

16 novembre

## 10- Comment l'environnement entre dans notre cerveau : cognition ancrée et représentation modale

### Cours : 1<sup>ère</sup> partie

Représentations amodales et modales; évidences en  
faveur des secondes

« Online », « offline » et Imagerie mentale

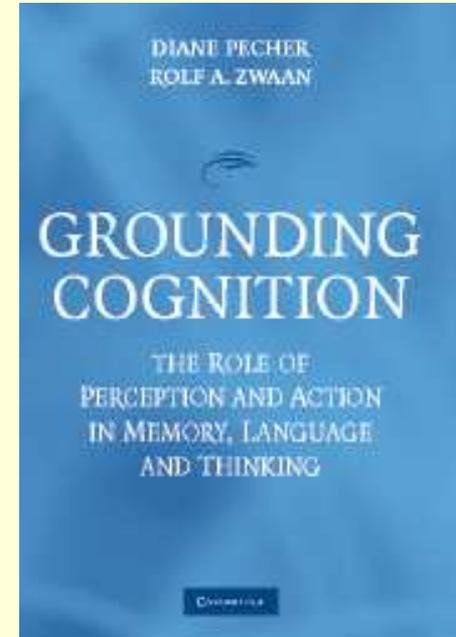
Le « Perceptual Symbol System » (PSS)

### 2<sup>e</sup> partie

Pierre Poirier présentera la critique de Dennett et Viger  
à l'article de Barsalou et proposera que les pointeurs  
sémantiques d'Eliasmith pourraient être un exemple  
du mécanisme qui manque au PSS de Barsalou.

### Article :

Barsalou, L. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 577–660.



## **Introduction :**

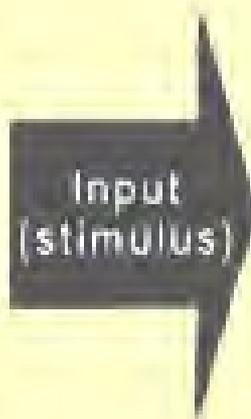
Comment ce qu'on va voir aujourd'hui  
s'arrime avec les dernières séances

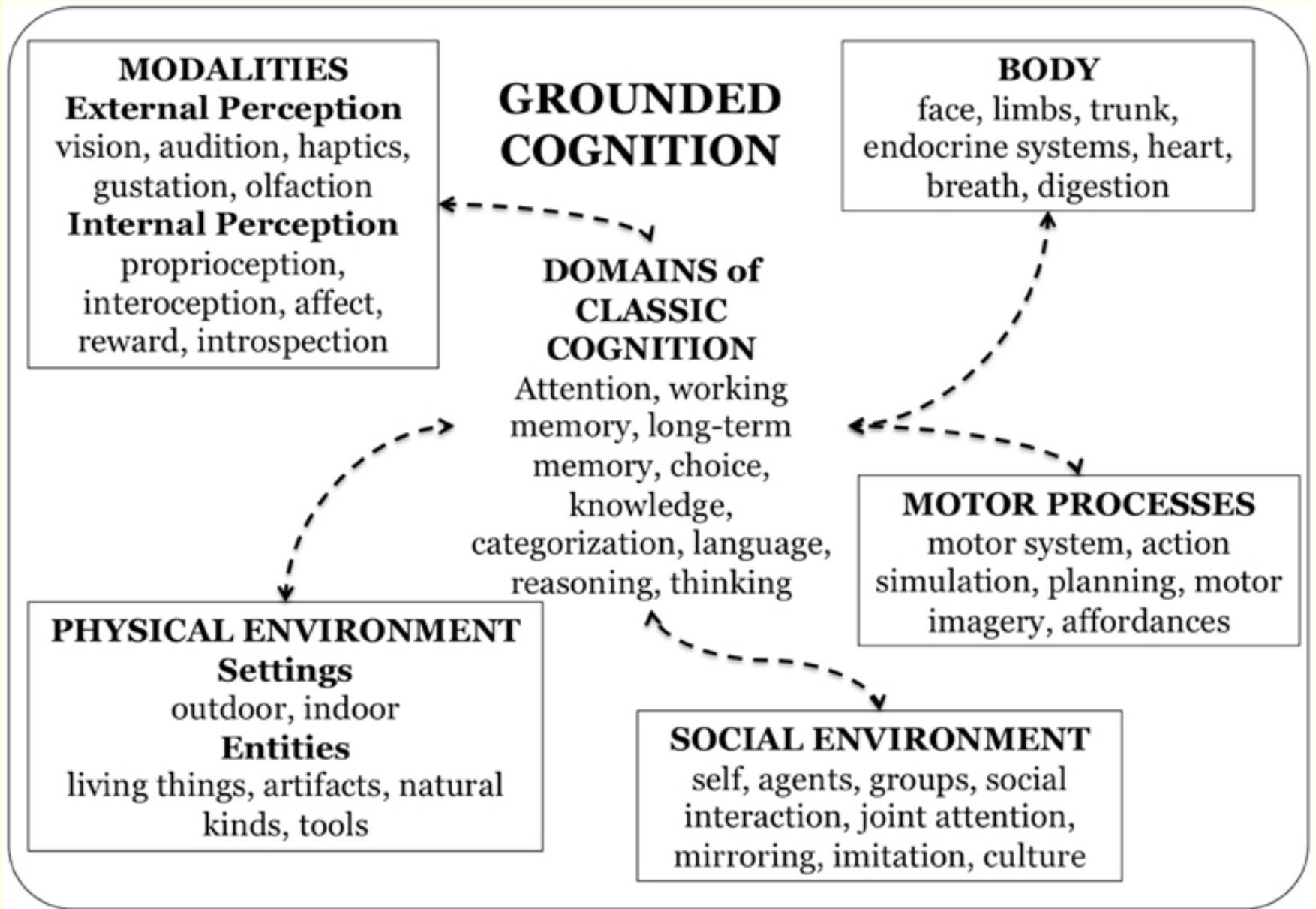
Durant l'âge d'or du cognitivisme dans les **années 1970**,

les cognitivistes aimaient à dire que leur approche était "the only game in town" (Fodor 1975, 1981).



**DOMAINS of  
CLASSIC  
COGNITION**  
Attention, working  
memory, long-term  
memory, choice,  
knowledge,  
categorization, language,  
reasoning, thinking





Computational Grounded Cognition: a new alliance between grounded cognition and computational modeling (2013)

<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2012.00612/full>

## **Modularité**

*“Jerry Fodor is my favorite philosopher.*

*I think that Jerry Fodor is wrong about nearly everything.”*

**- Anthony Chemero**

*Radical Embodied Cognitive Science*

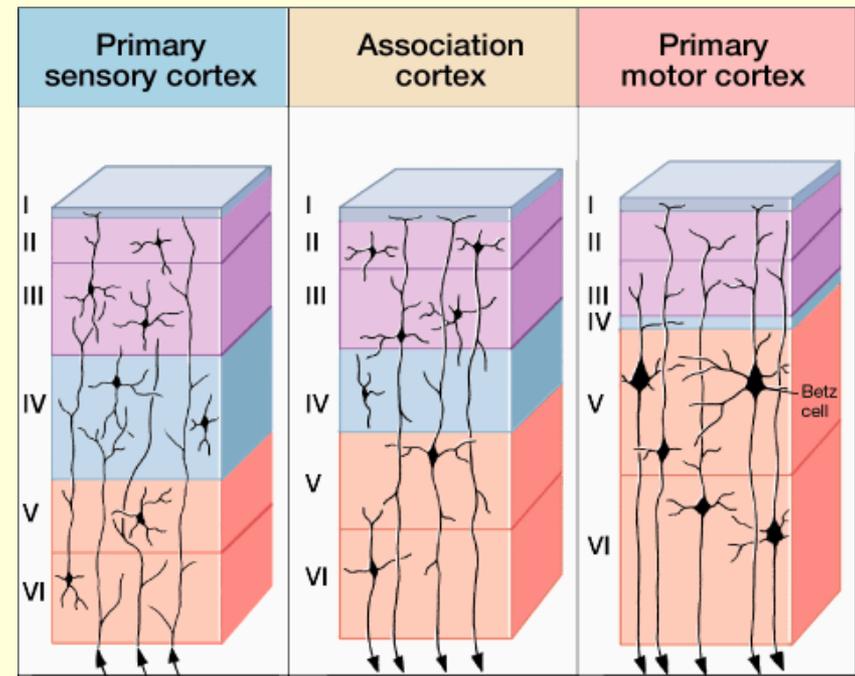
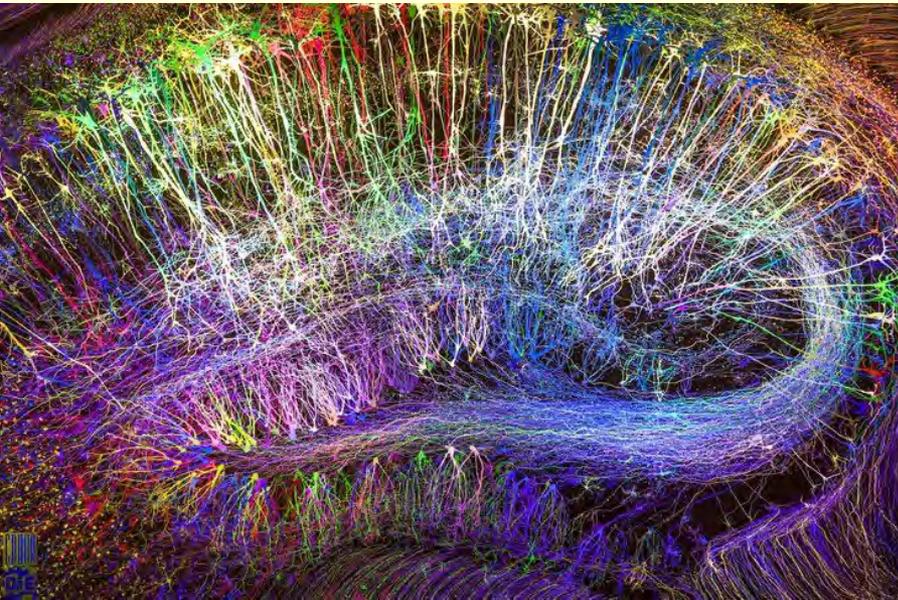
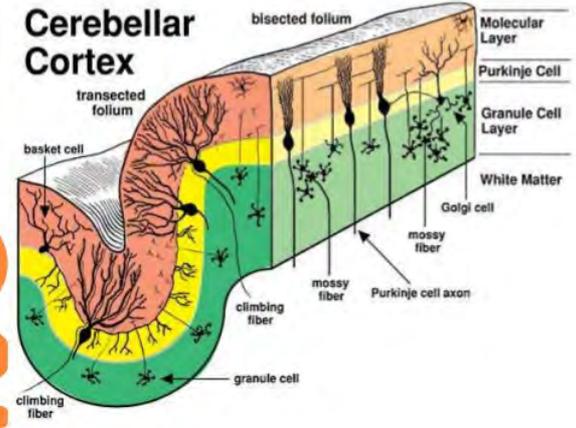
Modularité

Spécialisation cérébrale

Interactive specialisation (Johnson)

Interactive differentiation (Anderson)

**“Areas with distinctive response profiles & functional biases computational operators—I called them “workings” “**



**Modularité**

**Spécialisation cérébrale**

**Interactive specialisation (Johnson)**

**Interactive differentiation (Anderson)**

**“*Areas with distinctive response profiles & functional biases computational operators—I called them “workings” “***

**+ Active search for Neural Coalitions of those differentiated areas**

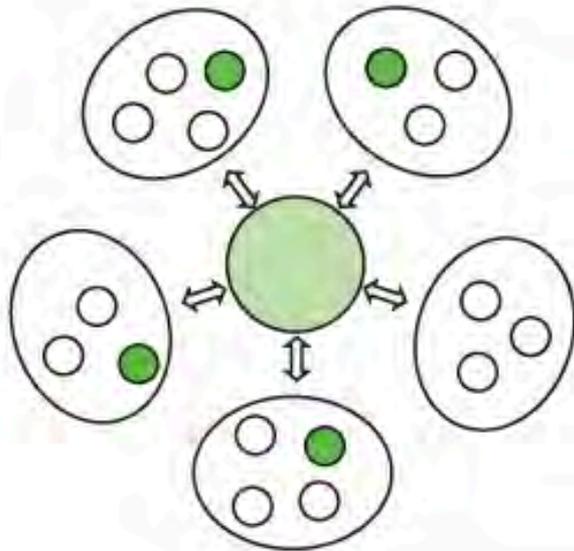
**“The interactive differentiation and search (IDS) framework”**

→ Un mécanisme capable de tester différentes possibilités d’associations fonctionnelles entre des workings et de renforcer les plus prometteuses (sans être contraint par les connexions existantes)

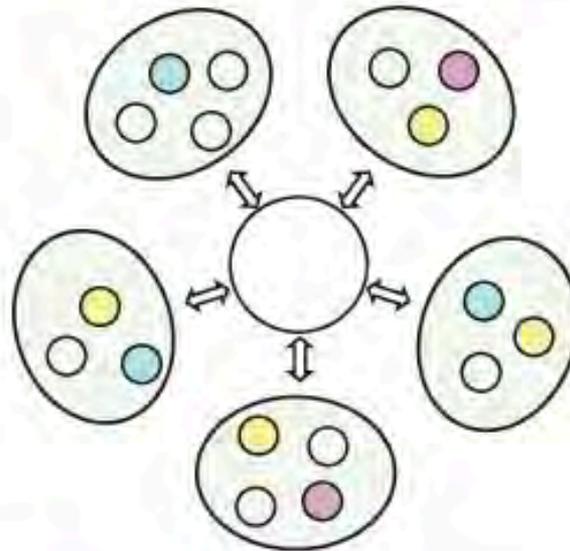
# The brain's connective core and its role in animal cognition

Murray Shanahan\* (2012)

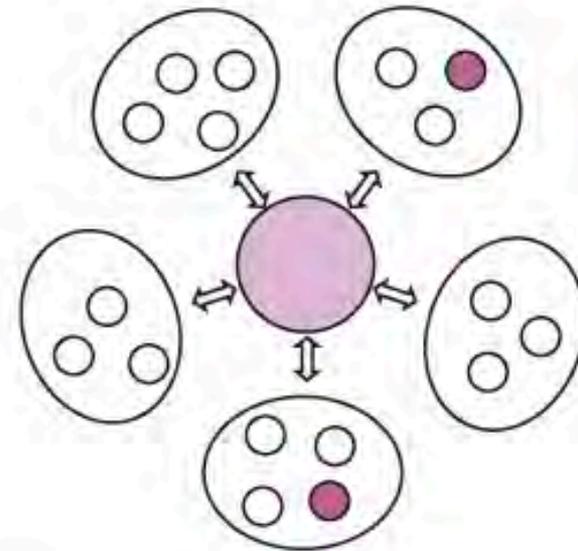
broadcast



state-to-state transitions result from parallel competitive attractor dynamics



broadcast



serial procession of broadcast states  
punctuated by competition

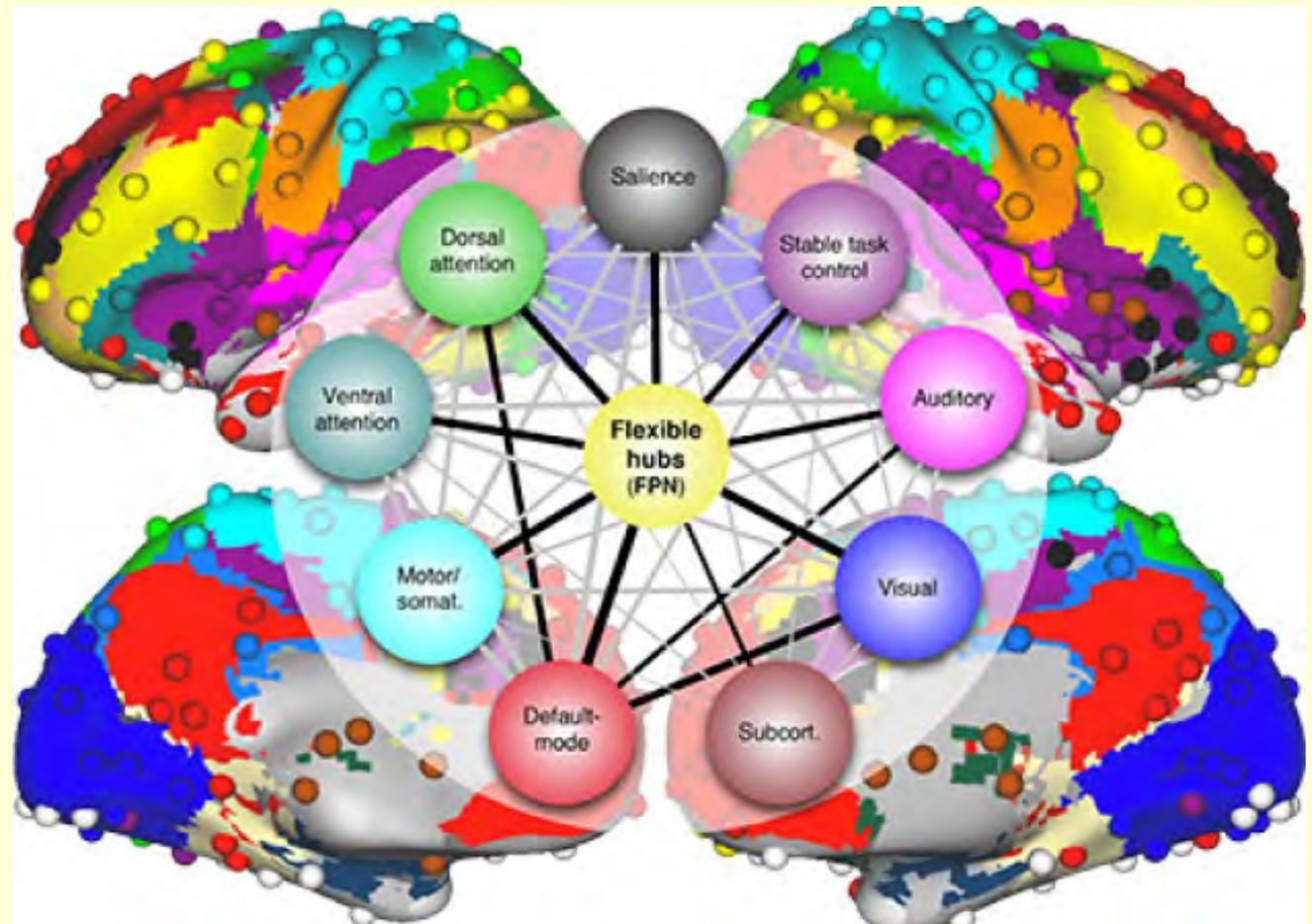
# Multi-task connectivity reveals flexible hubs for adaptive task control

Michael W Cole, et al., Nature Neuroscience 16, 1348–1355 (2013)

Cette étude détaille la position centrale d'un "flexible hub"

permettant de **basculer** d'un réseau fonctionnel à un autre

parmi les 9 principaux décrits

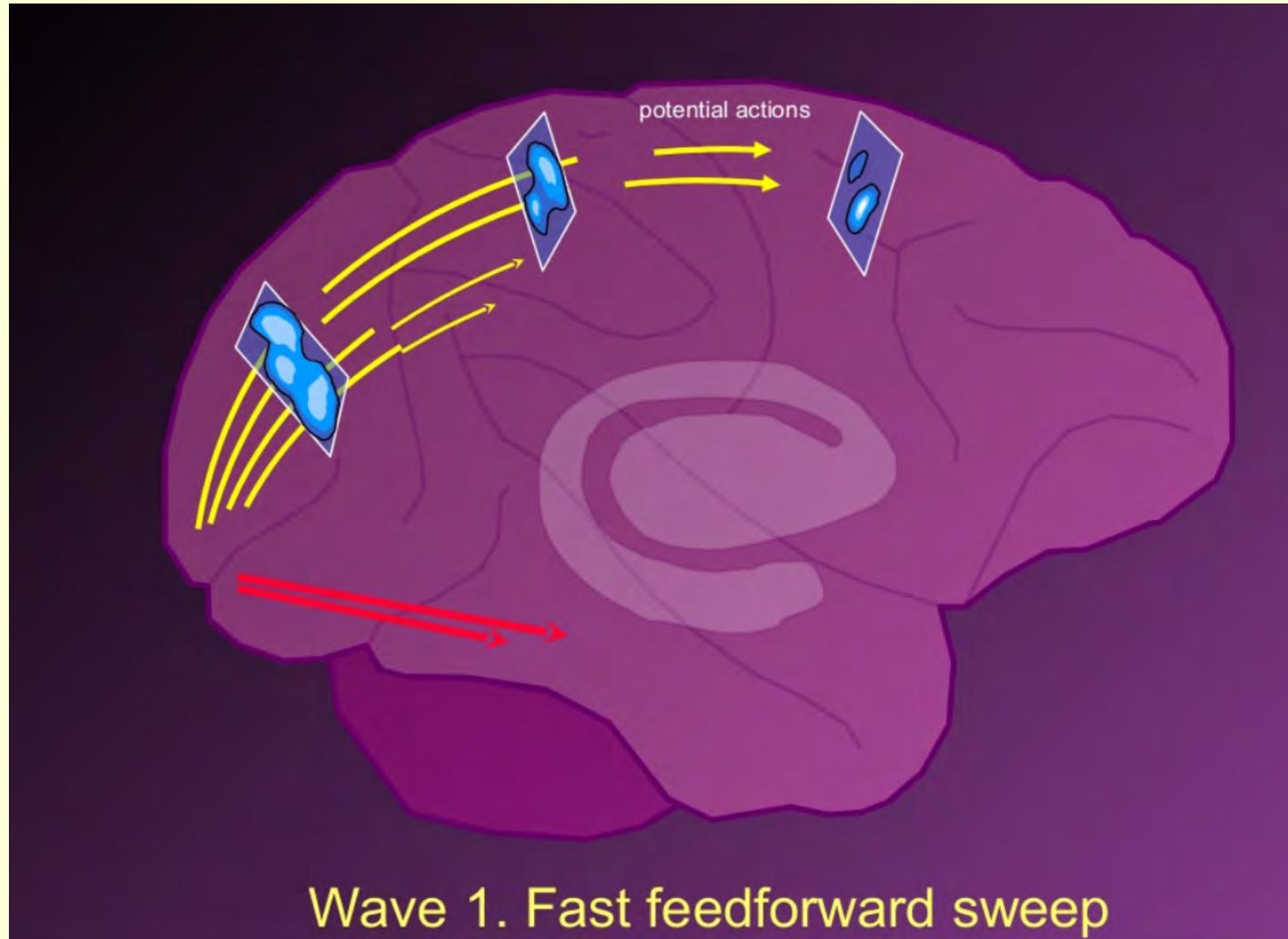


## Autre phénomène qui évoque cet “Active search” for Neural Coalitions :

« In *After Phrenology* I follow Cisek (2007; Cisek & Kalaska 2010)

in arguing that the biased pattern competition observed in the brain should be understood psychologically as biased affordance competition.”

[ prochaine séance ! ]



## Autre phénomène qui évoque cet “Active search” for Neural Coalitions :

### Atmanspacher et Filk (2006)

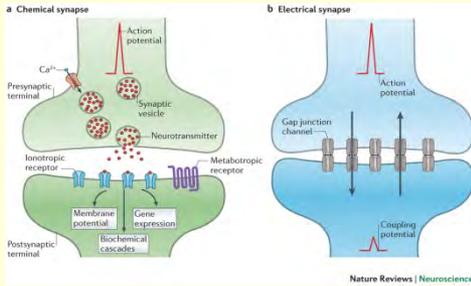
Observent une augmentation initiale marquée du nombre d'attracteurs dans le système

(i.e. les différents patterns d'activation stables que le réseau peut adopter)

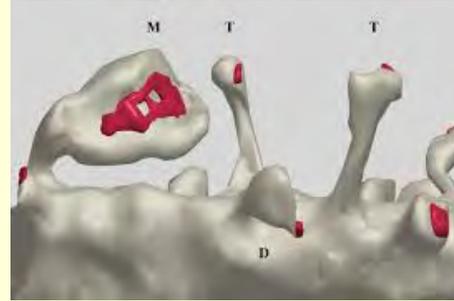
À mesure que l'entraînement avance, le nombre d'attracteurs diminue lentement alors que le réseau trouve sa configuration optimale.



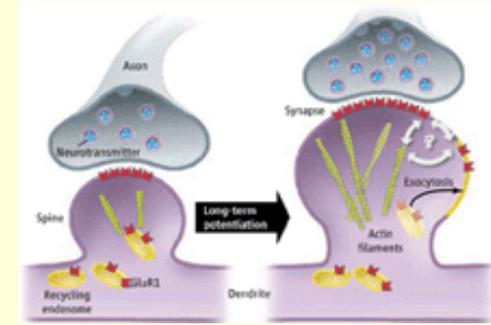
# Mécanismes biologiques potentiels pour le "Neural Search"



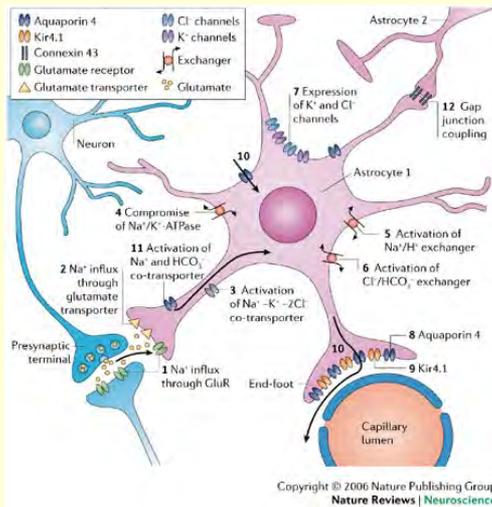
electrical synapses



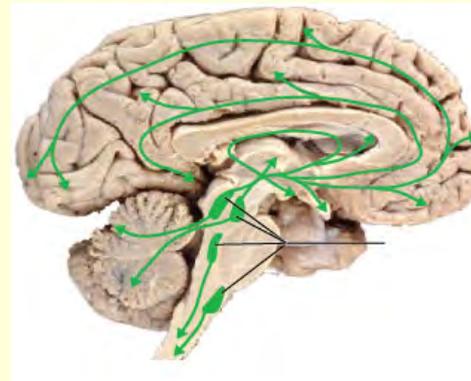
spine motility



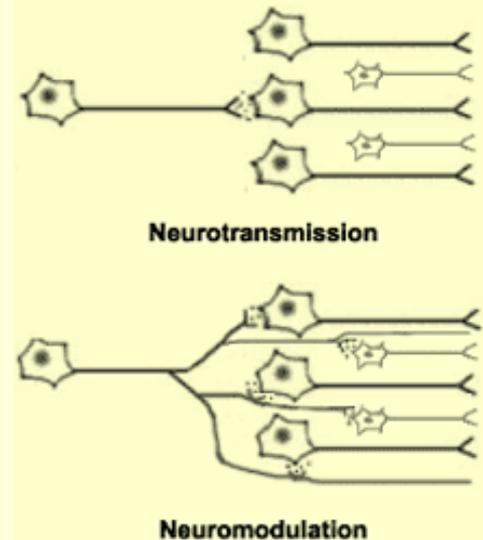
new spines



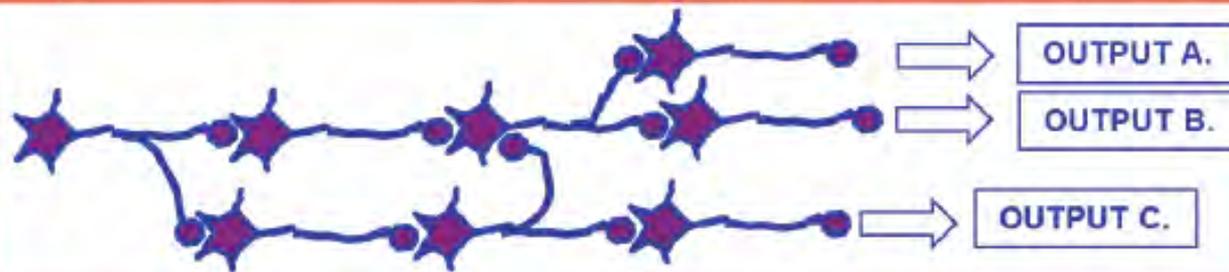
glia (modulating intercellular communication in the brain)



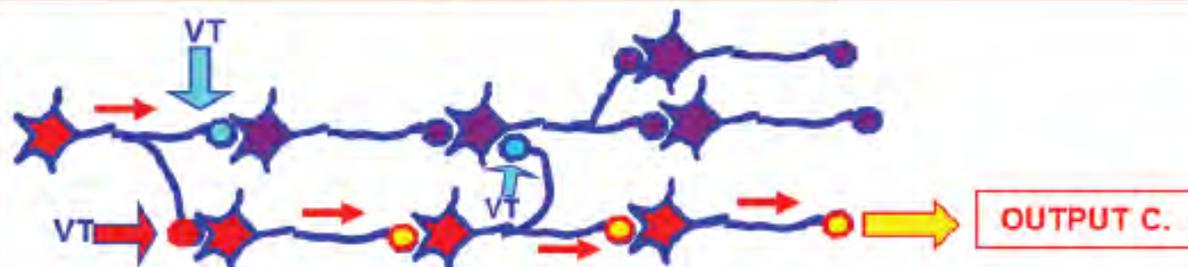
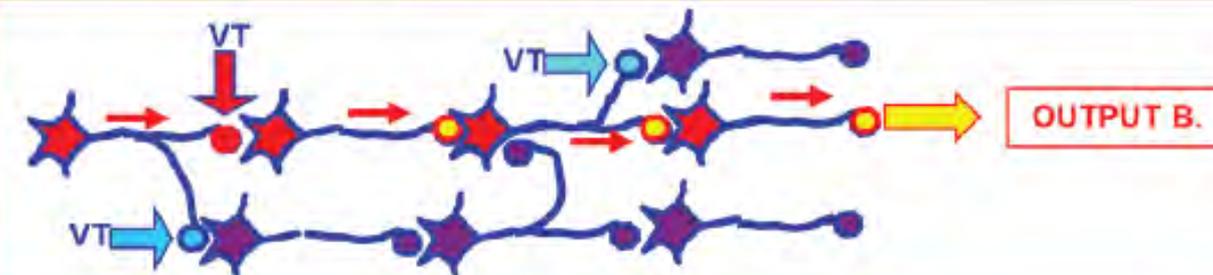
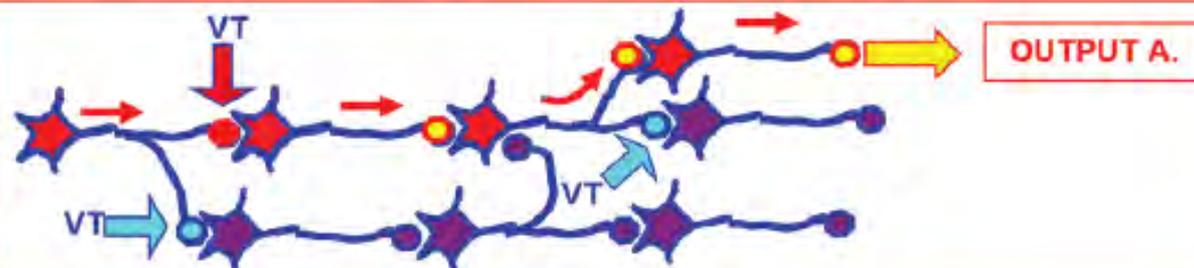
neuromodulators



A NEW MECHANISM FOR THE UNDERSTANDING OF THE INTEGRATIVE ACTIONS OF NEURAL NETWORKS  
 CAN BE DEDUCED FROM THE **CONCEPT OF VT** AND FROM THE **EXISTENCE OF POLYMORPHIC NETWORKS**



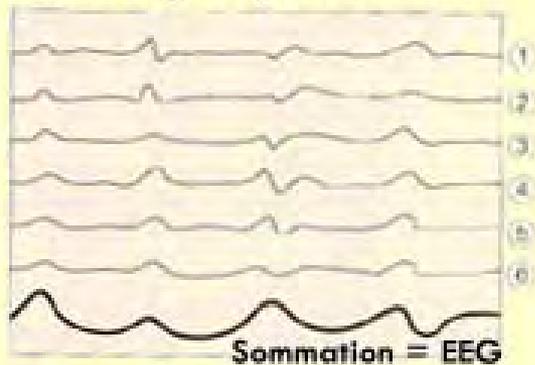
- UPREGULATING VT SIGNAL
- DOWNREGULATING VT SIGNAL
- UPREGULATED SYNAPSE
- DOWNREGULATED SYNAPSE
- ACTIVE SYNAPSE
- INACTIVE SYNAPSE
- INFORMATION FLOW



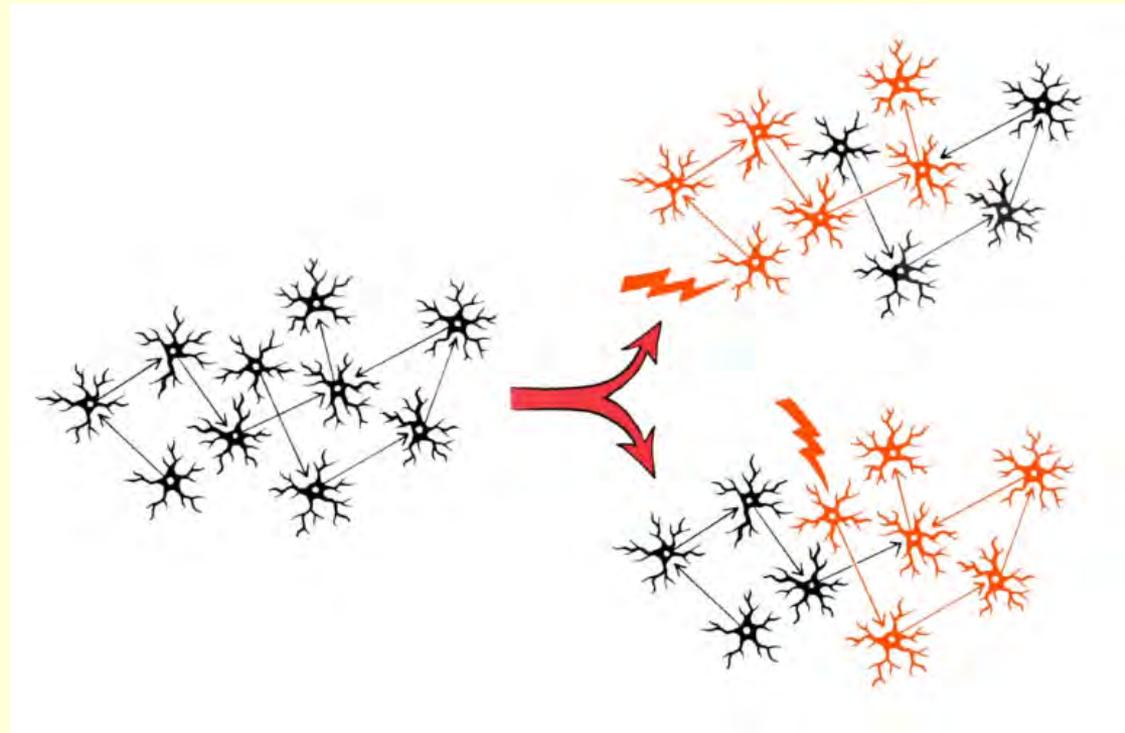
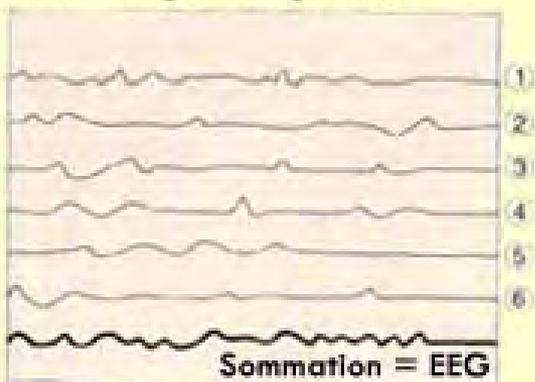
THREE DIFFERENT  
 OUTPUTS  
**A. B. C.**  
 FROM THE SAME  
 NEURONAL NETWORK  
 THANKS TO THE  
 MODULATORY ACTIONS OF  
 VT SIGNALS

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

Décharges synchronisées



Décharges irrégulières

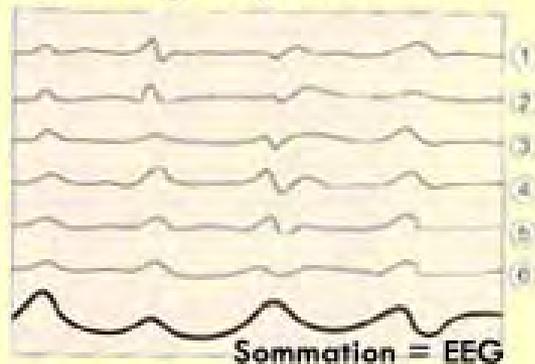


La synchronisation des oscillations rend possible la formation  
**d'assemblées de neurones transitoires**

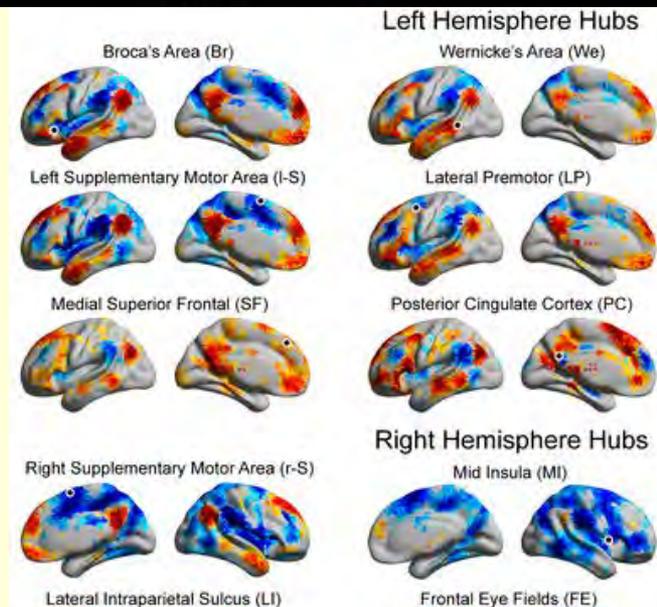
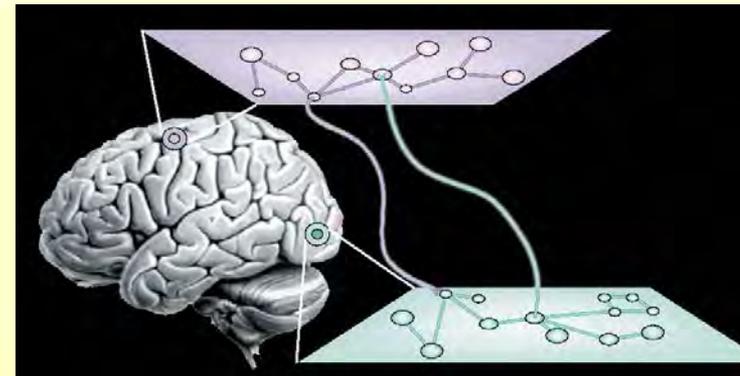
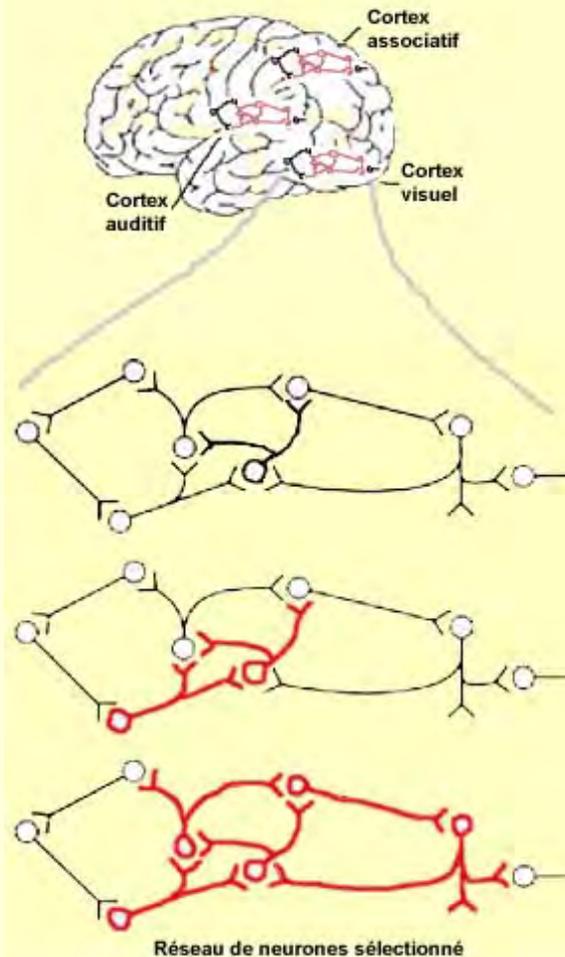
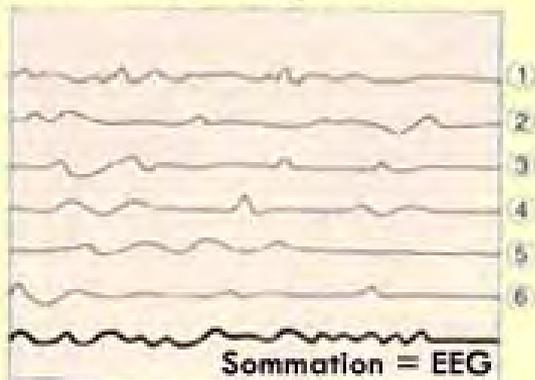
qui se produisent non seulement dans certaines structures cérébrales,

mais dans des réseaux largement distribués à l'échelle du cerveau entier.

Décharges synchronisées



Décharges irrégulières



# AFTER PHRENOLOGY

Neural Reuse and the Interactive Brain



MICHAEL L. ANDERSON

C'est ainsi qu'on peut résumer l'idée du "neural reuse" :

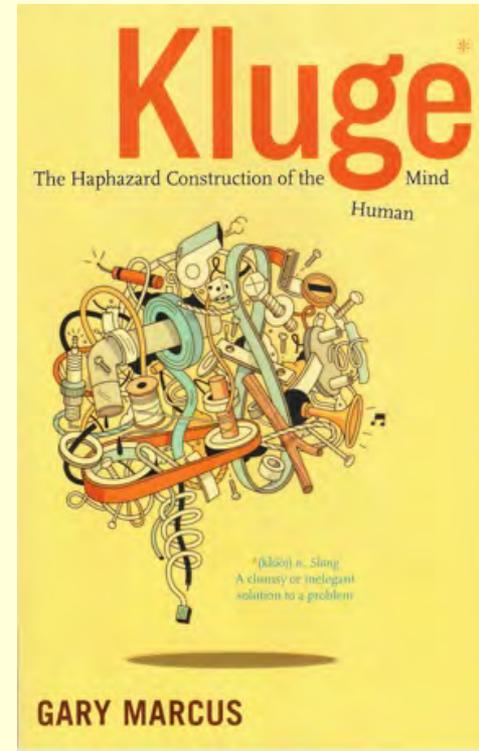
- une forme de plasticité cérébrale où des éléments neuronaux originellement développés pour une fonction particulière sont mis à contribution **pour une autre fonction.**
- des comportements variés sont créés via de multiples coalitions où chaque élément neuronal est membre de plusieurs coalitions
- et coopère avec différents partenaires à différents moments.

De nombreux cadres théoriques s'inspirant de cette approche ont été proposé :

- the “**neural exploitation**” hypothesis (Gallese & Lakoff 2005);
- the “**shared circuits model**” (Hurley 2005, 2008).
- **Dehaene’s “neuronal recycling” theory**

Plusieurs auteurs ont aussi travaillé dans cette direction :

Morten Christiansen and Nick Chater (2008),  
Luiz Pessoa (2008), **Gary Marcus** (2004, 2008),  
Steven Scher (2004), William Bechtel (2003),  
Dan Lloyd (2000), and Stephen Kosslyn (1999;  
Kosslyn & Koenig 1995).



Les données **appuyant** la réutilisation neuronale sont **si nombreuses** qu'elles suggèrent qu'il y en a énormément et que ce n'est pas seulement un nouveau nom pour des idées anciennes mais d'un principe fonctionnel fondamental.

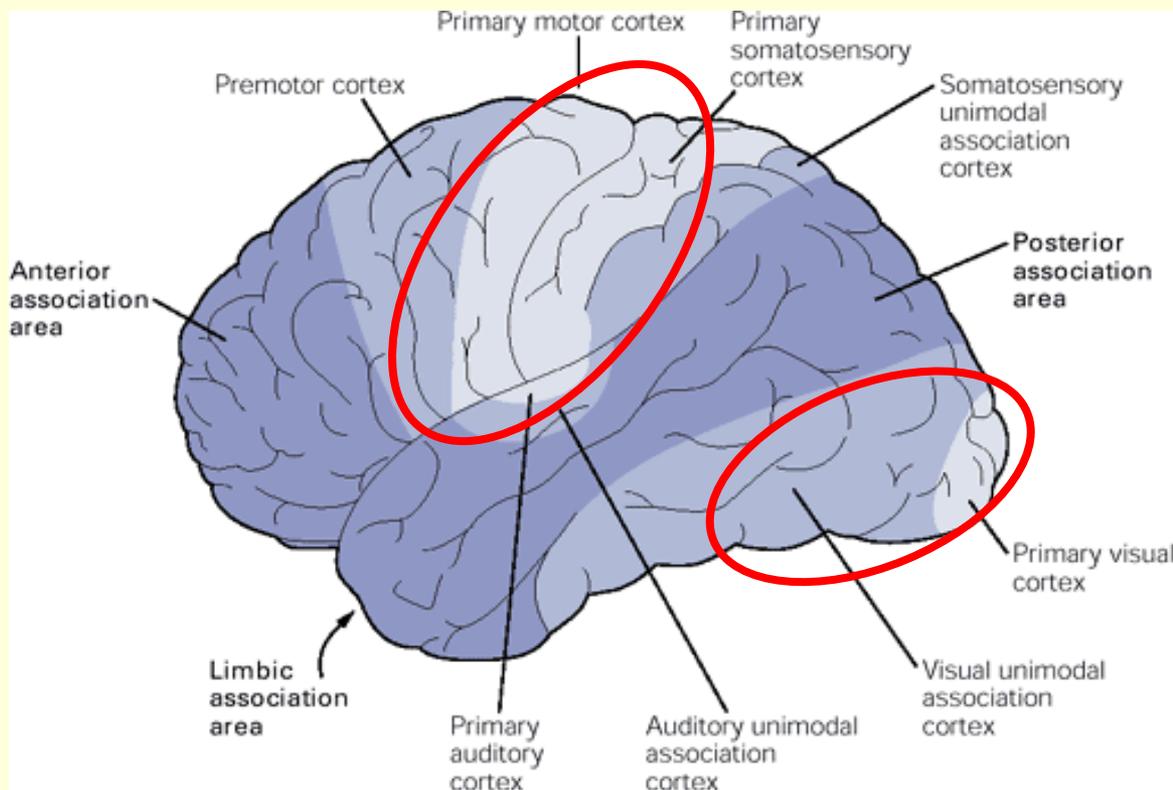
“What I do think is that conceptual metaphors and modal concepts as well as other kinds of cognitively relevant simulations are all examples of a much larger phenomenon of ***borrowed cognition***, driven largely by **neural reuse**.”

- M. Anderson

Ce dont on va parler aujourd’hui

– des **simulations** dans les régions sensori-motrices qui contribuent à nos représentations conceptuelles –

est donc **une expression particulière** du phénomène plus vaste de la réutilisation neuronale décrit la semaine dernière.

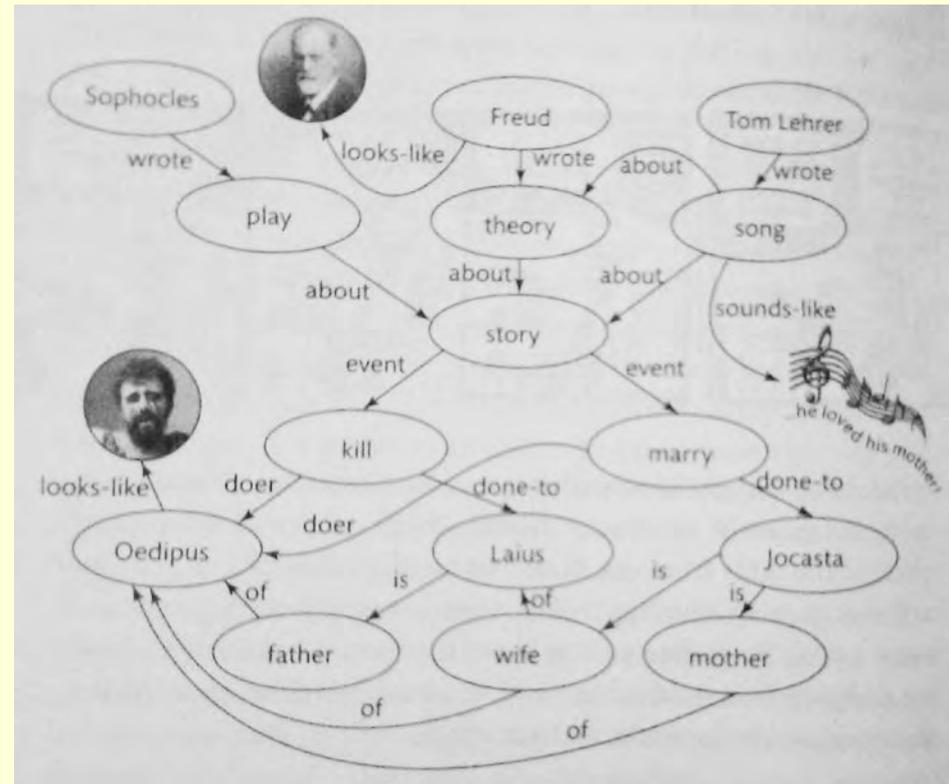


# Comment le cerveau humain traite-t-il les concepts, les symboles, les connaissances sémantiques ?

(Séance 10 - Comment l'environnement entre dans notre cerveau ?)

## Approche classique de la “mémoire sémantique”

(depuis les années '60, Fodor, symboles abstraits, “rationaliste”, etc.)



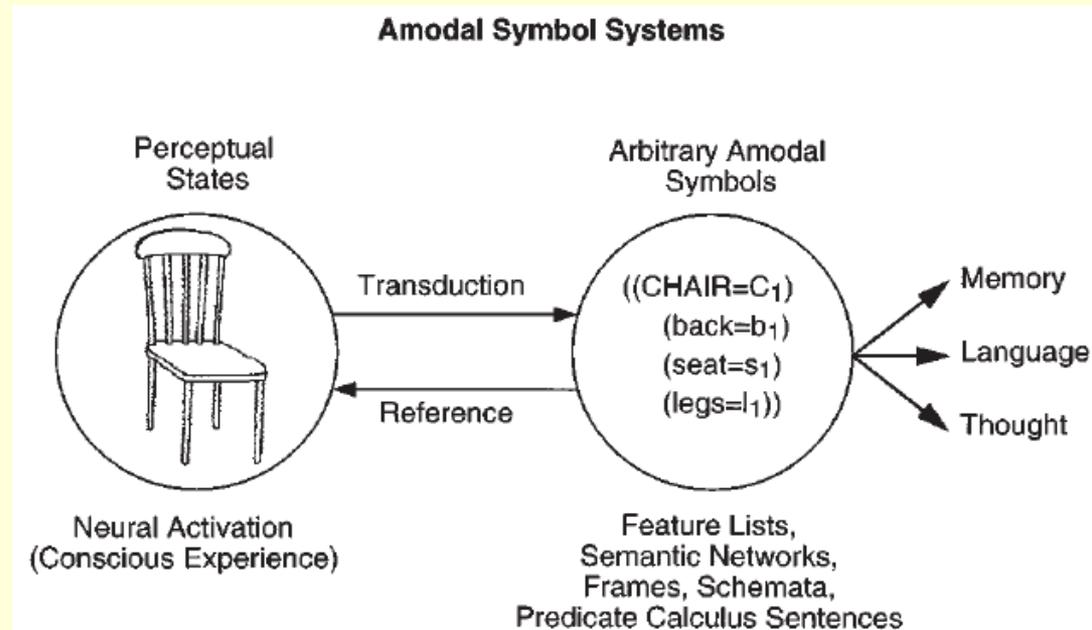
# Comment le cerveau humain traite-t-il les concepts, les symboles, les connaissances sémantiques ?

(Séance 10 - Comment l'environnement entre dans notre cerveau ?)

## Approche classique de la “mémoire sémantique”

(depuis les années '60, Fodor, symboles abstraits, “rationaliste”, etc.)

- Modulaire : module distinct pour la mémoire épisodique et pour les systèmes sensoriels spécifiques
- Amodal : représentation non perceptuelle
- Symboles arbitraires (incluant les mots)



Le problème majeur avec les représentations en général,  
et les représentations conceptuelles en particulier :

**d'où leur vient leur contenu, leur sens ?**

→ Il doit forcément être connecté au monde d'une façon ou d'une autre  
car la compréhension exige une certaine relation au monde.

Problème difficile à résoudre avec les approches formelles et amodales  
(cf. « chambre chinoise »).

On tente de s'en sortir avec le “**principe de transduction**”,  
i.e. qu'il y aurait un lien qui se crée (avec l'apprentissage) entre le  
concept et l'information sensori-motrice.

Approche aussi désignée par l'expression “**grounding by interaction**”  
(Mahon & Caramazza, 2008; see also Binder & Desai, 2011).

Ces connexions entre les concepts et les input/output sensori-moteurs  
feraient que ces concepts seraient ancrés mais pas incarnés.

Barsalou, L.  
(video  
conference  
uploaded on  
Apr 14,  
2008). *Brain's  
Modality-  
Specific  
Systems.*

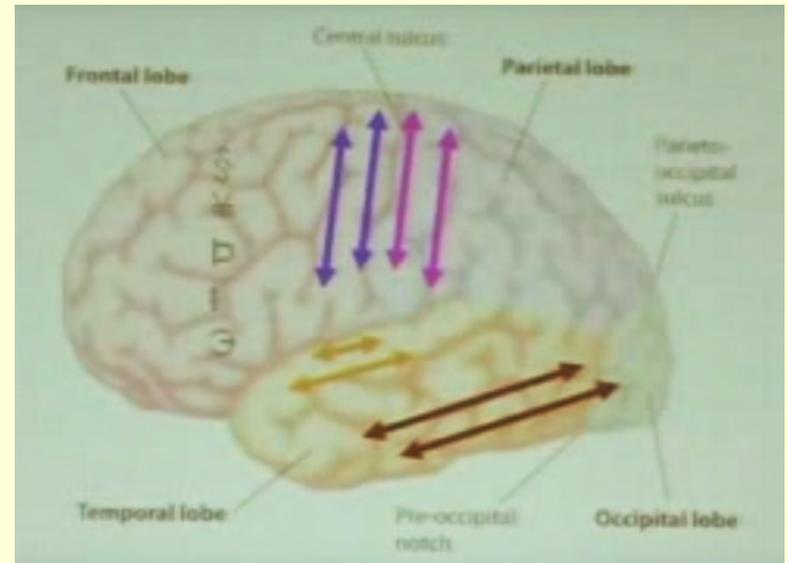
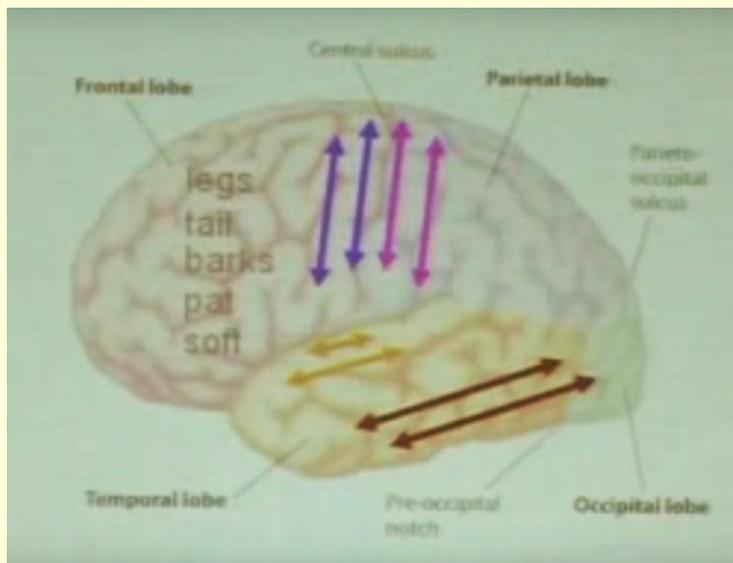
<https://www.youtube.com/watch?v=jdzl9FN0jww>

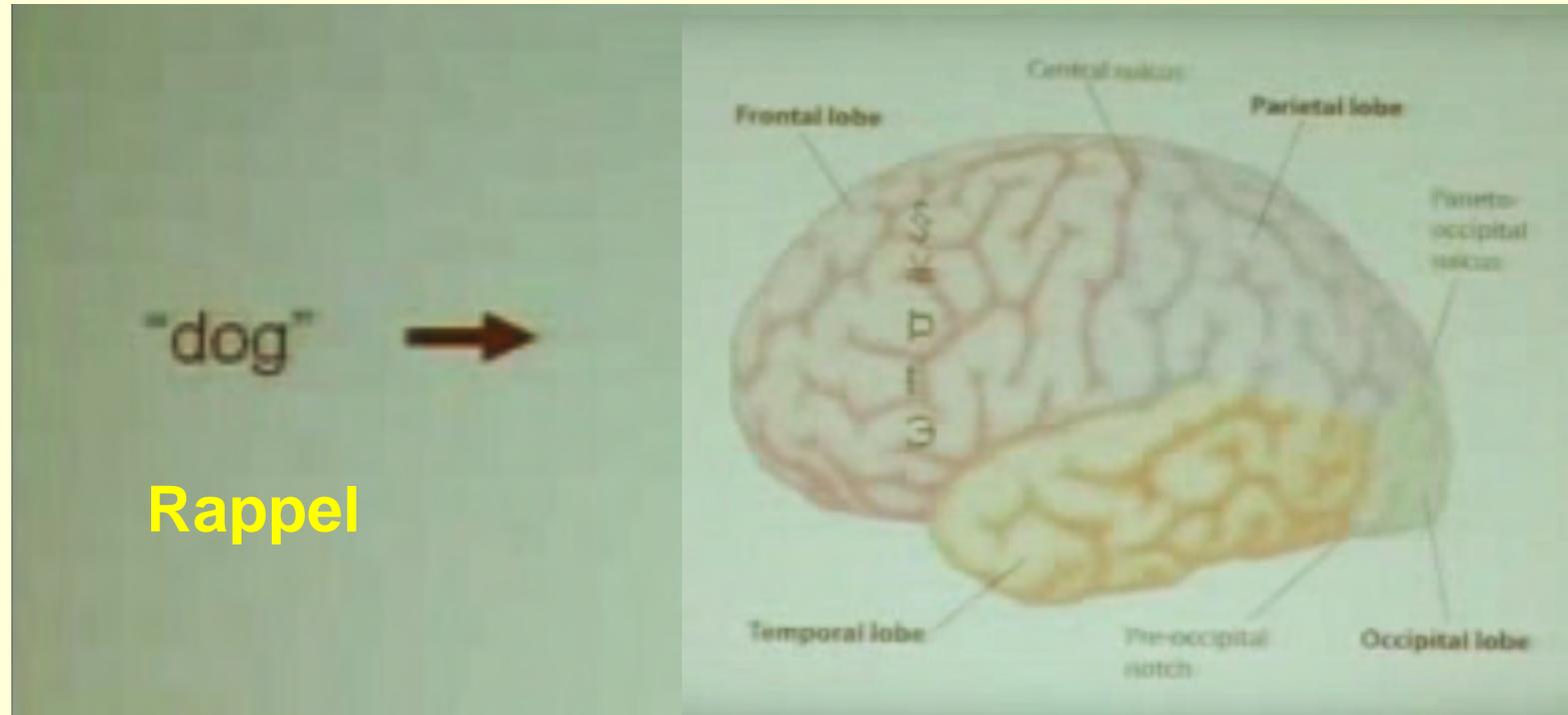
*The transduction principle in amodal symbol systems  
(a form of learning)*



**Apprentissage**

• amodal symbols are transduced from modality-specific states





**Rappel**

**Critique de cet « ancrage par interaction »** : les engrammes perceptuels font tout le travail et les symboles amodaux sont donc redondants.

**D'où la question** : pourquoi le système n'utiliserait-il pas directement ses représentations perceptuelles (pour représenter par exemple un chien) à la fois durant la catégorisation et le raisonnement ?

**Réponse classique** : les symboles amodaux font du travail additionnel que les représentations perceptuelles ne peuvent pas accomplir. (mais est-ce le cas ?)

# Comment le cerveau humain traite-t-il les concepts, les symboles, les connaissances sémantiques ?

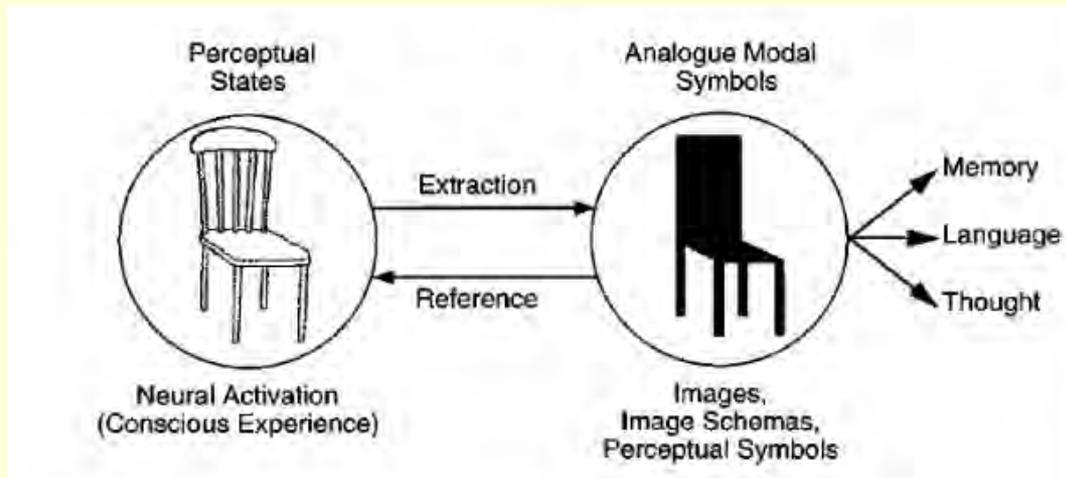
(Séance 10 - Comment l'environnement entre dans notre cerveau ?)

## Approche alternative

(située, dynamique, plus compatible avec *borrowed cognition & neural reuse*, "concept empiricist", etc.)

- Non modulaire : les concepts utilisent les systèmes sensori-moteurs
- Modal : ce sont des simulations de ces modalités sensori-motrices qui représentent les concepts (= réutilisation neuronale de régions cérébrales plus anciennes pour permettre de nouvelles fonctions, ici générer des concepts abstraits !)

## - Symboles analogiques



Le problème de l'ancrage (le sens) des représentations conceptuelles est beaucoup plus facile à résoudre pour les **approches modales**.

On a vu quand on a parlé d'autopoïèse comment considérer la cognition comme quelque chose **d'incarné** en continuité avec la vie elle-même pouvait résoudre en grande partie cette question du "sense making" :

ce qui "fait sens" pour un organisme est ce qui permet de relier les besoins physiologiques d'un corps particulier aux ressources qui peuvent les satisfaire dans un environnement donné.

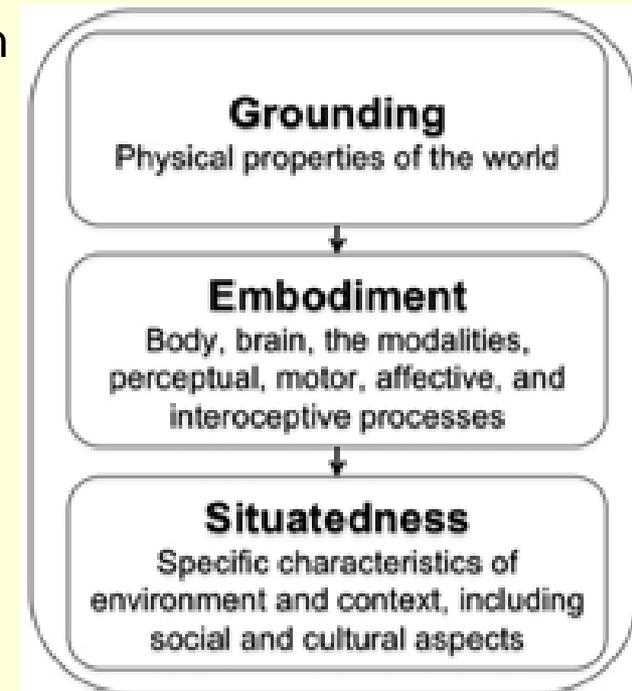
**Avec les approches modales**, les concepts "s'enracinent" dans les processus sensori-moteurs et donc dans l'environnement.

C'est l'idée générale de « **cognition ancrée** »  
(« grounded cognition »)

qui serait pour certain.es une version “**faible**” de la  
« cognition incarnée » (« embodied cognition »).

[notre séance 13, où les formes les plus radicales vont  
remplacer les représentations par notre activité dans un  
monde perçu riche et complexe]

Alors qu'avec la **cognition « ancrée »** , on s'intéresse  
simplement à la façon dont l'environnement peut,  
d'une certaine façon, « rentrer spatialement »  
dans notre cerveau.



Avant de présenter sommairement l'article de Barsalou de 1999,

je voudrais énumérer quelques exemples de son article de 2008...

# THE TEXT

## Grounded Cognition

Lawrence W. Barsalou

Department of Psychology, Emory University, Atlanta, Georgia 30322  
lawb@emory.edu

Barsalou L. (2008). **Grounded cognition**. Annual Reviews of Psychology, 59: 617-45.

## Lawrence W. Barsalou

Psychologist

Lawrence W. Barsalou, born on November 3, 1951 in San Diego, is a psychologist and a cognitive scientist. [Wikipedia](#)



**Born:** November 3, 1951 (age 63), San Diego, California, United States

**Fields:** Cognitive psychology

**Doctoral advisor:** Gordon H. Bower

**Education:** Stanford University (1981), University of California, San Diego

**Awards:** Guggenheim Fellowship for Social Sciences, US & Canada

2008-09-17-11

2008-09-17-11

2008-09-17-11

2008-09-17-11

2008-09-17-11

2008-09-17-11

### Key Words

cognitive architecture, grounded cognition

### Abstract

Grounded cognition emphasizes the role of the brain's neural system in cognition. Instead, grounded cognition emphasizes the role of the brain's neural system in cognition. Instead, grounded cognition emphasizes the role of the brain's neural system in cognition.

<http://dai.fmph.uniba.sk/courses/GC/>

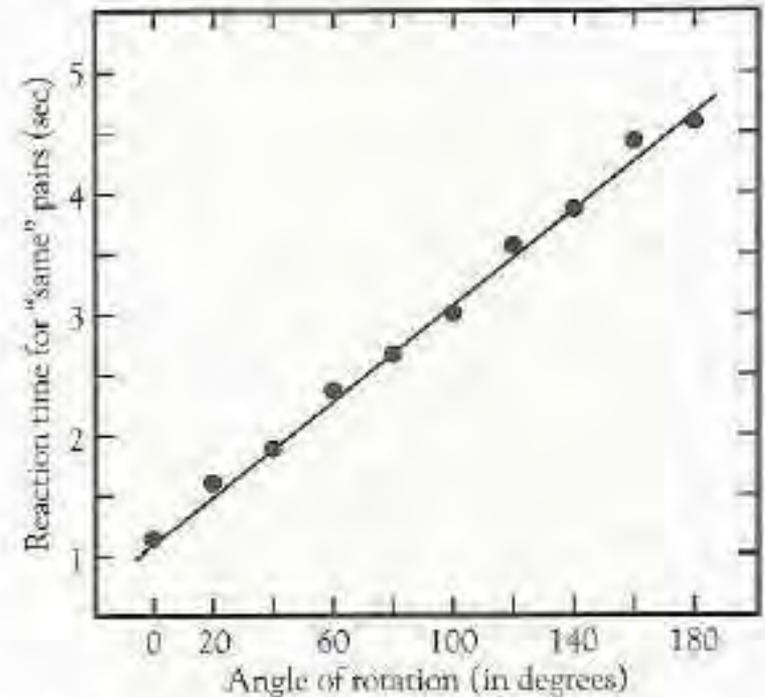
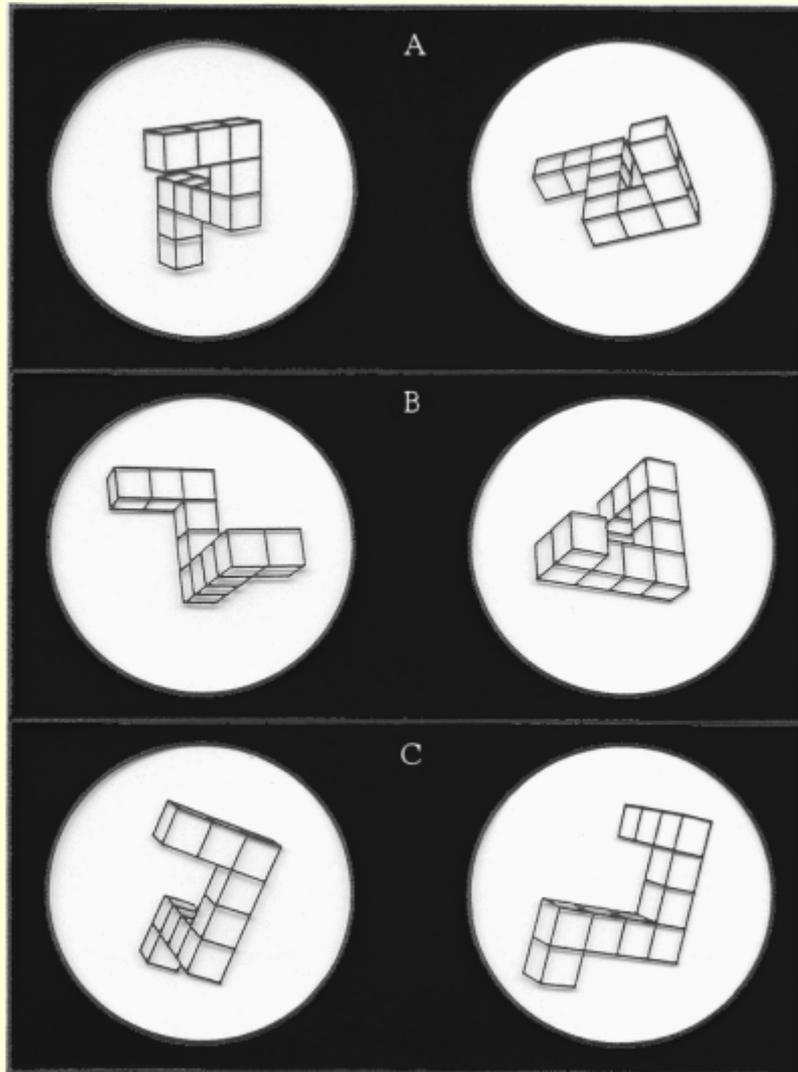
<https://www.google.at/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#safe=off&q=l%20barsalou>

# **Aperçu des (très) nombreuses données empiriques appuyant les conceptions « ancrées » de la cognition**

Et ça commence dès les années 1960  
avec des données sur l'imagerie mentale...

## La rotation de figures dans l'espace :

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>

**Ce genre de données fut d'abord discréditées par les cognitivistes.**

Les représentations amodales avaient alors plus la cote parce que :

- correspondaient au caractère symbolique du cognitivisme
- pouvaient être implémentés facilement sur les ordinateurs en intelligence artificielle !

**Critiques classiques de la « cognition ancrée » :**

→ Approche exclusivement empiriste.

**Barsalou** : pas de raison a priori que les processus de simulation ne puissent avoir une importante composante génétique.

→ Approche qui ne fait que « capter des images », incapable de les interpréter conceptuellement.

**Barsalou** : sont capables d'implémenter toutes les fonctions symboliques qui sous-tendent l'interprétation conceptuelle (ce que son article de 1999 défend).

## Données empiriques plus récentes

### Sur la coordination perception-action :

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

### **Tucker & Ellis (1998)**

La simple perception de **l'anse d'une tasse** active la simulation de systèmes moteurs correspondants à l'action de prendre la tasse (affordances !)

Voir un **raisin ou un marteau** déclenche la simulation d'un type de prise pertinent pour chacun des objets.

Sur le langage :

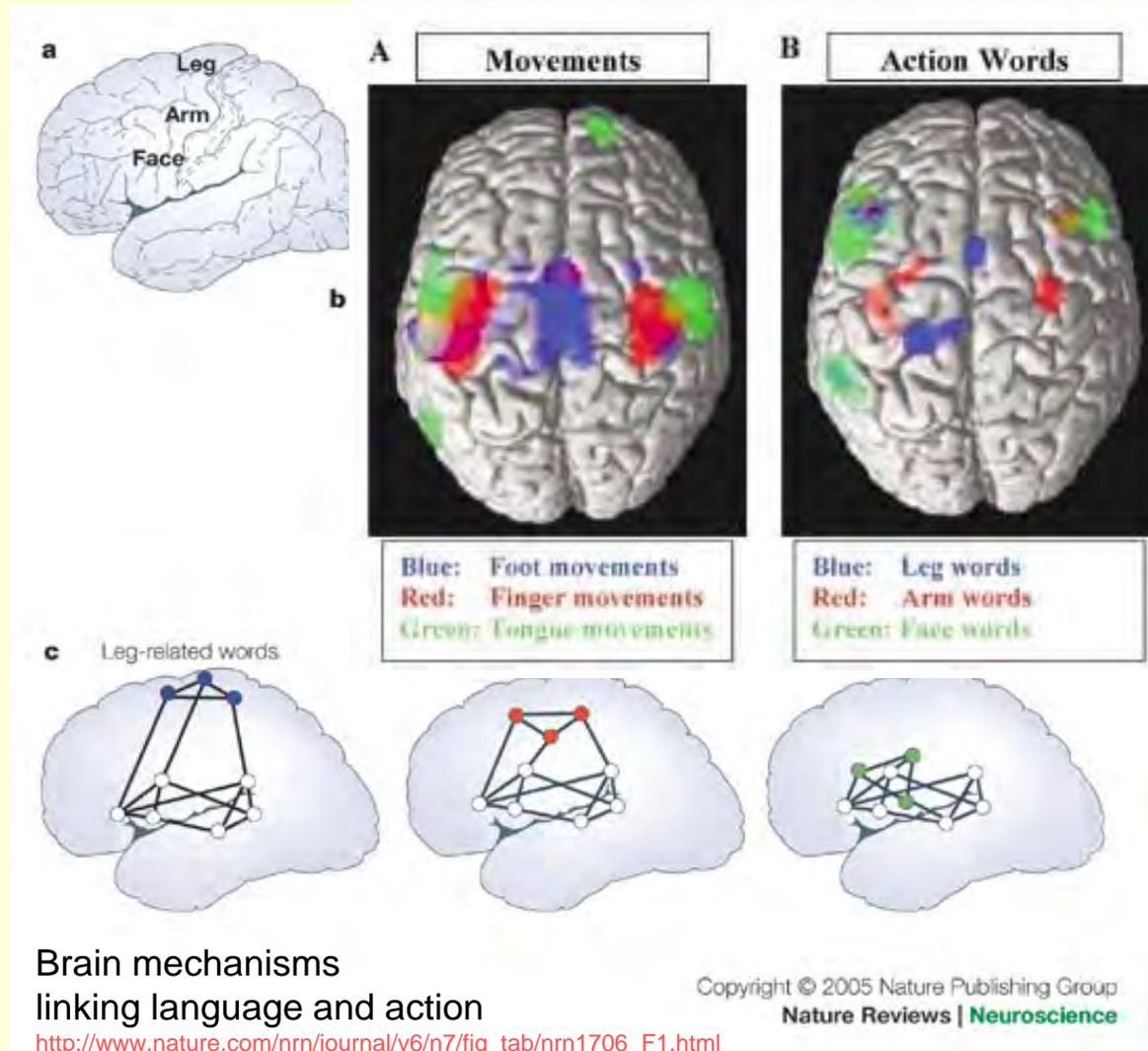
**Pulvermüller (2006)**

**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.

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

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



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

## **Wheeler et al. (2000)**

Lors de test de mémoire avec des mots soit **lus** ou soit **entendus**, ce sont les régions cérébrales visuelles qui s'activent lors de la tâche de rappel des mots **lus** et les aires auditives pour les mots **entendus**.

Autrement dit, le rappel d'un mot simule les opérations modales qui ont été utilisées pour son encodage.

## **Nijhof et Willems (2015)** [http://www.onfiction.ca/2015/04/mental-life-and-action-in-literary.html?utm\\_source=feedburner&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=Feed%3A+onfiction+%28OnFiction%29](http://www.onfiction.ca/2015/04/mental-life-and-action-in-literary.html?utm_source=feedburner&utm_medium=email&utm_campaign=Feed%3A+onfiction+%28OnFiction%29)

Écouter une histoire active à la fois des régions cérébrales associées à la compréhension des états mentaux d'autrui et des régions liées à l'action.

Et l'activation de ces deux réseaux se fait dans des proportions variables selon les individus qui pouvaient ainsi être ordonnés sur un continuum entre ceux qui s'appuyaient le plus sur les états mentaux des personnages pour comprendre l'histoire, et ceux qui s'appuyaient plus sur l'action.

## **Glenberg, Brown, & Levin (2007)**

La manipulation d'objets peut améliorer la compréhension de la lecture chez les enfants d'âge scolaire.

## 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 les phrases qu'ils avaient lues.

**Leur temps de réponse était plus rapide quand l'image correspondait à la position évoquée par la phrase lue.**

Ces résultats supportent donc l'hypothèse que les **systemes perceptuels** sont utilisés de manière routinière dans notre compréhension du langage.

Autre approche pour mettre en évidence la contribution modale aux simulations cognitives :

**facilitation ou interférence.**

- Pulvermueler et al. (2005): TMS study, movement vs. passive reading

Il s'agissait de dire si des mots référaient à une action faite avec le bras ou le pied (exemple : kick, pick, etc.)

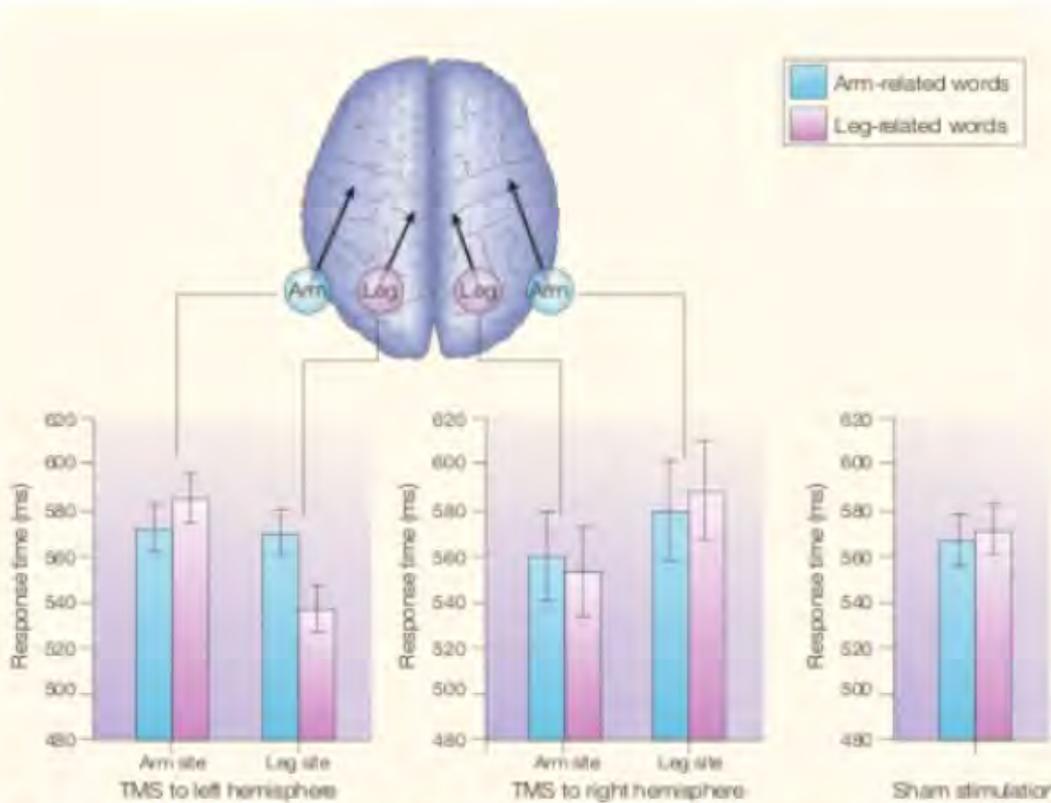
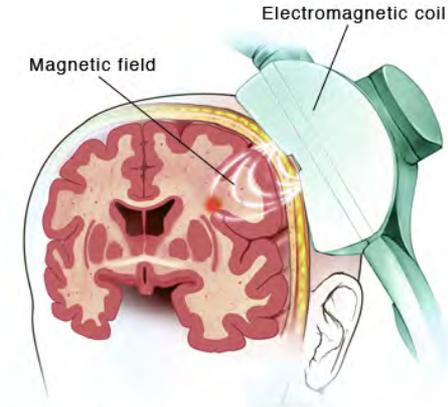


Figure 5 | Effects of transcranial magnetic stimulation of cortical motor areas on action word processing. Transcranial magnetic stimulation (TMS;  $n = 11$ ) was applied to arm and leg loci over the left and right hemispheres and compared with sham control stimulation during the processing of arm- and leg-related words. Response times to arm- versus leg-related words were differentially affected only during the application of TMS to the left hemisphere. Those parts of the motor systems that reflect aspects of the semantic meaning of action words might, therefore, make a crucial contribution to the processing of these words. Reproduced, with permission, from REF. 51 © (2005) Blackwell Publishing.



- Accélération du traitement d'un mot (seulement à gauche) quand la région correspondante est stimulée
- La basse intensité de la stimulation serait responsable de cette facilitation

## **Glenberg and Kaschak (2002)**

Interférence entre le langage et l'action : **“action sentence compatibility effect” (ACE)**.

Le sujet doit dire une phrase “make sense” ou pas.

Il répond en pressant un bouton en faisant un geste d'éloignement (le “oui”) ou de rapprochement (le “non”) par rapport à son corps. Dans un second test, c'est le contraire.

Les phrases des actions nécessitent elles aussi des mouvements d'éloignement ou de rapprochement du corps.

Exemple : “put a grape in your mouth”, “close the drawer” or “you gave the paper to him”.

On observe une interaction (une interférence) entre l'action que le sujet doit faire et celle qu'évoque la phrase : le temps de réponse est plus long quand l'action évoquée par la phrase va dans le sens inverse que celle que le sujet doit faire pour répondre.

Et ça marche même pour des transferts abstraits comme “he sold his house to you” (qui implique une direction sans décrire explicitement une action motrice).

Donc si la compréhension de telles phrases impliquant des mouvements n'avait rien à voir avec les régions motrices (si c'était amodal), on ne s'attendrait pas observer de l'interférence.

Or on en observe, ce qui semble indiquer qu'une **simulation** a lieu dans ces régions motrices et qu'elles contribuent à notre compréhension du langage.

## Quelques considérations sur les simulations et la « mémoire de travail »

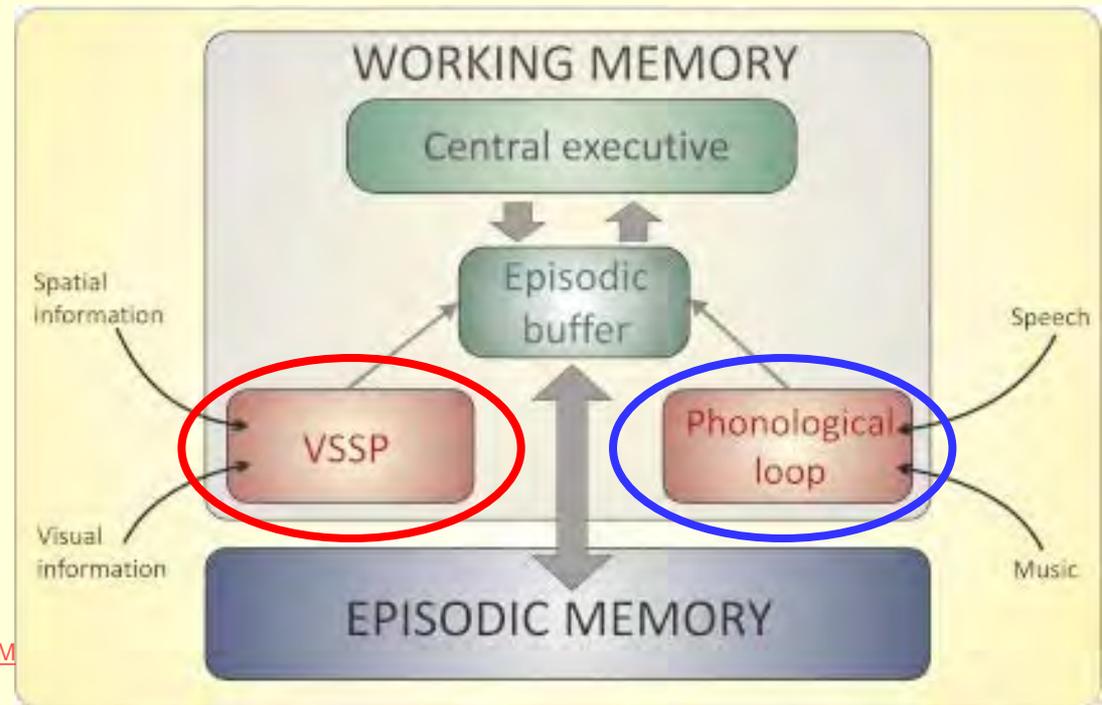
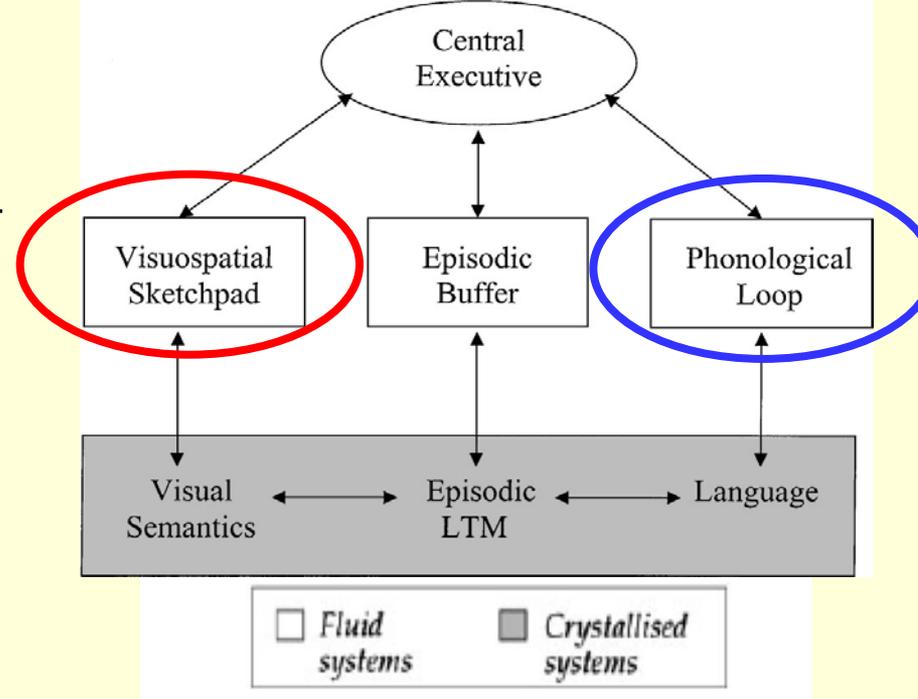
L'un des modèles les plus connus :

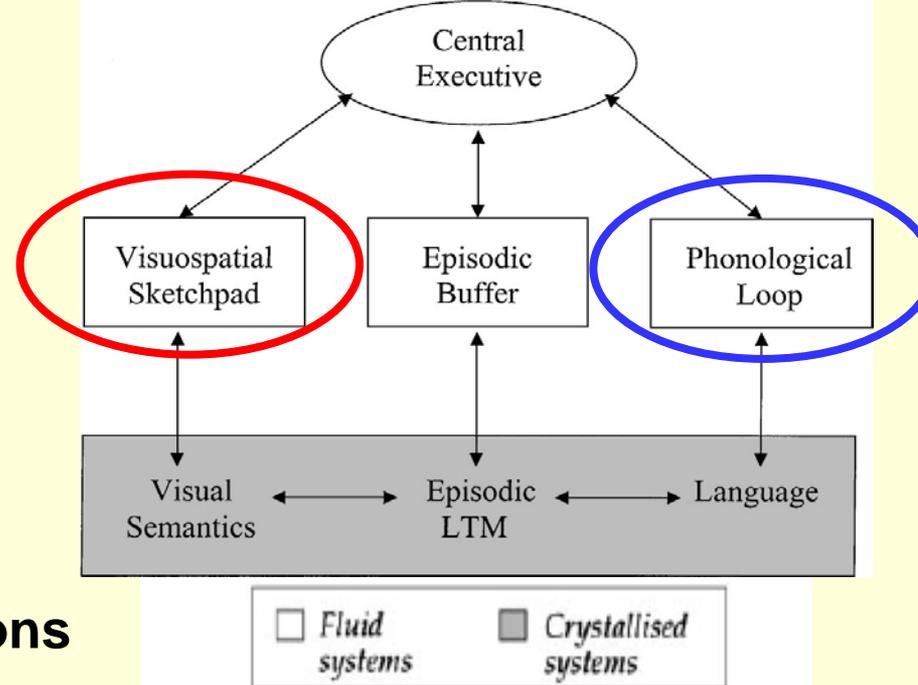
### Baddeley and Hitch model of working memory

(Baddeley & Hitch 1974, Baddeley, (2000).

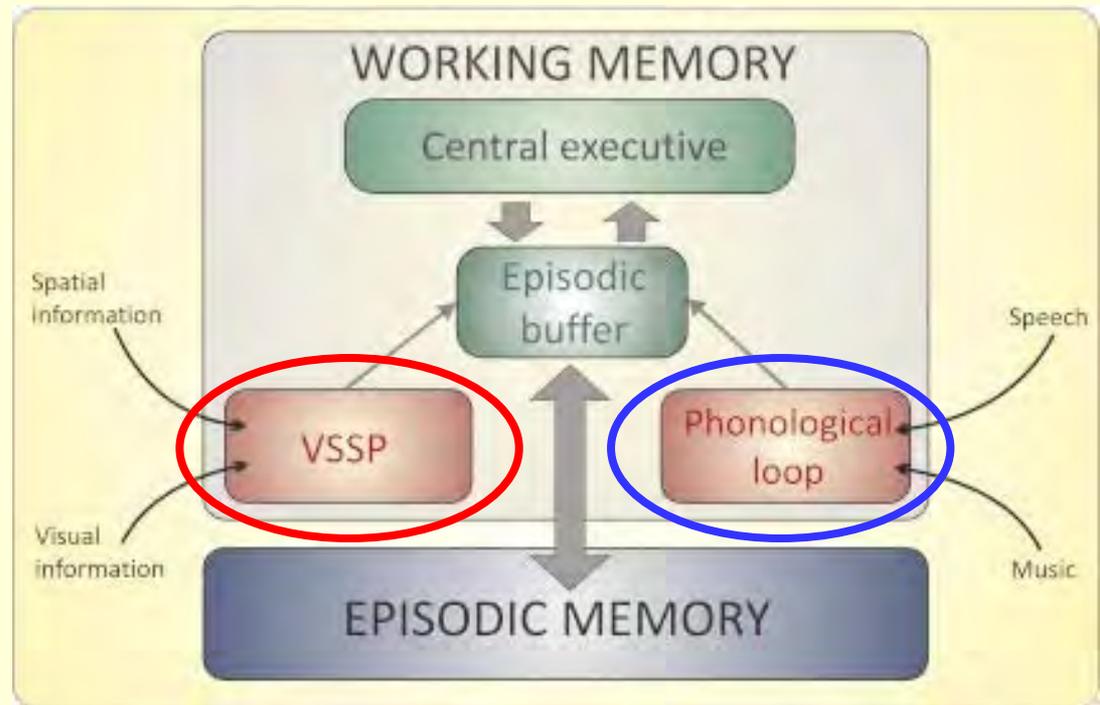
Le **calepin visuospatial** et la **boucle phonologique**

représentent deux cas classique de réutilisation neuronale qui ont été beaucoup discutés.



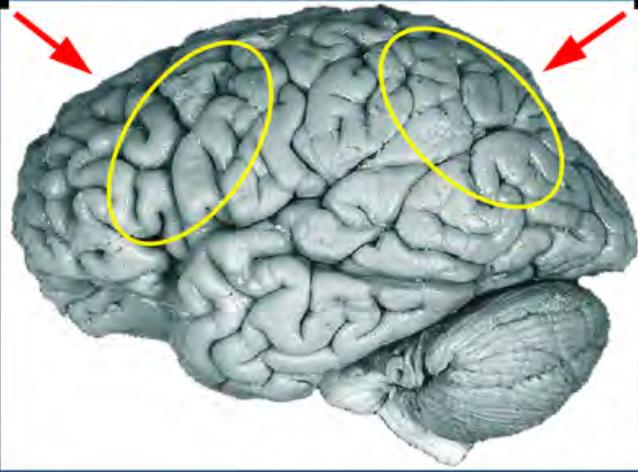


**Méfions-nous des boîtes et replaçons cela dans des réseaux cérébraux...**



Central executive

Phonological and visuo-spatial loop



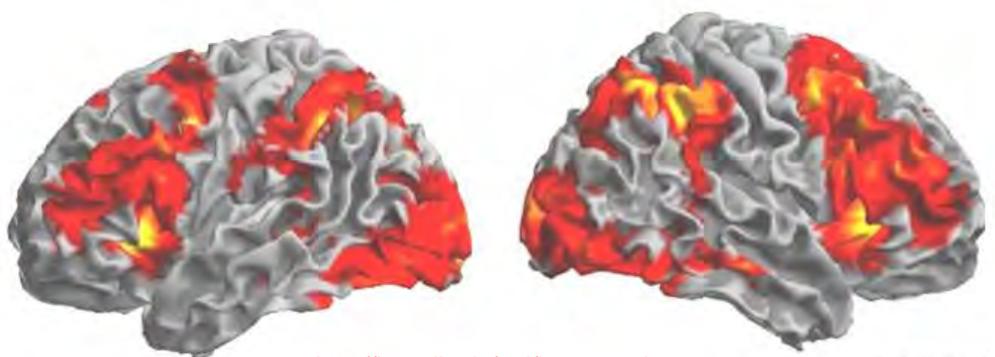
Baddeley, 1986

There is an emerging consensus that most working memory tasks recruit a **network of PFC and parietal areas**.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Working\\_memory#Localization](https://en.wikipedia.org/wiki/Working_memory#Localization)

Méfions-nous des boîtes et remplaçons cela dans des réseaux cérébraux...

Functional MRI Showing Brain Regions Activated During Working Memory

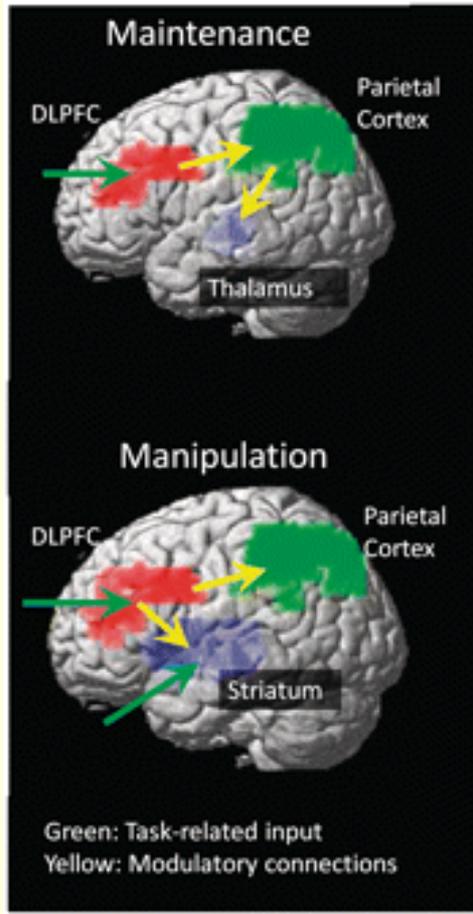


[http://hawaii.edu/mri/home\\_v6.htm](http://hawaii.edu/mri/home_v6.htm)

Linda Chang, M.D.

Dynamic causal models of working memory sub-processes.

<http://brain.oxfordjournals.org/content/135/5/1436>

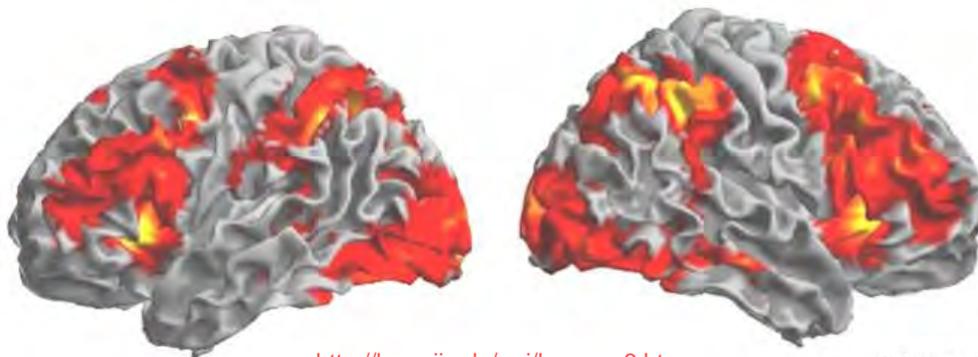


Les tâches et les situations impliquant la « **mémoire de travail** » sont si nombreuses et multiples qu'il semble plus probable qu'il s'agit d'un réseau de régions cérébrales qui participent par ailleurs à d'autres tâches (visuelles, phonologiques, etc.)

Et cela nous ramène à la critique des étiquettes fonctionnelles de la dernière séance ! (« aire de Broca », « aire de la reconnaissance des mots », etc.)

**Méfions-nous des boîtes et replaçons cela dans des réseaux cérébraux...**

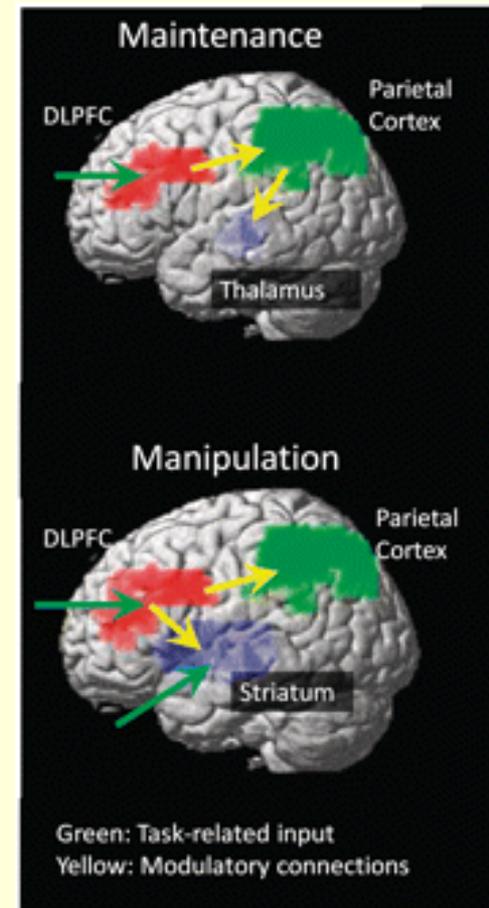
### Functional MRI Showing Brain Regions Activated During Working Memory



Linda Chang, M.D.

Dynamic causal models of working memory sub-processes.

<http://brain.oxfordjournals.org/content/135/5/1>  
436



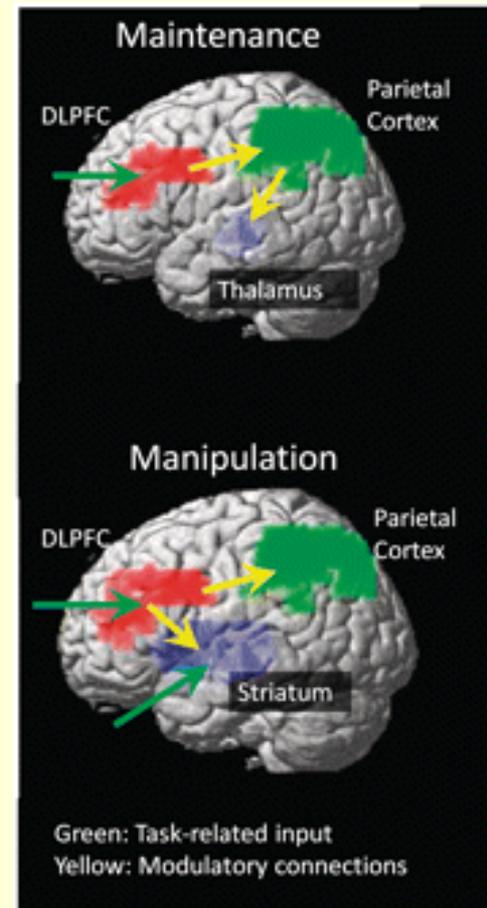
Les tâches et les situations impliquant la « **mémoire de travail** » sont si nombreuses et multiples qu'il semble plus probable qu'il s'agit d'un réseau de régions cérébrales qui participent par ailleurs à d'autres tâches (visuelles, phonologiques, etc.)

Et cela nous ramène à la critique des étiquettes fonctionnelles de la dernière séance ! (« aire de Broca », « aire de la reconnaissance des mots », etc.)

En fait, à chaque fois que l'on parle de **simulation** (ou de représentation modale d'un concept), on n'est pas loin d'évoquer directement un aspect de la mémoire de travail.

Dynamic causal models of working memory sub-processes.

<http://brain.oxfordjournals.org/content/135/5/1436>

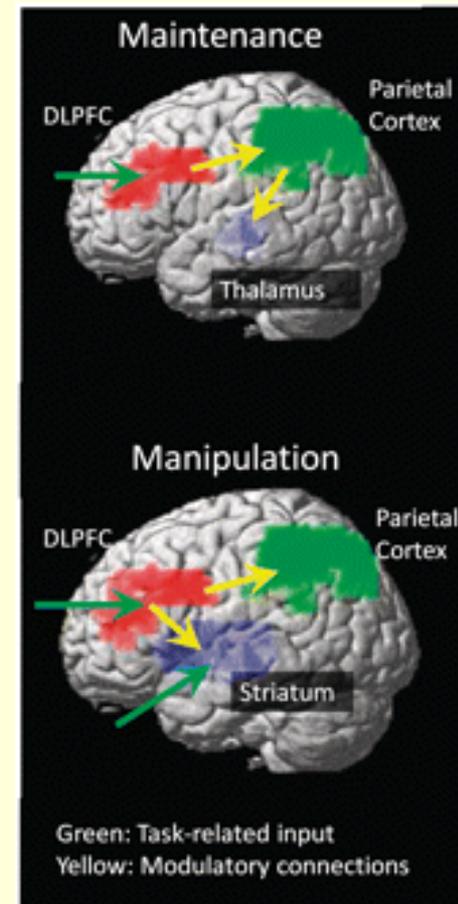


Les tâches et les situations impliquant la « **mémoire de travail** » sont si nombreuses et multiples qu'il semble plus probable qu'il s'agit d'un réseau de régions cérébrales qui participent par ailleurs à d'autres tâches (visuelles, phonologiques, etc.)

Et cela nous ramène à la critique des étiquettes fonctionnelles de la dernière séance ! (« aire de Broca », « aire de la reconnaissance des mots », etc.)

En fait, à chaque fois que l'on parle de **simulation** (ou de représentation modale d'un concept), on n'est pas loin d'évoquer directement un aspect de la mémoire de travail.

Barsalou (2008) écrit par exemple que **certaines régions du cortex frontal** maintiennent la mémoire de travail pour des objets, d'autres pour des localisation spatiales, d'autres encore plus spécifiques pour le mouvement dans différentes directions, pour la texture de différentes fréquences spatiales, etc. (Pasternak & Greenlee, 2005).



Également : de nombreuses données indiquent que lorsqu'on visualise mentalement une image (simulation ou **imagerie visuelle**), cela implique forcément ce qu'on appelle la « mémoire de travail » et l'on observe une simulation des systèmes de traitement visuel.

Même chose pour l'imagerie **auditive** qui stimule les aires auditives, et l'imagerie **motrice** (qu'utilisent les athlètes) qui produit une simulation dans les systèmes moteurs.

Dans tous ces cas ces différentes régions s'activent avec d'autres régions associées à la « mémoire de travail ».

Peut-on dire qu'ils en font partie ?

Considérer chaque configuration comme la meilleure « **coalition** » qui est ressortie après un « **active search** », en conformité avec le modèle d'Anderson, ne décrirait pas mieux ce que l'on observe ?

## La visualisation, ou imagerie mentale (un exemple “off-line”)

L'une des études les plus citées dans le domaine est celle publiée par le psychologue australien **Alan Richardson** dans Research Quarterly.

Richardson forme 3 groupes au hasard et les fait tirer 100 fois au panier de basketball pour évaluer leur performance. Ensuite, il demande à un groupe de pratiquer ses lancers 20 minutes par jour. Au second de ne rien faire du tout. Et au troisième de visualiser des lancers réussis pendant 20 minutes par jour.

Trois semaines plus tard chaque groupe est évalué à nouveau. Le premier, celui qui a pratiqué, s'est amélioré de 24%. Le second, celui qui n'a rien fait, ne s'est pas amélioré du tout. Mais le troisième, **celui qui a seulement fait de la visualisation, s'est amélioré de 23% !**

Preuve que la simple activation des réseaux sensori-moteurs en « offline » avait amélioré leur connectivité !



On Wayne Rooney and Free Throws: Visualization in Sports

<https://goalop.wordpress.com/2012/06/13/visualize-your-sports/>

Is visualisation almost as effective as practice?

<http://skeptics.stackexchange.com/questions/8531/is-visualisation-almost-as-effective-as-practice>

The Power of Vision

<http://www.navigatechange.net/tag/psychology/>

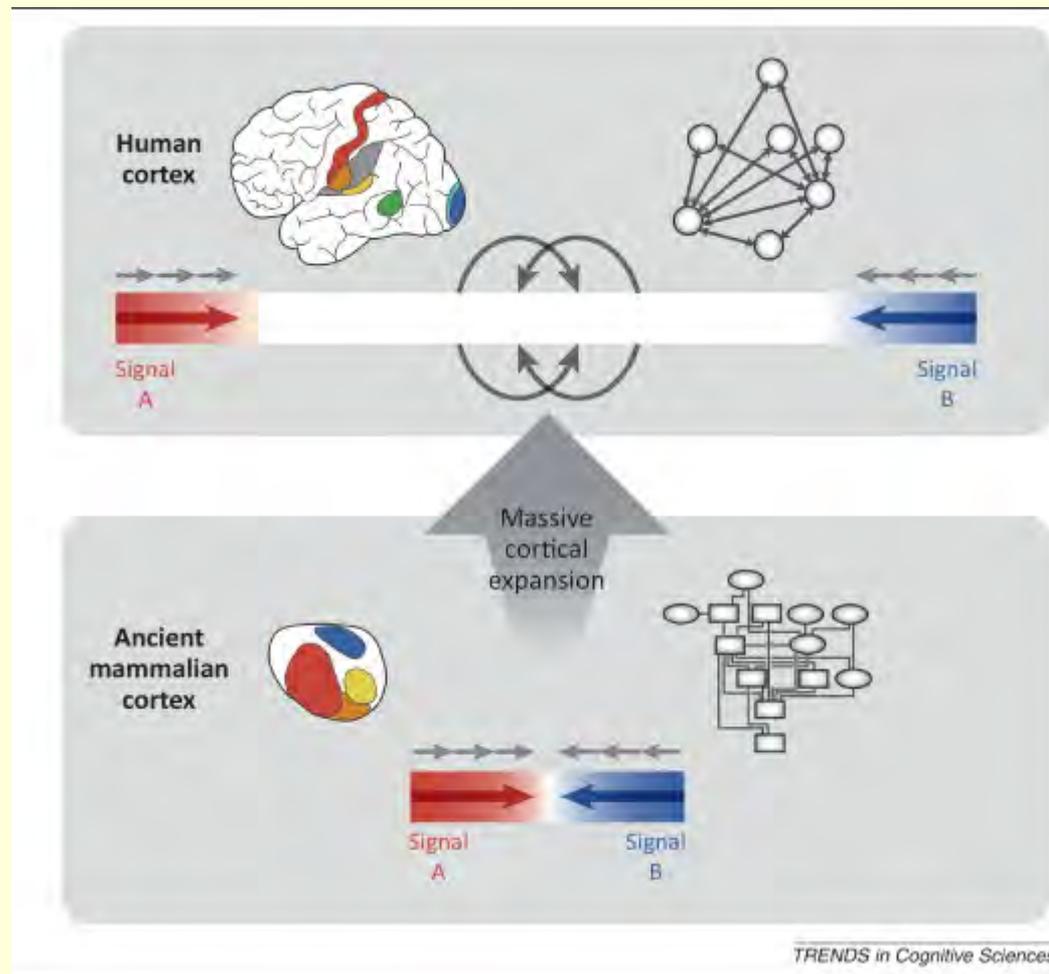
## Un mot sur le “off-line”

Une fois qu'on a appris quelque chose avec le « sensori-moteur », on peut y repenser plus tard quand l'objet n'est plus là.

Autrement dit, ce qu'on appelle le « online » peut mener au « offline ».

Évolutivement et d'un point de vue développemental, c'est évidemment d'abord le « online » qui vient en premier, nous permettant d'interagir en temps réelle avec le monde qui nous entoure.

Mais ensuite, les humains ont le « offline » en plus, si l'on peut dire, ce qui leur permet de « rejouer des représentations ».



Si l'idée de simulation a été acceptée depuis longtemps pour la mémoire de travail, il n'en est pas de même pour la simulation en tant que processus de base **pour nos connaissances conceptuelles** (encore souvent considérée comme une proposition radicale).

Pourtant... encore ici, beaucoup de données !

Subir une lésion dans une modalité sensorielle particulière augmente les probabilités de perdre l'accès à des catégories qui lui sont reliées :

- Dommages aux régions visuelles augmente les probabilités de perdre la catégorie **animal** (la vision étant la modalité dominante pour se représenter les animaux)
- Dommages aux régions motrices augmente les probabilités de perdre les noms des **outils**
- Dommages aux régions impliquées dans le traitement de la **couleur** augmente les probabilités de perdre les connaissances sur les couleurs
- Etc.

**Et la même chose « en positif » dans les études d'imagerie !**

BEHAVIORAL AND BRAIN SCIENCES (1999)

## Perceptual symbol systems

Lawrence W. Barsalou



“The properties of this theory will not be characterized formally,  
**nor will they be grounded in specific neural mechanisms.**

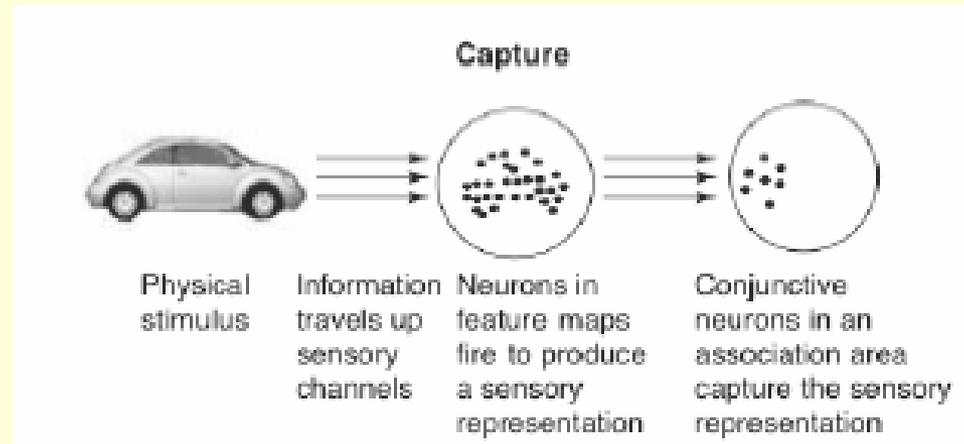
Instead, this formulation of the theory should be viewed as a **high-level functional account** of how the brain could implement a conceptual system using sensory-motor mechanisms.

Once the possibility of such an account has been established,  
**later work can develop computational implementations**  
and ground them more precisely in neural systems. »

Dans son modèle du « **Perceptual Symbol System** » (PSS),

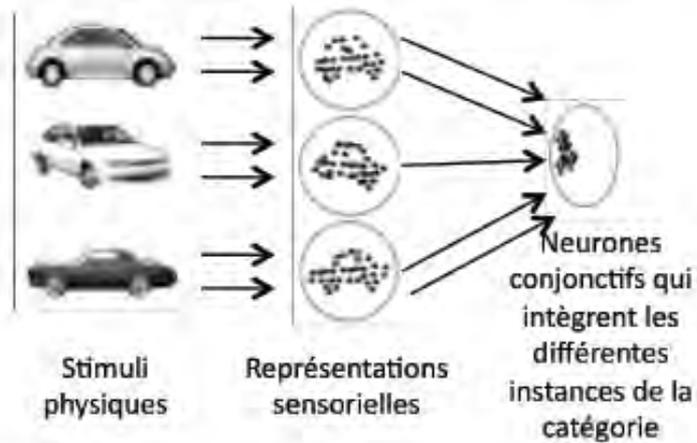
Lawrence Barsalou (**1999**) propose que toute forme de connaissance est **rattachée à des expériences perceptivo-motrices et émotionnelles**.

Lorsque nous sommes confrontés à un objet, celui-ci activerait toutes les aires sensorielles relatives à ce stimulus (face à une voiture, vont être activées les aires traitant la couleur, la forme, le bruit, etc.).

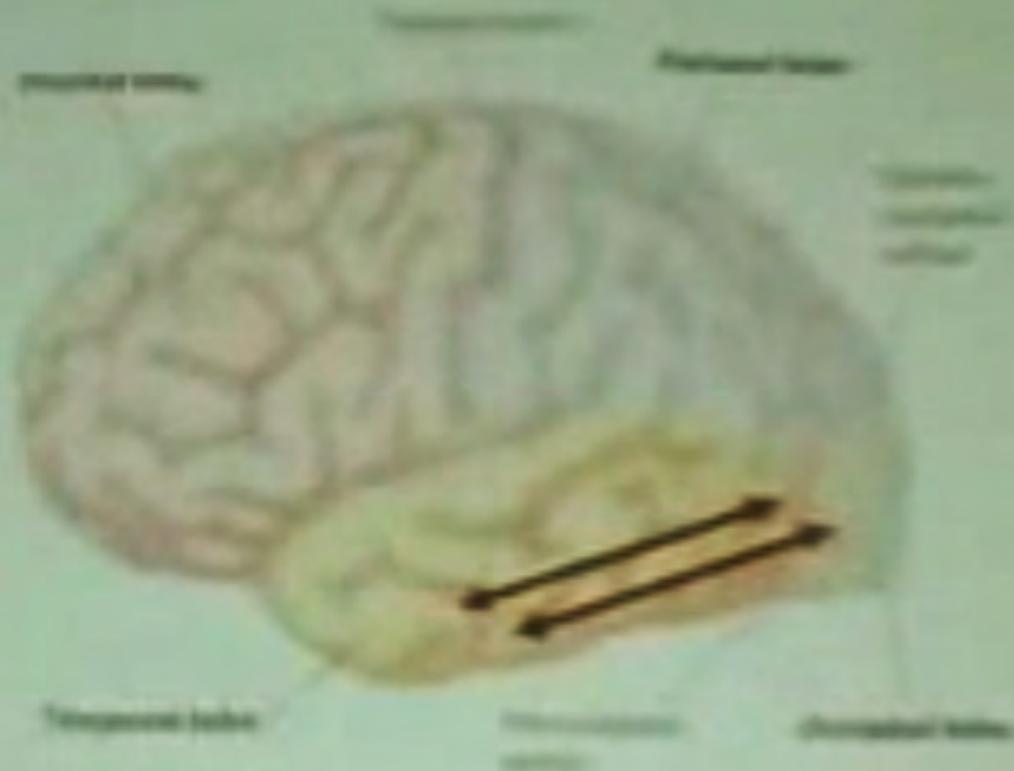


Les activations des aires sensorielles, motrices et émotionnelles vont ainsi produire dans les aires associatives des patterns d'activations particuliers.

## ENCODAGE

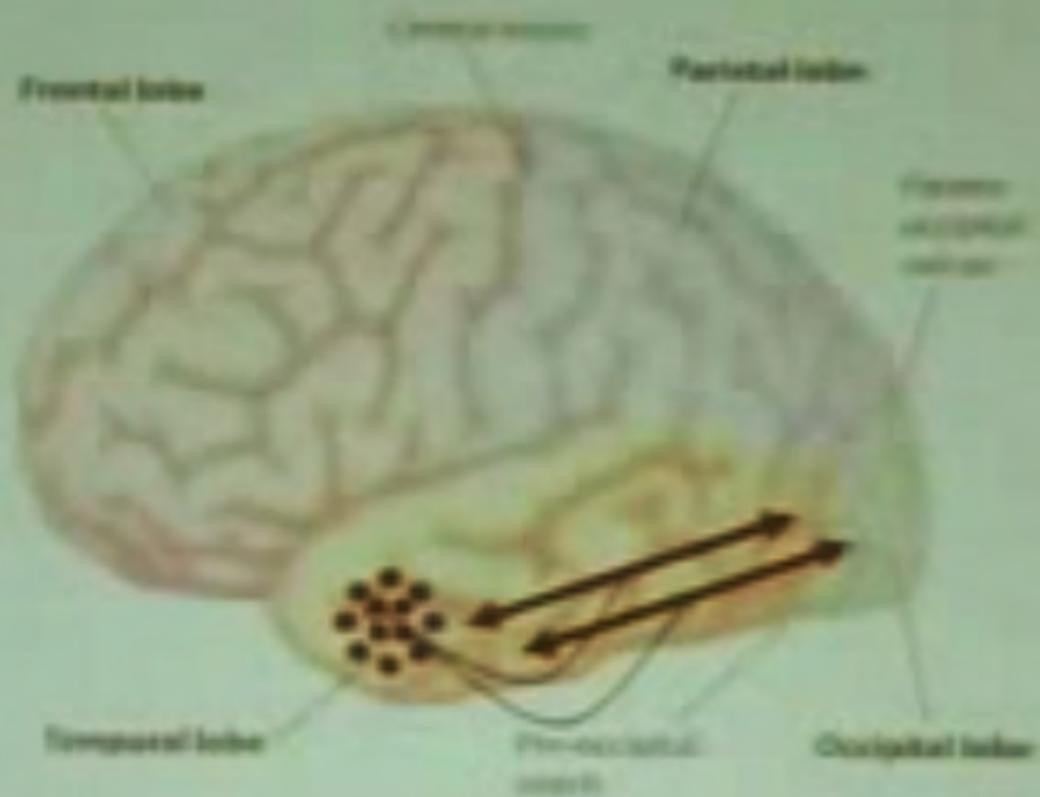


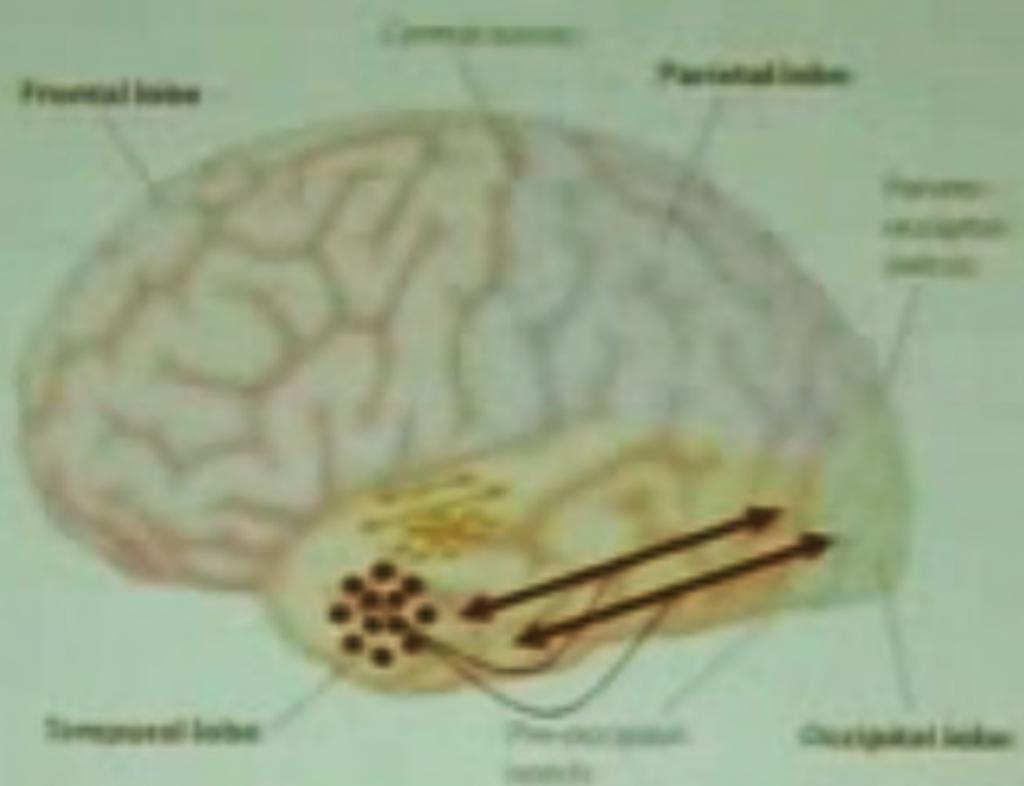
La confrontation à différents exemplaires d'une même catégorie va permettre le renforcement et la construction de ce que Barsalou appelle des « **symboles perceptifs** », c'est-à-dire des schémas résumé des principales caractéristiques perceptuelles des objets.

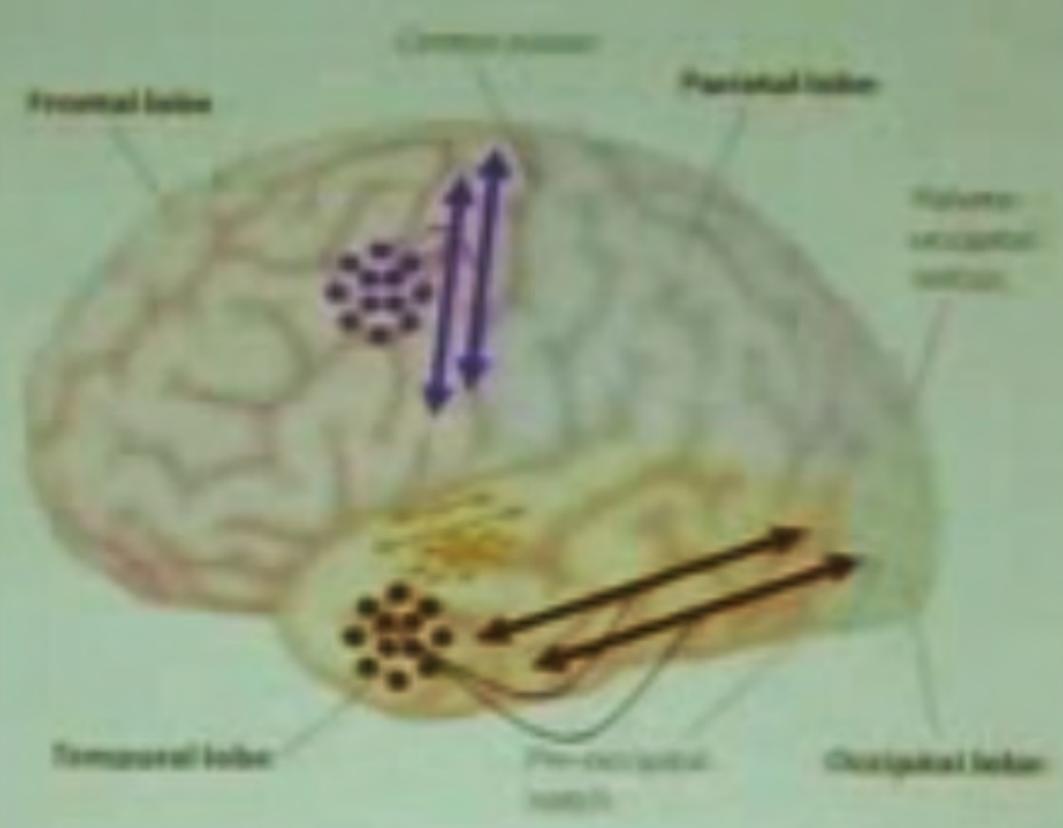


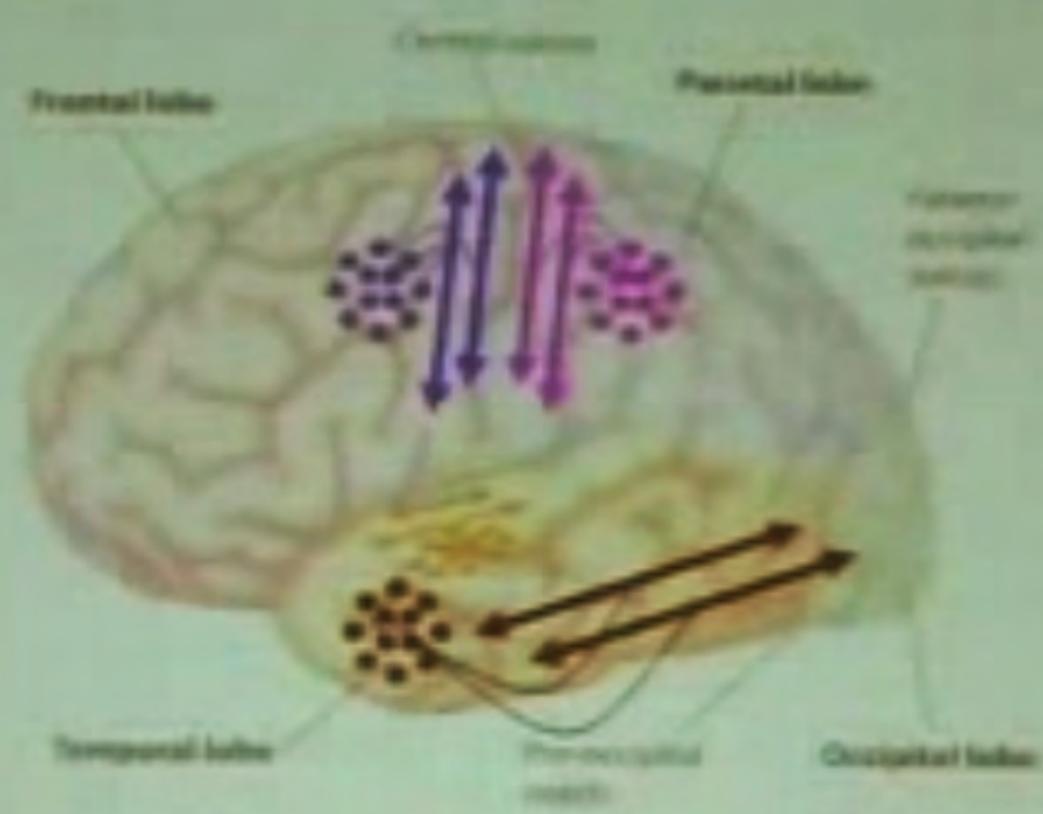
Barsalou, L.  
(video  
conference  
uploaded on  
Apr 14,  
2008). *Brain's  
Modality-  
Specific  
Systems.*

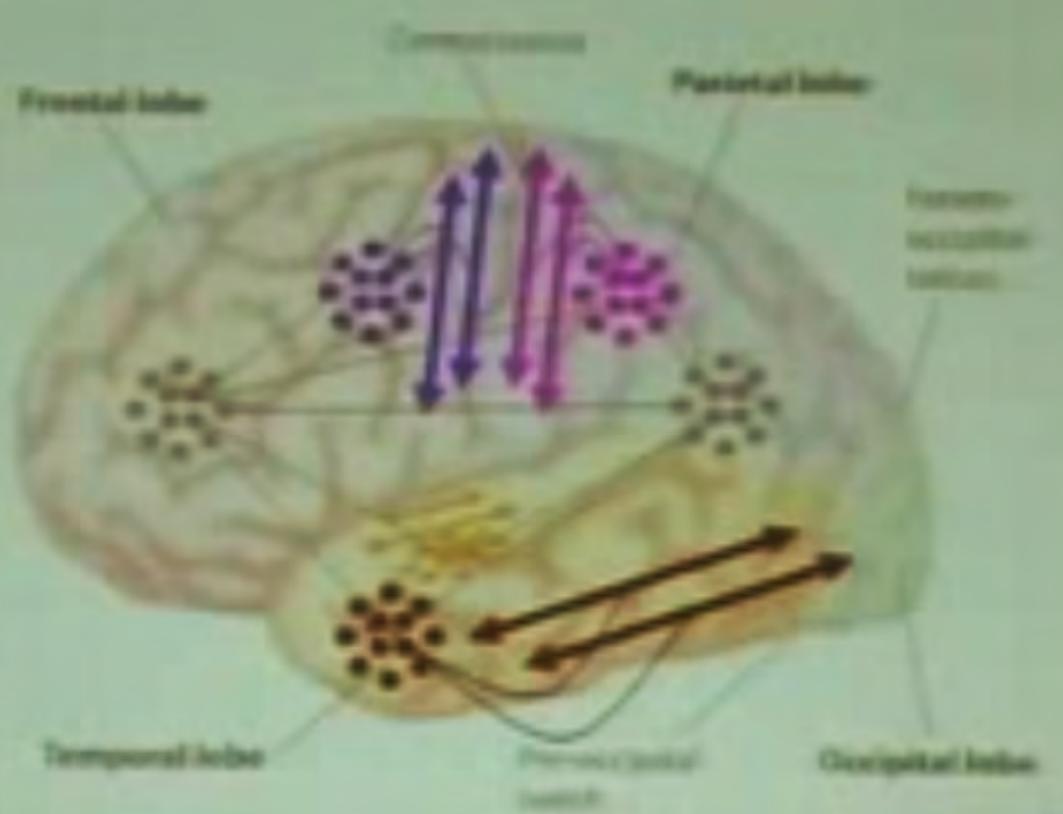
[https://www.youtu  
be.com/watch?v=j  
dzl9FN0jww](https://www.youtube.com/watch?v=jdzl9FN0jww)



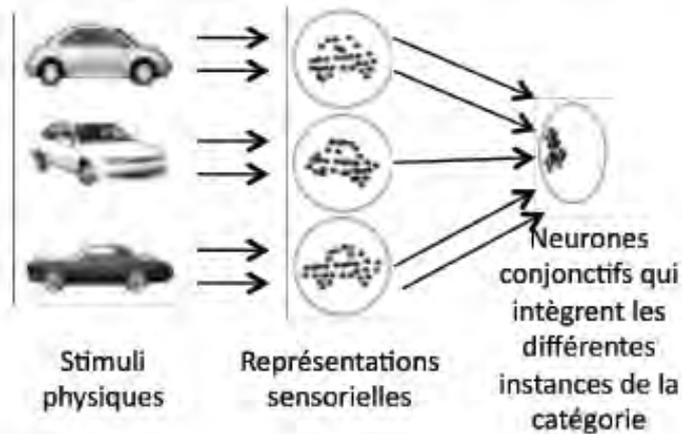
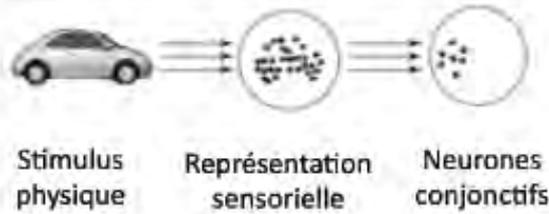




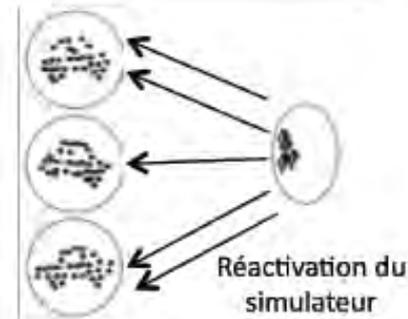




## A. ENCODAGE



## B. SIMULATION



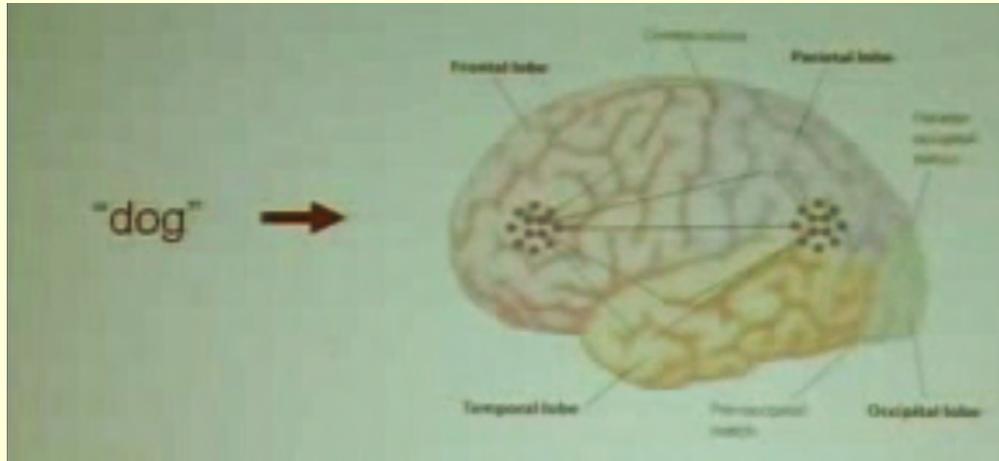
« Reenact » de(s) représentation(s) sensorielle(s)

Simulateur de concept

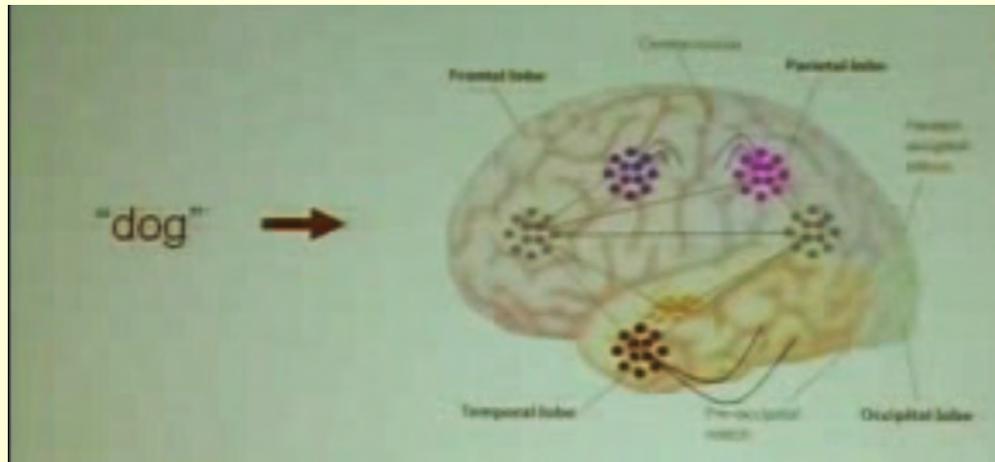
Ces simulateurs peuvent aussi déployer des aspects de la **proprioception** et de **l'introspection**;

Une fois établis et pris dans leur ensemble, ces simulateurs constitueraient un **système conceptuel** capable de représenter différents prototypes, de supporter la catégorisation, de produire des inférences catégorielles, etc.

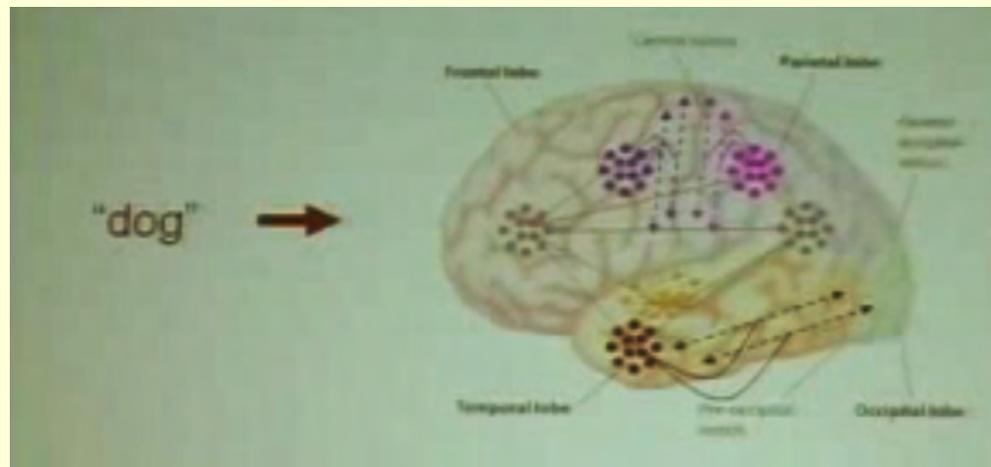
Ces patterns d'activation stockés permettent ultérieurement la réactivation, la **ré-évo**cation de l'objet même en son absence.



Un mot représentant un concept peut alors **réactiver un simulateur** (aires associatives multimodales)



qui "**réenacte**" à son tour des simulations d'états perceptuels, moteurs, mais aussi introspectifs (aires associatives unimodales).



Et ces simulations seront associées à des **recréations partielles** (dans les aires sensorielles) de l'expérience acquise

et peuvent contenir des biais et des erreurs.

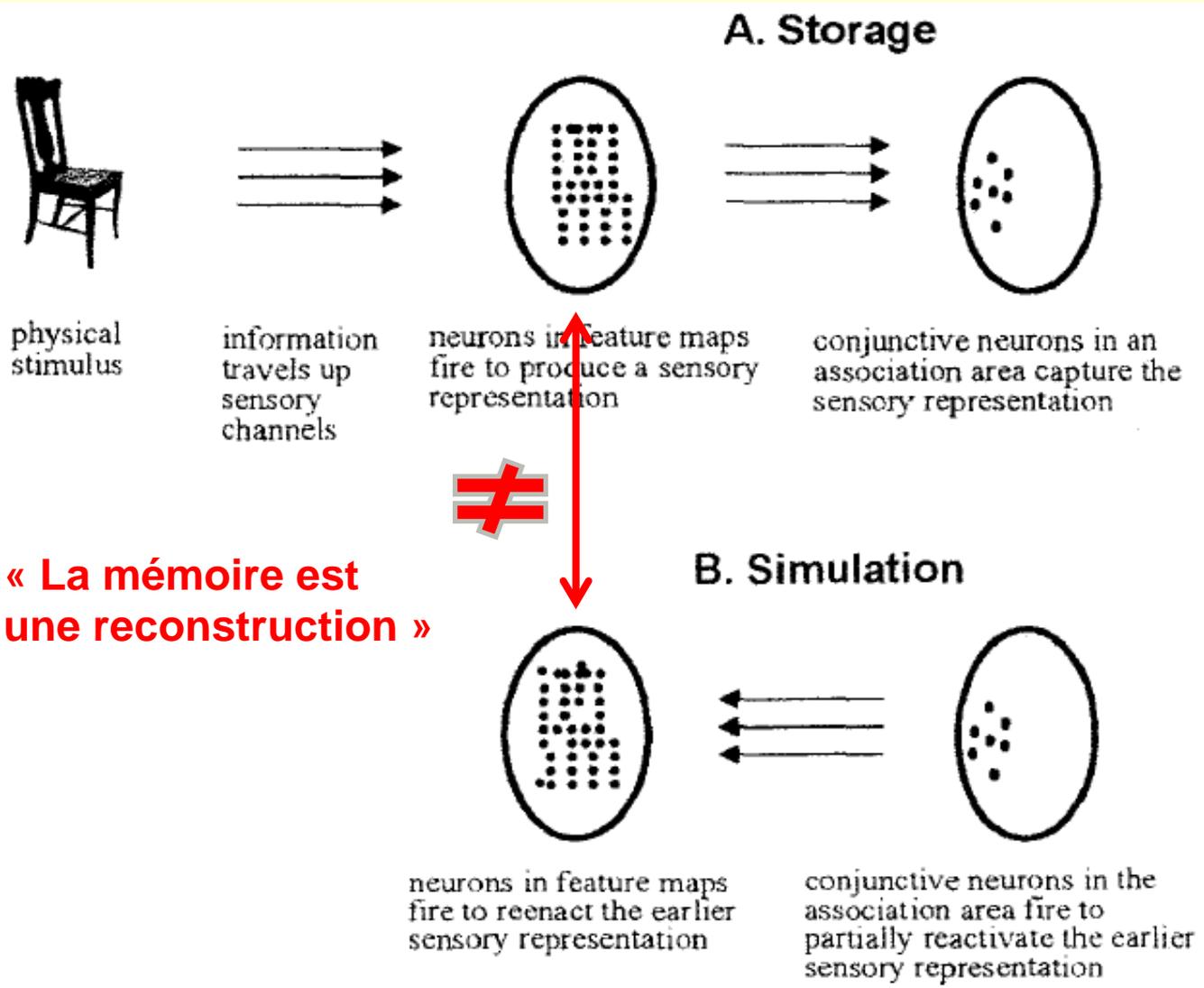
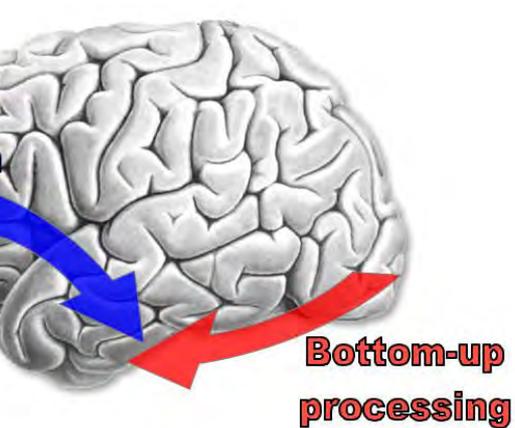


FIG. 15.1. Illustration of the storage (A) and simulation (B) of sensorimotor information in Damasio (1989) and Barsalou (1999).



physical stimulus

information travels up sensory channels

neurons in feature maps fire to produce a sensory representation

conjunctive neurons in an association area capture the sensory representation

### A. Storage



### B. Simulation



neurons in feature maps fire to reenact the earlier sensory representation

conjunctive neurons in association area partially react to sensory representation

**Top-down modulation**

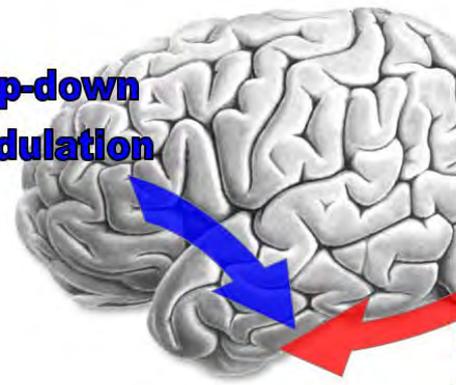
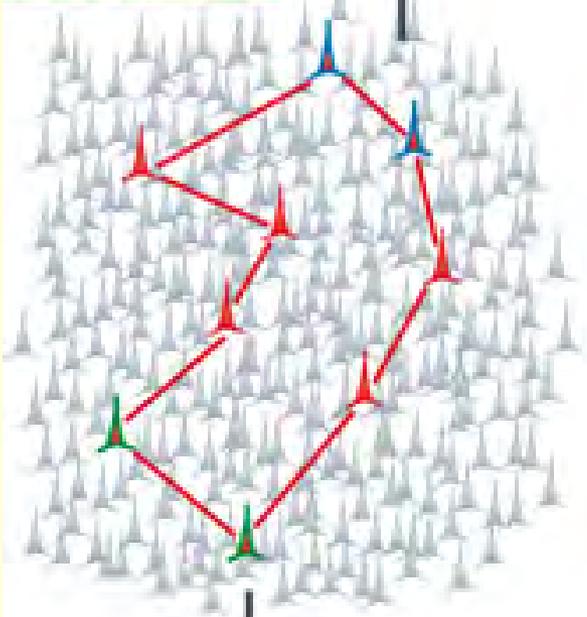


FIG. 15.1. Illustration of the storage (A) and simulation (B) of motor information in Damasio (1989) and Barsalou (1999).



Luke Skywalker



Barsalou écrit :

« Une fois qu'un symbole perceptuel est emmagasiné, il ne fonctionne pas de manière rigide comme un symbole discret.

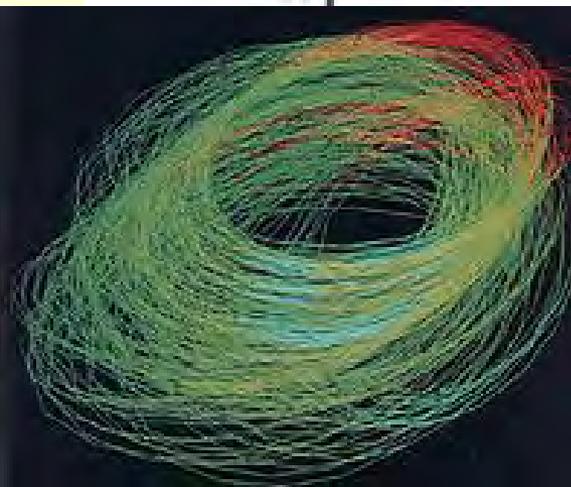
Parce qu'un symbole perceptuel correspond à une **assemblée de neurones**, ses activations subséquentes ont des propriétés dynamiques.

Sa réactivation ne sera jamais exactement identique

et le stockage additionnel d'autres symboles perceptuels dans la même région peut modifier les connexions dans le pattern original et rendre sa réactivation différente.

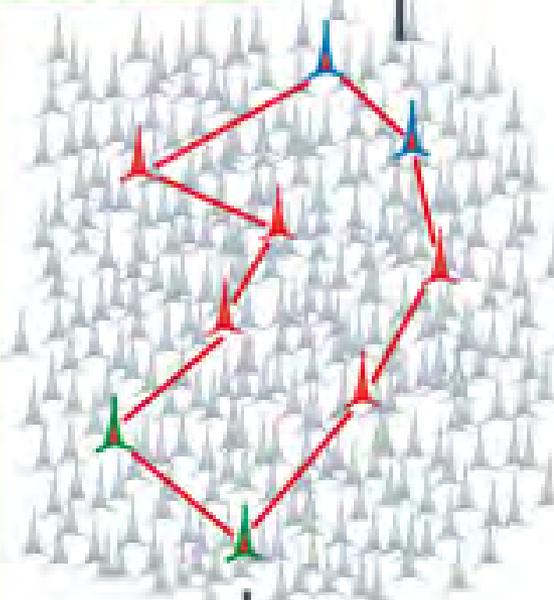
Pour ces raisons, on considère un symbole perceptuel comme un **attracteur** dans un réseau connexionniste.

Quand le réseau change avec le temps, l'attracteur change aussi. Et quand le contexte varie, l'activation de l'attracteur covarie.”

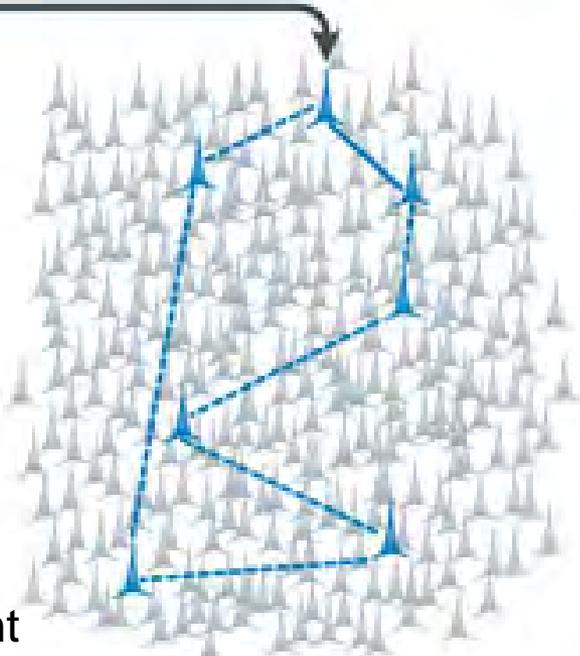




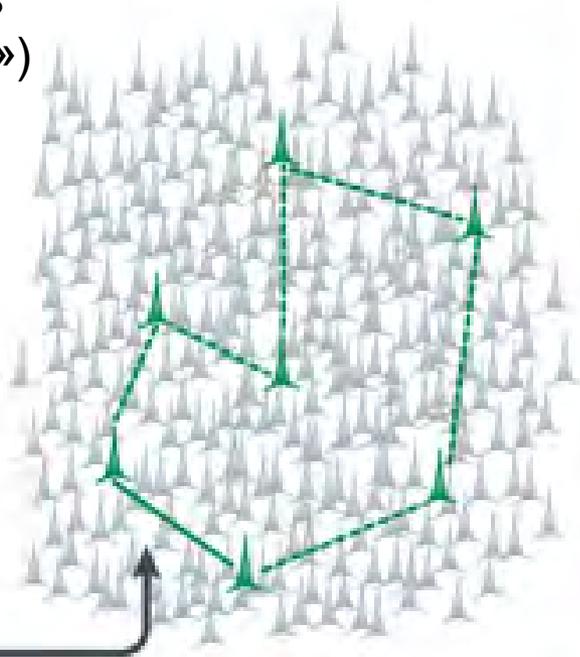
Luke Skywalker



Des formes d'activation semblables rendent aussi possible des effets de contexte (embrasement d'assemblées de neurones »)



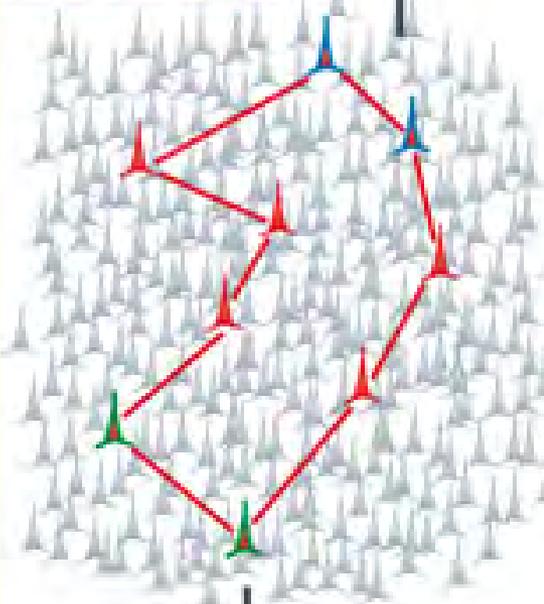
Yoda



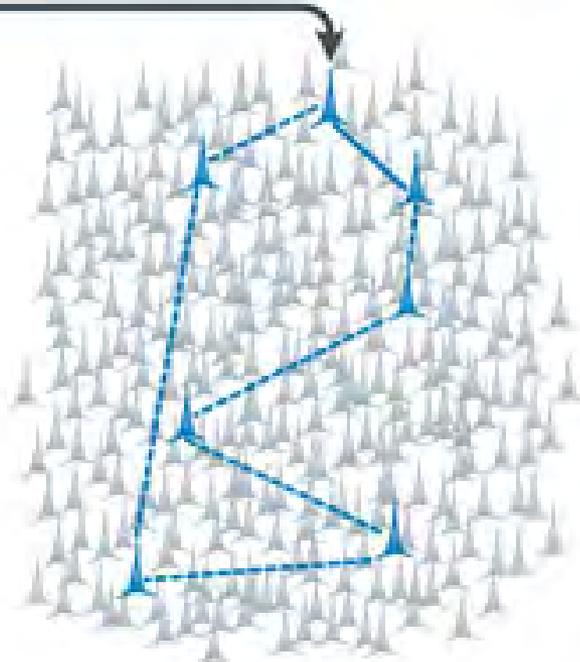
Darth Vader



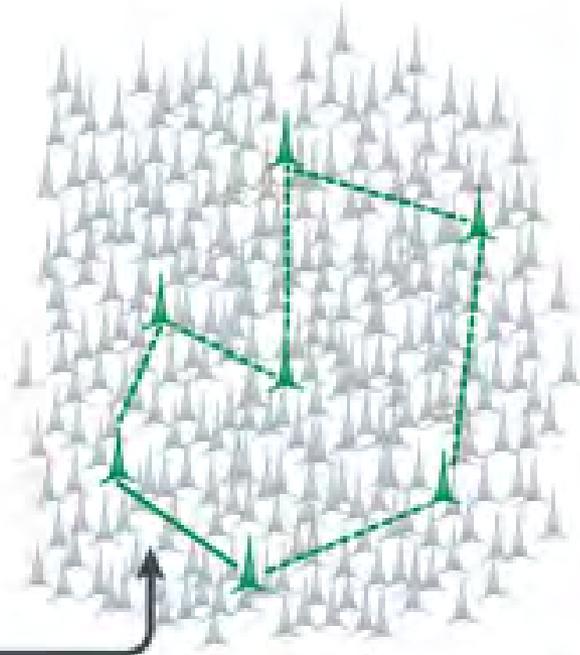
Luke Skywalker



Hofstadter et Sander insistent sur l'importance des **glissements** entre catégories dans les activités cognitives et ceux en particulier qui reposent sur une abstraction.



Yoda



Darth Vader

**Propriétés des simulateurs du PSS  
qui en ferait un système conceptuel pleinement fonctionnel :**

## - Productivité

La possibilité de construire un nombre illimité de représentations complexes à partir d'un nombre fini de symboles en utilisant des mécanismes de récursion et de combinatoire.

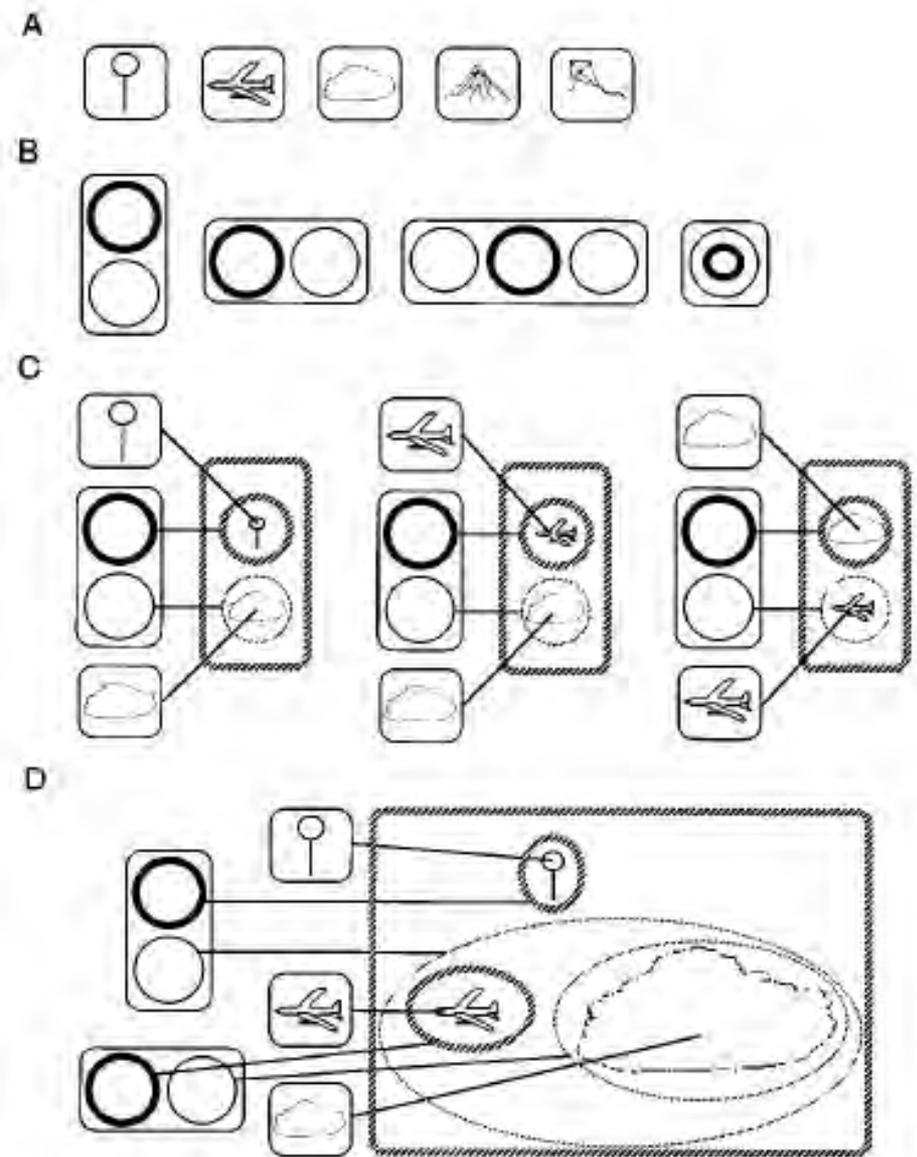


Figure 4. An example of how perceptual symbols for object categories (A) and spatial relations (B) implement productivity through combinatorial (C) and recursive (D) processing. Boxes with thin solid lines represent simulators; boxes with thick dashed lines represent simulations.

## - Productivité

La possibilité de construire un nombre illimité de représentations complexes à partir d'un nombre fini de symboles en utilisant des mécanismes de récursion et de combinatoire.

## - Proposition :

La possibilité d'implémenter des propositions qui décrivent et interprètent des situations.

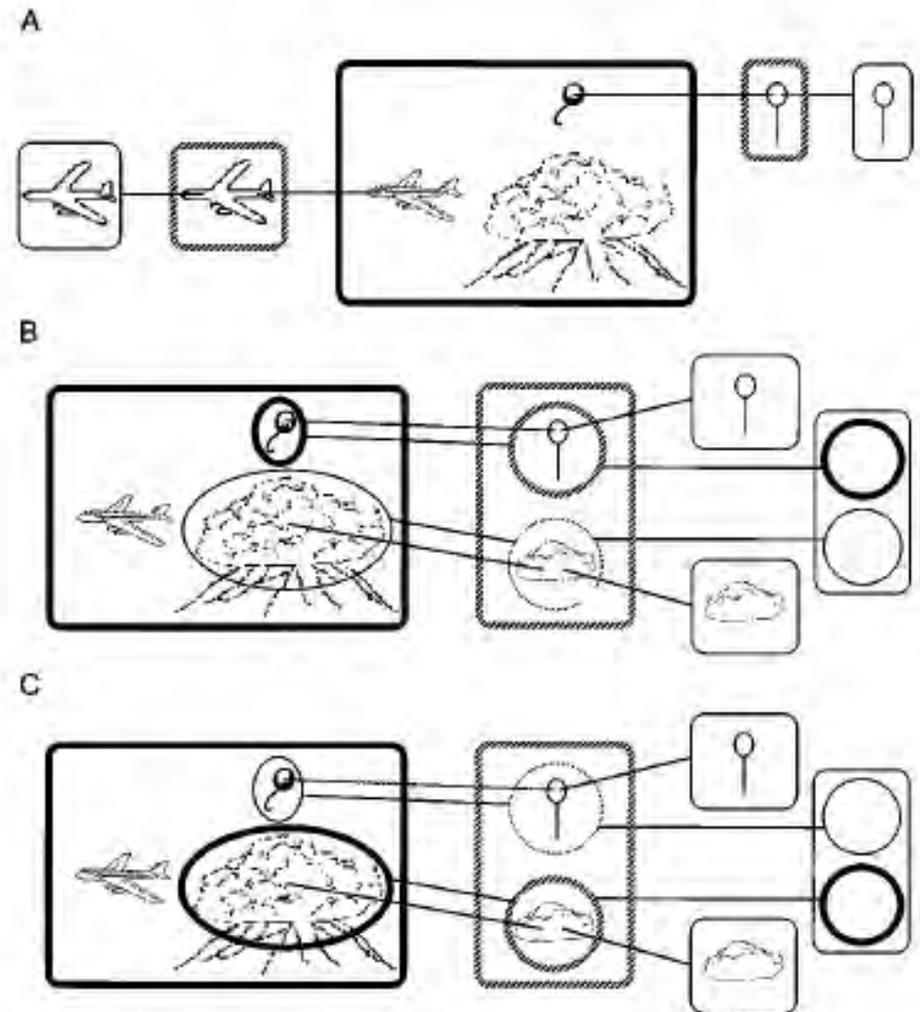


Figure 5. (A) Examples of how perceptual symbol systems represent true propositions by fusing perceived entities with simulations constructed from simulators. (B) Example of a complex hierarchical proposition. (C) Example of an alternative interpretation of the same aspects of the scene in panel B. Boxes with thin solid lines represent simulators; boxes with thick dashed lines represent simulations; boxes with thick solid lines represent perceived situations.

## - Productivité

La possibilité de construire un nombre illimité de représentations complexes à partir d'un nombre fini de symboles en utilisant des mécanismes de récursion et de combinatoire.

## - Proposition :

La possibilité d'implémenter des propositions qui décrivent et interprètent des situations.

## - Concepts abstraits

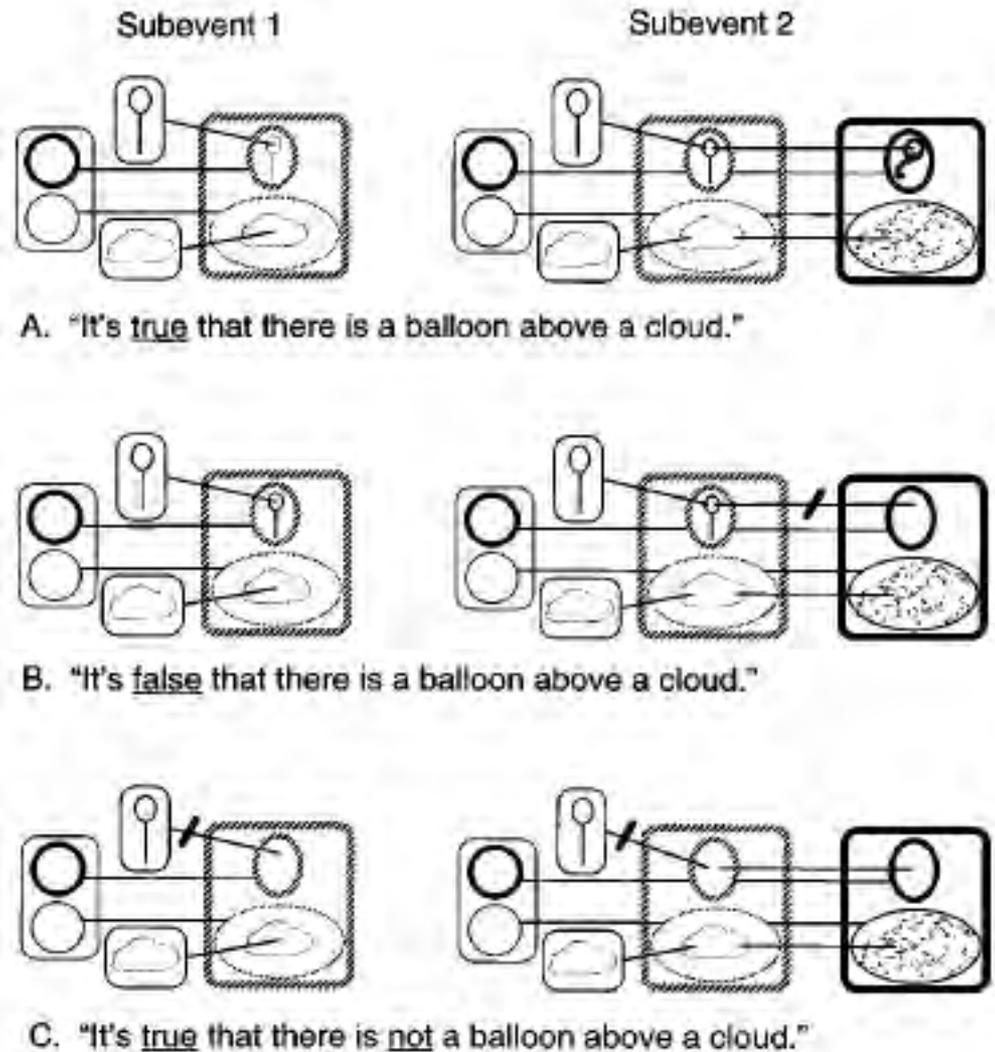


Figure 7. (A) Accounting for one sense of *truth* using perceptual symbols. (B) Accounting for one sense of *falsity* using perceptual symbols. (C) Accounting for one sense of *negation* using perceptual symbols. Boxes with thin solid lines represent simulators; boxes with thick dashed lines represent simulations; boxes with thick solid lines represent perceived situations.

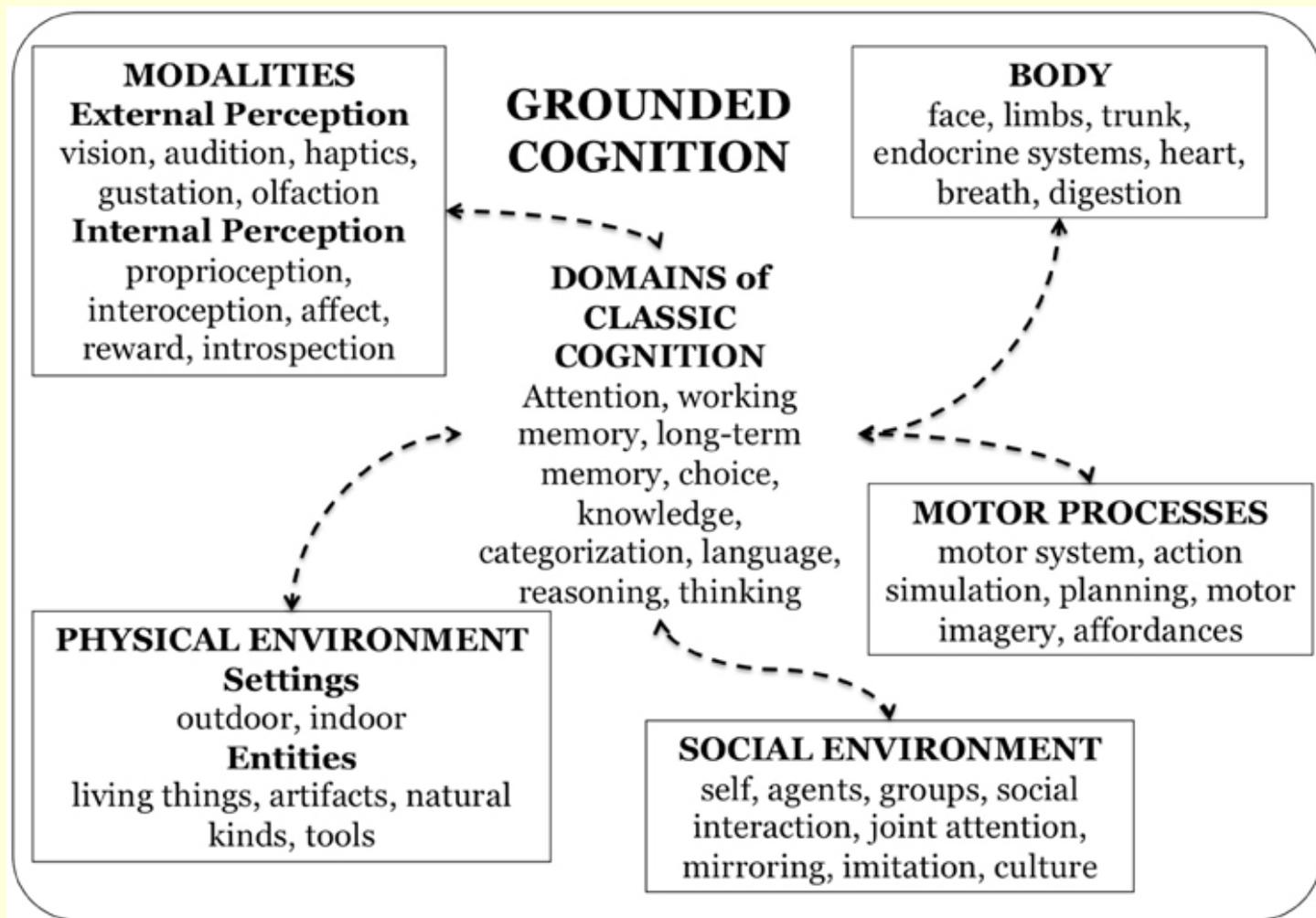
## **Conclusion** (qui introduit la 2<sup>e</sup> partie de la séance...)

« Ideally these theoretical analyses should be **grounded in neural mechanisms**, and ideally they should be **formalized computationally.**”

- L. Barsalou

# Computational Grounded Cognition: a new alliance between grounded cognition and computational modeling

[Giovanni Pezzulo](#)<sup>1,2\*</sup>, [Lawrence W. Barsalou](#)<sup>3</sup>, [Angelo Cangelosi](#)<sup>4</sup>, [Martin H. Fischer](#)<sup>5</sup>, [Ken McRae](#)<sup>6</sup> and [Michael J. Spivey](#)<sup>7</sup>



## Computational Grounded Cognition: a new alliance between grounded cognition and computational modeling

Giovanni Pezzulo<sup>1,2\*</sup>, Lawrence W. Barsalou<sup>3</sup>, Angelo Cangelosi<sup>4</sup>, Martin H. Fischer<sup>5</sup>, Ken McRae<sup>6</sup> and Michael J. Spivey<sup>7</sup>

“We propose a new alliance between grounded cognition and computational modeling toward a novel multidisciplinary enterprise:

### ***Computational Grounded Cognition.***

We clarify the defining features of this novel approach and emphasize the importance of using the methodology of **Cognitive Robotics**,

which permits simultaneous consideration of multiple aspects of grounding, embodiment, and situatedness, showing how they constrain the development and expression of cognition.”

Matériel supplémentaire,  
si on a le temps...

## **Différentes théories apparentées :**

- **Linguistiques cognitives**

- **Action située**

- **Simulations sociales**

- **Simulations cognitives**

## **Différentes théories apparentées :**

### **- Linguistiques cognitives**

Lakoff & Johnson (1980, 1999), en réaction aux théories syntaxiques amodales issues de la révolution cognitive (Chomsky).

Proposent que les concepts abstraits sont ancré métaphoriquement dans des connaissances incarnées et situées (comme l'intérieur ou l'extérieur de notre corps, sa verticalité, etc.)

### **- Action située**

### **- Simulations sociales**

### **- Simulations cognitives**

## **Différentes théories apparentées :**

- **Linguistiques cognitives**

- **Action située**

Également en réaction aux théories amodales issues de la révolution cognitive, Gibson (1979) va être l'un des premiers à attribuer un rôle central à l'environnement pour comprendre la perception et l'action dans les processus cognitifs. [\[on va s'attarder beaucoup plus sur Gibson à la prochaine séance\]](#)

Couplage intime entre perception et action (Thelen & Smith 1994).

Adopte le vocabulaire des systèmes dynamiques (couplage, attracteurs, etc.)

- **Simulations sociales**

- **Simulations cognitives**

## Différentes théories apparentées :

- Linguistiques cognitives

- Action située

- **Simulations sociales**

Suggèrent qu'on peut mieux comprendre les états mentaux d'autrui en simulant en nous des états équivalents (ex.: empathie : simuler notre propre douleur, etc.);

Les neurones miroirs seraient impliqués, mais répondraient surtout au but d'une action, pas à l'action elle-même. D'où l'idée qu'ils pourraient aider à inférer les intentions des autres.

Les simulations aideraient aussi à l'imitation et à la coordination d'action.

- **Simulations cognitives**

## Différentes théories apparentées :

- Linguistiques cognitives

- Action située

- Simulations sociales

- **Simulations cognitives**

a) Sur nos systèmes de mémoire : l'approche classique offre une conception trop passive du stockage de l'information et fait peu de cas de l'action située.

S'appuyant sur Gibson, Glenberg (1997) suggère que nos perceptions des objets rappellent des « affordances » stockées dans notre mémoire qui vont nous permettre d'agir efficacement. [\[encore ici, voir à la prochaine séance...\]](#)

Rubin (2006) : la mémoire, par exemple autobiographique, est plus riche que celle qu'on teste en laboratoire avec des tâches simples. Se remémorer implique la simulation de multiples représentations multimodales.

# Petite parenthèse sur les **neurones miroirs...**

**Grasping the intentions of others  
with one's own **mirror neuron system.****

**lacoboni**, M., Molnar-Szakacs, I., **Gallese**, V., Buccino, G., Mazziotta, J. C., & **Rizzolatti**, G. (**2005**). Plos Biology, 3(3), 529-535

## Understanding motor events - A neurophysiological study.

di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (**1992**). *Experimental Brain Research*, 91(1), 176-180.

## Cortical Mechanisms of Human Imitation

Marco Iacoboni, Roger P. Woods, Marcel Brass, Harold Bekkering, John C. Mazziotta, Giacomo Rizzolatti. *Science* 24 December **1999**: Vol. 286 no. 5449 pp. 2526-2528

## A Touching Sight

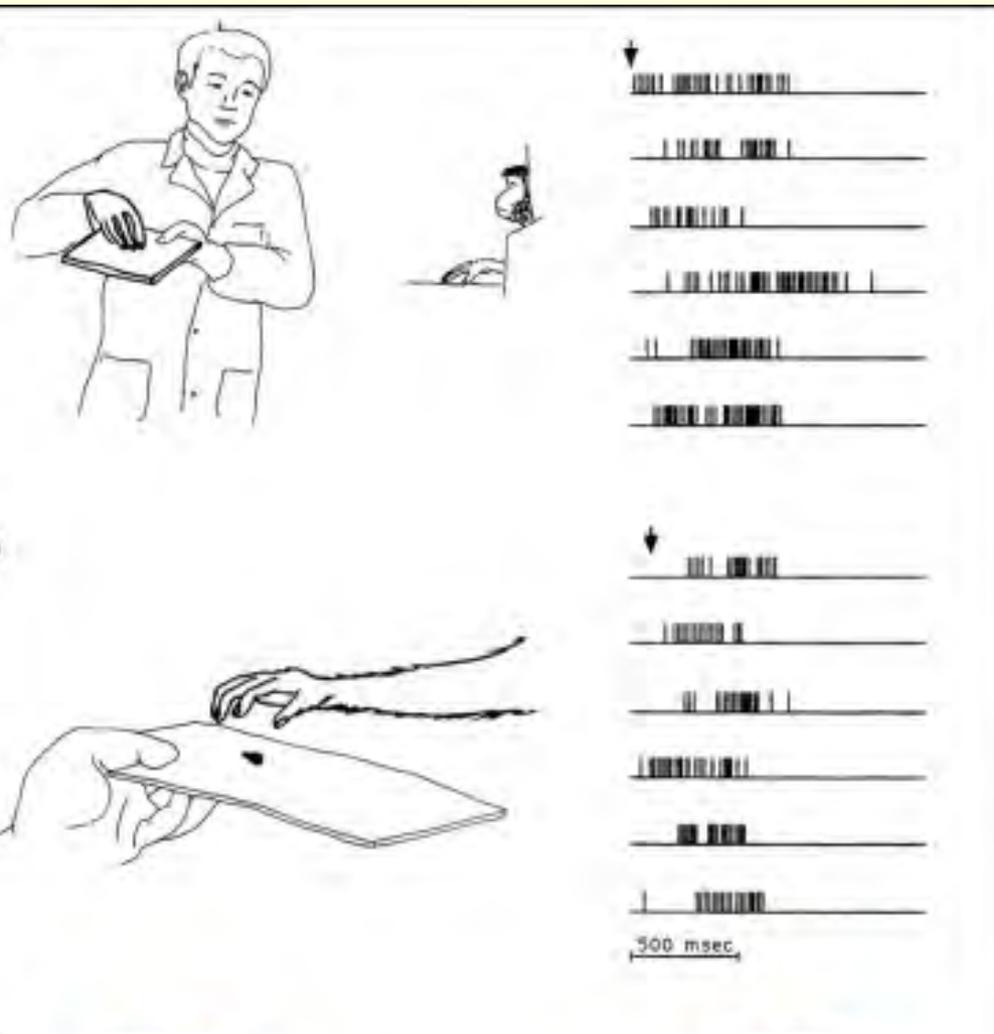
Christian Keysers , Bruno Wicker, Valeria Gazzola, Jean-Luc Anton, Leonardo Fogassi, Vittorio Gallese. *Neuron*, Volume 42, Issue 2, 335-346, 22 April **2004**

## Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system.

Iacoboni, M., Molnar-Szakacs, I., Gallese, V., Buccino, G., Mazziotta, J. C., & Rizzolatti, G. (**2005**). *Plos Biology*, 3(3), 529-535

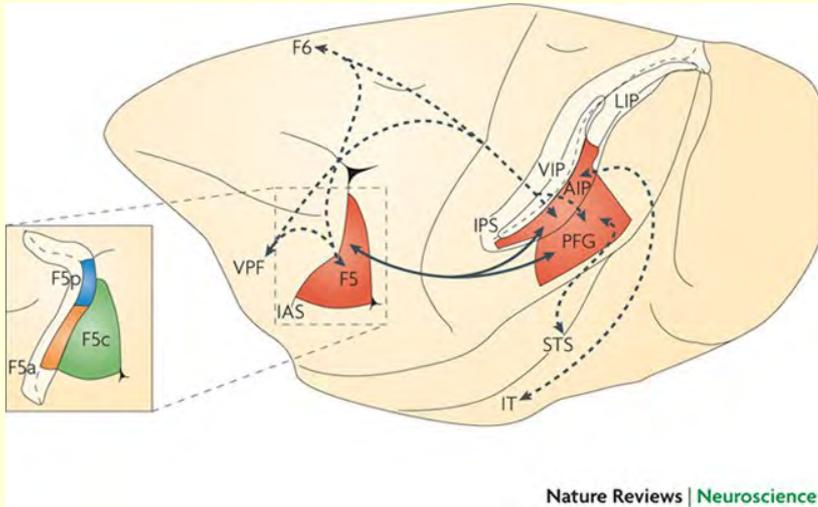
## Understanding motor events - A neurophysiological study.

di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (1992). Experimental Brain Research, 91(1), 176-180.



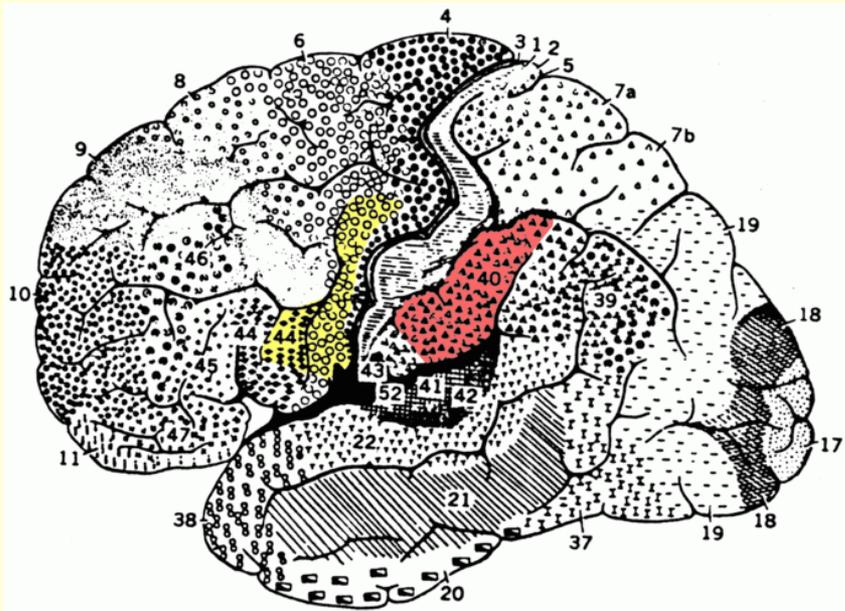
Dans l'aire **F5** du cortex **prémoteur** ventral du singe, on a découvert, vers le milieu des années 1990, que certains neurones émettaient des potentiels d'action non seulement lorsque le singe faisait un mouvement de la main ou de la bouche, mais aussi lorsqu'il regardait simplement un autre animal ou un humain faire le même geste. On appela ces neurones des «**neurones miroirs**».

Un autre type de neurones dits «**canoniques**» s'activent quant à eux à la simple vue d'un objet saisissable par le mouvement de préhension de la main codé par ce neurone. Comme si cerveau anticipait une interaction possible avec cet objet et se préparait en conséquence.



Singe :

Enregistrements intracellulaires



Humain :

IRMf : preuve indirecte

# Mirror Neurons



THE NEW SCIENCE OF HOW  
WE CONNECT WITH OTHERS

# Mirroring People

MARCO  
IACOBONI



## Cortical Mechanisms of Human Imitation

Marco Iacoboni, Roger P. Woods, Marcel Brass, Harold Bekkering, John C. Mazziotta, Giacomo Rizzolatti. *Science* 24 December 1999: Vol. 286 no. 5449 pp. 2526-2528



### Mirror Neurons

Transcript of NOVA video

Why do sports fans feel so emotionally invested in the winning team and they seem part of the game. How do we learn to imitate others? In fact, it's not just us. According to the parietal lobe, the brain's 'mirror' system, we can see and feel others' actions as if we were doing them. As the video reveals, our 'mirror' system is what makes us so good at imitating others.

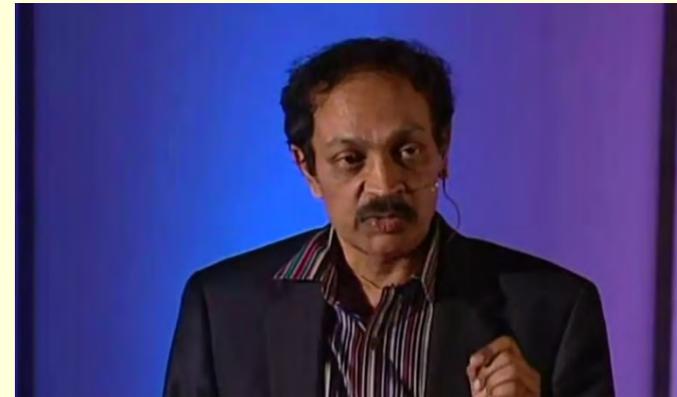


'the neurons that shaped civilization'

'the single most important "unreported" story of the decade'

Rôle attribué dans :

- notre compréhension des **intentions** et des états mentaux des autres,
- notre capacité **d'imitation**
- **l'empathie** (ou ses troubles, par exemple **l'autisme**)
- l'évolution et l'apprentissage du **langage** (l'aire F5 chez le singe est considérée comme l'homologue de l'aire de Broca)



V.S. Ramachandran

# Single-Neuron Responses in Humans during Execution and Observation of Actions

Roy Mukamel, Arne D. Ekstrom, Jonas Kaplan, Marco Iacoboni, and Itzhak Fried. Current Biology 20, 750–756, April 27, **2010**

Avec des électrodes intra-crâniennes chez un patient épileptique en évaluation pour subir une chirurgie, cette équipe affirme avoir observé **des neurones qui font feu à la fois quand un patient observe ou exécute une action.**

Ces neurones étaient toutefois situés dans plusieurs régions hors du “circuit de neurones miroirs” classique chez l’humain (par exemple l’hippocampe).

**Critiqué pour cette raison**, parce que s’ils sont partout, ils perdent ainsi beaucoup de leur puissance explicative pour quoi que ce soit.

Mais aussi parce que ce n’était qu’un faible pourcentage des neurones qui se comportaient ainsi (2 à 14 %, selon les régions).

# **Eight problems** for the mirror neuron theory of action understanding in monkeys and humans.

Hickok G. J Cogn Neurosci. **2009** Jul;21(7):1229-43.

Huit problèmes avec les neurones miroirs

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2011/07/18/huit-problemes-avec-les-neurones-miroirs/>

Cette théorie explicative générerait selon lui cette belle unanimité parce qu'elle est simple à comprendre et semble aller de soit.

Mais empêcherait du même coup l'exploration d'autres fonctions potentiellement aussi intéressantes pour les neurones miroirs.

Par exemple, les neurones miroirs pourraient « **enrichir** » **de manière sensori-motrice certains concepts abstraits**, par exemple celui de saxophone ou d'un style de danse particulier.

Les scientifiques à l'origine de leur découverte ont écrit récemment que les neurones miroir pourraient avoir un rôle plus restreint que ce qui avait été d'abord anticipé.

« They suggest that the cells play a role in helping us to understand, **'from the inside'**, actions that we already know how to perform. Critics argue that this confirms the alternative theory that mirror neurons are involved instead in selecting and controlling actions.”

## Holt & Beilock (2006)

Des sportifs experts d'un sport qui lisent sur leur sport produisent des simulations motrices absentes chez les novices qui lisent le même texte.

**Le BLOGUE** du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

### Nos neurones miroirs préfèrent nos mouvements préférés

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2011/03/07/nos-neurones-miroirs-preferent-nos-mouvements-preferes/>



## Glaser et al. (2005)

On a demandé à des danseurs professionnels de ballet classique et de capoeira (une forme d'art martial brésilien) de regarder de courts extraits vidéo de danseurs performant ces deux types de danse, pendant qu'on mesurait leur activité cérébrale avec un IRMf.

→ des régions du cerveau humain associées à ce « système de **neurones miroirs** » étaient plus actives quand un danseur regardait la sorte de danse qui était la sienne que lorsqu'il regardait l'autre type de danse (et dans le groupe contrôle de non danseurs, l'activité était encore moindre que celle des danseurs qui ne regardaient pas leur type de danse)

Fermer la parenthèse sur les  
**neurones miroirs.**

## Différentes théories apparentées :

- Linguistiques cognitives

- Action située

- Simulations sociales

- **Simulations cognitives**

  - a) Sur nos systèmes de mémoire

  - b) Le « Perceptual Symbol Systems » (PSS) de L. Barsalou retient des théories classiques l'importance fonctionnelle des opérations symboliques mais tente de les implémenter en utilisant la simulation et les systèmes dynamiques.

La simulation devient ici un grand principe computationnel unificateur.