



LYSL15

Neurologie, développement du
langage, pathologie

Christophe Parisse

INSERM – Modyco – Université Paris Ouest Nanterre

Généralités

- Le système nerveux central est composé du cerveau et de la moelle épinière
- Le cerveau est composé du cortex, des aires sous-corticales (thalamus, hypothalamus, cortex limbique, hippocampe), du cervelet
- Il y a deux hémisphères dans le cortex reliés par le corps calleux
 - ▣ Chaque hémisphère est divisé en quatre grandes zones
- Le cortex est plié pour avoir une surface plus grande (gyrus, sulcus). Il est composé de neurones (substance grise) et de cellules gliales (substance blanche, résultat de la myélinisation)

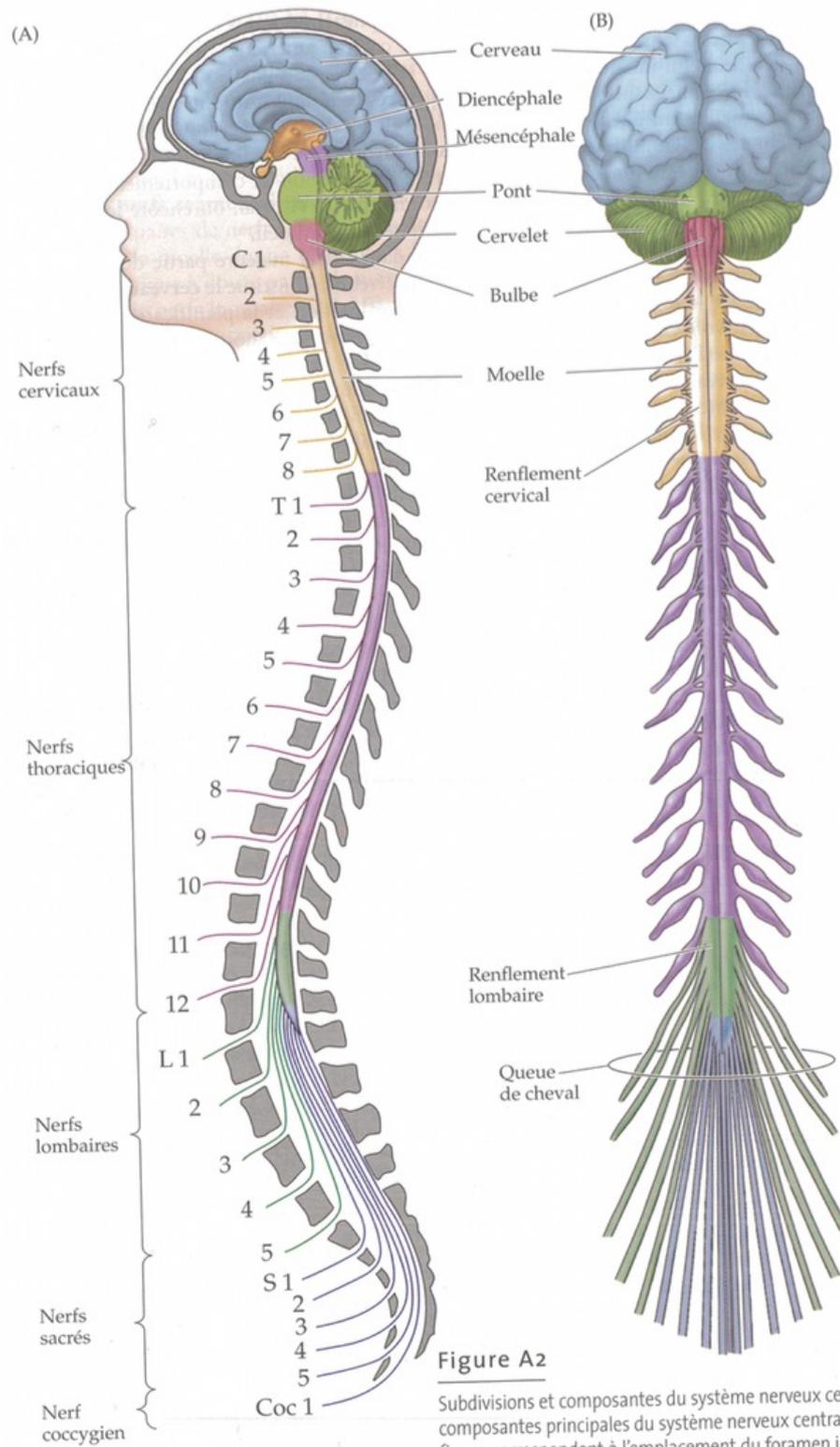
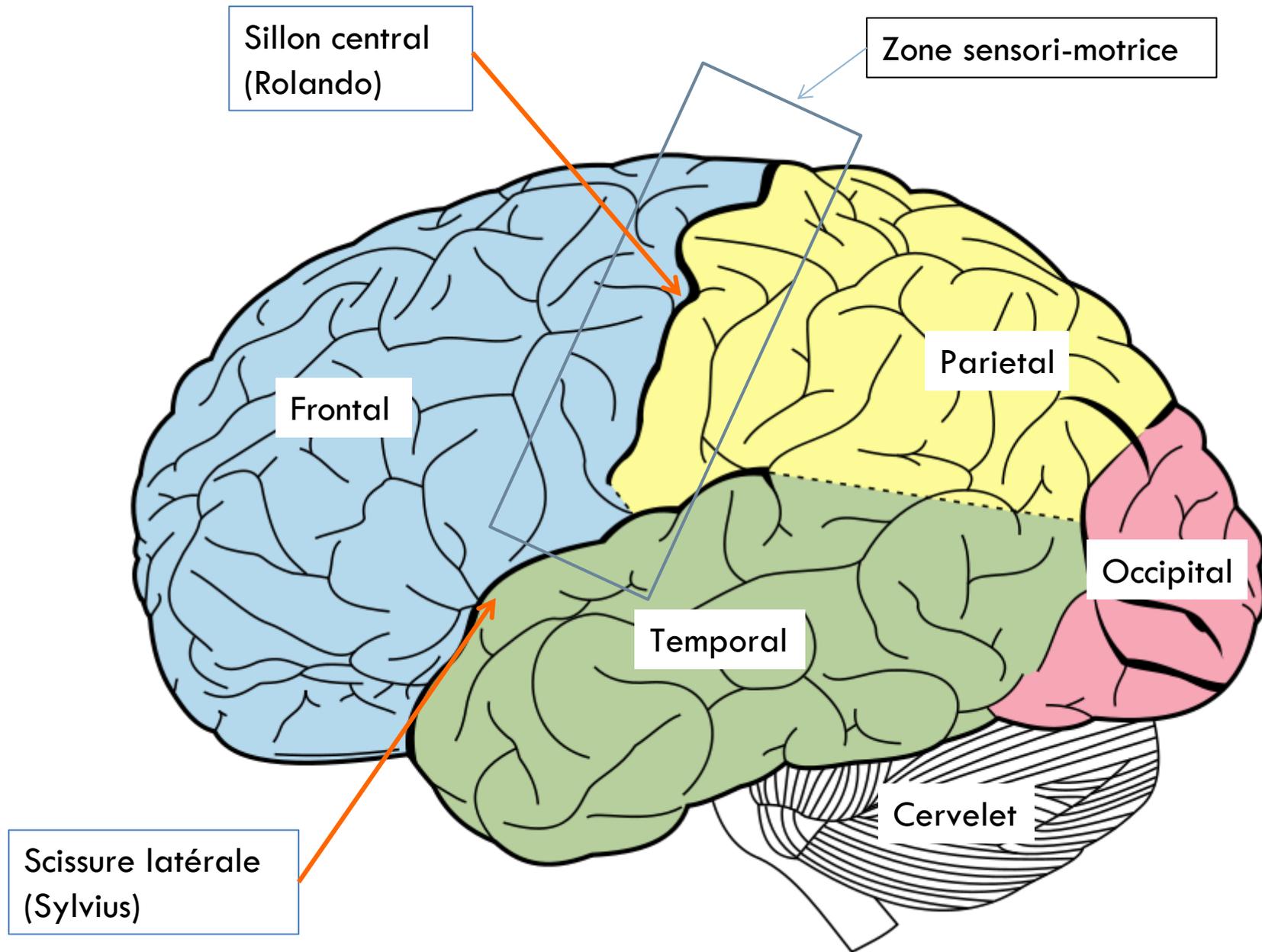
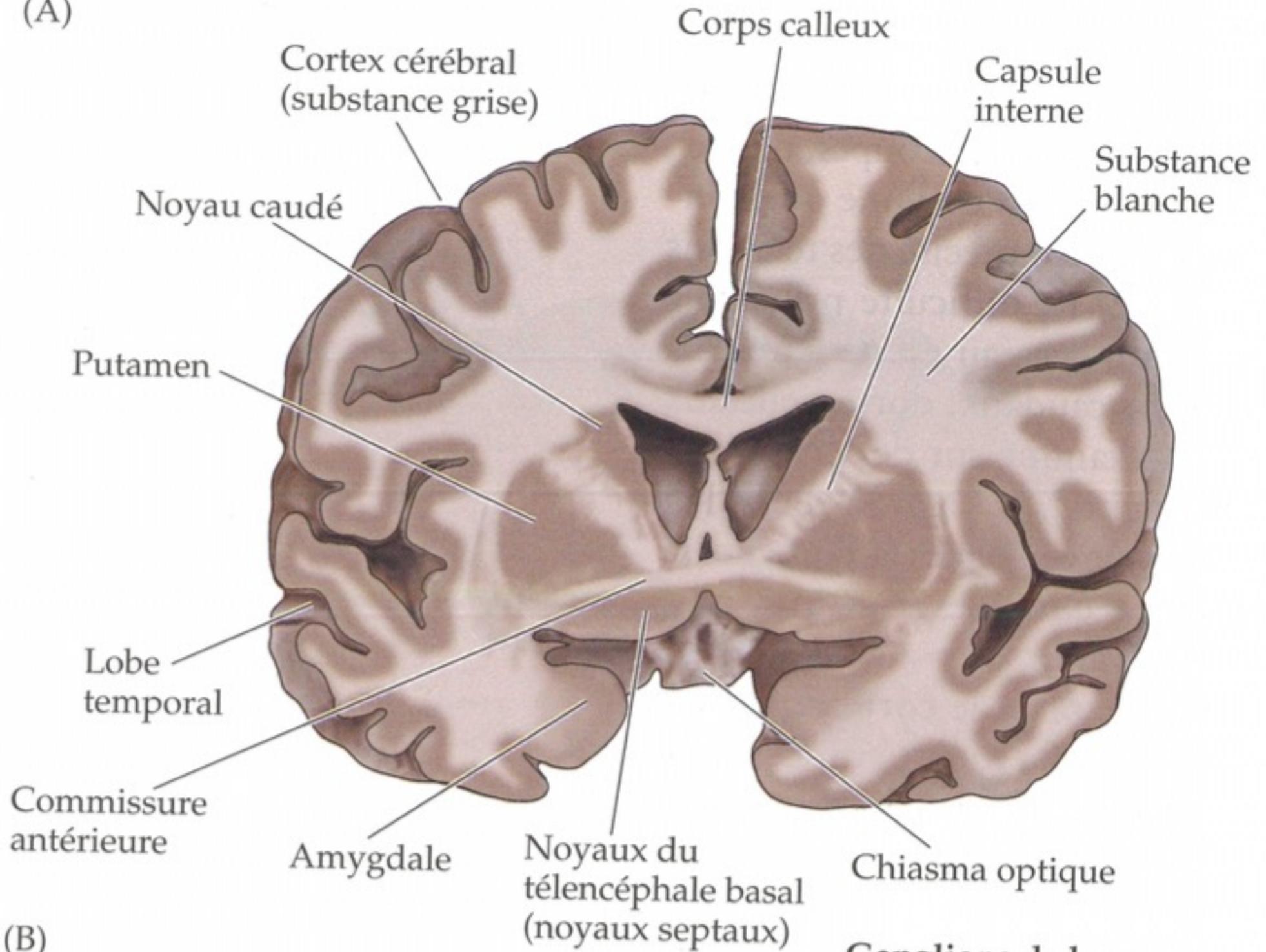


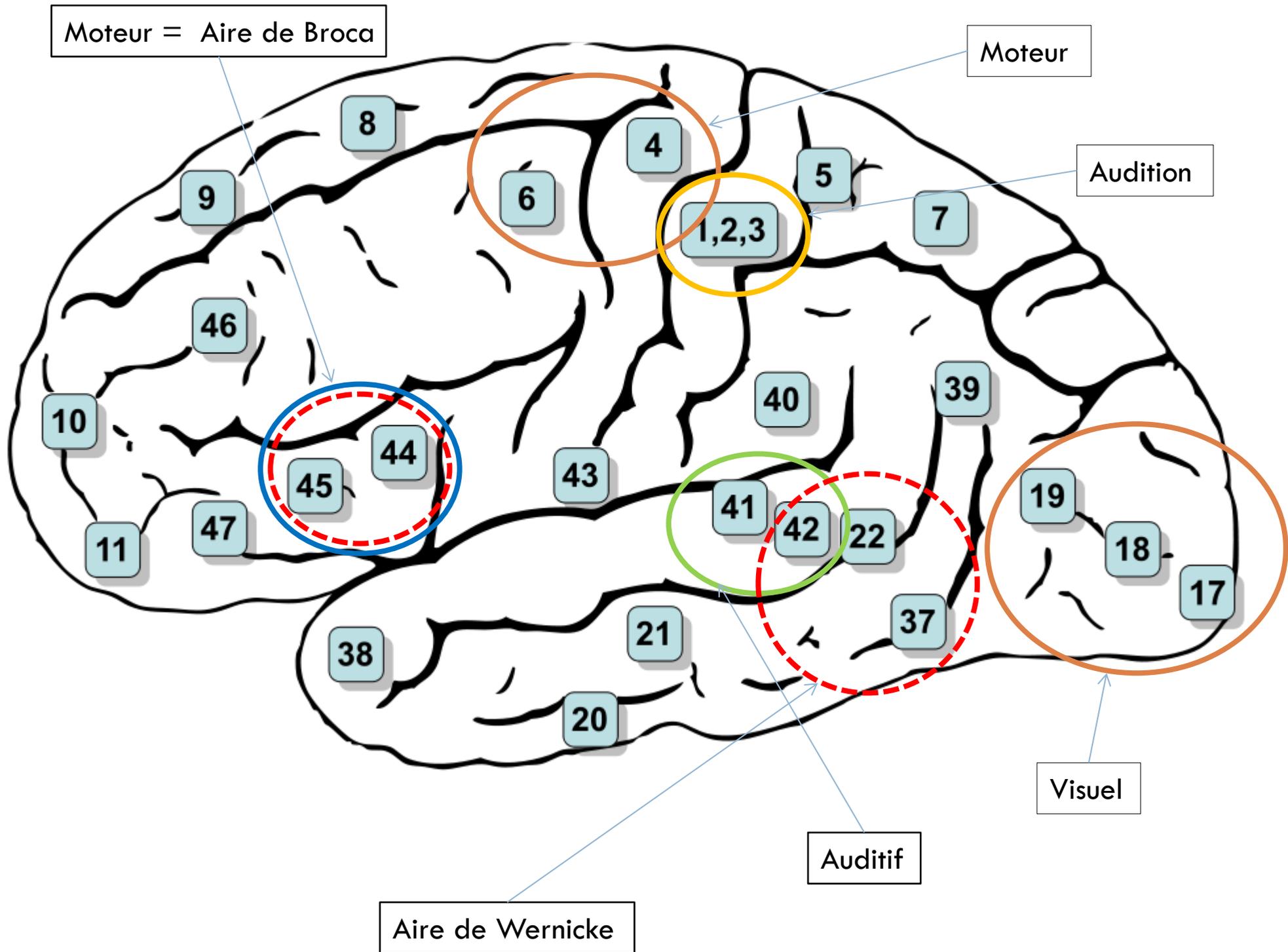
Figure A2

Subdivisions et composantes du système nerveux central. (A) Vue latérale des composantes principales du système nerveux central. (Noter que les accrochages correspondent à l'emplacement du foramen intervertébral d'où émergent les nerfs.)



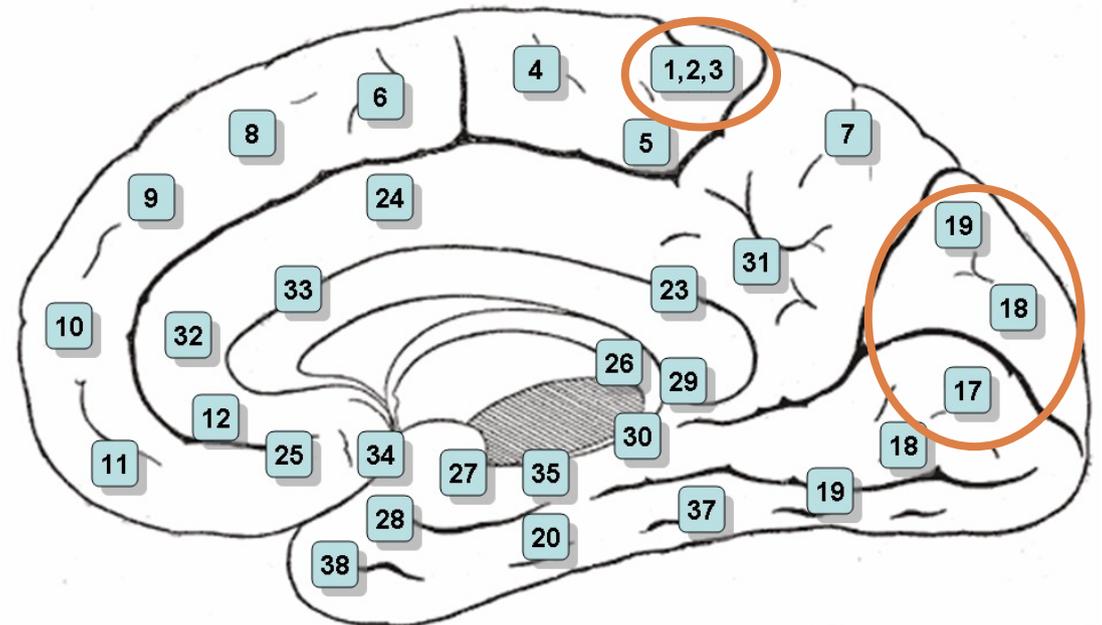
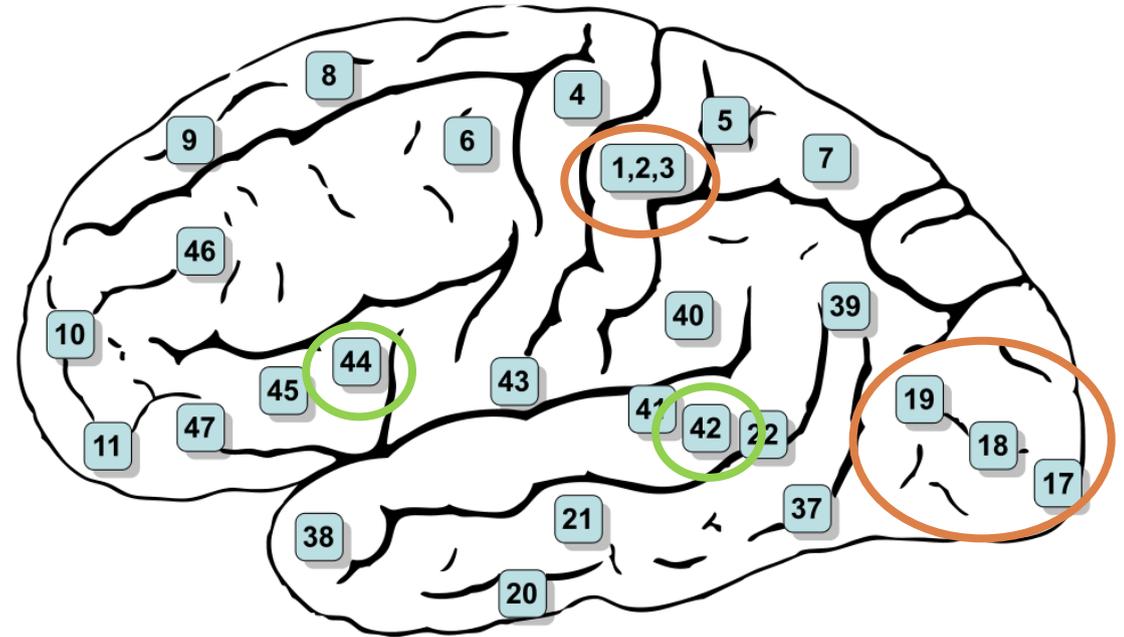
(A)





Fonctions des zones cérébrales

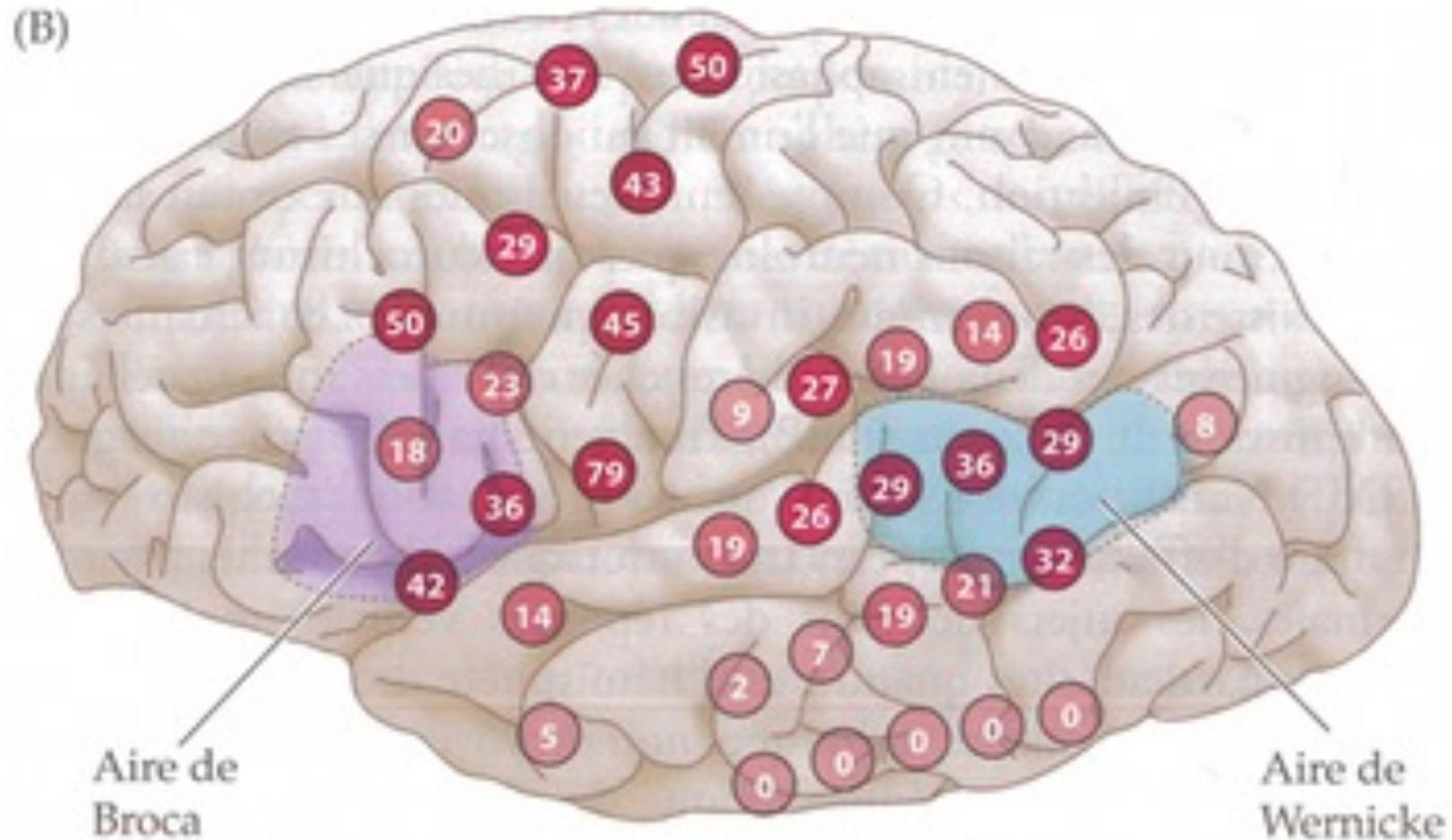
Fonction	Aires de Brodmann
Vision	
primaire	17
secondaire	18, 19, 20, 21, 37
Audition	
primaire	41
secondaire	22, 42
Perception	
primaire	1, 2, 3
secondaire	5, 7
tertiaire	7, 22, 37, 39, 40
Moteur	
primaire	4
secondaire	6
mouv ^t yeux	8
parole	44
Moteur tertiaire	9, 10, 11, 45, 46, 47



Définitions

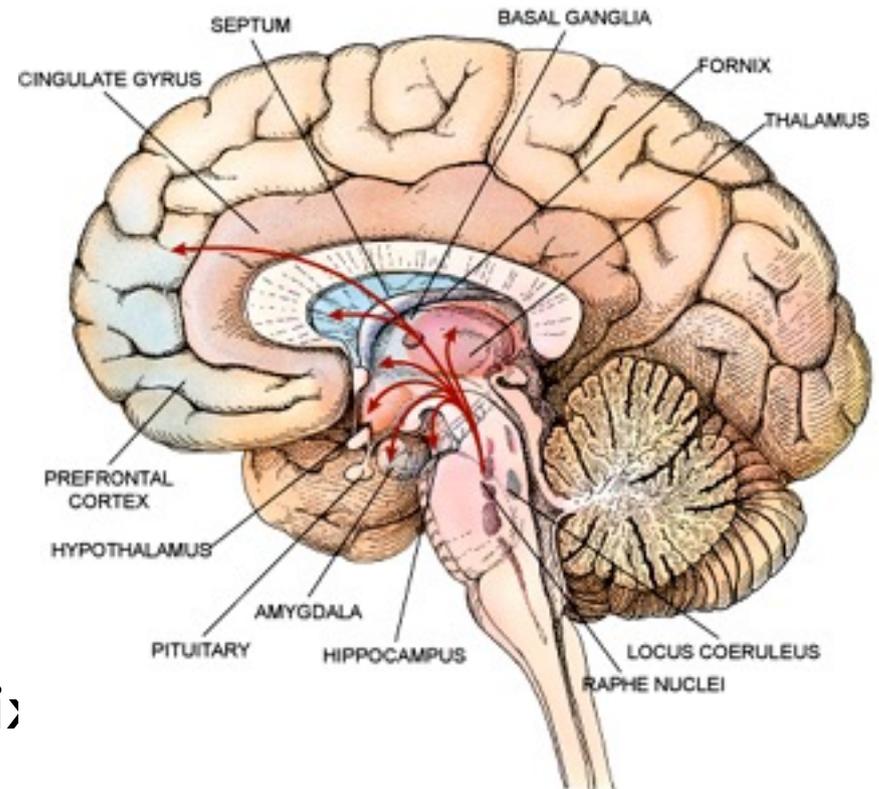
- Aires corticales
 - ▣ primaires: zones de projection simple sensorielles ou motrices
 - ▣ secondaires: zones adjacentes aux primaires (zones d'association)
 - ▣ tertiaires: zones d'association multimodales
- Latéralisation
 - ▣ à gauche:
 - Chez les droitiers: 96%
 - Chez les gauchers: 76%
 - ▣ Fonctions partie droite
 - prosodie, générer des inférences, comprendre des métaphores, ...
 - ▣ On ne sait pas si les deux hémisphères sont équivalents ou complémentaires (à la naissance)
 - ▣ La latéralisation est très précoce (attestée à 2-3 mois mais peut se prolonger plusieurs années)

% de perturbations du langage par stimulation électrique en cours d'intervention



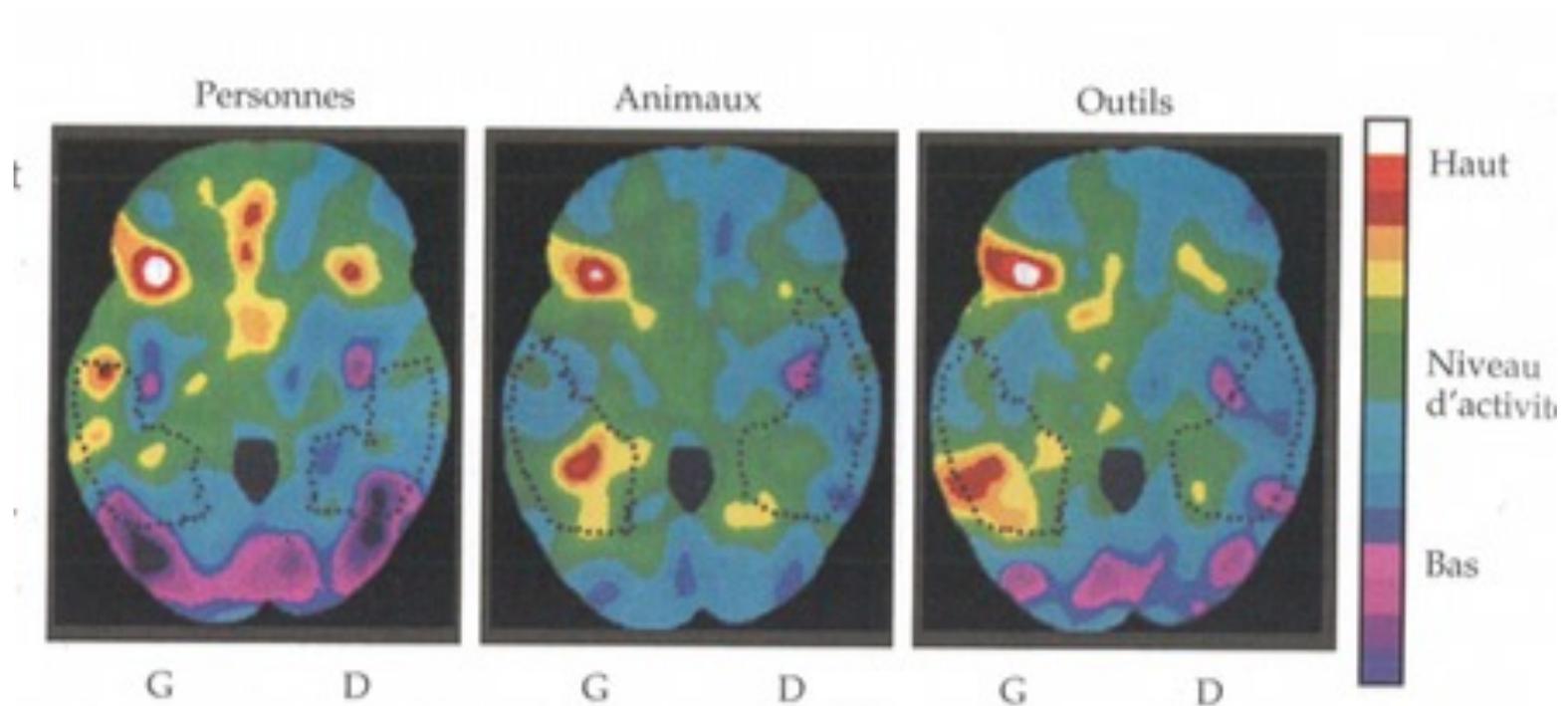
Zones impliquées dans le langage

- cortex périsylvien
 - ▣ langage oral & signé
- cortex pariétal pour les langues signées
- cortex préfrontal
- aire motrice supplémentaire
- cortex limbique
 - ▣ hippocampe, amygdale, circonvolution cingulaire, fornix, hypothalamus
- thalamus, ganglions de la base, cervelet



Localisation cérébrale

- répartition des activations selon les domaines sémantiques



- l'hémisphère droit a une grande importance pour la prosodie

Mais implication de la plupart du cerveau

- Loi de Hebb → deux neurones activés en même temps se réactivent ensemble plus facilement la fois suivante → association de cellules
- Réseaux corticaux → ensemble de cellules et de zones associés pour un tâche donnée
 - ▣ Souvent utilisés: demandent moins de ressources
 - ▣ Charge de travail accrue: systèmes de bases accroissent leur activité
- Existence de réseaux → le langage active l'ensemble du cerveau pour les mots pleins, plutôt l'hémisphère gauche pour les mots fonctionnels

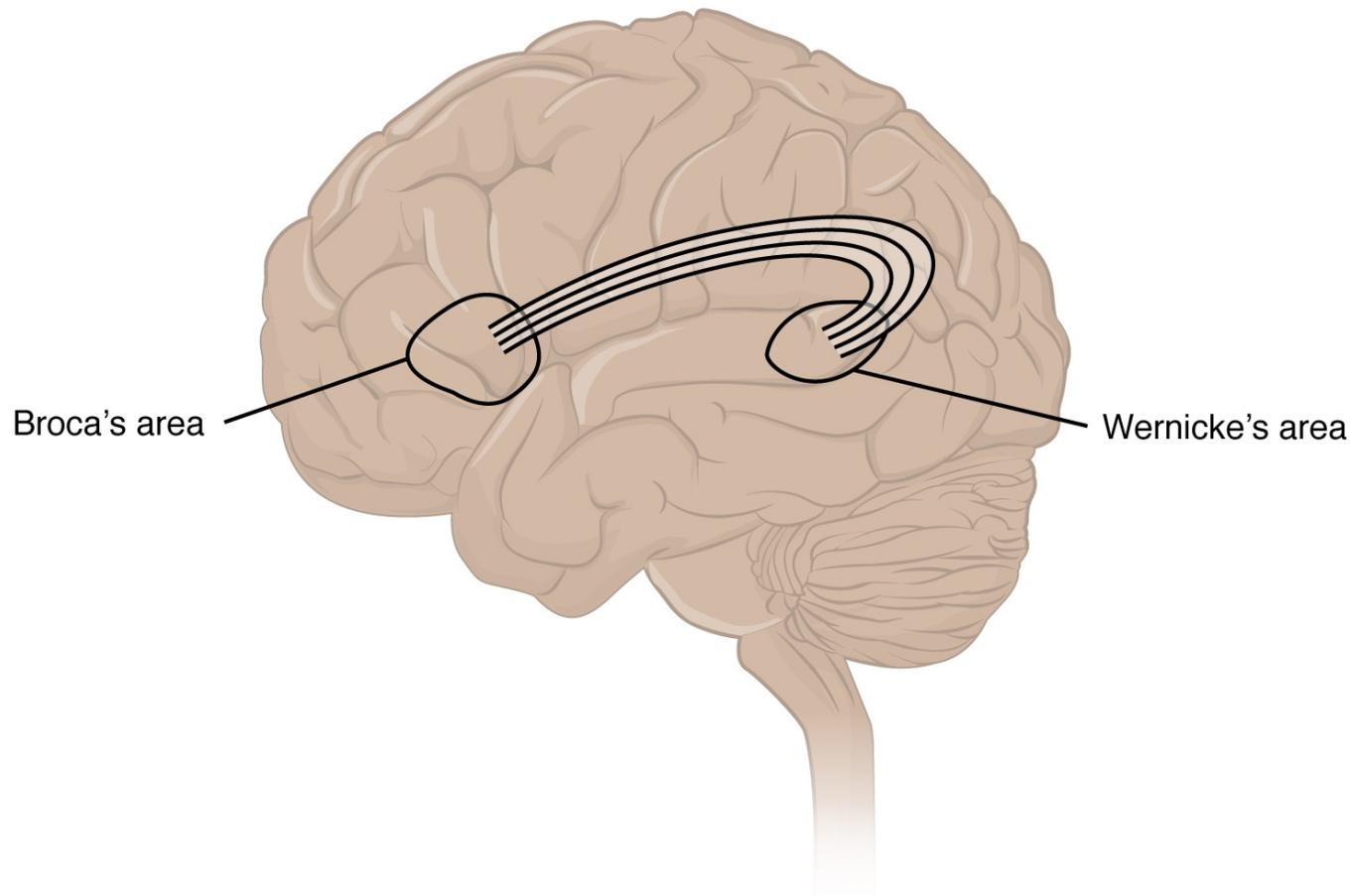
Voies neuronales

- Fait partie de ce que l'on appelle le « Connectome », la carte des connexions neuronales dans le cerveau
- Une série de voies importantes jouent un rôle probablement fondamental dans le fonctionnement cérébral
 - ▣ Il s'agit de faisceau d'axones qui relie des lobes (ou régions) cérébraux entre eux
- Il y a 4 faisceaux principaux:
 - ▣ 1 faisceau dorsal – Broca ↔ Wernicke
 - ▣ 3 faisceau ventraux
 - frontal ↔ occipital/temporal
 - temporal ↔ occipital
 - limbique ↔ frontal

Faisceau dorsal

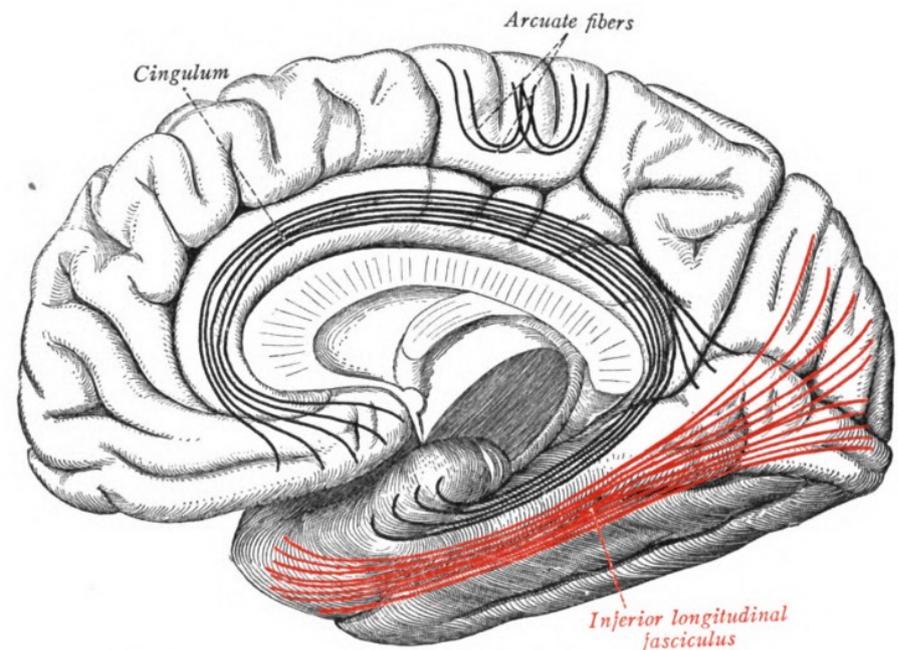
(arcuate fasciculus = faisceau arqué)

- Relie dans les deux sens le cortex temporel et le cortex pariétal inférieur au lobe frontal

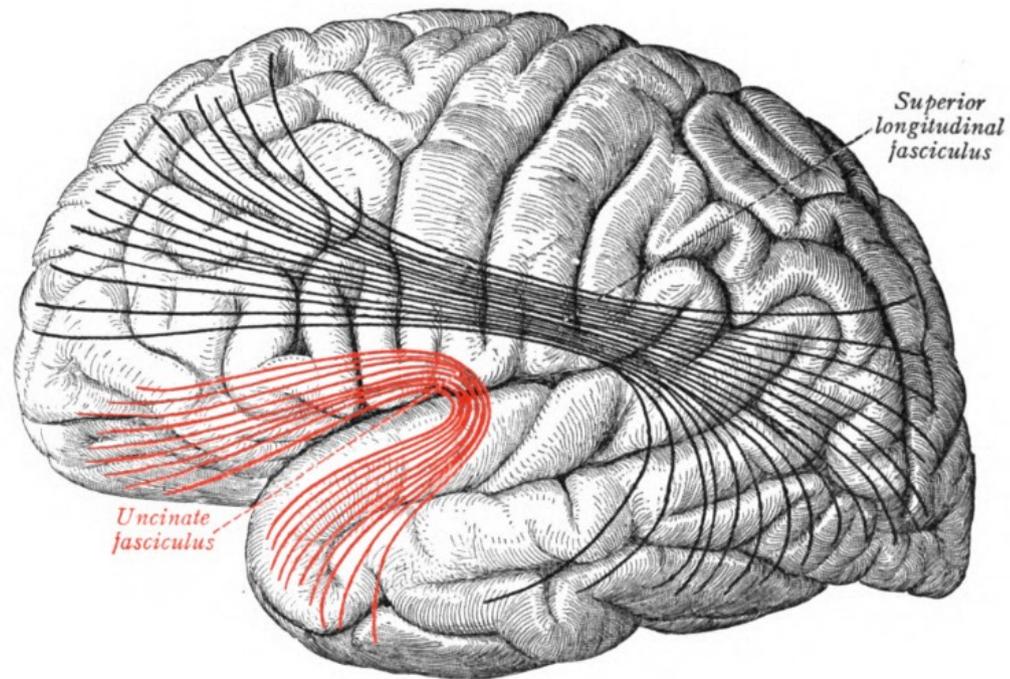


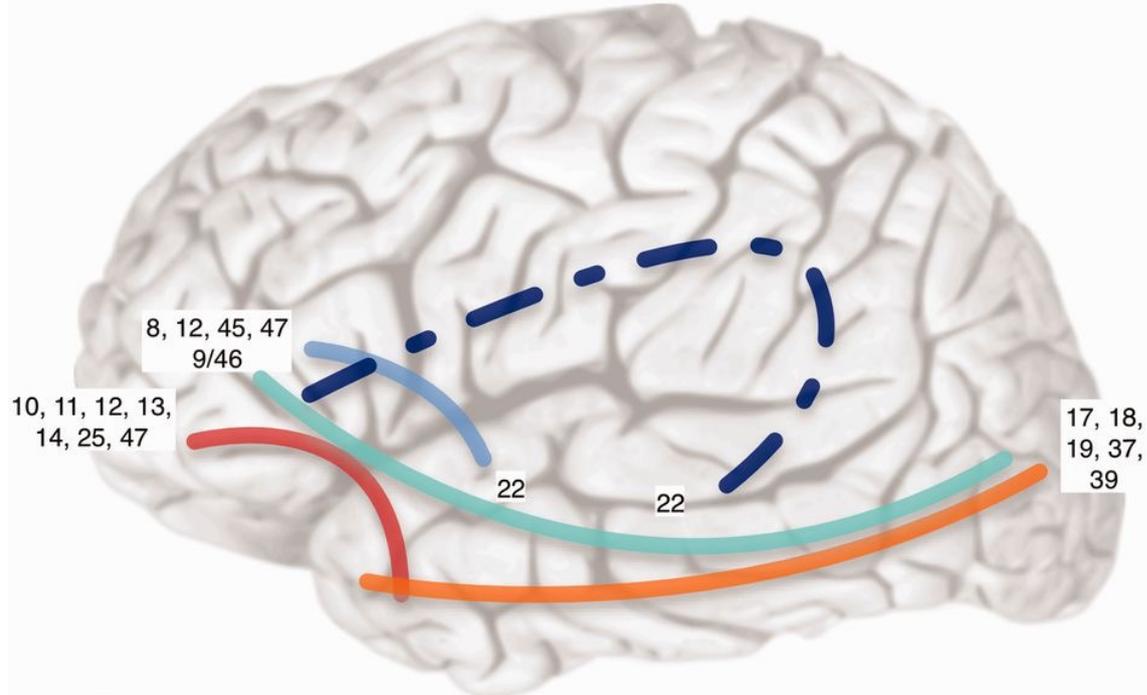
Faisceau ventral

- fronto-occipital fasciculus inférieur (connecte le lobe frontal aux lobes occipital et temporal)
- inferior longitudinal fasciculus (lobe temporal et occipital)

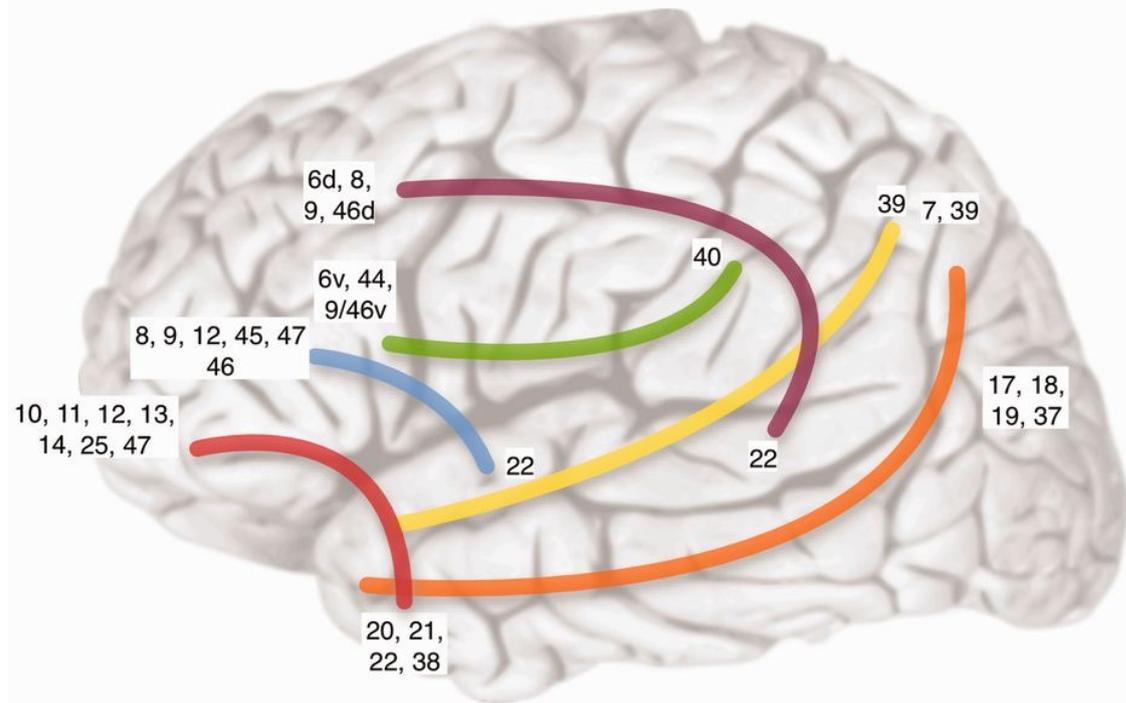


- uncinat fasciculus (système limbique et frontaux)





- Arcuate fasciculus (based on macaque)
- Extreme capsule
- Inferior longitudinal fasciculus
- Inferior fronto-occipital fasciculus
- Middle longitudinal fasciculus
- Superior longitudinal fasciculus III (based on macaque)
- Uncinate fasciculus
- Superior longitudinal/arcuate fasciculus

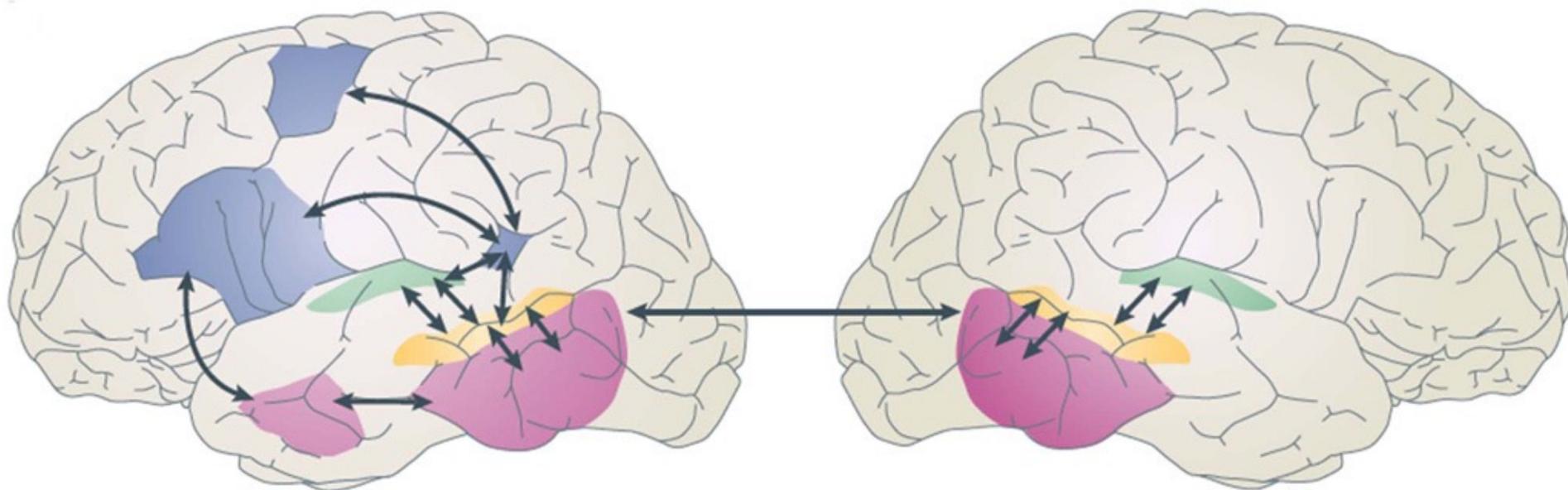
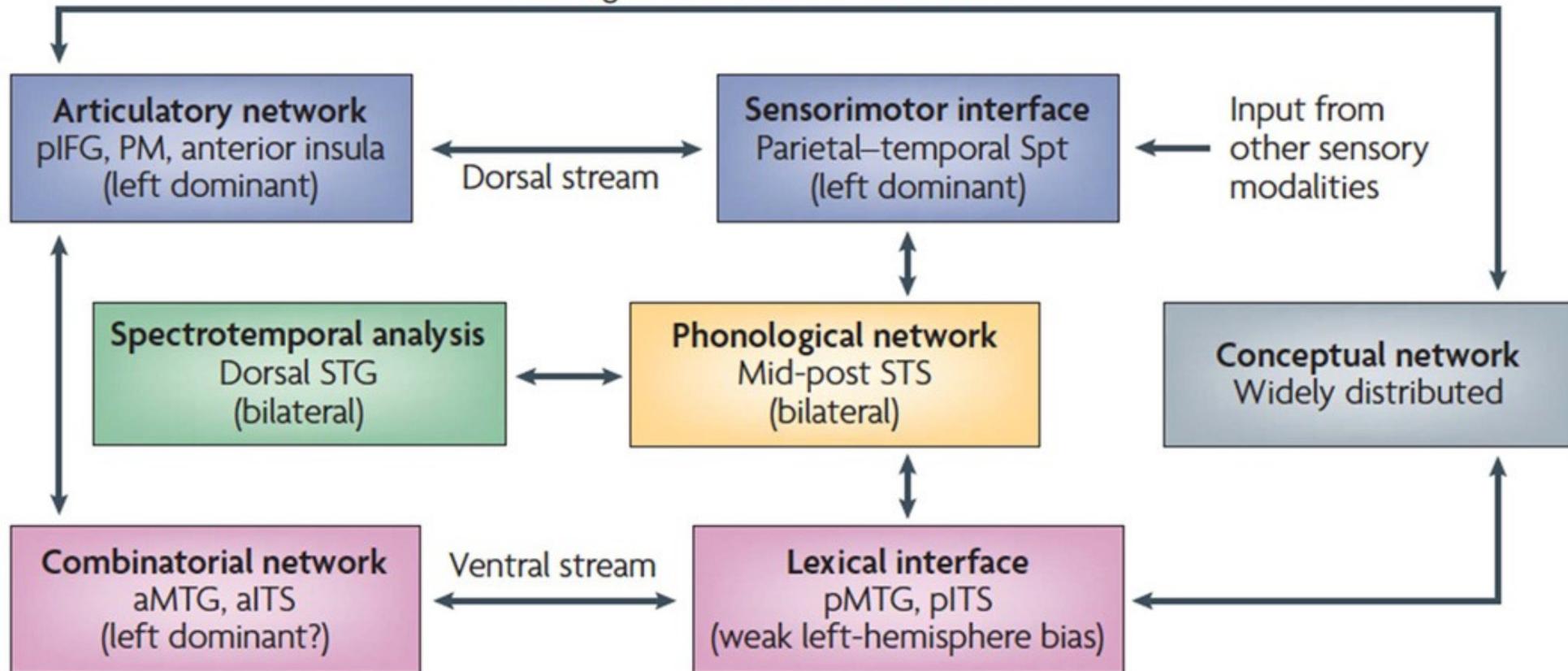


Incertitude sur
le rôle des
faisceaux par
rapport au langage:
exclusif ou non ?

Modèles théoriques

- Hypothèse du chemin dual « dorsal-ventral » (Hickok & Poeppel, 2004).
 - ▣ Deux chemins complémentaires
- Fonctions du faisceau ventral
 - ▣ Sous-tendre l'aspect sémantique du langage (interface son-signification faisant correspondre des représentations sonores avec des représentations conceptuelles) (Saur et al., 2008).
 - Bilatéral – gauche et droite dans le cerveau
 - Chemin plus rapide
- Fonctions du faisceau dorsal
 - ▣ Faire correspondre les sons de langage avec des représentations motrices (Saur & al, 2008) et traiter les structures syntaxiques complexes (Friederici, 2006).
 - Unilatéral – partie gauche du cerveau
 - Chemin plus lent

Via higher-order frontal networks



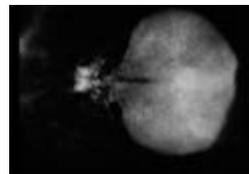
Développement cérébral

Commence lors de la troisième semaine de gestation et se prolonge jusque la fin de l'adolescence

1) Induction neurale

Spécialisation des cellules qui vont former le système nerveux

19 j



32 j



51 j



56 j



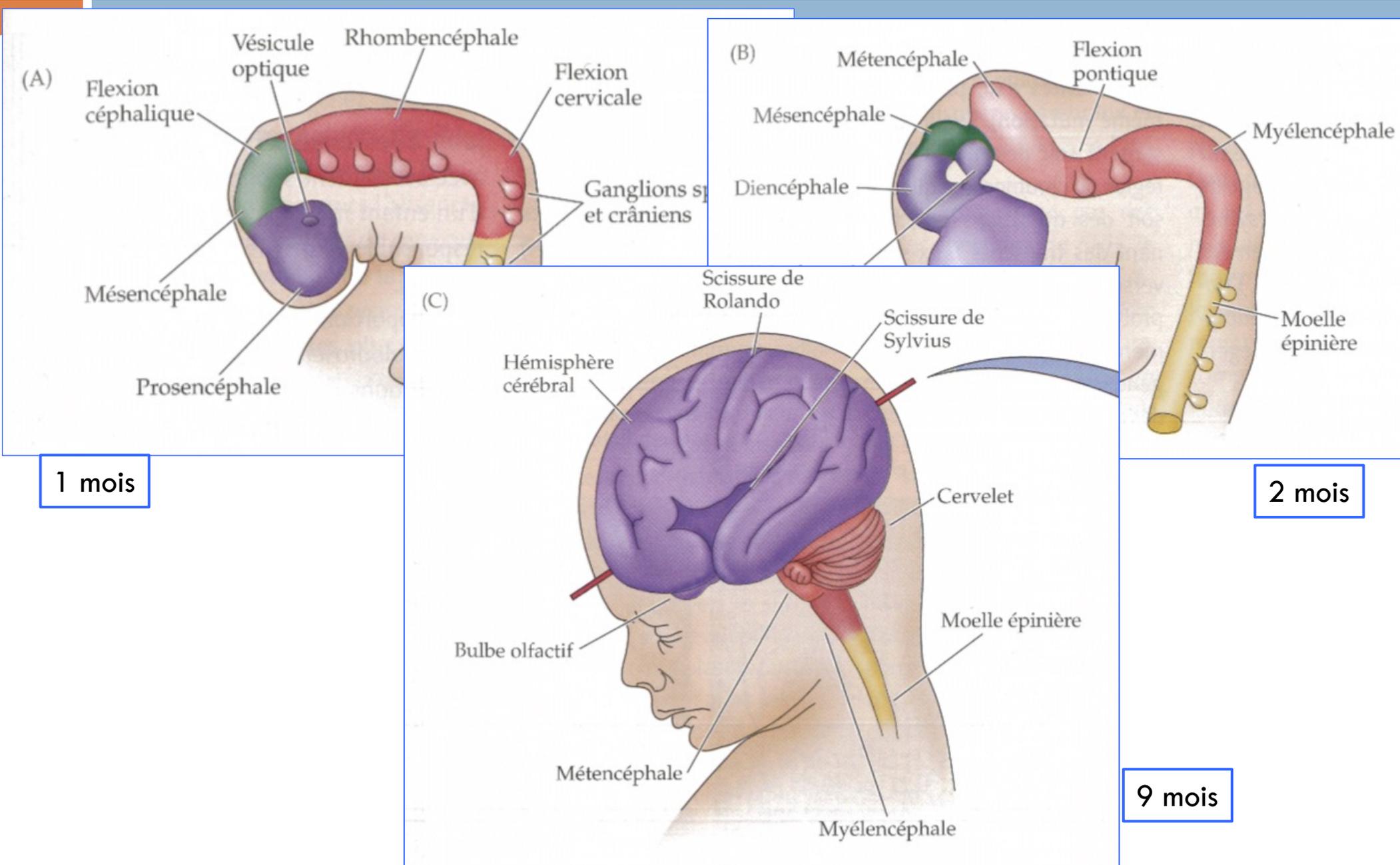
(Neurulation: formation de la plaque neurale puis du tube neural) – de la troisième à quatrième semaine

2) Prolifération cellulaire, migration et différenciation

3 processus simultanés: création des neurones, déplacement jusqu'à se positionner correctement (création des couches internes d'abord), détermination de la forme finale parmi tous les types de cellules du système nerveux

- Création de l'organisation en colonnes traversant les 6 couches formant le cortex
- Mort cellulaire programmée (apoptose)
 - ▣ Génération de plus de cellules que nécessaire (30% des neurones meurent pendant la mise en place du cerveau)
 - ▣ Permet à l'environnement de façonner le cerveau
 - Les neurones qui ne se connectent pas meurent
- Ces phénomènes interviennent très tôt dans le développement et les dérèglements ont des conséquences graves
 - ▣ Proposition d'explication pour l'autisme, la dyslexie

Développement cérébral du fœtus



Développement après la naissance

□ Synaptogenèse

- Les connections synaptiques sont produites en très grand nombre avant la naissance et jusque l'âge de 2 ans. Puis la densité des synapses diminue jusque l'âge de 7 ans.
 - Fin de l'élimination des synapses à environ 12 ans dans le cortex auditif et mi-adolescence dans le cortex préfrontal.

□ Myélinisation

- Gainage des axones par de la matière blanche: augmente la vitesse de traitement neuronale
- Processus graduel qui n'est pas réalisé en même temps pour toutes les zones du cerveau (zones centrales d'abord, frontales à la fin)
 - Liaisons systèmes périphériques, systèmes centraux (perception, motricité) myélinisés à la naissance
 - Myélinisation progressive des zones fondamentales de traitements du langage de la naissance à l'âge de 2-3 ans (correspond au « démarrage » du langage: explosion lexicale et combinaison de mots).
 - Se continue jusque l'âge adulte, en particulier pour les faisceaux associatifs (liaisons entre différentes parties du cerveau)

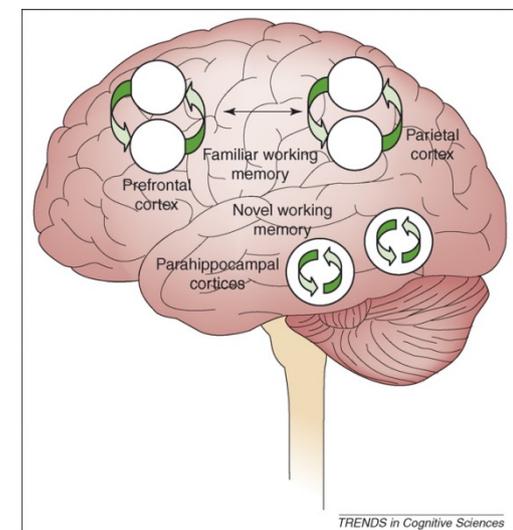
Mémoire, attention

Cortex préfrontal, lobes pariétaux

- ▣ Liaison entre multiples zones cérébrales
- ▣ Correspond aux développement tardifs des liaisons (myélinisation) entre zones cérébrales

Mémoire épisodique: préfrontal, pariétal et temporal

Un faible niveau d'attention rend plus difficile le traitement des non-mots



Explications neurologiques des TSDL

- Propositions pour expliquer un trouble spécifique
 - ▣ Composante langagière
 - Zones spécifiques de traitement du langage
 - ▣ Déficit de mémoire de travail
 - Troubles préfrontaux
 - ▣ Traitements rapides
 - Troubles de la matière blanche

Résultats obtenus

- Pas de trouble majeur
- Anomalies repérées chez certains enfants
 - Elargissement des ventricules cérébrales
 - Réduction de matière blanche
 - Anomalies de matière blanche
 - Elargissement cérébral avec surplus de matière blanche dans les zones externes du cortex (apparaît tardivement dans le développement)
 - Absence de différence de taille entre hémisphère gauche et droit pour les zones périsylvienne (ou zone gauche anormalement petite ou zone droite plus large)
- Imagerie fonctionnelle (fMRI)
 - Moins d'activation frontal et pariétal gauche (mémoire et attention), moins d'activation des zones de traitement sémantique, moins de coordination entre les zones traitant le langage
- ERP
 - Réactions cérébrales plus lentes pour identifier des catégories sonores (mais ne concernerait que les TSDL avec des problèmes de compréhension et serait lié à des problèmes de latéralisation)

Autres hypothèses

- Locke – retard de maturation cérébrale
 - ▣ Un développement anormalement lent du lexique amène l'enfant à être trop âgé lors du début du développement de la syntaxe (il a passé la zone critique qui est de 24 à 36 mois)
 - obligation d'utiliser alors des mécanismes de compensation moins efficaces
- Ullman & al
 - ▣ Déficit de mémoire procédurale (apprentissage des règles syntaxiques)
 - Trouble aire de Broca & noyau caudé des ganglions de la base
 - Troubles de la grammaire mais aussi troubles moteurs, conservation de la mémoire sémantique et déclarative



Pistes pour les recherches futures

Liens entre attention et lexique

Garagnani, Shtyrov & Pulvermüller (2009)

- Qu'est-ce-que connaître un mot ?
 - ▣ Apprendre et déclencher un circuit mémoriel à la fois distribué et lié à un seuil d'activation
- Cas des mots inconnus
 - ▣ Il n'existe pas de seuil d'activation et donc l'existence de circuits pour des mots nouveaux dépend de l'attention
- L'attention est nécessaire pour l'apprentissage de mots nouveaux
 - ▣ → **Lien entre capacité d'attention et d'acquisition du lexique**

Effets de fréquence

- Shtyrov, Kimppa, Pulvermüller, Kujala (2011)
 - ▣ la rapidité et l'amplitude des réponses cérébrales sont corrélées avec la fréquence d'activation des zones impliquées
 - ▣ l'effet est déjà visible après 120 ms – surtout l'opposition mots connus vs. inconnus
 - ▣ à 270 ms, l'effet dépend plus précisément de la fréquence

Exemplaires vs. prototypes

- Mack, Preston, Love (2013)
 - ▣ les activations cérébrales durant les processus de catégorisation correspondent plus à la prédiction des modèles basés sur les exemplaires que ceux basés sur des prototypes
 - ▣ la représentation d'expériences précises est critique pour la prise de décision plutôt que l'abstraction d'un ensemble d'expériences

Règles et lexicalisation

- Pulvermüller, Knoblauch (2009, 2010)
 - ▣ Implémentation de la syntaxe dans le cerveau ?
 - Activation successive de catégories dont les exemplaires n'ont jamais été vus ensemble
 - Utilisation de détecteurs de séquences qui existent chez l'animal
- Bakker, MacGregor, Pulvermüller, Shtyrov (2013)
 - ▣ Confirmation que des verbes généralisés morphologiquement (construction du passé anglais) génèrent des réponses cérébrales plus proches des effets de syntaxe que des effets lexicaux

Localisation cérébrale

- Scott (2012) – c'est bien à gauche mais ...
 - ▣ compréhension : hémisphère antérieur (+) et postérieur (-) et non seulement Aire de Wernicke.
 - en cas de difficulté, l'utilisation de contexte étend l'activation à de nombreuses zones normalement non-liées à la compréhension (traitements sémantiques)
 - ▣ production : l'aire de Broca n'est pas la zone la plus importante pour la production (tout un ensemble de zones), et l'hémisphère droit est recruté en même temps que le gauche
 - les zones de perception sont activés en même temps (et même par anticipation)

Différences noms - verbes

- De nombreuses études ont cherché à démontrer une différence de traitement cérébral entre noms et verbes sur une base grammaticale
 - ▣ Moseley & Pulvermüller (2014)
 - les dissociations mesurées par l'imagerie cérébrale opposent la sémantique et non la catégorie lexicale
 - les noms concrets et verbes d'action induisent une activation différente
 - les noms et verbes abstraits n'induisent pas d'activation différente

Liens entre langage et gestes

- Xua, Gannonb, Emmoreyc, Smithd, Brauna (2009)
 - ▣ les zones traditionnellement associées au langage sont activées aussi bien pour le langage que pour la compréhension des gestes symboliques
 - système sémiotique lié à la communication et indépendant des modalités perceptives (comme les neurones miroirs)

Conséquences des recherches sur le fonctionnement cérébral

- Des résultats dans plusieurs directions:
 - importance de la sémantique
 - stockage des informations sous formes d'exemplaires
 - effets de fréquence confirmé

 - effet de syntaxe présents pour les items fréquents qui peuvent être décomposés même s'ils sont lexicalement connus

- Ensemble de situations qui peuvent être intéressantes à analyser pour l'études des troubles du développement du langage