



# Cognition en contexte d'apprentissage (ZENS0003)

**SYLLABUS 2025-2026**

*Chargée de cours :*

**Stéphanie PETERS**

[s.peters@uliege.be](mailto:s.peters@uliege.be)

*Assistante :*

**Valentine DEMAREST**

[v.demarest@uliege.be](mailto:v.demarest@uliege.be)

*Université de Liège*

*Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation*

*Formation Initiale des Enseignants – Cognition et pratiques pédagogiques*



### **Remarques préliminaires**

Ce syllabus est valable pour l'année académique 2025-2026 ; il sera enrichi chaque année en fonction des recherches du moment, des défis de la réalité de terrain et des enjeux sociétaux.

# Table des matières

1.	Introduction .....	4
1.1.	Objectifs du cours .....	4
1.2.	Ressources du cours .....	4
1.3.	Examen .....	5
2.	Section 1 – Apports et limites de l’approche neuroéducative des apprentissages.....	6
2.1.	Cognition et neuroéducation.....	6
2.1.	Les inégalités scolaires par le prisme de la neuroéducation .....	9
3.	Section 2 – Apprendre et ses difficultés .....	19
3.1.	Les types de difficultés dans l’apprentissage.....	19
3.1.1.	Les difficultés inhérentes à tout apprentissage.....	19
3.1.2.	Les troubles d’apprentissage.....	22
3.2.	Prendre en compte la diversité dans la classe .....	23
3.2.1.	En présence d’élèves avec des TND .....	23
3.2.2.	En présence d’élèves « tous différents ».....	26
4.	Section 3 - Des processus pour apprendre, des leviers pour enseigner .....	30
4.1.	La mémoire.....	30
4.1.1.	Le processus de mémorisation .....	30
4.1.2.	Les mémoires.....	33
4.2.	Les fonctions exécutives .....	35
4.2.1.	La mémoire à court terme (ou mémoire de travail) .....	39
4.2.2.	L’inhibition.....	41
4.2.3.	La flexibilité mentale.....	44
4.2.4.	L’attention .....	46
4.2.5.	Travailler l’esprit critique des élèves (compétence transversale du référentiel Tronc commun) à partir des fonctions exécutives.....	50
4.3.	La métacognition .....	51
4.3.1.	Qu’est-ce que la métacognition ? .....	51
4.3.2.	Repères développementaux .....	54
4.3.3.	Travailler la métacognition avec ses élèves .....	55
5.	Section 4 - Pour conclure : du labo à la classe.....	56
6.	Bibliographie .....	59

# 1. Introduction

## 1.1. Objectifs du cours

- **Connaître et comprendre** les déterminants et processus cognitifs impliqués dans l'apprentissage (mémoire, fonctions exécutives, métacognition) en contexte scolaire ;
- **Etablir des liens** entre les connaissances sur les processus cognitifs et des activités pédagogiques, c'est-à-dire : a) analyser des situations pédagogiques sous l'angle des différents processus cognitifs, et b) proposer des situations pédagogiques en tenant compte des différents processus cognitifs ;
- Être **sensibilisé** à la diversité des profils cognitifs des apprenants (en ce compris ceux présentant des difficultés et troubles des apprentissages) ;
- **Nourrir une démarche réflexive** quant aux dispositifs pédagogiques proposés en contexte scolaire.

## 1.2. Ressources du cours

La **matière de l'examen** porte sur le contenu :

- de ce syllabus
- des slides
- d'un article (aussi disponible sous forme de conférence en format vidéo) : Tricot, A. (2021). Articulier connaissances en psychologie cognitive et ingénierie pédagogique. *Raisons éducatives*, N° 25(1), 141-162. <https://doi.org/10.3917/raised.025.0141>. Une conférence en ligne de l'auteur est disponible sur e-campus, et porte sur les mêmes contenus. Les étudiants sont libres d'opter pour l'un ou l'autre format
- d'un entretien d'A. Moukheiber, disponible à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=bu4vQSR4ge4>

L'objectif du cours ne se limite pas à des connaissances sur les processus cognitifs : le cours vise aussi des objectifs de compréhension et d'exploitation des connaissances sur les processus cognitifs en situation d'apprentissage. Aussi, les slides, le syllabus, les exemples et les analyses de cas abordés au cours sont complémentaires et vous aideront à acquérir ces compétences.

Les cours permettront d'animer et d'explicitier les différents contenus. La participation active aux séances de cours est vivement recommandée. Il vous appartient d'intégrer les contenus des différents supports. Plus singulièrement, vous trouverez dans ce syllabus des **encarts grisés**, avec la mention

« *(cf. animation et débriefing en cours)* ». Ces débriefings font partie intégrante de la matière d'examen.

Tous les supports de cours (syllabus, slides, article, vidéo) se trouvent sur ecampus.

### **1.3. Examen**

L'examen sera constitué de questions à choix multiples (**QCM**), selon les modalités suivantes :

- 4 réponses fournies par question, dont 1 seule bonne réponse ;
- Barème de correction « for guessing » : + 1 point par bonne réponse ; - 1/3 de point par mauvaise réponse ; 0 point par non-réponse.

## 2. Section 1 – Apports et limites de l’approche neuroéducative des apprentissages

### 2.1. Cognition et neuroéducation

Le Code scolaire précise les compétences sur lesquelles former les enseignants, que ce soit en formation initiale ou en formation continue (pour la formation initiale, voir Décret du 07/02/2019 définissant la formation initiale des enseignants<sup>1</sup>, article 5, paragraphe 1<sup>er</sup>). Une de ces compétences consiste à pouvoir « organiser et accompagner les apprentissages dans une dynamique évolutive », en vous basant notamment sur « les savoirs relatifs aux processus d’apprentissage, aux recherches sur les différents modèles et théories de l’enseignement ». L’objectif du cours « Cognition en contexte d’apprentissage » est de soutenir spécifiquement le développement de cette compétence. Nous allons aborder des contenus qui vous permettront de comprendre les processus cognitifs à l’œuvre dans les apprentissages de vos élèves et de faire des liens avec des pratiques pédagogiques. Pour ce faire, nous nous appuyerons sur des recherches menées dans trois domaines : la psychologie cognitive, les neurosciences cognitives et les sciences de l’éducation.

La **cognition** est un terme générique qui désigne l’ensemble des processus mentaux qui interviennent dans l’apprentissage et déterminent nos comportements. S’intéresser à la cognition, c’est s’intéresser aux mécanismes liés à l’acquisition, au traitement, au stockage et à l’utilisation des connaissances. La perception, la mémoire, les émotions, le langage, la prise de décision sont quelques exemples de processus mentaux étudiés par les spécialistes de la cognition. Les sciences cognitives correspondent donc à « une discipline scientifique et un domaine de recherche qui ont pour objectif d’identifier et de comprendre le rôle des mécanismes cérébraux impliqués dans les différents domaines de la cognition (perception, langage, mémoire, raisonnement, apprentissages, émotions, fonctions exécutives, motricité ...) » (Berthier et al., 2018, p. 18). Cet objectif peut être étudié de manière complémentaire (mais différente) par deux disciplines différentes : les neurosciences (on dit aussi neurosciences cognitives) et la psychologie cognitive (Fouquet, 2023; Lemaire et al., 2018).

Les **neuroscientifiques** vont se pencher sur les bases cérébrales des processus cognitifs. Grâce à des méthodologies reposant notamment sur des techniques d’imagerie cérébrale, en particulier l’IRM (imagerie par résonance magnétique), les neuroscientifiques vont pouvoir étudier :

<sup>1</sup> Dans la suite de ce syllabus, par facilité de lecture, nous parlerons du « Décret RFIE »

- l'anatomie du cerveau et ses différentes structures (IRM structurelle) ;
- les connexions entre les différentes régions du cerveau (IRM de diffusion) ;
- l'activité des différentes régions du cerveau lors de la réalisation d'une tâche spécifique (IRM fonctionnelle).

Les **psychologues cognitifs** vont quant à eux se pencher sur les comportements en lien avec les fonctions cognitives. La psychologie cognitive va permettre de comprendre quels facteurs occasionnent le déclenchement de processus cognitifs, ou, à l'inverse, quels processus cognitifs vont permettre le déclenchement d'un comportement ou d'une attitude d'un individu dans un contexte spécifique. Pour recueillir des données, les psychologues cognitifs vont manipuler la structure de l'environnement et des tâches, observer les comportements des sujets, puis en déduire des connaissances sur les processus cognitifs (leur fonctionnement, leur implication dans des tâches, etc). Avec l'aide de neuropsychologues, ils vont aussi parfois avoir recours à des tests standardisés.

Les neurosciences cognitives et la psychologie cognitive vont se pencher sur les processus cognitifs pour les comprendre de manière générale, mais aussi pour les décrire en fonction de l'âge et du développement de l'être humain.

Ces deux disciplines offrent des éléments de compréhension du fonctionnement de la cognition, mais ne répondent pas directement aux préoccupations des enseignants, qui cherchent surtout à savoir quelles sont les meilleures pratiques pédagogiques pour soutenir l'apprentissage chez leurs élèves. Par exemple, les neurosciences vont permettre d'identifier les différentes régions impliquées dans la lecture, comment s'active et se désactive la région cérébrale qui abrite la mémoire de travail, ou encore quelles sont les zones cérébrales qui s'activent quand on commet une erreur. Mais elles ne vont pas offrir de solutions pédagogiques pour, par exemple, construire une séquence pédagogique d'apprentissage de la lecture. La psychologie cognitive va, par exemple, mettre en lumière les différentes formes d'attention et leur impact sur la mémorisation d'une liste de mots, mais ne va pas proposer de stratégies pédagogiques pour soutenir l'attention en classe ni pour mieux mémoriser une leçon de biologie.

Aussi, depuis une vingtaine d'années, certains scientifiques issus de ces deux champs de recherche tentent de dépasser la « simple » compréhension des processus neurocognitifs. Ils proposent et testent des activités et méthodes d'enseignement efficaces compte-tenu des connaissances sur les processus cognitifs issus des neurosciences et de la psychologie cognitive. Ils vont ainsi travailler de concert avec des spécialistes d'une troisième discipline : les **sciences de l'éducation**.

Le courant de recherche qui allie les trois disciplines (neurosciences cognitives, psychologie cognitive et sciences de l'éducation) s'appelle la neuroéducation (Masson, 2020). Le point le plus sensible de cette alliance entre les trois disciplines concerne le passage « de la connaissance à la classe » (Gentaz, 2022; Pasquinelli, 2015; Tricot, 2017). Poser un regard critique sur les applications pédagogiques qui s'appuient sur les connaissances en neurosciences et/ou en psychologie cognitive est donc plus que nécessaire. C'est aussi un des enjeux du cours.

On sait les enseignants peu formés à l'approche cognitive de l'apprentissage (Hessels-Schlatter et al., 2021; Stringher et al., 2021), et encore moins à l'utilisation des connaissances issues de ce champ de recherche dans la construction de leurs séquences de cours (ingénierie pédagogique). Si ce manque de bagage les prive de certains ressorts pour aider leurs élèves à progresser, il peut aussi les embarquer dans des interventions inefficaces, voire contre-productives. Les études sur les neuromythes en sont un bel exemple.

**Encart #1 : Comment fonctionne le cerveau des élèves ? Gare aux neuromythes** *(cf. animation et débriefing en cours)*

Dans la suite du cours, nous reviendrons sur certains neuromythes et les déconstruirons.

Pour votre information, voici un site auquel vous pouvez vous référer pour repérer les neuromythes : <https://synapses-lamap.org/>

**Encart #2 : Les connaissances sont le fruit de leur époque : la neuroéducation est-elle un neuromythe (partie 1) ?** *(cf. animation et débriefing en cours)*

Au cours des dernières décennies, les neurosciences ont pris une place croissante dans l'explication de nos comportements, qu'il s'agisse de la santé, de la consommation, du travail ou, plus récemment, de l'éducation. Dans le champ des apprentissages, elles nourrissent l'espoir de transformer notre compréhension des processus cognitifs et socio-émotionnels, et, par là même, d'optimiser nos attitudes et nos performances. Cette promesse de « révolution » s'accompagne toutefois de **limites importantes** : contraintes méthodologiques liées à l'étude du cerveau en situation réelle, défis techniques inhérents aux outils d'imagerie et de mesure, enjeux éthiques relatifs à l'utilisation et à l'interprétation des données, danger de la cause unique. Ces aspects invitent à adopter une posture à la fois curieuse et critique vis-à-vis des apports des neurosciences à l'éducation. Nous y reviendrons régulièrement au travers de ce cours.

(voir par exemple Moukheiber, 2024; Ramus, 2018)

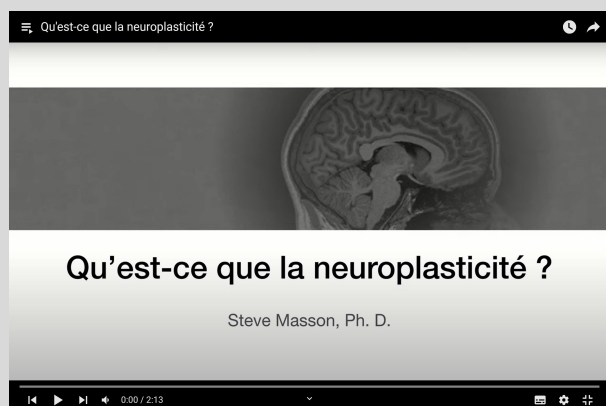
## 2.1. Les inégalités scolaires par le prisme de la neuroéducation

Les inégalités éducatives et le taux de redoublement très élevé caractérisent fortement l'enseignement en Fédération Wallonie Bruxelles (FW-B)<sup>2</sup>. On distingue classiquement deux sources d'inégalités : socio-économiques et naturelles. Les inégalités socio-économiques trouvent leur origine dans les caractéristiques sociologique, économique, culturelle de l'environnement dans lequel grandit le jeune. Ce sont surtout les sociologues qui se sont penchés sur ce sujet. Les inégalités dites « naturelles » découlent quant à elles des différences entre élèves en matière de ressources cognitives et socio-émotionnelles (Maximino Pinheiro, 2020). Ce sont surtout des psychologues cognitivistes et des neuroscientifiques qui ont investi ce domaine.

On sait aujourd'hui que ces deux types d'inégalités s'influencent l'une l'autre. Aussi, les scientifiques issus des différentes disciplines commencent à s'associer pour comprendre la dynamique qui s'installe entre les facteurs liés à l'environnement socio-économique et les facteurs cognitifs et affectifs (Duru-Bellat & Fournier, 2007; Farah, 2017; Morel, 2021; Nash, 2005; Noble et al., 2021; Noble & Giebler, 2020; Waters et al., 2020). Pour comprendre ce lien entre l'environnement et le développement cognitif et affectif des enfants, il faut recourir aux notions de plasticité et de maturité cérébrales.

### Encart #3 : Qu'est-ce que la plasticité cérébrale ?

[https://www.youtube.com/watch?v=36IA8Y8mRgE&list=PLkMs6wiIOVPqdh\\_QsvHIHfWvo1KrPsu7O](https://www.youtube.com/watch?v=36IA8Y8mRgE&list=PLkMs6wiIOVPqdh_QsvHIHfWvo1KrPsu7O)



<sup>2</sup> Voir notamment votre cours cours ZENS0001-Equité

La plasticité cérébrale est la capacité du cerveau à s'adapter en modifiant les connexions neuronales. Cette flexibilité est l'élément essentiel qui rend possible tout apprentissage (Brault Foisy & Masson, 2022; Houdé & Borst, 2018; Masson, 2020).

La loi de Hebb décrit le mécanisme par lequel les connexions entre deux neurones se renforcent lorsque ceux-ci sont activés simultanément. Elle est résumée de façon célèbre par la formule « des neurones qui s'activent ensemble se connectent ensemble ». Imaginez deux chemins dans une prairie : au début, ils sont à peine visibles. Mais si vous les empruntez souvent en même temps, ils se creusent et finissent par former une véritable piste. Dans le cerveau, c'est pareil : quand deux neurones s'activent simultanément à plusieurs reprises, leur connexion se renforce et le passage de l'information devient plus rapide et plus efficace. C'est ainsi que les apprentissages s'installent : plus on répète une action ou une pensée, plus les « chemins » neuronaux se solidifient, rendant la tâche plus facile à réaliser par la suite. Ce principe est aujourd'hui considéré comme un fondement neurobiologique majeur de la plasticité cérébrale, expliquant en partie comment les expériences et les apprentissages laissent une trace dans le cerveau.

Si tous les humains ont les mêmes structures cérébrales (2 hémisphères, 6 lobes, 85 milliards de neurones), ces mêmes êtres humains se distinguent toutefois les uns des autres par un **connectome** propre à chacun.

#### **Encart #4 : Qu'est-ce que la maturation cérébrale ?**

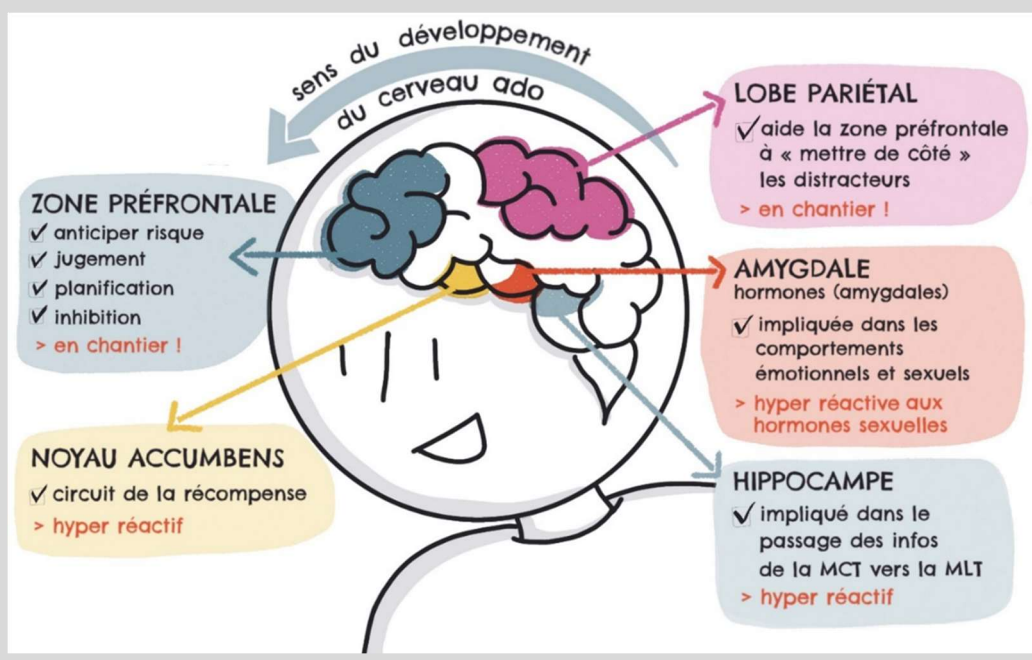
La maturation cérébrale correspond au processus de développement du cerveau, et plus précisément au développement des connexions neuronales des différentes régions du cerveau. Si les développements les plus spectaculaires se produisent durant l'enfance et l'adolescence, on sait aussi qu'ils débutent dès la vie in utero et se poursuivent (certes, à un rythme plus lent) durant toute la vie adulte. Le processus de maturation neuronal comporte trois phases (Fouquet, 2023; Fournieret & Gentaz, 2022; Lemaire et al., 2018; Masson, 2024; Sousa, 2002) (voir aussi Figure 12) :

- la synaptogenèse : la création et le renforcement de connexions neuronales. Lorsqu'un bébé naît, il dispose à peu près du même stock de neurones qu'un adulte. Par contre, son connectome (c'est-à-dire l'ensemble des réseaux neuronaux) est largement moins étoffé. C'est l'interaction avec son environnement, et les apprentissages qui en découlent, qui va permettre le câblage du cerveau ;

- l'élagage synaptique : l'élimination des connexions neuronales inutilisées, permettant ainsi que renforcer les connexions les plus utilisées ;
- la stabilisation : le nombre de connexions neuronales se stabilise. Le cerveau ayant réalisé les apprentissages nécessaires pour pouvoir être adapté à son environnement, le besoin de modifier leur nombre est moindre.

La maturation cérébrale est donc un processus complexe et continu qui permet au cerveau de se développer, de se structurer, et de devenir de plus en plus efficace dans la gestion des informations et des tâches complexes.

Selon la théorie de Piaget, le développement intellectuel de l'enfant suit une succession de stades, chacun étant marqué par des capacités cognitives particulières. Ce processus correspond à une progression graduelle allant de l'absence de raisonnement logique vers une pensée formelle, rendue possible par l'enchaînement de ces différents stades. Cette théorie est aujourd'hui nuancée : même s'il existe des phases critiques dans l'acquisition de certaines dispositions cognitives et/ou émotionnelles durant l'enfance (cf. Figure 3), des travaux plus récents montrent que la maturation cérébrale est non linéaire et dyssynchrone (Houdé & Borst, 2018). L'adolescence est une période particulière dans le développement du cerveau qui illustre particulièrement la dimension dyssynchrone de l'évolution du cerveau, qui va se reformater de l'arrière vers l'avant (Figure 1). Ainsi, certaines régions cérébrales vont arriver à maturité plus tôt que d'autres, ce qui peut expliquer certaines difficultés scolaires, mais aussi dans la vie quotidienne des adolescents. C'est le cortex préfrontal, qui abrite les fonctions exécutives (cf. section 3.2.), qui arrive à maturité le plus tardivement (vers l'âge de 25 ans).



*Figure 1.* Illustration du développement dyssynchronique du cerveau durant l'adolescence (Peters, 2020)

**Encart #5 : Lien entre maturation et plasticité cérébrale** (Hubert et al., 2025)

Si la maturité cérébrale permet de comprendre que l'efficacité de certaines régions du cerveau varie selon l'âge en raison du développement biologique, elle ne suffit pas, à elle seule, à expliquer l'évolution de cette efficacité. Le cerveau fonctionne toujours comme un réseau interconnecté : ainsi, bien que l'on dise souvent que les fonctions exécutives « se trouvent » dans le cortex préfrontal, elles résultent en réalité de l'interaction entre cette région et d'autres structures cérébrales, telles que le striatum, l'amygdale et le système limbique.

L'amélioration du fonctionnement du cortex préfrontal — et donc de la mobilisation des fonctions exécutives — repose moins sur la seule maturation biologique que sur la création et l'activation de circuits neuronaux impliquant plusieurs régions, rendues possibles par la plasticité cérébrale, la loi de Hebb (« les neurones qui s'activent ensemble se lient entre eux ») et le principe de spécialisation fonctionnelle du cerveau.

Il serait donc erroné de penser qu'il suffit « d'attendre que l'enfant grandisse » pour que certaines difficultés disparaissent. Il est essentiel de le placer dans des situations qui stimulent sa capacité à réagir, à s'adapter et à interagir avec son environnement, afin de créer et renforcer les connexions neuronales qui soutiennent l'efficacité de son cortex préfrontal. C'est tout l'enjeu de l'environnement.

La plasticité et la maturation cérébrales sont conditionnées par deux facteurs : génétiques et environnementaux (Fourneret & Gentaz, 2022).

Le développement des fonctions exécutives (cf. section 3.2.) serait particulièrement sensible aux **facteurs génétiques**, en particulier durant l'adolescence (Masson, 2024). Les troubles d'apprentissage et le Haut Potentiel Intellectuel sont deux exemples de particularités du fonctionnement cérébral largement imputables à des facteurs génétiques :

- les troubles d'apprentissages (« dys » - cf. infra) trouvent leur origine dans un développement anormal (atypique) de certaines régions du cerveau. Cette perturbation neurodéveloppementale est durable et structurelle (c'est-à-dire qu'elle est liée à des éléments physiques du cerveau, à des connexions entre régions du cerveau) ;

- on détecterait, chez les personnes diagnostiquées HPI, une myélinisation plus importante des axones, qui permet d'augmenter la vitesse de transmission des signaux entre les réseaux de neurones (Cuche & Brasseur, 2017).

L'indice socio-économique (ISE) est couramment utilisé pour analyser les inégalités liées à l'**environnement**. Toutefois, en tant que variable « distale », il reste parfois trop abstrait pour comprendre précisément comment les environnements associés à un certain ISE influencent la qualité des apprentissages, notamment par un développement différencié des capacités cognitives. Pour affiner cette analyse, il est pertinent de recourir à des variables « proximales », qui permettent de décrire plus concrètement les caractéristiques des environnements familiaux : niveau de stress, qualité de la nutrition, stimulation intellectuelle, pratiques parentales, etc. Ces dimensions sont étudiées, par exemple, par les psychologues (étayage parental, prise en compte des émotions) ou par les sociologues (usage des loisirs, types d'activités proposées). Par exemple, Iuculano (2018) identifie quatre facteurs environnementaux susceptibles d'affecter négativement le développement cérébral, comportemental, cognitif et affectif des enfants :

- le manque de stimulation ;
- les carences affectives et le stress ;
- la malnutrition ;
- un sommeil insuffisant ou de mauvaise qualité.

Ces facteurs influencent la maturation et la plasticité de diverses régions cérébrales, dont trois particulièrement impliquées dans les apprentissages :

- **l'hippocampe**, essentiel à la mémorisation à long terme ;
- **le lobe frontal**, siège des fonctions exécutives et du raisonnement logique ;
- **l'amygdale**, impliquée dans le traitement des émotions.

Des recherches dans le domaine de l'épigénétique ont montré que notre mode de vie peut même provoquer des modifications de notre génome. L'épigénétique se définit comme « l'étude des mécanismes moléculaires qui permettent de changer, de manière héritable, l'expression de nos gènes » (Fournernet & Gentaz, 2022, p. 214). Certaines modifications génétiques sont transitoires, mais d'autres perdurent dans le temps, soit à l'échelle d'une vie, soit à l'échelle de la transmission générationnelle. Contrairement aux mutations génétiques, les traces laissées par l'épigénétique ne sont pas irréversibles : les interactions avec l'environnement peuvent modifier le fonctionnement des gènes hérités à la naissance.

L'interaction entre les facteurs génétiques et environnementaux est telle qu'il est difficile de déterminer la part respective de ces deux facteurs dans le fonctionnement cérébral des individus, et, par

conséquent, dans leur réussite scolaire. Dans le cadre de ce cours, nous mettrons davantage l'accent sur les aspects environnementaux. Les scientifiques s'accordent en effet largement pour dire que le lien entre le milieu socio-économique et le développement des fonctions cérébrales est établi, et que ses conséquences sur la réussite scolaire sont largement en défaveur des élèves défavorisés (Farah, 2017, 2017; Hackman et al., 2010; Noble et al., 2021; Noble & Giebler, 2020). Un cercle vicieux s'installe lors : une moins bonne réussite scolaire conduit à des conditions de vie socio-économiques moins favorables à l'âge adulte. Cette logique circulaire est illustrée dans la Figure 2.

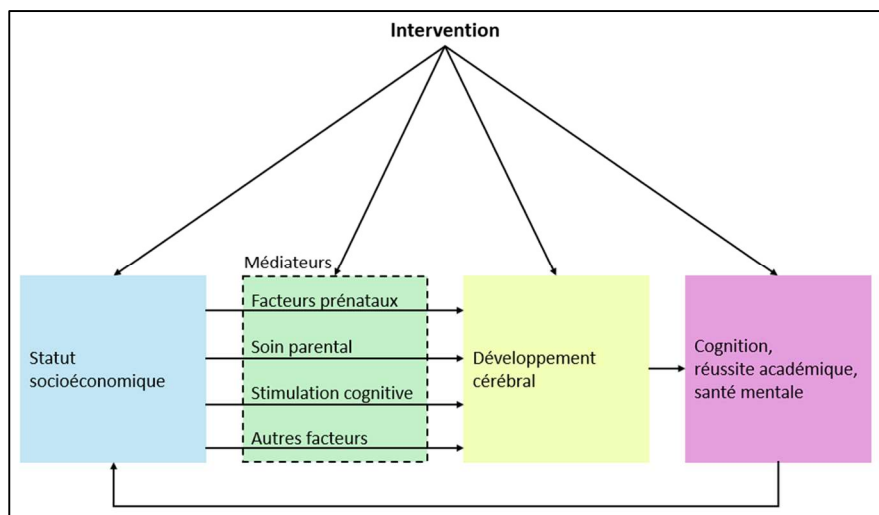


Figure 2. Schématisation de l'influence du SSE (Hackman et al., 2010, p. 4)

Ainsi, chaque enfant, en fonction de son patrimoine génétique, mais aussi et surtout de son vécu, arrive en classe avec un développement cérébral, comportemental, cognitif et affectif différent de son voisin, ce qui va conditionner la qualité et la vitesse de ses apprentissages. Ces différences, même si elles engendrent des inégalités, ne doivent pas nécessairement être considérées comme des déficits, mais comme des manières différentes d'aborder les situations d'apprentissage et, plus généralement, les interactions de la vie quotidienne. Certains travaux montrent même que des conditions de vie précaires permettent parfois de stimuler des compétences cognitives spécifiques très utiles, notamment en milieu scolaire (Ellis et al., 2022). Le concept de réseaux neuro-culturels développé par Changeux illustre parfaitement cette situation (Changeux, 2017). Il suggère une interaction dynamique entre le cerveau et la culture : les expériences culturelles modèlent le cerveau, tandis que les mécanismes neuronaux permettent et facilitent la vie culturelle et sociale. Dans le même esprit, Nash parle d'habitus cognitif (Nash, 2005). Il fait ainsi en référence au concept d'habitus de Bourdieu et l'applique à la cognition et à l'éducation. Il met en lumière la manière dont les expériences éducatives et les contextes sociaux forment les schémas de pensée et les pratiques cognitives des individus, tout en soulignant l'impact des inégalités sociales sur ces processus.

**Encart #6 : L'expérience du chamallow revisitée : illustration des réseaux neuro-culturels** (cf. animation et débriefing en cours)

<https://www.youtube.com/watch?v=72GhggHXJjM>



Historiquement, ces différences ont été perçues comme des déficits, nécessitant d'être comblés par des interventions. Cependant, des recherches récentes suggèrent que certaines différences de développement chez les enfants confrontés à l'adversité pourraient plutôt être vues comme des adaptations appropriées à leur environnement (Noble et al., 2021). Cette expérience en est une illustration.

Ainsi, une **approche adaptative** des différences entre les enfants en termes de fonctionnement cognitif signifie que : (1) les différences cérébrales observées chez les enfants exposés à un environnement difficile sont des adaptations fonctionnelles, pas des déficits, (2) Ces compétences sont utiles, parfois même supérieures, dans un environnement menaçant ou imprévisible, et (3) elles sont qualifiées de talents cachés, car invisibilisées par les approches centrées sur le "manque".

Grâce au principe de plasticité cérébrale, nous savons qu'il est possible d'aider un élève à apprendre et à progresser, c'est-à-dire activer, consolider, ajuster, modifier, mobiliser ses réseaux neuronaux. Une meilleure connaissance des fonctions cognitives, exécutives, métacognitives et affectives (et de leur processus de maturation) doit nous y aider (L. Brault Foisy et al., 2020). C'est l'objet de ce cours.

Toutefois, les limites de la progression des élèves dans leurs apprentissages ne seront jamais tranchées, pour trois raisons. Tout d'abord, les scientifiques ont bien montré que la plasticité cérébrale n'est pas absolue. Comme indiqué précédemment, différents facteurs (environnementaux, génétiques, épigénétiques) limitent cette plasticité, dans des proportions qui ne peuvent pas toujours être quantifiées a priori (Brault Foisy & Masson, 2022). Ensuite, il existe tout de même des fenêtres d'opportunités, c'est-à-dire des périodes spécifiques durant lesquelles le cerveau réagit à certaines stimulations

de l'environnement pour créer et développer des réseaux neuronaux spécifiques. Si, durant ces périodes critiques, le cerveau ne reçoit pas les stimulations adéquates, les réseaux de cellules du cerveau affectées à ces tâches seront plus difficilement (voire plus du tout) activables et modifiables par la suite (Sousa, 2002) (Figure 3).

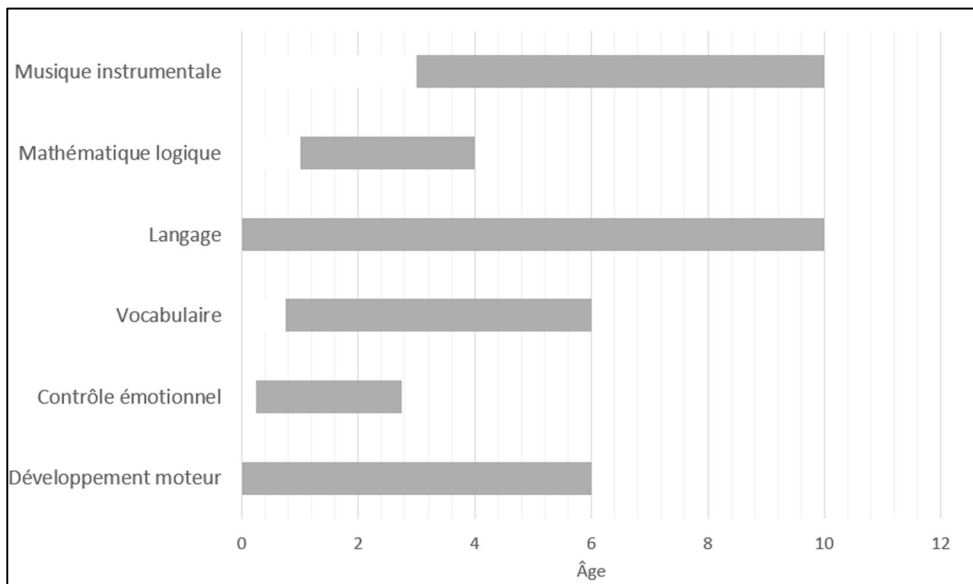


Figure 3. Les fenêtres d'opportunités d'apprentissage, selon Sousa (2002)

**Encart #7 : Les connaissances sont le fruit de leur époque : la neuroéducation est-elle un neuromythe (partie 2) ?** (cf. animation et débriefing en cours)

La plasticité cérébrale, c'est la capacité du cerveau à se modifier avec l'expérience et l'apprentissage. C'est important... mais ce n'est pas magique : si notre cerveau est toujours plastique, cette propriété est limitée par notre biologie et notre environnement. Pourtant, on en parle souvent comme d'un « super-pouvoir » personnel, ce qui colle bien avec l'idée néolibérale que chacun est entièrement responsable de sa réussite. Le risque ? Oublier que les apprentissages dépendent aussi des conditions sociales, scolaires et matérielles, et que tout n'est pas qu'une affaire de « volonté » ou de « cerveau à entraîner ».

(voir par exemple Ehrenberg, 2018; Karaki, 2023; Moukheiber, 2024)

Enfin, d'un point de vue éthique, le choix de « forcer » le développement et l'apprentissage de l'élève doit toujours être interrogé. C'est d'ailleurs ce que questionne le pédagogue Philippe Meirieu, à travers son pari pour l'éducabilité (Meirieu, 2018). Meirieu défend l'idée selon laquelle tous les enfants

sont éducatibles, c'est-à-dire capables d'apprendre et de se développer, quelles que soient leurs difficultés ou leurs conditions initiales. Ce pari repose sur la conviction que chaque enfant a la capacité de progresser et de réussir grâce à un soutien adapté et à des conditions éducatives favorables. Cette première partie de son raisonnement entre en parfaite résonance avec les données scientifiques autour de la notion de plasticité cérébrale. Toutefois, Meirieu introduit dans sa pensée le doute sur l'éducabilité sans limite de tous les enfants et/ou en toute circonstance : dans certaines situations, une résistance à l'apprentissage doit être actée et respectée. En d'autres termes, l'éducabilité est un idéal : il faut accompagner les élèves dans leur construction. Mais cet idéal n'est pas absolu : il faut pouvoir respecter les limites imposées par les sujets humains que sont les élèves.

Afin de fixer des balises, nous placerons ce cours dans le contexte du Pacte, et plus singulièrement dans l'optique de l'approche évolutive des difficultés d'apprentissage. L'approche évolutive cherche à identifier rapidement les besoins et les difficultés des élèves grâce à des pratiques d'observation et d'évaluation. Sur cette base, elle planifie et ajuste régulièrement les stratégies pédagogiques et didactiques afin d'assurer une prise en charge optimale de chaque élève. Le modèle conceptuel qui soutient l'approche évolutive est le modèle de Réponse à l'intervention (RTI). Il s'agit d'un modèle systémique de prévention des difficultés d'apprentissage et de soutien à paliers multiples (Desrochers & Guay, 2020; Fletcher & Vaughn, 2009) (Figure 4).

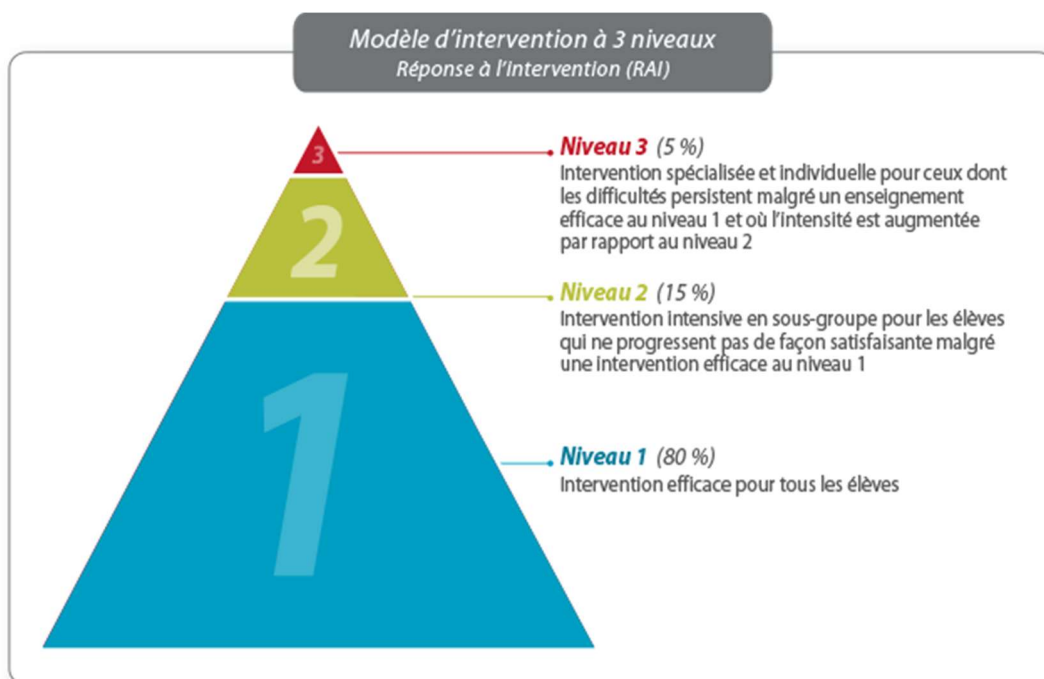


Figure 4. Modèle de Réponse à l'intervention (RTI).

Source de l'image : <https://edu1014.teluq.ca/mes-actions/modele-rai/>

**Encart #8 : Approche évolutive des difficultés d'apprentissage** (cf. animation et débriefing en cours)

<https://pactepourunenseignementdexcellence.cfwb.be/mesures/lapproche-evolutive/>



**APPROCHE ÉVOLUTIVE DE LA  
DIFFICULTÉ D'APPRENTISSAGE**



Favoriser la réussite passe par la mise en place d'une approche évolutive de la difficulté d'apprentissage.

L'objectif du cours Cognition en contexte d'apprentissage est de vous permettre d'élargir votre palette explicative quant aux sources de difficultés d'apprentissage que pourront rencontrer vos élèves. Nous mettrons l'accent sur l'identification de sources de difficultés liées à divers processus cognitifs. Nous aborderons des pistes pédagogiques qui se situent principalement au niveau 1 du modèle RTI. D'autres cours, notamment en Bac 3<sup>3</sup> et en Master 1<sup>4</sup> compléteront les actions pédagogiques de soutien aux élèves (niveaux 1 et 2 du modèle RTI).

La notion de difficulté d'apprentissage ne se limite pas aux troubles d'apprentissage. Elle couvre un spectre beaucoup plus vaste de difficultés ou obstacles à l'apprentissage. Certaines difficultés font partie intégrante du processus d'apprentissage et concernent potentiellement tous les élèves. D'autres difficultés sont plus spécifiques, et font référence à la notion de besoins spécifiques tels que définis dans le Code scolaire (article 1.3.1., 5°), à savoir : « les besoins reconnus résultant d'une particularité, d'un trouble, d'une situation permanents ou semi-permanents d'ordre psychologique, mental, physique, psychoaffectif faisant obstacle au projet d'apprentissage et requérant, au sein de l'école, un soutien supplémentaire pour permettre à l'élève de poursuivre de manière régulière et harmonieuse son parcours scolaire dans l'enseignement ordinaire ou dans l'enseignement spécialisé ».

<sup>3</sup> Par exemple : Gestion de l'hétérogénéité des apprenants : AFP

<sup>4</sup> Par exemple : Différenciation et Accompagnement personnalisé

### 3. Section 2 – Apprendre et ses difficultés

Apprendre, c'est activer les (bons) réseaux neuronaux pour (durablement) les *consolider*, les *ajuster* ou les *modifier* afin de les rendre mobilisables. Cette activation se manifeste sous la forme d'une perception, d'une pensée, d'une image mentale (Dehaene, 2018; Fouquet, 2023; Masson, 2020). Plus spécifiquement, apprendre repose sur trois dimensions intimement liées (Masson, 2024) :

- 1) construire de nouvelles connaissances et/ou ajuster les anciennes, et les ancrer ;
- 2) mobiliser ses connaissances pour répondre de manière adéquate aux sollicitations de l'environnement (ex. les interrogations) ;
- 3) produire l'effort nécessaire pour s'engager dans la construction et/ou l'ajustement des connaissances, les ancrer, et les mobiliser.

#### 3.1. Les types de difficultés dans l'apprentissage

##### 3.1.1. Les difficultés inhérentes à tout apprentissage

Dans le milieu scolaire, l'erreur n'a pas toujours bonne presse. Le vocabulaire utilisé pour désigner une erreur est d'ailleurs révélateur : on parle davantage de « faute » commise par les élèves. La faute a une connotation plus négative et culpabilisante que l'erreur. Elle s'apprécie en fonction d'une déviation par rapport à la norme, avec une dimension souvent intentionnelle. L'erreur a une connotation plus neutre et correspond à des réponses incorrectes et souvent involontaires. Heureusement, la perception de l'erreur dans l'apprentissage a considérablement évolué ces dernières années. Ainsi, dans l'optique des sciences cognitives, l'erreur fait partie de l'apprentissage (Dehaene, 2018), y compris pour des élèves au développement typique (c'est-à-dire sans trouble neurodéveloppemental). Lorsqu'une erreur est détectée, le cerveau active des réseaux impliqués dans la prise de conscience et le contrôle cognitif (notamment au niveau du cortex cingulaire antérieur et du cortex préfrontal), ce qui favorise l'ajustement des stratégies et la consolidation de nouvelles connaissances. Ce mécanisme, appelé *erreur-based learning*, permet non seulement de corriger une réponse inexacte, mais aussi de renforcer la compréhension en profondeur. Ainsi, apprendre implique d'accepter l'erreur comme un signal d'information et un moteur d'adaptation, plutôt que comme une marque d'incompétence.

Autrefois perçue de manière négative et sanctionnée, l'erreur est désormais vue comme un indicateur précieux pour comprendre le processus d'apprentissage et identifier les difficultés des élèves (Astolfi, 2017) ... à condition d'identifier et comprendre la source des erreurs et/ou les obstacles à l'apprentissage ! La Figure 5 propose une illustration des sources d'erreurs. L'évaluation formative promue par le Pacte offre la possibilité de rendre à l'erreur le rôle qui lui est dû dans tout processus d'apprentissage (voir vos cours qui traitent de l'évaluation formative).

Aussi, les erreurs commises par les élèves peuvent s'avérer très utiles pour mieux comprendre leurs difficultés et les aider à les dépasser, notamment en ajustant les pratiques en classe. Dans le cadre de ce cours, nous aborderons les difficultés d'apprentissage (et potentielles erreurs) par le prisme des processus mentaux de l'élève. Mais il ne faut pas perdre de vue que l'apprentissage scolaire ne peut se concevoir sans son versant enseignement. En d'autres termes, les difficultés d'apprentissage peuvent aussi s'expliquer par les choix des modalités d'enseignement, ainsi que par la dynamique enseignement apprentissage (Astolfi, 2017). Nous le soulignerons à plusieurs reprises, et d'autres cours emprunteront plus spécifiquement la question des erreurs sous le prisme des pratiques enseignants et/ou de la dynamique enseignant/élève.

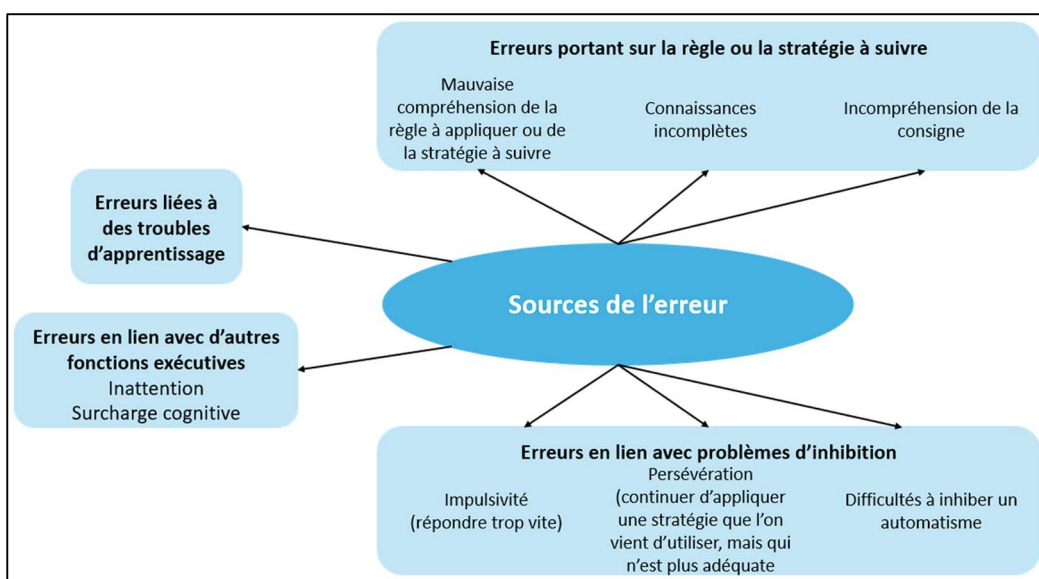


Figure 5. Sources d'erreurs selon Fouquet (2023, p. 79)

Classiquement, les sources de difficultés des élèves peuvent être lues selon deux approches :

- 1) L'approche développementale : qui se concentre sur l'évolution et les transformations d'une compétence au cours du développement, en particulier chez l'enfant et l'adolescent. C'est donc le développement typique de la personne qui est étudié. Dans ce cadre, les études longitudinales sont utilisées pour comparer une même variable chez un enfant à différents moments de

son développement (par exemple, la mesure la capacité d'attention à 5, 10 et 15 ans pour chaque participant). Ainsi, des difficultés d'apprentissage peuvent être dues à des exigences de la tâche qui dépassent les capacités cognitives de l'élève, compte-tenu de son stade de maturation cérébrale. C'est pour cette raison qu'il est important, en tant qu'enseignant, de disposer de repères sur la question de la maturation cérébrale.

- 2) L'approche différentielle : qui va mettre l'accent sur des difficultés spécifiques liées au développement atypique de la personne. Dans ce cadre, les études comparatives sont utilisées pour comparer une même variable chez plusieurs enfants du même âge (par exemple, la mesure la capacité d'attention de plusieurs enfants de 10 ans). L'identification de troubles neurodéveloppementaux repose sur cette approche.

En résumé, la psychologie développementale et la psychologie différentielle se concentrent sur des aspects différents de l'étude du comportement humain : la première examine les changements qui se produisent tout au long de la vie d'une personne, la seconde se penche sur les différences individuelles entre les personnes à un moment donné. Le Tableau 1 compare les principales caractéristiques de ces deux approches.

Tableau 1

*Comparaison des approches développementale et différentielle en psychologie*

	<b>Psychologie développementale</b>	<b>Psychologie différentielle</b>
Objectif principal	Elle se concentre sur l'étude des changements qui se produisent tout au long de la vie d'une personne, en mettant particulièrement l'accent sur le développement mental, émotionnel, social et physique. Elle examine comment les individus évoluent et se développent de la naissance à la fin de leur vie.	Elle vise à étudier les différences individuelles entre les personnes, telles que les variations dans les traits de personnalité, les aptitudes cognitives, les préférences et les comportements. Elle cherche à comprendre pourquoi les individus diffèrent les uns des autres et comment ces différences peuvent influencer leur comportement.
Période temporelle	Elle examine les changements qui surviennent tout au long de la vie d'une personne, en mettant l'accent sur les transitions et les étapes clés du développement.	Elle examine les différences entre les individus à un moment donné, sans nécessairement se concentrer sur les changements qui se produisent avec le temps.
Méthode de recherche	Les méthodes de recherche en psychologie développementale comprennent souvent des études longitudinales qui	Les chercheurs en psychologie différentielle utilisent souvent des méthodes statistiques pour analyser les

	suivent les mêmes individus sur de longues périodes pour observer les changements qui se produisent à différents stades de leur vie.	différences individuelles, telles que les tests psychométriques, les études longitudinales et les études transversales.
Application	Ses applications incluent la compréhension des besoins des enfants à différents stades de leur développement, le soutien aux personnes âgées, la conception de programmes éducatifs adaptés à différents âges et stades de développement, ainsi que l'élaboration de politiques publiques liées au développement de l'enfant et du bien-être familial.	Elle est souvent utilisée pour comprendre les différences individuelles dans des domaines tels que l'éducation, les ressources humaines, la sélection professionnelle et la santé mentale.

### 3.1.2. Les troubles d'apprentissage

Les troubles neurodéveloppementaux sont définis dans un manuel de référence : le Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (DSM 5, 2015). Il s'agit d'une catégorie assez vaste de troubles, tous liés à un développement atypique du système cérébral. On retrouve dans cette catégorie : le trouble du développement intellectuel, le trouble attentionnel avec ou sans hyperactivité (TDA/H), les troubles du spectre autistique, les troubles moteurs, les troubles de la communication, ou encore les troubles spécifiques de l'apprentissage. Comme leur appellation l'indique, les troubles *spécifiques* de l'apprentissage sont identifiés à partir de situations bien particulières : celles de l'apprentissage. Le DSM5 les définit comme des difficultés persistantes dans l'apprentissage et l'utilisation des compétences académiques. Ils impliquent des difficultés dans l'apprentissage et l'utilisation des compétences académiques telles que : la lecture (difficultés à lire avec précision, vitesse ou compréhension), l'expression écrite (difficultés avec l'orthographe, la grammaire, la ponctuation, ou la clarté de l'expression écrite), les mathématiques (difficultés avec les faits arithmétiques, le calcul, ou le raisonnement mathématique). Pour être qualifiées de troubles, ces difficultés doivent (1) persister dans le temps (malgré d'éventuelles interventions), et (2) ne pas pouvoir être mieux expliquées par des déficiences intellectuelles, des troubles sensoriels (comme la vision ou l'audition), des troubles neurologiques, des adversités psychosociales, ou des déficits d'instruction. Dans le langage courant, toutefois, d'autres types de troubles neurodéveloppementaux sont qualifiés de troubles d'apprentissage, dont le TDA/H.

Le recours à des **diagnostics catégoriels** pour identifier les troubles neurodéveloppementaux fait l'objet de plusieurs critiques, notamment pour ses implications pratiques en matière d'aménagements des pratiques scolaires. Defresne et al. (2024) en distinguent deux :

- les signes cliniques (manifestations observables) ne sont pas toujours spécifiques à un trouble et/ou peuvent coexister ;
- les besoins et interventions recommandés peuvent diverger au sein d'un même trouble ou, au contraire, être similaires entre deux troubles.

**Encart #9 : Découverte de principaux troubles d'apprentissage** (cf. *animation et débriefing en cours*)



<https://dyscutons.eu/>

### 3.2. Prendre en compte la diversité dans la classe

Comment prendre en compte la diversité, l'hétérogénéité dans la classe ? Comment répondre à l'injonction de différenciation promue par le Pacte ?

#### 3.2.1. En présence d'élèves avec des TND

Dans l'enseignement en FW-B, l'approche catégorielle des troubles d'apprentissage a jusqu'à présent prévalu pour la mise en application du Décret du 7 décembre 2017 relatif aux aménagements raisonnables. Un récent Avis du Conseil supérieur de l'enseignement aux élèves à besoins spécifiques (du

14.06.2023) questionne les limites de cette approche et formule des propositions pour une prise en charge plus opérationnelle des élèves présentant des troubles d'apprentissage. Parmi les limites, on citera par exemple l'application trop mécanique de fiches d'aménagements raisonnables (sans ajustements spécifiques à l'élève ou au contexte), une grande hétérogénéité dans l'appropriation des problématiques d'apprentissage par les enseignants, la tension pointée par les enseignants entre la gestion des cas individuels et la gestion du groupe-classe. La proposition du Conseil supérieur de l'enseignement aux élèves à besoins spécifiques (du 14.06.2023) est de privilégier une approche basée sur un profil de fonctionnement spécifique de chaque élève en difficulté : le Profil Individuel Multidimensionnel (PIM). Ce profil s'articule autour de 12 domaines de fonctions, présentés dans la Figure 6 (Defresne et al., 2024).

1	Intelligence et raisonnement
2	Fonctions attentionnelles, exécutives et mnésiques <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Capacités attentionnelles et de concentration</li> <li>b. Capacités exécutives (organisation, planification, flexibilité)</li> <li>c. Capacités de mémoire de travail</li> <li>d. Capacités mnésiques à long termes</li> </ul>
3	Langage oral <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Compréhension</li> <li>b. Expression</li> </ul>
4	Compétences motrices et psychomotrices <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Motricité globale</li> <li>b. Coordination manuelle et capacité de manipulation fine</li> <li>c. Graphisme</li> <li>d. Compétences visuo-spatiales</li> </ul>
5.	Capacités spécifiques d'apprentissage <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Le calcul</li> <li>b. Le langage écrit</li> </ul>
6.	Habiletés sociales et relationnelles
7	Capacités de contrôle et de régulation <ul style="list-style-type: none"> <li>a. De son agitation motrice et de son impulsivité</li> <li>b. De ses émotions</li> </ul>
8	Domaine sensoriel : déficits ou particularités
9	Comportements externalisés vers l'autre et/ou vers les objets
10	Comportements moteurs atypiques (stéréotypies, tics moteurs)
11	Rigidité mentale, intolérance aux changements, intérêts restreints.
12	Aspects émotionnels en lien avec la confiance en soi, anxiété, dépression, ...

Figure 6. Présentation des 12 domaines de fonctions impliqués dans la PIM (Defresne et al., 2024).

Pour chaque domaine ou sous-domaine, les professionnels (médecin, psychologues, logopèdes, neuropsychologues) sont invités à identifier l'intensité du besoin d'accompagnement de l'élève, sur une échelle allant de 0 à 3 (Figure 7). Une ligne d'horizon peut alors être réalisée pour chaque élève (Figure 8). Cette approche par les besoins fait écho à la notion de besoins spécifiques d'apprentissage du Pacte. Selon le Code scolaire, (Titre III, article 1.1.3.1-1., 5°), les besoins spécifiques sont des besoins reconnus résultant d'une particularité, d'un trouble, d'une situation permanents ou semi-permanents d'ordre psychologique, mental, physique, psychoaffectif faisant obstacle au projet d'apprentissage et requérant, au sein de l'école, un soutien supplémentaire pour permettre à l'élève de poursuivre de manière régulière et harmonieuse son parcours scolaire dans l'enseignement ordinaire ou dans l'enseignement spécialisé<sup>5</sup>.

<b>Score de 0</b> : pas de besoin particulier dans le domaine concerné.
<b>Score de 1</b> : besoins légers = « L'enseignant gère ». L'élève a besoin d'une prise en compte par l'enseignant de ses difficultés ou particularités, d'aménagements et/ou d'adaptations du matériel en classe mais n'a pas besoin d'aide extérieure. Il s'agit essentiellement d'individualisation, de différenciation pédagogique et d'aménagements universels et généraux (par exemple, relance attentionnelle, utilisation d'un casque anti-bruit, temps additionnel, recours à des référentiels, reformulation des questions, aide à l'organisation, ...).
<b>Score de 2</b> : besoins moyens = « L'élève et l'enseignant ont recours à adaptations et/ou des experts extérieurs à l'école ». L'élève a besoin des aides correspondant au score 1, ainsi que d'une aide extérieure rééducative et/ou médicamenteuse, et/ou d'une aide technique occasionnelle, et/ou d'une adaptation des modalités d'apprentissage et d'évaluation. Moyennant ces « accommodations », l'élève peut accéder pleinement aux notions et à l'enseignement de ces notions et il peut démontrer ce qu'il connaît lors des évaluations. En ce qui concerne l'évaluation, les accommodations permettent à l'élève « d'être évalué sur ses habiletés plutôt que sur son handicap ».
<b>Score de 3</b> : besoins importants = « L'élève a besoin d'une modification des exigences pédagogiques ». Même lorsque les stratégies pédagogiques sont adaptées et que des aides extérieures adéquates sont en place, l'élève ne peut pas répondre au référentiel dans le domaine concerné. De façon consensuelle, on peut également scorer 3 si l'élève a besoin d'une aide technique ou humaine permanente, afin de souligner l'importance des besoins que cela représente dans la scolarité.

Figure 7. Score d'intensité des besoins (Defresne et al., 2024)

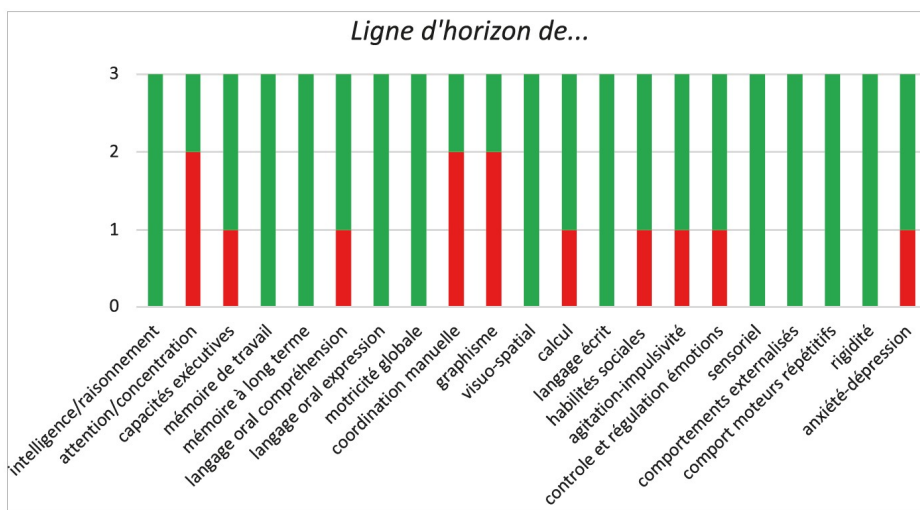


Figure 8. Exemple de ligne d'horizon (Defresne et al., 2024)

Une utilisation fructueuse de cet outil nécessite que les acteurs concernés par l'apprentissage de l'élève (parents, enseignants, centres CPMS, Pôles territoriaux) s'accordent sur la compréhension des besoins identifiés, afin de proposer des aménagements raisonnables, c'est-à-dire des mesures

<sup>5</sup> Pour une approche critique de la notion de « besoins d'apprentissage reconnus », voir votre cours d'Équité

appropriées, prises en fonction des besoins spécifiques reconnus dans une situation concrète, afin de permettre à un élève présentant des besoins spécifiques d'accéder aux activités organisées dans le cadre de son parcours scolaire, ainsi que de participer et de progresser dans ce parcours, sauf si ces mesures imposent à l'égard de l'école qui doit les adopter une charge disproportionnée (Code scolaire, art. 1.3.1., 1°).

Ce cours Cognition en contexte d'apprentissage doit vous permettre d'améliorer votre compréhension de certains processus (fonctions) compris dans le PIM, et d'envisager les difficultés qu'ils peuvent engendrer sur base d'un continuum, allant de « simples » difficultés liées au processus « naturel » de l'apprentissage à des difficultés plus marquées.

Il importe néanmoins de souligner qu'à ce jour, le Profil Individuel Multidimensionnel (PIM) et son utilisation doit encore faire l'objet d'une validation scientifique.

### 3.2.2. En présence d'élèves « tous différents »

#### A. Une « fausse bonne idée » : les styles d'apprentissage

De manière empirique, et même en l'absence de troubles d'apprentissage, on peut aisément constater que chaque élève peut aborder la matière de manière différente. Aussi, les difficultés d'apprentissage sont parfois imputées à une inadéquation entre la manière de présenter la matière et le **style d'apprentissage** de l'élève. Plusieurs modèles de styles d'apprentissage circulent (ex. la Théorie de l'apprentissage expérientiel de Kolb (1984), les Intelligences multiples de Gardner (2006), le modèle V-A-K). Leur point commun est de **postuler** que chaque élève apprend de manière différente : chaque élève aurait une manière **personnelle** d'aborder et de résoudre un problème ou une tâche d'apprentissage, et ce style serait **fixe**. Un postulat est une proposition que l'on demande d'admettre comme principe vrai, bien qu'elle ne soit ni évidente ni démontrée. **L'hypothèse** principale qui découle de ces théories, qui fait le lien avec l'enseignement, est que, pour remédier à certaines difficultés d'apprentissage, il suffirait de proposer des environnements d'apprentissage diversifiés qui correspondent aux styles des élèves.

Le succès des styles d'apprentissage serait fortement lié à la quantité d'ouvrages de vulgarisation en la matière (Sander et al., 2018), ainsi qu'à une évolution dans la manière de répondre aux difficultés d'apprentissage. Les styles d'apprentissages répondraient en effet à un besoin d'envisager les difficultés scolaires de certains élèves non plus en termes de déficit de ressources (déficit d'intelligence,

déficit d'efficacité des certains processus cognitifs), mais bien en termes de différences dans la manière d'utiliser ses propres ressources (Chartier, 2003; Sander et al., 2018). Cette évolution rejoint l'évolution des conceptions de l'équité en éducation, qui met davantage l'accent sur l'égalité des acquis et l'inclusion (voir votre cours d'Équité).

Les recherches dans le domaine de la neuroéducation ont cependant apporté des **éléments probants en défaveur des styles d'apprentissage** (Chartier, 2003; Masson, 2020; Pashler et al., 2008; Sander et al., 2018; Whitman, 2023). Tout d'abord, le postulat de départ, selon lequel chacun apprend de manière différente, est fragilisé par les recherches récentes : il y aurait en effet plus de ressemblances que de différences entre les individus lorsqu'ils traitent une information à apprendre. Par exemple, l'engagement actif et la répétition sont les dénominateurs communs de tout processus de mémorisation, et font aujourd'hui consensus dans la littérature (Dehaene, 2018; Fouquet, 2023; Masson, 2020). Nous y reviendrons. En outre, des études montrent d'ailleurs que si les apprenants disposent de stratégies (ou de styles) préférentiels, ils disposent en même temps de stratégies (ou de style) non préférentiels qu'ils peuvent activer de manière efficace pour apprendre lorsqu'ils sont plus adaptés à la situation (Chartier, 2003). On privilégiera donc la notion de *préférence*, voire de *style préférentiel* d'apprentissage ou encore de *style cognitif* à celle de style d'apprentissage. En d'autres termes, sans contrainte et dans des situations d'apprentissage identiques, un apprenant utilisera de manière privilégiée certaines stratégies d'apprentissages pouvant être décrites dans les diverses théories sur les styles d'apprentissage. Par contre, si la situation d'apprentissage change et/ou l'y contraint, l'apprenant peut mobiliser des stratégies d'apprentissage non préférentielles de manière efficace (Chartier, 2003). Ensuite, l'hypothèse selon laquelle proposer un environnement d'apprentissage qui correspond au style détecté chez l'élève lui permettrait de mieux apprendre n'a jamais pu être vérifiée (Chartier, 2003; Pashler et al., 2008; Rohrer & Pashler, 2012). Enfin, les échelles (questionnaires) conçues pour déterminer les styles d'apprentissages manquent de fiabilité (Sander et al., 2018).

Les conséquences du recours aux styles d'apprentissage sont à considérer avec attention. En effet, outre son manque d'assise scientifique, le recours aux théories des styles d'apprentissage risque d'induire des effets contraires à la visée inclusive qu'elles promeuvent. En effet, en canalisant les élèves dans des styles figés, une pédagogie basée sur les styles d'apprentissage leur ôte la possibilité d'élargir leurs répertoires comportementaux et cognitifs pour apprendre, là où la grande hétérogénéité des situations et contextes d'apprentissage nécessite plutôt de pouvoir s'ajuster en s'appuyant sur une diversité de modalités d'apprentissage. Le répertoire de stratégies de traitement de l'information ne se limite pas à quelques pratiques privilégiées. Ce répertoire se construit au fil des expériences personnelles ou de l'observation des expériences d'autres personnes (c'est ce que l'on appelle les

expériences vicariantes). En fonction des exigences de la situation d'apprentissage, mais aussi de l'état affectif et motivationnel du moment, chaque apprenant est capable de mobiliser de manière préférentielle (ou non) l'une ou l'autre stratégie. Identifier, ajuster et étoffer ses stratégies d'apprentissage est un enjeu majeur pour les élèves. Le Tronc Commun du Pacte envisage d'ailleurs, pour la première fois de manière explicite, le développement d'un domaine de compétence transversal appelé Apprendre à apprendre. On a longtemps considéré que l'apprendre à apprendre se développait de manière implicite chez les élèves (Vianin, 2020). Aujourd'hui, c'est un enseignement explicite de cette expertise qui est promu, notamment pour tenter de réduire les inégalités scolaires (Campanella & Giordano, 2022; McGuire, 2021; Romainville, 2000). A charge donc des enseignants d'investir cette nouvelle facette de l'apprentissage auprès de leurs élèves.

### B. Une « vraie bonne idée » : les processus cognitifs

Comme indiqué précédemment, le processus d'apprentissage comporte trois dimensions (Masson, 2024) :

- 1) construire de nouvelles connaissances et/ou ajuster les anciennes, et les ancrer ;
- 2) mobiliser ses connaissances pour répondre de manière adéquate aux sollicitations de l'environnement ;
- 3) produire l'effort nécessaire pour s'engager dans la construction et/ou l'ajustement des connaissances, les ancrer, et les mobiliser.

Ces phases s'appuient sur la mobilisation de différents processus mentaux. La suite du cours va se pencher sur certains d'entre eux<sup>6</sup> :

- la mémorisation, particulièrement mobilisée pour la construction et l'ancrage de nouvelles connaissances (cf. section 3.1.) ;
- les fonctions exécutives, particulièrement utiles pour la mobilisation des connaissances (cf. section 3.2.) ;
- la métacognition, particulièrement mobilisées pour déclencher l'engagement dans une tâche d'apprentissage (cf. section 3.3.).

<sup>6</sup> L'espace temps du cours nous a conduits à opérer des choix dans les processus mentaux étudiés.

C'est sur base de ces processus cognitifs, dont la maturité et/ou le développement diffèrent d'un élève à l'autre (pour des raisons génétiques et/ou d'expériences vécues), que peut s'opérer une différenciation efficace.

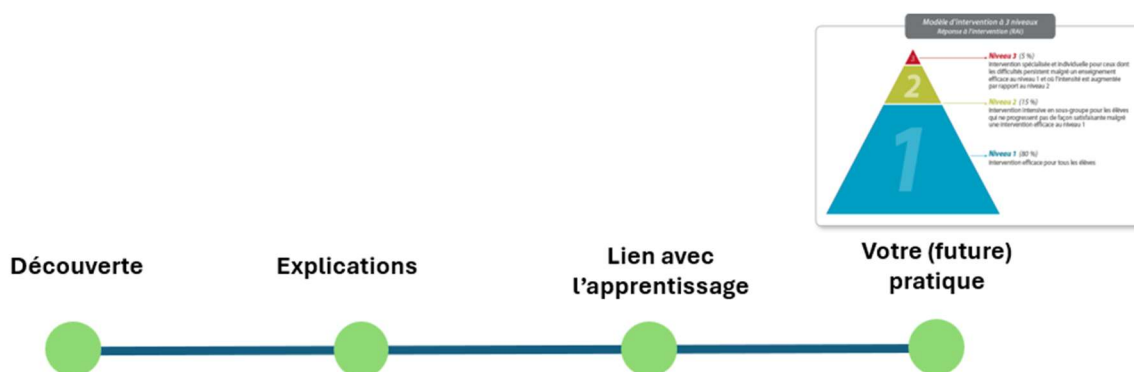
Cette différenciation peut porter sur (Wyss et al., 2023) : les contenus, les productions attendues, les processus (ex. types de tâche, supports), ou encore les environnements (structures) affectifs et physiques. Dans le cadre de ce cours, quelques pistes de différenciation et/ou de soutien à l'utilisation des fonctions cognitives seront présentées. Il vous appartient d'élargir les liens entre ce cours et d'autres qui abordent plus spécifiquement la question de la différenciation.

**Encart #10 : Rôle des enseignants : observer les FE des élèves** *(cf. animation et débriefing en cours)*

Si la psychologie développementale et la psychologie différentielle offrent des repères utiles pour comprendre le développement des enfants, il convient de rappeler qu'il s'agit de repères « standardisés » qui ne doivent pas occulter les variations individuelles liées, notamment, à la génétique et surtout à l'environnement dans lequel l'enfant grandit. Les évaluations standardisées sur lesquelles s'appuient ces disciplines, qu'il s'agisse d'enfants neurotypiques ou neuroatypiques, peinent souvent à identifier précisément les besoins en matière de soutien. Elles sont en effet menées hors contexte, se concentrent principalement sur les résultats obtenus (efficacité) plutôt que sur les processus mobilisés par l'élève, et intègrent rarement les dimensions émotionnelles et sociologiques, qui constituent pourtant des sources majeures de variabilité (Duval et al., 2025). L'observation en classe de vos élèves reste très pertinente pour comprendre leur dynamique d'apprentissage, leurs difficultés, la source de ces difficultés, et les soutiens appropriés.

## 4. Section 3 - Des processus pour apprendre, des leviers pour enseigner

Dans cette section, nous allons aborder différents mécanismes cognitifs. En mettant en lien le contenu de ce syllabus, les slides et les animations organisées aux cours, vous pourrez repérer le fil conducteur suivant pour chaque fonction cognitive envisagée :



### 4.1. La mémoire

#### 4.1.1. Le processus de mémorisation

La mémoire est une fonction cognitive qui permet d'intégrer, conserver et restituer des informations pour interagir avec son environnement. Elle permet donc un traitement de l'information, qui passe par trois étapes (Fouquet, 2023; Guillery-Girard & Eustache, 2018; Lemaire et al., 2018; Sousa, 2002) :

- La **phase d'encodage** correspond au traitement des informations reçues par les cinq sens. C'est ce qui se passe lorsqu'on lit le syllabus, on écoute le professeur, etc. À ce stade, c'est une trace neuronale qui se forme dans le cerveau. Dans cette phase, les éléments de contexte sont particulièrement présents dans les traces laissées par l'encodage d'une information. Les ressources attentionnelles sont également très sollicitées ;
- La **phase de stockage** (ou consolidation) consiste à maintenir une information dans le temps, par la consolidation ou le renforcement de la trace neuronale laissée lors de la phase d'encodage, ainsi que sa mise en lien avec d'autres traces neuronales déjà présentes dans le cerveau (d'autres connaissances déjà présentes) ;
- La **phase de récupération** (ou rappel) correspond à la réactivation du réseau neuronal ad hoc en fonction de la tâche exigée par l'environnement. Le rappel des informations en mémoire peut être automatique (par exemple, lorsque nous reconnaissons nos proches) ou contrôlé (par

exemple, lorsque nous devons consciemment faire un effort pour retrouver la date de l'anniversaire d'un proche).

**Les phases d'encodage et de rappel fonctionnent en écho grâce notamment aux indices de récupération.** En effet, si c'est bien la perception de l'information qui amorce l'encodage, le rappel de l'information peut lui aussi être facilité (ou entravé) par des éléments de l'ordre de la perception. À ce sujet, l'effet du contexte a été abondamment étudié par les psychologues. Ainsi, des éléments de contexte peuvent constituer des indices de récupération intéressants.

**Les phases de rappel et de stockage fonctionnent en écho grâce au principe de reconsolidation.** Deux mécanismes essentiels soutiennent le processus de reconsolidation : le mécanisme de répétition mentale et la profondeur du traitement de l'information. Dès la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, Ebbinghaus a mis en évidence la perte massive d'information en mémoire dès les premiers moments après cet apprentissage (Figure 9). Il a ensuite montré que la répétition permettait non seulement de contrer l'oubli, mais aussi de réduire le temps nécessaire au réapprentissage au fur et à mesure des répétitions. Ceci explique pourquoi les deux stratégies de mémorisation les plus efficaces sont le *testing*, la distribution dans le temps et l'alternance des contenus (Dunlosky et al., 2013).

En tant qu'enseignant, vous pouvez proposer trois types de rappels :

- des rappels libres : lorsqu'on demande à l'apprenant de rappeler une information apprise sans support ni indication. C'est le cas des questions ouvertes (ex. Quelle est la capitale de la Suède ? Qu'est-ce que la photosynthèse ?) ;
- des rappels indicés : cette technique est utilisée pour aider les apprenants à se souvenir d'une information en leur fournissant des indices ou des repères spécifiques. L'objectif est de faciliter la récupération d'une information mémorisée en activant des éléments associés, comme un mot-clé, une image, une situation ou une partie d'une phrase ;
- des rappels par reconnaissance : le sujet doit choisir la bonne solution parmi plusieurs qui lui sont proposées (ex. les QCM).

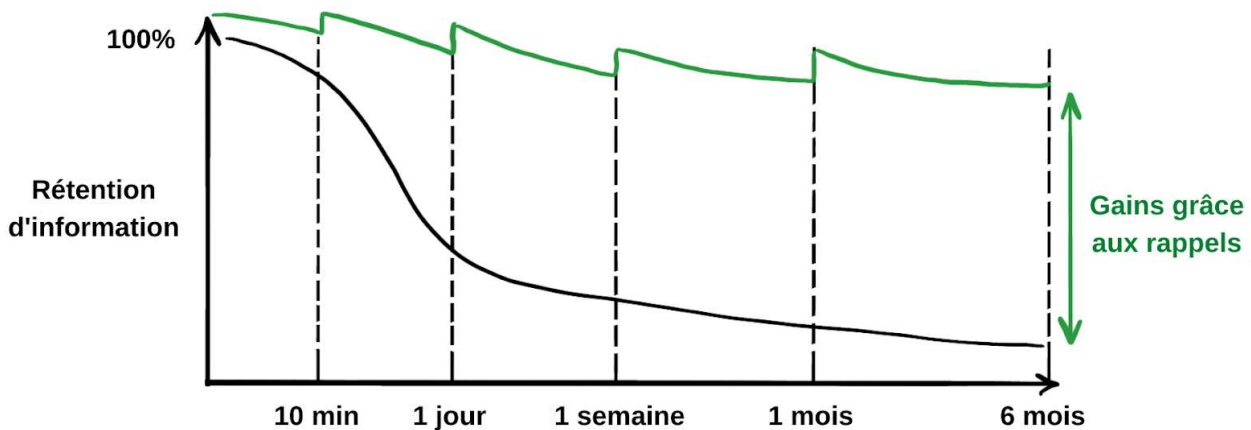


Figure 9. Courbe d'Ebbinghaus (1885).

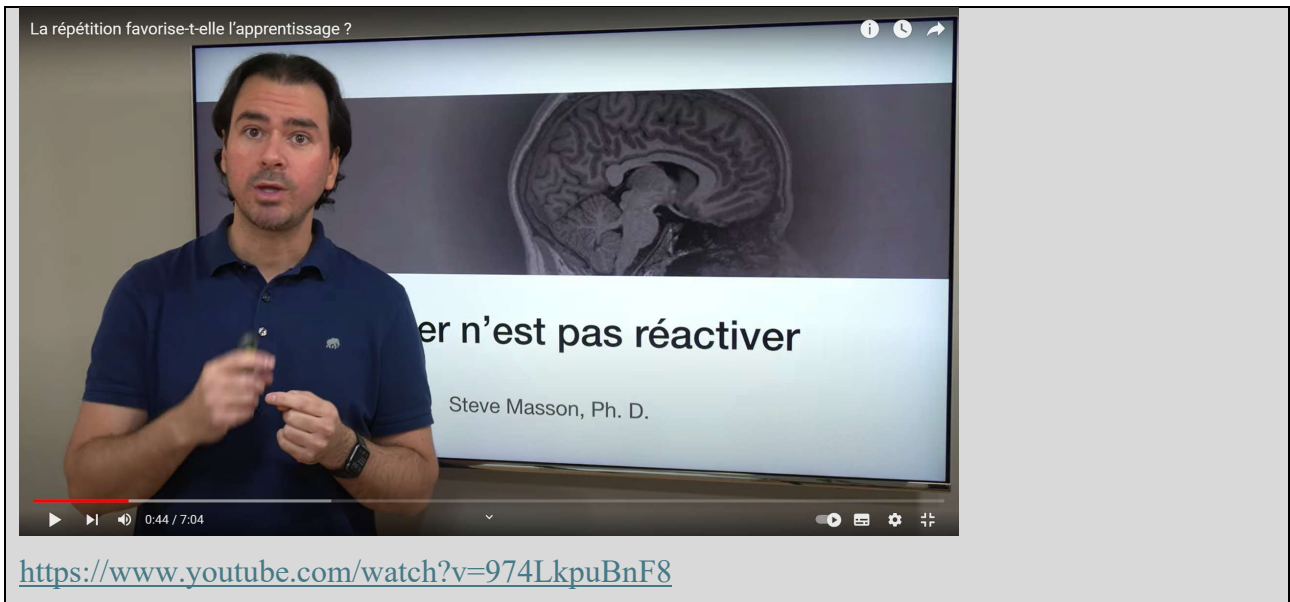
Bien entendu, la répétition seule n'est pas suffisante. Vous en avez peut-être déjà fait l'expérience : relire plusieurs fois son cours (pratiquer la répétition, donc) ne vous a pas permis d'en retenir les informations nécessaires et suffisantes pour réussir un examen. Cela s'explique par la profondeur du traitement que vous avez réservé aux informations que vous avez tenté d'apprendre. Dans un article récent, Koedinger *et al.* (2023) ont d'ailleurs montré que tous les élèves peuvent progresser à un rythme comparable s'ils bénéficient de sept réactivations de la matière. Craik & Lockhart (1972, cités par Lemaire *et al.*, 2018) ont été les premiers à formuler et valider l'hypothèse de la profondeur du traitement de l'information. Ils distinguent, d'une part, le traitement superficiel, qui porte sur les caractéristiques des stimuli (ex. son des mots, forme des mots) et, d'autre part, le traitement profond qui s'attache aux caractéristiques sémantiques des stimuli (ex. le sens des mots). En d'autres termes, comprendre et mémoriser sont deux processus différents mais fortement interconnectés<sup>7</sup>.

**Encart #11 : Réactiver plutôt que répéter (cf. animation et débriefing en cours)**

Regardez cette vidéo et répondez à cette question :

- ✓ Pourquoi faut-il faire une différence entre répéter et réactiver ?

<sup>7</sup> La compréhension est un processus complexe qui s'appuie sur l'ensemble des mécanismes de perception, de mémorisation, d'exécution (fonctions exécutives). Dans le cadre de ce cours, nous ciblerons notre propos sur les liens entre la mémoire et la compréhension. En outre, si des principes qui président à la compréhension peuvent être mis en évidence, le processus de compréhension est aussi spécifique à chaque tâche envisagée (ex. comprendre une consigne, comprendre un texte, comprendre un problème, ...).



#### 4.1.2. Les mémoires

Au niveau cérébral, il n'existe pas un centre de la mémoire, mais bien **cinq** systèmes interconnectés qui reposent sur des réseaux neuronaux logés dans différentes zones du cerveau. Plusieurs chercheurs se sont attachés à modéliser ces différentes mémoires. Dans le cadre de ce cours, nous utiliserons le modèle MNESIS (Eustache & Desgranges, 2008), car il intègre et synthétise l'état des recherches en neuropsychologie de la mémoire (Dortier, 2014). Nous en simplifierons la présentation pour en proposer une permettant un lien plus évident avec des activités d'apprentissage scolaire et de pratiques pédagogiques. Nous allons présenter ces mémoires en fonction de la durée de rétention et du type d'information qu'elles permettent de mémoriser (Figure 10). Nous présenterons également leurs limites spécifiques, ainsi que des stratégies d'apprentissage et/ou d'enseignement permettant de respecter et d'exploiter au mieux ces différentes mémoires.

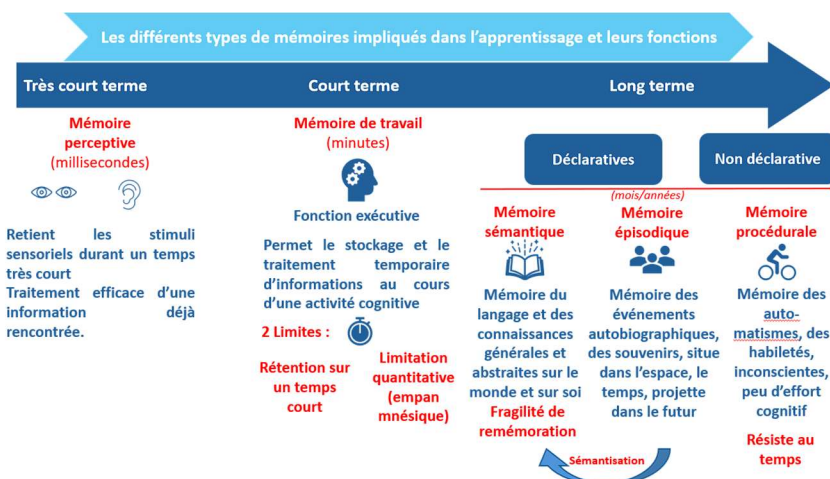


Figure 10. Les différents types de mémoires - Visuel réalisé sur base de Berthier (2024)

La **mémoire perceptive** (mémoire à très court terme – quelques millisecondes) : c'est la mémoire associée à la réception de stimuli par nos cinq sens. Elle fonctionne de manière assez automatique et retient l'information quelques millisecondes. C'est notre système attentionnel qui nous permet de sélectionner les stimuli utiles en fonction de la tâche à accomplir. Nous y reviendrons dans la section dédiée à l'attention. Cette mémoire se met en place très tôt, dès le stade in utero, et poursuit son développement tout au long de la vie. Une des difficultés potentielles liées à cette mémoire en contexte scolaire est le phénomène de surstimulation sensorielle auquel sont soumis les élèves aujourd'hui. Travailler avec les élèves sur les stratégies attentionnelles peut être utile pour faire face à l'inconfort de la surstimulation sensorielle (cf. section sur l'attention). La mémoire perceptive offre aussi des *opportunités* pour soutenir l'apprentissage des élèves. Cette mémoire est particulièrement active pour amorcer la phase d'encodage, mais aussi de rappel des informations stockées en mémoire à long terme (cf. supra). Aussi, des stratégies pédagogiques qui s'appuient sur des indices de récupération perceptifs (sensoriels) peuvent soutenir le processus d'apprentissage des élèves. C'est le cas du *dual coding* (Clark & Paivio, 1991).

**Encart #12 : La théorie du Dual coding versus les théories des styles d'apprentissage et des intelligences multiples (cf. animation et débriefing en cours)**

La **mémoire de travail**<sup>8</sup> (mémoire à court terme – quelques secondes) : il s'agit de la mémoire dans laquelle sont stockées et traitées des informations durant un court laps de temps. Cette mémoire particulière fait partie de la famille des fonctions exécutives ; elle sera donc détaillée dans la partie 3.2. de ce syllabus. Nous passons directement aux mémoires à long terme (mois – année). Elles sont classées en deux catégories : les mémoires déclaratives (sémantique et épisodique) et la mémoire non-déclarative (mémoire procédurale).

La **mémoire sémantique** est celle des connaissances générales et abstraites sur soi et sur le monde. Elle est fortement liée à l'acquisition et au développement du langage. Elle permet le stockage d'une énorme quantité d'informations pendant une durée longue (mois, voire années). Toutefois, elle est

<sup>8</sup> La mémoire de travail est classée parmi les fonctions exécutives de premier niveau (cf. section sur les fonctions cognitives), mais nous avons fait le choix de la présenter dans la section dédiée à la mémorisation pour la clarté du propos et du fil conducteur de ce syllabus.

particulièrement exposée à l'oubli. En contexte scolaire, les élèves doivent apprendre une grande quantité de connaissances, dont certaines ne sont pas assez consolidées. Des stratégies pour augmenter la consolidation des informations en mémoire ont été présentées et discutées précédemment.

La **mémoire épisodique** est la mémoire des souvenirs, des événements autobiographiques, elle est très sensible au contexte. Elle permet à la fois de se souvenir d'événements du passé, avec de nombreux détails (liés au contexte), mais aussi de se projeter dans le futur en imaginant un événement similaire (ex. imaginer ses prochaines vacances). Parfois, les informations stockées dans la mémoire épisodique passent dans la mémoire sémantique, et perdent par la même occasion leur dimension contextuelle. Elle se développe vers l'âge de 4-5 ans ; avant cet âge, le contexte reste mal précisé (par exemple, les enfants de 2 – 3 ans ont des difficultés à se remémorer des événements vécus dans un ordre chronologique). Un des écueils de cette mémoire est son manque de fiabilité, car les souvenirs sont parfois reconstruits. Un des enjeux, pour les enseignants notamment, est de sémantiser les informations stockées en mémoire épisodique.

La **mémoire procédurale** est une mémoire d'action, relative à la manière de faire quelque chose. C'est la mémoire des automatismes. Son développement est précoce (dès la naissance) et particulièrement rapide entre 0 et 3 ans. Elle résiste au temps et demande peu d'efforts cognitifs, pour autant que les apprentissages soient routinisés.

**Encart #13 : Exemple de cogni'classe en lien avec difficultés de mémorisation** (*cf. animation et débriefing en cours*)

## 4.2. Les fonctions exécutives

Les spécialistes définissent les fonctions exécutives comme des **processus mentaux généraux qui contrôlent la sélection et l'activation de processus cognitifs spécifiques** (Duroisin & Clerc, 2025; Fouquet, 2023; Fournieret & Gentaz, 2022; Houdé & Borst, 2018; Masson, 2024). Ce sont ces fonctions qui contrôlent ce qui doit ou pas s'activer dans le cerveau pour réaliser une tâche, c'est-à-dire pour mobiliser les bonnes ressources stockées dans la mémoire à long terme. Elles sont mobilisées lorsque l'on doit s'adapter à des situations nouvelles ou non routinières, dans différents contextes (cognition, émotions, motricité).

Bien que la liste des fonctions exécutives ainsi que leur modélisation (c'est-à-dire leurs relations entre elles) ne fassent pas consensus dans la littérature, plusieurs points d'accord émergent :

- l'inhibition, la mémoire de travail et la flexibilité sont les trois fonctions exécutives « de base » (Miyake et al., 2000). Elles permettent le développement de fonctions exécutives dites « de haut niveau », telles que le raisonnement, la planification, la résolution de problèmes (Masson, 2024). Le modèle de Diamond (2016) est le modèle le plus consensuel à l'heure actuelle. Certains auteurs mentionnent toutefois l'attention comme étant une quatrième fonction exécutive, distincte des trois fonctions de base. Dans son modèle, Diamond introduit quant à lui différentes facettes de l'attention dans la fonction d'inhibition. Par souci de clarté, et vu la littérature spécifique disponible sur l'attention, nous avons choisi de lui dédier une section spécifique (Figure 11) ;
- les fonctions exécutives agissent en interaction les unes avec les autres (Maximino Pinheiro, 2020) ;
- les fonctions exécutives évoluent dans le temps, du stade in utero à l'âge adulte. Elles arrivent à maturité tardivement, c'est-à-dire vers l'âge de 25 ans (Figure 12). Elles se développent de manière indépendante, mais le développement de l'une influence le développement de l'autre (Duval et al., 2025). Chaque enfant évolue dans des environnements différents, dispose de ressources différentes, présente des besoins différents. Par conséquent, il importe de considérer chaque élève dans sa globalité ;
- elles sont majoritairement abritées dans la partie préfrontale du cerveau, qui fonctionne en interaction étroite avec d'autres structures cérébrales, telles que le striatum, l'amygdale et le système limbique (Hubert et al., 2025) ;
- l'environnement avec lequel l'enfant interagit influence fortement le développement et la mobilisation des fonctions exécutives
- l'activation des fonctions exécutives est particulièrement sensible aux états émotionnels (Moret & Mazeau, 2019).

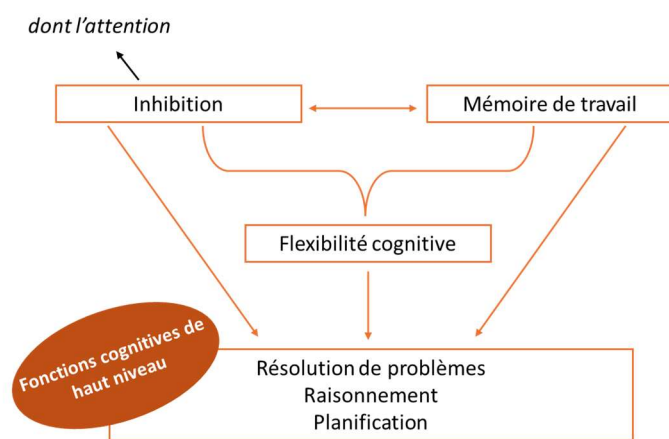


Figure 11. Schéma simplifié du modèle de Diamond (2016), auquel nous avons ajouté l'attention.

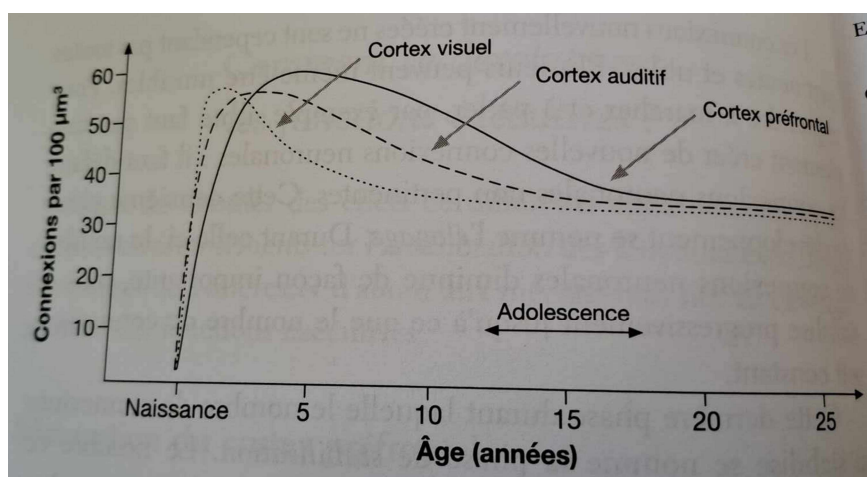


Figure 12. Développement des régions (et fonctions) cérébrales selon l'âge (Masson, 2024, p. 48)

Comme nous l'avons souligné en introduisant ce cours (ainsi que dans d'autres cours – voir notamment le cours Équité), l'amélioration de l'efficacité de notre système scolaire et la réduction des inégalités scolaires sont au cœur du Pacte pour un enseignement d'excellence. On sait que les différences en termes de performance académique se marquent dès le plus jeune âge, et donc dès le début du parcours scolaire, et qu'il est difficile de les réduire. Aujourd'hui, le renforcement des fonctions exécutives est identifié par les spécialistes de la cognition comme une piste de premier plan pour améliorer les apprentissages et réduire les inégalités (Diamond, 2013; Diamond & Ling, 2016). En effet, elles sont largement mobilisées dans tout apprentissage et on sait aujourd'hui que la qualité des fonctions exécutives mesurée dès le plus jeune âge (à l'âge de 4-5 ans) contribue de manière significative à prédire la réussite scolaire ultérieure (Ahmed et al., 2018; Best et al., 2011; Jacob & Parkinson, 2015), ainsi que d'autres dimensions de la trajectoire de vie (ex., santé, réussite professionnelle, bien-être).

#### Encart #14 : Lien entre l'inhibition et les trajectoires scolaire, professionnelles, et de santé

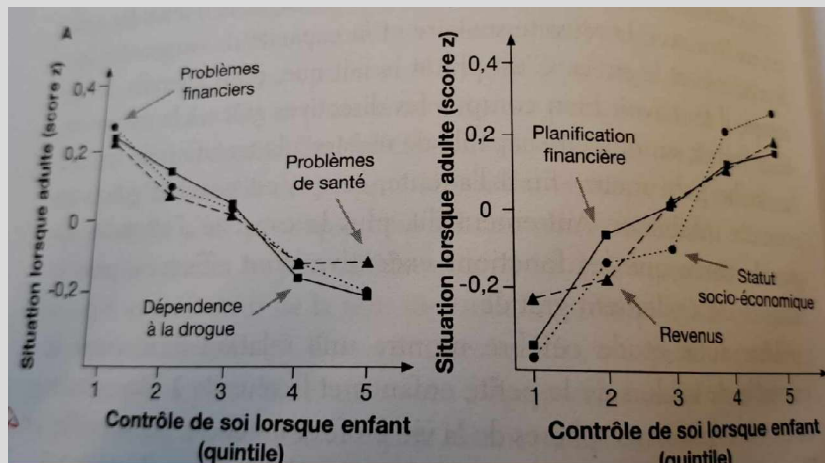


Figure 13. Lien entre le contrôle de soi (inhibition) et divers indicateurs socio-économiques (Mason, 2024, p. 42 – d’après Moffit et al., 2011).

#### Encart #15 : Rôle des enseignants : travailler les FE des élèves

Vu l'importance des fonctions exécutives dans les apprentissages et, plus généralement, dans différents aspects de la vie socio-économique, la question de l'entraînement de ces fonctions est pertinente. Les interventions visant à développer les fonctions exécutives peuvent être regroupées en trois grandes catégories. **Les interventions cognitives spécifiques** ciblent directement et de manière intensive les différentes composantes des fonctions exécutives (inhibition, mémoire de travail, flexibilité cognitive) à travers des exercices structurés, progressifs et intensifs. Elles sont généralement conduites par des professionnels spécialisés, tels que des neuropsychologues, dans le cadre d'un accompagnement individualisé. **Les interventions cognitives en situation** s'appuient sur des activités ludiques ou éducatives, telles que les jeux de société ou certaines tâches scolaires, qui sollicitent naturellement les fonctions exécutives dans un contexte signifiant pour l'apprenant. Certains programmes scolaires comme *Tools of the Mind* illustrent particulièrement bien cette approche : en mobilisant des activités de jeu symbolique, de langage et de planification intégrées au quotidien de la classe, ils entraînent les fonctions exécutives tout en renforçant la motivation. Enfin, **les interventions métacognitives** visent à amener l'élève à prendre conscience de ses propres processus cognitifs et à en améliorer le contrôle, notamment par un accompagnement de type étayage, où l'enseignant ou le formateur guide explicitement l'analyse et la régulation des stratégies utilisées. *Tools of the Mind* comporte également une forte composante métacognitive, car il engage les enfants dans la régulation consciente de leurs actions et de leur attention. Plusieurs études, dont une méta-analyse récente (Takacs & Kassai, 2019), indiquent que les interventions cognitives —

qu'elles soient spécifiques ou en situation — produisent rarement des effets durables dans le temps et se limitent le plus souvent à un transfert proche, c'est-à-dire à une amélioration de la fonction entraînée dans des tâches similaires, sans impact significatif dans d'autres contextes. En revanche, les interventions métacognitives apparaissent comme une piste privilégiée, sur laquelle les enseignants peuvent jouer un rôle déterminant (Borst, 2025; Moret & Mazeau, 2019) (voir aussi section dédiée à la métacognition).

#### 4.2.1. La mémoire à court terme (ou mémoire de travail)

Une définition obsolète, mais encore bien vivace, de la mémoire de travail conçoit cette dernière comme une entité biologique autonome et fixe qui ne permet de retenir qu'un nombre (très) limité d'informations pendant un temps bref. L'empan mnésique, c'est-à-dire le nombre d'informations que la mémoire de travail peut retenir simultanément pour réaliser une tâche a été étudié par plusieurs chercheurs. Selon Miller (1956), cet empan est de  $7 \pm 2$  informations. D'autres recherches, plus récentes, ont réduit cet empan mnésique à 4 informations (Cowan, 2001). La variabilité de cet empan (4, 5, 7, 9) est liée au type d'information à traiter (par exemple, les informations visuelles sont plus faciles à traiter).

Cette conception de la mémoire de travail est aujourd'hui plus nuancée (Gaonac'h, 2022; Lemaire et al., 2018; Masson, 2020) :

- la mémoire de travail ne sert pas à mémoriser, mais bien à mémoriser pour traiter (manipuler) des informations ;
- la capacité (l'efficacité) de la mémoire de travail dépend notamment de la nature des informations à traiter, et plus précisément des informations déjà présentes dans les mémoires à long terme. Ainsi, c'est le manque de connaissances mobilisables dans les mémoires à long terme qui serait la cause de difficultés dans la mobilisation de la mémoire de travail ;
- la mémoire de travail se caractérise par ses relations étroites avec les autres systèmes permanents de mémoires. Il ne s'agit donc pas d'une entité biologique autonome ; elle va interagir avec la mémoire perceptive (pour traiter les nouvelles informations fournies par l'environnement et captées par la mémoire sensorielle) et les mémoires à long terme.

Les pistes pédagogiques visant à soutenir le fonctionnement optimal de la mémoire de travail cherchent à **optimiser la charge cognitive**, en veillant à ce que celle-ci ne traite que les informations strictement nécessaires à la réalisation de la tâche (Masson, 2024) :

- Diminuer la **charge interne**, en travaillant sur les automatismes cognitifs des élèves. Un processus est considéré comme automatique *s'il (a) est exécuté rapidement, (b) n'interfère pas avec un autre processus, (c) se déroule inconsciemment et (d) se déroule de manière autonome* (Lemaire et al., 2018, p. 69). Pour ce faire, il faut veiller à routiniser les processus appris par les élèves (mémoire procédurale) et/ou à ancrer solidement les connaissances nécessaires à la réalisation d'une tâche (mémoire sémantique). Des données récoltées via des techniques d'imagerie par résonance magnétique (IRM) montrent que le cortex préfrontal s'active moins (et témoignent d'une moindre sollicitation des ressources exécutives, dont la mémoire de travail) si les autres zones du cerveau où sont stockées les connaissances à mobiliser sont actives (Masson, 2020). En tant qu'enseignant, il importe de bien identifier les prérequis nécessaires pour le nouvel apprentissage que vous visez, vérifier si ces prérequis sont automatisés et, le cas échéant, proposer des tâches de routinisation à vos élèves ;
- Diminuer la **charge de décodage** en optimisant les modalités de présentation des informations en support des cours. Structurer et ordonner l'information (Bor et al., 2003), limiter les doubles tâches et donc l'attention divisée (Ayres & Sweller, 2005), éviter les redondances inutiles (Chandler & Sweller, 1991) sont trois manières efficaces de diminuer la charge externe ;
- Diminuer la **charge environnementale** en réduisant au maximum les distracteurs internes et externes (voir section sur l'attention) ;
- Bien doser la **charge nécessaire**, c'est-à-dire la charge strictement liée à l'apprentissage, au traitement des informations qui sont manipulées pour transformer ou étayer ses connaissances. Les choix opérés dans une séquence d'apprentissage seront différents selon le niveau d'expertise des élèves. Ainsi, une approche de type apprentissage explicite sera privilégiée pour des élèves novices (ou plus faibles), tandis qu'une approche constructiviste (par exemple, apprentissage par problème) sera conseillée pour des élèves plus experts (plus forts) (Gaonac'h, 2022; Van Merriënboer et al., 2003).

**Encart #16 : Question de réflexion : Faut-il faire doubler les élèves ?** (*cf. animation et débriefing en cours*)

En travaillant les prérequis, on diminue la charge cognitive interne. On pourrait dès lors penser que le fait de « faire redoubler » les élèves leur permettrait de consolider ces prérequis afin de progresser plus efficacement dans leur parcours scolaire. Or, cet effet reste limité et essentiellement à **court terme**. Des études sur le *skill building* ont en effet testé cette hypothèse en proposant à des élèves

en difficulté des séances de renforcement en mathématiques et en lecture. Les résultats montrent que ce type d'intervention permet de renforcer les connaissances disciplinaires et de réduire temporairement l'écart avec les élèves les plus performants. Cependant, cet effet s'estompe rapidement (Le Diagon, 2013)<sup>9</sup>. Autrement dit, le renforcement des prérequis constitue une stratégie pédagogique pertinente, mais insuffisante pour assurer, à long terme, la progression continue des élèves en difficulté.

**Encart #17 : Optimiser les modalités de présentation des infos** (*cf. animation et débriefing en cours*)

Sur base de l'article OU de la conférence d'A. Tricot, savoir définir, expliquer et exploiter :

- L'effet de non-spécification du but
- L'effet du problème résolu
- L'effet de disparition progressive du guidage
- L'effet d'attention partagée
- L'effet de variété

Le lien vers l'article et la conférence (ainsi que le support diaporama de la conférence) se trouvent dans ecampus.

#### **4.2.2. L'inhibition**

L'inhibition correspond aux mécanismes qui permettent de neutraliser une réponse dominante (pensée, geste, réaction émotionnelle) lorsqu'elle n'est pas appropriée (Houdé, 2017; Houdé & Borst, 2018; Lemaire et al., 2018; Masson, 2020). L'inhibition est une ressource qui peut être mobilisée dans différents contextes :

- celui de la pensée ou du raisonnement ;
- on peut aussi parler d'inhibition motrice. Elle est utilisée comme ressort dans de nombreux jeux d'ambiance (ex. 1, 2, 3 Soleil) ;

<sup>9</sup> Voir <https://view.genially.com/646b781c12f0730012b89586/interactive-content-cogniforum2023>

- l'inhibition est aussi nécessaire pour réguler ses émotions, c'est-à-dire pour ajuster ses réactions émotionnelles, comme par exemple pour éviter de réagir de manière impulsive lors d'un conflit ;
- enfin, l'inhibition est aussi utile pour rester attentif, concentré sur une tâche, par exemple pour résister à l'envie de consulter ses mails ou son compte Instagram ou regarder une série Netflix pendant que le professeur donne son cours.

Dans le cadre de ce cours, nous allons recourir au modèle de Kahneman (2020), complété par Houdé (Houdé, 2017), pour comprendre le mécanisme d'inhibition (on parle aussi de contrôle inhibiteur) (Figure 14).

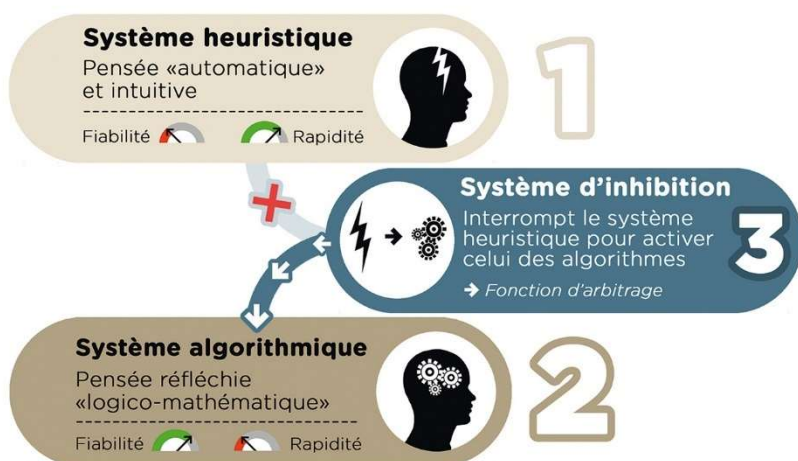


Figure 14. Modèle de fonctionnement du processus d'inhibition (source de l'image : Houdé, 201).

Le modèle de Kahneman a mis en évidence que deux systèmes de pensées coexistent dans notre cerveau :

- un système intuitif et automatique (que l'on appelle système heuristique ou système 1) ;
- un système plus réfléchi, plus logique (que l'on appelle système algorithmique ou système 2).

Le système 1 a l'avantage de nous permettre de réagir rapidement, contrairement au système 2, qui prend plus de temps. Il est très utile d'avoir un système 1, notamment dans la vie de tous les jours. Par exemple, quand vous conduisez en voiture, pour peu que vous ayez déjà une bonne expérience de conduite, vous allez pouvoir conduire tout en pensant par exemple à la journée qui vous attend : vous allez normalement freiner à l'approche d'un carrefour, ou encore vous arrêter à un feu rouge. Il

est par contre moins fiable que le système deux. Si vous êtes dans votre voiture, toujours en train de penser à votre journée et que le feu est au rouge et que vous vous arrêtez ... alors qu'il y a un policier dans le carrefour qui vous fait signe de passer, votre système 1 vous piège. Il faut que votre système 2 prenne le relais pour se dire : l'injonction du policier prime sur la couleur du feu, à condition que ses bras soient positionnés d'une certaine manière.

Alors, qu'est-ce qui permet de passer de l'un à l'autre ? C'est là qu'un autre chercheur, Olivier Houdé, a ajouté au modèle de Kahneman un troisième système : le système d'inhibition (système 3). C'est le système qui vient interrompre le système 1 pour passer au système 2. Il joue en quelque sorte un rôle d'arbitre entre les 2 systèmes. Il s'agit d'un système d'alerte, qui est présent dès le plus jeune âge, mais se développe avec le temps. On considère l'âge de 6 ans comme un âge pivot car c'est à ce moment que l'enfant passe d'une inhibition réactive à une inhibition proactive.

L'implication de l'inhibition sur les performances scolaires a été aussi étudiée dans l'apprentissage de différents domaines (voir livre de Duroisin, pp. 54-55) :

- en lecture/écriture, en particulier les erreurs d'inflexion verbale (Lanoë et al., 2016), c'est-à-dire lorsqu'un verbe n'est pas correctement conjugué selon les règles grammaticales d'une langue, en particulier en ce qui concerne les personnes, les temps, les modes, ou les nombres (singulier/pluriel) ;
- en arithmétique (e.g., Monette et al., 2011) ;
- en sciences (Mason & Zaccoletti, 2021).

En conclusion, la capacité à inhiber une pensée/réaction heuristique (système 1) pour activer une pensée algorithmique (système 2) est un levier crucial pour aider les élèves à dépasser des erreurs **fréquentes et systématiques**, et ce dans différents domaines de la cognition (perception sensorielle, nombre, raisonnement, prise de décision ...) (Houdé & Borst, 2018). Il s'agit d'un facteur probablement plus prédictif que le QI ou que l'indice socio-économique (Duncan et al., 2007)

Comment, en tant qu'enseignant, intervenir pour réduire les erreurs des élèves dues à une difficulté dans le contrôle inhibiteur ? En théorie, cela paraît simple : il « suffit » de réduire le poids (l'influence) du système 1, et/ou d'augmenter le poids (l'influence) du système 2, et/ou d'entraîner le système 3 (Figure 15). En pratique, c'est évidemment plus compliqué.

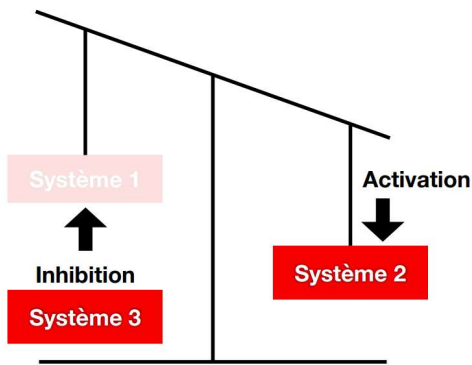


Figure 15. Stratégies pour réduire les erreurs liées à l’inhibition<sup>10</sup>

Deux types de pistes peuvent être envisagées : réduire le besoin d’inhibition (c’est-à-dire renforcer le système 2) et favoriser l’inhibition (c’est-à-dire renforcer le système 3). Le Tableau 2 ci-dessous liste quelques stratégies pédagogiques associées à chaque piste. **Elles seront présentées et illustrées en cours et font partie de la matière de l’examen.**

Tableau 2

Des pistes pédagogiques pour réduire les erreurs liées à l’inhibition

<b>Piste #1 : Réduire le besoin d’inhibition (renforcer le système 2)</b>	<b>Piste #2 : Favoriser l’inhibition (= renforcer le système 3)</b>
Expliquer avant de confronter	Entraîner à l’identification de réponses-pièges
Augmenter la saillance d’un élément du système 2	Forcer un temps d’arrêt avant de répondre

### 4.2.3. La flexibilité mentale

**Encart #18 : Les composantes de la flexibilité : Fixer une bougie sur un panneau de liège** *(cf. animation et débriefing en cours)*

<sup>10</sup> Source de l’image : Masson (2021) – formation sur les fonctions exécutives organisée par Initiative & Formation Paris - 21 et 22 avril 2021

De manière générale, la flexibilité désigne la capacité à **changer, s'ajuster, passer d'une représentation, d'un comportement ou d'un raisonnement à un autre**. La flexibilité cognitive fonctionne en étroite interaction avec l'**inhibition** : changer de perspective ou de stratégie suppose souvent d'inhiber une réponse spontanée, intuitive ou devenue routinière. On distingue plusieurs domaines dans lesquels elle peut s'exercer (Diamond, 2013; Gabrys et al., 2018) :

- **Flexibilité conceptuelle** : capacité à changer de catégorie, de règle ou de cadre conceptuel pour interpréter une situation ;
- **Flexibilité attentionnelle** : capacité à déplacer volontairement son attention d'un stimulus ou d'une tâche à une autre ;
- **Flexibilité comportementale (ou stratégique)** : capacité à modifier son comportement ou sa stratégie face à un obstacle ou un échec ;
- **Flexibilité émotionnelle** : capacité à réguler ses émotions en fonction du contexte, à adapter ses réactions pour rester efficace dans une tâche.

La flexibilité cognitive est particulièrement importante dans le **raisonnement** (Sander, 2025). Résoudre un problème suppose d'appliquer une règle ou une procédure à une situation nouvelle. Pour initier ce raisonnement, le cerveau s'appuie sur la perception de similitudes entre l'énoncé et les connaissances déjà en mémoire, y compris des connaissances intuitives, qui ne sont pas toujours correctes ni adaptées. Cela peut conduire à des erreurs. La flexibilité consiste alors à changer de point de vue, à recatégoriser la situation, et ainsi activer des processus de raisonnement plus appropriés. La flexibilité joue aussi un rôle majeur dans la **régulation émotionnelle et comportementale** : elle permet de s'adapter aux exigences d'une situation.

Gerber et Sander (2025) identifient deux obstacles fréquents à la flexibilité :

- la **fixité fonctionnelle**, c'est-à-dire la difficulté à se détacher d'une première perspective ou d'un premier avis sur une situation ;
- les **conceptions intuitives**, soit les idées, croyances ou explications spontanées qui se développent en dehors des apprentissages scolaires.

Pour l'enseignant, il est essentiel de comprendre que certaines erreurs d'élèves ne proviennent ni d'un manque de connaissances, ni d'un déficit de raisonnement, mais d'une **activation spontanée de conceptions inadéquates**.

Stimuler la flexibilité cognitive en classe passe notamment par l'encouragement des élèves à explorer **plusieurs points de vue** sur une même situation ou un même problème. Cette pratique pédagogique est directement liée aux mécanismes fondamentaux de la flexibilité cognitive : le **recadrage** et la **recatégorisation** (Gerber & Sander, 2025) :

- Le **recadrage** consiste à changer l'angle d'interprétation d'une situation. Ce recadrage peut être spontané (initié par l'individu lui-même) ou provoqué (par une modification dans l'environnement) ;
- La **recatégorisation** correspond au fait de reclasser une situation ou un problème dans une catégorie conceptuelle plus pertinente.

Les pistes pédagogiques pour soutenir la flexibilité des élèves peuvent s'appuyer que la Théorie des métaphores conceptuelles (TMC) (Lakoff & Johnson, 1980, cités par Gerber & Sander, 2025). Cette théorie postule que : 1) nous pensons essentiellement en termes métaphoriques, et 2) lorsqu'on utilise une métaphore, on sélectionne et privilégie certains aspects. Ces mécanismes peuvent nous enfermer dans des raisonnements, parfois erronés. C'est le cas aussi pour les élèves, quelle que soit la matière. Il faut ainsi pouvoir les aider à envisager diverses alternatives. En invitant les élèves à comparer, discuter et reformuler des interprétations alternatives, l'enseignant les aide à développer ces deux processus clés, qui soutiennent la qualité du raisonnement, mais aussi l'autonomie et la capacité d'adaptation des élèves (Rivier & Sander, 2022; Sander, 2025). Ainsi, la technique de la **catégorisation multiple** est un mécanisme qui permet à un individu de percevoir une entité donnée sous différents points de vue. Cette capacité à adopter plusieurs points de vue facilite le passage d'une catégorie mentale à une autre, permettant ainsi de choisir le point de vue le plus pertinent et la stratégie de résolution la plus appropriée. Des interventions pédagogiques qui introduisent **explicitement** (ce point est essentiel) la notion de "point de vue" aux élèves peut faciliter la catégorisation multiple (voir par exemple Scheibling-Sève et al., 2022). Il convient toutefois de souligner que la plupart de ces recherches ont été menées dans des contextes spécifiques, en particulier en mathématiques. La question reste donc ouverte quant à la manière dont la flexibilité se développe et se manifeste dans d'autres domaines d'apprentissage et/ou dans d'autres contextes au sein d'une même discipline enseignée.

#### 4.2.4. L'attention

Encart #19 : Être attentif, c'est ... *(cf. animation et débriefing en cours)*

L'attention est la porte d'entrée du système cognitif : c'est elle qui nous permet de filtrer les informations (stimuli) de l'environnement qui seront (ou pas) traitées par le cerveau (cf. section sur la mémoire). On peut la définir comme l'ensemble des processus qui permettent à une personne de **traiter les informations pertinentes** dans son environnement (Berthier et al., 2018; Fouquet, 2023; Houdé & Borst, 2018; Lachaux, 2018; Lemaire et al., 2018).

Il existe de nombreux modèles théoriques sur l'attention. Ils sont complémentaires et permettent d'aborder différentes facettes de l'attention (voir notamment le numéro thématique 157 de la revue A.N.A.E<sup>11</sup>).

Les neurosciences cognitives décrivent trois sous-systèmes attentionnels distincts, qui interagissent en permanence pour réguler notre attention (Petersen & Posner, 2012) :

- **Le système d'alerte** (*alerting system*) maintient un état d'éveil et de vigilance, préparant l'organisme à traiter rapidement un stimulus. On distingue l'**alerte tonique**, correspondant au niveau général de vigilance sur une période donnée (ex., rester attentif tout au long d'un match pour réagir à une passe soudaine, ou être prêt à démarrer dès le coup de sifflet dans une course), et l'**alerte phasique**, qui désigne une hausse rapide et temporaire de vigilance en réponse à un signal avertisseur (ex., se taire lorsque le professeur hausse le ton, se mobiliser pour ajuster sa conduite lorsque l'on entend la sirène d'une ambulance) ;
- **Le système d'orientation** (*orienting system*) dirige l'attention vers un stimulus pertinent dans l'espace ou le temps. Il peut fonctionner de manière **endogène** (orientation volontaire, guidée par un objectif interne) ou **exogène** (orientation automatique, captée par un stimulus saillant) ;
- **Le système de contrôle exécutif** (*executive control*) gère les conflits cognitifs, filtre les distractions et maintient l'attention sur la tâche en cours malgré les interférences. Il joue un rôle central dans la supervision et la coordination des autres systèmes attentionnels.

Ensemble, ces trois sous-systèmes assurent que nous puissions **rester prêts à réagir** (*alerte*), **sélectionner les informations pertinentes** (*orientation*) et **maintenir notre concentration malgré les distractions** (*contrôle exécutif*).

<sup>11</sup> <https://anae-publication.com/la-revue/anae-n-157-attention-et-apprentissages-approches-innovantes-et-nouvelles-technologies/#> et résumé [https://project.cnl.fr/atole/system/files/fichier/ATTENTION-Recensement-modeles-theo-Vsept19\\_0.pdf](https://project.cnl.fr/atole/system/files/fichier/ATTENTION-Recensement-modeles-theo-Vsept19_0.pdf)

On peut aussi distinguer différentes formes d'attention, en fonction de leur niveau d'intensité et de sélectivité. Ces systèmes attentionnels sont ancrés dans des réseaux neuronaux différents :

- l'attention soutenue: 1 seul flux sensoriel qui est totalement traité ;
- l'attention sélective (ou focalisée) : en présence de 2 (ou plusieurs) flux sensoriels, 1 seul est traité ;
- l'attention partagée : en présence de 2 (ou plusieurs) flux sensoriels, qui sont tous traités (en même temps) ;
- l'attention alternée : en présence de 2 (ou plusieurs) flux sensoriels, qui sont traités en alternance (voir aussi la flexibilité attentionnelle).

L'attention soutenue se caractérise par son degré d'intensité, tandis que les trois autres partagent un même principe de sélectivité de l'information. Ces quatre types d'attention sont nécessaires et utiles dans les apprentissages, et nous jonglons en permanence d'une à l'autre. L'attention consomme beaucoup d'énergie cérébrale, et chacun des quatre systèmes attentionnels a ses propres limites :

- l'attention soutenue est (très) limitée dans le temps : la performance à la tâche diminue au fur et à mesure que l'attention soutenue est mobilisée (Mackworth, 1948) ;
- l'attention sélective nous rend aveugles à d'autres stimuli sensoriels. Dès que nous entreprenons une tâche, notre intention crée spontanément une hiérarchie entre les signaux reçus par nos sens, en mettant de côté ceux qui ne sont pas considérés comme pertinents pour l'accomplissement de cette tâche ;
- l'attention partagée rend l'exécution d'une tâche plus lente et moins performante. Pashler (1994) a travaillé sur cet aspect de l'attention et a mis en évidence ce qu'il appelle un goulot d'étranglement central. Contrairement à une croyance populaire qui invite à penser que le cerveau est multitâche, ce n'est pas le cas. Notre système attentionnel ne peut traiter correctement qu'un flux sensoriel à la fois. Par contre, ce système attentionnel est capable d'alterner rapidement (et parfois sans que cela soit conscient) d'un flux informationnel à l'autre, et donc d'une tâche à l'autre. Cette flexibilité cognitive est particulièrement énergivore. Le coût lié au changement de tâche (« switch cost ») entraîne une perte de performance dans les tâches exécutées (plus d'erreur, plus de temps pour réaliser les deux tâches, ...) (Wyss et al., 2023).

En outre, tous les systèmes attentionnels sont sensibles aux distracteurs, que l'on peut classer en deux catégories :

- les distracteurs externes, proposés par l'environnement, et dont l'efficacité est liée à la saillance du stimulus distracteur ;

- les distracteurs internes, liés à nos propres besoins et dont l'efficacité est liée à notre système de récompense et à la sécrétion de dopamine engendrée par la satisfaction de ces besoins : nos besoins physiologiques (ex. faim, soif, fatigue), nos besoins émotionnels (ex. envie de discuter avec sa copine), nos pensées.

Différentes pistes pédagogiques peuvent être proposées pour respecter et soutenir les différents systèmes attentionnels :

- pour soulager l'attention soutenue : faire des pauses attentionnelles (Boujon et Quaireau, 1997) : elles doivent être contractualisées (pourquoi on fait une pause, combien de temps, et ce qu'on peut faire pendant la pause). Pour les élèves plus rapides, il est conseillé de proposer des activités libres, de sorte que tout le groupe classe travaille le même laps de temps ;
- pour guider l'attention sélective : cf. technique du PIM ;
- éviter (ou, à minima réduire au maximum) l'attention partagée en :
  - o désynchronisant les tâches
  - o et/ou automatisant les tâches (lien avec la mémoire)
  - o et/ou simplifiant les tâches (lien avec la compréhension)
- pour soutenir l'attention alternée : mettre des alertes phasiques, c'est-à-dire des signaux avertisseurs qui permettent à l'élève de modifier la cible attentionnelle ;
- éliminer (ou, à minima, réduire au maximum) les distracteurs (cf. étude sources de distracteurs en classe (Hobbiss et al., 2019)).

Les programmes ATole (primaire) et ADole (secondaire) ont été élaborés par le Prof. Jean-Philippe Lachaux et son équipe, afin d'aider les élèves et les enseignants à capter et maintenir l'attention durant des tâches d'apprentissage (Lachaux, 2020). De nombreux outils sont proposés gratuitement (voir : <https://project.cml.fr/atole/attentif-ecole/presentation-0>).

**Encart #20 : Technique pour émettre des consignes qui soutiennent l'attention : le PIM** (Lachaux, 2020)  
(cf. animation et débriefing en cours)

Découverte : <https://www.youtube.com/watch?v=GBf2znanMC8>

Exercices : <https://www.youtube.com/watch?v=sM4NanA9A60>

#### 4.2.5. Travailler l'esprit critique des élèves (compétence transversale du référentiel Tronc commun) à partir des fonctions exécutives

Encart #21 : Développement de l'esprit critique : exemple des *Fake news* (cf. animation et débriefing en cours)

## 4.3. La métacognition

### 4.3.1. Qu'est-ce que la métacognition ?

Auteur pionnier dans le domaine, Flavell (1979) définit la métacognition comme la connaissance et la régulation de ses propres processus cognitifs. L'abondance de la littérature sur la métacognition et ses sous-dimensions complexifie la présentation du concept et sa modélisation (Colognesi & Van Nieuwenhoven, 2016). Nous soulignerons que les définitions plus récentes ajoutent une dimension affective dans le processus de régulation de leurs apprentissages par les apprenants. Ainsi, la métacognition décrit les processus **cognitifs** et **affectifs** impliqués lorsque les apprenants planifient, surveillent, évaluent, exécutent et modifient leurs stratégies d'apprentissage (Gagné et al., 2024). Par souci de clarté, et parce qu'elle offre un certain consensus, nous allons opter pour la modélisation de la métacognition d'Efklides (2008), qui distingue les connaissances métacognitives, les expériences métacognitives et les compétences métacognitives.

Les **connaissances métacognitives** font référence aux croyances et aux connaissances qu'ont les élèves sur les habilités et stratégies cognitives (ce que je sais, ou ce que je crois savoir). L'auteur distingue les connaissances métacognitives déclaratives (qui correspondent à ce l'élève sait - ex : « je sais que j'ai une bonne mémoire pour les dates »), procédurales (qui répondent aux « comment faire, comment m'y prendre pour... » - « je sais comment faire pour calculer l'aire d'un triangle »), et les conditionnelles (qui font référence aux aspects du « quand, où et pourquoi » utiliser les stratégies – ex : « Je sais que pour mémoriser mes dates en histoire, il vaut mieux créer des flash cards, tandis que pour retenir mes formules en physique, il vaut mieux que je refasse des exercices ») (Colognesi & Van Nieuwenhoven, 2016). Les connaissances métacognitives déclaratives des élèves peuvent porter sur trois objets distincts : (a) sur eux-mêmes, (b) sur les tâches et les contextes et (c) sur la cognition et les stratégies d'apprentissage (Efklides, 2008; Frenkel, 2014).

D'après Flavell (1979), les connaissances métacognitives se fondent sur l'interprétation des expériences passées. Cependant, cette interprétation peut être incorrecte, ce qui fait que les connaissances métacognitives peuvent être des idées, des croyances sur soi, ou même des biais métacognitifs. En d'autres termes, parler de "connaissances" métacognitives ne garantit pas leur véracité.

Les **expériences métacognitives** renvoient aux perceptions et connaissances subjectives que les individus ont enregistrées suite à des expériences d'apprentissage (ce que je ressens). Elles renvoient à des expériences cognitives ou affectives enregistrées suite à une activité intellectuelle. Pour Efklides (2008), ces expériences métacognitives incluent diverses composantes, telles que :

- les jugements métacognitifs : il s'agit des évaluations que les individus font concernant leurs propres processus cognitifs (ex. l'estimation de l'effort fourni, l'estimation du temps nécessaire ou dépensé, l'estimation de la justesse de la solution), qui débouchent sur des sentiments de difficulté ou de confiance par rapport à une tâche ;
- les sentiments métacognitifs : ce sont les ressentis émotionnels associés aux processus cognitifs. Au nombre de cinq (la familiarité, la difficulté, le savoir, la confiance, la satisfaction), ces sentiments peuvent être à valence positive ou négative (Allix & al., 2023) ;
- les connaissances métacognitives en direct (online) spécifiques à une tâche : comprennent les informations sur la tâche à accomplir, ainsi que les idées ou pensées dont nous sommes conscients lorsque nous traitons cette tâche (par exemple, les procédures cognitives que nous appliquons).

Les connaissances et expériences métacognitives sont particulièrement impliquées dans le processus motivationnel, en s'activant à chaque prédiction qui précède l'engagement (ou la persévérance) d'un élève dans ses apprentissages (Allix et al., 2023; Fouquet, 2023; Frenkel, 2014; Masson, 2020; Proust, 2012). Elles influencent les processus d'autorégulation de l'apprenant (Burnette et al., 2013; Famose & Margnes, 2016) et la mobilisation des compétences métacognitives. Les méta-connaissances sont conservées dans la mémoire à long terme et peuvent être rappelées de manière intentionnelle, consciente et explicite, **ou bien** de façon involontaire, automatique et implicite grâce à des indices contextuels. Les sentiments métacognitifs sont inconscients, surviennent de manière automatique et sont décisifs pour la motivation intrinsèque des apprenants et leur engagement dans l'apprentissage (Goupil & Proust, 2023). A titre d'exemple, le sentiment de difficulté éprouvé lors de la résolution d'un problème de mathématiques motive la décision de traiter ou non le problème et module l'effort requis pour le traitement de la tâche.

En outre, la théorie de la métacognition située permet d'ajouter une dimension socio-cognitive dans les biais cognitifs et/ou dans la perception des expériences d'apprentissage vécues par les élèves. Ainsi, le genre, l'origine socio-économique ou migratoire, ou encore la discipline étudiée vont influencer la construction des sentiments métacognitifs (Proust, 2012).

Les **compétences métacognitives** renvoient quant à elles à la régulation et au contrôle des actions cognitives (Allix et al., 2023). Trois composantes semblent émerger de manière assez consensuelle (Allix et al., 2023; Frenkel, 2014; Romainville, 2007) : (1) anticiper les stratégies cognitives, émotionnelles, comportementales et de gestion du contexte à mobiliser, (2) les monitorer, et (3) les évaluer en vue de s'ajuster. La mobilisation des compétences métacognitives s'appuie assez largement sur les fonctions exécutives de l'apprenant (Frenkel, 2014).

Voici comment Allix et al. (2023, p. 458) présentent de manière synthétique les fonctions de la métacognition, sur base du modèle d'Efklides.

Tableau 3

Les fonctions de la métacognition, sur base du modèle d'Efklides (source : (Allix et al., 2023, p. 458))

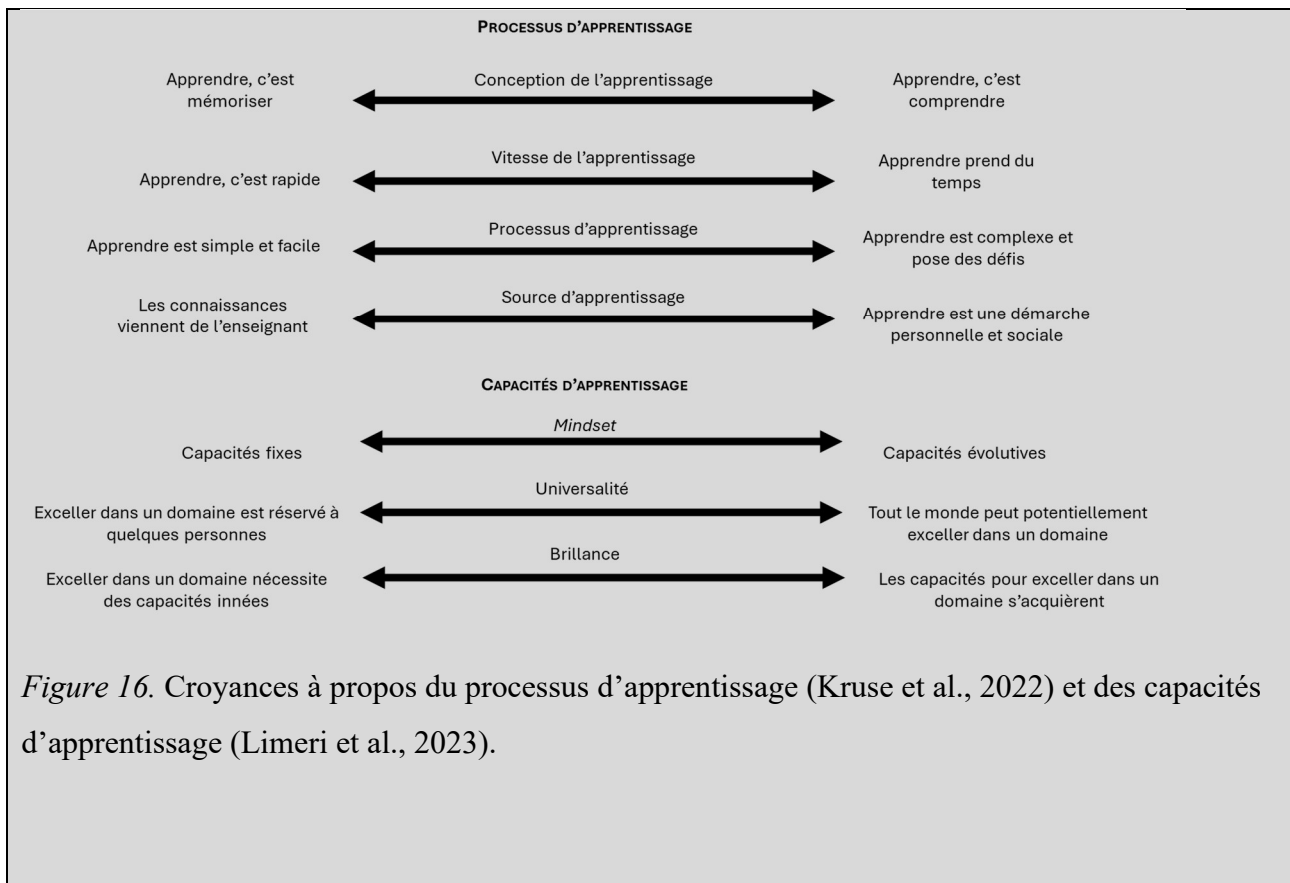
Fonctions de Monitoring		Fonctions de Contrôle
Offline	Online	
Connaissances métacognitives	Expériences métacognitives	Compétences métacognitives
<b>Idées, croyances, « théories » à propos de :</b> Soi La tâche Les stratégies Les buts Les fonctions cognitives (mémoire, attention, etc. . .) La validité des connaissances La théorie de l'esprit	<b>Sentiments :</b> De familiarité De difficulté De savoir De confiance De satisfaction <b>Jugements/Estimations :</b> Jugements d'apprentissage Source mnésique de l'information Estimation des efforts Estimation du temps <b>Connaissances online spécifiques à la tâche :</b> Aspect de la tâche Procédure employée	<b>Activités conscientes et délibérées, et utilisation de stratégies pour :</b> Allouer des efforts Allouer du temps Orientation en fonction des exigences de la tâche Planification Vérification et régulation des traitements cognitifs Évaluation des résultats

### Encart #22 : Croyances à propos du processus et des capacités d'apprentissage

Dans un article récent, Kruse *et al.* (2022) ont listé plusieurs croyances sur le processus d'apprentissage particulièrement actives chez les élèves, qui se présentent sous la forme d'un continuum (Figure 16). Par exemple, un élève qui croit que tout apprentissage s'effectue rapidement se résignera plus facilement face à une difficulté qu'un élève qui pense que les apprentissages peuvent nécessiter du temps pour être maîtrisés. Le même raisonnement peut être tenu pour les quatre objets de croyances. Il existe aussi des croyances à propos des capacités d'apprentissage : ce sont les théories profanes à propos des capacités cognitives (en anglais : lay theories). Limeri et al. (2023) en distinguent trois :

- le mindset : croyance à propos du caractère fixe ou malléable des habiletés cognitives ;
- l'universalité : croyance à propos de qui a le potentiel d'exceller dans un domaine (quelques personnes ou tout le monde) ;
- la brillance : croyance selon laquelle atteindre l'excellence dans un domaine exige un talent intellectuel (inné ou pas).

Il a été démontré que le type de croyance prédominant détermine l'engagement et la persévérance des élèves dans une tâche d'apprentissage et, partant, la qualité de ses apprentissages.



**Encart #23 : Théories implicites de l'intelligence : déconstruire les mythes et favoriser la confiance en soi des élèves** *(cf. animation et débriefing en cours)*

### 4.3.2. Repères développementaux

Les connaissances et les compétences métacognitives commencent à se développer dès la période préscolaire et en maternelle. Vers l'âge de 10 ans, l'élève peut déjà compter sur des compétences métacognitives solides. Toutefois, pour certains auteurs (Van Der Stel & Veenman, 2014), les compétences métacognitives se développent d'abord dans des domaines spécifiques. Par exemple, si l'on entraîne un enfant entre 8 et 12 ans à améliorer sa métacognition dans une tâche spécifique (compréhension de texte), cela ne se généralisera pas automatiquement à une autre tâche (un problème mathématique). Ce n'est que vers l'âge de 13-14 ans que l'élève est capable de généraliser, transférer des stratégies d'apprentissage d'une tâche et/ou d'un contexte vers d'autres tâches et/ou contextes.

### 4.3.3. Travailler la métacognition avec ses élèves

On sait que les élèves en difficulté utilisent moins de stratégies, ou les utilisent de manière moins efficace (Bosson et al., 2009, 2010), et que cela est dû à des compétences métacognitives moins affûtées (Bosson et al., 2009, 2010; Muijs & Bokhove, 2020).

Il existe un débat au sein de la littérature concernant la pertinence d'enseigner la métacognition, car elle est source de charge mentale pour des élèves qui doivent se concentrer non seulement sur la tâche d'apprentissage, mais aussi sur leur propre fonctionnement (Proust, 2012). C'est particulièrement le cas pour les élèves en difficulté (Romainville, 2000). Aujourd'hui, les effets bénéfiques d'un accompagnement au développement métacognitif des élèves semblent l'emporter sur les désagréments. La métacognition ne se développe pas naturellement. C'est par l'observation des parents, des pairs ou des professeurs et l'existence d'un environnement favorisant les opportunités d'apprentissage de la métacognition qu'un élève développe des connaissances et des stratégies métacognitives (Veenman et al., 2006). Travailler la métacognition permet ainsi de lutter contre des inégalités scolaires (Muijs & Bokhove, 2020). L'étude de Maximino-Pinheiro et al. (2024), menée sur des enfants d'âge préscolaire, montre que l'indice socio-économique a bien un effet sur les capacités langagières et mathématiques des enfants (ce qui avait déjà largement été étudié), mais que cet effet est médié par les connaissances et compétences métacognitives des enfants. Les parents de SES élevé ont tendance à poser davantage de questions métacognitives à leurs jeunes enfants, les encourageant à planifier, à réfléchir à des stratégies, à s'auto-surveiller et à s'auto-évaluer. Cela pourrait expliquer pourquoi les enfants de familles à SES élevé développent de meilleures capacités métacognitives, et présentent ainsi de meilleurs résultats scolaires. Avec d'autres, cette recherche invite à travailler, dès le plus jeune âge, la métacognition des élèves afin de réduire les inégalités scolaires liées à l'ISE. Dans cette direction, les « pauses métacognitives » constituent une piste pédagogique prometteuse. Pour mettre en œuvre des médiations métacognitives (Efklides, 2008) dans les classes, différents aspects interviennent : les focalisations que l'on peut prendre (à propos de quoi ?), les moments où l'on peut intervenir (le quand ?) en fonction des compétences métacognitives qui interviennent (quoi ?) et les outils que l'on peut mettre en place (le comment ?).

## 5. Section 4 - Pour conclure : du labo à la classe

Les sciences cognitives apportent un éclairage incontournable dans la compréhension des fonctions cognitives et leur implication dans le processus d'apprentissage. Dans le cadre de ce cours, nous avons présenté quelques grandes fonctions cognitives et leur traduction en recommandations et/ou outils pédagogiques. Ce passage « du laboratoire à la classe » reste cependant délicat. En effet, les connaissances issues des sciences cognitives s'appuient majoritairement sur des études réalisées de manière expérimentale : les informations sont recueillies par l'observation ou la mesure lors d'expériences scientifiques, à l'aide de méthodes contrôlées et reproductibles pour tester une hypothèse, valider une théorie ou explorer un phénomène particulier. Or, l'acte d'apprentissage est complexe et doit tenir compte d'une multitude de facteurs : cognitifs, mais aussi organisationnels, sociologiques, psychologiques, pédagogiques. En d'autres termes, une expérience réussie « en laboratoire » ne garantit pas un succès en classe, encore moins dans toutes les classes ! Les données issues des travaux scientifiques doivent donc nourrir et inspirer votre pratique, mais vous devez conserver un regard critique et tenir compte du contexte dans lequel vous enseignez. En France, le dispositif cogni'classe se propose d'accompagner les enseignants qui souhaitent implémenter des dispositifs en classe en prenant appui sur les sciences cognitives.

### Encart #24 : Les cogni'classes



<https://www.sciences-cognitives.fr/>

18 - Qu'est ce qu'une cogni'classe ?

Qu'est-ce qu'une cogni'classe ?



Apprendre  
et former  
avec **SCIENCES  
COGNITIVES**

Quitter le mode plein écran (f)

0:06 / 2:39

<https://www.youtube.com/watch?v=HPequ4cVjT0>



## 6. Bibliographie

- Ahmed, S. F., Tang, S., Waters, N. E., & Davis-Kean, P. (2018). *Executive Function and Academic Achievement : Longitudinal Relations from Early Childhood to Adolescence*. [Preprint]. PsyArXiv.  
<https://doi.org/10.31234/osf.io/xd5jy>
- Allix, P., Lubin, A., Lanoë, C., & Rossi, S. (2023). Connais-toi toi-même : Une perspective globale de la métacognition. *Psychologie Française*, 68(3), 451-469. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2022.08.002>
- Astolfi, J.-P. (2017). *L'erreur, un outil pour enseigner* (12e édition). ESF éditeur.
- Ayres, P., & Sweller, J. (2005). The Split-Attention Principle in Multimedia Learning. In R. Mayer (Éd.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (1<sup>re</sup> éd., p. 135-146). Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.009>
- Berthier, J.-L., Borst, G., Desnos, M., & Guilleray, F. (2018). *Les neurosciences cognitives dans la classe : Guide pour expérimenter et adapter ses pratiques pédagogiques*. ESF sciences humaines.
- Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences*, 21(4), 327-336. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.01.007>
- Bor, D., Duncan, J., Wiseman, R. J., & Owen, A. M. (2003). Encoding Strategies Dissociate Prefrontal Activity from Working Memory Demand. *Neuron*, 37(2), 361-367. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(02\)01171-6](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(02)01171-6)
- Borst, G. (2025). Apprendre à inhiber : Une clef pour les apprentissages scolaires fondamentaux. In *Fonctions exécutives, apprentissage et réussite scolaire* (N. Duroisin&J. Clerc, p. 25-46). Dunod.
- Bosson, M. S., Hessels, M. G. P., & Hessels-Schlatter, C. (2009). Le développement de stratégies cognitives et métacognitives chez des élèves en difficulté d'apprentissage: *Développements*, 1(1), 14-20.  
<https://doi.org/10.3917/devel.001.0014>
- Bosson, M. S., Hessels, M. G. P., Hessels-Schlatter, C., Berger, J.-L., Kipfer, N. M., & Büchel, F. P. (2010). Strategy acquisition by children with general learning difficulties through metacognitive training. *Australian Journal of Learning Difficulties*, 15(1), 13-34. <https://doi.org/10.1080/19404150903524523>

- Brault Foisy, L., Matejko, A. A., Ansari, D., & Masson, S. (2020). Teachers as Orchestrators of Neuronal Plasticity : Effects of Teaching Practices on the Brain. *Mind, Brain, and Education, 14*(4), 415-428.  
<https://doi.org/10.1111/mbe.12257>
- Brault Foisy, L.-M., & Masson, S. (2022). Mieux comprendre les mécanismes cérébraux d'apprentissage pour faciliter la mise en application des connaissances issues de la recherche et favoriser la réussite scolaire des élèves. *Cortica, 1*(1), 219-235. <https://doi.org/10.26034/cortica.2022.1956>
- Burnette, J. L., O'Boyle, E. H., VanEpps, E. M., Pollack, J. M., & Finkel, E. J. (2013). Mind-sets matter : A meta-analytic review of implicit theories and self-regulation. *Psychological Bulletin, 139*(3), 655-701.  
<https://doi.org/10.1037/a0029531>
- Campanella, E. G., & Giordano, P. (2022). Learning to learn : Grounding the Future of Education. *Studi sulla Formazione, 25*(1), 83-91.
- Casey, B. J., Somerville, L. H., Gotlib, I. H., Ayduk, O., Franklin, N. T., Askren, M. K., Jonides, J., Berman, M. G., Wilson, N. L., Teslovich, T., Glover, G., Zayas, V., Mischel, W., & Shoda, Y. (2011). Behavioral and neural correlates of delay of gratification 40 years later. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108*(36), 14998-15003. <https://doi.org/10.1073/pnas.1108561108>
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction, 8*(4), 293-332. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804\\_2](https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2)
- Changeux, J.-P. (2017). *L'homme neuronal*. Pluriel.
- Chartier, D. (2003). Les styles d'apprentissage : Entre flou conceptuel et intérêt pratique: *Savoirs, n° 2*(2), 7-28.  
<https://doi.org/10.3917/savo.002.0007>
- Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review, 3*(3), 149-210. <https://doi.org/10.1007/BF01320076>
- Colognesi, S., & Van Nieuwenhoven, C. (2016). La métacognition comme tremplin pour l'apprentissage de l'écriture. In *De la métacognition à l'apprentissage autorégulé* (S. Cartier et B. Noël, p. 111-126). De Boeck.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory : A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences, 24*(1), 87-114. <https://doi.org/10.1017/S0140525X01003922>
- Cuche, C., & Brasseur, S. (2017). *Le haut potentiel en questions: Mardaga*.  
<https://doi.org/10.3917/mard.brass.2017.01>
- Defresne, P., Lucas, T., & Rinaldi, R. (2024). Établir un diagnostic « utile » ? L'exemple de l'inclusion scolaire des enfants Autistes. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant - ANAE, 189*.

- Dehaene, S. (2018). *Apprendre ! Les talents du cerveau, le défi des machines*. Odile Jacob.
- Desrochers, A., & Guay, M.-H. (2020). L'évolution de la réponse à l'intervention : D'un modèle d'identification des élèves en difficulté à un système de soutien à paliers multiples. *Enfance en difficulté*, 7, 5-25.  
<https://doi.org/10.7202/1070381ar>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135-168.  
<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Diamond, A. (2016). Why improving and assessing executive functions early in life is critical. In J. A. Griffin, P. McCardle, & L. S. Freund (Éds.), *Executive function in preschool-age children : Integrating measurement, neurodevelopment, and translational research*. (p. 11-43). American Psychological Association.  
<https://doi.org/10.1037/14797-002>
- Diamond, A., & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 18, 34-48. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005>
- Dortier, J.-F. (2014). Mnésis, un modèle pour cinq mémoires: In *Le cerveau et la pensée* (p. 231-232). Éditions Sciences Humaines. <https://doi.org/10.3917/sh.dorti.2014.01.0231>
- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques : Promising Directions From Cognitive and Educational Psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4-58.  
<https://doi.org/10.1177/1529100612453266>
- Duroisin, N., & Clerc, J. (2025). Fonctions exécutives et apprentissages. In *Fonctions exécutives, apprentissage et réussite scolaire* (N. Duroisin&J. Clerc, p. 11-24). Dunod.
- Duru-Bellat, M., & Fournier, M. (2007). *L'intelligence de l'enfant* (Sciences Humaines). Sciences Humaines.
- Duval, S., Matte-Gagné, C., Tremblay, E., & Montminy, N. (2025). La mesure écologique des fonctions exécutives en contextes éducatifs de la petite enfance. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant - ANAE*, 195, 137-147.
- Efklides, A. (2008). Metacognition : Defining Its Facets and Levels of Functioning in Relation to Self-Regulation and Co-regulation. *European Psychologist*, 13(4), 277-287. <https://doi.org/10.1027/1016-9040.13.4.277>
- Ehrenberg, A. (2018). *La mécanique des passions : Cerveau, comportement, société*. Odile Jacob.

- Ellis, B. J., Abrams, L. S., Masten, A. S., Sternberg, R. J., Tottenham, N., & Frankenhuis, W. E. (2022). Hidden talents in harsh environments. *Development and Psychopathology*, *34*(1), 95-113.  
<https://doi.org/10.1017/S0954579420000887>
- Eustache, F., & Desgranges, B. (2008). MNESIS : Towards the Integration of Current Multisystem Models of Memory. *Neuropsychology Review*, *18*(1), 53-69. <https://doi.org/10.1007/s11065-008-9052-3>
- Famose, J.-P., & Margnes, É. (2016). *Apprendre à apprendre : La compétence clé pour s'affirmer et réussir à l'école*. De Boeck supérieur.
- Farah, M. J. (2017). The Neuroscience of Socioeconomic Status : Correlates, Causes, and Consequences. *Neuron*, *96*(1), 56-71. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.08.034>
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring : A new area of cognitive–developmental inquiry. *American Psychologist*, *34*(10), 906-911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Fletcher, J. M., & Vaughn, S. (2009). Response to Intervention : Preventing and Remediating Academic Difficulties. *Child Development Perspectives*, *3*(1), 30-37. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2008.00072.x>
- Fouquet, C. (2023). *Les neurosciences au service de la pédagogie : Comprendre et activer les leviers de l'apprentissage et les clés de la mémorisation*. Chenelière éducation.
- Fourneret, P., & Gentaz, É. (2022). *Le développement neurocognitif de la naissance à l'adolescence*. Elsevier Masson.
- Frenkel, S. (2014). Composantes métacognitives ; définitions et outils d'évaluation: *Enfance*, *4*(4), 427-457.  
<https://doi.org/10.3917/enf1.144.0427>
- Gabrys, R. L., Tabri, N., Anisman, H., & Matheson, K. (2018). Cognitive Control and Flexibility in the Context of Stress and Depressive Symptoms : The Cognitive Control and Flexibility Questionnaire. *Frontiers in Psychology*, *9*, 2219. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02219>
- Gagné, P. P., Leblanc, N., & Rousseau, André. (2024). *MOI...je fais de l'OUPSOLOGIE! Comprendre la pédagogie de l'erreur et intervenir efficacement*. Chenelière Education.
- Gaonac'h, D. (2022). *Les élèves et la mémoire*. Retz.
- Gardner, H. (2006). *Multiple intelligences : New horizons* (Completely revised and updated). Basic Books.
- Gentaz, E. (2022). *Un nouveau neuromythe ? Les apports des neurosciences à l'enseignement*. *179*, 445-447.
- Gerber, Y., & Sander, E. (2025). Flexibilité cognitive conceptuelle et changement de point de vue au coeur de l'esprit critique. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant - ANAE*, *195*, 149-159.

- Guillery-Girard, B., & Eustache, F. (2018). La mémoire. In *Le cerveau et les apprentissages* (O. Houdé et G. Borst, p. 157-178). Nathan.
- Hackman, D. A., Farah, M. J., & Meaney, M. J. (2010). Socioeconomic status and the brain : Mechanistic insights from human and animal research. *Nature Reviews Neuroscience*, *11*(9), 651-659.  
<https://doi.org/10.1038/nrn2897>
- Hessels-Schlatter, C., Hessels, M., & Brandon, S. (2021). Cognition, métacognition, éducation : L'approche intégrative de l'Atelier d'Apprentissage: *Raisons éducatives*, N° 25(1), 289-311.  
<https://doi.org/10.3917/raised.025.0289>
- Hobbiss, M. H., Fairnie, J., Jafari, K., & Lavie, N. (2019). Attention, mindwandering, and mood. *Consciousness and Cognition*, *72*, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2019.04.007>
- Houdé, O. (2017). *Apprendre à résister* ([Nouvelle édition largement augmentée]). Éditions le Pommier.
- Houdé, O., & Borst, G. (2018). *Le cerveau et les apprentissages*. Nathan.
- Hubert, B., Muller, L., Thomas, A., & Tazouti, Y. (2025). Le développement des fonctions exécutives : Influence des facteurs génétiques et environnement familial. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant - ANAE*, *195*, 170-178.
- Jacob, R., & Parkinson, J. (2015). The Potential for School-Based Interventions That Target Executive Function to Improve Academic Achievement : A Review. *Review of Educational Research*, *85*(4), 512-552.  
<https://doi.org/10.3102/0034654314561338>
- Kahneman, D. (2020). *Système 1 / système 2 : Les deux vitesses de la pensée*. Flammarion.
- Karaki, S. (2023). *Le talent est une fiction : Déconstruire les mythes de la réussite et du mérite*. JC Lattès.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning : Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.
- Lachaux, J.-P. (2018). L'attention. In *Le cerveau et les apprentissages* (O. Houdé et G. Borst, p. 127-153). Nathan.
- Lachaux, J.-P. (2020). *L'attention, ça s'apprend ! À la découverte du programme ATOLE*. Canopé Éditions MDI.
- Lanoë, C., Vidal, J., Lubin, A., Houdé, O., & Borst, G. (2016). Inhibitory control is needed to overcome written verb inflection errors : Evidence from a developmental negative priming study. *Cognitive Development*, *37*, 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2015.10.005>
- Lemaire, P., Didierjean, A., & Cousineau, D. (2018). *Introduction à la psychologie cognitive* (3e éd., tout en couleurs). De Boeck supérieur.

- Limeri, L. B., Carter, N. T., Lyra, F., Martin, J., Mastronardo, H., Patel, J., & Dolan, E. L. (2023). Undergraduate Lay Theories of Abilities : Mindset, universality, and brilliance beliefs uniquely predict undergraduate educational outcomes. *CBE—Life Sciences Education*, 22(4), ar40. <https://doi.org/10.1187/cbe.22-12-0250>
- Mackworth, N. H. (1948). The Breakdown of Vigilance during Prolonged Visual Search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1(1), 6-21. <https://doi.org/10.1080/17470214808416738>
- Mason, L., & Zaccoletti, S. (2021). Inhibition and Conceptual Learning in Science : A Review of Studies. *Educational Psychology Review*, 33(1), 181-212. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09529-x>
- Masson, S. (2020). *Activer ses neurones pour mieux apprendre et enseigner : Les 7 principes neuroéducatifs*. Odile Jacob.
- Masson, S. (2024). *Développer des compétences : Comment mieux utiliser son cerveau*. Odile Jacob.
- Maximino Pinheiro, M. (2020). *Compétences socio-comportementales, réussite académique et inégalités socio-économiques*. 13, 10-22.
- Maximino-Pinheiro, M., Menu, I., Boissin, E., Brunet, L.-A., Barone, C., & Borst, G. (2024). Metacognition as a mediator of the relation between family SES and language and mathematical abilities in preschoolers. *Scientific Reports*, 14(1), 10392. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-60972-0>
- McGuire, S. Y. (2021). Close the Metacognitive Equity Gap : Teach All Students How to Learn. *Journal of College Academic Support Programs*, 4(1), 69-72. <https://doi.org/10.36896/4.1ep1>
- Meirieu, P. (2018). *Le choix d'éduquer : Éthique et pédagogie* (13e éd). ESF éditeur.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two : Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81-97. <https://doi.org/10.1037/h0043158>
- Mischel, W., Ebbesen, E. B., & Raskoff Zeiss, A. (1972). Cognitive and attentional mechanisms in delay of gratification. *Journal of Personality and Social Psychology*, 21(2), 204-218. <https://doi.org/10.1037/h0032198>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks : A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., Houts, R., Poulton, R., Roberts, B. W., Ross, S., Sears, M. R., Thomson, W. M., & Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 2693-2698. <https://doi.org/10.1073/pnas.1010076108>

- Morel, S. (2021). Les inégalités sociales d'apprentissage : Perspectives interdisciplinaires de recherche entre sociologie de l'éducation et sciences cognitives: *Raisons éducatives*, N° 25(1), 19-40.  
<https://doi.org/10.3917/raised.025.0019>
- Moret, A., & Mazeau, M. (2019). *Le syndrome dys-exécutif chez l'enfant et l'adolescent : Répercussions scolaires et comportementales* (2e éd). Elsevier Masson.
- Moukheiber, A. (2024). *Neuromania : Le vrai du faux sur votre cerveau*. Allary éditions.
- Muijs, D., & Bokhove, C. (2020). *Metacognition and Self-Regulation : Evidence Review* (Education Endowment Foundation). <https://www.semanticscholar.org/paper/Metacognition-and-Self-Regulation%3A-Evidence-Review-Muijs-Bokhove/6f1e9d393cd1bfd016e737976a1b441ba393ca4>
- Nash, R. (2005). The cognitive habitus : Its place in a realist account of inequality/difference. *British Journal of Sociology of Education*, 26(5), 599-612. <https://doi.org/10.1080/01425690500293546>
- Noble, K. G., & Giebler, M. A. (2020). The neuroscience of socioeconomic inequality. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 36, 23-28. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2020.05.007>
- Noble, K. G., Hart, E. R., & Sperber, J. F. (2021). Socioeconomic disparities and neuroplasticity : Moving toward adaptation, intersectionality, and inclusion. *American Psychologist*, 76(9), 1486-1495.  
<https://doi.org/10.1037/amp0000934>
- Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks : Data and theory. *Psychological Bulletin*, 116(2), 220-244.
- Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2008). Learning Styles : Concepts and Evidence. *Psychological Science in the Public Interest*, 9(3), 105-119. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6053.2009.01038.x>
- Pasquinelli, E. (2015). *Améliorer le dialogue entre les sciences cognitives et l'éducation en s'inspirant des relations entre la recherche fondamentale et la médecine clinique*.
- Peters, S. (2020). *Accompagner les ados vers la réussite scolaire : La méthode des 6 passages* (Erasme). Erasme.
- Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The Attention System of the Human Brain : 20 Years After. *Annual Review of Neuroscience*, 35(1), 73-89. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150525>
- Proust, J. (2012). *La métacognition. Bases théoriques et enjeux pratiques pour l'enseignement et la formation*. Conseil scientifique de l'éducation nationale.
- Ramus, F. (2018). Neuroéducation et neuropsychanalyse : Du neuroenchantement aux neurofoutaises. *Intellectica*, 69, 289-301.

- Rivier, C., & Sander, E. (2022). Effets d'une séquence d'apprentissage innovante en résolution de problèmes arithmétiques à énoncés verbaux "AIR2" chez les élèves de CM1 en France. *Approche Neuropsychologique Des Apprentissages Chez l'enfant*, 34, 629-638.
- Rohrer, D., & Pashler, H. (2012). Learning styles : Where's the evidence? *Medical Education*, 46(7), 634-635. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2012.04273.x>
- Romainville, M. (2000). Savoir comment apprendre suffit-il à mieux apprendre ? Métacognition et amélioration des performances. In *Pour une pensée réflexive en éducation* (Sous la, dir de, Richard Pallascio, Louise Lafortune, p. 71-85). Presses de l'université du Québec.
- Sander, E. (2025). Des catégories pour raisonner : Une perspective fondée sur la flexibilité conceptuelle. In N. Duroisin & J. Clerc, *Fonctions exécutives, apprentissages et réussite scolaire : Concepts, pratiques et outils* (p. 79-96). Dunod.
- Sander, E., Gros, H., Gvozdic, K., & Scheibling-Seve, C. (2018). *Les neurosciences en éducation*. Retz.
- Scheibling-Sève, C., Gvozdic, K., Pasquinelli, E., & Sander, E. (2022). Enhancing cognitive flexibility through a training based on multiple categorization : Developing proportional reasoning in primary school. *Journal of Numerical Cognition*, 8(3), 443-472. <https://doi.org/10.5964/jnc.7661>
- Sousa, D. A. (2002). *Un cerveau pour apprendre*. Chenelière Education.
- Stringher, C., Brito Rivera, H. A., Patera, S., Silva Silva, I., Castro Zubizarreta, A., Davis Leme, C., Torti, D., Huerta, M. D. C., & Scrocca, F. (2021). Learning to learn and assessment : Complementary concepts or different worlds? *Educational Research*, 63(1), 26-42. <https://doi.org/10.1080/00131881.2021.1871576>
- Takacs, Z. K., & Kassai, R. (2019). The efficacy of different interventions to foster children's executive function skills : A series of meta-analyses. *Psychological bulletin*, 145(7), 653.
- Tricot, A. (2017). La connaissance et la solution. *Éducation et didactique*, 11(2), 57-61. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.2725>
- Tricot, A. (2021). Articuler connaissances en psychologie cognitive et ingénierie pédagogique: *Raisons éducatives*, N° 25(1), 141-162. <https://doi.org/10.3917/raised.025.0141>
- Van Der Stel, M., & Veenman, M. V. J. (2014). Metacognitive skills and intellectual ability of young adolescents : A longitudinal study from a developmental perspective. *European Journal of Psychology of Education*, 29(1), 117-137. <https://doi.org/10.1007/s10212-013-0190-5>

- Van Merriënboer, J. J. G., Kirschner, P. A., & Kester, L. (2003). Taking the Load Off a Learner's Mind : Instructional Design for Complex Learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 5-13.  
[https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801\\_2](https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_2)
- Vianin, P. (2020). *Comment donner à l'élève les clés de sa réussite ? L'enseignement des stratégies d'apprentissage à l'école* (2e éd. revue, augmentée et actualisée). De Boeck supérieur.
- Waters, N. E., Ahmed, S. F., Tang, S., Davis-Kean, P., & Morrison, F. J. (2020). *Pathways from Socioeconomic Status to Early Academic Achievement : The Role of Specific Executive Functions* [Preprint]. PsyArXiv.  
<https://doi.org/10.31234/osf.io/edhr5>
- Whitman, G. M. (2023). Learning Styles : Lack of Research-Based Evidence. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 96(4), 111-115.  
<https://doi.org/10.1080/00098655.2023.2203891>
- Wyss, A., Gvozdic, K., Gentaz, É., & Sander, E. (2023). *Comment favoriser les apprentissages scolaires. Repenser les gestes professionnels pour l'enseignement*. Dunod; Cairn.info. <https://www.cairn.info/comment-favoriser-les-apprentissages-scolaires--9782100849581.htm>