



Physiologie des fonctions cognitives

Paul Sauleau
Service des Explorations Fonctionnelles Neurologiques

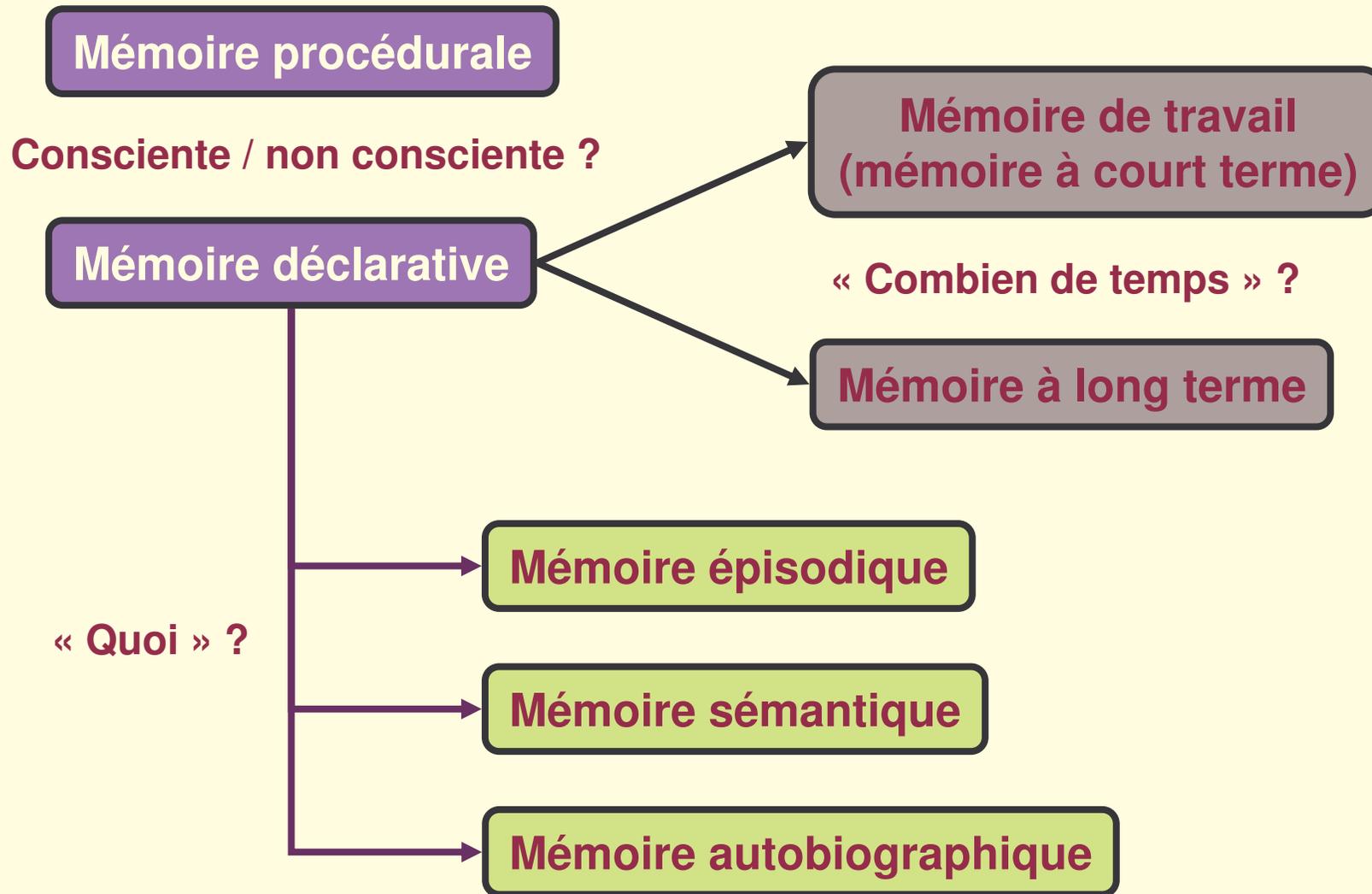
Les principales fonctions cognitives

- **Les mémoires et l'apprentissage**
- **Les fonctions instrumentales**
 - **Le langage**
 - Les praxies
 - Les gnosies
 - Les fonctions visuo-spatiales
- **Les fonctions exécutives et attentionnelles**
- **Les fonctions de jugement et de raisonnement**

Processus de mémoire

- **La mémoire est le produit de 4 types distincts de processus**
- **L'encodage**
 - Réfère aux processus par lesquels une information nouvelle est mémorisée
- **La consolidation**
 - Réfère aux processus qui modifient l'information nouvellement emmagasinée afin de la rendre plus stable pour la stocker à long-terme
- **Le stockage**
 - Réfère aux mécanismes par lesquels la mémoire est conservée dans le temps
- **Le rappel**
 - Réfère aux processus qui permettent de rappeler et d'utiliser l'information stockée
- **Implication de différents processus et différentes structures en fonction de la nature de l'information et des conditions d'utilisation de cette information**

Différentes classifications des mémoires



I. Mémoire procédurale (ou non déclarative)

- **S'exprime dans l'activité, les comportements (procédures)**
- **« Habilités » ou « savoir-faire »**
- **Réfère à diverses habiletés perceptuelles, motrices, cognitives**
 - Faire du vélo
 - Tricoter
 - Conduire une voiture...
- **Non accessible à la conscience (pas de rappel conscient et intentionnel lors des tests)**
 - On peut ne pas se rappeler quand on a fait du vélo pour la 1^e fois (mémoire déclarative) mais le cerveau a retenu comment on en fait (mémoire procédurale)

Structures impliquées dans la mémoire procédurale

- **Striatum et noyaux gris centraux** (pour les habiletés motrices acquises, ex : savoir faire du piano)
- **Cervelet** (pour la musculature squelettique, ex : savoir faire du ski)
- **Amygdale** (pour les réponses émotionnelles, ex : avoir peur des requins)

Le lobe temporal médian n'est pas impliqué

II. Mémoire déclarative

- **Informations facilement verbalisables et accessibles à la conscience (rappel intentionnel lors des tests)**
- **Dissociée en mémoire de travail (mémoire à court terme) et mémoire à long terme**

II.1. Mémoire de travail (mémoire à court terme)

- **Système à capacité limitée dédié au stockage temporaire et à la manipulation des informations (compréhension, raisonnement...)**
 - Exemple: numéro de téléphone
- **Mémoire de l'ordre de quelques secondes à quelques heures et relativement labile**
- **Sensible aux événements perturbateurs**
- **Peut traiter des infos stockées dans la mémoire à long terme (mise à disponibilité)**

Mémoire de travail

- **Stockage et manipulation simultanée de l'info**

- **Empan envers**

- 6 9 2

- 2 9 6

- **Alpha Span**

- Restitution de mots dans l'ordre alphabétique

- **Double tâche**

- **Tâche de Brown-Peterson**

- B K F

- Tâche interférente (répétition inverse 6-1; 4-9...) pdt 5-10 ou 20 sec

- Restitution: « Quelles étaient les 3 lettres ? »

Consolidation mnésique

- Processus par lequel les informations initialement traitées par un processus de stockage à court terme peuvent être **progressivement transformées en une forme plus permanente de mémoire** (mémoire à long terme)
- Toutes les informations ne font pas l'objet d'un stockage à long terme
 - Qu'avez vous mangé hier soir ?
 - Qu'avez vous mangé jeudi dernier à midi ?
- **La mémoire à court terme n'est pas un intermédiaire obligatoire pour la mémoire à long terme:** la consolidation mnésique ne nécessite pas absolument un passage par la mémoire à court terme

II.2. Mémoires à long terme

- **Mémoire durable** : souvenirs dont on peut se rappeler des jours voire des années après leur acquisition (ex : les souvenirs de l'enfance)
- **Mémoire de grande capacité**
- **Dissociable en**
 - a. Mémoire épisodique
 - b. Mémoire sémantique
 - b. Mémoire autobiographique

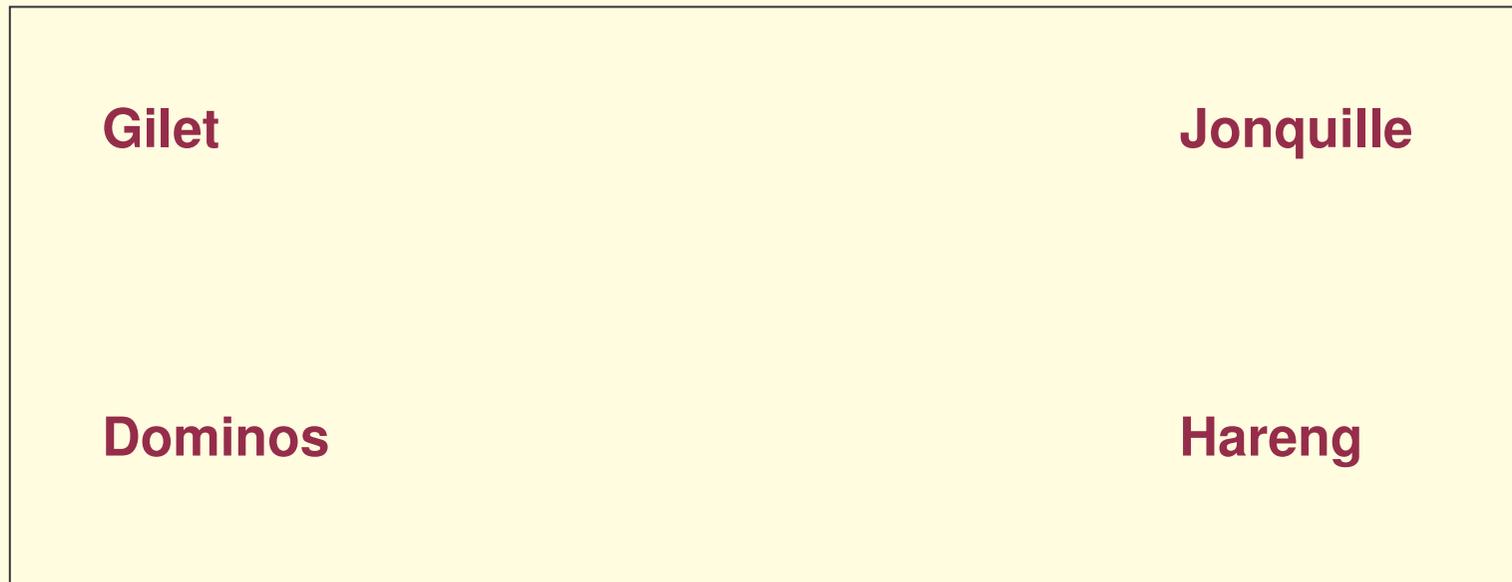
II.2.a. Mémoire épisodique

- **Mémoire des faits personnellement vécus**
- **Connaissance unique à chaque individu**
- **Dépendante d'un contexte temporo-spatial**
- **Récupération consciente**
 - « j'ai mangé des fraises au restaurant hier soir »
 - « j'ai fait du bateau ce week-end »
- **Sous tendue par des processus frontaux**

Evaluation de la mémoire épisodique

- **Paradigme couramment utilisé = apprentissage d'une liste de mots**
- **Ex: test de GROBER & BUSCHKE**
- **16 mots de 16 catégories sémantiques différentes à mémoriser**
- **Présentés 4 par 4 sur 4 planches**
- **Evaluation de l'encodage et des modes de récupération de l'information**

Grober et Buschke: *Encodage*



« Quel est le nom du poisson ? »

Rappel libre

- « Rappelez dans n'importe quel ordre tous les mots dont vous vous souvenez parmi ceux que vous venez d'apprendre? »
- Après 2 mn, seuls les mots non rappelés spontanément sont indicés

Rappel indicé

- « Quel était le nom du poisson ? »
 - Hareng
- « Quel était le nom du vêtement ? »
 - Gilet
- « Quel était le nom du jeu ? »
 -
- « Quel était le nom de la fleur ? »
 - jonquille

(jusqu'à 3 essais)

Entre autres...

II.2.b Mémoire sémantique

- **Connaissances culturellement partagées**
- **Affranchies de toute référence spatio-temporelle**
- **Récupération automatique**
 - ✓ *Quelle est la couleur d'une fraise ?*
 - ✓ *Quelle est la capitale de la France ?*
- **Les différentes représentations associées à un objet sont stockées dans diverses régions associatives selon la nature de cet objet (cortex temporal+++)**
- **Traitement du matériel verbal et non verbal**

Evaluation de la mémoire sémantique

➤ Épreuves de dénomination



« C'est un batracien sauteur et nageur de couleur verte ou rousse vivant au bord des mares et des étangs »

« Qu'est-ce que c'est ? »

➤ Catégorisation

Animaux

Végétaux

Outils

Transport

Grenouille

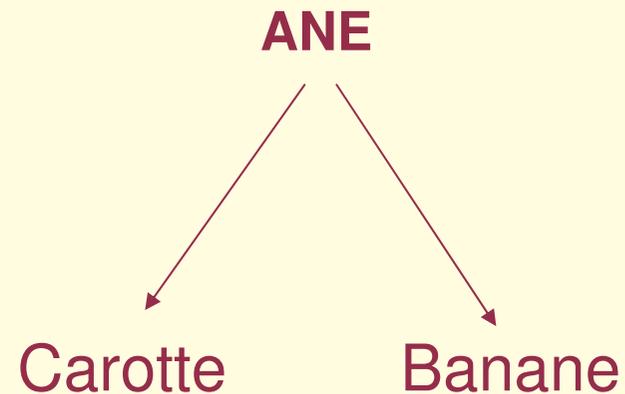


Evaluation de la mémoire sémantique

➤ Vérification d'attributs

- « Le zèbre est un animal domestique
Vrai ou Faux ? »

➤ Appariement sémantique



➤ Entre autres

II.2.c. Mémoire autobiographique

- **Connaissance de son propre passé**
 - **Sémantique personnelle**
Connaissances générales (ex: nom de son lycée)
et évènements répétés (ex: vacances à Saint Malo)
 - **Mémoire épisodique autobiographique**
Événements spécifiques uniques personnellement vécus,
situés dans le temps et l'espace
(ex: événement qui se serait déroulé au lycée)
- **Évaluée cliniquement au cours de l'anamnèse** (parcours scolaire/professionnel, nombre d'enfants, de petits enfants....)

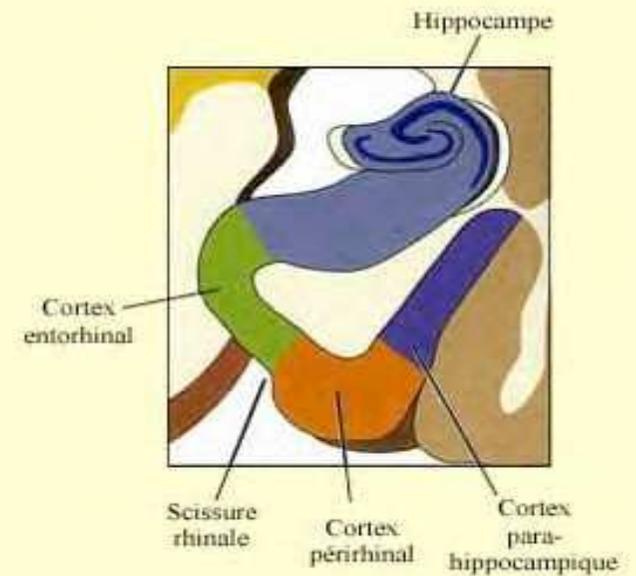
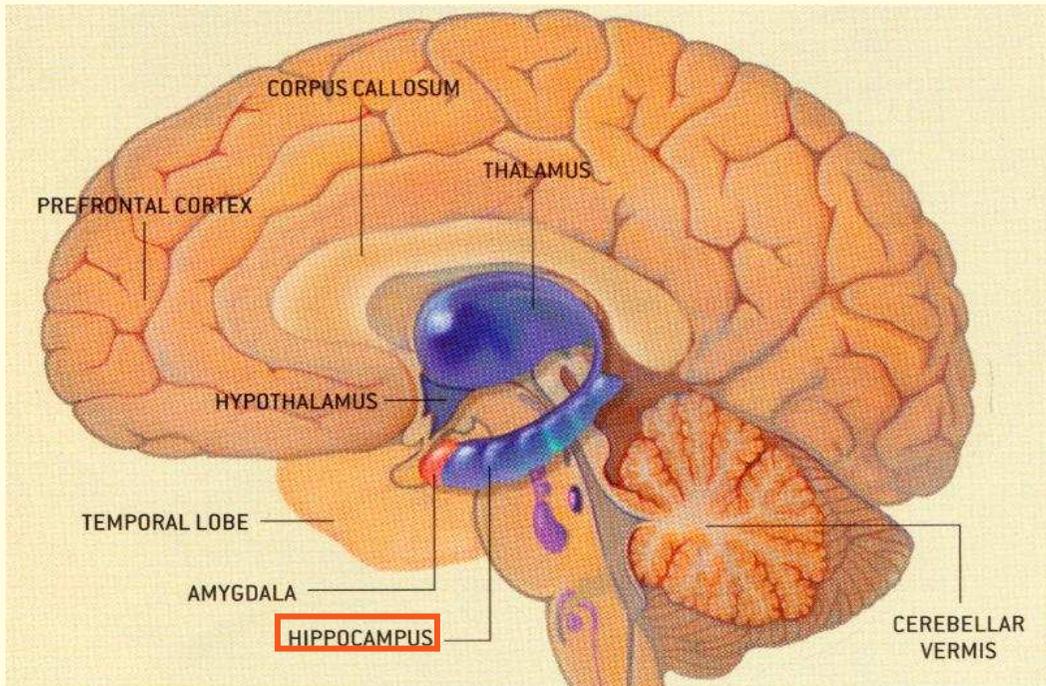
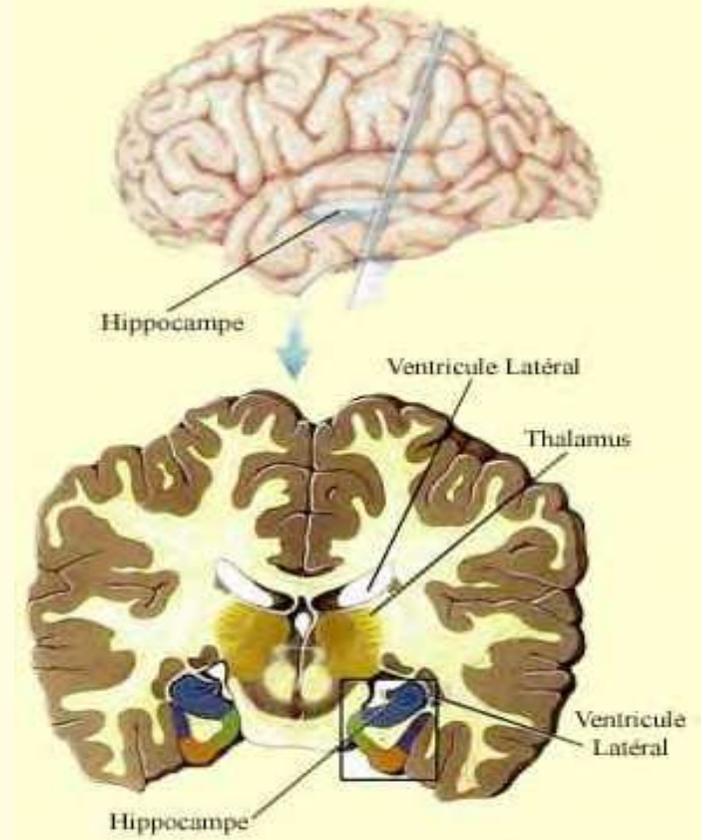
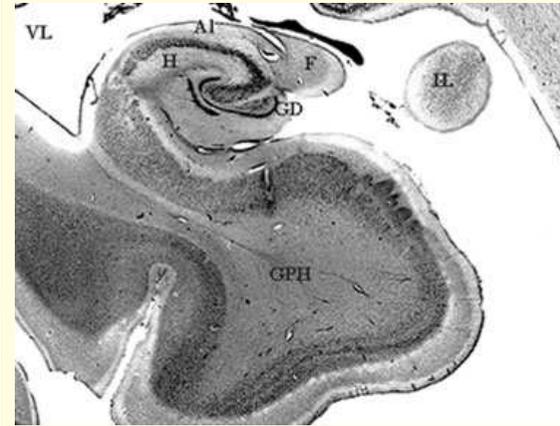
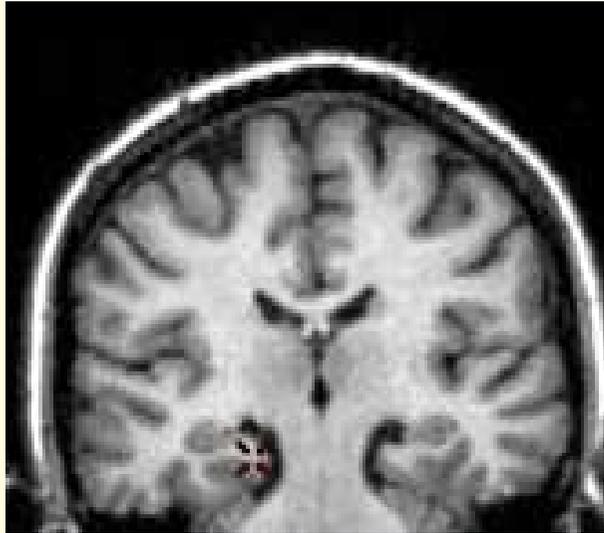
Structures impliquées dans la mémoire déclarative

- **Système de mémoire du lobe temporal médian**
 - Hippocampe +++
 - Cortex entorhinal et périrhinal
 - Cortex parahippocampique

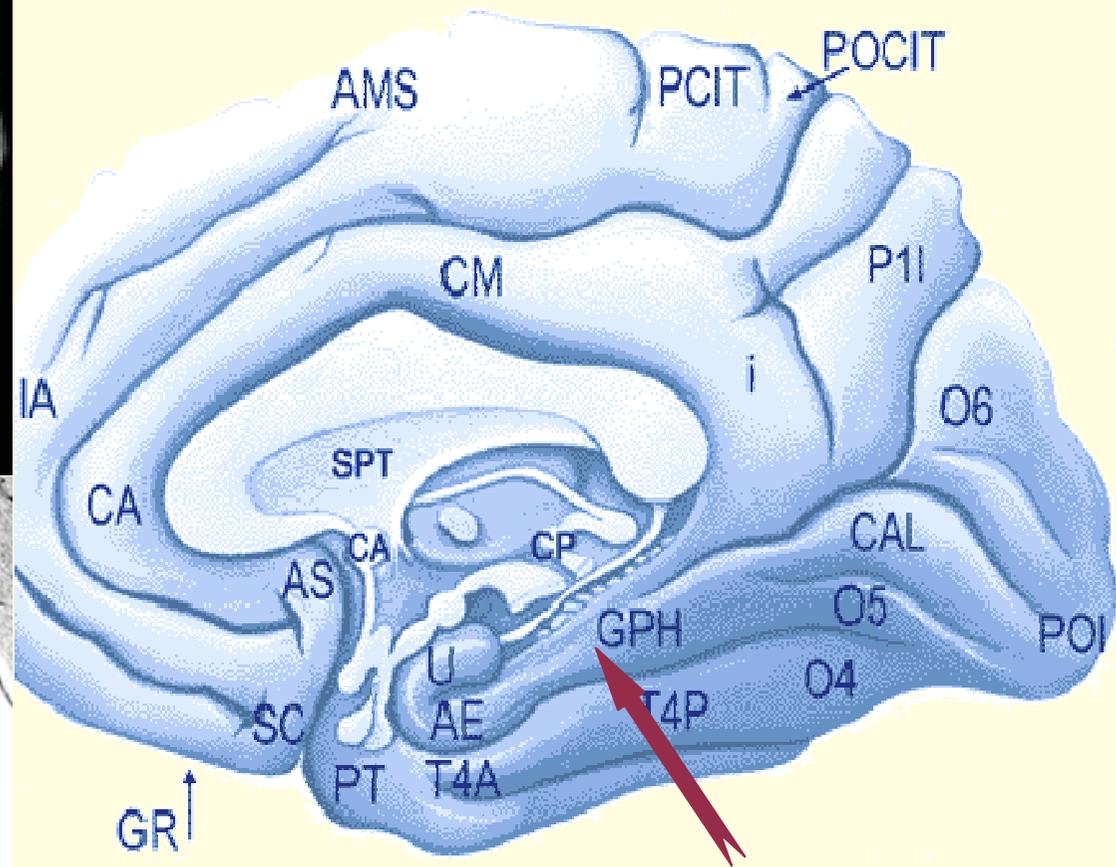
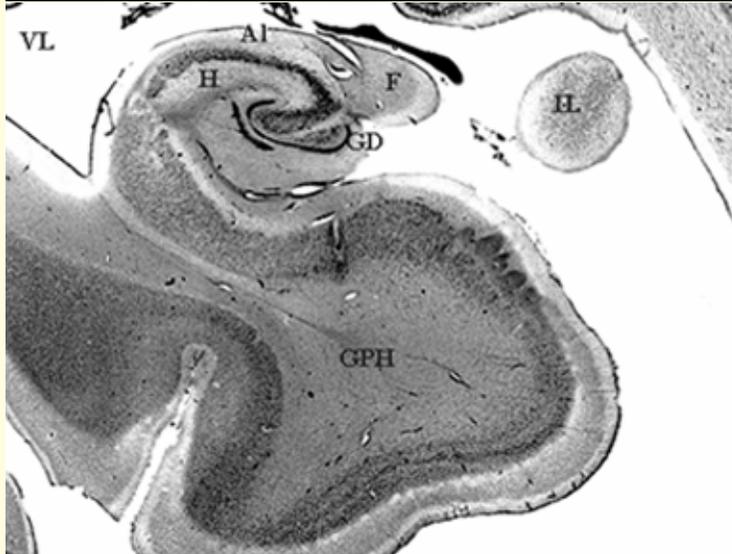
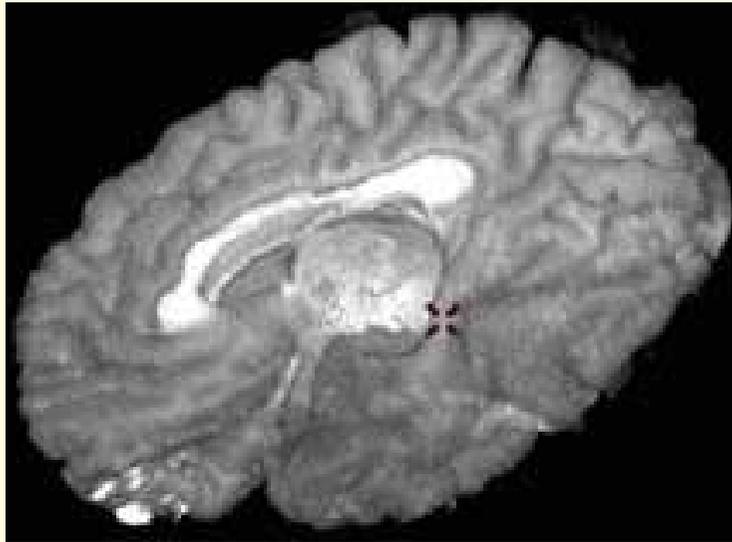
Structures interconnectées par le circuit hippocampo-mamillo-thalamo-cingulaire

- **Noyaux diencephaliques médians**
 - Noyau thalamique médiodorsal +++
- **Différents cortex associatifs**
 - Cortex préfrontal
 - Cortex temporal
 - Cortex pariétal...

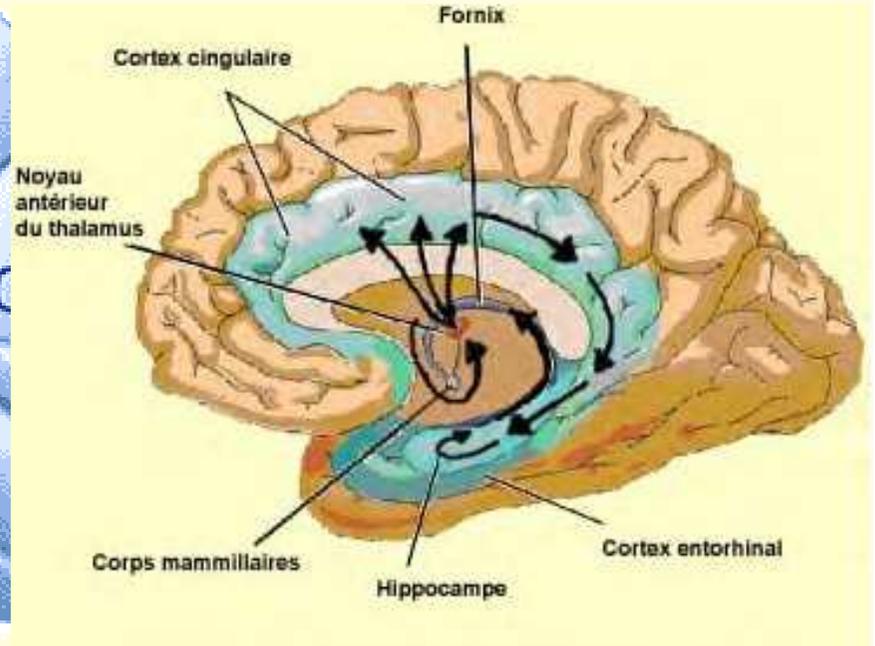
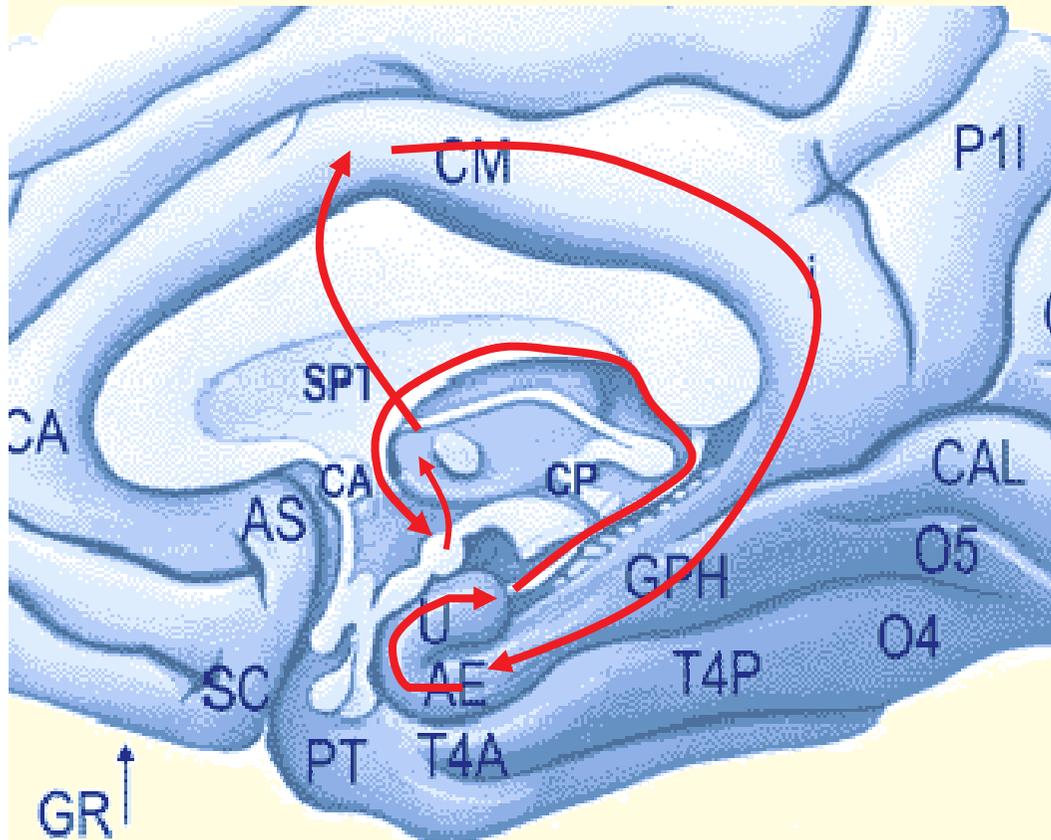
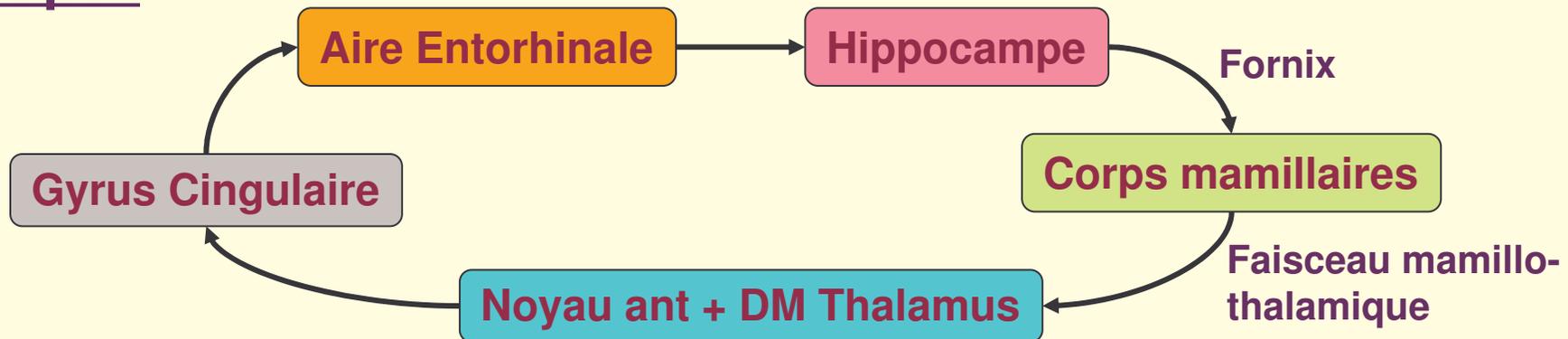
Hippocampe



Gyrus parahippocampique



Circuit hippocampo-mamillo-thalamo-cingulaire / Circuit de Papez



Lobe temporal médian

- **Hippocampe**: aurait pour fonction de combiner l'information provenant de sources multiples et servirait de station temporaire afin de permettre le stockage à long terme
- **Cortex périrhinal**: mémoire visuelle
- **Cortex parahippocampique**: mémoire spatiale

Encodage

- Cortex préfrontal

- Les régions préfrontales activées **dépendent du type de matériel encodé**
- Ex: mots encodés par le cortex préfrontal inférieur gauche et visages non familiers par une région similaire dans l'hémisphère droit

Stockage de l'information à long terme

- S'effectuerait dans les aires néocorticales associatives qui traitent l'information sensorielle et lobe temporal interne
- **Selon la nature de l'information** (formes, visages, information spatiale...)
 - Ex: mémoire sémantique : visages (cortex inférotemporal droit) / objets (cortex occipitotemporal gauche)

Rappel

- Cortex préfrontal

Implications cliniques

- **Lésions frontales**
 - Déficit de l'encodage (et déficit attentionnel)
- **Lésions des structures du lobe temporal médian**
(ex: Maladie d'Alzheimer)
 - Mémoire procédurale préservée, déclarative altérée
- **Lésions des noyaux gris centraux**
(ex: Maladie de parkinson)
 - Mémoire procédurale altérée, déclarative préservée

Hippocampe, amygdale et mémoire

- **Paradigme expérimental** : présentation de diapos à valence émotionnelle + Réponse ElectroDermale (Bechara et al 1995)

Lésions	Résultats
Hippocampe	RED sans souvenirs conscients
Amygdale	Pas de RED mais souvenir conscient de l'expérimentation et des clips
Hippocampe + Amygdale	Pas de RED et pas de souvenirs conscients

- **Souvenirs de la petite enfance : (ex Softy le chat)**
 - Hippocampe non mature : **pas de souvenirs conscients de cette période (amnésie infantile)**
 - Circuits amygdaliens précocement développés : **mémorisation inconsciente des évènements émotionnels**

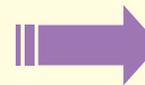
Les fonctions instrumentales

- **Le langage**
 - Instrument de communication reposant sur des sons, des symboles et des gestes
- **Les praxies**
- **Les gnosies**
- **Les fonctions visuo-spatiales**

Les composantes du langage

- **Exemple 1 : lire à haute voix implique**
 - en entrée la compréhension écrite
 - en sortie l'expression orale
- **Exemple 2 : écrire sous dictée requiert**
 - en entrée la compréhension orale
 - en sortie l'expression écrite

Compréhension	Expression
Modalité orale	Modalité écrite



Tests

LANGAGE ORAL

1. Langage spontané
2. Répétition
3. Compréhension orale

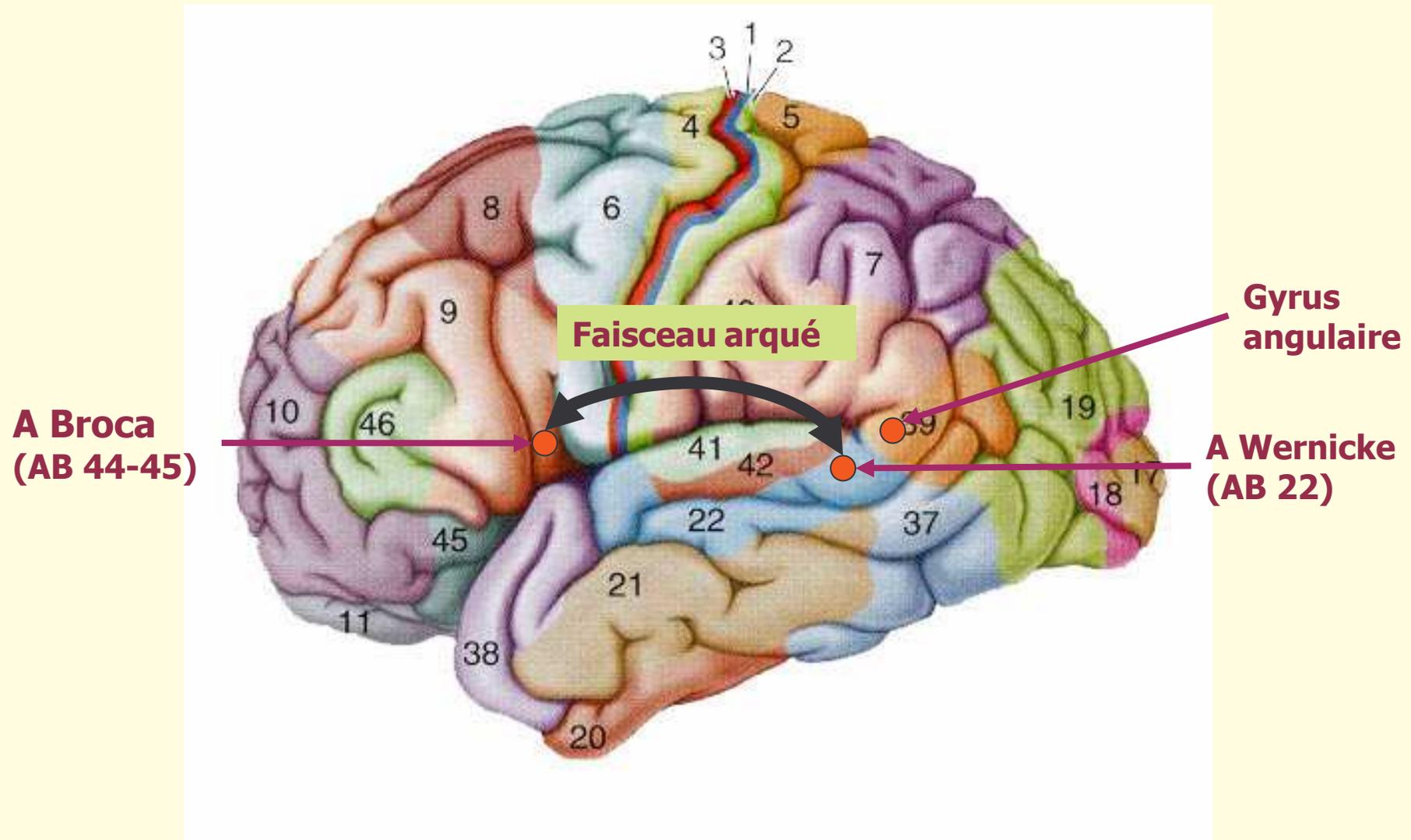
LANGAGE ECRIT

1. Lecture
2. Ecriture

Modèles de description du langage

- Le modèle de Wernicke-Geschwind constitué de
 - l'aire de Broca
 - l'aire de Wernicke
 - le faisceau arqué (reliant ces deux aires)
 - le gyrus angulaire
- **Modèle « simpliste » et erroné sur certains points** mais permettant de comprendre globalement le traitement des informations du langage
- **D'autres modèles plus élaborés existent**

Le modèle de Wernicke-Geschwind



Tâche de répétition des mots

- Les sons des mots parviennent à l'oreille, le système auditif analyse les sons et les envoie au cortex auditif
- Les sons sont décodés et acquièrent un sens au niveau de l'aire de Wernicke
- Le signal décodé est transmis par le faisceau arqué à l'aire de Broca pour que les mots puissent être répétés
- Dans l'aire de Broca, les mots sont codés pour les mouvements des muscles qui conditionnent le langage
- Les ordres sont transmis aux aires corticales motrices qui commandent les lèvres, la langue, le larynx...

Tâche de lecture à haute voix

- **L'information est initialement traitée par le cortex strié et les aires corticales visuelles associatives**
- **Elle transmise au gyrus angulaire, à la jonction des lobes occipital, temporal et pariétal. Le message y serait transformé**
- **Le message serait transmis à l'aire de Wernicke**
- **Où une activité qui correspondrait au langage parlé (et non écrit) serait produite.**
- **A partir de là, le processus est le même que précédemment.**

Remarques sur le modèle de Wernicke-Geschwind

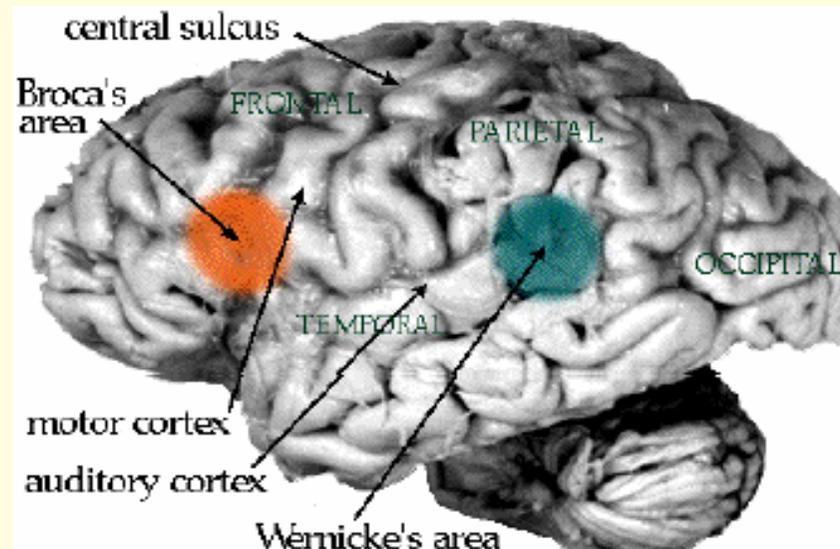
- **La limite des aires de Broca et de Wernicke varie selon les sujets et ces aires participent à d'autres fonctions que le langage**
- **Le langage implique un nombre plus important de structures cérébrales** (cortex avoisinant les aires de Broca et de Wernicke, structures sous-corticales comme le thalamus et le noyau caudé)
- **Les informations visuelles (lecture) ne nécessitent pas de passer par le gyrus angulaire** (transmission directe du cortex visuel à l'aire de Broca)
- **Les tableaux cliniques comportent souvent une expression de symptômes de type Aphasie de Broca ET Aphasie de Wernicke** (ie trouble de l'expression ET trouble de la compréhension)

Aire de Broca (1864)

- Pôle (antérieur) expressif du langage
- Pied de F3
- « Porte de sortie » comportant d'une part la phonation ou articulation verbale, d'autre part l'écriture

Aire de Wernicke (1874)

- Pôle (postérieur) réceptif du langage
- A la surface supérieure du lobe temporal (circonvolution temporale supérieure) entre le cortex auditif et le gyrus angulaire
- « Porte d'entrée » comportant d'une part l'audition et la compréhension du langage parlé, d'autre part la vision et la compréhension du langage écrit



Aphasies

- Le langage est essentiellement étudié au travers de **l'aphasie**: **trouble du langage, acquis, partiel ou complet, secondaire à des lésions cérébrales** (sans altération des autres facultés cognitives ni trouble articulaire)
- Il est plus correct de parler **des aphasies** puisqu'il existe **des altérations d'une fonction spécifique pour différents troubles du langage**
- Les différents types d'aphasie suggèrent que **les processus du langage connaissent plusieurs stades et se déroulent dans plusieurs régions du cerveau à la fois**

Implications cliniques

Aphasie de Broca	Aphasie de Wernicke
<ul style="list-style-type: none">• Pôle expressif du langage• Images motrices des mots• Compréhension conservée• Expression altérée	<ul style="list-style-type: none">• Pôle réceptif• Images auditives des mots• Compréhension altérée• Expression conservée
<p style="text-align: center;">Aphasie de conduction Altération de la transmission de l'info d'une région à l'autre par atteinte du faisceau arqué Compréhension conservée Expression altérée Perturbations des tests de répétition (Transformation et omission de mots)</p>	

Les fonctions exécutives et attentionnelles

Les fonctions exécutives

- **Définition(s) :**

Ensemble des fonctions nécessaires au contrôle et à la réalisation de comportements dirigés vers un but (Dubois, 1994)

Concernent les tâches nouvelles qui requièrent une planification et la programmation de différences séquences mises en œuvre pour atteindre un but (Rabbitt, 1997)

- **Interviennent également dans**
 - recherche consciente en mémoire
 - traitement concomitant de tâches doubles (flexibilité)
 - contrôle des réponses (réponses inappropriées)
 - contrôle des processus inhibiteurs (infos non pertinentes)

Les fonctions exécutives ⇒ un plan d'action

- **Planification** : permet l'agencement temporel et en terme de priorité des différentes étapes nécessaires à la mise en place de la stratégie
- **Stratégie** : permet d'effectuer le choix du ou des moyens les plus appropriés pour parvenir au but donné
- **Maintien de l'attention** : permet le maintien en activation du plan jusqu'à sa réalisation complète
- **Inhibition** : capacité de résister aux interférences et à renoncer à tout comportement inadapté ou automatique
- **Flexibilité mentale** : permet de pouvoir adapter son plan d'action en fonction des exigences de l'environnement

Exemple d'inhibition: le test de STROOP

- Etape 1: lecture

Bleu Vert Rouge Bleu Jaune Vert Vert Bleu Jaune Vert Rouge

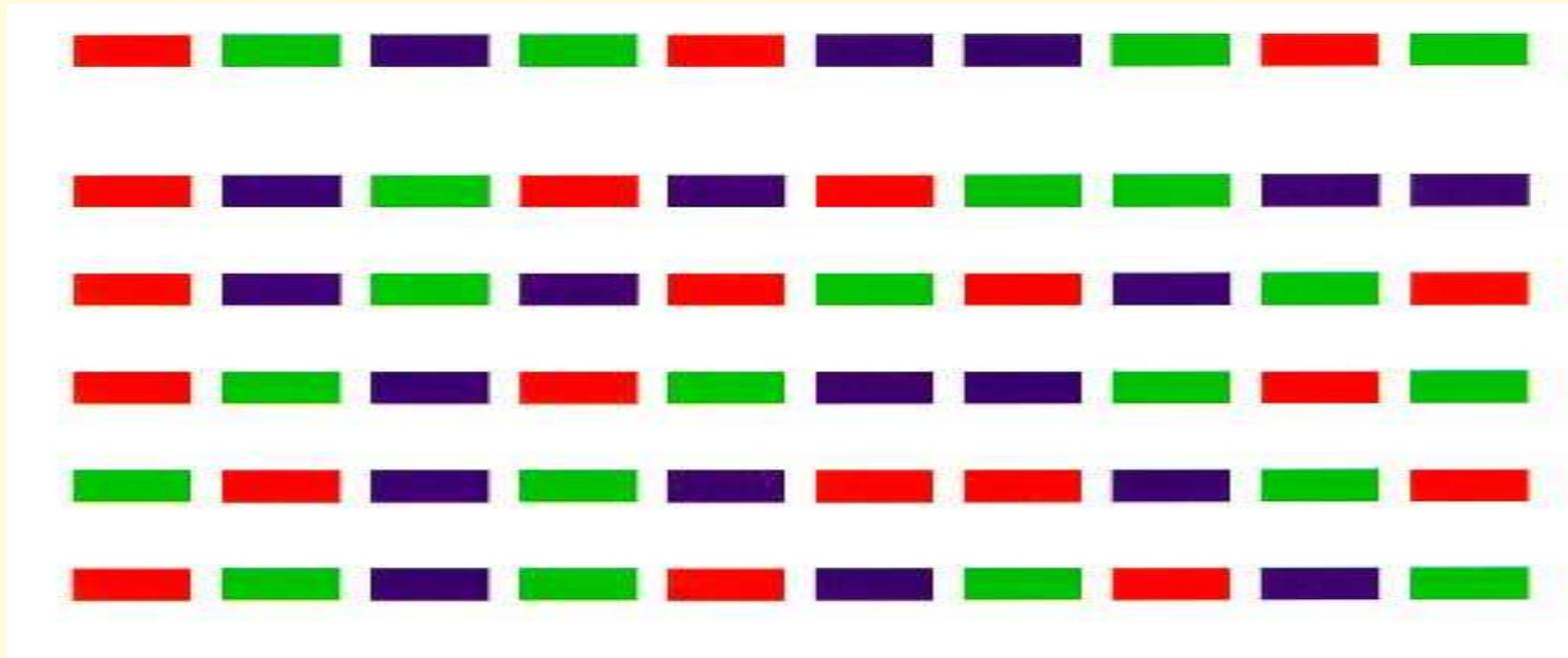
Rouge Jaune Bleu Rouge Jaune Rouge Bleu Jaune Vert Bleu

Bleu Vert Rouge Bleu Jaune Vert Vert Bleu Jaune Vert Rouge

Rouge Jaune Bleu Rouge Jaune Rouge Bleu Jaune Vert Bleu

Exemple d'inhibition: le test de STROOP

- Etape 2: dénomination



Exemple d'inhibition: le test de STROOP

- Etape 3: interférence

ROUGE	VERT	JAUNE	BLEU	VERT
VERT	ROUGE	JAUNE	JAUNE	BLEU
JAUNE	BLEU	ROUGE	BLEU	VERT
VERT	JAUNE	ROUGE	VERT	ROUGE
ROUGE	BLEU	VERT	JAUNE	BLEU

Inhibition d'un processus automatique (lecture)

Pour exprimer une capacité (un peu) moins routinière : nommer une couleur

Autre exemple d'inhibition : test Go-No Go

- **L'examineur tape de la main sur la table une fois, le sujet deux fois**
- **L'examineur tape de la main sur la table deux fois, le sujet une fois**
- **Inhibition du comportement d'imitation gestuelle**

Structures impliquées dans les fonctions exécutives

Lobes frontaux et les boucles vers les noyaux gris centraux	
Circuit dorso-latéral	Circuit orbito-frontal
Stratégie	Flexibilité mentale
Planification	Inhibition
Maintien de l'attention	

Les processus attentionnels

- **Analyse sélective de sources simultanées d'informations**
 - Ex: possibilité de participer à une conversation au sein d'une ambiance sonore importante, de se concentrer sur un objet précis dans une scène visuelle
- L'attention est **associée à un traitement préférentiel de l'information sensorielle** et il existe des **interactions entre les différentes modalités sensorielles**
 - Lorsqu'on parle au téléphone en conduisant, on est moins attentif aux informations visuelles liées à l'environnement routier...

Les processus attentionnels

- Ceci s'explique en partie par le fait que **le cerveau ne peut pas traiter simultanément toutes les informations qui lui parviennent**
- De plus, la **focalisation** des ressources du cerveau sur une **tâche particulière** au détriment des autres informations sensorielles permet **d'accroître les performances** :
 - **L'attention** renforce les capacités de détection d'un stimulus (**optimisation des ressources sensorielles**) et augmente la rapidité des réactions

Structures impliquées dans l'attention

- **Plusieurs aires corticales** sont impliquées dans les processus attentionnels
- Il s'agit en particulier
 - des **aires visuelles impliquées dans le traitement secondaire des informations visuelles** (et non celles intervenant dans les phases précoces du traitement de l'information visuelle)
 - du **cortex pariétal postérieur**