

CHAPITRE 16-

LE CORTEX SENSORIEL ET LA PLASTICITÉ DU SYSTÈME NERVEUX CENTRAL

Malgré la mise en place d'un plan d'organisation du système nerveux commun à tous les vertébrés (2nd) et le contrôle génétique du développement du réseau neuronique, chaque individu ne perçoit pas son environnement de la même façon.

L'apprentissage topographique d'un labyrinthe digital montre que :

Tous les expérimentateurs ont construit une carte mentale du labyrinthe au cours des 5 essais de l'apprentissage.

Tous les expérimentateurs ont amélioré leurs performances.

Il y a des variations individuelles.

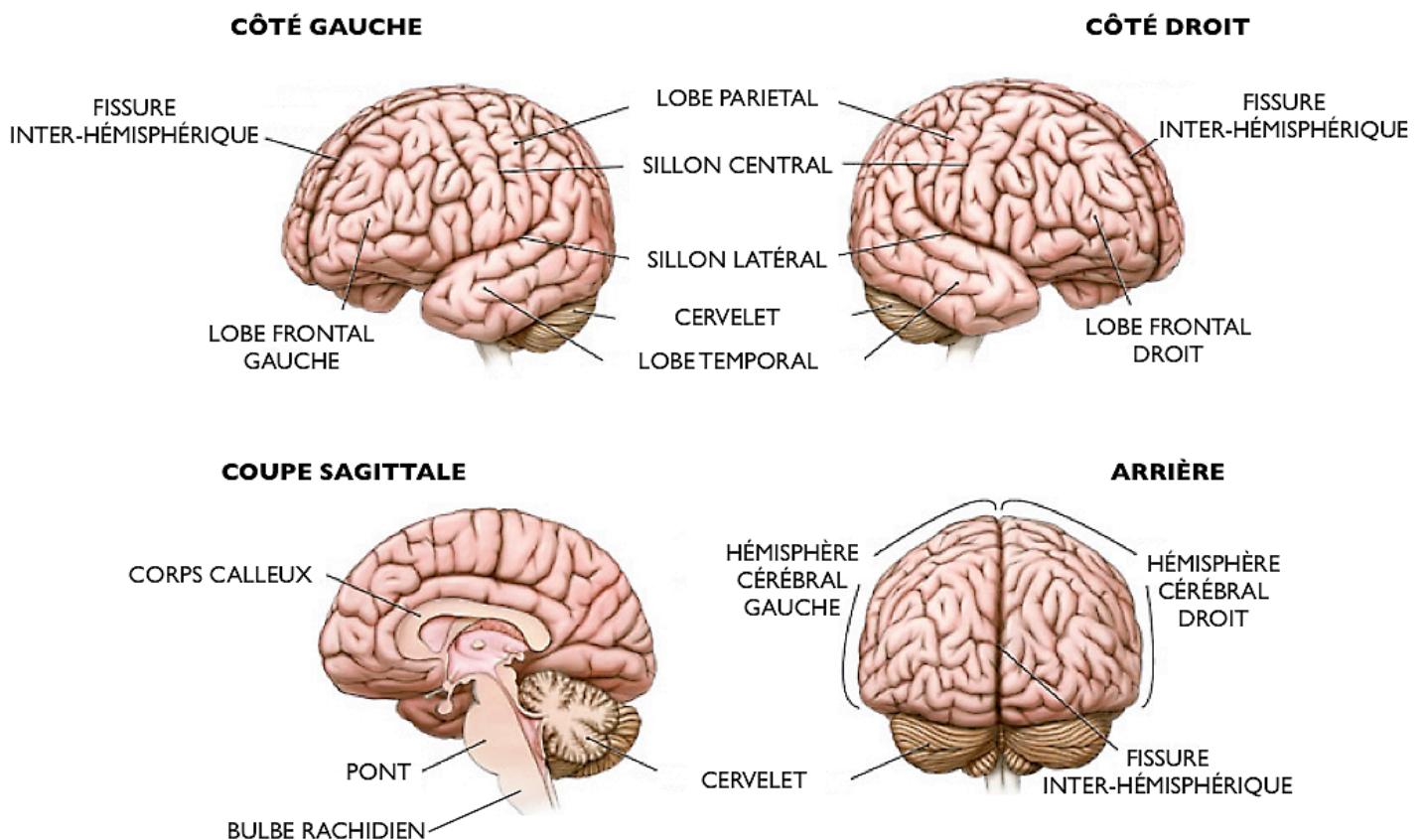
Comment expliquer les différences ou l'évolution des compétences sensorielles entre individus ?

Pour résoudre ce problème, il faut rechercher les zones cérébrales responsables de la perception sensorielle, comprendre leur organisation et mettre en évidence leurs propriétés.

1-Les messages nerveux nés de la stimulation des récepteurs sensoriels sont acheminés vers le cortex cérébral

1-1- Anatomie du cerveau

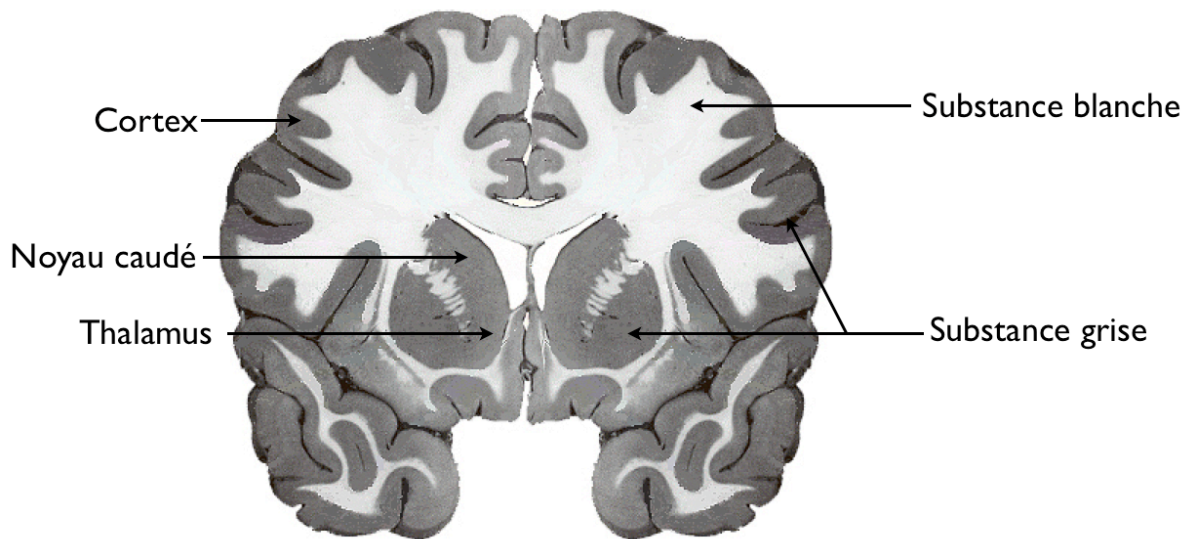
ANATOMIE DE SURFACE DE L'ENCEPHALE



1-2- Le cortex cérébral.

Le cortex cérébral est la partie superficielle du cerveau formée par la substance grise

Coupe frontale d'un cerveau humain

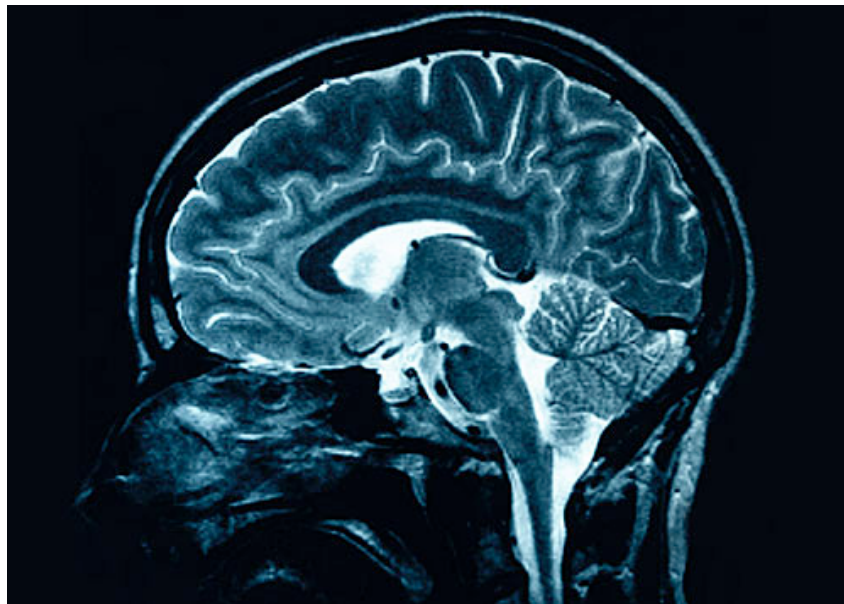


Le cerveau est constitué de deux hémisphères volumineux, présentant de nombreuses circonvolutions, caractéristiques de l'espèce. Ces circonvolutions ne sont pas tout à fait symétriques de part et d'autre du sillon inter hémisphérique.

Le cortex cérébral constitue le revêtement externe des hémisphères cérébraux, il a 2 à 4 mm d'épaisseur et occupe une surface de 2200 m².

Des ponts de substance blanche permettent la liaison entre les deux hémisphères

L'encéphale est une structure protégée par la boîte crânienne rigide après la naissance (2 ans)

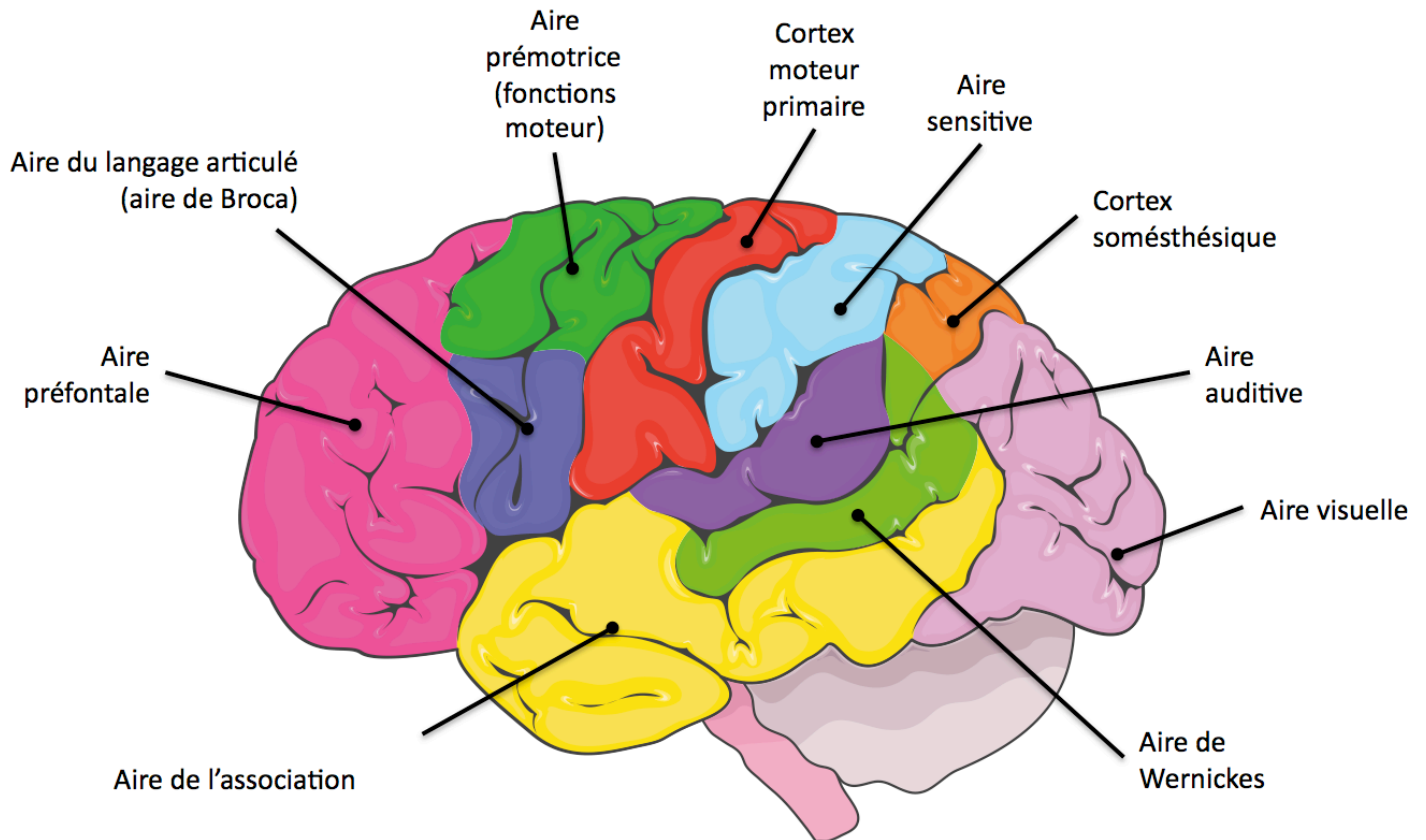


Le liquide céphalorachidien qui remplit les cavités de l'intérieur de l'encéphale constitue une véritable suspension hydraulique. L'encéphale flotte dans ce liquide et perd ainsi 97 % de son poids.

Le tronc cérébral est l'axe reliant les hémisphères cérébraux et la moelle épinière.

Le cervelet est en partie recouvert par le cerveau chez l'homme.

1-3- Les aires fonctionnelles du cortex



La région du cortex qui traite les informations tactiles est l'aire somatosensorielle.

Les techniques d'imagerie cérébrale révèlent des zones du cortex cérébral activées par les stimuli externes

L'imagerie médicale a permis l'identification des aires d'arrivée dans le cortex cérébral des différents messages sensoriels

A- Les aires de projections corticales

On a pu établir une cartographie des aires sensorielles :

Les aires sensorielles sont disposées de façon identique chez tous les êtres humains et sont situées pour chaque hémisphère :

- ☞ dans le lobe occipital pour la vision
- ☞ dans le lobe temporal pour l'audition
- ☞ dans le lobe pariétal pour le toucher
- ☞ dans le creux du lobe pariétal et près du lobe temporal pour goût
- ☞ au creux du lobe temporal pour l'odorat.

B- Chaque aire est organisée en une aire de projection et une aire d'association.

**Que s'est-il passé au cours de l'apprentissage topographique d'un labyrinthe digital ?*

L'apprentissage topographique d'un labyrinthe digital réalisé avec la main habile a mis en jeu des structures anatomiques établies génétiquement notamment l'aire somatosensorielle.

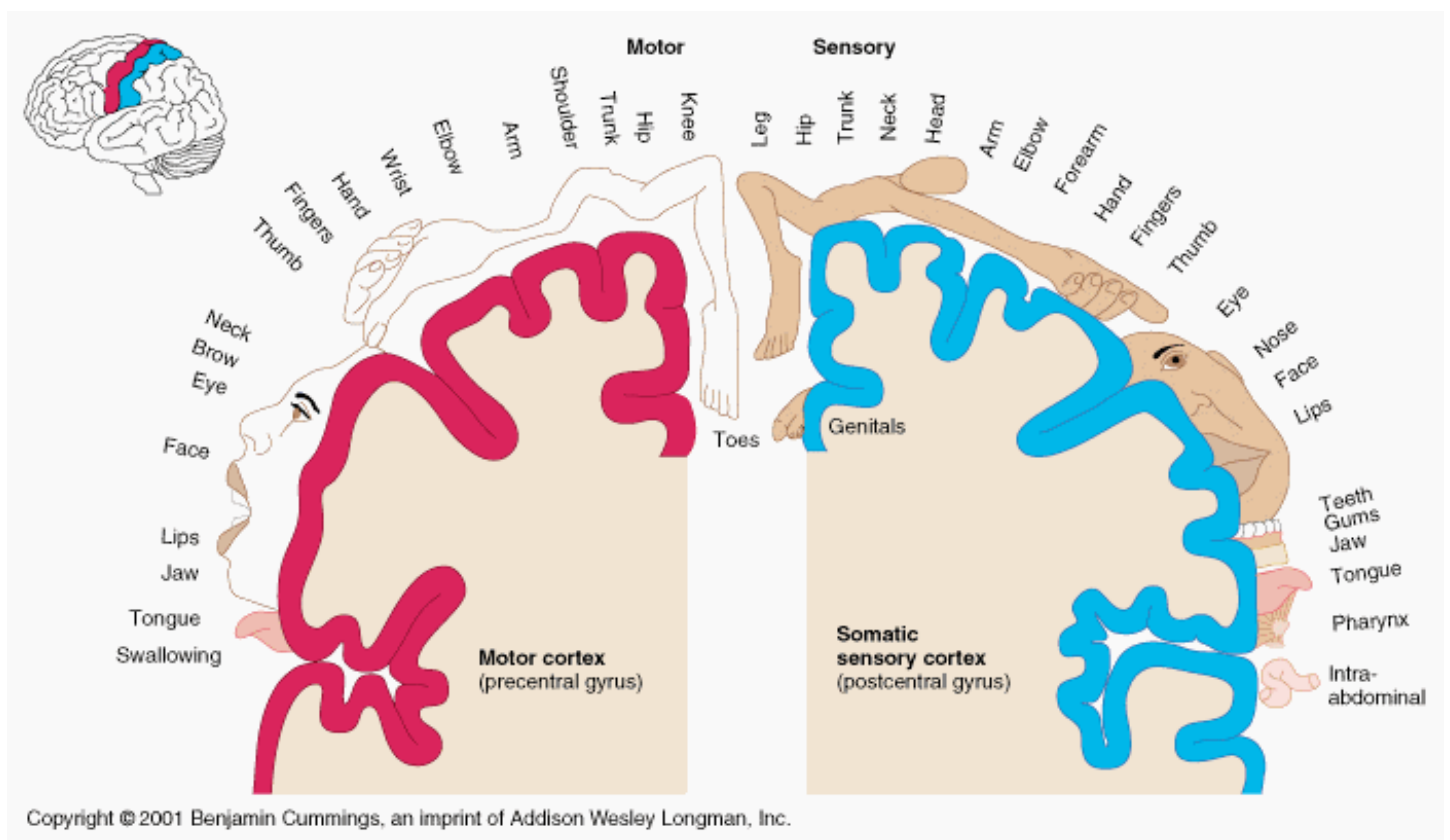
Il y a restitution du trajet acquis avec un contrôle visuel mettant en jeu l'aire visuelle.

Les différentes aires sensorielles sont mises en relation pour effectuer une tâche.

A côté des aires sensorielles, d'autres régions du cortex envoient des informations efférentes : ce sont les aires motrices

1-4 -Les messages issus d'un territoire du corps parviennent à une zone spécifique du cortex

Des cartes topographiques du cortex somatosensorielle ont pu être établies chez l'homme



Le document 5 montre que la sensibilité tactile est importante au niveau de la face (c'est à dire discrimination tactile fine) : nez, joue, lèvre supérieure et au niveau des différents doigts de la main.

La représentation en coupe du cortex somato sensoriel sur le document 4a montre une projection des différents territoires corporels sur ce cortex :

- ❖ Toutes les parties du corps sont projetées sur le cortex, mais on constate que l'étendue du cortex somatosensoriel représentant les mains et la face est beaucoup plus importante que leur surface relative par rapport au reste du corps.
- ❖ La face et les mains sont surdimensionnées par rapport au torse et aux segments proximaux des membres.
- ❖ Les différentes régions du corps ne sont pas contiguës : la face se trouve près du pouce par exemple.

L'importance des différents territoires au niveau du cortex est confirmée par l'homoncule : les régions correspondant à la face et aux mains sont très étendues.



Homunculus* sensitif.

Ces observations sont à mettre en relation avec le document 5 qui montre que la sensibilité tactile est importante au niveau de la face et des mains

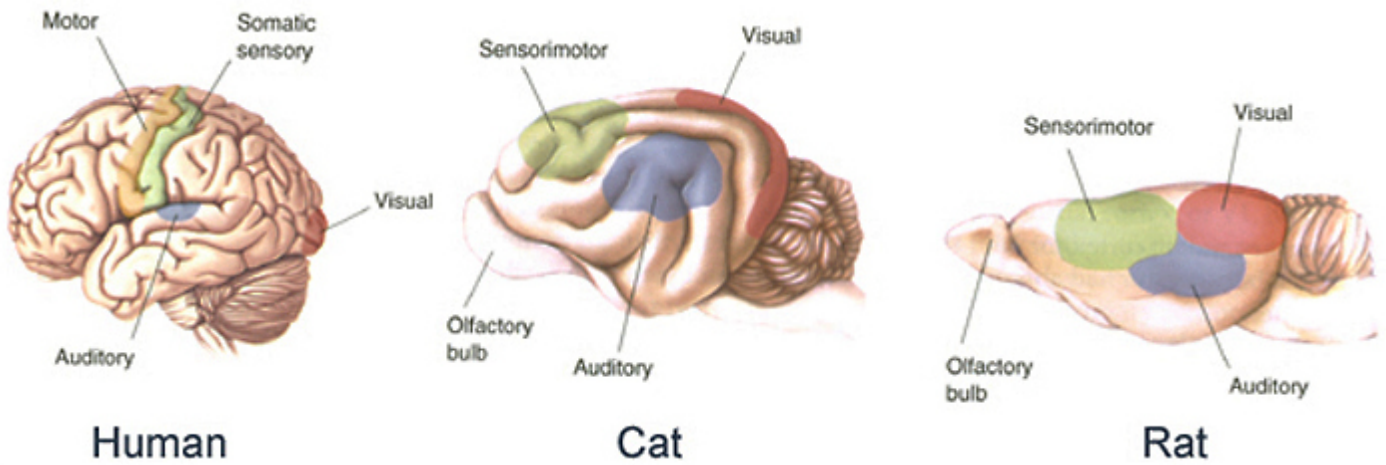
La surface de l'homoncule est directement proportionnelle à la densité des récepteurs sensoriels présents à la surface du corps.

La superficie d'une aire de projection corticale dépend de la quantité de récepteurs présents dans le territoire cutané correspondant.

La superficie des aires corticales est ainsi disproportionnée par rapport à la superficie réelle des territoires corporels (homoncule)

1-5-La construction du cortex dépend du génome de l'espèce

Qu'apporte comme information la comparaison de la représentation des territoires du corps dans l'aire somatosensorielle chez l'homme, le rat, le chat et le singe ?



Les cartes topographiques diffèrent selon les espèces.

Par exemple pour le rat taupe, le « ratonculus », les vibrisses du museau occupent une surface du cortex importante ; elles sont essentielles pour la détection de l'environnement du rat, ainsi que les incisives qui lui servent à creuser le sol.



Heterocephalus glaber-Le rat taupe



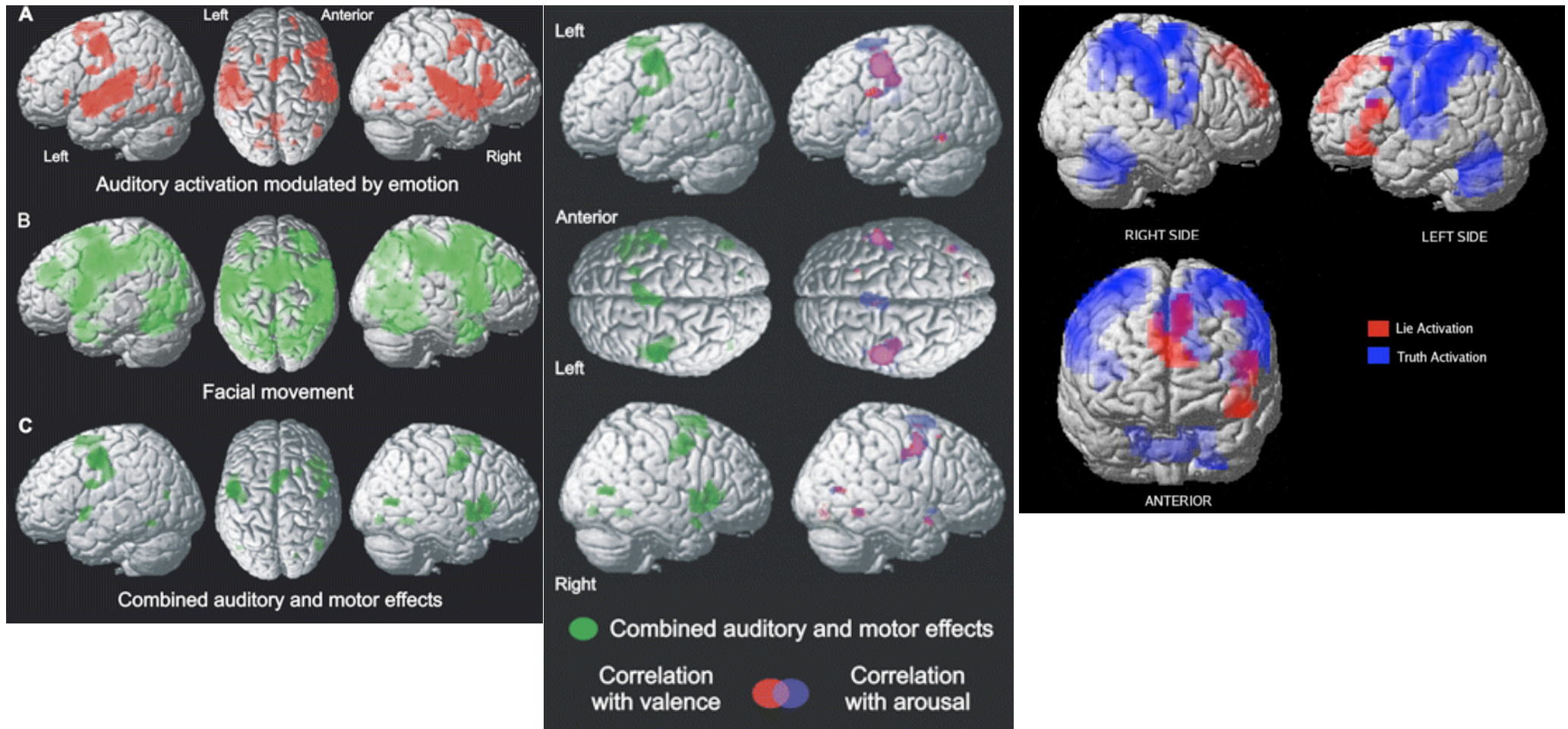
Le « ratonculus » du rat taupe

1-6- Activation des aires cérébrales et perception de l'environnement

L'imagerie du métabolisme tissulaire par résonance magnétique nucléaire (notamment celle qui différencie les tissus selon l'état d'oxygénation du sang) permet de visualiser les distributions spatiales et temporelles des activités cérébrales.

Il est ainsi possible de cartographier, pour différentes activités, les zones du cerveau qui vont participer à la réalisation de la tâche demandée.

Il est possible de mettre en évidence les aires cérébrales utilisées lors de différentes activités.

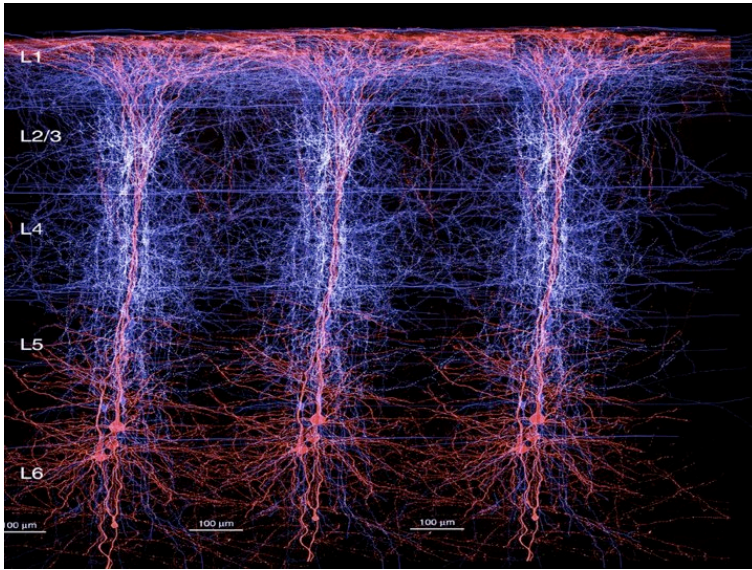


1-7-Le cortex sensoriel est constitué de neurones interconnectés et organisés en colonnes

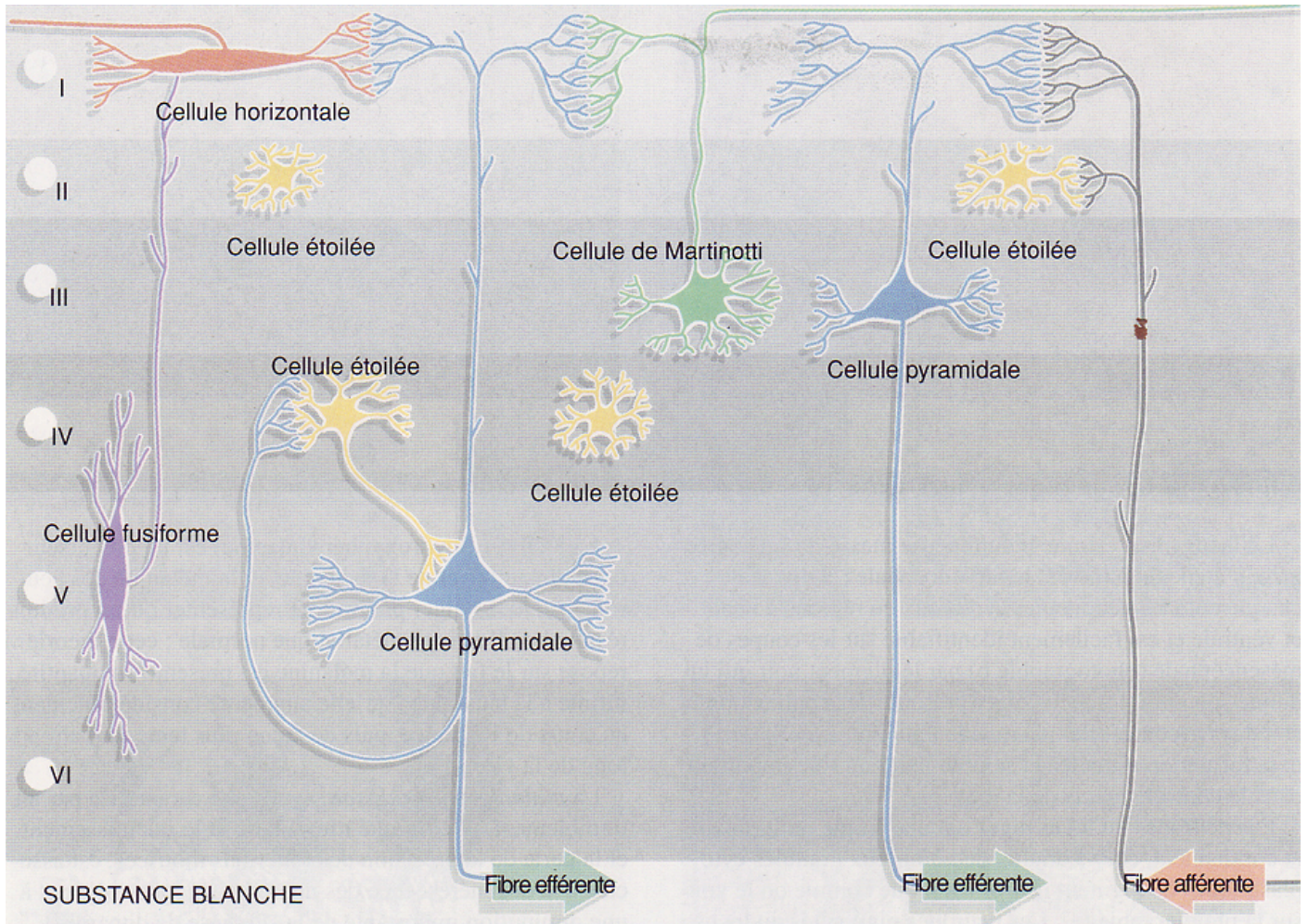
Chaque colonne de neurones ne répond qu'à des stimulations appliquées sur une région précise du corps.

Les neurones du cortex cérébral sont répartis en six couches superposées.

Cette organisation permet d'amplifier les connexions entre les neurones.



Chaque couche possède des types de neurones particuliers et spécifiques de la couche concernée.



2-L'organisation de l'aire somatosensorielle est modifiée par des facteurs de l'environnement : c'est la neuroplasticité

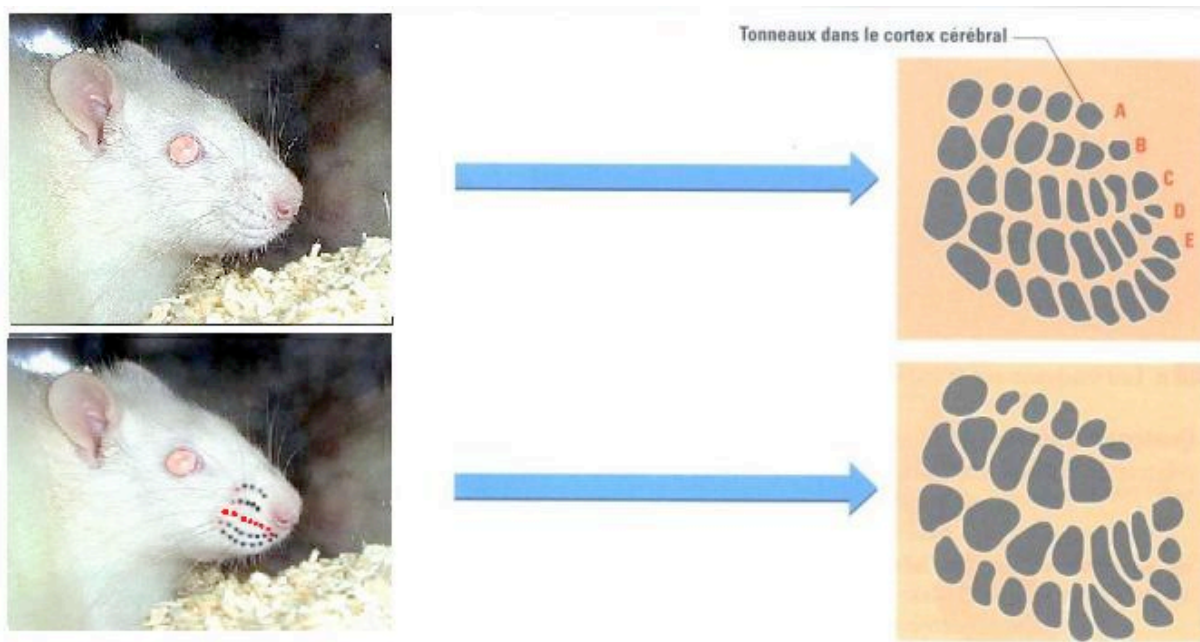
Le terme neuroplasticité désigne les facultés de réorganisation que l'on a mis en évidence dans le système nerveux. Elles sont dues à l'existence de cellules restées indifférenciées qui peuvent remplacer des neurones détruits accidentellement ou à la suite de dégradation métabolique ou infectieuse.

2-1-Une modulation dynamique du cortex somatosensoriel

Etude de la représentation des vibrisses de rongeurs au niveau du cortex somatosensoriel

Chez le rat, chaque vibrisse (« moustaches ») à sa propre aire de projection dans le cortex, un tonneau, que l'on peut visualiser par marquage.

Cette expérience a été faite sur deux rats :



- rat témoin

Son cortex cérébral a une organisation neuronale normale (5 rangs de projections cérébrales des vibrisses en forme de tonneaux).

- deuxième rat :

A sa naissance, il a subi la suppression d'un rang de « vibrisses ». On observe dans le cerveau de ce rat une réorganisation de ses aires de neurones en forme de tonneaux.

Bilan de l'expérience

La cartographie des tonneaux dans le cortex est déterminée par le positionnement anatomique des vibrisses correspondantes, et l'on peut facilement établir le lien entre l'ablation d'une vibrisse à la naissance et la disparition du tonneau correspondant.

Cette modification du cortex somatosensoriel s'accompagne d'une réorganisation des tonneaux des vibrisses avoisinantes. Ceux-ci vont occuper l'espace laissé vacant, proportionnellement à leur utilisation, par compensation du déficit résultant de la non utilisation de la vibrisse disparue.

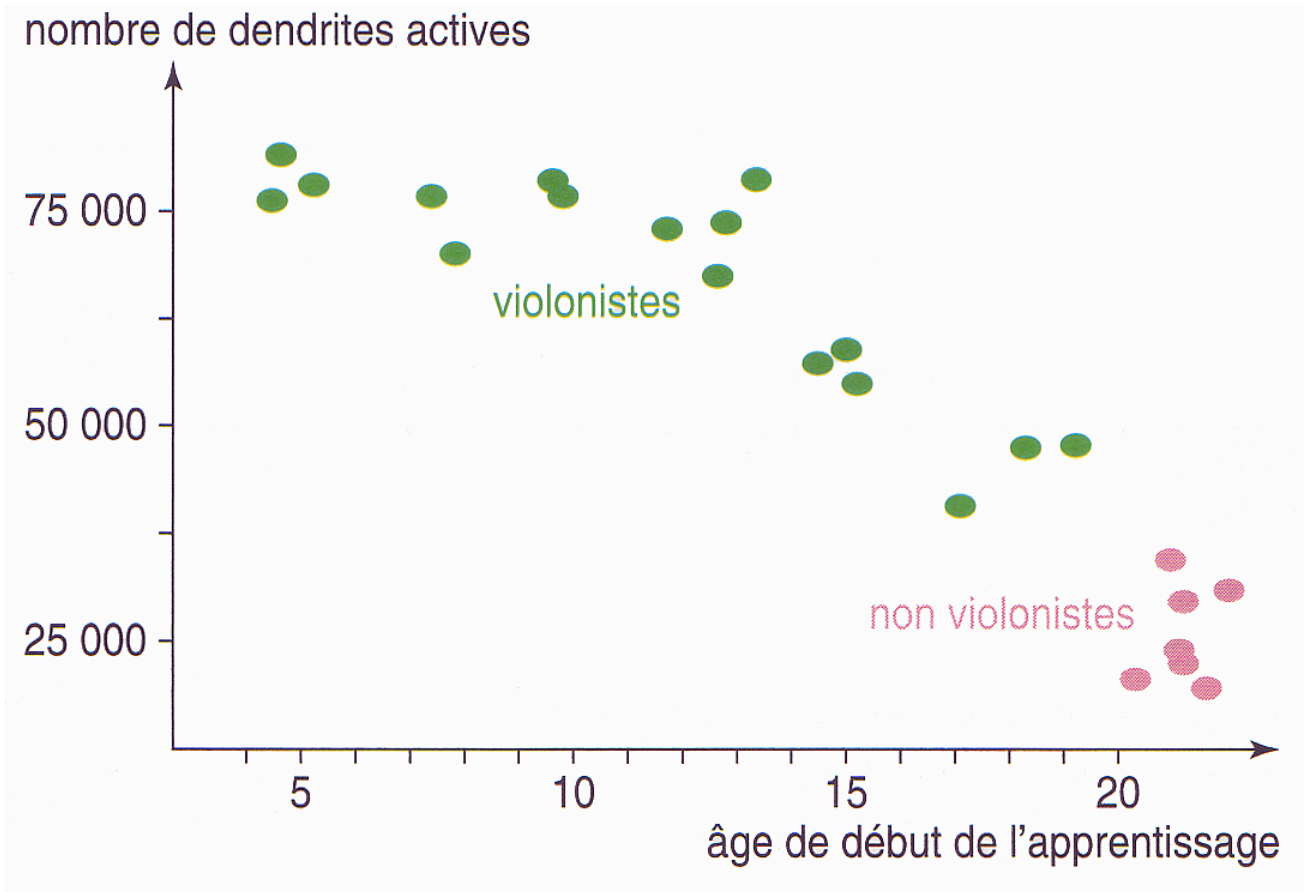
Cette expérience prouve la capacité du cerveau du rat à se réorganiser en utilisant les aires neuronales « libérées » (par suite de l'ablation de vibrisses) pour modifier les connexions neuronales.

Etude de l'évolution de la représentation corticale des doigts chez les violonistes

Les personnes droitères qui jouent d'un instrument à cordes tel le violon utilisent et stimulent les doigts de la main gauche plus fréquemment que les non musiciens (notamment l'annulaire et l'auriculaire).

Est-ce que la suractivité de ces doigts a-t-elle une conséquence au niveau du cerveau ?

Il est possible de déterminer le nombre de dendrites actives au niveau du cortex lors de l'activation de l'auriculaire gauche chez différents musiciens ayant appris plus ou moins tôt à jouer du violon. Ces valeurs sont comparées à celles obtenues chez des sujets non musiciens.



Bilan de l'expérience :

On constate qu'après une utilisation préférentielle d'un doigt la représentation corticale de la zone du doigt stimulé augmente de surface, ainsi que l'activité des neurones des zones concernées, mettent en évidence la plasticité cérébrale.

2-2- La plasticité neuronale chez le jeune

A-Le phénomène d'empreinte

Vers le milieu des années 1930, l'éthologue Konrad Lorenz travaille sur les oies. Il montre que les oisillons suivent le premier objet mobile de grande taille qu'ils voient et qu'ils entendent les deux premiers jours après leur éclosion.

Après cette imprégnation, les oiseaux restent attachés à l'objet même à l'âge adulte.

En revanche, si ces jeunes ne reçoivent aucun stimulus durant cette période, ils ne développent jamais de relation maternelle appropriée.



Ce phénomène, appelé phénomène de l'empreinte, est connu chez de nombreuses espèces. Ainsi, exclusivement pendant la première semaine, les rats nouveau-nés forment une préférence à vie à leur mère en lui associant l'odeur des mamelles.

En généralisant, on peut supposer que le destin des circuits de neurones d'un individu dépend de l'expérience qu'il a eue pendant sa petite enfance.

B- La période critique

Au début de la vie d'un mammifère, l'organisation des structures de son système nerveux se met en place. Durant cette période, toute perturbation du développement normal peut aboutir à des modifications importantes des réseaux neuronaux.

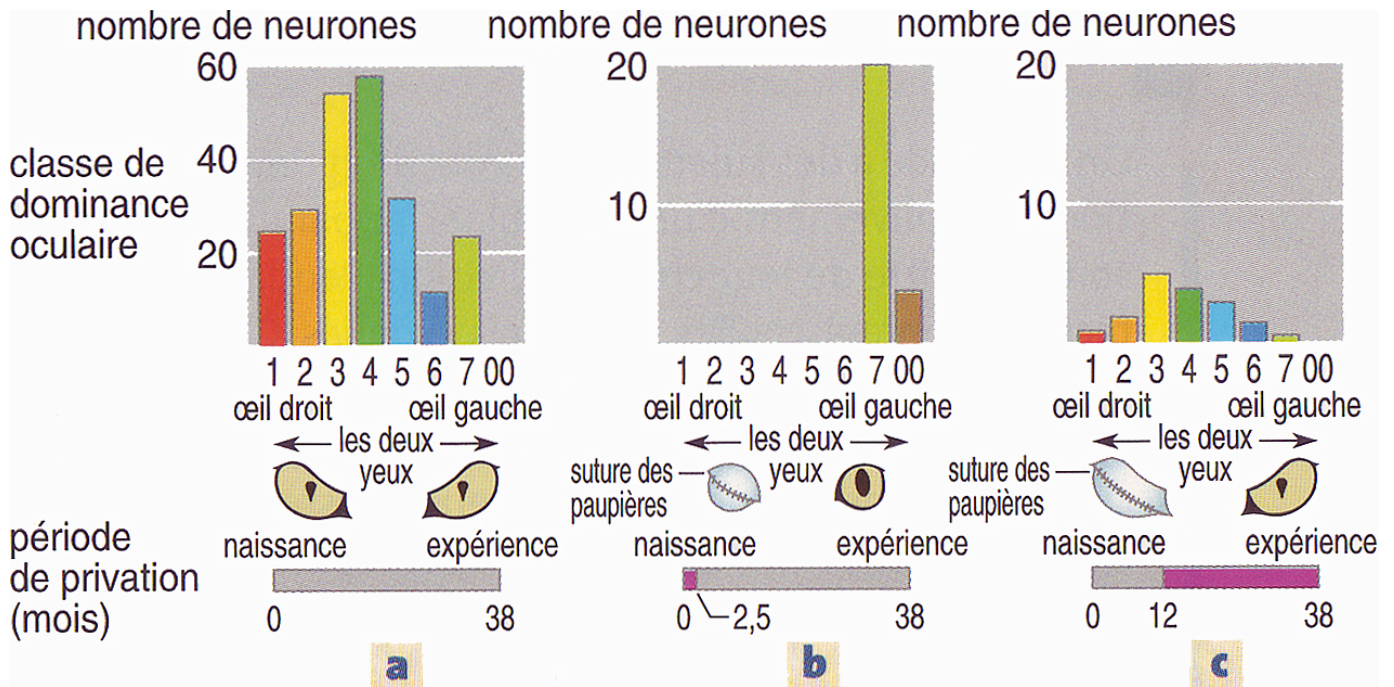
Cette période est dénommée période critique, car le système nerveux est encore capable d'évolution, ce qu'il ne pourra pas réaliser plus tard.

Des modifications de la croissance des axones s'observent après les premières semaines du développement du cerveau : peu à peu, les neurones perdent leur capacité de progression dans les tissus nerveux.

Expérience de mise en évidence de cette période critique

Trois chats A, B et C sont respectivement :

- un adulte normal,
- un chaton dont l'œil droit a été occlus dès sa naissance jusqu'à son troisième mois,
- un adulte dont l'œil a été occlus à partir de son douzième mois.



Chez le chaton, la privation de la vision d'un œil montre que les neurones issus de l'autre œil ne compensent pas la régression des connexions. En revanche, chez l'adulte qui a passé cette période critique, les neurones de l'autre œil ont compensé en partie cette occlusion.

Bilan:

Il y a un remodelage des circuits des neurones. L'environnement conditionne donc la mise en place de l'architecture du système nerveux.

Pendant la période critique, sous l'action de stimuli externes, des réorganisations se produisent : de nouvelles connexions se forment alors que régressent celles qui ne sont pas sollicitées. Cette période cesse lorsque la capacité de croissance des axones cesse.

Conclusion

Le remodelage des connexions synaptiques est le témoin de la plasticité cérébrale.

La plasticité est une propriété générale du système nerveux central et n'est pas spécifique du cortex.

La plasticité observée lors du développement est maintenue chez l'adulte.

L'individualité est à relier à cette plasticité.

L'architecture du cerveau de chaque individu est modifiée de façon unique.