

Le syndrome dysexécutif chez l'enfant : entre avancées scientifiques et questionnements

A. ROY*, **, V. LODENOS**, N. FOURNET***, D. LE GALL*, J.-L. ROULIN***

* Laboratoire de psychologie des Pays de la Loire, EA4638, Université Bretagne Loire - Université d'Angers, 49045 Angers cedex 01, France.

** Centre référent des troubles d'apprentissage, Centre de compétence nantais de neurofibromatose, Hôpital Femme-Enfant-Adolescent, CHU de Nantes, 44093 Nantes cedex 1, France.

*** Laboratoire de psychologie et de neurocognition, Université de Savoie, BP 1103, 73011 Chambéry, France.

RÉSUMÉ : Le syndrome dysexécutif chez l'enfant : entre avancées scientifiques et questionnements

Les troubles des fonctions exécutives et leur approche théorique sont devenus depuis quelques années un cadre de prédilection pour analyser un certain nombre de manifestations comportementales associées au développement perturbé de l'enfant. L'approche neuropsychologique de la notion de contrôle et de régulation de son comportement par l'enfant, qui serait sous la dépendance des structures préfrontales du cerveau, offre en effet une grille d'interprétation aux implications multiples. Plus spécifiquement, le développement prolongé et la maturité tardive des processus exécutifs et des réseaux frontaux, combiné à leur exposition fréquente dans divers contextes cliniques, a contribué à faire du syndrome dysexécutif un enjeu majeur de santé publique et une source de préoccupation fondamentale pour la scolarité et la qualité de vie des enfants. Les connaissances accumulées ces dernières années sur les lésions cérébrales acquises pendant l'enfance ainsi que dans diverses pathologies neurodéveloppementales incitent à concevoir le syndrome dysexécutif comme un ensemble hétérogène et variable de symptômes. Cette diversité sémiologique justifie d'être particulièrement prudent dans l'analyse clinique, d'autant que les fonctions exécutives obéissent à des règles de développement et de structuration complexes, aux interfaces avec l'émergence des autres fonctions supérieures. De surcroît, l'influence du contexte et de l'environnement reste aujourd'hui méconnue et sans doute largement sous-estimée, alors que ces facteurs sont susceptibles de jouer un rôle déterminant. Une meilleure compréhension du syndrome dysexécutif passe en outre par une analyse plus précise et plus systématique de ses implications dans la réalité scolaire de l'enfant, en particulier à travers le développement des savoirs, des savoir-faire et des savoir-être. L'ensemble de ces considérations conditionne la problématique du repérage et de l'évaluation, dont la pertinence repose nécessairement sur des stratégies d'examen structurées et théoriquement guidées, intégrées dans une démarche par définition pluridisciplinaire, autour et dans l'intérêt de l'enfant.

Mots clés : Régulation – Lobe frontal – Contrôle exécutif – Syndrome dysexécutif – Scolarité.

SUMMARY: *Executive syndrome in children: between scientific advances and questions*

Executive function disorders and their theoretical approach have become in recent years a predilection frame for analysing a number of behavioural manifestations associated with the disrupted development of children. The neuropsychological approach of the concept of control and regulation of his/her behaviour by the child, which would be dependent upon the prefrontal structures of the brain thus provides an interpretation grid with multiple implications. More specifically, the prolonged development and late maturity of executive processes and frontal networks combined with their frequent exposure in various clinical contexts, have helped make dysexecutive syndrome a major public health issue and a critical concern for schooling and quality of life of children. The knowledge built up in recent years on brain injuries acquired during childhood as well as the various neurodevelopmental conditions make it advisable to consider dysexecutive

Pour citer cet article : ROY, A., LODENOS, V., FOURNET, N., LE GALL, D. & ROULIN, J.-L. (2017). Le syndrome dysexécutif chez l'enfant : entre avancées scientifiques et questionnements. *A.N.A.E.*, 146, 27-38.

syndrome as a heterogeneous and variable set of symptoms. This semiological diversity is a reason for us to be particularly cautious in the clinical analysis as far as executive functions are subject to complex development and structuring rules at interfaces with the emergence of the other higher mental functions. In addition, the influence of the context and environment remains today unknown and probably still greatly underestimated when those factors are likely to play a significant role. A better understanding of the dysexecutive syndrome includes, in addition, a more accurate and systematic analysis of its implications in the school reality of children, in particular through the development of knowledge, know-how and soft skills. All these considerations determine the problems of identification and assessment the relevance of which is necessarily built on structured, and theoretically oriented review strategy, integrated into an approach which is, by definition, multidisciplinary, focused upon and in the interests of children.

Key words: Regulation – Frontal lobe – Executive control – Dysexecutive syndrome – Schooling.

RESUMEN: *El síndrome disejecutivo en el niño: entre los avances científicos y los cuestionamientos*

Desde hace algunos años, los trastornos de las funciones ejecutivas y su enfoque teórico se han convertido en un marco predilecto para analizar un cierto número de manifestaciones comportamentales asociadas al desarrollo perturbado del niño. En efecto, el enfoque neuropsicológico de la noción de control y regulación del comportamiento por el niño, que estaría bajo dependencia de las estructuras prefrontales del cerebro, ofrece una tabla de interpretación con múltiples implicaciones. De forma más específica, el desarrollo prolongado y la madurez tardía de los procesos ejecutivos y de las redes frontales, combinado con su exposición frecuente en diferentes contextos clínicos, ha contribuido a que se considere el síndrome disejecutivo como un gran reto de salud pública y una fuente de preocupación para la escolaridad y la calidad de vida de los niños. Los conocimientos acumulados durante estos últimos años sobre las lesiones cerebrales adquiridas durante la infancia, así como en diferentes patologías del neurodesarrollo, ayudan a entender el síndrome disejecutivo como un conjunto heterogéneo y variable de síntomas. Esta diversidad semiológica justifica el ser especialmente prudente en el análisis clínico, sobre todo porque las funciones ejecutivas obedecen a reglas de desarrollo y de estructuración complejas, de interfaces con aparición de otras funciones superiores. Por añadidura, en la actualidad aún se conoce poco, e incluso se subestima, la influencia del contexto y del entorno, mientras que estos factores pueden desempeñar un papel decisivo. Una mejor comprensión del síndrome disejecutivo conlleva un análisis más preciso y sistemático de sus implicaciones en la realidad escolar del niño, en especial a través del desarrollo de los saberes, saber hacer y saber ser. El conjunto de estas consideraciones condiciona la problemática de la identificación y de la evaluación, por lo que la conveniencia se basa necesariamente en estrategias de examen estructuradas y teóricamente guiadas, integradas en una gestión por definición pluridisciplinar, alrededor del niño y en su interés.

Palabras clave: Regulation – Lóbulo frontal – Control ejecutivo – Síndrome disejecutivo – Escolaridad.

INTRODUCTION

Depuis quelques années, les connaissances relatives aux troubles des fonctions exécutives (FE) chez l'enfant ont considérablement progressé, favorisant ainsi leur prise en considération plus systématique par les professionnels de la santé et de l'éducation. La journée organisée par l'Association pour la recherche sur les troubles d'apprentissage à Paris en décembre 2016 témoigne de la dynamique scientifique associée à cette thématique et de ses implications cliniques. La problématique des perturbations du fonctionnement exécutif était également à l'affiche du programme de la Société française de neurologie pédiatrique en janvier 2017 à Paris, à l'occasion de la journée consacrée aux troubles cognitifs de l'enfant, favorisant ainsi leur reconnaissance en tant qu'enjeu de santé publique. Les travaux réalisés dans le domaine illustrent l'importance d'une approche pluridisciplinaire de ce concept complexe, dont la modélisation neuropsychologique représente un défi scientifique essentiel, dans la perspective de mieux comprendre le comportement de l'enfant et ses perturbations au sens large.

En référence à la formulation théorique princeps de Luria (1966) et aux connaissances issues plus globalement des travaux conduits en neuropsychologie adulte, les FE sont habituellement définies comme des processus de contrôle de haut niveau, qui permettent à l'être humain de réguler son comportement et ses actions de manière appropriée (on parle aussi de contrôle exécutif : *executive control*). Ces aptitudes d'autorégulation sont déterminantes pour l'adaptation à l'autre et au contexte en général, au sens où elles contribuent à l'ajustement permanent de nos modes de réaction et de réponse en fonction de la situation et des contraintes. Les FE sont en particulier requises pour faire face au caractère inhabituel de certaines situations de la vie quotidienne, pour lesquelles les « routines » de fonctionnement ne suffisent plus (Stuss & Benson, 1986). Chez l'enfant, le développement de ces capacités de contrôle et d'autorégulation est déterminant puisqu'elles doivent progressivement lui permettre d'apprendre à se comporter de manière appropriée dans un environnement social aux règles complexes, souvent implicites, et parfois inattendues voire contradictoires. La mise en jeu appropriée et autonome des FE constitue dans ce contexte un processus particulièrement long, qui se retrouve à l'étage cérébral à travers la maturation physiologique prolongée qui caractérise le cortex préfrontal et ses réseaux considérés comme le siège anatomofonctionnel principal des FE (voir Dennis, 2006).

Dans cet article de synthèse, nous proposons de revenir sur la question des troubles des FE chez l'enfant et sur la notion de syndrome dysexécutif, à travers plusieurs aspects qui participent à définir sa spécificité en clinique. Nous abordons d'abord les données empiriques qui permettent de considérer que les troubles exécutifs sont probablement à la fois fréquents et variables dans

leurs manifestations, avant de décliner les facteurs rendant délicate l'identification des symptômes chez l'enfant. La problématique de l'évaluation des FE est ensuite discutée, en cherchant à tenir compte des particularités développementales et cliniques qui sont celles de la population pédiatrique. La question de la manifestation des désordres exécutifs à l'école sera abordée dans une dernière section, afin de considérer la réalité de ces troubles dans la vie quotidienne de l'enfant et dans ses apprentissages.

UN TROUBLE FRÉQUENT MAIS POLYMORPHE

Depuis une vingtaine d'années, les observations accumulées favorisent l'hypothèse selon laquelle les perturbations du développement des FE sont fréquentes chez l'enfant, ou du moins qu'elles sont retrouvées dans différents contextes cliniques. C'est le cas notamment des lésions cérébrales acquises, pour lesquelles une vulnérabilité précoce des réseaux fronto-sous-corticaux du cerveau est désormais admise, justifiant de fait une évaluation systématique. Cette vulnérabilité se manifeste par un risque élevé de perturbation dans l'émergence du comportement adaptatif et du contrôle exécutif (Tranel & Eslinger, 2000). Des arguments en ce sens existent par exemple dans le cadre du traumatisme crânien, des tumeurs cérébrales ou de l'épilepsie (pour une revue, voir par exemple Levin & Hanten, 2005 ; Patrikelis, Angelakis & Gatzonis, 2009). De même, un déficit des FE est désormais largement reconnu chez les enfants ayant présenté des lésions prénatales ou périnatales, à l'instar du syndrome d'alcoolisation fœtale, de la prématurité et de la paralysie cérébrale (par exemple, Mattson, Crocker & Nguyen, 2011 ; Mulder, Pitchford, Hagger & Marlow, 2009).

La question des troubles des FE se pose également pour les enfants porteurs de pathologies neurodéveloppementales, pour lesquelles la mise en place progressive des circuits préfrontaux et de leurs réseaux est perturbée par un développement cérébral précoce atypique. Les troubles spécifiques du développement sont concernés, puisqu'un risque non négligeable de trouble exécutif a été identifié par exemple dans la dyslexie ou la dyspraxie/trouble développemental de la coordination (Brosnan, Demetre, Hamill, Robson, Shepherd & Cody, 2002 ; voir Costini, Remigereau, Le Gall & Roy, 2017 dans ce numéro). L'altération des FE et en particulier des capacités de contrôle inhibiteur est par ailleurs au cœur des modélisations neuropsychologiques du trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H, Barkley, 1997), lesquelles incluent également une atteinte de la régulation des aspects affectifs du comportement (Sonuga-Barke, 2002). L'hypothèse d'un développement atypique des processus de contrôle exécutif est aussi considérée comme déterminante dans plusieurs pathologies neurogénétiques telles que la phénylcétonurie ou la neurofibromatose de type 1 (Christ,

Huijbregts, de Sonnevile & White, 2010 ; Roy *et al.*, 2015). De même, de nombreux arguments plaident en faveur d'une atteinte des FE chez les enfants présentant un trouble du spectre autistique, contribuant ainsi à expliquer certains aspects de la symptomatologie tels que les intérêts restreints ou la rigidité mentale (Gillet, 2013). Enfin, une altération fonctionnelle des FE est postulée dans divers contextes relevant de la pathologie mentale, laissant entrevoir la nécessité d'analyses neuropsychologiques et psychopathologiques complémentaires (voir par exemple, Roskam, Kinoo & Nassogne, 2007).

Il est difficile de proposer une synthèse des troubles du contrôle exécutif propres à l'enfant, compte tenu de la grande variabilité de leur expression, qui interagit par ailleurs avec les particularités propres au contexte clinique dans lequel ces troubles se manifestent. On peut néanmoins retenir, conformément à la dichotomie proposée par Zelazo et Müller (2002), que les désordres exécutifs peuvent dans certains cas se cantonner principalement au versant cognitif, alors que pour d'autres patients, les difficultés se manifestent plutôt dans les situations impliquant au premier plan un aspect affectif ou motivationnel. Le versant cognitif des FE, communément appelé aspect froid (*cold* en anglais), fait habituellement référence aux aptitudes de planification, d'inhibition, de flexibilité mentale ou encore de mémoire de travail, et serait davantage en lien avec les zones préfrontales dorsolatérales du cortex préfrontal. Le versant affectif (*hot*), associé aux régions orbitaires et ventromédianes, regroupe notamment la prise de décision affective, la cognition sociale au sens large ou encore les aptitudes d'autorégulation des émotions.

L'une des observations les plus édifiantes en termes de trouble prépondérant du versant affectif des FE est sans doute celle de la patiente FD (Anderson, Damasio, Tranel & Damasio, 2000). Alors qu'elle était âgée de 15 mois, cette petite fille a subi un traumatisme crânien avec une perte de conscience momentanée associée à un état confusionnel et une léthargie. Malgré une importante fracture du crâne, l'évolution favorable sur quelques jours conduira à sa sortie de l'hôpital sans examen ni suivi particuliers au-delà de deux mois, et l'évènement sera oublié/ignoré dans les années ultérieures. Pourtant, une analyse rétrospective de la situation fera apparaître de nombreuses anomalies dont les prémices semblaient exister dès l'âge de 3 ans, et qui s'intensifieront progressivement jusqu'à provoquer des actes délictueux. Les principaux problèmes de régulation comportementale incluaient une tendance à la cleptomanie (dès 3 ans) puis des vols à l'étalage ou au sein de la cellule familiale, ainsi qu'une tendance à collectionner quantité d'objets inutiles et de nourriture. Les émotions sont décrites par les proches comme labiles et souvent mal adaptées à la situation. Son humeur apparaît changeante, alternant entre accès de colère soudains et rires marqués, sans motif apparent. La plupart des états affectifs semblent éphémères et les réactions pendant les

discussions autour de ses écarts de conduite suggèrent peu de culpabilité ou de remords. Sexuellement active à 14 ans, elle est enceinte 4 ans plus tard et présente un comportement maternel dangereux (insensibilité aux besoins de son enfant). Sur le plan scolaire, les difficultés comportementales sont signalées dès la maternelle, et s'aggravent progressivement, avec un absentéisme fréquent, une agressivité verbale/physique, des mensonges flagrants et peu élaborés, des fugues et un non-respect des règles (elle est renvoyée à plusieurs reprises et passe par 6 programmes spéciaux d'aménagements scolaires qui se révéleront peu efficaces). Elle parvient à obtenir des notes correctes qui s'effondrent dès que le cadre est moins ferme/supervisé. Différents diagnostics ont été envisagés, et de multiples prises en charge et médications à l'efficacité limitée ont été engagées.

Le premier examen neuropsychologique est réalisé alors que la patiente est âgée d'une vingtaine d'années : les troubles du contrôle du comportement sont au premier plan, ainsi que l'incapacité d'articuler tout projet pour l'avenir, autre qu'un fort désir d'échapper aux contraintes/règles. En revanche, le niveau d'intelligence est dans la moyenne, les fonctions instrumentales et la mémoire sont efficaces. Il n'existe pas de déficit d'attention ou d'inhibition et seules quelques anomalies, inconstantes, de planification ou de flexibilité sont retrouvées. Cette perturbation sévère du comportement adaptatif, alors que le fonctionnement cognitif et les capacités d'apprentissage apparaissent globalement préservés, a été rapprochée des données d'imagerie obtenues à l'âge adulte, lesquelles évoquent des lésions séquellaires des régions préfrontales orbitaires, essentielles pour la régulation affective du comportement.

D'autres observations témoignent d'un profil neuropsychologique opposé, à savoir une atteinte prédominante du versant froid des FE, tandis que le comportement adaptatif et les aspects chauds des FE semblent plutôt préservés. C'est le cas de l'enfant JC (Eslinger & Biddle, 2000 ; Eslinger, Biddle, Pennington & Page, 1999), suivi dans les suites d'un accident vasculaire cérébral survenu à l'âge de 7 ans (hémorragie intraparenchymateuse frontale suite à une malformation artérioveineuse). Après une hospitalisation de quelques jours en neurochirurgie et en soins intensifs, l'état général de l'enfant s'améliore rapidement et il est transféré en rééducation fonctionnelle deux semaines plus tard. Quelques difficultés comportementales sont signalées dans les six mois qui suivent, en particulier lors de son retour à l'école qui s'effectue deux mois et demi après son accident : JC tend à parler au mauvais moment (avec des digressions), est agité et impulsif, avec de faibles ressources attentionnelles. Il a du mal à se tenir prêt à l'heure pour partir à l'école et initie/suit difficilement les activités en plusieurs étapes. Un premier bilan neuropsychologique, réalisé à six mois de l'accident, confirme la distractibilité et identifie des difficultés de mémoire à court terme non verbale ainsi que d'exploration visuospatiale (avec une tendance à l'héminégligence gauche) chez un enfant intelligent. Les FE n'ont pas été investiguées précisément à cette époque. Un an après l'accident, le comportement est approprié pour

l'âge, avec une intégration sociale intacte et comparable à ce qu'elle était avant l'accident. Plusieurs difficultés sont en revanche signalées à l'école : organisation laborieuse des idées à l'écrit, suivi difficile des tâches jusqu'à leur réalisation, lecture imprécise de l'heure, problèmes de maintien des retenues des divisions et multiplications. Divers aménagements sont proposés : tableau d'organisation des devoirs, fractionnement en étapes spécifiques, calculatrice.

Un second bilan neuropsychologique est proposé à quatre ans de distance qui révèle que le patient a pu poursuivre une scolarité classique et que son tempérament reste inchangé avec des états émotionnels appropriés et une bonne intégration sociale. Plusieurs indicateurs de dysfonctionnement exécutif sont par contre retrouvés à l'étage cognitif, incluant des difficultés de rapport au temps (désorientation, problème d'estimation temporelle), de suivi des activités engageant plus de deux étapes, de mémoire de travail visuospatiale (ne sait plus toujours quel côté correspond à l'attaque et la défense de son équipe au basket), d'organisation des idées à l'écrit ou encore de mémoire épisodique (stratégies peu efficaces). Les tests d'évaluation des FE mettent en évidence un déficit de flexibilité avec persévérations et un trouble d'inhibition incluant une impulsivité, tandis que les questionnaires complétés par les parents et l'enseignant confirment les difficultés de concentration et l'agitation/impulsivité (profil de TDA/H inattentif prédominant) ainsi que les problèmes d'estimation temporelle. La perturbation du versant cognitif des FE contrastant avec la préservation des aptitudes de régulation émotionnelle et comportementale est rapprochée de l'atteinte lésionnelle « restreinte » au cortex préfrontal dorsolatéral (droit).

Enfin, il convient de préciser que les atteintes prépondérantes du versant cognitif des FE peuvent se révéler elles-mêmes relativement dissociées au sens où un déficit préférentiel de certains processus exécutifs peut également être observé. Un tel profil a par exemple été rapporté chez Bastien, un enfant de 10 ans victime d'une épilepsie symptomatique frontale pharmaco-résistante détectée quatre ans auparavant, dans le cadre d'une dysplasie du gyrus frontal supérieur gauche (Charbonnier, Roy, Seegmuller, Gautier & Le Gall, 2011). Les parents et l'école signalaient de manière concordante des problèmes d'organisation et de prise d'initiative en général, un manque d'autonomie et une fragilité des ressources attentionnelles incluant une forte distractibilité, chez un garçon par ailleurs respectueux des autres, bien intégré socialement et sans altération évidente de l'humeur, des affects et/ou de la personnalité. Ces éléments cliniques ont été confirmés lors de l'examen neuropsychologique, pour lequel Bastien se montrait soucieux de bien faire malgré une forte instabilité motrice. Les résultats de l'évaluation ont montré une perturbation des capacités de planification et des stratégies organisationnelles, associée à un déficit de mémoire de travail, à la fois dans les épreuves et à travers les observations comportementales dans la vie quotidienne. S'il existait également des difficultés d'inhibition et de flexibilité, elles étaient nettement moins marquées, partielles et/ou inconstantes. Les fonctions instrumentales et le

niveau d'intelligence étaient globalement préservés, mais l'expression de leur potentiel était fragilisée par le syndrome dysexécutif.

DES SYMPTÔMES EN « TROMPE L'ŒIL », UNE IDENTIFICATION DÉLICATE

Une des difficultés inhérentes au syndrome dysexécutif de l'enfant concerne son identification précise, puisqu'il n'existe toujours pas de critères de diagnostic établis, ni de démarche d'exploration à la fois standardisée et consensuelle. Plusieurs facteurs explicatifs peuvent être avancés, qui sont susceptibles d'éclairer les carences dans ce domaine, et dont la prise en considération apparaît nécessaire pour orienter au mieux la réflexion et l'analyse clinique.

Les particularités du développement des processus exécutifs et des réseaux préfrontaux contribuent de manière déterminante à cette situation. En effet, bien qu'il soit désormais établi que les FE émergent très précocement, leur développement est particulièrement prolongé dans le temps, à l'instar de la maturation physiologique caudorostrale du cerveau (pour une synthèse, voir Roy, 2015a ; Roy, Le Gall, Roulin & Fournet, 2012). Ce profil évolutif est illustré à travers les courbes de progression identifiées dans les tâches d'évaluation des FE, à l'instar de l'amélioration progressive et continue des capacités de résistance à l'effet Stroop (et donc de l'inhibition) tout au long de l'enfance et de l'adolescence (voir Gersadt, Hong & Diamond, 1994, pour les préscolaires, et Comalli, Wapner & Werner, 1962, pour les enfants d'âge scolaire). Le risque de « faux-négatif » ou de « faux-positif » dans ce contexte est élevé, dans la mesure où les perturbations du contrôle exécutif sont difficiles à dissocier des comportements typiques des enfants, tant ces derniers peuvent quasiment être considérés comme les « symptômes de l'enfance/adolescence »... Dire que les enfants sont *de facto* « dysexécutifs », en particulier les plus jeunes, n'est pas excessif, au sens où ils sont par définition peu organisés, qu'ils présentent des difficultés pour s'empêcher de réagir sur un mode impulsif ou pour différer leurs envies, ou encore pour stopper/se détacher d'une activité en cours. La période de l'adolescence n'est d'ailleurs pas forcément plus simple à considérer car si les progrès développementaux sont notables, cette période spéciale et critique au plan psychoaffectif peut contribuer à « brouiller les pistes ». Toute la difficulté pour le clinicien consiste donc à positionner correctement le curseur, afin de ne pas considérer par excès que ces comportements reflètent un marqueur de déviance ou alternativement une immaturité légitime. Le risque de faux-négatif est d'autant plus élevé que les symptômes dysexécutifs ne prennent véritablement sens dans la vie quotidienne que tardivement, lorsque les exigences d'autonomie s'amplifient avec l'âge, ce qui peut conduire à un repérage tardif et à distance du contexte médical.

Le problème est sans doute encore plus complexe si l'on considère les connaissances relatives à la structure des FE à travers les modélisations actuelles (voir par exemple, Anderson, 2002 ; Dennis, 2006 ; Diamond, 2013 ; Lehto, Juujärvi, Kooistra & Pulkkinen, 2003). Il est en effet largement admis que les processus exécutifs sont à la fois multiples et interdépendants, avec une différenciation progressive au cours de l'enfance. Il n'existe cependant pas de calendrier très précis, y compris dans les modélisations récentes (Diamond, 2013), même si l'on suppose que le développement des différentes composantes exécutives (planification, inhibition, flexibilité, etc.) s'effectue en cascade. L'une des difficultés majeures se situe dans le fait que les travaux empiriques accumulés ces dernières décennies illustrent à l'envi que les calendriers développementaux sont souvent très dépendants des tâches utilisées, y compris lorsque celles-ci sont censées appréhender un même processus exécutif. Cette variabilité extrême s'explique par le fait que les épreuves évaluant les FE ne sont par définition pas « pures », au sens où les processus exécutifs sont toujours appréhendés dans le cadre de la réalisation d'une activité influencée par le développement concomitant des autres processus non exécutifs (on inhibe par exemple nécessairement quelque chose, qui mobilise aussi par défaut des ressources instrumentales ou mnésiques). De plus, le développement est marqué par une forte hétérogénéité interindividuelle, en particulier chez les plus jeunes, qui est susceptible de complexifier encore davantage la nature des relations entre processus exécutifs et non exécutifs. Cette problématique concerne également les processus exécutifs eux-mêmes, du fait de leur interdépendance supposée, qui conduit naturellement à considérer qu'une tâche donnée ne sollicite pas forcément une seule FE. L'échec de Bastien en fluence figurale dans l'étude de cas précédente illustre cette idée (Charbonnier *et al.*, 2011). Ce n'est pas tant la capacité à générer des dessins qui pose problème que la mise en œuvre de stratégies efficaces comme en témoigne le nombre élevé de traits générés par dessin (voir aussi par exemple les difficultés de stratégie des enfants TDA/H à la tâche de Hayling ; Shallice, Marzocchi, Coser, Del Savio, Meuter & Rumiati, 2002). Il n'est donc pas étonnant de constater des courbes développementales tributaires des tâches utilisées, d'autant que l'ergonomie même des tests peut influencer de manière substantielle les effets développementaux (voir l'exemple du Stroop, plus loin). Quoi qu'il en soit, ces particularités du développement et de la structure des FE justifient le fait que l'évaluation doit pouvoir s'appuyer sur plusieurs indicateurs cliniques qu'il convient de confronter, en limitant l'importance à accorder à une tâche ou à une variable donnée.

L'influence du contexte sociodémographique et de la culture au sens large constitue un autre facteur majeur à considérer dans l'équation susceptible de caractériser le développement des processus exécutifs chez l'enfant. Aussi étonnant que cela puisse paraître, l'effet de l'environnement est largement sous-estimé dans le domaine des FE chez l'enfant, malgré plusieurs arguments

empiriques démontrant la nécessité de le prendre en compte systématiquement. Les modélisations théoriques évoquées plus haut, y compris les plus récentes (Diamond, 2013) ne le prévoient aucunement et n'évoquent pas leur potentielle influence. Plusieurs données empiriques démontrent pourtant, par exemple, qu'il existe un effet du genre ou du statut socio-économique sur le développement des FE. Les résultats sont cependant variables d'une étude à l'autre, et au sein d'une même étude, avec de nouveau une influence manifestement significative des tests et des indicateurs pris en compte (pour une revue, voir Roy, 2015b). Une analyse plus nuancée est certainement nécessaire, consistant à considérer certaines variables qui pourraient médianiser la relation entre les facteurs sociodémographiques et l'émergence des FE.

La qualité de la relation parents/enfant ou le degré d'autonomie laissé à l'enfant pourraient par exemple jouer un rôle déterminant dans l'émergence des comportements exécutifs (voir par exemple, Bernier, Carlson & Whipple, 2010). De même, l'essor récent des travaux conduits dans une perspective interculturelle doit nous inciter à considérer le développement des FE comme tributaire de la culture dans laquelle l'enfant grandit (pour une revue, voir Er Rafiqi, Roukoz, Le Gall & Roy, 2017). Les travaux dans ce domaine démontrent que les courbes développementales ne sont pas toujours les mêmes selon les pays, en interaction avec les variables sociodémographiques et avec le type de mesure exécutive utilisé. L'étalonnage des outils doit donc garantir un minimum de contrôle des variables liées au contexte.

Enfin, le positionnement central des FE et du cortex préfrontal amène nécessairement à les considérer aux interfaces avec les autres fonctions supérieures. Les interactions multiples et réciproques entre les processus de contrôle exécutif et la mémoire, le langage, les praxies, le calcul et les gnosies, entraînent un risque élevé de confusion et d'interprétation hâtive qui peut avoir des implications dramatiques pour la prise en charge. L'approche « simpliste » de l'échec à la figure de Rey constitue de ce point de vue un exemple représentatif du déficit d'analyse qui accompagne parfois la lecture des tests psychométriques. Il n'est en effet pas rare de voir cette épreuve considérée comme l'indicateur par excellence d'un trouble du traitement visuospatial et/ou des praxies, sans autre forme d'étayage. C'est le cas par exemple pour la neurofibromatose de type 1, pour laquelle il a été montré que les troubles visuospatiaux considérés comme fréquents notamment à partir de la figure de la Rey, étaient en fait pour de nombreux patients la conséquence exclusive d'un déficit à l'étage exécutif (Roy *et al.*, 2010). Le même type d'écueil existe dans la dyspraxie/trouble du développement de la coordination, ce qui contribue à un flou terminologique qui s'exprime par les appellations de dyspraxie visuospatiale ou de dyspraxie exécutive (voir Costini, Remigereau, Roy, Faure & Le Gall, 2014). De fait, il apparaît essentiel que l'utilisation des outils (et leur

interprétation) soit guidée par la théorie – et non l'inverse –, et de s'assurer que la nature des difficultés dans une tâche donnée n'est pas d'origine exécutive (voir aussi Dégeilh, Eustache & Guillery-Girard, 2015, pour l'interaction entre développement exécutif et mnésique).

EN PRATIQUE : LA NÉCESSITÉ D'UNE EXPLORATION STRUCTURÉE, NUANCÉE ET SYSTÉMATIQUE

En regard des difficultés inhérentes à la lecture clinique des troubles des FE chez l'enfant et des connaissances théoriques et empiriques actuelles relatives au développement typique et perturbé de ces processus, il apparaît nécessaire de prendre des précautions pour leur évaluation clinique (voir aussi Roy, 2015a, 2015b). Il s'agit avant tout d'éviter la démarche qui consiste à se baser sur des tâches uniques. À l'inverse, il faut s'appuyer sur des stratégies d'examen structurées, s'inscrivant dans une démarche hypothético-déductive et théoriquement guidée. La modélisation théorique proposée par Diamond (2013), bien que discutable par plusieurs aspects, constitue un exemple de repère intéressant dans cette perspective car confortée par plusieurs données empiriques. Le caractère composite et interdépendant, largement reconnu pour les processus exécutifs, justifie dans ce contexte une expertise multiple, intégrant diverses mesures supposées impliquer les différentes facettes des FE, parmi lesquelles la planification, l'inhibition, la flexibilité mentale et la mémoire de travail. Il s'agit de favoriser l'émergence d'indices convergents, pour limiter le risque d'obtenir des résultats qui soient tâche-dépendants et donc moins fiables. Par ailleurs, une « microanalyse » des performances aux épreuves est à préconiser (Anderson, 1998), consistant à ne pas se limiter à un score composite mais plutôt à différencier la nature des réponses. Concrètement, et pour reprendre les exemples évoqués précédemment, il est souhaitable de prendre en compte le temps de réponse et le nombre de productions correctes au *Hayling*, au *Stroop* ou en *Fluence de dessins*, mais également les erreurs et leur nature, ainsi que la stratégie utilisée par l'enfant lorsqu'elle peut être mesurée.

S'agissant du manque de « pureté » qui caractérise par essence les tâches dites exécutives, il est indispensable de contrôler en amont les facteurs non exécutifs, afin de s'assurer qu'ils ne sont pas à l'origine de l'échec (Denckla, 1996). S'il est spécifique, le désordre exécutif devrait se manifester indépendamment de la modalité d'entrée/d'expression mobilisée par la tâche. Un déficit de flexibilité mentale spontanée, supposé par exemple à partir d'une tâche de fluence verbale, doit être interrogé en regard des ressources langagières de l'enfant, et doit pouvoir être confirmé en modalité non verbale (fluence de dessin), si l'on considère qu'il est sous-tendu par un problème central de contrôle exécutif. En cas de doute, il est préférable de renoncer à évaluer/conclure à une perturbation d'un processus exécutif si la modalité

d'entrée/de sortie correspondante est entravée (la fluence verbale a peu d'intérêt pour apprécier les FE en cas de trouble avéré du langage). Une alternative consiste à procéder par soustraction de processus (Rabbitt, 1997), afin d'examiner de manière différentielle les facteurs en jeu dans l'échec. Plusieurs épreuves psychométriques se prêtent à cette procédure, bien qu'elles ne soient pas étalonnées et normées en ce sens. C'est le cas de la figure de Rey, évoquée précédemment : en jouant sur la charge exécutive de la tâche, il est possible de différencier la part de l'échec liée à la mobilisation défaillante des FE, en particulier des stratégies de planification (par où commencer, dans quel ordre, selon quelle méthode), de celle inhérente aux processus non exécutifs (praxies visuoconstructives, gnosies visuelles...). Une méthode consiste à proposer la copie par étapes successives, ce qui doit conduire à une normalisation de la performance (déficiente en copie spontanée) en cas de déficit exécutif exclusif, ou du moins partiellement en cas de trouble exécutif combiné à une atteinte instrumentale. Si, à l'inverse, la progression apportée avec l'aide à la planification est limitée, l'hypothèse dysexécutive ne peut être retenue. Des dispositifs similaires sont envisageables dans diverses épreuves (voir, par exemple, l'aide au programme dans le *test du Zoo* ; Emslie, Wilson, Burden, Nimmo-Smith & Wilson, 2003).

En pratique, trois types d'outils sont à disposition du clinicien pour évaluer les FE de l'enfant. L'entretien clinique est l'un d'entre eux, et certainement le plus important dans le cadre de l'examen psychologique en général. Il constitue une première grille de lecture des difficultés rapportées par l'entourage et parfois par l'enfant lui-même (Anderson, 1998). Outre l'analyse des plaintes spontanées, il est essentiel d'interroger systématiquement la problématique des troubles exécutifs dans la vie quotidienne, en particulier à la maison et à l'école. Compte tenu de la pluralité des manifestations possibles, comme nous l'avons vu dans les cas cliniques présentés plus haut, et de leur possible confusion avec les autres atteintes des fonctions supérieures, un recueil précis doit être effectué, en prenant appui sur les diverses activités à travers lesquelles un dysfonctionnement exécutif peut transparaître chez l'enfant (autonomie des actes de la vie quotidienne, activités de loisirs, sport, travail scolaire, relations avec les pairs, etc.). De manière complémentaire, le comportement de l'enfant pendant l'examen, en particulier pendant l'administration des épreuves, peut fournir des indices cliniques supplémentaires en faveur d'un défaut de régulation ou de métacognition renvoyant à la symptomatologie dysexécutive. Compte tenu de l'immatrité de ces dimensions de contrôle exécutif, cette appréciation clinique reste par définition subjective et très liée à l'âge de l'enfant, mais pourra aider à interpréter les résultats de l'évaluation psychométrique.

Les tests psychométriques basés sur la performance constituent un complément nécessaire à disposition du clinicien. Comme pour tout bilan, ils ne remplacent pas

l'entretien clinique. Habituellement considérés comme des indicateurs plus « fiables » des FE, ils sont supposés offrir un cadre d'examen plus structuré et objectif, étayé par des scores de réussite, d'erreurs ou de temps qui permettent de situer plus précisément les FE de l'enfant par rapport à une norme. Il s'agit de tâches dites « de laboratoire », car conçues de manière artificielle pour appréhender les processus exécutifs sur la base de leur définition théorique. Les tests évoqués précédemment comme le Stroop, les tâches de fluence, ou la figure de Rey en font partie, la plupart ayant été initialement développés et/ou utilisés pour les adultes porteurs de lésions frontales, avant d'être adaptés aux enfants. L'une des critiques principales à l'égard de ces outils, outre leur caractère « impur », a trait à leur caractère hautement structuré et formel, ce qui limite leur aptitude à représenter la mobilisation « réelle » des capacités de contrôle exécutif par l'enfant dans sa vie de tous les jours, et corrélativement questionne leur sensibilité clinique. Autrement dit, la réussite comme l'échec à ces épreuves ne garantit pas automatiquement l'absence ou la présence de dysfonctionnement au quotidien. Comme toutes épreuves standardisées, les résultats restent un des éléments à mettre en perspective avec les autres outils à disposition du clinicien. Il en est de même pour les épreuves d'évaluation de l'intelligence, à travers les échelles classiques de type Wechsler ou K-ABC, qui peuvent fournir des indicateurs cliniques utiles mais ne sauraient se substituer à celles des FE. En effet, la relation entre scores de QI et performances aux tests dits exécutifs n'est pas clairement établie, contrairement à ce que postule Diamond pour l'intelligence fluide (2013). L'isomorphisme entre ces deux concepts reste débattu et contrasté selon les mesures, que ce soit dans le développement typique ou perturbé (voir Roy, 2015b).

Afin de répondre aux limites des tâches classiques basées sur la performance, des outils à vocation plus « écologique » ont été proposés (voir Chevignard, Soo, Galvin, Catroppa & Eren, 2012). Ils sont supposés être plus représentatifs de la vie quotidienne des enfants, là-encore par mimétisme avec la démarche engagée chez l'adulte cérébrolésé depuis les années 90. Les instruments développés dans cette optique peuvent être des épreuves qui visent à simuler la mobilisation des FE dans la vie de tous les jours, en plaçant l'enfant dans une situation plus « ouverte » et proche de sa réalité, comme le fait d'organiser une promenade dans un zoo tout en respectant un certain nombre de contraintes (Emslie *et al.*, 2003). Il peut aussi s'agir de tâches d'observation directe en situation, demandant par exemple de préparer un gâteau, en proposant une analyse qualitative des diverses actions attendues et des comportements inappropriés (Chevignard, Catroppa, Galvin & Anderson, 2010). Enfin, des questionnaires à destination des parents et/ou des enseignants existent, tels que l'inventaire d'évaluation comportementale des FE (BRIEF ; Gioia, Isquith, Guy & Kenworthy, 2000), qui visent à appréhender les difficultés de fonctionnement exécutif au plus près de leurs manifestations dans la vie de tous les jours. Il n'a pas été clairement démontré que les

épreuves dites écologiques étaient plus sensibles au dysfonctionnement exécutif chez l'enfant, mais la convergence limitée relevée entre questionnaires de vie quotidienne et tâches classiques basées sur la performance ou même entre questionnaires et tests de simulation de la vie quotidienne incite à suggérer qu'ils représentent minimalement des réalités différentes et des outils complémentaires (voir Roy, 2015a).

Reste que le problème majeur des outils existants en France concerne leur validation psychométrique et leurs modalités de standardisation et d'étalonnage. Sans dresser ici un inventaire des forces et faiblesses des outils disponibles (voir Roy, 2015a ; Roy, 2015b), il convient de signaler par exemple que les effectifs sont souvent restreints, avec des tranches d'âge délimitées de manière parfois arbitraire, sans étude de fidélité, et sans considération de variables sociodémographiques qui nécessitent pourtant a minima d'être contrôlées (par exemple, niveau d'études parental) compte tenu de l'état actuel des connaissances. En outre, les études de validité clinique auprès d'enfants français sont restreintes. Parfois également et de manière étonnante, l'adaptation française de certains tests internationaux n'a pas donné lieu à un étalonnage auprès de la population correspondante, ou très partiellement. C'est le cas de la NEPSY II, dont les épreuves sont cliniquement intéressantes, mais dont la validation psychométrique repose sur une proximité plus ou moins avérée entre les données de l'étalonnage américain et néerlandais (la population néerlandaise étant elle-même considérée comme disposant d'une « culture proche » de la population française).

Enfin, il faut indiquer que les paramètres méthodologiques de certaines tâches sont susceptibles de générer des résultats inattendus et au final gênants pour l'évaluation clinique. Le test de Stroop diffusé en France depuis 1999 (Albaret & Migliore) constitue un exemple édifiant puisque les données de l'étalonnage mettent en évidence une *dégradation* des capacités d'inhibition entre 8 et 15 ans, et que l'étude de validité clinique montre de *meilleures* performances des enfants TDA/H en regard des normes (avec donc un risque majeur de faux négatif associé à cette épreuve). Les choix méthodologiques (passation, cotation) sont vraisemblablement à l'origine de ces résultats étonnants, comme le montrent les données totalement divergentes et conformes aux données internationales, retrouvées à partir d'une version différente de l'épreuve auprès d'enfants français (Roy, Kefi, Bellaj, Fournet, Le Gall & Roulin, 2016) et tunisiens (Bellaj, Salhi, Le Gall & Roy, 2016).

Le programme de recherche multicentrique FEE (fonctions exécutives de l'enfant, Roy, Roulin, Le Gall & Fournet, en cours) a été conçu afin de répondre aux limites des outils actuels. Associant des cliniciens spécialisés en neuropsychologie de l'enfant et des universitaires, le projet vise à promouvoir une série de tests d'évaluation des FE étalonnés auprès d'un nombre conséquent d'enfants âgés de 6 à 16 ans, en tenant compte d'un certain nombre de variables sociodémographiques et en examinant leurs propriétés

psychométriques (fidélité, validité). Les différents processus exécutifs habituellement distingués sont considérés, en référence au modèle de Diamond (2013). Plusieurs adaptations sont en cours dans d'autres pays, dans une perspective d'exploration interculturelle. Le premier aboutissement de ce travail a consisté à adapter et valider la BRIEF (Gioia *et al.*, 2000) auprès de la population française (Roy, Fournet, Le Gall & Roulin, 2013). À destination des parents et des enseignants d'enfants âgés de 5 à 18 ans, le questionnaire permet d'approcher les différentes facettes des FE (incluant les aspects froids et chauds) à la maison et à l'école, sur la base de différents facteurs dont la structure est proche de celle retrouvée dans la version américaine (Fournet *et al.*, 2015). Sa sensibilité clinique a été éprouvée à travers différents profils de perturbation identifiés chez des patients français présentant une épilepsie (Campiglia, Seegmuller, Le Gall, Roulin, Fournet & Roy, 2014 ; Charbonnier *et al.*, 2011), un trouble du spectre autistique (Gillet *et al.*, 2008), un traumatisme crânien (Chevignard *et al.*, 2017) ou une neurofibromatose de type 1 (Roy *et al.*, 2015). Une version préscolaire de l'outil (3-5 ans) a également été récemment validée en français (Roy & Le Gall, à paraître).

UNE PRÉOCCUPATION POUR LA SCOLARITÉ

La mise en évidence des mécanismes cérébraux engagés dans la construction de certaines compétences scolaires reste récente (Dehaene, 2007 ; 2011) et ce n'est encore que plus récemment que les chercheurs se sont intéressés à l'impact des apprentissages scolaires sur le développement du cerveau (Ansari, 2008 ; Dehaene, Cohen, Morais & Kolinsky, 2015 ; Houdé *et al.*, 2011). Les répercussions de ces découvertes sur les sciences de l'éducation constituent donc un sujet actuel qui reste à accompagner et à redimensionner auprès des enseignants.

Dans le contexte scolaire, les apprentissages s'organisent autour de l'acquisition de savoirs (c'est-à-dire de connaissances), de savoir-faire (autrement dit de compétences) mais aussi de savoir-être (ou comportements). À l'école, ces trois types de savoirs interagissent les uns avec les autres, permettant ainsi à chaque élève d'être dans un positionnement singulier pour la construction de ses apprentissages. Régulés par les fonctions de contrôle cognitif mais aussi par les facteurs comportementaux et environnementaux, ces trois types de savoirs vont, dans des proportions différentes, mobiliser, utiliser et modeler les compétences exécutives de l'élève (Lodenois & Alix, 2015). Ainsi on peut estimer que l'acquisition de connaissances telles que les dates historiques, la file numérique, l'alphabet, la mémorisation de comptines ou de leçons, engagera préférentiellement le versant cognitif des FE (et de manière moindre les aspects affectifs). Donner la date de la prise de la Bastille ou le résultat de « 6×8 » sollicitent davantage les compétences

mnésiques de l'élève que sa flexibilité mentale, par exemple. La construction de savoir-faire, c'est-à-dire de compétences (l'élève devant « être capable de... »), s'appuie sur les habiletés cognitives de l'enfant mais aussi sur l'engagement de ses compétences exécutives, c'est-à-dire des compétences de planification, d'inhibition, de flexibilité mentale ou de mémoire de travail, nécessaires à l'acquisition du « être capable de... » par l'élève. Pouvoir dire que la prise de la Bastille a eu lieu le 14 juillet 1789 est un fait. Mais être capable d'en expliquer le déroulement chronologique en regard des faits historiques engage des habiletés à pouvoir manipuler, organiser, contrôler, hiérarchiser ses connaissances sur le sujet, afin de pouvoir répondre à la tâche demandée. L'aspect « froid » des FE, c'est-à-dire le versant cognitif, joue dans ce contexte un rôle primordial dans la mise en place et l'élaboration des savoir-faire de l'élève.

Les savoir-être, quant à eux, ne sont pas à négliger dans la liste des facteurs conditionnant la réussite de l'élève. Plus ce dernier avance dans sa scolarité, et plus on attend de lui un comportement adapté aux situations et aux exigences qu'il rencontre. Que ce soit dans la capacité à pouvoir réguler ses conflits ou ses relations le liant à ses camarades, ou dans ses possibilités à pouvoir s'engager dans un travail, à oser prendre sa place dans le groupe ou plus largement dans les apprentissages, l'élève doit développer une palette de comportements engageant la prise de décisions affectives, la régulation émotionnelle ou plus largement les compétences de cognition sociale. Le versant affectif des FE – l'aspect dit « chaud » – tient alors un rôle important dans le développement de ces savoir-être. Demander à un élève d'effectuer une analyse critique des actes et faits historiques rattachés à la Révolution française engage non seulement des connaissances et des compétences mais aussi des capacités à pouvoir aborder la question selon différents points de vue, ainsi que l'aptitude à développer une idée tout en étant suffisamment « souple » mentalement pour envisager son vis-à-vis ou accepter une critique de ses propos.

Pour les élèves rencontrant des difficultés exécutives, les conséquences scolaires sont multiples. Leurs apprentissages scolaires prendront souvent des formes complexes et variées, leurs difficultés étant susceptibles de les empêcher de pouvoir inscrire le développement de leurs compétences dans une dynamique suffisante pour pouvoir atteindre le niveau académique attendu (Loper & Murphy, 1985). L'élève peut présenter des difficultés à planifier les étapes utiles à la réalisation d'une tâche donnée, des problèmes dans l'aptitude à élaborer des stratégies opérantes face à des situations problèmes, ou encore manifester un désengagement rapide de l'activité et un manque de mobilisation face à la tâche scolaire. On peut également relever la présence d'obstacles épistémologiques, c'est-à-dire la persistance de conceptions anciennes qui provoquent des erreurs dans l'usage de nouvelles conceptions. Par exemple, l'enfant aura tendance à appliquer les règles de calcul apprises sur les entiers naturels aux fractions et estimer que $2/3 + 4/2 = 6/5$.

Pour un élève atteint d'un syndrome dysexécutif, les répercussions scolaires affecteront donc potentiellement les apprentissages de manière globale, aussi bien dans le champ des savoirs, que des savoir-faire ou savoir-être. Des faiblesses de mémoire de travail impacteront l'ensemble des apprentissages en contraignant les capacités de stockage temporaire des informations. Les activités et les consignes scolaires ne s'organisant pas autour d'une trace écrite deviendront complexes et difficiles à gérer pour l'élève. L'information orale se perd, fusionne, s'altère et le traitement de la tâche scolaire en est affecté. De même, le maintien à l'esprit des données nécessaires à la résolution des problèmes est contraint. La compréhension en lecture pourra également être touchée. L'élève pourra être en difficulté pour retenir les informations qu'on lui a lues ou qu'il a pu lire, fusionnant entre eux des pans de l'histoire, mélangeant les personnages, avec comme conséquences des actions « floues » ou qui tendent à s'effacer. Des troubles de la planification impacteront les possibilités de pouvoir établir une démarche, une démonstration, un programme de construction en mathématique ou encore l'organisation d'une sortie scolaire. Ils pourront aussi se manifester en production d'écrit par des difficultés de cohérence et de cohésion des épisodes qui font avancer le récit, et des arguments qui relient les épisodes entre eux.

Un excès ou un défaut d'inhibition impacteront non seulement le comportement de l'élève, son rapport au groupe, aux adultes mais aussi aux apprentissages. L'éventail des conséquences est large et peut aller d'une incapacité à entrer dans une activité (excès d'inhibition) à une incapacité à pouvoir en assurer sa régulation (par manque d'inhibition). Les troubles attentionnels contraindront l'ensemble des tâches et des temps scolaires, rendant l'élève vite distrait par tout bruit ou mouvement parasite, l'empêchant souvent d'arriver à la fin de son travail et rendant impossible la gestion de plusieurs tâches (écouter l'enseignant tout en prenant des notes écrites en suivant une projection de documents au tableau). Enfin, les problèmes de flexibilité cognitive se traduiront souvent chez l'enfant par une difficile acceptation de tout changement (changement d'activité, de lieu, d'enseignant) ainsi que par des difficultés à pouvoir modifier son point de vue, ce qui est une compétence nécessaire aux domaines scientifiques, littéraires, sportifs et à toute interaction.

Les recherches menées auprès d'élèves présentant des troubles d'apprentissage (Poissant, 2000) montrent l'importance que jouent les compétences autorégulatrices de l'élève sur ses performances scolaires (Barth, 1993). Il est donc essentiel de permettre aux enseignants de développer leurs connaissances et leurs compétences en matière de repérage des difficultés liées aux fragilités exécutives de leurs élèves, afin de penser des réponses pédagogiques adaptées aux besoins spécifiques de chacun (Lodeno & Alix, 2015).

CONCLUSION

La problématique des troubles du contrôle exécutif chez l'enfant a connu des avancées scientifiques non négligeables depuis une trentaine d'années. S'il n'existe pas encore de critères de diagnostic établis, plusieurs repères cliniques et empiriques existent, qui favorisent l'idée que le risque de perturbation des FE est élevé dans de nombreux contextes médicaux et psychologiques. Pour autant, les manifestations sémiologiques peuvent prendre de multiples visages, dont l'expression ou le retentissement n'est parfois perçu que tardivement, ou du moins à distance de l'identification de la maladie ou de la survenue d'une lésion cérébrale. Le repérage formel des troubles exécutifs est d'autant plus délicat qu'ils se situent aux interfaces avec le développement psychologique au sens large, contribuant à complexifier davantage encore leurs modes d'expression. De surcroît, si l'on retient que les FE sont par définition sujet dépendantes, alors l'influence des facteurs sociodémographiques et environnementaux (en particulier ceux liés à la culture) ne peut plus être ignorée, et contribue probablement à influencer la symptomatologie et/ou le retentissement des troubles exécutifs propres à un enfant donné. Par conséquent, leur repérage doit être tout à la fois proactif et systématique, inscrit dans une perspective longitudinale, et adossée à une stratégie d'exploration alliant de manière souple et précise indicateurs cliniques, mesures basées sur la performance et appréciations de la vie quotidienne. C'est dans cette perspective que la dynamique d'expertise pluridisciplinaire, associant professionnels de santé et de l'éducation, est à encourager, afin de garantir les meilleures chances de prise en charge pour l'enfant et ses proches.

Conflits d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt en rapport avec l'article.

RÉFÉRENCES

- ALBARET, J.M. & MIGLIORE, L. (1999). *Manuel du test de Stroop (8-15 ans)*. Paris : Éditions du Centre de psychologie appliquée.
- ANDERSON, P. (2002). Assessment and development of executive function during childhood. *Child Neuropsychology*, 8 (2), 71-82. doi:10.1076/chin.8.2.71.8724
- ANDERSON, S. W., DAMASIO, H., TRANEL, D. & DAMASIO, A. R. (2000). Long-term sequelae of prefrontal cortex damage acquired in early childhood. *Developmental Neuropsychology*, 18 (3), 281-296. doi:10.1207/S1532694202Anderson
- ANDERSON, V. (1998). Assessing executive functions in children: Biological, psychological, and developmental considerations. *Neuropsychological Rehabilitation*, 8 (3), 319-349. doi:10.1080/713755568
- ANSARI, D. (2008). Effects of development and enculturation on number representation in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 9 (4), 278-291.
- BARKLEY, R.A. (1997). Attention-deficit/hyperactivity disorder, self-regulation, and time: toward a more comprehensive theory. *Journal of Developmental Behavioral Pediatrics*, 18, 271-279.
- BARTH, B.-M. (1993). *Le Savoir en construction, former à une pédagogie de la compréhension*. Paris : Retz.
- BELLAJ, T., SALHI, I., LE GALL, D. & ROY, A. (2016). Development of executive functioning in school-age Tunisian children. *Child Neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, 22 (8), 919-954. doi: 10.1080/09297049.2015.1058349
- BERNIER, A., CARLSON, S. M., WHIPPLE, N. (2010). From external regulation to self-regulation: Early parenting precursors of young children's executive functioning. *Child Development*, 81 (1), 326-339. doi:10.1111/j.1467-8624.2009.01397.x
- BROSNAN, M., DEMETRE, J., HAMILL, S., ROBSON, K., SHEPHERD, H. & CODY, G. (2002). Executive functioning in adults and children with developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 40 (12), 2144-2155. doi:10.1016/S0028-3932(02)00046-5
- CAMPIGLIA, M., SEEGMULLER, C., LE GALL, D., ROULIN, J.-L., FOURNET, N. & ROY, A. (2014). Assessment of everyday executive functioning in children with frontal or temporal epilepsies. *Epilepsy and Behavior*, 39, 12-20. doi:10.1016/j.yebeh.2014.07.023
- CHARBONNIER, V., ROY, A., SEEGMULLER, C., GAUTIER, A. & LE GALL, D. (2011). Étude d'un cas de syndrome dysexécutif à prédominance cognitive chez un enfant présentant une épilepsie frontale symptomatique. *Revue de neuropsychologie*, 3 (1), 11-22.
- CHEVIGNARD, M., CATROPPA, C., GALVIN, J. & ANDERSON, V. (2010). Development and evaluation of an ecological task to assess executive functioning post childhood TBI: The children's cooking task. *Brain Impairment*, 11, 125-143. doi:10.1375/brim.11.2.1255
- CHEVIGNARD, M., SOO, C., GALVIN, J., CATROPPA, C. & EREN, S. (2012). Ecological assessment of cognitive functions in children with acquired brain injury: A systematic review. *Brain Injury*, 26 (9), 1033-1057. doi:10.3109/02699052.2012.666366
- CHEVIGNARD, M., KERROUCHE, B., KRASNY-PACINI, A., MARILLER, A., PINEAU-CHARDON, E., NOTTEGHEM, P., PRODHOMME, J., LE GALL, D., ROULIN, J.-L., FOURNET, N. & ROY, A. (2017). Ecological assessment of everyday executive functioning at home and at school following childhood traumatic brain injury using the BRIEF questionnaire. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*. Epub ahead of print. DOI: 10.1097/HTR.0000000000000295
- CHRIST, S. E., HUIJBREGTS, S. C., DE SONNEVILLE, L. M. & WHITE, D. A. (2010). Executive function in early-treated phenylketonuria: profile and underlying mechanisms. *Molecular Genetics and Metabolism*, 99, S22-S32. doi:10.1016/j.ymgme.2009.10.007
- COMALLI, P. E., Jr., WAPNER, S. & WERNER, H. (1962). Interference effects of Stroop color-word test in childhood, adulthood, and aging. *Journal of Genetic Psychology*, 100, 47-53. doi:10.1080/00221325.1962.10533572
- COSTINI, O., REMIGEREAU, C., ROY, A., FAURE, S., LE GALL, D. (2014). Troubles visuospatiaux dans la dyspraxie : Peut-on encore parler de dyspraxie ? *Approche neuropsychologique des apprentissages de l'enfant*, 129, 1-10.
- COSTINI, O., REMIGEREAU, C., LE GALL, D. & ROY A. (2017). Fonctions exécutives et Trouble Développementale de la Coordination : réflexion théorique et sémiologie clinique. *A.N.A.E.* 146, 63-71.
- DEGEILH, F., EUSTACHE, F., GUILLERY-GIRARD, B. (2015). Le développement cognitif et cérébral de la mémoire : de l'enfance à l'âge adulte. *Biologie aujourd'hui*, 209 (3), 249-260. doi:10.1051/jbio/2015026
- DENCKLA, M. B. (1996). Research on executive function in a neurodevelopmental context: application of clinical measures. *Developmental Neuropsychology*, 12 (1), 5-15. doi:10.1080/87565649609540637
- DEHAENE, S. (2007). *Les Neurones de la lecture*. Paris : Odile Jacob.
- DEHAENE, S. (2011). *The number of sense: How the mind creates mathematics - Revised and updated edition*. New York: Oxford University Press.
- DEHAENE, S., COHEN, I., MORAIS, J. & KOLINSKY, R. (2015). Illiterate to literate: behavioural and cerebral changes induced by reading acquisition. *Nature Reviews Neuroscience*, 16 (4), 234-244.
- DENNIS, M. (2006). Prefrontal cortex: Typical and atypical development. In J. Risberg & J. Grafman (Eds.), *The frontal lobes: Development, function and pathology* (pp. 128-162). New York: Cambridge University Press.
- DIAMOND, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168.
- EMSLIE, H., WILSON, C., BURDEN, V., NIMMO-SMITH, I. & WILSON, B. (2003). *Behavioural Assessment of Dysexecutive Syndrome for Children (BADS-C)*. Bury St Edmunds: Thames Valley Test Company.
- ER RAFIQI, M., ROUKOZ, C., LE GALL, D. & ROY, A. (à paraître). Les Fonctions exécutives chez l'enfant : développement, influences culturelles et perspectives cliniques. *Revue de neuropsychologie, neurosciences cognitives et cliniques*.
- ESLINGER, P. J. & BIDDLE, K. R. (2000). Adolescent neuropsychological development after early right prefrontal cortex damage. *Developmental Neuropsychology*, 18 (3), 297-329. doi:10.1207/S1532694203Eslinger
- ESLINGER, P. J., BIDDLE, K., PENNINGTON, B. & PAGE, R. B. (1999). Cognitive and behavioral development up to 4 years after early right frontal lobe lesion. *Developmental Neuropsychology*, 15 (2), 157-191. doi:10.1080/87565649909540744
- FOURNET, N., ROULIN, J.-L., MONNIER, C., ATZENI, T., COSNEFROY, O., LE GALL, D. & ROY, A. (2015). Multigroup confirmatory factor analysis and structural invariance with age of the Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF) - French version. *Child Neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, 21 (3), 379-388. doi:10.1080/09297049.2014.906569
- GERSTADT, C.L., HONG, Y.J. & DIAMOND, A. (1994). The relationship between cognition and action: Performance of children 3 ½-7 years old on a Stroop-like day-night test. *Cognition*, 53 (2), 129-153.
- GILLET, P. (2013). *Neuropsychologie de l'autisme chez l'enfant*. De Boeck Solal.
- GILLET, P., CARRADO, M., LENOIR, P., ROY, A., ALLAIN, P., BLANC, R. & BARTHELEMY, C. (2008). Fonctions exécutives chez l'enfant avec autisme : Évaluation comportementale. *Revue de neuropsychologie, neurosciences cognitives et cliniques*, 18 (3), 225-243.
- GIOIA, G. A., ISQUITH, P. K., GUY, S. C. & KENWORTHY, L. (2000). *Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF)*. Lutz: Psychological Assessment Resources.
- GIOIA, G. A., ISQUITH, P. K., GUY, S. C. & KENWORTHY, L. (2000). *Behavior Rating Inventory of Executive Function*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- HOUDÉ, O., PINEAU, A., LEROUX, G., POIREL, N., PERCHEY, G., LANOË, C. et al. (2011). Functional magnetic resonance imaging study of Piaget's conservation-of-number task in preschool and school-

- age children: A neo-Piagetian approach. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110(3), 332-346.
- LEHTO, J. E., JUUJÄRVI, P., KOOISTRA, L. & PULKKINEN, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21 (1), 59-80.
- LEVIN, H. S. & HANTEN, G. (2005). Executive functions after traumatic brain injury in children. *Pediatric Neurology*, 33 (2), 79-93. doi:10.1016/j.pediatrneurol.2005.02.002
- LODENOS, V. & ALIX, E. (2015). Fonctions exécutives : quelle réalité scolaire ? *Développements*, 7 (18-19), 41-57.
- LOPER, A. B., & MURPHY, D. M. (1985). Cognitive self-regulatory training for underachieving children. In Forrest-Pressley D-L et al., *Metacognition, cognition and human performance* (pp. 223-265). New York: Academy Press.
- LURIA, A. R. (1966). *Higher cortical functions in man*. New York, NY: Basic Books.
- MATTSON, S. N., CROCKER, N. & NGUYEN, T. T. (2011). Fetal alcohol spectrum disorders: neuropsychological and behavioral features. *Neuropsychology Review*, 21 (2), 81-101. doi:10.1007/s11065-011-9167-9
- MULDER, H., PITCHFORD, N. J., HAGGER, M. S. & MARLOW, N. (2009). Development of executive function and attention in preterm children: a systematic review. *Developmental Neuropsychology*, 34 (4), 393-421. doi:10.1080/87565640902964524
- PATRIKELIS, P., ANGELAKIS, E. & GATZONIS, S. (2009). Neurocognitive and behavioral functioning in frontal lobe epilepsy: a review. *Epilepsy and Behavior*, 14 (1), 19-26. doi:10.1016/j.yebeh.2008.09.013
- POISSANT, H. (2000). La métacognition chez les enfants présentant des troubles de l'attention avec ou sans hyperactivité. *Revue canadienne de psycho-éducation*, 29 (2), 171-184.
- RABBITT, P. (1997). Introduction: Methodologies and models in the study of executive functions. In P. Rabbitt (Ed.), *Methodology of frontal and executive function* (pp. 1-38). Hove: Psychology Press.
- ROSKAM, I., KINOO, P. & NASSOGNE, M.-C. (2007). L'enfant avec troubles externalisés du comportement : approche épigénétique et développementale. *Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence*, 55, 204-213. doi:10.1016/j.neurenf.2007.01.005
- ROY, A. (2015a). Les Fonctions exécutives chez l'enfant : des considérations développementales et cliniques à la réalité scolaire. *Développements*, 7 (18-19), 13-40.
- ROY, A. (2015b). Approche neuropsychologique des fonctions exécutives de l'enfant : état des lieux et éléments de prospective. *Revue de neuropsychologie, neurosciences cognitives et cliniques*, 7 (4), 245-256.
- ROY, A., BARBAROT, S., CHARBONNIER, V., GAYET-DELACROIX, M., STALDER, J. F., ROULIN, J.-L. & LE GALL, D. (2015). Examining the frontal subcortical brain vulnerability hypothesis in children with neurofibromatosis type 1: Are T2-weighted hyperintensities related to executive dysfunction? *Neuropsychology*, 29 (3), 473-484.
- ROY, A., KEFI, M.Z., BELLAJ, T., FOURNET, N., LE GALL, D. & ROULIN, J.-L. (2016). The Stroop test: A developmental study in a French children sample aged 7 to 12 years. *Psychologie française*. Advance online publication. http://dx.doi.org/10.1016/j.psfr.2016.08.001
- ROY, A. & LE GALL, D. (à paraître). *Adaptation et validation en français de l'Inventaire comportemental d'évaluation des fonctions exécutives - version préscolaire (BRIEF-P : Behavior Rating Inventory of Executive Function - Preschool version)*. Paris : Hogrefe.
- ROY, A., ROULIN, J.-L., CHARBONNIER, V., ALLAIN, P., FASOTTI, L., BARBAROT, S., STALDER, J.-F., TERRIEN, A. & LE GALL, D. (2010). Executive dysfunction in children with neurofibromatosis type 1: A study of action planning. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16, 1056-1063. doi:10.1017/S135561771000086X
- ROY, A., FOURNET, N., LE GALL, D. & ROULIN, J.-L. (2013). *Adaptation et validation en français de l'Inventaire comportemental d'évaluation des fonctions exécutives (BRIEF: Behavior Rating Inventory of Executive Function)*. Paris : Hogrefe.
- ROY, A., LE GALL, D., ROULIN, J.-L. & FOURNET, N. (2012). Les fonctions exécutives chez l'enfant : approche épistémologique et sémiologie clinique. *Revue de neuropsychologie, neurosciences cognitives et cliniques*, 4 (4), 487-497. doi:10.1684/nrp.2012.0242
- SHALLICE, T., MARZOCCHI, G. M., COSER, S., DEL SAVIO, M., MEUTER, R. F. & RUMIATI, R. I. (2002). Executive function profile of children with attention deficit hyperactivity disorder. *Developmental Neuropsychology*, 21 (1), 43-71. doi:10.1207/S15326942DN2101_3
- SONUGA-BARKE, E. J. (2002). Psychological heterogeneity in AD/HD - a dual pathway model of behaviour and cognition. *Behavioral Brain Research*, 130, 29-36. doi:10.1016/S0166-4328(01)00432-6
- STUSS, D. T. & BENSON, D. F. (1986). *The frontal lobes*. New York: Raven Press.
- TRANEL, D. & ESLINGER, P. J. (2000). Effects of early onset brain injury on the development of cognition and behavior: Introduction to the special issue. *Developmental Neuropsychology*, 18 (3), 273-280. doi:10.1207/S1532694201Tranel
- ZELAZO, P.D. & MÜLLER, U. (2002). Executive functions in typical and atypical development. In U. Goswami (Ed.), *Handbook of childhood cognitive development* (pp. 445-469). Oxford: Blackwell.