

19 janvier 2017 :
Cerveau – Corps – Environnement

**1^{ère} heure : Comment
l'environnement et le corps
s'invitent dans notre cerveau**

Cognition ancrée

Incarnation sémantique



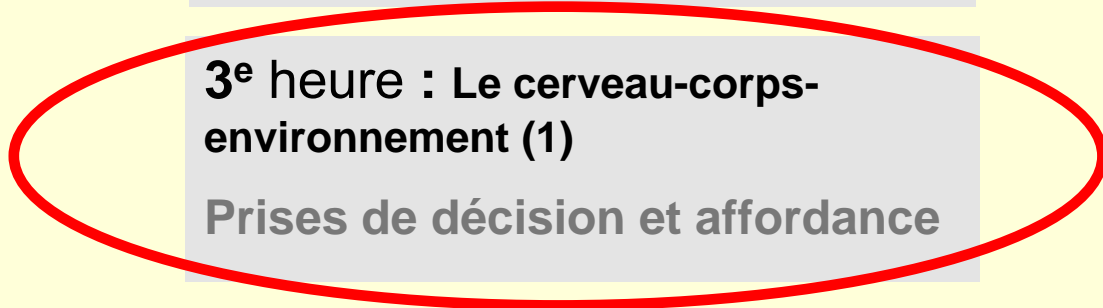
**2^e heure : Le cerveau-corps :
système nerveux, hormonal et
immunitaire**

Stress chronique, effet placebo



**3^e heure : Le cerveau-corps-
environnement (1)**

Prises de décision et affordance



**4^e heure : Le cerveau-corps-
environnement (2)**

Incarnation radicale,

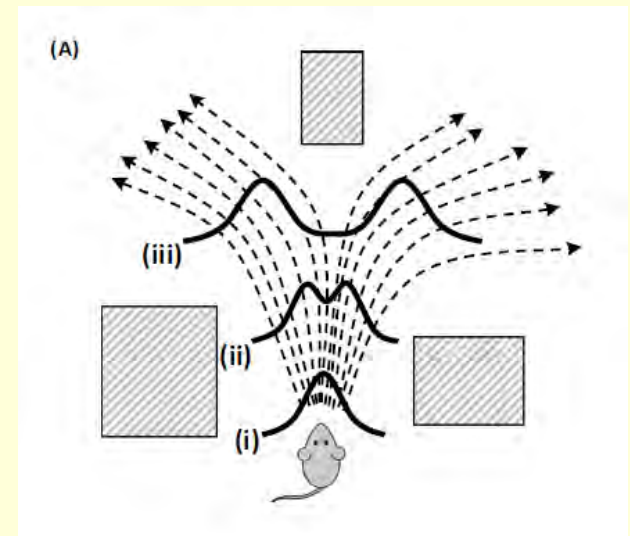
énaction et cognition étendue

Affordances, prise de décision et le « tournant pragmatique » des sciences cognitives

Le concept d'affordance de J.J. Gibson
Les représentations pragmatiques et
leur utilité dans la prise de décision

L'« affordance competition hypothesis » de P. Cisek

Les processus de contrôle comme modèle de la cognition ?



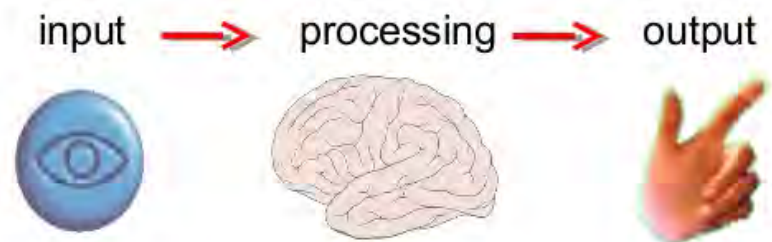
Cognitivisme

Domine les sciences cognitives du milieu des années 1950 aux années 1980.



Compare l'esprit à un ordinateur.

computational analogy



Autrement dit, ce qui fonde plus ou moins explicitement le cognitivisme, c'est encore le **vieux schéma cartésien** « perception → esprit → action ».

À la différence près que, comme l'esprit n'a plus la cote depuis le behaviorisme c'est la « cognition » qui l'a remplacé dans le même schéma...

Behaviorism



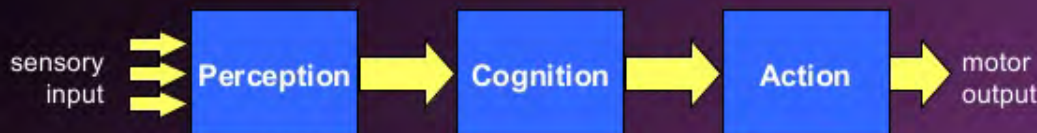
– Stop this metaphysical nonsense...



“the classical sandwich model of the mind”

- Susan Hurley

Psychological architecture for behavior



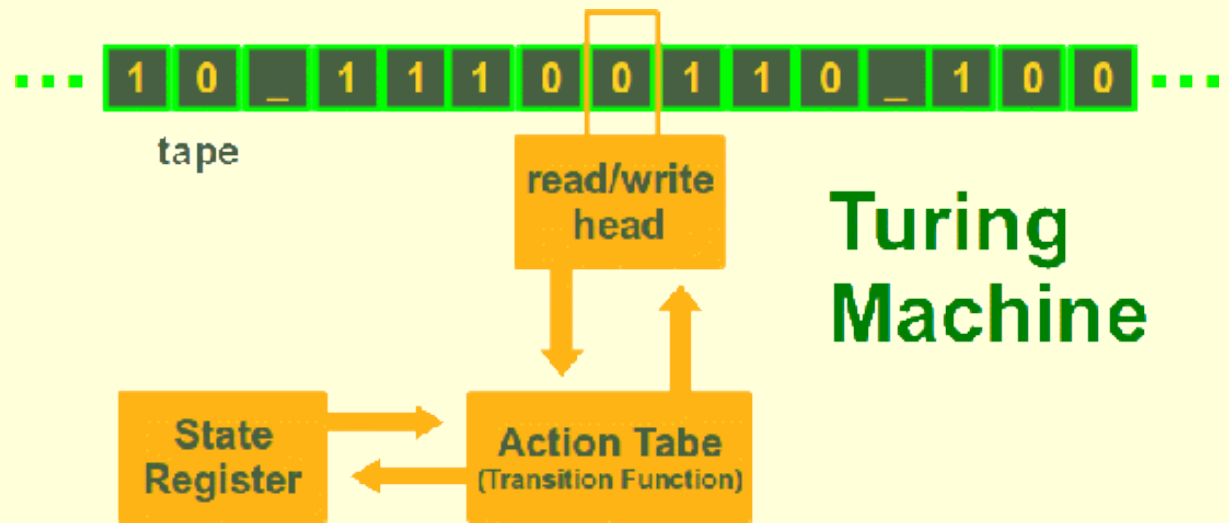
• Some observations:

(Source de ces diapos : Paul Cisek
<http://www.slideshare.net/BrainMoleculeMarketing/uqam2012-cisek>)

« Core program » :

Représentations +
computations

(+ explications
mécanistes)



Le cognitivisme « pur et dur »
ne réussit bien qu'à résoudre
des tâches circonscrites et locales

Exemple : jeu d'échecs

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



Bon d'accord, il y a eu quelques avancées récentes grâce au « **deep learning** » (réseaux connexionnistes avec de nombreuses couches)...



...mais il y a quand même quelques affaires que où les ordinateurs ne sont pas encore capables de faire comme les humains.



DOCUMENT
EDWARD SNOWDEN FACE
À UN RESPONSABLE DES SERVICES
SECRETS AMERICAINS

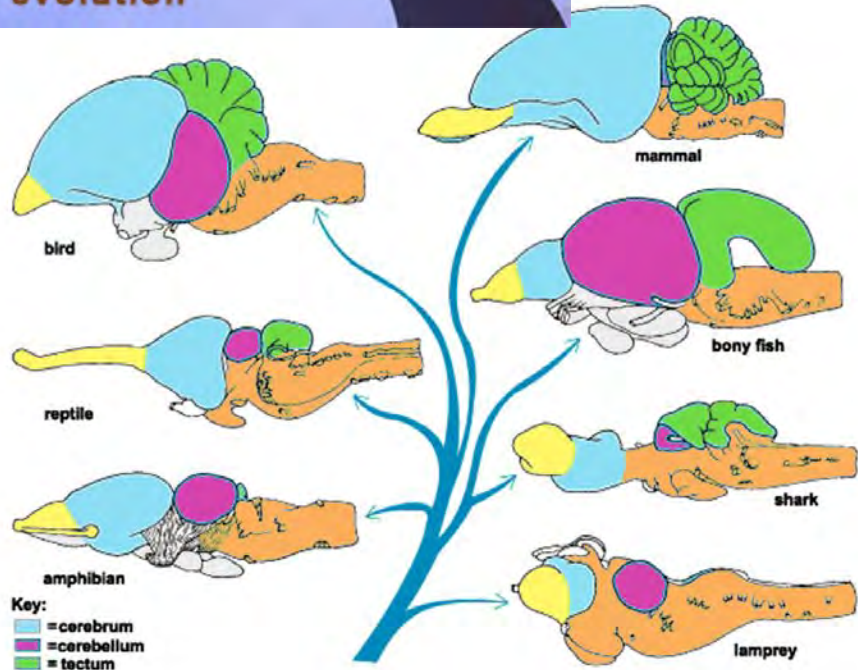
Prise: 7,90 € (couvert) - 7,90 € (hors couverture) - Prix de vente: 9,90 €
Abonnement: 12,00 € (couvert) - 12,00 € (hors couverture) - 12,00 € (hors couverture) - 12,00 € (hors couverture)

M 06296 - 28H - F: 7,90 € - RD

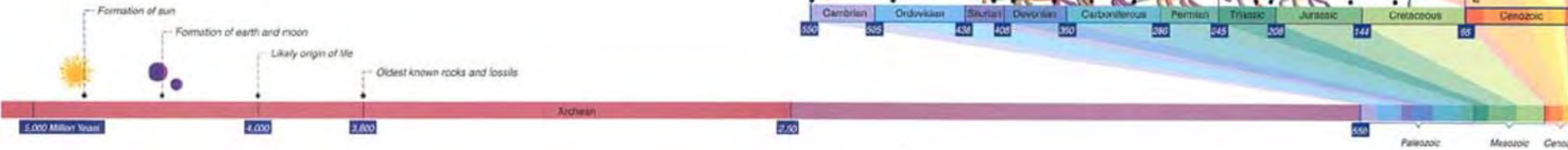
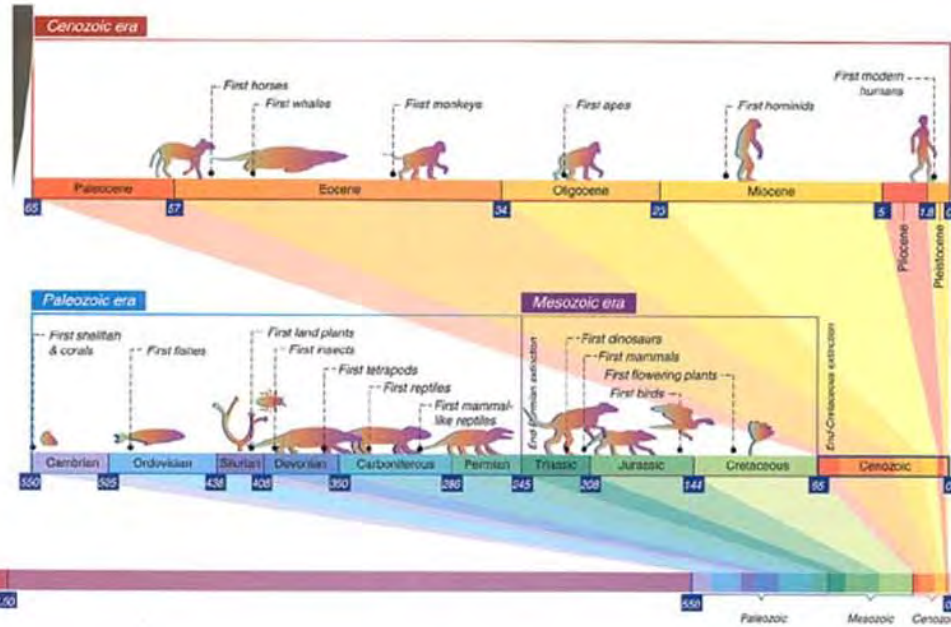




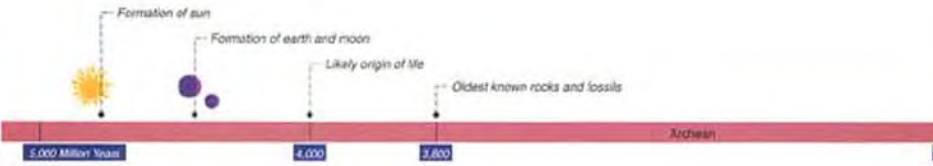
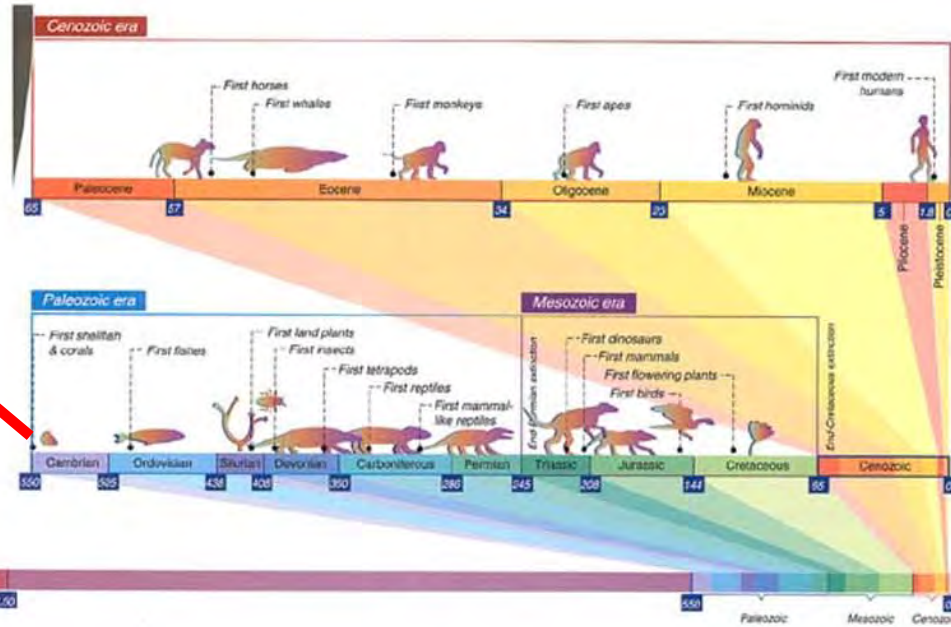
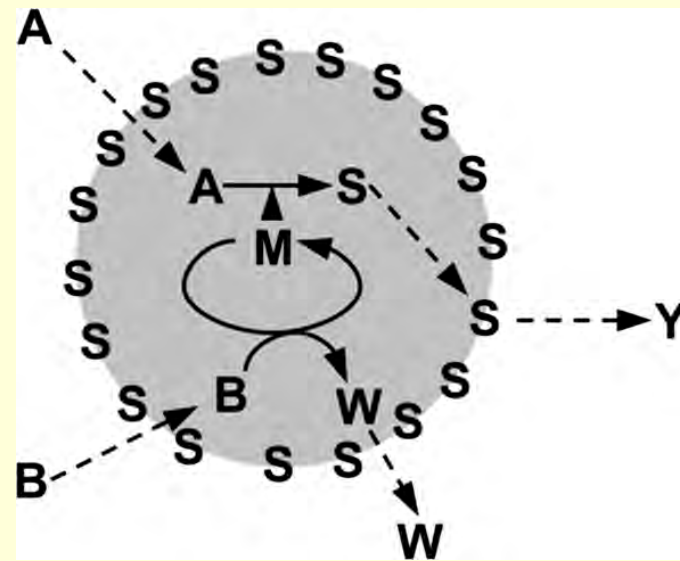
Notre cerveau, bricolage de l'évolution



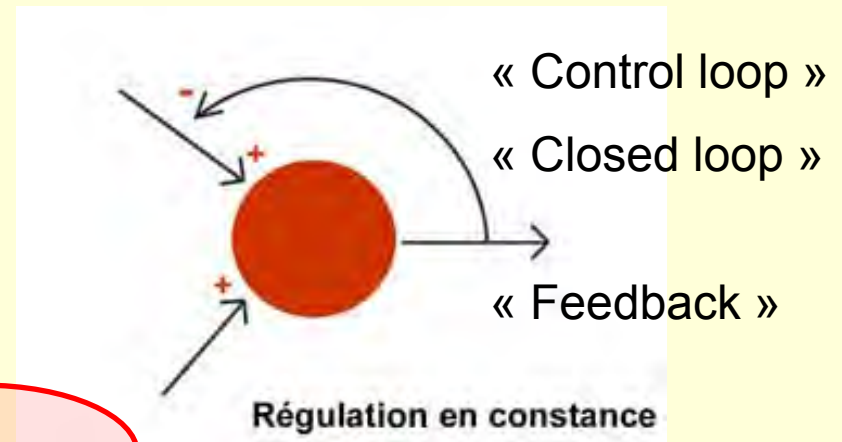
Bitzpress.fr



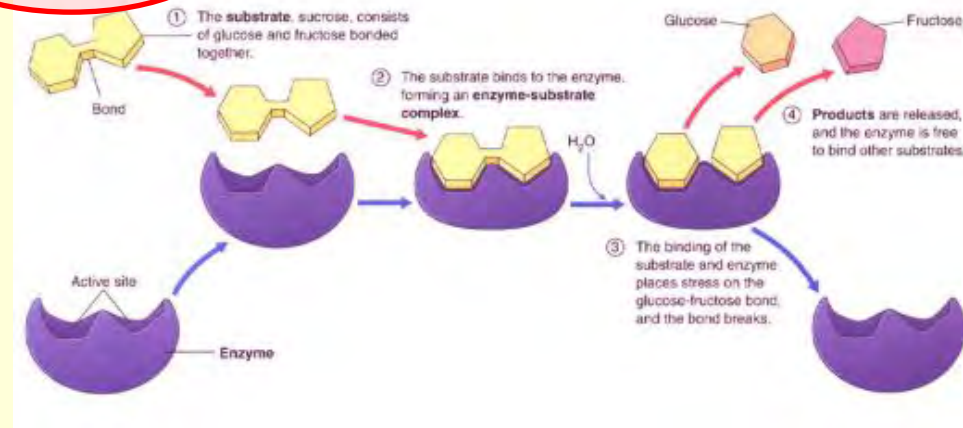
« Un système autopoïétique est un **réseau complexe d'éléments** qui, par leurs interactions et transformations, **régénèrent constamment le réseau** qui les a produits. »



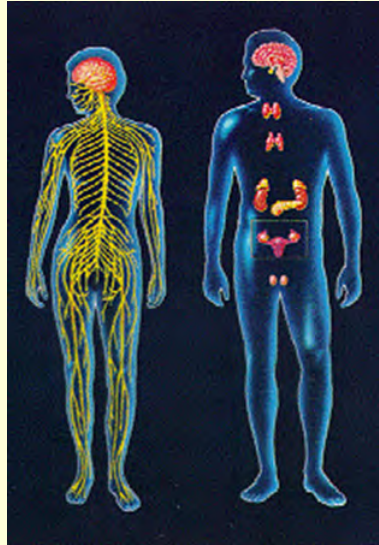
« Comportement » : peut être pensé comme un
« **feedback control process** » plutôt que
comme un « input-output process »



sucrose

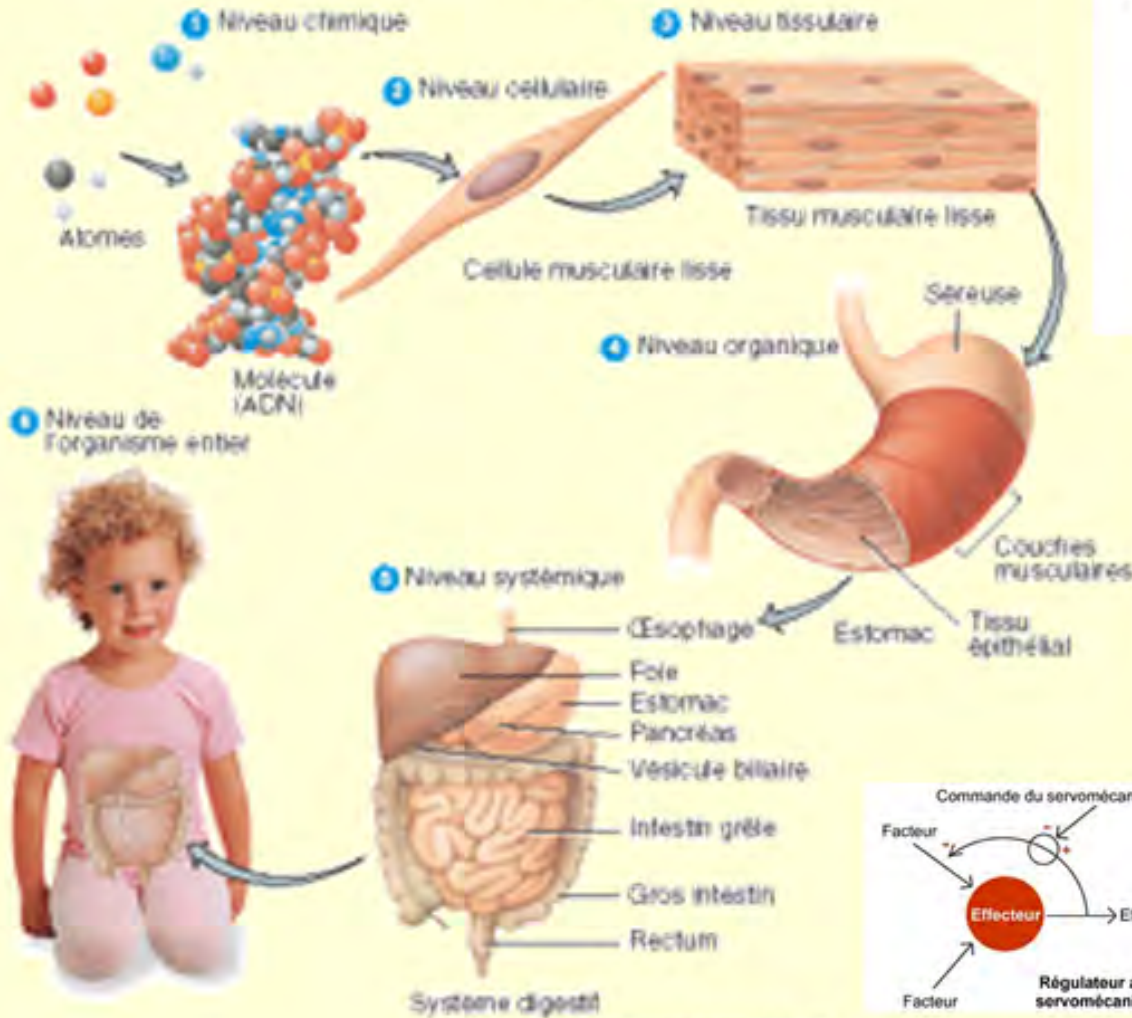


« La seule raison d'être d'un être vivant, c'est **d'être**,
c'est-à-dire de **maintenir sa structure.** » - Henri Laborit

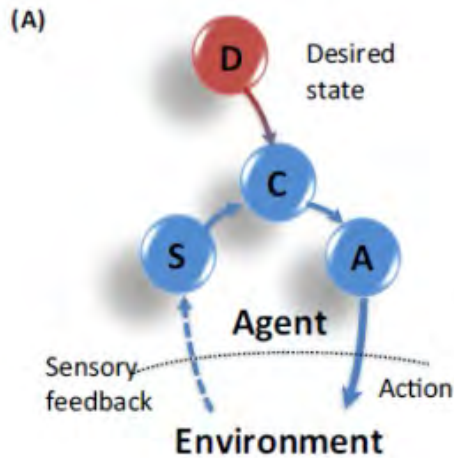


Nerveux **Endocrinien**

Ces deux grands systèmes vont **collaborent** constamment pour
maintenir cette structure chez les animaux.

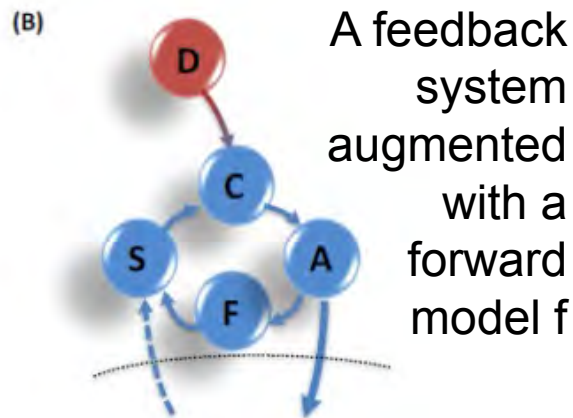


“Similar to other biological processes (e.g., thermoregulation), **behavior is a feedback control process** – we take actions so as to influence our state in the world.”



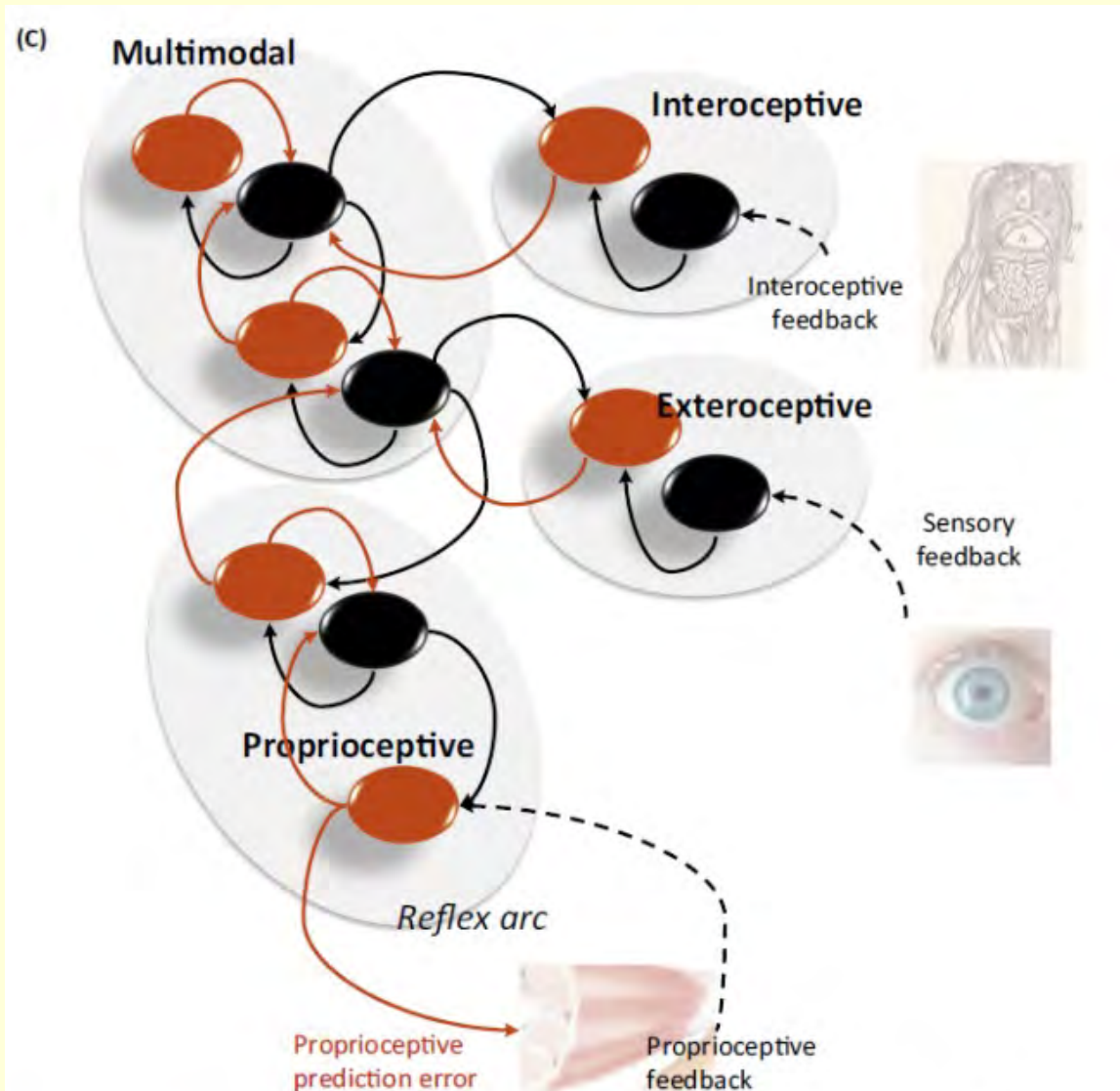
« rester à 30 cm de la roue d'en avant... »

Applique frein, accélère, applique frein, accélère, etc.



“Similar to other biological processes (e.g., thermoregulation), **behavior is a feedback control process** – we take actions so as to influence our state in the world.”

In **active inference**, a hierarchy of prediction (black) and prediction error (red) units form a generative model for perception and action.



« Comportement » : peut être pensé comme un
« **feedback control process** » plutôt que
comme un « input-output process »

Il y a des contingences et des lois extérieures
et on peut **apprendre à s'en servir** pour réguler notre métabolisme.

- Tendre le bras : permet de prendre
- Sucré : calories
- Montrer les dents : menace
- Etc.

« and it extend throught other creatures »

→on peut dire que l'enfant contrôle le comportement des ses parents !

Et on continue d'essayer de faire ça dans notre vie adulte, par exemple en parlant et en essayant de convaincre les autres, comme durant cette présentation...

Ça me rappelle aussi B. Chapais qui disait que du point de vue d'un primatologue, les congénères d'un individu sont des moyens potentiels pour acquérir des ressources...

La primatologie est une sous-discipline de **l'éthologie**...

Contribution de l'**éthologie**,

l'étude des comportements dans leur environnement naturel

- Notion de niche écologique (qui présente des défis particuliers l'animal qui l'habite)
- Identification de nombreux mécanismes de contrôle par feedback
- Certains indices environnementaux déclenchent irrémédiablement certains comportements (car ils constituent des indices fiables de la présence d'une ressource)

→ Va aider à comprendre les comportements comme des « **feedback control process** » plutôt que comme des « input-output process »

Car à la place de représentations descriptives, ceci suggère que l'on devrait 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)
- Concept clé : **affordances**

On a vu dans l'heure précédente que la perception de certains objets semblait se faire davantage en fonction des possibilités d'action qu'il offrait que des ses propriétés intrinsèques (par exemple avec l'activation d'aire motrice et pré-motrice seulement à la vue d'un outil).

Nous allons voir maintenant que cette idée peut avoir une portée beaucoup plus grande.

Déjà, au début du XXe siècle, les psychologues de la **gestalt** avaient noté que la signification ou la valeur d'un objet est perçue pratiquement aussi rapidement que ses propriétés comme sa couleur.

La **psychologie de la forme** ou **gestaltisme** est une théorie selon laquelle les processus de la perception et de la représentation mentale traitent spontanément les phénomènes comme des ensembles structurés (les formes) et non comme une simple addition ou juxtaposition d'éléments.

Pour s'orienter dans l'espace, il faut d'abord **percevoir** cet espace, et puis s'y **déplacer**.

Or le lien avec le **monde extérieur** était relativement **peu important** dans les sciences cognitives de cette époque.

On étudiait bien sûr les **système perceptuels et moteurs** pour en comprendre le fonctionnement, mais ils n'étaient considérés **que comme des dispositifs d'entrée et de sortie périphériques** et on n'en tenait pas compte pour comprendre les processus cognitifs "centraux".

C'est l'époque où l'intelligence artificielle est dominée par les modèles informatiques abstrait de **traitement de l'information** et la psychologie par des théories formulée en termes de **formes propositionnelles** du savoir.



Or un peu comme Piaget qui avait souligné l'importance des habiletés sensorimotrices dans le développement de l'enfant,

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

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



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

L'**approche écologique de Gibson** de la perception visuelle fut l'un des premiers champ de recherche 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.

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.



“The *affordances* of the environment are what it *offers* the animal, what it *provides* or *furnishes*, either for good or ill.

It implies the **complementarity** of the animal and the environment.”



« An affordance is neither an objective property nor a subjective property; or it is both if you like.

An affordance cuts across the dichotomy of subjective-objective and helps us to understand its inadequacy.

It is equally a fact of the environment and a fact of behavior. [...] An affordance points both ways, to the environment and to the observer.”

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

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

Elle est forcément **relationnelle**

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

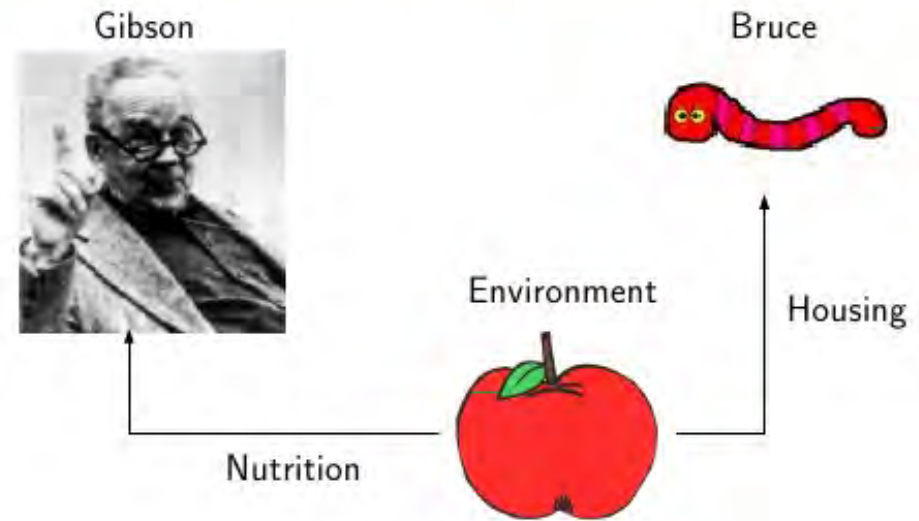
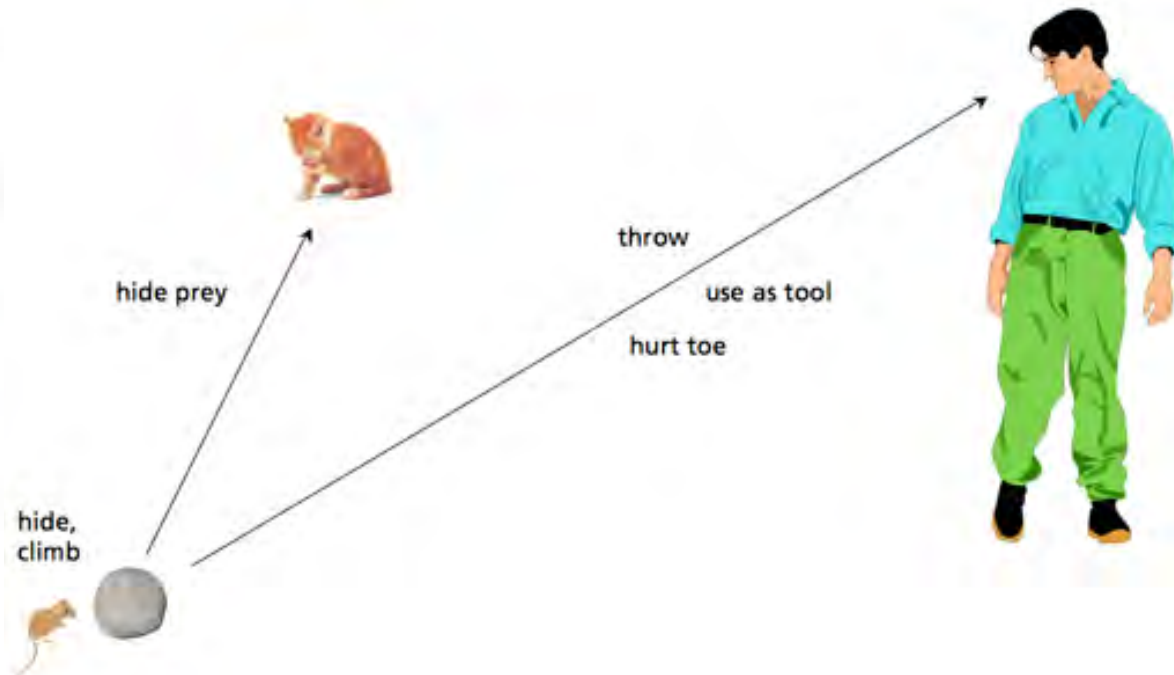


Figure 5: Tree affordance to bird, person, monkey, and squirrel



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.);
- il y a donc aussi 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...

Reprenons le concept de niche écologique des éthologistes.

On peut d'abord rappeler qu'il diffère de celui **d'habitat** qui est un endroit dans l'environnement où une espèce habite (ex.: la forêt laurentienne)

Une niche écologique réfère d'avantage à comment l'animal utilise son habitat (ex.: tel oiseau se tient dans le haut des arbres, tel pic sur les troncs, etc.)

Et Gibson suggère qu'**une niche est en fait un ensemble d'affordances.**

Au niveau développemental :

Gibson croit que l'enfant ne commence pas par discriminer les propriétés des objets, puis leur combinaison qui spécifie l'objet et sa fonction.

Ce serait plutôt **l'inverse** : l'enfant **commencerait par noter l'affordance** d'un objet (i.e. sa signification pour l'enfant)

Une affordance est d'abord une combinaison invariante qu'il serait plus facile de saisir que chaque propriété séparément.



“The perceiving of an affordance is not a process of perceiving a value-free physical object to which meaning is somehow added in a way that no one has been able to agree upon;

it is a process of perceiving a value-rich ecological object.

Any substance, any surface, any layout has some affordance for benefit or injury to someone.”

- J.J. Gibson

Et c'est aussi ce que Paul Cisek va dire des « **représentations pragmatiques** » basées sur les **affordances** :

- Elles acquièrent leur sens en vertu de leur capacité à guider les interactions de l'organisme avec l'environnement pour améliorer son bien-être et sa survie.
- Elles vont être directement utilisables ou transformables en comportements adaptés à telle ou telle situation dans laquelle se retrouve un animal.

En d'autres mots, **la perception devient donc une recherche « d'affordances »**, c'est-à-dire d'occasions d'agir sur le monde.

Le « problème de l'ancrage des significations » se dissout donc alors de lui-même d'un point de vue des représentations pragmatiques car celles-ci orientent constamment l'action vers des comportements susceptibles de préserver la structure de l'organisme (comme le « sense making » de l'autopoïèse)

(même si ces comportements peuvent devenir chez l'être humain de simples phrases assurant l'inclusion au sein d'un groupe social...).

Where's the action?

The pragmatic turn in cognitive science.

Engel AK, Maye A, Kurthen M, König P. (2013).

(http://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/abstract/S1364-6613%2813%2900071-5?_returnURL=http%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS1364661313000715%3Fshowall%3Dtrue)

Certains, comme Engel et ses collègues, n'hésitent pas à parler d'un « **tournant pragmatique** » que sont en train de prendre les sciences cognitives en s'éloignant des approches centrées sur les représentations pour aller vers d'autres qui considèrent avant tout la cognition comme des habiletés impliquant l'interaction constante avec le monde extérieur.

Donc des processus cognitifs moins occupés à se faire des cartes du monde (sensées fournir par la suite les données pour la planification ou la résolution de problèmes) qu'à **entrer directement en interaction avec lui grâce à des couplages sensori-moteurs.**

The Pragmatic Turn

Toward Action-Oriented Views in Cognitive Science

Edited by
Andreas K. Engel,
Karl J. Friston, and
Daniela Krüger



STRENGTHENING FORM EFFORTS

Au fond, ce qu'on propose ici c'est de **transformer toute la théorie de la cognition en une théorie de l'action !**

Et ce n'est pas une posture behavioriste pour autant, car la dynamique du système cognitif est au coeur de l'entreprise et une référence explicite est faite aux états mentaux.

De plus, à cause de sa "saveur interactionniste et externaliste", ce projet est compatible avec la plupart des théories incarnées et énaclive ainsi qu'avec les approches de cognition étendue.

The Pragmatic Turn

Toward Action-Oriented Views in Cognitive Science

Edited by
Andreas K. Engel,
Karl J. Friston, and
Daniela Kiraglic



STRENGTHENING FORM EFFORTS

Diverses influences...

Outre Gibson, on pense à des gens comme **Francisco Varela** avec le concept d'énaction [dont on va parler durant la prochaine heure]

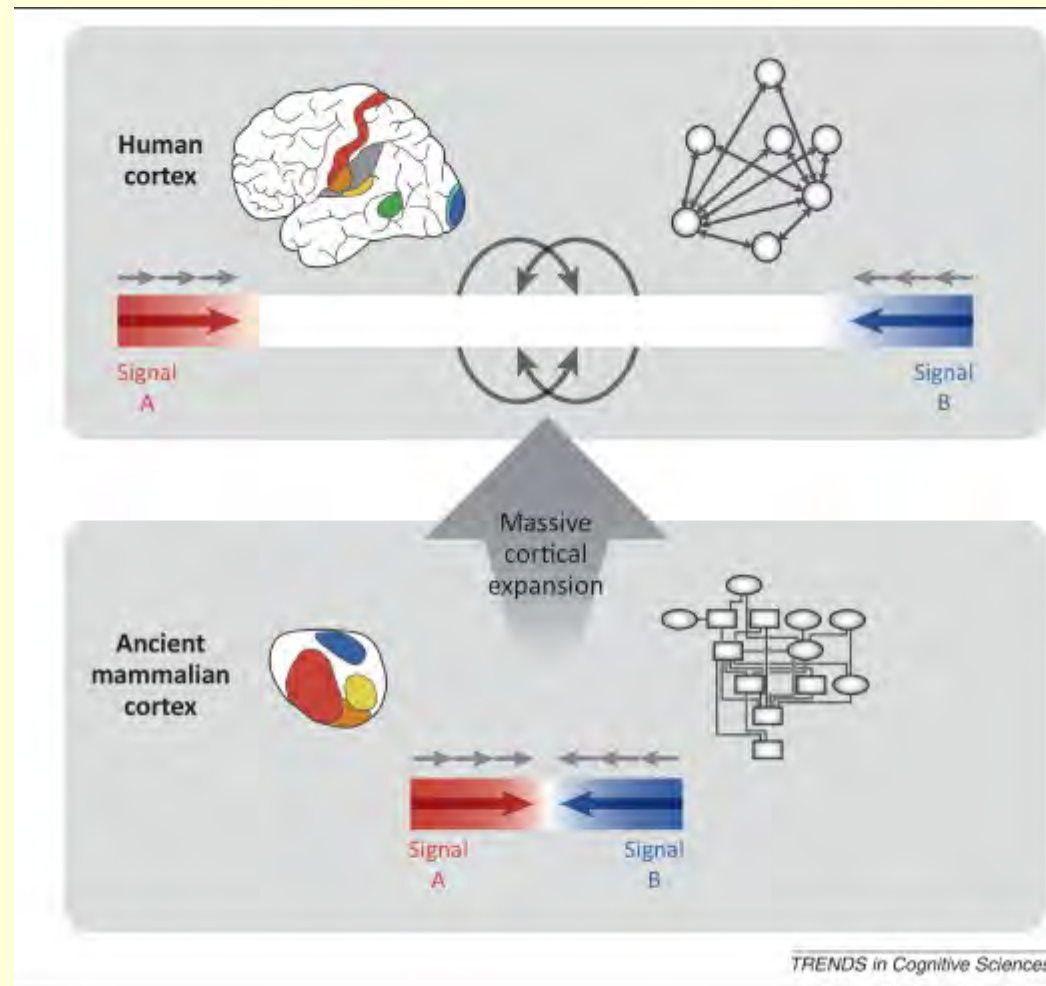
ou **Andy Clark** avec la notion de « représentation orientée vers l'action » (« action-oriented representation ») qui renvoie aussi à l'idée que nos états internes décrivent simultanément des aspects du monde extérieur et suggèrent des actions possibles sur ce monde.

Notez que ces mouvements ne sont pas obligés de s'actualiser et peuvent **demeurer « offline »**, c'est-à-dire constituer des **simulations** que l'on fait sur le monde et qui constituent une bonne part de notre pensée abstraite. [comme on l'a vu ce matin]

Rappel : c'est le « online » qui mène au « offline »

D'un point de vue évolutif comme développemental, c'est d'abord le « **online** » qui vient en premier, avec la boucle sensori-motrice qui nous permet d'interagir en temps réelle avec le monde qui nous entoure.

Ce n'est que plus tard, progressivement, qu'un détachement des contingences sensori-motrices deviendra possible et nous permettra de faire du « **offline** » en plus, i.e. de « rejouer des représentations ».



Avant d'aller vers l'hypothèse de la compétition entre affordances (« affordance competition hypothesis ») de Paul Cisek, quelques considérations sur ce « **tournant pragmatique** » :

(histoire de continuer à développer ce dont on a discuté ce matin)

On se souvient que la simple vue d'objets manipulables active des systèmes prémoteurs et moteurs du cortex, des noyaux gris centraux et du cervelet.

Ces circuits sont aussi actifs durant la **simulation mentale** d'événements, comme lors de la lecture d'un roman.

Et les régions motrices comportant des “neurones miroirs” suggèrent que ces régions prennent aussi en charge le traitement d'événements sociaux, comme la **coordination de son comportement avec celui d'autrui**.

Or des données récentes suggère que des systèmes de neurones miroirs se trouvent aussi dans les régions motrices primaires !

Sensing with the motor cortex.

Hatsopoulos, N.G. and Suminski, A.J. (2011). Neuron 72, 477–487

[http://www.cell.com/neuron/abstract/S0896-6273\(11\)00932-9?_returnURL=http%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0896627311009329%3Fshowall%3Dtrue](http://www.cell.com/neuron/abstract/S0896-6273(11)00932-9?_returnURL=http%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0896627311009329%3Fshowall%3Dtrue)

Autrement dit, des neurones de ces régions sont beaucoup plus **multimodaux** qu'on le croyait, répondant par exemple à des stimuli visuels ou somatosensoriels.

Cette observation suggère que cette région traditionnellement étiquetée comme essentiellement “motrice” pourrait aussi être impliquée dans la **prédiction** des conséquences sensorielles de nos actions.

Cela rejoint des conclusions similaires d'études démontrant une implication des cortex prémoteur et moteur dans la perception et la compréhension du langage.

[nous renvoie à Michael Anderson et sa critique de “l'aire de Broca”]

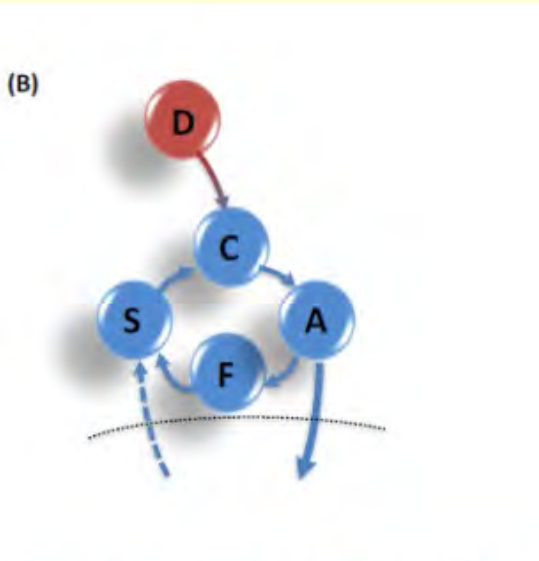
Juste un mot sur cette question de la **prédiction** des conséquences sensorielles de nos actions, qui appuie une conception pragmatique où la commande motrice est fondamentale :

Les “décharges corrolaires” ou “copies efférentes” (“**corollary discharge**” ou “**efference copy signals**”) permettraient au cerveau de faire des prédictions sur les mouvements faits par le corps afin de distinguer les changements sensoriels provoqués par ses propres mouvements de ceux qui surviennent dans l’environnement.

On parle aussi de “**forward model**” (F, sur le schéma).

Ces prédictions sur les conséquences sensorielles de nos mouvements seraient aussi très importantes pour notre impression consciente d’être l’agent à l’origine de nos actions (“**sense of agency**”).

Dans tous ces phénomènes, l’activité dans les régions associées à la planification motrice semble générer automatiquement des **prédictions** à propos de la perception sensorielle, et cela se ferait possiblement en **modulant** l’activité neurale dans les régions sensorielles.



Avant d'aborder la prise de décision avec le modèle de Cisek, un dernier mot sur un autre processus important affecté lui aussi par ce tournant vers des représentations pragmatiques, **l'attention**.

Traditionnellement, l'attention est considérée comme **interposée** entre la perception et l'action (tout comme la prise de décision et tous les processus cognitifs dans le modèle en sandwich...). Mais elle serait beaucoup **plus reliée aux systèmes moteurs** qu'on ne le croyait.

Il y a longtemps que l'on a suggéré une **“théorie prémotrice de l'attention”** où la sélection de l'information sensorielle serait modulée et sélectionnée par des contraintes émanant de la planification et de l'exécution motrice en cours.

Plusieurs études ont montré que la préparation d'un mouvement peut amener un changement dans l'attention, amenant à son tour un changement dans l'acquisition d'informations reliées à un objet :

→ imagerie cérébrale : confirme que ce biais semble produit par une **neuromodulation** en provenance de régions prémotrices, en particulier le “frontal eye fields”.

→ magnétoencéphalographie (MEG) : montre que cette neuromodulation se faisait surtout par l'augmentation sélective du couplage dynamique entre les régions prémotrices, pariétales et sensorielles (couplage exprimé par la cohérences des oscillations rapides entre ces régions).

Cela amène les tenants de ces **représentations pragmatiques** à dire que :

Même les patterns d'activité dans les régions sensorielles ne peuvent pas être considérés comme encodant des descriptions structurelles des objets et des scènes qui seraient invariantes par rapport aux actions.

Plutôt : en interaction étroite avec l'activité des régions pariétales et frontales, ces patterns supportent la capacité de l'organisme à **structurer des situations reliées à l'action.**

Et donc à conclure, comme le formule Andy Clark, que :

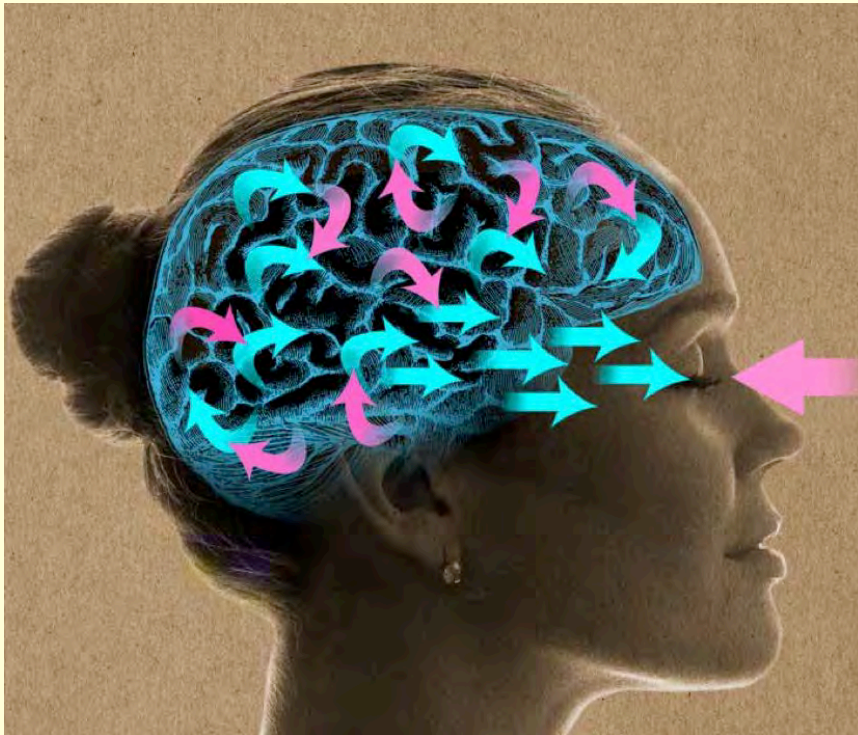
“les états cérébraux prescrivent des actions possibles plutôt que de décrire des états du monde extérieur”.

Andreas Engel suggère pour sa part la notion de « **dynamic directives** » :

“dispositions for action embodied in dynamic activity patterns.”

Dernière remarque avant de passer à la prise de décision :

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 (et qui sont contraints par l'action en cours)



On peut maintenant considérer la **prise de décision** selon cette perspective des « représentations pragmatiques » et des mécanismes de contrôle.

Exemple de prise de décision :

Quoi faire ?

« **sélection** » (ou décision)

Comment le faire ?

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



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 :**

consultation des informations mémorisées pertinentes → puis le choix d'une option adéquate (la décision) → planification d'une action → exécution par le système moteur (vu ici comme un simple effecteur corporel de l'action).

Ou plus simplement :

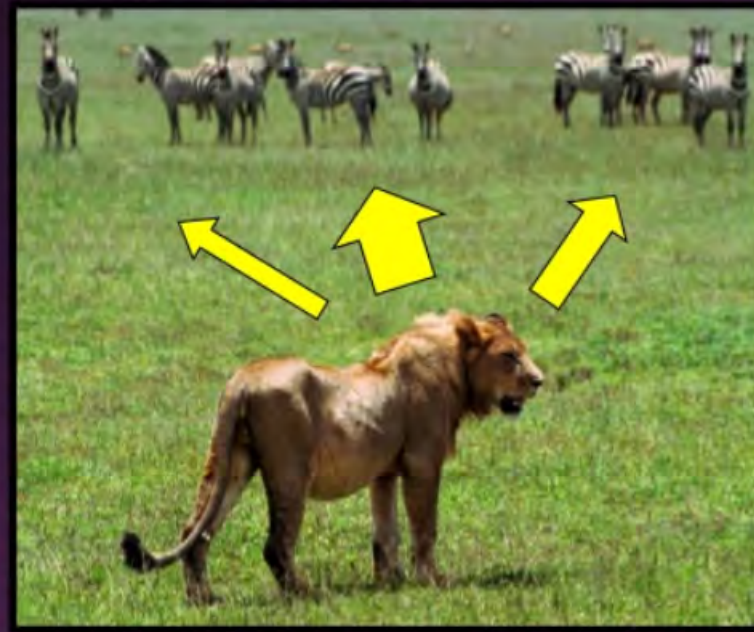
« décision → préparation du bon mouvement → action »



Pour des
délérations plus
longues, on y
reviendra un peu
plus loin...



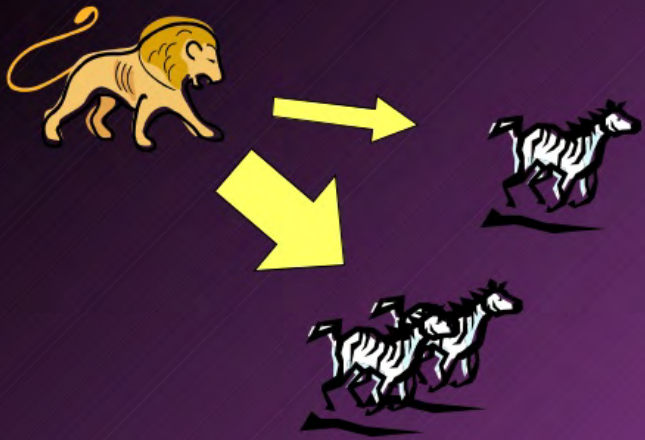
Decision-making in the wild



- 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.

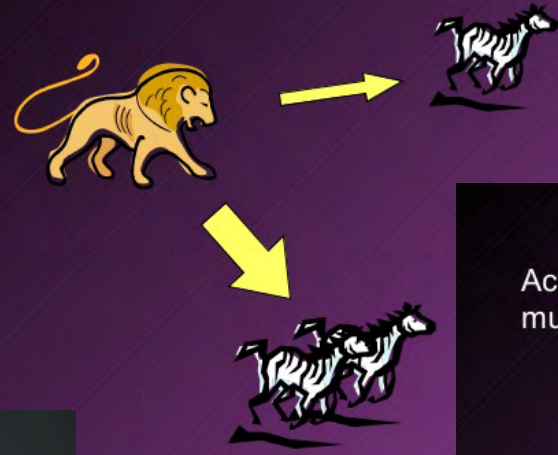
Paul Cisek Model - No "Decision" "Decision-Making"

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

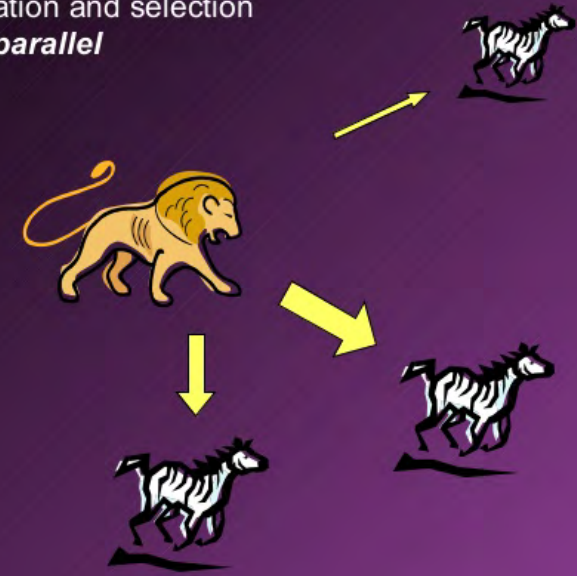


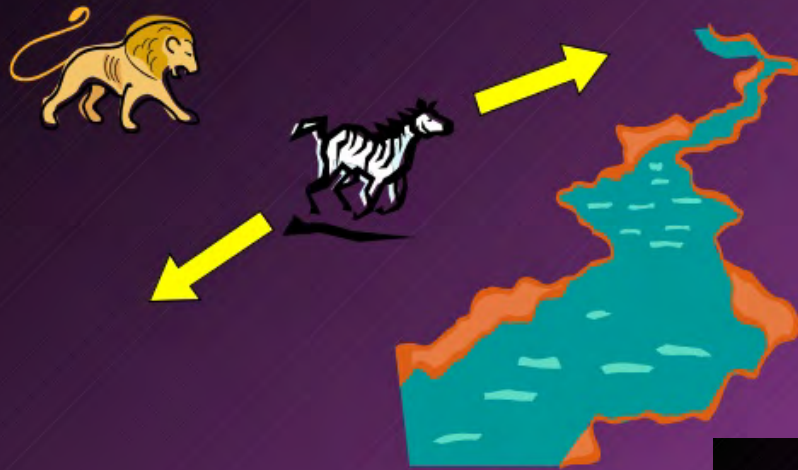
L'origine de la prise de décision c'est ça...

...et pas ça !



Action specification and selection must occur *in parallel*





La géométrie du monde extérieur **spécifie** les options et le type de décision.



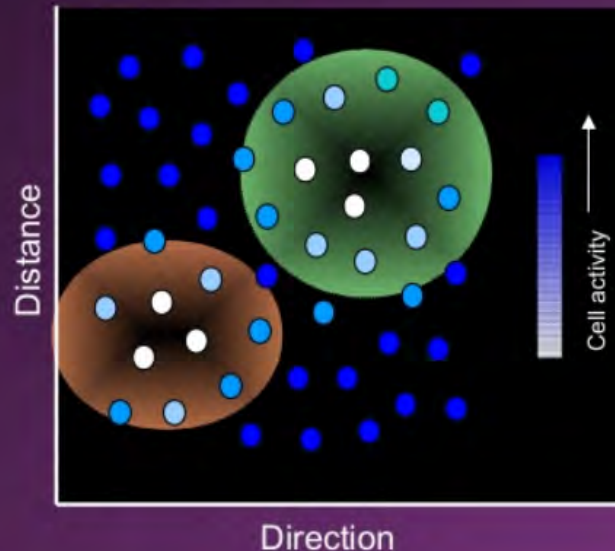
Sensorimotor contingencies influence how selection should be done

Specification and selection in parallel

Et non en série !



A population of tuned neurons



Les neurones répondent préférentiellement à une direction...

- 1) • **Action Specification:** Activation of parameter regions corresponding to potential actions
- 2) • **Action Selection:** Competition between distinct regions of activity

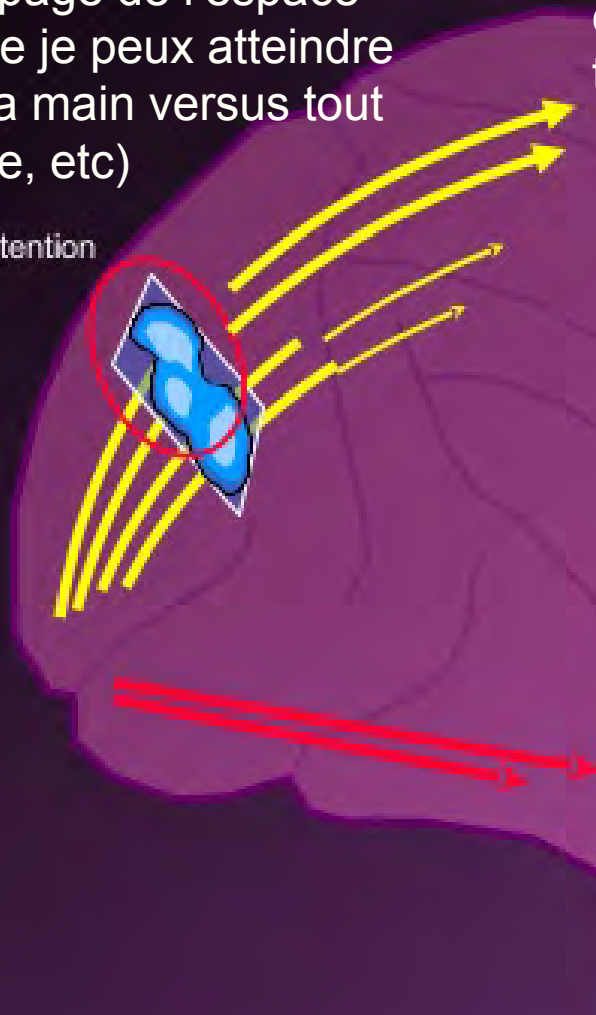
Et non sélection en premier et spécification ensuite !

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

De plus en plus spécifique selon l'attention et dans le découpage de l'espace (ce que je peux atteindre avec la main versus tout le reste, etc)

Le phénomène d'attention sélective est vu comme un **premier mécanisme de sélection de l'action**, car il réduit le volume d'informations à être transformées en "action-related representations. »

attention

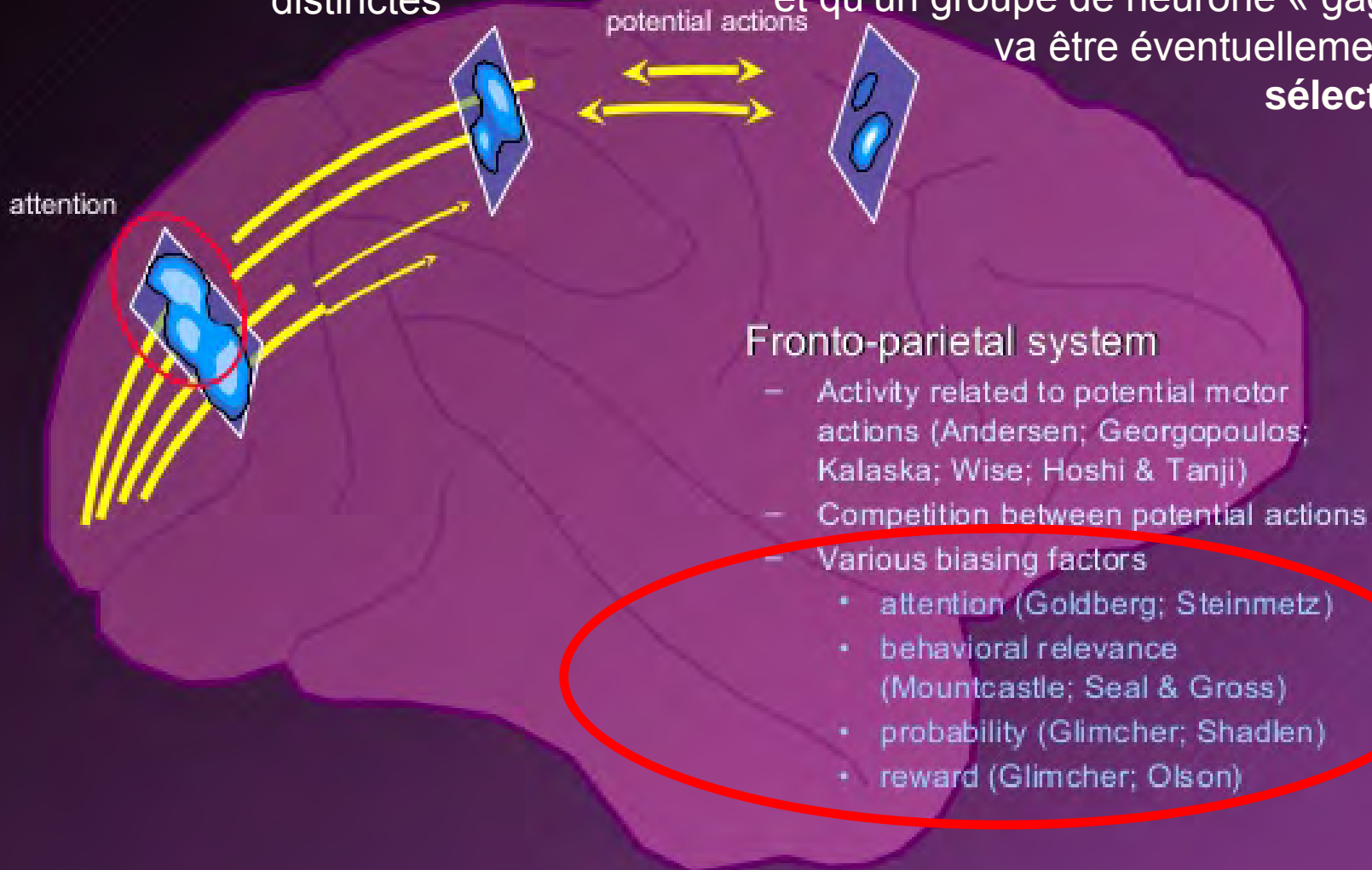


Specification in the dorsal visual stream

- Cells sensitive to spatial visual information (Ungerleider & Mishkin ...)
- Involved in *action guidance* (Milner & Goodale)
- Divergence into separate sub-streams, each specialized toward different kinds of actions (Stein; Andersen; Colby & Goldberg; Matelli & Luppino ...)
- An increasing influence of attentional effects, enhancing information from particular regions of interest (Duncan & Desimone; Posner & Gilbert; Treue; Boynton ...)
- Parietal representation of external world is "sparse" (Goldberg)

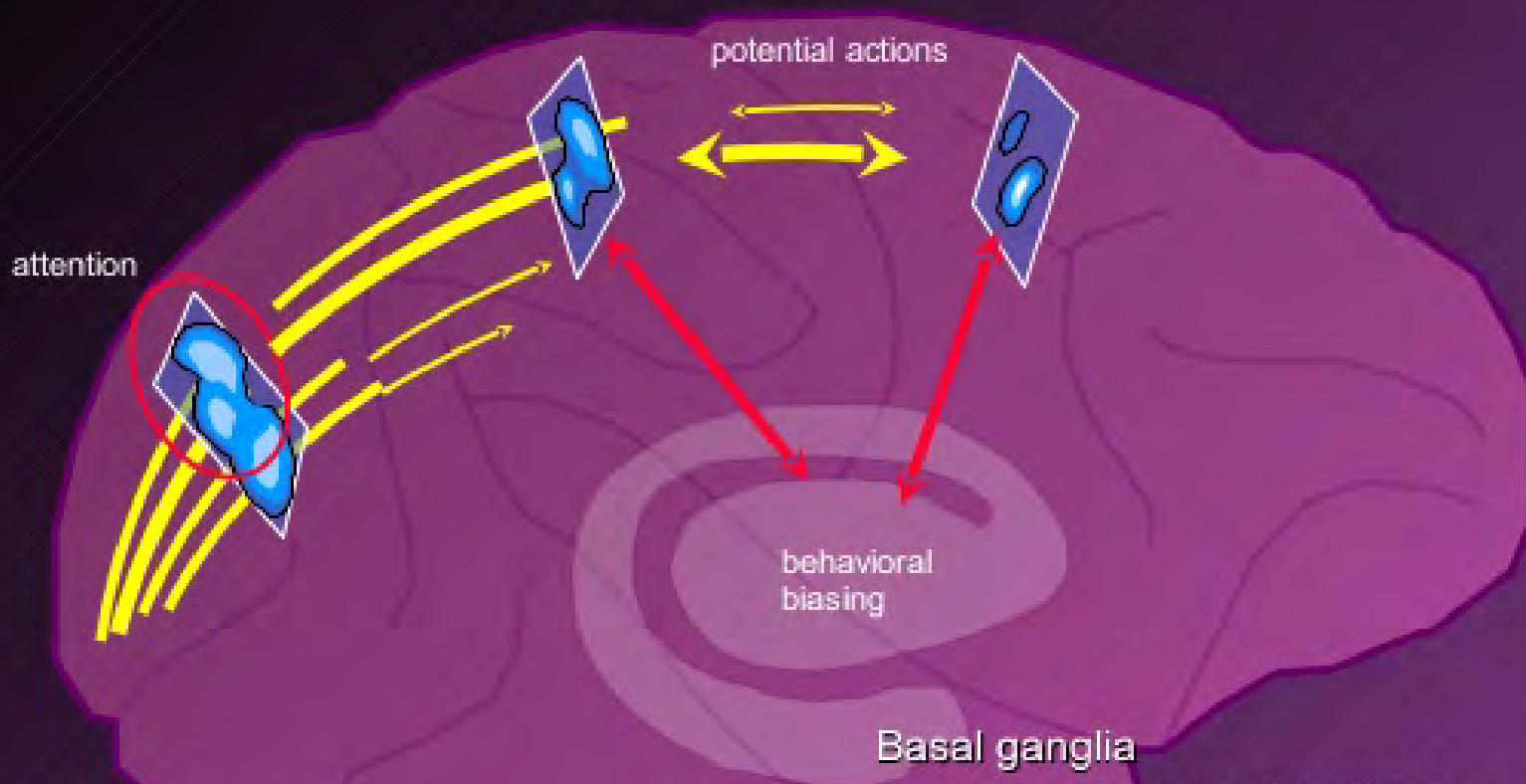
Cela va donc contribuer à **spécifier** des cartes distinctes

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



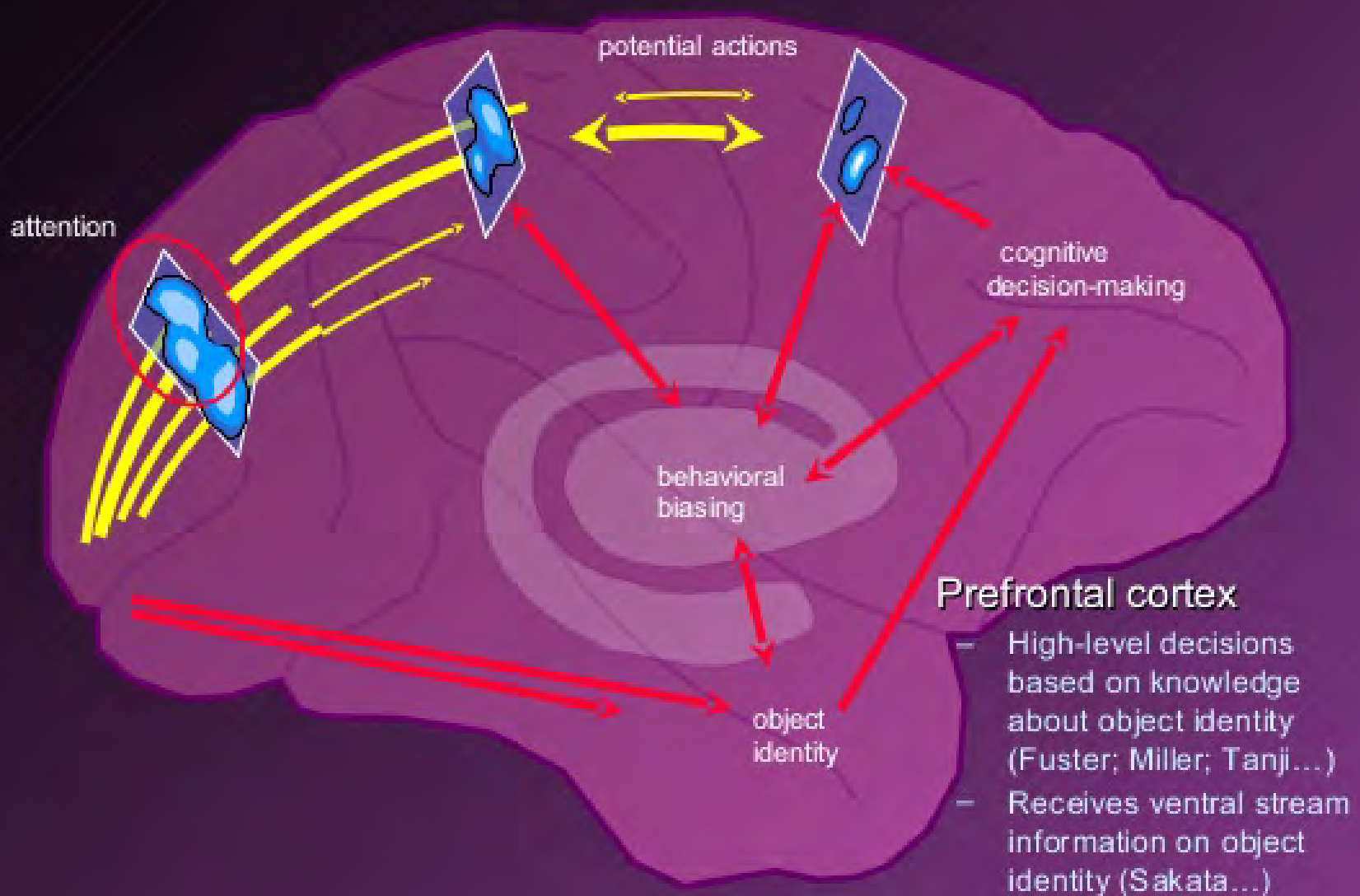
Fronto-parietal system

- Activity related to potential motor actions (Andersen; Georgopoulos; Kalaska; Wise; Hoshi & Tanji)
- Competition between potential actions
- Various biasing factors
 - attention (Goldberg; Steinmetz)
 - behavioral relevance (Mountcastle; Seal & Gross)
 - probability (Glimcher; Shadlen)
 - reward (Glimcher; Olson)

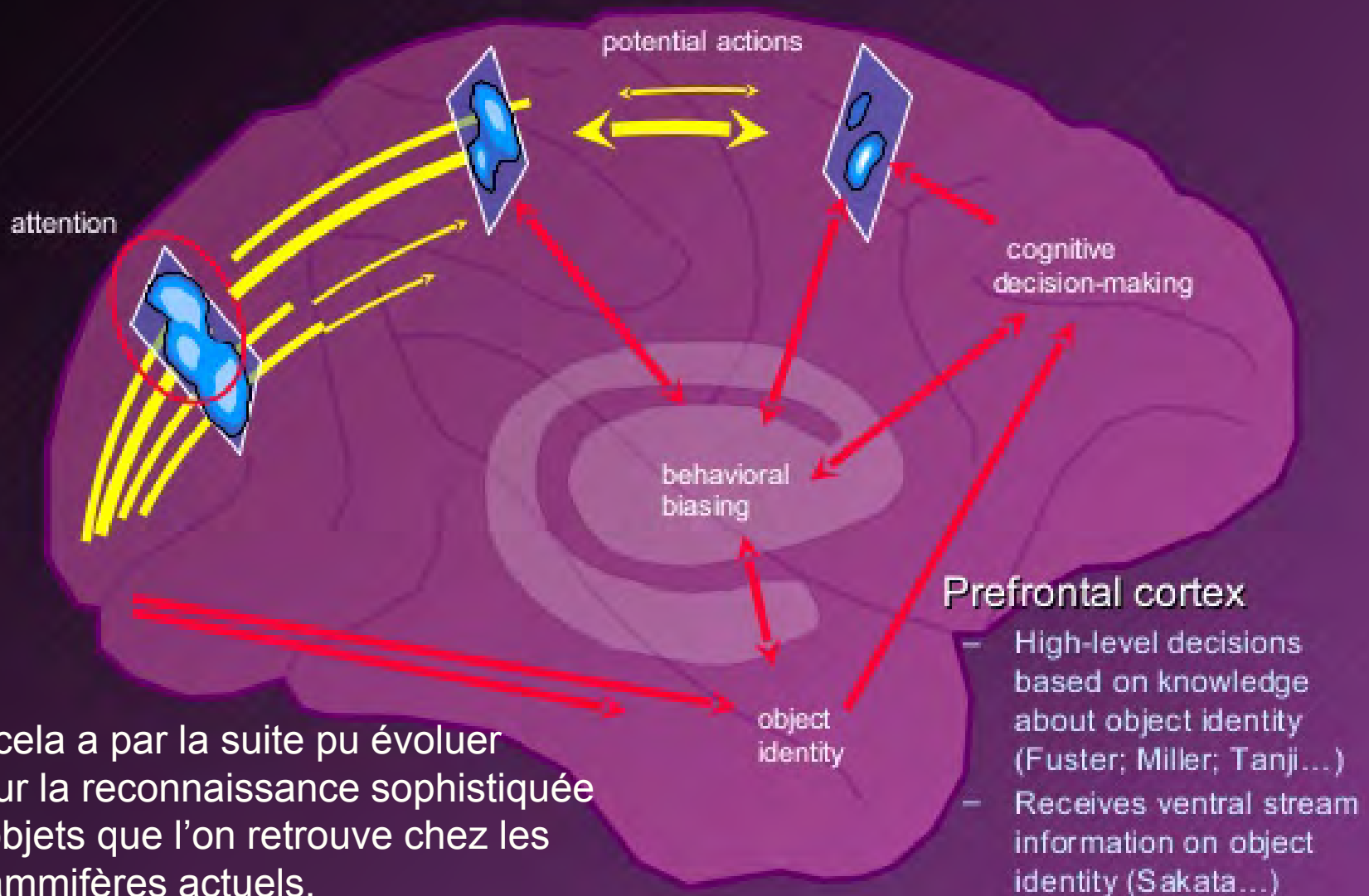


Basal ganglia

- Cortico-striatal-pallido-thalamo-cortical loops (Alexander; Middleton & Strick)
- Selection of actions from among alternatives (Mink; Redgrave et al.)
- Reward (Hikosaka; Schultz)

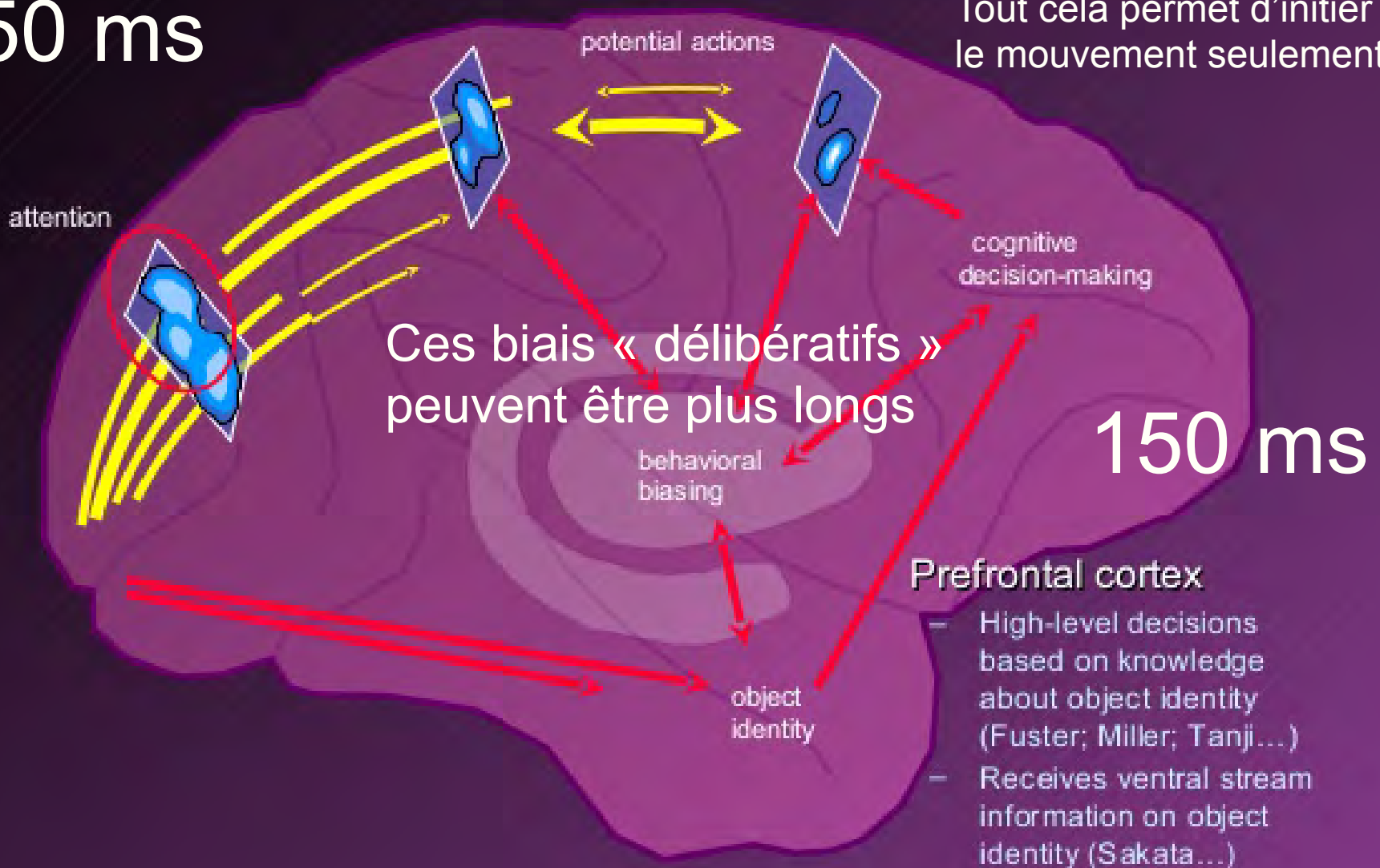


Un rôle primitif pour la voie ventrale a pu être la détection de combinaisons de stimuli pertinents pour la sélection d'actions dans un contexte comportemental particulier

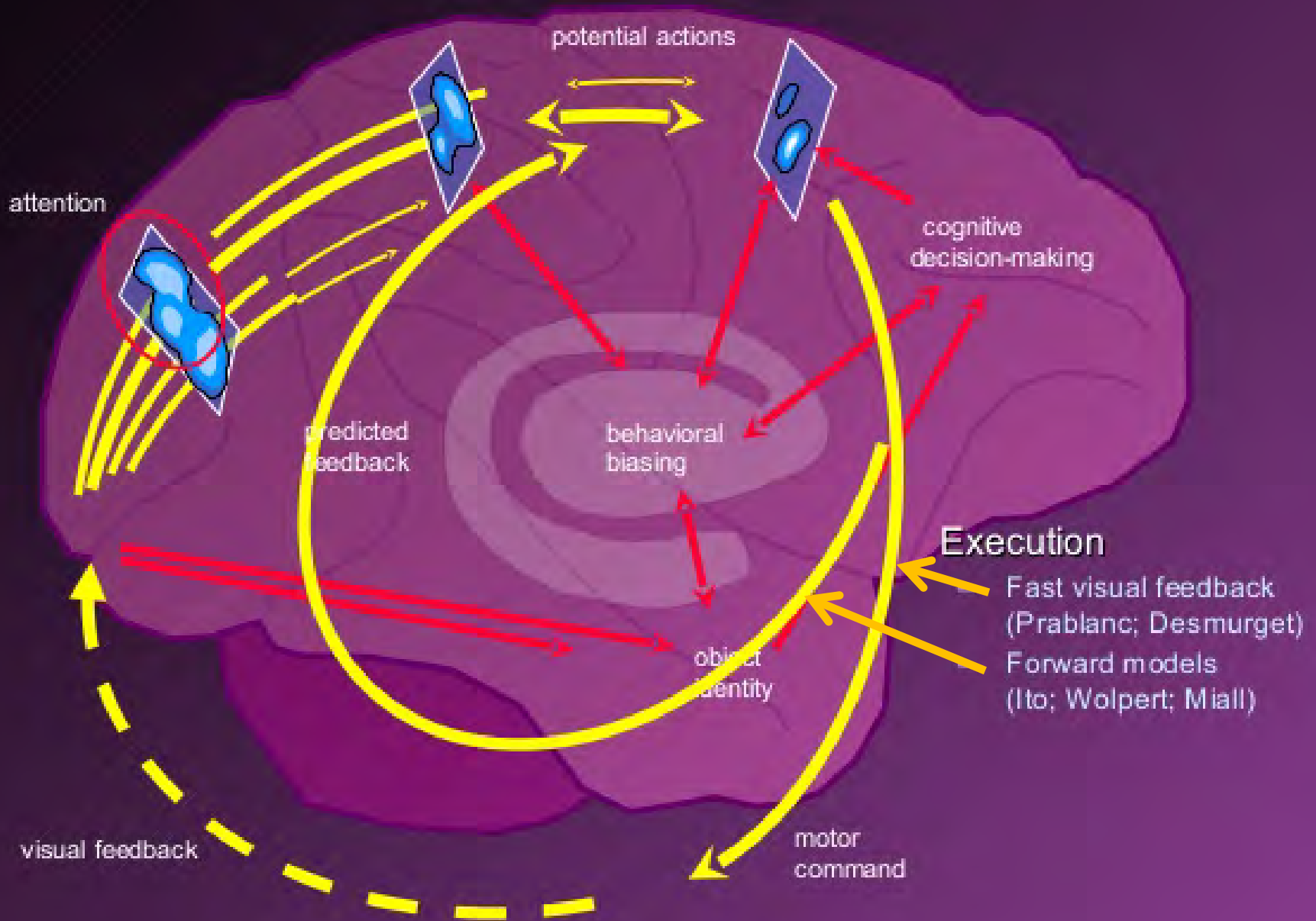


50 ms

Tout cela permet d'initier
le mouvement seulement...

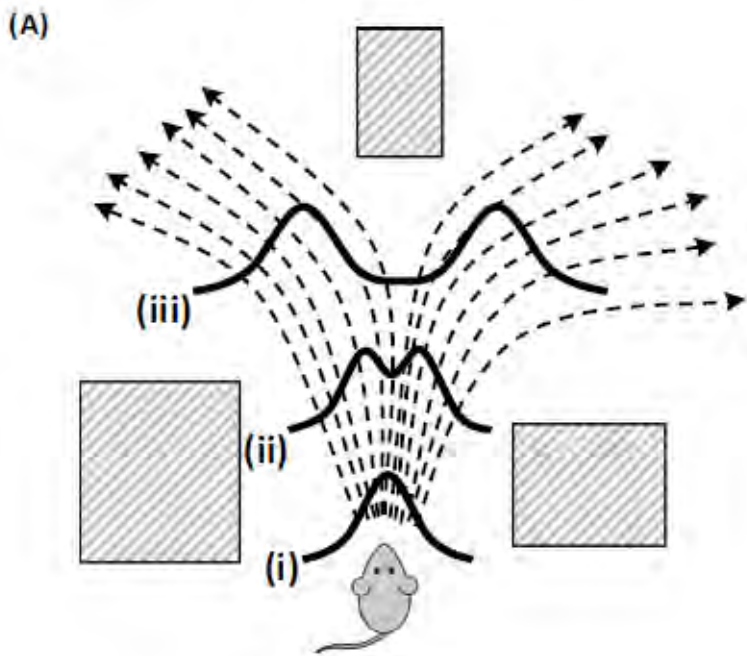


...car tout cela se passe en temps réel (le corps bouge, l'environnement aussi) et à tout moment on doit réévaluer notre action, la corriger, etc.

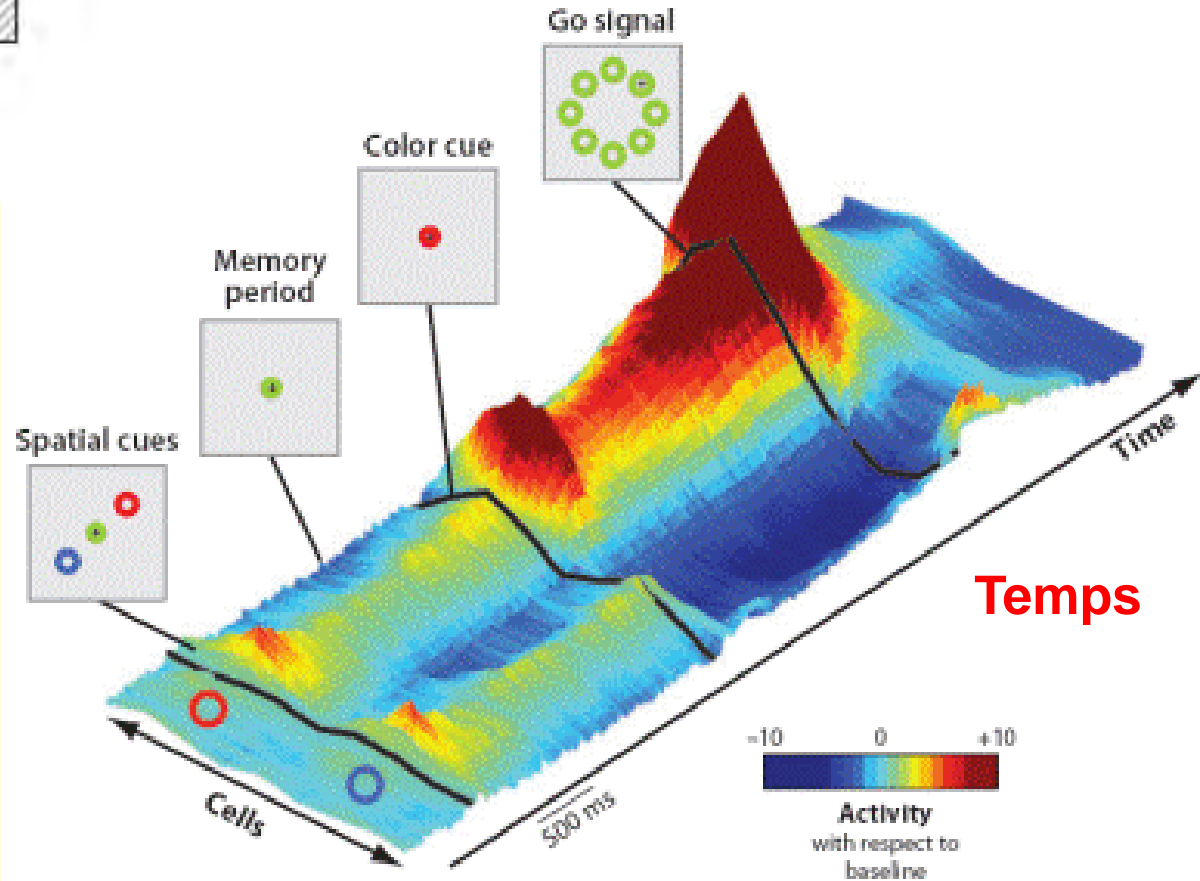


Par exemple, quand on marche dans une foule, à tout moment notre action définit ses prochaines options que notre cerveau va commencer à préparer en parallèle avant qu'une de celle-ci ne s'impose, soit sélectionnée, et débouche sur un geste concret.

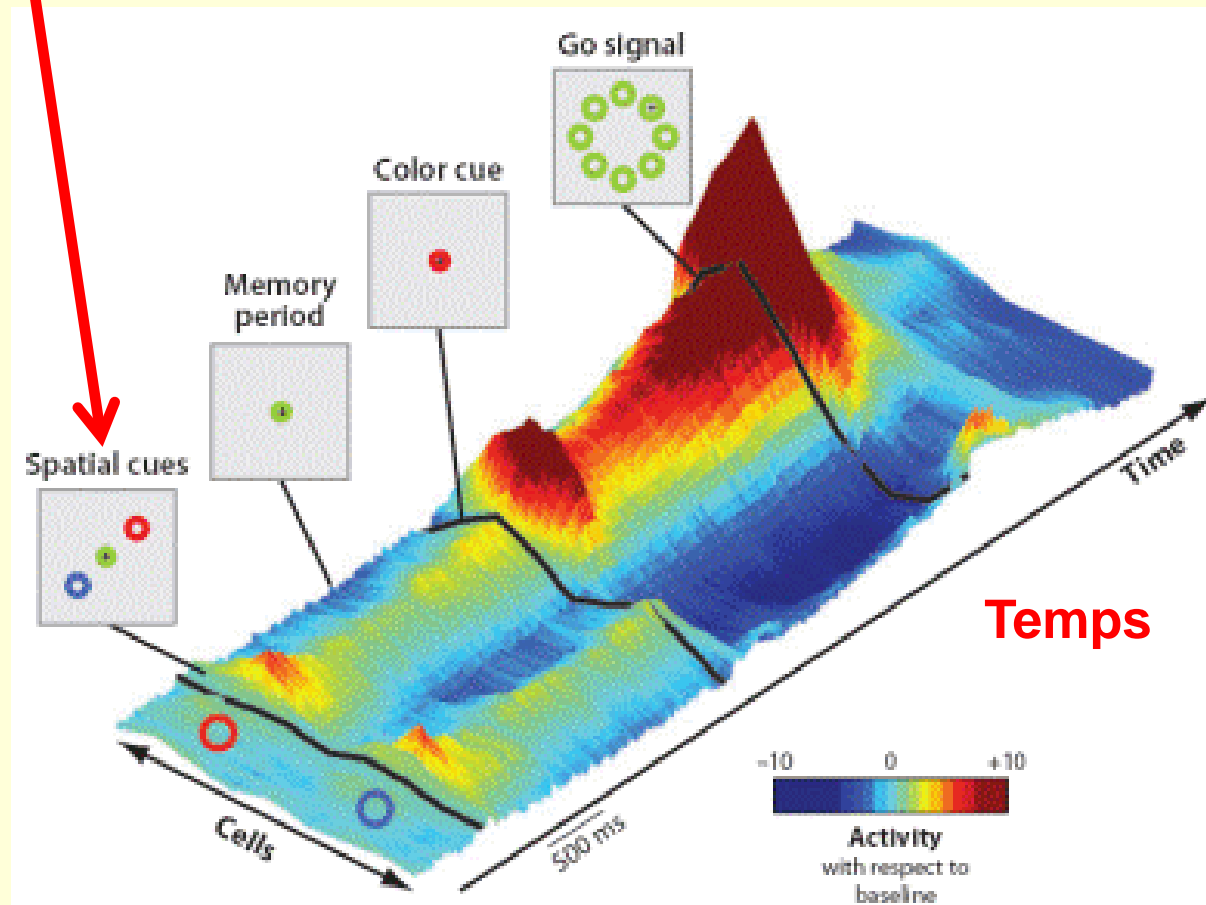




Niveau d'activité de deux populations de neurones

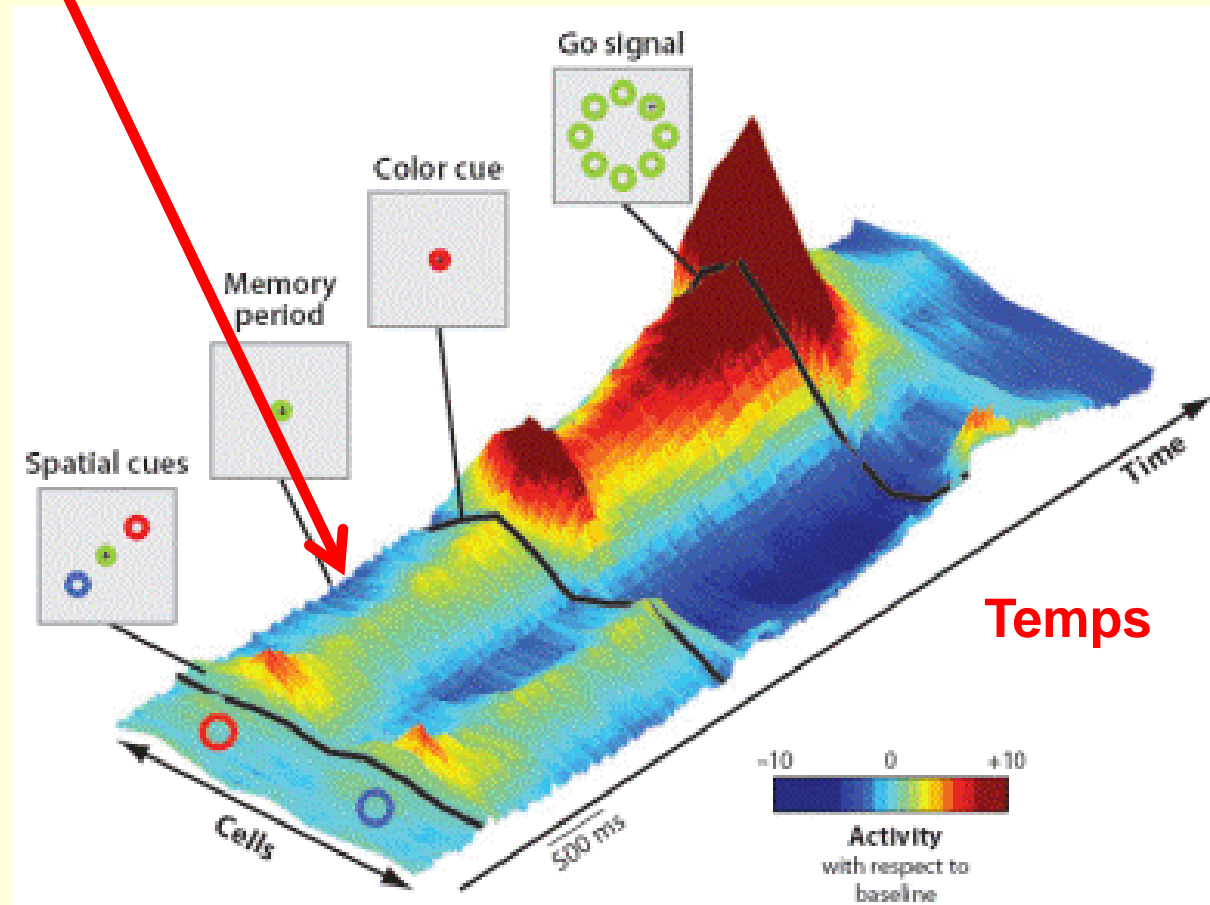


S'il y a par exemple deux choix possibles,



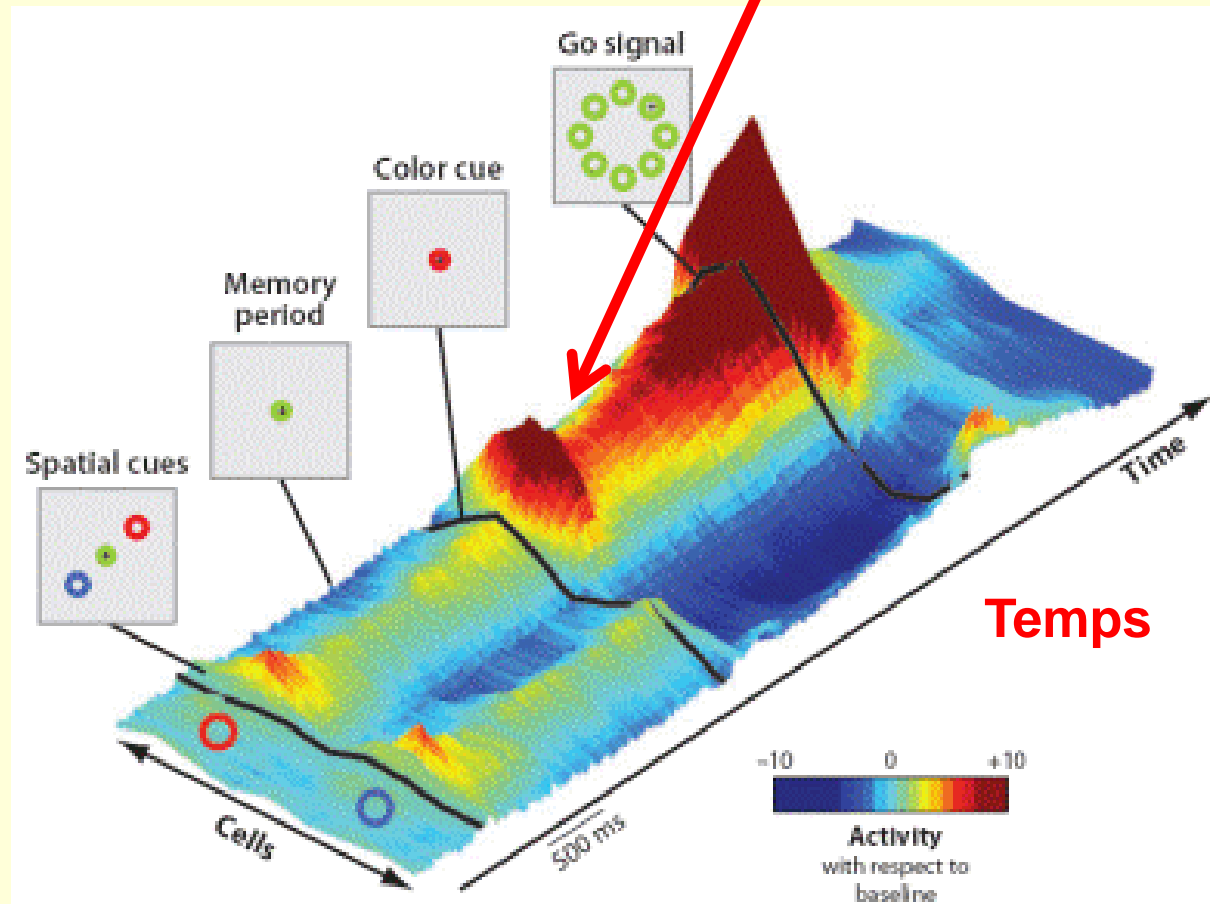
Niveau d'activité de deux populations de neurones

S'il y a par exemple deux choix possibles, on observe un recrutement d'activité neuronale dans deux populations de neurones différentes,



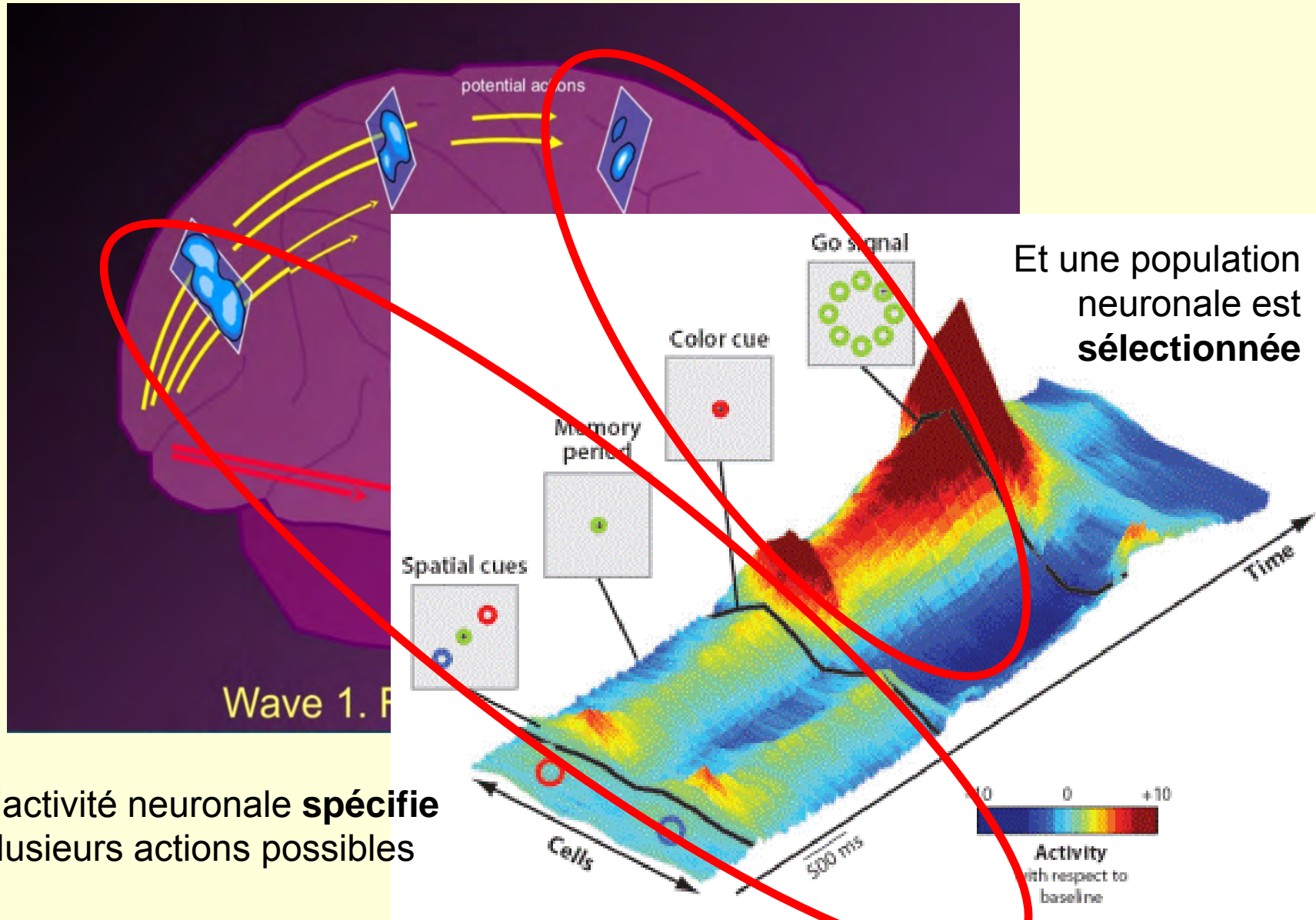
Niveau d'activité de deux populations de neurones

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.



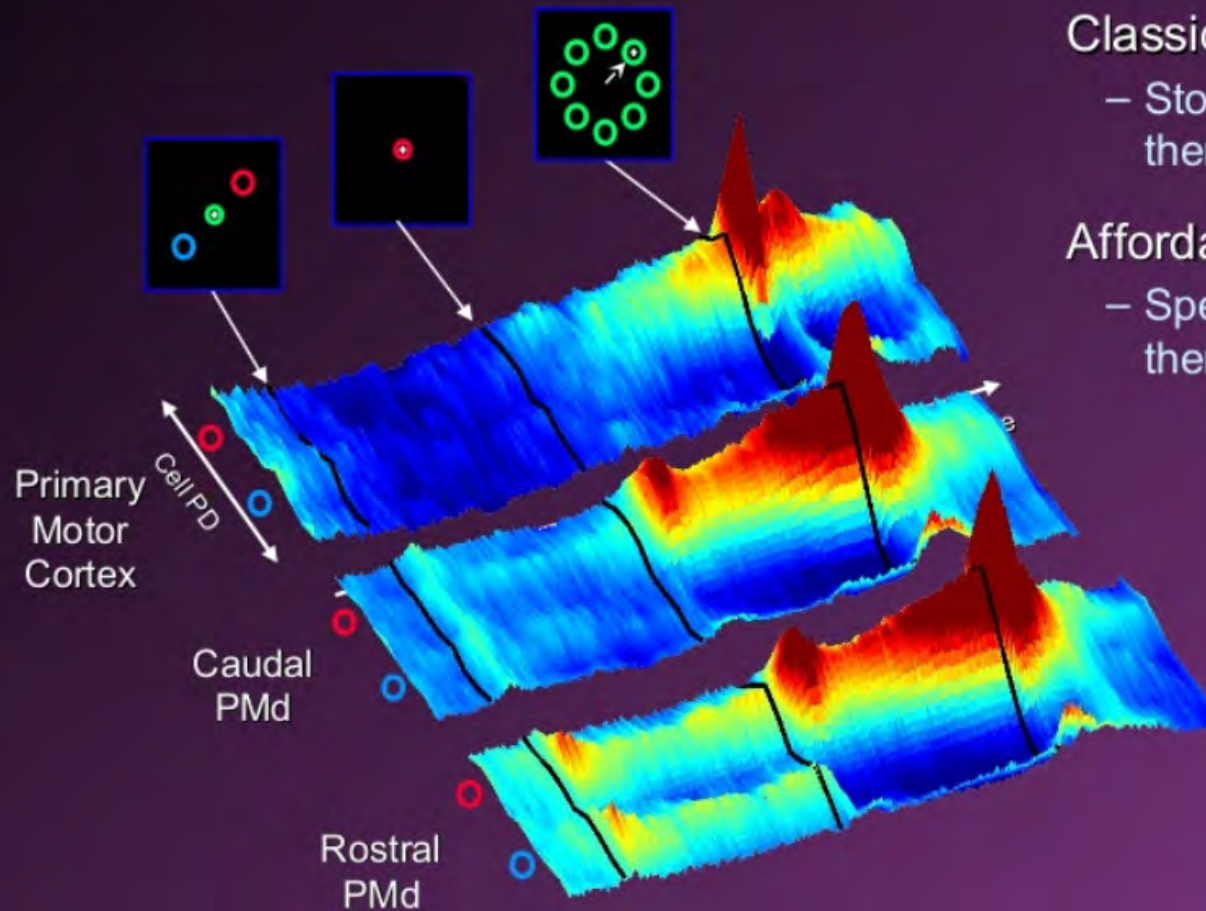
Niveau d'activité de deux populations de neurones

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.



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

Neural activity specifies multiple actions



Classic model:

- Store information, decide, then plan one action

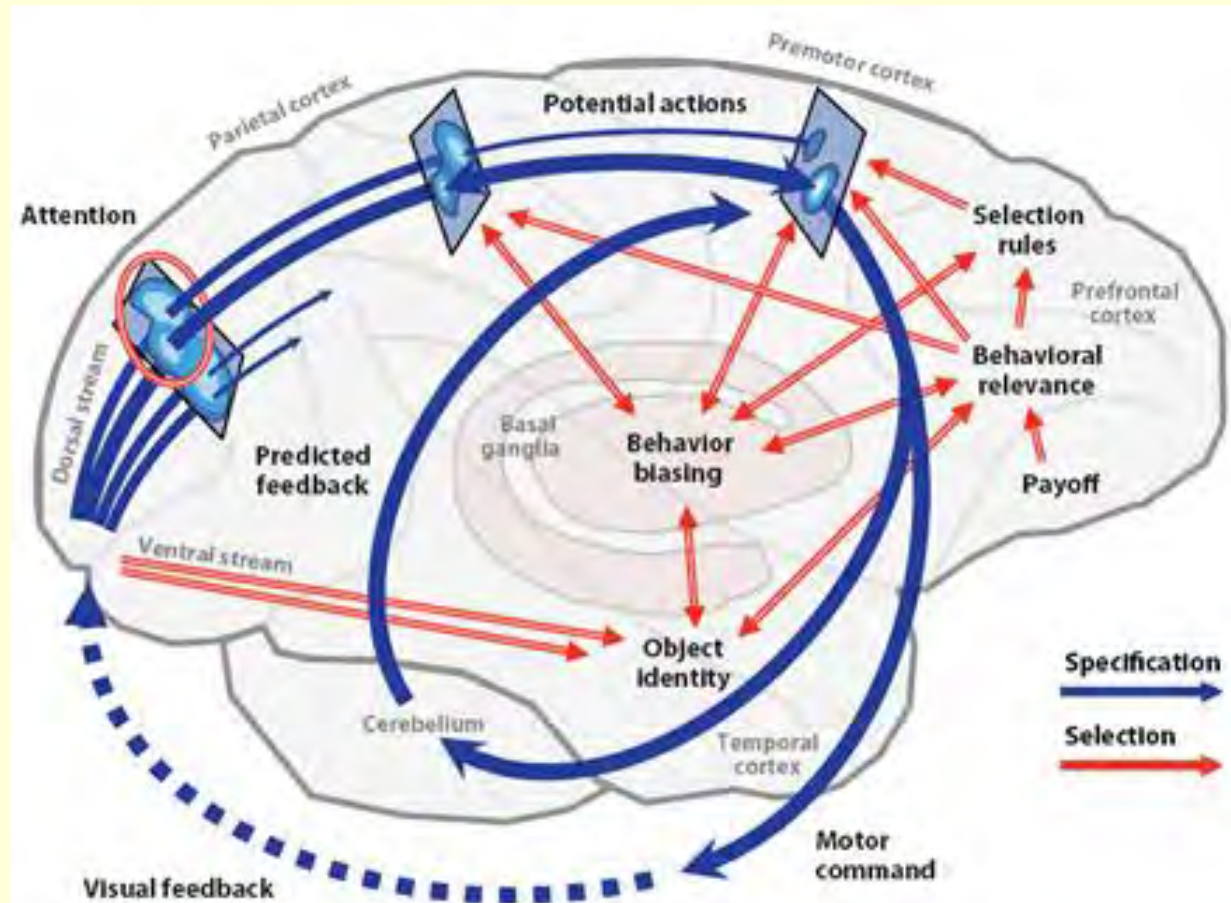
Affordance competition:

- Specify both actions, then select one

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**.





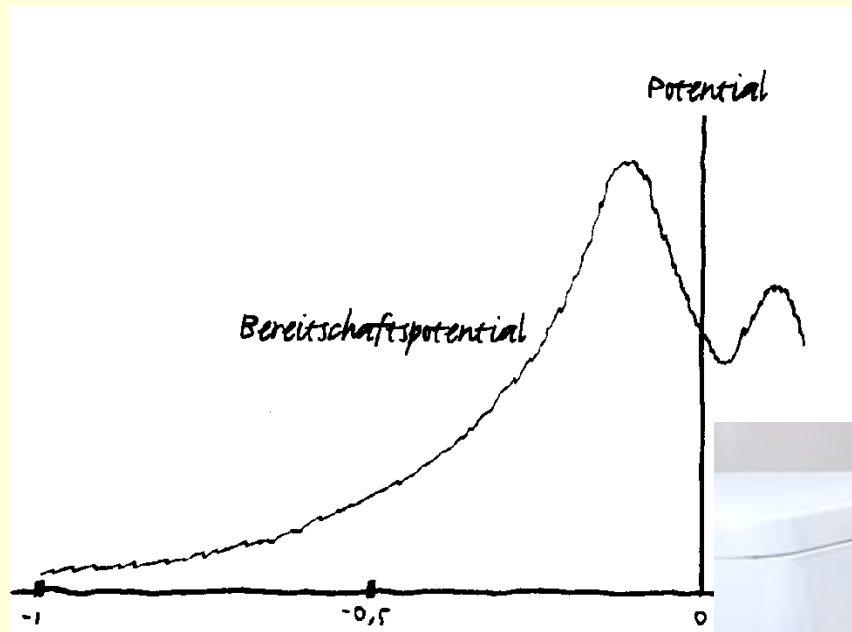
L'expérience de Libet (et ses répliques)

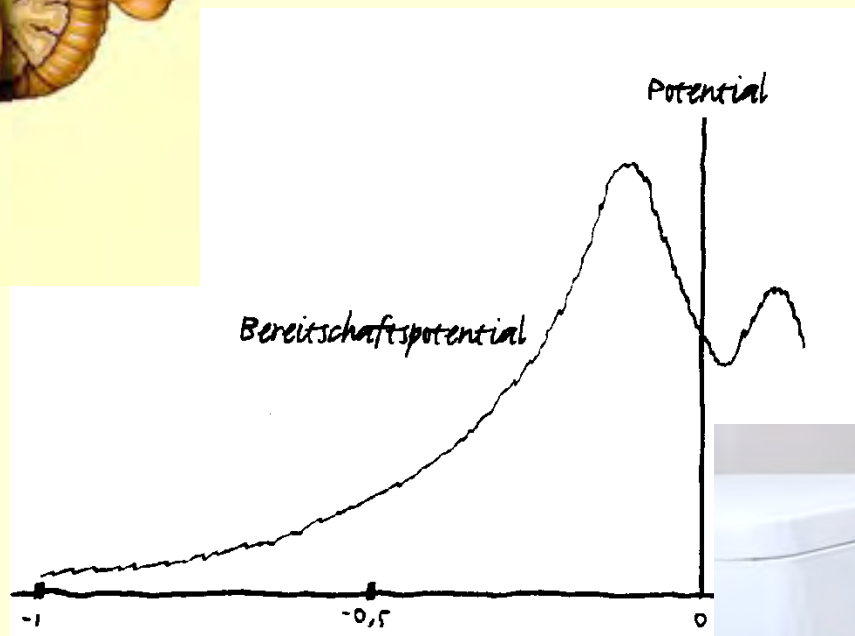
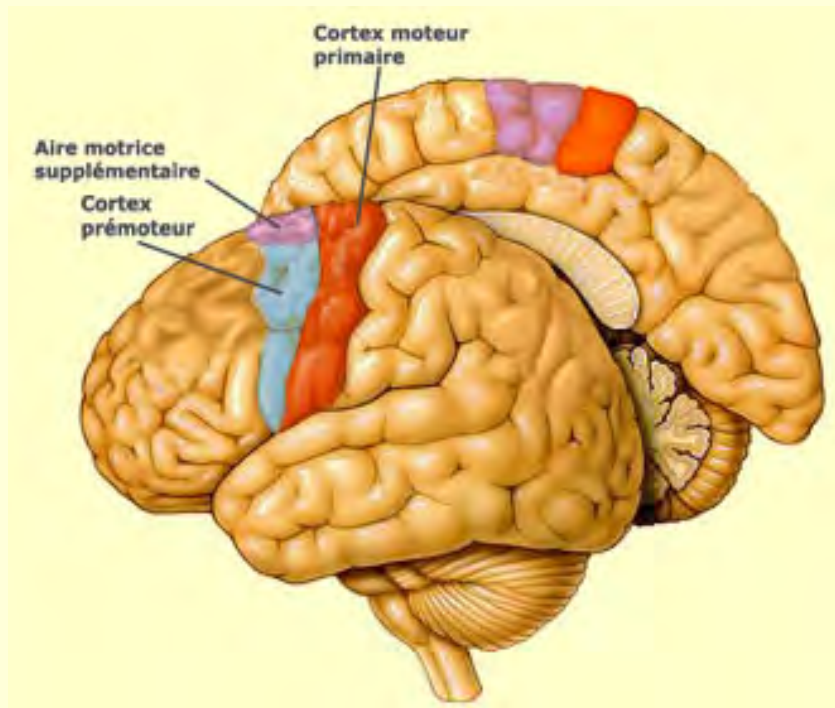
(l'une des plus controversée de l'histoire des neurosciences)

Depuis les années 1960, on a constaté sur les tracés d'EEG que...



...toute action motrice volontaire est précédée d'une **déflexion** du tracé de l'EEG un peu **moins d'une seconde avant** toute action.





On appelle cette déflexion le « potentiel évoqué primaire ».



Dans les années 1980, **Benjamin Libet** va se demander :

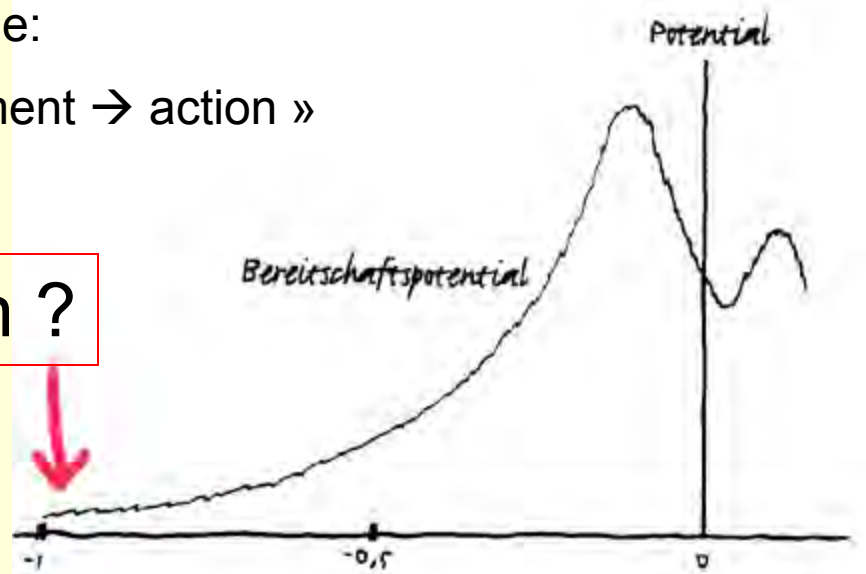
« Si c'est bien la décision consciente qui initie l'action,

alors cette décision devrait survenir avant, ou au pire, en même temps que le début du « potentiel évoqué primaire » .

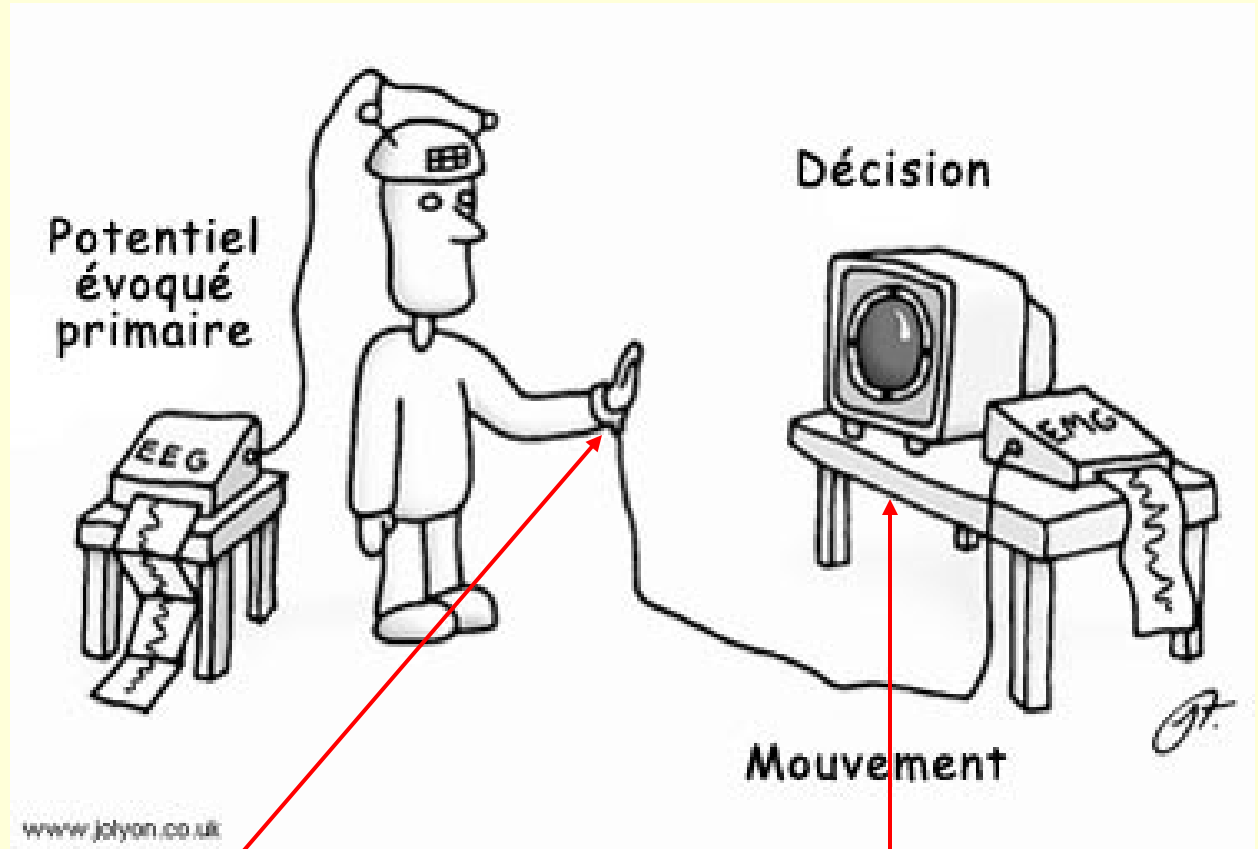
Car on est dans l'ancien schéma classique:

« décision → préparation du bon mouvement → action »

Décision ?



Son expérience :

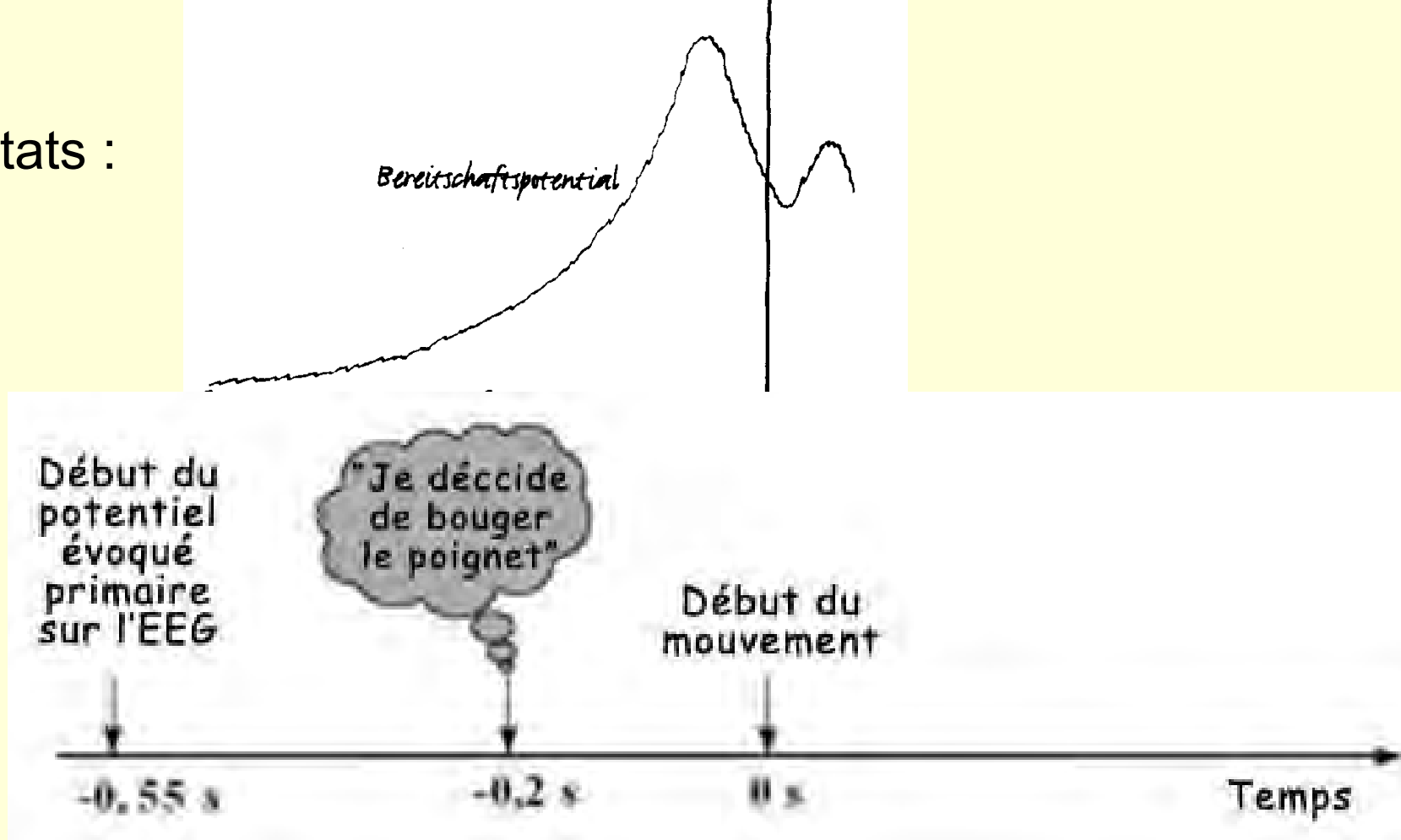


Le sujet devait **fléchir** son poignet
au moment de son choix

tout en notant **à quel moment il décidait
de faire le mouvement**

en retenant la position d'un point lumineux
qui tournait sur un cadran devant lui.

Résultats :



1-

Potentiel
550 ms
avant
l'action.

2-

Décision
350 ms
APRÈS !

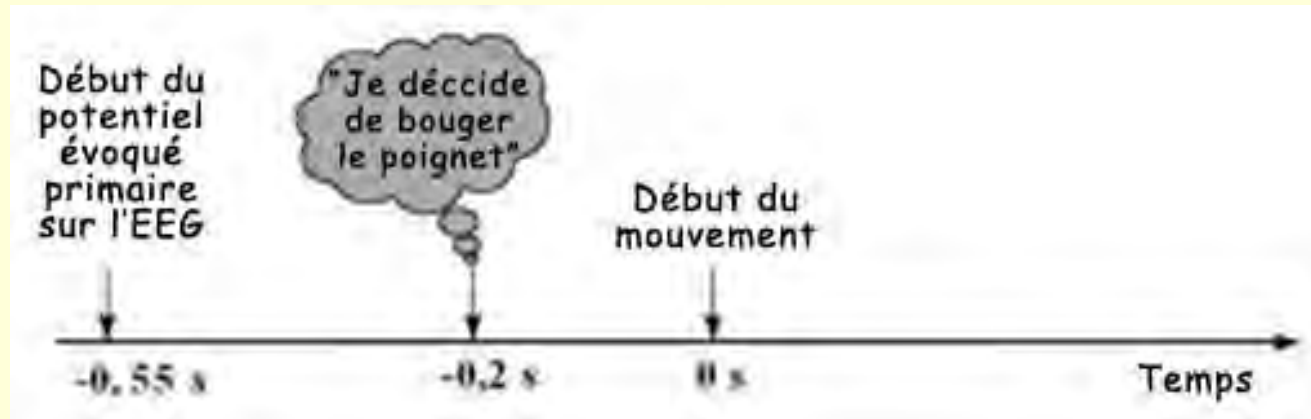
3-

Action.

Conclusion :

La conscience volontaire semble arriver **trop tard** pour être à l'origine de l'action.

Décision
350 ms
APRÈS !



Le sentiment de décider de faire un mouvement volontaire serait une forme d'illusion qui vient **après** une activité nerveuse qui a déjà amorcé le travail à notre insu. (= mystère à l'époque !)

L'expérience de Libet a été **reprise** de diverses façons avec les outils dont on dispose aujourd'hui, comme l'imagerie cérébrale.

Et les résultats obtenus sont similaires.

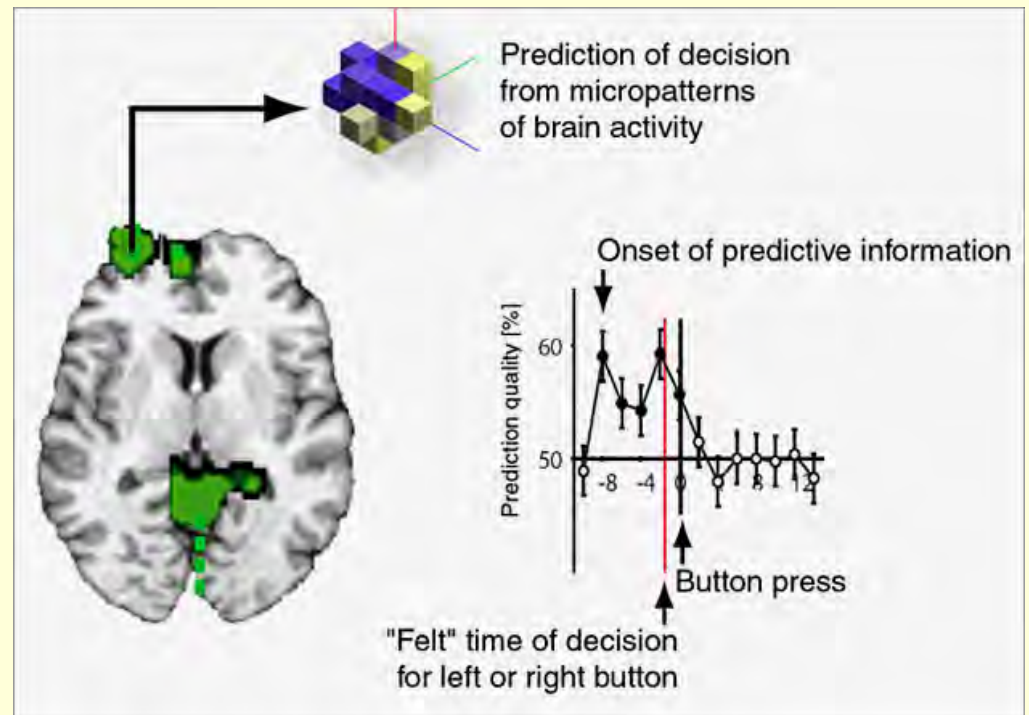
Le cerveau prépare une action plusieurs centaines de millisecondes AVANT que l'on en ait conscience.

3 exemples...

- **John-Dylan Haynes** (avril 2008) :

Décision entre presser un bouton de droite ou de gauche.

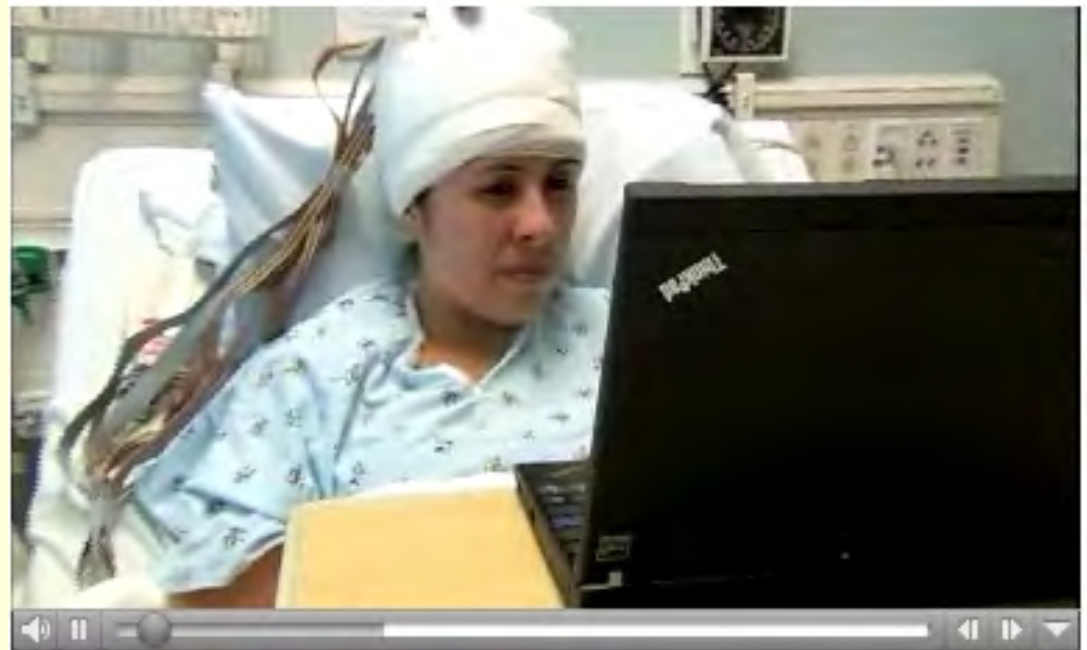
Prédiction : **6 sec** avant le choix du sujet.



- **Itzhak Fried** (février 2011) :

Électrodes implantées directement dans le cerveau :
neurones isolés (très précis).

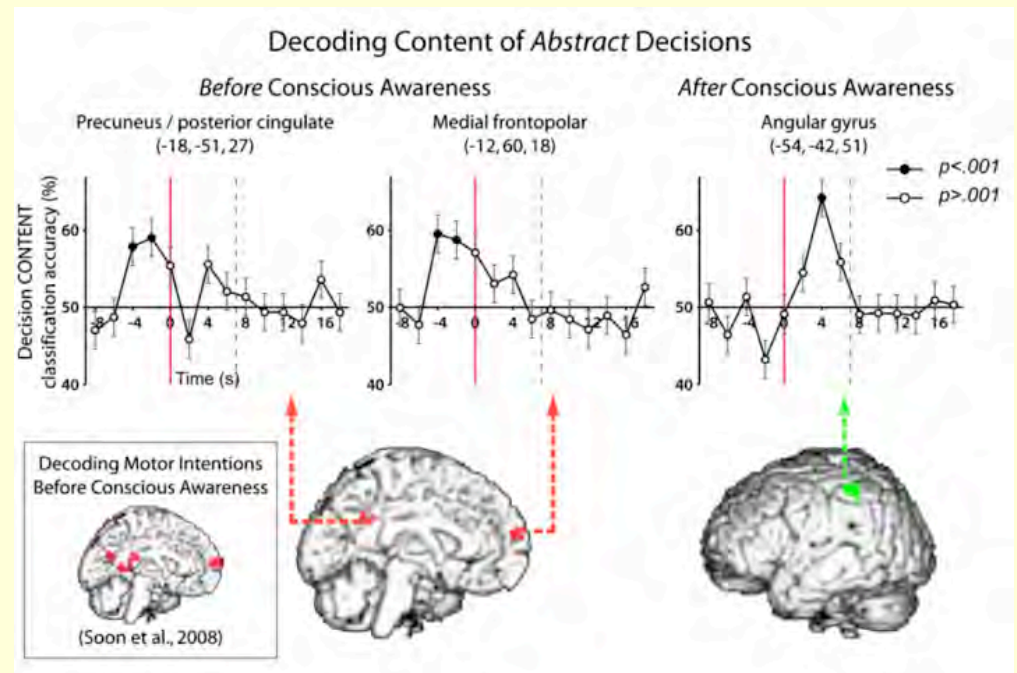
700 millisecondes avant l'action, Fried pouvait en
prédire l'avènement (80% de succès).



- **Chun Siong Soon** (février 2013) :
(avec John-Dylan Haynes)

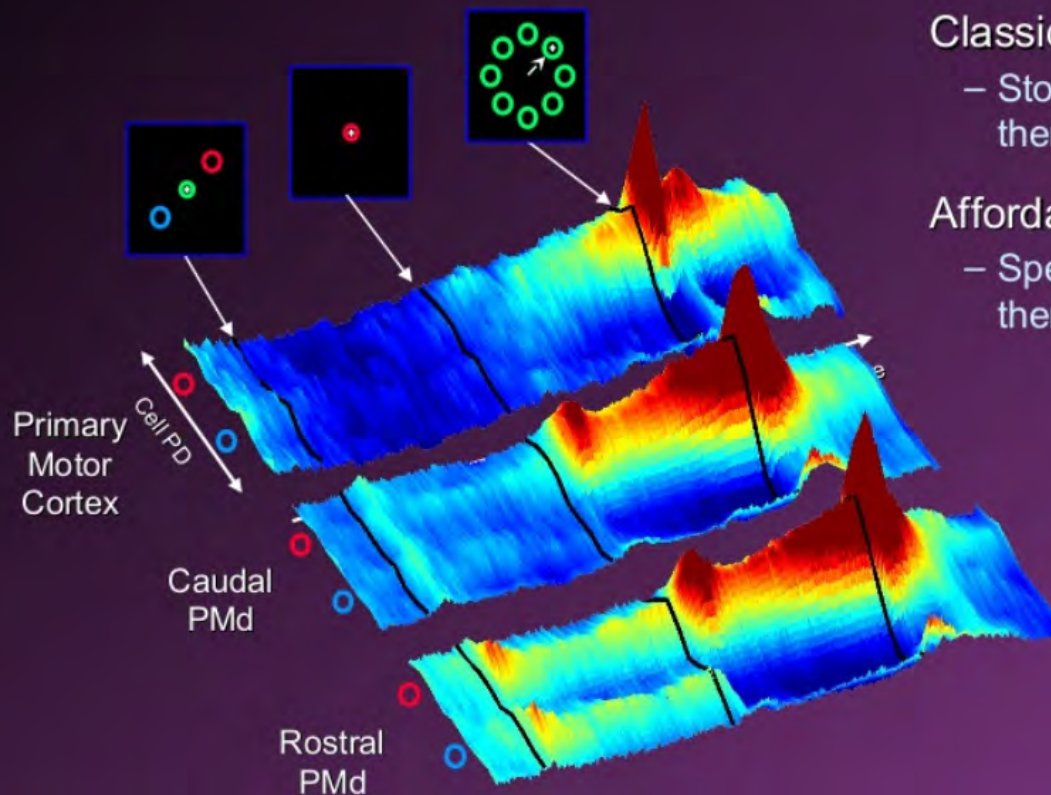
Les décisions concernent la pensée plus **abstraite** :
choisir entre additionner ou soustraire deux nombres.

Prédiction de **4 secondes** avant le moment où la
personne pense avoir pris sa décision de façon
consciente avec un taux de réussite de 60%



Avec le « tournant pragmatique », l'expérience de Libet perd son mystère !

Neural activity specifies multiple actions



Classic model:

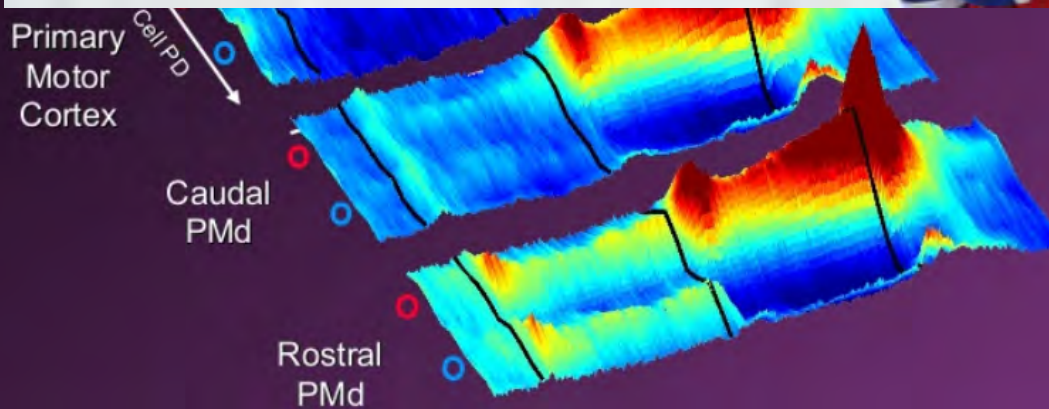
- Store information, decide, then plan one action

Affordance competition:

- Specify both actions, then select one



« Tir sur réception »

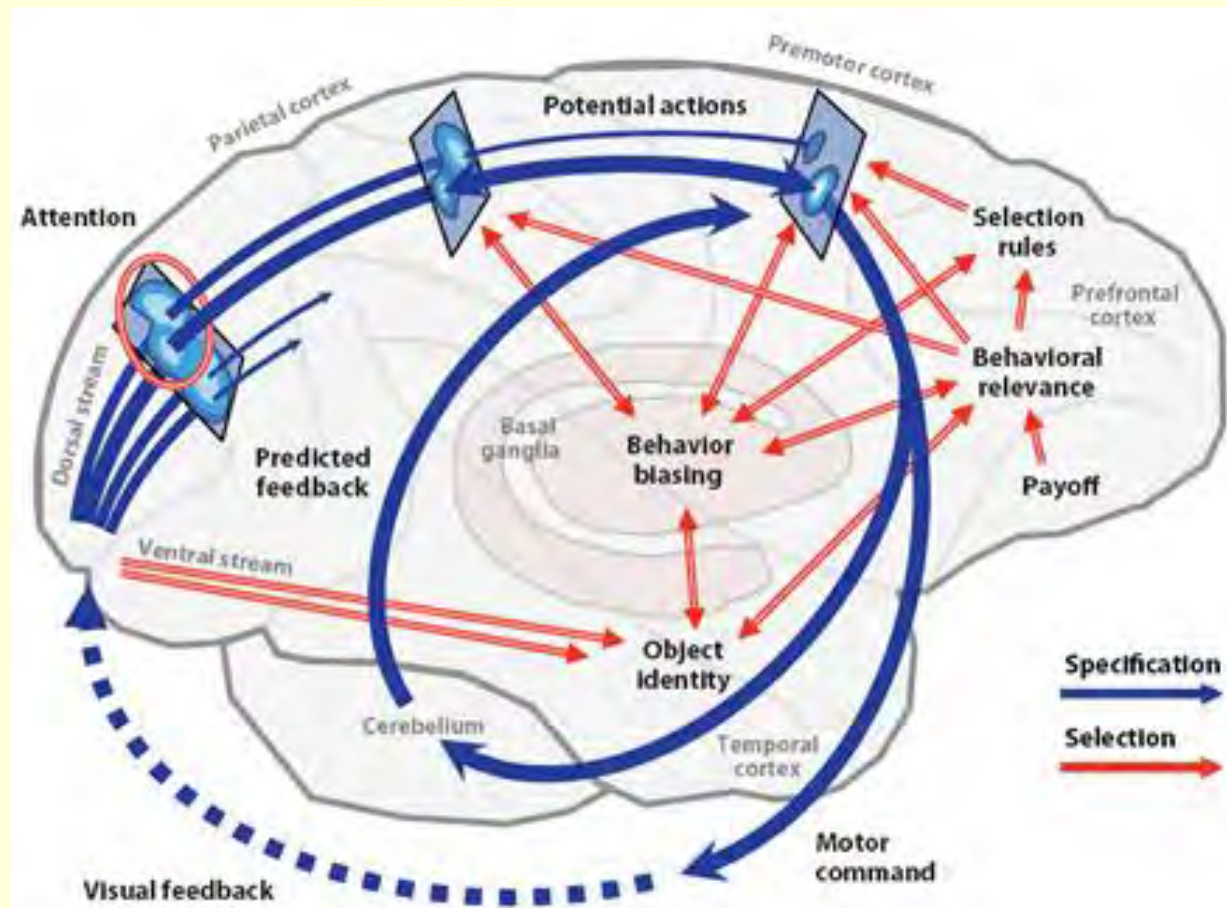


Cisek & Kalaska

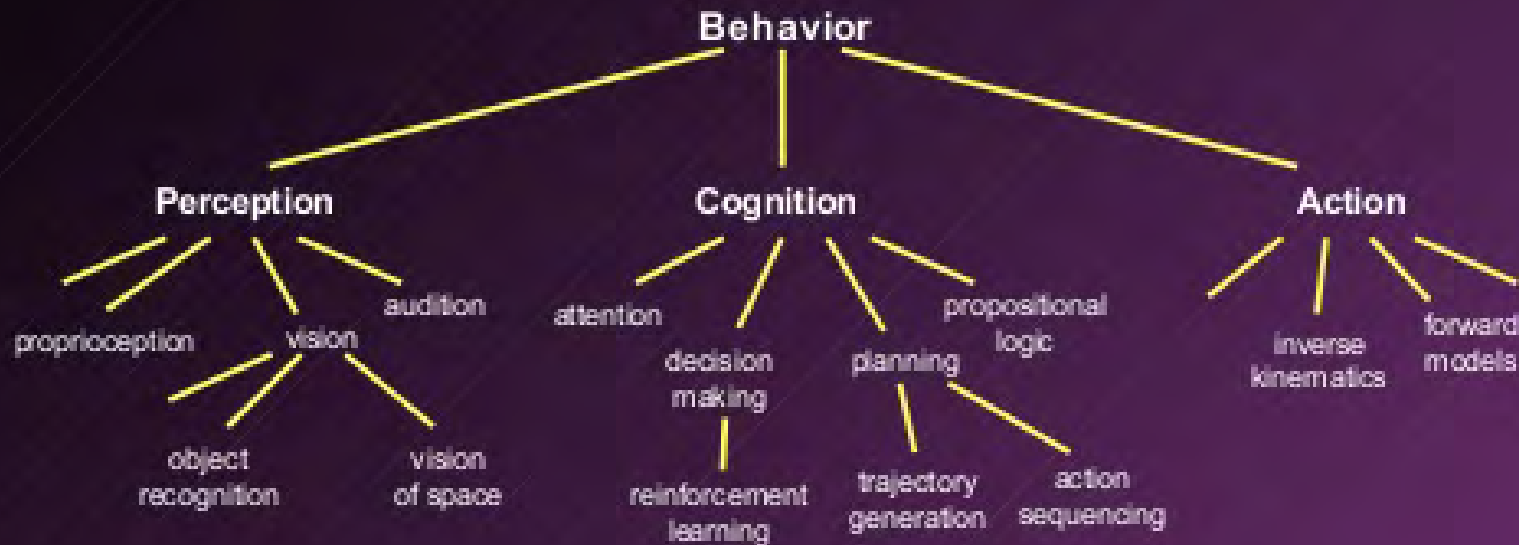


« Affordance competition hypothesis », en résumé :

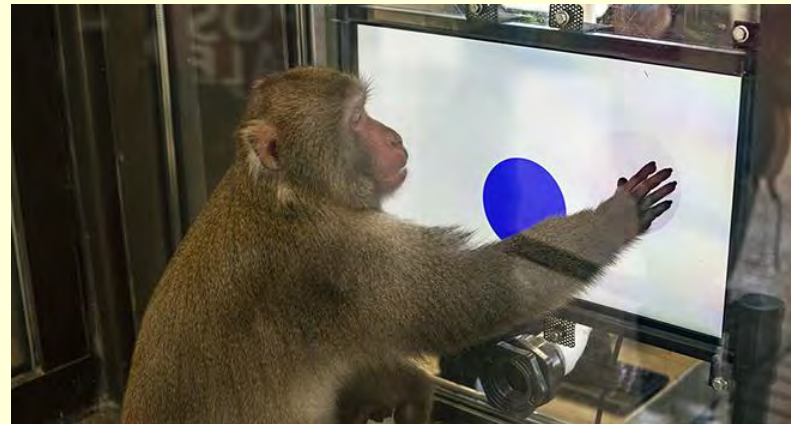
- Spécifications continues d'actions potentiellement disponibles
- Compétition entre des représentations d'actions potentielles dans les régions fronto-pariétales
- Biais des régions frontales et des ganglions de la base
- Les décisions sont prises à travers un « consensus distribué »
- Et bien sûr tout cela se passe en temps réel...



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

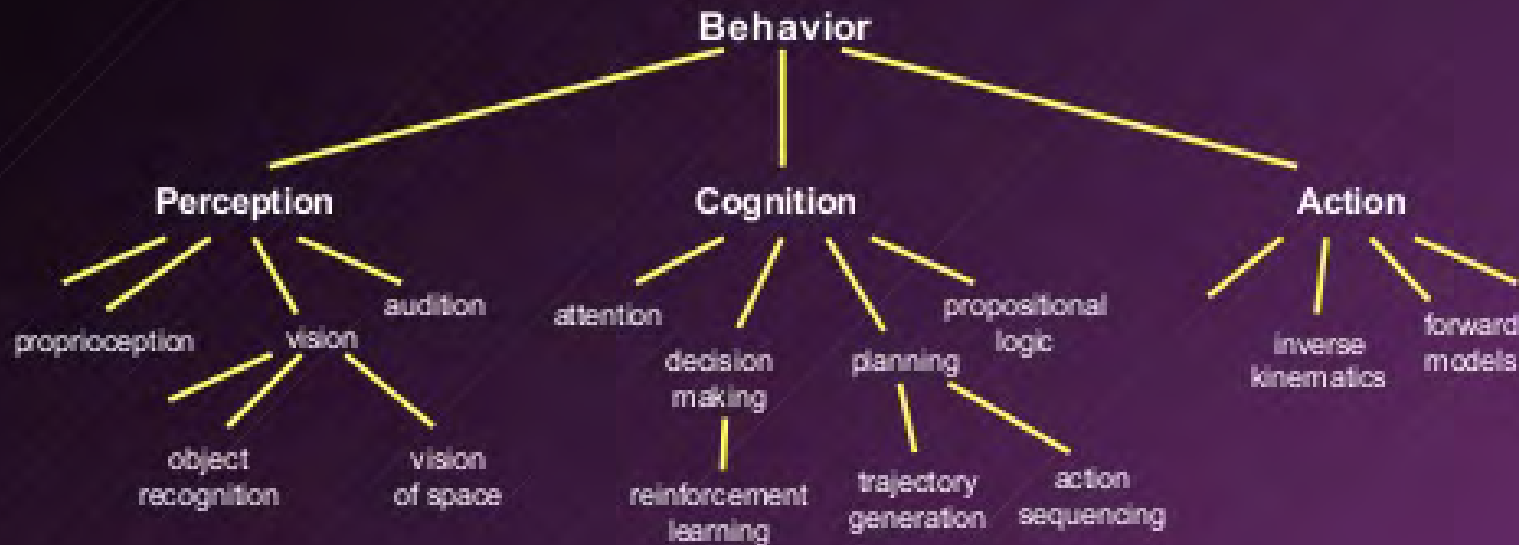


Et le problème c'est que bien souvent les tâches en laboratoire sont conçues en fonction de ce schéma... (qui fragmente le temps en différents essais, empêchent la rétroaction de l'action effectuée sur la suite, etc.)

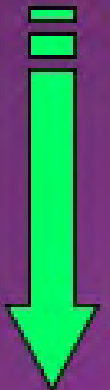
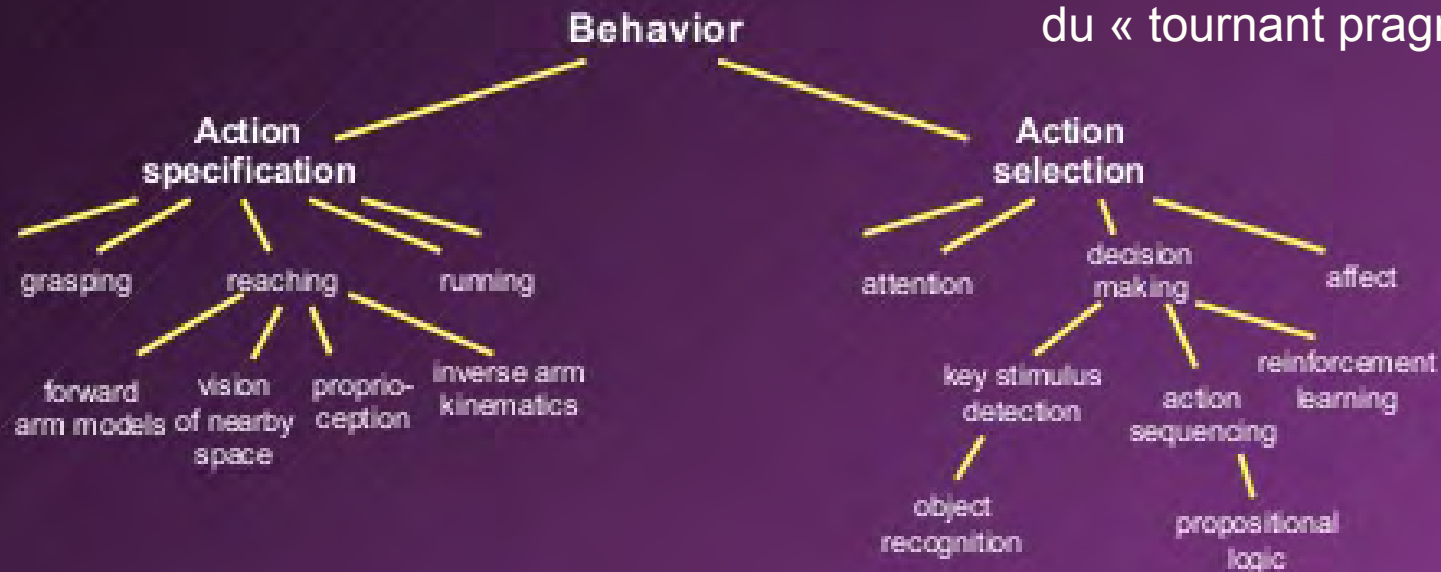


...et non en fonction de processus en temps réel.

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



et ensuite celle qui découle du « tournant pragmatique »



Cela suggère qu'une bonne part de l'activité neuronale dans le cortex cérébral peut être interprétée de la perspective d'une compétition entre des mouvements potentiels plus naturellement qu'en termes des distinctions traditionnelles entre perception, cognition et action (Cisek 2001).

Cela ne veut pas dire que les distinctions entre des processus perceptuel, cognitifs et moteurs doivent être complètement abandonnées (elles peuvent être appropriées pour interpréter ce qui se passe dans les régions sensorielles et motrices primaires), mais seulement que d'autres distinctions conceptuelles pourraient être plus appropriées pour comprendre ce qui se passe dans l'ensemble du cerveau.

Tout à fait compatible avec ce qu'écrit Michale Anderson dans After Phrenology :

Part II of the book (Bodies)

What emerges in the course of these chapters is that the brain is best understood as first and foremost an action controller responsible for managing the values of salient organism-environment relationships.

I argue that the multidimensional neural dispositions developed in part I should be understood as the brain 's differential propensities to influence the organism 's response to the various features or affordances in its environment.

brain like ours, where each region is involved in multiple tasks and coherent function is a matter of establishing the appropriate neural partnerships, the multiple activation patterns elicited in complex situations naturally compete, and the dominant pattern determines the shape of our interaction with the environment. Our brains are architecturally oriented to action selection.

[...] The alternative “ control metaphor ” being developed here may now be stated explicitly: the function of the brain is to exert control over the organism's state within its environment . (Cisek 1999, pp. 8 – 9)

Éléments de :

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



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).

Parce que la pomme est plus désirable pour le singe, cette affordance possible peut être mise en relation avec la situation actuelle par l'entremise de **biais "top down" qui vont favoriser la sélection de l'action de marcher sur la branche** au détriment de celle de cueillir les petits fruits.

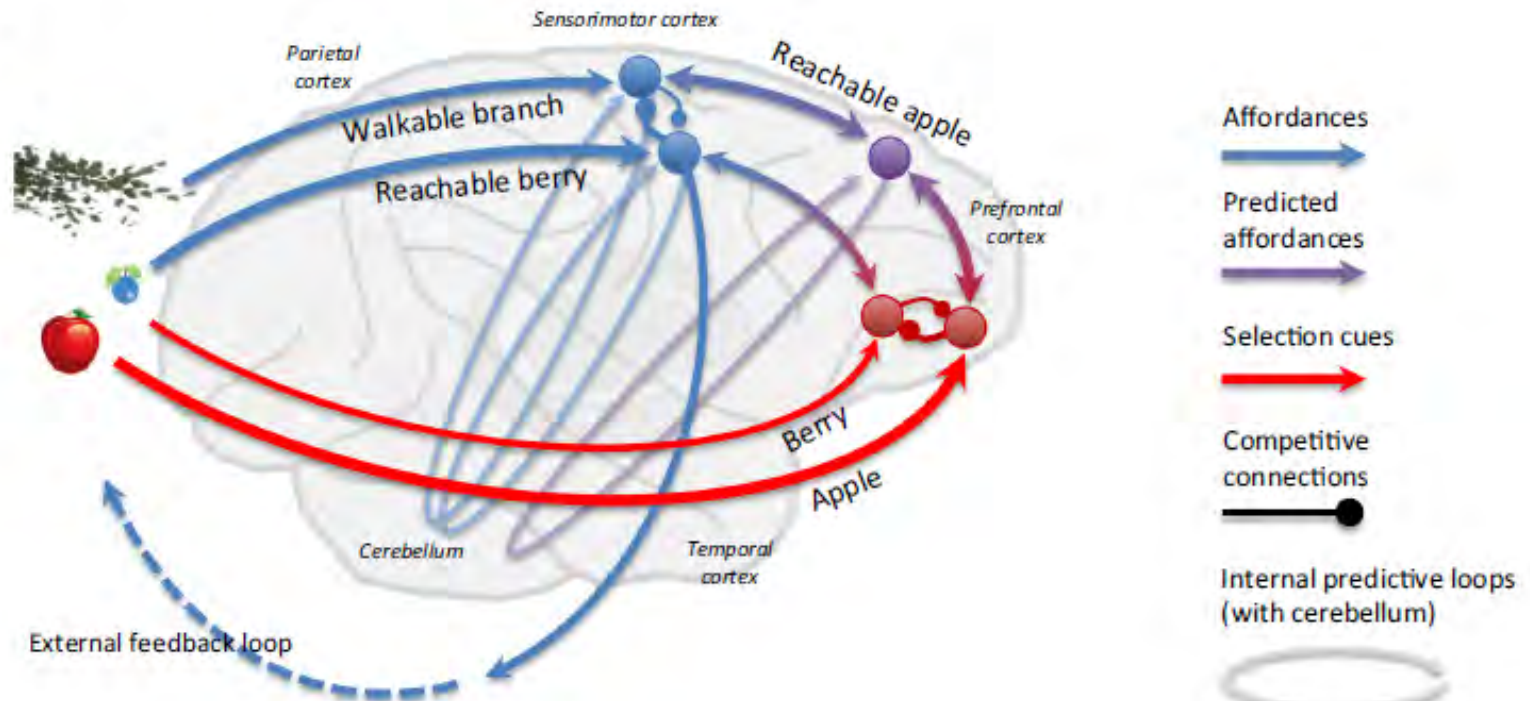
Cependant, malgré ce biais initial “top down” en faveur de la pomme, des contraintes locales peuvent amener la compétition dans les couches **plus “bottom”** à être gagnée par un plan moteur plus économe et/ou moins risqué

(par exemple, si l’animal est fatigué ou si la branche est glissante)

(B)



(c)



Notion de sélection « multi-niveaux » :

“Here, we discuss **how these models can be extended beyond simple sensorimotor behavior to address the domain of intentional action and higher cognitive skills**, while retaining important principles of feedback control at their core.”

- Pezzulo & Cisek

Notion de sélection « multi-niveaux » :

- Au plus haut niveau, on sélectionne les **buts**
- Au niveau bas, on sélectionne des **affordances disponibles**
- Au niveaux intermédiaires, on sélectionne des **affordances prédites**

Et on fait ça par étape pour **réduire la combinatoire.**

Ex.: Dans un premier temps, aller à l'épicerie,
puis sélectionner l'allée des soupes,
et finalement choisir ma sorte de soupe...

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**.

La proposition clé qui permet de franchir ce pas est de reconnaître la capacité du cerveau à prédire les conséquences d'actions lui permet de faire des liens à différents niveaux d'abstraction

et d'influencer des actions en cours **avec des opportunités à plus long terme qu'elles rendent possibles.**

Nos comportements intentionnels peuvent ainsi être conceptualisés comme autant de **navigations dans un "paysage d'affordances"**, c'est-à-dire un ensemble d'affordances qui se déploie dans le temps et donc varie en fonction de **l'environnement ET des actions de l'agent dans cet environnement.**

Car le cerveau est continuellement engagé dans la génération de prédictions à propos de **futures opportunités d'action** (au lieu de seulement réagir aux affordances disponibles).

Par exemple, pour un grimpeur, la bonne façon d'agripper une prise **dépend de la prise suivante** que veut atteindre le grimpeur (et ultimement le sommet particulier d'une paroi qu'il veut atteindre).

Donc les premiers mouvements servent à créer des affordances pour les mouvements suivants.

Ce “**paysage d'affordances**” émerge d'une interaction constante entre le grimpeur et la paroi. Mais il peut aussi, au moins partiellement, 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 créées mentalement (comme le plan pour atteindre la pomme dans l'exemple du singe)



Par exemple, pour un grimpeur, la bonne façon d'agripper une prise **dépend de la prise suivante** que veut atteindre le grimpeur (et ultimement le sommet particulier d'une paroi qu'il veut atteindre).

Donc les premiers mouvements servent à créer des affordances pour les mouvements suivants.

Ce “**paysage d'affordances**” émerge d'une interaction constante entre le grimpeur et la paroi. Mais il peut aussi, au moins partiellement, 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 créées mentalement (comme le plan pour atteindre la pomme dans l'exemple du singe)

Donc nos **habiletés cognitives supérieures** pourraient dépendre d'un équilibre entre des processus de sélection **d'affordances réelles ou imaginées** utilisant (ou réutilisant) largement les mêmes ressources neuronales.



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.



Le contrôle hiérarchique par niveaux décrit plus haut a cette flexibilité nécessaire.

Les couches supérieures qui encodent des buts plus abstraits (donner un coup au visage) envoient des **attentes 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**.

Et la **rétroaction bottom up** (le **signal d'erreur**, plus ou moins grand selon qu'on est plus ou moins à une distance d'un bras de l'opposant) va se propager vers le haut dans la hiérarchie et, s'il est grand, peut forcer le boxer à revoir sa stratégie.



Autrement dit, les niveaux supérieurs biaisent la compétition aux niveaux inférieurs mais leur laissent ultimement une **autonomie** significative dans la sélection d'action selon le détails des affordances disponibles.

Car il peut très souvent y avoir **différentes façons** de spécifier les demandes des niveaux supérieurs.



C'est donc différent de la vision classique où les niveaux supérieurs **spécifient des comportements entiers** (ex.: un mouvement défensif) et les niveaux inférieurs les **décomposent en des sous-unités** (ex.: les mouvements des bras, de la main, des doigts, etc).

Donc pas de “control executive” (cortex frontal) et ‘slave systems’... bien que des phénomènes comme l’inhibition préfrontale peuvent devenir apparent avec des temps de délibération plus longs.