


museum 
SCIENCESNATURELLES.BE

EXPO
12.06.14 > 30.08.15



À VOS CERVEAUX

Dossier didactique

Une exposition produite par Cap Sciences 

E.R. Camille Pisani - rue Vautier 29 - 1000 Bruxelles

Muséum des Sciences naturelles
Rue Vautier 29
1000 Bruxelles
info@sciencesnaturelles.be

Table des matières

1. Pour une visite réussie	
1.1 L'exposition À vos cerveaux !	p. 3
1.2 Encadrement éducatif	p. 4
1.3 Informations pratiques	p. 4
2. Plan	p. 6
3. Parcours de l'exposition	
Zone 1 : Qui a un cerveau	p. 7
Zone 2: 1000 cerveaux - 1000 mondes	p. 8
Zone 3: Cognitilab	p. 9
Zone 4: Un monde plastique	p. 10
Zone 5: Tromper le cerveau ?	p. 11
Zone 6: Zoom dans le cerveau	p. 12
4. Pour en savoir davantage	
4.1 Qui a un cerveau ?	p. 13
4.2 Les organes et le fonctionnement du système nerveux chez l'homme	p. 13
4.3 Tromper le cerveau	p. 18
4.4 Un monde plastique : la mémoire	p. 18
5. Activités à faire en classe	
5.1 Quels sont nos sens ?	p. 22
5.2 Le rôle du cerveau	p. 22
5.3 Illusions d'optique	p. 24
5.4 Culture	p. 24
6. Références	p. 25
Livres	
Sites internet	
Vidéos	

1. Pour une visite réussie

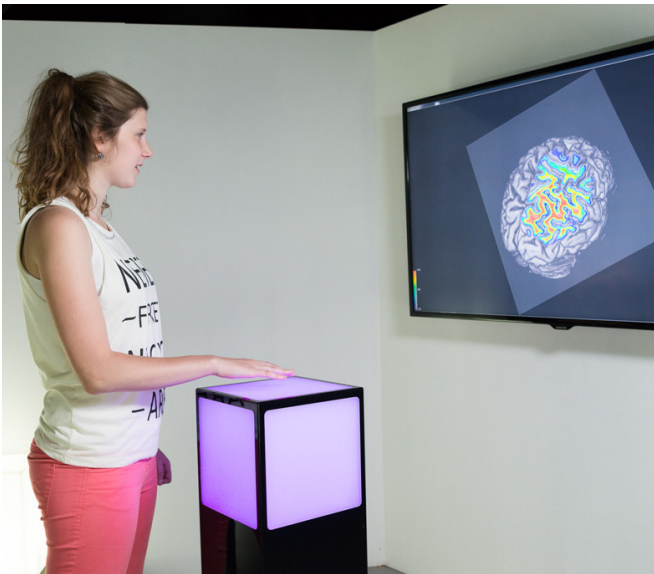
1.1 L'exposition *À vos cerveaux !*



Le cerveau est certainement l'une des dernières « terre inconnue » de l'homme. Si le siècle passé a été dévolu à explorer les lieux les plus inaccessibles de notre planète, les enjeux de ce début de siècle se trouvent à l'intérieur de notre boîte crânienne. Le cerveau n'a cessé de livrer ses secrets au fur et à mesure des recherches et notamment des techniques d'imagerie.

Les neurosciences sont aujourd'hui au centre de l'intérêt et des préoccupations du public. *À vos cerveaux !* souhaite éclairer le visiteur de tout âge sur les nombreuses questions qu'il se pose.

Quel animal a un cerveau ? Comment le cerveau de chaque animal « fabrique-t-il » le monde dans lequel il vit ? Comment fonctionne-t-il ? Le cerveau évolue-t-il au cours de la vie ? Comment illusions d'optique et autres tours de passe-passe parviennent-ils à le berner ?



S'appuyant sur les éléments scientifiques actuels, les visiteurs sont invités à explorer « les » cerveaux grâce à une exposition qui se présente comme une mine d'informations et un grand terrain d'expérimentation. Vous pourrez y découvrir ce qui se passe dans votre boîte crânienne et y tester les performances de vos neurones dans le Cognitilab. Au-delà des performances humaines, notre nouvelle exposition permet également de découvrir le « monde cognitif » d'innombrables animaux aux capacités parfois... étonnantes !

À vos cerveaux ! est accessible à tous à partir de 10 ans, jeunes neurones et cellules grises confondus ! Dans un cadre scolaire, cette exposition est conseillée aux élèves de la 5^{ème} primaire à la 6^{ème} secondaire. Elle est un complément idéal pour les cours abordant les 5 sens ou le système nerveux.

Les textes de commentaires dans l'exposition sont en 2 langues : français et néerlandais. Des livrets en allemands et anglais, mis à disposition des visiteurs à l'entrée de l'exposition, reprennent la traduction de l'ensemble des textes de l'exposition.

À vos cerveaux ! est une production de Cap Sciences (Bordeaux, France), adaptée et complétée par le Muséum des Sciences naturelles. Elle est présente au Muséum du 12.06.2014 au 30.08.2015.



1.2 Encadrement éducatif

Le service éducatif du Muséum propose un encadrement (visite guidée et animation) qui se veut un complément de l'exposition.

Visite guidée

L'objectif de cette visite guidée est de construire progressivement les connaissances des élèves sur le cerveau et de fortifier la découverte de l'exposition en créant un lien entre les différentes thématiques présentées.

Pas à pas, le guide explique le fonctionnement de systèmes nerveux et de cerveaux de plus en plus complexes, des animaux les plus simples aux plus compliqués. L'accent est également mis sur la perception de l'environnement par les différents cerveaux qui ne se figurent pas toujours la même « réalité ». Le traitement de l'information par les neurones est également expliqué ainsi que les erreurs qui peuvent se produire.

- Public cible : P5-S6
- Maximum 15 élèves par visite guidée
- Durée : 1h15

Animation

L'animation permet d'approfondir certains sujets de l'exposition de manière instructive et ludique. Un atelier original avec du matériel de qualité a été créé par le service éducatif et le service de muséologie du Muséum.

Au long d'une série de défis à affronter en petits groupes, les élèves font connaissance avec la structure du cerveau humain et de ses principaux composants, les neurones. Ensuite, ils découvriront comment le cerveau réagit aux stimuli et comment il mémorise les informations à court et moyen termes.

L'animation se termine par une visite de l'exposition.

- Public cible : P5-S6
- Maximum 25 élèves par animation
- Durée : 2h

Conseil : étant donné le nombre de modules interactifs présents dans l'exposition, un temps supplémentaire devrait idéalement être prévu afin que les élèves puissent réaliser librement les diverses expériences et tester leurs performances cognitives.

1.3 Informations pratiques

Accès

Muséum des Sciences naturelles
Rue Vautier, 29 – 1000 Bruxelles
Chée de Wavre 260 -1050 Bruxelles (débarquement autocars)
Gare Bruxelles-Luxembourg
Métro ligne 1-5 station Maelbeek / ligne 2-6 station Trône
Bus 34-80 arrêt Muséum – bus 38-95 arrêt Idalie

Heures d'ouverture

L'exposition *À vos cerveaux !* est accessible du 12.06.2014 au 30.08.2015.
Du mardi ou vendredi de 9h30 à 17h00
Les samedis, dimanches et vacances scolaires belges de 10h à 18h
Fermé tous les lundis, le 25/12, 1/1 et 1/5



Tarifs

Entrée

A partir de 15 personnes	Jeunes (2-25 ans)	Adultes
Muséum	3 €	6 €
Muséum + exposition <i>À vos cerveaux !</i>	5,50 €	8,50 €

Visite guidée de l'exposition *À vos cerveaux !*

15 personnes par guide	Jeunes (5-25 ans)	Adultes (semaine)	Adultes (WE et jours fériés)
Visite guidée	35 €	62 €	75 €

Animations *À vos cerveaux !*

Supplément par personne	3 €
-------------------------	-----

Réservations

Réservation obligatoire pour les groupes en visite libre ou guidée au 02 627 42 34, du lundi au vendredi, de 9h à 12h et de 13h à 16h30. Aucune réservation possible par courrier, fax ou e-mail !

Un accompagnateur gratuit par groupe de 15 personnes.

Entrée gratuite pour les enseignants sur présentation de la carte PROF.

Chaque réservation fait l'objet d'une confirmation qui doit être retournée signée au Muséum. Il est très important que les visiteurs respectent les horaires mentionnés sur ce document, en particulier quand un encadrement éducatif est demandé (visite guidée, animation...). MERCI.

B-excursions

Les groupes peuvent se procurer un ticket d'entrée combiné auprès de la SNCB au 065 58 23 62

ou groupe.national@b-rail.be

Attention! Pour utiliser cette formule, il est impératif de réserver préalablement les places au service des réservations du muséum et ensuite de s'adresser à la SNCB.

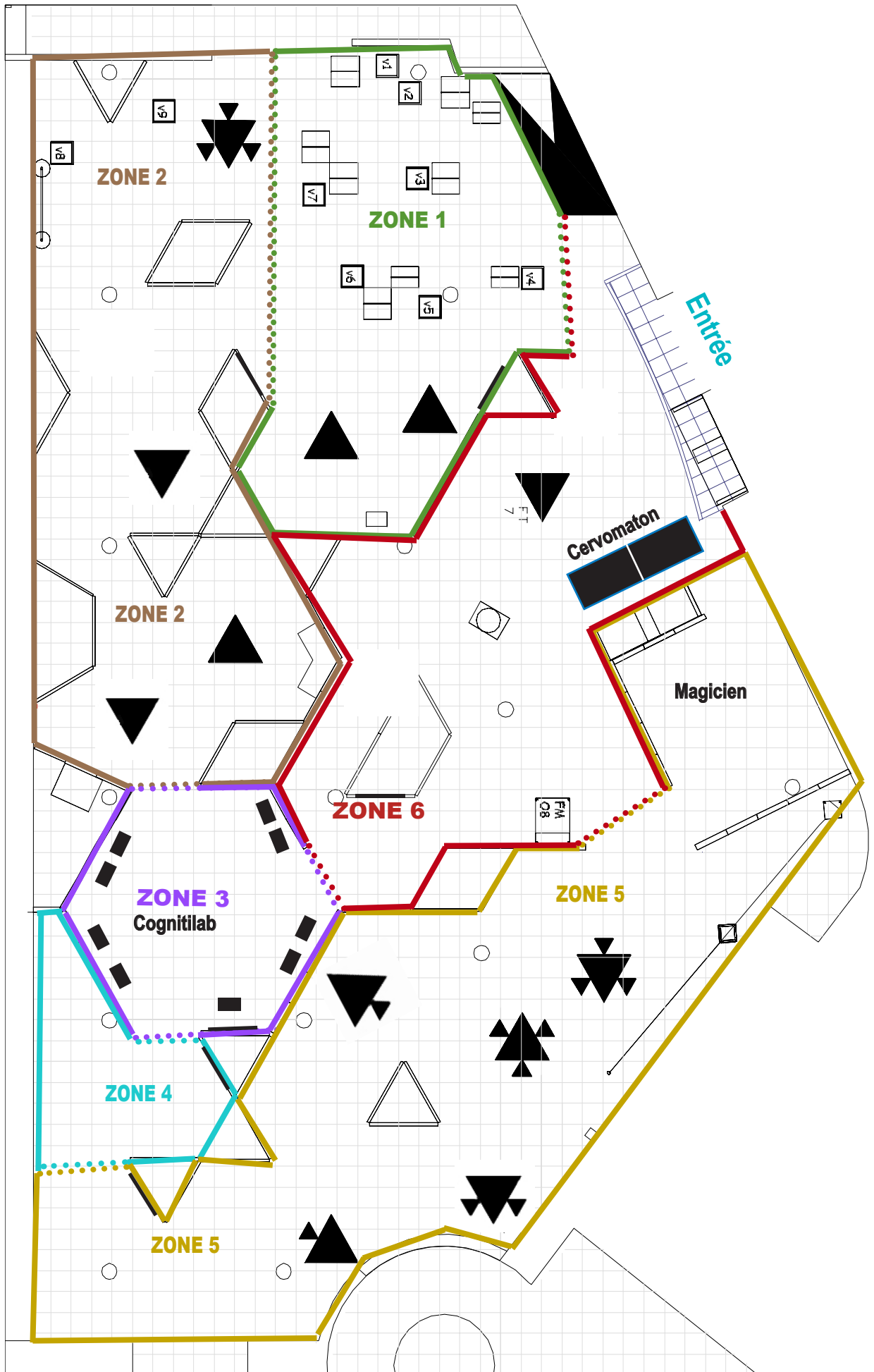
Pause de midi

L'espace pique-nique est accessible uniquement sur réservation au 02 627 42 34.

Le Dino Café vous propose boissons, sandwiches, salades, desserts. Le pique-nique n'y est pas accepté mais vous pouvez y réserver votre table au 02 640 21 60.



2. Plan



3. Parcours de l'exposition



À vos cerveaux ! propose un parcours étonnant vous permettant d'explorer votre cerveau, de le comparer aux autres cerveaux du règne animal, de tester vos capacités cognitives et de découvrir que chaque cerveau est unique.

L'exposition À vos cerveaux ! est divisée en 6 zones. Ces différentes parties comprennent des panneaux riches en informations, mais également de nombreux jeux interactifs, vidéos, illusions d'optique, animaux naturalisés, maquettes de cerveaux et bien d'autres éléments surprenants. Le visiteur est libre de parcourir ces différentes zones dans l'ordre de son choix. Afin d'aider le visiteur à se situer au sein de l'exposition, chaque zone correspond à une lettre. Cette lettre est reprise dans le coin supérieur droit de chaque panneau explicatif.

La suite de ce dossier présente les différentes zones dans un ordre précis, en démarrant à droite de l'entrée de l'exposition. Le parcours se prolonge dans le fond de la salle et se termine à gauche de l'entrée.

Dans les encarts « ZOOM » de ce dossier, des activités (interactifs, vidéos, ...) sont décrites pour chacune des zones. Il ne s'agit là que d'une sélection parmi tous les modules présents dans l'exposition.

ZONE 1



Objectif

Découvrir un panorama des cerveaux du règne animal au cours de l'évolution.

Scénario

Quels animaux possèdent un cerveau ou une structure apparentée ? Quand les premiers cerveaux sont-ils apparus au cours de l'évolution ?

Plongé dans une « forêt » d'animaux divers, de l'éponge au renard, le visiteur découvre la grande variabilité de leurs cerveaux et systèmes nerveux. Ces différentes structures sont directement observables sur la face arrière des animaux présentés. La présence d'innombrables maquettes et animaux naturalisés donne au visiteur l'impression de déambuler dans un véritable « bestiaire » de cerveaux.

Une vidéo et des panneaux explicatifs permettent de comprendre la difficulté de dater avec exactitude l'apparition de ce remarquable organe. Une carte interactive représentant l'arbre phylogénétique des cerveaux fait voyager le visiteur dans l'évolution et dans la variabilité des centres nerveux au cours du temps.

ZOOM

- **Deux modules interactifs « entre crâne et cerveau ».** Repositionnez le cerveau du chevreuil et de l'homme dans leur boîte crânienne. Le crâne est trop grand ! Pour tenter de visualiser le cerveau à partir de fossiles, les scientifiques utilisent la technique du moulage endocrânien. Celui-ci ne révèle pas exactement le cerveau tel qu'il est.
- **« Cervolution ».** L'arbre phylogénétique interactif : permet de mettre en évidence les différentes lignées évolutives du cerveau au sein du règne animal sur base de 3 critères : centralisation, architecture et comportement.

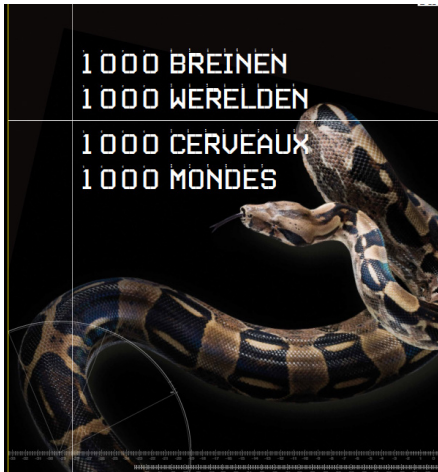


- **La « forêt » d'animaux.** Les animaux représentés sur ces panneaux sont les suivants : éponge, anémone, pie, tortue, renard, homme (enfant), pieuvre, perce-oreille et bigorneau.

- **Autres spécimens** qui complètent le panorama : éponge (naturalisée), oursin (naturalisé), anémone de mer (sculpture), chouette effraie (naturalisée), perroquet (naturalisé), tortue (naturalisée), salamandre (maquette), dauphin (sculpture), bébé chimpanzé (naturalisé), castor (naturalisé), ver de terre (maquette), crabe (naturalisé).



ZONE 2



Objectif

Comprendre que chaque animal a une perception différente du monde et que cette perception subjective est directement liée à l'organisation de son système nerveux.

Scénario

A chaque cerveau son monde...

Chaque espèce animale vit dans un monde qui lui est propre. Une mouche perçoit notre monde d'une manière bien différente de la seiche ou du crapaud. Cette subjectivité dépend de l'organisation des systèmes nerveux et sensoriels. La façon dont chaque animal apprend à se servir de ces systèmes et l'environnement avec lequel il interagit influencent sa vision du monde.

Cette partie comprend quatre « mondes » réunissant chacun un ensemble d'animaux possédant le même degré de capacités cérébrales, du réseau neuronal primitif au réseau le plus complexe : un « monde de réflexes », un « monde d'automatismes », un « monde d'innovations » et un « monde de cultures ».

Cette zone est parsemée de petites vidéos et de modules interactifs permettant au visiteur de se mettre « au niveau » des animaux possédant un réseau neuronal plus simple.

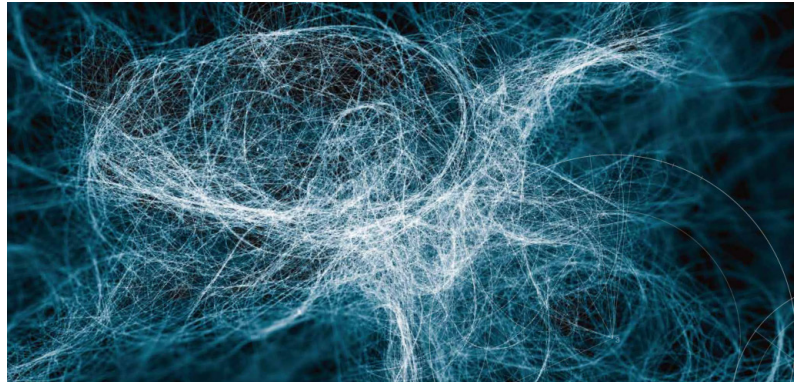
2.1 Un monde de réflexes

Des neurones par milliers, ou juste par centaines... Ils forment des réseaux très simples qui ne peuvent percevoir et traiter que des signaux élémentaires. Rotifères, escargot, aplysie, etc. sont autant d'animaux vivant dans ce monde de réflexes. Afin d'affiner la compréhension de leur vie, le visiteur sera invité à observer de près l'étrange réaction de l'escargot à l'arrivée soudaine d'une zone d'ombre et à aider le rotifère à chasser ses proies.

2.2 Un monde de programmes

Des neurones par millions forment un réseau capable d'analyser des signaux variés et de renseigner l'animal sur la position de son corps. L'animal est capable d'apprendre rapidement. Son cerveau gère des programmes complexes, mais il est incapable de les faire évoluer.

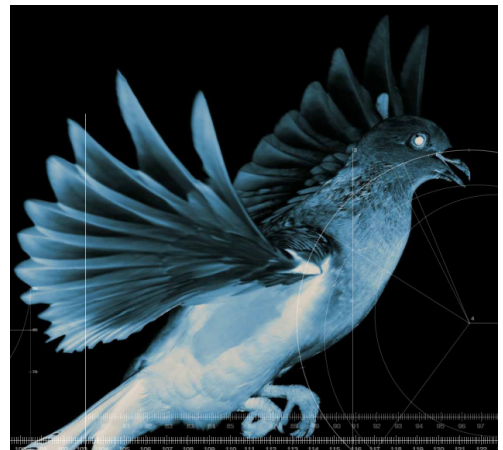
Sur base de quels stimuli le crapaud attrape-t-il ses proies ? Comment des guêpes parviennent-elles à construire des nids d'une complexité impressionnante sans plan de construction ? Pourquoi est-il tellement difficile d'attraper une mouche ? Vidéos et modules interactifs originaux apportent un éclairage significatif sur les capacités des animaux vivant dans ce monde d'automatismes.



2.3 Un monde d'innovations

Des neurones par milliards... et un nombre infini de connexions possibles. Les réseaux se font, et se défont tout au long de la vie de l'animal. Il peut apprendre, inventer, analyser, comparer... et prévoir !

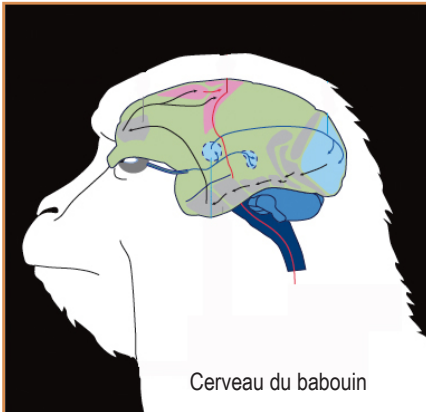
Dans ce monde, ce sont les animaux qui impressionneront les visiteurs : les corbeaux calédoniens avec leurs capacités créatives, le canari avec sa phrase sexy, le pigeon avec sa carte mentale, et bien d'autres encore. Tous ces animaux, présentés par de nombreuses vidéos surprenantes et modules interactifs, témoignent de l'incroyable potentiel et flexibilité de leur cerveau !



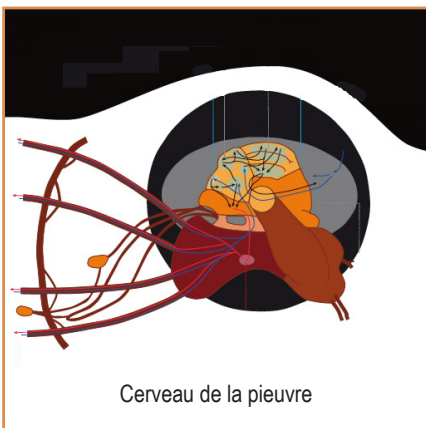
2.4 Un monde de cultures

Dans les sociétés humaines, les individus se transmettent leur art, leurs idées, leurs valeurs. Cette mémoire, enrichie au fil du temps, forme une culture. Au contact les uns des autres, les différents héritages culturels évoluent, parfois très rapidement. Les animaux ont-ils une culture ? Certains oiseaux et mammifères, tels que les chimpanzés, forment des groupes au sein desquels des comportements particuliers peuvent se transmettre, et former ainsi une sorte de tradition propre au groupe. En quoi l'homme se différencie-t-il des animaux ? Quelques textes comparatifs entre les animaux et les hommes apportent des morceaux de réponses et/ou des bases de réflexion à cette question.

ZOOM

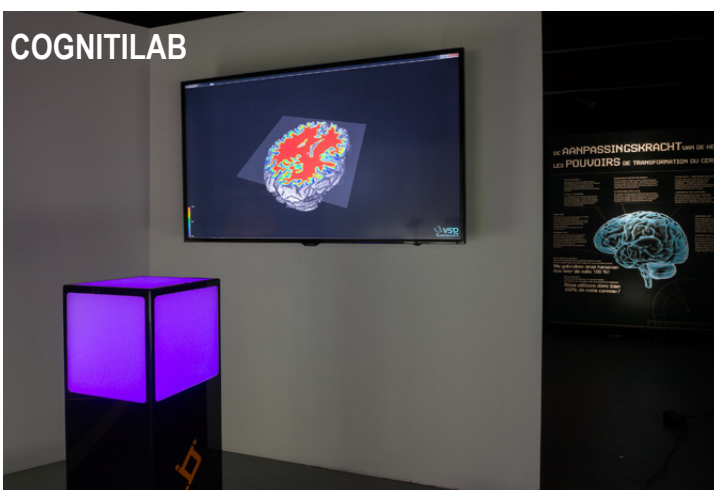


- **Vidéo babouin (monde innovation – B15).** Des babouins sont mis en présence d'un écran tactile faisant apparaître une succession de mots de 4 lettres. Cette expérience nous montre qu'ils sont capables de faire la distinction entre des mots réels et des mots fantaisistes.



- **Vidéo pieuvre (monde innovation – B16).** Une pieuvre explore un bocal, objet totalement inconnu pour elle, et parvient à l'ouvrir. Cette expérience nous montre l'incroyable capacité d'innovation de ces animaux particulièrement intelligents.

ZONE 3



Objectif

Appréhender et tester ses propres fonctions cognitives.

Scénario

Le Cognitilab est l'élément central de l'exposition. Ce laboratoire au pouvoir immersif puissant met le visiteur face à une redoutable épreuve : tester ses capacités (et limites !) cognitives. Ce laboratoire est composé de 8 postes avec tablettes tactiles.

Les deux fonctions cognitives testées sont la mémoire et l'attention. Le visiteur s'installe, choisit la fonction cognitive qu'il souhaite tester, et réalise le test associé. A la fin de l'épreuve, le multimédia livre les clés de compréhension liées à cette fonction cognitive.



3.1 Ma mémoire

- L'empan mnésique : répétez successivement une suite de chiffres toujours plus longue et testez ainsi la capacité de votre mémoire à court terme.
- La lecture : après lecture d'un texte, répondez à des questions. Quelle quantité d'information contenue dans un texte pouvez-vous retenir ?
- L'inhibition : observez une série de mots et gardez en mémoire uniquement les mots présentés dans une couleur précise. Comment votre cerveau peut-il faire le tri parmi les informations qu'il reçoit ?
- Le Memory : retenez la place d'un objet et testez ainsi votre mémoire spatiale, votre mémoire à court terme et votre capacité à organiser des données.



3.2 Mon attention

- L'alerte : évitez que des balles, sans cesse plus rapides, ne touchent le sol.
- L'attention sélective : retrouvez les formes présentées parmi les formes possibles.
- L'attention divisée: réalisez plusieurs tâches simultanément.

Au centre du Cognitilab trône également un cube mauve. Posez vos mains dessus ! Par vos mouvements, vous pourrez obtenir différentes coupes transversales du cerveau et explorer ainsi toutes les structures de cet organe.

ZONE 4



Objectif

Comprendre les processus de plasticité cérébrale et comment ils participent à l'apprentissage.

Scénario

Le cerveau évolue-t-il au cours de la vie ? Selon d'anciennes théories, tout était joué avant 20ans. Quelles découvertes révolutionnaires les neurosciences ont-elles faites pour prétendre aujourd'hui que ces théories sont obsolètes ? Qu'est-ce que la plasticité cérébrale ? Quel rôle joue-t-elle dans les processus d'apprentissage ? Comment le cerveau s'adapte-t-il aux événements qui rythment notre vie ?

« On commence à vieillir quand on finit d'apprendre ». Ce proverbe japonais résume à merveille le message central de cette 4^{ième} zone de l'exposition.

Des vidéos et des interfaces numériques présentent les avancées scientifiques sur cette propriété incroyable qu'est la plasticité cérébrale.



ZONE 5



Objectif

Comprendre que notre perception du monde extérieur est construite par notre cerveau.

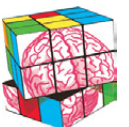
Scénario

Dans cette partie de l'expo, les sens sont trompés, les cerveaux manipulés, la réalité y semble déformée. Notre cerveau, en interprétant les informations captées par nos sens, construit notre perception du monde. Mais ces interprétations peuvent être erronées, le cerveau cherchant absolument à donner du sens là où il n'y en a pas. Autrement dit, il n'est pas infaillible !

Particulièrement ludique et interactive, cette zone comprend une série d'expériences et illusions sensorielles. Vous y découvrez pour quelles raisons (le contexte, la vitesse d'un changement, le mouvement, le phénomène de complétion, l'effet Thatcher,...) notre cerveau interprète différemment ce qu'il perçoit. L'exercice « haut en couleur » permettra quant à lui de comprendre comment le cerveau réagit quand deux réseaux neuronaux sont en compétition.

ZOOM

- **interactif « deux poids, deux mesures ».** Deux boîtes de tailles différentes... laquelle est la plus lourde ? Alors que les deux boîtes ont un poids identiques, l'une d'elles vous semblera plus lourde que l'autre. Une belle illusion... qui vous montre l'impact des informations visuelles sur notre cerveau, et donc sur la manière dont nous appréhendons le monde qui nous entoure.
- **interactif « la chaise »** Quand un seul œil est mis à contribution, notre capacité à voir en perspective (3D) est fortement altérée. Regardez la chaise avec et sans le viseur, les résultats sont surprenants !
- **Présentation vidéo « le show du magicien ».** Dans un espace séparé du reste de l'expo, confortablement installés sur des tabourets, vous pourrez apprécier les quelques tours d'un magicien. Si vous êtes curieux, il vous expliquera ses « trucs ». Etre magicien, c'est avoir le don de détourner l'attention des spectateurs ! La vidéo est disponible en français, néerlandais, anglais et allemand.



ZONE 6



Objectif

Cette zone se compose de deux sous-parties : la **zone F**, dédiée à la découverte de l'anatomie du cerveau et des cellules qui le composent. La **zone G**, présentant les « grandes maladies » du système nerveux.

Scénario

1. Zone F

Cette partie fait pénétrer le visiteur dans l'organe le plus mystérieux du corps humain. On y découvre son élément de base, le neurone, et le principe de l'influx nerveux. Notre cerveau contient plus de 100 milliards de neurones, dont chacun communique avec 10 000 voisins.

Ce réseau d'une incroyable complexité est aujourd'hui observable *in situ* grâce à l'imagerie médicale. L'imagerie anatomique (IRM et scanner) s'intéresse à la structure du cerveau, tandis que l'imagerie fonctionnelle (IRMf et tomographie par émission de positrons) permet d'observer le cerveau en fonctionnement.

2. Zone G

Quand notre système nerveux déraile...

Les panneaux de cette zone apportent une explication synthétique sur les causes des plus grandes maladies de notre cerveau et/ou système nerveux : Parkinson (dégénérescence du cerveau), sclérose en plaque (altération de la transmission de l'influx nerveux), épilepsie (dérèglement de l'activité cérébrale), AVC (défaillance de la circulation sanguine dans le cerveau) et la maladie d'Alzheimer (lésions invasives irréversibles).

ZOOM

- **Flipper « Faites passer l'info ».** Ce flipper simule les interactions entre les différents neurones. Il permet d'apprécier l'extrême vitesse avec laquelle les neurones communiquent et de percevoir le rôle opposé des neurones excitateurs et neurones inhibiteurs.
- **Maquette géante du cerveau (coupe transversale).** Située à la fin de l'exposition, cette maquette permet de visualiser les différentes parties du cerveau.
- **Moulages endocrâniens de différents animaux.** Deux vitrines, placées côte à côte, présentent les moulages endocrâniens des animaux suivants : Vitrine 1 : autruche, lycaon, atèle et crocodile. Vitrine 2 : tarin, amurosaurus, albatros, chien. Un moulage endocrânien de baleine bleue est également visible entre ces deux vitrines.



Avant de sortir... le cervomaton !

Le « Cervomaton » est le dernier interactif de l'exposition. Ne quittez pas la salle sans avoir fait un « scan 3D » de votre cerveau. Il vous permettra d'explorer une dernière fois les recoins de cet incroyable organe qui se cache dans votre boîte crânienne.



4. Pour en savoir davantage

4.1 Qui a un cerveau ?

La manière dont un animal appréhende l'environnement dépend de l'organisation et de la complexité de son système nerveux. La différence fondamentale entre le monde de l'escargot, le monde de l'araignée et celui du geai se fonde sur le nombre, la plasticité et la complexité des réseaux de neurones et de leurs interconnexions. Les neurones connectés forment les différents circuits d'échange qui traitent les informations. Mais c'est l'organisation des neurones, plus que le nombre, qui détermine les aptitudes comportementales des animaux.

La forme et la structure des systèmes nerveux varient beaucoup d'une espèce à l'autre. Au cours de l'évolution, la complexité du système nerveux s'est accrue. Certains animaux possèdent un système nerveux fort simple et réagissent sous forme de réflexes, alors que d'autres espèces disposent d'une centralisation neuronale plus importante, ce qui leur confère la capacité d'effectuer des tâches plus compliquées.

Les **spongiaires** possèdent une structure extrêmement simple : ils sont constitués d'un amas de cellules. Ces cellules présentent quelques formes différentes, mais aucune ne s'apparente à une cellule nerveuse. Ils ne possèdent donc pas de cerveau.

Les **cnidaires** (méduses et anémones) présentent un degré de différenciation supérieur, mais leur structure reste particulièrement simple : un sac avec une ouverture unique. Leur système nerveux primitif est constitué essentiellement de réseaux neuronaux décentralisés qui envoient des impulsions le long des neurones moteurs jusqu'aux muscles. Ces animaux ont ainsi la capacité de bouger et de réagir à des stimuli extérieurs simples, comme une source lumineuse, une odeur ou un contact.

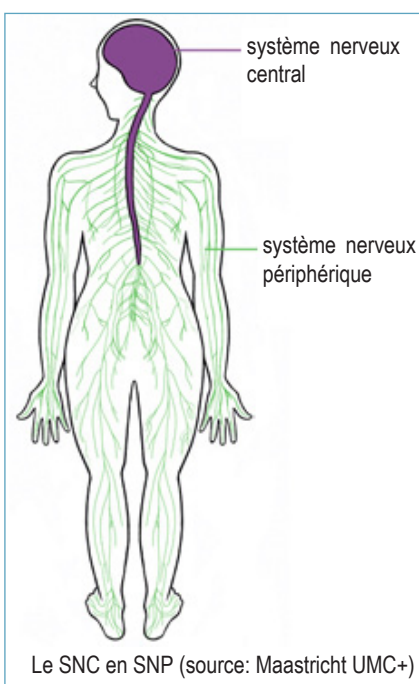
Les **vers** présentent un système nerveux déjà nettement plus organisé. Il est disposé en échelle (deux cordons latéraux réunis par des commissures) et relié à un « cerveau » au niveau du cou. Ce dernier est constitué d'un amas de ganglions capables de se coordonner.

Chez les **arthropodes**, les ganglions forment un collier autour de l'œsophage. Le cerveau, positionné au niveau dorsal, est capable de traiter des informations reçues de l'extérieur. Le reste du système nerveux est constitué d'une échelle nerveuse ventrale parcourant l'ensemble des segments du corps de l'animal et formant, au sein de chaque segment, un petit ganglion.

Parmi tous les animaux invertébrés, les pieuvres sont considérées comme les plus « intelligentes ». Elles possèdent des organes sensoriels très développés et un grand cerveau. Leur système nerveux est essentiellement centralisé, comme chez les vertébrés. Elles sont capables d'apprendre, de mémoriser et de tirer profit de leur environnement.

Les vertébrés possèdent le système nerveux le plus développé. Les cellules nerveuses sont rassemblées et concentrées au niveau de l'encéphale et de la moelle épinière. Des nerfs relient le système nerveux central avec le reste du corps.

4.2 Les organes et le fonctionnement du système nerveux chez l'homme.



4.2.1 Deux systèmes nerveux

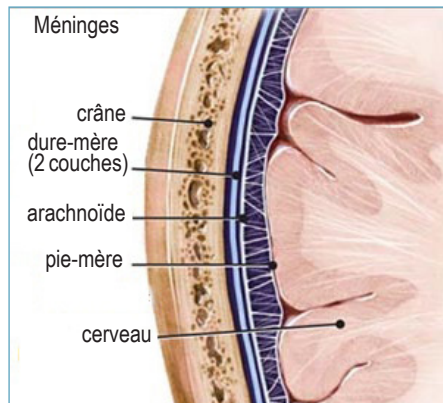
Le système nerveux forme un énorme réseau réparti dans l'ensemble de notre corps. Les stimuli sont perçus par les organes sensoriels et sont véhiculés à une vitesse incroyable via les nerfs vers la moelle épinière et notre encéphale. Le système nerveux peut alors produire des réponses motrices, mais également des réponses cognitives ou réactions émotionnelles.

On distingue le **système nerveux central** (SNC) du **système nerveux périphérique** (SNP). Le SNC est composé de l'encéphale et de la moelle épinière, protégés par le crâne et la colonne vertébrale. Le SNP est composé d'un important réseau de nerfs (hors cerveau et moelle épinière) qui véhiculent les informations nerveuses (influx nerveux) à travers tout le corps, de et vers les organes, muscles et glandes. Il représente environ 75km de nerfs qui transmettent des messages à une vitesse pouvant atteindre plus de 400km/h.

Certains nerfs du SNP et du SNC se superposent et forment le système nerveux autonome (aussi appelé système nerveux (neuro-)végétatif ou système nerveux viscéral), responsable des fonctions automatiques, non soumises au contrôle : la digestion, la respiration, la pression artérielle, etc.



4.2.2 La SNC : l'encéphale et la moelle épinière



a) L'encéphale

L'encéphale comprend trois parties : le cerveau, le tronc cérébral et le cervelet.

Il assure le bon fonctionnement du corps et contrôle toutes les activités : perception, langage, motricité, émotions, pensées, etc. Il est relié au reste du corps par la moelle épinière et à la tête par les 12 nerfs crâniens.

L'encéphale est protégé par le crâne, le liquide céphalo-rachidien et les méninges qui l'entourent. Les méninges sont les membranes qui entourent le SNC. Elles sont constituées de 3 couches : la pie-mère est en contact direct avec le SNC. Dans la couche intermédiaire, l'arachnoïde, circule le liquide céphalo-rachidien

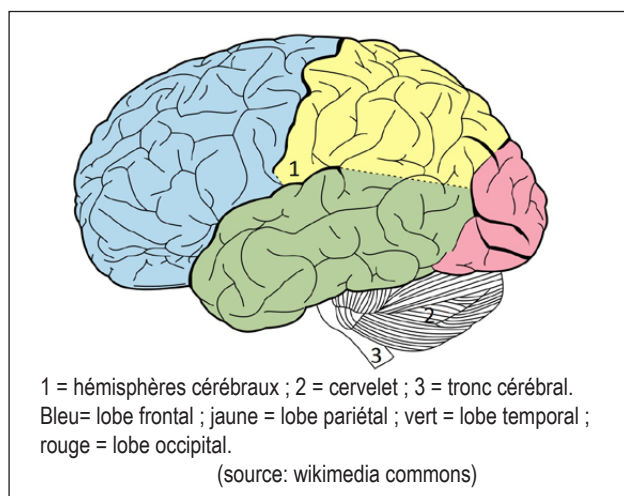
qui assure la protection de l'encéphale en amortissant les chocs lors des mouvements violents. La dure-mère constitue la couche la plus superficielle, à proximité du crâne.

Le cerveau

Le cerveau constitue près de 80% de la masse encéphalique. Il forme le centre de l'intelligence, de la mémoire, de la conscience et de la parole. Il comprend le diencephale (thalamus, hypothalamus et hypophyse) et les deux hémisphères cérébraux.

Les hémisphères cérébraux sont reliés entre eux par le **corps calleux**. Le corps calleux est un réseau de communication constitué de près de 200 millions de fibres nerveuses groupées en réseaux parallèles. Ces fibres de couleur blanchâtre transmettent une énorme quantité d'informations à des vitesses pouvant atteindre 360km/h.

Le cortex correspond à la partie extérieure du cerveau. Il est constitué de nombreuses circonvolutions (gyri) et sillons (sulci). Ces plissements permettent d'optimiser la taille du cerveau contenu dans le volume de notre boîte crânienne. « Déplissée », la surface des hémisphères cérébraux d'un adulte couvrirait 2000 – 2300 cm².



Les sillons correspondent souvent à la limite entre deux zones. Le cortex de chaque hémisphère peut ainsi être sous-divisé en 4 grands lobes : le lobe frontal, lobe pariétal, lobe temporal et lobe occipital. Chaque lobe comprend des zones fonctionnelles, appelées aires, chacune assurant une fonction cognitive précise : ouïe, goût, vue, langue, mouvement, etc.

Certaines parties de l'encéphale, telles que l'hippocampe, l'hypothalamus, l'amygdale, le fornix et quelques parties du cortex (circonvolution cingulaire), constituent ensemble le **système limbique**. D'un point de vue évolutif, ce système correspond à la partie la plus ancienne de notre cerveau. Il est impliqué dans les émotions, la motivation, le plaisir et la mémoire émotionnelle.

Le **diencephale** se trouve au milieu de l'encéphale, au dessus du tronc cérébral. Il est généralement considéré comme faisant partie intégrante du cerveau. Il comprend quelques noyaux ou glandes importants :

- Le **thalamus** correspond au poste central (dispatching) de notre cerveau. Il collecte les informations en provenance de nos organes sensoriels (excepté les odeurs) et les redistribue au sein des différentes aires fonctionnelles de notre cortex. Le thalamus filtre et coordonne le flux d'informations entre le système nerveux périphérique (SNP) et l'encéphale, et joue également un rôle de liaison entre les différentes parties du cerveau impliquées dans les émotions et la motricité. Il intervient également dans la communication entre le cerveau et le cervelet et entre le cerveau et l'hypothalamus.
- L'**hypothalamus** se trouve juste en dessous du thalamus et contrôle d'innombrables fonctions essentielles et autonomes de notre corps, en particulier le système endocrinien (hormones). Ces mécanismes interviennent dans le maintien de l'homéostasie (équilibre, stabilité) de notre corps. Malgré sa faible taille, l'hypothalamus est au cœur de la régulation de la température (thermorégulation), de la pression artérielle, de la faim et la soif, des sentiments, du sommeil, etc. L'hypothalamus est également responsable de certains comportements primaires tels que la réaction fuite-combat, le désir de reproduction, l'envie de nourriture, etc. L'hypothalamus est une sous-partie du système limbique.
- L'**hypophyse** est une glande de la taille d'un petit pois, reliée à l'hypothalamus par un petit canal. « Chef



d'orchestre » du système endocrinien, l'hypophyse produit neuf hormones cruciales, impliquées dans la croissance, la pression artérielle, la thermorégulation, la douleur, le métabolisme, etc. L'hypophyse travaille en étroite collaboration avec l'hypothalamus.

- L'**épiphyse** est située du côté opposé du diencephale par rapport à l'hypophyse. Cette glande, de taille identique à l'hypophyse, produit la mélatonine, hormone impliquée dans le rythme nyctéméral (jour-nuit).

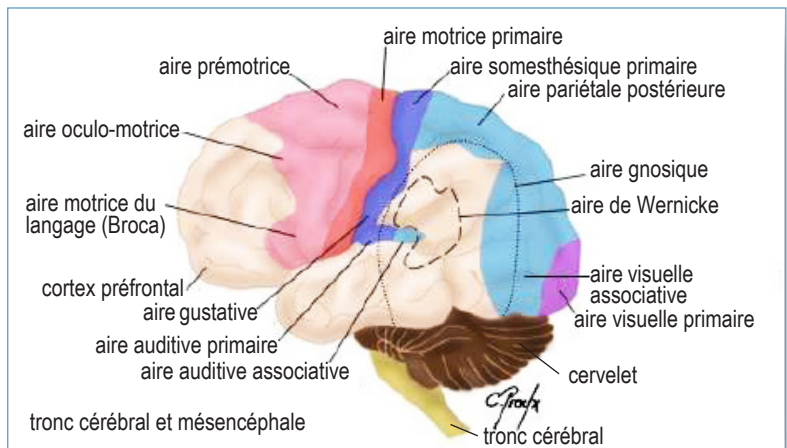
Le tronc cérébral

Le tronc cérébral se situe sous le cerveau. Il établit le lien entre la moelle épinière, le cervelet et le cerveau. Il contrôle des fonctions vitales que nous effectuons de manière inconsciente et/ou automatique : respiration, contraction du cœur, régulation de la température, etc. Les parties les plus cruciales du tronc cérébral sont les suivantes :

- Le **bulbe rachidien** est la portion inférieure du tronc cérébral et ne mesure que 2,5cm de long. Les fibres nerveuses en provenance de et allant vers nos membres s'y croisent. L'hémisphère gauche de notre cerveau traite ainsi les informations en provenance de la

partie droite de notre corps. En retour, il en commande également les réactions. Le bulbe rachidien est également le centre de nombreuses fonctions vitales comme la régulation des battements cardiaques, le contrôle des vaisseaux sanguins, la respiration.

- Le **pont** ou **protubérance annulaire** est une zone de jonction des fibres nerveuses en provenance des différentes parties de notre encéphale. Il est également impliqué dans de nombreuses fonctions vitales telles que la respiration, dont il règle automatiquement le rythme pour l'adapter aux besoins du corps en oxygène. Cette protubérance annulaire contient par ailleurs des noyaux jouant un rôle dans le cycle du sommeil, la déglutition, le contrôle de la vessie, etc.
- Le **mésencéphale** se situe au niveau de la partie supérieure du tronc cérébral et intervient dans certaines fonctions motrices, principalement visuelles (réflexe pupillaire) et auditives.

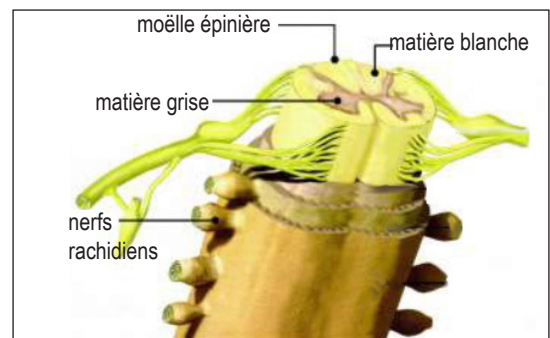


Le cervelet

Le cervelet se trouve derrière le tronc cérébral et sous le cerveau. Sa taille équivaut à celle d'une pêche, ce qui correspond à 10% du volume total de l'encéphale. Tout comme le cerveau, il est constitué de deux moitiés. Le cervelet est essentiellement impliqué dans la position du corps, les mouvements et l'équilibre.

b) La moelle épinière

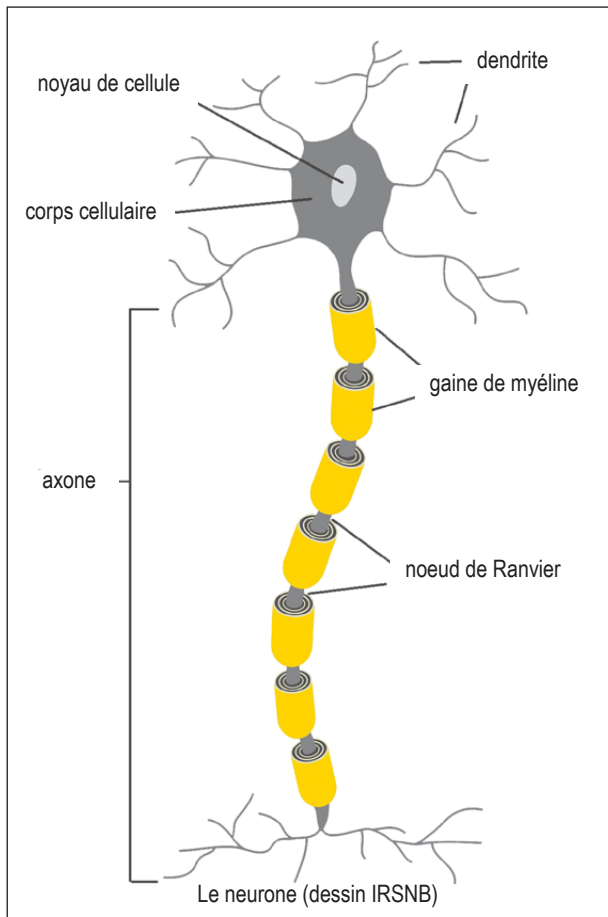
La moelle épinière est une colonne de tissus nerveux de 45cm de long située dans le canal rachidien de la colonne vertébrale. La moelle épinière débute au niveau du foramen magnum (trou de l'os occipital du crâne), mais ne se prolonge pas sur toute la longueur de la colonne vertébrale. La largeur du tissu nerveux varie de 1,5cm, au niveau supérieur, à 6cm au niveau de la cage thoracique. La moelle épinière est protégée et soutenue par les vertèbres de notre colonne vertébrale. La moelle épinière fait partie de notre SNC et joue trois rôles importants. Les 31 paires de nerfs rachidiens qui partent de la moelle épinière assurent la communication motrice et sensorielle entre le corps et le cerveau. Ils véhiculent d'une part les influx moteurs du cerveau vers le corps et, d'autre part, les influx sensitifs du corps vers le cerveau. Ces nerfs mixtes innervent de manière symétrique les deux côtés du corps. La substance grise de la moelle épinière contient par ailleurs les cellules nerveuses responsables des actes réflexes (sans intervention du cerveau).



4.2.3 Neurones et nerfs

La cellule la plus importante de notre système nerveux est la cellule nerveuse ou **neurone**. Le neurone est la cellule la plus différenciée de notre corps. Contrairement aux autres cellules du corps, il ne peut se diviser. Toute perte de neurone est donc définitive. Notre corps dispose d'approximativement 100 milliards de cellules nerveuses, dont 86 milliards se situent dans le cerveau. Les neurones sont excitables et conducteurs et propagent les informations sous forme de potentiels d'action, ce qui correspond à une dépolarisation transitoire, locale et brève de la membrane plasmique. Le système nerveux comprend également des cellules gliales qui soutiennent et entretiennent les neurones.





Ces cellules sont bien plus nombreuses encore que les neurones : environ 10 cellules gliales par neurone.

Tout comme les autres cellules du corps humain, les neurones sont constitués d'un **soma**, un corps cellulaire comprenant un noyau. De ce corps partent de multiples ramifications relativement courtes chargées de récolter les informations : les **dendrites**. L'**axone**, seul prolongement du corps cellulaire pouvant atteindre 1m pour seulement 1 à 25 micromètre(s) de diamètre, est quant à lui responsable de diffuser les informations. La gaine de myéline entourant l'axone joue le rôle d'isolant. Cette gaine est sectionnée en de multiples points appelés nœuds de Ranvier. Grâce à cette succession de gaines de myéline et de nœuds de Ranvier, les potentiels d'action se propagent à une vitesse maximale le long des axones (de 2m/s à 120m/s). A son extrémité, l'axone se ramifie et entre en contact avec un autre neurone ou une cellule via un point de jonction, appelé **synapse**.

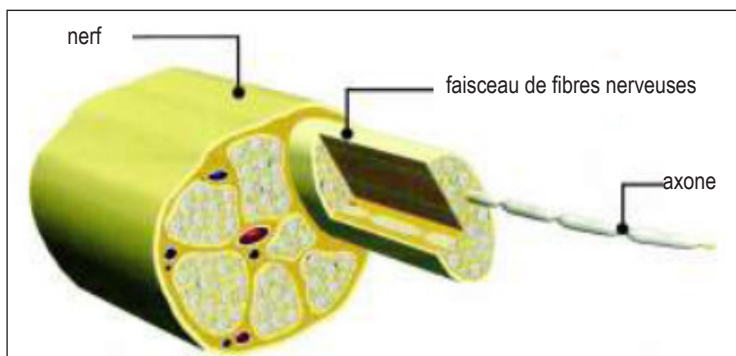
Les **neurones moteurs** et sensoriels se situent dans le SNP. Les **neurones sensitifs** véhiculent les messages depuis les récepteurs sensoriels et proprioceptifs (information en provenance de nos organes, muscles, articulations, ligaments, etc.) jusqu'au SNC. Les neurones moteurs transmettent des influx nerveux depuis le SNC jusqu'aux organes, muscles et glandes.

Les **neurones intercalaires** ou neurones d'association situés dans le SNC constituent 99% des cellules nerveuses de notre corps. Ces neurones reçoivent des informations en provenance

de neurones sensoriels et/ou d'autres neurones intercalaires et diffusent à leur tour les informations à d'autres neurones intercalaires et/ou neurones moteurs. Chaque neurone intercalaire est donc imbriqué dans un réseau complexe, chacun pouvant être connecté à 10 000 autres neurones.

L'enchaînement des différents neurones cités forme un cycle tel que l'illustre l'exemple suivant : les neurones sensoriels envoient l'information en provenance des récepteurs tactiles de la peau vers le SNC. Dans le SNC, les neurones intercalaires traitent ces informations. Ils renvoient ensuite de nouvelles impulsions le long des neurones moteurs jusqu'aux muscles qui commandent les mouvements du corps. Cette mise en mouvement induit de nouvelles sensations qui seront captées par les récepteurs tactiles envoyées vers le SNC, et ainsi de suite...

Les axones peuvent être de tailles variables. Les plus longs descendent de la moelle épinière jusqu'aux pieds et peuvent atteindre 1 mètre de long. Ces fibres nerveuses individuelles, correspondant chacune à un neurone, sont regroupées en faisceaux parallèles. Plusieurs faisceaux d'axones se rejoignent, maintenus ensemble par une gaine externe, et constituent un **nerf**. Les nerfs qui transmettent des messages du SNC vers SNP sont appelés **nerfs efférents**. A l'inverse, les **nerfs afférents** véhiculent l'information du SNP vers le SNC. Dans certains nerfs, la transmission de l'influx nerveux peut se faire dans les deux sens. Mais à l'intérieur d'un même axone, les impulsions ne circulent que dans un seul sens (neurones sensitifs vs neurones moteurs).

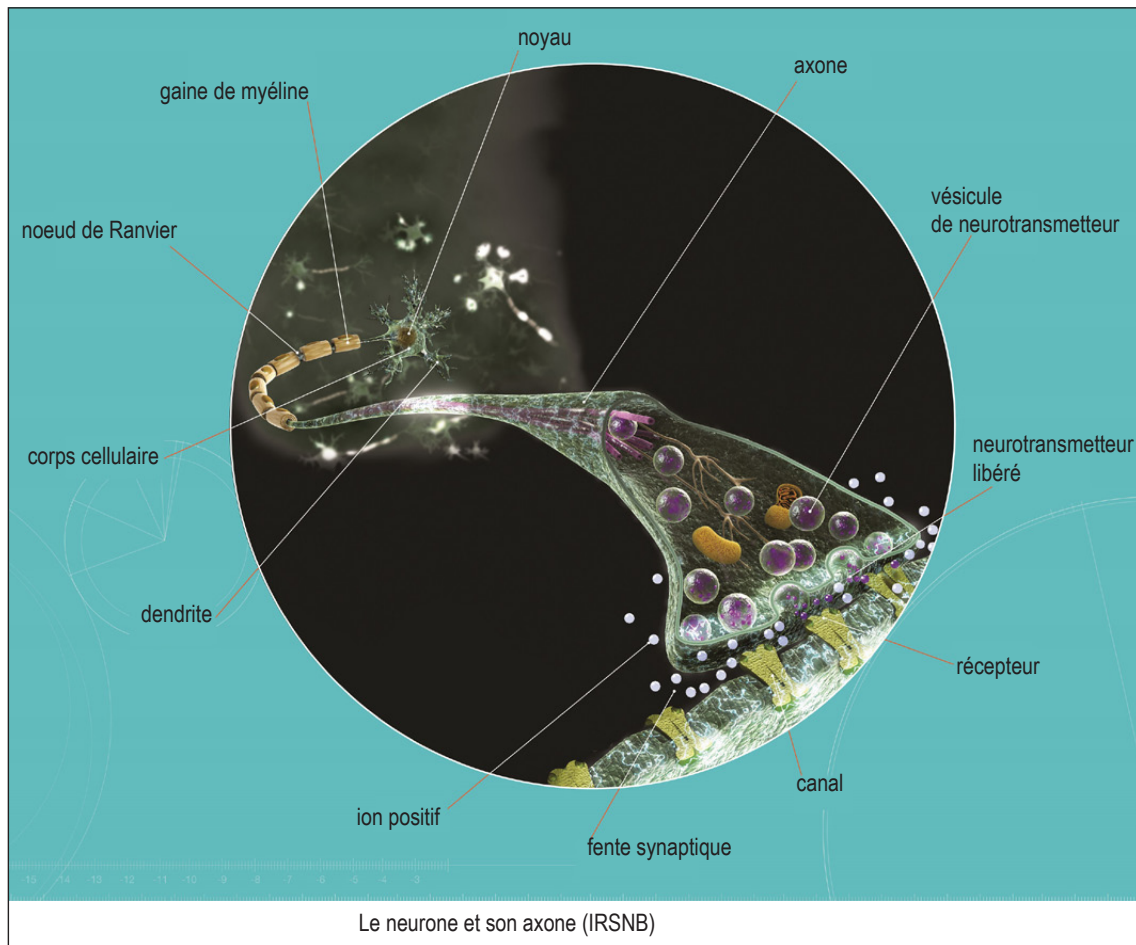


4.2.4 L'influx nerveux

Un neurone est excitable. Les excitants sont de nature variable : mécanique (pincements), physique (électricité), chimique (acides et bases). Un nerf ne transmet de signal que si l'intensité et la durée du stimulus sont suffisants (quelques dixième de seconde). Le neurone devient alors conducteur, il propage l'influx nerveux. Lorsqu'un neurone est excité, sa membrane devient perméable à certains ions. L'influx nerveux, ou **potentiel d'action**, est un courant électrique caractérisé par un échange



ionique de sodium et potassium. Une différence de potentiel (de 100 millivolts environ) apparaît entre l'intérieur et l'extérieur du neurone et se propage de proche en proche le long de l'axone. Un influx nerveux est donc la conséquence d'une brusque modification de la perméabilité aux ions qui entraîne une dépolarisation de la surface du neurone.



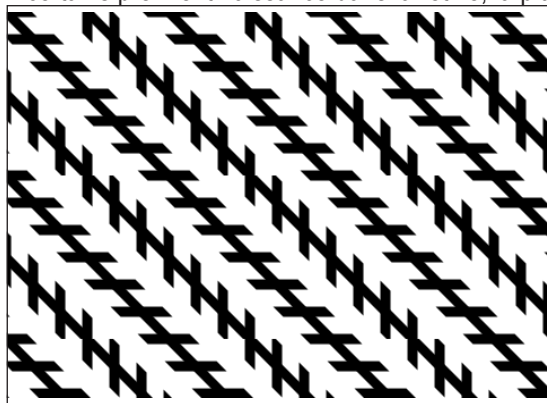
La **synapse** (du grec syn = ensemble ; haptin = toucher, saisir ; c'est-à-dire connexion) désigne une zone de contact fonctionnelle qui s'établit entre deux neurones, ou entre un neurone et une autre cellule (cellule musculaire, récepteurs sensoriels, etc.). Elle assure la conversion d'un potentiel d'action déclenché dans le neurone situé avant la synapse (neurone présynaptique), vers un autre neurone positionné après la synapse (neurone post-synaptique). Les synapses ne laissent passer les informations que dans une seule direction. On distingue habituellement deux types de synapses : la synapse chimique, largement majoritaire, qui utilise des neurotransmetteurs pour transmettre l'information, et la synapse électrique, nettement moins fréquente, qui transmet le signal électriquement par l'intermédiaire d'une jonction communicante.

L'influx nerveux est transmis le long d'un neurone sous forme d'une séquence de potentiel d'action. Au niveau d'une synapse chimique, le message change de nature. Le potentiel d'action qui y arrive provoque la libération de neurotransmetteurs dans la fente synaptique (d'une largeur de 10 à 40 nanomètres). Ces messagers chimiques atteignent la membrane postsynaptique par simple diffusion. Ils se fixent ensuite sur des récepteurs de cette membrane, provoquant l'ouverture de canaux ioniques. En réponse, un nouveau potentiel d'action sera déclenché dans le neurone, appelé potentiel postsynaptique. On caractérise deux types de potentiels postsynaptiques : le Potentiel Post-synaptique Excitateur (ou PPSE) qui favorise le potentiel d'action et le Potentiel Postsynaptique Inhibiteur (ou PPSI) qui bloque le potentiel d'action.



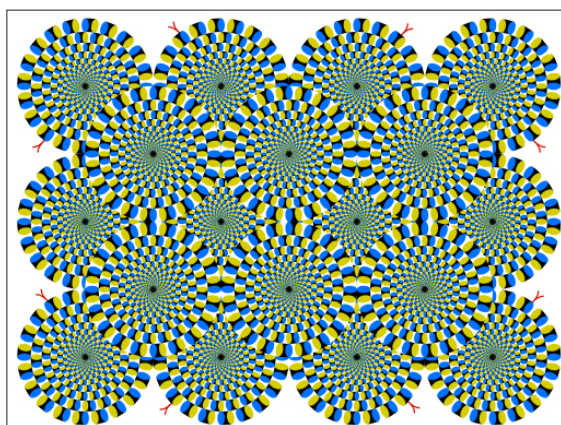
4.3 Tromper le cerveau

Les **illusions d'optique** ont souvent permis de mieux comprendre le fonctionnement de la perception visuelle. Des mécanismes relevant d'illusions d'optique ont été identifiés à peu près à chaque étape de la perception d'une image. Si certains prennent naissance dans la rétine, la plupart sont cependant liés au travail de reconstruction de l'image de notre



illusion Zöllner
(source: Fibonacci – Wikimedia Commons)

cortex visuel. Car, contrairement à ce que l'on ressent intuitivement, ce que nos sens nous montrent ne correspond pas directement au « réel ». Il y a par exemple une très grande réduction de la quantité d'information entre l'image qui s'imprime sur la rétine et le message transmis au cerveau par le nerf optique. En effet, les 125 millions de photorécepteurs rétinien qui reçoivent l'information lumineuse convergent vers 100 fois moins de cellules ganglionnaires. Pour compenser cette masse d'informations perdue et nous donner des perceptions riches en relief, couleurs ou mouvements, le cerveau introduit des paramètres abstraits qui, souvent, complètent ou amplifient des éléments fragmentaires de la réalité. Une interprétation tellement performante qu'elle crée parfois ce qu'on appelle une illusion d'optique, autrement dit une impression de cohérence là où il n'y en a pas.



Disques tournants (© A.Kitaoka 2003)

Dans les **illusions géométriques**, on retrouve généralement un élément « inducteur » qui provoque la mauvaise interprétation et un élément « test » qui la subit. Par exemple, dans l'illusion de Zöllner, les petites lignes verticales et horizontales sont l'élément inducteur et les longs traits obliques, l'élément test. Ces derniers sont bien parallèles même si on a l'impression qu'ils vont se croiser si on les prolonge.

Les **illusions de mouvement** sont une autre grande catégorie d'illusions d'optique. Certaines images peuvent donner l'illusion que leurs éléments bougent lorsque l'observateur se déplace légèrement par rapport à celles-ci. L'illusion de mouvement de certaines des roues de l'image ci-contre se produit uniquement dans notre vision périphérique. Dès que l'on fixe une roue, elle s'arrête de bouger, alors que celles qui se trouvent en périphérie restent en mouvement.



Une des plus célèbres illusions classiques créée par le psychologue américain Joseph Jastrow en 1888.

Bien que cette illusion ne soit pas complètement expliquée, on sait que l'ordre dans lequel sont placées les quatre zones de couleur et de luminance différentes est déterminant. Plus spécifiquement, le mouvement illusoire tend à se produire d'une région noire vers une région foncée adjacente mais de luminance plus élevée (ici le bleu) ou d'une région blanche vers une région adjacente colorée mais de moindre luminance (ici le jaune).

Les illusions d'optique artistiques sont des œuvres où l'artiste a délibérément introduit des éléments destinés à rendre son interprétation insolite ou la réalité physique de l'objet représenté est impossible.

Ici, on peut se demander si on a affaire à une jeune fille ou une vieille femme ? Le menton de la jeune correspond au nez de la vieille, l'œil de la vieille correspond à l'oreille de la jeune...

4.4 Un monde plastique : la mémoire

Notre cerveau évolue tout au long de la vie. Cette propriété est appelée **plasticité cérébrale** : les changements continus de la structure du cerveau sous l'influence de l'environnement, des processus d'apprentissage et même de nos pensées. La mémoire

et l'apprentissage jouent ici un rôle particulier.

La mémoire est la faculté de saisir l'information, de la stocker et de la retrouver au besoin. Cette information peut être fournie sous forme d'images, de sons, de couleurs, d'odeurs, de sentiments, de mots... Quand l'information disparaît ou ne peut plus être retrouvée, on parle « d'oubli ». L'apprentissage est le processus qui conduit à l'inscription de nouvelles connaissances, compétences et habitudes dans le cerveau.



4.4.1. Types ou formes de mémoire

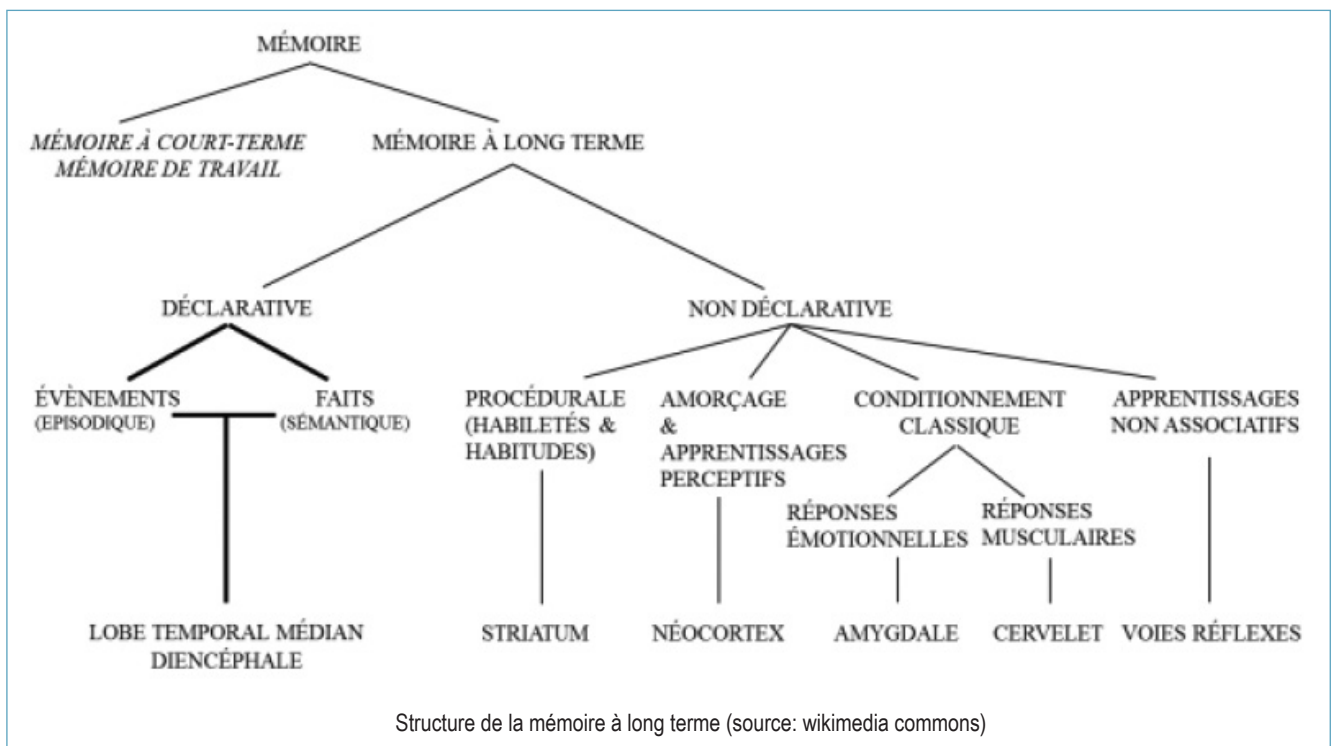
Chez l'homme, on sépare en premier lieu la **mémoire primaire**, à court terme (aussi appelée mémoire de travail) de la **mémoire secondaire**, à long terme. On parle aussi de mémoire sensorielle, une mémoire qui stocke pour une durée de 2 secondes maximum des données perçues par les organes sensoriels.

La **mémoire à court terme** a une capacité limitée et une courte durée. Elle permet de garder « en l'état » une petite quantité d'informations (appelée empan mnésique) et de la restituer dans un délai court. Par exemple, un numéro de téléphone lu, puis recomposé rapidement.

La **mémoire de travail** permet à la fois le maintien et la manipulation des informations de manière active et temporaire : classer (retenir une série de lettres et les restituer dans l'ordre alphabétique), filtrer le contenu (ne retenir que ce qui est nécessaire et éliminer l'accessoire).

L'**empan mnésique** d'une personne normale est de 7 items (e.g., 7 produits sur une liste de courses). Mais quelques petites manipulations de l'information, comme de relier les items par des associations d'idées ou de les placer dans une petite histoire, permet d'élargir cet empan à 12 ou 13 « objets ».

La **mémoire à long terme** a une capacité et une durée virtuellement illimitées même si l'information qu'elle contient n'est pas toujours consciente. La mémoire à long terme se constitue à partir de 3 processus importants. Le **processus de consolidation** transfère l'information de la mémoire à court terme vers la mémoire à long terme quand celle-ci est répétée un nombre suffisant de fois ou quand elle reste stockée suffisamment longtemps. Le **processus de rétention** assure le stockage à long terme de l'information qui, avec le temps, peut cependant être altérée ou disparaître. Des données anciennes peuvent également être remplacées par une nouvelle information. Le troisième processus est la récupération de l'information sauvée (retrieval en anglais) sans qu'il ne soit besoin de faire appel à des moyens mnémotechniques. C'est la « réactivation » d'un souvenir ou d'une connaissance.



Au sein de la mémoire à long terme on reconnaît la mémoire déclarative (ou consciente ou explicite) et la mémoire non-déclarative (inconsciente ou implicite).

La **mémoire déclarative** contient nos connaissances (images, faits, sensations, sons,...) explicites pouvant être rappelées consciemment. A son tour, la mémoire déclarative se divise en **mémoire épisodique** (données personnelles, souvenirs d'événements autobiographiques : je me souviens que...) et **mémoire sémantique** (faits et significations apprises, connaissance générale du monde : je sais que...). C'est cette mémoire sémantique qui permet d'expliquer une recette de cuisine, de dire comment s'appelle votre professeur, de lire l'heure, de faire des additions...

La mémoire **non-déclarative** comprend nos connaissances implicites, donc inconscientes. Il s'agit principalement de la **mémoire procédurale**. Elle recouvre tous nos « savoir faire », « habitudes » et « habiletés » que l'on développe dans les domaines perceptif, moteur ou même cognitif : rouler en vélo, conduire une voiture, jouer d'un instrument, Ce sont des compétences acquises, mais que l'on utilise « sans y penser ».

On met également dans cette mémoire les apprentissages associatifs, ou conditionnements, et apprentissages non-associatifs. Dans un **conditionnement classique**, un lien est établi entre un stimulus neutre (conditionnant) et un autre stimulus, positif ou négatif, entraînant une réaction. Avec le temps, cette réaction se produit inconsciemment, de manière réflexe, même en l'absence du second stimulus. Un exemple : un sifflement (stimulus conditionnant) est systématiquement suivi d'un courant d'air qui vous force à cligner des yeux. Après de nombreuses répétitions, le seul sifflement déclenche votre mouvement de paupières, même en l'absence de courant d'air. Les conditionnements peuvent être moteurs mais aussi émotionnels : peur ou bien-être peuvent devenir des réactions réflexes à des stimuli donnés. Dans un **conditionnement opérant**, un comportement est appris, augmenté ou diminué par l'association de ce comportement avec une réponse positive (récompense) ou négative (punition). Les **apprentissages non-associatifs** peuvent quant à eux être de 3 sortes : le phénomène d'habituation (diminution d'une réponse lorsque la présence d'un stimulus perdure dans le temps), le phénomène de sensibilisation (augmentation d'une réponse à un stimulus) et le phénomène d'empreinte (apprentissage de préférences sociales, sexuelles, etc. durant une période sensible et précoce de la vie d'un individu).

Une dernière catégorie, quelque peu particulière, fait également partie de la mémoire non-déclarative : **l'amorçage** (ou priming). Ce terme désigne la capacité à « se souvenir » d'une information sans en être conscient suite à un stimulus qui lui a été associé par le passé. Par exemple, on repérera beaucoup plus rapidement un mot mal orthographié dans un texte si on a récemment lu le mot correctement écrit.

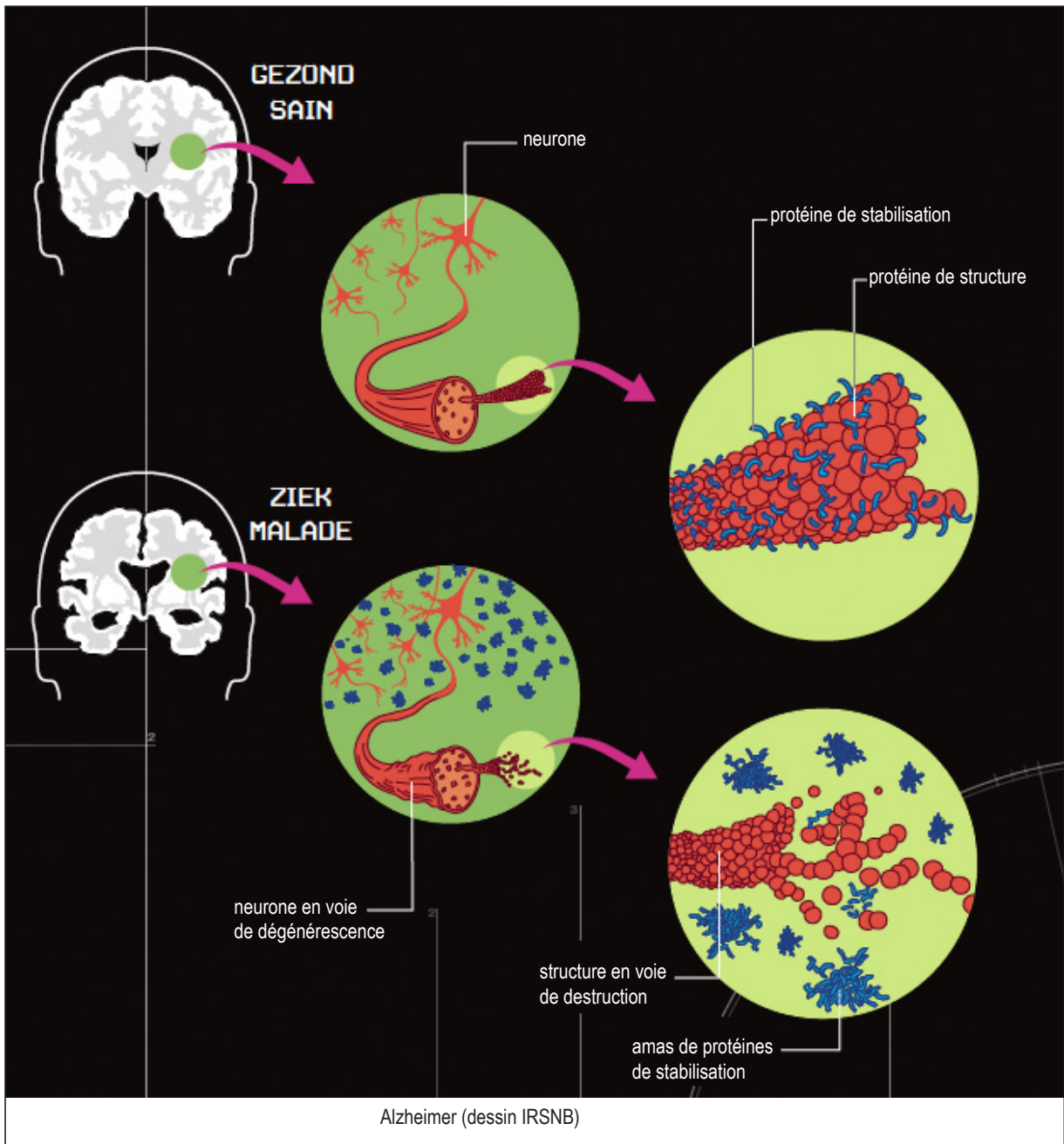
4.4.2. Troubles et perte de mémoire

L'étude des troubles et pertes anormales de mémoire nous a beaucoup appris sur le fonctionnement de celle-ci. Ainsi, des tests effectués sur des patients affectés de troubles mémoriels ont montré que certains pouvaient être capables de se rappeler des faits ou des événements lors de tests de reconnaissance (« Reconnaissez-vous ce visage ? ») mais pas lors de tests faisant appel à leur capacité déclarative (« Comment s'appelle cette personne »). La mémoire des personnes n'est pas non plus toujours fiable. Certaines personnes ont des souvenirs d'événements qui ne se sont jamais produits.

Les troubles de la mémoire peuvent affecter la mémoire à court terme ou celle à long terme. Dans ce dernier cas on parle de perte de mémoire ou d'amnésie. L'amnésie proprement dite n'affecte que la mémoire déclarative. Elle est la conséquence d'une atteinte du lobe temporal médian (incluant l'hippocampe) ou du diencephale. Le patient amnésique montre en général des compétences normales en matière de mémoire procédurale. Par exemple, il peut ne plus se souvenir de son propre nom mais être parfaitement capable de préparer un café. Il y a plusieurs variantes d'amnésie selon les régions du cerveau qui sont perturbées. Le problème peut se situer au niveau du processus de consolidation (l'acquisition de nouvelles informations à long terme) ou dans le processus de récupération (retrieval) de l'information.

La mémoire peut aussi nous jouer des tours, même quand nous sommes jeunes et en bonne santé. Qui n'a pas désespérément cherché un nom bien connu... que l'on a sur le bout de la langue ? Mais le plus souvent, c'est avec l'âge que la mémoire vacille. Chez les personnes âgées (en bonne santé), c'est surtout la mémoire à court terme qui se détériore et il devient plus difficile de transférer de nouvelles informations vers la mémoire épisodique. Dans le cas de maladies comme celle d'Alzheimer, la mémoire à long terme est également progressivement affectée. Petit à petit, seuls les souvenirs les plus lointains sont encore présents. La maladie de Parkinson, elle, affecte la mémoire procédurale (dégradation du striatum) alors que les souvenirs sont toujours mobilisables par le cerveau.





5. Activités à faire en classe

5.1 Quels sont nos sens ?

Quels sont nos sens ? A quoi nous servent-ils ? Une discussion de classe, accompagnée de l'une ou l'autre expérience, doit amener les élèves à répondre à ces questions.

Expérience : « sens par sens... quel sens ? »

Niveau : 10 à 14 ans

Objectif : Faire prendre conscience de la complémentarité des sens dans l'identification d'un objet en séquençant le processus « sens par sens ». L'ordre dans lequel nous utilisons nos sens a une valeur de survie. En effet, il est souvent avantageux de regarder et de sentir un produit avant de le goûter ou d'y mettre la main.



Matériel : plusieurs séries de 3 bocaux fermés, contenant 3 ingrédients différents qui se ressemblent visuellement (ex : série 1 : jus de pomme, huile, tisane ; série 2 : sucre fin, sel, farine ; série 3 : lait de vache, savon de lessive dilué, lait de coco ; série 4 : morceau de pomme, morceau de pomme de terre, morceau de céleri rave ; etc.)

Déroulement : l'enseignant désigne un élève et pose devant lui une série de 3 bocaux fermés.

L'élève doit déterminer le contenu de chaque bocal. Pour y parvenir, il peut faire les expériences qu'il estime nécessaires : regarder, secouer, incliner le bocal, ouvrir le bocal et sentir, goûter, ... A chaque étape, l'élève est tenu d'émettre une proposition.

De quelles informations a-t-il besoin ? A quels sens fait-il appel ? Dans quel ordre utilise-il ses sens ? L'enseignant amène les élèves à identifier les stratégies qu'ils mettent en place pour reconnaître un produit.

Qu'en est-il chez les animaux ?

Les organes sensoriels des animaux diffèrent-ils des nôtres ? Comment fonctionnent ces sens-là ? L'enseignant peut guider les élèves dans leurs recherches, en les incitant à explorer non seulement les animaux vertébrés, mais également tous les autres, du ver de terre à l'étoile de mer. Les informations récoltées par les élèves peuvent être rassemblées dans des documents ou présentées oralement devant la classe.

5.2 Le rôle du cerveau

Notre cerveau joue un rôle essentiel dans la détermination des choses qui nous entourent et dans la réponse que nous y apportons. Notre cerveau interprète ce que nos sens perçoivent. Il construit une image « logique » du monde dans lequel nous vivons.

Deux petites expériences permettent d'illustrer ce principe.

Expérience 1 : Les constructions du cerveau

Niveau : 8 à 14 ans

Objectif : mise en évidence de la partie « interprétation » du cerveau par rapport à la « réalité » du stimulus. Le cerveau peut (largement) compenser l'insuffisance d'information contenue dans un stimulus grâce à un apprentissage préalable... et dicter une réponse adéquate.

Matériel : texte imprimé au tableau.

Déroulement : Faire lire les textes à haute voix. La lecture se passe à peu près normalement.

Dans le premier cas, le cerveau a « compensé » le désordre des mots.

Dans le second cas, le cerveau a automatiquement supprimé un des deux « LA » mis à la suite (à LA LA plage).



Texte 1

« La vue, l'ouïe, le toucher, le goût, l'odorat : nos cinq sens déterminent notre façon de percevoir le monde et de réagir aux stimuli externes. Ils sont illogiques... mais aussi parfois trompeurs ! Vous en doutez ? Venez vous mesurer aux autres et testez aussi des sens qui leur sont propres.. »

Texte 2

IL
VA
À LA
PLAGE

Expérience 2 et 3 : « Quand notre cerveau nous trompe »

2) Du cerveau à la main

Niveau : 8 à 14 ans

Objectif : le cerveau envoie en réponse aux stimuli des messages vers notre corps qui nous permettent de répondre de manière adéquate à notre environnement.



Matériel : deux objets identiques dont l'un a été lesté ou allégé. Exemple 1 : deux boîtes à chaussures dont l'une est remplie d'un bloc de terre glaise ; Exemple 2 : une série de 6 boîtes de lait vides (6x1L) et une série de 6 boîtes de lait remplies (6x1L), toutes deux emballées dans l'emballage en plastique

Conseil : pour les 6 boîtes vides : coupez délicatement la partie inférieure du plastique, videz le lait, réassemblez les boîtes et tendez le plastique autour des 6 boîtes. Coller le plastique par le dessous afin de rendre la réparation invisible.

Déroulement : l'enseignant demande à deux élèves d'aller chercher les 2 x 6 boîtes de lait au fond de la classe sans dévoiler la différence entre les deux séries. Le premier élève prendra les 6 boîtes remplies, le second les 6 boîtes vides. Surpris ? Normal ! Notre cerveau prépare notre corps à répondre adéquatement à ce que nous percevons.

3) Quand notre cerveau nous trompe

Niveau : 8 à 14 ans

Objectif : notre cerveau peut nous tromper. Certains vécus dépendent des connaissances que nous avons des objets.



Matériel : deux boîtes semblables (ex : deux boîtes en carton) de volume très différent mais de poids identique.

Déroulement : l'enseignant demande à un élève de soulever les deux objets et de dire lequel est le plus lourd (R= la plus petite boîte). Ensuite, l'élève est amené à peser les deux boîtes (les deux boîtes ont le même poids).

Un objet de petite taille semble plus lourd qu'un objet de taille plus grande et de même poids. Cette puissante illusion cognitive est basée sur l'idée que les objets de plus grande taille sont généralement plus lourds que les objets du même genre de plus petite taille. Notre cerveau est « surpris » de la légèreté de la boîte de grande taille. En réaction, il estime qu'elle a un poids absolu moindre que la petite.



5.3 Illusions d'optique

3 illusions à bricoler en classe : le folioscope, le zootrope et le thaumatrope.



Folioscope - photo: 'Daumenkino' (wikimedia Commons)

1) Le folioscope

Le folioscope, ou feuilletoscope (flip book en anglais), est un livret reprenant sur chaque page un dessin qui ne diffère que très légèrement du dessin de la page précédente. En laissant défiler les pages très rapidement, l'œil perçoit un petit film (illusion).

Ce livre est une invention anglaise datant de 1868. Il constitue le principe même d'un film d'animation : la succession rapide d'images donnent l'illusion de mouvement. Ce principe, appelé également le phénomène phi, a été décrit en premier en 1912 par le psychologue Max Wertheimer. La perception que l'on a de deux images successives dépend de l'intervalle temporel séparant les deux images. Avec un intervalle de 50 à 60 millisecondes, le cerveau perçoit un mouvement entre les deux images. Par contre, au-delà de 200 millisecondes, on perçoit

successivement deux images. Inversement, si la succession est trop rapide (20 millisecondes), le cerveau perçoit les deux images simultanément. Le cerveau joue donc un rôle primordial dans l'interprétation des images comme un mouvement continu, même si la persistance de l'image au niveau de la rétine intervient également.

Fabriquer son folioscope :

<http://www.hugolescargot.com/decoupages/fabriquer-un-flip-book.html>

<http://pedagogie.ac-toulouse.fr/lotec/ecoleetcinema/wp-content/uploads/folio-2.pdf>



Zootrope - photo: wikimedia Commons

2) Le zootrope

Le fonctionnement du zootrope est semblable à celui du foliotrope. Il crée également une illusion de mouvement. Dans ce dispositif, une bande de dessins est placée à l'intérieur d'un cylindre positionné verticalement. Le cylindre est peint en noir et percé de dix à douze fentes sur sa moitié supérieure. Il est fixé sur un axe, ce qui permet de le faire tourner rapidement. En regardant l'intérieur du cylindre à travers les fentes, les images se suivent et se superposent, faisant apparaître un mouvement fluide. Le zootrope a été inventé par un britannique en 1833, mais n'est devenu un jouet populaire aux Etats-Unis qu'en 1860. Le zootrope, et son successeur le praxinoscope, sont à la base des techniques du cinéma et du dessin animé.

Fabriquer son zootrope :

http://www3.nfb.ca/ressources_educatives/0087.pdf



thaumatrope

3) Le thaumatrope

Ce jouet fut inventé par deux anglais en 1824. Le thaumatrope (du grec : thau = prodige et tropion = tourner) est constitué d'un disque muni d'une image sur chacune de ses faces (par exemple : un canari et une cage ; un poisson et un aquarium). Le disque est maintenu à l'aide de deux ficelles ou d'un bâton. En faisant pivoter très rapidement le disque, les deux images semblent se superposer.

Fabriquer son thaumatrope :

<http://www.deserres.ca/fr-ca/projets-creatifs/activites-pour-enfants/comment-fabriquer-un-thaumatrope/1/444/>

5.4 Culture

Visionnez avec les élèves la vidéo d'une primatologue sur les bonobos et la culture (17minutes, en anglais, sous-titres français possible) : http://www.ted.com/talks/susan_savage_rumbaugh_on_apes_that_write

Qu'est-ce que la culture ? Les animaux ont-ils une culture ? De quelle manière les bonobos expriment-ils leur culture ?

Est-elle apprise ?



6. Références

Livres

Primaires

- BENCHETRIT, A. et SABATHIER, L., Le cerveau à quoi ça sert ? , éd. Belin, 2007
- EUSTACHE, F., Les petites cases de ma mémoire, éd. Le Pommier, 2013

1^{er}-2^{ème} degré secondaires

- VIDAL, C., Hommes, femmes, avons-nous le même cerveau ? , éd. Le Pommier, 2010
- VIDAL, C., Le cerveau évolue-t-il au cours de la vie ? , éd. Le Pommier, 2010
- VALSECCHI, M.C., et GEWURZ, D.A., Jeux d'intelligence, éd. Belin, 2009
- Collectif, Le grand Larousse du cerveau, Larousse, 2010

3^{ème} degré secondaires et adultes

- VERSTICHEL, P., Les sens trompés. Des anomalies du cerveau aux comportements étranges, éd. Belin, 2013
- VIDAL, C. et BENOIT-BROWAEYS, D., Cerveau, sexe et pouvoir, éd. Belin, 2005

Sites internet

- http://www.cerveauetpsycho.fr/ewb_pages/i/index-cerveau-psycho.php
- <http://www.journaldelascience.fr/cerveau-79/>
- <http://www.alz.org/fr/visite-du-cerveau.asp>
- <http://www.brainpop.fr/sciencesdelavie/>
- <http://www.frc.asso.fr/Le-cerveau-et-la-recherche/A-la-decouverte-du-cerveau>
- <http://www.larecherche.fr/actualite/cerveau>
- <http://www.fondation-lamap.org/fr/cerveau>

Vidéos

- « C'est pas sorcier : cerveau 1 : les sorciers se prennent la tête » (26min, FR): <https://www.youtube.com/watch?v=qWr8yA-ZhBl>
- « C'est pas sorcier : cerveau 2 : J'ai la mémoire qui flanche » (26min, FR) : <https://www.youtube.com/watch?v=Wz0lrKSRtmE>
- « Comment se forme le cerveau » (5min 38, FR ; images : Universcience): http://www.lemonde.fr/sciences/video/2014/09/16/comment-se-forme-le-cerveau_4488121_1650684.html

