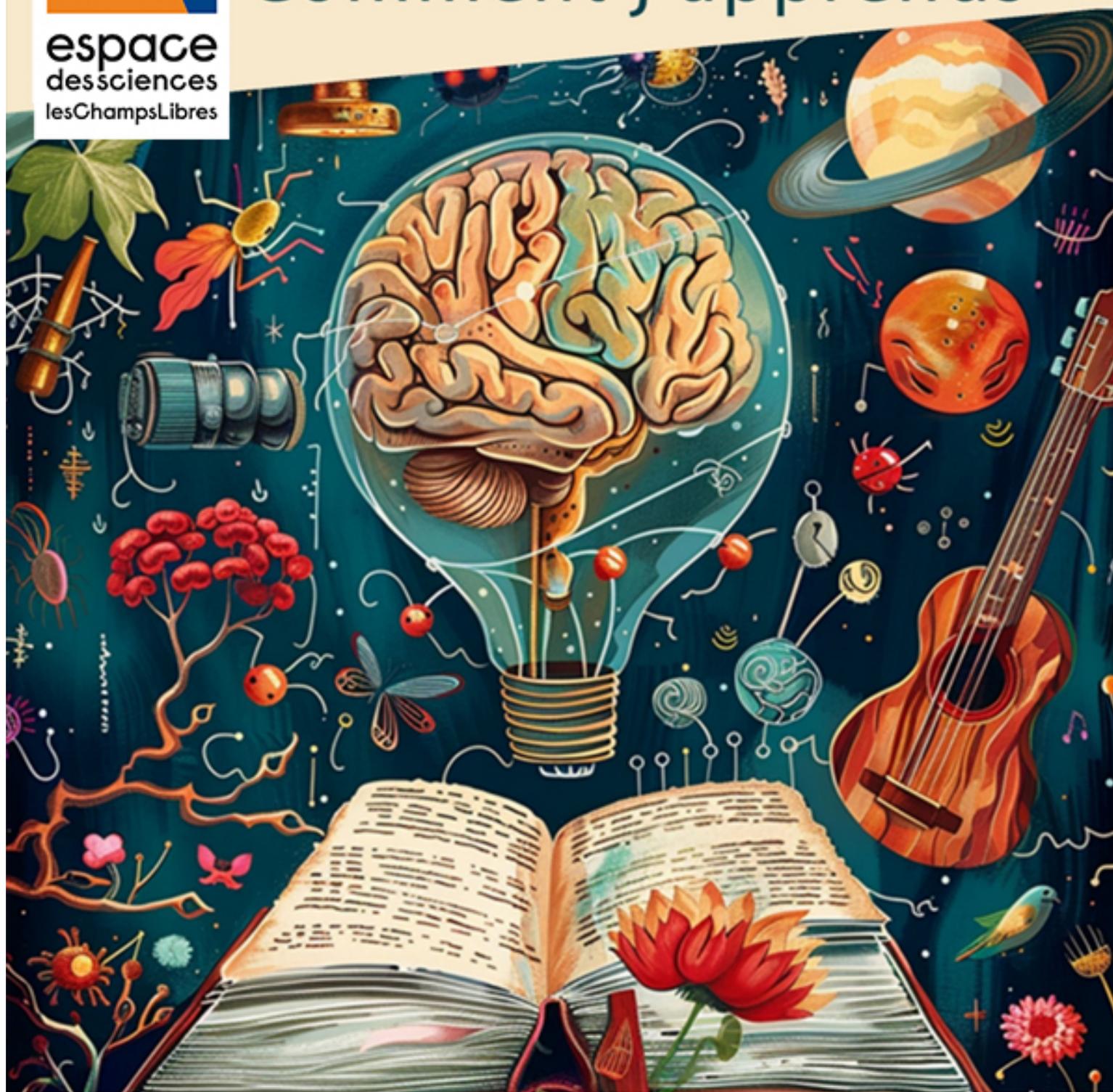




espace
des sciences
lesChampsLibres

Animation Comment j'apprends



> Cahier pédagogique



1 Apprentissage

« Nous utilisons notre cerveau de manière intuitive mais nous n'avons jamais appris à apprendre... »
Stanislas Dehaene¹

Qu'est-ce que l'apprentissage ?

Ce verbe possède la même racine latine qu'appréhender : prendre, attraper, saisir. Apprendre serait donc saisir par la pensée : emporter en soi une parcelle de réalité, un modèle de la structure du monde.

Grâce à l'apprentissage, les données brutes qui nous parviennent par nos sens se transforment en idées abstraites et suffisamment générales pour que nous puissions les exploiter dans les situations nouvelles. En sciences cognitives, ces idées sont appelées des **modèles internes**.



Nous avons tous, par exemple, en tête le plan de notre quartier. Nous pouvons fermer les yeux et le voir par la pensée. Ces modèles internes sont d'un réalisme impressionnant. Les rêves, qui sont le produit de nos modèles internes, en sont un bon exemple...

Nous possédons énormément de ces modèles internes dans tous les domaines que nous connaissons (cuisine, conduite, géographie, ateliers créatifs, informatique...).

Ces modèles nous permettent d'avoir une idée de comment fonctionne le monde dans lequel nous vivons (des relations humaines au système solaire, en passant par la façon de jouer d'un instrument...). Nous possédons d'ailleurs cet « instinct du langage »² dès quelques mois de vie. Des études ont montré que les bébés reconnaissent très tôt les phonèmes de leur langue natale. Cette faculté nous permet d'acquérir rapidement et sans effort apparent la ou les langues de notre environnement.

D'autres études ont montré que la reconnaissance des phonèmes de notre langue natale n'était pas les seuls modèles internes présents chez les tous petits.

¹ Psychologue français, spécialisé en neuropsychologie - *Apprendre !: Les talents du cerveau, le défi des machines* (2018)

² Terme popularisé par Steven Pinker, psycholinguiste et psychologue cognitiviste canado-américain, *L'Instinct du langage* (2008)

Des chercheurs ont placé des bébés devant un petit théâtre spécialement conçu pour eux. Ils y ont alors joué toutes sortes de tours : apparition, disparition, multiplication d'objets.



En filmant leurs réactions, ils ont découvert que dès quelques semaines de vie nous possédons déjà des **intuitions profondes** du monde physique. Nous savons par exemple que le monde est constitué d'objets, qu'ils bougent d'un seul bloc, qu'ils occupent de l'espace et qu'ils ne peuvent pas être à deux à occuper la même place. <https://urlz.fr/pRLa>

La surprise a été visible sur leur visage lorsqu'ils ont observé des situations qui enfreignent les règles dans les domaines de la physique, de l'arithmétique, des probabilités ou de la géométrie. Ces expériences révèlent la sophistication des intuitions du monde que nous possédons très tôt.

Les bébés et les jeunes enfants apprennent donc les propriétés de leur environnement en détectant des lois statistiques et en en tirant des conclusions.

- ⇒ La **réaction de surprise** est un signe que nous pensons que l'événement qui vient de se produire avait une chance infime de se produire (et donc que notre cerveau a fait un calcul de probabilité).

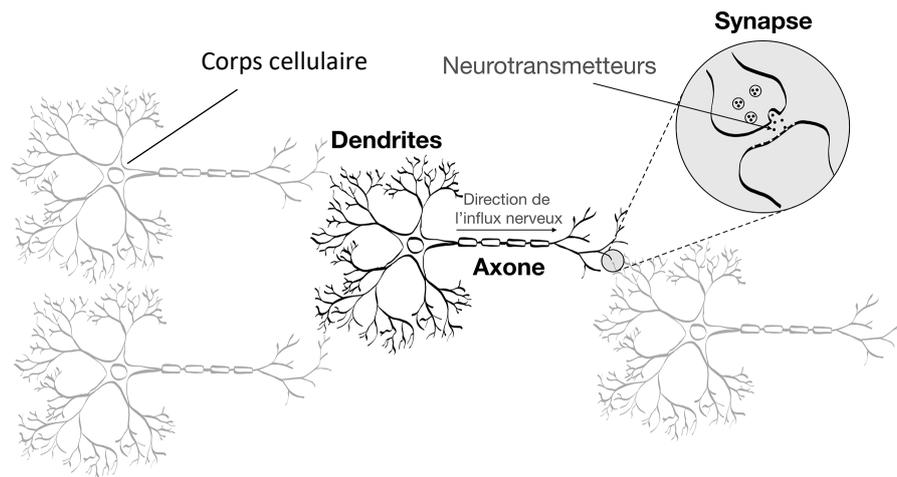
Apprendre c'est se rendre compte que ces modèles ne sont pas parfaits, et de détecter les erreurs afin de mettre à jour nos représentations. Nous internalisons un aspect nouveau de la réalité, ce qui ajuste nos modèles mentaux et ainsi nous permet de mieux nous approprier un domaine qu'on ne maîtrisait pas auparavant.

- ➔ **L'apprentissage permet à l'individu de formuler une nouvelle construction mentale ou de réviser une construction mentale déjà présente.**

2 Que se passe-t-il dans notre cerveau ?

Notre cerveau est composé, en grande partie, de cellules nerveuses appelées neurones. Elles ont pour fonction de recevoir, conduire, transmettre et traiter l'ensemble des informations qui circulent dans notre cerveau.

Notre cerveau est composé d'environ 100 milliards de neurones. Lorsqu'on dit qu'un neurone « s'active », c'est qu'il transmet à l'intérieur de son axone un influx nerveux (une information). Dans le cerveau, chaque neurone est connecté à environ 10 000 autres neurones (il existe donc environ 850 billions de connexions dans notre cerveau...).



Chacun d'entre eux est formé de dendrites et d'un axone. L'information se déplace sous forme de décharges électriques au sein du neurone. Pour que cette information passe d'un neurone à l'autre, cette information va être traduite en message chimique au niveau des synapses (espace entre deux neurones). Lorsqu'un neurone s'active, il relâche des composés chimiques appelés neurotransmetteurs, qui entrent en contact avec la paroi des neurones voisins pour permettre leur activation.

Lorsque nous apprenons, de nouvelles connexions se créent et les connexions existantes s'affaiblissent ou se renforcent. C'est cet ensemble de changements qui permet l'apprentissage.

⇒ **Du point de vue neuroscientifique, apprendre c'est modifier les connexions entre les neurones que nous avons dans notre cerveau.**

Notre cerveau n'est donc pas figé et ce système d'interconnexions neuronales évolue sans cesse et à tout âge. Les neurones se prolongent, complexifient leurs ramifications, ce qui nous permet de développer de nouvelles connaissances, habilités et compétences.

2.1 Réseaux de neurones

2.1.1 Création de réseaux

Pour comprendre le monde qui nous entoure, nous avons besoin d'analyser et de fixer les informations sensorielles qui nous arrivent par nos sens. Chaque image, chaque interaction laisse dans notre cerveau une trace de l'expérience vécue, en connectant des neurones. Ces connexions commencent à se former *in utero* puis augmentent de façon extrêmement rapide dès notre naissance (700 à 1000 nouvelles connexions par seconde se créent pendant les 5 premières années de la vie !).

Tout ce que nous percevons dans notre vie crée des connexions dans notre cerveau.

Voir une image de citron par exemple, active plusieurs réseaux de neurones spécialisés dans plusieurs tâches, et notamment :

- la reconnaissance de formes (ovale en l'occurrence)
- l'analyse des couleurs (le jaune en l'occurrence)
- le traitement des souvenirs liés à ce fruit (gout acide...)
- les émotions que nous avons peut être avec ces expériences (dégoût, peur...)
- l'association des objets aux mots que nous connaissons (nous pouvons difficilement nous empêcher de penser au mot CITRON lorsque nous le voyons...)
- et bien d'autres...

Ces réseaux sont situés à des endroits différents dans notre cerveau mais sont interconnectés. Si nous ne voyons que la forme ovale, la couleur jaune et l'acidité, nous allons penser au citron très rapidement.

Toutes nos connaissances sont liées à d'autres connaissances par ces connexions neuronales. Lorsque nous apprenons une nouvelle chose, elle va alors se lier à des connaissances déjà existantes.

2.2 Combien de temps notre cerveau met-il pour se modifier ?

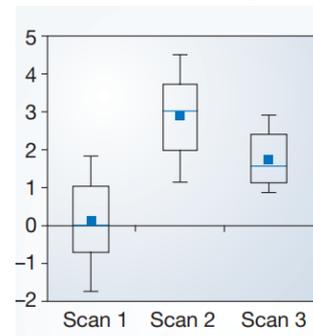
En 2004, une étude³ a été réalisée sur des jongleurs novices qui ont appris à jongler pendant 3 mois. Ils sont passés dans un IRM avant et après l'expérience (SCAN 1 et SCAN 2). Les résultats montrent que des zones de leur cerveau se sont densifiées, et notamment dans des zones spécialisées dans la perception des mouvements.

Pour jongler nous avons besoin de savoir lancer et attraper les balles, mais aussi d'évaluer leur position très rapidement afin de le faire au bon moment...

Des milliers de connexions neuronales se sont donc développées et ajustées pour optimiser cette pratique du jonglage.

Après ces 3 mois d'entraînement, les chercheurs ont demandé aux volontaires de ne plus pratiquer la jonglerie pendant les 3 mois suivant l'expérience. En observant leur 3^{ème} IRM (SCAN 3), ils se sont aperçu que les zones qui s'étaient épaissies précédemment avaient reperdu de la densité au bout de ces 3 mois.

Comme nous pouvons l'observer sur la représentation ci-contre, cette diminution n'annule pas complètement les effets de l'apprentissage. La perte totale de densité acquise par l'apprentissage est possible, mais prend plus de temps que celui du gain réalisé avant (l'ordonnée correspond au pourcentage de modification de la matière grise).



⇒ **Si nous nous servons régulièrement de certains réseaux de neurones, cela les renforce, mais si on cesse de s'entraîner, ces connexions vont s'affaiblir et aller jusqu'à se défaire.**

Une autre étude⁴ de 2011 montre que **quelques heures** peuvent suffire pour percevoir une augmentation de la densité de connexions neuronales à l'IRM.

³ Heker wort f s kher z kewi v d l mner z fywgl o z s poi v d l yrimi v d l i v evh z f skhel r o p rgl z q e) e v r i \$ 6448-2Ri yvst p ew r g n j : G l er ki v m n k v i } \$ q exi v s mhygi h \$ } \$ wemmk z 386 ; , : =; 6-0755 7562hs n s 4 z 47 < 386; 755e

⁴ O(s o z 2 R m d' z 3 o e) o z 2 s l s y o o z 2 q s o p z 2 s n d' z 2 v 6 o o z 2 j z 2 s er o p z 2 l z 6455-2P i evr mk \$ i { \$ g s p v s e q i v a t v s hygi v a i e t r h \$ n g v i e w i \$ m k v e } \$ q exi v m \$ l i \$ m e g s e h y p d y q er \$ g s w i | z f v s g i i h m k v s j \$ l i R e x m r e p e g e h i q } \$ j \$ v j m r g i w s 4 < , 5 : - 0 : < : : < < 2 h s n s 4 z 4 ; 7 3 t r e v z 5 4 7 6 5 ; 5 4 <

Importance de l'oubli

L'oubli n'a rien d'inquiétant (hors pathologie), au contraire, c'est un processus physiologique, indispensable au bon fonctionnement de la mémoire.

En effet, l'oubli est nécessaire pour l'équilibre du cerveau, permettant à ce dernier de sélectionner les informations secondaires qu'il est possible d'éliminer afin de ne pas saturer les circuits neuronaux. L'oubli est une conséquence de la hiérarchisation et de l'organisation des informations stockées. En effet, le fonctionnement de notre cerveau fait en sorte de maximiser le transferts d'informations qui nous sont le plus utiles...

Le seul moyen de s'opposer à l'effacement de notre mémoire c'est de faire appel à elle. À chaque fois que nous nous remémorons une connaissance, nous renforçons ce contenu et les moyens d'y accéder.

2.3 Nos mémoires

Nous savons aujourd'hui que la mémoire est la fonction qui nous permet d'intégrer, conserver et restituer des informations pour interagir avec notre environnement. Elle rassemble les savoir-faire, les connaissances, les souvenirs. Elle est indispensable à la réflexion ainsi qu'à l'apprentissage.

Pour simplifier, nous pouvons dire qu'il y a 3 types de mémoire :

- La **mémoire sensorielle** (une demi-seconde) stocke de façon automatique des informations sensorielles (images, sons...);
- La **mémoire à court terme** ou « mémoire de travail » (quelques 10aines de secondes), nous permet de stocker brièvement quelques informations pour une utilisation immédiate (la consigne d'un exercice, un numéro de téléphone avant de le composer...);
- La **mémoire à long terme** stocke durablement les informations (parfois toute la vie).

2.3.1 La mémoire à court terme (ou mémoire de travail)

Elle contient ce que nous avons à l'esprit à un moment donné. Elle a une capacité limitée (7 éléments en simultané, plus ou moins 2) et son temps de rétention est faible (jusqu'à 2 minutes).

C'est cette mémoire qui nous permet de lire sans oublier la phrase précédente. Sans elle, le texte perdrait toute sa cohérence, nous ne lirions que des phrases sans lien les unes avec les autres. C'est également grâce à elle que nous pouvons faire un commentaire à l'oral ou écrire une dissertation, tout en gardant notre plan et notre problématique en tête. Bref, c'est elle qui nous permet de manipuler les informations, et donc de travailler.

- ⇒ Cette mémoire nous permet de tenir des raisonnements
- ⇒ Elle reçoit les perceptions auxquelles nous décidons de prêter attention (visuelle, auditive, tactile...)

Ce qui rend cette mémoire aussi efficace, c'est qu'elle prend appui sur la mémoire à long terme.

2.3.2 La mémoire à long terme

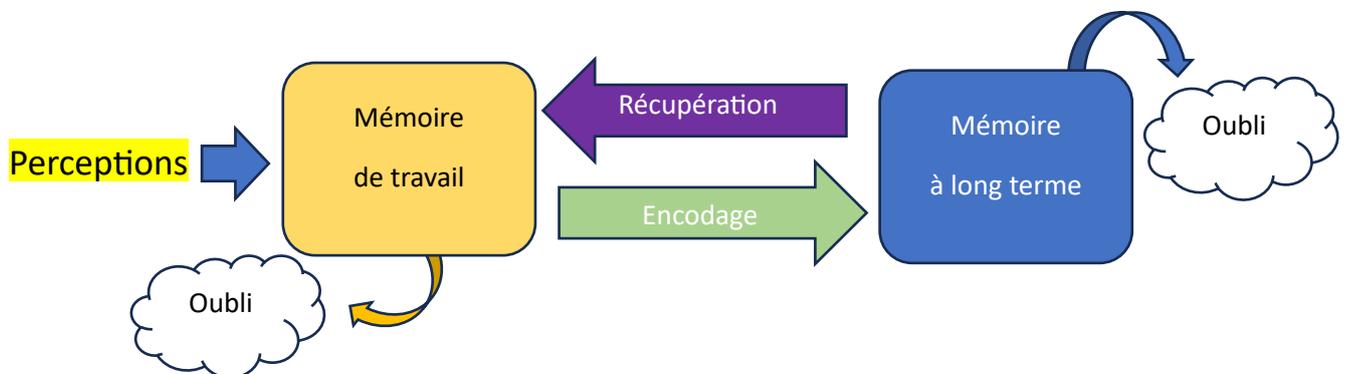
Cette mémoire à long terme permet le stockage des connaissances et des concepts que nous allons retenir plus longtemps que ce que nous permet la mémoire de travail. Cette mémoire a la capacité de se réorganiser et de se consolider.

Cette mémoire à long terme est un nom générique, elle peut être déclinée en 4 systèmes interconnectés, impliquant des réseaux neuronaux distincts :

- **La mémoire sémantique** stocke les connaissances qui peuvent être exprimées de manière verbale (2x4=8, Marignan 1515, je m'appelle Michel Dupont je suis né le 22 mars...);
- **La mémoire épisodique** est celle des souvenirs de nos expériences subjectives (le visage de notre enseignant de primaire, la voix de nos parents, ce qu'on a ressenti lorsque nous avons eu une mauvaise note...)
- **La mémoire procédurale**, qui permet des automatismes (conduire, marcher...), ces automatismes sont le plus souvent inconscients, à tel point que nous avons du mal à verbaliser pour expliquer comment nous le faisons ;
- **La mémoire perceptive** est liée aux différentes modalités sensorielles. Elle permet de retenir des images ou des bruits sans s'en rendre compte. C'est elle qui permet à une personne de rentrer chez elle par habitude, grâce à des repères visuels. Cette mémoire permet de se souvenir des visages, des voix, des lieux.

2.3.3 Liens entre les mémoires à court et long terme

- **L'encodage**, c'est le traitement de l'information qui nous vient de notre environnement et de nos sens. Il s'agit de la « traduction » de l'information en « langage neuronal ». Contrairement à ce que nous pouvons penser, une information ne représente pas la même chose qu'une connaissance, mais en est simplement une source. L'information est une donnée brute que nous percevons. Elle peut nous venir de deux façons : par nos sens (ouïe, toucher, vue...) ou par une idée venue de notre intérieur (pensée, souvenir...). Pour la transformer en connaissance (et donc l'encoder), il faut donner un sens à cette information. La connaissance ainsi déduite pourra à son tour être combinée à d'autres connaissances ou informations afin d'en déduire une nouvelle connaissance et ainsi de suite.
- **La récupération** : c'est l'inverse de l'encodage. Cette étape permet de transférer dans notre mémoire de travail des connaissances qui avaient été stockées dans notre mémoire à long terme.



L'oubli fait partie aussi des processus qui entrent en jeu : lorsque nous retenons un numéro de téléphone juste le temps de le noter, nous le mettons seulement dans notre mémoire de travail. Ce numéro ne sera pas encodé mais passera dans l'oubli.

Nous oublions aussi des choses stockées dans la mémoire à long terme.

- ⇒ Il nous arrive parfois d'avoir l'impression de réapprendre quelque chose jusqu'au moment où nous nous rappelons que nous le savions déjà mais que nous n'aurions pas pu retrouver l'information avant, le fameux : « *ah oui je le savais !* ». Dans ce cas c'est la récupération qui n'a pas pu se faire.

À l'image des livres, qui sont catalogués avec une référence pour les ranger dans les rayonnages d'une bibliothèque, les informations que nous encodons possèdent des indices de récupération (aussi appelés amorces), qui nous permettent de les récupérer plus facilement.

L'oubli d'une connaissance dans la mémoire à long terme est dû à la perte progressive de ces amorces. La connaissance est toujours là, mais impossible de la récupérer pour la charger dans notre mémoire de travail.

- ⇒ **Plus il y a d'amorces de récupération liées à une connaissance, plus elle sera facilement disponible, utilisable et flexible (exemple du mot CITRON cité auparavant).**
- ⇒ **La création d'amorces peut être facilitée par l'utilisation de plusieurs sens lorsque nous apprenons par exemple (ouïe, toucher, vue...)**

3 Les 4 piliers de l'apprentissage

Notre cerveau s'est doté de 4 fonctions majeures, au fil de son évolution, qui maximisent la vitesse avec laquelle nous parvenons à extraire des informations de notre environnement. Stanislas Dehaene, les appellent les « 4 piliers de l'apprentissage », car ces fonctions sont toutes indispensables pour réaliser des constructions mentales. Si un des piliers n'est pas stable, c'est l'ensemble de l'édifice de l'apprentissage qui vacille. À l'inverse, si nous avons besoin d'apprendre efficacement, nous pouvons nous appuyer sur ces piliers pour optimiser nos efforts.

Ces 4 piliers sont : l'attention, l'engagement actif, le retour sur erreur et la consolidation.

3.1 Premier pilier : L'attention

L'attention permet d'**amplifier l'information** sur laquelle nous nous concentrons. Elle sélectionne ce que nous faisons rentrer dans notre « espace de travail cérébral ». C'est la porte d'entrée des apprentissages.

- ⇒ **Sans attention, il n'y a quasiment pas de traitement profond de l'information dans notre cerveau.**

La contrepartie de cette amplification des informations jugées importantes, est que beaucoup d'autres sont, à l'inverse, inhibées. Nous pouvons en faire le constat lorsque le conducteur d'une voiture dépasse un camion sur une route étroite, par exemple, les passagers adultes cessent de parler. Ils savent que ce ne serait pas une bonne idée de distraire le chauffeur, et ils se doutent aussi qu'il est temporairement sourd et qu'il n'entendra pas ce qu'ils disent.

Comment optimiser son attention ?

Le circuit de la récompense⁵ va déterminer nos motivations à explorer le monde extérieur, se reproduire, aller chercher de la nourriture... Chez l'humain ce circuit a permis de développer une autre forme de curiosité : l'épistémique, ou la curiosité d'apprendre.

Cette capacité explique que nous pouvons nous intéresser à des domaines, comme l'astronomie ou l'informatique ou l'art par exemple, qui n'ont aujourd'hui aucun intérêt pratique pour la survie de notre espèce.

La motivation comme levier possible pour accentuer l'attention :

Ressentir de la motivation pour apprendre quelque chose permet d'augmenter notre attention. La curiosité fait partie des sources de motivations, nous sommes des animaux curieux de nature, motivés pour découvrir toujours plus le monde qui nous entoure. **La curiosité c'est vouloir savoir.**

Seulement, pour apprendre, nous avons une contrainte : nous sommes extrêmement sélectifs quand il s'agit d'accorder notre attention. Il n'existe a priori pas de « curiosité générale » spontanée, ça serait une attitude qui ne se déclenche que si elle a été pré-activée (appétences diverses pour le sujet en question).

Nous ne pouvons d'ailleurs pas nous montrer curieux à propos de tout : nous nous intéressons davantage à des sujets sur lesquels nous savons déjà des choses. La plupart du temps, nous entreprenons un apprentissage à condition que l'écart entre ce que nous savons et ce que nous devons apprendre nous paraisse franchissable dans un court laps de temps.

Des équipes de pédagogues et psychologues, comme Lev Vygotski⁶ par exemple, ont travaillé sur ces questions. Leurs travaux montrent que l'apprentissage est le plus efficace lorsque nous sommes mis en position d'inconfort intellectuel léger, face à un défi surmontable.

Cette zone est appelée « **zone proximale de développement** ». Elle est située entre deux autres zones appelées la « zone d'autonomie » (zone où nous sommes capables d'accomplir une tâche de façon autonome) et la « zone de rupture » (zone où même si nous recevons de l'aide, nous aurons des difficultés à accomplir la tâche).



Dans un système éducatif, si le professeur donne un exercice trop facile à réaliser pour ses élèves, ils se retrouveront dans la zone d'autonomie, et seront capables de le faire sans aide, la motivation sera également basse et aussi bien les élèves que le professeur auront le sentiment que rien n'a été appris.

Au contraire, si l'exercice est trop difficile, les élèves se retrouveront dans la zone de rupture, elle ne sera pas réalisable par eux et leur motivation sera (pratiquement) inexistante.

La zone proximale de développement s'étend entre le degré de difficulté « *Plutôt difficile* » et « *Très difficile* »⁷ :

⁵ La dopamine fait partie des neurotransmetteurs transmis de neurones en neurones par les synapses. C'est une hormone qui est notamment impliquée dans la survenue d'un état de plaisir procuré par la satisfaction d'un besoin ou par l'accomplissement d'une activité gratifiante par exemple. Pour plus d'informations Cf le complet Émotions.

⁶ Pédagogue psychologue soviétique (1896-1934)

⁷ https://www.researchgate.net/publication/345325077_La_Traduction_a_l'universite_francaise_entre_recherche_formation_et_pratique_professionnelle



Ces travaux expliquent pourquoi la plupart d'entre nous n'avons, par exemple, pas d'intérêt pour le fonctionnement de certains appareils comme les ordinateurs. Nous ne sommes pas motivés pour en apprendre davantage car l'écart entre nos connaissances et celles qu'il faudrait acquérir pour vraiment comprendre comment fonctionnent ces objets nous semble trop important, et n'est donc pas en mesure de susciter notre intérêt.

À l'inverse notre curiosité est stimulée lorsque d'une part, nous constatons que ce décalage n'est pas très important et d'autre part que nous avons les moyens de le combler.

- ⇒ Disposer de connaissances préalables constitue une forme d'incitation et nous donne donc un certain élan à vouloir en apprendre davantage.
- ⇒ Lorsque nous construisons nos connaissances, nous investissons plus utilement nos efforts lorsque les fondations sont déjà solidement établies plutôt que de commencer à bâtir sur un terrain vierge. L'un des intérêts de l'école est justement de nous forger une base de connaissance générale sur de nombreux domaines.

Pour Henry Roediger⁸ il faut « *Rendre les conditions d'apprentissage plus difficiles, ce qui oblige les étudiants à un surcroît d'engagement et d'effort cognitif et conduit souvent à une meilleure réflexion.* »⁹

3.2 L'engagement actif

L'engagement actif est le second pilier de l'apprentissage : il suscite la curiosité et l'autonomie et permet aussi d'accroître le niveau de motivation de la personne apprenante face aux tâches qui lui sont proposées.

Cette étape permet de donner du sens à ce que l'on apprend : avoir une base de référence, comprendre les informations, faire des liens, verbaliser, reformuler, se poser des questions...

Comme nous l'avons abordé précédemment, pour apprendre, notre cerveau doit d'abord se former un modèle mental (hypothétique) du monde extérieur et, ensuite seulement le projeter sur son environnement et le mettre à l'épreuve en comparant ses prédictions avec la réalité sensorielle. Cela implique une posture active / engagée.

L'apprentissage ne survient donc que si l'apprenant fait attention, réfléchit, anticipe, avance des hypothèses, au risque de se tromper. À l'inverse, sans effort, sans profondeur de la réflexion, la leçon s'évanouit sans laisser de traces dans le cerveau. Un étudiant passif ou distrait ne profite en rien d'une séance d'apprentissage, car son cerveau ne met pas à jour ses modèles mentaux du monde.

⁸ Docteur de l'université de Yale, et professeur à l'université Washington de Saint Louis (Missouri) spécialiste de la mémoire et des apprentissages scolaires.

⁹ Mets-toi Ça Dans La Tête ! Peter C. Brown, Henry L. Roediger III, Mark A. McDaniel La science de l'apprentissage efficace

Des chercheurs se sont intéressés aux expériences scientifiques réalisées en classe dans les écoles et les universités. Elles sont généralement considérées comme aidant les étudiants à apprendre les sciences et à les stimuler. Leurs résultats montrent que la plupart des élèves apprennent davantage d'une instruction qui les engage activement plutôt que des méthodes traditionnelles dans lesquelles ils sont spectateurs passifs.

⇒ **Nous apprenons lorsque nous nous rendons compte que nos modèles mentaux ne correspondent pas à la réalité.**

3.3 Le retour sur erreur

Le 3eme pilier de l'apprentissage consiste à confronter ses modèles au modèle extérieur, en faisant une prédiction. S'il y a une différence, un signal d'erreur va alors être émis et se propager dans le cerveau pour mettre à jour nos modèles mentaux.

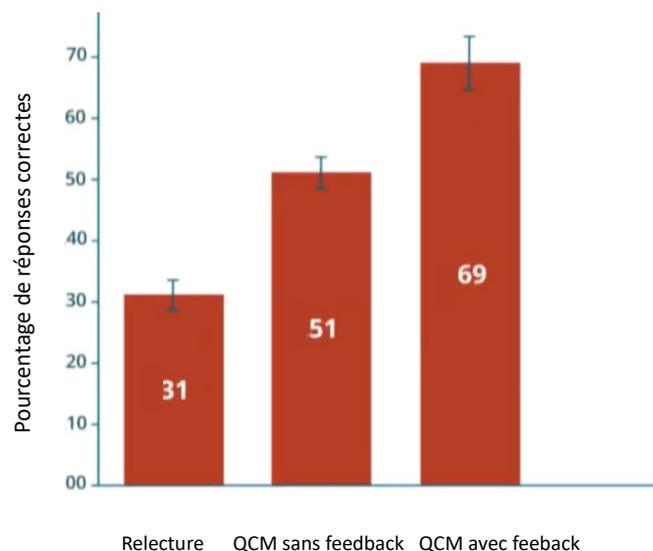
⇒ **Nous ne pouvons pas apprendre sans faire d'erreur.**

Les scientifiques appellent le « **Feedback** (retour d'information) » le fait de confronter la bonne réponse à notre erreur ou de confirmer notre bonne réponse.

Pour vérifier son importance, des expériences avec des étudiants ont été réalisées. Ils devaient étudier plusieurs textes de culture générale, puis passaient un examen final dans lequel ils devaient répondre à des questions ouvertes sur ces textes.

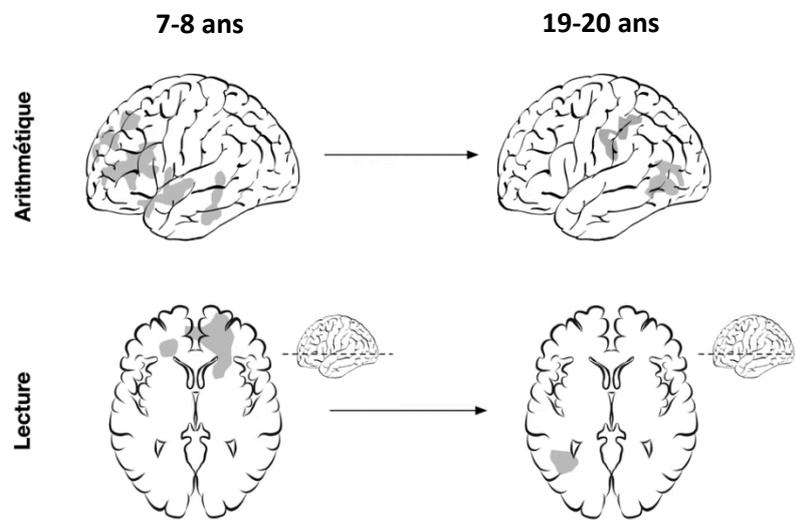
Ces étudiants ont été répartis dans 3 groupes différents, avec **3 méthodes de révisions différentes** :

- 1- Relecture de texte
- 2- QCM sans feedback
- 3- QCM avec feedback



Cette différence de résultats montre que la démarche de simplement nous rappeler des informations que nous avons apprises (même sans savoir si ce sont les bons éléments qui nous reviennent en tête) engendre une amélioration conséquente le jour de l'examen.

Sur l'illustration ci-après, nous pouvons voir la différence d'activité du cerveau de sujets lors d'exercices de lecture ou d'arithmétique. À gauche l'IRM du cerveau d'enfants (7-8 ans) et à droite des images de cerveaux d'adultes (19-20 ans) pendant le traitement de l'activité demandée.



Nous pouvons voir qu'au fil du temps, nous utilisons de moins en moins notre cortex préfrontal pour les mêmes activités. Pour la lecture par exemple, la correspondance entre les lettres et les sons se fait de plus en plus facilement (car des réseaux spécialisés se créent), et donc l'activité du cortex préfrontal diminue aussi.

La consolidation permet de passer d'un traitement lent, conscient, avec effort, à un fonctionnement rapide, sans besoin d'attention et automatique. Notre cerveau ne s'arrête jamais d'apprendre. Même lorsqu'une compétence est maîtrisée, le cerveau continue de la consolider.

Il dispose de **mécanismes de routinisation** qui « compilent » les opérations que nous utilisons régulièrement sous la forme de routines plus efficaces. Il les transfère dans d'autres régions du cerveau où elles pourront se dérouler sans que nous ayons à y faire attention, en toute autonomie, sans perturber les autres opérations en cours.

Tant qu'un apprentissage n'est pas automatisé il nous empêche de nous concentrer sur autre chose. Consolider un apprentissage c'est rendre les ressources du cerveau disponible pour d'autres objectifs.

4 Des méthodes plus efficaces que d'autres ?

De nombreuses études¹³ tendent à montrer que les techniques de révisions qui fonctionnent le mieux s'appuient sur les points que nous avons vu précédemment :

Ce sont donc celles qui nous font donner du sens à nos nouvelles connaissances, celles qui provoquent des liens avec les connaissances que nous avons déjà, et les techniques qui nous obligent à récupérer régulièrement ces connaissances pour les encoder de nouveaux (ce qui les ancre efficacement).

¹³ Fiorella, L., Mayer, R.E. Eight Ways to Promote Generative Learning. Educ Psychol Rev 28, 717–741 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9348-9>

4.1 Organiser les informations à apprendre

4.1.1 Cartes mentales

Les études récentes tendent à prouver que si nous avons plusieurs chapitres dans un même domaine à apprendre, il est plus efficace de les mélanger lors de petites séances de révision, plutôt que de réviser tout l'un, puis tout l'autre...

- ⇒ Cette technique permet de mieux voir les similarités et les différences, elle permet aussi de créer davantage de liens entre les chapitres et acquérir ainsi plus de souplesse cognitive et d'amorces de récupération.

La carte mentale peut être un outil efficace pour cela. Cette technique consiste à résumer les choses sur 1 seule feuille en utilisant une structure en arbre (combine schématisation visuelle et relations entre concepts).



Cet outil permet d'aller plus loin que de répondre à des questions en essayant d'écrire tout ce dont nous nous souvenons...

Plus on cherche loin dans notre mémoire, plus l'ancrage de la connaissance sera fort. Idéalement il faut le faire le soir même, après le cours par exemple (le plus efficace est d'ancrer avant la 1ère nuit de sommeil). Cette technique oblige à reformuler les informations apprises précédemment avec nos propres mots. Elle permet de donner du sens en réinterprétant, restructurant... Les connaissances sont alors plus simples à retenir et à mobiliser.

Nous retenons bien mieux ce que nous comprenons et ce qui a du sens pour nous...

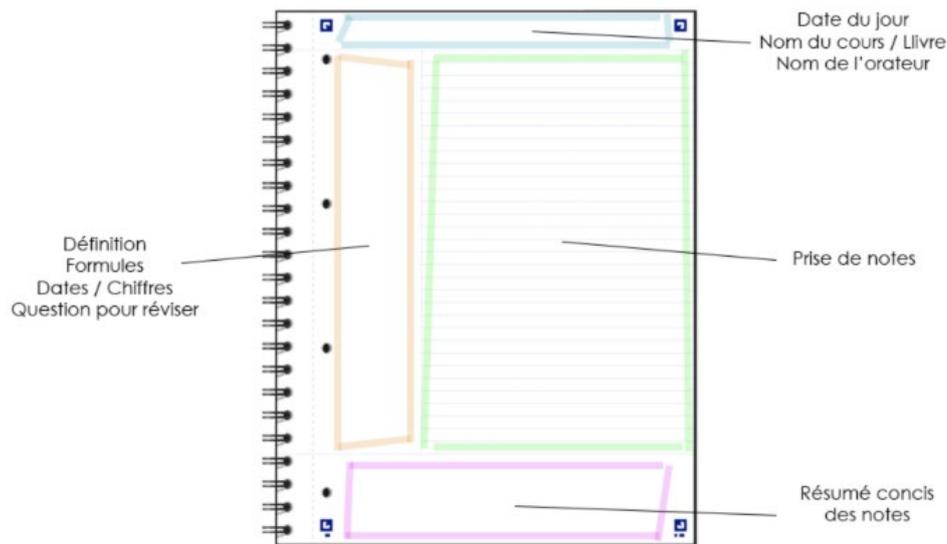
- ⇒ C'est par exemple plus facile de retenir des faits historiques lorsque nous comprenons comment ils s'enchaînent, leurs conséquences, leurs relations avec d'autres faits ou le monde actuel...

Comment s'y prendre ?

- Commencer par mettre le sujet au centre.
- En faire partir des axes thématiques puis des mots clés en majuscule
- Compléter avec symboles, dessins, couleurs...
- Faire des liens entre des concepts distants

- Se poser des questions simples (qui / quand / comment / pourquoi...)
- Ne pas chercher forcément à avoir un résultat le plus esthétique possible

La carte mentale est un outil personnel. Ce que nous notons dessus se réfère spécifiquement à notre façon de penser, aux concepts, objets ou personnes qui sont liés aux informations que nous souhaitons retenir. Si nous lisons la carte mentale d'une autre personne, nous ne sommes pas censés comprendre tous les liens et images qui y seront représentés, chaque cerveau organise les informations différemment.



Cette technique fait partie de la famille des « apprentissages génératifs »¹⁴. Cette catégorie implique de donner activement un sens aux informations à apprendre, le réorganiser mentalement et l'intégrer à ses connaissances antérieures, permettant ainsi aux apprenants d'appliquer ce qu'ils ont appris à de nouvelles situations.

Selon une méta analyse (55 études impliquant 5 818 participants) la technique de la carte mentale permet aux étudiants qui la pratique d'obtenir de meilleurs résultats que par la lecture de textes, assister à des conférences ou participer à des discussions en classe¹⁵.

4.1.2 Prise de notes active

Lorsque nous écoutons une personne parler et que nous avons envie de retenir le plus d'informations possibles, nous prenons des notes. Malheureusement, si nous écrivons seulement ce que nous entendons, cela ne va pas beaucoup nous aider à apprendre efficacement.

Les expériences montrent cependant que des variantes de la prise de note « classique » peuvent s'avérer beaucoup plus percutantes. C'est la prise de notes active (ou la méthode de Cornell). L'objectif est une fois de plus de créer des liens entre les informations, se les approprier et leur donner du sens.

¹⁴ Fiorella, Logan; Mayer, Richard E. . (2016). *Eight Ways to Promote Generative Learning*. *Educational Psychology Review*, 28(4), 717–741. doi:10.1007/s10648-015-9348-9

¹⁵ Nesbit, J. C.; Adesope, O. O.. (2006). *Learning With Concept and Knowledge Maps: A Meta-Analysis*. , 76(3), 413–448. doi:10.3102/00346543076003413

Pour ce faire, il est possible par exemple d'utiliser la marge pour y noter des questions, des concepts importants, des exemples supplémentaires, les choses auxquelles les informations notées nous font penser, etc...

Certains professeurs demandent à leurs élèves de préparer quelques questions sur la leçon qu'ils viennent de faire pour le prochain cours. Cette démarche les oblige à comprendre le cours et de se l'approprier pour en sortir des questions pertinentes.

4.2 Récupérer en mémoire de travail

Nous l'avons vu précédemment, la récupération en mémoire de travail permet de faire repasser une connaissance de la mémoire à long terme vers la mémoire de travail. Cette étape permet de faire fonctionner les réseaux dans le sens inverse de l'encodage, et développe ainsi davantage les amorces de récupération, qui nous permettent de se souvenir de plus en plus facilement des informations que nous cherchons.

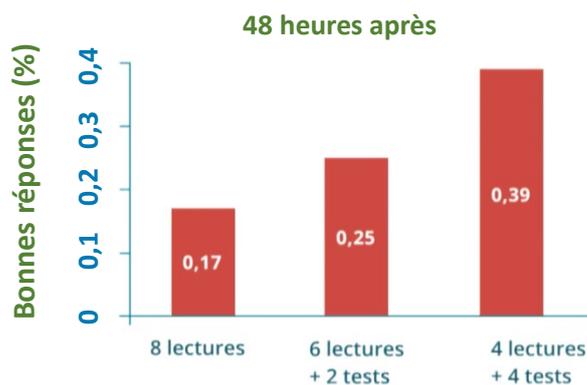
Vérifier ce que nous savons... ou non !

La méthode la plus utilisée par les étudiants pour apprendre est de relire le cours plusieurs fois. Pour tester l'efficacité de cette méthode, des chercheurs ont demandé à des étudiants de retenir une liste de 50 mots et d'en retenir le plus possible. Les chercheurs ont réparti de manière aléatoire les étudiants en 3 groupes, avec 3 méthodes de révision différentes :

- 1- 8 lectures successives de la liste de mots
- 2- 6 lectures et 2 tests
- 3- 4 lectures et 4 tests

Les tests consistaient à réciter tous les mots dont ils se souvenaient. Les 3 groupes ont consacré le même temps aux révisions. La seule différence était le temps entre les relectures de la liste et les récitations.

Deux jours plus tard, les étudiants ont dû réciter la liste de mots pour évaluer combien ils en avaient retenu, en fonction de la méthode de révision.



Il s'est avéré que ceux qui avaient fait 8 relectures successives avaient retenu 17% des mots. Les deux autres groupes ont fait mieux. Cette expérience montre que la récitation est plus efficace que la relecture. Ce type d'expérience a été réalisée des centaines de fois, sous des formes variées, y compris en classe, avec des contenus pédagogiques réels, avec toujours ces tendances de réussites.

- ⇒ Les méthodes d'apprentissage qui impliquent de récupérer l'information en mémoire de travail induisent une meilleure mémorisation à long terme que la relecture ou la réexposition au contenu.

- ⇒ Le problème en relisant c'est que nous ne sommes pas toujours très attentifs... (« bon, ça c'est bon, je le sais », etc...) La réactivation est alors passive...

4.3 Bien dormir

Le sommeil n'est pas une simple période d'inactivité ou de nettoyage des déchets que le cerveau a accumulés pendant la journée.

Pendant que nous dormons, notre cerveau consolide nos apprentissages en les rejouant plusieurs dizaines voire centaines de fois. En parallèle, il les transfère progressivement dans un autre compartiment plus efficace de notre mémoire.

- ⇒ Des expériences montrent que nous oublions moins rapidement une information apprise le soir que le matin.
- ⇒ Nous comprenons pourquoi il vaut mieux réviser 8 fois 1h un cours que 8h d'affilées¹⁶ !

La quantité d'apprentissage varie même directement en fonction de la durée du sommeil, et surtout de sa profondeur. En plaçant des électrodes sur le cerveau d'une personne endormie, des chercheurs ont pu prédire à quel point les performances seraient meilleures au réveil en fonction de la qualité du sommeil.

Les rôles respectifs des différents stades de sommeil dans l'apprentissage ne sont pas encore parfaitement établis. Il semblerait que le sommeil profond permette la consolidation et la généralisation des connaissances (mémoire sémantique ou déclarative), tandis que le sommeil paradoxal, pendant lequel l'activité cérébrale est rapide et proche de l'éveil, renforcerait les apprentissages perceptifs et moteurs (mémoire procédurale).

- ⇒ Le cerveau endormi apprend mieux encore qu'à l'état de veille !

Des expériences sur les rats¹⁷ tendent à montrer que pendant leur sommeil, les neurones qui se sont activés pendant leurs déplacements de la journée, se réactivent dans le même ordre.

Ces séquences peuvent aller à la même allure que les mouvements qu'ils ont réellement faits quelques heures plus tôt, jusqu'à une accélération d'un facteur 20. Ils peuvent donc rêver d'une balade à vitesse accélérée. Ces réactivations sont si fidèles à la réalité que d'autres chercheurs ont trouvé le moyen de décoder sur la base des décharges neuronales, le contenu du rêve¹⁸ !

Grâce à la réactivation nocturne, même un événement unique, une fois enregistré dans la mémoire épisodique, pourra être rejoué des centaines de fois. Pour certains scientifiques, ce transfert pourrait même être la fonction principale du sommeil.

Ce phénomène a aussi été démontré chez l'humain. Une expérience sur des joueurs de Tetris par exemple a permis de voir que les circuits sollicités au cours de la partie se réactivent et des rêves de formes géométriques qui tombent (et les yeux qui les suivent) ont été observés.

¹⁶ Carpenter, S. K., Cepeda, N. J., Rohrer, D., Kang, S. H. K., & Pashler, H. (2012). Using spacing to enhance diverse forms of learning: Review of recent research and implications for instruction. *Educational Psychology Review*, 24, 369-378.

¹⁷ Ji, D., Wilson, M. Coordinated memory replay in the visual cortex and hippocampus during sleep. *Nat Neurosci* 10, 100–107 (2007). <https://doi.org/10.1038/nn1825>

¹⁸ Horikawa T, Tamaki M, Miyawaki Y, Kamitani Y. Neural decoding of visual imagery during sleep. *Science*. 2013 May 3;340(6132):639-42. doi: 10.1126/science.1234330.

Une autre étude a été réalisée sur l'apprentissage de l'utilisation du joystick. Plus l'intensité de l'activité dans les régions impliquées dans cet apprentissage est forte pendant le sommeil, plus les performances de la personnes progressent rapidement.

Le sommeil a donc un rôle primordial dans nos apprentissages !

5 Conclusion

L'apprentissage est donc un voyage constant, une exploration perpétuelle qui transcende les frontières des disciplines. Chaque jour, nous absorbons de nouvelles connaissances, que ce soit consciemment ou inconsciemment, dans des domaines variés qui façonnent notre compréhension du monde qui nous entoure.

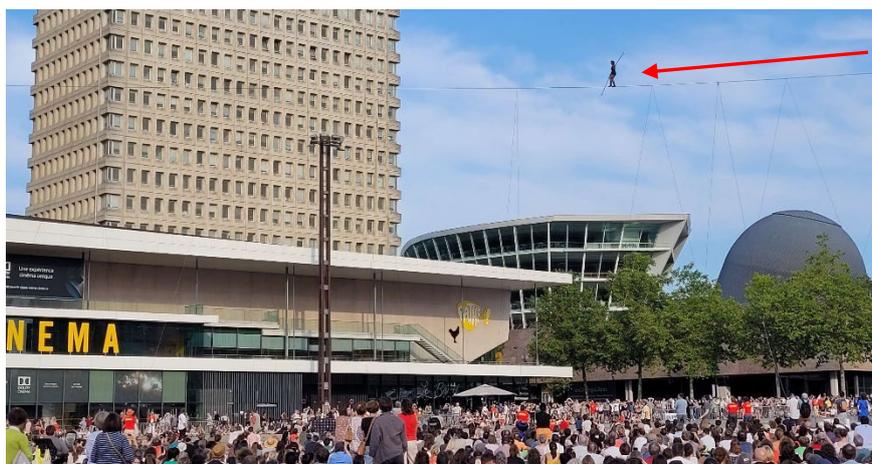
L'école nous permet de construire les bases de la plupart de nos connaissances, créant une infrastructure sur laquelle nous pouvons bâtir tout au long de notre vie. Comme nous l'avons vu, chacune de nos nouvelles connaissances se relie aux plus anciennes, ce qui nous permet de trouver du sens et de pouvoir les retenir plus facilement sur le long terme.

Depuis plusieurs 10aines d'années, les neurosciences ont permis de lever quelques mystères sur le fonctionnement de notre cerveau. La réflexion sur nos propres modes de pensée et la compréhension de nos processus cognitifs permet de nous donner des outils pour mieux assimiler les informations et pouvoir prendre davantage le contrôle de nos apprentissages. Créer des liens entre nos connaissances récentes et celles préexistantes forge des connexions durables dans notre esprit, facilitant la récupération des informations lorsque nous en avons besoin.

⇒ **Nous avons plus de prise sur nos apprentissages que nous pouvons le croire**

Cependant, au milieu de cette quête de connaissances, l'attention devient un bien précieux, mais également une ressource fragile. Les écrans divers et les médias multimédias, bien que riches en informations, peuvent s'avérer être des freins aux apprentissages. La volatilité de l'attention nécessite une conscience accrue de la manière dont nous utilisons ces outils, afin de ne pas diluer notre concentration dans un océan d'informations superficielles.

⇒ **L'attention est la porte d'entrée de tous nos apprentissages**



Tatiana-Mosio Bongonga
Rennes le 08/07/2023

Jean Philippe Lachaux¹⁹ utilise l'image du funambule pour illustrer notre capacité à garder (ou non...) notre attention. Le fil tendu d'un point A (départ) à un point B (objectif) représente notre attention. Pour l'apprenant comme pour le funambule, des perturbations peuvent apparaître, si nous y prêtons trop attention, nous perdons le fil de notre objectif précédent...

¹⁹ Directeur de recherche à l'INSERM et travaille au Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon



L'Espace des sciences de Rennes vous transporte dans les sciences à travers nos expositions, ateliers, visites, conférences et événements. Créé en 1984, l'Espace des sciences est un terrain d'expériences et d'innovations dans le domaine de la diffusion de la culture scientifique. Depuis, l'Espace des sciences a poursuivi son développement. Ses équipes se sont diversifiées et professionnalisées, sa programmation a séduit un public de plus en plus large.

En 2006, il a rejoint l'établissement des Champs Libres.

Accueillant plus de 200 000 visiteurs par an, c'est l'un des centres de sciences les plus visités en région.

**Le contenu de ce document est protégé par le droit d'auteur.
Toute utilisation non strictement personnelle ne peut être faite
sans l'accord de l'Espace des sciences.**

**Les copies ou reproductions sont strictement réservées à l'usage
privé du copiste et non destinées à une utilisation collective.**

**Les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et
d'illustration sont autorisées avec référence à la source du document.**