

Plan

Avant-midi : « sur les aspects du fonctionnement et des nouveautés »

~~1^{er} bloc~~ : ~~La base : une perspective évolutive par niveaux d'organisation~~

~~2^e bloc~~ : ~~Des dogmes qui tombent du neuronal au cérébral~~

Après-midi : « sur les liens que l'on peut faire avec l'apprentissage et la pédagogie »

~~3^e bloc~~ : ~~Plasticité cérébrale, apprentissage
et facteurs qui influencent nos mémoires~~

4^e bloc : De nouveaux paradigmes pour mieux comprendre le fonctionnement
du « cerveau-corps-environnement »

Qu'est-ce qui cause un comportement ?



BEHAVE

THE BIOLOGY
of HUMANS at OUR
BEST and WORST



ROBERT M.
SAPOLSKY

TED video :
**The biology of
our best and
worst selves.**

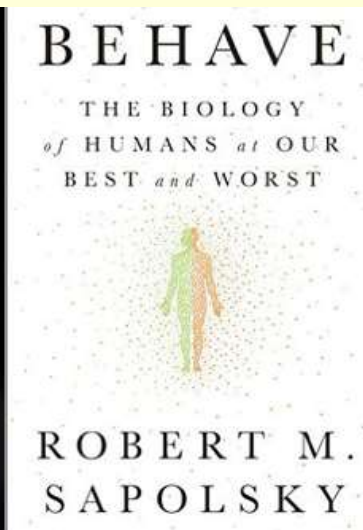
https://www.ted.com/talks/robert_sapolsky_the_biology_of_our_best_and_worst_selves

« C'est compliqué... »

Qu'est-ce qui cause un comportement ?

Table of Contents

- 2 - One Second Before 21
- 3 - Seconds to Minutes Before 81
- 4 - Hours to Days Before 99
- 5 - Days to Months Before 137
- 6 - Adolescence; or, Dude, Where's My Frontal Cortex? 154
- 7 - Back to the Crib, Back to the Womb 174
- 8 - Back to When you were Just a Fertilized Egg 223
- 9 - Centuries to Millennia Before 266
- ...17



« C'est compliqué... »

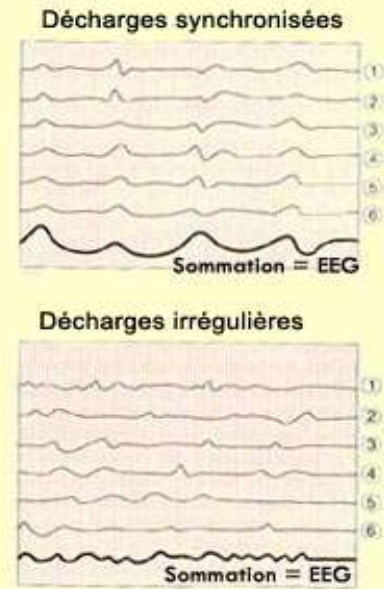
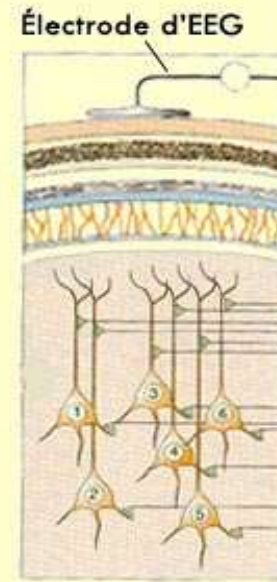
TED video :
**The biology of
our best and
worst selves.**

https://www.ted.com/talks/robert_sapolsky_the_biology_of_our_best_and_worst_selves

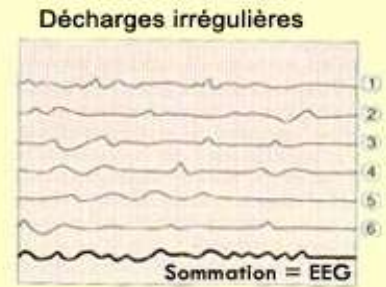
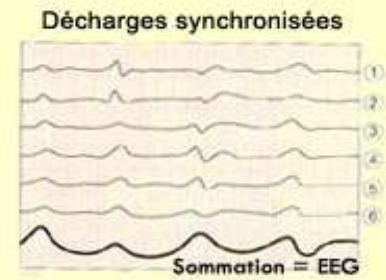
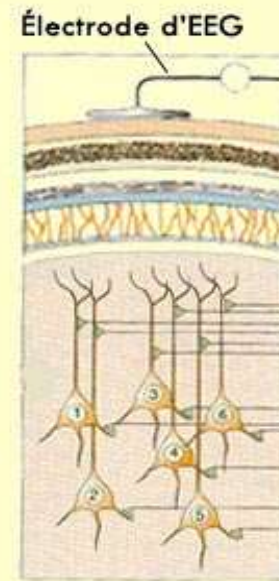
Certains patterns d'activation nerveuse

Table of Contents

- 2 - **One Second** Before 21
- 3 - Seconds to Minutes Before 81
- 4 - Hours to Days Before 99
- 5 - Days to Months Before 137
- 6 - Adolescence; or, Dude, Where's My
- 7 - Back to the Crib, Back to the Womb 174
- 8 - Back to When you were Just a Fertilized Egg 223
- 9 - Centuries to Millennia Before 266
- ...17



Certains patterns
d'activation nerveuse

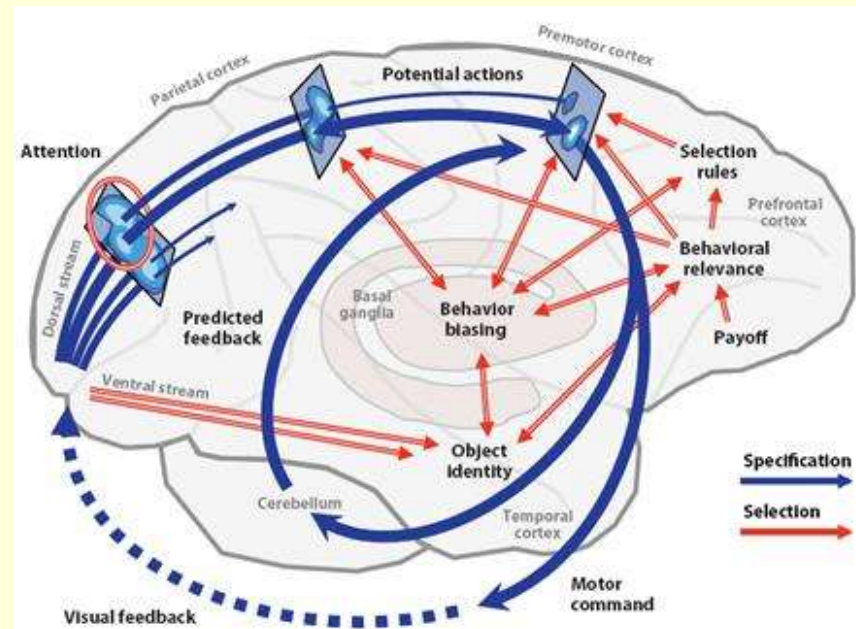


**Table of
Contents**

- 2 - One Second Before 21
- 3 - **Seconds to Minutes** Before 81
- 4 - Hours to Days Before 99
- 5 - Days to Months Before 137
- 6 - Adolescence; or, Dude, Where's My
- 7 - Back to the Crib, Back to the Womb 174
- 8 - Back to When you were Just a Fertilized Egg 223
- 9 - Centuries to Millennia Before 266

...17

en réponse
à certains stimuli



Certains patterns d'activation nerveuse

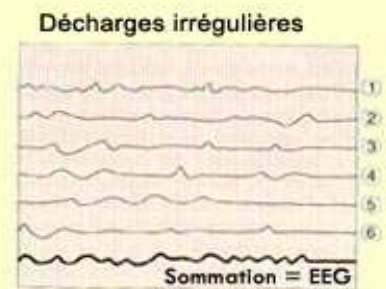
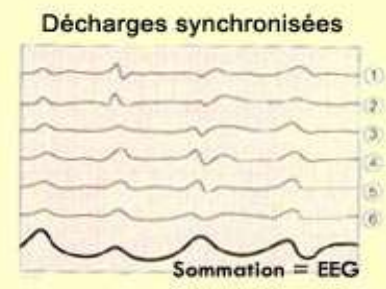
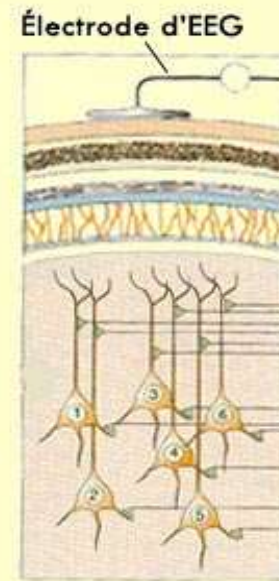
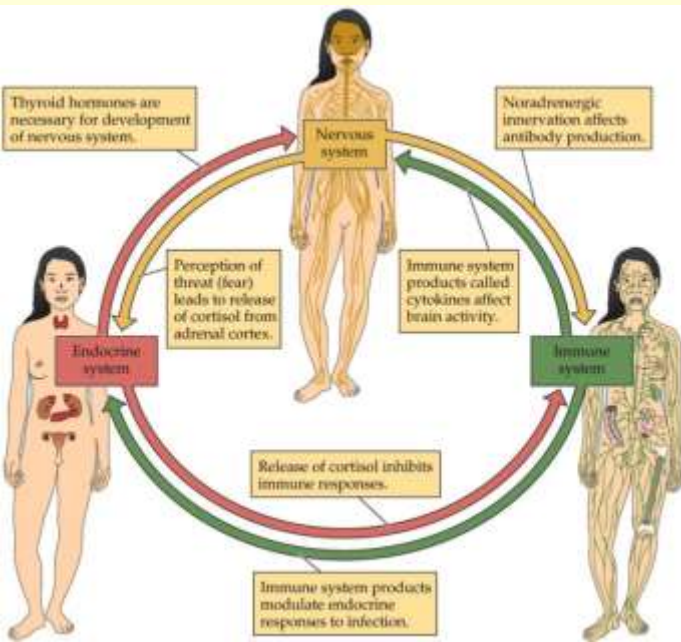


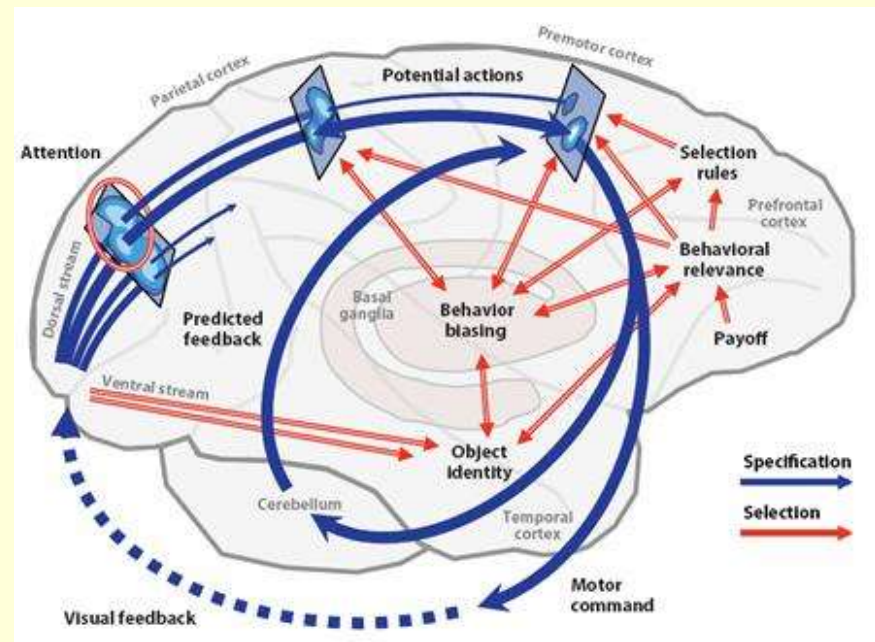
Table of Contents

- 2 - One Second Before 21
- 3 - Seconds to Minutes Before 81
- 4 - **Hours to Days** Before 99
- 5 - Days to Months Before 137
- 6 - Adolescence; or, Dude, Where's My
- 7 - Back to the Crib, Back to the Womb 174
- 8 - Back to When you were Just a Fertilized Egg 223
- 9 - Centuries to Millennia Before 266

en réponse à certains stimuli



avec certains niveaux d'hormones ou d'autres états corporels



suite à des phénomènes de **plasticité** neuronale amenant des changements structuraux

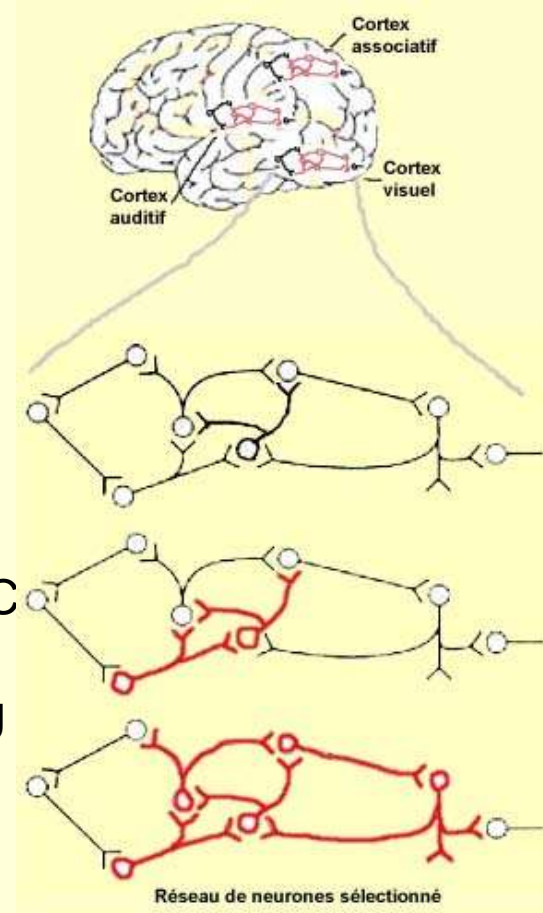
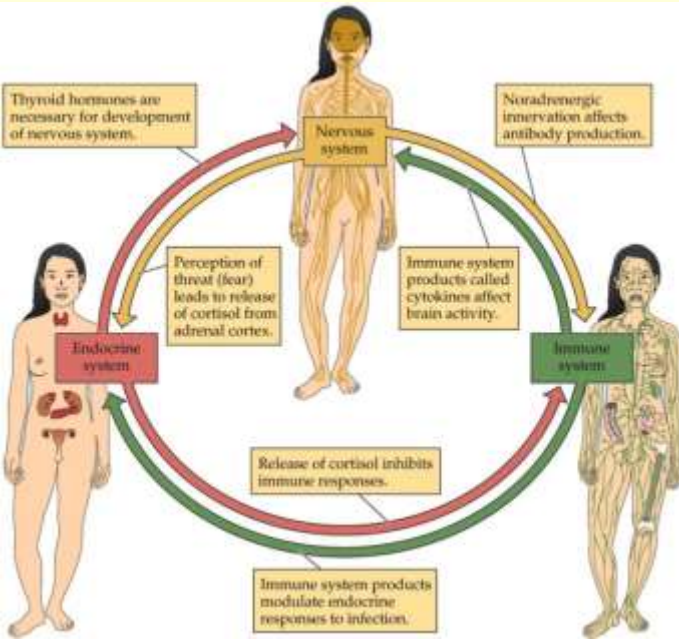


Table of Contents

- 2 - One Second Before 21
- 3 - Seconds to Minutes Before 81
- 4 - Hours to Days Before 99
- 5 - **Days to Months** Before 137
- 6 - Adolescence; or, Dude, Where's My Frontal C
- 7 - Back to the Crib, Back to the Womb 174
- 8 - Back to When you were Just a Fertilized Egg
- 9 - Centuries to Millennia Before 266



avec certains niveaux d'hormones ou d'autres états corporels

suite à des phénomènes de **plasticité** neuronale amenant des changements structuraux

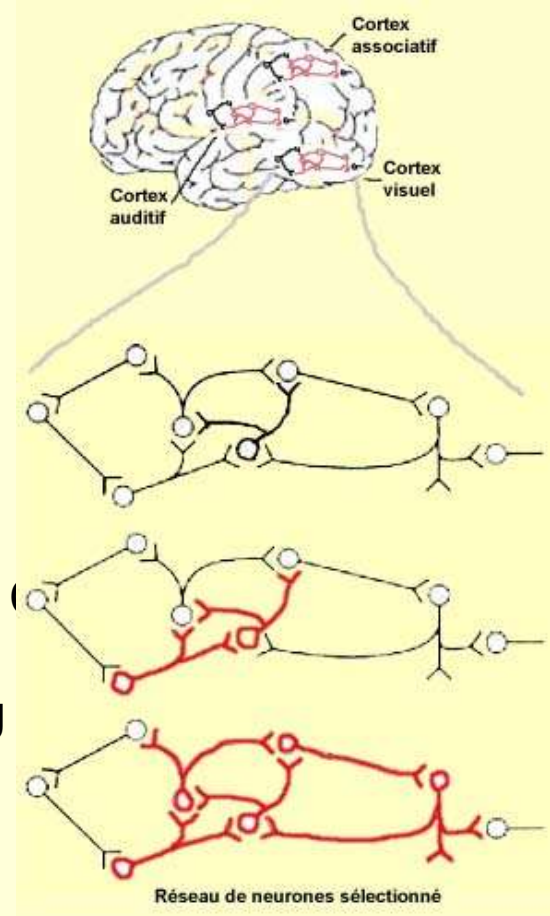


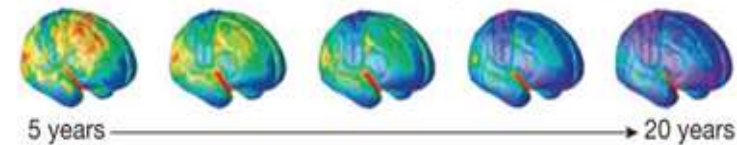
Table of Contents

- 2 - One Second Before 21
- 3 - Seconds to Minutes Before 81
- 4 - Hours to Days Before 99
- 5 - Days to Months Before 137
- 6 - **Adolescence**; or, Dude, Where's My Frontal (
- 7 - Back to the Crib, Back to the Womb 174
- 8 - Back to When you were Just a Fertilized Egg
- 9 - Centuries to Millennia Before 266
- ...17

une enfance et une adolescence épanouies ou carencées



Grey-matter volume changes during normal development



suite à des phénomènes de **plasticité** neuronale amenant des changements structuraux

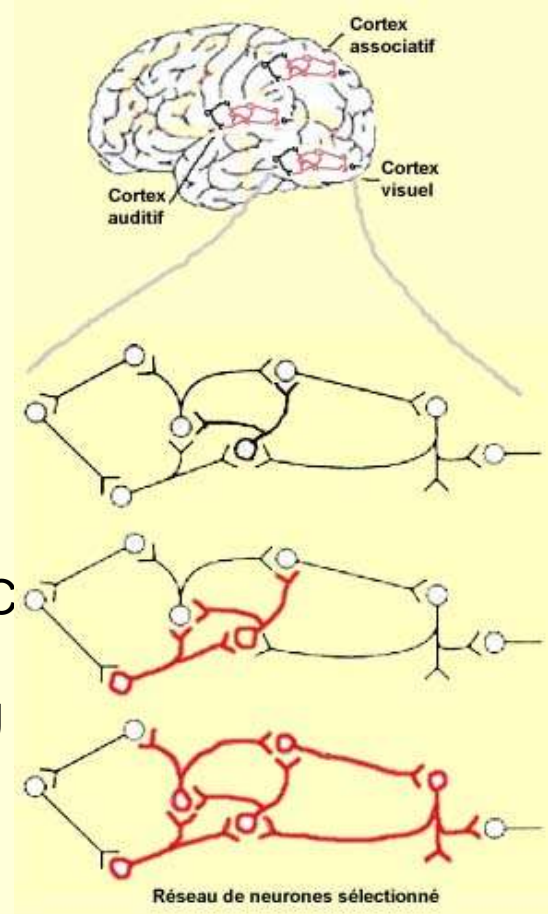
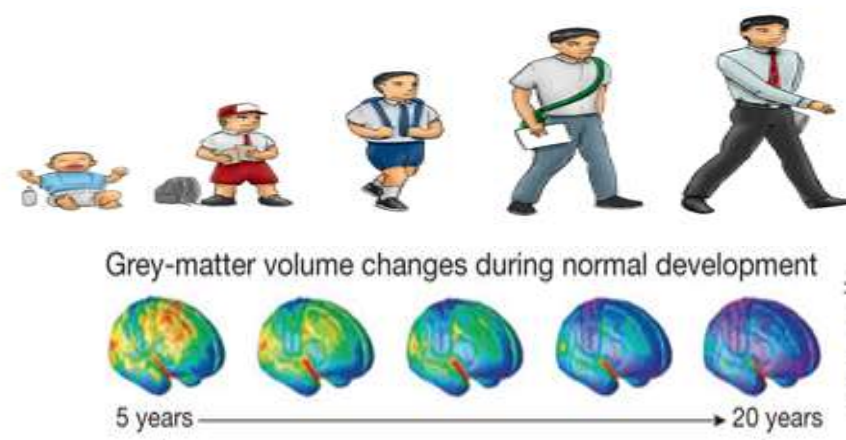
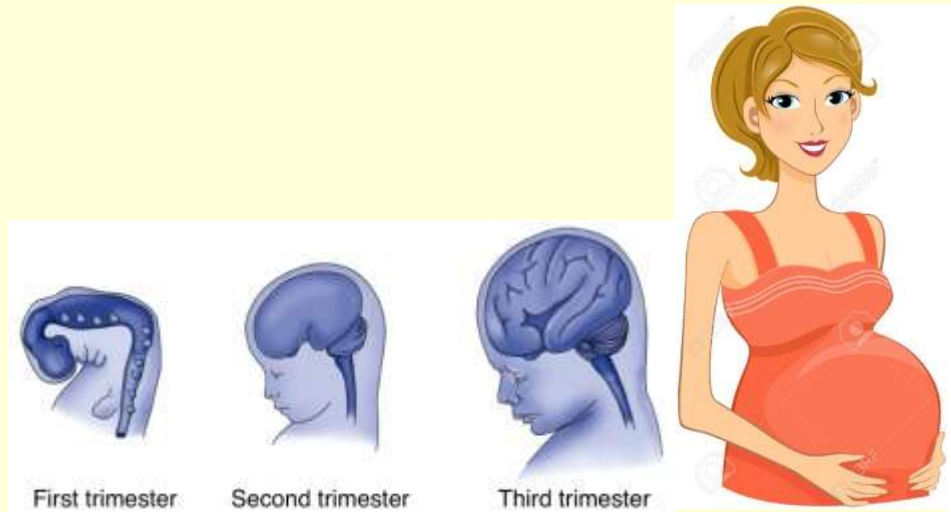


Table of Contents

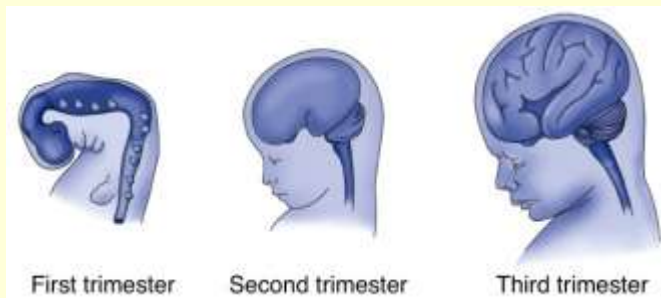
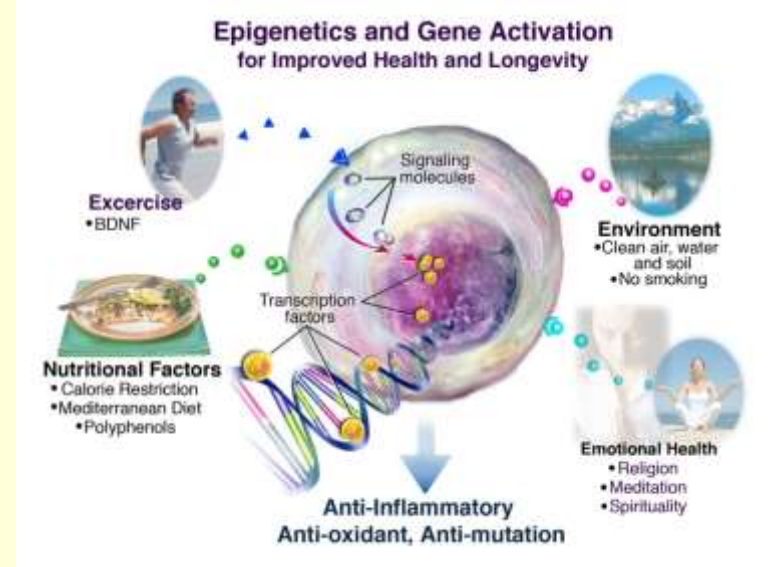
- 2 - One Second Before 21
- 3 - Seconds to Minutes Before 81
- 4 - Hours to Days Before 99
- 5 - Days to Months Before 137
- 6 - Adolescence; or, Dude, Where's My Frontal C
- 7 - Back to the Crib, Back to the **Womb** 174
- 8 - Back to When you were Just a Fertilized Egg
- 9 - Centuries to Millennia Before 266
- ...17



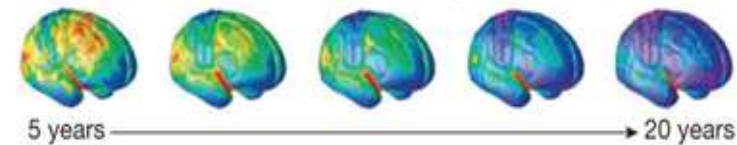
influences
épigénétiques
transmissibles ?

Table of Contents

- 2 - One Second Before 21
 - 3 - Seconds to Minutes Before 81
 - 4 - Hours to Days Before 99
 - 5 - Days to Months Before 137
 - 6 - Adolescence; or, Dude, Where's My Frontal Cortex? 154
 - 7 - Back to the Crib, Back to the Womb 174
 - 8 - Back to When you were Just a **Fertilized Egg** 223
 - 9 - Centuries to Millennia Before 266
- ...17



Grey-matter volume changes during normal development

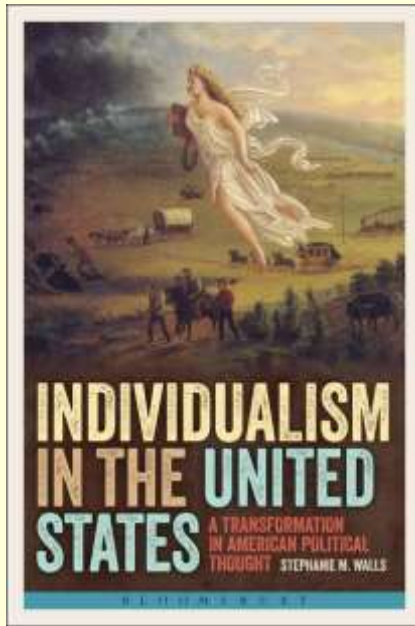
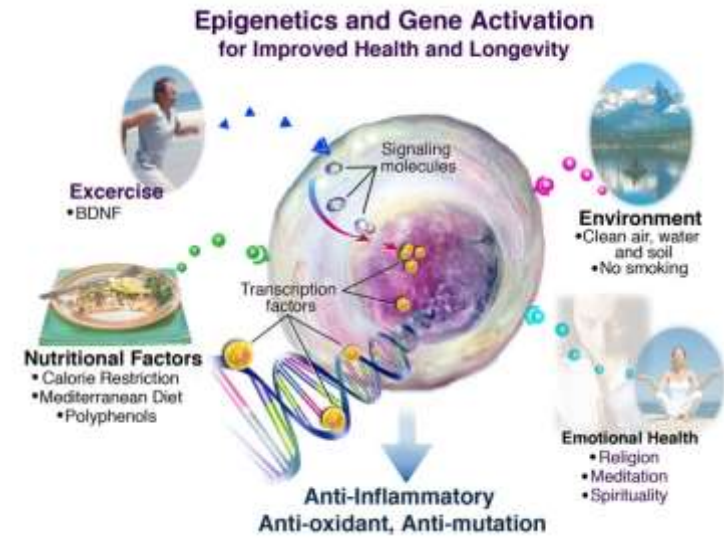


5 years —————> 20 years

influences
épigénétiques
transmissibles ?

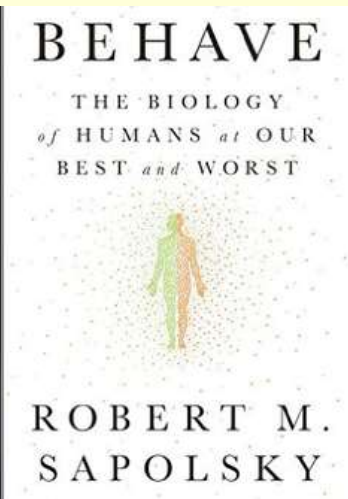
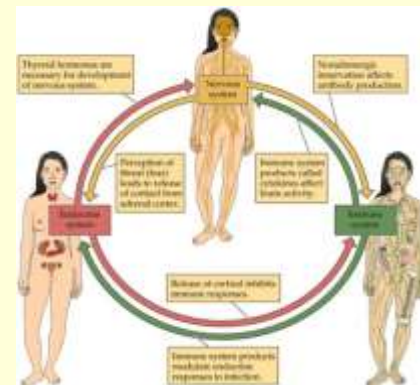
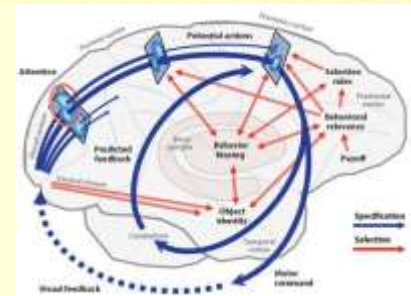
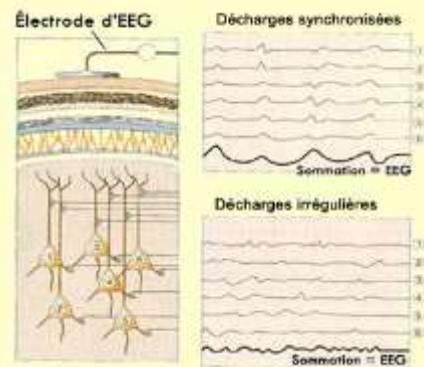
Table of Contents

- 2 - One Second Before 21
- 3 - Seconds to Minutes Before 81
- 4 - Hours to Days Before 99
- 5 - Days to Months Before 137
- 6 - Adolescence; or, Dude, Where's My Frontal Cortex? 154
- 7 - Back to the Crib, Back to the Womb 174
- 8 - Back to When you were Just a Fertilized Egg 223
- 9 - **Centuries to Millennia** Before 266

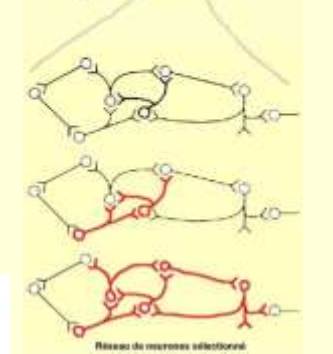
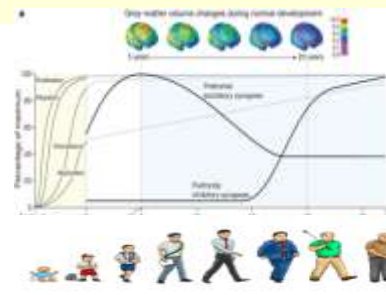
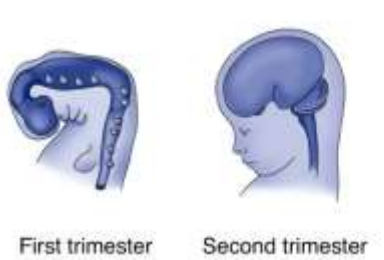


notre héritage culturel...

Qu'est-ce qui cause un comportement ?



Tous ces facteurs (ou déterminismes) à la fois !



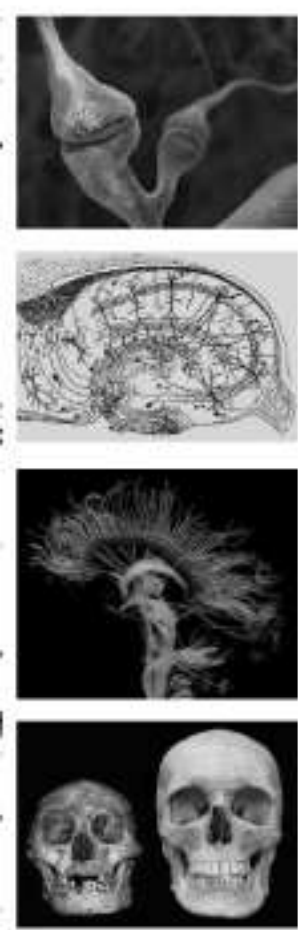
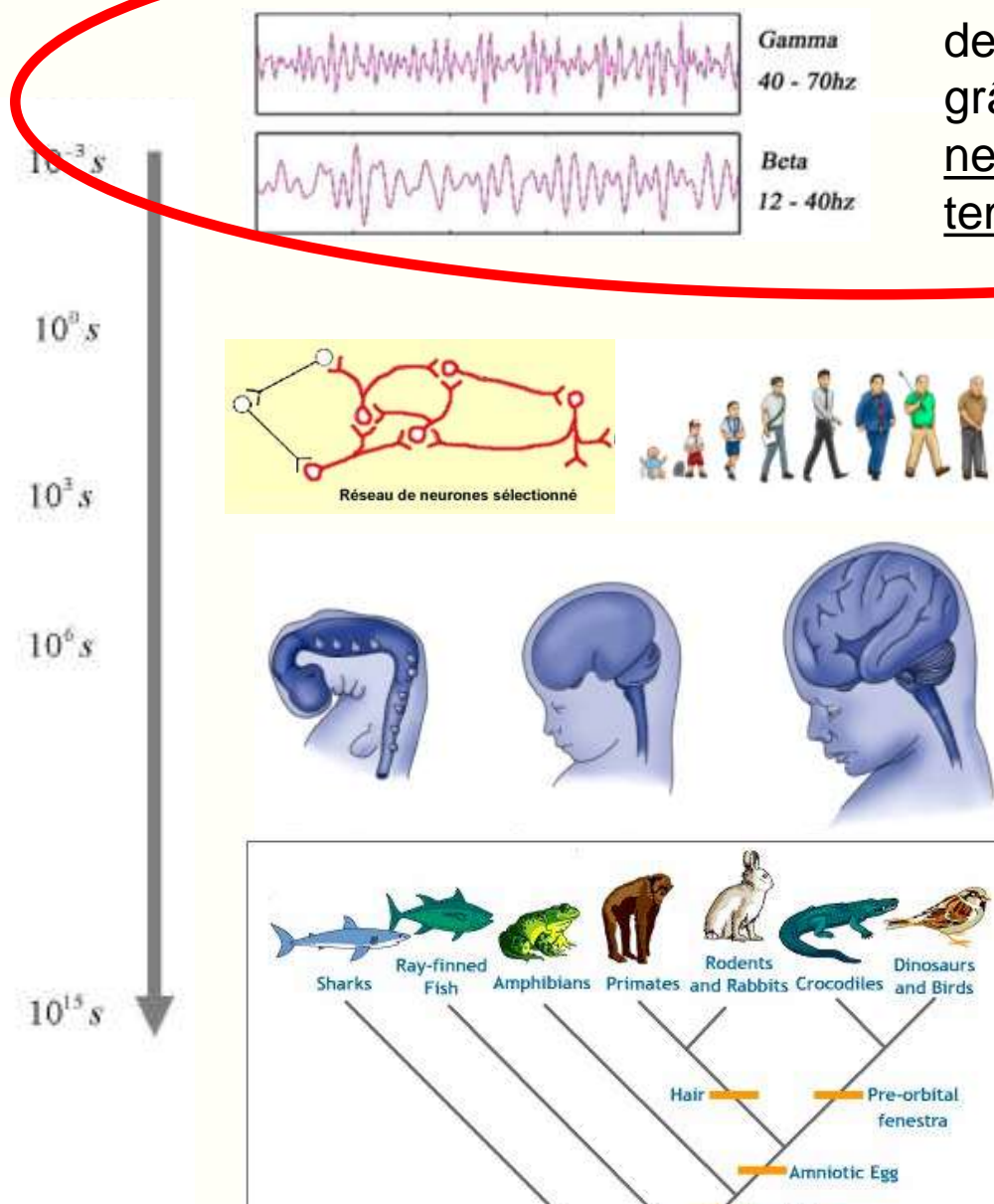
À différentes échelles de temps : que des processus dynamiques

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

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

Développement du système nerveux (incluant des mécanismes épigénétiques)

Évolution biologique qui façonne les plans généraux du système nerveux



On a vu jusqu'ici que :

Lorsqu'un organisme **se comporte** de manière toujours plus adaptée dans un environnement en perpétuel changement, on dit qu'il apprend.

Mais du point de vue du **système nerveux** lui-même (et non de quelqu'un qui observe), ce qui se produit est une transformation continue en accord avec les variations de l'environnement.

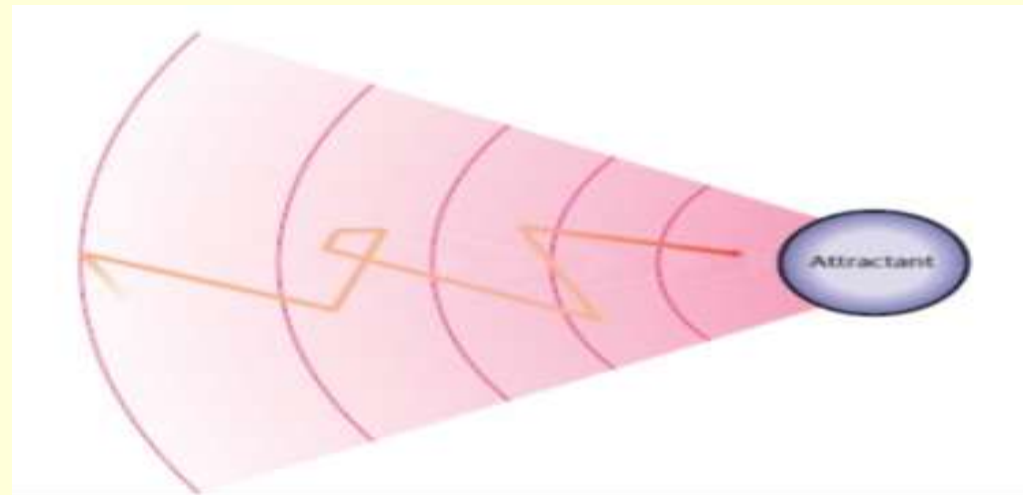
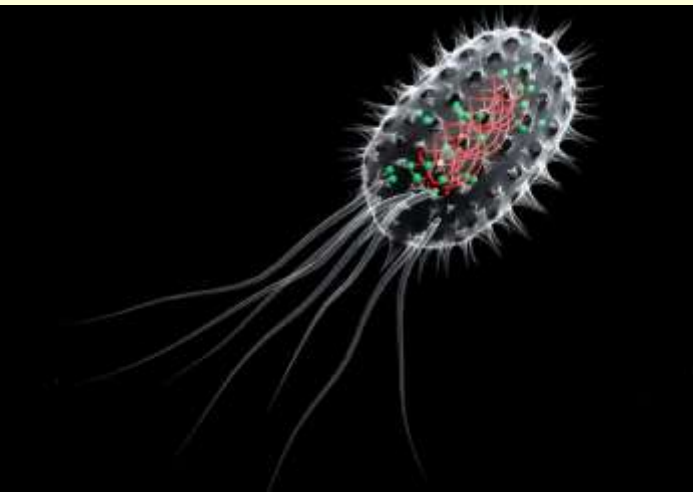
Le phénomène de la connaissance ne peut être abordé comme s'il existait des choses extérieures que nous saisissons pour les stocker dans notre tête.

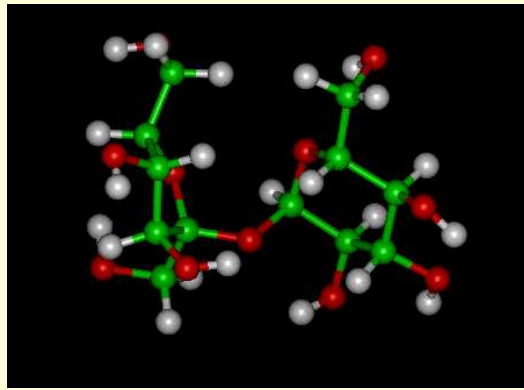
Pour nous, une chose particulière va exister à partir du moment où **on va lui attribuer une valeur positive, négative, ou neutre** en rapport avec la **structure particulière d'un cerveau-corps humain** qui va se modifier en conséquence.



Reprenons l'exemple d'une bactérie mobile qui nage dans un milieu aqueux en remontant un **gradient de sucre**.

On a vu qu'il se crée une **boucle sensorimotrice dynamique** qui va lui permettre d'aller vers la source du sucre, pour en avoir plus.





Le point important ici : bien que le **sucrose** est un réel élément de cet environnement physicochimique, son statut comme **aliment**, lui, ne l'est pas.

Le sucrose en tant qu'aliment **n'est pas intrinsèque au statut de sucrose en tant que molécule**. C'est plutôt une caractéristique « relationnelle », liée au métabolisme de la bactérie (qui peut l'assimiler et en soutirer de l'énergie).

Le sucrose n'a donc pas de **signification ou de valeur comme nourriture en soi**,

mais seulement par rapport à un organisme qui peut l'utiliser **pour maintenir l'organisation de sa structure** (et donc contre le 2^e principe de la thermodynamique, l'entropie)

Les significations particulières (valeurs positives ou négatives) que l'on retrouve dans ce monde sont donc le résultat des **interactions possibles** d'un organisme avec son environnement

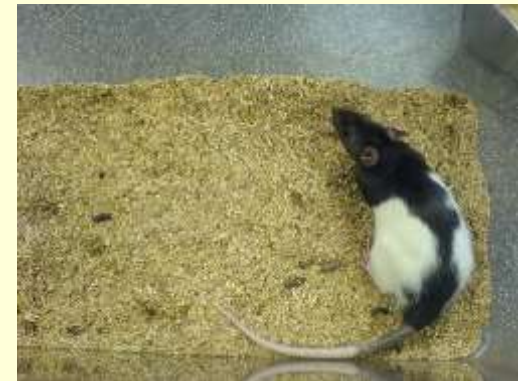
(comme on le verra dans un instant avec les affordances)

La signification et la valeur des choses ne **préexistent donc pas** dans le monde physique, mais sont mises de l'avant (ou « **énactés** ») par les organismes.

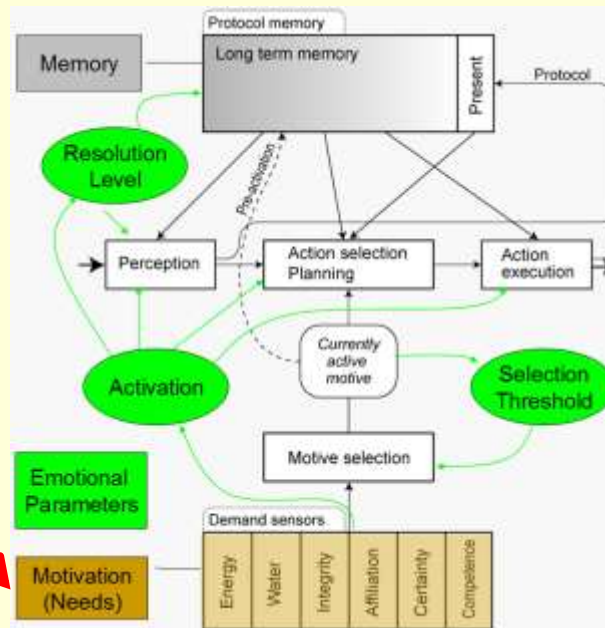
C'est pourquoi on peut dire que **vivre**, par définition, est un **processus créateur de sens**.

Et cela rejoint certaines caractéristiques de la cognition, comme celle d'être **intrinsèquement concerné par la monde**, d'y chercher et d'y trouver de la **signification**.

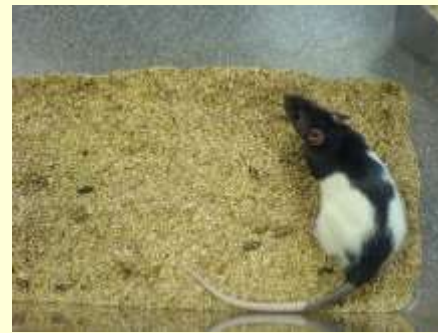
En effet, les êtres vivants ont ce désir, **cette curiosité**, **d'explorer leur espace vital** parce qu'ils ont besoin de trouver des éléments pour renouveler leur structure.



À l'époque des architectures fonctionnalistes (cognitivistes), on était toujours obligé de leur adjoindre une petite boîte étiquetée "**motivation**" pour déclencher leur action.



Sans expliquer vraiment à quoi répond véritablement ce besoin lié au fait d'être **un organisme vivant avec un corps à maintenir en vie**.



Comportements

Approche
(recherche de plaisirs)

Évitement de
la douleur



manger,
boire,
se reproduire

protéger son
intégrité physique



Nous devons donc **interagir**
avec notre **environnement**
pour obtenir ces ressources.

James J. Gibson, qui travaille sur la perception visuelle durant les années 1970, va ainsi mettre l'emphase sur ce qu'il va nommer les "**affordances**",

c'est-à-dire les **occasions d'interactions** potentielles avec l'environnement.

« **L'approche écologique** » de la perception visuelle que Gibson va développer va commencer à remettre en question le cognitivisme et tout le traitement symbolique abstrait qui vient avec.



Figure 5: Tree affordance to bird, person, monkey, and squirrel

James J. Gibson, qui travaille sur la perception visuelle durant les années 1970, va ainsi mettre l'emphase sur ce qu'il va nommer les "**affordances**",



c'est-à-dire les **occasions d'interactions** potentielles avec l'environnement.

« **L'approche écologique** » de la perception visuelle que Gibson va développer va commencer à remettre en question le cognitivisme et tout le traitement symbolique abstrait qui vient avec.

Son aphorisme :

"Ask not what's inside your head, but what your head's inside of"

renvoie à l'importance qu'il accorde à **l'environnement** ou la **niche écologique** d'un organisme.

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

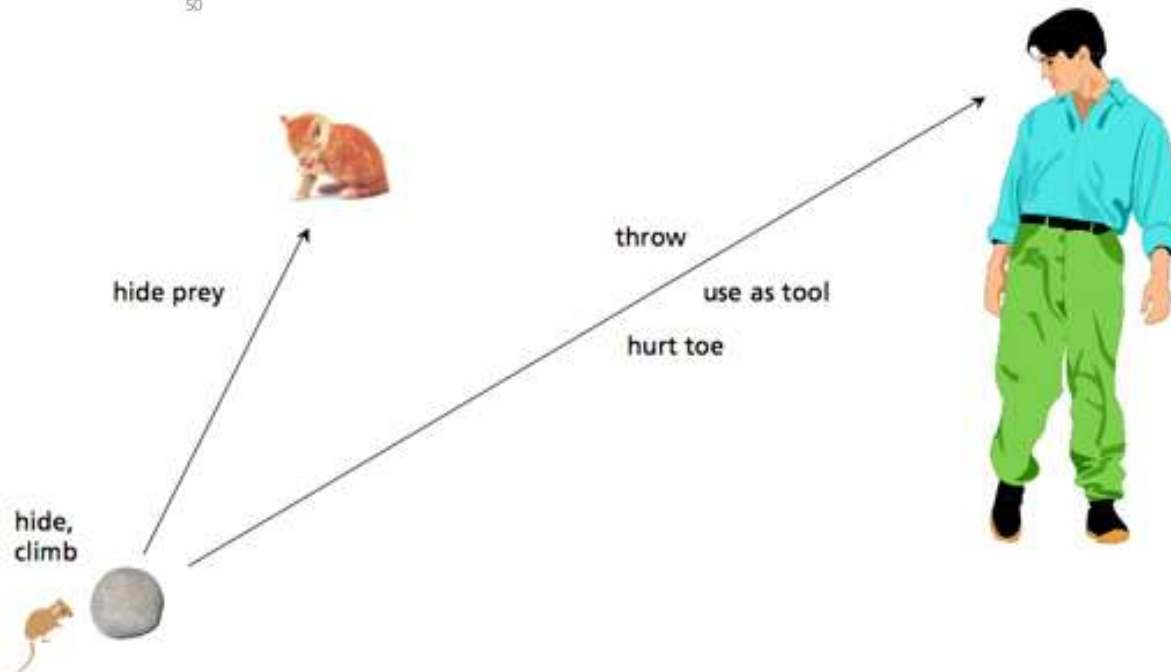
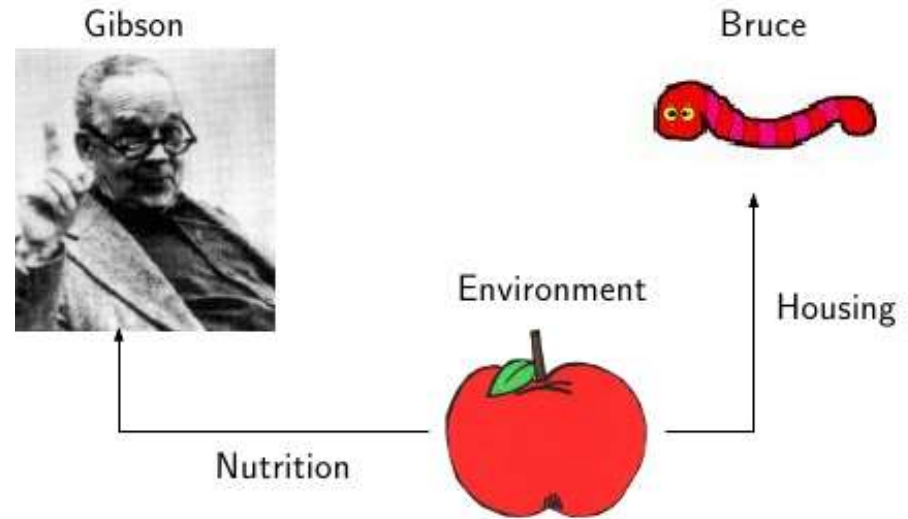
Design for ALL

50

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

Elle est forcément **relationnelle**

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



Pour Gibson :

- un organisme et son environnement sont donc **inséparables**;
- beaucoup de ce que fait l'être humain avec sa technologie et ses connaissances transmises culturellement est de créer **d'avantage d'affordances** que dans un environnement naturel

Exemple : ce qu'on fait en camping, escalier dans pente trop abrupte, etc.



Pour Gibson :

- un organisme et son environnement sont donc **inséparables**;
- beaucoup de ce que fait l'être humain avec sa technologie et ses connaissances transmises culturellement est de créer **d'avantage d'affordances** que dans un environnement naturel

Exemple : ce qu'on fait en camping, escalier dans pente trop abrupte, etc.

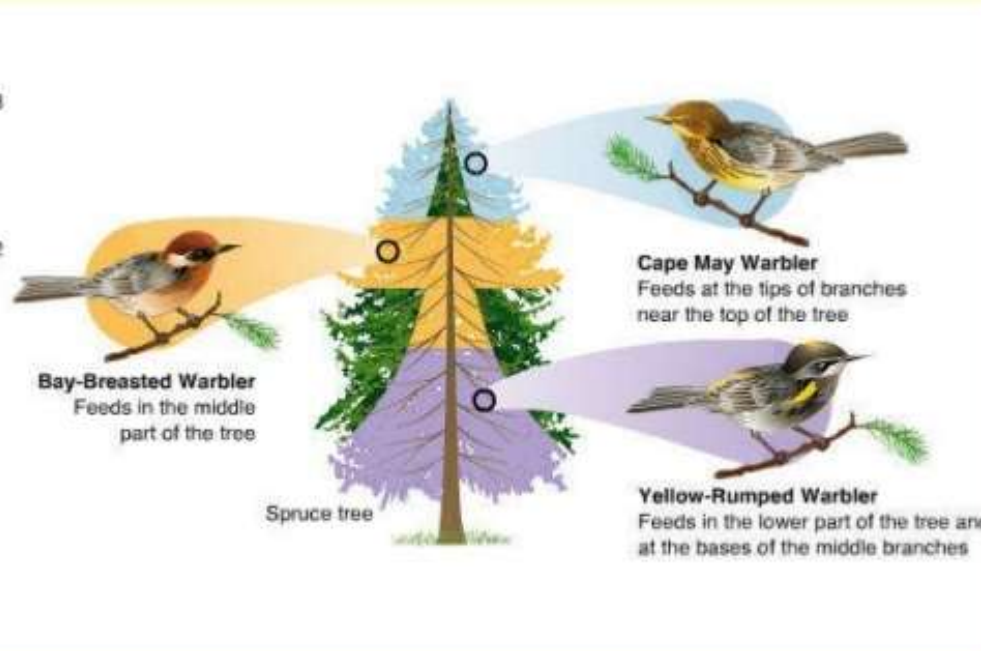
ou en ville...



While different species may share or live in a similar habitat, ecological niche is their unique way of living within it.



“An ecological niche ‘just is’ a structured set of affordances that are shared by agents”



Variational Ecology and the Physics of Sentient Systems

Maxwell J. D. Ramstead, Axel Constant, Paul B. Badcock, Karl J. Friston

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S157106451930003X>

(2019)

On peut aussi étendre
le concept à des
affordances culturelles :

notre comportement
dépend souvent de ce que
l'on perçoit des intentions
des autres.



Gibson disait : “**behavior affords behavior**”.

Dans le sens où si quelqu’un est gentil avec vous,
cela vous porte à être gentil aussi,
et l’inverse...

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

Maxwell J. D. Ramstead,^{1,2,*} Samuel P. L. Veissière,^{2,3,4,5,*} and Laurence J. Kirmayer^{2,*}

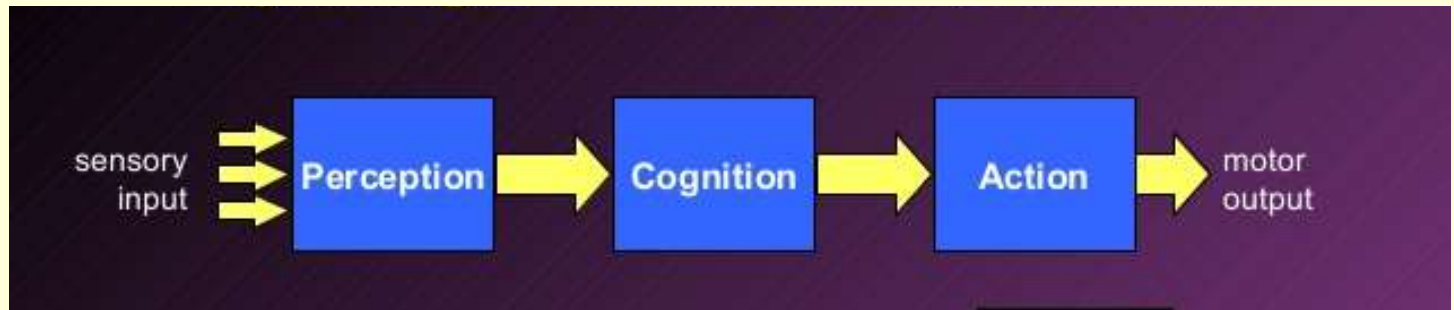
Front Psychol. **2016**; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4960915/>

À la place de représentations descriptives classiques, tout cela suggère que l'on devrait plutôt avoir des **représentations pragmatiques**.

- Qui permettent d'interagir avec le monde
 - Peuvent être implicites (pas besoin d'en avoir conscience)
 - Peuvent avoir une composante subjective (notre degré de faim va moduler ce type de représentation)
 - Bref, on perçoit le monde dans une **perspective d'actions** suggérées par des **affordances**.
- Exemple : ma tasse de café n'est pas d'abord perçue parce qu'elle a telle ou telle propriété (taille, forme, couleur...) et ensuite cette représentation me fait penser à une tasse et me donne l'idée de boire.
- Au contraire, ma tasse est directement perçue comme une opportunité de siroter un café. Comme un trottoir est une opportunité pour marcher ou un feu de circulation au rouge pour s'immobiliser.

Donc pour la plus grande partie de nos comportements qui sont rapides et inconscients,

on doit délaissier le schéma classique



→ manipulations
de représentations

→ décision

→ préparation
du mouvement

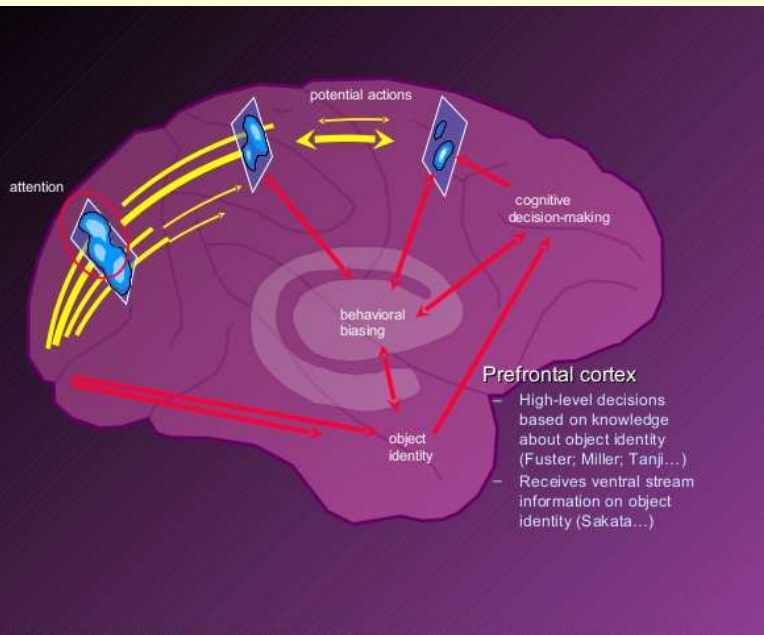
→ *action*

Donc pour la plus grande partie de nos comportements qui sont rapides et inconscients,

on doit délaissier le schéma classique

et aller vers des représentations « **pragmatiques** »

c'est-à-dire de transformer toute la théorie de la cognition en **une théorie de l'action !**

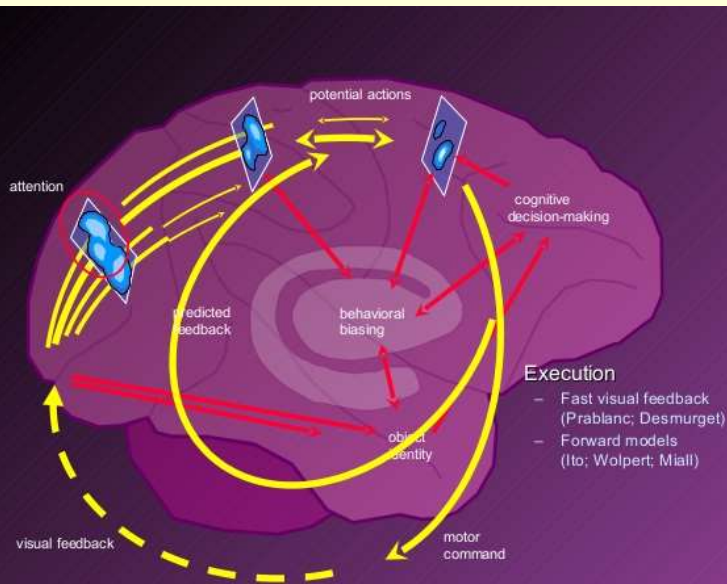


Donc pour la plus grande partie de nos comportements qui sont rapides et inconscients,

on doit délaissier le schéma classique

et aller vers des représentations « **pragmatiques** »

c'est-à-dire de transformer toute la théorie de la cognition en **une théorie de l'action !**

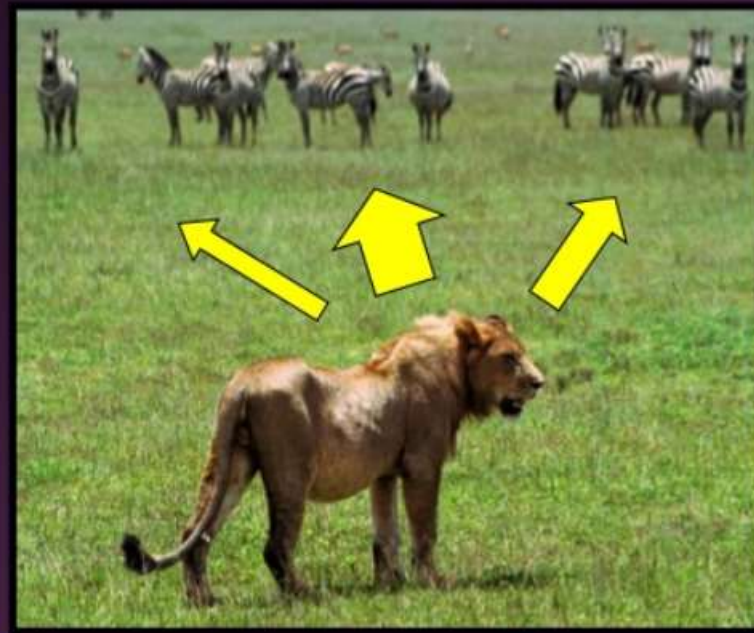


Ce projet est compatible avec la plupart des théories incarnées et énaive.

Et ce n'est pas une posture behavioriste pour autant, car on tient compte de la **dynamique du système cognitif** qui est au coeur de cette approche (le cerveau n'est plus considéré comme une « boîte noire »)

Comment se passe alors la prise de décision ?

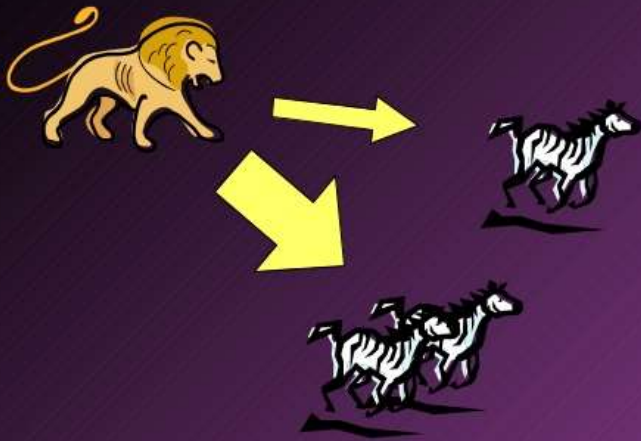
Decision-making in the wild



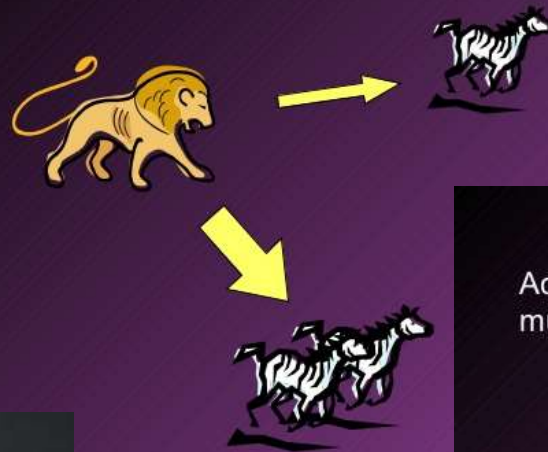
- The world presents animals with multiple opportunities for action ("affordances")
- Cannot perform all actions at the same time
- Real-time activity is constantly modifying affordances, introducing new ones, etc.

Paul Cisek Model - No "Decision" "Decision-Making"

<http://www.slideshare.net/BrainMoleculeMarketing/uqam2012-cisek>

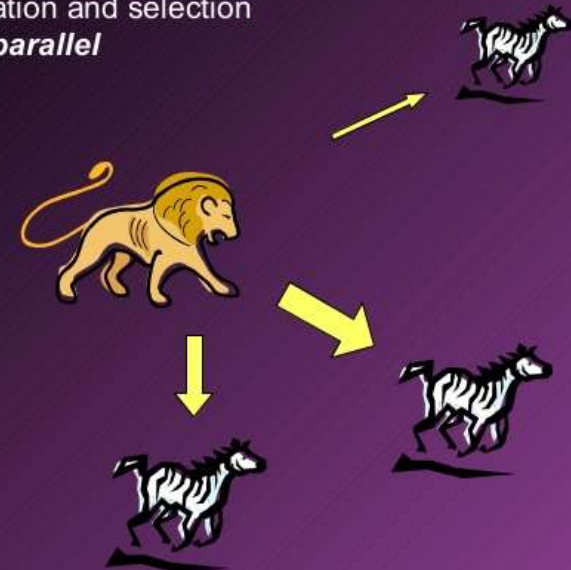


L'origine de la prise de décision c'est ça...



...et pas ça !

Action specification and selection must occur *in parallel*



Traditionnellement, on conçoit la prise de décision de façon sérielle :

Quoi faire ?

- 1) « sélection »** (ou décision)
→ Peut prendre plusieurs minutes

Comment le faire ?

- 2) « spécification »** (des commandes motrices appropriées)



→ Peut prendre plusieurs minutes



→ Ou même des jours
ou des mois...



→ Peut prendre quelques secondes



→ Ou dizaines de secondes



→ Peut prendre une seconde

→ Ou une fraction de seconde



Pour nombre de décisions simples et rapides,
les données expérimentales
n'appuient pas le schéma classique :

« décision →
préparation du bon
mouvement →
action »





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 ("grasping").

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 (**affordances** !)

Et **simuler**, c'est un peu comme « **prédire** ce qu'il faudrait faire avec »

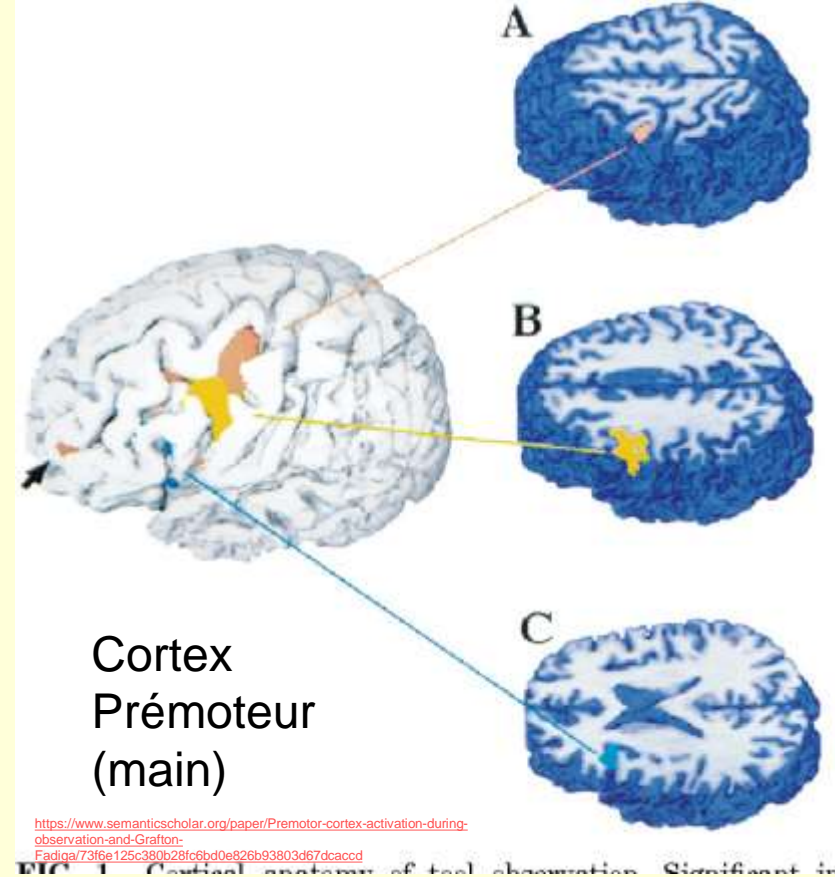


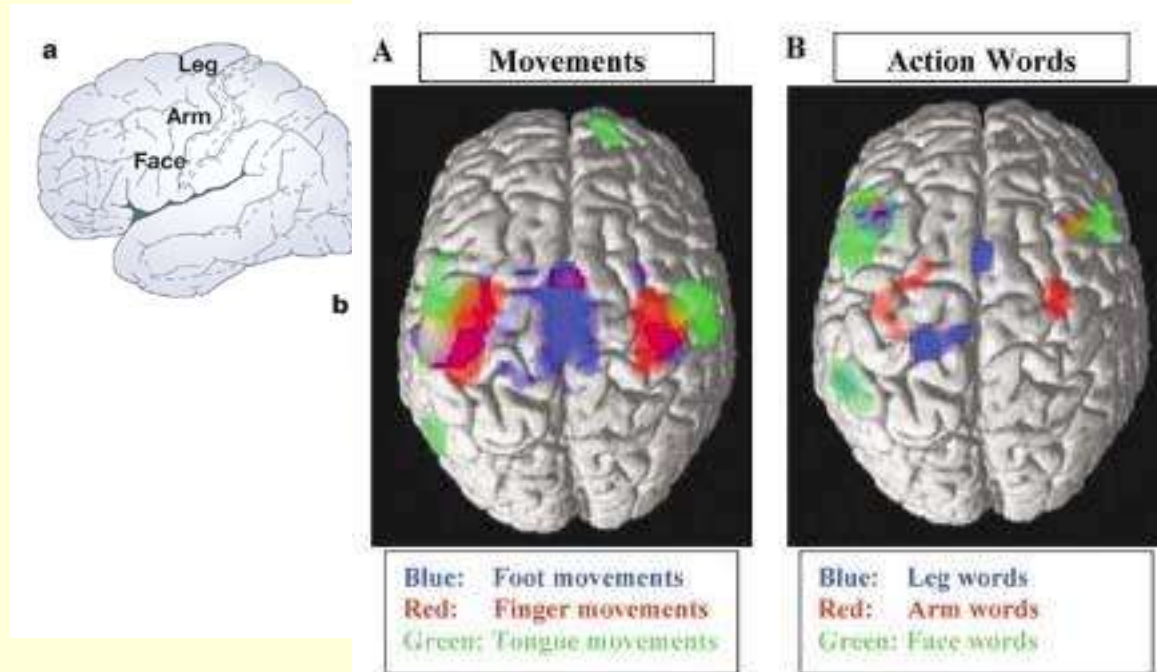
FIG. 1. Cortical anatomy of tool observation. Significant in

Pulvermüller (2006)
Hauk et al. (2004)

Lire des mots d'action comme *kick*, *kiss*, *pick* produit une activation du système moteur qui est organisée de manière somatotopique.

Exemple : lire *kiss* active la région motrice de la bouche;

lire *kick* active la région motrice de la jambe, etc.



Des tâches de **rappel de verbes** activent aussi les régions cérébrales motrices impliquées dans ces actions.

20 mars 2017

Une première carte sémantique sur le cortex humain

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2017/03/20/6369/>

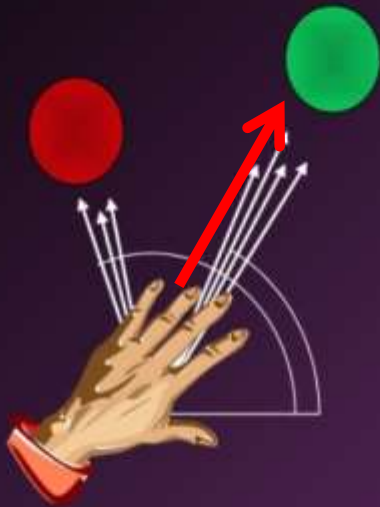


Nos systèmes sensorimoteurs sont utilisés de manière routinière dans notre compréhension du langage.

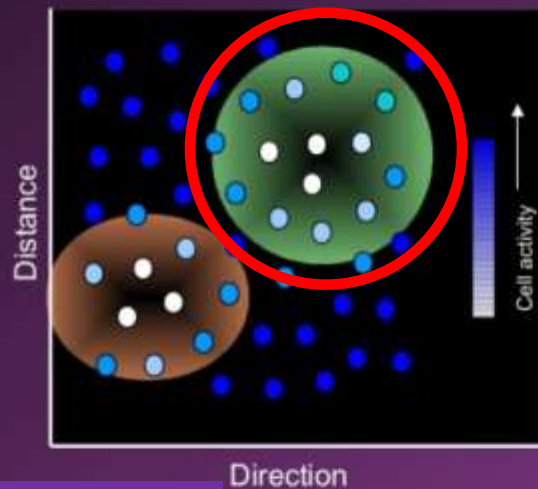
(recyclage neuronal !?)

Il semble que des **simulations** ont lieu dans nos régions cérébrales sensorielles et motrices et qu'elles contribuent à notre compréhension du langage.

Specification and selection in parallel



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 :

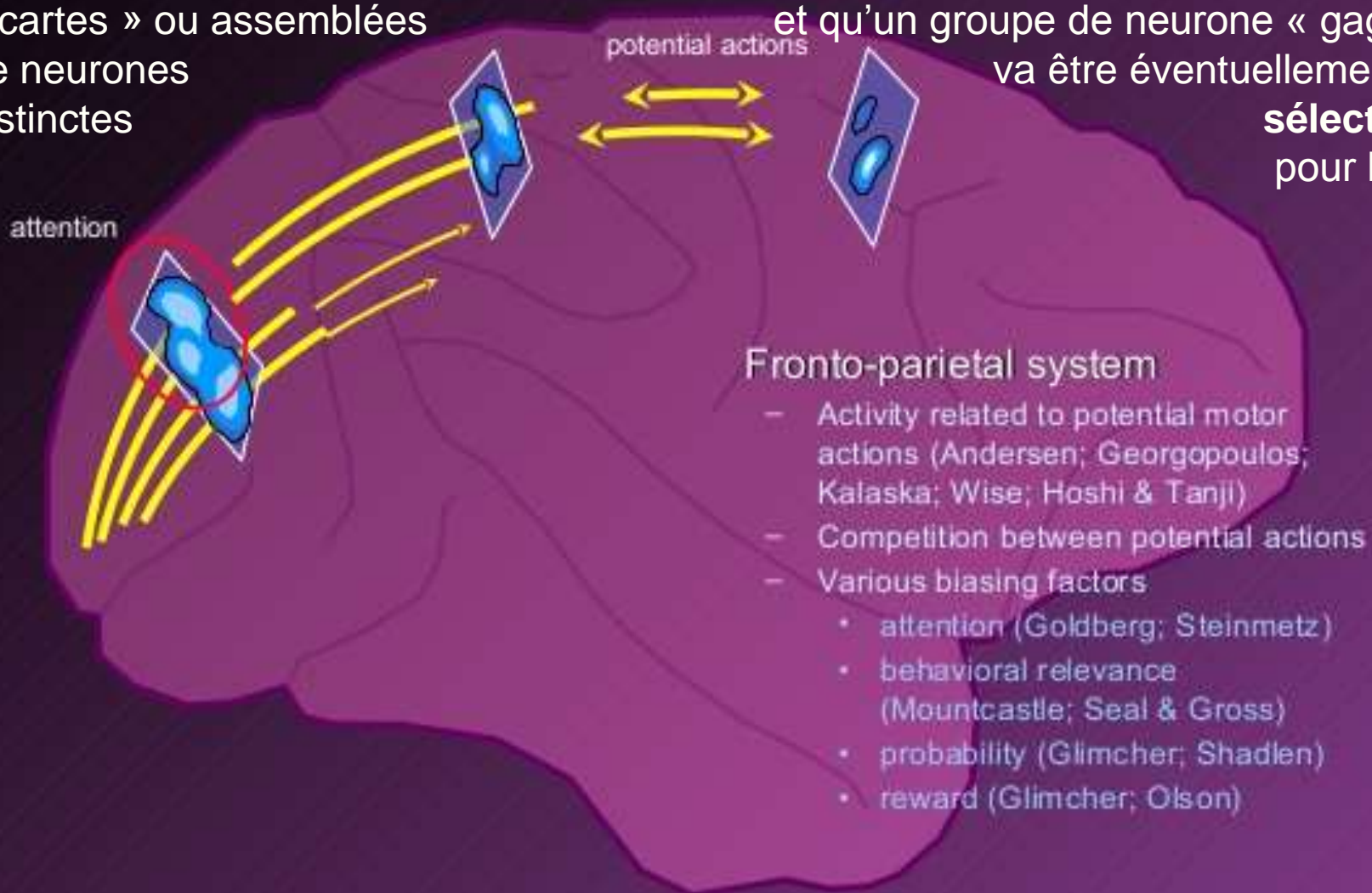
Un groupe de neurones remporte la « compétition » dû à la prédominance de son activité.

**Donc spécification d'actions possibles d'abord,
sélection (ou décision)
ensuite (ou en parallèle).**

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

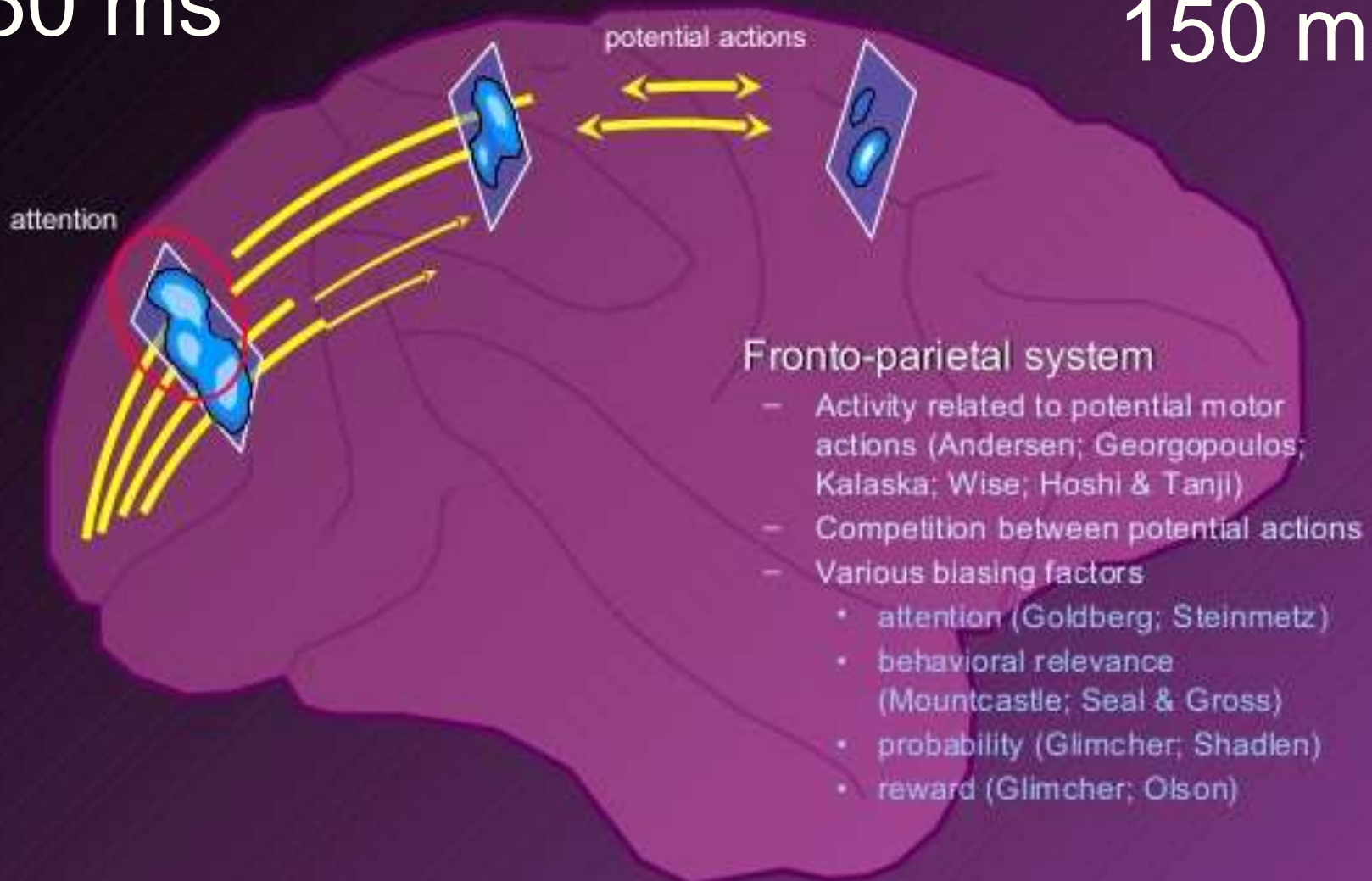
Des processus d'attention aident à **spécifier** des « cartes » ou assemblées de neurones distinctes

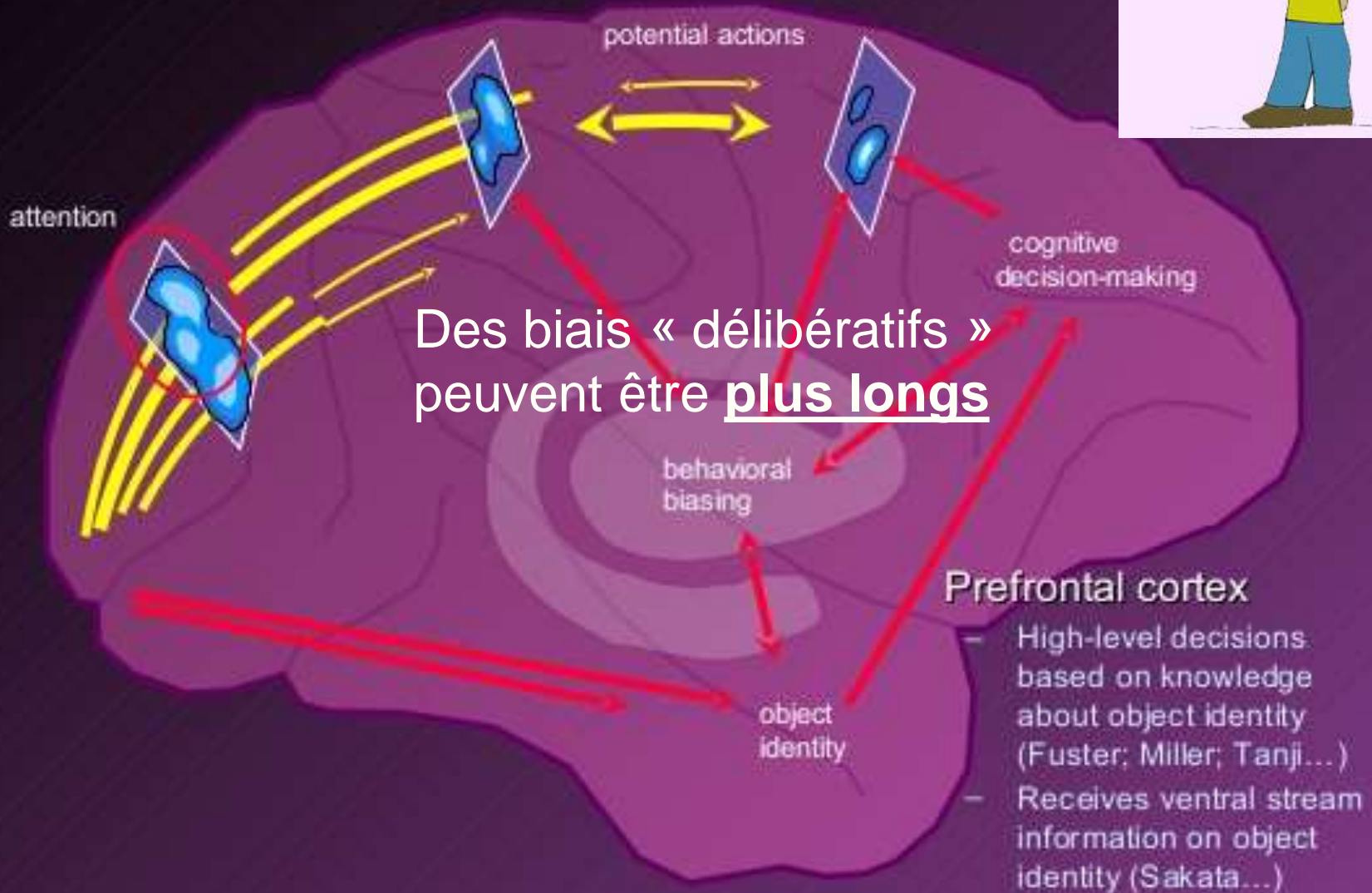
Et c'est à partir de là qu'a lieu la compétition (par inhibitions réciproques) et qu'un groupe de neurone « gagnant » va être éventuellement être **sélectionné** pour l'action.



50 ms

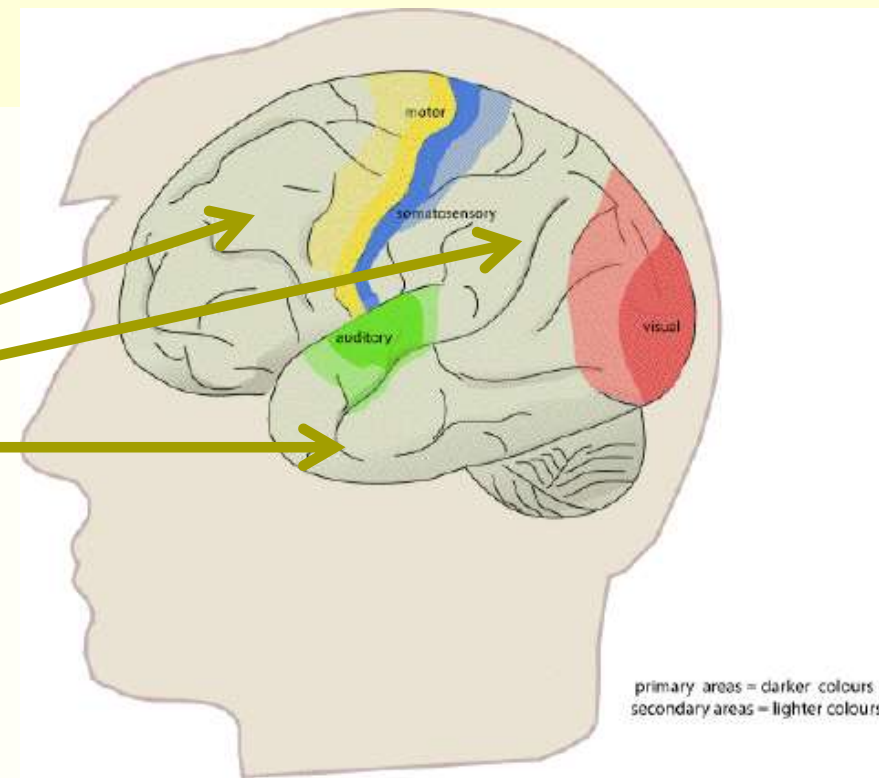
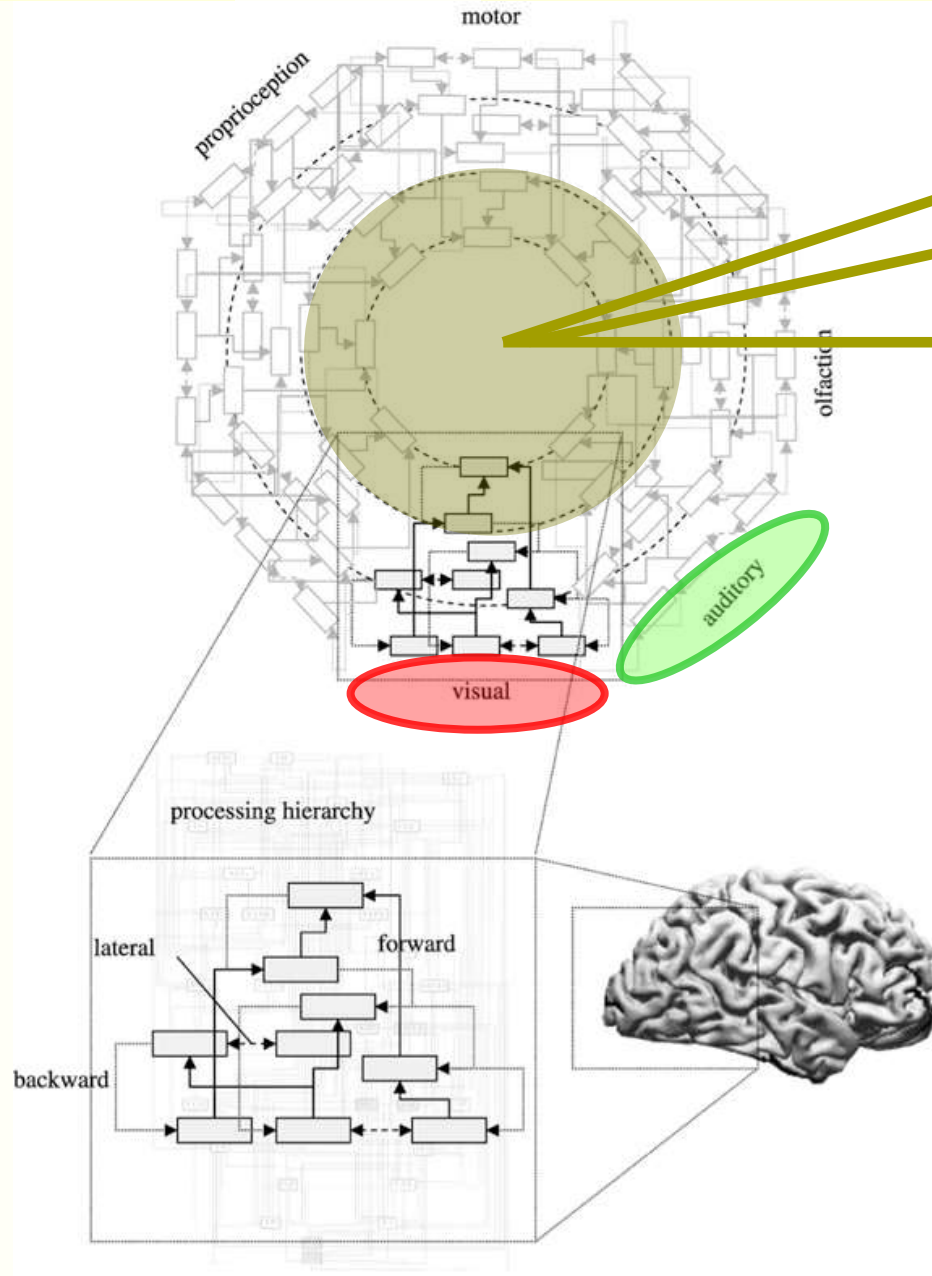
150 ms

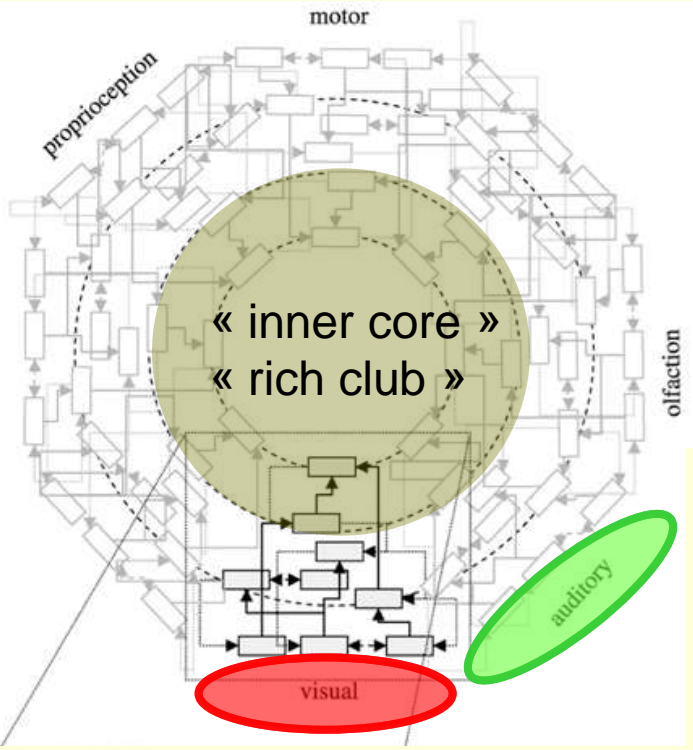




Des biais « délibératifs »
peuvent être plus longs

Autre façon de représenter le cortex :





Dwelling quietly in the rich club: brain network determinants of slow cortical fluctuations

Leonardo L. Gollo, Andrew Zalesky, R. Matthew Hutchison, Martijn van den Heuvel, and Michael Breakspear

19 May 2015

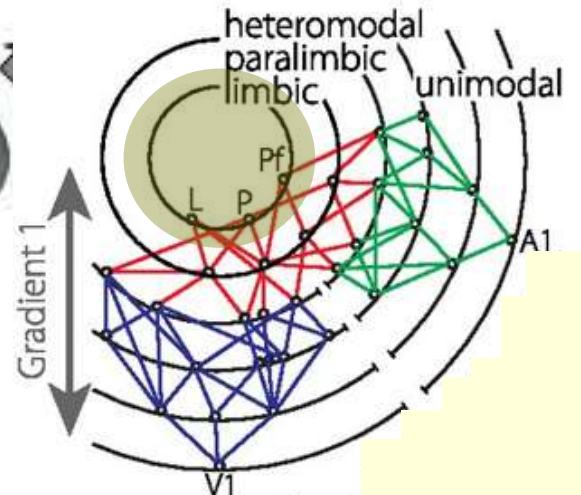
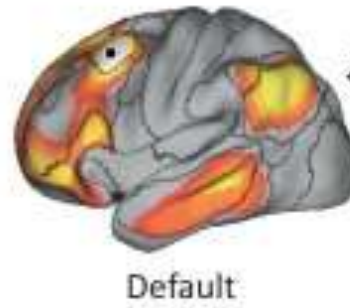
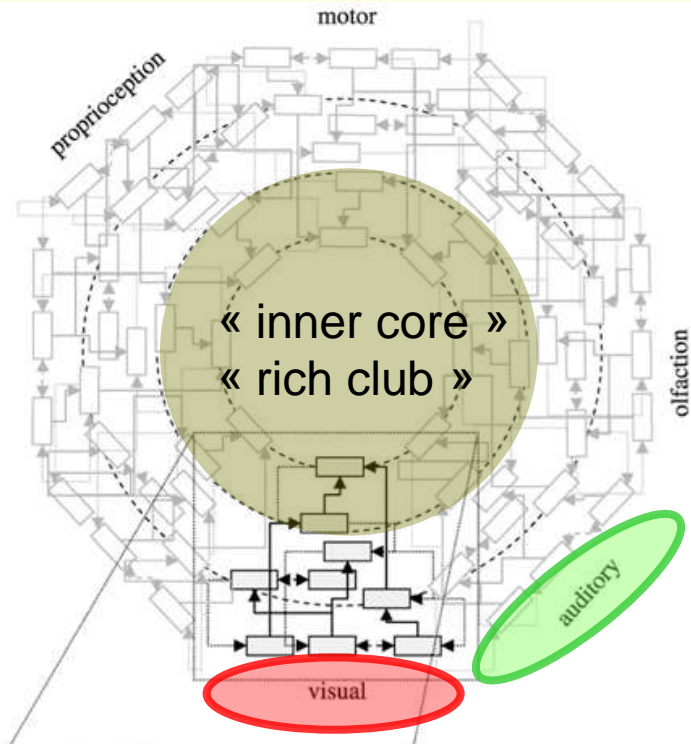
https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rstb.2014.0165?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub%3Dpubmed&#RSTB20140165F2

“Recent studies, in particular, have highlighted an inner core of the brain, namely a densely interconnected constellation of hub regions called the rich club in human, macaque and even the *Caenorhabditis elegans* brain.”

Plus grande **stabilité** :

« A rich-club member, for example, can remain in the same functional cluster for **several seconds.**”



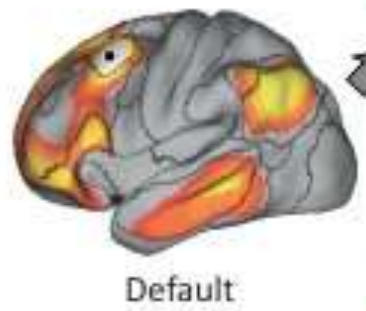
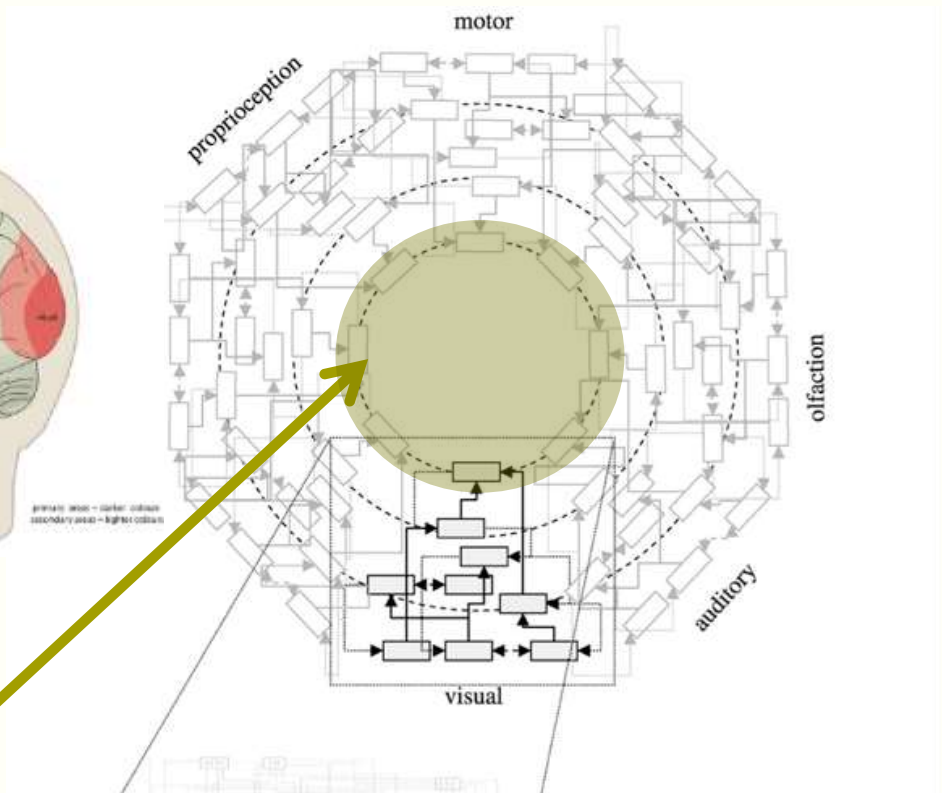
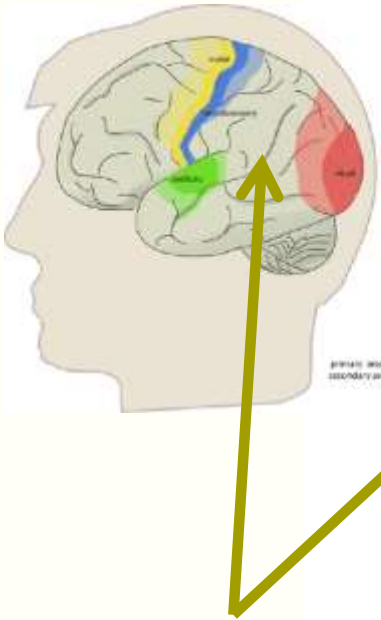


Mardi, 6 février 2018

Nos réseaux cérébraux s'inscrivent dans un gradient « unimodal – multimodal »

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2018/02/06/7097/>

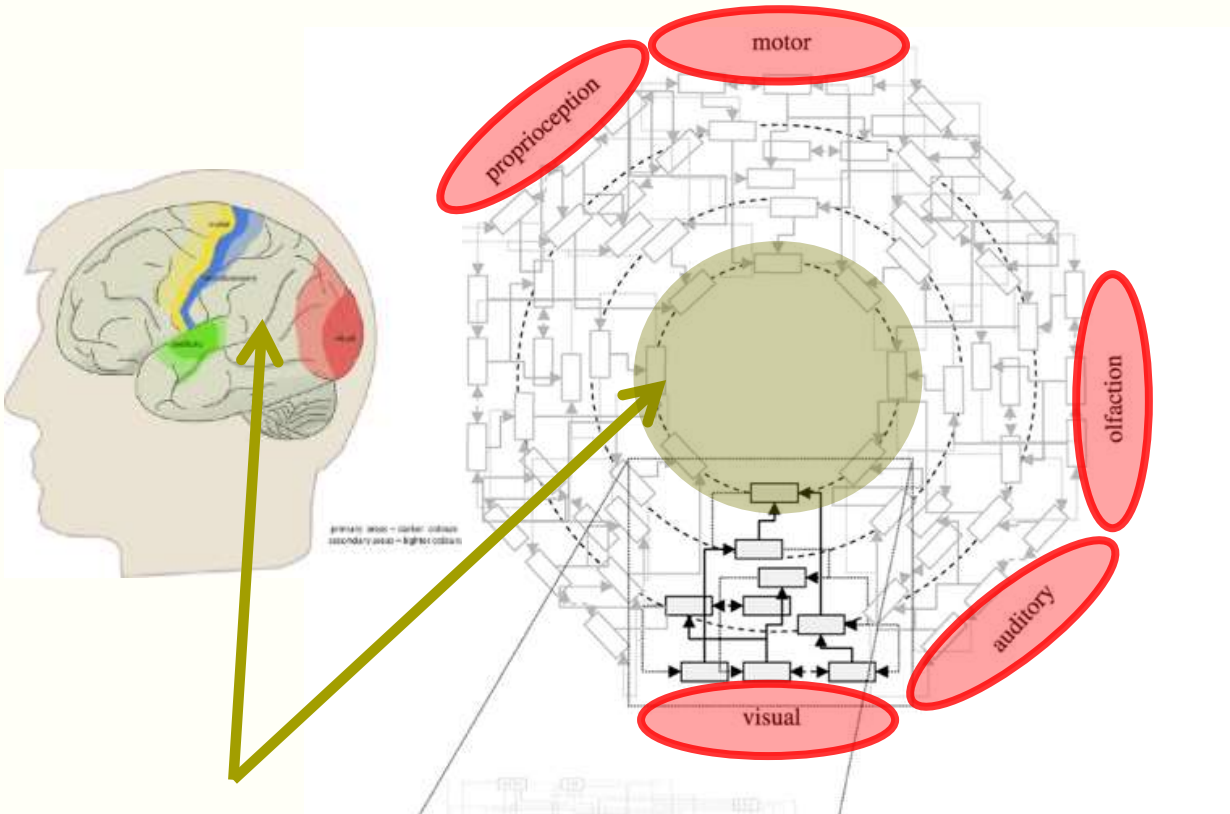




Raisonnement, cognition sociale, affects, émotions, etc.

→ Rythmes plus **lents**





Raisonnement, cognition sociale, affects, émotions, etc.

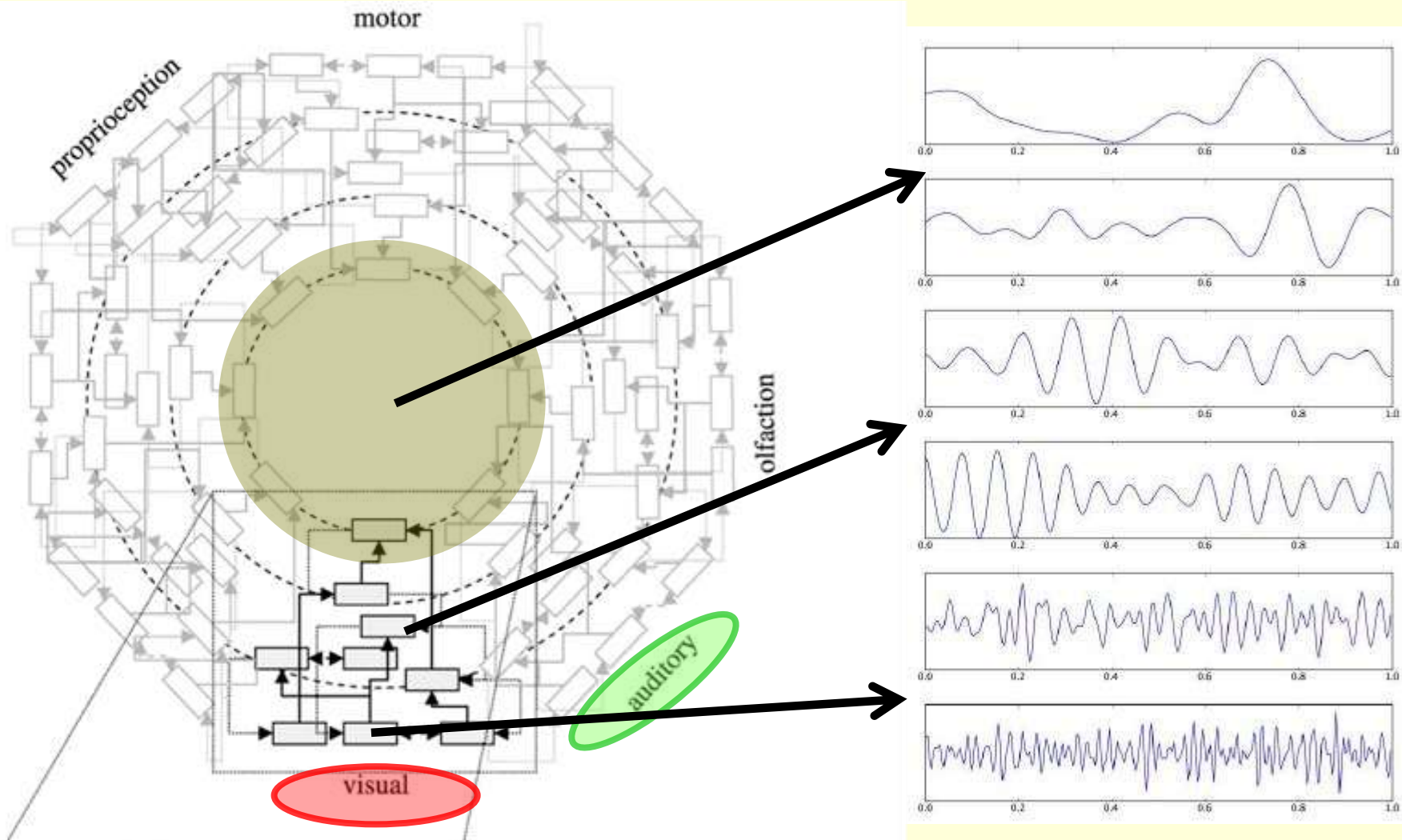
→ Rythmes plus **lents**

Perception et action devant des situations en temps réel

→ Rythmes **rapides**



→ Épines dendritiques plus nombreuses qui ralentissent la propagation des signaux reçus vers le corps cellulaire ?



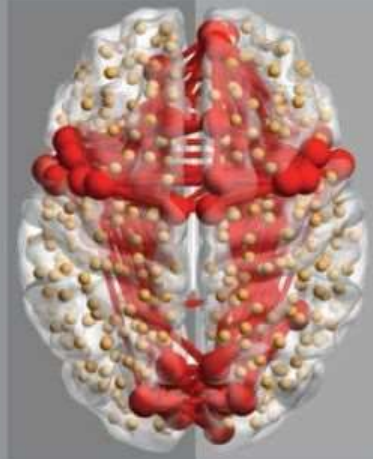
Différents mécanismes responsables de ces différents rythmes:

→ Type de canaux (fast AMPA, slower NMDA, slow kainate, etc.)

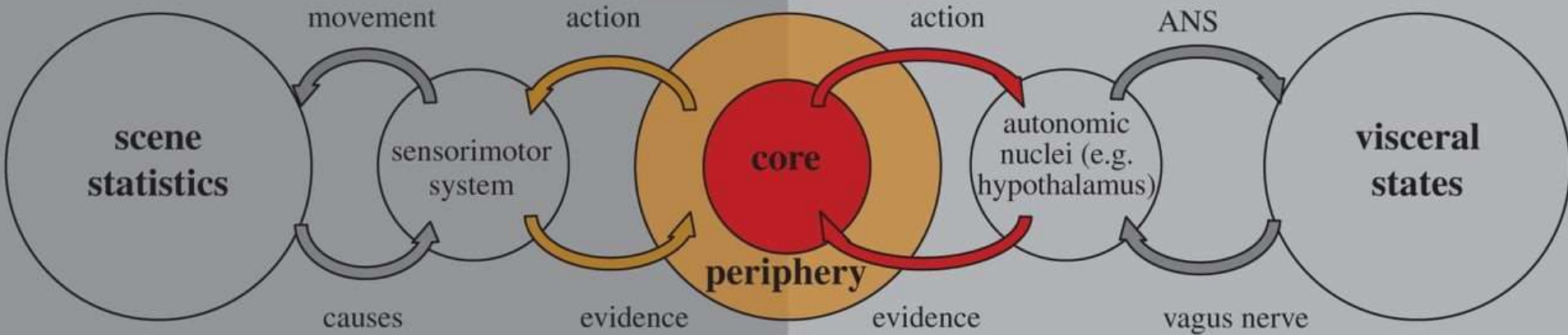
world



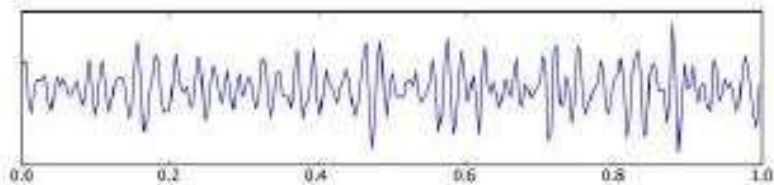
brain



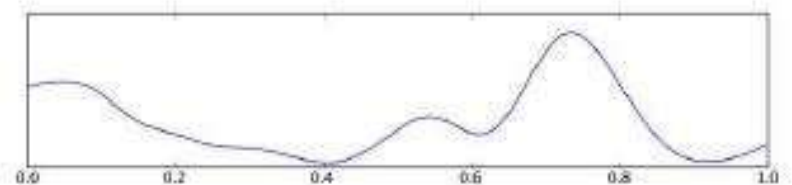
body



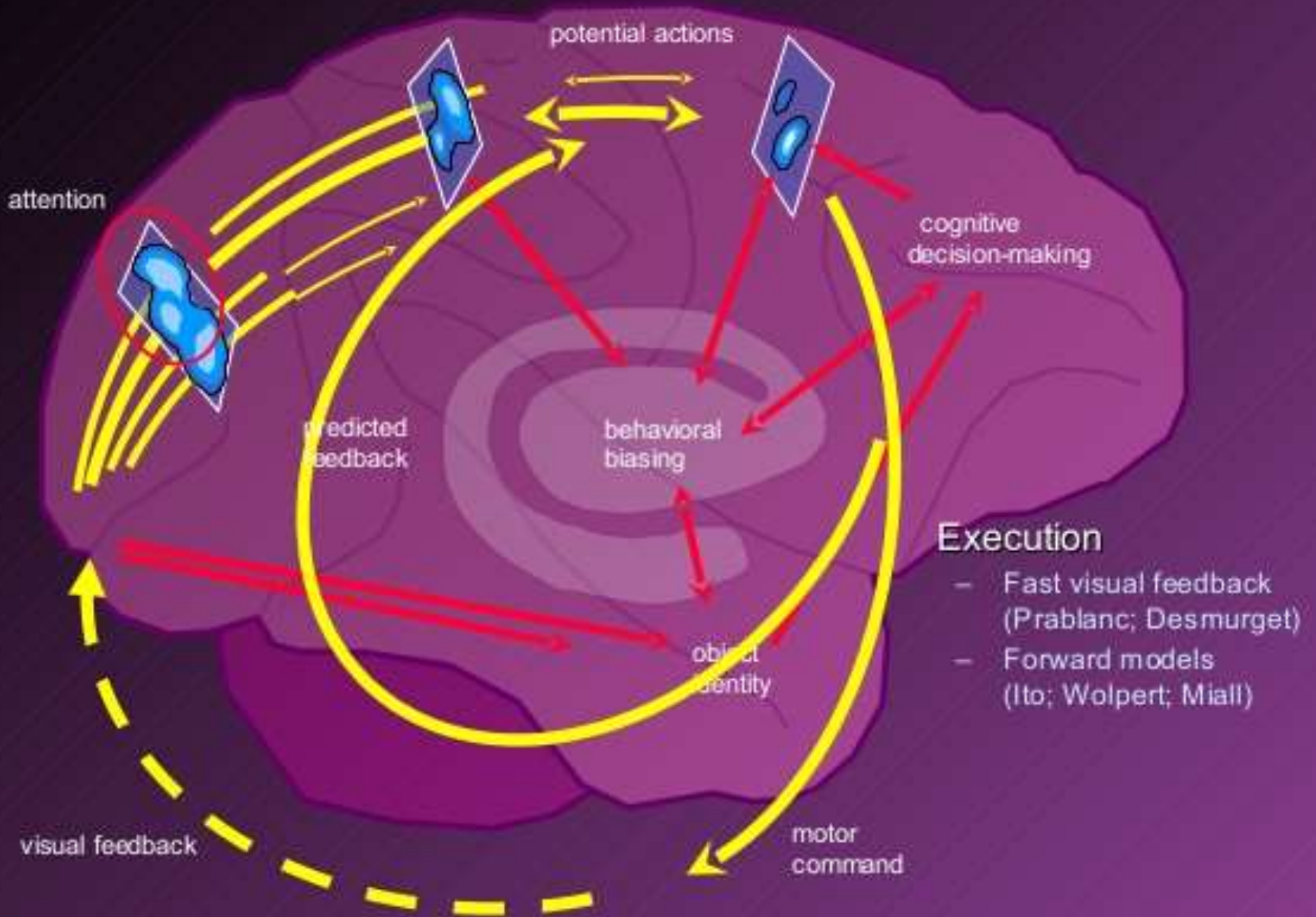
fast perceptual fluctuations



slow mood fluctuations

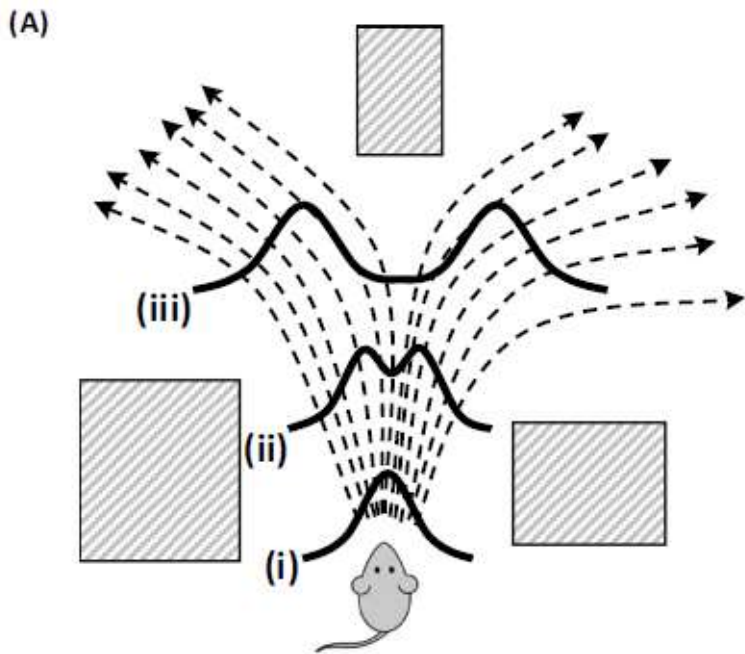


...et tout cela se poursuit en temps réel (le corps bouge, l'environnement aussi) et à tout moment on doit réévaluer notre action, la corriger, etc.

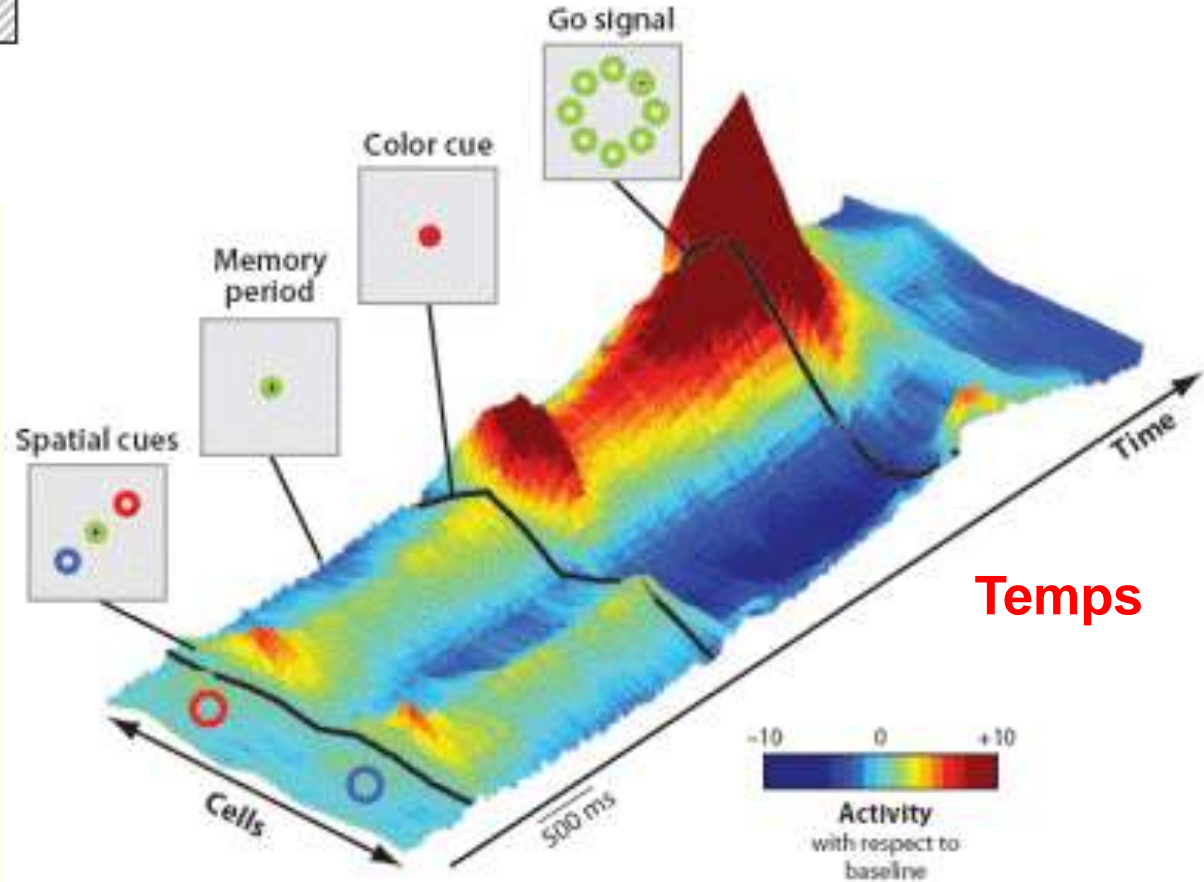


Par exemple, quand on marche dans une foule, à tout moment notre action définit ses prochaines options que notre cerveau va commencer à préparer en parallèle avant qu'une de celle-ci ne s'impose, soit sélectionnée, et débouche sur un geste concret.

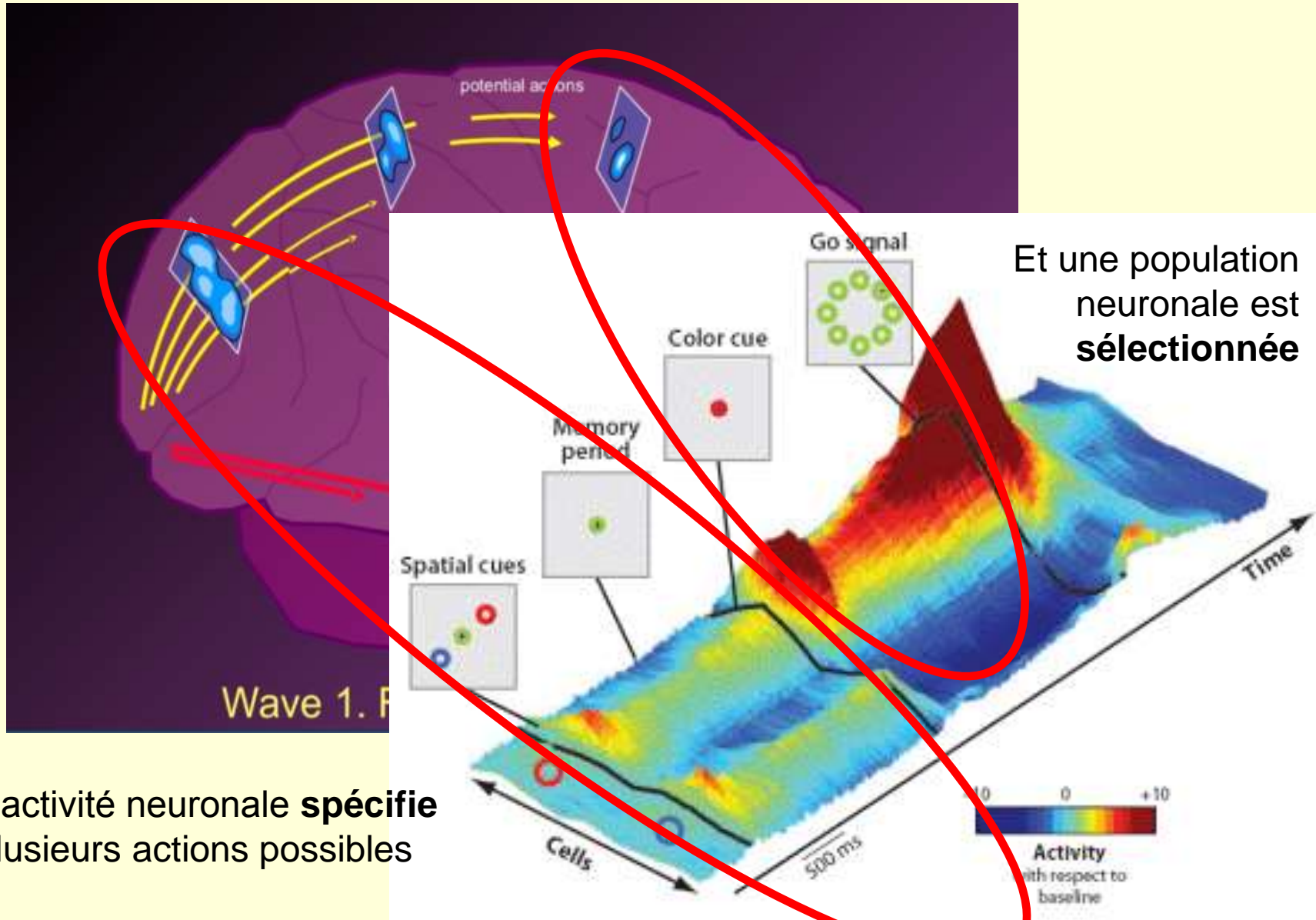




Niveau d'activité de deux populations de neurones



S'il y a par exemple deux choix possibles, on observe un recrutement d'activité neuronale dans deux populations de neurones différentes, et puis soudainement, il y en a une où l'activité cesse rapidement alors que l'autre augmente radicalement la sienne pour amener l'exécution du mouvement.



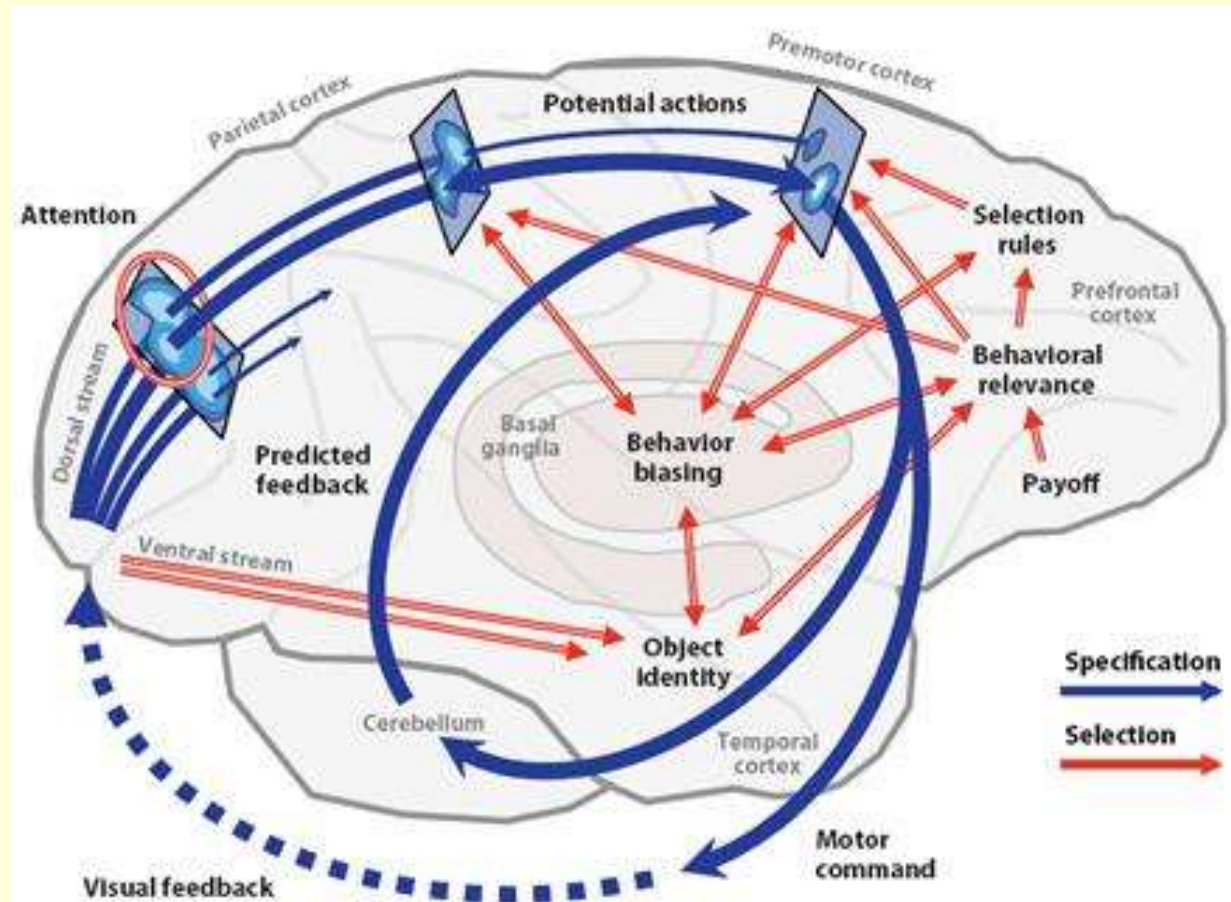
Et une population neuronale est **sélectionnée**

L'activité neuronale **spécifique** plusieurs actions possibles

Différentes régions cérébrales peuvent être sollicitées par l'environnement à un moment donné, de sorte qu'on ne peut associer la prise de décision à une structure cérébrale particulière. Autrement dit, **la compétition peut se gagner à différents endroits dans le cerveau**.

C'est, en gros, l'« **Affordance competition hypothesis** » de Cisek et ses collègues représentée schématiquement ci-dessous

Ce schéma montre aussi que **plus l'on a de temps pour prendre une décision**, plus il y aura **d'interactions possibles entre plusieurs régions cérébrales**.



Deux façons d'organiser les processus cognitifs :
 d'abord la taxonomie classique perception-cognition-action...



et celle qui découle du tournant pragmatique »



Dans l'exemple ci-contre, on peut imaginer que le singe a, à portée de main, la possibilité de cueillir les petits fruits de cet arbre.



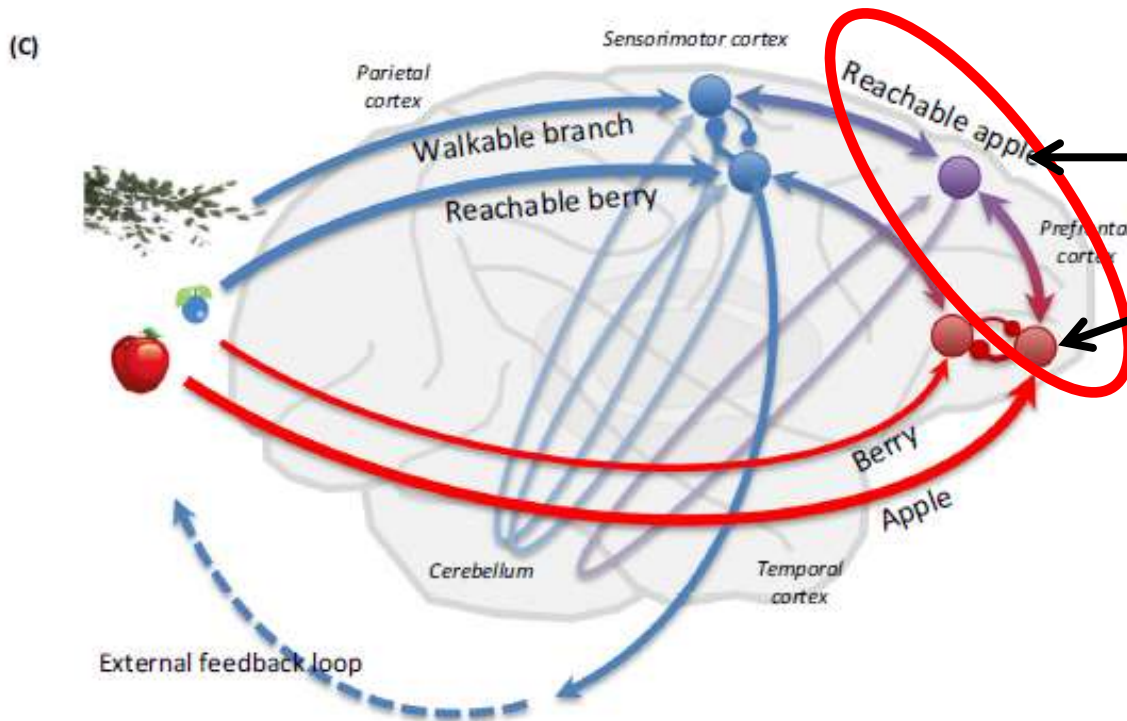
Mais en même temps, il voit aussi une pomme plus désirable pour lui un peu plus loin, et une branche où il semble pouvoir s'aventurer pour l'atteindre (a '**walkable**' tree branch).

Éléments de :

Pezzulo G., Cisek P. (2016). **Navigating the Affordance Landscape: Feedback Control as a Process Model of Behavior and Cognition.**

Parce que la **pomme** est plus désirable pour le singe, cette affordance peut être biaisée de façon **“top down”**

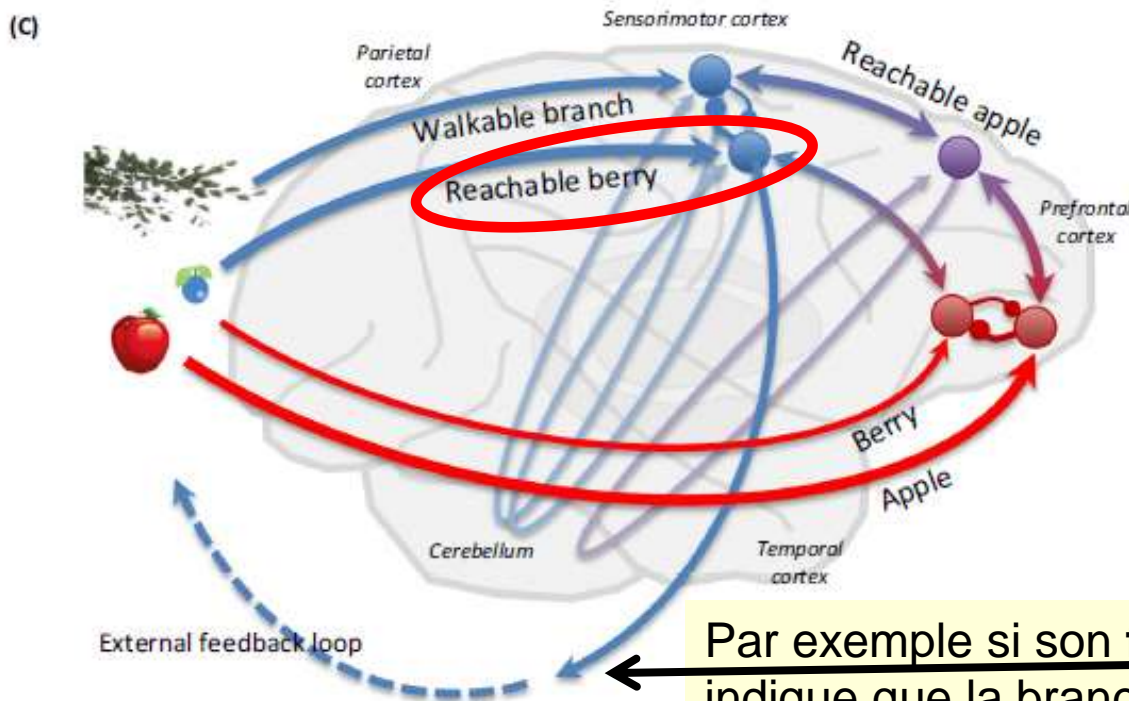
pour favoriser la sélection de l'action de marcher sur la branche au détriment de celle de cueillir les petits fruits.



La pomme remporte la « compétition »

Donc le singe se met à marcher sur la branche vers la pomme

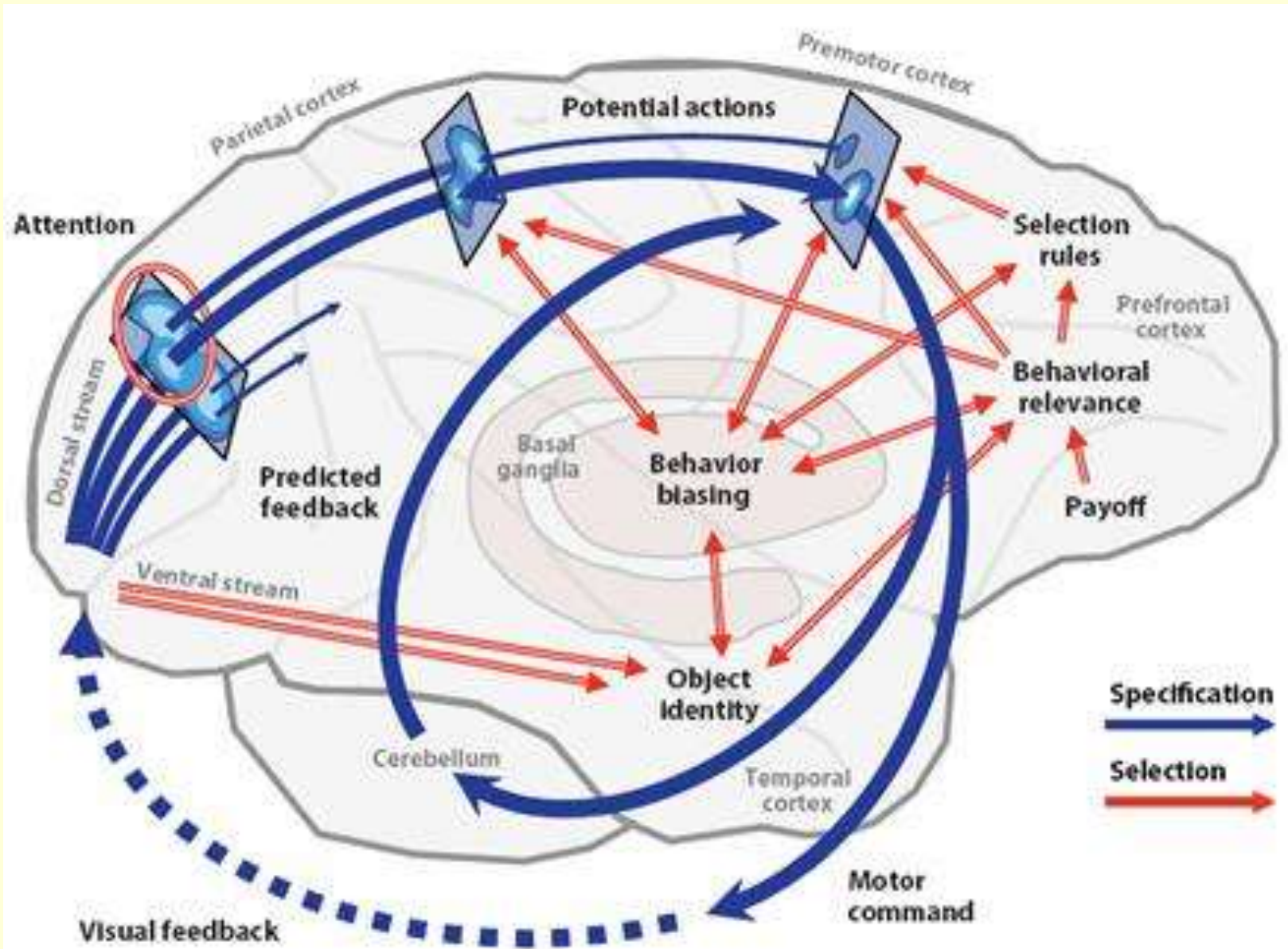
Cependant, malgré ce biais initial “top down” en faveur de la pomme, des contraintes locales peuvent amener la compétition dans les couches **plus “bottom”** à être gagnée par un plan moteur plus économe et/ou moins risqué



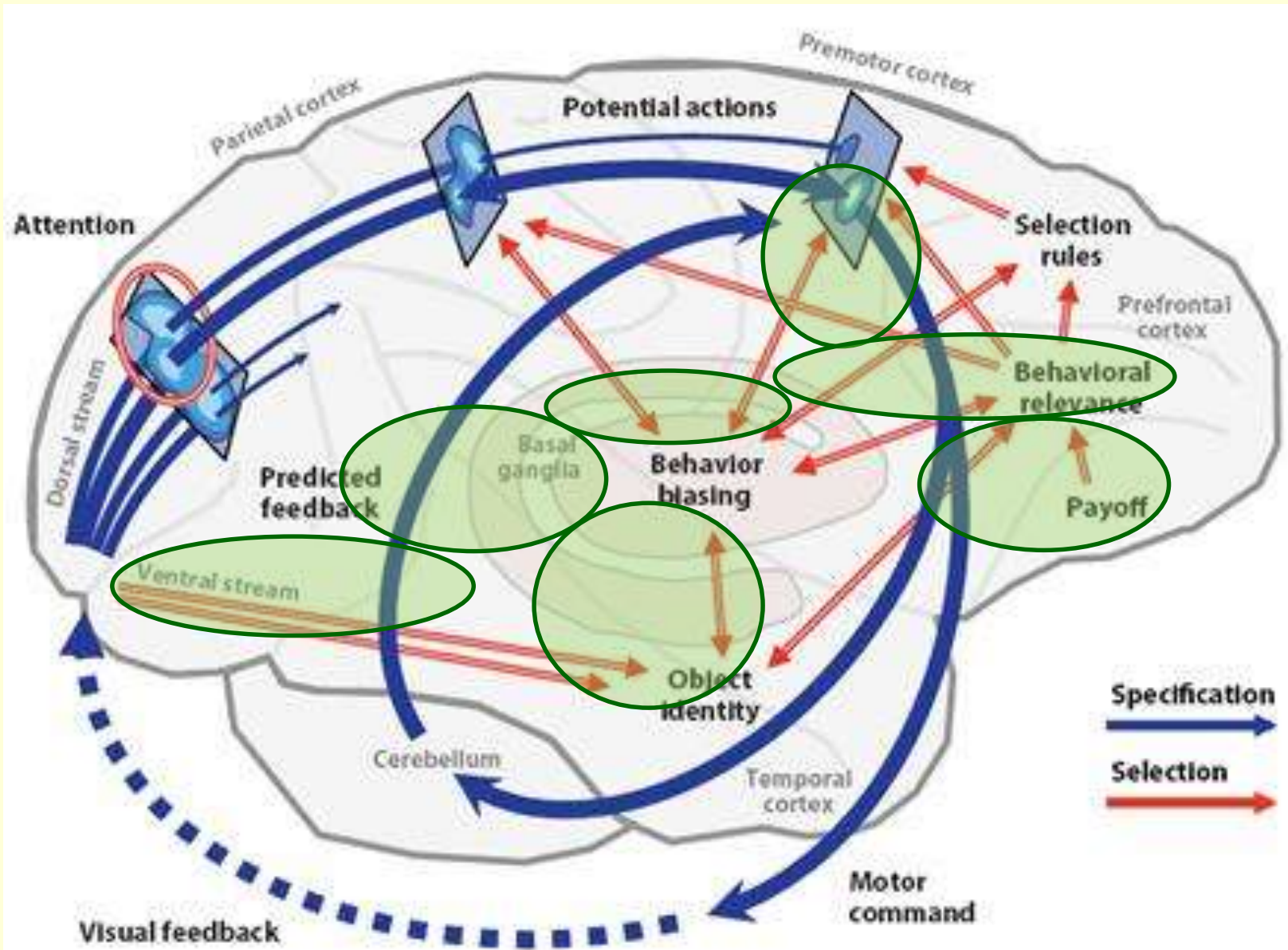
Il se ravise alors et prend le petit fruit bleu.

Par exemple si son **feedback sensoriel** lui indique que la branche ne supporte pas son poids.

C'est à partir de cette dynamique rapide qu'un ensemble neuronal (un sous-réseau cognitif)

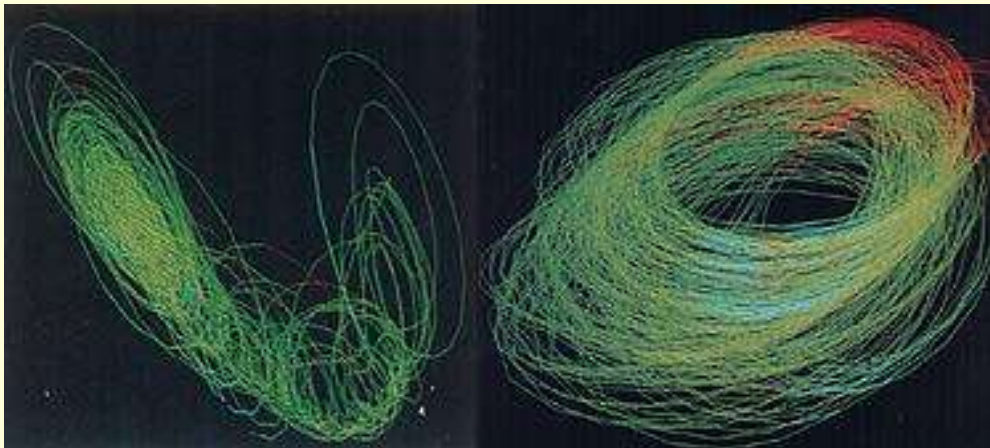


C'est à partir de cette dynamique rapide qu'un ensemble neuronal (un sous-réseau cognitif) **fini par s'imposer** et devenir le mode comportemental du moment cognitif suivant.



C'est à partir de cette dynamique rapide qu'un ensemble neuronal (un sous-réseau cognitif) **fini par s'imposer** et devenir le mode comportemental du moment cognitif suivant.

= **bifurcation** dans la dynamique chaotique (« attracteurs étranges », « phase space »)



D'où une **succession de configurations changeantes** qui surgissent et se dissipent.

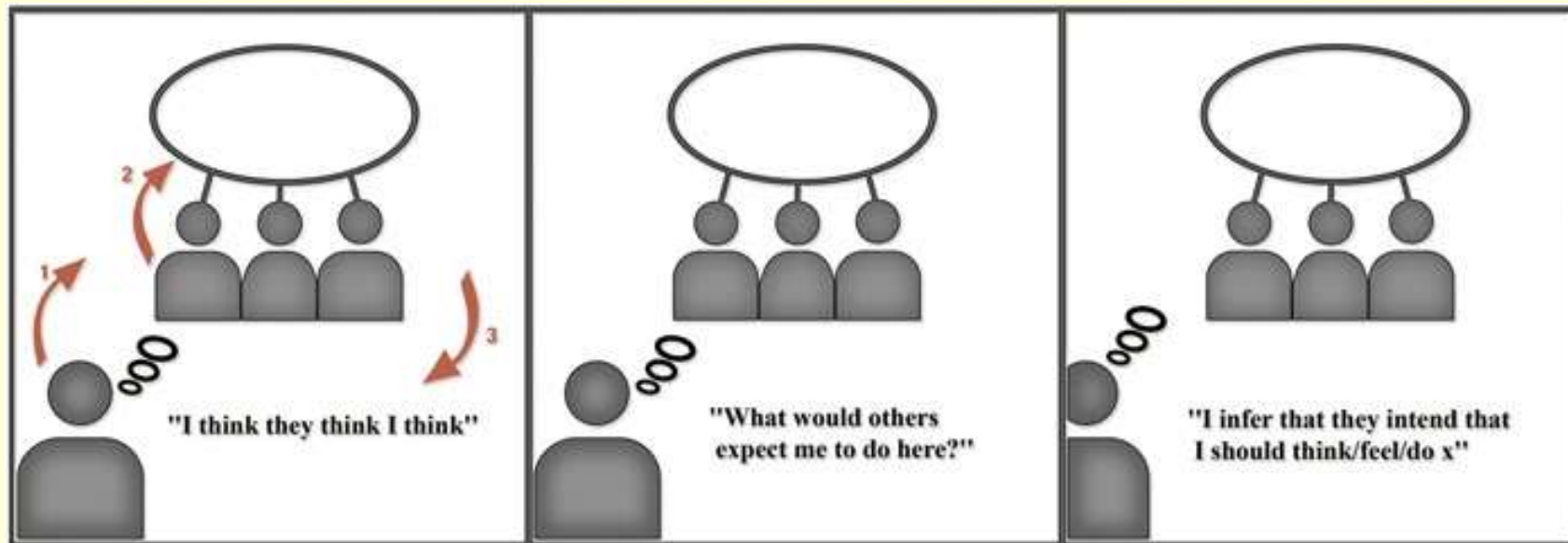
“the tendency towards an optimal grip on multiple affordances can be explained as a **metastable attunement to environmental dynamics**. This metastable attunement allows for **rapid and flexible switching** between relevant action possibilities (Kelso, 2012).” (J. Bruineberg)



Si la compétition d'affordances a été initialement décrite comme une théorie décrivant comment un animal sélectionne des actions **concrètes** et immédiates,

elle peut aussi être étendue vers une **théorie plus générale de décisions** prises à de multiples niveaux d'abstraction.

En essayant par exemple de **prédire** l'effet des actions en cours en rapport avec **des opportunités à plus long terme qu'elles rendent possibles**.



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

[Maxwell J. D. Ramstead](#)^{1,2,*}, [Samuel P. L. Veissière](#)^{2,3,4,5,*} and [Laurence J. Kirmayer](#)^{2,*}
[Front Psychol.](#) 2016

Le grand cadre théorique du cerveau prédictif

An Historical View

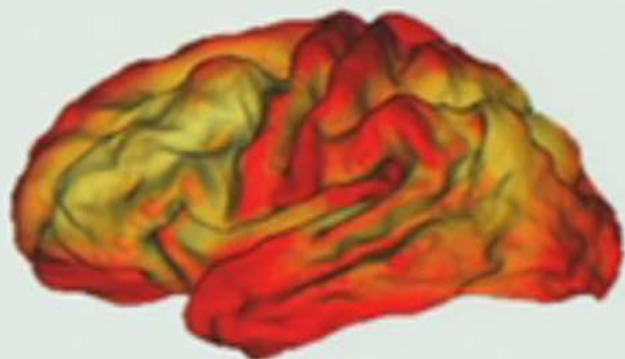
Reflexive

(Sir Charles Sherrington)



Intrinsic

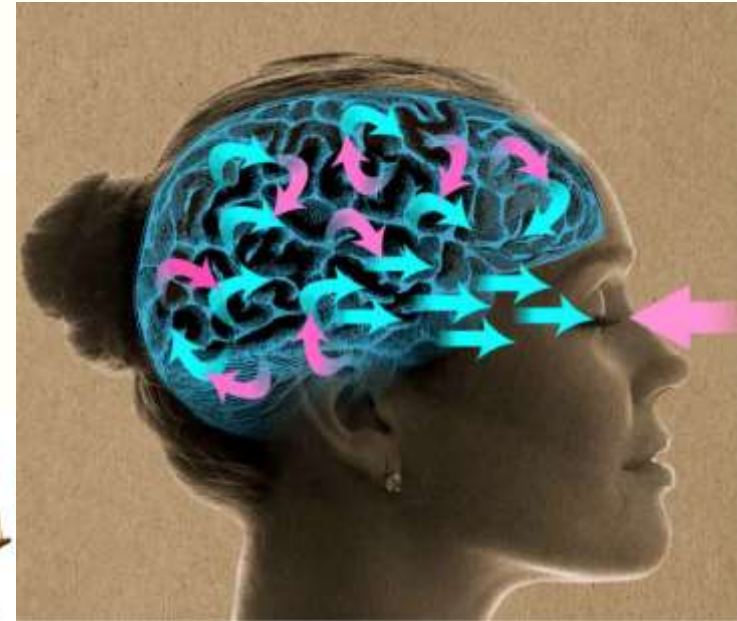
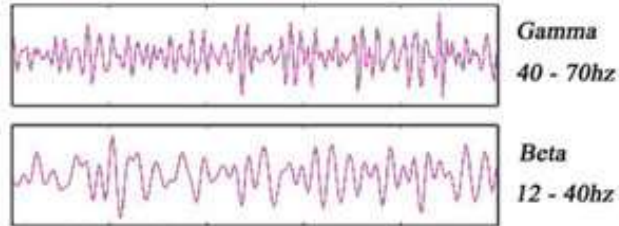
(T. Graham Brown)



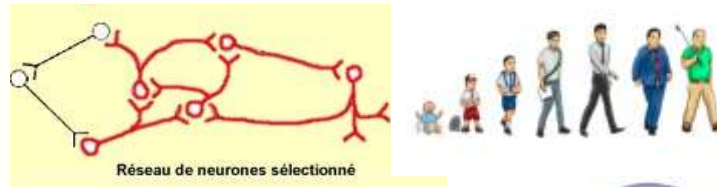
Raichle: Two Views



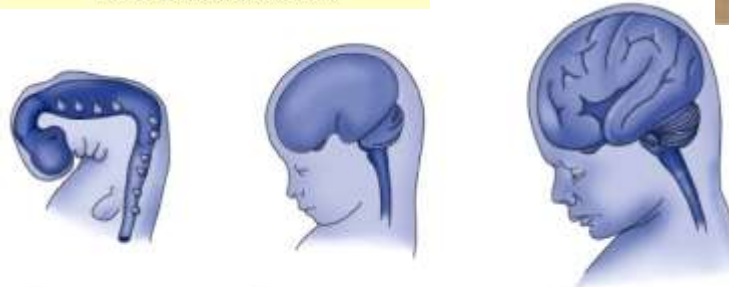
Perception
et action



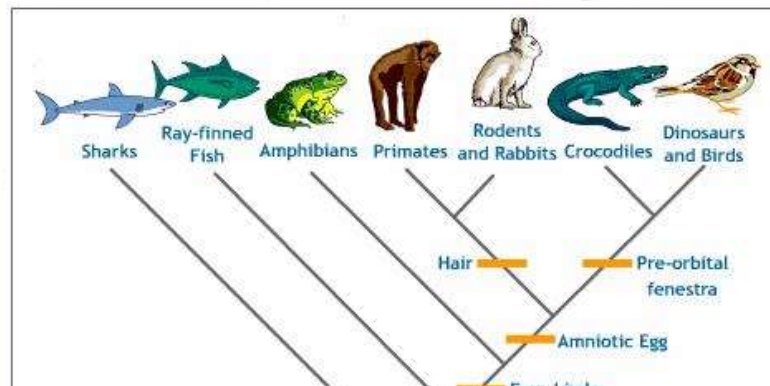
Apprentissage



Développement



Évolution
biologique



Nous sommes
une **machine à faire
des prédiction**

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

(innée et acquise)







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

décembre 2016

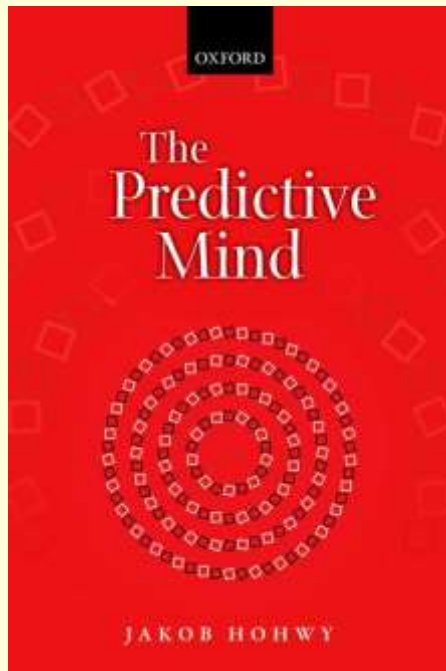
<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2016/12/12/6120/>

L'erreur forge le cerveau

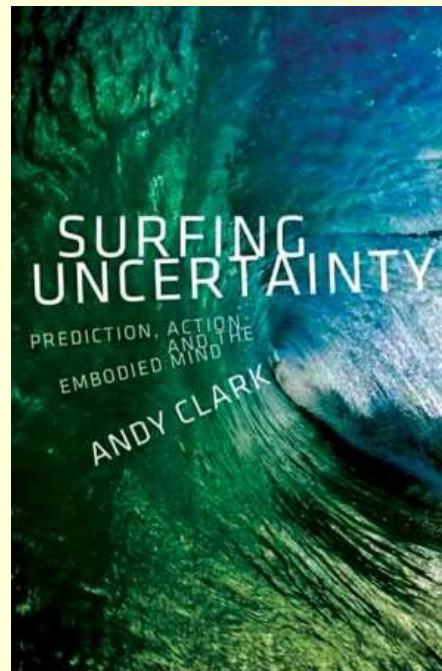
Cerveau&Psycho

avril 2017

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



2014

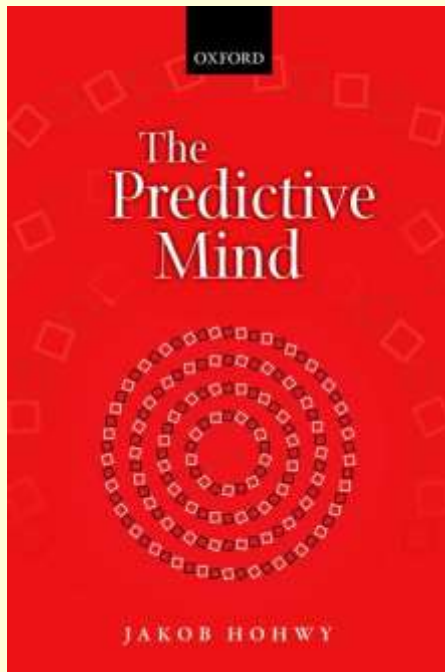


2015

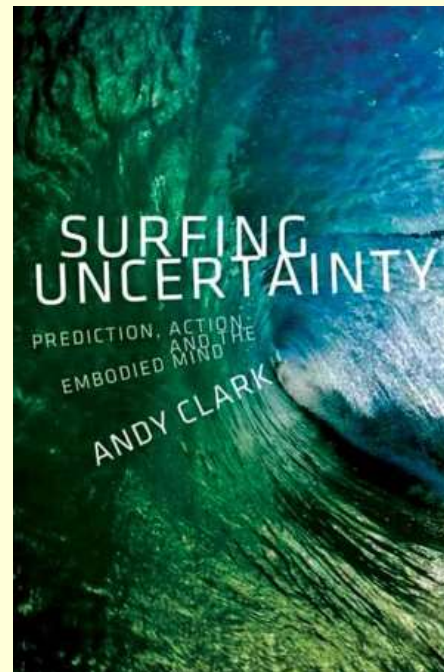


Karl Friston

Et cette machine à prédiction va surtout utiliser **les erreurs de ses prédictions** pour modifier ses comportements et/ou ses modèles internes du monde.



2014



2015



Karl Friston

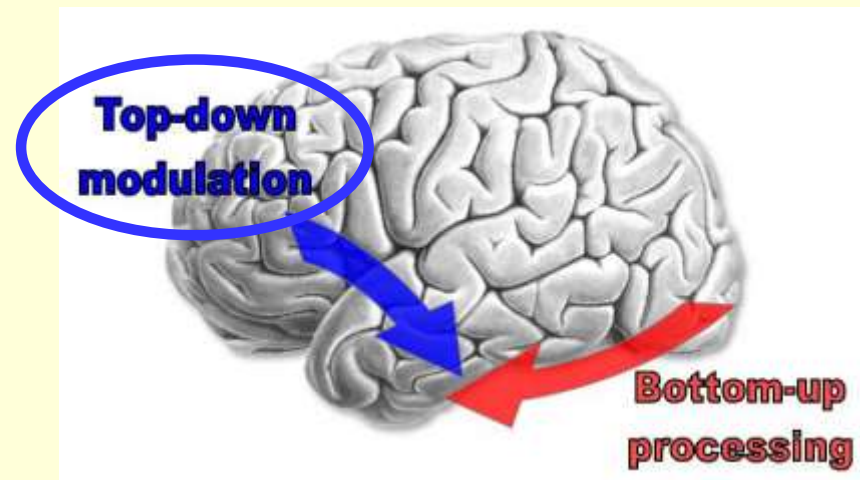


« Attentes »

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

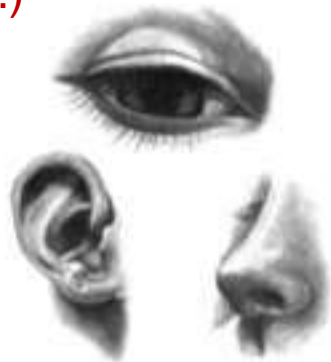
mais comme une machine pro-active qui **tente constamment d'anticiper la forme des signaux sensoriels** qui lui parviennent.

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

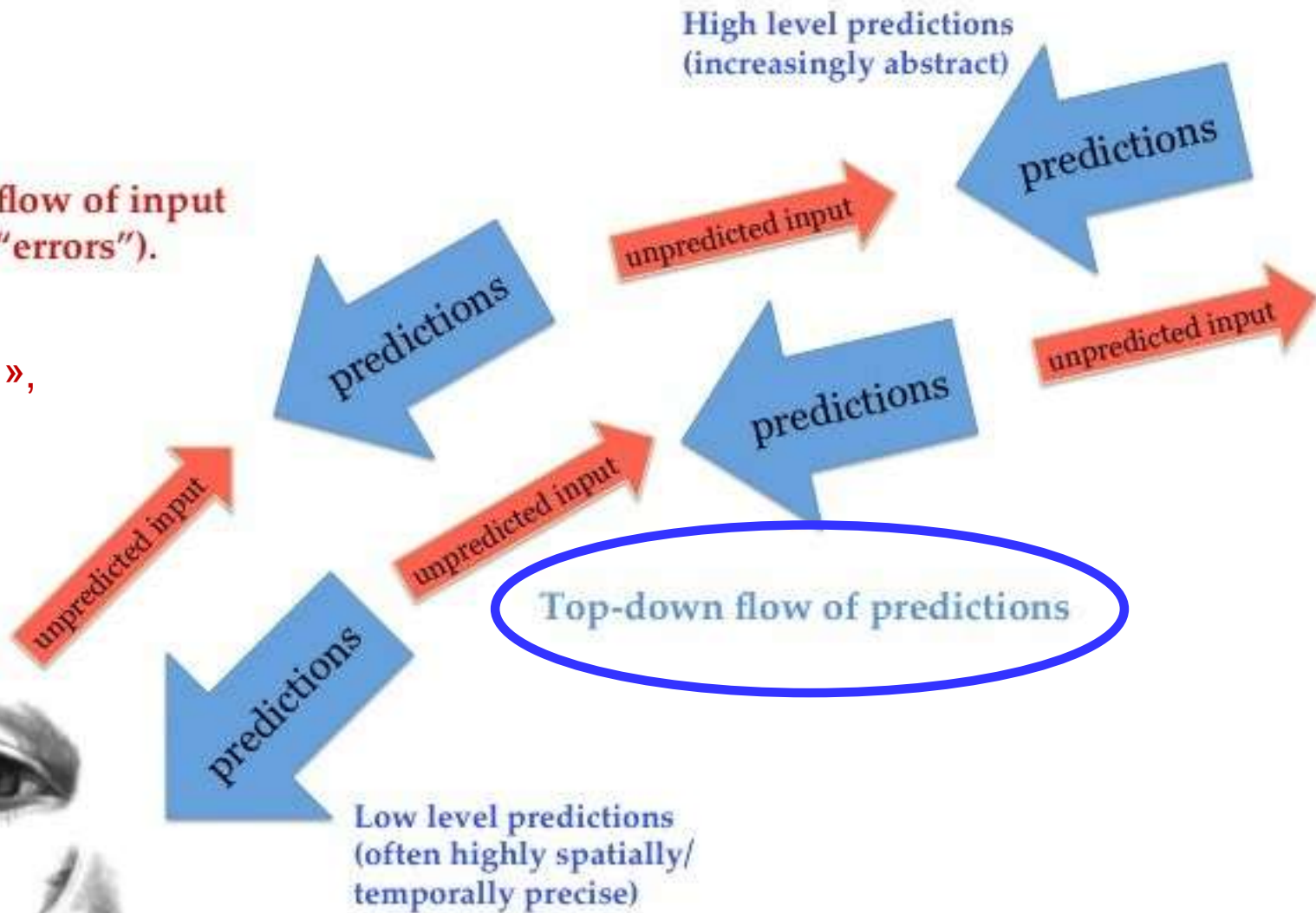


Bottom up flow of input
(residuals, "errors").

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

predictions

unpredicted input

unpredicted input

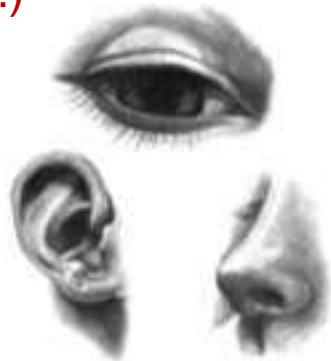
Top-down flow of predictions

predictions

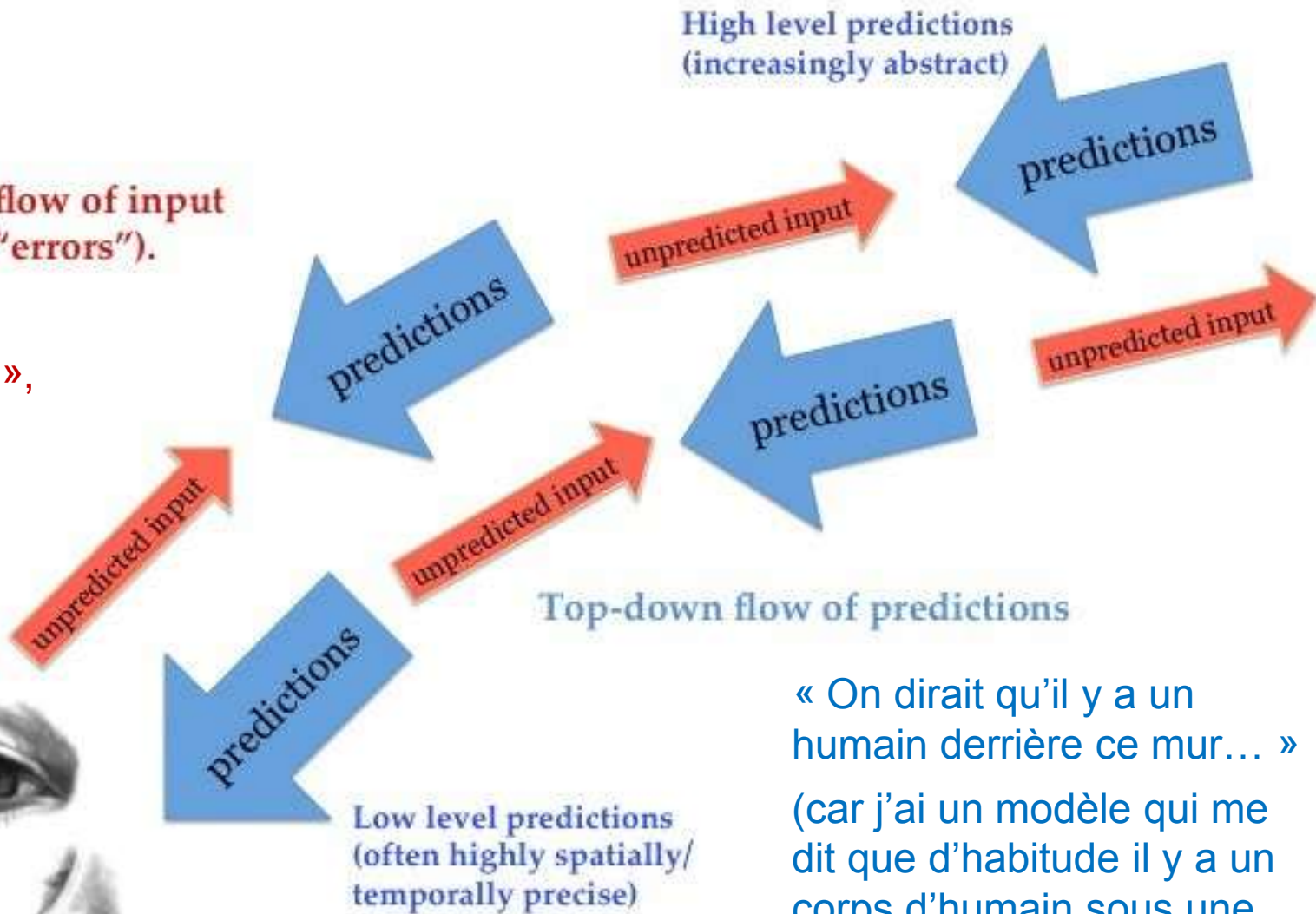
Low level predictions
(often highly spatially/
temporally precise)

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...)

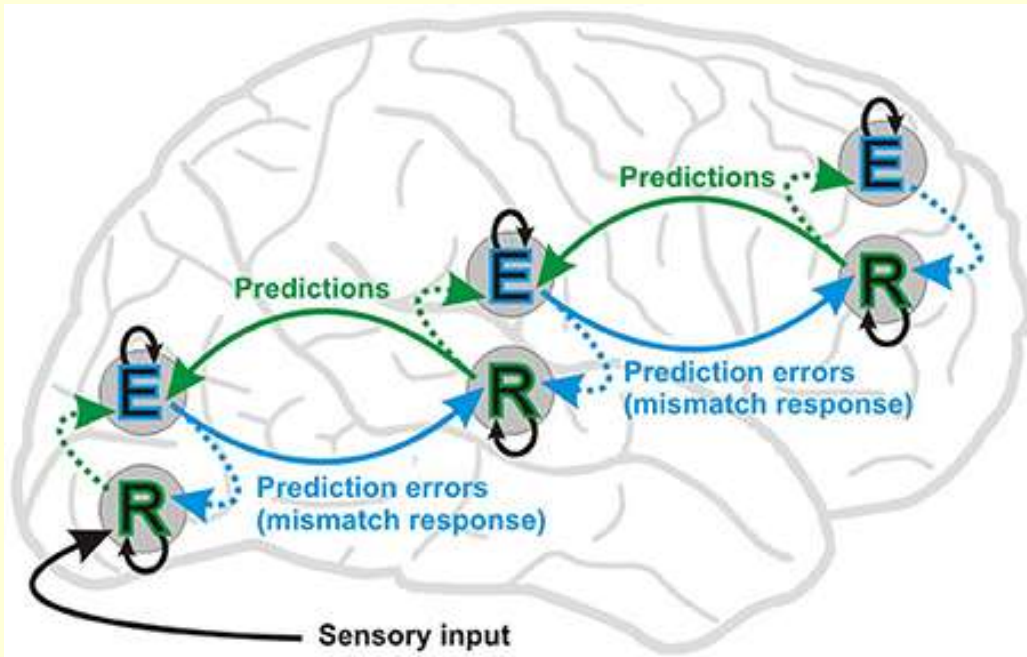




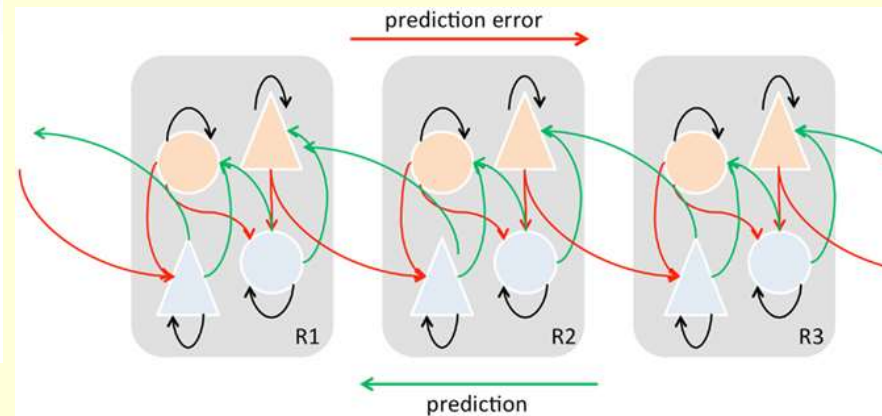
Caractéristiques fondamentale des cerveaux :
celle de **projeter des hypothèses**
sur le monde pour mieux agir

et mieux **survivre !**

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

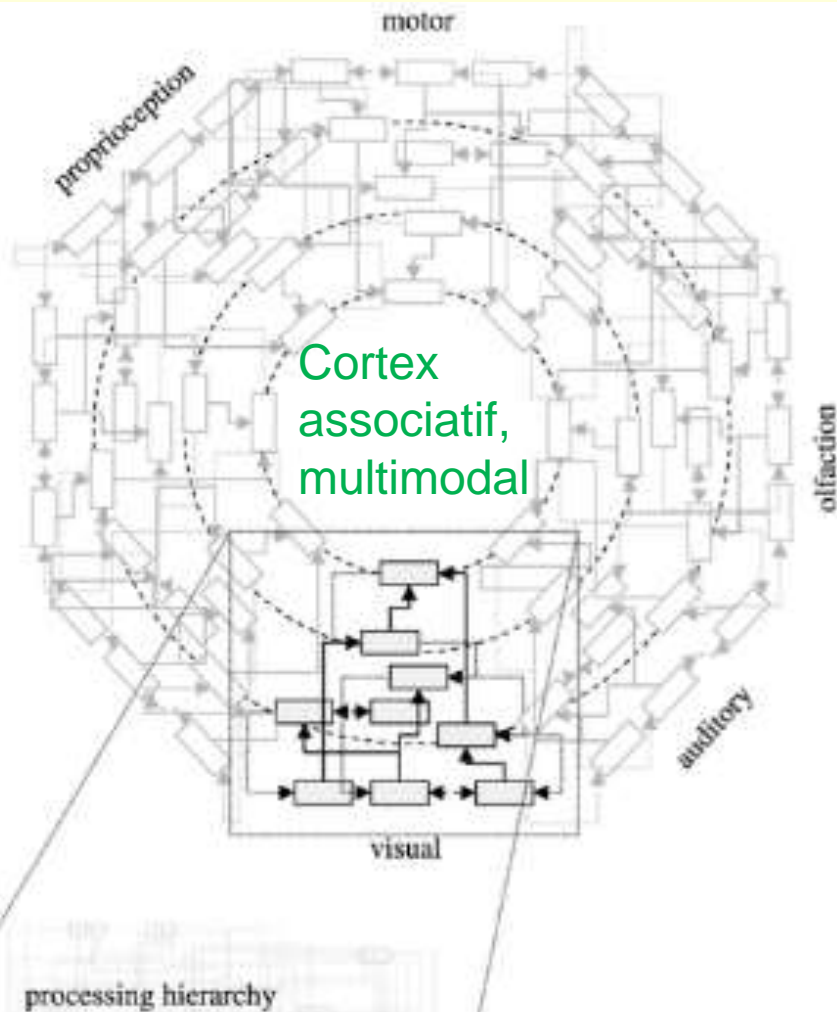


une architecture aux **multiples niveaux** où chaque niveau essaie de prédire l'état du niveau en-dessous de lui.

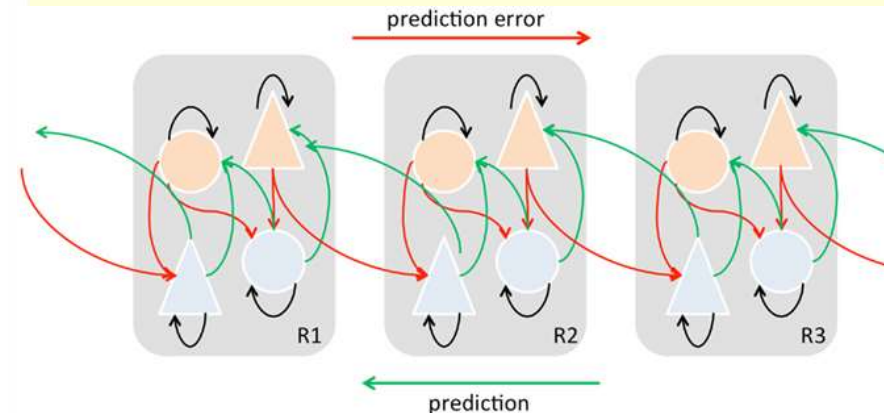


**Simplified scheme of the
hierarchical predictive coding
framework**

([Friston, 2005](#), [2008](#), [2010](#)).
<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2014.00666/full>



en-dessous de lui = vers le monde extérieur



Et donc à chaque niveau, ce que le système nerveux va chercher à faire, c'est de **minimiser l'erreur** qui vient d'en bas par rapport à la prédiction qui vient d'en haut.

Pour minimiser continuellement l'erreur de ses modèles prédictifs, le cerveau va avoir deux possibilités :

- soit **modifier son modèle** ou le changer carrément lorsqu'il ne correspond pas à la réalité (par la **plasticité** cérébrale...);
- ou soit **changer le monde** pour qu'il corresponde davantage à notre modèle si l'on est par exemple convaincu qu'il est le bon (par une **action** sur ce monde, autrement dit par nos comportements).

C'est ce que Friston appelle « **active inference** »

“...**active inference** [...] describes how living systems are able to maintain themselves within a limited range of phenotypic states;

i.e., within the set of states in which they expect to find themselves, on average and over time. (= **autopoïèse** = **homéostasie**)

It explains how biological systems appear to resist the natural tendency to dissipate into their environment by fulfilling biologically instantiated [...] **prior beliefs**, or **expectations** about the ways the world should unfold (Friston 2010).

In short, organisms are driven by the biological imperative to **maintain homeostasis** via **action-perception loops** that actively **minimise ‘surprise’**.”

→ Et la **conscience** se manifeste dans toutes les situations où les prédictions de notre cerveau se révèlent erronées. Il s’agit alors de cet état de **surprise** qui se manifeste quand les prédictions implicites du cerveau tombent dans le vide.

How and why consciousness arises: some considerations from physics and physiology, M. Solms et K. Friston, *Journal for Consciousness Studies*, vol. 25, pp. 202-237, **2018**.

Tinkering with Cognitive Gadgets: Cultural Evolutionary Psychology meets Active Inference. Commentary on Cecilia Heyes (2018), *Cognitive Gadgets: The Cultural Evolution of Thinking* P. Badcock, A. Constant, M. Ramstead.

Behavioral and Brain Sciences · **January 2019**

https://www.researchgate.net/publication/330727697_Tinkering_with_Cognitive_Gadgets_Cultural_Evolutionary_Psychology_meets_Active_Inference_Commentary_on_Cecilia_Heyes_2018_Cognitive_Gadgets_The_Cultural_Evolution_of_Thinking?fbclid=IwAR2ccTFksGijQdAjzUGN_SJQvItASm9fa8aeKpNkTjeO5nzBrvp0i0n0uo



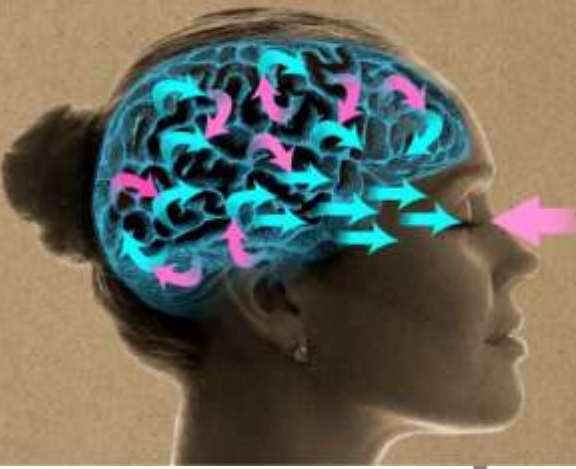
Dans une journée, on prend énormément de « **décisions** » **automatiquement** sans en être conscient...



Mais parfois, un événement **surprenant** **s'écartant de nos prédictions habituelles** nous force à une délibération plus **consciente**.

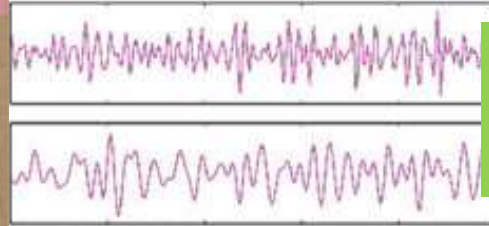


Pour l'approche prédictive :



Perception et action

Passer d'un modèle à un autre parmi tous ceux à notre disposition



L'apprentissage

Modifier / améliorer les modèles existants



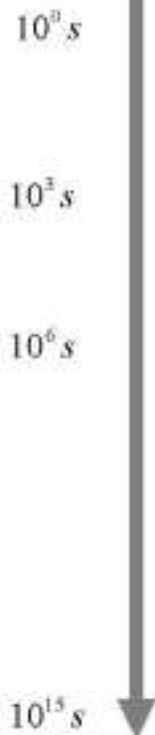
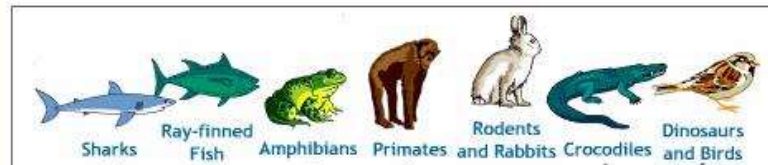
Développement

Optimiser épigénétiquement les modèles par l'élagage dépendant de l'activité nerveuse



Évolution

Modifier la forme du corps considérée comme un « modèle » de son environnement



Exemple :

« Les **rythmes circadiens** démontrent explicitement l'idée derrière l'inférence active, i.e., que l'on devient un modèle statistique de son environnement à travers l'adaptation. »

- Maxwell Ramstead

“This variational formulation stems from the observation that **living systems**, over time and on average, **tend to revisit the same set of attracting or *characteristic states***.

These can be cast as the characteristic *phenotypic states (and traits)* of the organism.”

Variational ecology and the physics of sentient systems

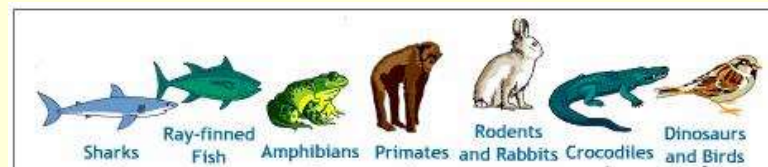
[Maxwell J.D.Ramstead^{ab}](#)

[¹AxelConstant^{c1}Paul B.Badcock^{def}Karl](#)

[J.Friston⁹](#)

[Physics of Life Reviews](#)

Available online 7 January 2019



Évolution

Modifier la forme du corps considérée comme un « modèle » de son environnement

En résumé, on peut **minimiser l'erreur de prédiction**

soit en changeant le modèle par rapport au monde (**plasticité**)

ou soit en changeant le monde par rapport à nos modèles (**action**).



C'est en ce sens qu'on peut dire que **le modèle est distribué à travers tout le cerveau ET le corps :**

les actions elles-mêmes participent autant aux computation que le cerveau ("active inference" de Friston)

Et la morphologie d'un organisme devient elle-même une sorte de "modèle" prédisant au mieux les types de sensations et d'actions de cet organisme dans sa niche écologique.



Figure 5: Tree affordance to bird, person, monkey, and squirrel



Predictive coding and how the dynamical Bayesian brain achieves specialization and integration (2015)

<http://neuroconscience.com/2015/12/24/predictive-coding-and-how-the-dynamical-bayesian-brain-achieves-specialization-and-integration/>

Et en s'en remettant parfois à **l'action** pour réduire certains écarts (ou erreurs) par rapport aux prédictions, une certaine partie du travail se trouve ainsi accomplie par le corps **et par tous les éléments de l'environnement que ce corps peut utiliser** :

de compter sur ses doigts, à utiliser un boulier pour compter, à se servir de son iPhone pour chercher une info, **jusqu'à la coopération avec d'autres êtres humains** (la part la plus significative pour nous de notre "environnement").

En ce sens, tout le "predictive processing" semble tout à fait compatible avec les idées sur la **cognition étendue**.

Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

29 janvier 2019

**La cognition étendue :
externaliser pour mieux penser**

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2019/01/29/7857/>



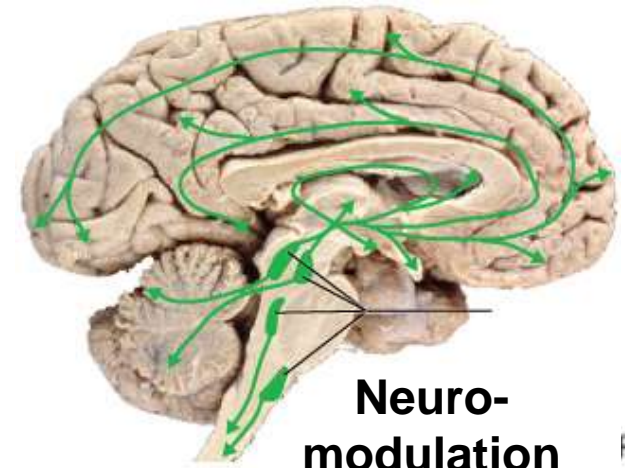
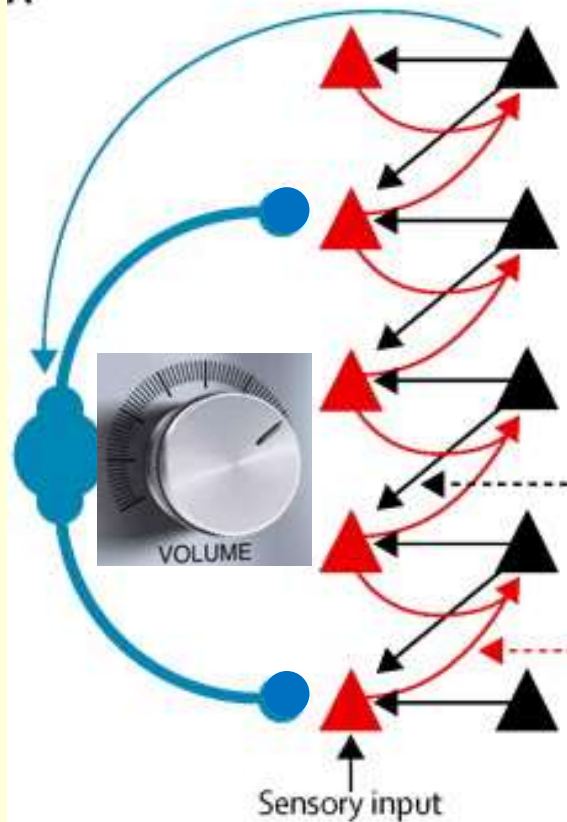
D'autres phénomènes cognitifs, comme **l'attention**,
peuvent être réinterprétés sous l'angle du "**predictive processing**"...

Dans cette perspective, **l'attention** est modélisée en tant que 'precision-weighting', c'est-à-dire un échantillonnage favorisant des données sensorielles de **haute précision**.

Autrement dit, les "prediction error" avec un **ratio "signal / bruit" élevé** (Feldman & Friston, 2010).

En se basant sur cette information, le système cognitif **balance le gain** (ou '**volume**') des unités transmettant les erreurs de prédiction aux différents niveaux de la hiérarchie **en fonction de leur précision**.

A



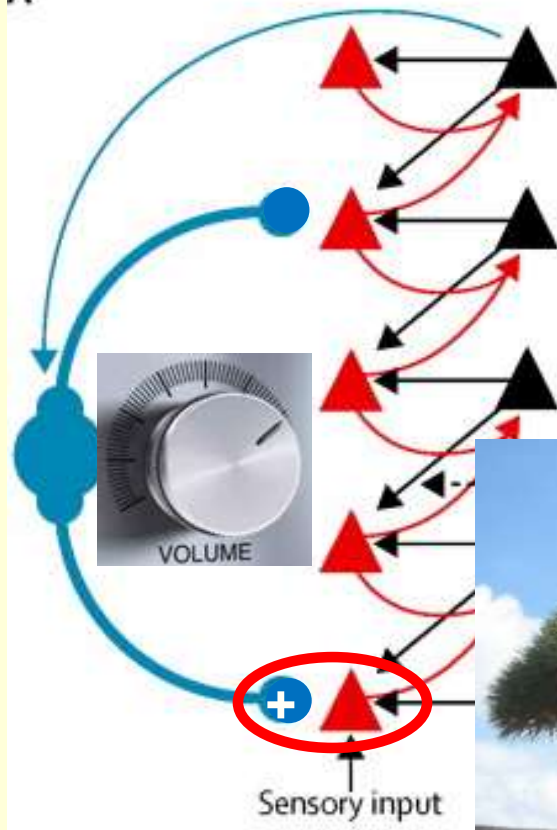
Neuro-modulation

Top-down or descending predictions

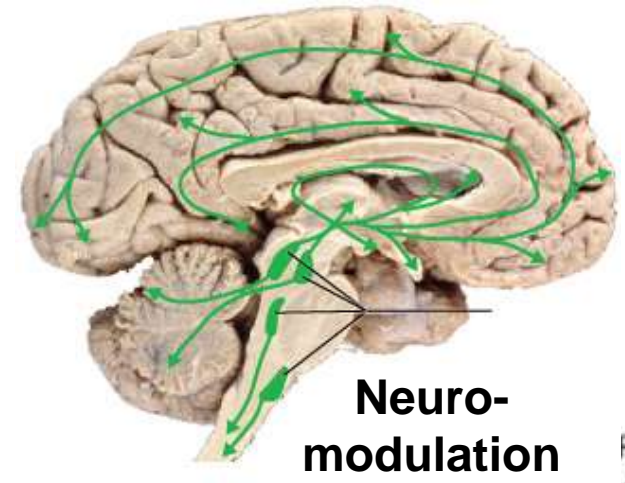
Bottom-up or ascending prediction error

- ▲ Prediction error (superficial pyramidal cells)
- ▲ Posterior expectations (deep pyramidal cells)
- Expected precision (neuromodulatory cells)

A

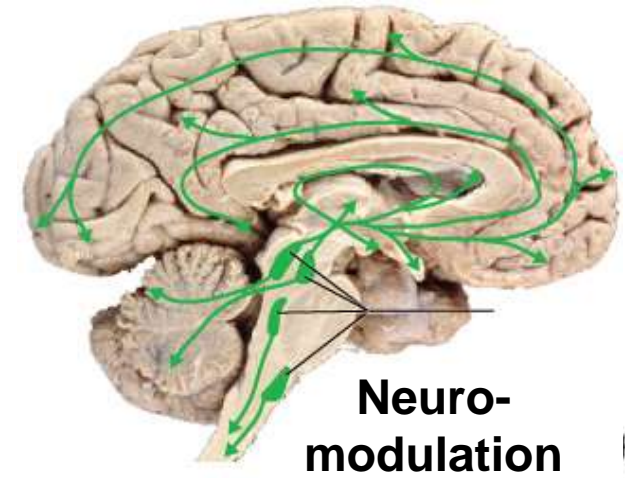
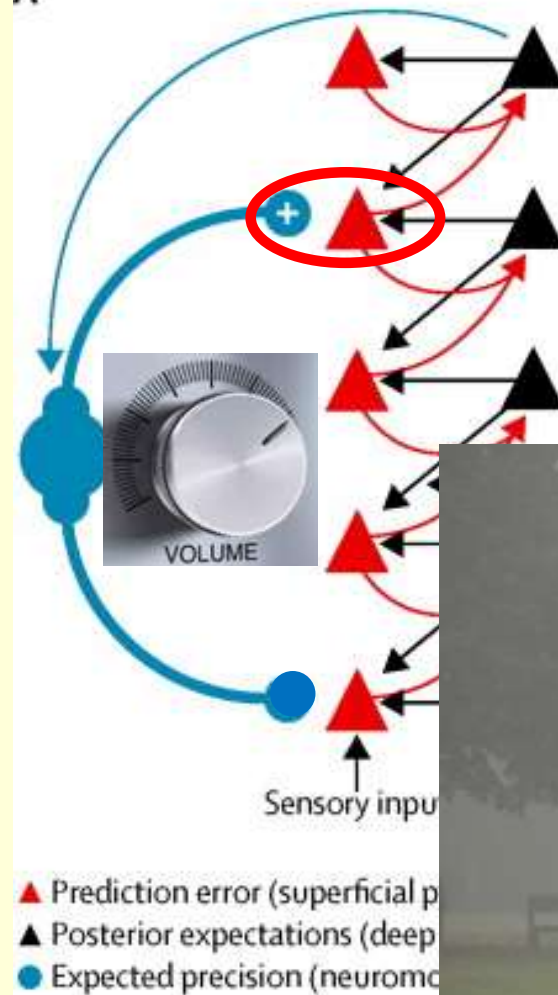


- ▲ Prediction error (superficial pyra
- ▲ Posterior expectations (deep pyr
- Expected precision (neuromodu



Dans certains cas, on pourra par exemple complètement **couper les influences de haut niveaux** et avoir une stratégie quasiment 100% bottom up.

A



Dans des situations où il y a une **grande incertitude** en provenance de l'environnement, un poids plus grand pourra être apporté aux **modèles internes** (« prior probabilities »).

Même chose au niveau **sonore** : dans un party bruyant où l'on entend à peine la personne qui nous parle, on va s'en remettre beaucoup à des **connaissances implicites (donc au top down, aux « priors »...)** pour compléter les mots qu'on manque et comprendre ses phrases.



Donc très adaptatif pour donner du sens aux signaux **incomplets** ou **ambigus** – des situations qui sont la norme dans la vie de tous les jours.

On a donc tout un lot **d'attentes inconscientes** qui découlent des régularités statistiques du monde que l'on a rencontrés durant notre vie.

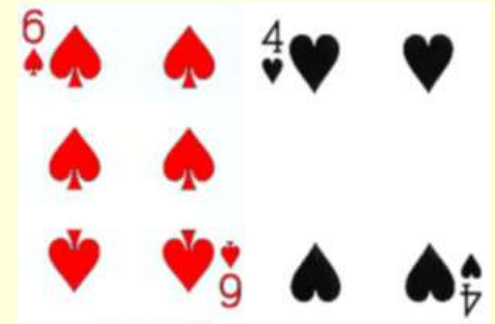
Et l'on voit le monde bien souvent en appliquant ces attentes malgré nous (les fameux "préjugés" ...).

L'expérience célèbre de J.S. Bruner et Leo Postman publiée en 1949 sous le titre **“On the Perception of Incongruity: A Paradigm”**

montre à quel point on est disposé à voir le réel à travers les catégories qu'on a déjà intériorisées.

Des cartes à jouer ont été présentées très brièvement à des sujets qui devaient les identifier.

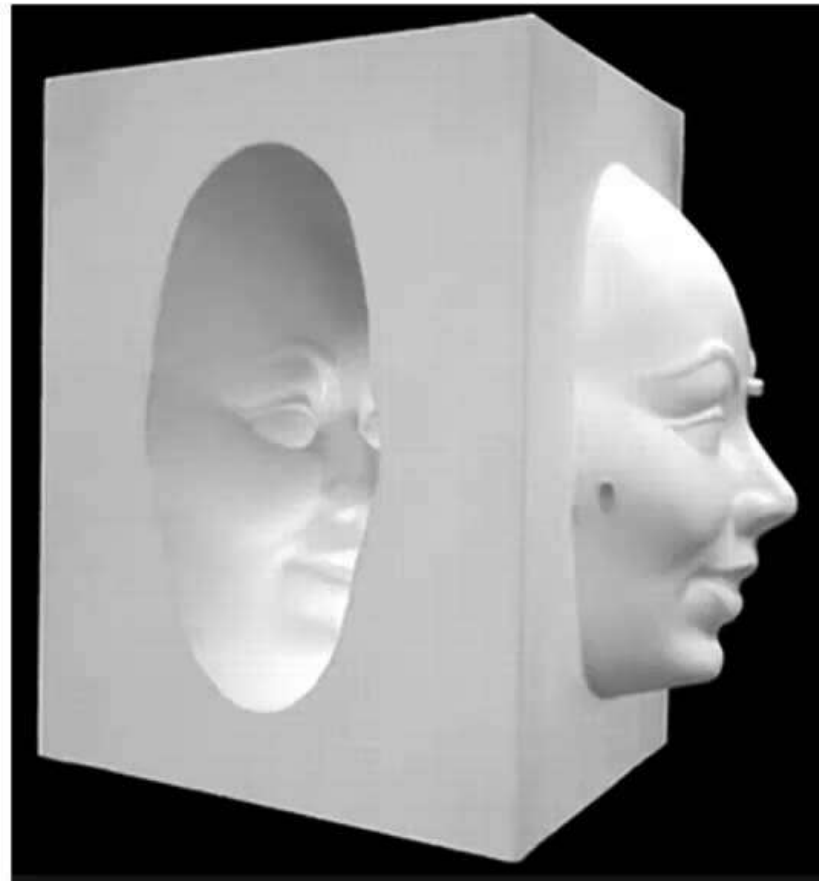
Mais certaines cartes **anormales** avaient été glissées dans le jeu !



Avec des temps de présentation très brefs, les sujets les ont identifié comme faisant partie de catégories déjà connues, prenant par exemple le quatre de cœur noir pour un quatre de pique noir. (des temps d'exposition plus long les faisaient toutefois douter...)

C'est comme si leurs catégories ou leurs « **modèles internes** » (ou encore leur « **expérience préalable** ») leur indiquait **qu'il ne pouvait exister que quatre types de cartes à jouer** – pique noir, trèfle noir, cœur rouge et carreau rouge – et qu'ils se convainquaient que ce qu'ils avait vu devait donc rentrer absolument dans l'une de ces 4 catégories.

Notre expérience statistique des visages convexes est si grande dans nos vies de tous les jours qu'elle génère en nous une puissante interprétation convexe de ce visage pourtant concave.



The rotating mask illusion
<https://www.youtube.com/watch?v=sKa0eaKsdA0>

Ça veut dire qu'on devrait faire pas mal attention aux "régularités du monde" auxquelles on expose nos enfants...



« Je suis effrayé par les automatismes qu'il est possible de créer à son insu dans le système nerveux d'un enfant.

Il lui faudra dans sa vie d'adulte une chance exceptionnelle pour s'évader de cette prison, s'il y parvient jamais. »

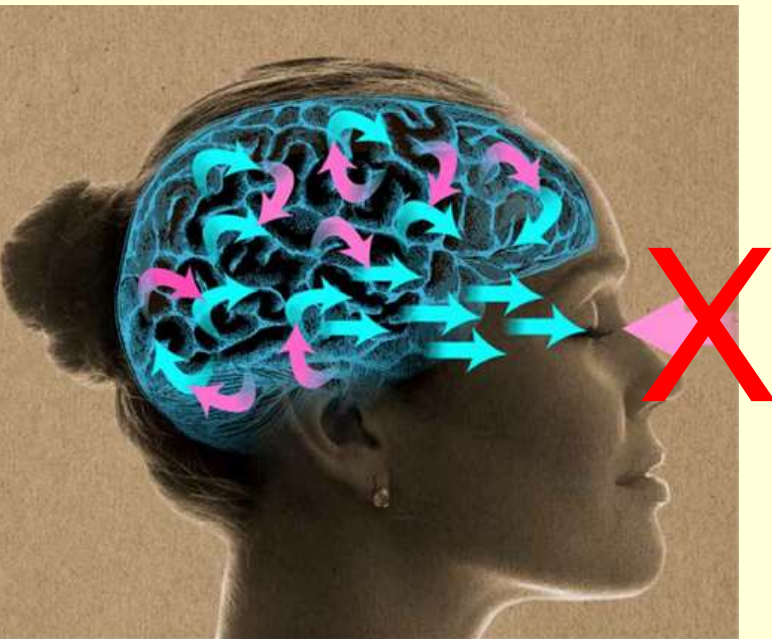
- Henri Laborit



12 décembre 2016

« La cognition incarnée », séance 14 :

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



L'imagination trouve aussi une explication naturelle dans cette façon de voir les choses.

Si l'on néglige l'apport du « bottom up » sensoriel,

on libère, d'une certaine façon, les modèles génératifs « top down » qui peuvent ainsi, libérés des contraintes du réel, s'en donner à cœur joie dans les scénarios fictifs !

Ou **rêver** au sens propre (car durant notre sommeil paradoxal, on est vraiment coupé des inputs sensoriels).

Enfin, la **perception** et la **compréhension**, vues sous l'angle du « predictive processing », peuvent sembler des phénomènes très proches, écrit Andy Clark.

Car dans cette optique percevoir le monde, c'est déployer un savoir non seulement sur la façon dont le signal sensoriel devrait se présenter à nous, mais aussi sur la façon dont il va probablement changer et évoluer au fil du temps.

Les créatures qui déploient cette stratégie, lorsqu'elles voient des herbes bouger, s'attendent déjà non seulement à voir une proie apparaître, mais à ressentir les sensations de leurs propres muscles se préparant à l'action.



Enfin, la **perception** et la **compréhension**, vues sous l'angle du « predictive processing », peuvent sembler des phénomènes très proches, écrit Andy Clark.

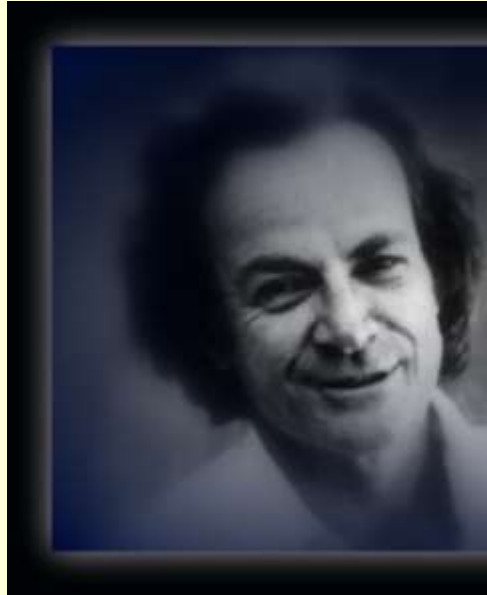
Car dans cette optique percevoir le monde, c'est déployer un savoir non seulement sur la façon dont le signal sensoriel devrait se présenter à nous, mais aussi sur la façon dont il va probablement changer et évoluer au fil du temps.

Les créatures qui déploient cette stratégie, lorsqu'elles voient des herbes bouger, s'attendent déjà non seulement à voir une proie apparaître, mais à ressentir les sensations de leurs propres muscles se préparant à l'action.

Or un animal qui a ce genre d'emprise sur son monde est déjà profondément impliqué dans la compréhension de ce monde.



Comme le dit encore Andy Clark : « Peut-être que nous, les humains, et beaucoup d'autres organismes, déployons une stratégie fondamentale, économique et axée sur des prédictions qui s'enracinent dans nos architectures neuronales, et qui permet de **percevoir**, de **comprendre** et **d'imaginer** grâce à cet unique « package deal » »...



1918-1988

Prix Nobel de
physique en 1965

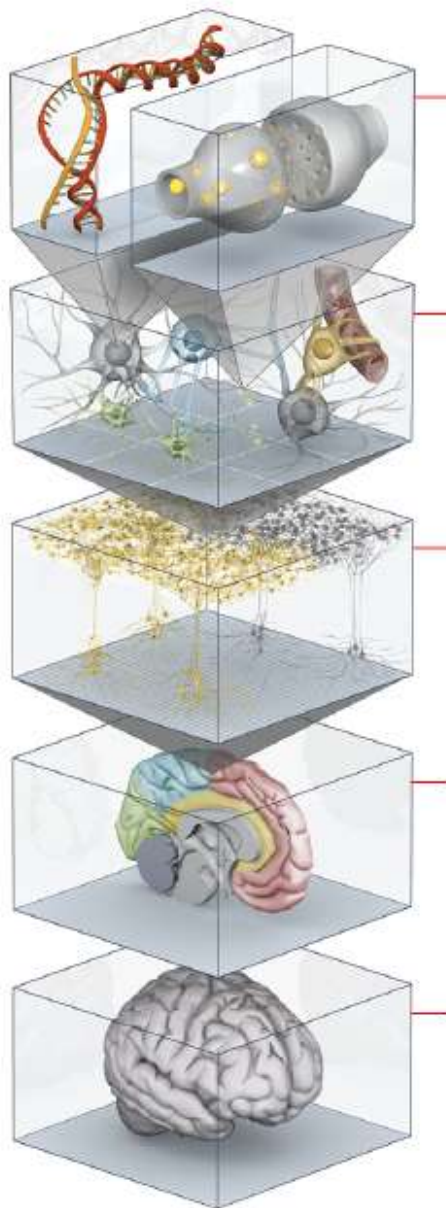
Et, en continuant, nous arrivons à des choses comme le mal, la beauté et l'espoir [...]

« Lequel des deux extrêmes est plus proche de Dieu, si je puis me permettre d'utiliser une métaphore religieuse ? La beauté et l'espoir, ou les lois fondamentales ? Je pense que la bonne démarche consiste, bien sûr, à dire que nous devons considérer l'ensemble des interconnexions structurelles des choses, et que toutes les sciences – et non seulement les sciences, mais tous les efforts de type intellectuel – sont des tentatives visant à découvrir les liaisons des hiérarchies, à relier la beauté à l'histoire, l'histoire à la psychologie humaine, la psychologie humaine au fonctionnement du cerveau, le cerveau aux influx nerveux, les influx nerveux à la chimie, et ainsi de suite, vers le haut et vers le bas, dans un sens comme dans l'autre. Mais aujourd'hui nous ne pouvons pas encore, et cela ne sert à rien de prétendre le contraire, relier exactement et totalement un extrême de cette chose à l'autre, puisque nous ne faisons que commencer à voir que cette hiérarchie relative existe.

Et je ne pense pas que l'un des extrêmes soit plus proche de Dieu que l'autre.

Richard Feynman

Après avoir remonté les niveaux à partir de l'atome...



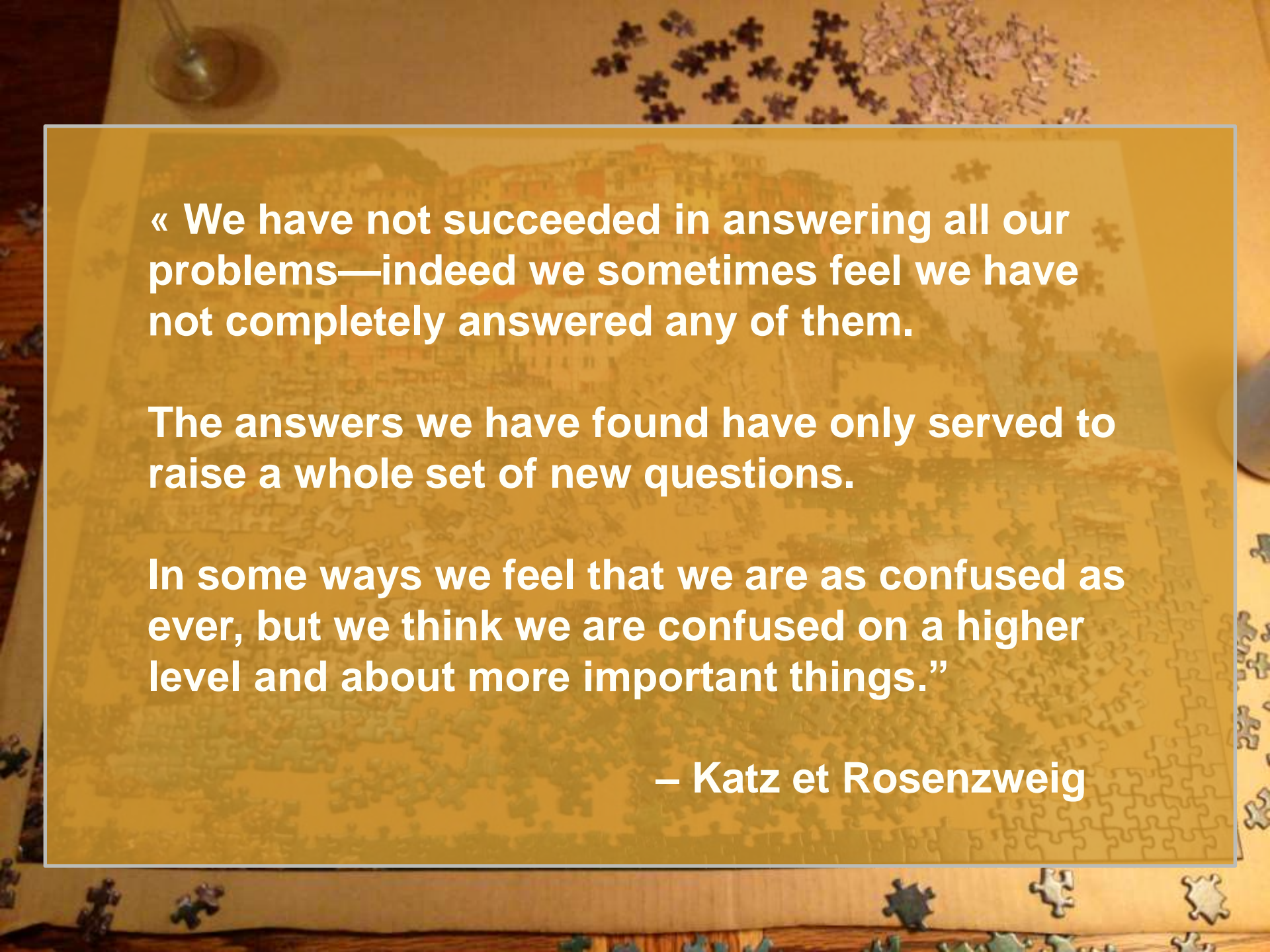
Et, en continuant, nous arrivons à des choses comme le mal, la beauté et l'espoir [...]

« Lequel des deux extrêmes est plus proche de Dieu, si je puis me permettre d'utiliser une métaphore religieuse ? La beauté et l'espoir, ou les lois fondamentales ? Je pense que la bonne démarche consiste, bien sûr, à dire que nous devons considérer l'ensemble des interconnexions structurelles des choses, et que toutes les sciences – et non seulement les sciences, mais tous les efforts de type intellectuel – sont des tentatives visant à découvrir les liaisons des hiérarchies, à relier la beauté à l'histoire, l'histoire à la psychologie humaine, la psychologie humaine au fonctionnement du cerveau, le cerveau aux influx nerveux, les influx nerveux à la chimie, et ainsi de suite, vers le haut et vers le bas, dans un sens comme dans l'autre. Mais aujourd'hui nous ne pouvons pas encore, et cela ne sert à rien de prétendre le contraire, relier exactement et totalement un extrême de cette chose à l'autre, puisque nous ne faisons que commencer à voir que cette hiérarchie relative existe.

Et je ne pense pas que l'un des extrêmes soit plus proche de Dieu que l'autre.

Richard Feynman



A photograph of a wooden table with a puzzle. The puzzle features a cityscape with buildings and trees. In the top left corner, there is a small glass object, possibly a candle holder or a small vase. The puzzle pieces are scattered around the edges of the board.

« We have not succeeded in answering all our problems—indeed we sometimes feel we have not completely answered any of them.

The answers we have found have only served to raise a whole set of new questions.

In some ways we feel that we are as confused as ever, but we think we are confused on a higher level and about more important things.”

– Katz et Rosenzweig

Merci pour votre présence et votre participation !



www.lecerveau.mcgill.ca



www.elogedelasuite.net



www.upopmontreal.com