

PLAN DE LA SÉRIE

~~Cours 1~~ : Le « connais-toi toi-même » de Socrate à l'heure des sciences cognitives ;
Évolution et émergence des systèmes nerveux

~~Cours 2~~ : Un neurone, deux neurones, quelques neurones
(la grammaire de base du cerveau)

~~Cours 3~~ : Des milliers et des millions de neurones :
nos mémoires et leurs structures cérébrales associées

~~Cours 4~~ : Nos réseaux de milliards de neurones et leur activité dynamique :
l'exemple de l'éveil, du sommeil et du rêve

~~Cours 5~~ : Cerveau et corps ne font qu'un : origine et fonction des émotions

Cours 6 : Tout ce qui précède permet de simuler le monde pour décider quoi faire

Cours 7 : Le langage : une propriété émergente de la vie sociale chez les humains

Cours 8 : « Moi » conscient versus motivations inconscientes :
notre espèce a-t-elle de l'avenir ?

Cours 6: **Simuler le monde pour décider quoi faire**

Simulations mentales

Les affordances : des opportunités d'actions

La prise de décision rapide (par simulations et compétitions d'affordances)

Des décisions prises à de multiples niveaux d'abstraction

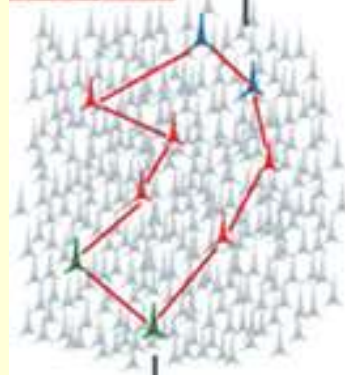
Le grand cadre théorique du « cerveau prédictif »

L'attention, l'imagination et la compréhension sous l'angle du « cerveau prédictif »

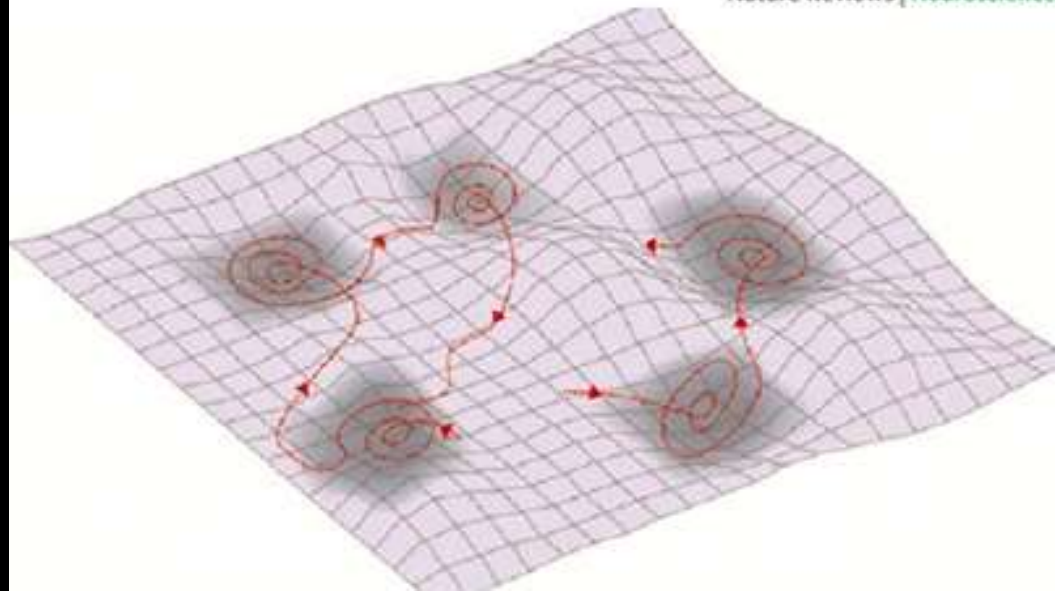
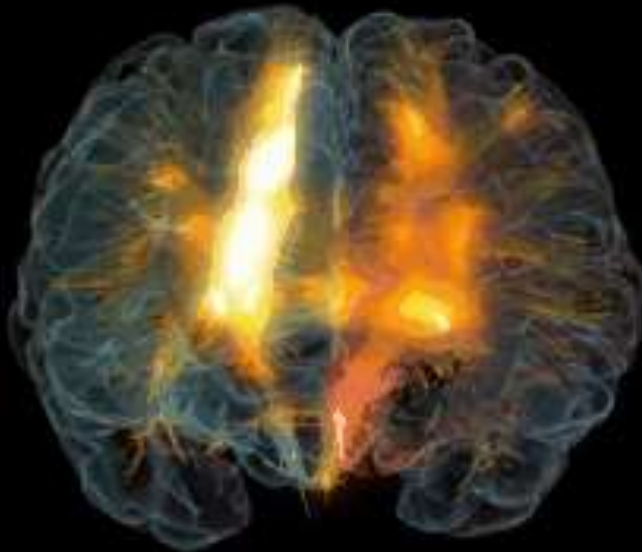
Les failles de l'attention
(cécité attentionnelle, au changement, magiciens, etc.)

L'inhibition des automatismes

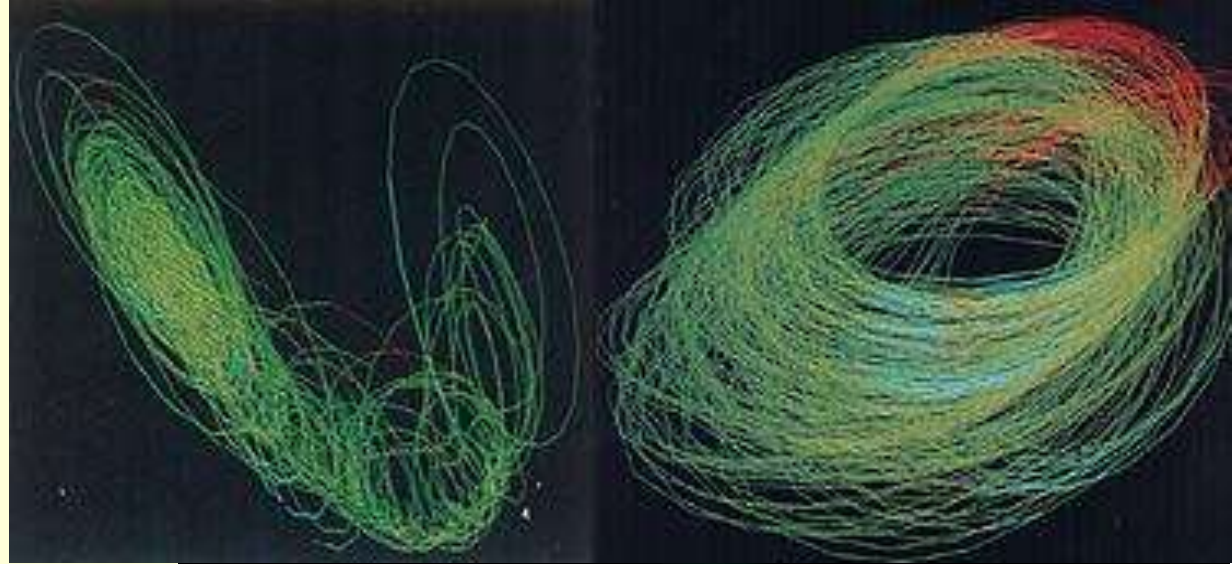
Un système possédant d'innombrables **attracteurs ponctuels** où pouvait se concentrer l'activité nerveuse



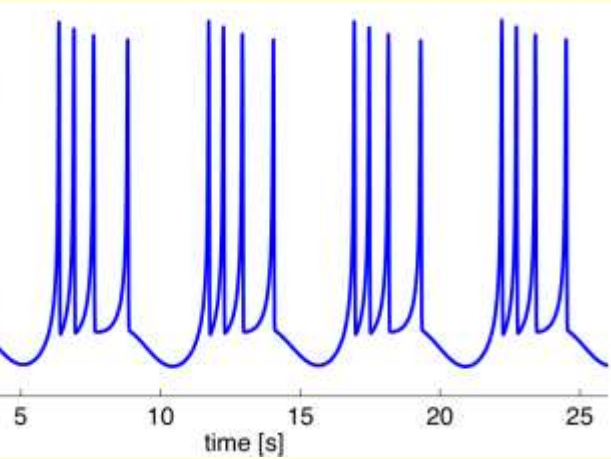
Nature Reviews | Neuroscience



ainsi que des **attracteurs étranges** entre lesquels cette activité pouvait basculer

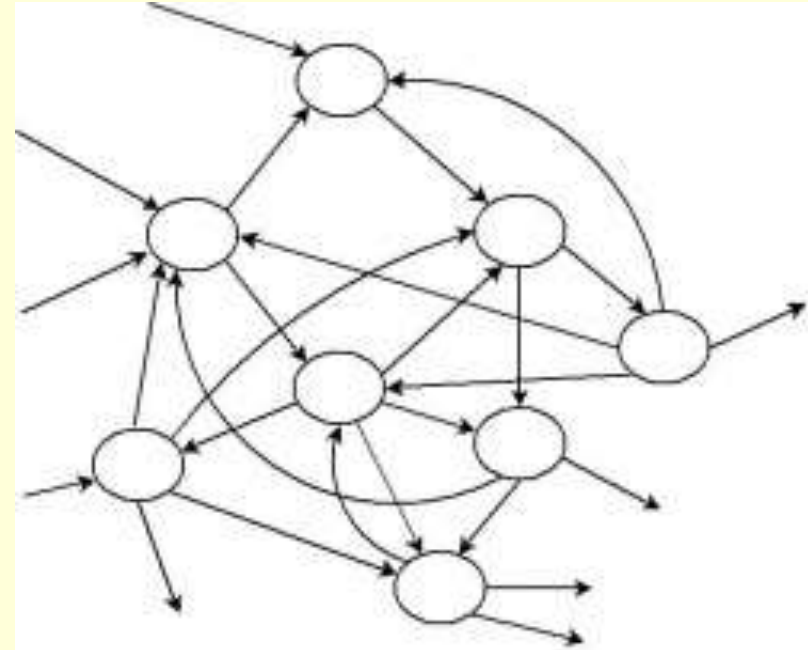


Des neurones manifestent une activité spontanée

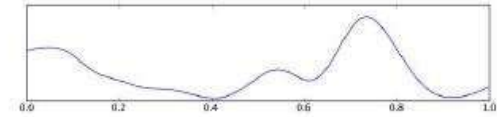


dans un système avec une multitude de **boucles** excita-trices / inhibitrices

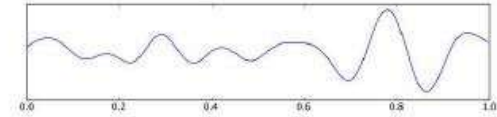
propices à la formation de **rythmes**



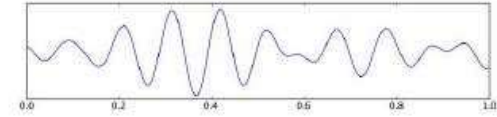
Delta Rhythm (δ)



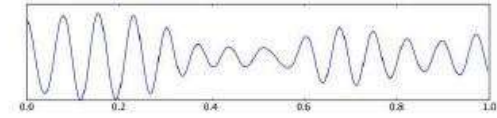
Theta Rhythm (θ)



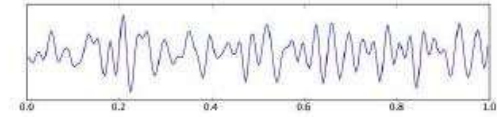
Alpha Rhythm (α)



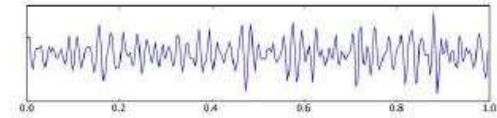
Mu Rhythm (μ)



Beta Rhythm (β)



Gamma Rhythm (γ)



Mais se pourrait-il que cette **activité endogène** qui consomme en permanence 20 à 25% de l'énergie et de l'oxygène que nous consommons (pour un organe qui ne représente que 2% du poids du corps) révèle des choses encore plus fondamentales sur le fonctionnement du cerveau?

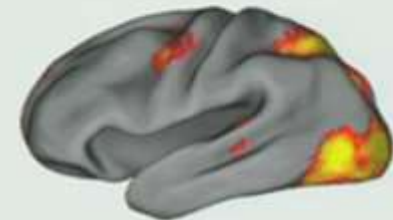
Autrement dit, pourquoi l'évolution a-t-elle favorisé cette voie très coûteuse plutôt qu'un organe qui attendrait simplement ses inputs pour y réagir comme on l'a longtemps pensé ?



An Historical View

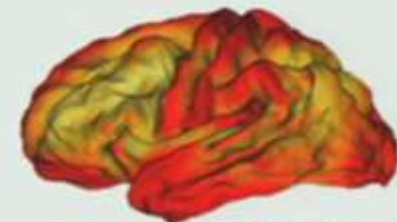
Reflexive

(Sir Charles Sherrington)



Intrinsic

(T. Graham Brown)



Raichle: Two Views of Brain

Mais se pourrait-il que cette **activité endogène** qui consomme en permanence 20 à 25% de l'énergie et de l'oxygène que nous consommons (pour un organe qui ne représente que 2% du poids du corps) révèle des choses encore plus fondamentales sur le fonctionnement du cerveau?

Autrement dit, pourquoi l'évolution a-t-elle favorisé cette voie très coûteuse plutôt qu'un organe qui attendrait simplement ses inputs pour y réagir comme on l'a longtemps pensé ?



Se pourrait-il qu'il ait là des choses à comprendre sur ce qui nous permet, par exemple, de **décider de la meilleure action** à faire à chaque instant ?

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

....car le temps de réponse est
corrélé avec le nombre de degrés
d'écart entre les figures

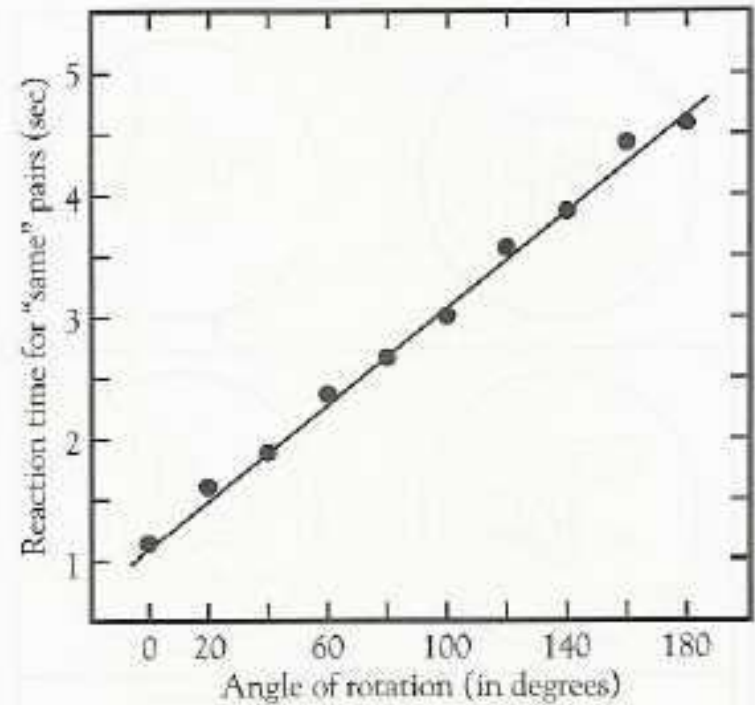
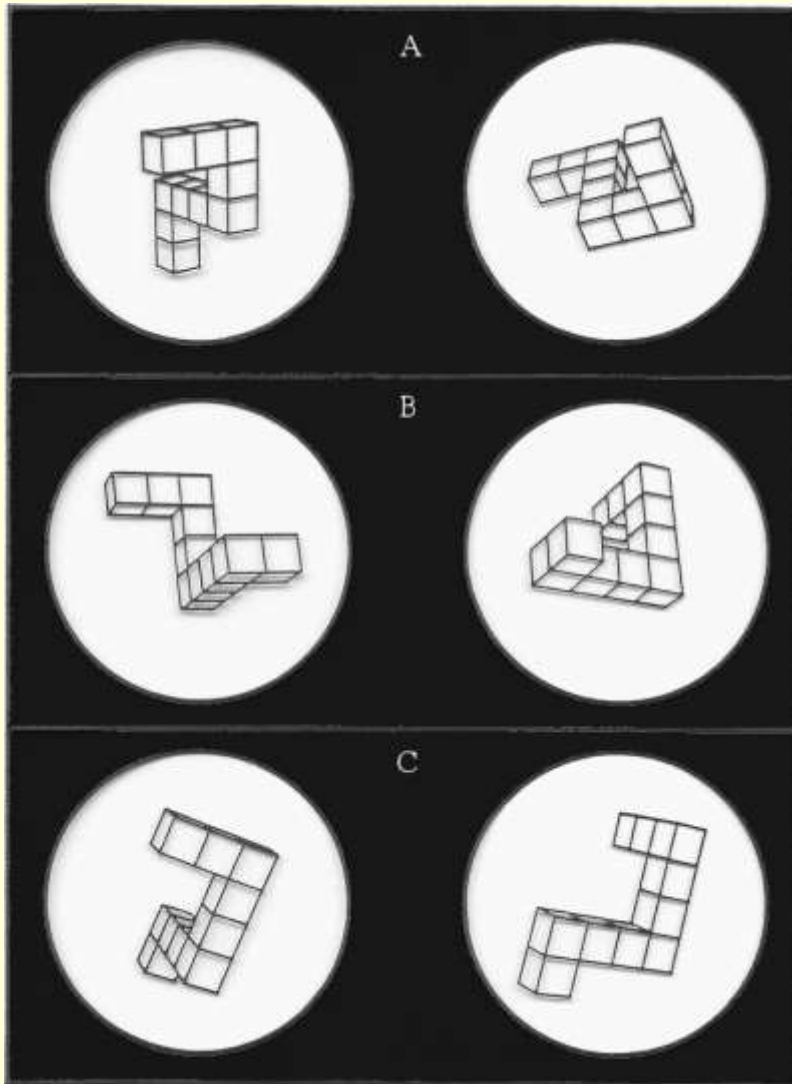


Figure 7.11 Reaction time to judge whether two patterns have the same three-dimensional shape

Mental Rotation of Three-Dimensional Objects
Roger N. Shepard and Jacqueline Metzler
Science, Vol. 171, No. 3972 (1971)

<http://www.jstor.org/stable/1731476>

Zwaan et al. (2002)

Language comprehenders mentally represent the shapes of objects.

<http://pcl.missouri.edu/jeff/sites/pcl.missouri.edu/jeff/files/Zwaan.pdf>

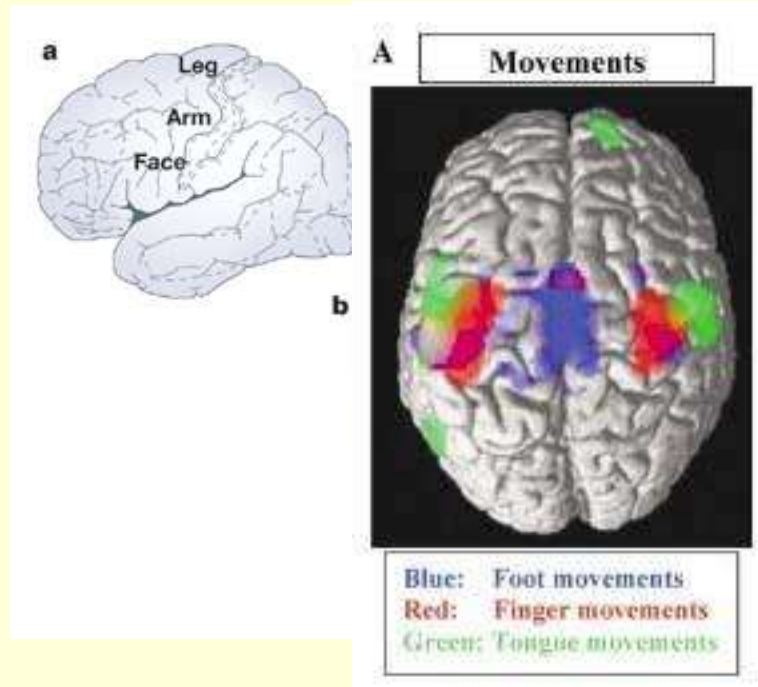
Les sujets devaient **lire des phrase** décrivant un objet ou un animal à un certain **endroit**.

Or dans les cas choisis, **la forme de l'objet ou de l'animal varie en fonction de l'endroit** (ex.: oiseau posé sur un branche (ailes fermées) ou dans le ciel (ailes ouvertes)).



Sauf que ces changements de forme n'étaient **pas explicité mais seulement impliqués** par l'endroit mentionné.

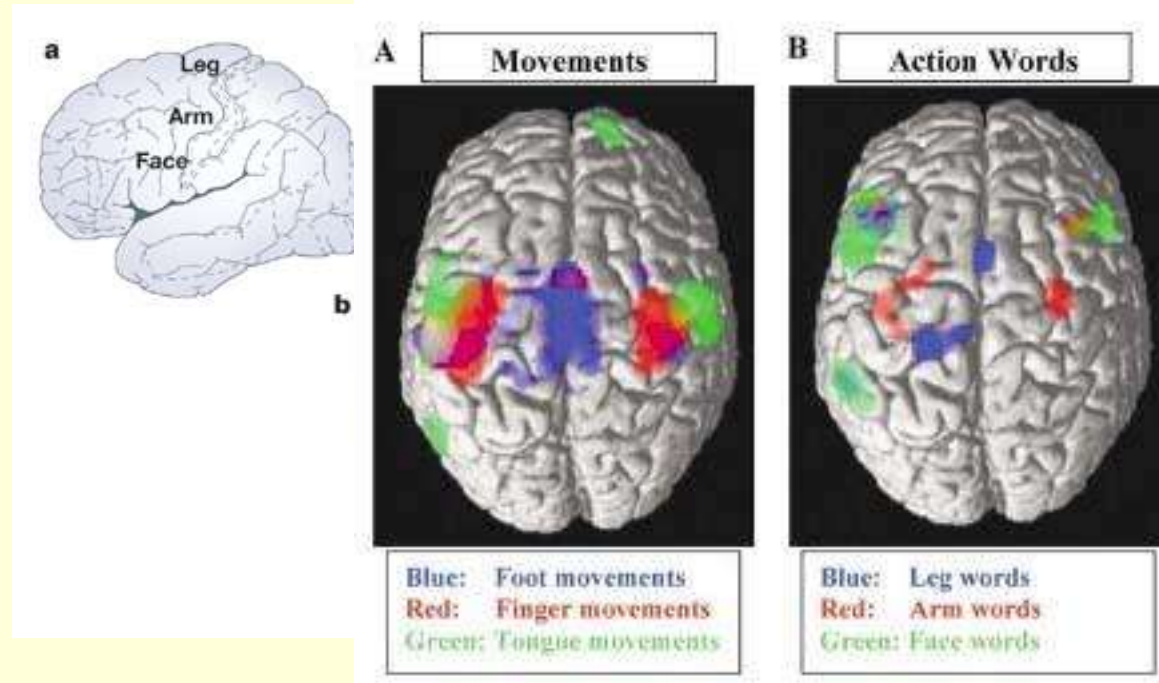
On leur présentait **par la suite des images d'objets ou d'animaux** dont certains étaient présentés selon la position impliquée par la phrase et d'autres dans d'autres positions, et on leur demandait simplement de **dire le plus rapidement possible si l'objets ou l'animal figurait ou non** dans la liste de phrases qu'ils avaient lues.



Ces résultats supportent donc l'hypothèse que **nos systèmes sensorimoteurs** sont utilisés de manière routinière dans notre compréhension du langage.

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.



Lecture de mots

Exemple :

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

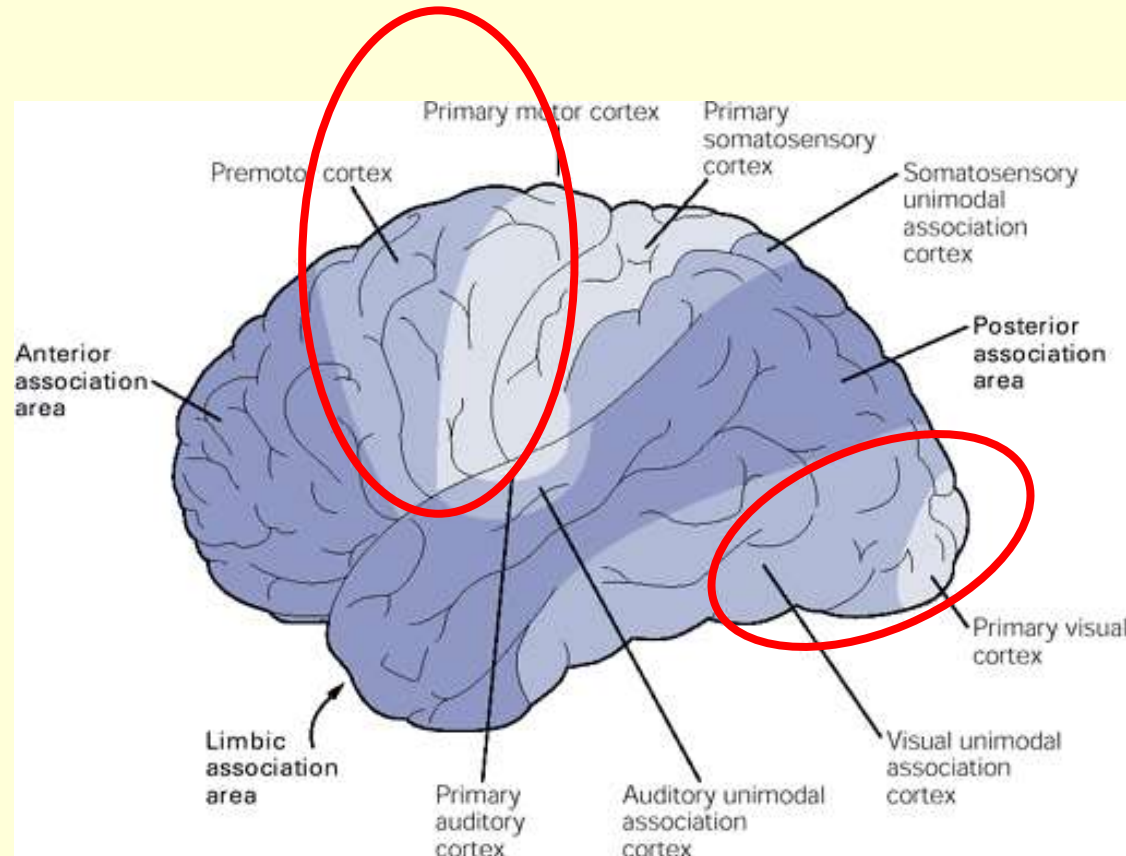
Des tâches de **rappel de verbes** activent aussi
les régions cérébrales motrices impliquées dans
ces actions.

Simulations mentales :

activité nerveuse dans des régions sensorielles sans inputs en provenance du monde extérieur,

ou bien dans des régions motrices sans qu'il n'y ait mouvement réel.

Des simulations mentales contribuent à nos représentations conceptuelles abstraites.



(contrairement à ce qu'on croyait dans les années 1970 – 1980...)



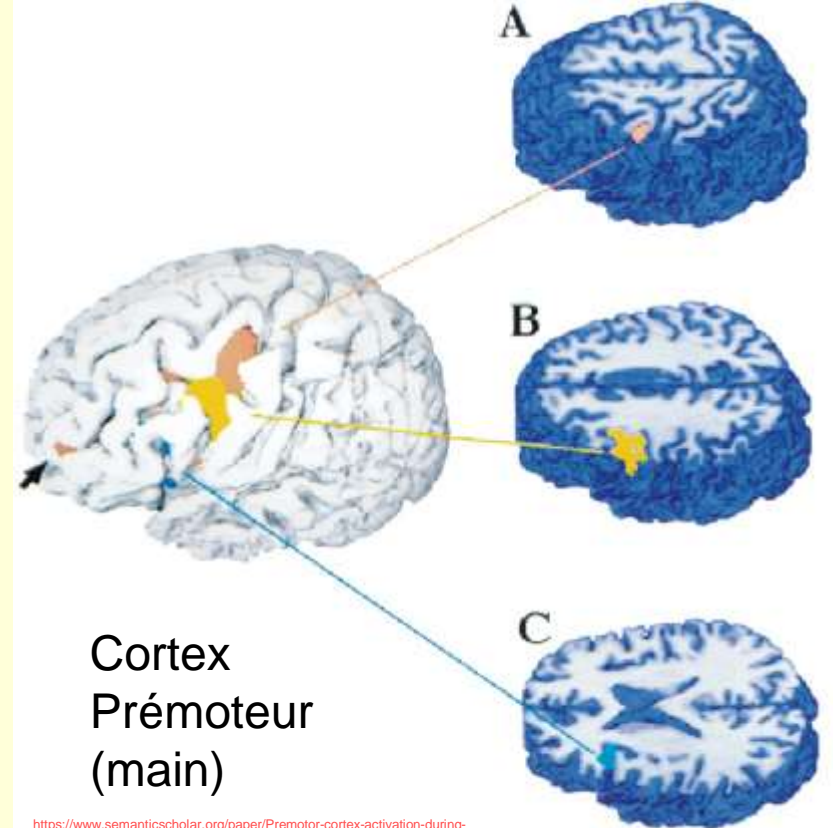
Tucker & Ellis (1998)

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

Et **simuler**, c'est un peu comme « **prédire** ce qu'on pourrait faire avec »...

→ Cette idée qu'il y a toujours des choses dans notre environnement qui nous suggèrent de « faire quelque chose » avec elles a été mise de l'avant avec le concept « **d'affordance** ».



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

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

Plan

Simulations mentales

Les affordances : des opportunités d'actions

La prise de décision rapide (par simulations et compétitions d'affordances)

Des décisions prises à de multiples niveaux d'abstraction

Le grand cadre théorique du « cerveau prédictif »

L'attention, l'imagination et la compréhension sous l'angle du « cerveau prédictif »

Les failles de l'attention

(cécité attentionnelle, au changement, magiciens, etc.)

L'inhibition des automatismes

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 avait commencé à remettre en question tout le traitement symbolique abstrait du paradigme cognitiviste dominant.



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 avait commencé à remettre en question tout le traitement symbolique abstrait du paradigme cognitiviste dominant.

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

Car pour Gibson ce ne sont pas tant les sensations en provenance des objets qui importent, mais les **possibilités d'action**, ou “**affordances**”, que suggèrent à un organisme donné tel ou tel objet ou aspect de son environnement.

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

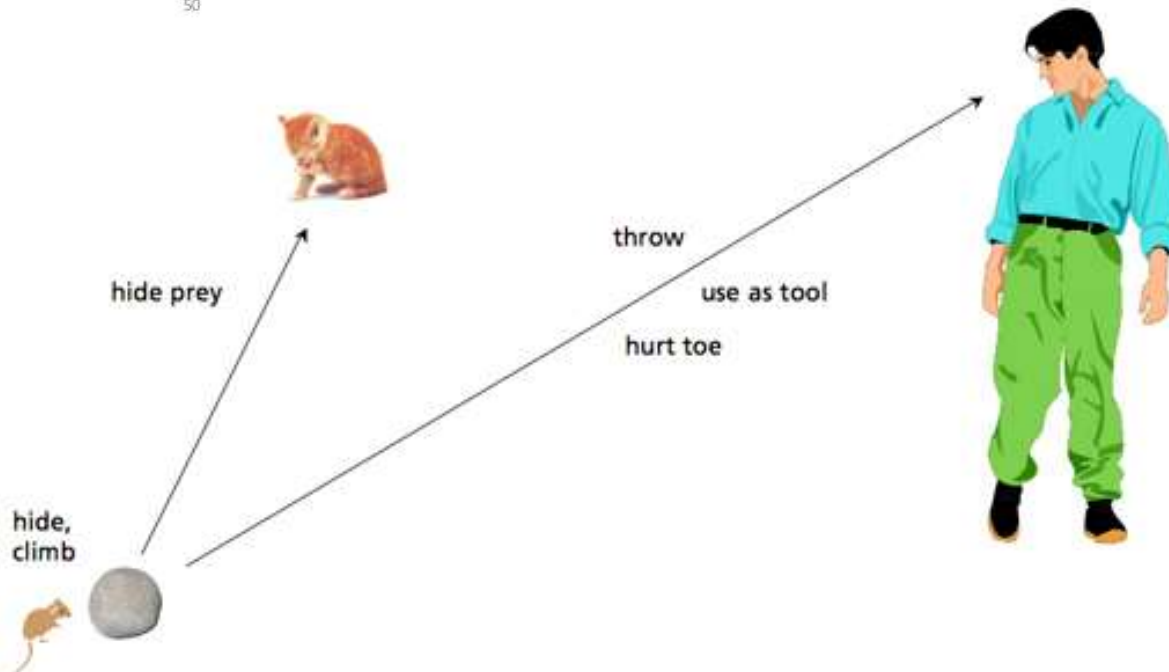
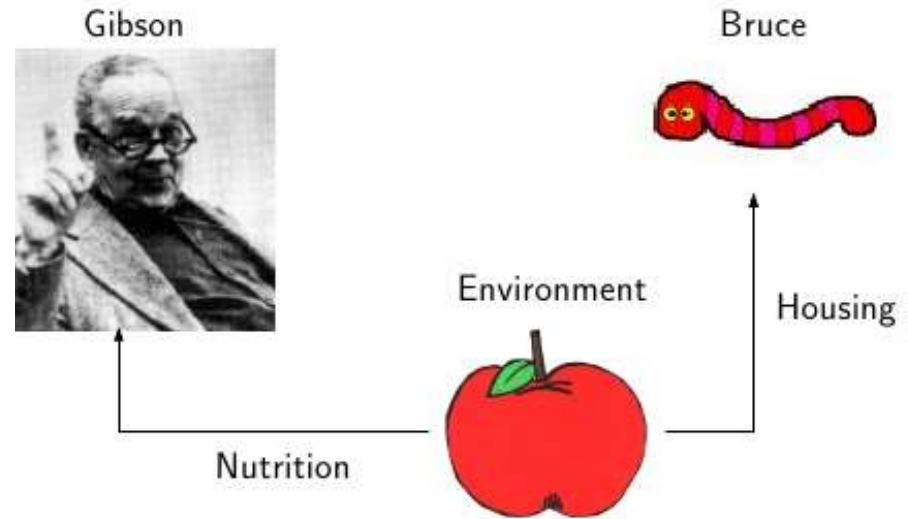
Design for ALL

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...



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...

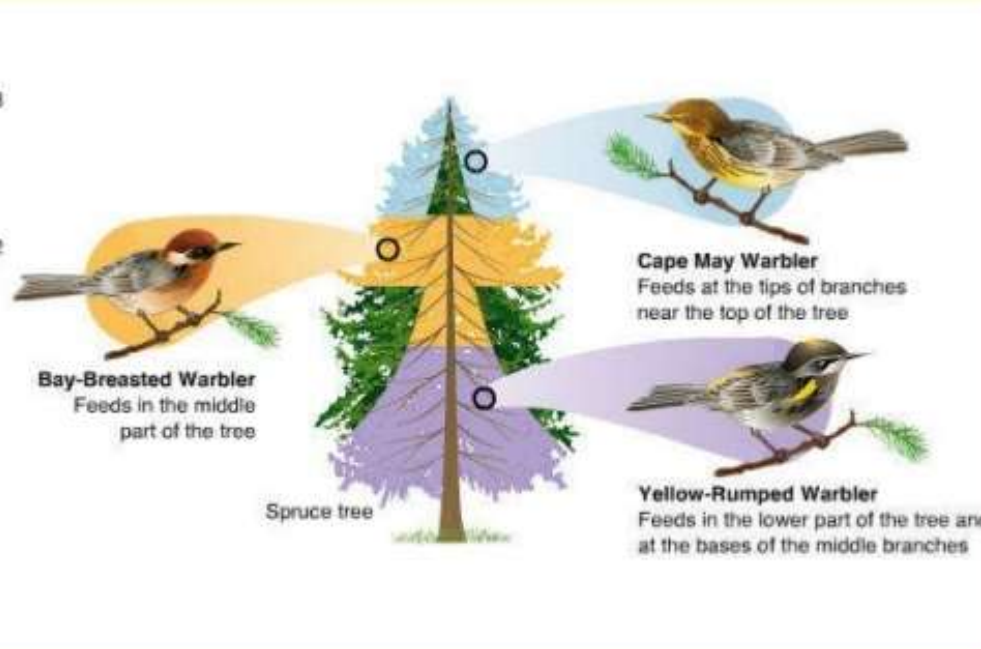
...ou en ville.



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/>

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.

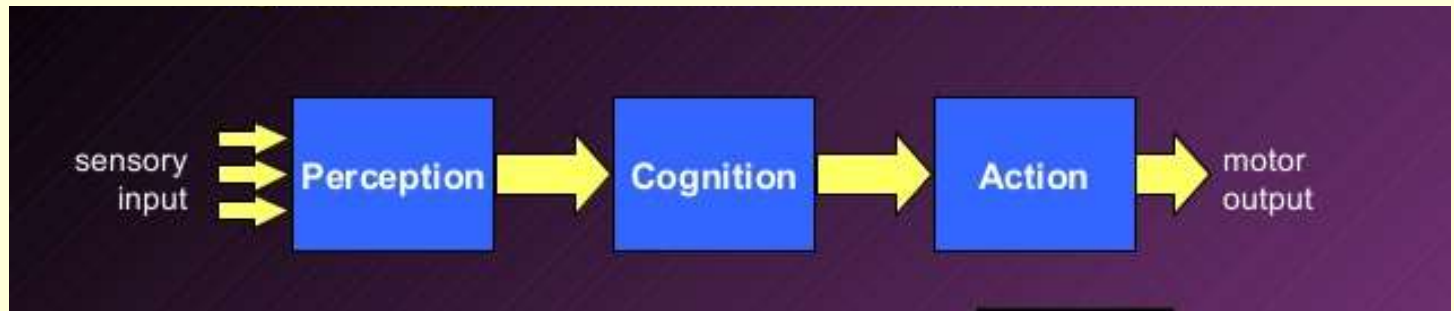
Au contraire, elle est directement perçue comme une **opportunité de siroter un café**.

Comme un trottoir est une opportunité pour marcher ou un feu de circulation au rouge pour s'immobiliser.

- Cela veut dire que peu importe dans quel environnement on se trouve, à tout moment notre cerveau va voir des choses qui vont lui suggérer des actions.
- Et donc il sera **constamment** en train de faire des **simulations**...

Cela implique que pour la plus grande partie de nos comportements qui sont rapides et inconscients,

on va devoir délaissier le schéma classique



→ manipulations
de représentations symboliques
qui mènent à une décision

→ préparation
du mouvement

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 »



Cela implique que pour la plus grande partie de nos comportements qui sont rapides et inconscients,

on va devoir délaisser le schéma classique



Mais alors, comment prenons-nous toutes les décisions rapides et inconscientes quotidiennes ?

manipulations de représentations symboliques qui mènent à une décision

→ préparation du mouvement



On prend pourtant des dizaines et des dizaines de ces décisions rapides dans une journée.

Plan

Simulations mentales

Les affordances : des opportunités d'actions

La prise de décision rapide (par simulations et compétitions d'affordances)

Des décisions prises à de multiples niveaux d'abstraction

Le grand cadre théorique du « cerveau prédictif »

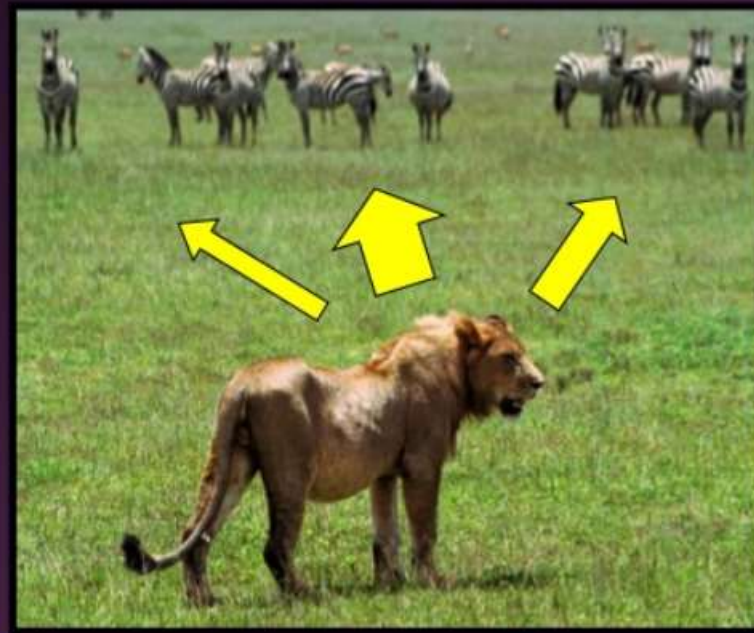
L'attention, l'imagination et la compréhension sous l'angle du « cerveau prédictif »

Les failles de l'attention

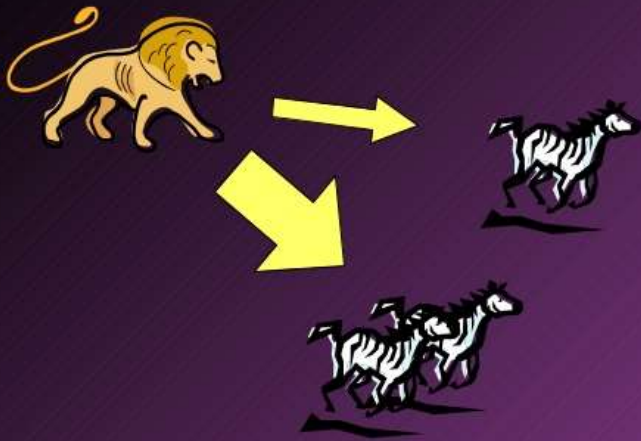
(cécité attentionnelle, au changement, magiciens, etc.)

L'inhibition des automatismes

Decision-making in the wild

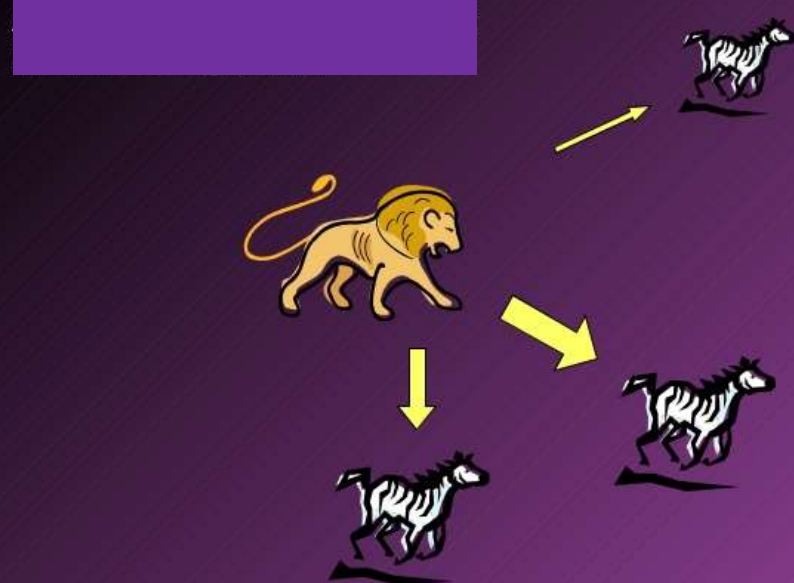
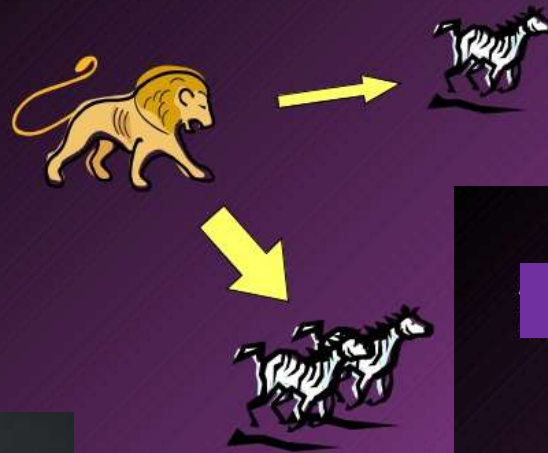


- The world presents animals with multiple opportunities for action ("affordances")



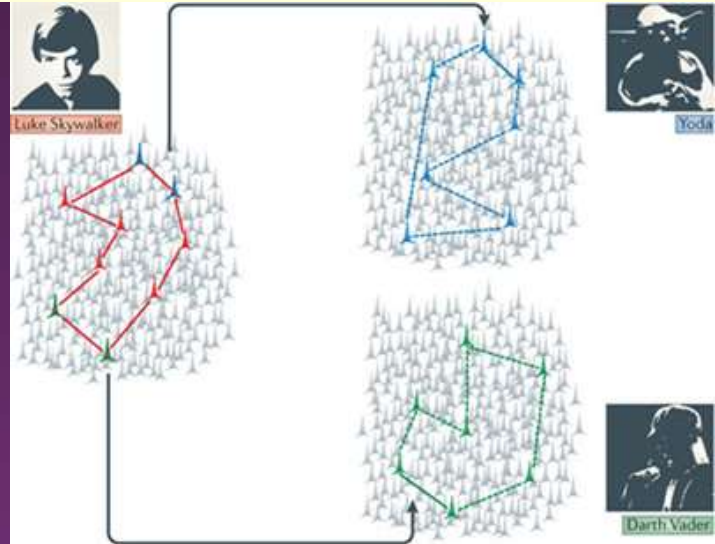
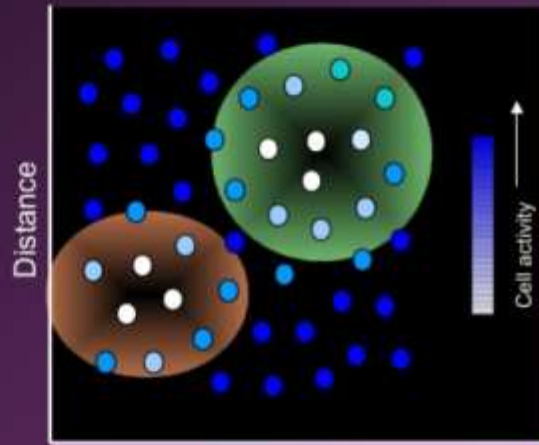
L'origine de la prise de décision c'est ça...

...et pas ça !

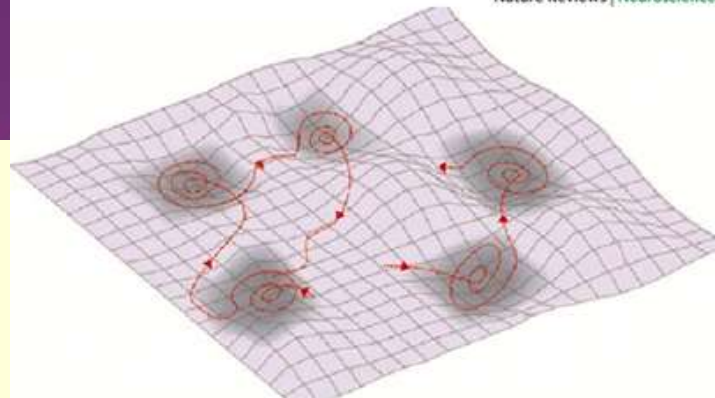




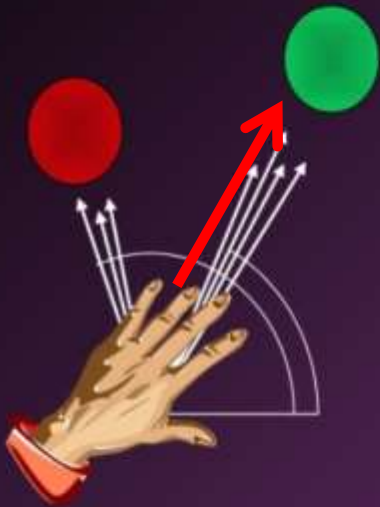
A population of tuned neurons



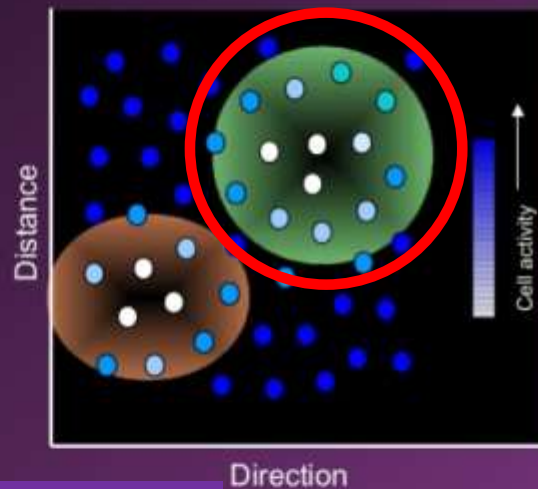
Nature Reviews | Neuroscience



Specification and selection in parallel



A population of tuned neurons



1) Spécification d'actions possibles :

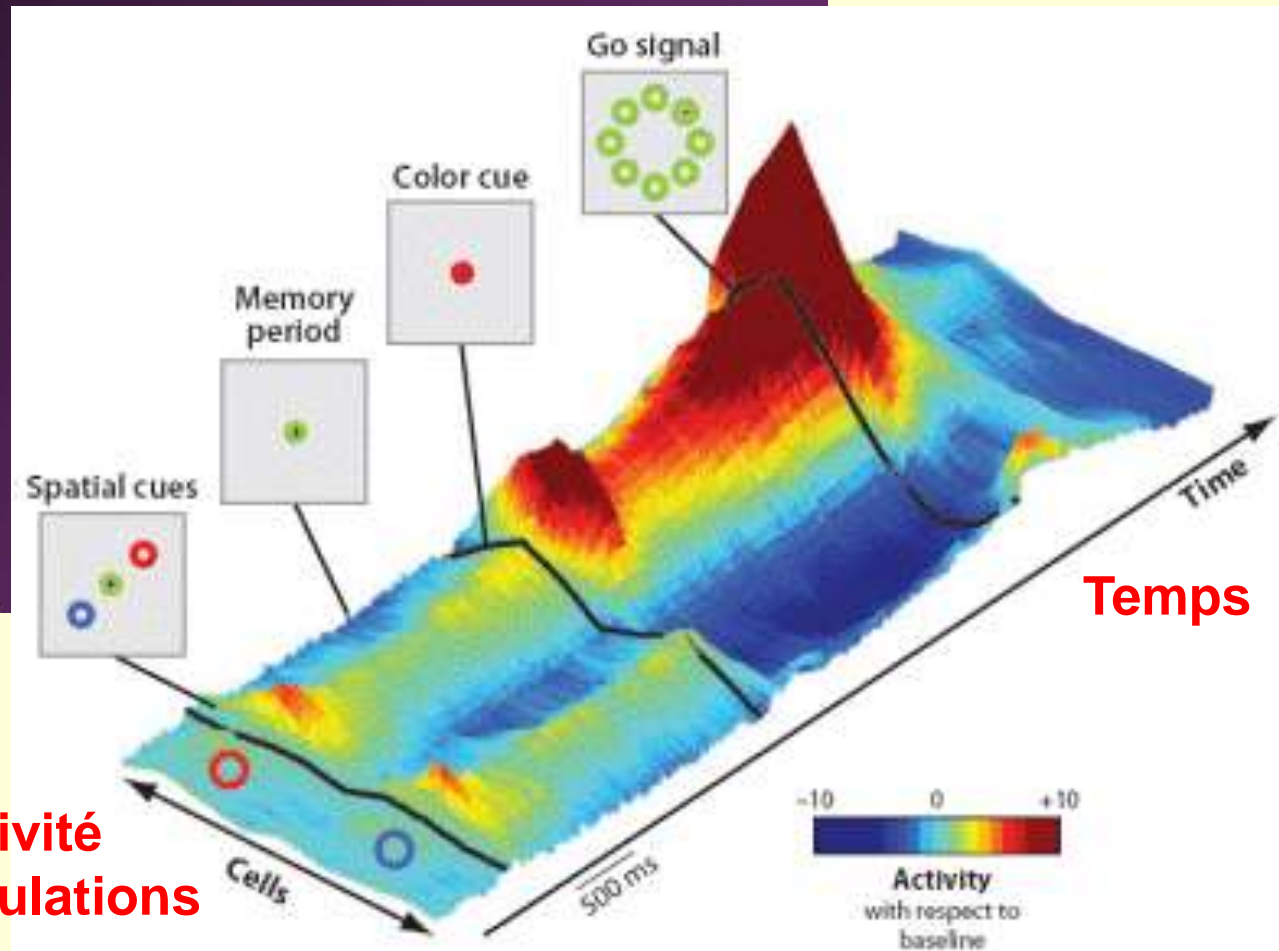
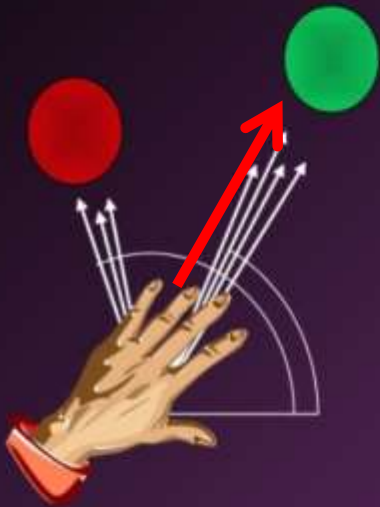
Deux groupes de neurones augmentent leur activité en fonction des deux directions intéressantes ici (les deux affordances)

2) Sélection d'une action :

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

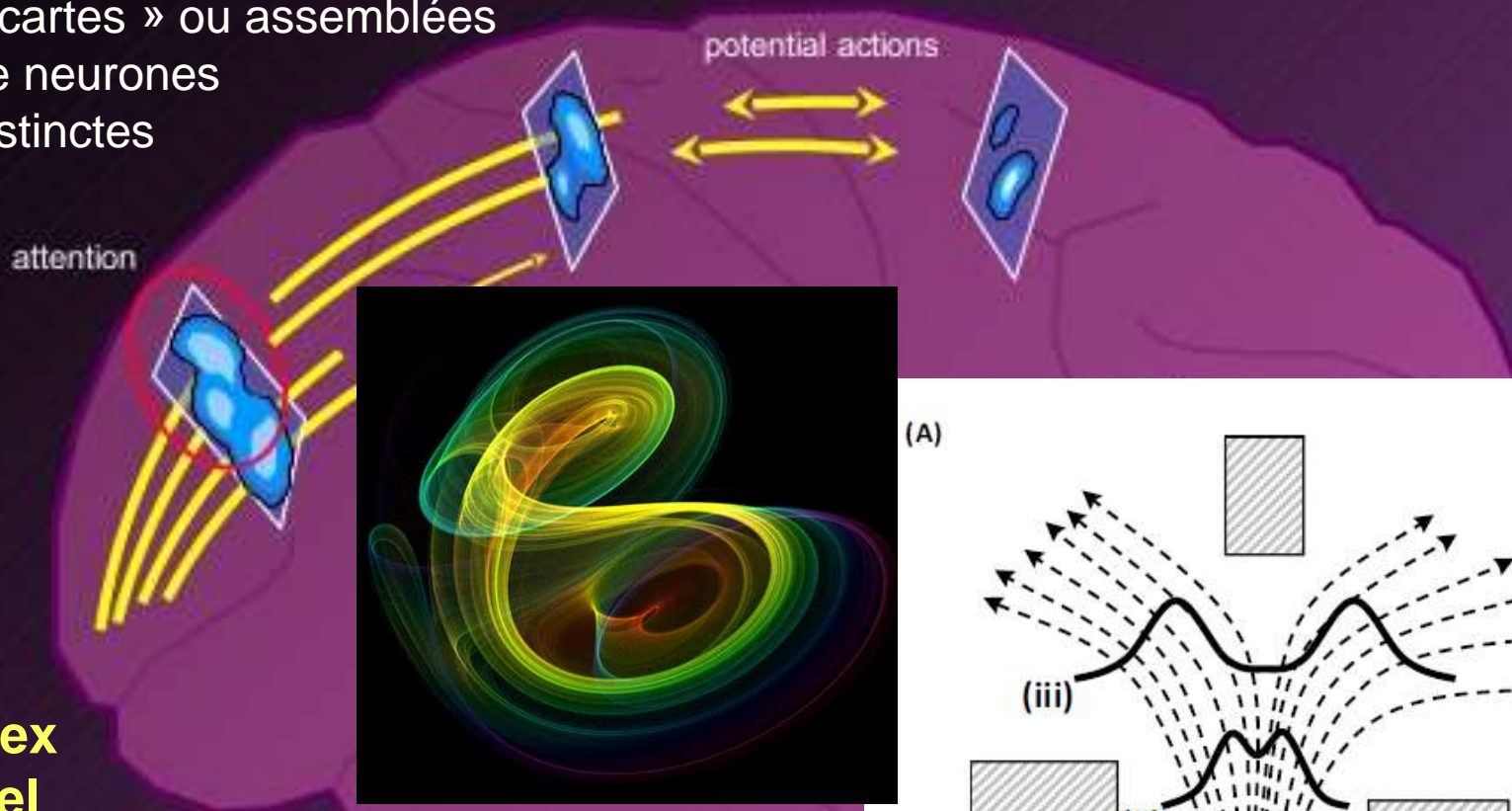
**Donc spécification
« d'actions possibles »
d'abord,
sélection (ou décision)
ensuite (ou en parallèle).**

Specification and selection in parallel

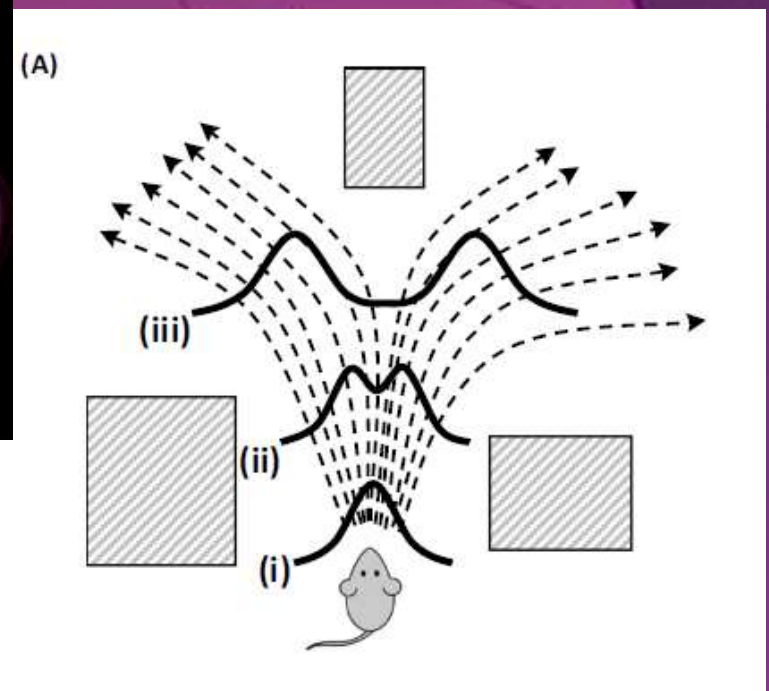


Niveau d'activité
de deux populations
de neurones

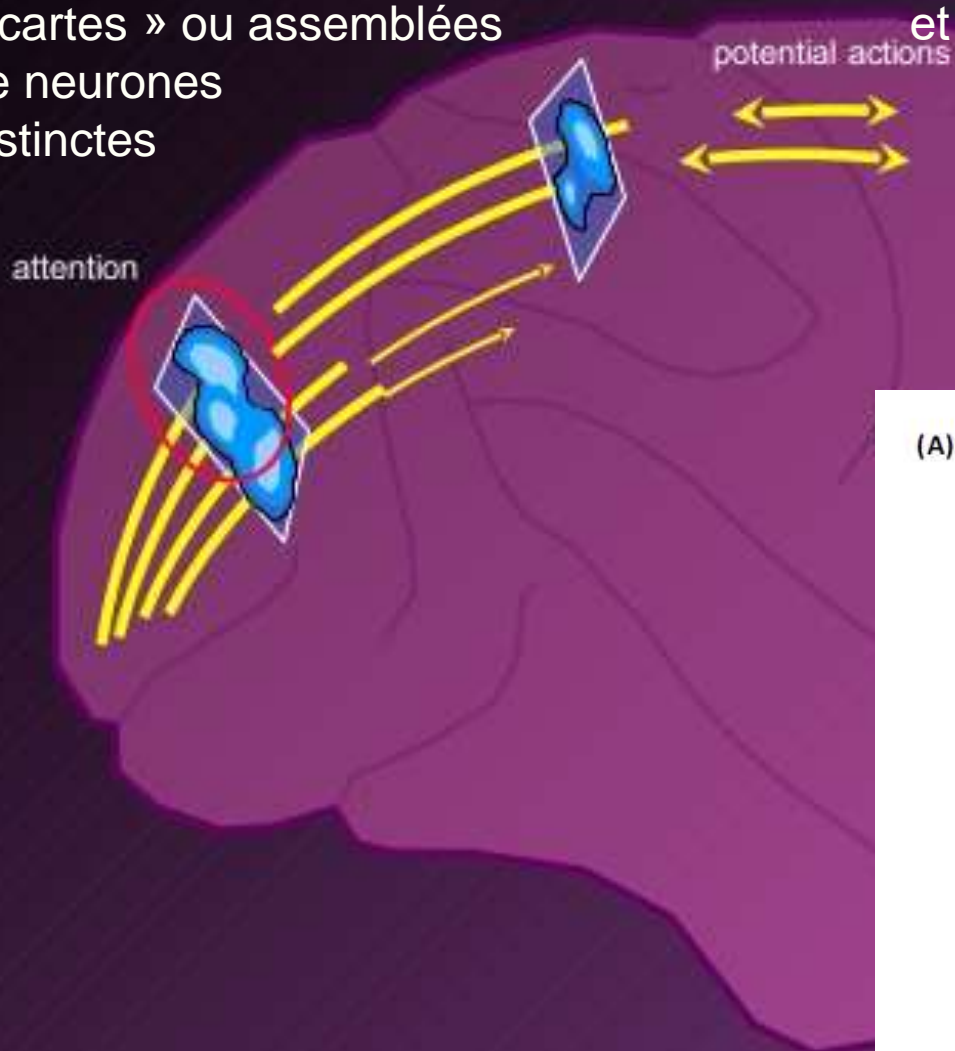
Des processus d'attention aident à **spécifier** des « cartes » ou assemblées de neurones distinctes



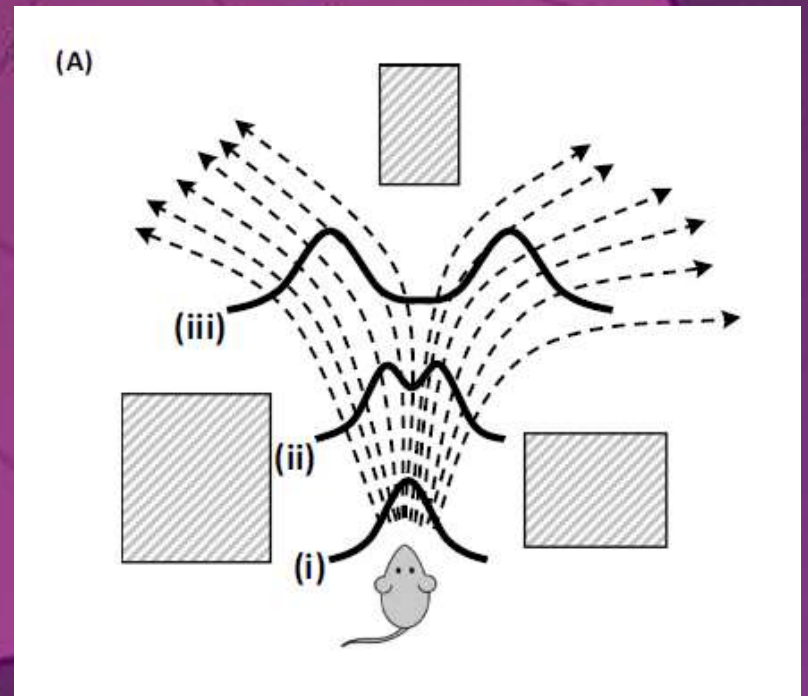
**Cortex
visuel**



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

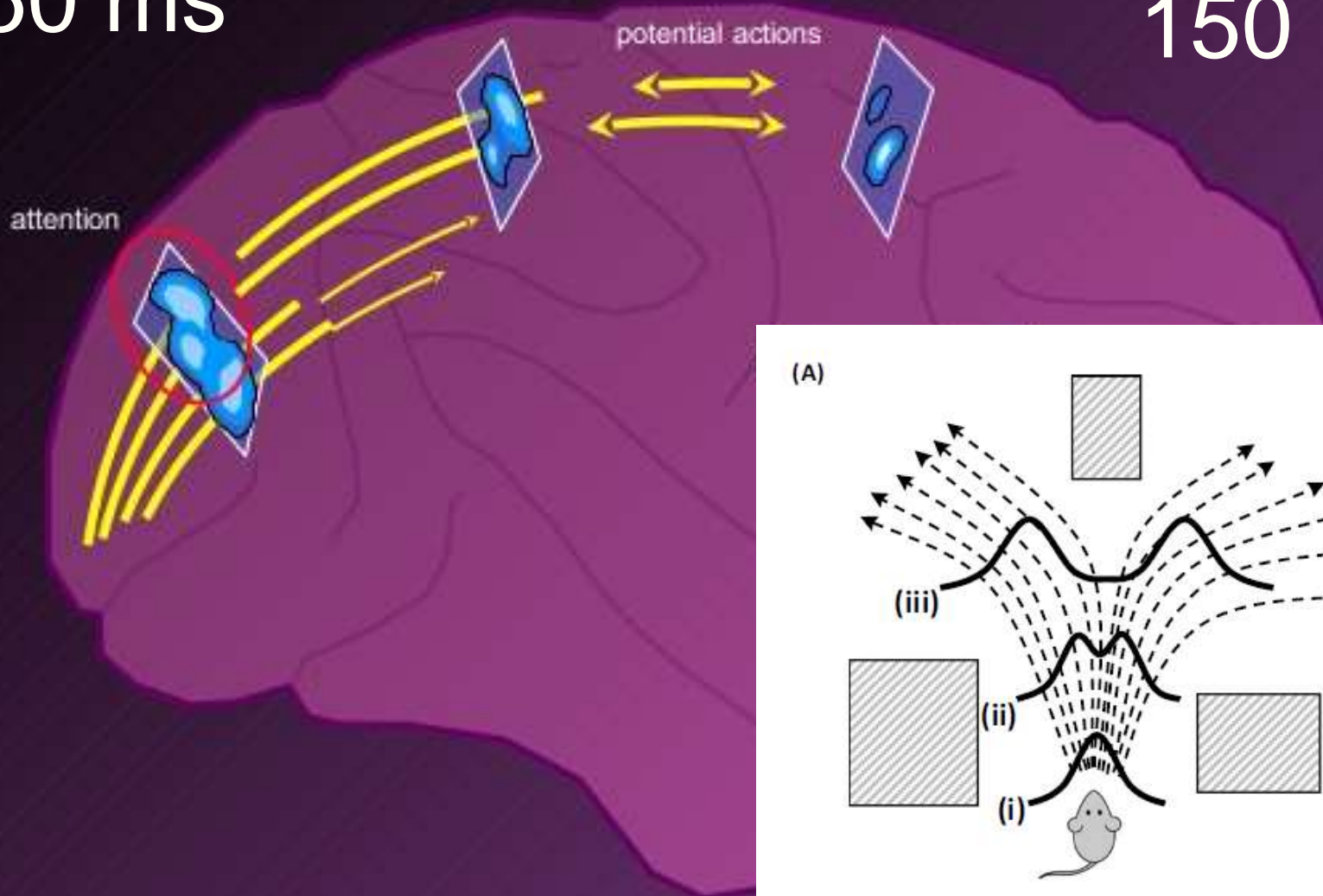


Et c'est à partir de là qu'a lieu la compétition (par inhibitions réciproques) et qu'un groupe de neurone « gagnant » va être éventuellement être **sélectionné** et déclencher l'action.

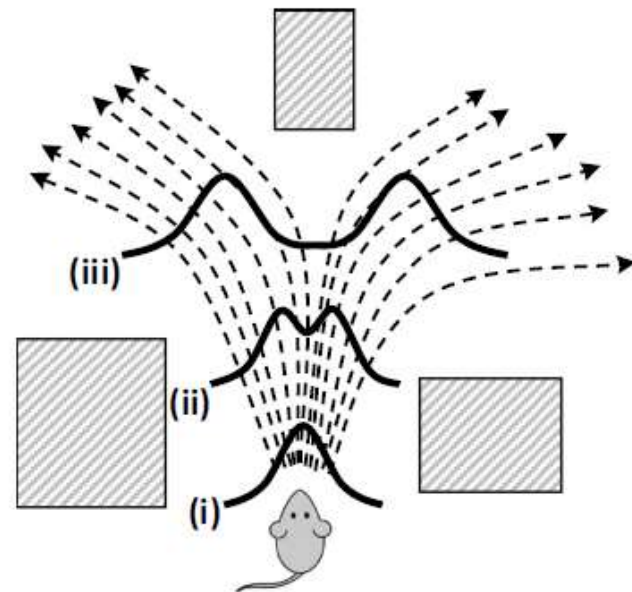


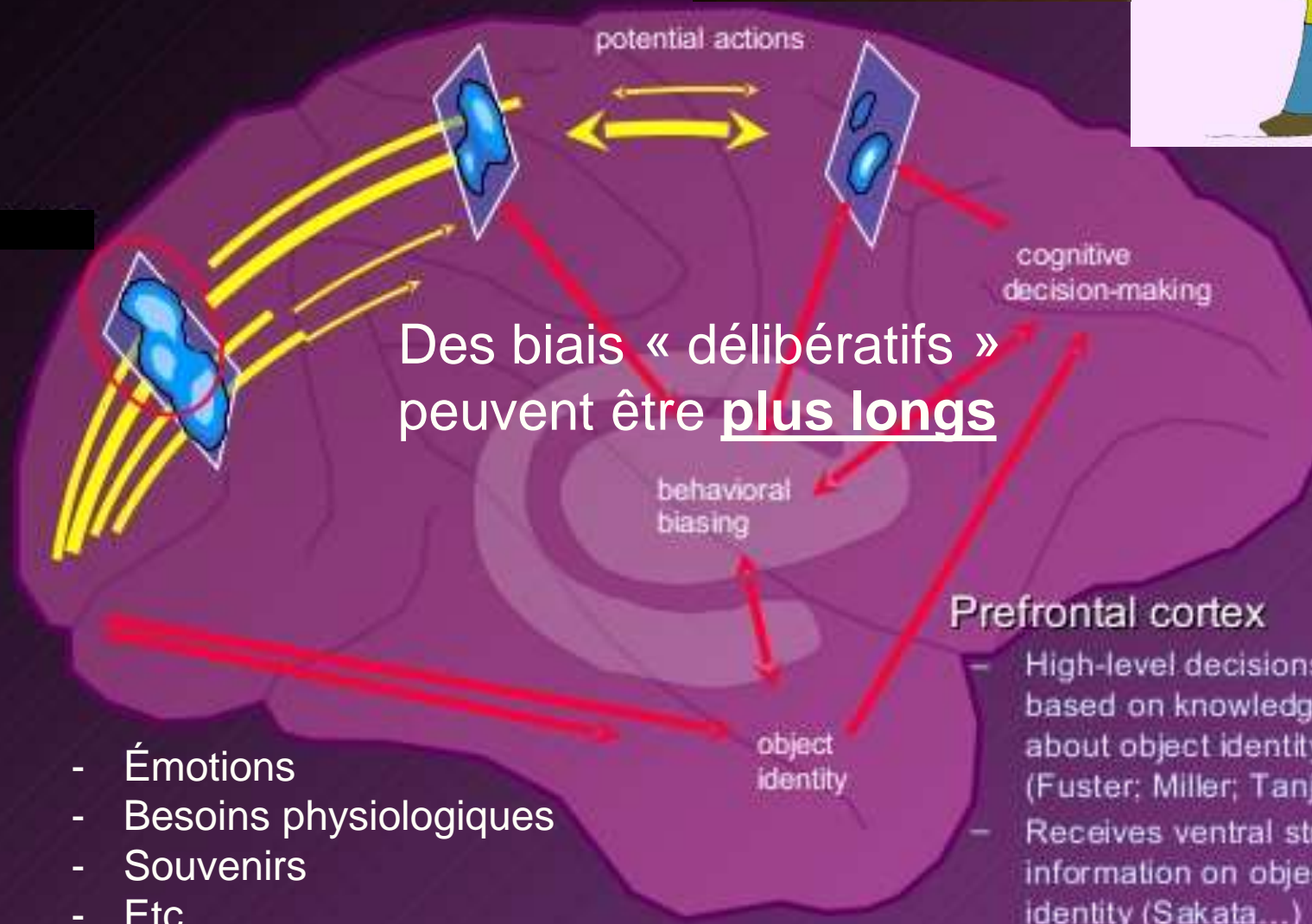
50 ms

150 ms



(A)



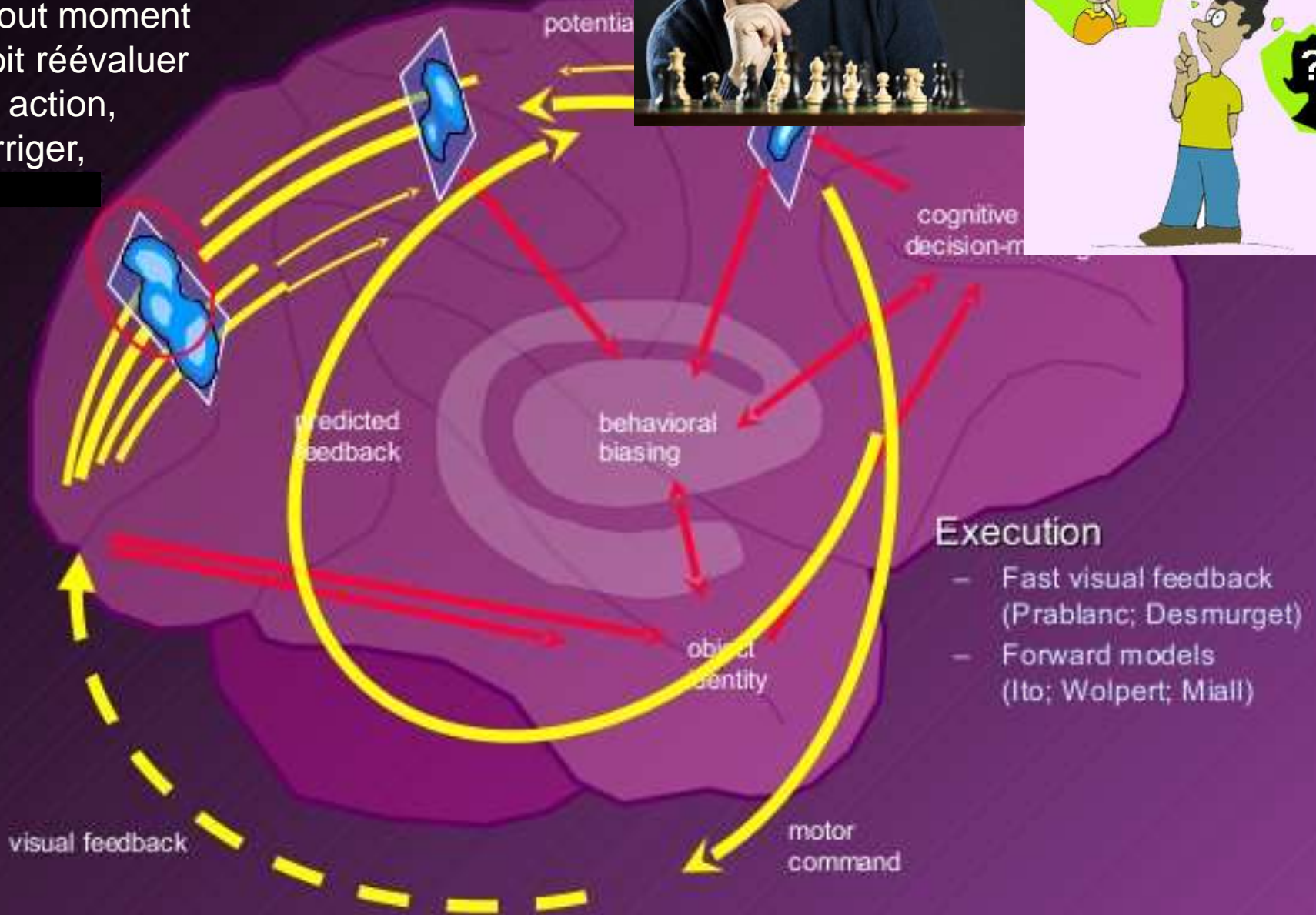


Des biais « délibératifs »
peuvent être plus longs

- Émotions
- Besoins physiologiques
- Souvenirs
- Etc.

- High-level decisions based on knowledge about object identity (Fuster; Miller; Tanji...)
- Receives ventral stream information on object identity (Sakata...)

...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.



- Execution**
- Fast visual feedback (Prablanc; Desmurget)
 - Forward models (Ito; Wolpert; Miall)

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.

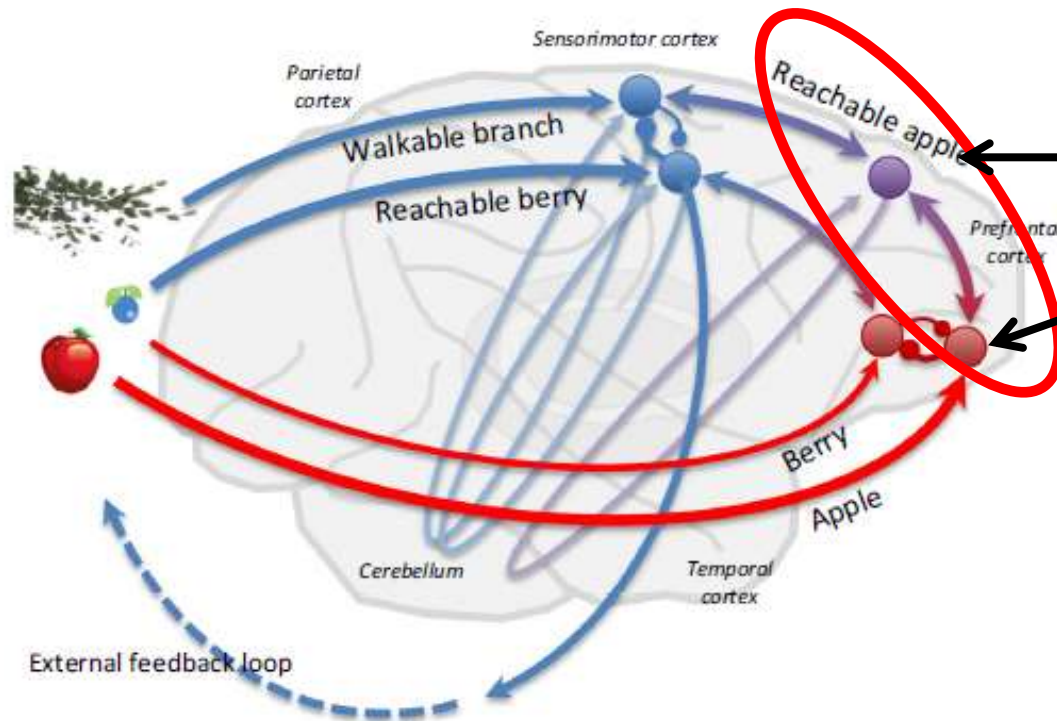
Éléments de :

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”**



(c)



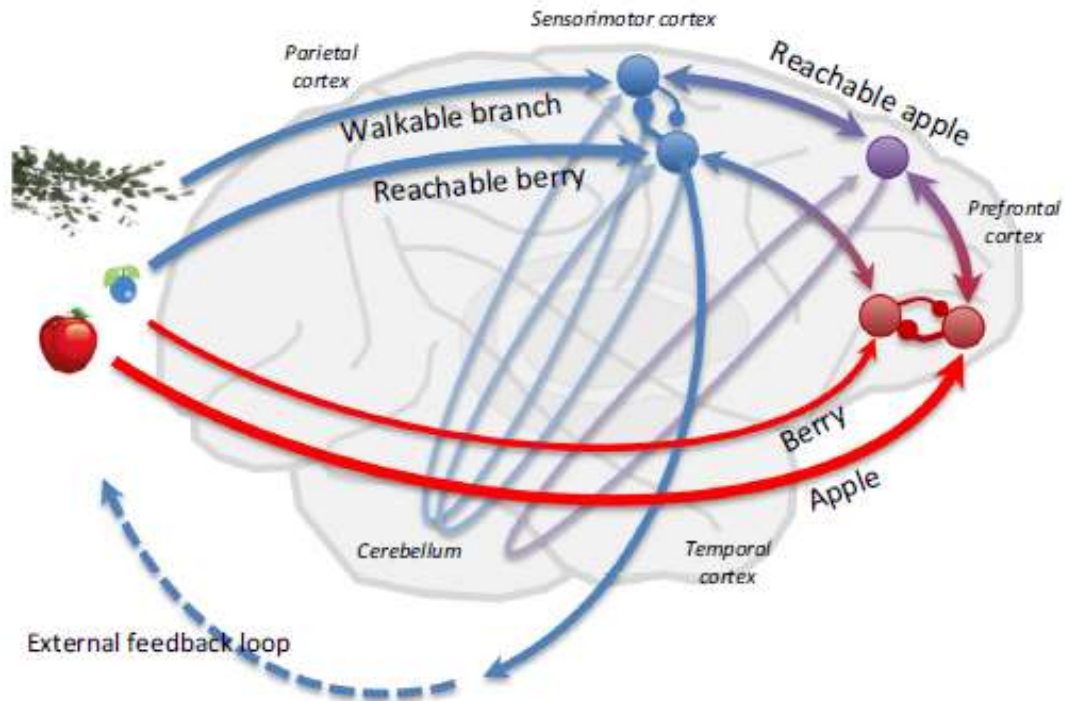
La pomme remporte la « compétition »

grâce à sa « valeur émotionnelle » plus positive.

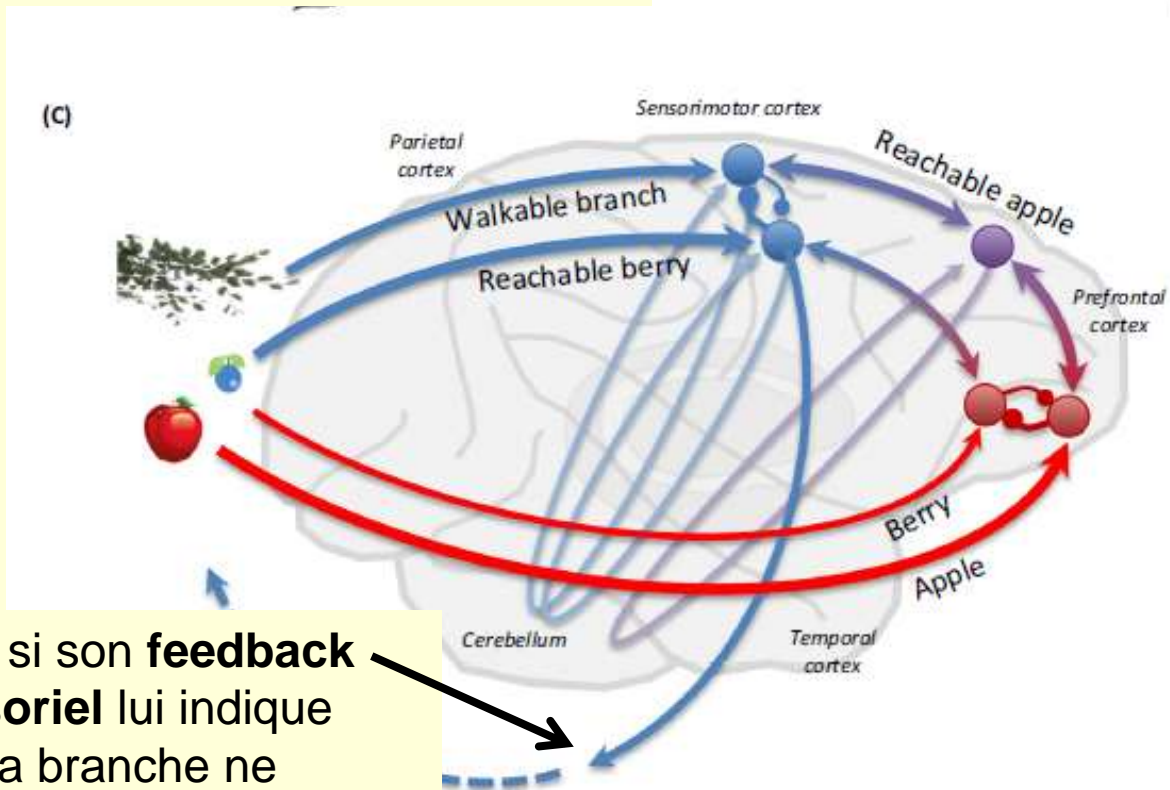
Donc le singe se met à **marcher sur la branche** vers la pomme



(c)



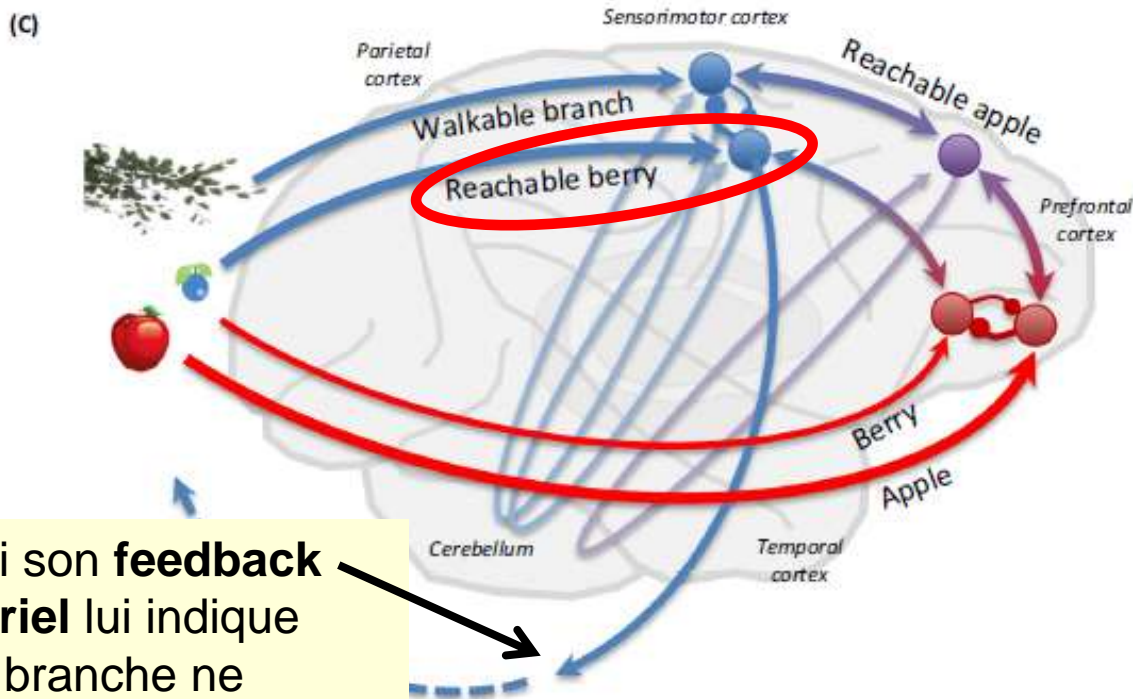
Donc le singe se met à **marcher sur la branche** vers la pomme



l'animal a **peur** (“**valeur émotive négative**”) et la compétition penche alors en faveur d'un plan moteur moins risqué

Mais si son **feedback sensoriel** lui indique que la branche ne supporte pas son poids

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



l'animal a **peur** (“**valeur émotive négative**”) et la compétition penche alors en faveur d'un plan moteur moins risqué

Il se ravise alors et prend le petit fruit bleu.

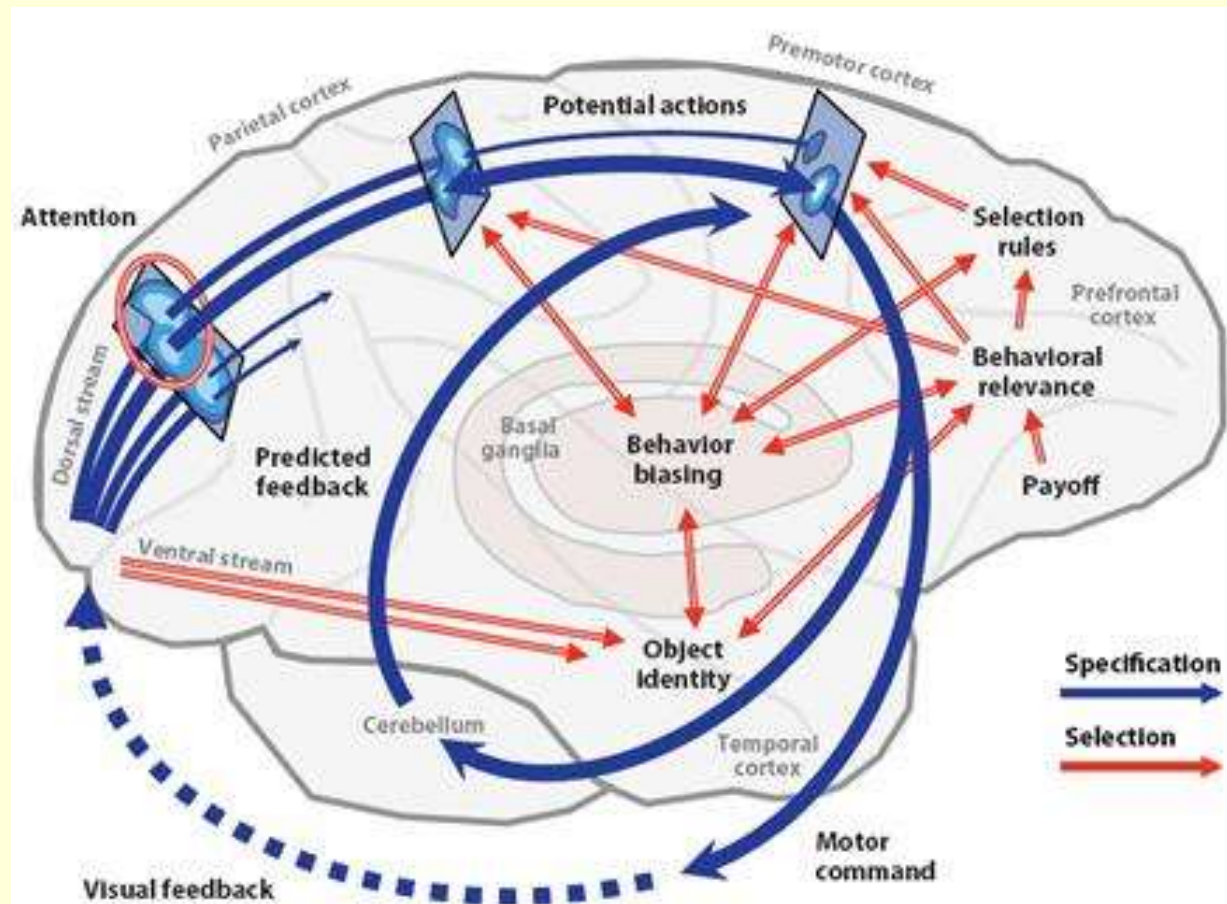
Mais si son **feedback sensoriel** lui indique que la branche ne supporte pas son poids

On voit que 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 Paul Cisek et al.

Et donc **plus l'on aura de temps pour prendre une décision**, plus il y aura **d'interactions possibles entre plusieurs régions cérébrales.**

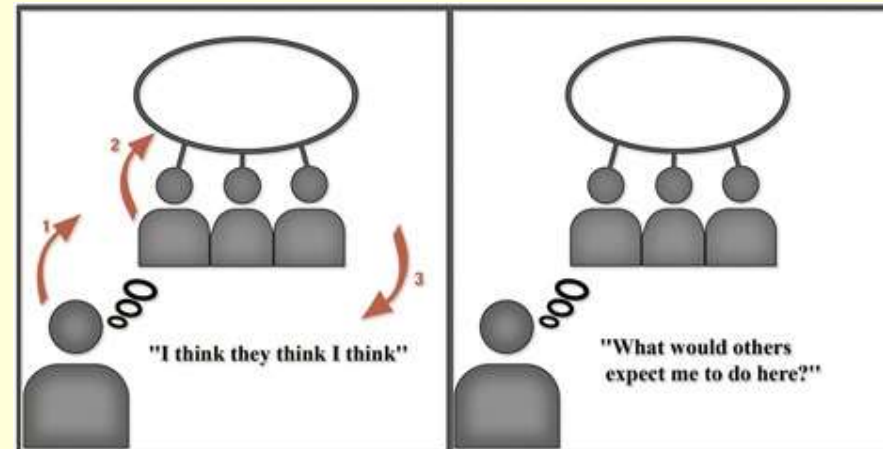


Pour trouver nos ressources et éviter les dangers pour notre intégrité physique, on a donc autant besoin de réagir aux **possibilités d'action immédiates** que nous suggère notre environnement

que de faire des **plans abstraits** plus élaborés

impliquant souvent une **connaissance approfondie du comportement des autres** dans la culture particulière qui est la nôtre.

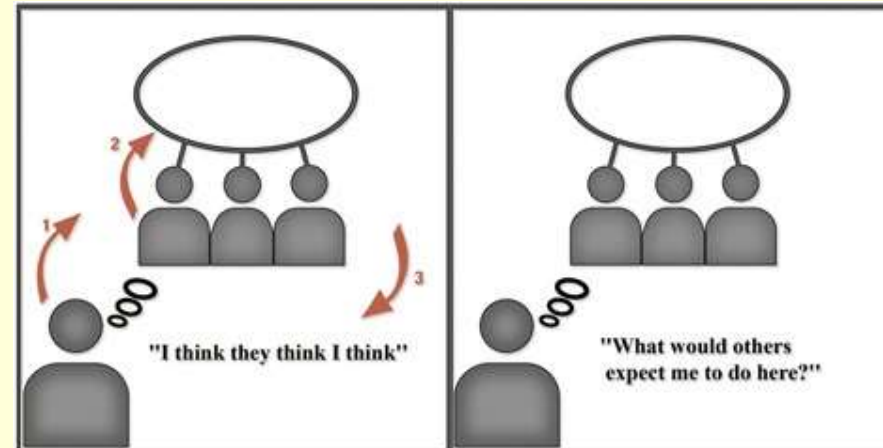
(B)



(B)



→ C'est sur ces **multiples niveaux** où peuvent être sélectionnées nos actions que j'aimerais maintenant élaborer un peu.



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**

Plan

Simulations mentales

Les affordances : des opportunités d'actions

La prise de décision rapide (par simulations et compétitions d'affordances)

Des décisions prises à de multiples niveaux d'abstraction

Le grand cadre théorique du « cerveau prédictif »

L'attention, l'imagination et la compréhension sous l'angle du « cerveau prédictif »

Les failles de l'attention

(cécité attentionnelle, au changement, magiciens, etc.)

L'inhibition des automatismes

Si la compétition d'affordances a permis de comprendre comment un animal sélectionne des actions concrètes et immédiates, elle a été ensuite étendue à une **théorie plus générale de décisions prises à de multiples niveaux d'abstraction**.

Parce qu'on peut **prédire les conséquences** de nos actions

et donc influencer des actions en cours

avec des opportunités à plus long terme qu'elles rendent possibles.

Exemple:

Pour un grimpeur, la bonne façon d'agripper une prise **dépend de la prise suivante** qu'il veut atteindre et, ultimement, du trajet de sa voie pour se rendre au sommet.

Donc les premiers mouvements vont servir à créer des affordances pour les mouvements suivants.



D'où l'idée d'un
“**paysage d'affordances**”,
c'est-à-dire un ensemble
d'affordances qui se déploie
dans le temps et l'espace

et varie en fonction de
l'environnement ET des
actions de l'agent dans cet
environnement.

Par exemple ici de l'interaction
constante entre le grimpeur et
la paroi.

Ce paysage d'affordances peut
être **improvisé** au fur et à
mesure de l'ascension,
mais il peut aussi, au moins en
partie, être **planifié** avant de
commencer à grimper.



Le grimpeur doit alors prédire la **séquence**
d'affordances qui ne sont pas directement
disponibles mais peuvent être imaginées
mentalement

(comme l'idée de marcher
sur la branche d'abord pour
saisir la pomme ensuite...)



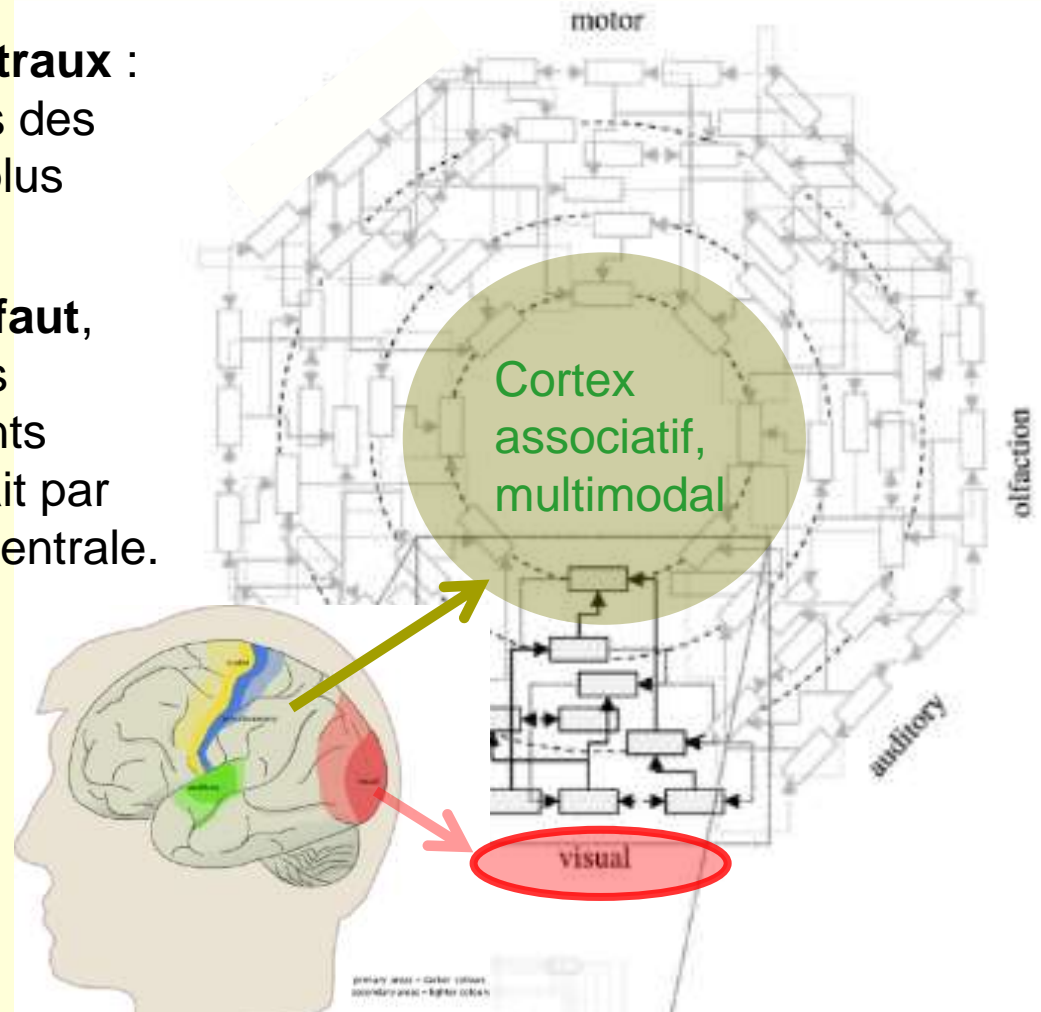
Cerveau : un système complexe comportant de **nombreux niveaux** de traitement qui peuvent être représentés par des **cercles concentriques**.

Les plus **petits cercles centraux** : réseaux plus impliqués dans des processus de haut niveau (plus multimodal).

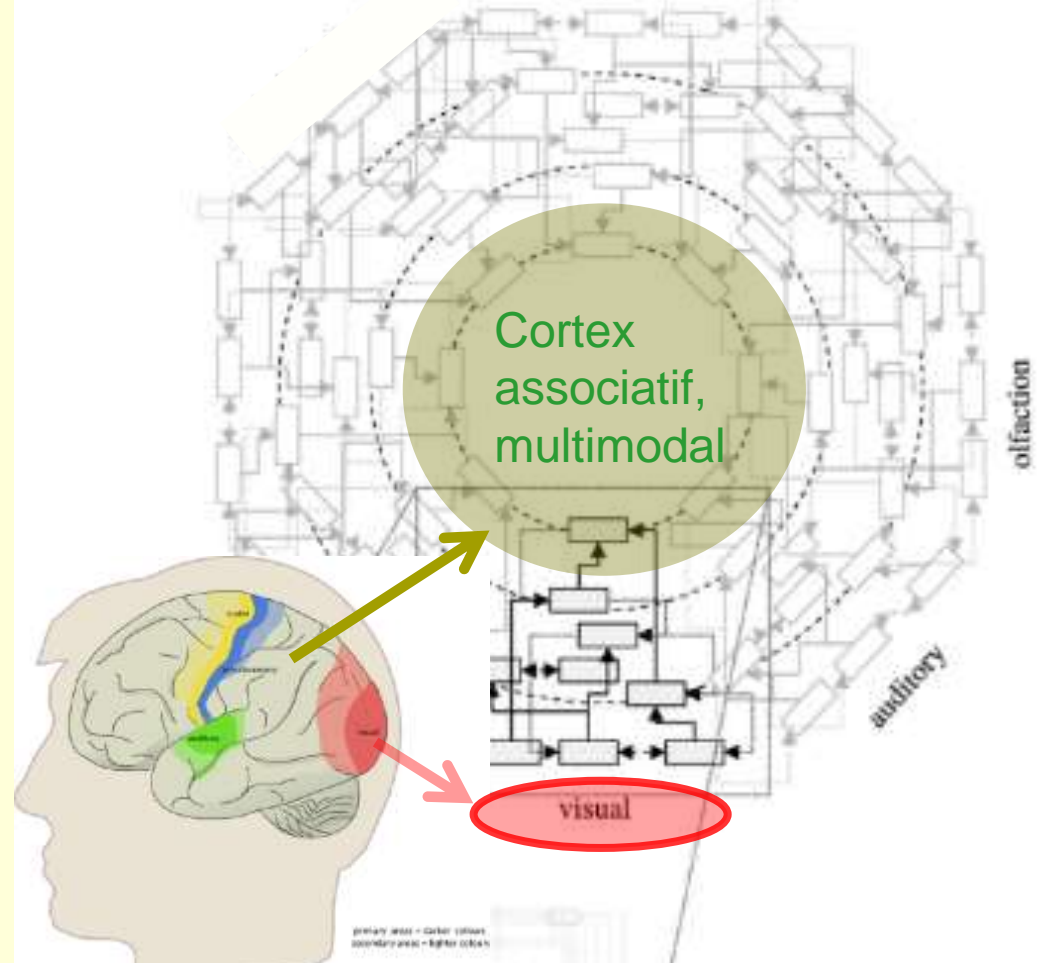
Le **réseau du mode par défaut**, avec ses nombreuses zones impliquées dans nos différents **cortex associatifs**, se situerait par exemple dans cette région centrale.

→ Et l'on observe un **va-et-vient entre ces multiples niveaux** lors de nos interactions quotidiennes avec le monde.

Les plus **grands cercles périphériques** : plus proches du monde extérieur, donc les aires corticales sensorielles et motrices.



Revenons à notre grimpeur qui **imagine** la meilleure séquence d'affordances pour faire son assension.



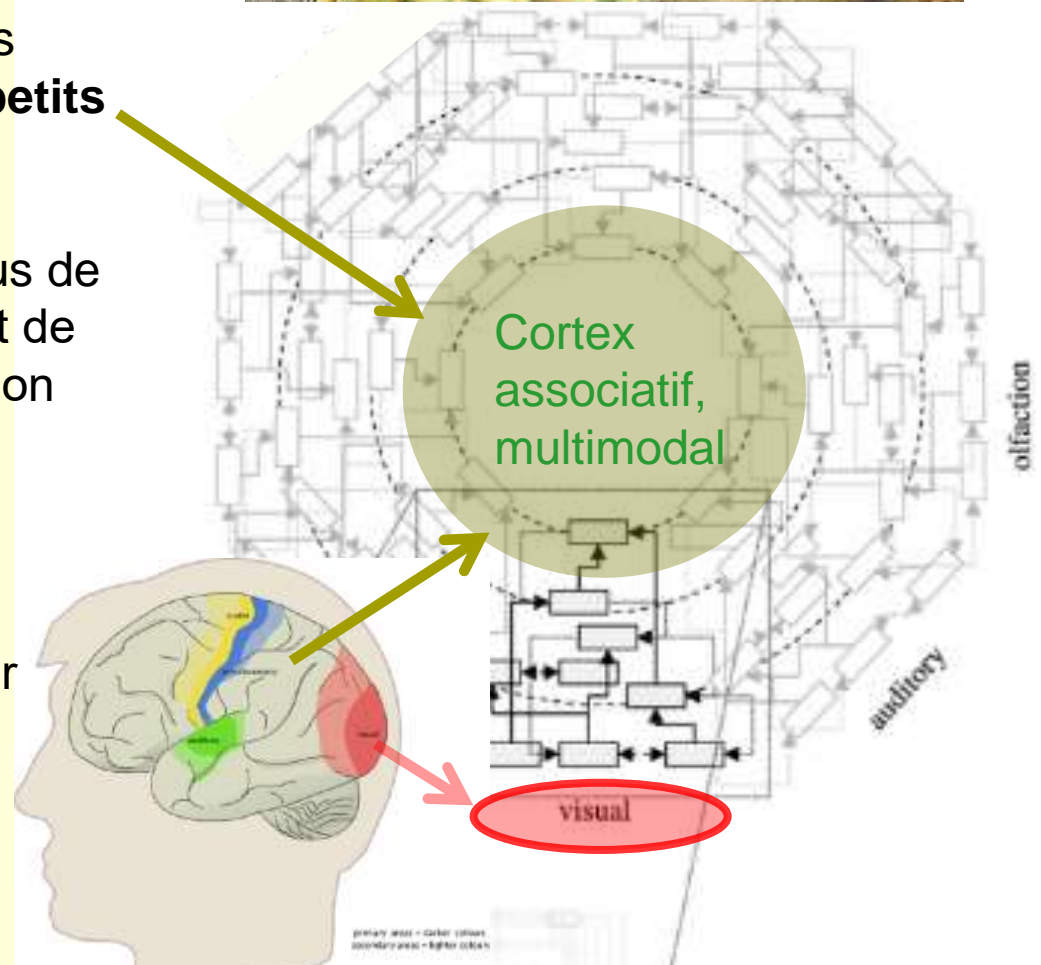
Revenons à notre grimpeur qui **imagine** la meilleure séquence d'affordances pour faire son assension.



Qui dit imagination dit donc aussi processus de **haut niveau**, donc quelque chose qui émanerait des cercles concentriques **les plus petits** de notre schéma.

Il peut donc y avoir des processus de sélection d'affordance qui se font de **manière très « top down »** où l'on sélectionne d'abord un **but** ou un **objectif** général

puis des objectifs plus **locaux** ou **concrets** qui vont s'enchaîner pour atteindre cet objectif général.



Autre exemple de sélection « multi-niveaux » :

- Au plus **haut** niveau, on sélectionne le **but**

Ex.: aller à l'épicerie



- Au niveau le plus **bas**, on sélectionne des **affordances disponibles**

Ex.: sortir de chez soi,



- Et au niveaux **intermédiaires**, on sélectionne des **affordances prédites**

Ex.: localiser l'épicerie,
trouver la bonne allée
prendre le lait



Cette navigation intentionnelle dans un “paysage d’affordances” nécessite une **flexibilité comportementale**.

Par exemple, un boxeur qui veut frapper un opposant doit souvent d’abord s’approcher de lui pour rendre l’affordance de “frappabilité” disponible.

Mais s’il s’approche trop et devient lui-même vulnérable, il doit reculer pour les mêmes raisons.

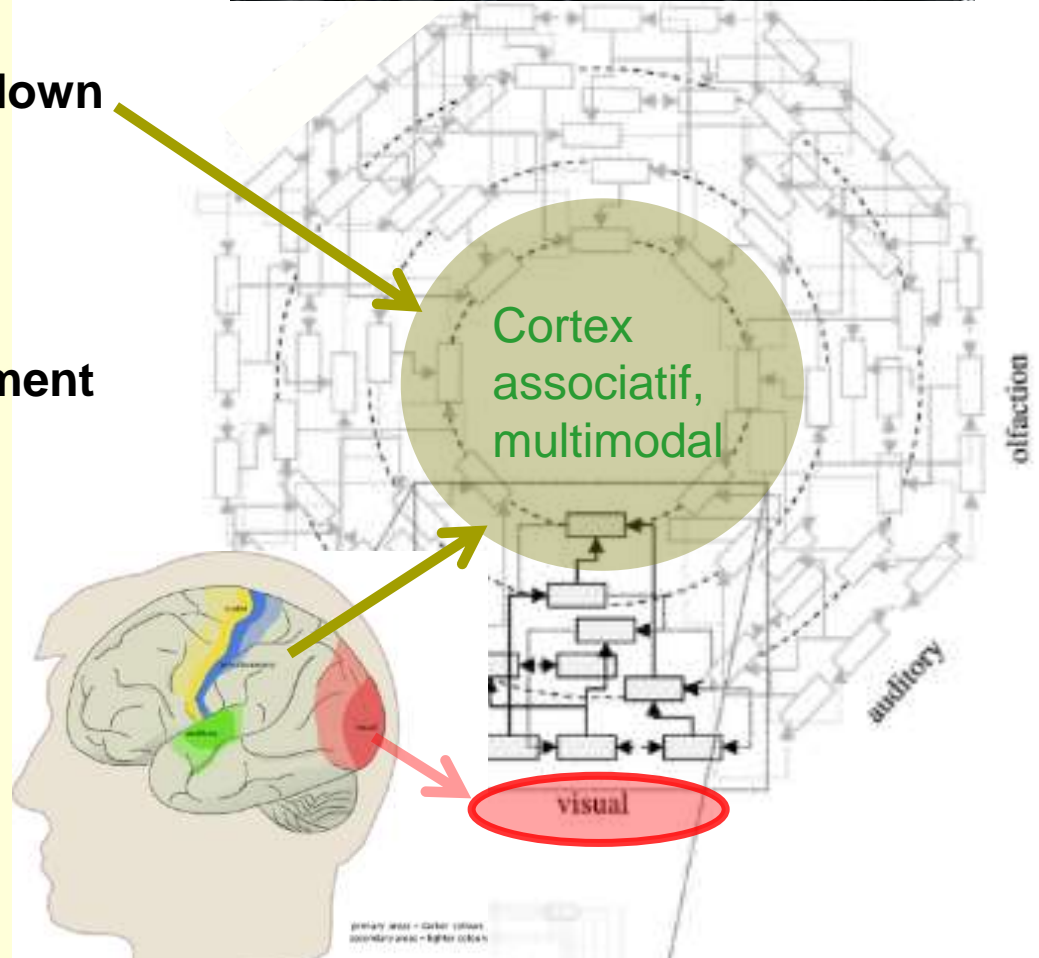




Les couches supérieures qui encodent des **but**s plus abstraits (donner un coup au visage) envoient des **commandes top-down** pour les couches inférieures (maintenir la distance d'un bras avec l'adversaire),

ce qui va **favoriser le surgissement d'affordance** pour les niveaux inférieurs

(une baisse de la garde de l'opposant qui rend momentanément son visage vulnérable, par exemple).



Autrement dit, **les niveaux supérieurs orientent** la compétition aux niveaux inférieurs



mais leur laissent **ultimement une autonomie significative** dans la sélection d'action selon le détail des affordances disponibles.



Car il peut très souvent y avoir **différentes façons** d'actualiser les demandes des niveaux supérieurs.



On est donc dans quelque chose de très **différent de la vision classique** où les niveaux supérieurs spécifient complètement un comportement, incluant les commandes nécessaires aux niveaux inférieurs.

La vision classique où les **représentations symboliques** manipulées par des règles constituant l'essentiel de nos processus cognitifs a fait place à des **représentations « pragmatiques »**.

Et donc on a transformé toute la théorie de la cognition en **une théorie de l'action !**

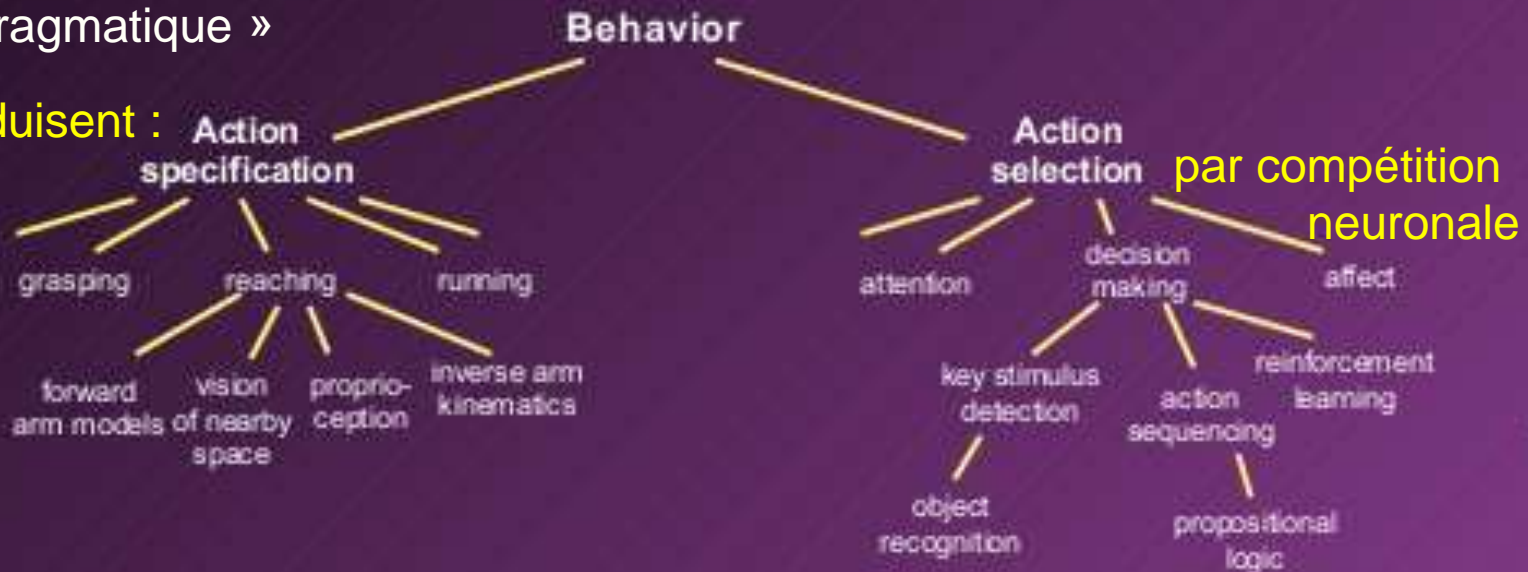


Deux façons d'organiser les processus cognitifs :
 d'abord la taxonomie classique perception-cognition-action...



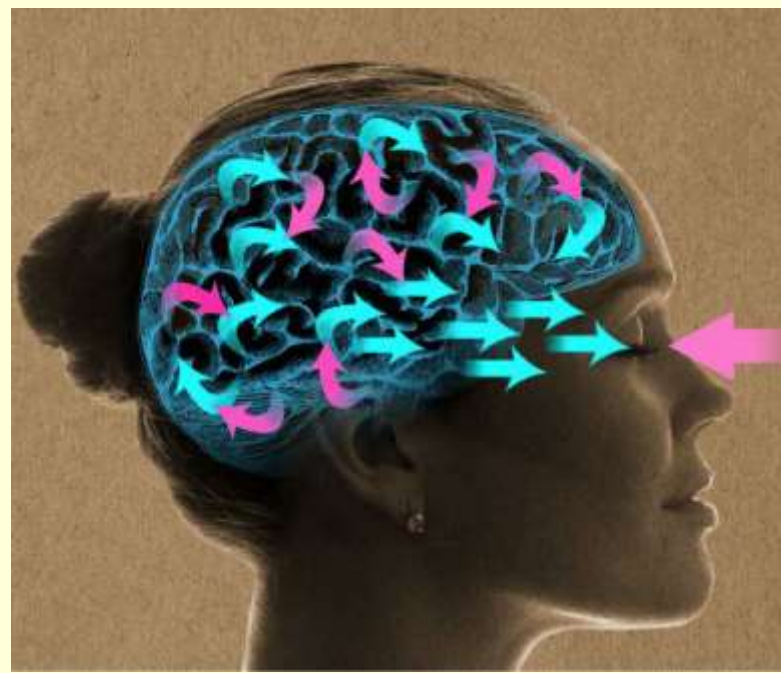
et celle qui découle du tournant pragmatique »

ances induisent :



Ce tournant pragmatique se fait en parallèle avec l'intérêt croissant pour le rôle des **influences « top down »** qui feraient des **prédictions** à propos des événements sensoriels à venir.

Ce qui nous amène à parler du grand cadre théorique du « **cerveau prédictif** ».



Plan

Simulations mentales

Les affordances : des opportunités d'actions

La prise de décision rapide (par simulations et compétitions d'affordances)

Des décisions prises à de multiples niveaux d'abstraction

Le grand cadre théorique du « cerveau prédictif »

L'attention, l'imagination et la compréhension sous l'angle du « cerveau prédictif »

Les failles de l'attention

(cécité attentionnelle, au changement, magiciens, etc.)

L'inhibition des automatismes



Ce qu'on perçoit du monde est la plupart du temps assez **ambigu**.



Et donc notre cerveau essaie de **donner du sens** à tout ça à partir de son **expérience antérieure** de ce monde-là.



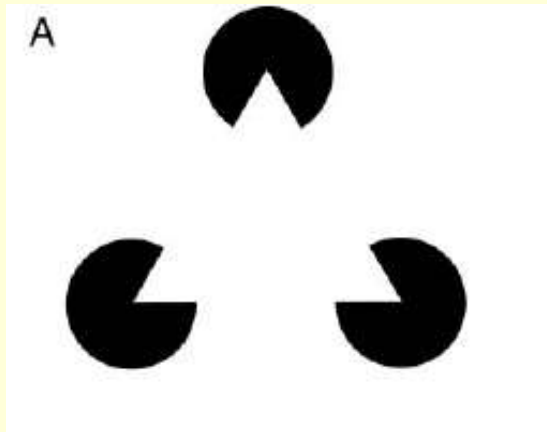
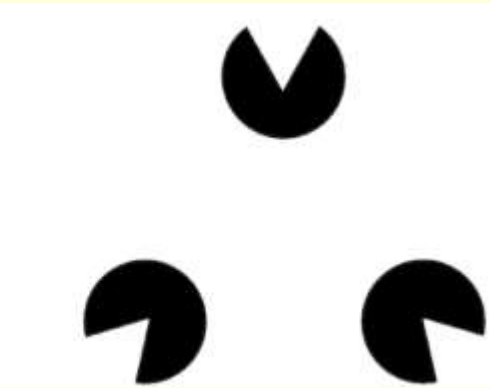
Caractéristique fondamentale des cerveaux : celle de **projeter des hypothèses** sur le monde pour mieux agir et mieux **survivre !**





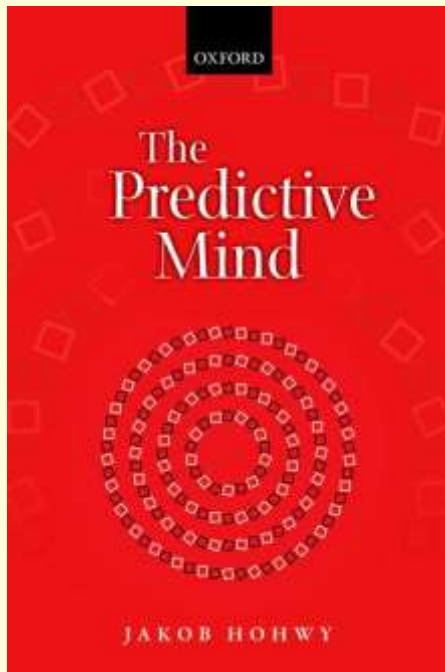




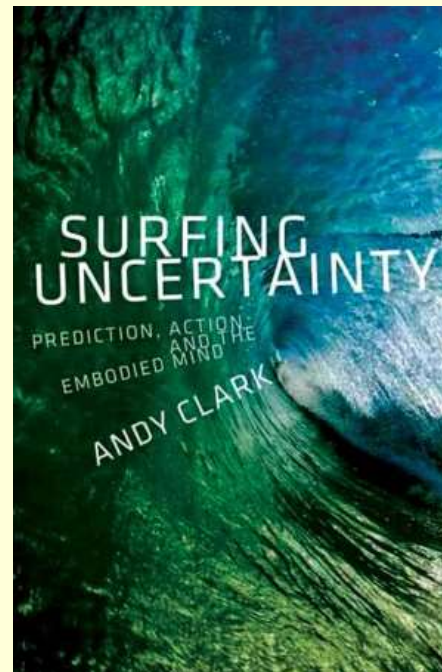




Le « cerveau prédictif »



2014



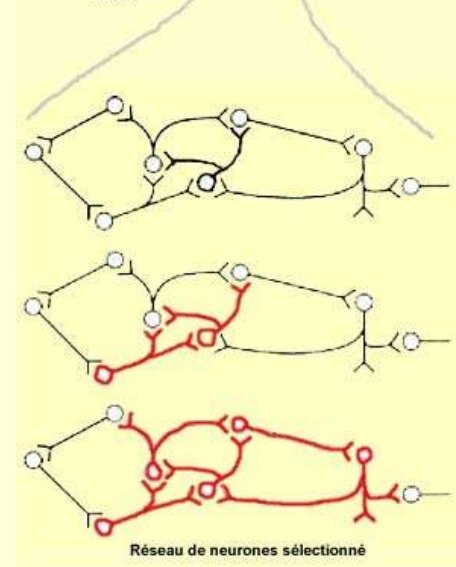
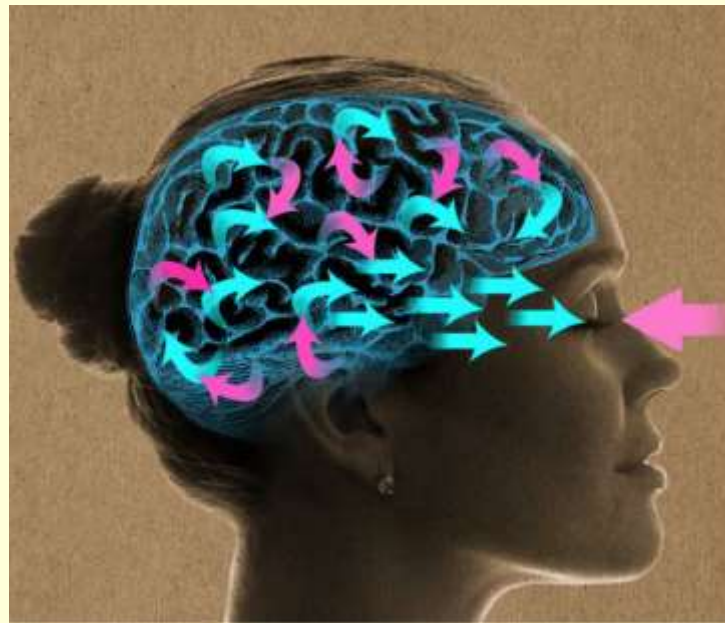
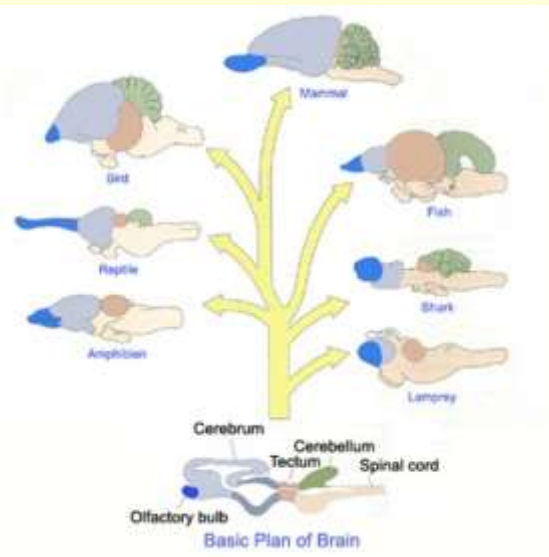
2015

L'erreur forge le cerveau
Cerveau&Psycho
avril 2017

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



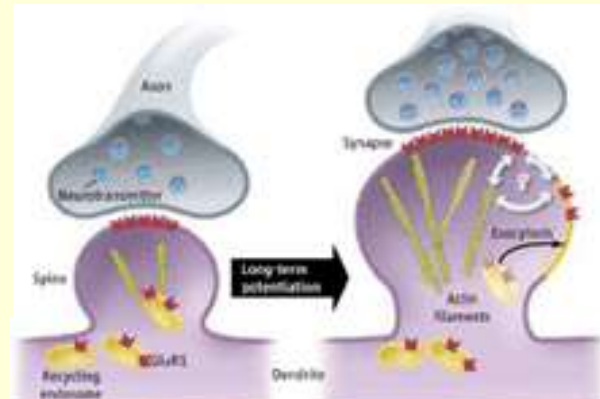
Karl Friston



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

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

(innée et acquise)





« 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.



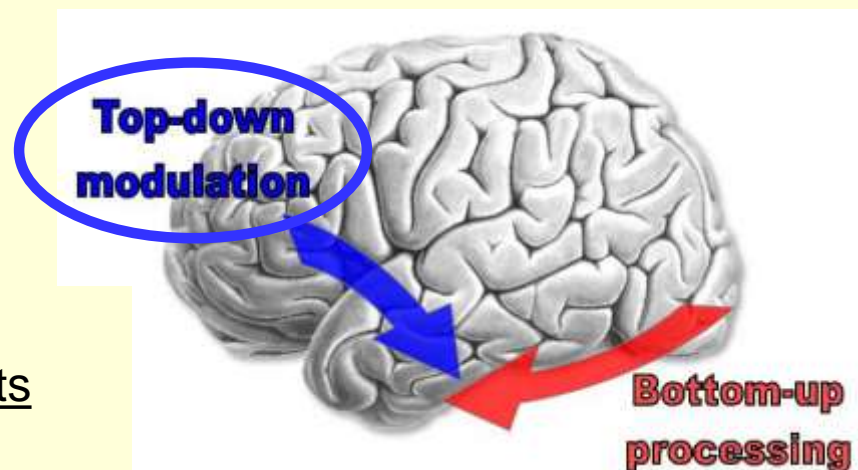
« Attentes »

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.

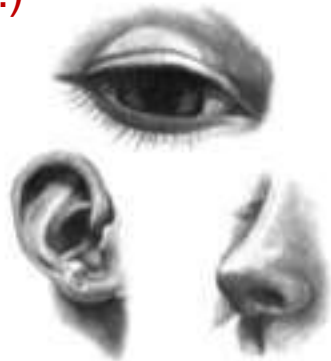
Autrement dit, c'est un **organe statistique générant constamment des hypothèses** qui sont testées par rapport aux évidences fournies par les sens.

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

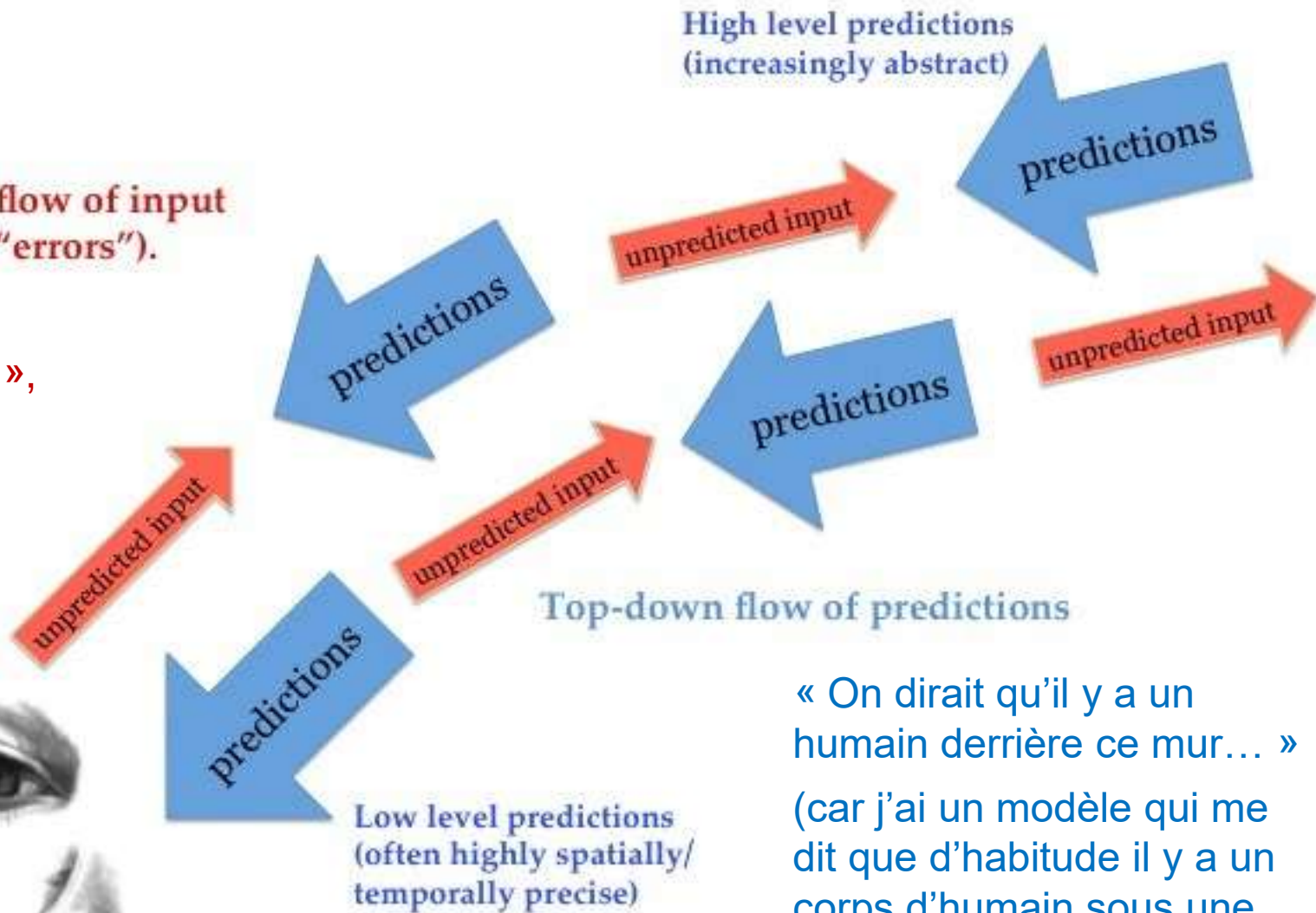


Bottom up flow of input
(residuals, "errors").

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



Input



« 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...)



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

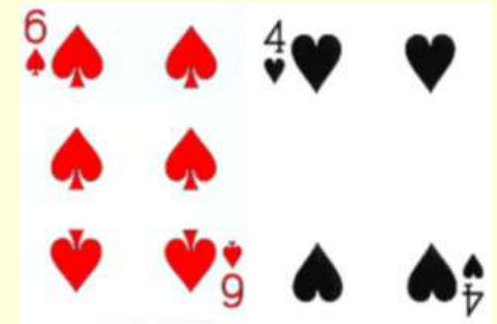
Et l'on voit le monde bien souvent en appliquant ces attentes malgré nous (les fameux "préjugés" ...).

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

2,360,542 views • Jul 20, 2012 • This amazing illusion is so strong that even when we are aware that we are looking at the concave, reverse side of the mask we cannot stop ourselves perceiving it as a convex, protruding face!

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...



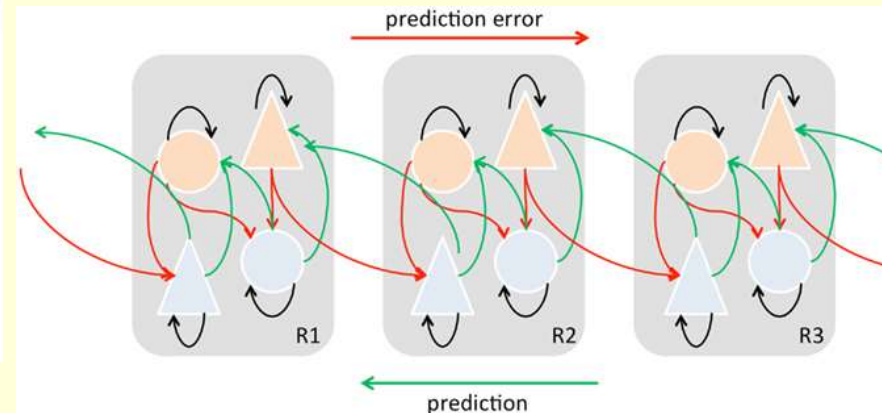
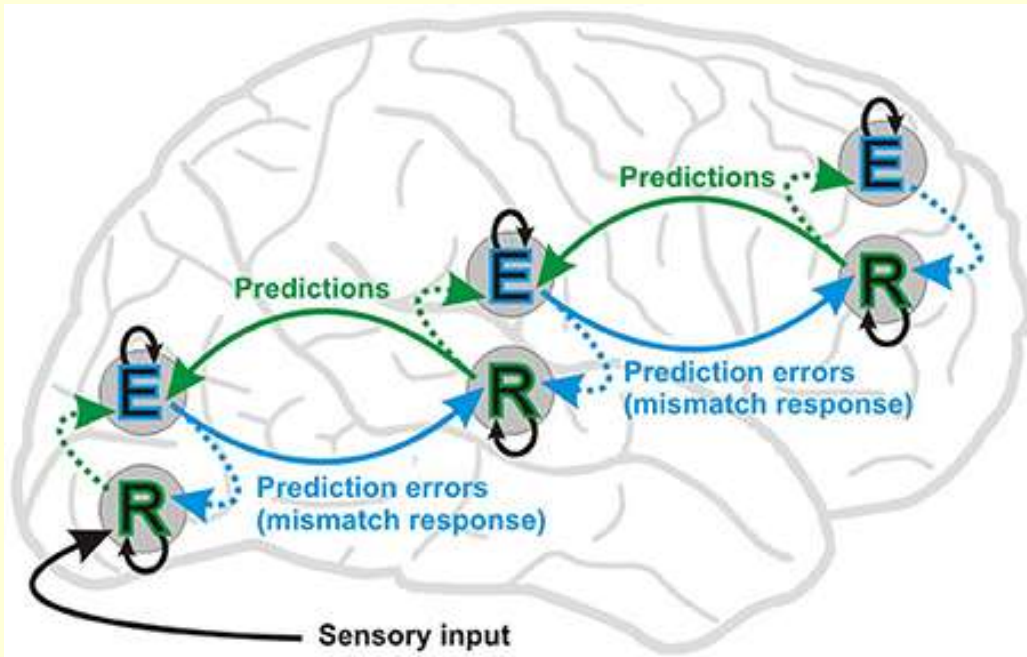
« Je suis effrayé par les automatismes qu'il est possible de créer à son insu dans le système nerveux d'un enfant.

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

- Henri Laborit



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

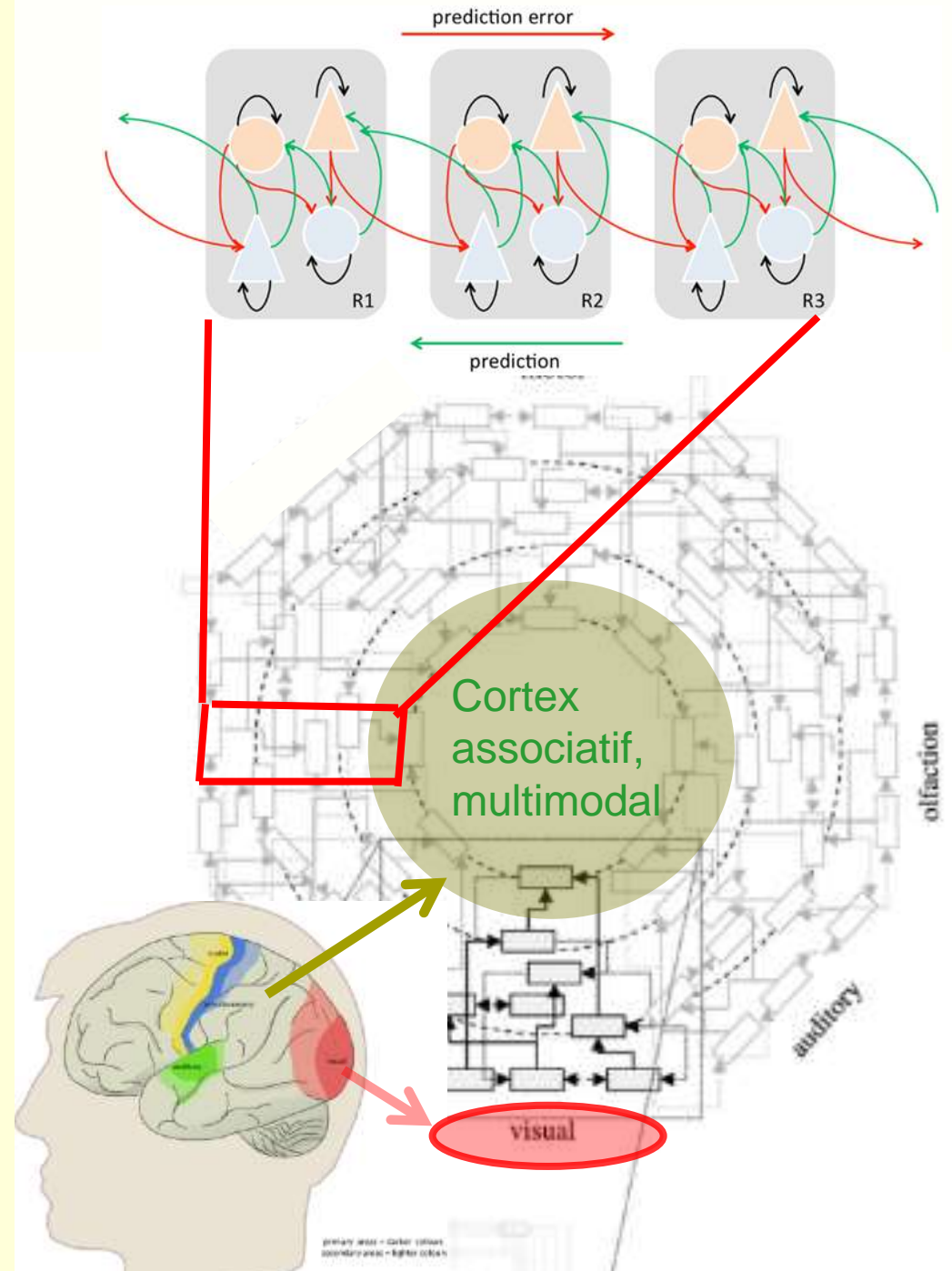


**Simplified scheme of the
hierarchical predictive coding
framework**

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

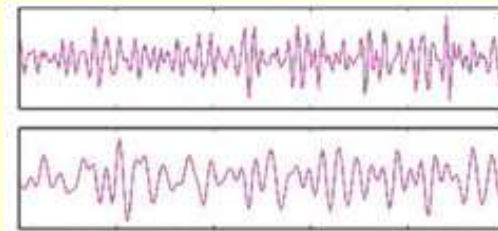
une architecture aux **multiples
niveaux** où chaque niveau essaie
de prédire l'état du niveau
en-dessous de lui
(i.e. vers le monde extérieur).

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 peut :

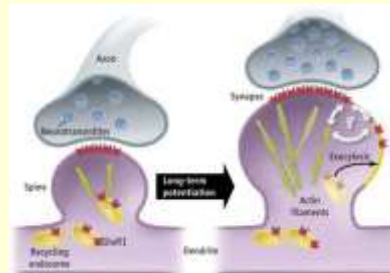
- soit **choisir un autre modèle** (recherche d'une **autre coalition** de régions cérébrales pertinente)



Perception

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

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



L'apprentissage

Modifier / améliorer les modèles existants

- 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** ».

Plan

Simulations mentales

Les affordances : des opportunités d'actions

La prise de décision rapide (par simulations et compétitions d'affordances)

Des décisions prises à de multiples niveaux d'abstraction

Le grand cadre théorique du « cerveau prédictif »

L'attention, l'imagination et la compréhension sous l'angle du « cerveau prédictif »

Les failles de l'attention

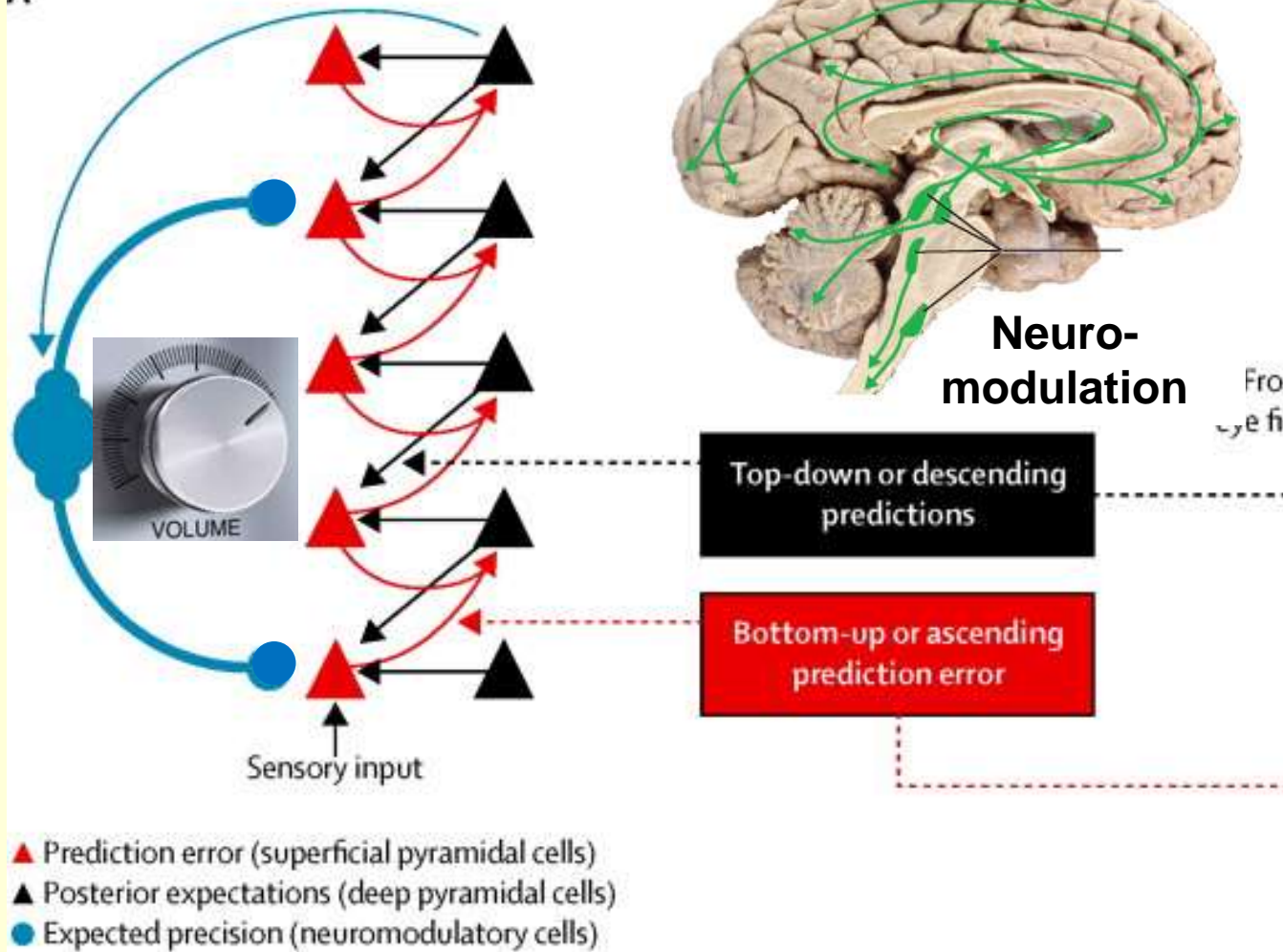
(cécité attentionnelle, au changement, magiciens, etc.)

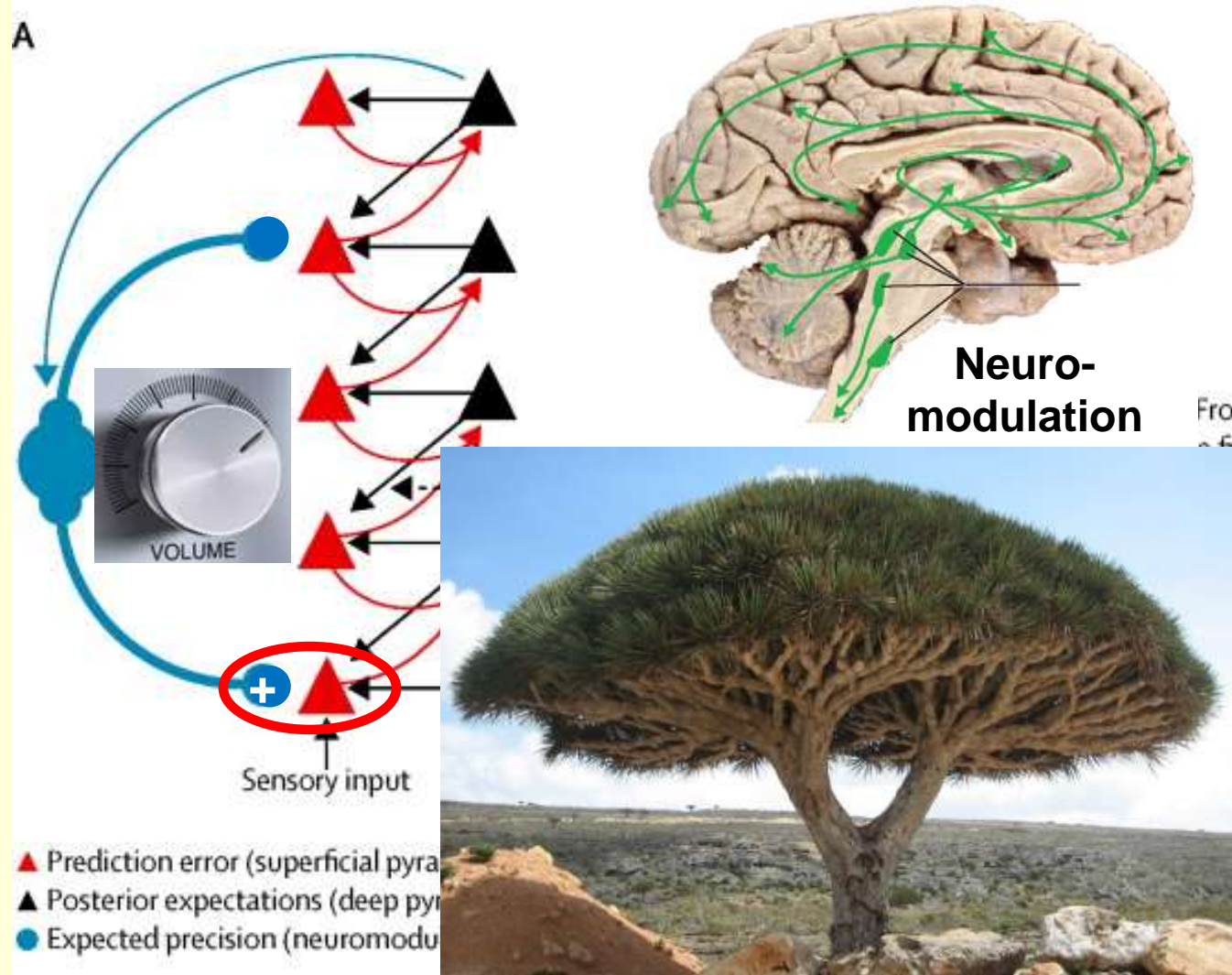
L'inhibition des automatismes

Des phénomènes cognitifs, comme **l'attention**, peuvent être réinterprétés sous l'angle du "cerveau prédictif" ...

L'attention devient un échantillonnage favorisant des données sensorielles de **haute précision**.

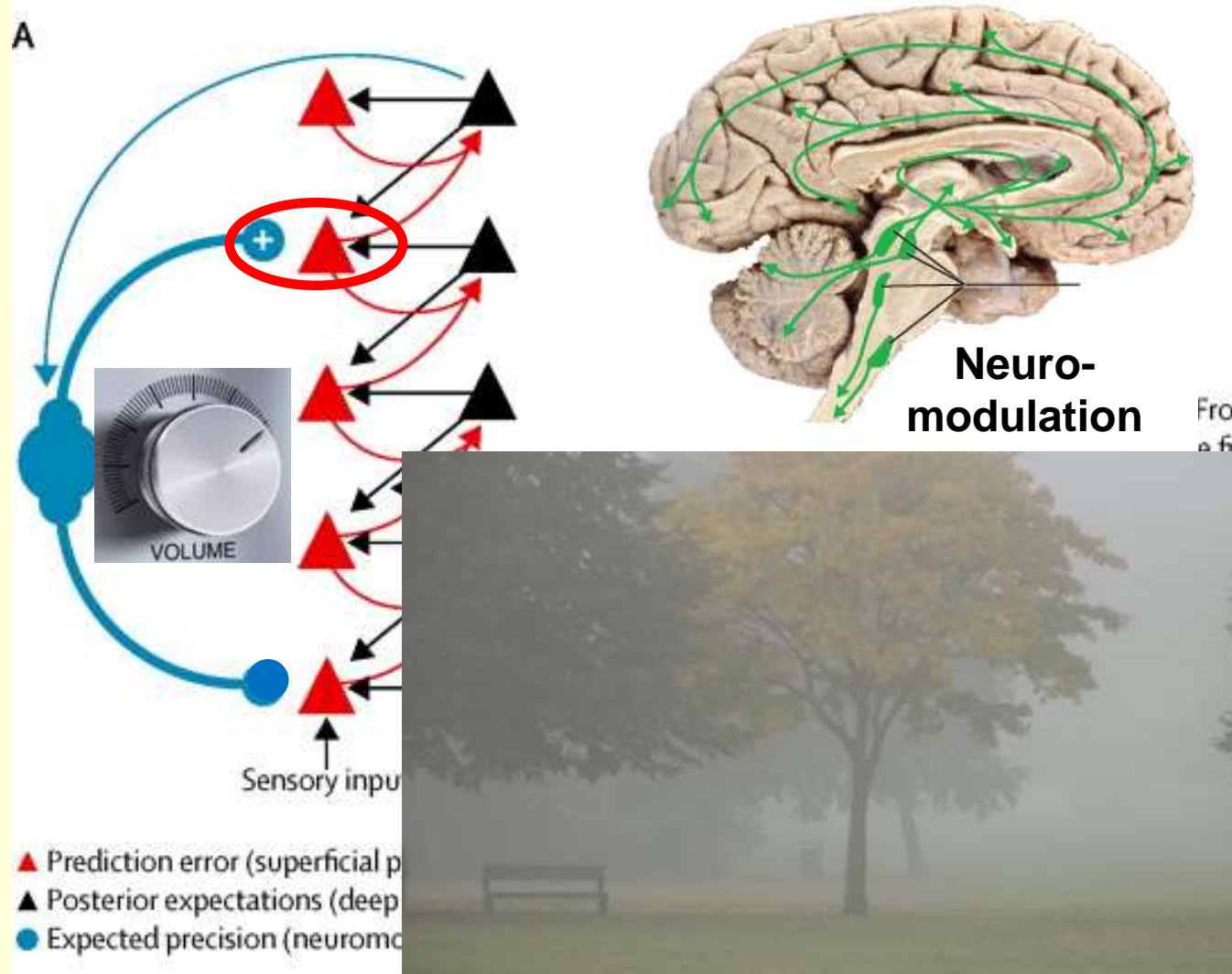
A





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

Une belle journée où l'air sec offre une bonne visibilité : on s'en remet alors en toute confiance à notre vision, donc à une source d'information très bottom up.



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.

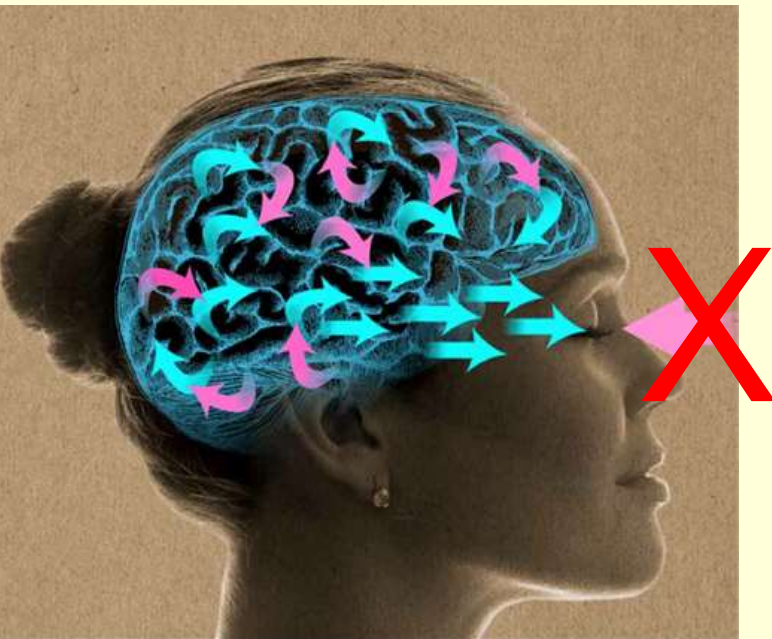


On voit donc que notre cerveau est prédictif, mais pas d'une manière absolue. Il est très bon pour donner du sens aux signaux **incomplets** ou **ambigus** – qui sont la norme dans la vie de tous les jours – mais peut aussi également dans d'autres circonstances laisser monter un signal bottom up clair qui pourra mettre à jour nos modèles internes du monde s'ils en ont besoin.

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 « 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 » »...

Plan

Simulations mentales

Les affordances : des opportunités d'actions

La prise de décision rapide (par simulations et compétitions d'affordances)

Des décisions prises à de multiples niveaux d'abstraction

Le grand cadre théorique du « cerveau prédictif »

L'attention, l'imagination et la compréhension sous l'angle du « cerveau prédictif »

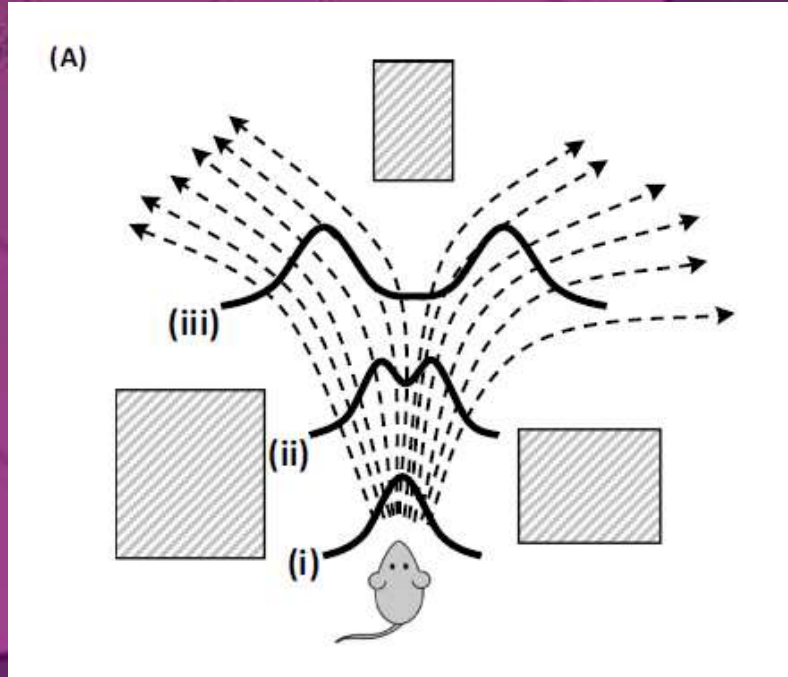
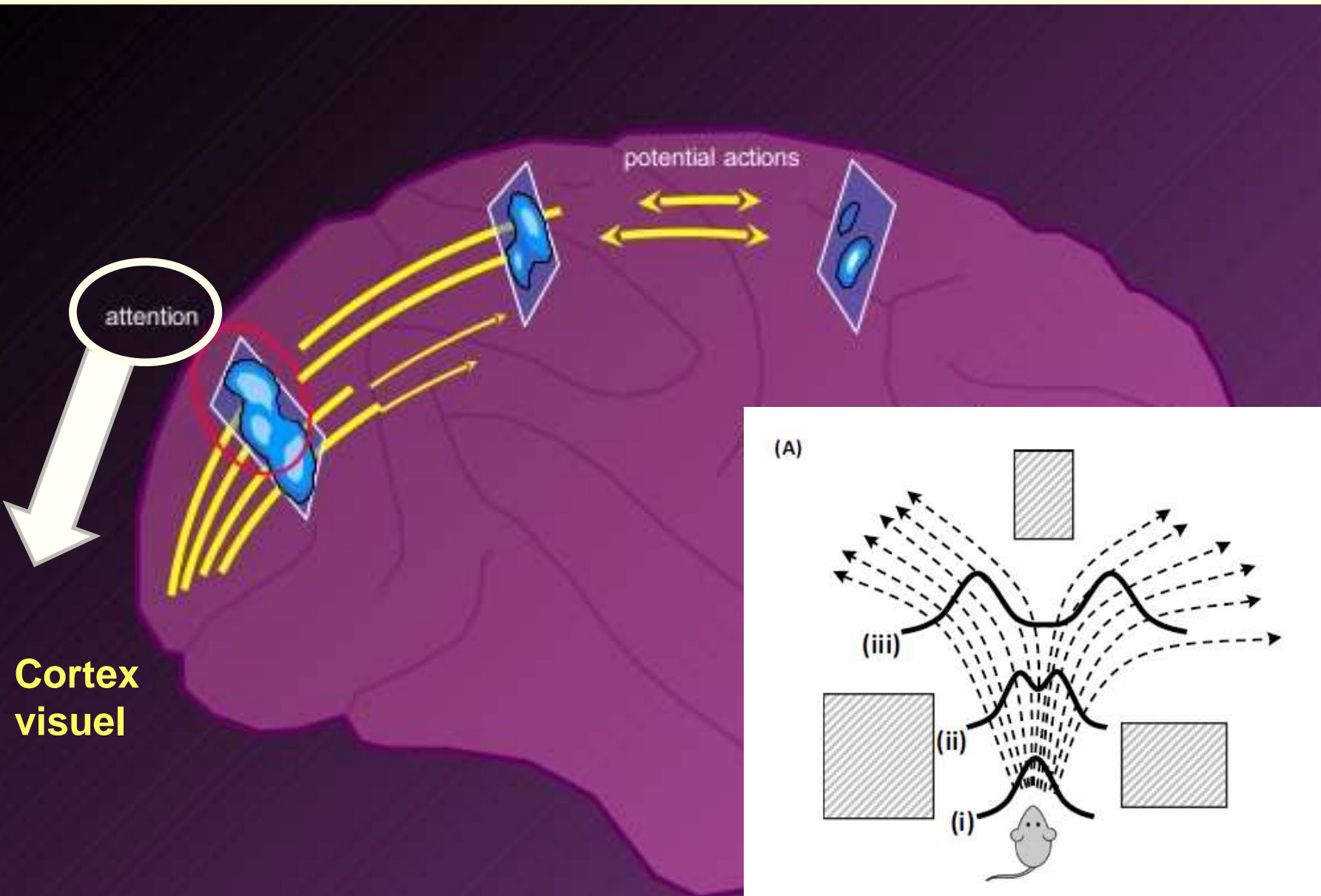
Les failles de l'attention
(cécité attentionnelle, au changement, magiciens, etc.)

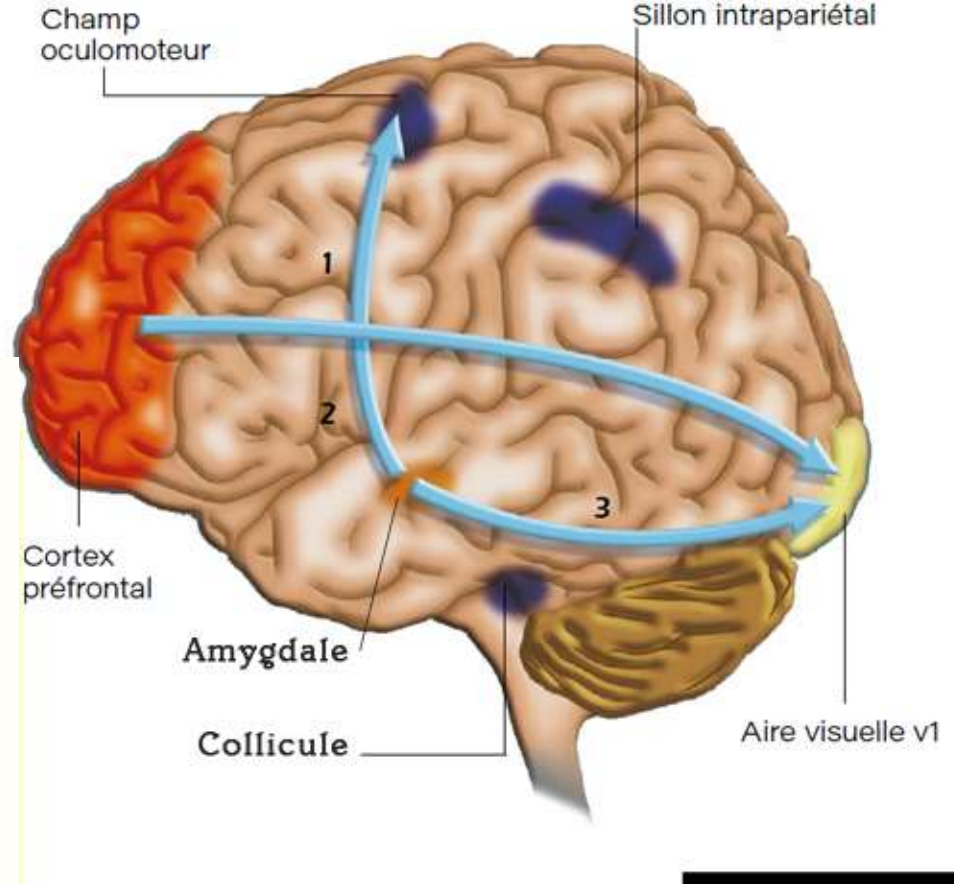
L'inhibition des automatismes

On l'a dit, nous vivons dans un monde riche et chaotique que notre cerveau **ne peut pas appréhender dans sa globalité.**

Nous n'avons donc pas le choix de **sélectionner** à tout moment certains aspects de notre environnement.

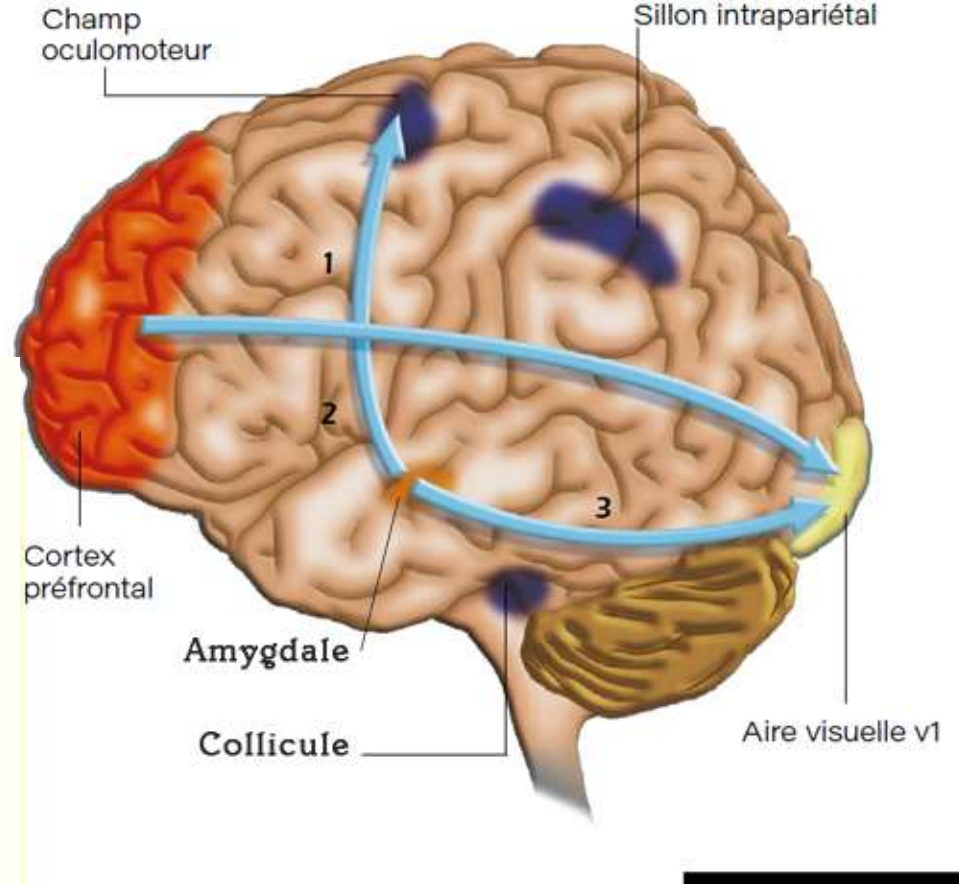






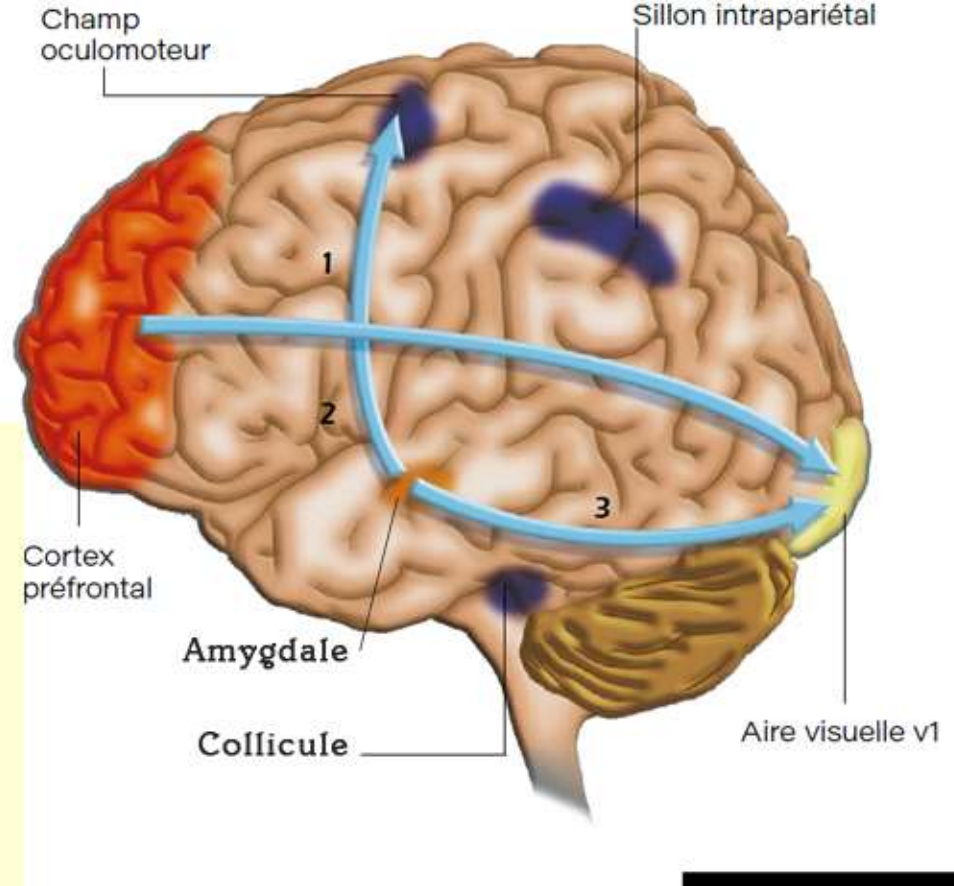
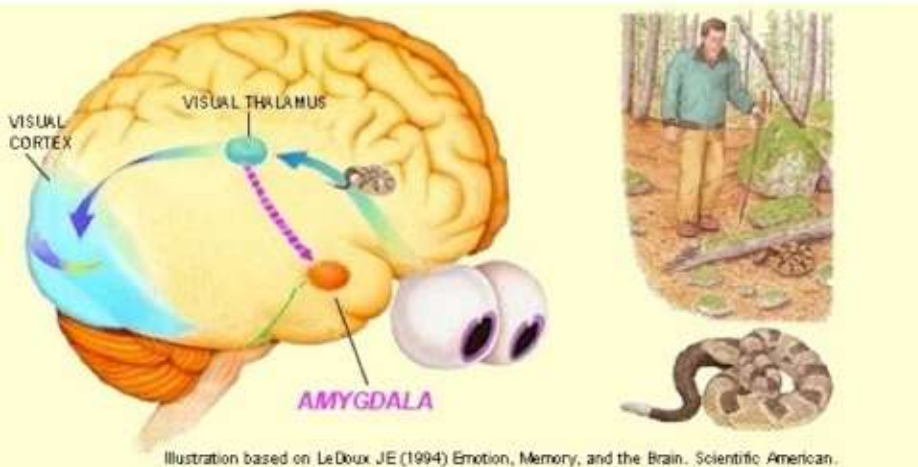
Le déplacement de l'attention en situation réelle peut ainsi se résumer à travers la scène suivante : au bord d'une rivière sinuant entre les feuilles mortes, un arbre est chargé de cerises rouges.

D'après des critères purement visuels, votre cerveau commence par établir une **carte de saillance**, avec une probabilité de déplacement des yeux vers la rivière qui présente des discontinuités de mouvement et de luminosité (60 pour cent des mouvements oculaires), vers les cerises, caractérisées par des discontinuités de forme et de couleur (30 pour cent des mouvements oculaires) et vers les feuilles mortes (10 pour cent).



Mais vous n'êtes pas venu ici par hasard : la veille, vous avez égaré un bijou dans les herbes. Dès lors, le **système exécutif**, piloté par le **cortex préfrontal**, active la trace mnésique du bijou égaré et agit sur l'aire visuelle primaire v1 pour **préactiver les neurones correspondant à la perception visuelle du bijou**.

Il peut aussi **rehausser l'importance accordée à cette image** dans la carte de saillance préalablement établie. Au bout du compte, la probabilité de regarder la rivière ou les cerises diminue...



R. Ouervel / i. Roman - i. Tischenko - five-spots / Shutterstock

Un dernier événement peut se produire. Par exemple, à cet instant, une forme allongée apparaît dans les feuilles mortes. Votre **amygdale** détecte un **danger potentiel** et déplace votre oeil vers la forme en question, en prenant le contrôle de l'activité du champ oculomoteur frontal.

Au cours de cette séquence, **trois composantes clés de la gestion de l'attention** ont été successivement mobilisées : la carte de saillance, le contrôle exécutif et le détecteur de danger. Ces trois composantes peuvent rendre compte **d'une grande partie des situations attentionnelles que nous rencontrons.**

Nous pouvons avoir
l'impression d'être attentif à
l'ensemble d'une scène visuel... ...mais ce n'est qu'une impression !



Cécité au changement

http://www.gocognitive.net/sites/default/files/change_blindness.v.0.93_0.swf

<http://www.cs.ubc.ca/~rensink/flicker/download/Dinner.mov>

Daniel Simons explique que dans la vie de tous les jours, on passe notre temps à manquer des éléments présents dans notre champ de vision.

Ce qui nous rend si confiants en nos sens, c'est justement que nous **n'avons pas conscience de tout ce que nous ne remarquons pas** .

On assume donc bien naïvement que l'on perçoit toujours tout.



→ On n'a qu'à **fermer les yeux** pour constater la pauvreté de la description qu'on peut faire de la scène visuelle qui était juste auparavant devant nos yeux...



“Taken together, such findings provide persuasive demonstrations that **what we notice about the perceived world is less complete and detailed than we usually think.**”

Frederick Adams and Kenneth Aizawa

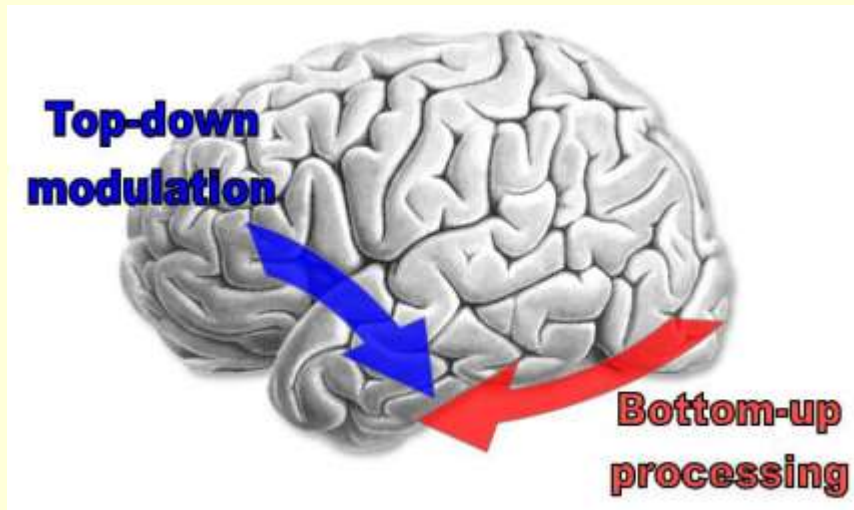
The Bounds of Cognition

Blackwell Publishing, Malden, MA, 2008, 197 pp.

Reviewed by Max Velmans,

http://www.imprint.co.uk/pdf/16_1%20books.pdf

Le contrôle du « haut vers le bas » (ou « **top down** ») peut aussi constituer un formidable **filtre** qui nous empêche d'être distrait par d'autres stimuli que ceux qui concerne la tâche à effectuer.



Au point de nous rendre « **aveugles** » à des choses qui peuvent être assez surprenantes...



La « cécité attentionnelle »

La version « 2.0 »

http://www.youtube.com/watch?v=IGQmdoK_ZfY&feature=relmfu

Hahaha...

<http://www.youtube.com/watch?v=z9aUseqqCiY>

Clues

<http://www.youtube.com/watch?v=ubNF9QNEQLA>

Person swap (Building on the work of Daniel Simons' original "[Door Study](#),")

<http://www.whatispsychology.biz/perception-change-blindness-video>



Me and Monotropism: A unified theory of autism

Fergus Murray – science teacher, writer and 'autist' – on single attention and associated cognition in autism;

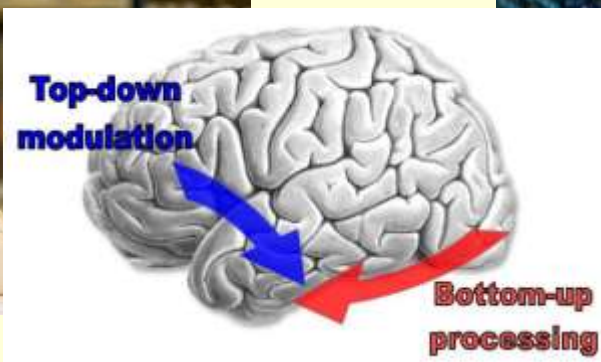
https://thepsychologist.bps.org.uk/me-and-monotropism-unified-theory-autism?fbclid=IwAR3L46ZVOT3RmhHobG0B1kLBE4G5T7_xc7hubtQrcUbgZwExVwYpUQzct1U

...It rests on a model of the mind as an '**interest system**': we are all interested in many things, and our interests help direct our attention. Different interests are salient at different times.

In a monotropic mind, fewer interests tend to be aroused at any time, and they attract more of our processing resources, making it harder to deal with things outside of our current **attention tunnel.**

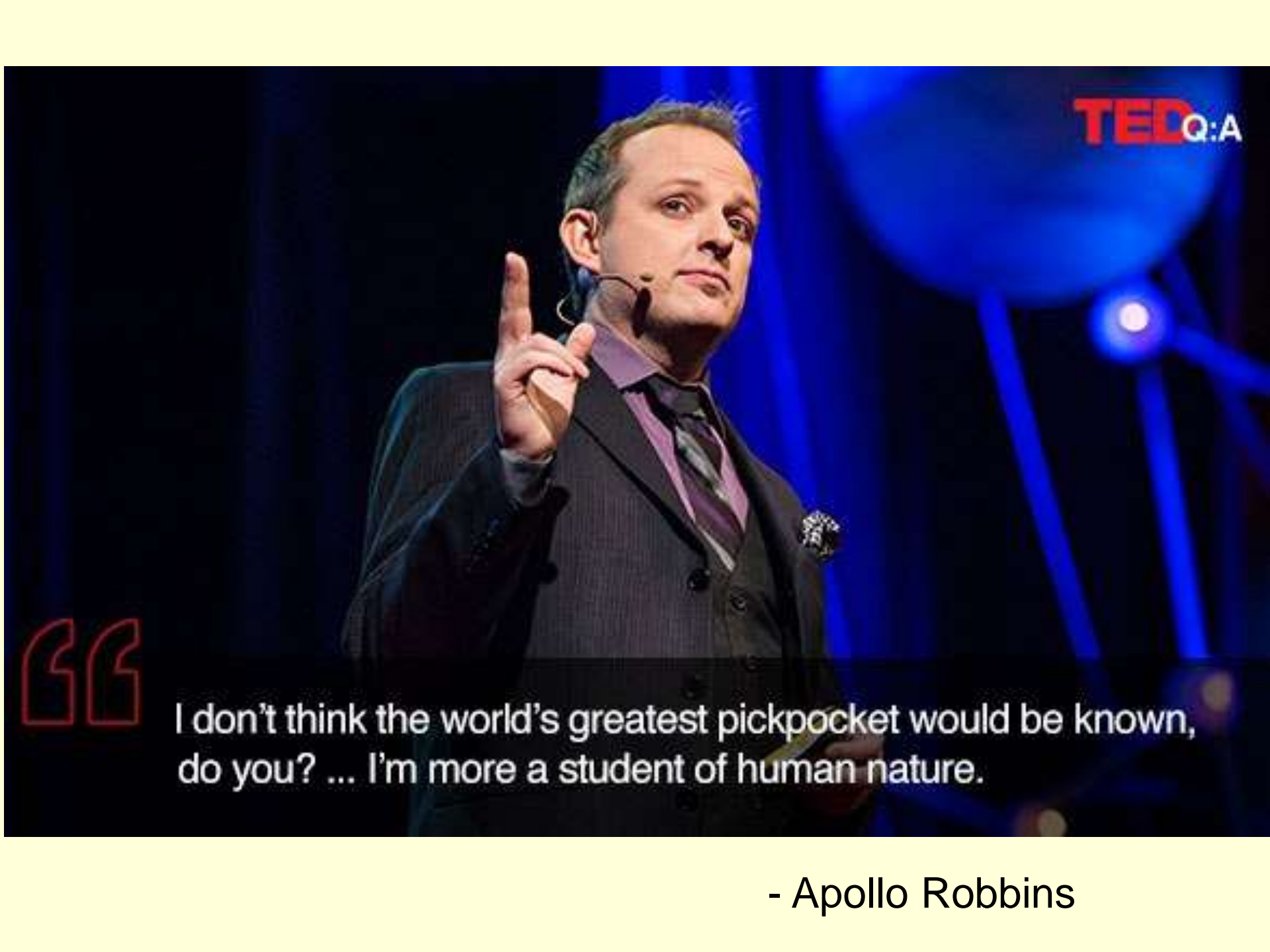
L'attention nous permet donc la **sélection** d'une information particulière parmi plusieurs autres qui sont « filtrées ».

Cette sélection peut être influencée par des stimuli saillants **bottom up**,
une concentration **top down**...



...ou encore
elle peut être
influencée ou
manipulée par
une **autre personne.**



A man in a dark suit and purple shirt is speaking on a stage. He is gesturing with his right hand, pointing upwards. The background is dark with blue lighting and a large, stylized blue figure. The TED Q:A logo is in the top right corner.

“ I don't think the world's greatest pickpocket would be known, do you? ... I'm more a student of human nature.

- Apollo Robbins



http://www.youtube.com/watch?v=LoUSO_Mj1TQ

(2:37 à 5: 25 (3 min.), sur le faisceau de l'attention)

Neuroscience Meets Magic - by Scientific American

<http://www.youtube.com/watch?v=i80nVAwO5xU>

4:00 à 9:13 (5 minutes)

(notions abordées : Top down control,
Bottom up control, mirror neurons)



<http://www.youtube.com/watch?v=MG2HPtbV-80>

Rejoint l'hypothèse de l'attention comme « **faisceau attentionnel** » (Posner, 1980) considère que le traitement des stimuli soumis à ce faisceau feront l'objet d'un traitement approfondi, **au détriment des autres stimuli.**



http://www.youtube.com/watch?v=LoUSO_Mj1TQ

(2:37 à 5: 25 (3 min.), sur le faisceau de l'attention)

Neuroscience Meets Magic - by Scientific American

<http://www.youtube.com/watch?v=i80nVAwO5xU>

4:00 à 9:13 (5 minutes)

(notions abordées : Top down control,
Bottom up control, mirror neurons)



<http://www.youtube.com/watch?v=MG2HPtbV-80>

Plan

Simulations mentales

Les affordances : des opportunités d'actions

La prise de décision rapide (par simulations et compétitions d'affordances)

Des décisions prises à de multiples niveaux d'abstraction

Le grand cadre théorique du « cerveau prédictif »

L'attention, l'imagination et la compréhension sous l'angle du « cerveau prédictif »

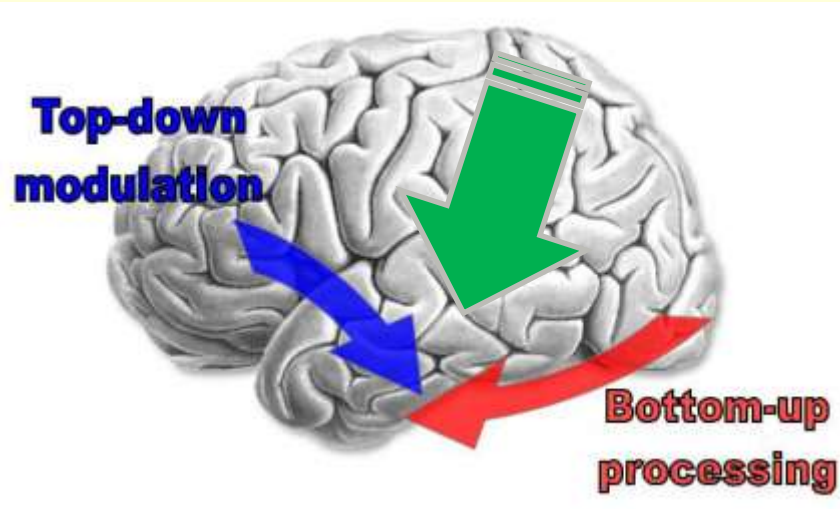
Les failles de l'attention

(cécité attentionnelle, au changement, magiciens, etc.)

L'inhibition des automatismes

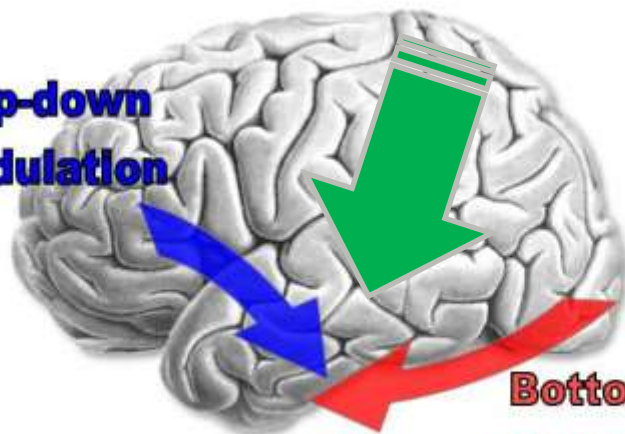
Quand on parle de flexibilité cognitive, de penser "outside the box" =

D'autres « fonctions exécutives » comme **l'inhibition** peuvent être sollicitées pour **automatismes comportementaux ou de pensée.**





**Top-down
modulation**

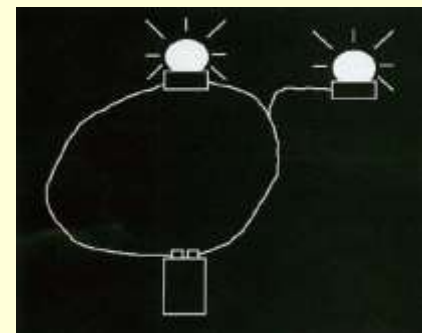


**Bottom-up
processing**

Inhibition : mécanismes qui permettent la **suppression** des cognitions et des actions **inappropriées**...



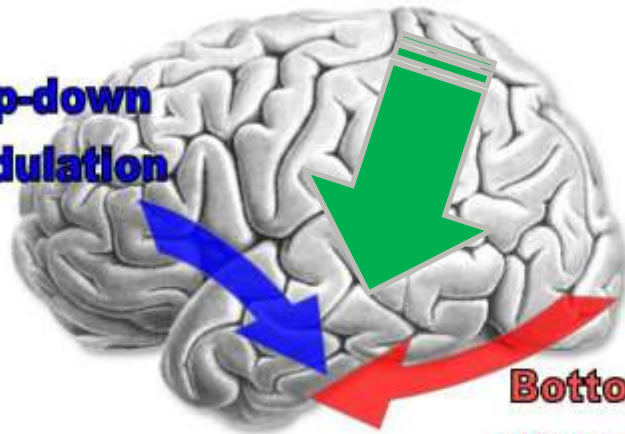
innées....



ou acquises....

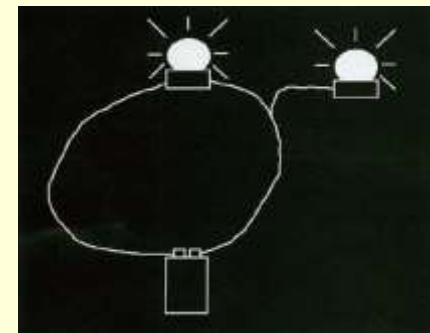


**Top-down
modulation**



**Bottom-up
processing**

Inhibition : mécanismes qui permettent la **suppression** des cognitions et des actions **inappropriées**...



ainsi que la **résistance** aux interférences de l'information non-pertinente.

Exemples : 1) Le test de Stroop : nommer la couleur de l'encre



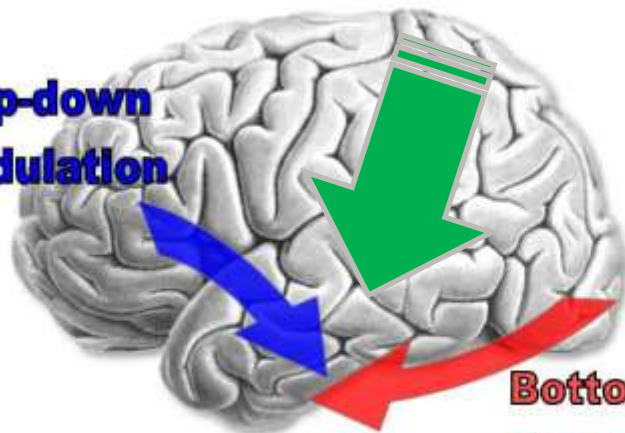
2) Lorsque l'on demande à des personnes d'écrire « **je les porte** » alors qu'elles sont en situation d'interférences (perturbées dans leur concentration), même celles qui ont un très bon niveau de français écrivent « je les portes ».

Leur cerveau applique l'automatisme « les = pluriel = s ».

→ Pour donner la bonne réponse, il doit mettre en oeuvre un **mécanisme d'inhibition court-circuitant l'automatisme.**

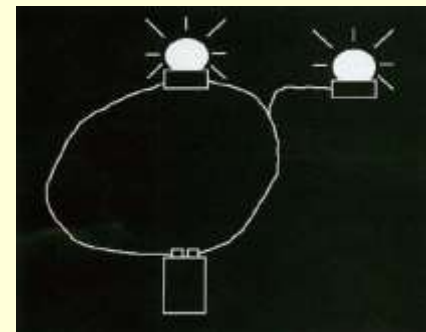


**Top-down
modulation**



**Bottom-up
processing**

Inhibition : mécanismes qui permettent la **suppression** des cognitions et des actions **inappropriées**...



ainsi que la **résistance** aux interférences de l'information non-pertinente.

Elle est aussi liée à la **compétence sociale** et la **régulation émotionnelle**.

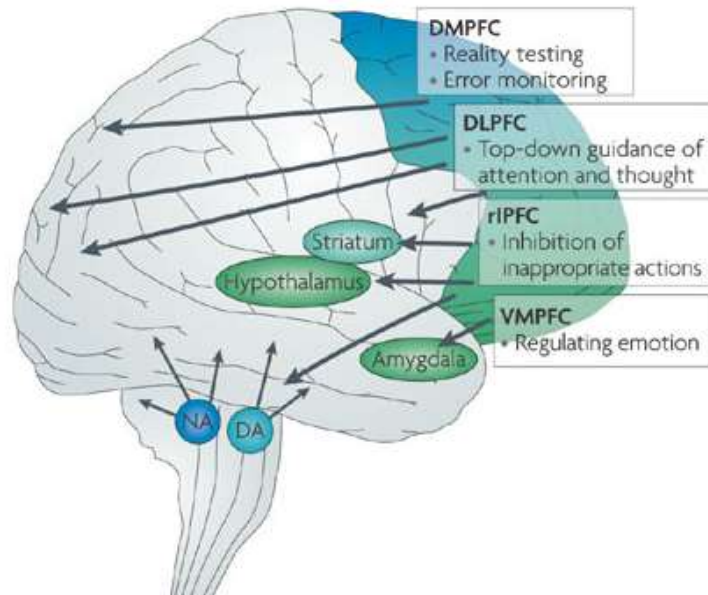
Le contrôle inhibiteur



Le test du Chamallow

<https://www.youtube.com/watch?v=QEQLSJ0zcpQ>

a Prefrontal regulation during alert, non-stress conditions

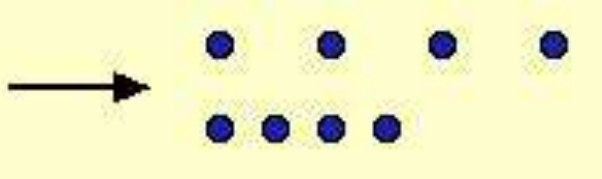


apprendre
à résister
olivier houdé





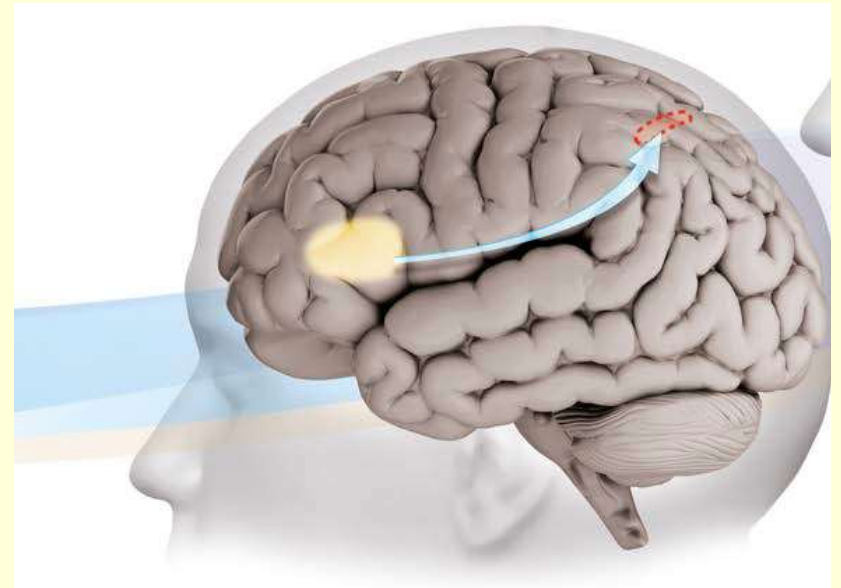
Ce que l'équipe de Houdé a mis en évidence, c'est que vers l'âge de 6-7 ans, ou avec l'aide d'un parent avant, **l'enfant parvient à mettre entre parenthèses sa croyance spontanée** pour examiner la situation au moyen de ses outils logiques.



À ce moment, on observe une activation au niveau du cortex **cortex préfrontal inférieur**.

Or on sait que les neurones de cette régions projettent leur axone vers d'autres zones du cerveau impliquées dans ces automatismes de pensée

(le **sillon intrapariétal latéral**, par exemple).

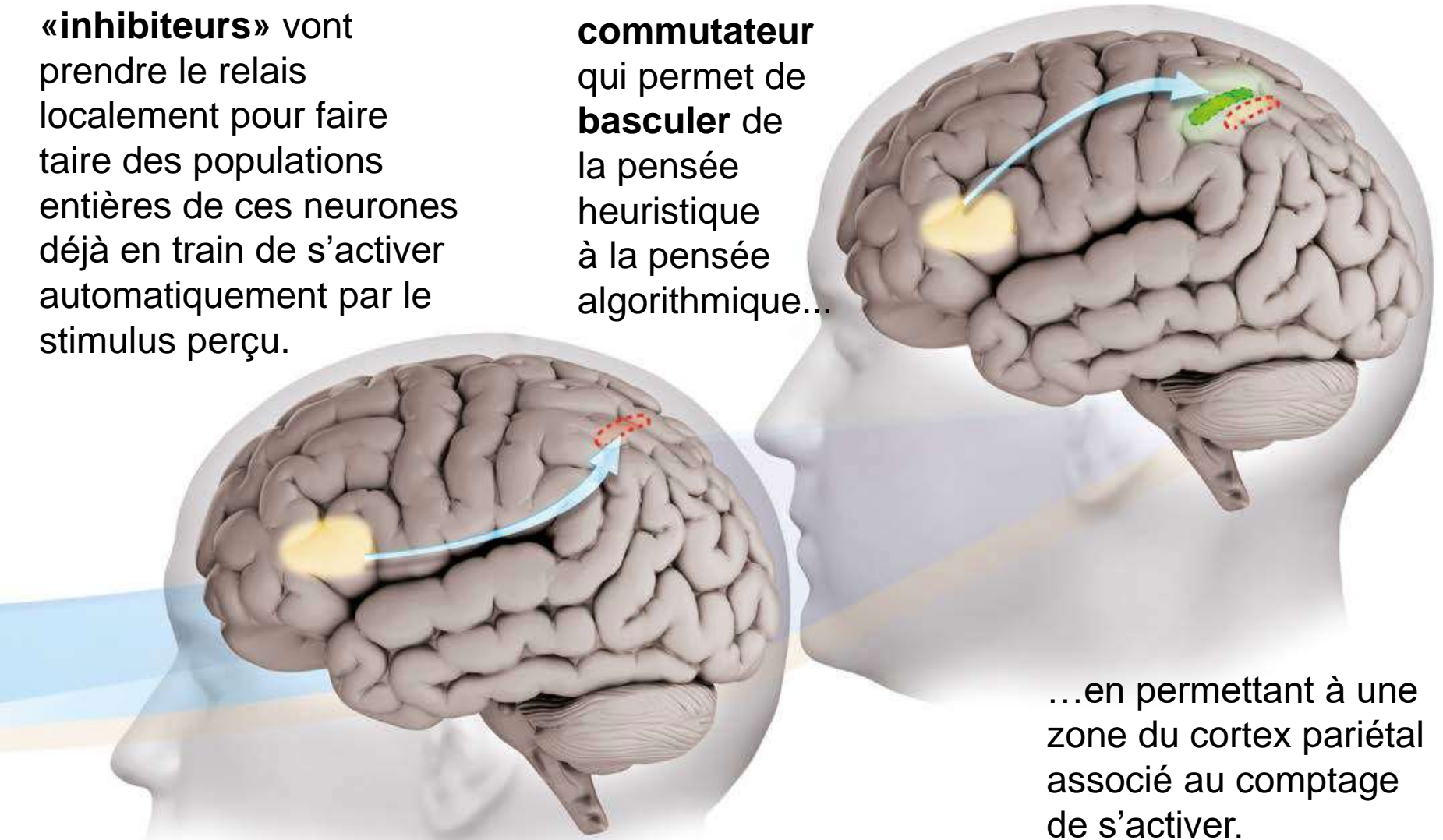


Dans ces zones, d'autres **neurones dits «inhibiteurs»** vont prendre le relais localement pour faire taire des populations entières de ces neurones déjà en train de s'activer automatiquement par le stimulus perçu.

Ce cortex préfrontal inférieur constitue donc une sorte de **commutateur** qui permet de **basculer** de la pensée heuristique à la pensée algorithmique...

...en permettant à une zone du cortex pariétal associé au comptage de s'activer.

Bref, le **cortex préfrontal inférieur permet de bloquer les automatismes mentaux** pour activer une pensée discursive et logique.



Les trois systèmes cognitifs

Système heuristique

Pensée «automatique»
et intuitive

Fiabilité  Rapidité 



1

Anatomiquement, le système inhibiteur est la région du cerveau qui se développe le plus **tardivement** et le plus **lentement**.

Le système heuristique et celui algorithmique **coexistent très tôt**, sans doute dès le début du développement, c'est-à-dire dans les premiers mois de la vie.

Système d'inhibition

Interrompt le système heuristique pour activer celui des algorithmes

→ *Fonction d'arbitrage*

3

Système algorithmique

Pensée réfléchie
«logico-mathématique»

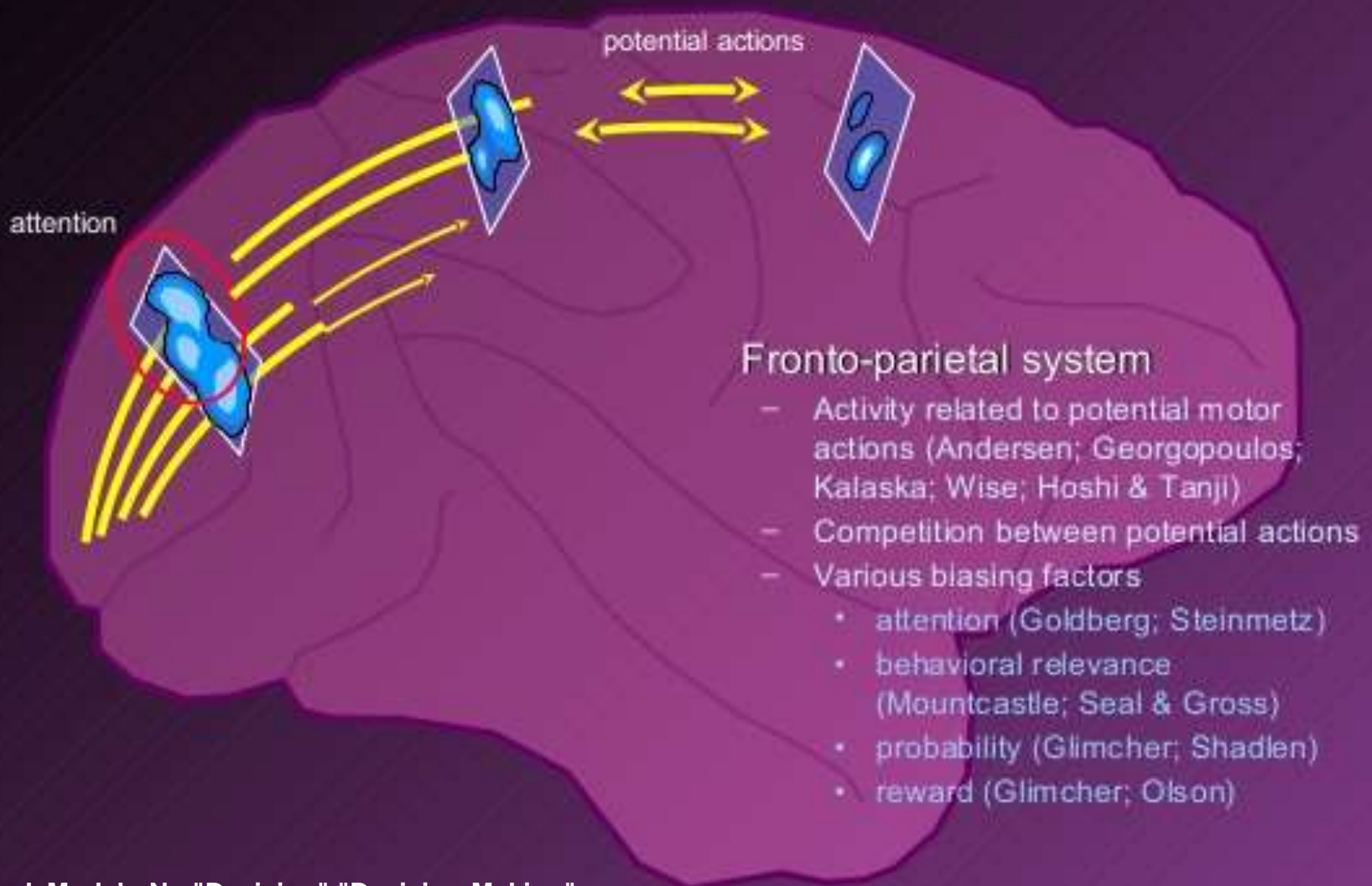
Fiabilité  Rapidité 

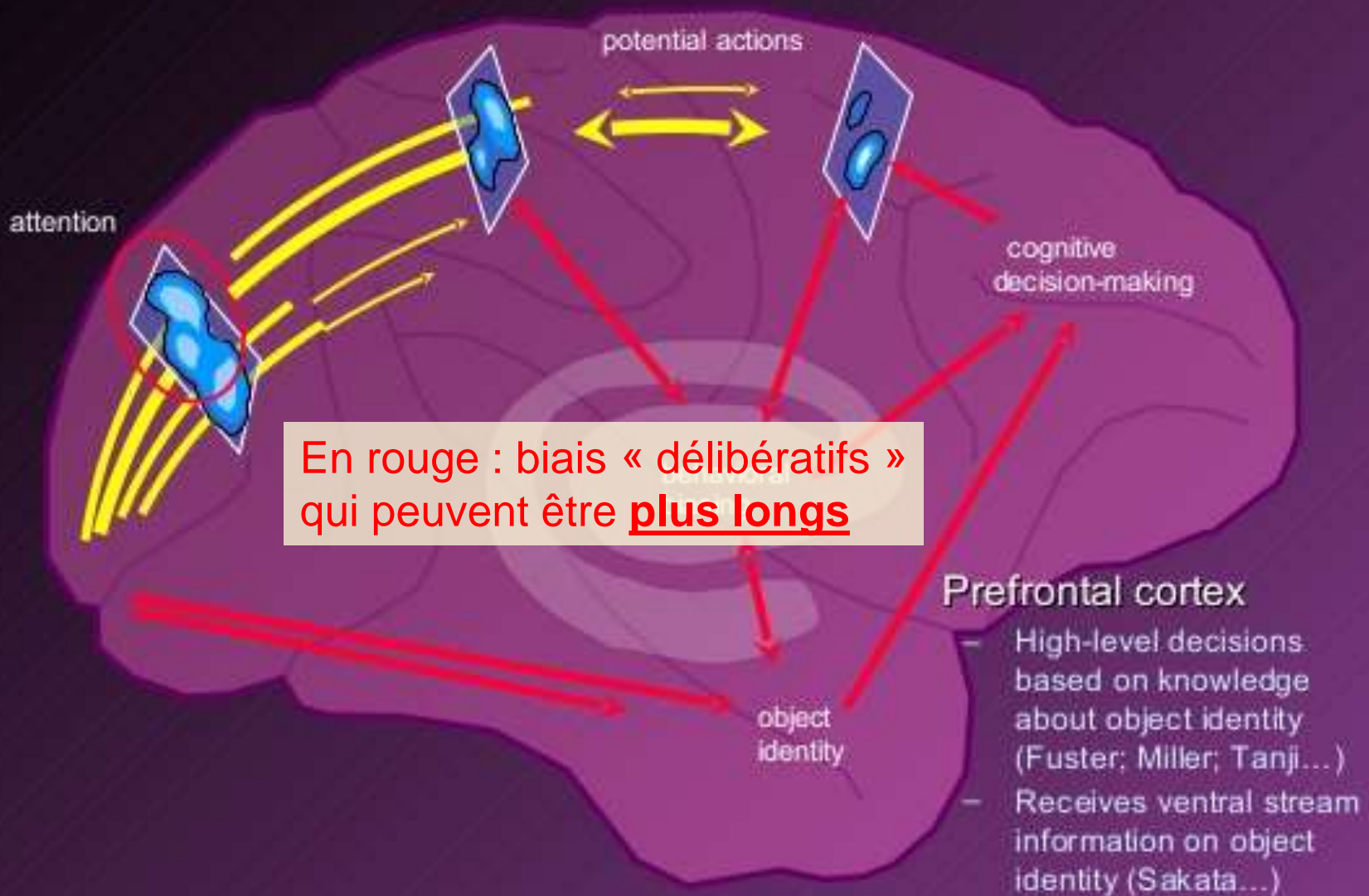


2

La maturation du cortex préfrontal commence seulement **à partir de 12 mois** et elle dure **jusqu'à l'âge adulte**.

En jaune : première réponse rapide





En rouge : biais « délibératifs »
qui peuvent être plus longs

- Prefrontal cortex**
- High-level decisions based on knowledge about object identity (Fuster; Miller; Tanji...)
 - Receives ventral stream information on object identity (Sakata...)

En se donnant un temps de « délibération » suffisant, on augmente nos chances d'inhiber les réponses heuristiques rapides et d'avoir accès à **d'autres systèmes d'algorithmes.**

