

Éclairage scientifique

Les fonctions exécutives. Comprendre et aider à développer

Qu'est-ce que les fonctions exécutives ?

L'exécution de tâches complexes ou nouvelles ou non routinières nécessite la mise en œuvre volontaire de compétences mentales qu'on appelle généralement fonctions exécutives. Les fonctions exécutives, qui regroupent plusieurs fonctions cognitives, permettent de se fixer des objectifs, puis de planifier, d'initier, d'exécuter et de superviser un ensemble d'actions volontaires pour atteindre ces objectifs. Elles nous permettent de nous adapter à des situations nouvelles et imprévues et de changer nos stratégies en cours d'action.

On peut se représenter les fonctions exécutives par l'analogie avec les contrôleurs aériens dans un grand aéroport international. Dans la tour de contrôle, ils doivent gérer et planifier le trafic des avions sur les différentes pistes de l'aéroport tout en restant vigilant de façon prolongée et capables de s'adapter à n'importe quel imprévu.

A l'image d'un chef d'orchestre qui coordonne et module le jeu de ses musiciens afin d'obtenir l'interprétation qu'il souhaite, les fonctions exécutives nous permettent de coordonner et moduler différentes stratégies pour atteindre l'objectif que nous nous sommes fixés.

Elles nous permettent également de résister à des distractions, d'inhiber des automatismes, d'élaborer des stratégies nouvelles, de façon flexible et adaptée à la tâche en cours. Il s'agit aussi d'un système de concentration volontaire qui permet d'établir des priorités, de résister aux impulsions, de filtrer les distractions, de focaliser l'attention sur la tâche à faire en élaborant des stratégies nouvelles.

Le bon fonctionnement des fonctions exécutives est important pour le bon fonctionnement émotionnel et social. Chez l'enfant, ces fonctions de haut niveau sont fondamentales pour l'apprentissage. Elles jouent ainsi un rôle important au cours de la vie scolaire, mais aussi dans la vie de tous les jours.

Les fonctions exécutives se développent progressivement de la naissance au début de l'âge adulte. Les variations interindividuelles de vitesse et de degré de développement sont grandes, d'autant plus que les enfants sont plus jeunes. Ce développement dépend de la maturation cérébrale physiologique et il est influencé par des facteurs extrinsèques comme l'environnement familial et scolaire, les conditions socio-économiques.

Les composantes des fonctions exécutives

Les fonctions exécutives impliquent l'activation de plusieurs régions du cortex cérébral, notamment le cortex préfrontal, nécessaires pour l'accomplissement des tâches complexes, nouvelles ou non routinières. Leurs différentes composantes permettent de se fixer un objectif, d'établir des priorités et de les planifier, de résister aux impulsions, de filtrer les distractions, de focaliser l'attention sur l'activité à accomplir en élaborant des stratégies nouvelles de façon flexible et en s'adaptant à des situations inhabituelles (Diamond 2012, 2013).

Il n'y a pas encore de véritable consensus scientifique sur la caractérisation et la dénomination des composantes du système exécutif. Néanmoins, la plupart des auteurs identifient classiquement trois fonctions exécutives de base : la mémoire de travail, l'inhibition (ou contrôle inhibiteur ou contrôle exécutif) et la flexibilité (attentionnelle, cognitive ou mentale) (Blair 2016).

Elles sont difficilement dissociables dans les situations de la vie de tous les jours mais elles peuvent l'être dans certains tests expérimentaux. Elles sont en règle générale utilisées de façon orchestrée et harmonieuse pour exécuter les tâches que nous avons décidées.

Certains chercheurs considèrent que la planification, le raisonnement et la résolution de problèmes sont des fonctions exécutives de base au même titre que la mémoire de travail, l'inhibition et la flexibilité alors que d'autres considèrent qu'elles sont des fonctions exécutives de haut niveau.

Mémoire de travail

Il s'agit de mettre à jour, au fur et à mesure de la progression de la tâche, notre représentation de la situation, en prenant en compte les informations pertinentes pour le but à atteindre et les informations nouvelles qui interviennent éventuellement.

Inhibition

Il s'agit d'inhiber ce qui n'est pas pertinent pour la résolution de la tâche ou du problème, une réponse ou une action automatisée. Ou bien il s'agit d'arrêter une réponse déjà initiée qui se révèle non appropriée, de lutter contre les interférences et les distractions (donc de contrôler activement et volontairement son attention), de résister à l'impulsivité et aux réponses émotionnelles, de bloquer des processus rapides et automatiques en faveur de processus de raisonnement plus lents et réfléchis. Le contrôle inhibiteur permet alors de donner la priorité à certaines stratégies ou processus cognitifs, de focaliser son attention sur les informations pertinentes. On distingue deux types de contrôle inhibiteur :

- un contrôle inhibiteur "froid" impliqué dans la sélection des stratégies cognitives,
- et un contrôle inhibiteur "chaud" lié à la régulation des émotions et à la motivation. Ces deux types de contrôle inhibiteur reposent sur des réseaux cérébraux partiellement distincts.

Flexibilité attentionnelle (ou cognitive ou mentale)

Il s'agit de changer volontairement de règle au cours d'une même tâche ou de "jongler" entre deux ou plusieurs tâches en focalisant l'attention d'abord sur l'une puis sur l'autre.

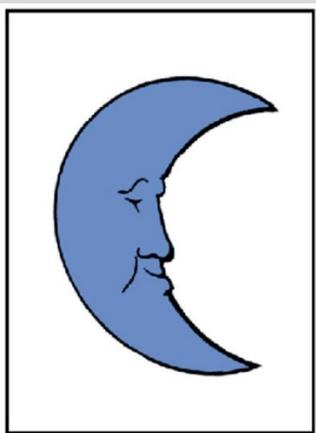
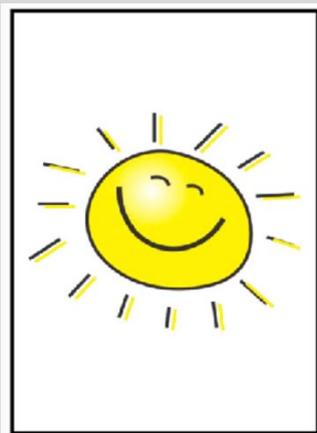
Comment sont étudiées les fonctions exécutives ?

De nombreux tests de psychologie expérimentale ont été mis au point et sont utilisés pour étudier les fonctions exécutives (Borst & Cachia 2022). Les expériences de psychologie, qui sont aujourd'hui pour la plupart informatisées, permettent d'enregistrer de manière extrêmement précise les temps de réponse et la nature de la réponse fournie par les participants. L'analyse des temps de réponse et du nombre d'erreurs dans différentes conditions expérimentales mises au point par l'expérimentateur permet de révéler les processus cognitifs et les stratégies utilisées par les participants pour résoudre cette tâche : on parle de chronométrie mentale.

L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle permet de visualiser les réseaux cérébraux qu'elles activent.

Les tâches mises au point par les chercheurs visent dans l'idéal à étudier une et une seule fonction exécutive à la fois. La description schématique des tests ci-dessous permet d'illustrer ce qu'est une fonction exécutive

Tâche d'inhibition de stratégies



L'expérimentateur demande tout d'abord à l'enfant de répondre spontanément aux stimuli. Par exemple, l'enfant doit taper sur la table avec son poing quand l'expérimentateur tape avec son poing et taper avec sa main ouverte quand l'expérimentateur tape avec sa main ouverte. Ou encore l'enfant devra dire « jour » quand l'expérimentateur lui présente une image du soleil et « nuit » quand l'expérimentateur lui présente une image de la lune. Dans une deuxième

phase, l'enfant devra inhiber ses réponses spontanées : par exemple, quand l'expérimentateur fait le geste de frapper avec sa main ouverte, l'enfant devra frapper avec son poing et vice-versa il devra frapper avec sa main ouverte quand l'expérimentateur frappe avec son poing (inhibition de l'imitation). Dans le test Jour/Nuit : l'enfant doit dire « nuit » quand l'expérimentateur lui présente une image de soleil et « jour » quand l'expérimentateur lui montre une image de la lune (inhibition cognitive). Des variantes de ces tâches sont indiquées sous le titre de « Go/NoGO » et évoquent les règles du jeu « Jacques a dit ».

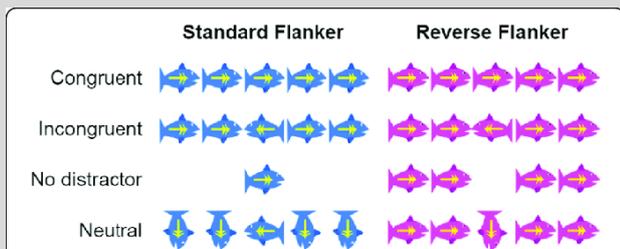
Tâche d'inhibition de distracteurs perceptifs : le test de Stroop.

Red	Red	Blue	Green	Red	Red
Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green
Blue	Blue	Yellow	Yellow	Blue	Blue
Green	Red	Red	Blue	Green	Red
Green	Blue	Green	Yellow	Green	Green
Yellow	Green	Blue	Blue	Blue	Yellow
Blue	Yellow	Red	Green	Red	Blue

L'expérimentateur présente au participant une suite de mots indiquant des noms de couleurs (vert, bleu, rouge, ...). Chaque mot est écrit avec une encre colorée. Le mot et la couleur de l'encre sont soit congruents (par exemple le mot BLEU est écrit en bleu) soit incongruents (le mot BLEU est écrit à l'encre rouge). Le participant doit nommer la

couleur de l'encre dans laquelle est écrit chaque mot le plus rapidement possible et sans se tromper. Les participants mettent plus de temps et commettent plus d'erreurs quand la couleur de l'encre est non congruente avec la couleur dénommée par le mot. La difficulté vient du fait que les participants doivent inhiber la lecture du mot, qui est automatique pour identifier la couleur de l'encre.

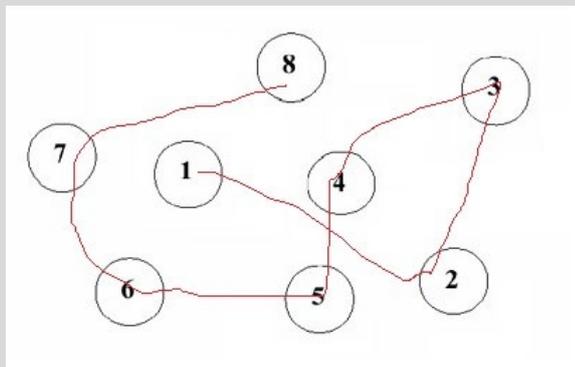
Tâches d'attention sélective, par exemple : la tâche Flanker



Les informations sont souvent traitées par le cerveau de manière automatique. Ainsi, sans qu'on en ait conscience, le cerveau prend en compte plusieurs sources d'information, y compris des informations qui peuvent nous distraire d'une tâche à accomplir. Ce test mesure la capacité à focaliser son attention sur

l'information à traiter tout en résistant aux distracteurs. Par exemple, dans une version de cette tâche, 5 flèches apparaissent à l'écran et l'enfant doit indiquer en appuyant sur un bouton si la flèche présentée au centre se dirige vers la droite ou la gauche sans se laisser distraire par les autres flèches. Les flèches présentées de part et d'autre de la flèche centrale pointent soit dans la même direction que celle-ci soit dans la direction opposée. Les participants ont besoin de plus de temps et commettent plus d'erreurs pour déterminer la direction de la flèche présentée au centre quand les flèches de part et d'autre de celle-ci pointent dans la direction opposée.

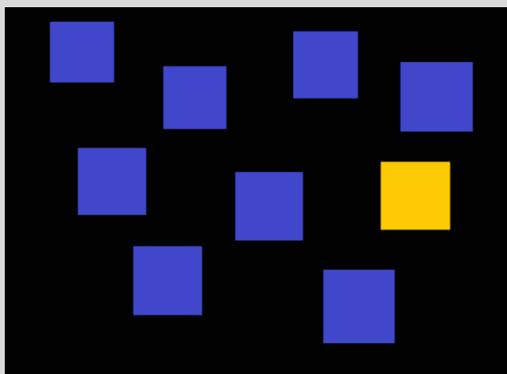
Tâches de flexibilité attentionnelle, par exemple : le test des tracés.



La flexibilité mentale est requise quand nous devons alterner une tâche et une autre. Pour la tester, on demande aux participants de relier entre eux des chiffres, en ordre croissant (1-2-3-4-5) le plus rapidement possible, puis dans une seconde phase, d'alterner entre des chiffres et des lettres (1-A-2-B-3-C, etc.). On mesure le temps pour effectuer chacune de ces tâches (chiffres seuls vs chiffres et lettres). Les participants mettent plus de temps quand ils doivent alterner les chiffres et les lettres ce qui

reflète le coût cognitif du processus de flexibilité.

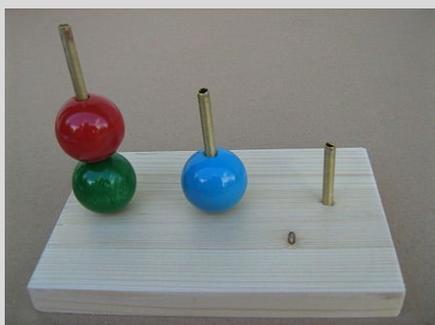
Tâches de mémoire de travail à court terme, par exemple : le test de Corsi.



Ce test permet de mesurer la capacité de la mémoire de travail visuo-spatiale : des carrés sont placés sur une planche ; l'expérimentateur pointe une série de carrés (un par seconde). Le participant doit garder en mémoire les carrés indiqués par l'expérimentateur et reproduire la séquence dans laquelle les carrés ont été pointés. La difficulté de la tâche est manipulée en augmentant progressivement le nombre de carrés à mémoriser dans la séquence. Les adultes sont capables de reproduire des séquences d'environ 5 carrés (ce niveau de performance est atteint aux alentours de 14 ans, et est inférieur à 5 pour les

enfants plus jeunes). Une version modifiée du test consiste à reproduire la séquence en ordre inverse.

Tâches de planification, par exemple : la Tour de Londres.



Ce test est apparenté au jeu « Tour de Hanoï » et a pour but de mesurer les capacités de planification des participants. Il a été conçu pour évaluer les fonctions exécutives chez des patients ayant des lésions préfrontales. La difficulté de la tâche augmente progressivement d'un premier niveau qui requiert le déplacement des objets sans planification jusqu'à des niveaux qui requièrent planification et anticipation.

Tâches de contrôle de soi et de régulation émotionnelle. Le test du marshmallow

Il s'agit de l'un des tests les plus connus de la psychologie expérimentale, créé dans les années 1960 par Walter Mischel à l'Université de Stanford pour évaluer la capacité des enfants à résister à une récompense immédiate (« tentation ») afin d'obtenir plus tard une meilleure récompense. On présente aux enfants (dans l'étude originale des enfants de 4 à 6 ans) un gâteau (cookie Oreo, pretzel) ou un bonbon (*marshmallow*) dont ils sont friands. On leur annonce qu'ils pourront en obtenir un deuxième s'ils arrivent à attendre 15 minutes, seuls dans la pièce, sans manger le premier. Des 600 enfants ayant participé à l'expérience originale, la très grande majorité arrive à résister à la récompense immédiate mais seulement 1/3 des enfants arrivent à résister pendant 15 minutes. Cette expérience révèle également que plus l'âge des enfants augmentent et plus ils sont à même de résister à la tentation. Parmi ceux qui arrivent à résister, certains mettent en place des stratégies : ils cachent le marshmallow, se couvrent les yeux, se tournent, chantent, se tirent les cheveux... La capacité à résister à la récompense immédiate dans la tâche de gratification différée dans l'enfance est prédit en partie chez les mêmes individus plus âgés les performances dans d'autres tâches exécutives (notamment une version émotionnelle de la tâche de Go/no Go) et la réussite scolaire.

Les fonctions exécutives évoluent-elles au cours de la vie ?

Les fonctions exécutives se développent graduellement et lentement de la naissance jusqu'à la fin de l'adolescence ou au début de l'âge adulte.

Si les premières manifestations des fonctions exécutives sont visibles à partir de la première année de vie, le processus de maturation est lent et le développement de ces capacités passe aussi par l'apprentissage. Il est donc normal que les enfants éprouvent des difficultés à se contrôler, à focaliser leur attention ou à la soutenir pendant un certain temps, à s'adapter aux changements, à cesser une activité de jeu pour en commencer une de type différent, à suivre des règles, à gérer des tâches complexes, à renoncer à une gratification immédiate...

Le développement progressif des fonctions exécutives explique que telle ou telle de ces difficultés existe pendant l'enfance et perdure en partie chez des adolescents. Le développement des fonctions exécutives est rapide au cours des années préscolaires et s'accélère de nouveau à l'adolescence. Il faut souligner que les variations interindividuelles sont grandes (Zelazo & Muller 2002, Zelazo et al. 2003, Muller & Kerns 2015).

Quelques repères temporels

- A 3 ans, les enfants deviennent capables de réussir des tâches qui comportent deux règles différentes (par exemple : si tu vois une pomme rouge sur l'écran, presse tel bouton, si tu vois une pomme verte, presse tel autre bouton). Ils sont capables de focaliser leur attention sur une des deux règles le temps nécessaire pour arriver au but et d'inhiber l'autre règle, les deux consignes étant maintenues dans la mémoire à court terme.
- Alors qu'il est difficile pour des enfants de 3 ans d'envisager plusieurs représentations d'un même objet, dès 4 ans, les enfants peuvent reconnaître un objet pour ce qu'il est et pour sa ressemblance avec un autre (c'est une éponge, on dirait un caillou). Après 3 ans, l'efficacité du contrôle inhibiteur augmente, l'enfant devient progressivement capable de différer une récompense pour en obtenir une plus grande. Il contrôle ses désirs et ses émotions.
- A 5 ans, l'enfant peut inhiber une règle pour en activer une autre même quand elle concerne deux caractéristiques d'un même objet (si l'objet rouge est rond, presse un bouton ; si l'objet rouge est carré, presse un autre bouton). Il réussit à résoudre un conflit et à inhiber une action devenue habituelle (après avoir pressé plusieurs fois un bouton pour l'objet rouge, il doit changer de bouton si l'objet est aussi carré). Comme la mémoire se développe, l'enfant se souvient des lieux et des objets qu'il a déjà explorés, et il peut mettre en place des stratégies de recherche et d'exploration et se représenter des alternatives.
- Les fonctions exécutives des enfants de 7 ans s'approchent de celles des adultes, si l'on s'en tient à ce qui peut être visualisé en imagerie cérébrale, c'est à dire ce qui concerne le développement des réseaux de neurones impliqués dans le contrôle exécutif. Les enfants de cet âge peuvent focaliser leur attention sur une tâche. La capacité d'autorégulation continue à se développer entre 10 ans et la fin de l'adolescence.
- Le développement du contrôle exécutif implique également une diversification des processus en jeu, une spécialisation (l'enfant est progressivement capable de rester concentré sur un but et de choisir les comportements les mieux adaptés à une situation) et un contrôle de plus en plus autodirigé (il dépend de moins en moins de l'adulte et du contexte pour s'autoréguler) et anticipé (il est capable de plus de planification).

Les bases cérébrales du développement des fonctions exécutives

Les fonctions exécutives impliquent plusieurs régions du cortex cérébral, et notamment le cortex préfrontal (Perone et al. 2018, Diamond 2020, Menu et al. 2024).

Le cortex préfrontal intègre les informations provenant de plusieurs régions du cerveau, celles impliquées dans la perception, dans la motricité, dans les émotions. Il travaille en coopération avec le cortex cingulaire antérieur, insulaire antérieur, pariétal, et des structures plus profondes du cerveau, comme l'hippocampe.

La maturation du cortex préfrontal est lente comparée à celle d'autres régions du cerveau : elle continue jusqu'à l'âge de 25 ans environ, notamment par la myélinisation progressive des axones (les fibres longues qui connectent les neurones entre eux sont progressivement recouverts d'une gaine de substance blanche appelée myéline. La myéline permet d'augmenter la vitesse de communication entre les neurones de manière remarquable).

Les déterminantes du développement des fonctions exécutives

Le développement des fonctions exécutives est influencé non seulement par la maturation cérébrale mais aussi par des facteurs extrinsèques qui interviennent (Muller & Kerns 2015, Miguel et al. 2023, Center on the Developing Child at Harvard University 2011).

Parmi ces facteurs, l'expérience et l'apprentissage jouent un rôle dans le développement de la capacité à se contrôler, à faire attention, ou à mémoriser des informations.

Il existe une variabilité inter individuelle importante des fonctions exécutives - particulièrement chez les jeunes enfants où le développement peut se faire à des vitesses et à des degrés très différents. Reconnaître ces différences permet de mettre en place un environnement et des activités favorables au développement des fonctions exécutives, notamment chez les enfants en grande difficulté scolaire ou issues de milieux socio-économiques défavorisés.

Les chercheurs ont observé des troubles du contrôle exécutif chez les personnes souffrant de troubles de l'attention, de troubles du comportement, de l'apprentissage, de dépression, d'autisme. Il existe également une relation entre le statut socio-économique et le développement des fonctions exécutives.

Ainsi, les enfants provenant de milieux socioéconomiques défavorisés peuvent présenter des performances moins bonnes au niveau des fonctions exécutives par rapport aux enfants de environnements favorisés - notamment pour ce qui concerne la mémoire de travail, la flexibilité cognitive, l'inhibition, et l'attention. Ces différences pourraient être en partie liées au stress généré par l'incertitude qui caractérise un type d'environnement plutôt qu'un autre.

En effet, le développement des fonctions exécutives peut être perturbé par des événements de la vie du jeune enfant tels que maltraitance, le manque grave de soins, l'abandon ou l'altération grave des interactions sociales (par exemple, dans le cadre de certains orphelinats), l'environnement particulièrement stressant et anxiogène et la peur chronique. Un stress excessif pendant l'enfance peut aussi avoir un effet négatif sur la capacité future de l'enfant à autoréguler ses comportements et mener à bien ce qu'il doit faire.

Des déficits du contrôle exécutif et des troubles du développement du cortex préfrontal peuvent aussi être liés à une exposition in-utero à certains facteurs de risque (par exemple, alcoolisme de la mère).

Le rôle des fonctions exécutives pour l'apprentissage et à l'école

Les fonctions exécutives et leurs composantes ont une portée générale. Elles ne s'exercent pas sur un contenu en particulier ou sur l'acquisition d'une capacité spécifique, mais sont mises en œuvre dans de nombreuses tâches et de problèmes rencontrés dans notre vie quotidienne et à l'école (Blair 2013, 2016, Cortes Pascual et al. 2019, Diamond 2012, 2013, 2020, Potvin & Borst 2018).

Il existe une corrélation entre les capacités exécutives (mémoire de travail, attention, inhibition) et la qualité du langage oral et écrit, les performances en mathématiques et les résultats scolaires correspondants. Les fonctions exécutives sont aussi en jeu lorsque l'enfant doit débattre et coopérer avec d'autres enfants, ou mener des projets seul ou en groupe.

L'efficacité des fonctions exécutives joue donc un rôle fondamental dans la préparation de l'enfant pour l'entrée à l'école et le bon fonctionnement des fonctions exécutives est une condition clé de la réussite scolaire.

Le contrôle exécutif est d'autant plus important que son développement pendant l'enfance constitue un prédicteur de la réussite professionnelle à l'âge adulte, de la santé physique et mentale, des interactions sociales et du bien-être, et ceci même en prenant en compte le niveau d'intelligence des participants. Une bonne efficacité du contrôle exécutif permet aux enfants de s'adapter plus facilement, d'être plus à même de prendre la perspective des autres et donc de comprendre leurs réactions et ce qu'ils pensent.

Un exemple du rôle des fonctions exécutives pour l'apprentissage

La capacité à trouver la bonne réponse à un problème peut dépendre non seulement de la capacité à utiliser la bonne règle logique, mais aussi de la capacité à inhiber les stratégies plus rapides qu'il ne faut surtout pas utiliser pour résoudre le problème. Il arrive que la formulation du problème ou le matériel utilisé en classe complique l'inhibition des stratégies trompeuses et entraînent des erreurs systématiques chez la plupart des enfants.

Un exemple est la tâche de conservation du nombre où l'enfant avant 7 ans répond, à tort, qu'il y a plus d'objets dans la rangée la plus longue. Sa réponse rapide est due à l'observation qu'il a faite maintes fois pendant son enfance que généralement plus un alignement d'objets est long, plus il y a d'objets dans cet alignement. « Longueur-égale-nombre » permet de trouver rapidement la bonne réponse dans beaucoup de situations, mais pas dans toutes et en particulier pas dans la tâche de conservation du nombre.

La réussite de cette tâche tient plus à la capacité de l'enfant à inhiber « longueur-égale-nombre » qu'à activer la stratégie lente et coûteuse, mais qui donne toujours la bonne réponse, de comptage des objets.

Peut-on favoriser le développement des fonctions exécutives chez l'enfant ?

Pour l'enseignant, il est important de connaître les fonctions exécutives et leur développement pour mieux comprendre certaines difficultés face à certains apprentissages et pour soutenir leur développement naturel. Les enfants qui ont un contrôle exécutif faible peuvent paraître obstinés et difficiles, ne faisant pas l'effort de suivre les règles ou de contrôler leurs réactions. L'approche cognitive aide à prendre une attitude distanciée et à envisager des méthodes favorisant le développement du contrôle exécutif.

Indications pratiques pour les éducateurs

Au début de leur vie, les enfants sont guidés par les adultes qui leur offrent ainsi un « contrôle exécutif externalisé ». Petit à petit, ce contrôle exécutif de l'extérieur diminue et devient un soutien qui permet aux fonctions exécutives de l'enfant de se développer. Le rôle de l'adulte est donc de s'adapter au profil de l'enfant pour l'aider à pratiquer ses propres capacités exécutives, et de lui fournir des étais avant qu'il ne soit capable de « faire tout seul ».

Entre les premiers mois de vie et l'âge de la maternelle, ces étais peuvent être (Blair 2017, Diamond 2012, Diamond & Ling 2016, Berthier et al. 2021) :

- des occasions de faire ensemble, d'être attentif ensemble à des tâches communes, de façon prolongée ;
- les interactions sociales avec jeux et paroles ou chansons à tours de rôle ;
- la concentration sur des activités physiques ;
- plus tard, pour des enfants de l'âge de la maternelle, l'adulte peut proposer des activités dépendant plus de l'implication des fonctions exécutives de l'enfant ;
- les jeux qui demandent de la mémoire (se rappeler la consigne) de l'attention, un contrôle moteur et de l'inhibition, comme : « faire la statue », « Jacques-a-dit » ;
- les jeux avec des rôles et des règles établis, comme les jeux de cartes, les jeux de plateau (le respect des règles demandant à la fois planification et inhibition sur l'envie d'agir à sa façon) ;
- les jeux de stratégie ;
- les puzzles qui demandent de l'attention, les jeux qui prévoient la mise en place de stratégies logiques et l'inhibition de stratégies plus simples et immédiates; les activités qui demandent planification (comme l'organisation d'un événement, les jeux qui comportent de planifier ses actions à l'avance et d'en prévoir les conséquences) ;
- le débat, avec le respect de l'autre et du tour de parole ;
- les arts martiaux qui demandent de l'autocontrôle; des sports individuels et de groupe, le yoga, la méditation ;

- la pratique d'un instrument de musique, du théâtre, de danse...
- Les chercheurs ont remarqué l'existence d'une relation positive entre la mise en jeu des capacités exécutives lors d'activités scolaires et le comportement en classe avec le fait d'être engagé dans des activités sportives de groupe, le yoga, la méditation, les arts martiaux, la danse, le théâtre, la musique. La même relation positive semble exister avec certaines approches pédagogiques (Écoles Montessori).

Des programmes d'entraînement de l'une ou de l'autre des capacités qui permettent le contrôle exécutif sont en cours de développement ou de test.

Ces programmes se situent en dehors des activités scolaires. Ils reposent pour la plupart sur des supports informatisés. Ils visent à entraîner et à améliorer l'attention et la mémoire à court terme chez des enfants souffrant de troubles de l'attention, mais aussi chez les adultes pour prévenir des troubles cognitifs liés au vieillissement.

Apparemment les améliorations enregistrées restent cloisonnées dans le domaine spécifiquement entraîné (par exemple, les entraînements concernant la mémoire de travail produisent des résultats qui ne se généralisent pas aux autres composantes des fonctions exécutives) (Bombonato et al. 2024, Kassai et al. 2019, Nguyen et al. 2019, Melby-Lervag & Hulme 2013, Scionti et al. 2020).

Références

Synthèses

- Bombonato, C., Del Lucchese, B., Ruffini, C., Di Lieto, M. C., Brovedani, P., Sgandurra, G., ... & Pecini, C. (2024). Far transfer effects of trainings on executive functions in neurodevelopmental disorders: A systematic review and meta-analysis. *Neuropsychology Review*, 34(1), 98-133.
- Kassai, R., Futo, J., Demetrovics, Z., & Takacs, Z. K. (2019). A meta-analysis of the experimental evidence on the near-and far-transfer effects among children's executive function skills. *Psychological Bulletin*, 145(2), 165.
- Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental psychology*, 49(2), 270.
- Nguyen, L., Murphy, K., & Andrews, G. (2019). Immediate and long-term efficacy of executive functions cognitive training in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Psychological bulletin*, 145(7), 698.
- Scionti, N., Cavallero, M., Zogmaister, C., & Marzocchi, G. M. (2020). Is cognitive training effective for improving executive functions in preschoolers? A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in psychology*, 10, 482835.

Livres

- Berthier, J. L., Borst, G., Desnos, M., & Guilleray, F. (2021). Les neurosciences cognitives dans la classe : Guide pour expérimenter et adapter ses pratiques pédagogiques. ESF.
- Borst, G., & Cachia, A. (2022). *Les méthodes en psychologie*. Que sais-je.
- Chokron, S. (2009). *Pourquoi et comment fait-on attention ?* Éd. le Pommier.
- Dehaene, S. (2018). *Apprendre! : les talents du cerveau, le défi des machines*. Odile Jacob.
- Lachaux, J. P. (2011). *Le cerveau attentif : contrôle, maîtrise et lâcher-prise*. Odile Jacob.

Articles

- Blair, C. (2013). Les fonctions exécutives à l'école. Dans Encyclopédie sur le développement des jeunes enfants. Repéré à <http://www.enfant-encyclopedie.com/fonctions-executives/selon-experts/les-fonctions-executives-lecole>
- Blair, C. (2016). Developmental science and executive function. *Current directions in psychological science*, 25(1), 3-7.
- Blair, C. (2017). Educating executive function. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 8(1-2), e1403.
- Center on the Developing Child at Harvard University (2011). Building the Brain's "Air Traffic Control" System: How Early Experiences Shape the Development of Executive Function: Working Paper No. 11. Retrieved from www.developingchild.harvard.edu
- Cortés Pascual, A., Moyano Muñoz, N., & Quílez Robres, A. (2019). The relationship between executive functions and academic performance in primary education: Review and meta-analysis. *Frontiers in psychology*, 10, 449759.
- Diamond, A. (2012). Activities and programs that improve children's executive functions. *Current directions in psychological science*, 21(5), 335-341.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135-168.
- Diamond, A. (2020). Executive functions. In *Handbook of clinical neurology* (Vol. 173, pp. 225-240). Elsevier.

- 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.
- Kassai, R., Futo, J., Demetrovics, Z., & Takacs, Z. K. (2019). A meta-analysis of the experimental evidence on the near-and far-transfer effects among children's executive function skills. *Psychological Bulletin*, 145(2), 165.
- Menu, I., Borst, G., & Cachia, A. (2024). Latent network analysis of executive functions across development. *Journal of Cognition*, 7(1).
- Miguel, P. M., Meaney, M. J., & Silveira, P. P. (2023). New research perspectives on the interplay between genes and environment on executive function development. *Biological Psychiatry*, 94(2), 131-141.
- Müller, U., & Kerns, K. (2015). The development of executive function. *Handbook of child psychology and developmental science: Cognitive processes*, 2, 571-623.
- Perone, S., Almy, B., & Zelazo, P. D. (2018). Toward an understanding of the neural basis of executive function development. In *The neurobiology of brain and behavioral development* (pp. 291-314). Academic Press.
- Potvin, P., & Borst, G. (2018). Executive functions and academic learning. *Neuroeducation*, 5(2), 42-43.
- Zelazo, P. D., Müller, U., Frye, D., & Marcovitch, S. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monographs of the society for research in child development*.
- Zelazo, P. D., & Müller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. *Blackwell handbook of childhood cognitive development*, 445-469.

Auteurs

Anne BERNARD, Elena PASQUINELL

Relecture scientifique

Relecture scientifique par Grégoire BORST, Professeur de psychologie du développement et de neurosciences cognitives de l'éducation et directeur du Laboratoire de Psychologie du Développement et de l'Éducation de l'enfant (CNRS). Ses recherches s'intéressent au rôle des fonctions cognitives de haut niveau (métacognition, planification, résistance aux automatismes, régulation émotionnelle) dans le développement cognitif et socio-émotionnel et dans les apprentissages scolaires chez l'enfant, l'adolescent et le jeune adulte en combinant des approches comportementales et de neuroimagerie (EEG, NIRS, IRM).

Date de publication

Décembre 2015 – Dernière révision Mai 2024

Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'utilisation commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes

75006 Paris

01 85 08 71 79

contact@fondation-lamap.org

www.fondation-lamap.org

