



SynLab.

LES APPRENTISSAGES SCOLAIRES

FONDEMENTS ET LEVIERS

VERS UN ENVIRONNEMENT D'APPRENTISSAGE OPTIMAL

REVUE DE LITTÉRATURE THEORIQUE

Delphine Laustriat, PhD

en collaboration avec Nadira Ait Kelhifa-Gallois, PhD

SOMMAIRE

4 FACTEURS ESSENTIELS ET «SÉQUENTIELS» | 3

1. L'ATTENTION | 4

1.1 Typologie du système attentionnel | 4

1.2 Attention et automatismes | 7

1.3 Attention et processus d'apprentissage : recommandations générales | 8

1.4 Entraînement de l'attention | 11

2. L'ENGAGEMENT ACTIF | 13

2.1 La curiosité | 13

2.2 La prédiction active | 14

3. LE RETOUR D'INFORMATION | 15

4. LA CONSOLIDATION | 17

DONNER DU SENS : UN LEVIER TRANSVERSAL | 18

ANNEXE 1 | 19

Les différents niveaux de mémoire et leurs composantes

ANNEXE 2 | 21

Le processus de mémorisation

RÉFÉRENCES | 23

4 FACTEURS ESSENTIELS ET SEQUENTIELS

Les sciences cognitives ont identifié au moins quatre facteurs qui déterminent la vitesse et la facilité d'apprentissage (Dehaene, 2014b, 2014c) :

- × l'attention
- × l'engagement actif
- × le retour d'information
- × la consolidation.



Cerveau et apprentissage

Notre cerveau apprend notamment lorsqu'il fait des erreurs. De nombreux modèles de l'apprentissage, notamment ceux dits « bayésiens », suggèrent un processus selon les étapes suivantes (Dehaene, 2014b) :

- × Le cerveau génère en permanence des prédictions sur le monde extérieur, en s'appuyant sur ces modèles internes.
- × Ces prédictions sont comparées avec la réalité, ce qui génère un signal d' « erreur ».
- × Le modèle interne est ajusté afin de minimiser cette erreur, de manière à ce que les futures prédictions soient les plus proches de la réalité et que l'erreur résultant de cette future confrontation soit nulle ou du moins réduite.

Deux ingrédients sont donc indispensables à l'apprentissage :

1. L'engagement actif associé à l'envie de réduire des manques de connaissances, et conduisant à la génération d'une anticipation sur le monde extérieur.
2. Le retour d'information, à savoir que l'organisme doit apprendre, le plus immédiatement possible, s'il a fait une erreur de manière à pouvoir ajuster ses modèles internes.

Méthodes bayésiennes : méthodes d'inférence statistique fondées sur une évaluation des probabilités des hypothèses, préalablement à l'observation d'un événement aléatoire (Larousse).



1. L'ATTENTION

L'attention désigne l'ensemble des mécanismes qui permettent à un individu de sélectionner une information et de la traiter (Dehaene, 2014a). Ces mécanismes font intervenir des régions corticales et sous-corticales qui vont en médier différents aspects (Raz & Buhle, 2006).

L'attention est au cœur du processus de mémorisation dont une vue d'ensemble des différentes composantes est disponible en **Annexe 1**.

1.1. TYPOLOGIE DU SYSTÈME ATTENTIONNEL

Il existe plusieurs modèles de l'attention. Celui proposé par Michael Posner il y a environ 35 ans est toujours d'actualité même si il a été depuis réajusté. Aux côtés de ce modèle, d'autres permettent d'aborder différents sous-types d'attention. Ainsi, les éléments-clés des modèles de Kahneman ainsi que de Sohlberg and Mateer seront également évoqués.

1.1.1 Modèle de Michael Posner : les grands réseaux de l'attention

Ce modèle décrit 3 réseaux attentionnels, fonctionnellement et anatomiquement distincts, bien que fonctionnant en coopération.



RÉSEAU D'ALERTE : MODULATION GLOBALE DE LA VIGILANCE = « QUAND FAIRE ATTENTION »

Ce réseau permet une **modulation non sélective de la vigilance**, de l'éveil. Il s'agit d'une modulation « primitive » de l'attention, indépendante du cognitif, qui permet la mise à disposition du système de réponse (Sieroff, 2015) et implique un ensemble de sous-systèmes (Raz & Buhle, 2006).

L'attention soutenue, la vigilance et l'alerte définissent vaguement la capacité à augmenter et maintenir un potentiel de réponse en vue d'un signal imminent. On parle d'**attention préparatoire**.

2 types de modulations sont observées :

- × une **modulation phasique** liée à une tâche spécifique
- × une **modulation intrinsèque** correspondant à un contrôle général de l'excitation.



RÉSEAU D'ORIENTATION : SÉLECTION D'UN OBJET MENTAL = « A QUOI PRÊTER ATTENTION »

L'orientation correspond à notre **capacité à sélectionner une information spécifique parmi plusieurs stimuli** (scan ou sélection) (Raz & Buhle, 2006). Il s'agit d'une orientation à la fois **spatiale** et **focale** (zoom établi en fonction de ce qu'il est intéressant de regarder) (Sieroff, 2015) vers les signaux **sensoriels** ainsi que les événements purement **mentaux**, tels que la mémoire de travail (Raz & Buhle, 2006).

On distingue 2 types d'orientation (Raz & Buhle, 2006; Sieroff, 2015) :

- × l'**orientation endogène** qui permet d'orienter l'attention en fonction de ses propres buts.
- × l'**orientation exogène** lorsqu'un signal entraîne automatiquement notre attention vers un endroit spécifique. Cette dernière peut être modulée par l'orientation endogène.

L'orientation améliore les performances en induisant une augmentation de l'activité associée au système sensoriel concerné (Raz & Buhle, 2006).

Systèmes d'alerte et d'orientation fonctionneraient de manière dissociée (Raz & Buhle, 2006).



CONTRÔLE EXÉCUTIF

= « COMMENT TRAITER LES INFORMATIONS & APPRENDRE À APPRENDRE »

Le contrôle ou système exécutif joue un rôle de processeur central dans le processus de mémorisation (cf **Annexe 1**). Il permet la réalisation de l'ensemble des processus qui sous-tendent (Dehaene, 2014b) :

- × la planification, la sélection, l'initiation, l'exécution et la supervision des comportements volontaires dirigés vers un but
- × la flexibilité cognitive dans la conception de stratégies nouvelles, non routinières.

Parmi les processus qui relèvent du contrôle exécutif figurent (Dehaene, 2014b ; Raz & Buhle, 2006) :

- × le maintien d'un but
- × la prise de décision
- × la sélection des représentations perceptives, des actions et des opérations pertinentes
- × la régulation des pensées et des sentiments
- × la maîtrise d'actions habituelles
- × l'inhibition des actions inappropriées
- × la détection et la correction des erreurs.

Au cours de son développement, l'enfant apprend à se contrôler, c'est-à-dire à renforcer les stratégies appropriées et à inhiber les stratégies inappropriées. Ceci passe par la sollicitation et le développement de son contrôle exécutif.

Les limites de l'attention exécutive

L'attention exécutive agit comme un goulot d'étranglement (Dehaene, 2014b ; Pashler, McDaniel, Rohrer & Bjork, 2008). Lorsque nous sommes engagés et immergés dans une tâche donnée, les stimuli non-pertinents peuvent (Dehaene, 2014b) :

- × rester visibles mais être traités en différé (notion de période psychologique réfractaire)
- × ne plus devenir visibles. On parle de cécité attentionnelle.

Les paramètres de niveaux de charges et de contrôles attentionnels requis par la/les tâches en question jouent un rôle décisif dans la définition des limites de l'attention à un instant donné (cf Remarque sur le multi-tasking dans la section 1.1.2.).

Liens entre le contrôle exécutif et d'autres fonctions/mécanismes

La recherche actuelle montre des liens entre le contrôle exécutif et les champs suivants (Raz & Buhle, 2006) :

- × **Régulation des émotions** : diminution, augmentation ou maintien par l'individu d'une réponse émotionnelle sur la base de l'action individuelle ou de celle d'autrui.
- × **Auto-régulation** : capacité à manipuler ses propres émotions, pensées et/ou actions en direction de soi ou des autres. La régulation des émotions peut être une forme d'autorégulation, mais l'auto-régulation peut également être induite par l'action des autres.
- × **Effortful control** : capacité à inhiber, activer ou maintenir une réponse, ce qui inclut la capacité à inhiber une réponse dominante en vue de mettre en place une réponse sous-dominante.
- × **Contrôle inhibiteur** : réduction de la probabilité, de la vitesse ou de la vigueur de la réponse normale à un stimulus suite à une instruction issue de soi ou des autres.



Attention exécutive et métacognition (surveillance et contrôle de sa propre cognition). Ces deux termes semblent décrire des fonctions similaires, mais ont évolué indépendamment dans les différentes communautés de recherche (Raz & Buhle, 2006).



Les composantes de l'attention de Posner au sein du processus de mémorisation

L'attention, dans ses composantes d'alerte, d'orientation, et par l'action également du système exécutif, est essentielle pour permettre l'entrée d'informations

stockées dans le registre d'informations sensorielles en mémoire de travail.

Il est à noter que cette dernière est limitée en capacité. Sa charge maximale se situe à 7 ± 2 éléments (notion d'**empan mnésique**). Pour retenir plus d'éléments, le cerveau procède automatiquement à des regroupements, de manière à ce qu'au final, les groupes formés ne dépassent pas la capacité de cet empan mnésique (notion de « **chunk** »).

1.1.2 Autres modèles

MODÈLE DE KAHNEMAN

Ce modèle insiste sur la notion de ressources disponibles et la manière dont l'attention permet de distribuer les ressources selon nos besoins (Kahneman, 1973). La focalisation dépend de l'effort attentionnel qui définit les ressources disponibles.

Il y a également la notion d'agent distributeur central qui distribue l'attention entre différentes sources comme des dispositions momentanées, des dispositions stables et des activités possibles (Tassi, 2015).

MODÈLE DE SOHLBERG AND MATEER

Le modèle de Sohlberg et Matter (Sohlberg & Mateer, 1989), très utilisé pour l'évaluation clinique de l'attention chez des patients atteints de pathologies neurologiques, propose la distinction suivante :

- × **Attention focalisée** : capacité à répondre de manière ciblée à un stimulus sensoriel.
- × **Attention soutenue** (vigilance, concentration) : capacité à maintenir une réponse comportementale adaptée au cours d'une activité continue et répétitive.
- × **Attention sélective** : capacité à maintenir une réponse comportementale ou cognitive donnée face à des stimuli exerçant un effet distrayant ou de compétition.
- × **Attention alternée** : capacité de flexibilité mentale qui permet à l'individu de déplacer le centre de son attention et ainsi de déplacer son attention entre des tâches ayant des exigences cognitives différentes.
- × **Attention divisée** : capacité à traiter simultanément plusieurs tâches (notion de *multi-tasking**).



Multi-tasking

Lors du phénomène de multi-tasking, l'attention est divisée (donc diminuée) ou alternée de manière rapide entre les différentes tâches. Tout dépend de la capacité à alterner l'attention et du degré d'automatisation des tâches (en fonction du niveau de maîtrise) (Sieroff, 2015) et ainsi du niveau de charge attentionnelle et de contrôle attentionnel requis par une tâche, ce qui conditionnera les ressources disponibles.

Ainsi, des tâches pratiquées pour la première fois ou de manière non-régulière rencontrent les limites de l'attention. Avec une pratique régulière, la majorité des tâches exigeantes en termes d'attention deviennent automatisées voire indépendantes (Ait Khelifa-Gallois, 2014; Raz & Buhle, 2006).

La **double tâche de Baddeley** est un test qui permet d'évaluer les compétences générales d'un individu dans ce contexte (Baddeley & Hitch, 1974).

Ce paradigme consiste à demander au sujet d'accomplir deux tâches simples en même temps. Il permet d'étudier la distribution des ressources attentionnelles au cours de l'exécution de tâches cognitives. Il sous-entend que si une tâche est automatisée, elle peut être réalisée en parallèle avec une autre tâche car elle mobilise peu de ressources attentionnelles.



1.2. ATTENTION ET AUTOMATISMES

Pour revue concernant cette thématique, voir Ait Khelifa-Gallois (2014) dont la section suivante est adaptée.

1.2.1 L'automatisme : absence de charge mentale et de contrôle attentionnel

L'automatisme est défini par Meulemans et collaborateurs comme le processus par lequel les aptitudes deviennent de plus en plus fluides et aisées, sans limitation de capacité et difficilement modifiables une fois apprises (Meulemans, Van der Linden, & Perruchet, 1998).

Les automatismes sont caractérisés par deux propriétés : l'absence de charge mentale et l'absence de contrôle attentionnel (Perruchet, 1988).

× L'**absence de charge mentale** fait référence au fait qu'une tâche automatisée peut être réalisée simultanément avec une autre tâche qui peut également être automatisée ou non (i.e. contrôlée). On parle alors de traitements qui s'opèrent en parallèle. Le terme «efficace» est également employé par certains auteurs (Moors & De Houwer, 2006), faisant référence au fait que les processus automatiques n'entraînent pas de coût cognitif important (Perruchet, 1988; Shiffrin & Schneider, 1977).

× L'**absence de contrôle attentionnel** renvoie quant à elle au fait que ce type de traitement, par opposition aux traitements attentionnels, se déclenche de façon irrépessible, involontaire et une fois initié, il est difficile d'en arrêter l'exécution. La formation d'un automatisme s'accompagne d'une grande rapidité d'exécution au fil des essais, ce qui permet aux processus automatiques de faire gagner du temps et d'économiser de l'énergie mentale.

Par ailleurs, il est à noter que les automatismes peuvent être effectués de façon inconsciente, puisque souvent le sujet est incapable de verbaliser son occurrence.

1.2.2 Formation et évolution d'un automatisme

La littérature met l'accent sur trois modes principaux permettant d'acquérir un automatisme.

× Le premier est une **acquisition par «intégration»** qui se caractérise par le fait que l'automatisme se forme de façon intentionnelle.

Exemple : Apprentissage du chemin qui conduit de son domicile à son lieu de travail.

Au début, nous faisons attention aux détails, on contrôle alors le défilement des stations de métro puis au fil de la pratique de ce trajet, on devient capable de le faire en écoutant la radio ou encore en lisant un livre, tout en gardant des sensations kinesthésiques de longueur de parcours ou de sens de la rotation (Lieury, 2013).

× Le second mode d'acquisition est celui de l'**apprentissage avec un but plus ou moins explicitement défini et centré sur une tâche particulière** (Leplat, 1997). Celui-ci fait référence aux situations où les automatismes sont acquis en regardant une autre personne faire, en d'autres mots, l'apprentissage se fait par «imitation» impliquant des essais et erreurs.

× Le dernier mode d'acquisition renvoie à l'**acquisition explicitement «contrôlée»** où l'apprentissage est guidé par des aides extérieures et doit s'accompagner d'un exercice systématique. Les débuts sont alors considérés comme laborieux, puis à force de pratique, les performances s'améliorent avant un passage à l'automatisation.

Exemple : Apprentissage de la lecture.

La plupart des travaux portant sur l'étude des automatismes suggèrent unanimement que **la pratique est au cœur de l'acquisition d'un automatisme** et désignent le cervelet comme siège de formation de ces automatismes (Lieury, 2013).



1.3. ATTENTION ET PROCESSUS D'APPRENTISSAGE : RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES

Comme évoqué précédemment, l'attention module massivement l'activité cérébrale. Elle peut faciliter l'apprentissage mais, dans certaines conditions, elle peut également l'orienter dans une mauvaise direction (Dehaene, 2014a). Les sciences cognitives placent l'attention parmi les 4 facteurs essentiels de l'apprentissage (Dehaene, 2014c) aux côtés de l'engagement actif, du retour d'information ou *feedback* et de la consolidation. Avant d'aborder des recommandations générales au regard de ce qui a été évoqué dans les sections précédentes, il convient de rappeler que les dispositions de l'enfant en termes d'attention évoluent au cours de son développement et fluctuent au cours de la journée.

1.3.1 Fluctuation de l'attention au cours de la journée et en fonction de l'âge

Lorsque l'on considère les modifications de la rythmicité journalière de l'attention chez des enfants scolarisés entre la moyenne section de maternelle et le CM2 où ce rythme se stabilise, il est possible de distinguer 2 phases (Janvier & Testu, 2005) :

PHASE 1 : ENTRE 4 ET 7 ANS (MS -> CP) D'une rythmicité avec effet "séquence" vers une rythmicité en demi-journée.

L'effet « séquence » se caractérise par une alternance de pics et de creux correspondant respectivement aux débuts et aux fins de séquence et donc calquée sur les séquences d'enseignements entrecoupées de pauses.

Cet effet, **très présent en moyenne section, l'est moins en grande section et absent en cours préparatoire** où l'on observe la mise en place du rythme marqué par les demi-journées, avec des pics de l'attention situés en fin de demi-journée et des creux en début de chaque demi-journée. Cependant, en cours préparatoire, certains enfants n'ont pas encore une rythmicité « classique » mais du type « intermédiaire ».

Lorsque l'on s'intéresse aux profils individuels des enfants, c'est principalement pour la tranche d'âge **5-6 ans que les**

modifications s'opèrent. La mise en place semble s'opérer par une modification ponctuelle des profils individuels à certains moments de la journée. **Les profils des élèves de grande section maternelle sont ceux qui présentent un plus grand « panachage ».**

PHASE 2 : ENTRE 7 ET 11 ANS (CE1 -> CM2) Stabilisation de la rythmicité en demi-journée.

La rythmicité journalière de l'attention continue à évoluer de manière progressive jusqu'au CM2 où ce rythme devient constant et stable. A partir de 11 ans, les moments de plus faible attention sont le matin et le début d'après-midi et les périodes d'attention accrue sont la fin de matinée et, à degré moindre, la fin d'après-midi.

Ainsi, la rythmicité journalière de l'attention serait principalement synchronisée par les séquences d'enseignement en maternelle alors qu'en cycle élémentaire elle le serait par les demi-journées de classe et se rapprocherait ainsi de la rythmicité mise en évidence également par les chronobiologistes. Ces paramètres sont importants à **prendre en compte dans une période de restructuration des rythmes scolaires.** Ils permettent en outre de comprendre également l'importance de **l'évolution des emplois du temps** entre la maternelle et le cours préparatoire.



1.3.2 Recommandations générales



EVITER L'ACTIVATION DU SYSTÈME D'ALERTE

Importance de l'environnement : éviter les distractions (sonores, visuelles ...), le stress ...



MANIER LE MIEUX POSSIBLE L'ATTENTION D'ORIENTATION SUR LES TÂCHES REQUISES

Afin d'induire une focalisation optimale (Dehaene, 2014a) :

- × Disposer d'un **matériel attrayant** assurant une bonne focalisation et minimiser tout ce qui détourne l'enfant du contenu enseigné.
- × **Solliciter les différents canaux sensoriels** (visuel, auditif, kinesthésique) de l'enfant afin de déclencher l'attention de chacun, de permettre un codage adapté à chacun et de favoriser un codage multiple de l'information en mémoire.
- × **Eviter les doubles tâches**, surtout chez enfants « dys ».



METTRE EN PLACE LES CONDITIONS D'UNE ATTENTION EXÉCUTIVE OPTIMALE

Afin de maximiser les ressources attentionnelles et réussir à réaliser des tâches plus complexes, quelques axes sont à envisager en parallèle :

- × **Ne pas surcharger en quantité mais fractionner l'information**

Exemple : Faire des phrases courtes lors de la dévolution de consigne, chacune contenant un élément d'information.

- × **Utiliser des moyens mnémotechniques de catégorisation de l'information**

Exemple 1 : La mémorisation d'un numéro à 10 chiffres (NNNNNNNNNN), se fera rarement numéro après numéro (10 éléments à retenir) mais par nombre NN-NN-NN-NN-NN (5 éléments) ou NN- NN-NNN-NNN (4 éléments) ou NN-NNNN-NNNN (3 éléments).

Exemple 2 : Former une phrase pour retenir des éléments telle que la célèbre phrase utilisée dans le cas des conjonctions de coordination : « Mais où est donc Ornica ? » pour « mais ou et donc or ni car ».

- × **Libérer des ressources au niveau de la mémoire de travail en facilitant le transfert de connaissances en mémoire à long terme**

Donner du sens aux apprentissages, veiller à des *feedbacks* réactifs et clairs afin de faciliter le transfert de connaissances en mémoire à long terme et libérer des ressources au niveau de la mémoire de travail.

- × **Prendre le temps de la consolidation des acquis**

En répétant certaines tâches et en développant des automatismes, les tâches s'exécutent plus rapidement, de manière plus efficace et le système attentionnel est moins sollicité lors de son exécution, libérant ainsi des ressources pour l'exécution d'autres tâches.

- × **Limiter le contrôle et la charge attentionnelle associés à l'exécution d'une tâche par sa consolidation**, en favorisant son automatisation.

- × **Développer les performances générales du système attentionnel via des entraînements** tels que ceux décrits dans la section ci-après.



Attention et *flow*

D'après Csikszentmihalyi, l'attention représente 1 des 9 caractéristiques de l'état de *flow* ou expérience optimale (Csikszentmihalyi, 1991).

Ainsi, l'expérience optimale exige une concentration totale de l'attention sur la tâche en cours, de sorte qu'il n'y a plus de place pour la distraction.

Agarwal et Karahanna évoquent également ces épisodes d'attention totale qui « absorbent » entièrement

les ressources cognitives au point que plus rien d'autre n'importe, que sont ces expériences optimales ou états de *flow* (Agarwal & Karahanna, 2000; Heutte, 2011). Ils proposent le concept d'**absorption cognitive** qu'ils définissent comme un profond état d'engagement à travers cinq dimensions :

- × la dissociation temporelle ou la perte de la notion du temps
- × l'immersion ou la concentration totale dans une tâche
- × l'intensité du plaisir
- × le sentiment de contrôle de l'interaction
- × la curiosité sensorielle et cognitive.



1.4. ENTRAÎNEMENT DE L'ATTENTION

Les approches utilisées pour entraîner l'attention varient en fonction du système attentionnel ciblé et de leur effet plus ou moins sélectif sur les systèmes attentionnels.

1.4.1 Approches ciblées améliorant le fonctionnement du système exécutif

On observe un développement important de l'autorégulation chez les enfants entre 4 et 7 ans. Le contrôle exécutif se développe sous l'influence forte du contrôle génétique et peut également être influencé par l'entraînement. Diamond et collaborateurs évoquent ainsi l'impact bénéfique d'approches telles que l'entraînement moteur (du type de celui proposé dans l'approche Montessori) ou encore la pratique d'un instrument de musique (Diamond & Lee, 2011).

Rueda et collaborateurs ont testé chez des enfants l'effet d'un entraînement de 5 jours qui incluait des exercices d'anticipation, de discrimination de stimuli et de résolution de conflits (Rueda, Rothbart, McCandliss, Saccomanno, &

Posner, 2005). Leurs travaux ont montré une évolution du profil des réseaux attentionnels d'une forme « enfant » vers une forme davantage « adulte » avec un impact sur le QI, suggérant une généralisation des effets bénéfiques liés à cet entraînement.

Le renforcement de la mémoire de travail est également un type d'entraînement pouvant présenter des résultats intéressants sur le contrôle exécutif dans la mesure où ces 2 concepts utilisent des mécanismes proches. Entraîner l'un exercerait semble ainsi améliorer le fonctionnement de l'autre (Raz & Buhle, 2006).

1.4.2 La pleine conscience : un effet global sur le système attentionnel

La pratique de la pleine conscience* démontre des effets significatifs et prometteurs sur la régulation de l'attention, du stress et des émotions (Petersen & Posner, 2012). L'entraînement de pleine conscience inclut un ensemble de pratiques variées dont certaines sont formelles (statiques ou en mouvement, avec une attention focalisée à plus ou moins ouverte) et d'autres informelles.

Une revue de la littérature par Chiesa et collaborateurs (Chiesa, Calati, & Serretti, 2011) s'intéresse aux effets de l'entraînement de pleine conscience sur le système attentionnel. Elle montre que dès les débuts de la mise en pratique de la pleine conscience, on observe une amélioration de la gestion de conflit entre des tâches (cf attention exécutive) ainsi que qu'une meilleure gestion de l'attention d'orientation. Une pratique plus poussée permet quant à elle d'améliorer également de manière significative le système d'alerte (Tang, Hölzel, & Posner, 2015).

Aux côtés des effets bénéfiques de l'entraînement de l'attention par la pleine conscience, des travaux ont montré un impact positif sur la gestion des émotions, avec une diminution de l'intensité et de la fréquence des émotions négatives ainsi qu'une amélioration des humeurs posi-

tives. On observe également, avec une réduction de l'interférence émotionnelle suite à un stimulus désagréable, une diminution de la réactivité physiologique ainsi qu'un retour facilité au niveau de base émotionnel suite à un stimulus stressant, une diminution des difficultés de régulation des émotions (auto-reportée) (Tang et al., 2015).

Il est à noter que ce champ de recherche est relativement émergent et que de nombreux résultats seront consolidés ou ajustés dans les temps à venir. Il sera intéressant d'identifier les effets respectifs des différents types de pratiques inclus dans la pleine conscience sur les différentes composantes du système attentionnel. L'impact de la durée de la pratique et de l'entraînement seront également d'autres composantes à préciser (Tang et al., 2015).





La pleine conscience.

La pleine conscience (« *mindfulness* ») résulte du fait de porter son attention, intentionnellement, au moment présent et sans jugement (Enfance et attention).



Des effets bénéfiques élargis

Les effets se généralisent à de très nombreux domaines. Les enfants issus de milieux défavorisés en bénéficient particulièrement (Dehaene, 2014a).



Effet de l'entraînement de l'attention chez des enfants présentant des troubles de l'attention.

Plusieurs études se sont intéressées à l'impact de ces entraînements chez des enfants présentant des troubles de l'attention, et particulièrement dans le cadre de l'ADHD (attention-deficit hyperactivity disorder) et montrent des effets significatifs positifs (Raz & Buhle, 2006).



2. L'ENGAGEMENT ACTIF

Un organisme passif n'apprend pas. Pour que l'apprentissage soit optimal, l'enfant doit alterner apprentissage et test répété de ses connaissances, et cela de manière active (Dehaene, 2014b). L'enfant pourra alors apprendre à améliorer ses performances, à savoir quand il sait et quand il ne sait pas (métacognition).

2 leviers permettent de favoriser l'engagement actif :

- × **la curiosité, la soif d'apprendre**
- × **les situations de prédiction active.**

2.1. LA CURIOSITÉ

La curiosité désigne cet **élan de l'individu à rechercher activement la nouveauté et non à l'attendre de manière passive** (Dehaene, 2014b).

De nombreux psychologues, viennent enrichir la définition de la curiosité de différents aspects :

- × Pour Loewenstein, la curiosité serait associée à l'identification d'un décalage entre ce que l'on connaît et ce que l'on aimerait connaître, et que l'on tenterait de réduire (Loewenstein, 1994).
- × Kaplan et Oudeyer ajoutent la notion de recherche de situation dans laquelle l'apprentissage est maximal (Kaplan & Oudeyer, 2007). Ainsi le système explorerait successivement les différentes niches, dans un ordre systématique, en abandonnant dès que l'ennui ou l'absence de progrès s'installe.
- × Hunt et Berlyne suggèrent l'existence d'une motivation intrinsèque associée à l'exploration (Berlyne, 1960; Hunt, 1965). En effet, la découverte d'informations entre en compétition avec d'autres récompenses (renforcement positif) au sein du circuit de la **dopamine**. En déclanchant la dé-

couverte d'informations, **la curiosité induit le déclenchement d'une récompense intrinsèque et serait donc une motivation en soi.**

Comment maximiser la curiosité pour augmenter l'envie d'apprendre ?

Maximiser la curiosité est un véritable enjeu car au-delà de faciliter l'engagement actif de l'enfant, elle facilite de manière proportionnelle la rétention en mémoire (Dehaene, 2014b).

Ainsi, pour aiguïser la curiosité de l'enfant, **la situation pédagogique doit être perçue comme stimulante.** Pour cela, les points suivants ressortent avec un impact important :

- × Présenter des situations (exercices, problèmes, concepts) qui incitent l'enfant à la découverte « spontanée ».
- × Eviter les situations où l'enseignement est trop explicite.
- × Adapter l'enseignement au niveau de l'enfant. La curiosité suit une courbe en U inversé. L'enfant risquera de « décrocher » si on lui propose des situations d'apprentissage trop faciles ou trop difficiles.



Faut-il récompenser la curiosité et l'apprentissage?

Il est d'emblée important de préciser que le terme de récompense n'implique ni behaviorisme ni conditionnement. **Il y a une récompense dans le regard des autres et la conscience de progresser.** On peut parler également de valorisation.

Comme évoqué précédemment, la récompense intrinsèque liée à l'envie d'apprendre se combinant avec les récompenses extrinsèques au sein du même **circuit dopaminergique**, induisant un renforcement positif,

avec un impact sur la motivation, on peut donc penser que, dans une certaine mesure, activer ce système de renforcement positif par des initiatives externes, encourager l'enfant à étudier certains domaines difficiles pour lui par exemple, peut être bénéfique pour renforcer cette dynamique dans sa dimension même interne (Dehaene, 2014b).

Quoi qu'il en soit, il faut rester vigilant à ne pas sanctionner des tentatives d'explorations par une sanction externe, ce qui pourrait entraver fortement les initiatives d'exploration et tuer la curiosité.

2.2. LA PRÉDICTION ACTIVE

La prédiction active désigne notre **tendance à anticiper et générer perpétuellement des prédictions quant au monde qui nous entoure** (Dehaene, 2014b), prédictions qui auront été suscitées par notre curiosité et qu'il conviendra de valider ou d'ajuster par un retour d'information (*feedback*).

Schématiquement, les étapes sont les suivantes :

- × **Si** ... (observation, situation du monde qui nous entoure et pique la curiosité)
- × **Alors** ... (prédiction active en fonction du modèle interne existant : exploration des conséquences logiques et choix d'une hypothèse)
- × **A la recherche de la preuve / *feedback*** ... (-> accepter ou non l'hypothèse puis ajuster en fonction de l'erreur observée notre modèle interne) (cf paragraphe suivant)



3. LE RETOUR D'INFORMATION

L'apprentissage ne fonctionne donc pas par association entre un stimulus et un autre, mais (i) par anticipation et intégration des signaux d'erreur établis à partir des concepts préexistants dans notre cerveau et des situations qui nous sont présentées et (ii) ajustement continu de nos modèles internes (Dehaene, 2014b). Cette règle s'applique probablement à de très nombreux circuits sensoriels et cognitifs.

L'apprentissage se déclenche donc lorsqu'un signal d'erreur montre que la prédiction sur le monde extérieur générée par notre cerveau n'est pas parfaite. Ces signaux d'erreur se propagent dans le cerveau, sans que nous en ayons nécessairement conscience, et ajustent sans cesse nos modèles mentaux.

Il n'y aurait pas d'apprentissage si tout était parfaitement prévisible. **L'erreur ou l'incertitude sont donc non seulement normales mais même indispensables** (Dehaene, 2014b, 2014c) **et il est important qu'elles n'impliquent ni sanction ni punition ce qui ne ferait qu'induire ou augmenter peur, stress, découragement et auraient un effet néfaste sur l'apprentissage de manière générale, et un effet clairement négatif sur la curiosité.**

Cette importance des *feedbacks* mise en avant par les sciences cognitives est confirmée par les sciences de l'éducation, comme le montrent les résultats de méta-analyses (Tableau 1).



Une **méta-analyse** est une démarche statistique analysant les résultats d'un ensemble d'études indépendantes sur une problématique donnée.

La **taille d'effet (d)** est un paramètre statistique proposé par Jacob Cohen qui permet de mesurer la force d'une variable X, par comparaison de son effet sur deux groupes (contrôle et test).

Ce paramètre se calcule en exprimant la différence entre les moyennes des effets observés sur chaque groupe (X1-X2) en fonction de l'écart type.

L'interprétation de la valeur « d » obtenue se fait de la manière suivante :

d	effet de X sur le groupe test par rapport au groupe contrôle.
0.2	faible
0.5	moyen
0.8	fort

Tableau 1 : Impact du feedback sur l'apprentissage en milieu scolaire (Petty, 2014)

Méta-analyse	Paramètre observé	Nombre d'élèves inclus dans l'étude	Taille d'effet (d)
Hattie	Feedback : Les élèves reçoivent un <i>feedback</i> sur une partie de leur travail de la part de l'enseignant, de pairs ou d'eux-mêmes ... (sont exclus ici les feedbacks portant sur les composantes sociales et comportementales).	13 209	0.81
	Tests : Utilisation de tests mesurant la performance de l'élève.	1463	0.31
Marzano	Feedback : Les élèves reçoivent un <i>feedback</i> sur les processus et stratégies utilisés pour mener à bien une tâche.	488	0.74

Différents types de retours d'information

Le signal d'erreur peut venir d'une correction explicite (enseignant, pair, livre, parents, expérience) ou de la détection endogène d'un décalage entre prédiction et observation (surprise).

Différents types de *feedbacks* peuvent être distingués en fonction (Hattie, 2013; Petty, 2014) :

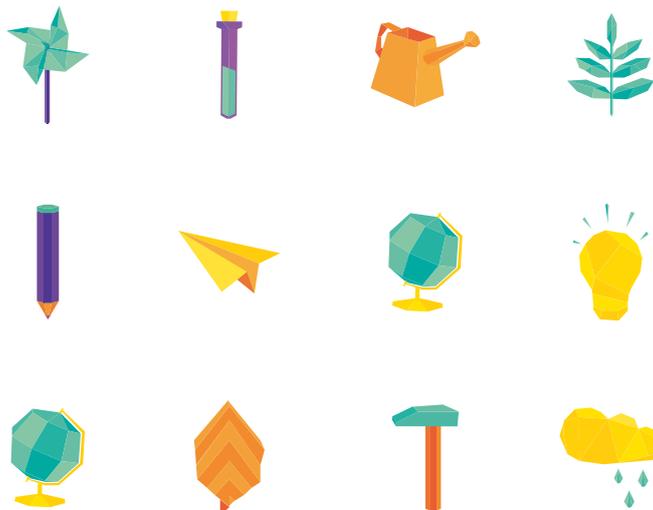
- × **du degré d'immédiateté** par rapport à l'émission de la prédiction,
- × **du degré de spécificité**,
- × **de l'émetteur et du destinataire** :
 - *feedback* de l'enseignant et des pairs à l'élève
 - *feedback* des élèves aux enseignants. (ex. ce que les élèves savent, ce qu'ils comprennent, où ils font des erreurs, ce qu'ils ont mal compris, lorsqu'ils ne se sentent pas engagés ...).
 Lorsque les enseignants recherchent un *feedback*, ou sont du moins prêts à en accueillir, alors enseignement et apprentissages peuvent être synchronisés et gagner significativement en puissance.
- × **des effets psychologiques associés** : *feedback* critique versus informatif.

Comment améliorer les retours d'information ?

Les données résultant de méta-analyses portant sur différents sous-types de *feedbacks* présentent une forte variabilité, montrant que certains types de *feedbacks* sont plus efficaces que d'autres (Hattie, 2013).

Ainsi, pour être les plus efficaces possible, ils doivent :

- × **apporter des éléments de perfectionnement à l'apprenant**,
- × **se faire de vive voix, sous forme audio ou vidéo**,
- × **être reliés aux objectifs d'apprentissage**,
- × **être les plus spécifiques possible**,
- × **être les plus proches dans le temps du moment où la prédiction a été émise**.



4. CONSOLIDER LES ACQUIS

Au début de l'apprentissage, le cortex préfrontal est fortement mobilisé. **Une tâche est traitée de manière explicite, consciente, avec effort** (Dehaene, 2014b, 2014c). Progressivement, **l'automatisation permet de transférer les connaissances associées vers des réseaux associés aux traitements implicites, ce qui permet ainsi de libérer des ressources.**

Cette automatisation est essentielle pour que l'enfant puisse passer à des tâches plus complexes ou être disponible pour aborder de nouvelles connaissances dans d'autres thématiques. Ainsi, par exemple, lorsque la lecture devient fluide et automatique, l'enfant cesse de se concentrer sur le décodage et peut alors mieux investir au sens du texte.

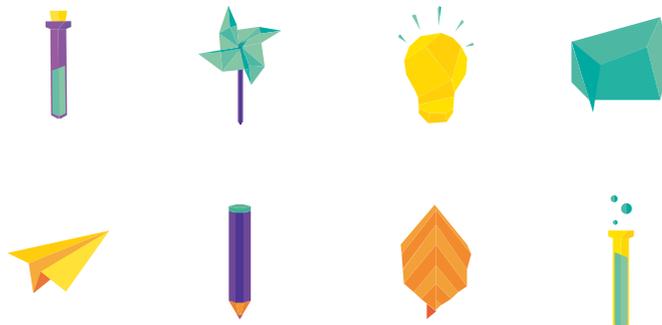


Sommeil et apprentissages

(Dehaene, 2014b, 2014c)

Le sommeil exercerait un rôle important dans les apprentissages et notamment au niveau de l'étape de consolidation des apprentissages. En effet, durant le sommeil, notre cerveau rejoue, parfois à une vitesse accélérée, les décharges neuronales éprouvées la veille. En rejouant ces décharges, les circuits neuronaux se renforcent, l'apprentissage se consolide. Ainsi, après une période d'apprentissage, une période de sommeil, même courte, améliorerait la mémoire, la généralisation et la découverte de régularités.

L'amélioration du sommeil peut donc être une intervention très efficace, particulièrement pour les enfants avec troubles de l'attention. Cela montre également l'importance de distribuer l'apprentissage sur plusieurs jours.



DONNER DU SENS : UN LEVIER TRANSVERSAL

Un **apprentissage de qualité** nécessite de **raisonner et de donner du sens** afin de développer des relations entre des concepts. Donner du sens mentalement n'est pas un processus direct. **Implicite ou explicite**, il fait partie intégrante du processus d'essais/erreurs qu'est celui de engagement actif/retour d'information/consolidation, et cela d'une manière qui sera **propre et très personnelle à chaque élève**.

1. DONNER DU SENS : QU'EST-CE QUE CELA SIGNIFIE ?

Au cours du processus actif qu'est l'apprentissage, l'apprenant va donner du sens à ce qu'il apprend, à savoir y conférer une **interprétation personnelle plutôt qu'une interprétation « parfaite » de ce qui a été enseigné** (Petty, 2014). Il ne s'agit pas simplement de stocker des interprétations personnelles de faits et d'idées mais également de relier des idées à d'autres idées, à des notions apprises auparavant, pour que puissent se créer sens et compréhension.

Les **apprentissages actifs**, en permettant de comprendre en quoi un apprentissage sera fonctionnel, d'apprendre les manières d'utiliser cette connaissance pour résoudre des problèmes, d'établir des jugements et de mener à bien des tâches utiles ..., permettent d'investir cette dimension de « donner du sens » et ainsi de mettre en place chez l'apprenant une structure de base solide.

2. UN PROCESSUS INCONTOURNABLE POUR FACILITER LE PASSAGE DE LA MÉMOIRE DE TRAVAIL À LA MÉMOIRE À LONG TERME

Notre cerveau fonctionne à l'aide d'un langage « mental » comme évoqué dans la description du processus de mémorisation.

En formant mentalement un concept, notre cerveau créé une construction, c'est-à-dire un petit **réseau** de neurones interconnectés. Cela correspondra au sens que nous conférons personnellement au concept. Tout ce que nous savons, notamment au niveau de la mémoire sémantique (sous partie de la mémoire à long terme) a été codé préalablement dans notre cerveau de cette manière. Ces réseaux vont porter l'étiquette du concept auquel ils sont associés.

Ex. Le concept de fraction.

C'est un concept que nous avons reçu par le biais d'une instruction. Nous avons créé un réseau neuronal qui va s'articuler avec d'autres réseaux tels que ceux associés aux notions de quart, moitié, pourcentage, proportion, ratio... mais également des liens à des principes mathématiques plus ou moins complexes.

Nos constructions, et leurs connexions aux autres constructions, ne sont pas exactement les mêmes d'une personne à l'autre, et cela au moins sur des points de détail liés à la manière dont nous avons interprété l'information lorsque

nous l'avons apprise, à la manière dont cela a donné du sens pour nous et à la manière dont nous l'avons intégré. Lorsque la mémoire de travail a conféré un sens à l'information, cette dernière peut être transférée en mémoire à long terme.

Ainsi donner du sens aux apprentissages permet :

- × de développer la **dimension personnelle** des notions attachées à une information, avec une bonne profondeur d'encodage de l'information
- × de **faciliter le transfert de l'information de mémoire de travail en mémoire à long terme**.
- × de permettre la mise en place de **réseaux enrichis autour de nœuds** (concepts) en mémoire à long terme et un **renforcement des arcs entre ces différents nœuds** (voir **Annexe 2**).
- × En évoquant régulièrement certaines notions, et ainsi faisant appel à la récupération d'information, de permettre un **haut niveau d'activation des réseaux**.

Le recours aux pédagogies actives et au travail en coopération permettent notamment d'investir cette dimension de donner du sens aux apprentissages (Laustriat, 2015a, 2015b).

ANNEXE 1

LES DIFFÉRENTS NIVEAUX DE MÉMOIRE ET LEURS COMPOSANTES

On peut distinguer **3 grands niveaux de mémoire** (Figure 1)(Godefroid, 2008):

- × Le registre sensoriel
- × La mémoire de travail
- × La mémoire à long terme

LE REGISTRE SENSORIEL

La mémoire sensorielle ou registre d'information sensorielles (RIS) est un mécanisme permettant à l'information, captée par des récepteurs associés à nos différents sens, de demeurer disponible durant une très courte durée (inférieure à 2 secondes afin de permettre au cerveau de décider d'y prêter attention ou non.

LA MÉMOIRE DE TRAVAIL

La mémoire de travail (MDT) ou système exécutif est un espace de travail dans lequel progresse une activité en cours. Elle fonctionne à la manière d'un processeur central, chargé du traitement de l'information et de la décision de son transfert en mémoire à long-terme.

Ce processeur est associé à des **systèmes dits «esclaves»** tels que :

- × La **boucle phonologique** qui permet le maintien et le rafraîchissement des informations en mémoire de travail durant leur traitement grâce à une autorépétition subvocale s'effectuant de manière autonome.
- × Un **calepin visuo-spatial** (et kinesthésique) qui est quant à lui impliqué dans des tâches reliées à la mémoire spatiale, et permet notamment la manipulation d'une image en mémoire.
- × Une **mémoire tampon épisodique** qui confère une dimension active au système en offrant un espace de stockage d'informations durant le temps nécessaire à la réalisation d'une tâche. Cette mémoire tampon présente des caractéristiques proches de celles de la notion de mémoire à court terme (MCT), à la différence que cette dernière était définie comme limitée dans le temps à une vingtaine de secondes.

Il est à noter que la mémoire de travail est limitée en capacité. Sa charge maximale se situe à 7 ± 2 éléments (notion d'**empan mnésique**). Pour retenir plus d'éléments, le

cerveau procède automatiquement à des regroupements de manière à ce qu'au final, les groupes formés ne dépassent pas la capacité de cet empan mnésique (notion de «**chunk**»).

LA MÉMOIRE À LONG TERME

Si la mémoire de travail peut être assimilée à un processeur central, la mémoire à long terme pourrait être assimilée à un disque dur, théoriquement illimité en termes de capacité de stockage (en durée et en quantité).

En pratique, ces paramètres de durée et de quantité sont alors définis par les processus de mémorisation mis en jeu au moment du stockage, le type de mémoire dans lequel l'information est stockée ainsi que du système de représentation qui leur sert de support.

Cette mémoire peut-être décomposée de la manière suivante :

1/ La mémoire déclarative ou explicite

Cette mémoire stocke des faits et contient les informations relatives à notre connaissance des choses (Gaussel & Reverdy, 2013; Godefroid, 2008).

On parle de **mémoire explicite** dans la mesure où elle intervient lors de l'intégration et de la restitution intentionnelle de connaissances ou de souvenirs. Ce type de mémoire se met en place au cours de l'enfance et décline en avançant en âge (Godefroid, 2008).

Cette mémoire présente des caractéristiques de « carte » et regroupe les sous-types de mémoire suivants :

- × **Mémoire épisodique**, mémoire sophistiquée qui stocke les histoires, les épisodes, les souvenirs : ce qui s'est passé en premier, second, troisième ...
- × **Mémoire sémantique** ou mémoire des connaissances générales sur le monde au sens large, sur les concepts, les informations concernant les mots et leur sens.

Le fait que nous stockions un certain nombre d'informations à cette étape contribue à expliquer l'efficacité des cartes mentales et autres outils visuels (Petty, 2014).

2/ La mémoire non-déclarative ou implicite

Le terme de **mémoire «non déclarative»** concerne l'apprentissage, l'acquisition progressive d'habiletés, leur stockage et leur restitution sans faire référence aux expériences passées (Ait Khelifa-Gallois, 2014).

On parle de **mémoire implicite**, à savoir d'une mémoire qui se trouve sollicitée, dans la vie courante, sans que l'individu n'ait à faire d'effort pour se rappeler les informations qui y sont associées. Cette mémoire intervient lors de l'acquisition et de l'extériorisation de connaissances. Elle est présente très tôt dans la vie et tend à se maintenir jusqu'à un âge avancé (Godefroid, 2008).

Ce type de mémoire regroupe les sous-types suivants :

× **Mémoire procédurale** (habiletés et automatismes) qui stocke des compétences et processus. Il s'agit de la mémoire des automatismes.

× **Mémoire perceptive** qui est associée à l'identification des stimuli provenant de nos 5 sens (Gaussel & Reverdy, 2013).

Cette mémoire est associée à la notion d'**amorçage** (ou priming), à savoir à l'exercice d'une influence sur le traitement d'un autre stimulus (ex. cible). Il y a un effet d'amorçage quand, par exemple, la cible est reconnue plus rapidement par les personnes exposées à l'amorce.

× Mémoire des conditionnements classiques

Il s'agit des situations où un comportement est déclenché par un stimulus qui a été substitué au stimulus naturel. Le réflexe pavlovien en est un exemple (Ait Khelifa-Gallois, 2014)

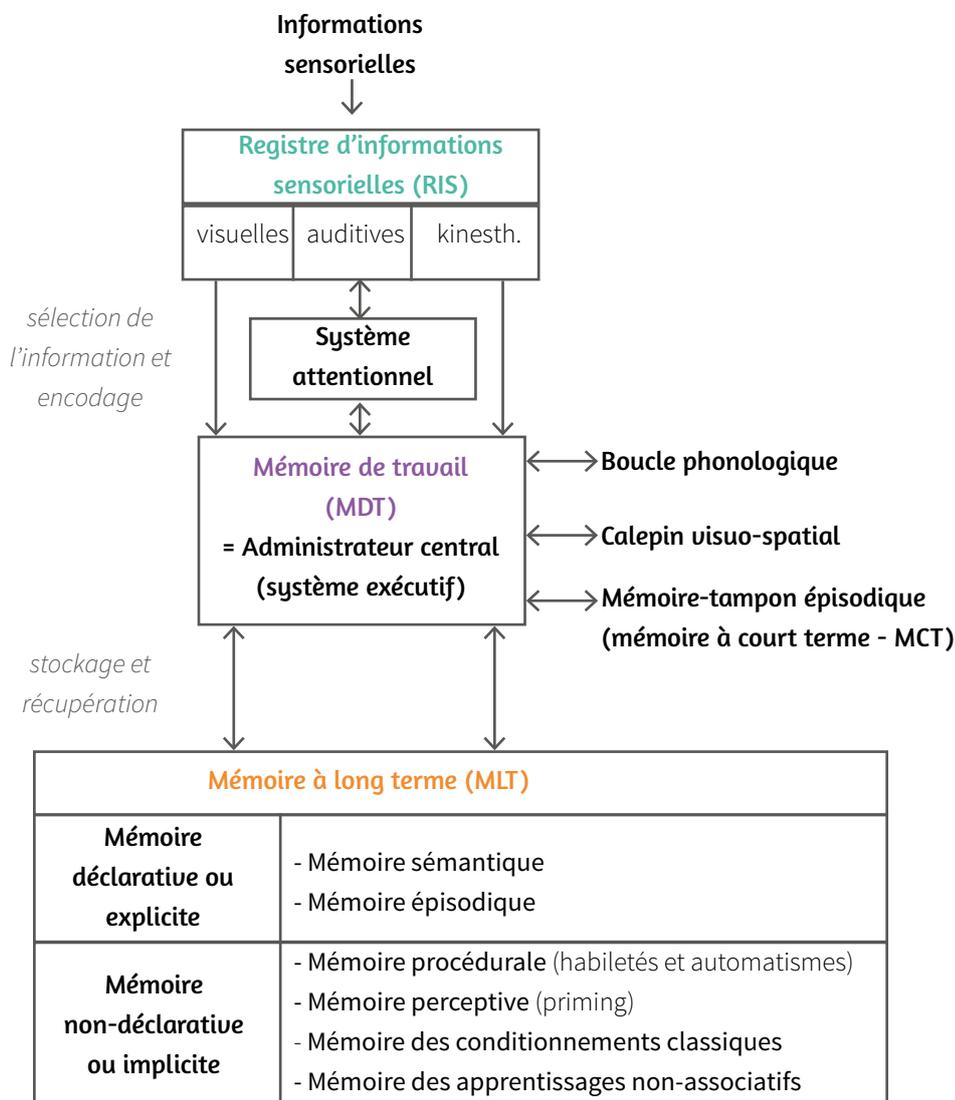
× Mémoire des apprentissages non-associatifs

L'apprentissage non associatif se réfère aux réactions à l'environnement et fait référence aux phénomènes d'habituation et de sensibilisation :

- Si un élément est inoffensif (tic tac d'une horloge, bruit de fond d'un appareil) il y a **habituation** ;

- S'il est nocif, il sera de plus en plus mal supporté, il y aura **sensibilisation** et la réponse pourra évoluer vers l'agression ou la fuite.

Figure 1 : Les différents niveaux de mémoire et composantes associées (D'après Godefroid, 2008)



ANNEXE 2

LE PROCESSUS DE MÉMORISATION

1/ DU STIMULUS À LA MÉMOIRE DE TRAVAIL : SÉLECTION ET ACQUISITION/ENCODAGE DE L'INFORMATION

Le registre d'informations sensoriel permet un stockage très bref d'informations sensorielles résultant de stimuli. La sélection des informations se fait via le système attentionnel (composantes d'alertes et d'orientation), lui-même sous l'influence de la mémoire de travail, qui est en lien avec les différents systèmes esclaves, l'espace de stockage temporaire et la mémoire à long terme (Godefroid, 2008).

Ex. Cela explique par exemple pourquoi, lorsque nous sommes dans la rue, nous orientons notre regard vers certains visages avant même d'y prêter attention.

Pour entrer et être stockée et en mémoire de travail et au niveau de ses associés, une information doit alors être convertie en une trace mnésique, qui va constituer une représentation interne (à savoir une structure de connaissances) de la situation perçue, et qui sera utilisable pour être traitée. L'enregistrement de cette trace mnésique implique ainsi un encodage du stimulus qui se fait grâce à l'utilisation de codes de types sensoriel, perceptif, verbal ou sémantique.

La profondeur de traitement dépend de la nature de l'activité de codage ou d'encodage (la transformation de l'information en trace mnésique) qui a été utilisée pour la retenir.

Une bonne hiérarchisation des éléments ou une catégorisation qui facilite la mémorisation et l'apprentissage exerce un impact bénéfique sur le fonctionnement de la mémoire, et en particulier sur le codage des informations.

Les mots concrets qui favorisent la production d'images mentales facilitent d'ailleurs la mémorisation, au contraire des termes représentant un concept abstrait. L'expression « double codage » fait allusion à l'utilisation d'un codage verbal renforcé par un codage visuel qui, même si l'effort cognitif est initialement plus important, permet de restituer plus facilement une information (Gaussel & Reverdy, 2013).

2/ RÉTENTION OU STOCKAGE D'INFORMATIONS (Godefroid, 2008)

La manière dont s'effectue ensuite le transfert de connaissance en mémoire à long terme ainsi que leur récupération dépend d'un certain nombre de paramètres ainsi que de la mise en place de stratégies facilitatrices. Parmi ces dernières, il y a la répétition mentale, l'étalement dans le temps de l'apprentissage, le contexte psychologique et physique au cours de la récupération de l'information, le nombre de modalités sensorielles impliquées lors de la saisie de l'information, la profondeur de traitement. Cette étape permet une libération d'espace au niveau de la mémoire de travail.

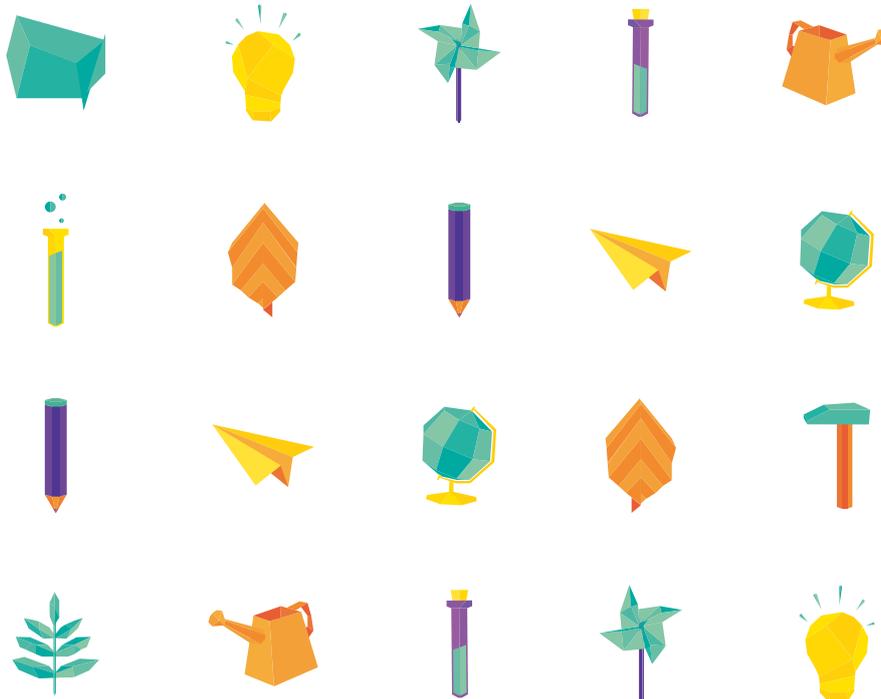
En mémoire à long terme, les connaissances sont stockées de manières particulières.

- × Ainsi, dans le cas de la **mémoire sémantique**, un modèle propose une organisation des connaissances en réseaux constitués d'unités interconnectées, représentant chacune un nœud sémantique et pouvant être en relations avec d'autres nœuds via des arcs. Ces nœuds peuvent correspondre à de nombreux types d'informations : des objets, des sensations, des concepts, des idées, des événements ... La récupération d'une information résulte de l'activation d'un nœud qui diffuse alors à travers le réseau, de nœud en nœud, jusqu'à l'information cible. On parle d'activation diffusante. Il est à noter que cette activation augmente en puissance chaque fois qu'une information est perçue ou récupérée en mémoire.
- × Les **schémas d'action** présenteraient une organisation des procédures d'exécution proche de celle des réseaux sémantiques. D'autres modèles enrichissent cette compréhension de l'organisation complexe de l'information en MLT.
- × Les **réseaux propositionnels** permettent d'organiser des relations que les informations établissent entre elles.
- × La **typicalité** consiste en la mise en évidence des éléments d'une catégorie qui sont plus représentatifs que d'autres.
- × La **prototypicalité** implique le regroupement des éléments d'une catégorie autour de celui qui offre le plus de ressemblance avec le plus grand nombre d'entre eux.
- × Les **schémas et les scripts** sont des structures générales qui seront activées à l'audition ou à la lecture d'un mot ou d'un événement.

3/ LA RÉCUPÉRATION OU L'ACTUALISATION

(cf consolidation, 4ème facteur clé des apprentissages)

La dernière étape de récupération permet à l'individu de mettre en œuvre ou de restituer ce qu'il a acquis. Elle implique généralement trois types de processus mnémoniques : un processus de rappel, une conduite de reconnaissance et une conduite de réapprentissage. La récupération est capitale pour la mémorisation et peut facilement s'effectuer dans un contexte scolaire sous forme de tests par exemple. Il a d'ailleurs été montré, à ce propos, comment l'effort conscient de récupération de l'information dans la mémoire est bien plus efficace que des lectures successives ou les répétitions orales ; elle aurait même un effet mnémonique. Autrement dit, l'interrogation régulière des élèves sur le contenu du cours donne de meilleurs résultats qu'un apprentissage « par cœur » (Gaussel & Reverdy, 2013).



RÉFÉRENCES

Bibliographie

- × Agarwal, R., & Karahanna, E. (2000). *Time flies when you're having fun: Cognitive absorption and beliefs about information technology usage*. *MIS quarterly*, 665–694.
- × Ait Khelifa-Gallois, N. (2014). *Rôle du cervelet dans la formation d'automatismes moteurs et cognitifs : Etude des sujets traités pour tumeur du cervelet*.
- × Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). *Working memory*. *The psychology of learning and motivation*, 8, 47–89.
- × Berlyne, D. E. (1960). *Conflict, arousal, and curiosity*.
- × Chiesa, A., Calati, R., & Serretti, A. (2011). *Does mindfulness training improve cognitive abilities? A systematic review of neuropsychological findings*. *Clinical psychology review*, 31(3), 449–464.
- × Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P., & Haller, M. (1993). *Models of reading aloud: Dual-route and parallel-distributed-processing approaches*. *Psychological review*, 100(4), 589.
- × Csikszentmihalyi, M. (1991). *Flow: The psychology of optimal experience* (Vol. 41). HarperPerennial New York.
- × Dehaene, S. (2014a). *Fondements cognitifs des apprentissages scolaires : l'attention et le contrôle exécutif*. Collège de France.
- × Dehaene, S. (2014b). *Fondements cognitifs des apprentissages scolaires : l'engagement actif, la curiosité et la correction des erreurs*. Collège de France.
- × Dehaene, S. (2014c). *Les grands principes de l'apprentissage*. Collège de France.
- × Diamond, A., & Lee, K. (2011). *Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old*. *Science*, 333(6045), 959–964.
- × Enfance et attention. *La pleine conscience*. Consulté à l'adresse <http://enfance-et-attention.org/accueil-association/methodes/>
- × Gaussel, M., & Reverdy, C. (2013). *Neurosciences et éducation : la bataille des cerveaux*. Dossier de veille de l'IFÉ.
- × Godefroid, J. (2008). *Psychologie: Science humaine et science cognitive*. De Boeck Supérieur.
- × Hattie, J. (2013). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- × Heutte, J. (2011). *La part du collectif dans la motivation et son impact sur le bien-être comme médiateur de la réussite des étudiants : Complémentarités et contributions entre l'autodétermination, l'auto-efficacité et l'autotélisme*. Université de Nanterre-Paris X.
- × Hunt, J. M. (1965). *Intrinsic motivation and its role in psychological development*. In *Nebraska symposium on motivation* (Vol. 13, p. 189–282).
- × Janvier, B., & Testu, F. (2005). *Développement des fluctuations journalières de l'attention chez des élèves de 4 à 11 ans*. *Enfance*, 57, 155-70.
- × Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Citeseer.
- × Kaplan, F., & Oudeyer, P.-Y. (2007). *In search of the neural circuits of intrinsic motivation*. *Frontiers in neuroscience*, 1(1), 225.
- × LaBerge, D., & Samuels, S. J. (1974). *Toward a theory of automatic information processing in reading*. *Cognitive psychology*, 6(2), 293–323.
- × Laustriat, D. (2015a). *Coopérer au sein d'un groupe : vers un environnement optimal d'apprentissage*. SynLab.
- × Laustriat, D. (2015b). *Pédagogies actives : vers un environnement optimal d'apprentissage*. SynLab.
- × Leplat, J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail : contribution à la psychologie ergonomique*. Presses Universitaires de France.
- × Lieury, A. (2013). *Le livre de la mémoire*. Dunod.
- × Loewenstein, G. (1994). *The psychology of curiosity: A review and reinterpretation*. *Psychological bulletin*, 116(1), 75.
- × Meulemans, T., Van der Linden, M., & Perruchet, P. (1998). *Implicit sequence learning in children*. *Journal of experimental child psychology*, 69(3), 199–221.
- × Moors, A., & De Houwer, J. (2006). *Automaticity: a theoretical and conceptual analysis*. *Psychological bulletin*, 132(2), 297.
- × Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2008). *Learning styles concepts and evidence*. *Psychological science in the public interest*, 9(3), 105–119.
- × Perfetti, C. A. (1985). *Reading ability*. Oxford University Press.

- × Perruchet, P. (1988). *Les automatismes cognitifs* (Vol. 174). Editions Mardaga. Consulté à l'adresse
- × Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). *The attention system of the human brain: 20 years after*. Annual review of neuroscience, 35, 73.
- × Petty, G. (2014). *Evidence-Based Teaching A Practical Approach*. Nelson Thornes Ltd.
- × Raz, A., & Buhle, J. (2006). *Typologies of attentional networks*. Nature Reviews Neuroscience, 7(5), 367–379.
- × Rueda, M. R., Rothbart, M. K., McCandliss, B. D., Saccamanno, L., & Posner, M. I. (2005). *Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention*. Proceedings of the national Academy of Sciences of the United States of America, 102(41), 14931–14936.
- × Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). *Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory*. Psychological review, 84(2), 127.
- × Sieroff, E. (2015). *L'attention et la concentration*.
- × Sohlberg, M. M., & Mateer, C. A. (1989). *Introduction to cognitive rehabilitation: Theory and practice*. Guilford Press.
- × Tang, Y.-Y., Hölzel, B. K., & Posner, M. I. (2015). *The neuroscience of mindfulness meditation*. Nature Reviews Neuroscience, 16(4), 213–225.
- × Tassi, P. (2015). *Bases conceptuelles en psychologie : cognition, attention, émotions et conscience*. Présenté au DU MMN, Mont Sainte Odile.





SynLab.

www.syn-lab.fr