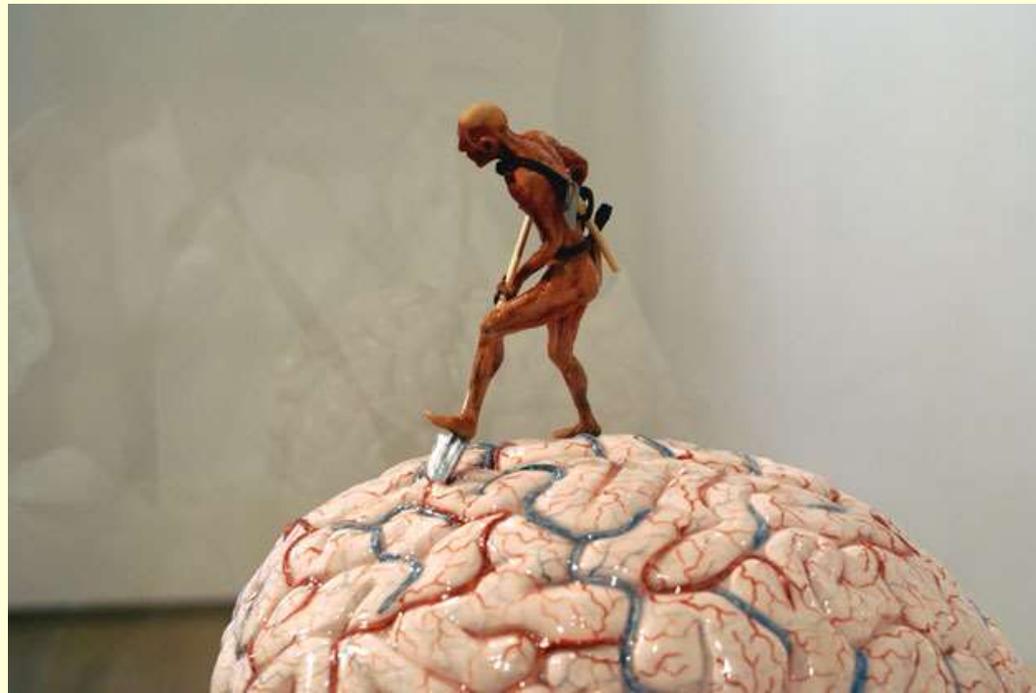


École d'été en neuroéducation de l'ARN 2019

**Principes de base
en anatomie et fonctions cérébrales
pour le domaine de l'éducation**

Mercredi 26 juin 2019, 11h



LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

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

Recherche -> site + blogue

Google™ Recherche |

Principes fondamentaux



Du simple au complexe
 → Anatomie des niveaux d'organisation
 → Fonction des niveaux d'organisation



Le bricolage de l'évolution
 → Notre héritage évolutif



Le développement de nos facultés
 → De l'embryon à la morale



Le plaisir et la douleur
 → La quête du plaisir
 → Les paradis artificiels
 → L'évitement de la douleur



Les détecteurs sensoriels
 → La vision



Le corps en mouvement
 → Produire un mouvement volontaire

Nouveau! "L'école des profs"

Fonctions complexes



Au coeur de la mémoire
 → Les traces de l'apprentissage
 → Oubli et amnésie



Que d'émotions
 → Peur, anxiété et angoisse
 → Désir, amour, attachement



De la pensée au langage
 → Communiquer avec des mots



Dormir, rêver...
 → Le cycle éveil - sommeil - rêve
 → Nos horloges biologiques



L'émergence de la conscience
 → Le sentiment d'être soi

Dysfonctions



Les troubles de l'esprit
 → Dépression et maniaque-dépression
 → Les troubles anxieux
 → La démence de type Alzheimer

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Accueil du site

Recherche -> blogue

Billets par catégorie

Abonnez-vous!

NOUVELLES RÉCENTES SUR LE CERVEAU

Lundi, 5 septembre 2016

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



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

Faire un don

nous permet de continuer

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

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

LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

[Retour à l'accueil](#)

Niveau d'explication

Débutant
Intermédiaire
Avancé



Niveau d'organisation

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

Thème

Le plaisir et la douleur



Sous-thème

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

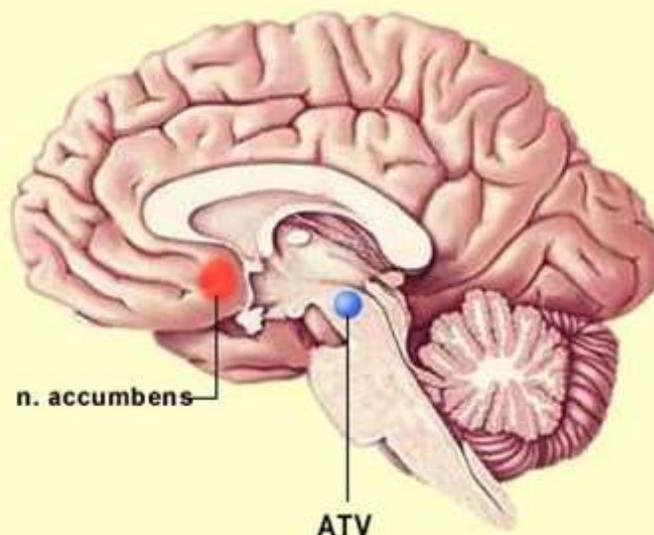


Un stimulus sensoriel qui n'apporte ni récompense ni punition est rapidement ignoré et oublié. C'est le phénomène de l'habituation qui nous fait oublier le contact de nos vêtements avec notre peau ou le tic tac de l'horloge du bureau.

LES CENTRES DU PLAISIR

1

Pour qu'une espèce survive, ses individus doivent en premier lieu assurer leurs fonctions vitales comme se nourrir, réagir à l'agression et se reproduire. L'évolution a donc mis en place dans notre cerveau des régions dont le rôle est de "récompenser" l'exécution de ces fonctions vitales par une sensation agréable.



Ce sont ces régions, interconnectées entre elles, qui forment ce que l'on appelle le **circuit de la récompense**.

L'aire tegmentale ventrale (ATV), un groupe de neurones situés en plein centre du cerveau, est particulièrement importante dans ce circuit. Elle reçoit de l'information de plusieurs autres régions qui l'informent du niveau de satisfaction des besoins fondamentaux ou plus spécifiquement humains.

3 niveaux d'explication

Niveau d'explication

Débutant
Intermédiaire
Avancé

◀ ◻ ▶

LE CERVEAU À TROIS NIVEAUX!

Thème: **LE CERVEAU ET L'APPREHENSION**
Niveau: **Avancé**

LES HYPOTHÈSES DE LA COGNITION

Le cerveau est un organe complexe qui permet de penser, de sentir, de ressentir, de mémoriser, de décider, de communiquer, de créer, de résoudre des problèmes, de contrôler le corps, de réguler les émotions, de contrôler le comportement, de contrôler le langage, de contrôler le mouvement, de contrôler la vision, de contrôler l'audition, de contrôler le goût, de contrôler l'odorat, de contrôler le toucher, de contrôler la température, de contrôler la pression artérielle, de contrôler le rythme cardiaque, de contrôler le rythme respiratoire, de contrôler le rythme circadien, de contrôler le rythme menstruel, de contrôler le rythme de croissance, de contrôler le rythme de vieillissement, de contrôler le rythme de réparation, de contrôler le rythme de régénération, de contrôler le rythme de mort.



LE CERVEAU À TROIS NIVEAUX!

Thème: **LE CERVEAU ET L'APPREHENSION**
Niveau: **Intermédiaire**

LES HYPOTHÈSES DE LA COGNITION

Le cerveau est un organe complexe qui permet de penser, de sentir, de ressentir, de mémoriser, de décider, de communiquer, de créer, de résoudre des problèmes, de contrôler le corps, de réguler les émotions, de contrôler le comportement, de contrôler le langage, de contrôler le mouvement, de contrôler la vision, de contrôler l'audition, de contrôler le goût, de contrôler l'odorat, de contrôler le toucher, de contrôler la température, de contrôler la pression artérielle, de contrôler le rythme cardiaque, de contrôler le rythme respiratoire, de contrôler le rythme circadien, de contrôler le rythme menstruel, de contrôler le rythme de croissance, de contrôler le rythme de vieillissement, de contrôler le rythme de réparation, de contrôler le rythme de régénération, de contrôler le rythme de mort.

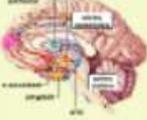


LE CERVEAU À TROIS NIVEAUX!

Thème: **LE CERVEAU ET L'APPREHENSION**
Niveau: **Débutant**

LES HYPOTHÈSES DE LA COGNITION

Le cerveau est un organe complexe qui permet de penser, de sentir, de ressentir, de mémoriser, de décider, de communiquer, de créer, de résoudre des problèmes, de contrôler le corps, de réguler les émotions, de contrôler le comportement, de contrôler le langage, de contrôler le mouvement, de contrôler la vision, de contrôler l'audition, de contrôler le goût, de contrôler l'odorat, de contrôler le toucher, de contrôler la température, de contrôler la pression artérielle, de contrôler le rythme cardiaque, de contrôler le rythme respiratoire, de contrôler le rythme circadien, de contrôler le rythme menstruel, de contrôler le rythme de croissance, de contrôler le rythme de vieillissement, de contrôler le rythme de réparation, de contrôler le rythme de régénération, de contrôler le rythme de mort.



Débutant

Intermédiaire

Avancé



LE CERVEAU À TOUT LES NIVEAUX

SOCIAL

PSYCHOLOGIQUE

CÉRÉBRAL

CELLULAIRE

MOLÉCULAIRE

LE CERVEAU À TOUT LES NIVEAUX

SOCIAL

PSYCHOLOGIQUE

CÉRÉBRAL

CELLULAIRE

MOLÉCULAIRE

LE CERVEAU À TOUT LES NIVEAUX

SOCIAL

PSYCHOLOGIQUE

CÉRÉBRAL

CELLULAIRE

MOLÉCULAIRE

LE CERVEAU À TOUT LES NIVEAUX

SOCIAL

PSYCHOLOGIQUE

CÉRÉBRAL

CELLULAIRE

MOLÉCULAIRE

LE CERVEAU À TOUT LES NIVEAUX

SOCIAL

PSYCHOLOGIQUE

CÉRÉBRAL

CELLULAIRE

MOLÉCULAIRE

5 niveaux d'organisation



Social



Psychologique



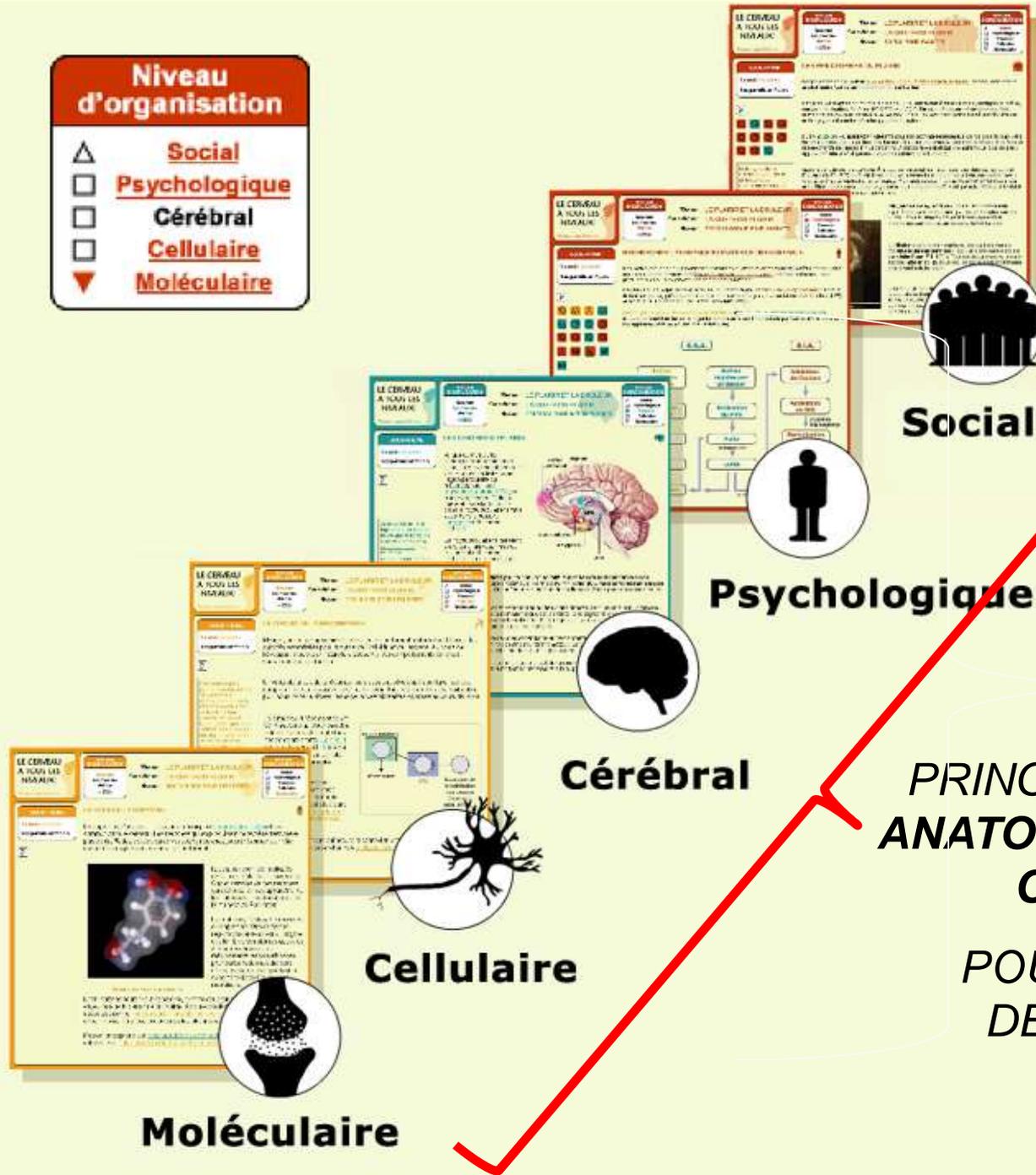
Cérébral



Cellulaire



Moléculaire



5 niveaux d'organisation

Social

Psychologique

Cérébral

Cellulaire

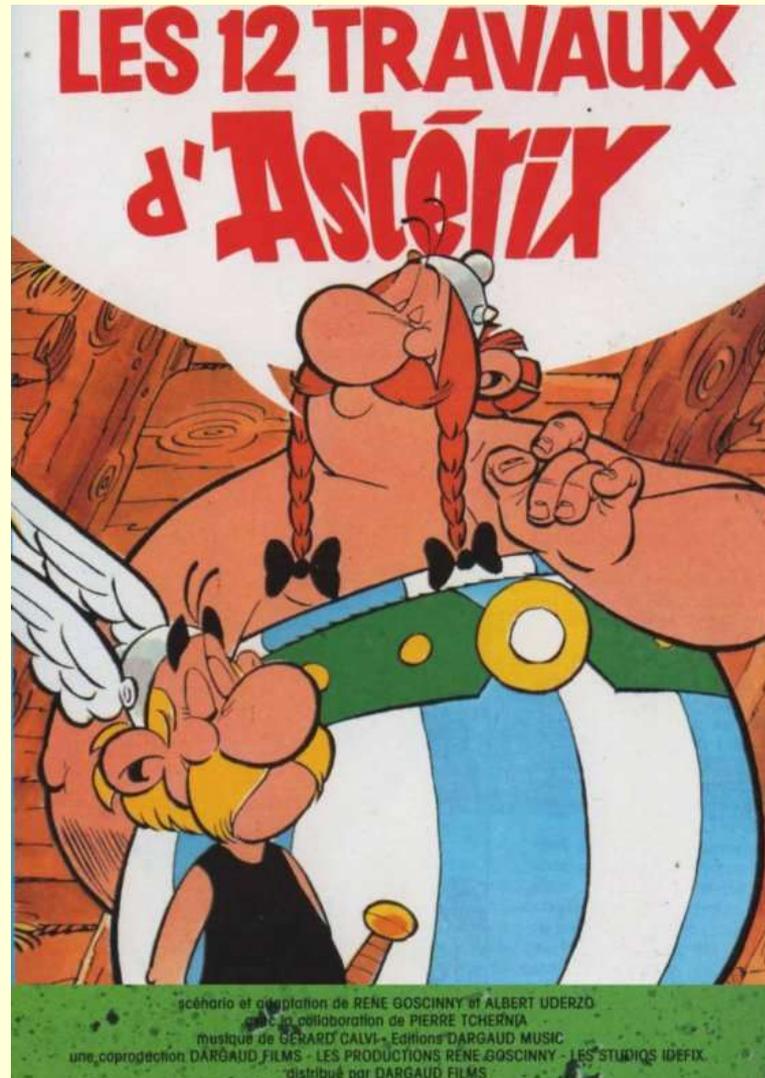
Moléculaire

Avec mon
approche
généraliste
par niveaux

**PRINCIPES DE BASE EN
ANATOMIE ET FONCTIONS
CÉRÉBRALES**

**POUR LE DOMAINE
DE L'ÉDUCATION**

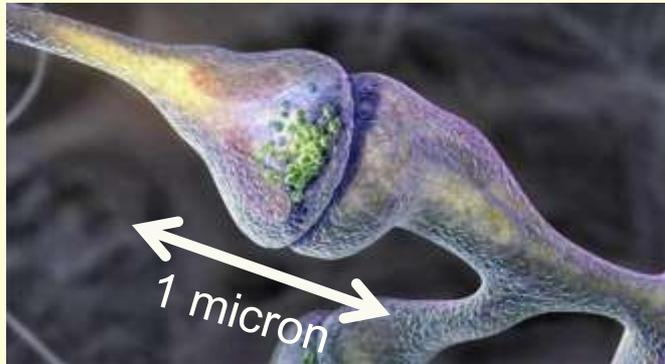
12 grands principes :



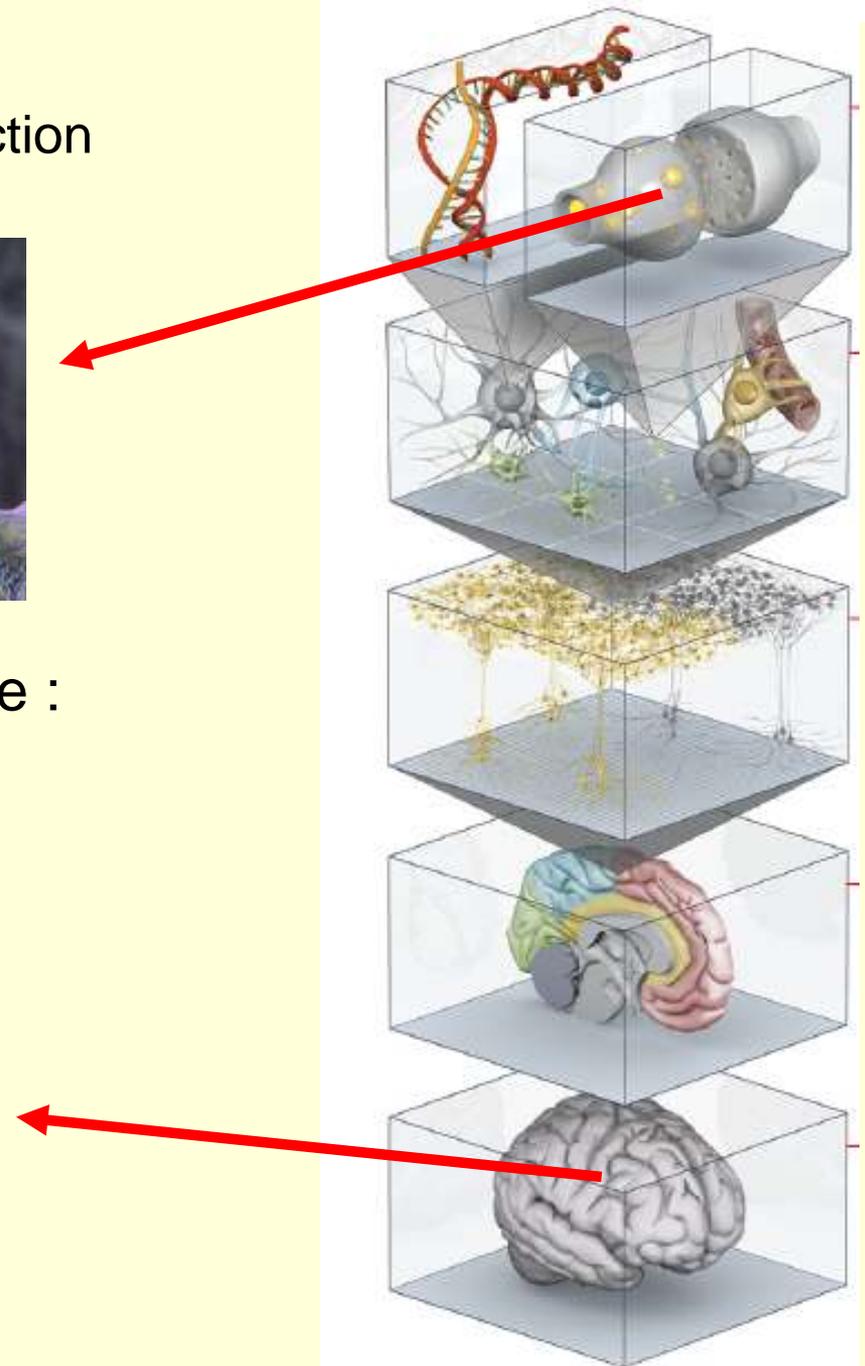
12 grands principes :

1) Nous sommes fait de multiples **niveaux d'organisation** en interaction

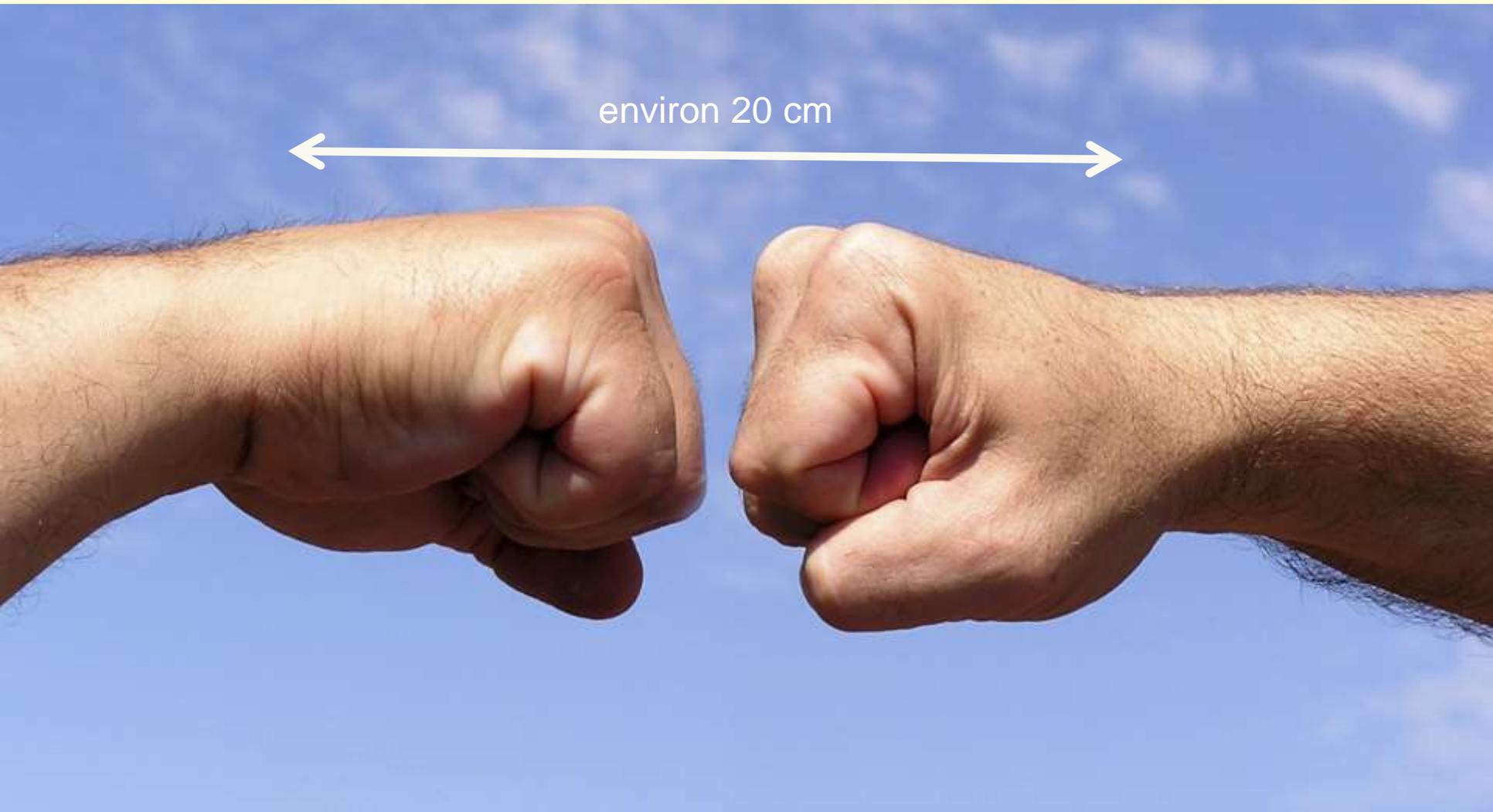
1) Nous sommes fait de multiples **niveaux d'organisation** en interaction



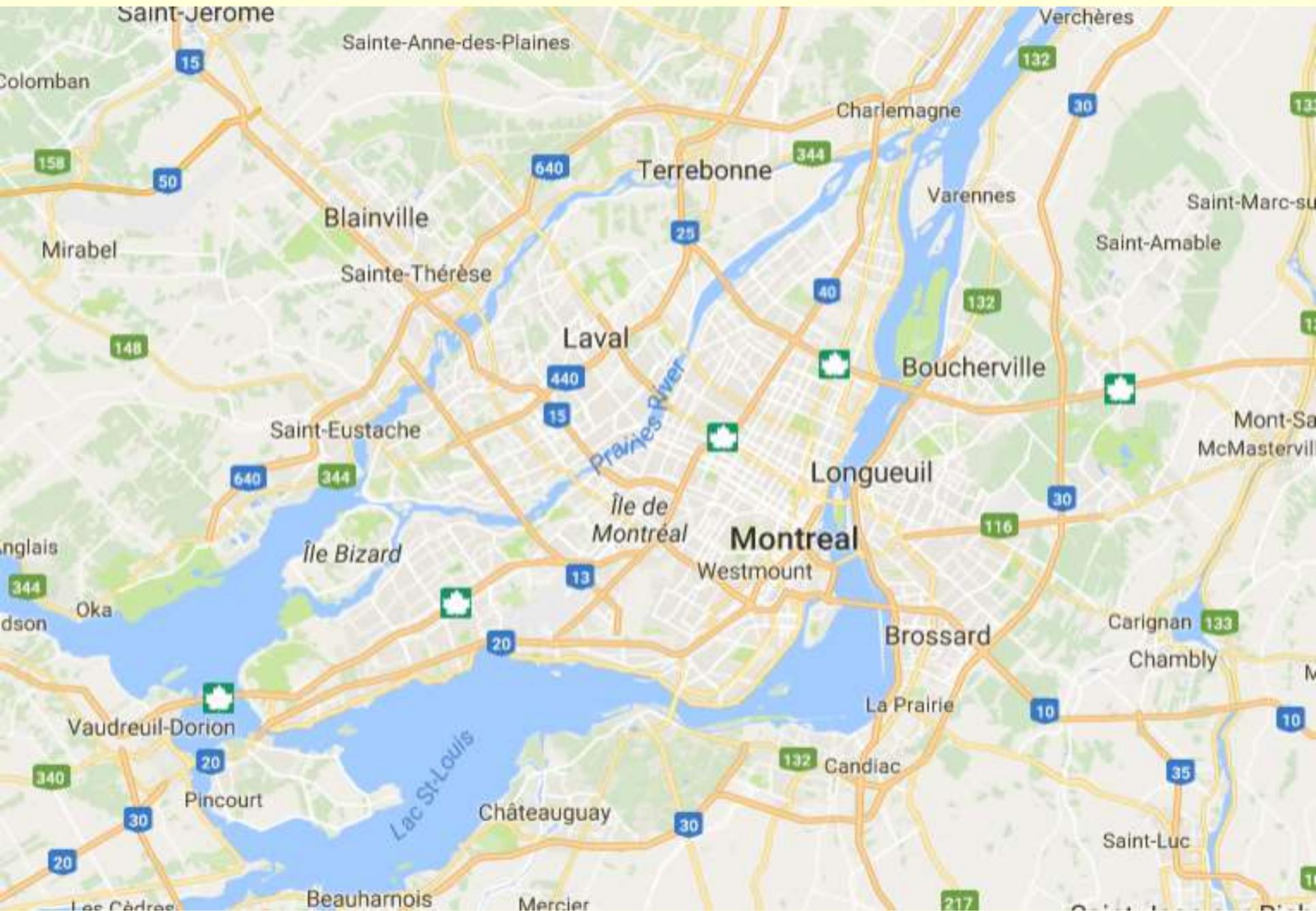
→ Problème de cartographie :
on ne peut pas tout voir
en même temps !

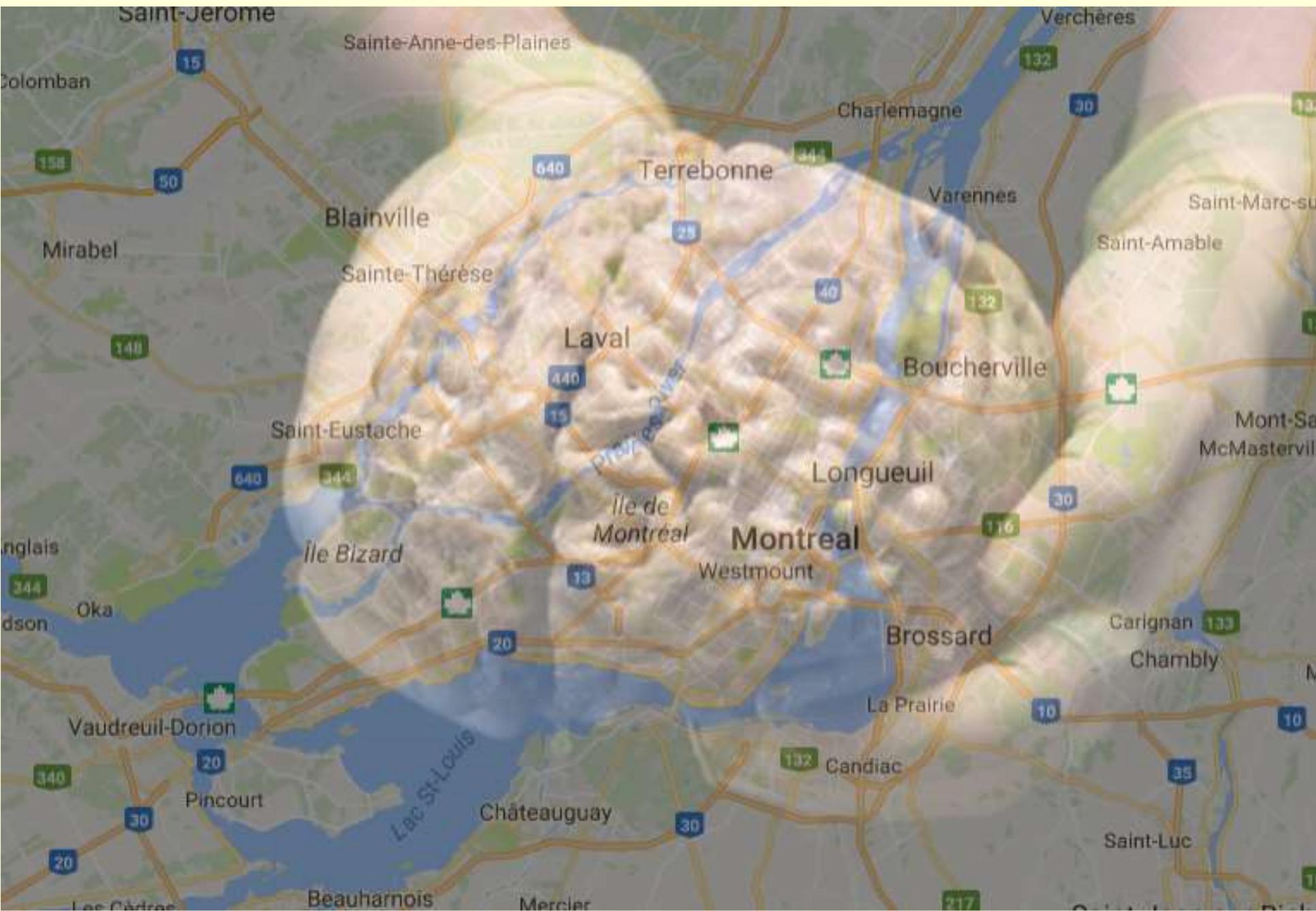


Quelle devrait être la taille d'un cerveau
dont les synapses auraient la taille de deux poings ?



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



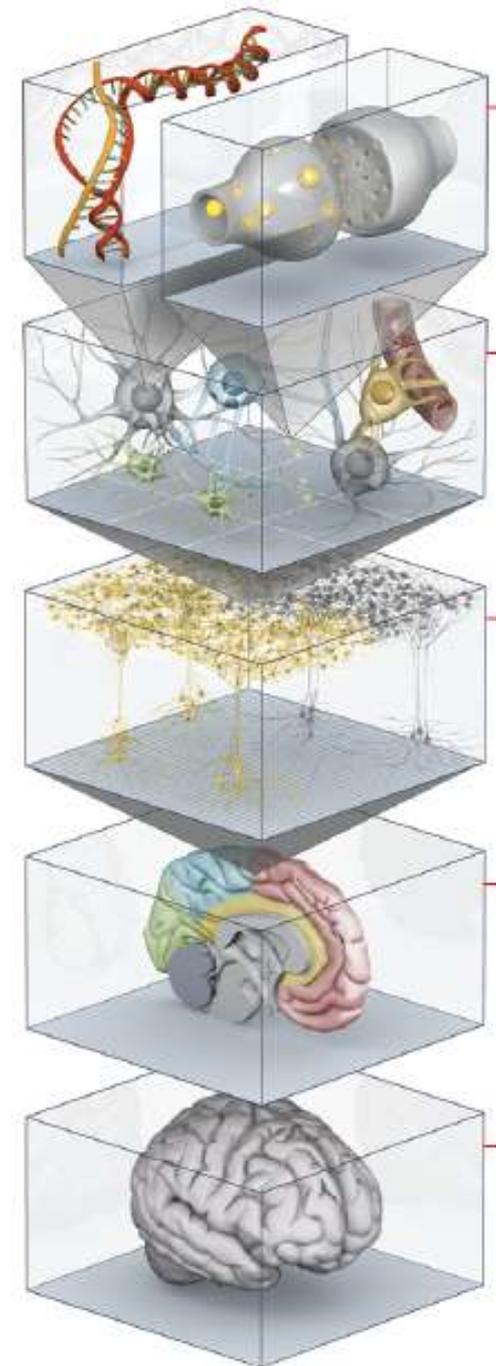
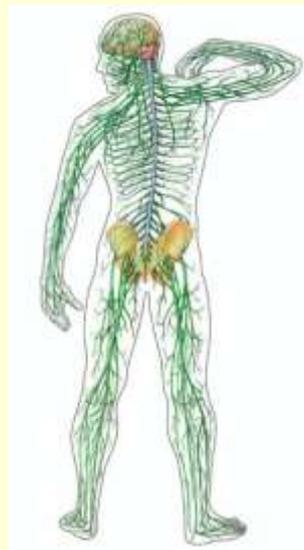


1) Nous sommes fait de multiples **niveaux d'organisation** en interaction

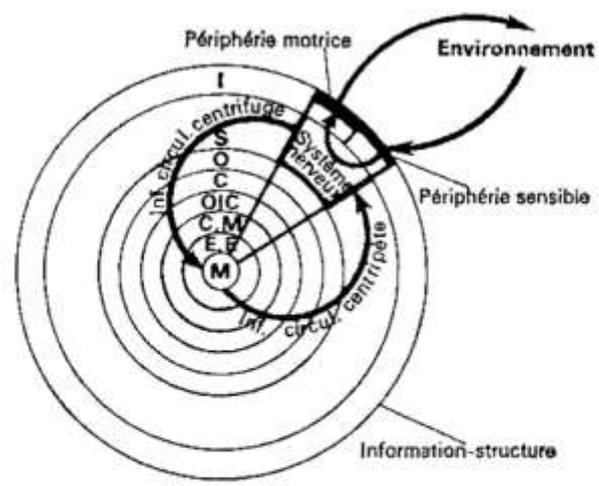
Le social
(corps-cerveau-environnement)



L'individu
(corps-cerveau)

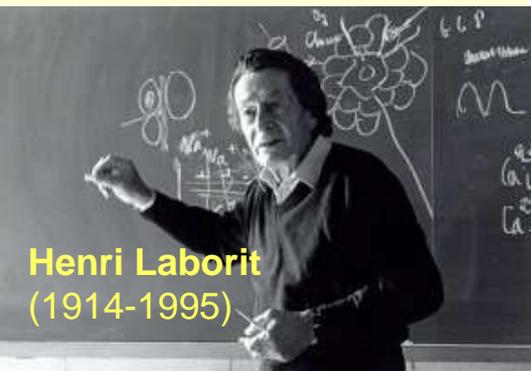
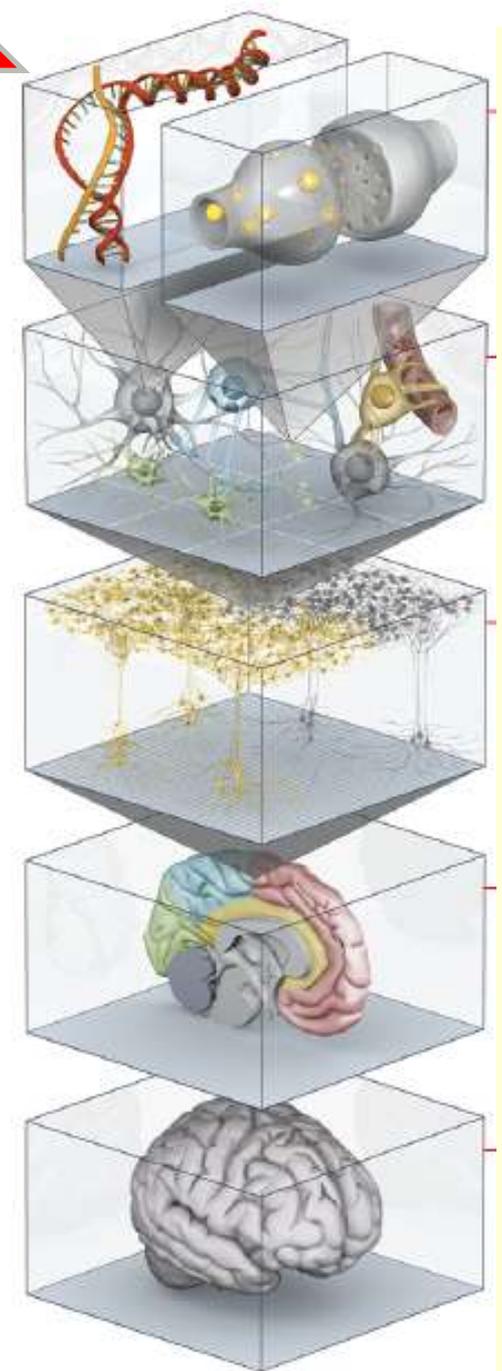


LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!



- M = molécules
 - EE = ensembles enzymatiques
 - CM = chaînes métaboliques
 - DIC = organites intracellulaires
 - C = cellules
 - O = organes
 - S = systèmes
 - I = individu.
- Inf. circ. centrifuge =
Information circulante centrifuge
à partir du système nerveux
- Inf. circ. centripète =
Information circulante centripète
des cellules vers le système nerveux

Figure 4



Henri Laborit
(1914-1995)

Le social
(corps-cerveau-environnement)

L'individu
(corps-cerveau)



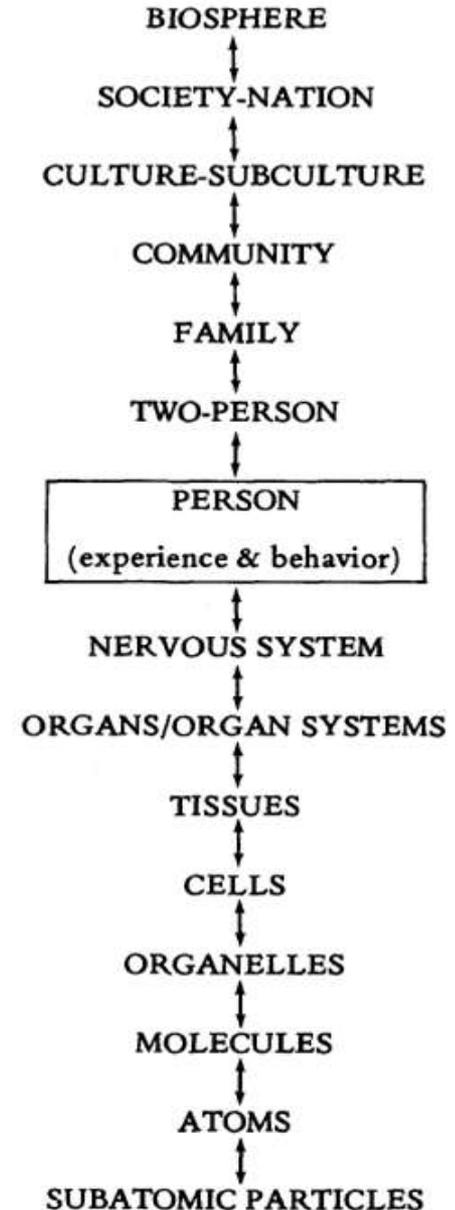
SYSTEMS HIERARCHY
(LEVELS OF ORGANIZATION)

George L. Engel publie en **1977**
dans la revue *Science* :

**The need for a new medical model:
a challenge for biomedicine.**

Devant les problèmes de validité des
critères cliniques qui servent à catégoriser
les troubles mentaux dans le **DSM**,

Engel prônait une approche plus bio-
psycho-sociale tenant compte de **tous les
niveaux d'organisation** sous et sus-
jacent à l'individu.



Research Domain Criteria (NIMH, 2008) https://en.wikipedia.org/wiki/Research_Domain_Criteria

→ RDoC se veut un cadre théorique biologiquement valide pour comprendre les troubles mentaux.

Domains/Constructs	Units of Analysis							
	Genes	Molecules	Cells	Circuits	Physiology	Behavior	Self-Reports	Paradigms
Negative Valence Systems								
Acute threat ("fear")								
Potential threat ("anxiety")								
Positive Valence Systems								
<i>Reward valuation</i>								
Cognitive Systems								
Attention								
Systems for Social Processes								
<i>Attachment formation and maintenance</i>								
Arousal and Regulatory Systems								
Arousal								

The Hierarchically Mechanistic Mind:

A Free-Energy Formulation of the Human Psyche

<https://www.researchgate.net/publication/328260653> The hierarchically mechanistic mind A free-energy formulation of the human psyche

Paul Benjamin Badcock, Karl John Friston

Maxwell James Désormeau Ramstead

Physics of Life Reviews

October **2018**

“... the HMM synthesises a **multi-level** [evolutionary systems theory] of human psychology...”

“ [...] to explain how **each level contextualises (constrains) the levels both above and below.**”

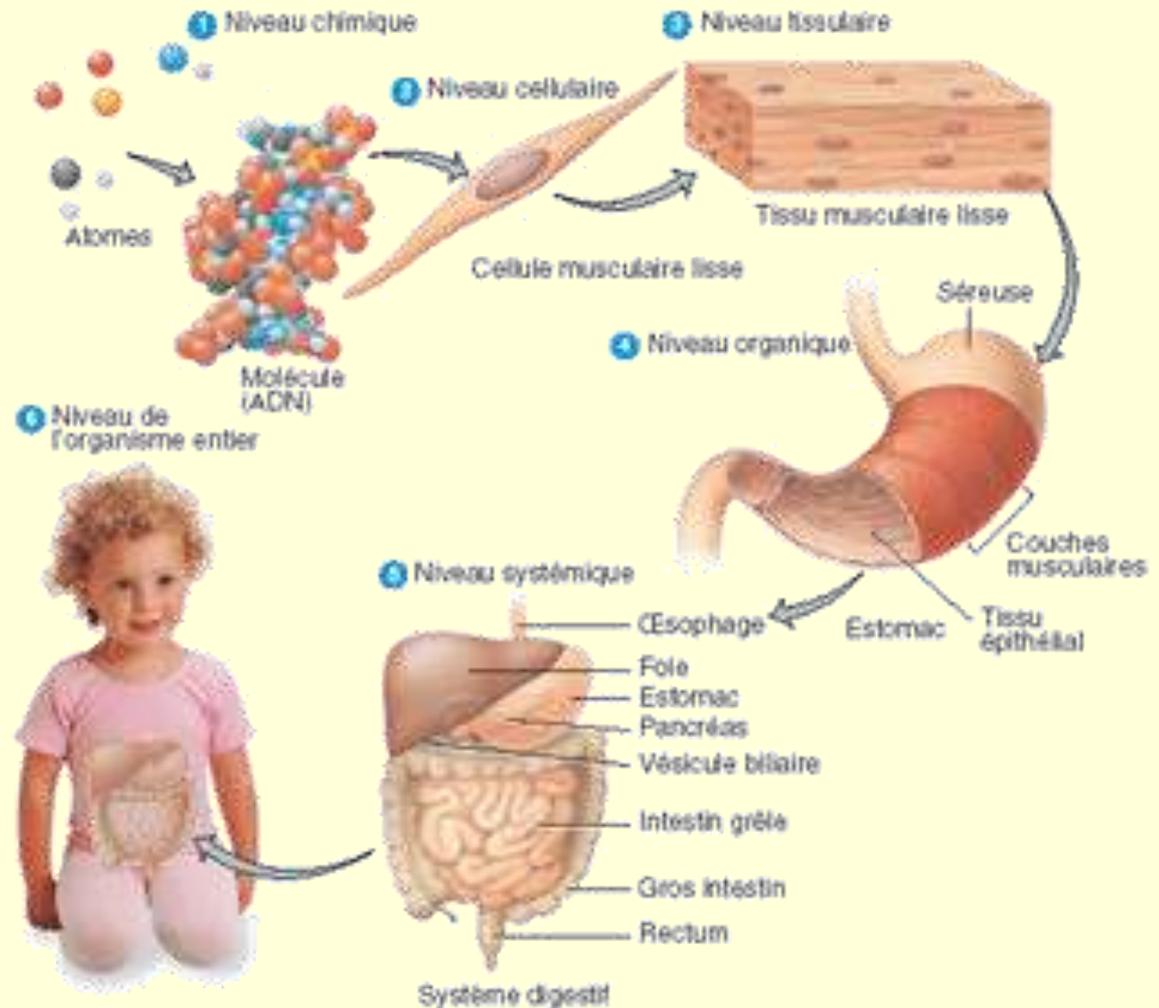
« **Answering Schrödinger’s question: A free-energy formulation** »,

Maxwell Ramstead, Paul Badcock, Karl Friston,

Physics of Life Reviews, Septembre **2017**.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1571064517301409>

Niveaux d'organisation structurale du corps humain (Figure 1.1)



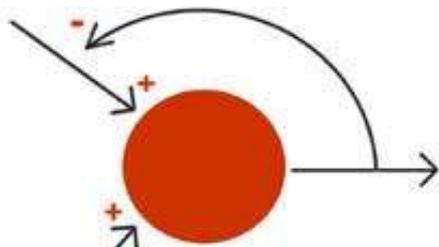
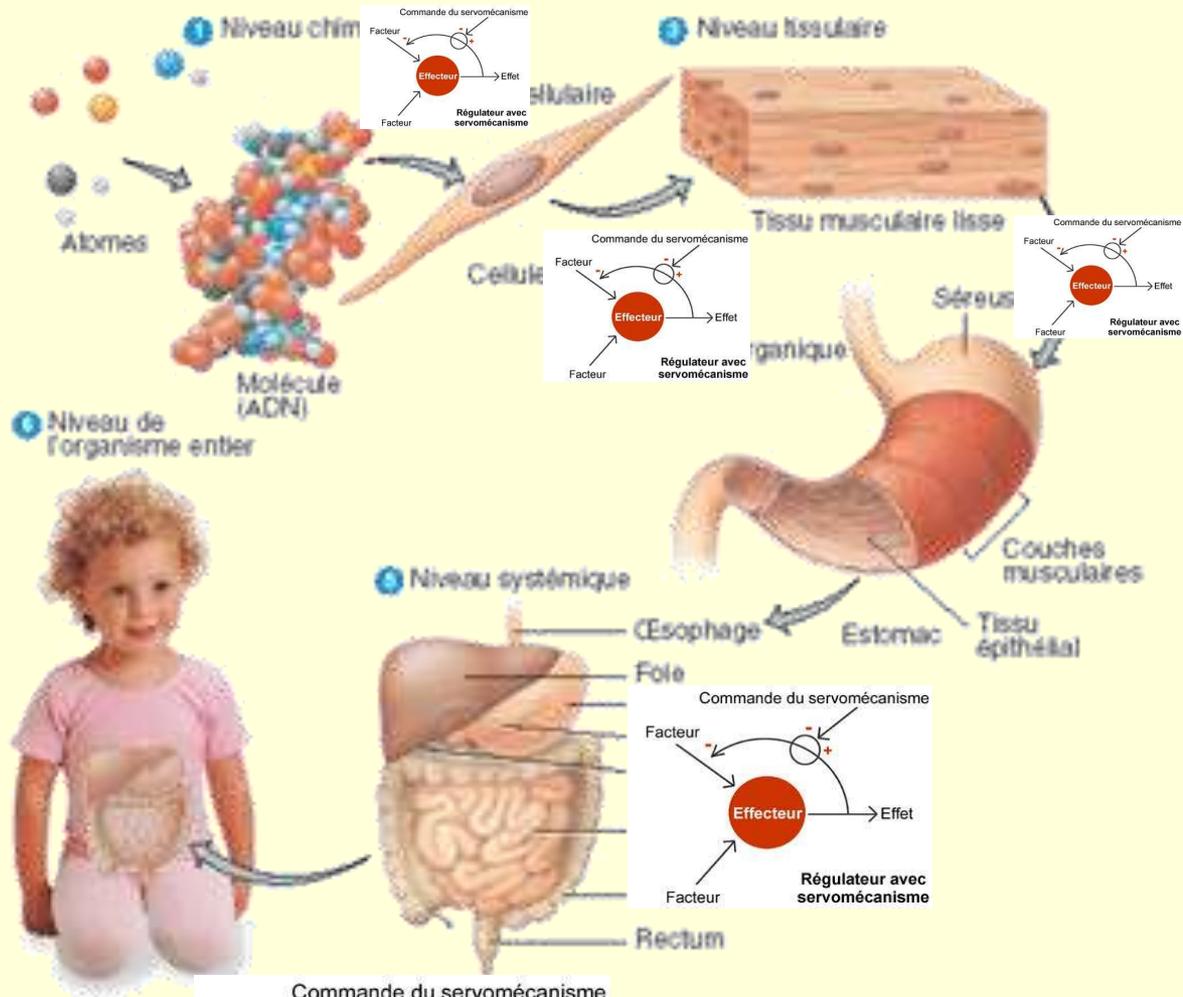
“ [...] to explain how **each level contextualises (constrains) the levels both above and below.**”

© 2011, ÉDITIONS DU RENOUVEAU PÉDAGOGIQUE INC.

« **Answering Schrödinger's question: A free-energy formulation** », Maxwell Ramstead, Paul Badcock, Karl Friston, *Physics of Life Reviews*, Septembre 2017.

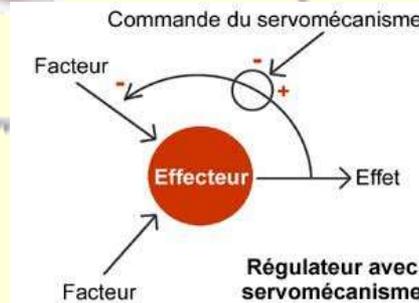
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1571064517301409>

Niveaux d'organisation structurale du corps humain (Figure 1.1)



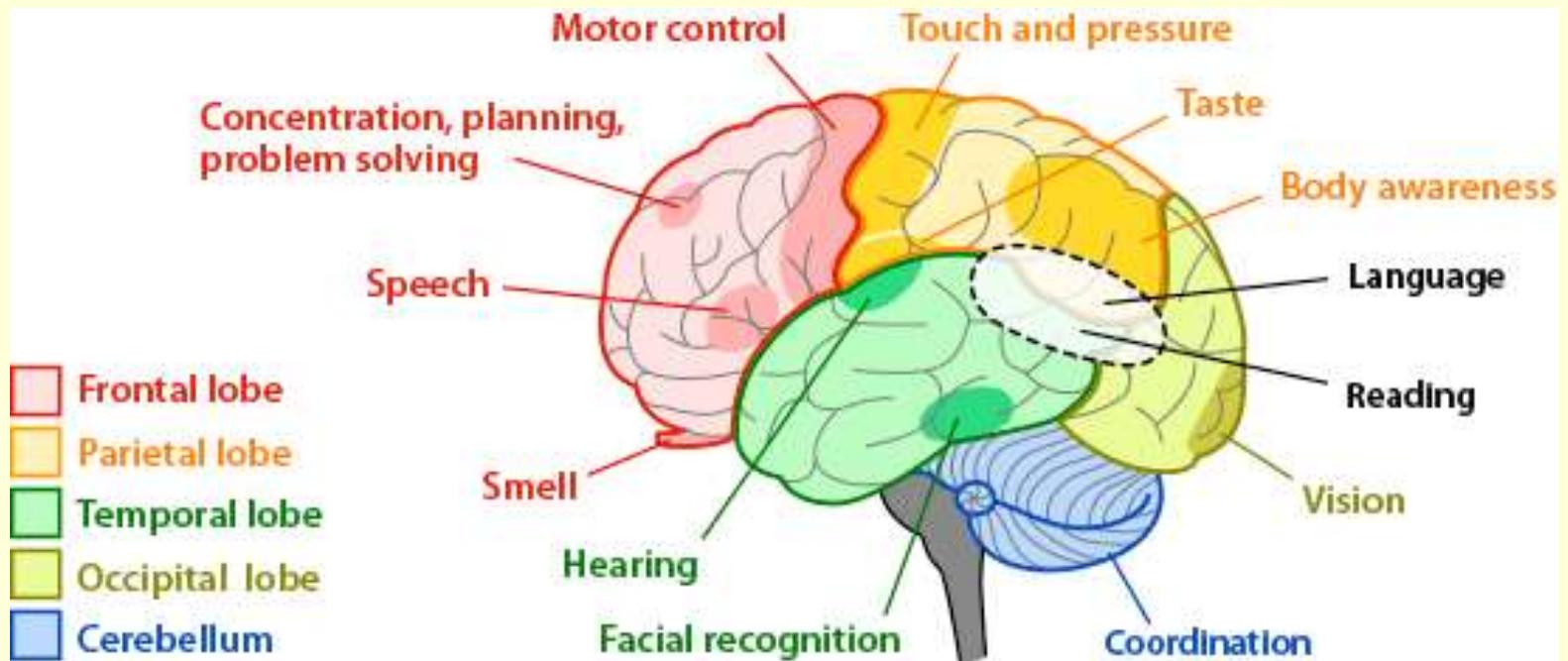
Régulation en constance

DU RENOUVEAU PÉDAGOGIQUE 99



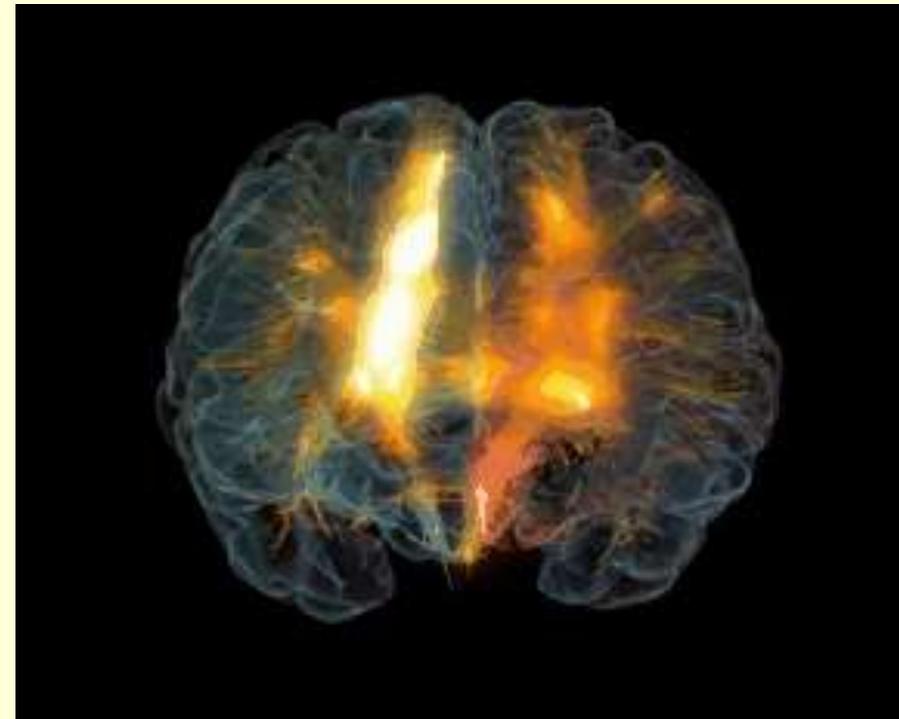
12 grands principes :

- 1) Nous sommes fait de multiples **niveaux d'organisation** en interaction
- 2) Tout est **dynamique** mais à **différentes échelles de temps**



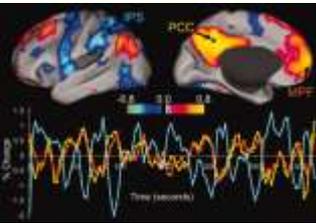
On est passé d'une conception du cerveau comme d'un objet plutôt **stable** fait de composantes manifestant une relation structure-fonction relativement simple...

...à une conception **dynamique**, **plastique** et manifestant une relation structure-fonction complexe de « plusieurs-à-plusieurs ».



Échelle de temps :

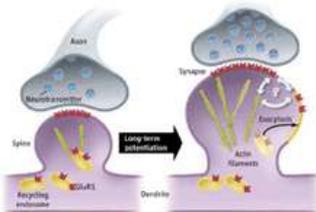
Processus dynamiques :



ms.

10^{-3} s

sec.



10^{21} s

min.

10^3 s



jour

10^6 s

mois

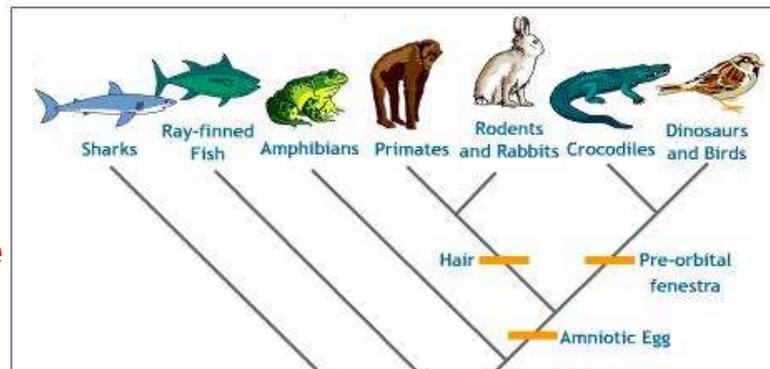
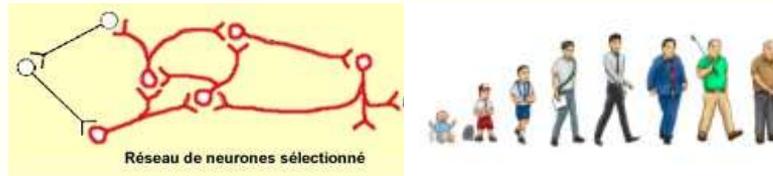
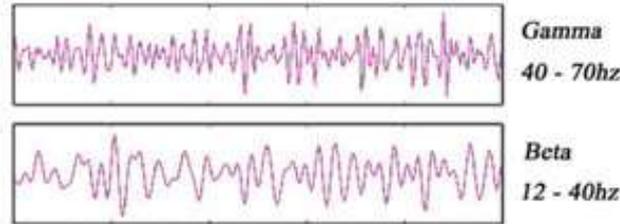
ans



siècle

10^{15} s

millénaire



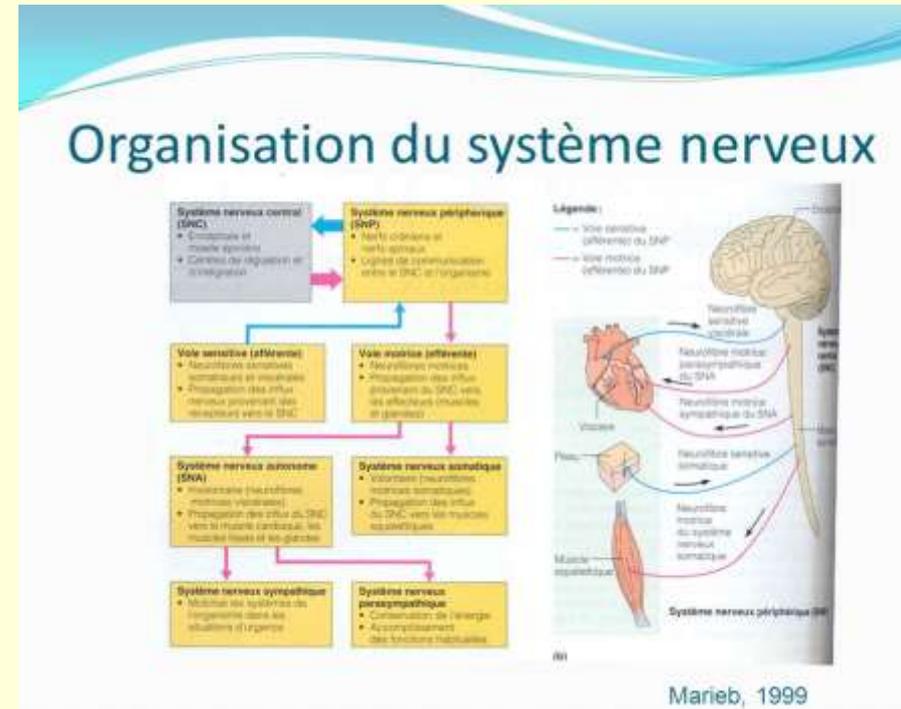
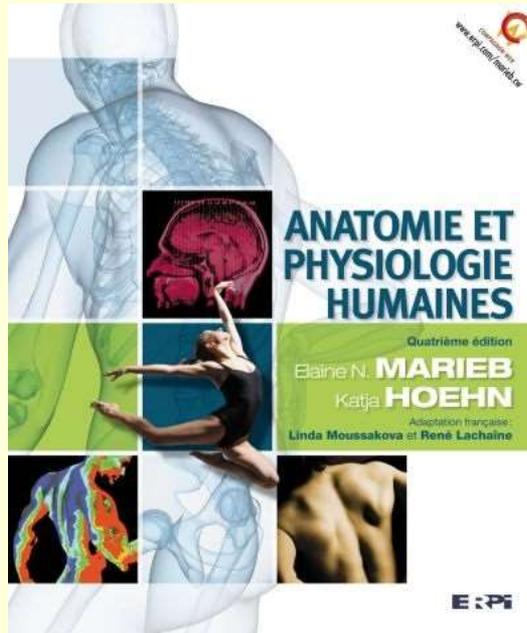
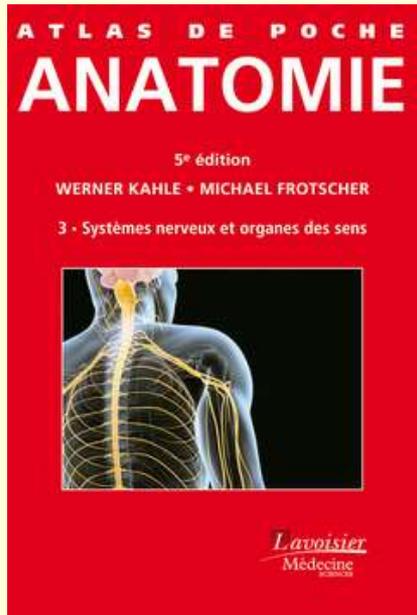
Perception et action devant des situations en temps réel grâce à des coalitions neuronales synchronisées temporairement

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

Développement du système nerveux (incluant des mécanismes épigénétiques)

Évolution biologique qui façonne les plans généraux du système nerveux

Pertinence de la distinction anatomie – fonction ?



12 grands principes :

- 1) Nous sommes fait de multiples **niveaux d'organisation** en interaction
- 2) Tout est **dynamique** mais à **différentes échelles de temps**

12 grands principes :

- 1) Nous sommes fait de multiples **niveaux d'organisation** en interaction
- 2) Tout est **dynamique** mais à **différentes échelles de temps**
- 3) Adopter une **perspective évolutive**

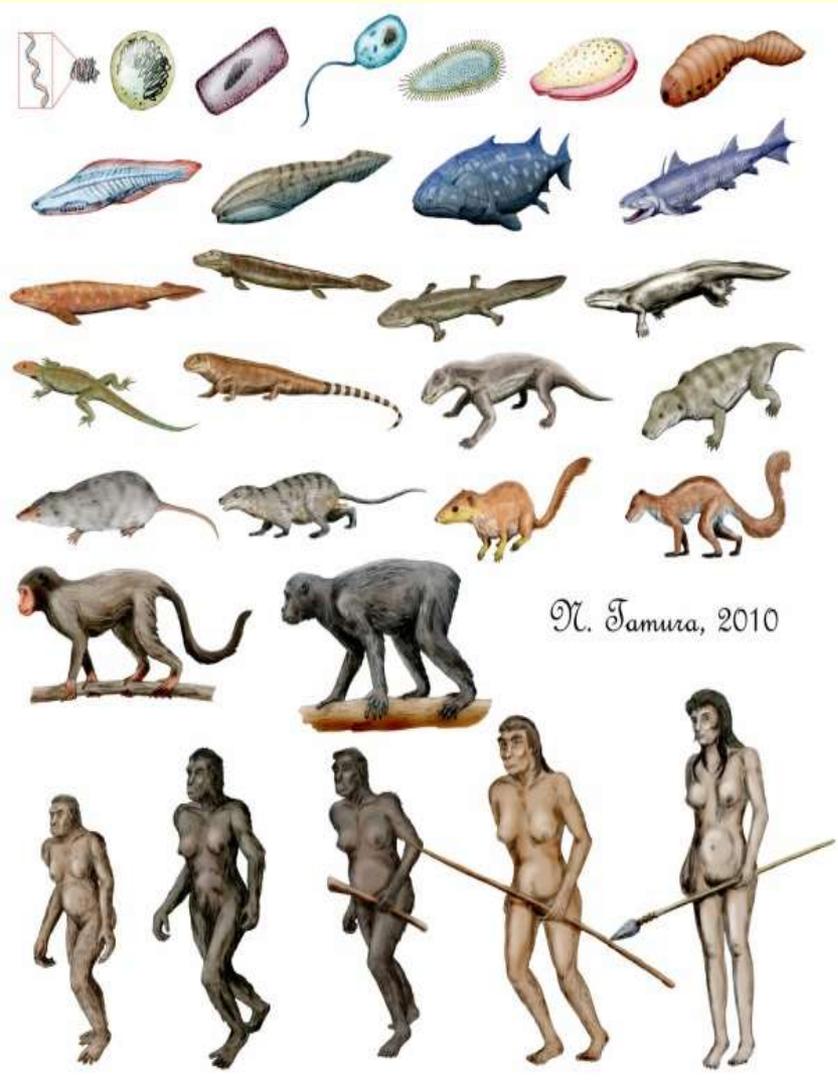






« Rien en biologie n'a de sens, si ce n'est à la lumière de l'évolution »

- Theodosius Dobzhansky
(1900-1975)





Notre histoire a
commencé il y a
13,8 milliards
d'années

Évolution cosmique, chimique et biologique



(Crédit : modifié de Robert Lamontagne)

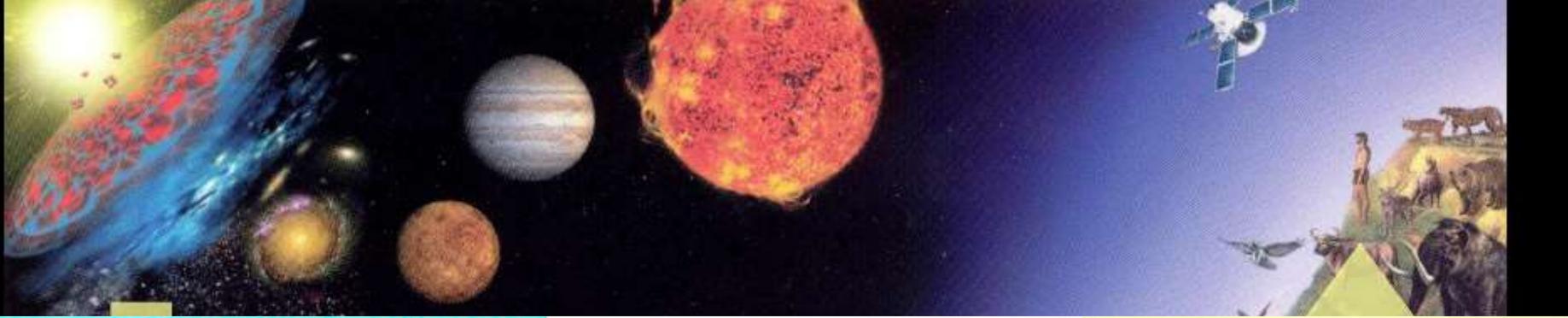
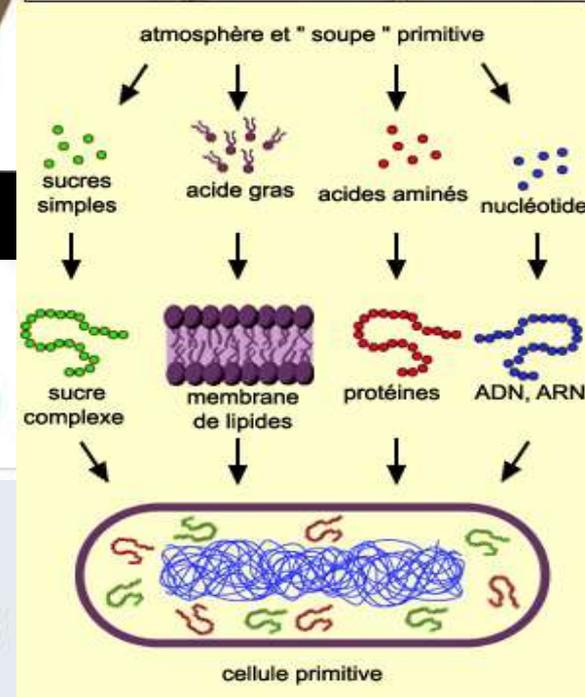
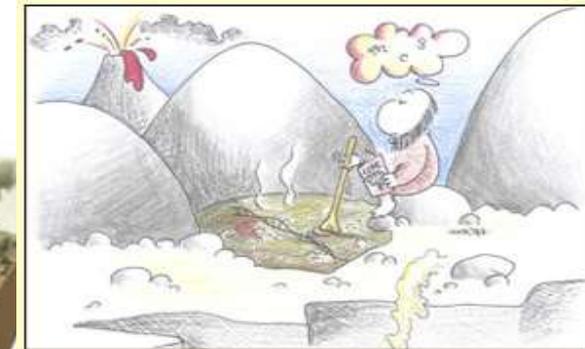
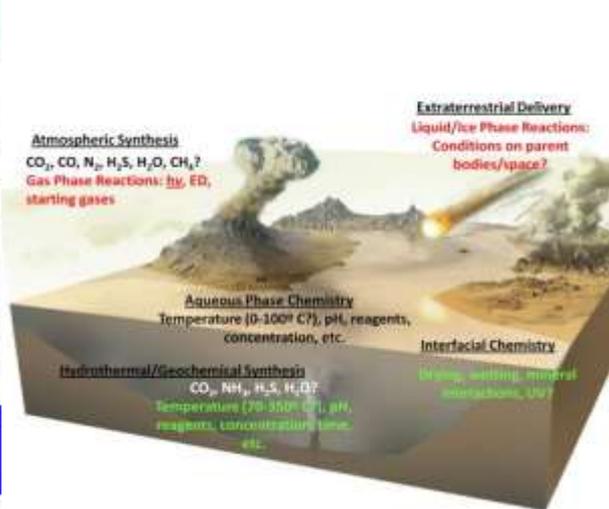
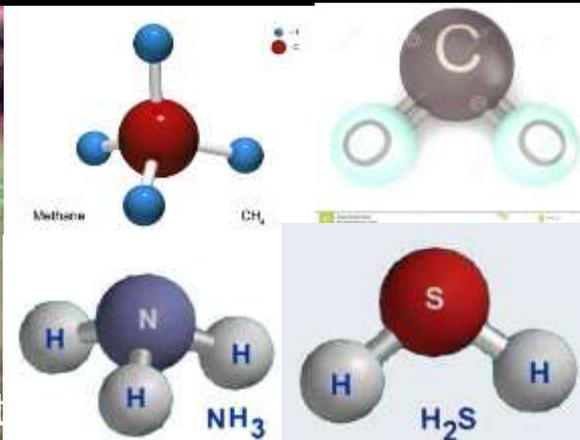


Tableau Périodique des Éléments

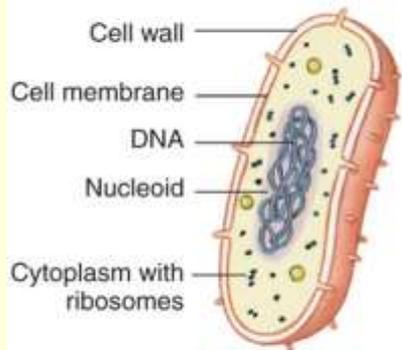
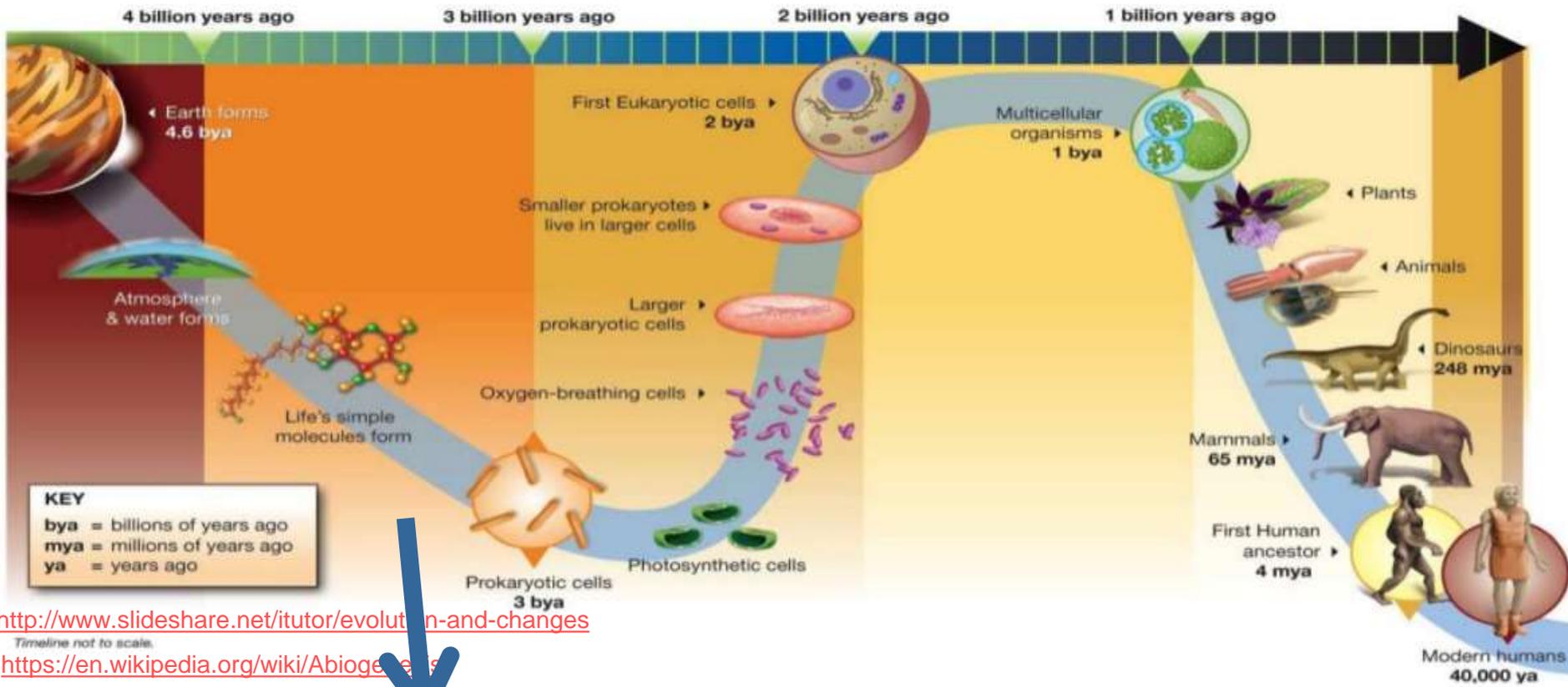
Légende																	
Métaux alcalins				Métaux alcalino-terreux				Métaux de transition				Métaux lourds				Gaz nobles	
Alcalino-terreux		Terre alcaline		Terre rare		Lanthanoïdes		Actinoïdes		Gaz noble		Liquide		Solide		Casse	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162
163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180



Évolution cosmique, chimique



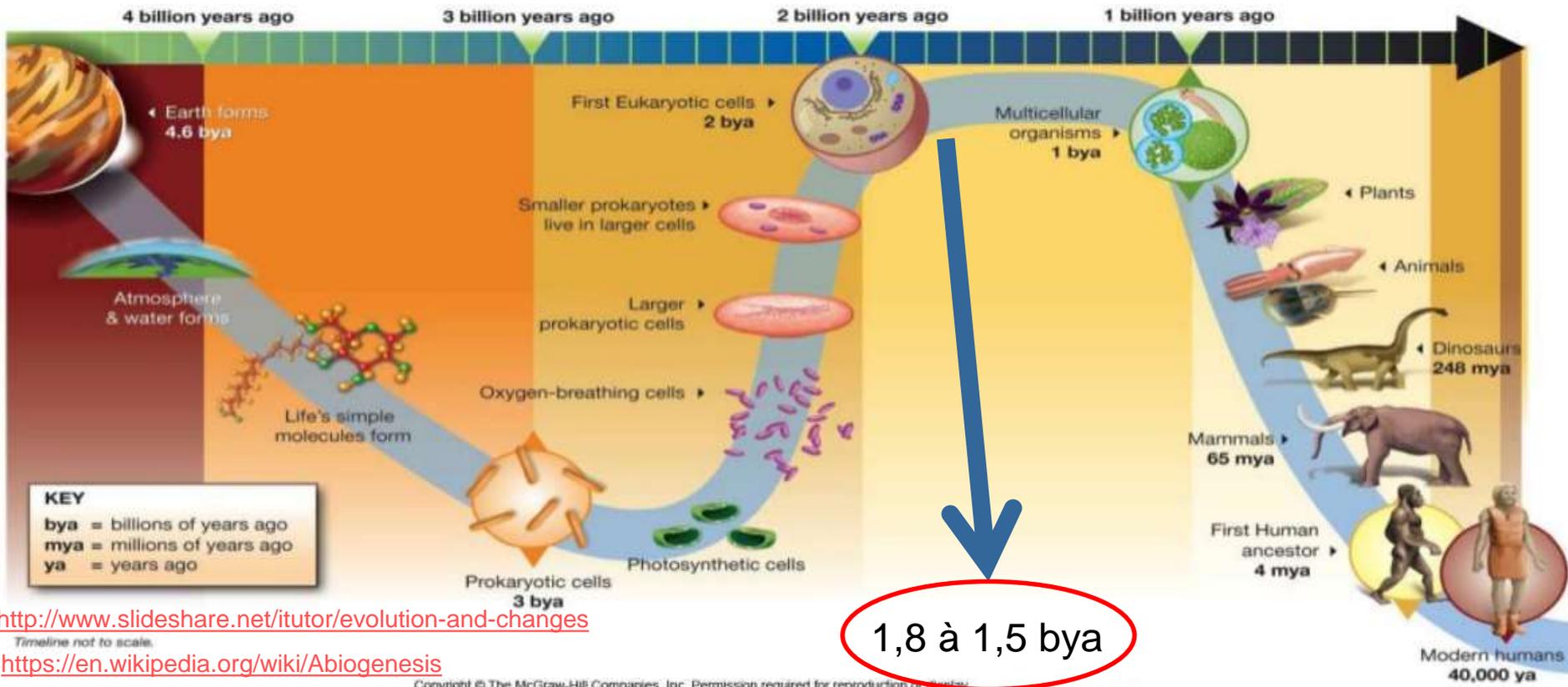
(Crédit : modifié de Robert Lamont)



Prokaryote

3,8 bya

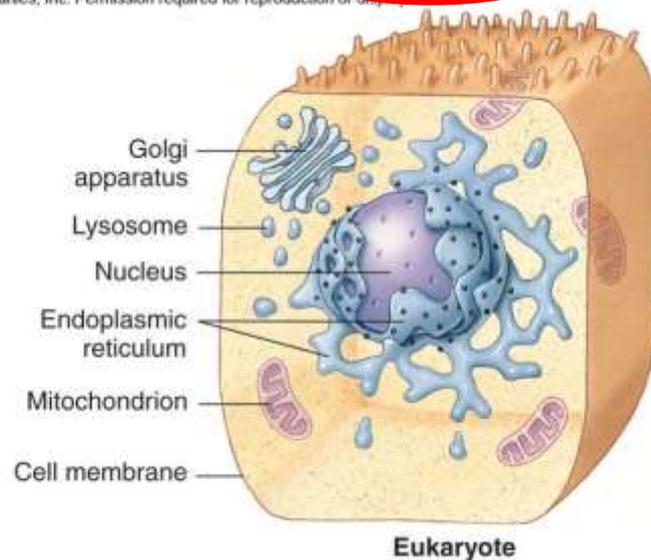
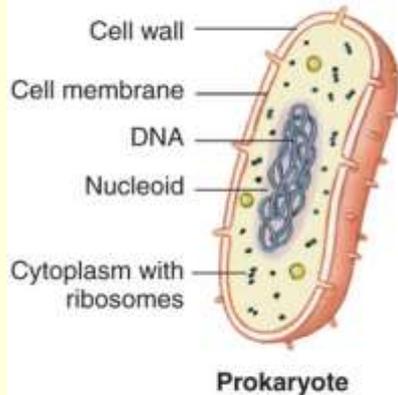
Procaryotes



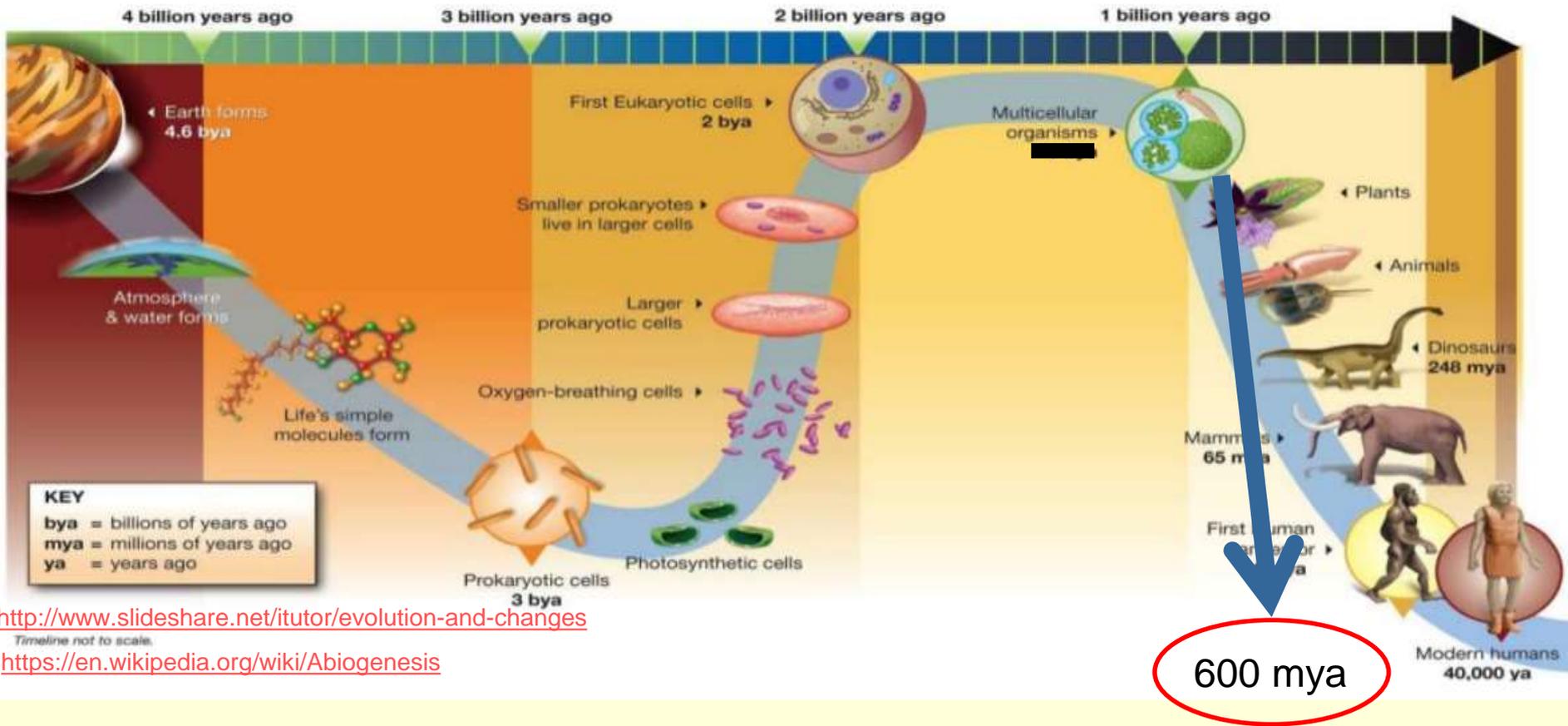
<http://www.slideshare.net/itutor/evolution-and-changes>

Timeline not to scale.

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



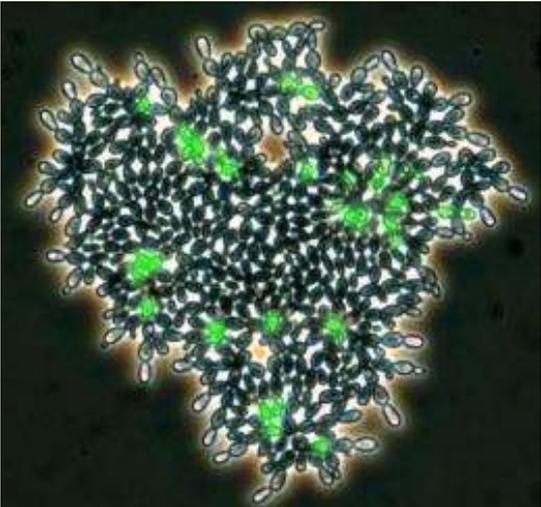
Eucaryotes



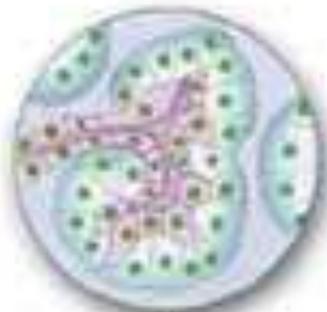
<http://www.slideshare.net/itutor/evolution-and-changes>
<https://en.wikipedia.org/wiki/Abiogenesis>

L'émergence de la vie **multicellulaire** apparait dans différentes lignées et se répand il y a un peu plus de 600 millions d'années.

https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89volution_de_la_multicellularit%C3%A9



Chez les multicellulaires, on va aussi assister au phénomène de **spécialisation cellulaire**...



cellule
pancréatique



cellule
cardiaque



cellule
sanguine



cellule
pulmonaire



ovule



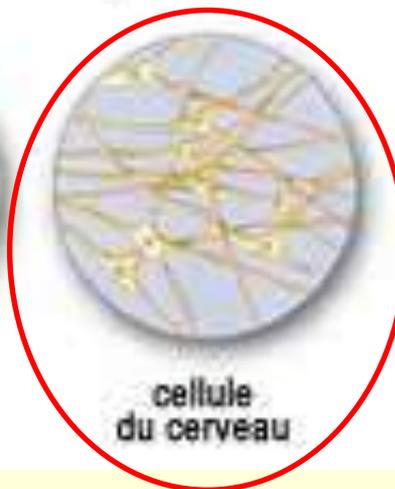
cellule
osseuse



cellule
de la rate



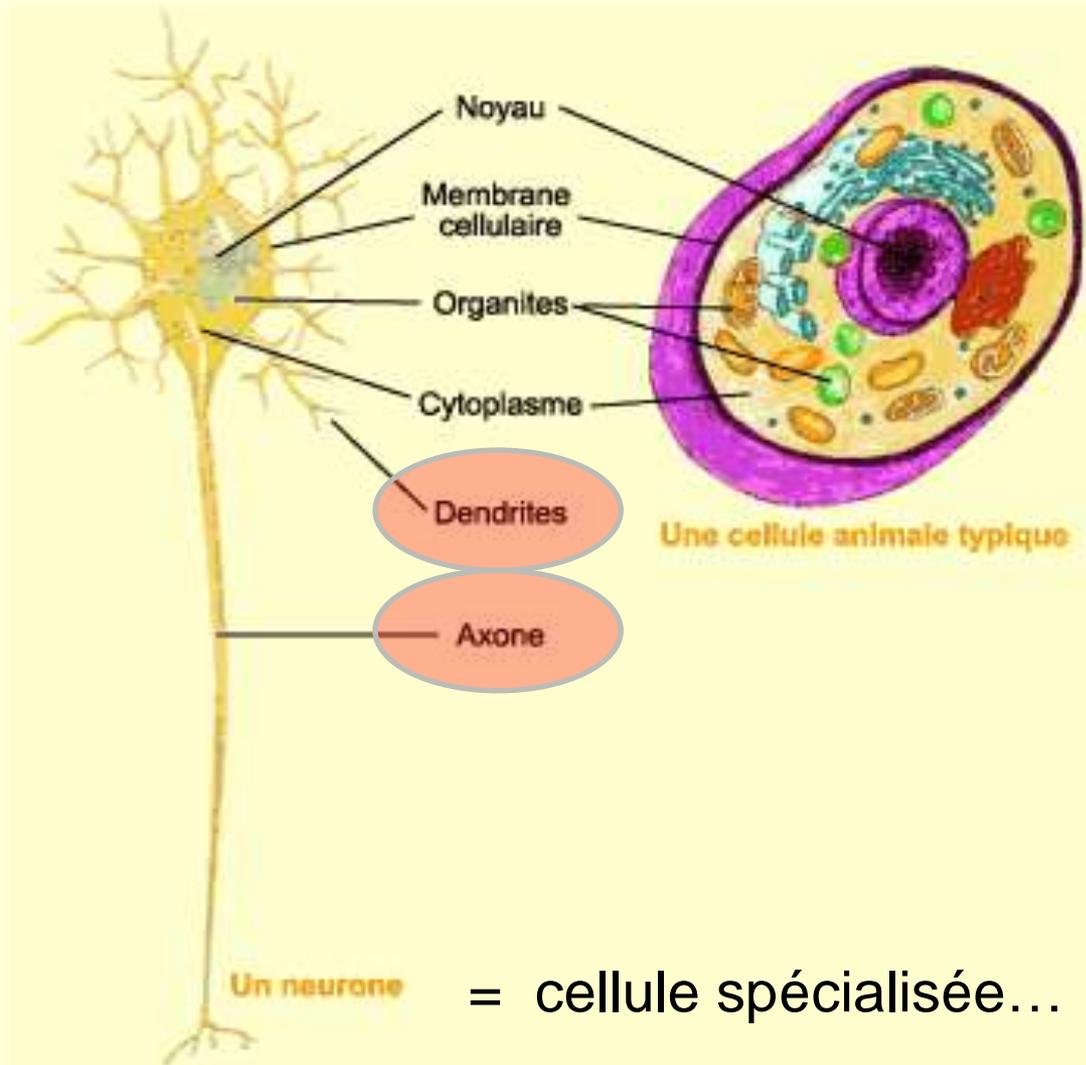
cellule
musculaire

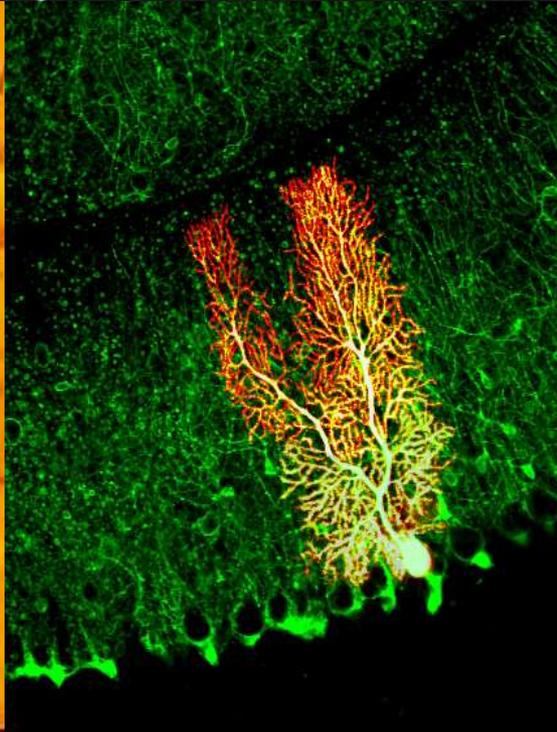
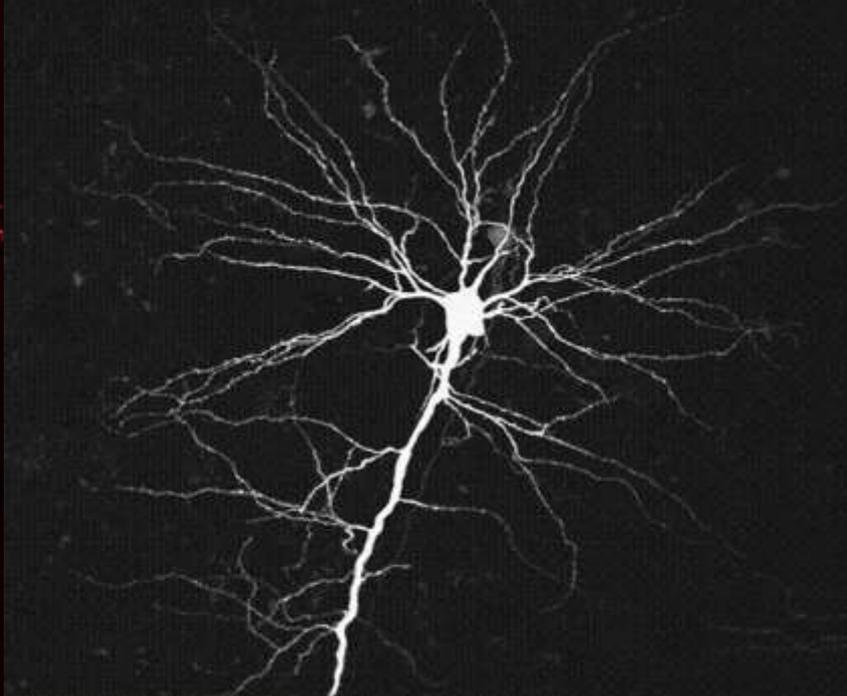
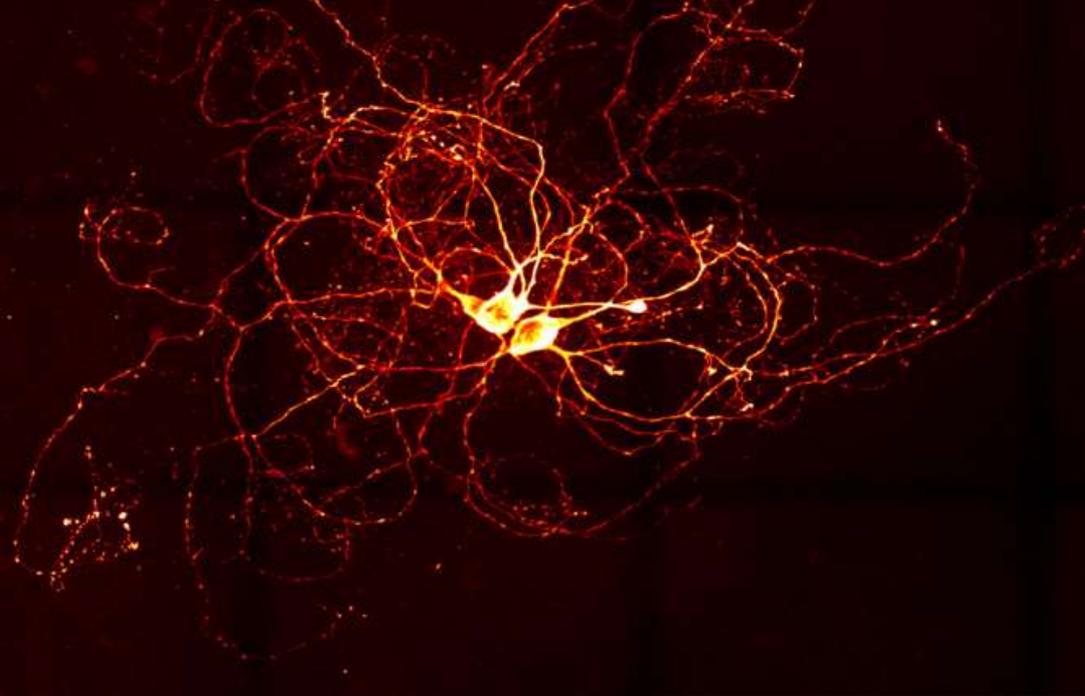


cellule
du cerveau

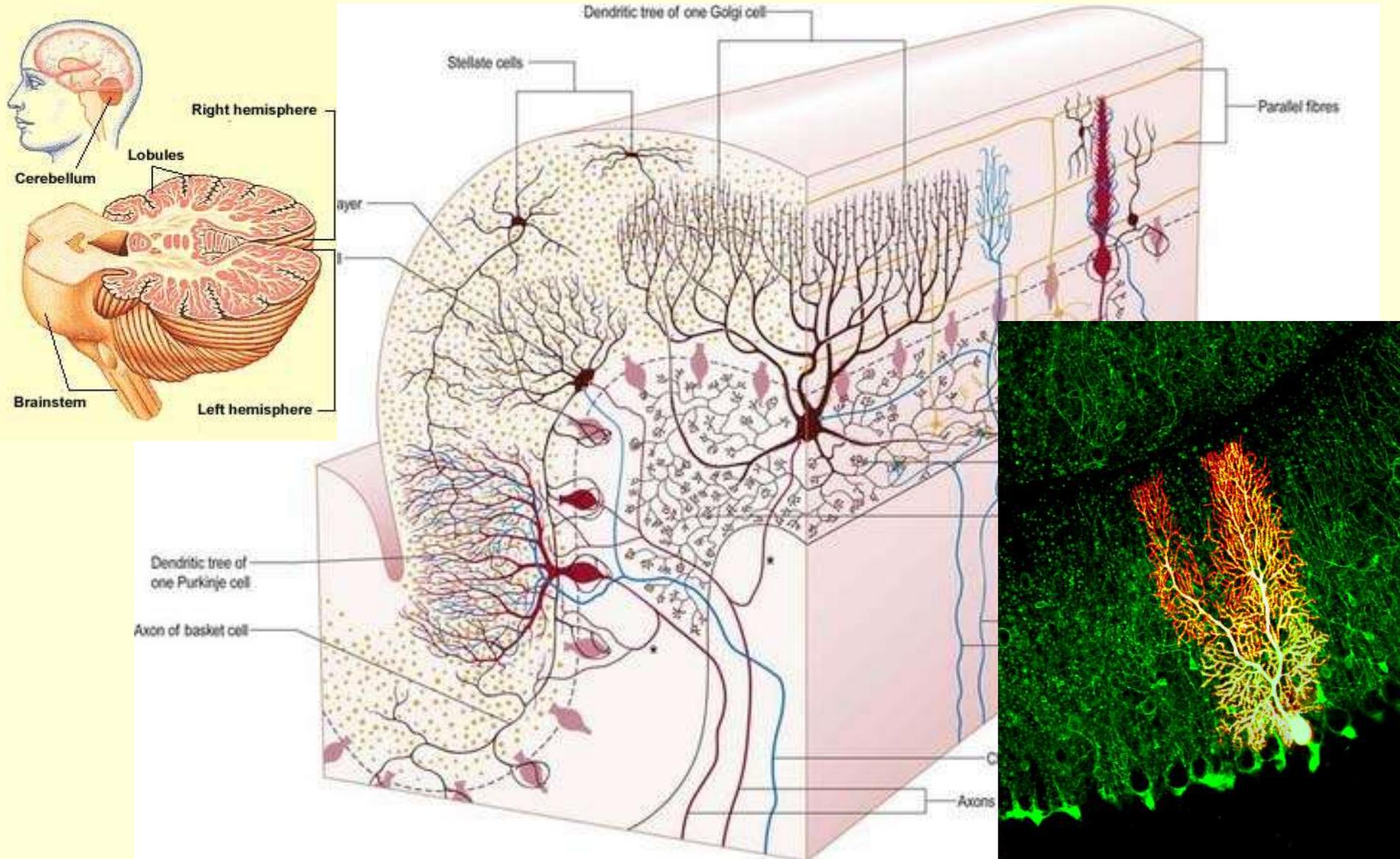


cellule
du foie

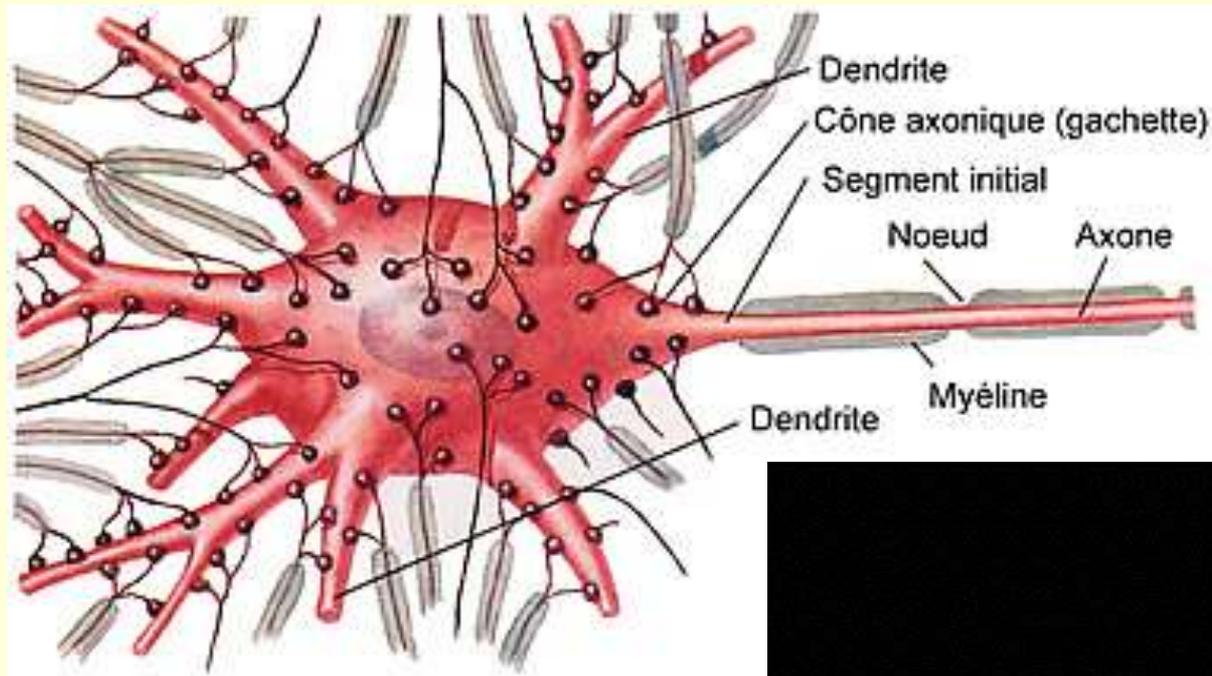




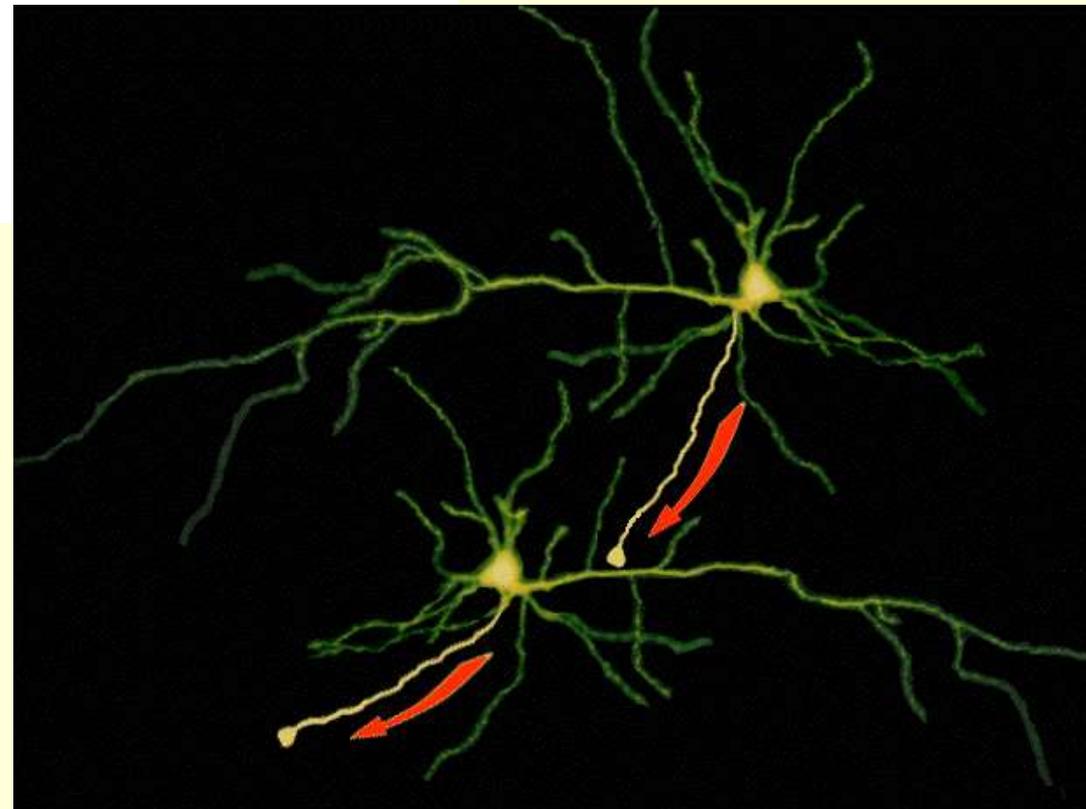
Grande variabilité de forme des neurones qui s'explique par leur pattern de connectivité dans des réseaux capables d'effectuer certaines computations ou calculs.



Chaque neurone est un **intégrateur** dynamique



capable de **transmettre**
à d'autres neurones
le fruit de son intégration.



12 grands principes :

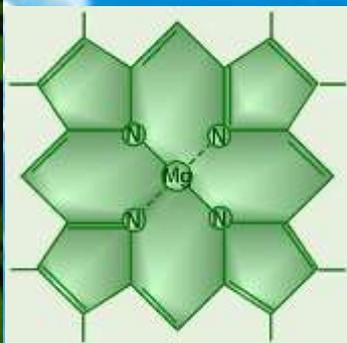
- 1) Nous sommes fait de multiples **niveaux d'organisation** en interaction
- 2) Tout est **dynamique** mais à **différentes échelles de temps**
- 3) Adopter une **perspective évolutive**
- 4) Notre cerveau est encore construit sur la **boucle sensori-motrice** modulée par du **cortex « associatif »**

Tout au long de **l'évolution**,
les êtres vivants doivent d'abord tenter de rester en vie !

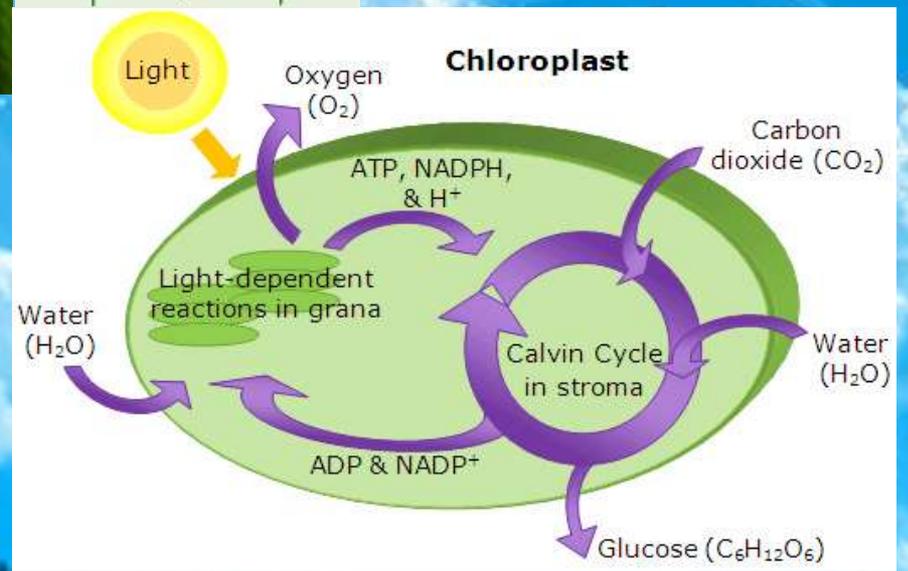
En vertu du 2^e principe
de la thermodynamique :

l'entropie (désordre)
croît constamment





Plantes :
photosynthèse
grâce à l'énergie du soleil





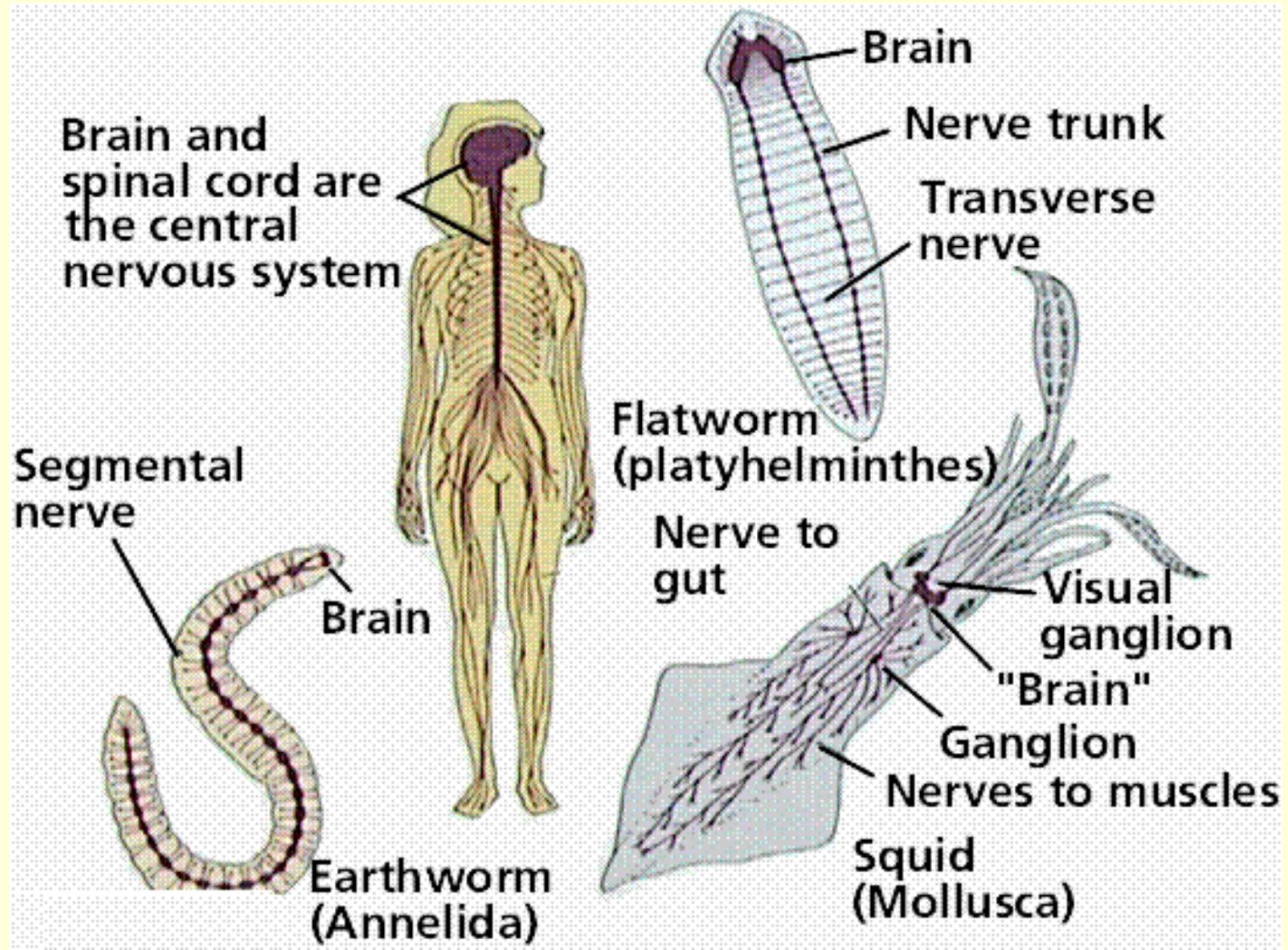
Animaux :

autonomie motrice

pour trouver leurs ressources
dans l'environnement



C'est la **bouche sensori-motrice** qui est à l'origine de tous les systèmes nerveux !



« la logique fondamentale du système nerveux [va devenir] celle d'un **couplage** entre des mouvements et un flux de modulations sensorielles de manière **circulaire**. »

- Francisco Varela, Le cercle créateur, p.126



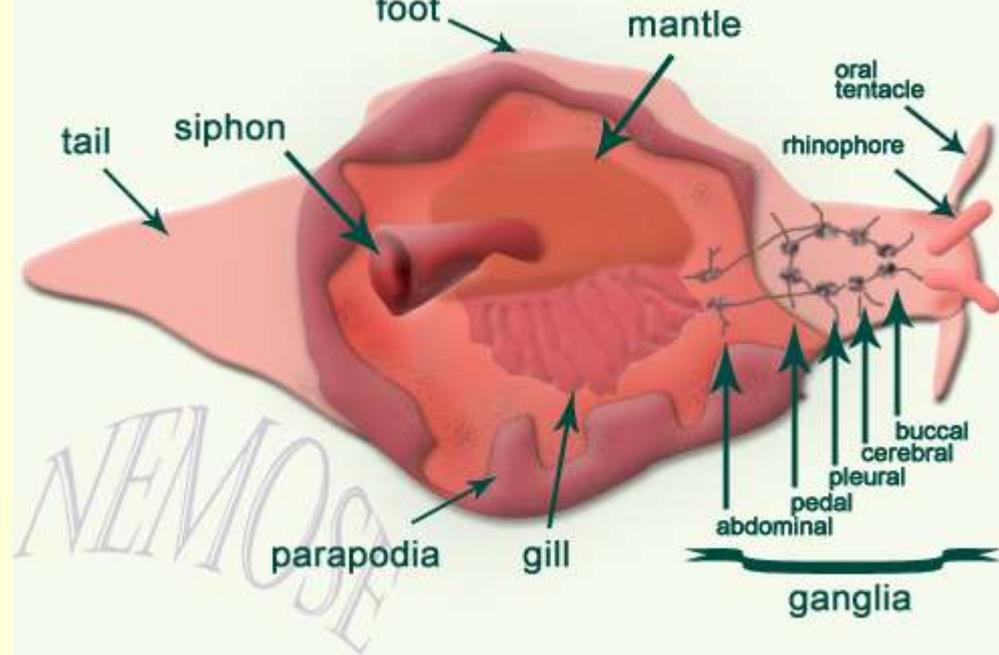
Percevoir du sens dans le chaos du monde
et y **réagir très rapidement**,
voilà le rôle du système nerveux.

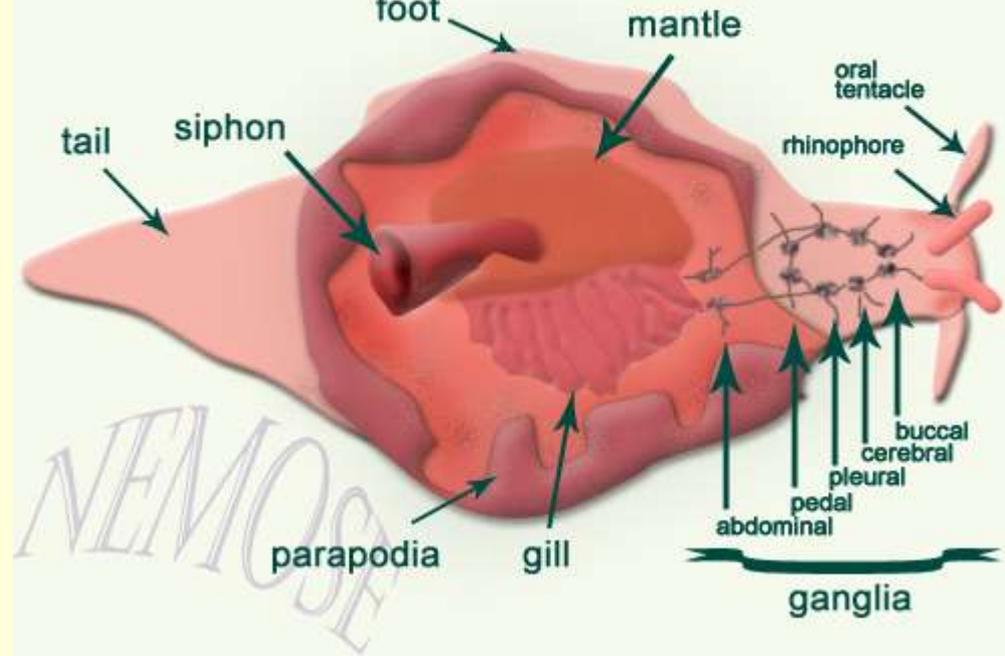
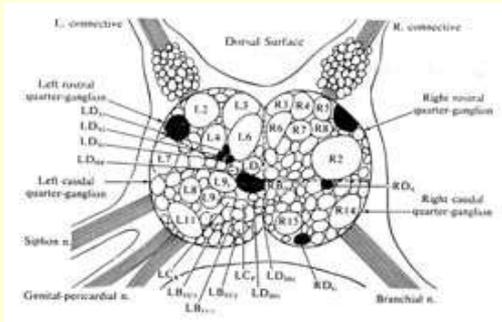
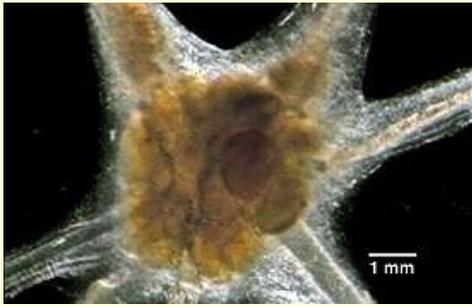
(contrairement par exemple au système endocrinien ou immunitaire, plus lent)



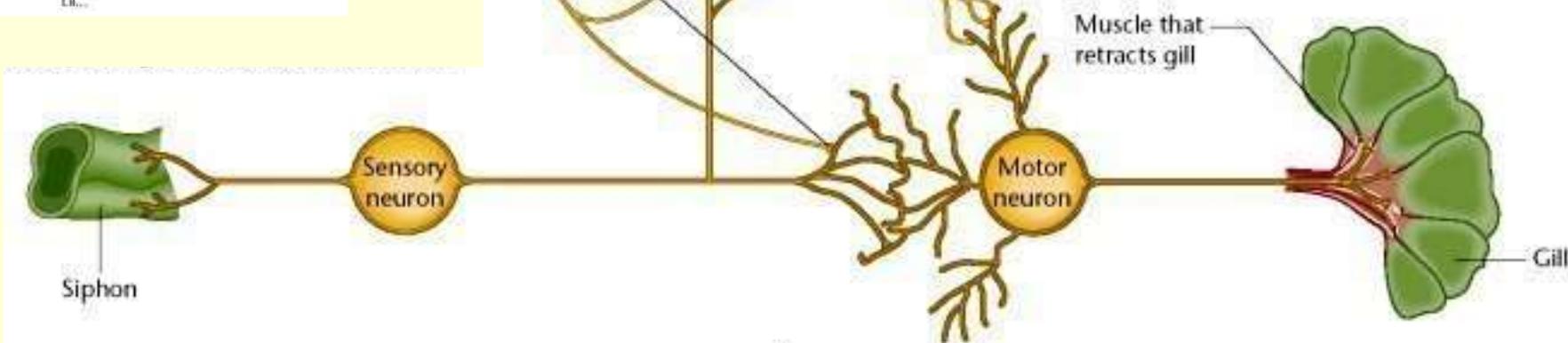
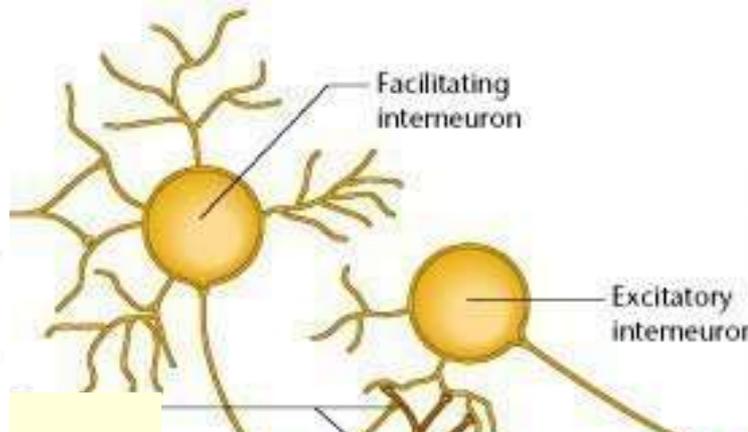
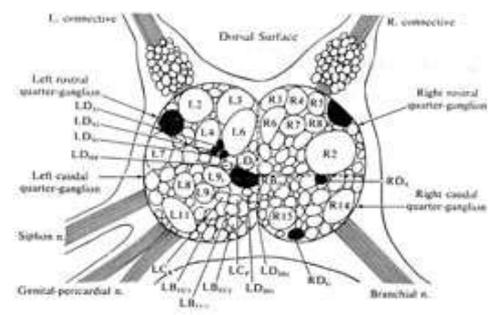
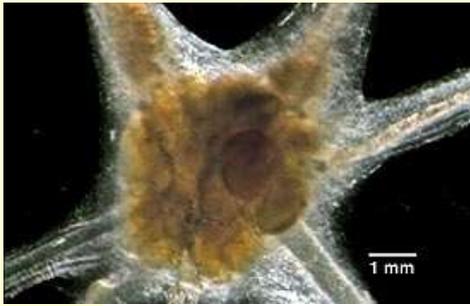


Aplysie
(mollusque marin)

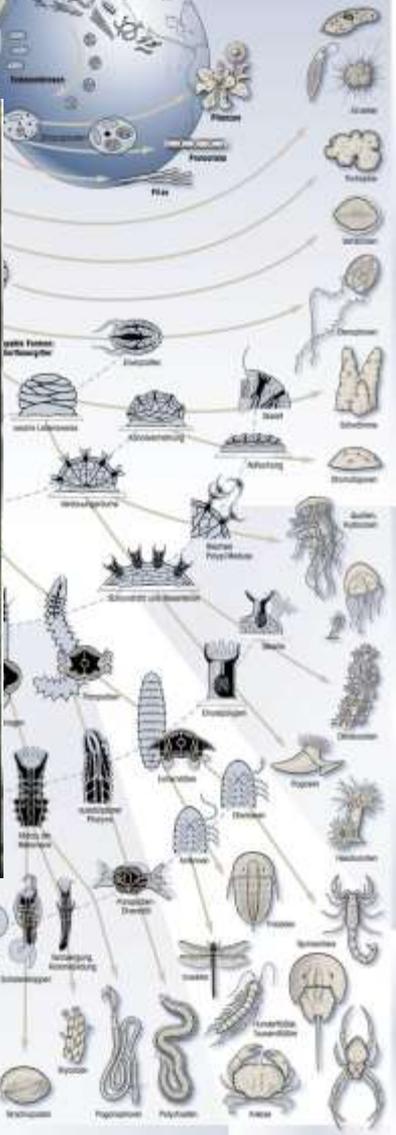
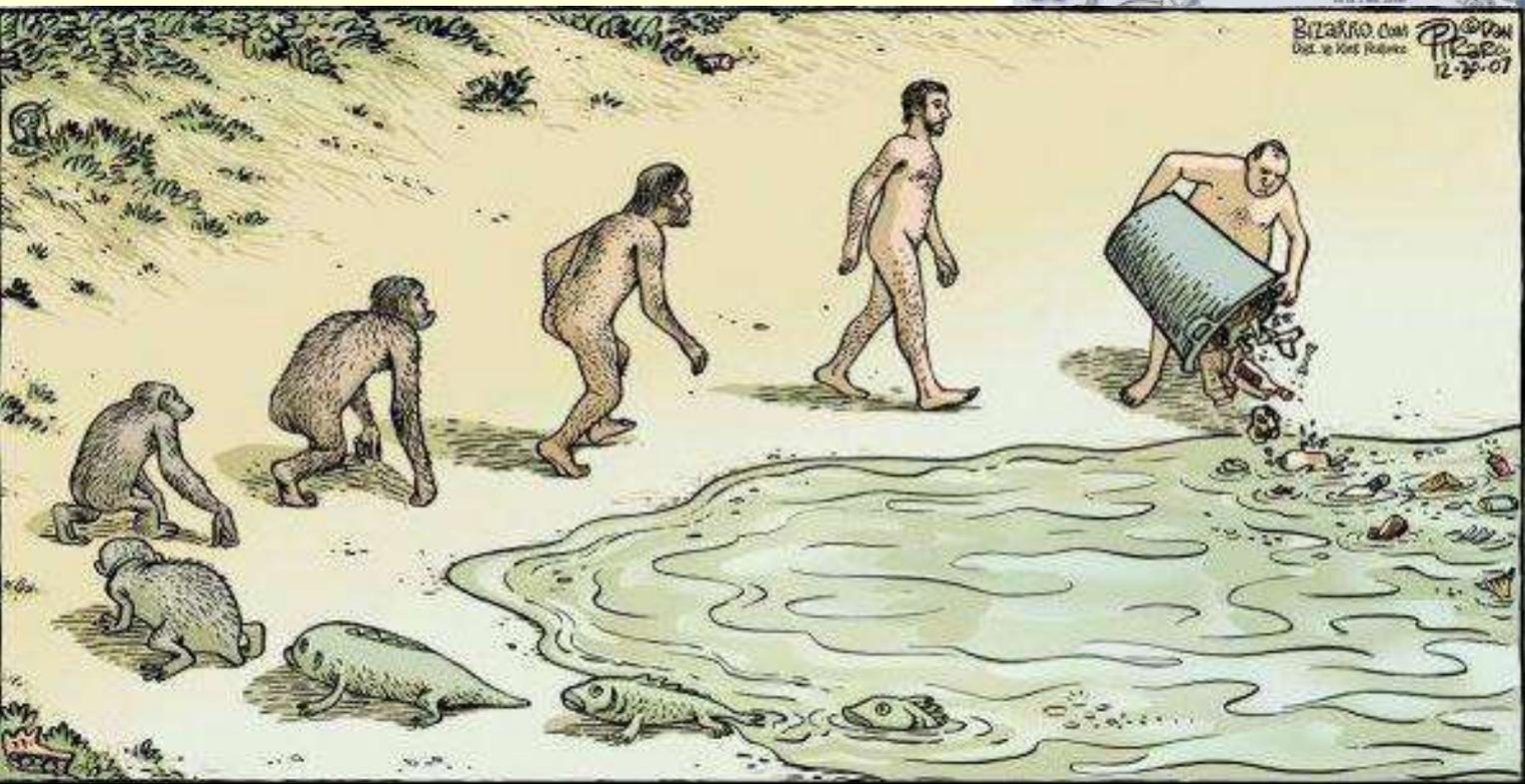




On a déjà des « **interneurones** »
qui ne sont ni sensoriels ni moteurs.



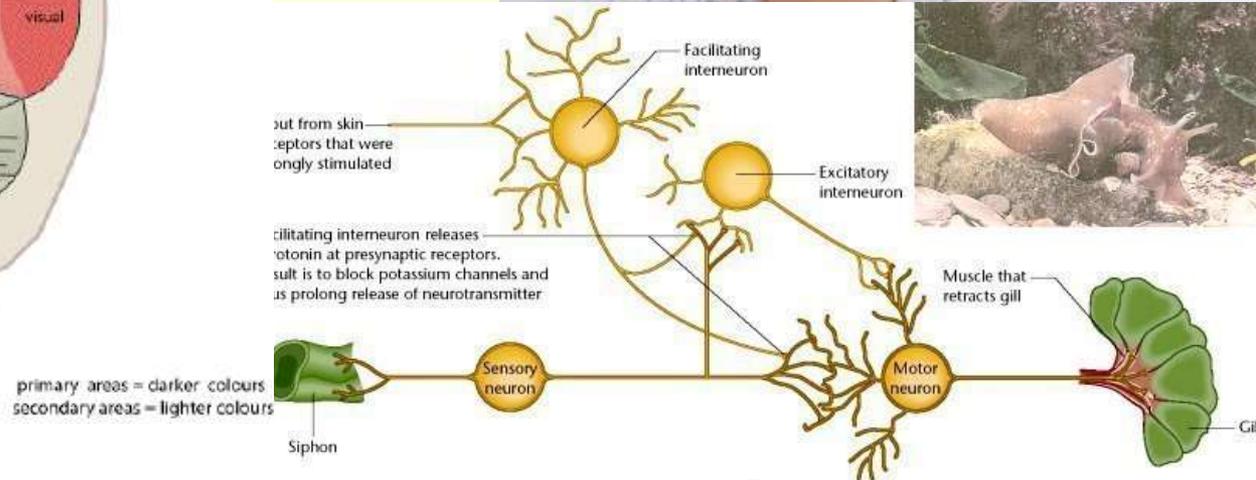
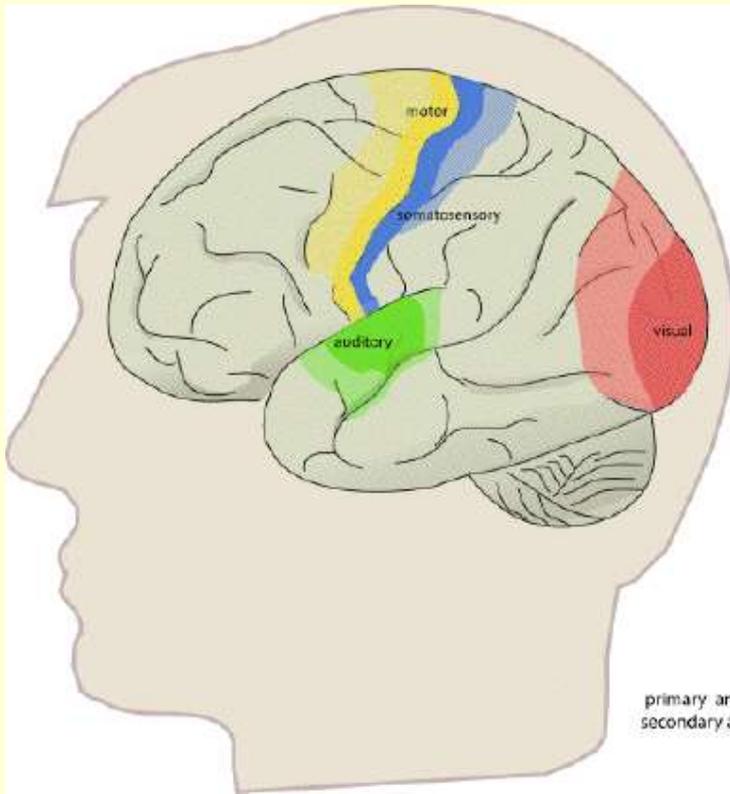
...et l'une des variantes sera nous !

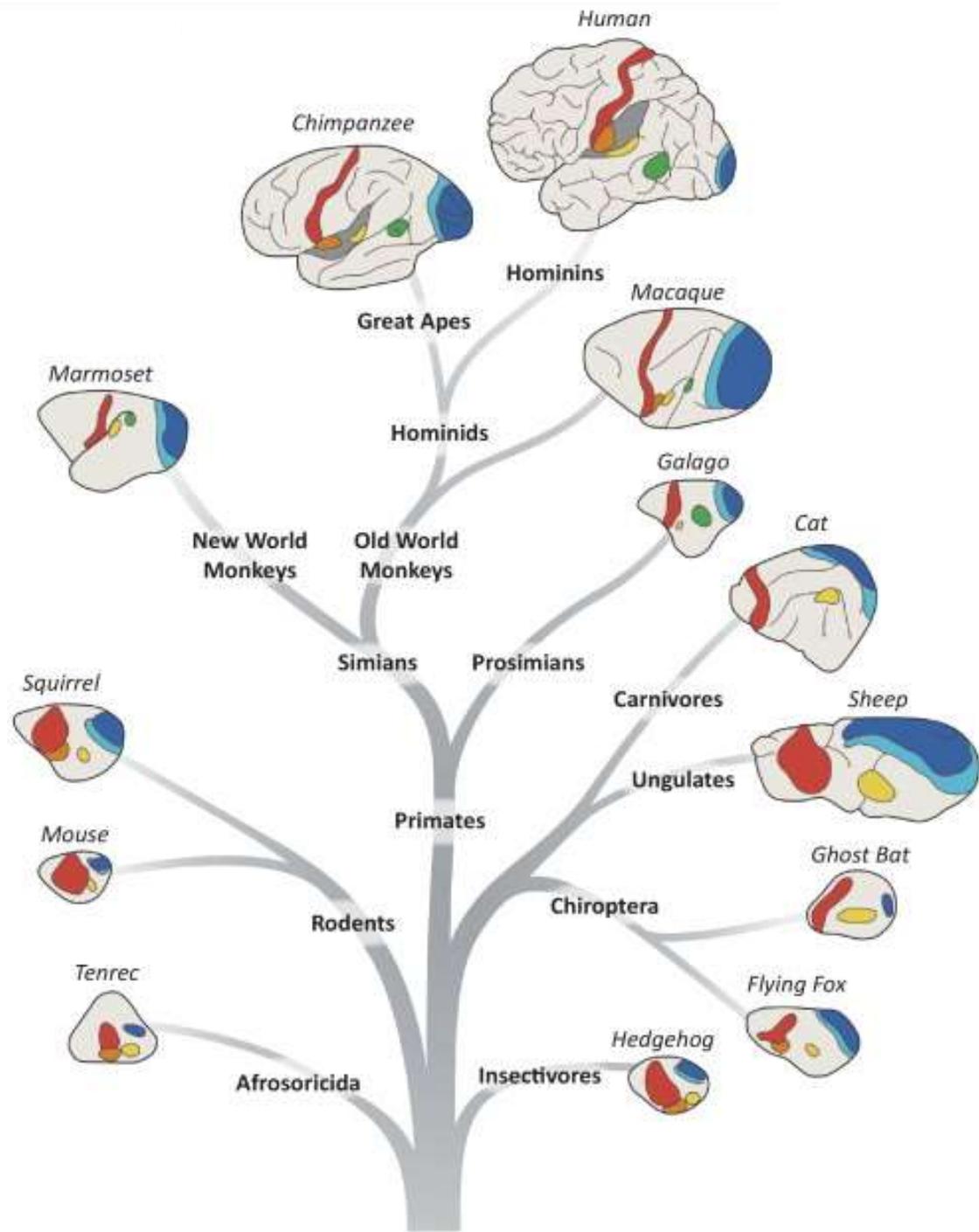


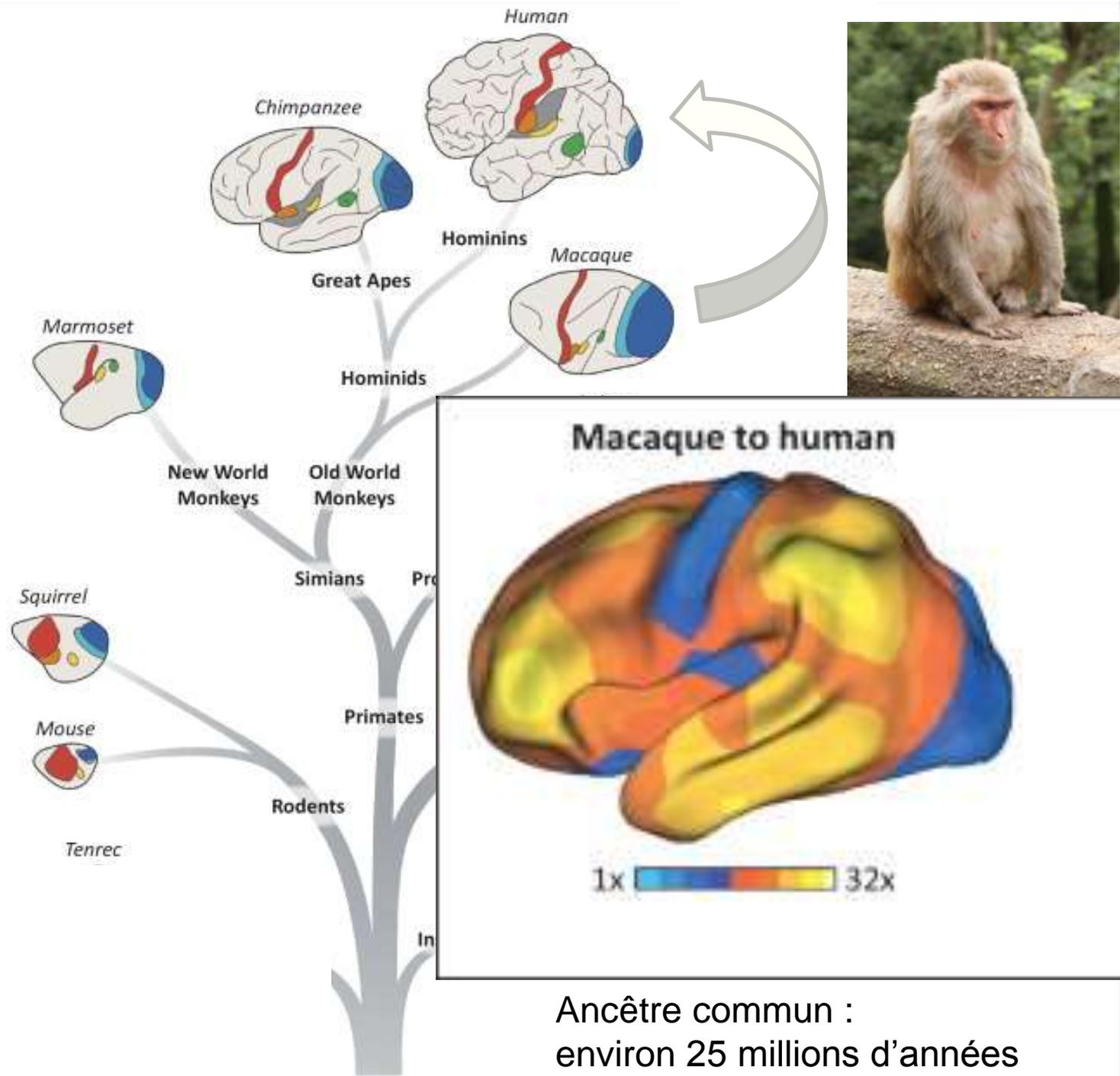
Le cerveau humain est encore construit sur cette **boucle perception – action**,

mais la plus grande partie du cortex humain va essentiellement **moduler cette boucle**,

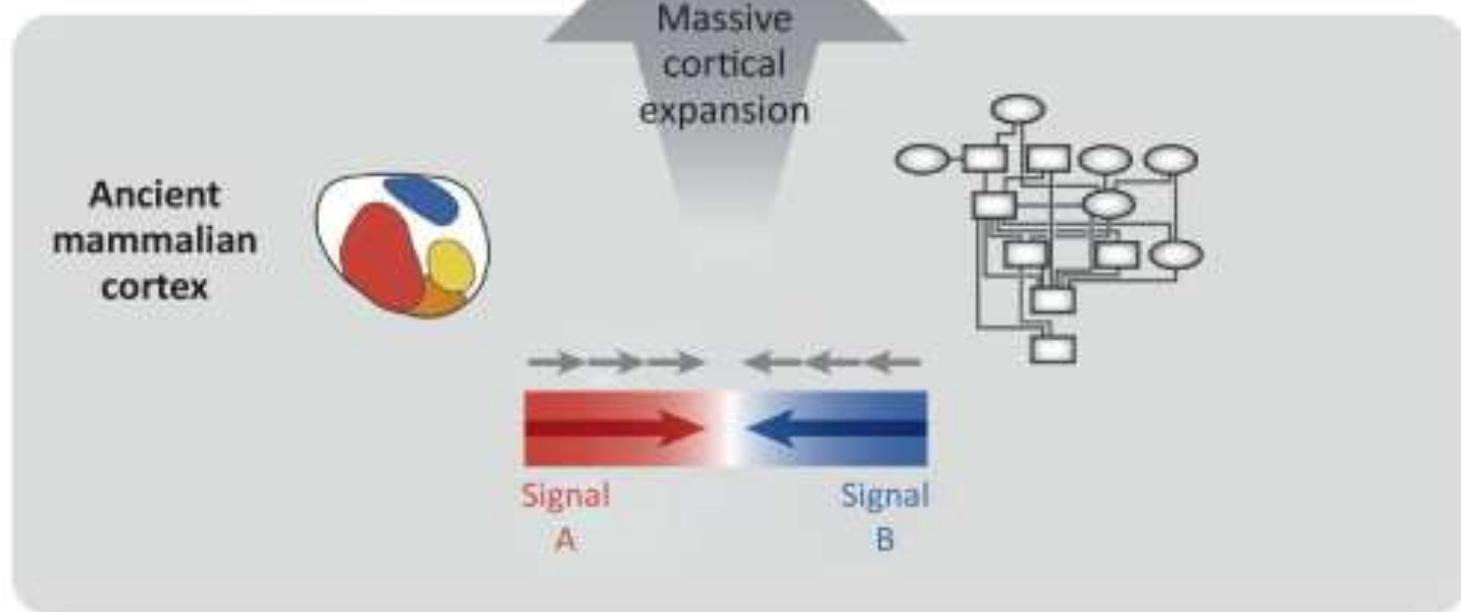
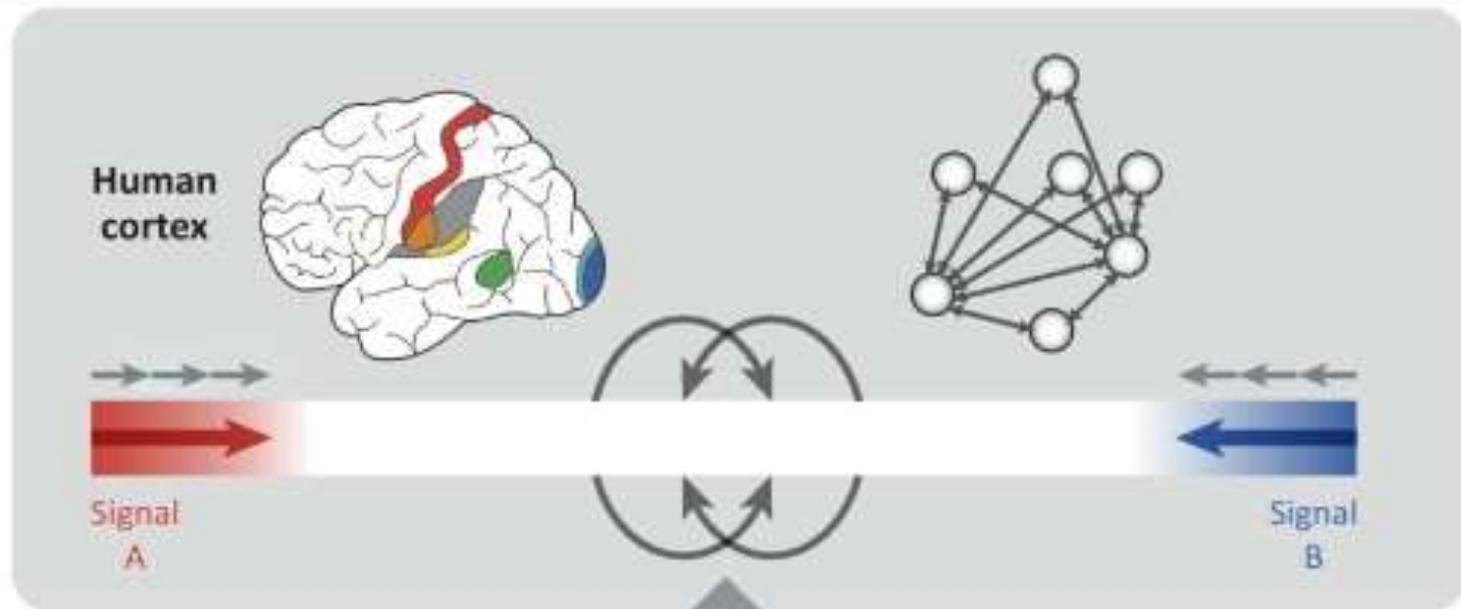
comme les inter-neurones de l'aplysie.

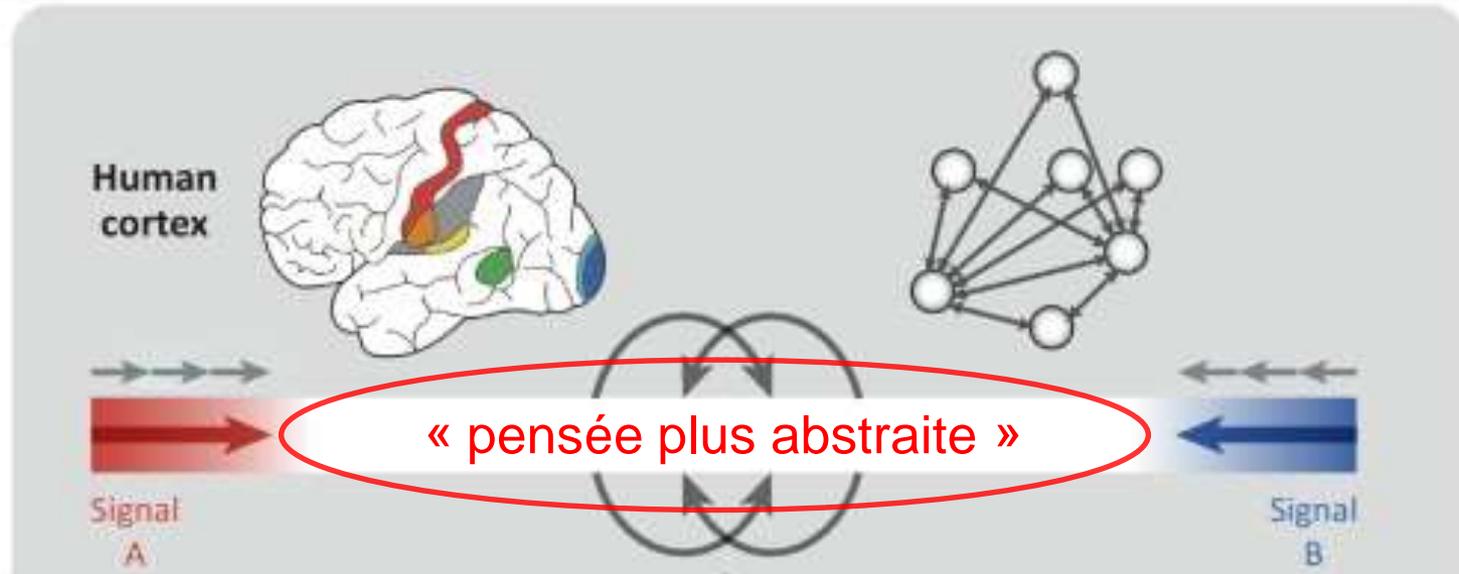






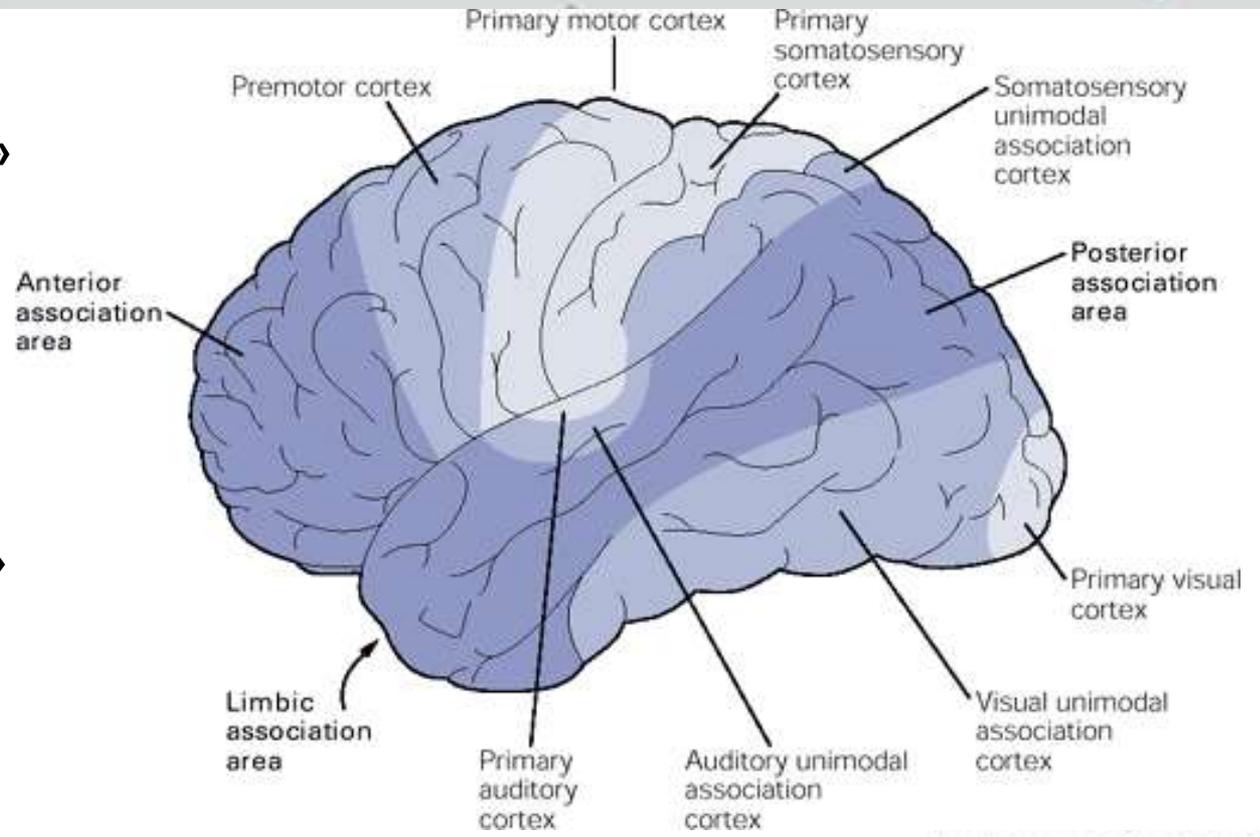
Ancêtre commun :
environ 25 millions d'années



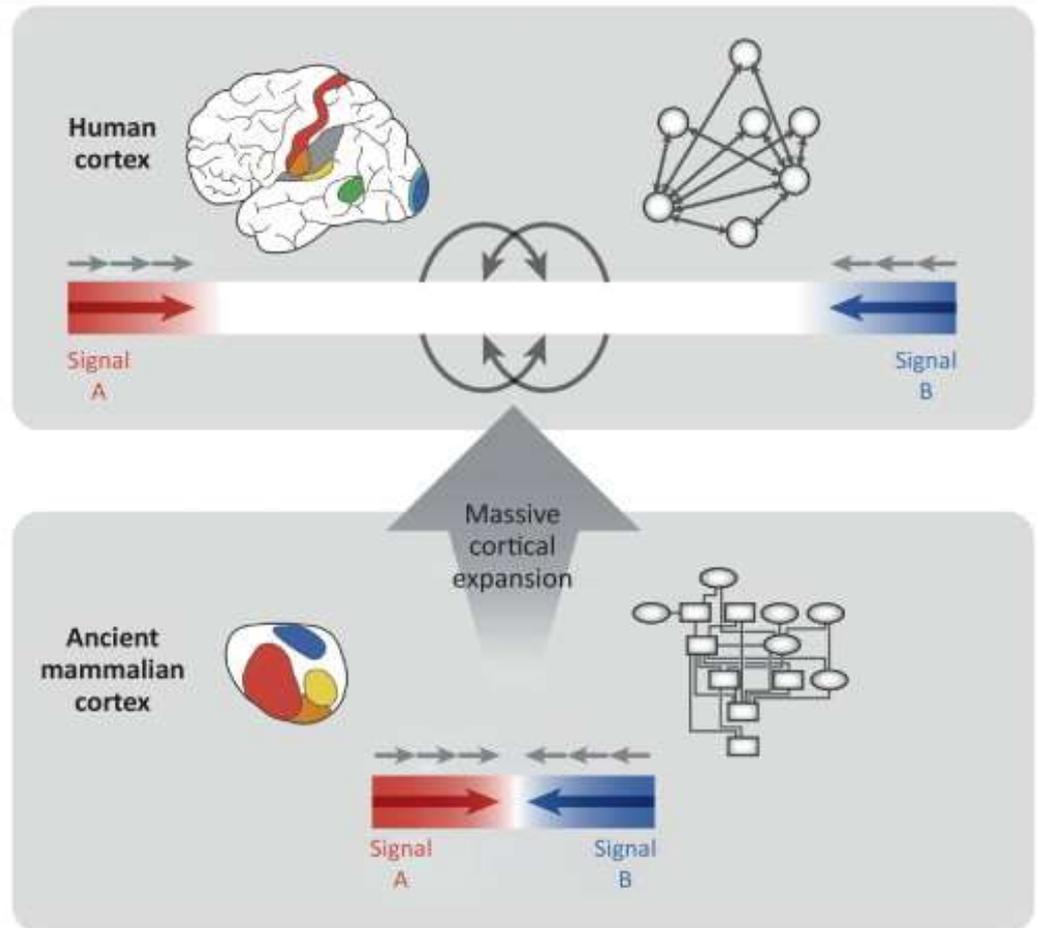


Cortex « associatif »

crée de l'espace pour le « offline »



...et progressivement, on aura l'option supplémentaire de faire du « offline »

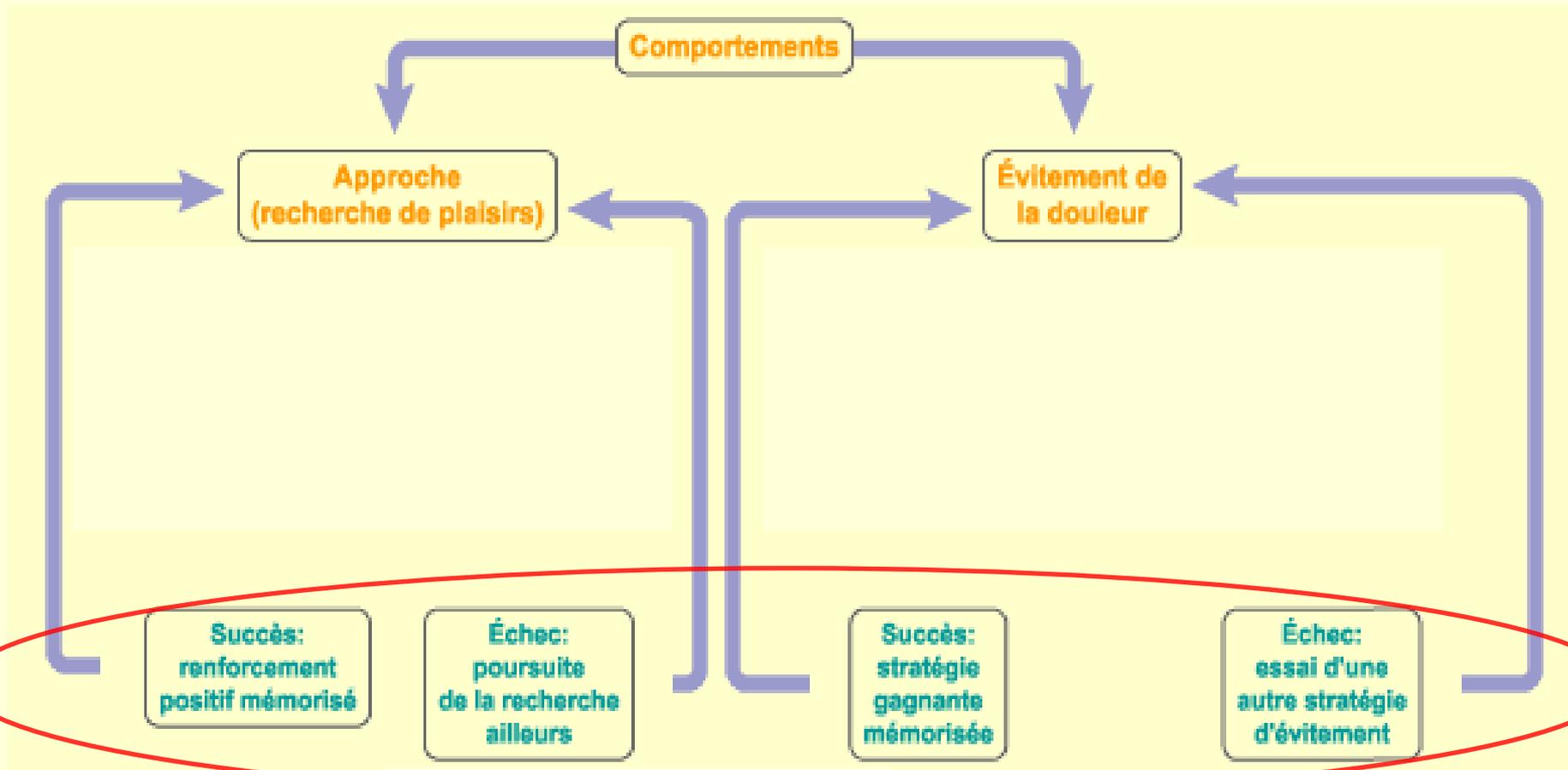


Au début de la vie, tout se fait en « online »...

12 grands principes :

- 1) Nous sommes fait de multiples **niveaux d'organisation** en interaction
- 2) Tout est **dynamique** mais à **différentes échelles de temps**
- 3) Adopter une **perspective évolutive**
- 4) Notre cerveau est encore construit sur la **boucle sensori-motrice** modulée par du **cortex « associatif »**
- 5) Nous avons hérité de **plusieurs mémoires** permettant de faire des **analogies** pour mieux **prévoir**



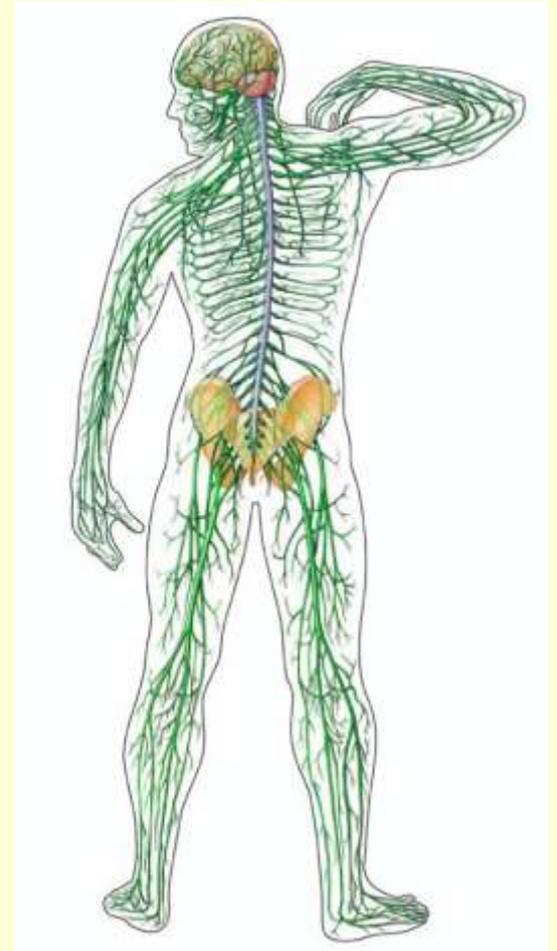


Apprentissage et mémorisation des « bons et mauvais coups »

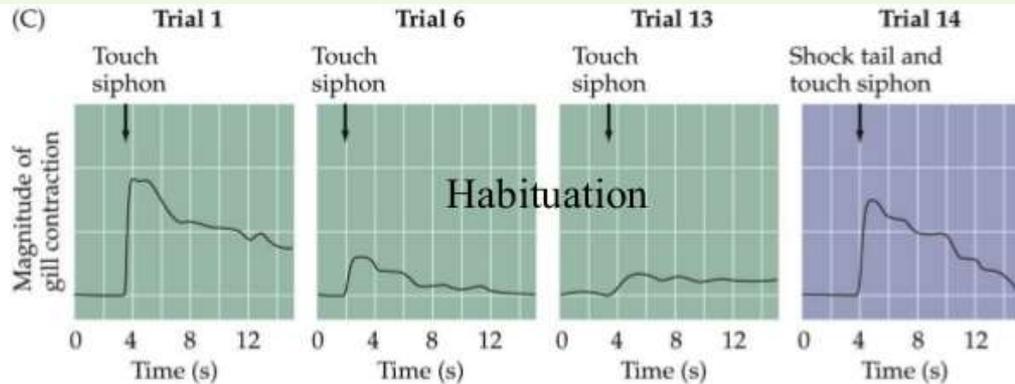
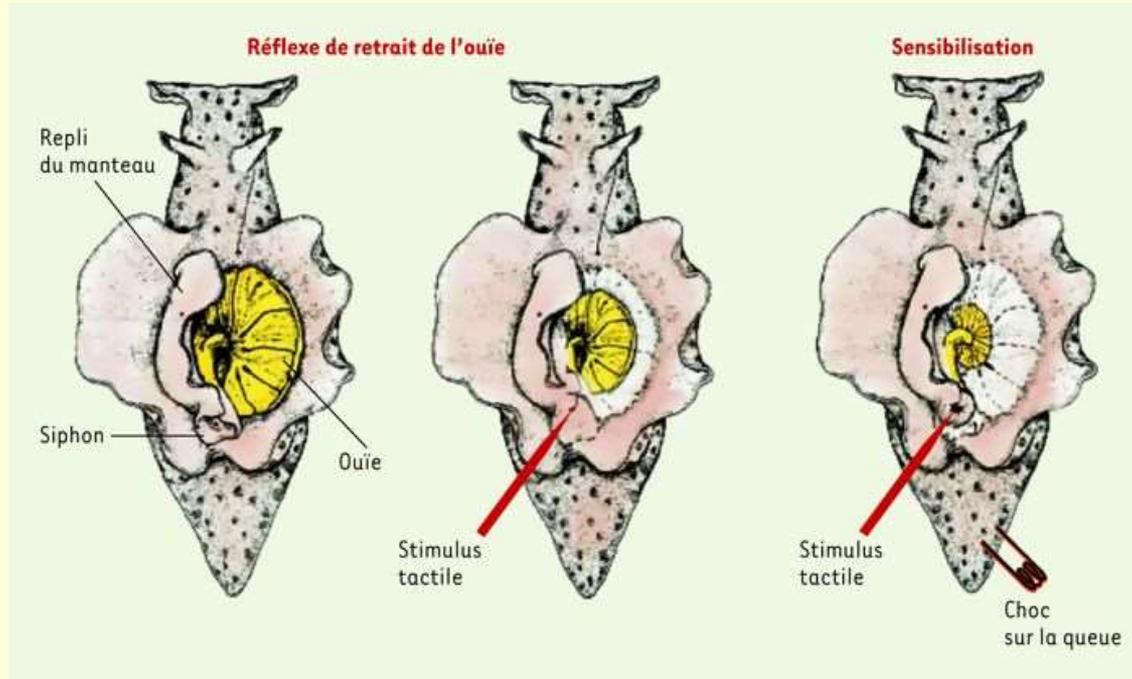
« La mémoire du passé n'est pas faite pour se souvenir du passé, elle est faite pour prévenir le futur.

La mémoire est un instrument de **prédiction.** »

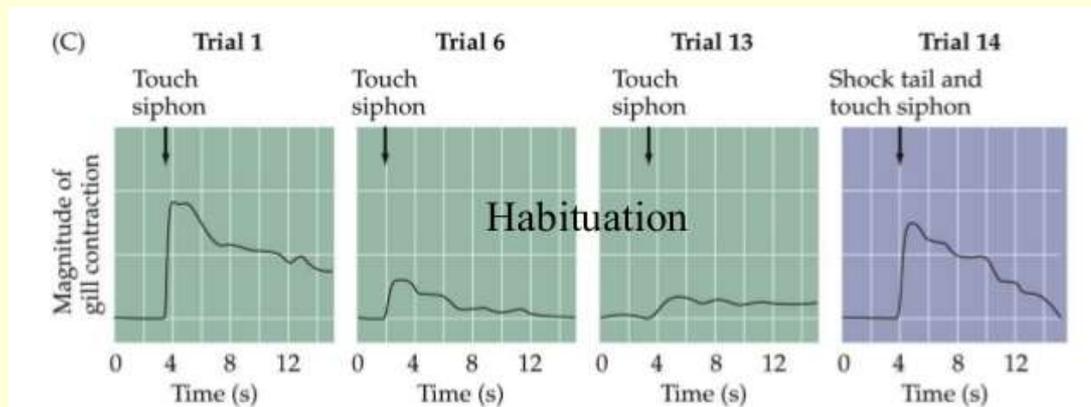
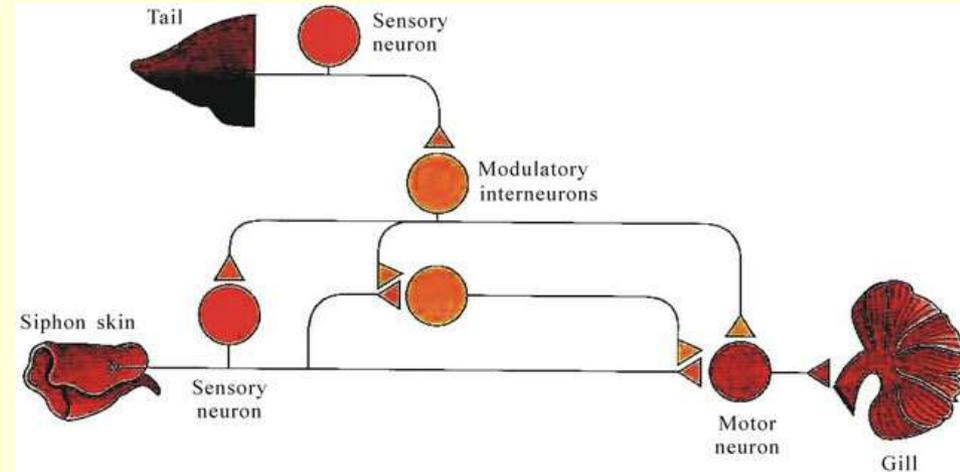
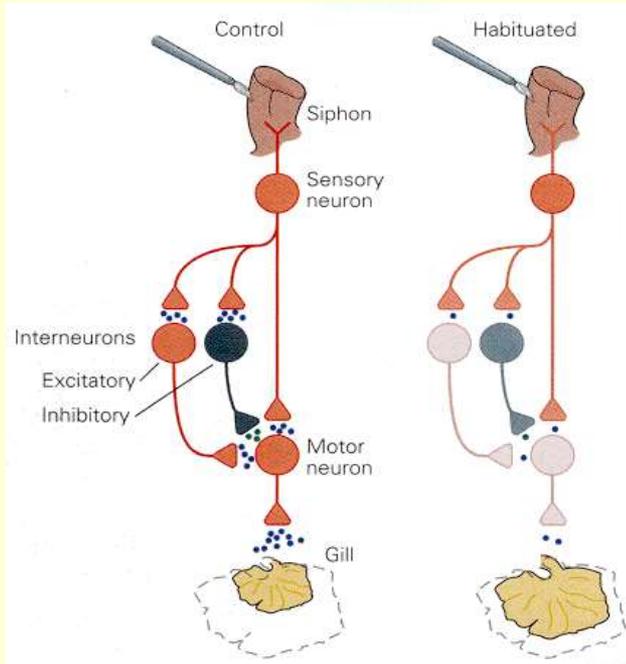
- Alain Berthoz



→ **avantage adaptatif** certain qui apparaît très tôt dans l'évolution

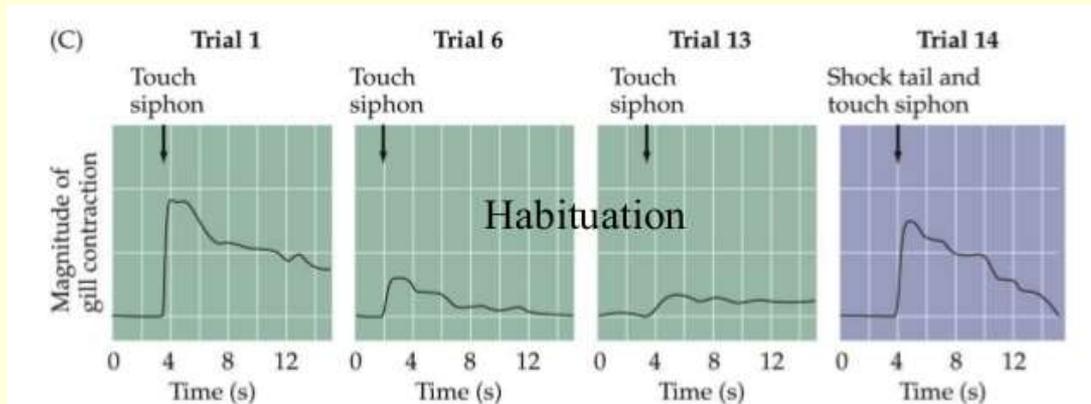


Sensibilisation



Sensibilisation

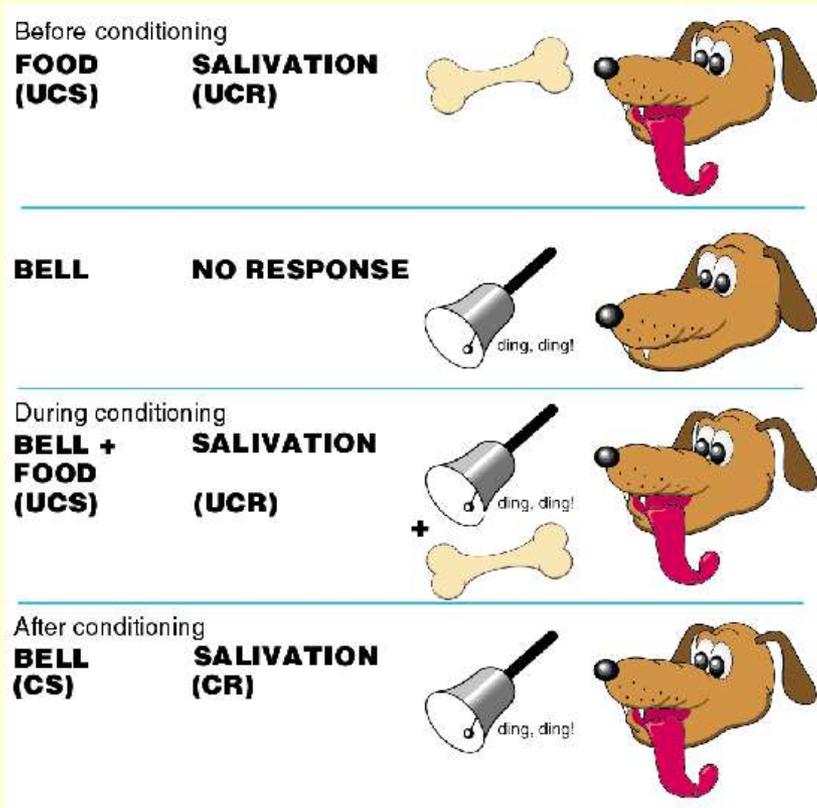
Des formes simples d'apprentissage et de mémoire qui demeurent présentes chez l'humain...



Sensibilisation

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

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



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

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

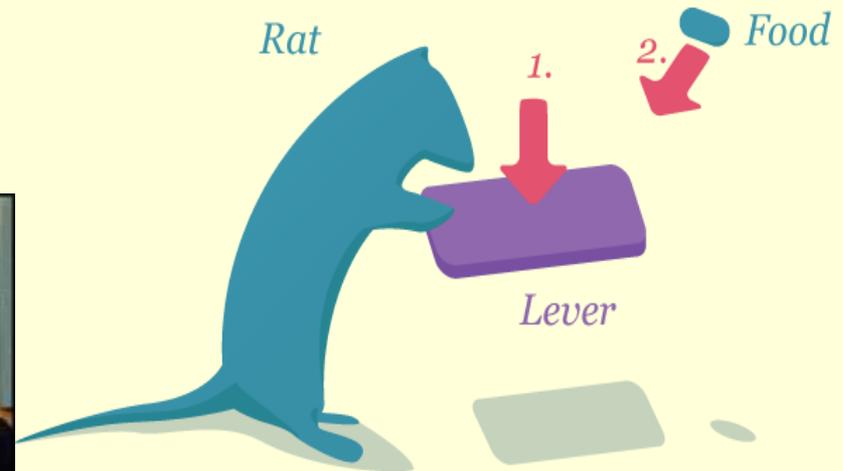


Tout comme d'autres formes **d'apprentissage** qui vont aussi apparaître assez tôt dans l'évolution :

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



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



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

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



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





We're not addicted to smartphones, we're addicted to **social interaction**

<https://www.mcgill.ca/newsroom/channels/news/were-not-addicted-smartphones-were-addicted-social-interaction-284522>

Front. Psychol., 20 February **2018** |
Hypernatural Monitoring: A Social Rehearsal Account of Smartphone Addiction

[Samuel P. L. Veissière](#)^{1,2,3,4*} and [Moriah Stendel](#)^{1,3,4}
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.00141/full>



Mémoire à long terme



« on apprend sans
s'en rendre compte »

Implicite (Non-déclarative)

Non associatives

Habitude
Sensibilisation

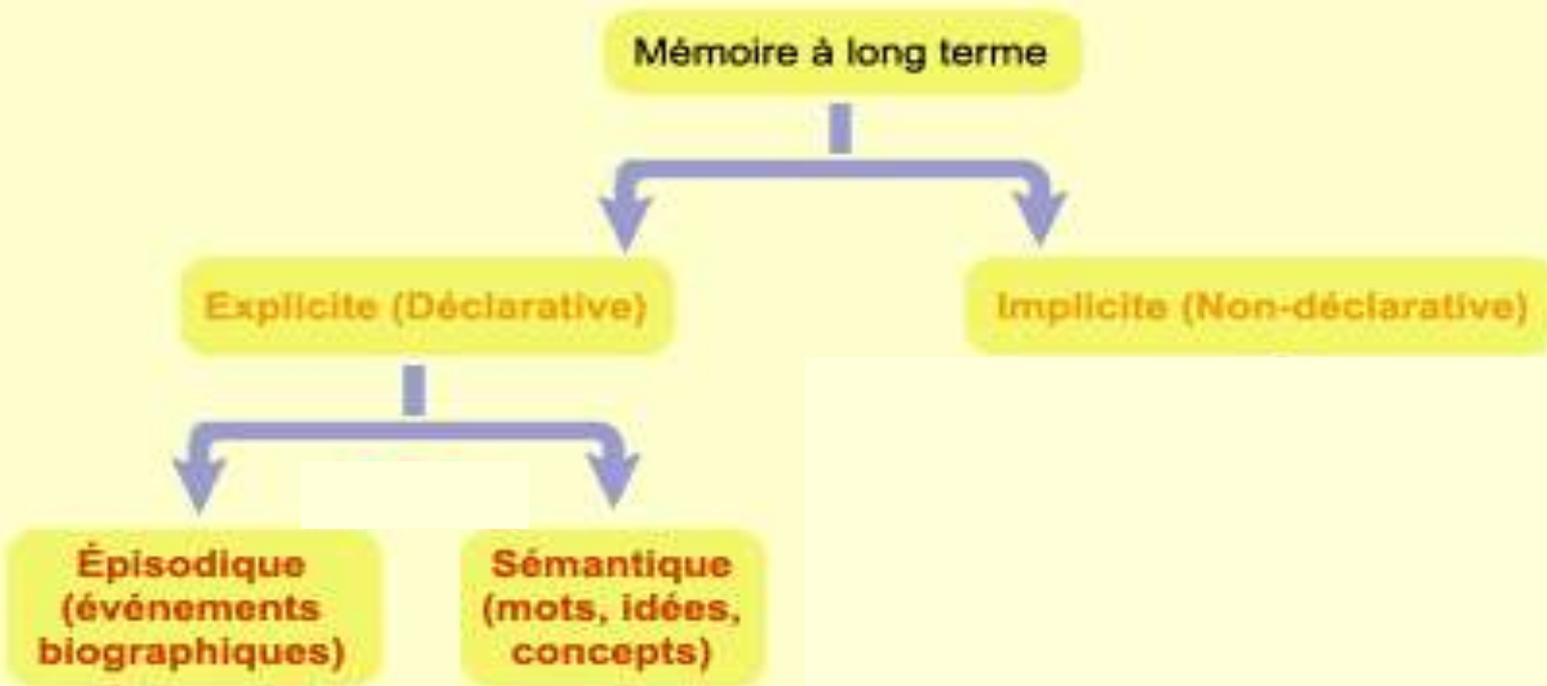
Associatives

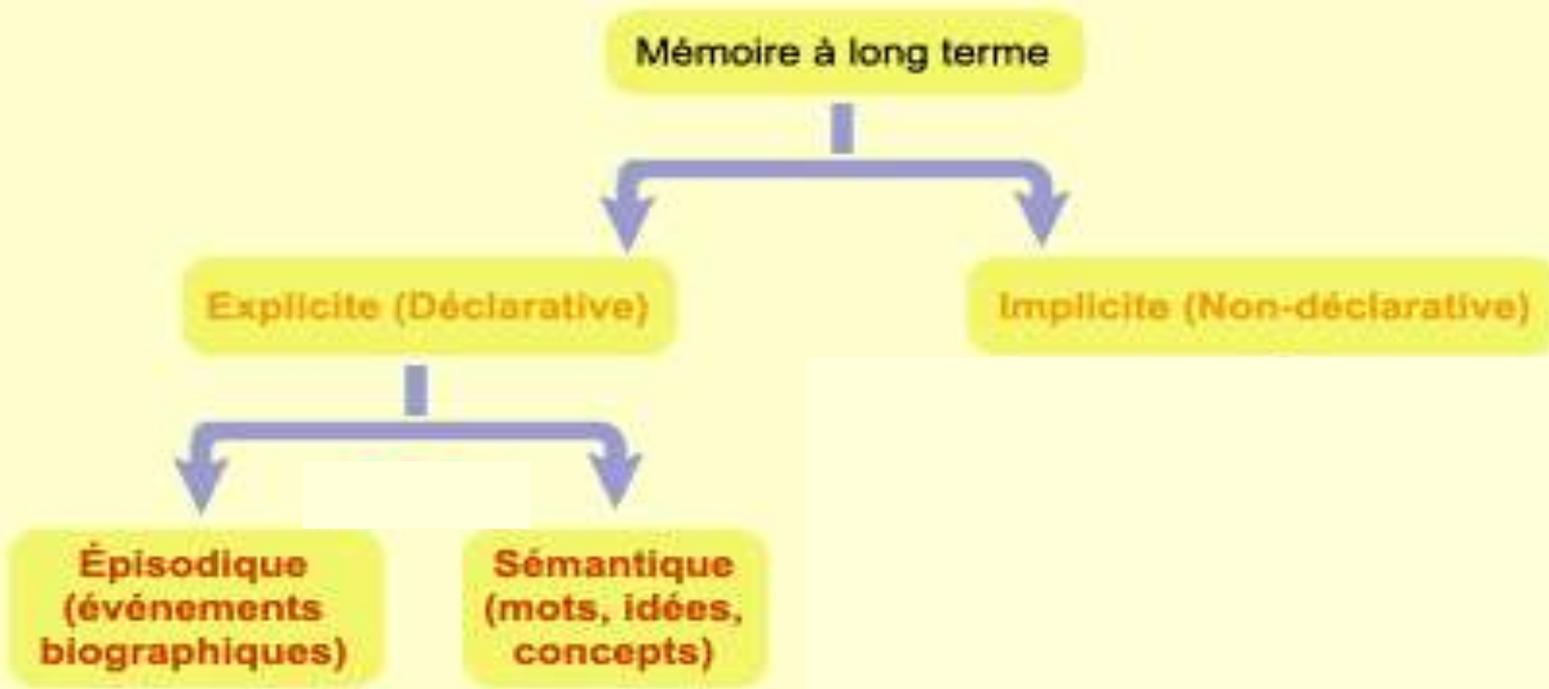
Conditionnement
classique et opérant



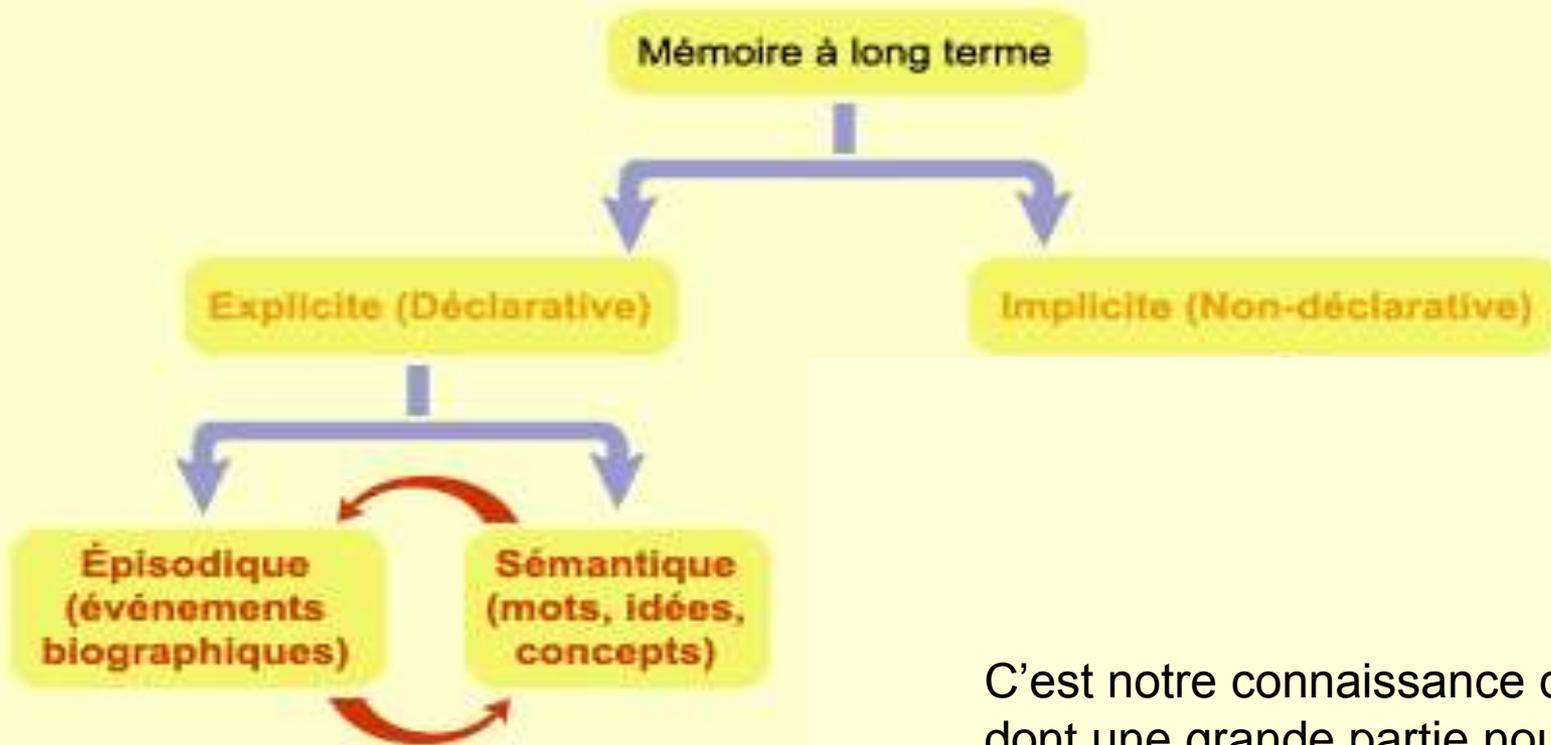
Procédurale
(habiletés)







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



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

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

Car...

L'oubli, mécanisme clé de la mémoire

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

21/08/2017

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

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

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

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

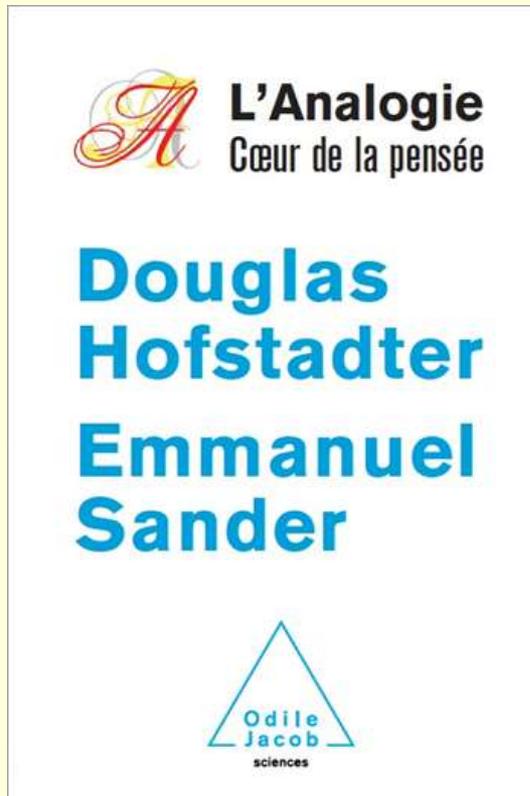
22 janvier 2019

Pourquoi l'oubli peut vous sauver la vie

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



L'analogie dresse un pont entre un phénomène dans le monde **présent** et une expérience **passée** mémorisée.



mai 2010

L'analogie dresse un pont entre un phénomène dans le monde **présent** et une expérience **passée** mémorisée.

Elle nous permet de penser et d'agir dans des **situations inconnues**.

Bref, elle a un caractère **prédictif**.



mai 2010

12 grands principes :

- 1) Nous sommes fait de multiples **niveaux d'organisation** en interaction
- 2) Tout est **dynamique** mais à **différentes échelles de temps**
- 3) Adopter une **perspective évolutive**
- 4) Notre cerveau est encore construit sur la **boucle sensori-motrice** modulée par du **cortex « associatif »**
- 5) Nous avons hérité de **plusieurs mémoires** permettant de faire des **analogies** pour mieux **prévoir**
- 6) Des structures cérébrales ayant été sélectionnées pour certaines fonctions cognitives sont « **recyclées** » pour d'autres fonctions

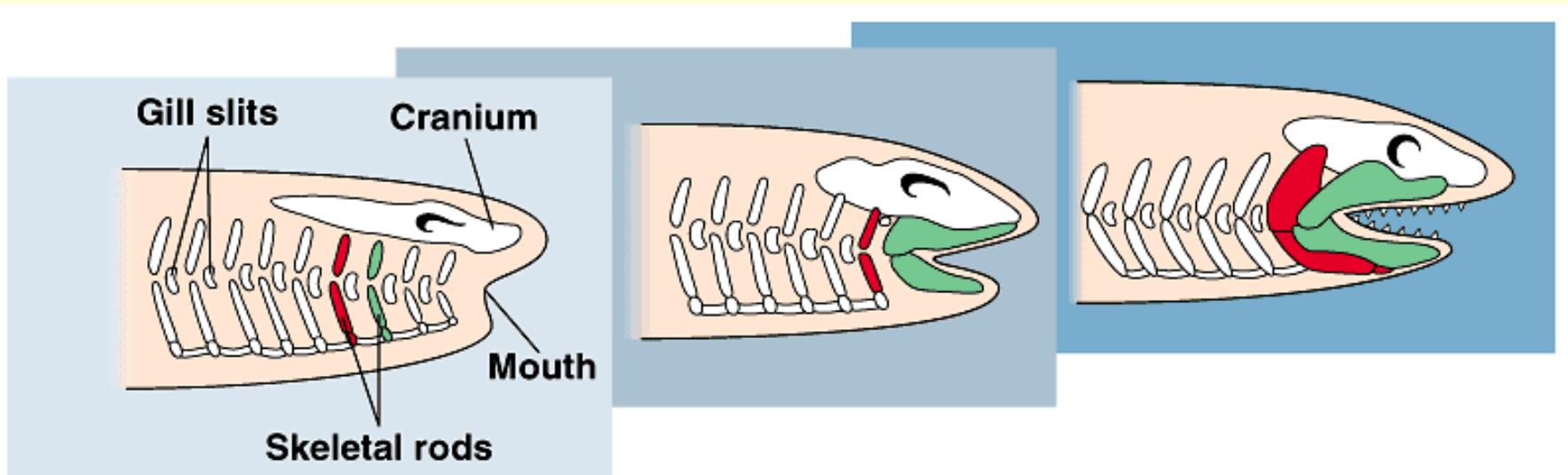
Le bricolage de l'évolution



« L'évolution travaille sur ce qui existe déjà. [...]

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

- François Jacob
(Le Jeu des possibles, 1981)



DEVONIEN

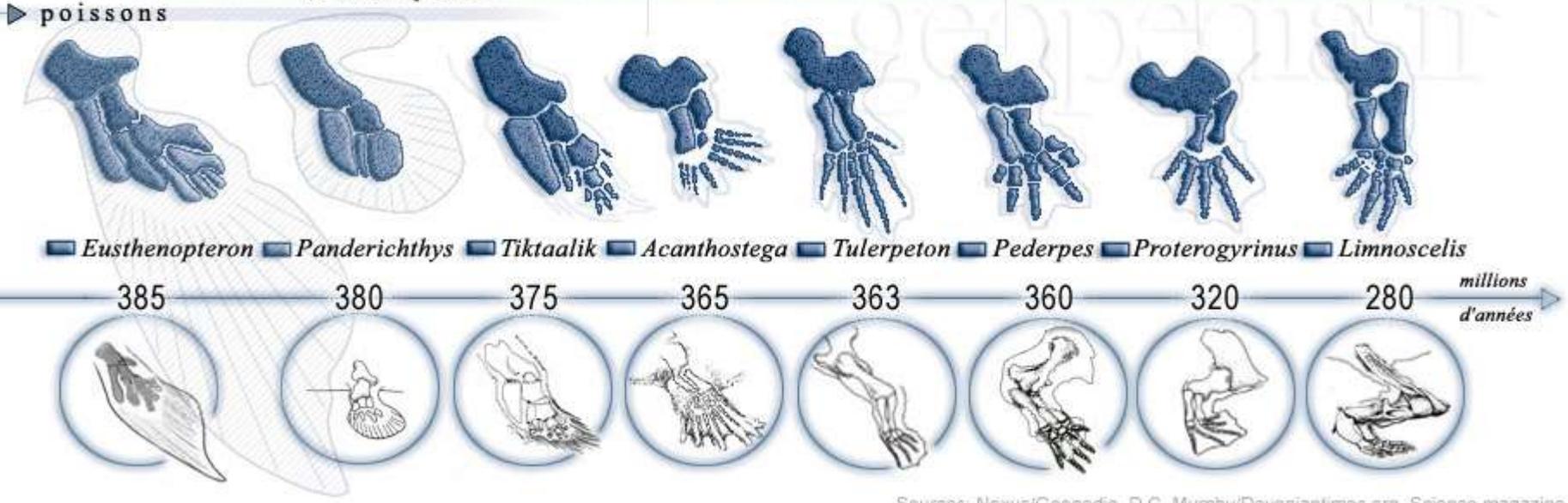
CARBONIFERE

L'évolution de la marche...

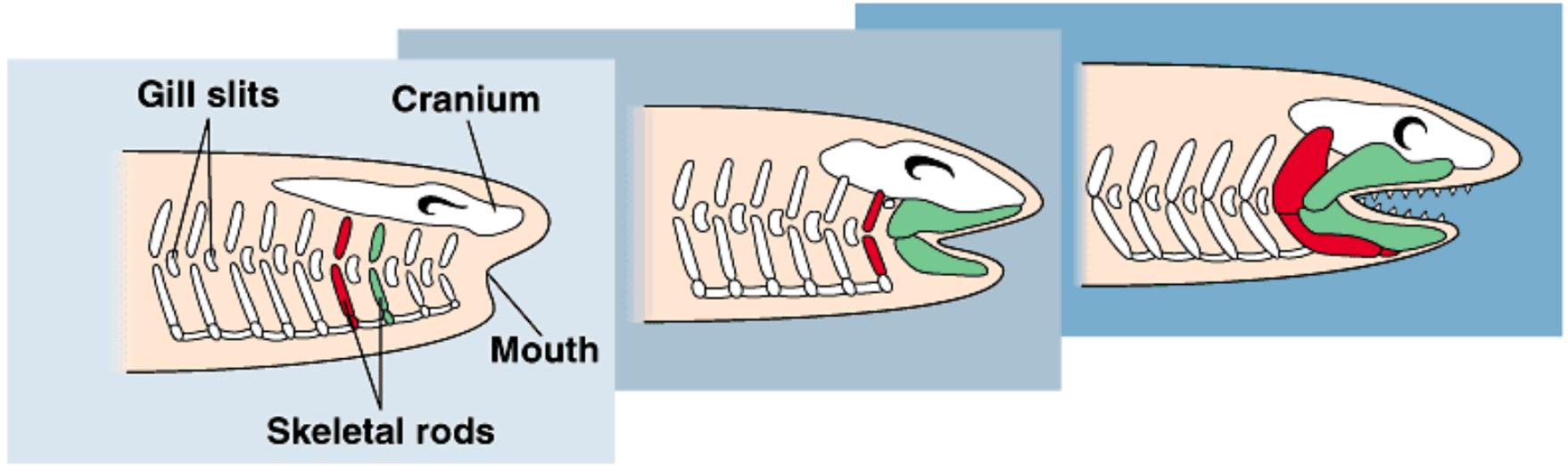
...des premiers tétrapodes aux ancêtres des reptiles.

nageoires → membres et doigts → marche
poissons → tétrapodes

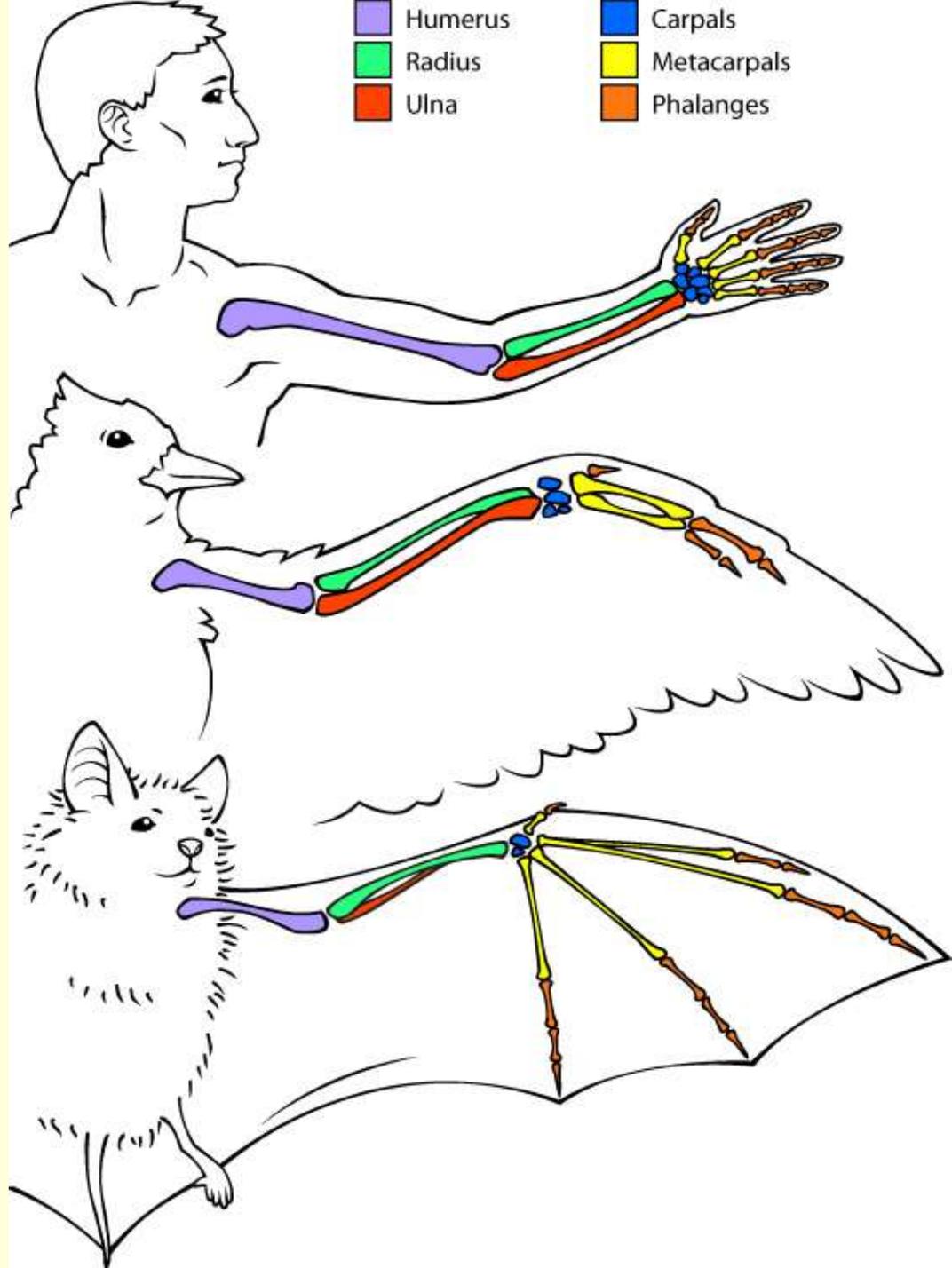
▶ reptiles
▶ amphibiens
▶ vie terrestre



Source: Nexus/Genedia, D.C. Murnby/Devoniantimes.com, Science magazine



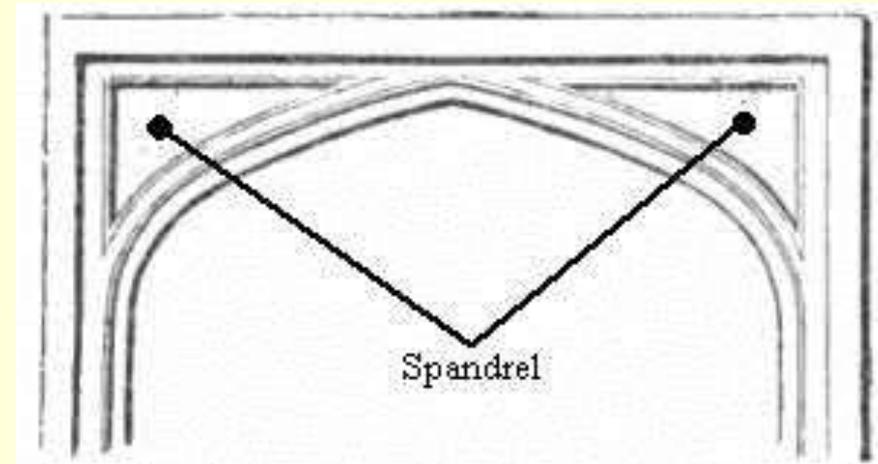
- Humerus
- Radius
- Ulna
- Carpals
- Metacarpals
- Phalanges



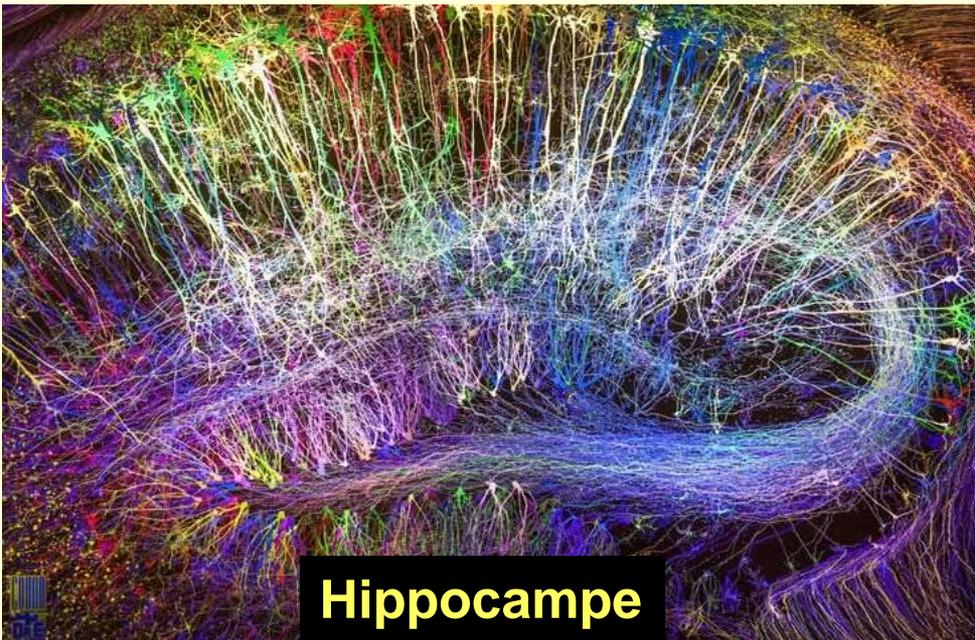
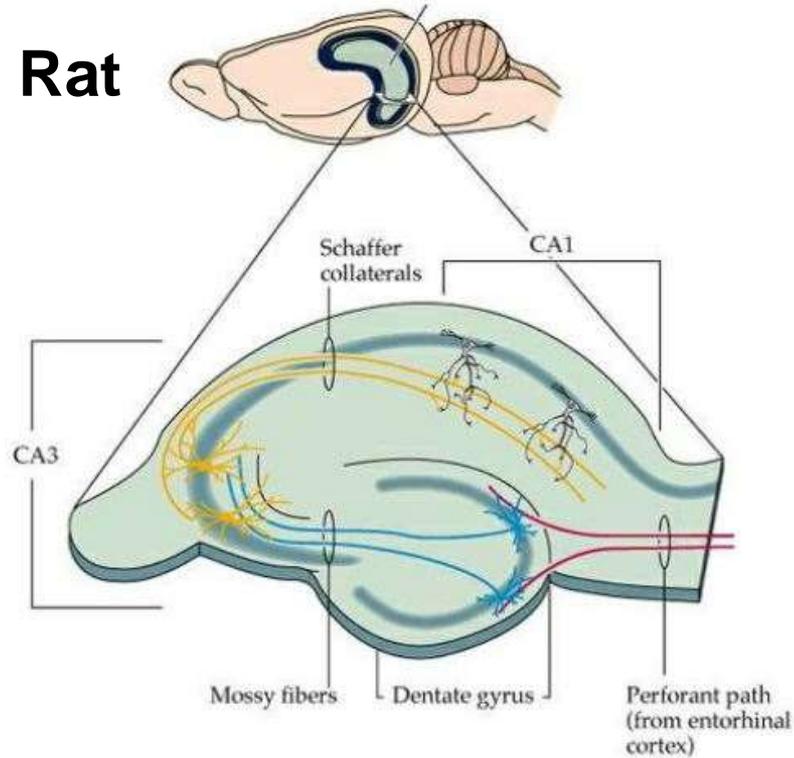


Cette idée de bricolage s'apparente au concept d'« **exaptation** » (S. Jay Gould) :

une structure biologique ayant évolué en vue d'une fonction précise mais qui se trouve **réutilisée** ou **recyclée** pour une autre fonction.

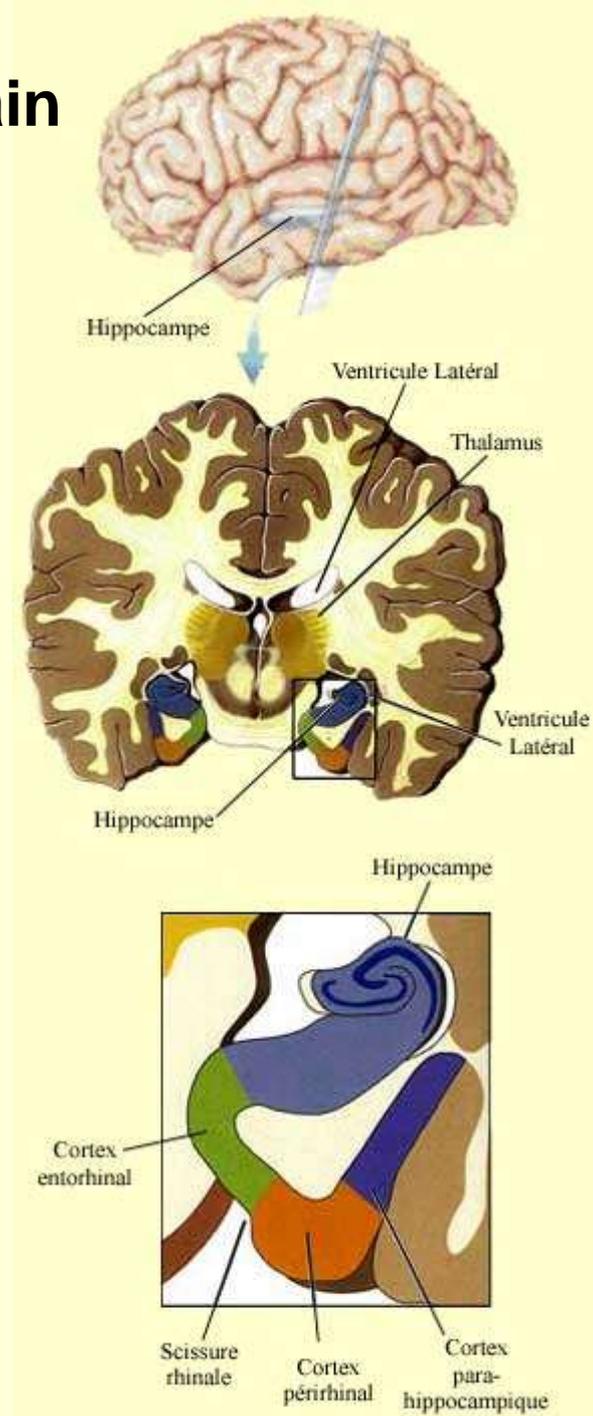


Rat



Hippocampe

Humain



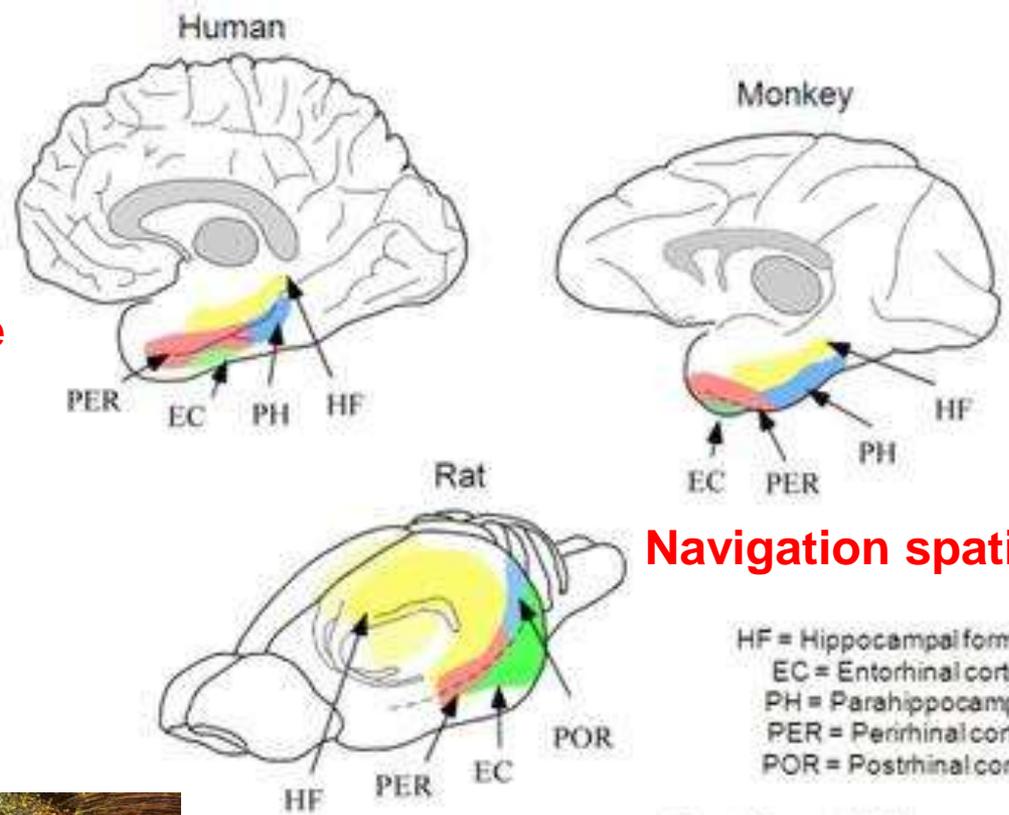
**Navigation
spatiale
+
Mémoire
déclarative**

Memory, navigation and theta rhythm in the hippocampal-entorhinal system

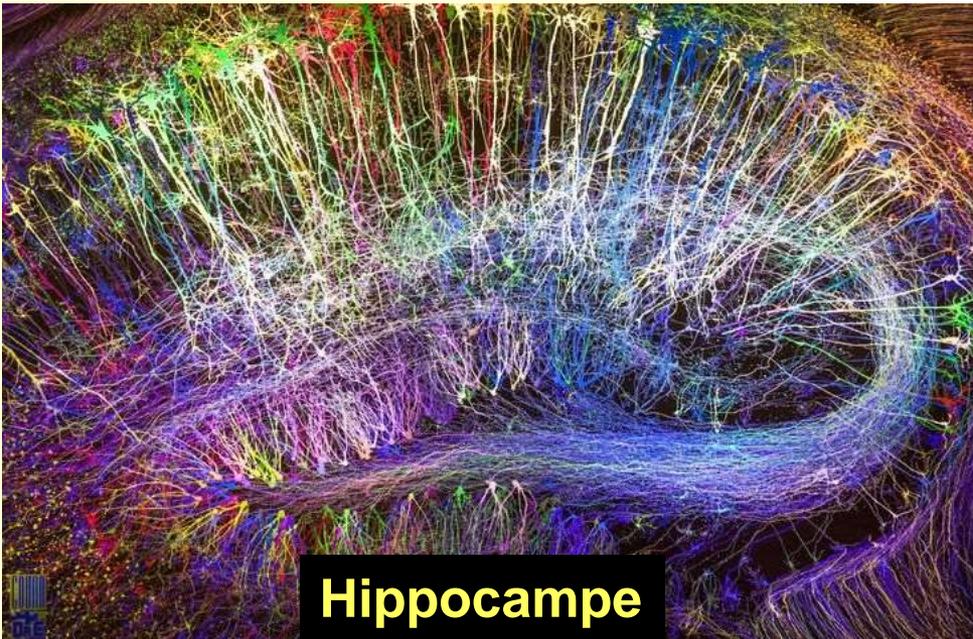
György Buzsáki & Edvard I Moser

January 2013

http://www.nature.com/neuro/journal/v16/n2/full/nn.3304.html?WT.ec_id=NEURO-201302



From Kerr et al, *Hippocampus* 2007



Hippocampe

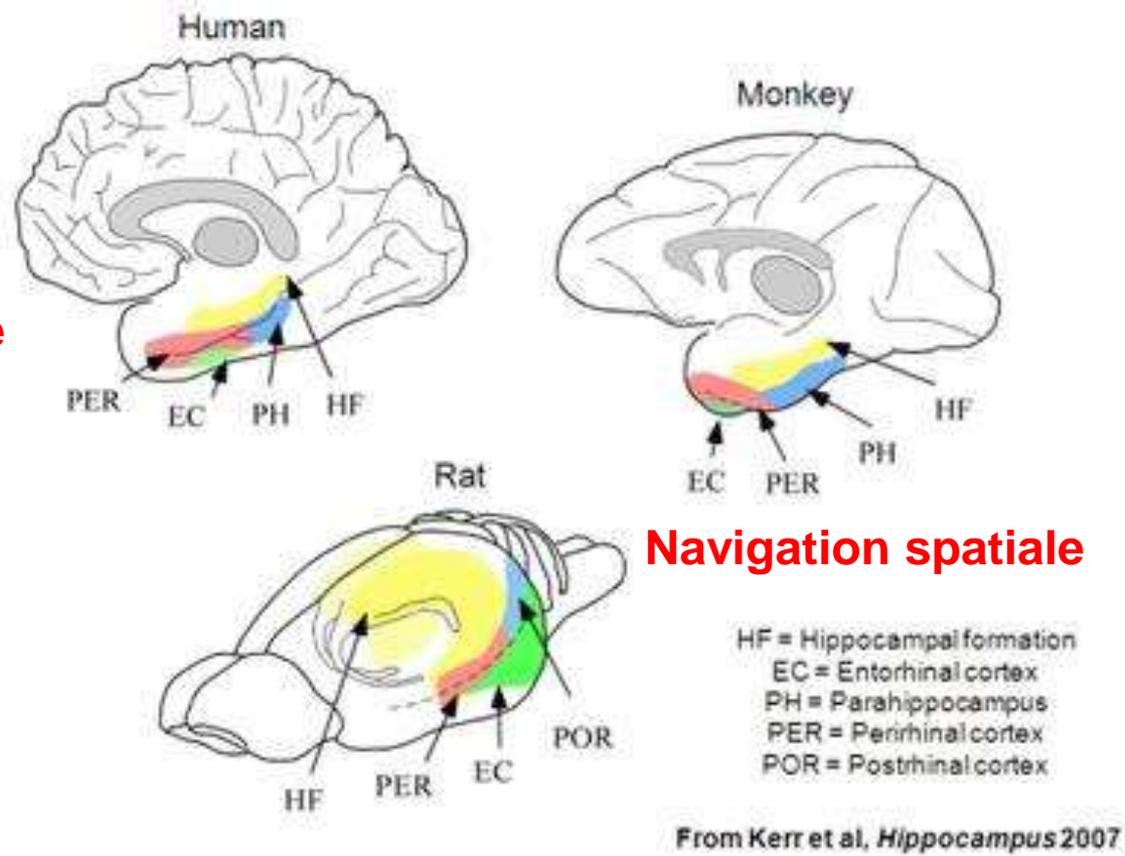
Navigation
spatiale
+
Mémoire
déclarative

Memory, navigation and theta rhythm in the hippocampal-entorhinal system

György Buzsáki & Edvard I Moser

January 2013

http://www.nature.com/neuro/journal/v16/n2/full/nn.3304.html?WT.ec_id=NEURO-201302

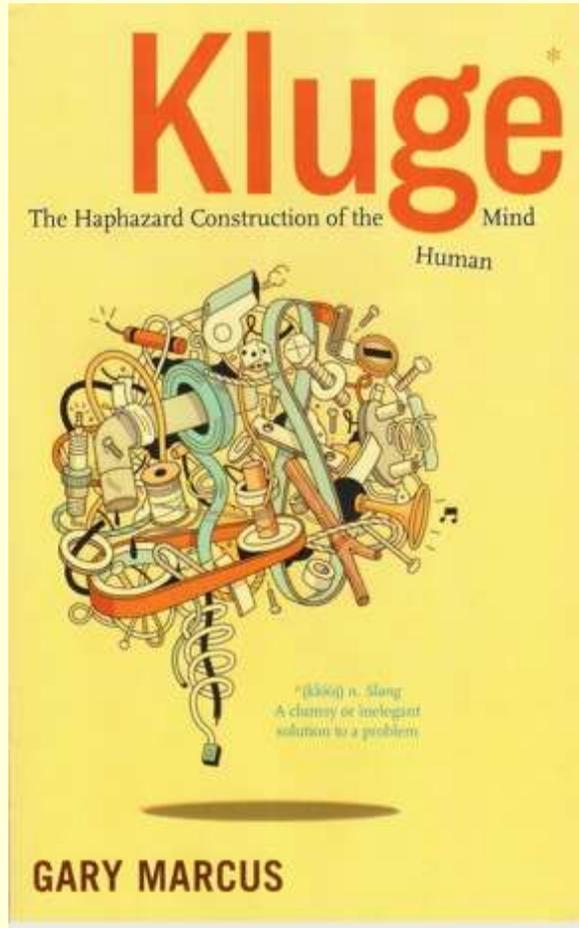


Navigation spatiale

« we propose that mechanisms of **memory and planning** have evolved from mechanisms of **navigation** in the physical world”

→ hypothèse d'une **continuité phylogénétique** de la **navigation spatiale** et de la **mémoire déclarative** humaine.

Chez l'humain, les régions analogues à celles de l'hippocampe de rat impliqués dans :

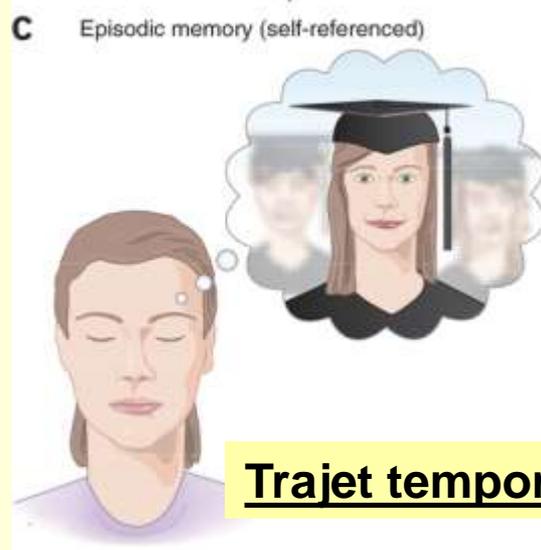


« Recyclage neuronal »
 (« neural reuse »)

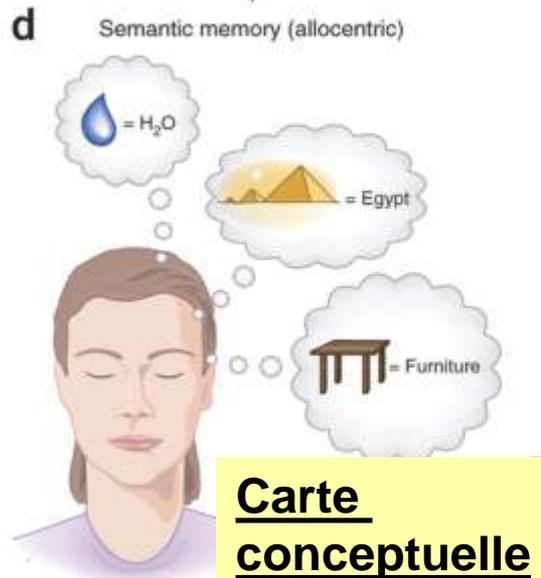
Trajet spatial



Carte spatiale



Trajet temporel



Carte conceptuelle

Autre exemple de recyclage neuronal :

The Declarative/Procedural Model:

A Neurobiological Model of Language Learning, Knowledge, and Use

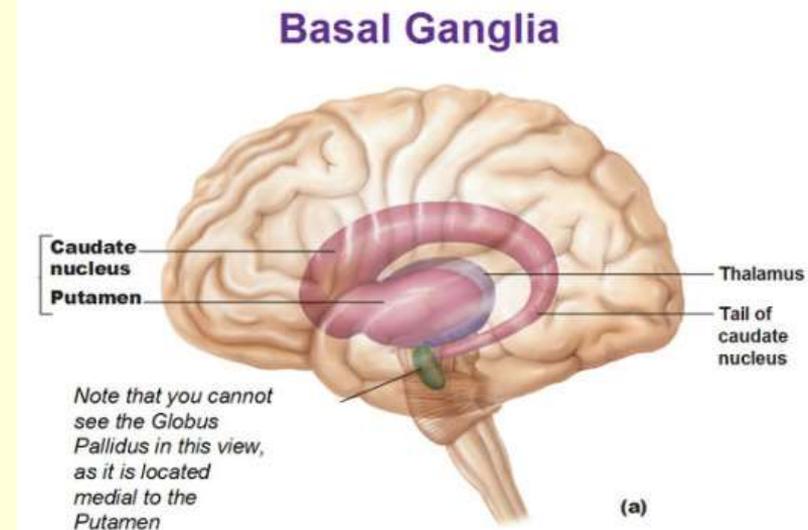
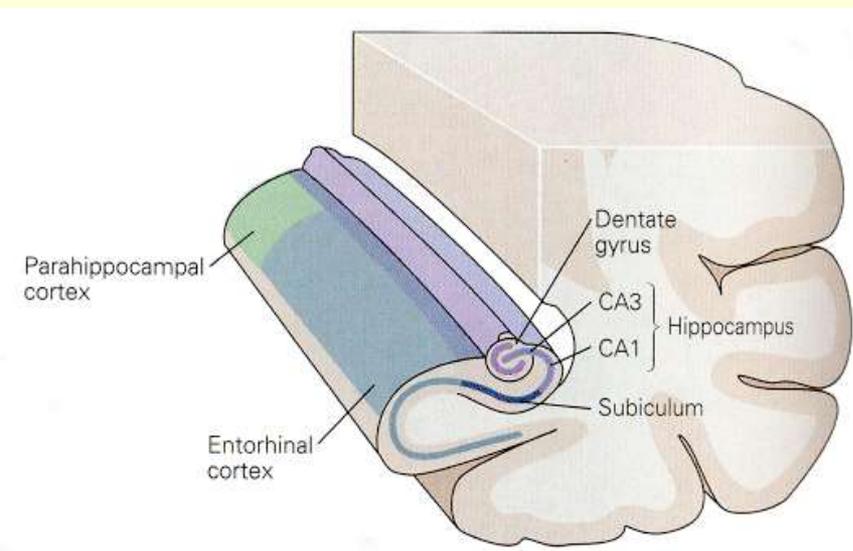
Michael T. Ullman (2016)

Comme la **mémoire déclarative** est impliquée dans l'apprentissage d'items et d'événements arbitraires en général :

impliquée dans l'apprentissage du **lexique**.

Comme la **mémoire procédurale** est impliquée dans l'apprentissage implicite par exemple de séquences, de règles ou de catégories :

impliquée dans l'apprentissage de la **grammaire**.

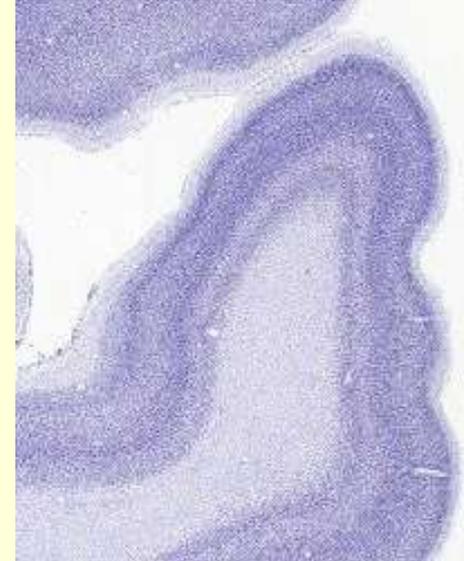
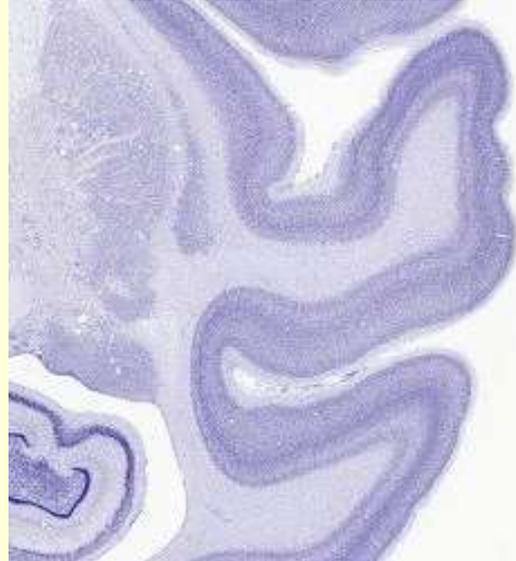


12 grands principes :

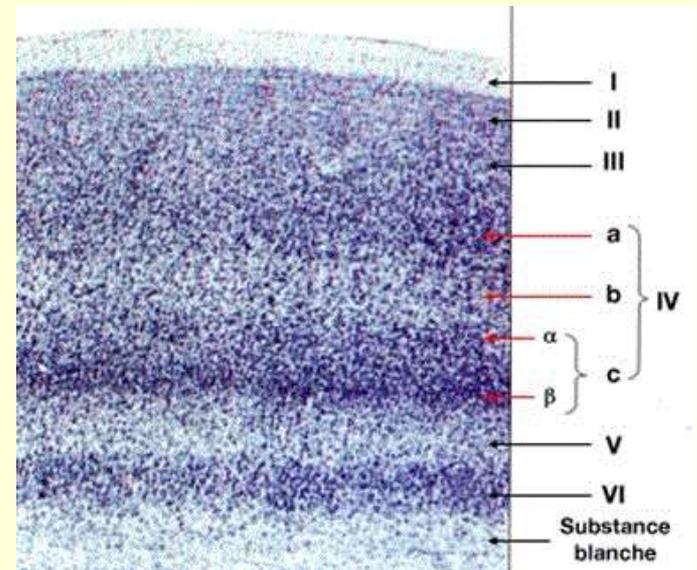
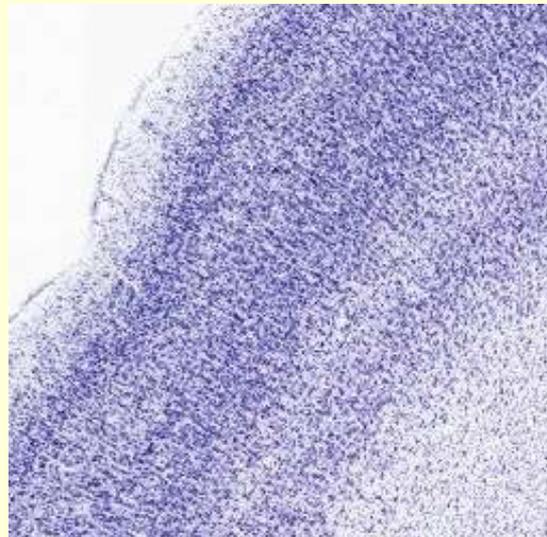
- 1) Nous sommes fait de multiples **niveaux d'organisation** en interaction
- 2) Tout est **dynamique** mais à **différentes échelles de temps**
- 3) Adopter une **perspective évolutive**
- 4) Notre cerveau est encore construit sur la **boucle sensori-motrice** modulée par du **cortex « associatif »**
- 5) Nous avons hérité de **plusieurs mémoires** permettant de faire des **analogies** pour mieux **prévoir**
- 6) Des structures cérébrales ayant été sélectionnées pour certaines fonctions cognitives sont « **recyclées** » pour d'autres fonctions
- 7) On a différentes structures cérébrales différenciée, mais on ne peut pas leur accoler une **étiquette fonctionnelle unique**.

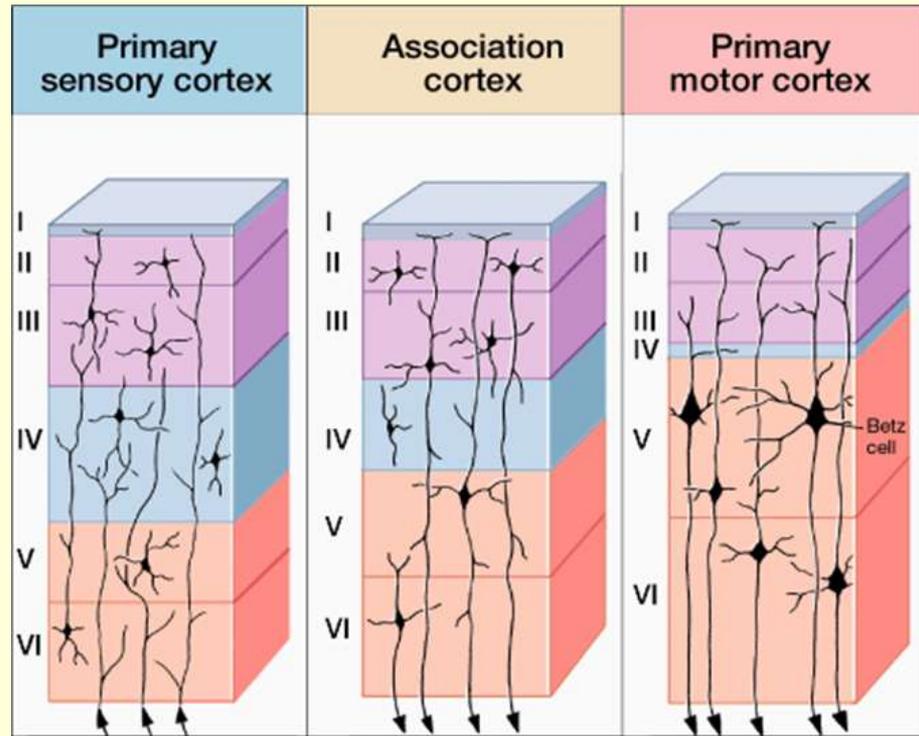
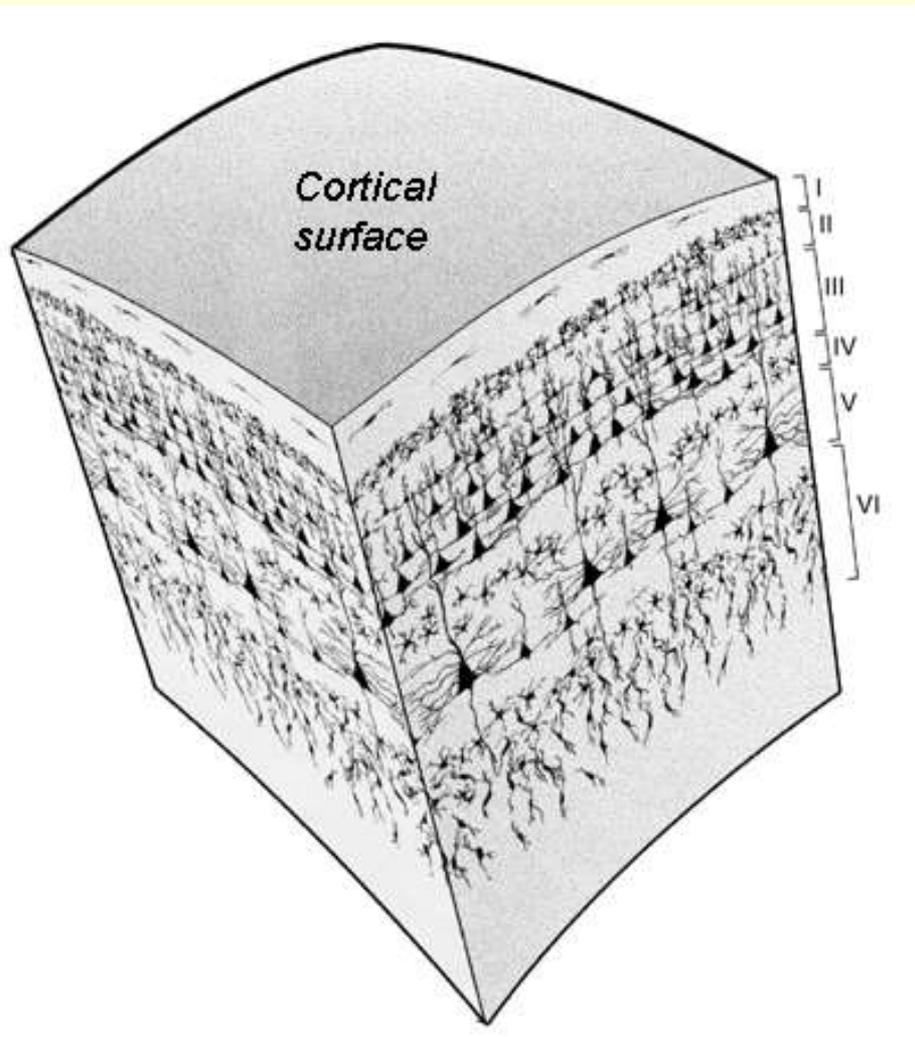


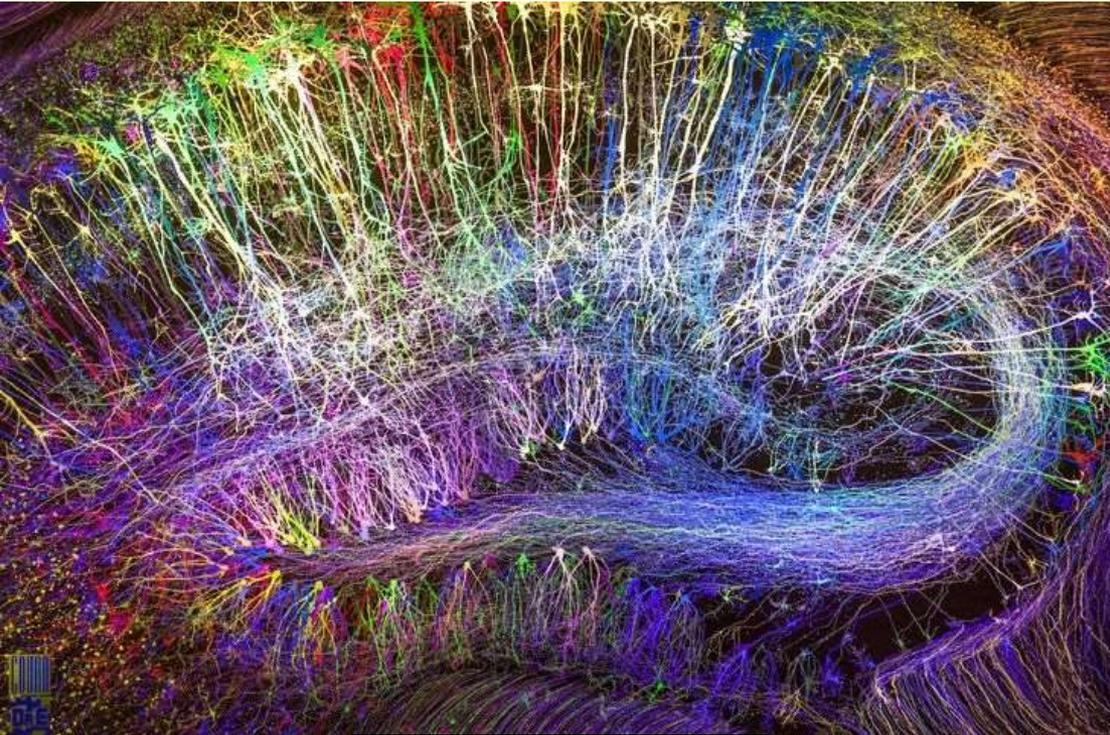
L'organisation neuronale diffère selon la structure cérébrale



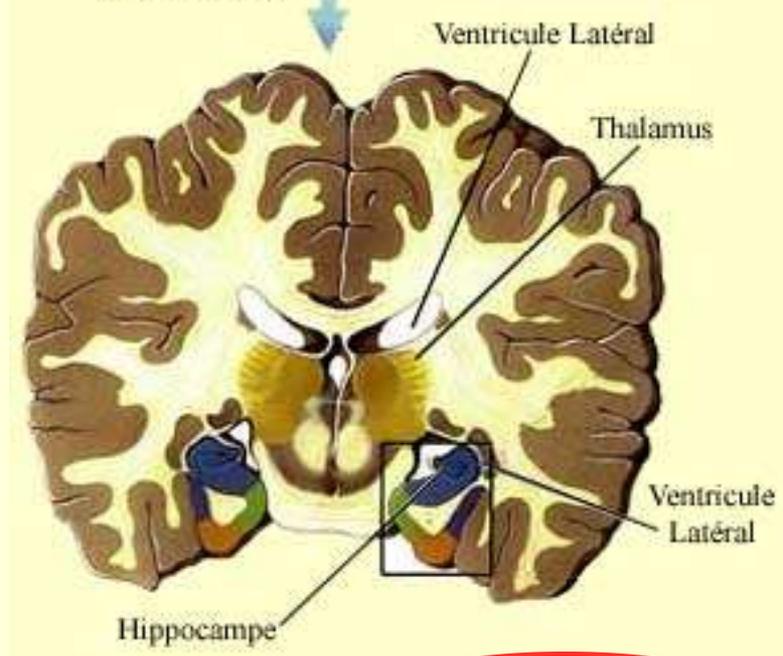
Dans le **cortex**, on distingue une organisation en **couches** avec diverses colorations.



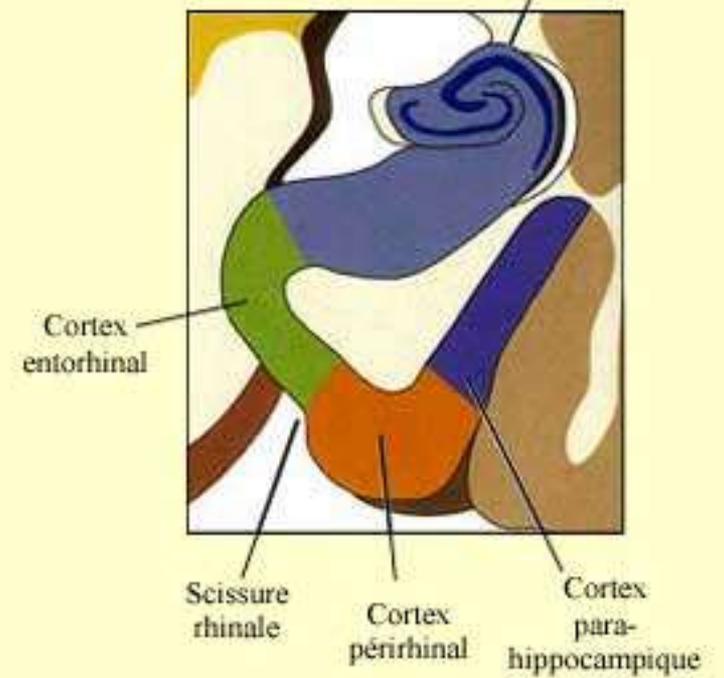


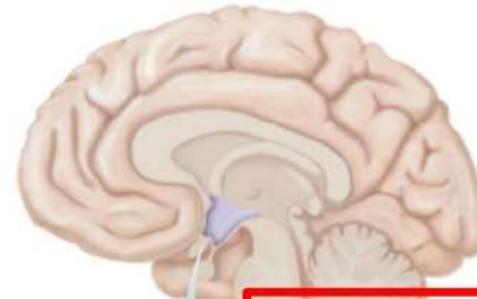
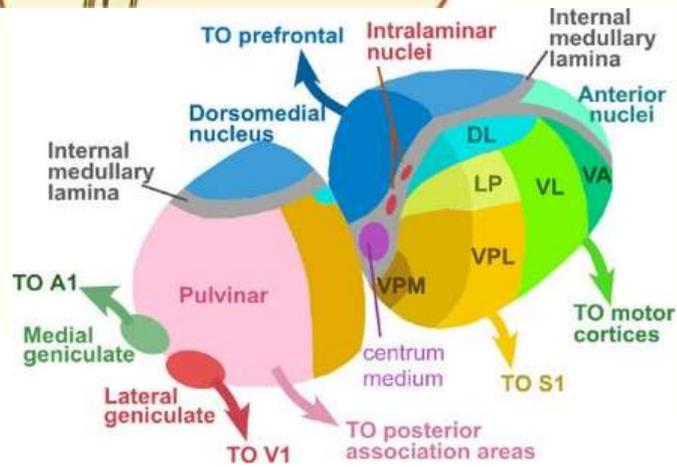
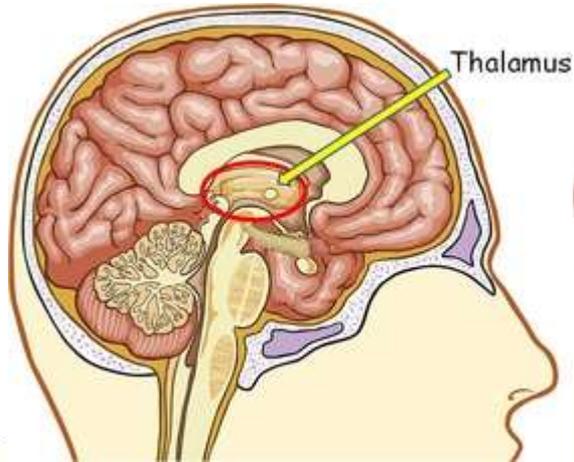


Hippocampe

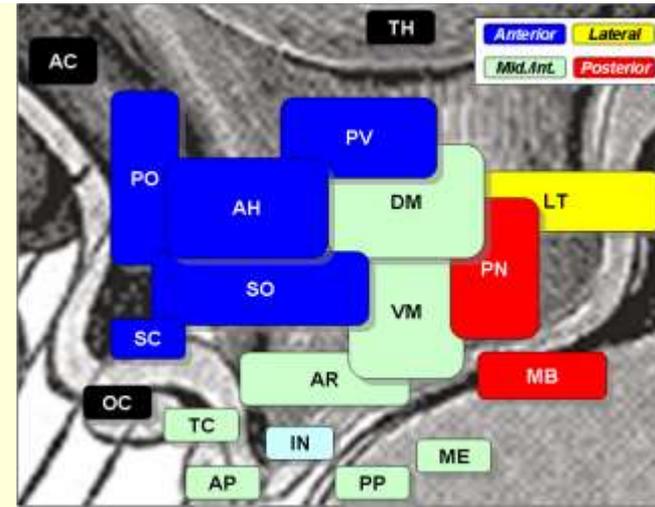
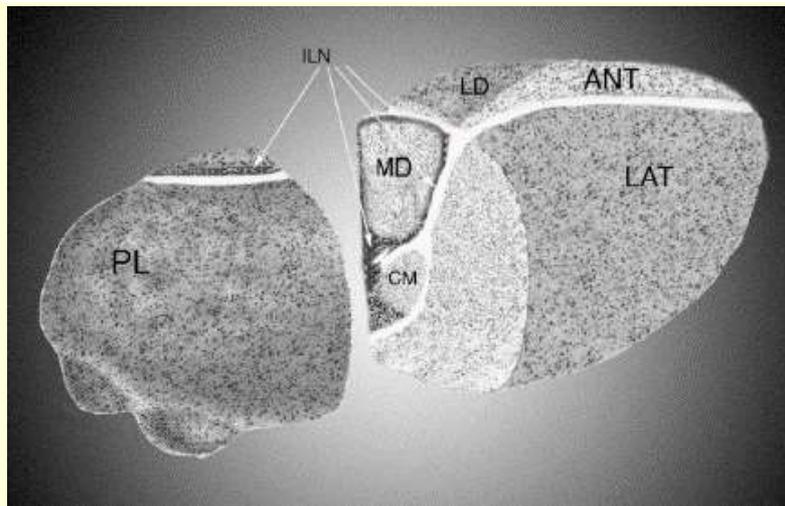
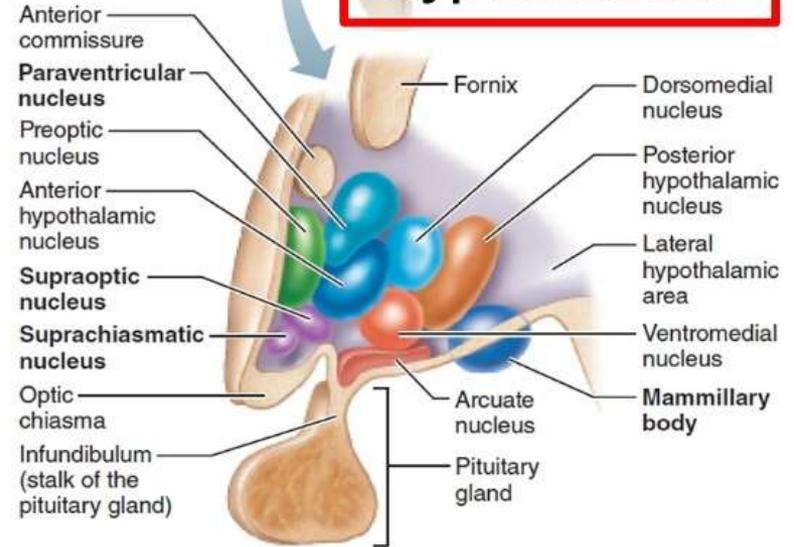


Hippocampe



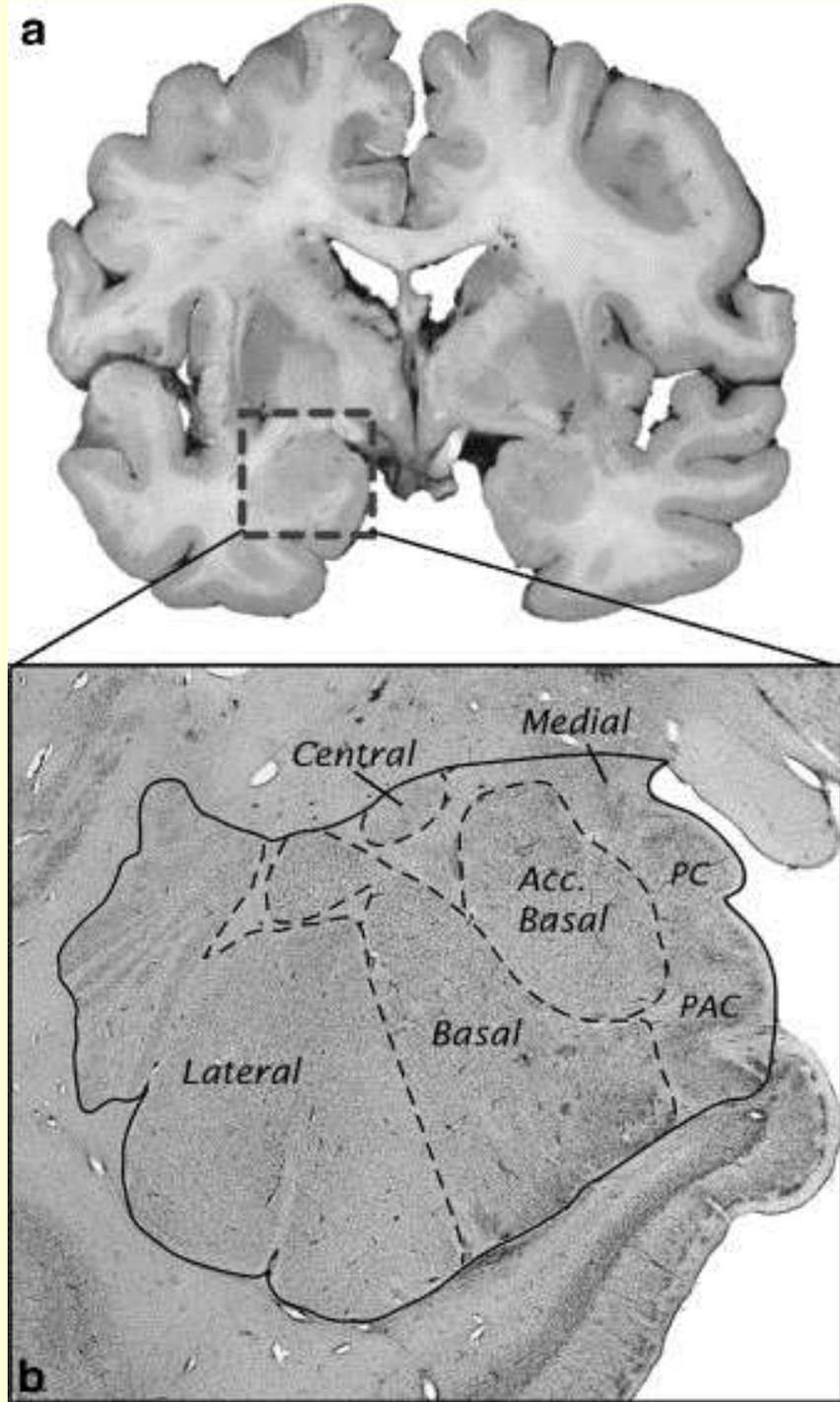
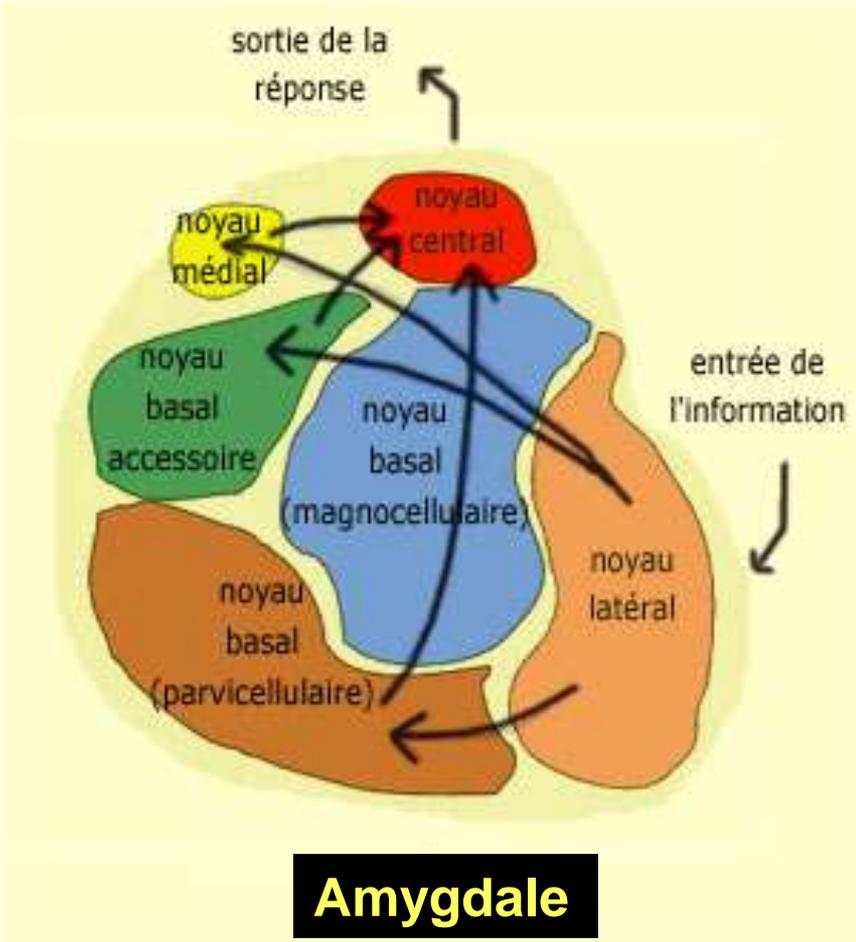


Hypothalamus



Le cerveau humain comporte donc beaucoup de régions cérébrales avec des **architectures neuronales distinctes**.

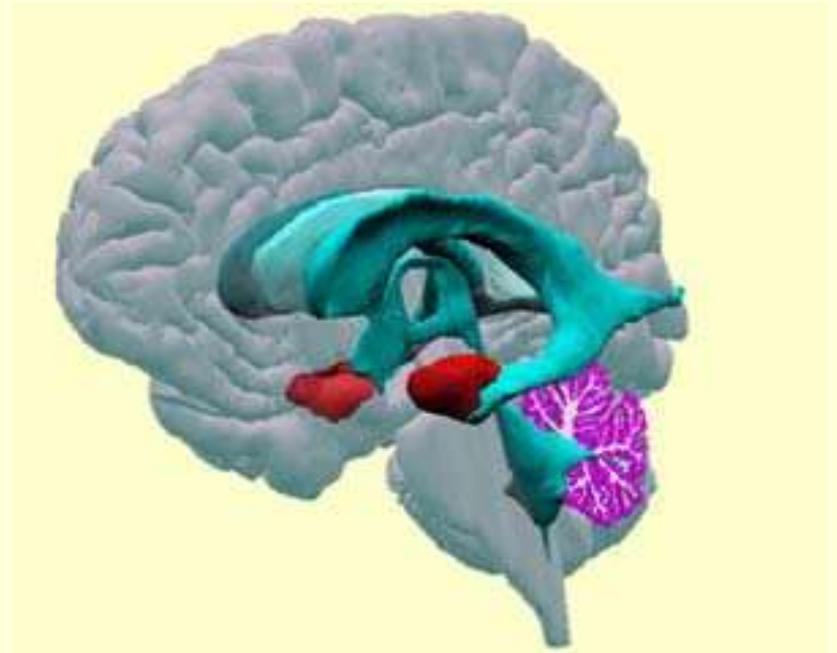
Mais ces différentes structures cérébrales, on ne peut cependant pas leur accoler une **étiquette fonctionnelle unique**.



Exemple :



Amygdale = peur ?



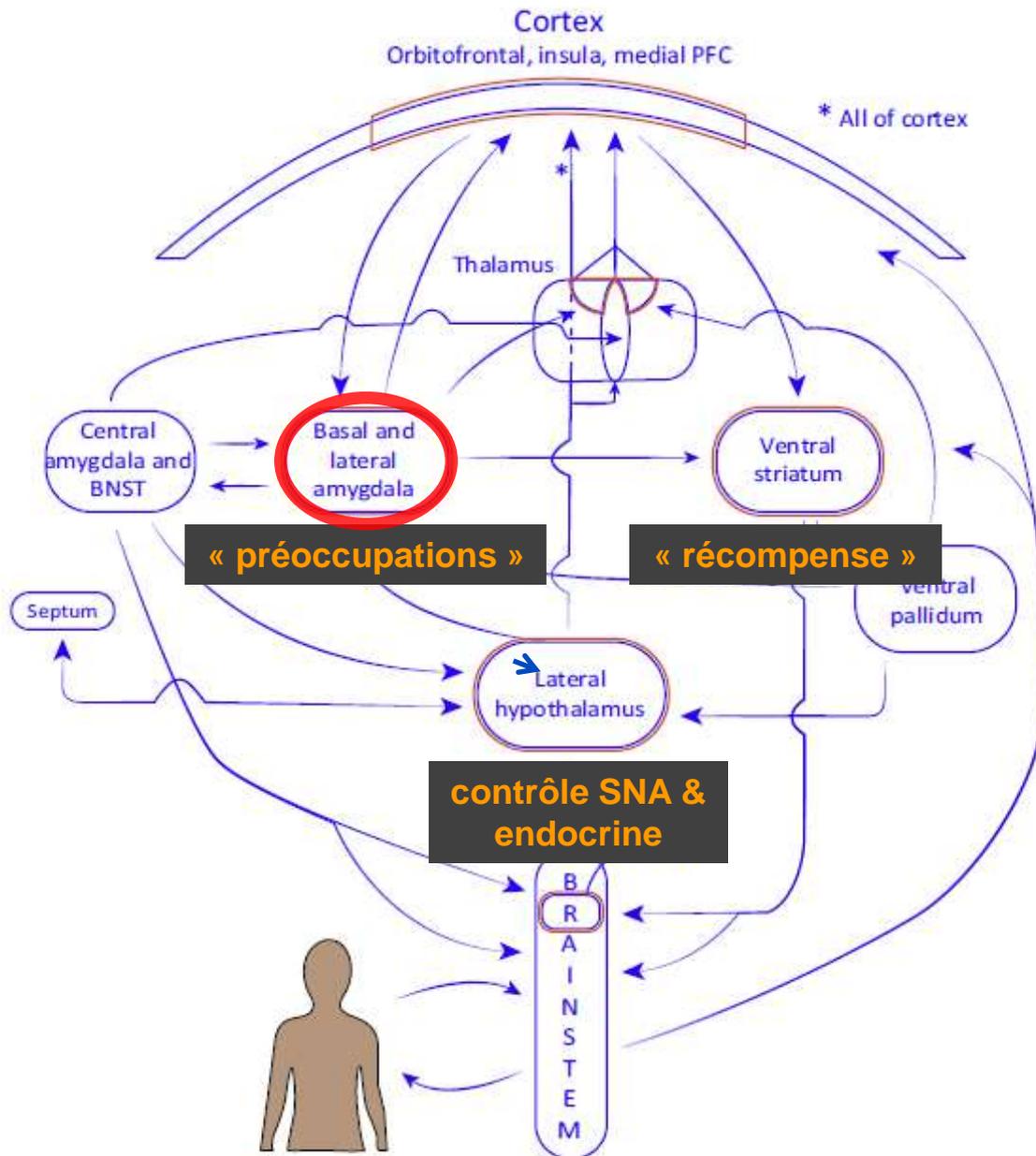
Exemple :



Amygdale ~~X~~ peur ?

Non. Amène une composante de « préoccupation » qui, en collaboration avec d'autres régions, va correspondre à différents états affectifs.





Autrement dit,
l'amygdale n'agit pas seule :

elle s'intègre dans différents circuits cérébraux impliquant plusieurs structures,

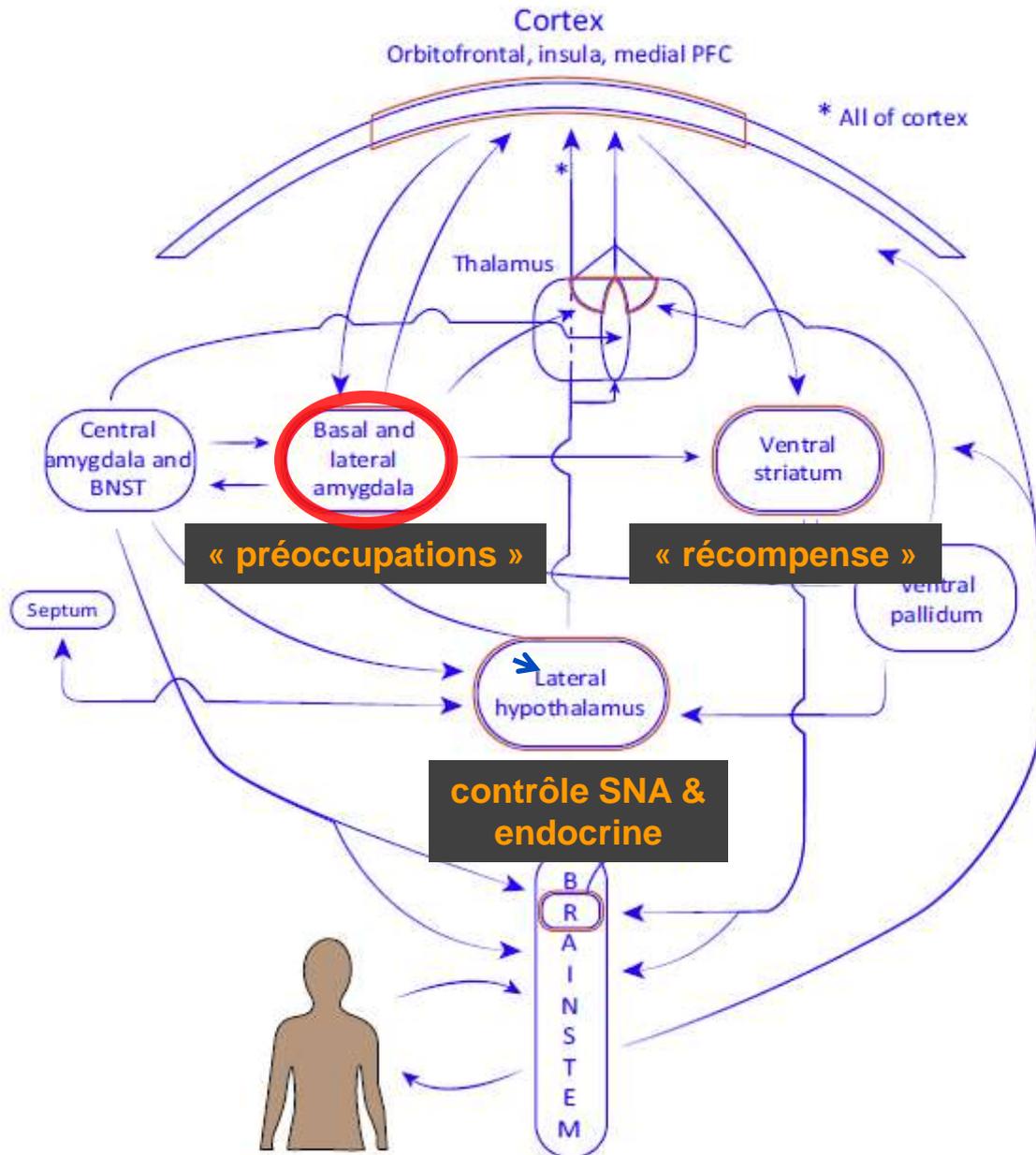
ici dans un réseau relié aux **émotions.**

A Network Model of the Emotional Brain

Luiz Pessoa

Trends Cogn Sci. **2017** May; 21(5): 357–371

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5534266/>



a **functional diversity profile**

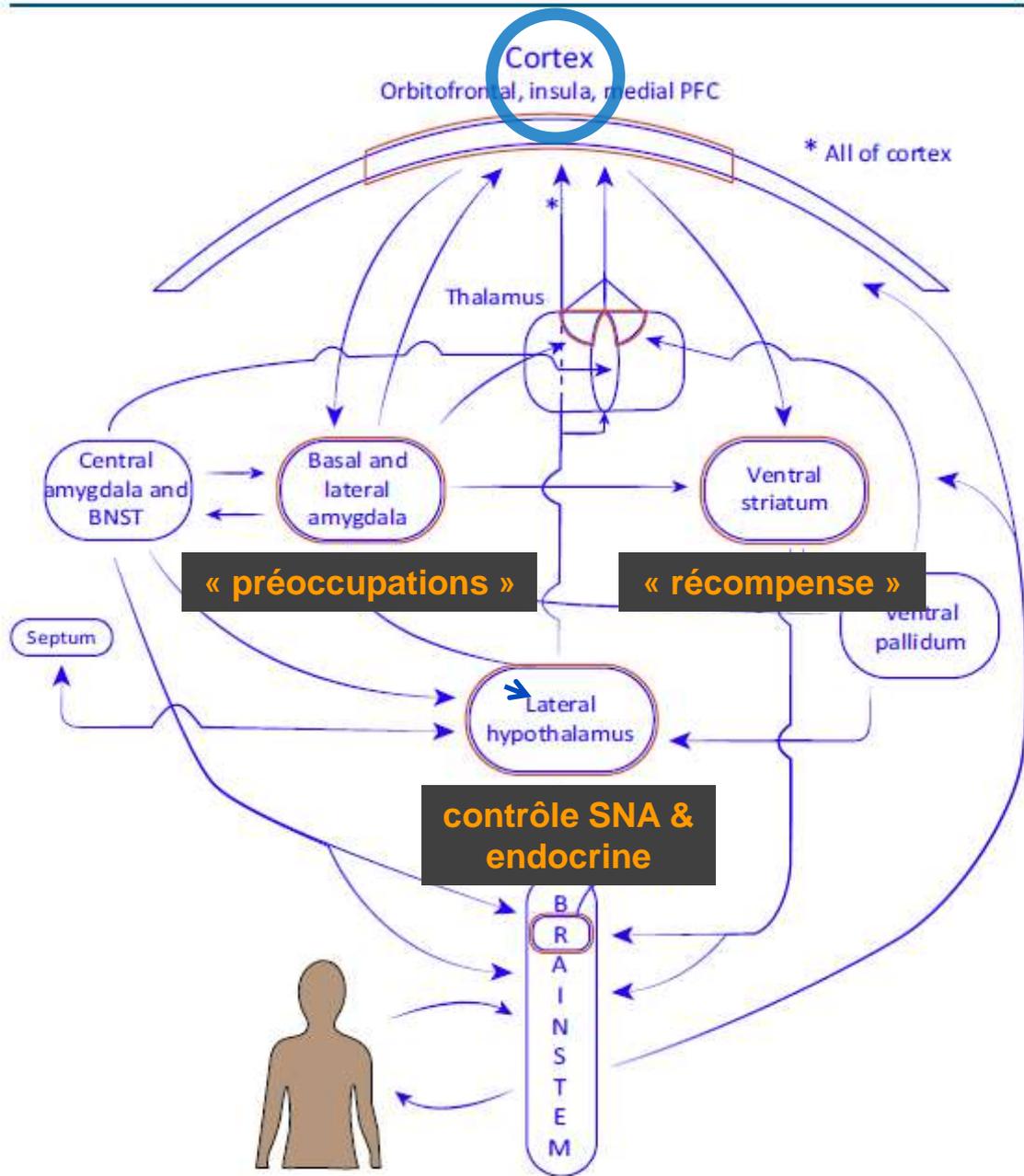
For example, in the case of the amygdala mentioned above, it would involve arousal, vigilance, novelty, attention, value determination, and decision making, among others.

A Network Model of the Emotional Brain

Luiz Pessoa

Trends Cogn Sci. 2017 May; 21(5): 357–371

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5534266/>



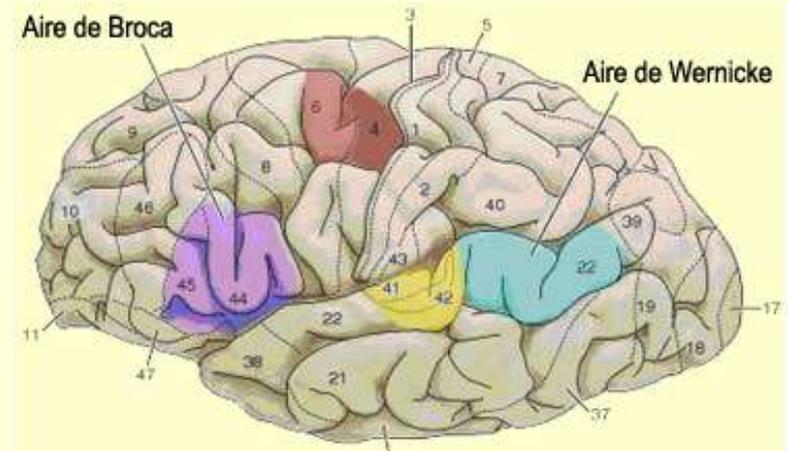
The **insula** is a brain structure implicated in disparate cognitive, affective, and regulatory functions, including **interoceptive** awareness, **emotional** responses, and **empathic** processes.

In task-based functional imaging, it has been **difficult to isolate insula responses** because it is often **coactivated** with the ACC, the DLPFC and ventrolateral prefrontal cortex (VLPFC), and the PPC.

Plusieurs données remettent en question une conception très spécialisée des aires cérébrales héritée en grande partie de l'idée de **module spécialisé** (Fodor, etc.)

Car même l'aire de Broca, typiquement associée au langage, est plus fréquemment activée dans des tâches non langagières que dans des tâches liées au langage!
(Russell Poldrack (2006))

Et de la même façon, il semblerait que la plupart des régions du cerveau, et même des régions très petites, peuvent être activées par **de multiples tâches.**



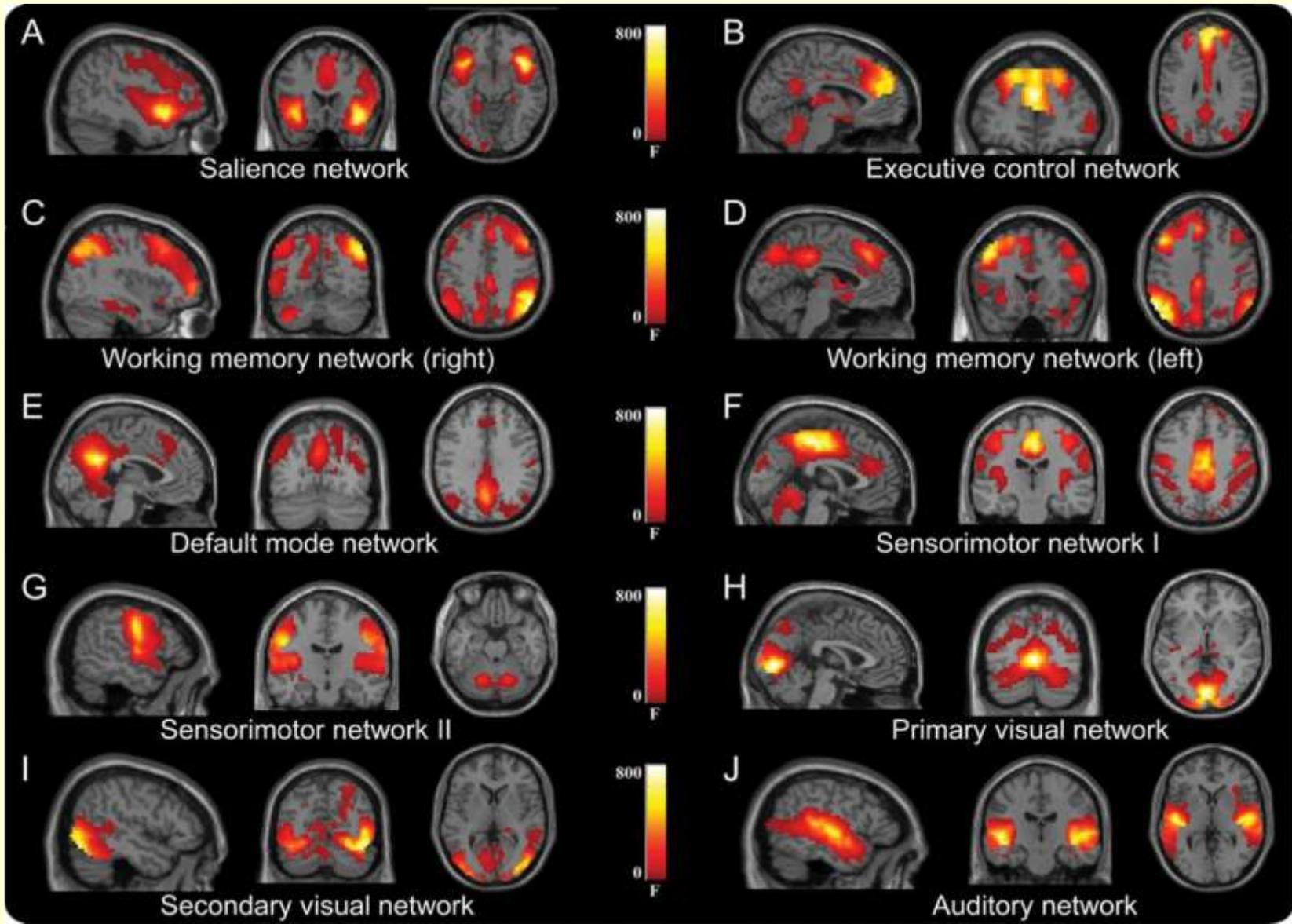
Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

[Après « L'erreur de Descartes », voici « L'erreur de Broca »](#)

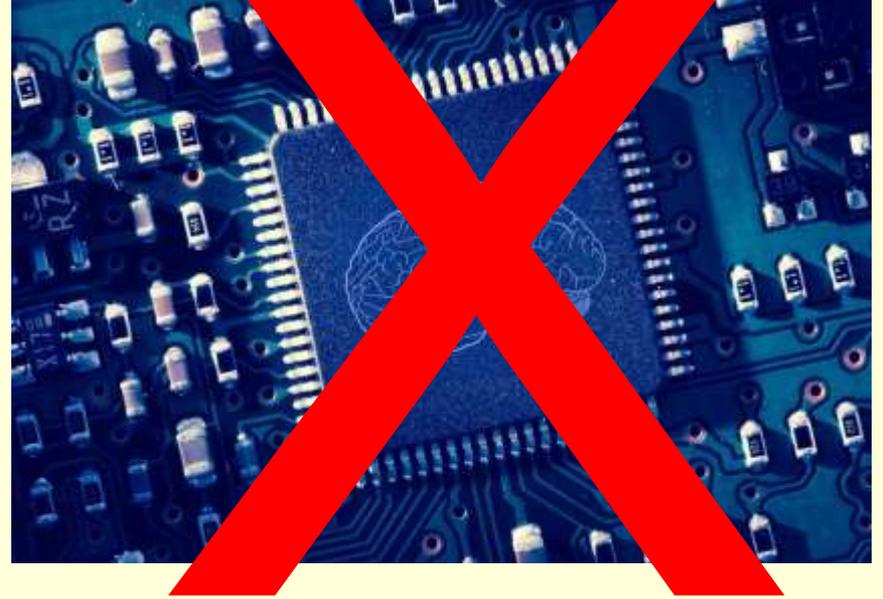
[Parler sans aire de Broca](#)

[Repenser la contribution de l'aire de Broca au langage](#)

Et vont agir en collaboration avec d'autres régions pour former des **coalitions**, des **réseaux**, où chacun apporte sa spécificité computationnelle.



Il n'y a donc pas de
« **centre de...** » quoi que
ce soit dans le cerveau.



« **There is no boss in the brain.** »

- M. Gazzaniga

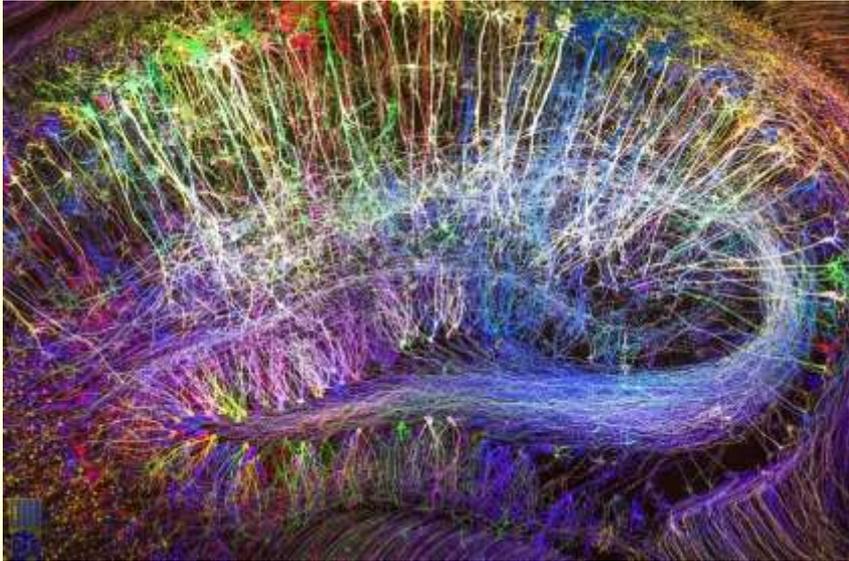


12 grands principes :

...

- 7) On a différentes structures cérébrales différenciée, mais on ne peut pas leur accoler une **étiquette fonctionnelle unique**.
- 8) Des mécanismes comme la **neuromodulation** et la **synchronisation** d'activité permettent la formation de réseaux transitoires

Comment ces régions différenciées parviennent-elles à entrer en **collaboration** avec d'autres régions pour **former des réseaux** capables de coordonner des comportements adéquats ?



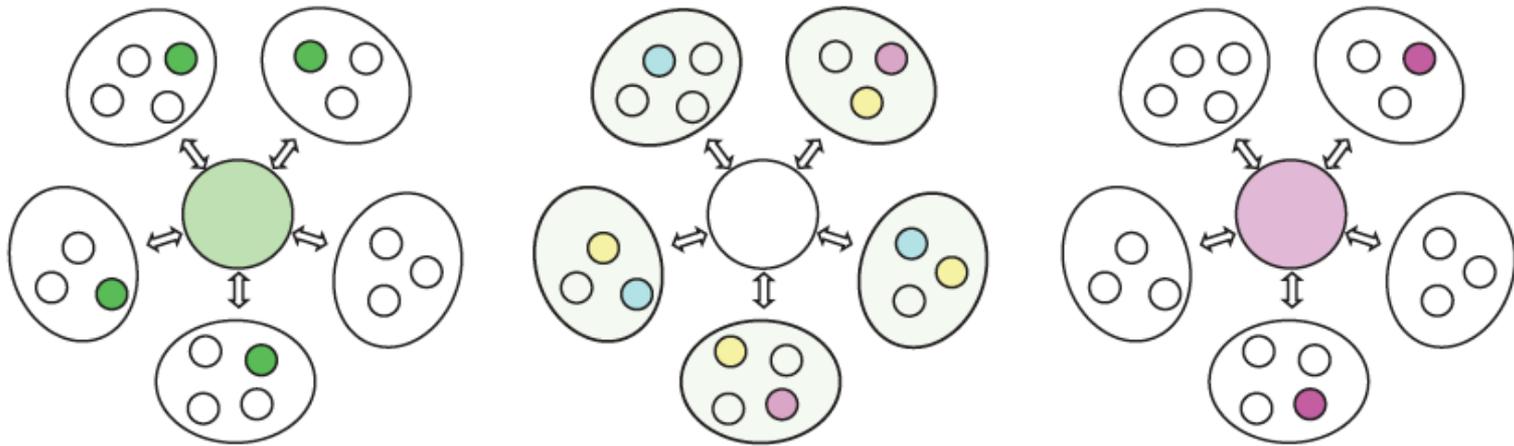
Hippocampe



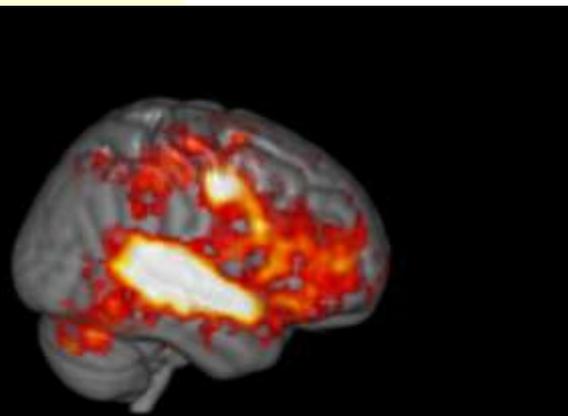
Cervelet



On assiste à une **compétition** entre différentes **coalitions** d'assemblées de neurones



serial procession of broadcast states
punctuated by competition



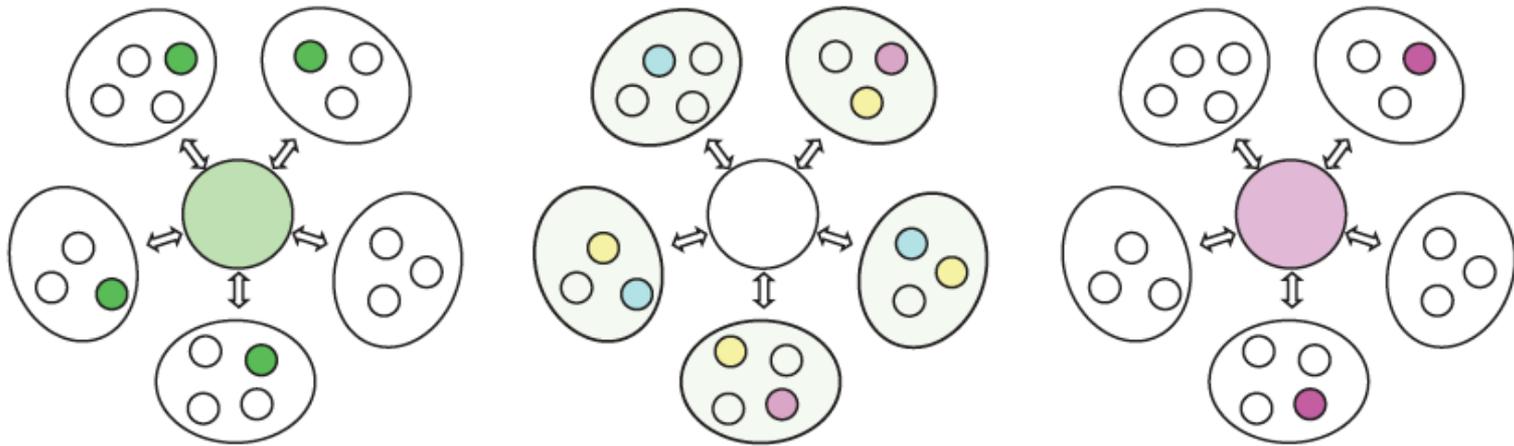
(Exemple fictif)

<http://lespierresquichantent.over-blog.com/2015/09/premiers-resultats-d-une-collaboration-en-neurosciences.html>

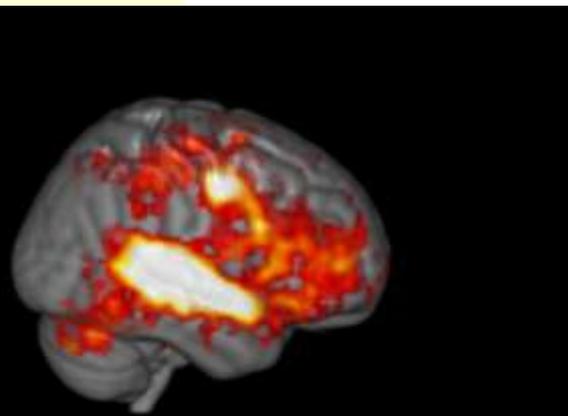
et un sous-réseau cognitif finit par s'imposer et devenir **le** mode comportemental approprié pour une situation donnée.



On assiste à une **compétition** entre différentes **coalitions** d'assemblées de neurones

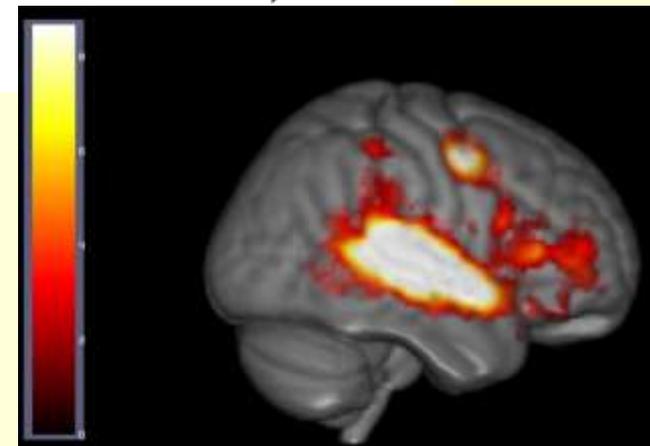


serial procession of broadcast states
punctuated by competition



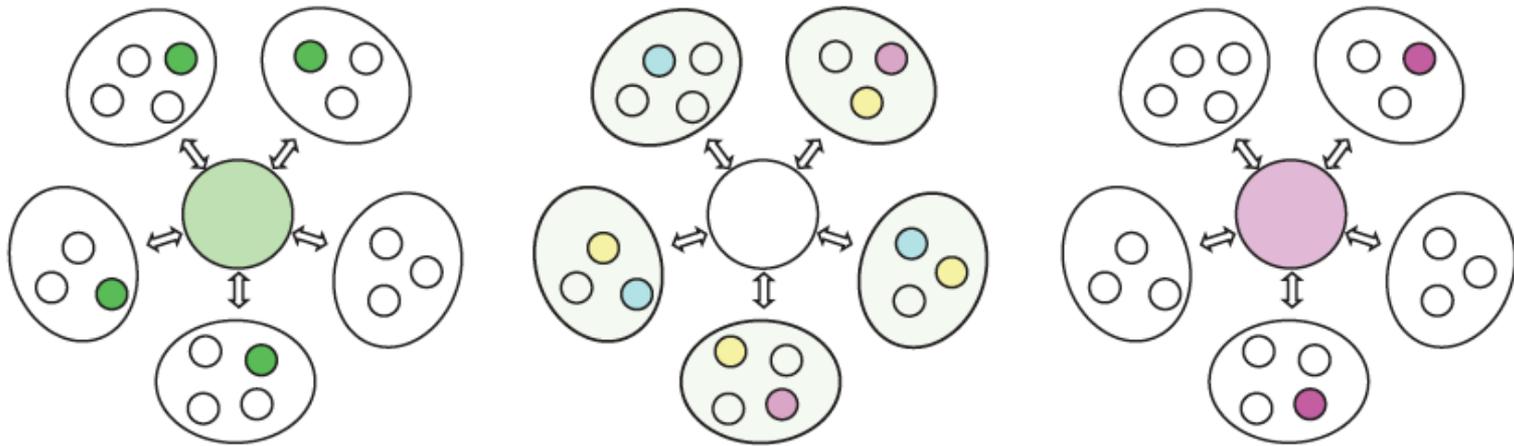
(Exemple fictif)

<http://lespierresquichantent.over-blog.com/2015/09/premiers-resultats-d-une-collaboration-en-neurosciences.html>

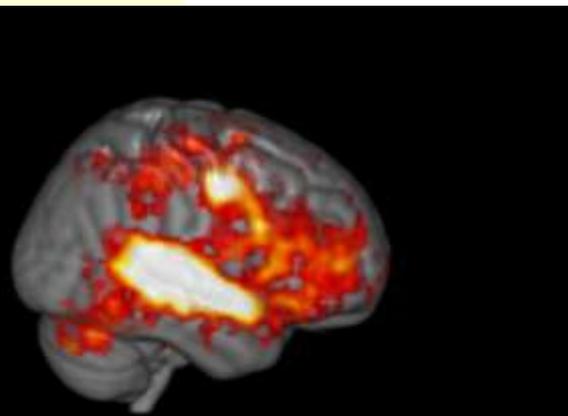




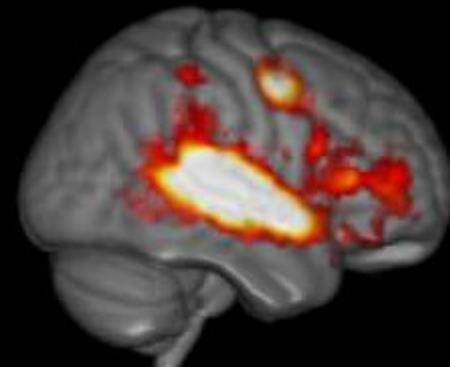
On assiste à une **compétition** entre différentes **coalitions** d'assemblées de neurones



serial procession of broadcast states
punctuated by competition



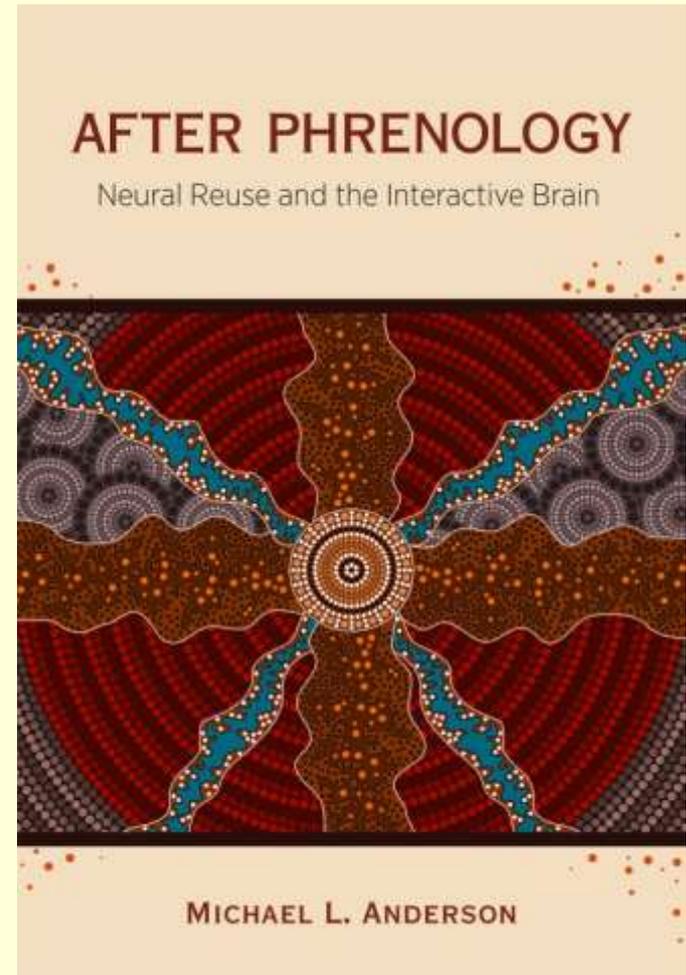
Mais comment ces **coalitions transitoires** d'assemblées de neurones se forment-elles ?



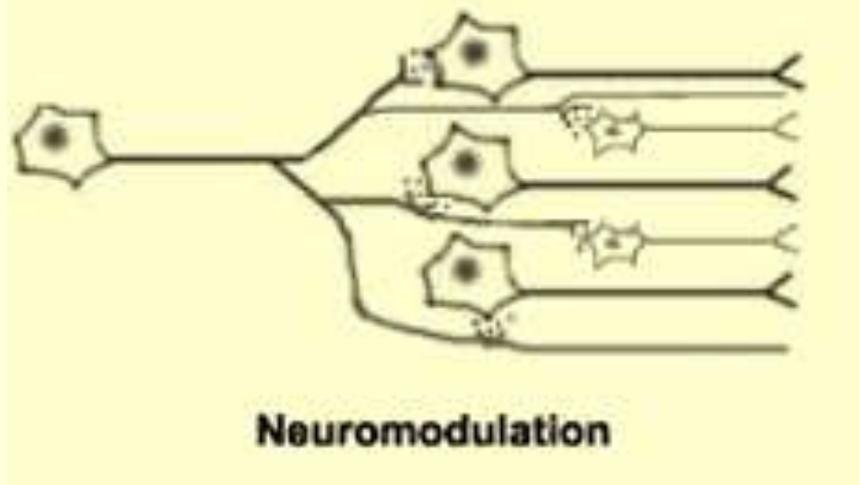
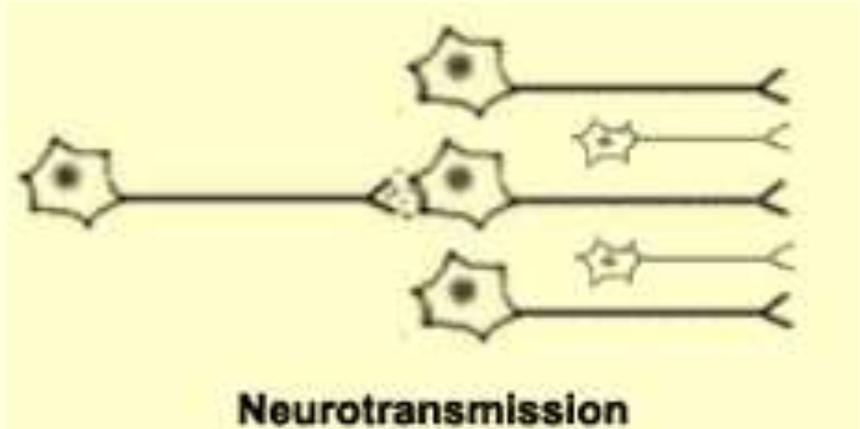
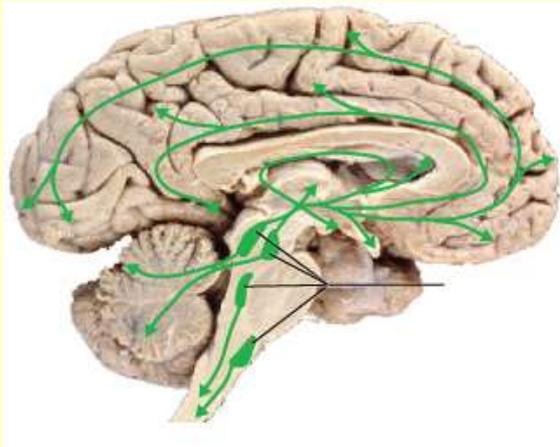
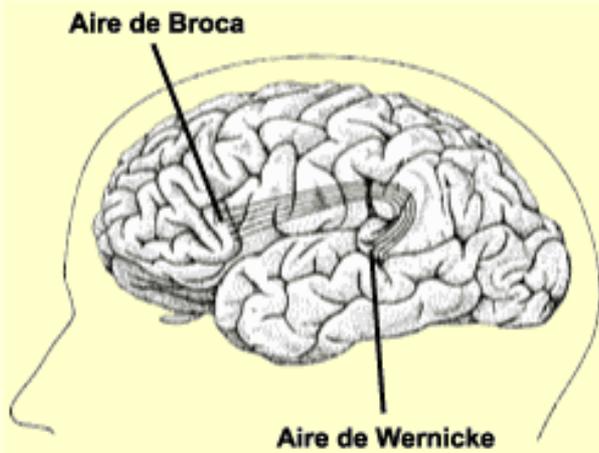
Dans cet ouvrage, Michael Anderson propose deux grandes classes de phénomènes vont permettre d'aller chercher le bon sous-ensemble de régions pour une situation donnée :

- la **neuromodulation**

- la **synchronisation d'activité oscillatoire** des neurones



(2014)

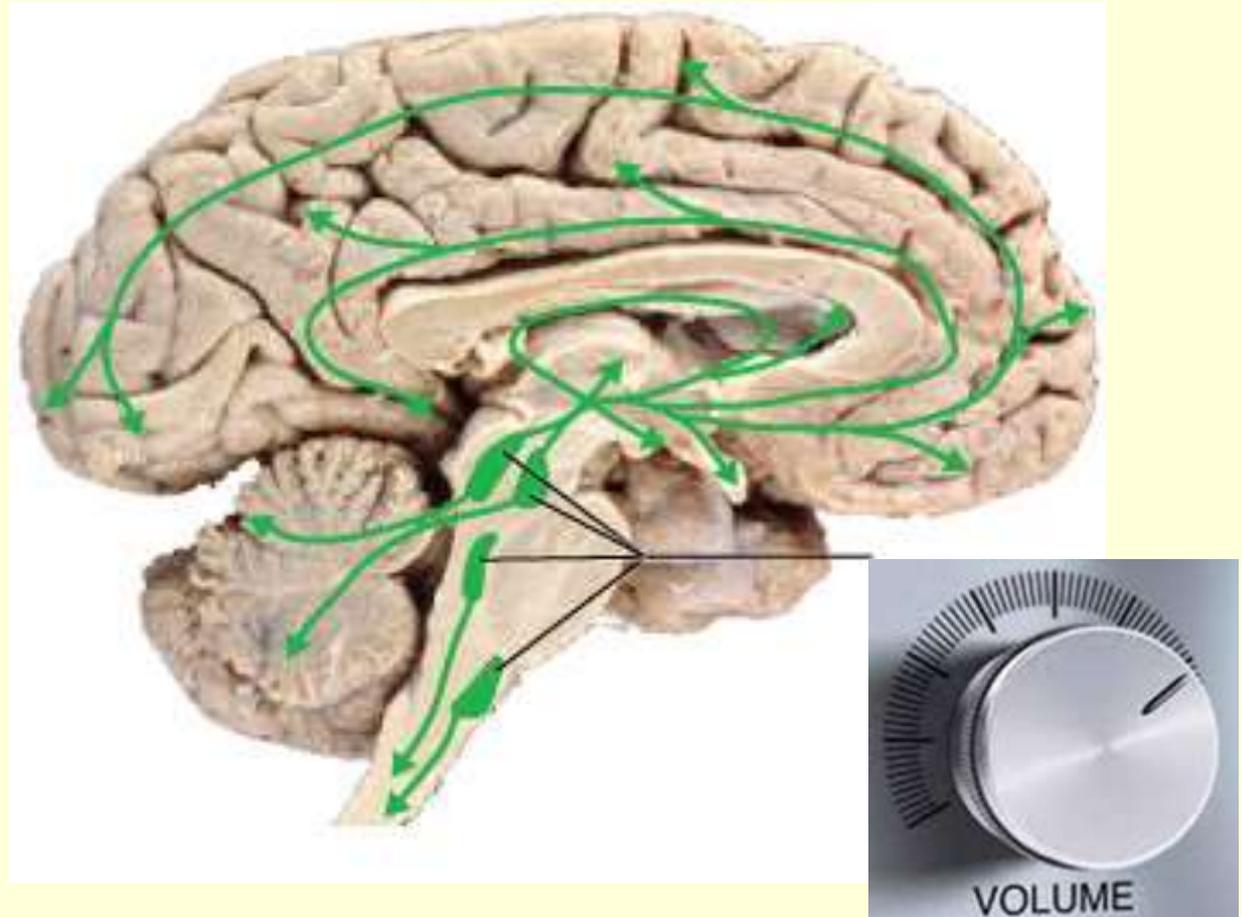


Neuromodulation

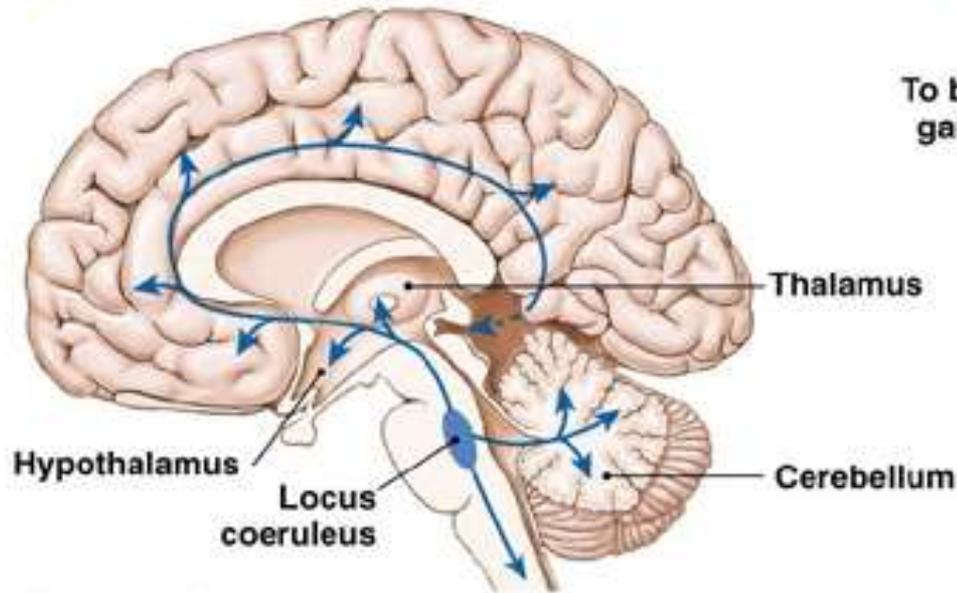
→ Agit à une échelle **de temps plus lente** que la neurotransmission et à une échelle **spatiale plus vaste**.

Les **neuromodulateurs** peuvent changer :

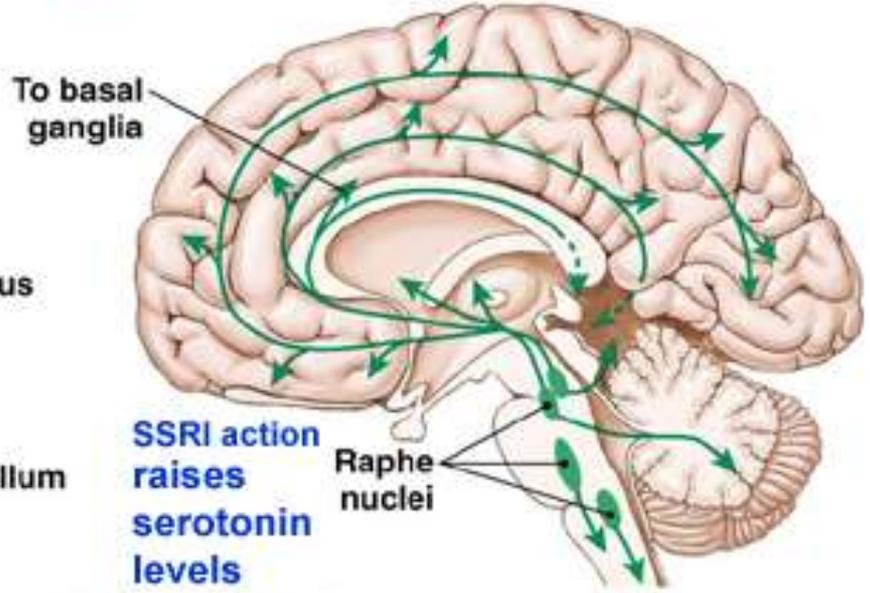
- l'efficacité d'une synapse;
- l'excitabilité d'une cellule;
- le gain sensoriel
- l'activité oscillatoire d'une population de neurones
- Etc.



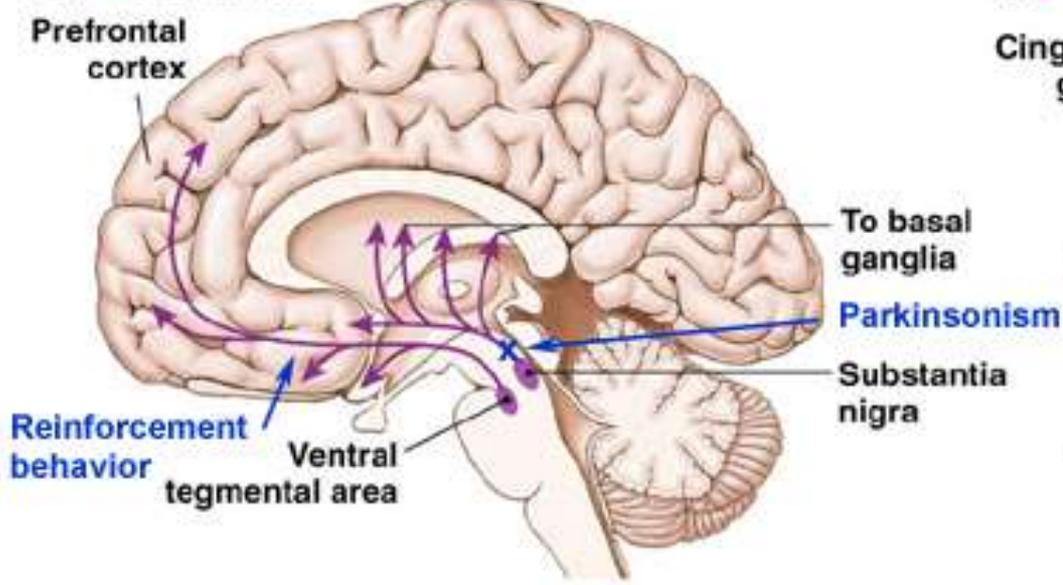
(a) ● Norepinephrine



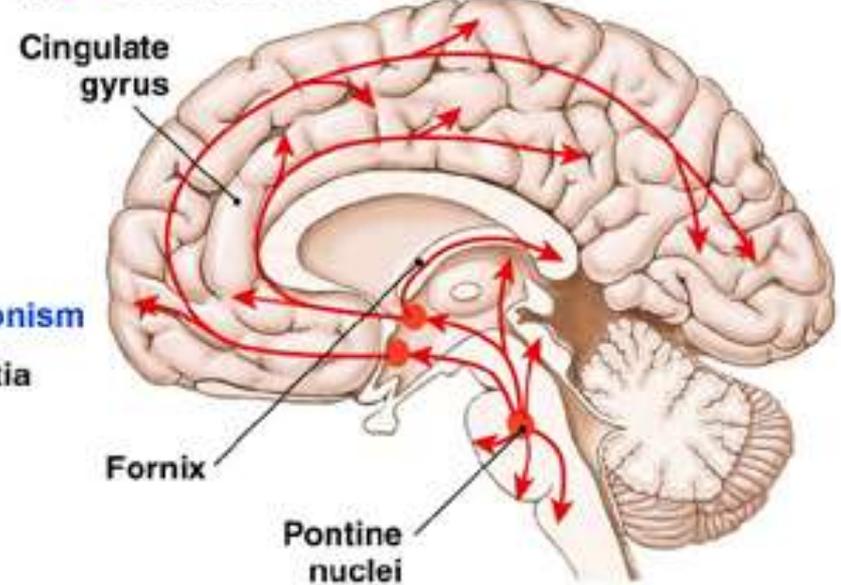
(b) ● Serotonin



(c) ● Dopamine



(d) ● Acetylcholine

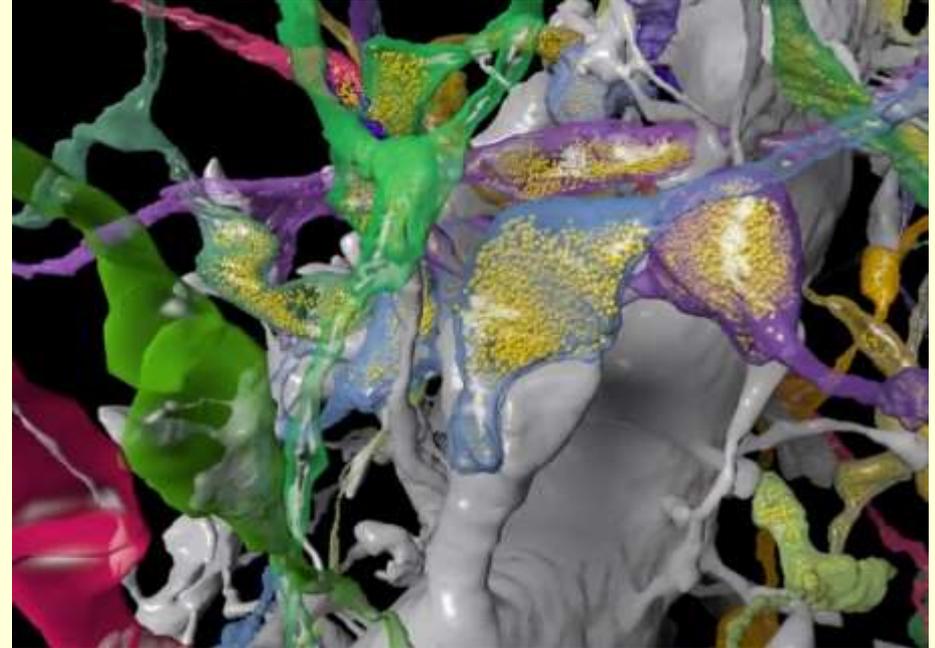


Beyond the connectome: how neuromodulators shape neural circuits.

Bargmann CI (2012)

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22396302>

Des gens comme Bargmann considèrent la circuiterie neuronale comme étant **structurellement sur-connectée**.



Et comme la neuromodulation est présente à peu près partout, un circuit pourra être **actifs** ou **latent** à un instant donné dépendamment de **l'état de neuromodulation** de l'organisme.

La neuromodulation augmente ainsi les possibilité de "recyclage neuronal", un même circuit pouvant avoir **plusieurs utilisations possibles**.

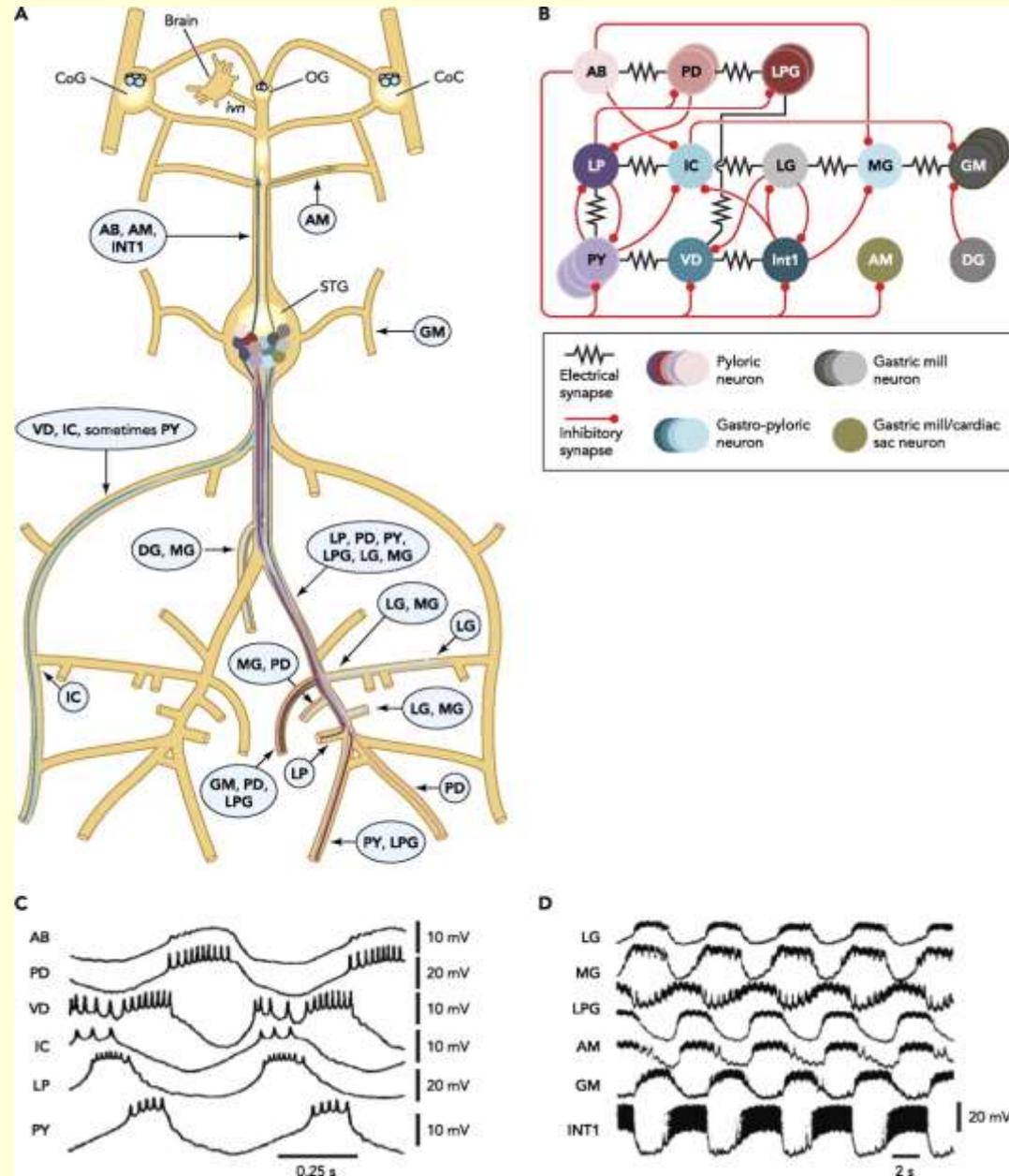
Par exemple,

dans le ganglion somatogastrique du homard, le même circuit peut être en quelque sorte **reconfiguré** par son environnement neuromodulateur et produire **plusieurs rythmes différents**.



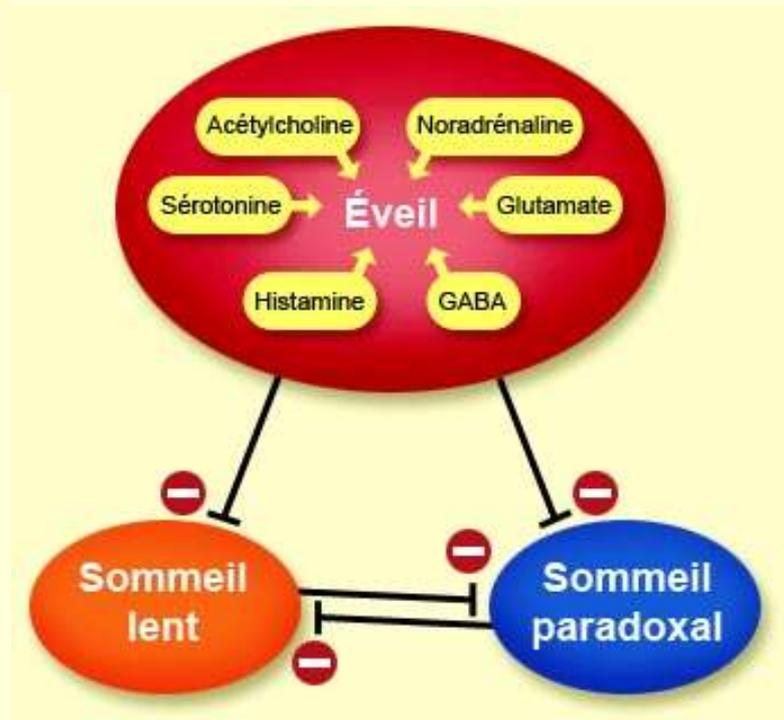
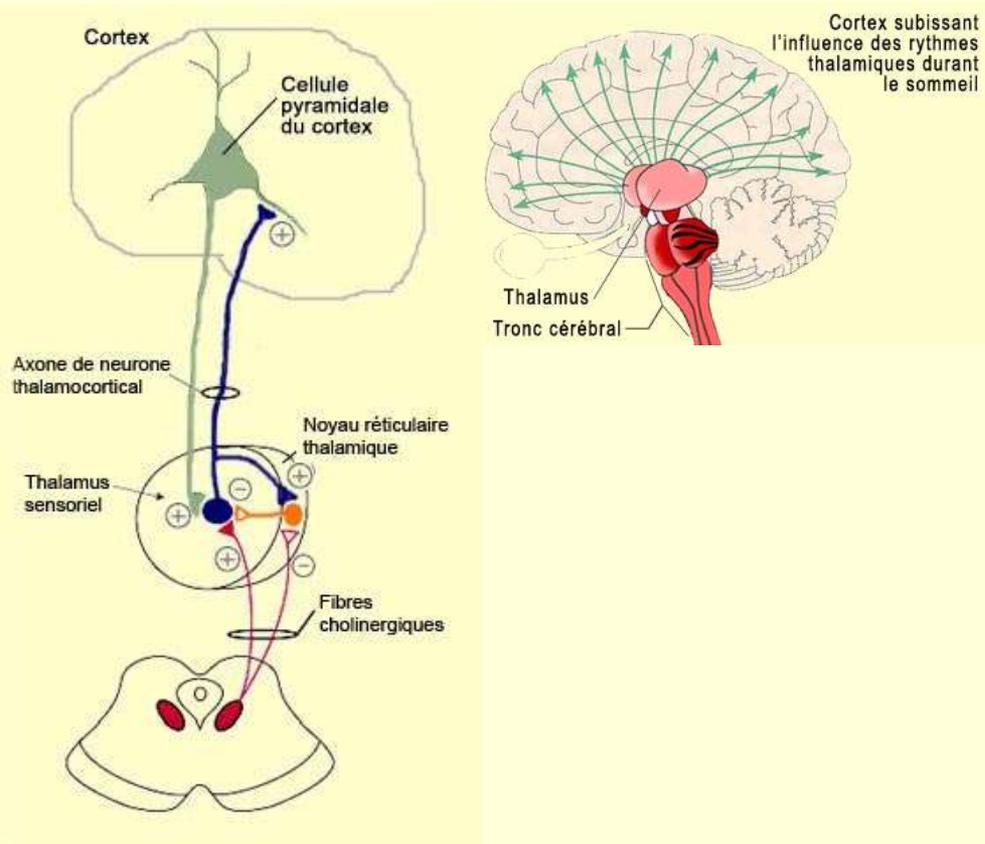
Brain Science Podcast 56 :
Eve Marder

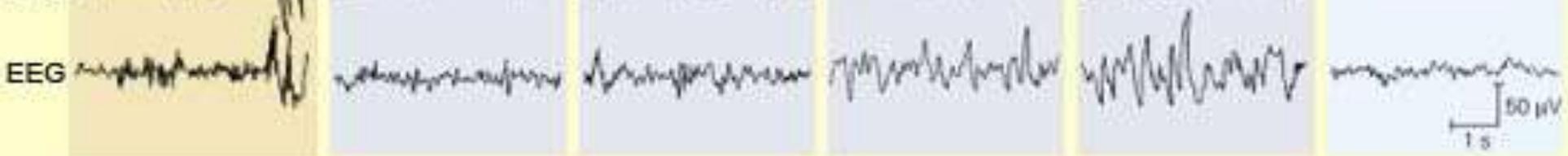
<http://brainsciencepodcast.com/bsp/interview-with-neuroscience-pioneer-eve-marder-phd-bsp-56.html>



Chez l'humain :

le cas bien connu des interactions neuromodulateurs / rythmes cérébraux dans le **sommeil**.





ÉVEIL

I

II

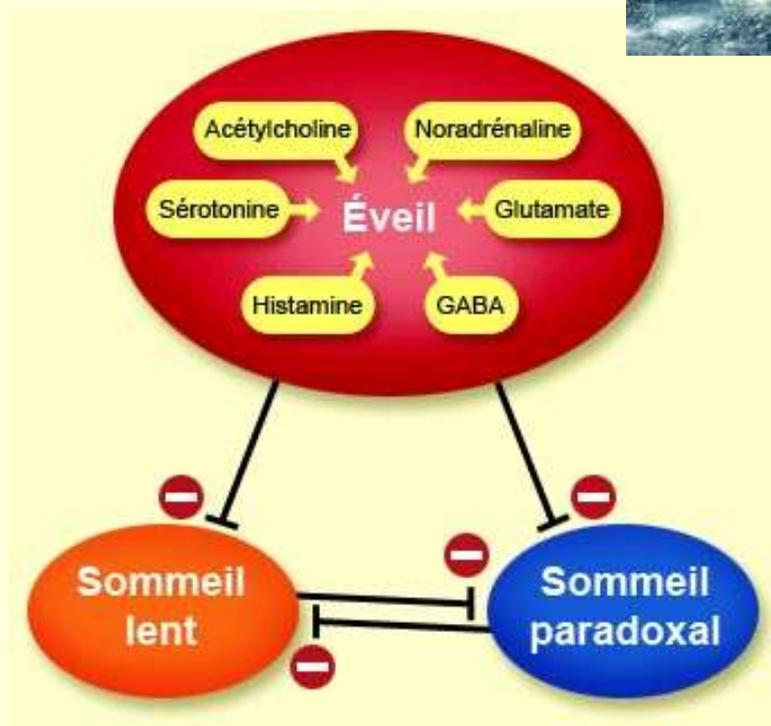
III

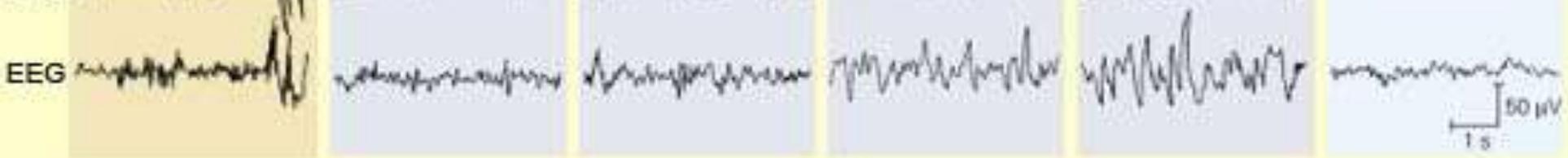
IV

REM

RÊVE

SOMMEIL PROFOND





ÉVEIL

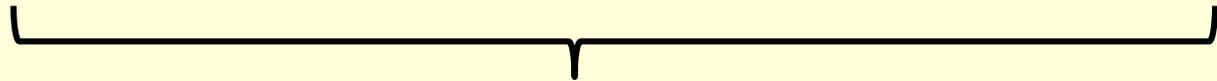
I

II

III

IV

REM

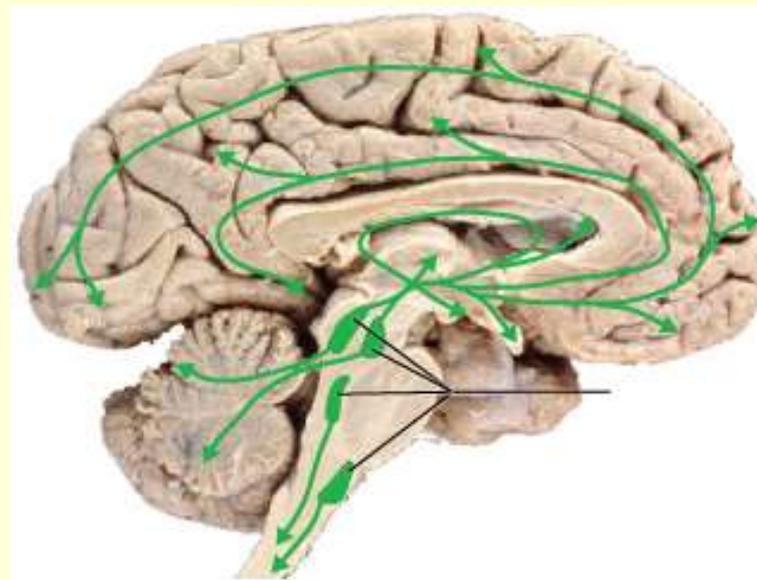


SOMMEIL PROFOND

RÊVE



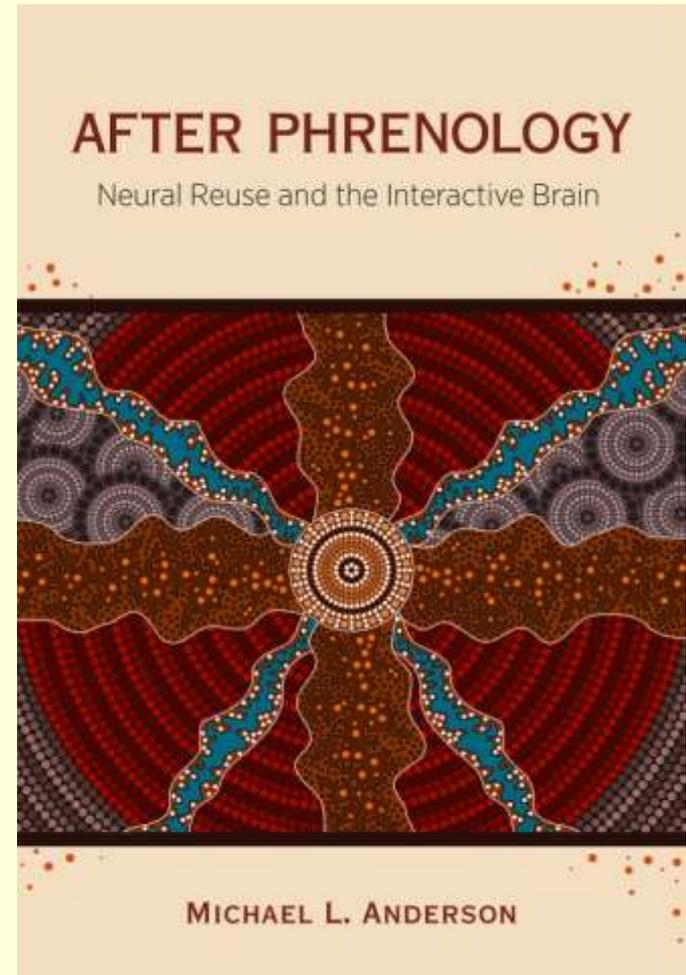
La neuromodulation
et l'activité nerveuse
sont **intimement liées.**



Dans cet ouvrage, Michael Anderson propose deux grandes classes de phénomènes vont permettre d'aller chercher le bon sous-ensemble de régions pour une situation donnée :

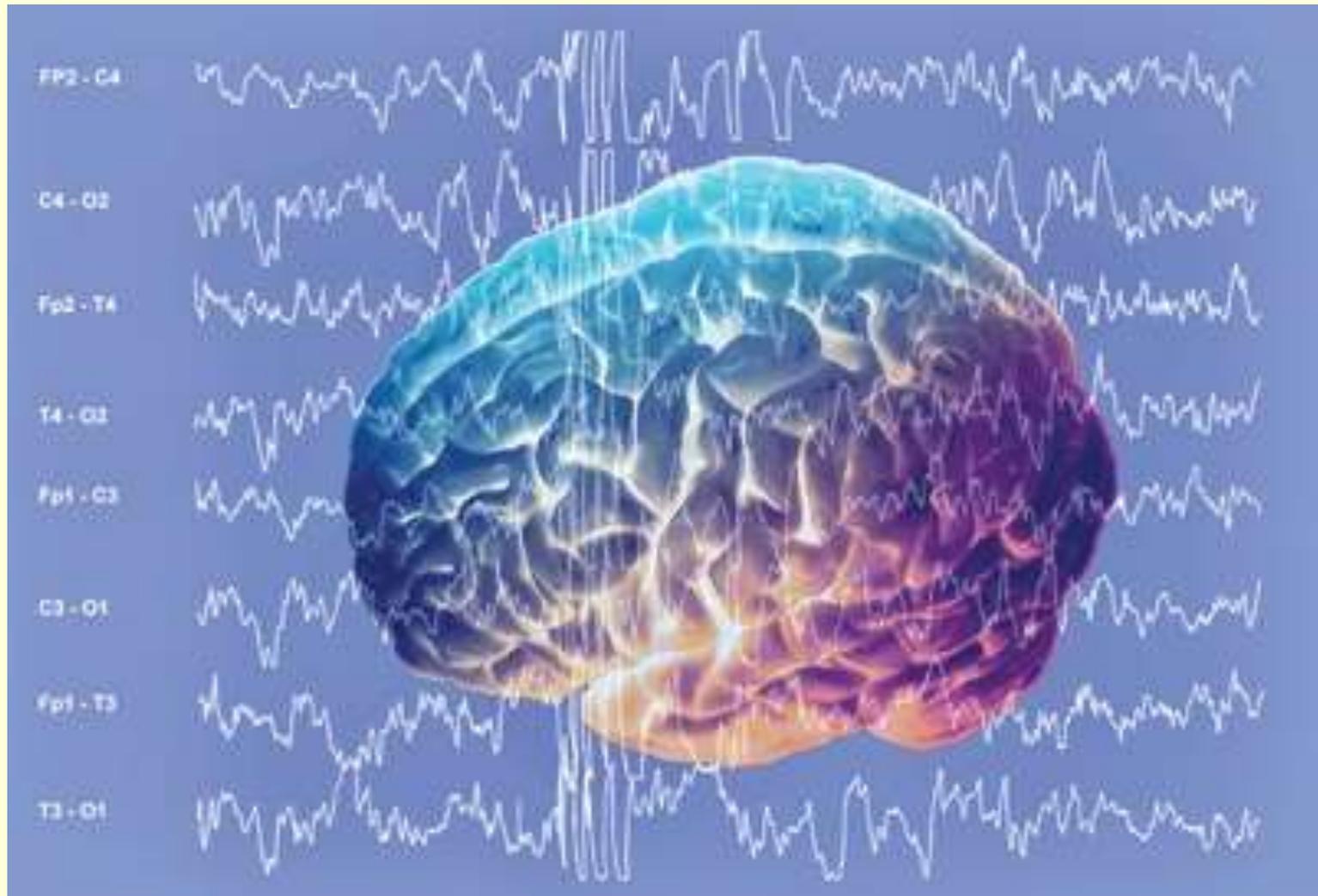
- la **neuromodulation**

- la **synchronisation d'activité oscillatoire** des neurones

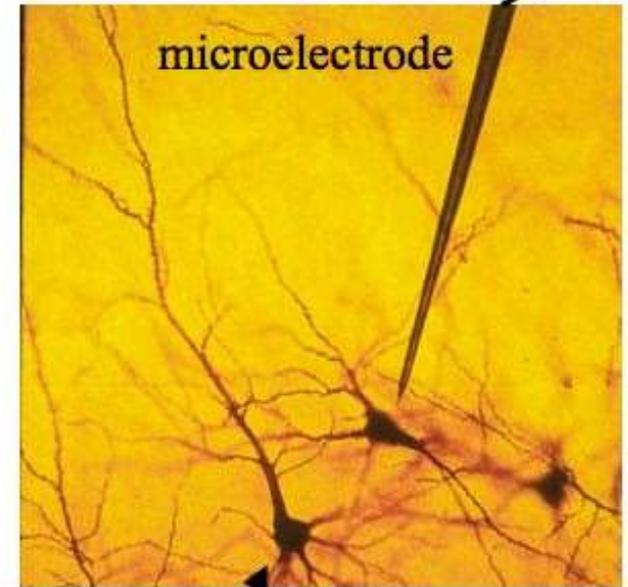
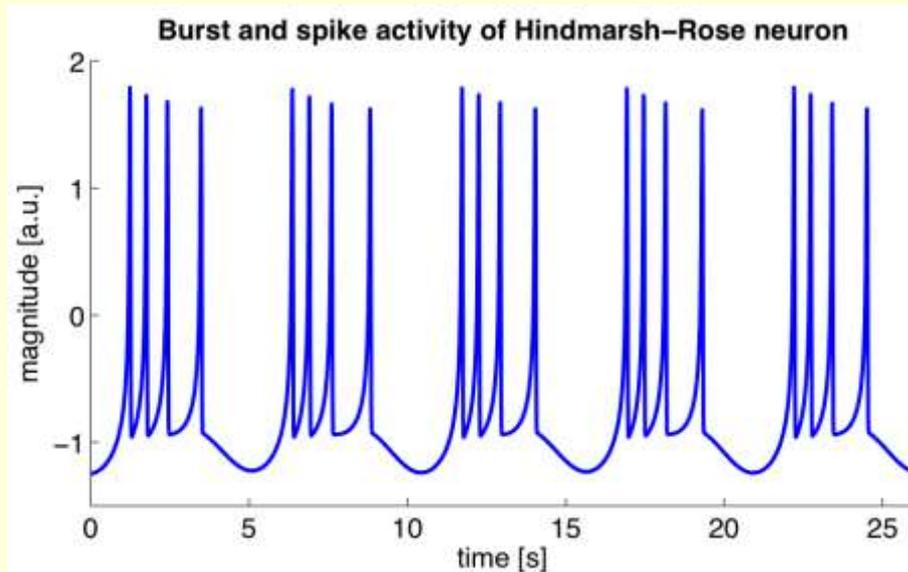


(2014)

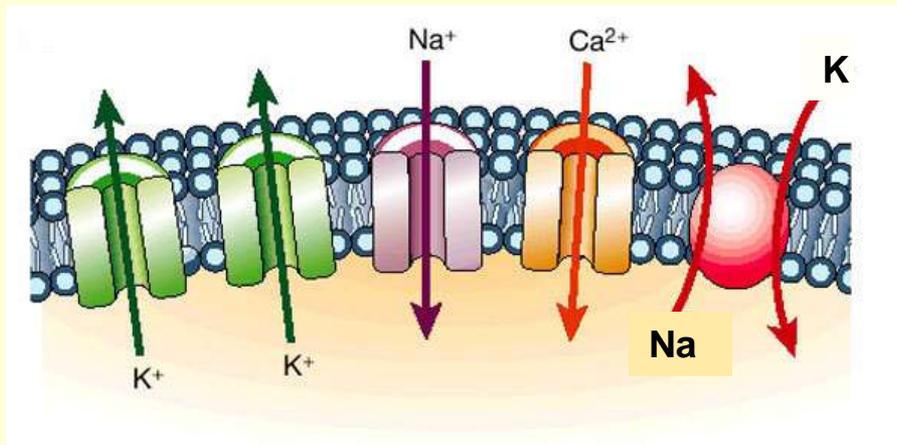
On observe à l'échelle du cerveau des **variations cycliques** dans l'activité électrique.



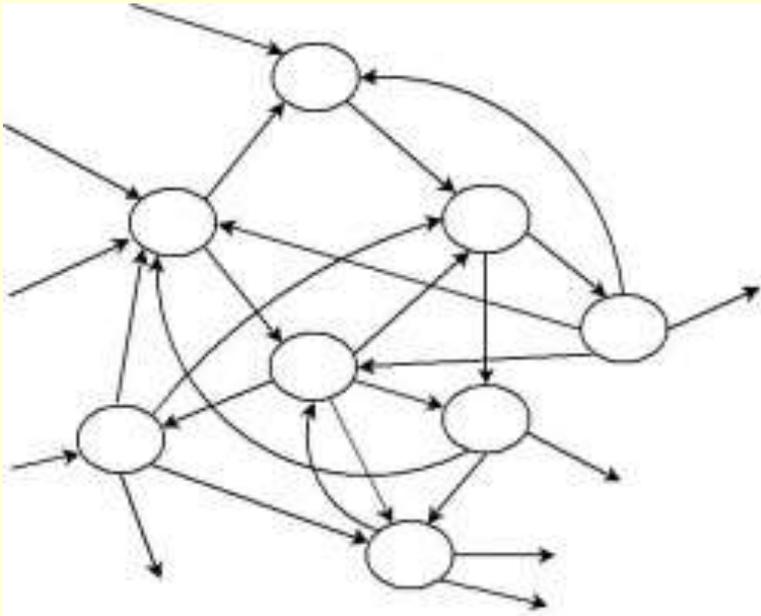
Celles peuvent provenir d'activité spontanée rythmique intrinsèque aux neurones.



Cortical pyramidal cell (Golgi stain)

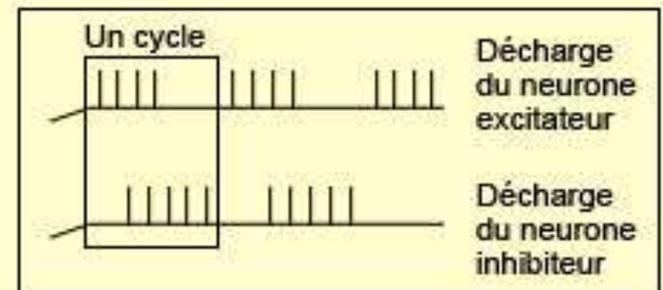
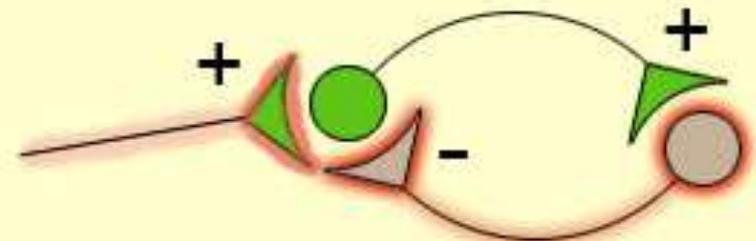
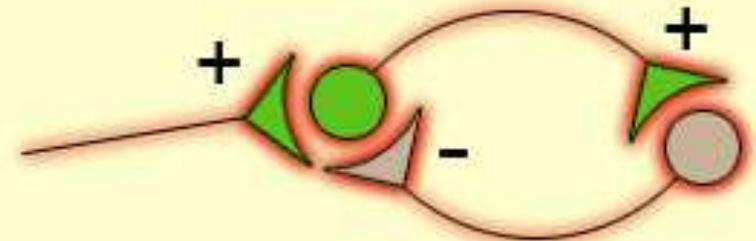
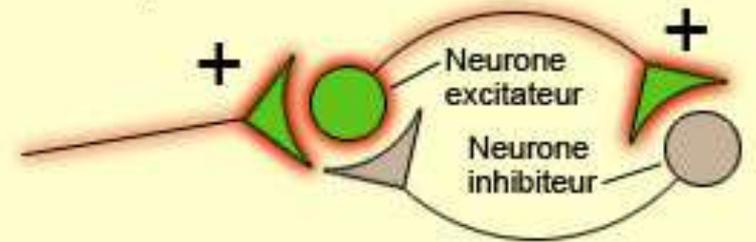


Des rythmes peuvent aussi être générés par les **propriétés du réseau**,



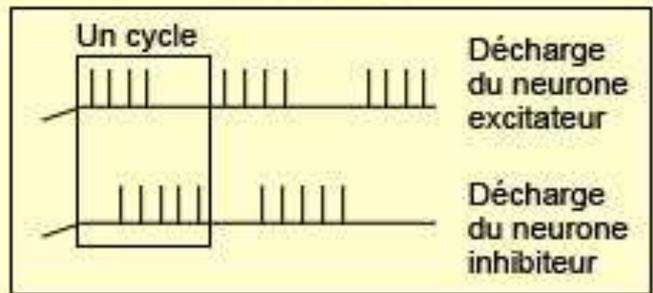
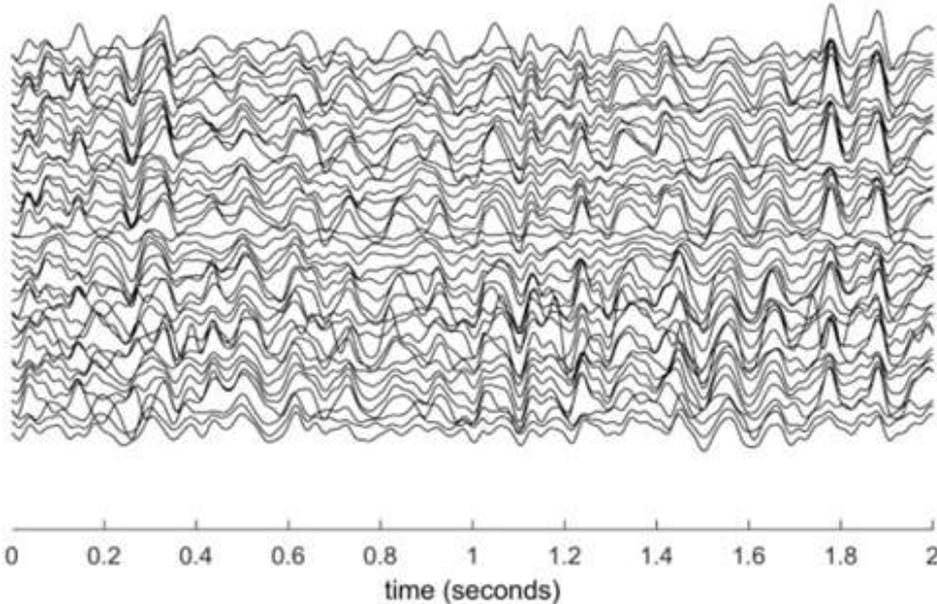
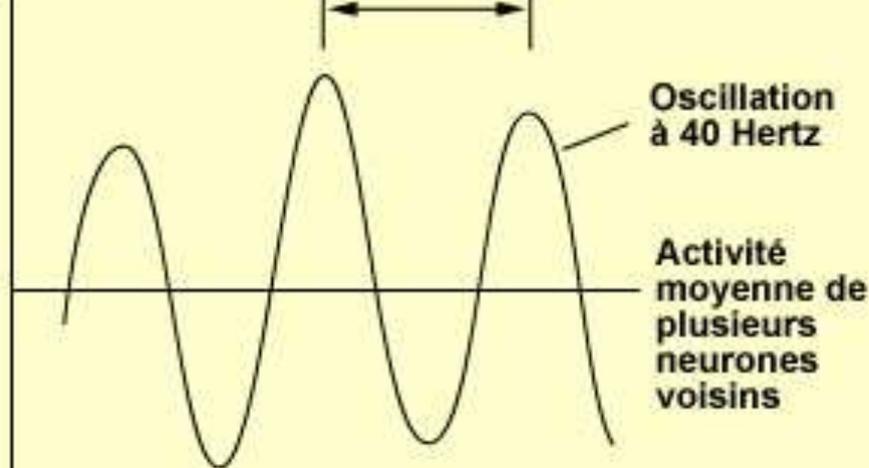
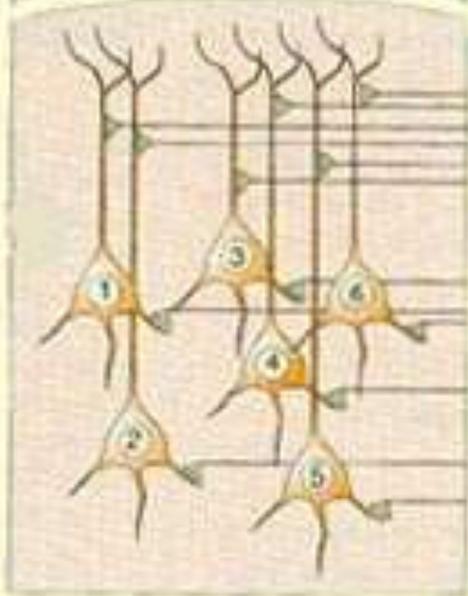
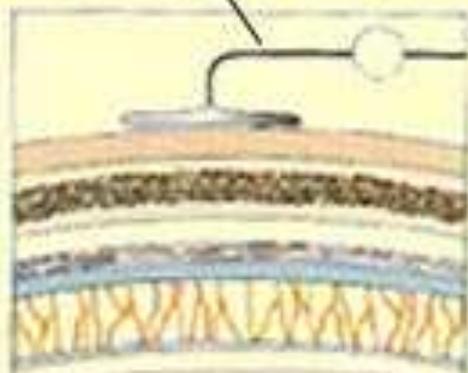
c'est-à-dire par des **boucles** (excitation-inhibition ou inhibition-inhibition)

Afférence excitatrice active en permanence



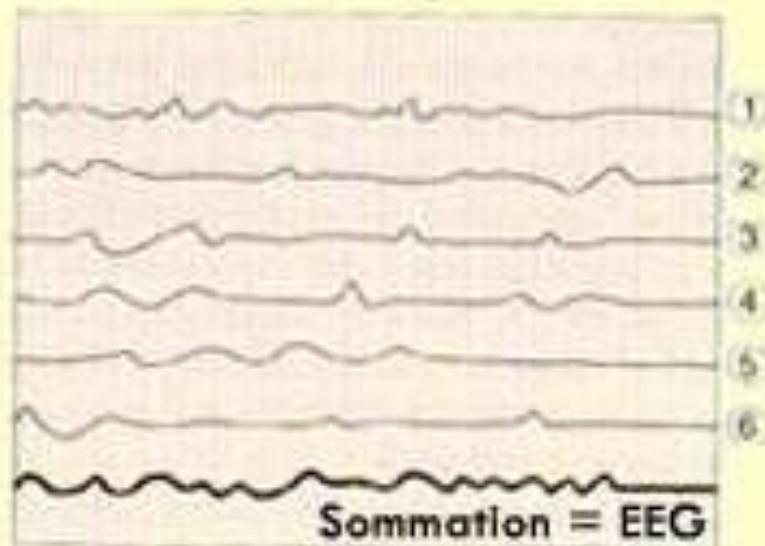


Électrode d'EEG





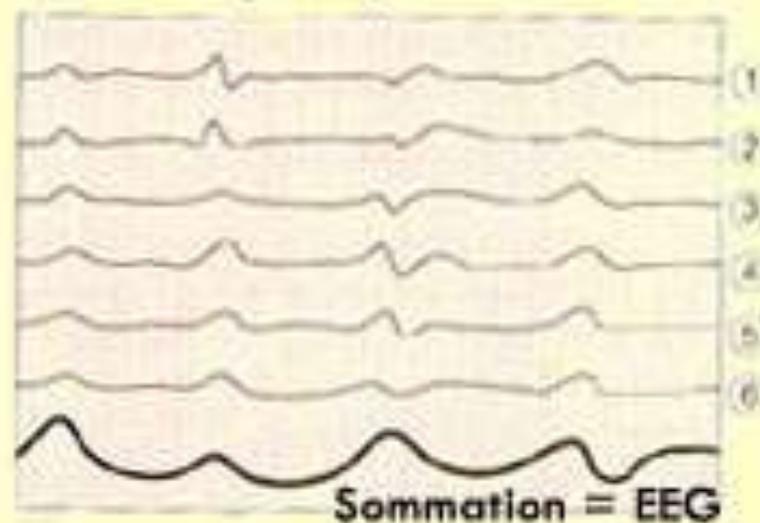
Décharges irrégulières



Neurons that fire together
wire together

Neurons out of sync
fail to link

Décharges synchronisées



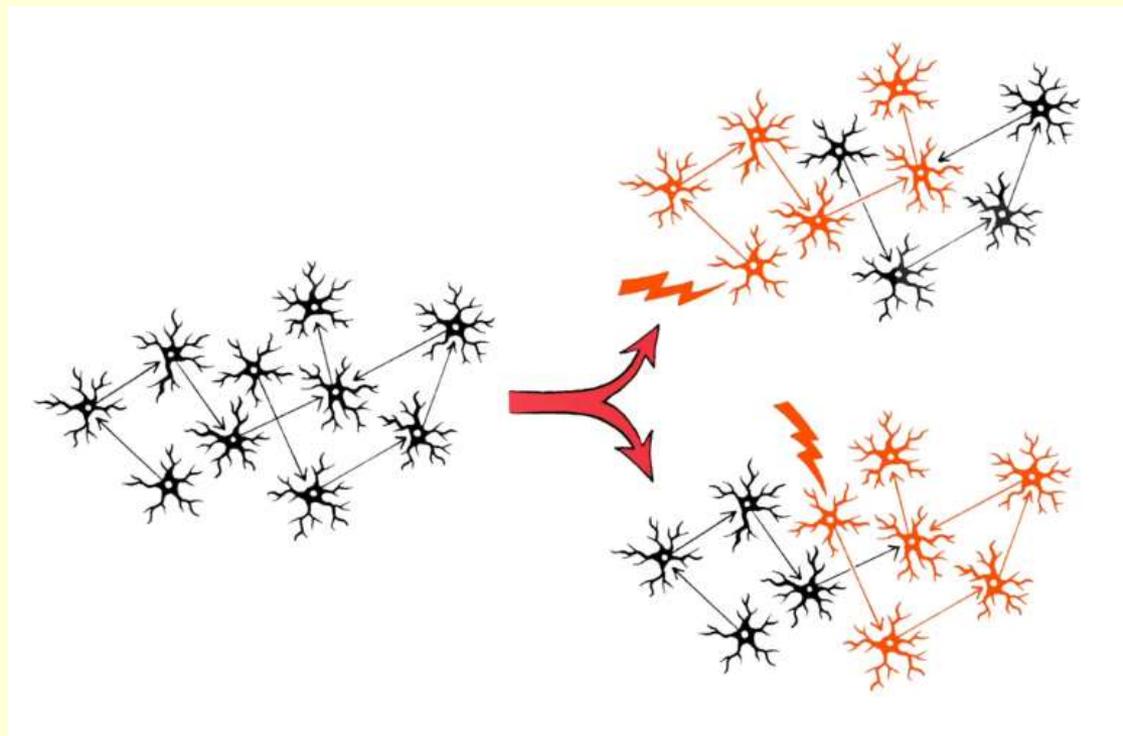
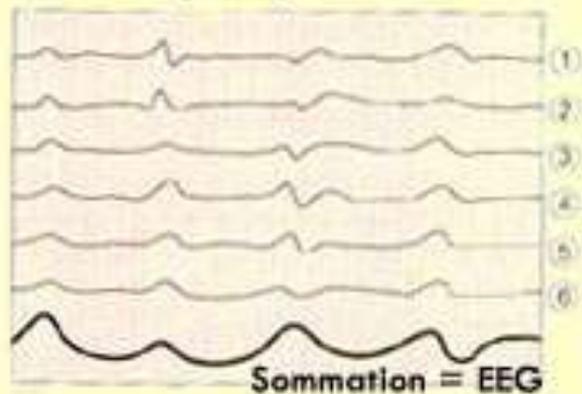
Oscillations et synchronisation d'activité sont plus que des épiphénomène et auraient **plusieurs rôles fonctionnels** comme :



- **lier** différentes propriétés d'un même objet ("binding problem")
- **contrôler** le flux d'information dans certaines régions
- **créer des fenêtres temporelles** où certains phénomènes de plasticité ou de perception sont favorisés ou défavorisés
- Etc...

La synchronisation des oscillations rend donc possible la formation
d'assemblées de neurones transitoires

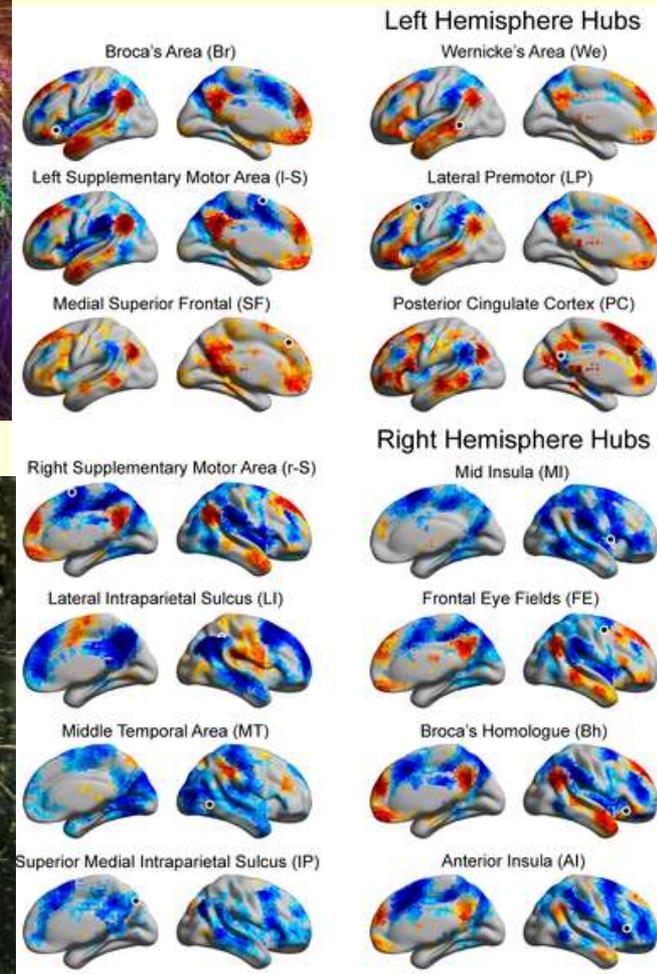
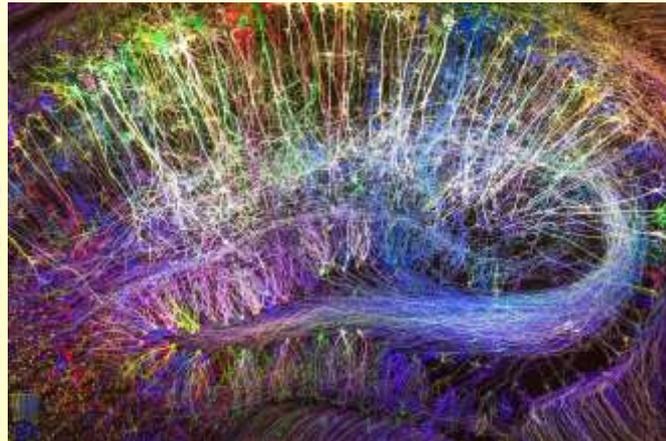
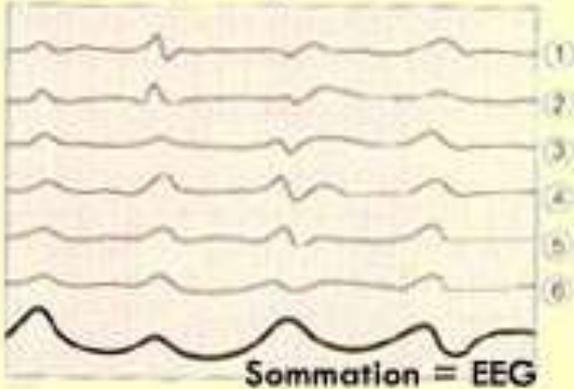
Décharges synchronisées



La synchronisation des oscillations rend donc possible la formation d'assemblées de neurones transitoires

qui se produisent non seulement dans certaines structures cérébrales, mais dans des réseaux largement distribués à l'échelle du cerveau entier.

Décharges synchronisées

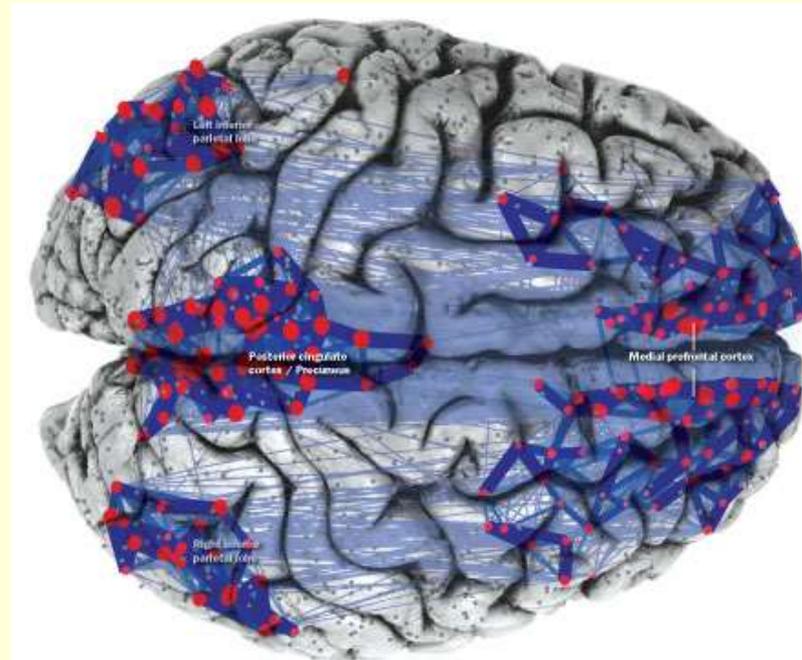
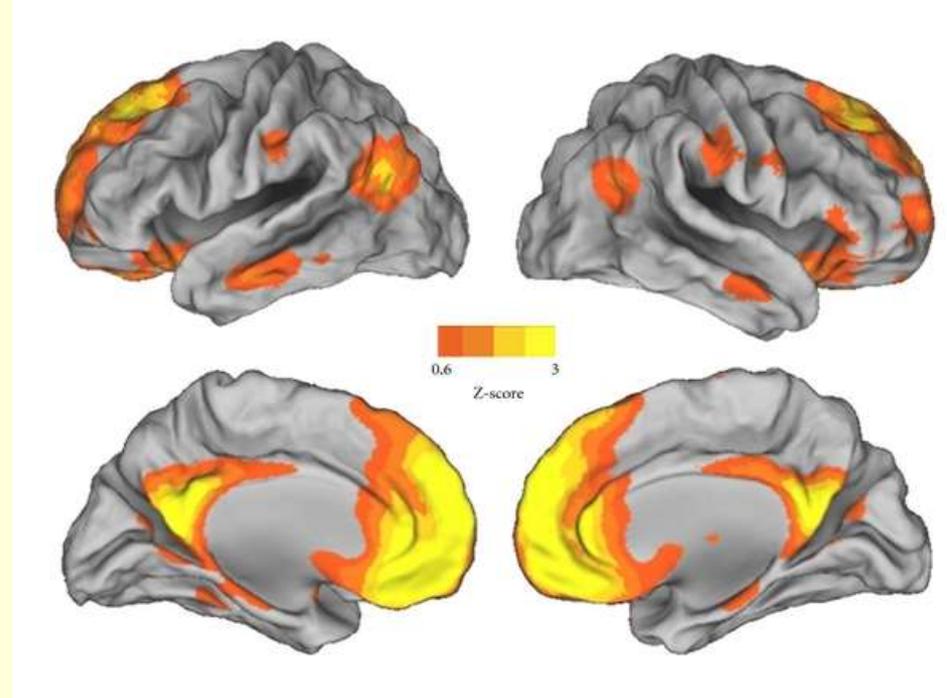


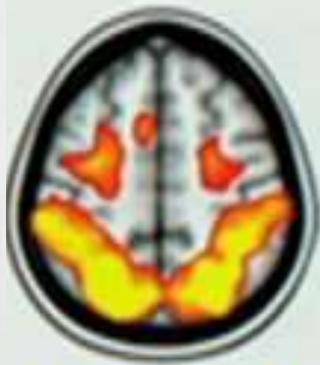
Exemple :

Réseau du mode par défaut

Les régions impliquées dans ce circuit sont déjà connues pour être plus actives quand :

- notre esprit vagabonde (quand on est « dans la lune »);
- lorsqu'on évoque des souvenirs personnels;
- qu'on essaie de se projeter dans des scénarios futurs;
- ou de comprendre le point de vue des autres.



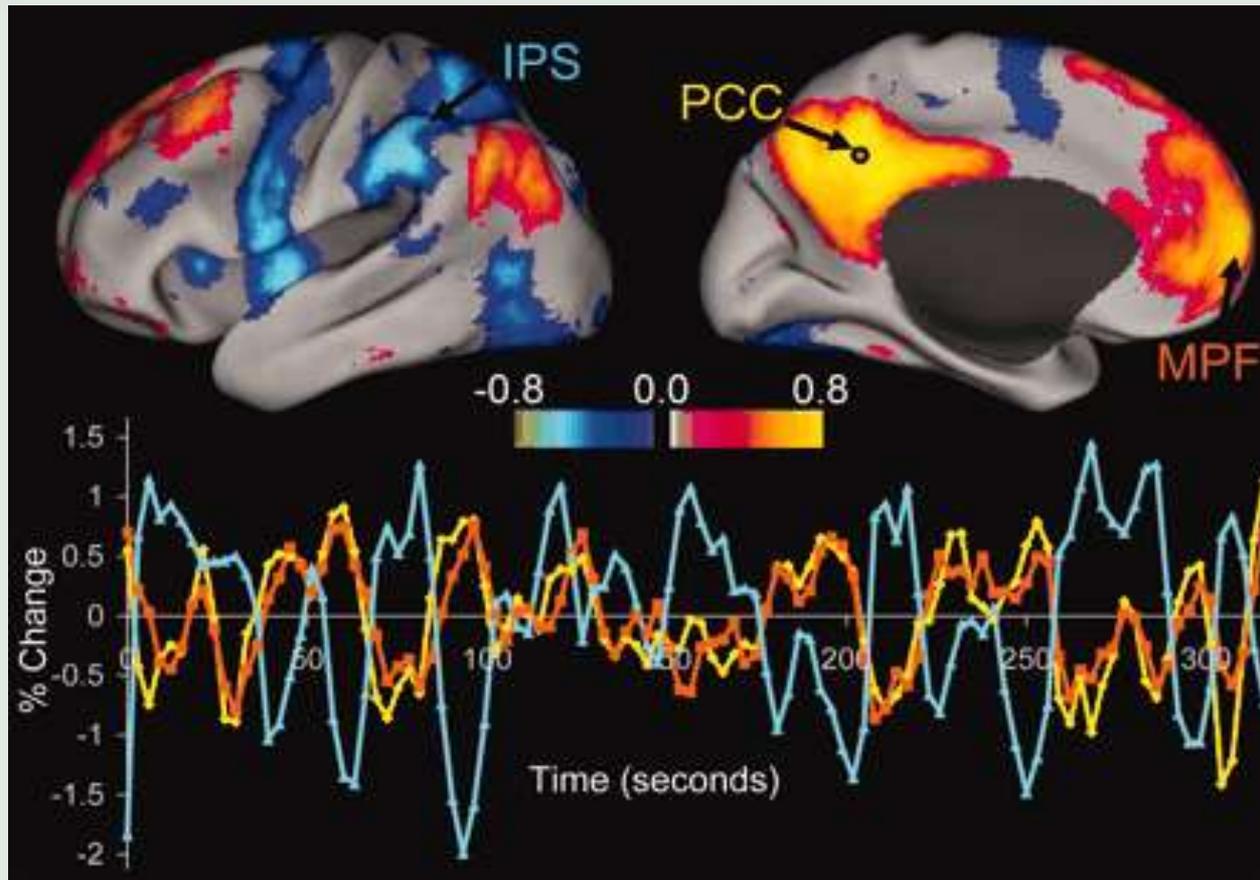


Dorsal Attention Network

↑ « idées noires » ?



Default Mode Network



Modèles impliquant le réseau du mode par défaut en **psychiatrie**
pour la dépression :

Depressive Rumination, the Default-Mode Network, and the Dark Matter of Clinical Neuroscience

J. Paul Hamilton, Madison Farmer, Phoebe Fogelman, Ian H. Gotlib

February 24, 2015

<http://www.biologicalpsychiatryjournal.com/article/S0006-3223%2815%2900143-2/abstract>

Default mode network mechanisms of transcranial magnetic stimulation in depression.

Liston C, Chen AC, Zebley BD, Drysdale AT, Gordon R, Leuchter B, Voss HU, Casey BJ, Etkin A, Dubin MJ.

2014 Feb 5.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24629537>

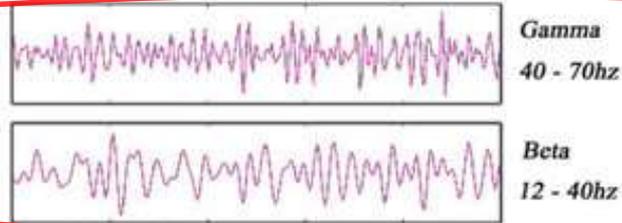
12 grands principes :

...

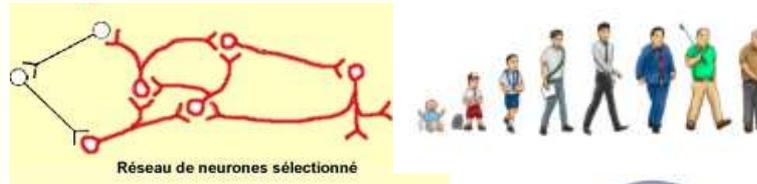
- 7) On a différentes structures cérébrales différenciée, mais on ne peut pas leur accoler une **étiquette fonctionnelle unique**.
- 8) Des mécanismes comme la **neuromodulation** et la **synchronisation** d'activité permettent la formation de réseaux transitoires
- 9) **L'engramme mnésique se situe à plusieurs niveaux**

Des processus dynamiques à différentes échelles de temps :

Perception
et action



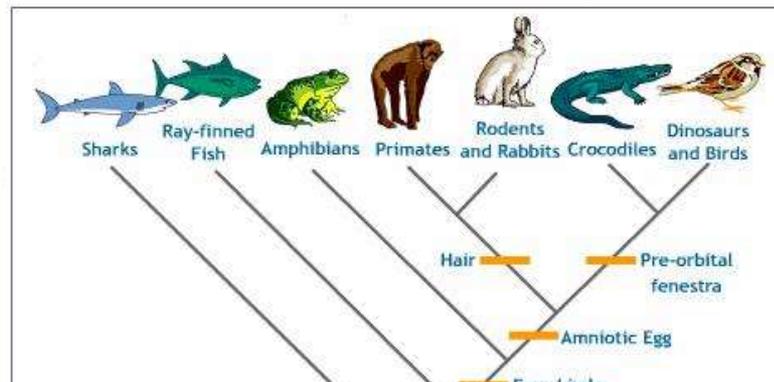
Apprentissage



Développement

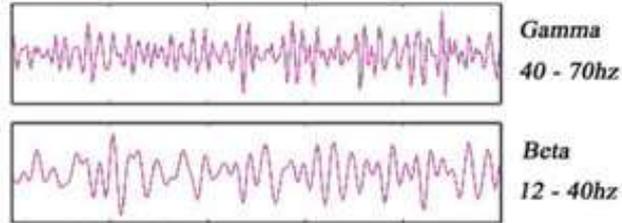


Évolution
biologique

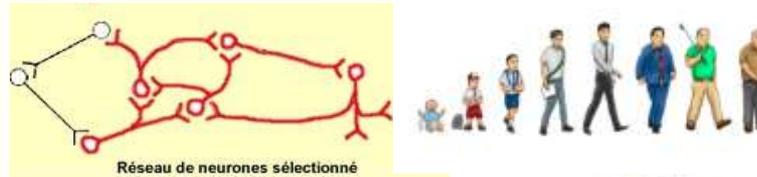


Des processus dynamiques à différentes échelles de temps :

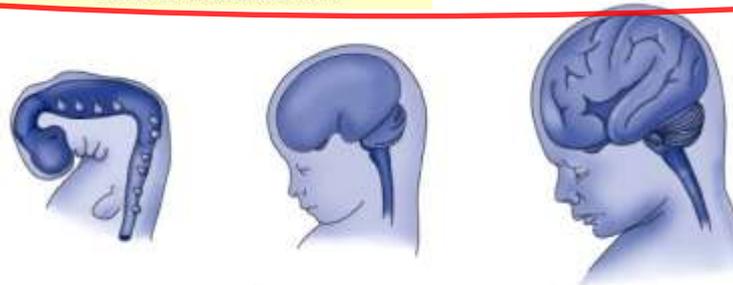
Perception
et action



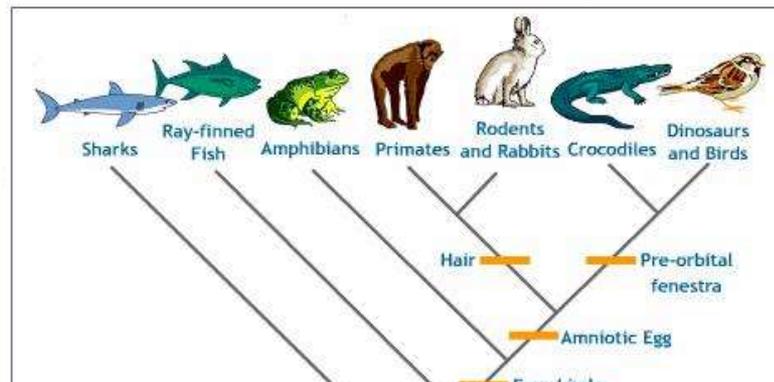
Apprentissage

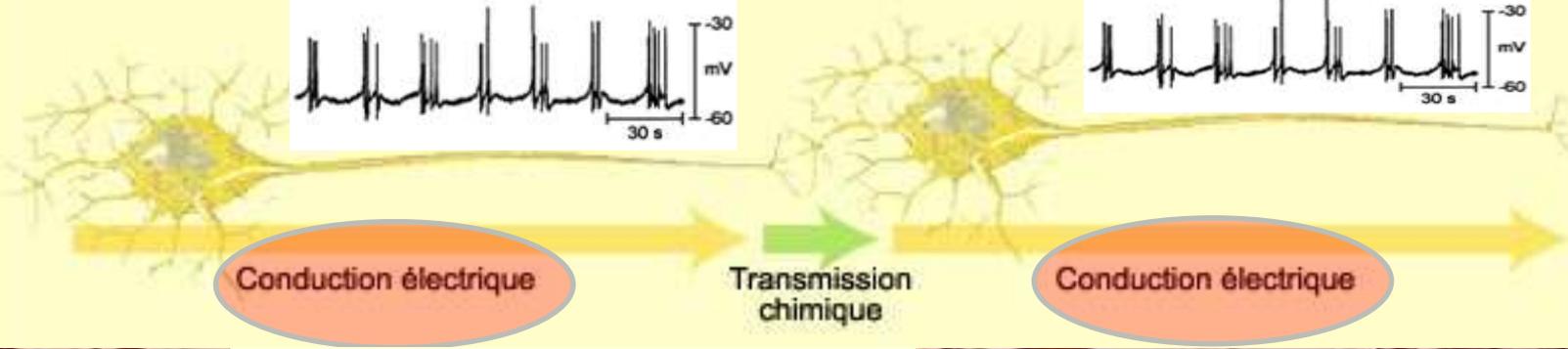


Développement



Évolution
biologique

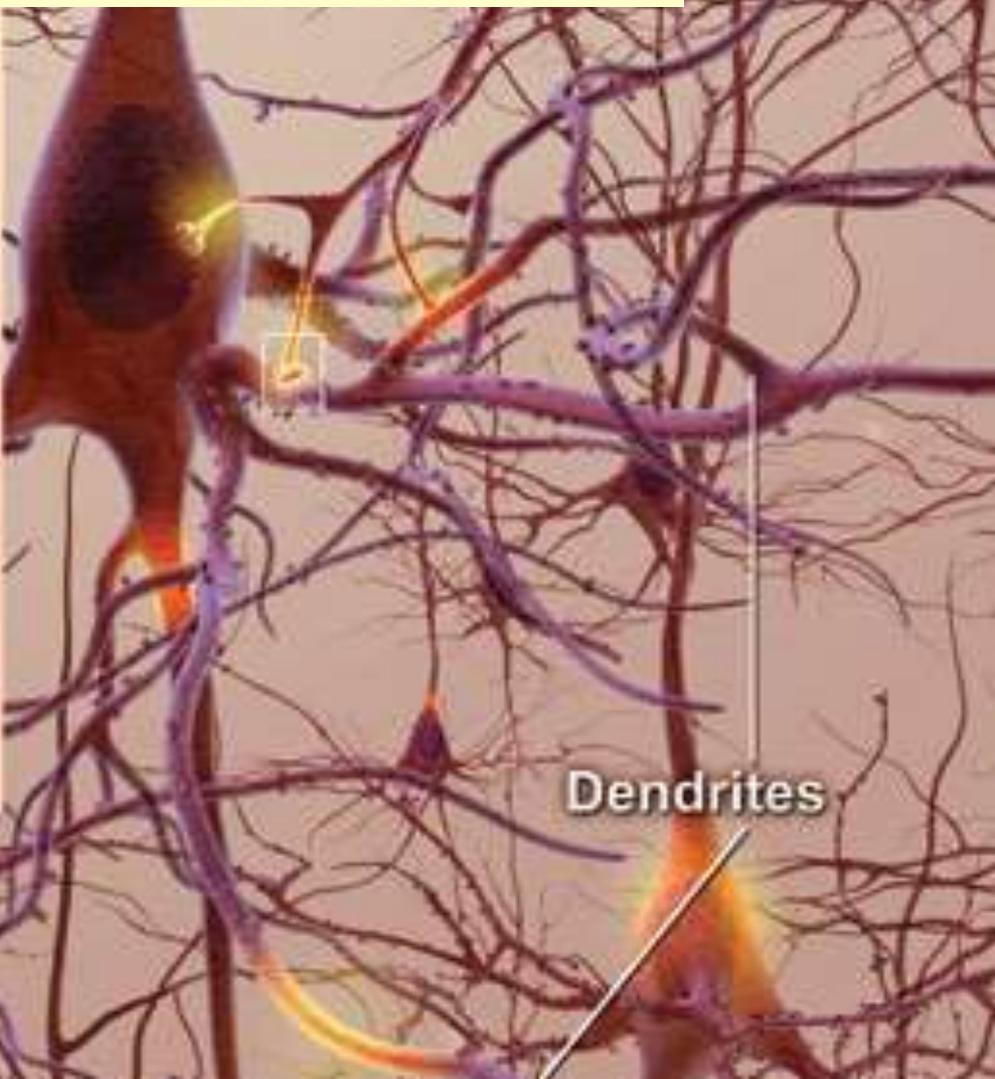
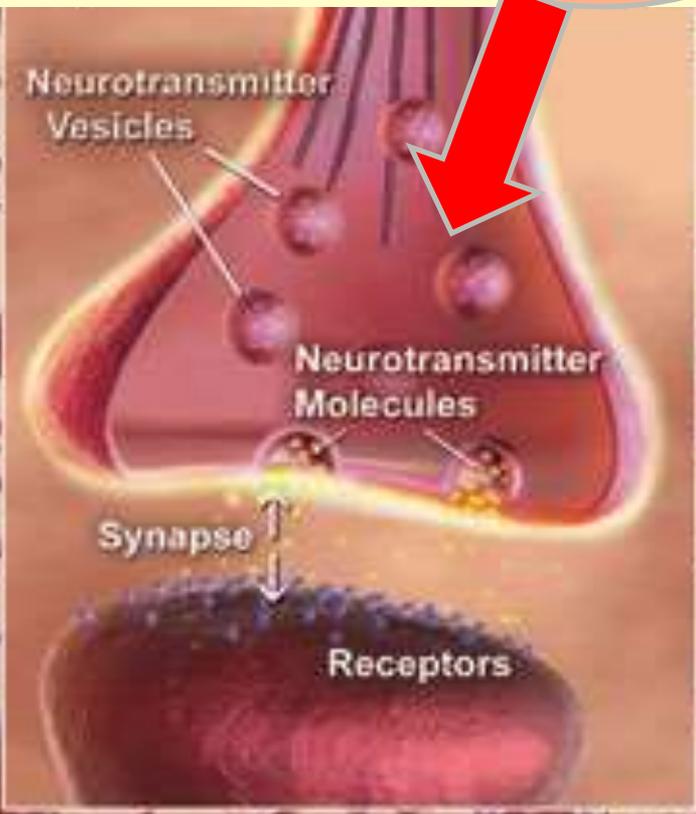
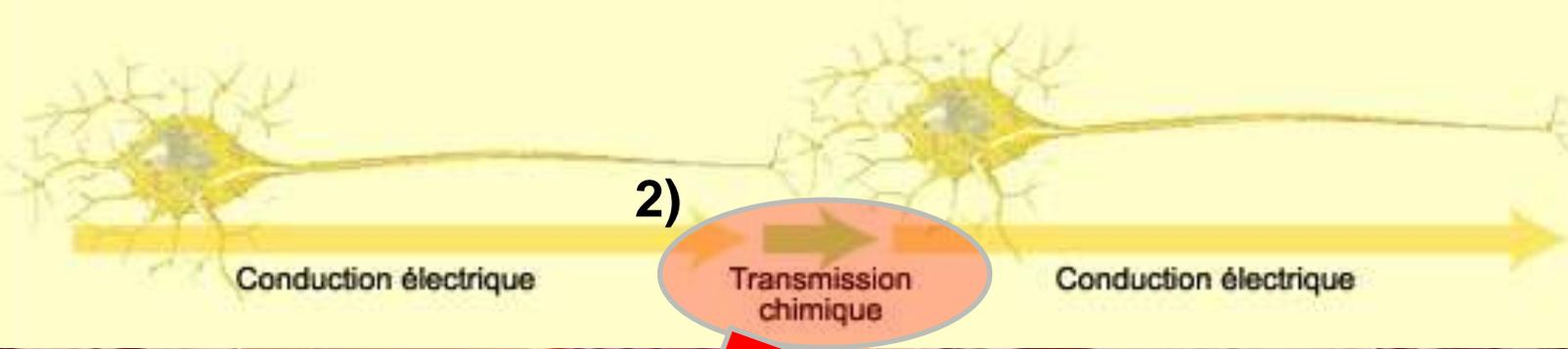


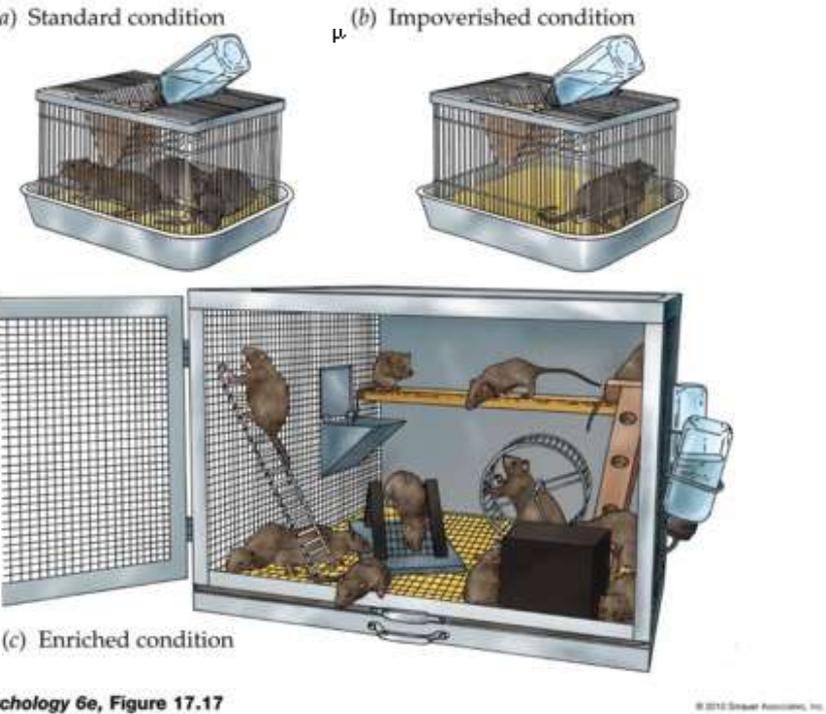


La communication neuronale utilise deux grands mécanismes distincts :

1) la **conduction électrochimique**







Documentaire :

Mon histoire d'amour avec le cerveau

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

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

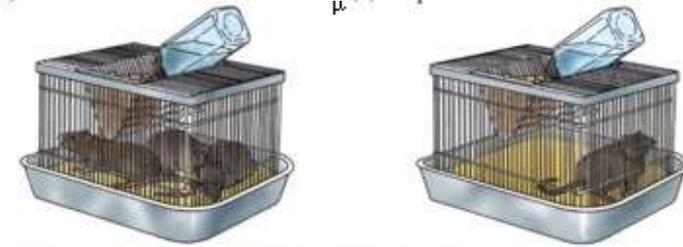


Début des années 1960



a) Standard condition

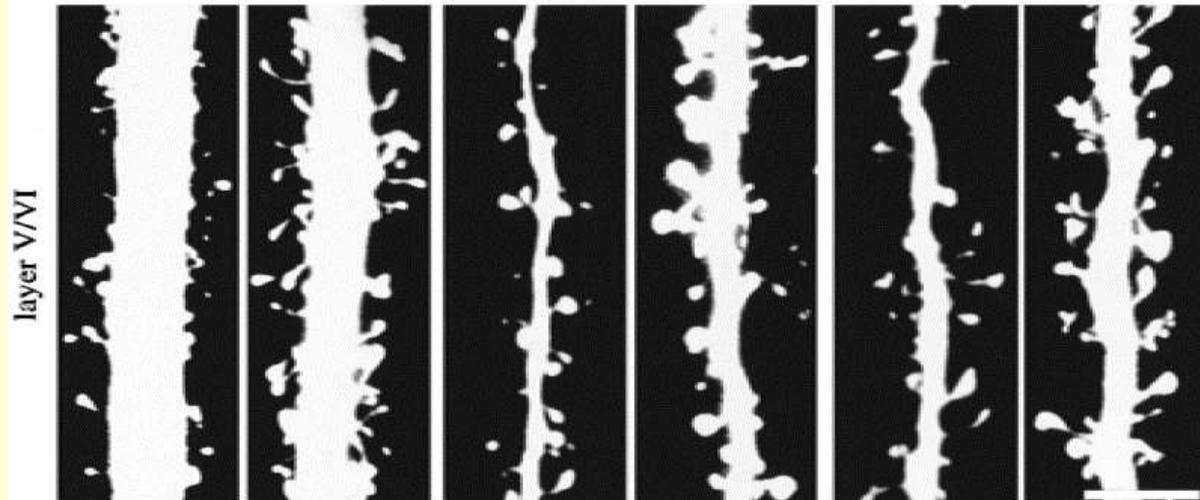
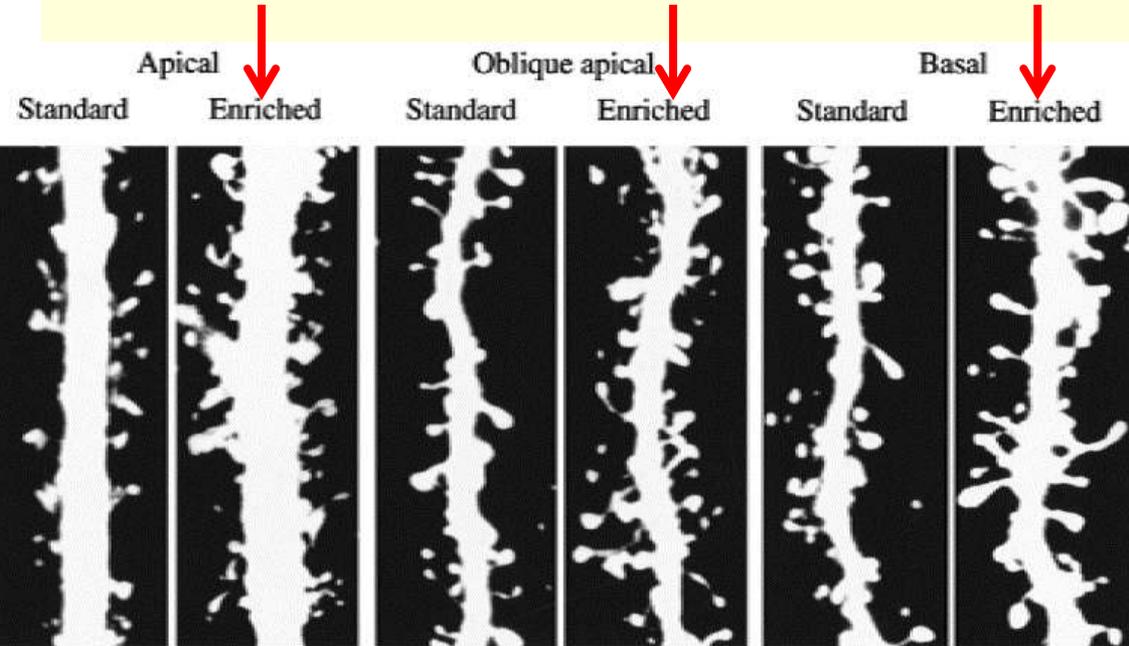
b) Impoverished condition



(c) Enriched condition

Psychology 6e, Figure 17.17

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



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

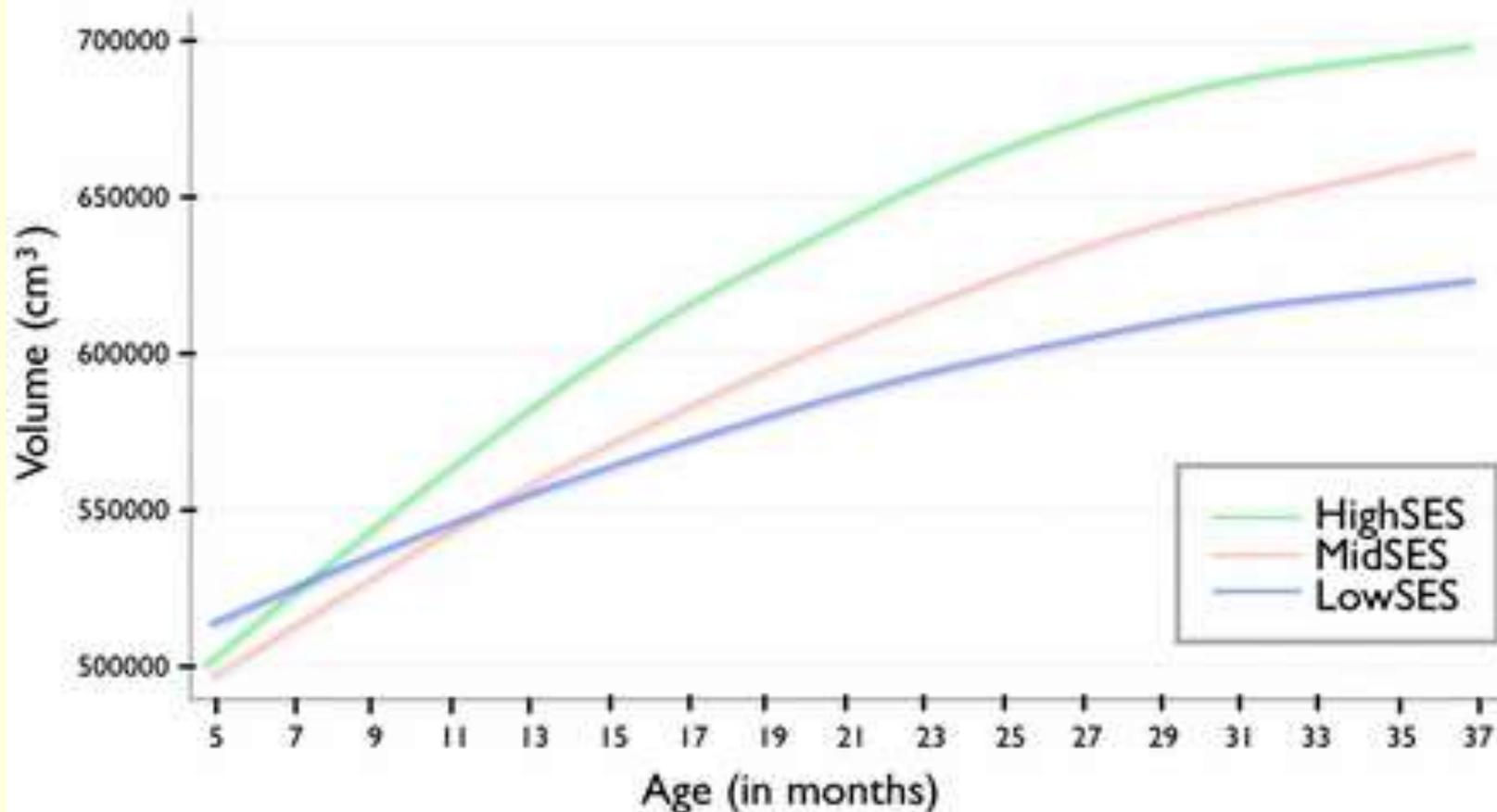
February 03, 2016

The neuroscience of poverty.

http://mindblog.dericbownds.net/2016/02/the-neuroscience-of-poverty.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+Mindblog+%28MindBlog%29

Total Gray Matter

Surtout dans le lobe frontal et l'hippocampe.

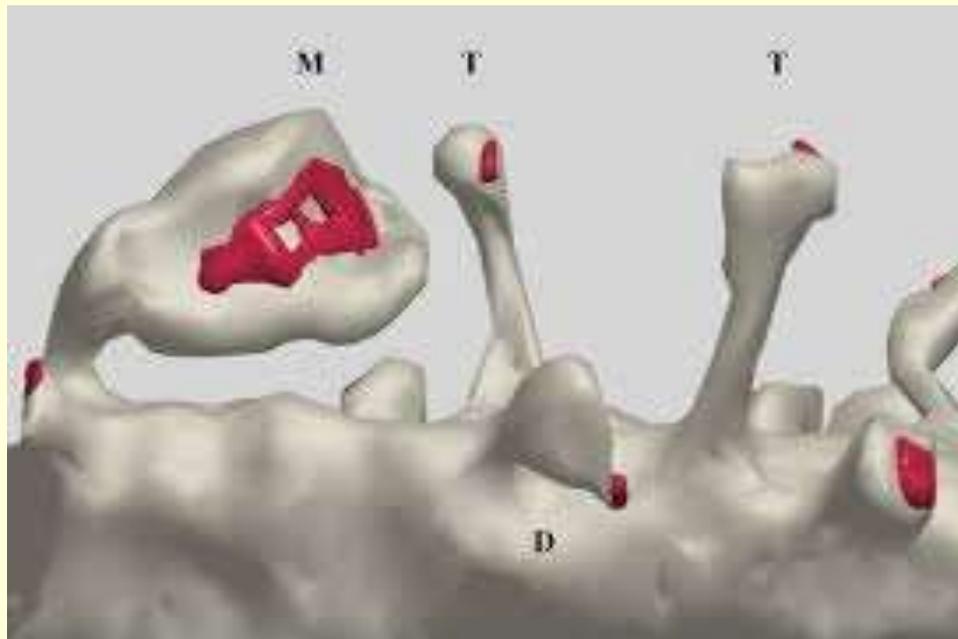




Nos diverses interactions **quotidiennes** avec le monde font **augmenter d'environ 20%** la surface du bout de l'axone et de l'épine dendritique qui se font face.

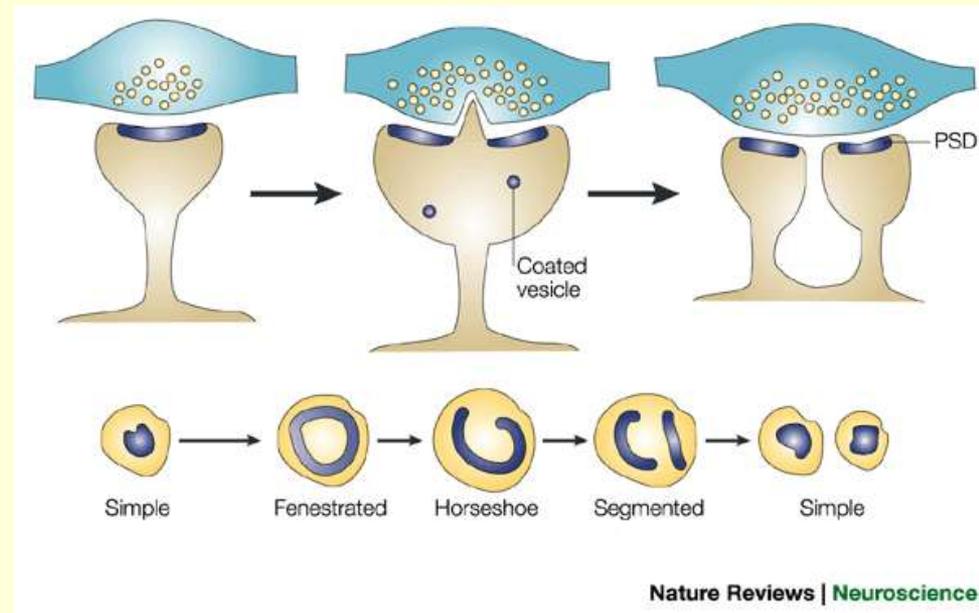
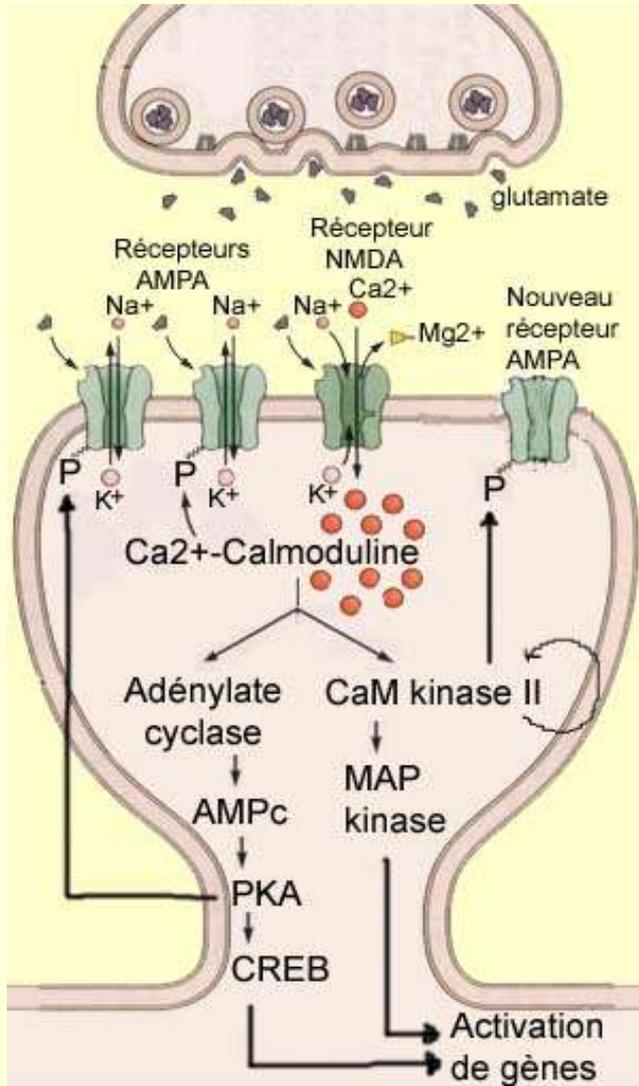
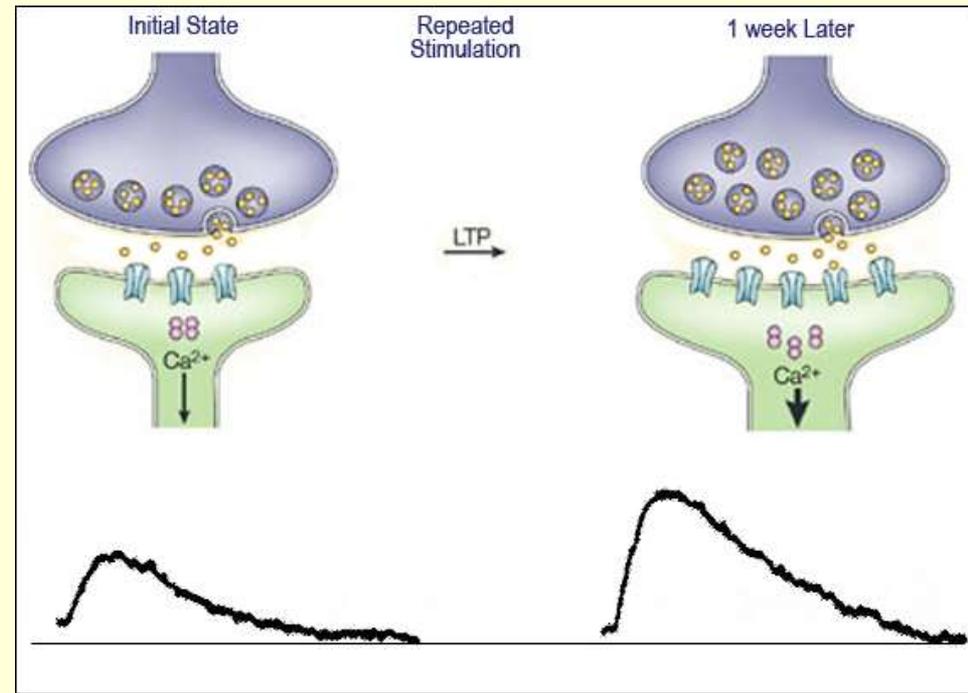
Et l'inverse se produit durant la **nuit** : une **diminution d'environ 20%** de la surface synaptique (sauf peut-être pour celles des souvenirs marquants de la journée).

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



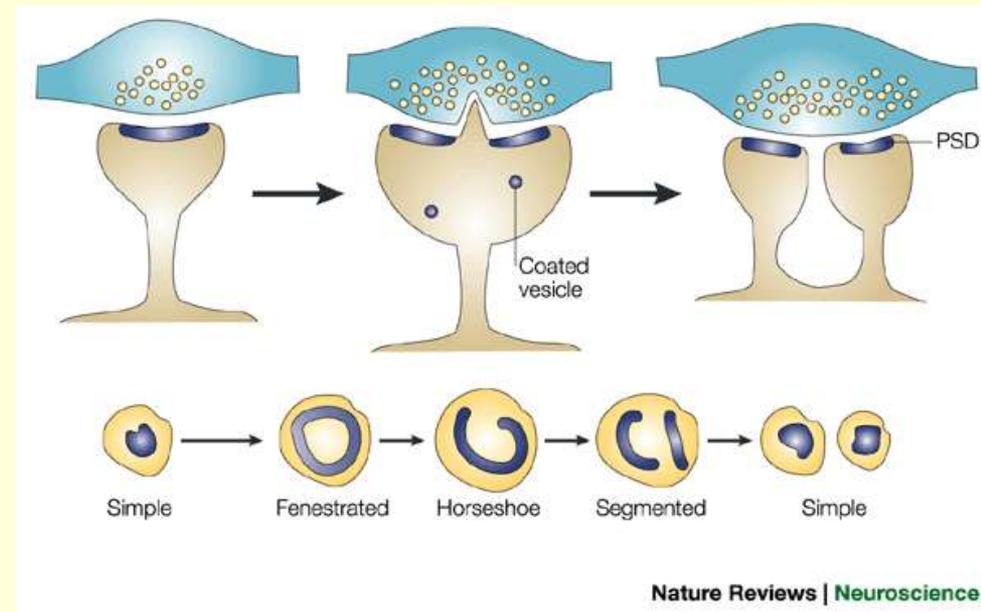
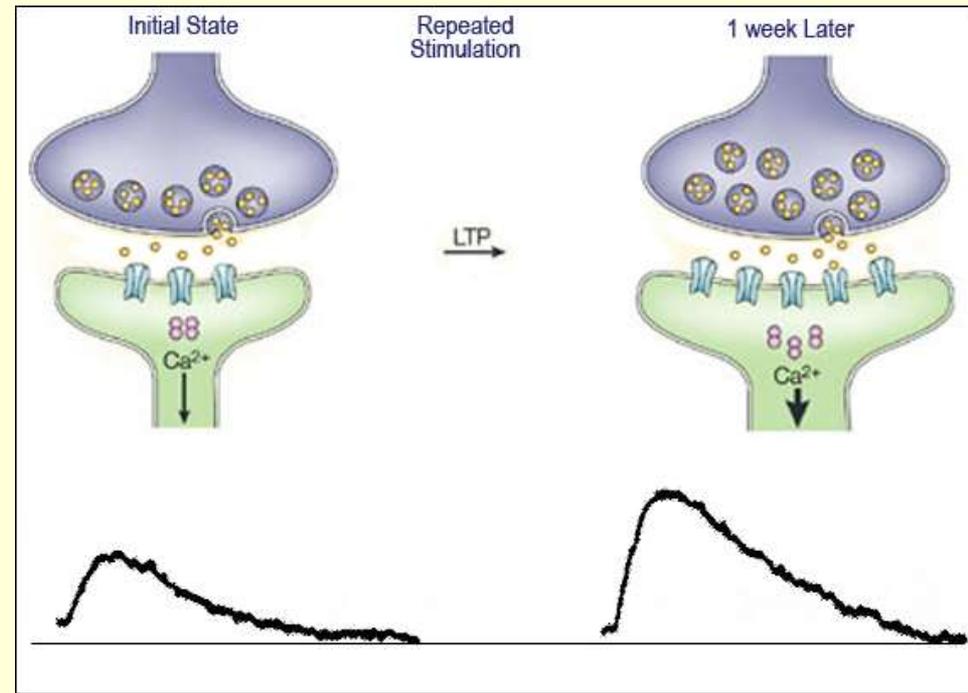
→ « Reset neuronal »
(recalibrage synaptique)
durant le sommeil

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



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

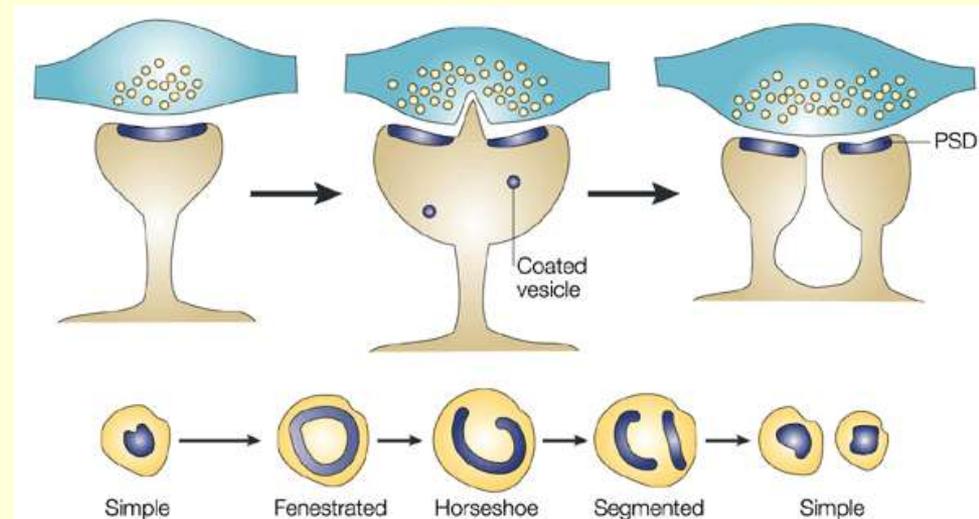
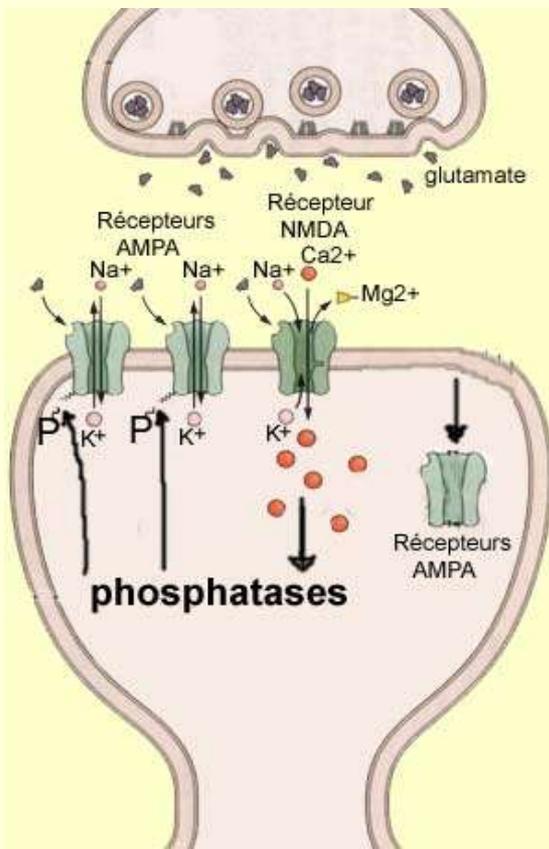
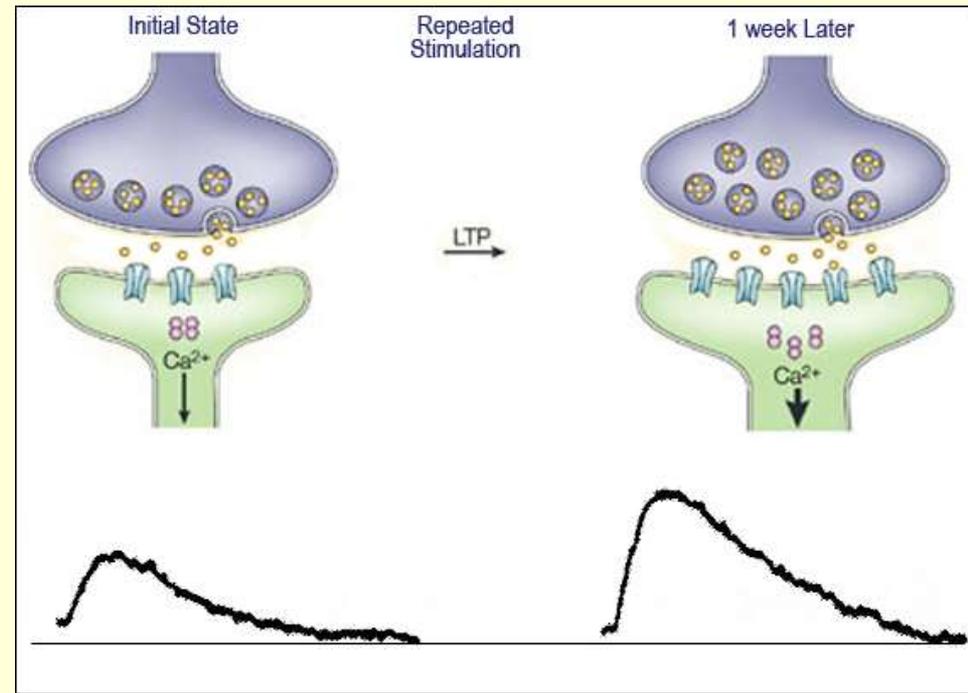
Mais il y en a beaucoup d'autres !



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

Mais il y en a beaucoup d'autres !

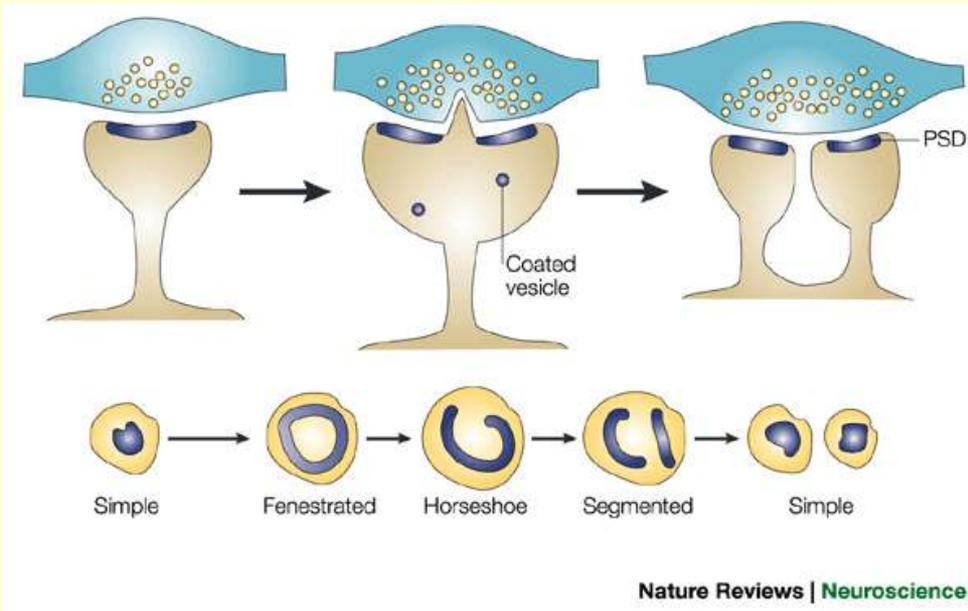
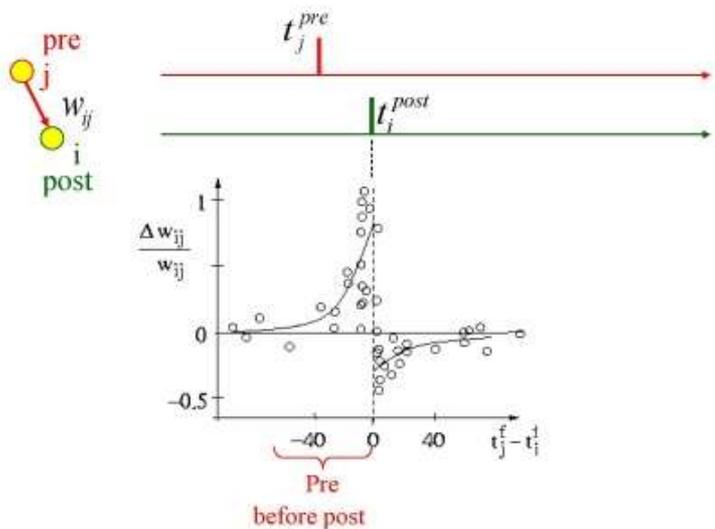
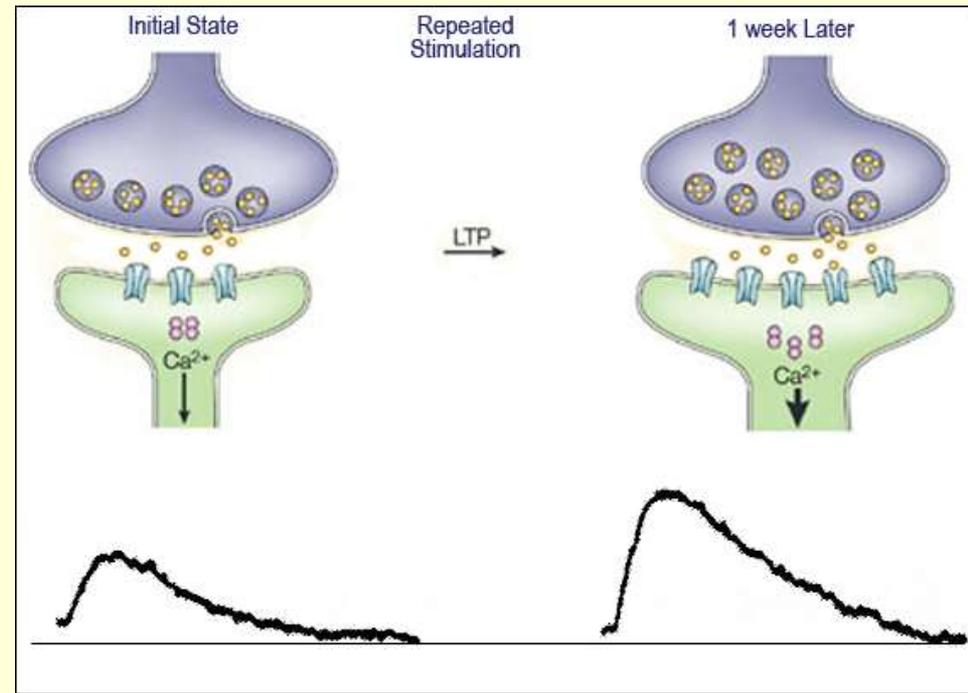
- La **dépression à long terme (DLT)**



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

Mais il y en a beaucoup d'autres !

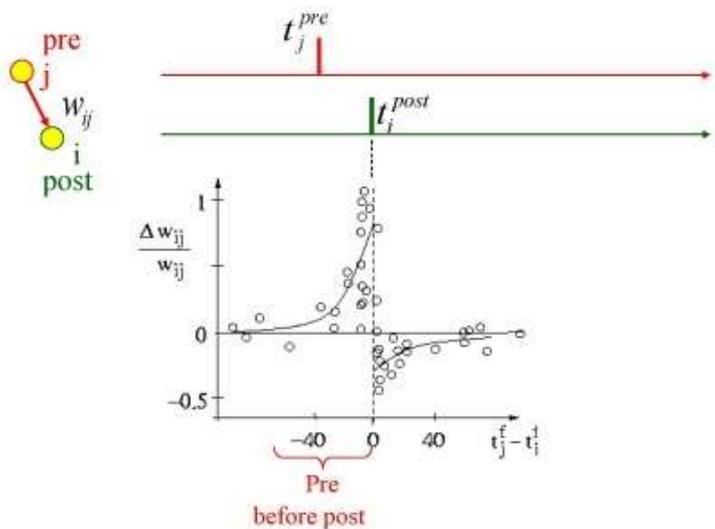
- La **dépression à long terme (DLT)**
- La **plasticité dépendante du temps d'occurrence des impulsions** (« Spike-timing-dependent plasticity » ou STDP)



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

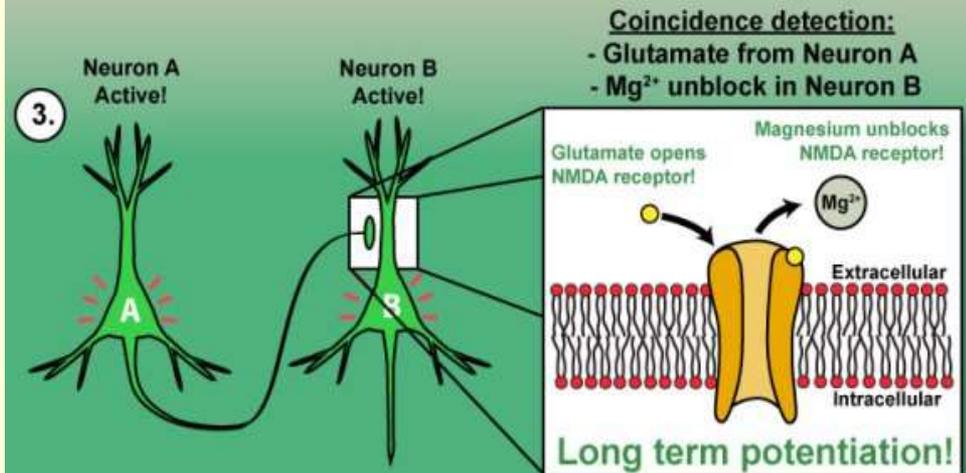
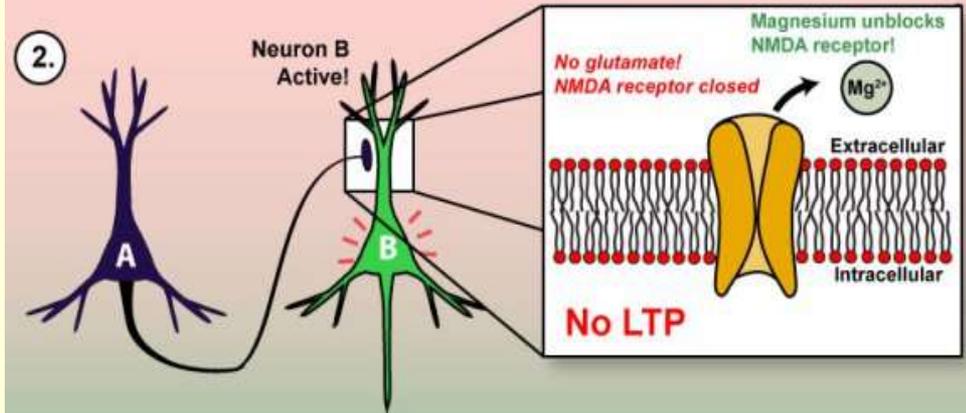
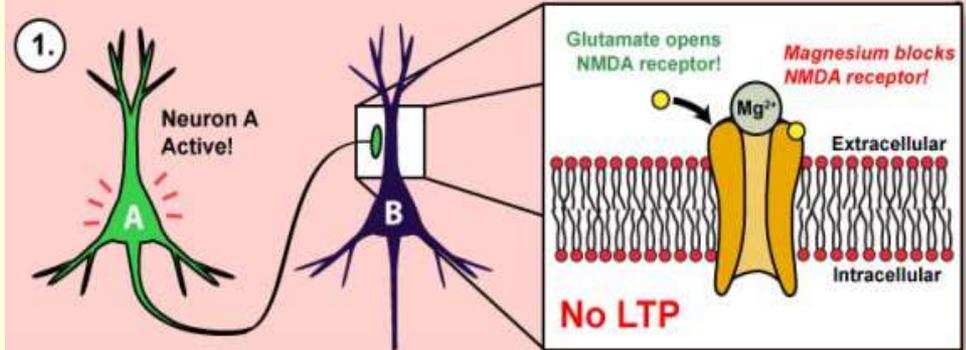
Mais il y en a beaucoup d'autres !

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

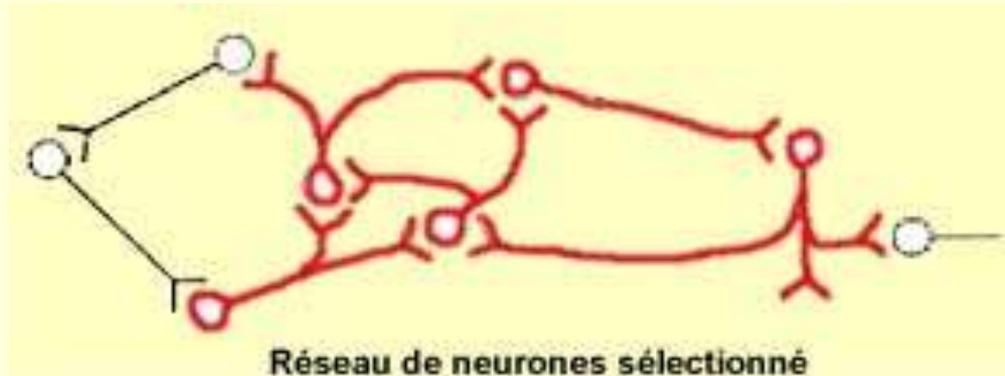


What a Coincidence!

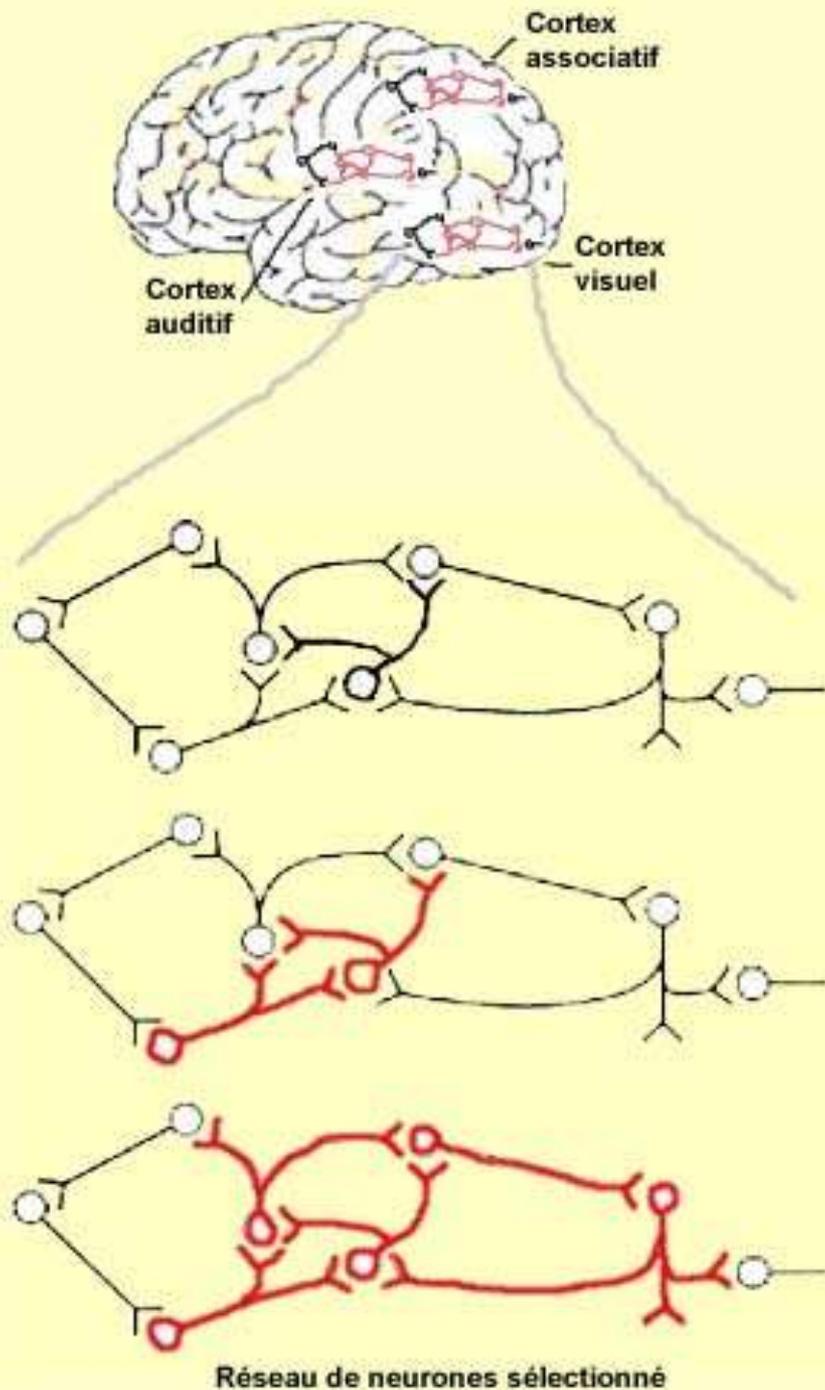
Magnesium, NMDA Receptors, and LTP



Assemblées de neurones



Étudier, s'entraîner, apprendre...

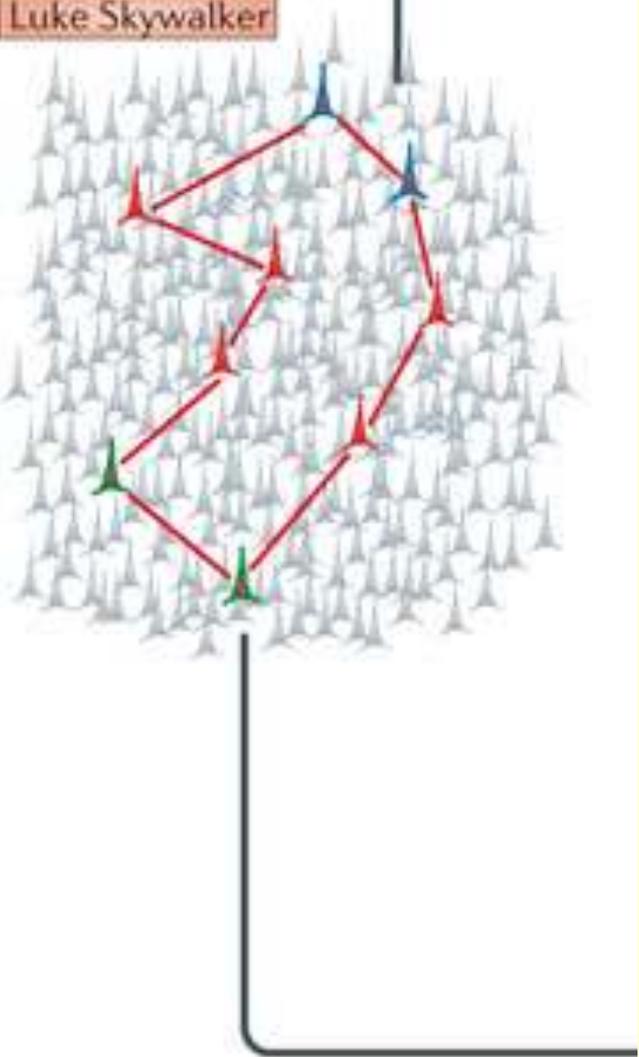


...c'est renforcer des connexions neuronales.

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



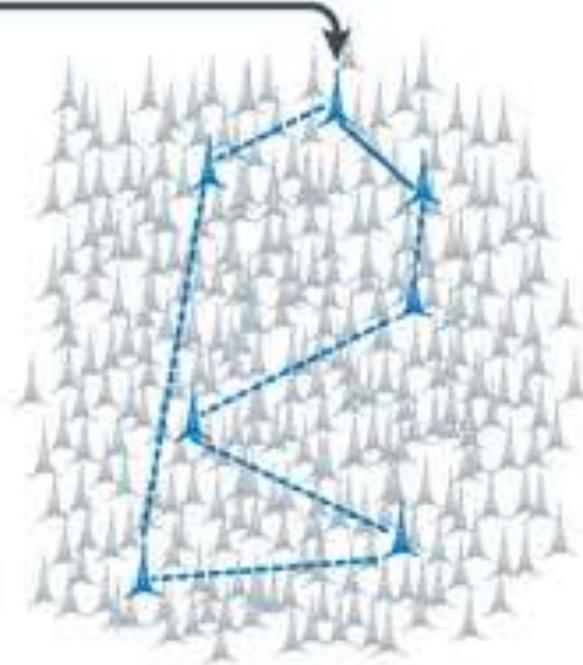
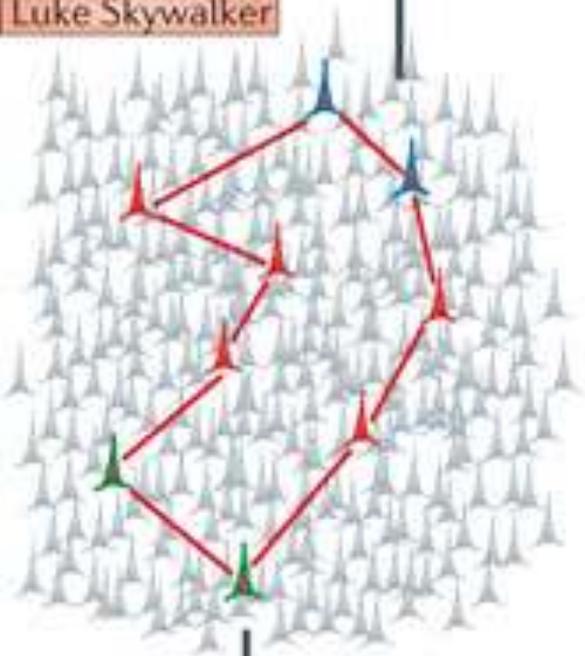
Luke Skywalker



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

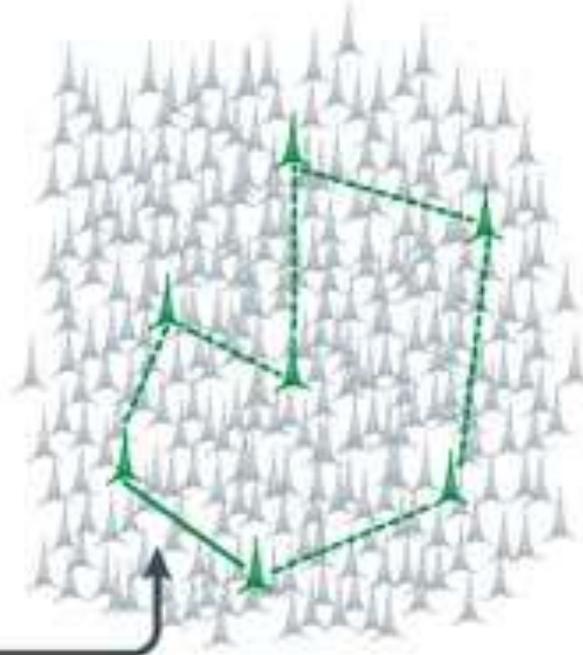


Luke Skywalker



Yoda

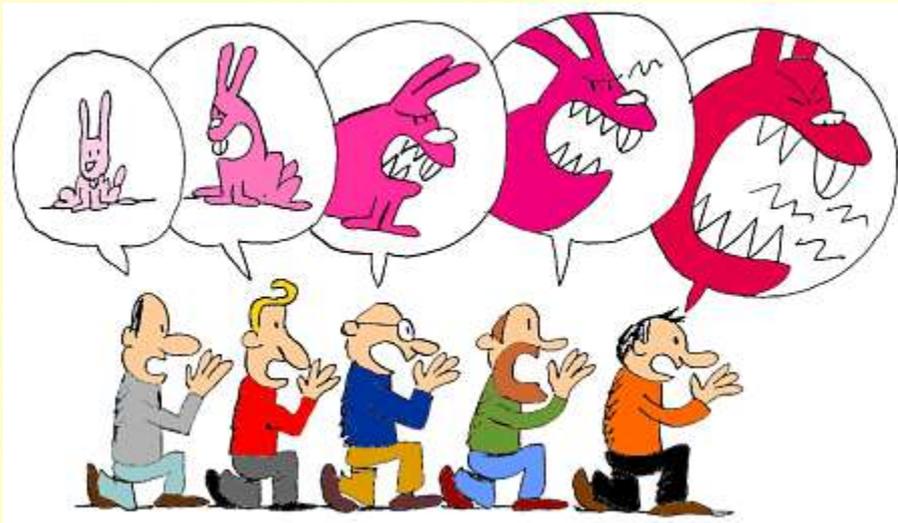
C'est aussi de cette façon qu'un **concept** ou un **souvenir** peut en évoquer un autre...



Darth Vader

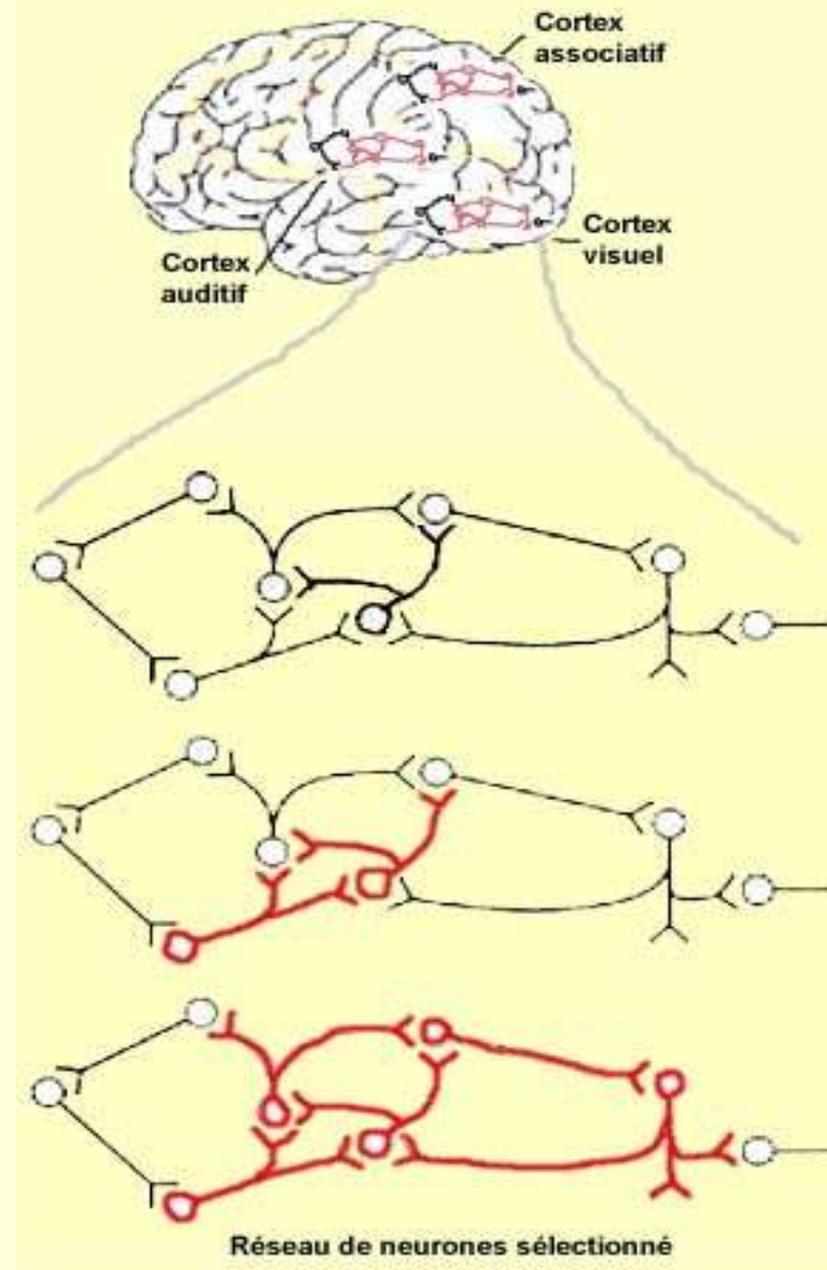
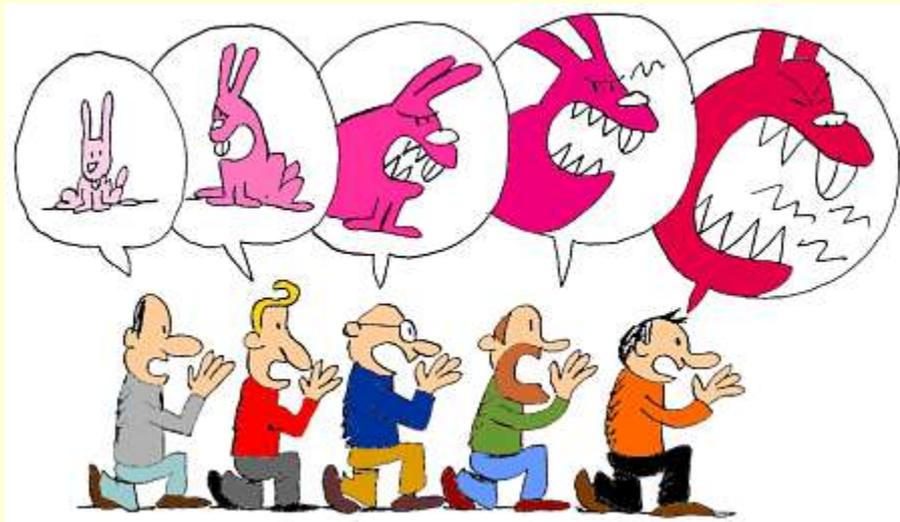
Question quiz :

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

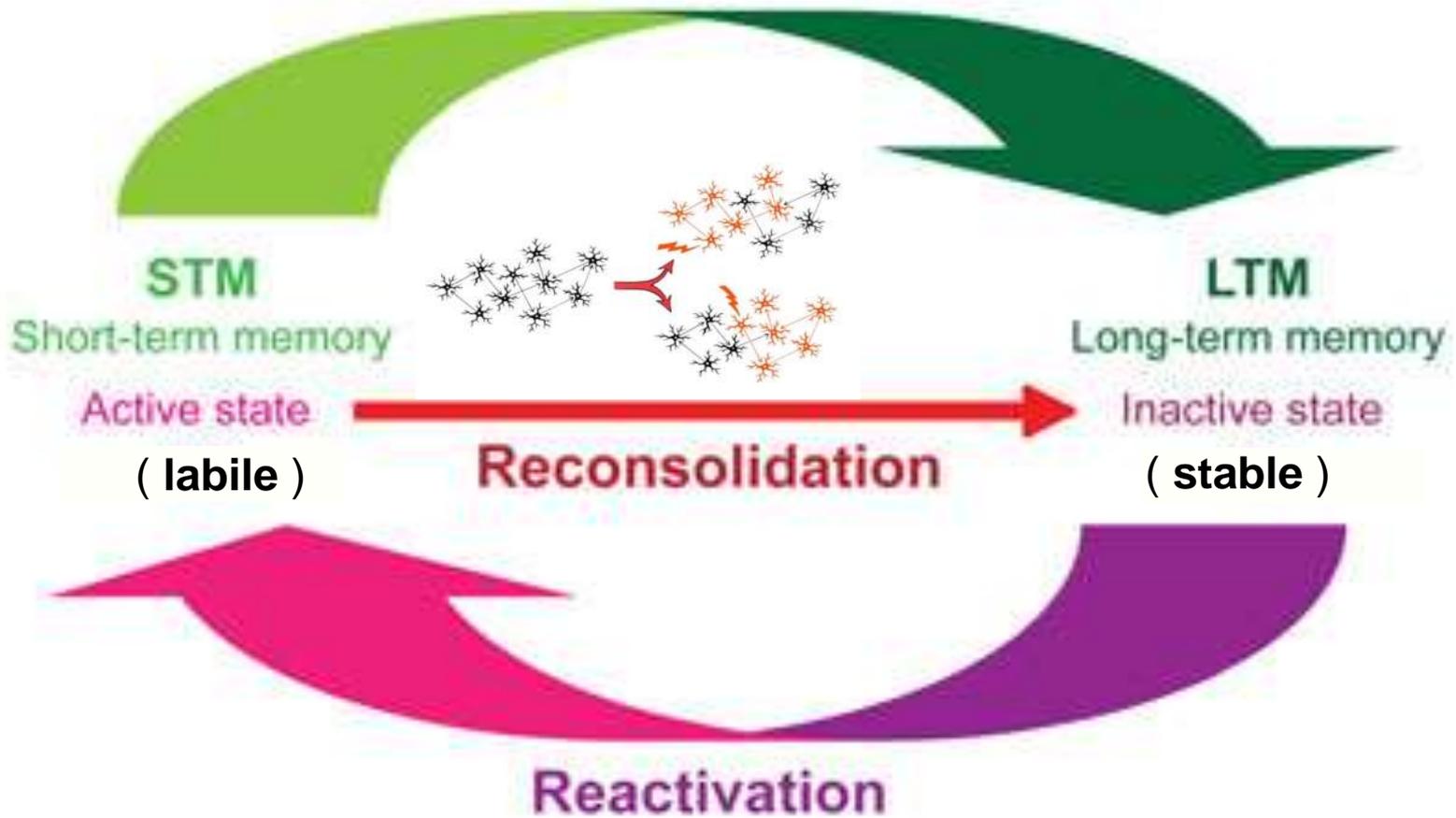


La mémoire humaine est forcément une **reconstruction**.

D'où, par exemple, le phénomène des faux souvenirs.



Consolidation



STM

Short-term memory

Active state

(labile)

Reconsolidation

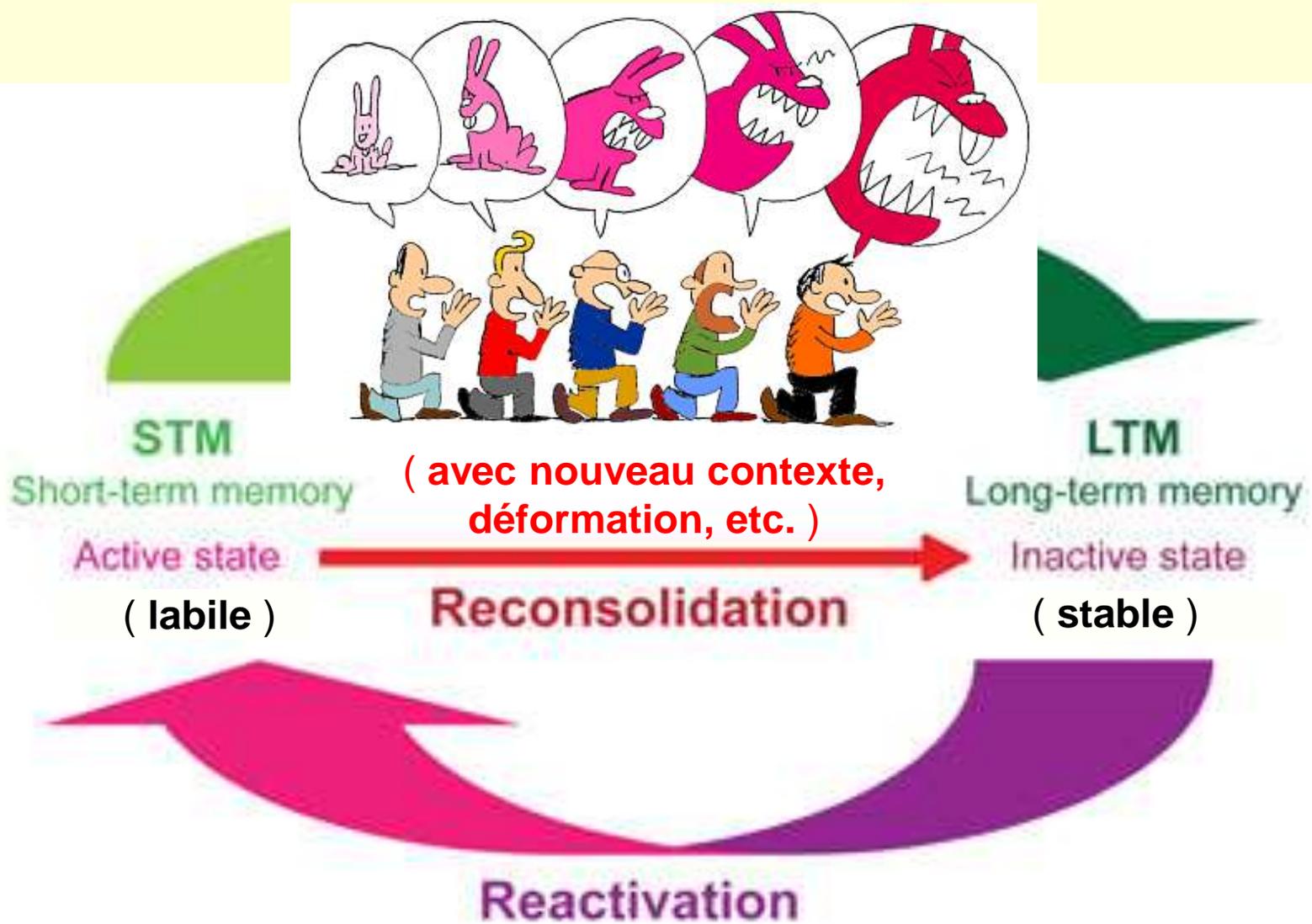
LTM

Long-term memory

Inactive state

(stable)

Reactivation



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

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

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

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

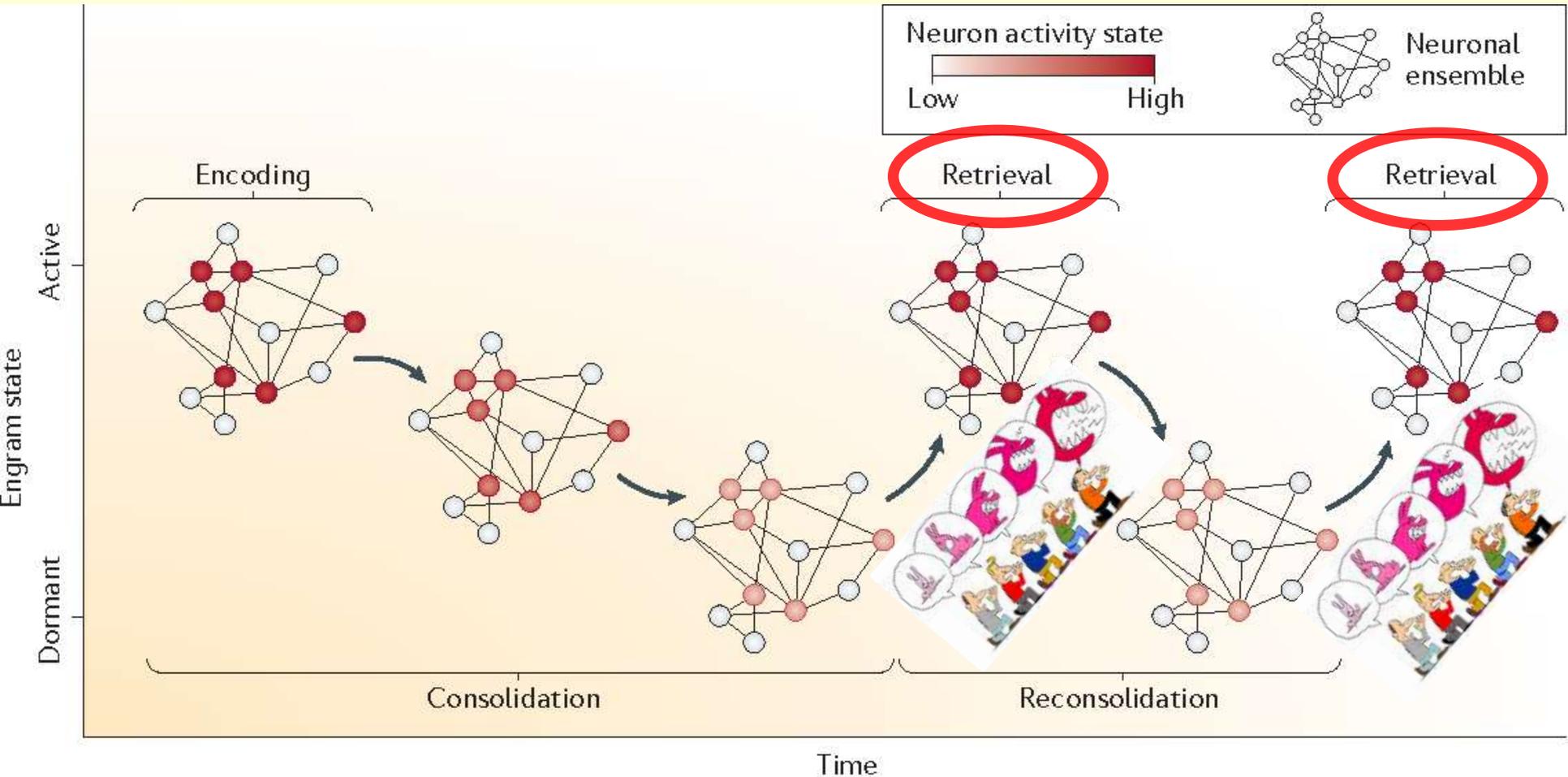


Figure 1 | **The lifetime of an engram** The formation of an engram (encoding) involves strengthening of connections <https://www.semanticscholar.org/paper/Finding-the-engram-Josselyn-K%C3%B6hler/269657152b4666ebd489ee54c2ab17534bb72496>

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

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

30 avril 2019

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

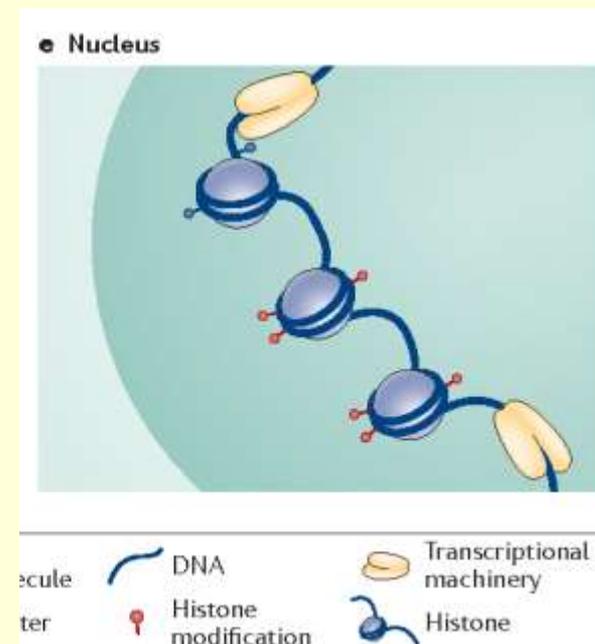
Finding the engram

•Sheena A. Josselyn, Stefan
Köhler, Paul W. Frankland

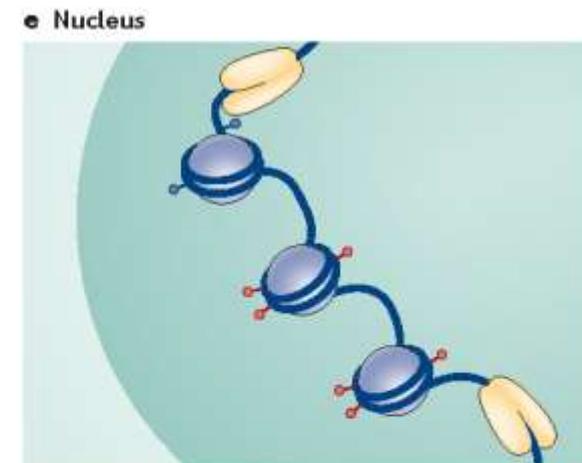
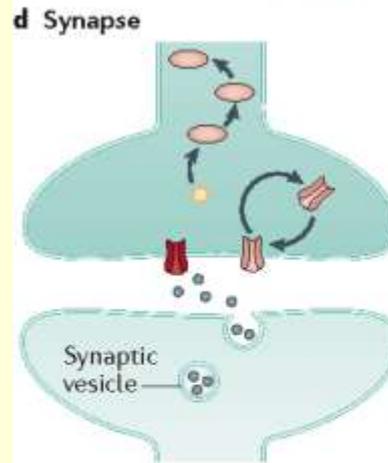
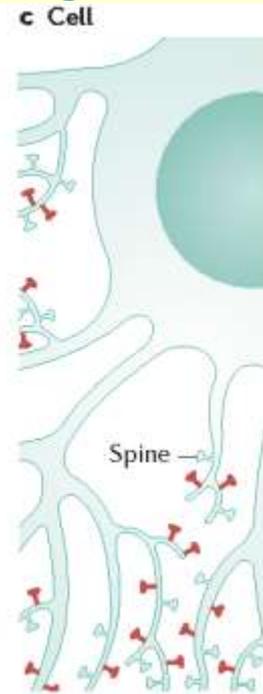
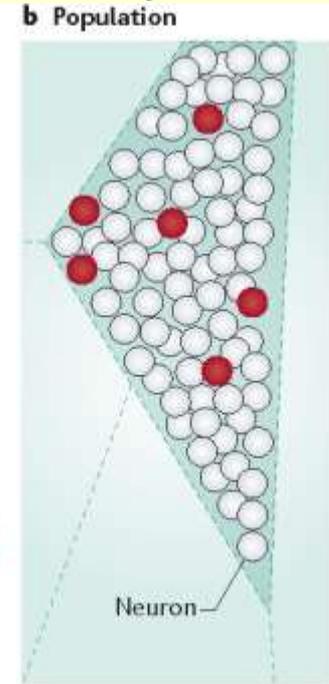
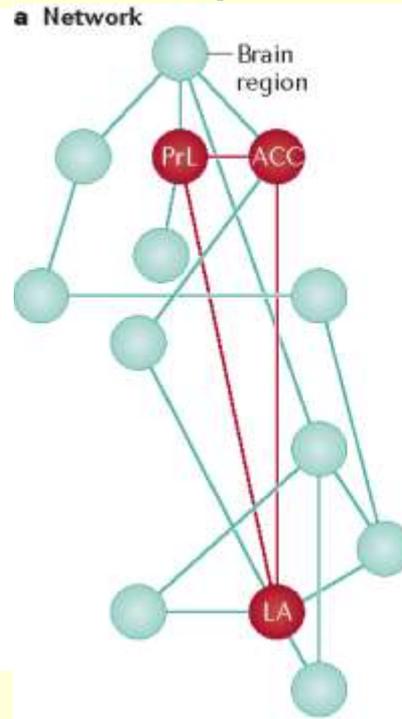
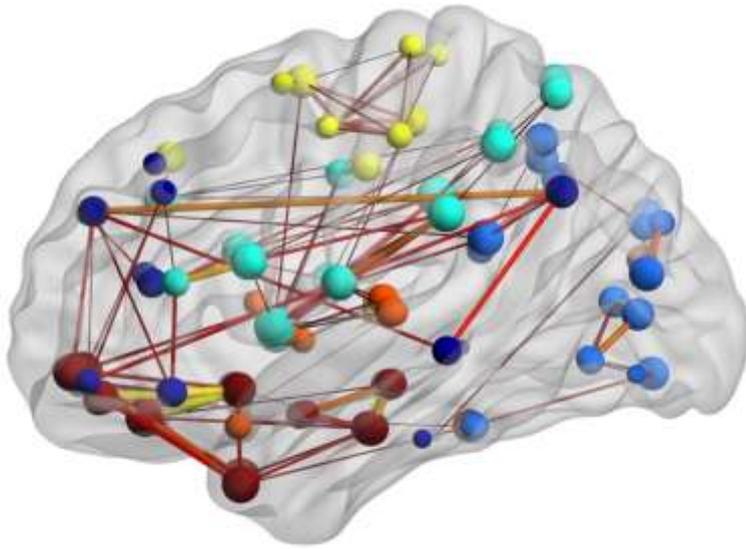
2015 in Nature Reviews

Neuroscience

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



Multiple levels of analysis of an engram



12 grands principes :

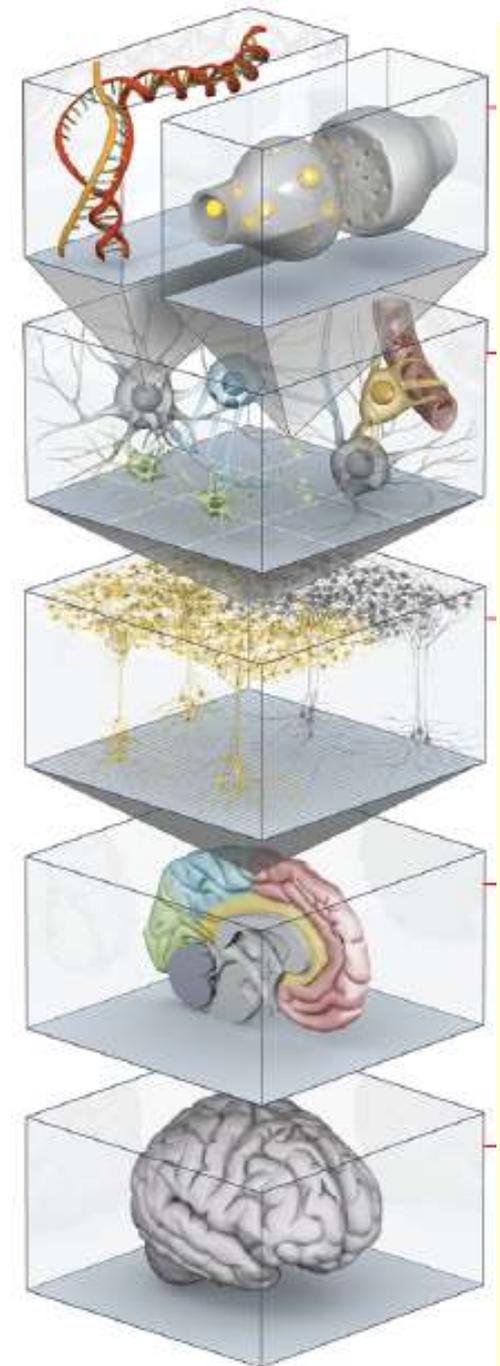
...

- 7) On a différentes structures cérébrales différenciée, mais on ne peut pas leur accoler une **étiquette fonctionnelle unique**.
- 8) Des mécanismes comme la **neuromodulation** et la **synchronisation** d'activité permettent la formation de réseaux transitoires
- 9) **L'engramme mnésique** se situe à plusieurs niveaux
- 10) Le cerveau et le corps sont si **inextricablement liés** qu'il ne font qu'un

Cela nous ramène à nos multiples
niveaux d'organisation

incluant le **corps !**

L'individu
(corps-cerveau)



Or on sait maintenant
que...

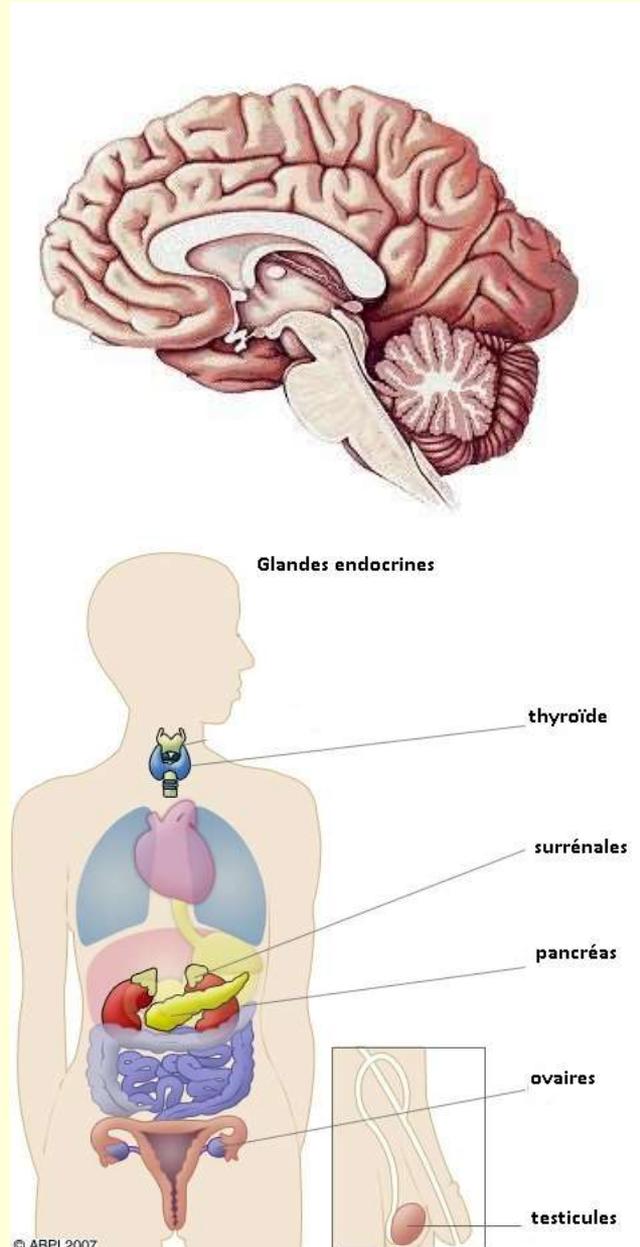
Cerveau

neurotransmetteurs

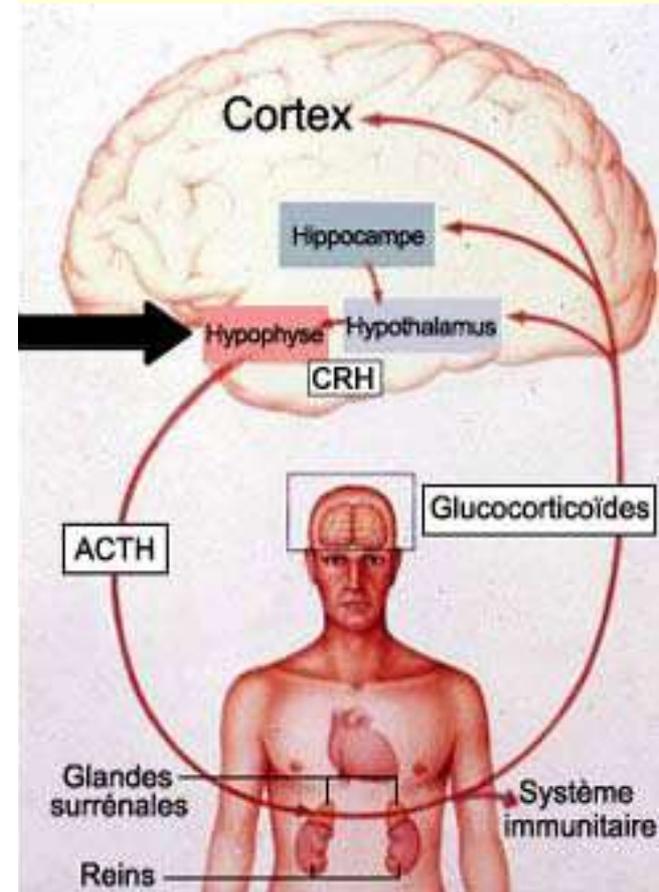


Corps

hormones

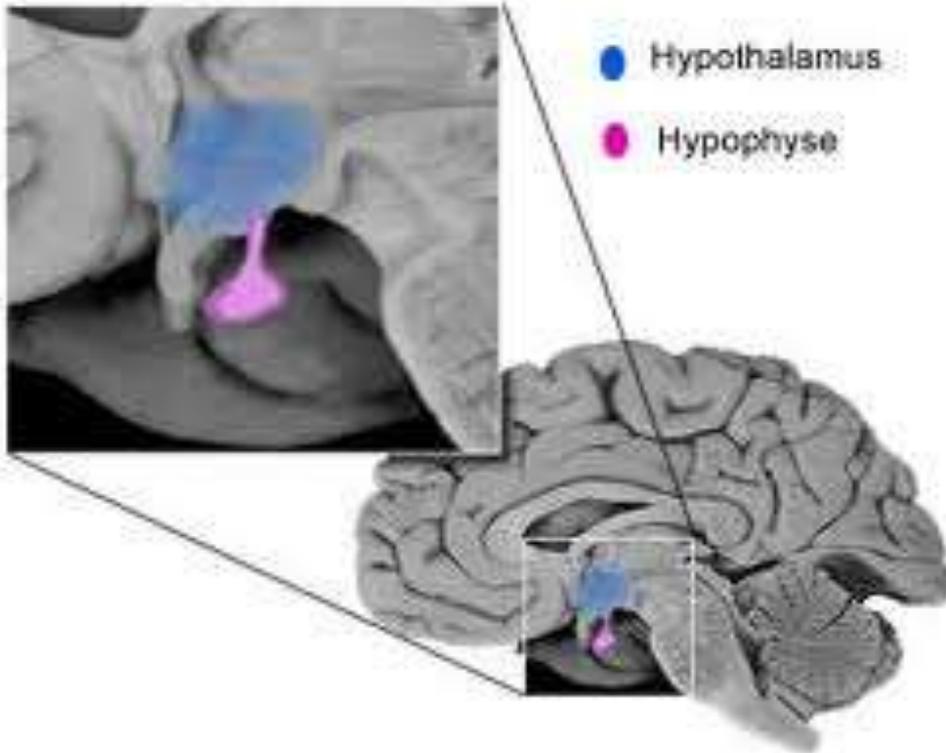
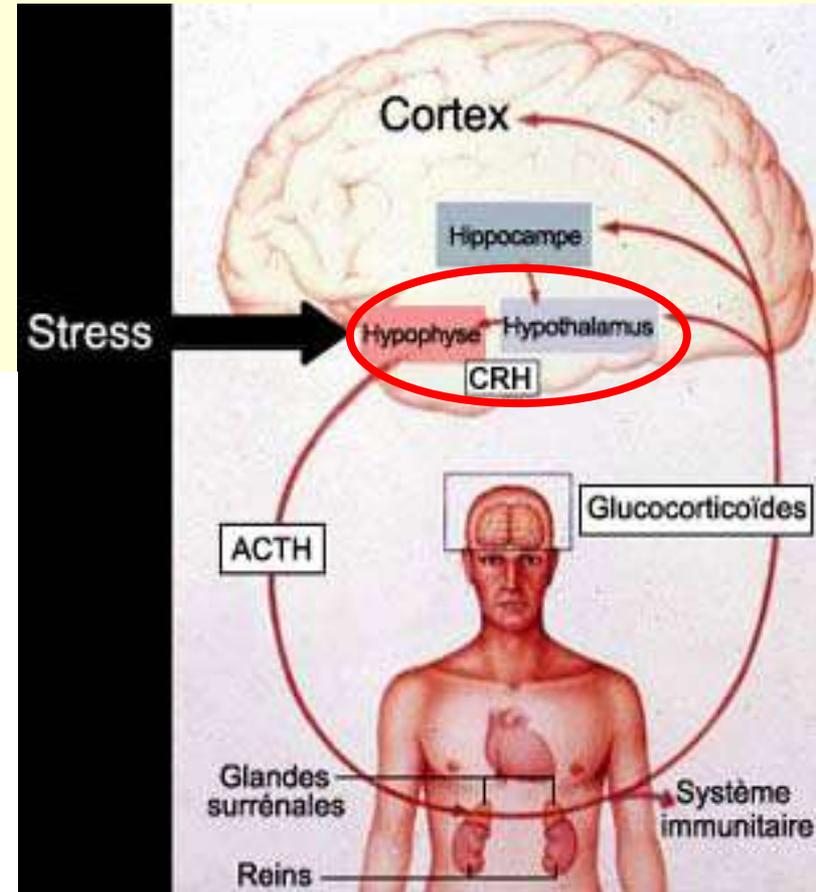
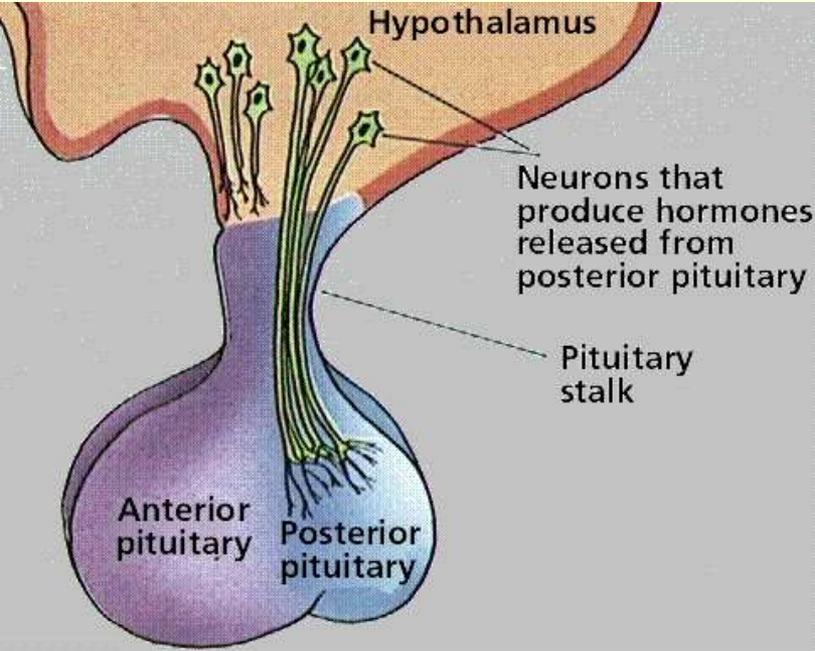


...et que des **boucles de rétroaction** foisonnent par exemple entre le système hormonal et le cerveau.

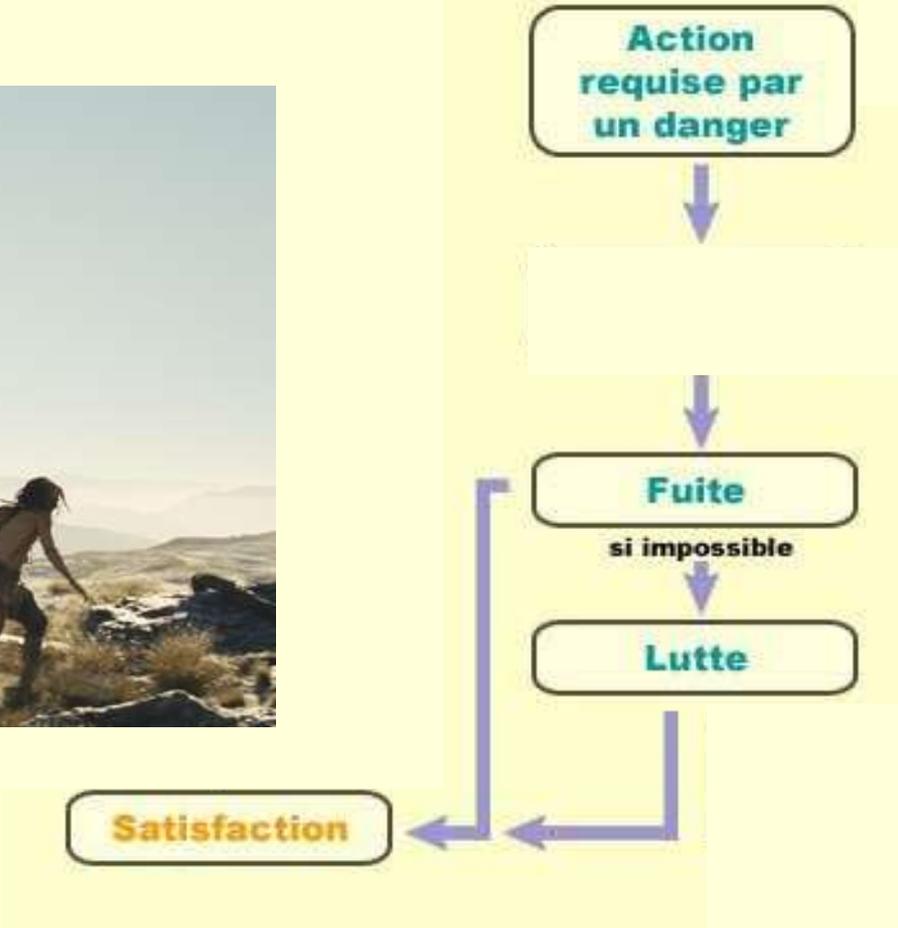


« neurohormones »

L'hypophyse : la « glande maîtresse » de l'organisme



Car nos réactions physiologiques à une menace viennent à la base de la nécessité de **sauver sa peau** !



Car nos réactions physiologiques à une menace viennent à la base de la nécessité de **sauver sa peau !**

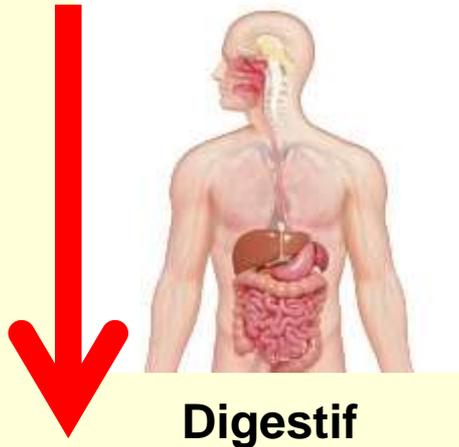
Que ce soit pour **fuir** ou, s'il ne peut pas, pour **se battre**, il y aura de vastes remaniements nerveux et hormonaux chez l'individu menacé pour allouer le plus de ressources possible aux muscles et au système cardiorespiratoire.



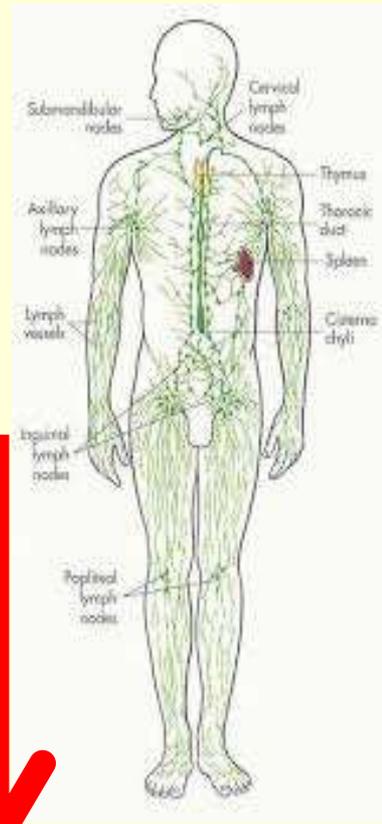
A. Responses to sympathetic activation

Mais qui dit plus de ressources à certains systèmes dit forcément **moins de ressources dans d'autres** : les systèmes digestif, reproducteur ou immunitaire pâtiront ainsi pendant un court instant de cette réallocation nécessaire pour assurer la survie de l'organisme.

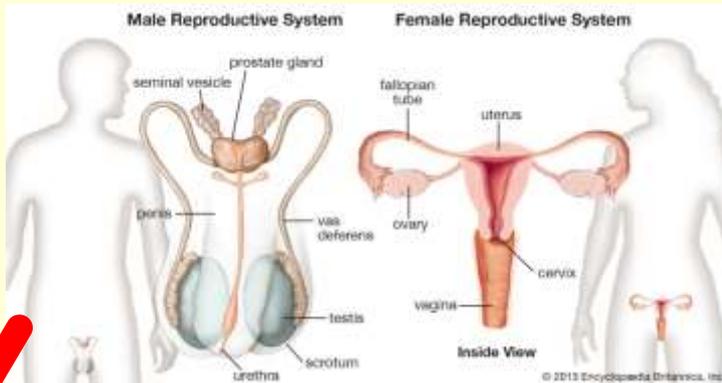
Cela aura peu d'effet si la fuite ou la lutte élimine la présence du prédateur et que tout revient **rapidement** à la normale, mais ce n'est pas toujours le cas...



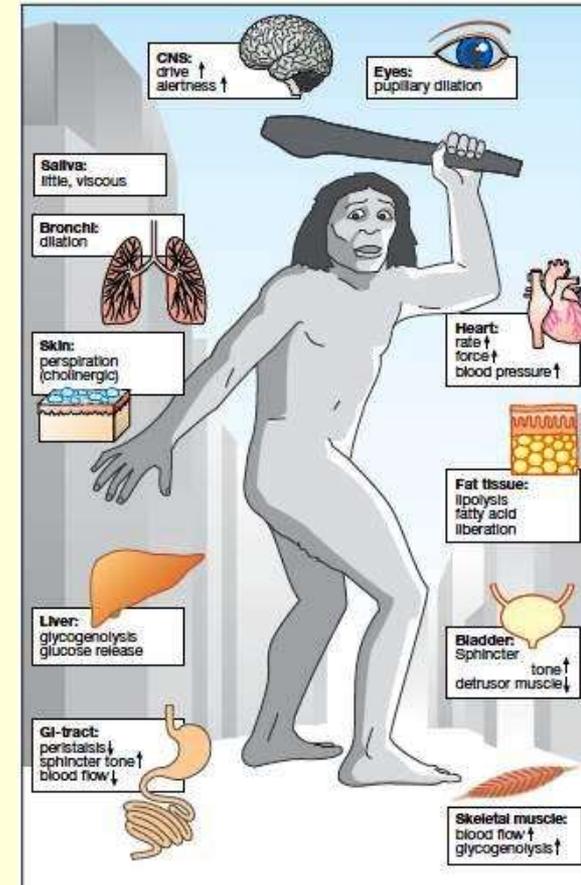
Digestif



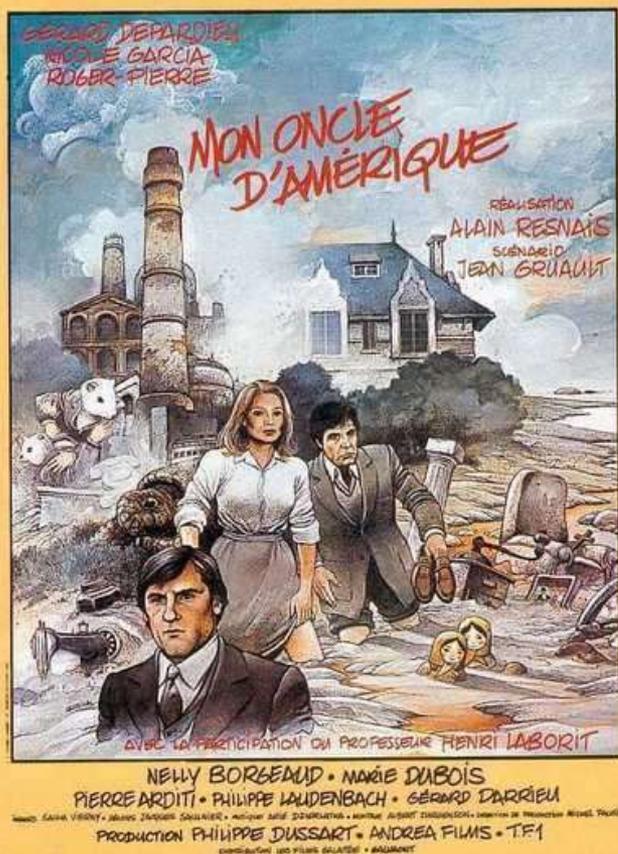
Immunitaire



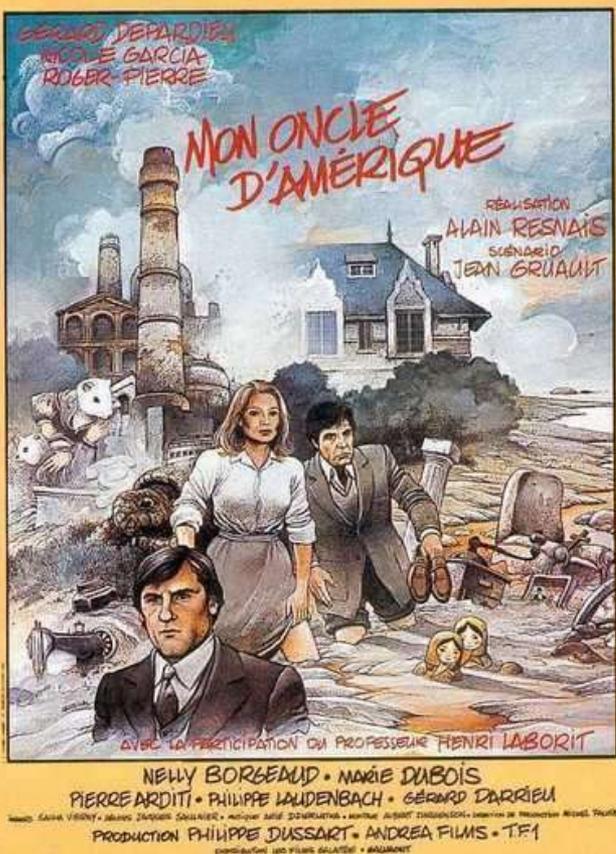
Reproducteur



A. Responses to sympathetic activation



Une expérience en trois temps décrite par Henri Laborit dans le film *Mon oncle d'Amérique* explique alors ce qui se passe.



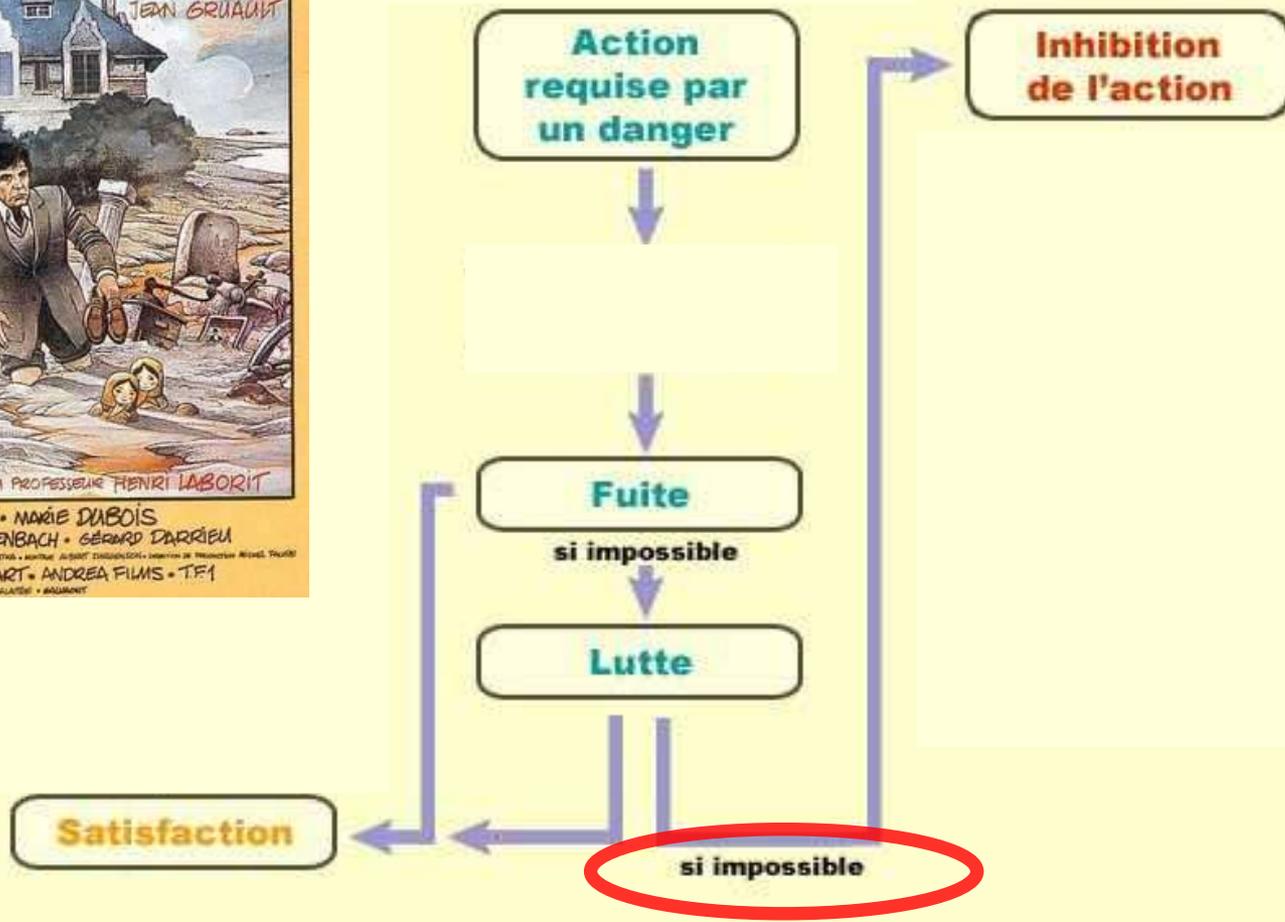
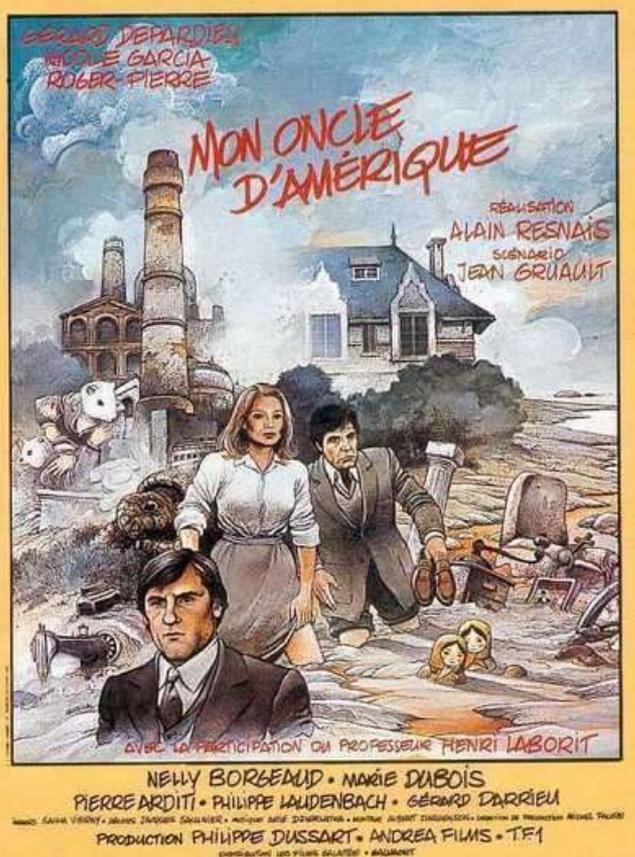
Action
requis
par
un danger

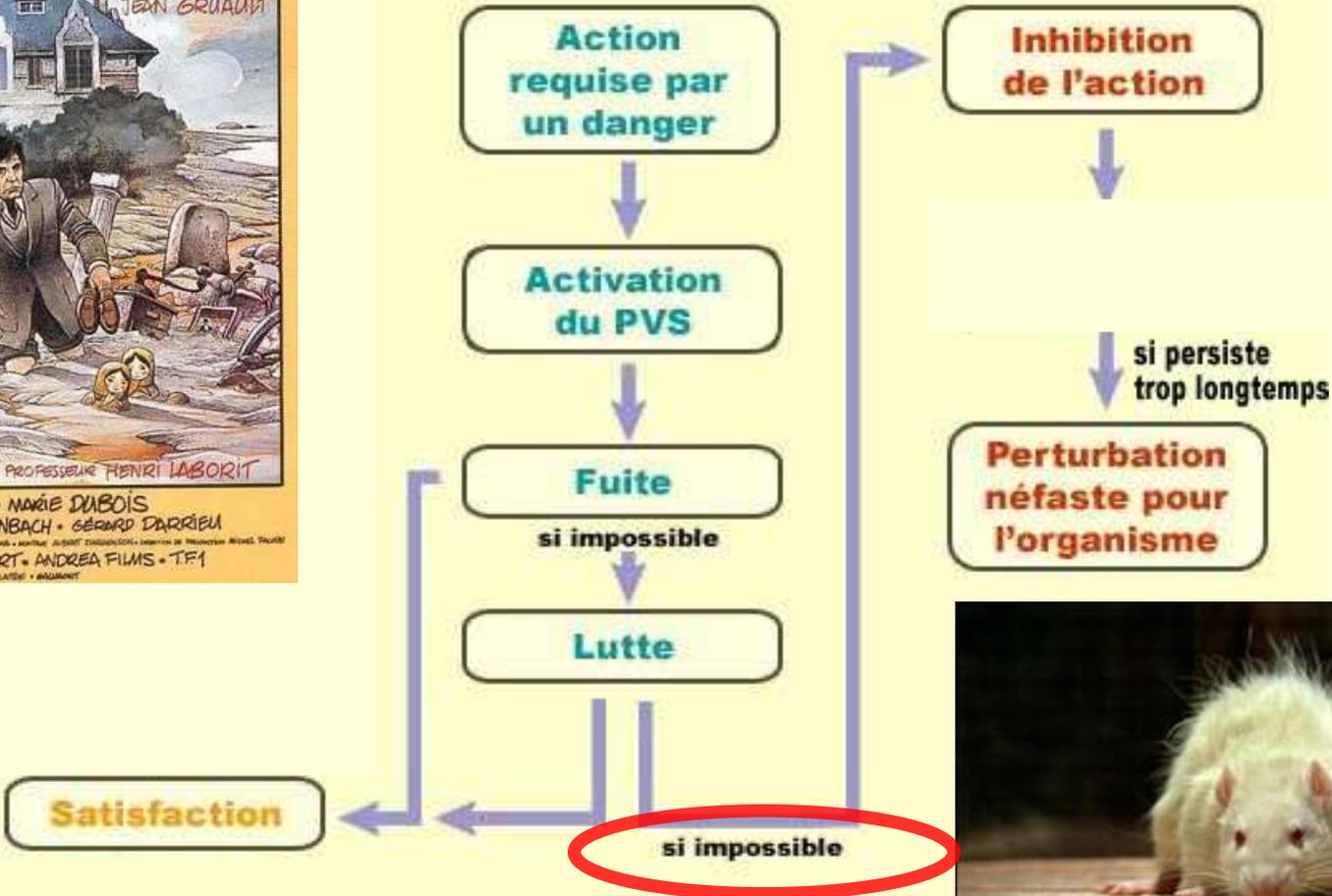
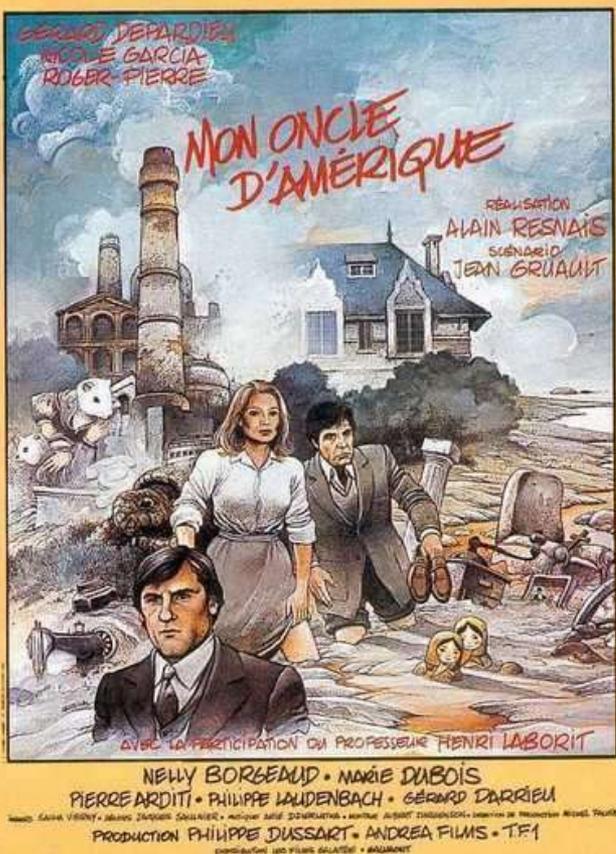
Fuite
si impossible

Lutte

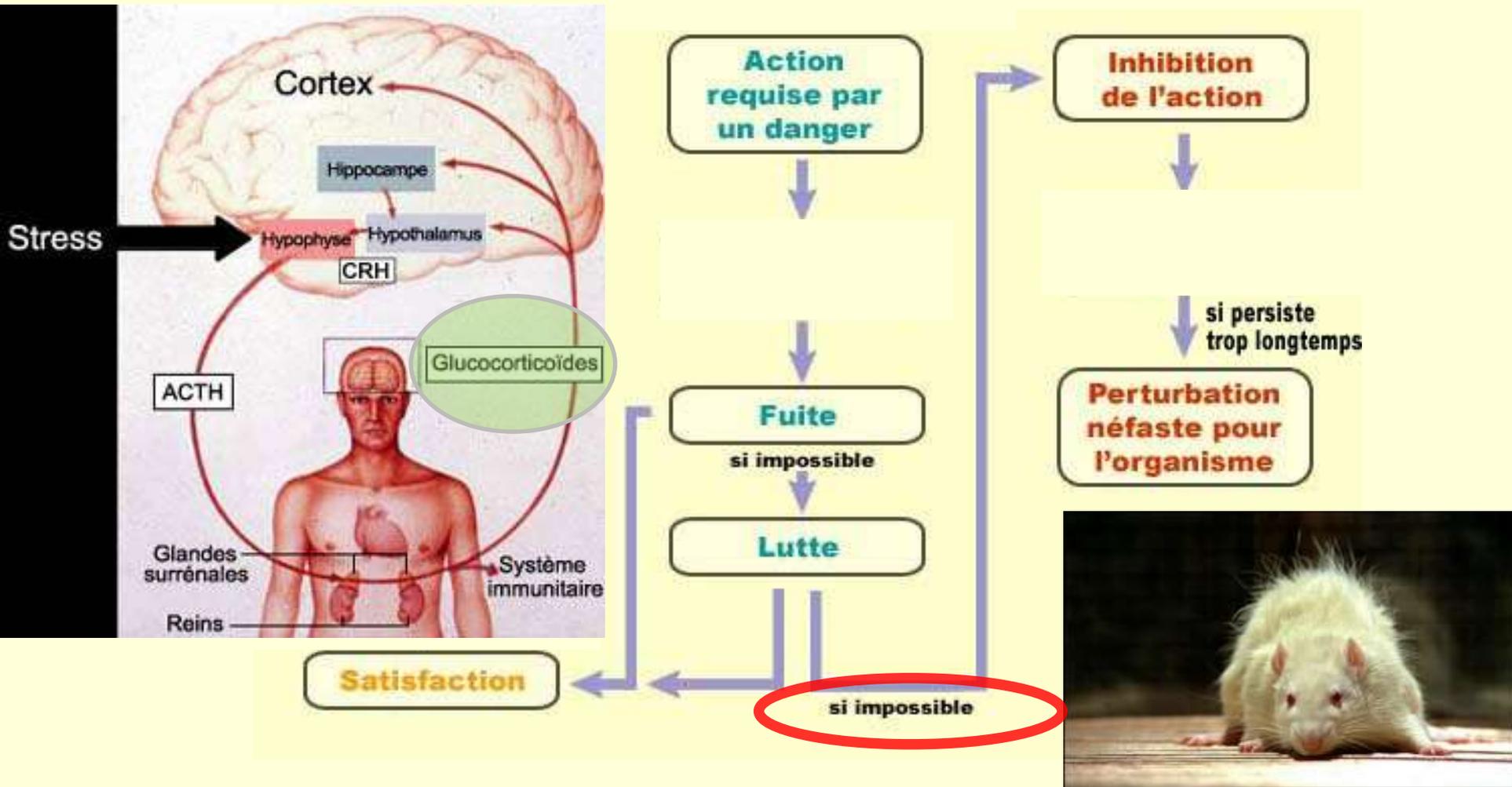
Satisfaction







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



Social status alters immune regulation and response to infection in macaques

Noah Snyder-Mackler et al. *Science* 25 Nov 2016.

<http://science.sciencemag.org/content/354/6315/1041>

→ Un statut social bas **diminue les fonctions immunitaires**



- plus le rang d'un singe est bas dans la hiérarchie, **moins il produit de cellules immunitaires** d'un certain type
- et plus il active de gènes reliés à **l'inflammation**
- parmi les individus **subordonnés**, ceux qui se faisaient **le plus toiletter** ("grooming") étaient ceux qui avaient les processus inflammatoires les **moins élevés**.

→ Le **soutien social** semble avoir un effet bénéfique sur les phénomènes inflammatoires néfastes induits par l'inhibition de l'action.



Prévention du stress

C ONTRÔLE FAIBLE
I MPRÉVISIBILITÉ
N OUVEAUTÉ
É GO MENACÉ



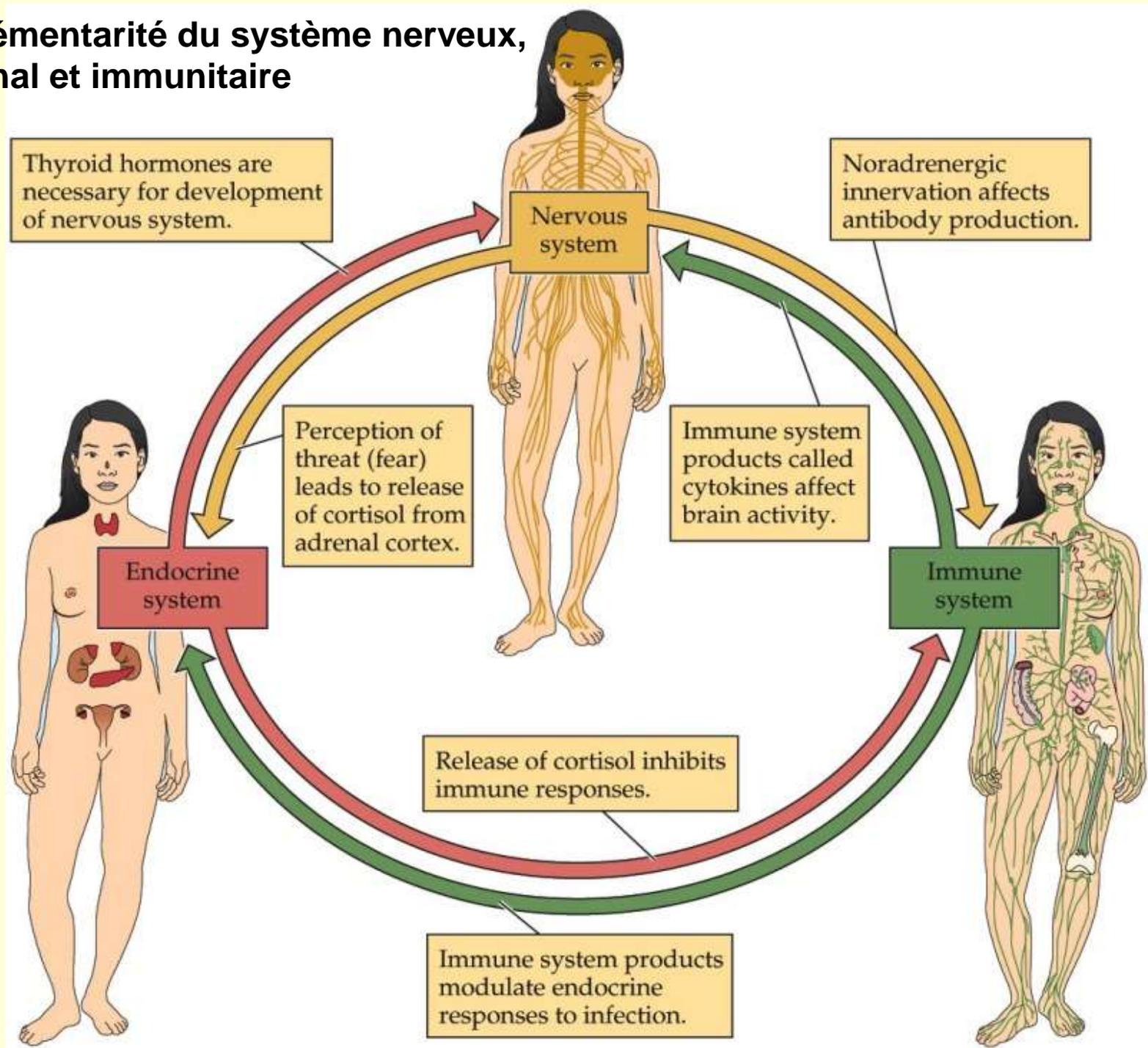
CENTRE D'ÉTUDES
SUR LE STRESS
HUMAIN (CESH)



→ Le **soutien social** semble avoir un effet bénéfique sur les phénomènes inflammatoires néfastes induits par l'inhibition de l'action.



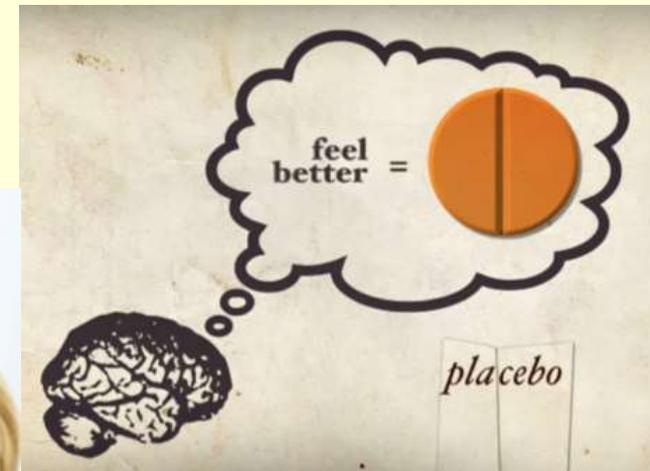
Complémentarité du système nerveux, hormonal et immunitaire



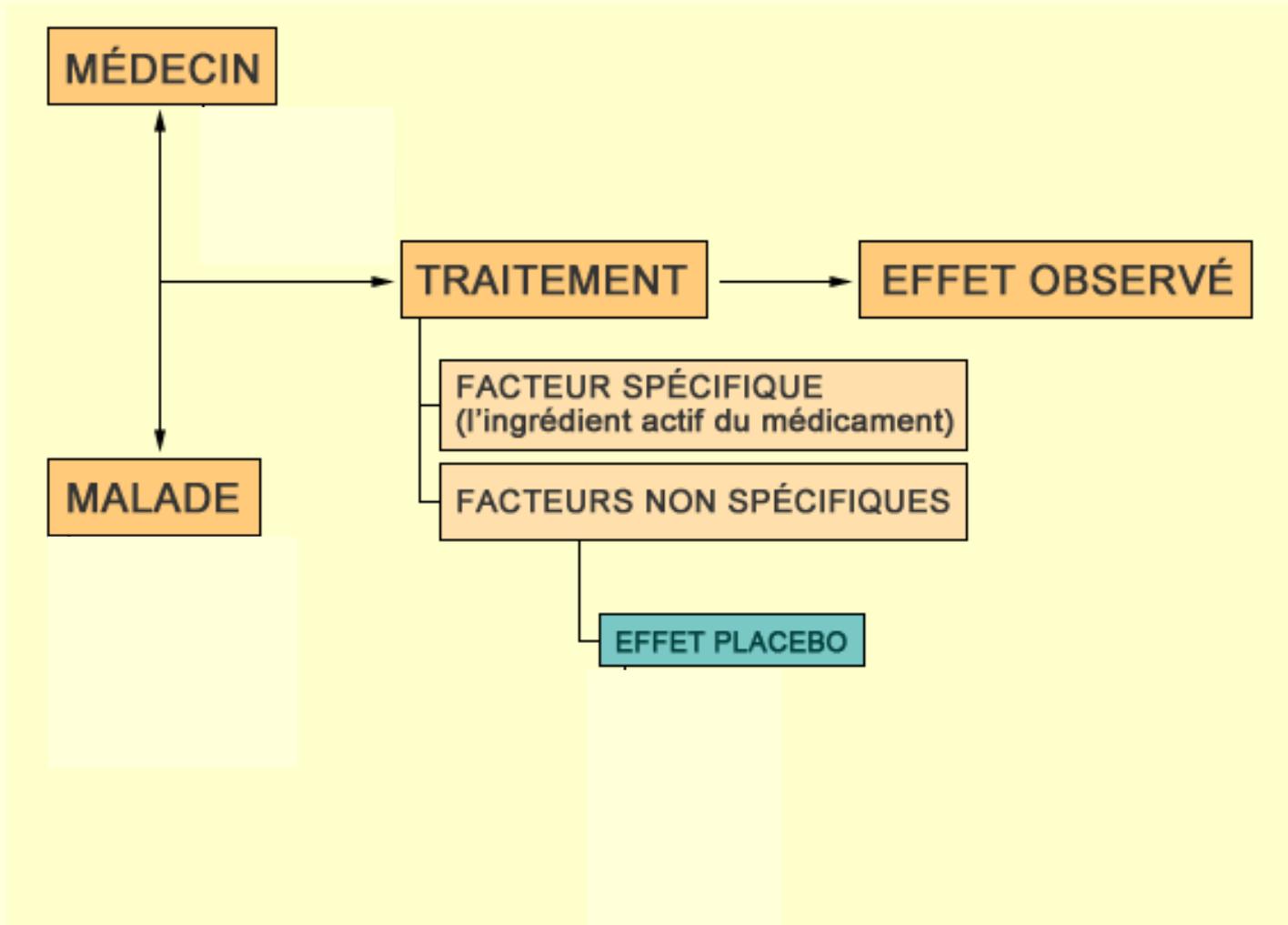
On peut aussi avoir un pouvoir, **positif** cette fois, plus grand qu'on croit sur son propre corps.

L'effet placebo se fonde sur une **auto-tromperie**, car tout part de la conviction du patient que le traitement qui lui est administré sera efficace.

Comme dans le cas de **l'effet placebo**.



L'effet placebo s'inscrit dans un acte thérapeutique complexe.

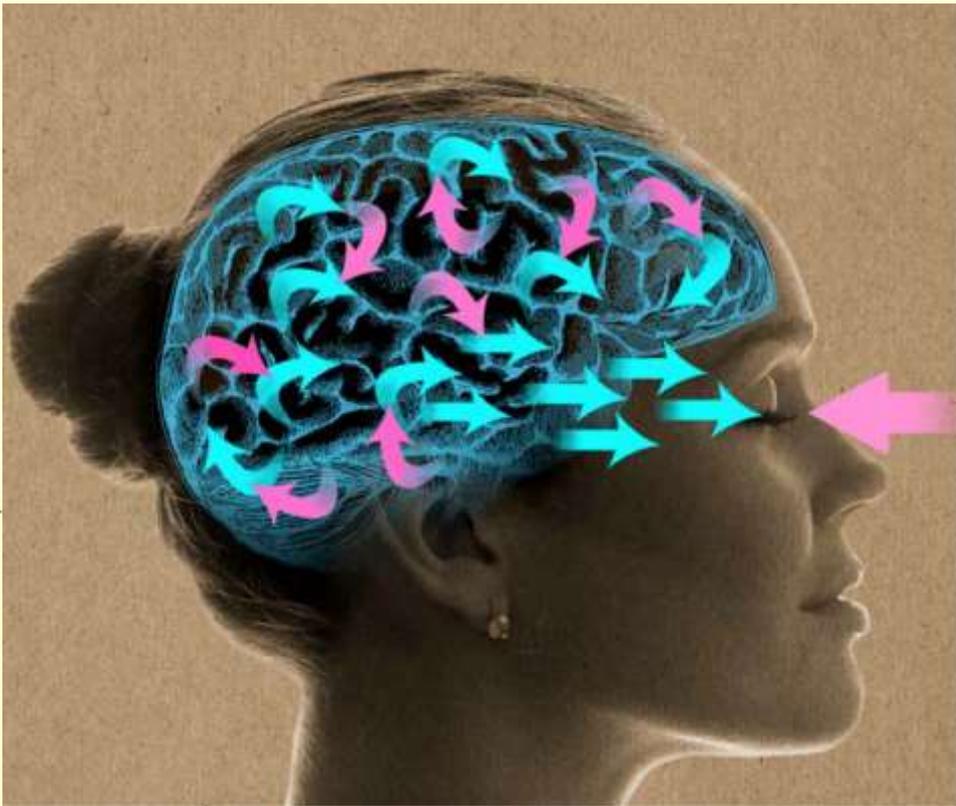


MÉDECIN



MALADE

- attentes
- croyances
- nature et intensité de sa maladie



EFFET PLACEBO

Placebo Research Update with **Fabrizio Benedetti**

March 01, **2016**

http://brainsciencepodcast.com/bsp/2016/127-benedetti?utm_source=All+Newsletters&utm_campaign=bf6661ae29-rss_email_campaign&utm_medium=email&utm_term=0_92424be05a-bf6661ae29-80066673

Il y a au moins **deux** mécanismes derrière la réduction de la **douleur** avec un placebo :

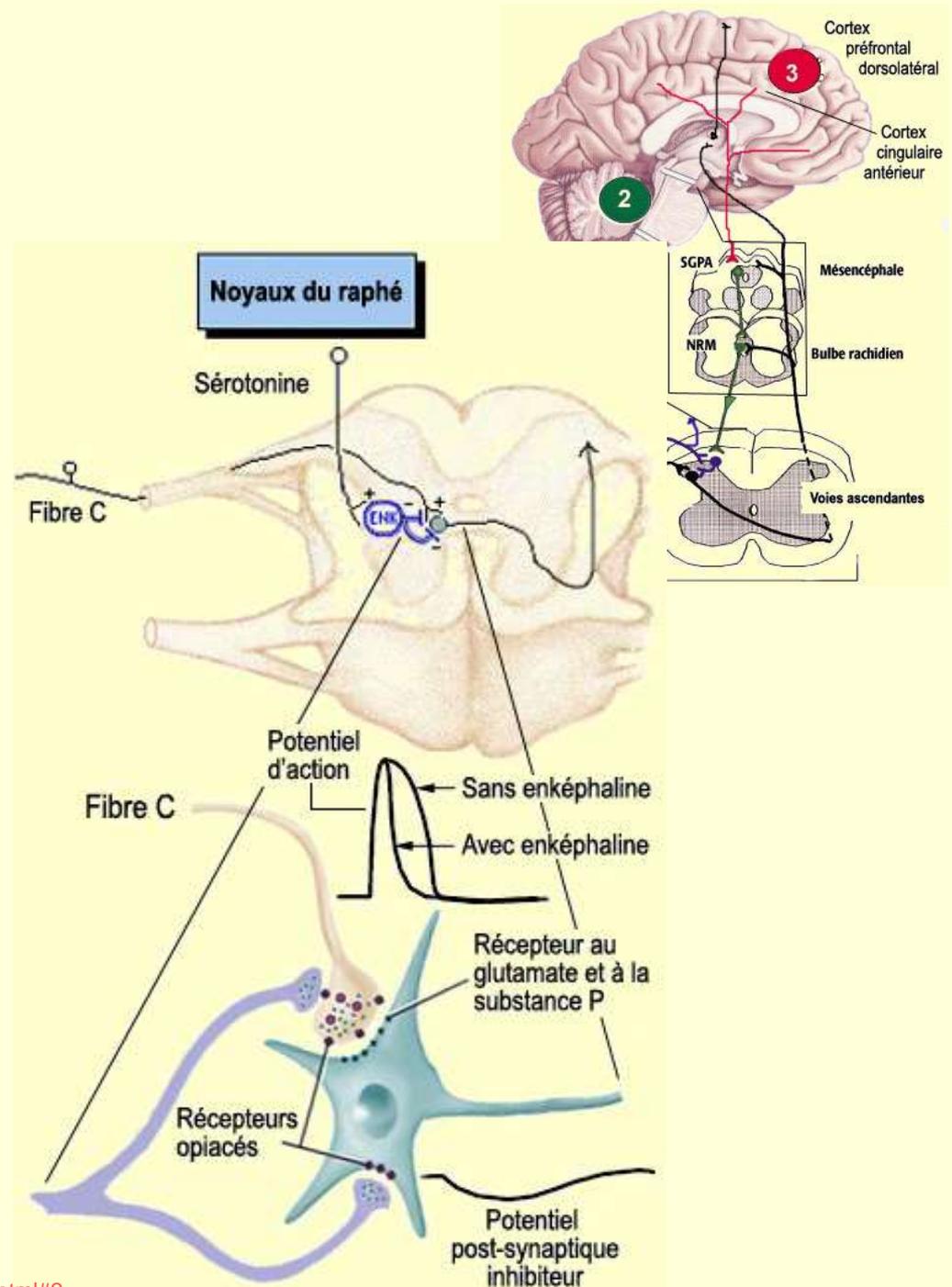
l'un implique les **opioïdes** endogènes

et l'autre les **cannabinoïdes** endogènes (nos substances analogues au THC).

The Nature of Things : Brain Magic: The Power of Placebo

August 7, **2014**

<http://www.cbc.ca/natureofthings/episode/s/brain-magic-the-power-of-the-placebo>



12 grands principes :

...

- 7) On a différentes structures cérébrales différenciée, mais on ne peut pas leur accoler une **étiquette fonctionnelle unique**.
- 8) Des mécanismes comme la **neuromodulation** et la **synchronisation** d'activité permettent la formation de réseaux transitoires
- 9) **L'engramme mnésique** se situe à plusieurs niveaux
- 10) Le cerveau et le corps sont si **inextricablement liés** qu'il ne font qu'un
- 11) On **décide** souvent inconsciemment en fonction des **affordances** que nous suggère à tout moment notre environnement

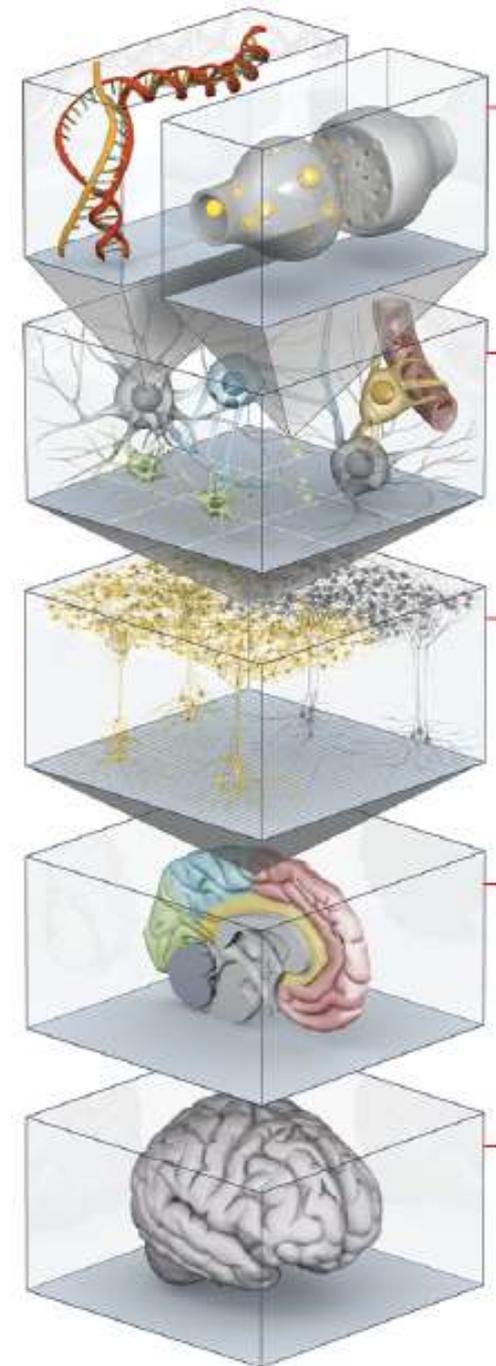
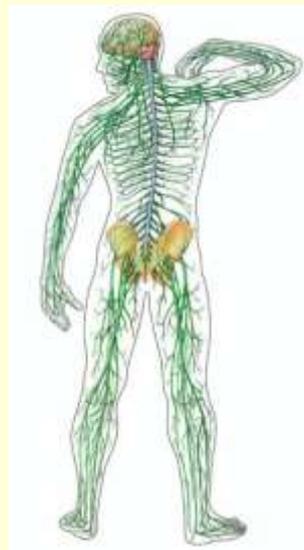
Cela nous ramène à nos multiples
niveaux d'organisation

incluant le **corps** et **l'environnement** !

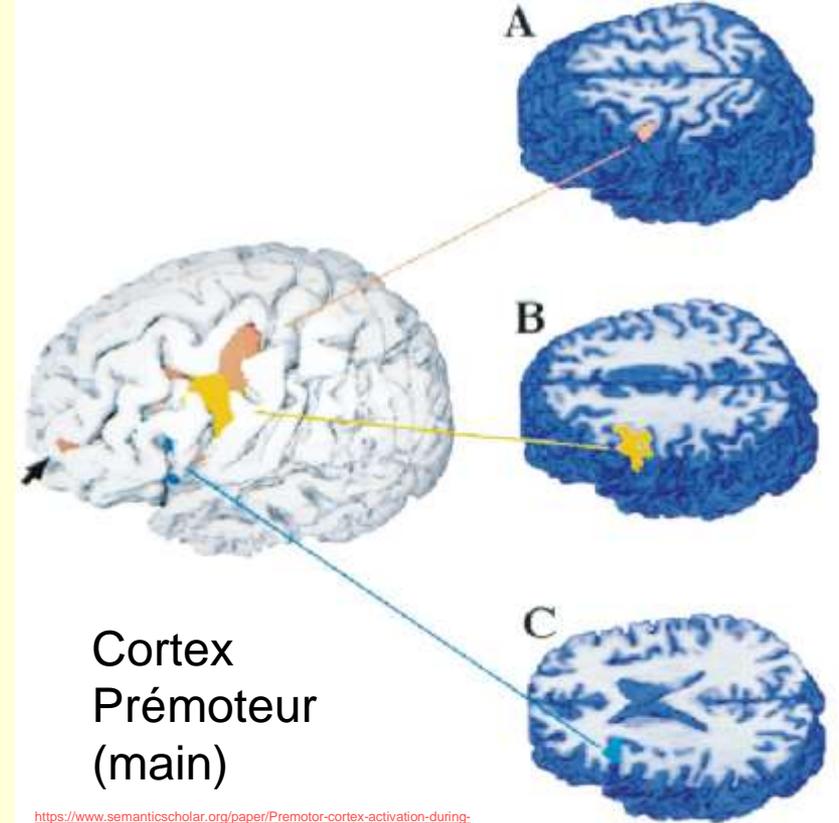
Le social
(corps-cerveau-environnement)



L'individu
(corps-cerveau)







<https://www.semanticscholar.org/paper/Premotor-cortex-activation-during-observation-and-Grafton-Fadiga/73f6e125c380b28fc6bd0e826b93803d67dcaccd>

FIG. 1. Cortical anatomy of tool observation. Significant in

Tucker & Ellis (1998)

La simple perception de **l'anse d'une tasse** **simule** sa préhension en activant les systèmes moteurs correspondants à l'action de prendre la tasse

En général, percevoir des atéfacts manipulables, ou même juste voir leur nom, active des régions cérébrales **motrices** qui sont activées pendant qu'on saisit réellement l'objet avec la main (**affordances** !)



Affordance



[Source: raftfurniture.co.uk](http://raftfurniture.co.uk)

[Source: blackrocktools.com](http://blackrocktools.com)

Affordance refers to the **actual** and **perceived** attributes of a product or process that suggest its uses

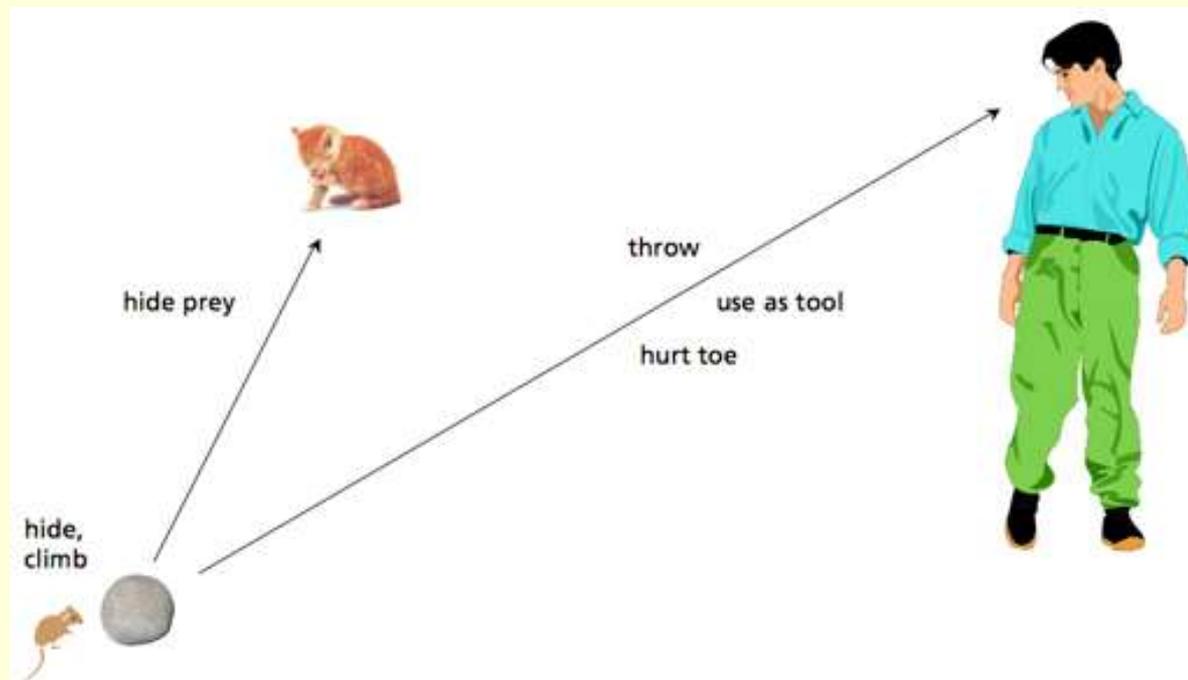
Design for ALL

50

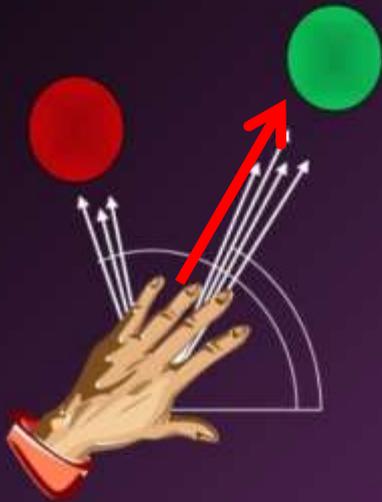
Une affordance dépend
à **la fois** d'un objet et
d'un organisme.

Elle est forcément
relationnelle

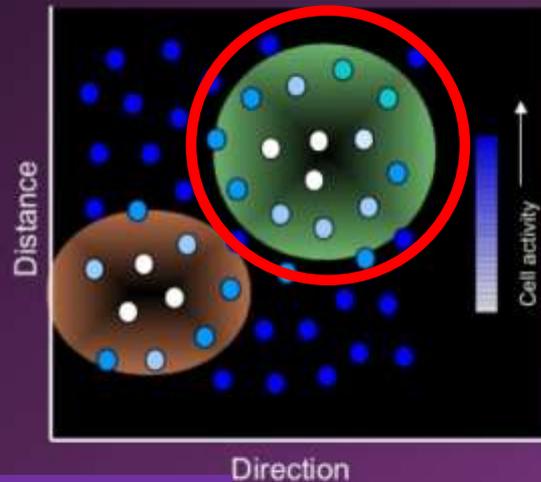
(ne dépend pas seulement
des propriétés physiques
de l'objet).



Ce qui nous amène à la prise de décision...



A population of tuned neurons



Spécification d'actions possibles :

Les neurones qui répondent préférentiellement aux deux directions intéressantes (aux deux affordances) augmentent leur activité.

Sélection d'une action :

Un groupe de neurones remporte la « **compétition** » dû à la prédominance de son activité.

Autrement dit, pour la majorité de décisions simples et rapides, les données expérimentales

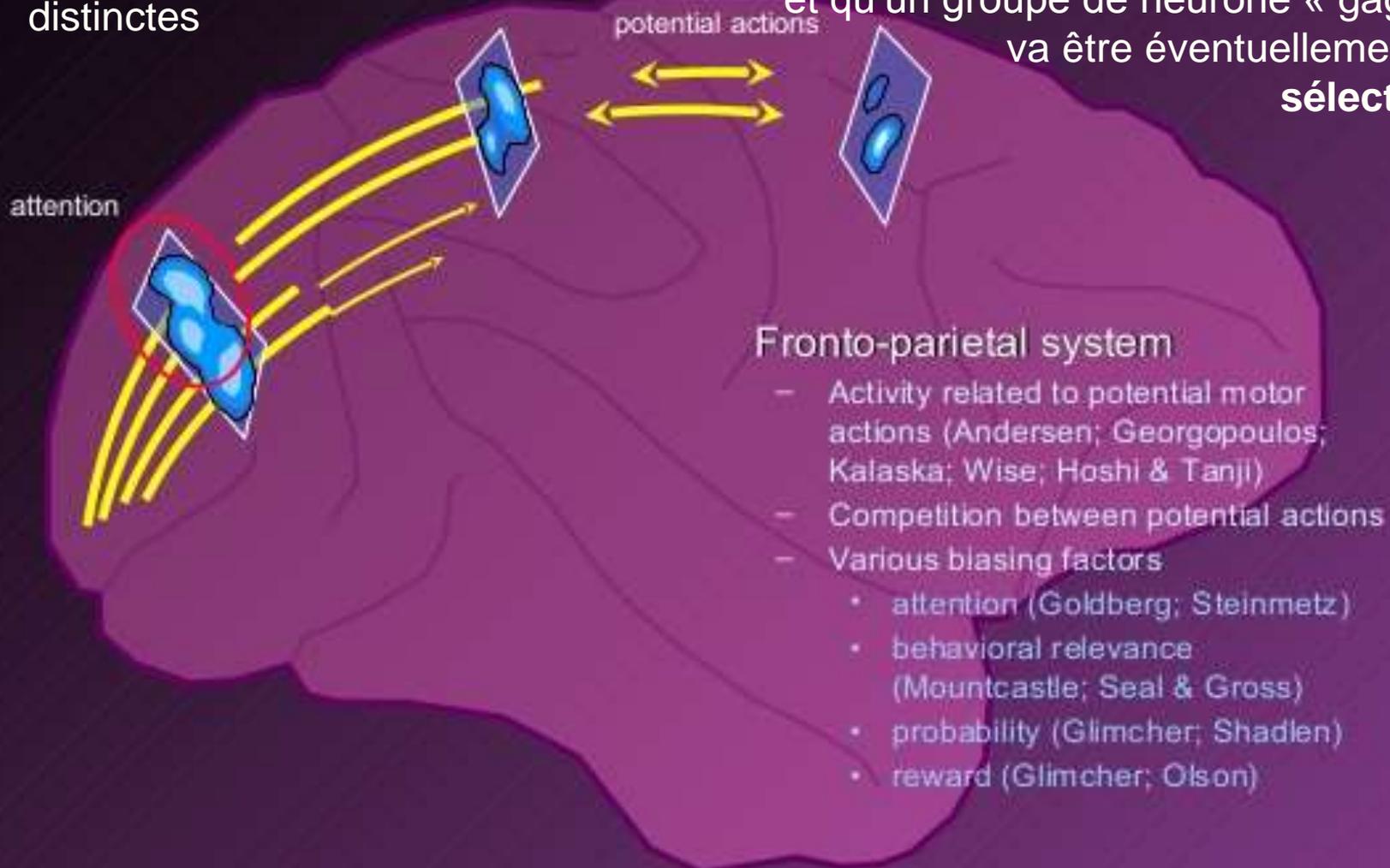
n'appuient pas le schéma classique : « décision → préparation du mouvement → action »



Quels seraient les substrats neuronaux à l'échelle du cerveau entier ?

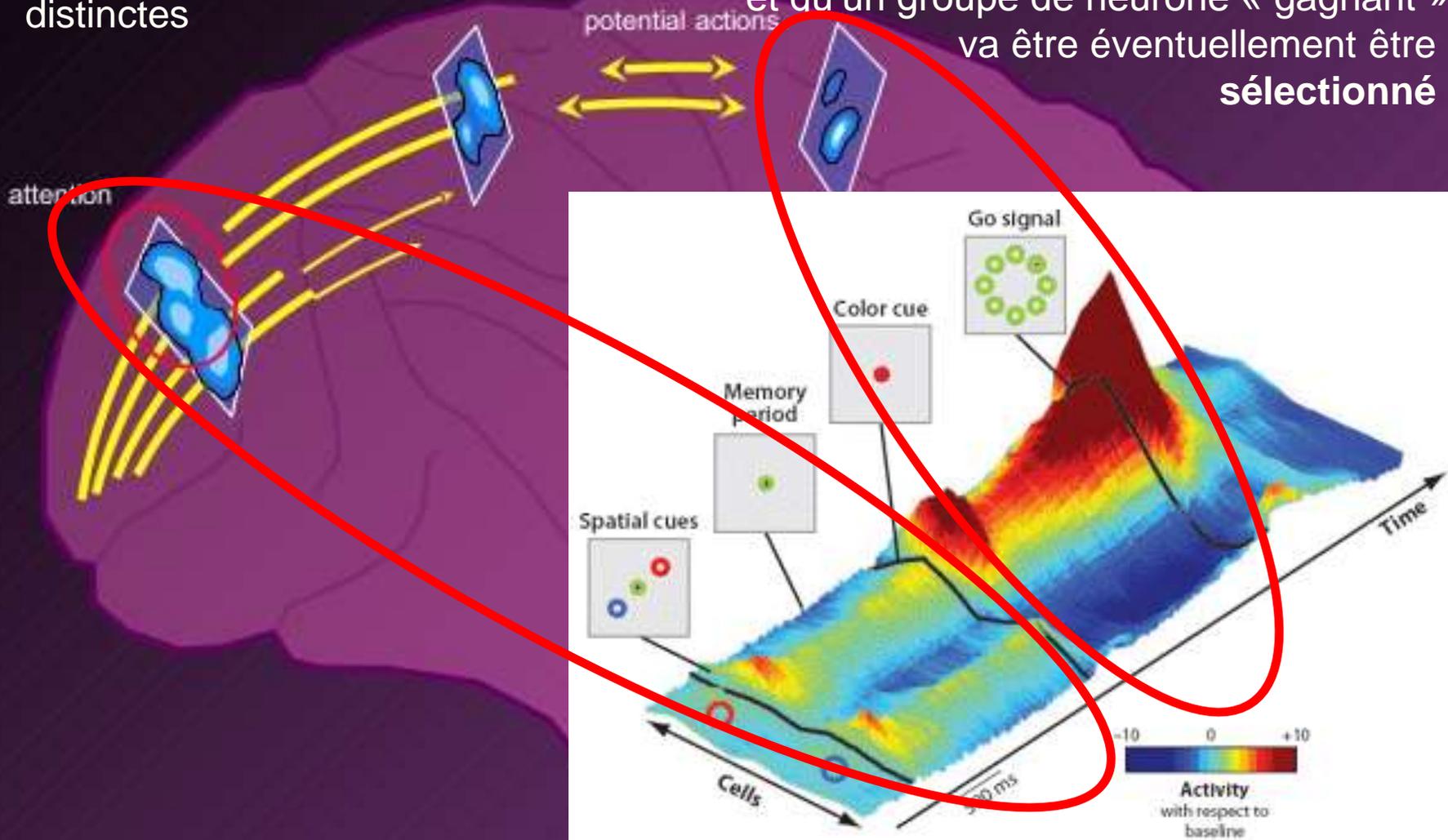
Des processus d'attention aident à **spécifier** des cartes distinctes

Et c'est à partir de là qu'a lieu la compétition (par inhibitions réciproques) et qu'un groupe de neurone « gagnant » va être éventuellement être **sélectionné**



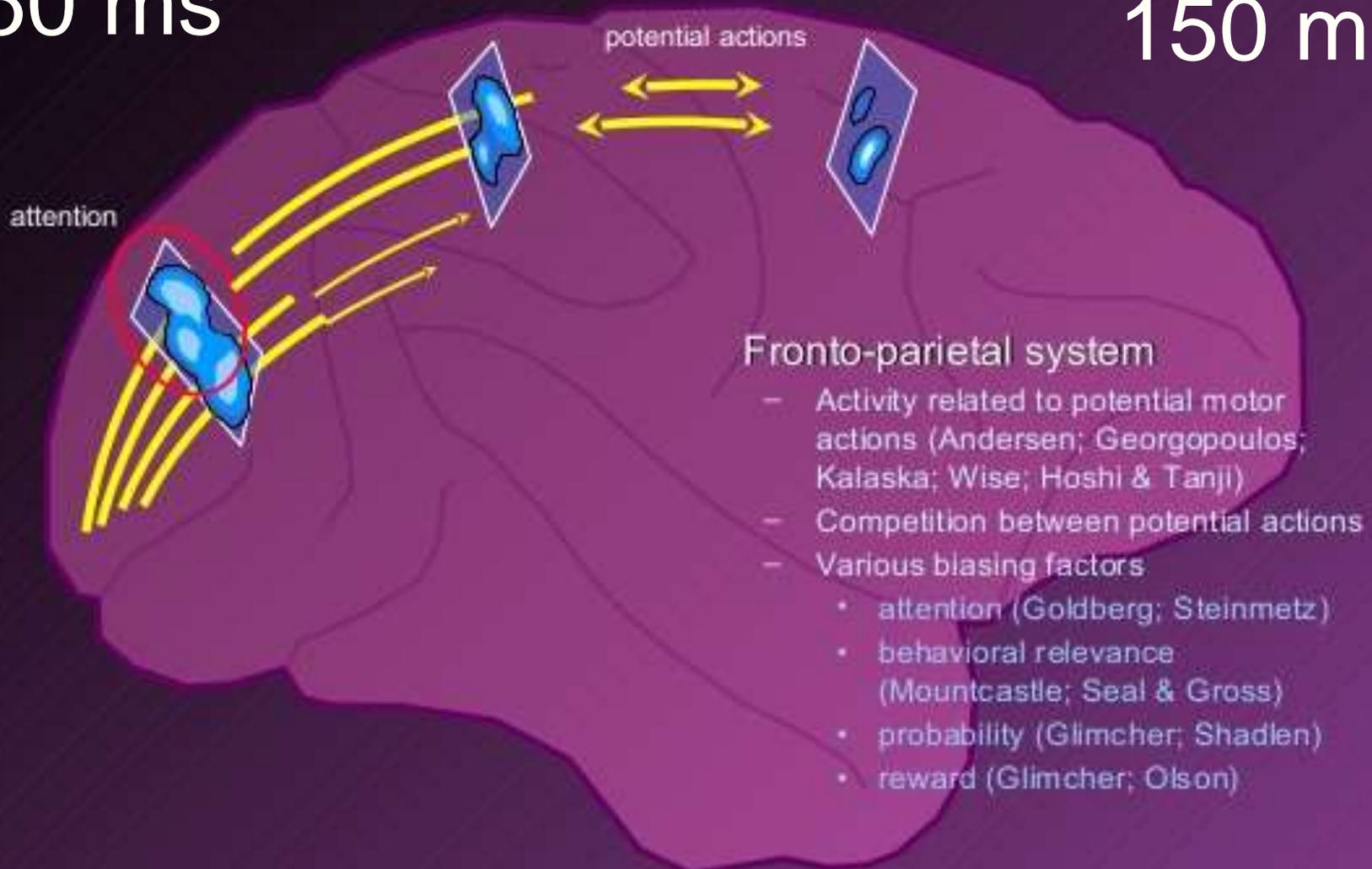
Des processus d'attention aident à **spécifier** des cartes distinctes

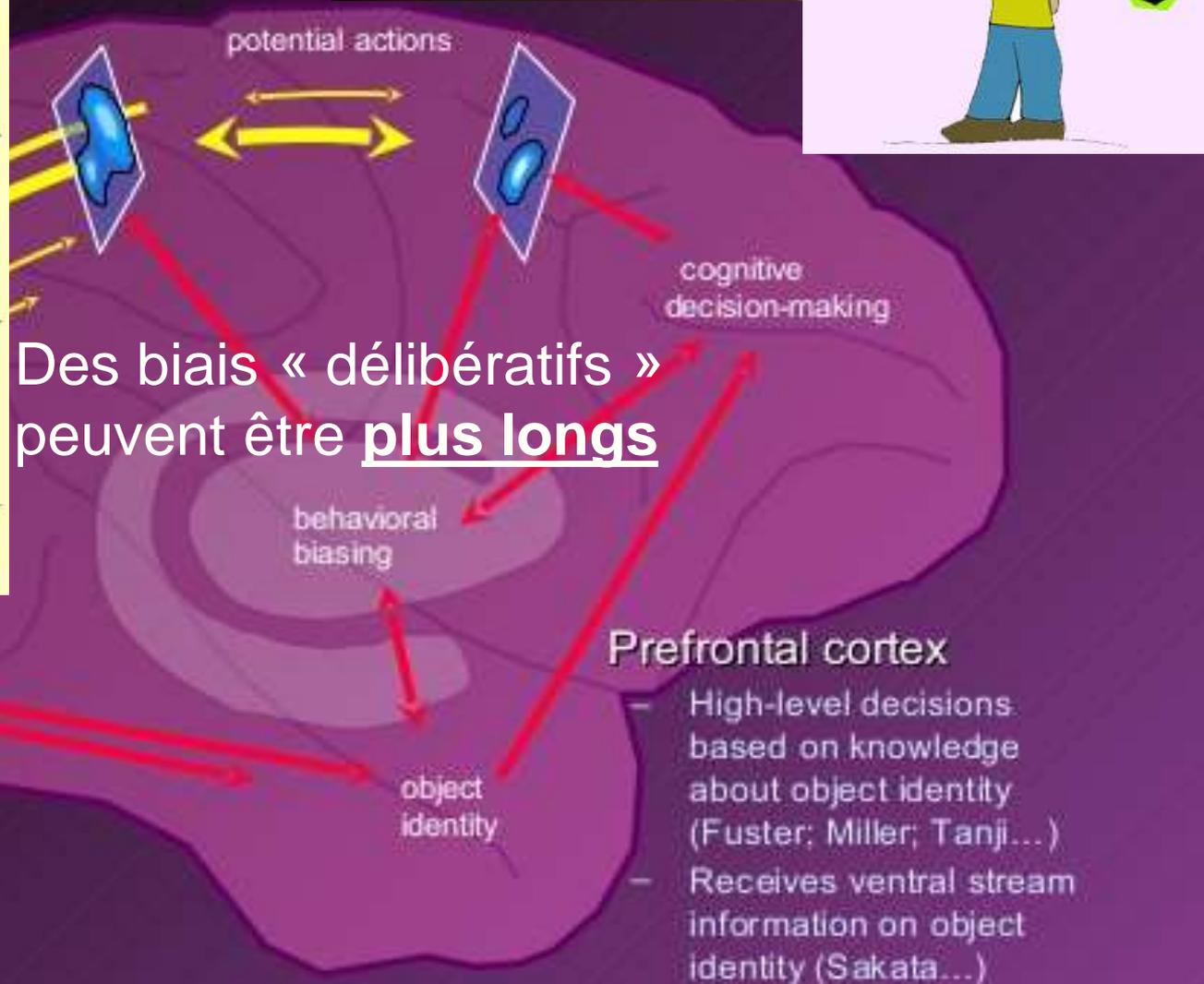
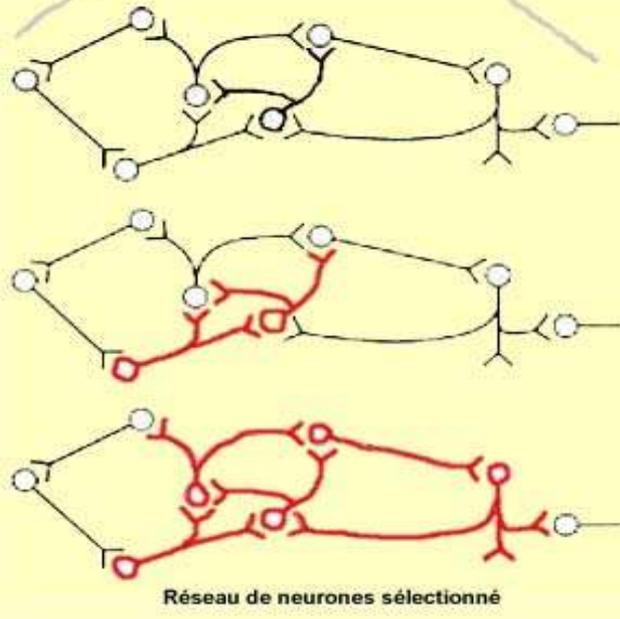
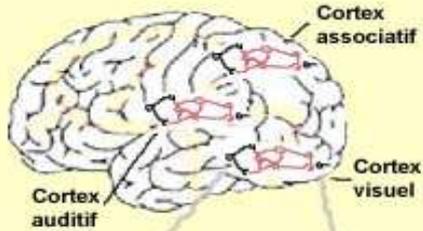
Et c'est à partir de là qu'a lieu la compétition (par inhibitions réciproques) et qu'un groupe de neurone « gagnant » va être éventuellement être **sélectionné**



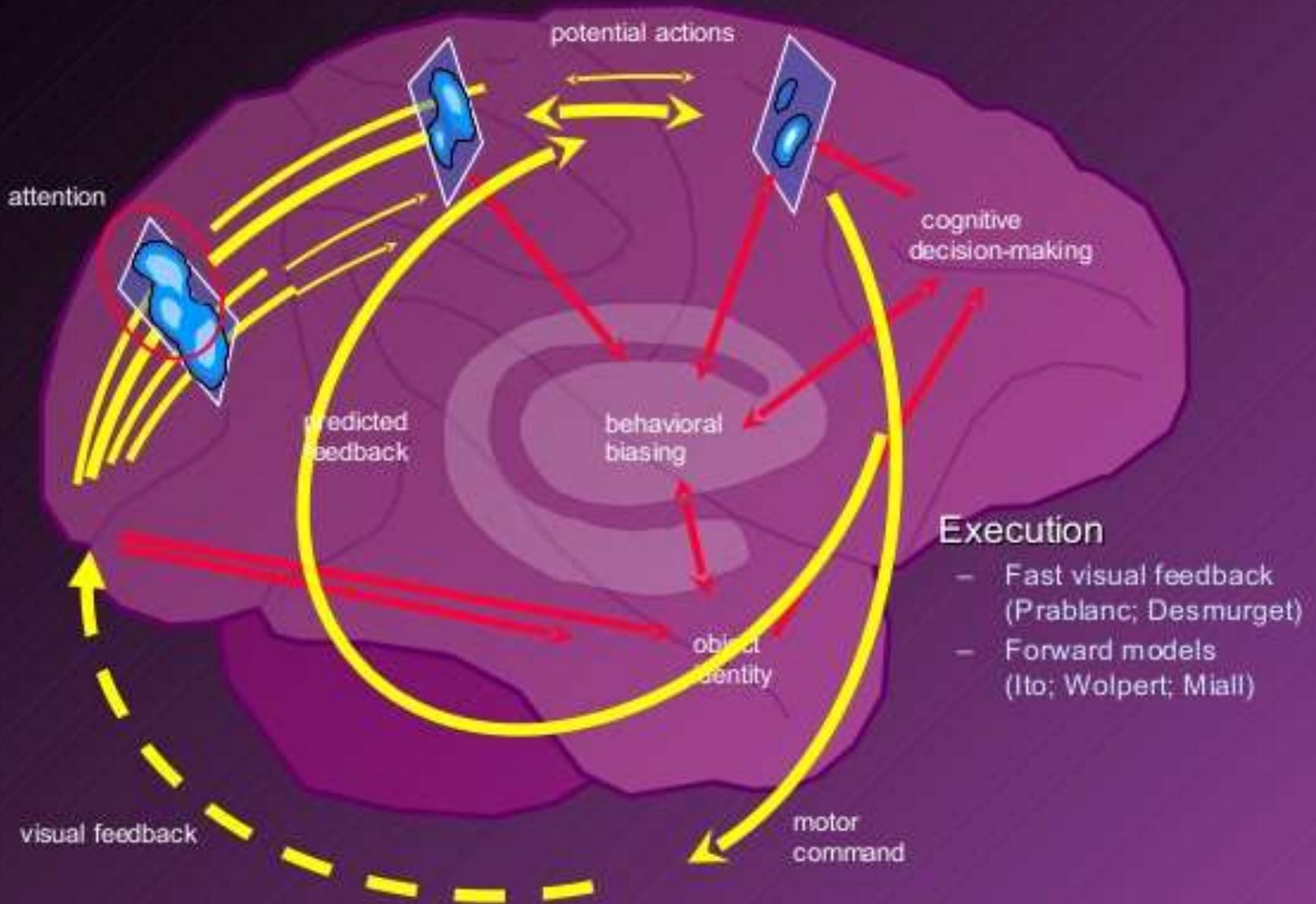
50 ms

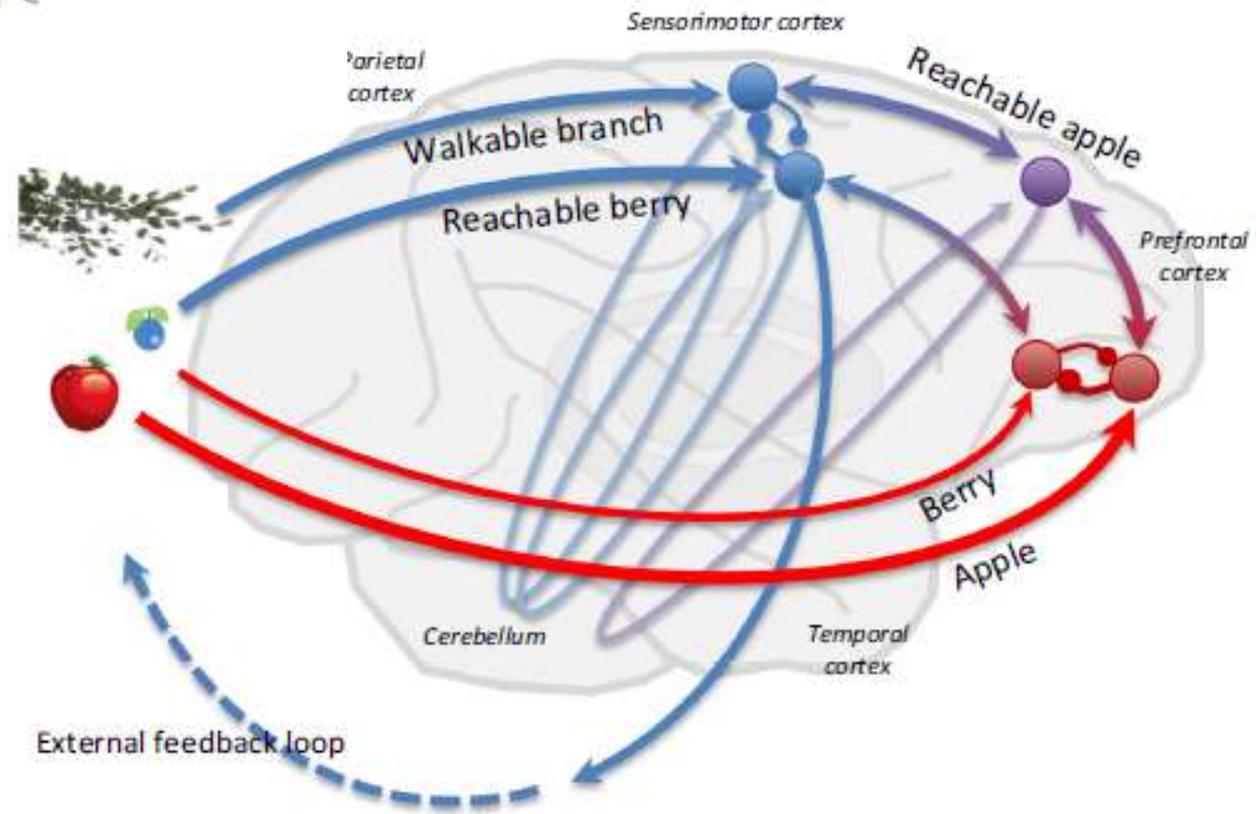
150 ms





...et tout cela se poursuit en temps réel (le corps bouge, l'environnement aussi) et à tout moment on doit réévaluer notre action, la corriger, etc.



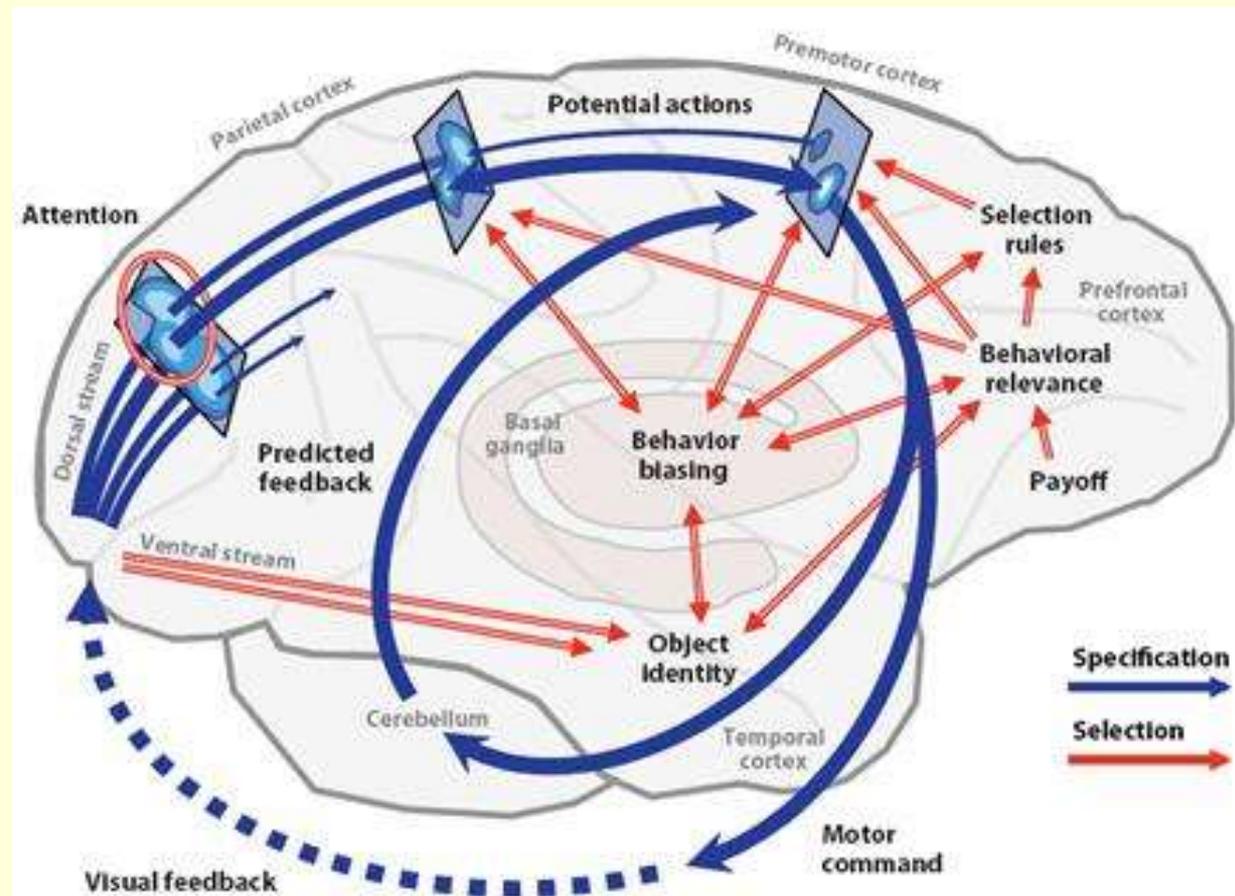


« Affordance competition hypothesis » de Paul Cisek et ses collègues :

→ la compétition peut se gagner à différents endroits dans le cerveau.

Et donc plus l'on a de temps pour prendre une décision, plus il y a possibilité d'interactions entre différentes régions cérébrales

(par exemple, inhiber une réponse automatique).





Front Psychol. 2016

Cultural Affordances:
Scaffolding Local Worlds Through Shared
Intentionality and Regimes of Attention

Maxwell J. D. Ramstead, Samuel P. L. Veissière,
and Laurence J. Kirmayer

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4960915/>

12 grands principes :

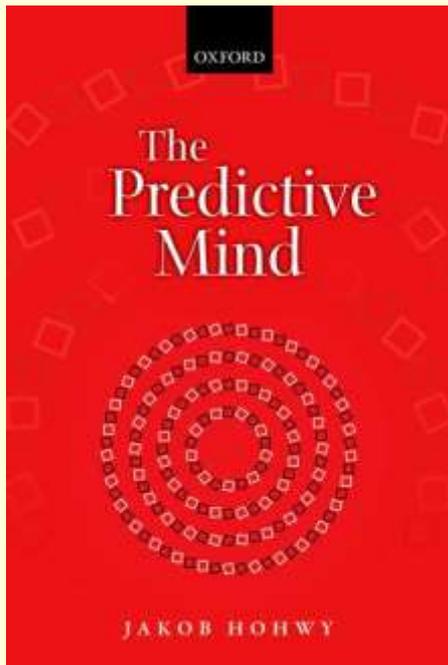
...

- 7) On a différentes structures cérébrales différenciée, mais on ne peut pas leur accoler une **étiquette fonctionnelle unique**.
- 8) Des mécanismes comme la **neuromodulation** et la **synchronisation** d'activité permettent la formation de réseaux transitoires
- 9) **L'engramme mnésique** se situe à plusieurs niveaux
- 10) Le cerveau et le corps sont si **inextricablement liés** qu'il ne font qu'un
- 11) On **décide** souvent inconsciemment en fonction des **affordances** que nous suggère à tout moment notre environnement
- 12) On cherche constamment à **réduire l'écart** (ou l'erreur) entre nos prédictions et les évidences sensorielles

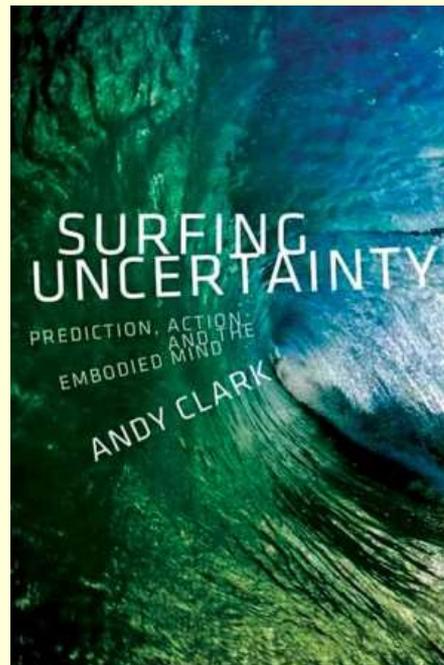
« Les cerveau prédictif »

« Predictive processing »

« the Bayesian Brain »



2014



2015



Karl Friston

Minimisation de l'énergie libre et codage prédictif (anticiper l'environnement pour agir plus efficacement)

décembre 2016

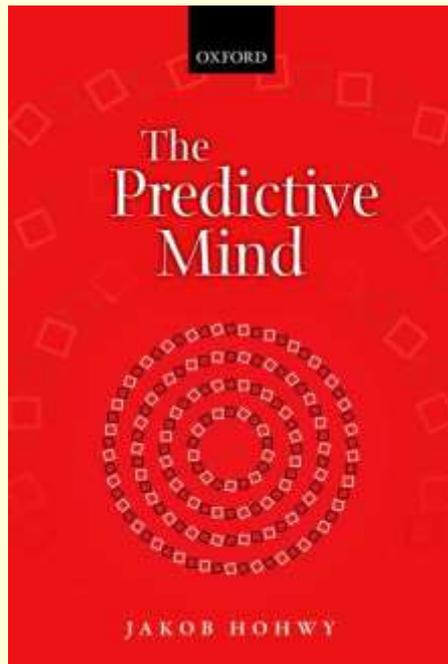
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2016/12/12/6120/>

L'erreur forge le cerveau

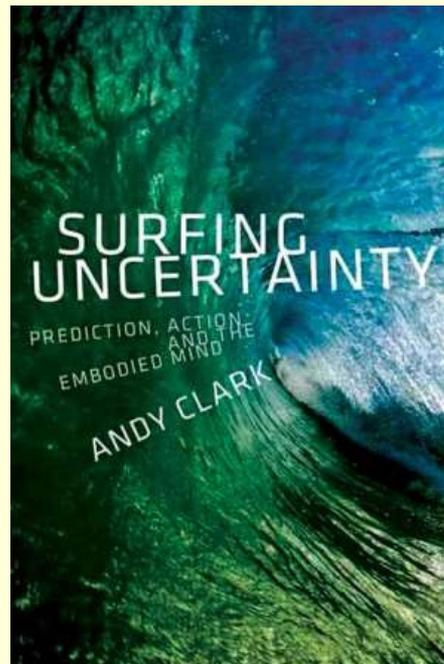
Cerveau&Psycho

avril 2017

http://www.cerveauetpsycho.fr/ewb_pages/a/article-l-erreur-forge-le-cerveau-38272.php



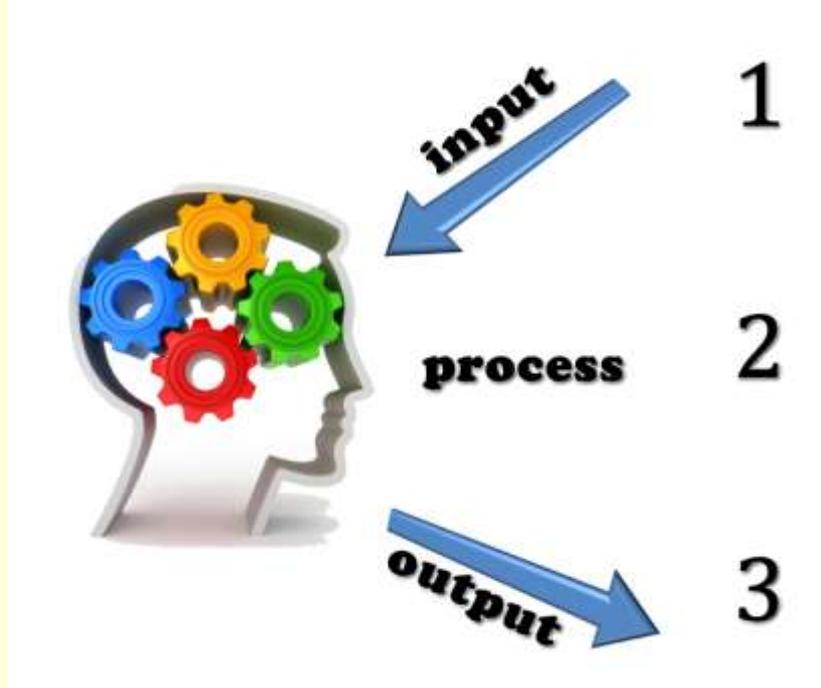
2014



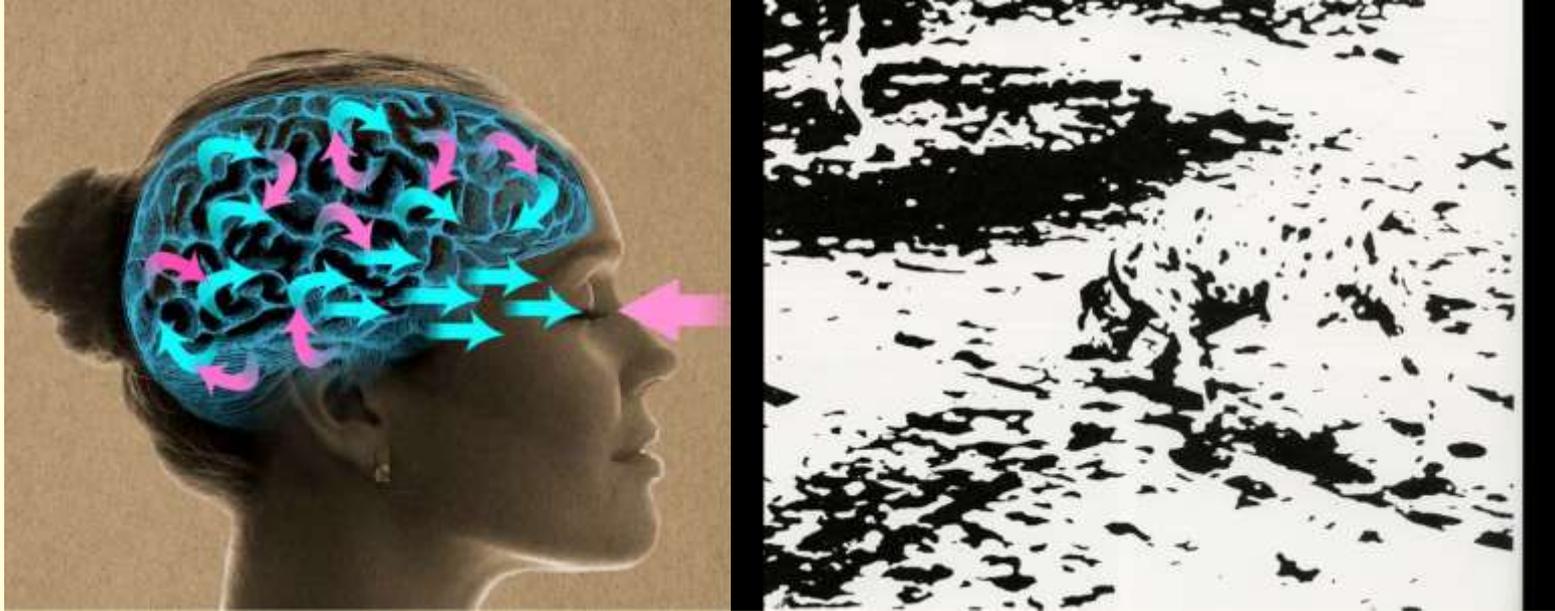
2015



Karl Friston



Le cerveau **n'est plus** vu comme un simple organe de “traitement de l'information” qui attendrait **passivement** ses inputs,



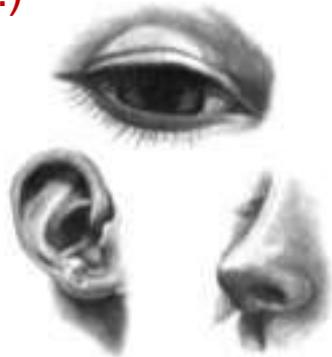
Le cerveau **n'est plus** vu comme un simple organe de “traitement de l'information” qui attendrait **passivement** ses inputs,

mais comme une machine **pro-active** qui tente constamment de **prédire** la forme des signaux sensoriels qui lui parviennent.

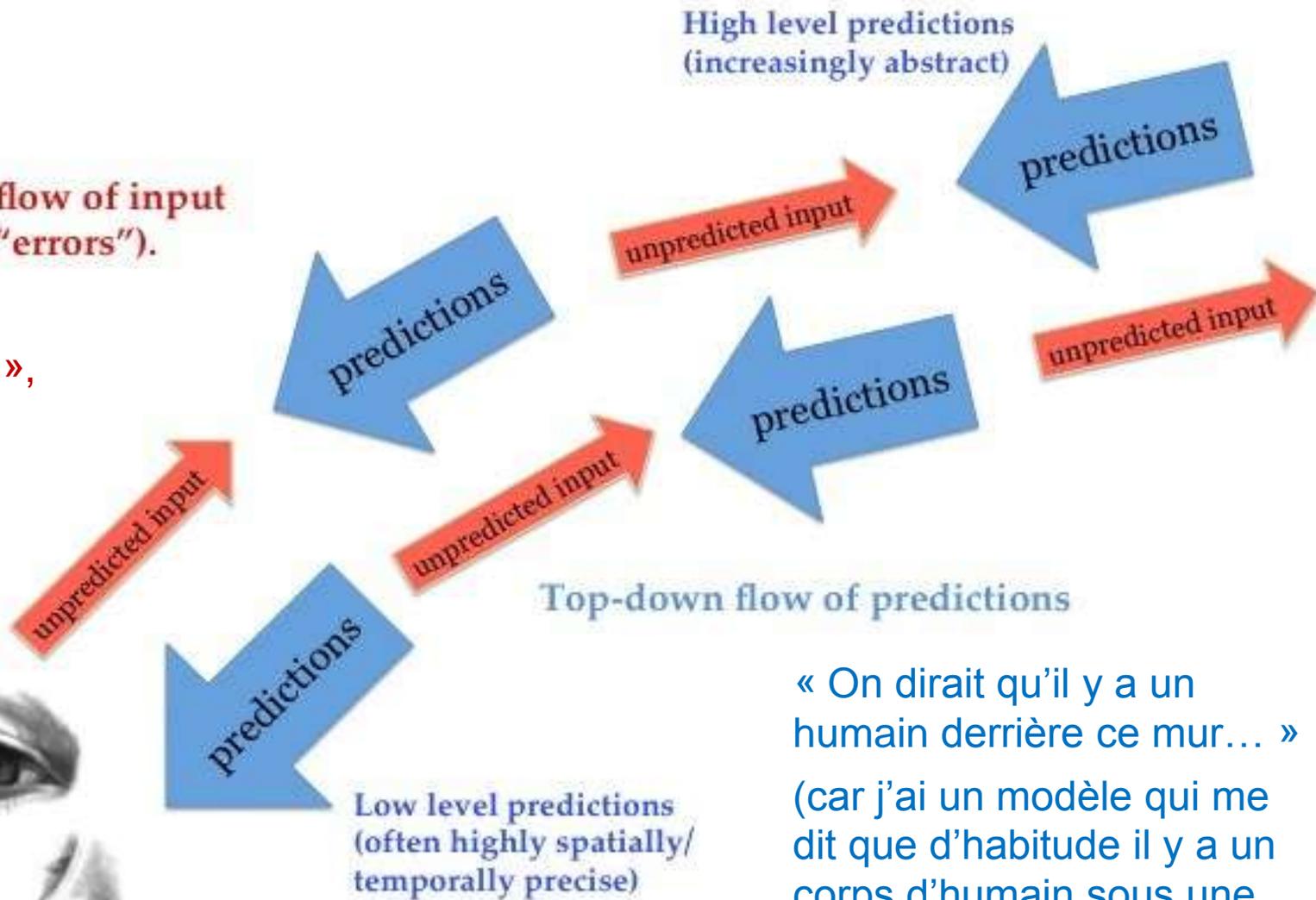
Autrement dit, c'est un **organe statistique générant constamment des hypothèses** qui sont testées par rapport aux évidences fournies par les sens.

Bottom up flow of input
(residuals, "errors").

Ce qui « monte »,
ce n'est que ce
qui s'écarte
des prédictions
(plus économe
que tout faire
monter !)



Input



High level predictions
(increasingly abstract)

predictions

unpredicted input

predictions

unpredicted input

predictions

unpredicted input

Top-down flow of predictions

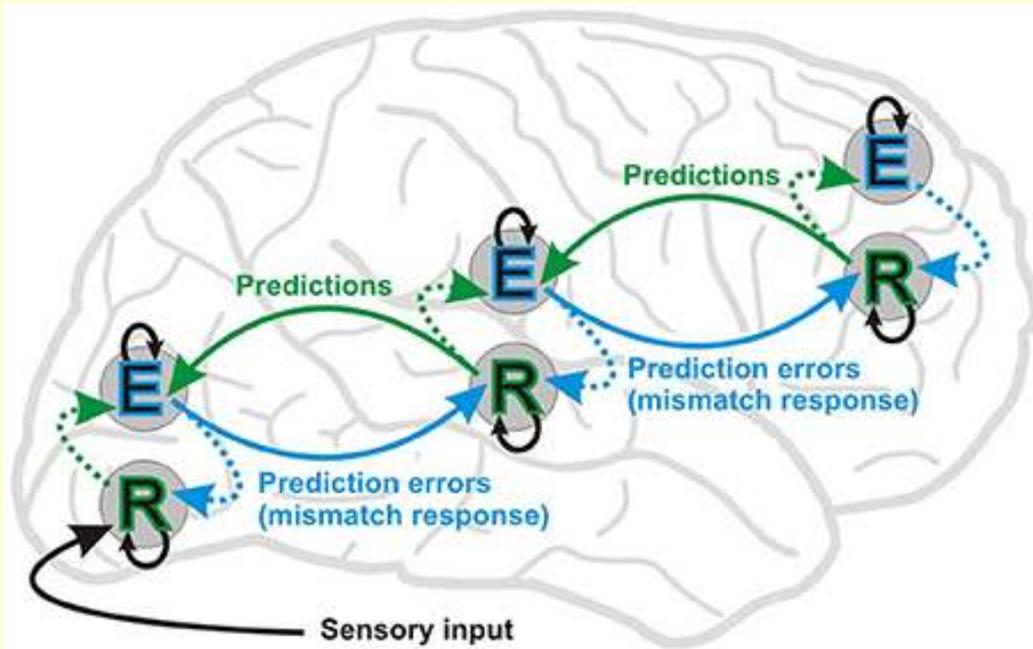
predictions

Low level predictions
(often highly spatially/
temporally precise)

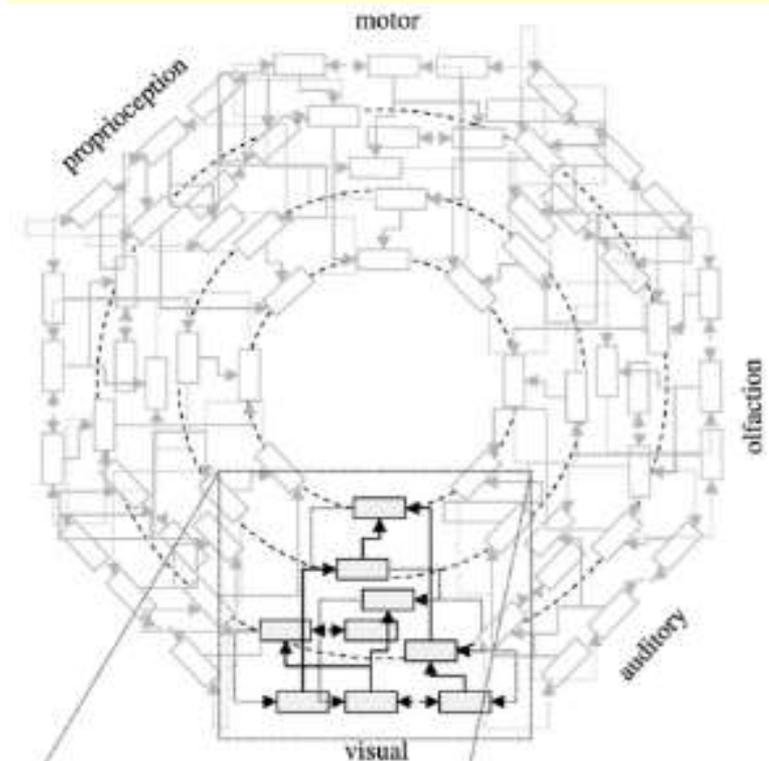
« On dirait qu'il y a un
humain derrière ce mur... »
(car j'ai un modèle qui me
dit que d'habitude il y a un
corps d'humain sous une
tête d'humain...)



Et dans les cerveaux humains
(en particulier le cortex), il y a une architecture
neuronale **compatible avec ces principes** :



une architecture aux **multiples niveaux** où chaque niveau essaie de prédire l'état du niveau en-dessous de lui.



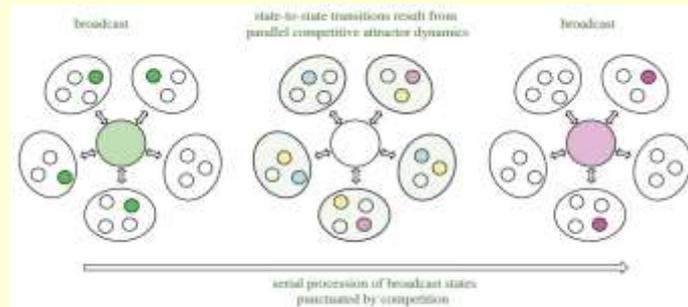
Simplified scheme of the hierarchical
predictive coding framework

(Friston, 2005, 2008, 2010).

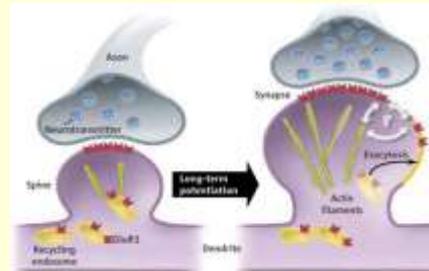
<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2014.00666/full>

Pour **minimiser** continuellement l'**erreur** de ses modèles prédictifs, le cerveau peut :

- soit **choisir un autre modèle** (recherche d'une **autre coalition** de régions cérébrales pertinente)



- ou améliorer les modèles existants lorsqu'il ne correspond pas bien à la réalité (**plasticité** cérébrale);



- ou soit **changer le monde** pour qu'il corresponde mieux à notre modèle s'il nous semble le bon (par une **action** sur ce monde, autrement dit par nos **comportements**).

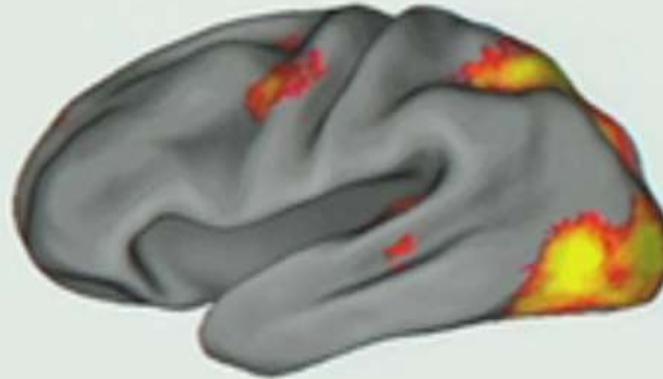


An Historical View

Reflexive

(Sir Charles Sherrington)

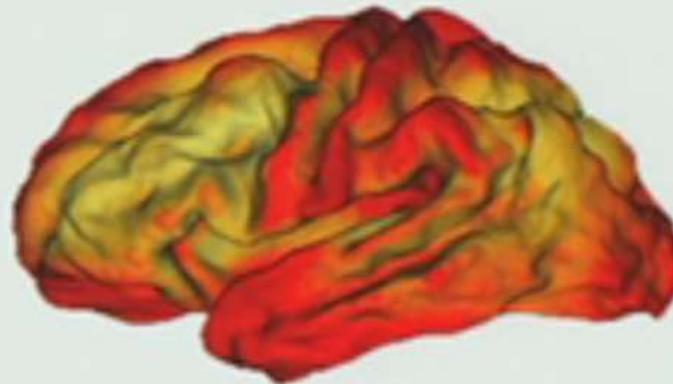
On est passé d'une conception **passive** d'un cerveau qui attend ses inputs de l'environnement pour y réagir...



Intrinsic

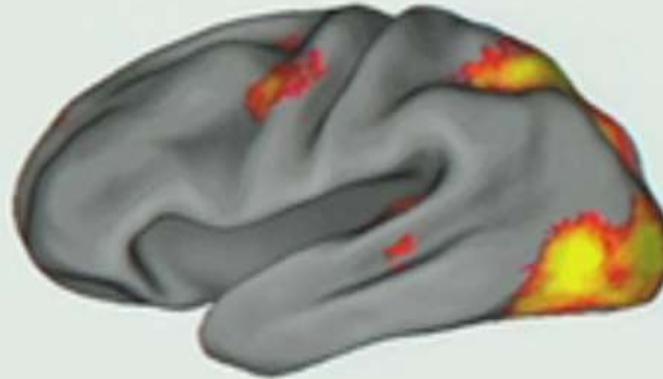
(T. Graham Brown)

à une conception d'un cerveau **actif** ayant toujours une activité endogène dynamique



An Historical View

Reflexive
(Sir Charles Sherrington)

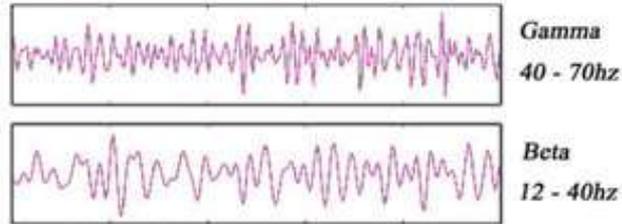


Il n'y a pas de « temps 0 »
dans le cerveau !

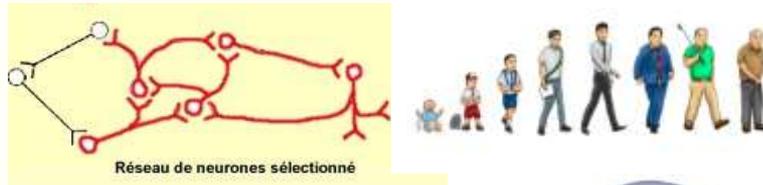


hle: Two Views of Brain Funct

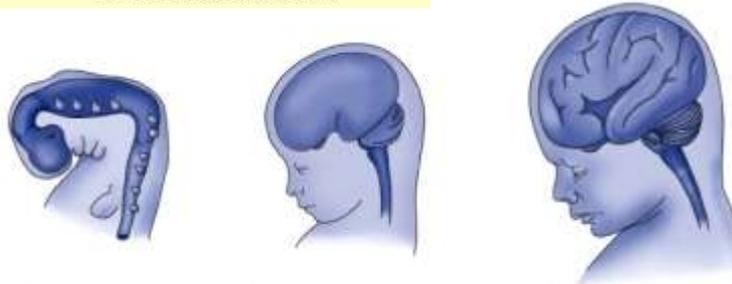
Perception
et action



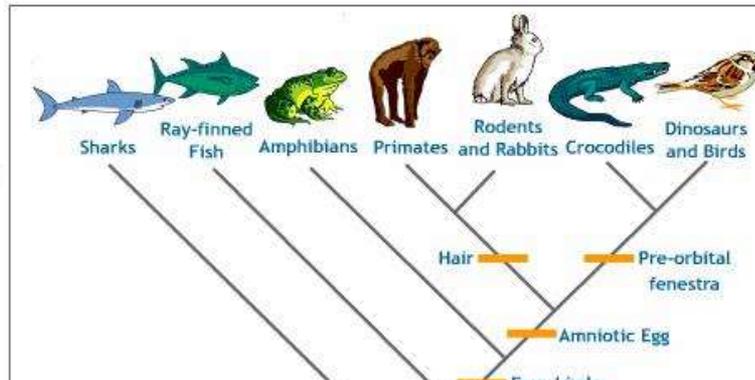
Apprentissage



Développement



Évolution
biologique



Parce que notre cerveau
tente constamment de
faire des prédiction

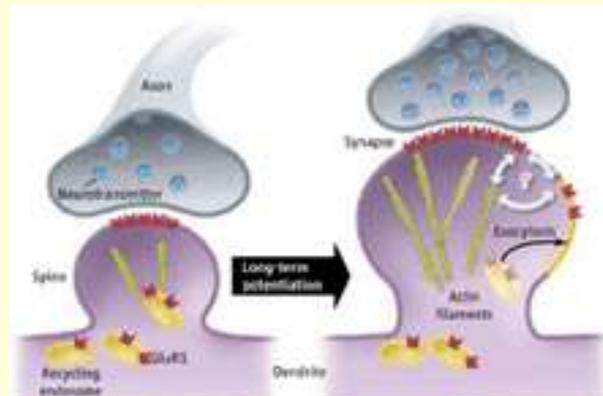
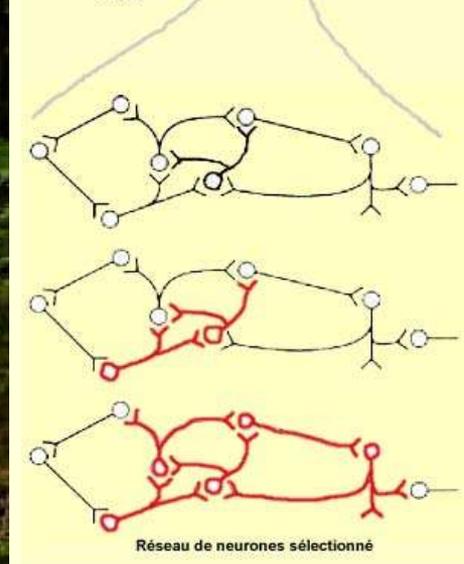
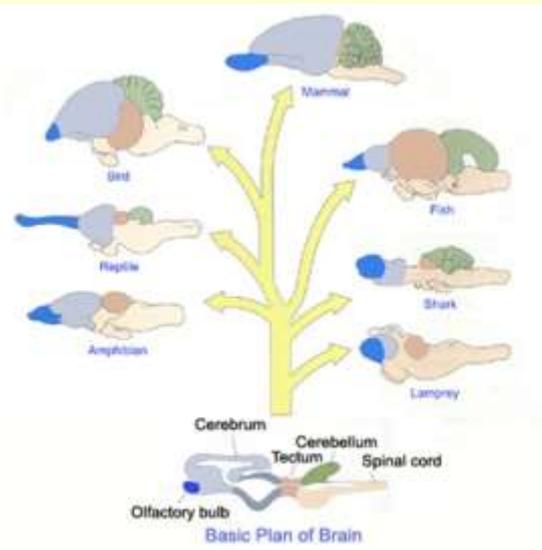
qui se basent sur des
modèles internes
construits tout au long de
notre **longue** histoire !

(innée et acquise)





Nous sommes un peu comme un torrent...



12 grands principes :

- 1) Nous sommes fait de multiples **niveaux d'organisation** en interaction
- 2) Tout est **dynamique** mais à **différentes échelles de temps**
- 3) Adopter une **perspective évolutive**
- 4) Notre cerveau est encore construit sur la **boucle sensori-motrice** modulée par du **cortex « associatif »**
- 5) Nous avons hérité de **plusieurs mémoires** permettant de faire des **analogies** pour mieux **prévoir**
- 6) Des structures cérébrales ayant été sélectionnées pour certaines fonctions cognitives sont « **recyclées** » pour d'autres fonctions
- 7) On a différentes structures cérébrales différenciée, mais on ne peut pas leur accoler une **étiquette fonctionnelle unique**.
- 8) Des mécanismes comme la **neuromodulation** et la **synchronisation** d'activité permettent la formation de réseaux transitoires
- 9) **L'engramme mnésique** se situe à plusieurs niveaux
- 10) Le cerveau et le corps sont si **inextricablement liés** qu'il ne font qu'un
- 11) On **décide** souvent inconsciemment en fonction des **affordances** que nous suggère à tout moment notre environnement
- 12) On cherche constamment à **réduire l'écart** (ou l'erreur) entre nos prédictions et les évidences sensorielles



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

; -)

