

À LA CROISÉE DES NEUROSCIENCES, DE LA GÉNÉTIQUE ET DE L'ÉDUCATION NOUVELLE : DE NOUVELLES PISTES POUR APPRENDRE À APPRENDRE

Dr Gilles Guillon

Directeur de Recherches Emérite au CNRS

Institut de Génomique Fonctionnelle de Montpellier

Président d'honneur des CEMEA Occitanie

Montpellier
le 29 janvier 2020



PROPOS INTRODUCTIFS

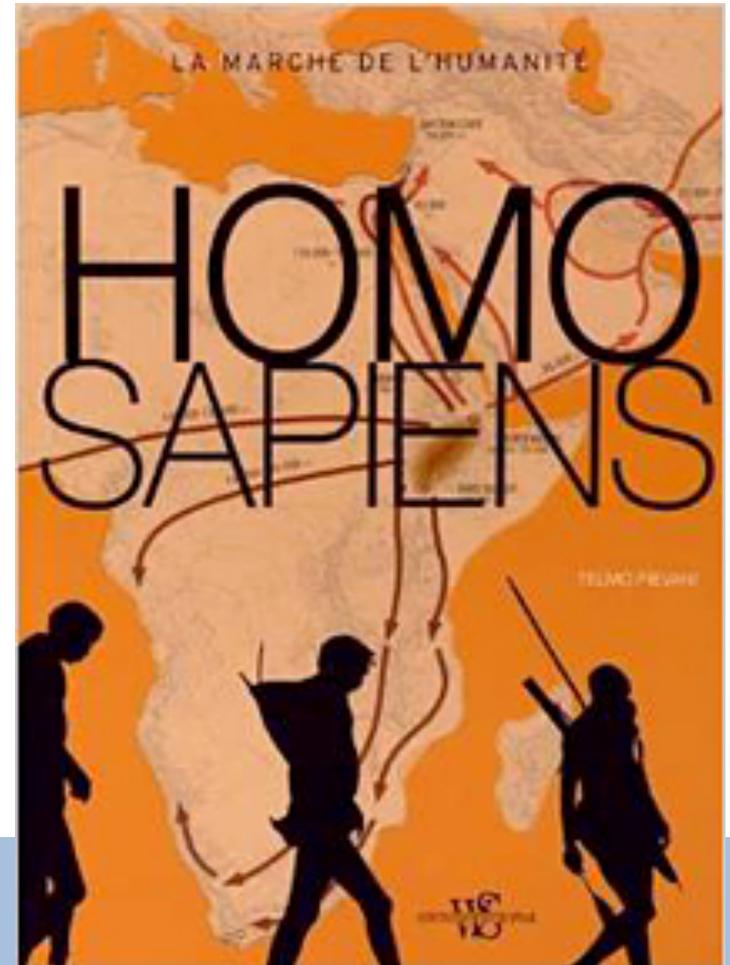
Avec la bipédie, les hominidés ont gagné en autonomie et se sont répandus sur tout le globe.

La taille de leurs cerveaux s'est aussi considérablement accrue, favorisant l'émergence de nouvelles compétences.

De chasseur/cueilleur, l'humain est devenu agriculteur/éleveur et n'a cessé en gagnant en inventivité.

Les connaissances d'Homo sapiens ont aussi énormément progressé, le cosmos est devenu son terrain d'investigation. Il connaît assez bien le fonctionnement de son corps mais ...

Reste une boîte noire qui l'intrigue : comment fonctionne son cerveau ?



PLAN DE L'EXPOSÉ

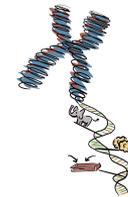
- ▶ LA PERCEPTION DU MONDE EXTÉRIEUR, SON DÉCRYPTAGE PAR LE CERVEAU : CONSÉQUENCES SUR L'APPRENTISSAGE



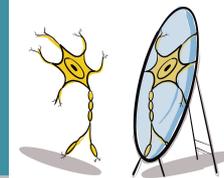
- ▶ LA PLASTICITÉ NEURONALE LA MÉMORISATION ET LES ÉMOTIONS



- ▶ LA GÉNÉTIQUE, L'ÉPIGÉNÉTIQUE, L'INNÉ ET L'ACQUIS ET LA MÉMOIRE À LONG TERME



- ▶ LES NEURONES MIROIR, L'APPRENTISSAGE, L'EMPATHIE ET LA BIENVEILLANCE



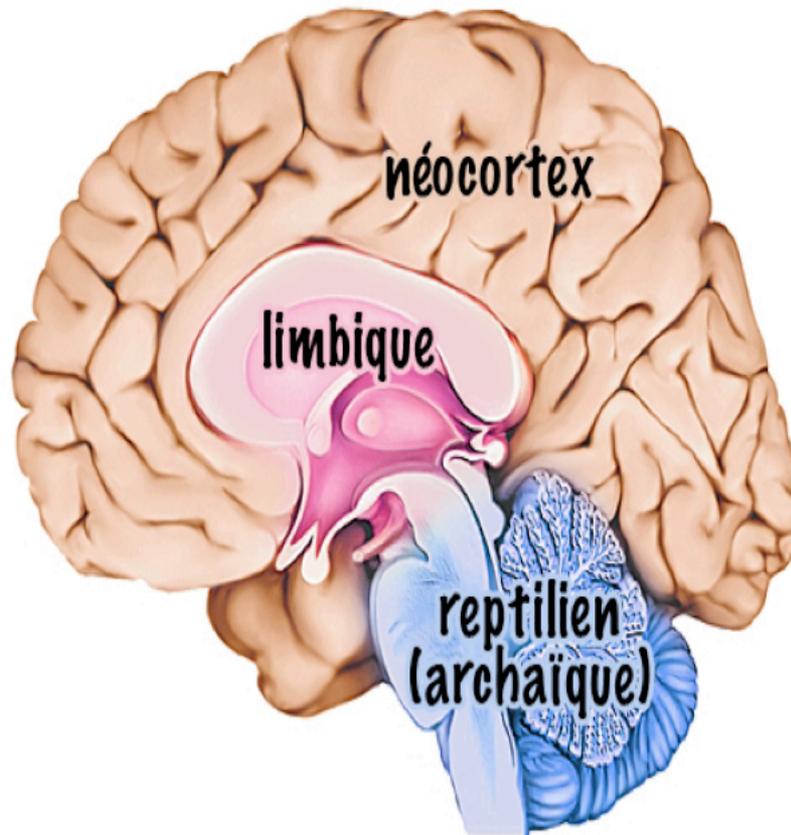
LA PERCEPTION DU MONDE
EXTÉRIEUR,
SON DÉCRYPTAGE PAR LE
CERVEAU : CONSÉQUENCES
SUR L'APPRENTISSAGE





LE CERVEAU HUMAIN : SON ARCHITECTURE GÉNÉRALE, SES ZONES SPÉCIALISÉES

Le cerveau Triunique



Reptilien : réflexes, instincts, homéostasie, besoins primaires

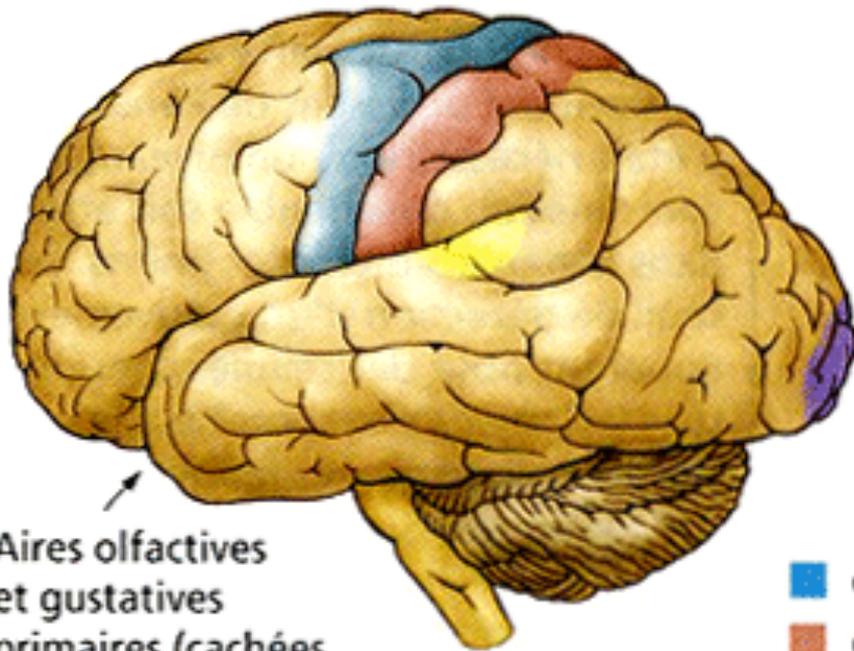
Limbique : émotion, mémoire

Néocortex : raisonnement, langage, abstraction

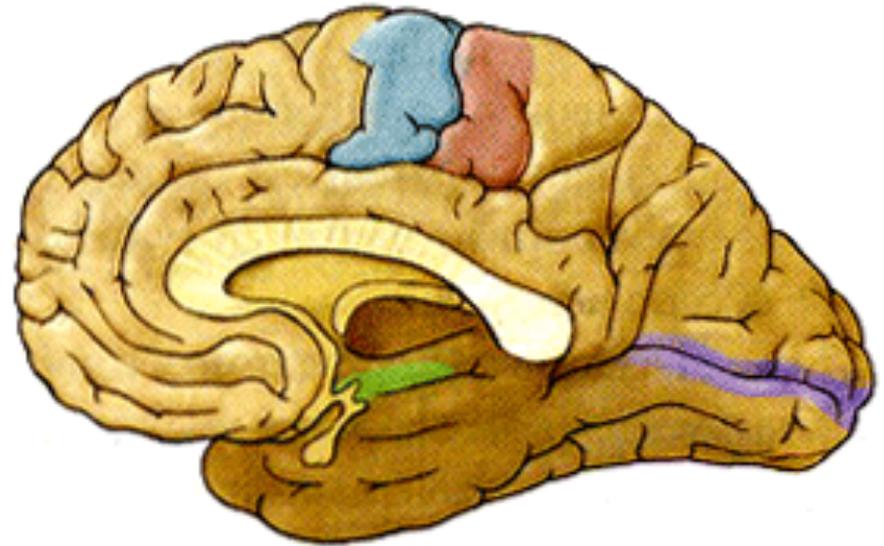
P.D. Maclean 1950



LE CERVEAU HUMAIN : SON ARCHITECTURE GÉNÉRALE, SES AIRES SPÉCIALISÉES



Aires olfactives
et gustatives
primaires (cachées
par le lobe temporal)



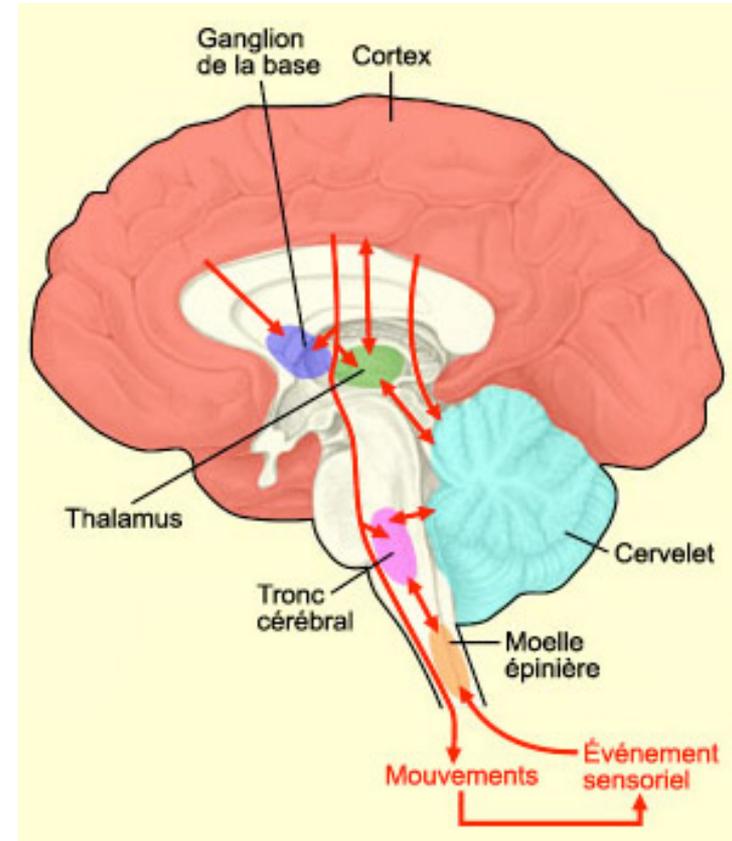
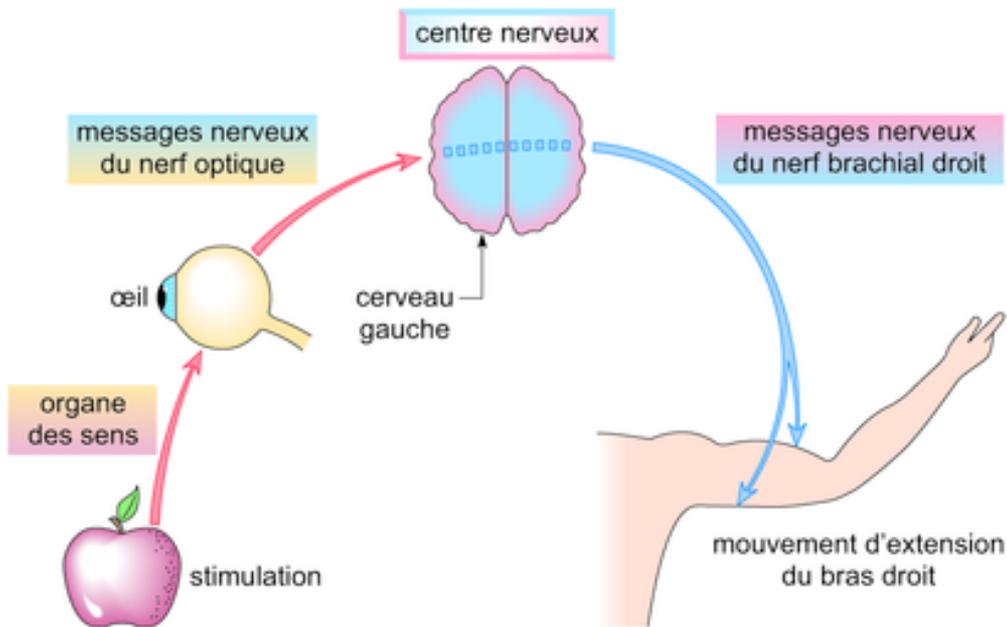
- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| ■ Cortex moteur primaire | ■ Cortex auditif |
| ■ Cortex sensoriel primaire | ■ Cortex olfactif et gustatif |
| ■ Cortex visuel primaire | |

Les autres aires corticales sont des aires associatives



DE LA RÉCEPTION DES INFORMATIONS DU MILIEU EXTÉRIEUR AU DÉCLENCHEMENT DE L'ACTION MOTRICE

Le circuit moteur global



Les informations sensorielles transmises au niveau du cerveau passent par le cerveau limbique et sont mutualisées au niveau des aires associatives du cortex avant de conduire à un acte moteur.



LA SYNERGIE DES DIFFÉRENTES ZONES DU CERVEAU

Le loto des odeurs



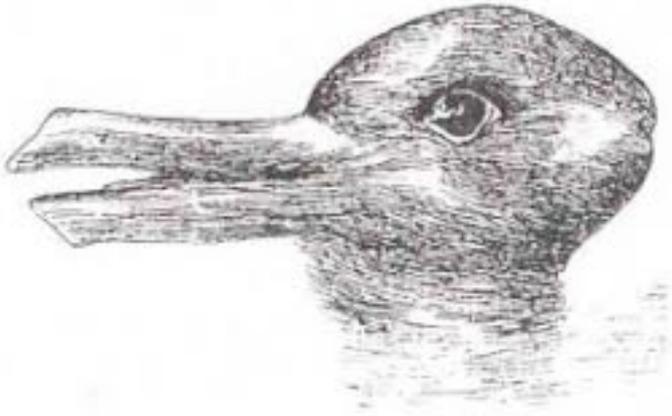
La madeleine de Proust

Les aires sensorielles associatives reçoivent des afférences de plus d'un système sensoriel. Elles analysent, interprètent, les informations sensorielles et sont responsables de la perception globale, déclencheur de l'action motrice adaptée.



« NOS SENS NOUS TROMPENT » R. DESCARTES

Les illusions d'optique



Comment notre cerveau raisonne

Deux systèmes d'interprétations des signaux émanant de nos sens coexistent dans notre cerveau :

- Le système heuristique, rapide mais qui fait des erreurs
- Le système algorithmique, lent et fiable

Ils activent des zones différentes de notre cerveau.

Le biais cognitif

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

« Pour passer à une analyse fiable des données, il faut activer son cerveau inhibiteur. »

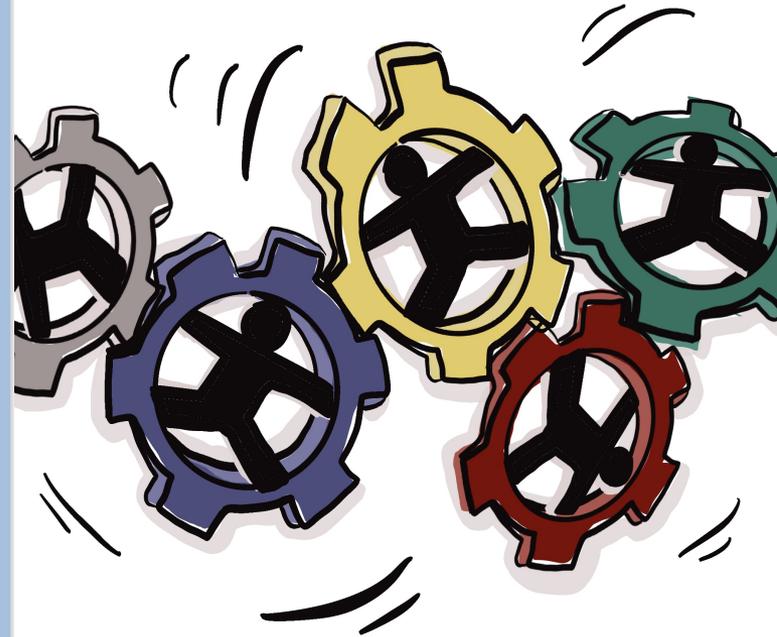
O. Houdé et al. 2019



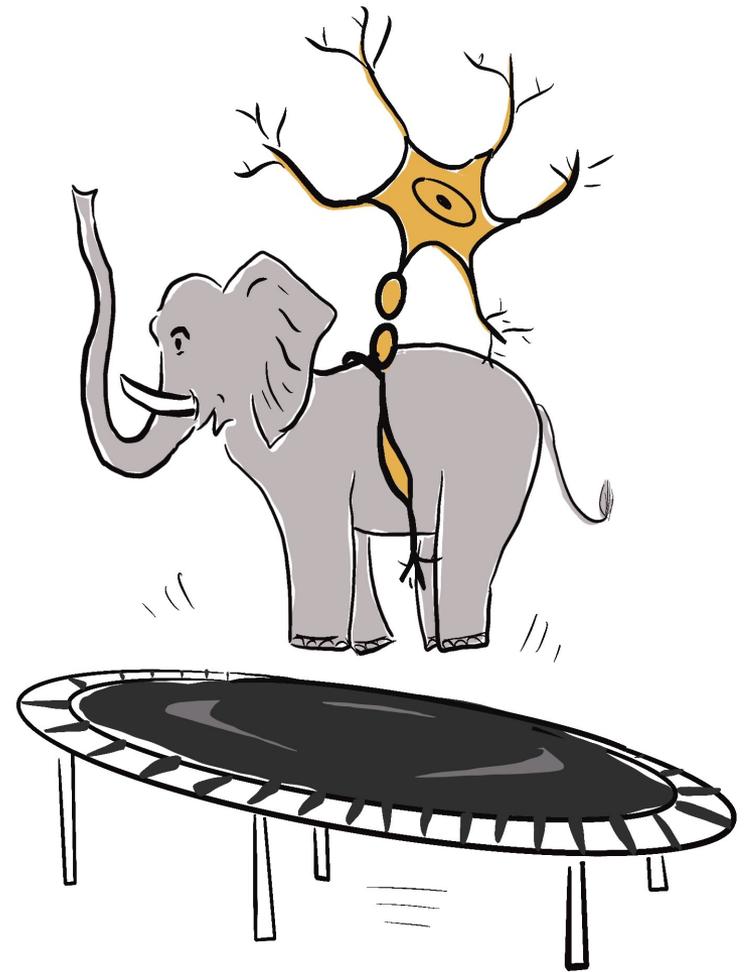
LA PERCEPTION DU MONDE EXTÉRIEUR PAR LES ORGANES DES SENS ET SON DÉCRYPTAGE PAR LE CERVEAU : ET EN PÉDAGOGIE ?



- ▶ Les organes des sens agissent en synergie. Privilégier les approches pédagogiques qui font la part belle à tous les sens. Faire attention à la suprématie des écrans.
- ▶ Le cerveau interprète les informations reçues en fonction de ses acquis. Il peut se tromper. Il faut développer son sens critique et entraîner son cerveau « inhibiteur ».
- ▶ Savoir, de temps en temps, réduire les informations multiples qui assaillent notre cerveau pour être plus attentif·ve, plus concentré·e (méditation, yoga, lecture silencieuse).



LA PLASTICITÉ
NEURONALE,
LA MÉMORISATION
ET
LES ÉMOTIONS





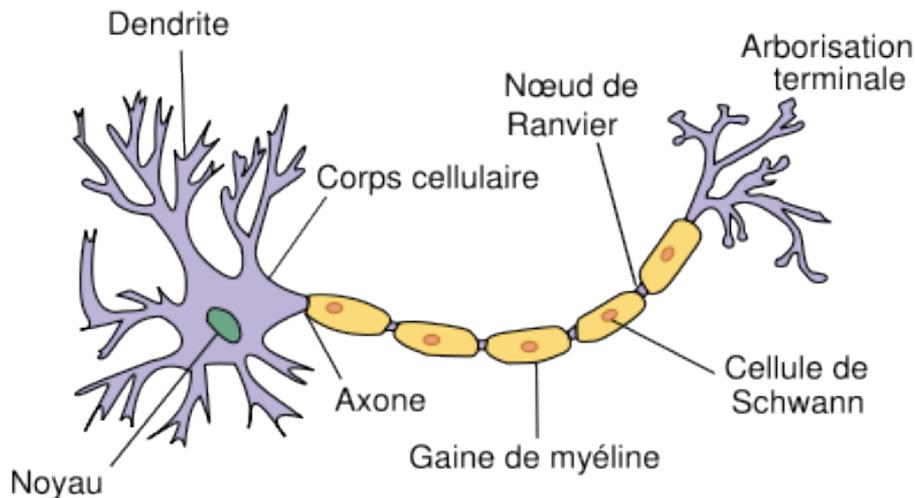
LE NEURONE, L'UN DES COMPOSANTS ESSENTIELS DU CERVEAU

Schéma fonctionnel d'un neurone

Recueil

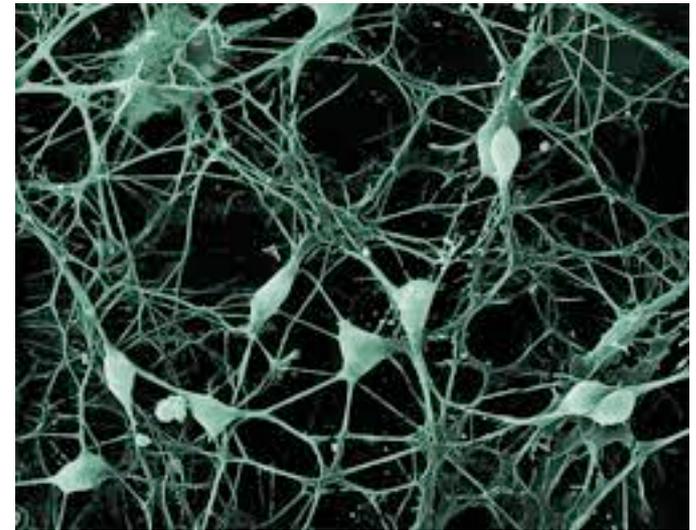
Intégration

Transfert



- Le neurone reçoit, intègre et transmet l'information reçue.
- 100 000 000 000 neurones chez l'humain.
- Ils se connectent les uns aux autres (10 000 connections par neurone)

Réseau neuronal



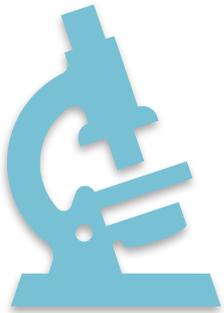
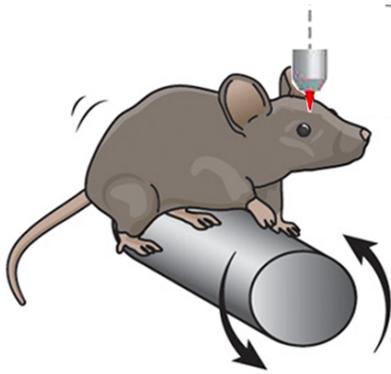
- Le plus grand ordinateur disponible
- L'Intelligence Artificielle se base sur les circuits neuronaux : le deep learning

Y. Le Cun 2019



MÉMORISATION ET DÉVELOPPEMENT DES ÉPINES DENDRITIQUES NEURONALES

Protocole expérimental

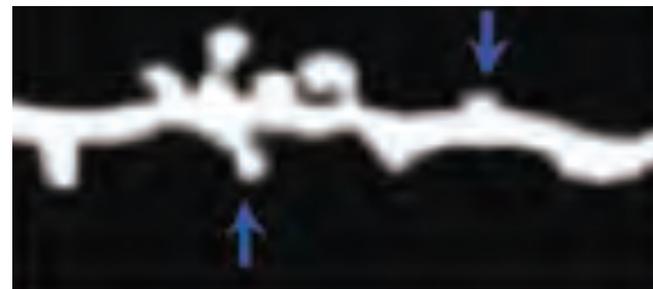


Contrôle

Une session motrice

Session-motrice plus consolidation

Visualisation du réseau neuronal moteur



Blanc = épine supprimée

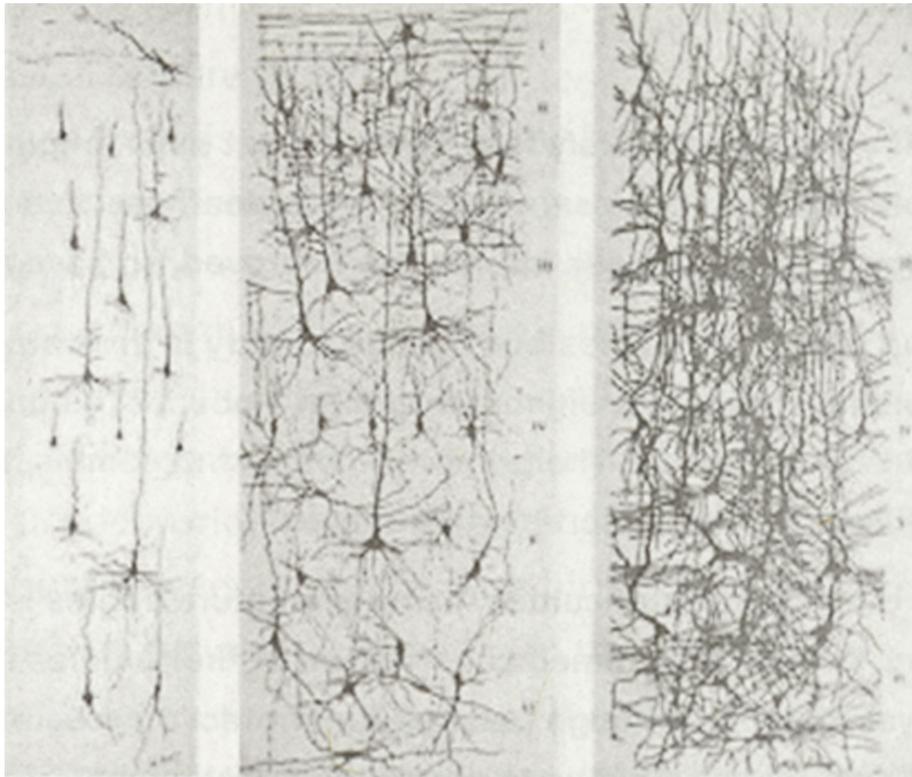
Rouge = épine apparue lors session motrice

Bleu = épine restant après consolidation (mémoire)



L'ÉVOLUTION DU CÂBLAGE DES CELLULES NERVEUSES A LIEU DÈS LA NAISSANCE ET SE POURSUIT TOUTE LA VIE

Évolution du câblage neuronal depuis la naissance



Naissance

3 mois

2ans

- L'apprentissage du réseau routier londonien provoque une augmentation de la taille de l'hippocampe postérieure des chauffeurs de taxi.

E.A. Maguire 2000

- L'influence d'un milieu enrichi stimule la plasticité neurone chez le rat.

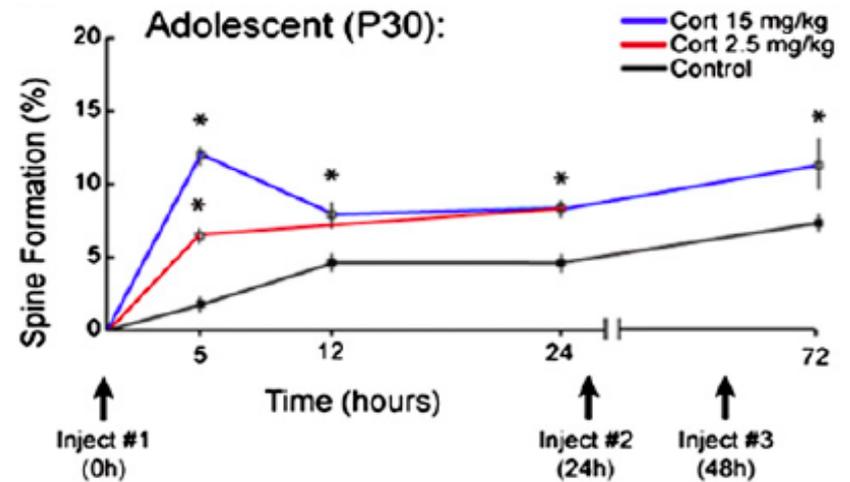
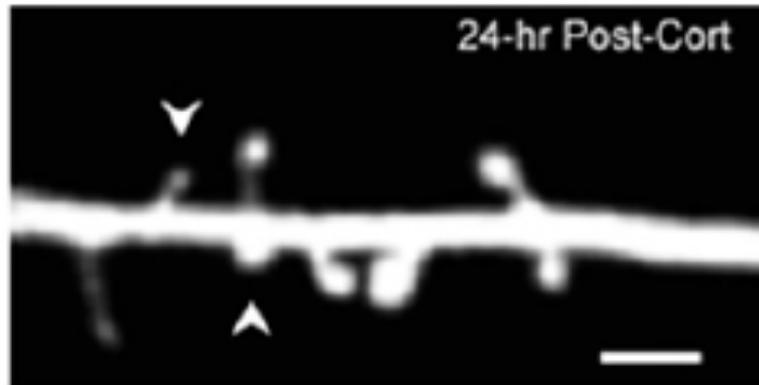
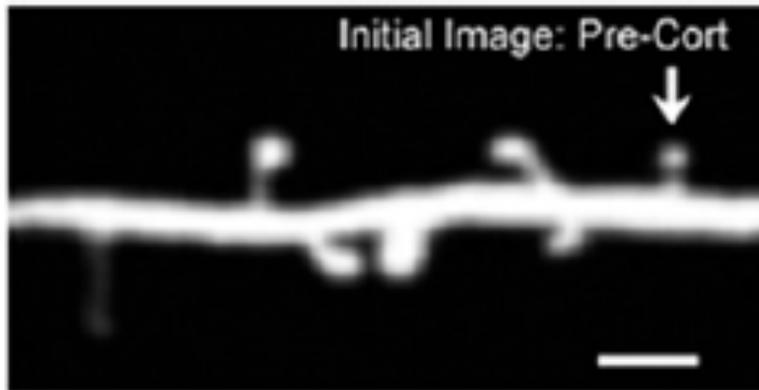
Bosenweig 1996

Toute action motrice, cognitive, toute émotion, provoque une activité électrique dans le cerveau qui modifie le câblage des réseaux neuronaux. C'est la « plasticité neuronale », et elle constitue la base de la mémoire.



LE STRESS ET L'APPRENTISSAGE : INFLUENCE DU CORTISOL

Imagerie du cortex de souris
avant ou après injection de cortisol



L'injection de cortisol stimule la création de nouvelles épines mais provoque aussi la dégradation d'autres.

F. Jeanneteau 2019



LA PLASTICITÉ NEURONALE, LA MÉMORISATION ET L'INFLUENCE DU MILIEU : ET EN PÉDAGOGIE ?



- ▶ Apprendre, c'est créer un réseau de neurones capables de travailler ensemble pour effectuer efficacement une tâche donnée. C'est une mémoire de type synaptique électrique.
- ▶ Répéter est essentiel pour apprendre.
- ▶ Le milieu et le contexte émotionnel dans lesquels on apprend sont importants. Ils modulent positivement ou négativement l'apprentissage.
- ▶ On apprend à tout âge, même si on perd des neurones grâce à la plasticité neuronale.



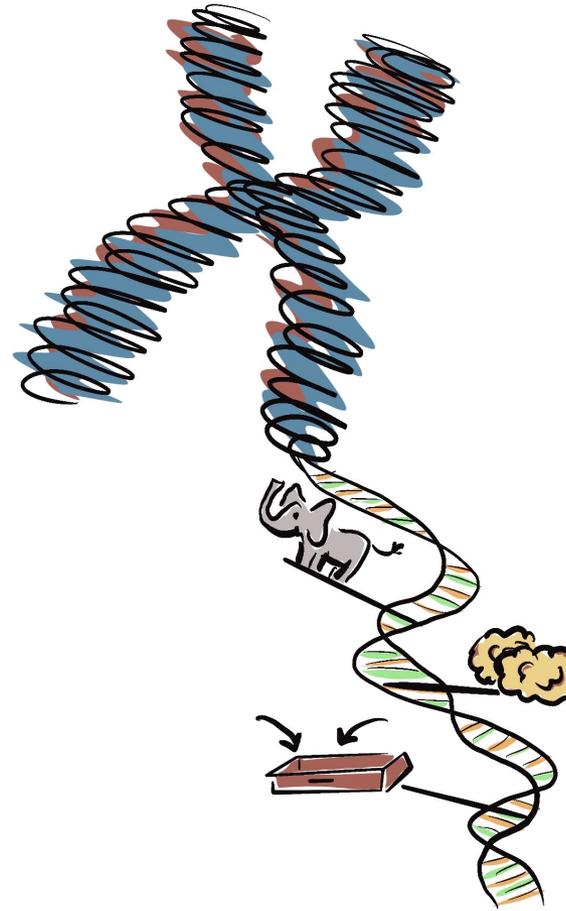
La parole est aux :

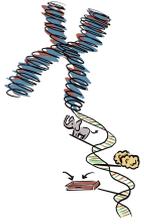
▶ SYNTHÉTISEUR·SE

▶ RELIEUR·SE

▶ TITILLEUR·SE

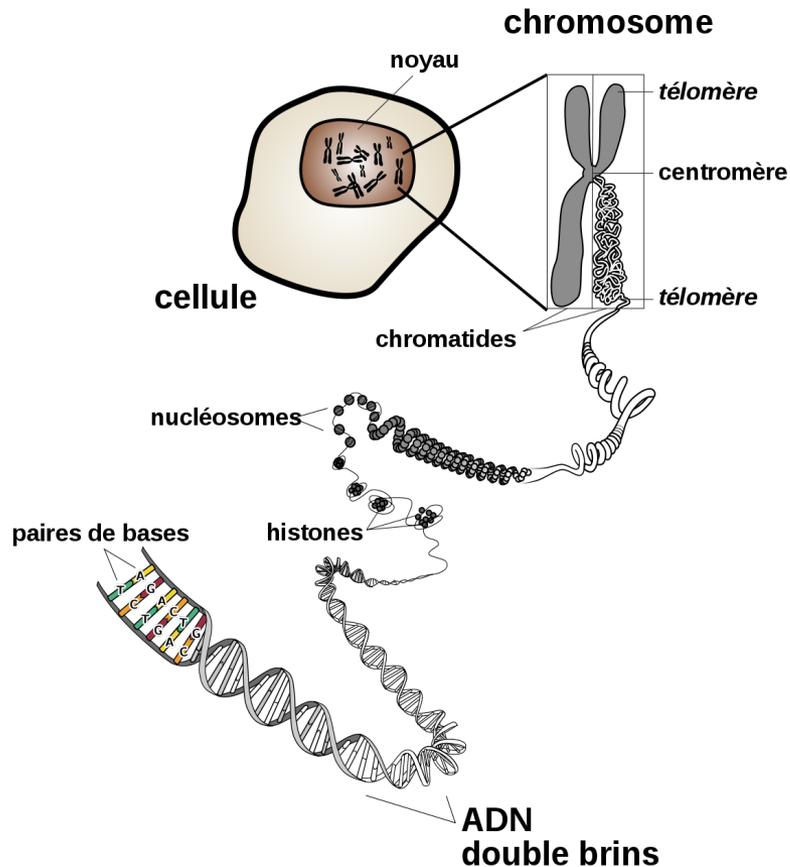
LA GÉNÉTIQUE,
L'ÉPIGÉNÉTIQUE,
L'INNÉ, L'ACQUIS
ET LA MÉMOIRE
À LONG TERME





LA GÉNÉTIQUE EN QUELQUES MOTS

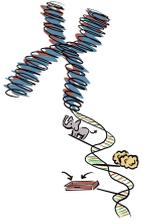
L'information génétique dans nos cellules



Quelques chiffres

- 21 000 gènes chez l'humain sur 46 chromosomes
- Un ruban d'ADN d'environ 1,5 m stocké dans le noyau de chaque cellule
- Un code à 4 lettres nous permettant de nous reproduire à l'identique à chaque génération

La génétique traite du stockage et de la duplication de l'information nécessaire à la vie.



LA TRANSMISSION DES CARACTÈRES ET COMPORTEMENTS CHEZ L'ANIMAL : UNE HISTOIRE DE GÈNES ?

La transformation Mendélienne des caractères

Le comportement hygiéniste de l'abeille W.C. Rotheburg 1964

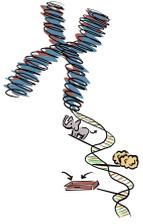
Le caractère volage du campagnol



- Le campagnol des prairies est monogame,
- Le campagnol des montagnes est polygame.
- La différence : la présence ou non du récepteur à la vasopressine dans une zone du cerveau liée au plaisir
Pour restaurer la fidélité, il faut injecter le récepteur par génie génétique.

L. Young 2004

Chez l'animal, la génétique est impliquée en partie dans l'établissement de certains comportements...



LA TRANSMISSION DES CARACTÈRES ET DES COMPORTEMENTS CHEZ L'HOMME : UNE HISTOIRE DE GÈNE ?

Déterminisme du sexe : le gène SRY H. Sinclair 1990

Études sur des cohortes de vrais jumeaux

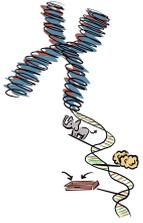
- Traits physiques et physiologiques très homogènes ainsi que les paramètres biologiques
- Comportement social, attitude d'esprit, croyances. Pas de corrélations validées de façon significative. J. Périe 2014



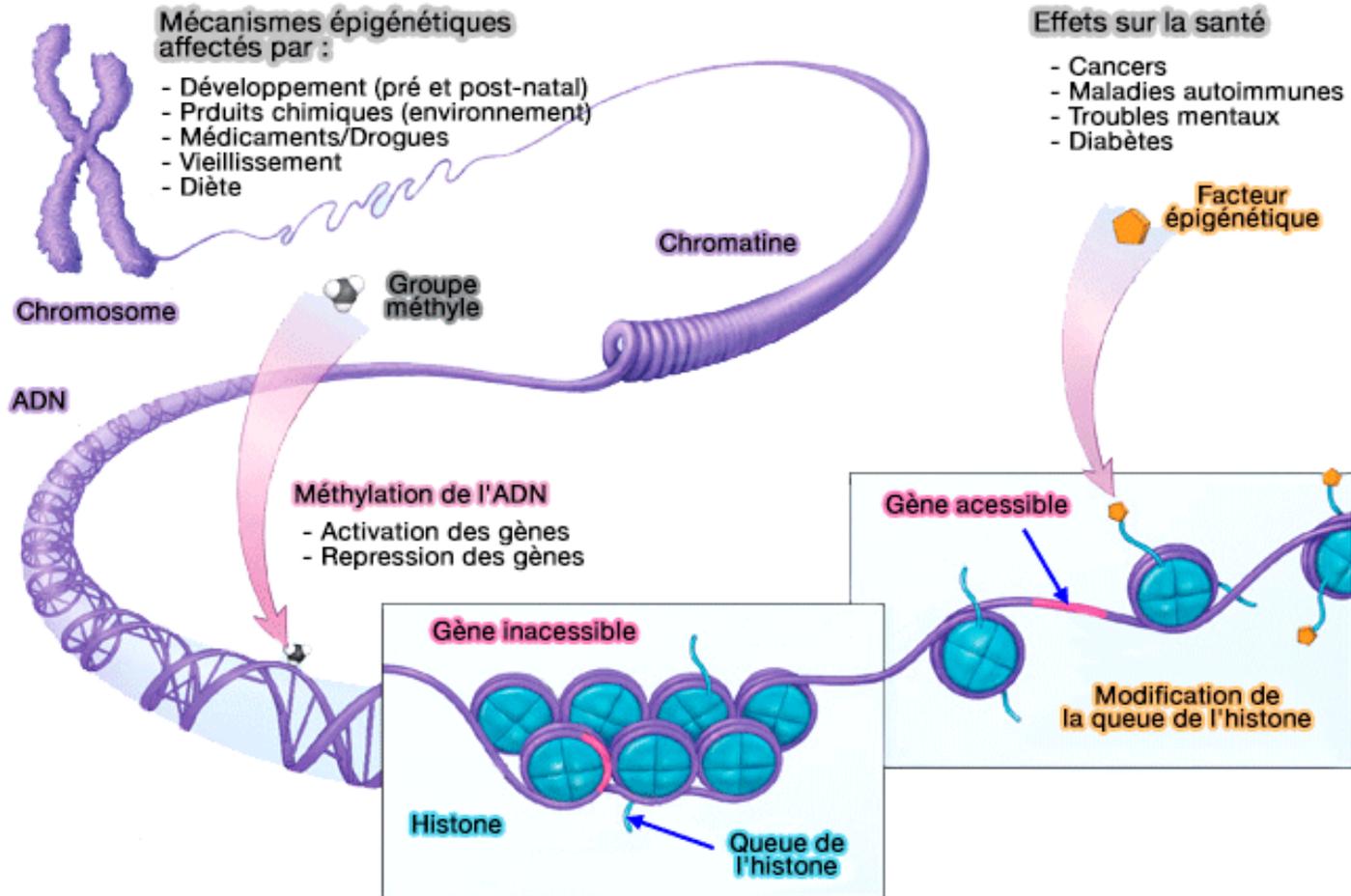
La fidélité chez l'humain et les mutants du gène de la vasopressine H. Walum 2018

Dépression et mutation d'un facteur neurotrophique M. Ridley 2003

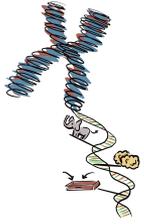
« L'apparence physique est liée au génome. Pour les comportements, pas de méta analyses significatives. Il y a consensus pour dire que le rôle des gènes est en lien important avec celui du milieu. » D. Hammer 2002



L'ÉPIGÉNÉTIQUE EN QUELQUES MOTS



L'épigénétique traite donc de l'utilisation de l'information génétique



L'ÉPIGÉNÉTIQUE, UNE AUTRE FORME DE MÉMOIRE DE TYPE CHIMIQUE

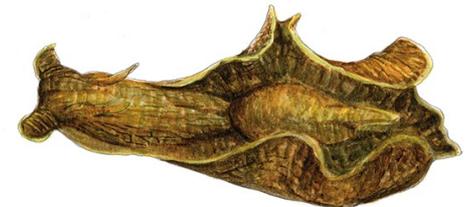
Le planaire ver plat d'eau douce



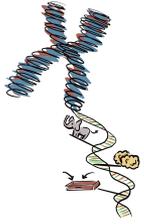
- Le planaire est conditionné (plusieurs sessions)
- On lui coupe la tête, qui repousse en quelques semaines
- Le conditionnement subsiste chez l'animal régénéré

L'aplysie lièvre de mer

- Après conditionnement, on transfère un extrait de cerveau à un animal « naïf »
- Celui-ci acquiert le conditionnement Revue Sciences et Vie 2018



La mémoire acquise lors du conditionnement ne résulte pas uniquement de la plasticité neurone (mémoire électrique). Il existe une mémoire chimique liée à des modifications épigénétiques des chromosomes (méthylation, acétylation, phosphorylation...)



L'ÉPIGÉNÉTIQUE ET LA RÉGULATION DE NOS COMPORTEMENTS : QUELQUES EXEMPLES

Le stress

Chez les rongeurs le stress de séparation à la naissance implique une modification épigénétique durable du gène codant pour la vasopressine, impliquée dans la régulation de l'axe hypothalamo-hypophysio-surrénalien ou « axe du stress ».

C. Murgatroyd 2013

Les maltraitances infantiles

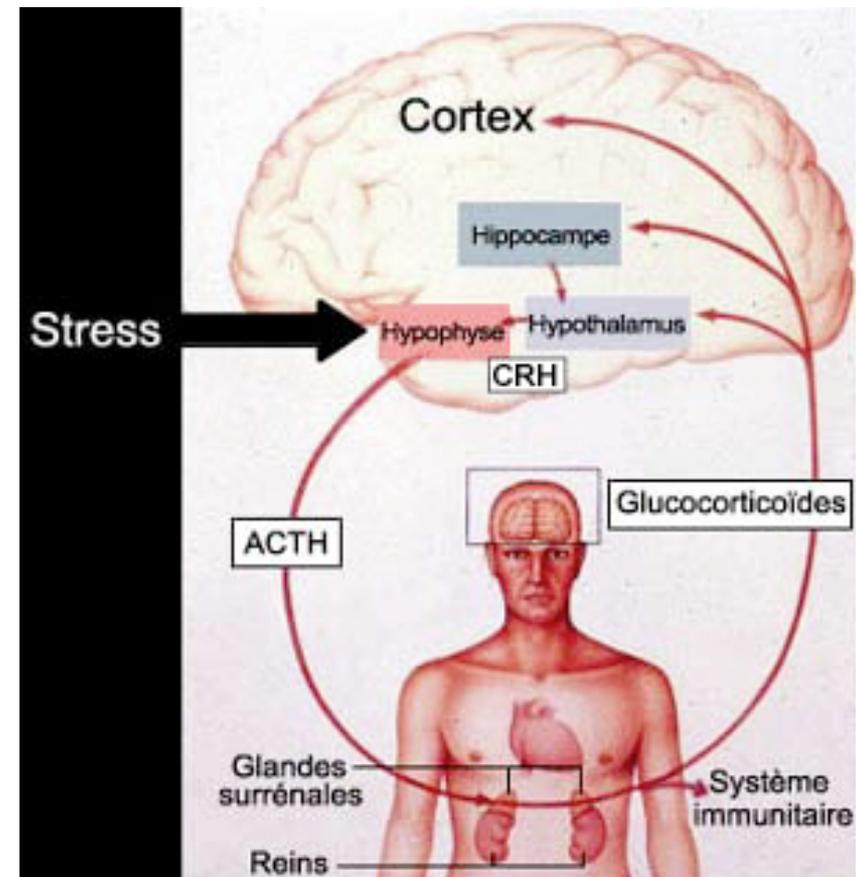
Mauvais traitements physiques, sévices sexuels, négligences affectives peuvent impliquer un préjudice sur la santé et/ou le développement (70% de troubles psychiatriques associés)

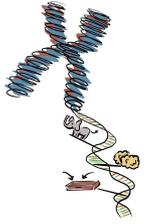
Comment ?

L'hyperactivité durable de l'axe HHS. Hyperméthylation du récepteur aux glucocorticoïdes et augmentation du cortisol sanguin.

M.C. Gowan 2009

L'axe HHS





L'ÉPIGÉNÉTIQUE ET NOS COMPORTEMENTS, NOS PATHOLOGIQUES

Le maternage

La qualité des soins maternels prodigués par une mère à sa descendance dépend de ceux qu'elle a reçus via un marquage épigénétique du récepteur de l'œstrogène.

F. A. Champagne 2008

Le choc post traumatique

a aussi pour cause des modifications épigénétiques affectant l'axe hypothalamo hypophysio surrénalien (HHS).

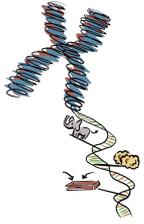
cf : le génocide au Rwanda. N. Perroud 2014

L'exposition aux pesticides

et le tabagisme entraînent des modifications épigénétiques pouvant entraîner des troubles de la fertilité.

Maladie d'Alzheimer et épigénétique

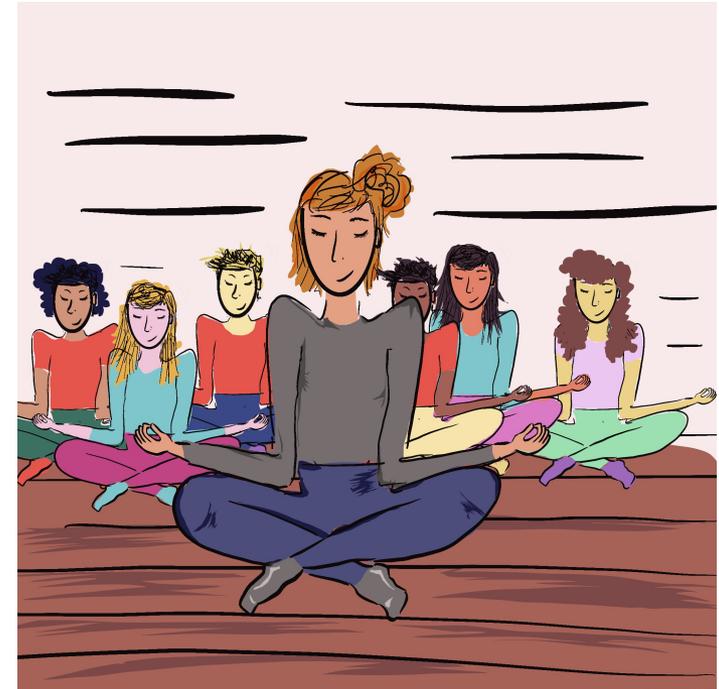




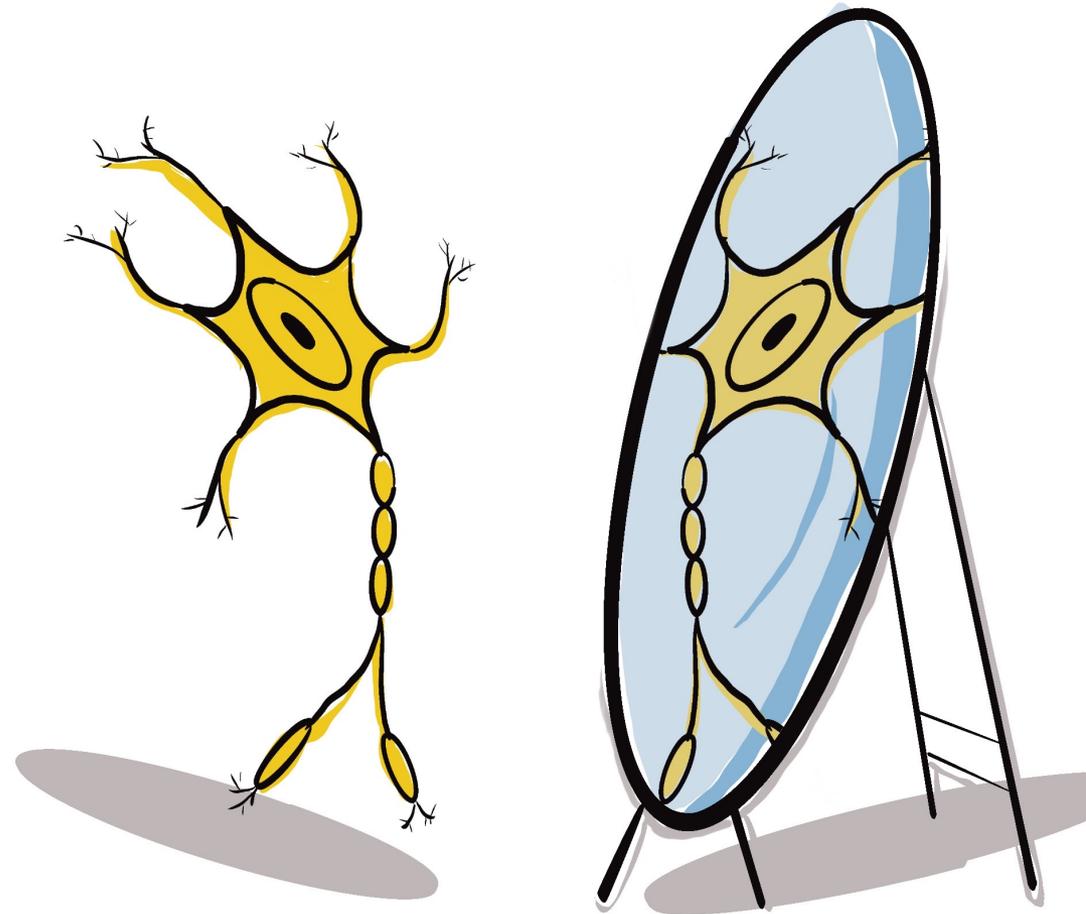
LA GÉNÉTIQUE, L'ÉPIGÉNÉTIQUE, L'INNÉ, L'ACQUIS : ET EN PÉDAGOGIE ?

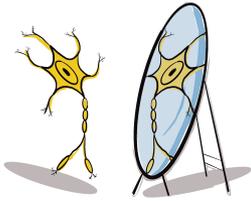


- ▶ Nous possédons une forme de mémoire à long terme d'origine épigénétique.
- ▶ L'environnement naturel ou humain est capable de moduler l'expression de nos gènes de façon durable par des mécanismes épigénétiques permettant à l'organisme de s'adapter positivement (résilience, bonheur...) ou négativement (stress, dépression, choc post traumatique). B. Lyulnik 2012
- ▶ Assurer en tant qu'éducateur·trice une atmosphère calme, sereine au niveau du groupe d'apprenant·es sur le long terme est favorable à tout processus d'apprentissage.
- ▶ L'expérience personnelle est fondamentale, elle construit notre personnalité, et s'inscrit au niveau de nos gènes. Elle explique certains de nos comportements, de nos pathologies.

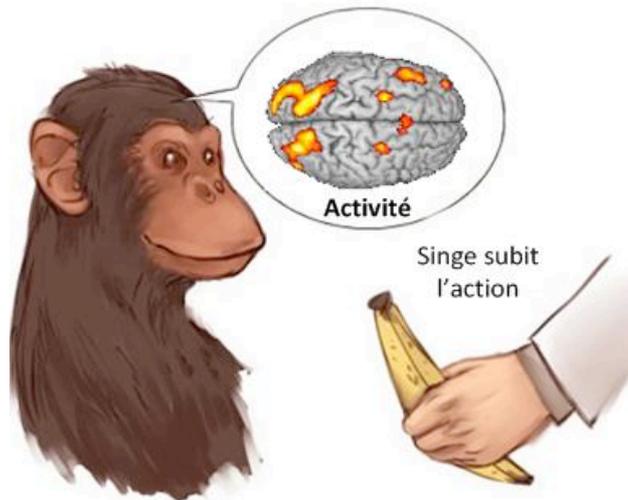
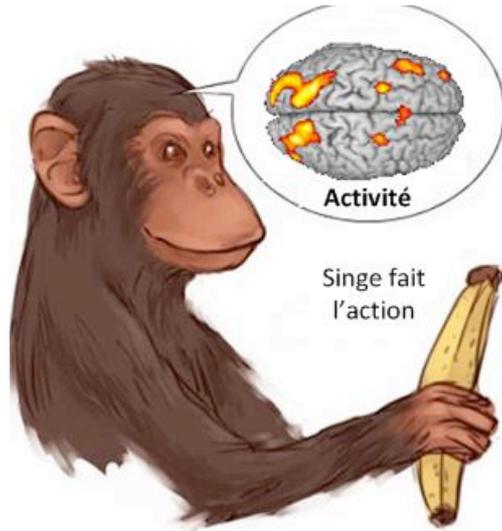


LES NEURONES MIROIR :
L'APPRENTISSAGE,
L'EMPATHIE,
LA BIENVEILLANCE





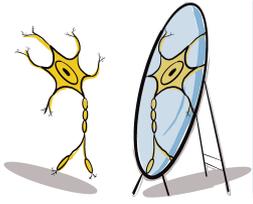
LA DÉCOUVERTE DES NEURONES MIROIRS



L'expérience de G. Rizzolatti dans les années 90

Que le singe réalise l'action motrice de prendre la banane ou qu'il la voit prendre par quelqu'un, cela active pareillement certains des neurones de son cerveau. On dit qu'ils s'activent « en miroir ».

Faire et voir faire impliquent l'activation de circuits neuronaux semblables. Les neurones miroirs sont présents dans différentes aires cérébrales, tant dédiées à des actes moteurs que sensibles à des émotions.

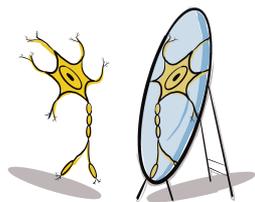


LES NEURONES MIROIR : QUELQUES EXEMPLES

- L'imitation, l'apprentissage. Observer un comportement, c'est déjà le réaliser en partie : pourquoi bébé sourit ? Pourquoi bailler est contagieux ?
- Le déchiffrage des émotions de l'autre. Regarder un film avec des visages heureux, effrayés, maussades, active les mêmes aires cérébrales que lorsqu'on éprouve ces mêmes sentiments.
- La contagion émotionnelle. Quand on crie, qu'on s'énerve, ces émotions sont transmises à l'autre qui ressent ces mêmes émotions de colère. Quand on est joyeux-se, c'est pareil (sympathie, empathie).



Quand je regarde un match de foot à la télé, ai-je fait ma dose d'exercice physique ?



LES NEURONES MIROIR : ET EN PÉDAGOGIE ?



- ▶ Créer une atmosphère sereine, calme au sein d'un groupe, un gage de meilleures relations et d'échanges plus fructueux.
- ▶ Travailler en petits groupes, faire ensemble, regarder l'autre faire et se lancer dans l'action, sortir de sa zone de confort, une expérience enrichissante en terme d'apprentissage non verbal.
- ▶ Comprendre, encourager l'autre par des gestes, des attitudes, un type d'intervention non verbale efficace.



EN GUISE DE CONCLUSIONS

Concordances entre les travaux des pédagogues et les découvertes récentes des neurosciences.

L'importance du milieu :

atmosphère sereine, calme au sein d'une classe, surface suffisante, mobilier adapté, utiliser les ressources du milieu pour sa pédagogie

L'importance du groupe, de l'individu :

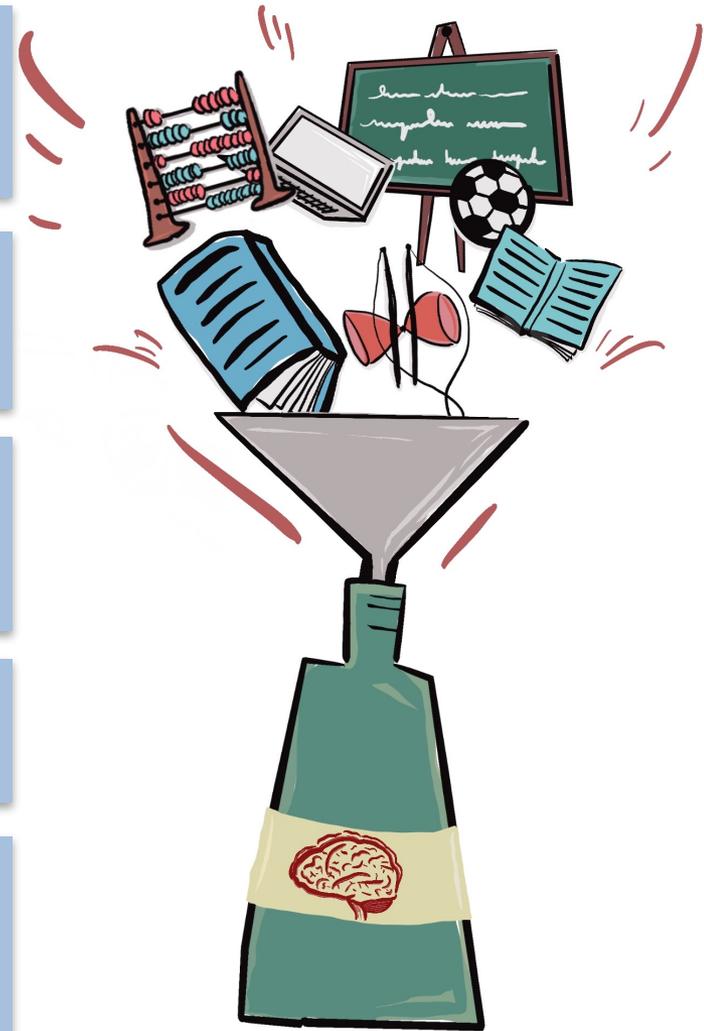
respect de chacun·e, inclusion, bienveillance, respect des règles, apprentissage en regardant l'autre

L'agir :

faire ensemble pour mieux apprendre, en discuter, mutualiser, créer un esprit de groupe

Pour mieux apprendre :

répéter, varier les approches pédagogiques, utiliser tous ses sens, développer le sens critique, travailler en petits groupes, favoriser l'attention et l'engagement de chacun·e



REMERCIEMENTS

Merci à



qui ont permis la tenue de ce Mercredi Des Savoirs

Un grand merci aux personnes des CEMÉA Occitanie qui ont contribué à l'animation de cette conférence :
Louisa Meeschaert, Mireille Rous et Christine Votovic
ainsi que le Labo des Possibles, pour son accompagnement

Et aux personnels de la FDE qui ont su nous accueillir dans ce lieu