

Thème 3C

de l'œil au cerveau: quelques aspects de la vision

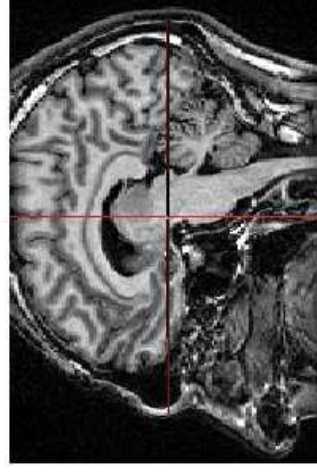
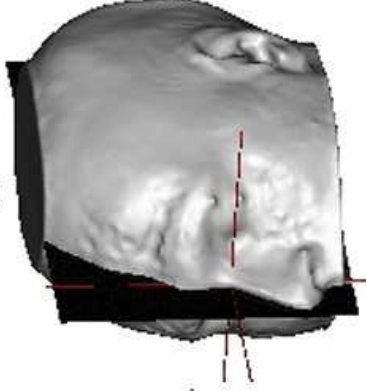
Chapitre 2 : cerveau et vision: aires
cérébrales et plasticité

- **Le message nerveux généré au niveau de la rétine est conduit jusqu'au cerveau. Les informations visuelles sont alors interprétées et confrontées à la mémoire.**
- **On cherche à préciser comment le stimulus lumineux est interprété par le cerveau.**

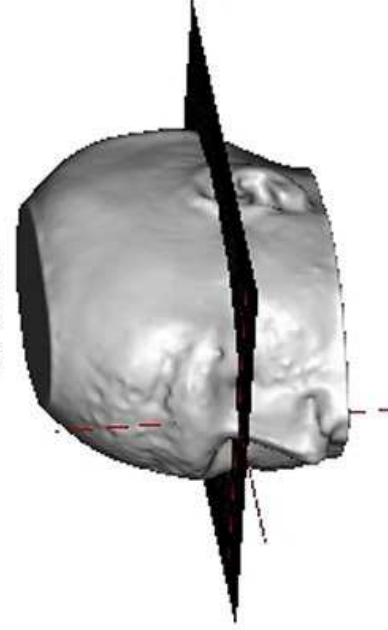
I. Les aires cérébrales permettent une représentation mentale des stimuli

- L'imagerie par résonance magnétique (IRM) est une technique d'imagerie médicale bien adaptée à l'observation des tissus mous comme le système nerveux central (encéphale et moelle épinière) et ne présente aucun danger pour le sujet. Elle permet d'obtenir des coupes (tomographies) en 2D ou 3D de l'intérieur du corps selon trois plans de référence perpendiculaires aux trois axes de polarité (*voir cours de seconde*) :
- - *le plan coronal (ou frontal), perpendiculaire à l'axe dorso-ventral, divise le corps en 2 parties l'une ventrale et l'autre dorsale ;*
- - *le plan axial (ou transversal), perpendiculaire à l'axe antéro-postérieur, divise le corps 2 parties l'une supérieure (ou antérieure) et l'autre inférieure (ou postérieure) ;*
- - *le plan sagittal, perpendiculaire à l'axe gauche droite, divise le corps en 2 parties, l'une droite et l'autre gauche (il ne passe pas forcément par le plan de symétrie bilatérale).*

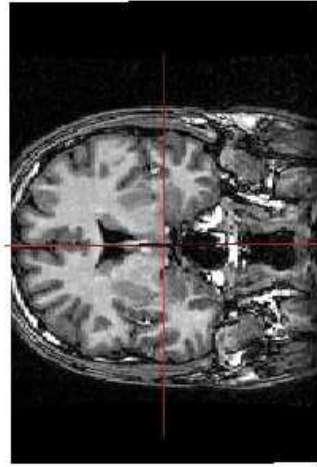
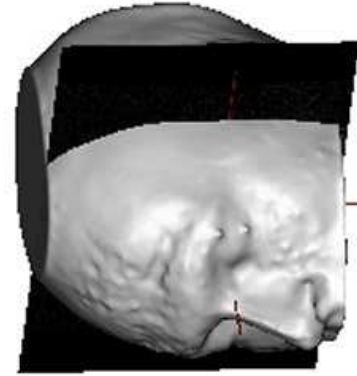
Vue
sagittale



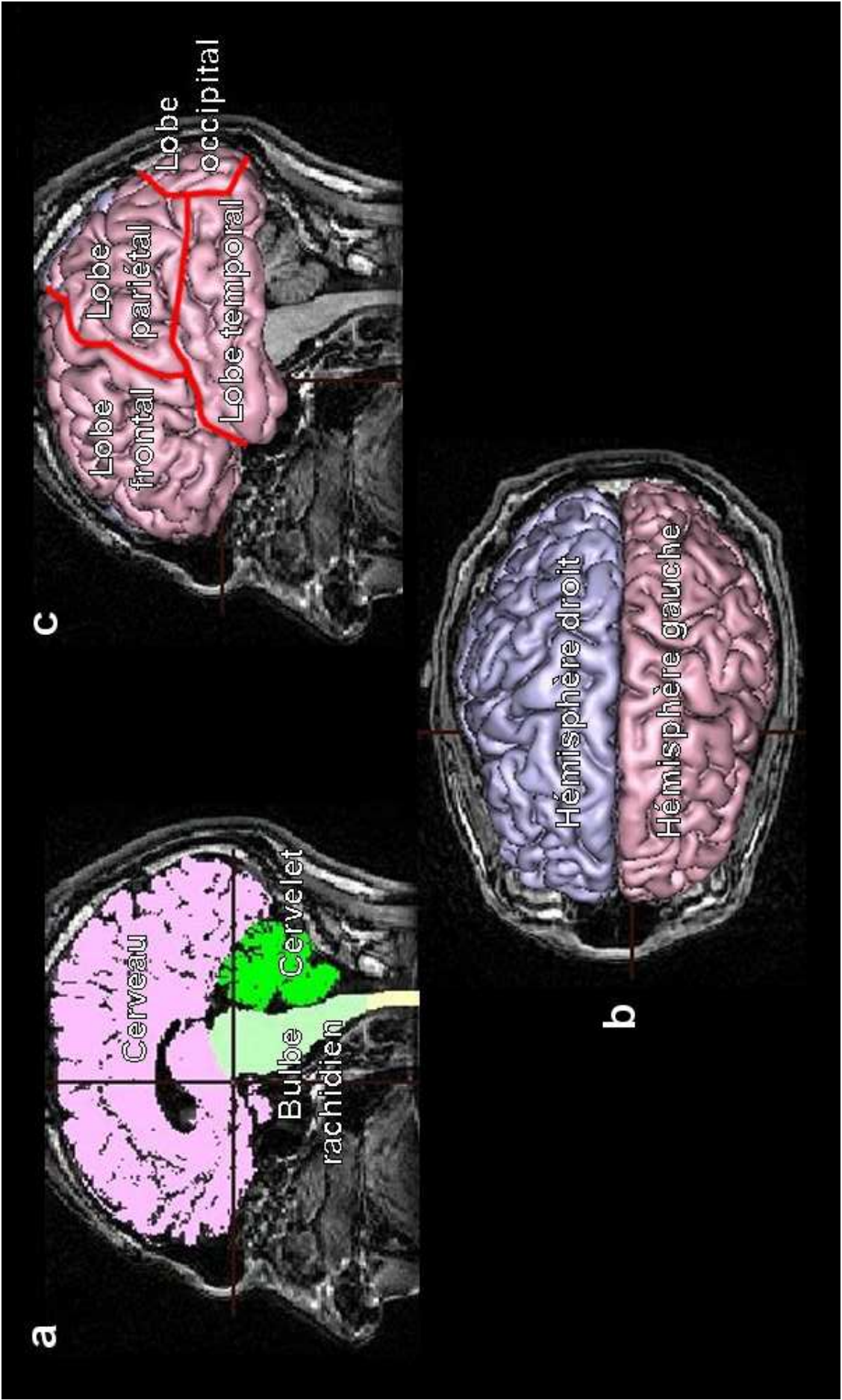
Vue
axiale



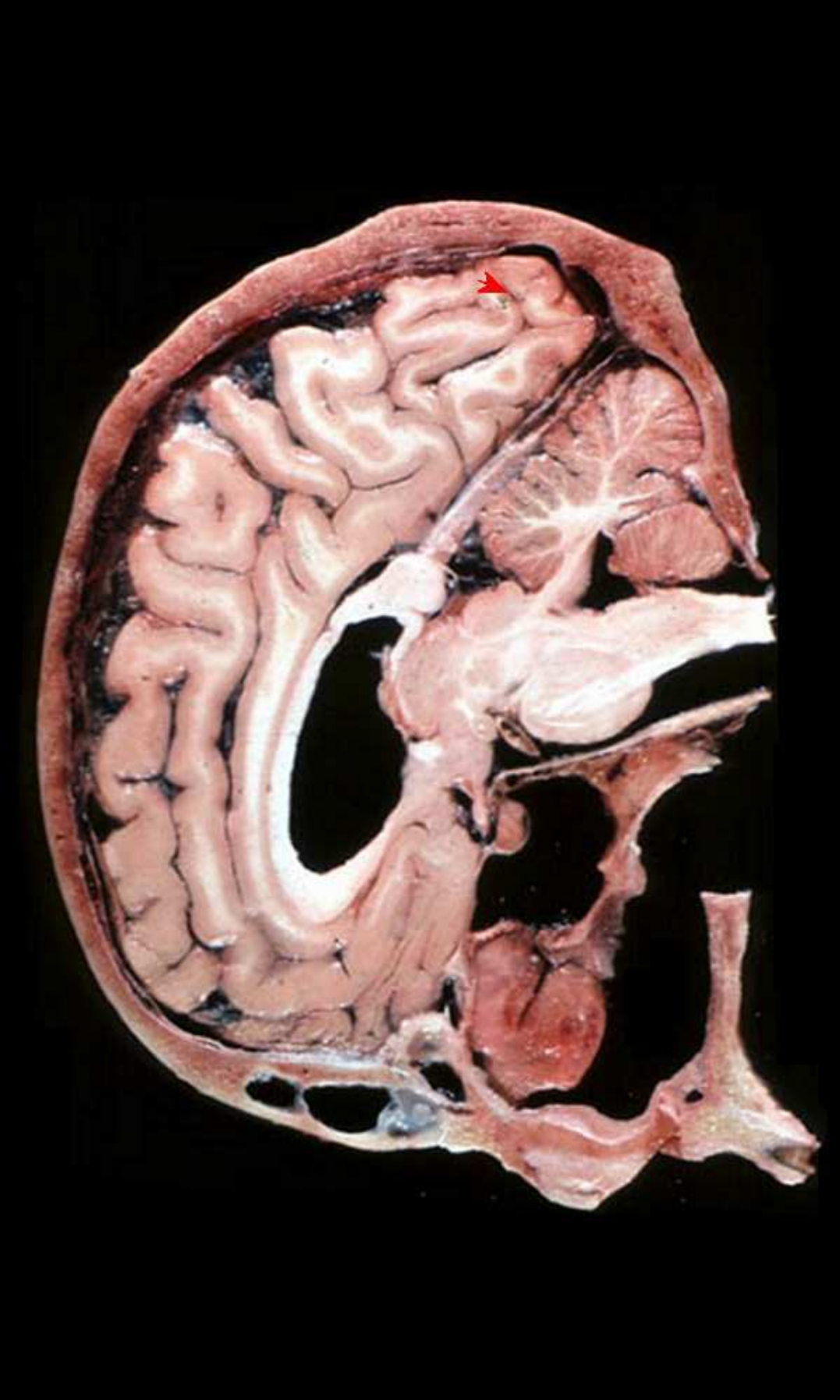
Vue
coronale



- On appelle **encéphale** le contenu de la boîte crânienne. L'encéphale (a, coupe sagittale) est formé du tronc cérébral auquel sont reliés le cervelet, à l'arrière, et le cerveau, au dessus. Le cerveau (b) est formé de deux hémisphères (droit et gauche).
- Sur chaque hémisphère on distingue extérieurement 4 lobes (c) : le lobe frontal à l'avant, le lobe pariétal au dessus, le lobe temporal sur le côté et le lobe occipital à l'arrière. *Un cinquième lobe, le lobe limbique, n'est visible qu'en coupe.*

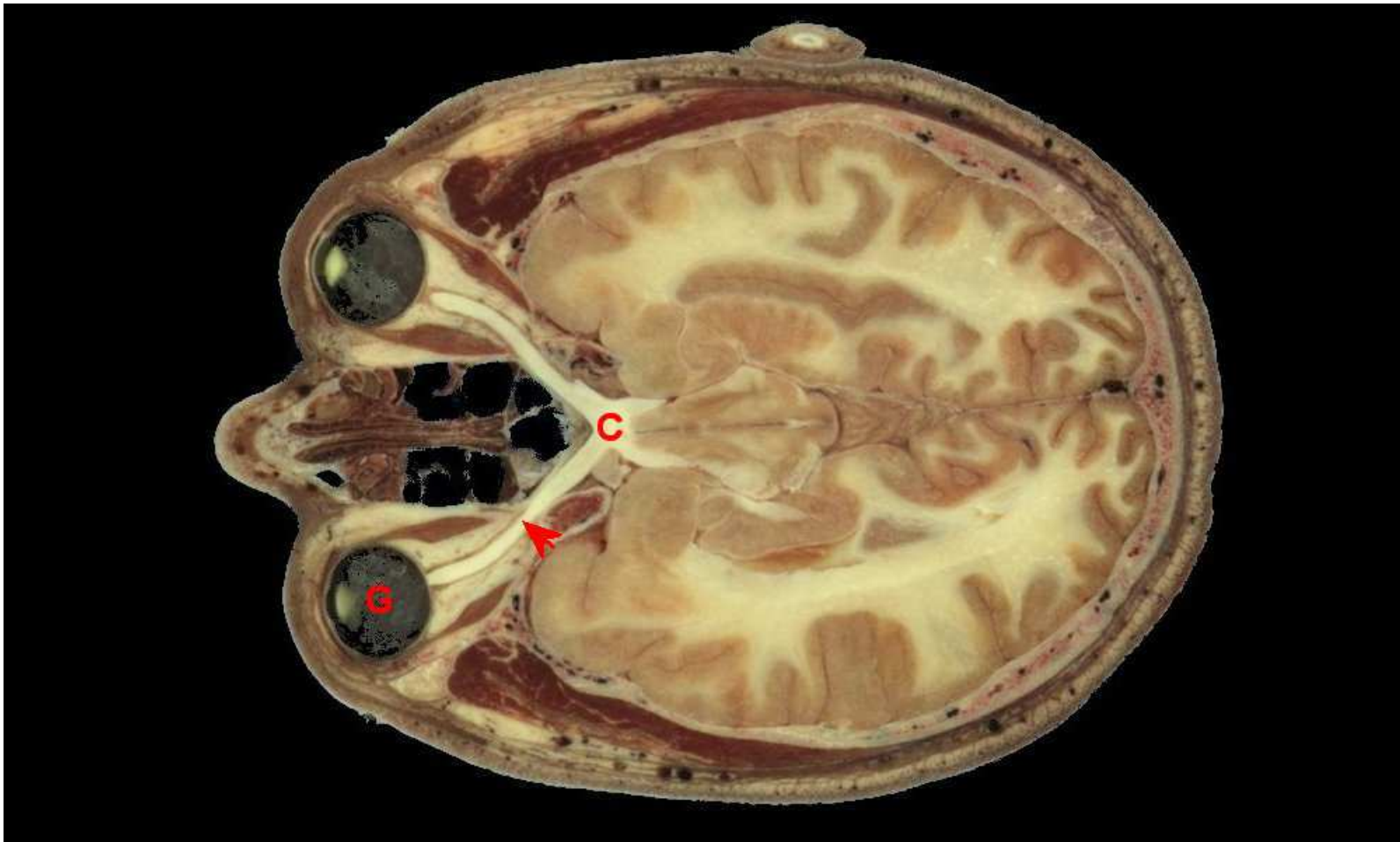


- *Le tissu nerveux du cerveau est constitué de substance blanche, formée de fibres nerveuses en profondeur, et de substance grise ou cortex, formée des corps cellulaires des neurones, en surface. Elle présente de nombreux replis, ou circonvolutions, séparés par des sillons. De la substance grise est également présente à l'intérieur du cerveau sous forme de noyaux gris.*
- *(flèche = sillon calcarin qui permet de repérer le cortex visuel primaire (aire V1))*



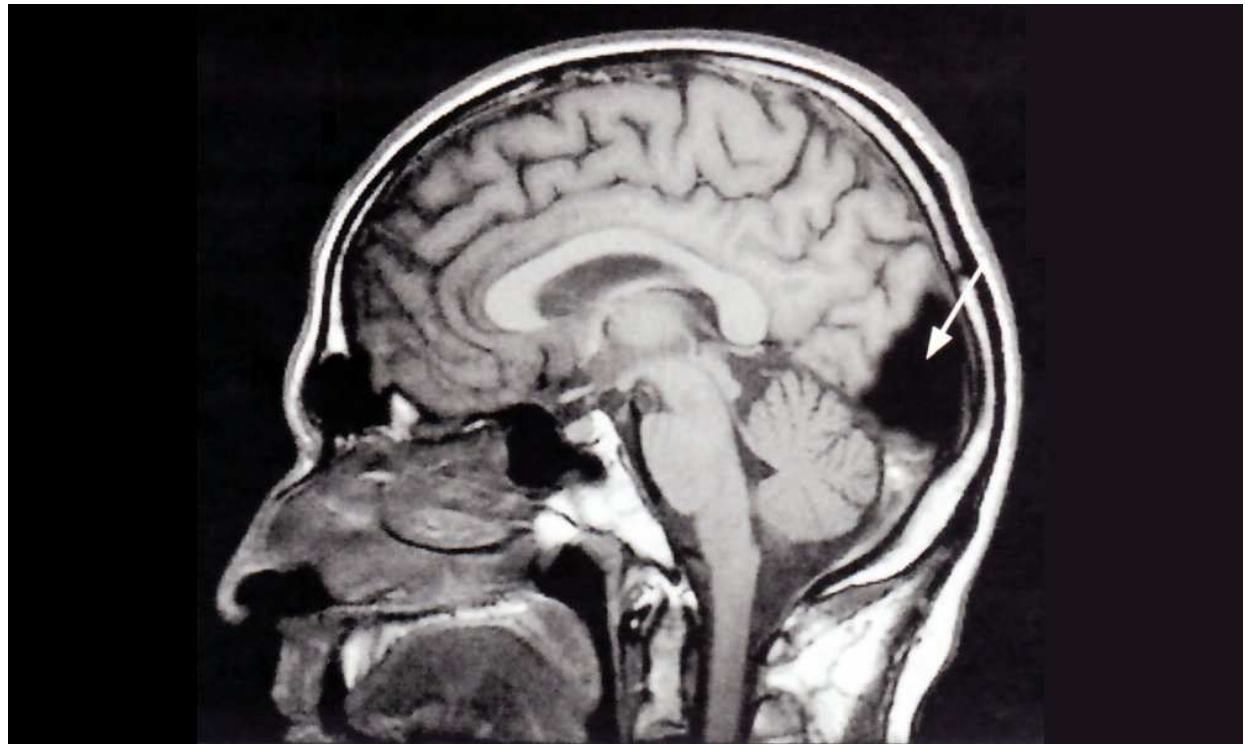
les nerfs optiques conduisent les messages nerveux visuels au **cerveau**

- Après les globes oculaires (1G), les fibres nerveuses, issues des cellules ganglionnaires de la rétine, forment deux nerfs optiques (flèche) qui se croisent au niveau du chiasma optique (1C) en arrivant dans le cerveau.

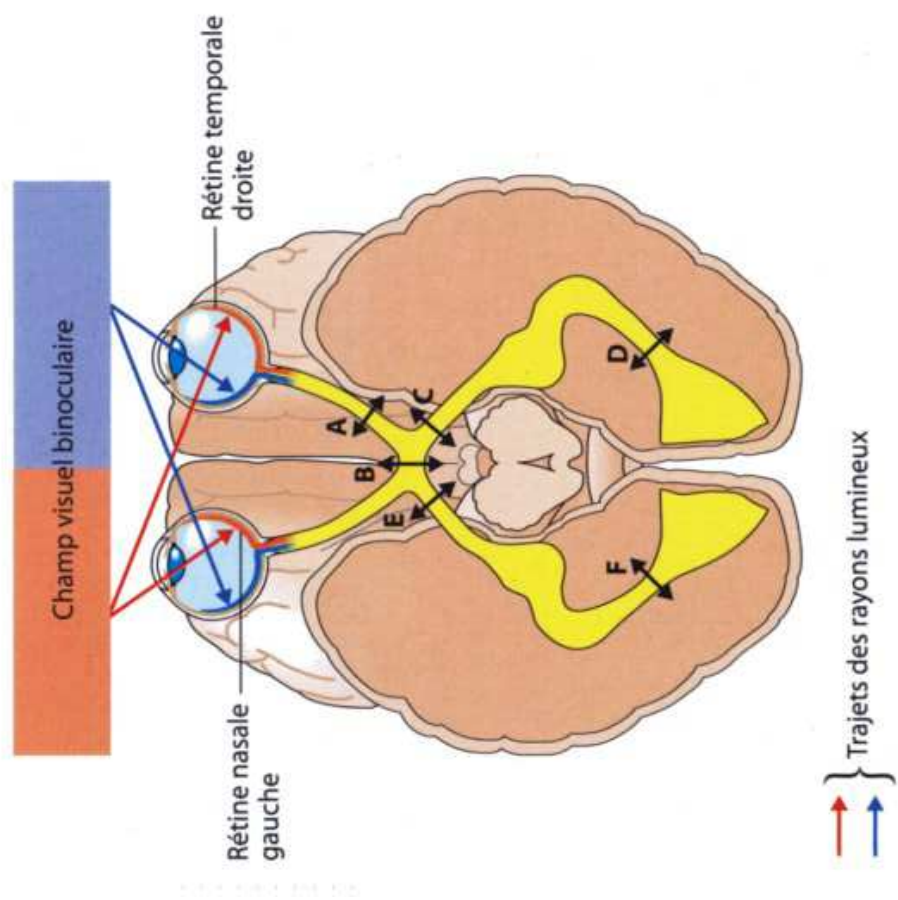


L'Information visuelle est traitée dans le lobe occipital

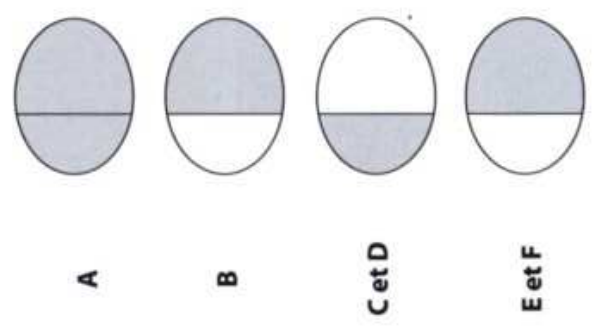
- L'hémorragie ayant provoquée une perte de vue est révélée par la zone sombre, à l'arrière du cerveau (flèche). La zone touchée correspond à l'aire visuelle primaire (*aire V1*). *Le reste du cortex et les yeux continuent de fonctionner.*



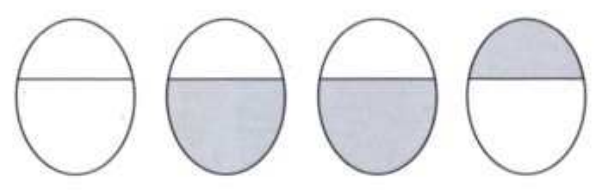
- **Le chiasma permet aux fibres conduisant les messages nerveux provenant de la partie gauche du champ visuel de chaque œil de se diriger vers l'hémisphère droit du cerveau et à celles conduisant les messages nerveux provenant de la partie droite du champ visuel de chaque œil de se diriger vers l'hémisphère gauche (*60% des fibres croisent au niveau du chiasma et 40% continuent du même côté*).**



Champ visuel perçu par l'œil droit

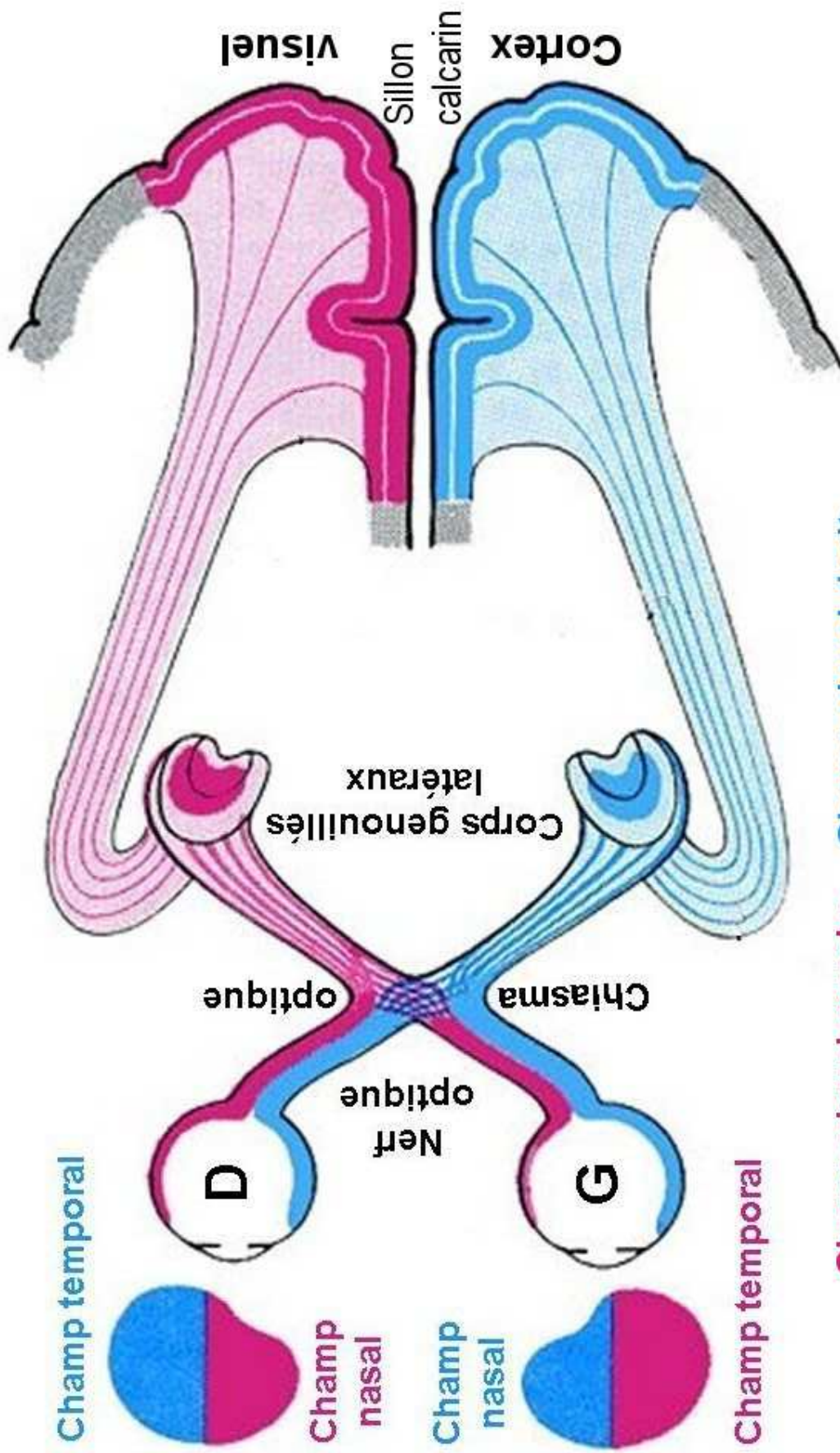


Champ visuel perçu par l'œil gauche



Parties du champ visuel qui ne sont plus perçues pour les accidents localisés en A, B, C, D, E et F.

Sections ou dégénérescences des voies visuelles



Champ temporal

Champ nasal

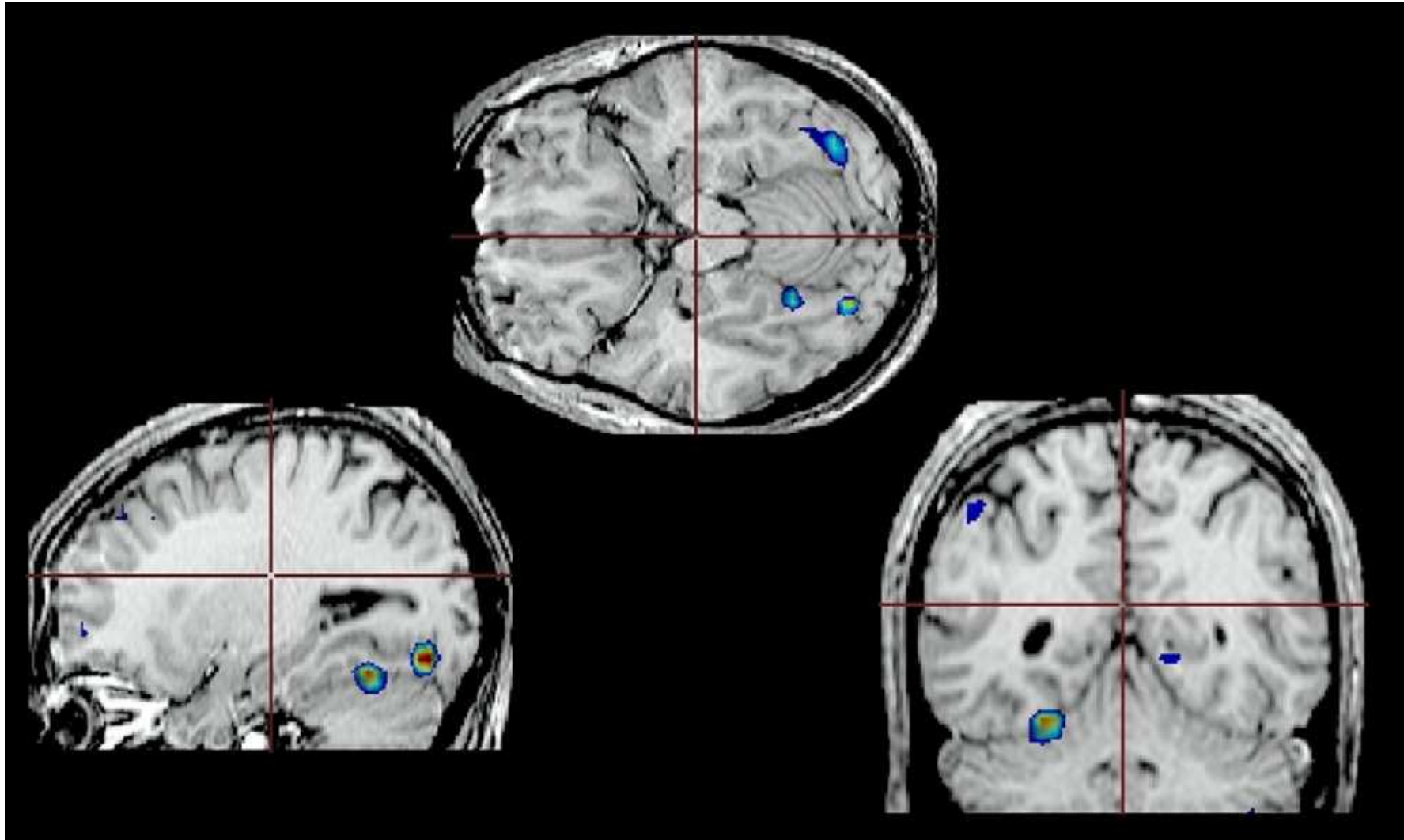
Champ nasal

Champ temporal

Champ visuel gauche Champ visuel droit

- L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) permet de mesurer l'augmentation du débit sanguin dans un tissu en relation avec son activité biologique.
- Cette technique est fondée sur le fait que l'hémoglobine du sang perturbe la résonance magnétique des noyaux d'hydrogène de son voisinage.
- Cette perturbation dépend de la charge de l'hémoglobine en dioxygène. Quand l'organe s'active le débit du sang oxygéné augmente et entraîne la modification du signal de résonance.

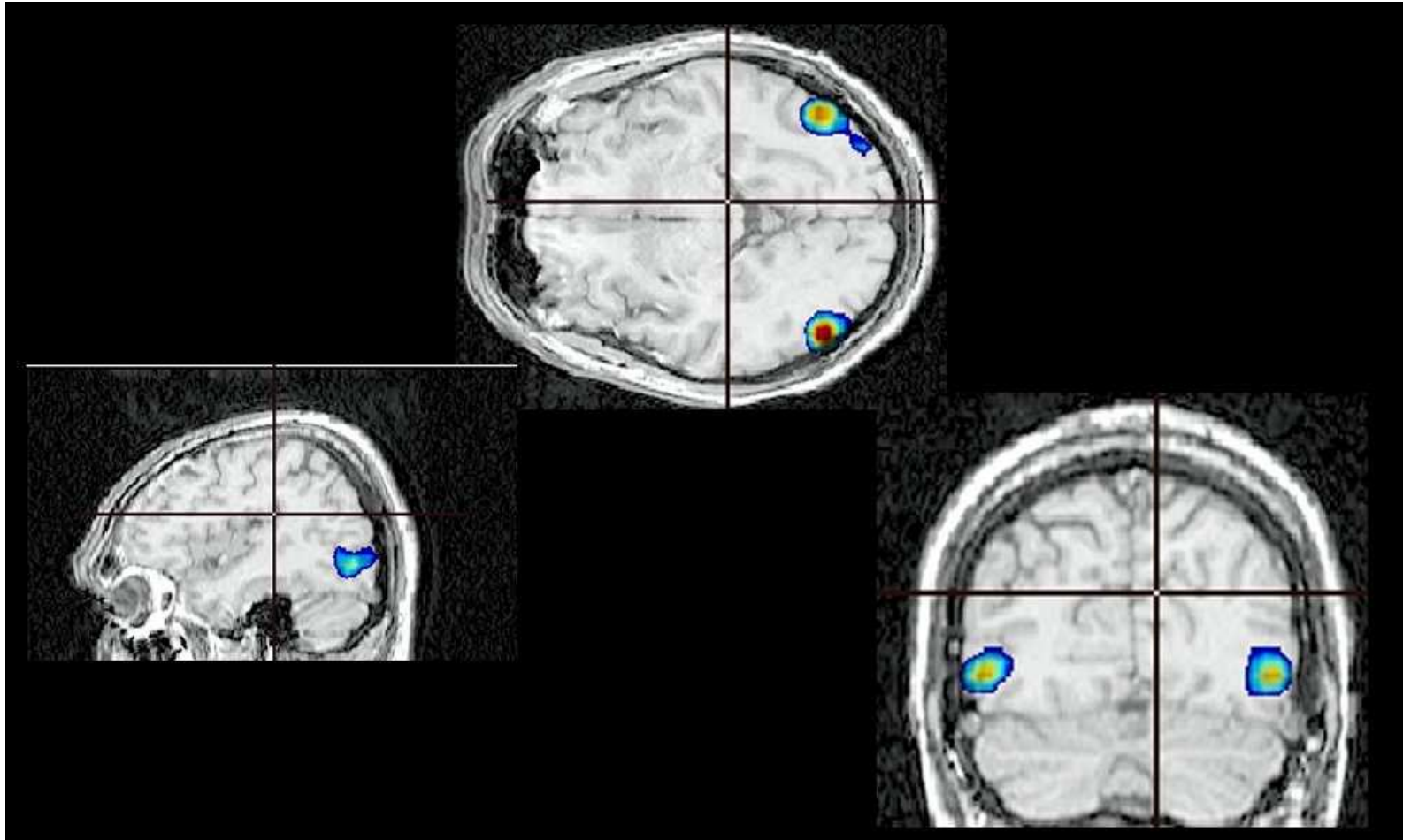
Aires cérébrales lors d'une tâche sensorielle de vision des couleurs



- Des stimulus visuels colorés ou non sont présentés au sujet. Une **image fonctionnelle des régions davantage activées par les stimulus colorés** est ainsi produite puis on la superpose à une image anatomique. On met ici en évidence une aire visuelle spécialisée dans la perception des formes et des couleurs (*aire V4*) située au niveau du lobe occipital.

- On présente à des sujets des stimulus soit en mouvement, soit immobiles. On en déduit les régions davantage activées par les stimulus en mouvement. On met ici en évidence l'**aire visuelle spécialisée dans la perception des mouvements (*aire V5*) située au niveau de la région temporo-occipitale.**

Aires cérébrales activées lors d'une tâche sensorielle de vision des mouvements

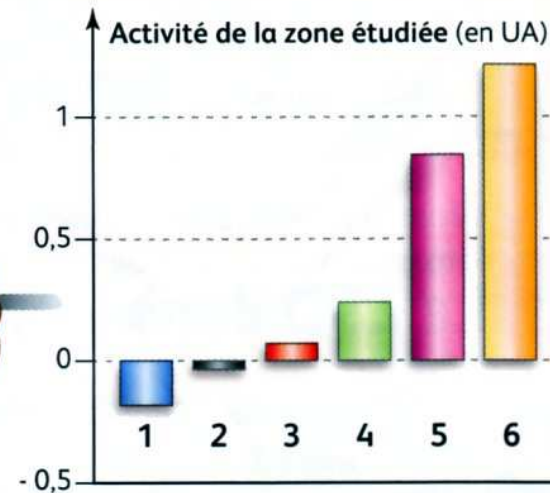
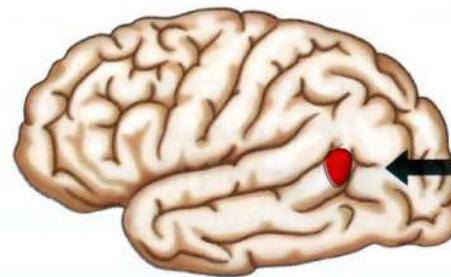


Complémentarité entre fonction visuelle et mémoire

- La zone de reconnaissance des mots est d'autant plus activée que les lettres sont connues, fréquentes, associables et correspondent à un mot réel.

1	2	3	4	5	6
Lettres inconnues	Lettres peu fréquentes	Lettres fréquentes	Deux lettres fréquentes	Quatre lettres fréquentes	Mot
ЛПЖґЂЅ	JZWYWK	QOADTQ	QUMBSS	AVONIL	MOUTON

Localisation de la zone étudiée



JAUNE

BLEU

BLEU

NOIR

ROUGE

VERT

VIOLET

JAUNE

ROUGE

JAUNE

VERT

NOIR

BLEU

ROUGE

VIOLET

VERT

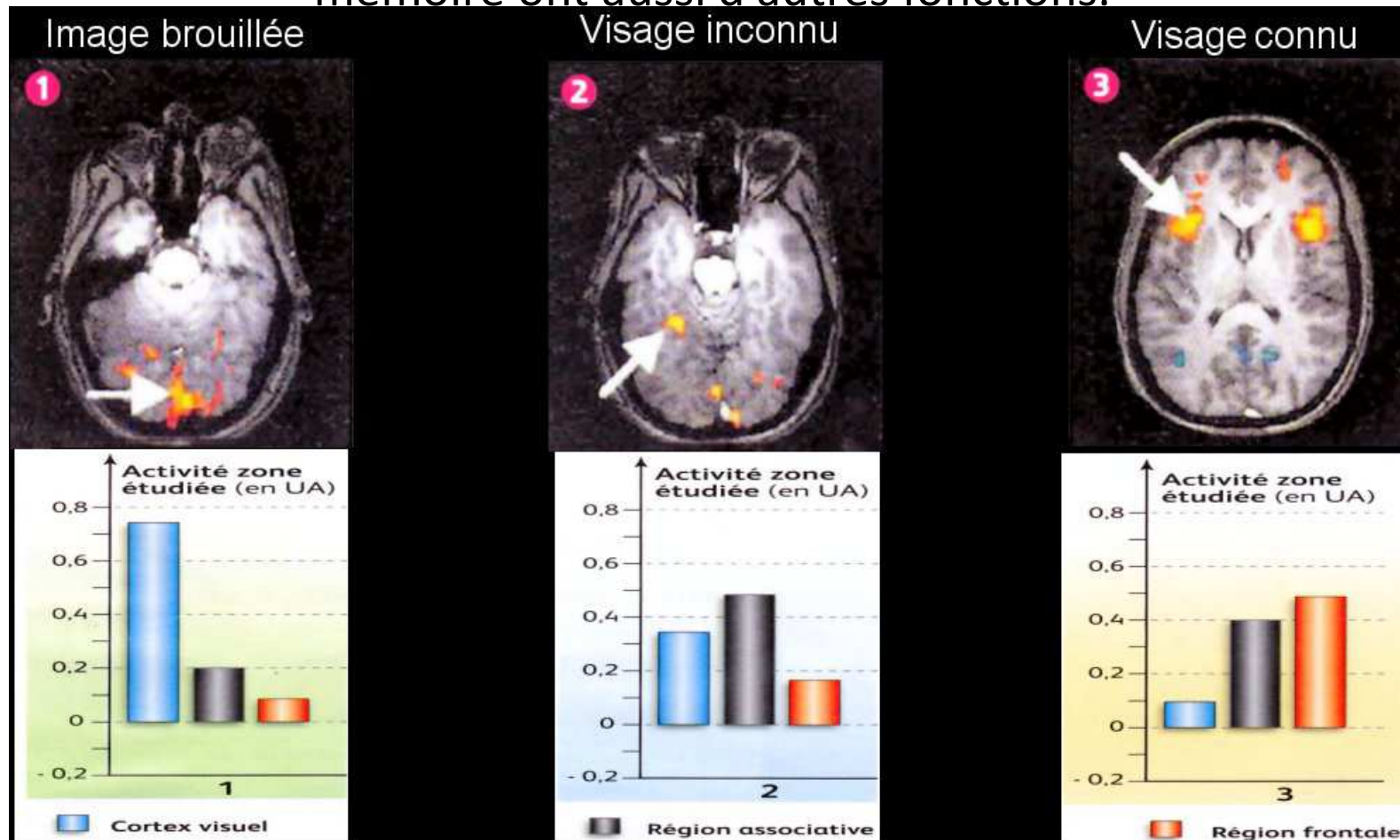
BLEU

JAUNE

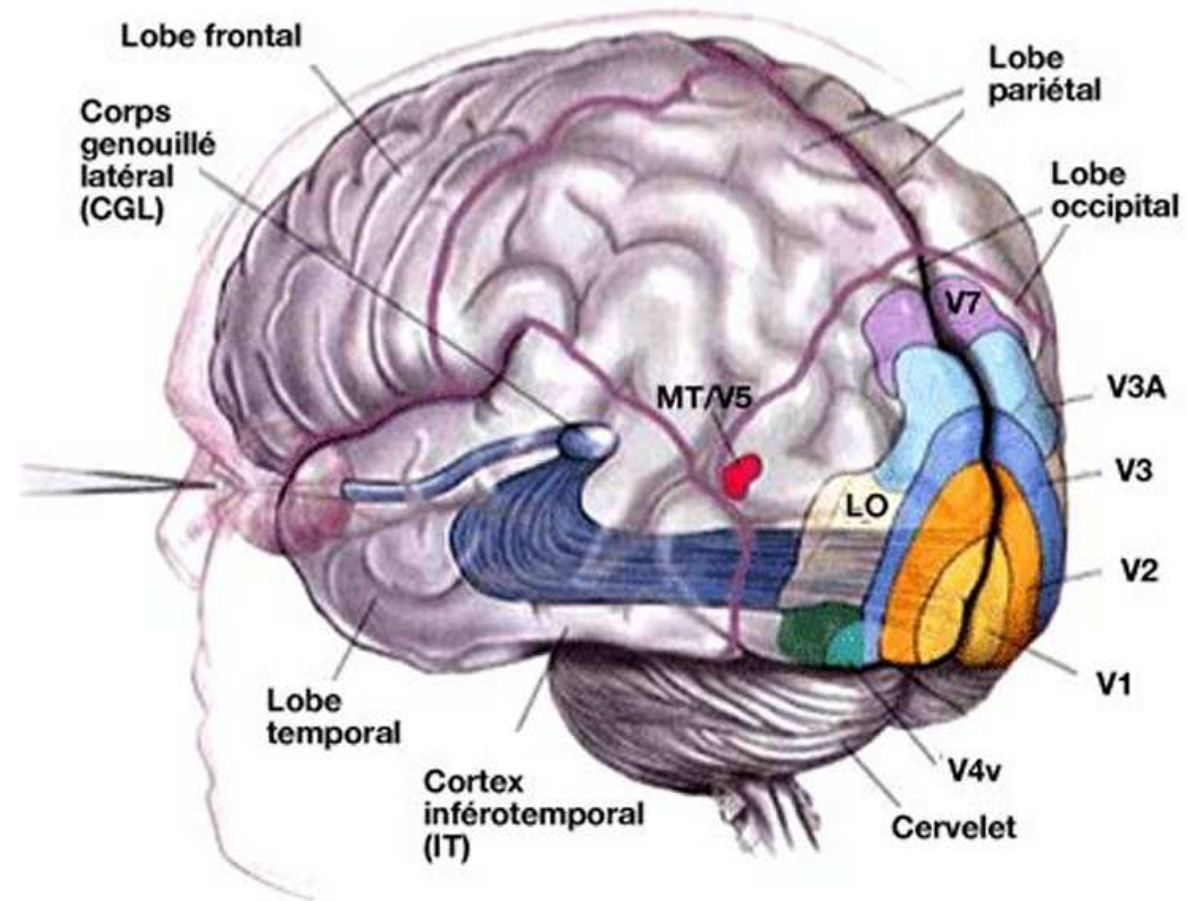
- Regarder l'image et **dire rapidement à haute voix la couleur et non pas le mot**. Le temps nécessaire à l'identification de la couleur est beaucoup plus long lorsque le mot est incongruent (le mot "bleu" écrit en "rouge") que lorsque le mot est congruent (le mot "rouge" écrit en rouge) ou neutre (le mot "lion" écrit en rouge). Il existe un effet d'interférence, ou effet Stroop, provoqué par la lecture automatique du mot.

JAUNE	BLEU	BLEU
NOIR	ROUGE	VERT
VIOLET	JAUNE	ROUGE
JAUNE	VERT	NOIR
BLEU	ROUGE	VIOLET
VERT	BLEU	JAUNE

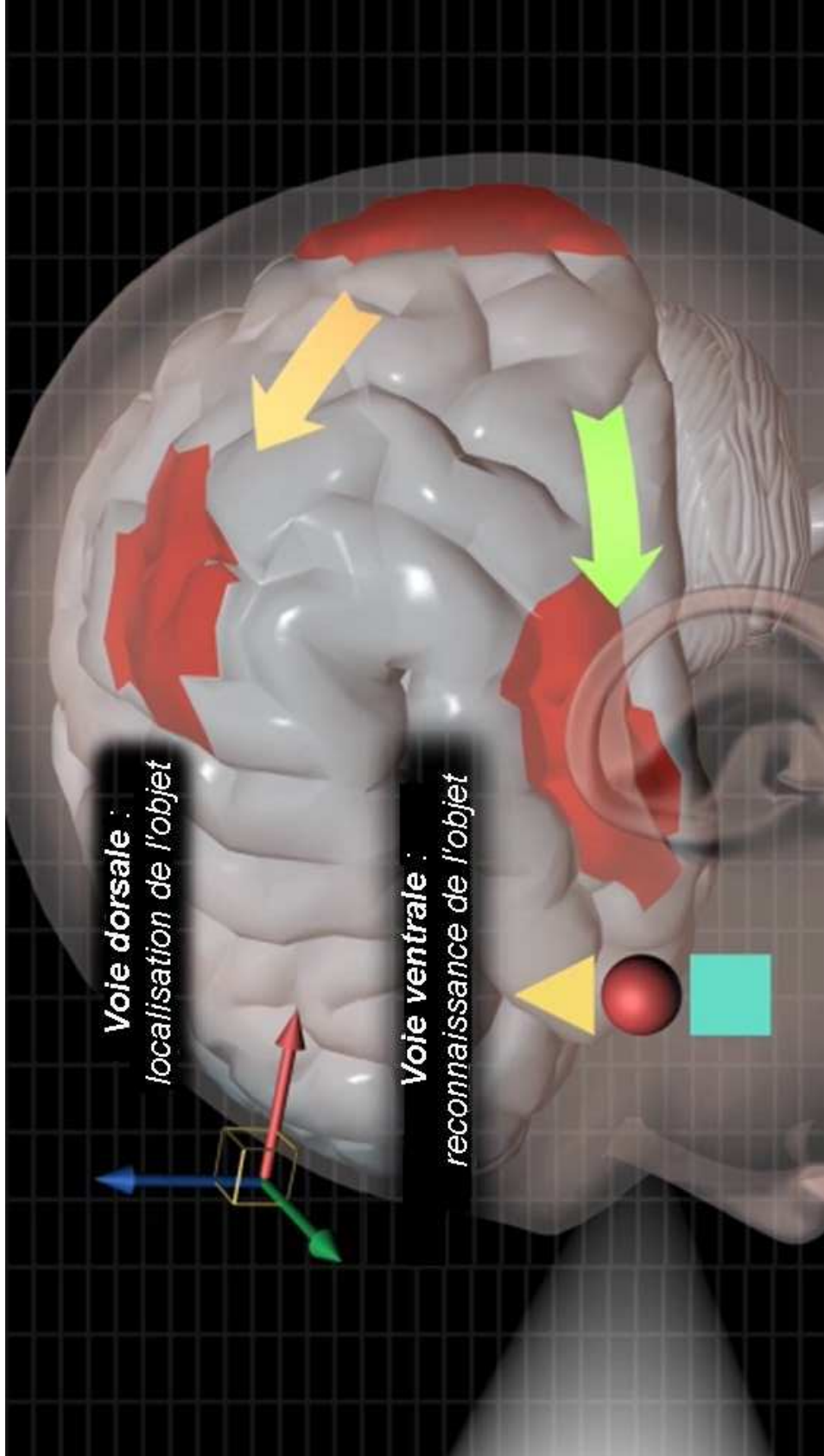
La présentation d'une image brouillée (1) entraîne une tentative de reconnaissance par le cortex occipital, la mémoire ne peut pas intervenir. La présentation d'un visage inconnu (2) entraîne l'activation d'une aire associative, pour un visage connu (3) une aire frontale intervient dans sa reconnaissance. Il n'existe pas d'aire spécifique de LA mémoire car d'une part il existe de multiples formes de mémoire (texte, visage, conduite automobile, événements...) **et, d'autre part, les aires qui interviennent dans la mémoire ont aussi d'autres fonctions.**



Les différentes aires visuelles



- Il existe deux grands systèmes de traitement de l'information visuelle (3) : la voie ventrale qui s'étend vers le lobe inférotemporal et serait impliquée dans la reconnaissance (forme, couleur...) des objets d'une part (voie du "quoi") et la voie dorsale qui se projette vers le lobe pariétal et serait essentielle à la localisation des objets (voie du "où").

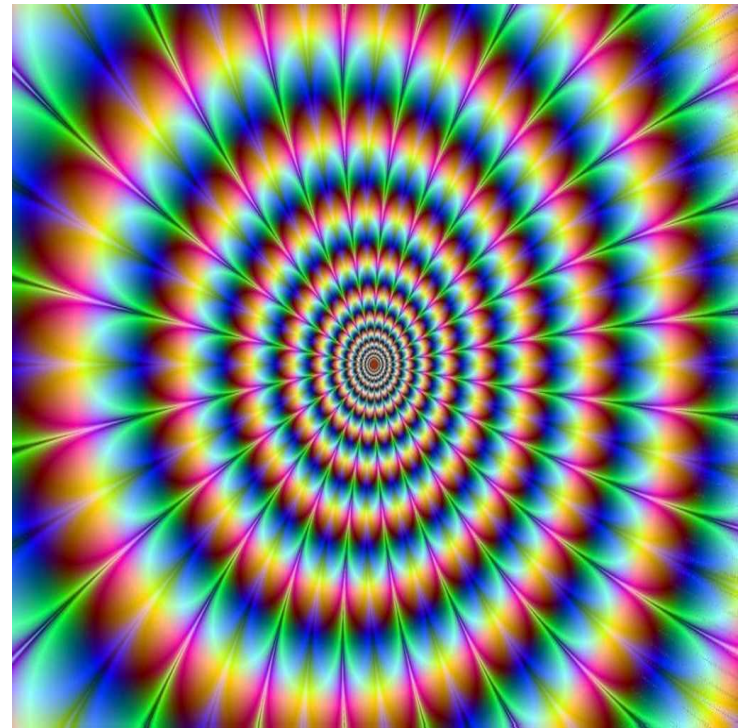


Voie dorsale :
localisation de l'objet

Voie ventrale :
reconnaissance de l'objet

Des substances chimiques qui perturbent la vision

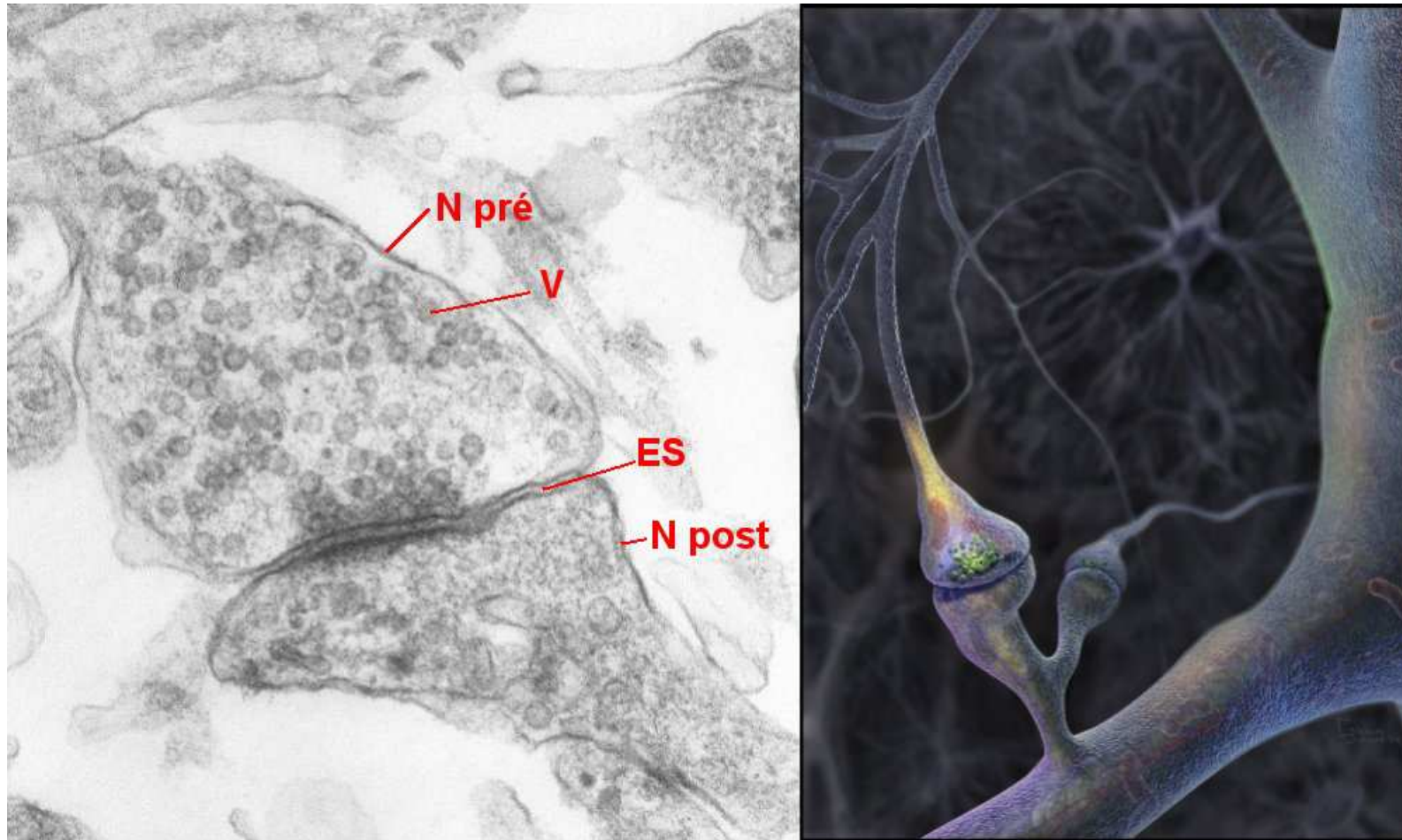
- *Le LSD (de l'allemand Lysergesäurediethylamid) est une drogue hallucinogène obtenue par synthèse à partir de l'acide lysergique voisin de l'ergotamine.*



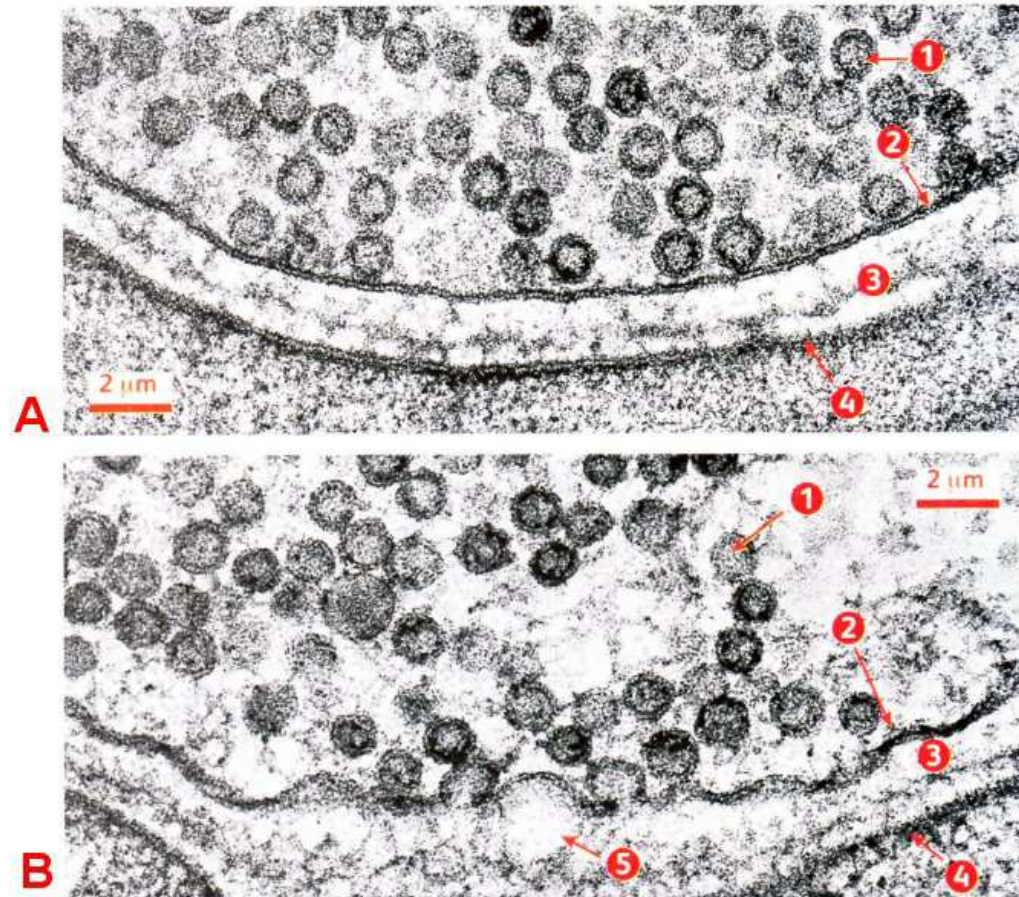
Une synapse

- D'un neurone à l'autre, la transmission du message nerveux se fait par l'intermédiaire de **synapses**. **Lors de l'arrivée d'un message nerveux à l'extrémité du neurone présynaptique (N pré) les vésicules de neurotransmetteur (V) déversent une partie de leur contenu dans l'espace synaptique (ES). Le neurotransmetteur se fixe alors sur des récepteurs spécifiques portés par le neurone postsynaptique (N post). Cela peut déclencher la naissance d'un nouveau message nerveux. La fixation du neurotransmetteur sur le récepteur se fait par complémentarité de conformation.**

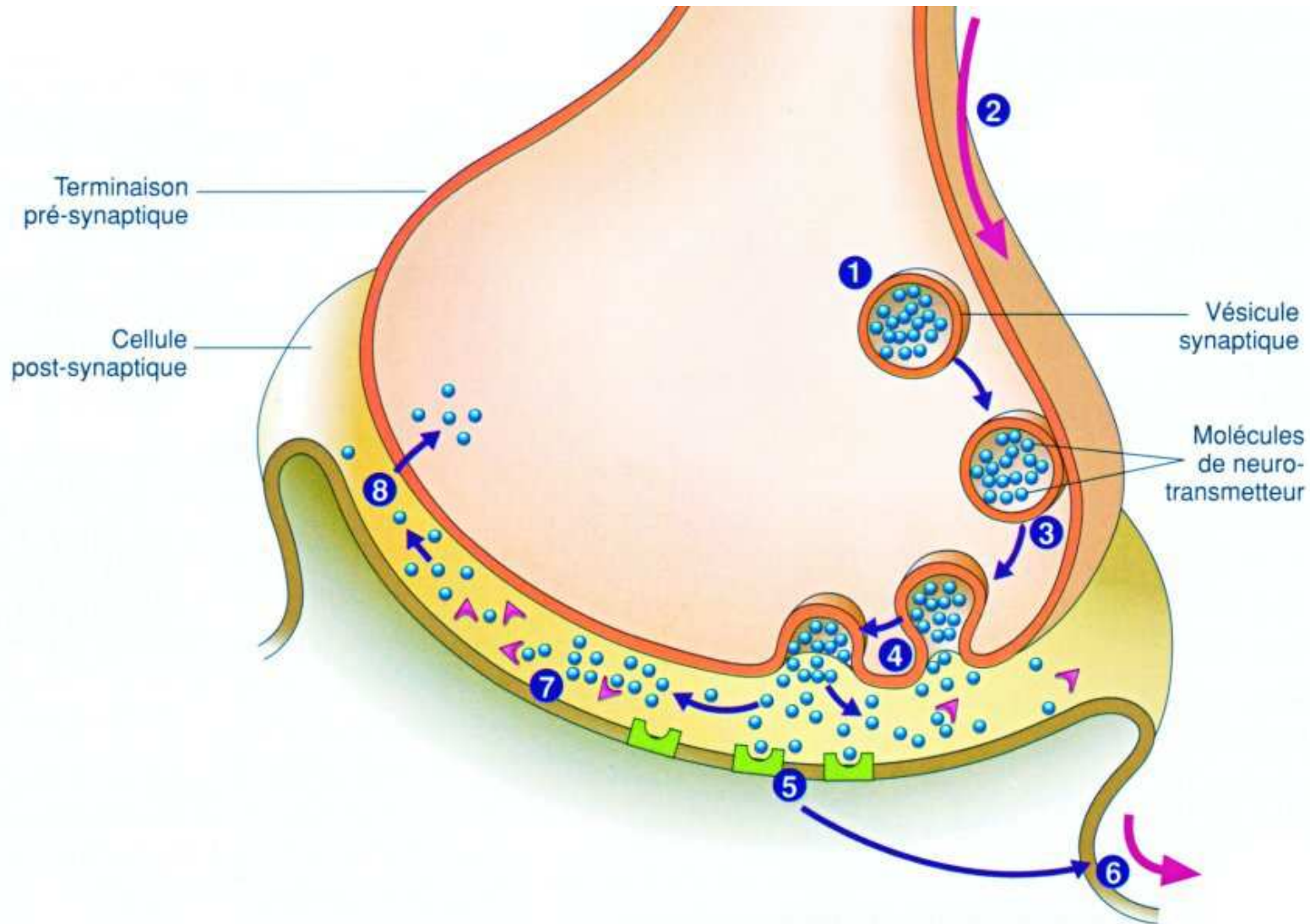
Une jonction entre deux neurones



- D'un neurone à l'autre, la transmission du message nerveux se fait par l'intermédiaire de **synapses**. **Lors de l'arrivée d'un message nerveux à l'extrémité du neurone présynaptique (N pré) les vésicules de neurotransmetteur (V) déversent une partie de leur contenu dans l'espace synaptique (ES). Le neurotransmetteur se fixe alors sur des récepteurs spécifiques portés par le neurone postsynaptique (N post). Cela peut déclencher la naissance d'un nouveau message nerveux. La fixation du neurotransmetteur sur le récepteur se fait par complémentarité de conformation.**

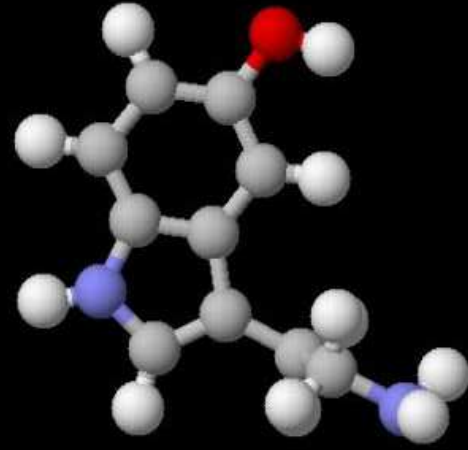


Les étapes du fct synaptique

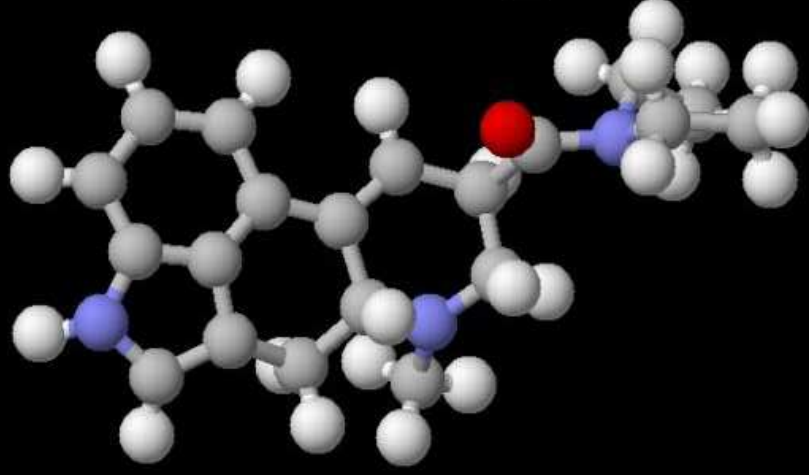


- **1 Stockage du neurotransmetteur dans une vésicule ; 2 Arrivée du message nerveux présynaptique ;**
- **3 Fusion de vésicules avec la membrane présynaptique ;**
- **4 Libération du neurotransmetteur dans l'espace synaptique ;**
- **5 Fixation du neurotransmetteur sur les récepteurs de la membrane postsynaptique par complémentarité de conformation ;**
- **6 Naissance du message nerveux postsynaptique ;**
- **7 Inactivation rapide du neurotransmetteur par des enzymes ;**
- **8 Recapture du neurotransmetteur. L'inactivation et/ou la recapture du neurotransmetteur permettent d'interrompre le message nerveux.**

- **La sérotonine est l'un des nombreux neurotransmetteurs. Elle intervient dans diverses fonctions cérébrales (perception sensorielle, humeur, émotivité, sommeil...). La partie de la molécule qui se fixe sur le récepteur a une conformation semblable à celle d'une partie de la molécule de LSD. Les deux molécules peuvent se fixer sur le même récepteur.**



Sérotonine



LSD

- *Les tons froids correspondent à une activité faible, les tons chauds à une activité forte. Les récepteurs spécifiques de la sérotonine sont largement répartis dans le cerveau (à gauche). Leur activité est augmentée par la consommation de LSD (à droite). On retrouve notamment le LSD dans les corps genouillés latéraux, principale zone de **relais synaptique entre la rétine et le cortex visuel**. Les **molécules de LSD se fixent sur les récepteurs de la sérotonine, cela déclenche des messages nerveux sans qu'aucune stimulation n'ait eu lieu.***

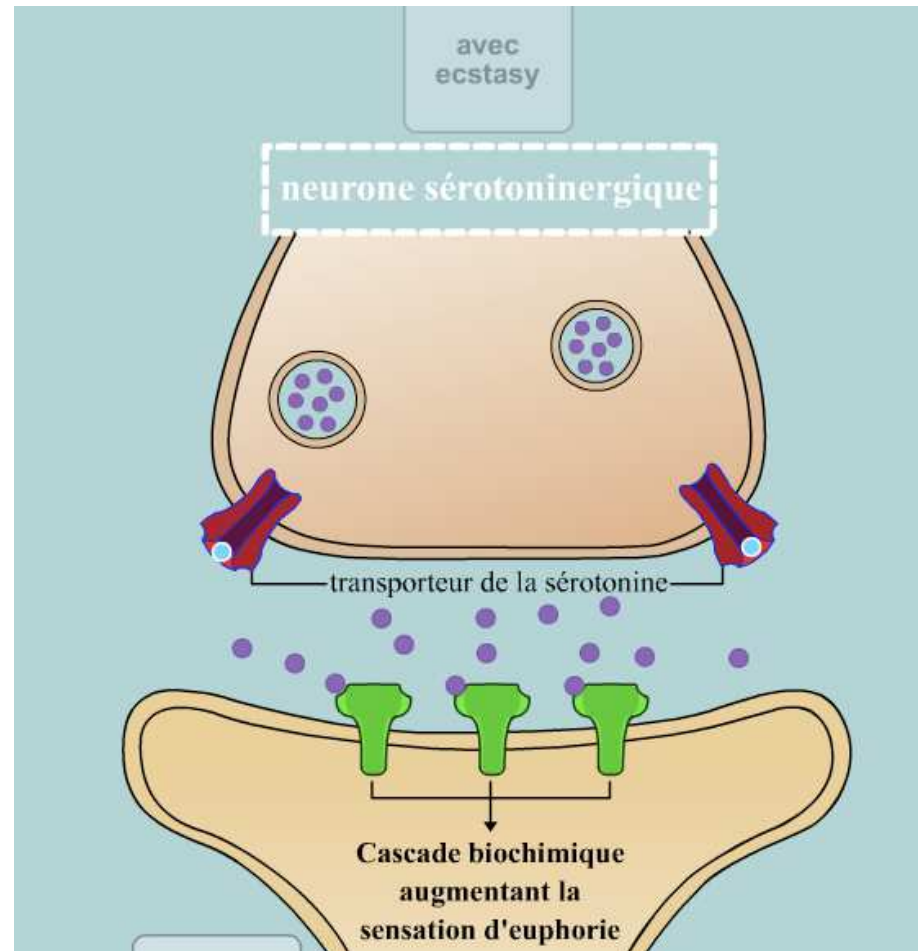
Des effets secondaires et une accoutumance

- **La prise de LSD provoque des hallucinations visuelles et auditives. Elle provoque en outre des vertiges, des vomissements, ainsi que des troubles respiratoires et locomoteurs. Les prises répétées entraînent une diminution du renouvellement des récepteurs à la sérotonine sur les membranes des neurones postsynaptiques, l'effet de la drogue diminue donc peu à peu (accoutumance). Pour obtenir un effet constant le consommateur doit alors augmenter les doses de drogue. Enfin, le LSD peut causer des troubles psychiatriques durables dès la première prise (états dépressifs, phobies, sensations d'angoisse et même des tentatives de suicide).**

L'exemple de l'ecstasy

- **L'ecstasy est une drogue de synthèse qui en a, entre autres, des effets hallucinogènes. L'ecstasy n'agit pas en mimant les effets de la sérotonine, mais il favorise, sa libération et empêche sa recapture par le neurone présynaptique. Il en résulte que le neurotransmetteur s'accumule dans la fente synaptique et agit davantage sur le neurone postsynaptique. Les amphétamines et la cocaïne agissent de manière comparable avec d'autres neurotransmetteurs.**

D'une manière générale **toutes les substances psychotropes agissent au niveau synaptique en provoquant soit l'accumulation, soit l'élimination d'un neurotransmetteur, soit encore en mimant son action ou en l'inhibant.**

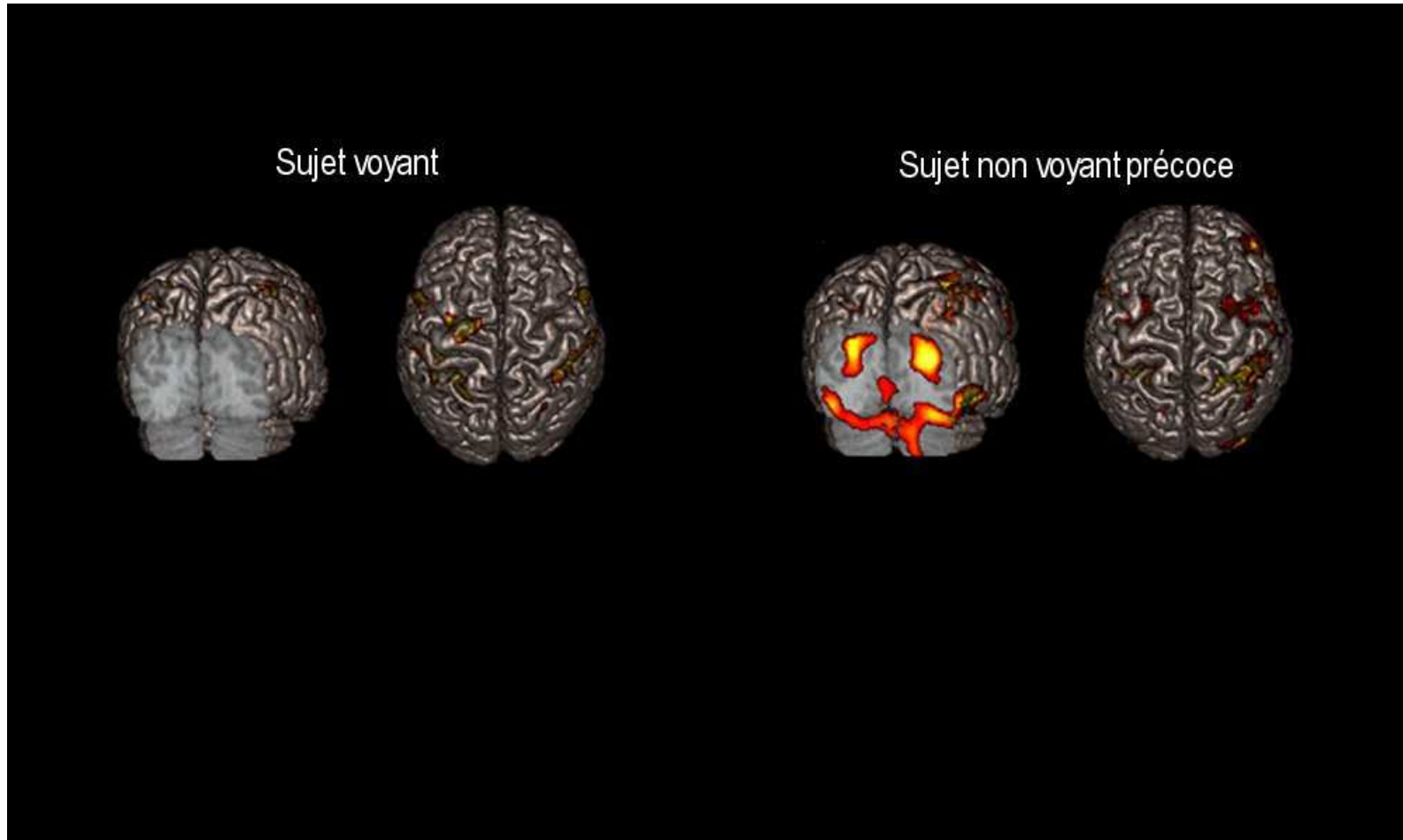


II. La plasticité cérébrale permet l'apprentissage

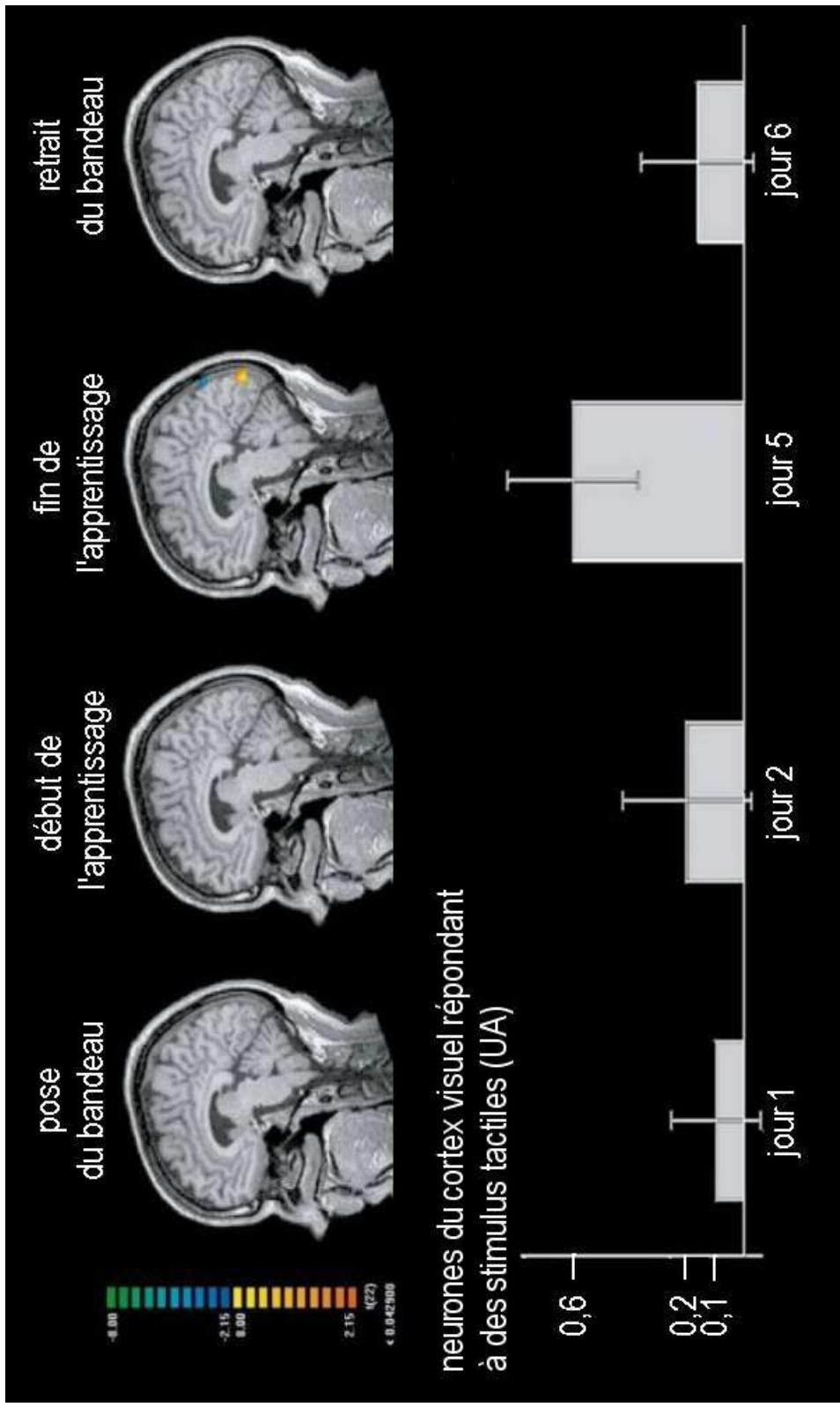
- La mise en place du **phénotype fonctionnel** du système cérébral impliqué dans la vision repose à la fois sur :
 - **des structures cérébrales innées** (anatomie et histologie du cerveau *(fissuration, scissures, circonvolutions, nature et position des neurones)*, *sous contrôle génétique, issues de l'évolution et communes à tous les individus de l'espèce ;*
 - **la propriété de neurones à modifier leurs connections synaptiques** ce qui *entraîne une modification des réseaux neuronaux tout au long de l'histoire personnelle, c'est la plasticité cérébrale.*

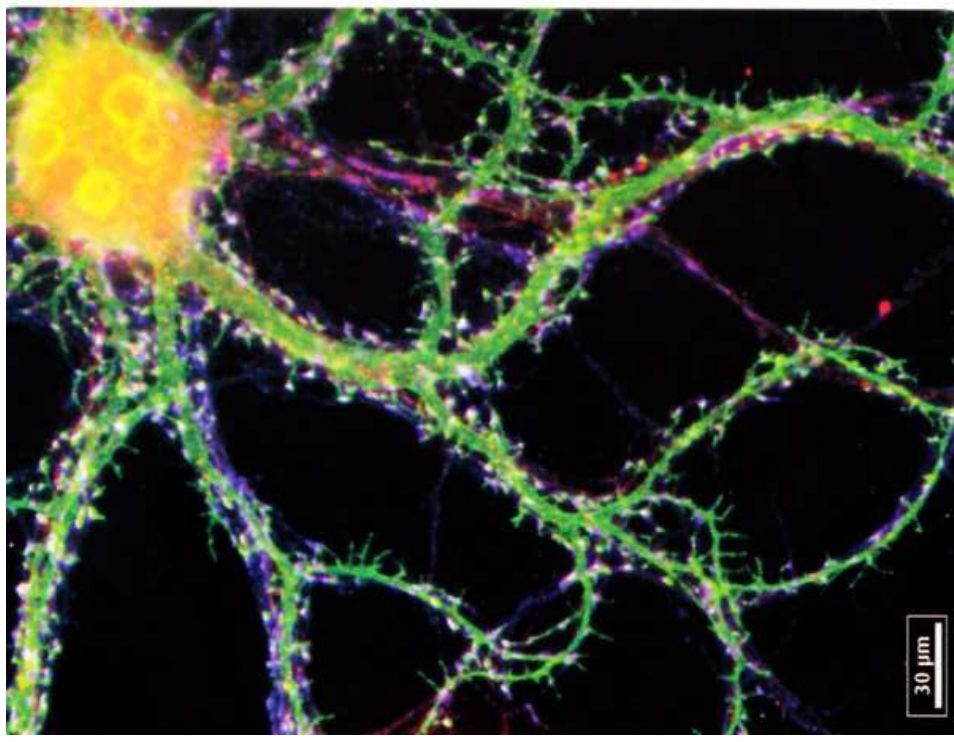
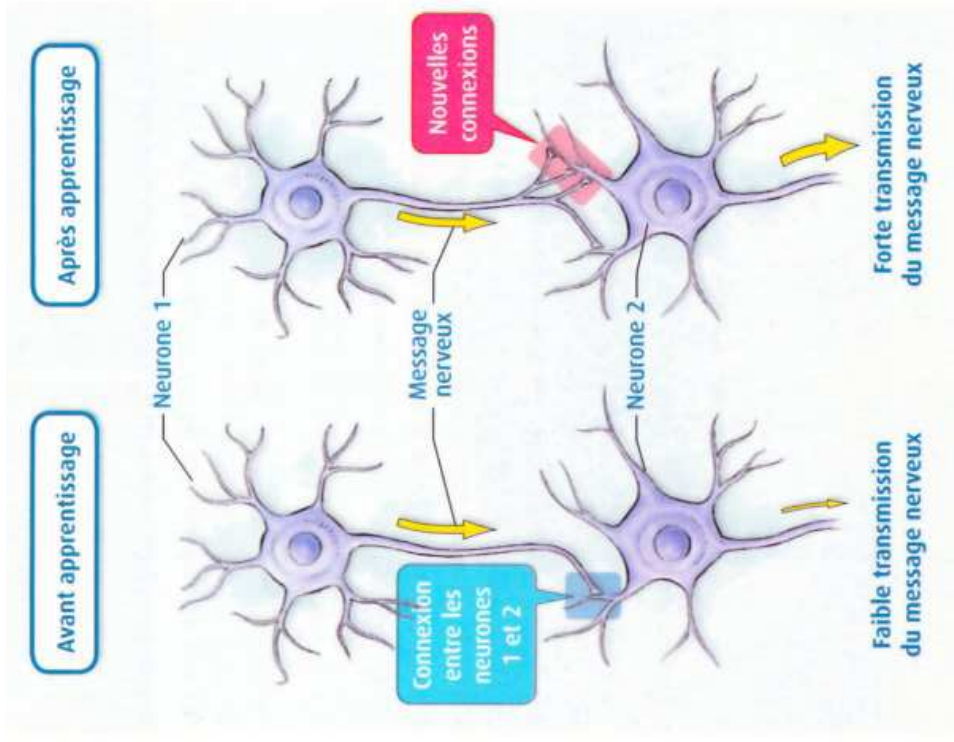
La plasticité cérébrale est particulièrement active au cours du développement mais, dans une moindre mesure, elle se poursuit tout au long de la vie. La sollicitation répétée des mêmes circuits neuroniques permet notamment la mise en mémoire nécessaire à la reconnaissance des formes ou d'un mot, l'apprentissage, ainsi que la possibilité de compenser une lésion. Le cerveau est un système dynamique, en perpétuelle reconfiguration.

Lorsqu'un voyant lit du braille les yeux bandés, son cortex visuel ne régit pas. Par contre la même tâche effectuée par une personne non-voyante depuis l'âge de 3 ans et entraînée à la lecture du braille mobilise les aires visuelles pour une sensation tactile.



- Deux groupes de volontaires voyants sont entraînés à lire le braille de manière intensive pendant 5 jours. Un groupe porte en permanence un bandeau (*jour 1*) privant de toute stimulation visuelle, l'autre non. Le groupe ayant les yeux bandés apprend beaucoup plus vite le braille que l'autre. L'IRMf montre que cette capacité repose sur la reconversion des aires visuelles (*jour 5*) mais que celle-ci disparaît rapidement lorsque le sujets retrouvent la vue (*jour 6*).





- Chaque neurone du cortex établit environ 10 000 connexions synaptiques avec d'autres neurones (points blancs sur l'image de gauche). Lors d'un apprentissage de nouvelles synapses s'établissent entre les neurones du cortex et d'autres peuvent disparaître. Il en résulte une modification des réseaux neuronaux dans le cerveau, c'est la **plasticité cérébrale**.

Bilan

- Dans le cerveau le message nerveux visuel parvient tout d'abord au **cortex visuel**, situé sur le lobe occipital, avant d'être interprété grâce à la collaboration entre les **fonctions visuelles et la mémoire**. La représentation visuelle peut être perturbée par certaines substances comme le LSD.
- Si l'organisation du cerveau est commandée par l'information génétique, **la plasticité cérébrale** fait du cerveau un système dynamique qui permet en permanence l'apprentissage et la mise en mémoire. Cette **variabilité épigénétique** fait que chaque cerveau est unique.

