

Semaine européenne Athens de ParisTech 2014
AGROPT21 – Neurons : des modèles à la conscience

NEUROBIOLOGIE DE LA CONSCIENCE

ENTRE QUANTA ET QUALIA

L'exemple de la vision aveugle

Jean-Pierre Rospars

jean-pierre.rospars@versailles.inra.fr



CORRELATS NEUROPHYSIOLOGIQUES DE LA CONSCIENCE VISUELLE

c-à-d

des qualités (*qualia*) de la conscience visuelle
par ex. la couleur rouge

Éléments de construction de notre “*monde intérieur*” (M1)
(perception relative au sujet, “subjectif”)

Traduction partielle et imparfaite du “*monde extérieur*” (M2)
(physique, relatif aux objets, “objectif”)

Partielle : ex. restriction longueurs d’onde perçues

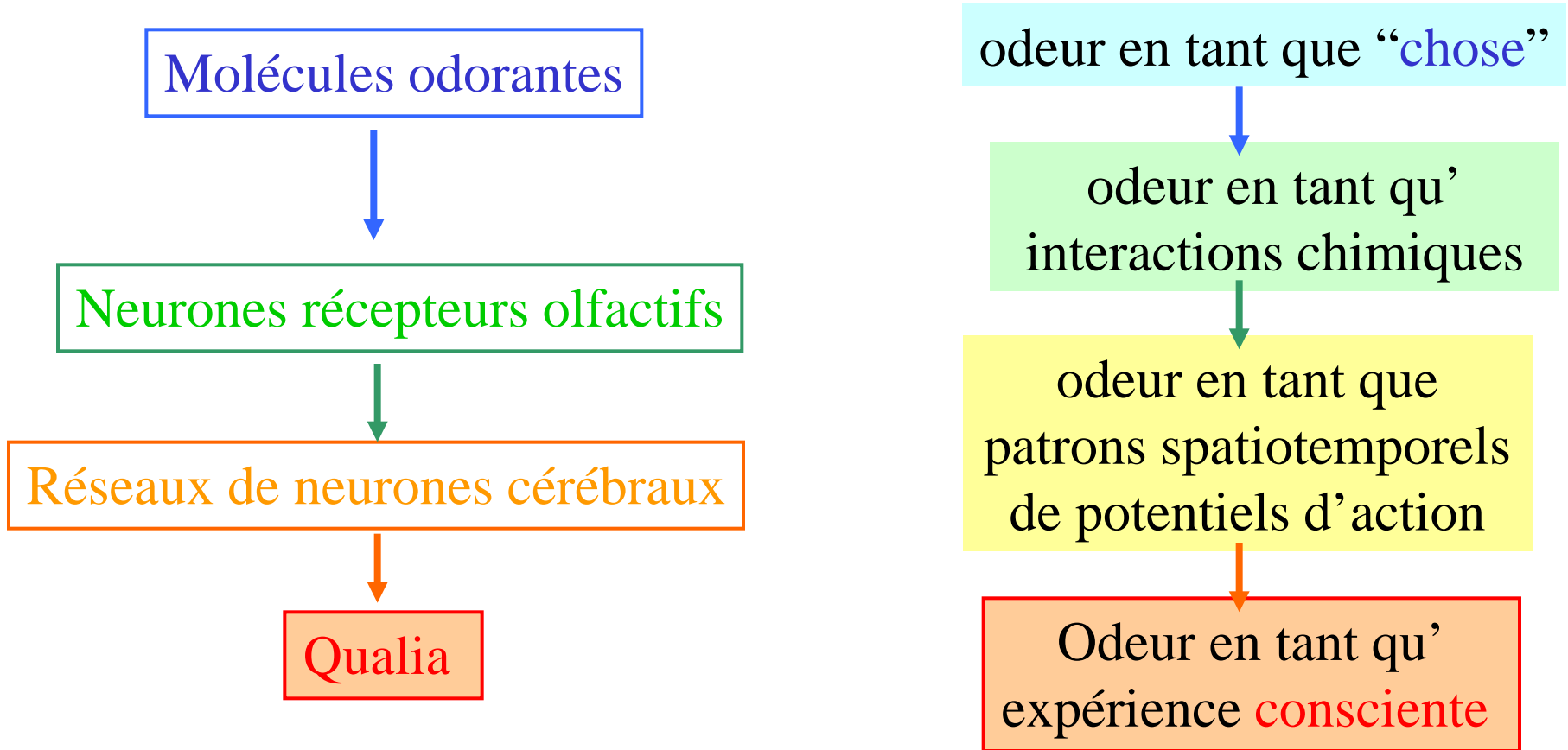
Imparfaite : ex illusions perceptives.

Incorrecte : ex. couleurs “chaude” et “froide”

NON IDENTITÉ DE M1 ET M2 (Karl Popper)

INTERACTION DES “MONDES” : $M1 \longleftrightarrow M2$

LE PROBLÈME DES QUALIA



L'odeur est une traduction mais la perception visuelle est *aussi* une traduction.
Combattre l'idée « évidente » que le monde *est* comme nous le percevons.

CORRELATS NEUROPHYSIOLOGIQUES DE LA CONSCIENCE VISEUELLE

VISION AVEUGLE
(Weiskrantz, 1973)

Discrimination sans conscience

Un patient avec lésion *bilatérale* dans le cortex visuel
est complètement *aveugle*,
pourtant il peut *discriminer* des signaux visuels
dont il n'est pas conscient (qu'il ne voit pas)

1. La vision aveugle chez l'homme
2. Autres exemples similaires chez l'homme
3. La vision aveugle chez l'animal
4. Neurobiologie des visions aveugle et consciente
5. Conclusions

1.

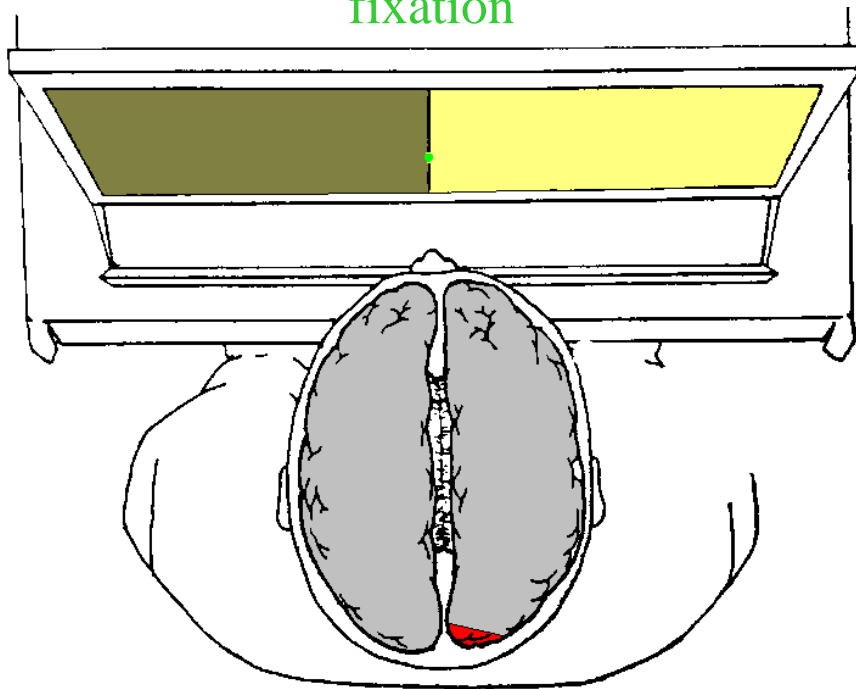
Vision aveugle chez l'homme

EXPERIENCE DE WEISKRANTZ, WARRINGTON ET MARSHALL (1974)

Demi-champ
aveugle

Point de
fixation

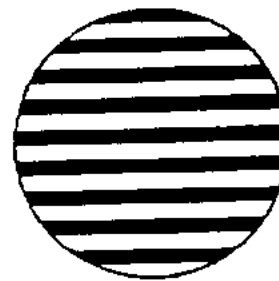
Demi-champ
normal



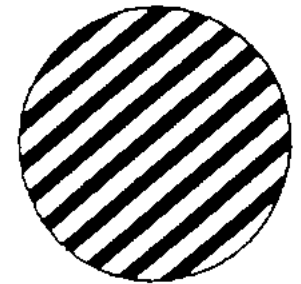
Sujet D.B.

Ablation (tumeur) aire V1 droite

Discrimination dans le
champ aveugle



0°

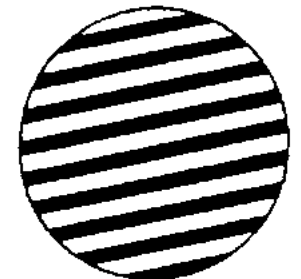


45°

Détermination du seuil

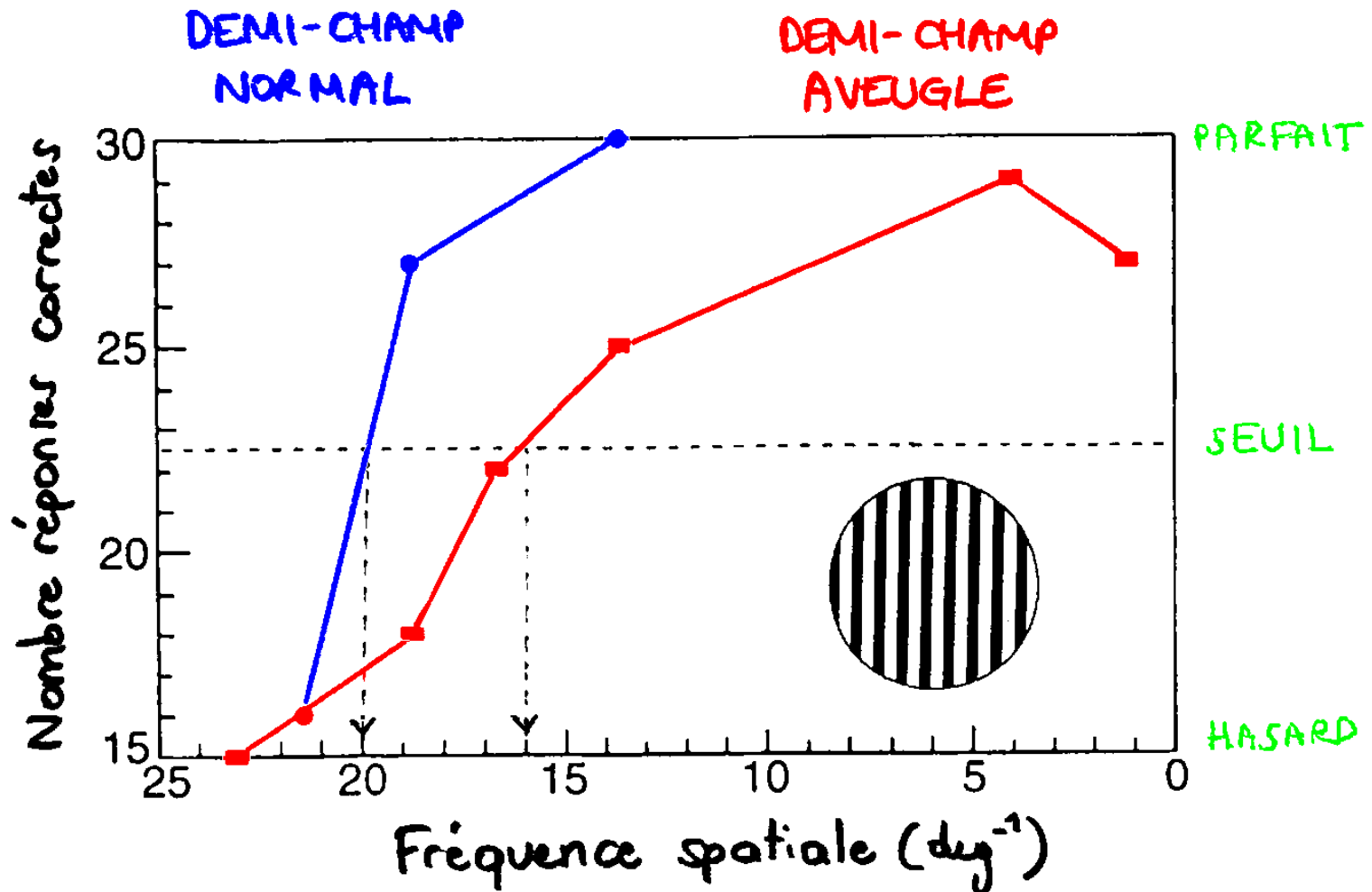


0°



□ 10°

DETERMINATION DE L'ACUITE VISUELLE



PERFORMANCES GLOBALES

Les sujets présentant des lésions de l'aire V1 peuvent :

- détecter la *présence* d'un stimulus dans leur demi-champ aveugle,
 - le *localiser* dans l'espace,
- déterminer la *direction* du mouvement,
- discriminer l'*orientation* des lignes,
- juger s'il *correspond* ou non à celui dans le demi-champ normal,
 - discriminer différentes longueurs d'onde, c-à-d distinguer des *couleurs*.

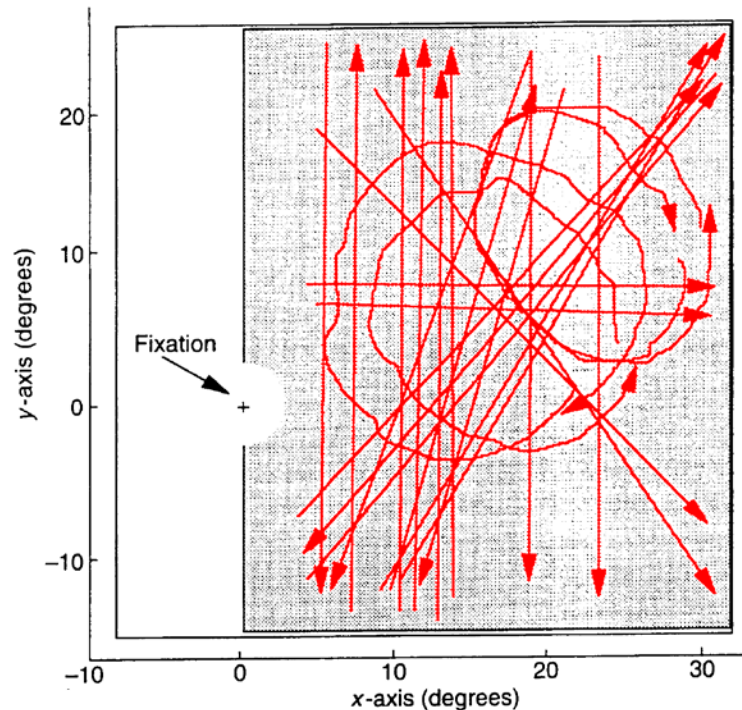
Toutes ces sensibilités *ne sont pas* observées chez chaque patient (diversité de détail des lésions)

CONSCIENCE DES MOUVEMENTS

Etat de conscience *nouveau* intermédiaire entre cécité et vision.

Sujet D.B. : “ondulations” non véridiques qui accaparent son attention

Sujet G.Y : sensation consciente véridique mais sans vision.



“Je savais qu’il y avait quelque chose en déplacement.

- Pouvez-vous le décrire ? - Non. - Qu’avez-vous vu ? - Je n’ai rien vu.”

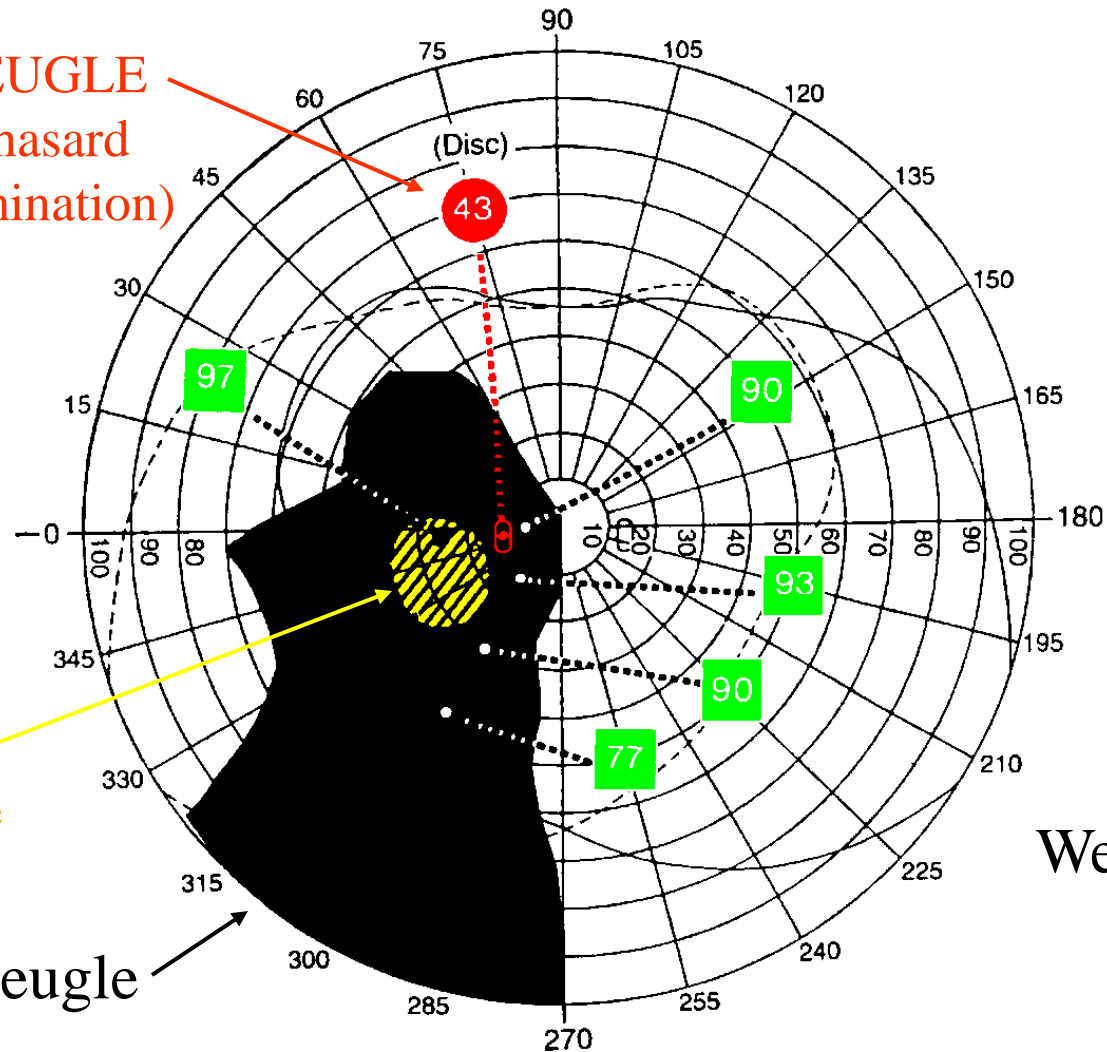
“En fait vous ne sentez rien. La difficulté est la même que celle de tenter d’expliquer à un aveugle ce que c’est que voir.”

REJET DE L'EXPLICATION DES RESULTATS
PAR UNE *DIFFUSION DE LA LUMIERE*
A L'INTERIEUR DE L'ŒIL
DU CHAMP AVEUGLE VERS LES CHAMP NORMAL

TÂCHE AVEUGLE
Réponse au hasard
(pas de discrimination)

Zone de
sensation
non-visuelle

Champ aveugle



Weiskrantz (1983)

LIMITES DE LA “VISION” AVEUGLE

A l'exception des stimuli transitoires
la vision aveugle ne donne lieu à *aucune* conscience.

Le sujet ne peut deviner que si
on lui dit *quand* deviner.

Les informations présentes dans le cerveau
sont *inutilisables* par le sujet.

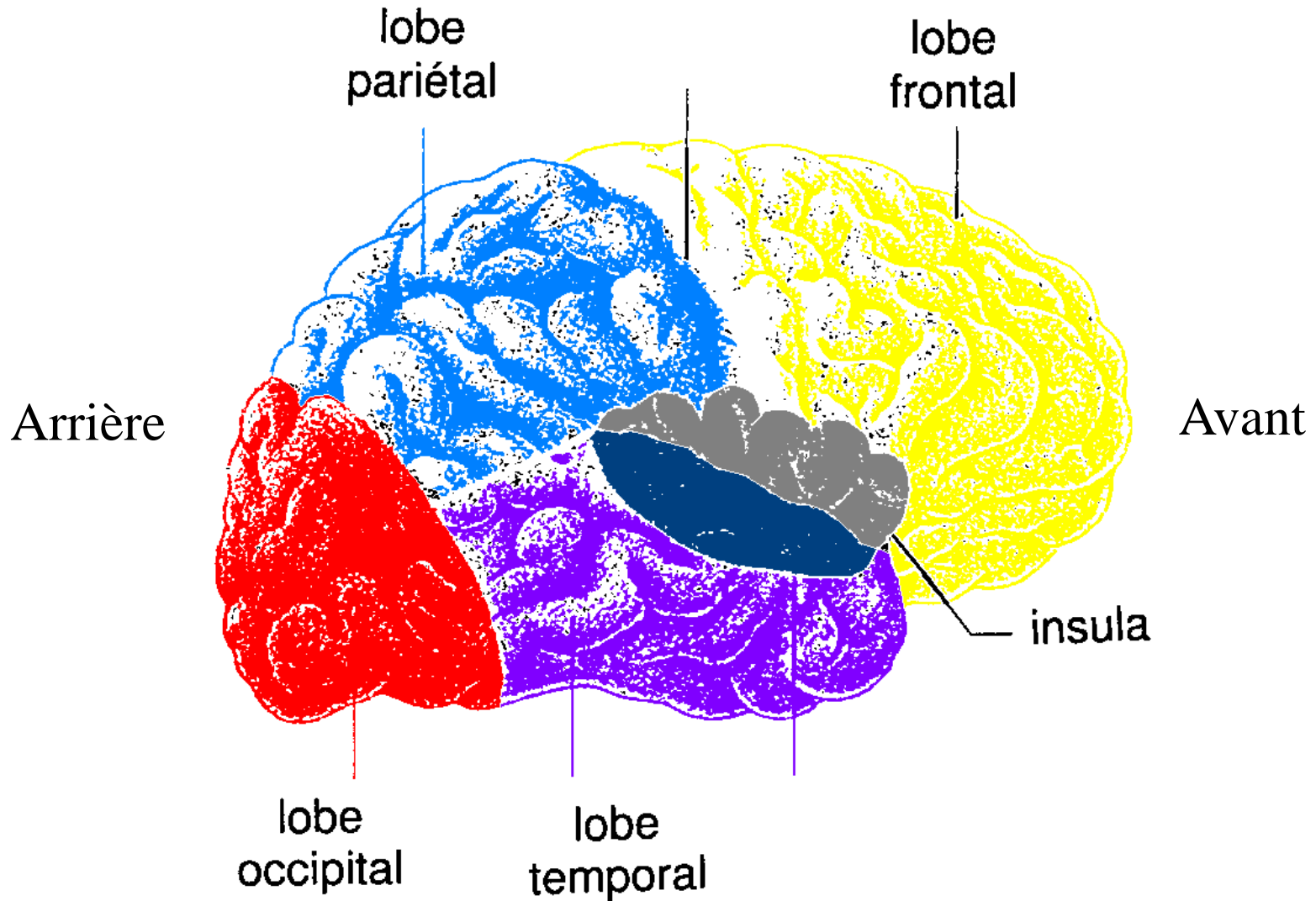


Lawrence Weiskrantz

2.

Autres exemples
de discriminations non conscientes
chez l'homme

LES 4 LOBES DE L'HÉMISPHERE DROIT



AUTRES EXEMPLES DE DISCRIMINATIONS NON-CONSCIENTES

Possibilités d'actions correctes en l'absence de discriminations explicites

Déficits sensoriels

“Toucher gourd” (Paillard, Michel et Stelmach, 1983)

lésion du lobe pariétal gauche

“Audition sourde” (Michel et Peronnet, 1980)

lésion du lobe temporal (aire associée à compréhension du langage)

Déficits non sensoriels

Incapacité d'identifier des visages (prosopagnosie)

lésion du lobe temporal

Pertes de compréhension et de production linguistique (aphasies)

lésion de l'aire de Broca ou de Wernicke

Perte de la mémoire (amnésie)

lésion du lobe temporal gauche (hippocampe) ou thalamus médian

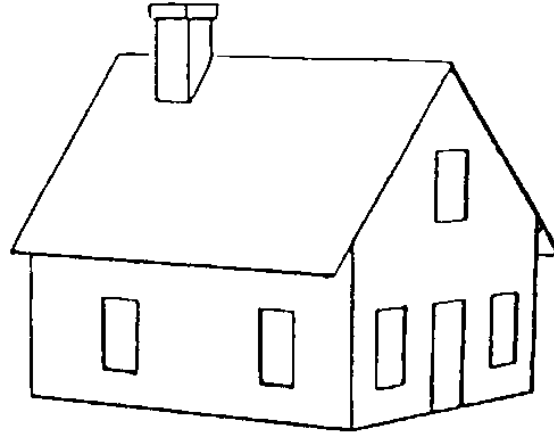
Anosognosies (patients ignorants leur infirmité)

Non perception (visuelle et/ou tactile) d'une moitié du corps
(négligence unilatérale)

lésions du lobe pariétal, notamment droit

NEGLIGENCE UNILATERALE

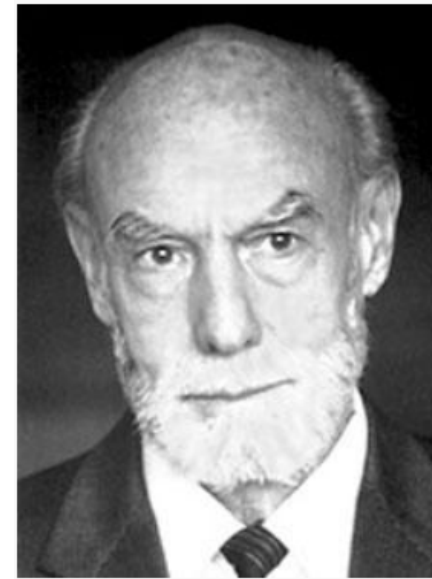
Exemple de négligence de la partie gauche du champ visuel



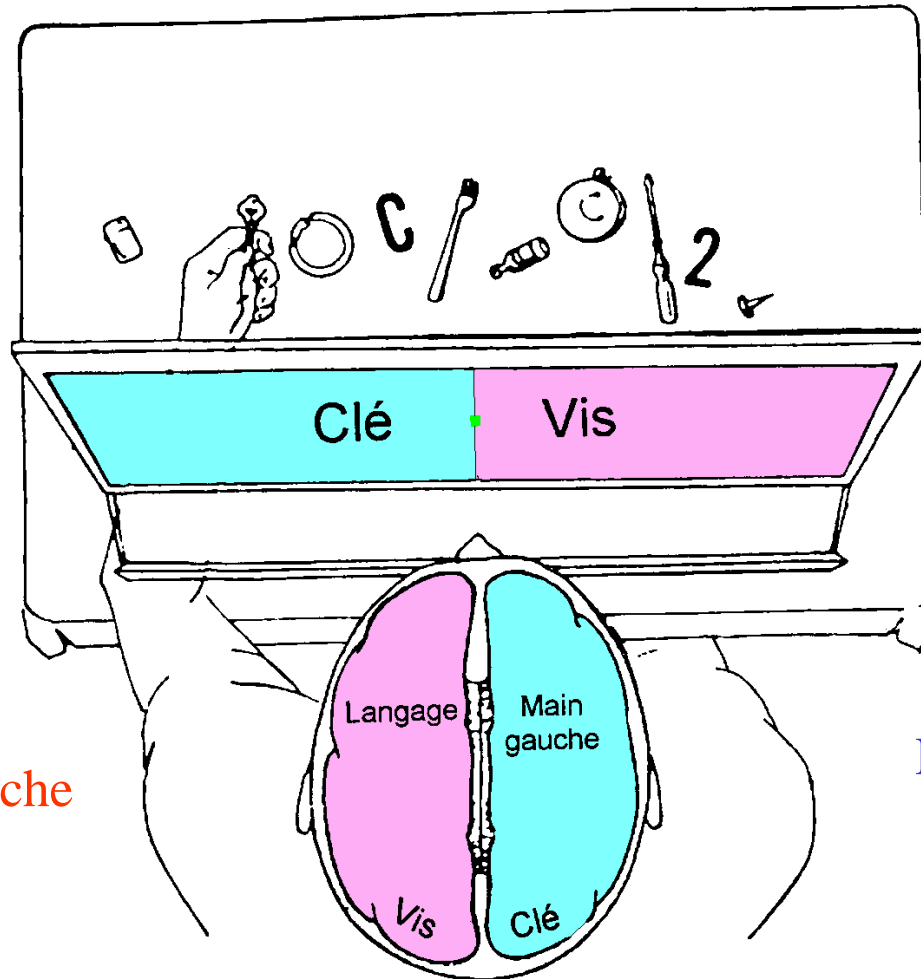
EXPERIENCE SUR LE CERVEAU DIVISE DE SPERRY et coll.



Roger Sperry
1913-1994



Prix Nobel 1981



Hémisphère gauche
"dominant"

Hémisphère droit
commande de la
main gauche

3.

Vision aveugle chez l'animal



Alan Cowey
(1935-2012)



Petra Stoerig

VISION AVEUGLE CHEZ LE SINGE

CONSCIENCE ANIMALE

Les sujets humains dont l'aire V1 est lésée disent qu'ils n'ont aucune conscience des stimuli visuels.

Est-ce également le cas des singes ?

Ont-ils une vision aveugle
(discrimination *sans conscience*)
distincte d'une vision normale
(discrimination *avec conscience*) ?

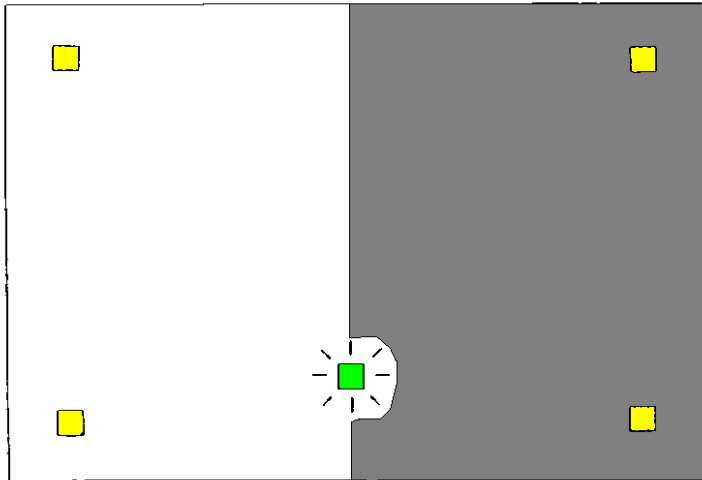
La vision aveugle, si elle pouvait être démontrée chez l'animal, serait un grand pas pour suggérer fortement l'*existence d'une conscience*, au moins sensorielle, semblable à celle de l'homme.

EXPERIENCE DE COWEY ET STOERIG (1995)

Première série d'essais



■ Lumière gauche
■ Lumière droite

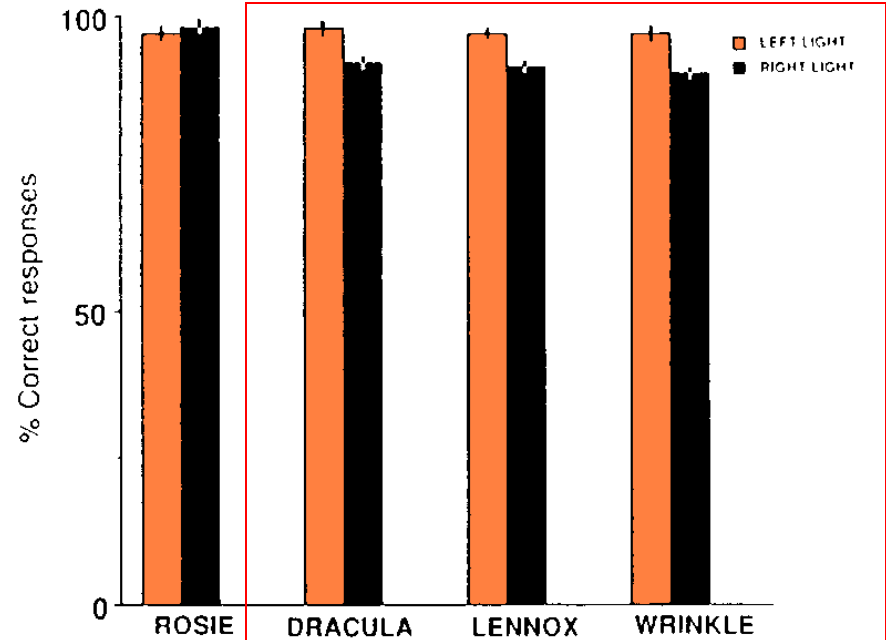


Demi-champ
normal

Point de fixation
+ signal

Demi-champ
aveugle

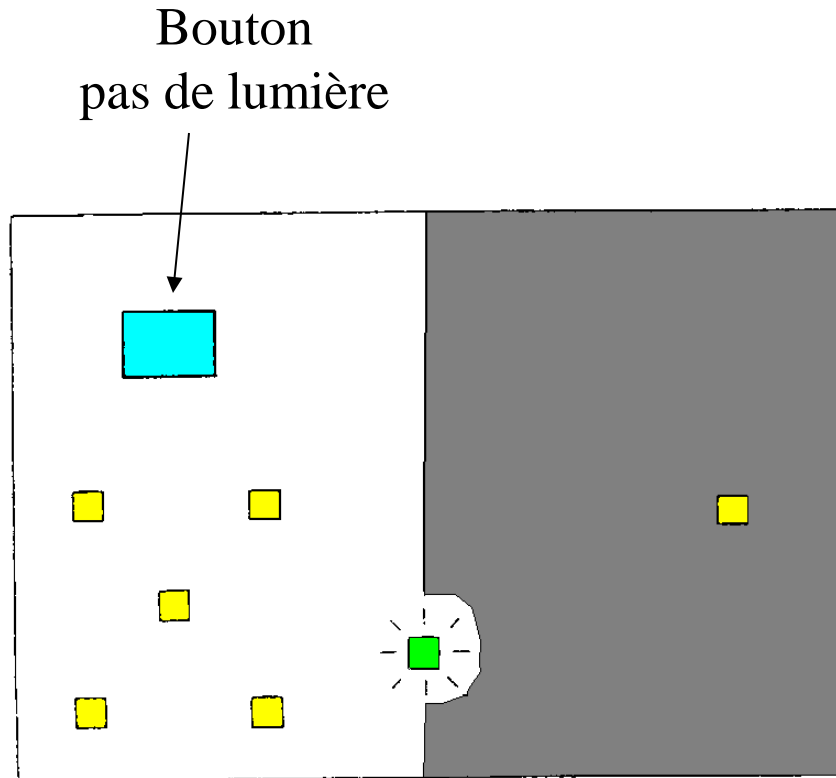
Normal
non-opéré



Opérés
lobectomie occipitale gauche

EXPERIENCE DE COWEY ET STOERIG (1995)

Seconde série d'essais

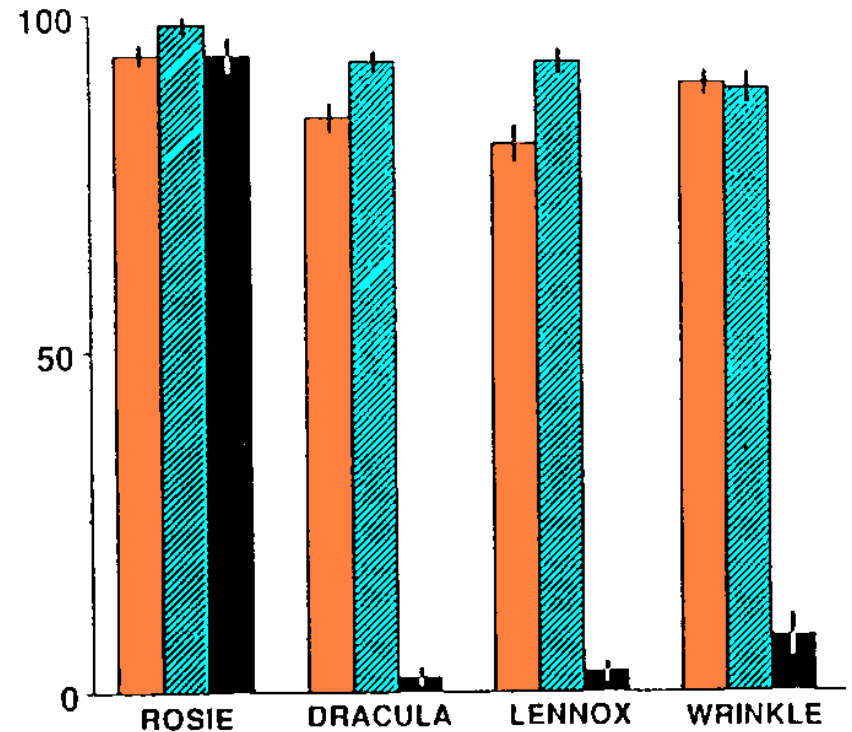


Demi-champ normal

Demi-champ aveugle

Point de fixation

Lumière gauche
Pas de lumière
Lumière droite



Normal non-opéré

Opérés lobectomie occipitale gauche

4.

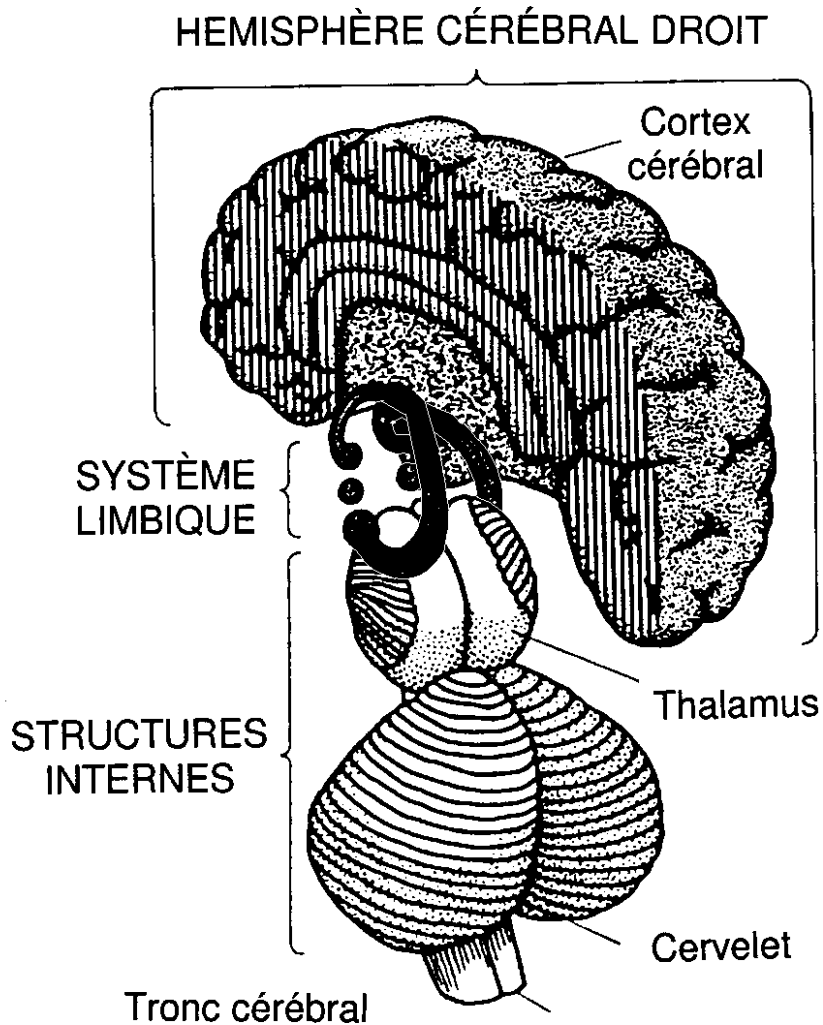
Neurobiologie des visions aveugle et consciente

NEUROBIOLOGIE DES VISIONS AVEUGLE ET CONSCIENTE

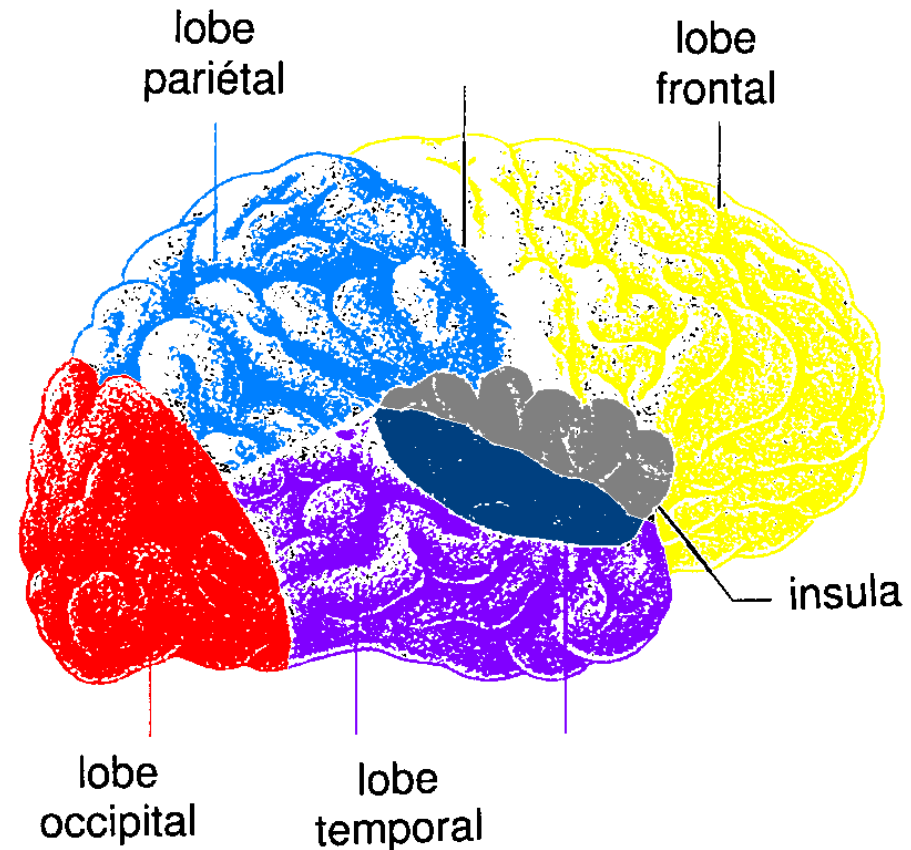
Quelles sont
les structures cérébrales
nécessaires et suffisantes
pour que survienne
la conscience visuelle ?

ORGANISATION DU CERVEAU

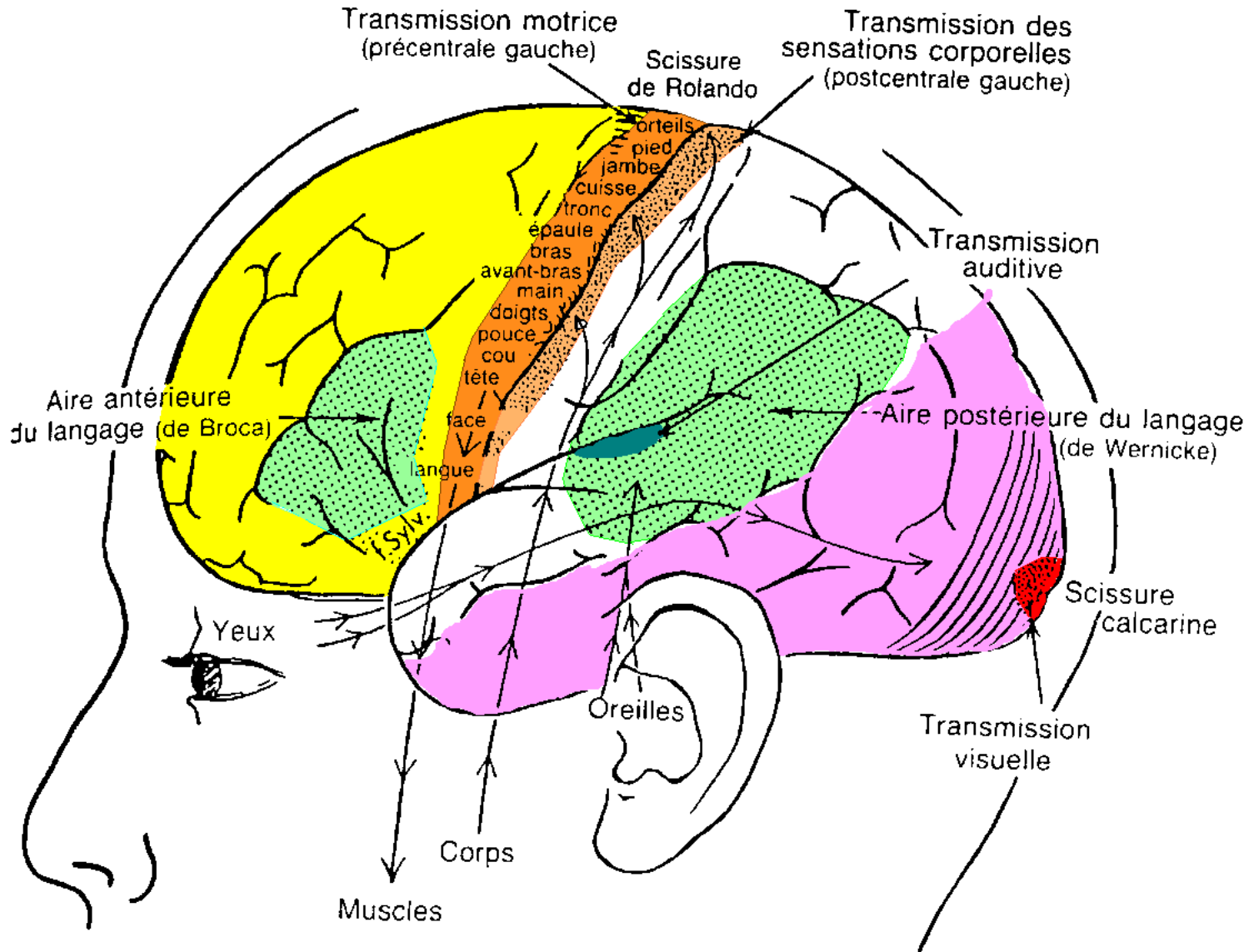
Les 3 couches concentriques du *cerveau*



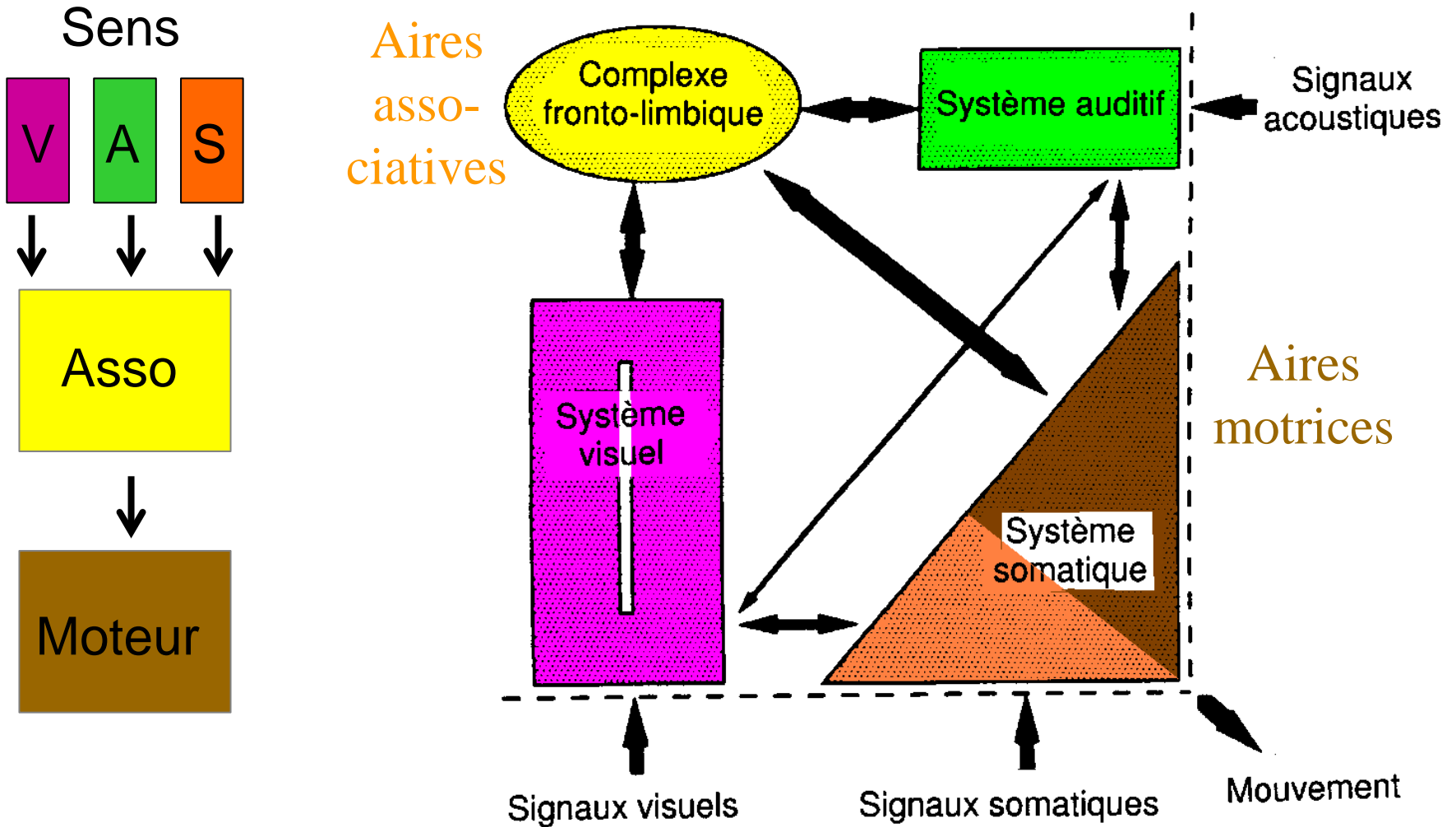
Division du *cortex* cérébral en 4 lobes



ORGANISATION FONCTIONNELLE (H. GAUCHE)



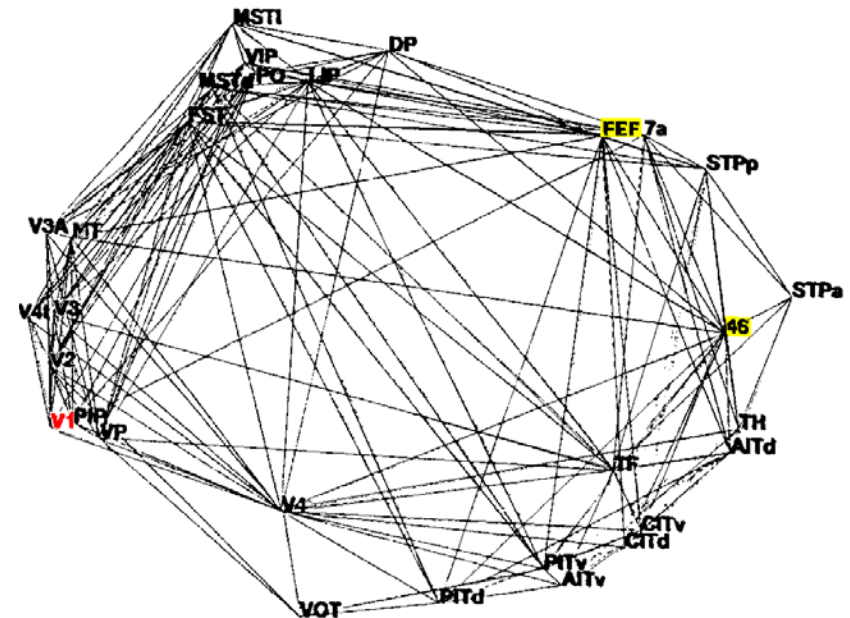
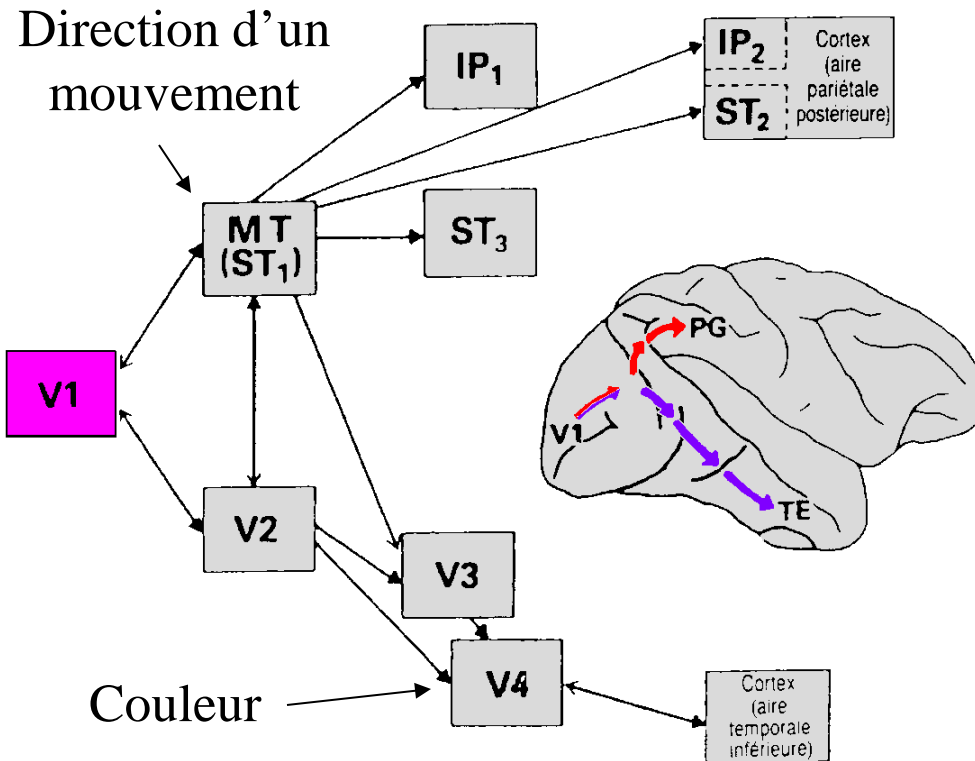
ORGANISATION FONCTIONNELLE



ORGANISATION DU CORTEX VISUEL

Un trentaine d'aires connectées bidirectionnellement

DORSAL : actions guidées visuellement



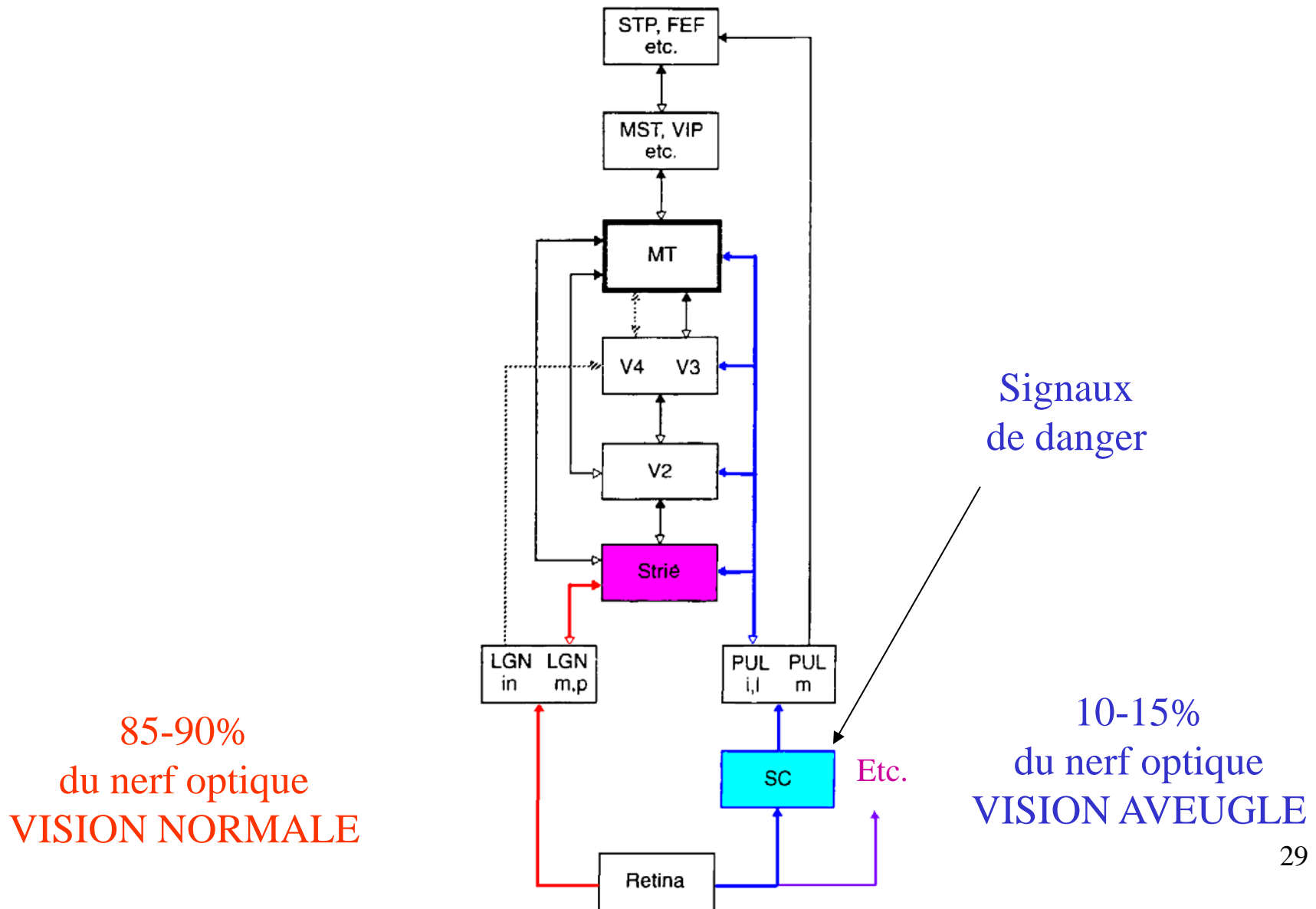
VENTRAL : perception des objets

1985

1992

DE LA RETINE AU CORTEX VISUEL

Une autoroute et 9 routes secondaires



LE CORTEX STRIE (AIRE V1) EST NECESSAIRE A LA CONSCIENCE VISUELLE

Il n'est pas surprenant
que des discriminations visuelles
puissent être faites en l'absence de V1
(l'information arrive par les routes secondaires)

MAIS

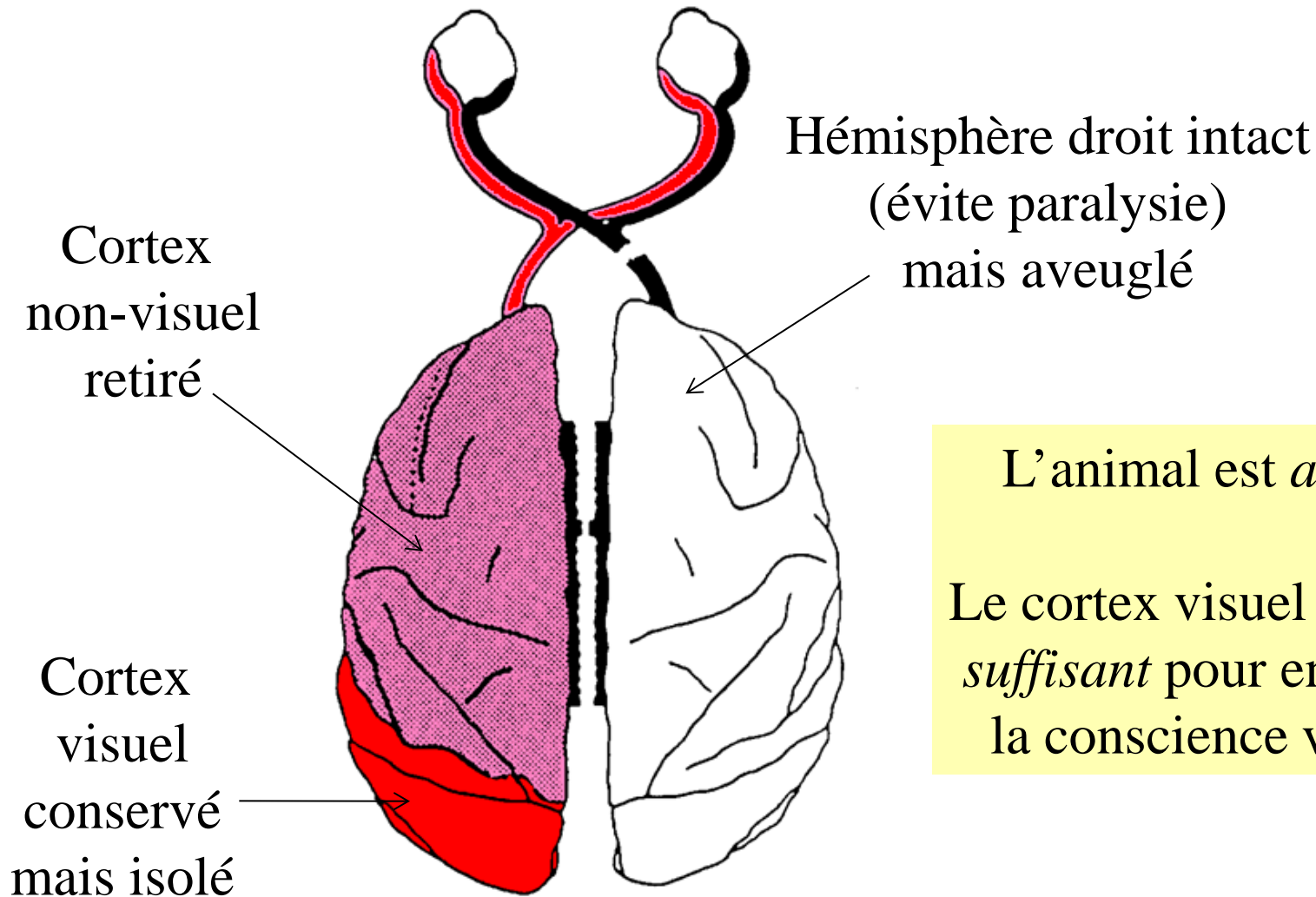
Pourquoi la destruction de V1
entraîne-t-elle la cécité ?

*

Le cortex visuel en général
(et l'aire V1 en particulier)
est-il suffisant à la conscience visuelle ?

EXPÉRIENCES DE NAKAMURA ET MISHKIN (1980-1986)

Isolement complet d'un cortex visuel du reste du cerveau
en ne lui conservant que son entrée sensorielle.

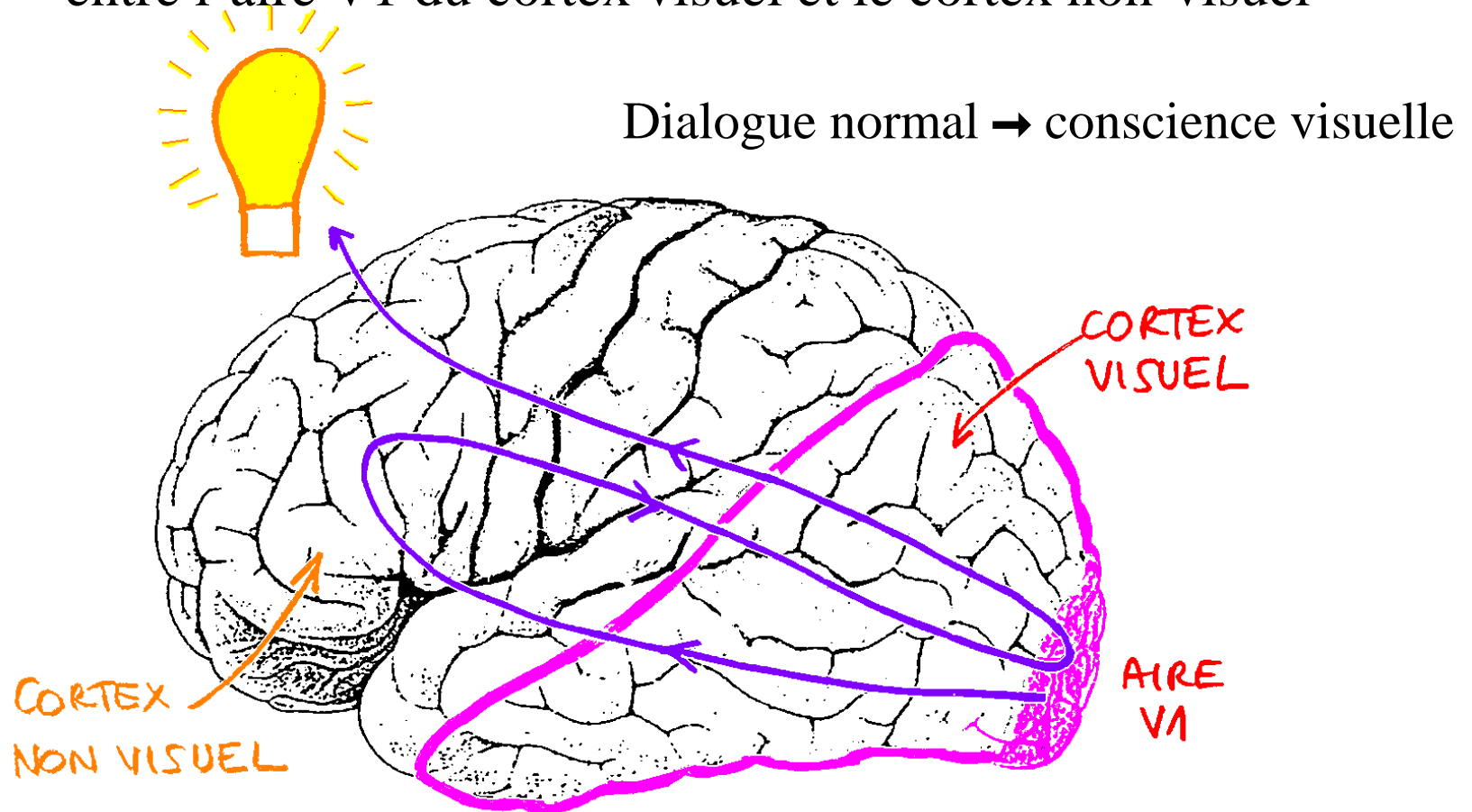


L'animal est *aveugle*

Le cortex visuel n'est pas *suffisant* pour engendrer la conscience visuelle

L'HYPOTHESE DE WEISKRANTZ (1997)

La conscience visuelle nécessite un dialogue entre l'aire V1 du cortex visuel et le cortex non-visuel



Dialogue empêché

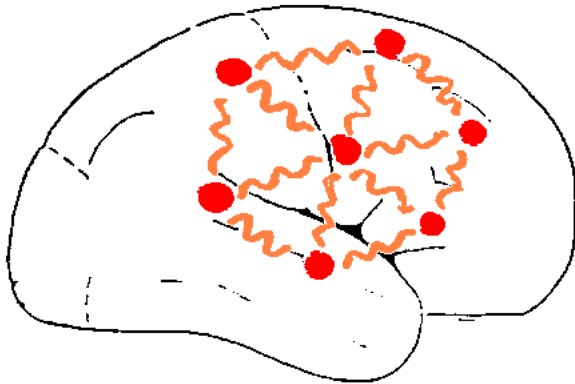
- par absence de V1 (vision aveugle)
- par absence de cortex non-visuel (Nakamura et Mishkin)

CORTEX NON-VISUEL ET CONSCIENCE

Deux types d'hypothèses sur les aires impliquées dans la conscience

Aires nombreuses et dispersées

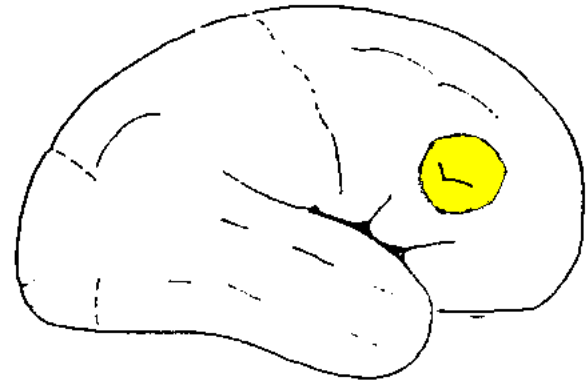
Avec synchronisation *temporelle* de leurs activités par oscillations électriques à 40 Hz (Crick et Koch, 1990 ; Gray et Singer, 1989)



Intérêt faible ou nul de l'imagerie cérébrale

Nombre d'aires limité

Importance de l'organisation *spatiale*

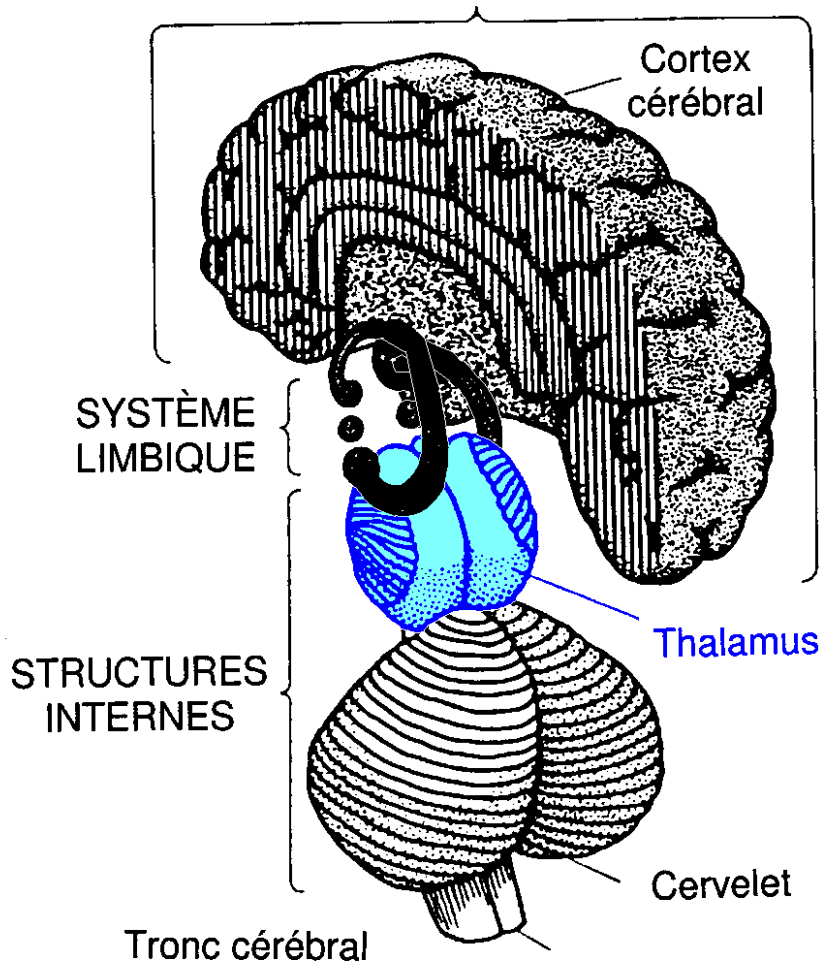


Possibilité de localisation de ces aires par imagerie cérébrale (TEP, IRMf) (mesure plus ou moins indirectes de la consommation d'énergie des neurones)

EXPERIENCE EN IRMf DE BARBUR, SAHRAIE ET WEISKRANTZ (1996)

Sujet : G.Y. 41 ans, V1 gauche lésé à 8 ans

HEMISPHERE CÉRÉBRAL DROIT



Mode non conscient

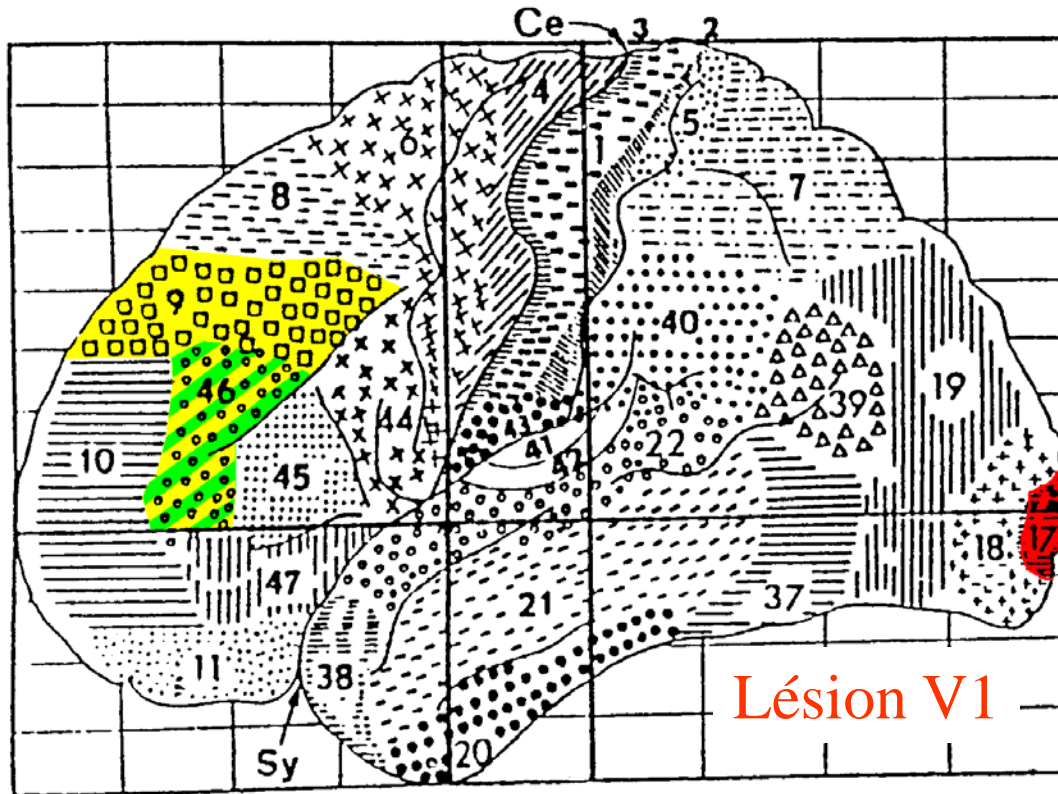
- aucune aire corticale n'est activée spécifiquement.
- activation spécifique du *colliculus supérieur* (thalamus)

Répond bien aux mouvements vifs (danger), mal à couleur et orientation.
Singe : rôle dans la récupération de fonction après lésion de V1.

Modes conscients

Activation spécifique de plusieurs aires du *cortex préfrontal* :

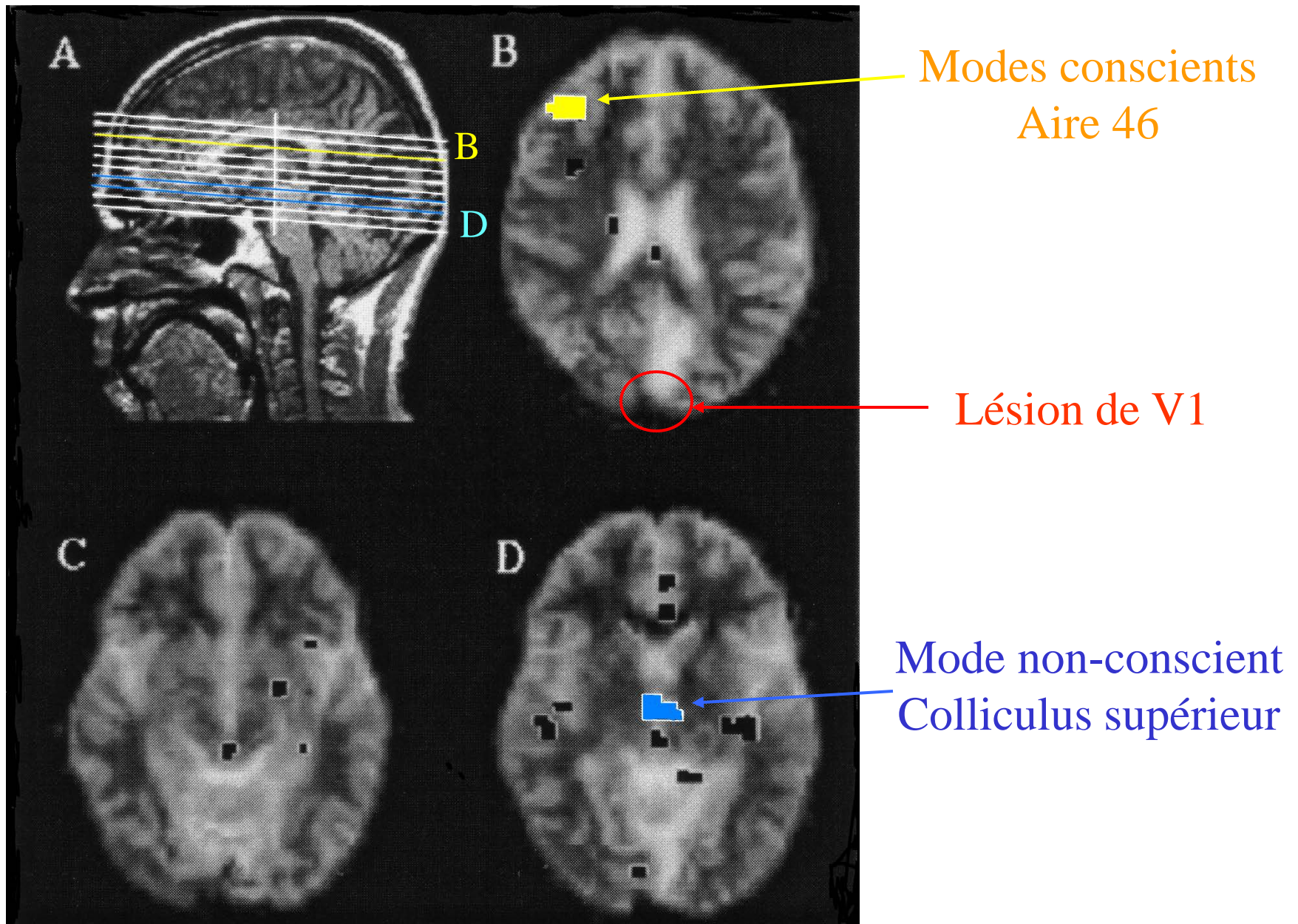
Aire préfrontale
9 droite
aire stimulée
seulement par
stimulation du
champ normal
(distinction
entre “conscience
sans vision”
et vision normale



Aire préfrontale
46 droite
seule aire activée
à la fois par
stimulation du
champ aveugle
(mode conscient)
et du **champ normal**
(vision ordinaire)
 (“système de
commentaire” ?)

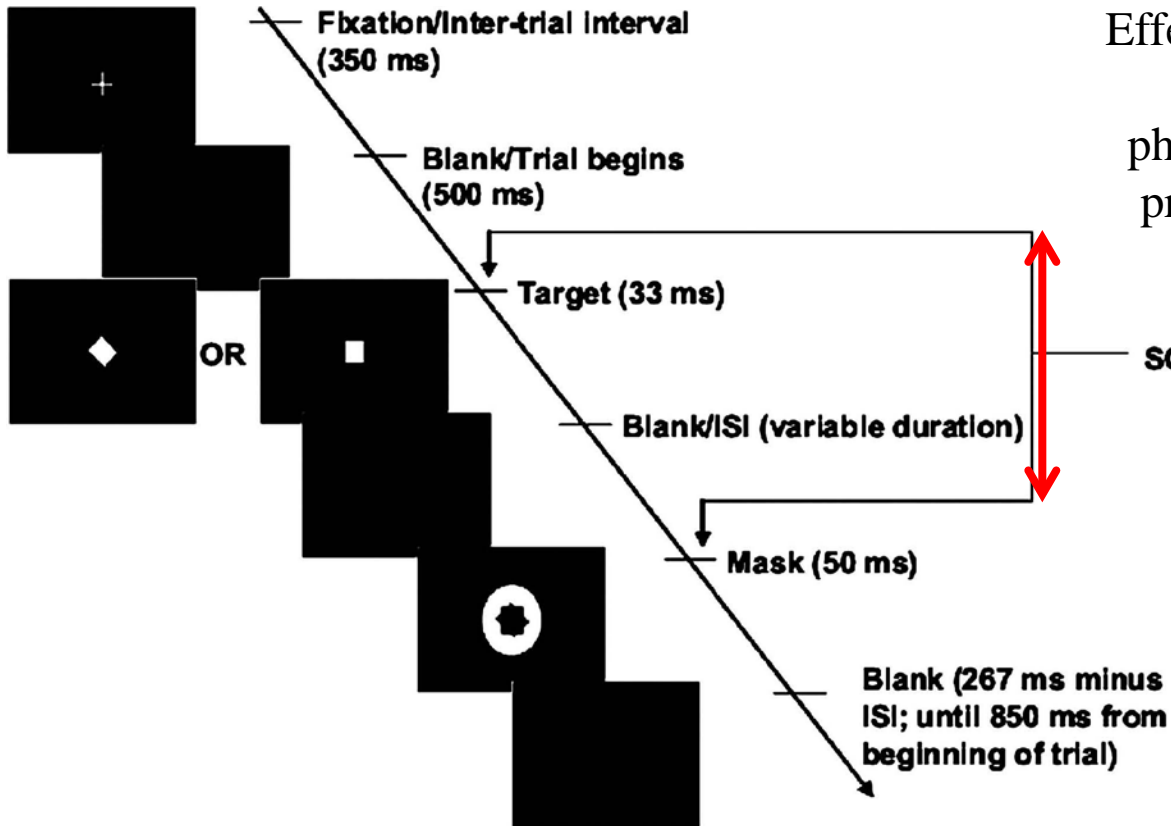
= Pourrait correspondre à la
zone oculomotrice (FEF) dont lésion produit
hémiparésie des stimuli visuels,
déficit (récupérable) qui ressemble
à ablation de V1.

= Point de convergence
des voies ventrales et dorsales
provenant de V1



EXPERIENCE EN IRMf DE LAUE ET PASSINGHAM (2006)

Sujet : 13 ou 14 individus normaux

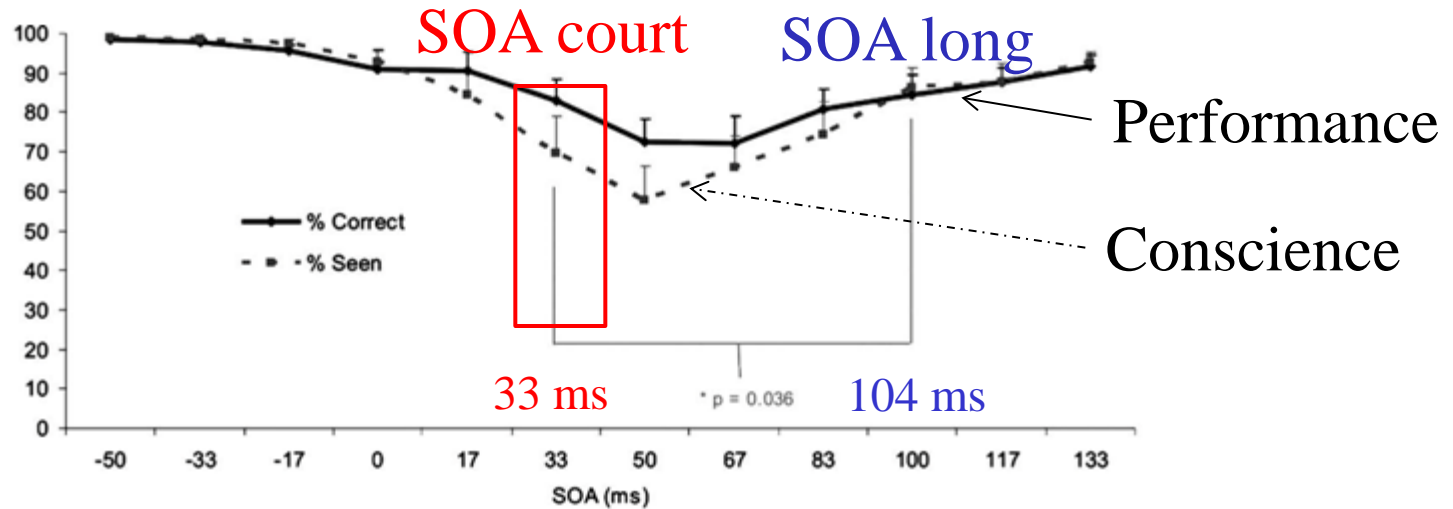


Paradigme :
Effet de *masquage* rétroactif latéral
(ou *métacontraste*),
phénomène d'interférence lié à la
proximité spatiale et temporelle
des stimulus visuels

SOA = **Stimulus
Onset
Asynchrony**

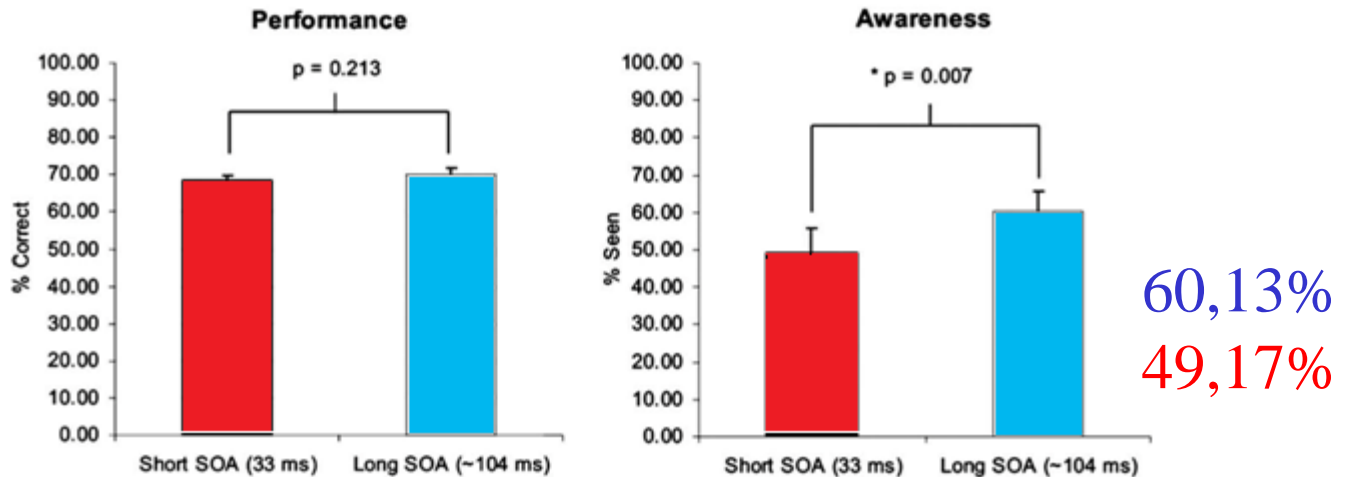
VISION AVEUGLE RELATIVE

Comportement
 $n = 8$



Comportement
en IRMf
 $n = 13$

70,22%
68,27%

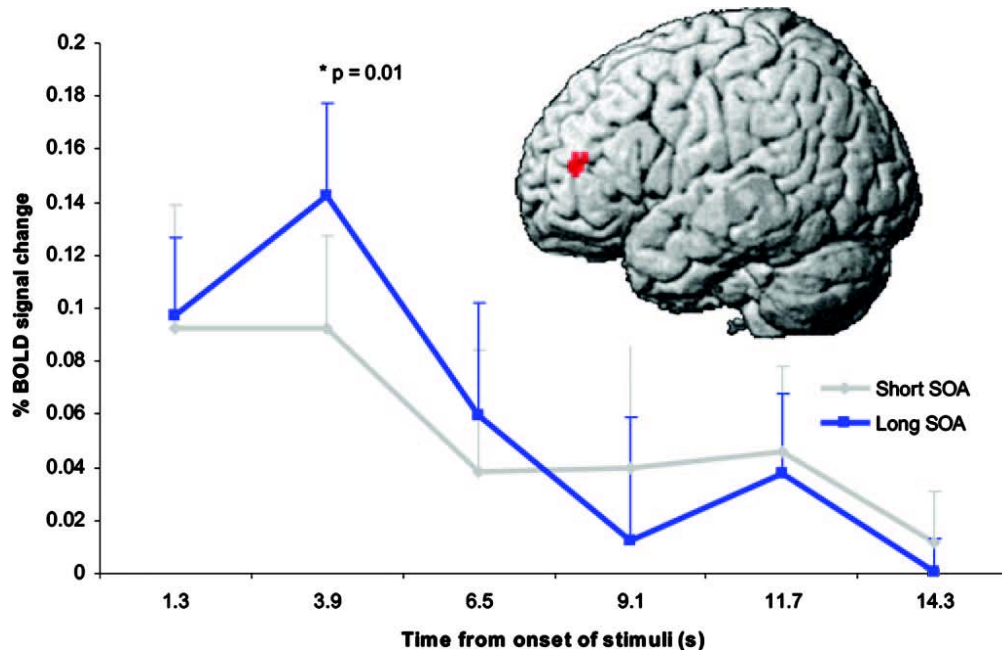


Performance identique

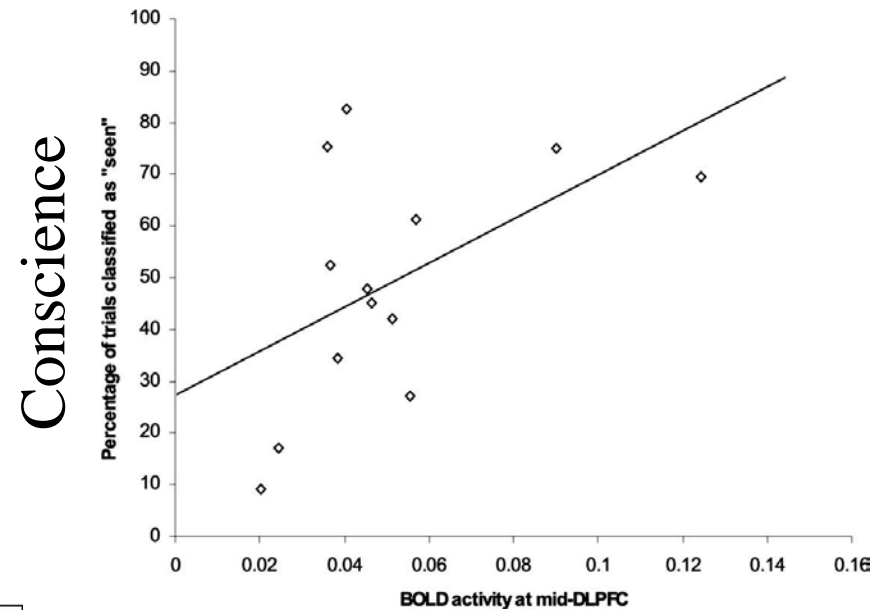
Conscience différente

ACTIVITE EN IRMf DE L'AIRE 46

Activité aire 46 en f. du temps



Conscience en f. activité aire 46



Aire 46 gauche
Cortex préfrontal dorsolatéral médian
CPFDLm (mid-DLPFC)

Activité de l'aire 46

Blood Oxygenation Level-Dependent
(BOLD) fMRI signal

CONCLUSIONS

1. La conscience vue comme un système de commentaire

Les “pensées d’ordre supérieur” de D. Rosenthal.
Processus de 1^{er} ordre (informations) et de 2nd ordre (commentaire)
avec déconnexions possibles.

2. Abandon de la conscience épiphénomène.

“Le cerveau génère la conscience mais celle-ci est sans effet sur le cerveau”

3. Levée d’interdit de la “subjectivité” et le “discours à la première personne”.

Ils sont scientifiquement admissibles parce que
les résultats obtenus sont systématiques et structurés.

Recul du scepticisme positiviste.