



Introduction aux sciences cognitives

Plan général du cours

I- Introduction

Aux limites de l'informatique : les problèmes *indécidables*

Une machine pourrait-elle penser à la manière de l'humain ? *Qu'est-ce que penser ?*

Les sciences cognitives : l'étude scientifique et interdisciplinaire du cerveau, de l'esprit, de l'intelligence qu'elle soit humaine, animale ou artificielle.

Champ disciplinaire des sciences cognitives et exemples de leur contribution théorique

Une discipline relativement récente : les neurosciences cognitives. Exemple de ce qu'elle nous apporte pour comprendre le fonctionnement de l'esprit humain.

II- Les neurosciences cognitives

Représentations du cerveau hier et aujourd'hui

Lien anatomie / fonction

Le système nerveux : du plus simple au plus complexe

Les neurones miroirs : une classe de neurones apparus récemment à l'échelle de l'évolution. A la base de comportements spécifiquement humains ?

III- L'imagerie cérébrale

Principes de fonctionnement de l'IRM des ERPs et de la DTI

Comment l'imagerie cérébrale nous permet de mieux comprendre le lien entre l'organe biologique, le cerveau, et les états mentaux / le comportement (et les précautions l'interprétation qui s'imposent)

Base cérébrales de deux phénomènes particuliers : La synesthésie / les membres fantômes.

Aux limites de l'informatique

Existe-t-il un problème qui n'est soluble par aucun programme d'ordinateur ?

Hors limites physiques et technologiques

Qu'est-ce qu'un problème ?

Déterminer si un entier naturel donné est pair ou impair

Trier un tableau de nombres

Problème de l'arrêt

Qu'est-ce qu'un programme

Un automate capable de faire des traitements sur des langages

(modèle abstrait d'ordinateur)

Aux limites de l'informatique

Certains **problèmes** ne sont solubles [et ne le seront jamais] par aucun **programme** quelque soient les développements technologiques futurs.

Ce sont les problèmes dits **indécidables**.

Problème de Correspondance de Post (PCP)

On se donne un alphabet A (aux moins deux lettres)

On se donne un ensemble de mots M sur l'alphabet A

On se donne deux suites (ou listes) de mots de M

$$u = (u_1, u_2, u_3, \dots, u_n)$$

$$v = (v_1, v_2, v_3, \dots, v_n)$$

Chaque suite comporte n termes.

Question : existe-t-il un ordre dans lequel on puisse mettre les éléments des suites u et v de façon à obtenir deux fois la même séquence de lettres de l'alphabet ?

Plus rigoureusement : existe-t-il une suite d'indices $i_1, i_2, i_3, \dots, i_m$ telle que : $u_{i_1}u_{i_2}u_{i_3}\dots u_{i_m} = v_{i_1}v_{i_2}v_{i_3}\dots v_{i_m}$?

Problème de Correspondance de Post (PCP)

Exemple

$A = \{a,b\}$,

abb, ab, babb, a, sont des mots sur l'alphabet A

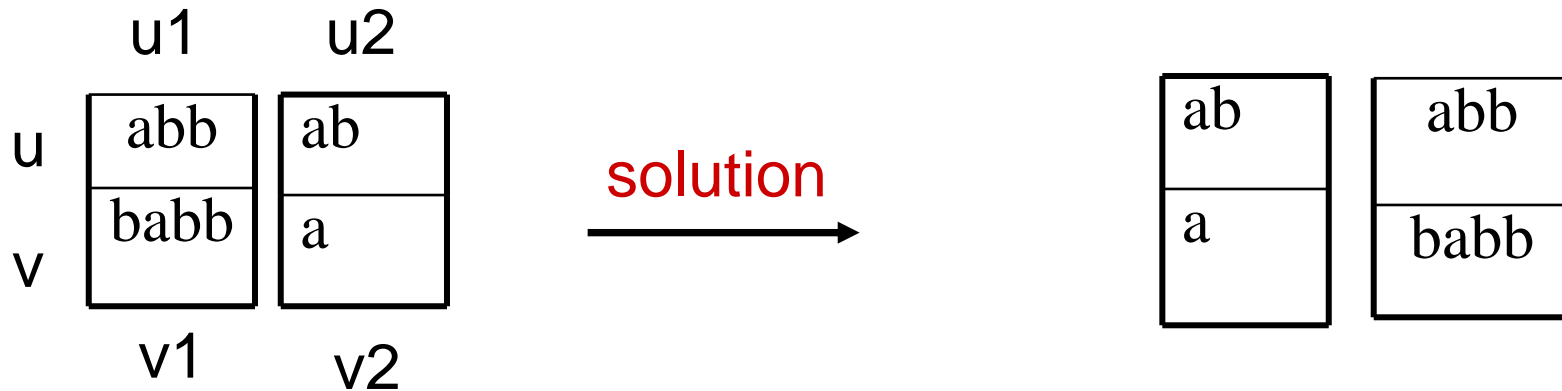
$u_1 = abb$, $u_2 = ab$

$v_1 = babb$, $v_2 = a$

Problème de Correspondance de Post (PCP)

$u_1 = abb$, $u_2 = ab$
 $v_1 = babb$, $v_2 = a$

Représentation en dominos : u en haut / v en bas



La suite d'indices solution est (2,1)

en effet, $u_2u_1 = ababb = v_2v_1$

Exemple d'instance du PCP à résoudre

$u_1 = a, u_2 = ab, u_3 = bba$

$v_1 = baa, v_2 = aa, v_3 = bb$

Exemple d'instance du PCP

$u_1 = a, u_2 = ab, u_3 = bba$

$v_1 = baa, v_2 = aa, v_3 = bb$

$(3, 2, 3, 1)$

$bbaabbbbaa = bbaabbbbaa$

Le PCP est indécidable

Le problème de correspondance de Post est un problème *indécidable*.

Aucune programme sur une machine ne peut dire **pour toute paire de suites de l'alphabet,** OUI on peut trouver une suite d'indices ou NON on ne peut pas la trouver, Et aucun programme ne pourra jamais le faire.

Des questions fondamentales

Est-ce que ces limites s'appliquent au cerveau humain ?

Est-ce qu'un cerveau humain peut faire ce qu'une machine ne peut et ne pourra jamais faire ? autrement dit, les machines peuvent-elles penser à la manière de l'humain, le pourront-elles un jour ?

25/05/2011

Lancement du projet européen "human brain project"



HBP

The Human Brain Project

Un projet de simulation du cerveau humain finaliste du programme européen FET Flagship

Le *Human Brain Project* est officiellement retenu par l'Union européenne parmi les finalistes du programme FET Flagship. Un vaste réseau d'universités européennes va concevoir une simulation du cerveau humain. Les scientifiques comptent révolutionner non seulement les neurosciences, la médecine et les sciences sociales, mais aussi l'informatique et la robotique.

Ce 4 mai à Budapest, l'UE a officiellement sélectionné le *Human Brain Project* parmi les six candidats finalistes de son programme FET Flagship. Cette bourse de recherche, l'une des plus conséquente au monde, propose un financement pouvant aller jusqu'à un milliard d'euros sur dix ans.

Le *Human Brain Project* a pour objectif principal la conception d'une simulation du cerveau humain. Il rassemble comme partenaires principaux 13 institutions de recherche européennes parmi les plus réputées en Allemagne, Angleterre, France, Espagne, Suisse, Suède, Israël, Autriche et Belgique. Au total, ce ne sont pas moins d'une centaine d'institutions qui participent au projet, dans des domaines aussi divers que les neurosciences, la génétique, les mathématiques appliquées, l'informatique, la robotique ou les sciences sociales.

The Human Brain Project

Le *Human Brain Project* entend révolutionner les méthodes de travail en neurosciences et en médecine. La simulation sera un outil de travail extraordinaire pour les chercheurs. Elle permettra une meilleure compréhension des maladies neurologiques, et servira de plateforme de test et de développement pour de nouveaux médicaments plus efficaces.

Le projet permettra également de bouleverser le domaine des nouvelles technologies. Le cerveau dispose de capacités dont même l'ordinateur le plus évolué est incapable: capacités d'auto-régénération, accès extrêmement rapide à une gigantesque capacité de mémoire, faculté de créativité ou de prise de décision à partir de données erronées ou incomplètes... Le tout pour une puissance équivalente seulement à une vingtaine de watts. En imitant certaines fonctions essentielles du cerveau, la technologie pourrait faire un bond de géant. C'est pourquoi le *Human Brain project* compte

parmi ses partenaires principaux les institutions européennes les plus à la pointe dans le domaine de la robotique et de l'informatique neuromorphique.

The Human Brain Project

Research Pillar

Neuroinformatics (Sten Grillner, Karolinska Institutet, Sweden)

Neuroscience (Javier Defelipe, Universidad Politécnica de Madrid, Spain / Seamus Grant, Wellcome Trust Sanger Institute, United Kingdom)

Medicine (Richard Frackowiak, CHUV-UNIL, Switzerland)

Behavior & Cognition (Stanislas Dhaene, CEA, France)

Theoretical & Mathematical Neuroscience (Haim Sompolinsky, Hebrew University, Israel)

Simulation (Henry Markram, EPFL, Switzerland)

High Performance Computing (Thomas Lippert, Forschung Zentrum Jülich, Germany)

Neurorobotics (Alois Knoll, Technische Universität München, Germany)

Neuromorphic Computing (Karlheinz Meier, University of Heidelberg, Kirchhoff Institute for Physics, Germany)

Brain Interfaces (Kris Verstreken, IMEC, Belgium)

Education (Alois Saria, IMU, Austria)

Ethics, legal and society (Jean-Pierre Changeux, Pasteur Institute, France)

Qu'est-ce que penser ?

Des questions ancestrales

Age de la terre : 5 milliards d'années

- **Vie: 3,5 milliards d'années**
- **Homo sapiens sapiens : 100.000 ans**

Aussi loin que l'on remonte

(En occident au 7ème siècle avant notre ère)

l'homme s'est interrogé sur lui-même

L'origine, la nature de ses pensées ?

Le sens de son existence ?

L'essence de lui-même ?



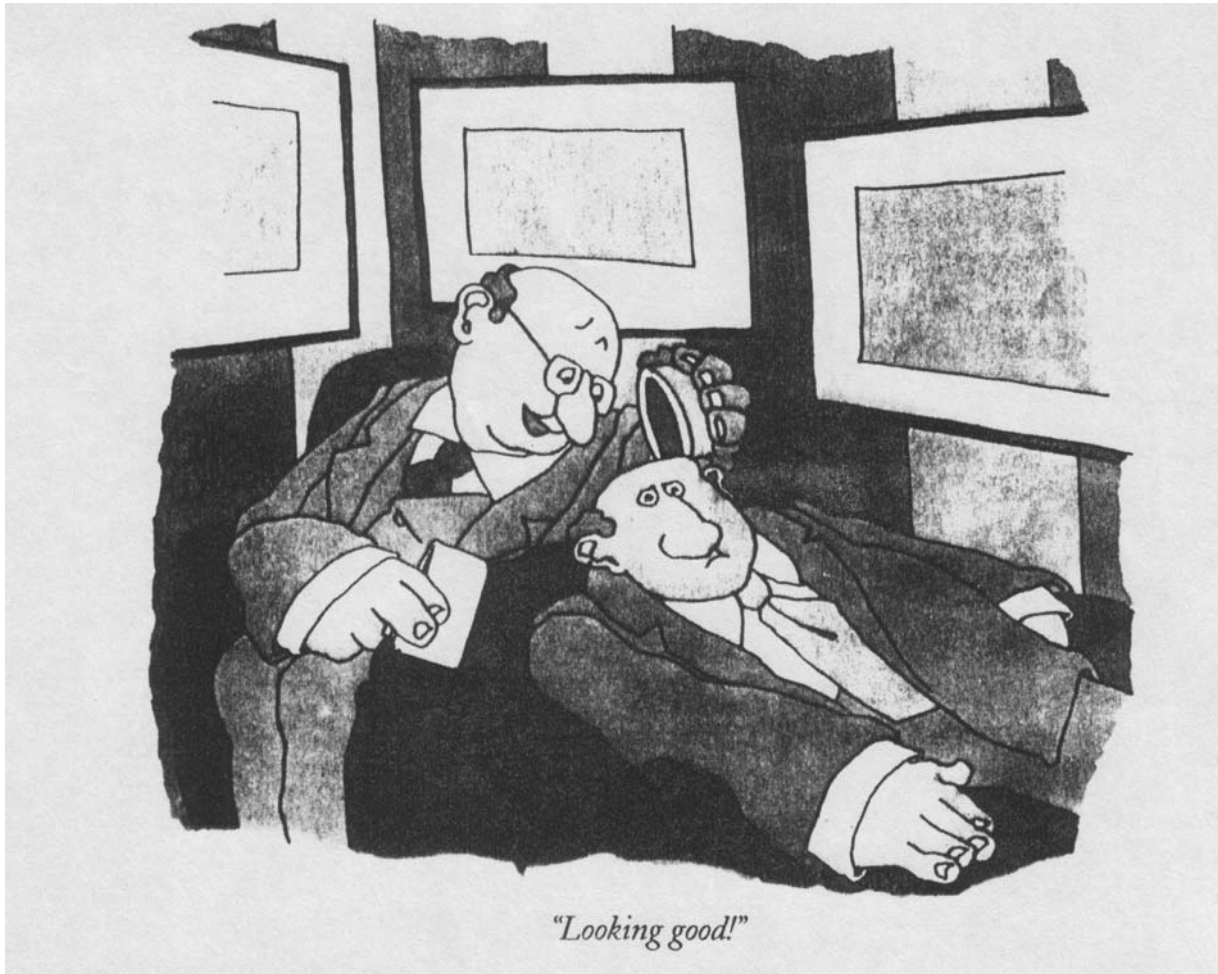
Des questions ancestrales

Pendant longtemps, la réflexions sur notre fonctionnement psychique (comment nous réfléchissons, nous éprouvons des émotions...) a reposé sur une démarche introspective et a été l'exclusivité des philosophes.



Descartes : « Je pense donc je suis »

Les sciences cognitives



Que sont les sciences cognitives ?

L'étude scientifique et interdisciplinaire du cerveau, de l'esprit, de l'intelligence qu'elle soit humaine, animale ou artificielle.

L'étude des processus mentaux impliqués dans l'acquisition, la représentation et l'utilisation de la connaissance.

Comment le cerveau nous permet-il de penser ?

Voir ? Avec les yeux / au sens figuré ?

Juger ?

Résoudre des problèmes ?

Éprouver des émotions / des sentiments

Nous reconnaître nous même ?

Reconnaître les autres ?

Objet des sciences cognitives (D. Andler, 1998)

Les principales *dispositions et capacités* de l'esprit humain

- Le langage
- Le raisonnement
- La mémoire
- La perception
- La coordination motrice
- La planification
- ...

Expliquer, décrire, simuler → IA

A question ardue étude interdisciplinaire

Neurosciences -Informatique - Philosophie - Psychologie – Linguistique –Anthropologie - Neuroéconomie...

Neurosciences

Aspects neurobiologiques et neuro-anatomiques qui sous-tendent le fonctionnement du système nerveux.

Différents niveaux d'analyse: moléculaire, cellulaire, cognitif (neurosciences cognitives), comportemental

A question ardue étude interdisciplinaire

Neurosciences -Informatique - Philosophie - Psychologie – Linguistique –Anthropologie - Neuroéconomie...

Informatique

Science du traitement rationnel, notamment par des machines automatiques, de l'information.

Considérée comme le support des connaissances humaines et des communications dans les domaines techniques, économiques et sociaux (Définition de l'Académie Française)



A question ardue étude interdisciplinaire

Neurosciences -Informatique - Philosophie - Psychologie – Linguistique –Anthropologie - Neuroéconomie...

Philosophie

« La philosophie est un arbre dont les racines sont la métaphysique * le tronc la physique et les branches toutes les autres sciences » (Descartes).

*** a pour objet la connaissance de l'être, des causes de l'univers et de la nature de la matière**

Comment intervient la philosophie en sciences cognitives ?

Validité des modèles de fonctionnement de la pensée ?

Une hypothèse en IA :

programmes informatiques assimilé à des « états mentaux » (version forte de l'IA)

L'argument de la pièce chinoise Searle (1985)

Supposons qu'on place dans une pièce un individu ne comprenant pas le chinois.

On lui fournit un ensemble d'instructions : pour chaque séquence d'idéogrammes, il peut fournir une réponse correcte.

Exemple :

A la séquence d'idéogramme signifiant 'quelle est votre couleur préférée ?

Il doit fournir la séquence correspondant à : 'le bleu, mais j'aime aussi le vert'.

Les réponses fournies semblent prouver que l'individu **comprend** le chinois alors qu'il se contente de **manipuler** un ensemble de symboles formels **sans signification pour lui**.

→ Etat mental NON ASSIMILABLE à un programme

A question ardue étude interdisciplinaire

Neurosciences -Informatique - Philosophie - Psychologie – Linguistique – anthropologie - neuroéconomie...

Psychologie

Analyse du comportement humain et du fonctionnement du psychisme

A question ardue étude interdisciplinaire

Neurosciences - Informatique - Philosophie - Psychologie – Linguistique – anthropologie - Neuroéconomie...

Linguistique

La science du langage ouvre une fenêtre sur l'esprit et la pensée
(Steven Pinker)

Pourquoi étudier le langage ?

On a trouvé le langage dans toute forme de société ayant été étudiée.
(6000 langues au total)

Le trait qui distingue le plus remarquablement l'homme des autres espèces vivantes

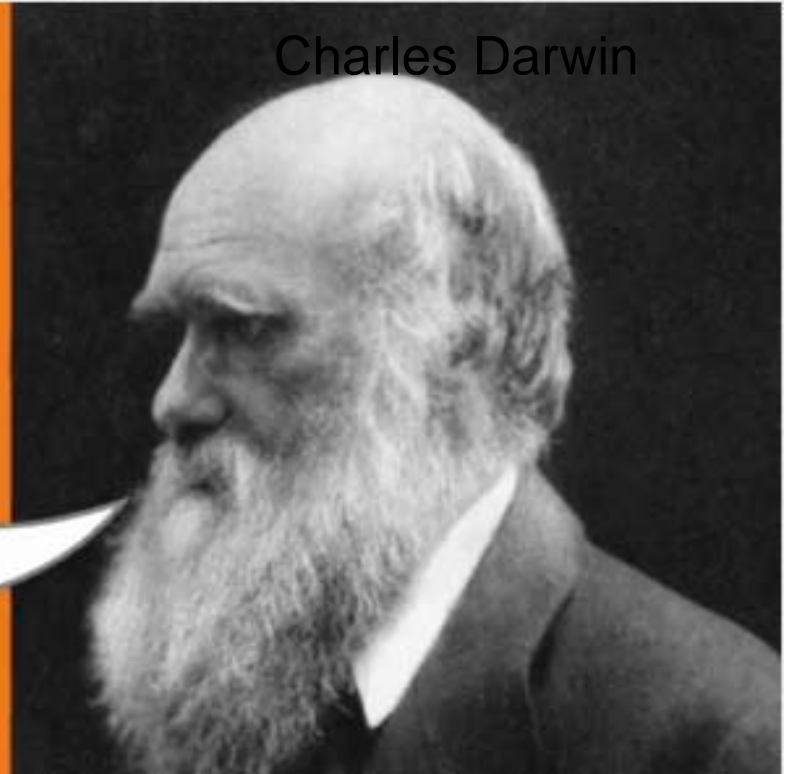
Indispensable aux être humains : communiquer leurs connaissances / coordonner leurs actions.

Pose de profonds mystères scientifiques :

Comment le langage a émergé au cours de l'évolution ?
Y a-t-il une base commune entre le langage animal et le langage humain ?

Charles Darwin

“Man has an instinctive tendency to speak as we see in the babble of our young children while no child has an instinctive tendency to bake, brew or write”



A question ardue étude interdisciplinaire

Neurosciences - Informatique - Philosophie - Psychologie – Linguistique – anthropologie - Neuroéconomie...

Anthropologie

Etude des traits distinctifs qui caractérisent les populations humaines (vie en société).

Neuroéconomie

Coupler une expérimentation à une modélisation :

paramètres psychologiques et cognitifs engagés dans la prise

de décision, en situation de risque, à travers le temps, et en contexte

social. (ex: la bourse)

Objet du prochain cours Les Neurosciences cognitives

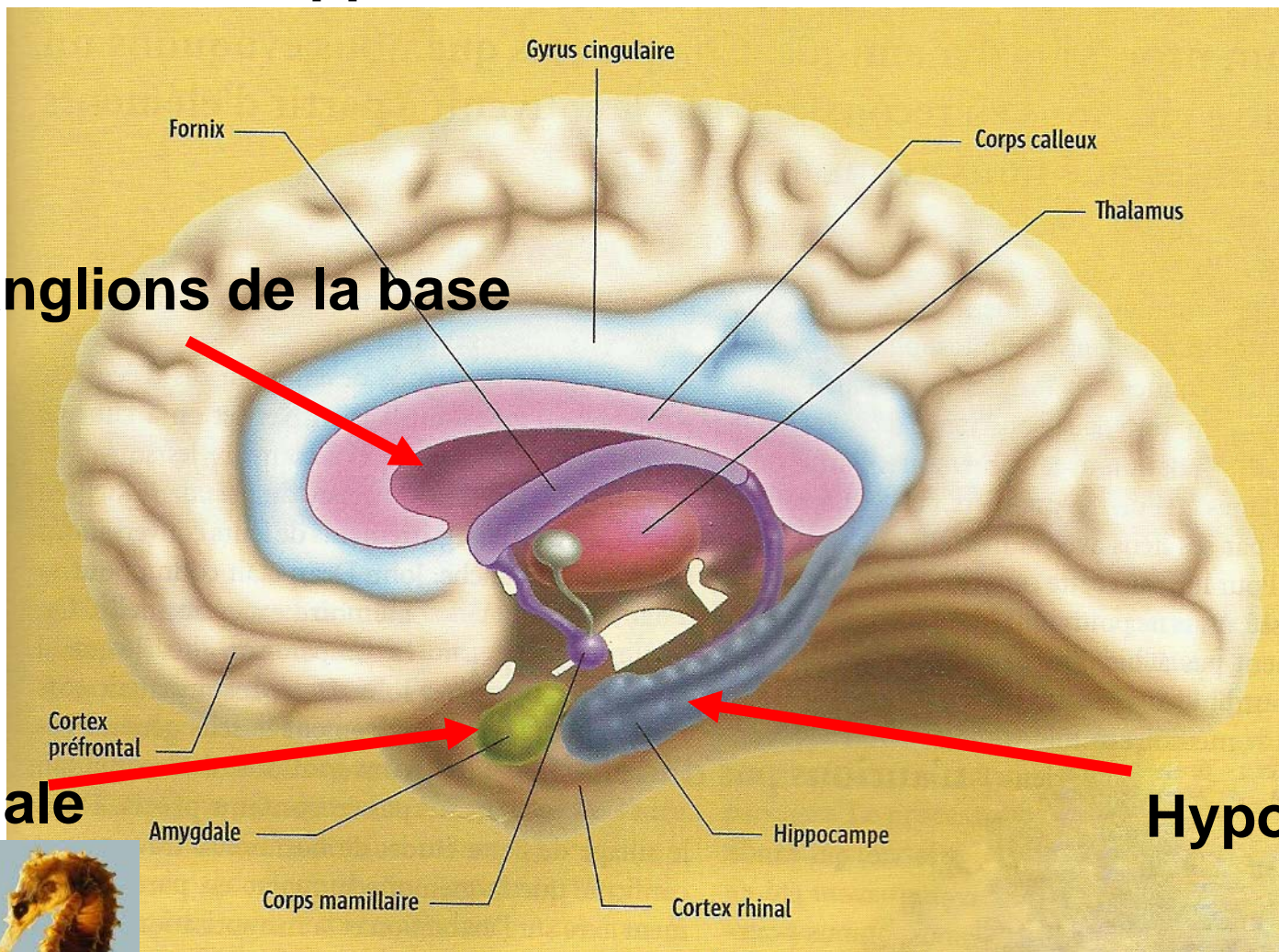
La cognition est 'incarnée' dans le système nerveux, aujourd'hui intensivement exploré !

Quelques cas importants de lien anatomie/fonction cognitive

Les techniques d'imagerie les plus importantes et leur principes de base.

Petit exemple de ce que les neurosciences cognitives ont apporté l'étude des émotions

Les ganglions de la base



Amygdale

Hippocampe

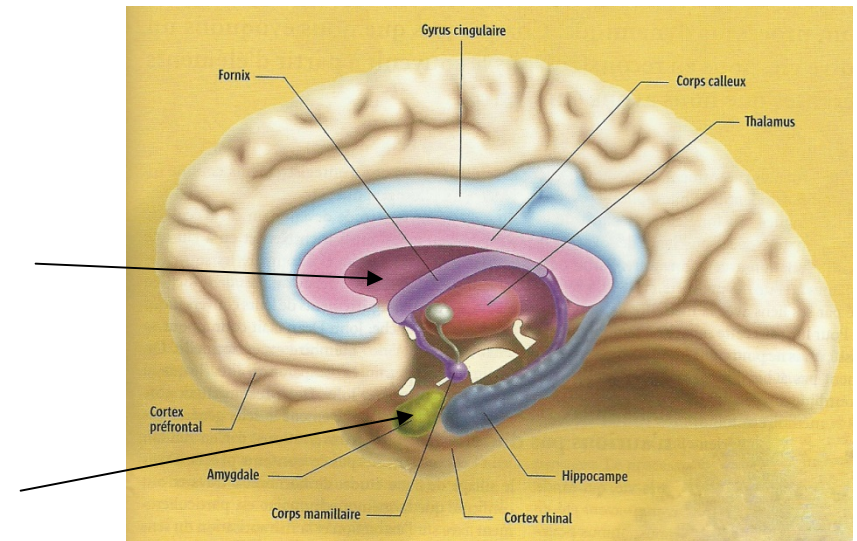


Neurosciences cognitives des mots tabous

Que se passe-t-il dans le cerveau lorsqu'une personne entend ou prononce un mot tabou ?

Première généralité

- Activation des régions cérébrales associées à des émotions négatives
- Hémisphère droit (plus impliqué dans les émotions négatives que HG)
 - Production du mot : Les ganglions de la base (ensemble de noyaux responsables de l'inhibition de certains comportements)
 - Perception du mot: L'amygdale, organe qui répond à certains stimuli associés à la peur



Neurosciences cognitives des mots tabous

Seconde généralité

- Traitements involontaire : on ne peut pas entendre ou lire un mot tabou sans enregistrer ce qu'il signifie.

Les psychologues expérimentalistes détectent un traitement automatique par le cerveau en utilisant, par exemple, **l'effet stroop** (sujet de 4000 articles scientifiques de recherche.)

La tâche de Stroop est simple

Consigne :

- Ne pas lire le mot
- Dire la couleur dans laquelle le mot est écrit

- **ROUGE**
- **VERT**
- **BLEU**
- **ORANGE**
- **NOIR**
- **JAUNE**
- **ROSE**

- **ORANGE**
- **VERT**
- **NOIR**
- **JAUNE**
- **BLEU**
- **ROUGE**
- **ROSE**

- **BFGET**
- **SEHGZ**
- **ERERF**
- **DFHSJF**
- **EEEEEE**
- **DFDDF**
- **SDQSDQ**

- **Jésus**
- **Urine**
- **Cancer**
- **Sexe**
- **Mort**
- **Enfer**

Conclusion sur les neurosciences cognitives des mots tabous

Notre univers social est d'une grande complexité. L'existence de mécanismes spécialisés dans la compréhension des états mentaux et émotionnels de nos congénères nous permet de comprendre les messages d'autrui, d'y répondre de façon adaptée, de prédire le comportement de nos congénères. Ces compétences sont autant de facteurs déterminants de la qualité de notre vie sociale.

Pour étudier le système émotionnel, on peut recueillir des réponses verbales et/ou comportementales.

Les techniques de neuro-imagerie sont une autre façon d'étudier l'émotion : cette méthode est relativement objective : le sujet ne rapporte pas de réponse.

La réponse mesurée peut ainsi être inférieure au seuil de perception du sujet lui-même.

On peut aussi caractériser les troubles émotionnels en termes d'activité anormale des réseaux cérébraux impliqués dans le traitement de l'information émotionnelle.

Bref retour sur le cours n° 1 de Sciences Cognitives

Les machines ne pourront jamais résoudre un certain type de problèmes dits indécidables. (hors limitations technologie)

Est-ce que ces limites s'appliquent à l'homme ?
À sa capacité à conceptualiser / penser des solutions ?

D'ailleurs qu'est-ce que penser ? Qu'est-ce que l'intelligence ?

L'informatique = forme d'intelligence, qui est artificielle et qui est 'calquée' sur l'intelligence humaine. Alan Turing a inventé le concept d'ordinateur en se demandant : comment je pense ? En quoi consistent les étapes minimales de pensée d'un calcul ?

Aujourd'hui le fonctionnement des ordinateurs est de plus en plus semblable à des réseaux de neurones (plasticité / parallélisme [Human Brain Project]).

Neurosciences Cognitives

Neurosciences Cognitives : étudient le lien entre le cerveau et le Comportement (lien : cerveau / pensée / esprit).

« Il faut clarifier la dépendance entre le cerveau (en tant qu'organe biologique) et le comportement » (Daniel Andler).

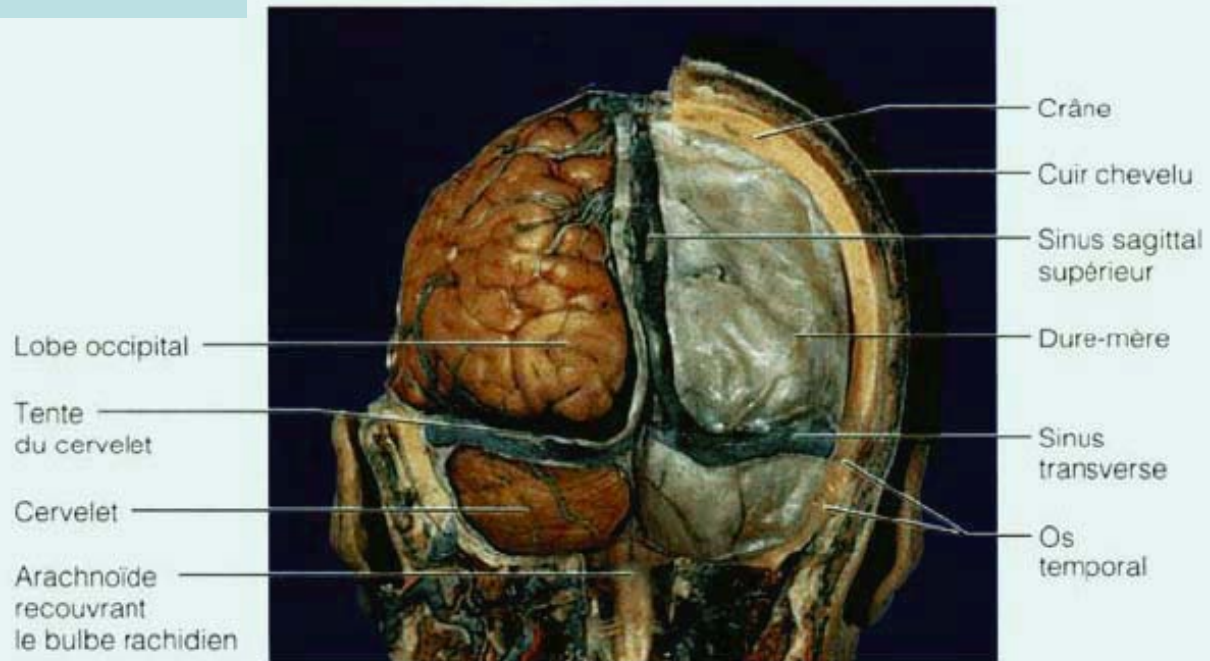
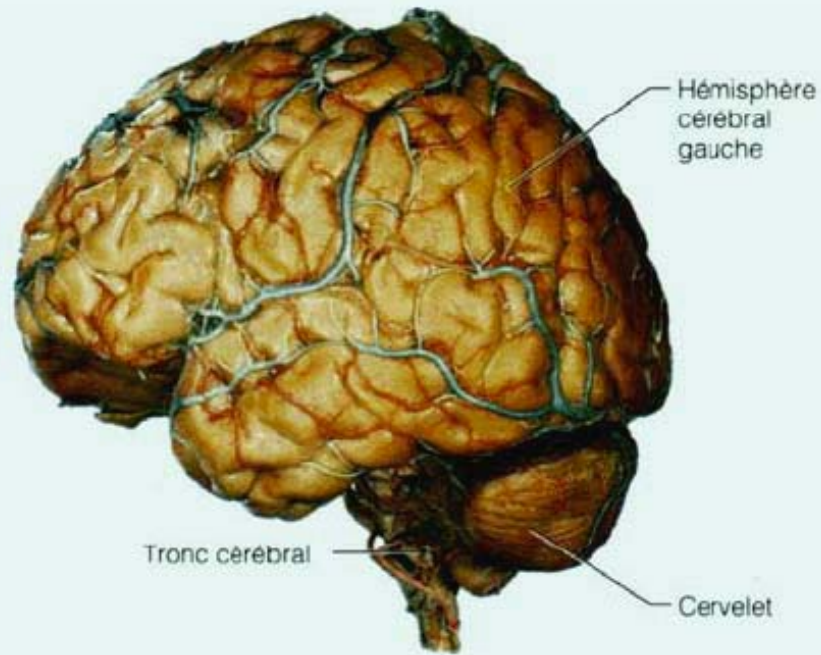
→ Phénomènes cognitifs dépendent des mécanismes cérébraux au sens où le traitement de l'information par un programme informatique dépend du détail des circuits électroniques.

→ Ce n'est pas en comprenant les mécanismes de fonctionnement du cerveau que l'on va comprendre vraiment, *ce qui est fait* lorsque « l'on comprends une phrase ».

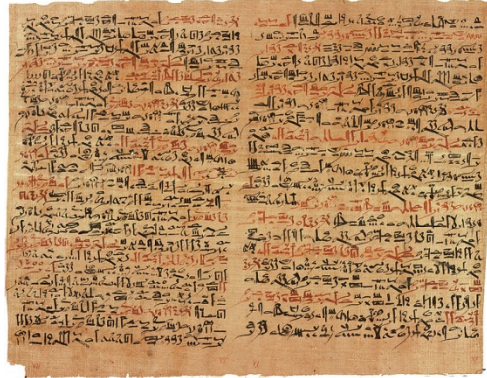
Argument Searle : au-delà de la manipulation de symbole, la sémantique.
Attention à la réduction à la circuiterie biologique du sens et de la cognition.

Neurosciences Cognitives

- Anatomie du système nerveux
- Lien anatomie / fonction
- On en sait beaucoup sur le cerveau et sur les neurones !
Anatomie microscopique / physiologie / transmission de l'information --- mais environ 10 fois plus de 'Glue' que de neurones !!
- Une classe particulière de neurones qui permettrait à l'homme la compréhension des états mentaux de ses congénères : les neurones miroirs.



Un peu d'histoire...



Papyrus d'Edwin Smith, Académie de médecine de New York.

--- Louxor (1862) : Edwin Smith, égyptologue américain, découvre un papyrus. James Breasted en donne une traduction et le publie (1930)

--- Document **chirurgical : 1600 ans avant JC**. (copie fidèle d'un document datant de **3500 ans avant notre ère!**)

« Certains signes, par exemple, une déviation oculaire, une démarche qui traîne traduisent une atteinte située à grande distance des yeux et des jambes ».

--- Sémiologique (endroit où on observe les signes) différent de étiologique (lieu de la lésion), fondamental à la pensée médicale telle qu'elle se développera dans la Grèce antique.

Un peu d'histoire...

Hippocrate

Chez qui on trouve la plus ancienne référence au rapport entre le cerveau et la pensée.

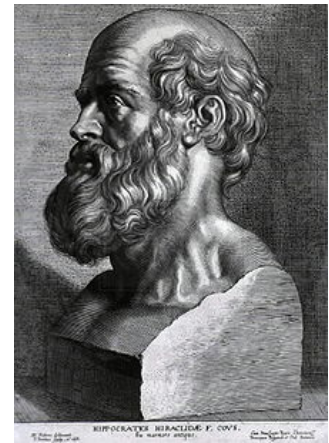
Extrait du traité ***Des plaies de la tête*** :

«Des convulsions s'emparent, chez la plupart, d'un des côtés du corps; si la plaie est du côté gauche de la tête, c'est le côté droit du corps que les convulsions saisissent ; si la plaie est du côté droit de la tête, c'est le côté gauche du corps »

= Principe fondamental de l'organisation cérébrale :

Un **hémisphère** en charge d'examiner

et de contrôler la moitié du corps situé **du côté opposé**.



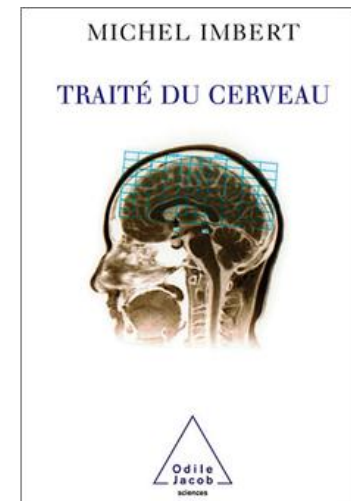
Hippocrate, médecin Grec, -460 -370.

Le cerveau Aujourd'hui

Les sciences cognitives : L'étude scientifique et interdisciplinaire du cerveau, de l'esprit, de l'intelligence, qu'elle soit humaine, animale ou artificielle.

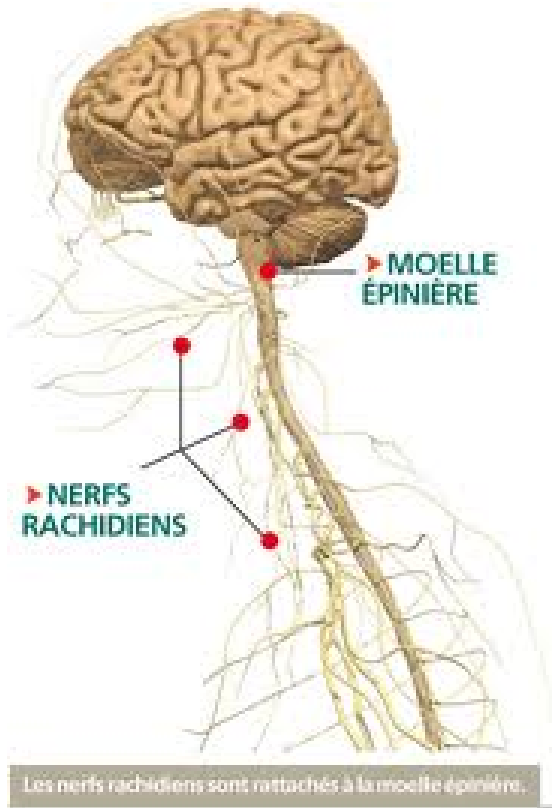
L'étude des processus mentaux impliqués dans l'acquisition, la représentation et l'utilisation de la connaissance. **Biologie, linguistique, anthropologie, informatique, neurosciences, philosophie, etc.**

- Génèse mise en place au cours du développement
- Fonctionnement électro-chimique des neurones
- Caractérisation des capteurs sensoriels : ce qui nous permet de percevoir l'environnement.
- Comment on voit, on entend, on bouge, on agit, comment on communique (le langage) comment on connaît les autres et comment on se connaît soi-même.....



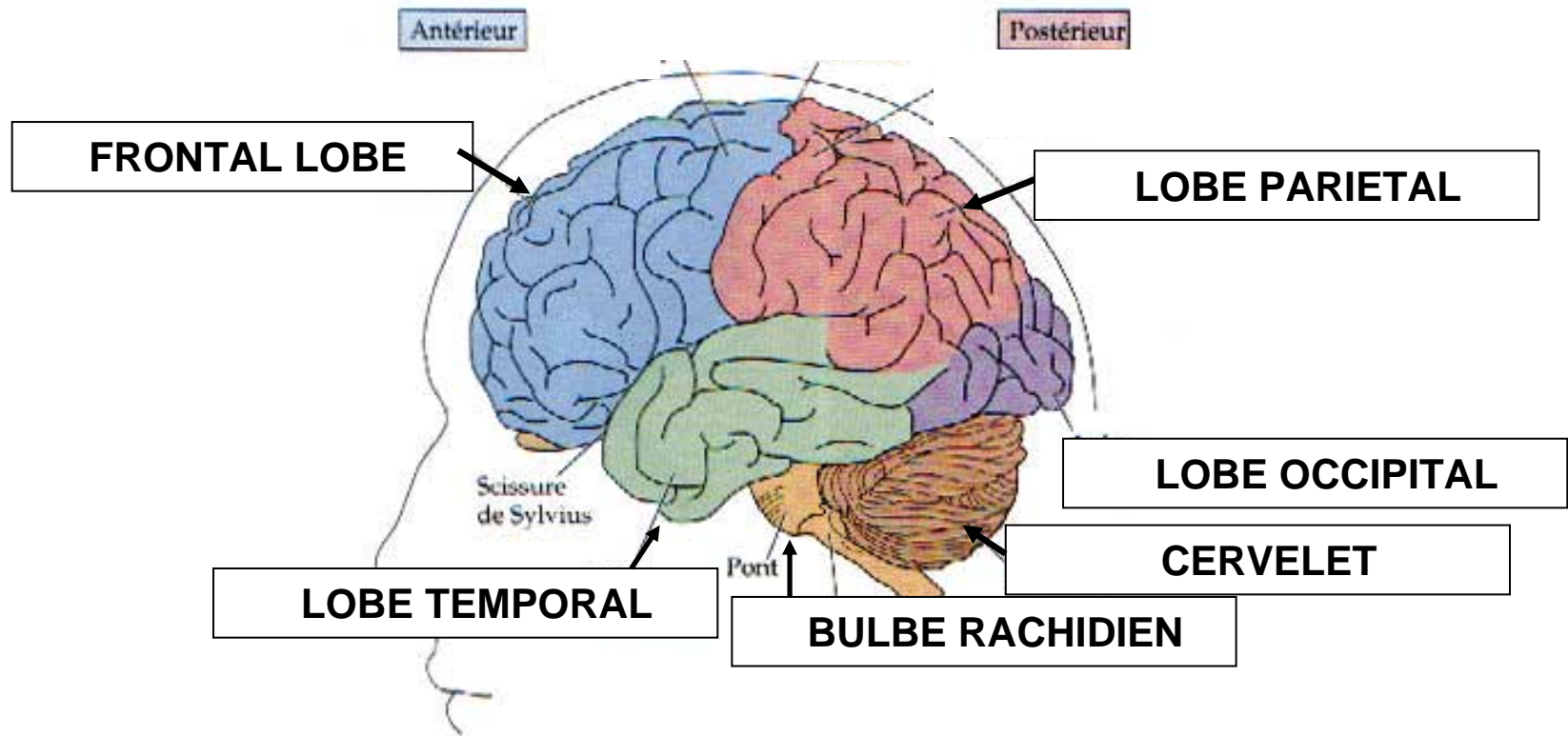
Les système nerveux central et périphérique

Cerveau + moelle épinière



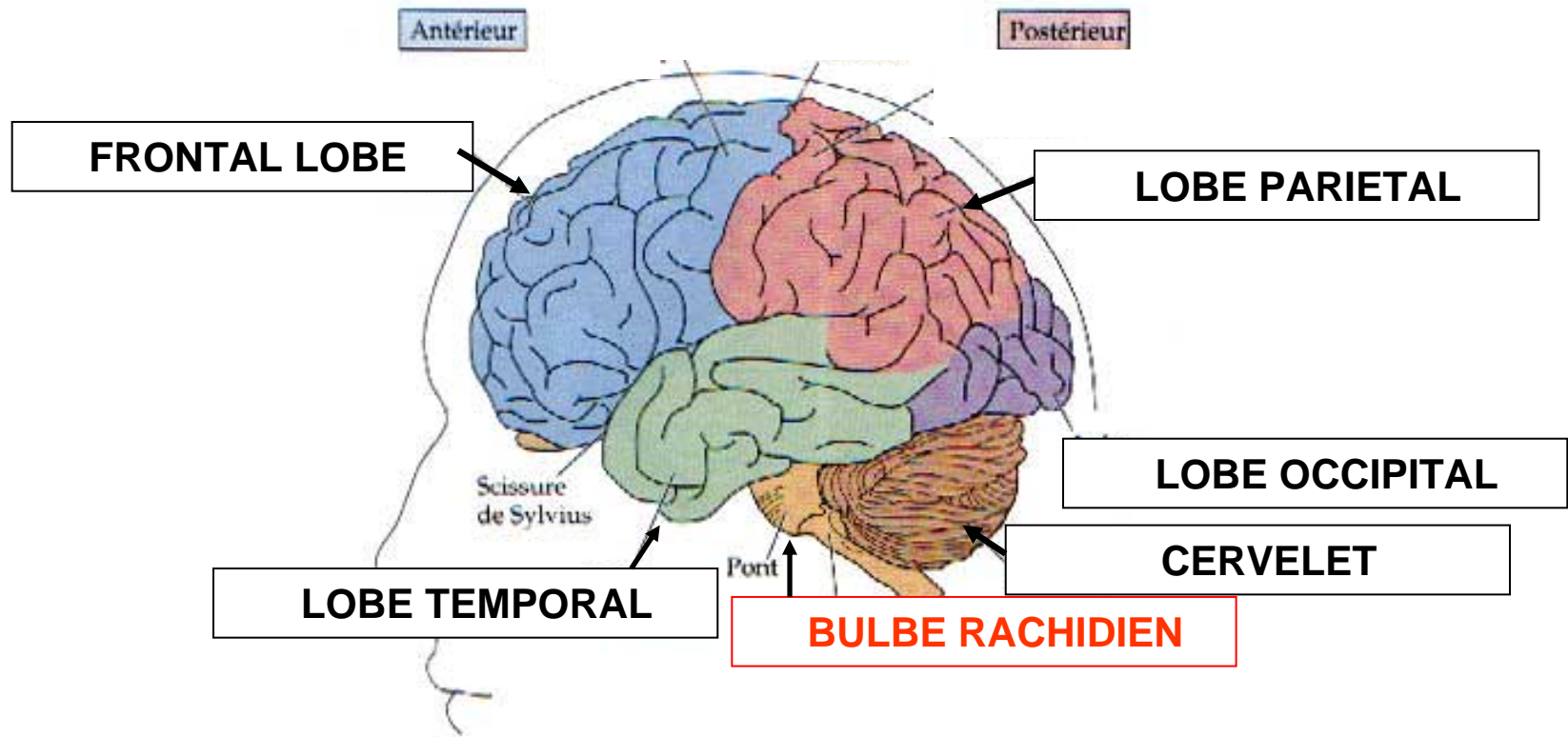
Anatomie du cerveau

Inspiré du cours de Nathan Woodling - Stanford University



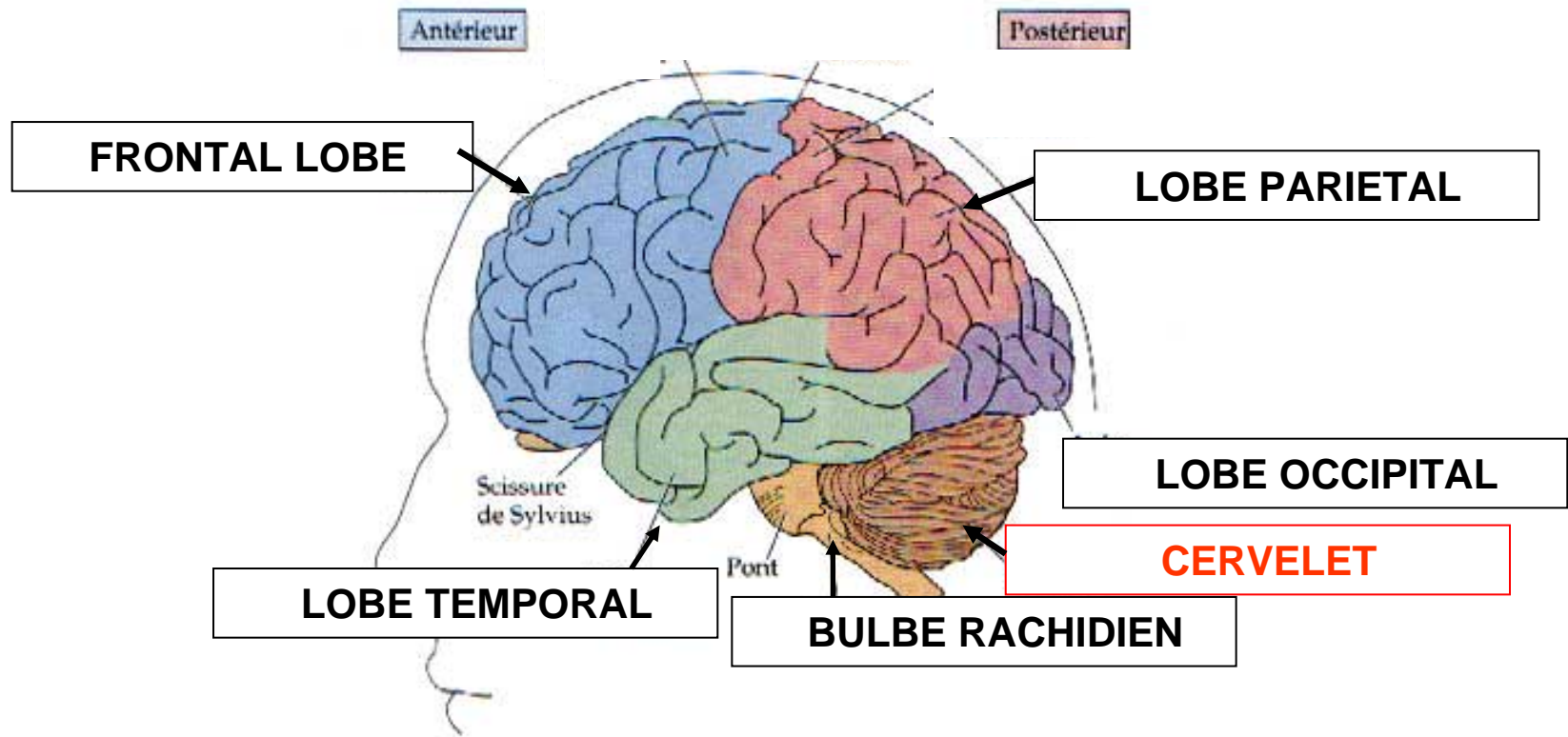
Différentes parties assurent différentes fonctions.

Anatomie du cerveau



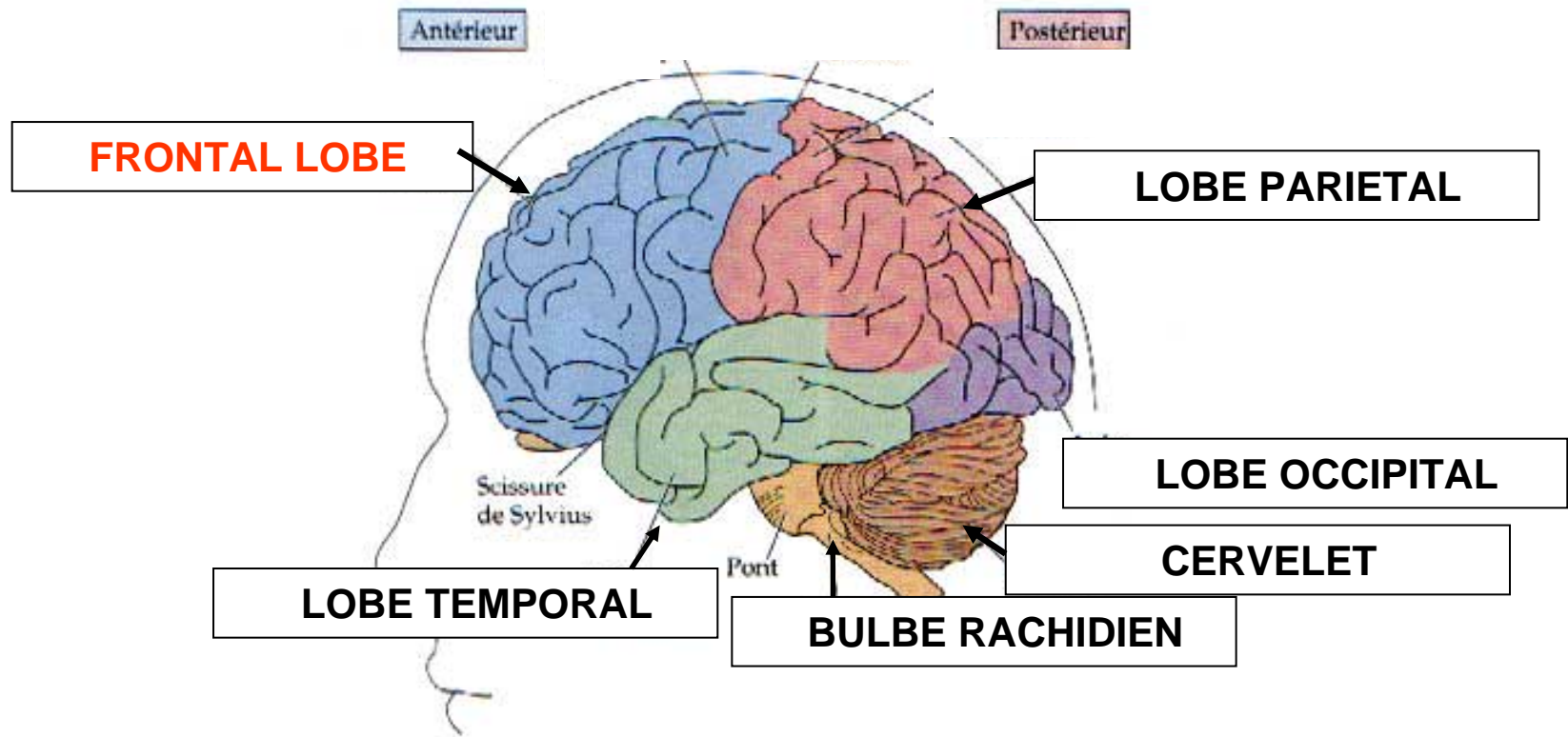
Le bulbe rachidien relie l'information du cerveau vers la Moelle Epinière (et vice versa)

Anatomie du cerveau



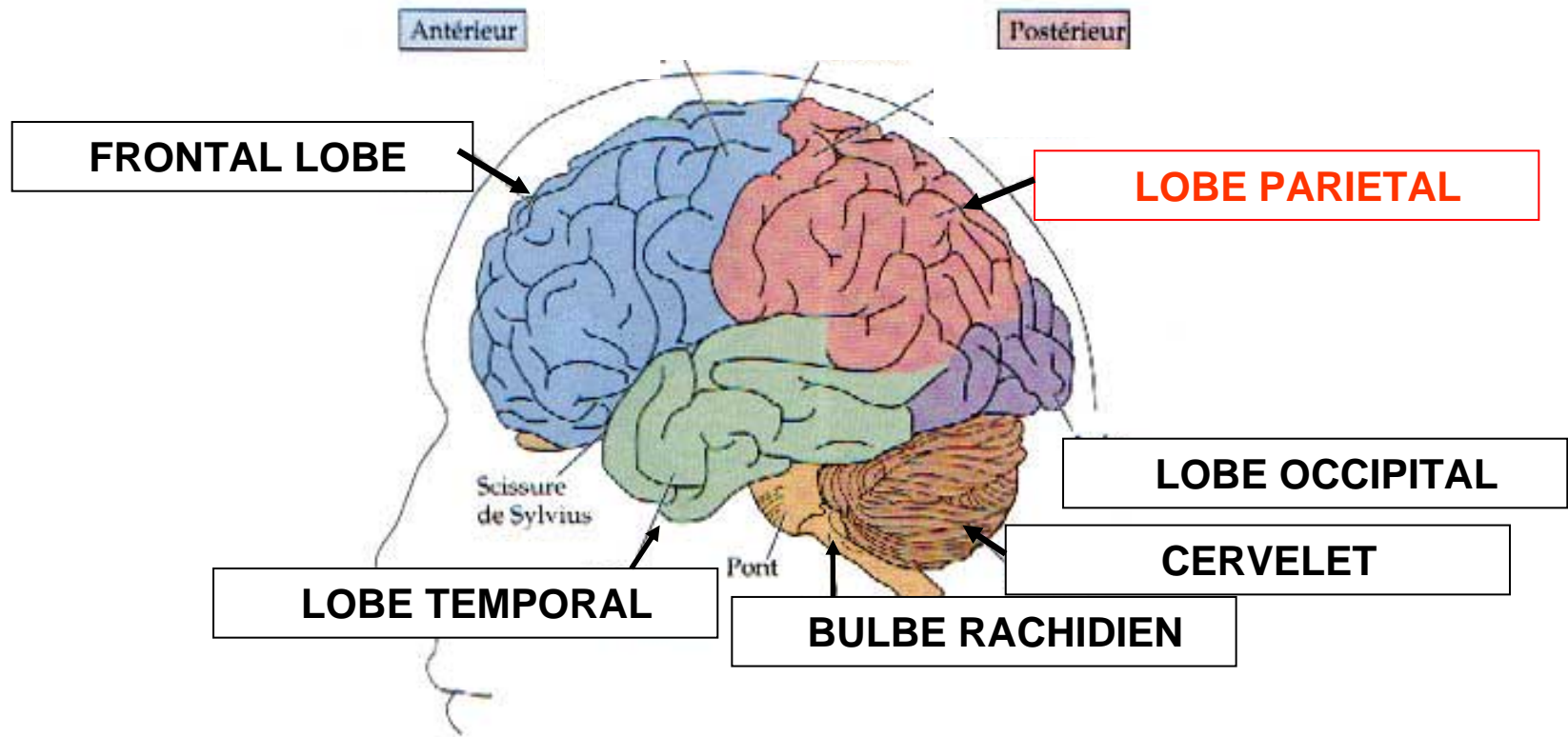
Le cervelet aide à contrôler les mouvements moteurs.
En particulier quand il faut apprendre quelque chose de nouveau

Anatomie du cerveau



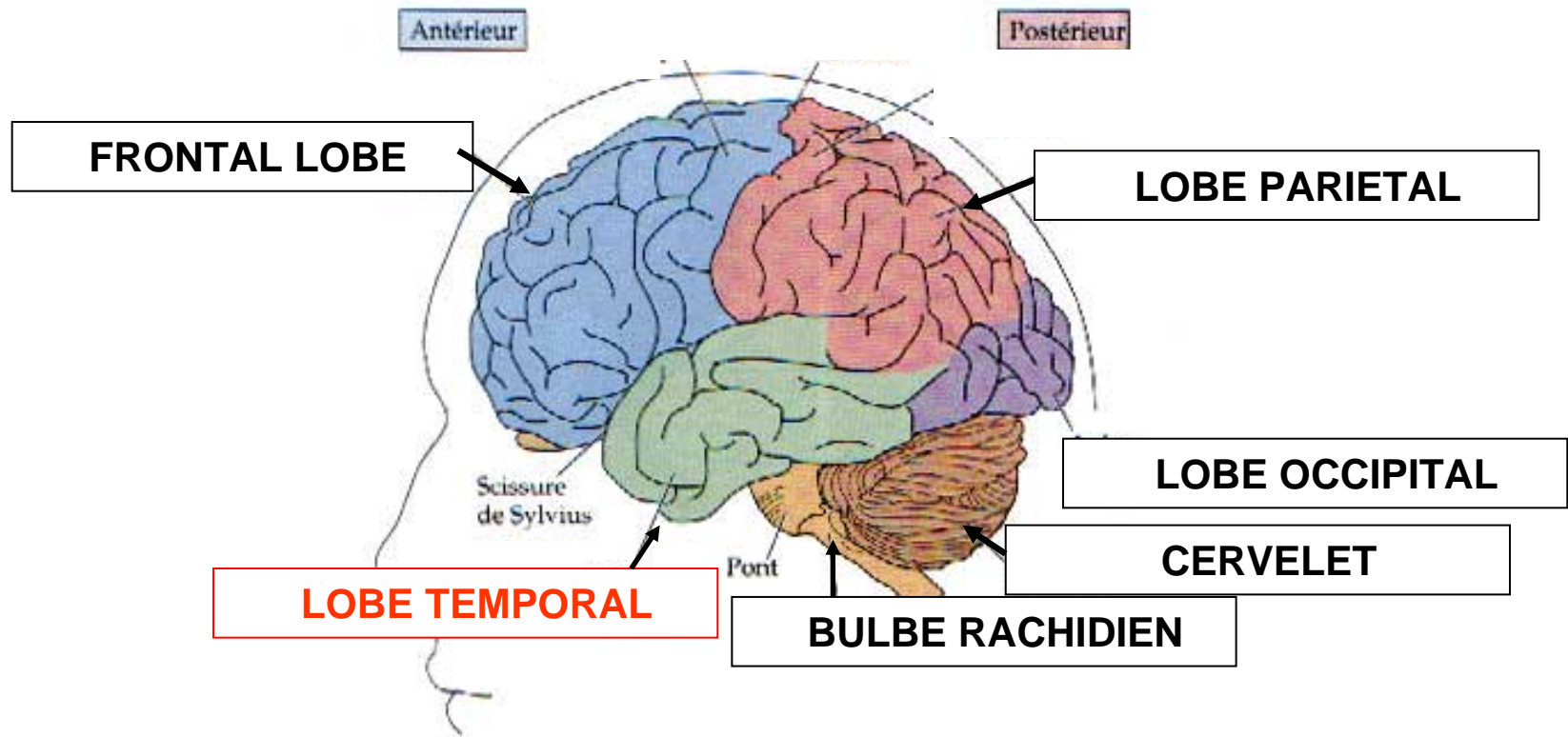
Le lobe frontal planifie actions et mouvements.

Anatomie du cerveau



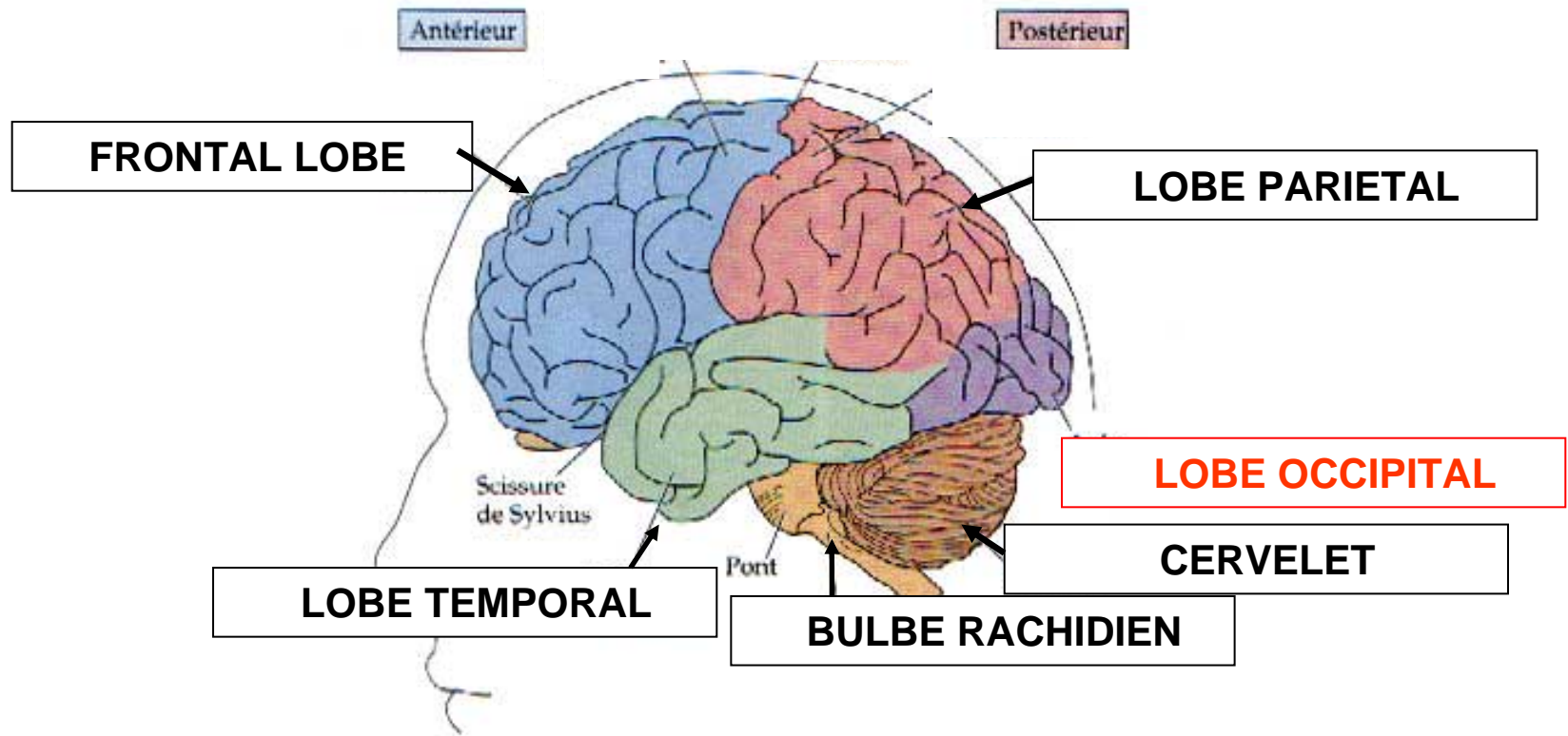
Le lobe pariétal gère les informations sensorielles tactiles

Anatomie du cerveau



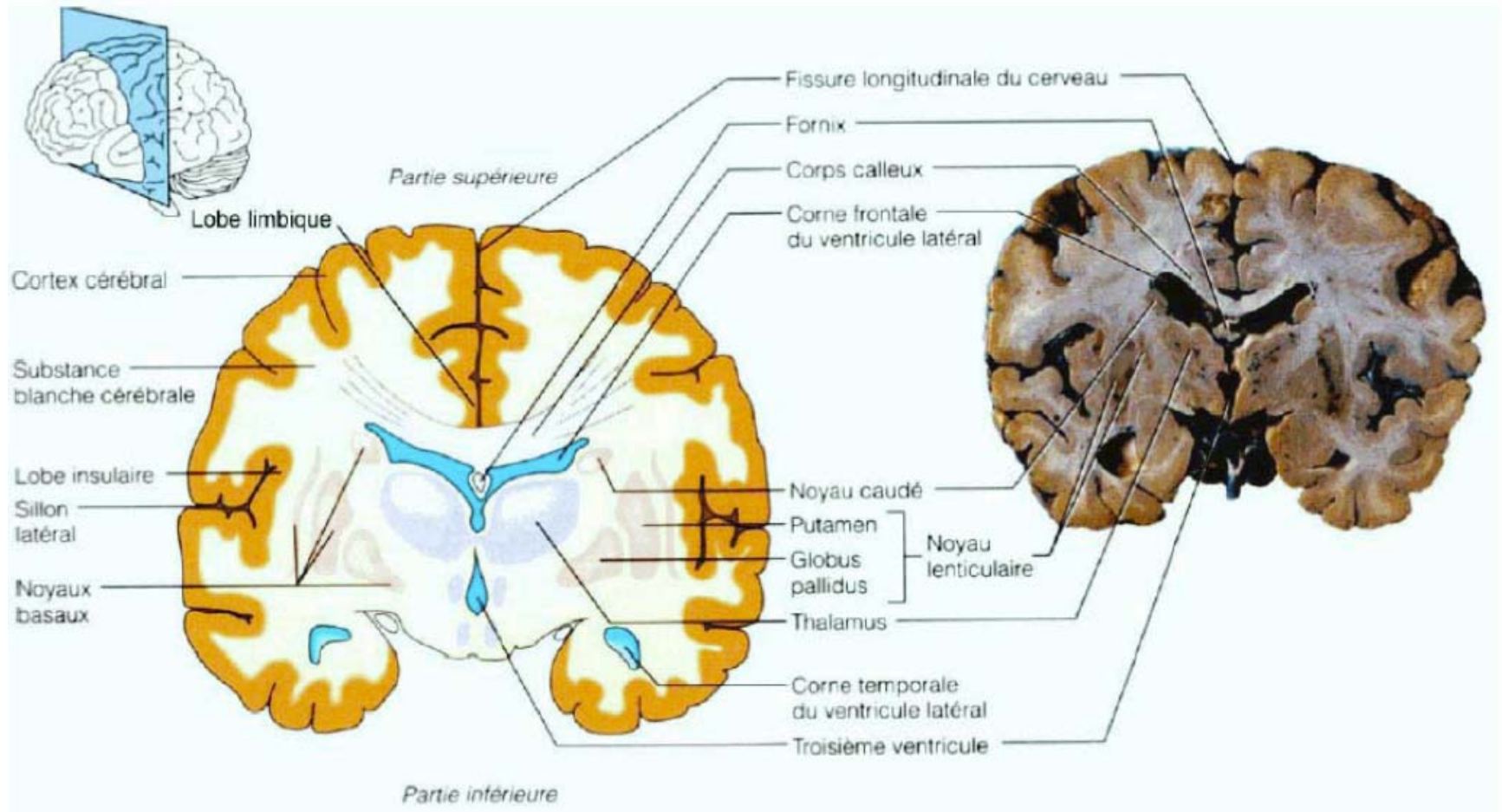
Le lobe temporal reçoit et traite les informations auditives / assure aussi d'importantes fonctions de mémoire.

Anatomie du cerveau



Le lobe occipital traite les informations visuelles

Neurones 100 milliards / cellules gliales 10 fois plus !

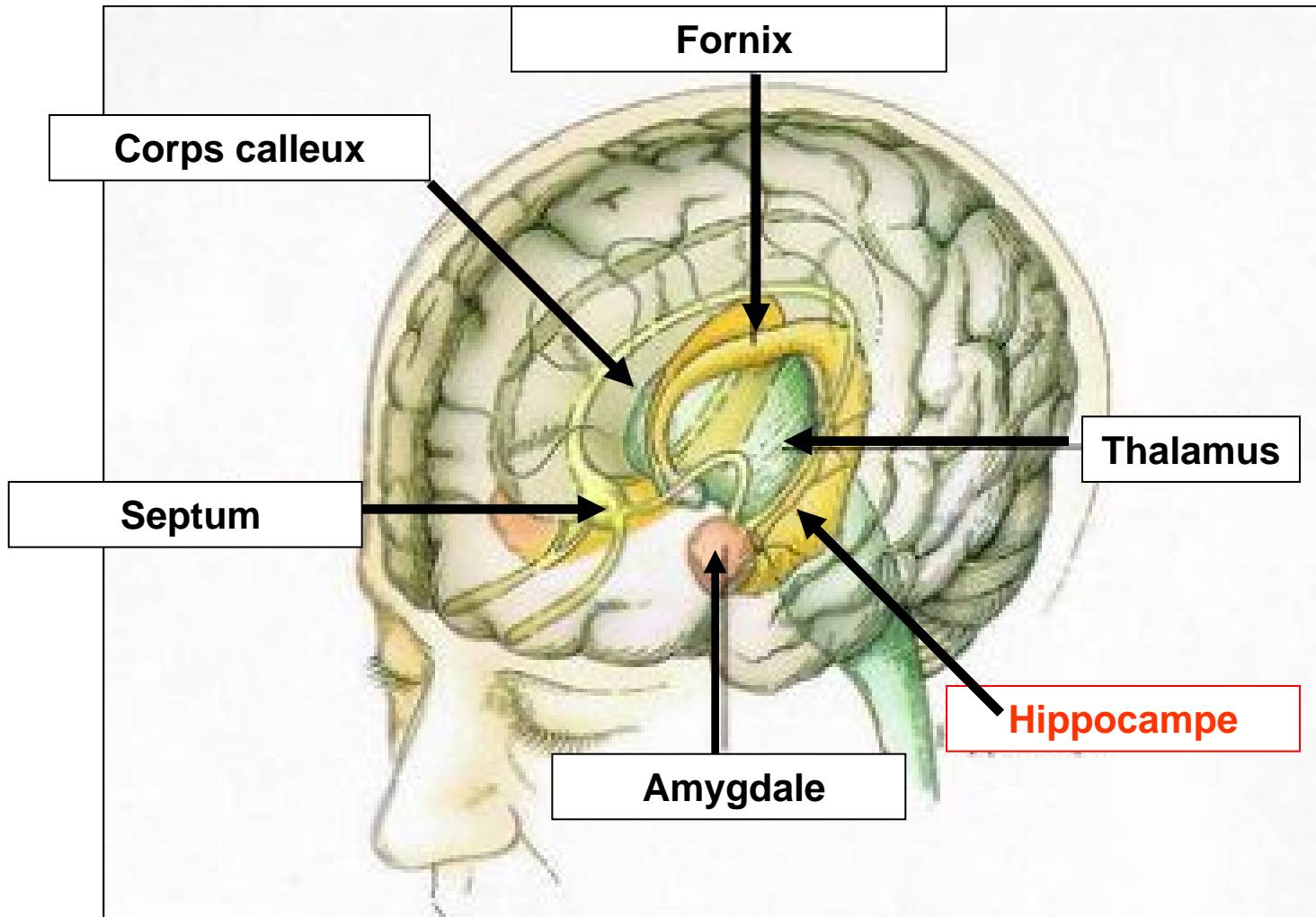


Différentes parties du cerveau / différentes fonctions

comment le sait-on ?

- Lésions cérébrales / pathologies
- Imagerie cérébrale

Le système Limbique est impliqué dans l'émotion **mais aussi la mémoire**
(Cas du patient H. M)



Hippocampe structure importante pour mémoriser des événements nouveaux



En 1861

Paul Broca décrit le cas d 'un patient
- qui comprend ce qu 'on lui dit
- qui ne peut pas parler (Tan Tan)



Paul Broca, anthropologue et médecin, français. 1824-1880



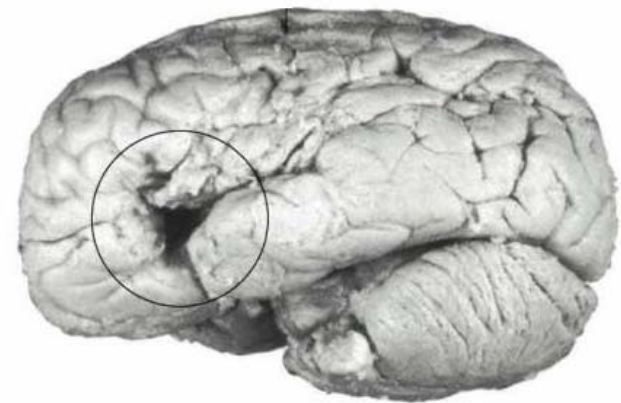
En 1861

Paul Broca décrit le cas d'un patient
- qui comprend ce qu'on lui dit
- qui ne peut pas parler (Tan Tan)



Paul Broca, anthropologue et médecin, français. 1824-1880

A l'autopsie : lésion de la
partie postéro-inférieure du
lobe frontal gauche → **zone
de la motricité du langage.**



En 1874

Karl Wernicke décrit le cas d'un patient

- qui peut parler librement
- qui ne peut comprendre ni le langage parlé, ni le langage écrit.



Karl Wernicke Neuropsychiatre allemand

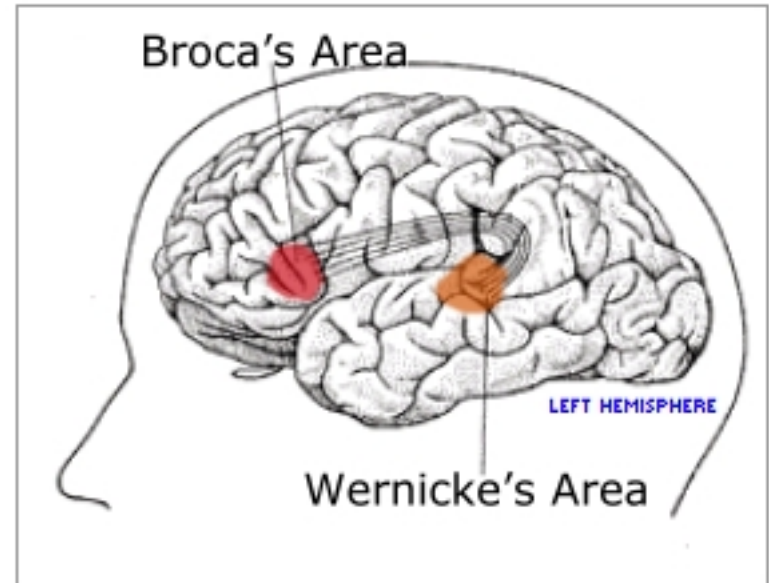
A l'autopsie : lésion de la partie
temporale gauche → zone de la
compréhension du langage



Aujourd'hui on considère les aires de Broca et Wernicke comme faisant partie de réseaux cérébraux assurant des fonctions linguistiques spécifiques.

Aire de Broca : production du langage

Aire de Wernicke : compréhension du langage



Cas de Phineas Gage cas d'école en neurologie.

Contre-maître, rapporté comme un ouvrier modèle, travaillant sur la construction d'une ligne de chemin de fer dans le Vermont (USA)

- Accident avec traumatisme crânien provoqué par une barre de fer (1848)

- Apparence normale mais changement total de comportement : Incorrect, grossier avec ses collègues, irritable, querelleur...psychopathe

1994 : Hanna et Antonio Damasio, neuro-anatomistes, reconstituent par ordinateur ce qui doit être la trajectoire de la barre à partir de la barre et de son crâne qui sont restés conservés au *Warren Anatomical Museum* de Harvard.

Atteinte du **Cortex Pre Frontal jouant un rôle dans l'inhibition, le comportement social.**

Systemes nerveux : du plus simple au plus complexe (adapté de Michel Imbert, *Traité du cerveau*, 2006)

Tous les systèmes nerveux des plus simples au plus complexe sont construits selon les mêmes briques élémentaires.

Les plus simples sont ceux de certains animaux comme la méduse : une série de ganglions et, un réseau de fibres le long de toutes les parties du corps.

Aussi primitif soit-il, le système nerveux de la méduse lui sert à flotter, donc, lui permet de se déplacer et de trouver sa nourriture.

Plus complexe, le système nerveux de certains vers possède une centaine de neurones, bien individualisés.

Plus complexes encore, les insectes ont un cerveau subdivisé en trois parties, organisées d'avant en arrière. Les insectes sont sensibles à de nombreuses odeurs que nous n'imaginons même pas, Réagissent à des sons qui nous sont complètement inaudibles A des formes et des textures visuelles auxquelles nous sommes totalement aveugles. A des pressions très très légères et à des mouvements microscopiques qui nous sont invisibles.

Les insectes sont doués d'automatismes très efficaces, mais ils sont généralement incapables d'une chose : tirer des leçons de leur expérience passée. Ils font et refont toujours les mêmes gestes de capture, d'enfouissement, que ces gestes satisfassent ou non le but visé.



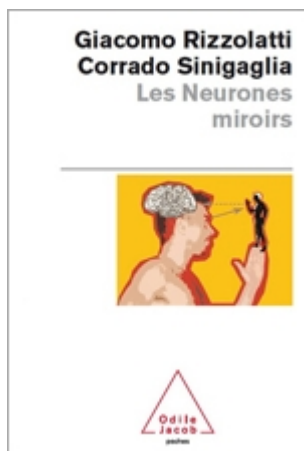
Plus on 'monte' en complexité du système nerveux des animaux, plus grande est la capacité à modifier son comportement en fonction de son expérience.

L'humain, non seulement agit en fonction du passé, mais anticipe l'avenir. Il attribue des intentions aux autres et réagit en fonction de ce qu'il pense de leur intentions.

Un classe de neurones qui aurait un rôle dans ces capacités 'haut-niveau', comme *la théorie de l'esprit* : les neurones miroirs.



Giacomo Rizzolatti (né le 28 avril 1937 en Ukraine)
médecin et biologiste de nationalité Italienne



Exp Brain Res (1992) 91:176–180

Experimental
Brain Research
© Springer-Verlag 1992

Research Note

Understanding motor events: a neurophysiological study

G. di Pellegrino, L. Fadiga, L. Fogassi, V. Gallese, and G. Rizzolatti

Istituto di Fisiologia Umana, Università di Parma, Via Gramsci 14, I-43100 Parma, Italy

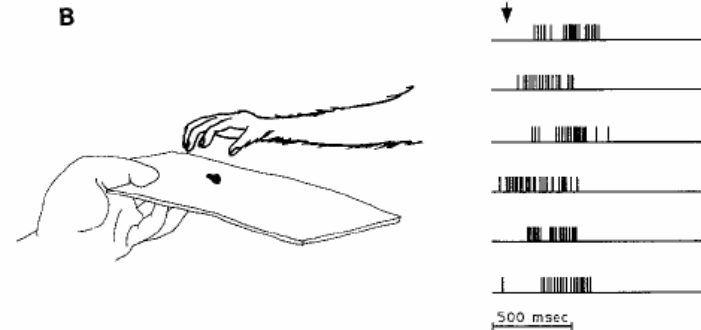
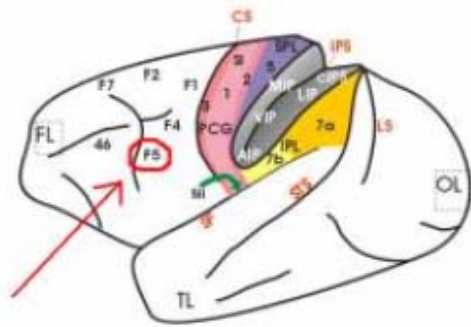
Received April 15, 1992 / Accepted July 14, 1992

Summary. Neurons of the rostral part of inferior premotor cortex of the monkey discharge during goal-directed hand movements such as grasping, holding, and tearing. We report here that many of these neurons become active also when the monkey observes specific, meaningful hand movements performed by the experimenters. The effective experimenters' movements include among

hension, and others during prehension with the whole hand. Furthermore, a proportion of F5 neurons are activated by visual stimuli which require a particular type of grasping (Rizzolatti et al. 1988).

Our original aim in the present experiments was to study the activity of F5 neurons in a behavioral situation in which we could separate stimulus-associated re-

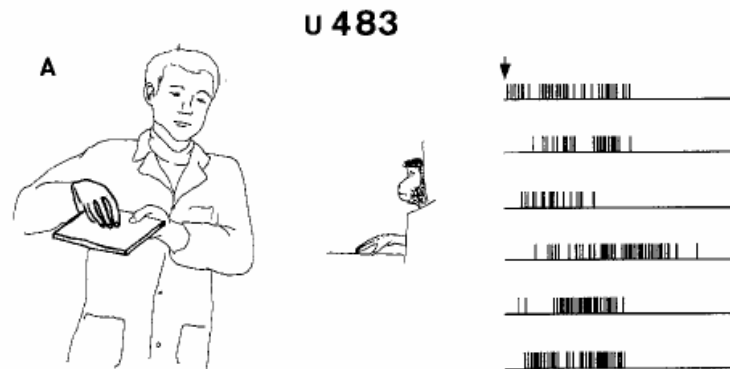
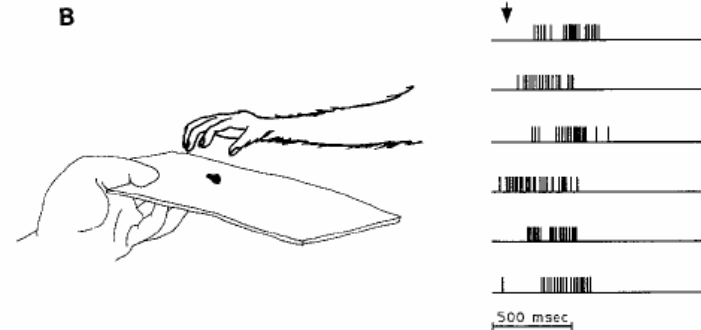
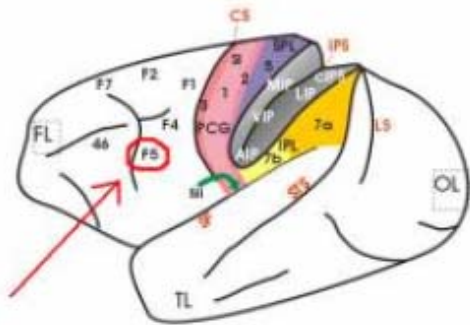
Etude de l'activité neurale motrice chez le singe



Cerveau de macaque
Aire F5 : cortex prémoteur



Exécution d'une action / Perception de cette action : Les neurones miroirs chez le singe ont une activité similaire



Les neurones miroirs chez l'homme

Un tel système *miroir* existe-il chez l'homme ?



Available online at www.sciencedirect.com



NeuroImage

NeuroImage 18 (2003) 928–937

www.elsevier.com/locate/ynimg

Activations related to “mirror” and “canonical” neurones in the human brain: an fMRI study

J. Grèzes,^{a,*} J.L. Armony,^{a,b} J. Rowe,^a and R.E. Passingham^{a,c}

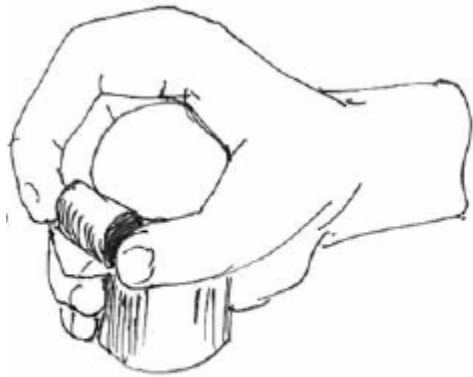
^a Wellcome Department of Imaging Neuroscience, Institute of Neurology, University College London, London WC1N 3BG, UK

^b Institute of Cognitive Neuroscience, University College London, London WC1N 3BG, UK

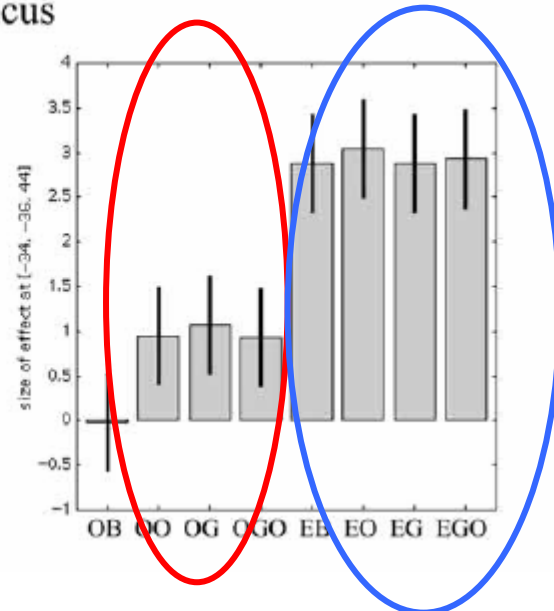
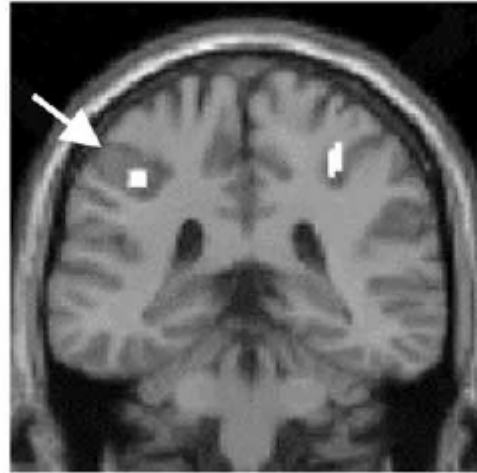
^c Department of Experimental Psychology, University of Oxford, Oxford OX1 3UD, UK

Received 24 June 2002; accepted 26 November 2002

fMRI = Imagerie à Raisonance Magnetique Fonctionnelle



B Left Intraparietal Sulcus



Observation Execution

<

Quelles interprétations ?

Découverte : 1992, répliques : multiples.

→ A quoi sert cette 'résonance' motrice, cette

Réflexion de l'activité d'autrui ?

Comprendre l'action d'autrui en la 'vivant' soi-même ?

En faveur de cette hypothèse :

- Les neurones miroirs moteurs ne s'activent pas pour n'importe quelle action.

New aspects of motion perception: selective neural encoding of apparent human movements

Jennifer A. Stevens, Pierre Fonlupt, Maggie Shiffrar¹ and Jean Decety^{CA}

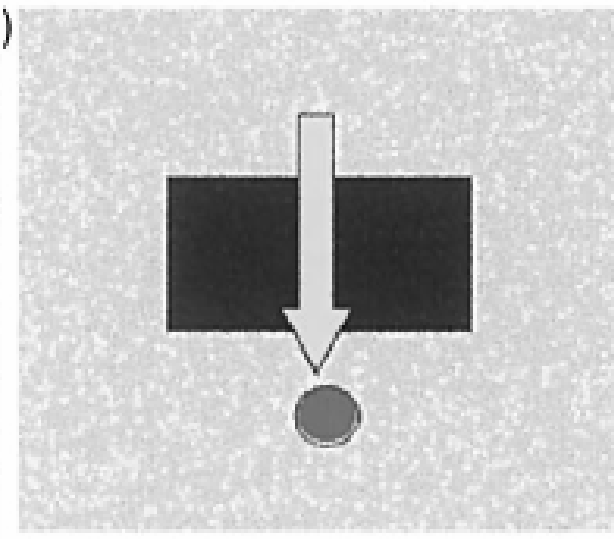
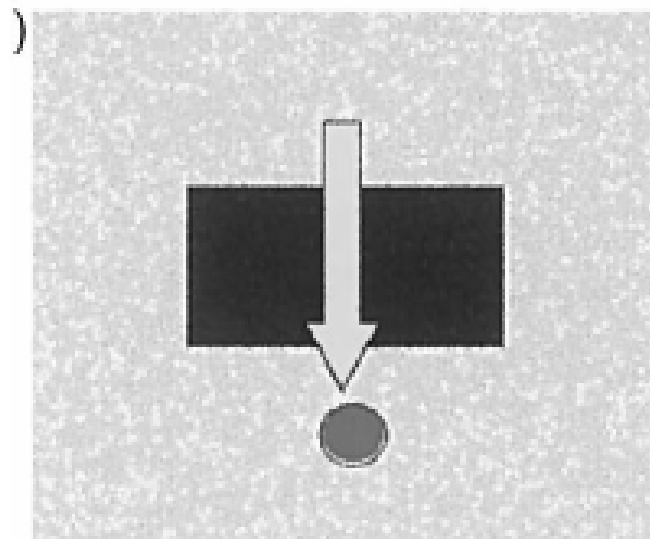
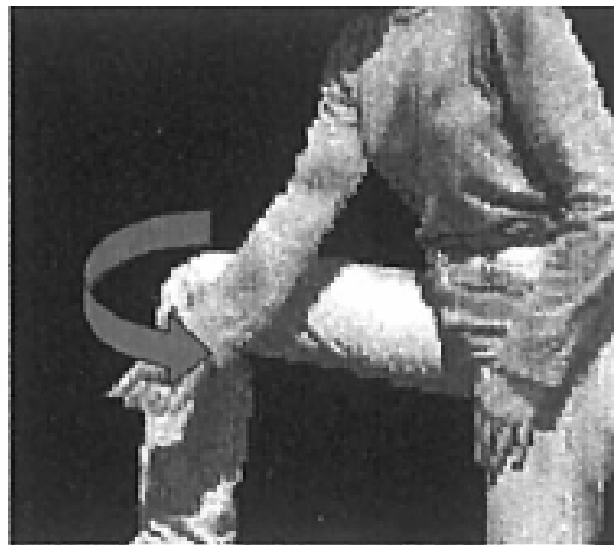
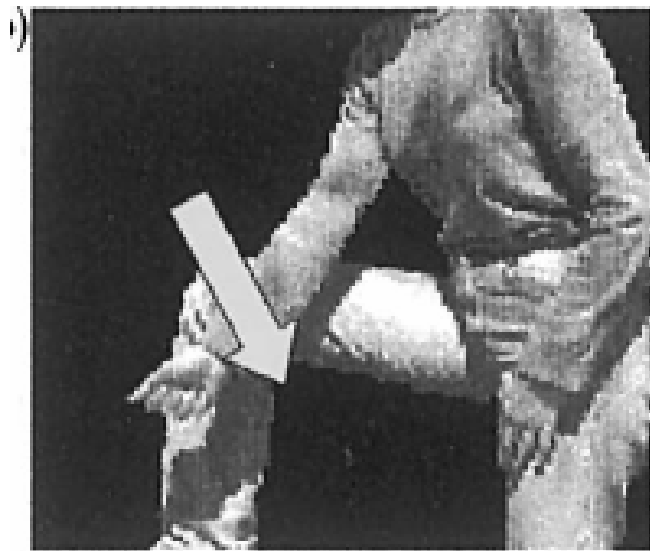
Institut National de la Santé et Recherche Médicale, U280 Processus Mentaux et Activation Cérébrale, and Centre d'Exploration et de Recherche Médicale par Emission de Positons, 151 cours Albert Thomas, F-69424 Lyon cedex 03; ¹UMR CNRS: Mouvement et Perception, Université de la Méditerranée, Faculté des Sciences du Sport, Marseille, France

^{CA}Corresponding Author

Received 2 August 1999; accepted 20 October 1999



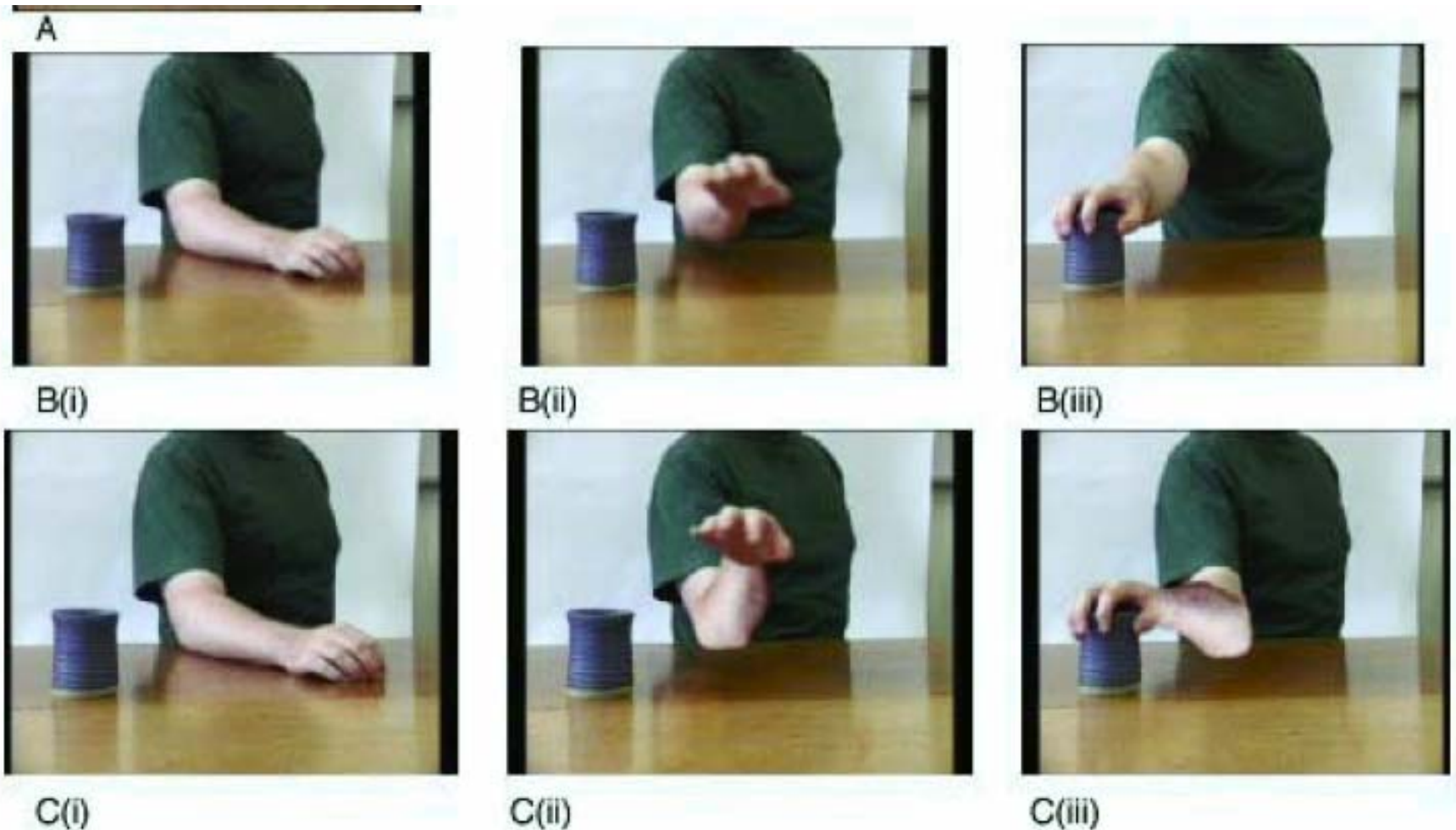
550 – 750 ms



La résonance motrice : comprendre les actions d'autrui ?

**Les neurones miroirs ne s'activent que pour des mouvements biologiquement possibles, l'action doit respecter les contraintes bio mécaniques imposées par notre squelette, nos articulations..
(Stevens et al. 2000).**

Capacités motrices et les capacités perceptives sont liées au cours du développement



Singer et al., 2004

« Avec la découverte des neurones miroirs, les neurosciences commencent à comprendre ce que le théâtre savait depuis toujours ». (Peter Brook).

Les neurones miroirs conclusion



Comment comprend-on les émotions des autres ?

- Le monde social dans lequel notre espèce évolue suppose la capacité de comprendre les états mentaux et émotionnels des congénères : interpréter correctement les messages émotionnels véhiculés par les gestes d'autrui nous permet de prédire ses intentions d'action sur nous-mêmes ou sur le monde.
- De nombreuses études en psychologie et en neurosciences suggèrent que cette compréhension repose sur des processus cognitifs et neuronaux recrutant ses propres états mentaux et émotions. (on parle de représentations partagées)

L'imagerie Cérébrale

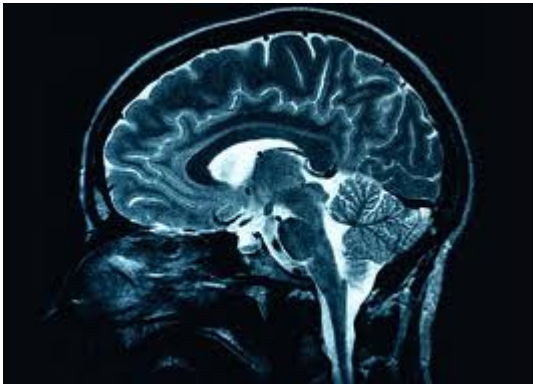
Quelle sont les traits mentaux qui distinguent l'homme de l'animal ?

Comment définiriez vous la conscience ?

Exemple: se poser ces question même !

L'homme utilise ses avancées en sciences en technologie et ses modèles théoriques pour s'observer, s'étudier lui-même.

L'IRM - Imagerie à Résonance Magnétique



Le cerveau est constitué essentiellement d'eau.

En mettant le cerveau dans un champ magnétique puissant, on aimante les atomes d'hydrogène de **l'eau** dont le cerveau est constitué (à 80%).

Noyaux aimantés renvoient des ondes avec certaines fréquences.

En analysant finement les fréquences réémises → informations sur les molécules des tissus qui les émettent (*quantité, densité, nature* (par exemple certaines molécules de tissus cancéreux ne renvoient pas les ondes de la même façon que les autres).

Ordinateur trie ces informations en fonction de leur fréquence et de leur origine spatiale et est capable de convertir ces informations en chaque point pour créer une image virtuelle (aux variations de fréquences, il va associer des variations de contraste) des différents tissus du cerveau.

Toujours plus d'avancées technologiques

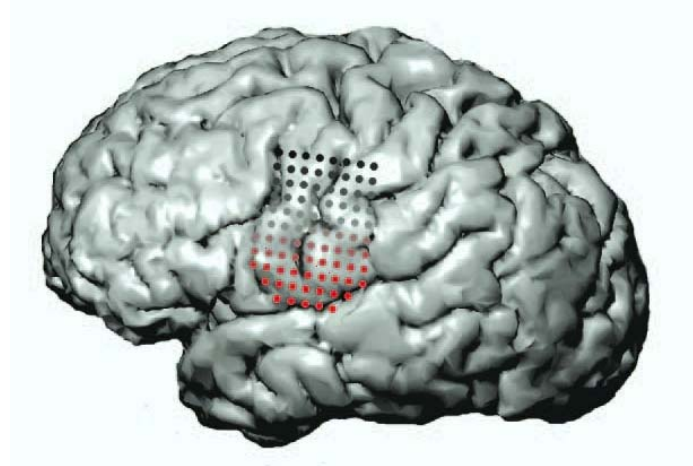
Mise au point de l'imagerie dite *fonctionnelle*

L'IRM → Information sur les tissus du cerveau, image statique, permet de chercher des lésions

l'IRM fonctionnelle → permet de voir le cerveau sain d'un individu en plein fonctionnement.

Comment est-ce possible ?

Wilder Penfield 1891-1976
Neurochirurgien Canadien.

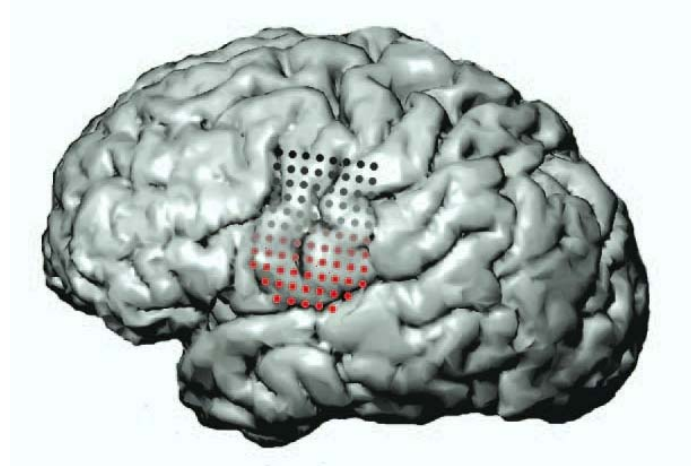


A laissé d'importants travaux sur le cerveau.

A observé (pendant les interventions chirurgicales !) que le cerveau changeait de couleur dans certaines régions spécifiques en fonction de la tâche effectuée.

Pourquoi ce changement de couleur ?

Wilder Penfield 1891-1976
Neurochirurgien Canadien.



A laissé d'importants travaux sur le cerveau.

A observé (pendant les interventions chirurgicales !) que le cerveau changeait de couleur dans certaines régions spécifiques en fonction de la tâche effectuée.

Pourquoi ce changement de couleur ?

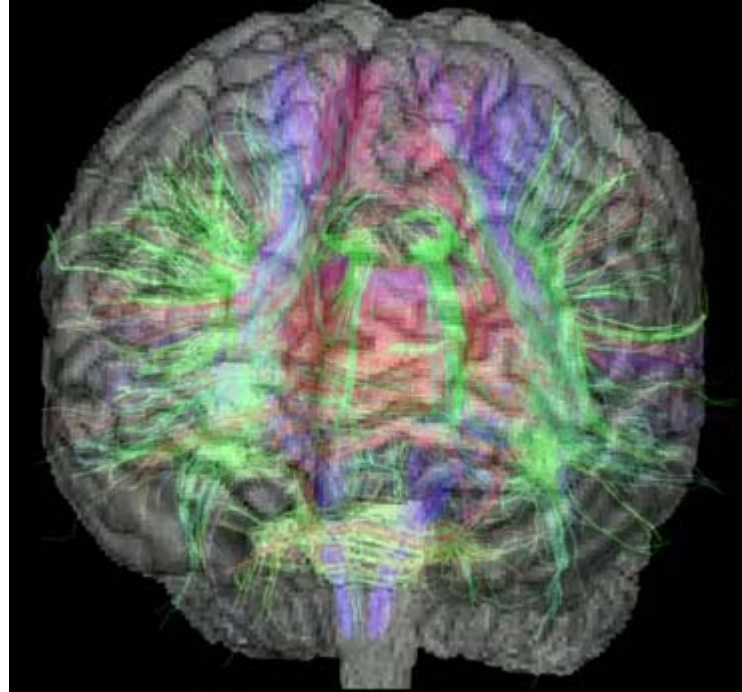
Afflux de sang lorsqu'une région 'travaille'.

exemple : L'arrière du cerveau 's'allume' si tâche visuelle

L'hémoglobine contient du fer qui s'aimante.

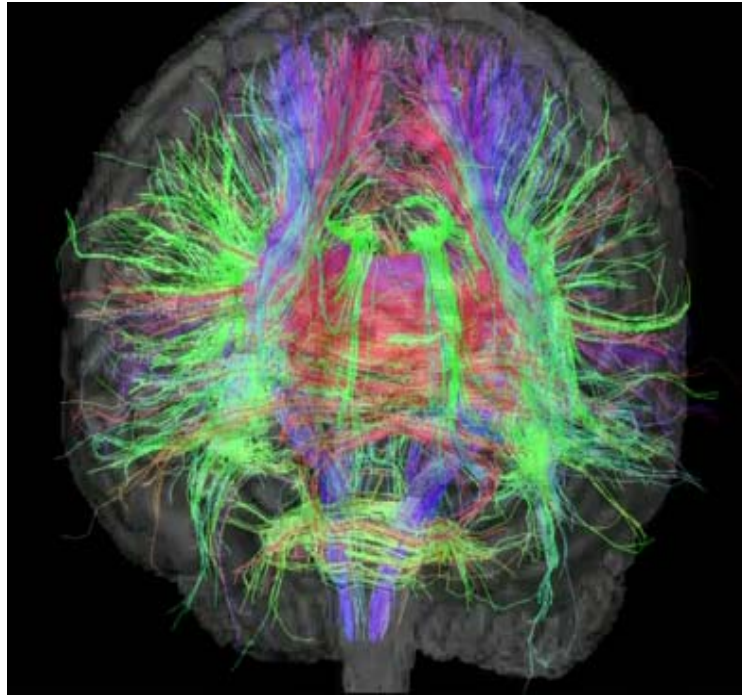
→ IRM Fonctionnelle : observation des variations d'irrigation (d'oxygénation) du cerveau en acquérant en continu des images pendant qu'il effectue une tâche.

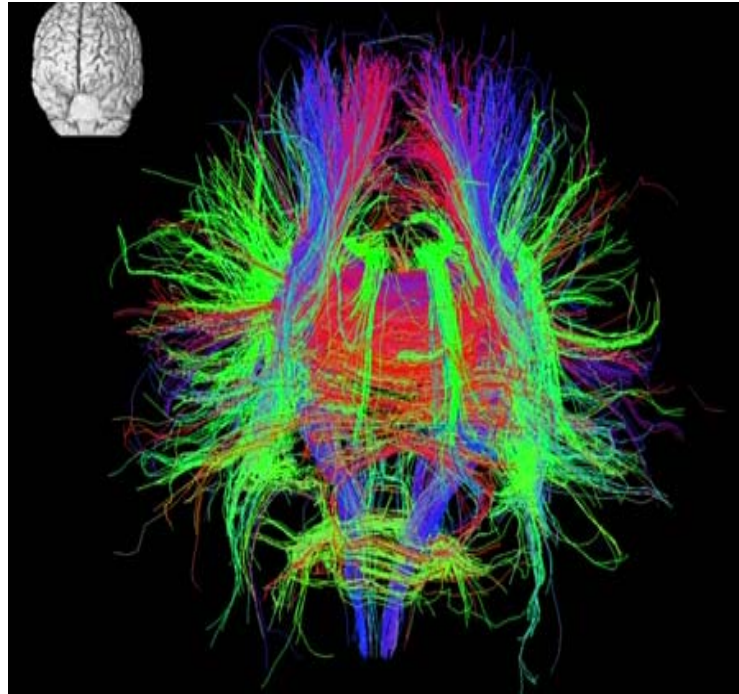
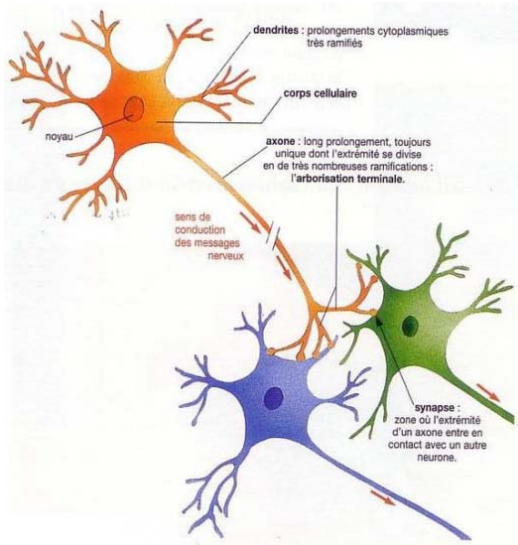
L'imagerie de tenseur de diffusion DTI



Plus profondément dans le cerveau se trouvent les fibres qui constituent les liaisons nerveuses

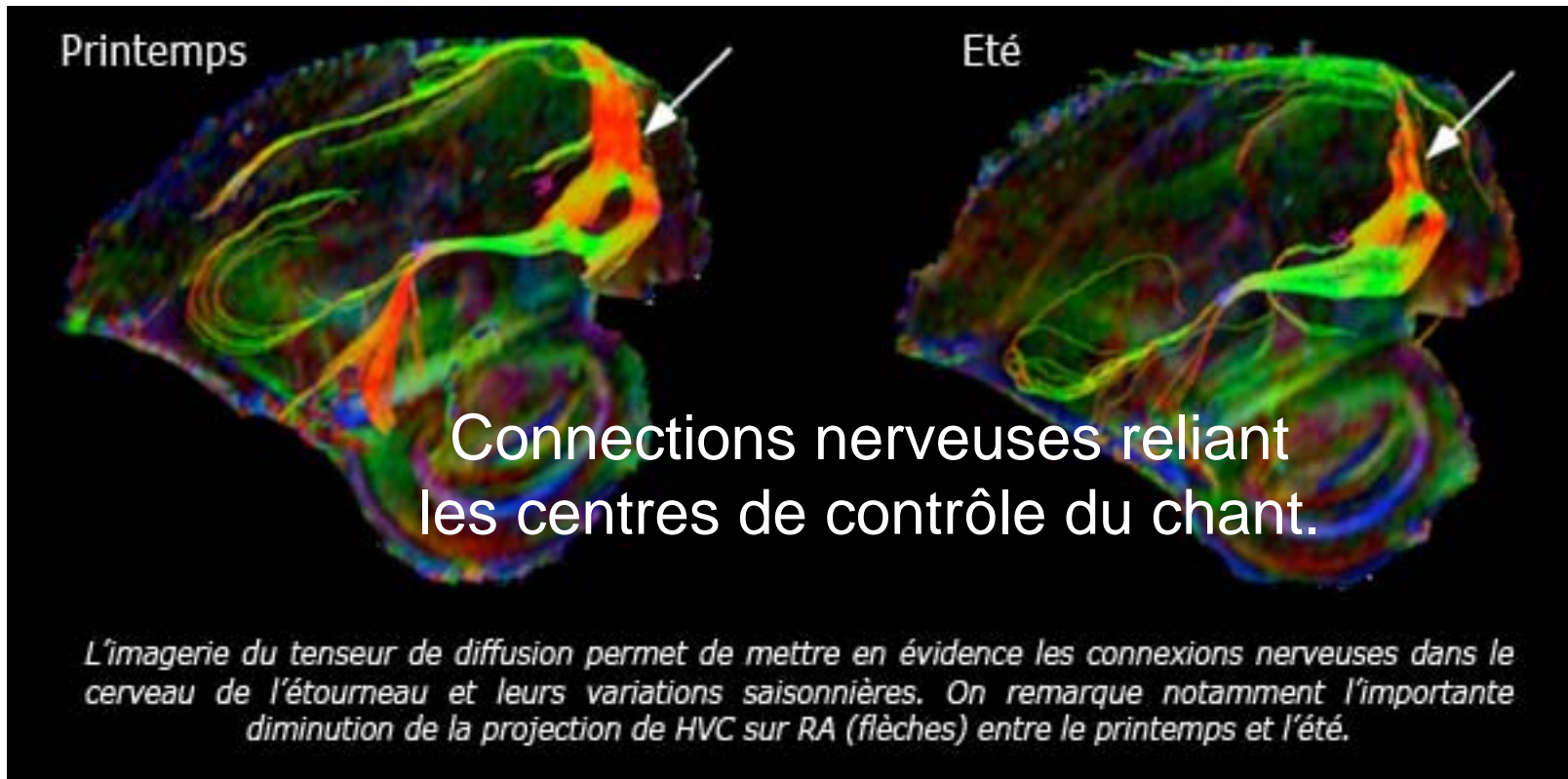
'Réseaux routiers' de la communication nerveuse





Groupes de fibres : axones qui lient le corps de la cellule aux synapses ou terminaisons nerveuses.

-- Codes couleurs donnés par l'ordinateur ayant des significations concernant la direction de l'influx nerveux.



G. De Groof, M. Verhoye, V. Van Meir, J. Balthazart et A. Van der Linden,
Seasonal rewiring of the songbird brain : an in vivo MRI study,
European Journal of Neuroscience, 2008

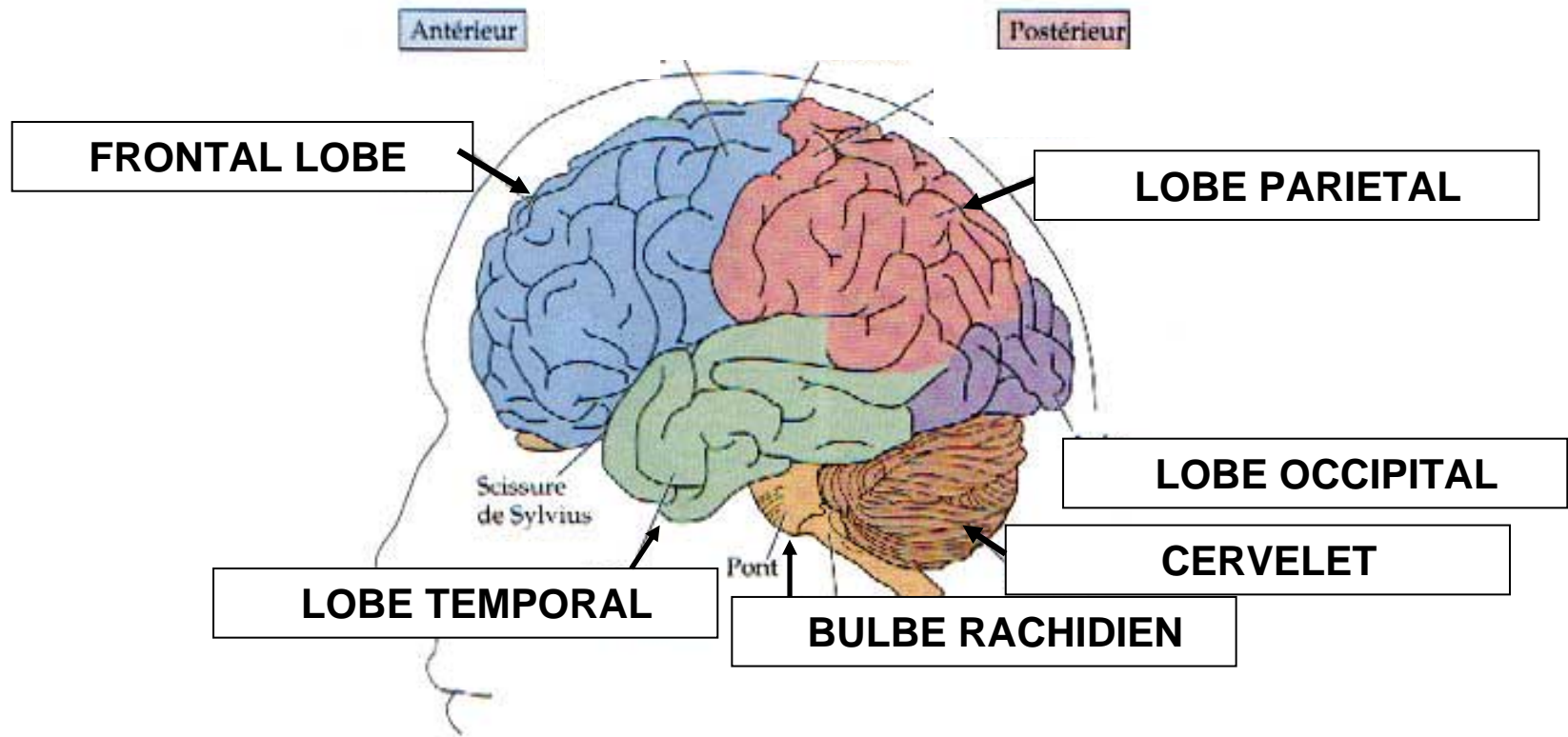
Comment exploiter ces outils d'imagerie pour étudier le cerveau ?

Patients ayant une petite partie du cerveau endommagée

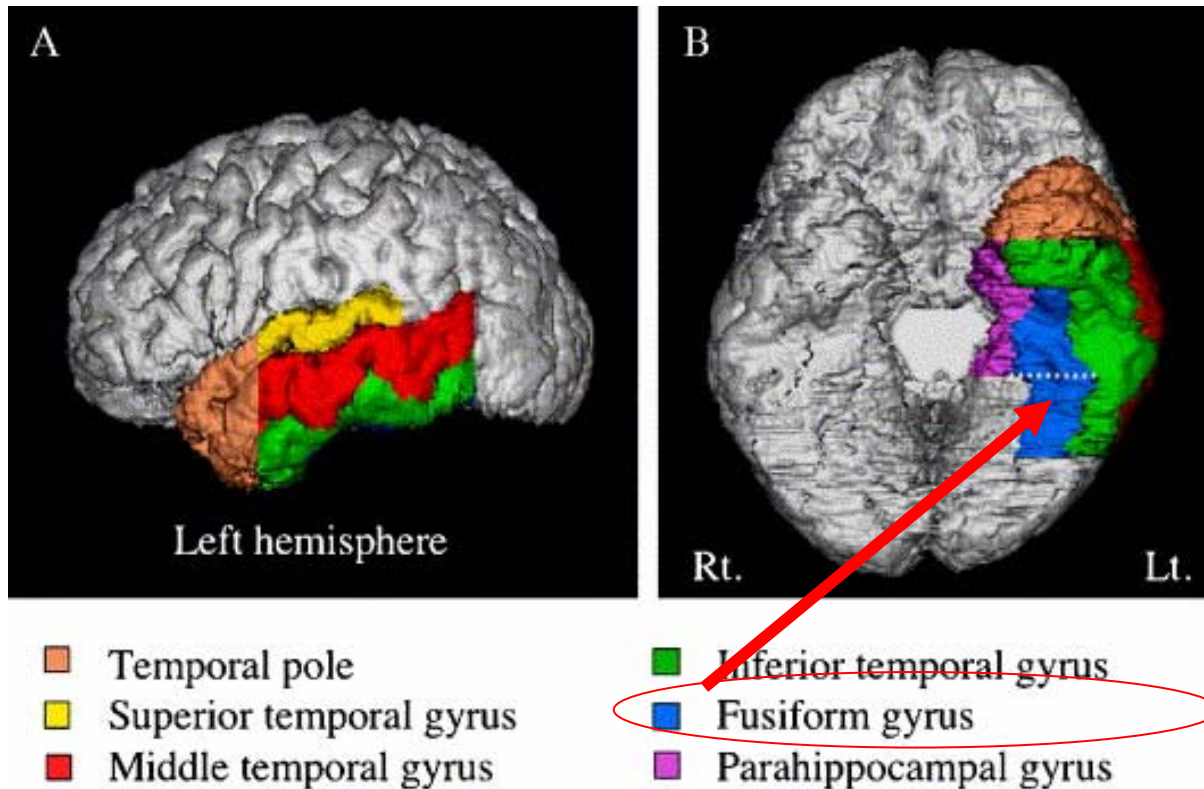
- Lésion → perte de fonction sélective *et* préservation des autres fonction cognitives
- Déduction : association région / fonction

Attention !! aux raccourcis concernant le lien région / fonction
-- Certaines lésions agissent à distance

Rappel de l'organisation en lobes du cerveau

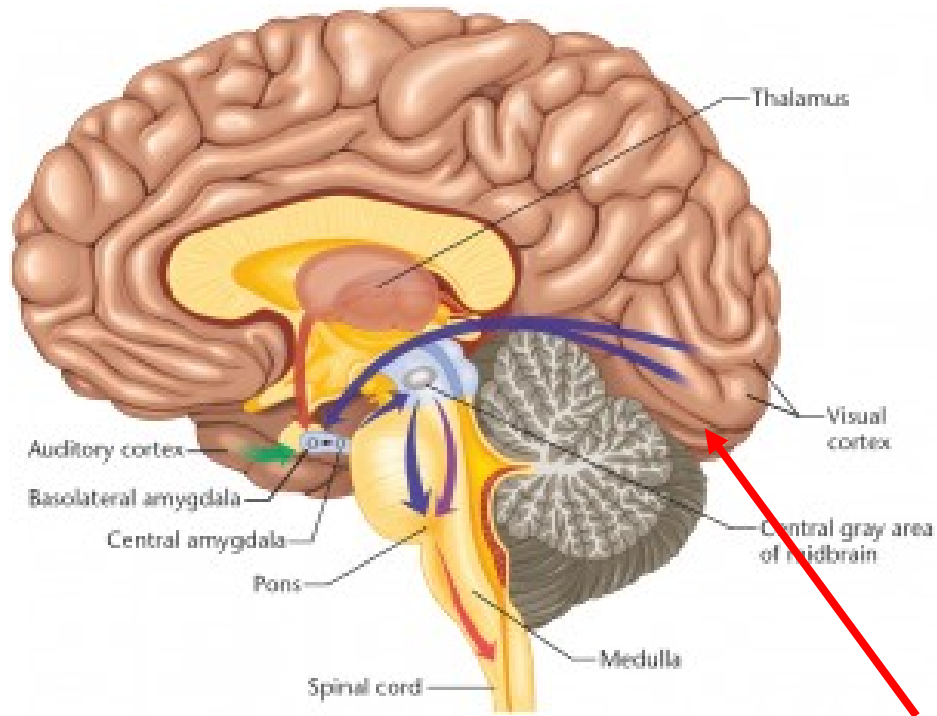


Le Syndrome de Capgras

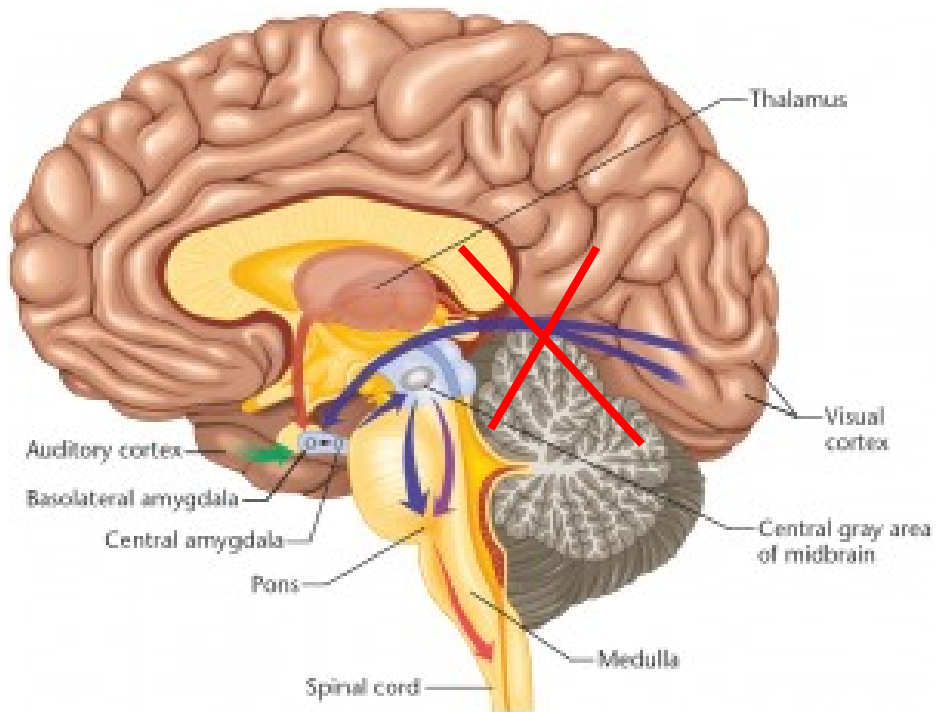


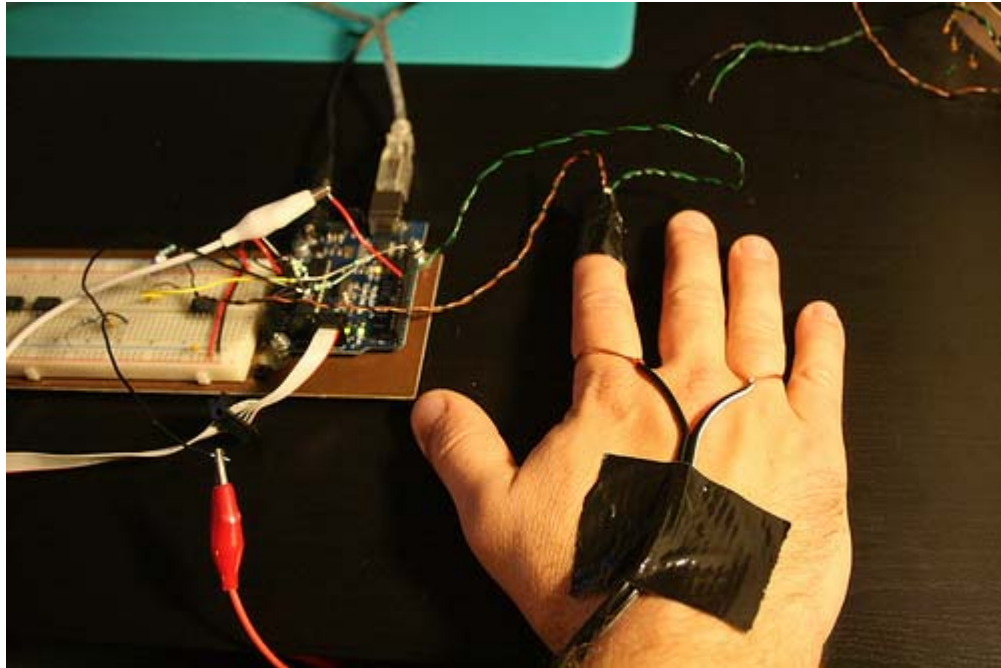
Région spécialisée dans le traitement et la reconnaissance des visage.

Circuits de la reconnaissance du visage



Circuits de la reconnaissance du visage





Systeme d'electrodes pour pulsations cardiaques et
reponse galvanique cutanee.

(Biometric social interaction system)









Réponse galvanique aux visages familiers pour syndrome de l'illusion de Capgas ?

Chaises, tables, parapluies ?

-- Réponse galvanique nulle.

Photo mère ?

-- Réponse galvanique nulle **aussi !**

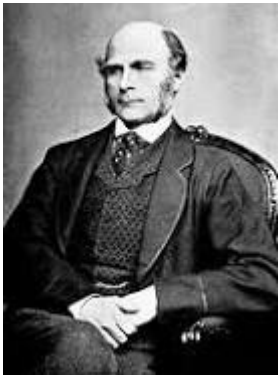
pas de réponse émotionnelle car le lien qui lie la vision au centre des émotions est rompu. La vision est normale, le centre des émotions est intact (il peut rire/pleurer..).

Remarque : au téléphone, le patient reconnaît bien sa mère.

-- Lien entre le centre visuel et émotif différent du lien entre le centre auditif et émotif.

La synesthésie

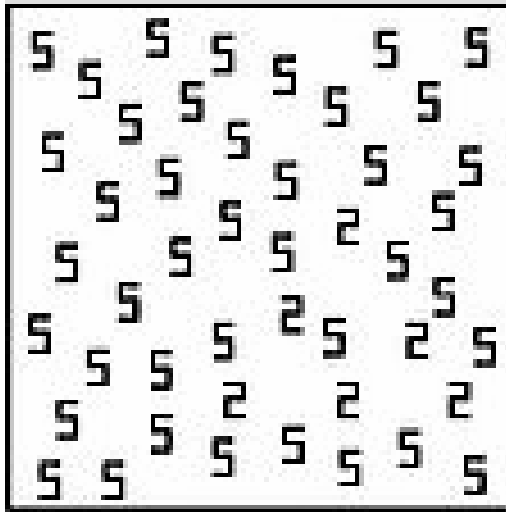
Synesthésie : rencontre / carrefour des sens.



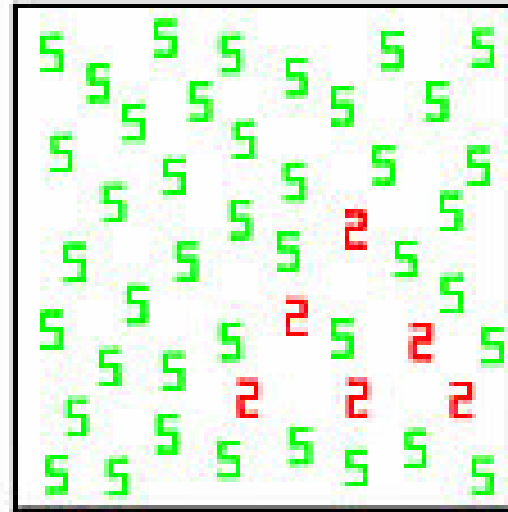
Francis Galton, 1822 – 1911

Homme de science britannique, anthropologue, explorateur, géographe, statisticien, fondateur de l'eugénisme.

La synesthésie



Non synesthètes



synesthètes

Certaines perceptions, couleur, notes de musique, chiffres, sont **distinctes** pour nous. Certaines personnes, par ailleurs normales, présentent une particularité perceptive, ils 'associent' ces sens, les font se correspondre se superposer.

Que sait-on sur ce phénomène particulier ?

- La synesthésie se transmet génétiquement.
- La synesthésie est huit fois plus fréquente parmi les poètes et les artistes, les écrivains que chez les 'tout venants'.

Pourquoi ?

Existe-t-il une explication rationnelle ?

Quel lien entre la synesthésie et la créativité ?

Au départ dans le cerveau du nourrisson, il existe d'innombrables connexions, on peut dire pour simplifier : tout est connecté à tout.

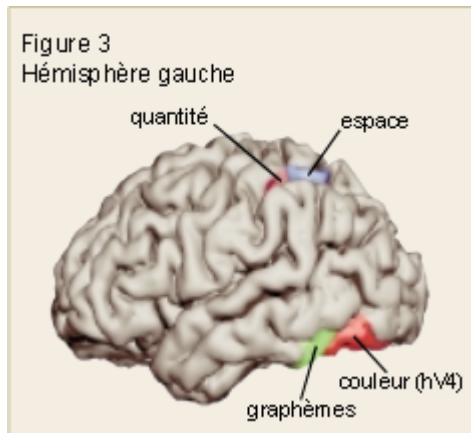
Ces connexions vont être progressivement élaguées, et ne vont subsister que les connexions 'utiles'.

Elagage neuronal

- Progressif , crée des groupes de neurones liés (modules)
- S'appuie sur un programme **génétique**.

L'hypothèse

Elagage inférieur à la norme chez synesthètes (mutation génétique)
Il subsiste des liaisons neuronales entre des régions adjacentes, qui, chez la majorité sont séparées.



Par exemple, les régions cérébrales traitant les couleurs et les nombres sont adjacentes.

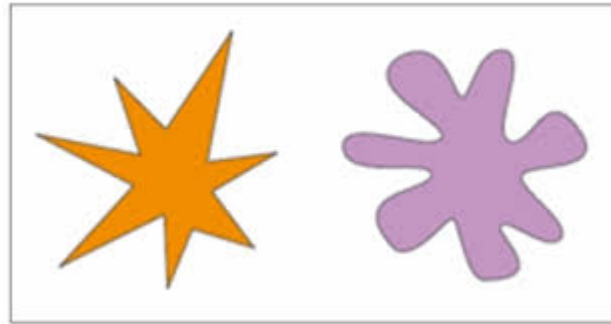
Artistes, écrivains, poètes, qu'ont-ils en commun ?

La possibilité de jouer admirablement avec les ***métaphores.***

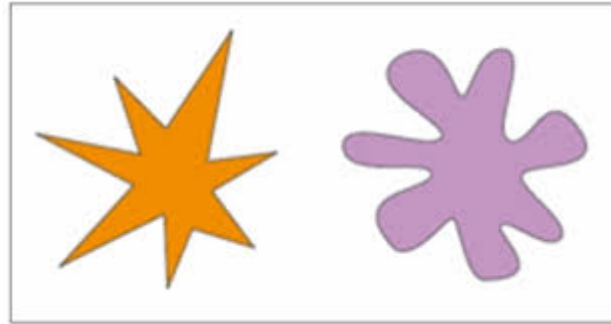
Rapprocher / substituer des idées, des concepts qui nous apparaissent éloignés.

***Je suis un vieux boudoir plein de roses fanées
(Baudelaire)***

Synesthète moi ?



Synesthète moi ?



KIKI

BOUBA

Forme angulaire KIKI - Forme ronde Bouba

- la forme de l'excitation nerveuse visuelle (image/ rétine) et auditive (vibration cellules ciliées) sont associées*
- Le cerveau est capable d'extraire le dénominateur commun. C'est une forme primitive d'abstraction : il existe un format de représentation pour chacune et il est 'généralisé'.*