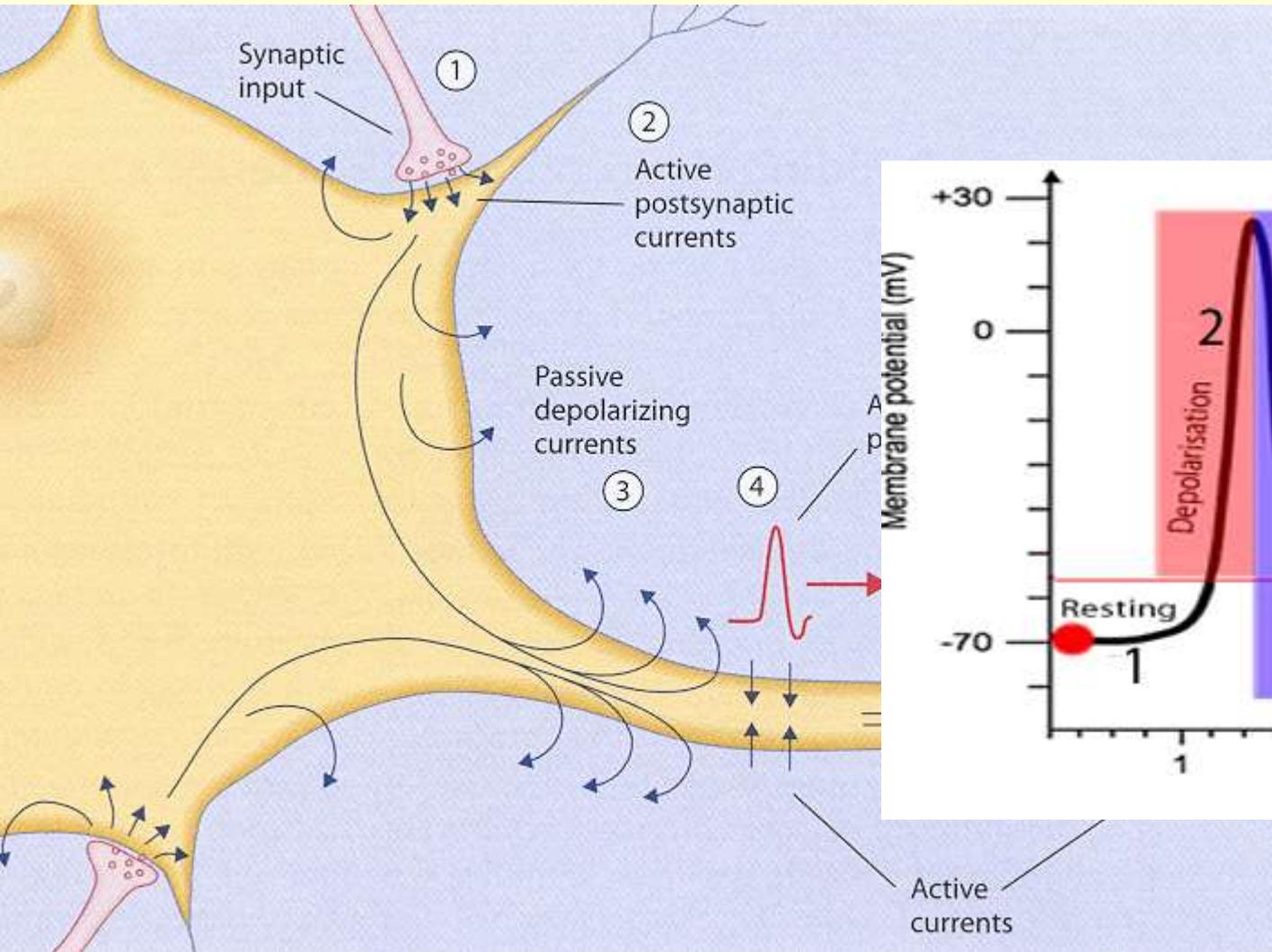


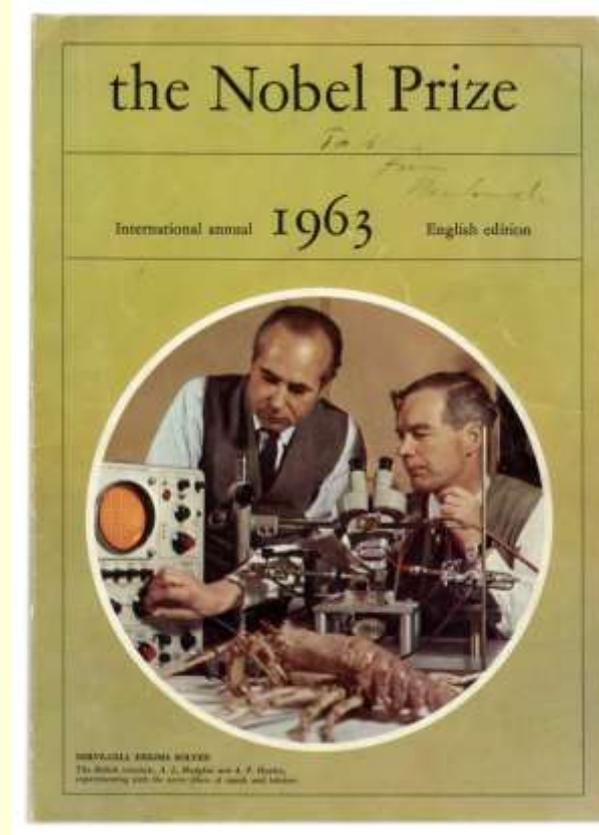
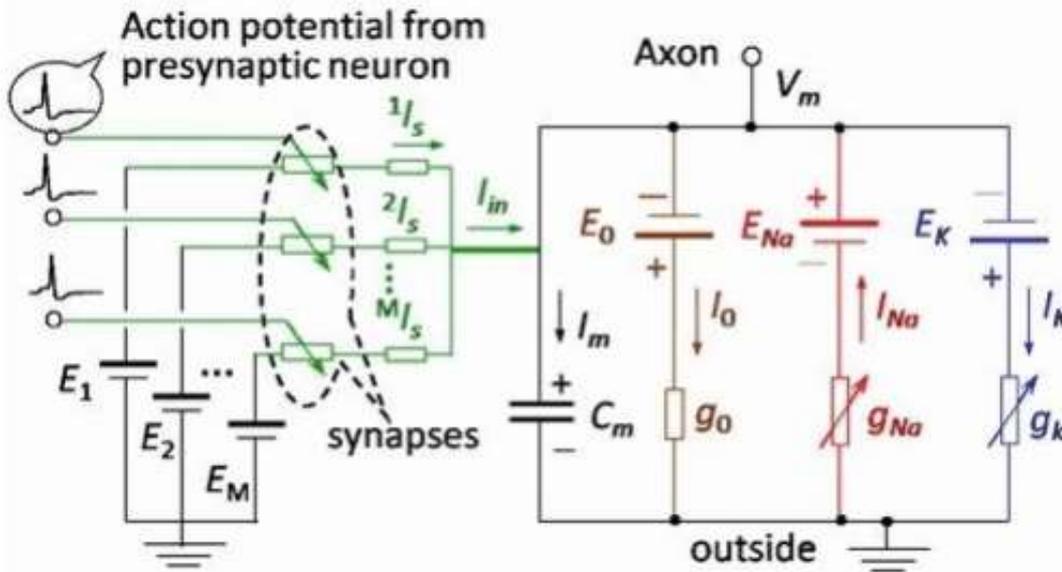
Plus tard, on démontrera que les pores de la membrane semi-perméable sont des protéines transmembranaires avec en leur centre un canal sélectif à certains ions.



Et en plus, ces canaux changent de conformation (i.e. s'ouvrent et se ferment) en fonction du potentiel de membrane autour d'eux.







→ en élaborant un modèle mathématique de la conduction de l'influx nerveux, Hodgkin et Huxley avaient saisi certaines propriétés des protéines-canaux bien avant leur caractérisation.

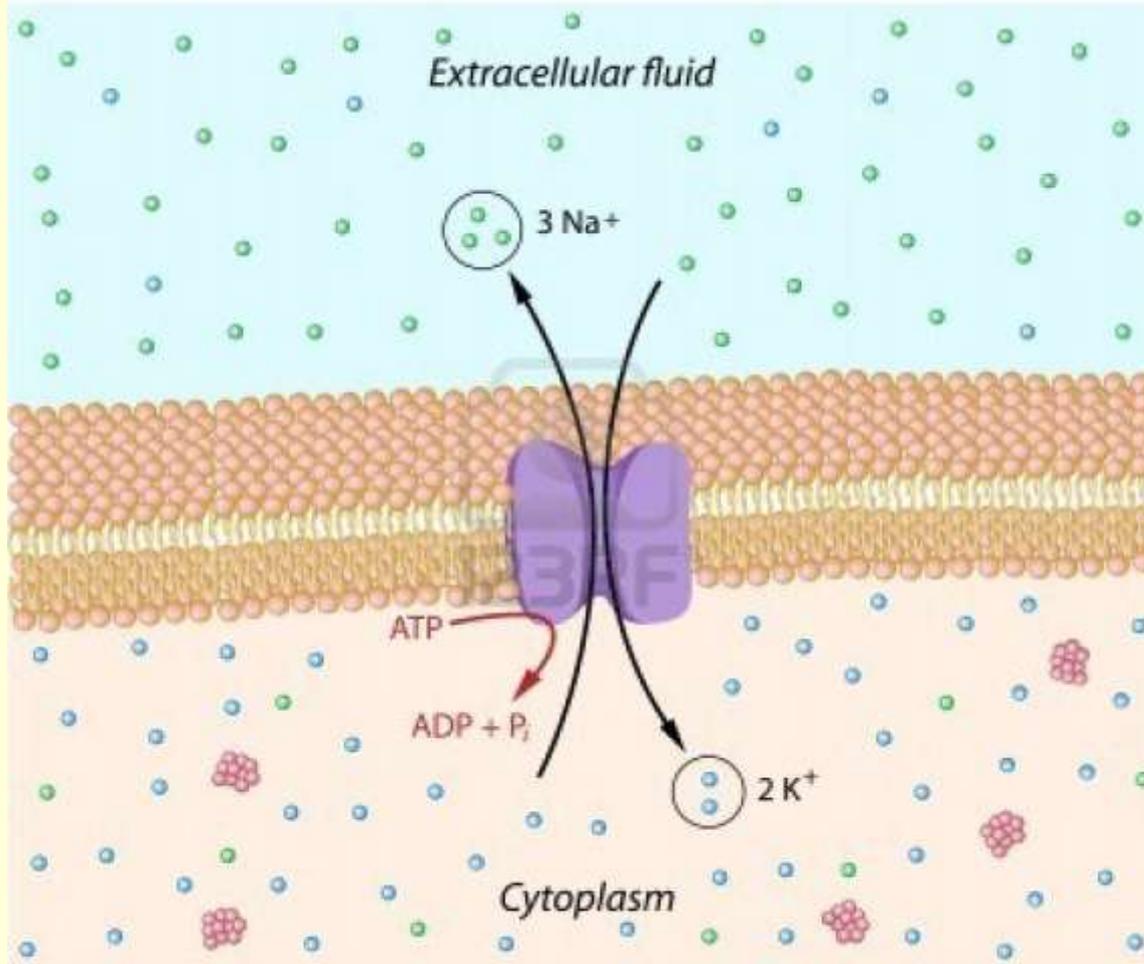
[J Physiol](#). 2012 Jun 1
**A brief historical perspective:
 Hodgkin and Huxley**
 Christof J Schwiening

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3424716/>

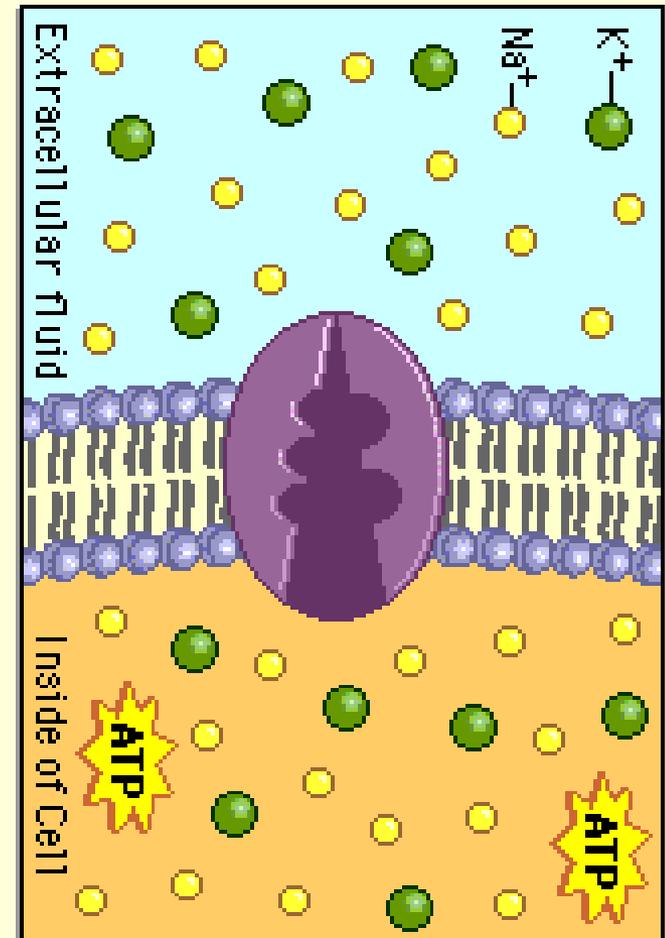
Dans le même ordre d'idée, petite parenthèse sur
la **pompe au sodium/potassium** :

l'une des nombreuses protéines qui rend possible l'influx nerveux

Ionic Basis of the Resting Membrane Potential

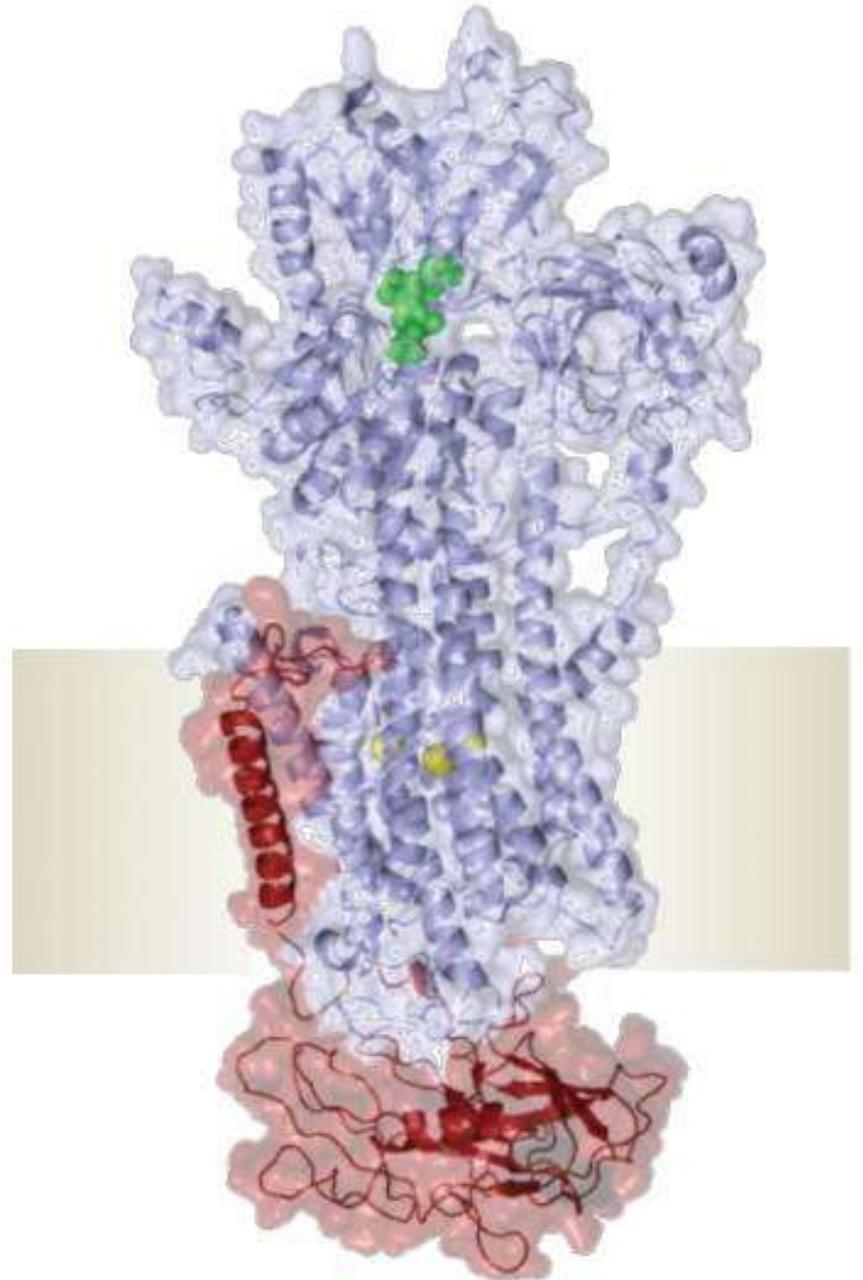


● = Na⁺ ● = K⁺ ● = Large anion



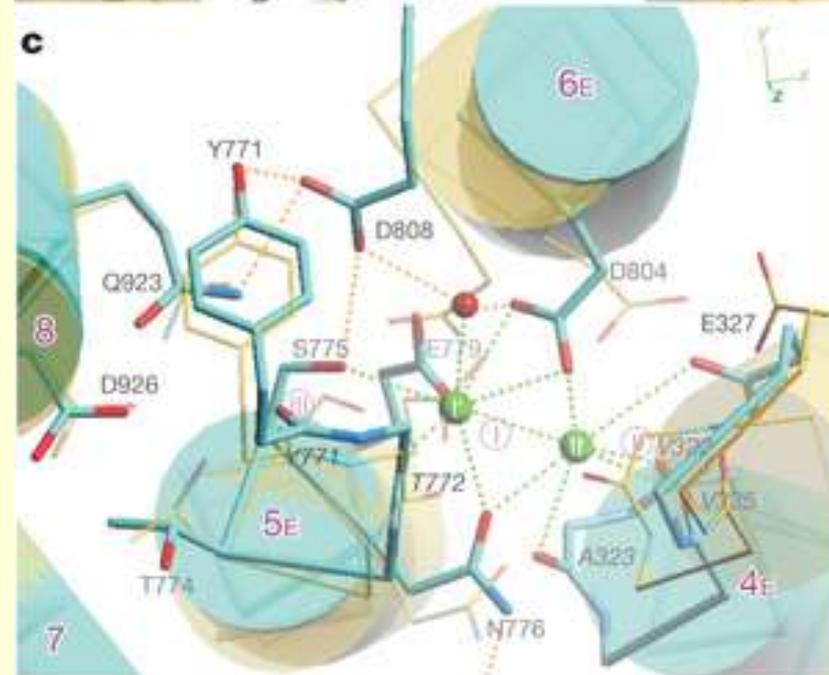
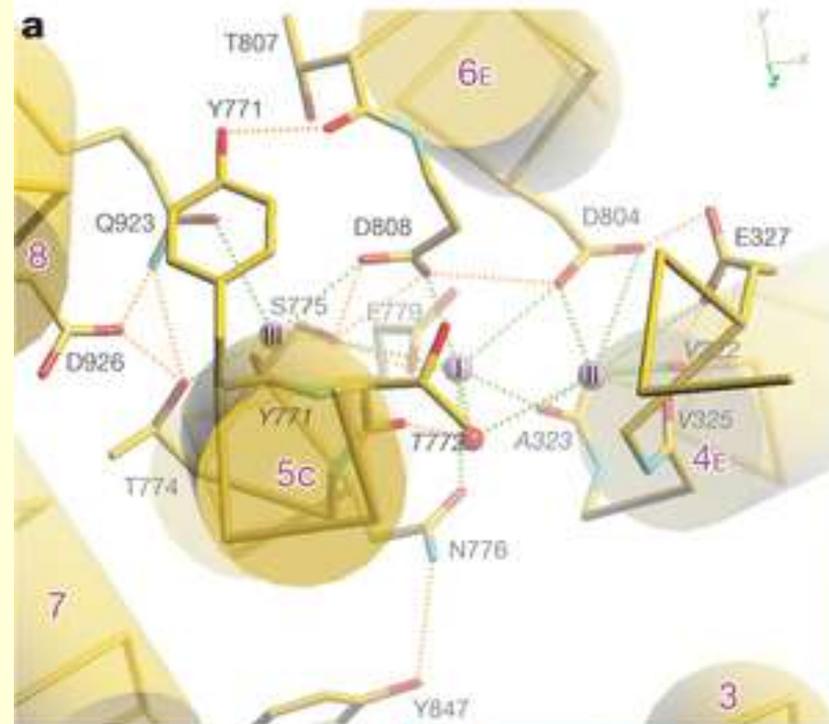
C'est seulement en **2009**,
que sa structure globale
a pu être observée.

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.**



Ce n'est qu'en octobre **2013**, dans un articles publié dans ***Nature***, que Kanai *et al.* ont pu démontrer que la clé réside dans le fait que

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



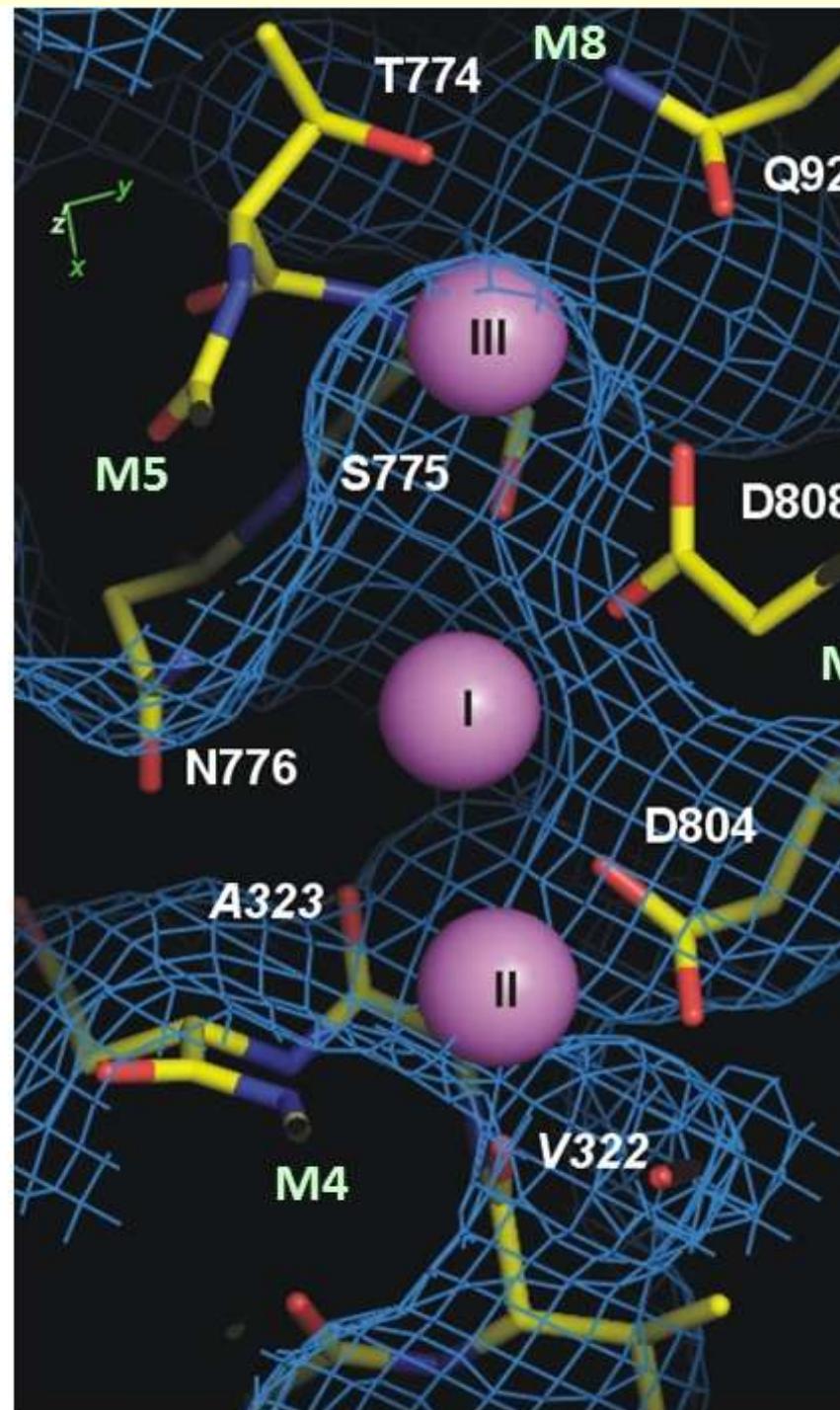
Par exemple, dans la première conformation, elle possède une cavité comportant **trois logements** qui ont exactement la taille d'ions sodium.

Mais ces logements sont **trop petits** pour accepter des ions potassium.

Ce réglage très précis permet à la pompe de **discriminer** entre les deux sortes d'ions.

Et de créer ainsi le potentiel de repos qui rendra possible les potentiel d'action.

Et à partir de là, le cerveau pourra commencer à penser...



Par exemple, dans la première conformation, elle possède une cavité comportant **trois logements** qui ont exactement la taille d'ions sodium.

Mais ces logements sont **trop petits** pour accepter des ions potassium.

Ce réglage très précis permet à la pompe de **discriminer** entre les deux sortes d'ions.

Et de créer ainsi le potentiel de repos qui rendra possible les potentiel d'action.

Et à partir de là, le cerveau pourra commencer à penser...

Mutation in sodium-potassium pump: Newly discovered serious disease in children

January 10, **2019**

<https://www.sciencedaily.com/releases/2019/01/190110141701.htm>

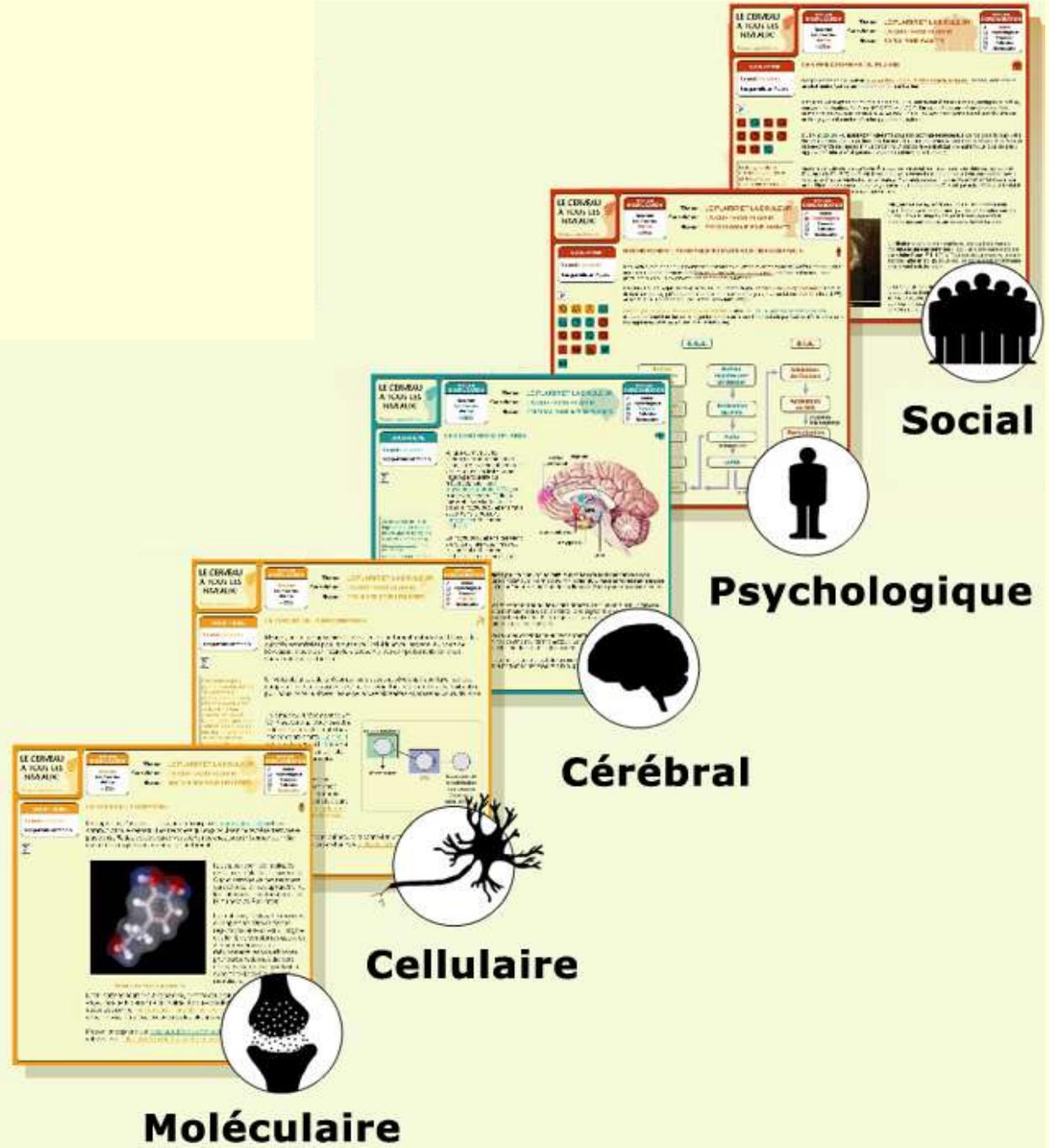
Jens Christian Skou [...] originally had the idea that mutations in the sodium-potassium pump **would be incompatible with life**.

But it has since been found that more **serious diseases** which are **not necessarily fatal** are due to **genetic defects in the sodium-potassium pump** [...]

in the body's different types of tissues there are **several variants of the sodium-potassium pump** which are able to supplement each other if one of the forms does not work.

[“redondance”]

Différents niveaux d'organisation



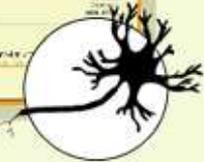
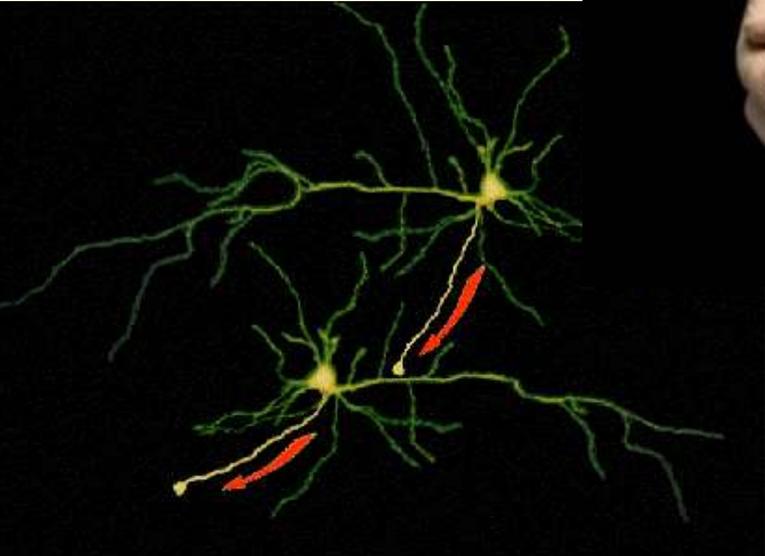
Différents niveaux d'organisation



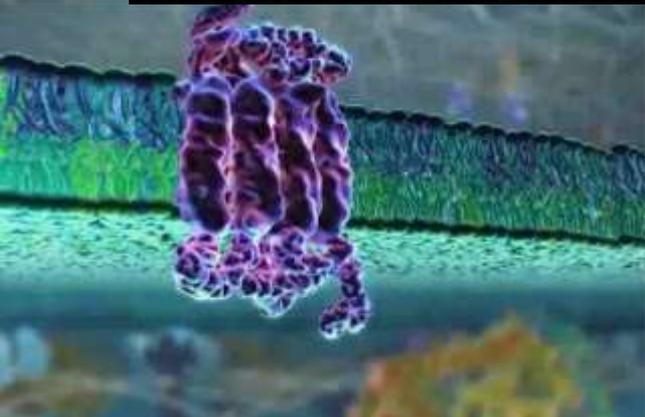
Psychologique



Cérébral

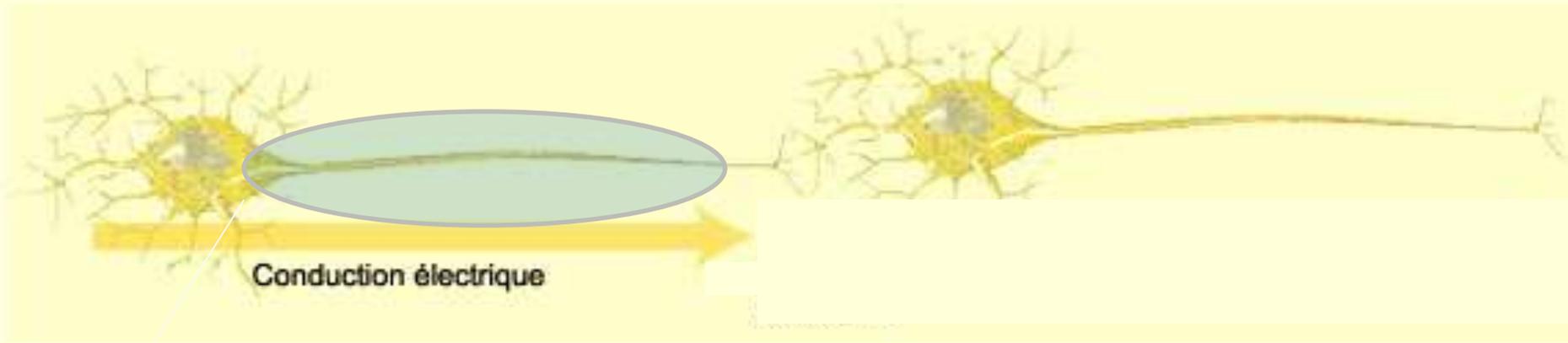


Cellulaire

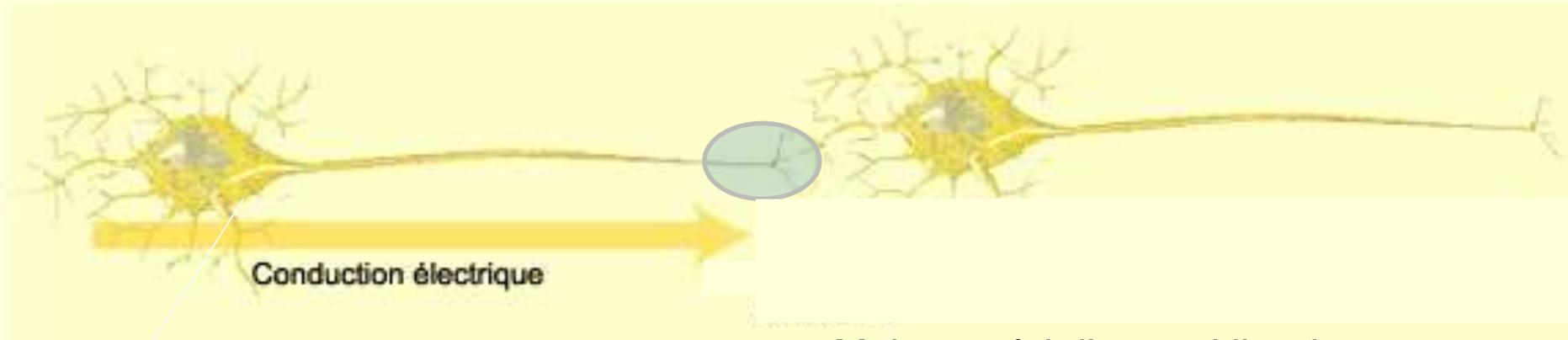


Moléculaire

The collage contains several elements: a diagram of a neuron with a cell body and branching dendrites; a diagram of a cell with various organelles; a diagram of a molecular structure; and several blocks of text in French, some of which are partially obscured by the icons.



- on a donc un influx nerveux qui se propage le long de l'axone.



- Mais que fait-il quand il arrive au bout de l'axone ?

Séance 3:

**L'humain
découvre la
grammaire de
base de son
système nerveux**

Plan de ce soir

L'élaboration de la « théorie du neurone » au début du XXe siècle

La chorégraphie des neurones et des cellules gliales durant le **développement** du cerveau

Le neurone déploie ses dendrites et son axone

La conduction électrique permet la communication rapide par l'influx nerveux

La transmission chimique au niveau de la synapse amène de la souplesse

Le neurone intègre constamment tous les messages qu'il reçoit

L'élagage neuronal pour raffiner les circuits

Les nombreuses mises à jour de la « théorie du neurone »

Après la pause et quelques questions/échanges:

Le cerveau est bien différent d'un ordinateur



Sir Bernard Katz
(1911-2003)

the quantal / vesicle hypothesis
of neurotransmitter release



nobel prize, 1970

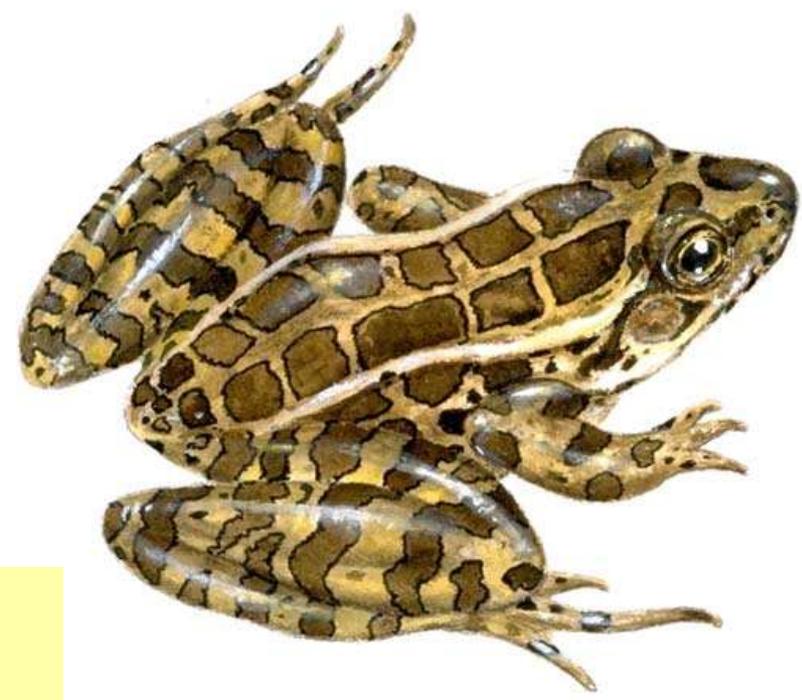
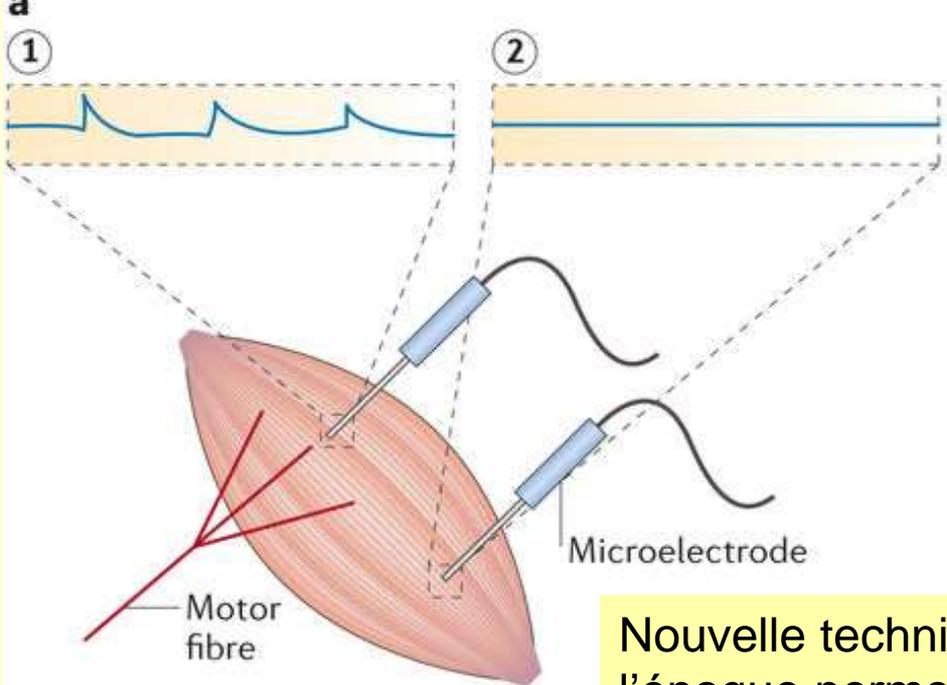
Fatt & Katz, 1952
del Castillo and Katz, 1955

J Physiol. 2007 Feb 1;

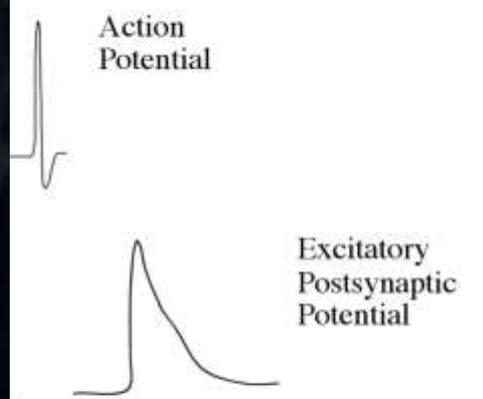
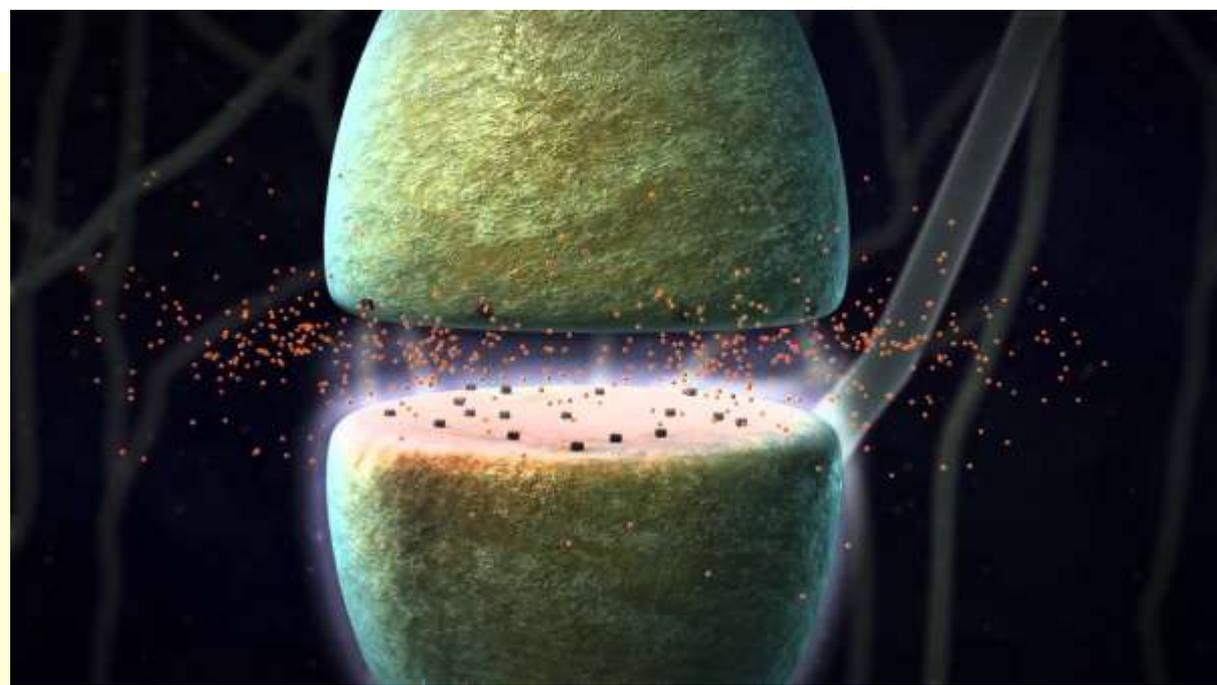
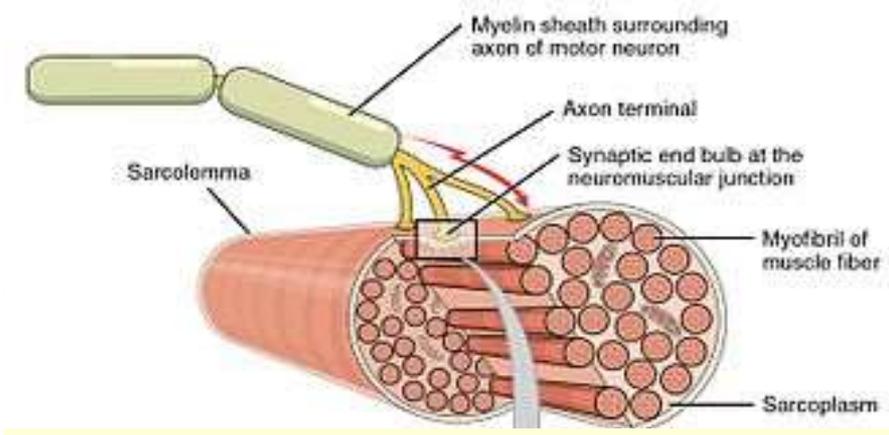
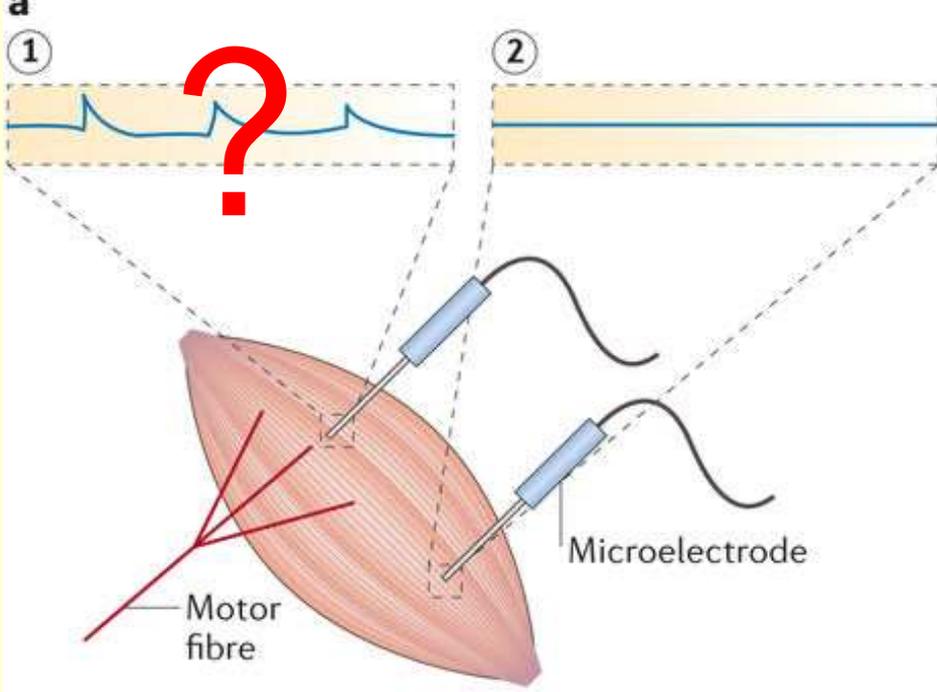
Bernard Katz, quantal transmitter release and the foundations of presynaptic physiology

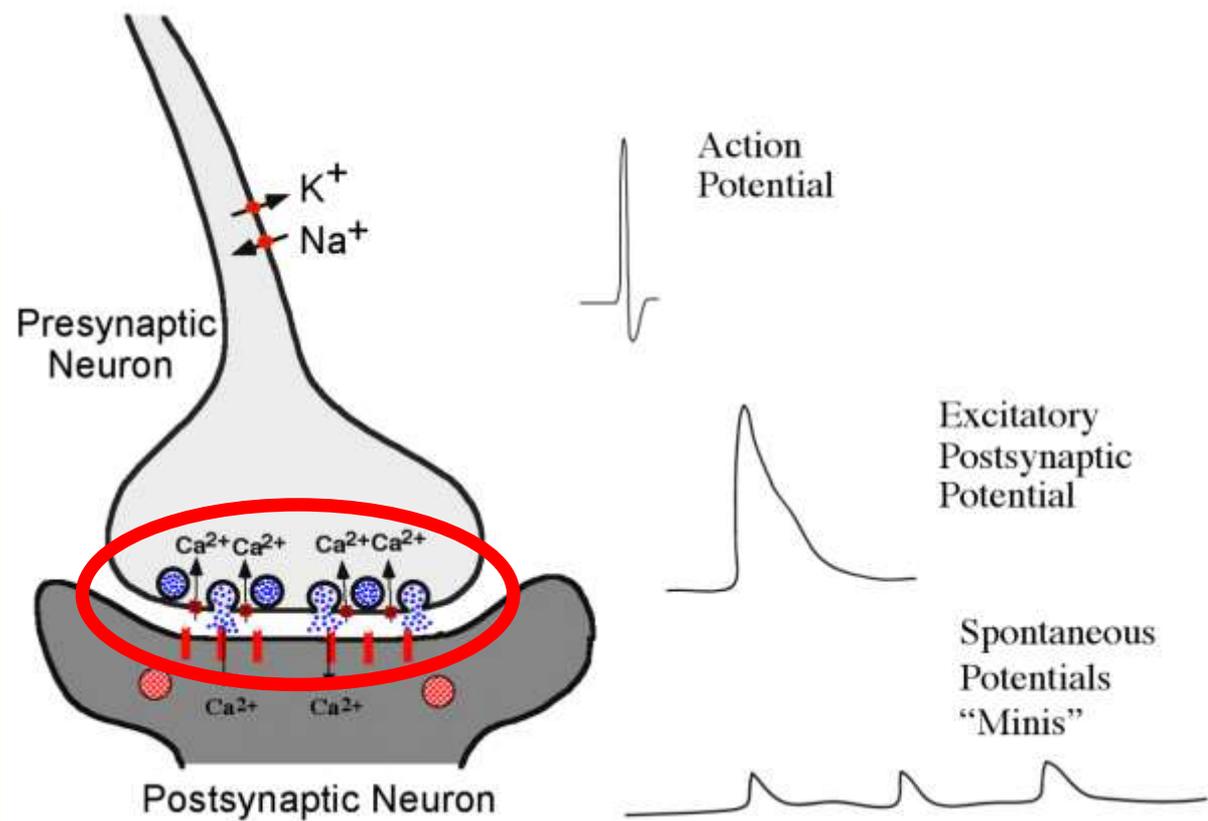
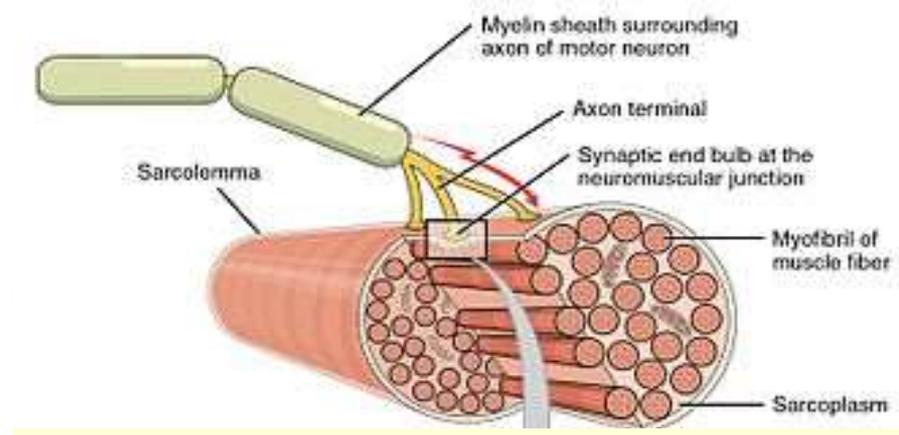
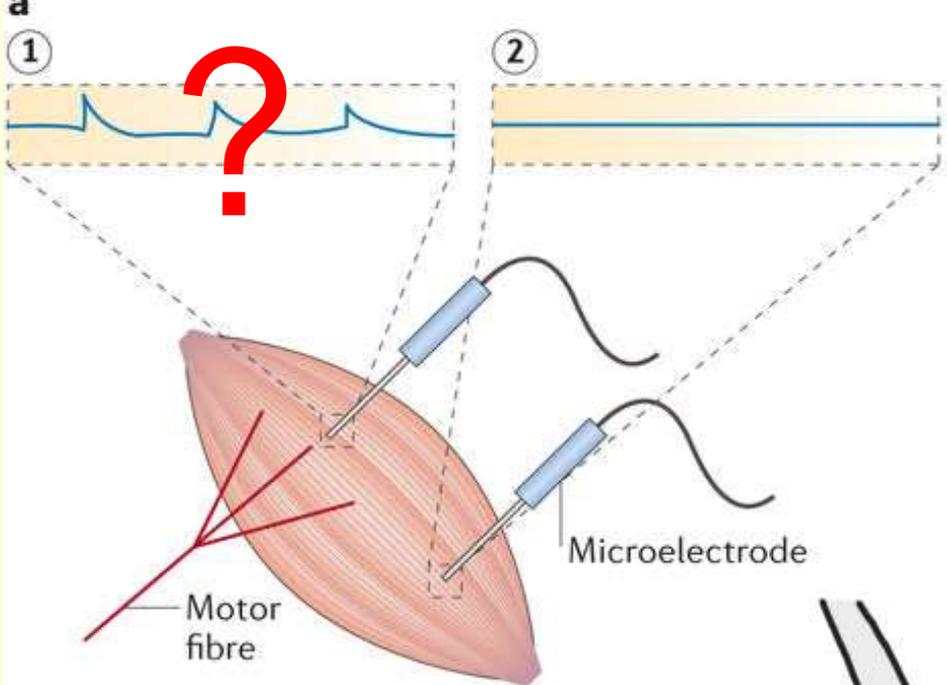
George J Augustine and Haruo Kasai

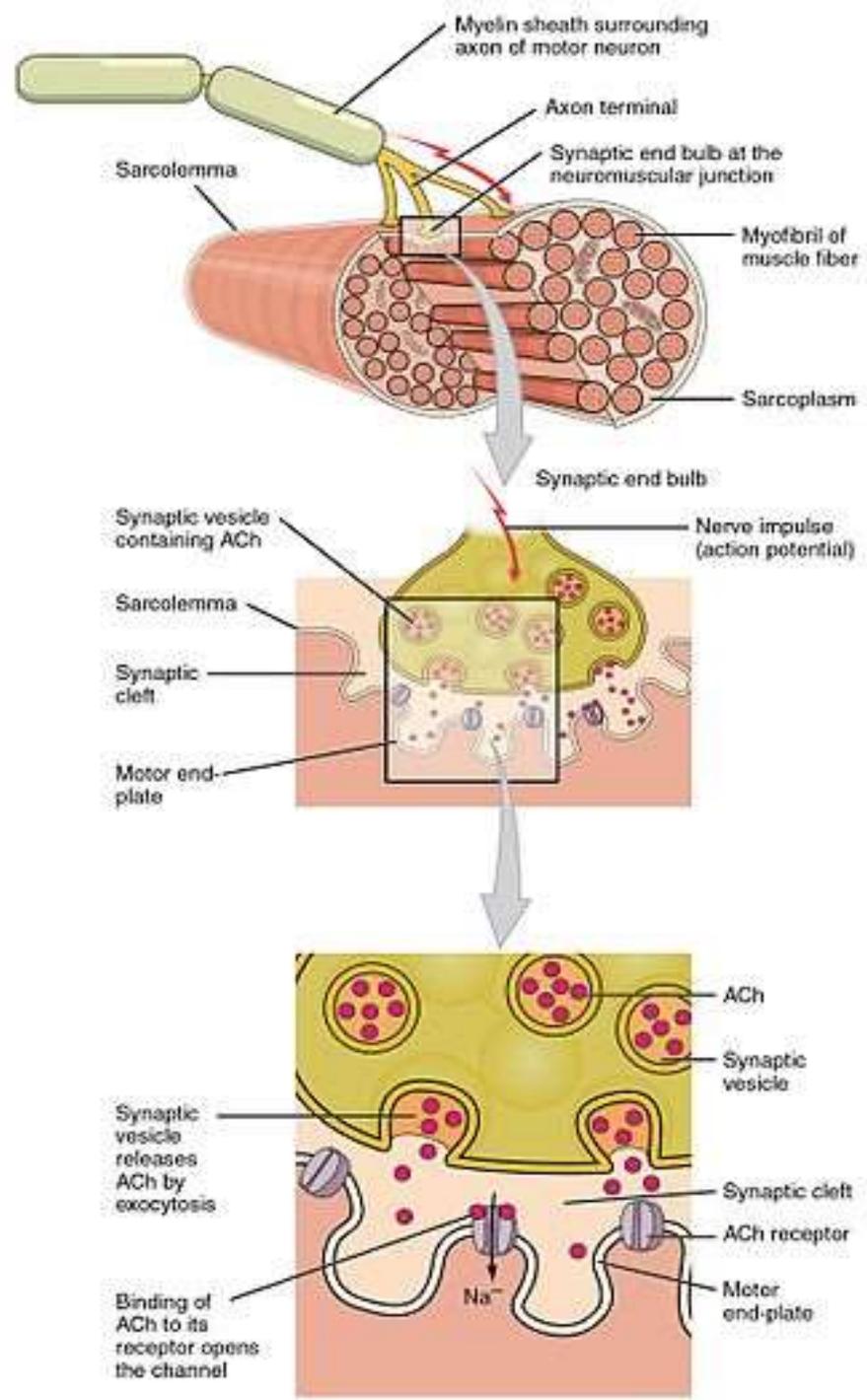
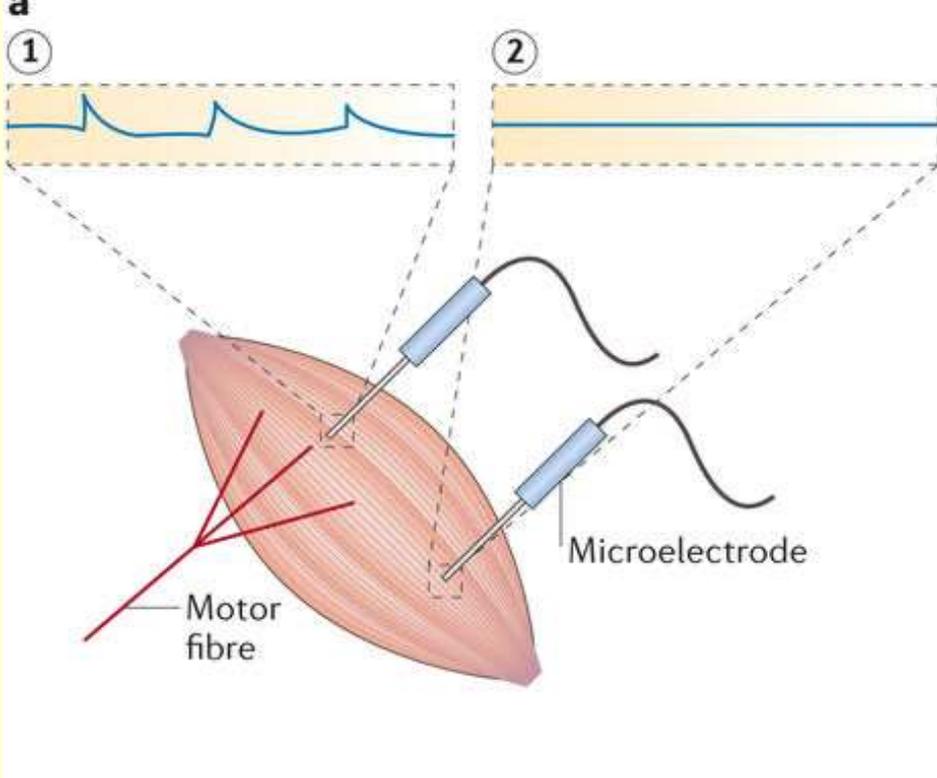
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2151334/>

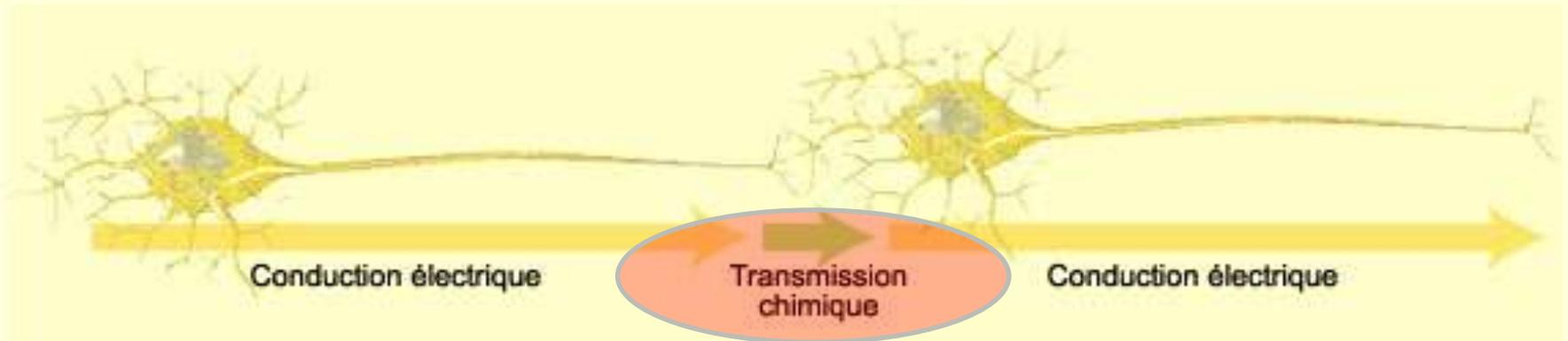


Nouvelle technique à l'époque permettant d'enregistrer les fluctuations électrique de part et d'autre de la membrane cellulaire



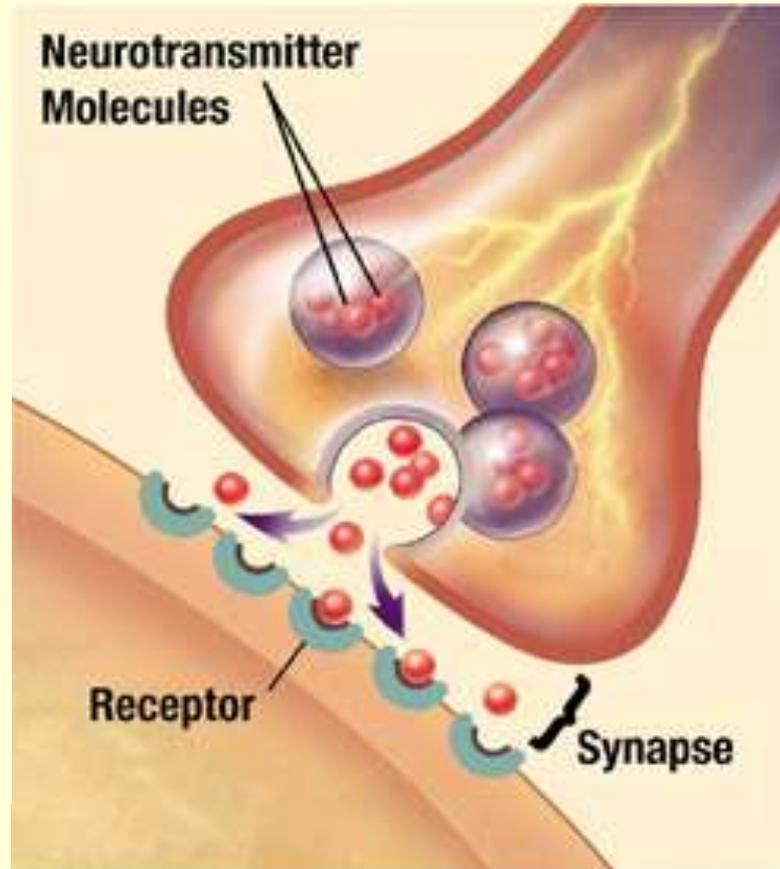


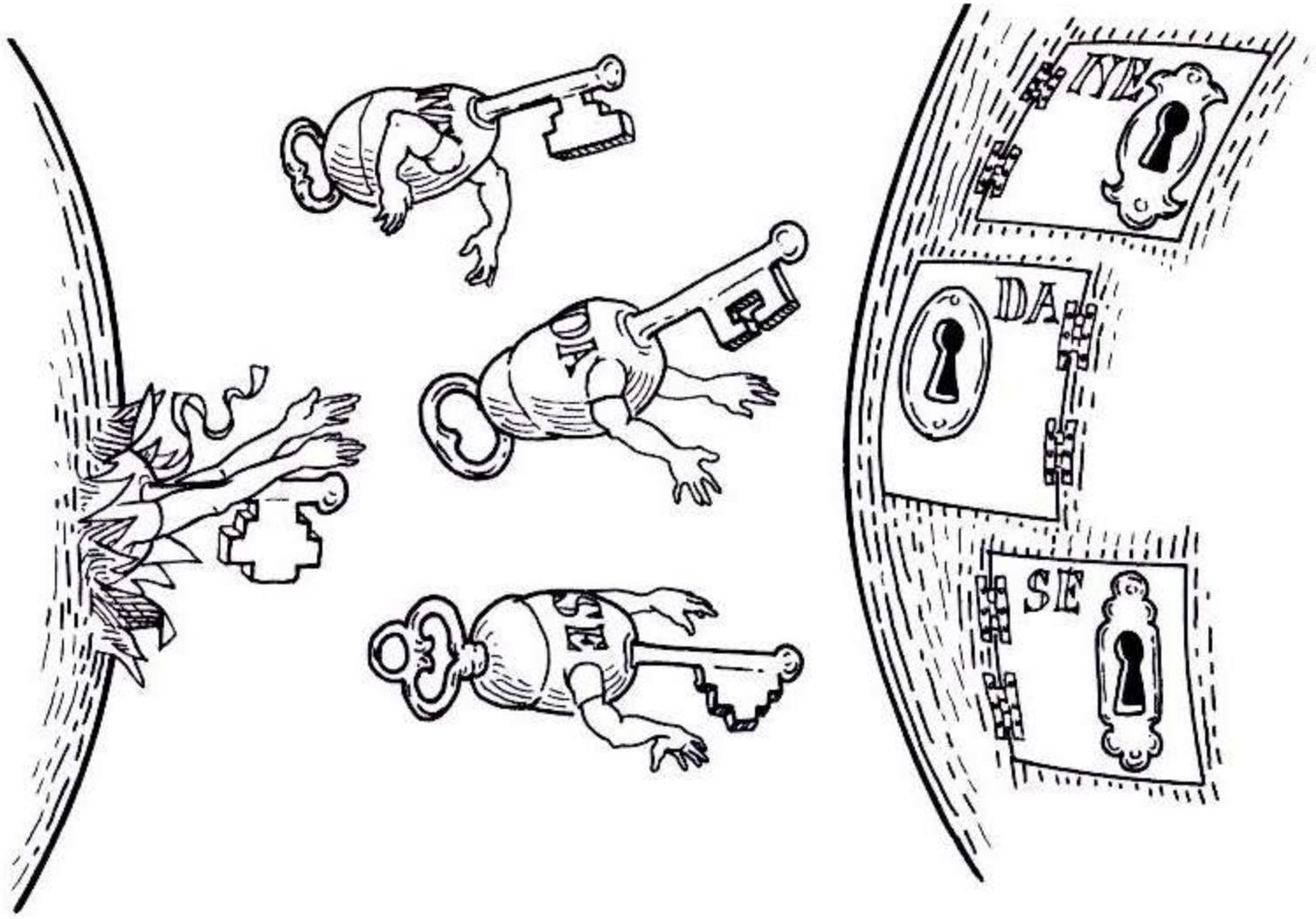


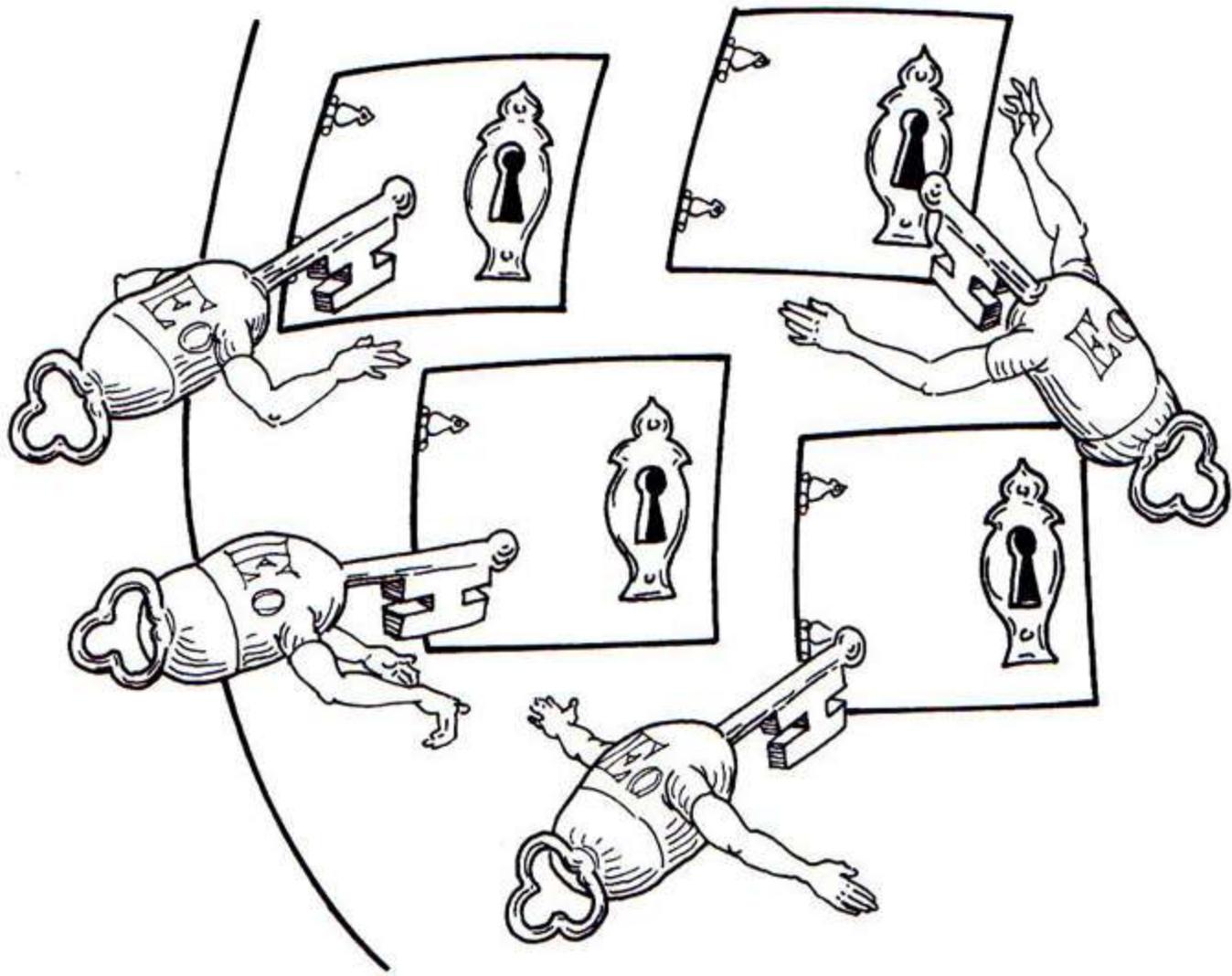


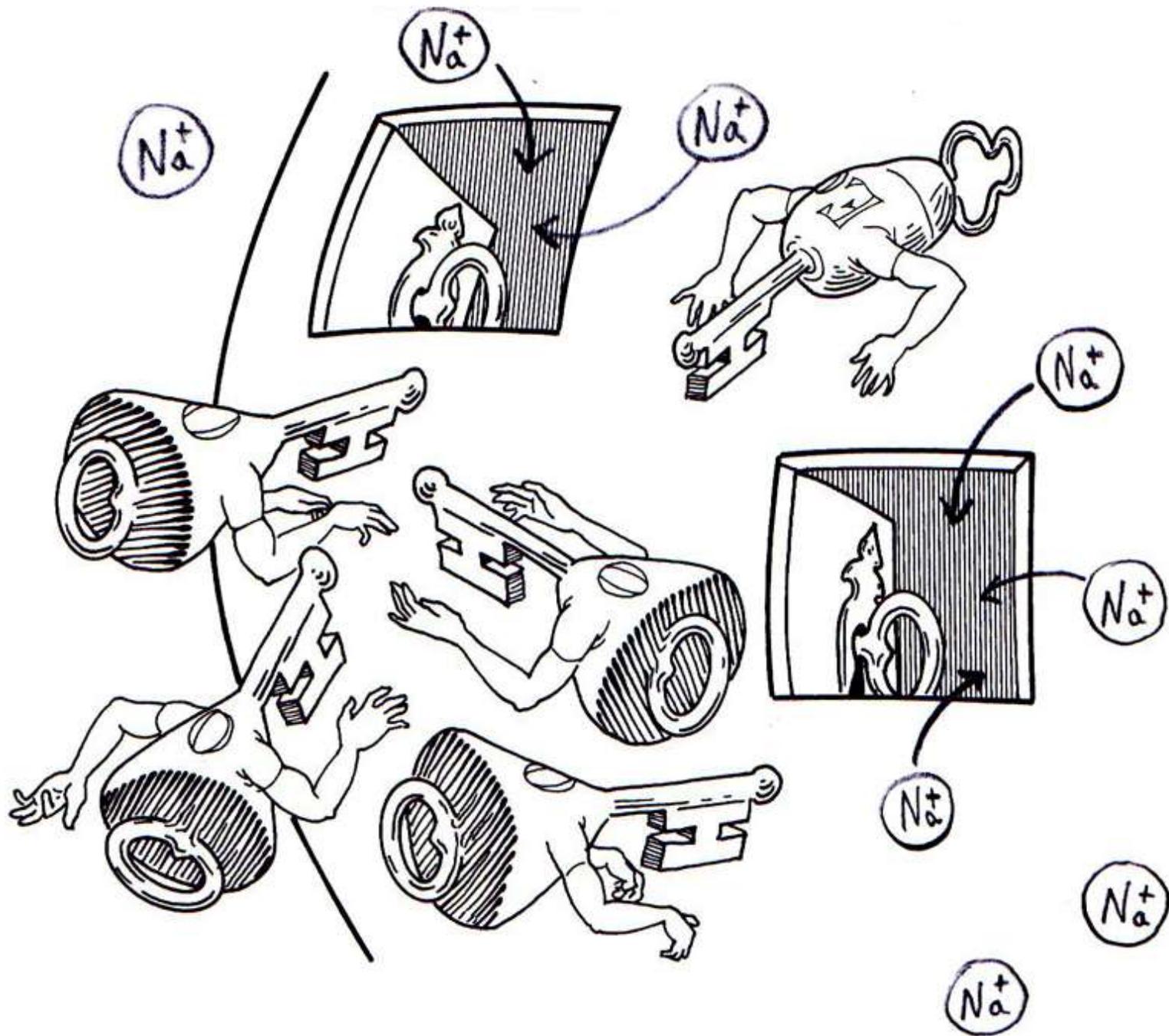
Donc les neurones qui font des connexions ne se touchent pas :

l'influx est recréé dans le neurone suivant grâce à la diffusion et à la fixation des **neurotransmetteurs**.





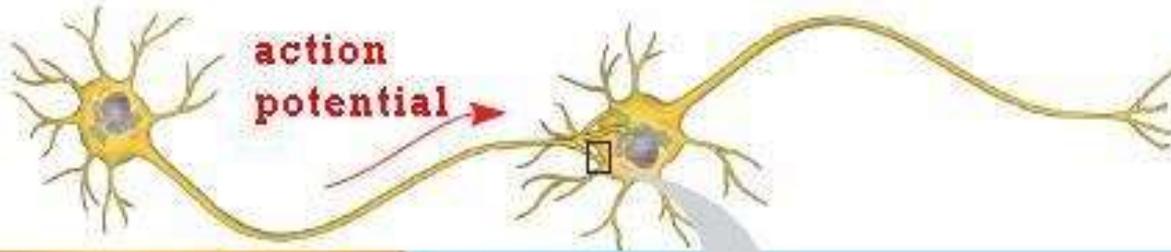




Presynaptic cell

Postsynaptic cell

action potential



Synaptic vesicles containing neurotransmitter

Presynaptic membrane

Postsynaptic membrane

Voltage-gated Ca^{2+} channel

1 Ca^{2+}

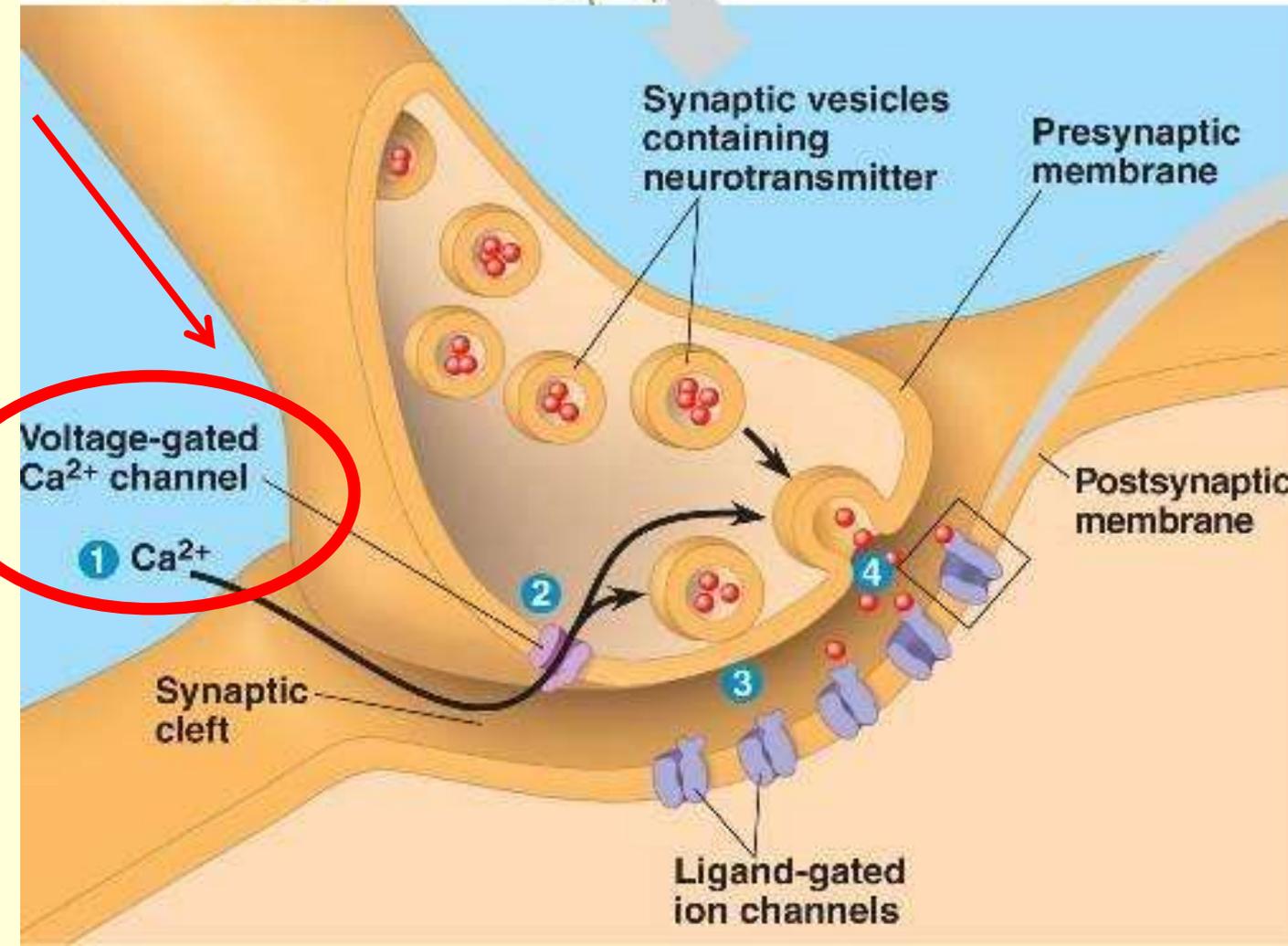
2

3

4

Synaptic cleft

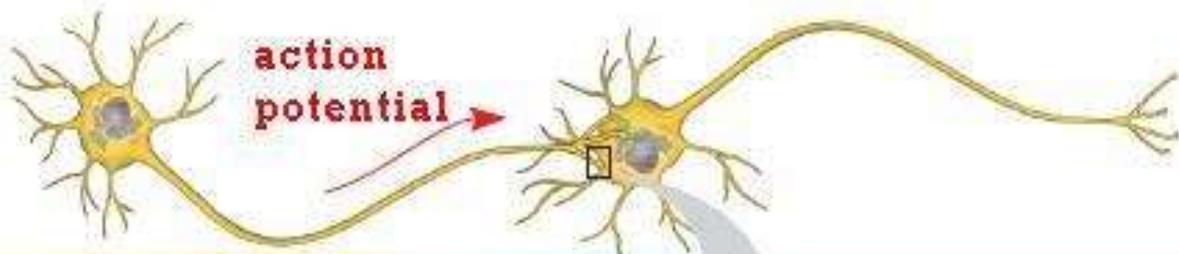
Ligand-gated ion channels



Presynaptic cell

Postsynaptic cell

action potential



Synaptic vesicles containing neurotransmitter

Presynaptic membrane

Voltage-gated Ca^{2+} channel

1 Ca^{2+}

Synaptic cleft

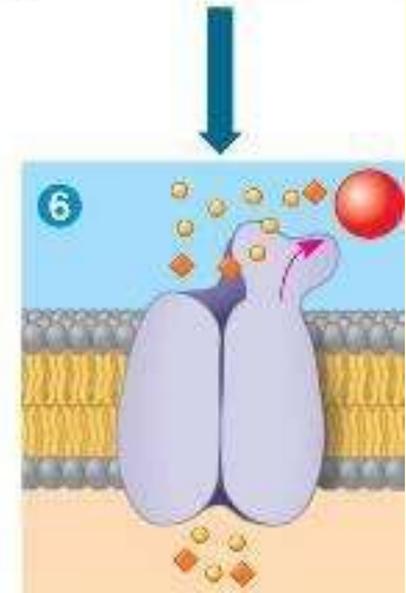
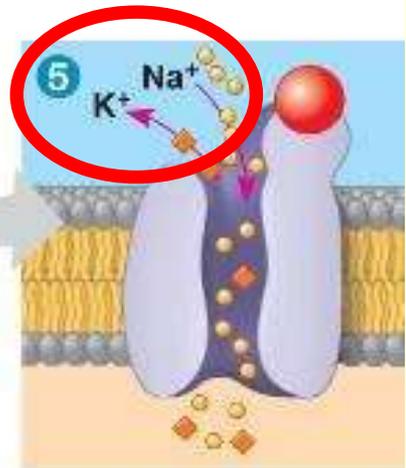
2

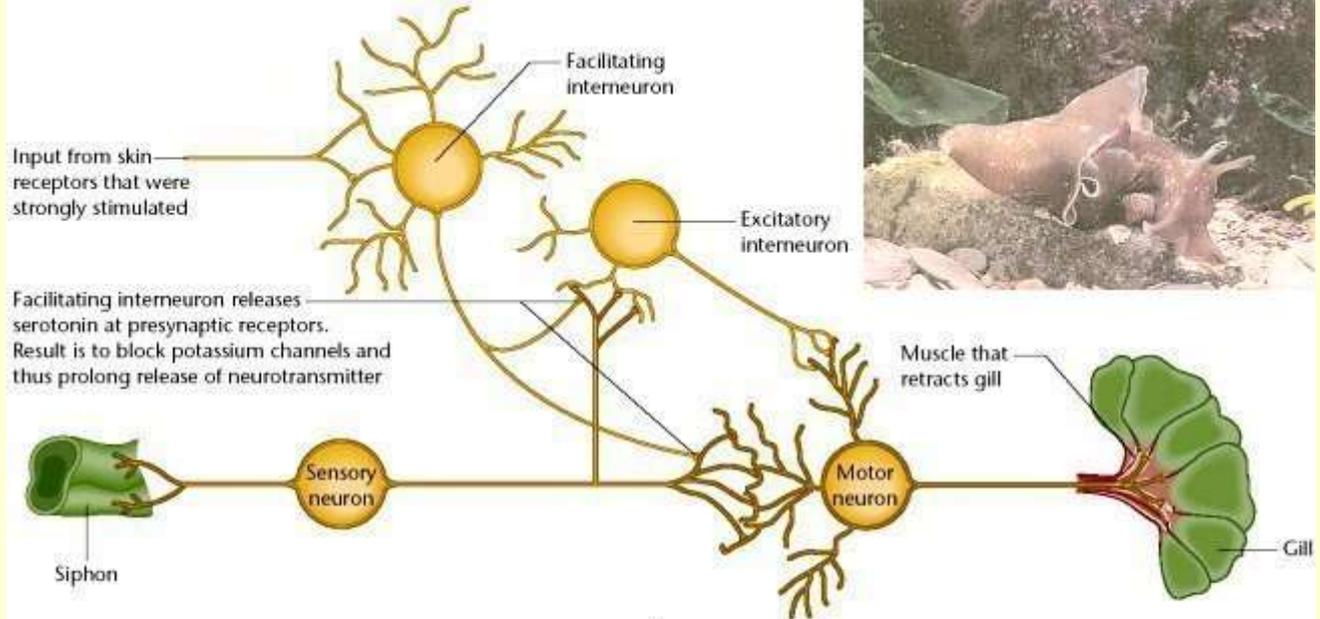
3

4

Ligand-gated ion channels

Postsynaptic membrane





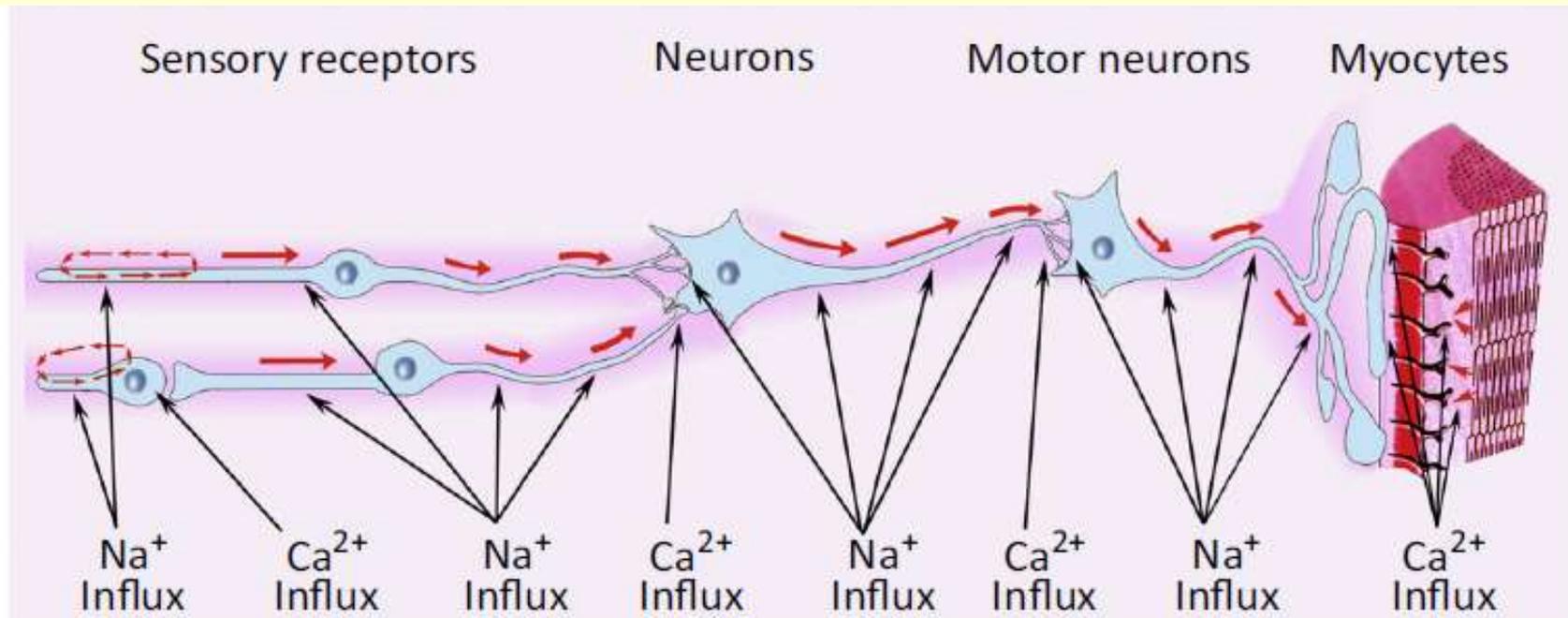
From membrane excitability to metazoan psychology

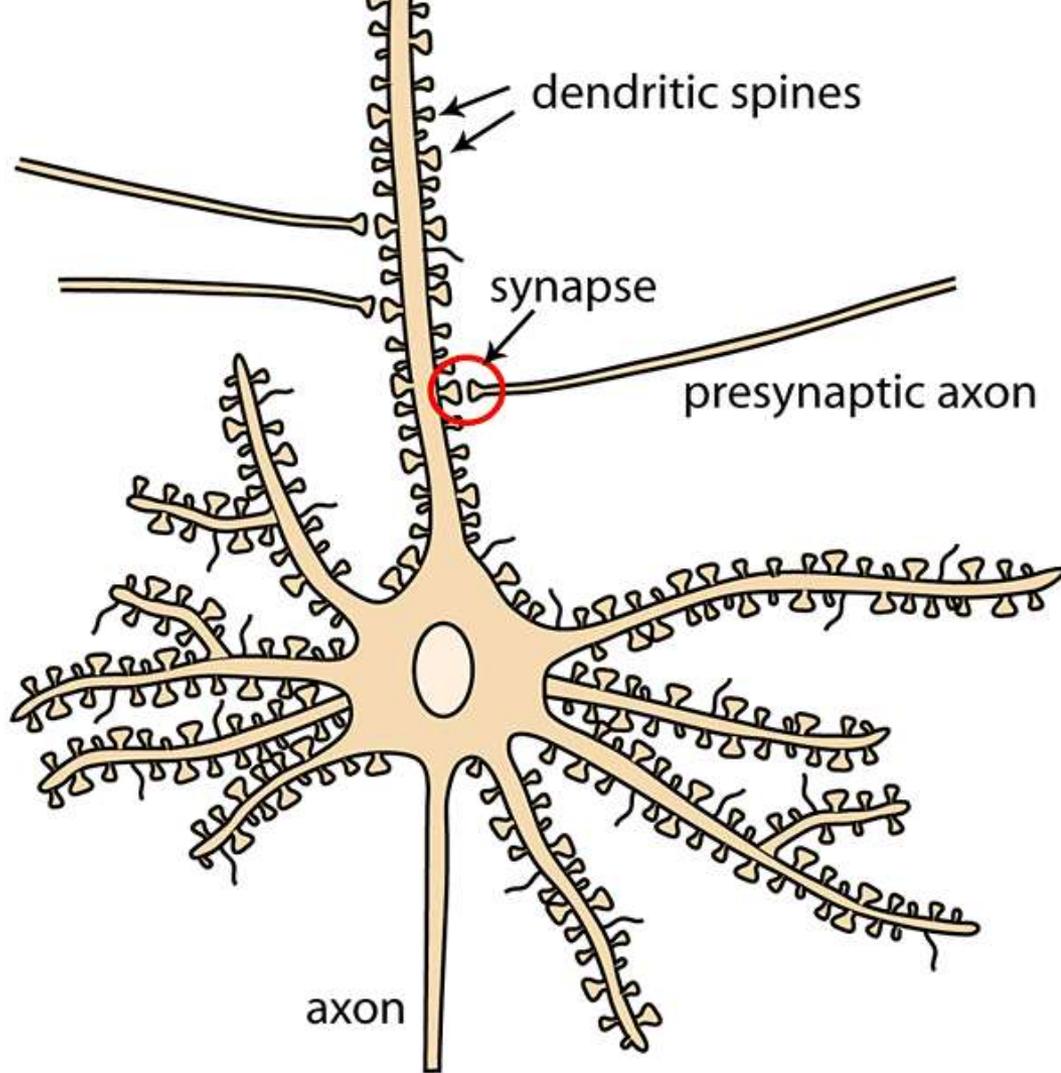
Trends in Neuroscience, Volume 37, Issue 12, p698–705, **December 2014**

<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 c'est à partir de là que s'élaborerait toute la psychologie animale jusqu'à la conscience humaine...



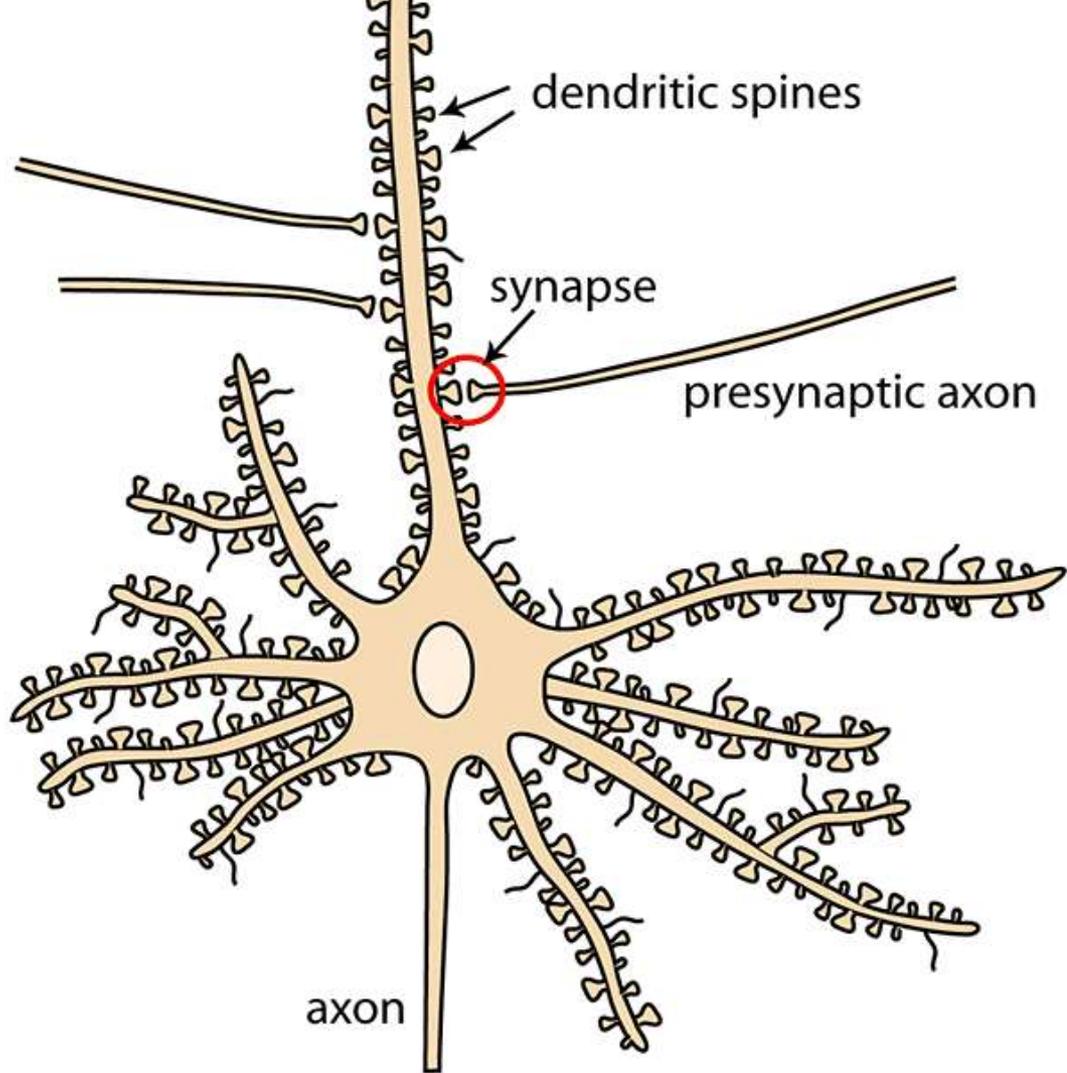


Smrt & Zhao. Frontiers

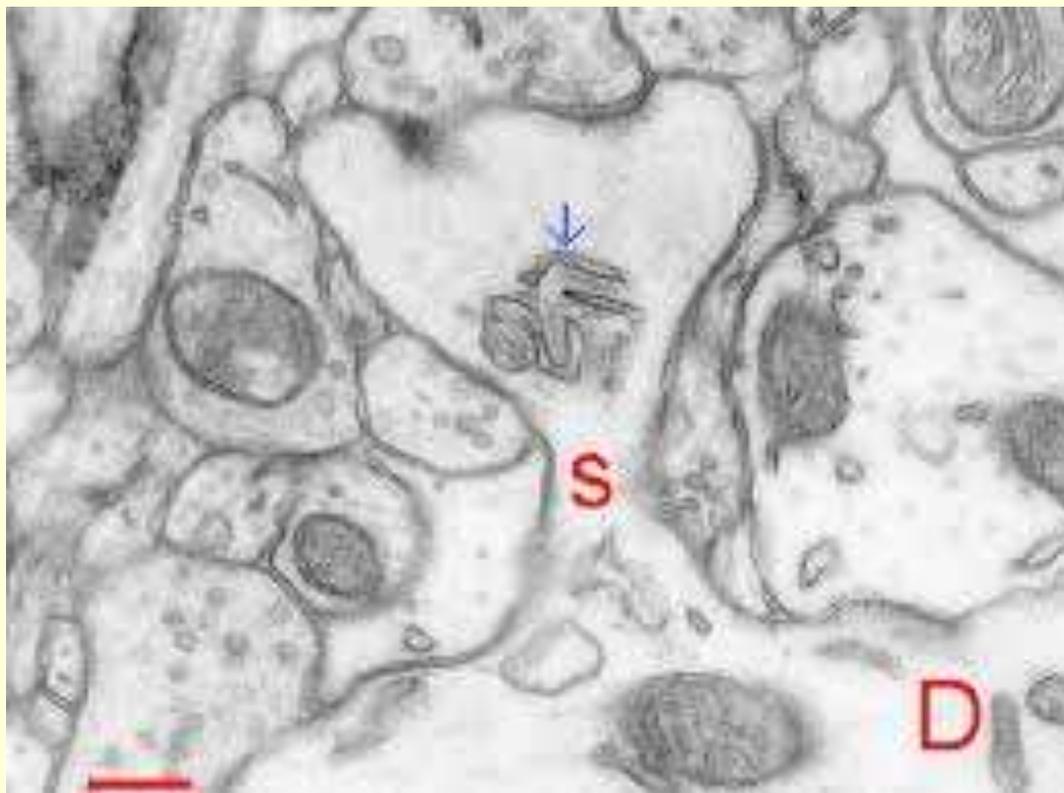
Les **dendrites** du neurone qui « reçoit la connexion » possèdent des milliers "**d'épines**" dendritiques qui bourgeonnent à leur surface.

C'est vis-à-vis ces épines que se situent les **boutons terminaux des axones**, sorte de renflements d'où sont excrétés les neurotransmetteurs.

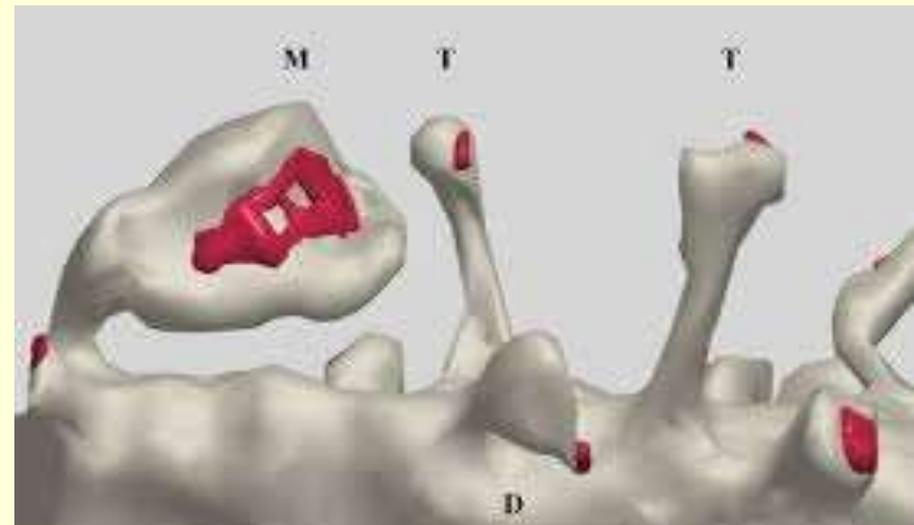
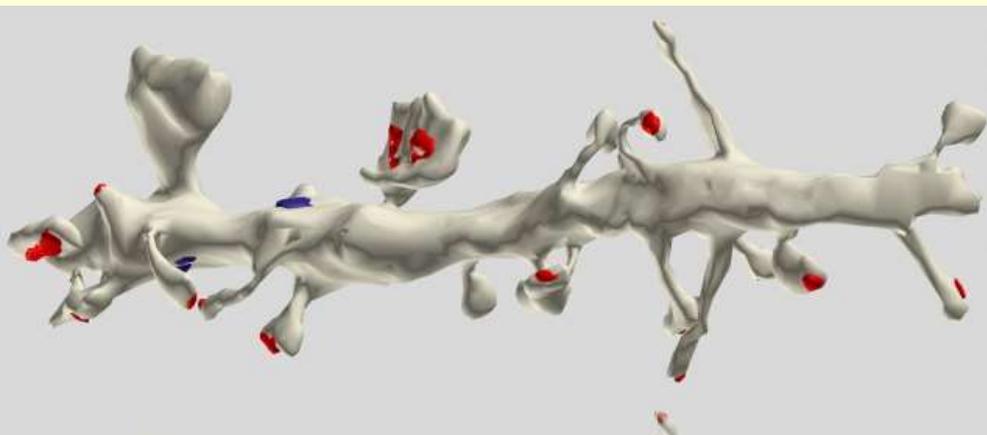
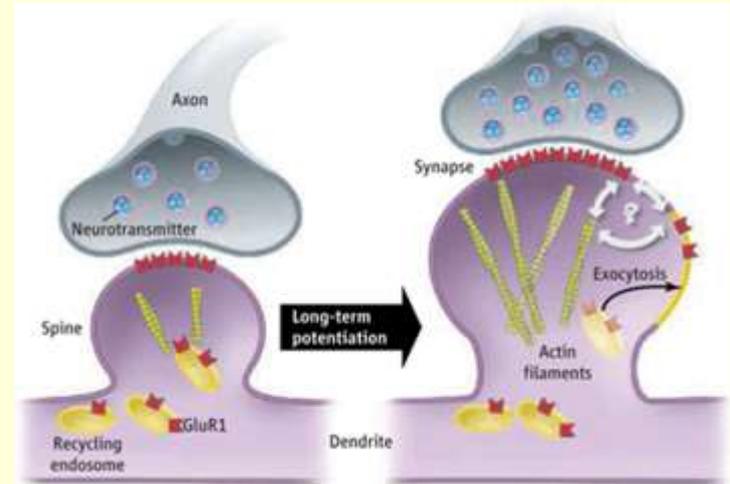
Les deux forment ce qu'on appelle la **synapse**.

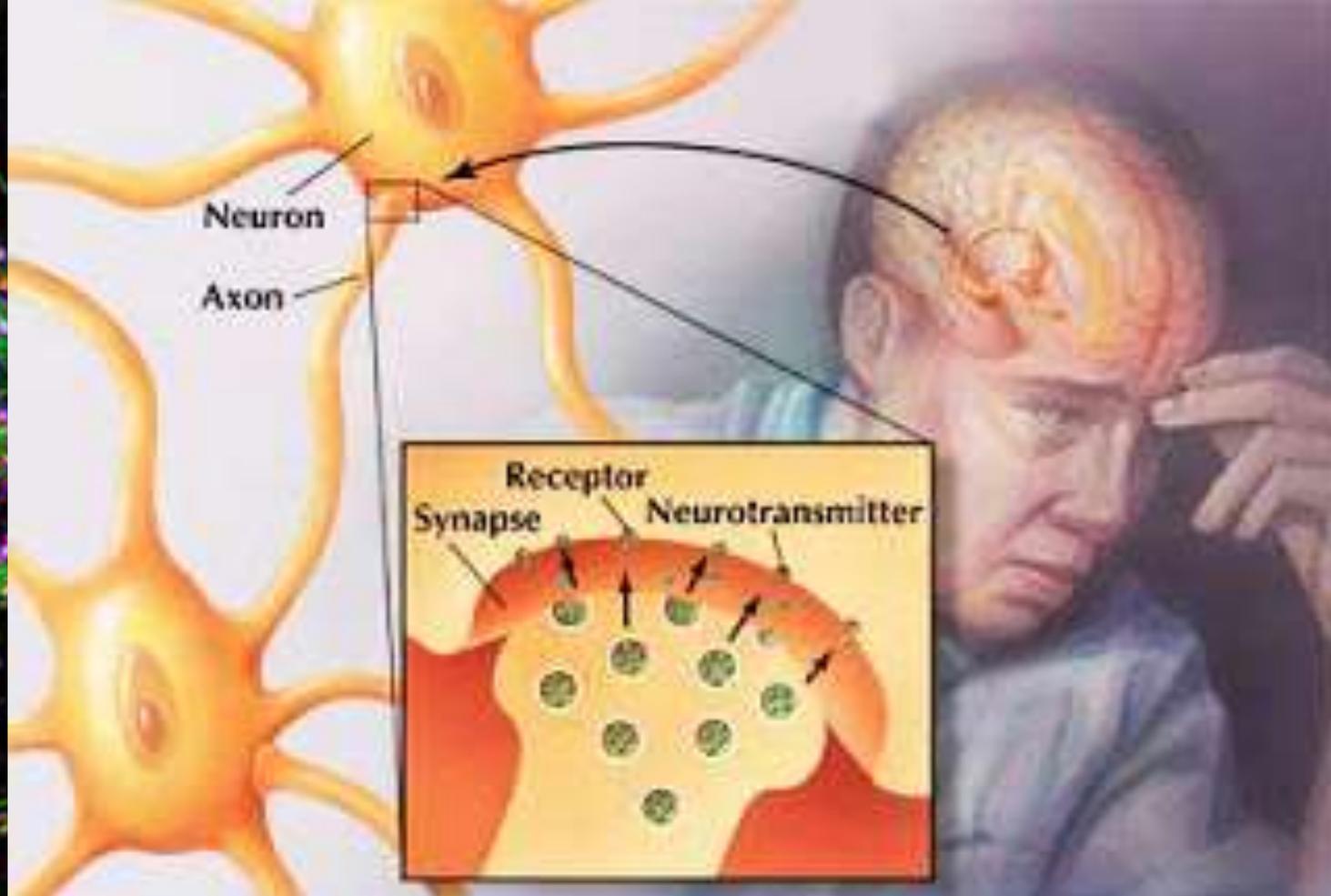


Smrt & Zhao. Frontiers in Biology 2010

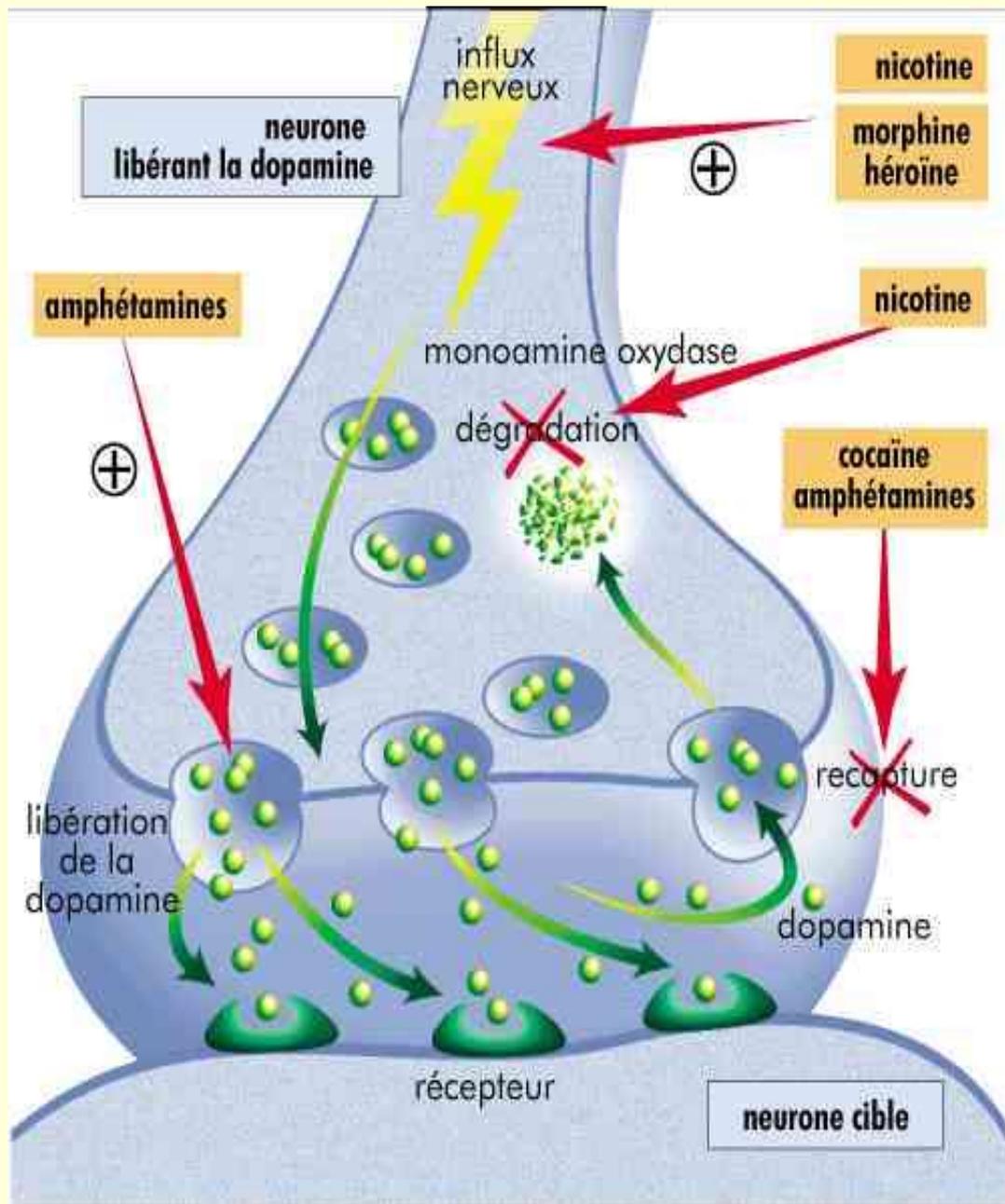


De plus, la taille et la forme de ces épines dendritiques ne sont **pas fixes** mais peuvent être au contraire **très plastiques** comme on le verra dans deux semaines à la **séance #4**.



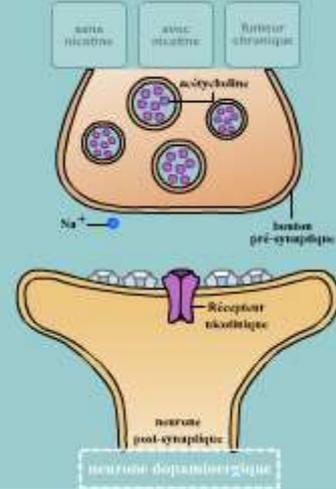
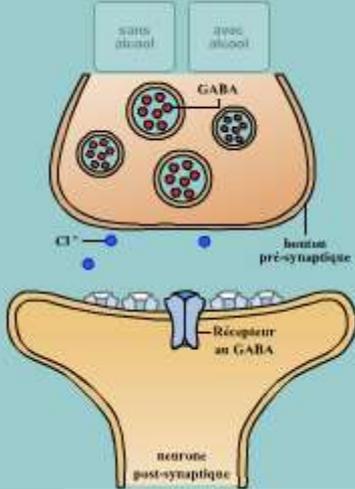


C'est à la synapse qu'agissent
la grande majorité des
médicaments et
des **drogues**



Nicotine

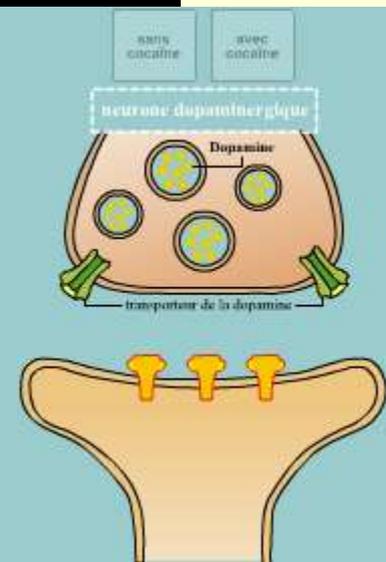
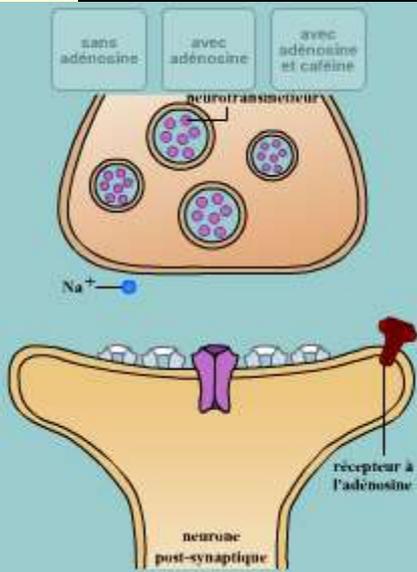
Alcool



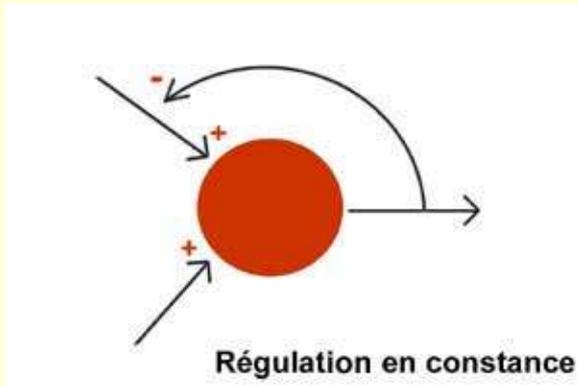
http://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i_03/i_03_m/i_03_m_par/i_03_m_par.html

Cocaïne

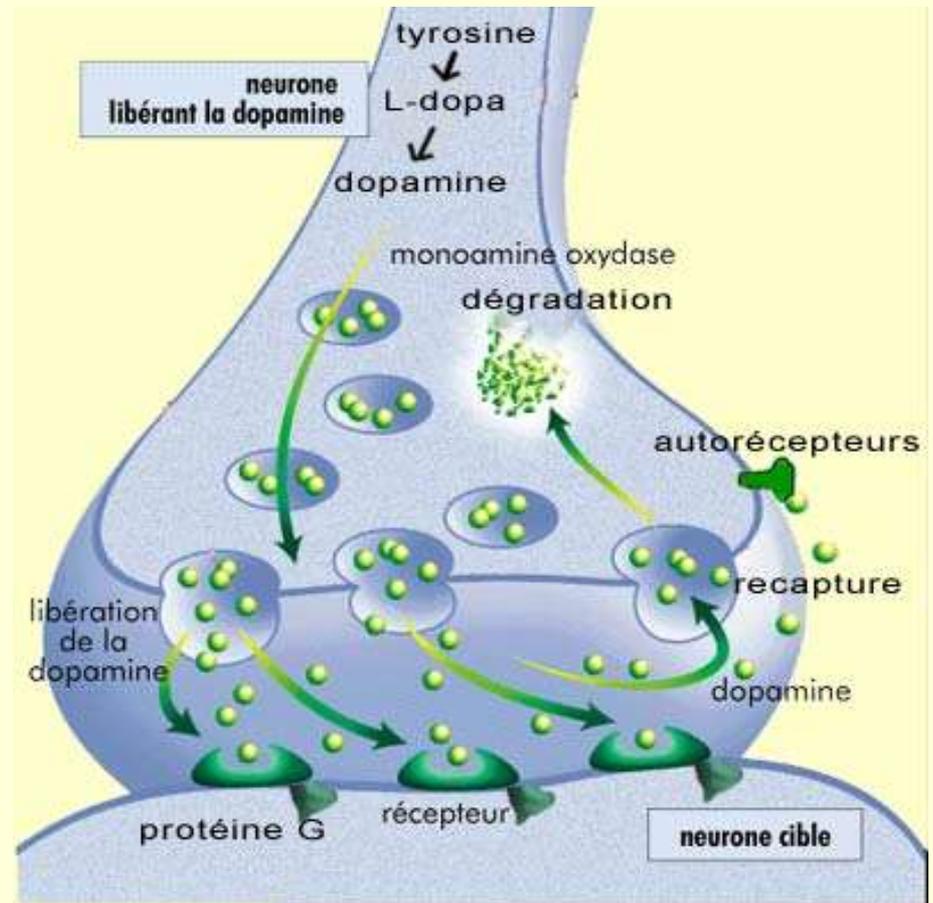
Caféine



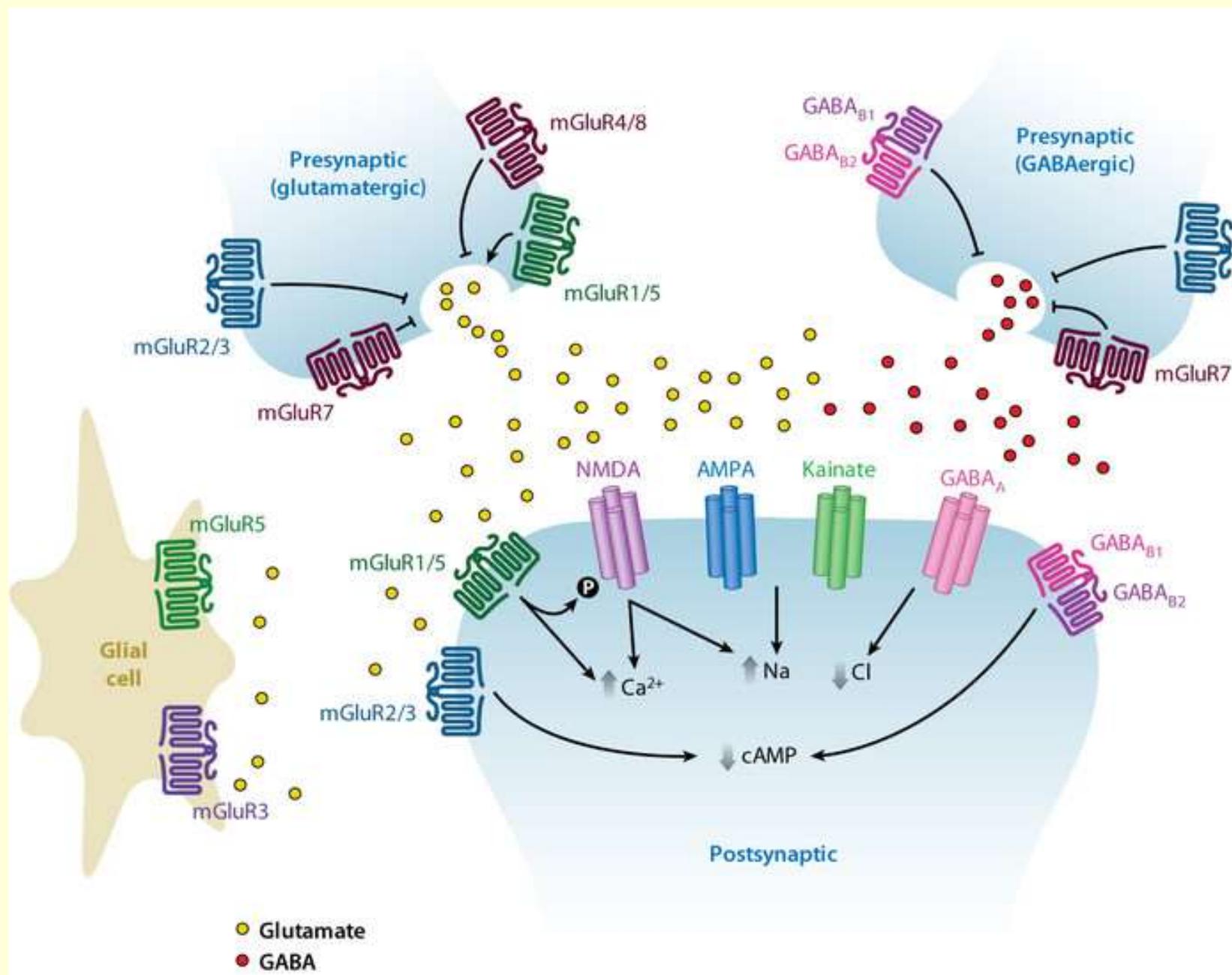
On constate que **l'augmentation artificielle d'un neurotransmetteur exerce une rétroaction négative sur l'enzyme chargée de le fabriquer.**



Résultat : quand cesse l'apport extérieur de la drogue, l'excès se traduit en manque.



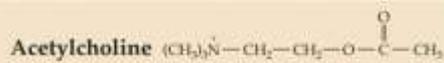
Les phénomènes **d'accoutumance** et de **sevrage** s'expliquent ainsi lorsqu'il y a un apport exogène de substance dans un système hautement régulé par rétroactions négatives...



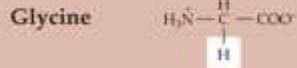
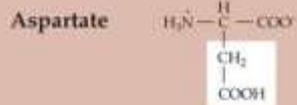
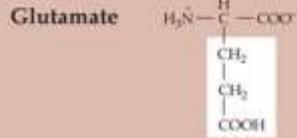
SMALL-MOLECULE NEUROTRANSMITTERS

SMALL-MOLECULE NEUROTRANSMITTERS

Large molecule neurotransmitters

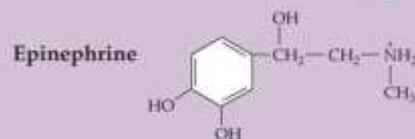
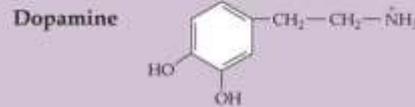


AMINO ACIDS



BIOGENIC AMINES

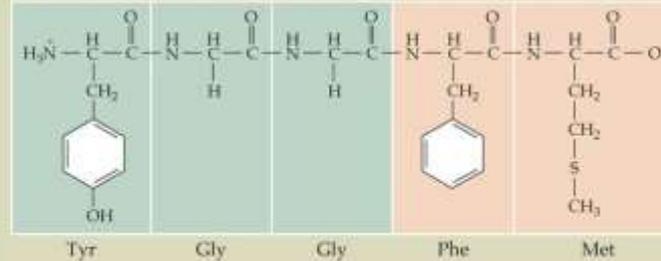
CATECHOLAMINES



PEPTIDE NEUROTRANSMITTERS



Example: **Methionine enkephalin** (Tyr-Gly-Gly-Phe-Met)



Neurotransmitters

•Amines

•Quaternary amines

- Acetylcholine (ACh)

•Monoamines

•Catecholamines

- Epinephrine (EPI)
- Norepinephrine (NE)
- Dopamine (DA)

•Indoleamines

- Serotonin (5-HT)
- Melatonin

•Amino acids

- Gamma-aminobutyric acid (GABA)
- Glutamate (GLU)
- Glycine
- Histamine (HIST)

•Neuropeptides

•Opioid peptides

- Enkephalins (ENK)
- Endorphins (END)

•Peptide Hormones

- Oxytocin (Oxy)
- Substance P
- Cholecystokinin (CCK)
- Vasopressin (ADH)
- Neuropeptide Y (NPY)
- Brain-derived Neurotrophic factor

•Hypothalamic Releasing Hormones

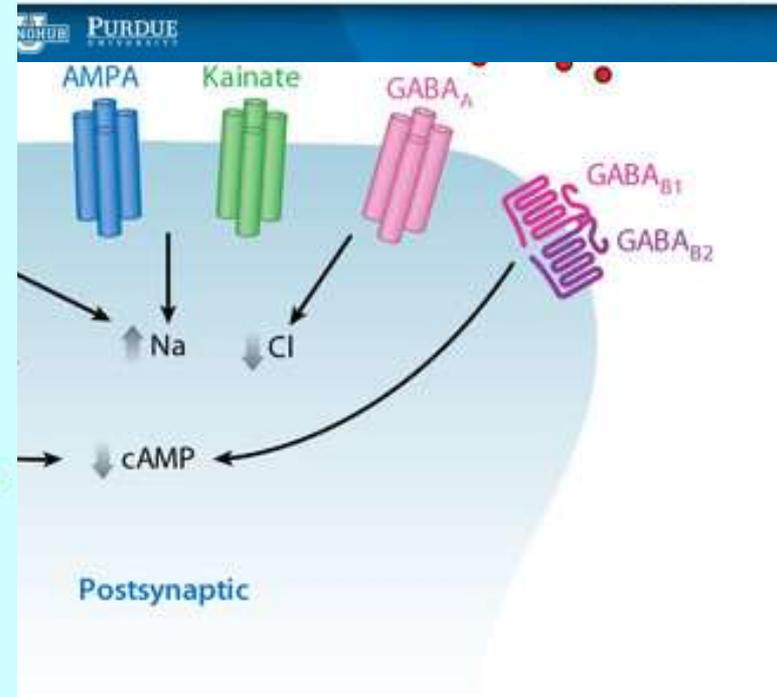
- GnRH
- TRH
- CRH

•Lipids

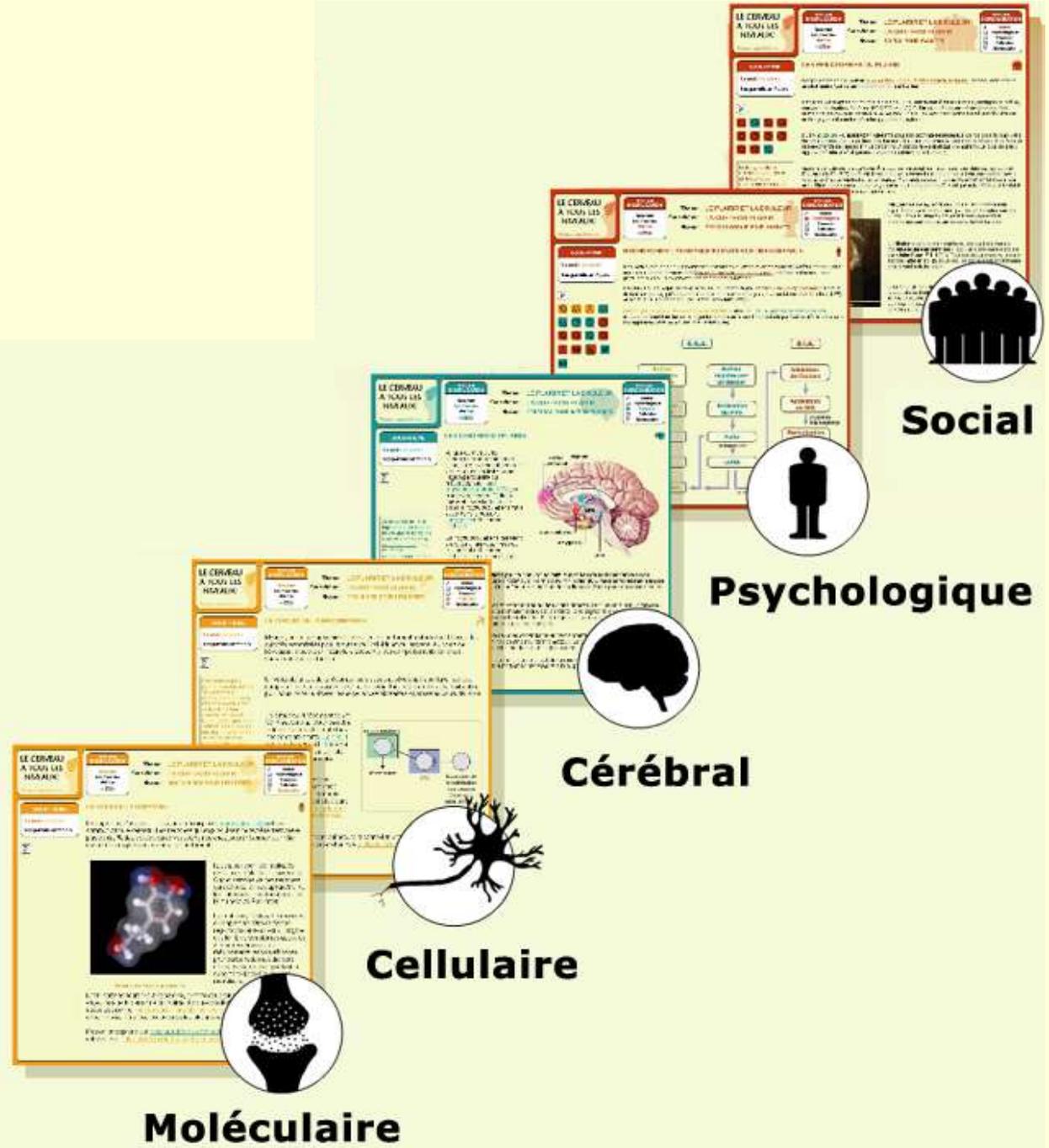
- Anandamide

•Gases

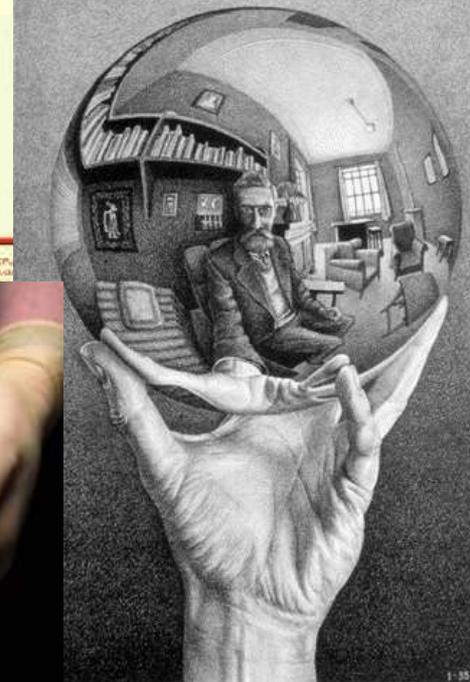
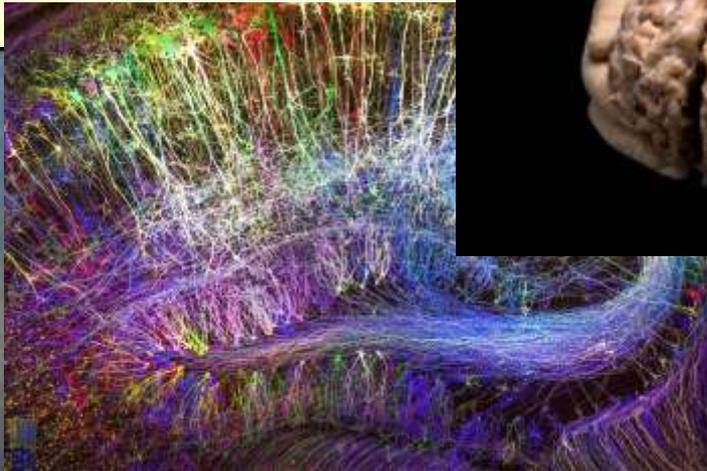
- Nitric Oxide (NO)



Différents niveaux d'organisation



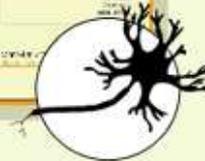
Différents niveaux d'organisation



Psychologique



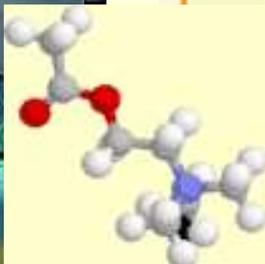
Cérébral



Cellulaire



Moléculaire



A snippet of a web page with text and a small image of a molecular structure, likely related to neuroscience or psychology.

Séance 3:

**L'humain
découvre la
grammaire de
base de son
système nerveux**

Plan de ce soir

L'élaboration de la « théorie du neurone » au début du XXe siècle

La chorégraphie des neurones et des cellules gliales durant le **développement** du cerveau

Le neurone déploie ses dendrites et son axone

La conduction électrique permet la communication rapide par l'influx nerveux

La transmission chimique au niveau de la synapse amène de la souplesse

Le neurone intègre constamment tous les messages qu'il reçoit

L'élagage neuronal pour raffiner les circuits

Les nombreuses mises à jour de la « théorie du neurone »

Après la pause et quelques questions/échanges:

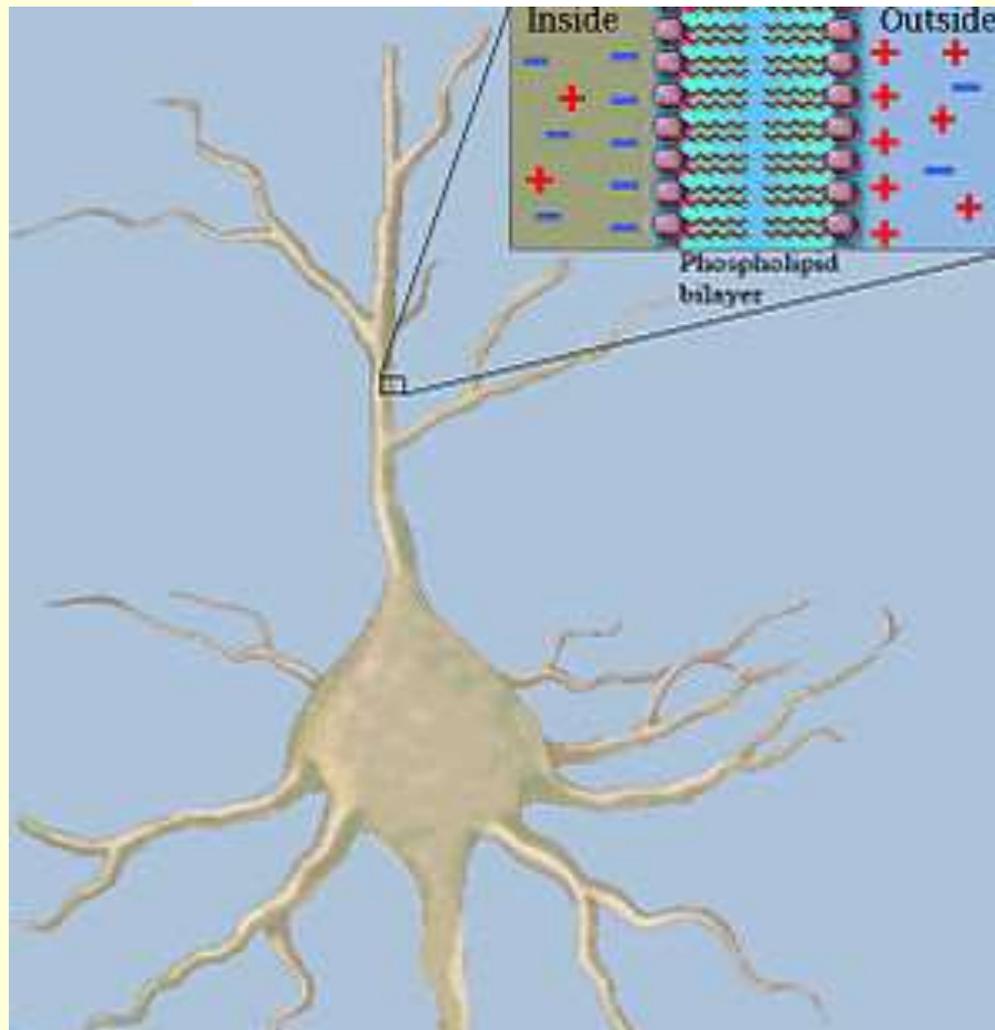
Le cerveau est bien différent d'un ordinateur

C'est vers la fin des années 1950 qu'on a compris comment calculer les courants électriques qui diffusent passivement dans les dendrites grâce à la **théorie des câbles de Wilfrid Rall**.

(Cable theory https://en.wikipedia.org/wiki/Cable_theory

+ <https://www.coursera.org/learn/synapses/lecture/2ne8e/rall-cable-theory-fo>

+ http://www.scholarpedia.org/article/Rall_model)



“Cable theory”
(Rall 1957, 1959, 1960)

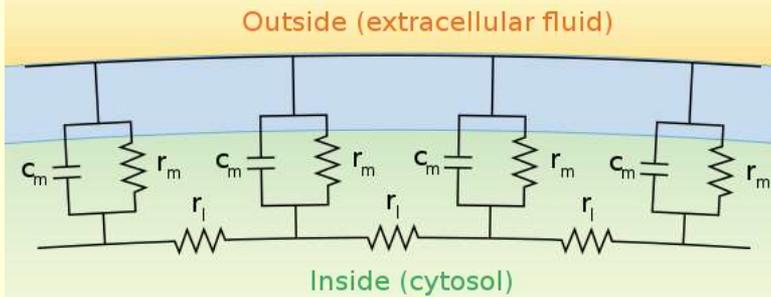
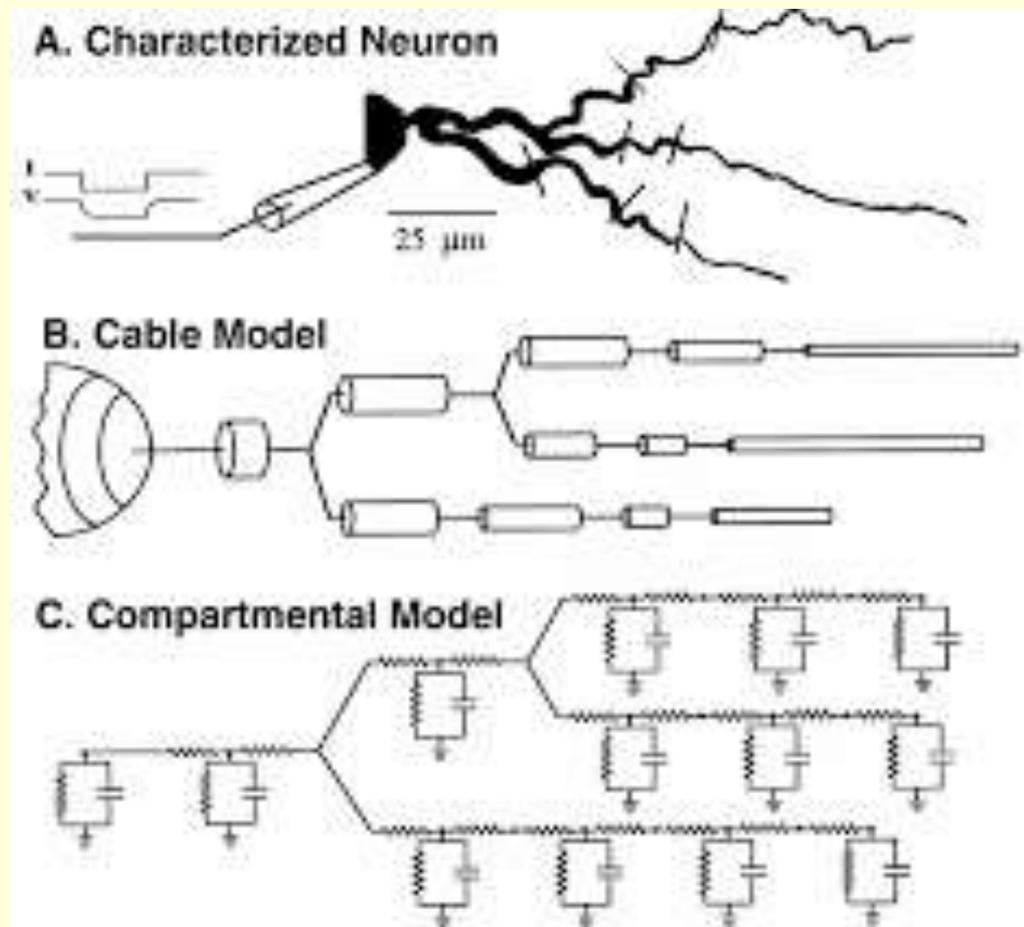


Wilfrid Rall

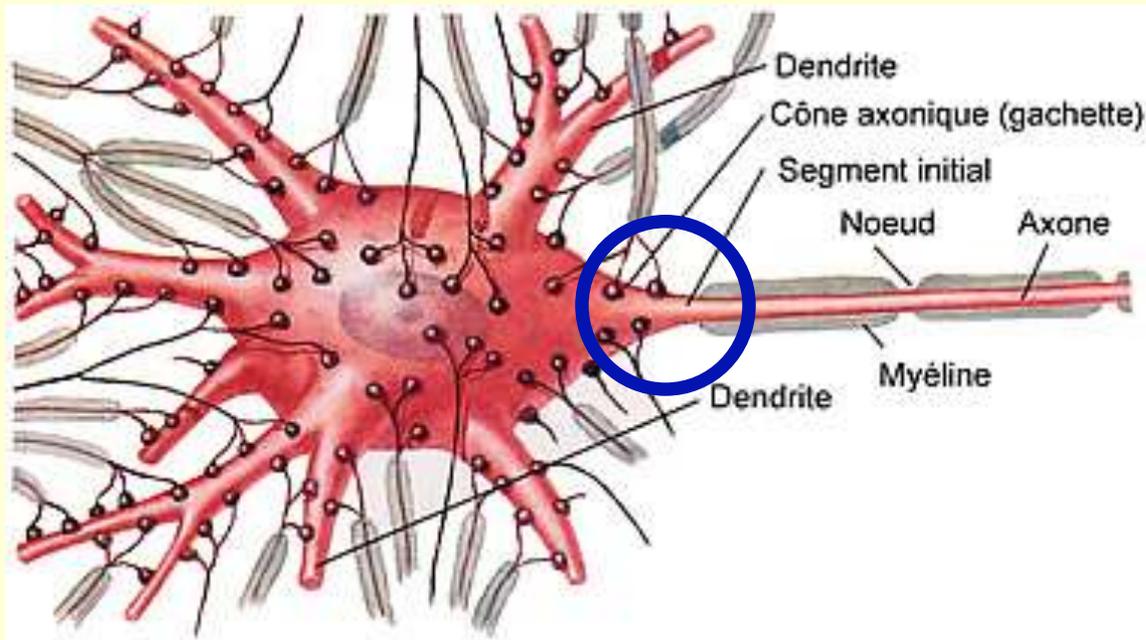
Les estimations sont faites en modélisant les dendrites comme des cylindres de différents diamètres

avec une **résistance** (due au cytoplasme)

et une **capacitance** associée (due à la membrane).

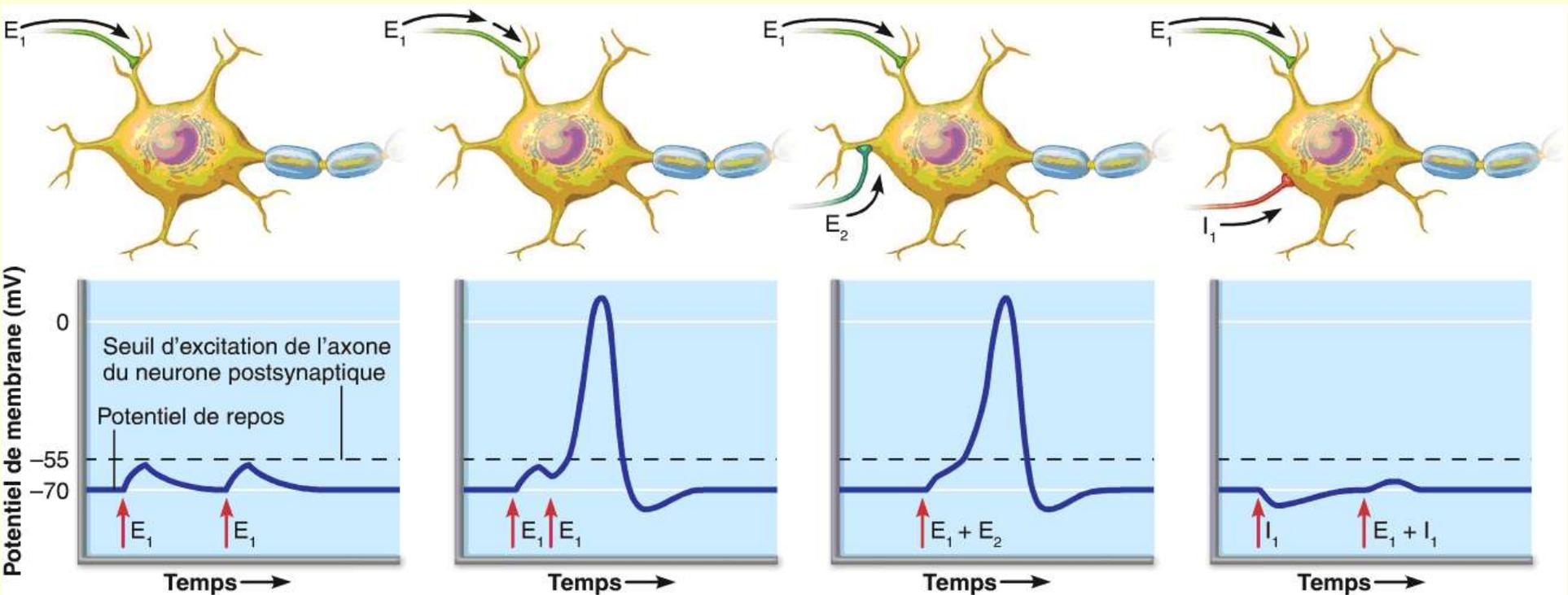


- ||— Capacitance
- ||— Membrane resistance r_m
- ||— Resistance
- ||— Longitudinal resistance r_i
- ||— Capacitance due to electrostatic forces c_m



De petits potentiels excitateurs ou inhibiteurs sont donc **constamment générés** sur les dendrites et le corps cellulaire du neurone suite à la fixation des neurotransmetteurs sur leurs récepteurs.

Et plus la dépolarisation sera grande près de la **zone gâchette du début de l'axone**, plus cette dépolarisation sera susceptible d'engendrer un potentiel d'action.



(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.

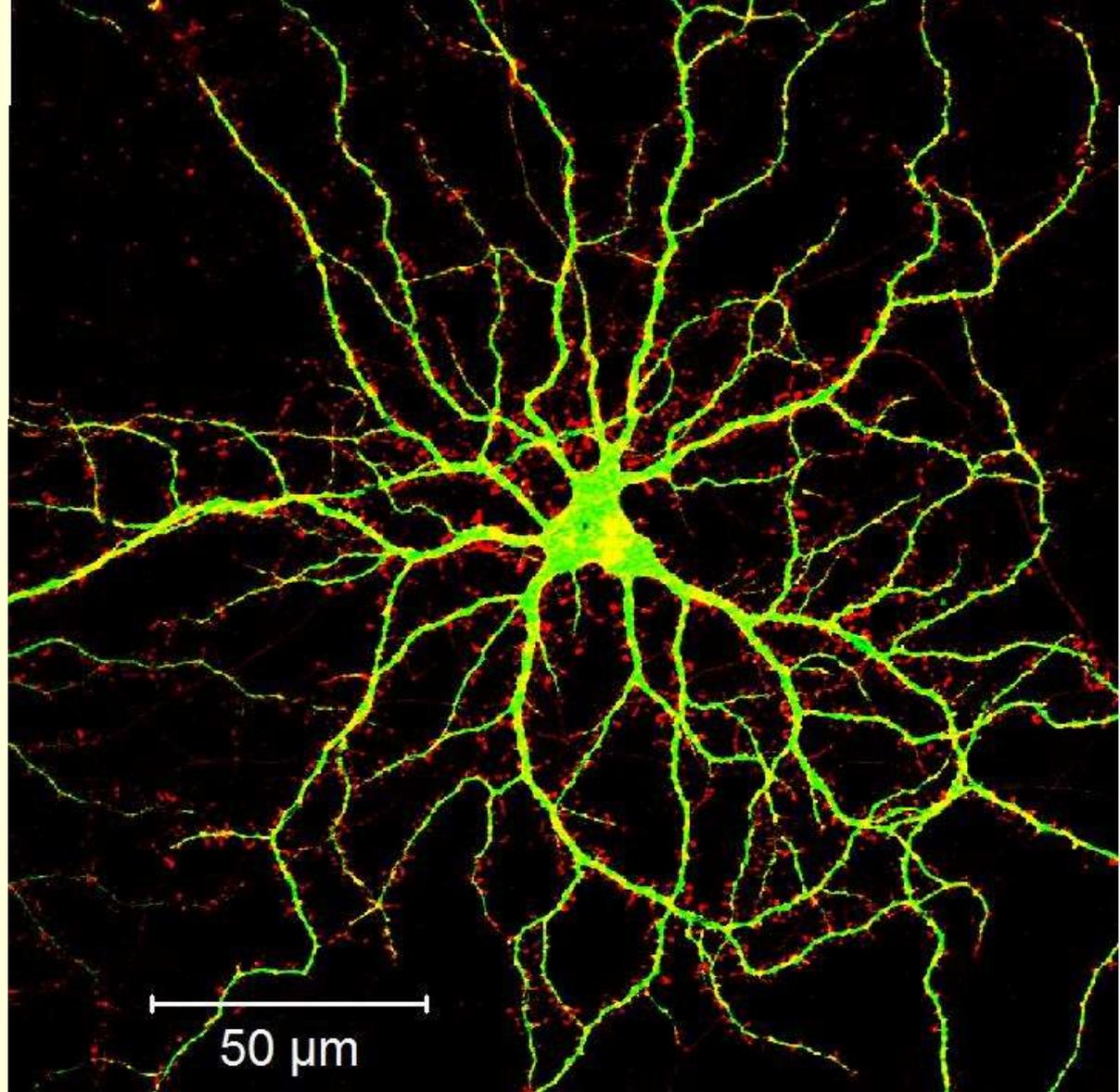
(c) **Sommation spatiale:** Sommation des PPSE lorsque deux stimulus se produisent simultanément.

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

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

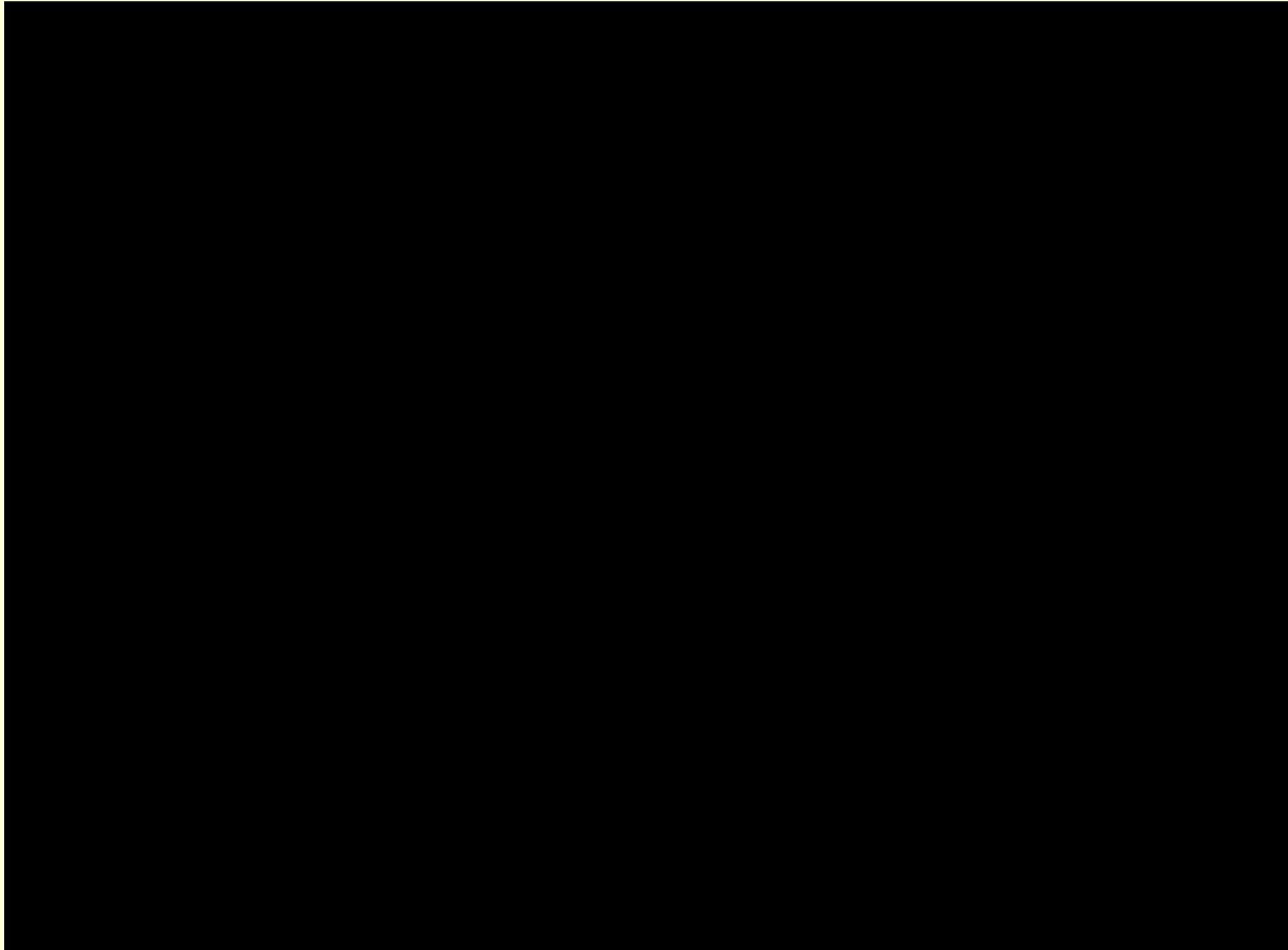
de **prendre des décisions** fondées sur ces données, et **d'envoyer des signaux** aux autres cellules en fonction du résultat de cette intégration

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)



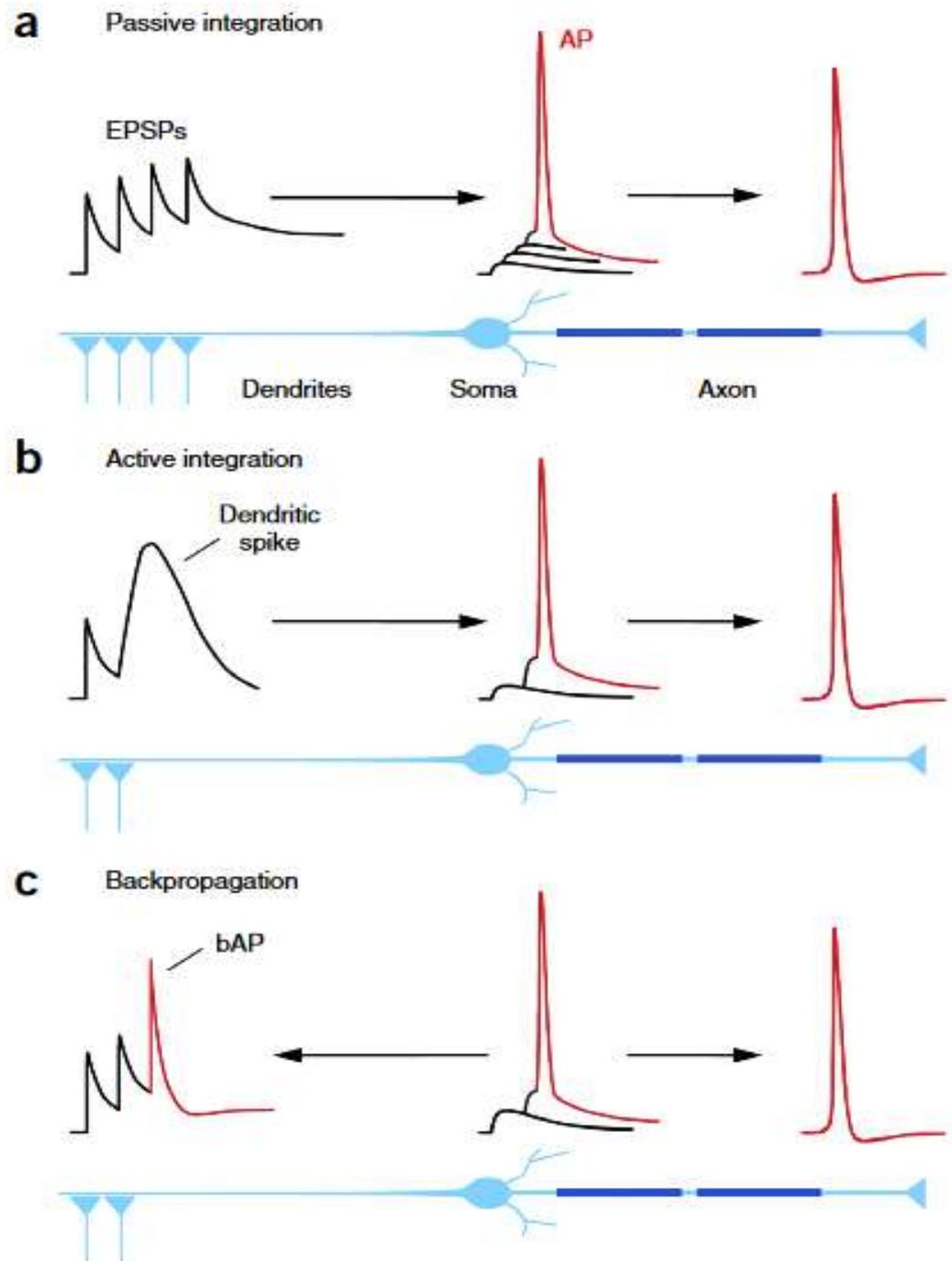
Dendritic integration: 60 years of progress

Greg J Stuart & Nelson Spruston

Nature Neuroscience

DECEMBER 2015

https://www.janelia.org/sites/default/files/Labs/Spruston%20Lab/Stuart_Spruston_2015.pdf



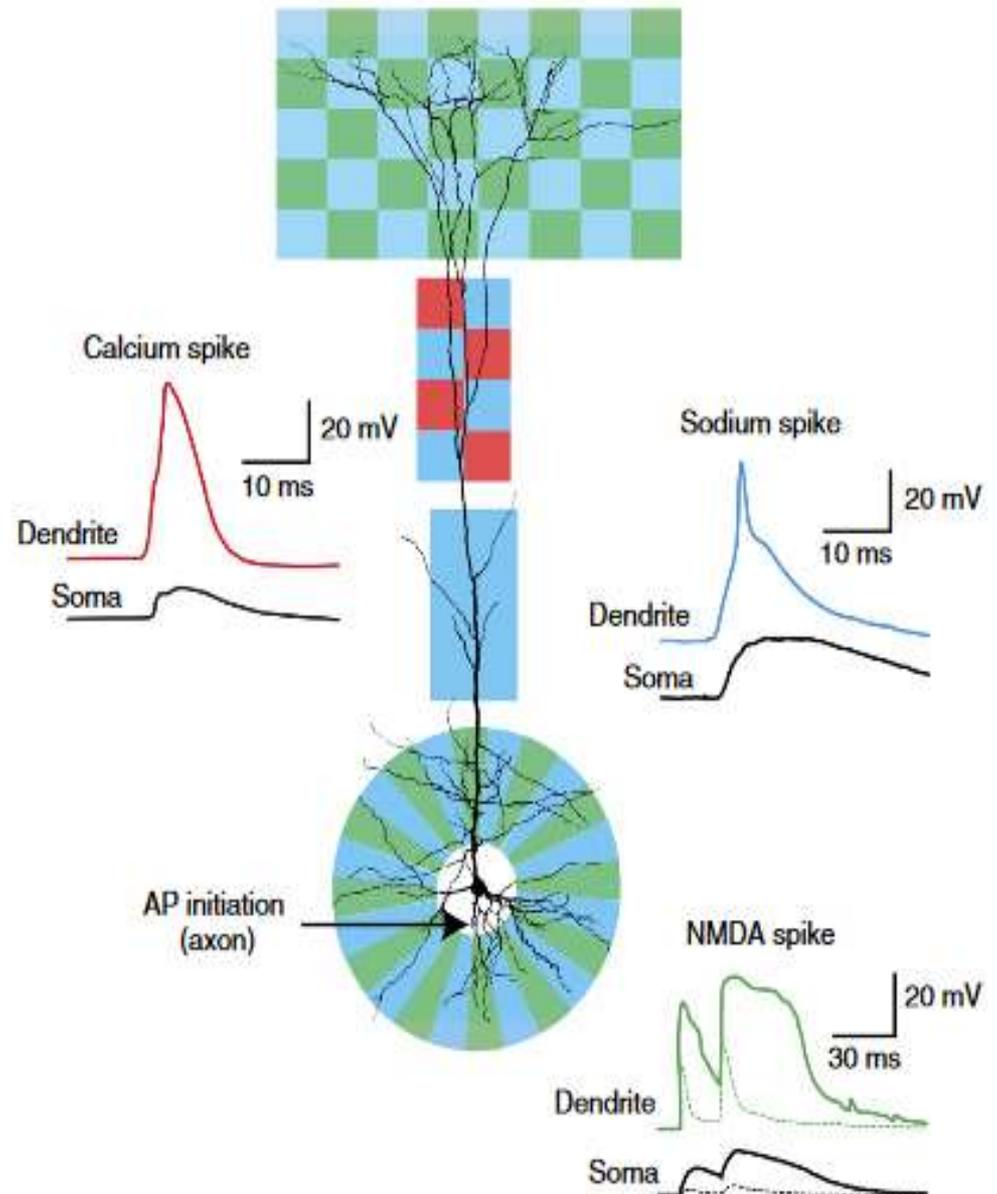
Dendritic integration: 60 years of progress

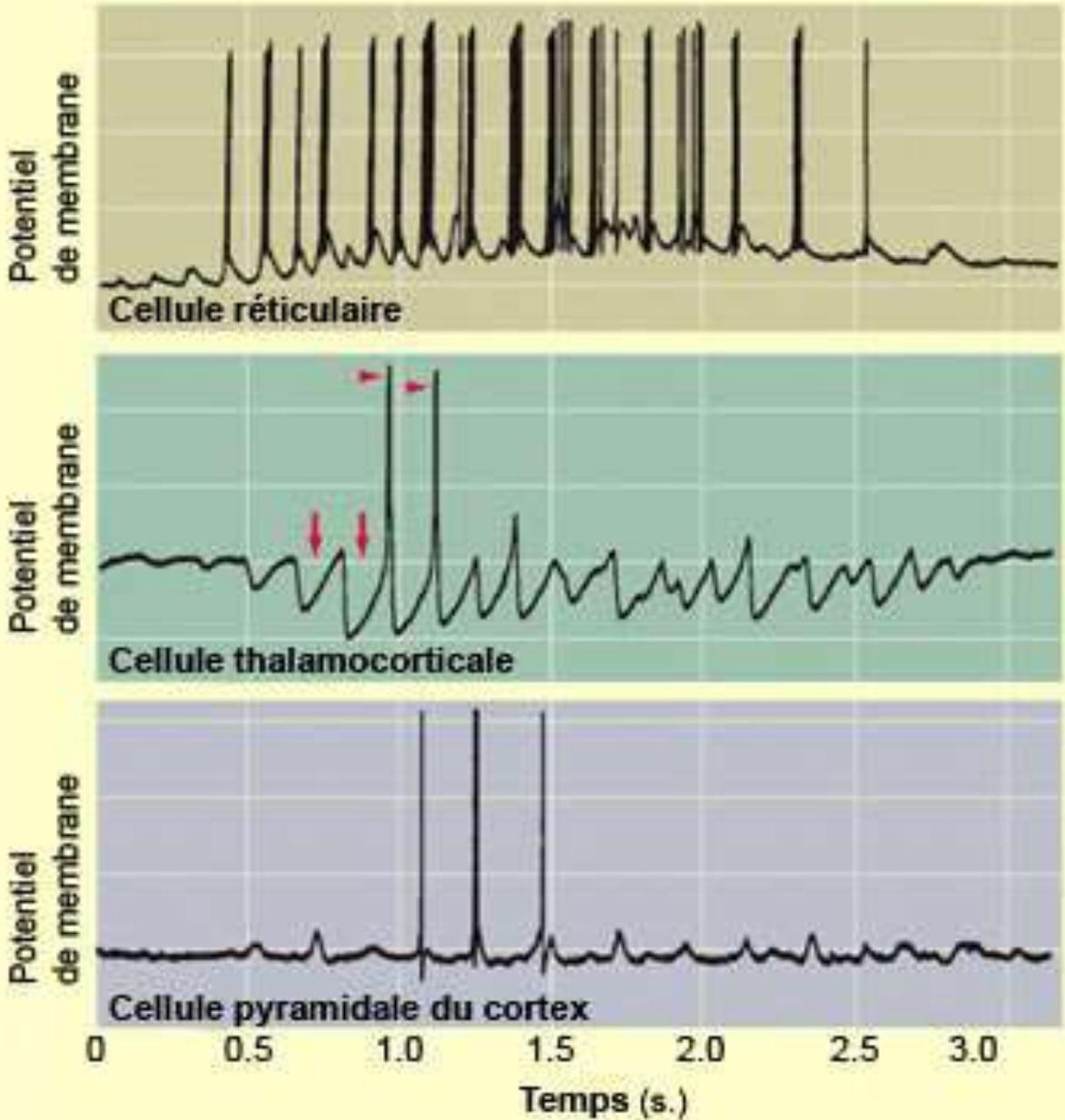
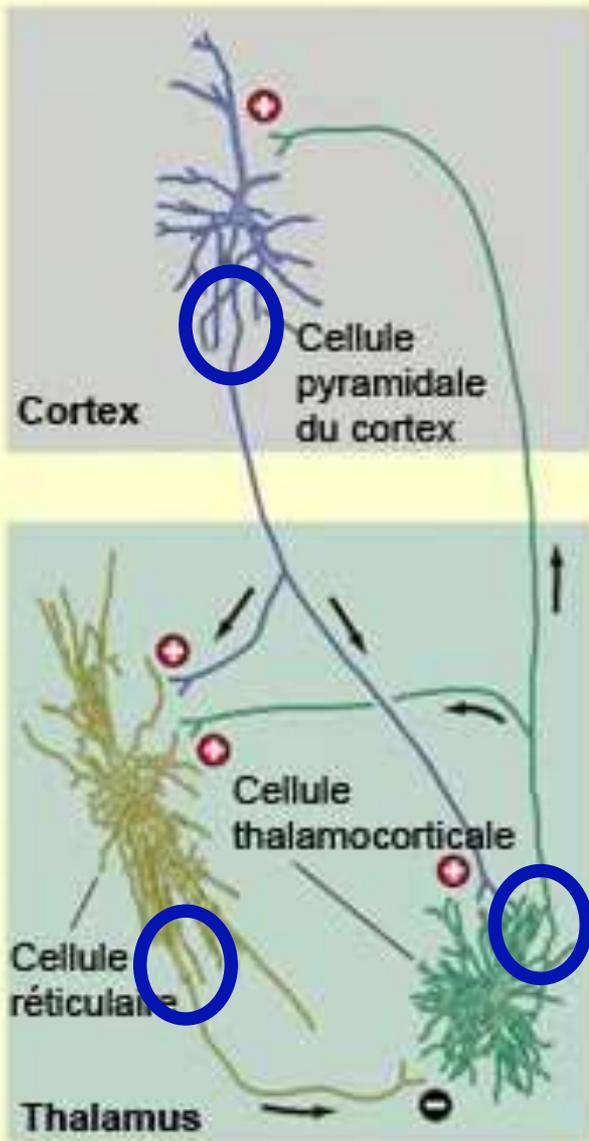
Greg J Stuart & Nelson Spruston

Nature Neuroscience

DECEMBER 2015

https://www.janelia.org/sites/default/files/Labs/Spruston%20Lab/Stuart_Spruston_2015.pdf



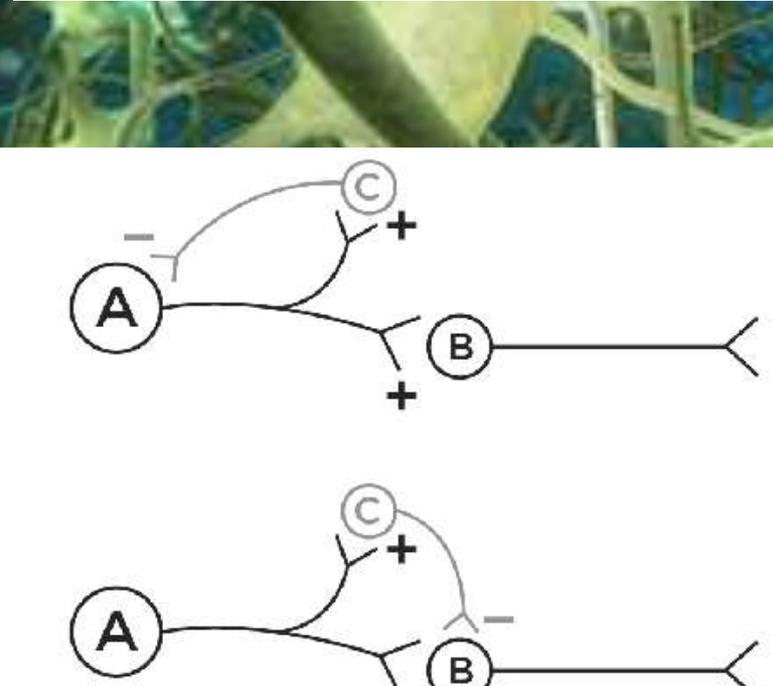
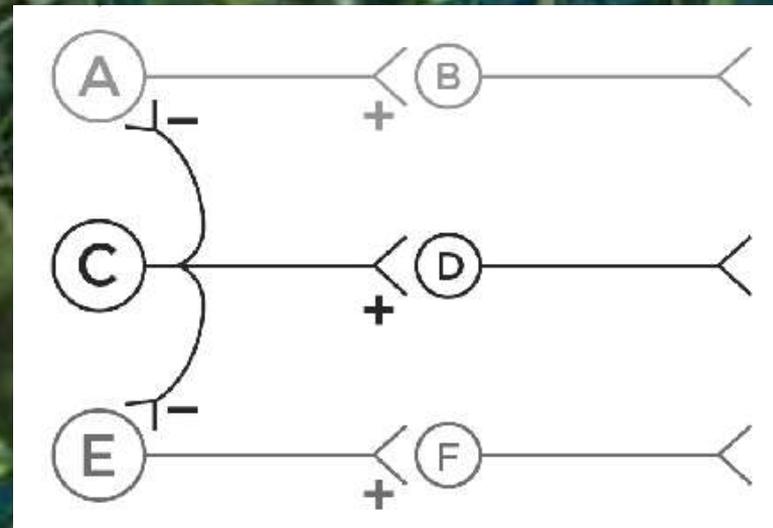
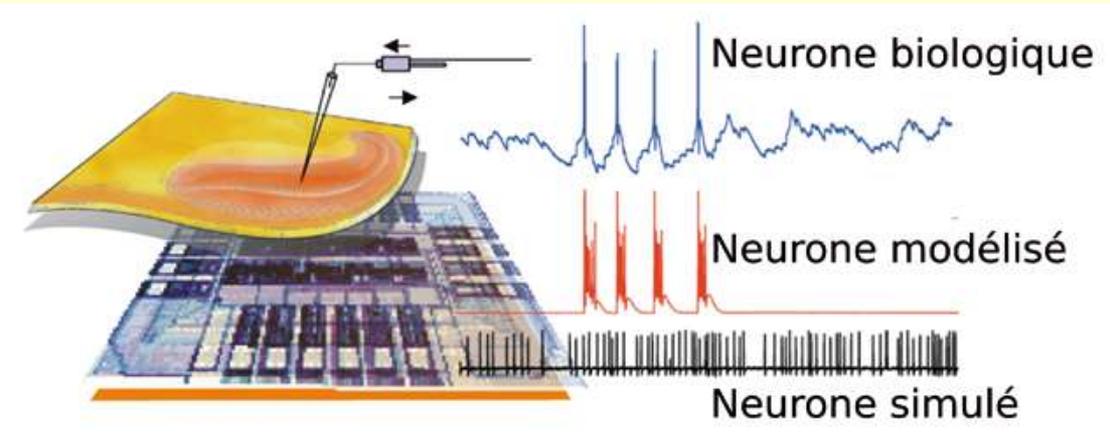


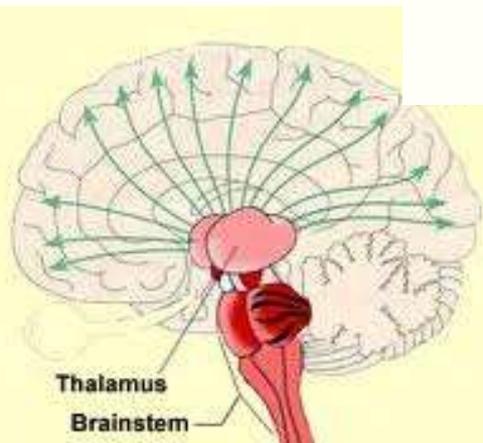


Vers les « neurosciences computationnelles »

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

(on en parlera un peu à la prochaine [séance #4](#))





Revenons **après la naissance**, dans les **premières années de vie**, alors que les connexions entre les neurones sont ajustées plus finement par les **inputs extérieurs** en provenance du thalamus.

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

Séance 3:

**L'humain
découvre la
grammaire de
base de son
système nerveux**

Plan de ce soir

L'élaboration de la « théorie du neurone » au début du XXe siècle

La chorégraphie des neurones et des cellules gliales durant le **développement** du cerveau

Le neurone déploie ses dendrites et son axone

La conduction électrique permet la communication rapide par l'influx nerveux

La transmission chimique au niveau de la synapse amène de la souplesse

Le neurone intègre constamment tous les messages qu'il reçoit

L'élagage neuronal pour raffiner les circuits

Les nombreuses mises à jour de la « théorie du neurone »

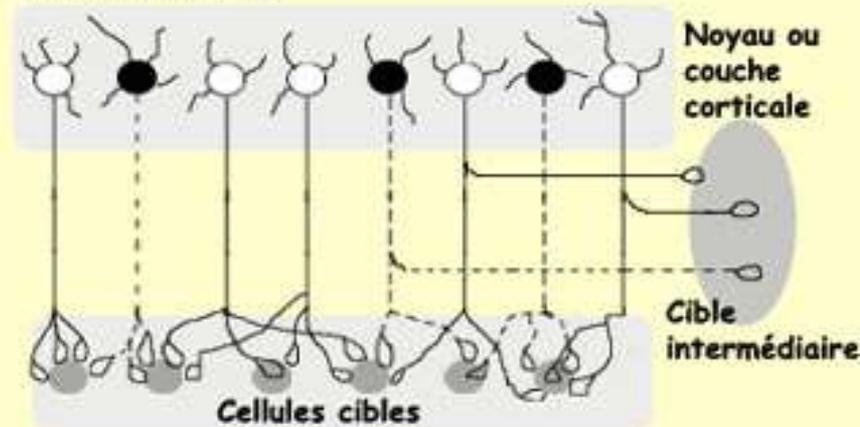
Après la pause et quelques questions/échanges:

Le cerveau est bien différent d'un ordinateur

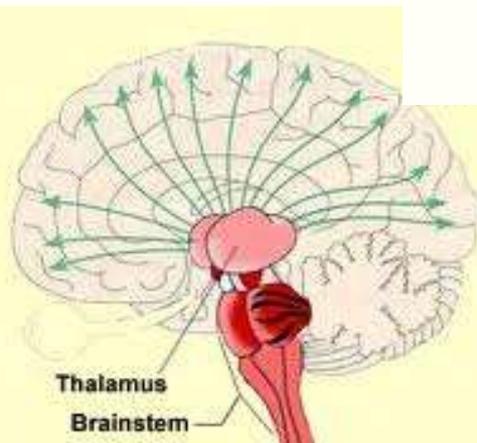
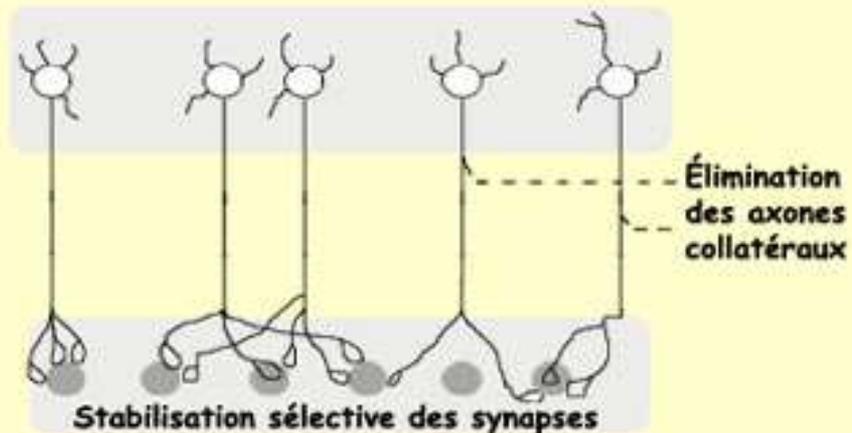
Durant ces interactions « online » certains mécanismes sont à l'œuvre comme :

- 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

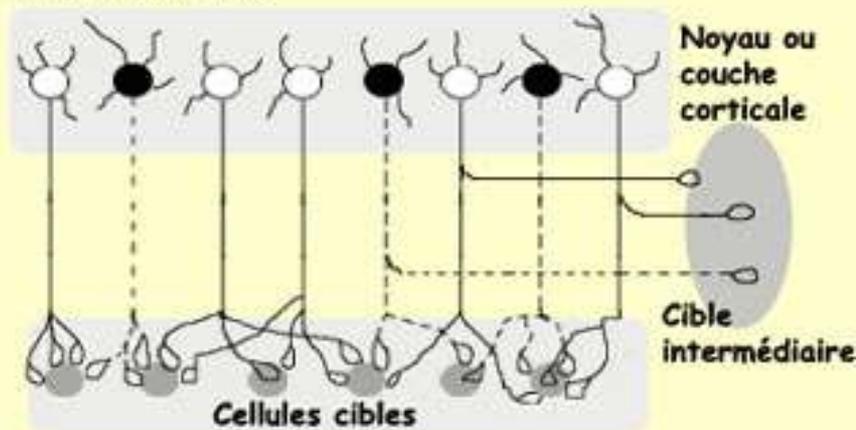


Durant ces interactions « online » certains mécanismes sont à l'œuvre comme :

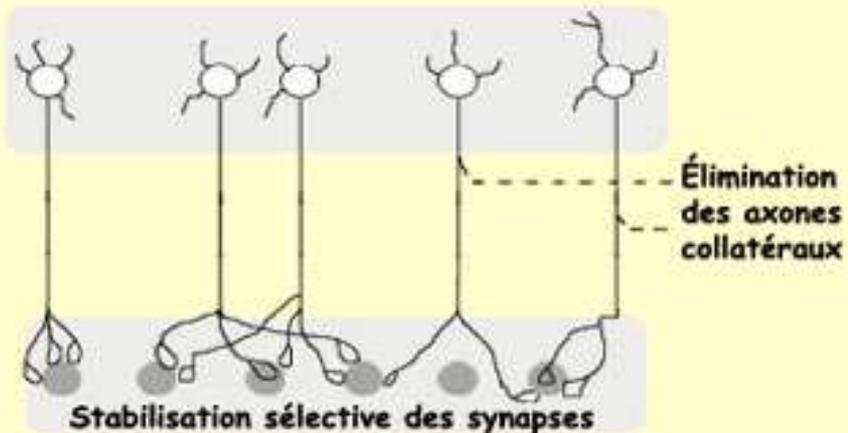
- la **stabilisation** et **l'élimination** sélective de certaines synapses moins utilisées
- l'ajustement de la taille de la population neuronale par la **mort neuronale** (ou apoptose)

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

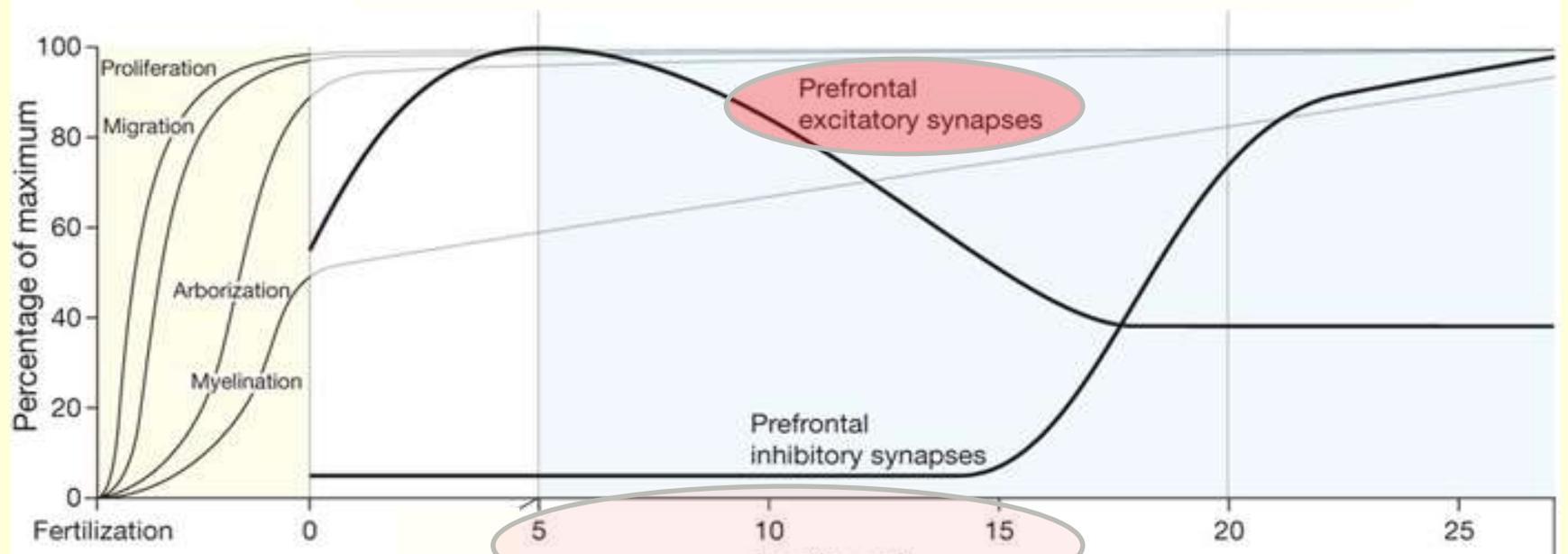
A Mort neuronale



B Ajustement des circuits neuronaux

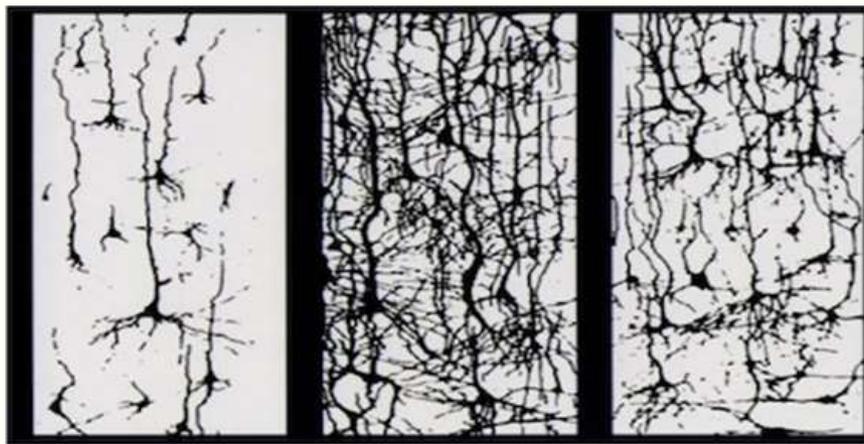
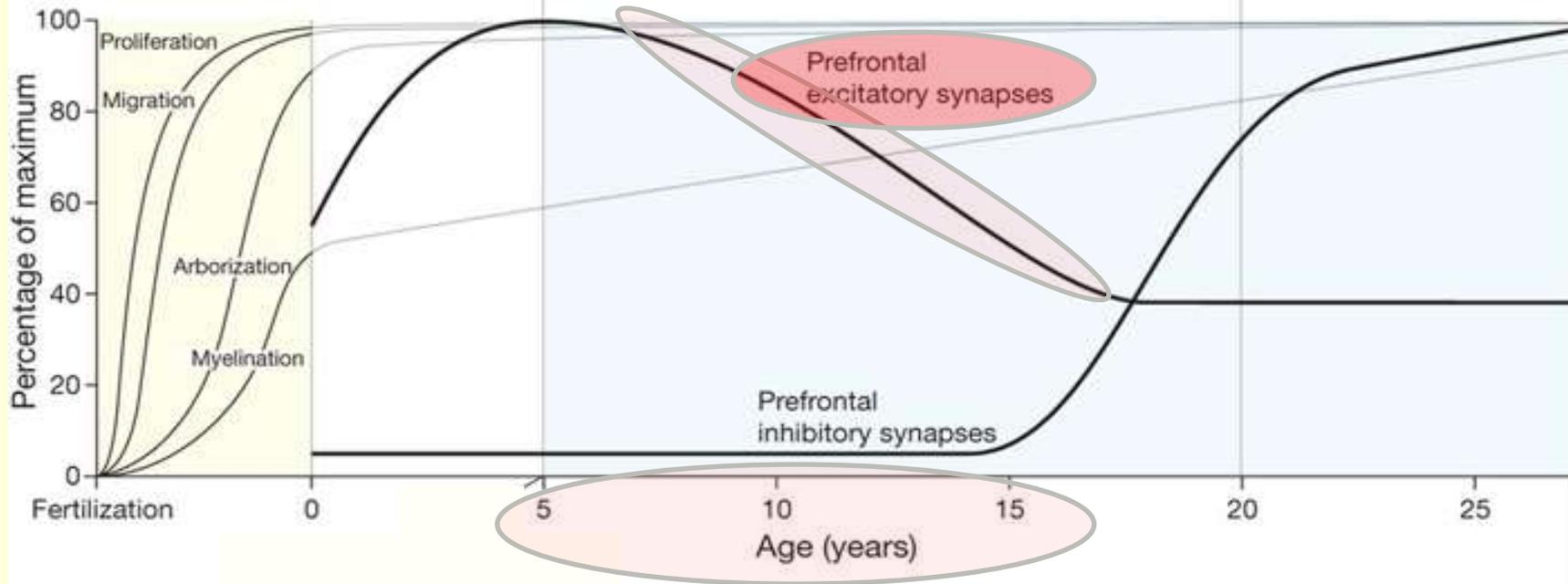
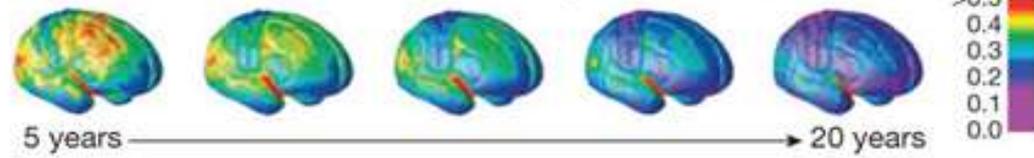


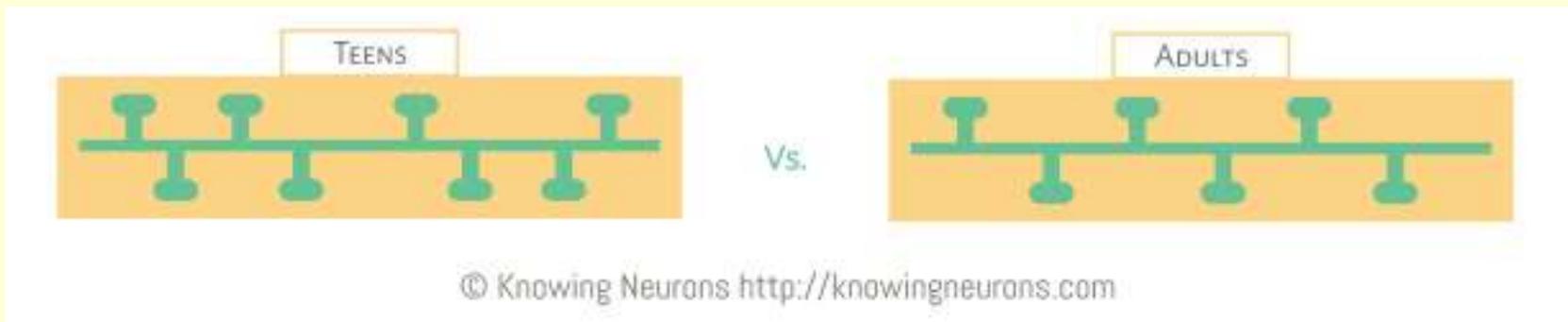
a



a

Grey-matter volume changes during normal development

**birth****6 years****14 years**



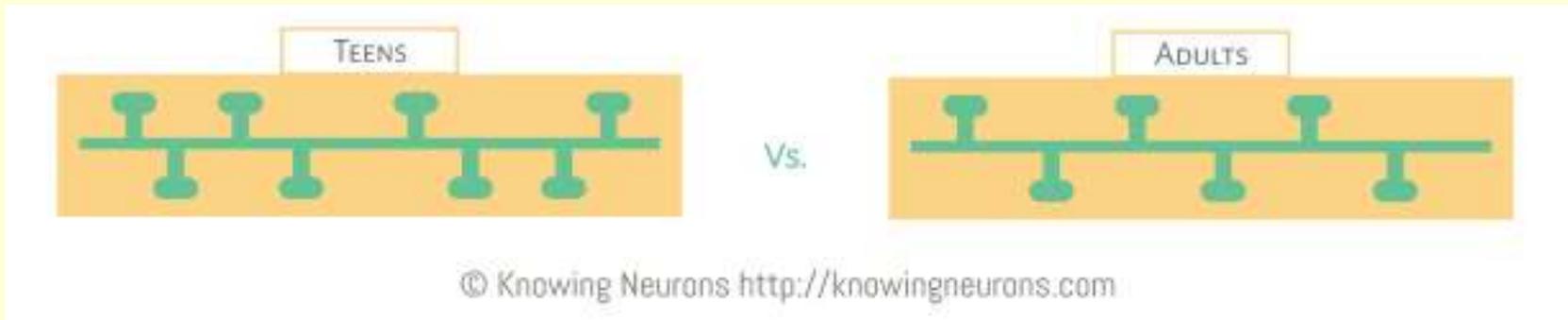
À la puberté, la **densité** des épines dendritiques dans le cortex préfrontal est de **deux à trois fois plus grande que chez l'adulte**.

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/>

On pourrait, comme l'ont fait des neurobiologistes qui ont mis en évidence ces phénomènes, les qualifier « **d'épigénétiques** » (« qui est au-dessus des gènes »).



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.

Une autre bonne façon « d'ajuster » notre identité à notre **culture**...

On pourrait, comme l'ont fait des neurobiologistes qui ont mis en évidence ces phénomènes, les qualifier « d'épigénétiques » (« qui est au-dessus des gènes »).

L'épigénétique réfère plus spécifiquement aujourd'hui à l'étude des mécanismes moléculaires qui modulent l'expression des gènes en fonction de diverses influences environnementales.



L'épigénétique s'intéresse donc à la façon dont nos gènes vont être actifs ou non dans une cellule

selon notre alimentation, notre niveau de stress, etc...

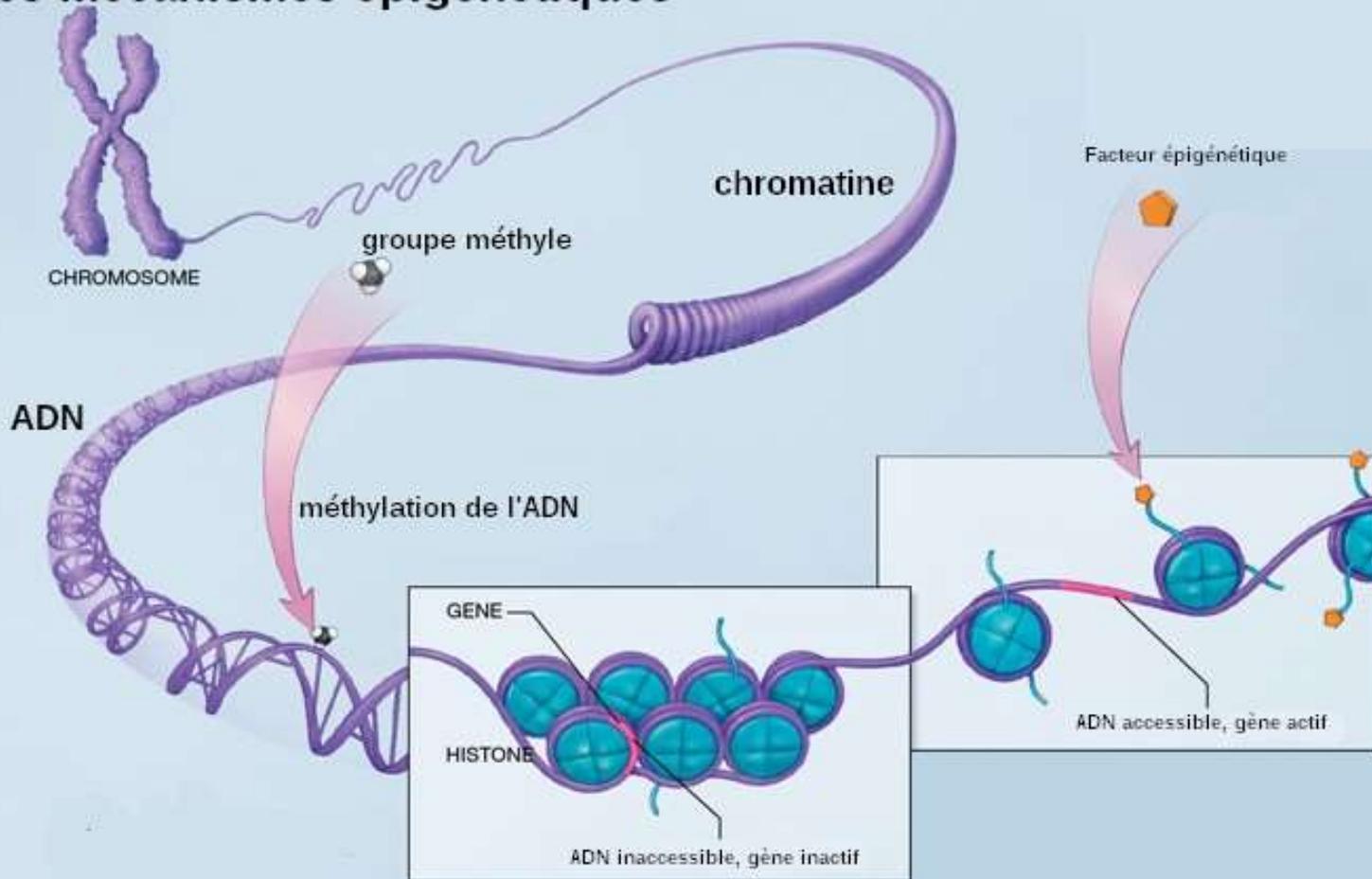


Les diverses modifications dites épigénétiques sont souvent transmissibles de cellule à cellule, voire de génération en génération.

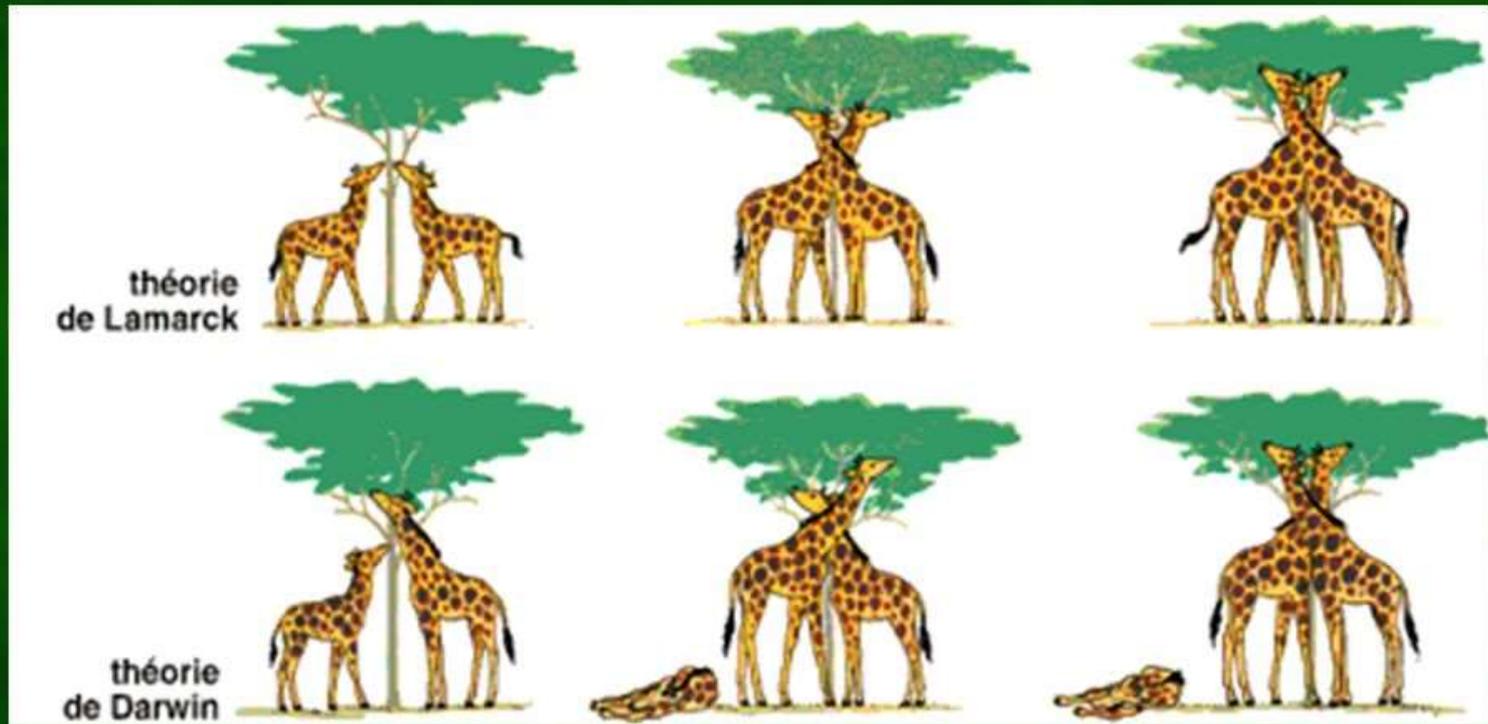


<https://bonnesnouvellesinfo.wordpress.com/2017/08/12/introduction-a-lepigenetique/>

Les mécanismes épigénétiques



Avec Darwin en 1859, l'on comprend que Lamarck avait tort avec sa théorie de la sélection des caractères acquis pour la girafe.



Collège Lionel-Groulx

Mais Lamarck redevient pertinent aujourd'hui avec la découverte que les petites molécules qui se fixent sur l'ADN et modifient son expression semblent se transmettre en partie des parents aux enfants, du moins pour quelques générations.

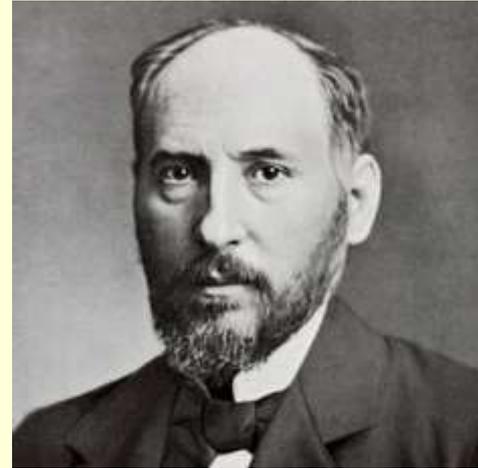
Autrement dit, des **caractères acquis** durant une vie amènent une adaptation **transmissible** à sa descendance.

Voilà donc notre ami Lamarck qui revient par la grande porte !

Il en sera un peu de même pour Camillo Golgi...

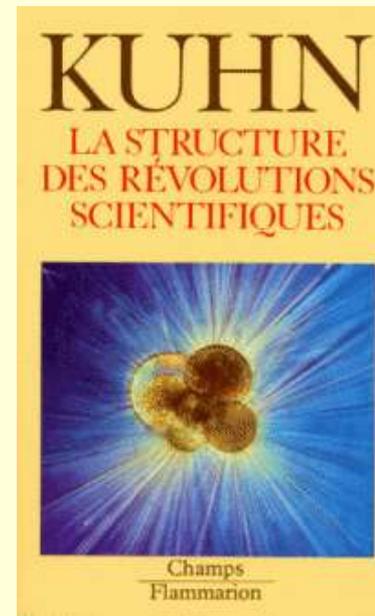


Golgi :
Théorie réticulaire.



Cajal :
théorie du neurone.

Et cela va nous rappeler qu'une théorie scientifique n'est **pas une vérité immuable**, mais une explication acceptée par la communauté scientifique à une époque donnée et toujours **susceptible d'être invalidée ou complétée**.



Séance 3:

**L'humain
découvre la
grammaire de
base de son
système nerveux**

Plan de ce soir

L'élaboration de la « théorie du neurone » au début du XXe siècle

La chorégraphie des neurones et des cellules gliales durant le **développement** du cerveau

Le neurone déploie ses dendrites et son axone

La conduction électrique permet la communication rapide par l'influx nerveux

La transmission chimique au niveau de la synapse amène de la souplesse

Le neurone intègre constamment tous les messages qu'il reçoit

L'élagage neuronal pour raffiner les circuits

Les nombreuses mises à jour de la « théorie du neurone »

Après la pause et quelques questions/échanges:

Le cerveau est bien différent d'un ordinateur

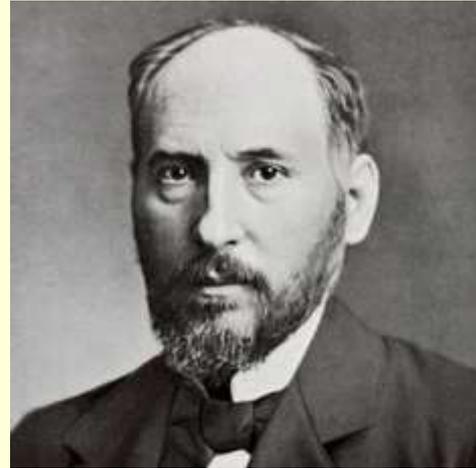
La théorie (ou doctrine) du neurone :

1) **Le neurone** est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles**;

3) Un neurone est composé de 3 parties : les **dendrites, le corps cellulaire et l'axone**;

4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).



La théorie (ou doctrine) du neurone :

1) **Le neurone** est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles**;

3) Un neurone est composé de 3 parties : les **dendrites**, le **corps cellulaire** et l'**axone**;

4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).

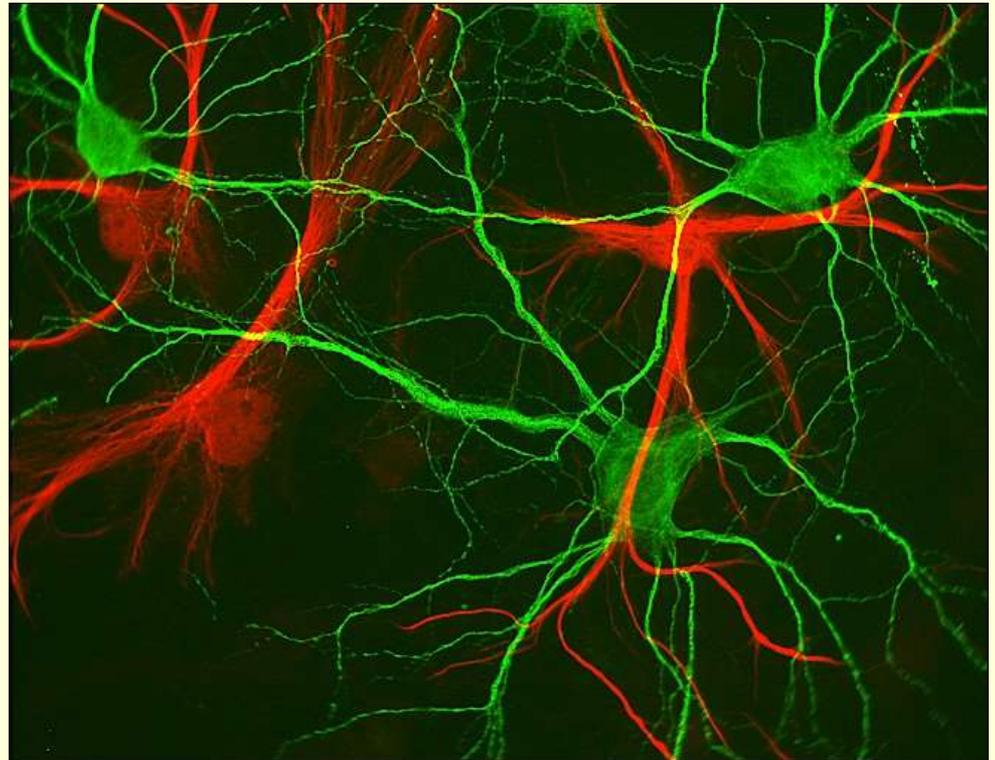


La théorie (ou doctrine) du neurone :

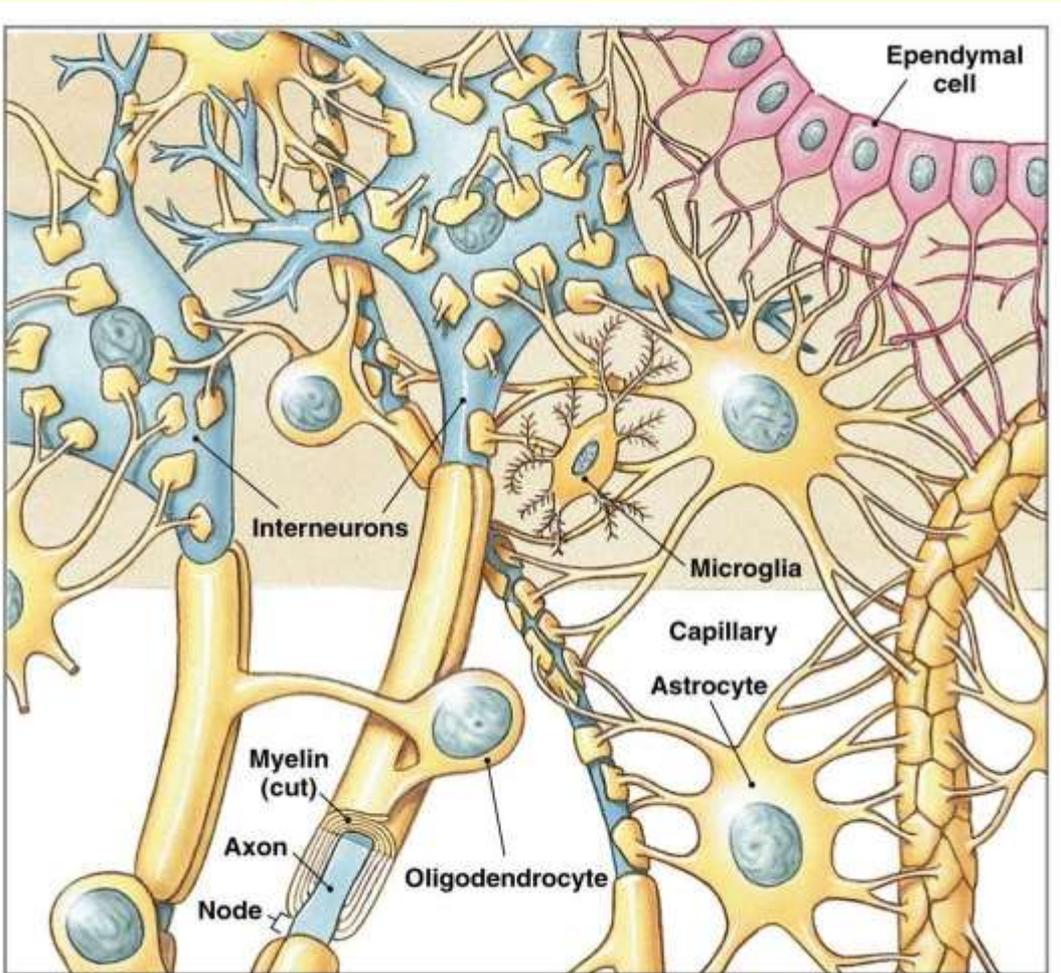
1) ~~Le neurone~~ est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

Il y a aussi « l'autre moitié du cerveau » :

les cellules gliales !



Différents types de cellules gliales



Les **astrocytes** approvisionnent les neurones en nutriments et assurent l'équilibre du milieu extracellulaire.

La **microglie** : les macrophages du cerveau.

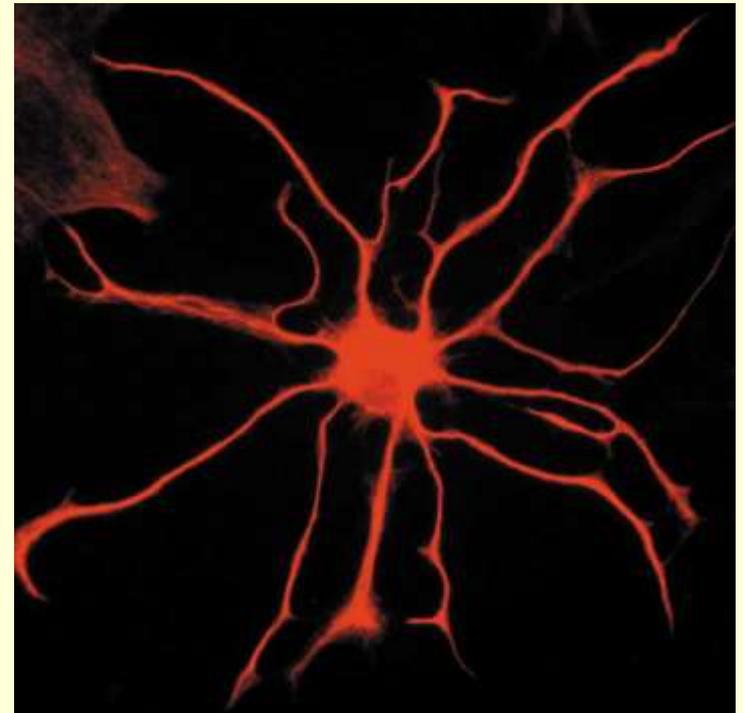
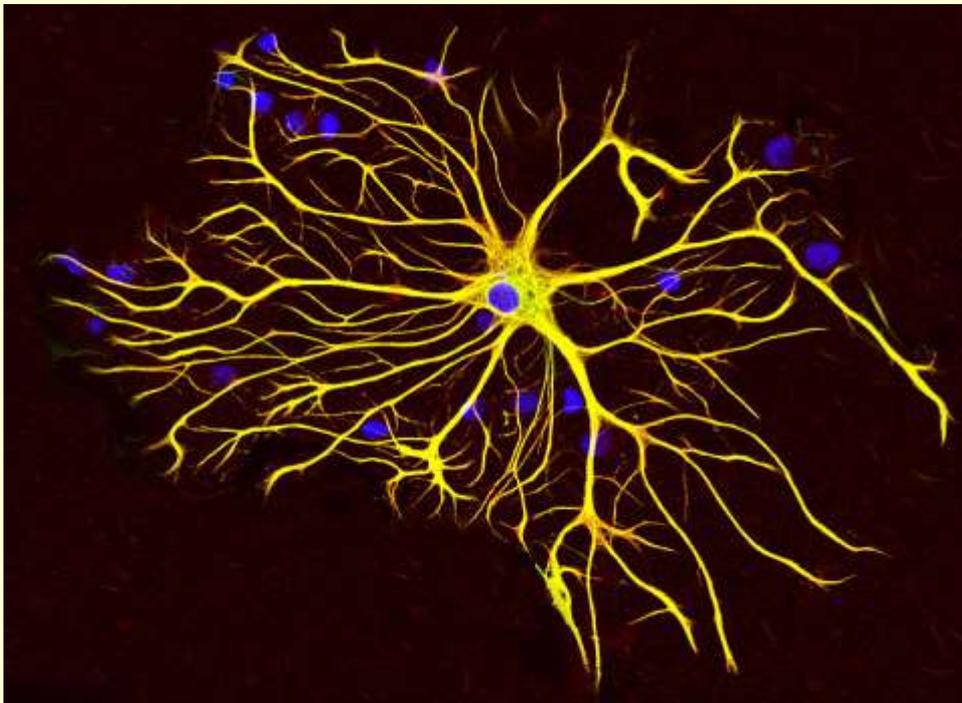
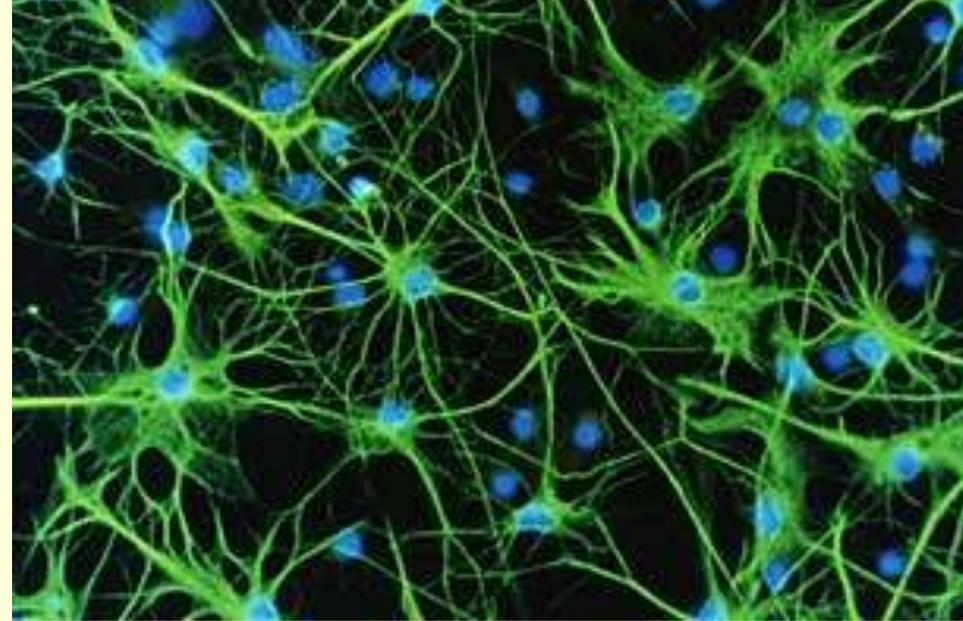
Les **oligodendrocytes** constituent la gaine de myéline qui entourent les axones de nombreux neurones.

Astrocytes

Fantastic Astrocyte Diversity

August 2, **2015**

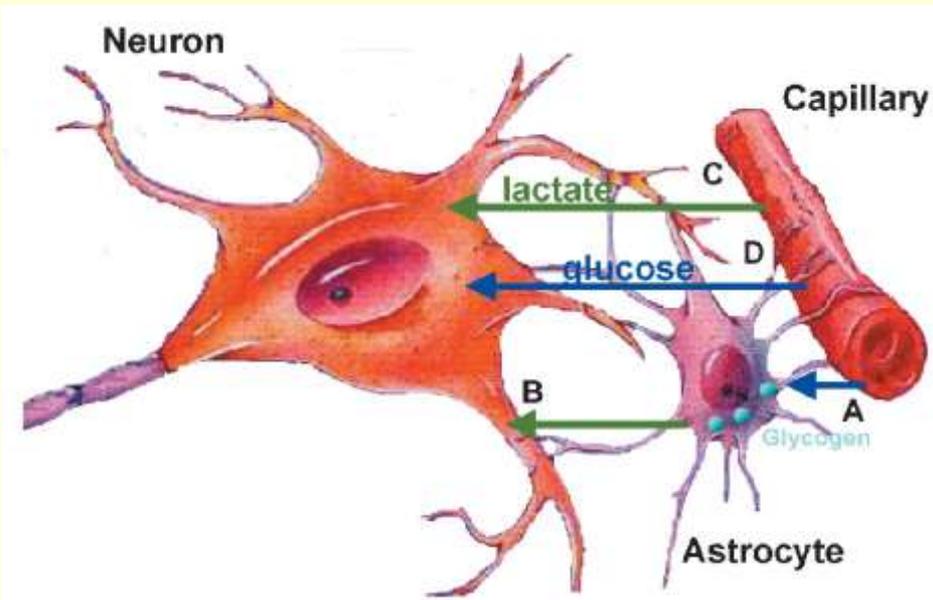
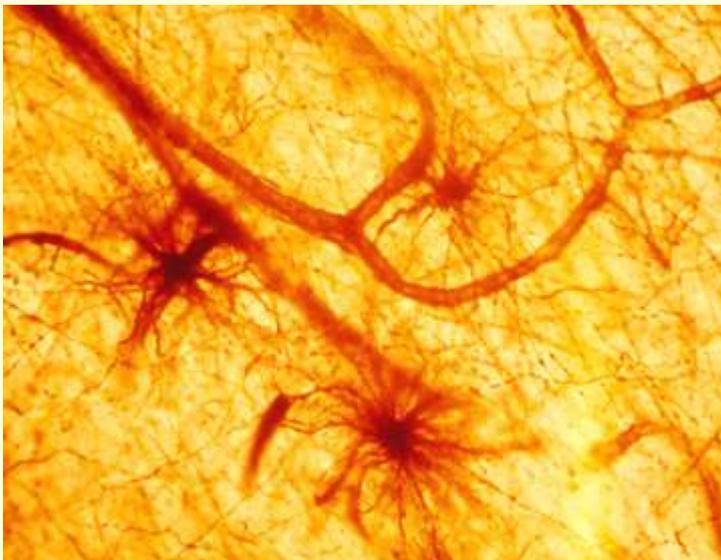
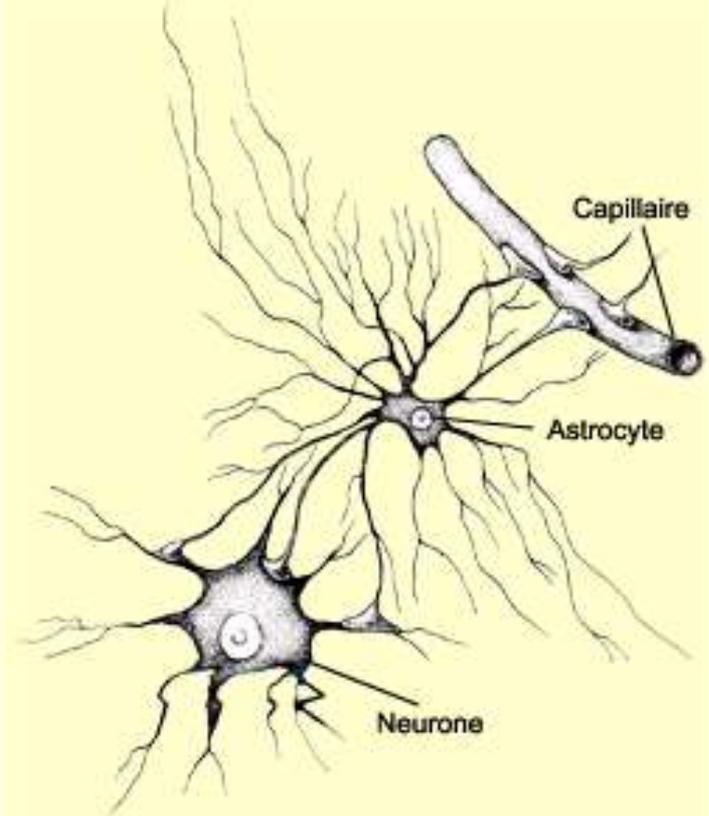
http://jonliefmd.com/blog/fantastic-astrocyte-diversity?utm_source=General+Interest&utm_campaign=3a0ae2f9c3-RSS_EMAIL_CAMPAIGN&utm_medium=email&utm_term=0_471703a831-3a0ae2f9c3-94278693



Astrocytes

On connaît depuis longtemps leur rôle de pourvoyeur du glucose nécessaires à l'activité nerveuse.

Grâce à leurs "pieds" apposés contre la paroi des capillaires sanguins cérébraux, le glucose peut pénétrer dans les astrocytes où il est partiellement métabolisé et retransmis aux neurones.



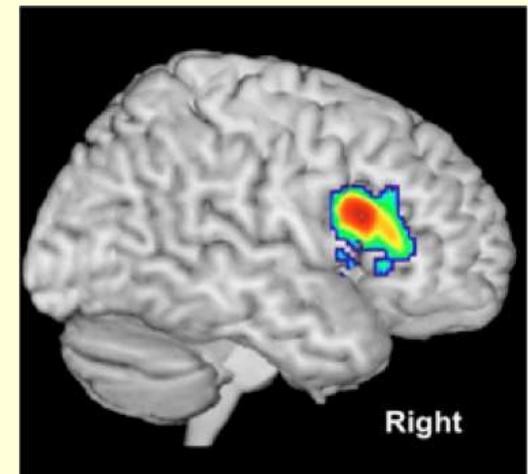
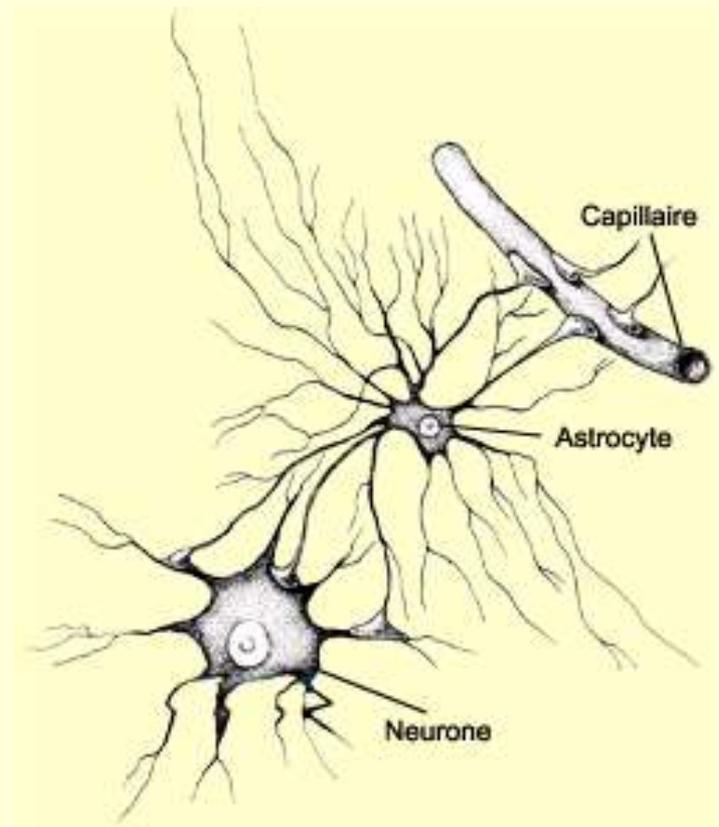
Astrocytes

On connaît depuis longtemps leur rôle de pourvoyeur du glucose nécessaires à l'activité nerveuse.

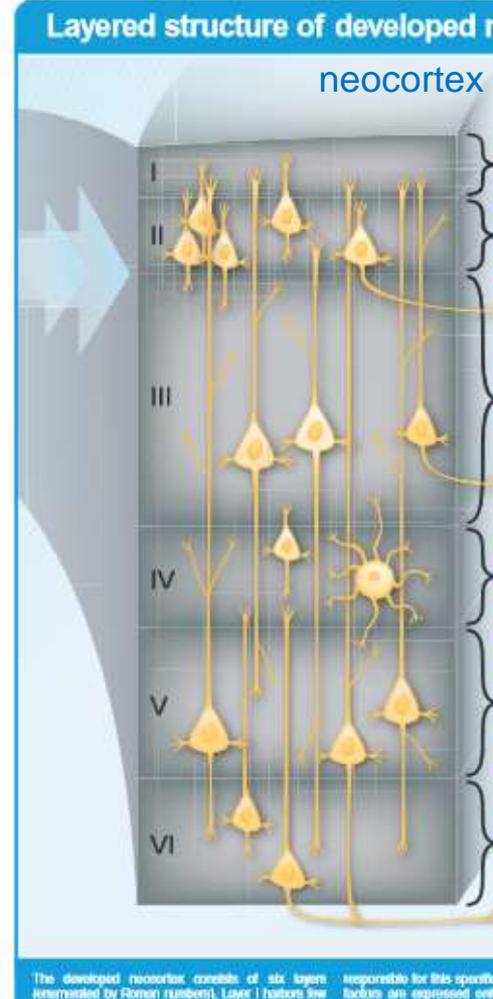
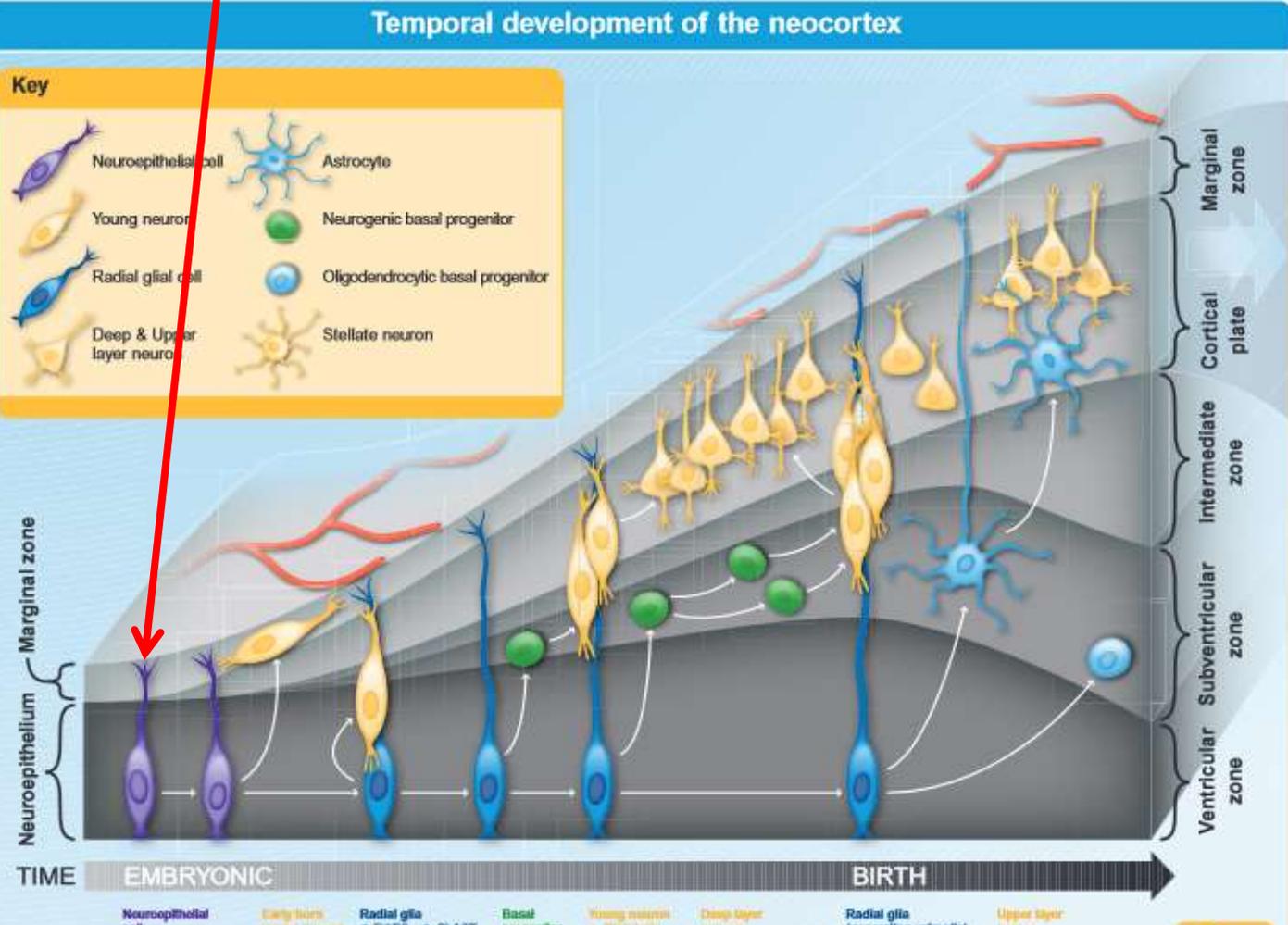
Grâce à leurs "pieds" apposés contre la paroi des capillaires sanguins cérébraux, le glucose peut pénétrer dans les astrocytes où il est partiellement métabolisé et retransmis aux neurones.

On sait qu'une activité neuronale plus intense dans une région du cerveau favorise un apport plus élevé de glucose **en activant le travail des astrocytes.**

C'est d'ailleurs le phénomène exploité par l'imagerie cérébrale [[cours #5](#)]

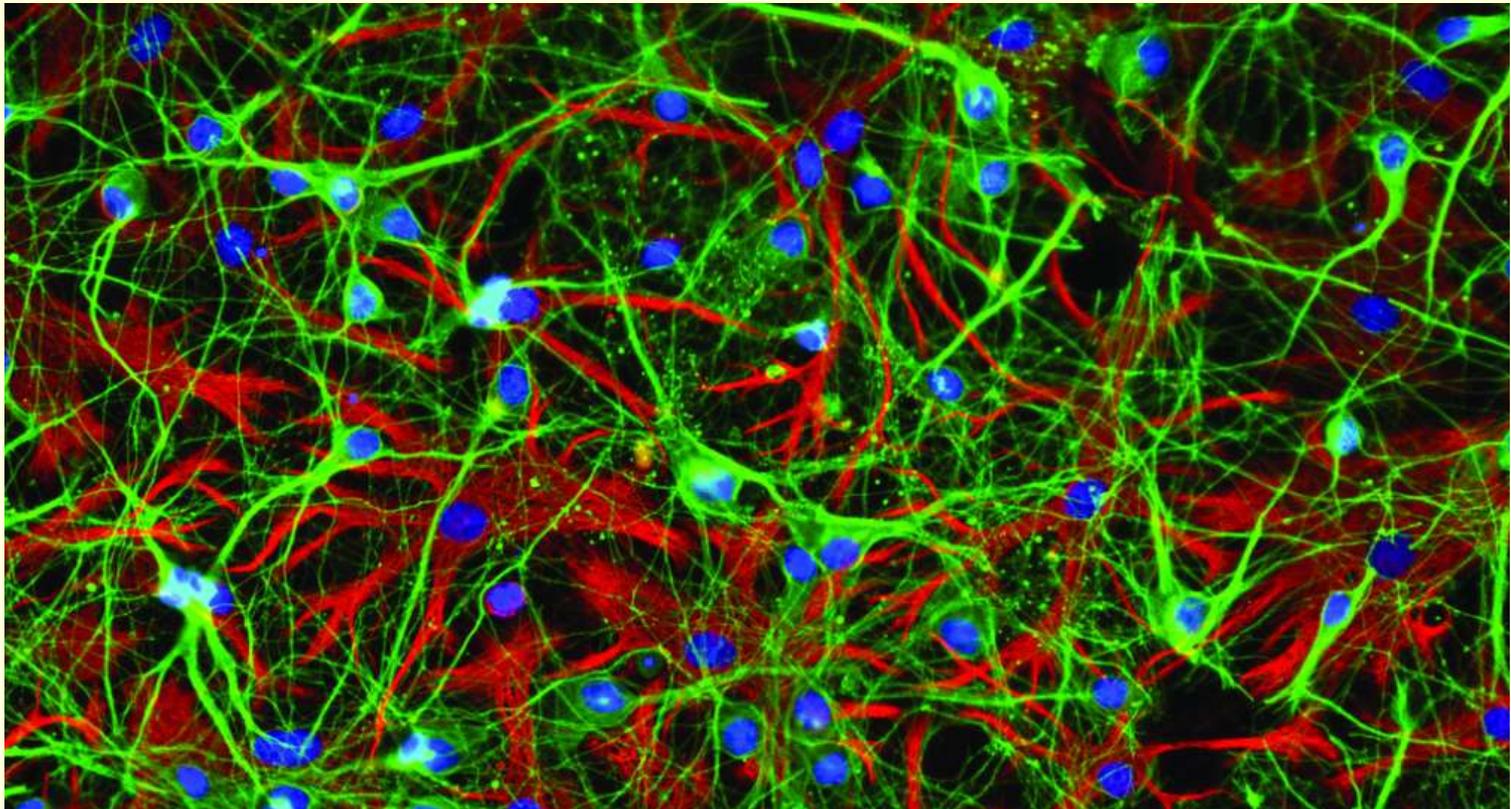


Ce n'est pas si étonnant si l'on pense à l'origine embryologique commune des neurones et des cellules gliales.



Un astrocyte peut être connecté à des milliers de différents neurones, pouvant ainsi contrôler leur excitabilité grâce à **ce réseau encore plus grand que celui formé par les neurones.**

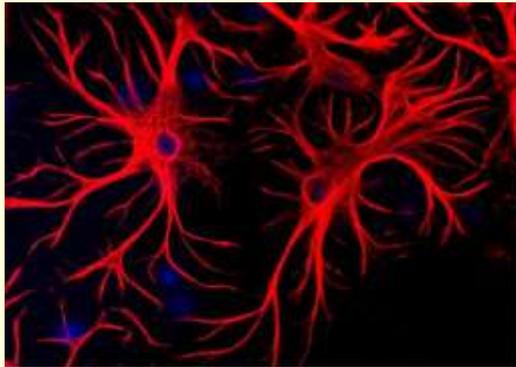
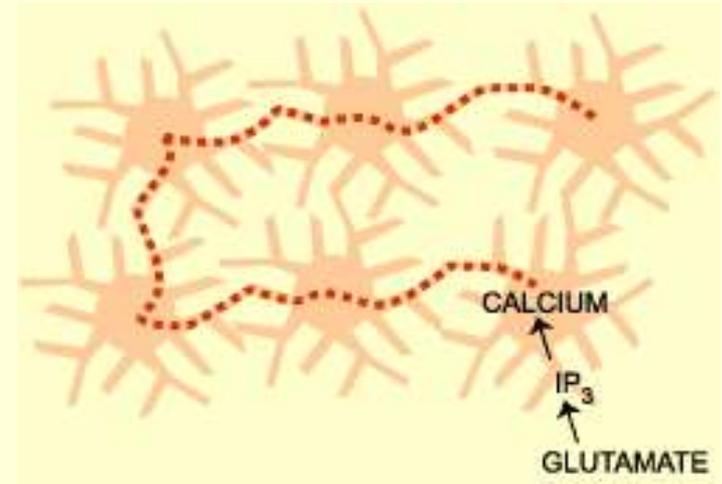
Le glutamate relâché par les cellules gliales pourrait ainsi contribuer à **synchroniser** l'activité neuronale dans l'hippocampe.



*Neurons and astrocytes isolated from rat hippocampus stained for DNA (blue), neuronal-specific β III-tubulin (green) and **astrocyte-specific GFAP (red).***

On sait aussi que les astrocytes sont **couplés** les uns aux autres par des "gap-jonctions" à travers lesquels peuvent circuler divers métabolites.

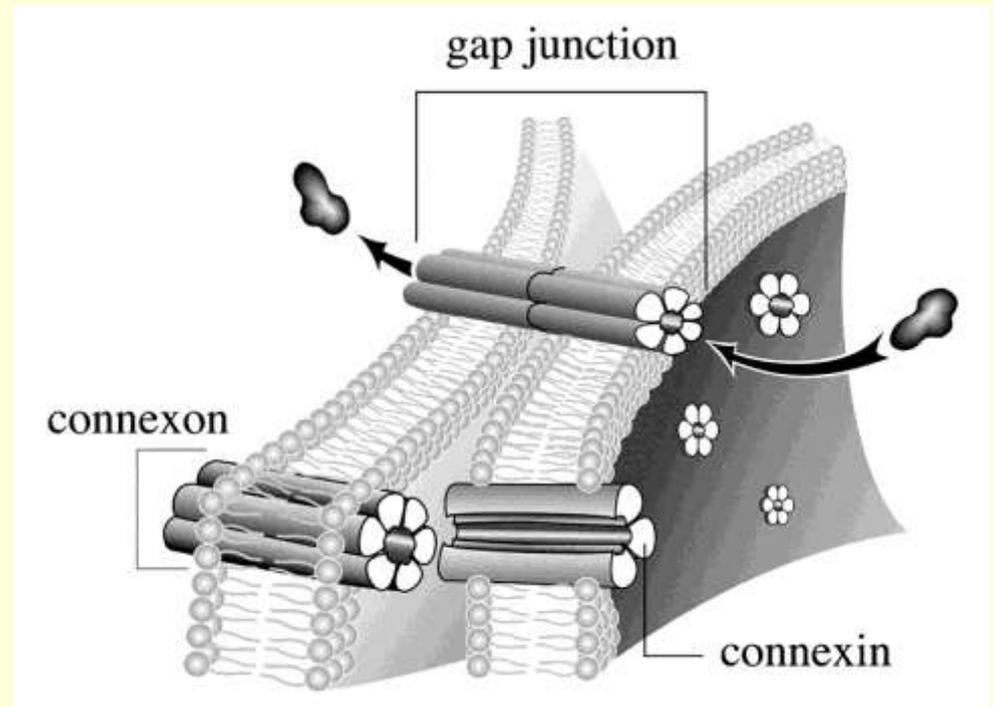
À travers ce réseau se propagent des **vagues d'ions calcium** dont l'effet régulateur pourrait se faire sentir dans un grand nombre de synapses entre neurones.



Vidéo de 10 sec. :

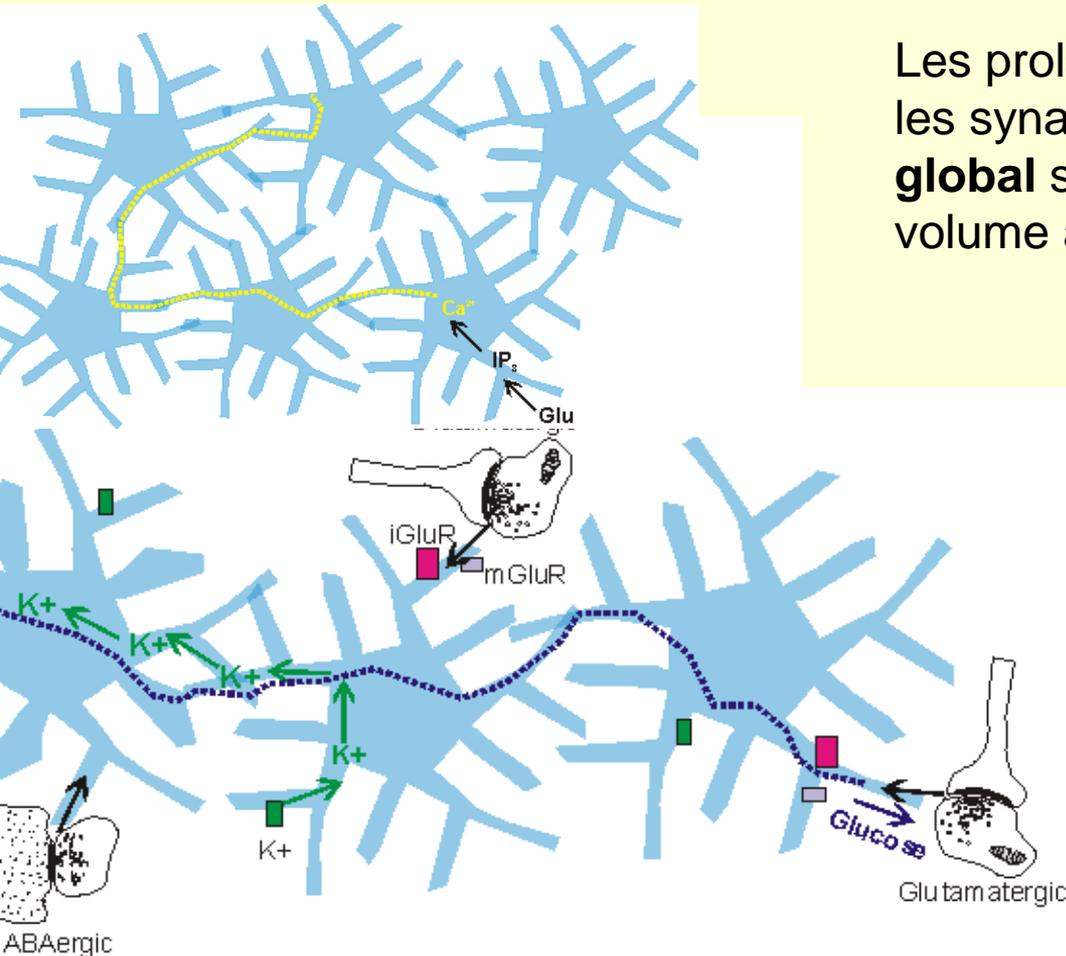
« This video captures the waves of calcium ions passing between rat astrocytes as they engage in non-electrical communication. »

<http://www.nature.com/news/neuroscience-map-the-other-brain-1.13654>

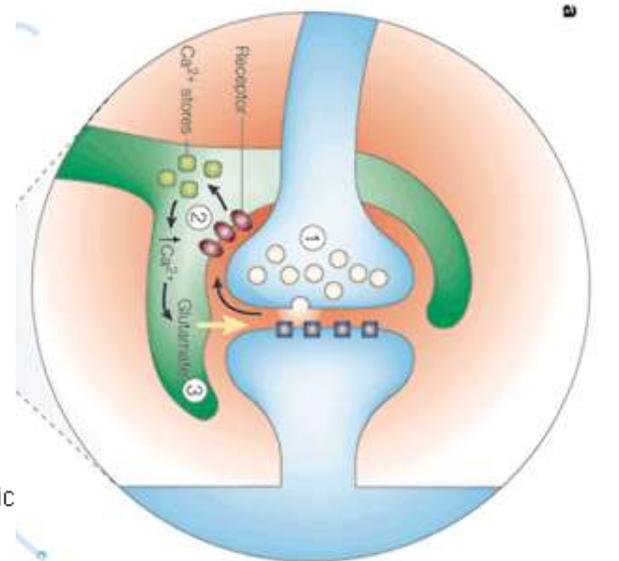


Emerging role for astroglial networks in information processing: from synapse to behavior,

Trends in Neurosciences, July 2013



Les prolongements astrocytaires qui entourent les synapses pourraient **exercer un contrôle global** sur la concentration ionique et le volume aqueux dans les fentes synaptiques.



Richesse et complexité structurale du neurone

Waltz through hippocampal neuropil

Reconstruction of a block of hippocampus from a rat approximately 5 micrometers on a side from serial section transmission electron microscopy in the lab of Kristen Harris at the University of Texas at Austin in collaboration with Terry Sejnowski at the Salk Institute and Mary Kennedy at Caltech.

Voir le court segment du vidéo où l'on ajoute en bleu les **cellules gliales** (0:45 à 2:00):

<http://www.youtube.com/watch?v=FZT6c0V8fW4>



Ultrastructural Analysis of Hippocampal Neuropil from the Connectomics Perspective
Neuron, Volume 67, Issue 6, p1009–1020, 23 September **2010**

<http://www.cell.com/neuron/abstract/S0896-6273%2810%2900624-0>

Bref :

“**Most neuroscientists are still extremely** **neuron-centric**,” thinking almost exclusively in terms of neuronal activity when explaining brain function, while ignoring glia..”

- Mo Costandi,
scientific writer

“It's very obvious that we have to redefine our approach to the brain, and to **stop dividing it into neurons and glia.**”

- Alexei Verkhratsky,
neurophysiologist,
University of Manchester

THE
OTHER BRAIN



From Dementia to Schizophrenia,
How New Discoveries about the
Brain Are Revolutionizing Medicine
and Science

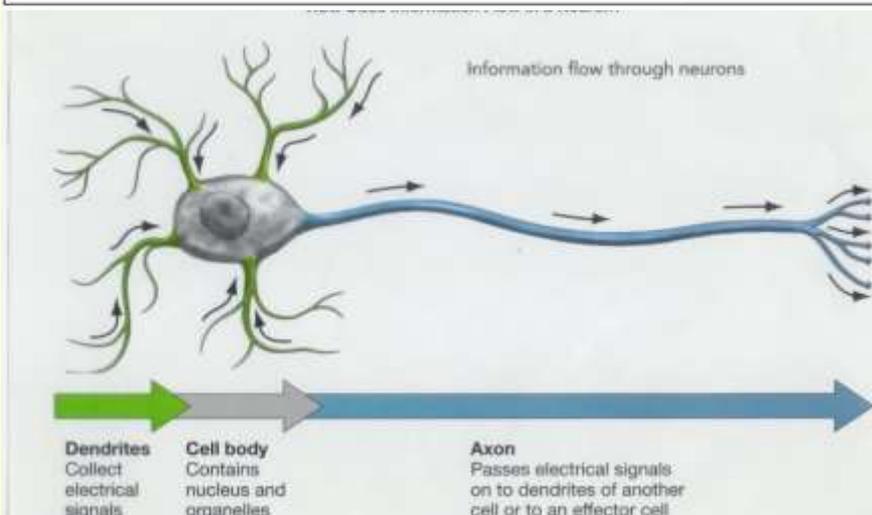
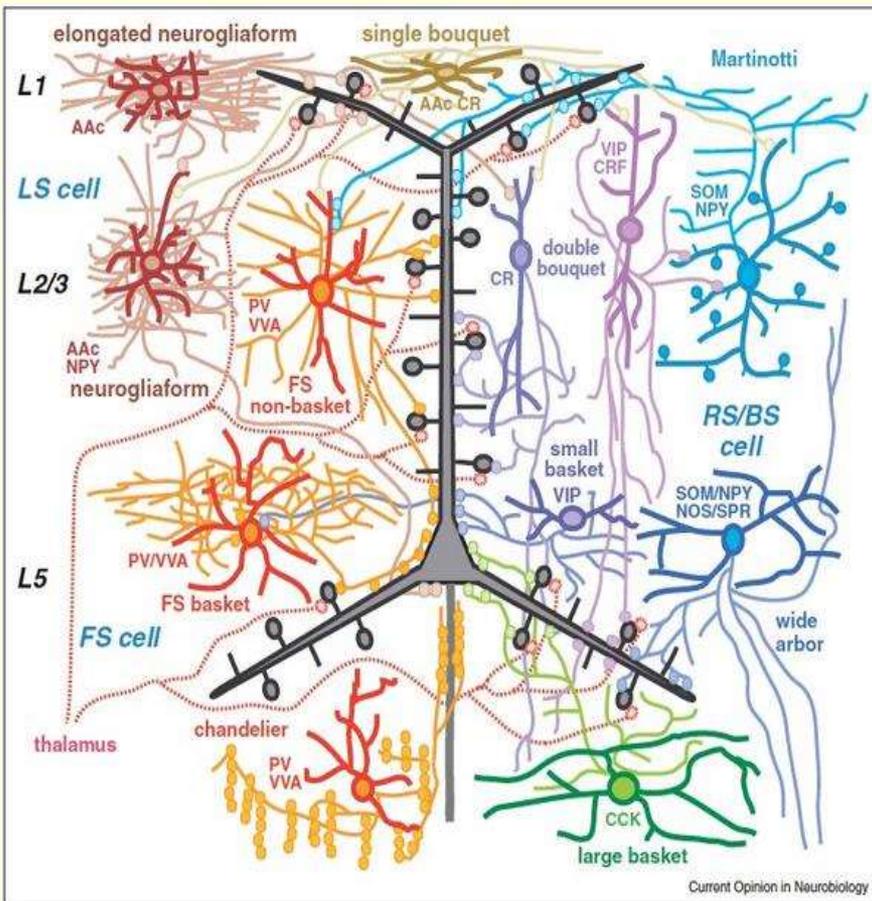
R. DOUGLAS FIELDS, Ph.D.

No Brain Mapping Without Glia

May 17, **2015**

Jon Lieff

http://jonlieffmd.com/blog/no-brain-mapping-without-glia?utm_source=General+Interest&utm_campaign=048f7a464d-RSS_EMAIL_CAMPAIGN&utm_medium=email&utm_term=0_471703a831-048f7a464d-94278693



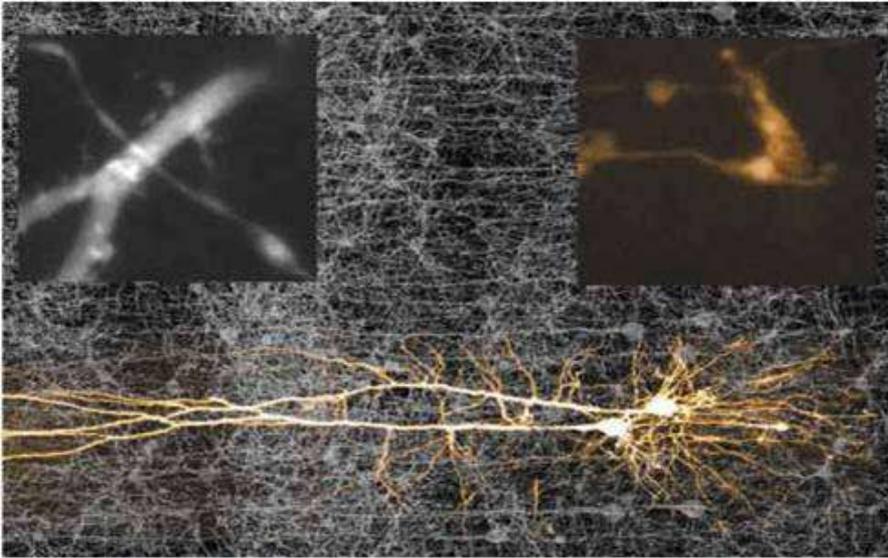
La « théorie du neurone » :

1) ~~Le neurone est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;~~

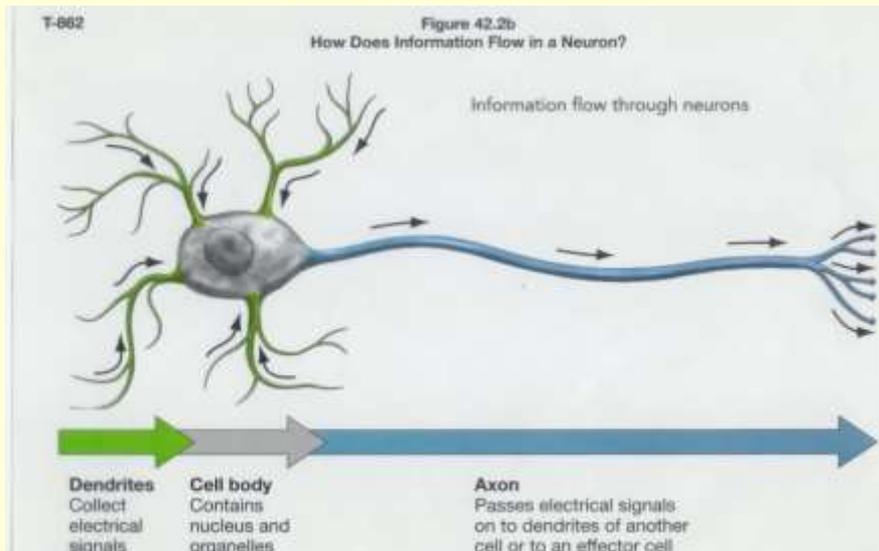
2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles;**

3) ~~Un neurone est composé de 3 parties : les dendrites, le corps cellulaire et l'axone;~~

4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).



Des couplages électriques



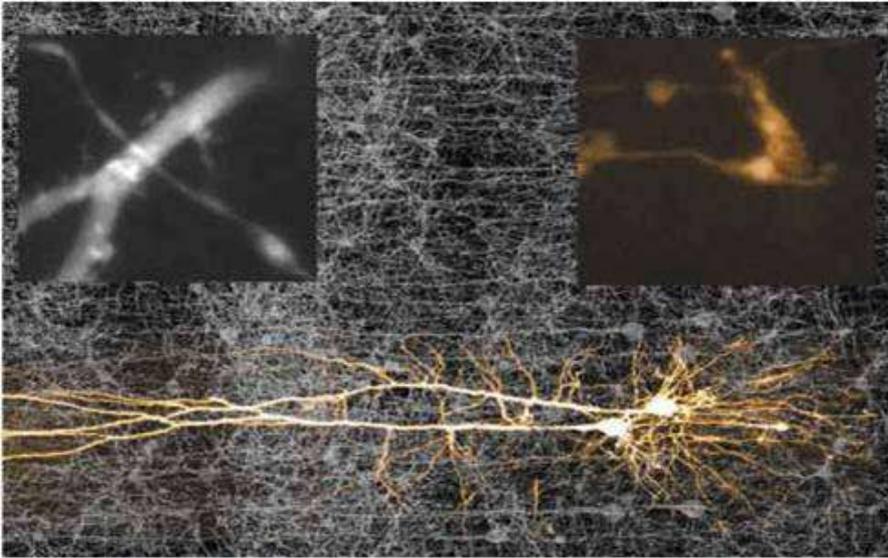
La « théorie du neurone » :

1) ~~Le neurone est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;~~

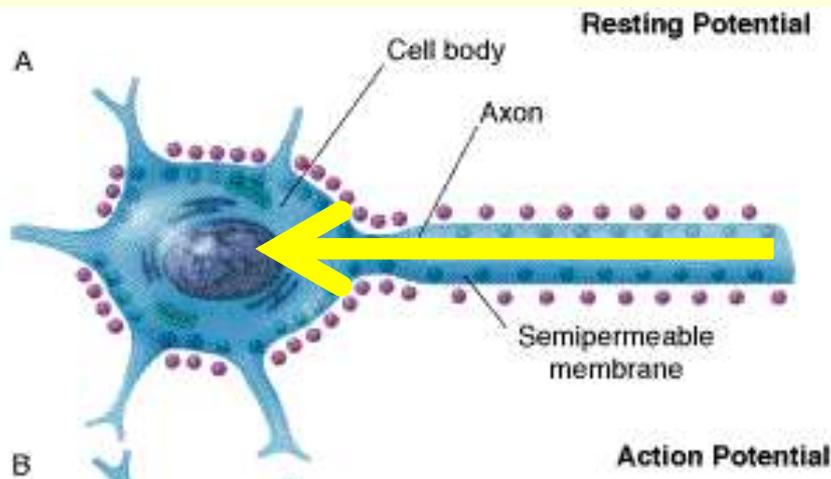
2) ~~Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont pas reliées en continu entre elles;~~

3) ~~Un neurone est composé de 3 parties : les dendrites, le corps cellulaire et l'axone;~~

4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).



Des couplages électriques donnent lieu à des potentiels d'action antidromiques.



La « théorie du neurone » :

1) **Le neurone** est l'unité structurelle et fonctionnelle de base du système nerveux;

2) Les neurones sont des cellules discrètes qui ne sont **pas reliées en continu entre elles**;

3) Un neurone est composé de 3 parties : les **dendrites**, le **corps cellulaire** et l'**axone**;

4) L'information circule le long d'un neurone **dans une direction** (des dendrites à l'axone, via le corps cellulaire).

Neuron. **2001** Sep 13;31(5):831-40.

Axo-axonal coupling.

A novel mechanism for ultrafast neuronal communication.

Schmitz D, et al.

Information processing in the axon.

Dominique Debanne. Nature Reviews Neuroscience 5, 304-316

(April **2004**)

« the functional capabilities of axons are much more diverse than traditionally thought.»

Electrotonic Coupling between Pyramidal Neurons in the Neocortex

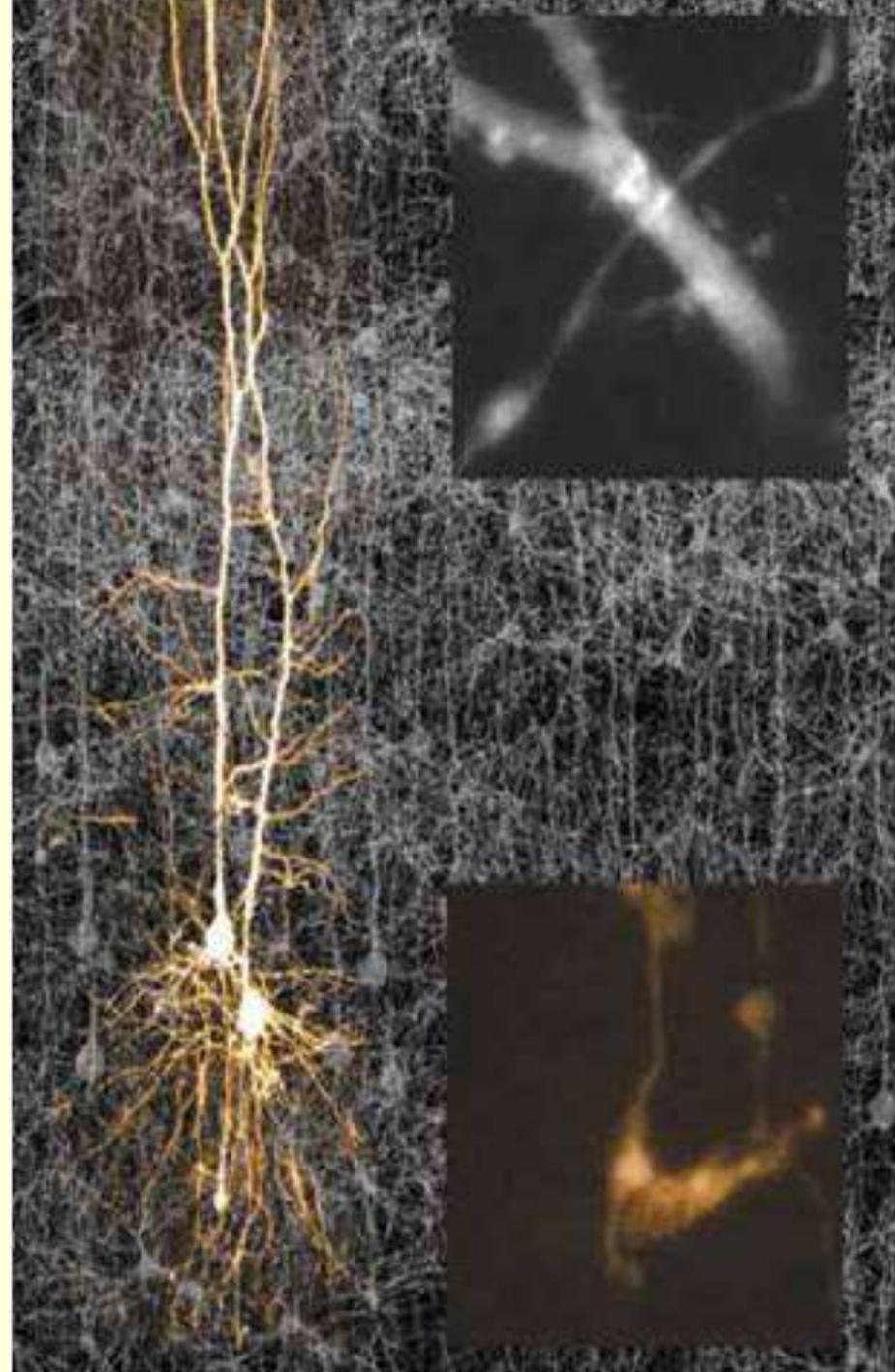
Yun Wang mail, et al., April 26, 2010

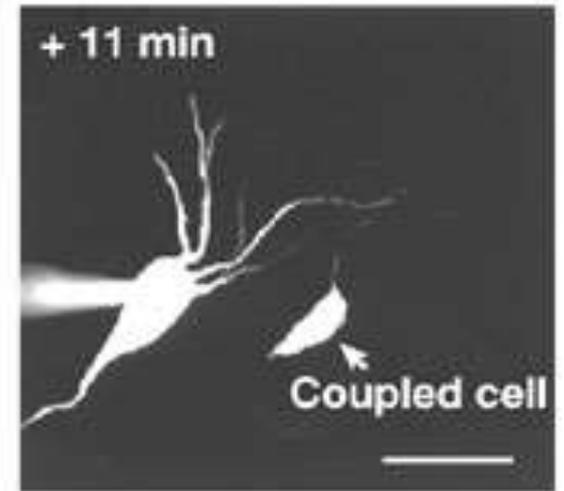
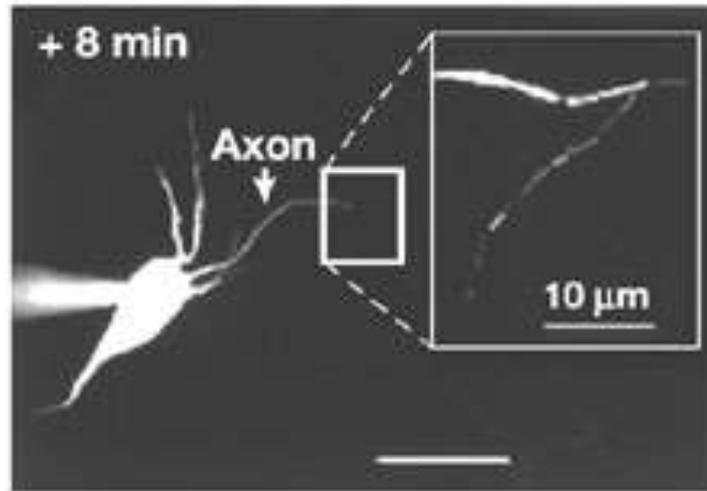
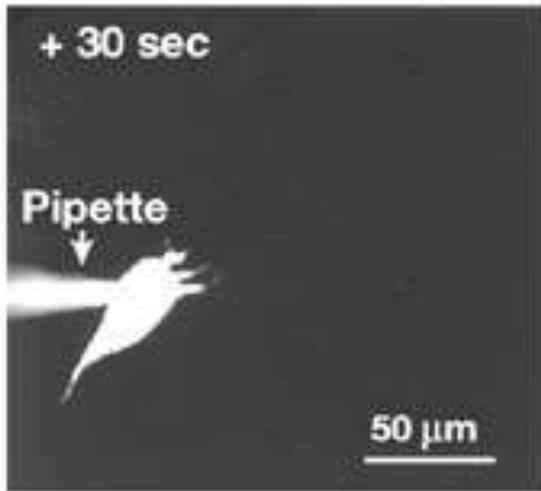
Couplages électriques enregistrés
entre des **neurones pyramidaux**

dans le **cortex préfrontal médian**
et dans le **cortex visuel**
du rat et du furet.

Potentiels d'action parfaitement
synchronisés entre
les neurones pyramidaux couplés.

Suggère un rôle dans la
synchronisation neuronale
dans le cortex...

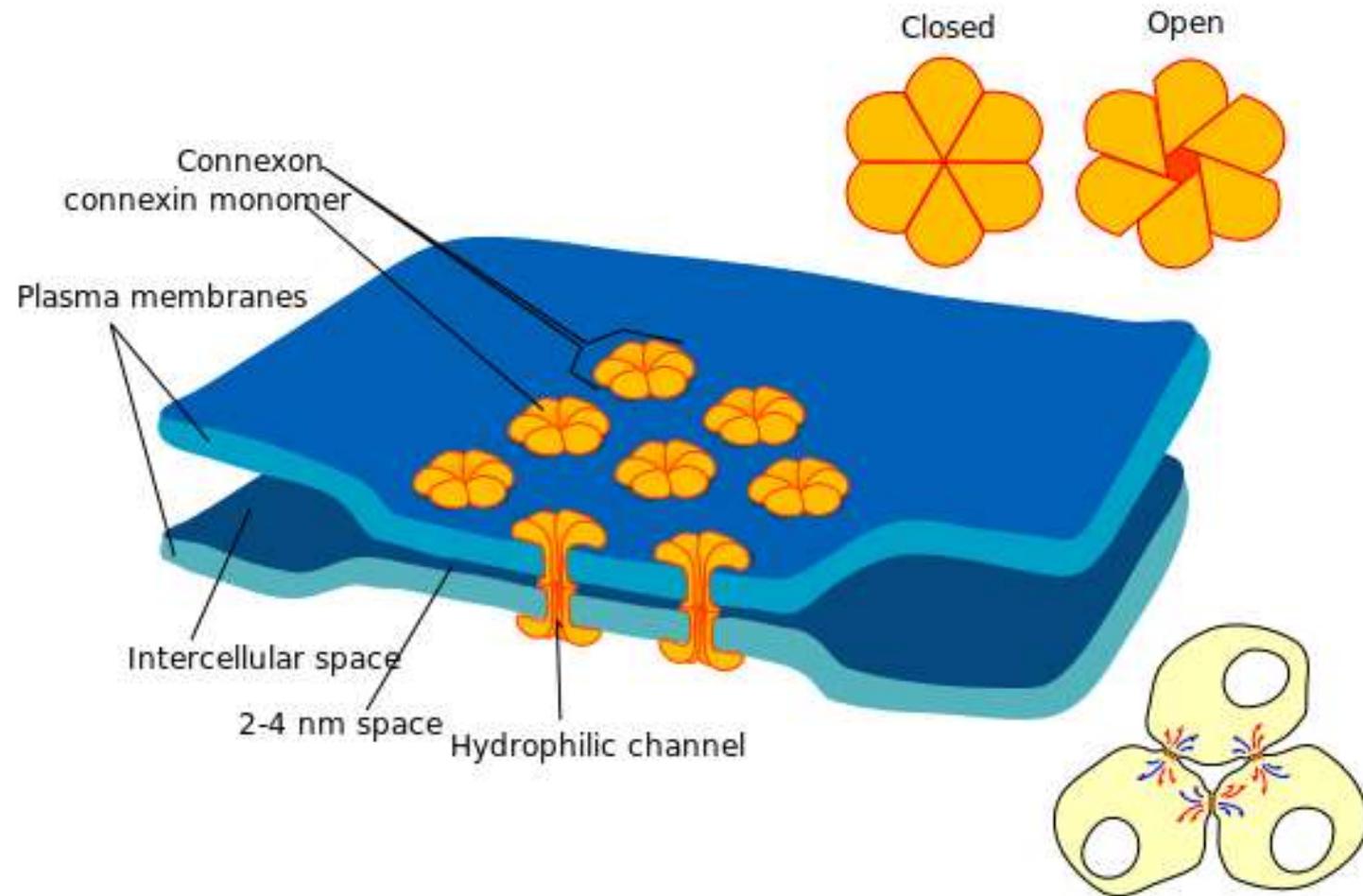


b

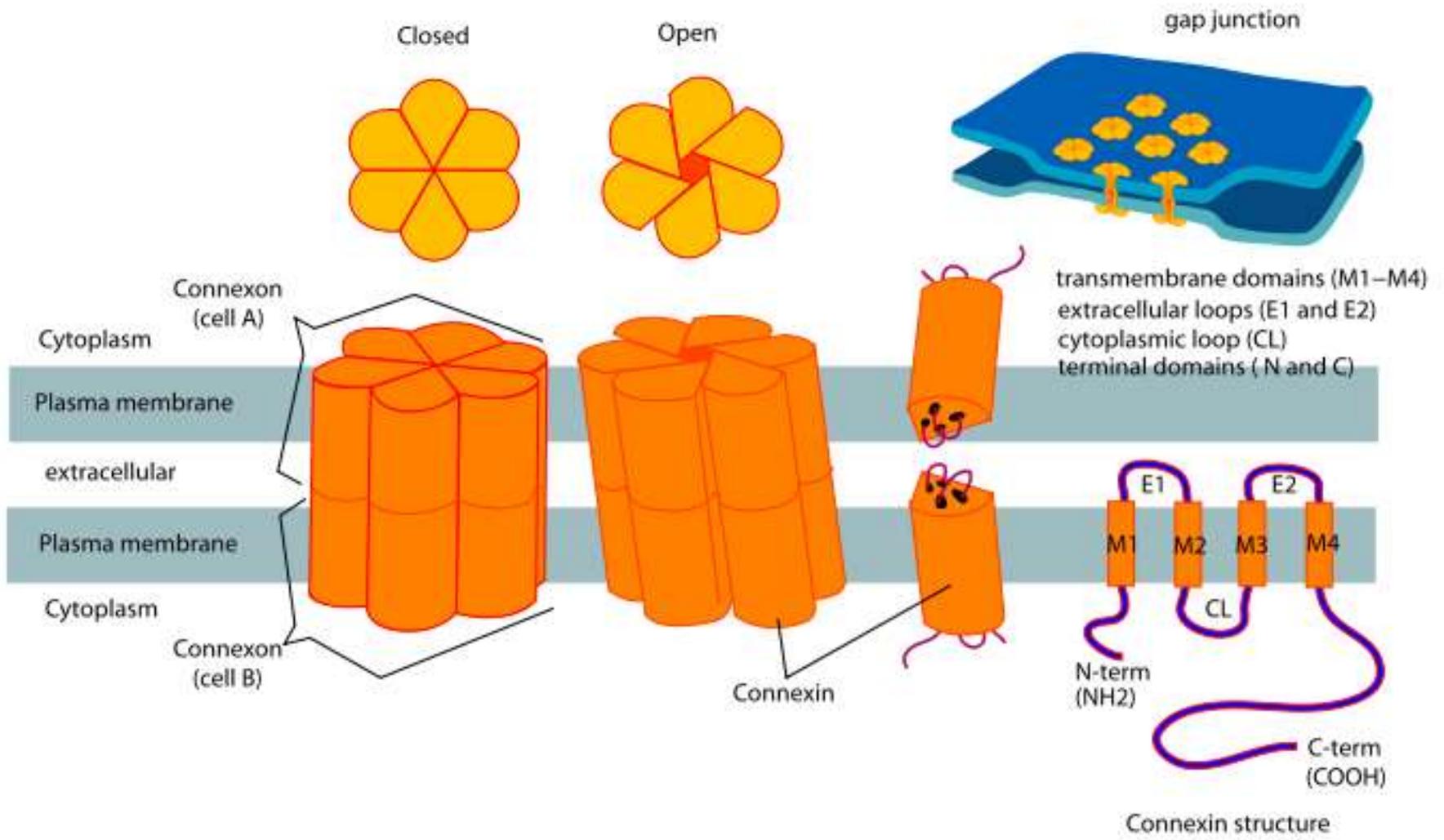
Nature Reviews | Neuroscience

Données anatomiques :

Information processing in the axon.
Dominique Debanne
Nature Reviews Neuroscience 5, 304-316
(April **2004**)

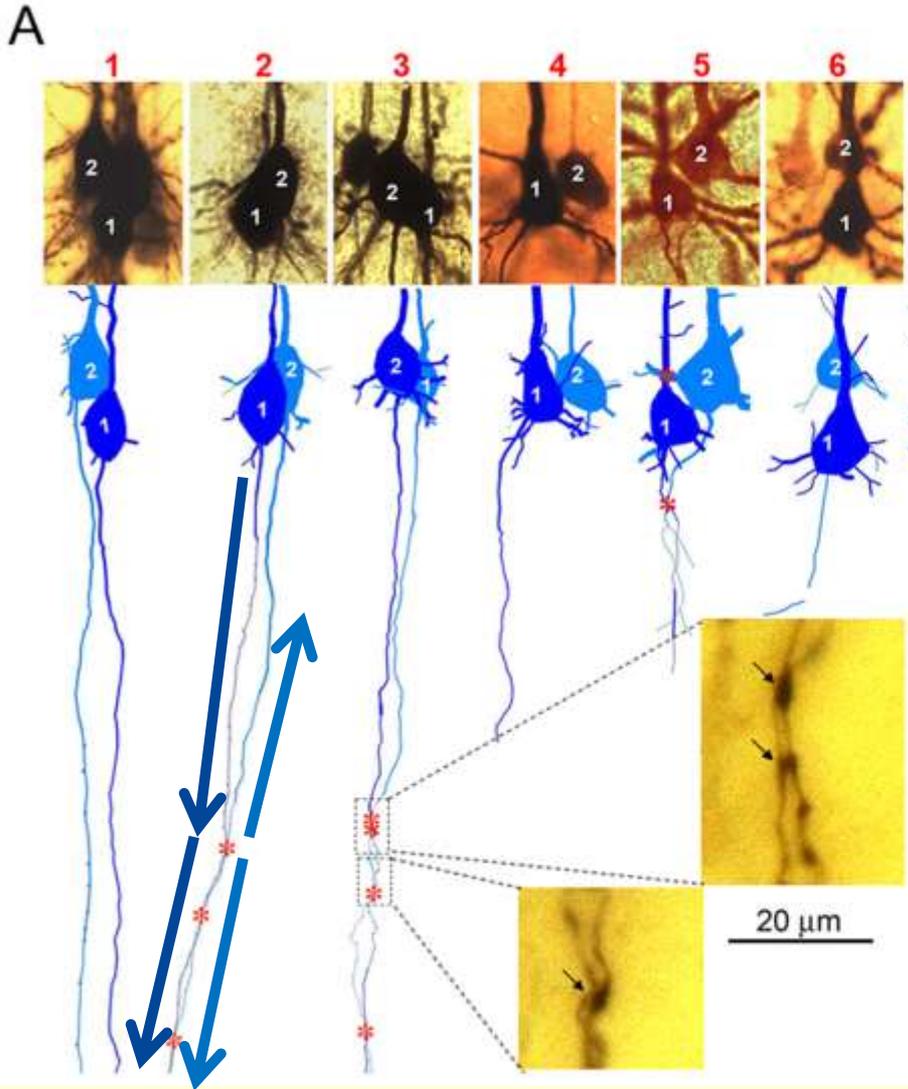


The gap junction is very small, 3 nanometers, (synapses that use neurotransmitters usually are 20 to 40 nanometers) and is very **fast** and **bidirectional**.



Two **connexin** six part molecules, one from each cell, form the channel.

Données physiologiques :



Gap junctions create gaps that connect animal cells.

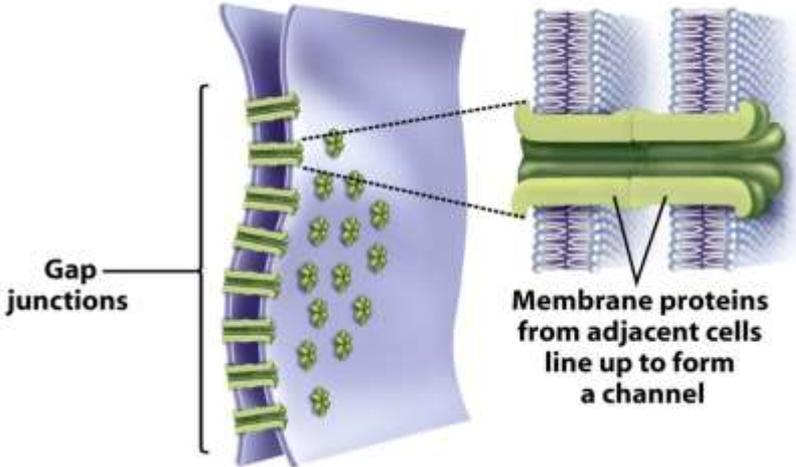
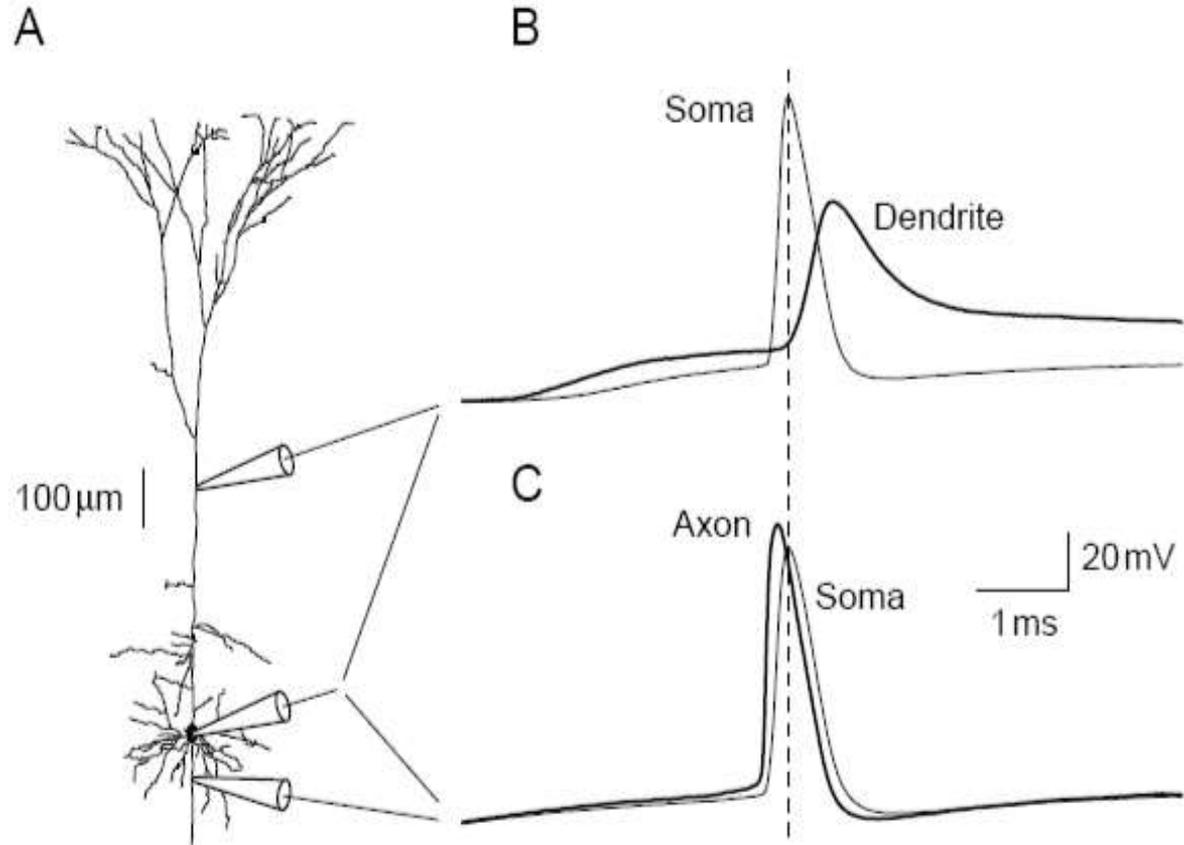
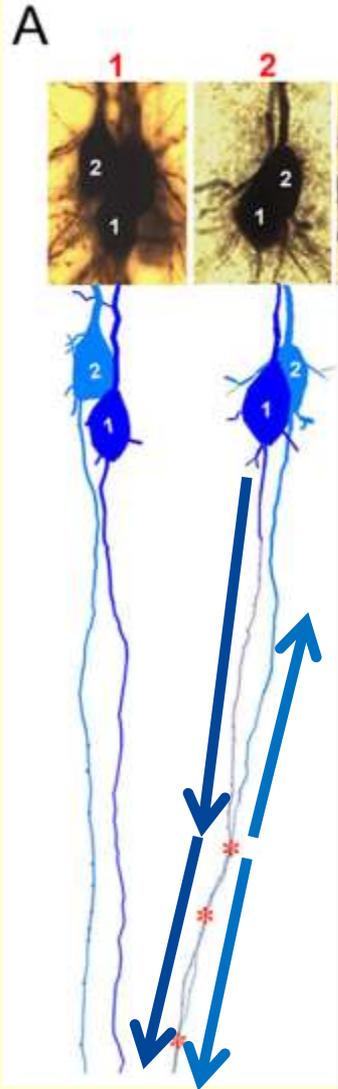


Figure 8-13b part 2 Biological Science, 2/e

On connaissait le phénomène depuis longtemps...



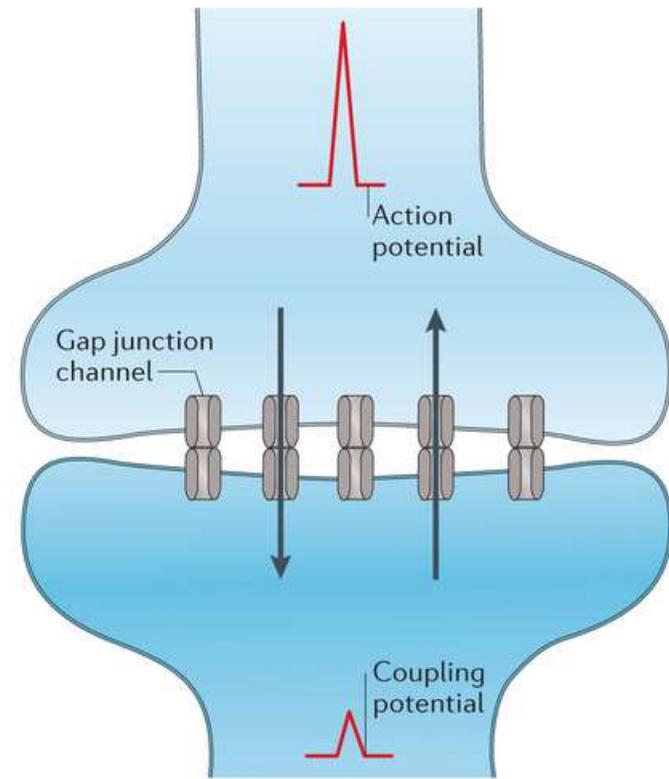
Le “coming out” de la synapse électrique

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

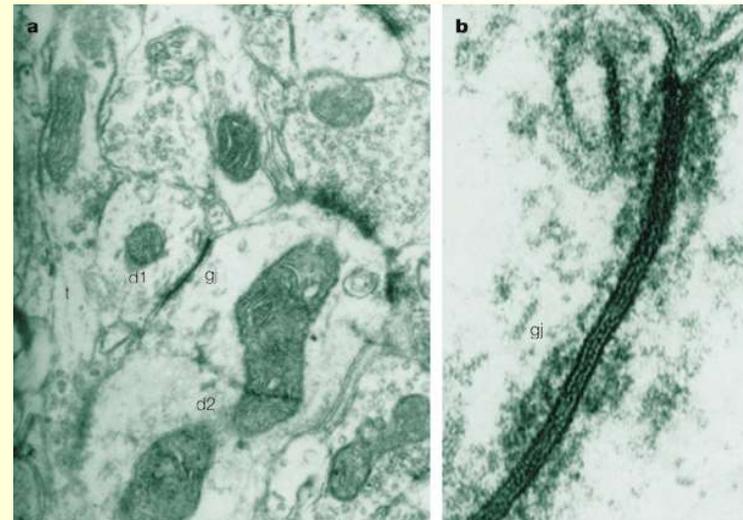
- les synapses électriques sont beaucoup **plus répandues** que ce que l'on croyait dans le cerveau humain.

- les synapses chimiques et électriques **interagiraient énormément**, que ce soit durant le développement de notre système nerveux que dans le cerveau humain adulte.

b Electrical synapse

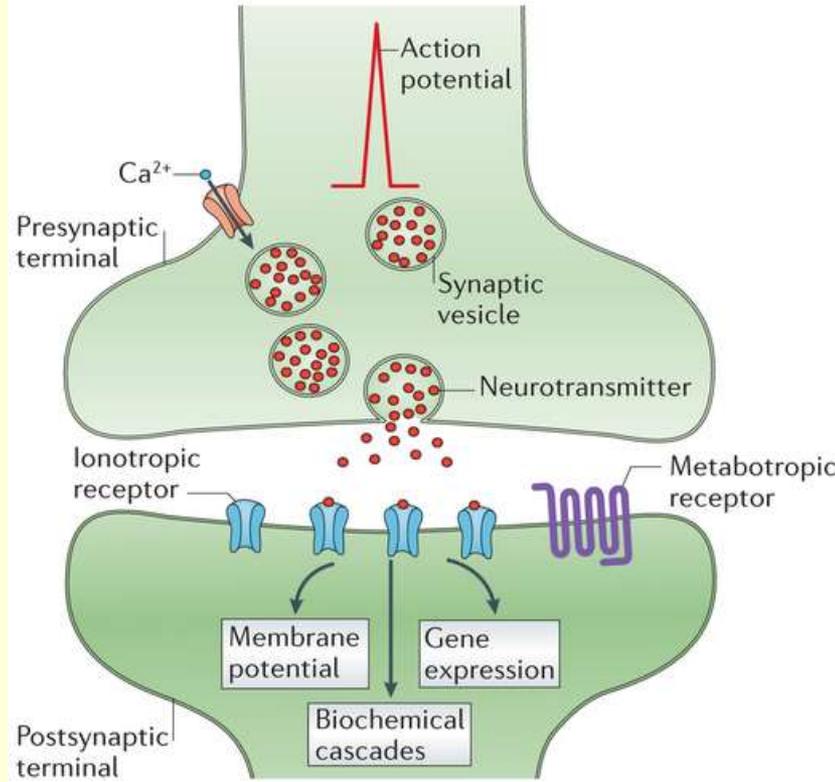


Nature Reviews | Neuroscience

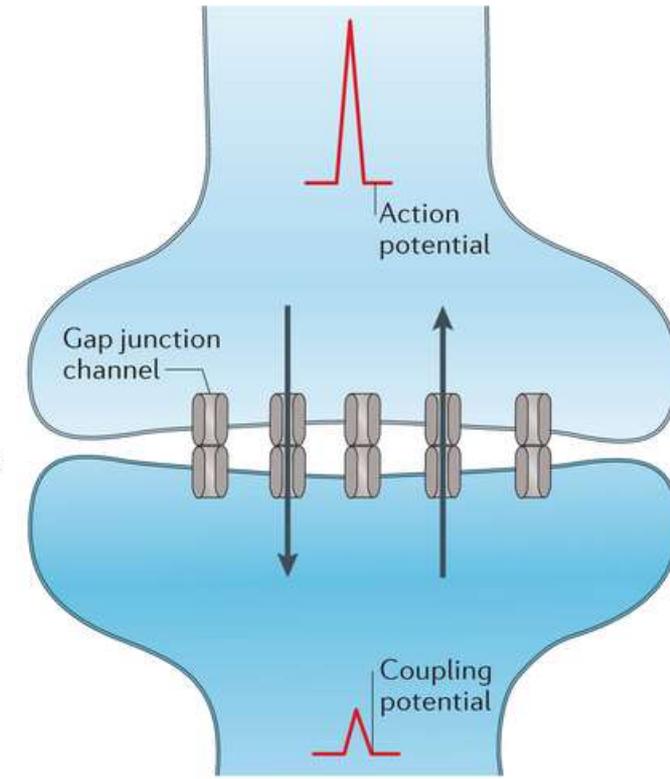


- la synapse électrique atteindrait des niveaux de complexité et de **plasticité** tout à fait comparable à la synapse chimique.

a Chemical synapse

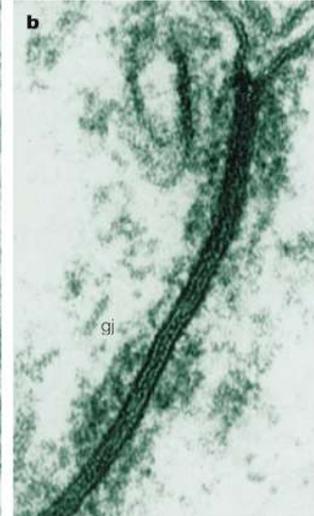
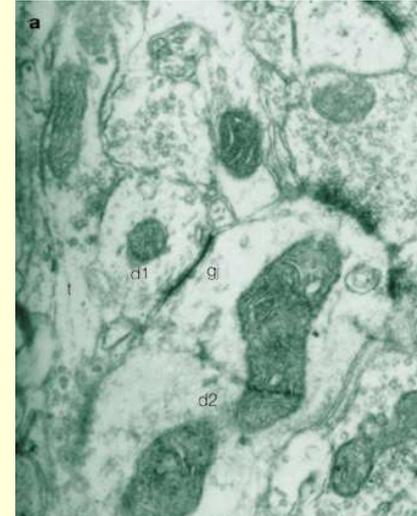


b Electrical synapse



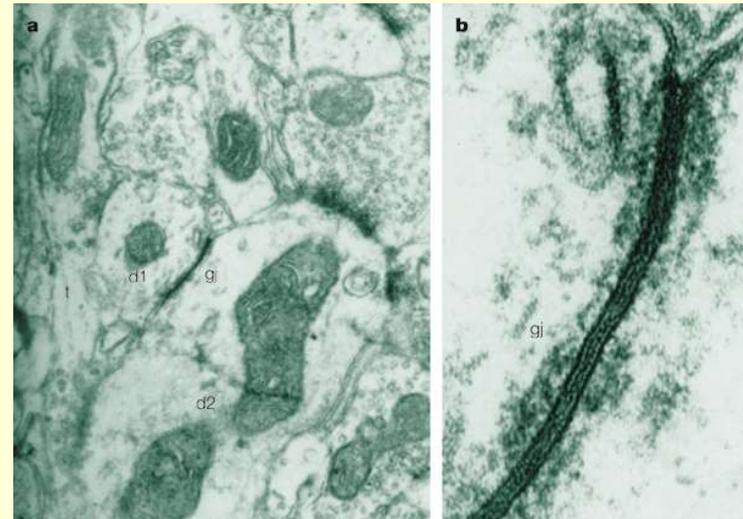
Nature Reviews | Neuroscience

- rappelons que ces connexions bidirectionnelles des synapses électriques étaient traditionnellement décrites comme rapides mais **rigides**, contrairement à la synapse chimique.



Synchronisation :

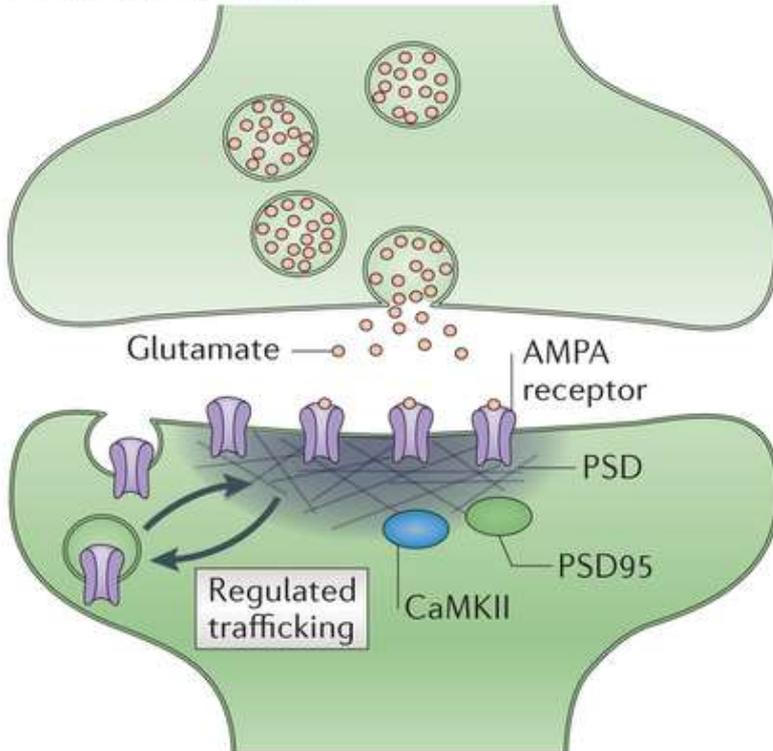
Les synapses électriques permettraient d'abord à de nombreux neurones de **synchroniser leur activité** en répartissant les excitations reçues par un neurone à ses voisins connectés par des synapses électriques.



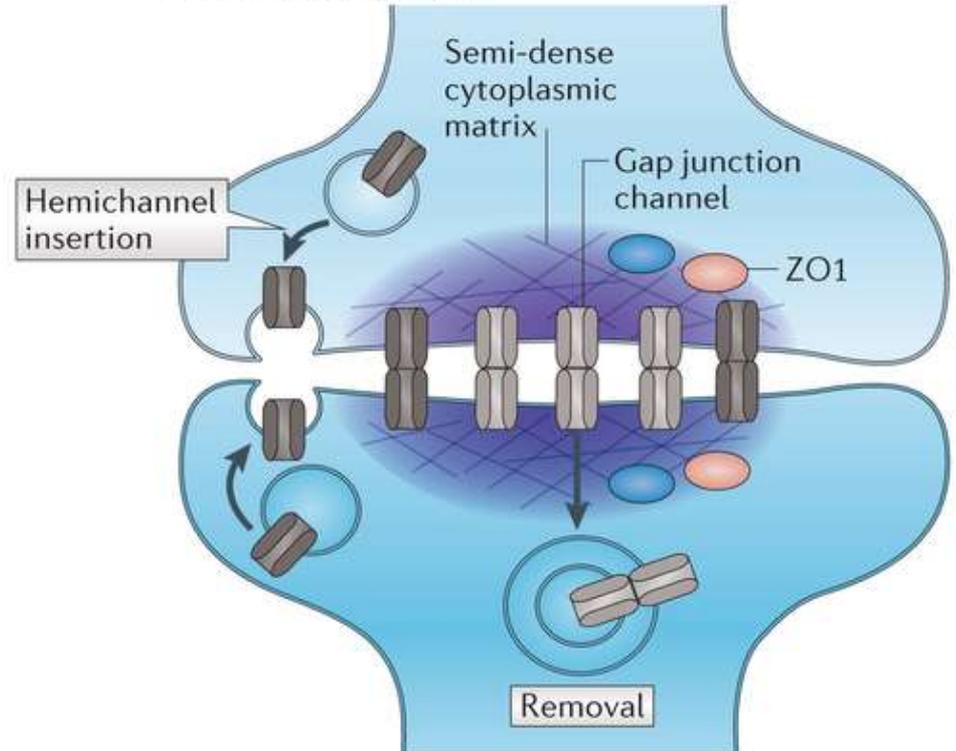
Plasticité :

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

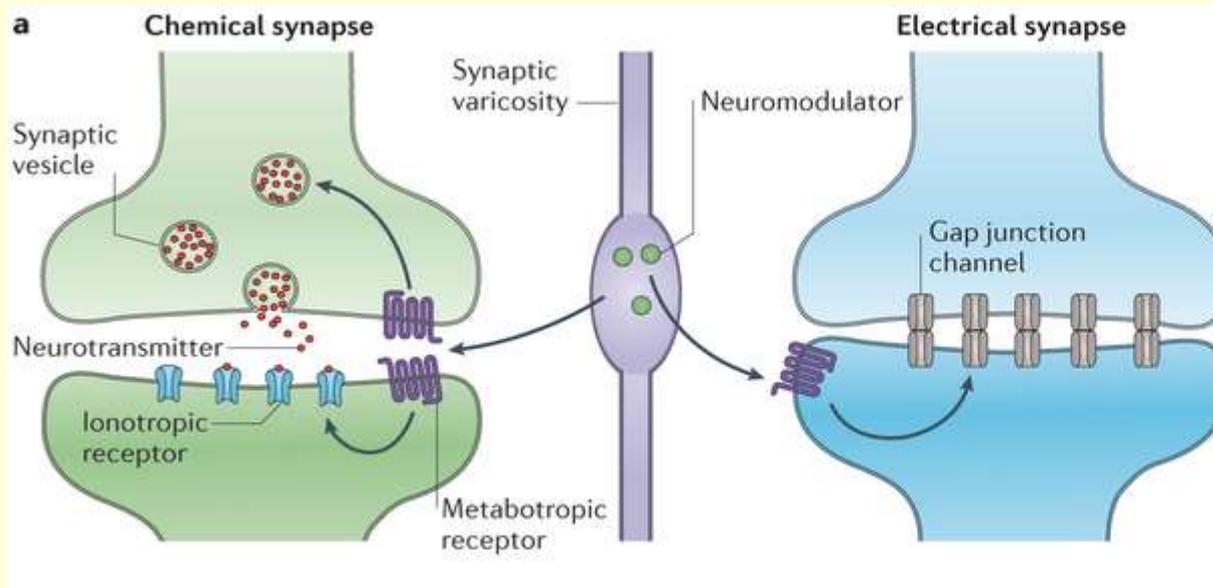


b Electrical synapse



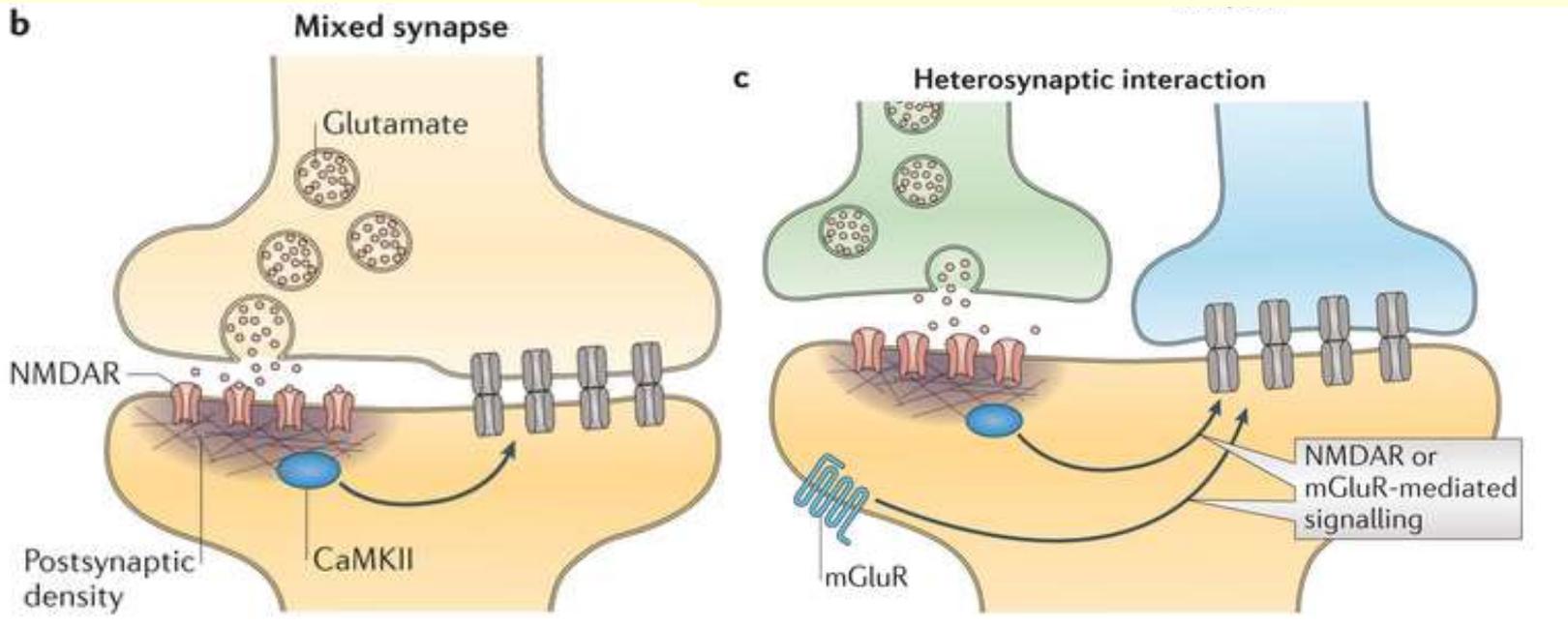
Neuromodulation :

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.

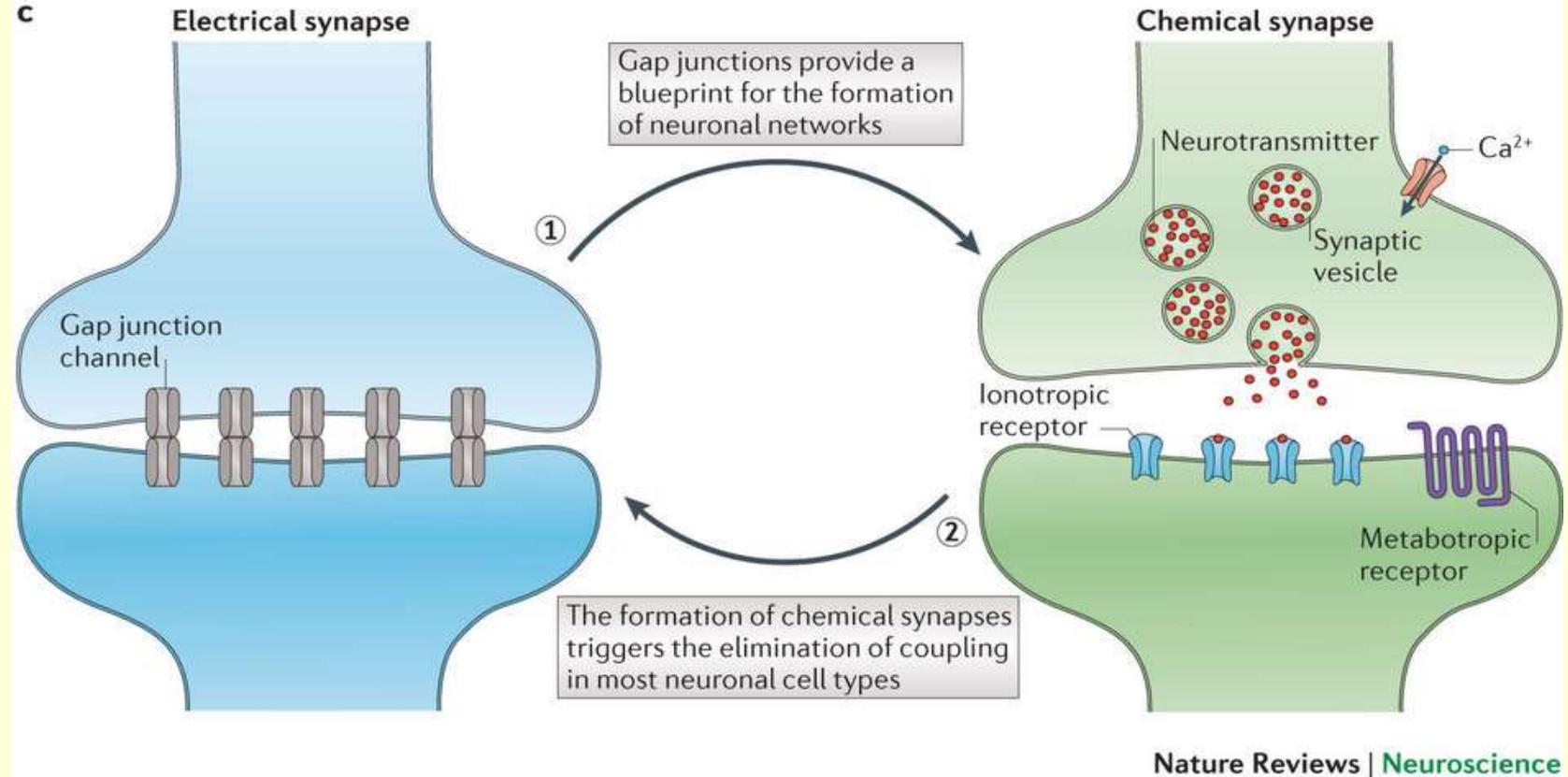


Synapses mixtes :

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

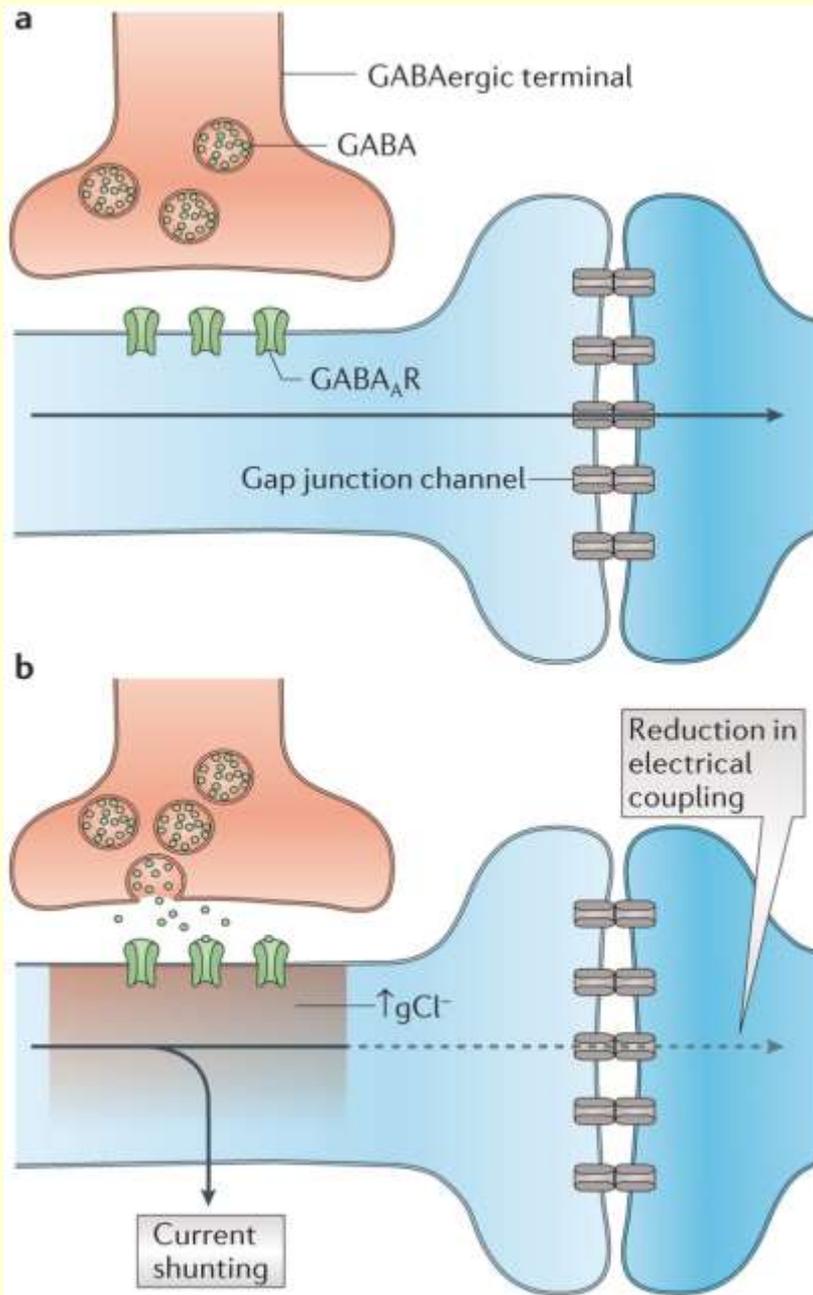


Ou mixtes
hétérosynaptiques.



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.**

Séance 3:

**L'humain
découvre la
grammaire de
base de son
système nerveux**

Plan de ce soir

L'élaboration de la « théorie du neurone » au début du XXe siècle

La chorégraphie des neurones et des cellules gliales durant le **développement** du cerveau

Le neurone déploie ses dendrites et son axone

La conduction électrique permet la communication rapide par l'influx nerveux

La transmission chimique au niveau de la synapse amène de la souplesse

Le neurone intègre constamment tous les messages qu'il reçoit

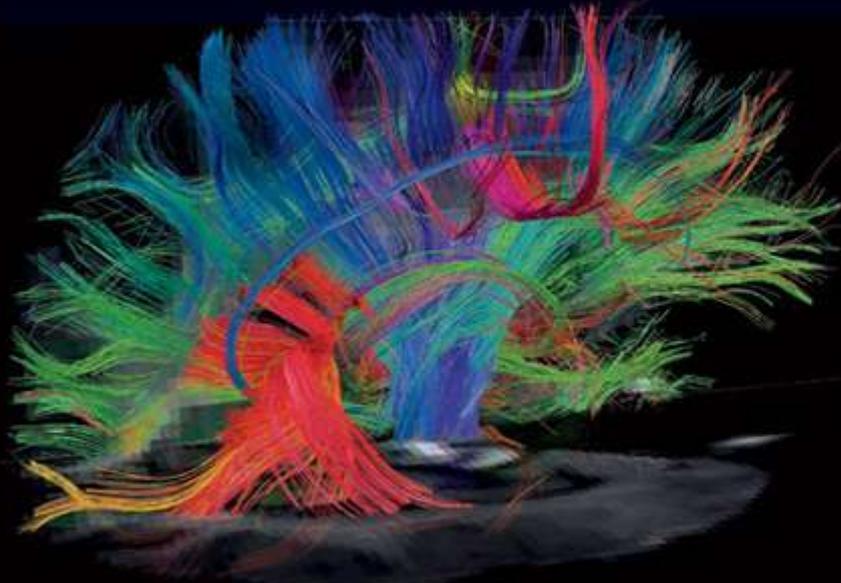
L'élagage neuronal pour raffiner les circuits

Les nombreuses mises à jour de la « théorie du neurone »

Après la pause et quelques questions/échanges:

Le cerveau est bien différent d'un ordinateur

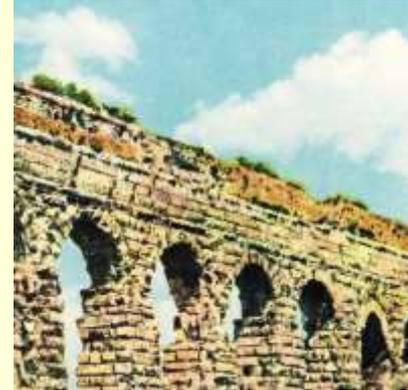
Ceci n'est pas un ordinateur



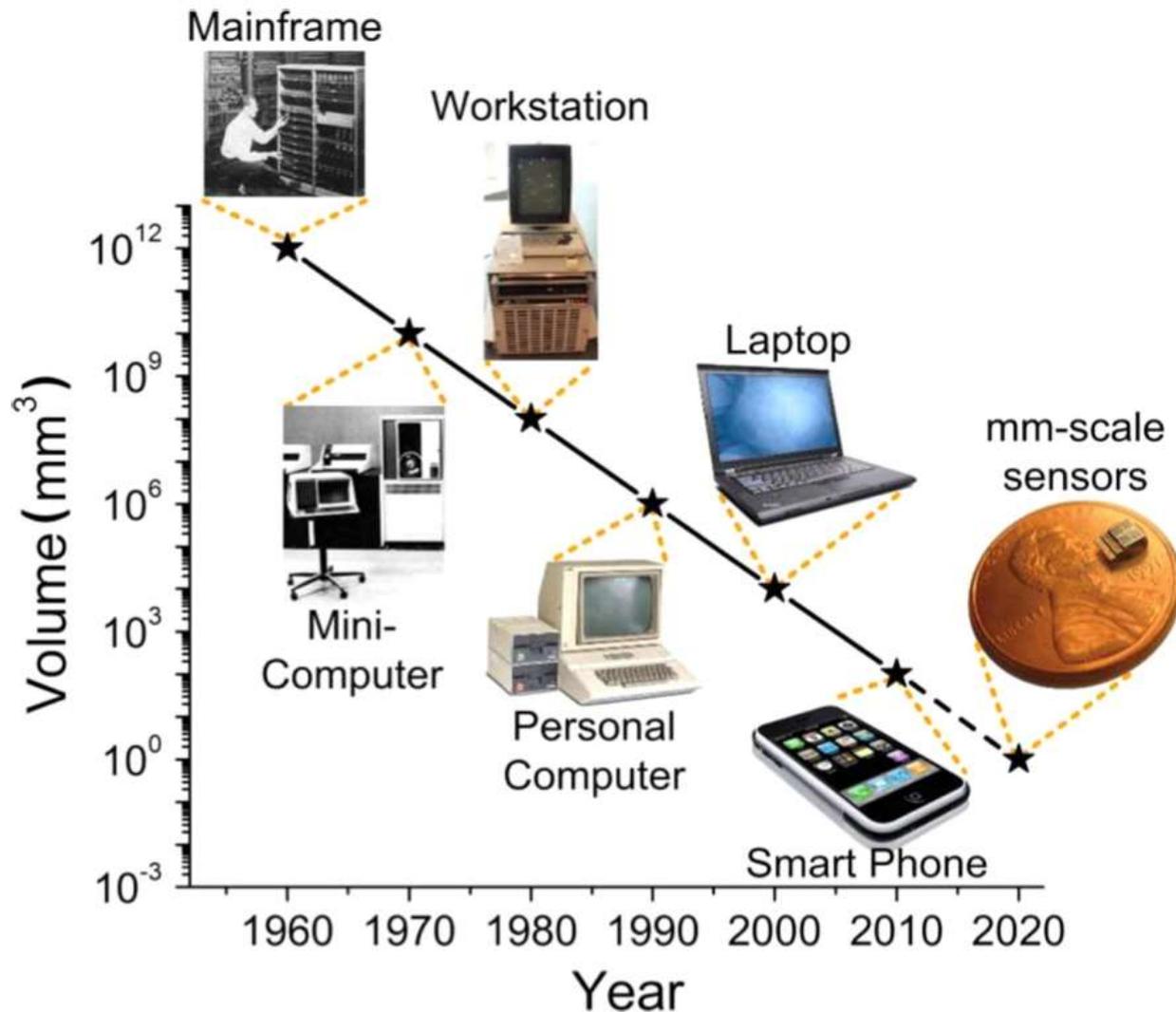
Lorsqu'on a compris que le cerveau était constitué d'éléments isolés capables de se transmettre rapidement de l'information, la fameuse (et mauvaise...) **analogie « cerveau = ordinateur »** est devenue de plus en plus séduisante.

Il est peut-être bon de rappeler ici que tout au long de l'Histoire occidentale, les technologies de pointe d'une époque ont toujours influencé les analogies utilisées pour tenter de comprendre l'esprit humain.

- les pompes et les fontaines étaient les métaphores dominantes derrière la conception de l'âme dans la Grèce Antique;
- la théorie des humeurs a dominé la médecine occidentale pendant 2000 ans;
- les engrenages et les ressorts des horloges ont joué un rôle similaire pour la pensée mécanisme durant le siècle des Lumières
- l'hydraulique était à l'honneur avec le concept de libido de Freud;
- les panneaux de contrôle avec fils des téléphonistes ("telephone switchboards") ont été utilisés par les behavioristes pour expliquer les réflexes;
- Etc...



Ce n'est donc pas surprenant que la "révolution cognitive", qui s'est faite en parallèle avec le développement de l'ordinateur, ait naturellement adopté cette métaphore.



Mais peu importe la technologie qui guide nos réflexions sur la cognition humaine,

il y a toujours le **risque que la métaphore puisse être poussées trop loin....**

Software



Sistema Operativo



MS Word



Antivirus

Hardware



« **L'esprit** » humain qui « roule » sur le **cerveau** humain.

Software



Sistema Operativo



MS Word



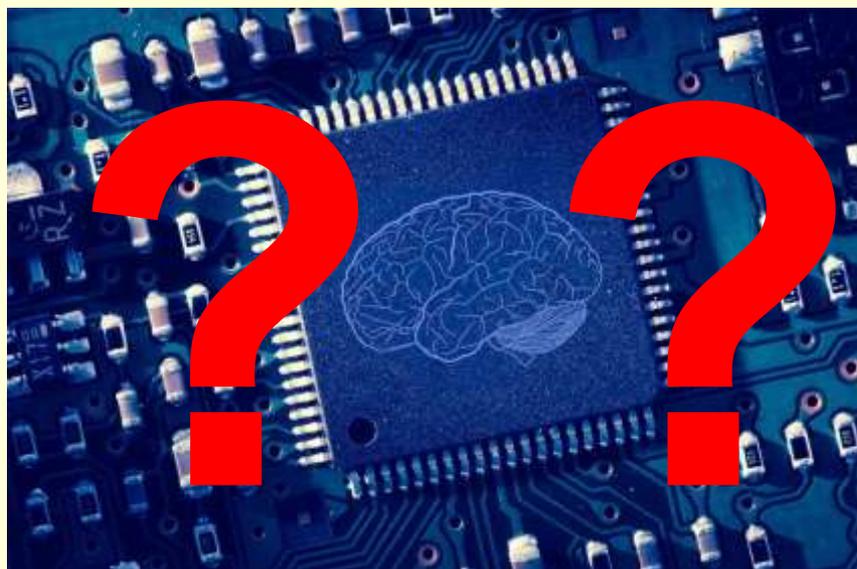
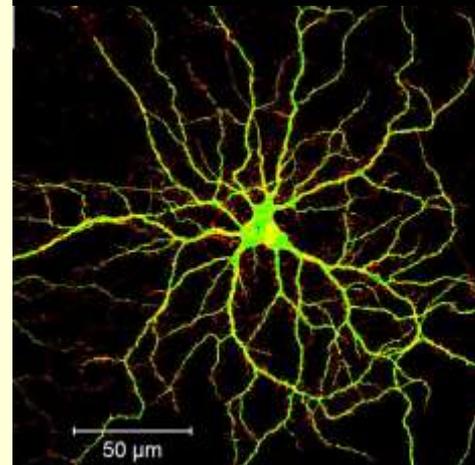
Antivirus

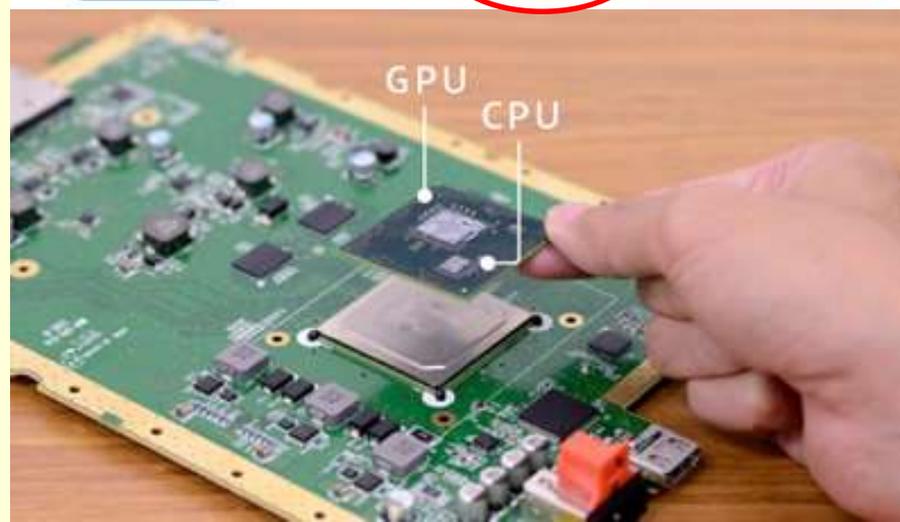
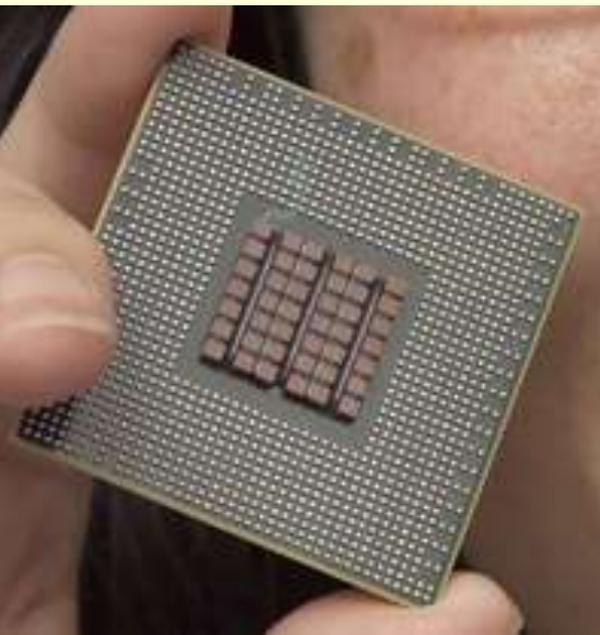
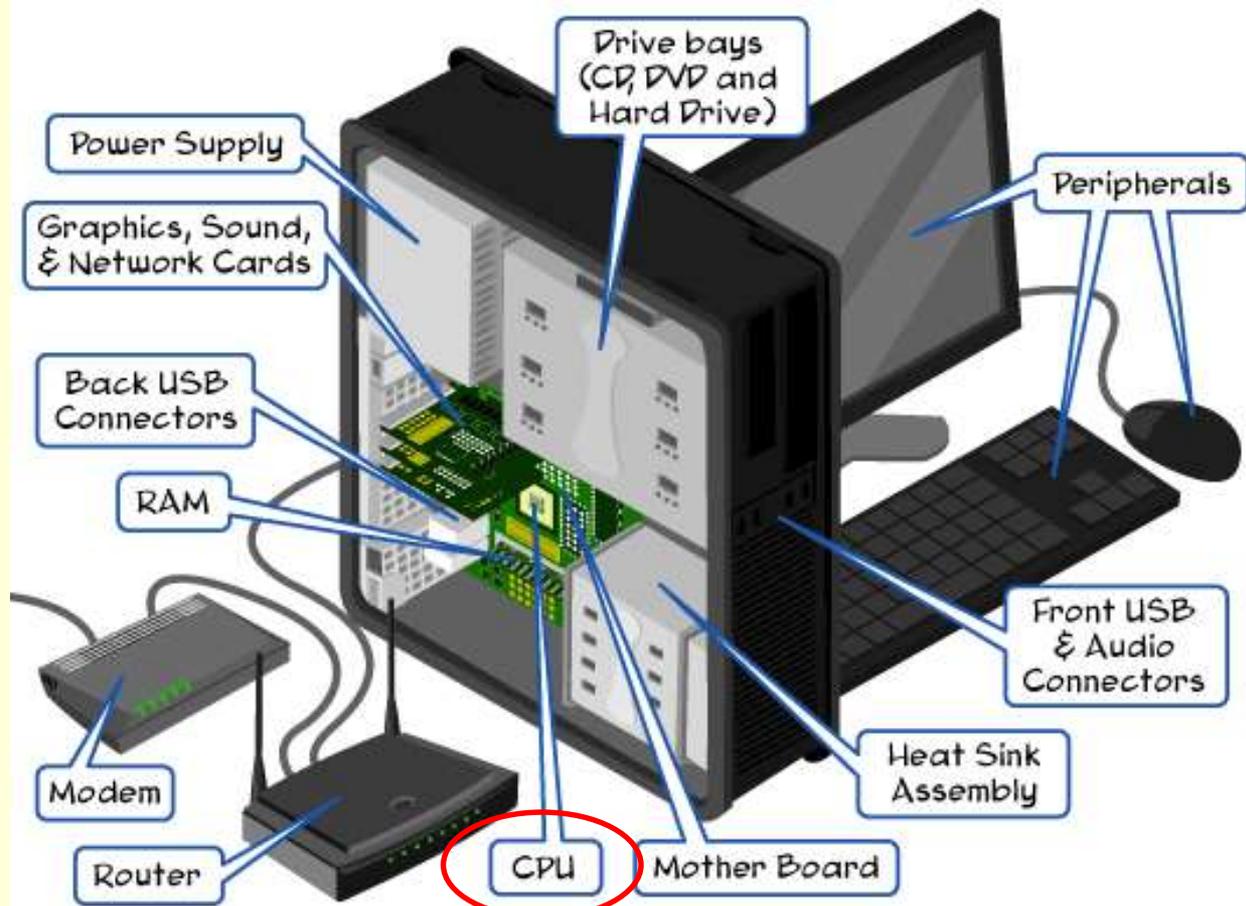
Hardware



?

=

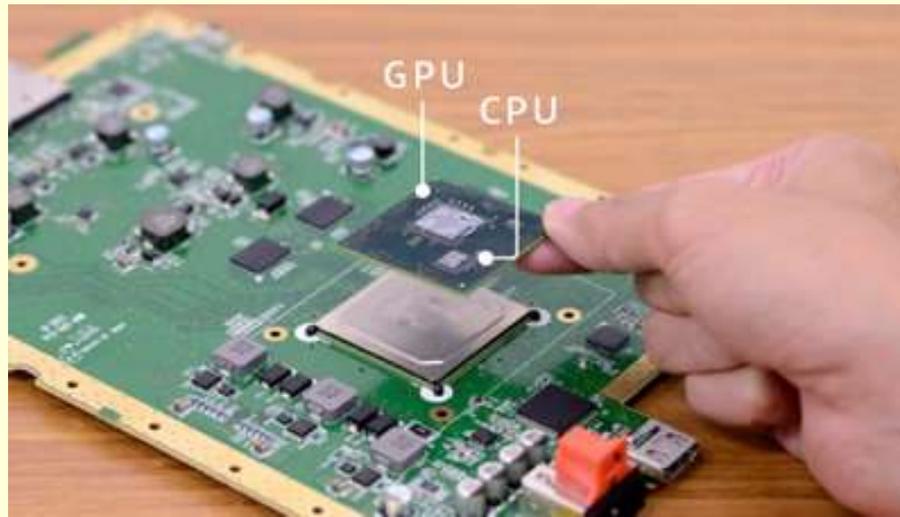
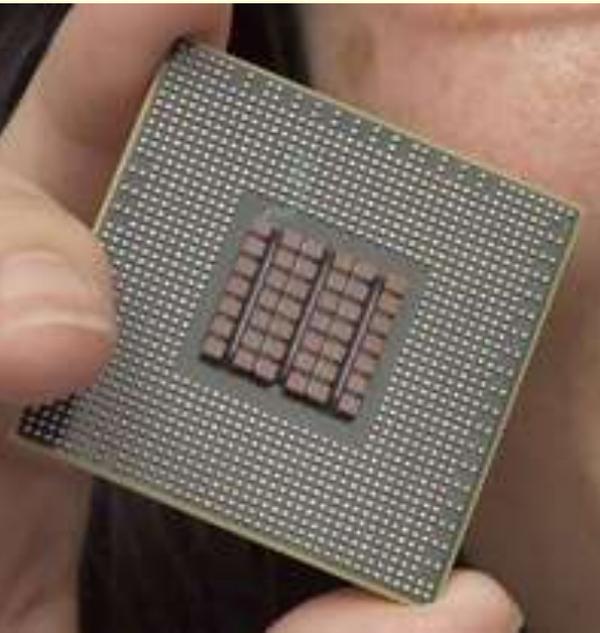




The CPU is often referred to as the brain of the computer.

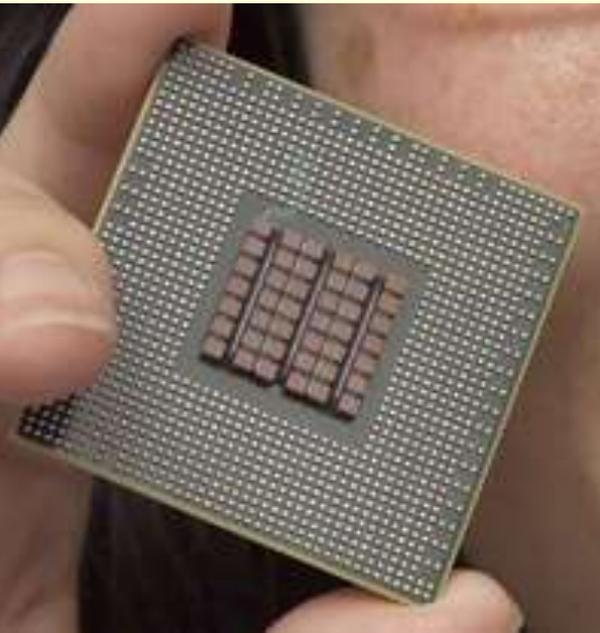
!?!?

<http://www.slideshare.net/DanielAtkinson96/internal-components-of-the-computer>

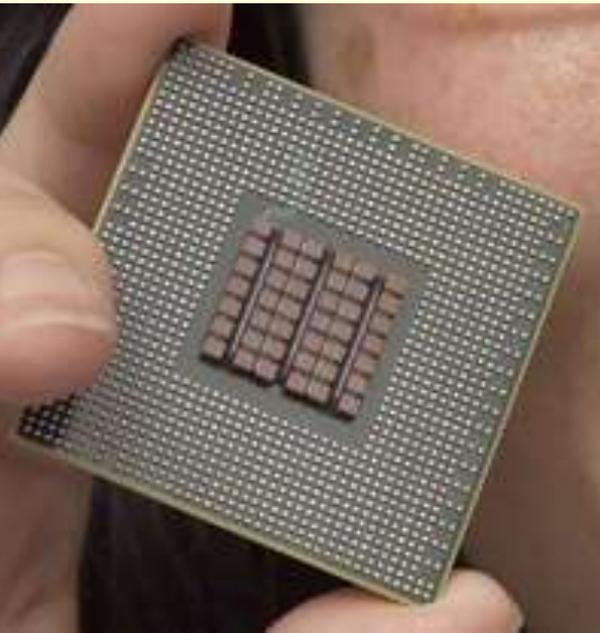




C'est l'invention du **transistor** en 1948 qui a ouvert la voie à la miniaturisation des composants électroniques

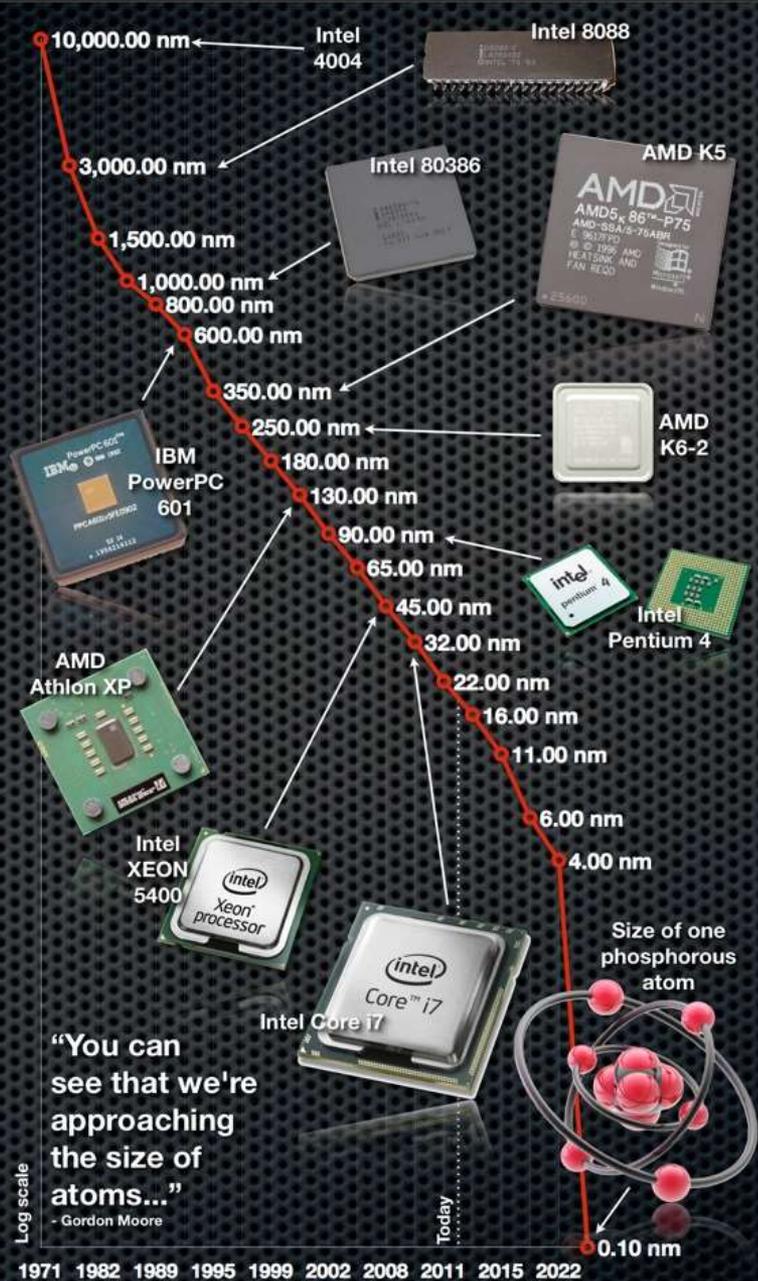


qui ont ensuite évolué jusqu'au **processeurs** ou *central processing unit* (**CPU**) d'aujourd'hui.

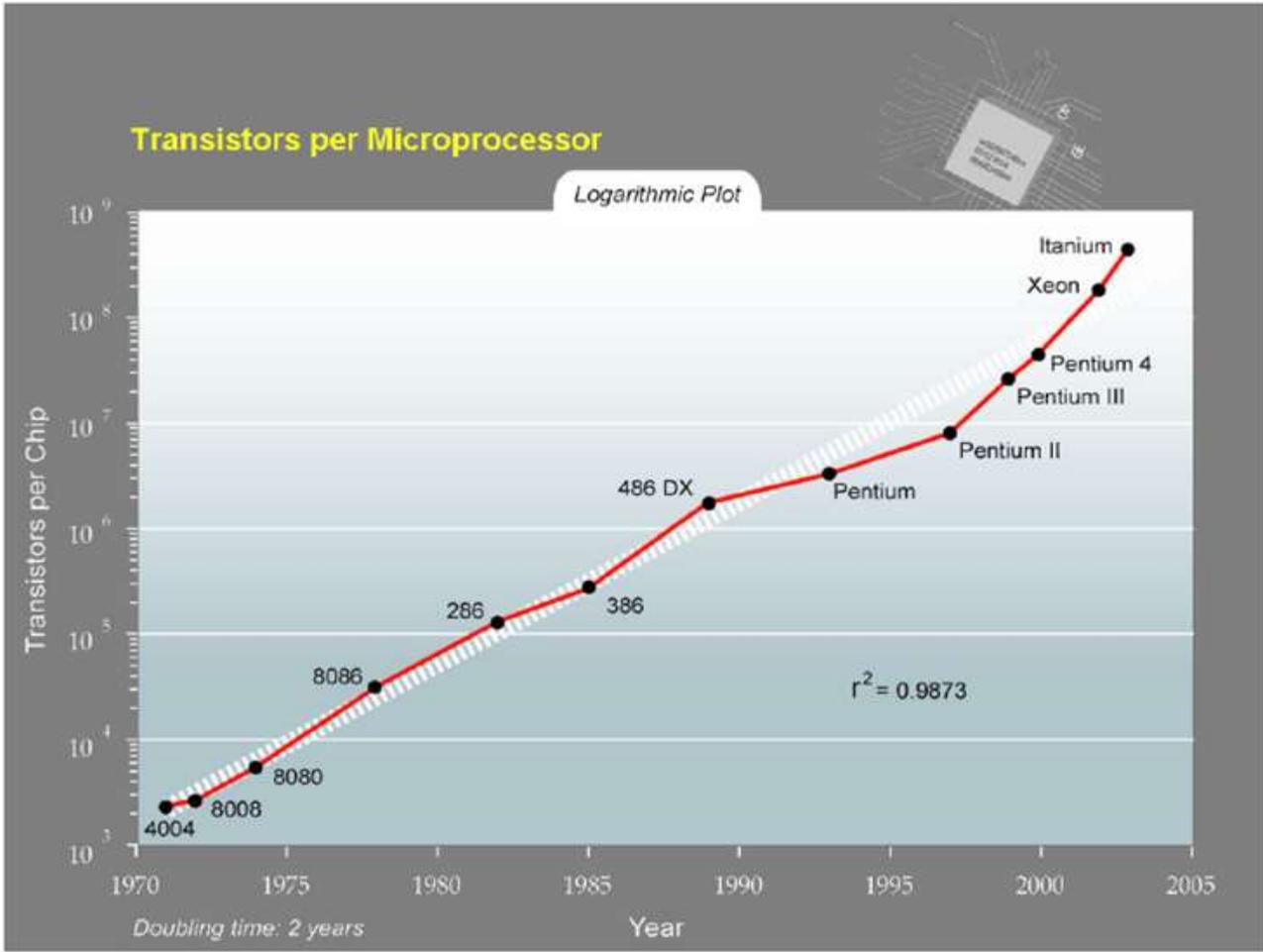
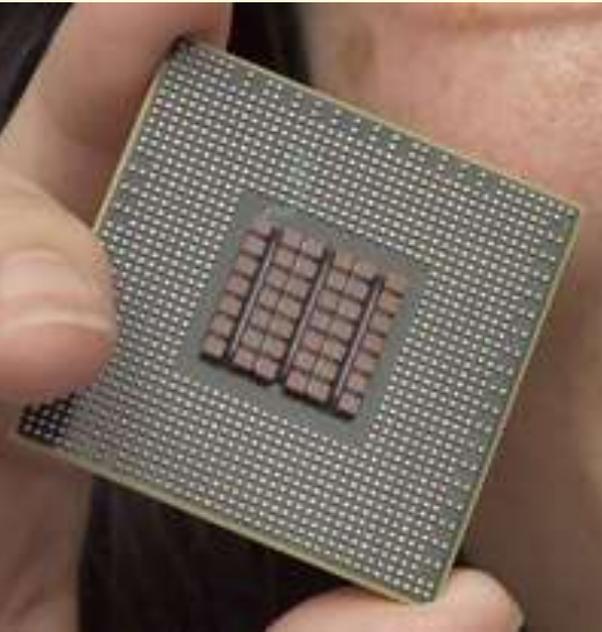


How small can a transistor be?

The evolution of microprocessor manufacturing processes



Étant de plus en plus petit, on peut mettre de plus en plus de transistors dans un CPU !

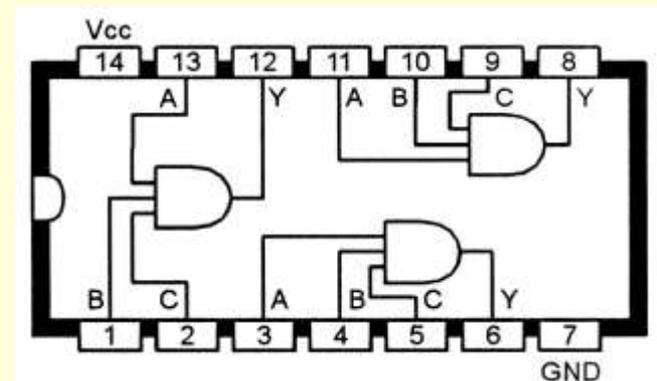
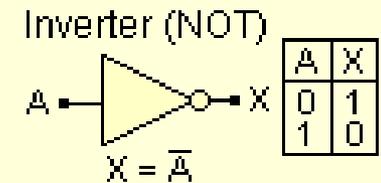
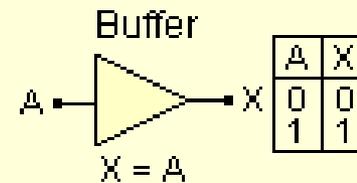
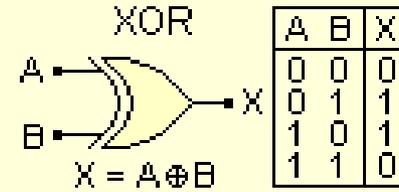
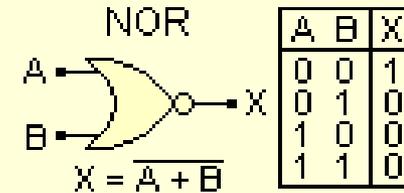
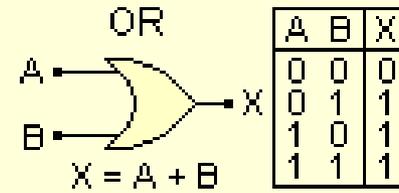
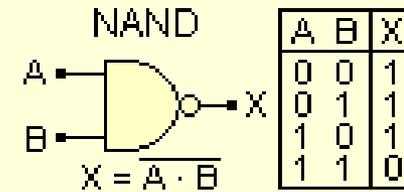
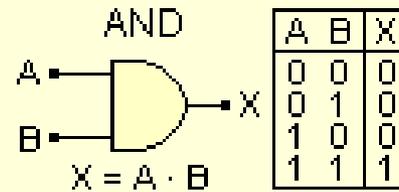


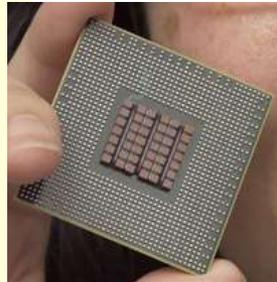
Les transistors fonctionnent de façon **binaire** : soit avec des "0" (absence de courant) ou avec des "1" présence de courant.



Différentes opérations **logiques** ou **mathématiques** peuvent être implémentées sur des transistors.

Et plusieurs de ces groupes de transistors représentant des opérations logiques sont ensuite agencés sur des microprocesseurs (CPU).



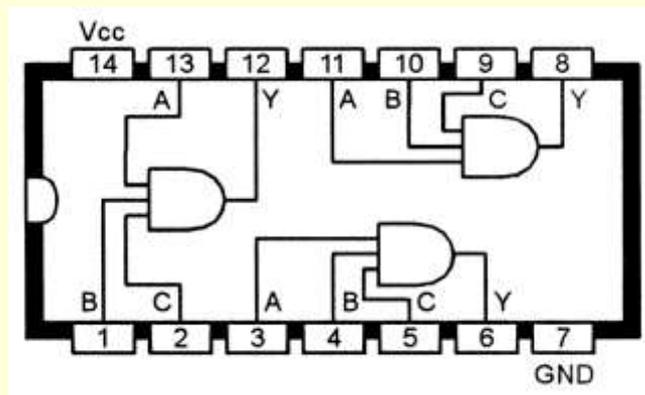
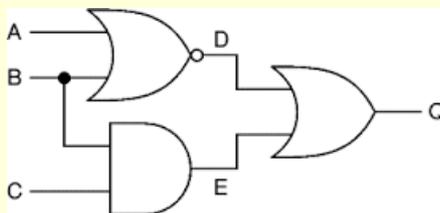


Hardware

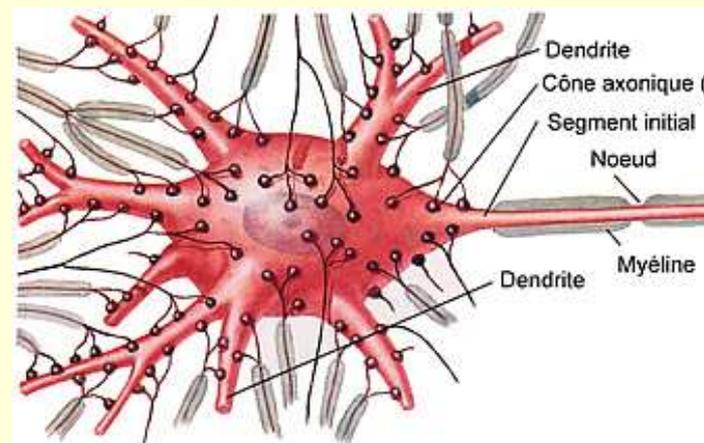


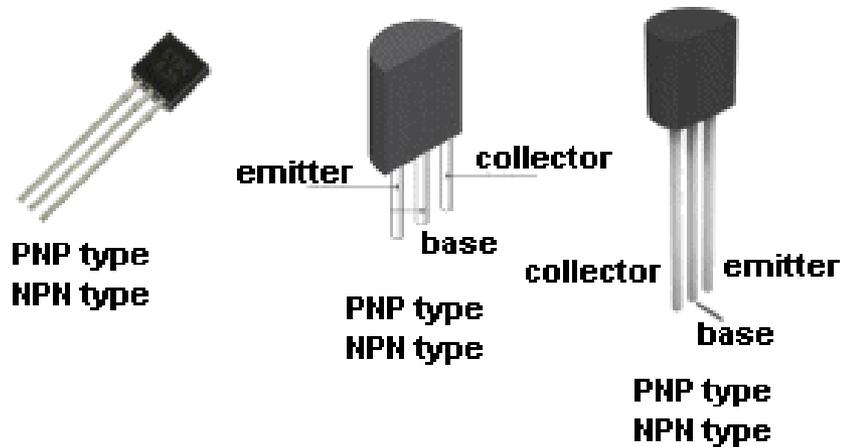
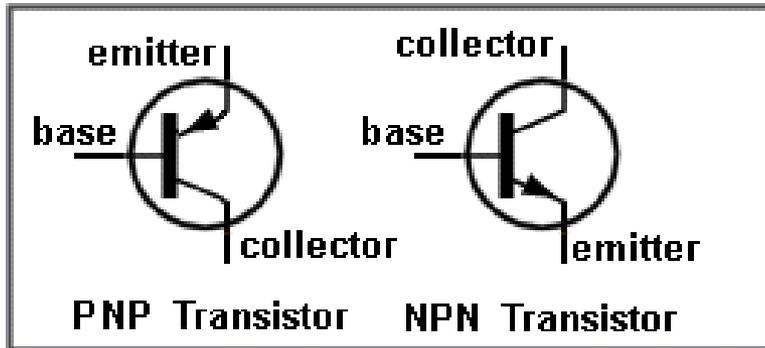
Nombre
d'unités
de base

10^{10} Transistors
Peu connectés

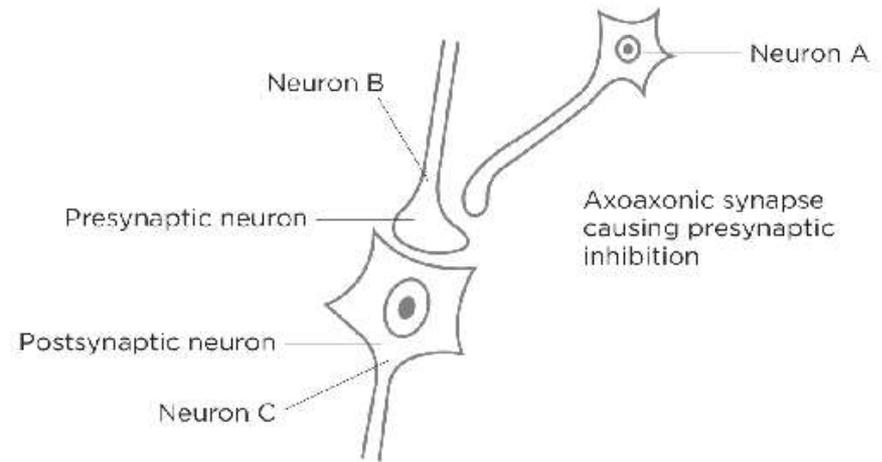


10^{11} **Neurones +**
 10^{11} **Cellules gliales**
Très connectés
(10^4 par neurone)

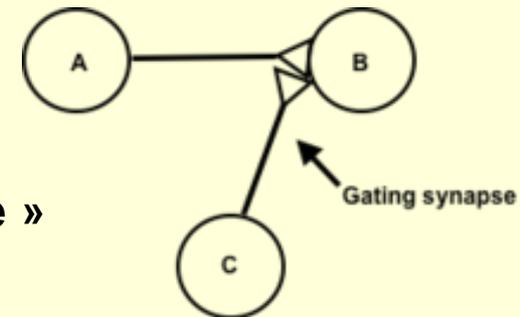




Presynaptic inhibition

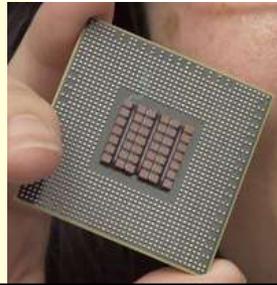


« Axo-axonal gated synapse »
(inhibition pré-synaptique)



Le neurone C contrôle l'efficacité entre le neurone A et B, un peu comme dans un transistor...

[séance #4, la semaine prochaine]



Hardware



Nombre
d'unités
de base

10^{10} Transistors
Peu connectés

10^{11} **Neurones +**
 10^{11} **Cellules gliales**
Très connectés
(10^4 par neurone)

Vitesse de
traitement

Horloge : 10 GHz
(10 milliardième de sec.)

En biologie, phénomène à
100 millionième de sec.
Influx nerveux : 2 millième sec.

À quelle vitesse voyage l'influx nerveux ?

Type de fibre nerveuse	Information véhiculée	Gaine de myéline	Diamètre (en micro-mètres)	Vitesse de conduction (en m/s)
A-alpha	Proprioception	myélinisée	13 - 20	80 - 120
A-beta	Toucher	myélinisée	6 - 12	35 - 90
A-delta	Douleur (mécanique et thermique)	myélinisée	1 - 5	5 - 40
C	Douleur (mécanique, thermique et chimique)	non-myélinisée	0.2 - 1.5	0.5 - 2



300 à
400 km/h



120 à
300 km/h

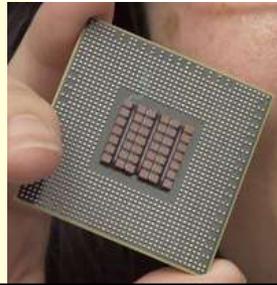


40 à
120 km/h



2 à
7 km/h

À titre de comparaison, la vitesse du signal électrique dans un fil de cuivre est de 98 millions de km/h, soit environ **300 000 fois plus vite** que nos fibre A-alpha !



Hardware



Nombre
d'unités
de base

10^{10} Transistors
Peu connectés

Vitesse de
traitement

Horloge : 10 GHz
(10 milliardième de sec.)

Type de
computation

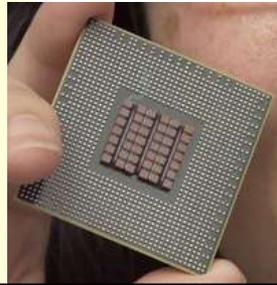
Traitement de l'information
(surtout) séquentiel via la
connectivité fixe du CPU

10^{11} **Neurones +**
 10^{11} **Cellules gliales**
Très connectés
(10^4 par neurone)

En biologie, phénomène à
100 millionième de sec.
Influx nerveux : 2 millième sec.

Traitement de l'information
en parallèle via connectivité
adaptative (plastique)

[séance #4]



Hardware



Nombre
d'unités
de base

10^{10} Transistors
Peu connectés

Vitesse de
traitement

Horloge : 10 GHz
(10 milliardième de sec.)

Type de
computation

Traitement de l'information
(surtout) séquentiel via la
connectivité fixe du CPU
Digital

10^{11} **Neurones +**
 10^{11} **Cellules gliales**
Très connectés
(10^4 par neurone)

En biologie, phénomène à
100 millionième de sec.
Influx nerveux : 2 millième sec.

Traitement de l'information
en parallèle via connectivité
adaptative (plastique)
Digital ? Analogique ?
Autre ?

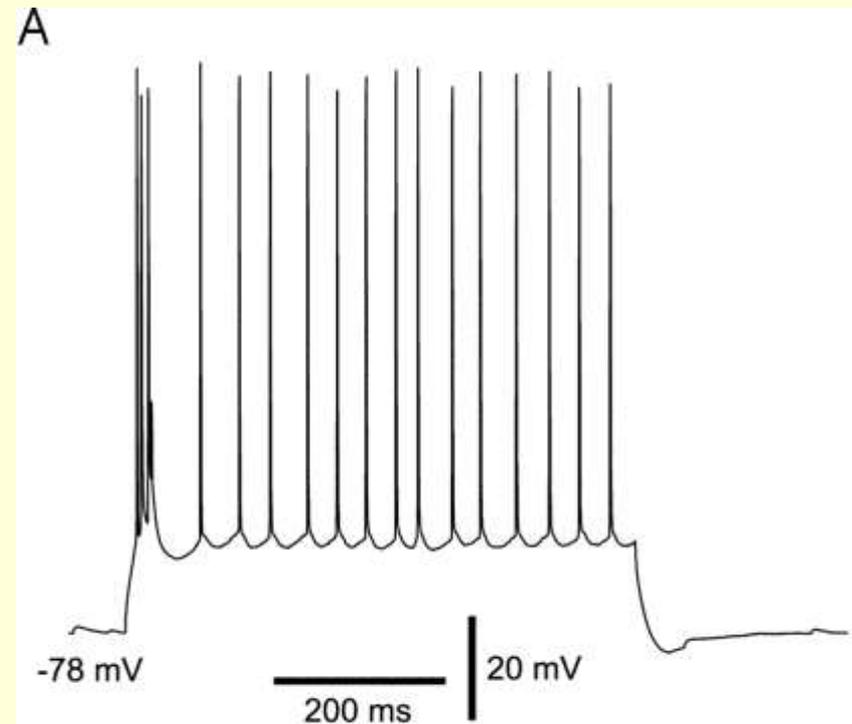
Quel type de computation ?

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)

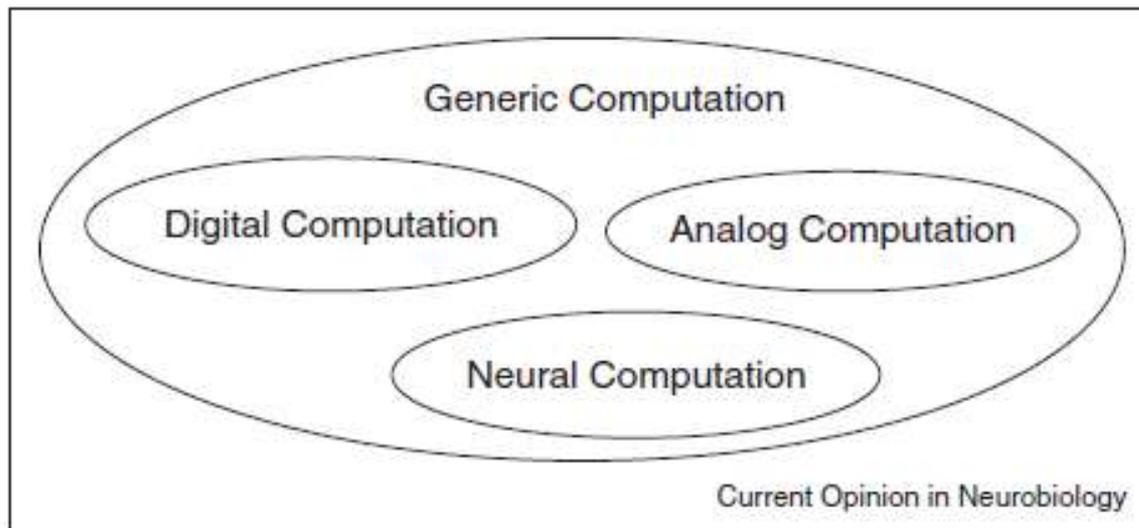
Autrement dit, la pertinence fonctionnelle du signal neuronal dépend d'aspects non digitaux du signal comme le taux de **décharge des potentiels d'action** et la **synchronisation de l'activité neuronale**.

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>



10^{11} Neurones +
 10^{11} Cellules gliales
Très connectés
(10^4 par neurone)

En biologie, phénomène à
100 millionième de sec.
Influx nerveux : 2 millième sec.

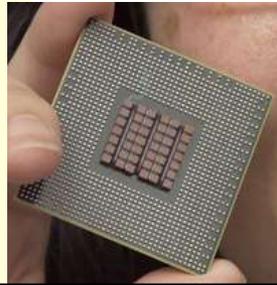
Traitement de l'information en
parallèle via connectivité
adaptative (plastique)
Neuronal

Exemple où l'ordinateur a de meilleures performances:
le jeu d'échecs

- Système formel
- Ensemble fini de pièces
- Position de départ
- Ensemble de règles de transition

Meilleures
performances
pour

Problèmes logiques,
mathématiques, traitement
symbolique, etc.



Hardware



Nombre
d'unités
de base

10^{10} Transistors
Peu connectés

10^{11} **Neurones +**
 10^{11} **Cellules gliales**
Très connectés
(10^4 par neurone)

Vitesse de
traitement

Horloge : 10 GHz
(10 milliardième de sec.)

En biologie, phénomène à
100 millionième de sec.
Influx nerveux : 2 millième sec.

Type de
computation

Traitement de l'information
(surtout) séquentiel via la
connectivité fixe du CPU
Digital

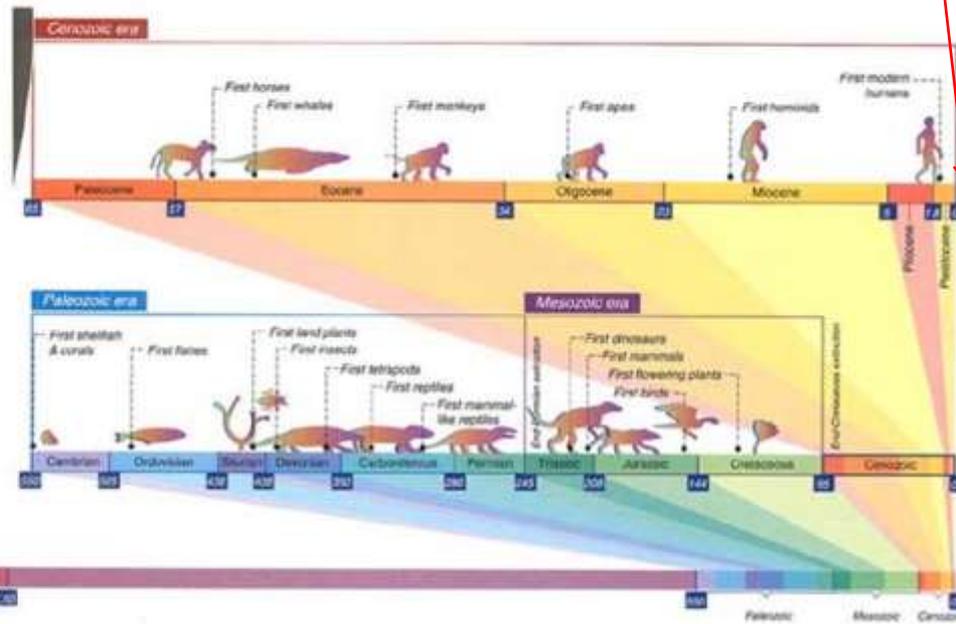
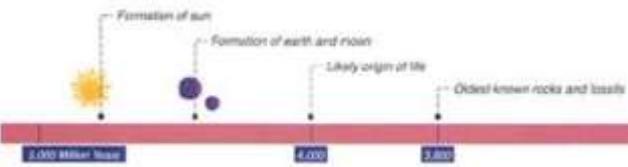
Traitement de l'information en
parallèle via connectivité
adaptative (plastique)
Neuronal

Meilleures
performances
pour

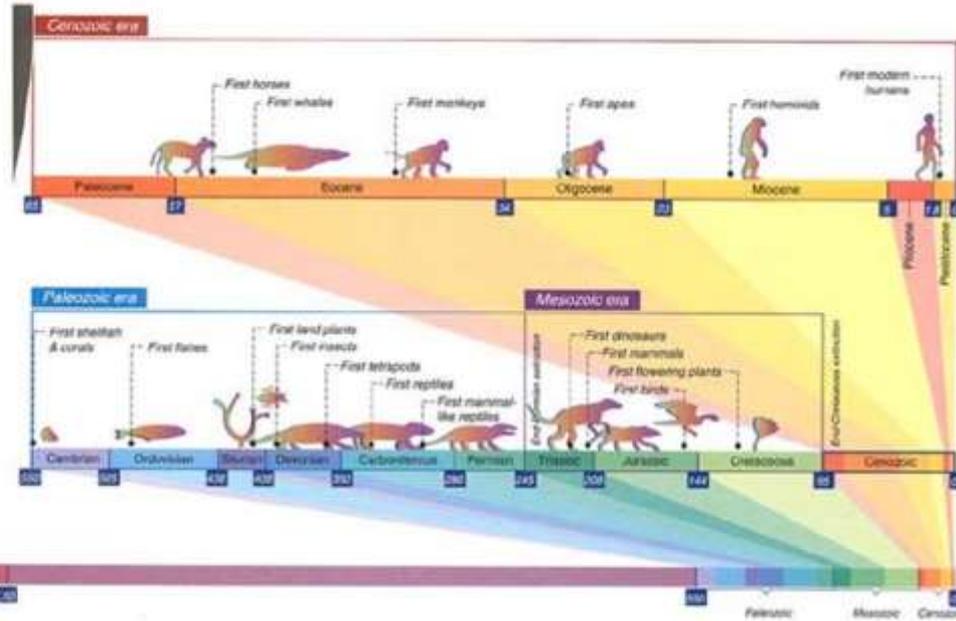
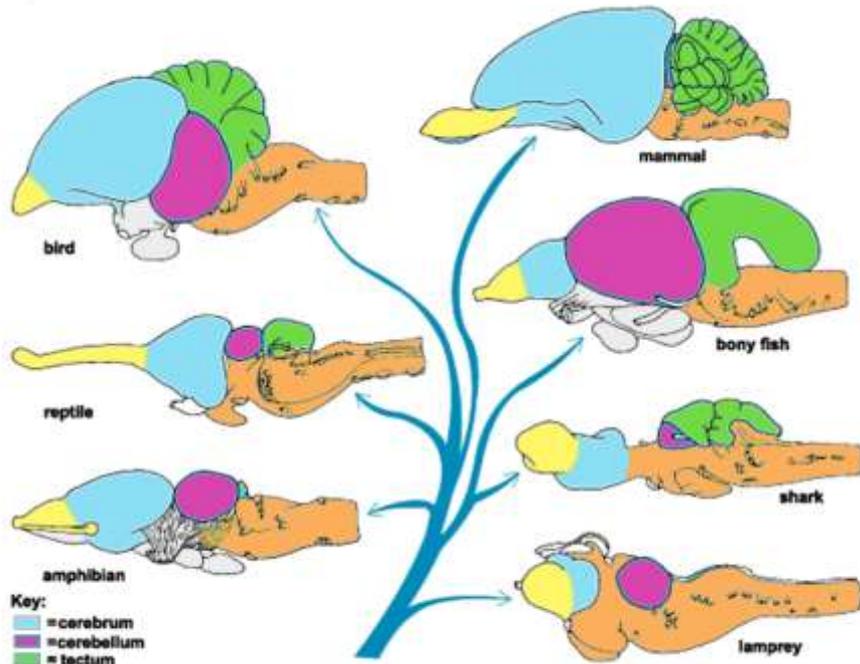
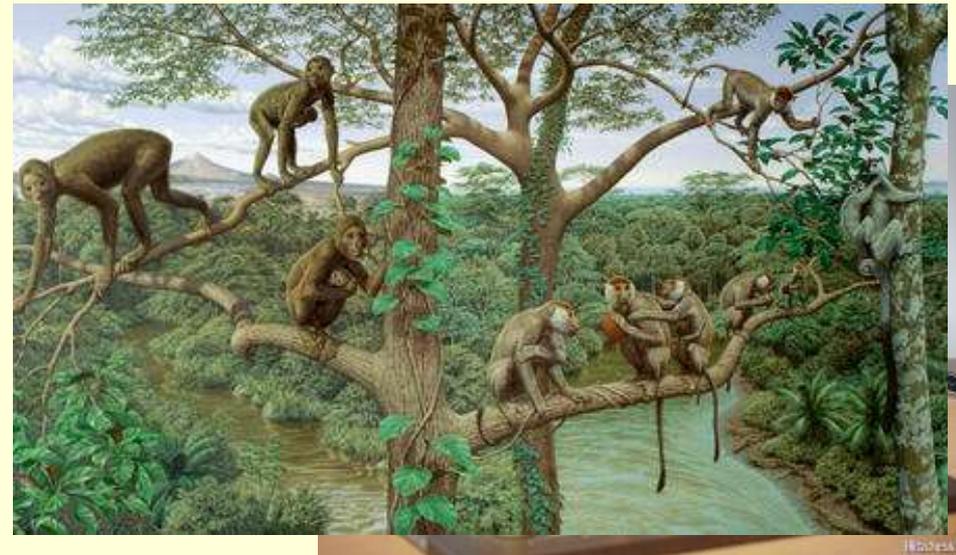
Problèmes logiques,
mathématiques, traitement
symbolique, etc.

Problèmes avec cadres plus
flous (reconnaissance
visuelle, langage, composante
émotionnelle, etc...)

Parce que contrairement à ce que pourrait laisser croire la métaphore de l'ordinateur, notre cerveau n'a pas évolué pour résoudre des problèmes logiques abstraits.

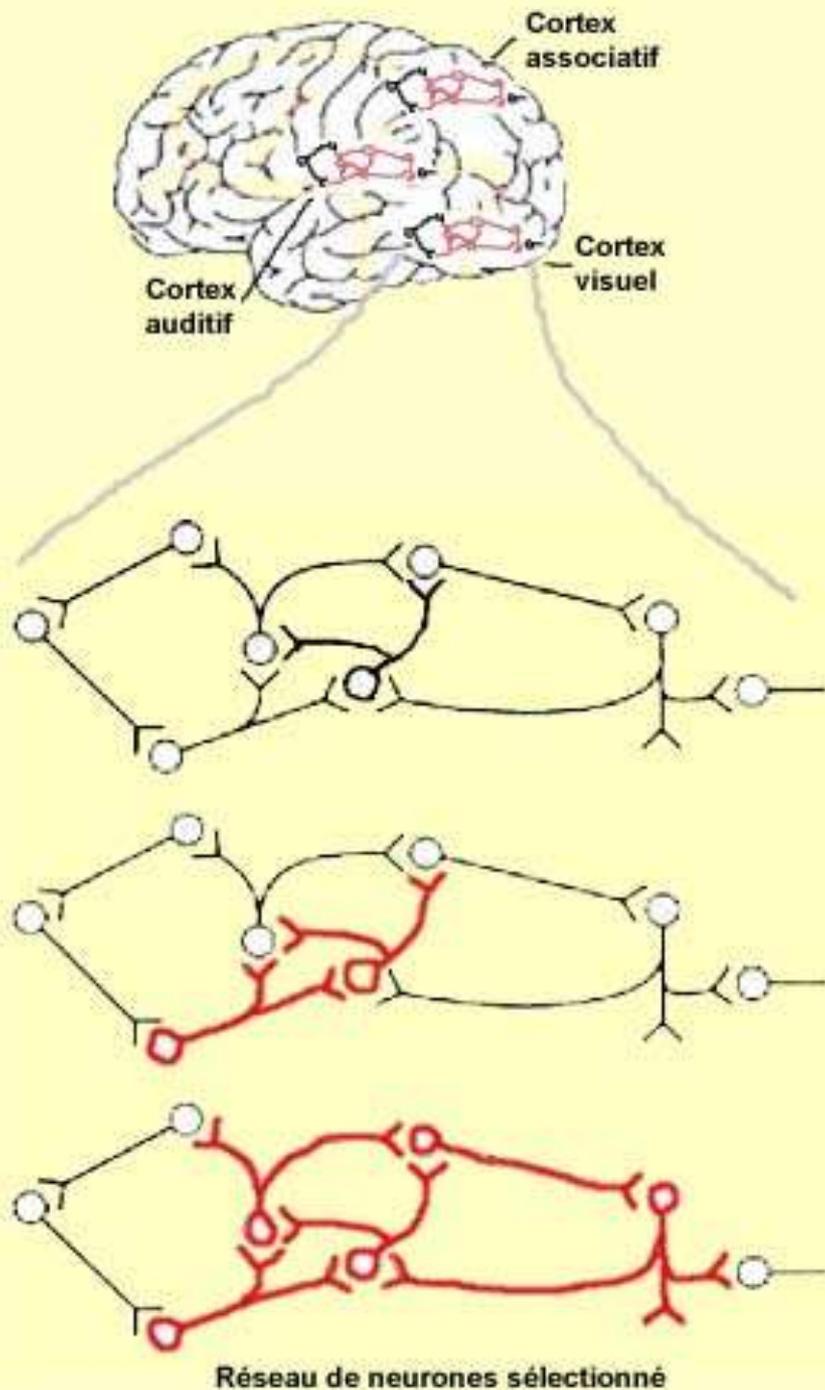


Il a évolué surtout pour ne pas qu'on se casse la gueule, qu'on trouve de quoi manger et des partenaires pour se reproduire !



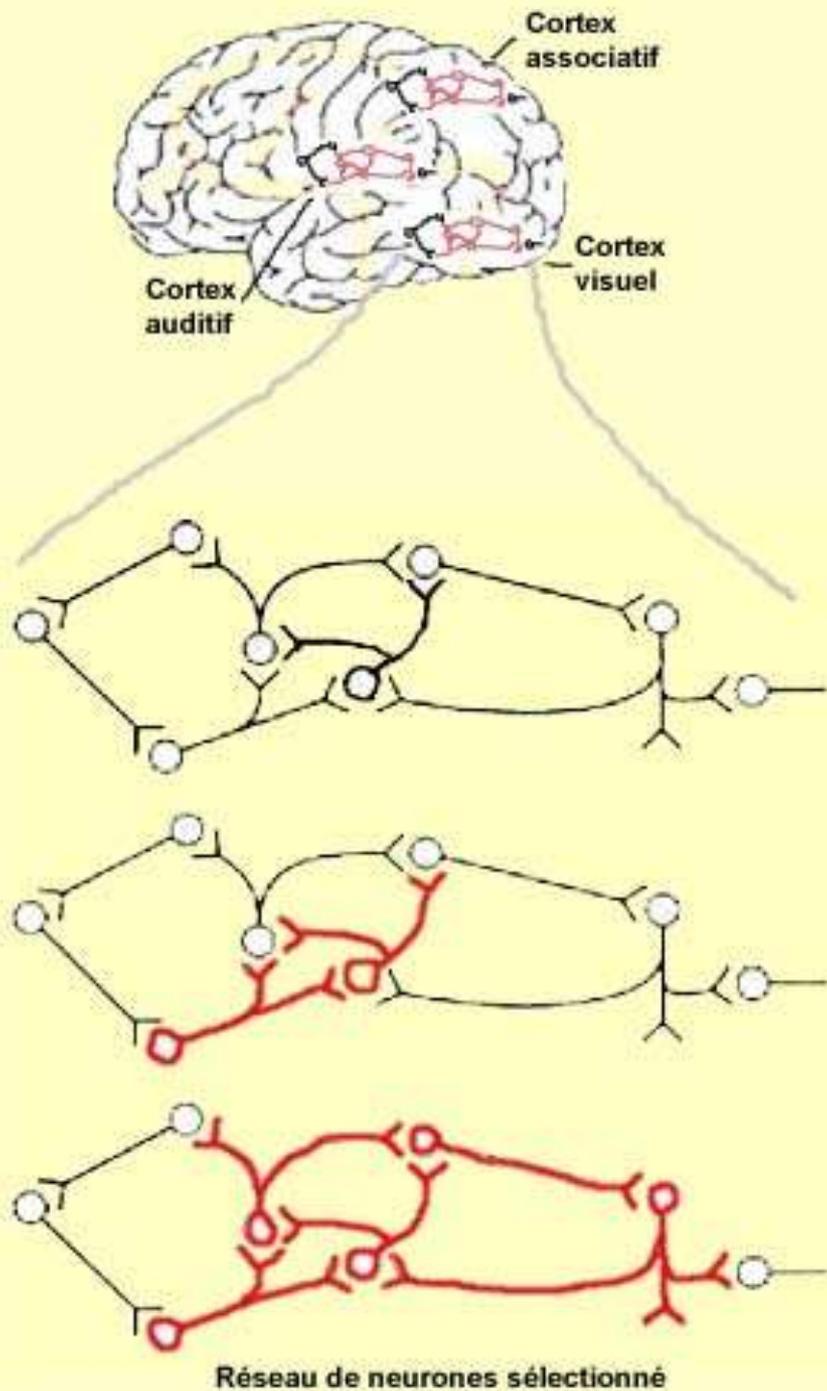
Et pour ça, il va être utile de développer une **mémoire** de nos bons ou mauvais coups afin de mieux prédire ce qui va se passer. → **avant-goût de la prochaine séance...**

Étudier, s'entraîner, apprendre...



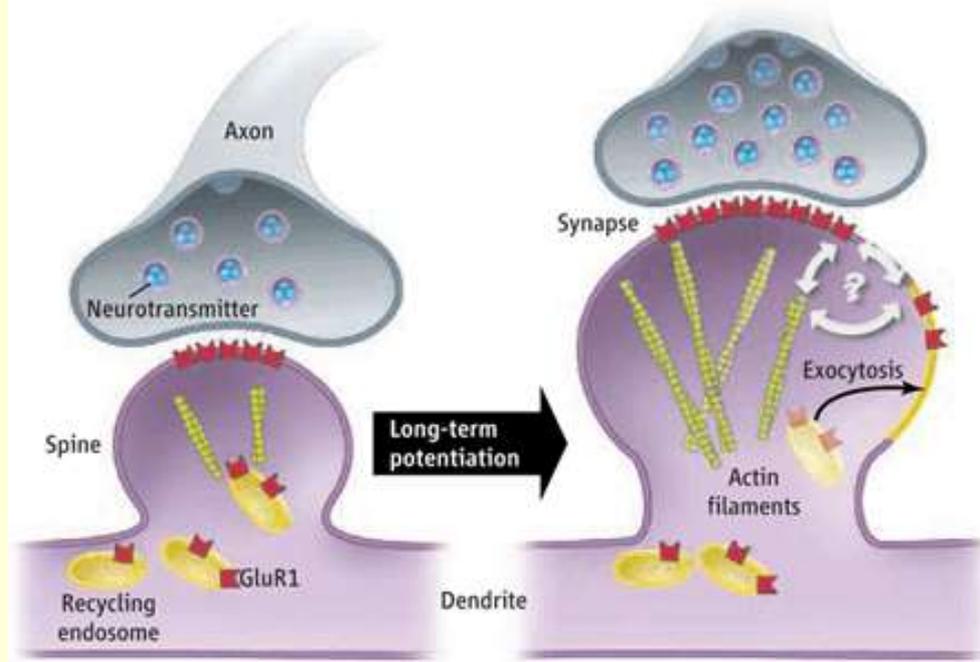
...c'est renforcer des connexions neuronales.

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



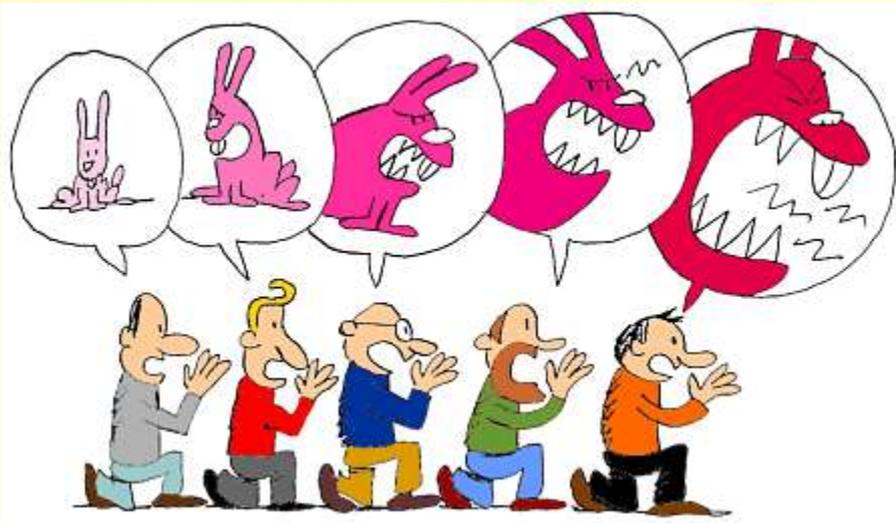
Comment ?

Grâce aux synapses qui varient leur efficacité !



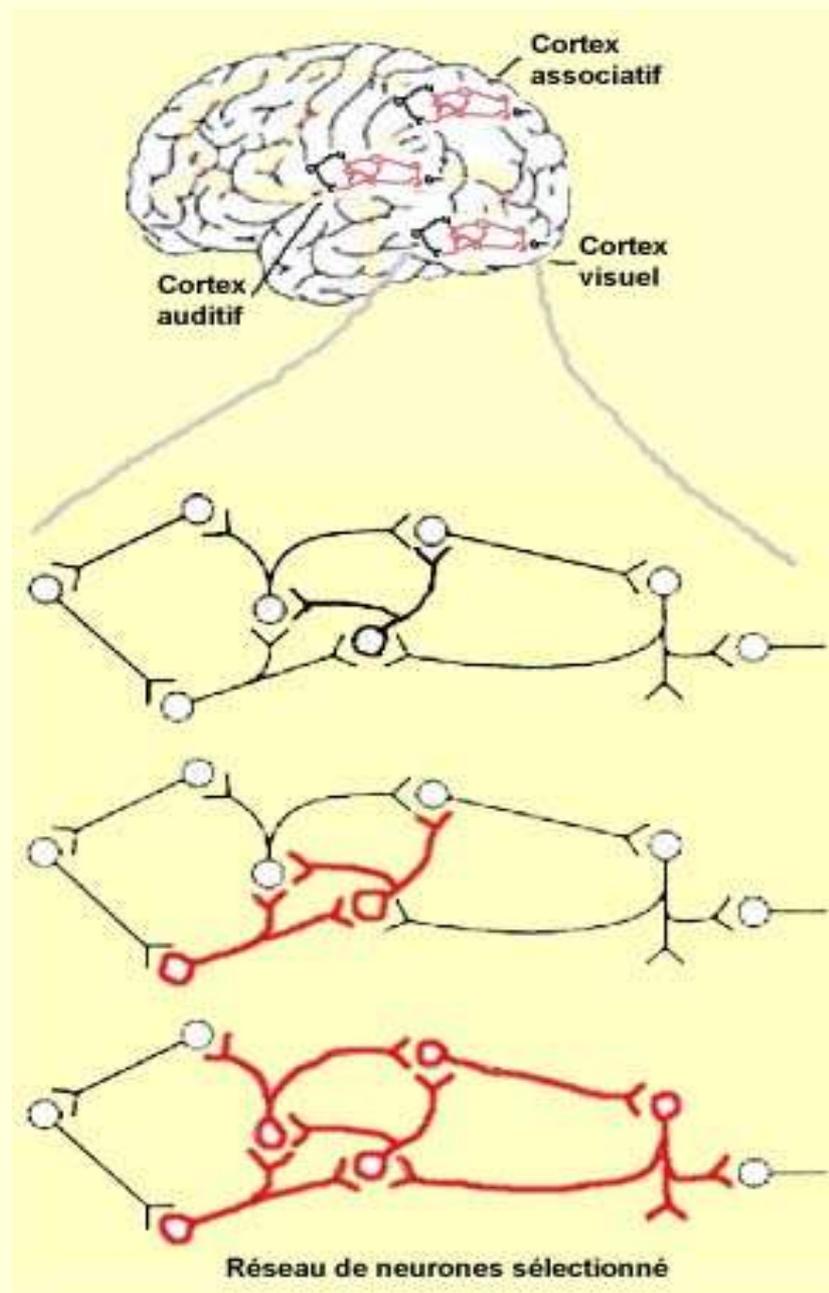
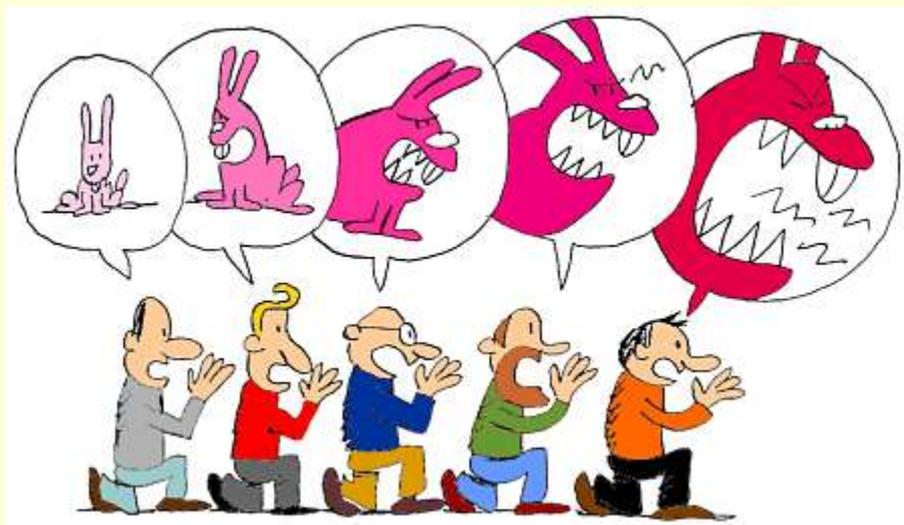
Question quiz :

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



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

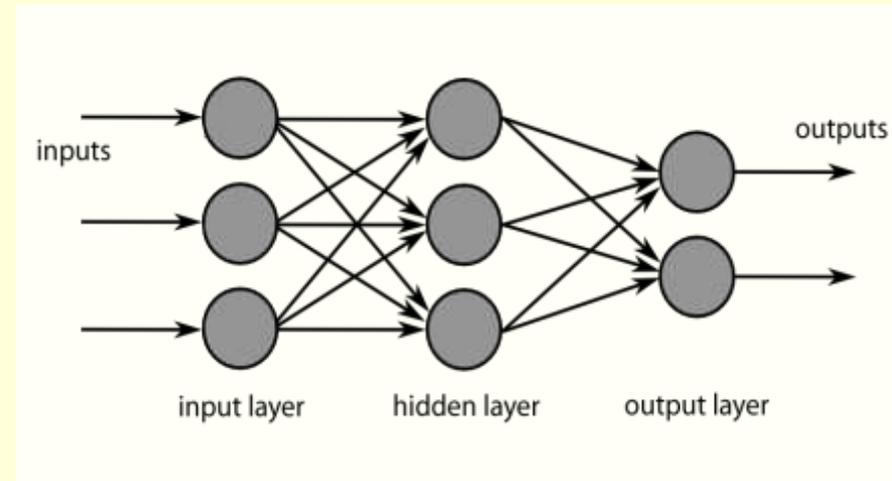
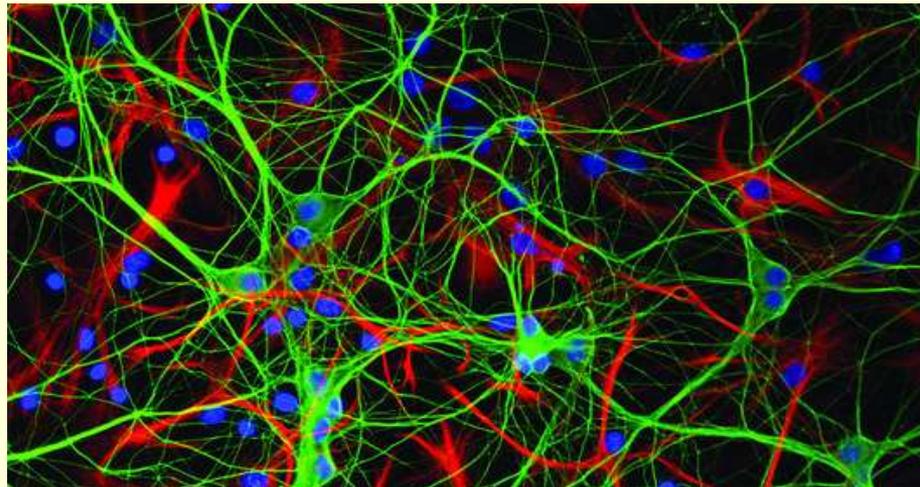
Notre cerveau, et donc notre **identité**, n'est donc jamais exactement la même au fil des jours...



La nouvelle vague de l'intelligence artificielle. D'où vient-elle ? Que change-t-elle ?

Séance #2 (9 avril 2018)

Réseaux de neurones réels et virtuels



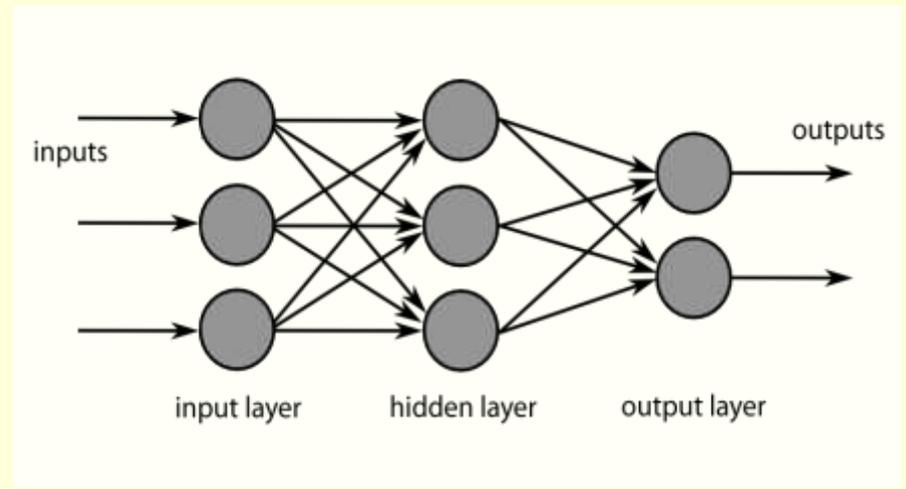
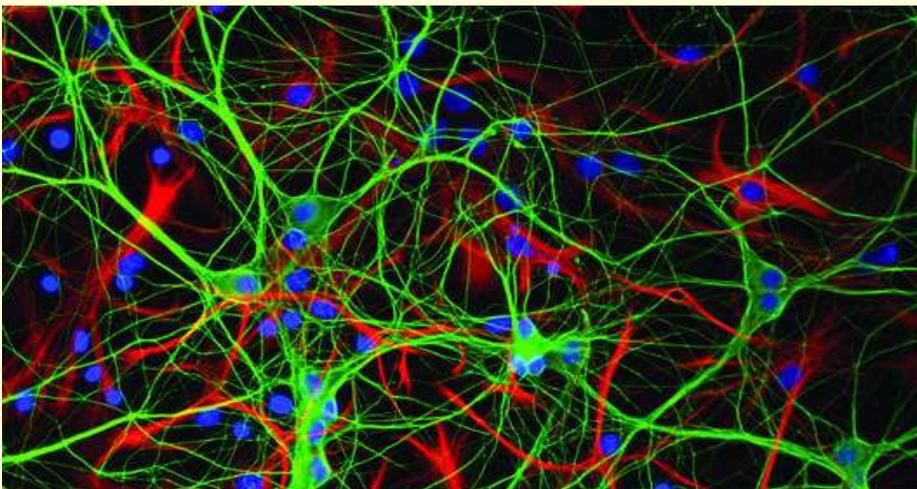
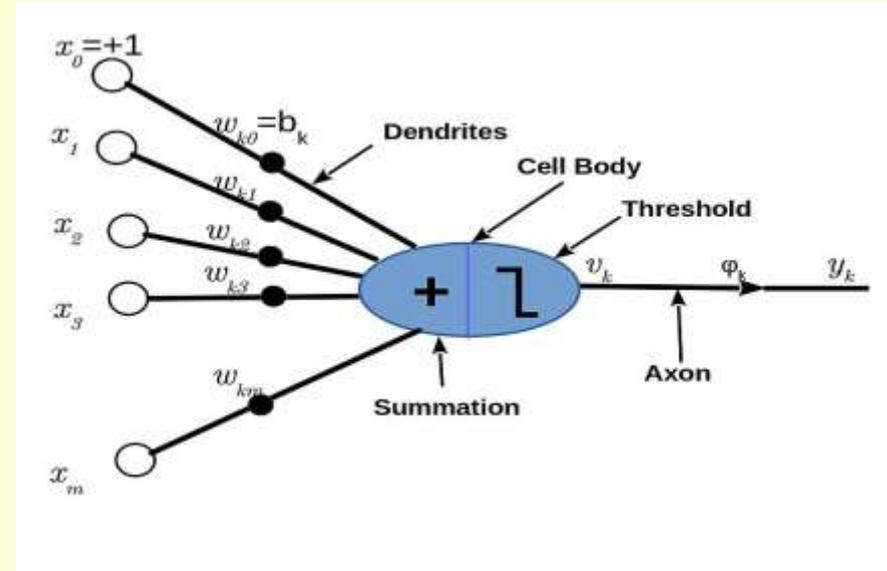
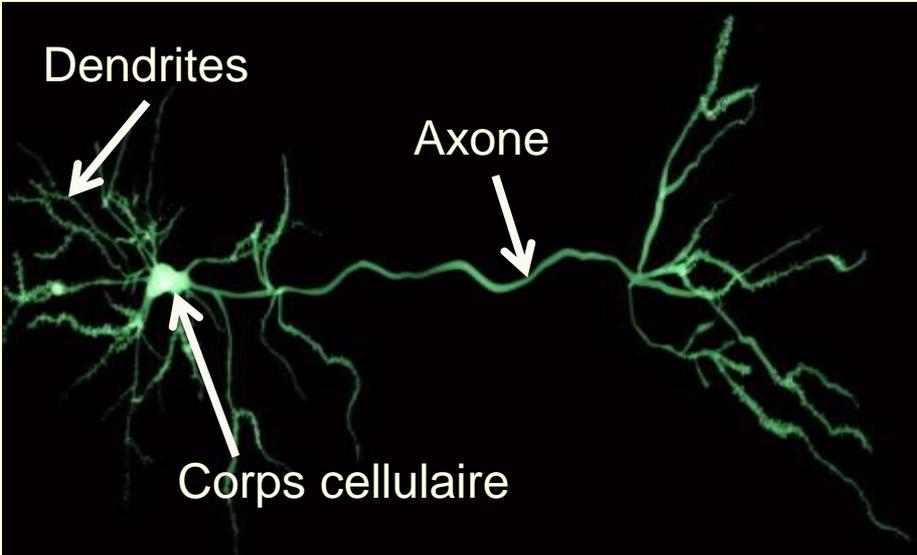
Partie 1 : Bruno Dubuc (30 min)

Partie 2 : Guillaume Chicoisne (30 min)

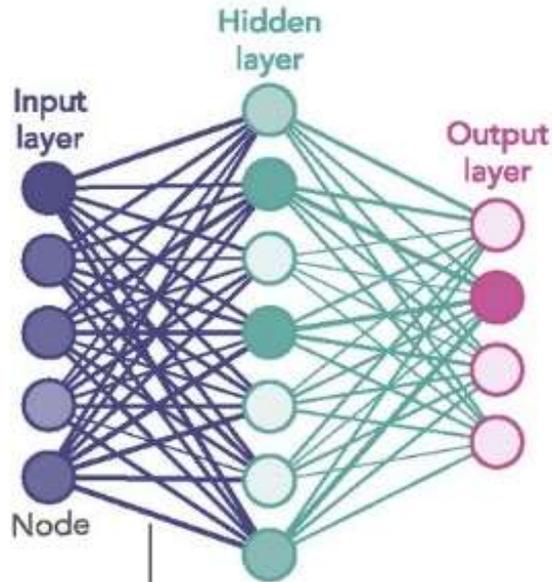
Réel

versus

Virtuel



1980S-ERA NEURAL NETWORK



Links carry signals from one node to another, boosting or damping them according to each link's 'weight'.

DEEP LEARNING NEURAL NETWORK

