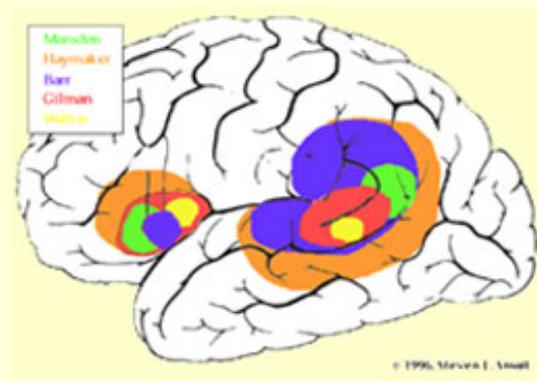


2 novembre

## 8- La linguistique cognitive : quand le langage « fait corps » avec nos autres facultés

### Cours :

- Introduction à la linguistique cognitive (1/2 h. donnée par Jimena Terraza)
- « Declarative / Procedural Model » du langage de Michael T. Ullman
- Extraits du cours de Stanislas Dehaene du Collège de France sur la représentation cérébrale des structures linguistiques
- Aperçu de la thèse de Hofstadter et Sander dans « L'analogie, cœur de la pensée »



### Article :

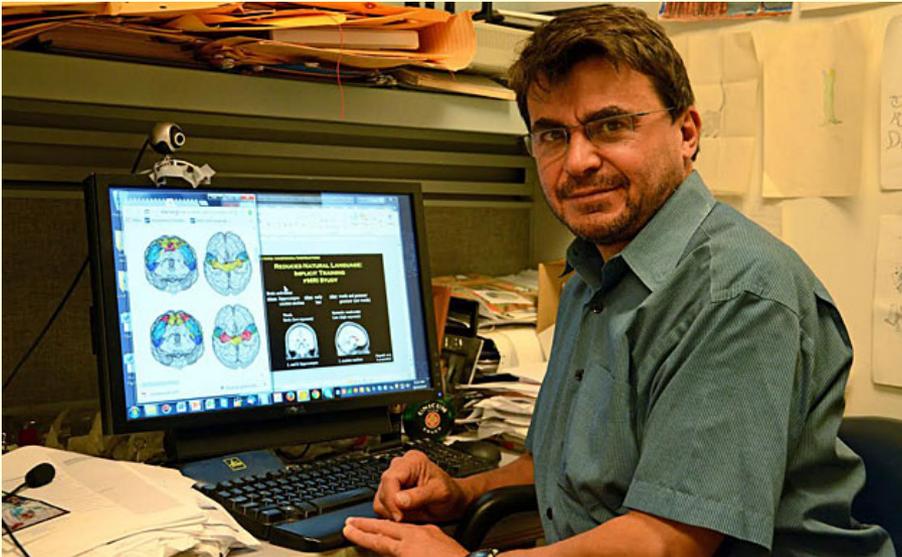
#### THE DECLARATIVE/ PROCEDURAL MODEL

A Neurobiologically Motivated Theory of First and Second Language

Michael T. Ullman (2015)

<https://georgetown.app.box.com/s/5q1pj7d0zjxmf3vkgtm0orfx2vx06rsw>

Intro de : Ullman, M. T. (2016). The declarative/procedural model:  
A neurobiological model of language learning, knowledge and use.



<http://brainlang.georgetown.edu/>

Intro de : Ullman, M. T. (2016). The declarative/procedural model:  
A neurobiological model of language learning, knowledge and use.

On sait encore relativement **peu de choses**  
**sur les corrélats neuronaux du langage.**

Raisons :

- Approche « isolationniste » (module...)



En 1861, le neurochirurgien français Paul Broca examine le cerveau d'un de ses patients qui vient de décéder.

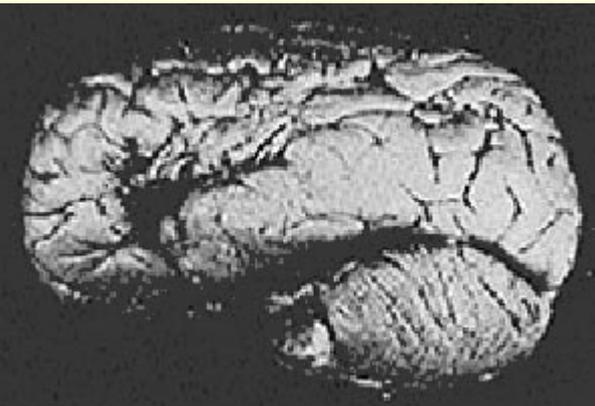
Ce patient ne pouvait prononcer d'autres syllabes que «tan», bien qu'il comprenait ce qu'on lui disait.

Sans être atteint d'aucun trouble moteur de la langue ou de la bouche qui aurait pu affecter son langage, ce patient ne pouvait produire aucune phrase complète ni exprimer ses idées par écrit.

En faisant l'autopsie de son cerveau, Broca a trouvé une lésion importante dans le **cortex frontal inférieur gauche**.

Par la suite, Broca a étudié huit patients aux déficits semblables qui tous avaient une lésion dans l'hémisphère frontal gauche. Cela l'amène à déclarer son célèbre « Nous parlons avec l'hémisphère gauche »

**Insula** aussi détruite de même que plusieurs **faisceaux nerveux d'importance en provenance du lobe temporal....**

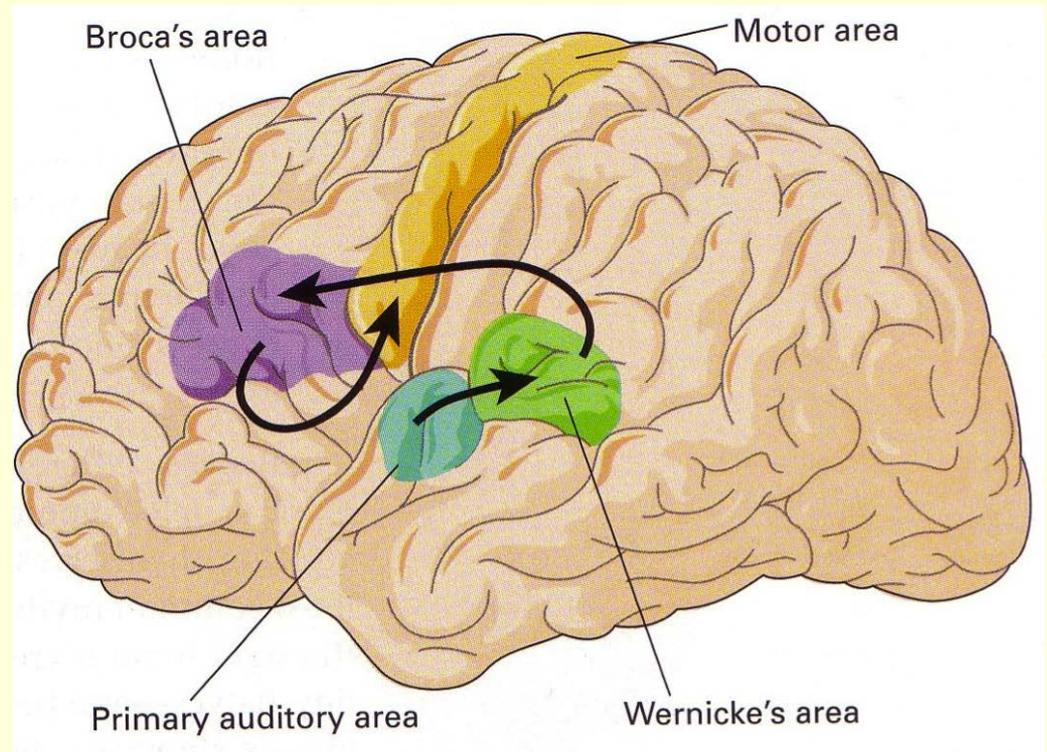


**Aphasie « de Broca »** : agrammatisme, déficit de compréhension, etc...

**Aphasie de Wernicke** : déficit de compréhension auditive, ne se rendent pas compte que le jargon qu'ils produisent n'a pas de sens, etc...

(l'organisation syntaxique est préservée souvent, donc dissociation...)

Mène à une première compréhension très schématique...



Intro de : Ullman, M. T. (2016). The declarative/procedural model: A neurobiological model of language learning, knowledge and use.

On sait encore relativement **peu de choses**  
**sur les corrélats neuronaux du langage.**

Raisons :

- Approche « isolationniste » (module...)
- Absence de modèle animal

Cours de **Stanislas Dehaene** du Collège de France  
sur la représentation cérébrale des structures linguistiques

<http://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/course-2016-01-05-09h30.htm>

(merci à Jacques pour le lien !)

Dehaene a dit que la question de la communication animale et des modèles animaux possibles pour le langage seront l'objet de la suite du cours de cette année.

Intro de : Ullman, M. T. (2016). The declarative/procedural model: A neurobiological model of language learning, knowledge and use.

On sait encore relativement **peu de choses**  
**sur les corrélats neuronaux du langage.**

Raisons :

- Approche « isolationniste » (module...)
- Absence de modèle animal
- Pas d'évidences claires de substrats neurobiologiques **spécifiques** au langage (M. Ullman)

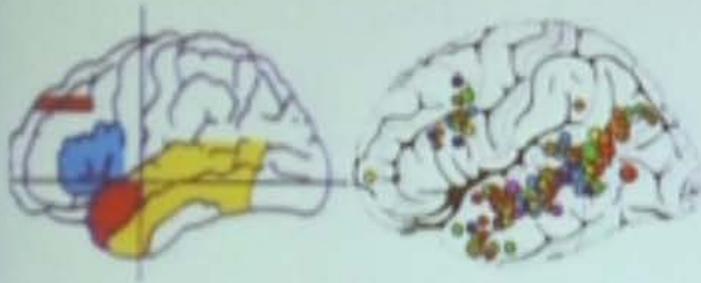
[i.e. qui ne seraient pas associés aussi à d'autres domaines cognitifs ?]

Cela ne veut en tout cas pas dire que l'on ne connaît pas de réseaux d'aires cérébrales dont l'activité est associée à divers aspects du langage.

(2<sup>e</sup>  
cours  
de S.  
De-  
haene)

## Conclusions

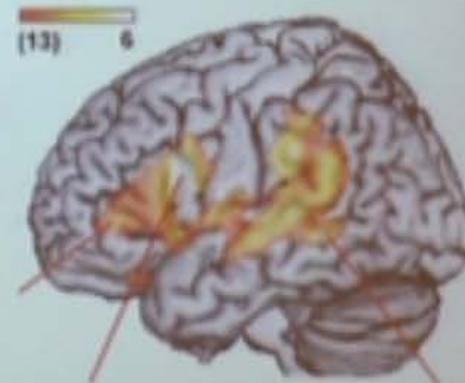
L'écoute ou la lecture de la langue maternelle active un réseau reproductible d'aires cérébrales, latéralisé à l'hémisphère gauche.



Un sous-ensemble de ces régions

s'active spécifiquement lors de la manipulation des arbres syntaxiques

semble indispensable à la compréhension des phrases où la syntaxe joue un rôle central.



Intro de : Ullman, M. T. (2016). The declarative/procedural model: A neurobiological model of language learning, knowledge and use.

« Au contraire, on sait que durant **l'évolution** les mécanismes et les structures cérébrales sont constamment « recyclés » et « réutilisés » pour de nouvelles fonctions (comme le langage). »

Ex.: nageoires → membres; membres → mains ou ailes; écailles → plumes »

[séance 9 semaine prochaine !]

« Cela peut se produire aussi durant le **développement** (ontogénie)

Ex.: lecture, où le cortex occipito-temporo ventral gauche pour la discrimination des intersections de lignes devient capable de reconnaître des mots. »

[séance 9 semaine prochaine !]

Il est donc fort possible que le langage, très récent évolutivement parlant, dépende de systèmes neurobiologiques déjà présents (phylogénétiquement ou même ontogénétiquement).

C'est l'**hypothèse de la « co-optation » pour la langage** selon Ullman.

Plusieurs systèmes peuvent être de bons candidats pour cette co-optation, incluant :

- mémoire de travail

**La mémoire de travail** semble être reliée (au moins) à la mémoire déclarative. [qui, elle, sera au coeur de son modèle...]

Ullman suggère que la **mémoire de travail** constitue un mécanisme d'input et d'output pour au moins les connaissances explicites de la mémoire déclarative.

(des déficits de la mémoire de travail sont associés avec les déficits de la mémoire déclarative)

Il est donc fort possible que le langage, très récent évolutivement parlant, dépende de systèmes neurobiologiques déjà présents (phylogénétiquement ou même ontogénétiquement).

**C'est l'hypothèse de la « co-optation » pour la langage** selon Ullman.

Plusieurs systèmes peuvent être de bons candidats pour cette co-optation, incluant :

- mémoire de travail
- « dorsal and ventral stream processing »

[Brain Lang.](#) 2013 Apr;125(1):60-76.  
Epub 2013 Feb 26.

**Reconciling time, space and function: a new dorsal-ventral stream model of sentence comprehension.**

[Bornkessel-Schlesewsky I](#)<sup>1</sup>,  
[Schlesewsky M.](#)  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23454075>

**Distinct Parietal and Temporal Pathways to the Homologues of Broca's Area in the Monkey**  
Petrides, Michael  
(2009)

<http://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1000170>

**Gestures, vocalizations, and memory in language origins.**

Aboitiz F - [Front Evol Neurosci](#) (2012)

[https://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=PMC3269654\\_fnevo-04-00002-g001&req=4](https://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=PMC3269654_fnevo-04-00002-g001&req=4)

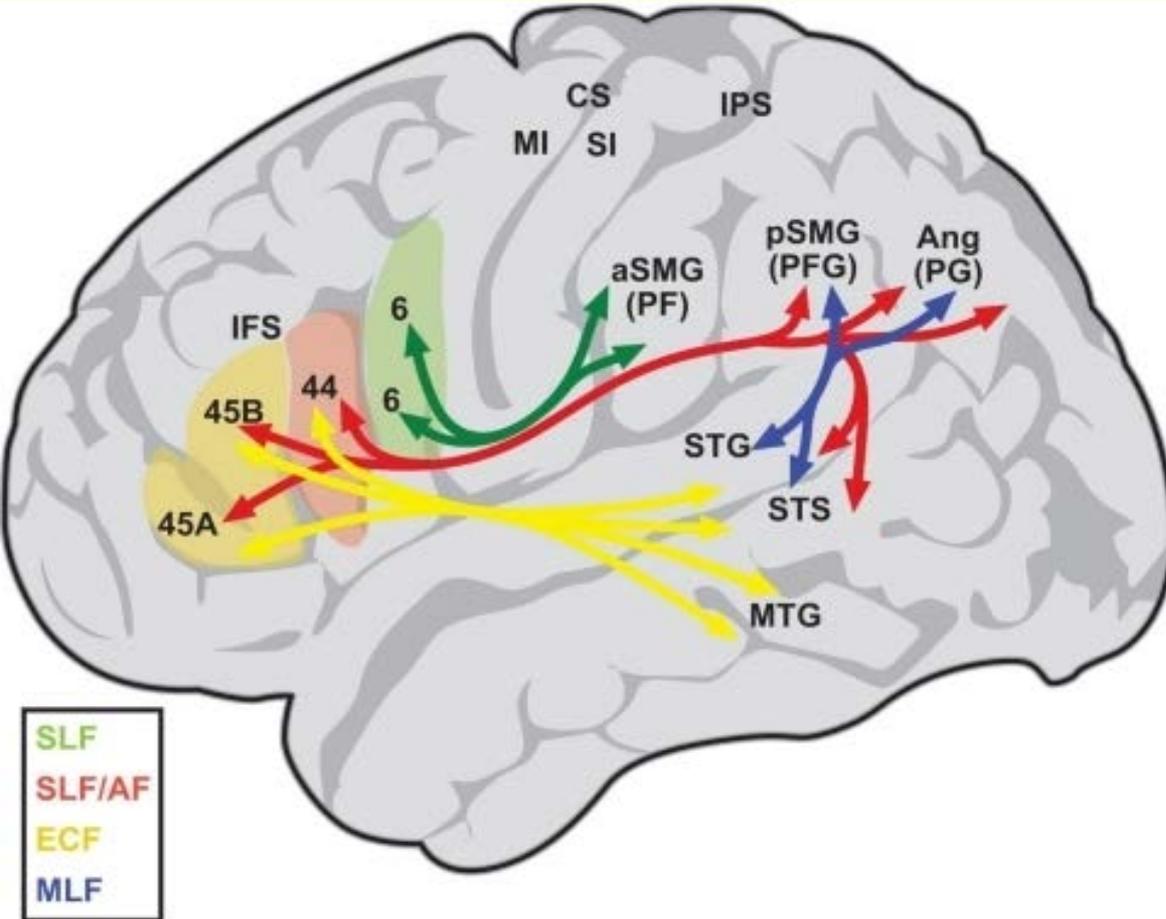


Diagram depicting the **language-related circuit in humans**, as proposed by Frey et al. (2008).

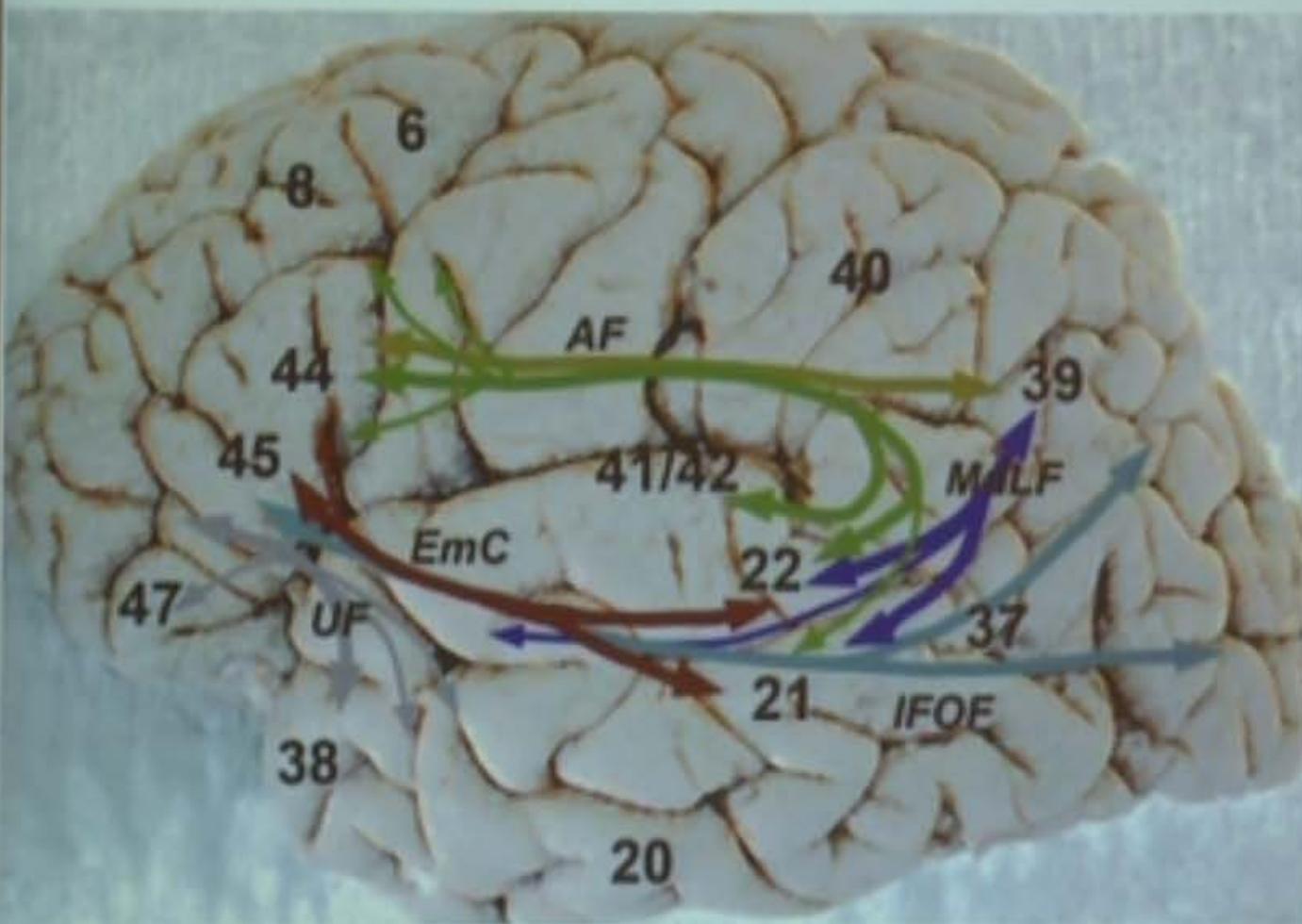
The superior longitudinal fasciculus (SLF) connects inferior parietal areas PF with the ventral premotor cortex (area 6; **green**), while areas PFG and PG are connected with areas 44 and 45 (red). The arcuate fasciculus (AF) connects posterior superior temporal regions with areas 44 and 45 as well (**red**), but is difficult to separate from the inferior branch of the SLF.

The middle longitudinal fasciculus (MLF, **blue**) connects the posterior superior temporal gyrus and sulcus (STG, STS) with inferoparietal regions PFG and PG. Finally, a **ventral route** running via the extreme capsule (ECF, **yellow**) connects the middle and anterior temporal lobe with areas 44 and 45. A similar circuit has been described for the monkey (Petrides and Pandya, 2009).

Ang, angular gyrus; aSMG, anterior supramarginal gyrus; CS, central sulcus; IPS, intraparietal sulcus; MI, primary motor area; MTG, middle temporal gyrus; pSMG, posterior supramarginal gyrus; SI, primary somatosensory area. Based on Kelly et al. (2010), with permission.

## Connectivité fronto-temporale des aires du langage

Axer, H., Klingner, C. M., & Prescher, A. (2013). Fiber anatomy of dorsal and ventral language streams. *Brain and Language*, 127(2), 192–204.



Trois principaux faisceaux de connexion fronto-temporale impliquant la « région de Broca »:

Faisceau arqué (*arcuate fasciculus*)

Capsule extrême

Faisceau unciné (*uncinate fasciculus*)

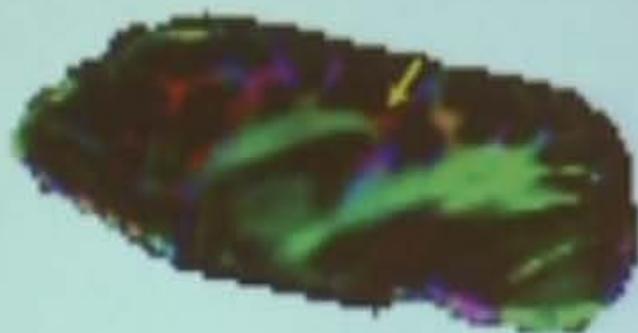
Fig. 4. Connectivity scheme of human language-related areas.

## La projection du faisceau arqué en direction du lobe temporal est particulièrement développée chez l'homme.

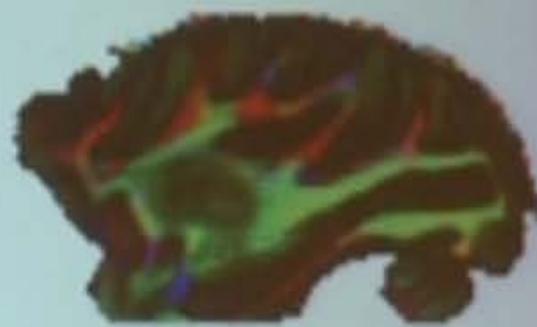
Rilling, J. K., Glasser, M. F., Preuss, T. M., Ma, X., Zhao, T., Hu, X., & Behrens, T. E. (2008). The evolution of the arcuate fasciculus revealed with comparative DTI. *Nat Neurosci*, 11(4), 426–8.



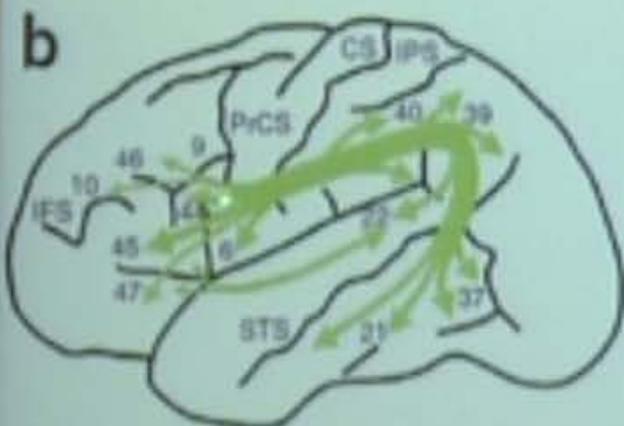
Human



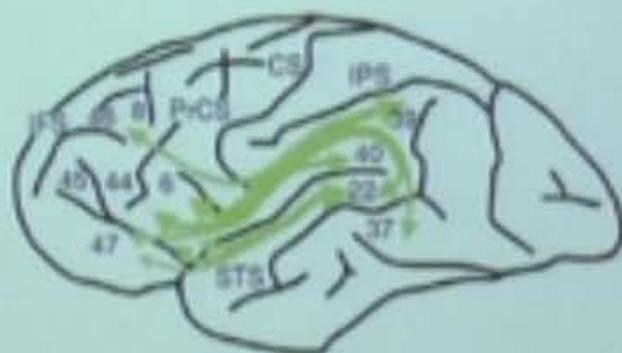
Chimpanzee



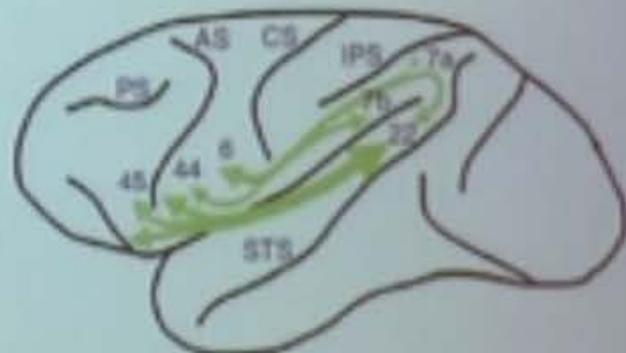
Macaque



Human



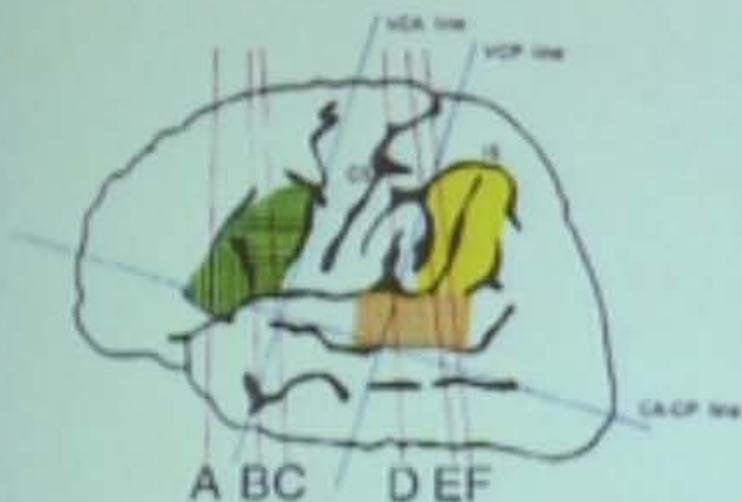
Chimpanzee



Macaque

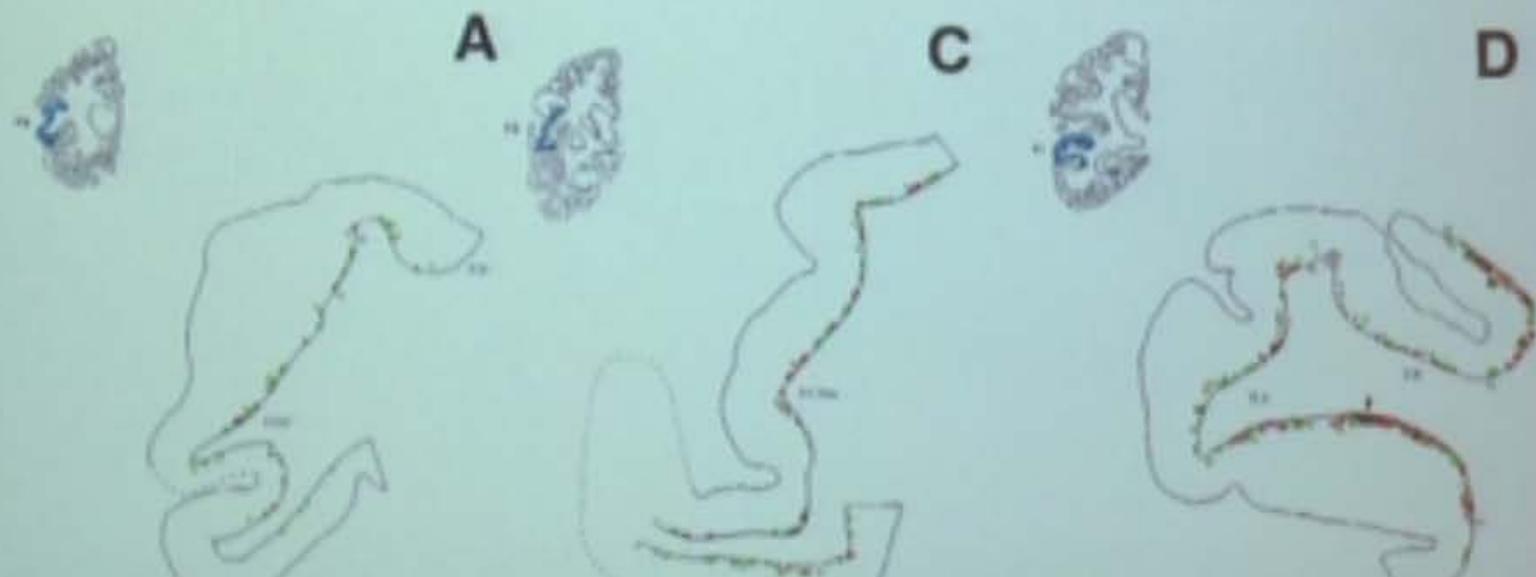
## Les aires du langage reçoivent de nombreuses connexions à longue distance, y compris en provenance de l'hémisphère droit.

Di Virgilio, G., & Clarke, S. (1997). Direct interhemispheric visual input to human speech areas. *Hum Brain Mapp*, 5, 347-354.



Examen post-mortem des terminaisons, supposément monosynaptiques, dans l'hémisphère *gauche*, en provenance d'une petite région occipito-temporale de l'hémisphère *droit*.

Grande concentration de connexions vers les aires du langage: régions « de Broca » et « de Wernicke »



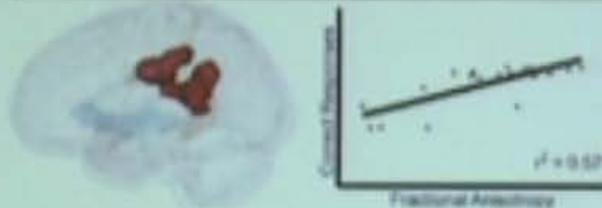
# Résultats préliminaires...

## Principaux résultats :

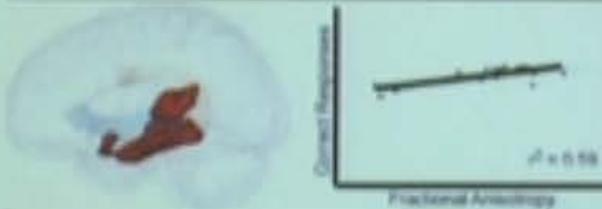
- Les tâches phonologiques reposent sur l'intégrité du faisceau arqué.
- Les tâches sémantiques reposent sur l'intégrité de la capsule extrême.
- Les compétences syntaxiques exigent l'intégrité de ces deux faisceaux.

### Compréhension du langage parlé

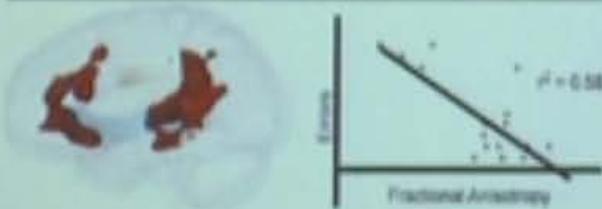
phonologie



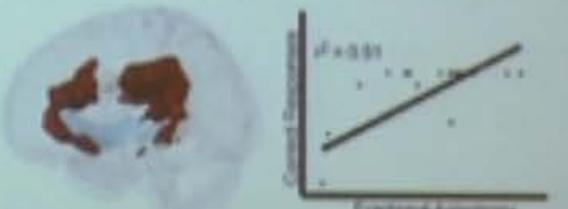
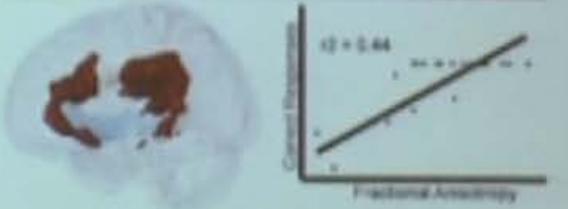
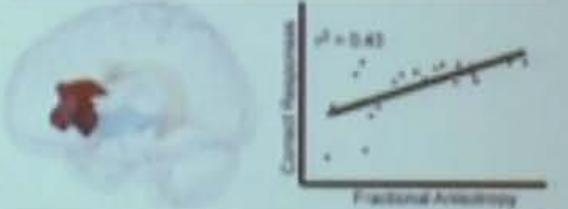
sémantique



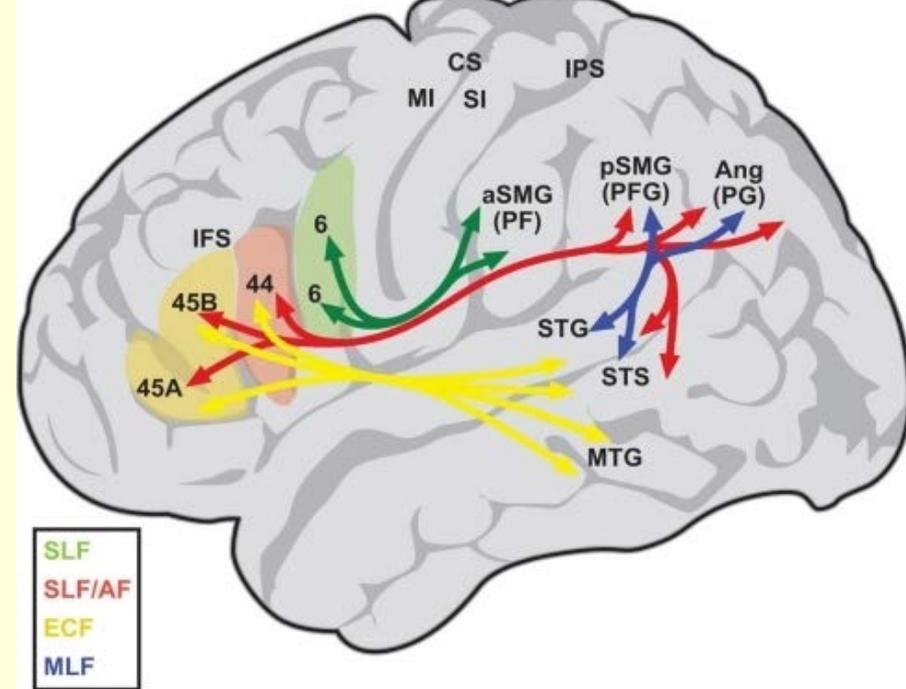
Syntax:  
Deux clusters



### Production du langage parlé

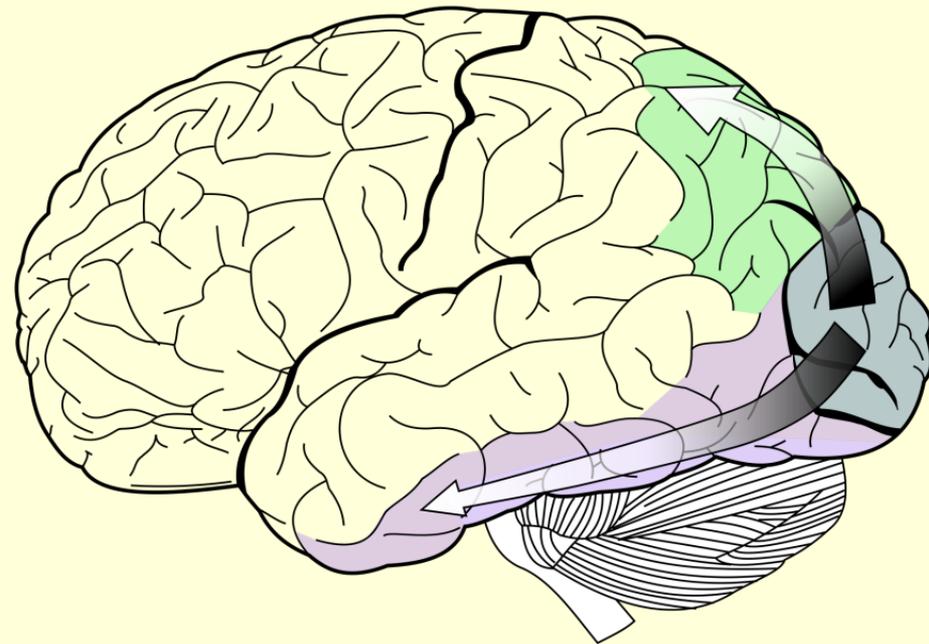


- « dorsal and ventral stream processing »



→ à ne pas confondre avec les deux voies du même nom pour la **vision** !

→ ce qui n'empêche pas celles-ci, comme on va le voir, de jouer un rôle dans le langage...



Plusieurs systèmes peuvent être de bons candidats pour cette co-optation, incluant (suite) :

- **Mémoire déclarative et procédurale**

Car la plus grande partie d'une langue doit être **apprise**.

Et la mémoire déclarative et procédurale peuvent être considérées comme les deux systèmes de mémoire les plus importants en terme d'étendue des tâches et de fonctions qui leur sont associées. ( + beaucoup étudiés...)

Le « **declarative / procedural (DP) model** » postule donc que ces systèmes de mémoire devraient donc jouer un rôle important dans l'apprentissage du langage et dans son utilisation.

(i.e. que ces deux systèmes de mémoire ont été **co-optés pour le langage**, peu importe s'ils ont été par la suite spécialisés phylo ou ontogénétiquement pour cette fonction)

## Rappel de base sur le langage :

- Lexique : mots, irrégularités
- Grammaire : règles, hiérarchies

### Relation between lexicon and grammar

- ▶ The **lexicon** is all about the words referring to the **ideas** in any language
- ▶ And **grammar** is all about the art of using lexemes in particular order to produce meaningful sentences as the prime purpose of any language is to “communicate”.

En suivant cette idée de co-optation et considérant nos connaissances actuelles de ces systèmes de mémoire pour le langage, on peut faire des **prédiction spécifique** par rapport à leur rôle dans le langage.

(en plus d'expliquer des phénomènes langagiers pour lesquels les explications actuelles sont pauvres)

On va passer à l'article THE DECLARATIVE/ PROCEDURAL MODEL A Neurobiologically Motivated Theory of First and Second Language (2015))

un peu répétitif car :

- D'abord description de chacune des mémoires et de leurs interactions
- Ensuite prédictions pour le langage pour chacune des mémoires et de leurs interactions
- Données qui appuient les prédictions

Je vais donc essayer autant que possible pour chaque mémoire d'enchaîner la description, les prédictions et les données.

## **Mémoire déclarative**

Structures sous-jacentes bien étudiées:

**Aire 45 de Brodmann – Pars triangularis**  
(cortex préfrontal)

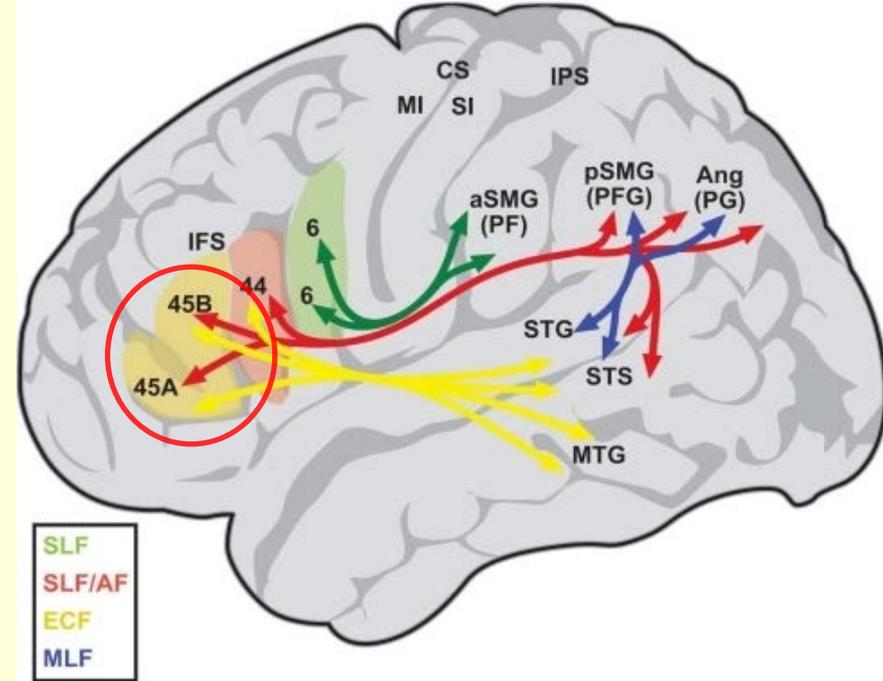
[pas seulement l'hippocampe !  
mais bien sûr il contribue,  
voir plus loin...]

## Mémoire déclarative

Structures sous-jacentes bien étudiées:

### Aire 45 de Brodmann – Pars triangularis (cortex préfrontal)

- partie triangulaire du gyrus frontal inférieur
- avec l'aire 44, elle forme l'aire de Broca

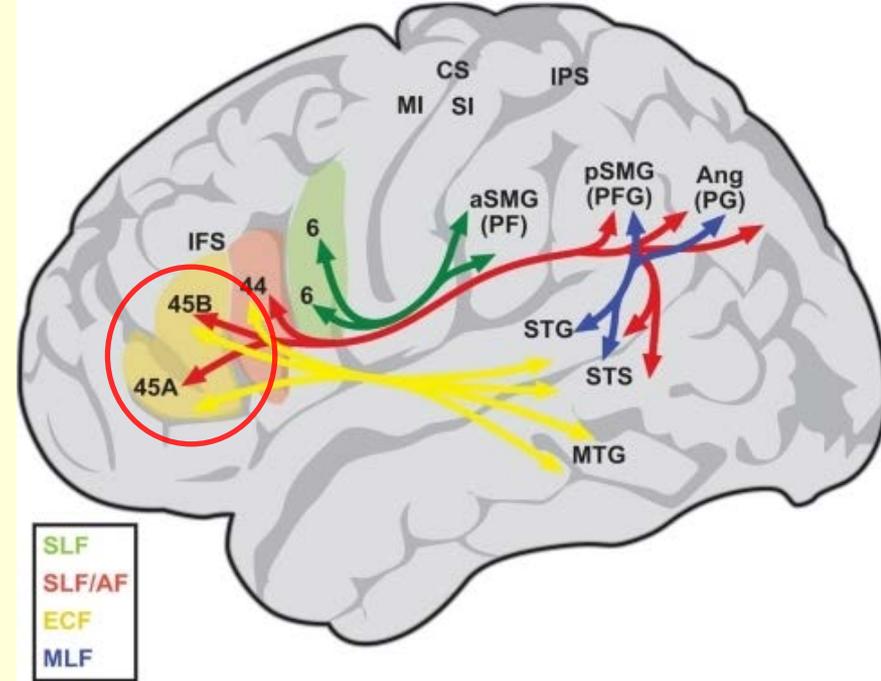


## Mémoire déclarative

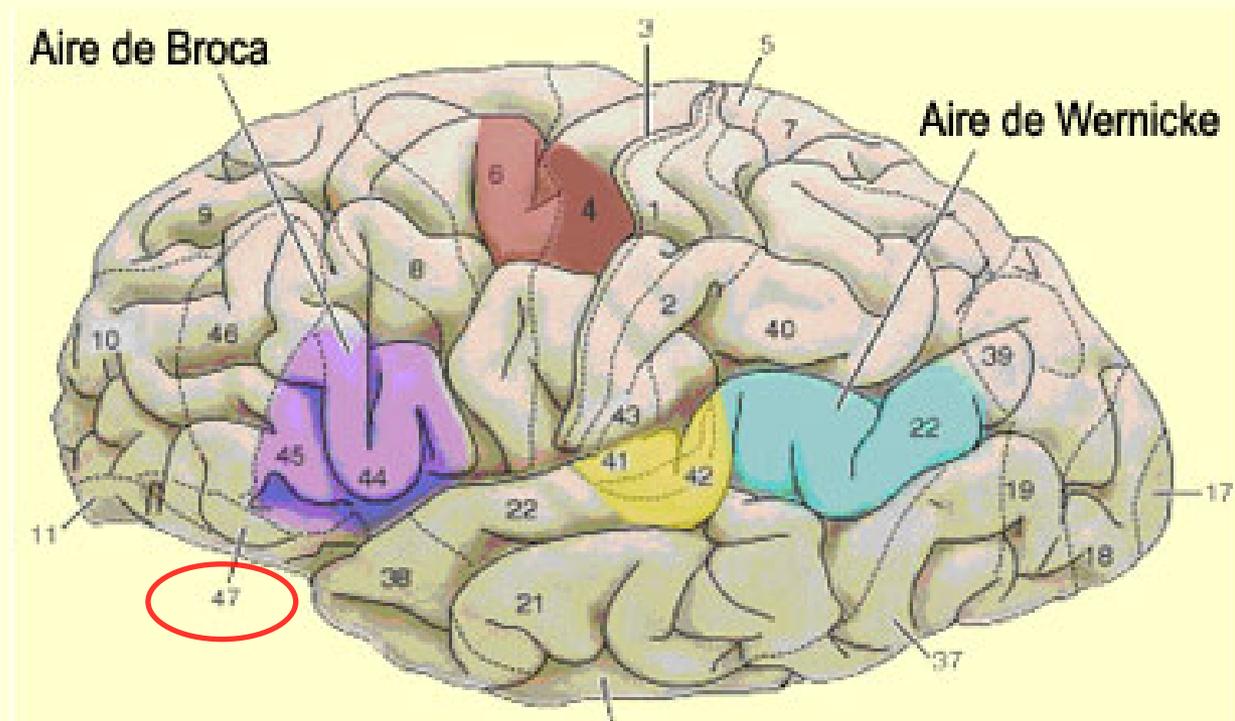
Structures sous-jacentes bien étudiées:

### Aire 45 de Brodmann – Pars triangularis (cortex préfrontal)

- partie triangulaire du gyrus frontal inférieur
- avec l'aire 44, elle forme l'aire de Broca
- par exemple active lors de **décision sémantique** (déterminer si un mot représente une entité abstraite ou concrète) ou dans **des tâches de production** (générer un verbe associé à un substantif).
- certaines études suggèrent qu'elle permettrait de traiter et récupérer **la signification d'une information en mémoire de travail**
- Pour d'autres, l'aire 45 ne se limiterait pas au traitement sémantique mais à l'ensemble des activités nécessitant de **tirer une représentation pertinente d'un ensemble de représentations** en situation de compétition mentale. [« unification » dont parle Dehaene au 4<sup>e</sup> cours ?]



Donc très difficile  
(et trompeur ?)  
d'essayer d'accoler  
une **étiquette**  
**fonctionnelle unique**  
à une région  
cérébrale.

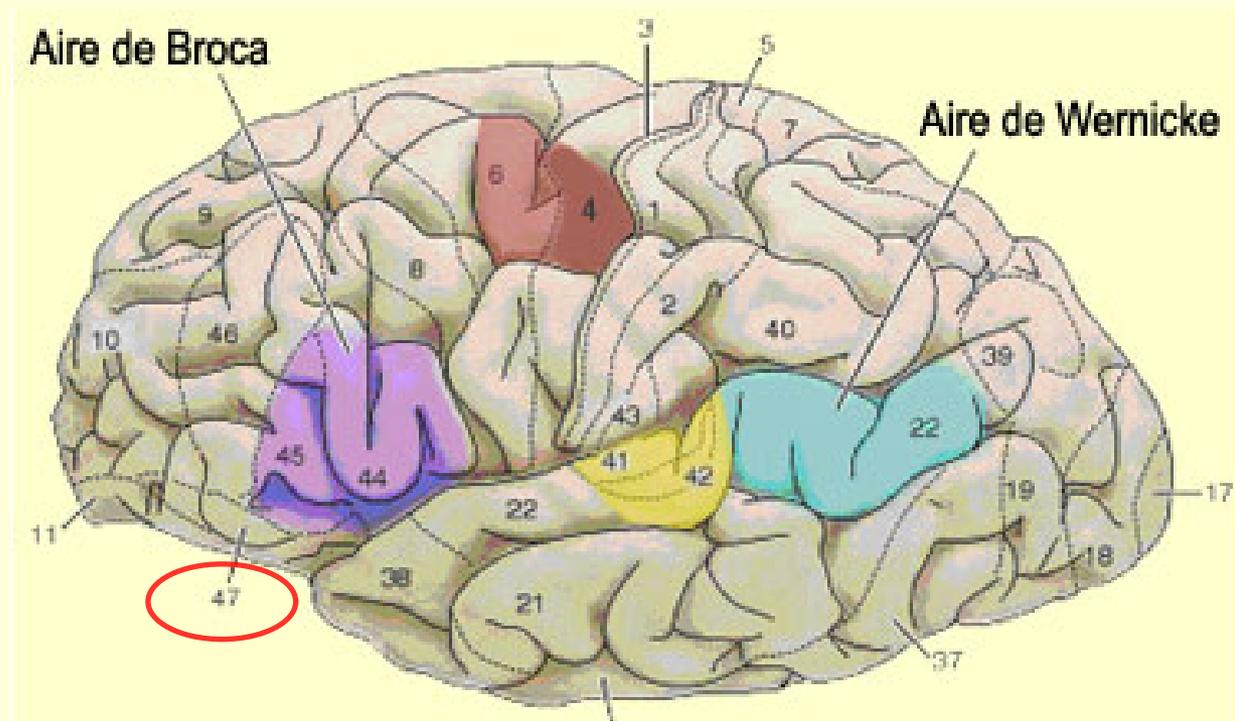


## Aire 47 de Brodmann - Gyrus préfrontal inférieur

(cortex préfrontal)

- partie ventrale (orbitale) du cortex préfrontal
- elle est délimitée vers le haut par le pars opercularis (aire 45)
- serait impliquée dans le **traitement de la syntaxe** dans les langues parlées et écrites.

Donc très difficile  
(et trompeur ?)  
d'essayer d'accoler  
une **étiquette**  
**fonctionnelle unique**  
à une région  
cérébrale.

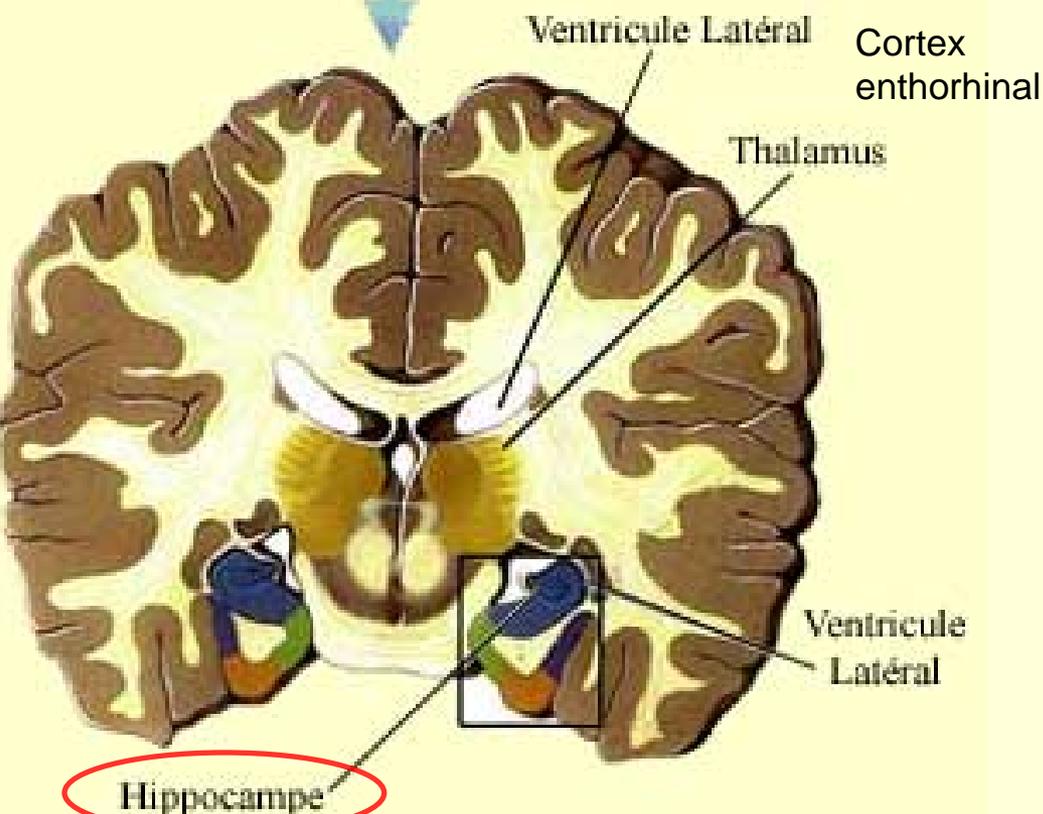
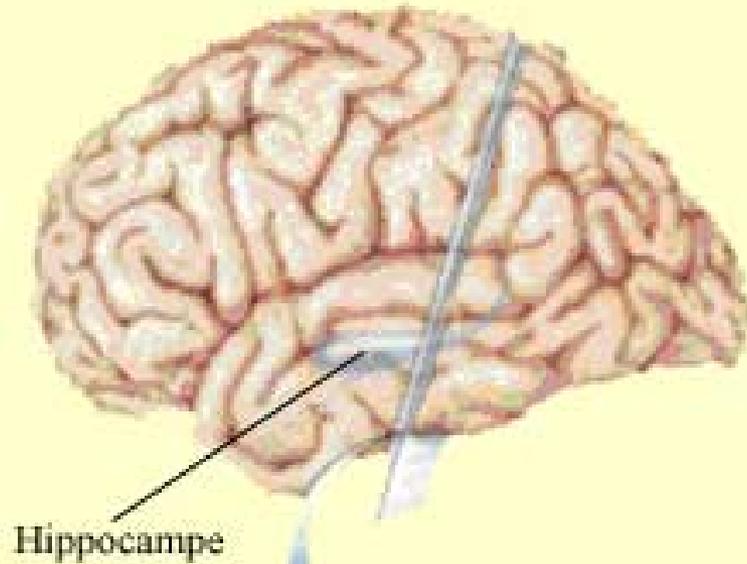


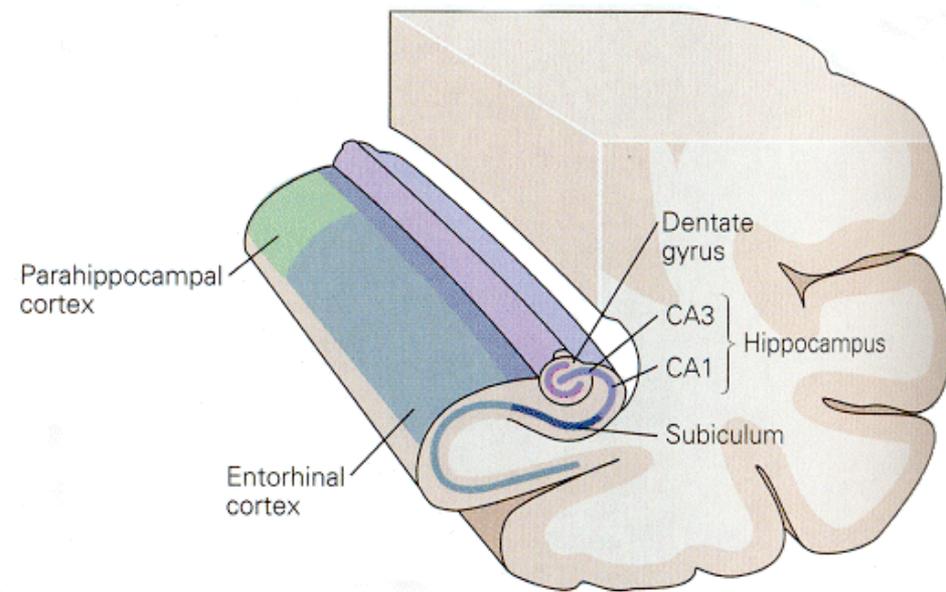
## Aire 47 de Brodmann - Gyrus préfrontal inférieur

(cortex préfrontal)

- partie ventrale (orbitale) du cortex préfrontal
- elle est délimitée vers le haut par le pars opercularis (aire 45)
- serait impliquée dans le **traitement de la syntaxe** dans les langues parlées et écrites.
- récemment, des études ont également suggéré qu'elle interviendrait dans le traitement de la syntaxe musicale.

## Lobes temporaux médians (hippocampes)

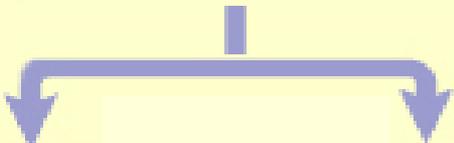




Hippocampe



**Explicite (Déclarative)**



**Épisodique  
(événements  
biographiques)**

**Sémantique  
(mots, idées,  
concepts)**



Scissure  
rhinale

Cortex  
périrhinal

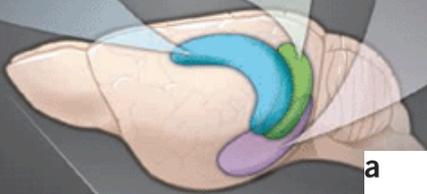
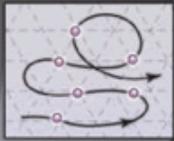
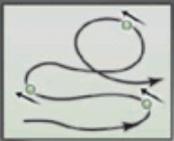
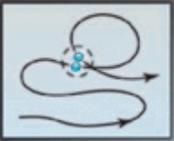
Cortex  
para-  
hippocampique

2 petites parenthèses...

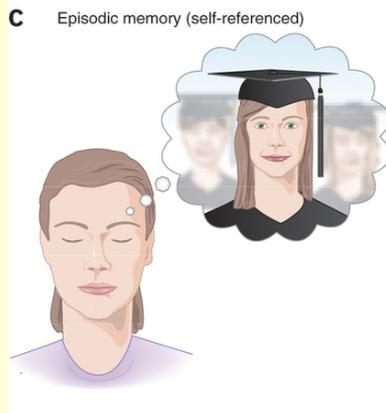
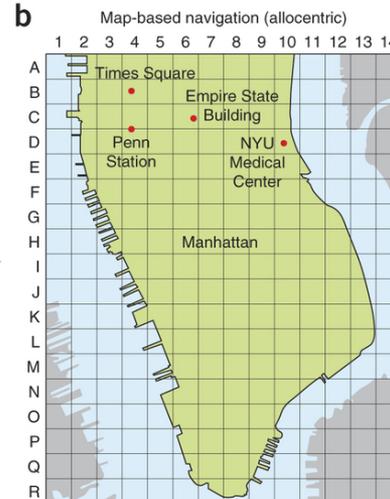
Hippocampus  
"place cell"

Subiculum  
"direction cell"

Entorhinal  
"grid cell"



# Recyclage (neural reuse)



Conférence ISC 28 octobre 2016 :

## «Hippocampal contributions to memory and mental construction»

Signy Sheldon, du département de psychologie de l'Université McGill

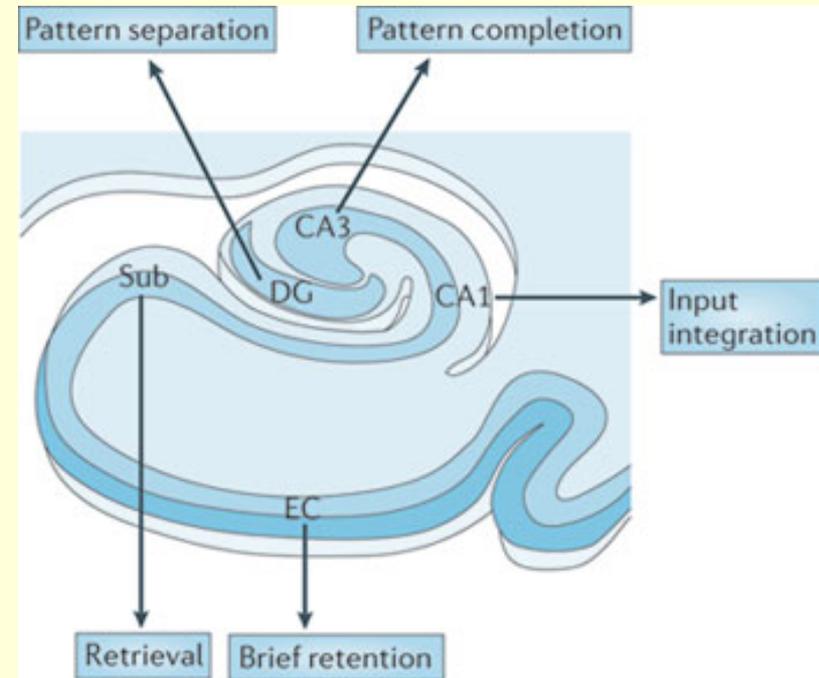
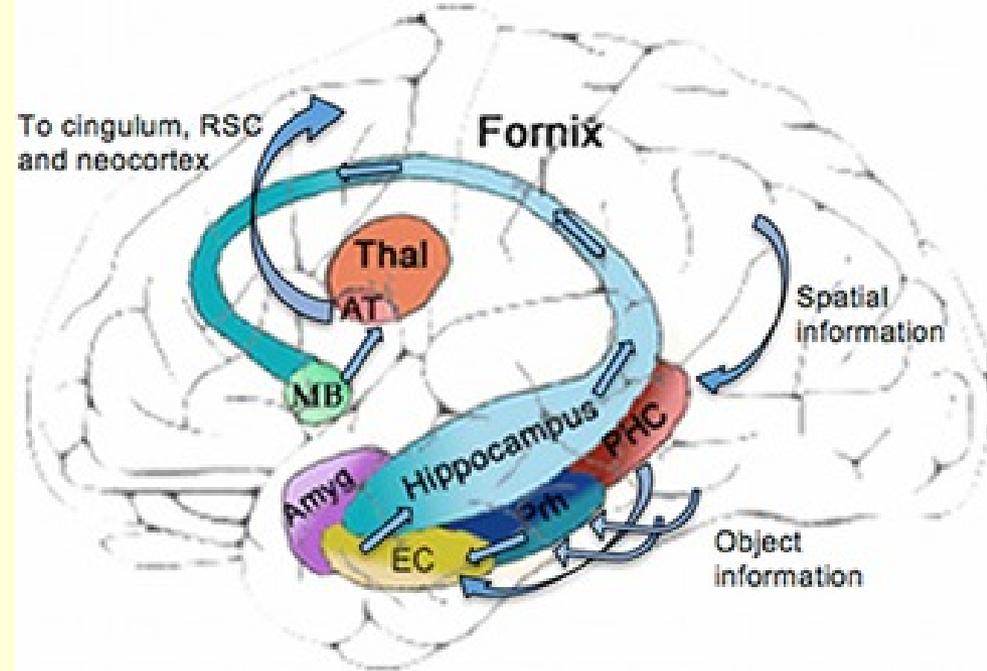
**Hippocampe** : the « hub » of a network (obtient ses infos des autres régions cérébrales)

Spécialisation fonctionnelle sur son axe longitudinal :

- **Antérieur** : aspects plus larges (thématiques, autobiographique...)
- **Postérieur** : « more fine grained » (spatial, ex.: chauffeurs de taxi londonniens...)

Impliqué dans des tâches **non reliées à la mémoire** : se rappeler du passé et planifier l'avenir = overlap ! (reconstruct scenario/event)

[M. Anderson, prochaine séance...]



## Mémoire déclarative

**Apprentissage très rapide** (une seule exposition suffit, mais plusieurs renforcent davantage l'apprentissage)

Ce système est partiellement explicite mais pas complètement (il sous-tend des connaissances implicites aussi). Mais toute connaissance explicite a forcément dû être apprise par ce système qui est le seul à être explicite.

L'apprentissage dans ce système déclaratif semble **s'améliorer durant l'enfance, plafonner durant l'adolescence et le début de l'âge adulte**, puis décliner avec l'âge.

Les femmes semblent avoir une meilleure mémoire déclaratives (oestrogènes plus élevés)

Mécanismes moléculaires partiellement connus aussi (BDNF, APOE, oestrogènes...)

Aide aussi cette mémoire déclarative :

- Être gaucher
- Le sommeil (consolidation)
- L'exercice

## Prédictions mémoire déclarative

Utilisée pour retenir des items arbitraires en général, donc possiblement utilisée pour la même chose dans le langage :

- les mots simples, leur forme phonologique, leur signification, les liens entre sonorité et signification, la morphologie des verbes irréguliers, etc.
- certaines connaissances sur des morphologies irrégulières (ex.: dig-dug, solemn-solemnity)
- expressions, proverbes, etc.

Mais la mémoire déclarative étant très flexible, elle **peut aussi permettre de retenir** (implicitement ou explicitement) **des aspects du langage gouvernés par des règles** (ex.: walked) même si ceux-ci sont généralement acquis par l'entremise de la mémoire procédurale.

Ce sera surtout le cas pour L2, à cause de facteurs comme le contexte d'apprentissage (implicite ou explicite) et **l'âge de l'acquisition** (et devrait s'améliorer durant l'enfance, plafonner durant l'adolescence et l'âge adulte, puis décliner).

## Prédictions neurobiologiques pour la mémoire déclarative pour les langues :

- devrait dépendre de l'**hippocampe** et d'autres structures du lobe **temporal**, au moins durant l'apprentissage, pour céder ensuite la place à un rôle prépondérant du néocortex (surtout celui du lobe temporal).
- les aires BA45 et BA47 devrait sous-tendre l'apprentissage et le rappel de connaissances linguistiques.

**Données de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) :**  
Résultats inconsistants jusqu'à maintenant, bien que certains patterns semblent émerger.

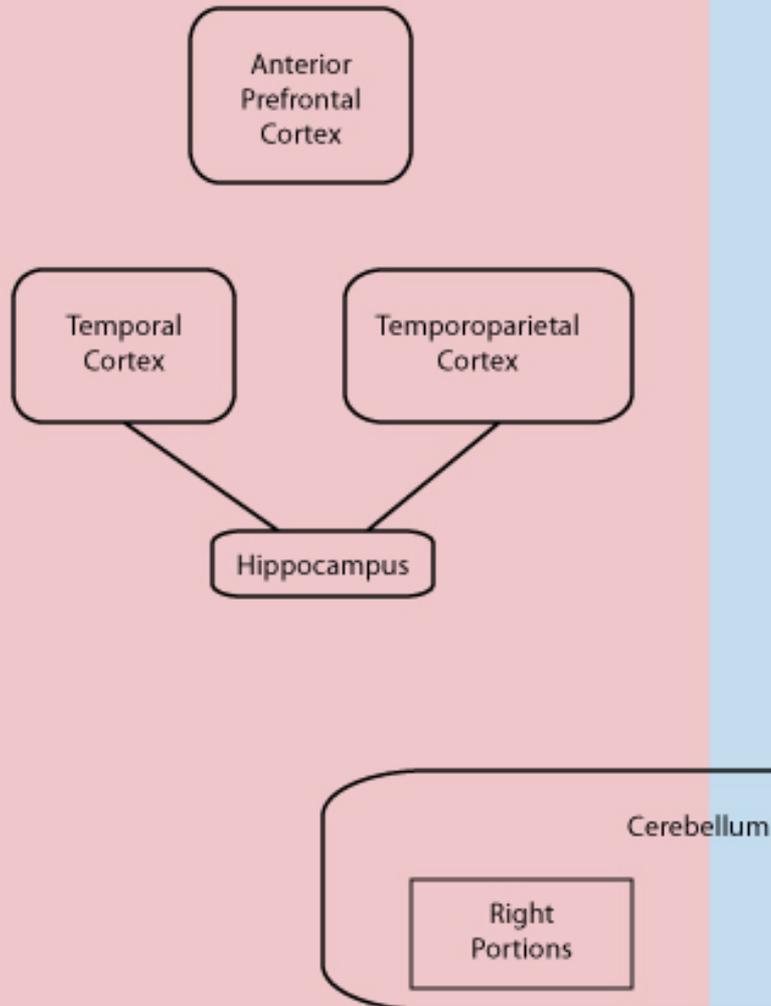
L'apprentissage des mots augmente l'activité des structures du lobe temporal médian, incluant l'**hippocampe** (Breitenstein et al., 2005; Davis & Gaskell, 2009).

Cependant, ces régions ne semblent pas sollicitées lors de tâches lexicales / sémantiques chez l'adulte (Binder, Desai, Graves, & Conant, 2009; Ullman, 2004).

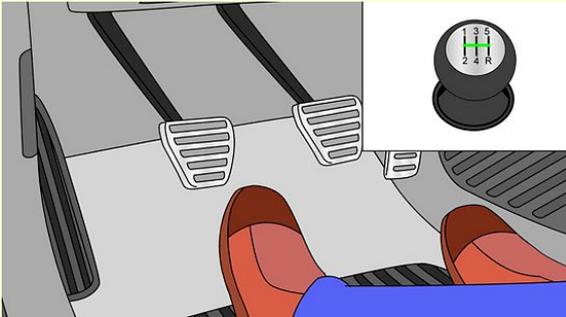
Mais seulement deux études citées  
ici parmi... une cinquantaine par  
année à l'échelle mondiale,  
mentionne S. Dehaene...

« arbitrary bits », what ?

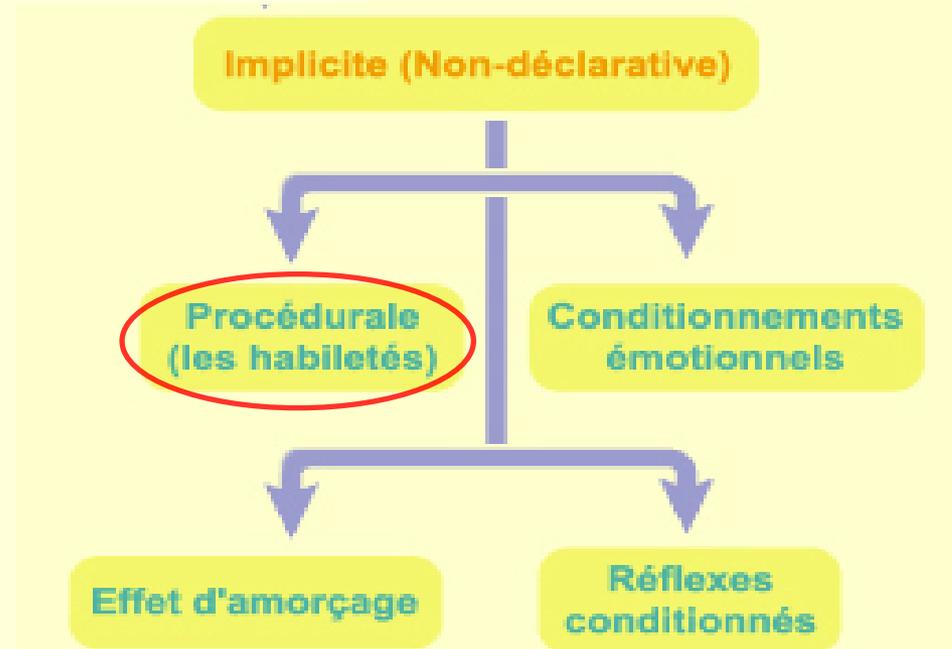
## *Declarative Memory System (Mental Lexicon)*



# Mémoire procédurale



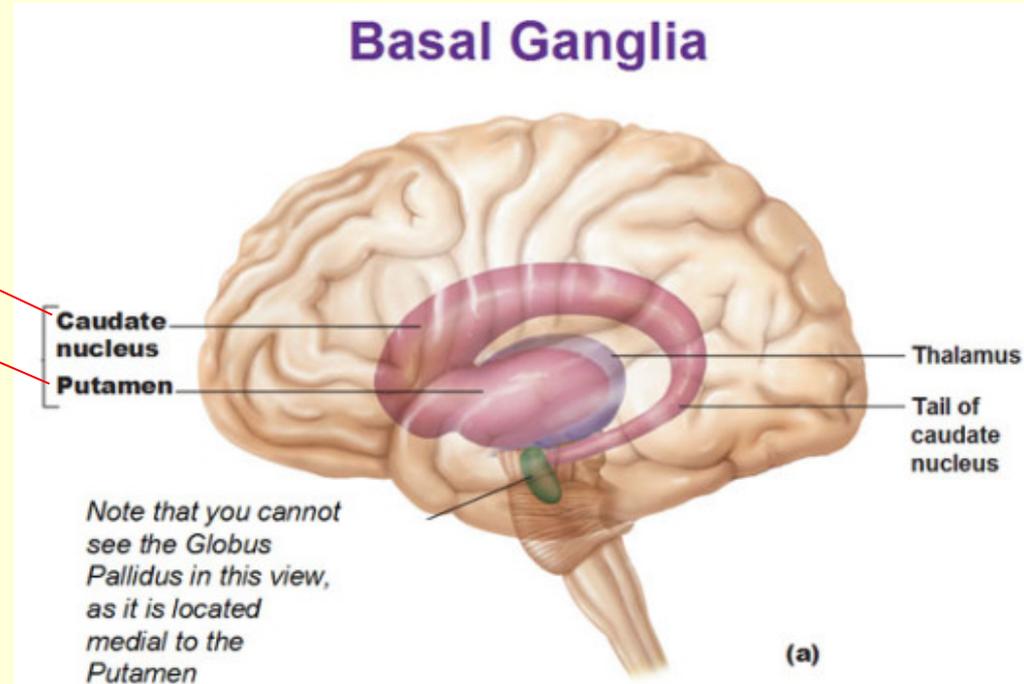
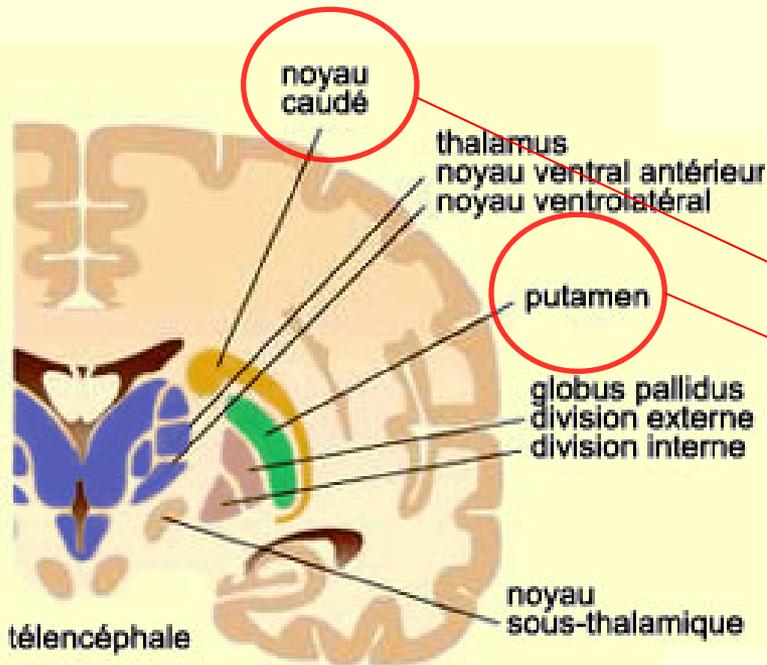
Demande beaucoup de pratique mais grande automatisation par la suite.



# Mémoire procédurale

**Gangliions de la base** (et particulièrement le **noyau caudé**) :

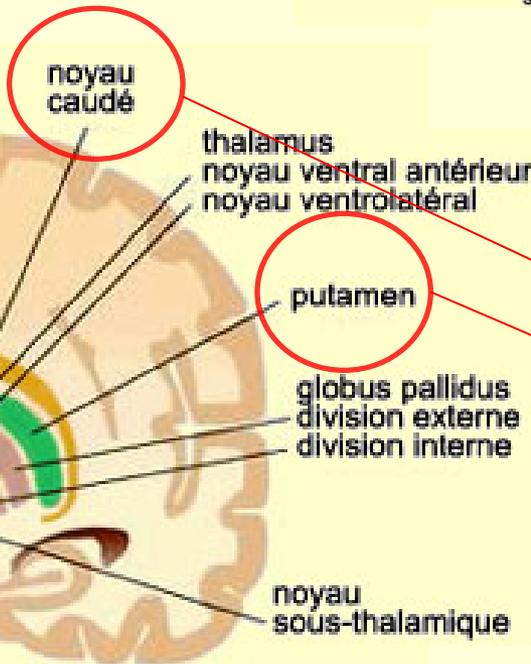
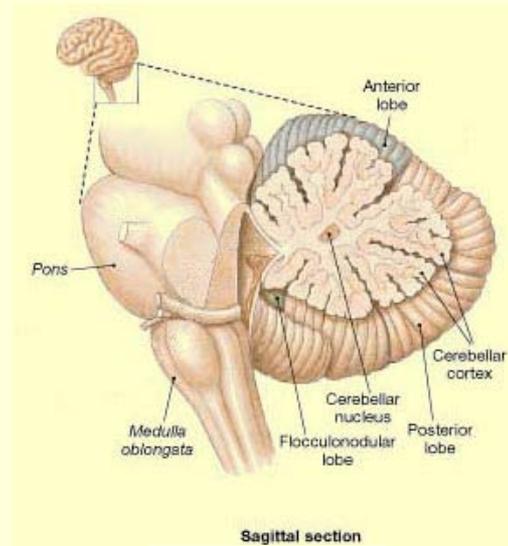
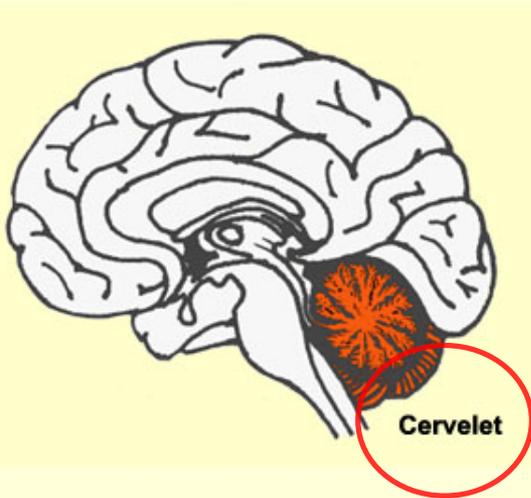
rôle dans l'apprentissage et la consolidation de nouveaux apprentissages moteurs et cognitifs



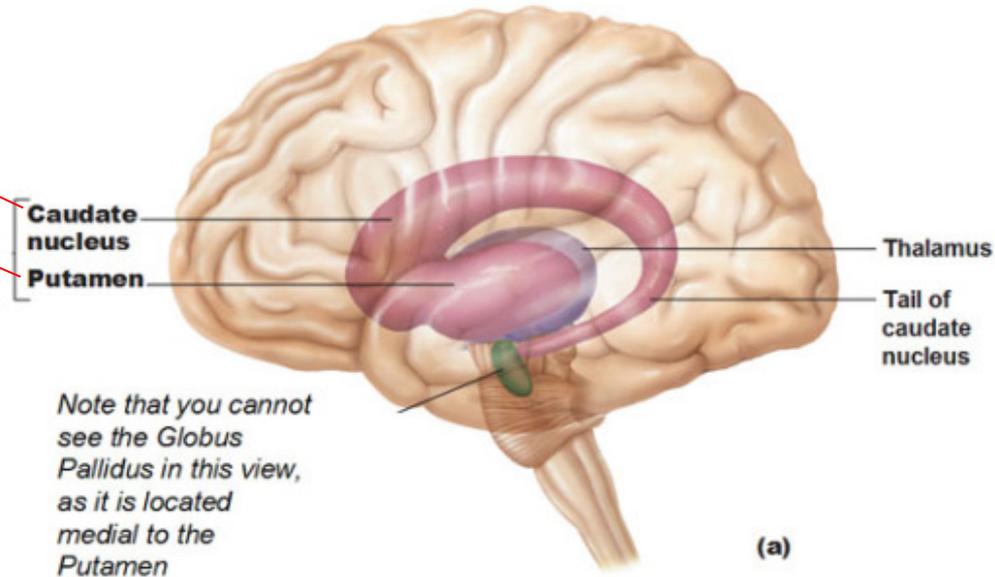
# Mémoire procédurale

**Cervelet :**

Rôle, mais pas clair...



## Basal Ganglia



# Mémoire procédurale

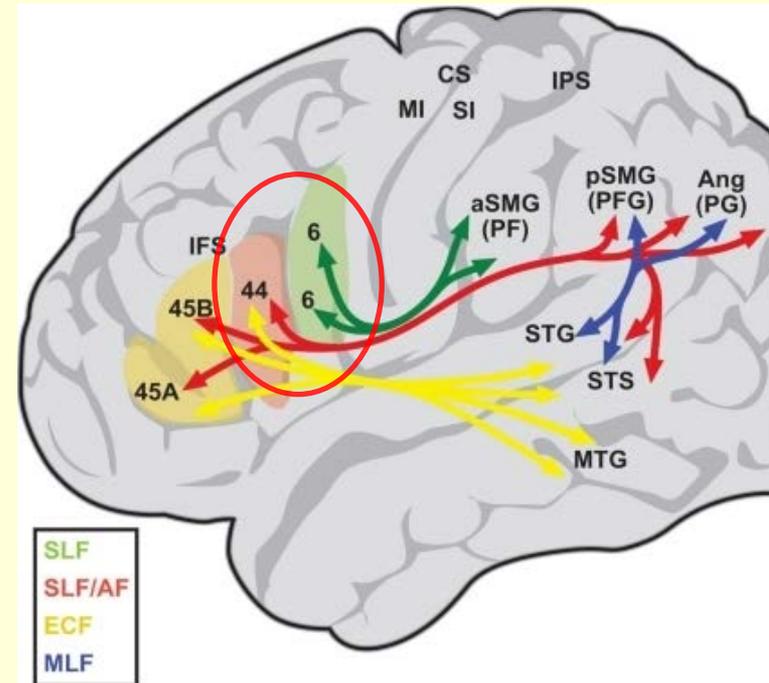
6

## Cortex frontal

- et particulièrement le cortex prémoteur BA 6

44

- et le cortex frontal inférieur (BA44)



## Mémoire procédurale

Ce circuit sous-tend du traitement et de **l'apprentissage implicite (non conscient)** d'un large spectre d'activités :

séquences, règles, catégories, routes de navigation.

Aussi : **prédire**, peut-être particulièrement le probabilités, d'un prochain item dans une séquence ou du résultat d'une règle, par exemple.

Contrairement à la mémoire déclarative, l'apprentissage et la consolidation de la mémoire procédurale semble **déjà robuste dans la petite enfance, mais semble décliner ensuite durant l'enfance et l'adolescence, amenant des capacités d'apprentissage plus pauvres chez l'adulte.**

Niveau moléculaire : rôle pour les protéine FOXP2, DARPP-32, DRD2...

## Prédictions mémoire procédurale

- devrait traiter les séquences et les règles (dans L1 et L2)
- devrait être particulièrement important pour apprendre à prédire l'item suivant dans une séquence ou encore l'output d'une règle linguistique, d'où un rôle très probable dans la grammaire.
- devrait aussi être impliqué dans l'acquisition de catégories linguistiques
- autres aspects implicites du langage, comme les frontières entre les mots du langage parlé.

Bien que seulement les connaissances **implicites** (et qui s'acquièrent graduellement) de L1 et L2 devraient être prises en charge par ce système, ce ne sont pas nécessairement toutes les connaissances langagières implicites qui sont ici prises en charges **car il y a d'autres systèmes de mémoire implicites**.

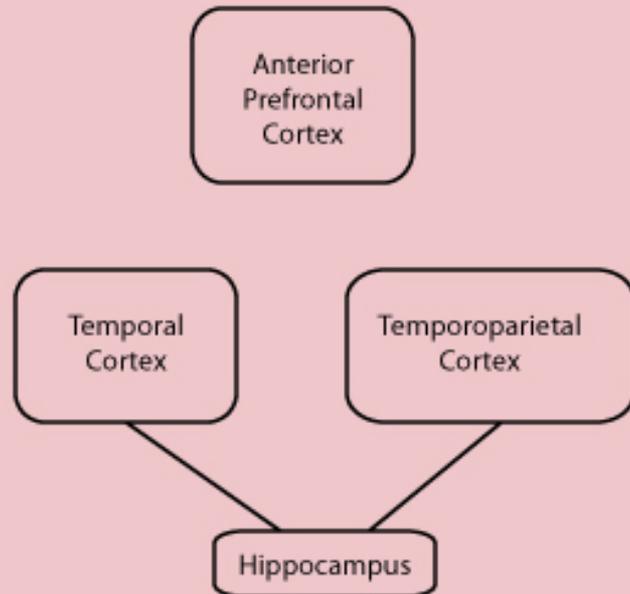
Et l'apprentissage des règles de grammaire devrait donc être **plus facile durant l'enfance** (pour L1 ou L2) qu'à l'âge adulte (L2).

## Prédictions neurobiologiques pour la mémoire procédurale et le langage :

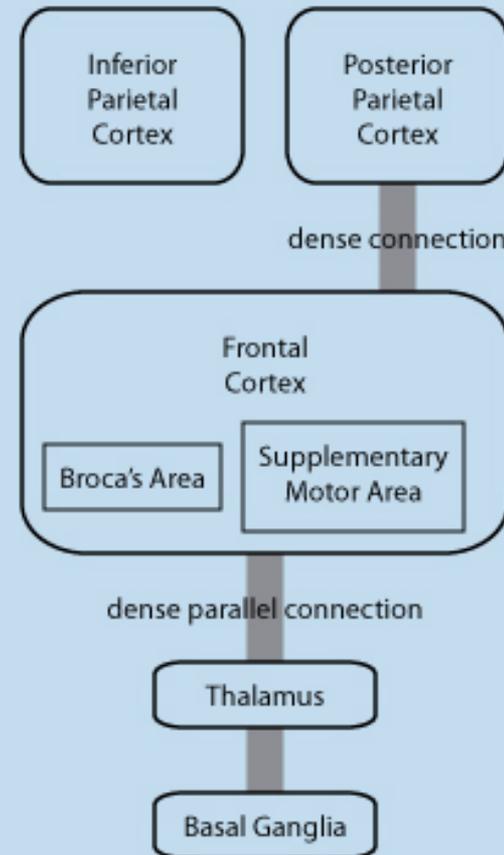
- Devrait impliquer ganglion de la base et cortex frontal
- Apprentissage et consolidation devraient impliquer ganglion de la base, surtout noyau caudé.
- Et un fois automatisés, ces connaissances et capacités devraient dépendre principalement du néocortex, comme le prémoteur BA44.

« arbitrary bits », what ?

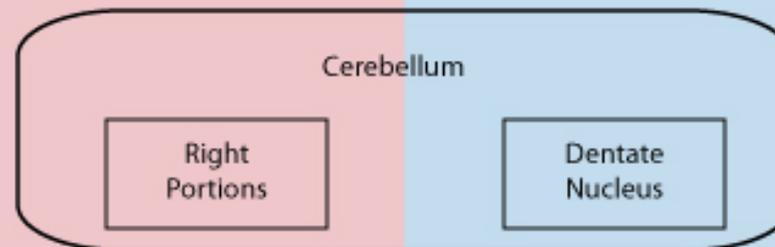
## Declarative Memory System (Mental Lexicon)



## Procedural Memory System (Mental Grammar)



« rules, skills », how ?



But both : route, sequence...

## Prédictions neurobiologiques pour la mémoire procédurale et le langage :

- Devrait impliquer ganglion de la base et cortex frontal
- Apprentissage et consolidation devraient impliquer ganglion de la base, surtout noyau caudé.
- Et un fois automatisés, ces connaissances et capacités devraient dépendre principalement du néocortex, comme le prémoteur BA44.

## Données de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) :

Résultats inconsistants jusqu'à maintenant, bien que certains patterns émergent.

L'acquisition de la grammaire dans ses stades précoces (comme celle des mots) peut solliciter **des structures du lobe temporal médian** en plus des structures du **noyau caudé**, avec un maintien de l'activité de ce dernier et **l'engagement de BA44**

(Lieberman, Chang, Chiao, Bookheimer, & Knowlton, 2004; Ruschemeyer, Fiebach, Kempe, & Friederici, 2005; Ullman, in press).

Une méta-analyse récente de **morphologie régulière** et irrégulière **implique fortement BA44 dans la première**, mais pas dans la seconde (Ullman, Campbell, McQuaid, Tagarelli, & Turkeltaub, in preparation).

# L'instinct du langage : même chez l'adulte, l'aire « de Broca » n'apprend que les règles pertinentes sur le plan linguistique.

Musso, M., Moro, A., Glauche, V., Rijntjes, M., Reichenbach, J., Buchel, C., & Weiller, C. (2003). Broca's area and the language instinct. *Nat Neurosci*, 6(7), 774-781.

Une idée simple : scanner des sujets au cours de l'acquisition de règles syntaxiques qui, soit, respectent les règles de la « grammaire universelle », soit les violent.

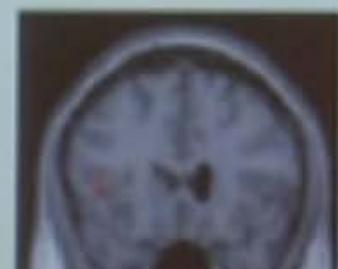
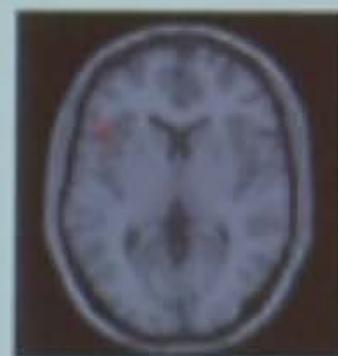
<b>Règles authentiques</b>	Italian (real language learning task)	German (native language of subjects)
Null-subject parameter	Mangio la pera "Eat the pear"	Ich esse die Birne "I eat the pear"
Passive construction	La pera è mangiata da Paolo "The pear is eaten by Paolo"	Die Birne wird von Paul gegessen "The pear is by Paul eaten"
Subordinate construction	Pia dice che Paolo mangia la pera "Pia says that Paolo eats the pear"	Pia sagt, dass Paul die Birne isst "Pia says that Paolo the pear eats"
<b>Règles non-réalistes</b>	Unreal Italian (artificial rules violating UG)	
Negative construction	Paolo mangia la no pera "Paolo eats the no pear"	
Interrogative construction	Pera la mangia Paolo "Pear the eats paolo"	

# L'instinct du langage et l'aire de Broca

Tâche = jugement de « grammaticalité »

- Au niveau du comportement, les sujets apprennent aussi bien les deux sortes de règles.

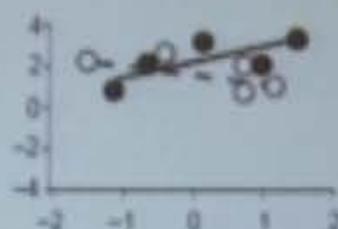
- Par contre, seules les vraies règles grammaticales conduisent à une augmentation progressive de l'activation dans la région frontale inférieure gauche (« Broca »), tandis que l'activité décroît plutôt pour les règles non-linguistiques.



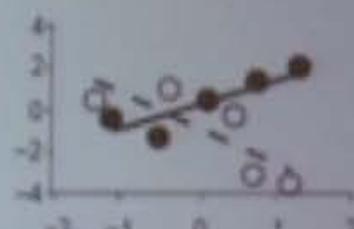
● Real grammatical rules

○ Unreal grammatical rules

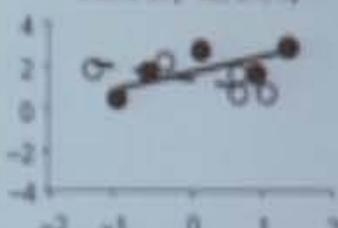
Sub. 1 at [-48, 48, 0]



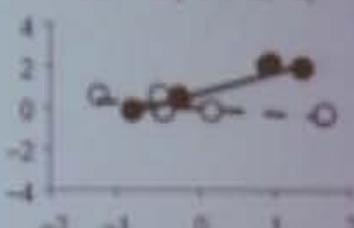
Sub. 2 at [-51, 42, -3]



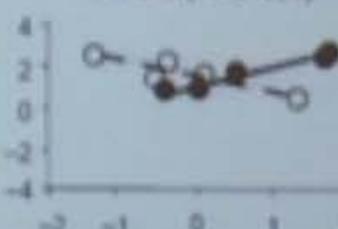
Sub. 3 at [-42, 21, 0]



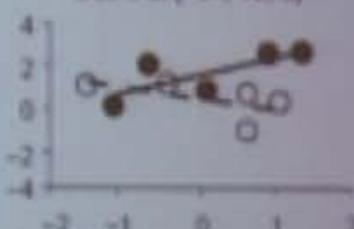
Sub. 4 at [-54, 42, -3]



Sub. 5 at [-54, 12, 0]



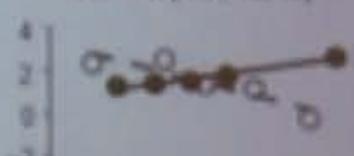
Sub. 6 at [-54, 15, 3]



Sub. 7 at [-54, 9, 24]



Sub. 8 at [-57, 18, 15]



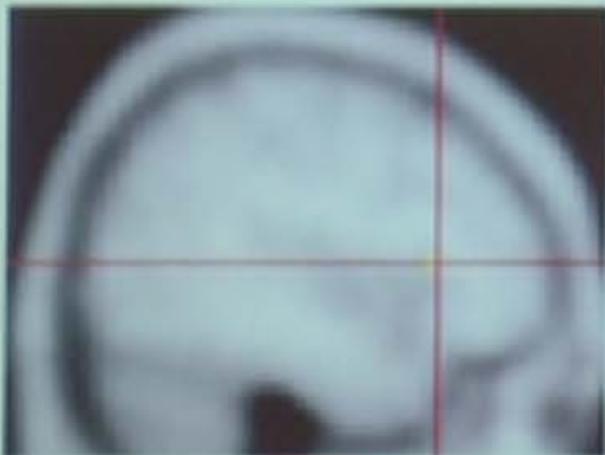
# Au sein des phrases: Dissociation entre syntaxe et sémantique

Dapretto, M., & Bookheimer, S. Y. (1999). Form and content: dissociating syntax and semantics in sentence comprehension. *Neuron*, 24(2), 427–32.

Ecoute de paires de phrases avec, soit une relation syntactiques, soit une relation sémantique:

Table 1. Examples of Stimuli Used in the Syntactic and Semantic Conditions

Syntactic Condition	Semantic Condition	
"The policeman arrested the thief" "The thief was arrested by the policeman"	"The lawyer questioned the witness" "The attorney questioned the witness"	same
"The teacher was outsmarted by the student" "The teacher outsmarted the student"	"The man was attacked by the doberman" "The man was attacked by the pitbull"	different
"The pool is behind the gate" "Behind the gate is the pool"	"The car is in the garage" "The auto is in the garage"	same
"West of the bridge is the airport" "The bridge is west of the airport"	"East of the city is the lake" "East of the city is the river"	different



syntaxe > sémantique: Aire 44



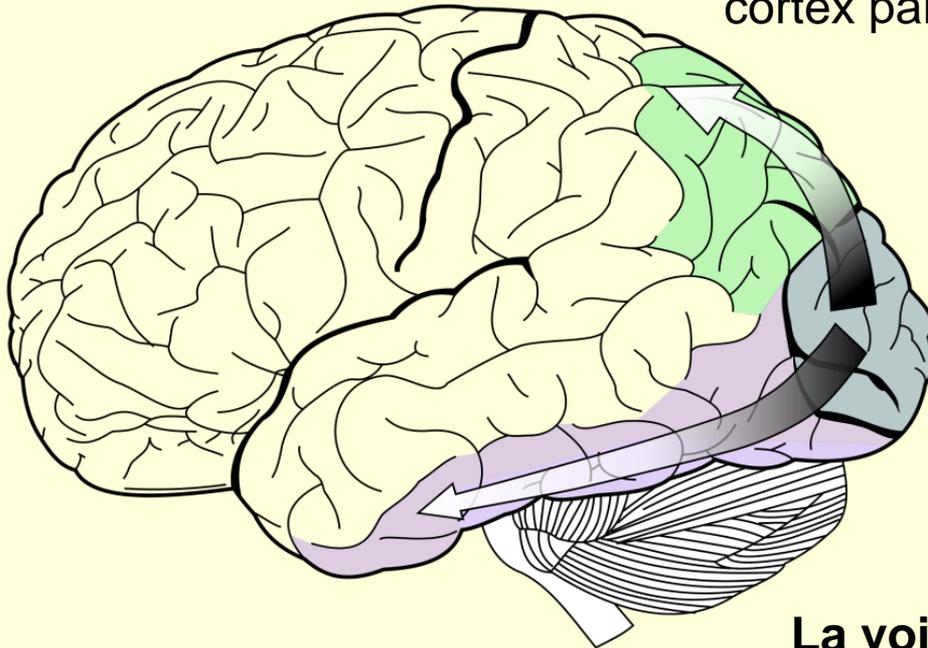
sémantique > syntaxe: Aire 47

## Interaction entre les systèmes de mémoire et les inputs visuels :

Il y aurait aussi des liens entre les systèmes de mémoire et les **voies ventrales et dorsales de la vision**  
(the “memory-processing interdependance hypothesis”)

**La voie dorsale** pourrait aussi interagir avec la mémoire déclarative, avec des connexions au cortex parahippocampique, qui joue un rôle dans la représentation de repères dans l'espace.

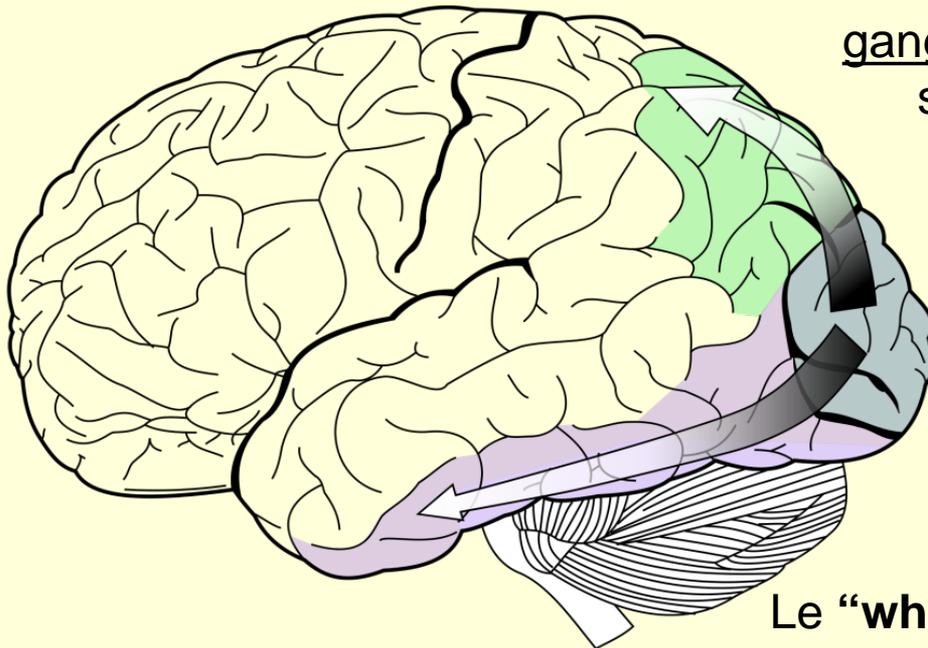
Toutefois, **la voie dorsale** semble être particulièrement liée à la mémoire procédurale.



**La voie ventrale** semble être liée fortement à la mémoire déclarative.

Le “**how**” semble dépendre d’une combinaison de la voie **dorsale** (pour le traitement) et de la mémoire procédurale (pour l’apprentissage).

Et en effet, l’apprentissage supporté par les ganglions de la base pourrait lier des inputs des structures pariétales à des régions motrices.



Le “**what**” semble dépendre d’une combinaison de la voie **ventrale** (pour le traitement) et de la mémoire déclarative (pour l’apprentissage).

On revient à l'article THE DECLARATIVE/  
PROCEDURAL MODEL A  
Neurobiologically Motivated Theory of First  
and Second Language (2015))

## Interaction entre les différents systèmes de mémoire

La mémoire déclarative et procédurale peuvent acquérir les mêmes connaissances, incluant des connaissances de **séquences et de règles** que la mémoire déclarative peut prendre en charge (sous forme de “chunk” ou de règle d’apprentissage).

## Interaction entre les différents systèmes de mémoire

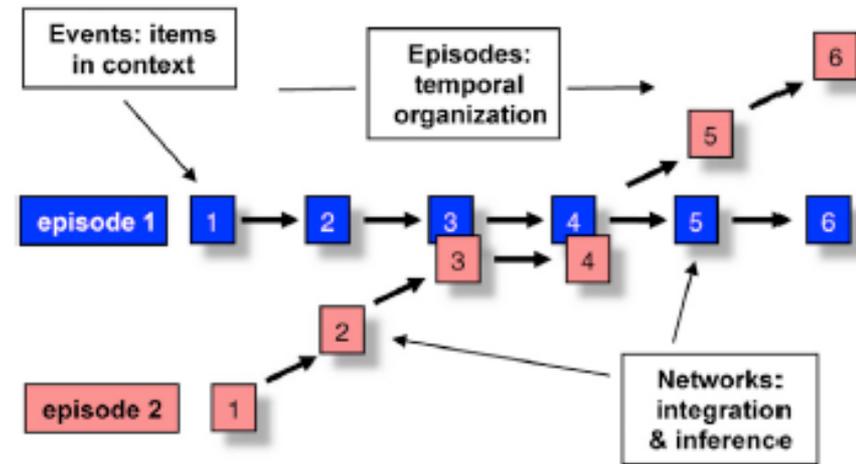
La mémoire **déclarative** et procédurale peuvent acquérir les mêmes connaissances, incluant des connaissances de **séquences** et de **règles (?)** que la mémoire déclarative peut prendre en charge (sous forme de “chunk” ou de règle d’apprentissage).

Ils semblent donc jouer, au moins partiellement, des **rôles redondants**.

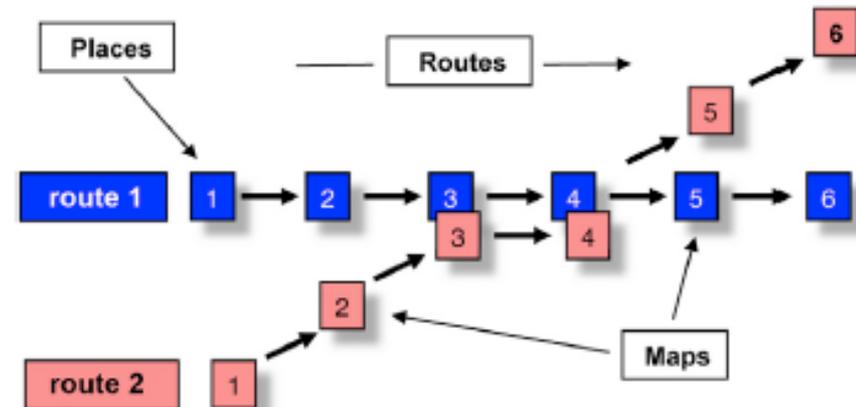
Mais leur traitement de ces mêmes connaissances se ferait **de manière différente pour chacune**.

## Can We Reconcile the **Declarative** Memory and Spatial Navigation Views on Hippocampal Function? Eichenbaum & Cohen, 2014

### A Memory space



### B Spatial memory



La mémoire **déclarative** pourrait acquérir l'information en premier grâce à ses capacités d'acquisition rapide.

Le système **procédural** pourrait en même temps faire un apprentissage analogue graduel, qui pourra éventuellement être traité rapidement et **automatiquement**.

C'est ce qui semble se passer pour la grammaire **qui devient avec le temps grandement automatisée**.

Le contexte d'apprentissage peut aussi influencer lequel des deux systèmes sera prédominant.

**Des instructions explicites** (par exemple d'une séquence), ou encore une attention consciente portée à un input et aux règles ou aux patterns, peut augmenter l'apprentissage dans la mémoire **déclarative**.

À l'opposé, **l'absence d'instructions explicites**, comme des manipulations qui réduisent l'attention aux stimuli, ou encore un grand niveau de complexité des règles ou des patterns (qui diminuent donc la capacité à les détecter), peuvent tous diriger l'apprentissage vers la mémoire **procédurale**.

## Prédictions pour les langues secondes (L2) versus langue maternelle (L1):

Comme la mémoire déclarative s'améliore de l'enfance à l'âge adulte et que c'est le contraire pour la mémoire procédurale, on peut s'attendre à ce qu'un adulte qui apprend une L2 fasse plus appel à sa mémoire déclarative (pour une exposition à la langue équivalente).

Il le fera aussi parce qu'il est moins exposé à la langue que des L1, donc moins d'occurrence.

Autrement dit, **plus** il y a d'attention apportée à des instructions **explicites** (par exemple des règles de grammaire dans les cours de langue L2), plus l'apprentissage linguistique sera dépendant du système déclaratif.

Et **moins** il y en aura, **ou plus les règles seront complexes**, plus se sera la mémoire procédurale qui entrera en jeu (comme dans les situations d'immersion linguistique, ce qui amènera un traitement plus similaire à une L1).

Et cette “**procéduralisation**” de la grammaire devrait se faire plus rapidement et complètement chez l'enfant.

[est-ce qu'on pourrait dire que “procéduralisation” = élaboration de “modèles prédictifs” plus efficaces ?!]

En 2014, Morgan-Short, Faretta-Stutenberg, Brill-Schuetz, Carpenter, & Wong ont montré une **corrélation** appuyant une hypothèse du modèle DP pour le langage : celle voulant que L2 s'appuie plus sur la mémoire déclarative étant donné le faible niveau d'exposition à la langue, et L1 davantage sur la mémoire procédurale dû à la grande exposition au langage. [je n'ai pas eu le temps d'aller voir l'étude...]

Données neurologiques (études de lésions) :

**H.M. dont les deux hippocampes avaient été enlevés** ne pouvaient se remémorer les faits et les événements nouveaux au-delà de quelques minutes, mais aussi les mots nouveaux.

Des patients Alzheimer avec **lésions qui s'étendent à tout le lobe temporal** ont plus de difficulté avec la grammaire de L2 qu'avec la grammaire de L1.

Et au contraire, des patients avec des **lésions aux circuits des noyaux gris centraux et cortex frontal** (suite à ACV ou maladie de Parkinson) ont des problèmes de grammaire plus grands dans leur L1 que dans leur L2 (et si plusieurs L2, celle avec le plus d'exposition est la plus atteinte).

(Hyltenstam & Stroud, 1989; Johari et al., 2013; Zanini, Tavano, & Fabbro, 2010).

Limites des études de lésions : l'étendue de la lésion pas toujours claire, autres structures endommagées, quelles fonctions assumaient ces structures lésées avant la lésion, reprise en charge possible par d'autres structures depuis la lésion, etc.

### **Données électrophysiologiques (potentiels évoqués) :**

Potentiels évoqués (Event-Related Potentials, ERP) = activité de l'EEG tout juste après un stimulus (mot, image, etc.)

Donc excellente résolution temporelle, mais mauvaise résolution spatiale.

On connaît plusieurs composantes de l'ERP pour le langage (L1) :

N400, LAN et P600 qui sont associés soit au lexique ou à la grammaire.

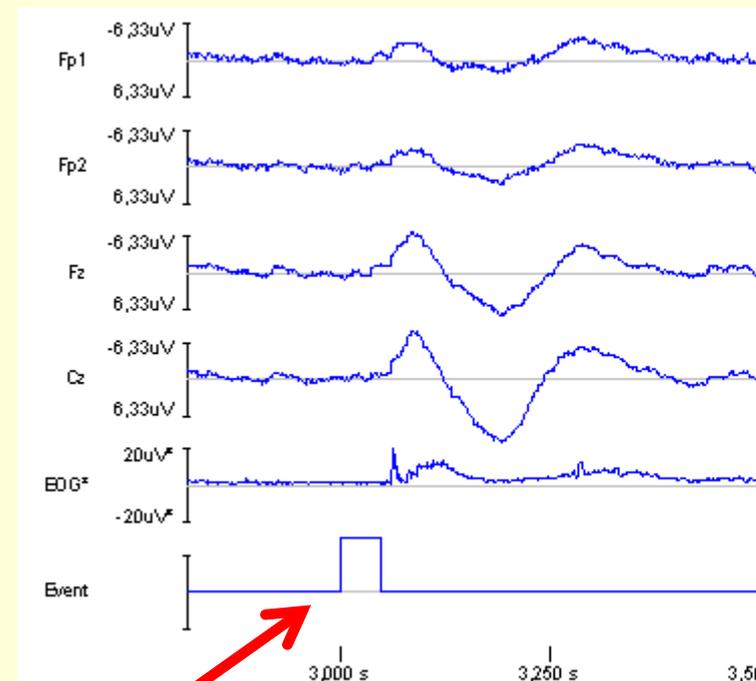
Dans les années **1970** :

développement permettant de relier l'activité corticale de l'EEG avec la présentation d'un **stimulus** (potentiels évoqués)

**Exemple :**

Kutas et Hillyard trouve en 1980 que lorsque le dernier **mot d'une phrase est anormal**, l'EEG montre une déflexion négative environ 400 millisecondes après (**N400**) (pour l'électrode au sommet de la tête).

Refléterait au moins partiellement les processus de connaissances acquis dans la mémoire déclarative.



Donc des phrases avec un dernier **mot inattendu** : "Adrian likes to eat planets" produisent systématiquement un N400 pour L1 et L2 en conformité avec le modèle DP où le lexique dépend de la mémoire déclarative.

Des phrases avec des **éléments inattendus dans la grammaire** (exemple : "Yesterday my father Fred walk all around Prague") produisent souvent deux composantes dans le potentiel évoqué :

1) Une "Anterior Negativities"(AN) hâtive (si tôt que 100 ms après le mot "walk", et dure plusieurs centaines de ms), souvent plus fort dans l'hémisphère gauche. Refléterait des processus d'apprentissage de la mémoire procédurale.

Conformément au modèle DP, ce type de dérangement grammatical produit **N400 pour L2** (qui dépend plus de la mémoire déclarative pour la grammaire), mais un **AN pour des L2 avec un plus grand degré d'exposition à la langue**.

2) P600 (déflexion positive 600 ms après le stimulus) reflète le traitement conscient de la syntaxe et ne dépendrait pas de la mémoire procédurale.  
Donc moins pertinent pour tester le modèle DP. [??]

3 classes de modèles pour L2 :

- 1) Les mécanismes de L1 sont les mêmes que L2
- 2) Ils sont différents
- 3) Les mécanismes de L2 sont différents de ceux de L1 au début, puis avec la pratique et l'immersion, ils deviennent plus similaires (le modèle DP est dans ce groupe).

### **Étude exemplaire : Morgan-Short et al. (2012)**

Difficile de faire des études longitudinales dans le temps avec les mêmes sujets car devenir expert dans une langue prend de nombreuses années.

Et les études avec des groupes comparés ont leur lot de problèmes...

D'où l'utilité des grammaires ou des langages artificiels simples qui peuvent être appris en minutes ou en heures.

Dans les **grammaires artificielles**, on présente par exemple des séquences de lettres générées par une grammaire (qui peut se rapprocher de la nôtre) et cette grammaire peut être apprise rapidement.

Cependant, cela ne peut pas être assimilé complètement à une langue parce que le vocabulaire n'a pas de signification.

Ce qui n'est pas le cas avec les **langues artificielles** qui contournent cette limite, mais avec une grammaire **et** un vocabulaire limité qui peuvent être appris en terme d'heures, ce qui permet donc de faire ici une **étude longitudinale de L2**.

**Brocanto2** : tant le groupe qui a appris avec des consignes explicites que celui avec des consignes implicites ont **appris** le langage avec une grande maîtrise et l'ont **retenu 5 mois après**.

Étude exemplaire sous plusieurs aspects : langage artificiel (et pas juste grammaire), temps d'entraînement contrôlable, utilisation de potentiels évoqués, deux types d'entraînement contrasté (implicite et explicite), rétention examinée après une relativement longue période.

[ Pour le début de l'apprentissage, avec faible maîtrise du langage, le groupe d'apprentissage implicite montre un potentiel évoqué **N400**, mais pas le groupe explicite. [???

Avec une grande maîtrise, le groupe implicite montre une réponse bi-phasique AN/P600 avec AN qui se poursuit en une réponse tardive antérieure négative.

Le groupe explicite montre seulement une positivité antérieure (pas typique d'une langue native) suivi de P600. ]

Et 5 mois plus tard, autres comportements (voir l'article...) qui vont globalement avec les autres résultats dans le sens que **le traitement de type L1 pour l'ordre syntaxique des mots** était plus important pour l'apprentissage implicite (immersif) que pour l'explicite (classroom-like)

et plus important lors de la rétention 5 mois plus tard pour ceux qui avaient une meilleure maîtrise de la langue.

Avec la maîtrise de la langue, plus de composantes de potentiels évoqués de langue native ont été trouvées, ce qui est consistant avec une « **procéduralisation** » du langage.

**Mauvaise compréhension du modèle DP** en ce qui concerne la relation entre la mémoire déclarative et la mémoire procédurale.

Les deux systèmes sont de « **domaine général** », i.e. sous-tendent de multiples domaines cognitifs.

**Cela n'exclut pas une sous-spécialisation pour le langage** dans ces systèmes (soit par recyclage neuronal évolutif, soit durant le développement) et il y a des données là-dessus.

Cela dit, il n'y a pas en ce moment d'évidences convaincantes de circuits spécifiques pour le langage.

[sous-entendu ici j'imagine « de circuits spécifiques uniquement pour le langage »]

Pour ce qui est de la « **procéduralisation** » des connaissances langagières, elles ne subissent pas de « transformation » durant le processus, mais il y a **acquisition parallèle des connaissances dans les deux systèmes**.

Et l'on va plutôt s'en remettre de plus en plus à la mémoire procédurale, et moins à la mémoire déclarative, avec le temps.

## Observation pour l'apprentissage d'une seconde langue :

- 1) l'exposition est nécessaire et une bonne partie de l'apprentissage se fait **implicitement (immersion)**
- 2) et son corollaire : **il y a des limites aux effets d'instruction** (apprentissage explicite) pour l'apprentissage d'une autre langue
- 3) les bases neuronales de l'apprentissage d'une seconde langue **peuvent être influencées par de nombreux facteurs** (genre, type d'input, lexique versus grammaire, etc.)

## Le débat explicite / implicite

Le parallèle avec apprentissage déclaratif (« = explicite ») et procédurale (« = implicite ») ne tient pas au-delà d'un certain point.

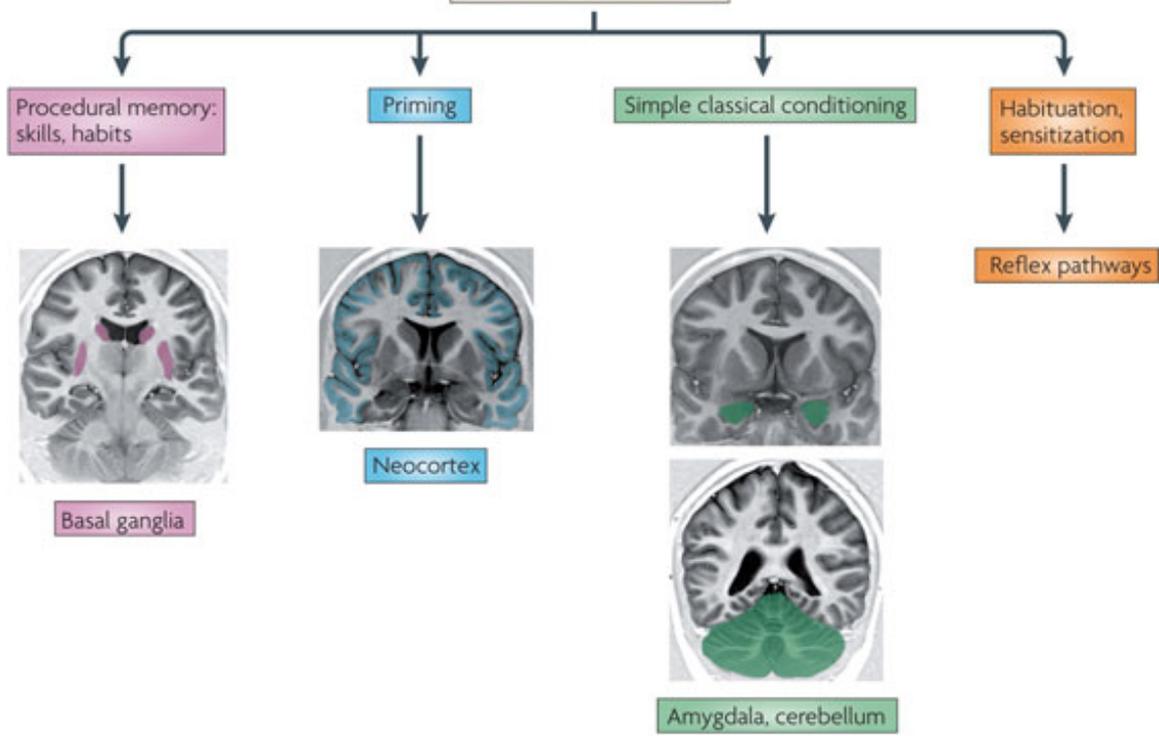
1) Le modèle DP est basé sur des prédictions au niveau des **structures cérébrales**, relativement bien identifiables, et non sur le niveau d'attention, difficile à définir et à tester.

2) **Mémoire déclarative** : seul système pour l'apprentissage explicite.

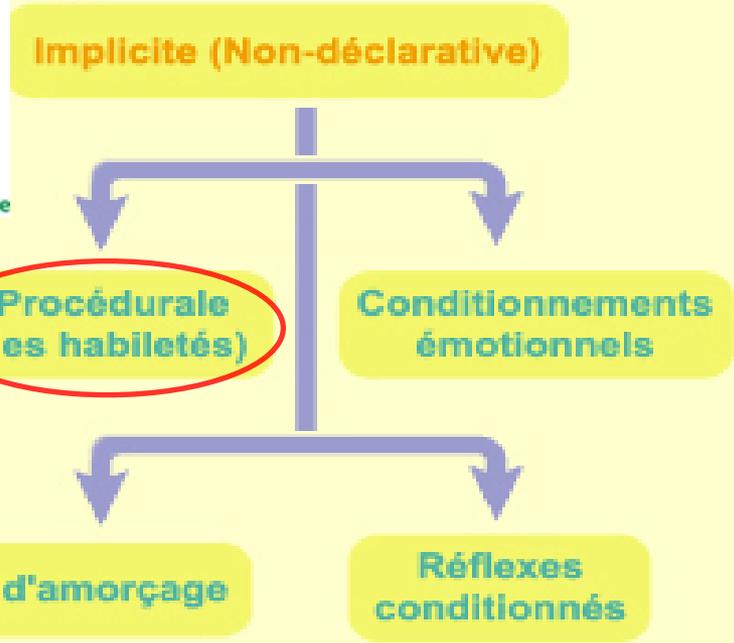
Mais on n'a jamais pu montrer que ce système ne sous-tend pas aussi des connaissances implicites, car cela demeure une question empirique ouverte. Et de fait on se rend compte que la mémoire déclarative sous-tend des connaissances implicites (Henke, 2010; Ullman, in press).

3) **Mémoire procédurale** : seulement l'un parmi de nombreux système de mémoire qui traite l'information de manière implicite

# Nondeclarative memory



# Mémoire procédurale



[http://www.nature.com/nrn/journal/v11/n7/fig\\_tab/nrn2850\\_F1.html](http://www.nature.com/nrn/journal/v11/n7/fig_tab/nrn2850_F1.html) Nature Reviews | Neuroscience

Habituation, sensibilisation, etc.

## **Problèmes en soi avec la distinction explicite / implicite :**

Ce peut être au sujet de l'apprentissage (la nature des inputs) ou après (ce qu'on donne comme output)

Et pour les inputs, où l'**aspect explicite réside-t-il** : du côté de l'instructeur ou de l'apprenant ?

Il faudrait utiliser des termes plus clairs pour qualifier l'apprentissage comme « instructed » ou « uninstructed » (ou « classroom-like/immersion-like. »).

## **Conclusion**

On connaît plusieurs facteurs pouvant améliorer l'apprentissage et la mémoire.

Selon le modèle DP, l'apprentissage des langues devrait aussi être amélioré par ces facteurs...

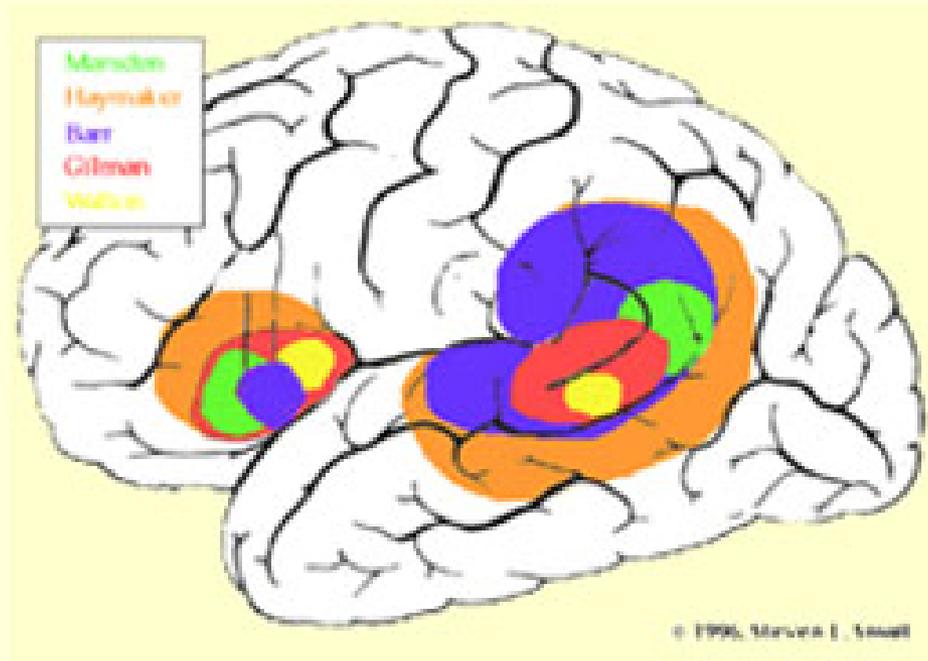
## Retour sur « l'aire de Broca » et les « circuits spécialisés pour le langage »

À partir du cours de **Stanislas Dehaene** du Collège de France sur la représentation cérébrale des structures linguistiques

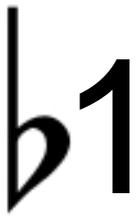
<http://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/course-2016-01-05-09h30.htm>

(merci à Jacques pour le lien !)

J'ai écouté les 4 premiers sur 7, d'où j'ai tiré les exemples suivants...







# Comments and Controversies

NeuroImage 19 (2003) 473– 481

## **The myth** of the visual word form area

[http://nwpsych.rutgers.edu/~jose/courses/578\\_mem\\_learn/2012/readings/Price\\_Devlin\\_2003.pdf](http://nwpsych.rutgers.edu/~jose/courses/578_mem_learn/2012/readings/Price_Devlin_2003.pdf)

Cathy J. Price

and Joseph T. Devlin

University of Oxford, Oxford, UK

# **The Interactive Account of ventral occipitotemporal contributions to reading**

Volume 15, Issue 6, June 2011, Pages 246–253

[http://www.psychologie.uzh.ch/fachrichtungen/angpsy/life-fall-academy-2013/  
Price11\\_TiCS\\_reading\\_interactive.pdf](http://www.psychologie.uzh.ch/fachrichtungen/angpsy/life-fall-academy-2013/Price11_TiCS_reading_interactive.pdf)

Cathy J. Price<sup>1</sup>, ,

Joseph T. Devlin<sup>2</sup>

University College London,

University of London

# 4<sup>e</sup> cours : Décomposition anatomique et fonctionnelle des aires du langage

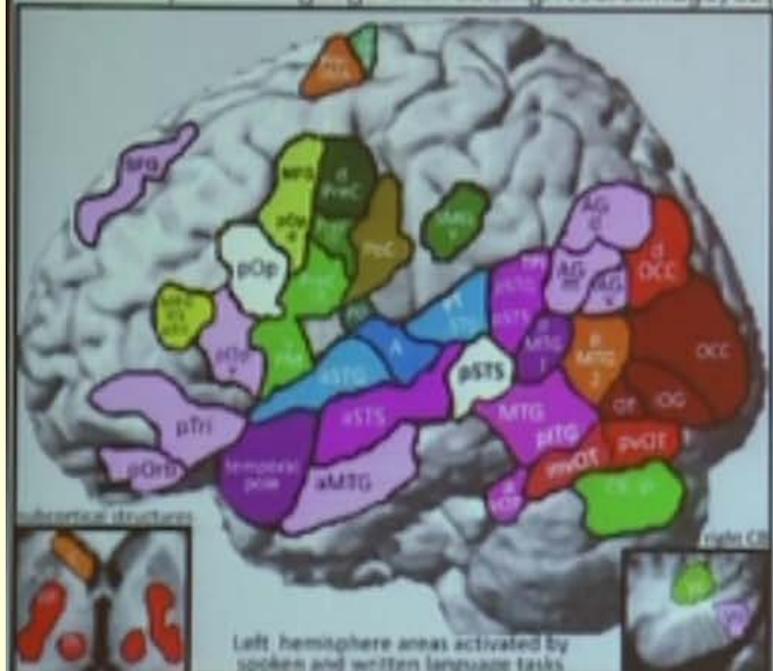
- très phréno-  
logique

- C. Price ne recon-  
nait pas  
comme lui  
la région  
de recon-  
naissance  
des mots

- rose :  
mots,  
phrases,  
etc., mais  
pas de  
régions  
associées  
à syntaxe  
?

## Une grande variété d'observations d'imagerie cérébrale

Price, C. J. (2012). A review and synthesis of the first 20 years of PET and fMRI studies of heard speech, spoken language and reading. *NeuroImage*, 62(2), 816-847.



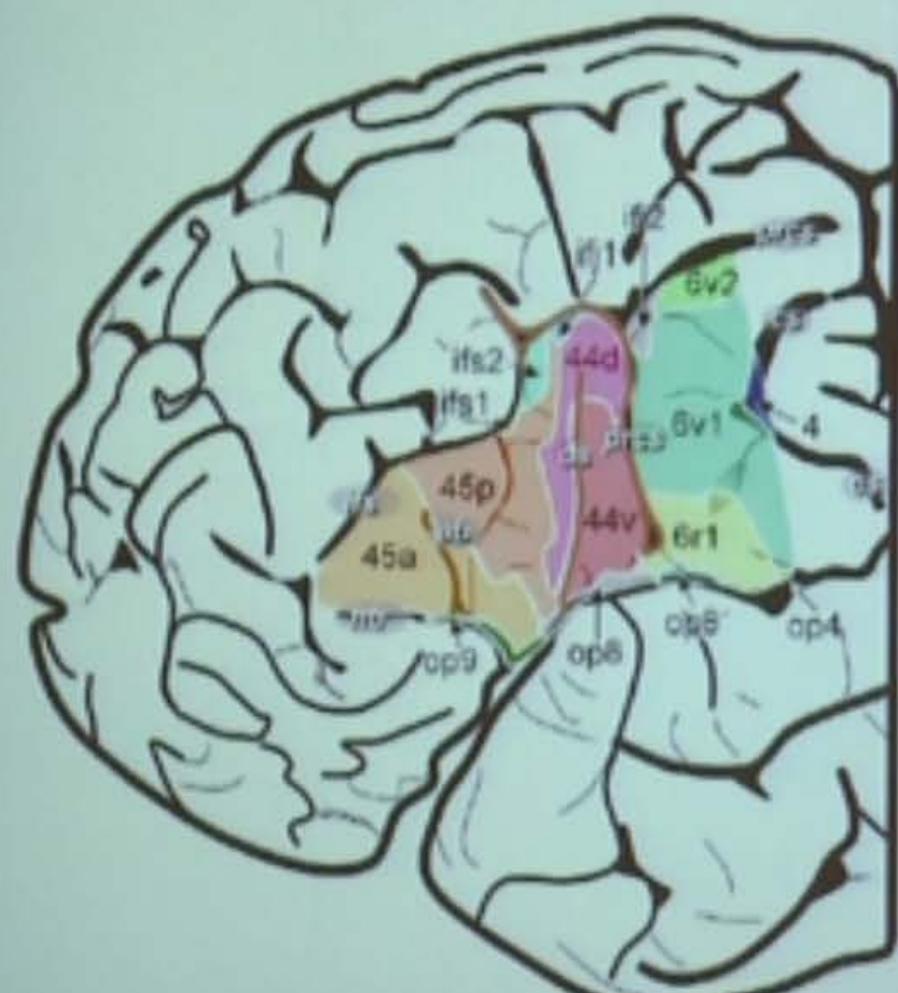
Consistent structure-to-function mappings in language studies.

ACC-a zone	Suppressing the production of unintended words
ACC-p zone	Motor execution (suppressing unintended motor activity)
ANG	Integrating/predicting semantics
CB [N and V]	Silent articulatory planning
CB [VV/VBB]	Retrieving words for speech production
CB [V]	Timing of motor output
CB [VBB]	Sensitive to timing of auditory inputs and motor activity
Im-a	Control of breathing during production of speech
ITG-p	Accessing semantics during word production tasks
ITG-a	Semantic associations
MFG	Retrieving words for speech production
MTG-p	Accessing semantics
MTG-a	Semantic associations
PM-d	General action selection (i.e. not specific to speech articulation)
PM-v	Orofacial motor planning (articulatory encoding)
pOp	Short term memory and integrating inputs, expectations, meaning
pOp-d	Sequencing subsequent motor activity
pOp-v	Articulatory encoding (orofacial motor planning)
pOrb	Selection/retrieval of semantic concepts/words
PreC/Poc	Orofacial motor activity (d-to-v: lips, jaw, laryngeal, tongue)
Pre-SMA	Sequencing motor plans (not specific to articulation)
PT	Acoustic processing/auditory imagery/auditory expectations
pTri	Semantic decisions/semantic reading
PUT	Timing of motor output
SFG	Semantic/word selection depending on semantic content
SMA	Sequencing execution of motor movements (speech and fingers)
SMG-v	Articulatory loop/auditory expectations
STG-a	Early auditory processing of complex sounds
STG-p	Auditory processing/word retrieval with minimal semantics
STS-a	Semantic associations
STS-p	Integrating familiar sounds, articulation and meaning
TH v-l	Control of breathing during speech production
TPJ	Auditory short term memory/word retrieval with minimal semantics
vOT	Linking visual forms to the semantic system
vOT-a	Accessing semantics from visual forms
vOT-p	Early visual processing of phonetic forms

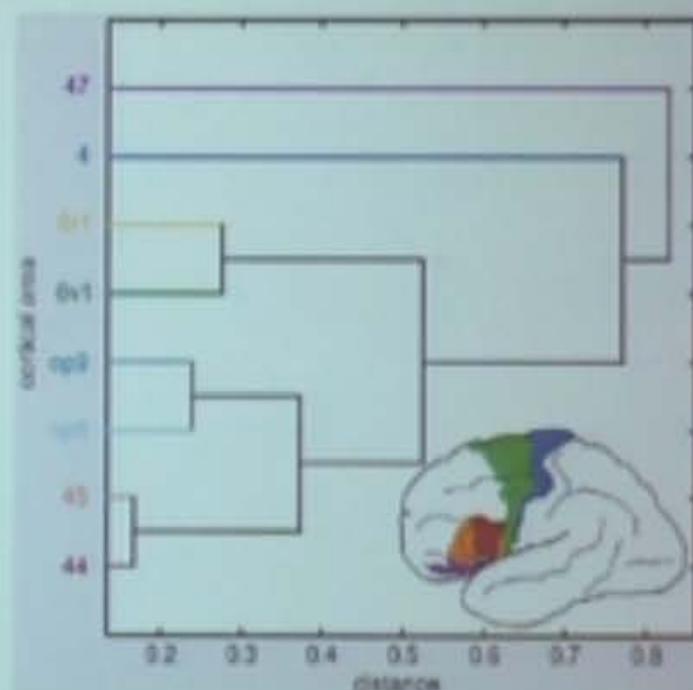
## L'analyse de 6 types de récepteurs conduit à une nouvelle subdivision de la région « de Broca ».

Amunts, K., Lenzen, M., Friederici, A. D., Schleicher, A., Morosan, P., Palomero-Gallagher, N., et al. (2010). Broca's region: novel organizational principles and multiple receptor mapping. *PLoS Biol*, 8(9).

Subdivision finale de la région « de Broca » :



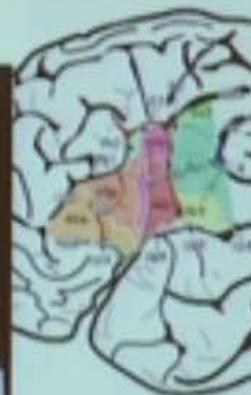
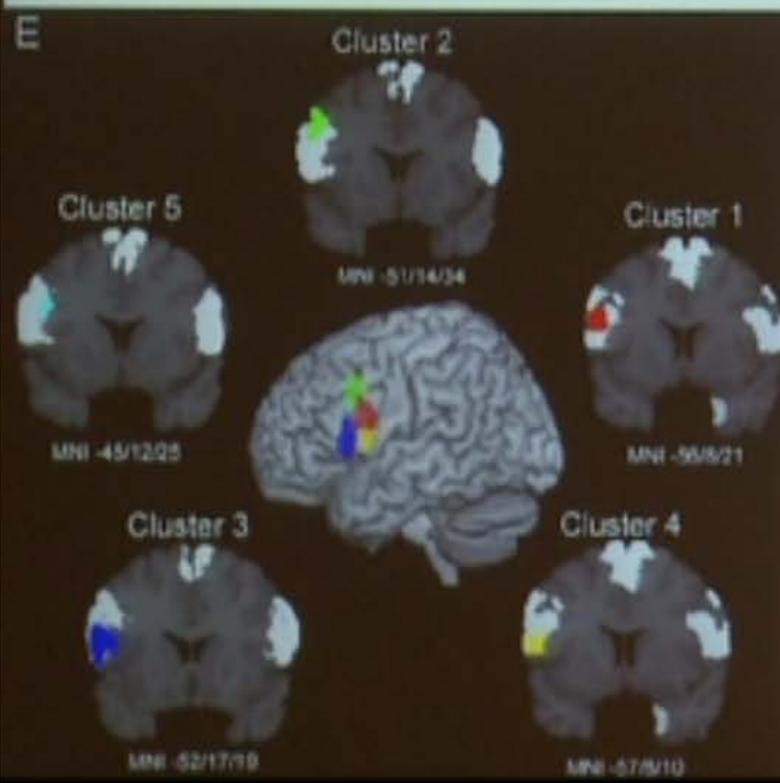
Ressemblances entre les profils de densité de récepteur dans les différentes aires de Brodmann



## Parcellisation de l'aire 44 à partir de la connectivité fonctionnelle dans de nombreuses tâches.

Clos, M., Amunts, K., Laird, A. R., Fox, P. T., & Eickhoff, S. B. (2013). Tackling the multifunctional nature of Broca's region meta-analytically: Co-activation-based parcellation of area 44. *NeuroImage*, 83, 174–188.

Examen de la corrélation fonctionnelle de chaque voxel de l'aire 44 avec le reste du cerveau dans de très nombreuses tâches. Subdivision en 5 « clusters » dont l'un (en bleu foncé), semble particulièrement associé au langage.



Montre que l'aire BA44 s'active lors de nombreuses tâches (ce dont on va parler la séance prochaine)

Celle en bleu : sous-région de l'aire BA44 associée à syntaxe ?

# Micro-décomposition des aires du langage: Des sous-régions spécialisées pour les rôles thématiques

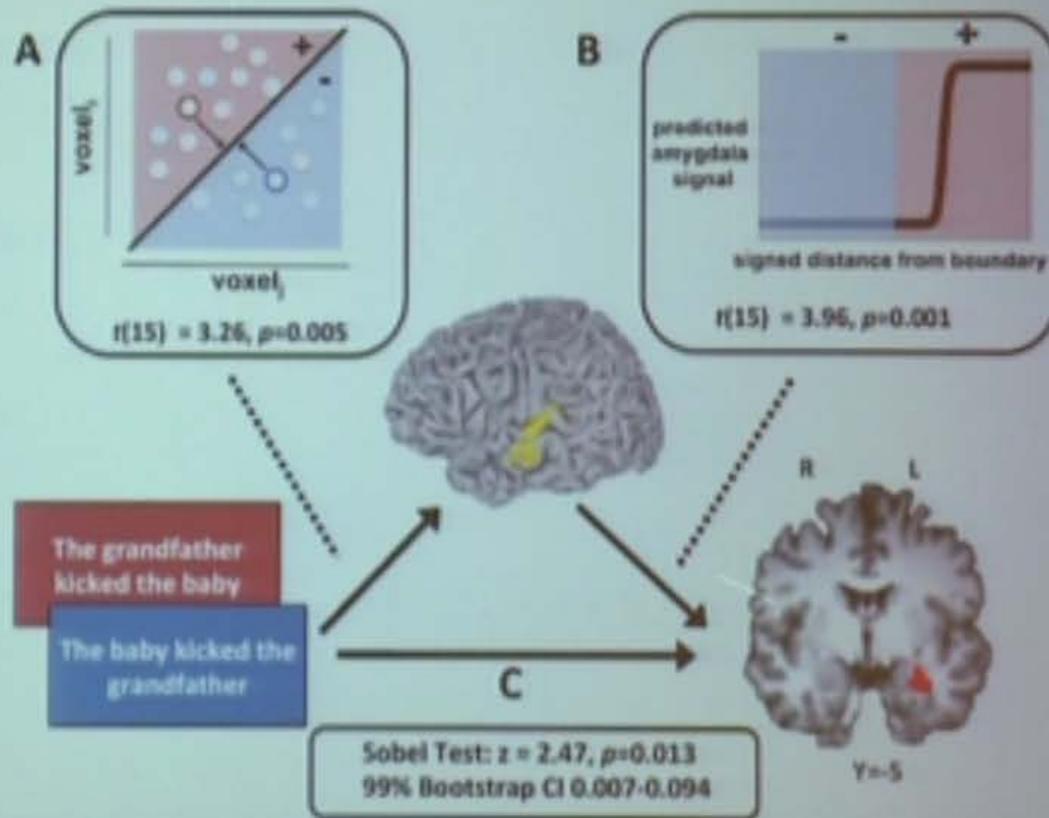
Frankland, S. M., & Greene, J. D. (2015). An architecture for encoding sentence meaning in left mid-superior temporal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201421236.

Expérience 1: Décodage, en IRM fonctionnelle, de six catégories de phrases écrites qui (1) font appel aux mêmes mots dans un ordre différent; (2) peuvent être énoncées à la voix active ou passive.

Exemple:

- "The baby kicked the grandfather"
  - "The grandfather kicked the baby"
  - et leurs formes passives.
- (permet de distinguer rôle thématique et fonction syntaxique).

Une recherche systématique (*searchlight*) identifie une petite région temporelle gauche dont la configuration d'activité prédit le sens de la proposition. De plus, l'amygdale corrèle avec le degré de classification, par la région temporelle, de la version « émouvante » de la phrase.



Micro-décomposition : compatible / différent de neuronal reuse ?

Amygdale plus active quand le grand-père kick le bébé !

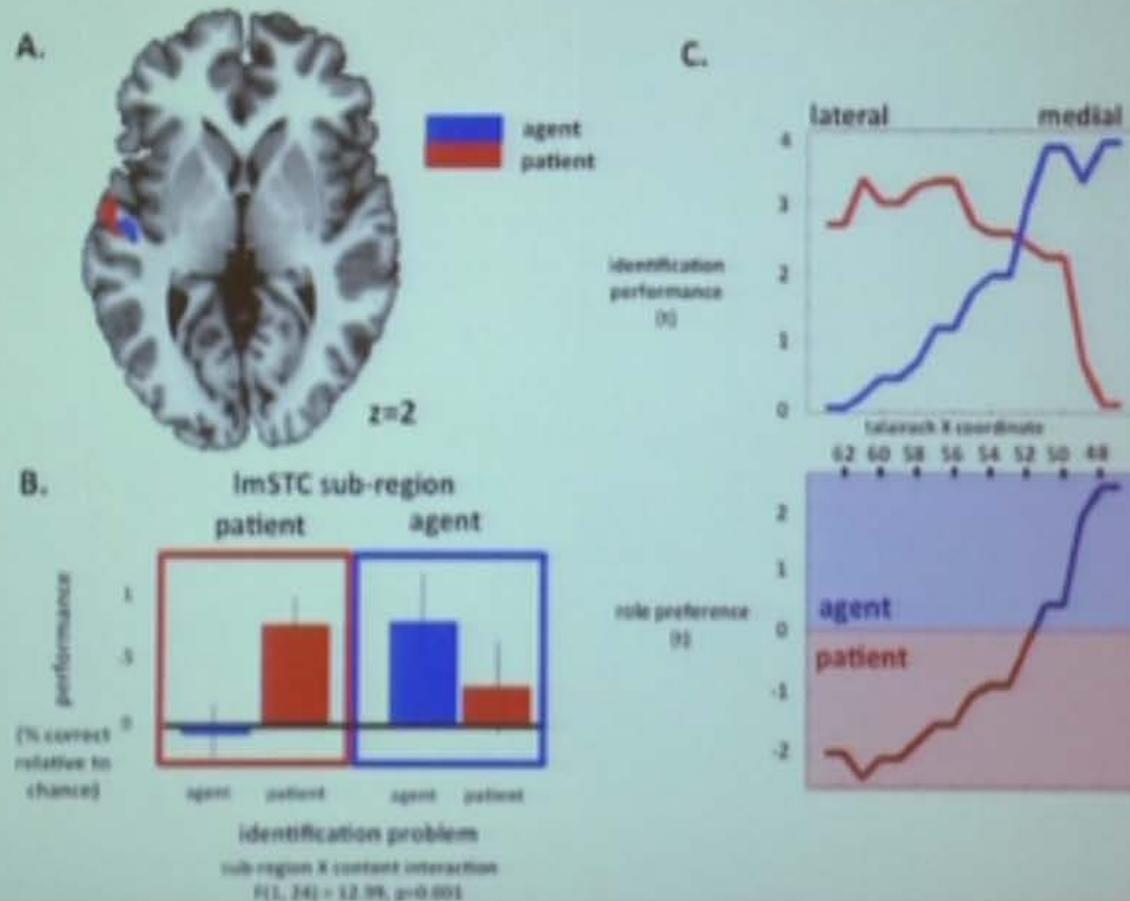
Mais hasard = 25% et ici on trouve significativement différent à 26%...

Et si  
région  
spécifique:  
comment  
ça marche  
avec  
récursivité  
avec  
patient qui  
peut  
devenir  
agent,  
etc...?

## Décodage du rôle thématique: qui est l'agent, qui est le patient?

Frankland, S. M., & Greene, J. D. (2015). An architecture for encoding sentence meaning in left mid-superior temporal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201421236.

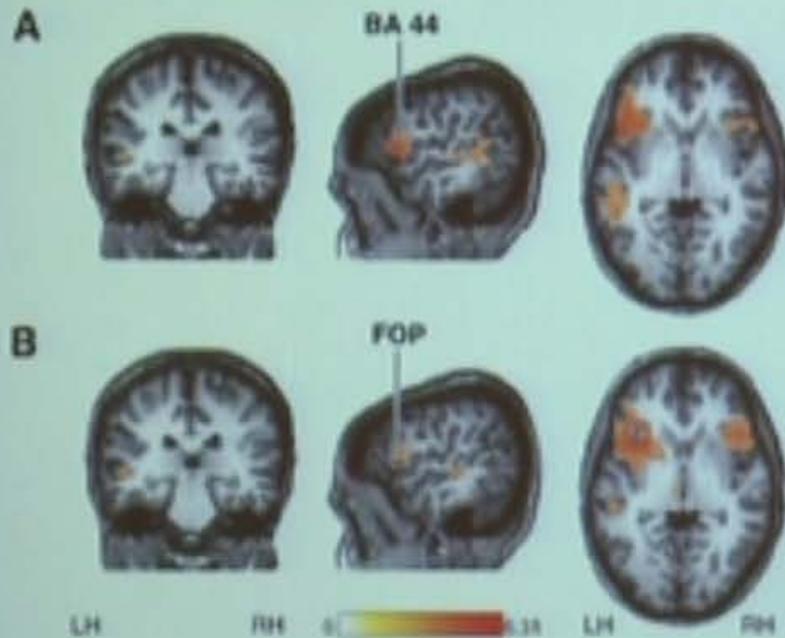
Résultats: deux petites régions voisines, mais disjointes, permettent de décoder respectivement l'agent et le patient de la proposition.



# La connectivité fonctionnelle entre la région « de Broca » et la région temporale postérieure est propre au traitement du langage

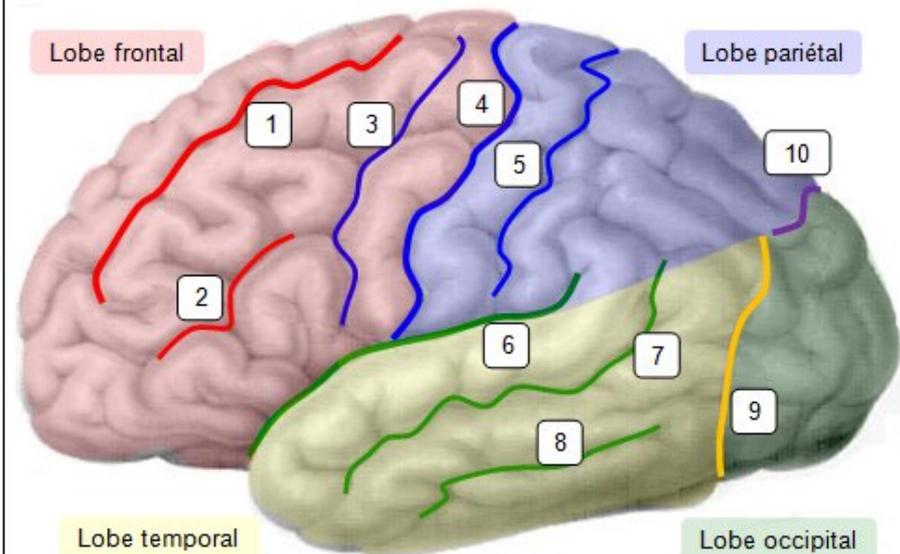
Lohmann, G., Hoehl, S., Brauer, J., Danielmeier, C., Bornkessel-Schlesewsky, I., Bahlmann, J., ... Friederici, A. (2010). Setting the frame: the human brain activates a basic low-frequency network for language processing. *Cereb Cortex*, 20(6), 1286–92.

Réanalyse de 6 jeux de données dont 4 tâches linguistiques et 2 tâches non-linguistiques.  
Examen de la « connectivité fonctionnelle » avec deux régions, l'une latérale dans l'aire 44, l'autre plus interne (operculum frontal)



Ces deux analyses pointent vers une région caractéristique située dans la partie postérieure du sillon temporal supérieur.

Quelques scissures ou sillons de l'encéphale en vue latérale externe



1. Sulcus frontalis superior ou sillon frontal supérieur - 2. Sulcus frontalis inferior ou sillon frontal inférieur - 3. Sulcus praecentralis ou sillon précentral - 4. Sulcus centralis ou sillon central ou scissure de Rolando - 5. Sulcus postcentralis ou sillon postcentral - 6. Sulcus lateralis (Fissura sylvii) ou sillon latéral ou scissure de Sylvius - 7. Sulcus temporalis superior ou sillon temporal supérieur - 8. Sulcus temporalis inferior ou sillon temporal inférieur - 9. Sulcus praeoccipitalis ou sillon pré-occipital - 10. Sulcus parietooccipitalis ou sillon pariéto-occipital -

© Georges Dolisi

# La connectivité fonctionnelle entre la région « de Broca » et la région temporale postérieure est propre au traitement du langage

Lohmann, G., Hoehl, S., Brauer, J., Danielmeier, C., Bornkessel-Schlesewsky, I., Bahlmann, J., ... Friederici, A. (2010). Setting the frame: the human brain activates a basic low-frequency network for language processing. *Cereb Cortex*, 20(6), 1286–92.

Réanalyse de 6 jeux de données dont 4 tâches linguistiques et 2 tâches non-linguistiques.

Examen de la « connectivité fonctionnelle » avec deux régions, l'une latérale dans l'aire 44, l'autre plus interne (operculum frontal)

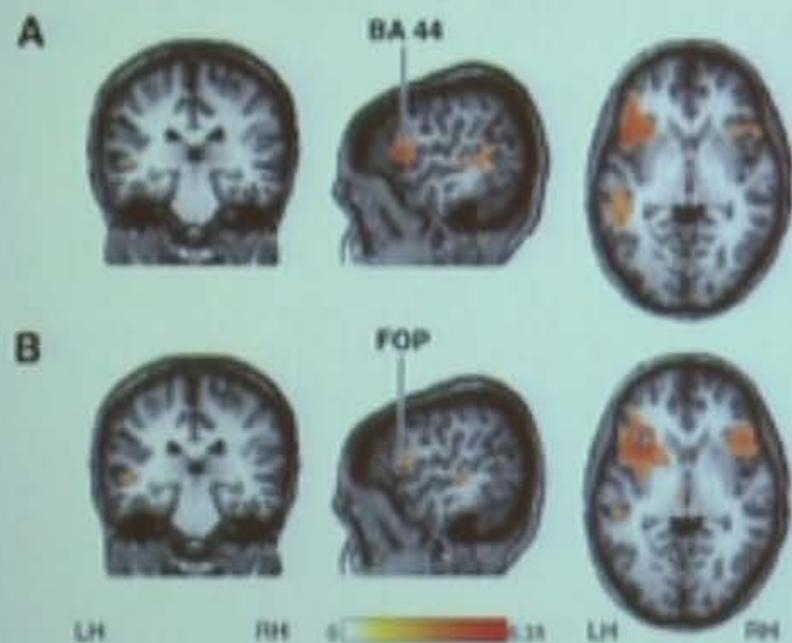


Figure 5. A second-level statistical map contrasting language versus nonlanguage experiments thresholded at  $P < 0.05$  (FDR corrected).

Cette corrélation fonctionnelle est significativement plus élevée dans des tâches linguistiques que dans des tâches non-linguistiques.

Ces deux analyses pointent vers une région caractéristique située dans la partie postérieure du sillon temporal supérieur.

## Présence et nécessité d'un couplage fronto-temporal

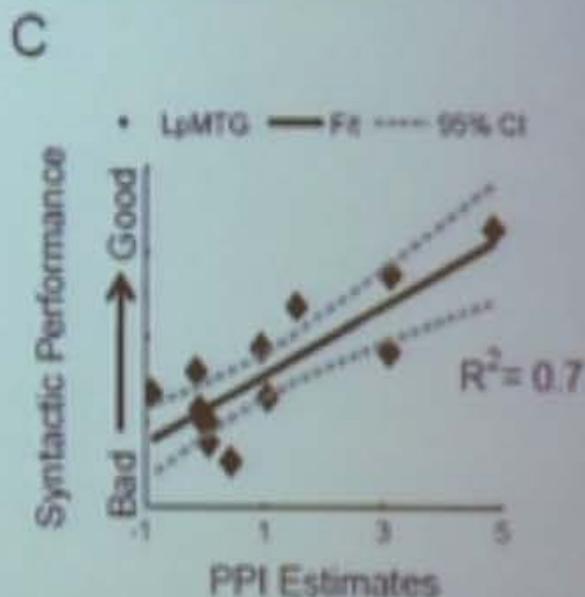
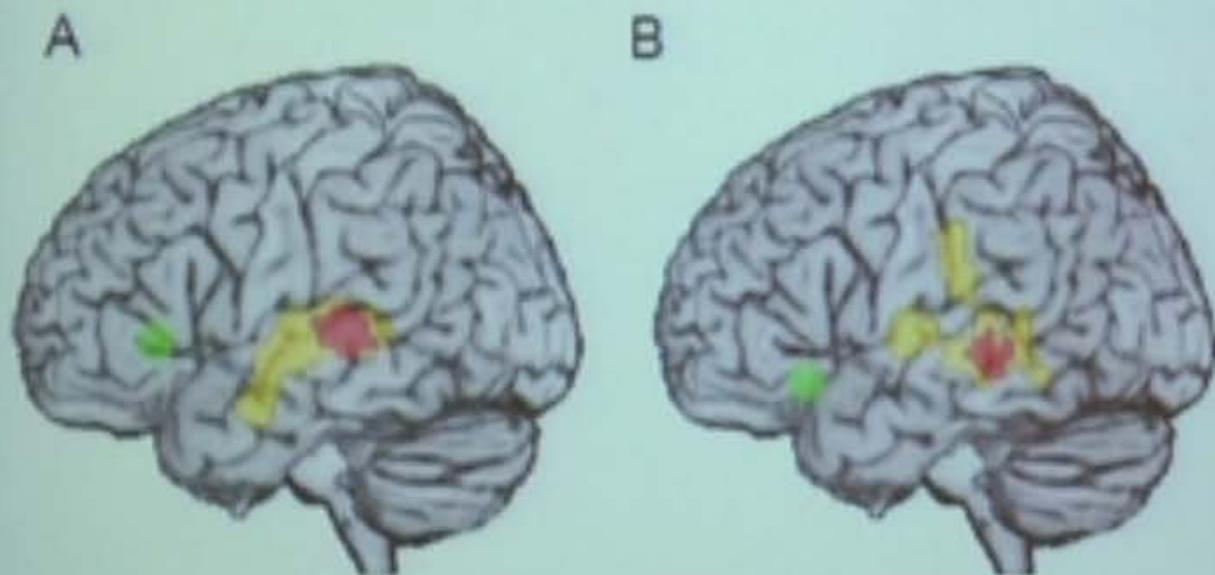
Papoutsis, M., Stamatakis, E. A., Griffiths, J., Marslen-Wilson, W. D., & Tyler, L. K. (2011). Is left fronto-temporal connectivity essential for syntax? Effective connectivity, tractography and performance in left-hemisphere damaged patients. *NeuroImage*, 58(2), 656–64.

Réanalyse par « connectivité fonctionnelle » des mêmes données.

Chez les contrôles, la corrélation fonctionnelle entre la région frontale inférieure et le gyrus temporal moyen augmente avec l'ambiguïté syntaxique.

Chez les patients, en moyenne, on observe une organisation similaire des corrélations.

Cependant, la force de cette corrélation prédit la performance (dans la tâche d'acceptabilité syntaxique): les patients atteints de déficits syntaxiques sont précisément ceux chez qui le couplage fronto-temporal a disparu.



## Représentation cérébrale de la langue des signes :

**Le réseau du langage s'active spécifiquement, uniquement chez les locuteurs natifs**

Newman, A. J., Supalla, T., Fernandez, N., Newport, E. L., & Bavelier, D. (2015). Neural systems supporting linguistic structure, linguistic experience, and symbolic communication in sign language and gesture. *PNAS*, 112(37), 11684–11689.

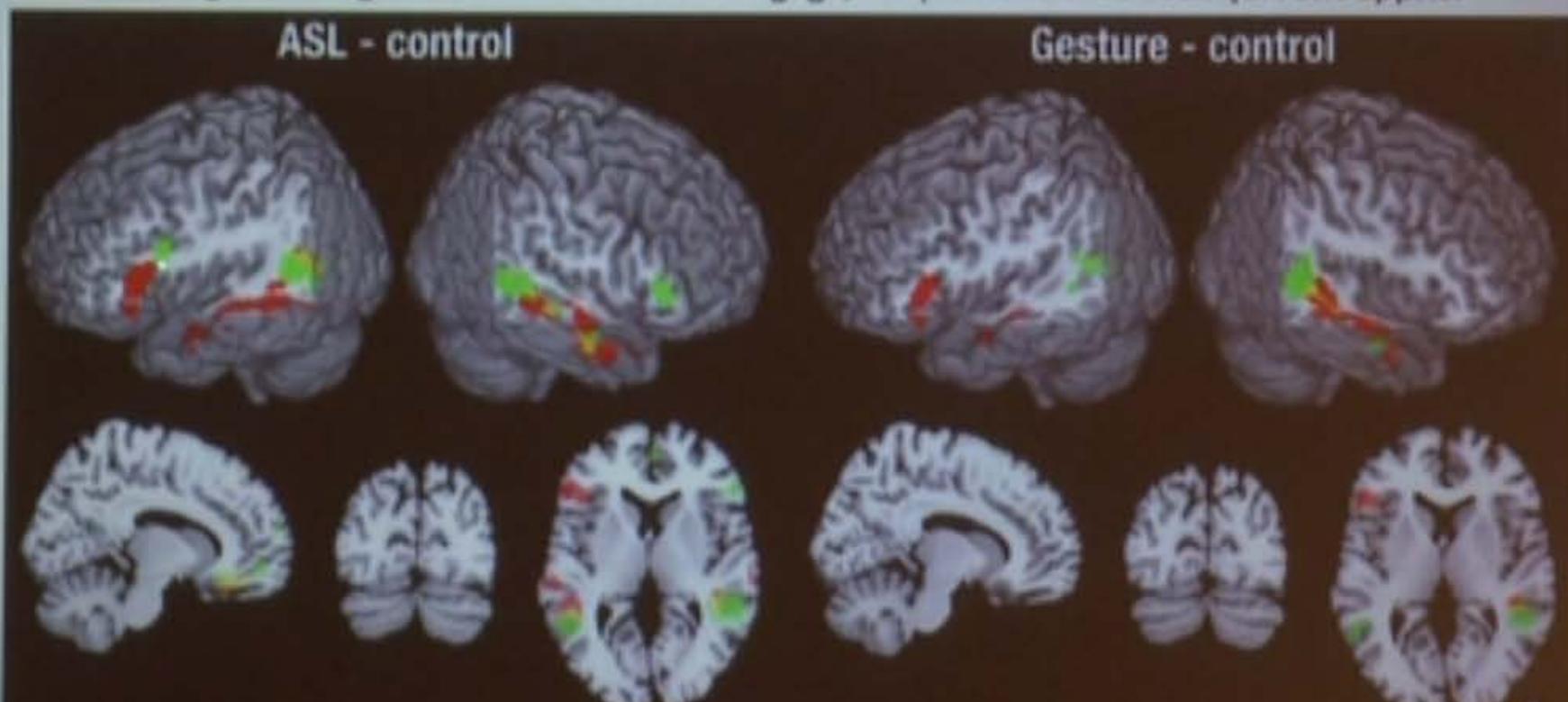
Deux groupes de sujets:

- adultes sourds, locuteurs natifs de l'*American Sign Language (ASL)*
- adultes entendants, ne parlant pas la langue des signes.

Des vidéos décrivent le mouvement d'un objet, soit en langue des signes, soit avec des gestes usuels.

Contrôle = les mêmes vidéos jouées à l'envers.

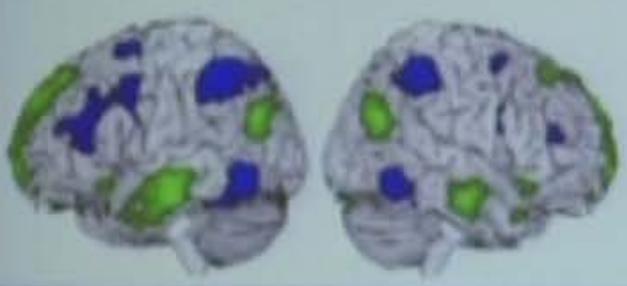
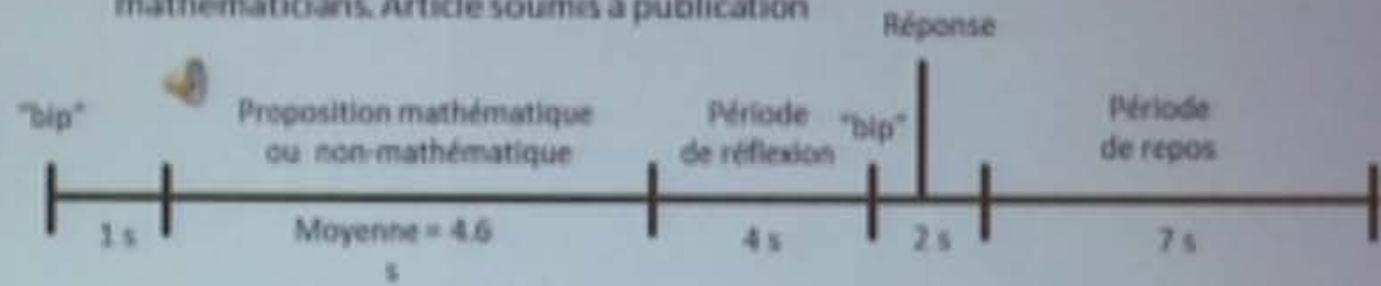
Résultat: La langue des signes active les aires du langage, uniquement chez ceux qui l'ont appris.



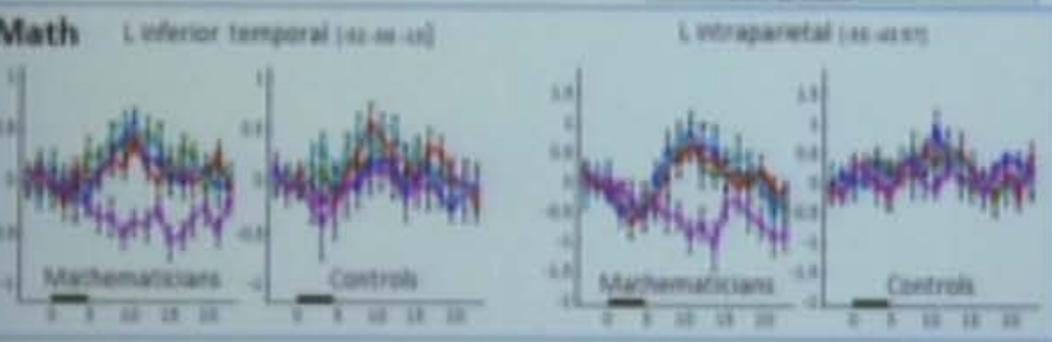
# L'apprentissage des mathématiques n'active pas les aires du langage

Amalric, M., & Dehaene, S. (2016). Origins of the brain networks for advanced mathematics in expert mathematicians. Article soumis à publication

Tâche principale = jugement rapide, intuitif de la véracité de phrases parlées



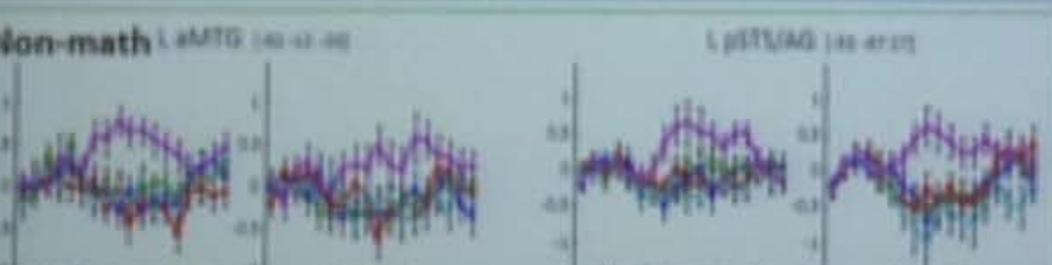
- **Mathematical expertise:**  
Meaningful math > Meaningful non-math  
in mathematicians
- **General semantics:**  
Meaningful non-math > Meaningful math  
in both groups



Activation to meaningful sentences in:

- Analysis
- Algebra
- Topology
- Geometry
- Non-math

- Math > Non-math pendant la période de réflexion
- Activations aux phrases parlées ou écrites (par rapport au repos)



## Conclusions

Le « noyau » des aires du langage vérifie plusieurs critères de « modularité » (Fodor, 1983):

- Architecture neurale fixe et reproductible d'un individu à l'autre.
- Développement rapide et propre à l'espèce humaine (propriétés du *language acquisition device* postulé par Chomsky)
- Spécificité pour le domaine des opérations linguistiques, pas d'activation en réponse à des opérations symboliques dans le domaine mathématique
- Traitement automatique, même en l'absence de conscience (« encapsulation », inaccessibilité à la conscience)

Dans les prochains cours:

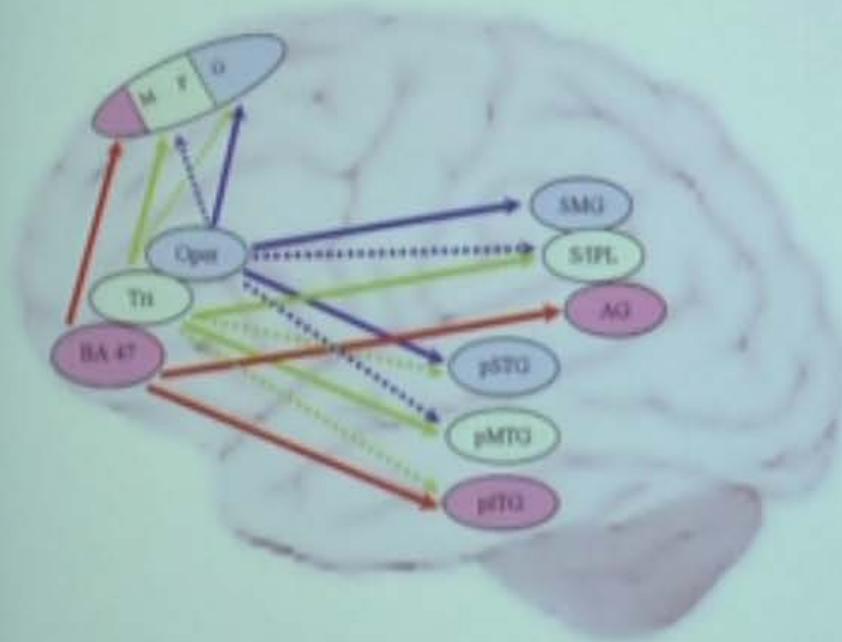
- Autres exemples de spécificité et d'encapsulation : le cœur du réseau répond même à des phrases « Jabberwocky » dont on supprime les informations sémantiques.
- Architecture biologique : connexions anatomiques et récepteurs spécifiques.

# Quels rôles respectifs pour les régions temporales et préfrontales?

## Le modèle de Hagoort: « Memory, Unification, Control »

Hagoort, P. (2013). MUC (Memory, Unification, Control) and beyond. *Frontiers in Psychology*, 4

Les aires du langage contiennent des circuits parallèles pour trois niveaux de représentation combinatoire du langage: phonologie, syntaxe et sémantique.



Dans les trois cas, les aires temporales contiendraient des répertoires d'objets mémorisés.

Différentes régions du cortex frontal inférieur contribueraient à l'unification (merge?) de ces objets en arbres cohérents.



FIGURE 3 | The unification gradient in left inferior frontal cortex. Activations and their distribution are shown, related to semantic, syntactic and phonological processing. Regions are based on the meta-analysis in Bookheimer. The centers represent the mean coordinates of the local maxima, the radi represent the standard deviations of the distance between the local maxima and their means. The activation shown is from artificial grammar violations in Petersson et al. (2004) (courtesy of Karl Magnus Petersson).

Repenser la contribution de l'aire de Broca au langage (P. Hagoort)

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2011/01/31/repenser-la-contribution-de-laire-de-broca-au-langage/>

Professeur **Hugues Duffau**

## **L'ERREUR DE BROCA**

Exploration d'un cerveau éveillé



**Pour en finir avec 150 ans  
d'erreurs sur le cerveau**

DOCUMENT  
Michel  
LAFON

Imaginez qu'on puisse aller jusqu'à amputer votre cerveau de la zone du langage, la fameuse « aire de Broca », sans vous priver pour autant de la parole... Science-fiction ? En aucun cas. C'est ce qu'a prouvé le professeur Duffau qui, à ce jour, a opéré plus de six cents tumeurs cérébrales, sans séquelles. Décrit à ses débuts, il est aujourd'hui mondialement reconnu et consulté pour sa technique spectaculaire.

[http://www.michel-lafon.fr/livre/1678-L\\_erreur\\_de\\_Broca.html](http://www.michel-lafon.fr/livre/1678-L_erreur_de_Broca.html)

## Parler sans aire de Broca

<http://www.blog-lecerveau.org/blog/2011/07/12/parler-sans-aire-de-broca/>

Des études cliniques comme celle réalisée en 2009 par Monique Plaza et son équipe sur le patient « FV » vont par exemple en ce sens. Ce dernier a subi une ablation de tumeur cérébrale qui s'était développée dans une relativement grande région de son hémisphère gauche, incluant son aire de Broca.

La chercheuse a donc évalué ses capacités langagières avant, durant et après l'opération avec des tests standards et d'autres plus précis. Suite aux déficits habituels observés après la chirurgie, FV regagna la plupart de ses fonctions langagières, phénomène difficilement explicable sur la base d'une approche localisationniste traditionnelle. Mais comme la tumeur s'était développée lentement, les chercheurs croient que des régions adjacentes à l'aire de Broca de FV (comme le cortex prémoteur et la tête du noyau caudé) ont eu le temps de prendre en charge les fonctions détruites au fur et à mesure.

Bien que certains tests aient mis en évidence quelques déficits subtils chez FV (comme l'incapacité de parler du discours d'une autre personne) qui révèlent des failles dans cette plasticité compensatoire, ces résultats confirment tout de même la pertinence d'une conception connexionniste plus dynamique et moins figée du cerveau.

## S'il existe une période critique précoce pour l'acquisition de la première langue, l'apprentissage reste longtemps « réversible »

- L'exposition précoce est essentielle, mais le réseau reste plastique tardivement
- **Cas des hémisphérotomies:** l'apprentissage de structures linguistiques reste possible lorsque l'hémisphère gauche est lésé avant dix ans.

Vargha-Khadem, F., Carr, L. J., Isaacs, E., Brett, E., Adams, C., & Mishkin, M. (1997). Onset of speech after left hemispherectomy in a nine-year-old boy. *Brain*, 120(Pt 1), 159-82.

(Maladie de Sturge-Weber)

Hertz-Pannier, L., Chiron, C., Jambaqué, I., Renaux-Kieffer, V., Van de Moortele, P.-F., Delalande, O., ... Le Bihan, D. (2002). Late plasticity for language in a child's non-dominant hemisphere: a pre- and post-surgery fMRI study. *Brain: A Journal of Neurology*, 125(Pt 2), 361-372.

(encéphalite de Rasmussen).

- **Cas des enfants adoptés:** Le réseau de la langue maternelle peut encore s'orienter vers une seconde langue jusqu'aux alentours de 10 ans.

Pallier, C., Dehaene, S., Poline, J. B., LeBihan, D., Argenti, A. M., Dupoux, E., et al. (2003). Brain imaging of language plasticity in adopted adults: can a second language replace the first? *Cereb Cortex*, 13(2), 155-161.





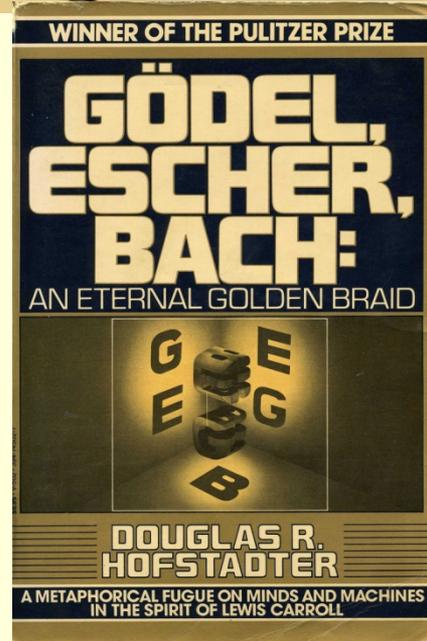
**L'Analogie**  
Cœur de la pensée

**Douglas  
Hofstadter  
Emmanuel  
Sander**



2013

la pensée conceptuelle  
(cette 1<sup>ère</sup> heure)



1979



**Douglas  
Hofstadter  
Emmanuel  
Sander**



2013

**la pensée conceptuelle**  
(cette 1<sup>ère</sup> heure)



Leur thèse : « sans concepts, il n'y a pas de pensée – et sans analogie, il n'y a pas de concepts. »

Donc l'analogie = le cœur de la pensée.

C.Q.F. D. !



**L'Analogie**  
Cœur de la pensée

**Douglas  
Hofstadter  
Emmanuel  
Sander**



2013

la pensée conceptuelle  
(cette 1<sup>ère</sup> heure)

« Dans ce livre, nous n'avons pas l'intention de parler du cerveau au niveau biologique mais de la cognition traitée **comme un phénomène psychologique.**

Nous ne tenterons pas de traiter des processus cérébraux ou neuronaux qui sous-tendent les processus psychologiques que nous décrivons, car notre but n'est pas d'expliquer la cognition à partir de son substrat biologique [...] »

p.40



notre but n'est pas d'expliquer la cognition  
à partir de son substrat biologique [...] »

Mais le nôtre oui, à tout le moins un peu,  
alors on va tenter d'établir quelques  
ponts...

 **L'Analogie**  
Cœur de la pensée

**Douglas  
Hofstadter  
Emmanuel  
Sander**



« Nous affirmons que **la cognition** est constituée d'un flux ininterrompu de catégorisations

et qu'aux racines de la pensée se situe non pas la classification, qui place des objets dans des cases mentales rigides,

mais la catégorisation/analogie, dont dépend la remarquable fluidité de la pensée humaine. »

p.28-29

Les chercheurs en sciences cognitives ont toujours eu tendance à voir l'analogie comme la mise en relation de deux connaissances hautement abstraites et éloignées.

Ou alors comme quelque chose de dangereux :

*« L'esprit scientifique doit lutter sans cesse contre les images, les analogies, les métaphores. »* (Gaston Bachelard)

Loin d'être un piège de l'esprit, prompt à tomber dans les faux-semblants, l'analogie pourrait être au contraire un puissant mécanisme de compréhension du monde.

**Car faire une analogie, c'est établir une comparaison entre des phénomènes** dans lesquels on perçoit tout à coup une ressemblance cachée.

L'articulation de mon coude ressemble à celle de mon genou, qui ressemble au « coude » d'un tuyau, ou au virage sur une route.

Manger et lire ont quelque chose en commun : dans un cas on nourrit son corps, dans l'autre on se nourrit l'esprit.

Je peux donc « dévorer des livres » ou parler de « nourritures spirituelles ».

L'analogie fut longtemps tenue comme un simple procédé littéraire ou un mode de raisonnement particulier. Pour Hofstadter et Sander, elle est carrément « au cœur de la pensée », en ce sens que le cerveau utilise des analogies pour penser à tout bout de champ.

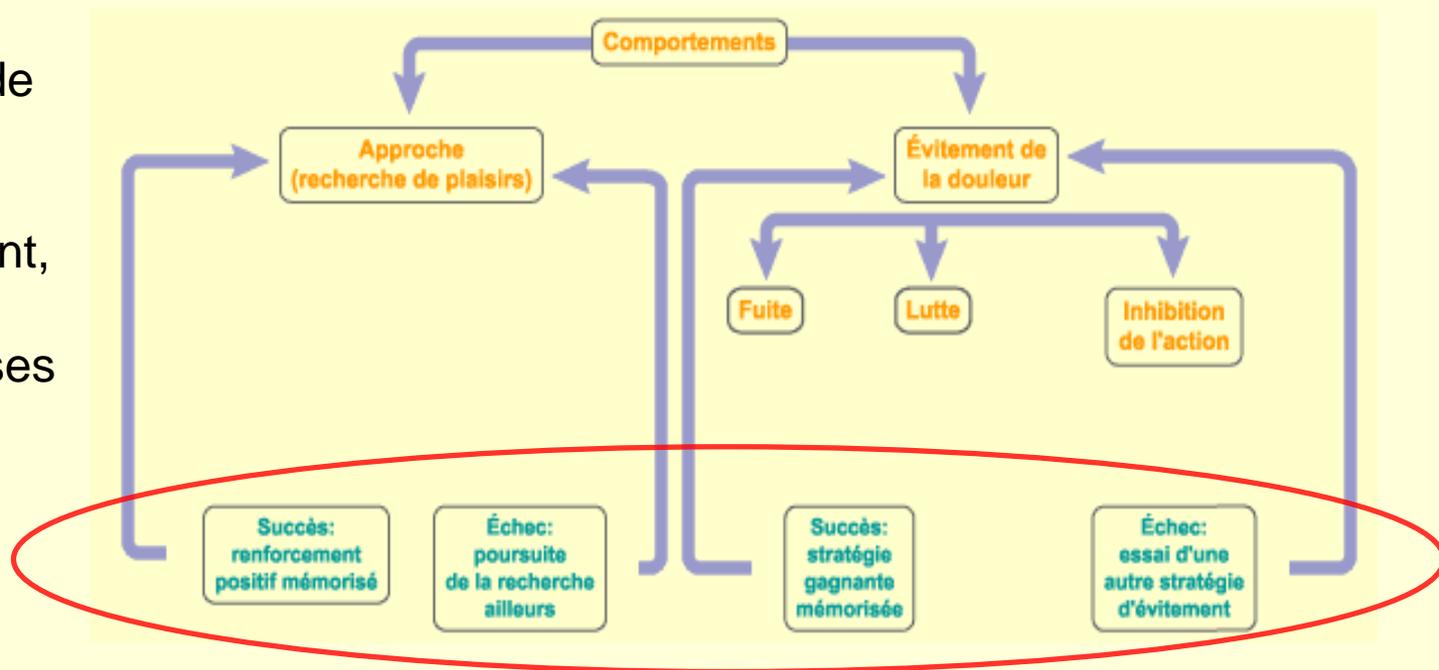
En nous permettant de voir « le même » au-delà de la différence, les analogies nous permettent de penser et d'agir dans des situations inconnues.

Elles ont un caractère **prédictif** de comportement pour les situations futures.

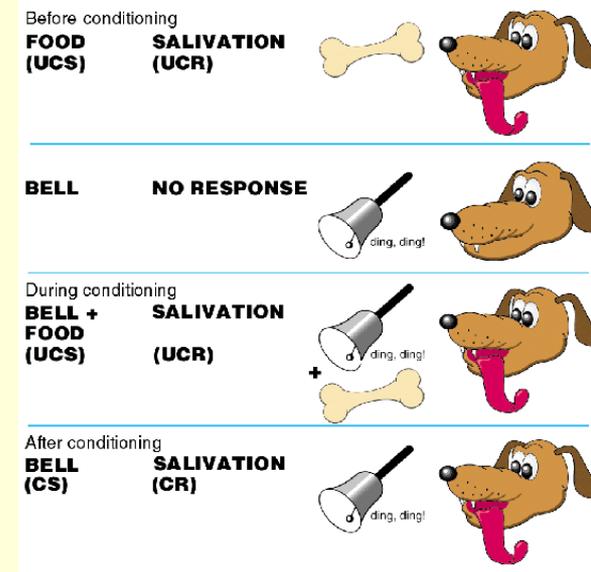
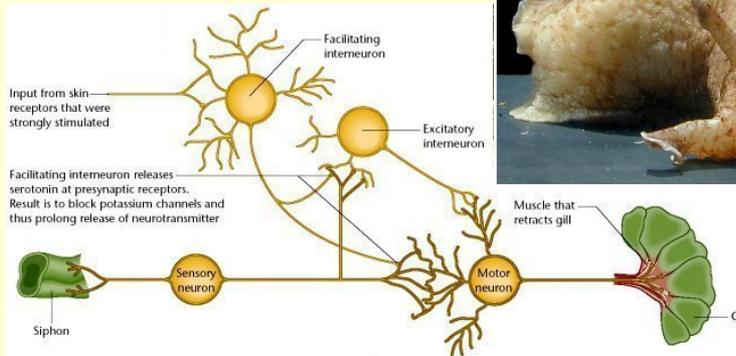
« La catégorisation/analogie nous donne la capacité de percevoir des ressemblances et de nous fonder sur ces ressemblances pour **faire face à la nouveauté et à l'étrangeté** :

associer une situation rencontrée au présent à des situations rencontrées naguère et encodées en mémoire rend possible d'exploiter le bénéfice de nos connaissances passées pour faire face au présent.

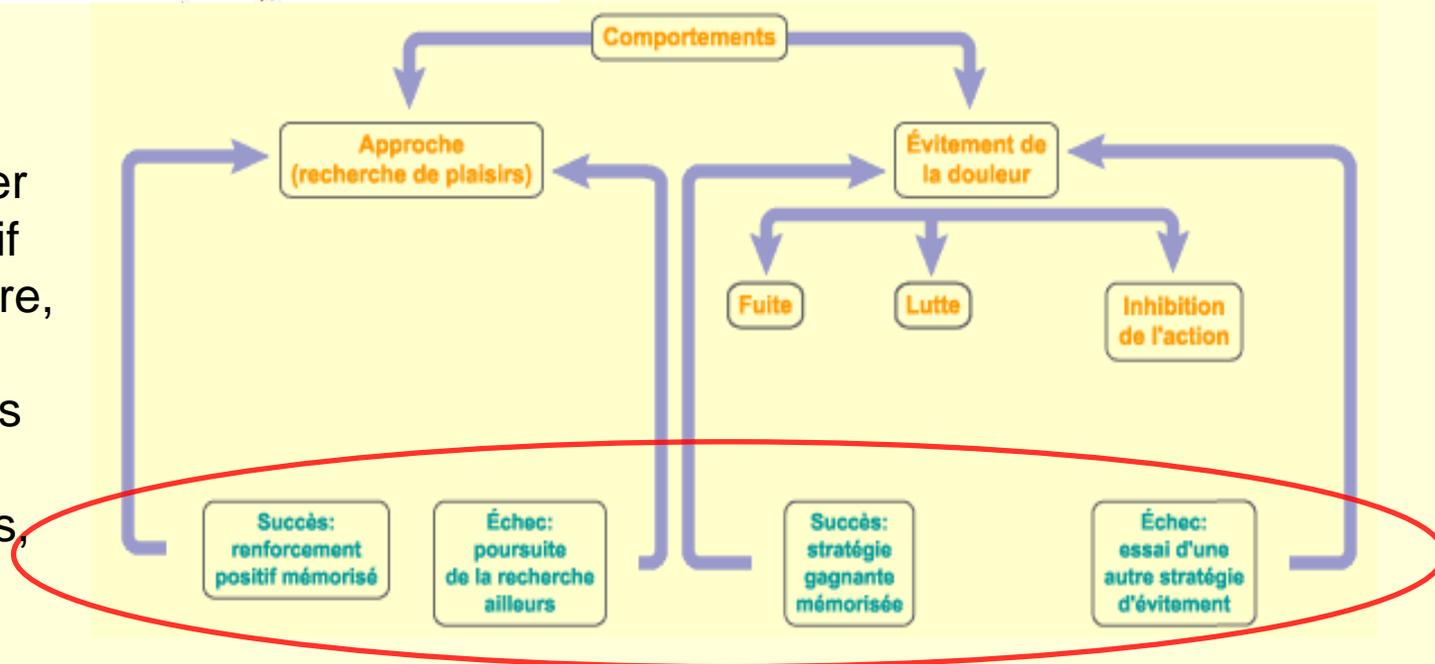
L'analogie est la pierre angulaire de cette faculté mentale qui nous permet, au présent, de bénéficier de toutes les richesses issues de notre passé.» p.28-29



## Apprentissage et mémoire

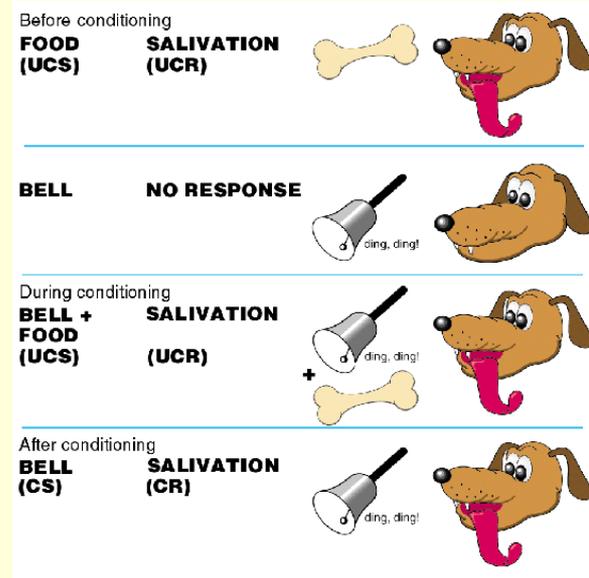
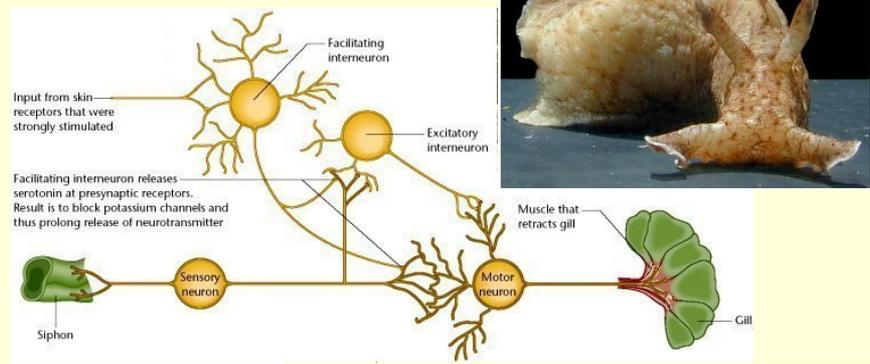


On peut ainsi remonter au caractère associatif aussi de notre mémoire, aux apprentissages associatifs, comme les conditionnements classiques et opérants, des phénomènes phylogénétiquement très anciens...

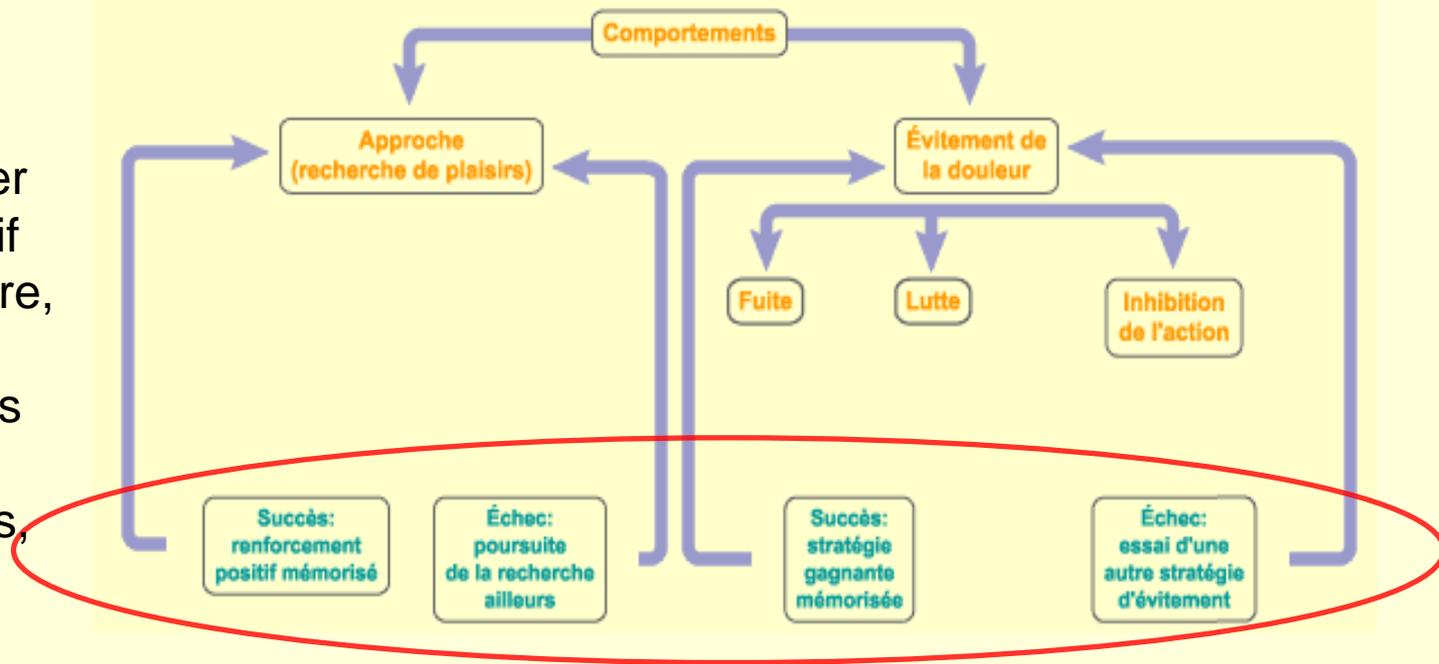


# Apprentissage et mémoire

Cette idée de mettre une chose présente en relation avec une autre, souvent passée, a une valeur adaptative indéniable.



On peut ainsi remonter au caractère associatif aussi de notre mémoire, aux apprentissages associatifs, comme les conditionnements classiques et opérants, des phénomènes phylogénétiquement très anciens...



# Apprentissage et mémoire

## **D'où viennent les concepts présent dans notre esprit ?**

Ils doivent leur existence à une immense suite d'analogies élaborées inconsciemment au fil du temps.

### **L'exemple du concept de « maman » :**

Le nourrisson repère des régularités de son environnement : lorsqu'il est en détresse, une « entité » qui possède certaines caractéristiques plus ou moins stables de forme, de taille, de couleur... vient le nourrir, le changer, l'apaiser. Cette succession de régularités donne naissance au **concept de maman.**

En grandissant, l'enfant s'aperçoit que d'autres enfants sont entourés d'autres adultes qui se comportent envers eux *grosso modo* comme sa propre maman se comporte envers lui.

C'est une analogie entre lui-même et un autre enfant, entre une autre grande personne et sa Maman, entre une forme de relation protectrice et une autre. "Maman" perd alors sa majuscule pour devenir "maman".

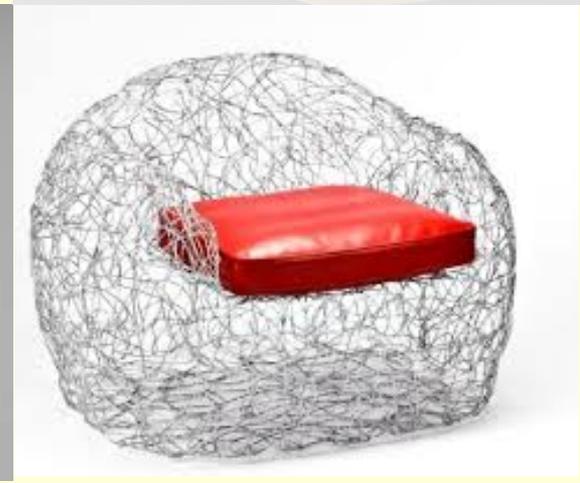
A un moment, on passe de "maman" à "mère". Chemin faisant, on rencontre des cas plus étranges, comme la reine mère des abeilles, et le concept englobe des sens plus abstraites qualifiées communément de métaphoriques telles que « mère poule » ou « mère patrie ». Ou encore lorsqu'on dit "la Révolution américaine est la mère de la Révolution française" ou "l'oisiveté est la mère de la philosophie".

Par analogies successives leur concept de maman va donc évoluer jusqu'à prendre une forme culturellement partagée.

Nos catégories mentales sont ainsi enrichies par extension tout au long de notre vie. Les concepts ne cessent donc jamais d'évoluer et il y a un potentiel de raffinement à peu près infini pour chaque concept.

L'analogie permet ainsi de forger les concepts. Grâce à elle, on finit par reconnaître une chaise, même si elle s'écarte du stéréotype classique.

Par exemple, si vous êtes féru de design de meubles, vous aurez un concept de chaise beaucoup plus développé, raffiné et inclusif que votre voisin.



## **Un exemple de raffinement conceptuel : le vocabulaire des jeunes enfants.**

Une fillette de 2 ans disait ainsi « **déshabiller la banane** ». Il n'est pas tout à fait aberrant d'utiliser le concept de « déshabiller » pour un fruit, mais un concept plus fin existe dans notre culture, celui d'« éplucher ».

Sa catégorie « déshabiller » est moins spécifique que celle des adultes et s'applique à des contextes plus variés.

Une analogie comme celle-ci fonctionne par **proximité sémantique**.

La fillette a repéré que ce que l'on fait à la banane est analogue à ce que l'on fait à l'être humain.

En s'exprimant ainsi, l'enfant sera corrigé par un adulte et elle affinera son concept de « déshabiller ».

Et il en est de même pour un enfant qui dit « J'ai cassé le livre » ou encore « Maman, tu peux recoller mon bouton ? »

## **Comment surgit un concept dans notre pensée ?**

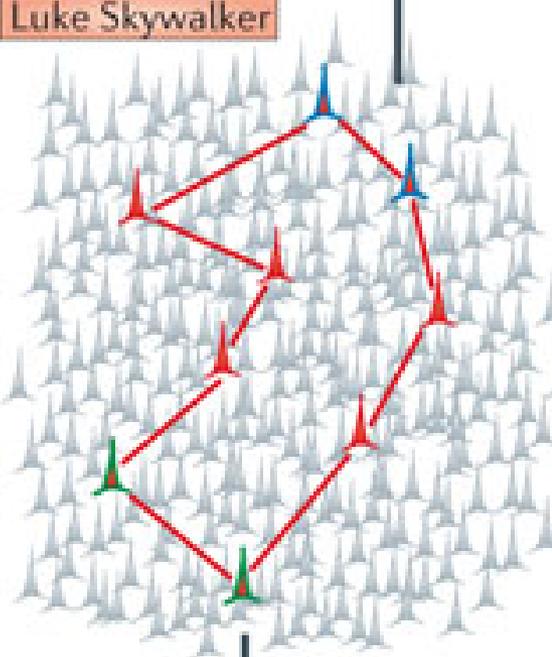
Nos concepts sont sélectivement évoqués à tout moment **par les analogies** qu'établit sans cesse notre cerveau afin d'interpréter ce qui est nouveau et inconnu dans des termes anciens et connus. » p.9

**« Apprendre c'est accueillir  
le nouveau dans le déjà là. »**

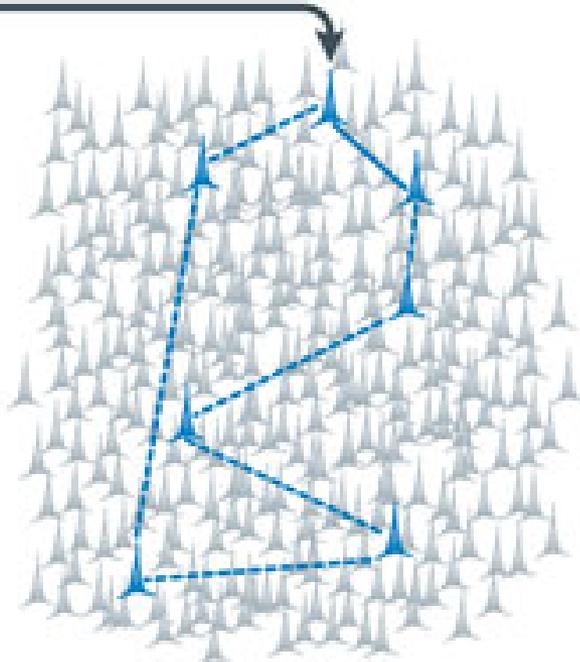
- Hélène Trocme Fabre



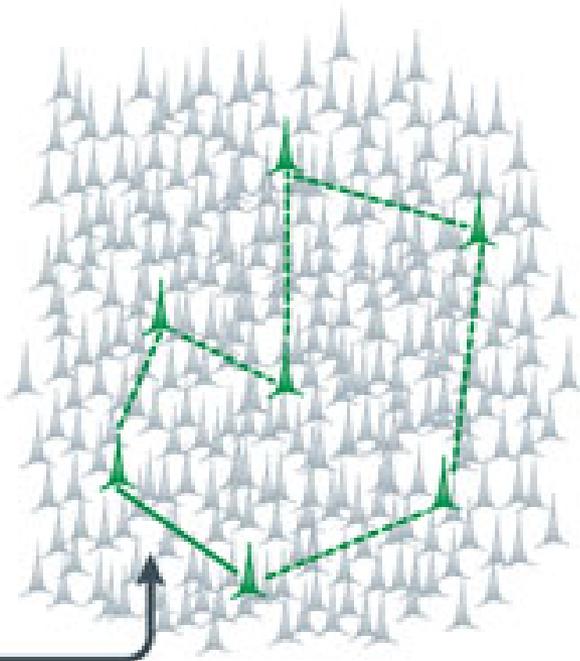
Luke Skywalker



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

## Une thèse essentielle du livre :

nous désignons nos catégories mentales par des **mots**, i.e. des concepts verbalement étiquetés, comme chien, chat, joie, résignation, contradiction, etc.

Mais aussi par des **mots composés**, **des locutions figées**, des **maximes**, des **proverbes**, des **fables** et même des **expériences personnelles** qui peuvent prendre plusieurs phrases à décrire et qui nous sont arrivées qu'une seule fois !

Ces derniers sont des concepts sans étiquettes verbales, comme « la fois où je me suis retrouvé grelottant dehors parce que la porte s'était claquée tout d'un coup ».

De tels concepts, quel que soit leur niveau de concrétude ou d'abstraction, sont mobilisés à chaque instant, le plus souvent sans que nous en ayons conscience.

Et grâce à notre perception par analogie, nous pouvons constamment trouver de nouveaux exemplaires qui rentrent dans ces catégories.

# Des exemples

(mais pas autant qu'il n'y en a dans leur bouquin !)

D'abord on peut percevoir des analogies entre objets **sans avoir recours au langage** (les bricoleurs qui vont utiliser une pierre ou un bout de bois comme marteau le savent bien).

## Un exemple concret : **la douche...**

Quand vous passez quelques jours chez un ami, vous découvrez toujours une douche avec des particularités différentes, des imprévus. Mais on se débrouille grâce à ses expériences antérieures.

C'est ça, l'analogie, dans sa forme la plus terre à terre, mais aussi la plus omniprésente et la plus indispensable.

Si nous n'avions pas cette faculté de rapprocher chaque situation dans laquelle nous nous trouvons d'une myriade d'autres situations analogues déjà vécues, nous serions continuellement perdus dans ce monde, incapables de la moindre action, de la moindre pensée.

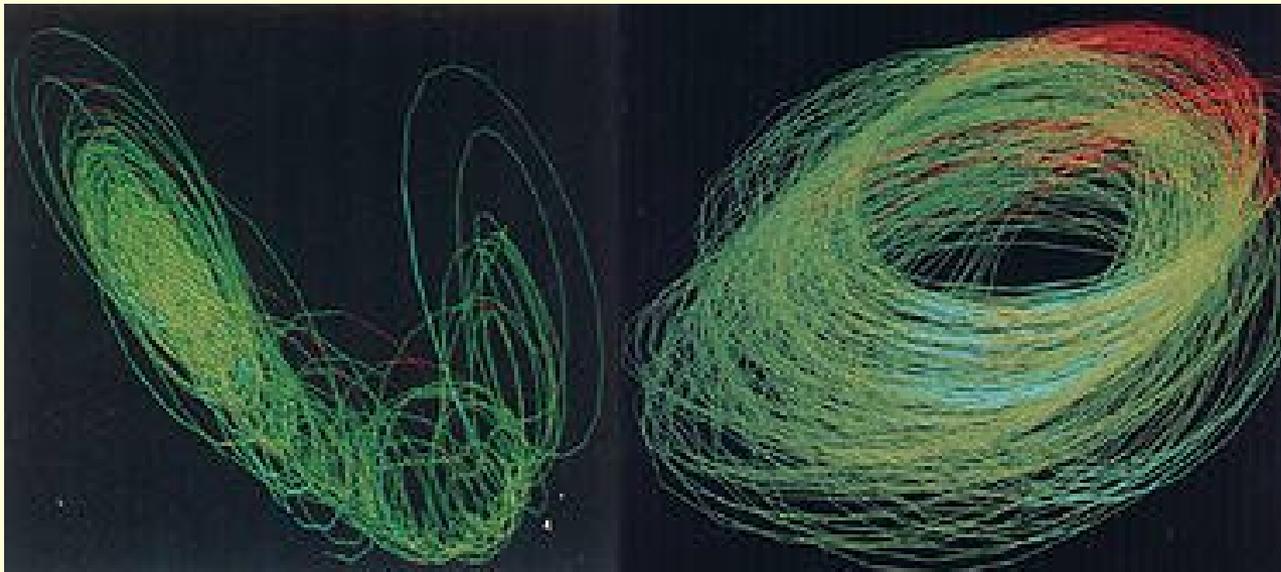
**Les technologies numériques** sont la rupture la plus radicale avec le siècle dernier, mais des mots comme "bureau", "corbeille", "copier-coller" ont été utilisés pour décrire des phénomènes analogues à ceux que les gens connaissaient.

Inversement, les technologies numériques, dans lesquelles nous baignons, sont en train de devenir elles-mêmes sources d'analogies pour comprendre plus clairement le monde matériel.

Ainsi, on entendra dire "J'ai le cerveau qui bugge" ou "Je me suis fait scanner par ma future belle-mère"...

Hofstadter et Sander considèrent aussi **les concepts comme des « attracteurs »** parce qu'ils essaient de capter dans leur environnement ce qui est suffisamment proche pour être intégré à eux.

Un exemple : « il y a quelques mois, le ministre du Budget, Jérôme Cahuzac a reconnu avoir placé une grosse somme d'argent sur un compte en Suisse. Lorsqu'il a démissionné, très vite on a vu apparaître en cherchant sur Google la catégorie des « Cahuzac ». Des journaux titraient par exemple « Sommes-nous tous des Cahuzac ? » Ils sont partis d'un événement singulier qu'ils ont généralisé. »



Même dans une langue commune, «**les concepts restent flous**», notent les auteurs. Ainsi, lors de la conférence qu'ils ont donnée au Collège de France le 27 février 2013, ils ont posé à la salle la question suivante: «*Est-ce qu'un chapeau est un vêtement?*». Résultat : environ 50% de oui et 50% de non...

Autre exemple : qu'est-ce qu'un sandwich ?...

Les auteurs mentionnent également toutes les **expressions populaires, style proverbe ou dicton**: «*On ne parle pas de corde dans la maison d'un pendu*», «*Faire d'une pierre, deux coups*», «*Chat échaudé craint l'eau froide*»... Il s'agit toujours de mettre en relation des situations similaires à travers un concept commun, un rapprochement, une similitude.

Des **catégories non lexicalisées**, souvent très personnelles :

L'anecdote sur les indices mathématiques qui déçoivent Hofstadter, et l'analogie qu'il fait plusieurs décennies plus tard quand sa fille est déçue que le deuxième bouton sur l'aspirateur ne fait pas de bruit.

La langue a constamment recours aux analogies. Les auteurs notent ainsi les expressions du langage ordinaire qui les révèlent très explicitement. Par exemple, dans une conversation, lorsque nous commençons une phrase par: **«Moi aussi, cela m'est arrivé...»**.

Souvent, la situation citée est fort éloignée de l'original. Mais, pour celui qui fait la comparaison, elle rentre dans la même catégorie car il y voit **une similarité profonde au-delà des dissemblances apparentes**.

C'est ainsi que fonctionne le cerveau : il se demande en permanence dans quelle mesure ce que nous avons vécu de singulier est susceptible de s'appliquer à notre compréhension du monde.

En ce sens, Hofstadter et Sander défendent l'idée que **la découverte scientifique emprunte très souvent les chemins de l'analogie.**

C'est par analogie que Galilée a conçu que **le concept de lune** ne s'appliquait pas uniquement au satellite de la Terre comme on le pensait alors : il valait de manière analogue pour d'autres objets qu'il avait observés autour de Jupiter.

Une telle analogie constituait une avancée scientifique gigantesque, car l'idée de « pluraliser » le concept de lune était bien au-delà de l'imagination de qui que ce soit à l'époque.

Autre exemple :

**L'onde qui se répand dans l'eau** quand on jette un caillou a servi, par analogie, à forger **la théorie physique du son** qui se propage par ondes dans l'air.

Puis Huyghens a proposé la première théorie ondulatoire de la lumière **par analogie avec l'onde sonore...**

**Prenez aussi l'une des découvertes de Einstein**, celle de 1905, qu'il a caractérisée comme la plus hardie de toute sa vie : l'idée que la lumière est composée de particules.

Depuis le XIXe siècle, tous les physiciens savaient sans l'ombre d'un doute que la lumière consistait en ondes.

Mais Einstein, malgré toutes ces certitudes, a entrevu une analogie entre un corps noir et le gaz parfait, en se disant que le corps noir, cette cavité dans laquelle il y a des ondes électromagnétiques qui rebondissent contre des parois, ressemblait à un gaz dans une cavité.

Cette analogie a débouché sur une nouvelle vision surréaliste et révolutionnaire, i.e. l'hypothèse d'Einstein des quanta lumineux, qui a été rejetée par le monde de la physique pendant dix-huit ans, avant d'être expérimentalement confirmée en 1923.

Comprendre les analogies qui engendrent les concepts dans l'enseignement, et en particulier l'enseignement des sciences, est très important.

Autrement dit, des analogies spontanées sont parfois trompeuses. Par exemple, une analogie naturelle de ces enfants du primaire consiste à penser que « soustraire », c'est forcément « retirer ». D'où ce type de problème : « J'ai 12 billes, j'en perds 3 à la récréation. Combien m'en reste-il ? »

Une méthode d'enseignement qui n'utiliserait que ce type de problème risquerait de renforcer la connaissance naïve de l'élève et passerait à côté d'une partie du concept de soustraction. Car soustraire c'est aussi « calculer un écart ». Ce qui correspond à des problèmes du type : « J'ai 3 billes. J'en gagne à la récréation et maintenant j'en ai 12. Combien en ai-je gagné ? »

Il faut donc favoriser la construction de l'équivalence entre « soustraire en enlevant » et « soustraire en comptant l'écart qu'il y a » pour que les élèves construisent un concept plus riche que le concept naïf.

Autrement dit, les enfants sont loin d'être des pages blanches lorsqu'ils entrent à l'école. Ils ont déjà en eux beaucoup de concepts.

Cela pourrait expliquer par exemple la difficulté que pose une opération en apparence simple: la division.

*«Le sens strict est "séparer en parties" et l'analogie est celle du partage. Mais alors comme expliquer que le résultat final peut-être plus grand que la valeur de départ?» (dans le cas d'une division par une fraction, par exemple;  $4 / 0,5 = 8$ ).*

Il s'agit là des «*analogies naïves*» qu'il faut dépasser si l'on veut progresser dans un domaine.

(autre exemple d'«*analogies naïves*» : le cerveau est comme un ordinateur !)

On a dit aussi que si vous êtes féru de design de meubles, vous aurez un concept de chaise beaucoup plus développé, raffiné et inclusif que votre voisin.

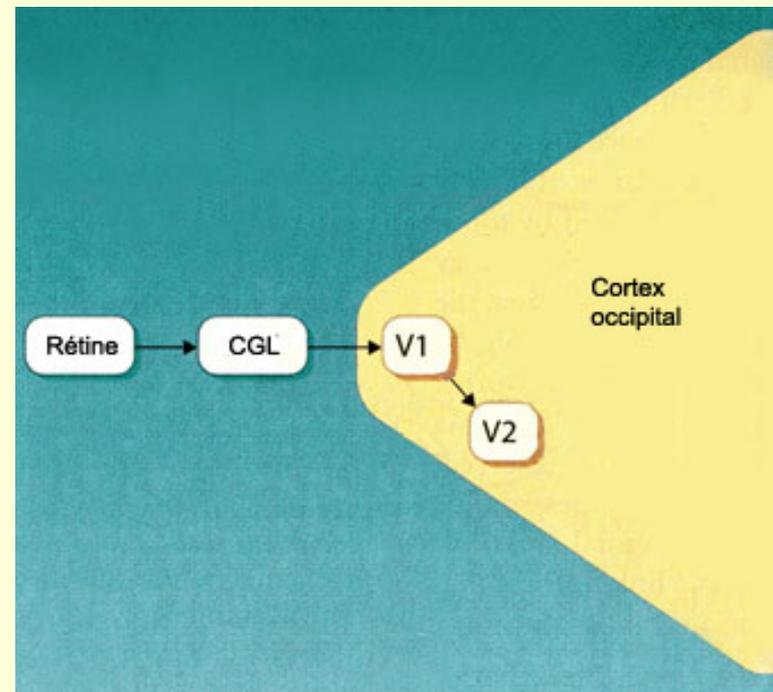
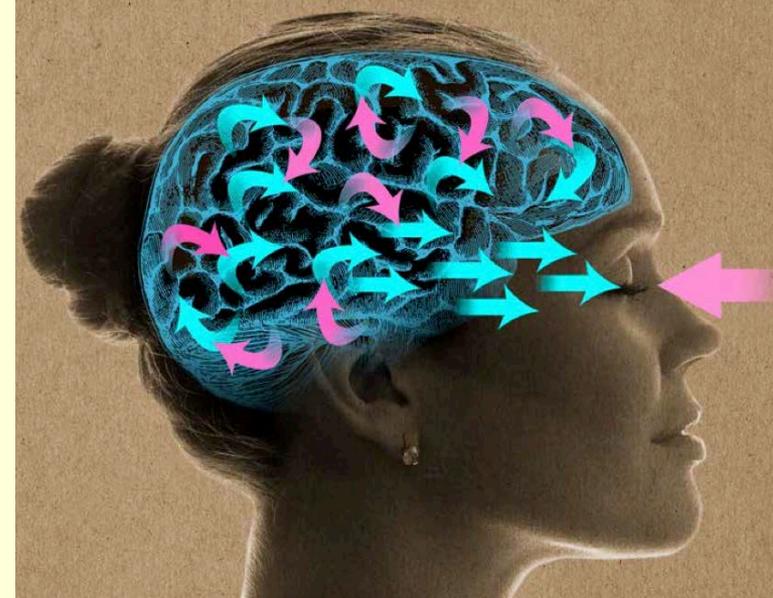
Vous ne confondrez pas une chaise avec un verre, une échelle, une voiture ou un avion. Pourtant, il existe une infinité de variantes de chaises, de verres, d'échelles, de voitures et d'avions.

Mais nous sommes capables de classer un objet, **même ceux que nous percevons comme atypique**, dans l'une de ces catégories que nous avons conceptualisées, i.e. qui sont devenues une abstraction dans notre cerveau.



**Car de plus en plus on se rend compte que les concepts sont liés à nos perceptions, que ce sont même eux qui nous permettent de percevoir !**

Cela va à l'encontre de l'idée la plus commune qui veut que la perception d'un objet, par exemple, commence par une observation objective de ce dernier dans laquelle aucune connaissance n'intervient, suivie d'une pensée conceptualisée.



Pourtant, si nous ne possédions pas le concept de ....



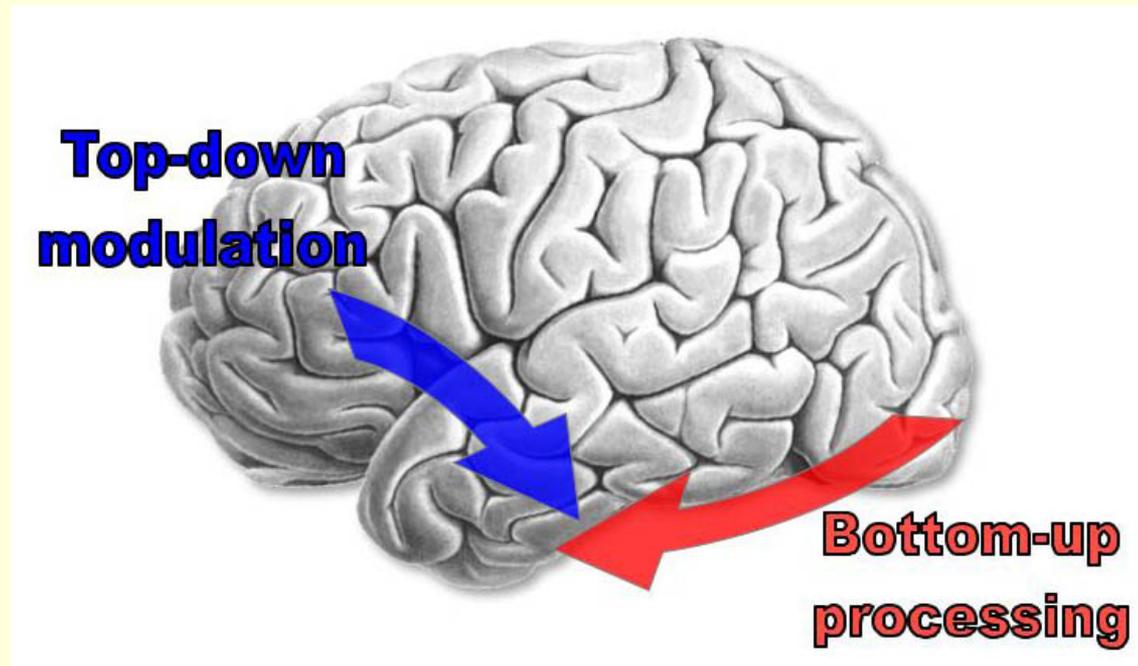
Autrement dit, nous avons besoin d'avoir déjà construit cette catégorie [ou ce modèle interne du monde...] pour reconnaître ces objets [ou pour minimiser l'erreur de prédiction de nos modèles, comme on le verra à la dernière séance...]

Même chose pour des concepts plus abstraits.

Par exemple, nous sommes à un dîner, et il reste un seul mets sur la table que personne n'ose prendre. Si tout le monde perçoit cette situation, c'est parce que nous possédons tous le concept, pourtant non lexicalisé en français, du « dernier morceau dans l'assiette », qui ne tient pas compte de la nature de l'aliment. Ce n'est pas simplement un signal visuel.

Ainsi, les concepts et les stimuli qui proviennent de nos organes sensoriels sont en interaction permanente ;

il n'existe pas de frontière étanche entre percevoir et concevoir.



En guise de conclusion sur cette question de  
**l'analogie, « cœur de la pensée » :**

Si personne n'avait, jusqu'à présent, mesuré l'importance de l'analogie, c'est peut-être parce qu'elle est aussi naturelle et invisible que l'air que nous respirons ou la gravité que nous subissons ou le sang qui circule dans nos veines... Autant d'analogies, d'ailleurs.

Pour en savoir plus...

<http://www.wired.com/1995/11/kelly/>

<http://www.slate.fr/life/69271/moi-aussi-cela-m-est-arriv%C3%A9>