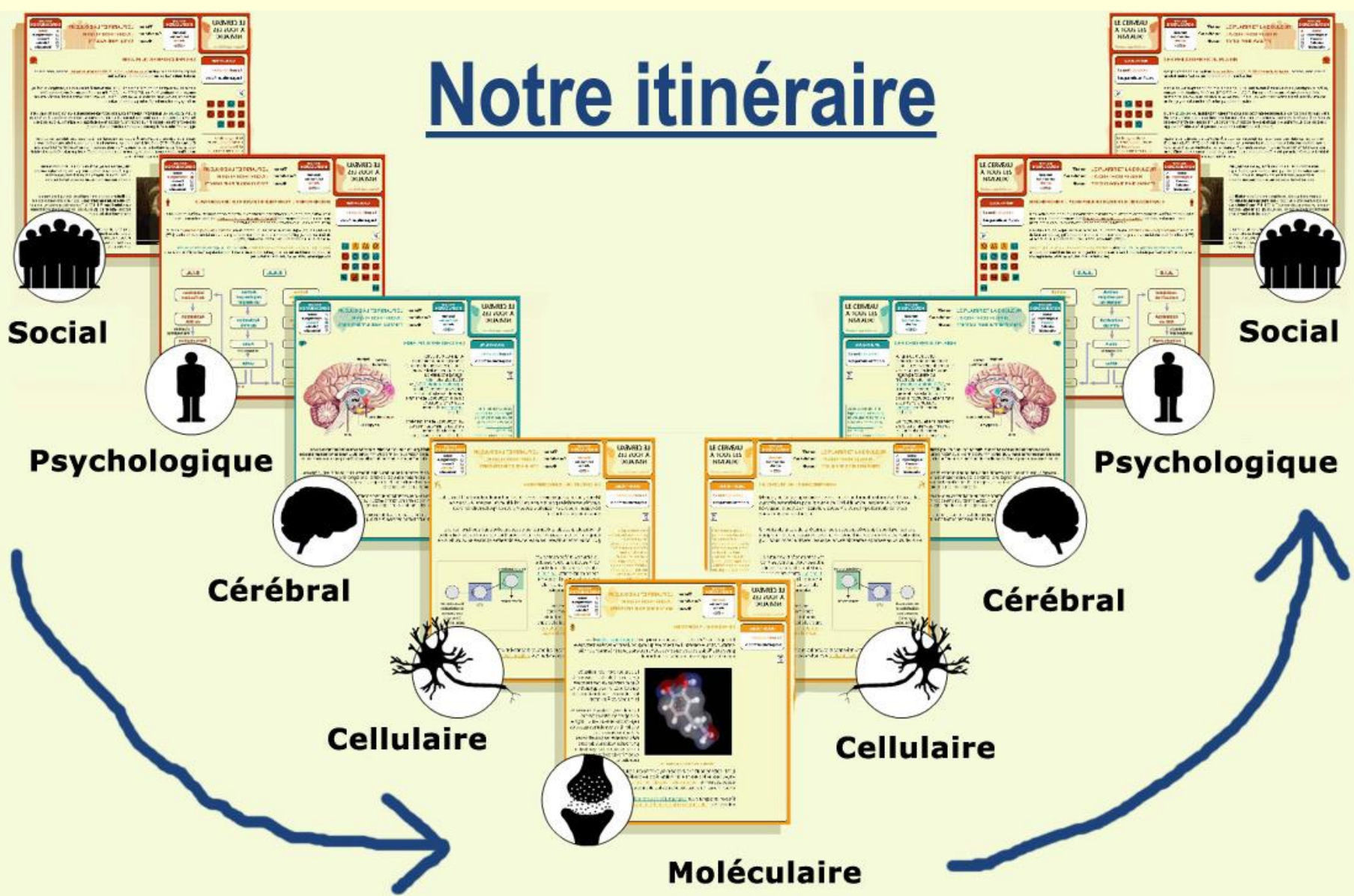


La nécessaire multidisciplinarité pour comprendre le cerveau



Notre itinéraire



Notre itinéraire



Social



Psychologique



Cérébral



Cellulaire

Différentes
disciplines
spécialisées



Moléculaire

Exemple de recherche spécialisée



Social



Psychologique



Cérébral



Cellulaire

Exemples d'efforts
multidisciplinaires

Notre itinéraire



Social



Psychologique



Cérébral



Cellulaire



Moléculaire



Social



Psychologique

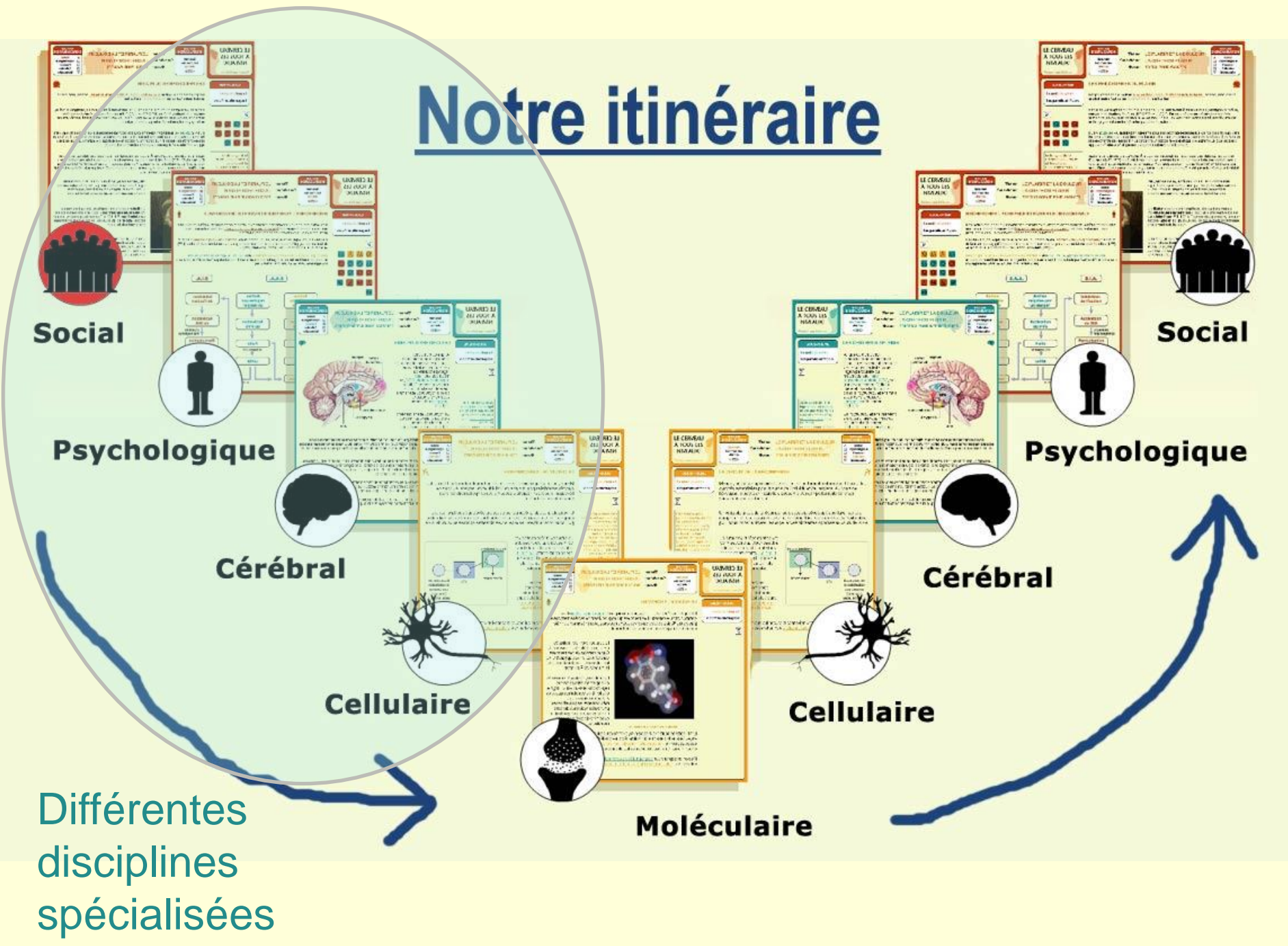


Cérébral



Cellulaire

Différentes
disciplines
spécialisées



La sociologie :

cherche à expliquer les manifestations sociales des groupes humains actuels





Éthologie :

Étude du comportement
animal



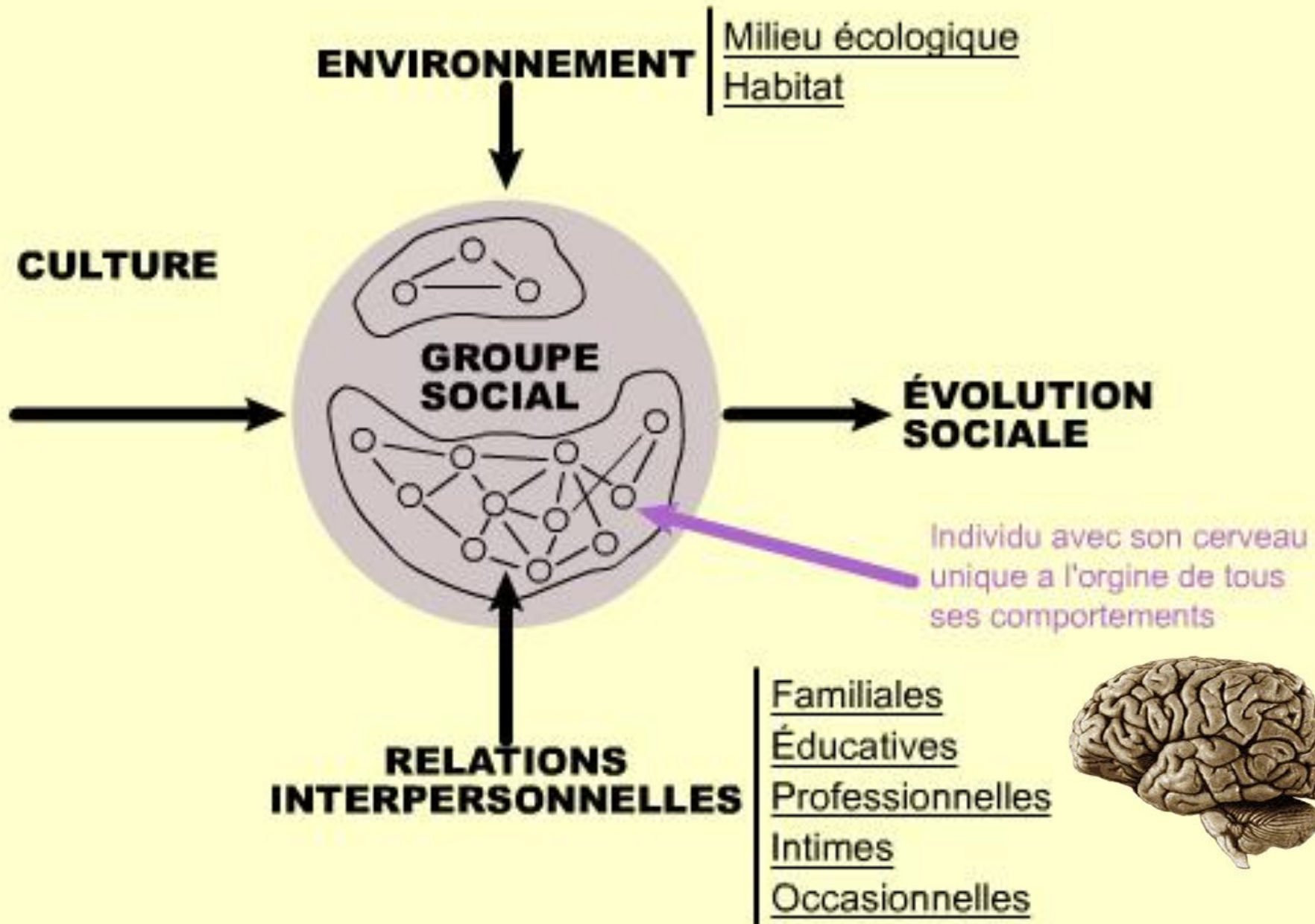
Primatologie :

Étude du comportement
des primates non humains

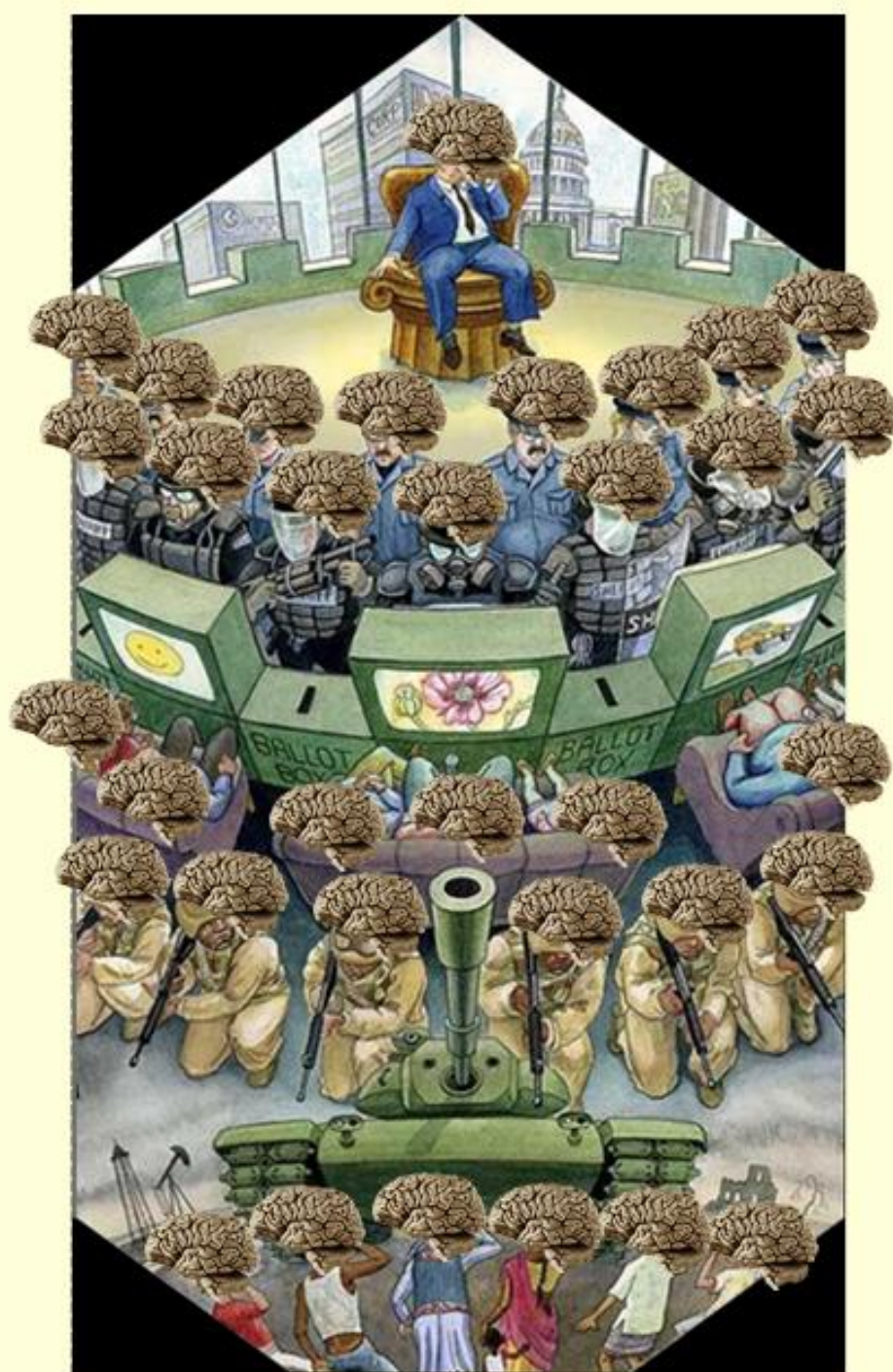
Revenons à la sociologie...

Travail, famille, religion, médias, culture, etc.









Notre itinéraire



Social



Psychologique



Cérébral



Cellulaire



Moléculaire



Social



Psychologique

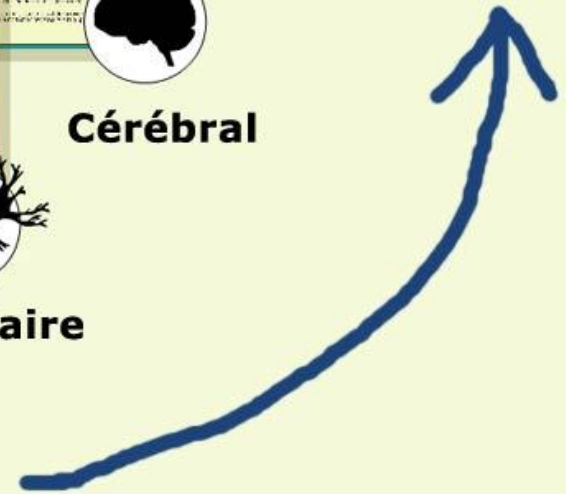


Cérébral



Cellulaire

Différentes
disciplines
spécialisées



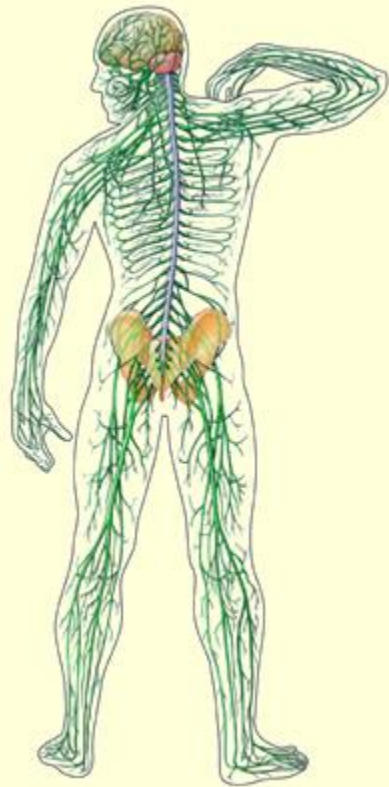
La psychologie :

étude des processus mentaux et des comportements individuels



Qu'est-ce qui détermine la psychologie d'un individu ?





Plans généraux
du système nerveux
provenant de nos gènes

Action

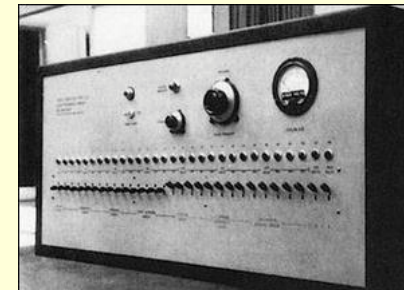


Influence de
l'environnement

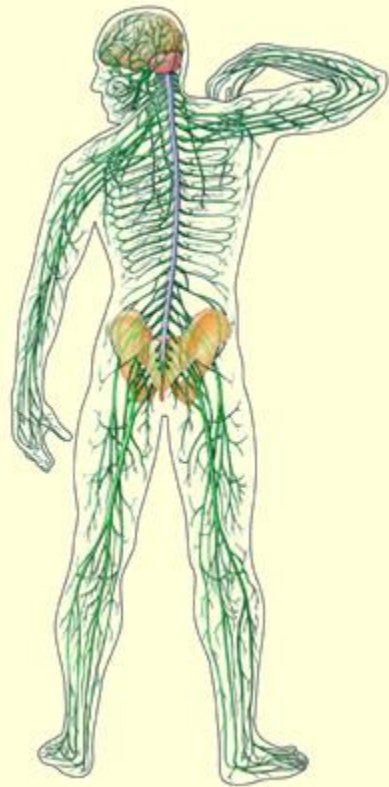


Perception

*La psychologie du
développement*



*La psychologie
sociale*



Plans généraux
du système nerveux
provenant de nos gènes

Action



Influence de
l'environnement

Perception

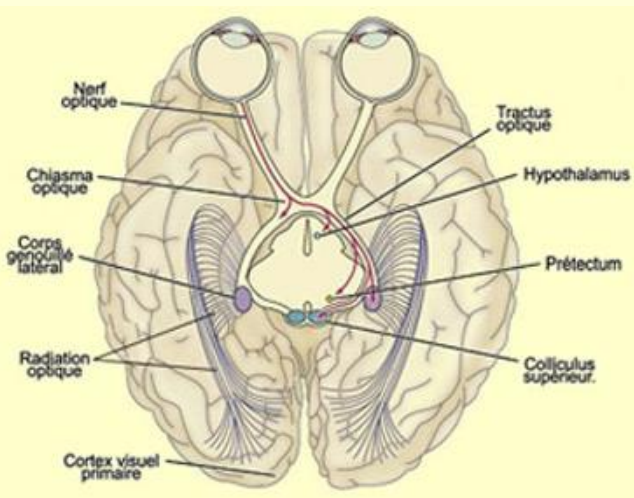
Cerveau unique à l'origine
de tous les comportements
d'un individu

Notre biologie
(notre « nature »)



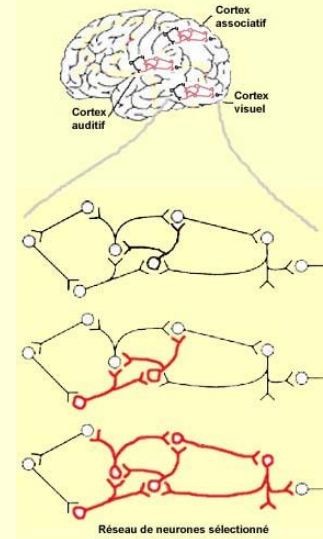
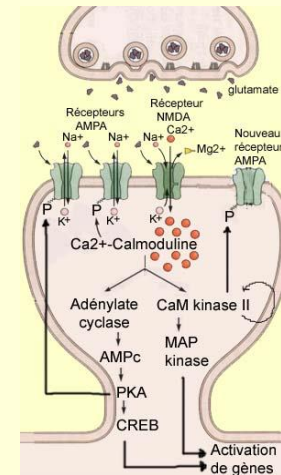
**Nos
apprentissages
socio-culturels**
(notre « culture »)

Le vieux débat « nature / culture »



Jean-Pierre Changeux

Début du
XXIe siècle



« une grande part de l'organisation du cerveau est **innée** : les axones venant de la rétine vont toujours au corps genouillé latéral, etc... »

« ...mais des processus de **plasticité** génèrent de la variabilité à plusieurs niveaux (molécule, réseaux neurones) »

Le vieux débat « nature / culture »

100%

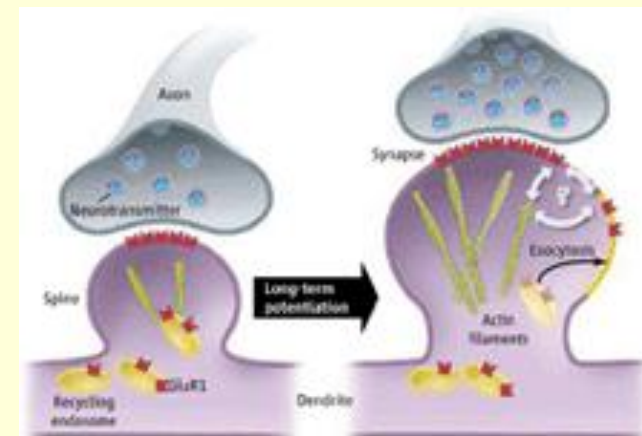
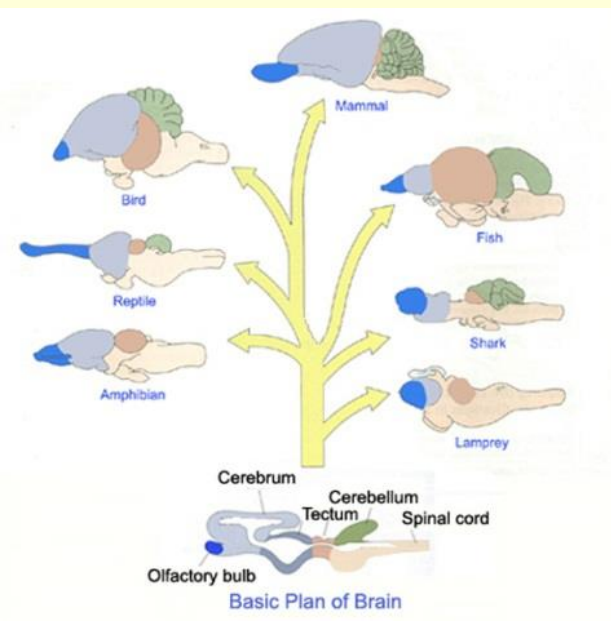
Inné

Mémoire de l'espèce
résultat de
Évolution des espèces

100%

Acquis

Mémoire de l'individu
résultat de
Développement de l'individu



Notre itinéraire



Social



Psychologique



Cérébral



Cellulaire



Moléculaire



Cellulaire



Cérébral

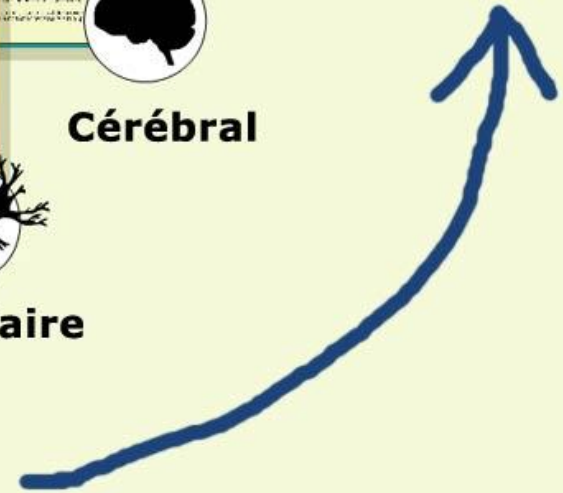


Psychologique



Social

Différentes
disciplines
spécialisées





La *paléanthropologie* :

branche de l'anthropologie
qui étudie l'évolution humaine



Gorilla



Homo erectus
(*Sinanthropus*)

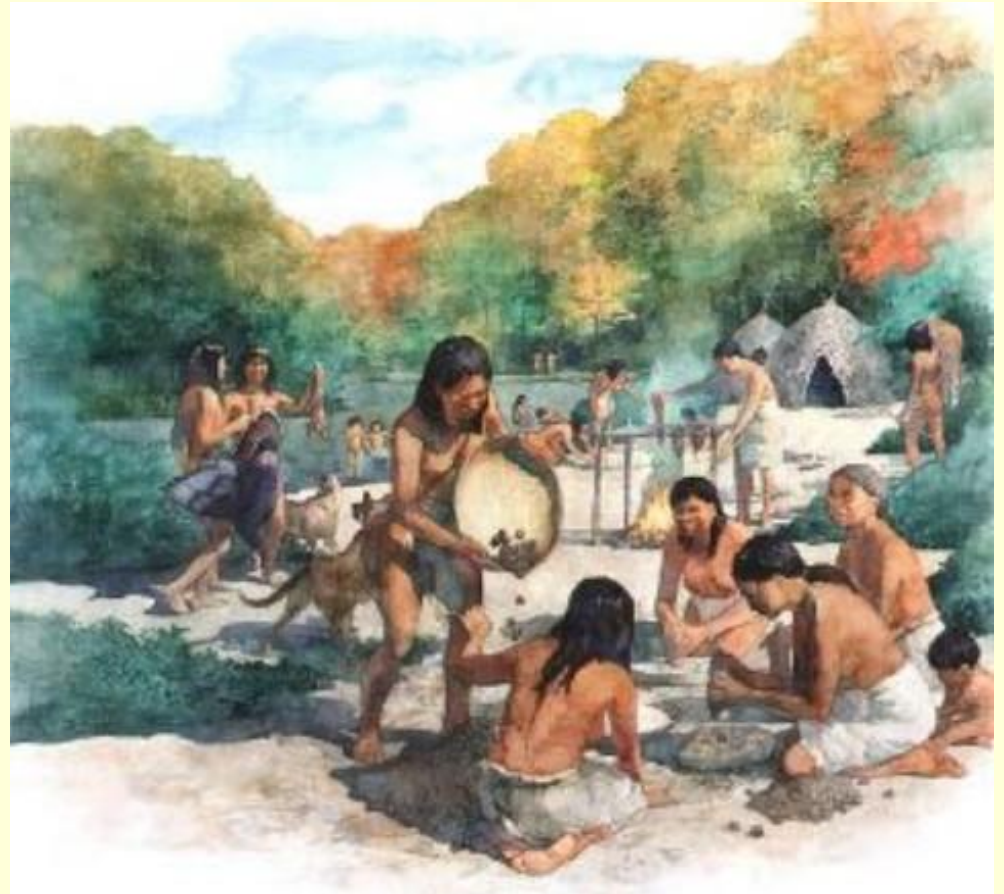


Homo sapiens



L'archéologie :

Étude des sociétés humaines anciennes reposant sur les **traces matérielles** qu'elles ont laissées

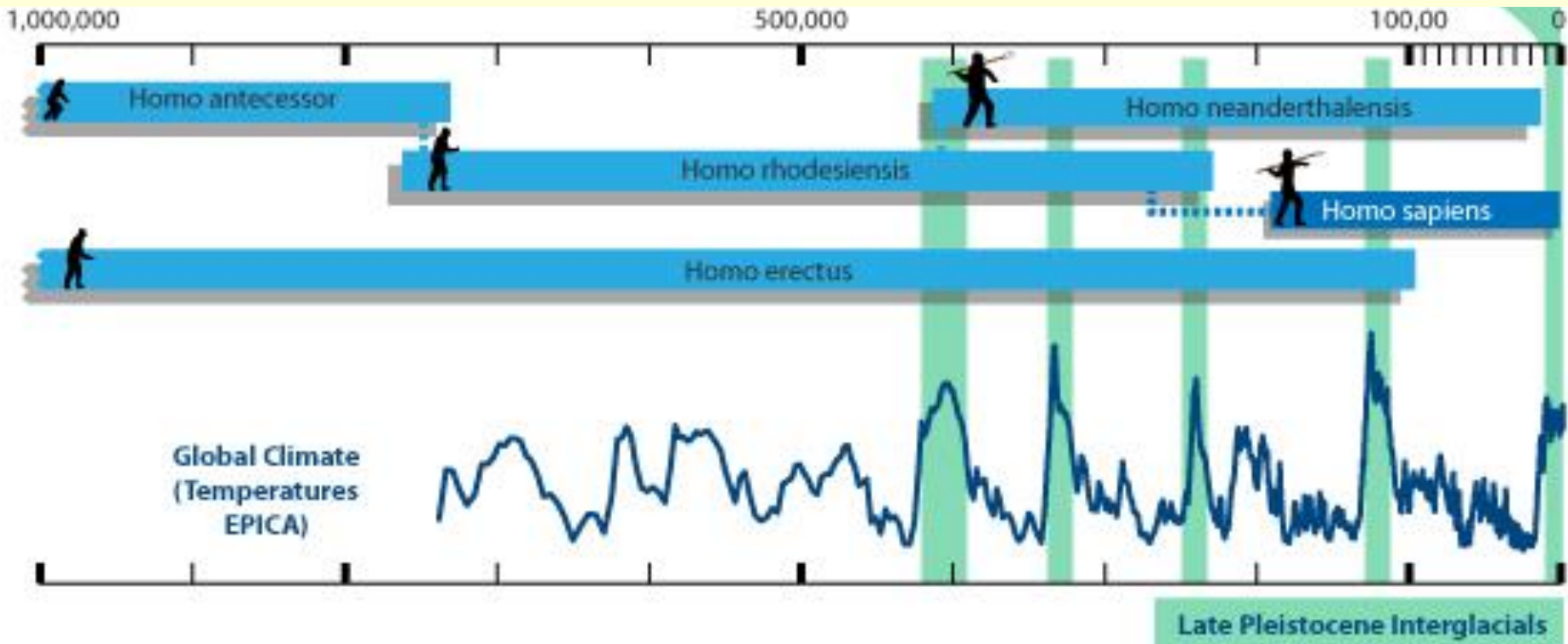


L'archéologie :

Étude des sociétés humaines anciennes reposant sur les **traces matérielles** qu'elles ont laissées

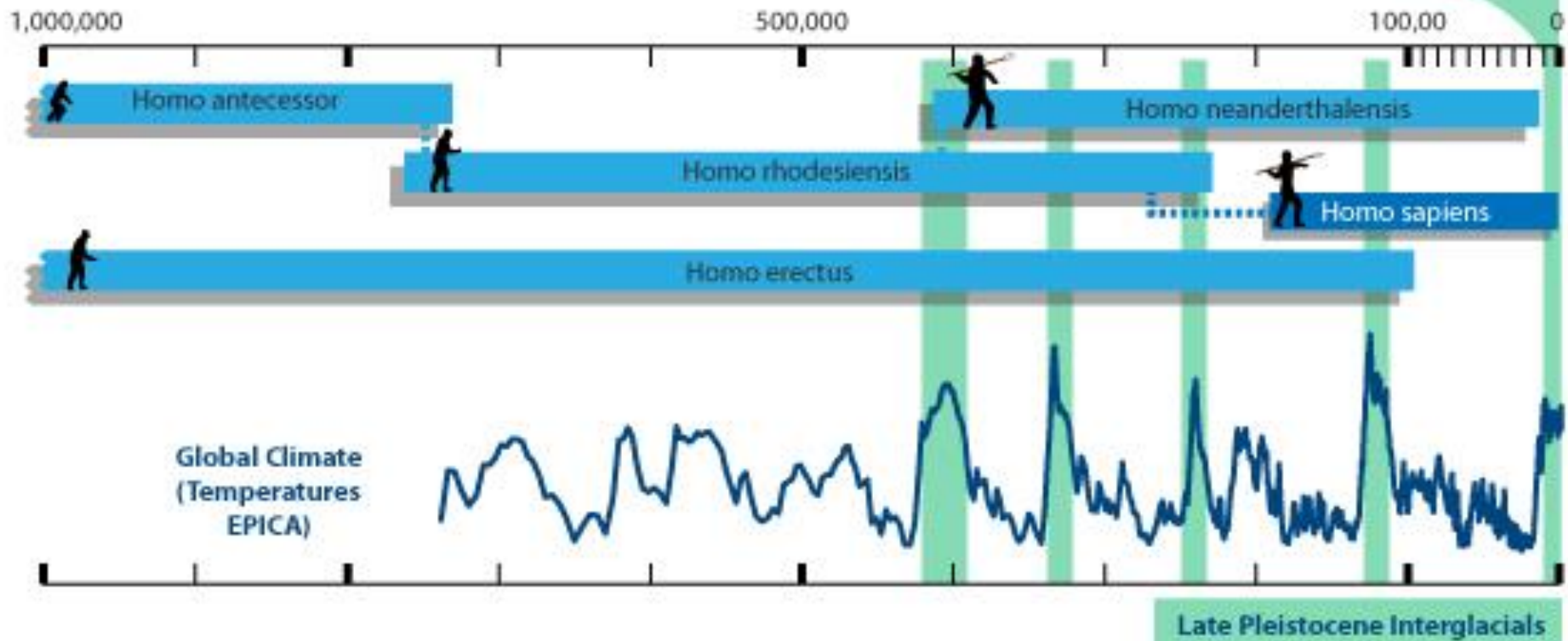
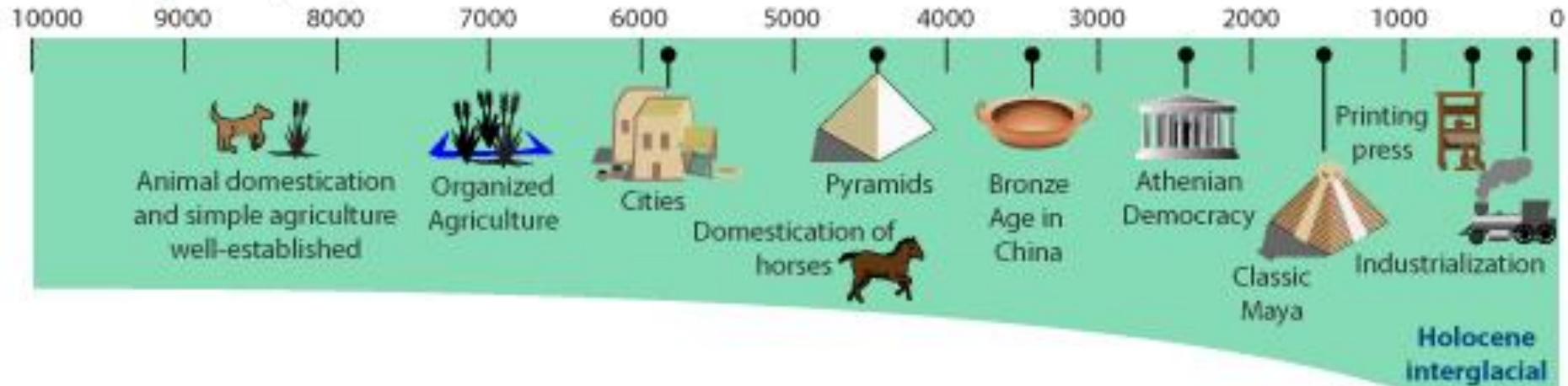
La paléanthropologie :

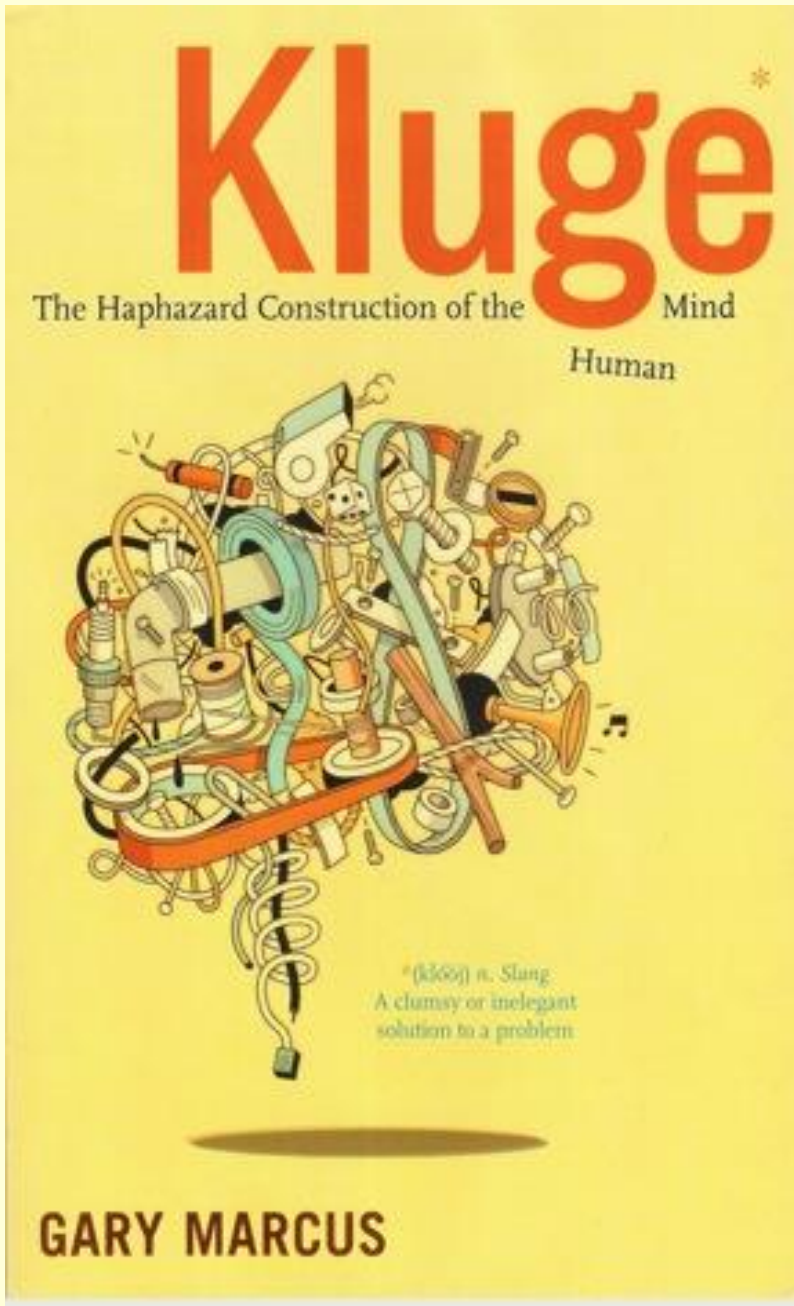
branche de l'anthropologie qui étudie l'évolution humaine



Global Climate, Human Evolution and Civilization

Years before present (1950)

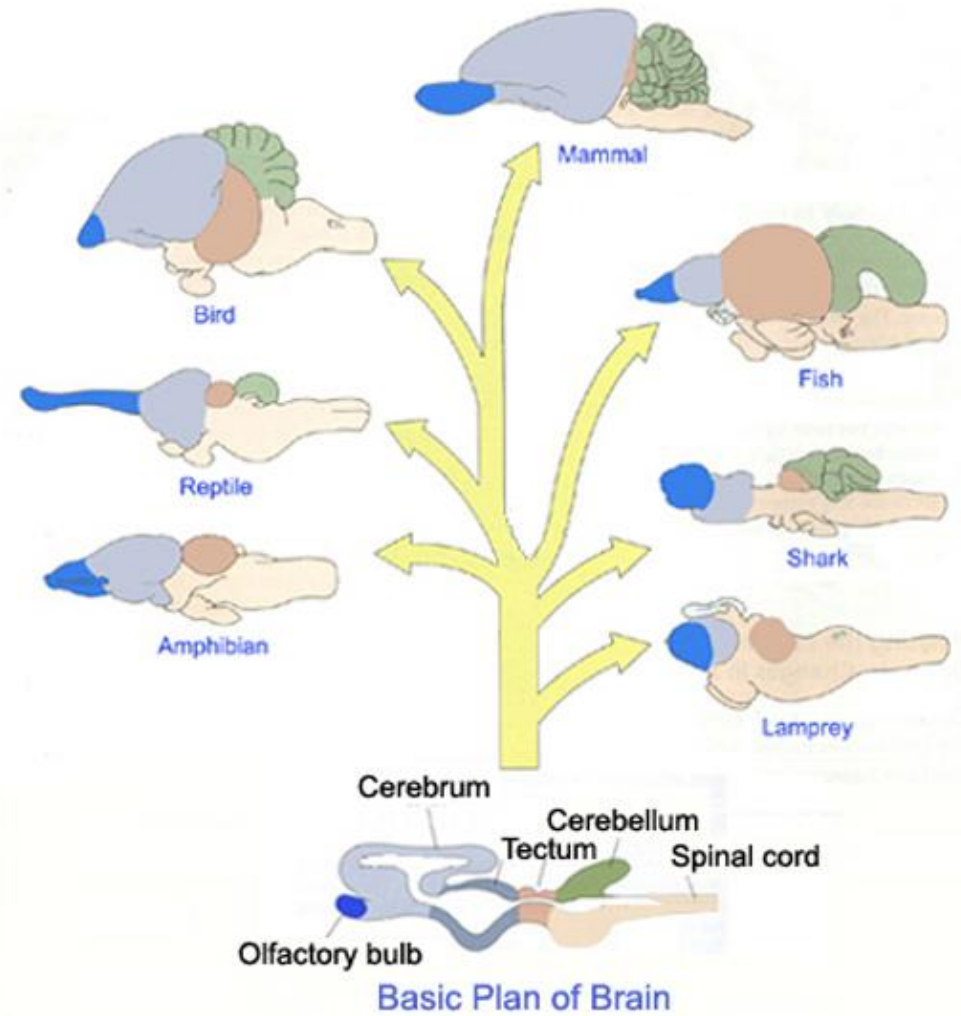
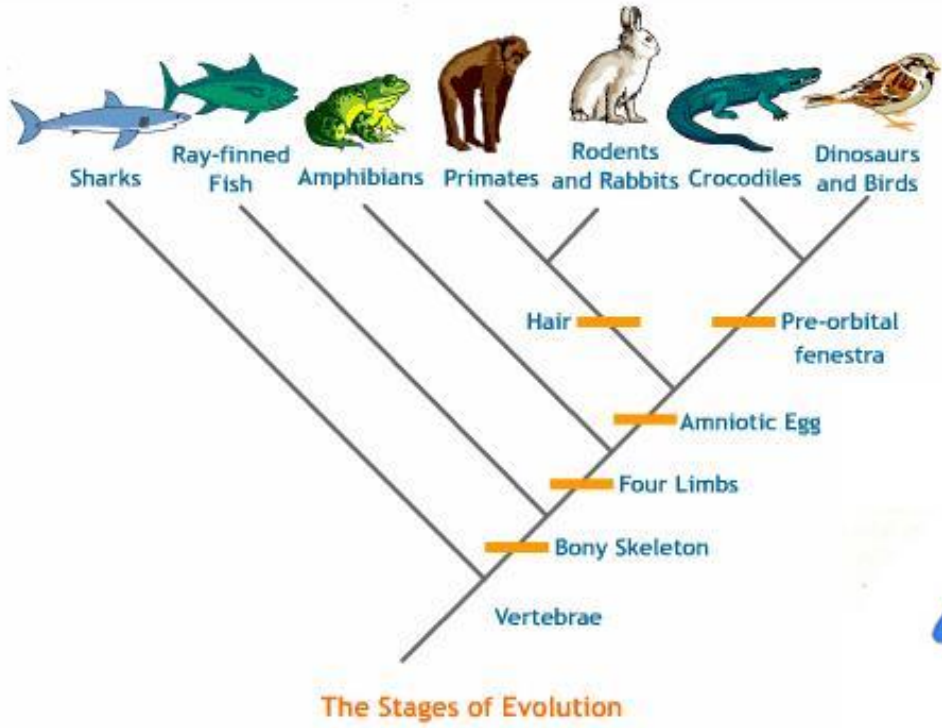




Le « bricolage » de l'évolution

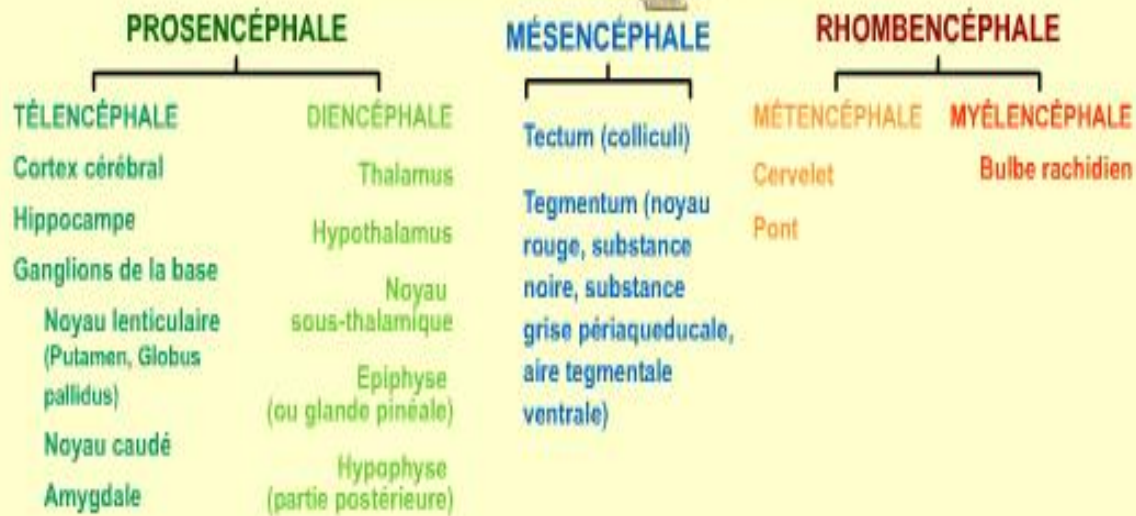
« [...] la sélection naturelle opère à la manière non pas d'un ingénieur, mais d'un **bricoleur** qui ne sait pas encore ce qu'il va produire, mais récupère tout ce qui lui tombe sous la main »

- François Jacob, 1981.



L'anatomie comparée

L'anatomie



Imagerie par résonance magnétique (IRM)



Notre itinéraire



Social



Psychologique



Cérébral



Cellulaire



Moléculaire



Social



Psychologique

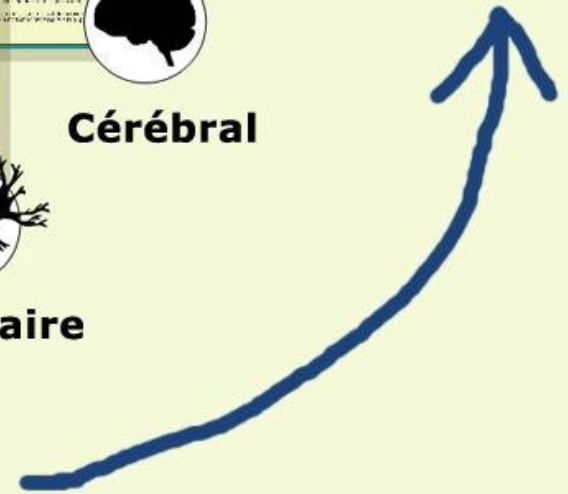


Cérébral



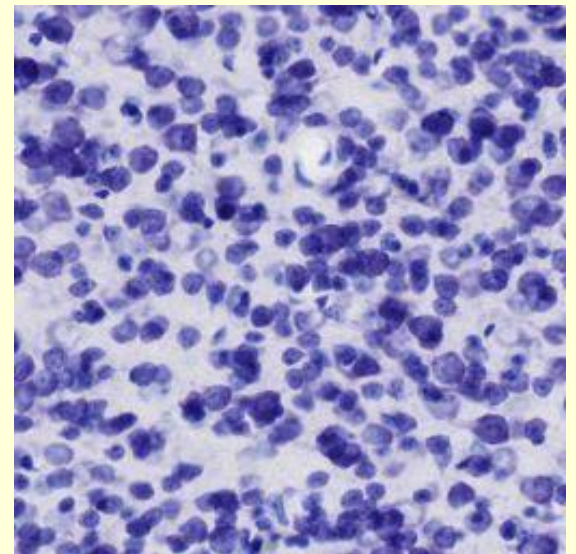
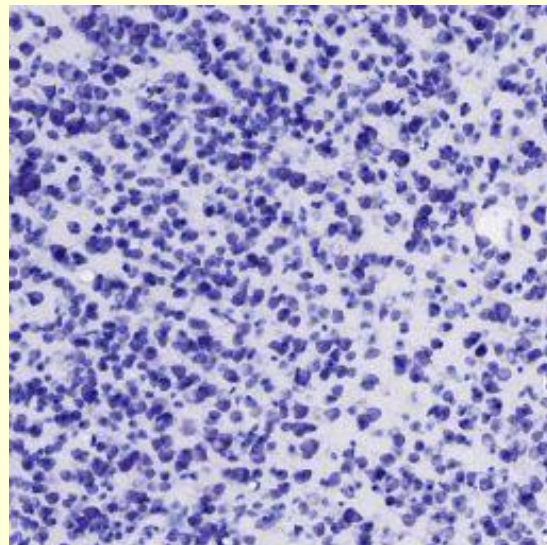
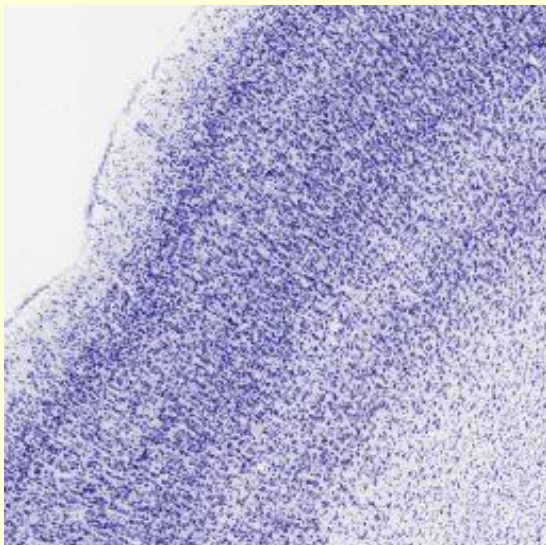
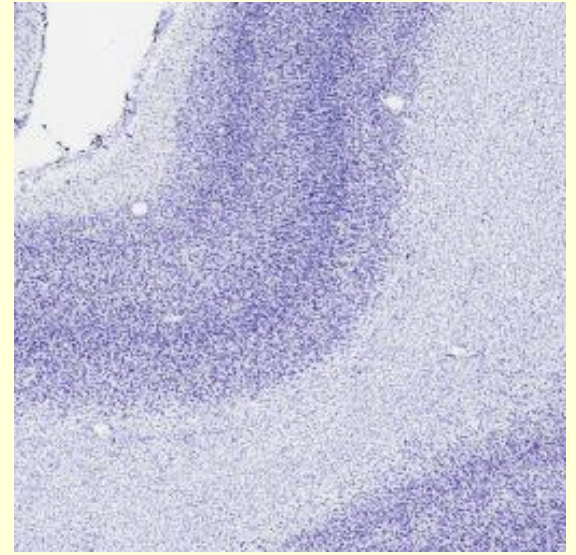
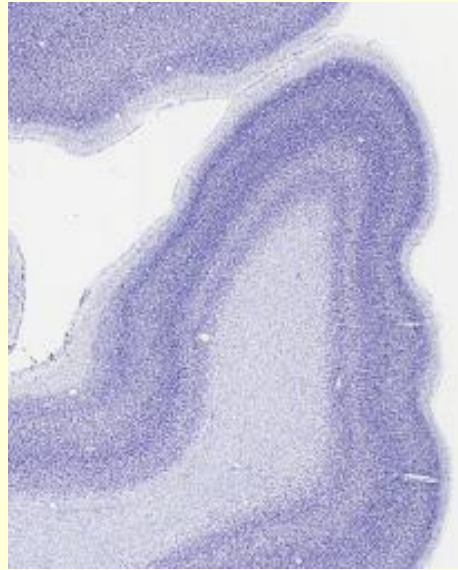
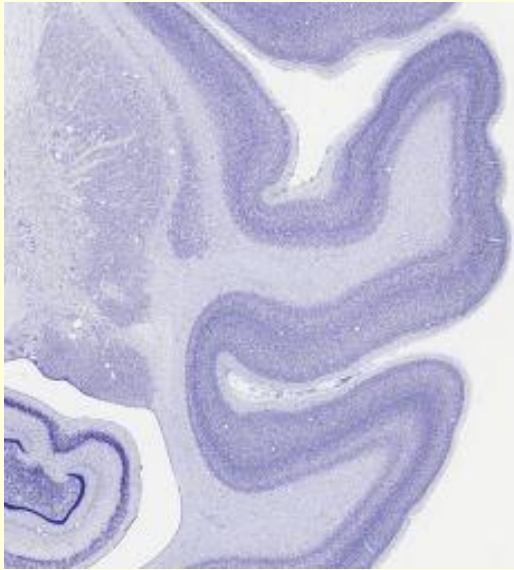
Cellulaire

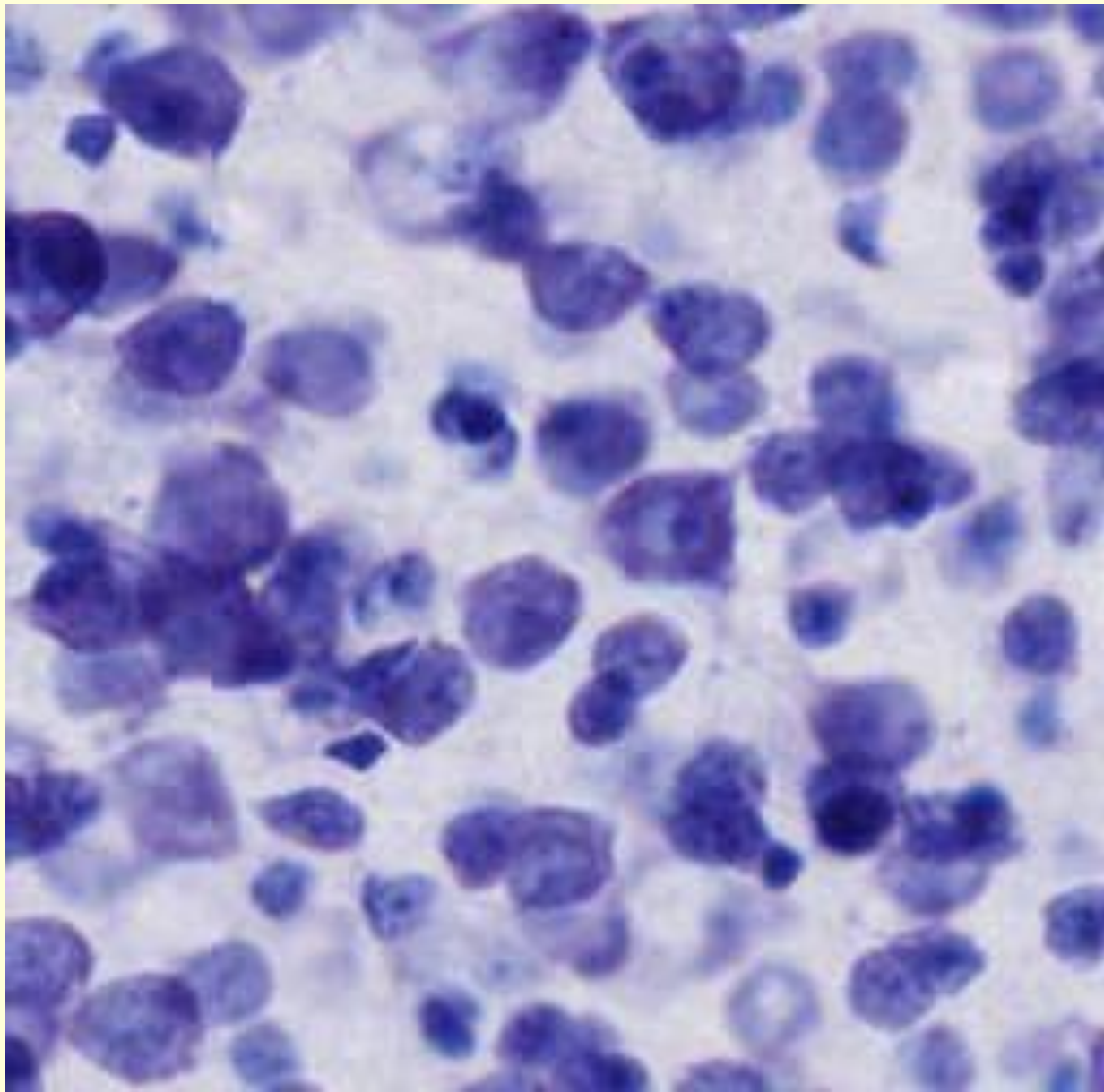
Différentes
disciplines
spécialisées





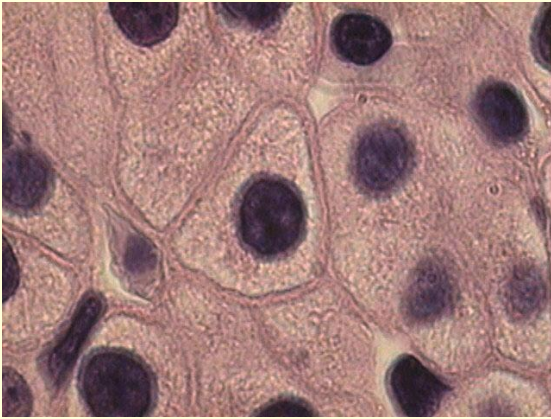
zoom in sur sa région foncée, aussi appelée matière grise...



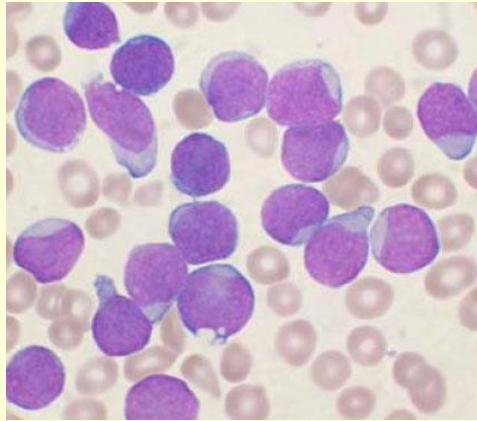


L'histologie

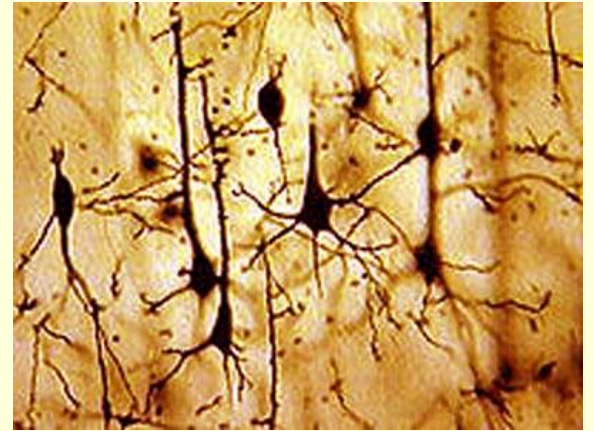
Cellule de foie



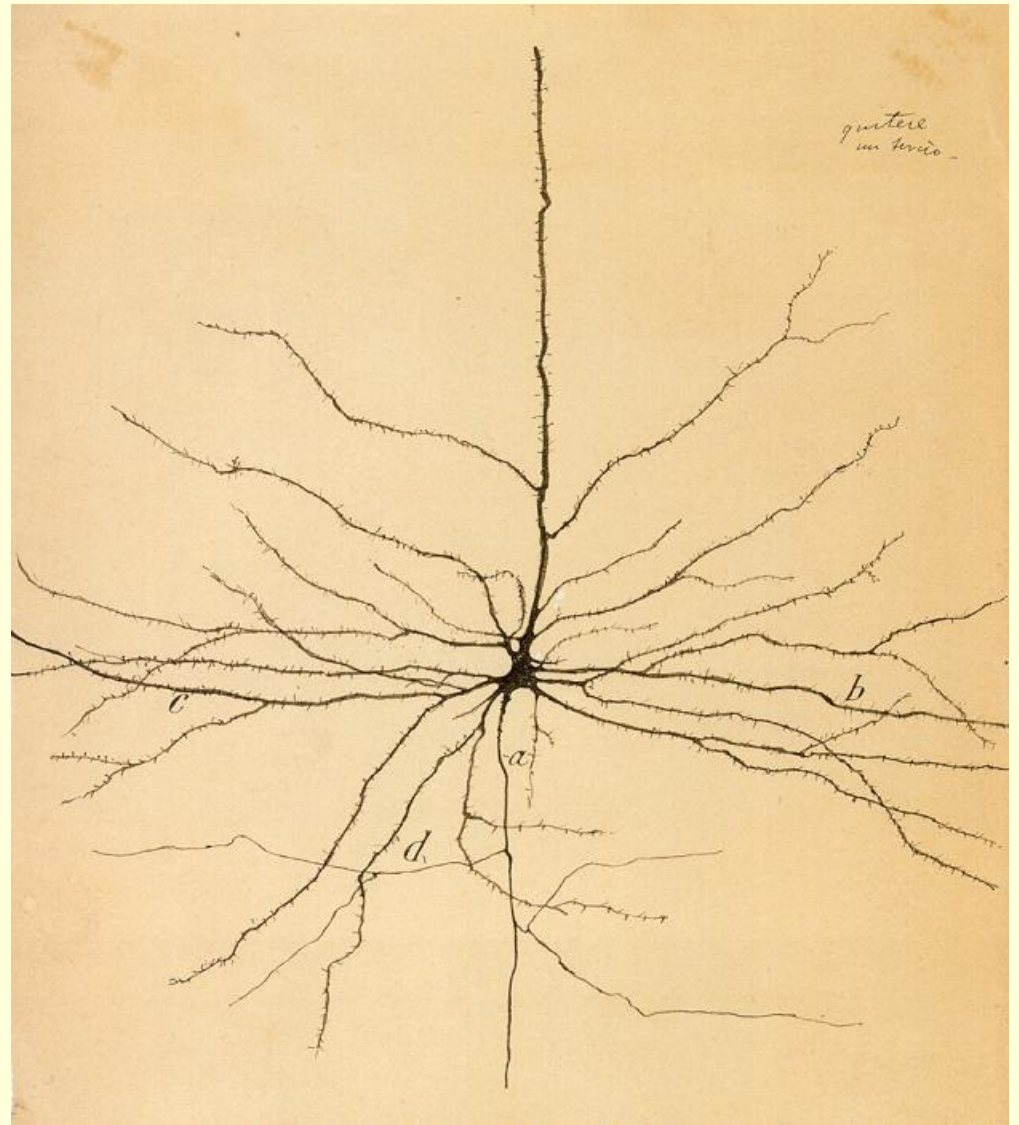
Lymphocyte B



Neurone pyramidal



une des plus anciennes techniques de coloration, la coloration de Golgi, permettait déjà de voir ces prolongements au début du XXe siècle



Neurone pyramidal du cortex moteur



Coloration Brainbow

NEWS FEATURE

NATURE | Vol 457 | 29 January 2009



MAKING CONNECTIONS

By turning neurons technicolour, Jeff Lichtman exposed the brain's wiring. **Jonah Lehrer** meets the 'unapologetic cell biologist' with ambitions to map every connection in the human brain.

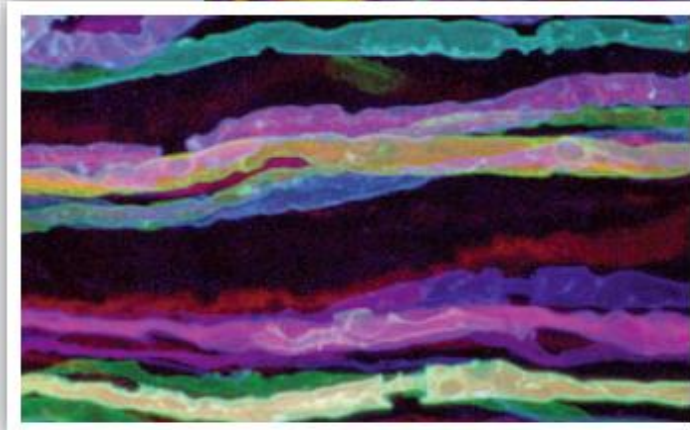
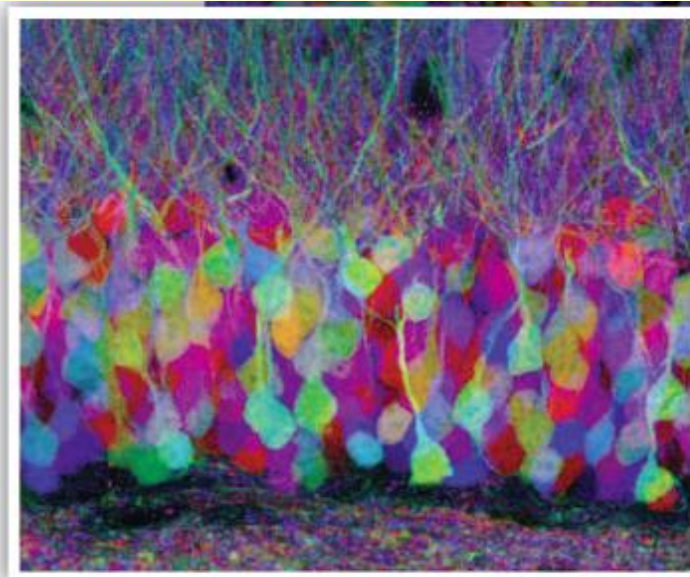
At first glance, Jeff Lichtman seems to be hanging long strips of sticky tape from the walls of his Harvard lab. The tape flutters in the breeze from the air-conditioner. But closer inspection

result is a seamless sliver of tissue, less than 10 nanometres thick and around 5 metres long, that is deposited on the plastic film spinning around the spools.

Although Lichtman appreciates the techni-

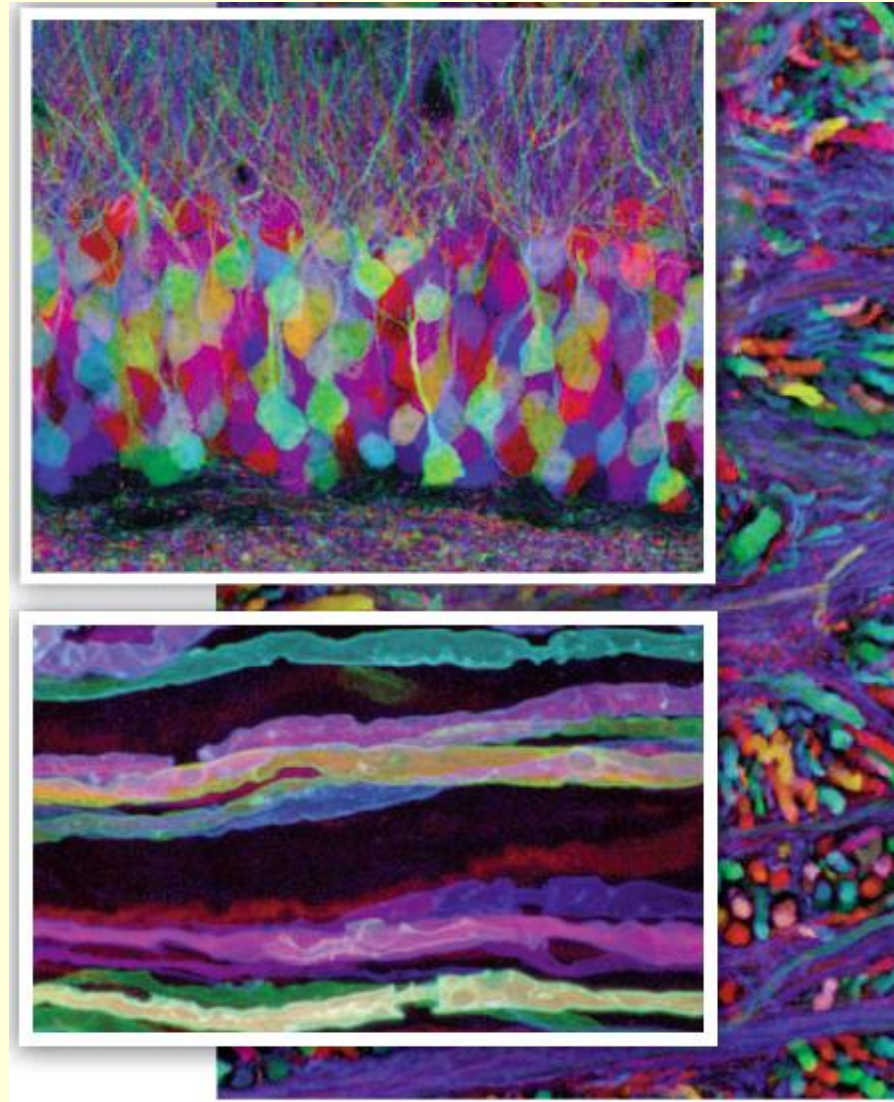
proponent of a new field that is working to create a connectome, a complete map of neural wiring in the mammalian brain. Currently, such a map exists only for the nematode *Caenorhabditis elegans*, which has 302 neurons.

C. SENTER/AP

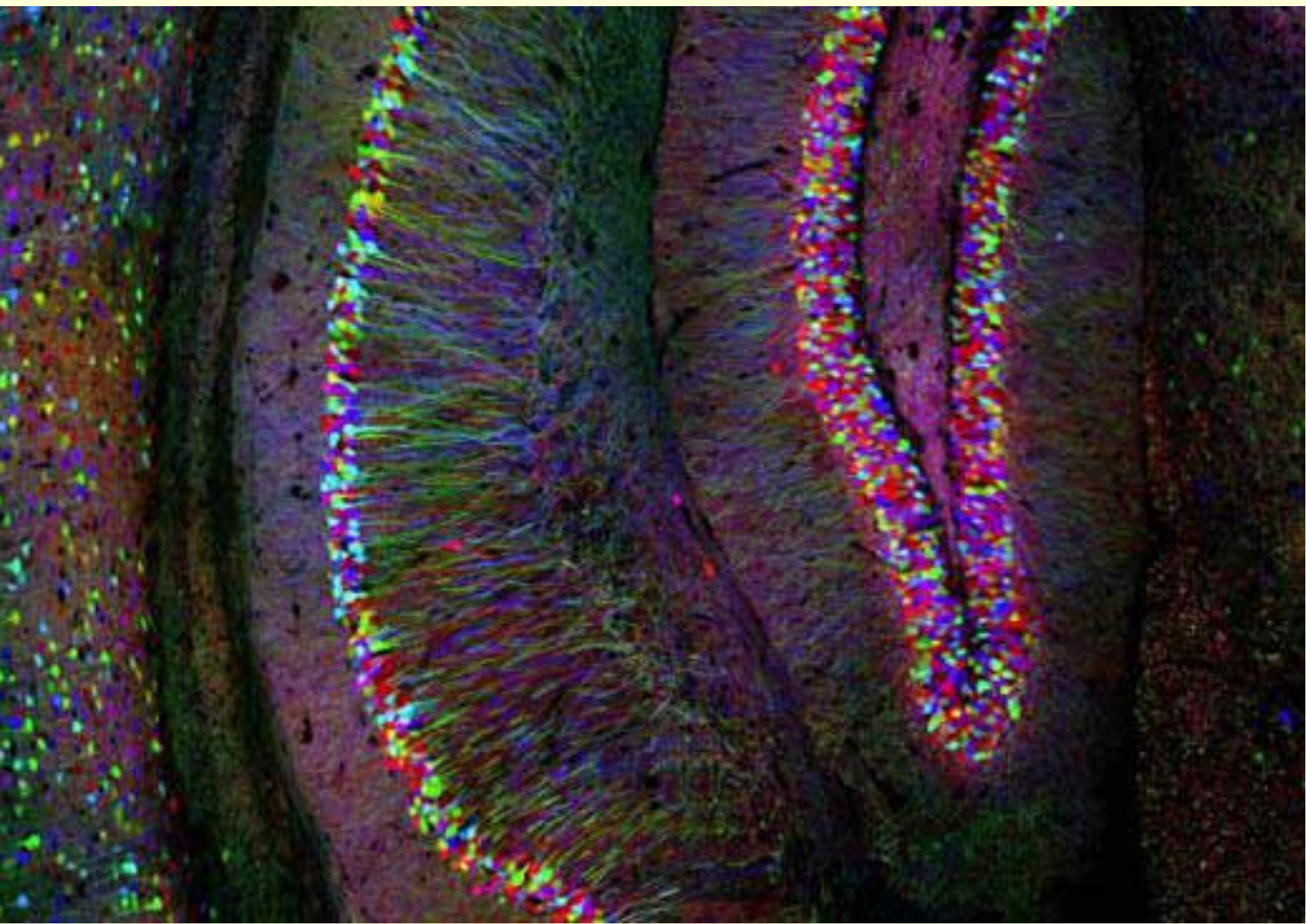


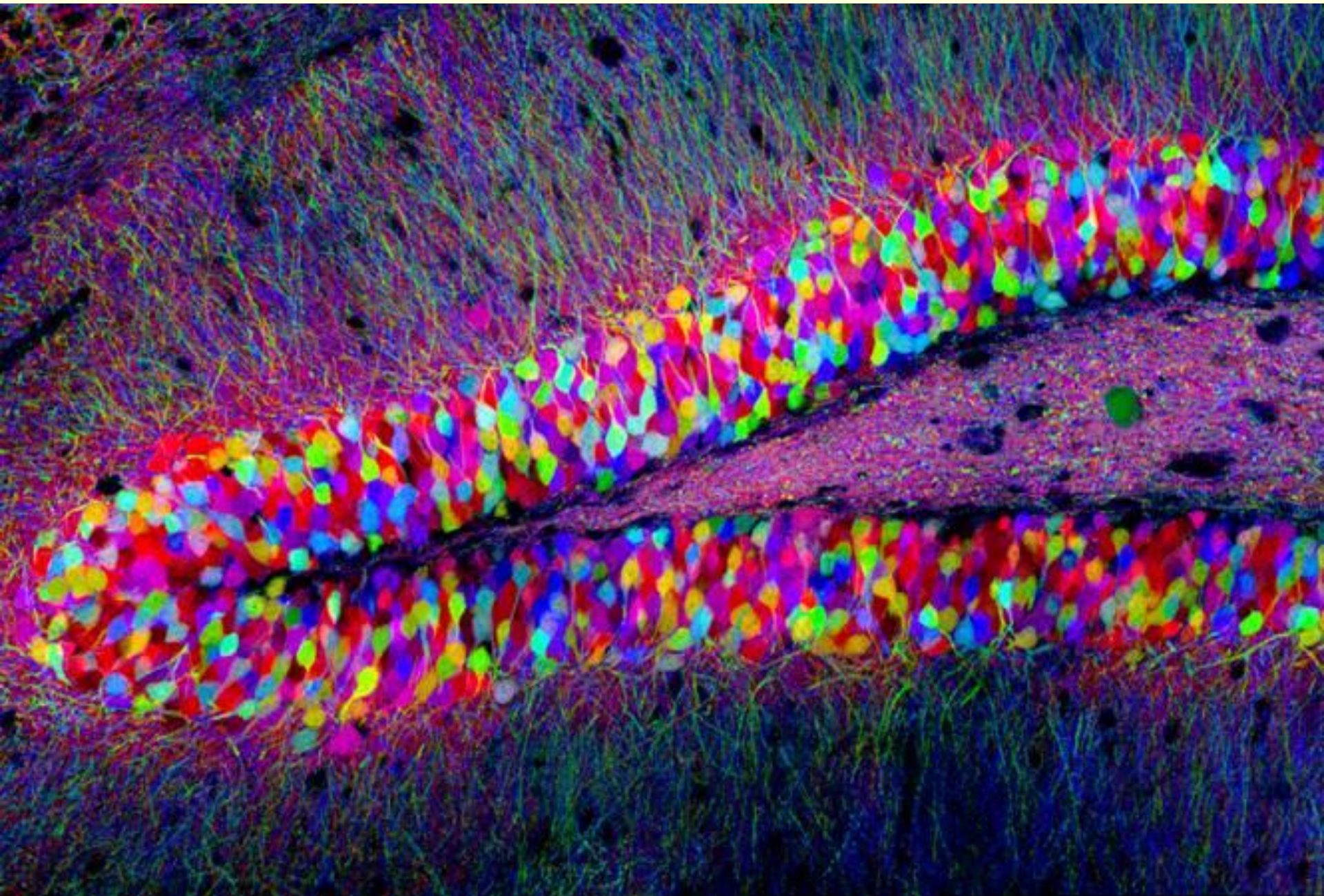
Brainbow-coloured nerve cells in the brainstem (main picture), in the dentate gyrus of the hippocampus (inset, top) and in a peripheral nerve.

- Avec les techniques classiques :
2 ou 3 couleurs différentes dans une coupe de tissus
- Brainbow :
peut produire jusqu'à une **centaine** de teintes différentes
- Permet de mieux suivre les projections de neurones individuels

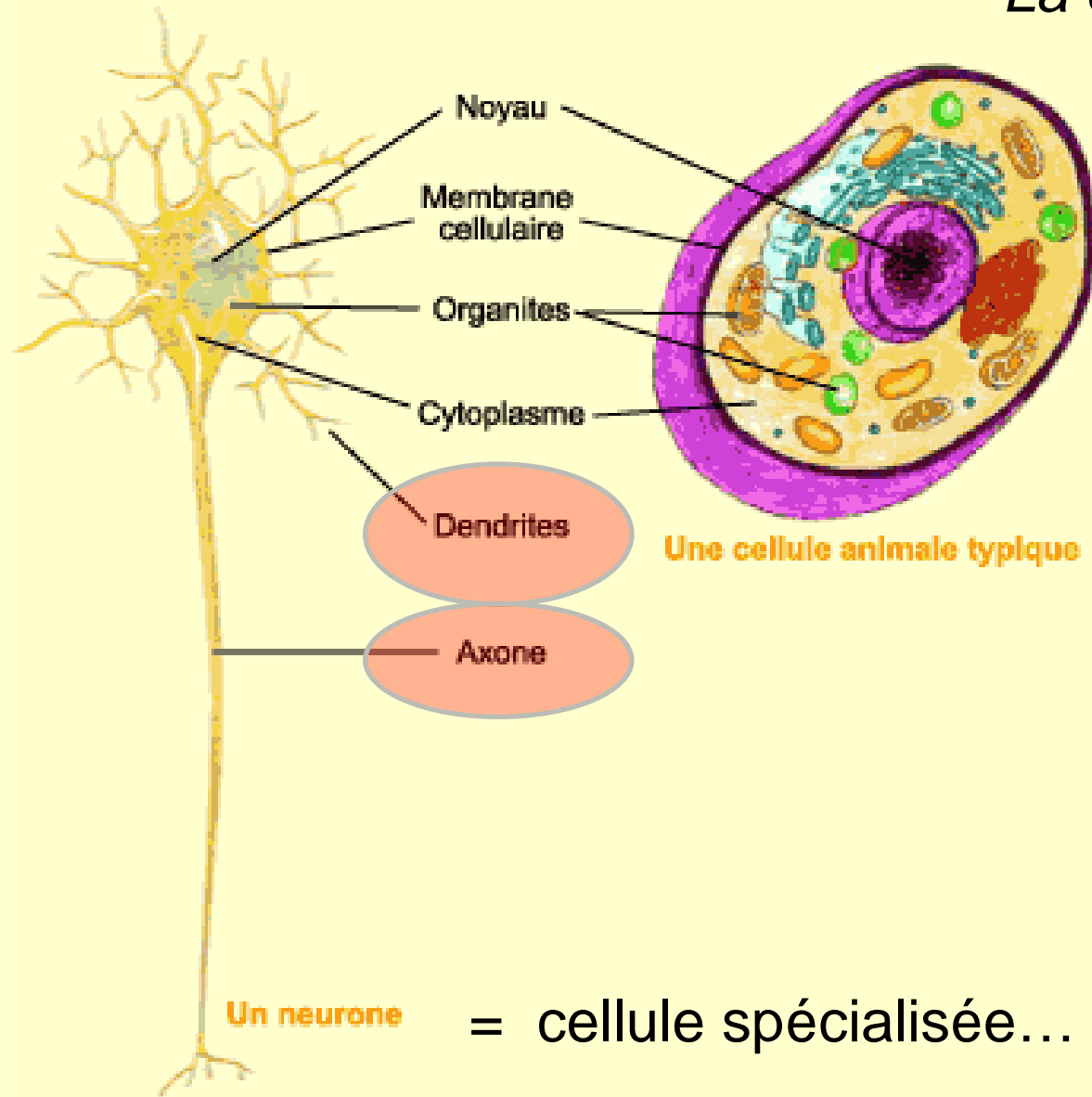


Brainbow-coloured nerve cells in the brainstem (main picture), in the dentate gyrus of the hippocampus (inset, top) and in a peripheral nerve.



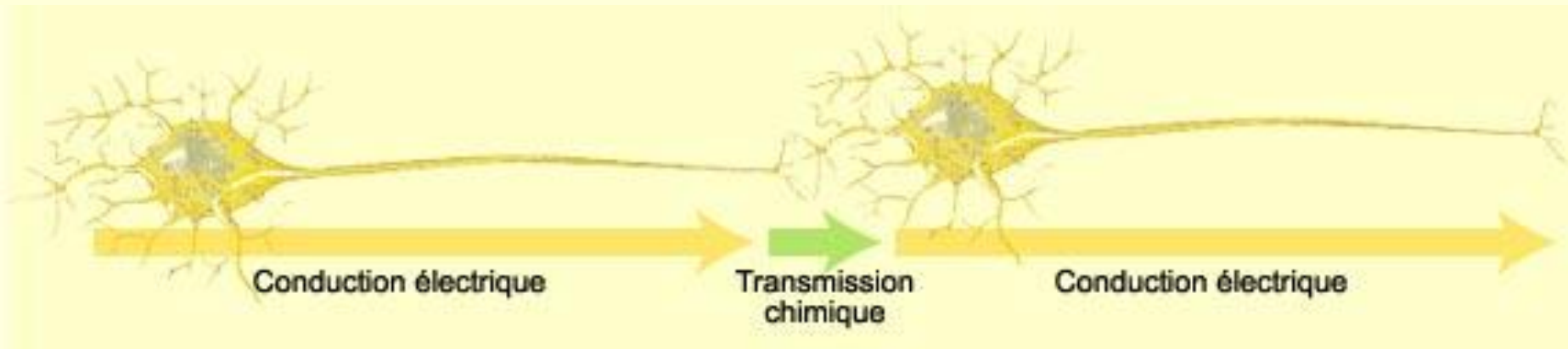


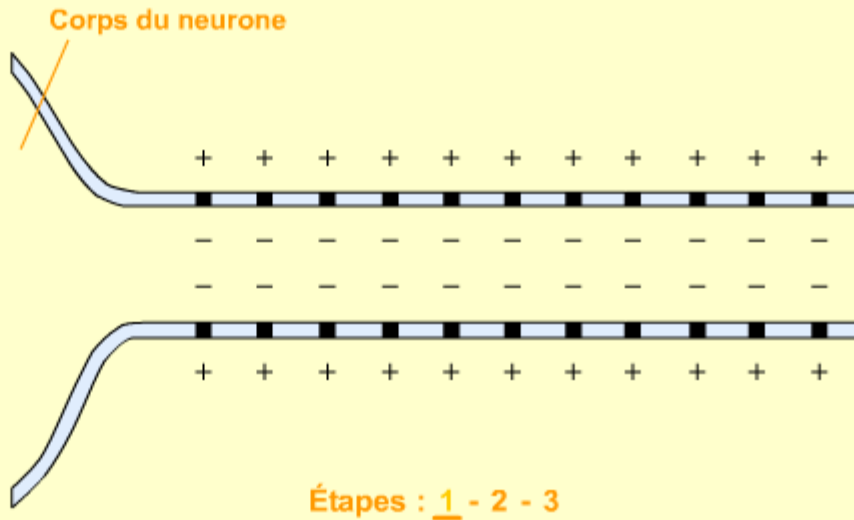
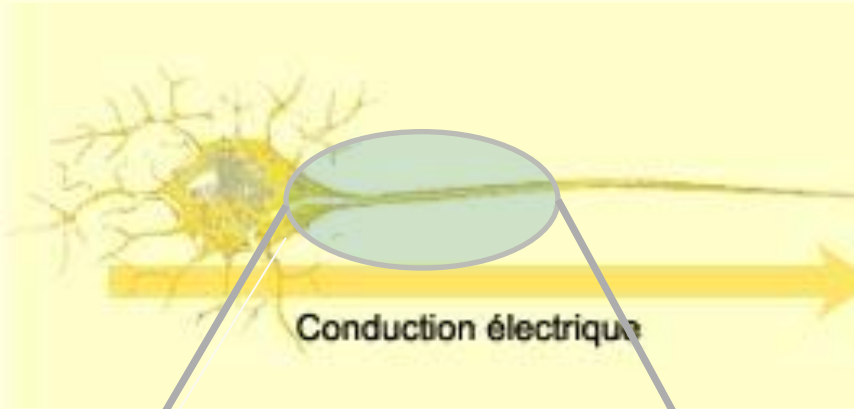
La cytologie



Des dendrites et des axones...

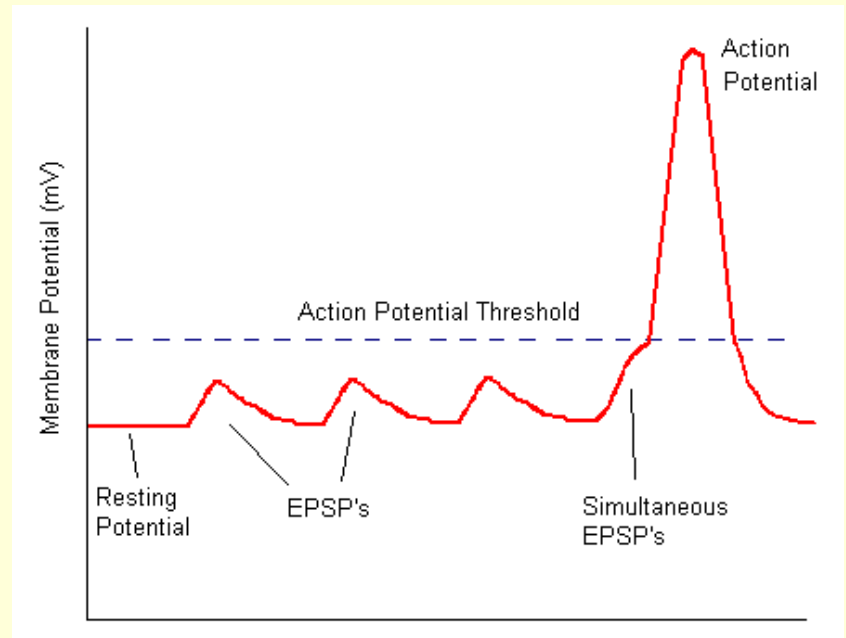
... pour communiquer avec d'autres neurones

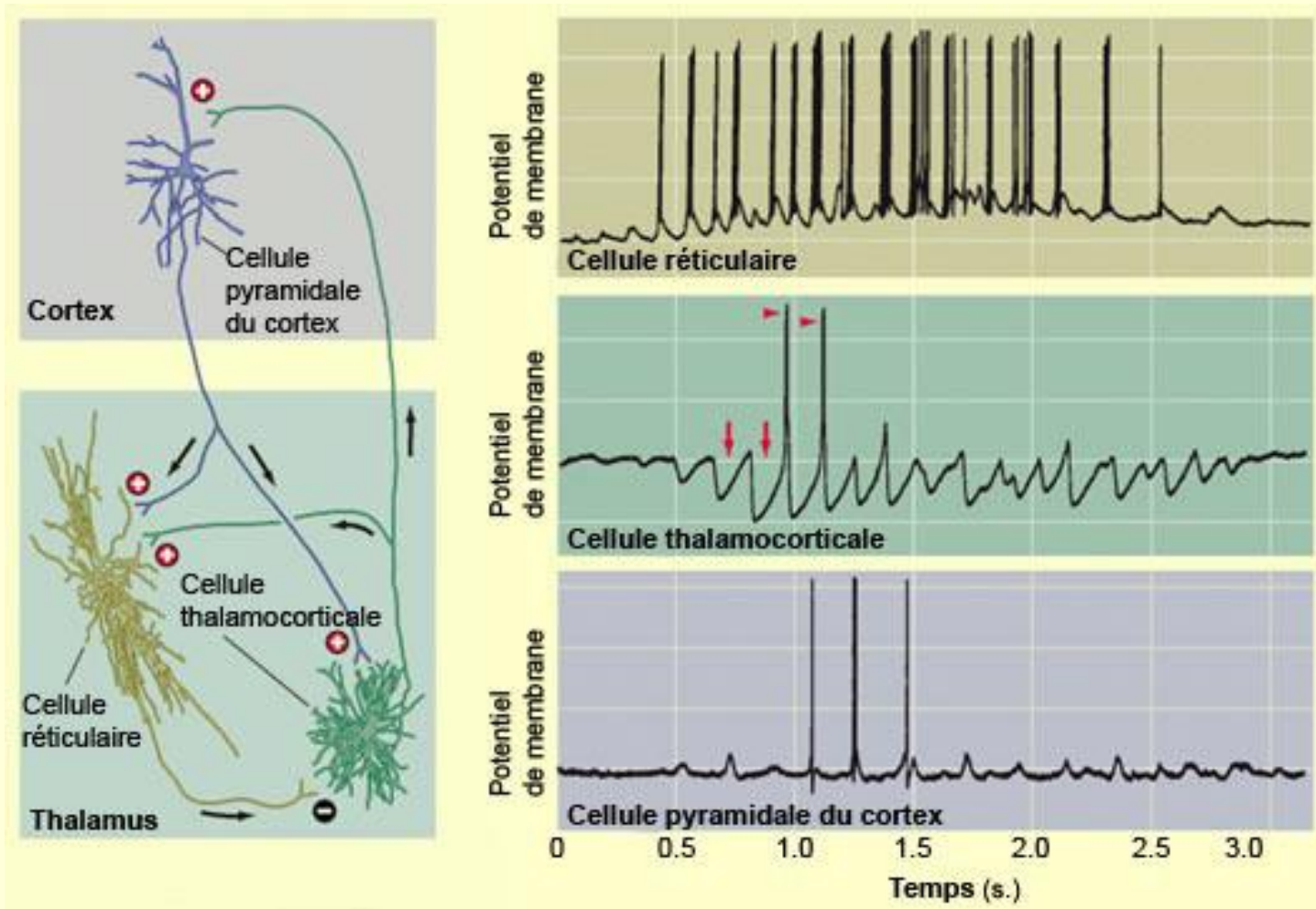






L'électrophysiologie





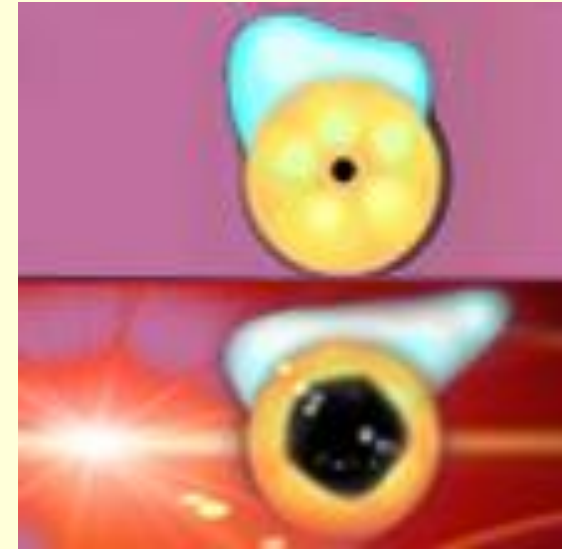
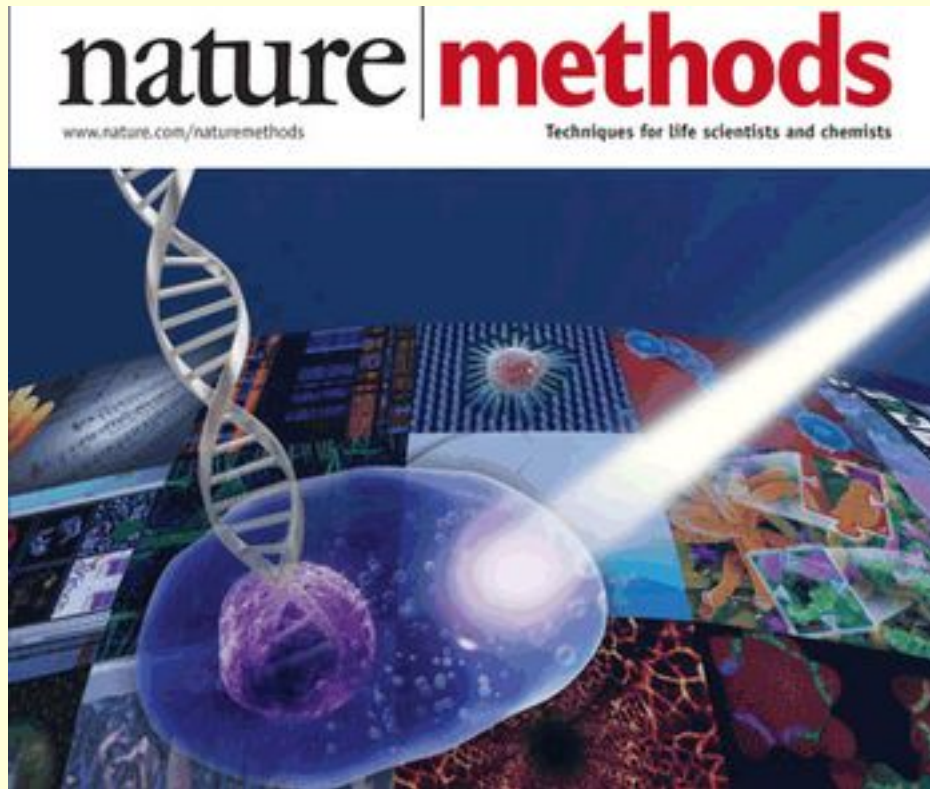
grâce à leurs prolongements, les neurones créent des **réseaux très interconnectés** où l'activité d'un neurone peut influencer l'activité de plusieurs autres



85 000 000 000 neurones

Chaque neurone peut faire
jusqu'à 10 000 connexions
avec d'autres neurones.

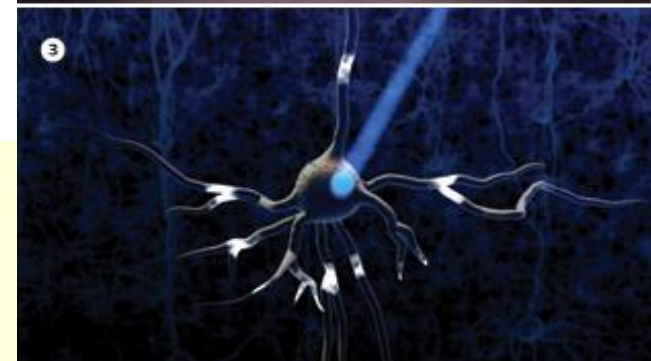
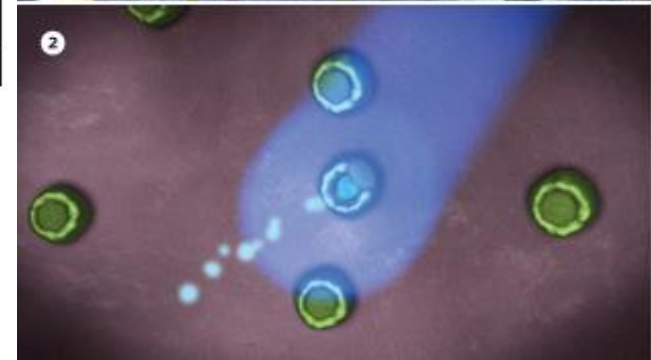
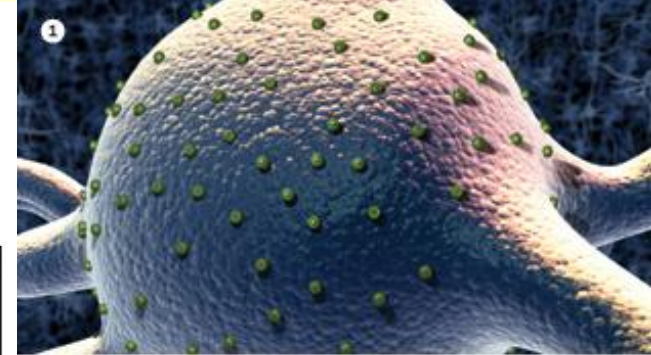
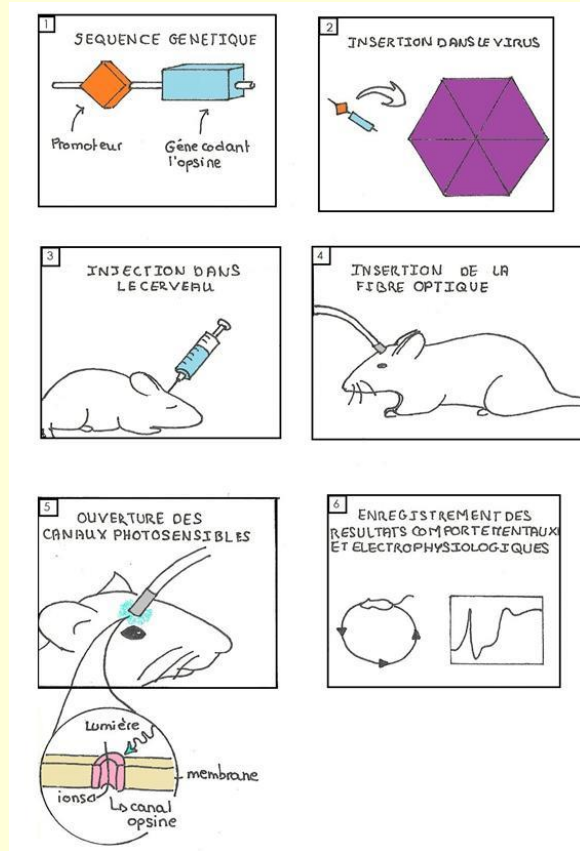
L'optogénétique



"This is God's gift to neurophysiologists"

L'optogénétique

Un mélange
de génétique,
de virologie
et d'optique



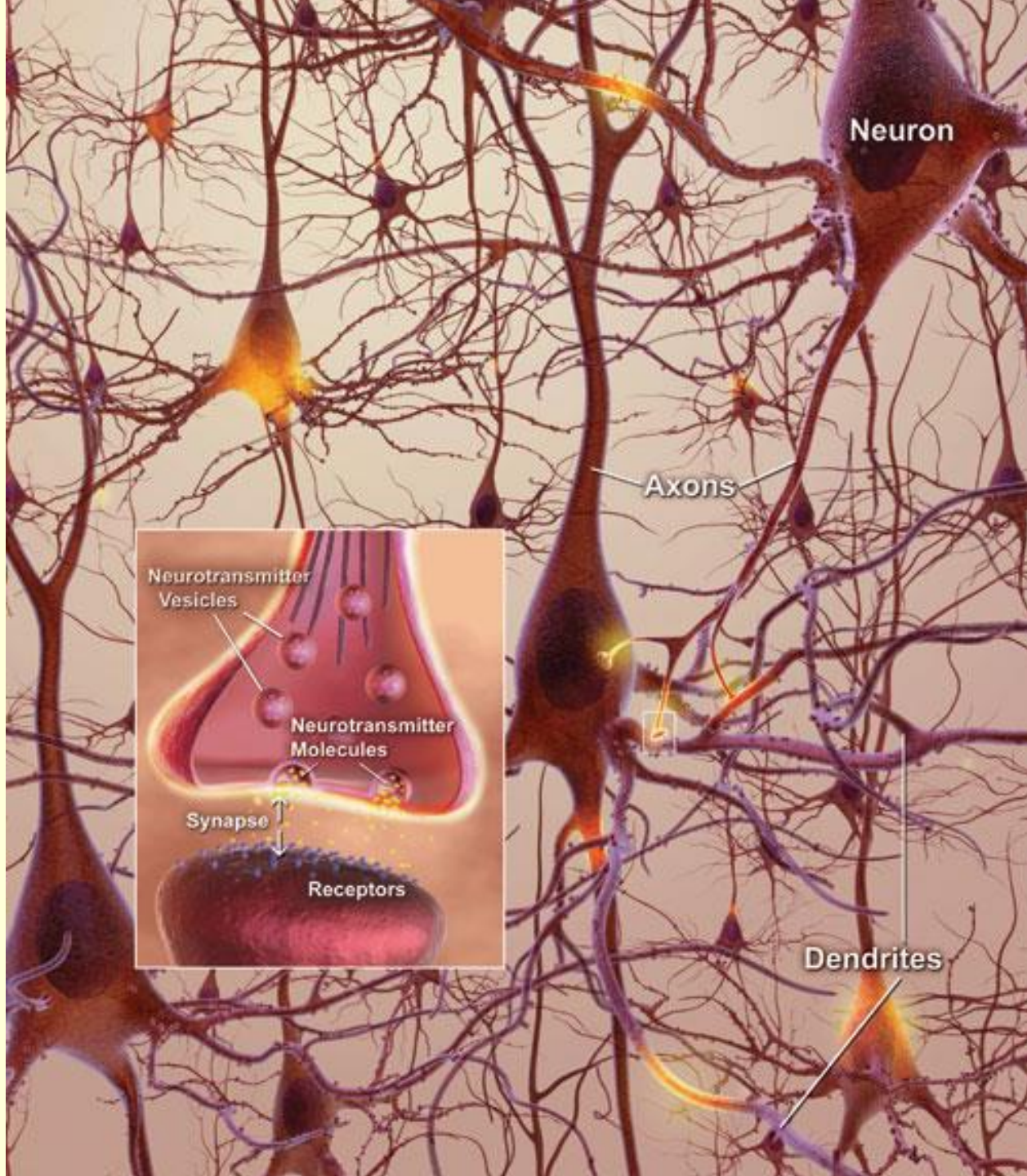
permettant d'activer ou d'inactiver
instantanément

des groupes spécifiques de neurones

dans le cerveau d'animaux vivants.



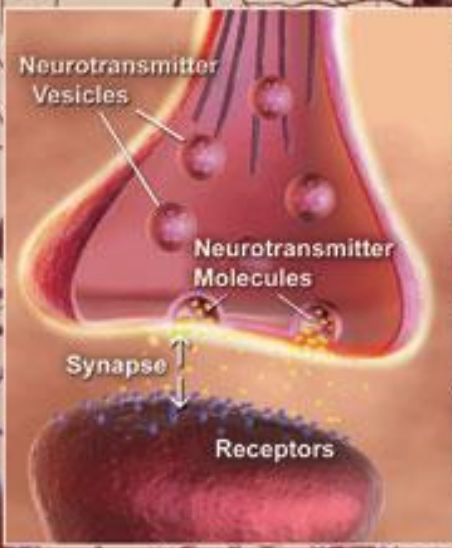


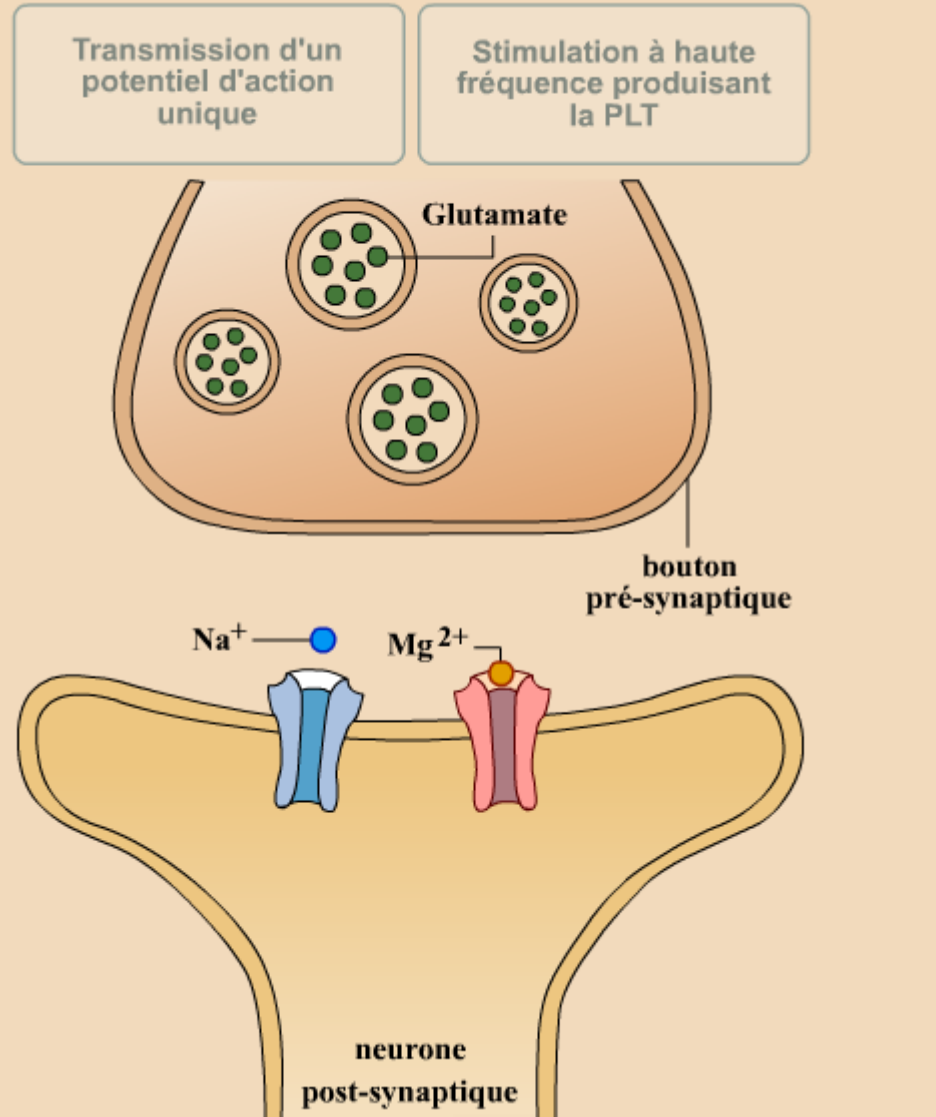


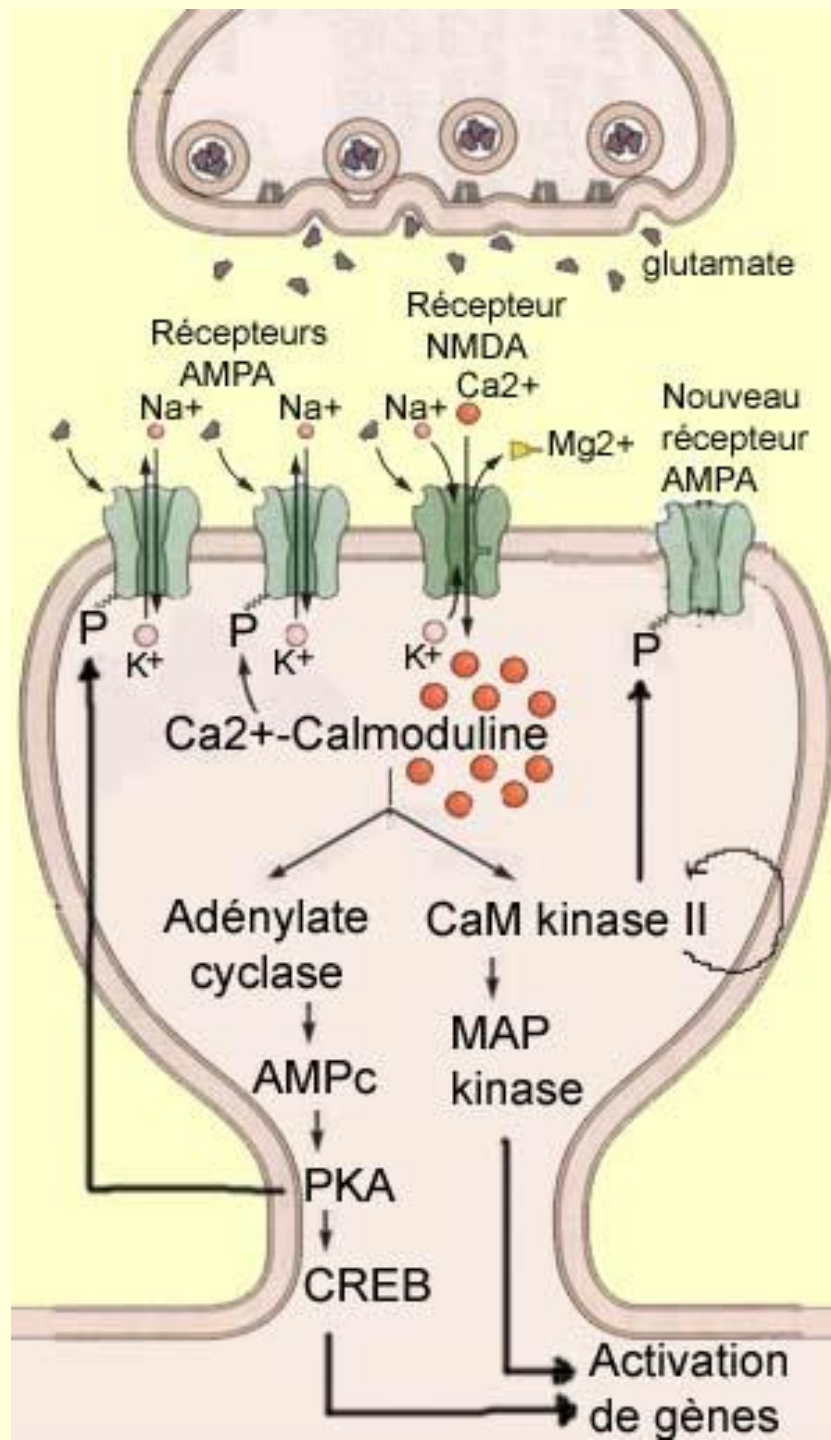
Neuron

Axons

Dendrites







Notre itinéraire



Social



Psychologique



Cérébral



Cellulaire



Moléculaire



Cellulaire



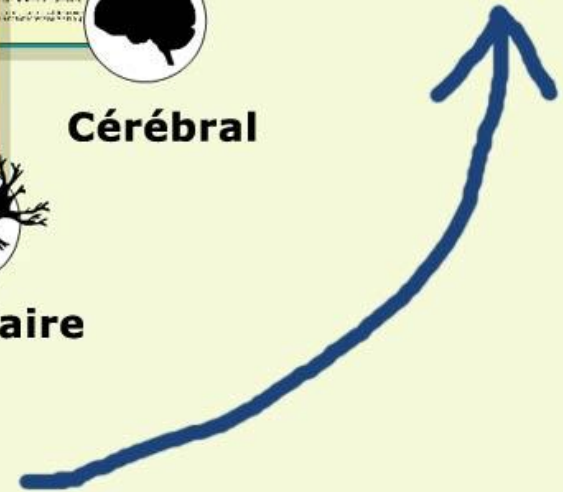
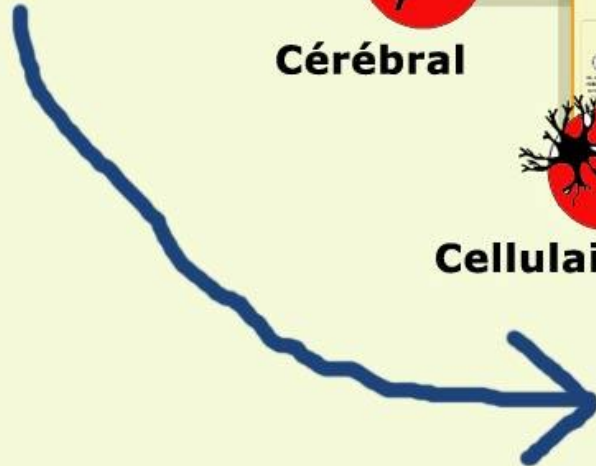
Cérébral



Psychologique

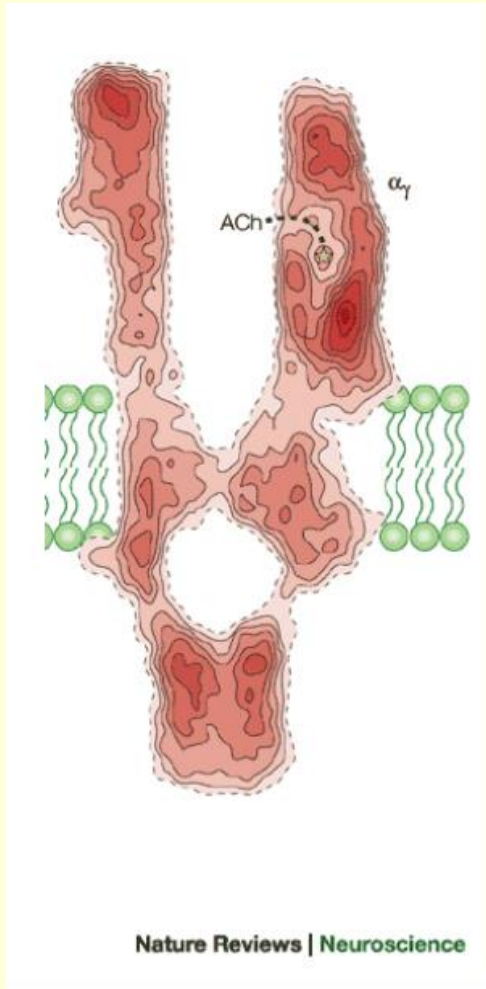


Social



Exemple de recherche spécialisée

Le récepteur à l'acétylcholine

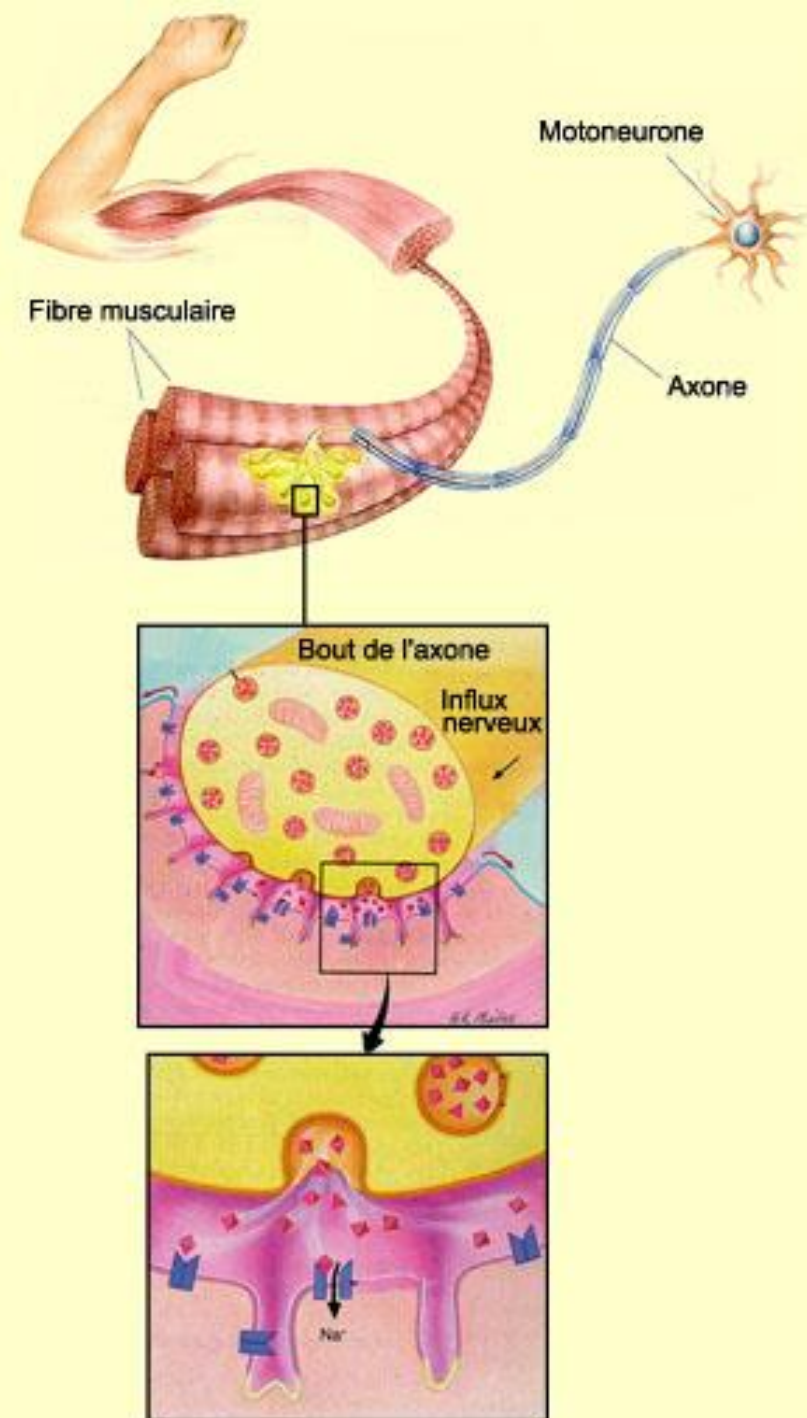


Jean-Pierre Changeux

Le récepteur à l'acétylcholine

Une molécule (protéine) importante :

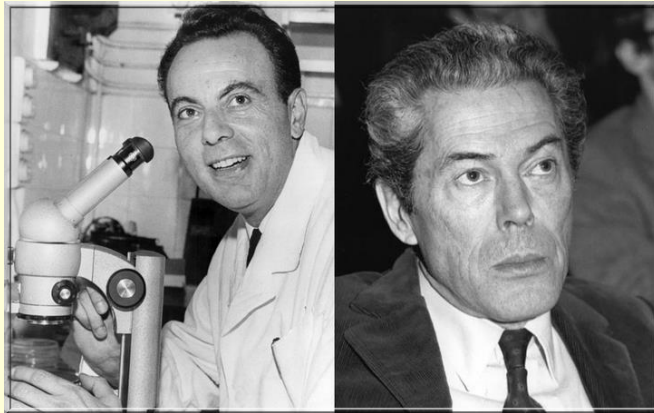
sans elle nous ne pourrions pas **bouger**,
et donc pas **parler** !





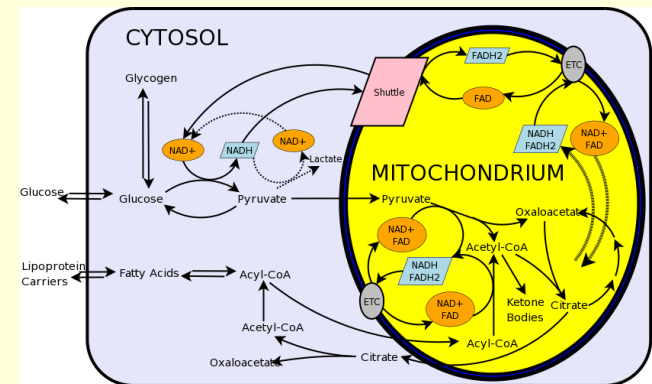
L'histoire commence à Paris au début de l'année **1960**,

alors que Jean-Pierre Changeux commence à travailler sur certaines enzymes de bactéries

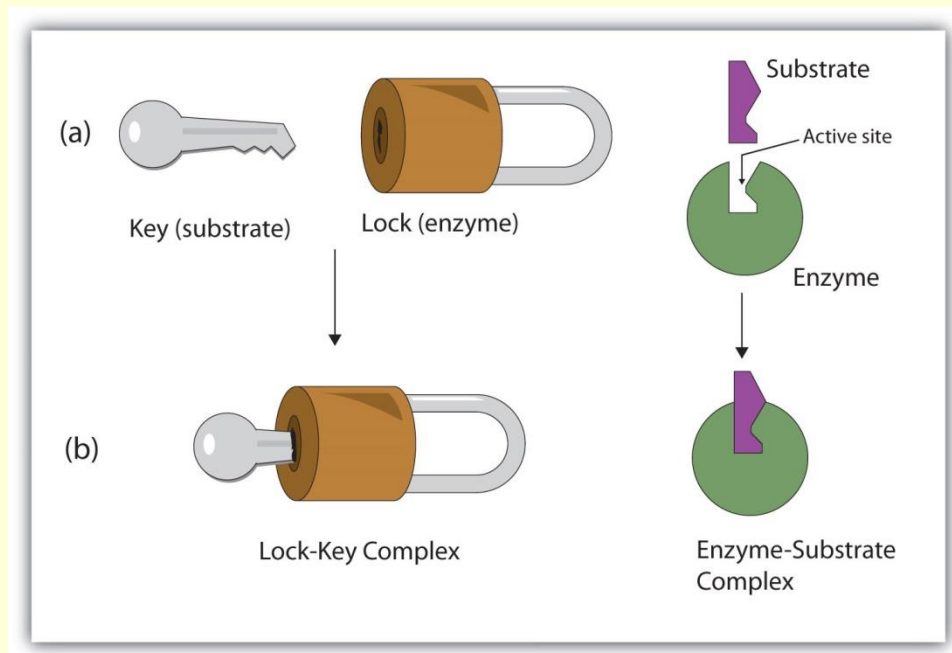
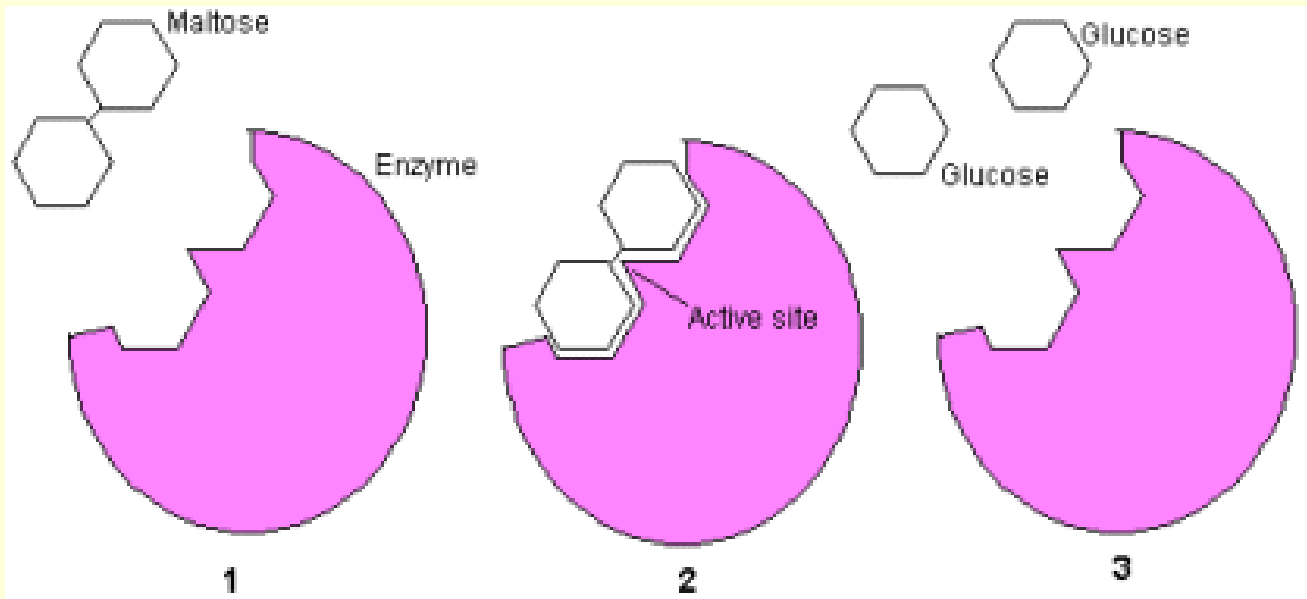


F. Jacob

J. Monod



dans le cadre d'un doctorat dans le labo de Monod et Jacob, qui allaient recevoir le prix Nobel quelques années plus tard.

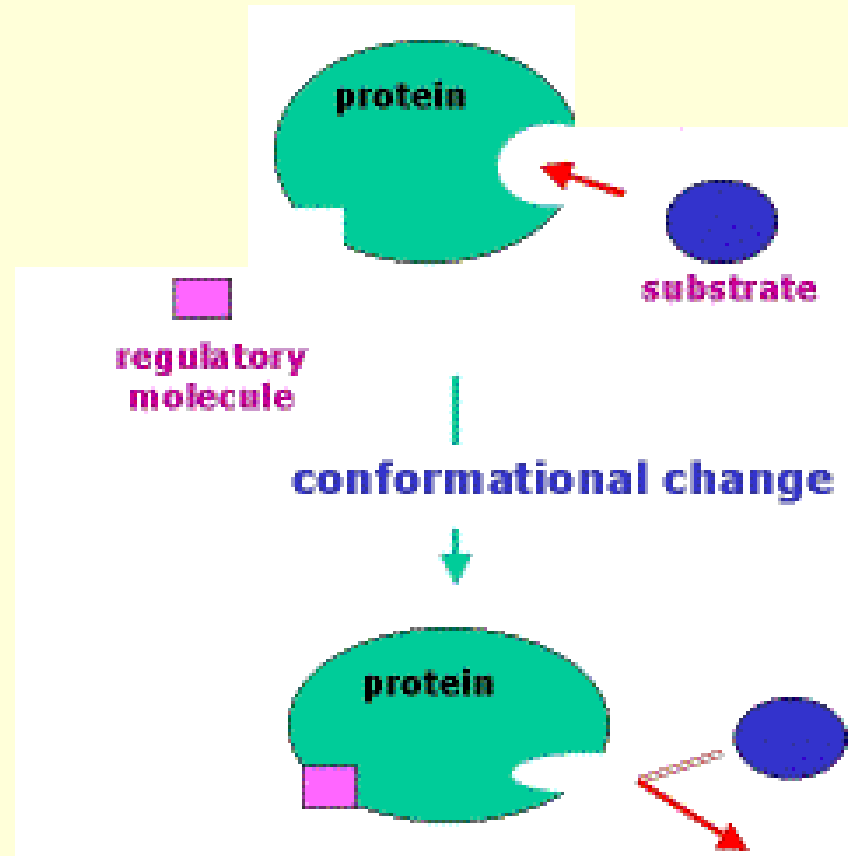
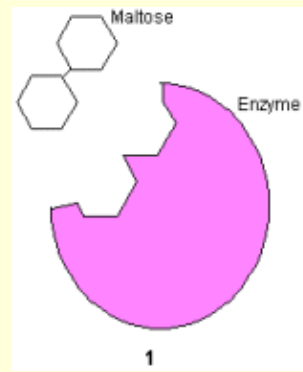


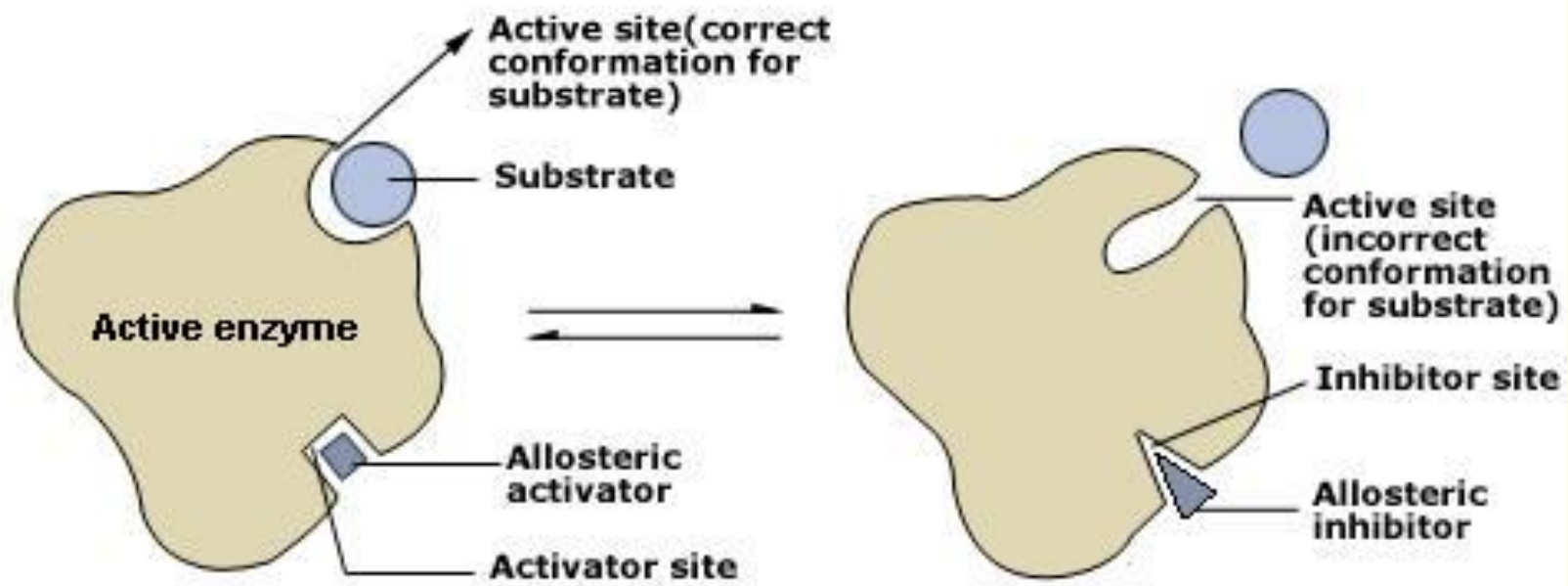
En 1961, Changeux émet l'hypothèse que son **enzyme** possède non pas un, mais **deux** sites de fixation **distincts** :

un pour le substrat à transformer, et un autre pour fixer une ou des molécules régulatrices

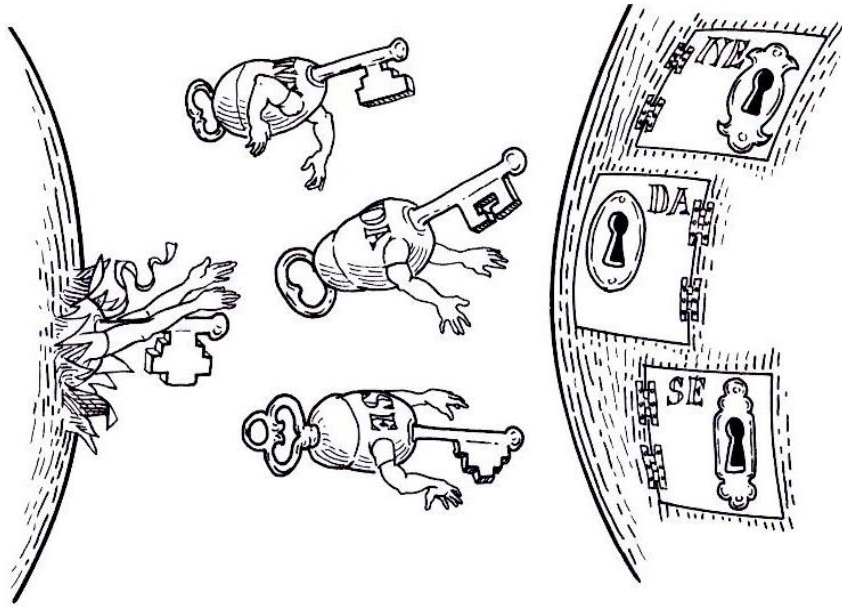
Avec Jacob et Monod, il va préciser cette idée en **1963** en proposant que l'interaction entre ces deux sites serait transmise d'un site à l'autre par un **changement de forme** de la protéine.

Le concept ***d'interactions allostériques*** était né...





Schematic representation of allosteric enzyme activity

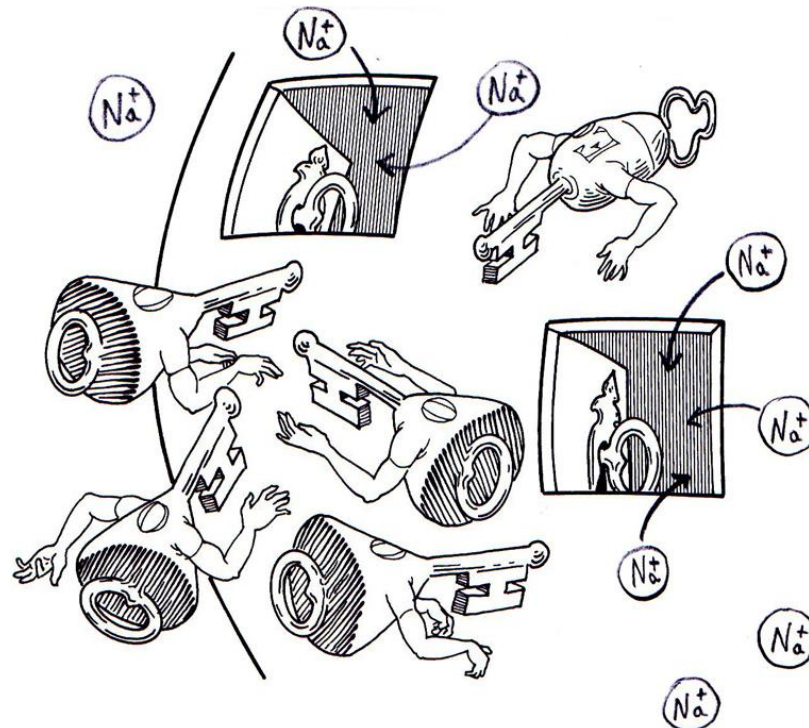


Comment se fait la transformation du **message chimique** du neurotransmetteur

au **message électrique** de l'influx nerveux dans le neurone suivant ?

Par un changement de forme du récepteur ?

Hypothèse qui va amener Changeux à s'intéresser au récepteur à l'acétylcholine...



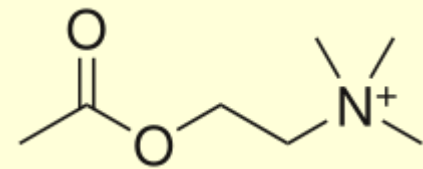
En **1967**, Changeux change de laboratoire et apprend à disséquer **l'organe électrique** de certains poissons (Torpille, Gymnote)



car on sait alors que le neurotransmetteur de l'organe électrique est **l'acétylcholine**,

d'où forcément la présence d'un grand nombre de ses **récepteurs**.

Mais on a aucune idée à cette époque à quoi ils peuvent bien ressembler...

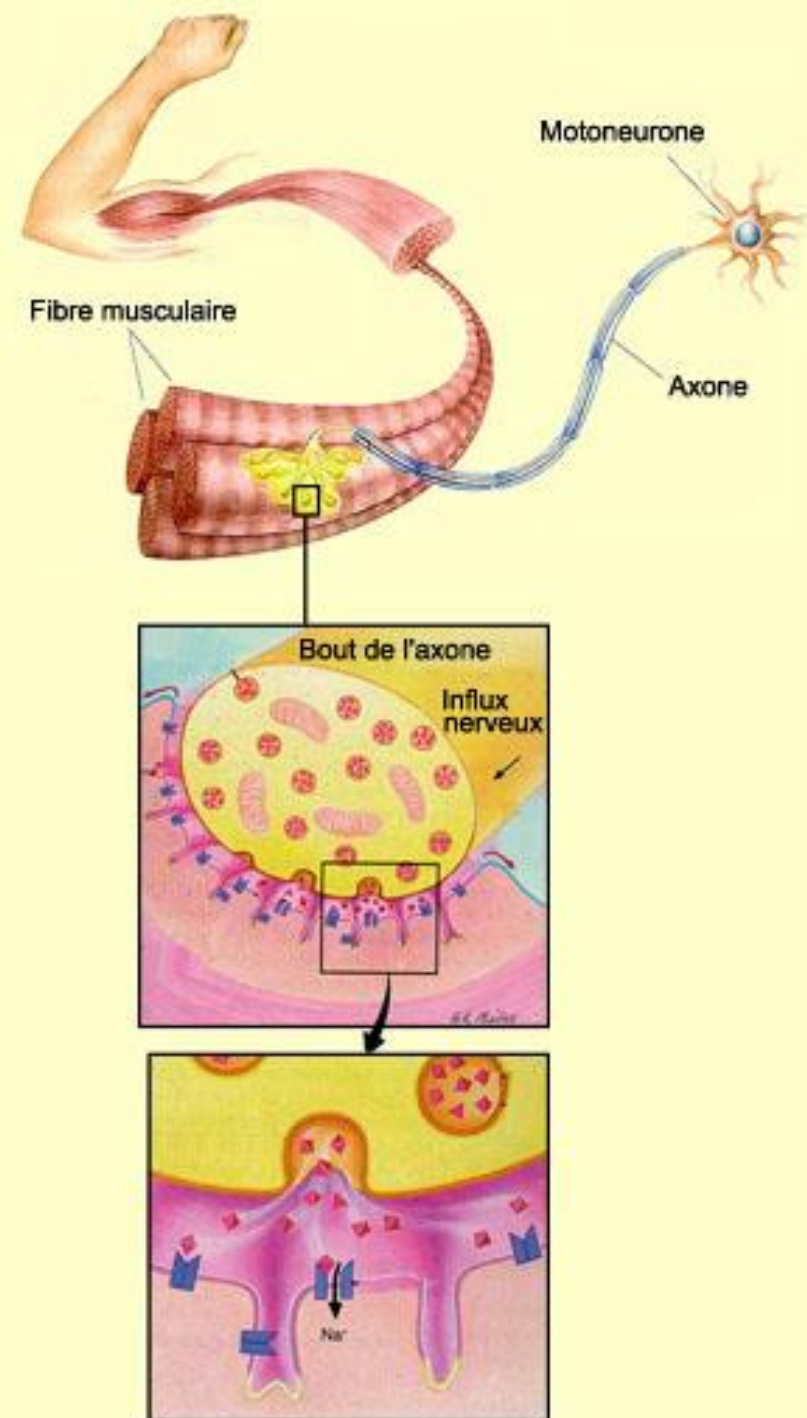


Acétylcholine

Au **printemps 1970**, un pharmacologue parle à Changeux de ses travaux sur une **toxine de venin de serpent**, **la bungarotoxine-a**, qu'il a isolée et purifiée

et qui nous paralyse en bloquant la connexion nerveuse entre le nerf et le muscle.

C'était donc un bloqueur potentiel du récepteur à acétylcholine.





Changeux lui demande un échantillon de toxine et l'essaie sur ses préparations.

Il observe alors que :

la bungarotoxine-a **bloque la réponse électrique** de l'organe électrique chez le poisson vivant,

et bloque aussi la réponse de flux des ions à travers une membrane dans une préparation « in vitro »

(où on isole une composante d'un système complexe pour l'examiner)

Or Changeux avait isolé et rendu soluble quelques temps auparavant une **grosse molécule inconnue** à partir de l'organe électrique de poisson.

Les indices vont rapidement s'accumuler. Dans l'ordre, on découvre que :

D'abord la toxine de venin de serpent **peut se fixer** sur cette grosse molécule.

Ensuite, cette toxine de venin, quand elle est appliquée avec une substance qui mime l'acétylcholine, en **empêche la liaison avec la grosse molécule inconnue...**

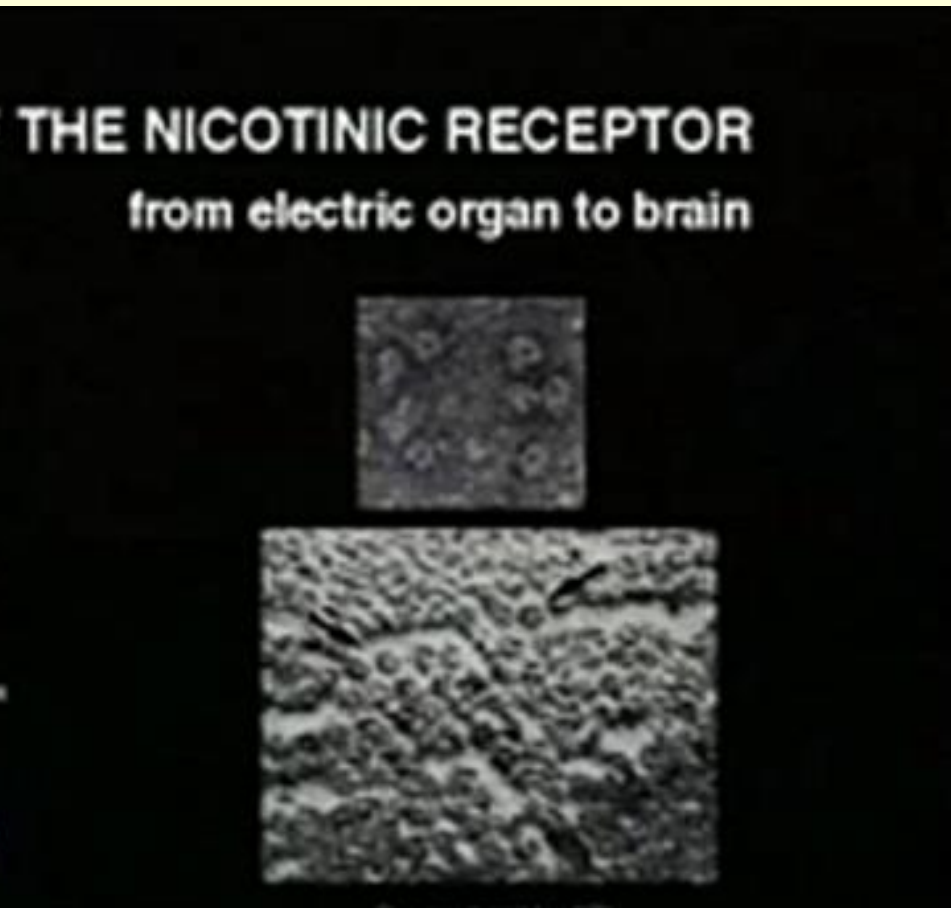
Finalement : la **grosse molécule inconnue** peut se lier directement avec **l'acétylcholine !**

(et s'en détacher par la suite, donc c'est réversible)

Voilà donc comment a pu être isolé **en 1970**
(grâce au poisson torpille et à du venin de serpent!)

le premier *récepteur* à un *neurotransmetteur* :

le récepteur nicotinique de l'acétylcholine.



Observé au **microscope électronique** pour la première fois en **1973**.



« L'émotion fut grande », affirme Changeux, car c'était la première fois qu'on pouvait "**voir**" un **récepteur**.

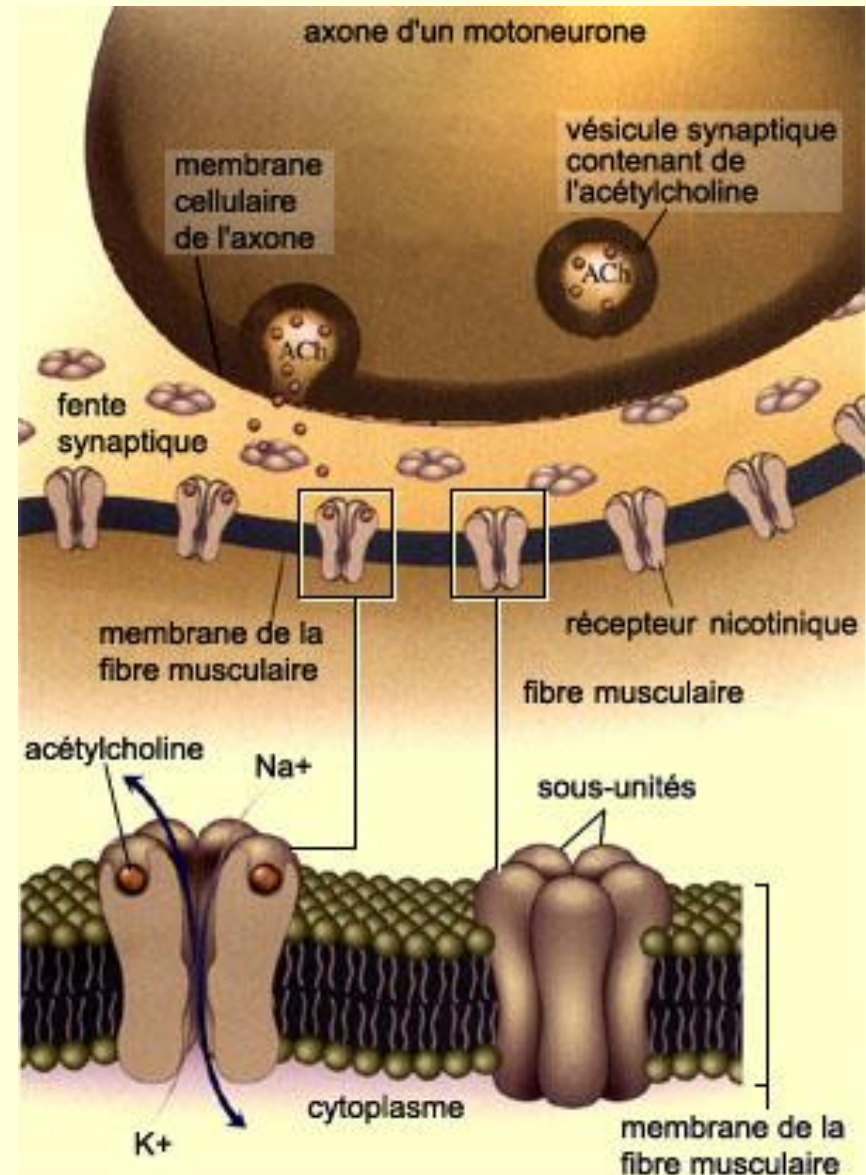
Ce récepteur se présente comme une sorte de **"rivet" transmembranaire**.

On commençait donc à comprendre qu'il pouvait former une sorte de **canal en son centre**

et que le neurotransmetteur se fixait sans doute **sur la partie extérieure** de ce rivet.

Et donc il restait deux grandes étapes encore :

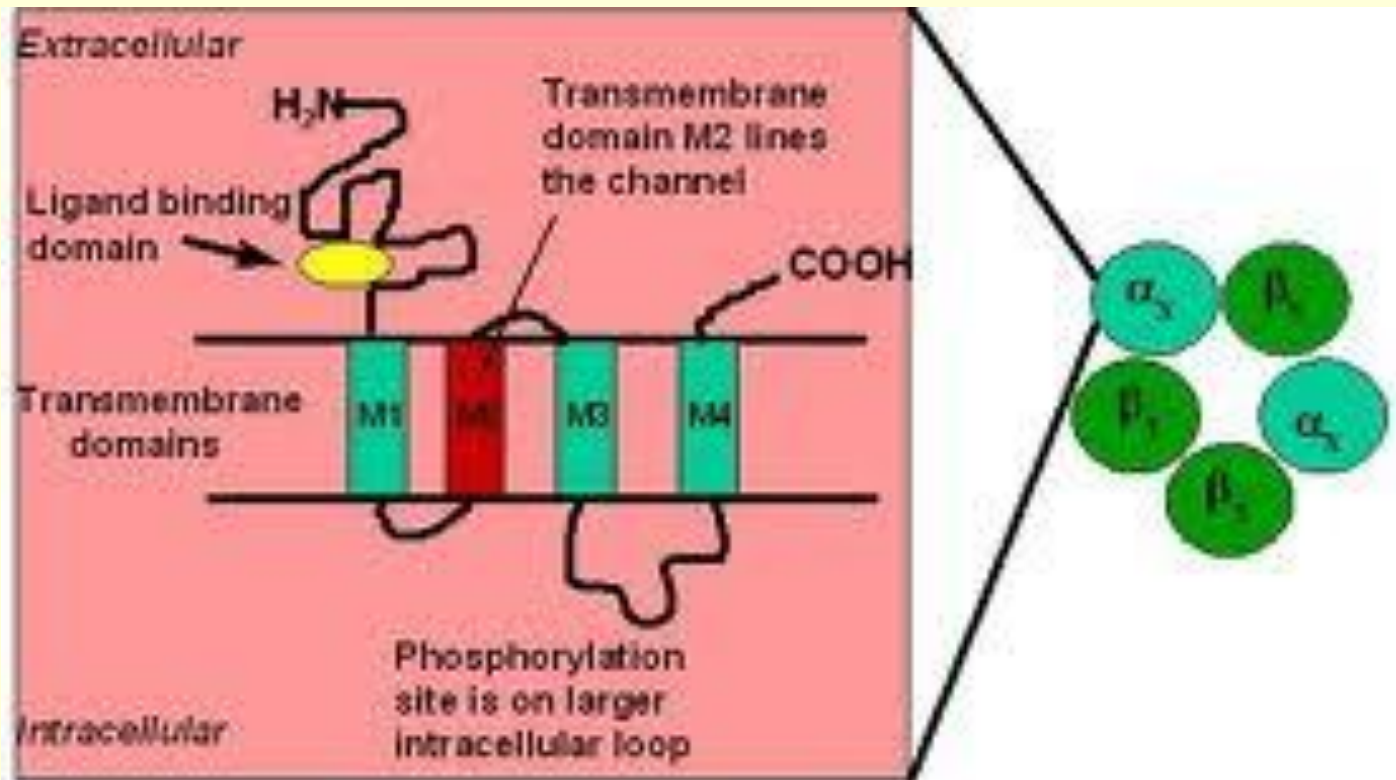
- 1) Identifier ce **site de liaison**
- 2) Prouver l'existence d'un **canal**



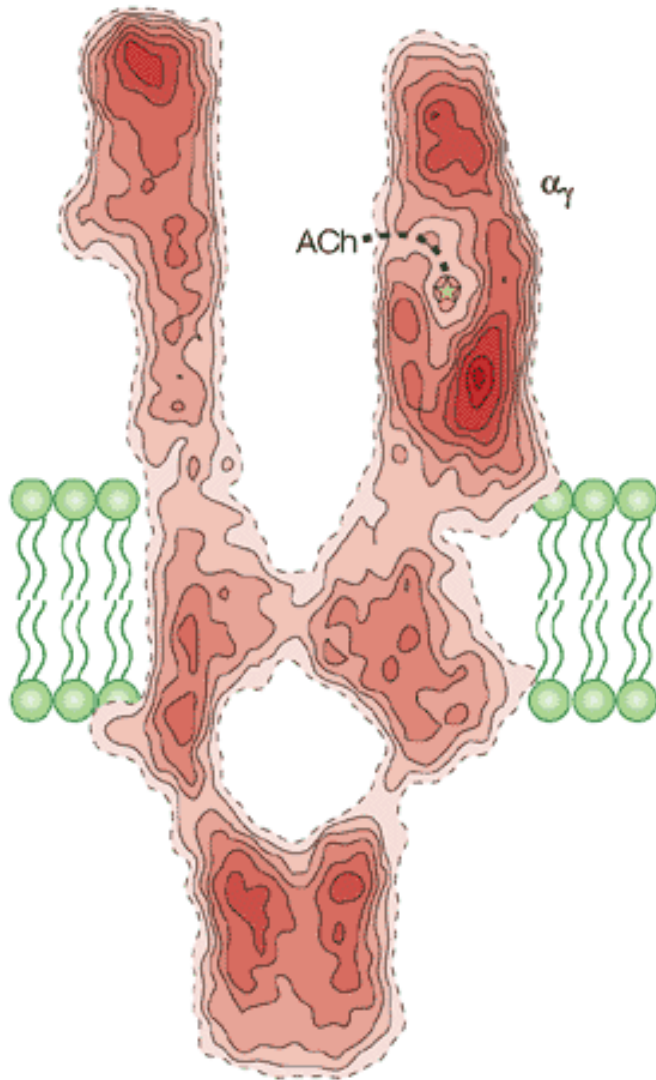
1) Site de liaison

Je vous fait grâce de toute l'**accumulation d'indices** ici...

Et en **1990**, on identifiait 8 **acides aminés** localisés dans la partie **extracellulaire du récepteur** et qui étaient **marqués par** une molécule semblable à l'acétylcholine,



c

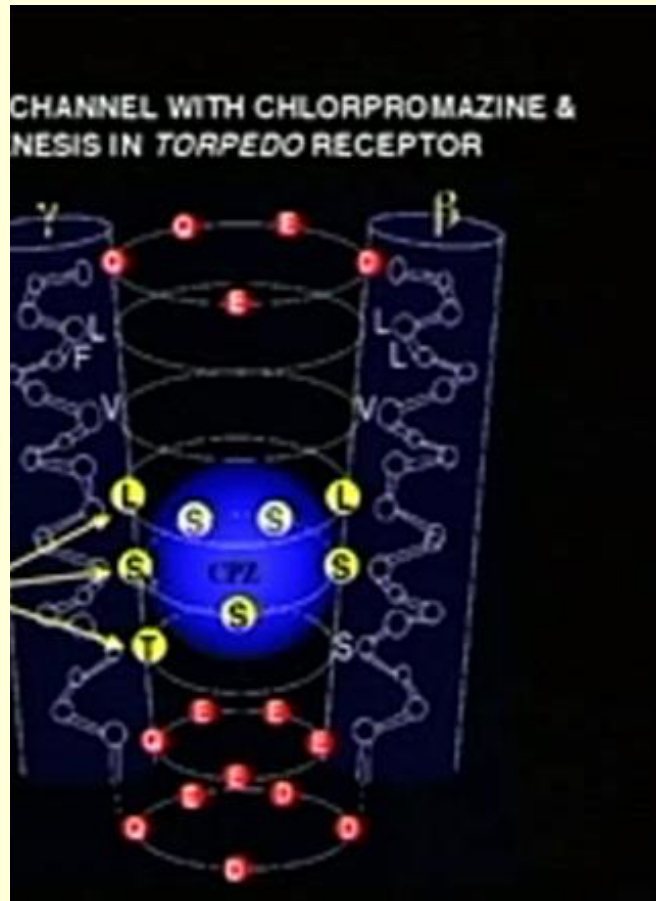


Ces acides aminés forment une sorte de **corbeille** **électronégative**, susceptible d'accueillir une section de la molécule d'acétylcholine.

2) Canal ionique

La quête fut ici très longue et difficile. **Elle dura de 1974 à 1999**

et se fit donc en parallèle avec d'autres expériences pour répondre à d'autres questions en utilisant les outils de la biologie moléculaire.

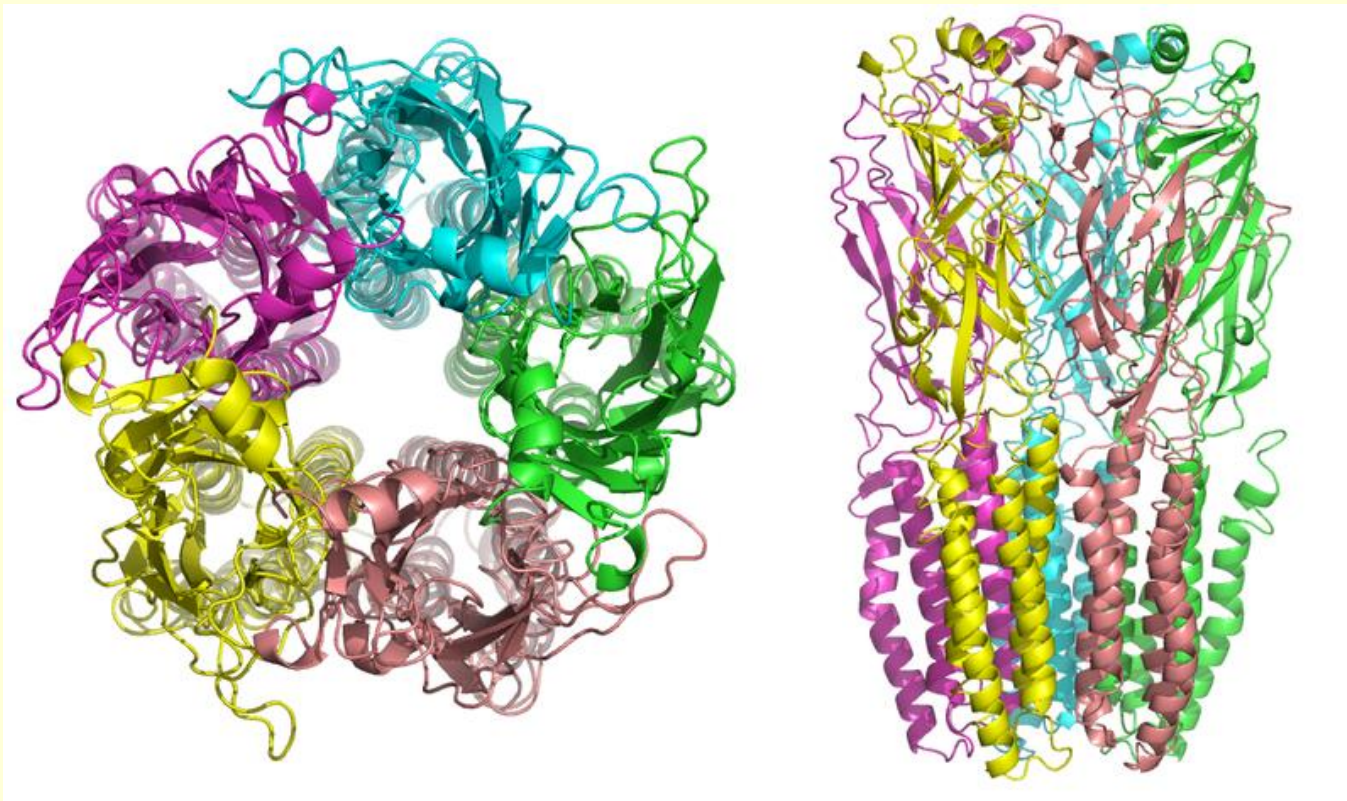


Montrent que **la molécule chlorpromazine**, peut marquer **les quatre sous-unités à l'intérieur** du récepteur.

Puis, que l'accès de la chlorpromazine à ce site s'accroît plus de 100 fois dans des conditions de mélange rapide avec l'acétylcholine (quand le canal s'ouvre...)

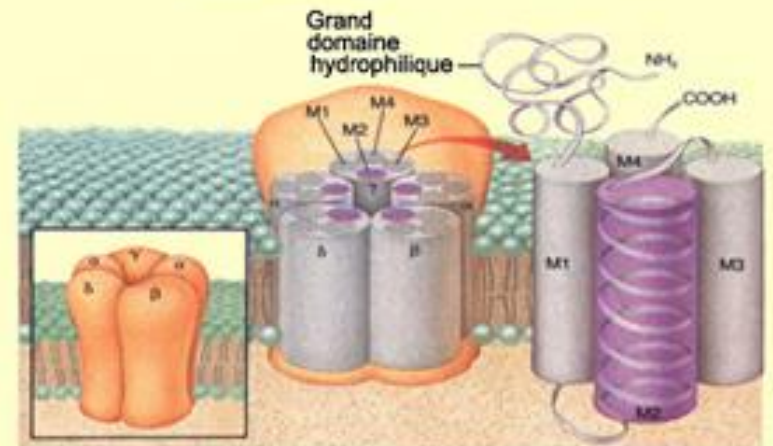
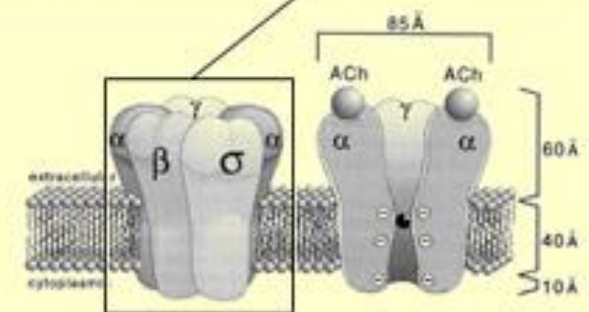
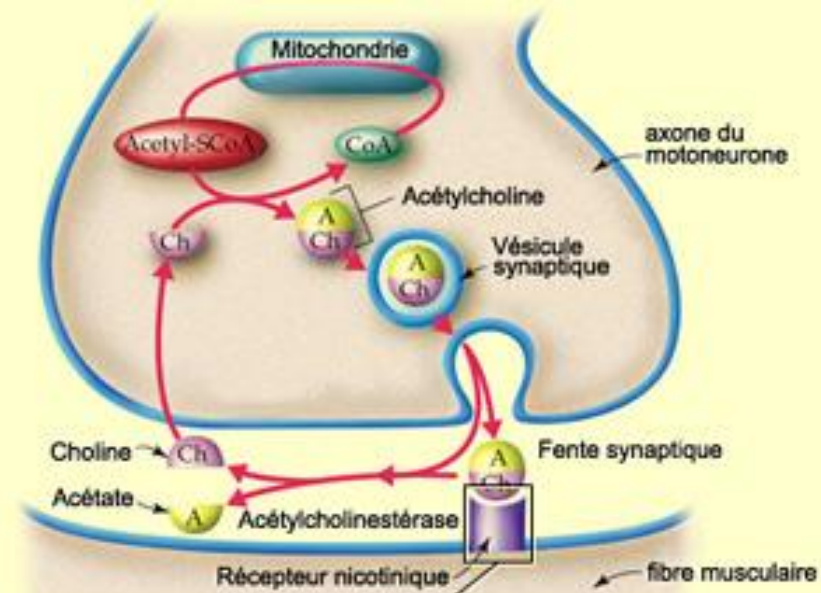
Donc **le site de liaison de la chlorpromazine se trouvait dans le fameux canal.**

On avait donc pu démontrer que la **chlorpromazine** marque le **262^e acide aminé** dans le segment **transmembranaire MII** de la sous-unité **d** !





Changeux et d'autres ont donc démontré que ce récepteur-canal a tout ce qu'il faut pour faire la **transduction** du signal :



Notre itinéraire



Social



Psychologique



Cérébral



Cellulaire



Moléculaire



Social



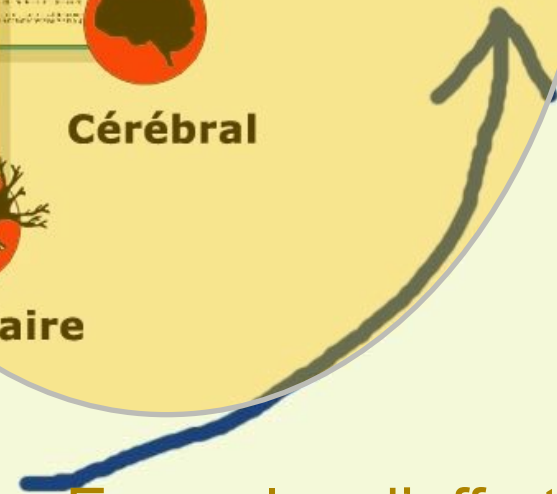
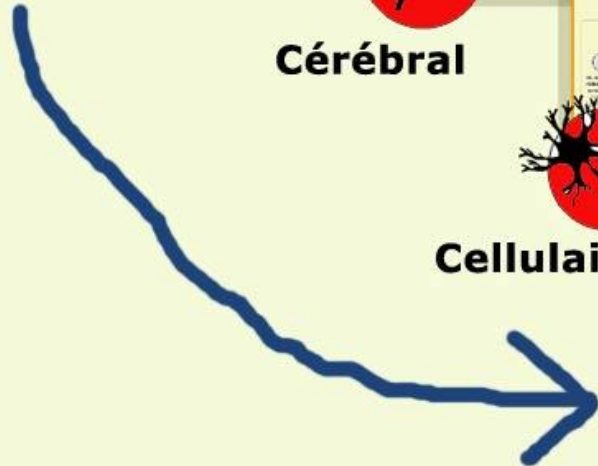
Psychologique



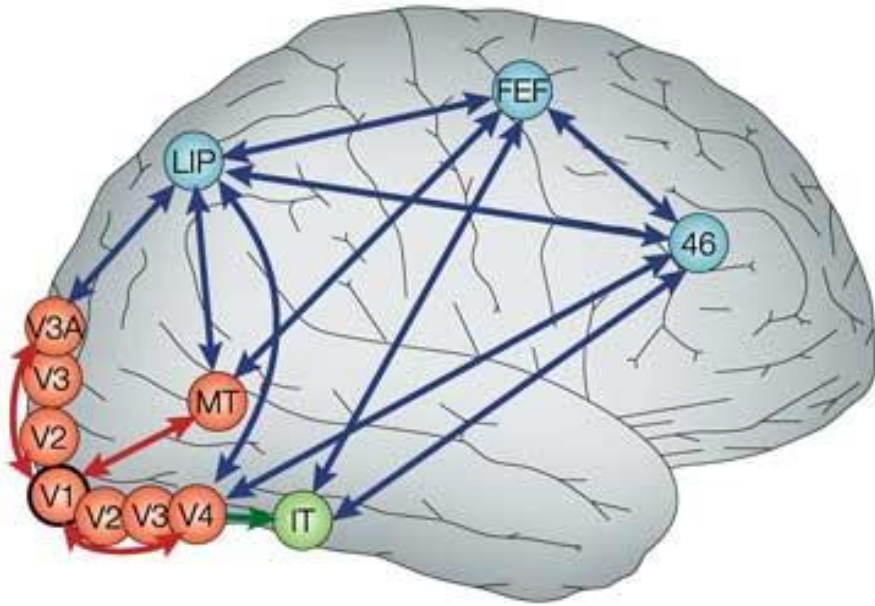
Cérébral



Cellulaire

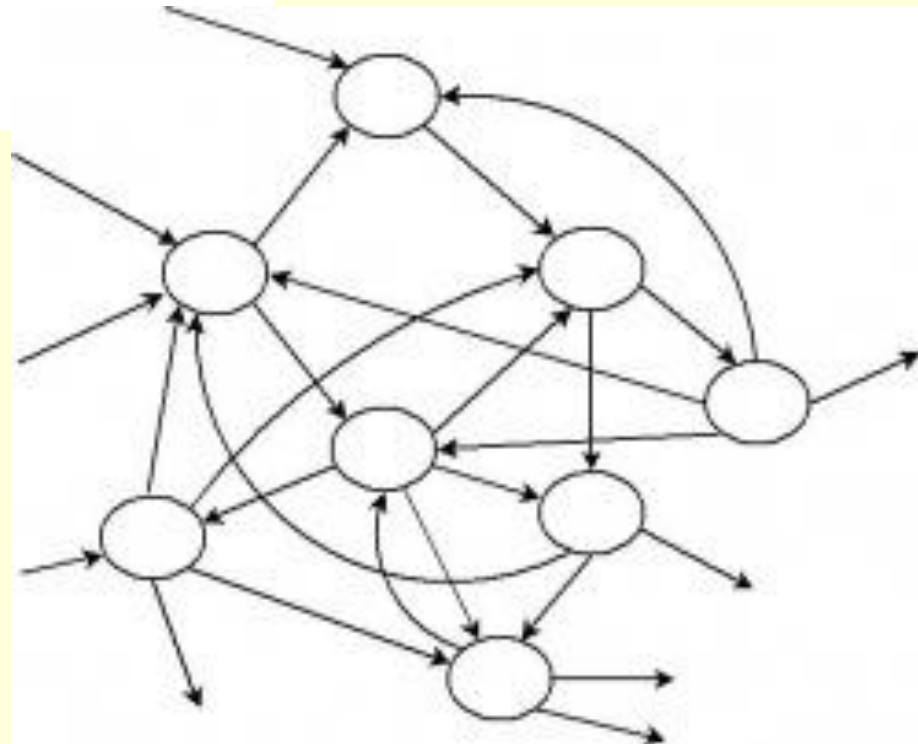


Exemples d'efforts
multidisciplinaires



Nature Reviews | Neuroscience

“There is no boss in the brain.”
 - Michael Gazzaniga

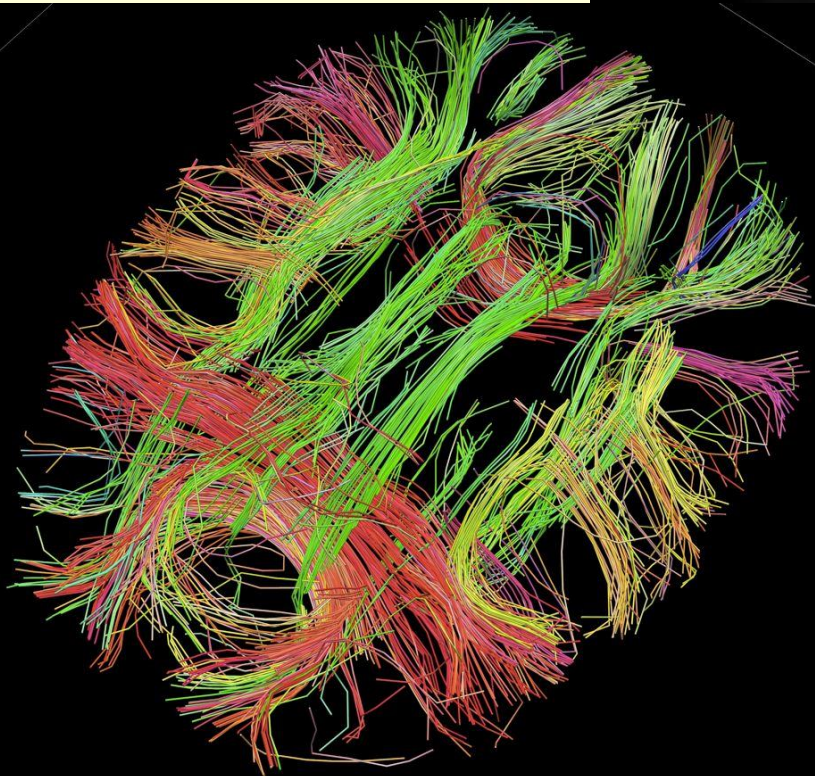
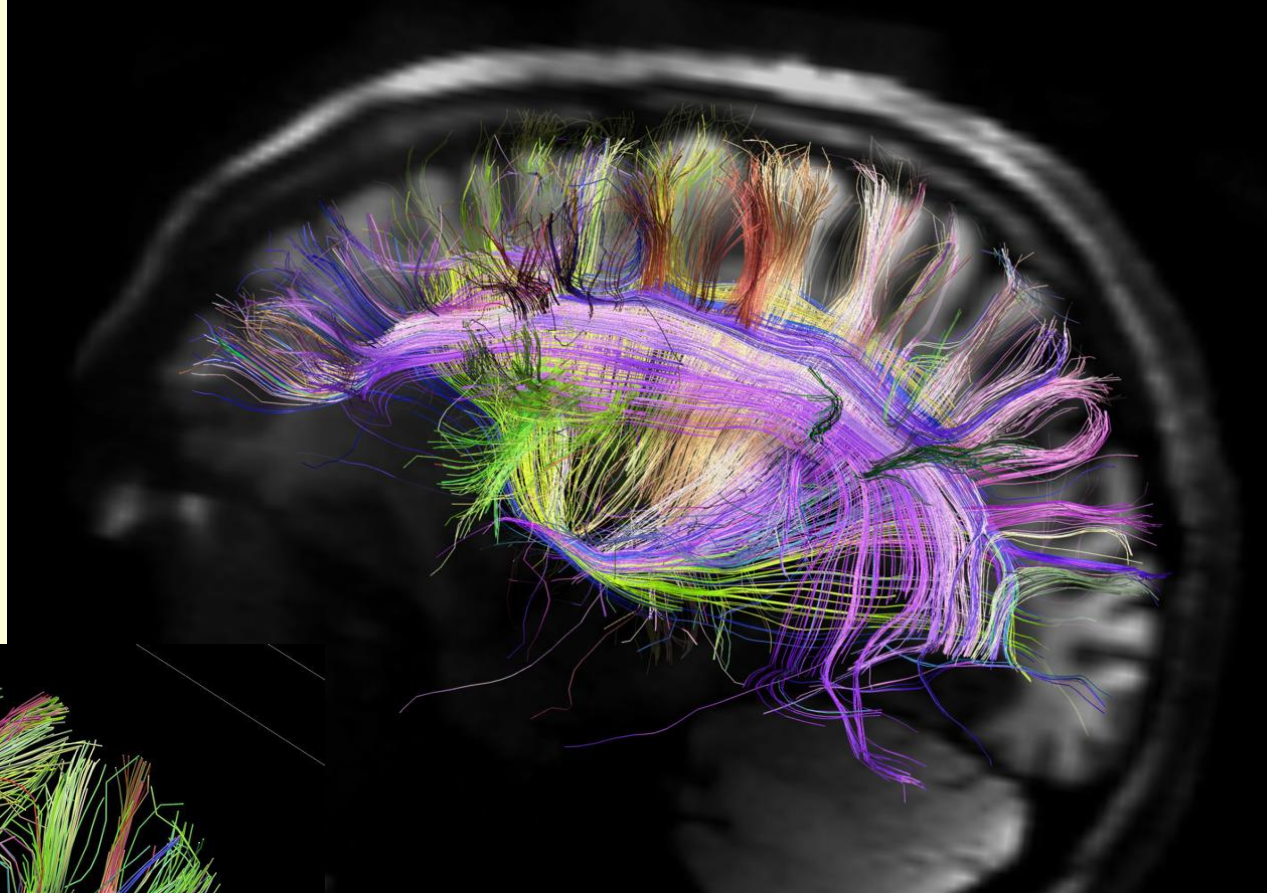


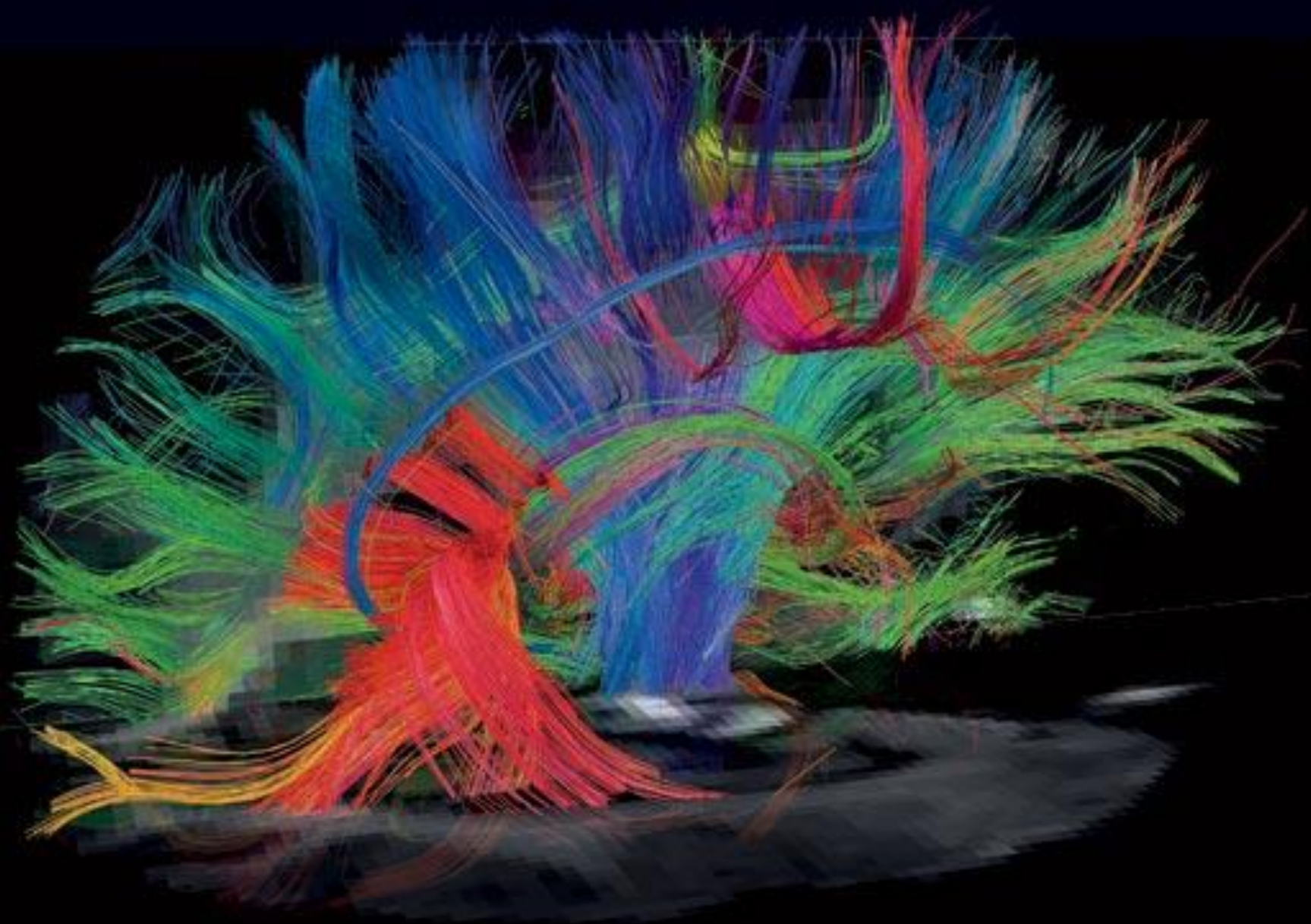
Différents projets de cartographies
des voies cérébrales en vue d'établir

le « **connectome** » humain
(par analogie au génome).

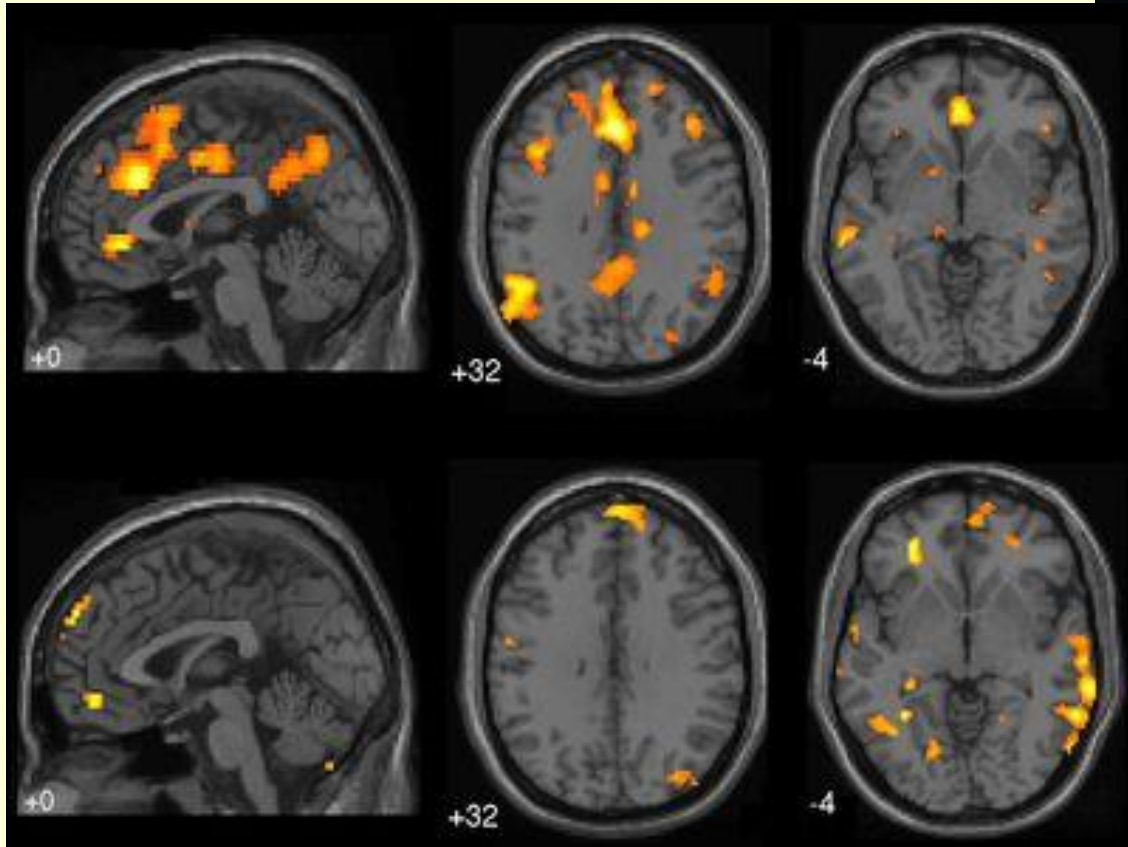
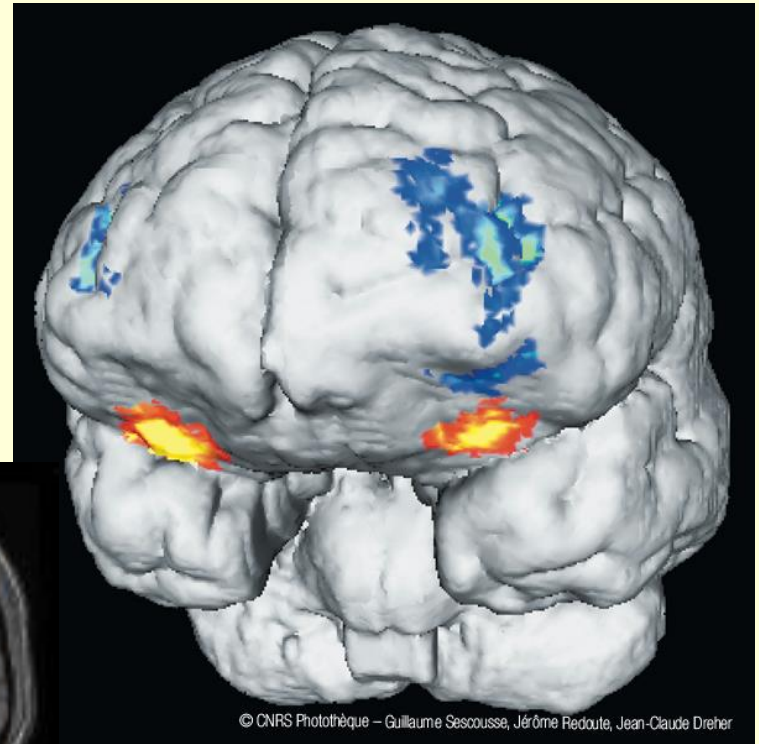
Mise en commun de données
recueillies avec différentes techniques.

L'IRM de diffusion



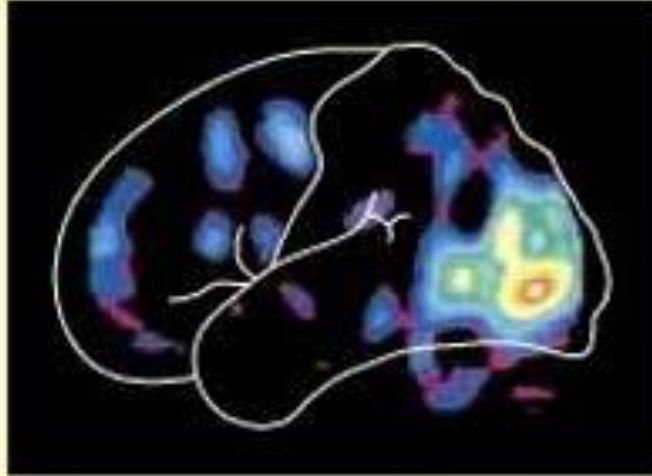


L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf)

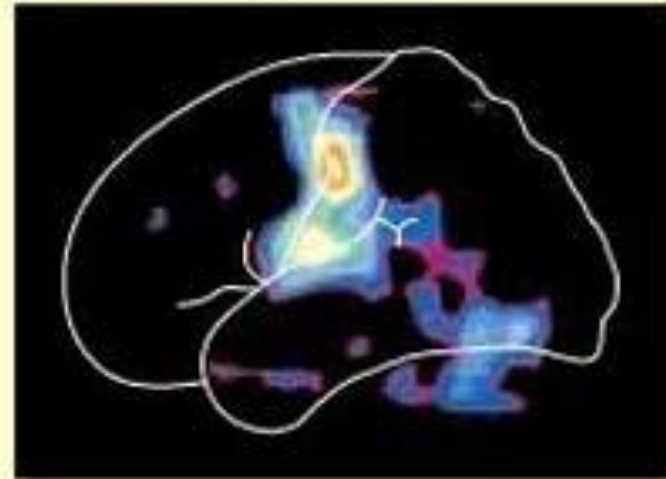


PET scan

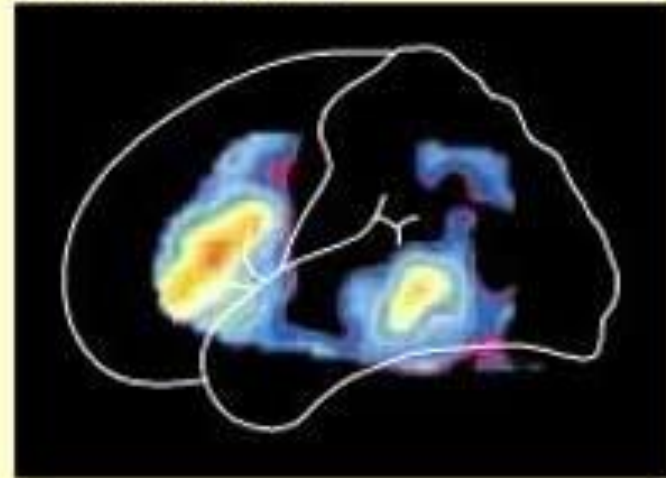
Voir passivement des mots



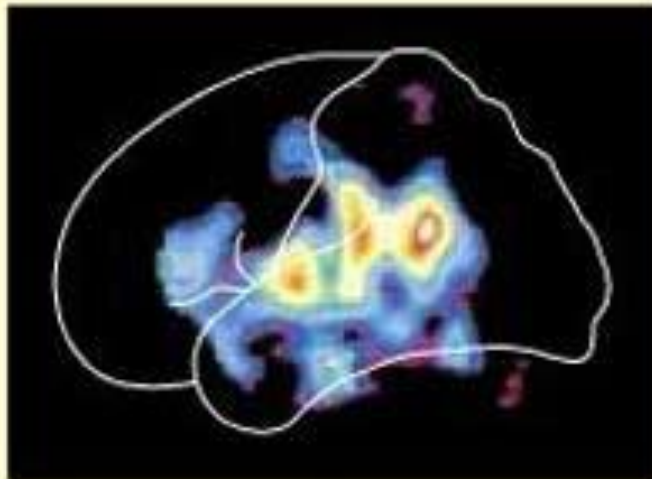
Prononcer des mots



Générer des mots

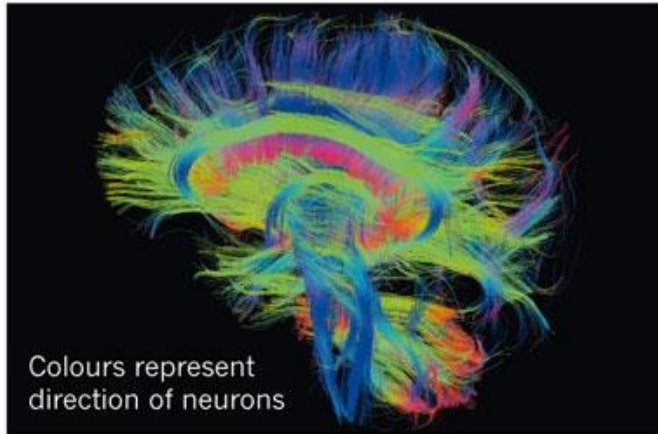


Écouter des mots



Mapping structure

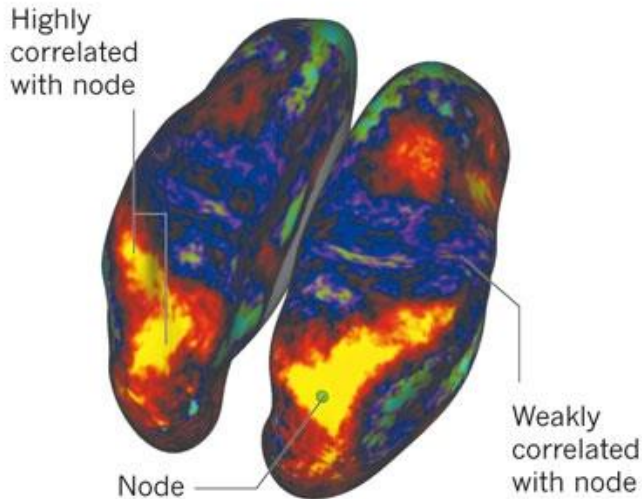
Diffusion spectrum imaging detects the movement of water molecules that flow along nerve fibres in the brain. The result is a map of the brain's neuronal network.



Colours represent direction of neurons

Mapping function

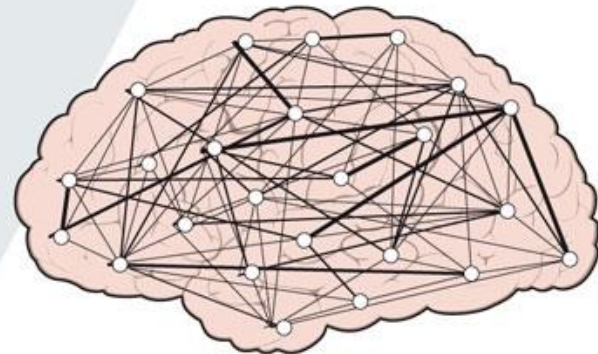
Resting-state functional MRI maps resting brain activity, then looks for correlations between one area and another. Highly correlated areas are thought to have some kind of functional link.



The brain has many areas specialized for specific functions, some of which are shown here.

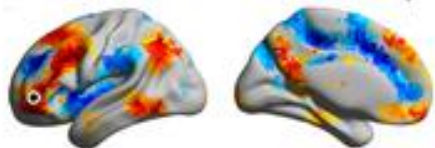


Data on structure and function can be combined and analysed using tools such as network theory.

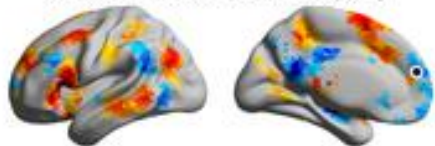


The connectome ties these areas together, allowing the brain to function as a coherent whole. The project's goal is to understand how the connectome works.

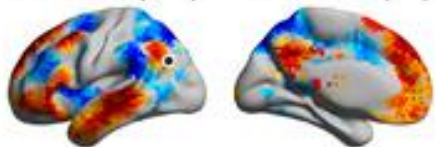
Inferior Dorsolateral Prefrontal Cortex (DP)



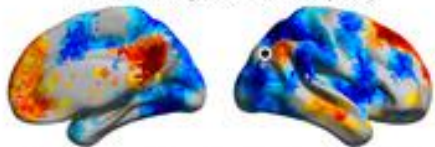
Medial Prefrontal Cortex (MP)



Lateral Temporoparietal Junction (TP)



Parietooccipital Cortex (PO)



Dorsolateral Prefrontal Cortex (DL)

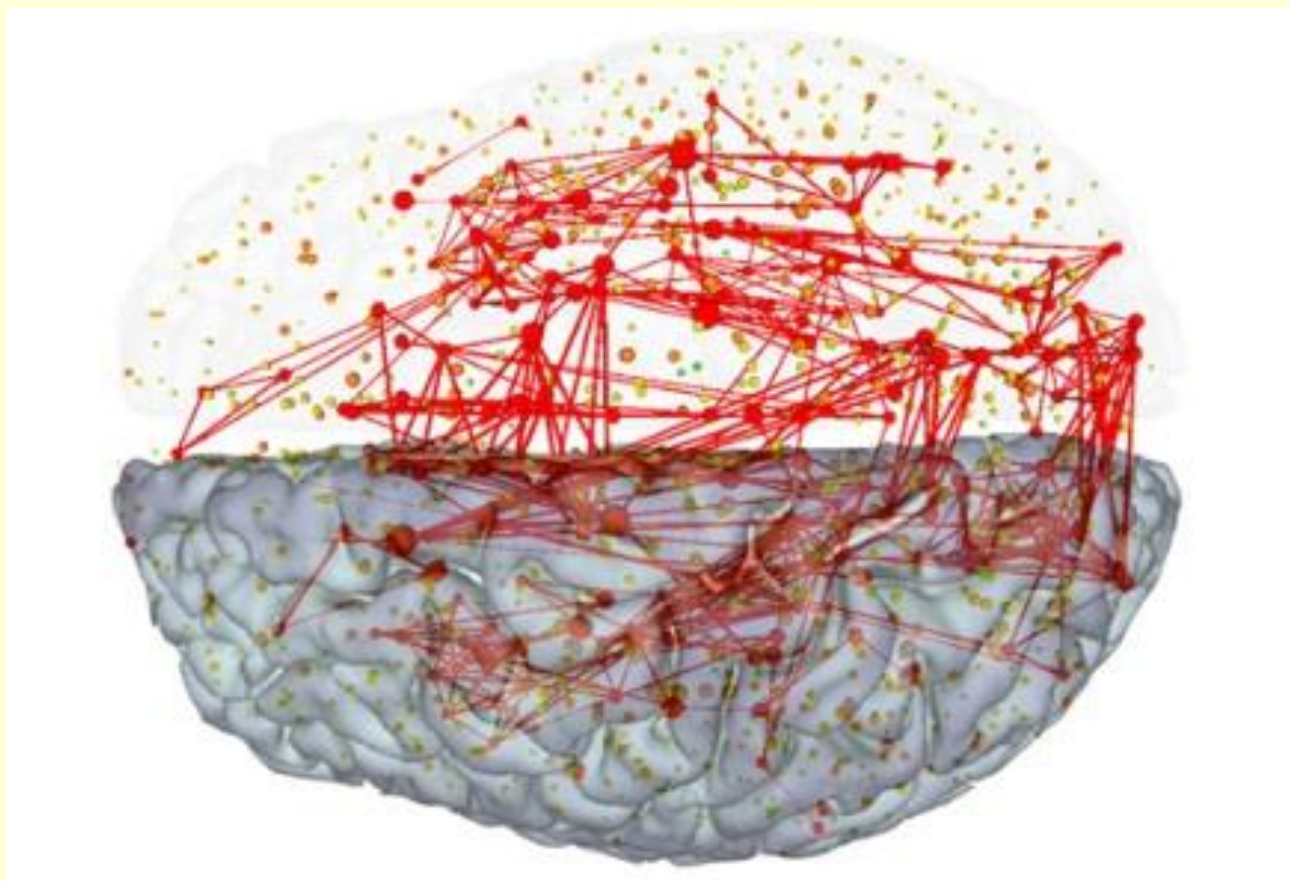
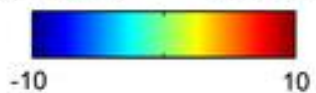


Mid Cingulate Cortex (MC)

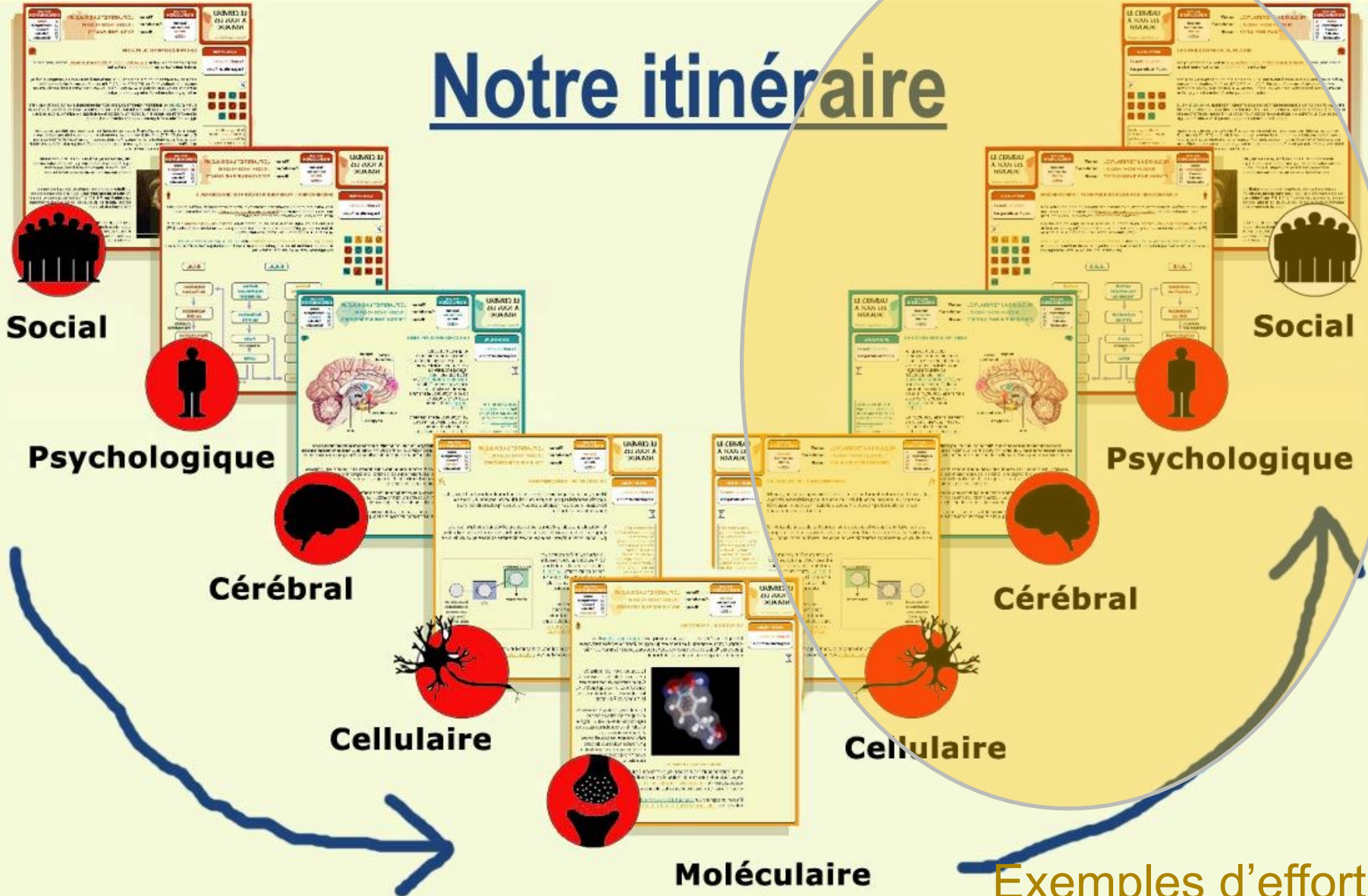


Right-Lateralized

Left-Lateralized



Notre itinéraire



Exemples d'efforts
multidisciplinaires

Pendant longtemps :

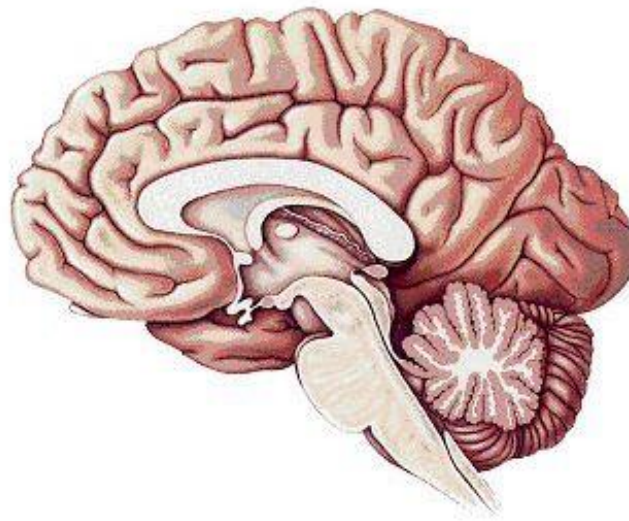
Cerveau

neurotransmetteurs

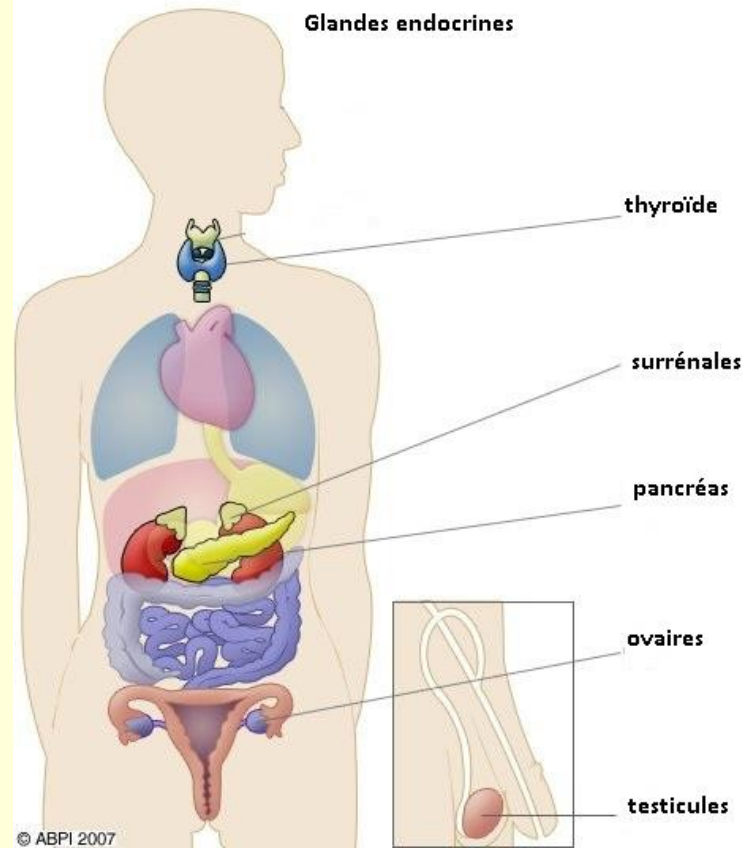
----- SÉPARATION -----

Corps

hormones



Glandes endocrines



thyroïde

surrénales

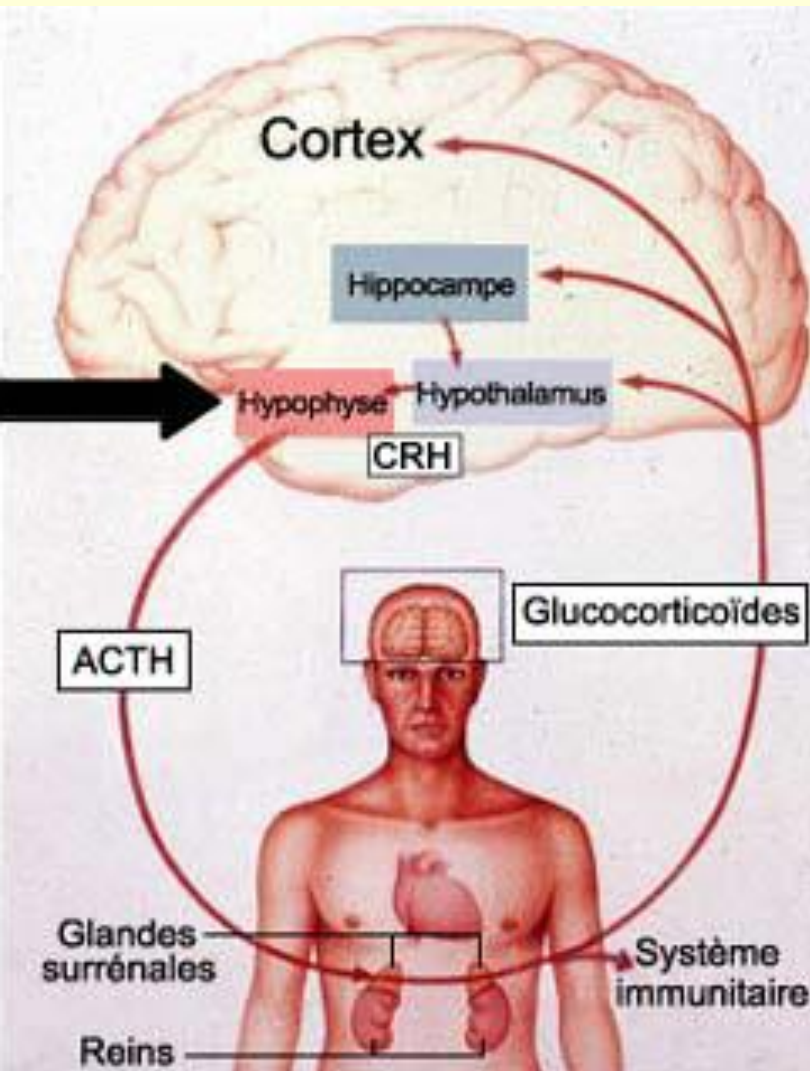
pancréas

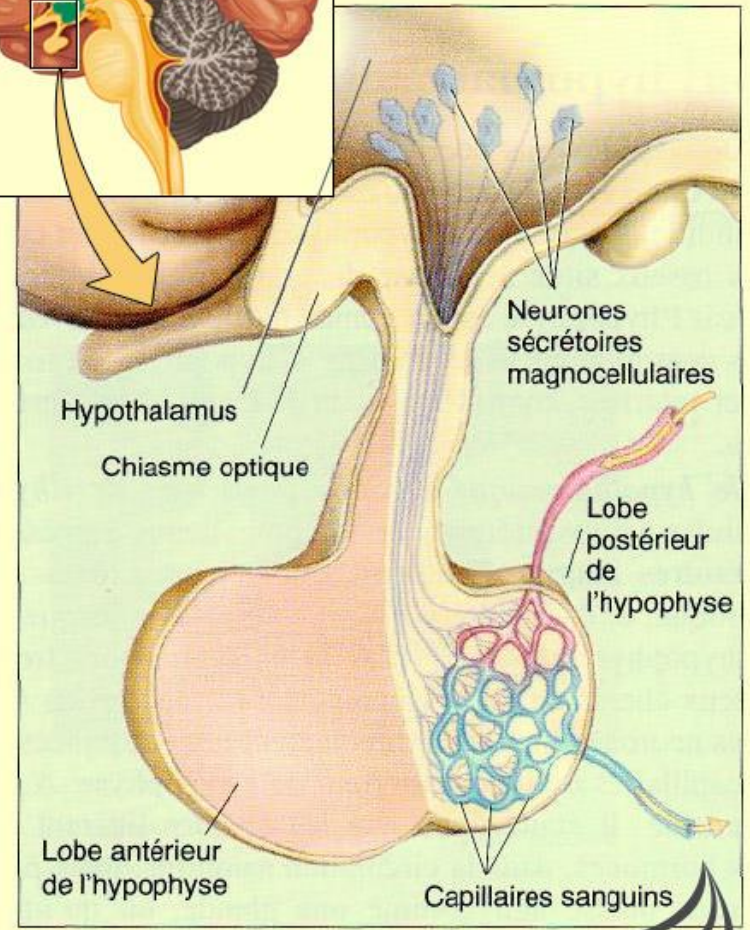
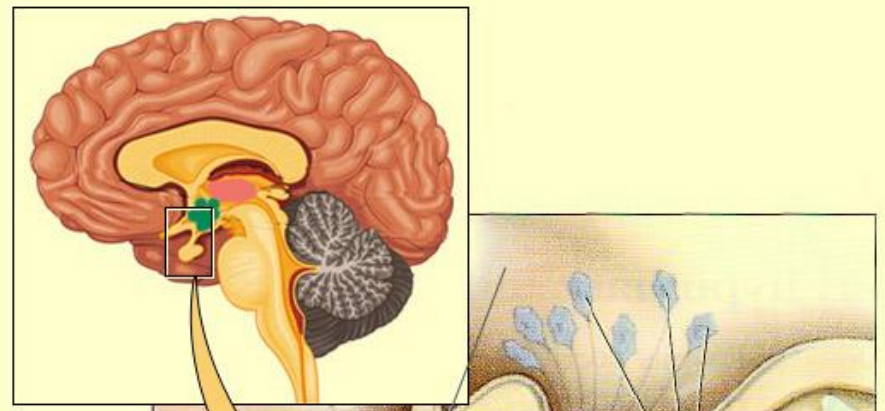
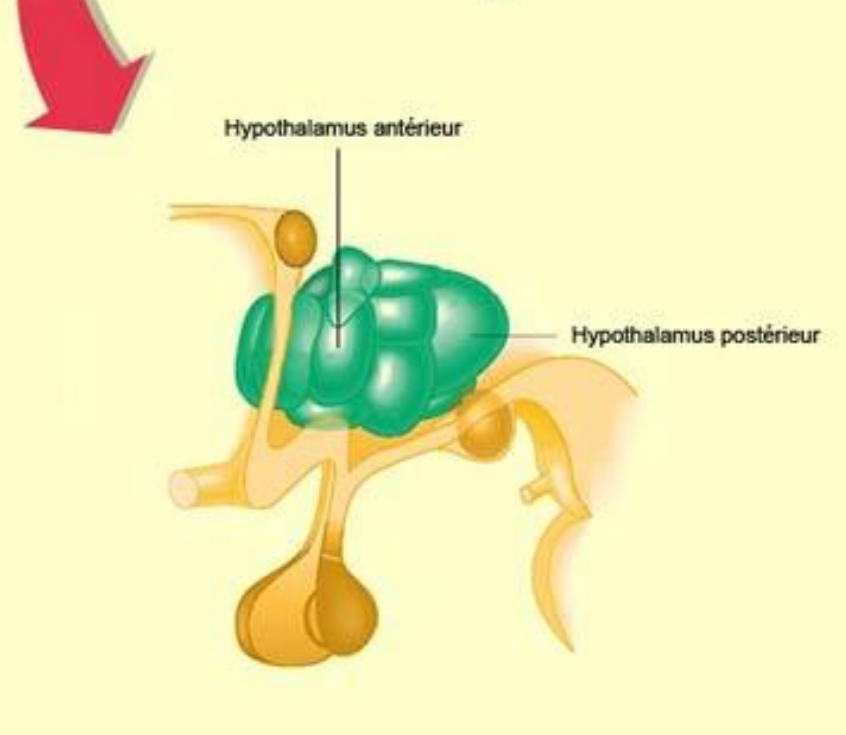
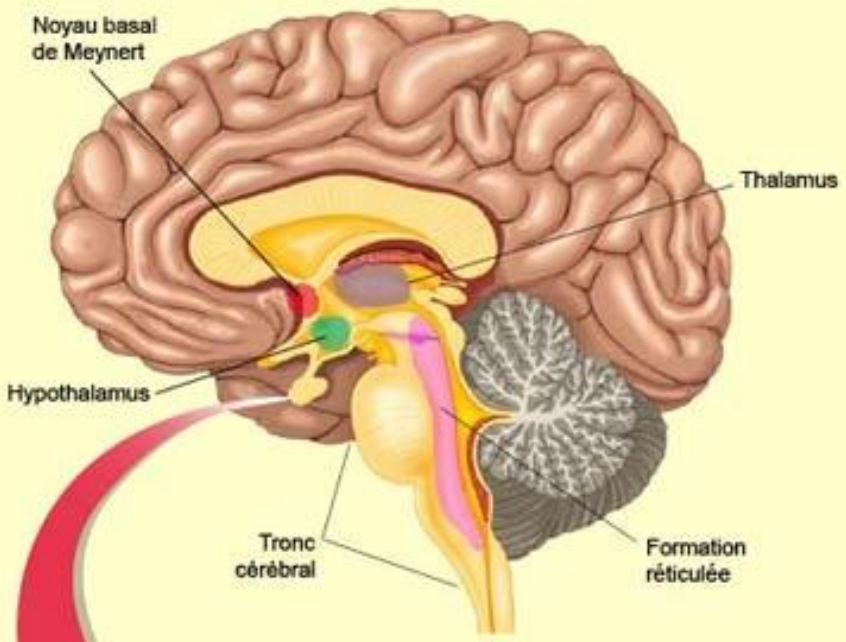
ovaires

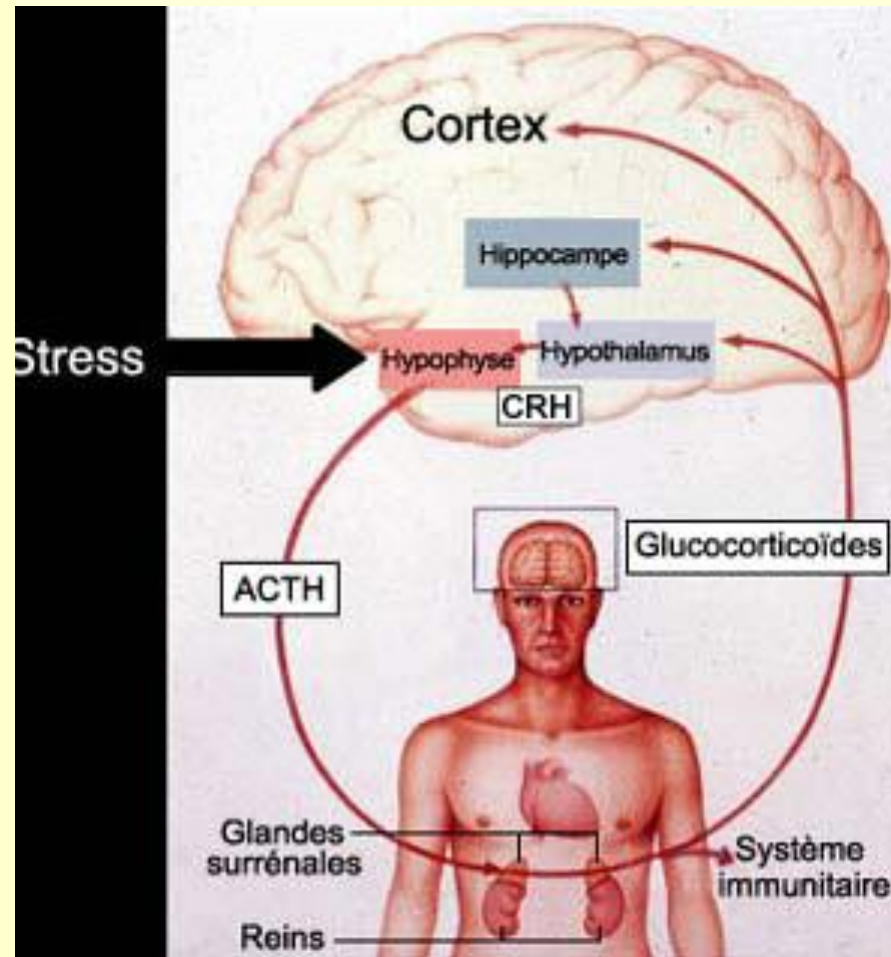
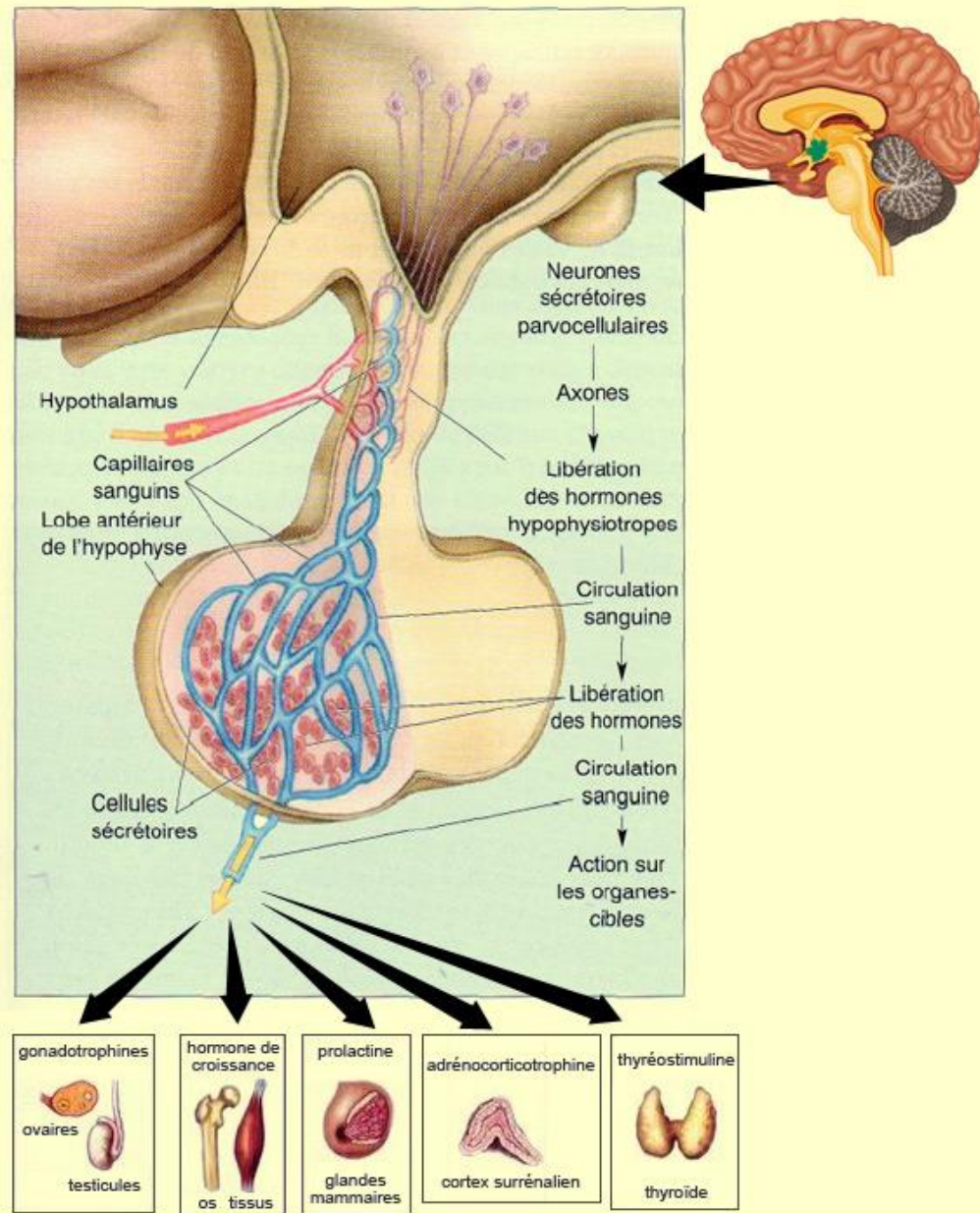
testicules

La Neuroendocrinologie

- étudie les interactions entre le **système nerveux** et le **système endocrinien**



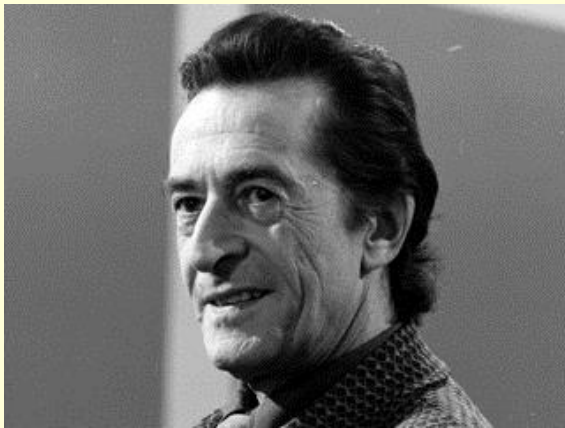




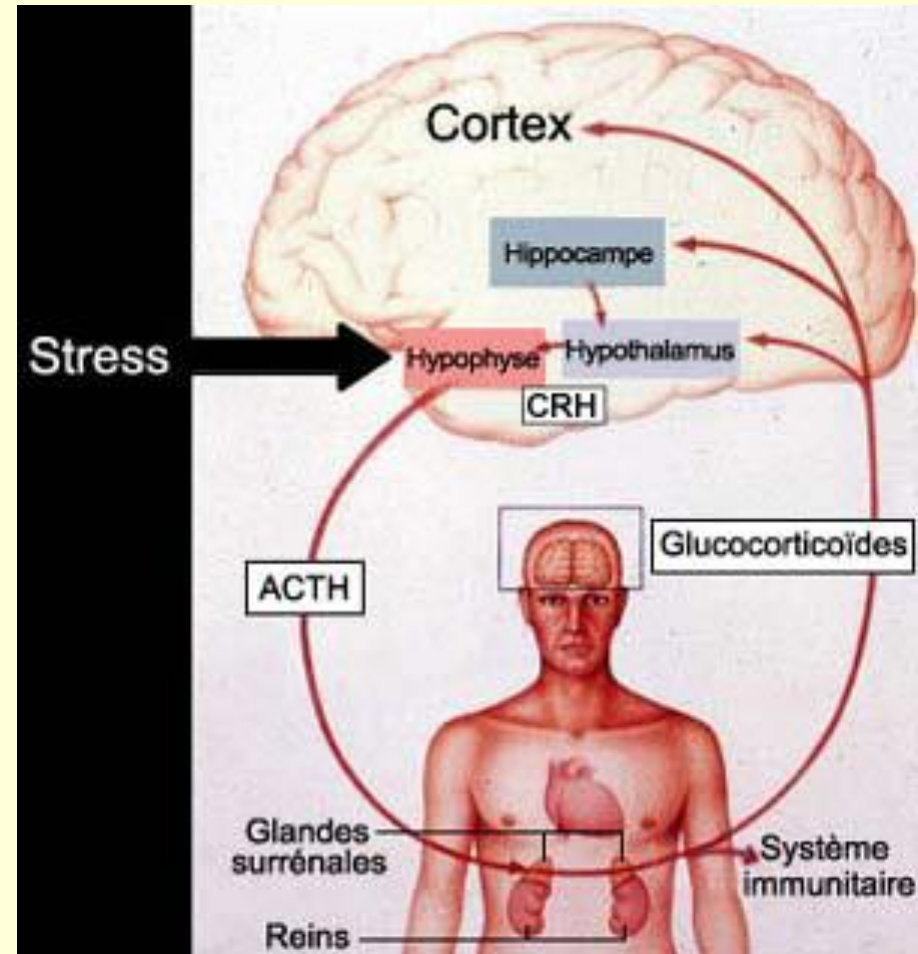
Neuro-psycho-immunologie

Certaines hormones, comme les glucocorticoïdes, qui demeurent à un taux élevé durant une longue période dans le sang, vont **affaiblir le système immunitaire** et même affecter le cerveau.

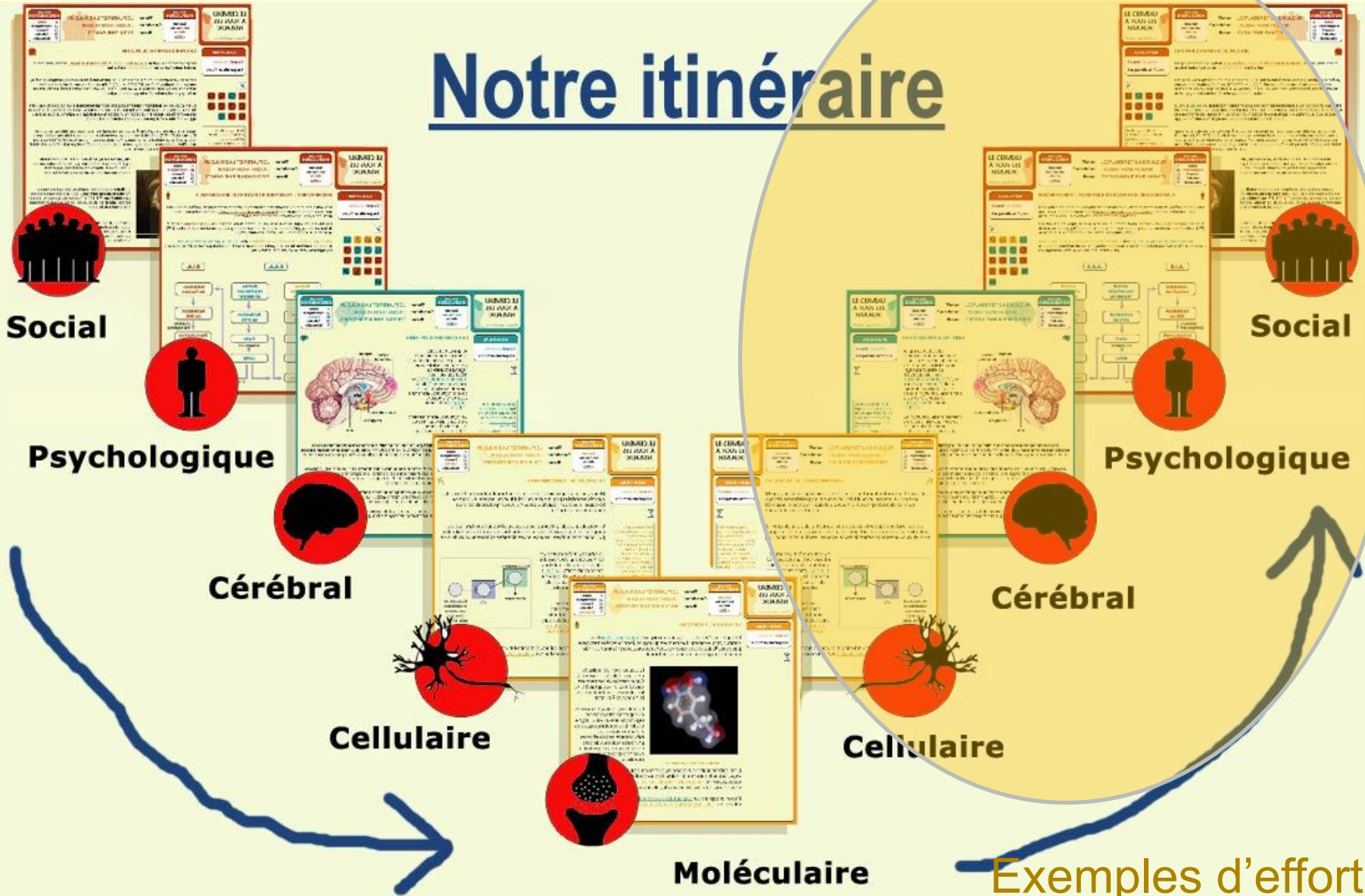
D'où les **maladies dites « de civilisation »** que l'on peut associer à l'inhibition de l'action (maladies cardio-vasculaire, ulcère d'estomac, etc)



Henri Laborit (1914 – 1995)



Notre itinéraire



Social

Social

Psychologique

Psychologique

Cérébral

Cérébral

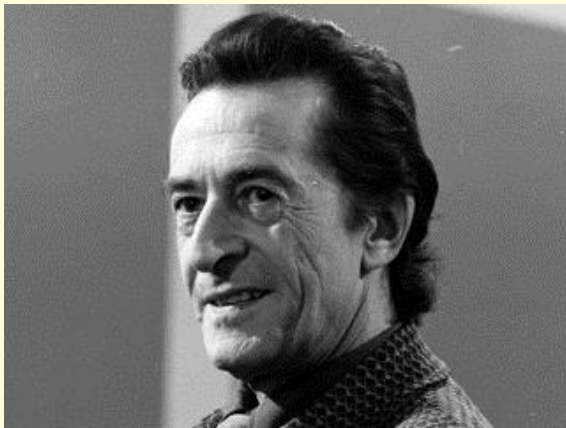
Cellulaire

Cellulaire

Moléculaire

Exemples d'efforts
multidisciplinaires

- Chirurgien de la marine française
- Découvre le premier neuroleptique (tranquillisants), la chlorpromazine en 1953
- Développe le concept d'inhibition de l'action (stress chronique)
- Ses idées seront mises en image par Alain Resnais dans son film « Mon oncle d'Amérique » (1980)

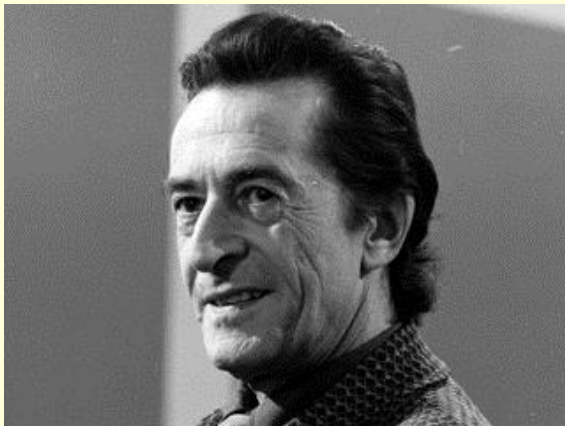


Henri Laborit (1914 – 1995)

Dès 1955, on voit apparaître le nom de Henri Laborit dans la liste des membres d'honneur de nombreuses sociétés :

de la gynécologie à l'anesthésie, en passant par la cybernétique et la psychiatrie.

L'intérêt de rencontrer d'autres disciplines lui paraît fondamental.



Henri Laborit (1914 – 1995)



Conférences Macy (entre 1946 et 1953 aux États-Unis)

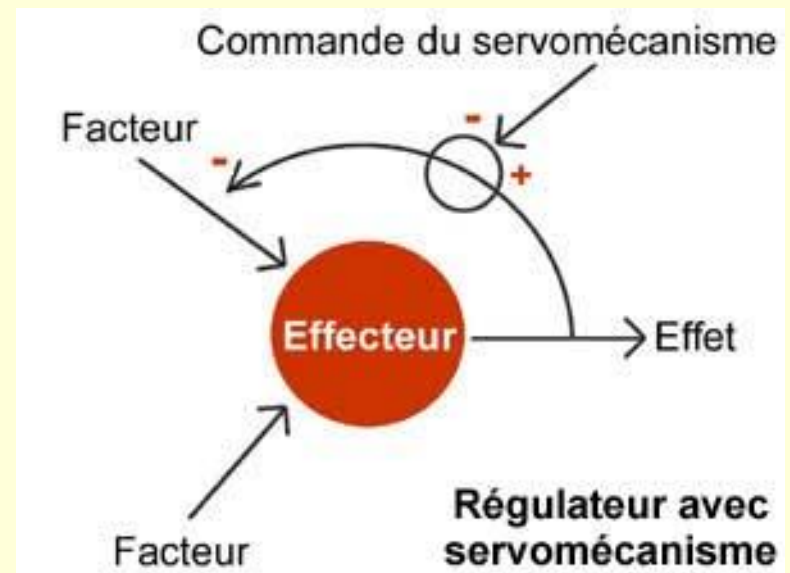
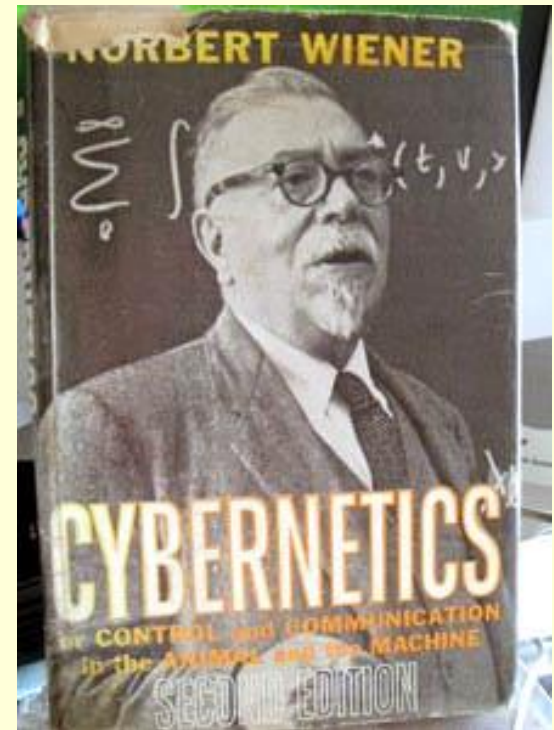
Avec des mathématiciens, des neurophysiologiste, mais aussi des psychologues, des anthropologues et des sociologues.

L'un des participants, **Norbert Wiener**, va proposer en 1947 le terme « **cybernétique** » pour caractériser leur volonté de faire naître une nouvelle science basé sur les **systèmes autorégulés**.

Car Wiener avait travaillé pour l'armée américaine sur des dispositifs de pilotage automatique des avions.

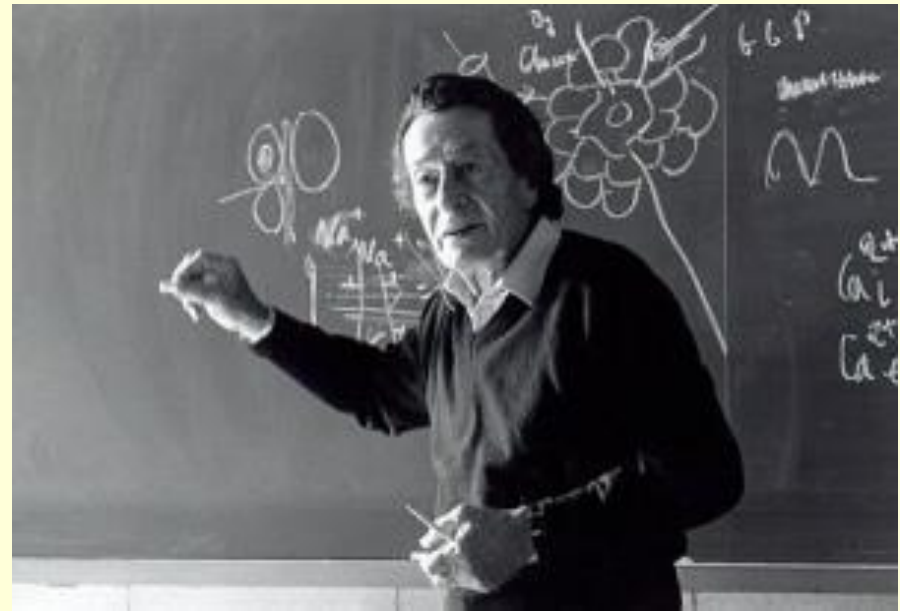
Et il était convaincu que ces systèmes **d'autorégulation automatique étaient un dispositif très général** qui devait exister dans d'autres systèmes :

organismes vivants, cerveaux, sociétés...



Laborit va être très inspiré par ce qu'offrait la **cybernétique** pour la compréhension du vivant et de l'être humain en particulier.

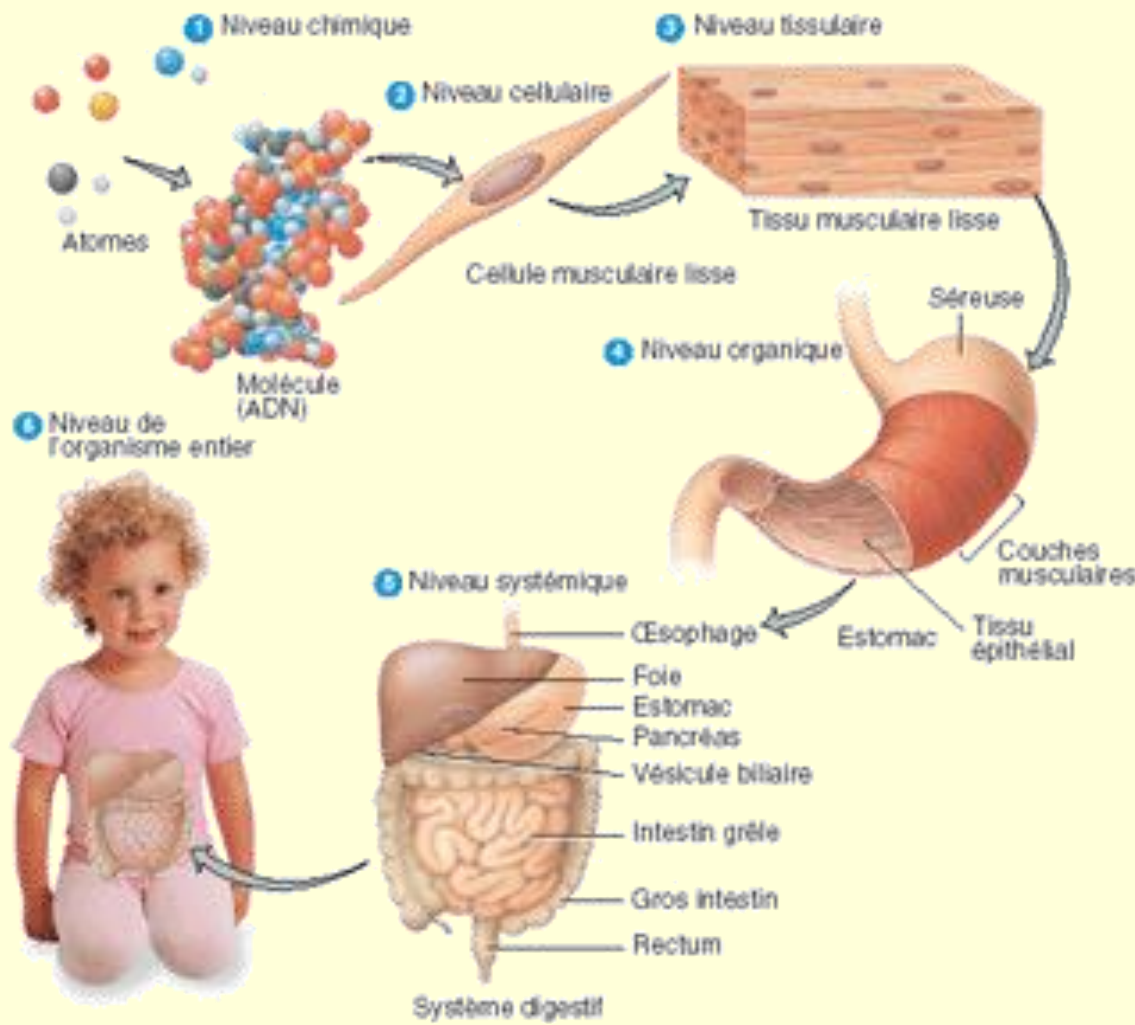
Il y emprunte d'abord la notion de « finalité » qu'il reformule ainsi pour les être vivants :



« La seule raison d'être d'un être vivant, c'est **d'être**, c'est-à-dire de **maintenir sa structure.** »

Puis il va comprendre que chaque niveau d'organisation d'un individu ne travaille pas seulement pour maintenir sa structure particulière, mais pour maintenir celle du niveau qui l'englobe, jusqu'à la structure entière de l'organisme.

Organisation structurale du corps humain (Figure 1.1)

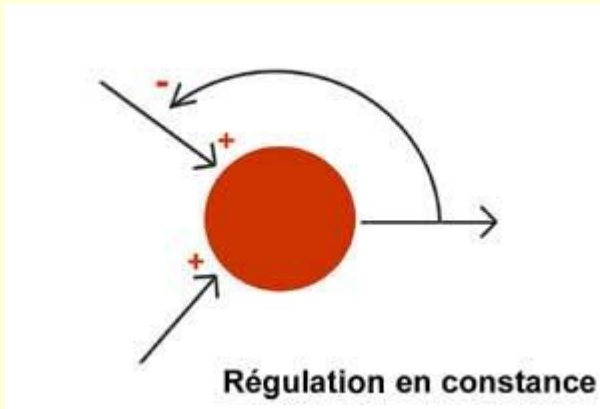


Par exemple, l'estomac :

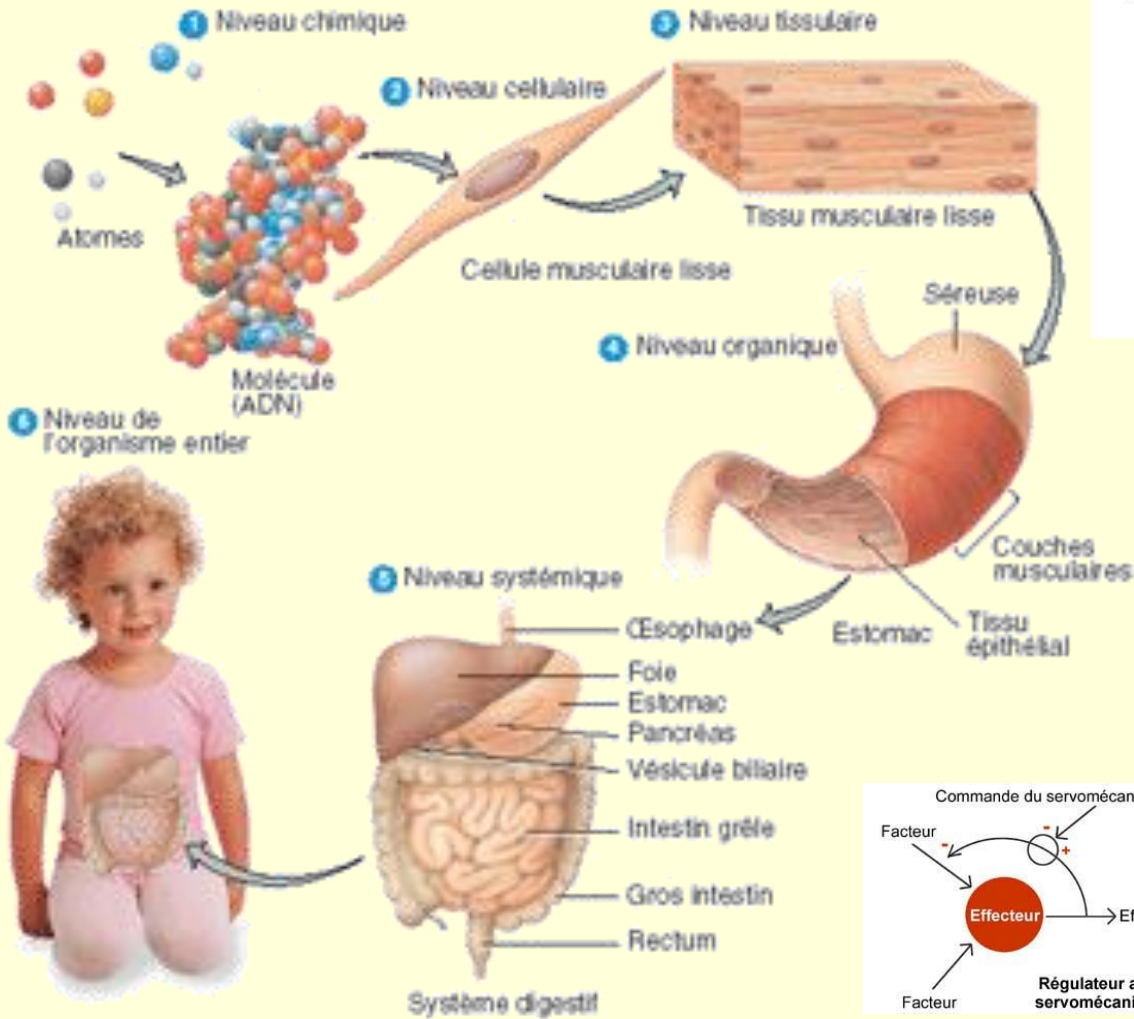
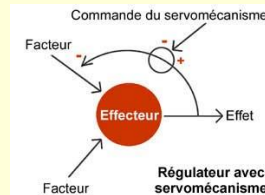
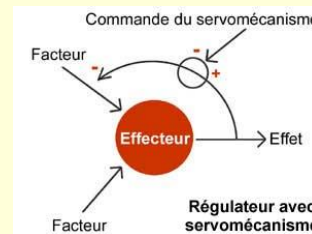
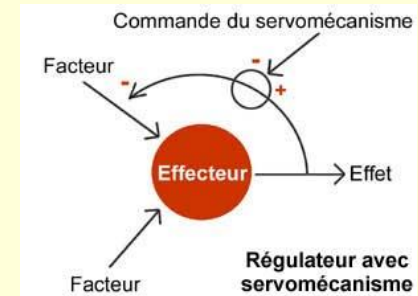
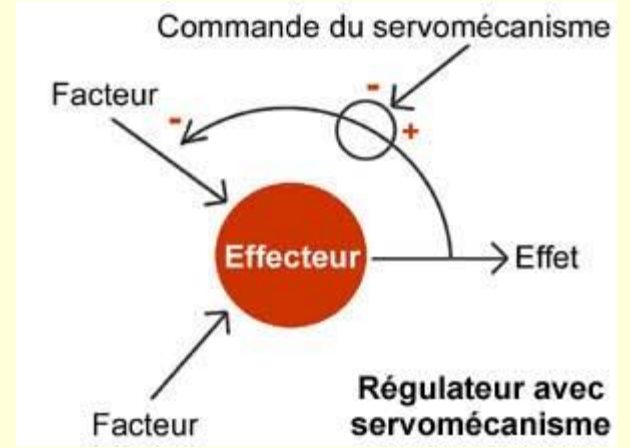
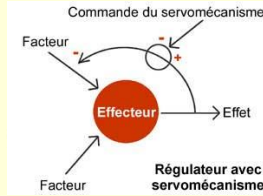
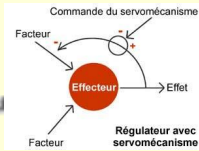
il fonctionne **grâce** au niveau d'organisation sous-jacent (le travail des cellules musculaires lisses)

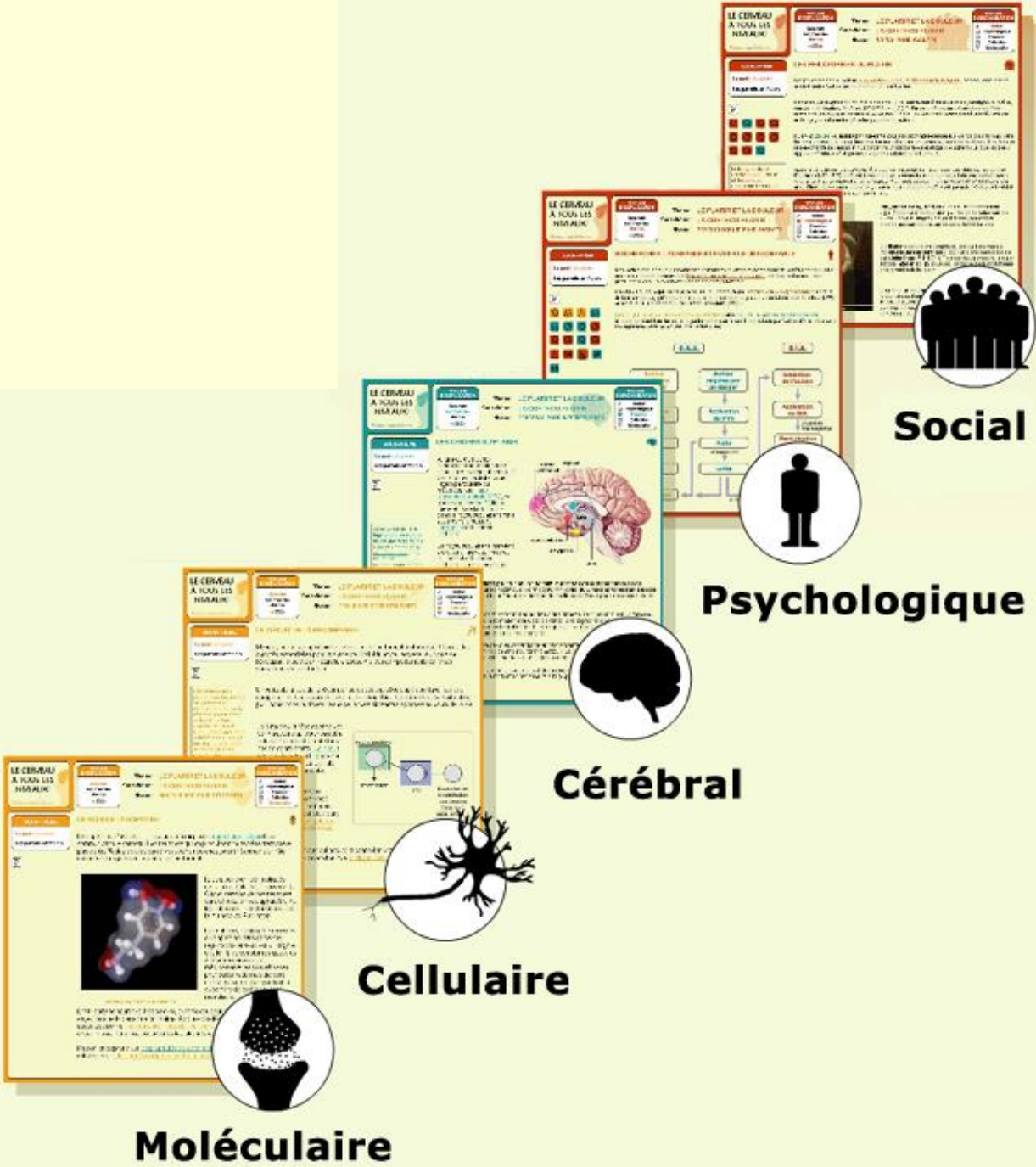
mais **pour** un niveau sus-jacent (dégrader les aliments pour la digestion et donc la nutrition de tout l'organisme).

Et c'est là que l'on retrouve les notions de cybernétique



l'organisation structurale du





Laborit va élargir cette conception des choses jusqu'aux comportements,

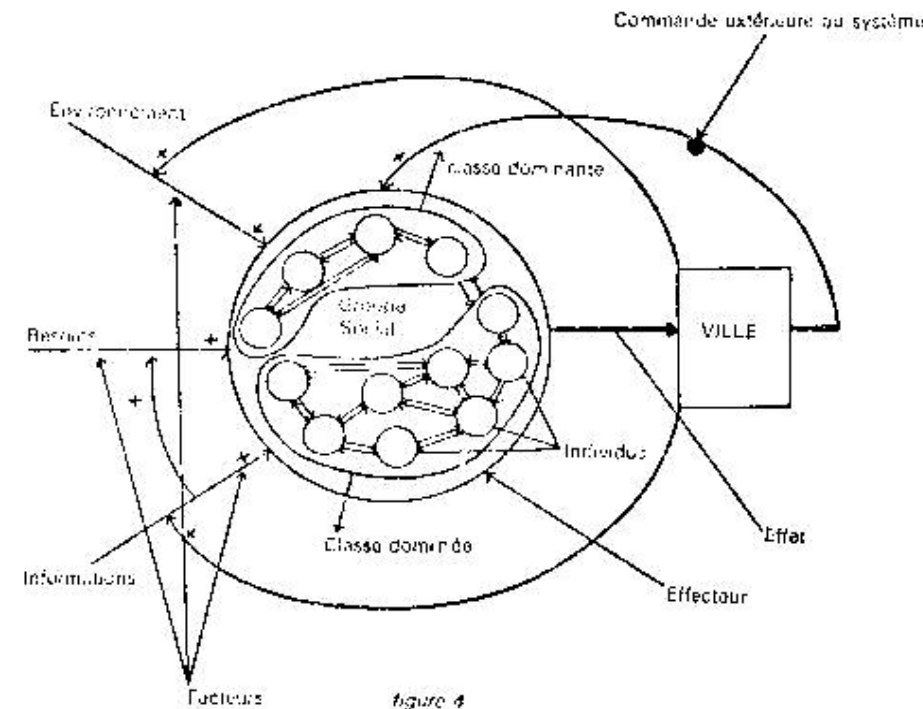
qui sont la conséquence de l'activité biochimique et fonctionnelle du système nerveux.

Laborit écrit :

« Cette conception des niveaux d'organisation a complètement transformé ma vie [...]

Je débouchais, à une époque où c'était très mal vu, sur une **interdisciplinarité totale**.

J'allais chercher partout les connaissances des structures de chaque niveau d'organisation pour comprendre comment l'un s'inclut dans l'autre. »



[schéma tiré de « L'homme et la ville », de Laborit]

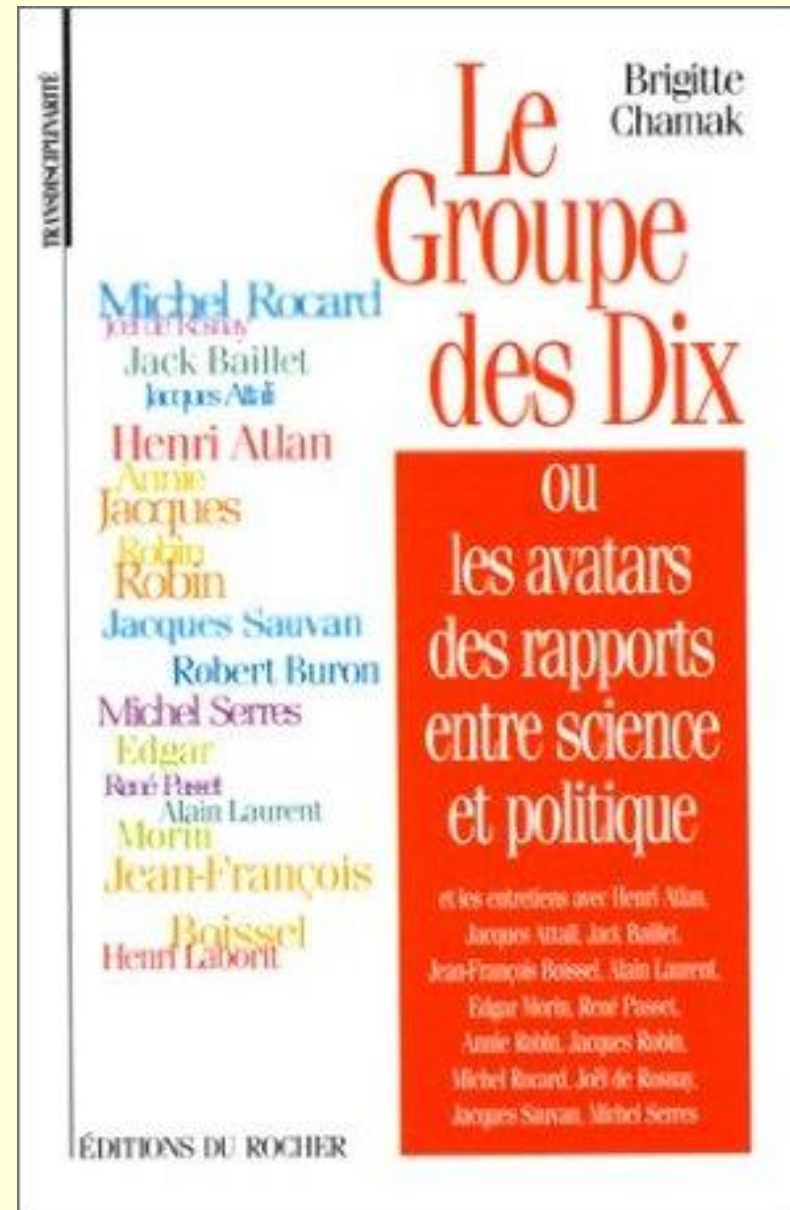
En 1966, à l'issue d'un colloque entre biologistes, sociologues, et philosophes,

Robert Buron, Henri Laborit, Edgar Morin et Jacques Robin décidèrent de créer un groupe de réflexion **multidisciplinaire** qui pris le nom de **Groupe des Dix**.

Des personnalités françaises venues du monde des sciences, des lettres, de la philosophie et de la politique, prendront part à ces réunions de **1969 à 1976**

pour essayer de mieux comprendre et cerner les rapports entre les sciences et les techniques d'un côté,

la culture et le "politique" de l'autre.



Divers sujets de société sont discutés, dont :

les relations entre violence et politique, les problèmes générés par la croissance économique, les rapports masculin-féminin, etc.

Si la question principale portait à l'origine sur **l'apport des connaissances scientifiques dans le domaine politique**,

elle a progressivement fait place à une interrogation sur la place de la **technoscience** et son **asservissement à l'économie de marché**.

Par exemple, le travail à la chaîne qui fait perdre la vision d'ensemble, contrairement à celui de **l'artisan** qui sait le pourquoi de chacune des étapes de son travail

et sait comment elles s'insèrent dans les **systèmes plus vastes qui l'englobent**.



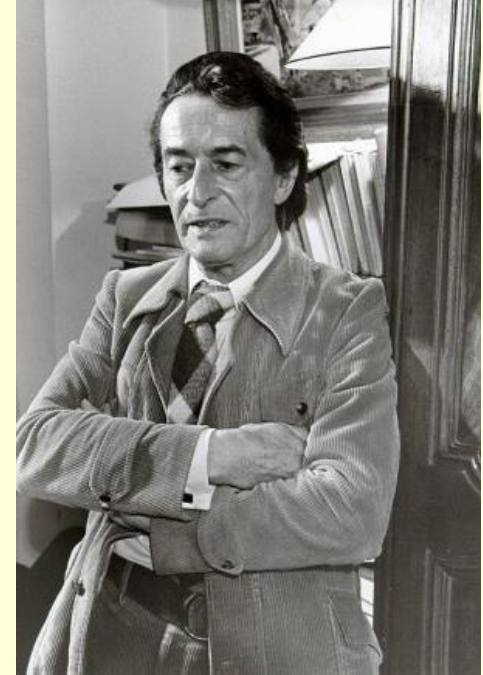
Laborit demeure assez critique de l'expérience du Groupe des dix qu'il quitte en réalisant que le **langage** utilisé par une discipline se révèle souvent **hermétique** pour les autres et vice versa.

Déçu, il recommande néanmoins plus que jamais à ses collaborateurs de s'initier **au langage des autres disciplines,**

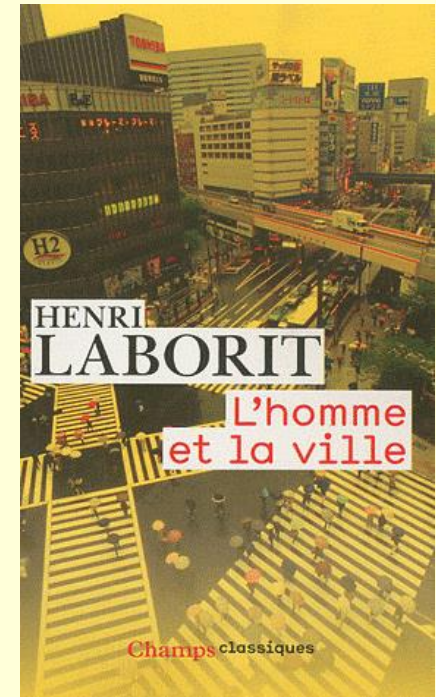
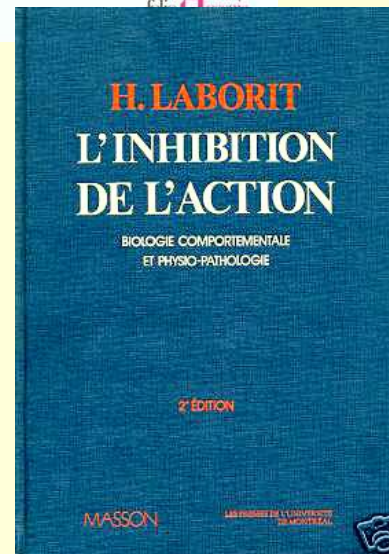
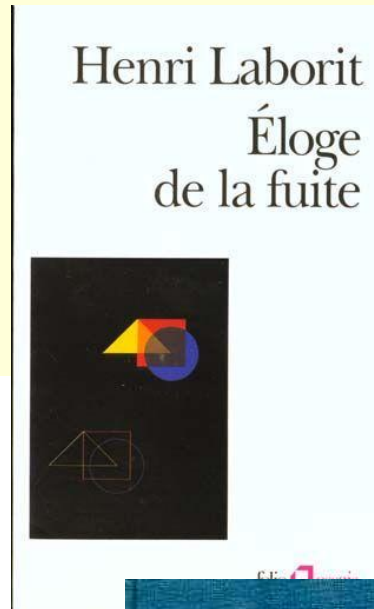
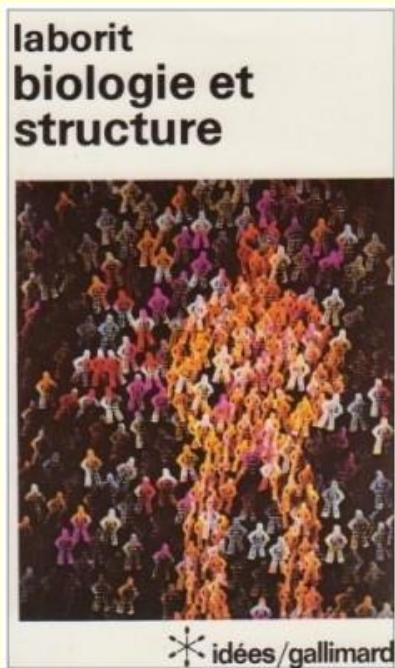
non pas pour leur technique - cela demande des années, voire une vie –

mais afin **d'échapper aux limites conceptuelles de leur propre domaine.**

Pour lui, on doit éviter de considérer sa spécialité comme un « **territoire** » où toute intrusion d'une autre discipline déchaîne souvent de l'agressivité ou de la **dominance paternaliste.**



Expérience difficile, donc, pour Laborit, mais qui ne l'a pas pour autant ralenti dans sa promotion d'une **démarche multidisciplinaire** dont ses livres à partir des années 1970 son empreints.

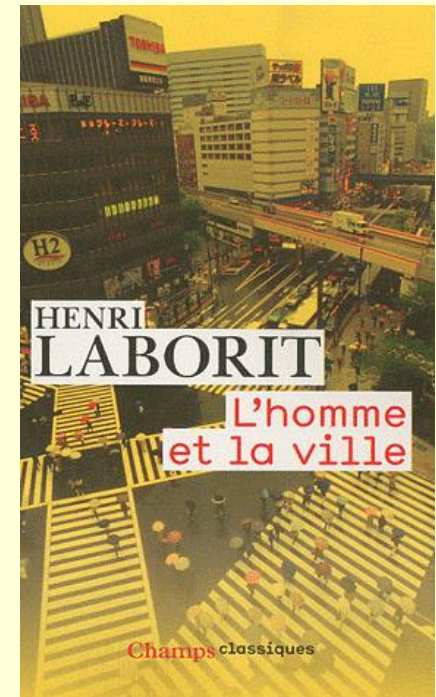


Un mot enfin sur ce qui est à l'origine de
« **L'homme et la ville** ».

En **octobre 1968**, on propose à Laborit de donner un cours à l'Université de **Paris-Vincennes**, traitant de la biologie des comportements appliquée à **l'urbanisme**.

Son enseignement va durer **cinq ans** et s'intitule:

« **Bio-psycho-sociologie** ».



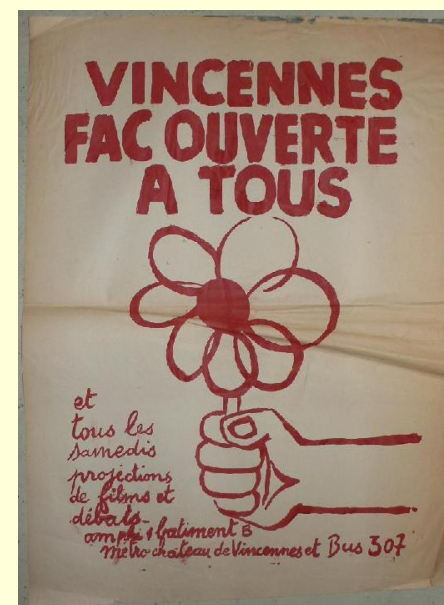
L'amphithéâtre ne désemplit pas.

Des étudiants de toutes tendances politiques se retrouvent en fin de journée, afin d'écouter Laborit.



La génération de '68 accueille à bras ouverts les théories de Laborit, qui répond, aux attentes de cette jeunesse révoltée contre le pouvoir et les jugements de valeur qui l'oppressent.

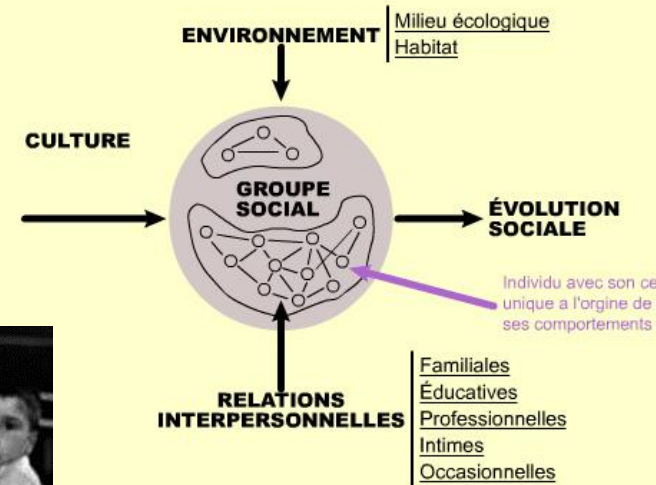
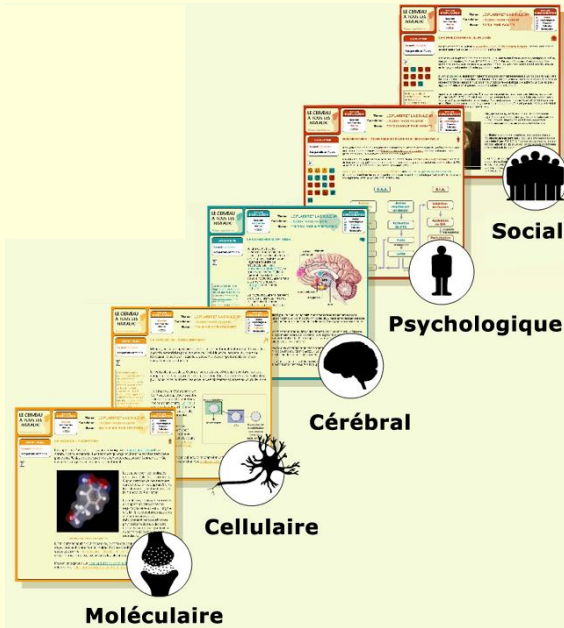
Car Laborit clame haut et fort que c'est à travers **la prise de conscience des déterminismes socioculturels** qui envahissent l'être humain à son insu (rendant ainsi ses comportements automatisés), qu'il pourra se libérer de son angoisse et de son inhibition.



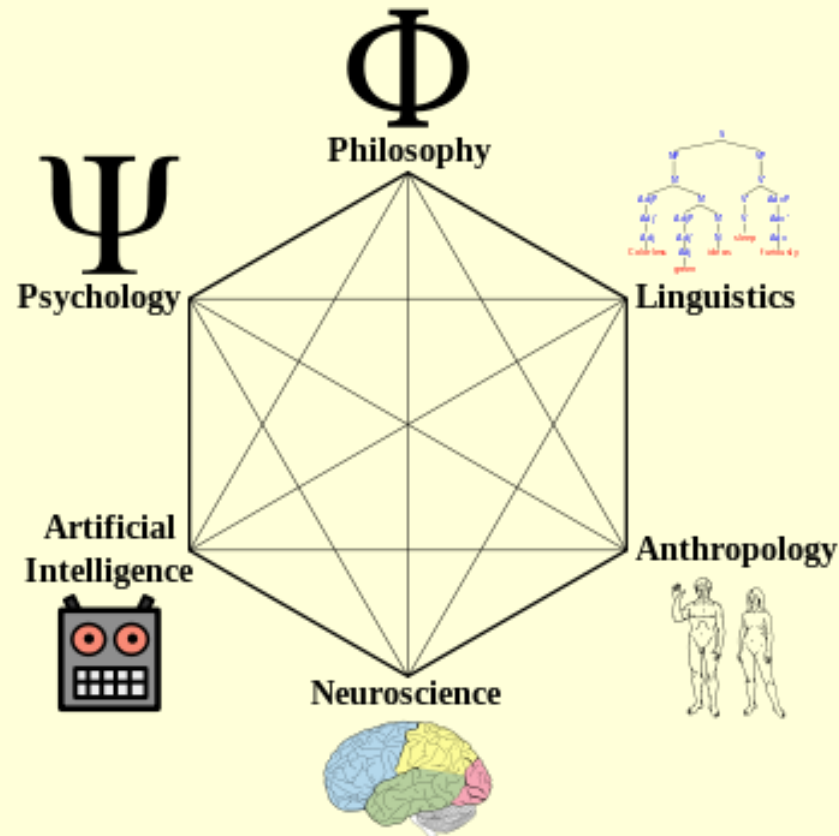
D'ailleurs sur **l'enseignement**, en guise de conclusion, Laborit écrivait :

« Chaque heure passée par un enfant sur un banc d'école devrait commencer par définir la structure de ce qui va être dit **dans les structures d'ensemble**.

Chaque chose apprise doit se mettre en place **dans un cadre plus vaste**, par niveaux d'organisation [...], aussi bien dans le sens horizontal du présent, que vertical du passé et de l'avenir. »



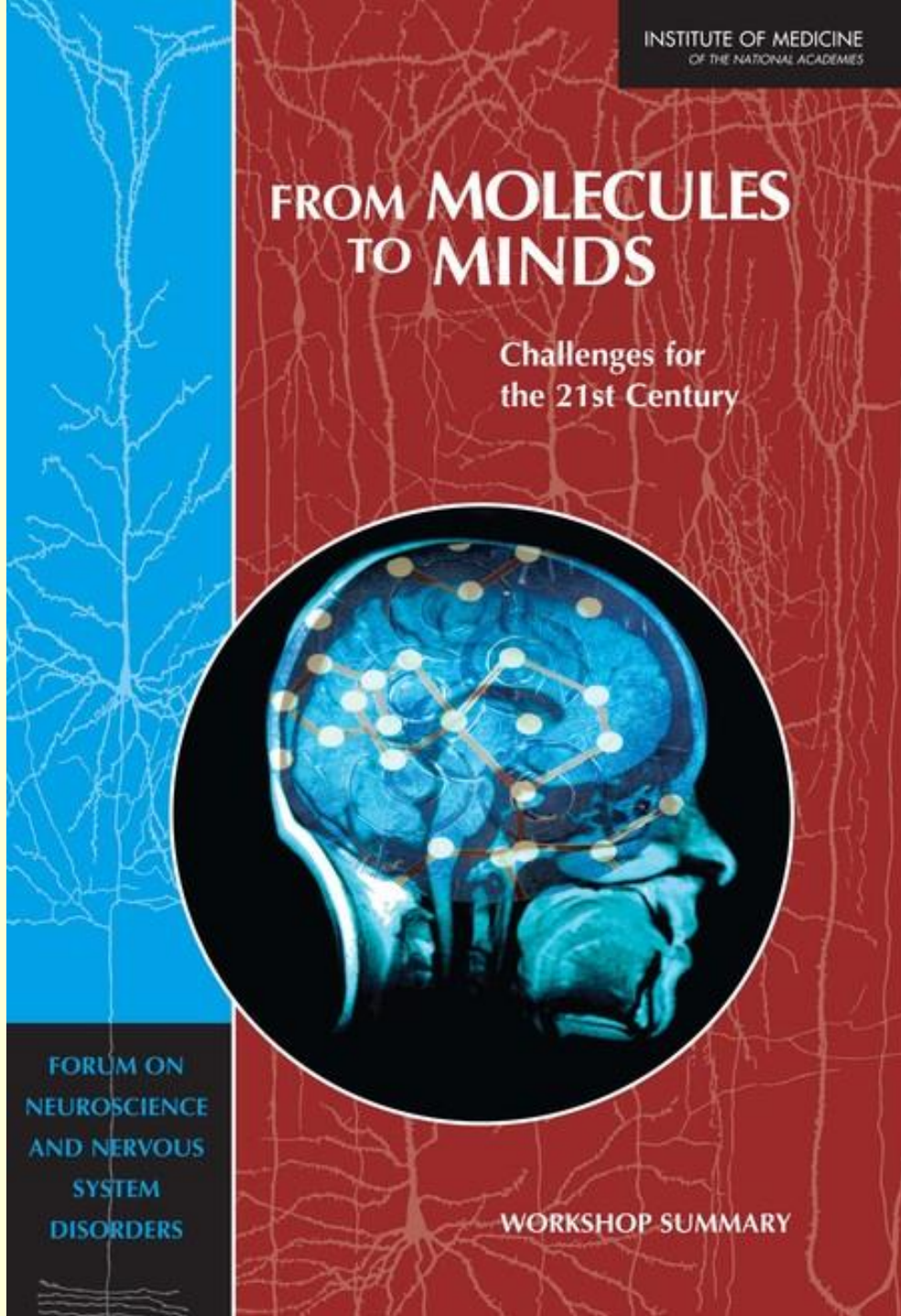
J'ai l'impression que Laborit
se sentirait moins seul aujourd'hui
dans ce réseau transdisciplinaire
que sont devenues les **sciences cognitives**
et dont les **neurosciences** font partie.



Avec des congrès
comme celui-ci

tenu en 2008 et
ayant pour titre

« Des molécules à
la pensée ».



<http://www.franceinter.fr/emission-sur-les-epaules-de-darwin>

france
inter

Carnets de campagne
par Philippe Bertrand

programmes | **émissions** | l'info | vidéos | événements | blogs | pod

ou explorez nos thématiques : musique . cinéma . théâtre . livre . culture . humour . socié

SUR LES ÉPAULES DE DARWIN

par Jean Claude Ameisen
le samedi de 11h à 12h

l'émission | (ré)écouter | archives | à venir | contactez-nous | podcast +

l'émission du **samedi 21 avril 2012**

Les battements du temps (29). "La démocratie des abeilles"

44 commentaires

(ré)écouter cette émission
disponible jusqu'au 15/01/2015 11h00

partager

Merci de votre attention !