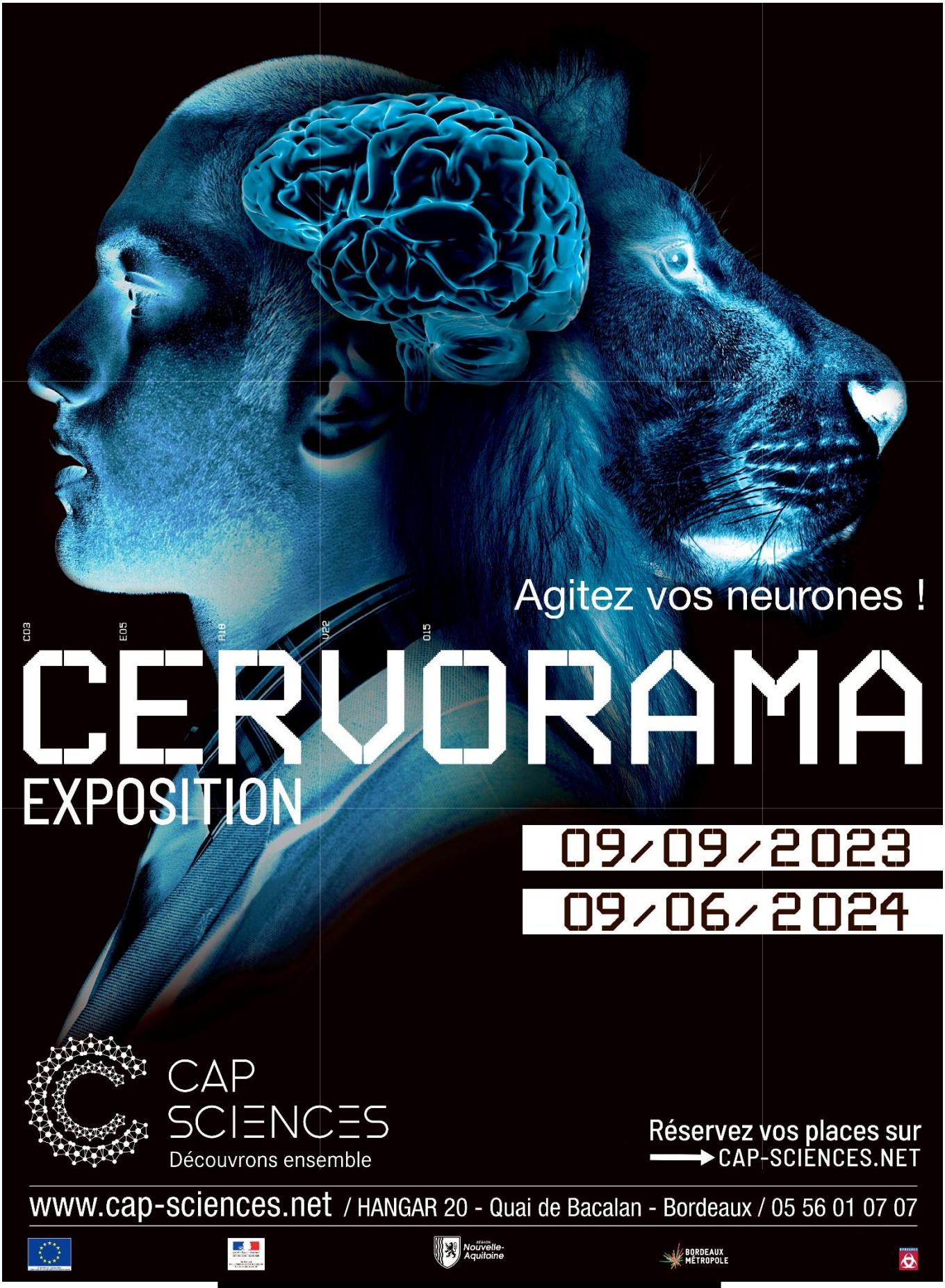



**Dossier pédagogique**

**Cycles 3, 4 et lycées**

| | |
|---|---|
| **Sommaire** | **2** |
| **Présentation générale** | **3** |
| **Les zones de l'exposition** | **4** |
| partie 1 : cerveau et évolution | 4 |
| partie 2 : 1000 cerveaux, 1000 mondes | 5 |
| partie 3 : un monde plastique | 5 |
| partie 4 : zoom sur le cerveau | 5 |
| partie 5 : le CognitiLab | 6 |
| **Eclairages scientifiques** | **7** |
| Historique | 7 |
| Anatomie du système nerveux | 8 |
| Fonctionnement du système nerveux | 14 |
| **Prolongements en classe** | **20** |
| pour l'enseignant | 20 |
| pour les élèves | 20 |
| **Sitographie** | **22** |
| **Filmographie** | **23** |
| **Bibliographie** | **24** |
| **Liens aux programmes scolaires** | **29** |

# Présentation générale

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, au cœur de la matière, et même au travers de notre système solaire, les enjeux de ce début de siècle se trouvent à l'intérieur de notre boîte crânienne. Longtemps considéré comme un organe secondaire, le cerveau n'a cessé de livrer ses secrets lentement au fur et à mesure des recherches et notamment des techniques d'imagerie.
Aujourd'hui, grâce aux neurosciences, les connaissances sur le cerveau ne cessent de progresser et d'ouvrir le champ des possibles. L'exposition souhaite éclairer le visiteur de tout âge sur les nombreuses questions soulevées par cette thématique et intégrer de manière citoyenne au cœur de la recherche.
S'appuyant sur les éléments scientifiques actuels, le visiteur est invité à explorer son cerveau grâce à une exposition qui se présente comme un terrain d'expérimentation et de découverte.
L'équipe projet de Cap Sciences s'est entourée des meilleurs experts en neurosciences de l'INSERM, du CNRS, du LabEx BRAIN ou notamment de l'INRIA.

L'exposition est organisée en 5 zones. Dans la première partie, une carte interactive représentant l'arbre phylogénétique des cerveaux livre un panorama des cerveaux du règne animal au cours de l'évolution et permet ainsi de définir les notions de système nerveux et de cerveau. Puis les élèves découvrent les différentes perceptions du monde rencontrées dans le règne animal afin de mieux comprendre le lien entre perception et organisation neuronale. Dans une troisième partie, la thématique de la plasticité cérébrale est abordée et mise en lien avec les processus d'apprentissage. En poursuivant leur visite, les élèves observent le cerveau en images et découvrent le fonctionnement du neurone et de l'influx nerveux. Pour finir, les élèves testent leurs fonctions cognitives au cœur d'un laboratoire, le CognityLab.

# Les zones de l'exposition

## Cerveau et évolution

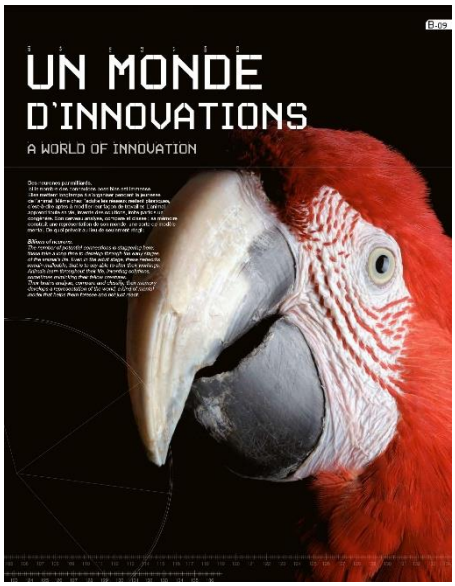
Ici, l'objectif est de découvrir le panorama des cerveaux du règne animal au cours de l'**évolution**. En effet, l'organisation du système nerveux s'est profondément modifiée et complexifiée au cours du temps. A partir de quand et de quelle architecture nerveuse peut-on réellement parler de « cerveau » ?
Pour cela, une carte interactive représentant l'**arbre phylogénétique** des cerveaux nous fait voyager dans l'évolution et dans la variabilité des centres nerveux au cours du temps.
L'attention est ensuite focalisée sur le système nerveux de 4 animaux : l'éponge, le criquet, la tortue et l'Homme afin d'illustrer la pluralité des organisations nerveuses existantes.

Dans cette zone, on découvre également la technique du moulage endocrânien utilisée en paléoneurologie et qui fournit des informations sur le volume cérébral global et l'anatomie externe des cerveaux.

## 1000 cerveaux, 1000 mondes

Cette partie de l'exposition permet de comprendre que chaque animal a une perception différente du monde environnant car celle-ci est liée à l'organisation de son système nerveux.

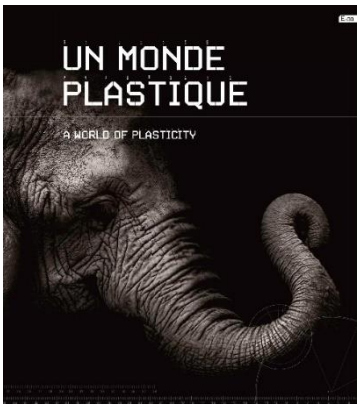
On s'immerge dans quatre « mondes » d'**interactions animal- environnement** différents, dont chacun réunit un ensemble d'animaux possédant le même degré de « capacités cérébrales » :




- un **monde de réflexes**, dans lequel les réseaux nerveux sont très simples tout comme les couples « stimuli- réponses ».
- un **monde de programmes**, où les signaux analysés sont variés et multiples et les réponses coordonnées et contrôlées. Le cerveau y gère des programmes complexes mais il ne peut les faire évoluer.
- un **monde d'innovations** au sein duquel la complexité et la plasticité du réseau neuronal permet à l'animal d'analyser, comparer, classer, modéliser son environnement.
- un **monde de culture**, le nôtre, dans lequel les individus se transmettent leurs arts, leurs idées, leurs valeurs.

Ce voyage dans le monde animal se fait au travers d'exemples concrets animaliers illustrés en panneaux, vidéos et jeux interactifs.

## Un monde plastique




La plasticité cérébrale ou **neuroplasticité** est la capacité qu'a notre cerveau de se modifier afin de créer, défaire et réorganiser ses réseaux neuronaux. Dans cette partie de l'exposition, l'objectif poursuivi est celui de comprendre les processus de plasticité cérébrale et comment ceux-ci participent à l'apprentissage.

## Zoom sur le cerveau

Cette partie nous fait pénétrer dans l'organe le plus mystérieux du corps humain.
On y découvre le cerveau sous toutes ses coutures et son élément de base, le **neurone**.
Notre cerveau en contient moins de 100 milliards (86 milliards selon les estimations récentes), dont chacun communique avec 10 000 de ses voisins. Ce réseau d'une incroyable complexité est aujourd'hui observable « in situ » grâce à l'imagerie médicale.
Un jeu, le « Flipper », explore le fonctionnement d'un réseau neuronal et la loi du « tout ou rien ».

# Le cognitiLab

Le cognitiLab, laboratoire composé de 8 postes de tests permet aux élèves d'appréhender et de tester leurs **fonctions cognitives**. Les deux fonctions cognitives qui sont testées sont la **mémoire** et l'**attention**. L'élève s'installe, choisit la fonction cognitive de son choix et réalise le test associé. Le test fini, le multimédia livre les clés de compréhension liées à cette fonction cognitive.

# Eclairages scientifiques

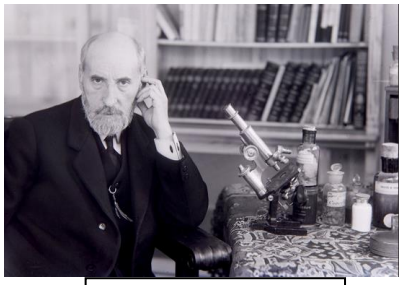
## Historique

Durant l'Antiquité, **Platon** (427–348 av.J.C.) eut l'intuition que le cerveau était le centre de l'intelligence. Mais ensuite, selon la pensée d'**Aristote** (384-322 av.J.C.), on avança longtemps l'idée que le cœur était le siège des émotions et on a alors accordé peu d'importance au cerveau dont la fonction supposée était de refroidir le sang.
Plus tard, **Galien** (131-201 apr.J.C.), médecin personnel de l'empereur romain Marc-Aurèle émit l'hypothèse que le cerveau était relié à la moelle épinière et, par ses ramifications nerveuses, à toutes les parties du corps notamment aux muscles et aux organes des sens. Il décrit aussi sept nerfs crâniens et fait une description extrêmement précise de l'anatomie de l'œil.

Au Moyen-Age, l'emprise de l'Eglise sur la société et son interdiction des dissections font stagner la science.
Au XVe siècle, **Léonard de Vinci** reprend les dissections et dessine des planches d'une précision inouïe. Peu de temps après, **André Vésale** (1514-1564) fera lui aussi des planches anatomiques remarquables et distingue deux matières dans le cerveau, une matière grise et une matière blanche. Il fait le lien entre le poids du cerveau et l'intelligence. Malheureusement, cette théorie persistera longtemps et donnera lieu à la croyance que les hommes sont plus intelligents que les femmes, puisque leur cerveau est plus lourd.

Les évolutions en physique et notamment la maîtrise de l'électricité vont permettre à l'Italien **Luigi Galvani** (1737-1798) de mener de nombreuses expériences à la suite desquelles il découvre que de l'électricité circule sur les nerfs.
C'est au XXe siècle que de grands bouleversements et de grandes évolutions technologiques font avancer considérablement les connaissances sur le cerveau. C'est la naissance des neurosciences.

Grâce au microscope, deux savants, l'espagnol Santiago **Ramon y Cajal** (1852-1934) et l'Italien **Camillo Golgi** (1843-1926) - nobélisés en 1906 - découvrent les **neurones**. Il faut attendre 1955 pour que l'existence de la synapse soit confirmée grâce à la microscopie électronique. Durant ce siècle, d'autres avancées majeures ont lieu : cartographie du cortex, mise au point de l'électroencéphalographie, découverte des neuromédiateurs, mise en évidence de la plasticité cérébrale, greffe de neurones.



*Ramon y Cajal*

# Anatomie du système nerveux

## Organisations du système nerveux

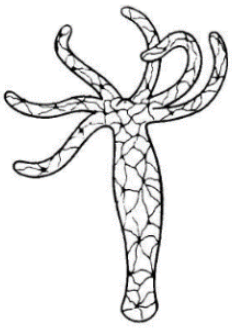
Dans le règne animal, il existe une importante diversité d'organisation du système nerveux, en lien avec l'évolution au cours du temps de cette structure. On observe :

- des **réseaux nerveux diffus simples** (dépourvus de centralisation)
- des **cordons nerveux** chez les animaux bilatéraux
- Des organisations plus complexes, avec l'apparition du **cerveau** par un processus appelé **céphalisation**.

*Rq : dans le règne animal, seules les éponges ne possèdent pas de système nerveux car elles sont dépourvues de neurones.*

Un **réseau nerveux diffus** se caractérise par la présence de **neurones sensoriels** qui réagissent à des signaux (chimiques, tactiles et visuels) et de **neurones moteurs** responsables de la réponse aux stimuli, telle que des contractions à la surface du corps. Entre ces 2 entités, on peut trouver des neurones dits « **intermédiaires** », parfois regroupés sous forme de ganglions, et qui servent de centres de coordination locaux. On trouve ce type d'organisation chez les cnidaires (comme les méduses et les hydres) et les cténophores (animaux marins carnivores transparents, ressemblant aux méduses).

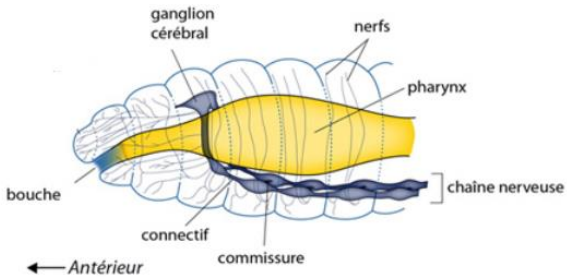
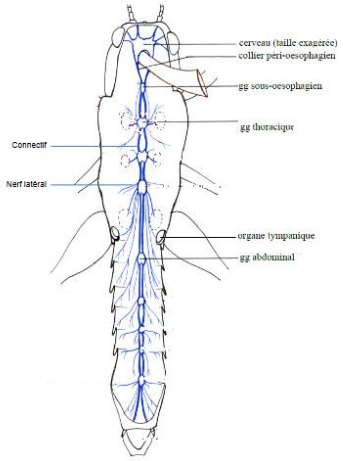
*cténophore*



**Hydre**
. réseau diffus de neurones.

La grande majorité des animaux sont bilatériens, avec un côté gauche et droit qui sont approximativement images l'un de l'autre dans un miroir. Tous les bilatériens ont un ancêtre vermiforme commun apparu entre -550 à -600 millions d'années.

Les **cordons nerveux** s'étendent de la partie antérieure à la partie postérieure de l'animal et présentent des élargissements, les noyaux, pour chaque segment du corps. Au cours de l'évolution, le plus important de ces ganglions à l'avant de l'animal a contribué par son développement au processus de céphalisation et d'apparition d'un **cerveau**.

| ver de terre | |
|---|---|
| L'organisation est dite en **barreaux d'échelle** : chaîne nerveuse constituée de paires de ganglions nerveux contenues dans chaque segment du corps et reliés par des nerfs.<br><br>Les **ganglions** de la partie antérieure du corps sont dits "**cérébraux**" car ils préfigurent le cerveau des animaux plus évolués. |  |
| **arthropodes** | |
| Le système nerveux est constitué d'une série de ganglions reliés par un **cordon nerveux ventral**. Le segment crânial contient le cerveau, nommé **ganglion supraoesophageal**.<br><br>Le système nerveux comprend également des organes sensoriels pour la vision, l'olfaction, la reconnaissance des phéromones. |  |

***Exemples de systèmes nerveux de bilatériens***

## Le système nerveux des Mammifères

On décompose le système nerveux en 2 parties : le système nerveux central et le système nerveux périphérique.
Le **système nerveux central** (SNC) est composé par l'encéphale et la moelle épinière. Le cerveau est protégé par la boîte crânienne tandis que la moelle épinière (qui mesure environ 43 cm de long chez l'Homme) est protégée par la colonne vertébrale. Cerveau et moelle épinière sont tous deux logés dans une membrane protectrice à trois couches appelée méninges. Le SNC constitue le centre de régulation et d'intégration du système nerveux. Ses principaux rôles sont les suivants :

- le recueil des informations en provenance des différentes régions du corps
- l'interprétation ou l'intégration des différentes afférences sensitives
- l'élaboration d'une réponse motrice adaptée

Le **système nerveux périphérique** (SNP) correspond à la partie du système nerveux située à l'extérieur du système nerveux central. Il est constitué par les nerfs crâniens et rachidiens. Il forme une des voies de communication entre les différentes régions du système nerveux central et les nombreux systèmes de l'organisme. Le SNP se décompose lui-même en voie sensitive qui transporte vers le SNC les influx nerveux en provenance des différents récepteurs

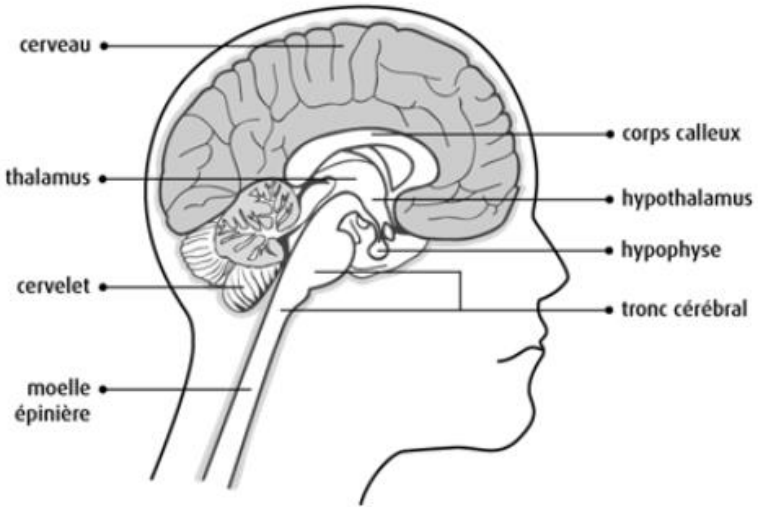
disséminés dans l'organisme, et en voie motrice, sur laquelle circulent les influx nerveux provenant du SNC à destination des organes effecteurs tels que les muscles et certaines glandes.

### Le cerveau ou l'encéphale

Tout d'abord, il est nécessaire de préciser quelques termes couramment employés. En **neurosciences**, le terme **encéphale**, utilisé par les scientifiques, désigne le système nerveux central contenu à l'intérieur de la boîte crânienne. Il diffère du mot « cerveau » qui correspond uniquement au prosencéphale, partie de l'encéphale formée par les hémisphères cérébraux, le thalamus et l'hypothalamus.
En langage courant, le terme « cerveau » se confond avec celui d'encéphale et englobe l'ensemble des structures contenues dans la boîte crânienne. C'est ce dernier sens que nous garderons pour la suite des explications.
Chez l'Homme, le cerveau pèse en moyenne 1,3 kg et est l'organe le mieux protégé, d'une part parce qu'il baigne dans le liquide céphalo-rachidien, réduisant les effets des chocs et d'autre part car il est recouvert par 3 enveloppes : les méninges. Il consomme 15 à 20% de l'énergie produite par l'organisme, essentiellement du glucose. Il est parcouru par un grand nombre de vaisseaux sanguins permettant un apport important en oxygène.

Le cerveau apparaît à l'œil nu comme un organe à la surface plissée et formé de deux parties identiques: les hémisphères cérébraux.
Anatomiquement, il se divise en **3 parties** :

- Le cerveau antérieur (prosencéphale)
- Le cervelet
- Le tronc cérébral




***<u>Le cerveau antérieur</u>***

Le cerveau antérieur est constitué des 2 **hémisphères cérébraux** - réunis par le corps calleux -, de l'**hypothalamus**, du **thalamus** et de l'**hyphophyse**.
À la surface des hémisphères, se trouve une couche de tissu cérébral appelé *cortex cérébral*, ou *matière grise* en raison de sa couleur grise. C'est le cortex cérébral qui donne son aspect bosselé au cerveau humain car celui-ci est replié dans des circonvolutions, ce qui permet d'accroître sa surface et le nombre de cellules nerveuses.
On retrouve à la surface du cortex de profonds sillons appelés scissures qui délimitent les quatre lobes : lobe frontal, lobe pariétal, lobe occipital et lobe temporal, chacun responsables de fonctions particulières (planification, résolution de problèmes, langage, attention, vision, audition, gestion des émotions...).
Chaque hémisphère traite généralement les informations sensorielles et motrices des membres du côté opposé : l'hémisphère droit commande le côté gauche du corps et inversement. Cependant, la répartition des fonctions à l'intérieur des lobes n'est pas

totalement figée. Certaines fonctions sont gérées dans des zones différentes selon les personnes.

L'hypophyse, le thalamus et l'hypothalamus sont des structures nerveuses situées à la base du cerveau, au milieu du crâne. Le thalamus joue un rôle de **coordinateur des informations sensorielles** allant au cortex ; l'hypothalamus, quant à lui, est le centre de **contrôle de l'appétit**, des **comportements de défense et de reproduction**, du cycle veille **sommeil**.
De la taille d'un petit pois, l'hypophyse joue un rôle fondamental dans la production des hormones. Elle contrôle de nombreuses fonctions telles que la **croissance**, la production du **lait maternel**, la **puberté**, la fertilité, …

***Le cervelet***
Il est situé à l'arrière du tronc cérébral et présente deux hémisphères (du latin : *cerebellum*, « petit cerveau ») . Le cervelet est responsable de l'**équilibre**, de la **coordination motrice**, de la position du corps.

***Le tronc cérébral***
Le tronc cérébral sert de point de passage entre les hémisphères cérébraux et la moelle épinière. Il est composé du mésencéphale, du pont et du bulbe rachidien. C'est lui qui contrôle les **fonctions vitales du corps** : battements du cœur, respiration, reflexes de toux, tension artérielle, température du corps. Il commande aussi la mobilité des yeux, les mouvements du visage et la déglutition. C'est également un centre de passage des voies motrices et sensitives, ainsi qu'un centre de contrôle de la douleur.

**La moelle épinière**
La moelle épinière est une longue et fragile structure tubulaire qui commence à l'extrémité inférieure du tronc cérébral et se termine en bas du rachis. Elle est localisée dans les vertèbres de la colonne vertébrale qui la protège. Elle reçoit des informations sensorielles de toutes les parties du corps en dessous de la tête qu'elle transmet au cerveau. La moelle épinière génère des influx nerveux dans les nerfs qui **contrôlent les muscles et les viscères** au travers d'activités réflexes ou de commandes volontaires en provenance de l'encéphale.

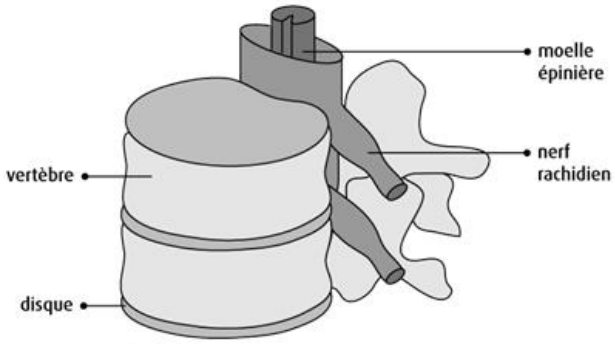


Schéma de la colonne vertébrale

**Le système nerveux périphérique** (SNP) est un vaste réseau de nerfs et de ganglions qui permet de relier le système nerveux central au reste du corps et de véhiculer des informations sensitives et motrices.
Il se compose de :

- 12 paires de **nerfs crâniens** qui naissent, pour 10 d'entre eux au niveau du tronc cérébral. Ils exécutent des fonctions spécifiques dans la tête et le cou (avec quelques exceptions), dont nous procurer le sens de l'odorat, de la vue, de l'ouïe, du goût ainsi que du langage, les sensations au visage et les mouvements des muscles du visage, des yeux et de la langue.

– 31 paires de **nerfs rachidiens** qui partent de la moelle épinière et passent par les espaces intervertébraux.

***<u>Les nerfs</u>***

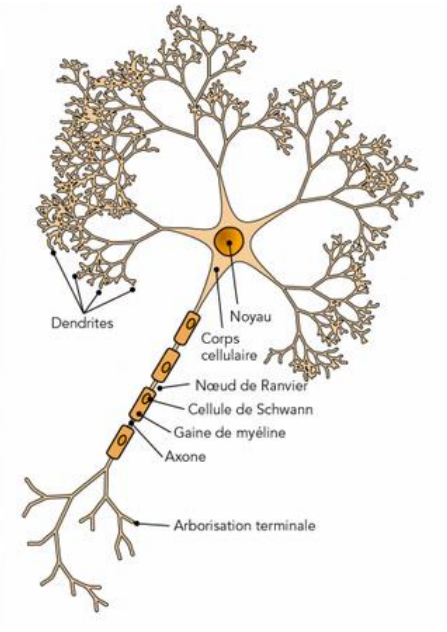
Les nerfs sont le principal lien de connexions entre le cerveau et le reste du corps humain. Ils sont formés par des faisceaux de fibres nerveuses, c'est à dire d'axones de neurones, protégés par du tissu conjonctif.

Les nerfs peuvent soit transmettre des informations au cerveau, soit, à l'inverse, le cerveau envoie des informations via ces faisceaux nerveux. On les divise en 2 groupes :

- les nerfs sensitifs font remonter les informations depuis les récepteurs sensoriels (situés dans la peau, les muscles, les viscères) jusqu'au système nerveux central ;
- les nerfs moteurs transportent la commande motrice depuis le système nerveux central vers les effecteurs (principalement les muscles, mais aussi les glandes, le cœur, l'estomac et les intestins, le foie, les reins et la vessie)

Certains nerfs peuvent être mixtes, constitués à la fois de fibres sensorielles et motrices.

## Les neurones




**Le neurone** ou cellule nerveuse est l'unité de travail de base du système nerveux. C'est une cellule spécialisée dans la transmission d'informations à d'autres cellules, nerveuses, musculaires et glandulaires. Le cerveau des mammifères contient **entre 100 millions et 100 milliards de neurones en fonction de l'espèce**. Chez l'Homme, on compte environ 86 milliards de neurones dans le cerveau.

Chaque neurone de mammifère est formé de 3 parties :
- le **corps cellulaire** qui contient le noyau et une partie du cytoplasme
- les **dendrites**, nombreuses, courtes et très ramifiées : elles constituent la structure réceptrice de l'influx nerveux, qu'elles conduisent jusqu'au corps cellulaire.
- l'**axone** : il y en a 1 seul par neurone, mais celui-ci peut former de nombreuses petites ramifications avant de se terminer en terminaisons nerveuses. Sa longueur est très variable, pouvant aller jusqu'à près d'un mètre ! Ces longs axones sont appelés fibres nerveuses. Certains axones sont recouverts d'une gaine de myéline. Cette gaine de myéline est semblable au matériau isolant d'un fil électrique. Les influx nerveux se propagent beaucoup plus rapidement dans les nerfs pourvus de gaine de myéline que dans ceux qui en sont dénués.

La fonction de la cellule nerveuse est d'assurer la réception, la propagation et la transmission d'un signal bioélectrique appelé **l'influx nerveux**. Au sein du neurone, l'influx nerveux se déplace dans sa membrane, dans le sens unique dendrite, corps cellulaire, axone pour terminer son chemin au niveau de la **synapse**. C'est cette zone de contact entre deux neurones ou entre un neurone et une autre cellule qui permet le transfert de l'information. Ce transfert s'effectue par la libération de molécules produites par le neurone pré-synaptique, appelées **neurotransmetteurs**. Ces neuromédiateurs se fixent sur des récepteurs du neurone post-synaptique et induisent, selon leur nature chimique, plusieurs réactions (stimulation d'un neurone voisin, d'un muscle ou d'une glande).

> A la différence d'un fil électrique, ce n'est pas un flux d'électrons qui conduit le signal le long du neurone mais c'est une onde d'échanges ioniques qui s'effectuent à travers la membrane. Cette propagation est donc de nature **électrochimique.**

En moyenne on compte 10 000 synapses par neurone !

Dans le tissu nerveux, on trouve également les **cellules gliales**, plus nombreuses que les neurones, et qui assurent plusieurs fonctions dont le soutien et la nutrition des neurones.

Les neurones possèdent une **longévité incroyable** qui, lorsqu'ils ont un apport constant en nutriments de qualité, peut dépasser les **cent ans** ! Mais les neurones sont incapables de se diviser, ce qui empêche leur renouvellement. Cependant on a découvert un processus

permettant la production de nouveaux neurones au sein du cerveau adulte, la **neurogenèse adulte**. Elle est maintenant bien démontrée chez un certain nombre de mammifères. La division des cellules souches neurales donne naissance à des cellules capables de se différencier en neurones et de s'intégrer dans les circuits préexistants du cerveau. Bonne nouvelle : ce processus n'est pas limité aux individus les plus jeunes !

***Vous avez dit « matière grise » ?***
Le SNC est formé de deux parties différentes caractérisées par leur teinte : la substance grise et la substance blanche. La substance grise est formée des corps cellulaires et de l'arbre dendritique des neurones et de cellules gliales ; la substance blanche est formée de fibres axonales. Par synecdoque, la matière grise peut désigner le cerveau ou l'intelligence !

# Fonctionnement du système nerveux

## Cognition et fonctions cognitives

La **cognition** est l'ensemble des processus mentaux qui sont mis à l'œuvre dans les fonctions cérébrales liées à la connaissance : l'attention, l'apprentissage, l'intelligence, le langage, la mémoire, la prise de décision, la résolution de problèmes, le raisonnement,… La motricité, la perception et les émotions sont aujourd'hui également inclus dans les processus de cognition.

Les disciplines scientifiques qui s'occupent de **cognition** sont appelées « **sciences cognitives** », comme l'anthropologie, l'intelligence artificielle, les neurosciences, la psychologie, *etc*.

Les **fonctions cognitives** sont les capacités sophistiquées dont notre cerveau se sert pour élaborer un itinéraire, se rappeler un numéro de téléphone, calculer mentalement, lire… Elles sont donc le support de la pensée, de l'action et de la communication. Elles sont classées en 4 principales catégories : la mémoire, l'attention, le langage, les fonctions exécutives et les fonctions visuo-spatiales.

La mémoire est un processus très complexe qui permet de coder, stocker et récupérer une information. La mémoire est la fonction cognitive la plus largement sollicitée dans la plupart de nos actes : elle intervient dans l'enregistrement d'informations aussi diverses que le menu du dernier repas ou une date historique de l'histoire de France mais également de façon essentielle dans d'autres activités cognitives comme la lecture, le raisonnement, le calcul mental. Elle se trouve, en conséquence, continuellement mise à contribution de façon volontaire ou non, et permet de constituer en chacun de nous un stock de connaissances culturelles, de souvenirs personnels, de procédures motrices…

Il existe différentes mémoires selon la durée du souvenir :

- La **mémoire sensorielle** est la plus éphémère, captant toute nouvelle information perçue pendant quelques centaines de millisecondes seulement.
- La **mémoire à court terme**, également appelée mémoire de travail, prend ensuite le relais en conservant l'information pendant une minute environ. Sa capacité est

également limitée en quantité, permettant d'enregistrer 7 éléments environ. Elle intervient aussi dans la lecture, nous permettant de retenir la phrase que nous venons de lire afin d'assurer une cohérence avec la suivante.

- La **mémoire à long terme** intervient lorsque l'on souhaite retenir plus longtemps une information. Cette mémoire a une contenance et une durée de conservation de l'information qui sont illimitées.

L'attention est une fonction cognitive complexe qui est primordiale dans le comportement humain. L'attention est impliquée dans tous nos actes intellectuels, soit en nous permettant d'être globalement vigilants, soit en focalisant notre concentration sur un point précis, soit au contraire en répartissant notre concentration sur plusieurs activités. L'attention n'est pas stable mais fluctuante. Elle ne peut rester "soutenue" de manière continue : elle connaît au contraire automatiquement des états de relâchement au cours d'une même activité.

Le langage est un système de communication symbolique qui se manifeste, chez les humains, à travers les langues. Le langage permet à la fois la communication entre les individus et la structuration des pensées internes.

La lecture est une activité mentale complexe qui implique différents types d'analyses plus ou moins automatiques sur les mots (visuelle, orthographique, phonologique, syntaxique, sémantique), avec l'intervention de la mémoire temporaire contribuant à donner de la cohérence à un texte, phrase après phrase, et en sélectionnant les informations pertinentes.

Les fonctions exécutives correspondent à des fonctions élaborées de logique, de stratégie, de planification, de résolution de problèmes et de raisonnement hypothético-déductif. Ces fonctions sont mises en jeu lors de la résolution de tous les problèmes plus ou moins complexes du quotidien. Lors d'une activité de raisonnement, les fonctions d'attention, de mémoire et d'imagerie mentale sont évidemment sollicitées.

Les fonctions visuo-spatiales

Dans notre perception du monde, la vue est le sens le plus utilisé : reconnaissance de formes visuelles, des couleurs, analyse de la position d'un objet par rapport à un autre, estimation de distances… Deux parties différentes du cerveau traitent pour l'une la forme des objets, pour l'autre leurs propriétés spatiales (c'est-à-dire la taille, l'emplacement, l'orientation des objets). Ceci permet d'interagir avec l'environnement proximal, s'orienter et se repérer.

## Plasticité neuronale et apprentissages

Dans notre cerveau, les neurones, pour communiquer entre eux, forment environ 100 milliers de milliards de connexions synaptiques. Ce schéma de connexions et de câblages est appelé connectome. Très longtemps, les scientifiques ont pensé que, une fois arrivé à l'âge adulte, ce schéma ne pouvait se modifier et que le nombre de neurones ne faisaient que décroître. Or, grâce aux progrès des neurosciences et de l'imagerie médicale, il est désormais avéré que le cerveau adulte a la faculté de **se restructurer** et de **récupérer** : c'est ce qu'on appelle la plasticité cérébrale ou neuronale.

Cette capacité s'explique par 2 phénomènes distincts : d'une part la **malléabilité du connectome** et d'autre part la neurogénèse. En effet, le connectome est dynamique et il subit un recâblage constant lorsque l'individu acquiert de nouvelles compétences et créer de nouveaux souvenirs. Au cours de ce processus, non seulement de nouvelles connexions physiques peuvent-elles être établies, mais d'anciennes peuvent aussi être perdues, ou des connexions existantes se renforcer. L'ensemble de ces modifications du « schéma de câblage » du cerveau, qui dépendent de l'apprentissage et de l'expérience, constituent la **plasticité cérébrale**.
La **neurogénèse**, quant à elle, est la production par le tissu nerveux de nouveaux neurones. Elle a lieu chez l'Homme au sein de l'hippocampe et se produit quel que soit l'âge de l'individu. La mise en évidence de cette jouvence des cellules nerveuses à partir de cellules souches entraîne de nouveaux questionnements : quel est son rôle dans les fonctions cognitives de l'adulte et au cours du vieillissement ? Comment ces nouveaux neurones s'intègrent-ils dans les réseaux pré-existants de l'hippocampe ? Qu'en est-il dans d'autres aires cérébrales ?

**Plasticité et apprentissage**

On sait que les performances du cerveau évoluent avec l'âge. Dès *in utero* le cerveau fait preuve de plasticité, avec la mise en place du réseau neuronal. Au cours de l'enfance et de l'adolescence, les expériences vécues au contact de notre environnement (contacts sociaux, culture…) dessinent le « plan de base » du cerveau, qui perdurera pour le reste de l'existence. Durant ces années cruciales, celui-ci est tracé et retracé à plusieurs reprises.
La plasticité neuronale est présente tout au long de la vie, avec un pic d'efficacité pendant le développement à la suite de l'apprentissage, puis toujours possible mais moins fortement chez l'adulte. Ceci explique que l'apprentissage peut être en effet plus long et fatiguant l'âge avançant.

On compare souvent le cerveau a un muscle : à l'identique, l'entraînement va ainsi stimuler les neurones à se remodeler, à s'interconnecter pour établir de nouvelles connexions ou renforcer celles existantes et gagner ainsi en rapidité et en efficacité. La neuroplasticité suit le principe du **«** *use it or lose it* », c'est-à-dire que les réseaux neuronaux qui ne sont pas mobilisés régulièrement vont se dégrader.
Plusieurs facteurs favorables à l'entretien de cette plasticité sont bien identifiés et combinent l'activité physique, la réduction du stress, une activité cognitive régulière, des relations sociales et l'absence de prise de psychotropes.

**Plasticité – traumas et maladies neurologiques**
Cette capacité adaptative permet au cerveau de récupérer après des traumas**,** troubles ou lésions. Par exemple, lors de la perte d'une fonction sensorielle, d'un membre ou après un AVC, le cerveau se réorganise afin de compenser cette perte. Au niveau de la zone affectée par la lésion, les neurones se détériorent et ne peuvent plus assumer leurs fonctions. Grâce à la plasticité cérébrale, ces fonctions perdues peuvent être partiellement prises en charge par les neurones situés à proximité. Ces réarrangements sont surtout locaux, dans les régions adjacentes à la zone lésée, mais peuvent aussi se faire à une échelle plus large.
Concernant les maladies neurodégénératives, la découverte récente du la neurogénèse adulte ouvre la porte à de possibles avancées dans la compréhension et la prise en charge de ces pathologies.

## Perceptions de l'environnement et évolution

Comment les animaux perçoivent-ils le monde qui les entoure ? L'évolution du monde animal a conduit à une grande diversité des organes des sens, des modalités intégratives des informations reçues … et des réponses qui y sont faites. Pour une espèce donnée, il lui est impossible de percevoir tout ce qui existe physiquement autour d'elle : sa perception du monde environnant relève d'une gamme assez limitée. L'adéquation de sa perception à son environnement se révèle de la plus grande importance pour sa survie.

A l'échelle de l'animal, il faut tout d'abord définir ce qu'est son environnement : seuls les objets inclus dans ces dimensions existent pour lui. Ce qui est trop petit ou trop grand n'est pas perçu. L'échelle de grandeur significative, pour la plupart des animaux terrestres, va plutôt du millimètre au kilomètre. De plus, on peut définir 4 grands types de signaux différents informant l'animal sur son environnement : sonore, tactile, visuel, chimique.

A titre d'exemples des perceptions du monde, on peut s'intéresser tout d'abord aux signaux visuels. Ceux-ci sont de plusieurs natures et incluent les signaux d'origine électro-magnétique comme la lumière mais aussi les champs magnétiques et électriques. La capacité de percevoir les champs magnétiques s'appelle la **magnétoréception**. Présentes chez différentes espèces allant des poissons comme la truite arc-en-ciel et le saumon, aux insectes comme la drosophile, aux oiseaux (pigeons, rouge-gorge, passereaux migrateurs…), aux tortues et aux cétacés comme les dauphins et baleines, elle leur permet d'utiliser le champ magnétique terrestre pour s'orienter et se déplacer. Pour un même signal, le champ magnétique, les structures capables de le détecter ne sont pas les mêmes dans le règne animal et il reste encore de nombreux points à élucider pour comprendre comment cela fonctionne.

S'il nous est difficile de nous représenter la « vision » du champ magnétique terrestre, la perception du signal lumineux n'est pas non plus la même dans l'ensemble du règne animal. En effet, elle dépend de 3 paramètres :

- le milieu dans lequel l'animal évolue : milieu terrestre, aquatique, à très faible luminosité (grandes profondeurs, grottes..) vie nocturne ou diurne
- les photorécepteurs mis en jeu : leur nature (les tâches oculaires chez les méduses et les vers, les ocelles et les yeux, composés ou camérulaires), leurs nombres et dispositions sur l'animal
- le traitement fait des informations reçues par le système nerveux.

En tout état de cause, la vision suit la règle d'être adaptée au milieu et au mode de vie des espèces. Distinguer des détails, des formes, des couleurs, des reliefs, des mouvements… dépend des besoins de l'animal.

Si l'on s'intéresse à la performance oculaire, qui est le degré de perfection de l'image formée sur la rétine à partir de l'objet qui renvoie des rayons lumineux sur l'œil, on peut tenter de comparer une de ses caractéristiques : la résolution ou **acuité visuelle**. C'est la distance minimale entre deux points de l'objet susceptibles de donner une image distincte et nette. L'acuité des oiseaux de proie est de loin la plus développée : elle serait 7 à 8 fois supérieure à celle de l'homme. Si bien que les aigles peuvent apercevoir quelque chose d'aussi petit

qu'un lapin tout en volant à près d'1 kilomètre d'altitude. Mais dans l'ensemble du règne animal, la plupart des espèces voient le monde avec beaucoup moins de détails que nous. L'acuité la plus élevée chez un poisson n'est qu'à peu près la moitié de notre acuité. Les chiens et chats verraient 4 à 7 fois moins de détails que nous, et une souris jusqu'à 100 fois moins.

En ce qui concerne la **perception des couleurs**, celle-ci est liée à la présence dans la rétine de cônes sensibles au vert, au bleu et au jaune. Les couleurs perçues et leurs nuances sont très variables dans le règne animal : les oiseaux ont par exemple un sens de la couleur très développé en lien avec la richesse des coloris de leur plumage et l'importance de ces marqueurs dans la communication entre individu. Le spectre de la lumière est exploité encore différemment par d'autres animaux : vision des UV chez certains insectes et oiseaux, vision des infrarouges chez certains serpents.

Finalement, la perception du monde, qui s'entend chez l'humain au travers du prisme des 5 sens, appelle en biologie davantage de récepteurs sensoriels et davantage de « sens » comme l'électroréception, la magnétoréception. Cela nous rappelle combien la réalité que nous percevons n'est qu'une représentation parmi d'autres du monde physique : chaque espèce a sa propre perception du monde.

## Vous avez dit « Intelligence »

Il n'est pas aisé de définir le terme *intelligence* mais on l'entend classiquement comme la capacité d'adaptation à des situations nouvelles, la capacité qui permet de connaître, comprendre et apprendre.

Les débats perdurent quant à la structure de l'intelligence : est-elle unidimensionnelle (auquel cas on peut la mesurer par une valeur numérique unique) ou, au contraire, multidimensionnelle (dans ce cas, il faudra la décomposer en capacités plus précises) ?

Une partie des psychologues scientifiques, à la suite des travaux de Spearman en 1904, admettent l'existence d'une intelligence générale mesurée par le facteur g, qui rendrait compte des capacités de différents champs d'activité allant du raisonnement déductif au vocabulaire en passant par la mémoire.
Les travaux en psychologie de Raymon Cattell, en 1941, aboutissent à la théorie qu'il existe deux dimensions principales :

- l'intelligence fluide : il s'agit de la capacité à raisonner, à manipuler plusieurs informations, à calculer, etc...
- l'intelligence cristallisée: elle se réfère aux connaissances emmagasinées tout au long de la vie, à la culture générale, etc...

En 1993, les travaux ultérieurs de John Carroll correspondent à une nouvelle étape et enrichissent des théories précédentes. Il conclut à un modèle hiérarchique à trois strates de l'intelligence avec un facteur général d'intelligence en amont, prédit par huit capacités cognitives générales, elles-mêmes associées à des capacités cognitives spécifiques.
En psychométrie, le modèle CHC (modèle de Cattell-Horn-Carroll) est actuellement la base théorique décrivant la structure de l'intelligence et des capacités cognitives utilisée pour la réalisation et l'interprétation des tests d'intelligence.

L’approche ci-dessus est celle de la psychologie mais un autre prisme d’exploration est le domaine de l’éthologie. La définition *« L'intelligence désigne communément le potentiel des capacités mentales et cognitives d'un individu, lui permettant de résoudre un problème ou de s'adapter à son environnement »* peut aussi être questionnée concernant l’ensemble du règne animal. L’intelligence est-elle l’apanage de l’Homme ? Peut-on employer le qualificatif d’intelligent pour un animal ?

La caractéristique du comportement intelligent, tel que défini par l'humain, devrait correspondre à la réaction de l'individu devant un nouveau défi pour sa survie et, éventuellement, sur la façon dont il transmet sa connaissance à ses semblables. Elle est étudiée sous différents angles, dont l'utilisation d'outils, la mémoire, le langage et la culture.

Différentes études réalisées sur les chimpanzés ont permis d’observer une utilisation variée d’outils et surtout des techniques différentes entre groupes de chimpanzés, témoin d’une transmission par imitation d’une génération à l’autre, une sorte de « tradition sociale ». Des anthropologues et éthologues parlent pour décrire ces faits, avec ou sans hésitation, de « culture », de « protoculture » ou de « tradition ».

Concernant le langage, une des difficultés de l'étude d'éventuelles capacités langagières chez l'animal réside dans le fait que, lorsqu'on tente une définition du langage, elle se résume souvent à une définition du langage humain, excluant de facto une telle maîtrise chez l'animal. Les éthologues, comme Irene Pepperberg ou Sue Savage-Rumbaugh, sont plus nuancés et invitent à placer la communication sur un continuum. Les différences seraient donc davantage de degré que de nature.

Les questionnements autour de l’intelligence sont multiples et les réponses diverses, selon le prisme d’études et selon les écoles de pensée.

Gardons alors en tête la citation d’André Gide *: L’intelligence, c’est la faculté d’adaptation*.

# Prolongements en classe

## Pour l'enseignant

Voici une liste de liens vers des propositions et outils explicites pour apprendre à apprendre et favoriser concentration et apprentissages en classe.

- S'appuyant sur les travaux de la recherche et sur une équipe chevronnée d'enseignants et de formateurs de terrain, la **DGESCO** vous propose 7 formations autour des Sciences cognitives et des connaissances sur les mécanismes cérébraux de l'apprentissage afin d'améliorer les modalités pédagogiques de l'enseignement.

https://eduscol.education.fr/document/39458/download

- **académie de Toulouse**

https://pedagogie.ac-toulouse.fr/eco-gestion-voie-pro/system/files/2021-05/Enseigner%20avec%20les%20neurosciences%20%281%29.pdf

- **Plateforme Ifé – ressources ACCES**

Des propositions pour enseigner les neurosciences du cycle 3 au lycée.

http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/neurosciences/ressources-pedagogiques

## Pour les élèves

- **Projet ATOLE**

**ATOLE** est un programme de découverte et d'apprentissage de l'attention en milieu scolaire, pour apprendre l'ATtention à l'écOLE (« **AT**tentif à l'éc**OLE** » © J.P. LACHAUX, INSERM)**.** Son objectif est d'aider l'élève à mieux comprendre son cerveau et les forces qui bousculent son attention au quotidien, et à apprendre à mieux y réagir, non seulement en classe mais également en dehors.

https://project.crnl.fr/atole/

- **Canopé 95 : Démarche ATOLE – « ATtentif à l'écOLE »**

Un travail proposé par Canopé 95 pour la mise en place de la démarche ATOLE en classe.

https://atelier-canope-95.canoprof.fr/eleve/Attention/res/03Cerveau_Neurones.pdf

- **Des jeux pour tester et entraîner son cerveau**

**Cogniclasses et enseignement explicite** (en partenariat avec l'académie de Poitiers)

Sur ce site très complet, des supports et jeux pour la classe pour entraîner et tester son cerveau.

lien : jeux et supports pour la classe

- **Sciences-cognitives : Le jeu des neuromythes**

L'idée est de proposer aux élèves de discuter autour d'un jeu de 20 propositions sur le fonctionnement du cerveau. Ce jeu peut être une introduction pour recueillir les conceptions initiales des élèves sur le cerveau.

https://sciences-cognitives.fr/wp-content/uploads/2020/11/Partie-1.-Le-jeu-des-neuromythes.pdf

- **Lamap : les écrans, le cerveau et … l'enfant.**

***Les écrans, le cerveau et... l'enfant*** est un projet thématique pour l'école primaire, permettant aux enseignants, enfants et parents d'explorer les raisons pour lesquelles les jeux vidéo, Internet et autres « écrans » sont si fascinants et captivants, tout en posant un regard scientifique élémentaire sur un « continent » généralement méconnu : le cerveau. Projet pluridisciplinaire (sciences, mathématiques, français, instruction civique, TICE…), ***Les écrans, le cerveau et... l'enfant*** met en avant l'activité des élèves par le questionnement, l'étude documentaire, l'expérimentation, la modélisation et le débat.

https://fondation-lamap.org/projet/les-ecrans-le-cerveau-et-l-enfant

# Sitographie

- **Educ'Arte**

Un dossier thématique sur « Le cerveau, du système nerveux à la conscience » ;
Un dossier thématique sur « Intelligence artificielle et humanité » ;
Un projet pédagogique en partenariat avec l'Institut du Cerveau sur le thème « Découvrir les neurosciences » ;
Une fiche pédagogique proposant une sélection de vidéos et des activités « à la découverte des neurosciences » également en partenariat avec l'Institut du Cerveau.

- **Le cerveau à tous les niveaux**

Ce site permet de mieux comprendre le fonctionnement du cerveau, ses rapports au reste du corps et ses dysfonctionnements. Trois niveaux de connaissance pour découvrir et enrichir son savoir !

https://lecerveau.mcgill.ca/

- **Mon cerveau à l'école**

Un site pour les enseignants et les parents permettant de découvrir les apports des sciences cognitives dans les apprentissages.

https://moncerveaualecole.com/

- **Cogni'classe**

Un site qui permet de travailler avec les élèves 4 grands axes : mémoire, compréhension, attention, implication et métacognition pour faciliter les apprentissages.

https://sciences-cognitives.fr/

- **Ifé – plateforme ACCES – Neurosciences – Phylogénie et système nerveux**

Sur cette plateforme, des données permettant de faire un point sur la phylogénie du système nerveux des vertébrés, accompagnées de ressources utilisables en classe. Plusieurs images IRM anatomiques permettent également de travailler sur le sujet en utilisant le logiciel EduAnatomist et la banque de données NeuroPeda.

http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/neurosciences/actualisation-des-connaissances/phylogenie-et-evolution-des-systemes-nerveux/comprendre

- **Cortexmag**

Un site pour suivre les actualités des neurosciences et mieux comprendre. Des articles clairs et pouvant servir de support en classe.

https://www.cortex-mag.net/pourquoi-la-decouverte-des-recepteurs-de-la-temperature-et-du-toucher-meritait-bien-un-prix-nobel/

# Filmographie

- **Cerveau, mode d'emploi**

Un document genially regroupant 95 vidéos pour expliquer aux élèves, aux parents et aux enseignants des méthodes et outils

https://view.genial.ly/5efcbc81ccae930d8228df76/presentation-cerveau-mode-demploi

- **Curionautes des sciences : comment fonctionne le cerveau ?**

Une vidéo animée pour les plus jeunes pour comprendre le fonctionnement général du cerveau.

https://www.youtube.com/watch?v=5JnwC8ajz18

- **L'esprit sorcier : le cerveau, une machine hyperconnectée**

Sur ce site, un ensemble de courtes vidéos permettant de découvrir comment le cerveau apprend à lire, l'histoire de l'exploration du cerveau, ses dysfonctionnements et les dernières innovations pour mieux le connaître.

https://lespritsorcier.org/dossier-semaine/le-cerveau/

- **1 jour 1 question : à quoi sert le cerveau ?**

Le cerveau est un organe essentiel du corps : c'est lui qui nous permet de bouger, de penser, de rêver, de ressentir. Mais comment fonctionne-il ? Cette vidéo explique en 2 minutes à quoi sert le cerveau.

https://www.1jour1actu.com/science-et-environnement/a-quoi-sert-le-cerveau

- **C'est pas sorcier ! les neurones**

Dans cette vidéo de 3 minutes, des explications claires sur le fonctionnement des neurones.

https://www.lumni.fr/video/les-neurones-c-est-pas-sorcier

D'autres ***C'est pas sorcier !*** disponibles

Comment améliorer sa mémoire ? https://www.youtube.com/watch?v=Crh3MtpVZxM

Joie, peur, tristesse, colère… Que d'émotions ! https://www.youtube.com/watch?v=pyeXvjCVfy8

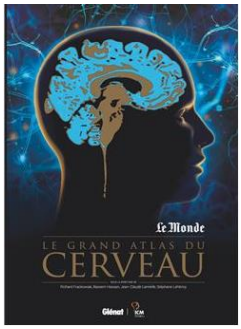
- **Deux gouttes de culture : comment fonctionne notre cerveau**

8 minutes pour répondre à de nombreuses questions : Quelles cellules composent notre cerveau ? Quelles sont les différentes structures du cerveau humain ? Combien de lobes possède notre cerveau ?...

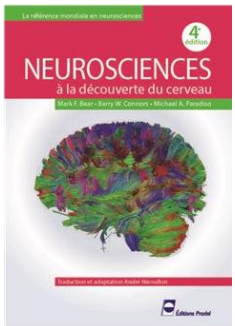
https://www.youtube.com/watch?v=X1IigO2GBUE

# Bibliographie

## Pour l'enseignant



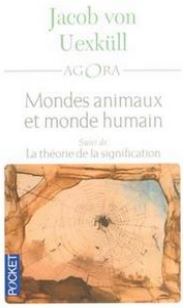

**Le grand atlas du cerveau**
Richard Frackowiak, Bassem Hassan, Jean-Claude Lamielle, Stéphane Lehéricy
Ed Glénat
Nov 2018
Quelle est l'organisation générale du système nerveux central ? Comment se forment les grands réseaux qui le constituent ? Comment les neurones fonctionnent-ils, quels sont leurs modes de communication au sein du cerveau ? A quoi correspond la plasticité cérébrale ? Les textes précis des neuroscientifiques réunis par l'ICM apportent des réponses claires à ces questions fondamentales, toujours illustrées par des schémas, des IRM, des scans et des photographies infiniment belles produites par les technologies de pointe en imagerie cérébrale.




**Neurosciences : à la découverte du cerveau**
Mark F. BEAR, Barry W. CONNORS, Michael A. PARADISO, André NIEOULLON
Ed Pradel
Juin 2016
L'ouvrage Neurosciences, à la découverte du cerveau est la référence incontestée pour l'initiation et la formation aux sciences du cerveau. Il mène le lecteur dans un monde fascinant où les progrès des connaissances, alliés à l'essor de technologies innovantes, ont permis en particulier de mieux comprendre les mécanismes de certaines maladies neurologiques...

**Incroyable cerveau ! Aurais-je une case en moins ?**
Eric GASPAR
Ed Robert Lafon
Avril 2018
" Où ai-je bien pu garer ma voiture ? " " Je connais son visage, mais comment s'appelle -t-il... ? " Si vous vous êtes déjà posé ces questions, ce livre est pour vous. *Incroyable cerveau !* est le livre indispensable pour permettre à chacun de comprendre tous les " bugs " que notre cerveau rencontre au quotidien – sensation de déjà-vu, mot " sur le bout de la langue ", oublis récurrents... De manière très pédagogique, simple et imagée, Éric Gaspar décrypte ces malices grâce aux dernières découvertes des neurosciences. Chaque situation comporte également une partie plus technique et détaillée qui permet de revenir sur les dernières avancées en neurosciences.

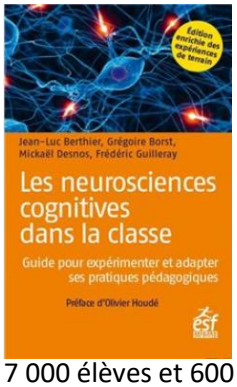
**Le cerveau cuisinier : petites leçons de neurogastronomie**
Roland SALESSE
Eds QUAE
Janvier 2022
Activité essentielle pour la survie, se nourrir mobilise de multiples fonctions de l'organisme. Fonctions motrices, fonctions sensorielles, fonctions du tube digestif… Et, en maître de cérémonie, le cerveau qui collecte les informations corporelles et en fait la synthèse. Il commande l'acte de manger et sa cessation. C'est le cerveau qui régule les heures des repas, c'est lui qui orchestre les relations entre les différents organes du corps, bien au-delà de ceux de la digestion. C'est encore lui qui forme et engrange les images sensorielles des aliments, et qui apprend la façon de les manger. C'est ainsi que se déterminent nos choix alimentaires, mais aussi leur valeur, non seulement nutritionnelle mais aussi symbolique et culturelle, jusqu'à l'appréciation esthétique pour la haute gastronomie. Ce livre brosse un tableau de nos connaissances actuelles en neurophysiologie de l'alimentation, en le resituant dans le contexte social, économique, culturel et artistique de notre société : c'est ce qu'on appelle la neurogastronomie.




**Mondes animaux et monde humain**
Jacob von UEXKULL
Eds Pocket
Novembre 2004
Quels sont les mondes de la taupe, de l'oursin, de l'abeille, du chien, du choucas ? Quelles en sont les structures, réelles ou imaginaires, les principales lignes de force ? En quoi se différencient-ils du monde humain ? Quelles relations magiques unissent la mouche à l'araignée, qu'est-ce qu'un espace vécu, un temps perceptif, une image d'action, un chemin familier ?
Tel est l'ensemble de questions auquel Jacob von Uexküll apporte ici une réponse. Ouvrage désormais classique, *Mondes animaux et monde humain* ouvre la voie à l'étude des comportements en même temps qu'il jette une lumière nouvelle sur le problème des univers parallèles, fondamental dans la science, l'art et la littérature d'aujourd'hui.

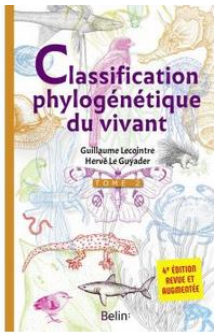
**Dans la tête d'un chien – les dernières découvertes sur le cerveau animal**
Gregory BERNS
Humensciences
Mai 2019
Que se passe-t-il dans la tête d'un chien ? Pour y répondre, le neuroscientifique Gregory Berns a observé, grâce à l'imagerie cérébrale, le cerveau des chiens exposé à certaines stimulations telles que la promesse d'une friandise, l'odeur de leur maître ou celle d'un chat. Cette excursion inédite dans la matière grise canine qui aura duré quatre ans, complétée par des travaux pionniers sur d'autres mammifères tels que les otaries, qui peuvent apprendre à danser, ou les dauphins, qui "voient" le monde par écholocalisation, nous montre que les animaux réagissent comme les humains aux mêmes émotions

**Le cerveau et les apprentissages**
Olivier HOUDE, Grégoire BORST
Nathan – Les repères pédagogiques
Quelles méthodes pour faciliter l'apprentissage ? Cet ouvrage s'intéresse au fonctionnement du cerveau des élèves et propose des pistes pratiques à explorer en classe. À travers les analyses d'experts (neuroscientifiques, neuropsychologues, chercheurs), cet ouvrage s'intéresse aux interactions entre le cerveau et les apprentissages :
- Comment les sciences cognitives nous éclairent sur les apprentissages disciplinaires : lire, écrire, raisonner et penser, compter, vivre avec autrui.
- Ce qu'elles nous apprennent sur les processus transversaux : mémoire, attention et concentration, contrôle exécutif, états mentaux.
- Chaque chapitre est éclairé par des pratiques de classe et des zooms sur des notions.




**Les neurosciences cognitives dans la classe**
Jean-Luc BERTHIER, Grégoire BORST, Mickael DESNOS, Frédéric GUILLERAY
Ed ESF
Avril 2021
Cet ouvrage s'appuie sur les dernières recherches et une méthodologie rigoureuse pour combattre les « neuromythes » et mieux relier la théorie sur le fonctionnement du cerveau avec des pratiques pédagogiques très concrètes. Les auteurs, des experts issus du monde enseignant et des neurosciences, s'appuient sur de nombreuses expérimentations conduites en classes auprès de 7 000 élèves et 600 enseignants pour illustrer le fonctionnement cognitif de l'apprenant, et ainsi lutter plus efficacement contre les difficultés scolaires. Les axes fondamentaux de l'apprentissage sont traités : mémorisation, compréhension, attention et fonctions exécutives, implication active. Plus de 80 fiches opérationnelles regroupent les objectifs officiels sur les apprentissages, les fondements scientifiques sous-jacents, les pistes pédagogiques, la description d'outils numériques adaptés.

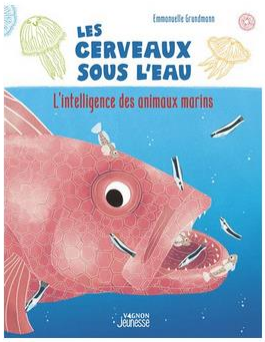
**Apprendre la musique : nouvelles des neurosciences**
Isabelle PERETZ
Ed Odile Jacob
Mai 2018
Comment l'apprentissage de la musique agit-il sur notre cerveau ? Quels effets a-t-il sur la curiosité, l'attention et la mémorisation ? Quel impact sur la lecture ou le raisonnement mathématique ? Y a-t-il un âge pour apprendre la musique ? Aujourd'hui, les enseignants et les responsables des systèmes scolaires s'interrogent, et interrogent les experts. Encore tout récemment, la Suisse misait sur une éducation musicale de qualité en l'inscrivant dans sa Constitution. Quels sont les fondements neuroscientifiques de cet intérêt pour l'éducation musicale ? Fruit de plus de trente ans de recherches neurobiologiques sur la musique en lien avec l'éducation, le livre qui nous dit tout sur la manière dont la musique transforme notre cerveau... pour notre plus grand bien ! Par l'une des plus grandes spécialistes, les neurosciences de la musique à la portée de tous, parents comme enseignants



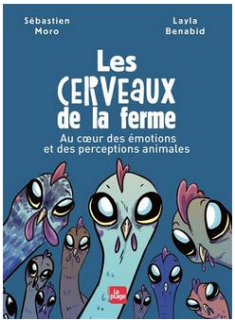

**Classification phylogénétique du vivant – 4e edition tome 2**
Guillaume LECOINTRE, Hervé Le Guyader
Belin
Mai 2017
La classification moderne, dite phylogénétique, est fondée sur la recherche de parentés entre espèces, exauçant ainsi le vœu ancien de Darwin que toute classification naturelle doit refléter une généalogie. Ce tome 2 de la Classification phylogénétique du vivant est une incursion dans l'arbre de la vie et tient compte des découvertes les plus récentes. Pour chaque groupe, on trouvera les arguments de la classification (les innovations évolutives léguées par son ancêtre) et bien d'autres renseignements (nombre d'espèces, plus ancien fossile connu du groupe, etc.).

## Pour les élèves

**Le cerveau pas bête – En vente à la boutique Cap Sciences**
Albert MOUKHEIBER,Raphael MARTIN
Avril 2023
Bayard Jeunesse
Un livre indispensable dans la collection à succès "Pas bêtes" destinée aux enfants de 7 à 11 ans, sur un organe réputé complexe qui devient plus familier le cerveau ! D'où viennent nos idées? C'est quoi un neurone? Filles/ garçons, on a le même cerveau? Une approche transversale à travers une trentaine de vraies questions d'enfants récoltées dans des écoles et qui abordent des thématiques proches de leur quotidien: les rêves, le corps humain, les émotions, l'apprentissage, etc.




**Les cerveaux sous l'eau – L'intelligence des animaux marins – En vente à la boutique Cap Sciences**
Emmanuelle GRUNDMANN
Eds Vagnon du Plaisancier
Février 2021
Sous la surface, les animaux marins ont dû s'adapter à des conditions de vie très différentes de celles des animaux terrestres, développant une intelligence surprenante. Mais lesquels ont réussi à tirer leur épingle du jeu de la meilleure manière ? Serait-ce la baudroie des abysses, avec sa lanterne qui leurre les proies pour lui permettre de se nourrir malgré l'obscurité ? Ou bien le dauphin, et sa façon si personnelle de communiquer ?

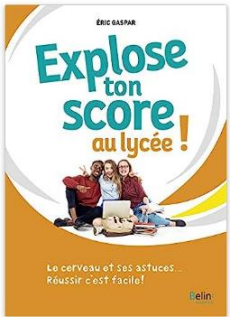



**Les cerveaux de la ferme – au cœur des émotions et des perceptions animales**
Sébastien MORO – Layla BENABIB
Ed La plage
Février 2021
« Il a un regard bovin, c'est déprimant ! », « Il a vraiment joué comme une chèvre au dernier match ! », « Mais elle a le QI d'une poule ! »,… Ces expressions sont assez révélatrices de l'image que l'on a généralement des animaux de la ferme : placides et dotés d'une intelligence très limitée. Pourtant cette vision est incroyablement éloignée de ce que nous dévoilent les récentes découvertes scientifiques ! Les poules sont des

mathématiciennes et des enseignantes hors pair, les chèvres des aventurières aux ressources quasi illimitées, les moutons des herboristes de talent, les cochons d'excellents cartographes et les vaches des championnes des réseaux sociaux Cet ouvrage résume sous forme de BD plusieurs centaines de travaux scientifiques des années 1980 à nos jours.

**C'est pas moi, c'est mon cerveau !**
Gregoire BORST, Mathieu CASSOTTI
Nathan
Aout 2022
Non, le cerveau des ados ne se met pas en sommeil en attendant des jours meilleurs... il est en pleine transformation et a des capacités insoupçonnées. Bienvenue dans un voyage au cœur de notre incroyable cerveau ! A travers 14 situations quotidiennes bien connues des ados, les auteurs décryptent son fonctionnement et aident le jeune lecteur à mieux comprendre ses émotions, ses réactions, ses relations. Mais qu'est-ce qui m'arrive ? Trop la honte ! Et autres émotions. Internet et réseaux, pourquoi je suis accro ? Fake news et complotisme : Internet est-il dangereux ?
Un guide indispensable et positif pour prendre sa vie en main

**Explose ton score au collège !**
**Eric GASPAR**
Broché
mai 2022
On croit souvent que tout est joué à la naissance, que certains ont la capacité d'apprendre et de retenir, et d'autres non. Mais c'est totalement faux ! Une des découvertes récentes des neurosciences, c'est que chacun peut développer ses aptitudes, et ce à tout âge ! Ce petit ouvrage, pratique et ludique, dont les points forts ont déjà séduit de nombreux collégiens et leurs parents, propose tests, stratégies, activités corrigées, astuces pour développer les facultés à apprendre et retenir plus facilement, plus longtemps et avec plaisir. 3e édition augmentée d'une partie sur l'attention et d'un cahier d'activités pour faire des parents des « partenaires actifs » de leurs adolescents.




**Explose ton score au lycée !**
**Eric GASPAR**
Broché
Septembre 2018
On pense souvent à tort que la capacité à apprendre et à retenir est innée, que les facultés du cerveau sont une donnée de naissance. C'est faux ! Les avancées en neurosciences ont confirmé ces dernières années que chacun peut développer ces aptitudes ; il n'y a là aucune fatalité ! Ce petit ouvrage pratique et ludique regorge de conseils, astuces et modèles, ainsi que de tests et exercices corrigés pour développer ses facultés à apprendre et à retenir plus facilement et plus longtemps.

# Les liens aux programmes scolaires

**Objectifs généraux :**

- Identifier les différentes fonctions cognitives et les tester pour repérer ses points forts et ses points faibles.
- Appréhender la classification du règne animal par l'observation des différences et des ressemblances des cerveaux d'un point de vue anatomique et du point de vue de la perception.
- Découvrir l'anatomie du cerveau humain, son évolution au cours de la vie et son rôle dans le fonctionnement du corps humain.
- Connaître ses sens et comprendre le rôle du cerveau dans les perceptions.

**Notions pour tous les niveaux :**

L'expérimentation
L'observation
La recherche et l'extraction d'informations

## **Liens aux programmes du cycle 3** (BOEN n° 31 du 30 juillet 2020 et BOEN n° 25 du 22 juin 2023)

<table>
<tr><th colspan="2">Français</th></tr>
<tr><td>langage oral</td><td>Écouter pour comprendre un message oral, un propos :<br>• Mobiliser son attention en fonction d'un but<br>• Identifier et mémoriser des informations importantes, leurs enchaînements, mettre en relation ces informations<br>Participer à des échanges dans des situations diverses :<br>• Respecter les règles de la conversation (quantité, qualité, clarté et concision, relation avec le propos)<br>• Développer le lexique en lien avec le domaine visé<br>• Savoir construire son discours (organisation du propos, enchaînement des phrases)</td></tr>
<tr><th colspan="2">Sciences et technologie</th></tr>
<tr><td colspan="2">En lien avec les domaines 3 et 5 du socle commun<br>Adopter un comportement éthique et responsable<br>- Relier des connaissances acquises en sciences et technologie à des questions de santé<br>Se situer dans l'espace et dans le temps<br>- Replacer des évolutions scientifiques et technologiques dans un contexte historique</td></tr>
<tr><td>Le vivant, sa diversité et les fonctions qui le caractérisent</td><td>Classer les organismes, exploiter les liens de parenté pour comprendre et expliquer l'évolution des organismes<br>• Utiliser différents critères pour classer les êtres vivants ; identifier des liens de parenté entre des organismes<br>• Unité, diversité des organismes vivants<br>Reconnaître une cellule : la cellule, une structure commune aux êtres vivants.<br>• Identifier les changements des peuplements de la Terre au cours du temps<br>Biodiversité : diversités actuelle et passée des espèces</td></tr>
<tr><td>Matériaux et objets techniques</td><td>Identifier les principales évolutions du besoin et des objets<br>Repérer les évolutions d'un objet dans différents contextes (historique, économique, culturel)<br>- L'évolution technologique (innovation, invention, principe technique)</td></tr>
<tr><th colspan="2">Éducation physique et sportive</th></tr>
<tr><td colspan="2">En lien avec le domaine 1 du socle commun<br>Développer sa motricité et construire un langage du corps<br>- Mobiliser différentes ressources (physiologique, biomécanique, psychologique, émotionnelle) pour agir de manière efficiente.</td></tr>
<tr><th colspan="2">Enseignements artistiques</th></tr>
<tr><td>Arts plastiques</td><td>La représentation plastique et les dispositifs de présentation<br>Les différentes catégories d'images, leurs procédés de fabrication, leurs transformations : la différence entre images à caractère artistique et images scientifiques ou documentaires</td></tr>
</table>

## Liens aux programmes du cycle 4 (BOEN n° 31 du 30 juillet 2020)

| **Français** |
|---|
| **langage oral - lecture et compréhension de l'écrit** |
| - Comprendre et interpréter des messages et des discours oraux complexes<br>- Participer de façon constructive à des échanges oraux<br>- Lire et comprendre en autonomie des textes variés, des images et des documents composites, sur différents supports |
| **Sciences de la vie et de la Terre** |
| **En lien avec les domaines 3 et 5 du socle commun**<br>**Adopter un comportement éthique et responsable**<br>- Fonder ses choix de comportement responsable vis-à-vis de sa santé sur des arguments scientifiques<br>**Se situer dans l'espace et dans le temps**<br>- Identifier par l'histoire des sciences et des techniques comment se construit un savoir scientifique. |
| **Le vivant et son évolution** |
| Relier l'étude des relations de parenté entre les êtres vivants, et l'évolution.<br>- Caractères partagés et classification.<br>- Les grands groupes d'êtres vivants, dont Homo sapiens, leur parenté et leur évolution. |
| **Le corps humain et la santé** |
| - Expliquer comment le système nerveux ,… *intervient* lors d'un effort musculaire, en identifiant les capacités et les limites de l'organisme<br>- Mettre en évidence le rôle du cerveau dans la réception et l'intégration d'informations multiples - Message nerveux, centres nerveux, nerfs, cellules nerveuses.<br>- Relier quelques comportements à leurs effets sur le fonctionnement du système nerveux. - Activité cérébrale ; hygiène de vie : conditions d'un bon fonctionnement du système nerveux… |

## Liens aux programmes de la classe de seconde générale et technologique

| Sciences de la vie et de la Terre | |
|---|---|
| **La Terre, la vie et l'organisation du vivant** | • **L'organisation fonctionnelle du vivant** : les cellules spécialisées des organismes pluricellulaires, fonctions particulières<br>• **Biodiversité, résultat et étapes de l'évolution** |
| **Corps humain et santé** | • **Procréation et sexualité humaine** : composante biologique de la relation entre sexualité et plaisir ; cerveau et système de récompense/plaisir dans l'espèce humaine ; structures cérébrales et composantes affectives, motivationnelles et cognitives |

## Liens aux programmes de la classe de première générale

| Enseignement scientifique 1ère générale | |
|---|---|
| **Une longue histoire de la matière** | Dans le monde, la matière s'organise en structure d'ordre supérieur à l'échelle moléculaire.<br>• Un exemple est ici proposé : la structure cellulaire |
| | |

## Liens aux programmes de la classe de première ST2S

| biologie et physiopathologie humaines | |
|---|---|
| **Appareil locomoteur et motricité** | **Organisation des systèmes nerveux central et périphérique** :<br>Identifier les principaux éléments constitutifs des systèmes nerveux central et périphérique.<br>Structure du neurone<br>Circulation de l'influx nerveux : Caractériser l'influx nerveux |

## Liens aux programmes de la classe 2de professionnelle Prévention – santé - environnement

| Module A4 : Les addictions |
|---|
| Expliquer le mécanisme de l'addiction sur le cerveau : substances psychoactives, synapse, neurotransmetteur, message nerveux, circuit de la récompense, dépendance |