

Les fonctions exécutives de l'enfant

Sous la direction d'Arnaud Roy, Nathalie Fournet,
Didier Le Gall et Jean-Luc Roulin



Collection Neuropsychologie

Les fonctions exécutives de l'enfant

Approches théoriques et cliniques

Coordonné par Arnaud Roy, Nathalie Fournet,
Didier Le Gall et Jean-Luc Roulin

© De Boeck Supérieur s.a., 2021
15, allée de la 2^e DB, 75015 Paris
Rue de Bosquet, 7 – B-1348 Louvain-la-Neuve

Pour toute information sur notre fonds et nos nouveautés,
consultez notre site web :

www.deboecksuperieur.com

Mise en page : PCA

Tous droits réservés pour tous pays.

Il est interdit, sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, de reproduire (notamment par photocopie) partiellement ou totalement le présent ouvrage, de le stocker dans une banque de données ou de le communiquer au public, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit.

Les droits d'auteur de cet ouvrage sont intégralement reversés
à l'Association Neurofibromatoses et Recklinghausen.

Dépôt légal :
Bibliothèque nationale, Paris : septembre 2021
Bibliothèque royale de Belgique, Bruxelles : 2021/ 13647/083
ISBN : 978-2-8073-2748-1

Table des matières

Introduction	9
---------------------------	----------

PARTIE 1
DÉVELOPPEMENT DES FONCTIONS EXÉCUTIVES,
APPRENTISSAGES ET CULTURE

Chapitre 1. Diversité culturelle et développement des fonctions exécutives chez l'enfant.....	14
T. Bellaj, I. S. Salhi, A. Guerra	
Chapitre 2. Développement du contrôle cognitif au cours de la période préscolaire.....	27
A. Blaye	
Chapitre 3. Fonctions exécutives et apprentissages chez l'enfant et l'adolescent	39
M. Cassotti, É. Salvia, A. Aïte	
Chapitre 4. Contrôle exécutif, cerveau et apprentissages scolaires	51
G. Borst	
Chapitre 5. Écrans numériques et développement des fonctions exécutives : que sait-on aujourd'hui?.....	60
C. Combes	

PARTIE 2
SYNDROMES DYSEXÉCUTIFS DE L'ENFANT :
LÉSIONS ACQUISES, TROUBLES
DU NEURODÉVELOPPEMENT ET PSYCHOPATHOLOGIE

Chapitre 6.	Pourquoi les fonctions exécutives sont-elles vulnérables chez les enfants cérébrolésés ?	74
	V. Anderson	
Chapitre 7.	Développement des fonctions exécutives en cas de lésion cérébrale acquise : le cas particulier des enfants soignés pour une tumeur cérébrale	82
	J. Roche	
Chapitre 8.	Troubles des fonctions exécutives chez l'enfant prématuré : axes de réflexions pour une prise en soin intégrative et ajustée.....	94
	O. Cadeau, V. Charbonnier, J.-B. Muller	
Chapitre 9.	Fonctions exécutives et épilepsie	113
	M. Campiglia, D. Breuillard, P. Van Bogaert	
Chapitre 10.	Déficit des fonctions exécutives dans les troubles psychopathologiques de l'enfant	128
	N. Fournet, M. Bouvard, C. Potard, É. Riquin, A. Fradin	
Chapitre 11.	Troubles des fonctions exécutives et trouble développemental de la coordination : réflexions théoriques et cliniques dans le champ des troubles neurodéveloppementaux.....	142
	O. Costini, C. Remigereau	
Chapitre 12.	Troubles neurodéveloppementaux et atteintes exécutives : le modèle des pathologies neuromusculaires pédiatriques	166
	N. Angeard	
Chapitre 13.	Syndromes neurogénétiques : regards croisés sur l'hyperphénylalaninémie et la neurofibromatose de type 1	184
	M. Canton, J. Remaud, L. Paermentier, A. Cano, J. Besnard, S. Barbarot, A. Roy	

Chapitre 14. L'attention et les fonctions exécutives dans la microdélétion 22q11.2.....	211
J. Maeder	

PARTIE 3

STRATÉGIES D'ÉVALUATION ET PRISE EN CHARGE DES TROUBLES DES FONCTIONS EXÉCUTIVES CHEZ L'ENFANT

Chapitre 15. Executive functions in the everyday behavior of children: Multimodal assessment and intervention.....	228
G. A. Gioia, P. K. Isquith	
Chapitre 16. Une nouvelle batterie d'évaluation des fonctions exécutives destinée aux enfants [FÉE] : Enjeux scientifiques et cliniques	240
A. Roy, A. Guerra, N. Fournet, D. Le Gall, J.-L. Roulin	
Chapitre 17. D'une approche processuelle à une approche représentationnelle des fonctions exécutives chez l'enfant et l'adolescent : l'exemple de la tâche 'Scripts'	271
P. Allain, L. Iralde	
Chapitre 18. Interventions visant à améliorer le fonctionnement exécutif chez l'enfant cérébro-lésé	286
M. Cheignard, A. Krasny-Pacini, H. Lebrault	
Chapitre 19. La rééducation de la mémoire de travail chez l'enfant : mission impossible ?	311
S. Majerus	
Chapitre 20. Prise en charge d'une adolescente présentant des troubles sévères des fonctions exécutives à la suite d'un traumatisme crânien précoce : le cas d'Émilie	319
C. Huon, B. Schoentgen	
Chapitre 21. « En PISTE » pour adapter la remédiation des fonctions exécutives auprès d'adolescents avec un Trouble du Spectre de l'Autisme	349
D. Bastard-Rosset, A. Bejeannin	

Introduction

La vulnérabilité particulière des réseaux préfrontaux impliqués dans le développement précoce et prolongé des fonctions exécutives est désormais étayée par de nombreux travaux issus de contextes cliniques variés. Le champ des lésions cérébrales précoces (traumatisme crânien, tumeurs cérébrales, épilepsie, prématurité...) a fortement contribué à identifier la symptomatologie dysexécutive dans la population pédiatrique. Par ailleurs, un développement atypique des habiletés exécutives a été relevé dans la plupart des troubles du neurodéveloppement (trouble du spectre de l'autisme, du déficit de l'attention avec hyperactivité, du langage et des apprentissages...), mais aussi dans le contexte des maladies neurogénétiques, des cardiopathies congénitales ou encore du syndrome d'alcoolisation fœtale. Plus récemment et plus globalement, des données croissantes issues de la psychopathologie infantile convergent vers l'idée d'une perturbation du fonctionnement exécutif dans la dépression et l'anxiété, les troubles des conduites, le syndrome de stress post-traumatique, les troubles des conduites alimentaires ou encore le trouble obsessionnel-compulsif.

L'omniprésence des symptômes dysexécutifs dans les contextes pédiatriques évoqués incite à suggérer que ces signes cliniques pourraient constituer un marqueur transdiagnostique de différents types de perturbations développementales, en lien avec un ensemble de facteurs de risque génétiques et environnementaux. Dans cette perspective l'identification, la reconnaissance et la prise en charge des troubles des fonctions exécutives, causés par une perturbation structurelle et/ou fonctionnelle du développement cérébral, représentent aujourd'hui des enjeux considérables d'éducation et de santé publique. En effet, les défis scientifiques et cliniques associés à l'étude de ces processus de contrôle et de régulation du comportement sont fondamentaux, compte tenu de leur implication désormais bien admise dans le développement psychologique, les apprentissages, l'intégration sociale et à terme professionnelle ou encore la qualité de vie.

Afin de contribuer à relever ces défis, l'université d'Angers organise depuis plusieurs années les *Journées Internationales de Neuropsychologie des Lobes Frontaux et des Fonctions Exécutives*. En 2021, la 11^e édition de cette manifestation a été entièrement consacrée à l'enfant. Cet évènement, coorganisé par les Universités d'Angers et de Savoie Mont-Blanc, avait pour ambition de favoriser un état des lieux des connaissances relatives au développement typique et perturbé des fonctions exécutives tout au long de l'enfance et de l'adolescence.

Au regard de l'essor considérable de la neuropsychologie de l'enfant ces dernières années et de sa dimension par essence intégrative, cette 11^e édition s'était donné pour objectif de favoriser une approche pluridisciplinaire et le croisement des divers champs de la psychologie,

de la santé et de l'éducation. Compte tenu de ses implications fondamentales pour appréhender les fonctions exécutives de l'enfant, l'effet du contexte et plus particulièrement de la culture a été positionné au cœur des réflexions. Pour ce faire, des scientifiques experts de la thématique, de jeunes chercheurs et doctorants, ainsi que des cliniciens spécialistes de la population pédiatrique, sont venus échanger et débattre avec le public autour de leurs connaissances et de leurs pratiques.

Cet ouvrage reprend l'essentiel des contributions scientifiques présentées à l'occasion de ce congrès international, souvent de manière plus précise et détaillée que ne le permettent le format et la durée des conférences.

Une première partie est consacrée au **développement typique des fonctions exécutives** de la période préscolaire à l'âge scolaire, aux liens avec les apprentissages, ainsi qu'au rôle central de la culture et de l'environnement au sens large. Le premier chapitre met en perspective les enjeux et les fondements d'une approche neuropsychologique qui intègre la variable culturelle pour mieux comprendre le développement des fonctions exécutives et leurs perturbations chez l'enfant (Tarek Bellaj, Imène Soumaya Salhi et Amanda Guerra). Les trois chapitres suivants abordent le développement typique des différentes composantes des fonctions exécutives pendant l'enfance, et plus spécifiquement le contrôle cognitif chez les jeunes enfants (Agnès Blaye), la mise en jeu des fonctions exécutives dans un contexte affectif (Mathieu Cassotti, Émilie Salvia et Ania Aïte), ou encore leur implication dans les apprentissages scolaires fondamentaux (Grégoire Borst). Le dernier chapitre de cette section porte sur l'influence actuellement débattue des écrans numériques, en examinant de manière critique différents facteurs en lien avec l'usage des écrans par les enfants, mais aussi par leurs parents (Céline Combes).

La deuxième partie s'attarde sur les **syndromes dysexécutifs chez l'enfant**, en croisant les travaux réalisés dans divers contextes pédiatriques, incluant les lésions acquises, les troubles du neurodéveloppement et les psychopathologies. La vulnérabilité précoce des fonctions exécutives chez les enfants cérébrolésés, en particulier après une atteinte des réseaux préfrontaux, fait l'objet du chapitre introductif de cette partie (Vicki Anderson). Les trois chapitres suivants sont consacrés aux enfants soignés pour une tumeur cérébrale (Jeanne Roche), à la prématurité (Olivier Cadeau, Valérie Charbonnier et Jean-Baptiste Muller) et à l'épilepsie (Delphine Breuillard, Mélodie Campiglia et Patrick Van Bogaert). Le chapitre suivant propose une synthèse globale des dysfonctionnements exécutifs dans le cadre des troubles psychopathologiques de l'enfant, incluant les comportements d'externalisation et d'internalisation ainsi que les troubles de la pensée/du spectre psychotique (Nathalie Fournet, Martine Bouvard, Catherine Potard, Élise Riquin et Antoine Fradin). Quatre chapitres complètent cette partie. Ils traitent la question des dysfonctionnements exécutifs dans les troubles du neurodéveloppement, en particulier chez les enfants présentant un trouble développemental de la coordination (Oriane Costini et Chrystelle Remigereau), une pathologie neuromusculaire (Nathalie Angeard), une hyperphénylalaninémie, une neurofibromatose de type 1 (Marie Canton, Julie Remaud, Laetitia Paermentier, Aline Cano, Jérémy Besnard, Sébastien Barbarot, Arnaud Roy), et dans la microdélétion 22q11.2 (Johanna Maeder).

Les stratégies d'évaluation et de prise en charge des perturbations des fonctions exécutives chez l'enfant composent la troisième et dernière partie de cet ouvrage. L'approche des fonctions exécutives au plus près de la vie quotidienne des enfants est d'abord privilégiée à travers une large synthèse consacrée aux inventaires comportementaux de la BRIEF

(Gerard Gioia et Peter Isquith). Les enjeux scientifiques et cliniques associés à la nouvelle batterie d'évaluation des fonctions exécutives destinée aux enfants [FÉE] sont ensuite présentés, ainsi que l'étalonnage de l'outil auprès de la population française et les adaptations transculturelles en cours (Arnaud Roy, Amanda Guerra, Nathalie Fournet, Didier Le Gall et Jean-Luc Roulin). Une description plus spécifique de la tâche des scripts est proposée dans le chapitre suivant (Philippe Allain et Lydie Iralde). Les autres chapitres sont focalisés sur la rééducation, avec au préalable une large revue critique des principes, des méthodes et de l'efficacité des stratégies de rééducation qui visent à améliorer le fonctionnement exécutif chez l'enfant (Mathilde Chevignard, Agata Krasny-Pacini et Hélène Lebrault), et plus particulièrement celui de la mémoire de travail (Steve Majerus). Les deux derniers chapitres ont vocation à illustrer les paradigmes de remédiation mis en place concrètement sur le terrain clinique à travers deux contextes cliniques connus pour présenter un risque de syndrome dysexécutif, à savoir le traumatisme crânien (Caroline Huon et Bertrand Schoentgen) et le trouble du spectre de l'autisme (Delphine Bastard-Rosset et Annick Bejeannin).

Nous espérons que cet ouvrage, qui est le premier en langue française à proposer une synthèse collective des connaissances scientifiques dans le domaine des fonctions exécutives de l'enfant, saura répondre aux attentes des cliniciens, chercheurs, enseignants et étudiants, et qu'il contribuera à faire avancer la cause des enfants en général, et celles des patients présentant des anomalies du développement cérébral en particulier.

Un grand merci à tous les auteurs pour leur forte implication dans la finalisation de cet ouvrage. Un petit clin d'œil amical également à toutes les équipes du groupe FÉE qui ont directement ou indirectement contribué aux avancées scientifiques qui sont présentées dans plusieurs des chapitres. Nos remerciements également aux Éditions De Boeck qui accueillent ce travail.

Arnaud Roy, Nathalie Fournet, Didier Le Gall et Jean-Luc Roulin,

Le 2 août 2021

PARTIE 1

DÉVELOPPEMENT DES FONCTIONS EXÉCUTIVES, APPRENTISSAGES ET CULTURE

Chapitre 1

Diversité culturelle et développement des fonctions exécutives chez l'enfant

Tarek Bellaj,

*Psychology program, Social Sciences
Department, Qatar University, Qatar*

Adresse de correspondance : tarek.bellaj@gmail.com

Imène Soumaya Salhi,

*Département de Psychologie, Faculté des
Sciences Humaines et Sociales de Tunis,
Université de Tunis, Tunisie*

Amanda Guerra,

*Programa de Pós-Graduação de Psicologia,
Universidade Federal do Rio Grande
do Norte, Natal, Brazil
Univ. Angers, Université de Nantes, LPPL,
SFR Confluences, F-49000 Angers, France*

Introduction

La neuropsychologie a longtemps négligé la question de la différence culturelle. Nous tenterons, dans ce chapitre, de montrer comment le fonctionnement et/ou le dysfonctionnement cérébral, cognitif, social, émotionnel et comportemental d'un enfant sont en grande partie conditionnés par les expériences développementales dans un contexte social, culturel et environnemental particulier et comment ces influences se répercutent sur la situation clinique d'évaluation et de réhabilitation neuropsychologique dans le domaine du contrôle exécutif.

Ainsi, pour illustrer la part des facteurs de développement individuel et culturel dans la variance des performances des enfants face à des tâches variées, un grand nombre d'auteurs s'est intéressé à l'étude de fonctions mentales dites supérieures, considérées comme primordiales pour le développement cognitif, mais aussi scolaire et social de l'enfant. Parmi ces dernières, un regain d'intérêt s'est fait valoir pour l'étude des fonctions exécutives (FE). Elles ont, dans ce sens, fait l'objet d'un grand nombre de travaux transculturels auprès de l'enfant et ayant conclu non seulement aux effets potentiels de variables sociodémographiques dans

l'expression de différentes composantes exécutives, mais également à des différences inter-culturelles. Ces données obligent alors les chercheurs travaillant dans ce domaine, à tenir compte de ces variables lors de l'évaluation des FE dans des contextes différents (Roukoz et al., 2017).

Dès lors, l'objectif de ce chapitre réside dans la volonté d'intégrer la variable culturelle à la compréhension du développement exécutif cognitif et comportemental de l'enfant. Plus encore, nous cherchons à montrer qu'il est possible non seulement de réaliser une telle intégration, mais aussi qu'en l'absence de celle-ci, nous courrons le risque de remettre en question l'essence même de l'étude du comportement humain. Pour asseoir cet objectif, ce chapitre abordera différentes questions en lien avec les spécificités socioculturelles de pays aux ressources limitées où la question des rapports entre nature et culture se pose plus que jamais. Nous nous attarderons au préalable sur les enjeux et les fondements d'une approche neuropsychologique culturelle, avant de revenir plus spécifiquement à la question des fonctions exécutives de l'enfant, et aux connaissances actuelles relatives aux effets de la culture sur leur développement.

1. Une neuropsychologie culturelle : quand le biologique et le culturel se rencontrent

Pendant longtemps, la neuropsychologie a conféré à la culture un rôle marginal, voire pittoresque, sans fondement sérieux, sans importance. Cette idéologie foncièrement fallacieuse vient s'opposer au principe même de l'évolution et du développement de l'individu. En effet, dans le cerveau de chacun se nouent trois évolutions. Une évolution phylogénétique renvoyant à l'histoire des espèces, dictée par le processus de la sélection naturelle qui marque le passage, au sommet de la hiérarchie, du singe à l'homo sapiens. Vient ensuite une autre forme d'évolution, celle du développement individuel, épigénétique. Il s'agit de l'empreinte du monde extérieur sur le cerveau. C'est un processus maturationnel où vont entrer en lien des facteurs génétiquement inscrits, appelés facteurs d'évolution que le bébé, dès sa conception, partage par le biais de son patrimoine génétique avec son milieu familial, et des facteurs environnementaux englobant les interactions avec l'environnement, les échanges constants et les expériences variées, à l'origine de sélections et de remaniements au sein des réseaux neuronaux, déterminant l'histoire individuelle et exclusive de chacun. Enfin, une dernière évolution, celle des cultures est rendue possible par les exceptionnelles capacités d'apprentissage de l'être humain. C'est au sens large qu'il faut appréhender le concept de *culture*, défini en tant que variable contextuelle et environnementale capable de modifier un cerveau loin d'être immuable.

Selon Cole (2005), la culture réfère aux outils autant matériels que symboliques qui s'accumulent au fil du temps, transmis par le biais de processus sociaux qui organisent les activités des enfants dans l'interaction avec leur environnement. À cet égard, des preuves solides fondées sur des modèles animal et humain, issus des champs de la neuro-anthropologie et des neurosciences culturelles montrent comment l'expérience modifie le cerveau et comment la culture le façonne (Bellaj et al., 2020). Il s'agit principalement des modèles établis à partir des expériences fondées sur la privation sensorielle et l'apprentissage opérant (McLaughlin et al., 2014). Ces données et bien d'autres montrent comment la plasticité

cérébrale, dont un cerveau encore immature doté au cours de son développement, serait modulée par les expériences de privation précoce, susceptibles d'altérer de manière permanente l'organisation structurelle et fonctionnelle du système nerveux (Morishita & Hensch, 2008). À contrario, les expériences d'apprentissage exposent l'espèce humaine à des environnements riches en stimulations sociales et cognitives, complexes et variées, qui agiraient à un âge précoce sur l'organisation neurofonctionnelle du cerveau à partir d'un phénomène d'élagage neuronal, procédant par l'élimination des cellules surnuméraires, en réponse à un phénomène de spécialisation cérébrale (Huttenlocher et al., 1982).

De ce qui précède, force est de constater que ce qui permet de différencier les cerveaux des nourrissons humains de ceux des animaux, ce sont leurs extraordinaires capacités d'apprentissage et le fait qu'ils soient capables de créer à partir de cet apprentissage (Tomasello, 2004). Dans ce registre, Cole (2005) souligne de nouveau que bien qu'il existe des preuves de transmission culturelle chez les espèces non humaines, les êtres humains sont uniques dans leur besoin vital d'une inscription culturelle nécessaire au maintien et à la reproduction des sociétés humaines. De fait, l'idée de concevoir que le comportement humain serait la résultante et à sens unique du fonctionnement dit « normal » d'un cerveau, identique chez toutes les personnes de même âge, sexe et niveau d'études, postulat de transparence si cher à la neuropsychologie cognitive, risquerait de masquer les spécificités individuelles et environnementales façonnant le comportement humain. Adopter un tel raisonnement revient à négliger les connaissances accumulées sur la question des rapports entre nature et culture. Mais, si l'on ne peut plus nier le rôle joué par la culture dans la construction du comportement, apanage des sociétés humaines, pourquoi est-il encore si difficile aujourd'hui d'intégrer la culture à l'étude de l'esprit, et plus encore à l'étude du développement cognitif? Aussi, la pluralité culturelle qui anime la diversité de nos sociétés, pose actuellement des défis scientifiques majeurs, mais aussi éthiques liés à la pratique psychologique qu'il est incontestable de nier. Cette nécessité est de rigueur au regard des demandes grandissantes de services neuropsychologiques qui doivent répondre au respect de l'éthique énoncée par l'American Psychological Association (APA, 2002). Cette obligation est loin d'être garantie étant donné que les savoirs, les outils d'évaluation et de réhabilitation ainsi que les possibilités de prise en charge thérapeutique développés dans ce domaine ont été conçus pour des individus provenant exclusivement de sociétés occidentales dont les caractéristiques éducatives, industrielles ou politiques sont loin d'être équivoques lorsqu'il s'agit de pays non occidentaux (Henrich et al., 2010). Il suffit de consulter la littérature internationale conduite sur la question des comparaisons transculturelles des capacités neuropsychologiques chez les individus, pour se rendre compte que jusqu'en 2011, moins de 5 % des travaux cités ont été entrepris dans ce cadre (Bellaj et al., 2020).

Néanmoins, depuis une décennie, une nouvelle approche des fonctions cognitives, sociales et émotionnelles, en contexte de normalité ou de perturbation, a émergé. Il s'agit de l'approche interculturelle. Jusqu'à récemment, cette dernière visait à mettre à l'épreuve la généralité de théories établies empiriquement sur des populations d'une culture donnée, le plus souvent la culture occidentale. Historiquement, le concept d'interculturalité a émergé de deux positions contradictoires, chacune motivée par des idéologies implicites alimentant les conceptions antagonistes de l'universalité et de la diversité des patterns comportementaux, amenant à considérer la notion de différence ou de rencontre culturelle. La première réfère à une comparaison de cultures différentes. La seconde évoque un entre-deux, celui d'une rencontre fondée sur le rejet de la comparaison interculturelle, le

refus d'une hiérarchisation des cultures. Par contre, la valorisation des différences culturelles peut être aussi comprise comme le rejet d'une destruction de l'originalité de cultures particulières. Néanmoins, la validité des données de la recherche scientifique ne peut être conçue que si elle est envisagée à la fois comme une rencontre et une comparaison. À ce niveau, se pose aussi la question de l'intégration du biologique et du culturel. Beaucoup d'exemples peuvent servir de point d'achoppement à ces deux conceptions. Ces derniers trouvent leur fondement dans l'étude du développement cognitif de l'enfant. Ainsi, suite à l'élaboration et la diffusion de la théorie constructiviste de Piaget (1976), les chercheurs se sont intéressés à vérifier si l'organisation hiérarchique en stade de développement cognitif était retrouvée chez tous les enfants, indépendamment de leur appartenance culturelle. Autrement dit, la question était de savoir s'il s'agissait d'un modèle universel du développement de la pensée logique.

Les données issues de travaux empiriques ont montré que si pour des ethnies particulières, il a été difficile de mettre en vigueur des manèges courants de la pensée formelle, les acquisitions relatives au stade sensori-moteur, l'accès à la pensée symbolique ou encore aux opérations concrètes se retrouvaient dans toutes les populations étudiées. Ainsi, étant donné que ces acquisitions se mettent en place sous l'influence répétée et adéquate de l'exposition à l'environnement, il est possible alors de conclure que l'approche interculturelle permet d'évaluer la part des composantes biologiques des comportements humains. De ce fait, l'hypothèse d'une origine biologique peut être soutenue. L'enfant acquiert donc des compétences motrices par le jeu normal de tout son système sensori-moteur. Il acquiert sa langue maternelle par le jeu de ses capacités auditives, bucco-faciales et phonatoires et, enfin, acquiert les représentations imaginées par le jeu de sa vision (Mazeau, 2008).

Dès lors, la comparaison de plusieurs cultures permet d'analyser l'effet de chacune des variables en considérant la situation comme une expérience naturelle. Néanmoins, cette opération n'est rendue possible que si l'on suppose que le socle de toutes les cultures soit bien connu et que les cultures étudiées soient choisies en fonction du comportement cible. Ainsi, les résultats d'études interculturelles peuvent amener à s'interroger sur l'impact, dans le travail scientifique, des croyances implicites des chercheurs d'une culture donnée. S'agissant du développement de l'enfant, le système de valeurs des sociétés occidentales amène à se focaliser sur certains problèmes et certains mécanismes, à valoriser certaines expériences, mais aussi à méconnaître d'autres facteurs et d'autres formes de développement (Bellaj & Le Gall, 2016). En somme, la combinaison des deux axes précédents, soit celui du biologique et du culturel et in extenso de l'universel et du spécifique, rend compte de la complexité idéologique de la recherche interculturelle. Appliquée au domaine du développement neurocognitif de l'enfant, elle permet d'affirmer que ce dernier se produit dans un contexte particulier qui en contraint les étapes et la forme, et une valorisation des rencontres interculturelles s'avère nécessaire pour l'ouverture de la cognition de l'enfant sur le monde (Bellaj et al., 2020). Aussi, il existerait des différences culturelles du développement cognitif qui seraient associées à une diversité de pratiques éducatives et une hiérarchisation de ces différences permet de valoriser certaines conditions de développement par rapport à d'autres.

Il est vrai que jusqu'au siècle dernier, les théories du développement cognitif de l'enfant avaient pour principal souci d'élaborer une œuvre de portée internationale. Aujourd'hui, cette conception devient illusoire. La réalité scientifique réside désormais dans la coexistence de théories différentes, parfois contradictoires ou incompatibles. L'unité fonctionnelle du cerveau a laissé place au principe de la modularité cérébrale et cognitive où des processus

aussi variés que le langage (oral et écrit), la perception, la mémoire, les fonctions visuo-spatiales, les fonctions exécutives et attentionnelles, ou encore la théorie de l'esprit et les émotions ont été isolés (Majerus et al., 2020). S'amorce alors une ère marquée par l'opérationnalisation de ces fonctions au moyen d'épreuves psychométriques ou encore de tests standardisés en vue non seulement d'évaluer les performances de l'individu, dans différents domaines de compétence, et confronté à une diversité de tâches, mais aussi la mise à l'épreuve de généralité de théories établies empiriquement dans d'autres contextes, pour en apprécier la portée interculturelle. Certains chercheurs accordent alors beaucoup d'intérêt au langage, considéré comme un médiateur culturel privilégié susceptible d'exercer un effet sur le développement cognitif (Fernald et al., 2013). D'autres rapportent l'intervention de facteurs de nature différente, exerçant de même une influence non négligeable sur la variance des performances cognitives. Il s'agit principalement de facteurs ayant trait à l'acculturation scolaire, aux croyances religieuses, au contexte économique, ou encore à la localisation géographique pour en citer quelques exemples (Bellaj et al., 2020; Hackman et al., 2015; Farah, 2017; Johnson et al., 2016; Lipina & Evers, 2017; Noble et al., 2005). La prise en considération de l'effet de ces variables dans l'interprétation des résultats issus de différentes tâches a permis de constater qu'il pouvait exister différentes formes de représentation de l'espace chez des groupes d'enfants appartenant à des milieux opposés (rural ou urbain, ou encore culturel) (Bellaj et al., 2018; Dahlman et al., 2013; Pluck et al., 2018). Des différences de performance ont également été relevées entre des groupes d'enfants de cultures différentes, dans des domaines aussi variés que les apprentissages numériques et mathématiques, le développement du langage ou l'élaboration des schémas narratifs (Bellaj et al., 2020; Brooks-Gunn et al., 1997; Farah et al., 2016; Hoff, 2006; Rao et al., 2010; Tang et al., 2006). D'autres travaux se sont par ailleurs intéressés à montrer qu'indépendamment des différences interculturelles, le développement individuel était lui-même hétérogène. Cette considération vient en réponse aux théories actuelles du développement de l'enfant qui n'est plus considéré comme unitaire, mais plutôt comme pluriel, voire multidirectionnel (Mazeau, 2008). Il devient donc difficile de prévoir avec précision les différences interindividuelles, au même titre que les différences interculturelles, obligeant les chercheurs à emprunter une approche intégrative de l'évaluation de l'enfant. Les contraintes qui pèsent alors sur les possibilités de développement et par voie de conséquence sur les outils d'évaluation, concernent la nécessité d'intégrer des facteurs d'ordre biologique, mais aussi environnemental, à considérer impérativement lors de l'interprétation des performances.

2. Les fonctions exécutives : rappel

Le concept de FE peut être défini comme un ensemble de composantes de haut niveau, intervenant dans des situations non routinières et dirigées vers un but (Luria, 1966). Il s'agit de processus centraux jouant un rôle majeur lors de la régulation comportementale ou la prise de décision (Seron et al., 1999). Pour Diamond (2013), les FE se réfèrent à une famille de fonctions mentales qui sont nécessaires chaque fois que passer en mode « automatique » serait insuffisant ou préjudiciable. En général, ces fonctions font référence aux processus qui sous-tendent des actions flexibles, planifiées et conscientes qui nécessitent un contrôle intense, permettant d'engager une action pertinente dans un monde complexe.

Le bon fonctionnement des compétences exécutives est reconnu comme un indicateur prédictif de réussite dans divers aspects de la vie et est considéré comme essentiel pour la régulation des capacités intellectuelles, émotionnelles et sociales (Diamond, 2013; Zelazo, 2015). Les FE sont décrites comme importantes pour la réussite professionnelle (Prince et al., 2007), l'harmonie conjugale (Eakin et al., 2004), les comportements pro-sociaux et plus globalement la santé mentale et physique (Moffitt et al., 2011). Un dysfonctionnement exécutif est par exemple décrit dans les comportements anti-sociaux et agressifs, les troubles émotionnels et la criminalité (Bailey, 2007; Prince et al., 2007; Saarni, 1999). En particulier chez les enfants, les FE sont considérées comme des prédicteurs de la réussite scolaire (Gathercole et al., 2004; McClelland et al., 2007; Raver et al. 2011). La performance dans les tests exécutifs est par exemple davantage corrélée avec la réussite scolaire que les résultats aux tests d'intelligence pendant les premières années d'école (Follmer, 2017; Shaul & Schwartz, 2014).

L'altération du développement exécutif pourrait perturber l'évolution de plusieurs fonctions et compétences cognitives comme la lecture, le calcul, le graphisme, la mémoire, ou encore la théorie de l'esprit. Par ailleurs, nombreux sont les contextes médicaux identifiés pour lesquels il existe un risque élevé de fragilisation de la dynamique développementale des FE. Ce risque concerne en particulier les pathologies neurologiques acquises chez les enfants qui subissent des lésions cérébrales précoces durant la vie fœtale, en période périnatale, mais aussi tout au long de l'enfance. Sont concernés les cas de traumatismes crâniens (incluant les bébés secoués), d'épilepsie, de prématurité et de paralysie cérébrale, de tumeurs cérébrales, d'accidents vasculaires cérébraux, ou encore de syndrome d'alcoolisation fœtale (voir par exemple, Anderson et al., 2011).

Les troubles du neurodéveloppement représentent un autre contexte clinique à risque, susceptibles de provoquer des troubles exécutifs chez l'enfant. Ces contextes recouvrent les troubles spécifiques du développement du langage (ou de la communication, ou trouble développemental du langage, ou encore dysphasie), des apprentissages (dyslexie-dysorthographe, dyscalculie), ou du développement moteur (TDC, trouble développemental de la coordination), selon les classifications de référence. S'y associent le trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H), le trouble du spectre autistique, la déficience intellectuelle, mais aussi les maladies neurogénétiques comme la neurofibromatose de type 1, la phénylcétonurie, ou le 22Q11.2 (Dajani et al., 2016; Elliott, 2003). Pour autant, le syndrome dysexécutif pédiatrique reste incomplètement décrit d'un cadre étiologique à l'autre, avec par ailleurs une relative méconnaissance de son existence et de ses répercussions dans les milieux médico-sociaux et éducatifs (Roy et al., 2017). De plus, il convient de noter qu'un dysfonctionnement dysexécutif peut être en lien avec des troubles du développement psychologique au sens large, incluant les psychopathologies habituellement rencontrées en pédopsychiatrie.

Des travaux fondés sur des analyses factorielles ont permis de mettre en évidence l'existence de quatre processus distincts, mais en interaction étroite, renvoyant au contrôle inhibiteur, à la mémoire de travail, à la flexibilité cognitive et à la planification de l'action (Diamond, 2013). La coexistence de ces différents facteurs a permis de défendre l'hypothèse de l'unité et de la diversité simultanée du contrôle exécutif, en accord avec le principe de modularité cérébrale (Lehto et al., 2003). Les FE ont, dans ce sens, été longtemps associées au développement des régions préfrontales. De surcroît, leur développement est considéré, à un niveau ontogénétique, comme à la fois précoce et prolongé (Diamond, 2013). C'est pourquoi l'étude des fonctions exécutives, à différents moments du développement, a amené un grand

nombre de chercheurs à mettre en évidence l'existence de différentes trajectoires développementales et une asynchronie maturationnelle, touchant différentes composantes de l'architecture exécutive (Dennis, 2006 ; Diamond, 2013). Il ressort de ces données que les processus inhibiteurs et de mémoire de travail émergent de manière relativement précoce chez les jeunes enfants, contrairement aux composants de flexibilité cognitive qui connaissent une maturation plus longue (Lehto et al., 2003). Aussi, lorsque ces trois composantes deviennent efficaces, d'autres processus de plus haut niveau, à l'instar des capacités de raisonnement et de planification de l'action, deviennent opérationnels (Diamond, 2013).

3. Les différences culturelles

La culture est par définition une production issue de l'interaction des peuples avec un environnement physique et psychosocial. Il s'agit d'une manière spécifique de vivre d'un groupe humain, construite au fil du temps et socialement apprise (Salzman, 2018). La compréhension des différences culturelles nécessite de prendre en considération à la fois les aspects fondamentaux et les aspects conjoncturels, matériels et socio-développementaux d'une culture. Pour cela nous pouvons nous appuyer sur l'analogie de l'iceberg afin d'illustrer la complexité des aspects qui constituent la notion de culture (Figure 1). La petite partie visible serait composée d'éléments culturels matériels qui sont facilement identifiables, partagés et accessibles, comme la nourriture, le langage, ou les vêtements. L'autre partie plus importante, invisible et « non matérielle » inclurait les valeurs, les attitudes, les croyances, et notre façon de voir le monde, entre autres (Bellaj et al., 2018). Cette dernière partie constitue la dimension la plus influente et la plus cristallisée, mais parallèlement la plus difficile à appréhender dans les études interculturelles et transculturelles.

Lorsque nous cherchons à appréhender les variations des performances cognitives associées aux différences culturelles, il est nécessaire de considérer que chaque culture diffère en termes de « contraintes », de défis et d'opportunités qu'elle offre à ses membres. Ces contraintes favorisent ou défavorisent certains comportements, modes d'expression, attitudes, croyances. Par exemple, certaines cultures privilégient la vitesse pour accomplir une tâche, tandis que d'autres mettent en avant la patience et/ou la précision. Ces caractéristiques non visibles, et culturellement fondamentales, peuvent certainement influencer les performances aux tests neuropsychologiques classiques, y compris les tests dits « culture-free ». Dans ce contexte, certaines études (par exemple, Fernandez & Marcopoulus, 2008 ; Lozano-Ruiz et al., 2021) démontrent que les performances dans les tests non-verbaux de type *Trail Making Test* et *Matrices de Raven* varient considérablement d'un pays (et d'une culture) à l'autre. Les variabilités observées sont si importantes qu'un même individu peut obtenir des performances normales versus déficitaires selon les normes du pays qui sont utilisées pour analyser ses résultats. Outre l'analyse du risque manifeste lié à l'utilisation de normes issues d'autres cultures, il est essentiel de considérer que les différences mises en évidence dans ces études ne peuvent pas être expliquées de manière dichotomique. En effet, il est indispensable de les analyser à l'image de la complexité des interactions culturelles et sociobiologiques qui opèrent au cours du développement de l'enfant.

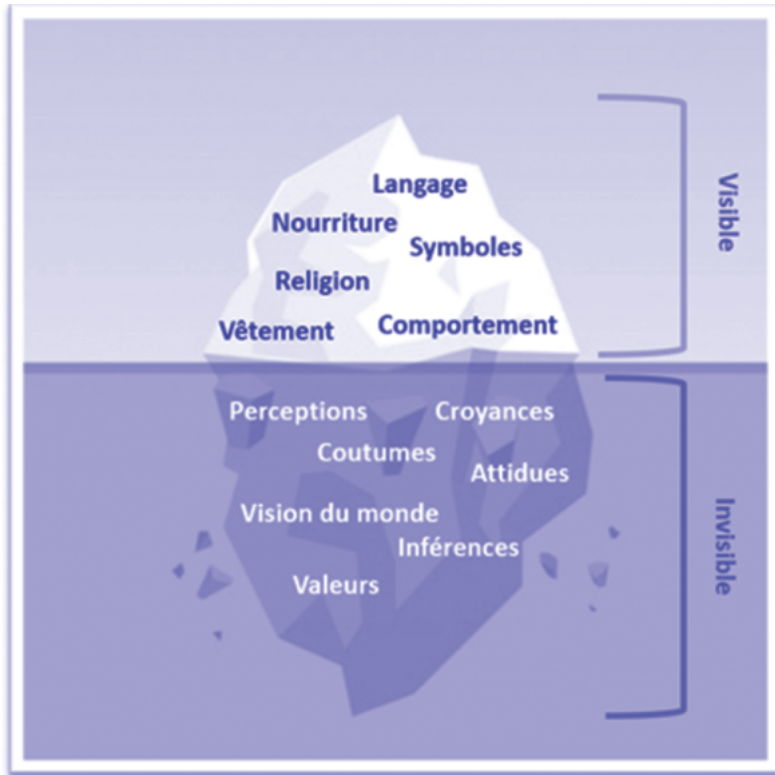


Figure 1. Représentation des aspects fondamentaux et matériels de la culture à travers l'analogie de l'iceberg

Il faut également considérer que la manière dont la culture s'exprime est tributaire d'une mondialisation croissante et accessible en permanence dans notre quotidien à travers les différents médias. En effet, la mondialisation ne se réduit pas à l'intégration planétaire des échanges économiques; la culture est sa dimension occultée alors qu'elle en constitue sans doute le tournant le plus décisif. À ce propos, la notion d'acculturation¹ doit être considérée comme une variable modératrice dans l'analyse et l'interprétation des performances exécutives. L'acculturation correspond aux changements adaptatifs dynamiques et complexes qui peuvent toucher différentes dimensions cognitives, émotionnelles, relationnelles ou comportementales d'une personne ou d'un groupe (Bellaj et al., 2018; Berry, 1980). Un certain nombre d'études ont montré que les populations immigrées ayant obtenu de faibles scores à une échelle d'acculturation ont également obtenu de plus faibles résultats à plusieurs tests exécutifs. Ce phénomène est observé dans des populations au développement typique (Coffey et al., 2005; Razani et al., 2007), mais aussi dans des groupes présentant diverses conditions cliniques (Boone et al., 2007; Kennepohl et al., 2004; Mendonza et al., 2020).

1. L'acculturation renvoie à la manière dont l'individu s'est intégré à une nouvelle culture et son attitude envers sa culture d'origine. Il existe différents styles d'acculturation, du plus intégratif (assimilation et intégration) au plus dissociatif (marginalisation ou séparation) par rapport à la nouvelle culture (Berry, 1980).

Compte tenu de l'importance essentielle de la relation dialogique entre le développement du cerveau et la culture, il nous semble primordial de considérer que le développement des FE ne se fera pas en dehors d'un contexte historique, culturel et environnemental donné. Ainsi, l'interprétation des résultats aux tests de contrôle exécutif doit être réalisée à la lumière des aspects fondamentaux propres à chaque culture (les valeurs, les croyances, les normes, les attitudes, etc.) et de leur impact sur les aspects bio-sociaux et sociodémographiques. Nous proposons de revenir sur les enjeux des facteurs bio-sociaux et sociodémographiques sur le développement des FE, et sur leurs variations culturelles. Dans une seconde partie, nous aborderons les interfaces entre les études interculturelles et la modélisation théorique des FE chez l'enfant, plus particulièrement de sa validité et sa généralisation à des contextes différents.

3.1. Le rôle des facteurs bio-sociaux et sociodémographiques

Bien qu'ils ne soient pas fréquemment abordés dans les modèles théoriques classiques, les aspects sociodémographiques, contextuels et culturels doivent être considérés comme des facteurs essentiels susceptibles d'influencer le développement des FE. Parmi les principales variables, soulignons l'effet potentiel du sexe, du bilinguisme ou plurilinguisme, du niveau socio-économique (NSE) et de la dimension culturelle en général (mode de vie et éducation – alphabétisation et scolarité –, types de jeux, habitudes) (Er-Rafiqi, et al., 2017 ; Noble et al., 2015 ; Rosselli & Ardila, 2003).

L'un des facteurs sociodémographiques les plus étudiés dans la littérature est le sexe et son rôle dans le développement exécutif. Jusqu'à présent, les données scientifiques concernant cette variable sont insuffisantes pour parvenir à un consensus. Certaines études révèlent des différences significatives en faveur des garçons aux États-Unis et au Kérouistan (Halpern, 2012 ; Victoria et al., 2014) et d'autres en faveur des filles en Mexique et en Colombie (Ardila et al., 2005). Cependant, la grande majorité des études rapporte peu ou pas d'effet significatif de ce facteur (Bellaj et al., 2015 – Tunisie ; Brocki & Bohlin, 2004 – Suède ; Er-Rafiqi et al., 2021 – Maroc ; Guerra et al., 2021 – Brésil ; Roukoz et al., 2021 – Liban ; Roy et al., 2018 – France). Ainsi, il est important de noter que les effets du genre semblent varier en fonction des tâches utilisées (y compris au sein d'une même étude) et, plus largement, de la culture.

L'évaluation des facteurs environnementaux est souvent basée sur les indicateurs du NSE. Ceux-ci sont généralement mesurés par des variables indirectes telles que le revenu familial, l'éducation ou la profession des parents, le type d'école (publique ou privée) ou une combinaison de ces indicateurs, qui peuvent impacter le développement neuropsychologique de l'enfant (Johnson et al., 2016). La plupart des chercheurs suggèrent qu'un NSE plus élevé aurait une influence positive sur le développement des FE, tandis qu'un NSE plus faible serait associé à de plus faibles performances exécutives (Guerra et al., 2020, 2021 ; Johnson et al., 2016). L'influence de ces facteurs est susceptible d'être médiatisée par des mécanismes sous-jacents plus fins qui interféreraient dans le développement exécutif. Par exemple, certaines études ont démontré l'importance, outre le NSE lui-même, de différents facteurs prénataux, de la nutrition, des pratiques éducatives, du stress, du type et de la qualité de la stimulation cognitive et des interactions précoces avec l'environnement familial, entre autres mécanismes sous-jacents (Lawson et al., 2017). D'autre part, à l'instar de ce qui a pu être observé pour le sexe, l'effet du NSE peut varier en fonction des tâches et du pays dans lequel les études ont été menées, soulignant une fois de plus l'influence des aspects culturels.

S'agissant en particulier de l'influence du style éducatif parental, une méta-analyse récente (Valcan et al., 2018) a évalué 42 études dans diverses cultures à partir d'une classification à 3 niveaux des comportements parentaux. Le style parental a été classé comme « positif » (relation proximale, rassurante), « négatif » (relation anxiogène, agressive, humiliante) ou « cognitif » (soutien à l'autonomie, étayage, stimulation). Les résultats ont révélé des associations significatives entre les mesures exécutives et les différents styles parentaux. De meilleures performances exécutives ont été constatées chez les enfants dont les parents présentaient les styles de parentalité positif et cognitif, tandis que des corrélations négatives ont été décrites pour les comportements parentaux négatifs. En outre, d'autres études transculturelles ont rapporté de meilleures performances chez les enfants non occidentaux aux tâches exécutives dites « cool » (froides) pour les composantes de mémoire de travail, inhibition (Lan et al., 2011), flexibilité mentale et impulsivité (Sabbagh et al., 2006), par rapport à leurs pairs occidentaux. Par ailleurs, une synthèse récente de la littérature (Roukoz et al., 2018) révèle que 81 % des études transculturelles portant sur les FE « cool » chez l'enfant montrent de meilleures performances des enfants non occidentaux (japonais, coréens et chinois) par rapport à leurs homologues occidentaux (européens, australiens et américains). En revanche, ces études décrivent de meilleurs résultats pour les FE « hot » chez les enfants occidentaux. Cet ensemble de résultats pourrait indiquer que l'éducation occidentale, davantage axée sur la communication et moins sur le contrôle, favoriserait le développement de FE « hot » tandis que les sociétés orientales, moins communicatives et plus orientées sur le contrôle et l'obéissance, tendent à favoriser préférentiellement le développement des FE « cool ».

Parmi les autres variables importantes à prendre en considération figurent les compétences linguistiques développées dans un contexte bilingue (Er-Rafiqi et al., 2017). Plusieurs études ont démontré un effet positif significatif du bilinguisme sur le développement des FE, en particulier sur le contrôle inhibiteur (Crivello et al., 2016) et la flexibilité mentale (Bialystok & Viswanathan, 2009; Carlson & Meltzoff, 2008). Selon la méta-analyse de Ware et al., (2020), le bilinguisme aurait un effet positif sur le développement des FE, notamment sur les indices de précision et de temps de réaction. Cette influence peut être liée au fait que les enfants bilingues doivent choisir ou alterner des mots du lexique d'une des langues utilisées dans le discours, ce qui nécessite un contrôle inhibiteur et une flexibilité accrus. En effet, le bilinguisme, tout comme les familles multiculturelles, introduit également à d'autres modes de pensée, d'autres relations sociales et d'autres pratiques culturelles.

Si l'effet bénéfique du bilinguisme sur les performances exécutives est désormais relativement bien reconnu, l'effet du multilinguisme reste méconnu, compte tenu de travaux assez peu nombreux dans ce domaine. Seules quelques recherches ont été consacrées à l'étude des différences entre les performances exécutives des enfants bilingues ou monolingues par rapport à leurs pairs multilingues. Ces données préliminaires montrent de meilleures performances des enfants multilingues et bilingues par rapport à leurs pairs monolingues dans les cultures grecque et germanique en ce qui concerne les capacités d'inhibition, la mémoire de travail et la flexibilité mentale (Antoniou & Katsos, 2017; Poarch, 2018). En revanche, lorsqu'il s'agit de comparer des enfants bilingues (bilectaux) et multilingues, les résultats de ces études sont plus nuancés, puisqu'ils varient en fonction des tâches utilisées.

L'étude récente d'Er-Rafiqi et al. (2021) auprès d'enfants marocains bilingues et multilingues à partir de la batterie FÉE a montré de meilleures performances chez les enfants maîtrisant plus de deux langues dans toutes les composantes exécutives. Ces résultats soutiennent l'idée que les capacités exécutives sont particulièrement requises dans le cadre du

multilinguisme et favorisent l'hypothèse que le plurilinguisme a des effets bénéfiques sur le développement typique des FE (Antoniou et al., 2017; Poarch, 2018). Cependant, d'autres recherches sont nécessaires afin de mieux comprendre comment le multilinguisme et le bilinguisme diffèrent quant à leurs effets sur le développement exécutif.

Au vu des différentes études empiriques mentionnées ci-dessus, il semble crucial de considérer que la culture et le contexte dans lequel les enfants sont élevés jouent un rôle déterminant dans le développement exécutif (Crivello et al., 2016; Thorell et al., 2013). Chaque pays a ses propres expériences culturelles et éducatives et chaque tâche psychométrique a probablement des relations spécifiques avec les performances scolaires et les modes de vie d'une culture donnée (Van de Vijver, 2011). Nous allons dans la section suivante justement nous focaliser sur les études ayant pour objectif de comparer le développement des FE dans différentes cultures.

3.2. Les études interculturelles

Bien que les études interculturelles comparant le fonctionnement exécutif d'enfants issus de différentes cultures soient pour le moment relativement peu nombreuses, elles indiquent toutefois des résultats intéressants (Roukoz, 2020; Roukoz et al., 2018). Par exemple, en comparant les performances d'enfants chinois à des enfants américains dans des épreuves mesurant les capacités de mémoire de travail et de contrôle inhibiteur, Lan et al. (2011) ont relevé des empan significativement supérieurs chez les enfants chinois, comparés à leurs homologues américains. Des résultats similaires ont été obtenus par Sabbagh et al. (2006) pour des tâches d'inhibition, de flexibilité cognitive et d'impulsivité, avec de meilleures performances chez les enfants chinois, comparativement à leurs homologues américains. Des hypothèses d'ordre génétique et culturel ont été avancées par les auteurs. Ainsi, les enfants chinois vivent dans des contextes culturels qui les encouragent précocement à adopter des stratégies d'autorégulation efficaces et ceci dès la période préscolaire, ce qui favoriserait le développement précoce de certaines habiletés exécutives. Aussi, il a été montré que le gène Dopamine receptor (DRD4) de l'allèle 7, associé à une plus grande vulnérabilité au TDAH, était prédominant (48,3 %) chez les populations américaines, comparativement aux populations asiatiques (1,96 %). Ceci expliquerait la prédominance des troubles exécutifs chez les enfants américains qui auraient tendance à enregistrer des performances significativement inférieures aux enfants chinois dans les tests basés sur la performance.

Néanmoins, des résultats contradictoires ont été relevés à partir d'évaluations basées sur les questionnaires. En effet, il a été montré que les enfants suédois, espagnols et iraniens obtenaient des scores significativement plus élevés, comparativement à leurs homologues chinois, à partir de questionnaires fondés sur les activités de la vie quotidienne, mesurant les capacités de contrôle exécutif (Thorell et al., 2013). Ces résultats contredisent ceux des travaux décrits précédemment. Les auteurs expliquent ces contradictions par le fait que l'appréciation des performances pourrait être liée aux méthodes d'évaluation utilisées, selon que celles-ci soient basées sur le témoignage d'un proche ou sur des tests de laboratoire, et que dans les deux cas, sont médiatisées par des facteurs culturels (Thorell et al., 2013). Ainsi, les recherches sur le développement des FE chez l'enfant apparaissent très hétérogènes à travers les cultures, mais également au sein d'une même culture. Elles rendent donc difficile l'élaboration de conclusions quant aux potentiels invariants du développement des FE. Les méthodes employées pour mesurer les performances exécutives sont trop éloignées les unes des autres pour permettre des comparaisons valides.

Par conséquent, pour la réalisation d'études interculturelles, il paraît nécessaire d'utiliser des outils adaptés aux cultures comparées. L'enjeu étant de comprendre comment les FE se développent d'une culture à une autre. Dès lors, davantage de recherches seraient nécessaires pour mieux cerner les différences culturelles. C'est dans ce sens que Roukoz et al. (2018) ont réalisé une revue systématique portant sur l'ensemble des travaux conduits auprès des enfants d'âge préscolaire et scolaire, dans le domaine du contrôle exécutif, et ayant considéré les effets potentiels de certaines variables sociodémographiques, géographiques et cognitives sur la variation des performances aux tâches de contrôle inhibiteur, de flexibilité cognitive, de planification de l'action et de mémoire de travail, dans des contextes culturels différents. Ils ont conclu que sur les 13 articles sélectionnés dans cette étude, 84 % des travaux (soit 11 articles sur 13) relèvent un effet significatif de la culture sur les performances aux tâches exécutives proposées. Les 16 % restants n'avaient pas relevé de tels effets. Les études transculturelles avaient porté sur des comparaisons effectuées entre des enfants appartenant à des cultures asiatiques (principalement des enfants chinois, sud-coréens, japonais, indiens ou des enfants du Kirghizstan), américaines (en particulier des Canadiens), européennes (russes, italiens, suédois, roumains) ou encore africaines (des Camerounais). En somme, bien que les travaux ayant montré les effets potentiels de variables sociodémographiques et culturelles sur la variation des performances des enfants d'âge préscolaire et scolaire, dans le domaine du contrôle inhibiteur, de la flexibilité cognitive, de la planification de l'action et de la mémoire de travail, soient bien documentés, l'impact des facteurs environnementaux sur le développement de l'enfant demeure encore mal compris et la revue de la littérature existante encore trop insuffisante pour tirer des conclusions franches quant au poids relatif de ces variables. Il y aurait nécessité de mieux spécifier la nature des interactions entre FE et facteurs socioculturels. De plus, les modèles théoriques existants aujourd'hui ne prennent pas toujours en compte la valeur prédictive de ces facteurs environnementaux et culturels sur le contrôle exécutif au cours du développement, ce qui pose la question de leur validité et de leur généralisation à des contextes différents, évoquant de nouveau la problématique de l'universalité et de la relativité des patterns comportementaux dans un cadre d'évaluation interculturelle.

Malgré l'intérêt que représentent ces études interculturelles et transculturelles, il est essentiel de considérer qu'elles présentent nécessairement de multiples biais méthodologiques. Le biais d'équivalence des tâches d'abord, car la simple traduction et adaptation des tests ne garantit pas leur équivalence quant à l'évaluation d'un même construit (Van de Vijver & Poortinga, 1997). Ensuite, le biais d'équivalence de méthode, comme la procédure, qui peut facilement varier d'un évaluateur à l'autre en termes de passation, de rapport avec l'enfant, etc. Les problèmes relatifs à l'échantillonnage constituent par ailleurs un autre biais, étant donné que certaines études ne contrôlent pas les variables qui peuvent influencer le développement exécutif, telles que les NSE ou le multilinguisme. Ces limites invitent à maintenir un regard critique et responsable dans l'interprétation des comparaisons effectuées d'une culture à l'autre, en particulier lorsque nous utilisons des normes issues d'un autre pays pour effectuer des analyses cliniques en neuropsychologie de l'enfant.

Conclusion

La recherche scientifique dans le champ de la neuropsychologie transculturelle des FE chez l'enfant est encore émergente alors qu'il est aujourd'hui largement admis que des perturbations exécutives peuvent se manifester très précocement dans de nombreux contextes cliniques (Beaussart et al., 2018 ; Canton, 2017 ; Chevignard, 2018 ; Roy et al., 2020). Il paraît dès lors nécessaire de pouvoir proposer des outils fiables et donc adaptés au contexte socio-culturel et linguistique des enfants pour leur évaluation, favorisant ainsi l'accompagnement et la prise en charge des patients. Le travail engagé notamment avec la batterie FÉE et son adaptation dans différents pays, dont la Tunisie (voir Chapitre correspondant de cet ouvrage), vise précisément à répondre à cet enjeu.

En somme, lorsque nous disposons d'arguments mettant en évidence des effets significatifs des variables démographiques et développementales (âge, statut socioéconomique, éducation ou autres), un ensemble de normes différentes pour chaque sous-groupe peut être nécessaire avant que les résultats de l'évaluation puissent être interprétés. Cette solution apparaît cependant irréalisable tant elle est coûteuse en temps, en effort et en budget. En outre, les variations culturelles ne sont pas dichotomiques et ne se prêtent pas facilement à la catégorisation. Une telle démarche risque de ne jamais s'achever puisque par définition, la catégorisation est culturellement biaisée (Bellaj et al., 2018). Dans le cadre de ce chapitre, nous nous sommes lancés le défi de relever ce challenge en tentant, au mieux, de respecter ces référentiels théoriques et méthodologiques. Par ailleurs, des recherches sont également nécessaires pour étudier le poids de ces facteurs développementaux, culturels et situationnels à différents âges et chez les enfants présentant potentiellement des troubles neuropsychologiques et de développer des techniques de remédiation et de réhabilitation (Hajri et al., 2016 ; Rekik et al., 2016). Plusieurs autres aspects méritent l'attention, et plus spécifiquement la variation dans l'expression des troubles, les modalités d'ajustement et les variations culturelles dans la validité des construits.

Références

Pour retrouver les références liées à ce chapitre, voir :

www.lienmini.fr/481-01



Chapitre 2

Développement du contrôle cognitif au cours de la période préscolaire

Agnès Blaye

Aix-Marseille Université & CNRS

Laboratoire de Psychologie Cognitive, UMR 7290, Marseille, France

Adresse de correspondance : agnes.blaye@univ-amu.fr

Si dans bon nombre de situations routinières, la mise en œuvre d'automatismes est adaptée, les situations nouvelles, complexes ou suscitant des conflits de réponses requièrent d'engager du contrôle. Ainsi, les enfants jeunes sont fréquemment contraints de mobiliser du contrôle face aux multiples expériences nouvelles qu'ils rencontrent chaque jour. Le contrôle cognitif renvoie à un ensemble de processus de haut niveau permettant la régulation de nos pensées et de nos actions en vue de l'atteinte d'un but. Sur le plan neurologique, il est sous-tendu par les nombreuses connexions existantes entre le cortex préfrontal et les régions plus postérieures du cerveau (Chevalier & Blaye, 2021). Compte tenu du développement très progressif de la région préfrontale et des connexions distales entre régions corticales, il pourrait sembler illusoire de s'intéresser aux compétences en contrôle cognitif d'enfants entre 3 et 6 ans. De nombreuses observations de la vie quotidienne viennent d'ailleurs renforcer l'image d'un jeune enfant dont les activités sont largement guidées par le hasard des stimulations de l'environnement plutôt que par un contrôle endogène. Pourtant, la littérature scientifique a mis en évidence, depuis plusieurs décennies déjà, des manifestations très précoces de contrôle cognitif dans le courant de la première année de vie à travers les conduites de détours ou de recherche d'objets dans des localisations multiples, par exemple (Diamond, 2006). Au cours de la période préscolaire, l'efficacité du contrôle cognitif s'améliore considérablement et continue à progresser tout au long de l'enfance et de l'adolescence (Crone, 2009 ; Munakata, Snyder & Chatham, 2012).

Dans ce chapitre, nous allons rapidement décrire comment se mesurent ces progrès plus spécifiquement entre 3 et 6 ans et nous interroger sur la nature des changements qui les rendent possibles. En effet, le développement du contrôle cognitif ne peut se résumer à la mobilisation de toujours plus de contrôle avec l'âge, il renvoie plutôt à des changements

qualitatifs dans les stratégies, la dynamique d'engagement des processus de contrôle et leur différenciation. Nous illustrerons le rôle critique que jouent l'identification et le maintien des buts dans la genèse de ces progrès. Nous montrerons également comment le passage de l'école maternelle à l'école primaire coïncide avec la mise en place d'un mode de contrôle proactif permettant d'anticiper de potentiels conflits cognitifs et ainsi de mieux y faire face. Nous soulignerons en quoi ces changements favorisent un engagement du contrôle de mieux en mieux ajusté aux exigences variables des différentes situations. Nous nous interrogerons enfin sur le poids du développement métacognitif, mais aussi d'apprentissages implicites de bas niveau dans cette capacité croissante de modulation du contrôle.

1. Évaluation des progrès en contrôle cognitif

L'étude du contrôle cognitif chez les jeunes enfants a nécessité l'adaptation des nombreuses épreuves existant chez l'adulte (Carlson, 2005; Gaux & Boujon, 2007; Monette & Bigras, 2008). Ces mesures ont permis de révéler une amélioration importante de l'efficacité du contrôle cognitif entre 3 et 6 ans (par ex., Diamond 2013; Best & Miller, 2010; Garon et al., 2008 pour des synthèses).

Une des tâches paradigmatiques pour étudier le développement du contrôle à cet âge est une situation de tris d'images représentant des objets bidimensionnels (ex. Lapin de couleur bleue) devant être catégorisées en fonction de l'une de leurs dimensions (par ex., la forme) dans une première série d'essais puis selon l'autre dimension (par ex., la couleur) dans une seconde série (Dimensional Change Card Sorting Task, DCCS; cf. Figure 1a). Cette tâche implique à la fois une composante de flexibilité puisqu'un même stimulus doit être considéré de deux points de vue différents, sa forme et sa couleur), mais aussi de maintien en mémoire de travail de la consigne de tri, et enfin d'inhibition de la règle de tri devenue non pertinente (Blaye, à paraître; Zelazo, 2006). À partir de 4-5 ans, le paradigme le plus souvent utilisé est celui de l'alternance de tâches indicée (ATI, Meiran, 2000). Outre deux blocs d'essais mono-tâches (c.-à-d., seulement tri couleur ou seulement tri forme), les participants sont confrontés à des blocs dits mixtes dans lesquels les deux tâches sont mélangées et alternent d'un essai à l'autre selon une séquence non prévisible, entièrement déterminée par un indice visuel indiquant le but à poursuivre (tri couleur vs tri forme, cf. Figures 1b et 1c pour des exemples d'indices). Ainsi les blocs mixtes comportent des essais dits répétés lorsque le tri à réaliser porte sur la même dimension que l'essai précédent et des essais dits alternés dans le cas contraire (cf. Figure 1 pour l'explicitation des mesures).

Dans la tâche de DCCS, les enfants de 3 ans manifestent une persévération dans l'utilisation du premier critère de tri en dépit des consignes rappelant le critère à appliquer. À 4 ans en revanche, la majorité des enfants réussit à appliquer successivement les deux critères (Doebel & Zelazo, 2015). Ces derniers échouent cependant lorsqu'il s'agit de réaliser plusieurs changements de règles dans des blocs mixtes du paradigme ATI. Cette dernière épreuve est réussie à 5 ans au prix de coûts cognitifs importants se mesurant par un quasi-doublement du temps de réponse aux essais des blocs mixtes par rapport aux essais des blocs mono-tâches (Chevalier & Blaye, 2009).

La période préscolaire donne par ailleurs lieu à d'importants progrès dans le contrôle de réponses fortement suscitées par les stimuli, mais erronées. Ceux-ci peuvent être évalués avec des tâches, dites Go NoGo, exigeant de bloquer une réponse en de rares essais alors qu'elle doit être produite de manière répétée et rapide sur la majorité des essais. Wiebe et al. (2012)

ont par exemple présenté tour à tour sur un écran des images de poissons (75 % des essais) ou de requins (25 %). Les enfants devaient appuyer sur une touche pour lancer leur filet afin de capturer les poissons et bloquer le lancement du filet en présence d'un requin. Les enfants de 3 ans réussissent à contrôler leurs réponses dans moins de 50 % des essais NoGo, alors que ceux de 5 ans parviennent à en bloquer près de 90 %.

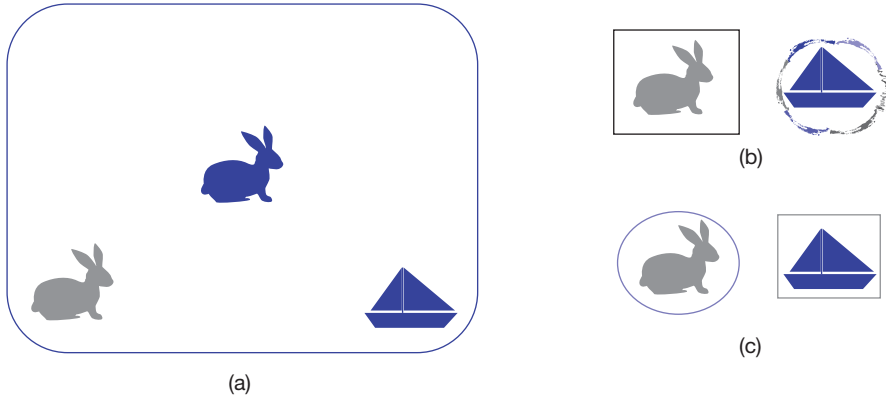


Figure 1. Tâches de tris d'images alternés. Dans cette figure, la couleur rouge est représentée en gris.

1a. Illustration d'un essai. L'image cible présentée au centre doit être appariée à l'une des deux images-réponses. Dans la tâche de DCCS, le sujet doit réaliser une série d'appariements sur un des critères (par ex. la couleur) puis une série sur l'autre critère (par ex., la forme). L'adulte alerte l'enfant sur le changement de critère entre les deux séries et le critère à respecter ainsi que les règles de réponse (par ex., on joue au jeu de la couleur dans le jeu de la couleur, les bleus vont avec le bleu et les rouges vont avec le rouge) sont rappelés au début de chaque essai.

1b & 1c. À partir de 5 ans, on peut proposer un paradigme d'alternance de tâches indiquée sous la forme d'un cadre autour de l'image cible par exemple. Après deux séries d'essais mono-tâche, dans les blocs d'essais mixtes, l'alternance de tâches devient non prévisible et se produit en général sur 50 % des essais. On mesure un coût cognitif local, lié à l'alternance elle-même, en comparant les performances des essais alternés et répétés des blocs mixtes. Le coût cognitif lié à la gestion des buts, indépendamment de l'alternance, s'estime en comparant les performances aux essais répétés des blocs mixtes à celles des essais des blocs mono-tâche. (1b) illustration d'indices de but dits transparents pour référer respectivement au critère forme (à gauche) et au critère couleur (à droite) ; le cadre, flou ici, autour du stimulus cible correspond à une guirlande multicolore évoquant directement le critère couleur. (1c) Illustration d'indices de but arbitraires (D'après Chevalier & Blaye, 2009). Le cadre ovoïde est indiqué comme l'indice de la tâche « Tri Couleur » et le cadre rectangulaire comme celui du « Tri Forme » par exemple.

Les tâches dites de conflits constituent un autre sous-ensemble d'épreuves se caractérisant par la création de conflits de réponses lors du traitement de stimuli définis par une dimension pertinente, celle que la consigne exige de traiter, et une dimension non pertinente saillante (tâches de Stroop, de Simon ou de Flanker par exemple, Prevor & Diamond, 2005; Rueda, Posner & Rothbart, 2004; Wright et al., 2003; cf. Figure 2 pour des illustrations). Il s'agit donc de bloquer la réponse impulsive que suscite la dimension saillante pour répondre sur la base de la seule dimension pertinente. L'efficacité du contrôle est mesurée ici par l'effet de congruence correspondant à l'écart de performances entre les essais conflictuels que nous venons de décrire et les essais sans conflit – où les deux dimensions donnent lieu à une même réponse –. La plupart des études

montrent une décroissance forte de cet effet entre 3 et 6 ans (par ex., Davidson et al., 2006 ; Ikeda et al., 2014, Wright et al., 2003) suggérant une meilleure gestion des conflits avec l'âge. Une grande variabilité est cependant observée selon les études et la tâche de conflit utilisée.

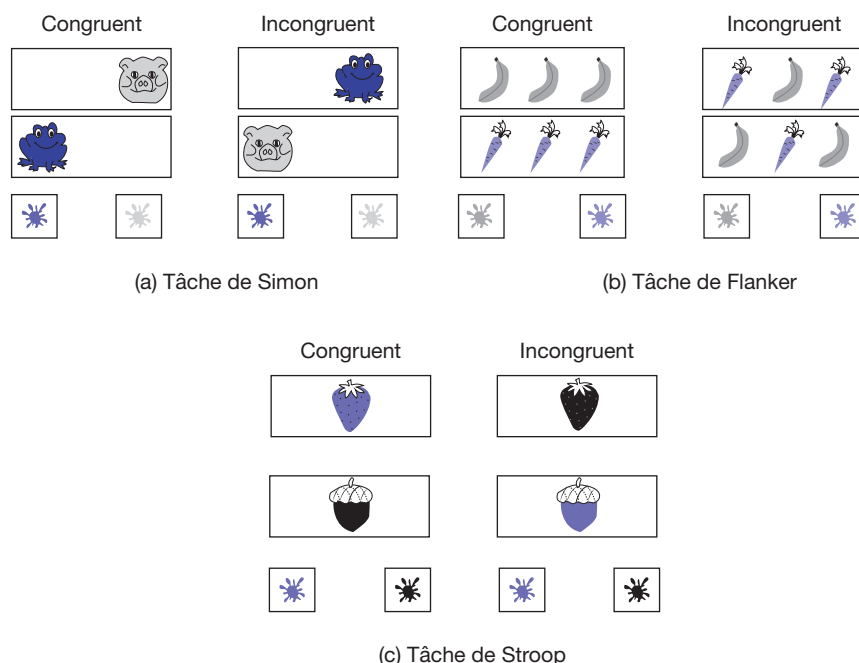


Figure 2. Tâches de conflits utilisées avec des enfants d'âge préscolaire (d'après Ambrosi, Śmigasiewicz, Burle, & Blaye, 2020).

2a. La tâche de Simon est une tâche de conflit spatial, il s'agit de donner la couleur du stimulus (dimension pertinente). Pour cela, il faut résister à l'impulsion de répondre du côté où s'affiche le stimulus lors des essais incongruents. Dans cette tâche, les stimuli sont affichés dans leur couleur canonique. Dans cet exemple, la couleur bleue correspond donc à vert et gris correspond à rose.

2b. La tâche de flanker. Dans cette tâche, les stimuli sont affichés dans leur couleur canonique. Dans cet exemple, la couleur bleue correspond donc à orange et gris correspond à jaune. Il s'agit de donner la couleur de l'image centrale (dimension pertinente). Pour cela, il faut résister à l'interférence, lors des essais incongruents, des distracteurs placés de part et d'autre.

2c. La tâche de Stroop. Dans cette tâche, les stimuli sont affichés dans leur couleur canonique pour les essais congruents et dans une autre couleur pour les essais incongruents. Dans cet exemple, la couleur bleue correspond à rouge et gris correspond à marron. Il s'agit de donner la « vraie » couleur du fruit (dimension pertinente), pour cela il faut résister à l'impulsion consistant à donner la couleur affichée à l'écran (dimension non pertinente) lors des essais incongruents.

Les tâches de couleur correspondent aux boutons-réponses.

Les performances à la plupart des tâches de contrôle cognitif sont liées au développement des capacités en mémoire de travail (e.g., Gonthier et al., 2019 ; Wiebe et al., 2012) illustrant clairement la très grande difficulté à mesurer isolément les composantes du contrôle. Les analyses structurales peuvent cependant permettre, à partir de performances à un grand nombre de tâches, de dégager des facteurs sous-jacents distincts. Chez l'adulte, elles ont conduit à

isoler trois fonctions exécutives partiellement indépendantes, l'inhibition, la flexibilité et la mise à jour en mémoire de travail (Miyake et al., 2000). À 3 ans en revanche, le même type d'analyse suggère une organisation unitaire du contrôle cognitif (voir par exemple, Wiebe et al., 2011 ; Willoughby, Wirth, & Blair, 2012). À partir de 4 ans, commence à s'opérer une structuration en deux facteurs (la flexibilité pouvant se trouver associée plutôt au facteur inhibition ou au facteur de mise à jour en mémoire de travail selon les études (Lee, Bull, & Ho et al. 2013 ; Monette, Bigras, & Lafrenière, 2015 ; Van der Ven et al. 2013). Une structure en trois facteurs ne s'affirme vraiment qu'au cours de l'adolescence (Van der Ven et al., 2013). Le facteur commun rendant compte des corrélations partielles entre ces fonctions exécutives chez l'adulte, renvoie au maintien en mémoire des buts et des informations liées aux buts ainsi qu'à l'utilisation de ces informations afin d'orienter efficacement les processus cognitifs (Miyake & Friedman, 2012). Cette composante liée à la gestion des buts s'avère être critique dans le développement de l'efficacité du contrôle entre 3 et 6 ans notamment.

2. La gestion des buts

La fonction même du contrôle étant d'orienter les actions et pensées en fonction du but poursuivi, il n'est guère surprenant que cette gestion détermine pour une large part les progrès dans l'efficacité du contrôle. Les mesures relevées dans le paradigme ATI qui dissocient le coût lié à la bascule entre deux types de traitements de celui lié au fait d'avoir à gérer deux buts (cf. Note de la Figure 2) révèlent d'ailleurs que les changements développementaux tout au long de l'empan de vie portent pour l'essentiel sur ce coût de gestion avec une décroissance très marquée au cours de l'enfance et de l'adolescence (e.g., Cepeda, Kramer, & Gonzalez de Sather, 2001 ; Lucenet et al., 2014 ; Reimers & Maylor, 2005). Nous allons considérer ici plus précisément deux aspects de la gestion des buts susceptibles de rendre compte des progrès en contrôle : le maintien du but et le traitement des indices de but.

2.1. Le maintien du but

Un défaut de maintien du but semble en partie responsable du défaut de contrôle des jeunes enfants dans les tâches de tris d'images selon différents critères. Alors que dans la tâche de DCCS, l'échec à basculer sur un second critère conduit nécessairement à une conduite de persévération, Chevalier et Blaye (2008) ont contrasté différentes conditions permettant de différencier erreurs de persévération sur l'ancienne règle de tri et erreurs de distraction traduisant un échec à maintenir la nouvelle règle. Une majorité des enfants de 3 ans s'avère sujette aux difficultés de maintien. De même, Barker et Munakata (2015) ont montré au même âge, dans une tâche Go NoGo, les bénéfices de rappels du but.

Ce défaut de maintien du but peut se manifester à tout âge. Duncan et al. (1996) ont proposé le concept de négligence du but pour rendre compte, chez l'adulte, d'un phénomène qui peut apparaître comme une dissociation entre connaissance et action. Le sujet fait la preuve de sa connaissance du but si on l'interroge directement, mais sa représentation du but ne semble pas suffisamment active pendant la résolution de la tâche pour guider ses réponses (Morton & Munakata, 2002). Ce phénomène est particulièrement manifeste chez les enfants entre 4 et 6 ans. Comme on pouvait s'y attendre, il est d'autant plus marqué chez les enfants ayant

de faibles capacités en mémoire de travail (Marcovitch, Boseovski, & Knapp, 2007 ; Marcovitch, Boseovski, Knapp, & Kane, 2010, Towse, Lewis, & Knowles, 2007). La question du maintien du but présuppose cependant que le but ait été correctement encodé ; il semble que cela représente une autre source de difficulté venant entraver l'engagement du contrôle cognitif.

2.2. Le traitement des indices de but

Si les buts à poursuivre sont souvent indiqués aux enfants par le biais de consignes verbales explicites, dans bon nombre de situations, ce sont des indices de toute nature (bonhomme rouge au passage piéton ; moue désapprobatrice de l'interlocuteur ; jouets sur le sol ne permettant plus d'ouvrir la porte de la chambre, etc.) qui doivent les conduire à inférer ce qu'ils ont à faire (Chevalier, 2015a). Avec le paradigme ATI et grâce à des mesures oculométriques permettant le suivi des fixations oculaires sur l'écran lors des essais des blocs mixtes, Chevalier, Dauvier, & Blaye (2018) ont montré que les enfants de 3-4 ans fixent le plus souvent seulement le stimulus à catégoriser sans prendre l'information nécessaire sur le but en regardant l'indice de but (lorsque celui-ci est présenté dans sur l'écran à l'écart du stimulus). De plus, en centrant l'analyse sur les seuls enfants dont les performances s'avèrent significativement supérieures au hasard, on observe au cours de la période préscolaire une nette prédominance des saccades oculaires allant de l'image cible à catégoriser vers l'indice. Au cours de la même période, on assiste à une augmentation progressive de la fréquence de saccades allant de l'indice de but vers le stimulus. Ces deux types de saccades témoignent d'une prise en compte de l'indice (cf. Figure 3). Toutefois, comme l'indique la figure 3, ces deux de patterns de fixation ont un devenir très contrasté : alors que le pattern « indice PUIS stimulus » devient majoritaire aux alentours de 8,5 ans, la fréquence du pattern « stimulus PUIS indice » commence à décroître à partir de 6 ans environ. Il semble donc que s'opère au cours de la période préscolaire, un changement graduel de priorité dans le traitement des informations portées respectivement par les stimuli et les indices de but. Ce changement constitue sans doute un des moteurs du développement de l'efficacité du contrôle puisqu'il permet enfin que la connaissance du but guide la sélection des informations à considérer dans l'objet à traiter.

Au cours de la même période, on constate que les enfants ont des difficultés à contrôler leurs réponses à partir d'indices de but non liés de manière transparente à la tâche à réaliser. Ainsi, dans un dispositif ATI, les enfants de 5 à 6 ans voient leurs performances chuter considérablement dans les blocs mixtes où les indices de but sont arbitraires par rapport à une condition où ils sont transparents (cf. Figures 1a et b ; Chevalier & Blaye, 2009). Les travaux chez l'adulte et les enfants plus âgés suggèrent que des indices de but arbitraires sont recodés en langage interne afin de guider la sélection de réponses (par ex., Miyake et al., 2004). Il semble plausible qu'un développement du langage interne connu pour être encore immature avant 6 ans (Winsler & Naglieri, 2003) rende plus difficile le recodage verbal de ces indices et donc leur exploitation. En effet, dans plusieurs tâches de contrôle, Fatzer et Roebbers (2012, 2013) ont observé un bénéfice plus marqué des verbalisations imposées à 6 ans qu'à 9 ans et un effet délétère plus prononcé à 9 ans qu'à 6 ans d'une procédure de suppression articulatoire. Lucenet & Blaye (2019) ont précisément montré que l'on peut améliorer les performances des enfants de 5-6 ans dans un paradigme ATI dès lors que l'on exige d'eux de verbaliser la signification de l'indice de but arbitraire avant que n'apparaisse le stimulus à traiter. Le coût de gestion des buts (cf. Notes, figure 2b & c) est ainsi divisé par 5 entre la condition standard sans sollicitation spécifique d'un

traitement des indices et la condition où l'on impose une traduction verbale des indices de but. Une autre condition expérimentale proposée dans cette étude renforce l'hypothèse d'une difficulté à engager un traitement des indices arbitraires. Les auteurs ont proposé à un troisième groupe d'enfants de même âge de sélectionner, l'indice transparent parmi les deux possibles (par ex. guirlande multicolore pour le critère couleur) correspondant à l'indice arbitraire proposé. La difficulté de gestion des buts est significativement réduite également dans cette condition. Ainsi, jusqu'à la fin de la période préscolaire, la difficulté de traitement des indices de but fournis par l'environnement contribue aux faibles performances en contrôle.

Ce défaut d'exploitation des informations apportées par les indices n'est pas limité aux seuls indices arbitraires. Il semble lié pour une part au moins, à des compétences métacognitives encore immatures, mais aussi à une difficulté à engager du contrôle proactivement. Ces deux aspects sont maintenant examinés tour à tour.

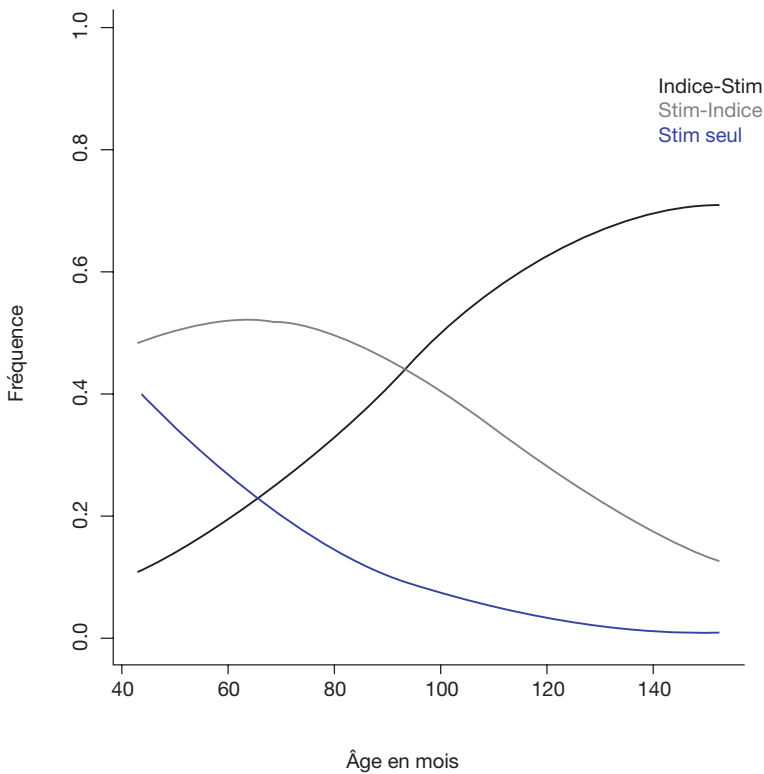


Figure 3. Illustration du développement des patterns de fixation oculaire lors des essais des blocs mixtes d'un paradigme ATI (D'après Chevalier et al., 2018).

3. Métacognition et contrôle

Alors que le développement du contrôle cognitif et, dans une moindre mesure, celui de la métacognition ont été beaucoup étudiés, les liens entre les deux l'ont été beaucoup moins et souvent à travers des approches corrélationnelles donnant des résultats peu cohérents

(Roebbers, 2017). Il semble assez plausible que l'engagement du contrôle dépende au moins en partie d'un des aspects de la métacognition à savoir, la capacité à évaluer l'efficacité de son propre fonctionnement. Or, cette capacité est encore très immature au cours de la période préscolaire. Si certains travaux soulignent des progrès importants entre 3 et 5 ans (e.g., Hembacher & Ghetti, 2014; Liu, Su, Xu, & Pei, 2018) dans le niveau d'adéquation des jugements de confiance en l'exactitude des réponses, d'autres pointent la tendance à la surestimation systématique des performances encore à 5 ans (O'Leary & Sloutsky, 2017). De même, lorsqu'il s'agit d'évaluer, non plus sa propre performance, mais la difficulté relative de deux tâches, les études suggèrent des compétences encore très fragiles à la fin de la période préscolaire. Dans une tâche d'apprentissage de la signification de caractères japonais, Destan et al. (2014) ont révélé dès 5 ans une capacité à identifier les caractères plus difficiles à apprendre que d'autres. En revanche, Niebaum, Chevalier, Guild, & Munakata (2019) constatent l'échec des enfants, encore à 6-7 ans, à différencier le contraste de niveaux de difficulté entre deux tâches de tris de cartes différant quant à la fréquence de changements de critères (90 % d'essais alternés dans l'une vs 10 % dans l'autre).

Dans la version classique du paradigme ATI, le temps de présentation de l'indice de but avant l'apparition de l'image cible est généralement fixe. On ne peut exclure que le délai d'affichage soit insuffisant pour permettre un traitement de l'indice par les plus jeunes enfants. Les résultats de Chevalier & Blaye (2016) plaident cependant plutôt en faveur d'une compréhension métacognitive insuffisante pour guider le traitement efficace des indices de but. Ces auteurs ont proposé à des enfants de 5-6 ans et 10 ans de décider eux-mêmes du moment de l'affichage de l'image cible, une fois qu'ils se sentiraient prêts, sachant que la rapidité de réponse sur la cible était prise en compte. Ils observent que le temps que s'accordent les enfants les plus jeunes sur l'écran-indice est proportionnellement moins long que celui des plus grands. Par ailleurs, l'analyse oculométrique montre que les plus grands réalisent une saccade en direction du lieu d'affichage de la cible avant de déclencher son apparition alors que les plus jeunes tendent à maintenir une fixation sur l'indice. Or, ces deux indicateurs, temps de préparation et anticipation visuelle de la localisation de l'image à traiter sont, dans les deux groupes d'âge, des prédicteurs d'une bonne performance à l'épreuve. Ainsi, les enfants de 5-6 ans ne semblent pas pouvoir s'appuyer sur une représentation métacognitive suffisante des exigences de la tâche pour contrôler efficacement leurs traitements sur l'écran contenant l'indice. L'intervention proposée par Lucenet et Blaye (2019) visant à faire expliciter les indices avant l'affichage de la cible (cf. supra), suggère que l'on peut compenser ce défaut de métacognition par un étayage par l'adulte du traitement de l'information et ainsi permettre de meilleures performances en contrôle.

Une autre forme d'étayage métacognitif testée par Hadley et al. (2019) a consisté à susciter une réflexion systématique sur la performance après chaque essai d'une tâche de flanker, en demandant aux enfants de choisir entre trois feedbacks possibles (correct, incorrect, trop lent) celui qu'ils estimaient mériter. Les distracteurs (cf. Figure 2) étaient présentés d'abord, le stimulus central s'affichait ensuite. Bien que les bénéfices de cette intervention ne se manifestent pas sur les performances à la tâche, les données neurophysiologiques suggèrent qu'elle a favorisé un engagement de l'attention sur la localisation centrale, celle qui permet le mieux de résister à l'interférence des distracteurs dans la tâche de flanker et ce, avant même l'affichage de la cible. En d'autres termes, grâce à cet étayage d'un monitoring métacognitif de leurs performances, les enfants de 5 à 7 ans ont réussi à engager du contrôle proactivement à l'apparition de l'image centrale. La mise en place d'un engagement du contrôle cognitif précocement dans la tâche est un marqueur important des progrès observés en fin d'école maternelle.

4. D'un contrôle réactif à un contrôle proactif

Nous avons évoqué plus haut le changement de priorité entre le traitement des informations portées par l'indice de but et celles portées par l'objet à traiter. Ce changement est une illustration de l'inversion dans la dynamique d'engagement du contrôle qui s'opère à la fin de la période préscolaire. La stratégie de contrôle réactif consiste à engager du contrôle seulement au moment où une réponse est exigée, alors que le contrôle proactif est engagé en amont grâce au maintien actif en mémoire de l'ensemble des informations contextuelles liées au but, incluant notamment le but lui-même (Braver, 2012). Ces deux stratégies ont des coûts et bénéfices complémentaires. La stratégie proactive est particulièrement efficace dans un environnement suffisamment prévisible où se préparer à la tâche à réaliser permet de résister à l'interférence de multiples sources de distraction au profit d'une sélection des seules informations pertinentes pour l'atteinte du but. Le contrôle réactif permet une adaptation très rapide face à un événement inattendu (celui que nous engageons par exemple lorsqu'un piéton traverse inopinément la chaussée alors que le feu de circulation était au vert). Le contrôle proactif requiert davantage de ressources en mémoire de travail dans la mesure où il implique le maintien des informations contextuelles jusqu'au moment où le sujet est en situation de pouvoir produire sa réponse. Le contrôle réactif requiert de récupérer la trace en mémoire des informations liées au but qui ont pu être encodées antérieurement. Les travaux récents suggèrent que les enfants d'âge préscolaire s'appuient sur un contrôle réactif (Chatham, Frank, & Munakata, 2009; Doebel et al., 2017). Lucenet et Blaye (2014) ont adapté pour les jeunes enfants la tâche AX-CPT (AX-Continuous Performance Task, cf. Figure 4a), traditionnellement utilisée chez les adultes afin d'identifier la stratégie de contrôle. On assiste, entre 4 et 7 ans, à l'émergence progressive de la stratégie de contrôle proactif avec un point de bascule entre 5 et 6 ans où l'engagement réactif du contrôle devient la stratégie minoritaire (Gonthier et al., 2019, Figure 4b).

La section précédente a permis de montrer qu'il était possible de favoriser des stratégies de contrôle proactif lorsque les exigences portées par les consignes incitent à une réflexion métacognitive (traduire les indices verbalement, estimer l'exactitude de sa réponse). Chevalier et al. (2015) ont considéré que l'immaturité métacognitive des enfants préscolaires et le coût cognitif que représente l'engagement d'un contrôle proactif à cet âge exigeaient sans doute un contraste fort entre les bénéfices relatifs de l'un et l'autre mode de contrôle pour que ces enfants engagent la stratégie proactive. Dans un paradigme ATI où l'indice de but était proposé en avance par rapport à l'image cible et restait présent pendant l'affichage de celle-ci, ils ont observé sans surprise que les enfants de 5 ans engagent un traitement réactif des indices après avoir pris connaissance de la cible. En revanche, ils parviennent à mobiliser un traitement proactif dans une condition où l'indice disparaît dès qu'apparaît l'image cible. Dans cette dernière condition, il est particulièrement coûteux d'attendre l'affichage de la cible pour décider du traitement à réaliser puisque l'information de but n'est plus perceptivement disponible au moment où il faut répondre à l'image cible. Il faut alors récupérer la trace en mémoire de cette information. Ce sont des indicateurs physiologiques (décours temporel de la dilatation de la pupille, activité électro-encéphalographique) qui témoignent de ces différences d'engagement. Toutefois, ici encore, les bénéfices du contrôle proactif ne se manifestent pas en termes de performance à la tâche : la plus grande rapidité des réponses étant associée à davantage d'erreurs (Blackwell & Munakata, 2014; Hadley et al., 2019). Un tel effet délétère sur la performance lié à la mise en œuvre d'une stratégie nouvelle, pourtant potentiellement plus efficace, correspond à ce qui a été mis en évidence de manière plus générale dans le développement stratégique (Siegler, 1996).

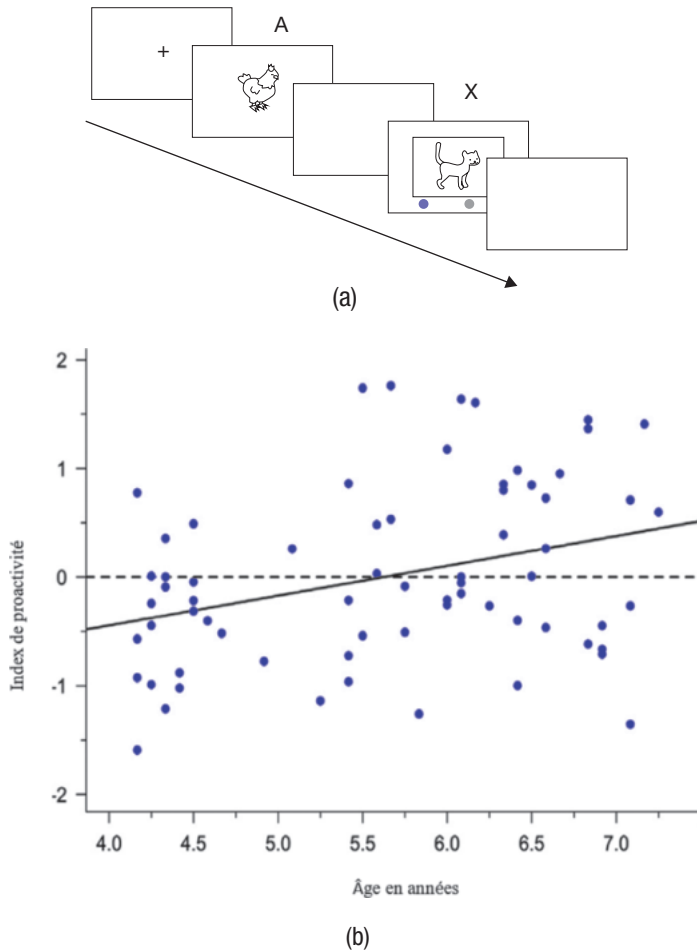


Figure 4. La tâche AX-CPT adaptée aux jeunes enfants et l'évolution avec l'âge de l'index de proactivité.

4a. Adaptation de la tâche AX-CPT pour des enfants non-lecteurs (D'après Lucenet & Blaye, 2014). Les deux boutons-réponses circulaires sous la deuxième image sont respectivement bleu et orange.

Des images d'animaux s'affichent successivement sur l'écran. Le sujet doit fournir une réponse une fois sur deux seulement (sur les écrans présentant des boutons réponses). Il doit répondre «orange» chaque fois qu'il a vu «la poule (A) puis le chat (X)», sinon «bleu» dans tous les autres cas : A puis Y ; B puis X ; B puis Y. B et Y correspondent à des images différentes d'un essai à l'autre mais jamais à la poule ni au chat. Selon les études, le délai entre la première et la deuxième image varie de 1,5 à 5 secondes. La fréquence de paires AX est nettement supérieure (par ex. 70 %) à celle de toutes les autres paires (AY, BX, BY) proposées seulement dans 10 % des essais. Ainsi, il est globalement avantageux d'engager un contrôle proactif consistant à se préparer à répondre «orange» dès que l'on voit A (qui est, de fait, suivi de X 7 fois sur 8) et «Bleu» dès que l'on voit B qui devra de toute façon donner lieu à la réponse «Bleu» sur l'image suivante. L'engagement d'un contrôle réactif conduit en revanche à de bonnes performances sur les essais AY où le seul traitement de Y conduit nécessairement à la réponse «bleu».

4b. Distribution de l'index de proactivité en fonction de l'âge (D'après Gonthier et al., 2019).

La valeur 0 correspond à un point de bascule entre contrôle réactif et proactif. L'index est positif lorsque le contrôle proactif est prédominant et négatif lorsque le contrôle réactif est prédominant.

Les fonctions exécutives jouent un rôle essentiel dans le développement psychologique de l'enfant et sont particulièrement vulnérables dans de nombreux contextes pédiatriques.

L'identification et la prise en charge des perturbations de ces processus de contrôle et de régulation du comportement, en cas de développement atypique du cerveau, représentent un défi scientifique et clinique majeur.

Cet ouvrage, rédigé par de nombreux spécialistes internationaux, dresse un état des lieux relativement exhaustif des connaissances dans ce domaine et s'organise en trois grandes parties :

- ▶ Développement des fonctions exécutives, apprentissages et culture
- ▶ Syndromes dysexécutifs de l'enfant : lésions acquises, troubles du neurodéveloppement et psychopathologie
- ▶ Stratégies d'évaluation et prise en charge des troubles des fonctions exécutives chez l'enfant

Les auteurs

Ania Aïte (Paris), **Philippe Allain** (Angers, Nantes), **Vicki Anderson** (Melbourne), **Nathalie Angeard** (Paris), **Sébastien Barbarot** (Nantes), **Delphine Bastard-Rosset** (Bassens), **Annick Bejeannin** (Bassens), **Tarek Bellaj** (Qatar, Tunis), **Jérémy Besnard** (Angers, Nantes), **Agnès Blaye** (Aix-Marseille), **Martine Bouvard** (Chambéry, Grenoble), **Grégoire Borst** (Paris), **Delphine Breuillard** (Paris), **Olivier Cadeau** (Angers), **Mélie Campiglia** (Nancy), **Alice Cano** (Marseille), **Marie Canton** (Nancy), **Mathieu Cassotti** (Paris), **Valérie Charbonnier** (Nantes), **Mathilde Chevnard** (Saint-Maurice), **Céline Combes** (Angers, Nantes), **Orianne Costini** (Nice), **Nathalie Fournet** (Chambéry, Grenoble), **Antoine Fradin** (Angers), **Gerard Gioia** (Washington DC), **Amanda Guerra** (Angers, Nantes, Natal), **Caroline Huon** (Angers), **Lydie Iralde** (Angers, Nantes), **Peter Isquith** (Harvard, Boston), **Agata Krasny-Pacini** (Strasbourg), **Hélène Lebrault** (Saint-Maurice), **Didier Le Gall** (Angers, Nantes), **Johanna Maeder** (Genève), **Steve Majerus** (Liège), **Jean-Baptiste Müller** (Nantes), **Laëtitia Paermentier** (Marseille), **Catherine Potard** (Angers, Nantes, Tours), **Julie Remaud** (Angers, Nantes), **Christelle Remigereau** (Strasbourg), **Élise Riquin** (Angers), **Jeanne Roche** (Miribel), **Jean-Luc Roulin** (Chambéry, Grenoble), **Arnaud Roy** (Angers, Nantes), **Émilie Salvia** (Paris), **Bertrand Schoentgen** (Paris), **Imène Soumaya Salhi** (Tunis), **Patrick Van Bogaert** (Angers)

Publics

- ▶ Psychologues, professionnels de la santé et de l'éducation
- ▶ Chercheurs en psychologie, dans les domaines de la santé, et des sciences de l'éducation
- ▶ Étudiants en psychologie, dans les domaines de la santé, et des sciences de l'éducation

Les droits d'auteur de cet ouvrage sont intégralement reversés à l'Association **Neurofibromatoses et Recklinghausen**.

ISBN 978-2-8073-2617-0



9 782807 326170

deboeck **B**
SUPÉRIEUR

www.deboecksuperieur.com