

# Chap 7

## Langage et cerveau



1

1

### Sommaire

1. Les premières découvertes concernant les relations entre langage et cerveau
2. Langage et latéralisation hémisphérique
3. L'apport de l'imagerie cérébrale

2

2

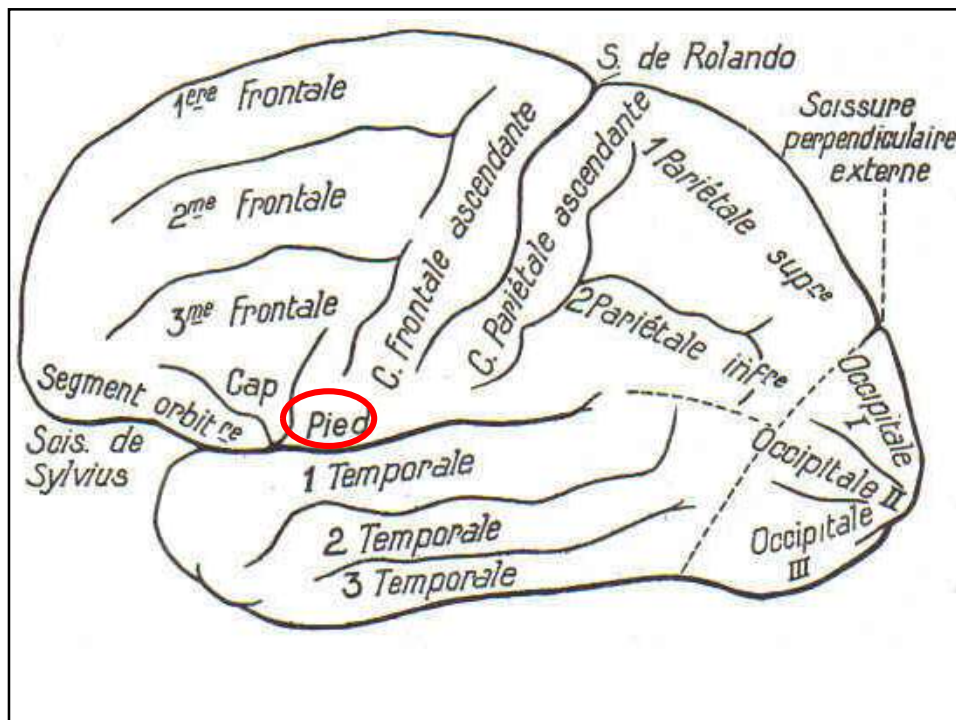
## 1. Les premières découvertes concernant les relations entre langage et cerveau

- **Milieu du 19<sup>ième</sup> siècle** : toutes premières découvertes sur les relations cerveau / langage

– **Paul BROCA**, neurochirurgien français, établit, en **1861**, un lien entre une petite région de la surface corticale du lobe frontal gauche (aujourd'hui appelée « aire de Broca ») et un déficit du langage articulé.



3



4



### Contexte de la découverte :

En fait, jusqu'à la fin du 18<sup>ème</sup> siècle, on considérait le cerveau comme une masse informe unitaire.

En ce qui concerne son fonctionnement, les conceptions de l'époque étaient du type : « Le cerveau secrète la pensée comme le foie sécrète la bile » (Canabis, 1800)!

A l'époque, l'anatomiste allemand, **Josef Gall**, avait le 1<sup>er</sup> imaginé que le cerveau comprenait des parties différentes et que chacune de ces parties avait une fonction propre. Mais il était mort en 1828 sans avoir apporté de preuves à cette conception.

Gall inventeur de la phrénologie => avoir la « bosse des maths »

7

7

[dias 8 à 11 **A LIRE** ]

C'est un mélange extraordinaire de hasards et d'érudition qui a permis l'émergence d'une grande découverte (Monod-Broca & Hamonet, 2007).

**Paul Broca** est nommé chef de service à l'hospice de Bicêtre en **1861**. Il a 36 ans et a déjà une brillante carrière de chirurgien derrière lui. Il est en outre un des pionniers de la microscopie ; en 1846, avec le 1<sup>er</sup> argent qu'il gagne comme interne, il s'achète un microscope. Il sera l'auteur de plus de 200 publications de chirurgie.

**Monsieur Leborgne** exerce un métier qui consiste à fabriquer des formes pour les chaussures et les chapeaux. En **1840**, il perd la parole. Ne pouvant plus parler, il ne peut plus gagner sa vie et il est admis à l'hospice de Bicêtre qui abrite les infirmes impécunieux.

8

8

Cette année **1840**, Broca a 16 ans et se prépare à entamer des études d'ingénieur. Rien ne permet de prévoir que M. Leborgne et Paul Broca se rencontreront. Survient alors un drame familial: la soeur de Paul meurt rapidement, probablement victime d'une appendicite aiguë. Les parents de Paul le supplient alors d'abandonner son projet de devenir ingénieur et de faire la médecine pour succéder à son père, médecin de campagne et ne pas ainsi s'éloigner de ses parents. Paul part faire ses études de médecine à Paris où il arrive en 1841 à 17 ans.

Quant à M. Leborgne, son état est inchangé. Peut-être en 1845 a-t-il croisé Paul Broca dans les allées de Bicêtre car n'étant nullement paralysé à cette période, il s'y promène et Broca de son côté y commence son internat.

9

9

Mais au début des années 50, M. Leborgne devient hémiplegique et en **1853** il est grabataire et toujours privé de l'expression orale.

Huit années s'écoulent et, au printemps de **1861**, il est atteint d'un abcès du membre inférieur droit. Il ne souffre guère en raison de son hémiplegie droite qui a beaucoup atténué sa sensibilité si bien que l'abcès évolue plusieurs jours sans attirer l'attention. On ne constate son existence que le jour où on change les draps, ce qui n'arrive qu'une fois par semaine. On découvre alors un abcès gangreneux. Il n'y a, en 1861, aucun espoir de guérison, mais il est tout de même transféré d'urgence le jeudi dans le service de chirurgie où le lendemain il va trouver Broca.

10

10

Comme Paul Broca vient d'obtenir son poste à Bicêtre, c'est lui qu'on appelle.

Il s'approche du patient et lui demande de quoi il souffre. La réponse le surprend : « Tan, Tan ». L'interne lui explique alors que M. Leborgne ne parle pas, que tous ceux qui le connaissent l'appellent « Monsieur TAN ».

À ce moment intervient un autre hasard. La Société d'Anthropologie dont Paul Broca était membre et qui se réunissait un jeudi sur deux avait discuté de la question du langage dans sa précédente séance. On y avait défendu le **principe des localisations cérébrales**... Et donc l'idée selon laquelle l'abolition de la faculté du langage articulé ne dépendait pas de la nature de la maladie mais de son siège cérébral, ce dont on n'avait néanmoins pas de preuve jusque là.

11

11

C'est dans ce contexte que Paul Broca va examiner le patient Monsieur Leborgne.

Il constate que le **mutisme** n'a pas gravement altéré l'intelligence: le malade **comprend tout** et s'exprime assez bien par gestes. Du fonctionnement cérébral, seule la faculté du **langage articulé** est totalement atteinte. En outre, les muscles bucco-faciaux fonctionnent correctement.

Broca en conclut que le patient souffre d'un **trouble spécifique de la capacité à articuler les sons**.

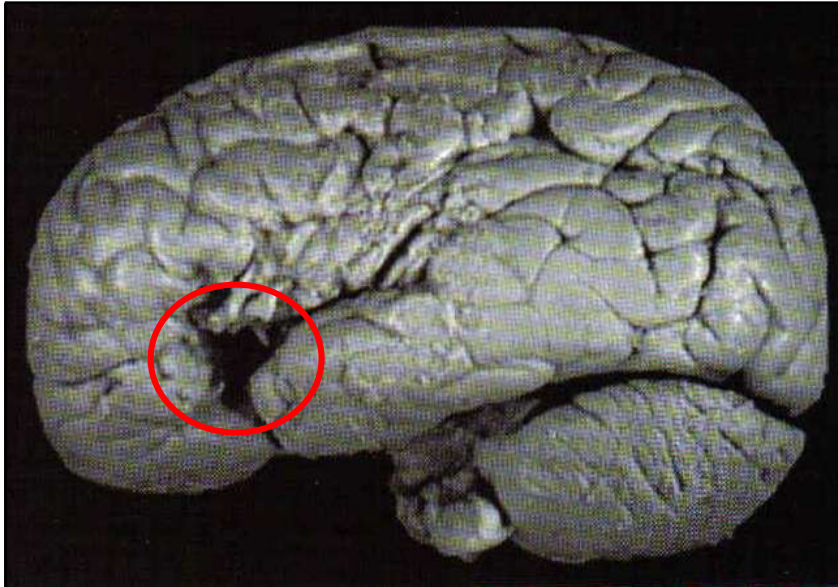
Le patient décède quelques jours plus tard et l'autopsie révèle une **lésion au niveau du pied de la troisième circonvolution frontale gauche** (appelée aujourd'hui « zone de Broca »)...

Un autre patient de Broca (Monsieur Lelong) montre le même profil.

12

12

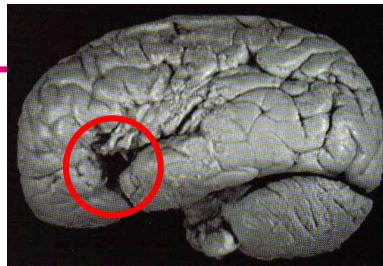




*Vue latérale de l'hémisphère gauche du cerveau de Mr Leborgne, conservé au musée Dupuytren à Paris.*

13

**1861**, Paul Broca établit la **1<sup>ère</sup> liaison objective entre**  
**un trouble du comportement (expression orale) et**  
**une lésion cérébrale** située dans la partie antérieure  
 du cerveau (pied de la 3<sup>ème</sup> circonvolution frontale  
 gauche)



14

- Quelques années après Broca, **Karl Wernicke**, neuropsychiatre allemand, décrit des patients présentant un déficit linguistique inverse des patients rapportés par Broca
  - parlent de manière fluente mais peu intelligible
  - ne comprennent pas ce qu'on leur dit



Observation post-mortem du cerveau de ces patients :

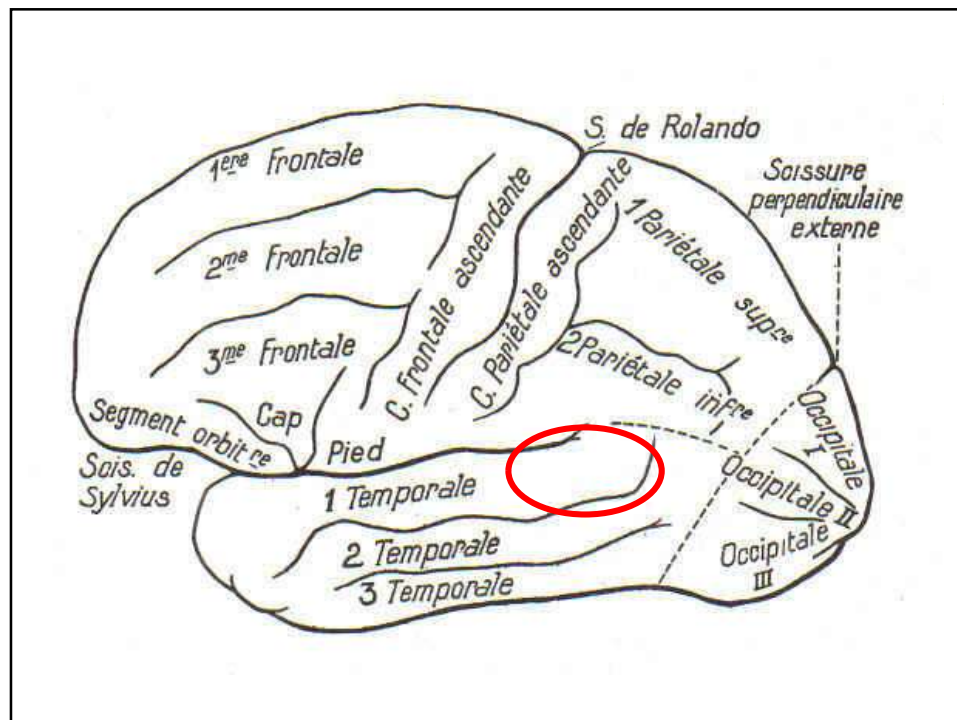
lésion située au niveau du **tiers postérieur de la 1<sup>ère</sup> circonvolution temporale gauche (aire de Wernicke)**.

Karl Wernicke établit

**une liaison entre un trouble de la compréhension verbale et une lésion située au niveau du tiers postérieur de la 1<sup>ère</sup> circonvolution temporale gauche**

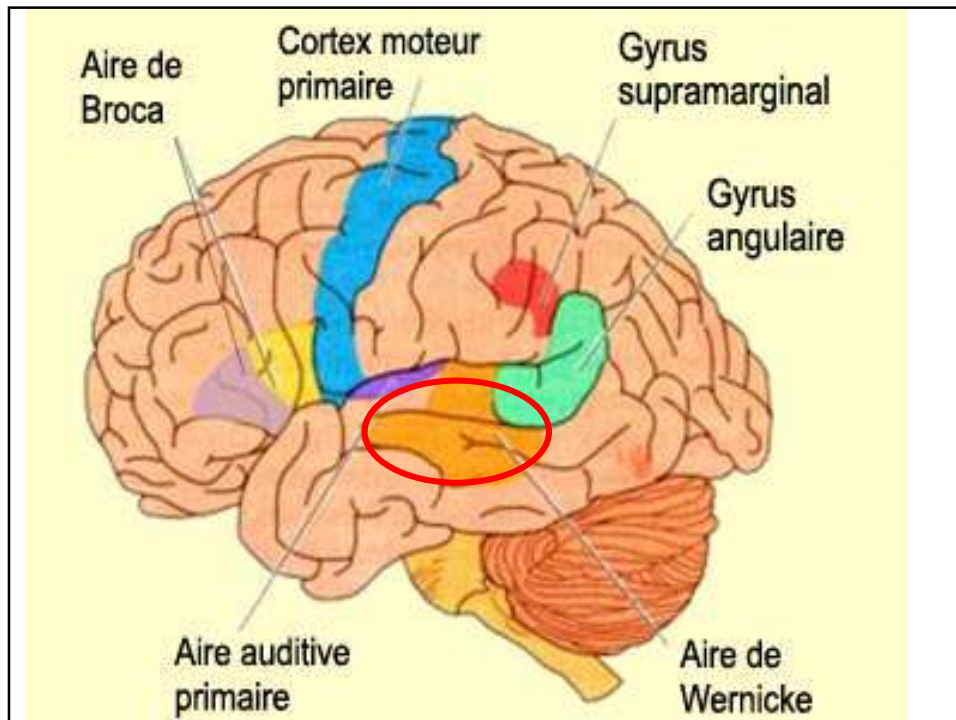
15

15

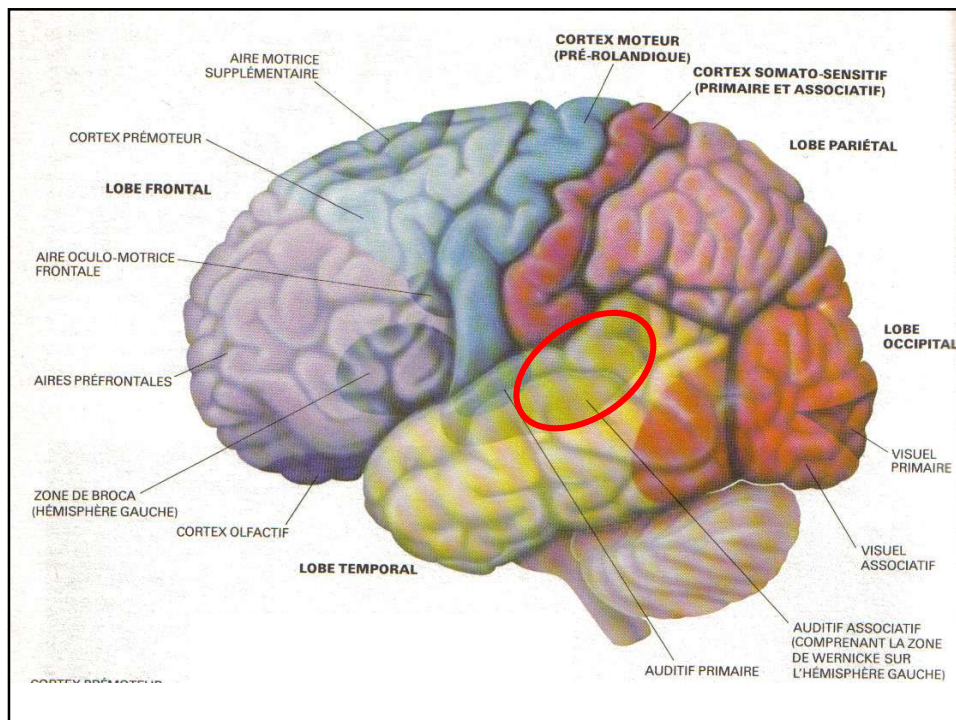


16





17



18

De ses observations et de celles de Broca, Wernicke déduit qu'il existe au moins deux composantes au sein du système de langage:

- une liée à la production verbale
- l'autre liée à la compréhension verbale

et il présente un premier modèle du langage oral:



Une atteinte du centre articulaire => Aphasie de Broca

Une atteinte du centre auditif => Aphasie de Wernicke

19

+ **prédiction** supplémentaire :

atteinte de la connexion entre les 2 centres



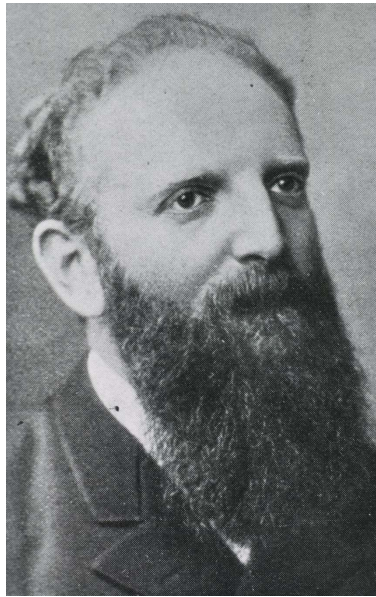
Prévoit donc qu'un déficit de connexion donnera lieu à un déficit qualitativement différent d'un déficit des centres eux-mêmes .

Attribution du rôle de connexion entre l'aire de Broca et de Wernicke à un faisceau de substance blanche, le **faisceau arqué** qui relie anatomiquement ces 2 régions.

Ce déficit définirait un 3<sup>ème</sup> type d'aphasie (= **aphasie de conduction**) caractérisé par 1 déficit spécifique de la répétition des formes verbales.

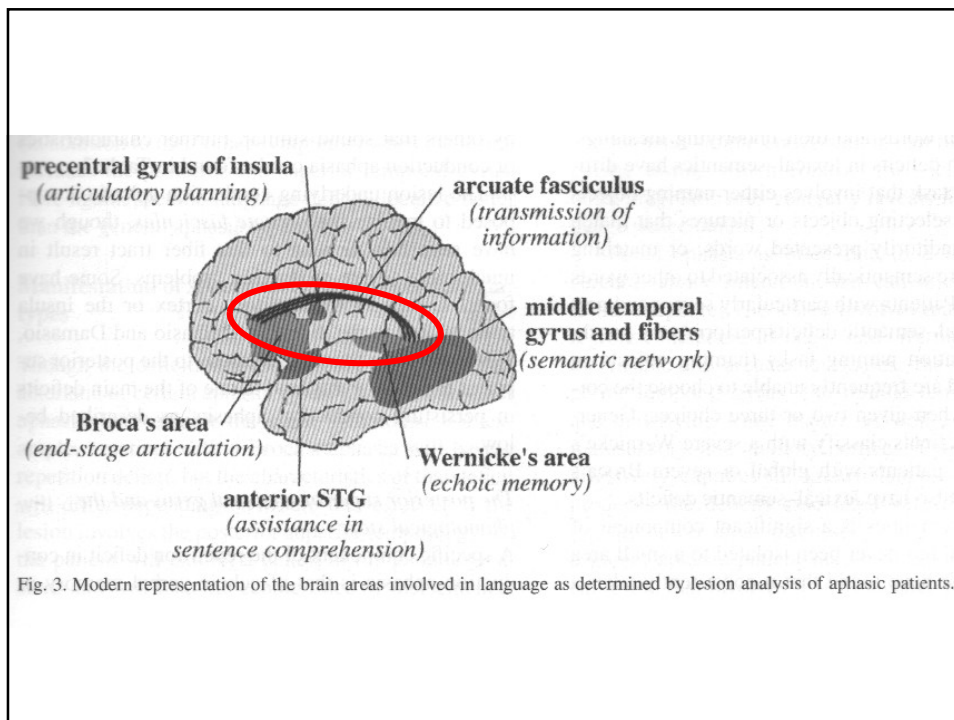
Ce profil : effectivement décrit par **L. Lichtheim**, 10 ans + tard.

20



Ludwig Lichtheim  
(1845-1928)

21



22

- **Aire classique périsylvienne du langage** (voir fig dia svte)  
= zone continue dans l'hémisphère gauche englobant

### 1) La zone de Broca

- l'aire de Broca proprement dite (B44) (pied ou portion operculaire du gyrus frontal inférieur ou F3)
- la zone immédiatement adjacente (B45) (cap ou portion triangulaire de F3)

### 2) La zone de Wernicke

- L'aire de Wernicke proprement dite (tiers postérieur du gyrus temporal supérieur (T1) et partie supérieure du gyrus temporal moyen adjacent (T2))
- Deux régions de cortex associatif plurimodal (B40 ou gyrus supramarginal et B39 ou gyrus angulaire)

### 3) Une zone centrale située entre ces 2 pôles

- Le cortex insulaire (insula : zone corticale au fond de la scissure de Sylvius)
- La portion operculaire des aires motrices (B4 et 6) et somesthésiques (B3, 1, et 2)
- Une zone operculaire pariétale comprenant l'aire somesthésique secondaire

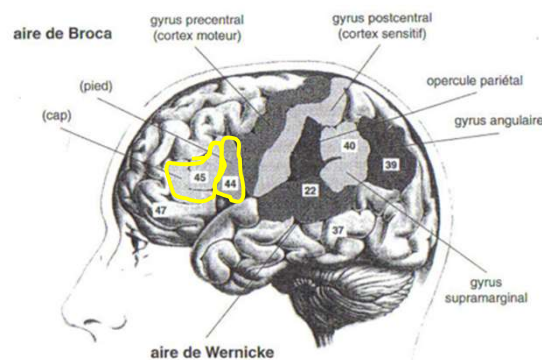
23

23

- **Aire classique périsylvienne du langage** (voir fig dia svte)  
= zone continue dans l'hémisphère gauche englobant

### 1) La zone de Broca

- l'aire de Broca proprement dite (B44) (pied ou portion operculaire du gyrus frontal inférieur ou F3)
- la zone immédiatement adjacente (B45) (cap ou portion triangulaire de F3)



Aire classique périsylvienne du langage

27

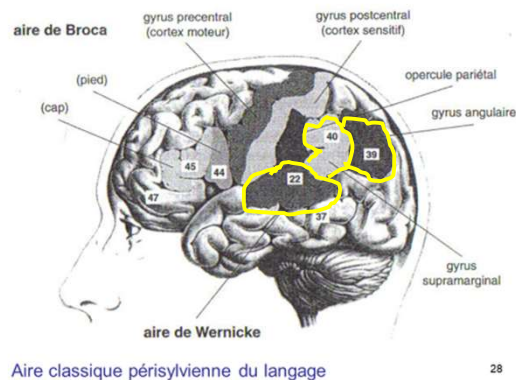
24

24

- **Aire classique périsylvienne du langage** (voir fig dia svte)  
= zone continue dans l'hémisphère gauche englobant

## 2) La zone de Wernicke

- L'aire de Wernicke proprement dite (tiers postérieur du gyrus temporal supérieur (T1) et partie supérieure du gyrus temporal moyen adjacent (T2))
- Deux régions de cortex associatif plurimodal (B40 ou gyrus supramarginal et B39 ou gyrus angulaire)



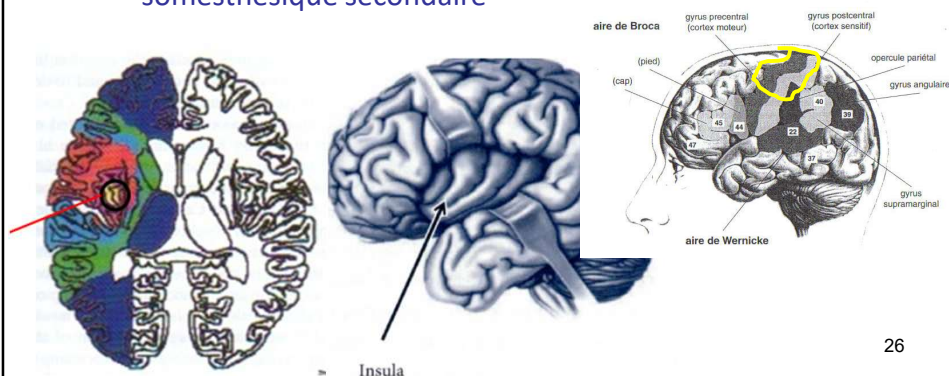
25

25

- **Aire classique périsylvienne du langage** (voir fig dia svte)  
= zone continue dans l'hémisphère gauche englobant

## 3) Une zone centrale située entre ces 2 pôles comprenant

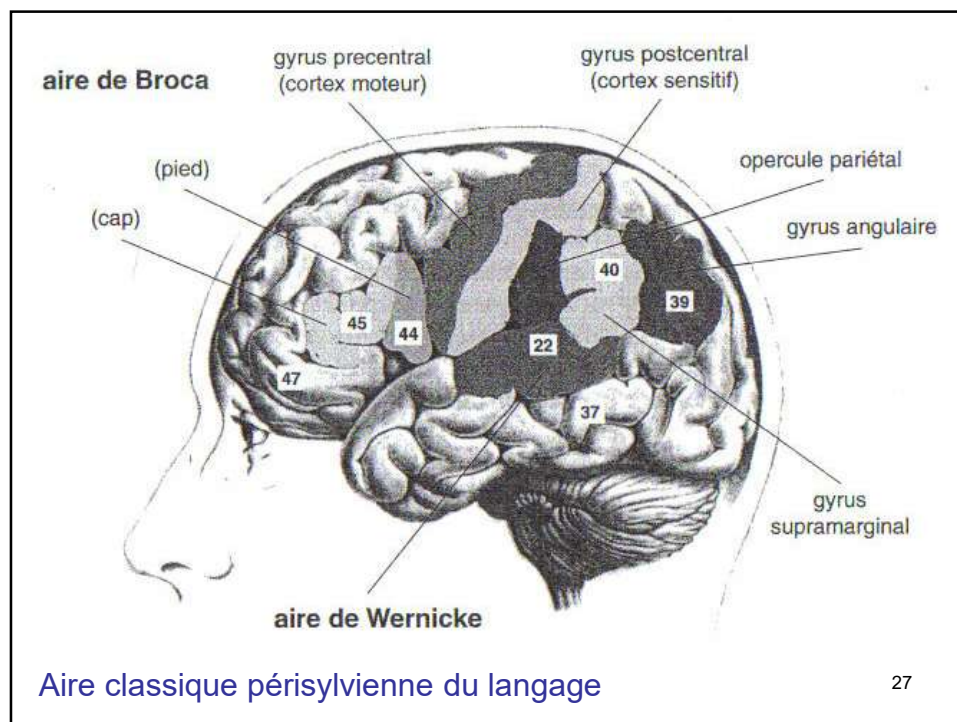
- Le cortex insulaire (insula : zone corticale au fond de la scissure de Sylvius)
- La portion operculaire des aires motrices (B4 et 6) et somesthésiques (B3, 1, et 2)
- Une zone operculaire pariétale comprenant l'aire somesthésique secondaire



26

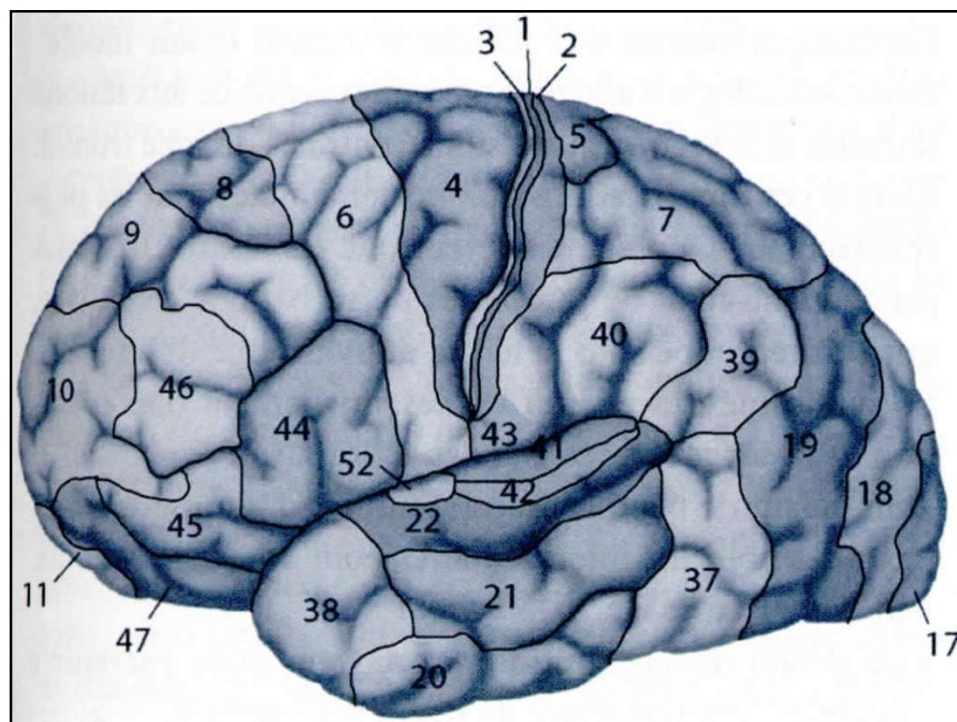
26





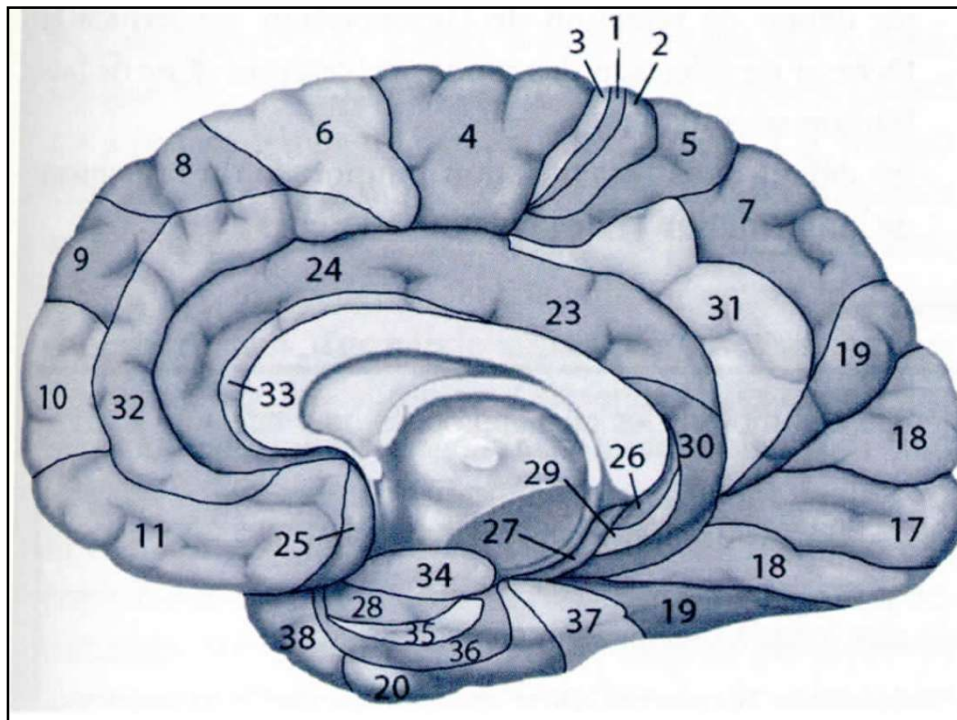
27

27

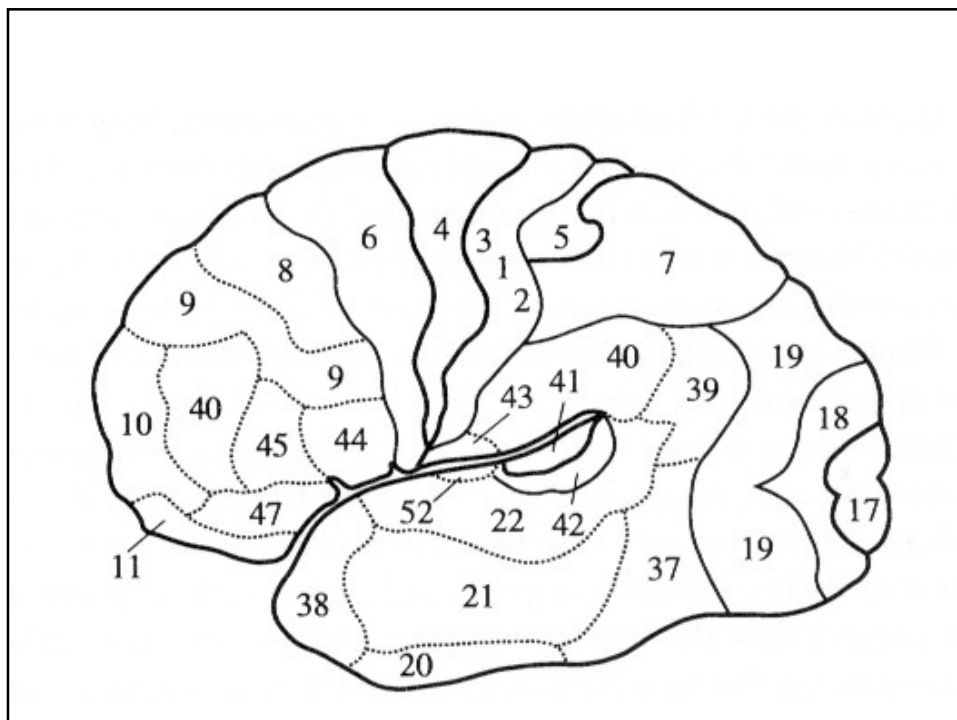


28

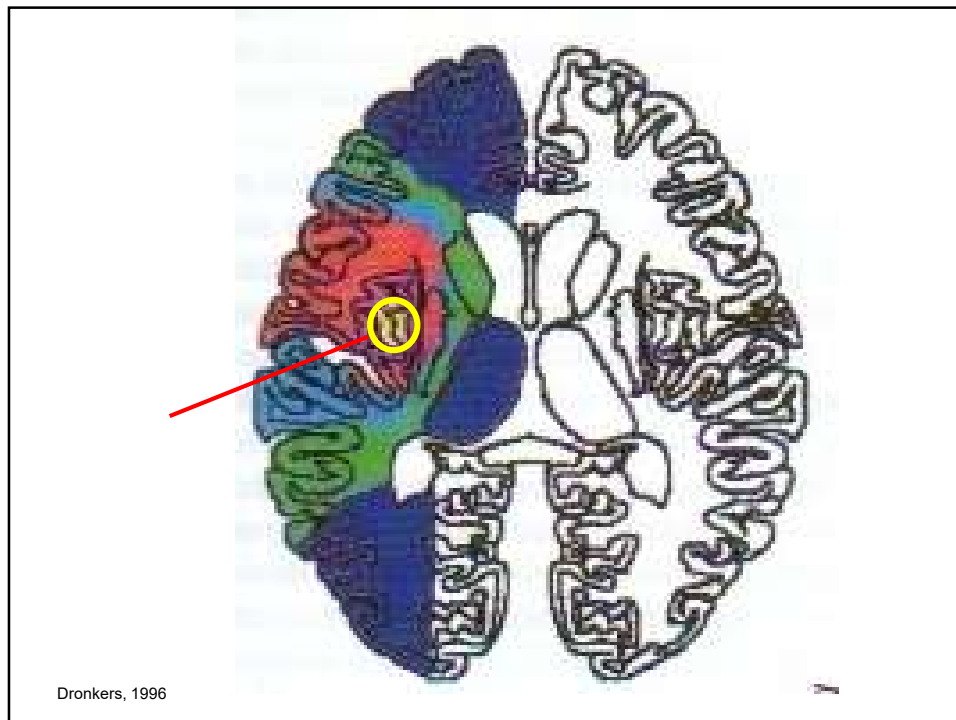




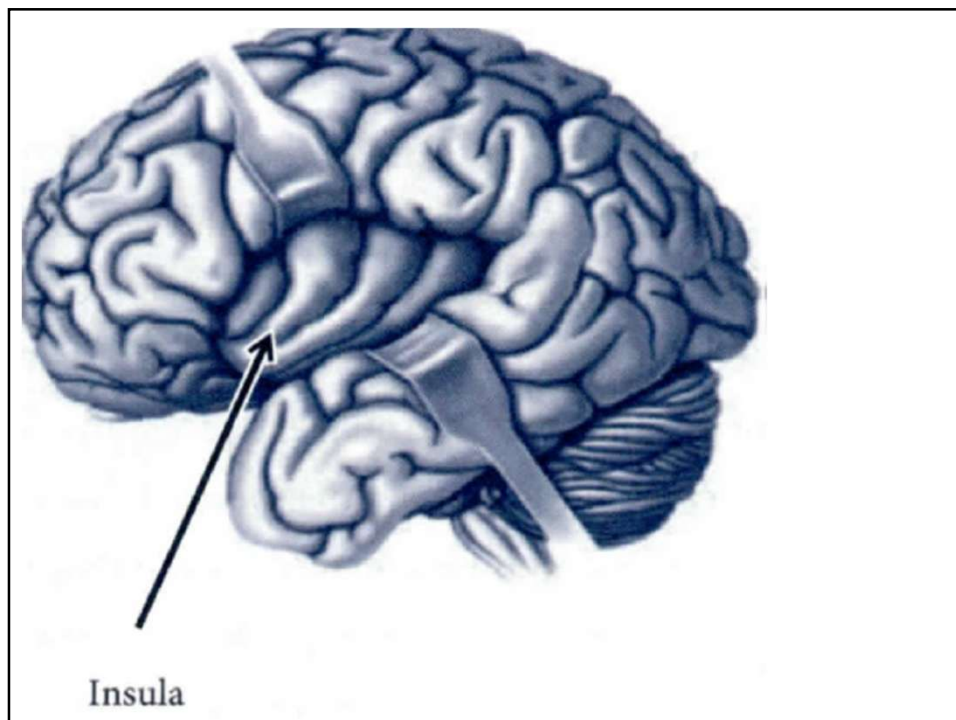
29



30



31



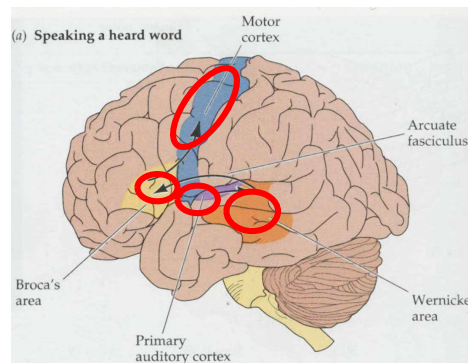
32

- **Modèle Wernicke-Geschwind\* (1976)**

a) Quand un mot est entendu, le signal provenant des oreilles est reçu par le cortex auditif primaire, puis est traité par l'aire de Wernicke, le mot est alors compris;

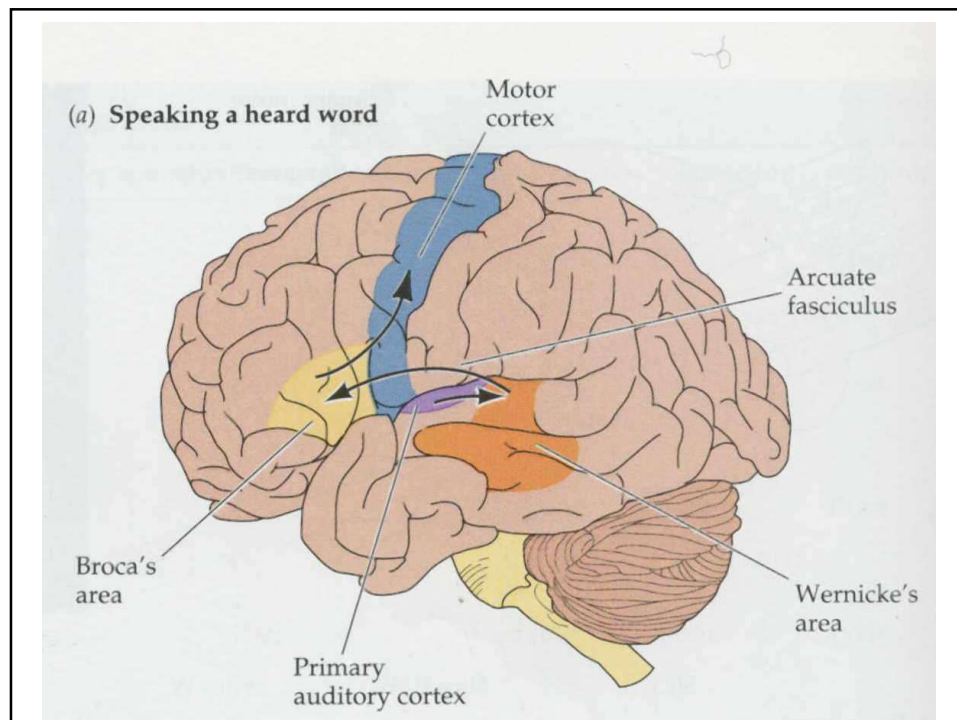
Si le mot doit être prononcé, une représentation de celui-ci est transmise de l'aire de Wernicke à l'aire de Broca à travers un faisceau de fibres, le faisceau arqué.

Dans l'aire de Broca, cette représentation active un programme pour l'articulation qui est alors transmis au niveau du cortex moteur qui déclenche la commande motrice.



33

33

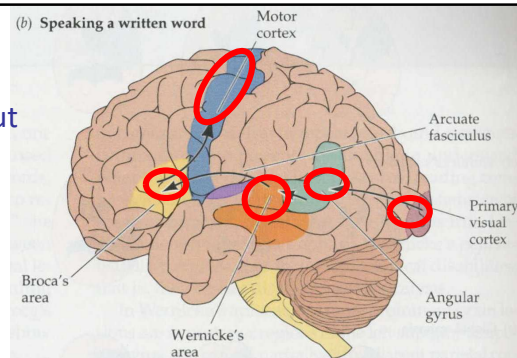


34

b) Quand un mot est lu,  
l'information visuelle est tout  
d'abord enregistrée par le  
cortex visuel  
de là, elle est ensuite  
transmise au gyrus  
angulaire

qui associe la forme visuelle du mot au pattern auditif  
correspondant dans l'aire de Wernicke

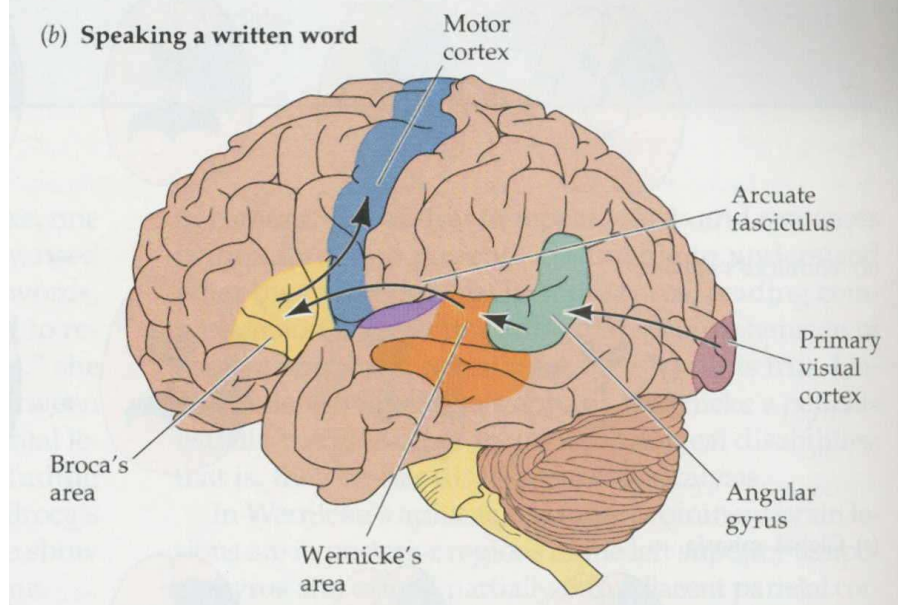
si le mot doit être produit (lu) à voix haute, la voie empruntée est  
alors la même que pour la production orale du mot



35

35

(b) Speaking a written word








\* Norman Geschwind (1926-1984), neurologue et psychiatre  
américain

36

36

## • Principaux types d'aphasie

Type of aphasia	Brain area affected	Spontaneous speech	Comprehension	Paraphasia	Repetition	Naming
Broca's aphasia		Nonfluent	Good	Uncommon	Poor	Poor
Wernicke's aphasia		Fluent	Poor	Common	Poor	Poor
Conduction aphasia		Fluent	Good	Common	Poor	Poor
Global aphasia		Nonfluent	Poor	Variable	Poor	Poor
Subcortical aphasia		Variable	Variable	Common	Good	Variable

**Aphasie** = Trouble de la **communication verbale** dû à une **lésion acquise** du **système nerveux central**, impliquant un ou plusieurs processus de compréhension ou de production des messages verbaux (Caplan, 1992; Goodglass, 1994)

37

37

## Sommaire

1. Les premières découvertes concernant les relations entre langage et cerveau
2. Langage et latéralisation hémisphérique
3. L'apport de l'imagerie cérébrale

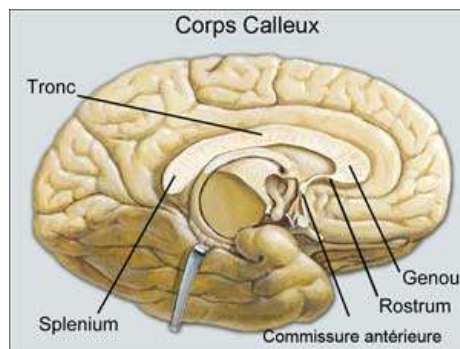
38

38



## 2. Langage et latéralisation hémisphérique

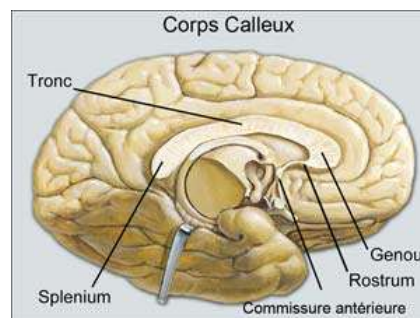
- Depuis les 1ères observations de Paul Broca, de nombreuses données ont confirmé le fait que le **langage** était essentiellement sous-tendu par des régions de **l'hémisphère gauche (=> dominant pour le langage)**
- L'hémisphère droit du sujet droitier standard possède peu de capacités langagières.
- Des études de patients commissurotomisés (split brain) ont confirmé le fait que l'hémisphère droit isolé n'a accès qu'à un lexique très restreint et surtout semble incapable de toute production de langage articulé.



39

### le corps calleux

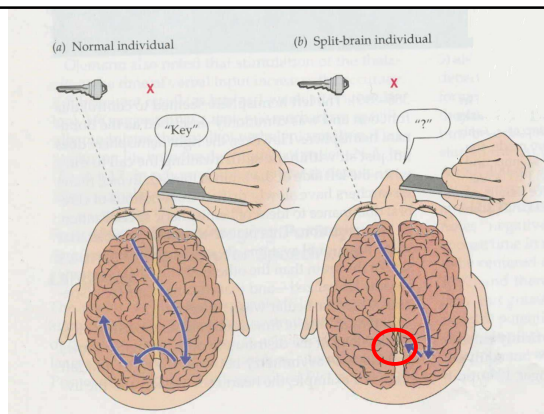
- Le corps calleux est une structure comprenant approximativement 200 millions de fibres nerveuses qui relient les deux hémisphères cérébraux.
- Elles connectent entre elles des aires homologues du cortex, permettant ainsi l'intégration de l'activité cérébrale de l'hémisphère droit et gauche.



40



- Dénomination d'un objet (clé)
- En (a) individu normal, les images projetées dans le champ visuel gauche active le cortex visuel droit.
- L'information visuelle est transférée via le corps calleux dans l'hémisphère gauche qui la traite et permet au mot correspondant à cette info d'être produit.



- En (b) patient « split-brain », le mot ne peut être produit car l'info visuelle ne peut être transférée dans l'hémisphère gauche.

41

41

- Il semble que la **spécificité de l'hémisphère gauche** soit la plus nette pour les aspects du langage nécessitant le **traitement séquentiel** de l'information, caractéristique des **composantes phonologiques et syntaxiques** de la parole.
- Il faut noter que la spécialisation de l'hémisphère gauche pour le langage n'est pas spécifique à la modalité auditivo-verbale mais existe quel que soit le support utilisé pour la communication.  
  
chez les sourds congénitaux, suite à une lésion des aires du langage de l'HG, il peut y avoir une perte de la capacité à produire et comprendre des signes gestuels à valeur linguistique.
- Cette spécialisation n'est cependant pas universelle!

42

42

## 2.1. Latéralité manuelle et latéralisation hémisphérique

### 2.1.1. Etudes chez les aphasiques

- Montrent que chez le droitier, l'hémisphère gauche est dominant pour le langage dans 95% des cas, l'aphasie survenant à la suite d'une lésion gauche.
- Montrent que chez le gaucher, il y aurait une participation des 2 hémisphères pour le langage, dans des proportions variables selon les études, l'aphasie pouvant survenir à la suite d'une lésion gauche mais aussi d'une lésion droite.

43

43

### 2.1.2. Test de Wada

- Consiste à observer la survenue de difficultés de langage à la suite de l'inactivation temporaire d'un hémisphère par injection intra-carotidienne d'un barbiturique (amytal sodique) (pratiquée chez patients épileptiques nécessitant intervention chirurgicale).
- Résultats :
  - chez le droitier**, 95% de sujets avec dominance gauche pour le langage
  - chez le gaucher**,
    - 65% de sujets avec dominance gauche pour le langage
    - le reste ayant à part égale :
      - une latéralisation à droite pour le langage
      - une implication égale des 2 hémisphères pour le langage

44

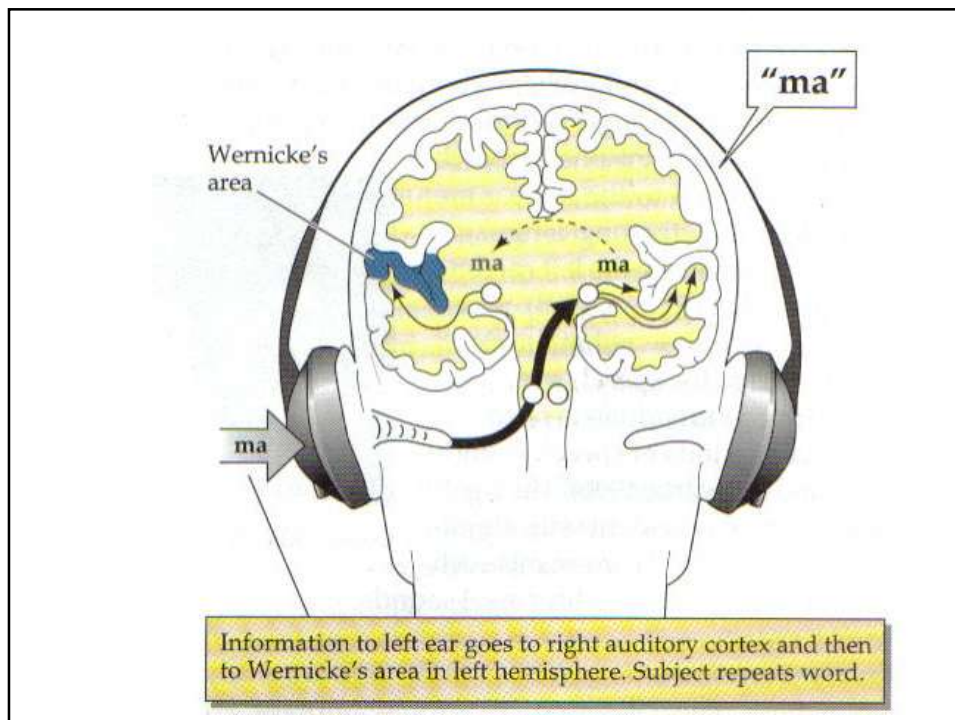
44

### 2.1.3. Test d'écoute dichotique

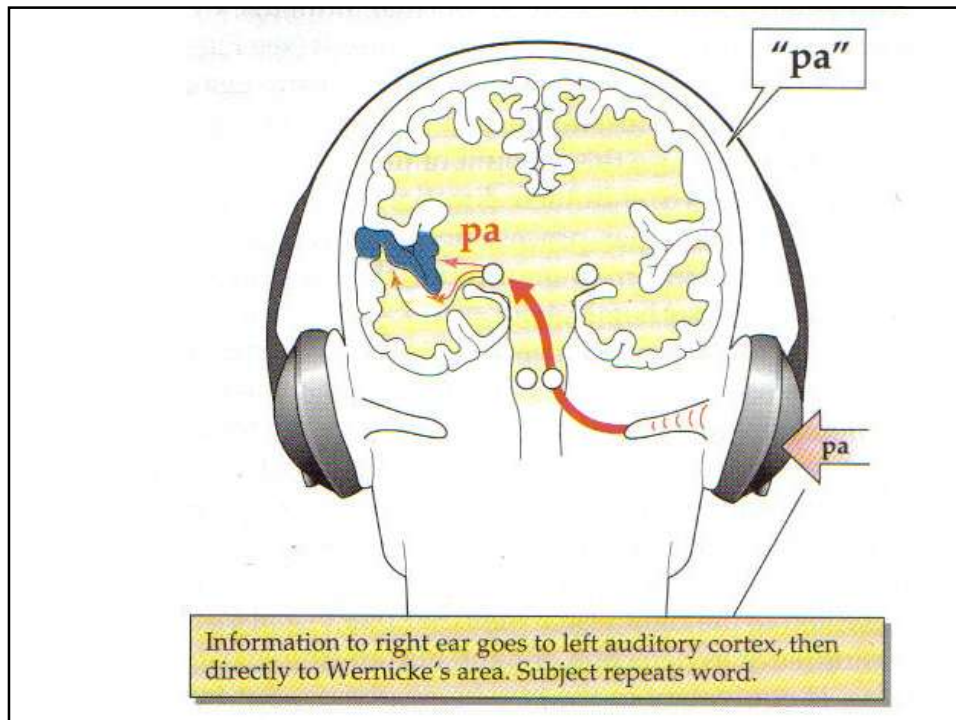
- Résultats :
  - chez les droitiers : +/- 85% d'avantage pour l'oreille droite
  - chez les gauchers : 65% d'avantage de l'oreille droite

45

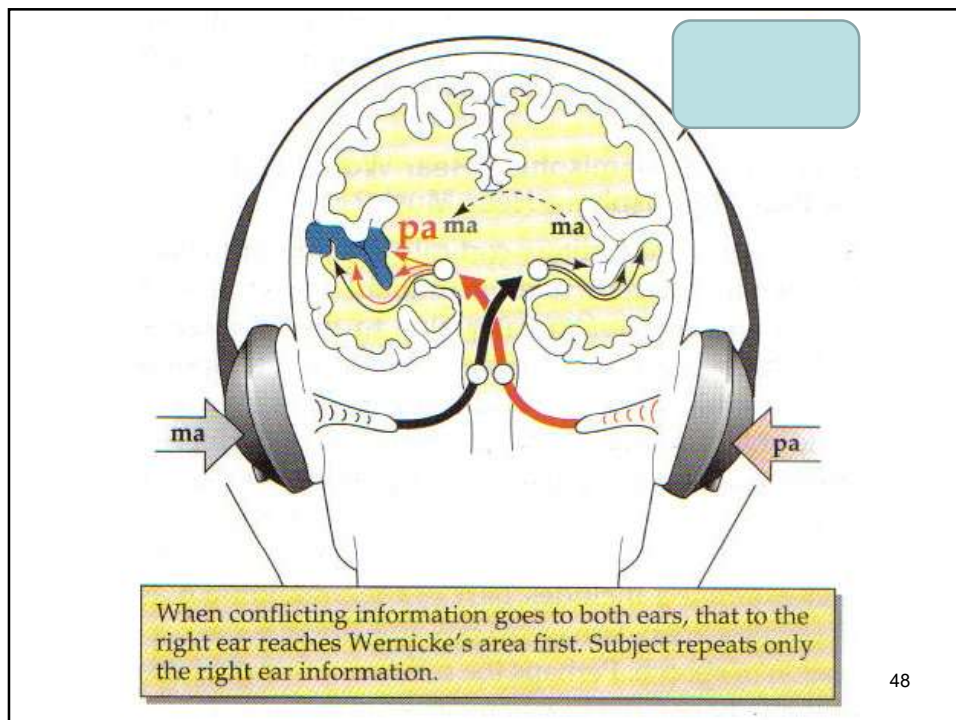
45



46

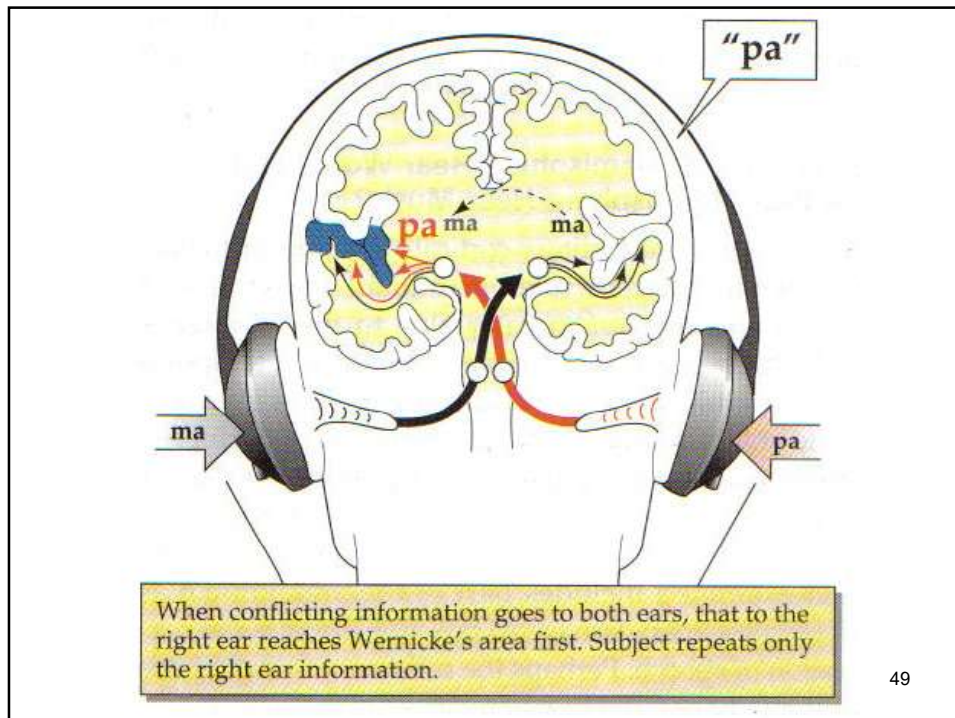


47



48

48



49

## 2.2. Le cas particulier de l'aphasie croisée

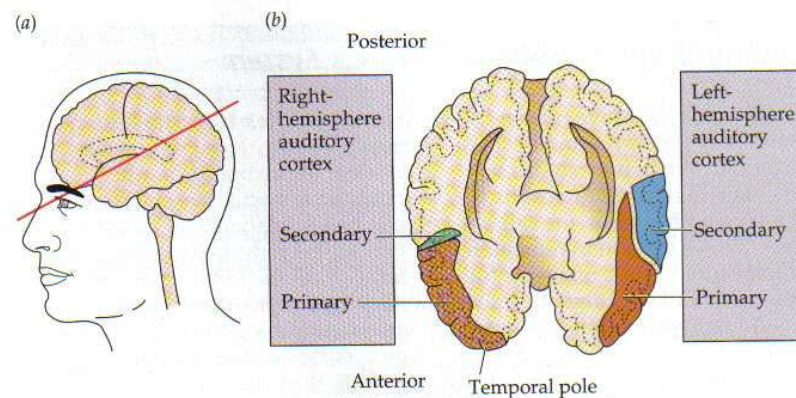
- Terme général qui renvoie à des symptômes aphasiques qui apparaissent suite à une lésion de l'hémisphère non-dominant (droit) pour le traitement du langage chez des patients droitiers (prévalence: 1 à 5%).
- 1 à 5% des droitiers auraient une dominance de l'hémisphère droit pour le langage.
- Dans l'aphasie croisée, souvent, les symptômes sont analogues à ceux observés pour des lésions homologues dans l'hémisphère gauche.
- Mais dans certains cas les symptômes sont atypiques.

50

50

### 2.3. Corrélats morphologiques de l'asymétrie fonctionnelle du langage

- **Asymétrie** de la partie de l'aire de Wernicke enfouie dans la scissure de Sylvius = **Planum temporale** chez 65% des sujets.



51

51

### 2.4. Troubles de la communication suite à des lésions de l'hémisphère droit

- Chez la plupart des droitiers, une lésion dans l'hémisphère droit entraîne des troubles de la communication plutôt que des troubles aphasiques :
  - Difficultés à produire et à comprendre la prosodie d'un énoncé, les émotions véhiculées par les expressions faciales.
  - Difficultés de compréhension du sens implicite (métaphores, humour).
  - Difficultés de compréhension au niveau du discours.

52

52



### 3. L'apport de l'imagerie cérébrale

- **Jusqu'aux années 1970**

la quasi-totalité des connaissances relatives aux **bases cérébrales du langage** reposait sur des notions acquises depuis plus d'un siècle par les pionniers de

la **méthode anatomo-clinique** qui consiste à mettre en lien l'observation clinique de **troubles comportementaux et cognitifs** dans le cadre de **l'aphasie**, et

des lésions de régions du cerveau mises en évidence à **l'autopsie**.

53

53

- **A partir des années 1980**

avec l'avènement des **techniques d'imagerie cérébrale** (PET scan, RMN,...), il est désormais possible

**1) d'explorer la morphologie cérébrale in vivo**

pas de nouvelles révélations par rapport à l'aphasiologie classique

mais permet de mieux comprendre les tenants de la latéralisation hémisphérique du langage

**2) d'explorer l'activation des régions cérébrales lorsque le sujet est en train de réaliser des tâches cognitives (par ex., lire, écouter, etc.)**

permet d'établir de manière beaucoup plus fine les régions ou les **réseaux cérébraux** sous-tendant les fonctions cognitives

54

54

- **Actuellement, certaine remise en question de la localisation cérébrale des symptômes aphasiques.**

voir par exemple le neurochirurgien français Hugues Duffau qui pratique la chirurgie éveillée et qui considère que les fonctions cérébrales dépendent de réseaux d'activation plutôt que d'activations de régions spécifiques.

Pr Hugues DUFFAU

## L'ERREUR DE BROCA

Exploration d'un cerveau éveillé



55